

平成 18 年度調査報告書

新エネルギー・産業技術総合開発機構 調査委託成果報告書

MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査
報告書

平成 19 年 3 月

新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先

財団法人 マイクロマシンセンター

株式会社 日鉄技術情報センター

概 要

本調査では、事業目的に沿って、平成17年度に策定した「MEMSの技術戦略マップ」の内容の見直しを行った。具体的には、MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査（市場動向調査と学術動向調査）と、技術戦略マップのローリングを行った。概要を以下に記す。

（1）MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査

①市場動向調査

（財）マイクロマシンセンター（MMC）内に、MEMSの主要企業を含めた産学官の専門家から構成される市場調査委員会を設置し、委員会による審議とアンケート調査によるMEMS市場動向調査・産業構造分析を行った。

2005年の国内MEMS関連市場は、約4,400億円であり、2010年の市場は約1兆1,700億円、2015年の市場は約2兆4,000億円と予測した。

②学術動向調査

学術的論文としてCOMPENDEX、MEMS Conf、電気学会、精密工学会を、特許データとしてWIPO、特許庁電子図書館を対象に調査を実施した。MEMS学術論文件数では、長期的な増加傾向における近年のアジア地域のプレゼンスの増大、特許出願数では、光MEMS、RF-MEMSの出願の増加を、明らかにした。

（2）MEMSの技術戦略マップのローリング

産官学の専門家によるタスクフォース委員会を設置し、平成17年度に策定した技術戦略マップのローリングを行った。具体的には、新たに2025年までを視野に入れ、標準化動向等も織り込んだ、導入シナリオ、重要技術マップ及び製造技術ロードマップを策定し、平成18年度版の技術戦略マップとして取り纏めた。

Summary

This report describes on revise of contents of the technological strategy map of MEMS legislated in 2005 under the purpose of registered business. The revise work was composed of two items which were rolling action to the strategy map and study on necessary data for rolling. The study researched trend of market volume and the research and development of MEMS.

(1) Study for rolling the technological strategy map of MEMS

(a) Study on trend of market volume

Micro Machine Center (MMC) organized the committee constructed with specialists of the government, academia and industries including main companies concerning to MEMS. The committee researched market volume of MEMS and analyzed of MEMS industries world by discussion and making inquiries to companies. After operation of the committee, domestic market volume concerning MEMS technology was estimated as 440 billion Yen per year in 2005, 1170 B¥/year in 2010 and 2400 B¥/year in 2015.

(b) Study on trend of the research and development of MEMS

The study investigated academic reports of database followings: Compendex, IEEE MEMS Conference, IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines and Proceedings of JSPE, moreover counted patents registered in WIPO and Industrial Property Digital Library. As a result it was cleared that amount of academic report of MEMS is growing and activities of Asia area become to attract attention in research filed, and the number of domestic patents concerning to optical MEMS and RF-MEMS is increasing.

(2) Rolling action to technological strategy map of MEMS

Taskforce committee was organized by specialists of the government, academia and industries, made rolling the technological strategy map of MEMS legislated in 2005. As a result of rolling work, technological strategy map edited in 2006 FY was settled in which introduction scenario, important technological map and road map of production technologies was legislated by inserting activities of standardizing under a view forward 2025.

概 要 目 次

第1章 調査の実施概要	1
1.1 事業の目的	1
1.2 事業の実施内容	1
1.2.1 MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査	1
(1) MEMS の市場動向調査	2
(2) MEMS の学術動向調査	2
1.2.2 MEMS の技術戦略マップのローリング	2
1.2.3 調査報告書の作成	2
1.3 成果の要約	3
成果の要約 (Summary)	4
第2章 市場調査・学術動向調査	5
2.1 市場調査	5
2.1.1 調査の内容及び範囲	5
(1) MEMS の定義	5
(2) MEMS 市場の範囲	5
(3) MEMS 市場の産業分野分類	5
(4) MEMS 産業構造	6
2.1.2 実施体制	6
2.1.3 MEMS 関連市場規模の算出方法	8
2.1.4 MEMS 関連市場の国内市場規模	9
(1) 概要	9
(2) 分野ごとの市場規模	11
1) 情報通信機器関連分野	11
1.1) 市場・技術動向	11
1.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	16
2) 民生用電子・電気機器分野	21
2.1) 市場・技術動向	21
2.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	22
3) アミューズメント関連分野	23
3.1) 市場・技術動向	24
3.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	24
4) 製造技術関連分野	26
4.1) 市場・技術動向	26
4.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	27

5) 精密機器関連分野	28
5.1) 市場・技術動向	29
5.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	32
6) 医療福祉機器関連分野	33
6.1) 市場・技術動向	33
6.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	35
7) バイオテクノロジー関連分野	36
7.1) 市場・技術動向	37
7.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	38
8) エネルギー関連分野	39
8.1) 市場・技術動向	39
8.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	39
9) 環境関連分野	40
9.1) 市場・技術動向	41
9.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	42
①流体 MEMS	42
②センサ MEMS	42
10) 自動車関連分野	42
10.1) 市場・技術動向	43
10.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	44
11) 都市環境整備関連分野	45
11.1) 市場・技術動向	45
11.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	46
12) 航空宇宙関連分野	47
12.1) 市場・技術環境	47
12.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	49
13) 農林水産関連分野	50
13.1) 市場・技術環境	51
13.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模	51
2.1.5 本調査における MEMS 市場規模試算の妥当性の検証	52
(1) MEMS 化率の妥当性の検証	52
(2) 携帯電話の過去の市場動向と、MEMS 化率の妥当性	52
(3) 据置型家庭用ゲーム機の過去の市場動向と MEMS 化率の妥当性	53
2.1.6 MEMS 関連産業構造分析	55
(1) アンケートの目的	55
(2) 調査項目	55
(3) アンケート対象企業と回答率	56

(4) アンケート結果と考察	56
1) MEMS 関連企業の事業の内容	56
2) MEMS 関連事業の規模及びリソース	57
①MEMS 関連事業規模	57
②MEMS 関連従事者数	58
③MEMS 関連研究開発費	58
3) 現在の MEMS 関連分野の事業の位置づけ	59
4) MEMS への取り組みに係わる課題とその取り組み	59
5) 現在の MEMS 関連分野の事業の位置づけ	60
①MEMS 種別 (デバイス事例) の産業分野別の事業展開	61
②企業規模別にみる MEMS 種別の展開	63
6) MEMS ファンドリーサービスに対する取り組み	64
7) MEMS 技術・研究開発に必要な市場動向や技術動向の入手方法	66
8) まとめ	66
2.1.7 海外における MEMS 産業の動向	67
2.2.8 日本の競争力の分析	69
2. 2 学術動向調査	70
2.2.1 調査対象	70
2.2.2 学術論文	70
(1) Engineering Village(EV)に依る調査	70
(2) IEEE MEMS Conference に関する調査	72
(3) 国内の学会関係	76
2.2.3 特許関連	80
(1) 世界的財産保有機構 (WIPO)	80
(2) 国内特許 (公開特許)	81
(3) 出願特許に見るトピックス	83
2.2.4 まとめ	85
第3章 MEMS の技術戦略マップのローリングについての調査	86
3. 1 ロードマップのローリングタスクフォース委員会の活動	86
3.1.1 委員会構成	86
3.1.2 委員会スケジュールと運営	86
3.1.3 審議内容	87
(1) 第1回 委員会	88
(2) 第2回 委員会	88
(3) 第3回 委員会	89
3. 2 ローリング結果	91
3.2.1 MEMS 分野の技術戦略マップ	91

(1) 基本的な考え方	91
(2) 導入シナリオ	91
(3) 技術マップ及びロードマップ	92
参考資料 10年後のMEMS製品の具体的イメージ	94
20年後のMEMS製品の具体的イメージ	96
3.2.2 MEMS分野の導入シナリオ	100
3.2.3 MEMS分野の技術マップ(重要課題)	108
3.2.4 ロードマップ	114
第4章 タスクフォース委員会議事録	125
4.1 第1回委員会	125
4.2 第2回委員会	137
4.3 第3回委員会	165
終頁	202

参考資料

MEMS分野の技術戦略マップ作成タスクフォース委員会 速記録	
(1) 第1回委員会	1
(2) 第2回委員会	22
(3) 第3回委員会	86
終頁	107

第1章 「MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査」の実施概要

1. 1 事業の目的

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems、微小電気機械システム) は小型・高機能で省エネ性に優れた高付加価値部品の製造を可能とする技術として情報通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野において注目を集めている。この技術によって造り出される製品は大量生産品から、多品種少量生産品まで様々な形態を持つとともにその用途も広範な領域にわたっている。従ってそれに係わる企業も MEMS 生産を専門に行う企業、MEMS を生産しながらファブドリー事業 (製品の受託生産事業) を行う企業、ファブドリー事業を専門に行う企業、製造装置や解析ソフトを提供する企業等多岐にわたっている。

このような背景のもと、MEMS 産業は高付加価値で高機能な製品を実現する知識集約的な産業であり、今後の我が国製造業の担い手となる大きな可能性を有しており、我が国 MEMS 産業の活性化や標準化も含めた国際競争力強化を図って行くことが非常に重要な課題と認識されるようになって来ている。このことから独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (以下、NEDO という) では、「MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクト」事業、及び「高集積・複合 MEMS 製造技術開発事業」を展開している。

一方、NEDO は、我が国の MEMS 産業の更なる活性化、国際競争力の強化に向けて、平成16年度から長期的な視野に立った MEMS の技術戦略マップを作成してきており、今年度はその内容を見直し、今後の総合的な技術開発戦略策定へと結びつけていくことにしている。

そこで、本調査では平成17年度に策定した MEMS の技術戦略マップのローリングを行なう事を主たる目的とし、併せてローリングの基礎資料を提供するための市場調査と、学術動向調査を行う。

1. 2 事業の実施内容

1.2.1 MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査

MEMS の市場動向調査、学術動向調査を実施し、MEMS の技術戦略マップのローリングのために必要な基礎データを収集した。

市場動向調査では既に蓄積していた市場動向データに、従来の集計手法を踏襲して国内の MEMS 市場規模の推計を行った。併せてアンケート調査も実施した。

学術動向調査では国内外の研究論文、特許出願の分野別・地域別動向を調査し、MEMS 技術が進むべき方向を探った。

具体的内容は以下の通りである。

(1) MEMS の市場動向調査（財団法人 マイクロマシンセンター、株式会社 日鉄技術情報センター）

調査方式として、(財)マイクロマシンセンター（MMC）内に MEMS の主要企業を含めた産学官の専門家から構成される市場調査委員会を設置し、MMC が持つ市場分析ノウハウを有効活用すると共に、MMC 内に併設する MEMS 協議会（国内の主要 MEMS 関連ステークホルダーが参画）のメンバー及びマイクロマシン展の出展企業に対するアンケート調査も行い、国内市場予測調査・分析、産業構造分析を行った。

(2) MEMS の学術動向調査（株式会社 日鉄技術情報センター）

MEMS 関連の学術動向を把握するため世界有数の文献データベースである COMPENDEX によって、グローバルな MEMS 研究動向を把握するとともに、MEMS 研究者間で最も権威のある IEEE MEMS Conference の動向を解析して、世界各地で行われている MEMS の状況を調べた。一方、国内に関しては電気学会、精密工学会の研究状況を分析して、海外の状況との比較を行った。また特許の出願動向も調査し、研究開発・特許両面での MEMS の動向を調査した。

1.2.2 MEMS の技術戦略マップのローリング（株式会社 日鉄技術情報センター）

技術戦略マップを構成する導入シナリオ、技術マップ及びロードマップのローリングを行った。そのため NEDO との連携の下、東京大学生産技術研究所 藤田博之教授を委員長として、産官学の専門家によるタスクフォース委員会を設置した。この委員会では重要技術を次の視点で評価し、導入シナリオを見直した。

① MEMS の高機能化、または低コスト化に大きく貢献する技術

② MEMS 全般に広く貢献する基盤技術

そして 2025 年までを視野に入れて、その技術が中期的な視点で重要なものと、長期的な視点で重要なものに分類した。その上で技術マップに示された技術課題ごとに、研究開発により達成されるべき 2025 年に達成されるべきスペックを示して、ロードマップを製作した。

1.2.3 調査報告書の作成

以上の調査及び委員会の開催結果を、調査報告書として取り纏めた。

1. 3 成果の要約

本調査では、事業目的に沿って、平成17年度に策定した「MEMSの技術戦略マップ」の内容の見直しを行った。具体的には、MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査（市場動向調査と学術動向調査）と、技術戦略マップのローリングを行った。概要を以下に記す。

(1) MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査

①市場動向調査

(財)マイクロマシンセンター（MMC）内に、MEMSの主要企業を含めた産学官の専門家から構成される市場調査委員会を設置し、委員会による審議とアンケート調査によるMEMS市場動向調査・産業構造分析を行った。

2005年の国内MEMS関連市場は、約4,400億円であり、2010年の市場は約1兆1,700億円、2015年の市場は約2兆4,000億円と予測した。

②学術動向調査

学術的論文としてCOMPENDEX、MEMS Conf、電気学会、精密工学会を、特許データとしてWIPO、特許庁電子図書館を対象に調査を実施した。MEMS学術論文数では、長期的な増加傾向における近年のアジア地域のプレゼンスの増大、特許出願数では、光MEMS、RF-MEMSの出願の増加を、明らかにした。

(2) MEMSの技術戦略マップのローリング

産官学の専門家によるタスクフォース委員会を設置し、平成17年度に策定した技術戦略マップのローリングを行った。具体的には、新たに2025年までを視野に入れ、標準化動向等も織り込んだ、導入シナリオ、重要技術マップ及び製造技術ロードマップを策定し、平成18年度版の技術戦略マップとして取り纏めた。

Summary

This report describes on revise of contents of the technological strategy map of MEMS legislated in 2005 under the purpose of registered business. The revise work was composed of two items which were rolling action to the strategy map and study on necessary data for rolling. The study researched trend of market volume and the research and development of MEMS.

(3) Study for rolling the technological strategy map of MEMS

(c) Study on trend of market volume

Micro Machine Center (MMC) organized the committee constructed with specialists of the government, academia and industries including main companies concerning to MEMS. The committee researched market volume of MEMS and analyzed of MEMS industries world by discussion and making inquiries to companies. After operation of the committee, domestic market volume concerning MEMS technology was estimated as 440 billion Yen per year in 2005, 1170 B¥/year in 2010 and 2400 B¥/year in 2015.

(d) Study on trend of the research and development of MEMS

The study investigated academic reports of database followings: Compendex, IEEE MEMS Conference, IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines and Proceedings of JSPE, moreover counted patents registered in WIPO and Industrial Property Digital Library. As a result it was cleared that amount of academic report of MEMS is growing and activities of Asia area become to attract attention in research filed, and the number of domestic patents concerning to optical MEMS and RF-MEMS is increasing.

(4) Rolling action to technological strategy map of MEMS

Taskforce committee was organized by specialists of the government, academia and industries, made rolling the technological strategy map of MEMS legislated in 2005. As a result of rolling work, technological strategy map edited in 2006 FY was settled in which introduction scenario, important technological map and road map of production technologies was legislated by inserting activities of standardizing under a view forward 2025.

第2章 市場調査・学術動向調査

2. 1 市場調査

2.1.1 調査の内容及び範囲

本調査は、今後変化が激しくなる MEMS 関連市場において、最新の市場情報を把握することによって、MEMS 関連市場の規模及び産業構造の現状分析と将来予測を行い、MEMS の技術戦略マップのローリングのために必要な基礎データを提供することを目的に実施した。市場規模は 2005 年度を現状市場とし、将来予測は 2010 年、2015 年とした。

また、今後の市場の動向として MEMS 関連企業の事業展開戦略も大きく関係するため、MEMS 関連企業へのアンケート調査も行い、MEMS 産業構造の現状分析も行った。

(1) MEMS の定義

MEMS の定義を歴史的にみると、この分野の言葉として“マイクロマシン”が一般的表現として多用されてきた。MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術は日本語では微小電子機械システムと訳されているが、その定義は次のとおりいろいろとなされている。日本では、可動部品等の機械構造と電子回路を集積した微細なデバイスを、工作機械のマシニングセンターの超小型化や精密機器の小型化への志向があったことによりマイクロマシンと表現したことに始まり、微細化がマイクロからナノに進み、またその製造技術が半導体微細加工技術を基盤とすることと相俟って MEMS とも表現されるようになった。

現在 MEMS は、情報通信、医療・福祉、バイオ、自動車、ロボットなど多様な分野における高性能のキーデバイスとして期待され、その製造技術においてもわが国製造業の基盤を支えるキーテクノロジーとして、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術など一層の高度化が必要とされている。

MEMS はこのように、キーデバイスとしての多様な機能と、キーテクノロジーとしての新規技術の取り込みが拡張していく現状を踏まえ、今回の調査での MEMS の定義は、細かな定義付けをすることは避けると同時に MEMS 分野の技術戦略マップでの MEMS の基本的な考えを受けて以下の定義とした。

すなわち、『MEMS (Micro Electro Mechanical Systems : 微小電気機械システム)とは、電気回路(制御部)と微細な機械構造(駆動部)を一つの基板上に集積させた部品をいい、半導体製造技術やレーザ加工技術等各種の微細加工技術、ナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術などを用いて製造される。』とした。

(2) MEMS 市場の範囲

MEMS 関連市場としては、MEMS 関連ソフトウェア、MEMS 製造装置の市場もあるが、今回の調査では、MEMS 技術を用いて作られたデバイスを MEMS 市場規模とした。

(3) MEMS 市場の産業分野分類

多岐にわたるMEMS市場を、表 2.1.1-1 に示す産業分野分類に分け、MEMSが組み込まれている機器・製品及び将来組み込み可能な機器・製品を調査し市場の分析と予測を行った。

表 2.1.1-1 MEMS組込商品の分類と事例

産業分野分類	MEMS組込機器事例
情報通信機器関連分野	電子計算機入出力装置、PC、携帯情報端末、光通信機器・ネットワーク接続機器(光部品)、光・無線LAN、
民生用電子機器・電気機器関連分野	AV機器、映像機器、白物家電
アミューズメント関連分野	据置型家庭用ゲーム器、業務用ゲーム機
製造技術関連分野(マイクロファクトリ、計測・分析、メンテナンス)	知能ロボット、プロセスオートメーション用計測制御機器、検査機器、プロセス用・現場用分析機器、作業環境用・保安用分析機器、半導体・IC測定器、フラットパネルディスプレイ製造装置、バーコードリーダー
精密機器関連分野	カメラ、デジタルカメラ、腕時計、DVDカメラ、SPM、走査型レーザー顕微鏡
医療福祉関連分野	生体現象計測/監視システム、画像診断システム、処置用機器・生体機能人体機能/補助機器、治療用・手術用機器・医用検体検査機器、ヘルスケア機器・システム、*DSSは含まない。
バイオテクノロジー関連分野	バイオ関連分析機器(DNA分析・RNA分析・たんぱく質分析・細胞分析・血液分析チップ)
エネルギー関連分野	ウェアラブル燃料電池、マイクロ発電機
環境関連分野	環境計測機器
自動車関連分野	電子部品・センサ、エアバッグ、カーナビ、衝突防止システム、
都市環境整備関連分野	ITSインフラ、エレベータ、自動ドア、防犯・監視(赤外線カメラ)
航空宇宙関連分野	航空計器・操縦訓練用設備、海上航空移動通信装置、機体部品、人工衛星ミッション機器、 システム・バス機器
農林水産関連分野	食品加工機械(センサー類)、食品関連分析機器

(4)MEMS 産業構造

今後、変化が激しくなるMEMS関連産業の全体像を俯瞰するため、国内MEMS関連企業におけるリソース分析(常時雇用従業員数、研究開発者数、研究開発投資額)及びMEMS関連事業への取り組みの傾向をアンケート調査により分析した。

MEMSは、わが国の製造業における基幹デバイスとして期待されており、政府の重要技術項目として研究開発が進められているが、今回のMEMS市場の予測分析とアンケートに基づくMEMS関連企業の事業の方向性を合わせ見ることによって、わが国のMEMS関連産業強化への方策の手がかりとなるようにした。

2.1.2 実施体制

本調査の実施にあたっては、財団法人マイクロマシンセンターの中に、学識経験者、MEMS技術研究者からなる調査研究委員会およびワーキンググループを設置して、調査研究を行った。

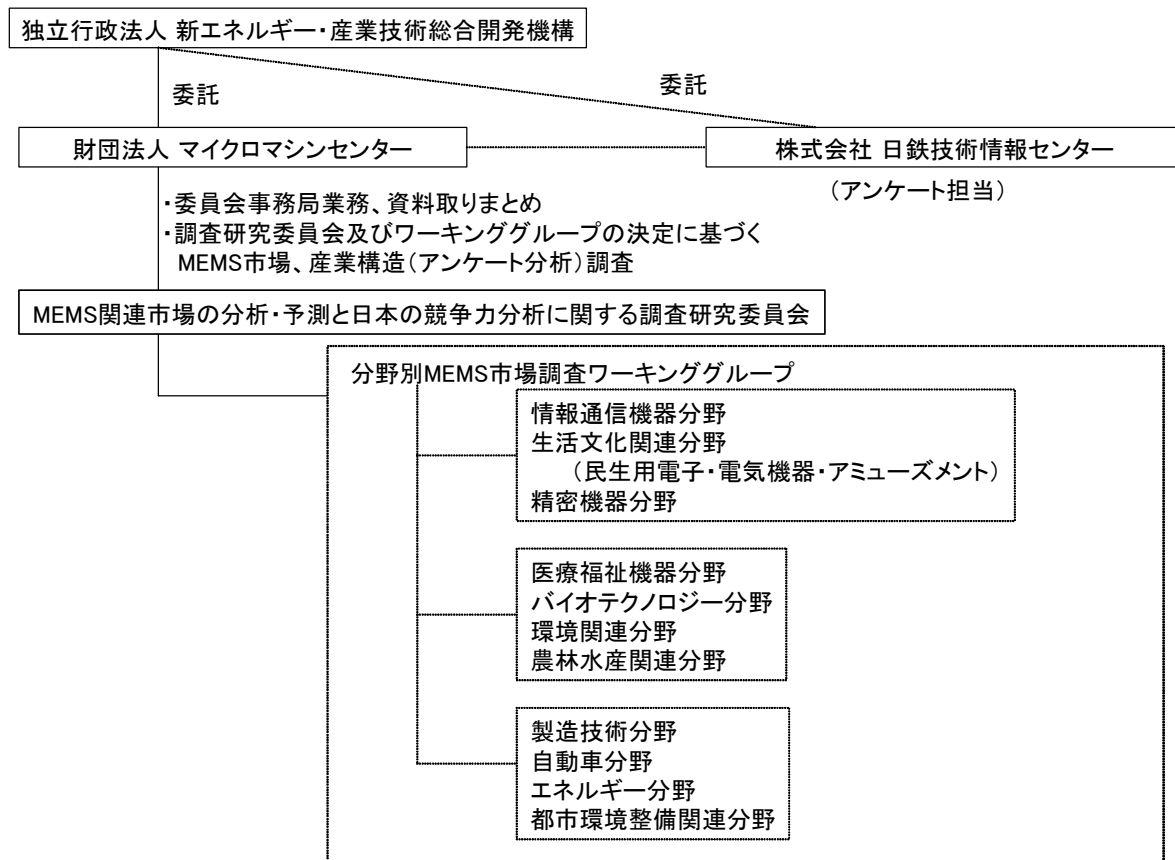


図 2.1.2-1 実施体制

MEMS 関連市場の分析・予測と日本の競争力分析に関する調査研究委員会名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学	下山 勲
	大学院 情報理工学系研究科知能機械情報学専攻	教授
副委員長	東北大学	羽根 一博
	大学院 工学研究科ナノメカニクス専攻	教授
委員	東京大学	竹内 昌治
	生産技術研究所	助教授
委員	独立行政法人 産業技術総合研究所	佐々木 信也
	先進製造プロセス研究部門	副部門長
委員	オムロン株式会社	積 知範
	技術本部 先端デバイス研究所	主事
委員	オリンパス株式会社	唐津 和裕
	プロセス技術部	部長
委員	キャノン株式会社	長尾 繁雄

	先端技術研究本部 先端融合研究所 担当部長		
委員	セイコーインスツル株式会社	光岡	靖幸
	技術本部 プロセス開発部		
委員	ソニー株式会社	田中	浩一
	コンポGp. CTDG MDD 担当部長		
委員	KOA株式会社	小松	道広
	LTC C事業化センター 回路設計グループ マネージャー		
委員	株式会社 東芝	舟木	英之
	研究開発センター 先端デバイスラボラトリー 主任研究員		
委員	株式会社 日立製作所	佐々木	康彦
	機械研究所 主任研究員		
委員	松下電工株式会社	鈴木	裕二
	生産技術研究所 微細プロセス開発センター グループ長		
委員	三菱電機株式会社	番	政広
	開発本部 開発業務部企画グループ 専任		
委員	株式会社 野村総合研究所	中島	崇文
	技術・産業コンサルティング1部 コンサルタント		

財団法人マイクロマシンセンター事務局・研究員

事務局長・総務部長	町田	進
産業交流部長	阿出川	俊一
産業交流部次長	織田	誠
調査研究部次長	安達	淳治

2.1.3 MEMS関連市場規模の算出方法

MEMS市場規模は、マイクロマシンセンターが平成15年度に実施した「MEMS関連市場の現状と日本の競争力分析に関する調査研究」（平成16年2月）で採用した考え方を基本的に踏襲した。すなわち、ある製品・機器について、技術的な観点、性能の改善、製造コスト等、総合的な見地からMEMS技術で置換し得る部分（関与部分）を推定し、この部分が製品価格に占める割合をMEMS関与率とし、さらにこの関与部分の中で、実際にMEMS技術を使用している部分が関与部分の価格に占める割合をMEMS化率として、この2つの係数を当該製品・機器の生産額に掛けることによってMEMS技術を使用した部分の市場規模を算出した。

「MEMSデバイス市場規模」

$$= \text{「MEMS組込み製品生産額」} \times \text{「MEMS関与率」} \times \text{「MEMS化率」}$$

なお、MEMS組込製品の製品生産額は、継続性（定期性）、信頼性を重視して公的機関

が発行した生産統計等からの生産額を採用した。なお、更に詳細データが必要な場合には民間機関発行の資料も採用することにした。

2.1.4 MEMS 関連市場の国内市場規模

(1) 概要

前述のMEMS 関連市場規模の算出法により、現状（2005 年）と、将来の市場の成長と MEMS 採用の増大等を加味して、2010 年、及び 2015 年の市場予測を行った。

この結果、2005 年の国内MEMS 関連市場は、約 4,400 億円であり、2010 年の市場は約 1 兆 1,700 億円、2015 年の市場は約 2 兆 4,000 億円と予測された。（表 2.1.4-1）

表 2.1.4-1 分野別MEMS市場規模

（単位：億円）

産業分野分類	2005年度	2010年度	2015年度
情報通信機器関連分野	1,556.16	3,050.65	7,356.35
民生用電子・電気機器関連分野	403.67	648.80	851.08
アミューズメント関連分野	103.92	440.67	1,372.55
製造技術関連分野	227.94	566.87	1,073.19
精密機器関連分野	229.22	677.44	2,544.84
医療福祉関連分野	254.18	1,074.76	1,867.69
バイオテクノロジー関連分野	34.87	42.58	80.08
エネルギー関連分野	0.00	69.26	137.19
環境関連分野	0.94	9.98	22.86
自動車関連分野	1,586.20	5,148.05	8,708.85
都市環境整備関連分野	0.08	0.77	1.61
航空宇宙関連分野	0.15	6.16	43.18
農林水産関連分野	0.00	7.44	14.88
合 計	4,397.33	11,743.43	24,074.33

MEMS 関連市場を産業分野別にみると、2005 年においては自動車分野、情報通信分野の 2 分野で全体市場の 71% を占めており、2010 年でもこの 2 つの分野が全体市場の 70% を占めているが、2015 年では、67% となり、他の産業分野の割合が徐々に増えてくる。特に、アミューズメント分野（ゲーム機器）、精密機器分野、医療福祉機器分野の拡大が顕著になっている。

また市場規模をMEMS 種別でみれば、2005 年の市場約 4,400 億円のうち 57% 強が「センサーMEMS」であり、この割合は 2010 年が 55%、2015 年が 51% 強と徐々に低下し、年を追うごとに光MEMS、RF-MEMS、流体MEMS、バイオ・化学MEMS の割合が徐々にではあるが増加していく。（表 2.1.4-2）

このようにMEMS種別ごとの市場規模の推移は、センサーMEMSを中心に、自動車分野、情報通信分野が牽引しており、この傾向はMEMS関連市場の基調として今後も続くが、光MEMS、RF-MEMS、流体MEMS、バイオ・化学MEMSなどは、光技術との融合、ナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術などの研究開発の成果が取り込まれば、この分野への市場の拡大に繋がるものと推察される。

表 2.1.4-2 MEMSデバイス事例(種別)別の市場規模の推移

(単位:億円)

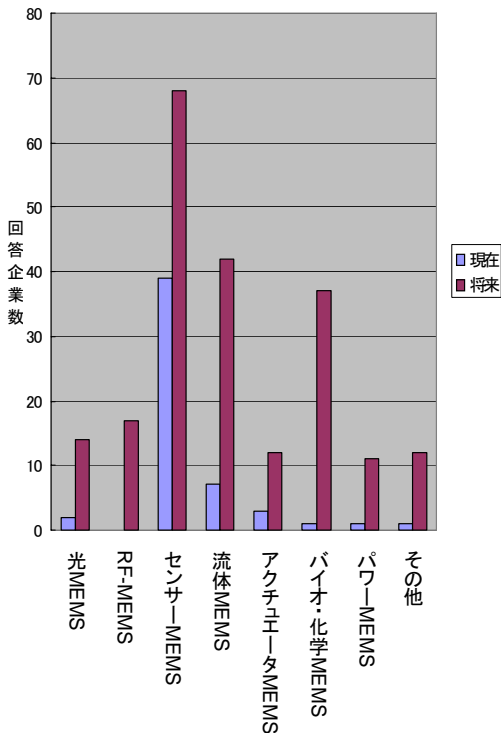
MEMSの種類	2005年度	2010年度	2015年度
光MEMS	896.71	2,047.04	3,831.97
RF-MEMS	264.71	1,136.69	3,205.87
センサーMEMS	2,518.47	6,473.36	12,441.15
流体MEMS	206.19	851.16	1,674.29
アクチュエータMEMS	251.84	539.42	1,148.51
バイオ・化学MEMS	79.66	230.08	626.27
パワーMEMS	0.00	92.93	300.55
複合MEMS	3.46	32.03	223.01
その他	176.29	340.72	622.71
合計	4,397.33	11,743.42	24,074.32

また今回の調査では、MEMS関連企業へのアンケート調査で、現在(2005年度)及び将来(2010年度)のMEMS事業の展開の傾向も分析した。

図 2.1.4-1 は、アンケートによって得られたMEMSデバイスメーカーでのMEMS種別ごとの事業展開の傾向と、今回の市場規模予測の試算結果を対比したものである。

アンケート結果では、MEMS関連企業は、現在のMEMS市場の大きな比重を占めるセンサーMEMSや近い将来市場が拡大すると思われる光MEMS、RF-MEMSへの事業展開の傾向とともに、将来は流体MEMS、バイオ・化学MEMSなどマイクロTAS関係の事業展開を図っていきたいとする結果が出ている。今回調査した市場規模予測と比較してみると、光MEMS、RF-MEMS、センサーMEMSについてはほぼ同様の傾向が見られるが、流体MEMS、アクチュエータMEMS、バイオ・化学MEMSについては、企業が事業展開したいとする傾向に対し、デバイス分野の市場は2010年～2015年にかけて市場が立ち上がるであろう試算が出ている。このことは、MEMS関連企業は、MEMSが情報通信、医療・バイオ、自動車等のわが国の主要産業を高付加価値化し国際競争力をさらに強化にする基幹デバイスとしての技術開発の加速に大きな期待を持っている表れと思われる。

MEMS種別ごとの事業展開の傾向(アンケート結果)



MEMS種別ごとの市場規模予測

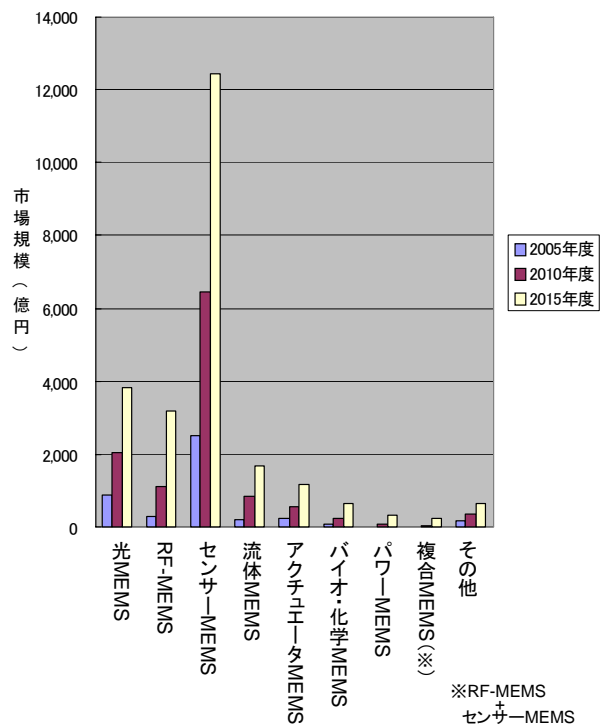


図 2.1.4-1 MEMS種別ごとの企業の事業展開の傾向とMEMS市場規模の予測

(2) 分野ごとの市場規模

1) 情報通信機器関連分野

情報通信機器分野については、表 2.1.4-3 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

1.1) 市場・技術動向

① 携帯電話

情報通信機器分野でMEMSが最も期待される携帯電話は、2006年末時点で、キャリア3社のカタログに掲載されている機種は、合計100余りにのぼる。それらには、ハード技術、ソフト技術を駆使した多くの機能が搭載されている。多様な機能のうち、MEMSが関与しているか、もしくは関与する可能性のある機能としては、内蔵カメラの手ブレ補正機能、歩数計機能、GPS機能、電子コンパス機能、ハードディスク駆動装置などが挙げられる。約17%の機種に搭載されている手ブレ補正機能は、現在、ソフト技術によるデジタル補正が採用されており、約35%の機種に搭載されているGPS機能では、センサーの併用にまで至っていないとみられる。過去に採用をうたった報道発表などもあったが、定着するには至っていないものと思われる。携帯電話には、小型化+多機能化の強いニーズがあるため、MEMS技術に対する期待が最も高い分野であるが、MEMSデバイス技術の現状は、機器への定着を勝ち得るには、未だ不十分と判断される。推定される最大の理由は、デバイ

スとしての小型化が、携帯電話に採用するには、まだ不足していること、コストが見合わないことであろう。携帯電話に搭載するデバイスにおいては、コストの壁が極めて厚いことも忘れてはならない。

表 2.1.4-3 情報通信機器分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
ノートブック型PC	パワーMEMS	小型燃料電池	水蒸気改質器への応用、電解質膜、電極等の一体化
	センサMEMS	マイクロフォン	音声認識として使用
水冷式PC	流体MEMS	マイクロポンプ	冷却装置のポンプとして使用
	流体MEMS	マイクロ流路	冷却液を流す流路として使用
磁気ディスク装置	センサMEMS	磁気ヘッド	
	アクチュエータMEMS	スライダ・アーム、スピンドルモータ	
光ディスク装置	センサMEMS	光ピックアップ	光書き込み/読み出し
	アクチュエータMEMS	スピンドルモータ	
IJプリンタ	アクチュエータMEMS	インクヘッド	プリンターヘッドとして利用
	流体MEMS	マイクロ流路	プリンターヘッドとして利用
レーザプリンタ	光MEMS	光スキャナー	プリンターヘッドとして利用
複写機・複合プリンタ	その他	インクヘッド	プリンターヘッドとして利用
複写機	光MEMS	光スキャナ	プリンターヘッドとして利用
携帯情報端末	集積化MEMS	通信機能、センサ、表示装置などを集積した端末	・RF-MEMS、慣性センサ、MEMSディスプレイ
携帯電話	光MEMS	光スイッチ、赤外線アレイセンサ、マイクロレンズ	超小型プロジェクター、暗所での位置センシング、ディスプレイ用液晶バックライト
	RF-MEMS	RFスイッチ、アンテナ、フィルター、オシレータ、デュプレクサ、チューナブルキャパシタ、オシレータ、レゾレータ、など	RF回路、周波数帯、アンテナ切り替え用スイッチ、マルチバンド機器の帯域通過フィルタ、など
	センサMEMS	角度・角速度センサ、位置・距離センサ、振動・加速度センサ、磁気センサ、音圧センサ(マイクロフォン)、圧力センサ、触覚センサ、超音波など	端末の傾き、動き検知、手振れ防止、GPS・HDD保護、ナビゲーション、歩数計測、落下検知、電子コンパス、など
	アクチュエータMEMS	圧電駆動型MEMSスイッチ、静電駆動型MEMSスイッチ、エレクトロウエットティングスイッチ	駆動機構
	バイオ・化学MEMS	バイオセンサ・アクチュエータ	体況計測
	流体MEMS	携帯用燃料電池	超小型燃料電池
	パワーMEMS	小型振動型発電機、熱電変換	電源
光通信機器・ネットワーク接続機器	光MEMS	光スイッチ、波長可変フィルタ、減衰器など	光信号スイッチング用のミラーアレイ、光ネットワーク用切替スイッチ、通信用コネクタ、光多重装置を使った長距離通信の波長モニタ装置向け、など
光・無線LAN	RF-MEMS	RFスイッチ	通信方式、バンド切替えに使用

携帯電話への今後のMEMS搭載を左右するとみられる主なトレンドとしては、内蔵カメラの高画質化、GPS機能の普及・充実、ハードディスク駆動装置の内蔵、通信のマルチバンド化・ミリ波対応、多機能化、部材の小型化、消費電力・駆動時間の増大、などが挙げられる。

携帯電話のGPS機能は、2007年4月から、搭載が義務付けられるため、ほぼすべての機種に組み込まれる見込みで、それを契機に、ナビゲーション機能など、GPS関連機能の充実が図られる可能性がある。加速度センサーや地磁気センサーなどへの期待が高まるはずだが、ここでも、十分な小型化と低コスト化が実現できているかどうかのかがキーとなる。

また、ハードディスク駆動装置(HDD)の内蔵が始まると、落下検知用に、加速度センサーの需要が期待される。本用途に向けた加速度センサーの需要は、超小型HDD開発の動向

がポイントとなる。

通信のマルチバンド化は、無線 LAN による通信機能の搭載に向けた開発が進んでいる。高周波数帯域での通信需要が増すにつれ、RF-MEMS への期待が高まってくる。MEMS スイッチでは、周波数帯域が上がるにつれ、MEMS のメリットが向上するが、無線 LAN で使われる 2.4GHz、5GHz といった帯域は、半導体スイッチなど、既存技術に対して、必ずしも、性能的な優位性が明確ではない。サイズあるいはコストといった面で優位性が確保できれば、性能的に同等であっても、置き換えが進む可能性はある。通信方式がミリ波帯域にまで拡大してくれば、MEMS スイッチは不可欠な構成要素となるだろう。

最近、MEMS 発振器を、従来 of 水晶発振器から置き換えようとする海外 MEMS メーカーの動きが目立っている。メーカーの主張では、MEMS 発振器は、水晶発振器に比べ、小型化、低コスト化できるとしており、機器メーカー側の賛同が得られれば、搭載が進むかもしれない。

将来のユビキタスネット社会における多機能化ニーズは、生活に密着した様々なコミュニケーションやインターフェースへの対応を求めており、“人と人”のみならず、“人と機器”までも含めたやり取りが期待される。進化が進めば、所有者個人の情報サーバーとして働き、一個人の分身として存在するようになるだろう。そうした機能の中心にくるのは、既に述べた RF-MEMS と共に、各種センサー MEMS ではないかと思われる。上記した加速度、角速度、地磁気のような、携帯電話自体の状態をセンシングするもの他に、携帯者自身の状況をセンシングするニーズも出てくるだろう。例えば、健康状態を遠隔チェックするため、体温、血圧、脈拍、呼吸等を計測するセンサー（温度、圧力、ガス、バイオ）などが考えられる。電子決済機能などが充実してくると、個人識別に、より高い信頼性が求められ、現在、一部で搭載されている指紋、顔、声などの認証から、静脈認証へのシフトがあるかもしれない。その場合は、可視、赤外、超音波などの撮像系センサーの使用が考えられる。また、高齢者や障害者などにもやさしい新たな入出力機構の搭載も考えられる。

部材の小型化の 1 つとして、最近注目されるのがシリコン・マイクである。小型でコストが安く、自動での実装が可能など、製品としての完成度も高そうで、近々、搭載が進むものと期待される。将来的には、音声入力のほとんどがシリコン・マイクに置き換わる可能性がある。

消費電力・駆動時間の増大は、多機能化が進むと同時に、間断ないコミュニケーションやインターフェースを求めるようになるのに伴って、避けることのできない問題である。現在採用されている二次電池では、この要求に十分応えることは難しく、長期連続駆動を可能にする新たな電源系の登場が待たれている。近年、活発に開発が進められているマイクロ燃料電池は、その代表格である。また、現在は、1つの電源系（二次電池）で、すべての電力を賄っているが、将来は、状況に対応して、複数の発電系を使い分ける複合電源系なども考えられる。例えば、熱電変換デバイスや圧電変換デバイスを用いて、機器から放

出される熱や外力を電気変換し、待機中の電力を賄ったり、RF-ID など、外部との情報のやり取り時に、外からの給電が可能な場合には、非接触給電デバイスを用いるなどすれば、メイン電源の電力消費を極力遅らせることができるであろう。メイン電源として、より大容量なマイクロ燃料電池を用いれば、動作時間は、格段に伸びることが期待される。しかし、これらパワー系のMEMSが実用レベルに達するには、技術的に、少し時間が掛かりそうで、本格的に搭載が始まるのは、2015年前後になるのではないかと思われる。

② 光通信機器・ネットワーク接続機器

光通信は、総務省の資料をもとに内閣府が算出した国内通信量の推移は、2004年に、毎秒映画約8本分相当の324Gbpsだったものが、2005年には、その約1.5倍に急拡大した。そして、2010年には、さらにその約4倍にまで達すると見込まれている。高速・大容量のデータ伝送ニーズは高まる一方であり、光通信の需要も大きく拡大、併せて、さらなる高速化の実現に向けた光通信技術の開発も活発化している。

光通信の普及に伴って、光通信網が徐々に複雑化しつつあるなかで、大容量データの高速度伝送性能を確保するために、最も重要と考えられるのが光スイッチ技術である。光スイッチに求められる仕様は、従来方式における電気スイッチと比べ、150倍のスイッチング容量と1/1,000の小型化、そして1/50,000の省エネ化である。これを実現できるのは、MEMS技術を用いた光スイッチ以外にないと考えられる。最近では、ナノ秒オーダーで切り替え可能なもの、160Gbpsあるいは1Tbpsといった高速伝送が可能なものなど、多くの開発報告例が認められる。実用レベルの光MEMSスイッチが登場すれば、光通信にとって必須のものとなることが予想され、ほぼすべてのルーターに搭載されることになるだろう。

スイッチ以外では、長距離通信を可能にするフィルターも期待される。光多重装置を使った長距離光通信を行なう場合、波長分離フィルターが必要となるが、ファブリペロー型フィルターをMEMSで開発する技術などがみられる。そのほか、可変減衰器、光コネクタ、波長可変レーザー、光変調器など、高速・大容量の光通信を実現するためには、多くの主要デバイスにおいて、MEMS技術が不可欠とみられる。

また、より信頼性の高い光通信を実現するためには、光源となるレーザー光の波長を安定に維持することも必要だろう。光源からの発熱に伴う温度変動に起因した波長の揺らぎを抑制するためには、小型熱電変換素子なども使われる可能性がある。

光通信の高速・大容量化に合わせて、光MEMS技術の重要性は高まる方向にあり、将来的には、あらゆるところで、MEMS技術が席卷するものと思われる。

③ ノートブック型PC

ノートブック型パソコンにおいては、キーボードの操作性、ディスプレイの大きさ等で、機器サイズに制約があることから、極端な小型化へのトレンドはないと推測される。超小型化へのニーズは、あったとしても、携帯電話の多機能化トレンドを考慮すれば、携帯電話に吸収されるとみてよいであろう。従って、ノートブック型パソコンにおけるMEMS

への期待は、小型化というよりも、むしろ、軽量化に向けたものが大きいかもしれない。しかしながら、ノートブック型パソコンの重さの大半は、筐体やディスプレイ・パネルなどが占めているものと思われ、MEMS化による機構部品などの軽量化がどの程度の効果を及ぼすものかは良く分からない。回路用パッシブデバイスやスイッチ類、音センサー（マイク）など、高性能、低コストといった面で、既存部品に対する優位性が高くなれば、単純な置き換え需要が進む可能性はある。また、ログイン時などの個人認証機能を搭載する機種がますます増えてくることが予想されるため、指紋センサーや、静脈認証用の可視、赤外、超音波など、撮像系センサーの需要が高まりそうである。

搭載が確実視されるものの1つとして、機器落下時にハードディスク駆動装置(HDD)保護機能を動作させるための落下検知用加速度センサーがある。ノートブック型パソコンのHDDをフラッシュ・メモリーに置き換えようとする動きもあることから、将来、すべてのノート・パソコンに搭載されるかどうかは不明だが、HDDとの併用については、ほとんど不可欠といって良いだろう。

さらに、携帯電話の場合と同様、長時間連続駆動を可能にする新たな電源系としてのパワーMEMSへの期待も大きい。携帯電話に比べ、消費電力は大きいものの、サイズの制約が緩やかと思われることから、本格搭載時期は、携帯電話より多少早いかもしれない。

なお、一部機種では、LSIやディスプレイから発生する熱を冷却するため、水冷機構が搭載されているが、そのようなタイプにおいては、冷却水を循環させるためのマイクロ・ポンプ、マイクロ流路といったものの需要が生まれてくるとみられる。

④ プリンター

インクジェット・プリンターのヘッドには、MEMS技術が使われている。主に、圧電方式とバブルジェット方式の2種類あるが、いずれもMEMS技術が必須のデバイスである。レーザー・プリンターにおいては、現状のミラーに代わって、光スキャナーが使われる可能性がある。

プリンターの機器サイズは、使用する用紙サイズで制約されるため、MEMS技術を用いた既存部品の小型化ニーズは、それほど強くないものと思われる。ただし、MEMS化によって、既存部品を上回る性能向上や低コスト化が見込めれば、需要は広がるであろう。

⑤ 記憶装置

磁気ディスク装置におけるヘッドのトラッキング制御用アクチュエータに、MEMS技術が使われ始めている。また、磁気ヘッド自体も、MEMS磁気センサーに置き換わっていくとの見方がある。光ディスク装置においても、大容量DVDの普及拡大に伴って、光ピックアップアップ部分に、アクチュエータMEMSが使われ始めている。駆動装置であるモーターの小型化も進められ、ここでも、アクチュエータMEMSの搭載が始まっている。

これら記憶装置においては、メディアのサイズで機器の大きさが制約されるため、MEMS技術を用いた既存部品の小型化ニーズは、それほど強くないものと思われる。ただし、MEMS化によって、既存部品を上回る性能向上や低コスト化が見込めれば、需要は広が

るであろう。

⑥ 携帯情報端末

液晶ディスプレイ・モニターについては、小型化に伴ない、光スキャナーの搭載が進んでいる。さらなる薄型化、軽量化に向けて、MEMS化のメリットが生かせれば、需要は拡大する可能性がある。

⑥ ATM機器

現金自動預払機など金融用端末装置は、これから、通信機能、表示装置などを集積した端末が登場すると共に、超小型化、低コスト化に向けて、MEMS技術が急速に進展するとみられる。そのため、RF-MEMS、加速度センサー、光スキャナー等超小型表示装置用光MEMSの搭載が進むと期待される。

⑧ 光・無線LAN装置

無線LAN通信装置は、通信方式やバンドの切り替えに、RFスイッチの搭載が期待される。マルチバンド化に伴なって、装置の高周波数化が進むことで、既存部品がMEMSに置き換わっていくと考えられる。

1.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

情報通信機器分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-2 のとおり予想される。

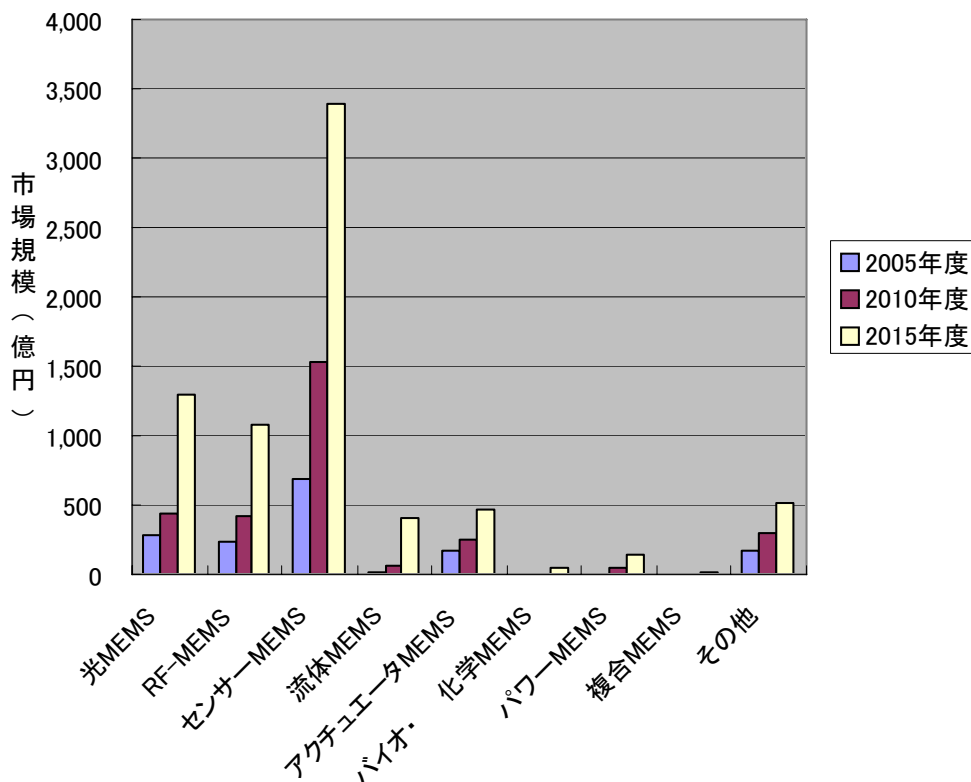


図 2.1.4-2 情報通信機器分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①光MEMS

光スイッチ（アレイ）は、光通信における信号のスイッチング用途を中心に、2005年で、最大 24.35 億円の市場があったとみられる。今後の光通信市場自体の急速な拡大を考慮すると、2010年には最大 73.05 億円、2015年には最大 121.76 億円になると予測される。

光コネクタは、光通信における信号接続用途を中心に、2005年で、最大 3.34 億円の市場があったとみられる。今後の光通信市場自体の急速な拡大を考慮すると、2010年には最大 11.14 億円、2015年には最大 20.06 億円になると予測される。

可変減衰器（アレイ）は、光通信における信号のパワー調整用途で、今後、市場が形成されていくとみられる。

波長可変フィルターは、光通信における多重送信時の波長分離用途などで、今後、市場が形成されていくとみられる。

波長可変レーザーは、光通信用光源用途などで、今後、市場が形成されていくとみられる。

赤外線センサーアレイは、携帯電話の多機能化に伴う中で、暗視センサー、物体センサー用途などに、市場が形成されていく可能性がある。2005年市場はなかったとみられるが、2015年には、最大 385.98 億円になると予測される。

光スキャナーは、2005年は、レーザー・プリンター用途で最大 10.41 億円、複写機用途で最大 50.18 億円の市場があったとみられる。2010年には、レーザー・プリンター用途で 1.39 億円から 27.77 億円、複写機用途で最大 112.91 億円、2015年には、レーザー・プリンター用途で 2.78 億円から 104.14 億円、複写機用途で最大 200.72 億円になると予測される。また、液晶ディスプレイ・モニター用途は、2005年に最大 75.95 億円の市場があったとみられており、2010年には最大 126.58 億円、2015年には最大 189.87 億円になると予測される。新規市場としては、携帯電話の多機能化に伴う超小型プロジェクター用途などが考えられる。これに関しては、2015年に最大 192.99 億円の市場が期待される。

光MEMS関連デバイス 2005年市場は、その他、レーザー・プリンター用光学モジュールで最大 55.54 億円、複写機用プリンター・ヘッドで最大 50.18 億円、携帯電話バックライト用マイクロレンズで最大 192.99 億円の規模があったとみられる。今後、2010年には、レーザー・プリンター用光学モジュールで最大 124.97 億円、複写機用プリンター・ヘッドで最大 112.91 億円、携帯電話バックライト用マイクロレンズで最大 192.99 億円、2015年には、レーザー・プリンター用光学モジュールで最大 222.17 億円、複写機用プリンター・ヘッドで最大 200.72 億円、携帯電話バックライト用マイクロレンズで最大 192.99 億円の市場が予測される。

光MEMS全体の市場規模は平均的な推測として、2005年で 279.39 億円、2010年で 443.33 億円、2015年には 1,291.7 億円になると見ている。

②RF-MEMS

RF スイッチは、携帯電話の通信周波数切り替え用途で、2005年に最大 19.30 億円の市

場があったとみられる。今後、2010年には最大192.99億円、2015年には38.60億円から385.98億円になると予測される。また、これから、無線LAN通信装置用途も生まれてくると考えられ、2010年には最大2.15億円、2015年には最大6.45億円になると予測される。

チューナブル・キャパシターは、携帯電話用RF回路への搭載により、2005年で最大19.30億円の市場があったとみられる。2010年には最大38.60億円、2015年には1.16億円から154.39億円になると予測される。

フィルターは、携帯電話用バンドパス・フィルター用途で、2005年に最大1,929.92億円の市場があったとみられ、2010年には最大9,649.60億円、2015年には最大1兆5,439.36億円に拡大すると予測される。

アンテナは、携帯電話用として、需要が増してくるとみられ、2015年には最大38.60億円になると予測される。

デュプレクサーは、携帯電話用として、需要が増してくるとみられ、2015年には最大38.60億円になると予測される。

オシレーターは、携帯電話用として、2005年に最大19.30億円の市場があったとみられており、2010年には9.65億円から38.60億円、2015年には57.90億円から154.39億円になると予測される。

レゾネーターは、携帯電話用として、2005年に最大19.30億円の市場があったとみられており、2010年には最大38.60億円、2015年には38.60億円から154.39億円になると予測される。

RF-MEMS関連デバイス市場としては、その他、携帯電話用受動部品が想定され、2010年に最大19.30億円、2015年に最大38.60億円が予測される。

RF-MEMS全体の市場規模は平均的な推測として、2005年で235.37億円、2010年で419.98億円、2015年には1,084.57億円になると見ている。

③センサーMEMS

角度・角速度センサーは、携帯電話内蔵カメラの手ブレ補正用途での搭載が始まっており、今後、2010年には最大192.99億円、2015年には最大385.98億円への市場の拡大が予測される。

位置・距離センサーは、携帯電話のナビゲーション機能向けで、搭載が期待され、今後、2010年には最大77.20億円、2015年には最大173.69億円に市場が拡大するものとみられる。

圧力センサーは、携帯電話の入力機構向けなどで、新たな市場が生まれてくる可能性があり、2010年に最大38.60億円、2015年に最大77.20億円の規模が期待される。

振動・加速度センサーは、携帯電話の傾き・落下検知用として、2005年に、最大385.98億円の市場があったとみられ、その後、コストダウンに伴うコスト比率の低下が予想されるものの、2010年には77.20億円から192.99億円、2015年には173.69億円から385.98億円になると予測される。また、磁気ディスク装置の落下検知用途としても、2005年に最

大 3.30 億円の市場があったとみられるが、2010 年には最大 6.61 億円、2015 年には最大 9.91 億円になると予測される。

触覚センサーは、携帯電話の多機能化に伴う新たな入出力機構向けなどで、2010 年に最大 385.98 億円、2015 年に最大 771.97 億円程度の市場が期待される。

音圧センサーは、携帯電話用マイクロフォン向けに、2005 年で、最大 19.30 億円の市場があったとみられるが、2010 年には最大 77.20 億円、2015 年には最大 192.99 億円に拡大すると予測される。ノート PC 用マイクロフォンとしての需要もあるとみられ、2010 年に 6.84 億円、2015 年に 13.68 億円の市場が予測される。

超音波センサーは、携帯電話の多機能化に伴うセンシング機能の 1 つとして、2015 年に 385.98 億円程度の市場が期待される。

磁気センサーは、磁気ディスク装置用ヘッドとして、2005 年に、13.22 億円から 66.08 億円の市場があったとみられ、今後、2010 年には 33.04 億円から 66.08 億円、2015 年には 46.26 億円から 66.08 億円となることが予測される。携帯電話用ナビゲーション機能向けにも市場が形成され、こちらは、2010 年には 77.20 億円から 192.99 億円、2015 年には 173.69 億円から 385.98 億円になると予測される。

ガス・湿度センサーは、携帯電話の多機能化に伴うセンシング機能の 1 つとして、2015 年で最大 38.60 億円の市場が期待される。

センサーMEMS 全体の市場規模は平均的な推測として、2005 年で 683.67 億円、2010 年で 1,526.47 億円、2015 年には 3,393.42 億円になると見ている。

④流体MEMS

マイクロ・バルブは、携帯電話内蔵のマイクロ燃料電池用補機として、需要が見込まれ、2015 年には最大 77.20 億円が予測される。

マイクロ・ポンプも、携帯電話内蔵のマイクロ燃料電池用補機として、需要が見込まれ、2015 年には最大 77.20 億円が予測される。また、デスクトップ型パソコン用水冷機構向けとしても、2005 年に、最大 91.34 億円の市場があったとみられる。その後、大幅なコストダウンの可能性があるので、2010 年には最大 45.67 億円、2015 年には最大 68.51 億円と予測される。

マイクロ・リアクターは、携帯電話内蔵のマイクロ燃料電池用燃料改質器として、需要が見込まれ、2015 年には最大 96.50 億円が予測される。

マイクロ流路は、デスクトップ型パソコン用水冷機構向けとして期待され、2010 年に最大 1.14 億円、2015 年に最大 2.28 億円が予測される。また、インクジェット・プリンター用で、2005 年に、最大 76.81 億円の市場があったとみられる。今後、2010 年で最大 92.17 億円、2015 年で最大 107.53 億円の市場が予測される。携帯電話内蔵のマイクロ燃料電池用部材としても、需要が見込まれ、2015 年には最大 77.20 億円の市場が予測される。

流体MEMS 全体の市場規模は平均的な推測として、2005 年で 12.6 億円、2010 年で 65.92 億円、2015 年には 413.36 億円になると見ている。

⑤アクチュエータMEMS

圧電駆動型MEMSスイッチは、携帯電話用駆動機構として、既存スイッチ類の置き換えで、2015年に最大38.60億円程度の市場が期待される。また、磁気ディスク装置のヘッド向けにも期待されるが、市場規模は予測できない。

静電駆動型MEMSスイッチは、インクジェット・プリンター用ヘッド部品として用いられる可能性があるが、これについても、市場規模は予測できない。また、携帯電話用駆動機構として、既存スイッチ類の置き換えで、2015年に最大38.60億円程度の市場が期待される。

エレクトロウェットティング・スイッチも、携帯電話用駆動機構として、2015年に最大38.60億円程度の市場が期待される。

アクチュエータMEMS関連デバイス市場としては、その他、インクジェット・プリンター用ヘッドが、2005年に、76.81億円から153.62億円の市場があったとみられ、2010年には76.81億円から215.06億円、2015年には76.81億円から276.51億円になると予測される。磁気ディスク装置用モーターでは、2005年に、3.30億円から9.91億円の市場があったとみられ、2010年には6.61億円から19.82億円、2015年には9.91億円から26.43億円になると予測される。磁気ディスク装置用スライダアームは、2005年に、6.61億円から9.91億円の市場があったとみられ、2010年には19.82億円から26.43億円、2015年には26.43億円から59.47億円になると予測される。また、光ディスク装置用光ピックアップは、2005年に、5.34億円から26.70億円の市場があったとみられ、2010年には21.36億円から37.37億円、2015年には最大48.05億円になると予測される。光ディスク装置用モーターは、2005年に、2.67億円から13.35億円の市場があったとみられ、2010年には5.34億円から18.69億円、2015年には8.01億円から24.03億円になると予測される。

アクチュエータMEMS全体の市場規模は平均的な推測として、2005年で175.47億円、2010年で253.47億円、2015年には461.98億円になると見ている。

⑥バイオ・化学MEMS

バイオセンサー・アクチュエータは、携帯電話の多機能化に伴うセンシング機能の1つとして、将来搭載される可能性があり、2015年に40.35億円の市場が期待される。

⑦パワーMEMS

ノートブック型パソコン用マイクロ燃料電池は、2010年に最大34.19億円、2015年に最大68.38億円の市場が予測される。携帯電話用マイクロ燃料電池は、2010年に最大96.50億円、2015年に675.47億円の市場が予測される。また、ダイレクトメタノール型は、2015年に最大192.99億円の市場が予測される。

小型振動型発電機は、携帯電話用電源として、2015年に最大19.30億円の市場が期待される。

熱電変換は、携帯電話用電源として、2015年に最大19.30億円の市場が期待される。また、光通信レーザー光源の冷却用としても期待されるが、搭載率などを含め、市場規模は予

測できない。

パワーMEMS全体の市場規模は、2010年には41.03億円、2015年には138.14億円になると予測される。

⑧その他MEMS

複合プリンター用ヘッド向けのマイクロメカニクス機構部品では、2005年に、最大61.57億円の市場があったと見込まれ、2010年には最大92.35億円、2015年には最大138.53億円になると予測される。

現金自動預払機など端末装置用の複合MEMSでも、今後、需要が見込まれ、2010年に最大4.38億円、2015年に最大14.61億円の市場が予測される。

その他MEMS全体の市場規模は平均的な推測として、2005年で169.64億円、2010年で295.18億円、2015年には515.3億円になると見ている。

2) 民生用電子・電気機器分野

民生用電子・電気機器分野については、表2.1.4-4に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-4 民生用電子機器・電気機器分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
プロジェクションディスプレイ	光MEMS	ミラーデバイス、マイクロレンズアレイ、光スキャナー、	DLP(Digital Light Processing)、液晶プロジェクターのバックライトとして使用
	センサMEMS	加速度センサー	プロジェクタの傾斜角センサとして使用
ヘッドフォンステレオ	センサMEMS	イアーホン、加速度センサ	落下検知センサとして使用
デジタルオーディオディスクプレイヤー	センサMEMS	イアーホン	
電気ストーブ(温風機含む)	センサMEMS	マスフローセンサ	ガス検知器として使用
電気がま(ジャー付)	センサMEMS	圧力センサ	
食器洗い機(乾燥器付)	センサMEMS	圧力センサ	
電気冷蔵庫	センサMEMS	温度・湿度センサ	
クッキングヒーター	センサMEMS	マスフローセンサ	ガス検知器として使用
電気洗濯機	センサMEMS	圧力センサ	水位検知として使用
洗濯物乾燥機	センサMEMS	温度・湿度センサ	
電気掃除機	センサMEMS	圧力センサ	吸引力検知として使用
屋外監視システム(赤外線カメラ)	センサMEMS	赤外線イメージャー、赤外線センサ	不審者監視用カメラとして使用、人感センサとして使用
室内監視システム	センサMEMS	指紋識別センサ、温度、湿度センサ、ガスセンサ	入退室管理、温度、湿度などの管理システム、ガスなどの管理システム
アルコールチェッカー	センサMEMS	アルコールセンサ	アルコールチェッカーのセンサに使用

2.1) 市場・技術動向

当該分野でもっとも期待されるのはプロジェクションディスプレイである。液晶とDLPが競合しているが、その市場規模は光産業技術振興協会によれば2006年国内生産推定額は

1,687 億円である。オーディオ分野でもイアホンやヘッドホンの落下検知市場が期待されるが規模は大きくない。情報家電では各種センサの活躍が期待される。機械統計によれば、家電全体の 2006 年国内生産額は 1 兆 8,694 億円である。このうち、センサ搭載対象と想定される機器の生産額は、電気釜 592 億円、食器洗い乾燥機 347 億円、電気冷蔵庫 2,608 億円、クッキングヒーター 707 億円、電気洗濯機 1,429 億円、電気掃除機 602 億円である。

技術動向については、光MEMSとしてはプロジェクションディスプレイに使用されるDLPの進展が著しい。液晶プロジェクタと競合しているが、ハイビジョン対応への高精度・高速化対応と低コスト化への期待は高い。センサMEMSは情報家電の手足としての各種センサとしてますます適用範囲は広がることは間違いない。情報家電に搭載されたコンピュータによる、より高度なコントロールを行うためには、多点・多種のセンシングが重要であり、小型・高精度と共に、低コスト化を目指しMEMS技術の開発が進められている。

2.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

民生用電子機器・電気機器分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図2.1.4-3のとおり予想される。

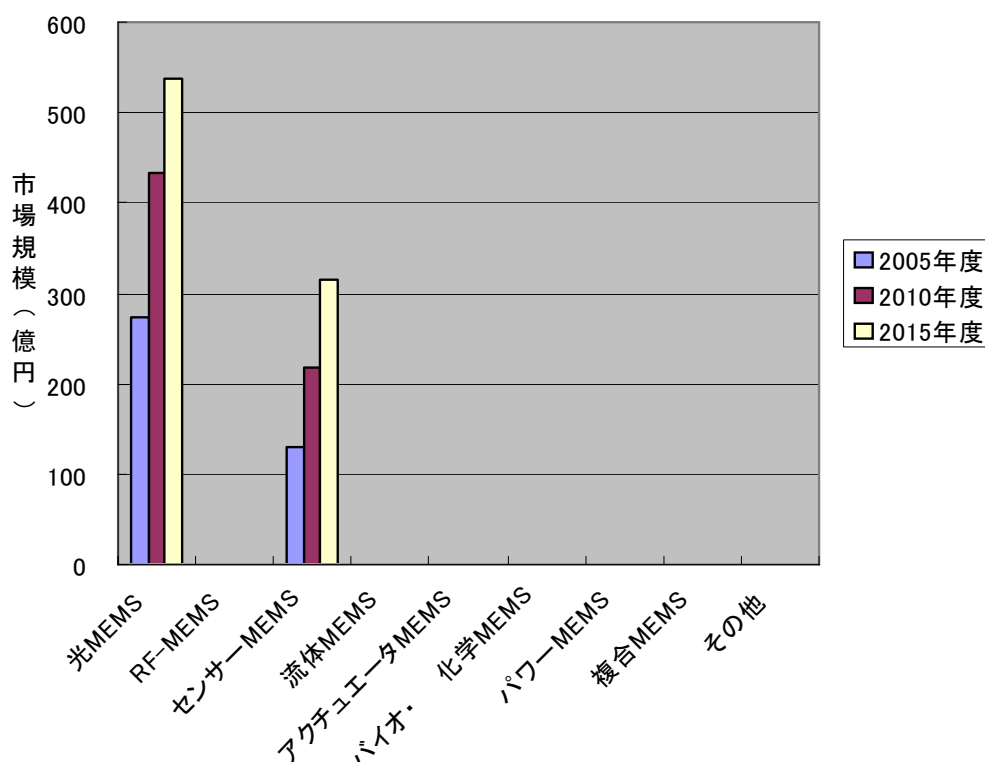


図 2.1.4-3 民生用電子・電気機器分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①光MEMS

この分野でもっとも市場規模が大きいのがプロジェクションディスプレイ(プロジェクタ

一)であり、そのミラーデバイスであるDLP(Digital Light Processing)のコストはディスプレイ全体の25%を占めている。プロジェクタの高解像度ニーズに応じてMEMS化率は増加し、ミラーデバイスの市場規模は2015年で404億円と期待される。この他にも光スキャナーは小型化ニーズによりMEMS化率が向上し2015年で95億円、液晶プロジェクタのバックライトとして使用されるマイクロレンズアレイは2015年で38億円と推定している。以上より、光MEMS全体の市場規模は2005年で274億円、2010年で432億円、2015年で537億円と見込まれる。

②センサMEMS

加速度センサは、現状でもほとんどがMEMS技術によるものであり、プロジェクタの傾斜角センサ、ヘッドフォンステレオの落下検地センサとして使用され、2015年には84億円と推定している。

マスフローセンサは、電気ストーブやクッキングヒーターのガス検知器として使用され、MEMS化率の向上により2015年には21億円と推定している。

圧力センサは、電気釜(ジャー付)、食器洗い機(乾燥器付)、電気洗濯機(水位検知)、電気掃除機(吸引力検知)に使用され、MEMS化率の向上により2015年には89億円と推定している。

温度・湿度センサは、電気冷蔵庫、洗濯物乾燥機に使用されておりMEMS化率の向上が見込まれ、この他にセキュリティ・室内監視システムの温度・湿度管理用途の進展が期待されており、2015年には98億円と推定している。

赤外線イメージャー・赤外線センサはセキュリティ・屋外監視システム(赤外線カメラ)として使用され、2015年には1.5億円と推定している。

この他、セキュリティ・入退出管理に使用する指紋識別センサ、ガスなどの管理システムに使用するガスセンサ、アルコールチェッカーに使用するアルコールセンサなどがある。以上より、センサMEMS全体の市場規模は2005年で130億円、2010年には217億円、2015年には315億円と見込まれる。

3) アミューズメント関連分野

アミューズメント分野については、表2.1.4-5に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-5 アミューズメント分野のMEMSデバイス事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
業務用TVゲーム機	センサMEMS	振動・加速度センサ、位置・距離センサ	モーションセンシング
家庭用ゲーム機	センサMEMS	加速度センサ、ジャイロセンサ、触覚センサ、マイクロフォン	ゲーム機のコントローラ、コントローラ内蔵のモーションセンサ入力機構、音声認識
	流体MEMS	マイクロ燃料電池	内蔵型燃料電池
	パワーMEMS	小型振動型発電機、熱電変換	内蔵型電源

3.1) 市場・技術動向

社団法人コンピュータエンタテインメント協会（CESA）の調査によれば、2005年の国内向け・海外向けを合わせたソフト・ハードの総出荷計額は1兆3,598億円であった。このうち、ソフトウェアは4,871億円で、国内向けが2,343億円、海外向けが2,528億円であった。MEMSデバイスが関与するハードウェアの出荷額は8,727億円で、国内向けが1,642億円、海外向けが7,086億円であった。前年の金額、それぞれ4,407億円、1,089億円、3,318億円に比べて大幅な増加を示しているが、新型携帯ゲーム機の本格投入と海外における現行ハードウェアの伸びが貢献していると評価している。

ゲーム機に関与するMEMSデバイスは操作者とのインターフェースを司るセンサMEMSと、携帯ゲーム機の電源として従来の電池の代替を目指す燃料電池の構成部品としてパワーMEMS、流体MEMSがある。

ゲーム機用センサは従来、業務用ゲーム機に限られていたが、近年はセンサの小型化・低価格化により家庭用ゲーム機に導入されるようになってきた。典型的なものは任天堂Wiiであり、コントローラと言うよりは手の動きのセンシングデバイスである。センシングデバイスはアニメーション制作におけるモーションキャプチャ用途で様々な技術が開発されたように、多様なアイデアとこれを実現する技術が製品化されるであろう。この時に、感知する要素の多様化と高精度化、小型化と低価格化においてMEMSデバイスに対する期待は大きい。

携帯用ゲーム機の課題の一つは電源である。軽量・小型・長時間・大容量と言う課題に対し燃料電池への期待は大きく、その構成部品としてパワーMEMS、流体MEMSも期待できる。しかし、その市場化展望は明らかではなく、他分野での燃料電池実用化動向に依存することになる。

3.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

アミューズメント分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図-3のとおり予想される。

①センサMEMS

最も大きな市場規模であるのは加速度センサである。コントローラ内臓のモーションセンサとして採用された任天堂Wiiは爆発的に売上を伸ばしている。今後も家庭用ゲーム機の動作を伴うゲーム対応として採用される場面は増大し、さらに小型化のニーズに対応するためMEMS化率は進展すると予想され、2005年の88億円から、2010年には524億円、2015年には655億円と推定している。

次に大きな市場と期待しているのが家庭用ゲーム機のコントローラに採用されているジャイロセンサであり、MEMS化率の進展により2005年では9億円、2010年では26億円、2015年には523億円と推定している。

位置・距離センサは業務用 TV ゲーム機や家庭用ゲーム機のモーショセンシングに採用され、より複雑な動作を伴うゲームに対応すると想定している。2005 年ではまだ市場が無いが、2010 年には 11 億円、2015 年には 27 億円と推定している。

振動・加速度センサーは業務用 TV ゲーム機に採用され、2005 年では 8 億円、2010 年には 20 億円、2015 年には 32 億円と推定している。

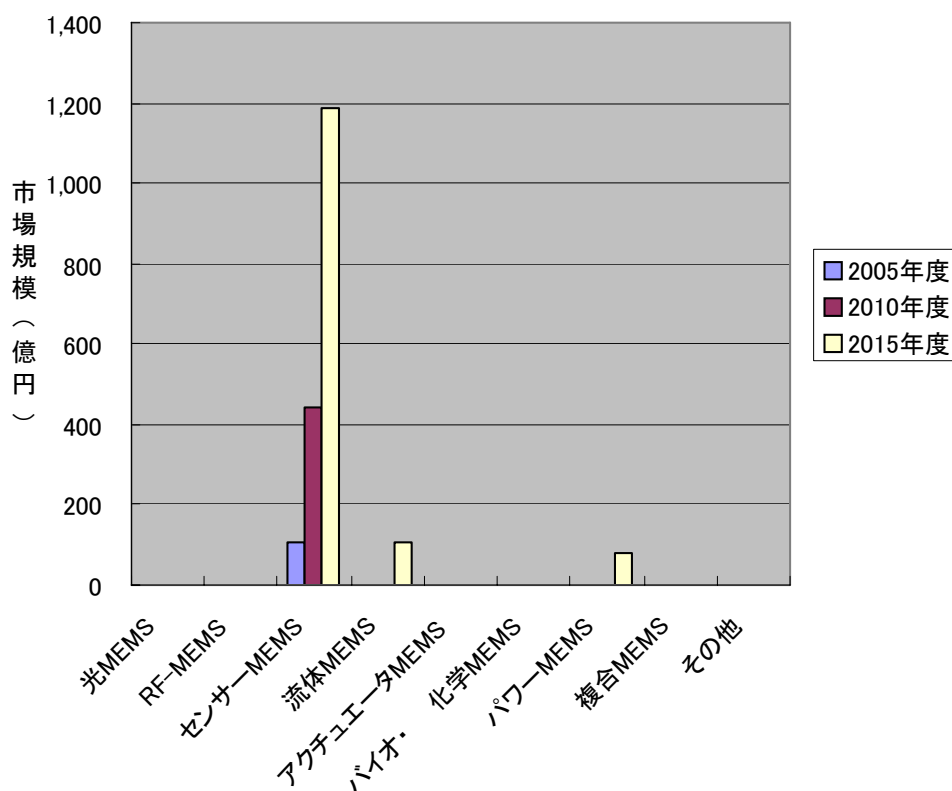


図 2.1.4-4 アミューズメント分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

触覚センサは家庭用ゲーム機の入力多様化ニーズへの対応として期待されており、2005 年では市場が無いが、2010 年には 52 億円、2015 年には 131 億円と推定している。

同様にマイクロフォンも音声認識ニーズに対応して、2005 年では市場が無いが、2010 年には 52 億円、2015 年には 131 億円と推定している。

以上より、センサーMEMSの市場規模は、2005 年は 104 億円だが、2010 年には 441 億円、2015 年には 1,189 億円と推定している。

②パワーMEMS

携帯用ゲーム機の電源の小型・高性能化への置き換えニーズとして、フューエルセル、小型振動型発電機、熱電変換が期待されているが、その市場は 2010 年以降であり、2015 年でそれぞれ 65 億円、7 億円、7 億円、合計 78 億円と推定している。

③流体MEMS

携帯用ゲーム機電源の長時間使用ニーズに対応して、小型・高性能化した燃料電池システ

ムの搭載が期待されている。この機構要素としてマイクロバルブ、マイクロポンプ、マイクロリアクター、マイクロ流路の搭載が想定され、その市場は2010年以降と推定され、2015年ではそれぞれ26億円、合計105億円と推定している。

4) 製造技術関連分野

製造技術関連分野については、表2.1.4-6に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表2.1.4-6 製造技術関連分野(マイクロファクトリ、メンテナンス)のMEMS事例

MEMS組込製品・機器		MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
産業用ロボット(知能ロボット)		センサMEMS、光MEMS	加速度センサ、圧力センサ、レーザ、視覚センサ等	運動制御、五感センシング
プロセスオートメーション用計測制御機器		光MEMS センサMEMS	赤外線センサアレー 圧力センサ、流速・流量センサ、ガスセンサ、超音波センサ、など	赤外線センサ(温度センサ)素子
検査機器	非破壊検査器	センサMEMS	超音波センサ	非破壊検査用の超音波発信源、受信用途
	赤外線カメラ	光MEMS	赤外線センサー	センサー部
	三次元距離センサ	光MEMS	MEMSミラー	レーザスキャニング用のミラー
	FA検査装置	センサMEMS	距離センサ	光学式距離センサ
	レーザ顕微鏡	光MEMS	ミラー	レーザ走査用
	工業用内視鏡	センサMEMS	加速度、角速度	内視鏡のヘッド位置傾き、位置検出用 内視鏡のヘッドの駆動
		アクチュエータMEMS	静電、圧電駆動素子	
SPM	アクチュエータMEMS	カンチレバー	SPMの走査ヘッド	
プロセス用・現場用分析機器	化学分析装置	流体MEMS	マイクロTAS等	化学分析流路、化学材料噴出ポンプ、バルブ用途
	携帯型分析センサ	流体MEMS	マイクロTAS等	各種化学成分分析
作業環境用・保安用分析機器	携帯型作業環境・作業状態計測	センサMEMS、流体MEMS	ガスセンサ、マイクロTAS等	作業雰囲気有毒ガス濃度、ストレス・疲労度計測
半導体・IC測定器		RF-MEMS	RFスイッチ	LSIテスター、ネットワークアナライザ、リレーなどに使用
		アクチュエータMEMS	カンチレバー	コンタクトプローブ
フラットパネルディスプレイ製造装置		光MEMS	ナノインプリント	マスターモールド製造および転写など
バーコードリーダー		光MEMS	ミラーデバイス	読み取り部

4.1) 市場・技術動向

製造技術関連分野では、これまでのグローバルな技術開発競争の激化に加え、2007年問題に代表される国内熟練労働者不足の問題に直面し、高付加価値製品を低コストかつ短納期で製造するための高度なプロセスオートメーション化が要求されている。このため、知能ロボットやプロセスオートメーション用計測制御機器等において、MEMS製品としての各種センサデバイス等の市場拡大が見込まれる。

プロセスオートメーションの計測制御装置や製品検査機器には、各種センサやアクチュエータにMEMSデバイスが利用され始めている。自動化技術の高度化に伴い、計測対象が拡大し、かつ計測精度の向上が要求されるようになれば、これらに応える各種MEMSデバイスの展開が期待される。アクチュエータについても、高精度位置決めなどにMEMS

Sデバイスの展開が大きく期待される。

また、知能化ロボットの普及が大きく期待されているが、その実現には各種センサ技術の高度化と実装が必要不可欠となる。加速度センサや圧力センサなどに加え視覚センサやガスセンサなどの複合MEMSデバイスの実装が必要不可欠になる。

さらに、製品の安全・信頼性や物流の効率化を目的としたトレーサビリティ確保に係わるMEMSデバイスの展開と拡大が期待される。すでに、チップを埋め込んで農産物等の物流管理を行うシステムが実現されているが、各種センサデバイスや通信デバイス等を複合化したMEMSデバイスシステムの実用化が期待される。このためには、各種デバイスの高度化とともに、コストの大幅な低減も大きな技術開発課題となる。

4.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

製造技術関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-5 のとおり予想される。

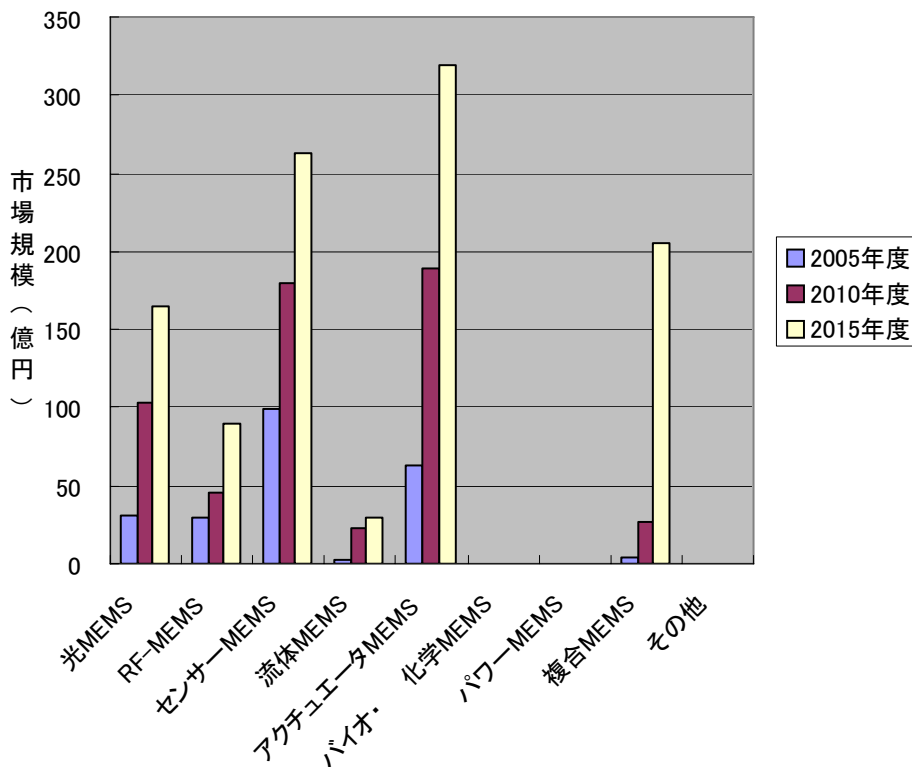


図 2.1.4-5 製造技術関連分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①RF-MEMS

半導体製造装置における半導体測定器に RF スイッチの採用が期待される。小型・高性能(低損失)ならびに省電力・高寿命化のメリットが現実化すれば、2005年で29億円、2010年で45億円、2015年で90億円と推定している。

②アクチュエータMEMS

検査機器における工業用内視鏡のアクチュエータとして静電・圧電駆動素子が、SPM のアクチュエータとしてカンチレバーが、半導体製造装置の半導体・IC 測定器のアクチュエータとしてカンチレバーが高性能化・小型化のメリットにより進展すると期待している。2005 年で 63 億円、2010 年で 189 億円、2015 年で 319 億円と推定している。

③センサMEMS

プロセスオートメーション用計測器制御機器の発信器(流量計)に圧力センサ、流速・流量センサ、ガスセンサ、超音波センサが、検査機の非破壊検査器に超音波センサが、FA 検査装置に距離センサが、工業用内視鏡に加速度・角速度センサが対応する。2005 年には 97 億円、2010 年には 180 億円、2015 年には 266 億円と推定している。

④複合MEMS

産業用ロボットには様々なセンサが搭載されるが、加速度センサ、圧力センサアレー、視覚センサ等が連携して対応し、2005 年で 3 億円、2010 年で 27 億円、2015 年で 205 億円と推定している。

⑤光MEMS

プロセスオートメーション用機器の発信器(温度計)として赤外線センサアレー、検査機器の赤外線カメラの赤外線センサ、三次元測定器のMEMS ミラー、レーザ顕微鏡のミラー、フラットパネルディスプレイ製造装置のナノインプリント、バーコードリーダのスキヤン部分のミラーデバイスとして光MEMS が対応する。いずれも小型化・低コストをメリットとし、2005 年で 31 億円、2010 年で 103 億円、2015 年で 165 億円と推定している。

⑥流体MEMS

プロセス用・現場用分析機器の化学分析装置や携帯型分析センサとしてマイクロ TAS が対応し、2005 年で 2 億円、2010 年で 23 億円、2015 年で 29 億円と推定している。

5) 精密機器関連分野

精密機器関連分野については、表 2.1.－7 に示す製品・機器について、MEMS 市場を算出した。

表 2.1.4－7 精密機器分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
DVDビデオ(カメラ)	センサMEMS	角度センサ	手ぶれ補正のジャイロに使用
	光MEMS	マイクロレンズアレイ	液晶/バックライトとして使用
デジタルカメラ	センサMEMS	振動加速度センサ、ジャイロセンサ、位置センサ	手振れ防止
		マイクロフォン	音声入力として使用
	アクチュエータMEMS	マイクロアクチュエータ	オートズーム機構
	パワーMEMS	小型燃料電池、小型振動型発電機、熱電変換	内臓電源
走査型プローブ顕微鏡(SPM)	アクチュエータMEMS	カンチレバー	プローブ
走査型レーザ顕微鏡	光MEMS	光スキヤナー	ガルバノミラーの置き換え
時計	センサMEMS	圧力センサ	気圧計、高度計に使用

5.1) 市場・技術動向

MEMSの適用実績もあり、また将来の市場拡大が期待される「光学機械」「計測機器」ではデジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、及び走査型顕微鏡が上げられる。精密機器の代表格である時計、特に腕時計ではセンサMEMSを使っている例はあるが、一部特定用途に限られていることや腕時計市場が飽和状態でもある。

デジタルカメラが初めて販売されたのは1988年に遡る。しかし本格化は1990年代前半に入ってからである。この頃から従来のファインダ代わりに使うことと、画像をモニターする目的で液晶ディスプレイが搭載され始めた。また価格帯も身近になったこともあって一般ユーザーへの普及を促した。

それまでのカメラ市場はフィルムを使ったいわゆる「銀塩カメラ」の時代が長く続いていたが、デジタルカメラの登場により、既存ユーザーの買い換えと使い勝手の改善によって新規ユーザーも増加しデジタルカメラ市場は急激に拡大した。そして2000年にはフィルムカメラと比較した市場シェアはついに逆転する。しかしその一方で、デジタルカメラを搭載した所謂「カメラ付き携帯電話」の登場とその機能進化により、特にコンパクトカメラと携帯電話との市場棲み分けが今後は進むであろう。

デジタルカメラは厳密には静止画を記録するデジタルスチルカメラと動画記録するデジタルビデオカメラを総称するが、一般的にはスチルカメラ単独を指す事が多い。機器を構成する要素は像を取り込むための光学系と、画像をデジタル化し記録保存するための電気系に大別される。光学系はフィルムカメラと大差なく、ある程度完成された技術でもある。後者は従来のフィルムに相当しており、レンズから取り込んだ撮影像をデジタルデータに変換するためのCMOSやCCDの光学センサ、データを処理、読み込み可能な画像データに変換するための画像処理プロセッサ、デジタルデータを保存するための記録媒体から成る。これらのデバイスはいずれも高度な半導体技術を駆使して実現されている。さらには撮影像をモニターするためのディスプレイも欠かせない構成部品である。これらエレクトロニクス機器が多く搭載されることから、電池も重要な部品である。ここ数年のこれらデバイス技術の進化は極めて著しい。コンパクトカメラと一眼レフカメラで多少の違いはあるものの、結果としてデジタルカメラの高画素、高感度、軽量、薄型化を進展させ、それがユーザーニーズにも受け入れられることで急激な市場拡大にも繋がっていると見える。

撮像センサーは画像の美しさを決定付けるデジタルカメラの心臓部とも言える。美しさの尺度にもなる画素数はここ数年で急激に増大している。2001年には200-300万画素が主流であったが、2004年から2005年にかけては500万画素以上に、さらに2006年には600-800万画素前後と年毎に増えてきている。最近では1000万画素を超えるセンサーも登場している。限られた面積のセンサ素子内に多くの画素を搭載しようとするれば当然一つの画素サイズは小さくなり、より微細化された先端の半導体技術が必要になってくる。画像処理プロセッサは撮像センサから送られて来たデータを画像ファイルに変換することが

その主たる機能である。過って汎用の DSP が使われていたため画像処理に 1 枚で数秒もかかっていたが、デジタルカメラ専用の画像処理半導体チップの登場により現在では実用的な連続撮影までも可能となっている。画像データを記録保存する記録媒体はコンパクトで手軽なことが必須条件であり、フラッシュメモリーやメモリーカードが多用されている。記憶容量も高画素化の進展と相まって益々の大容量化が進んでいる。処理速度の向上、記録容量の増大に伴い最近の製品では動画を短時間ながら記録できるタイプのカメラも多く市販されている。撮影時のファインダ替わり、さらに撮影画像の確認に使うディスプレイも進化している。薄型であることが必須の条件であり、主として液晶ディスプレイが採用されているが、より薄くとの要求から有機 EL ディスプレイを搭載する試みも始まっている。現時点での解像度は QVGA (320X240) が、表示パネルサイズでは 2.5 型が主流である。しかし、見易くより美しくとのユーザーニーズから将来的には VGA (640X480)、3.0 型へと移行していくものと思われる。

MEMS に関わる技術の視点からは先ず「手振れ補正機構」が挙げられよう。「手振れ」とは撮影時に手が動き、結果として生じる画像ブレのことを指す。この現象は露光する期間にカメラの露光面が移動することによって、その露光面に当たる光が変化することに起因する。「手振れ」を軽減する技術としては、電子式の補正方法もあるが主流は MEMS 技術用いた「振動センサ」を使った光学的手法である。感知した振動に応じ補正を加える幾つかの方式が実用化されている。最初に登場した技術はレンズ内の光軸を補正する方法である。振動センサをレンズ内に備え、ブレを少なくする方向に補正レンズを動かすことにより「手振れ」を軽減している。次に登場したのは撮像素子であるイメージセンサそのものを動かす方式である。この方式ではカメラボディに防止機構が組み込まれているため、一眼レフカメラの既存レンズ群を使える利点がある。夫々の補正方式にも技術的、使い勝手の面からの長所、短所もあるため、今後とも新しい「手振れ防止」方式が次々と提案されることが推定される。既に実用化されている MEMS を使った自動焦点も必須の機能であり、ほとんどのカメラに搭載されるであろう。

初期のデジタルカメラではその消費電力に堪えられる電池類が無くユーザーにとっては極めて使い勝手が悪かった。しかしその後の技術開発、特に電子回路の省電力化と電池の高性能化によって、現時点ではさほど重要問題にはなっていない。しかし今後のさらなる機能付加、仕様の向上によっては電力消費の問題が再浮上することも想定される。将来的には MEMS 技術を使った燃料電池も搭載されることもあるだろう。またデジタルカメラへの新たな機能付加の可能性として、将来的には GPS 機能を持った位置センサがカメラ内に組み込まれ、自動的に撮影場所を記録することも考えられる。

ビデオカメラ、中でも撮影部（ビデオカメラ）と録画部（ビデオデッキ）が一体化されたカムコーダーは小型軽量化が進展し民生用途の主流になっていて、産業規模も大きい。それでもデジタルカメラと比較した市場規模は約半分程度である。放送業務用機もあるが、

ここではデジタルカメラと同様、持ち運びの容易さが求められ、MEMS技術が使われる可能性の高い民生家庭用カムコーダーに絞る。カムコーダーの技術はビデオ信号を録画するビデオデッキを母体にそこに撮影部が付加されると言う歴史を経ており、事業プレーヤーは伝統的に電気機器メーカーに多い。ビデオカメラの本格的デジタル化は1995年にデジタルビデオ記録方式DV規格が制定されてから後になる。さらに最近では旧来のビデオ方式から新しい方式であるハイビジョンへの移行が急速に進んでいる。当初のハイビジョンカムコーダーは片手持ちするには大きすぎる難があったが、最近は片手で容易に持てるサイズの製品も登場している。さらには従来のテープへの記録からハードディスクやDVDを記録媒体として採用する動きも顕著である。これらの技術進展が市場拡大へ繋がると共にMEMSの採用を促すものと思われる。動画を撮影するビデオカメラにおいても「手振れ防止」用のMEMSセンサを始め、基本的にはデジタルカメラと同様の目的で数多くのMEMS技術が使われていくであろう。

計測分野については、半導体の微細化技術の進展やナノテクノロジーの時代に入ったことにより、基盤となる技術はより一層の高精度化、高分解能化が進んでいる。なかでも顕微鏡ではナノオーダーの表面状態や物性を観察可能なことが求められるようになってきている。電子走査型プローブ顕微鏡（SPM）は光の波長に依存する光学顕微鏡に比べて空間分解能が非常に高く原子レベルの表面状態を観察出来る。こうした環境にあつてSPMは多くの研究、開発、製造現場で不可欠の装置となつてきており、その市場は今後とも拡大の方向にあると言える。

計測機器分野においては原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）ではカンチレバーにMEMS技術が広く利用されている。その材料としては当然のことながら扱いの容易なシリコンやシリコン窒化膜が使われている。最近では機械的強度に優れたカーボンナノチューブを用いたカンチレバーも登場している。また、用途に応じ三角形や短冊状の薄板等、種々の形状のカンチレバーも作られている。最近では単なるカンチレバーとしての機能だけでなく、例えば歪センサーを組み込むことより、カンチレバーの歪を電気抵抗の変化として検出出来る多機能型のタイプも市販され出している。一方、走査型レーザ顕微鏡ではその心臓部とも言えるガルバノミラーをMEMS技術で置き換える装置も登場している。これらの例に限らず、他の計測機器でも装置の小型化、軽量化のために既存の構成部品をMEMS技術で置き換える試み、開発がなされるであろう。

腕時計の技術は水晶振動子を使ったクォーツ時計の登場によりほぼ完成したと言えよう。一部、高級ブランド品として機械式時計もあるが、多くはクォーツ式である。より正確な時刻を刻む時計として電波時計も登場している。腕時計にセンサ機能を組み込んだ製品も普及しており、これらにはMEMS技術が使われている。気圧計、温度計、水圧計等が組み込まれている例が多いが、生体情報をセンシング可能な腕時計の開発もなされており今後の普及が期待される。

5.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

精密機器分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-6 のとおり予想される。

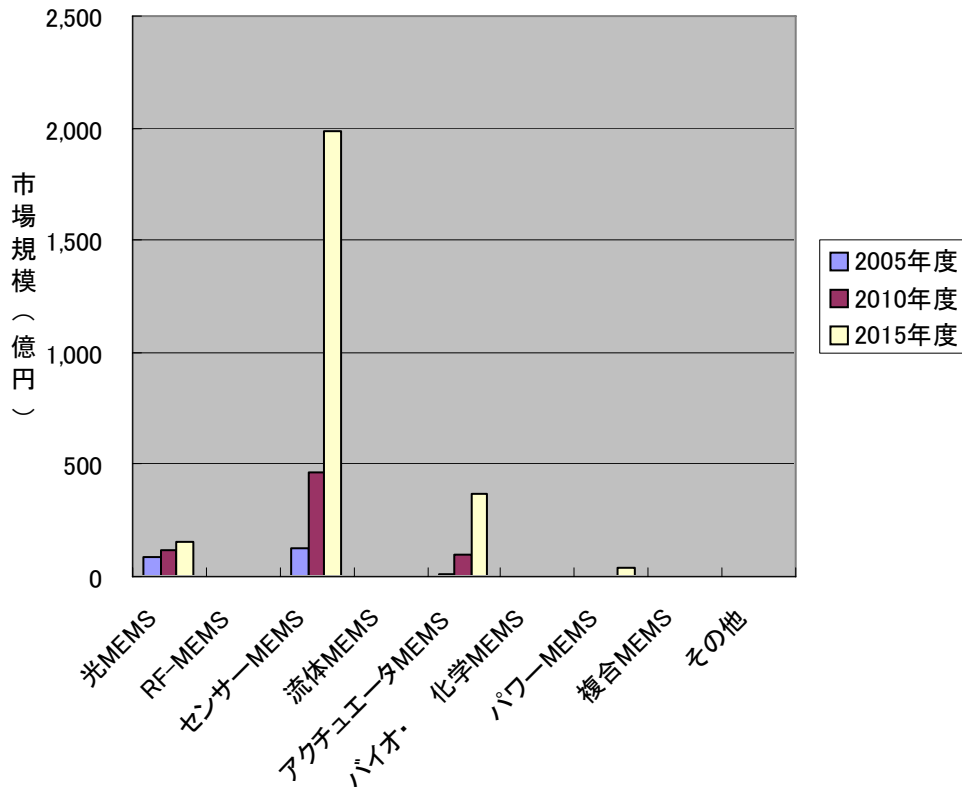


図 2.1.4-6 精密機器分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①センサMEMS

上述の通りデジタルカメラやビデオカメラには手振れ防止機能装備が必須と考えられ、用途・精度により様々なセンサが使用される。もっとも市場規模が大きいのは角度・加速度センサで2015年には最大で3,408億円に達する可能性がある。振動加速度センサが同182億円、DVDビデオカメラの手振れ補正のジャイロに使用する角度センサが78億円と推定している。以上よりセンサMEMSの市場規模は、2005年で128億円だが、2010年は463億円、2015年は1,986億円と急速な拡大が見込まれている。

②光MEMS

DVDビデオカメラの液晶モニターのバックライトとして使用されるマイクロレンズアレイは2005年で88億円だが、2010年で118億円、2015年では156億円と推定している。

③アクチュエータMEMS

デジタルカメラのオートズーム機構にはマイクロアクチュエータが使用され、その市場は拡大の一途である。この他に、走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーとして使用され、

ナノ構造物の大量生産に伴う市場拡大が期待される。アクチュエータMEMSの市場規模は2005年で14億円だが、2010年には97億円、2015年には367億円と急速な拡大を期待している。

④パワーMEMS

デジタルカメラの内臓電源としての小型燃料電池への期待が高い。既存電源からの置き換えのため、2015年に35億円の市場が創設されると見込んでいる。

6) 医療福祉機器関連分野

医療福祉機器関連分野については、表 2.1.4-8 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-8 医療福祉機器分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器		MEMS種別	デバイス事例	摘要部分
生体現象計測・監視システム	顕微鏡	光MEMS	光スキャナー	体内観察
	内視鏡(電子内視鏡)	その他MEMS	光学モジュール	イメージャ小型実装、レンズ
	内視鏡(医療用内視鏡)	バイオ・化学MEMS	DDS	カプセル内視鏡等
	処置具	その他MEMS	治療機器	ヒータ・かんし
	血圧計	センサMEMS	圧力センサ	センサー部
医用検体検査機器	血液検査装置	流体MEMS	マイクロTAS	マイクロポンプ・バルブ
	DNA・たんぱく質分析装置	バイオ・化学MEMS	DNAチップ、たんぱく質チップ	病気に関係のあるたんぱく質の検出センサーとして使用、検査部分、反応部分
	血糖センサー	光MEMS バイオ・化学MEMS	光導波路センサー バイオセンサ	血糖センサー部 血糖値測定にグルコースセンサとして使用される
医用測定器(POCT検査機器)		流体MEMS	マイクロTAS	検査部分、反応部分
処置用機器	能動カテーテル	センサMEMS	超音波イメージャ	能動カテーテルの先端に付くイメージャ
ヘルスケア機器、システム		センサMEMS	圧力センサ、流速流量センサ、超音波センサ	血圧、心拍モニタとして使用
		バイオ・化学MEMS	バイオセンサ	ヘルスケア機器等の血糖値測定にグルコースセンサとして使用
		パワーMEMS	フューエルセル	モバイル機器の電源として使用
介護ロボット		センサMEMS	角度・角速度センサ、振動加速度センサ、位置距離センサ、力応力センサ、など	自立型ロボットの行動制御(姿勢、障害物検知、アクチュエータモニタなど)に使用
		パワーMEMS	フューエルセル	自立型ロボットの電源として使用

6.1) 市場・技術動向

健康意識の増大や、少子高齢化の進展に伴い、医療福祉関連市場は今後拡大が予想される。そのような環境の中でMEMS関連市場としては、介護ロボットに代表される人間支援型ロボットや、ヘルスケアなどの健康モニタ機器、DNAやタンパク質、血液などの分析機器などが、代表的なアプリケーションとして期待される。

ロボットとしては、従来は産業用ロボットが生産額の大半を占めていたが、医療福祉分野では、家庭や病院などで用いられ介護など人間の動作を支援する支援型ロボットが今後

開発され市場で認知されていく。ただし、医療福祉分野では、安全性の確認や許認可などが不可欠となるため、急速な市場拡大は期待できない。産業用ロボットと大きく異なり、家庭や病院で用いられるロボットには、周辺環境に応じたフレキシブルな動作が求められるため、ロボットの姿勢制御に用いられる加速度や角速度センサ、障害物を検知する距離センサ、応力や力を検出することで力を制御する圧力・力センサなど各種センサが多数必要とされる。

健康意識の高まりから、既に家庭用血圧計などが一般化し、一日に数回の測定が行われている。今後は高齢者を中心に、血圧や心拍、血糖値などから健康状態を常時モニタするヘルスケア機器が普及すると思われる。特にできる限り非侵襲でのセンサを用いたモバイル型の機器に対するニーズが高い。

従来の血液検査では、採取した血液を検査機関に送って検査していたため、採取してすぐに結果を知ることができなかった。今後は、血液だけでなく、DNA やタンパクなどを採取したその場で迅速に検査を行うことや、検査コストの低減、患者の負担軽減などを目的に、微量の血液や試薬で分析可能なマイクロ TAS などの分析機器が増大する。

健康を気遣う人が多くなり、多様な医療ニーズの増大が見込まれる。その最大のニーズが低侵襲/無侵襲化であり、老人や子供などの比較的痛みに弱い人々への治療が簡単に行うことができる。高度化・小型化された内視鏡システムあるいはカテーテルによって、安全かつ確実な検査・治療が可能となる。昨今、カプセル内視鏡も実用化の段階となっている。現在は、イメージセンサーによる観察のみの機能であるが、今後、更なる高度化された計測機能、細胞の一部を採取或いは DDS(Drag Delivery system : 薬液送達システム)等の治療手段の付加が見込まれる。

技術動向としては、現在、圧力センサ、加速度センサ、角速度センサなどは民生用にMEMS技術を用いた製品が開発され、既にかなり低コストで製造されている。また、加速度センサのように、三軸検出が一般化するなど集積化が進んでいる。しかし、障害物検知などその他のセンサはMEMS化により実用化されているものもあるが、まだ数は少ない。今後、医療・福祉用ロボットには自律動作を行うために多数のセンサが必要であり、センサの小型化や集積化が求められる。また、自律活動可能なロボットにとっては、電源は大きな課題であり、ハイブリッド自動車などで用いられているリチウム2次電池は今後も主たる電源方式と思われる。しかし、充電時には使用できないことや、小型軽量が求められることから、連続使用に適する小型燃料電池など新たな電源が用いられるようになる。燃料電池にはMEMS技術で加工される部材が使用される。

ヘルスケア機器では、主に脈拍や血圧、心電位などを常時計測するニーズが高い。これらの計測には、圧力センサや超音波センサなどが使用されている。今後は、測定精度は勿論のこと、非侵襲で人体への負荷が少ないこと、装着感が良く小型であること、低消費電

力で連続使用時間が長いことなどが求められる。そのため、小型で低消費電力のセンサが必要とされる。現在、指や手首に装着し非侵襲で脈拍を計測するセンサや、胸につけて心電位（心拍）を計測するセンサなどが使用されているが、MEMS技術により一層の小型化、高精度化などが求められる。

従来の血液検査などの分析装置は、多サンプルを一度に分析するための大型装置であり、血液や試薬を多量に必要とし、そのため分析にも時間がかかるという問題点があった。そこで、マイクロ TAS など、MEMS 技術で作製した流路や反応器、ポンプ、バルブなどを含めて小型化することで、必要な血液や試薬が微量ですみ、迅速な分析が可能となる。その結果、分析センタではなく病院での分析が可能となる。

6.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模

医療福祉機器関連分野でのMEMS デバイス事例ごとの市場規模の推移は、図-6 のとおり予想される。

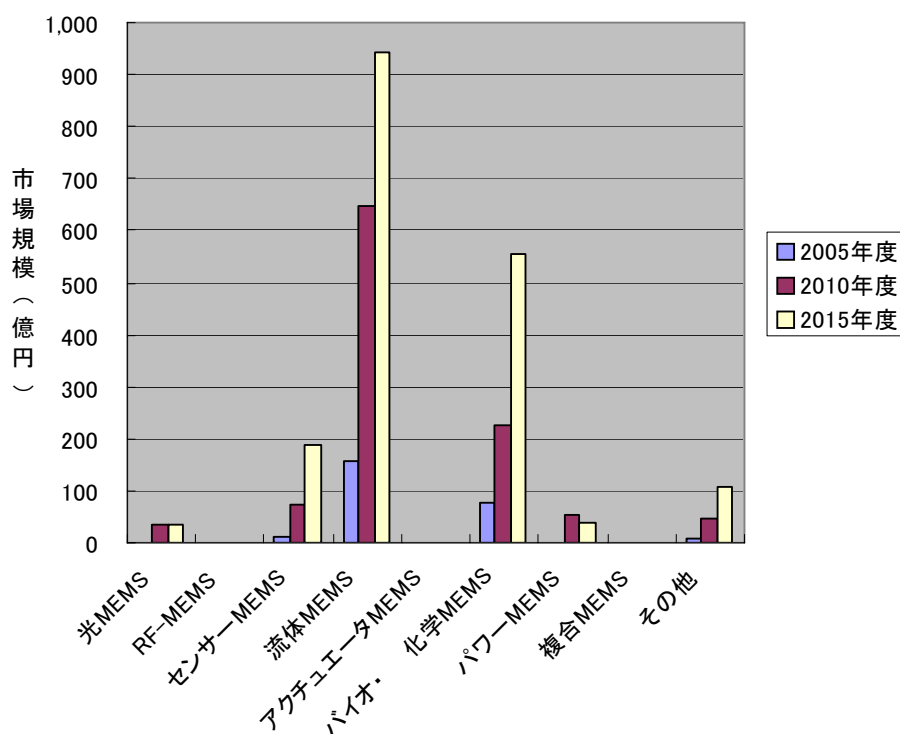


図 2.1.4-7 医療福祉機器分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①センサーMEMS

介護ロボットなど医療・福祉分野で用いられるロボットは、現在売上はほぼゼロであるが、2015年には全ロボット市場の10%~15%を占めると予想されている。多種のセンサが数多く使用されるが個々のセンサは安いいため、ロボットに対する各種センサのMEMS関

与率はそれぞれ 0.1%と推定した。また、既にMEMS技術で作製されている加速度センサ、角速度センサ、圧力センサなどは 2015 年には 100%MEMS化されていると思われるが、力センサなどその他のセンサはMEMS以外の方式もあり、50%のMEMS化率とした。以上より、センサMEMSの市場規模は 2005 年で 11 億円、2010 年で 72 億円、2015 年で 187 億円と推定した。

②パワーMEMS

燃料電池の普及は 2010 年以降と予想されており、量産により低コスト化が進むため 2015 年にはMEMS 関与率は低下して 10%と推定した。また、量産が進むにつれMEMS化率は増加し、2015 年で 30%とした。ヘルスケア機器に使用される小型燃料電池においては、普及後のコストダウンにより 2015 年にはMEMS 関与率は低下し 10%と推定した。リチウム 2 次電池が多く用いられる可能性が高く、MEMS化率は 10%とした。市場規模は 2005 年では殆ど無いが、2010 年には 52 億円、2015 年には 40 億円と推定した。

③その他MEMS

生体現象計測・監視システムには、病院など医療現場で用いられる機器以外に、家庭などで個人が用いるヘルスケア機器などが 2015 年には増大すると思われる。そのヘルスケア機器に用いられる圧力センサ、音圧センサ、超音波センサなどは、既にMEMS製品が使用されており、MEMS 関与率は 2%と推定した。小型化にはMEMS化が不可欠であるため、2015 年にはMEMS化率 100%とした。血糖値を測定するグルコースセンサなどは測定器の中心部であり、そのMEMS 関与率はコストダウンが進展しても変化無く 2015 年で 20%と推定した。ただし、現在もMEMSを使用しないセンサが多く用いられているため、MEMS化率は 2015 年でも 50%とした。市場規模は 2005 年で 7 億円、2010 年で 46 億円、2015 年で 107 億円と推定した。

④流体MEMS

医用検体検査機器は、全てマイクロ TAS などのマイクロ流体システムと同じ市場と見なす。この検査機器の中で、ソフトや周辺デバイスのコストが大きく、MEMSが関与する検査部のMEMS 関与率は 10%と推定した。また、安全性の確認作業などにより置き換えスピードが遅いため、MEMS化率は 2015 年でも 70%とした。市場規模は 2005 年で 158 億円、2010 年で 647 億円、2015 年で 944 億円と推定した。

⑤バイオ・化学MEMS、

医用検体検査機器に使用される DNA チップ・たんぱく質チップ等バイオ・化学MEMS は 2005 年で 78 億円、2010 年で 225 億円、2015 年で 554 億円と推定した。

7) バイオテクノロジー関連分野

バイオテクノロジー関連分野については、表 2.1.4.-9 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-9 バイオテクノロジー関連分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器		MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
バイオ関連分析機器	DNA分析・RNA分析・たんぱく質分析・細胞分析・血液分析チップ	流体MEMS	μ TAS・マイクロ流体システム	マイクロ流路からバルブなど全体が統合されたモジュール
		バイオ・化学MEMS	DNAチップ・マニピュレーション/たんぱく質チップ、バイオアクチュエータ	分離・反応部分の主要部分
	食品関連分析機器	バイオ・化学MEMS	DNAチップ	遺伝子組み換え食品の検査
		流体MEMS センサMEMS	マイクロTAS 糖度センサ	農薬などの化学物質検査 農作物の選別用センサとして使用する

7.1) 市場・技術動向¹

2003年国際プロジェクト「国際ヒトゲノム計画」によりヒトゲノムの解読が終了し、ポストゲノム研究で明らかにされる新たな知見や技術により急速な発展を続けている。高齢化が進展する中で、健康への関心・ニーズは益々高まっており、病気にならないこと・病気になっても早期に回復する・副作用のない有効な治療を受けられることが望まれる。副作用低減、生活の質の向上 (Quality of life)、テーラーメイド医療の早期実現を目指し、バイオテクノロジーへの期待も大きい。

MEMSの関与としては、DNAチップ技術がポスト・ヒトゲノム解読の重要な要素技術となっているのをはじめ、多量の検体を即座に検査できるバイオ関連分析機器の小型化及びバイオ食品の迅速な合成を可能にするマイクロリアクター等への応用が必要である。

バイオ産業政策としては、経済産業省による研究開発や産業化のための施策を展開している。その一環として、健康長寿に対する国民のニーズを受けた個別化医療をはじめとする高度医療の早期実現のためや、近年の環境問題を背景として、生物活性を利用した低環境負荷、安全・安心を確保するための技術としてバイオテクノロジーの活用が期待されている。

個人化医療に対応したツール開発としては、DNAチップや染色体構造等の遺伝情報を検出する技術開発にMEMSを用いた取り組みが行われている。現状はこれらのチップは研究用に開発されているが、今後は診断ツールとしての活用も期待されている。そのためには、DNAチップやタンパク質チップを含めた分析チップや、より高度な処理・分析が可能な μ TASの量産化及び低コスト化が図られる必要があると考えられる。

また、生物活性を利用した生産・環境分野の機器・装置産業においてもオンサイトでの簡易モニタリングキット (センサー) や解析機器という役割で μ TASを中心とした分析チップ・システムの幅広い適用が考えられる。

¹ 参考文献 経済産業省 バイオテクノロジー政策研究会報告書 (平成 17年)

7.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

バイオテクノロジー分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図-7のとおり予想される。

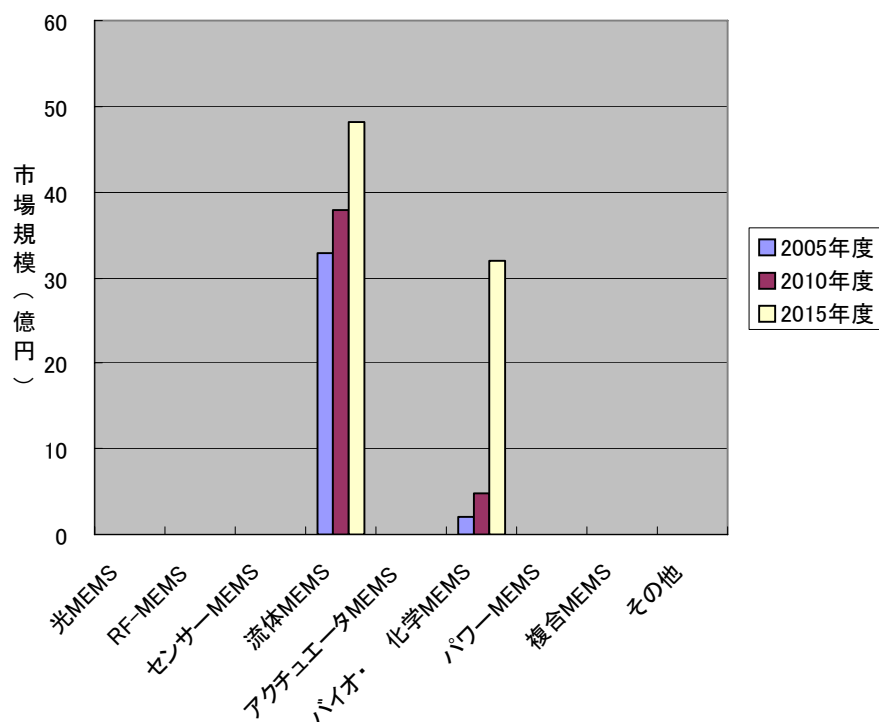


図 2.1.4-8 バイオテクノロジー分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①センサMEMS

食品関連分析機器で農産物の選別用センサとして使用する糖度センサのMEMSの普及は遅いと考えられ、市場規模は微少である。

②バイオ・化学MEMS

DNA 分析・RNA 分析・たんぱく質分析・細胞分析・血液分析チップとして使用されるDNA チップ、たんぱく質チップ、バイオアクチュエータ、DNA マニピュレータは実用化に時間がかかると考えられ、市場規模は2005年で2億円、2010年で5億円、2015年で32億円と推定した。

③流体MEMS

DNA 分析・RNA 分析・たんぱく質分析・細胞分析・血液分析チップの駆動系、つまり、マイクロTAS、マイクロ流体システム、マイクロリアクター、マイクロ流路、マイクロポンプ、マイクロバルブへの期待が大きいとその普及スピードは遅いと考えられている。市場規模は、分析を行うチップ自体をMEMSと捕らえて2005年で33億円、2010年で38億円、2015年で48億円と推定した。

8) エネルギー関連分野

エネルギー関連分野については、表 2.1.4-10 に示す製品・機器について、MEMS 市場を算出した。

表 2.1.4-10 エネルギー関連分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
2次電池	センサMEMS	アルコールセンサ、H2	燃料電池の燃料供給量検知用途 水素のガス漏れ検知
	流体MEMS	マイクロ燃料電池	燃料を送るポンプとして使用
	パワーMEMS	マイクロ発電機	マイクロガスタービン 熱-電変換部 振動-電気変換部

8.1) 市場・技術動向²

エネルギー関連分野では、化石燃料に代わるエネルギー源として、太陽エネルギー、風力、水力、燃料電池等の多種多様な技術の活用が求められている。特に、電力事業者が占有していた大型装置から、個人がもつ携帯機器等のパーソナル用途への進展に対して、MEMSの小型化技術の活用が期待されている。

既に、燃料電池は、住宅用途や自動車への適用が進展しており、携帯機器への適用は、携帯電話が牽引となり、ノートPC、デジタルカメラ等への搭載も進み、長期的には、現在の2次電池市場規模に拡大する可能性がある。

MEMS技術では、MEMSセンサ等に比べて大きな電力を扱う関係上、パワーMEMS技術分野に該当し、マイクロ燃料電池分野とマイクロ発電機分野に分類される。

マイクロ燃料電池分野では、燃料の供給、制御部に用いられる流路、ポンプ、バルブ、センサ等を実現するMEMS加工、アクチュエータ技術、センシング技術、又、マイクロ発電機では、マイクロガスタービンを実現するMEMS加工、アクチュエータ技術、更には、振動や熱エネルギーから電気エネルギーへの変換する発電デバイス実現に向けMEMS加工、アクチュエータ、機能材料形成技術が進展すると考えられる。

2007年からの実用化を想定すると、マイクロ燃料電池向けの微細MEMS加工、精密アクチュエータ技術、高精度センサ技術等の開発が今後加速される。

8.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

エネルギー関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-9 のとおり予想される。

² 参考：MEMSテクノロジー2007、(日経マイクロデバイス、日経エレクトロニクス共同編集 日経BP社)

燃料電池 2005、(日経BP社)

①センサMEMS

燃料電池の小型化・低コスト化ニーズに対応して、燃料供給量検知用途や水素のガス漏れ検知にアルコールセンサ H2 の搭載が想定される。2010 年以降より進展し、2015 年には 15 億円と推定している。

②流体MEMS

燃料を送るポンプとしてMEMSを使用するマイクロ燃料電池は2007年から製品化が期待され、2010年に68億円、2015年に114億円と推定している。

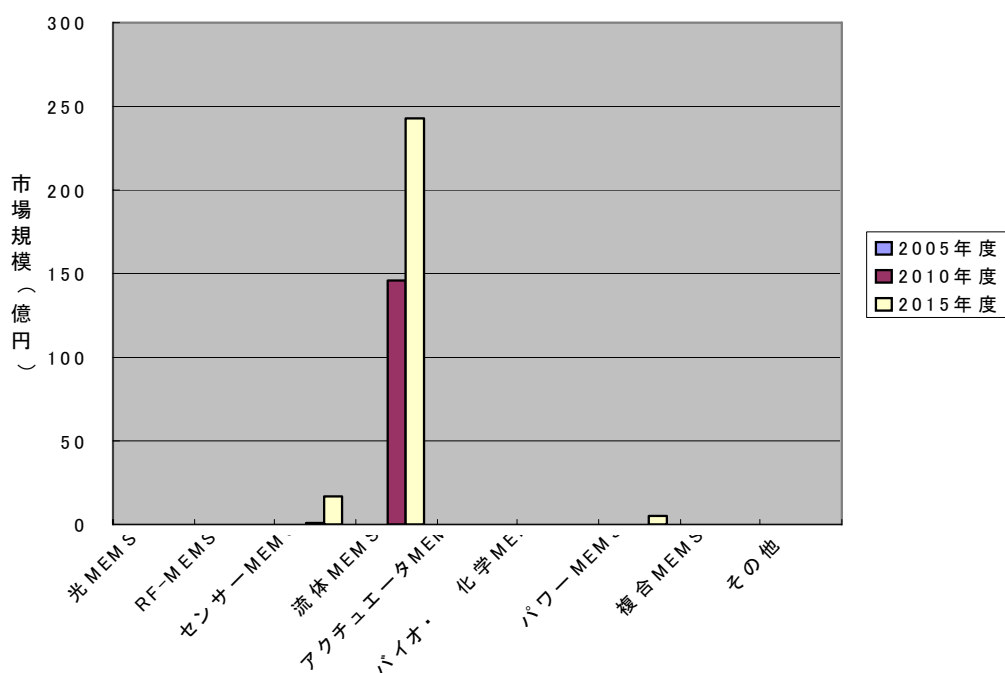


図 2.1.4-9 エネルギー分野における市場規模の推移 (MEMSデバイス別)

③パワーMEMS

マイクロガスタービン、熱-電変換部、振動-電気変換部にマイクロ発電機としてパワーMEMSが期待されるが実用化は2010年以降と見られ、2015年で8億円と推定している。

9) 環境関連分野

環境関連分野については、表 2.1.4-11 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表-9 環境関連分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	表 2.1.4-11		摘要内容
		デバイス事例	
環境(公害)用分析機器	流体MEMS	マイクロTAS・マイクロ流体システム	システム全体
大気汚染分析装置	センサMEMS	CO2、紫外線センサ、ガスセンサ	大気汚染等検知、濃度分析

9.1) 市場・技術動向

今後、地球温暖化・エネルギー問題等環境問題は企業活動に避けては通れない問題であり、環境関連産業は、情報・通信産業、医療・福祉産業とともに主力産業と位置づけられている。環境省の予測によると、環境ビジネスの市場規模は2000年で約30兆円、2020年には58兆円に達し、これに伴う雇用規模は、2020年に約124万人に達するとされている。このように、環境ビジネスが今後の経済を牽引する成長産業と位置づけられ、発展が期待されている。また、アジア主要国（中国、インドネシア、インド、タイ、ベトナム）の環境ビジネス潜在市場規模の現状値（2003年）は210～250億US\$と推測され、中国が全体の約半分を占め、次いでインドが全体の1/4を占める。2020年には、全体で1340～1640億US\$で、中国が約2/3を占める³（注）。

MEMSの関与が大きいものとしては環境分析装置市場があり、環境問題への取り組み意識の高まり、法規制の強化等により需要は高まっている。特に、ダイオキシン類や外因性分泌攪乱科学物質（環境ホルモン）などの測定への要求は高まっており、分析に長時間を要することもあり、MEMS技術による迅速化・小型化の期待は大きい。

環境意識の高まりやRoHS指令など環境規制が強化され、大気、水質、土壌、建物内における環境計測や分析が重要となり市場が拡大している。現状の環境計測は、まばらな測定点で独立して計測している場合が多いが、今後は測定点の増大と共に、各測定点がネットワーク化される。特に、工場のように狭いエリアにおいて、多くの測定点で温湿度だけでなくガスやイオンコンタミ等をモニタするニーズが生じている。あるいは、様々な場所に測定器を持ち出し、大気や水質などの汚染状態などをその場で計測するニーズも増大している。

温湿度センサはMEMS技術によらず低コストで製品化されている。圧力センサはMEMS技術により既に小型化・低コスト化が進展している。今後は、ガスや液体などの分析を行うマイクロTASなどの分析装置が、MEMS技術により小型・低消費電力化され、可搬型やネットワークに対応されることとなる。

環境用分析機器は、大気汚染分析機器、自動車排ガス分析計、水質汚濁分析装置などに分類されている。（（社）日本分析機器工業会 分析機器生産高・輸出高一覧より）今後も生活の質の向上に向けて身近な環境計測のニーズが高まると考えられ、これによりこれらの分析機の携帯化が技術動向の一つとされ、こうした分析機としてLOC（Lab on a Chip）が期待されている。

³ 注) 出典:平成15年度調査アジア主要国の環境ビジネスの潜在市場規模推計に関する調査：http://www.env.go.jp/policy/env_business/asia_15.pdf

9.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

環境関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-10 のとおり予想される。

①流体MEMS

環境（公害）用分析機器には、気体分析と液体分析がある。これらの機器には、MEMS化による小型化や分析時間の短縮などメリットが大きいため、システム全体にマイクロTAS・マイクロ流体システムが、反応部分にマイクロリアクタ・マイクロ流路が、流体駆動にマイクロポンプ、流体制御にマイクロバルブの搭載が期待される。これらのデバイスは現状では殆ど無いが、2010年には8億円、2015年には20億円と推定している。

②センサMEMS

大気汚染分析装置の大気汚染等検知にCO₂・紫外線センサ、濃度分析にガスセンサが採用される。特にガスセンサは携帯用として市場拡大が見込めるが市場規模は大きくなく、2005年で1億円、2010年で1.7億円、2015年で2.5億円と推定している。

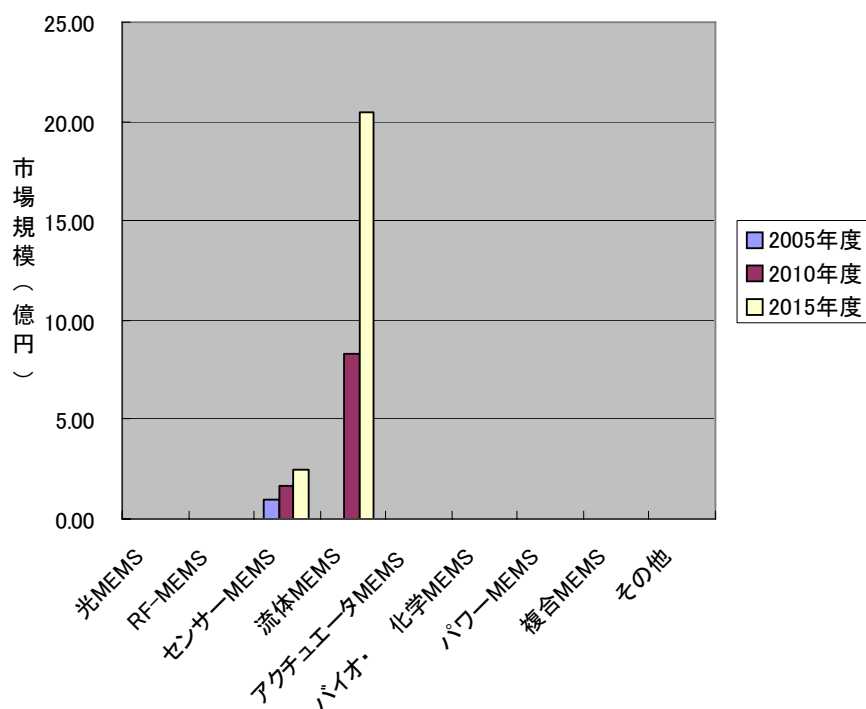


図 2.1.4-10 環境分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

10) 自動車関連分野

自動車関連分野については、表 2.1.4-12 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-12 自動車分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
燃料噴射装置	センサMEMS	流速・流量センサ ガスセンサ、酸素センサ 圧力センサ	エンジンの空燃比調整に空気流量センサとして利用 排気ガス成分の測定により燃焼制御に使用 エンジンへの燃料噴出量、圧力等の制御用途 吸気圧センサとして使用 エンジンへの燃料噴出量、圧力等の制御用途
ステアリング装置	センサMEMS	圧力センサ 加速度、角速度センサ	タイヤ内部圧力検知 横滑り防止、ABS用途
エアバックモジュール	センサMEMS	加速度、角速度、圧力センサ	衝突検知用途、圧力検知用途、傾き検知用途
暖房装置	センサMEMS	温度、湿度センサ	車室内空調制御
盗難検知センサ	センサMEMS	音圧センサ	セキュリティ用として盗難の検知に使用
カーナビゲーションシステム	センサMEMS	角度・角速度センサ	進行方向検知に使用 高度差検出用加速度センサとして使用
車載レーダ、障害物検知センサ	光MEMS センサMEMS RF-MEMS	赤外線センサ 超音波センサ スイッチ、フィルター、アンテナ	障害物検知用途(夜間走行時) 障害物検知、車間距離検知用途 障害物検知、車間距離検知用途

10.1) 市場・技術動向⁴

日本自動車工業会調査資料（生産統計（4輪））によれば、乗用・商用自動車（含、軽自動車）の2006年国内生産台数は1,148万台、前年比106.3%¹⁾である。国内生産台数の推移は、5年連続1,000万台を上回るものの、2006年の国内需要は4輪車で574万台、前年比98.1%で2年連続の減少である。自動車産業に求められる社会的要請に応えるため、日本自動車工業会としては、「安全と環境への取り組み」、「自動車産業のグローバル化への対応」、「より快適で楽しいクルマの利用環境への取り組み」の3点を、事業の柱として、積極的に推進することとしている。

環境に関しては、京都議定書目標達成計画の推進や大気環境改善のため、環境への配慮を最優先にした自動車の普及やエコドライブ実践の啓発に重点をおくとしている。

安全に関しては、ABSとエアバックシステムはほとんど標準装備となっている。また、国土交通省が進めるASV（Advanced Safety Vehicle）技術では、レーザーレーダーやミリ波を

4 【参考文献】

- 1) 社団法人日本自動車工業会ホームページ <http://www.jama.or.jp/>
- 2) 経済産業省機械統計年報
- 3) 財団法人自動車検査登録協会ホームページ <http://www.aira.or.jp/number/index.html>
- 4) 国土交通省道路局 ITS ホームページ
<http://www.its.go.jp/ITS/j-html/ITSinJapan/navi.html>
- 5) 社団法人日本自動車部品工業会「自動車部品出荷動向調査結果」

用いた衝突防止装置や、横滑り防止装置等の新しい安全装備を搭載する車の実験検証を進めており、数多くのセンサが用いられている。

快適に関しては、カーナビゲーションシステム、ETC の普及率が年々伸びている。06 年度の乗用車の保有台数は 5700 万台³⁾であり、カーナビゲーションは 2400 万台を超える出荷⁴⁾であることから、普及率は 40%を超えると推定できる。

環境に関するものとして、エンジン制御装置に MEMS 圧力センサが多数使用されている。今後さらなる燃費向上、有害排出ガス低減のため、センサの搭載数は増加する傾向にあり、空気流量センサなど、MEMS センサの活用が進むと予想される。

安全に関するものとして、エアバッグシステムにはほとんど MEMS の加速度センサが用いられ、ABS 等にも多数の MEMS 加速度センサが使用されている。エアバッグシステムでは、運転席だけでなく、助手席、側面用など 1 台あたりの搭載数が増大しており、それに伴い、加速度センサの搭載数も増大する。

カーナビゲーションシステム、横滑り防止装置等に用いられているジャイロには従来、機械加工技術による角速度センサが用いられていたが、MEMS 技術を用いた角速度センサの実用化により⁵⁾、低コスト化とともに MEMS 角速度センサの普及が進むと予想される。2003 年 11 月 1 日から米国 TRED 法の施行によりタイヤ空気圧警報装置の義務付けが始まったことを機に、タイヤの空気圧を直接モニタする装置の普及が進んでおり、MEMS 圧力センサの需要が増大すると予想される。

10.2) MEMS デバイス事例ごとの関連市場規模

自動車分野での MEMS デバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-11 のとおり予想される。

①センサ MEMS

燃料噴射装置の流速・流量センサ、ガス・酸素センサ、圧力センサ、ステアリング装置の圧力センサ、加速度・角度センサ、エアバッグモジュールの加速度・角速度。圧力センサ、暖房装置の温度・湿度センサ、盗難防止装置の音圧センサ、カーナビゲーションシステムの角度・角速度センサ、衝突防止システムの超音波センサが対応する。市場規模は 2005 年で 1,363 億円、2010 年で 3,564 億円、2015 年で 5,069 億円と推定している。

②光 MEMS

衝突防止システムの車載レーダや障害物検知センサとして赤外線センサが対応する。既存技術が主流で小型低コスト化による MEMS 化率の向上、さらには現在の非 MEMS (焦電型) から MEMS (SOI、ボロメータ型) が進展するかにかかっており、2005 年では 224 億円、2010 年には 913 億円、2015 年には 1,611 億円と推定している。

③RF-MEMS

衝突防止システムの車載レーダや障害物検知センサが、RF-MEMS 技術の進展により既存の半導体等を置き換えると期待されている。2005 年では市場が無いものの、2010 年では

671 億円、2015 年では 2,030 億円と急速な進展と推定している。

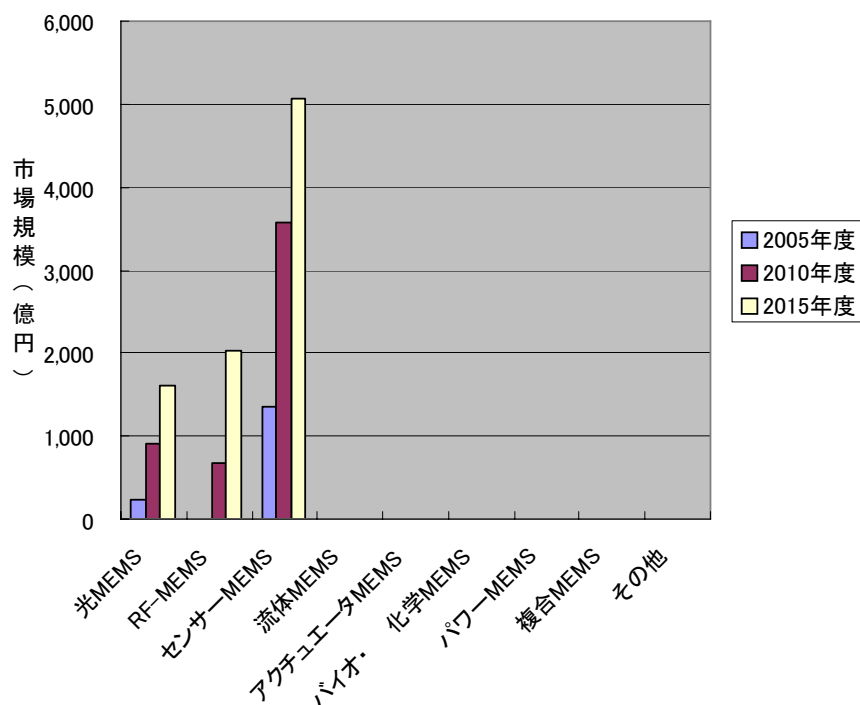


図 2.1.4-11 自動車分野における市場規模の推移 (MEMSデバイス別)

11) 都市環境整備関連分野

都市環境整備関連分野については、表 2.1.4-13 に示す製品・機器について、MEMS 市場を算出した。

表 2.1.4-13 都市環境整備関連のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
エレベータ	センサMEMS	加速度センサー	縦横振動制御
自動ドア	アクチュエータMEMS	強磁性体スイッチ	位置検知
監視カメラ(赤外線カメラ)	光MEMS	赤外線センサレイ	防犯・監視用赤外線カメラのセンサ一部
ITS通信	RF-MEMS	スイッチ、フィルター、アンテナ	他車、道路システムとの通信用途
ITS車両感知器	光MEMS	光センサ	車間・障害物検知
	センサMEMS	超音波センサ	車両検知

11.1) 市場・技術動向

都市環境整備関連分野では、利便性、快適性、安全性などの住みやすさを作り上げていく創造的環境及び大気、水、緑といった自然的環境という二つの側面があり、前者はITSに代表される交通システムのインフラ、監視カメラなどを使った防犯システムなどが挙げられ、後者では各種センサーを利用した大気汚染等の検知システム、環境モニタリングや工場やオフィスなどの空調管理システムなどが挙げられる。

このようなインフラ整備やシステムにおいてMEMSデバイスが期待できるものとしては、小型化や高精度化、低コスト化が要求される各種センサーが挙げられる。

I T Sの中で現在最も普及しているのが、D S R C（狭帯域無線通信）を用いたE T Cである。このD S R C技術を応用した多様なシステムやサービスの開発が行われている。この他カーナビゲーションシステムの高度化、安全運転に支援するI T Sの取り組みが活発に行われている。I T Sには多様な無線通信が利用されており、そのような箇所にはR F—MEMSの応用が期待できる。また、車両感知器としてMEMS技術を用いた超音波センサー、赤外線センサーを用いた画像認識などが挙げられ、MEMS技術による更なる小型化、低コスト化が実現できれば期待は大きい。

防犯・監視システムは、世の中の不安が増し街中での犯罪が増加するに従い、また防火設備機器に対する期待が大きくなってきており、監視カメラの設置等が増え、セキュリティの面から製造監視システムの需要を引っ張ってきている。赤外線カメラの赤外線センサー部にMEMS技術の応用が期待され研究開発及び製品化が成されており、セキュリティ向けの暗視カメラ、非接触型温度計として利用されている。非冷却赤外線センサーはセンサー部を構成するC C Dは赤外線受光版が数十万個並んだMEMSアレイとなっており、MEMS技術を応用することにより、低コスト化が期待されている。

環境モニタリングは、2005年2月に京都議定書が発効され、CO₂削減など環境に対する意識が高まっている。そのような中CO₂量を検知するセンサーとして低コスト化が可能で高精度のMEMSセンサーが期待されている。

また、工場やオフィスなどの環境保全管理においても湿度センサー、結露センサーなどの必要性も考えられる。

技術動向としては、MEMS技術を応用し微細な電極構造を形成することにより、さらに高精度の湿度センサーが開発されている。また、シリコンMEMSセンサーにより直接結露点を実測する開発も成されている。また、地球温暖化防止の為CO₂削減量を可視化するために小型、低電力のCO₂センサーがMEMS技術を用いて開発されている。

11.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

都市環境整備関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-12のとおり予想される。

センサMEMSとしてエレベータの縦横振動制御に使用する加速度センサ、アクチュエータMEMSとして自動ドア・自動改札ドアの位置検知に使用する強磁性体スイッチ、光MEMSとして監視赤外線カメラに使用する赤外線センサアレイがある。ITSでは通信のスイッチ・フィルタ・アンテナとしてRF-MEMSが、車両感知器として光センサと超音波センサが想定される。これらの市場は当面未成熟であり、2010年で0.7億円、2015年で1.6と推定している。

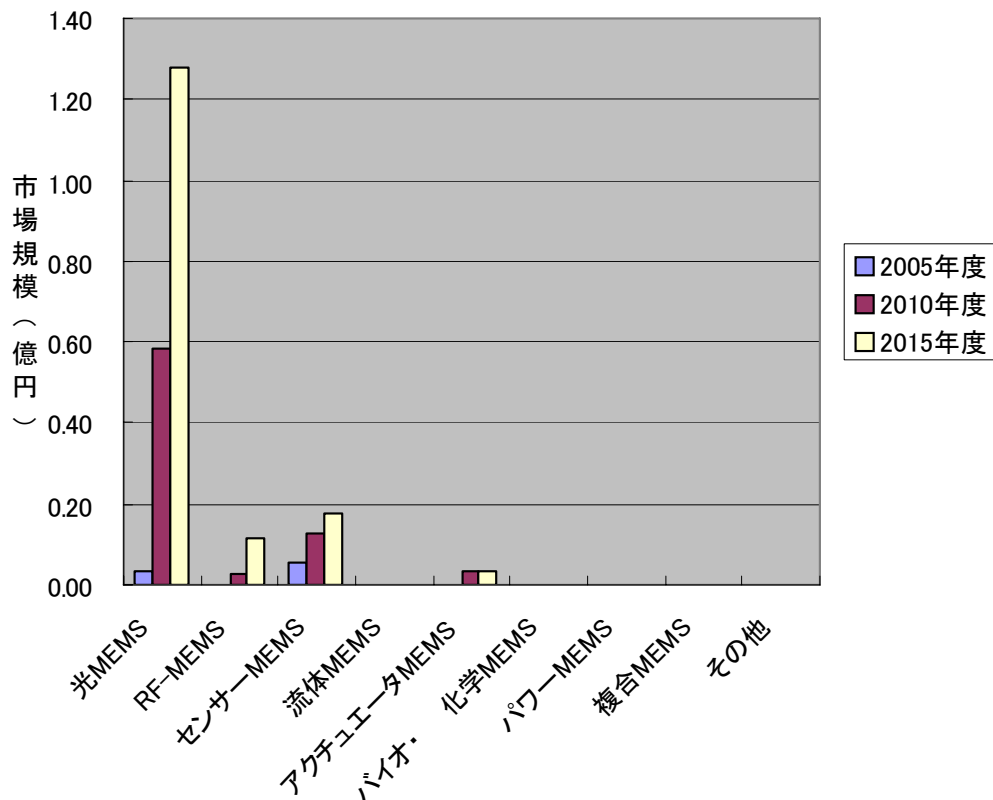


図 2.1.4-12 郭市環境整備関連分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

12) 航空宇宙関連分野

航空宇宙関連分野については、表 2.1.4-14 に示す製品・機器について、MEMS 市場を算出した。

12.1) 市場・技術環境⁵

米国を中心として各種MEMS デバイスの航空宇宙分野への適用が検討されている^{1) 2)}。

⁵ 参考文献

- 1) 平成 17 年度「航空宇宙用マイクロ・ナノ技術に係わる調査」調査報告書、(社)日本航空宇宙工業会、H18 年 3 月
- 2) <http://www.caneus.org/CANEUS06/program.html>
- 3) 「航空分野における新技術展開等に関する可能性調査」 NEDO 成果報告書、H18 年 3 月
- 4) 「宇宙等極限環境における電子部品等の利用に関する研究開発 (宇宙における電子部品等の利用に関する研究開発)」、NEDO、H17 年度中間年報

マイクロ、ナノ技術によるMEMSデバイスの大きな適用メリットは、当然その小型・低コスト化、軽量化と高機能化にある。但しこれに加えて、航空宇宙分野ではデバイスの高信頼性や寿命確保の要求条件が厳しい点、他の例えば民生分野との決定的な違いがある。特に、人的安全性が極めて重要視される航空分野では、クリティカルとまらない領域へのMEMS適用からおのずと進展するものと考えられ³⁾、要求される数量も大きくないため、他の分野（自動車、情報通信機器、精密機器関連）に見られる様なMEMS市場の急激な伸びは望めないものと推定される。

表 2.1.4-14 航空宇宙関連分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器		MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
航空機	航空計器・操縦訓練用設備	センサMEMS	加速度、角速度センサ	航空計器、パイロット訓練設備用姿勢制御センサ
	機体部品及び付属品	光MEMS	光スイッチ	航空機安全システム：光ファイバー(FBG)を利用した機体モニタリング
	海上航空移動通信通信装置	光MEMS	光スイッチ	大容量通信・機内光ネットワーク
	機体部品及び付属品	光MEMS	光スイッチ	操縦系統FBL(Fly by Light)用光スイッチ
	機体その他(含むグライダー)	パワーMEMS	マイクロガスタービン	小型無人航空機用エンジン
	航空計器・操縦訓練用設備	光MEMS	二次元走査ミラー	ヘッドマウントディスプレイ/ヘッドアップディスプレイ向け、レーザ光の二次元走査で情報表示
航空機(衛星)	通信装置・レーダ装置	RF-MEMS	スイッチ、フィルター、アンテナ	マルチバンド、ミリ波帯通信用途、ミリ波レーダー向けフェーズドアレイアンテナ
人工衛星	システム・バス機器	センサMEMS	加速度、角速度センサ	姿勢制御センサ
	ミッション機器	センサMEMS	赤外線センサアレイ	リモートセンシング(地球環境、資源観測)
	ミッション機器	光MEMS	デフォーマブルミラー	望遠鏡の収差補正
		アクチュエータMEMS	輻射制御シャッター	衛星の温度制御
システム・バス機器	パワーMEMS	マイクロスラスタ、燃料電池	ナノ・ピコサテライトの姿勢制御用推進力源、電源システム	

航空分野では、航空計器やパイロット訓練設備用に、慣性力センサ（角速度&加速度センサ）がこれまで以上に適用が進展するものと考えられる。また、操縦者に有益な情報を表示する光MEMSディスプレイの関連では、例えば HMD (Head Mount Display) や HUD(Head Up Display)などがあり、レーザ光源とセットで2軸MEMSスキャニングミラーが利用される。さらに、電磁ノイズ耐性などの観点から、航空機機内の操縦系統は、これまでの電線ベース (FLY BY WIRE) 方式から光ファイバーによる光信号ベース (FLY BY LIGHT) 方式への転換が図られ、MEMS光スイッチが不可欠となる。さらには、FBG (Fiber Bragged Grating)技術と光スイッチをベースにした光ファイバーセンサ網により、航空機機体のひずみや損傷などをモニターする機体モニタリングシステムへの適用も考えられており、航空機の安全性向上に大きく繋がる技術と言える。小型無人航空機向けには、小型姿勢制御センサ以外に、将来的にMEMSによるマイクロガスタービンや燃料電池な

が必要と考えられる。

宇宙関連MEMSでは、人工衛星の小型化・低コスト化などへの寄与が期待できる慣性センサやRF-MEMSなどに関しては、耐極限環境性に関する基礎データ取りが行われており、これに基づきMEMS機器の宇宙適用性とその効果の評価が行われようとしている⁴⁾。

宇宙応用（人工衛星）としては、衛星の姿勢制御センサとしてのMEMS慣性力センサ、地球環境や資源観測向けにMEMSによる赤外線センサアレーが益々適用される。

ところで、現在、地球を周回する商用衛星のコストは1Kg当たり1万ドル程度、打ち上げコストも同程度と推定されている¹⁾。衛星とその打ち上げコストを低減するには、MEMS技術を駆使した超小型衛星（ナノサテライト：1～10Kg、ピコサテライト：0.1～1Kg）の開発が望まれる。超小型衛星に関しては、そのミッション自体も研究開発対象ではあるが、具体的な要素デバイスとしては、小型電源向け燃料電池や姿勢制御用動力源となるマイクロスラスタ、さらに、衛星の温度制御を目的とした輻射制御MEMSデバイスや衛星間ミリ波通信のためのRF-MEMSデバイス等が必要と推定される。

12.2) MEMSデバイス事例ごとの関連市場規模

航空宇宙関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図 2.1.4-13 のとおり予想される。

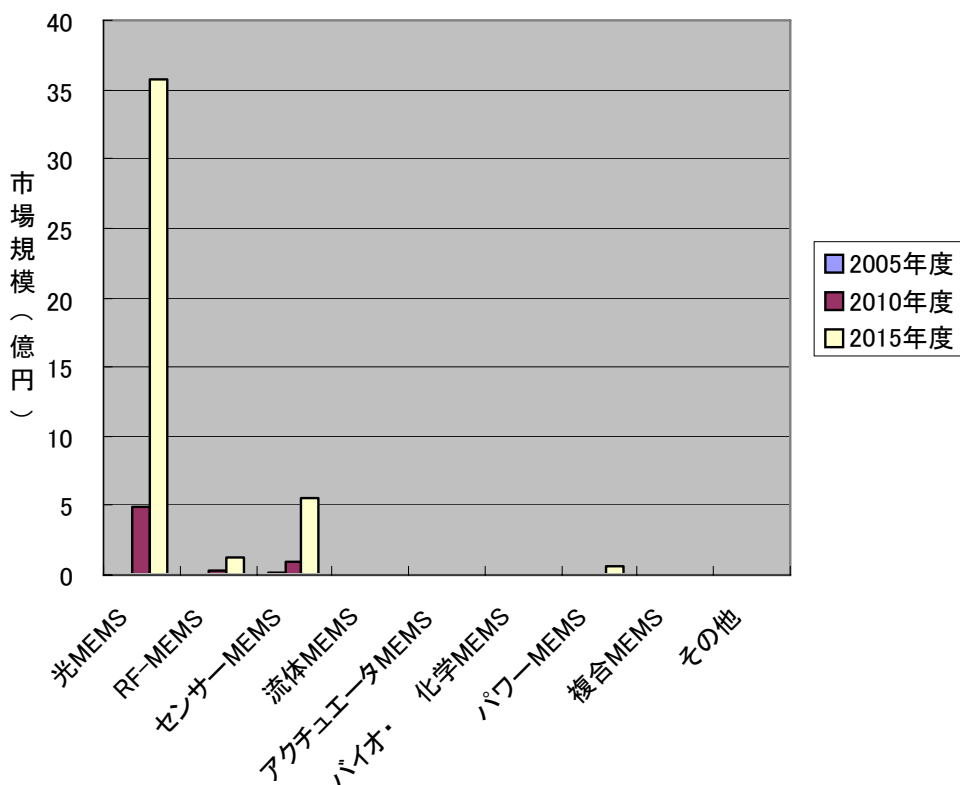


図 2.1.4-13 航空宇宙関連分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

①光MEMS

光スイッチは、航空機内における航空機安全システム（光ファイバーを利用した機体モニタリング）、操縦系統（Fly by Light）、大容量通信・機内光ネットワークへの搭載が期待されており、2010年以降に本格投入され、2015年には35億円と推定している。

航空機の操縦用のヘッドマウントディスプレイ・ヘッドアップディスプレイでレーザー光の2次元操作で情報を表示する二次元走査ミラー、人工衛星で望遠鏡の収差補正に使用するデフォーマルミラーが期待されるが市場としては限られている。

以上より光MEMS全体では2010年で5億円、2015年で36億円と推定している。

②センサMEMS

加速度・角速度センサーは航空機の計器やパイロット訓練設備の姿勢制御センサー、人工衛星の姿勢制御センサの小型・高精度・高機能化ニーズに対応してMEMS化率が進展すると期待され、2015年には5億円と推定している。

③RF-MEMS

航空機や衛星の通信装置・レーダ装置において、マルチバンド、ミリ波帯通信、ミリ波レーダ向けフェーズドアレーアンテナのスイッチ、フィルター、アンテナとしてRF-MEMSが期待されており、2015年には1.2億円と推定している。

④パワーMEMS

小型無人航空機用のマイクロガスタービン、人工衛星のナノ・ピコサテライトの姿勢制御用推進力源としてマイクロスラスタ、人工衛星の燃料電池が期待されるが市場規模としては2015年で1億円程度とごくわずかである。

⑤アクチュエータMEMS

人工衛星の温度制御のための輻射制御シャッターとしてアクチュエータMEMSが期待されるがその市場はごくわずかである。

13) 農林水産関連分野

農林水産関連分野については、表 2.1.4-1 に示す製品・機器について、MEMS市場を算出した。

表 2.1.4-15 農林水産関連分野のMEMS事例

MEMS組込製品・機器	MEMS種別	デバイス事例	摘要内容
食品加工機械、包装機械及び荷造機械	センサMEMS	各種センサ	加工機械のため、メカコストが大半を占める
農業用機械器具及び木材加工機械	センサMEMS	各種センサ	加工機械のため、メカコストが大半を占める

13.1) 市場・技術環境

O157による食中毒以降、食の安全・安心に対する関心は高くなっており、特にBSE（狂牛病）問題・食品表示偽装問題・残留農薬問題・鳥インフルエンザの発生等食品の安全・安心への不信感が高まっている。このような状況に対し、農林水産小を中心とした牛肉の個別識別管理、食品のトレーサビリティの実証・検討が進められている。

遺伝子組み換え食品の検査や農薬などの化学物質を検査するシステムは、制御ソフトや周辺デバイスが複雑となるため、DNAチップやマイクロTASのMEMS関与率は20%と推定される。しかし、MEMS化による小型化や分析時間の短縮効果などは大きいため、MEMS化率は2015年には50%にまでの進展が期待される。

一方、糖度センサなどの選別に用いられるセンサは、検査機器のシステムが比較的単純であるため、MEMS関与率は比較的大きく50%と推定される。

13.2) EMS デバイス事例ごとの関連市場規模

農林水産関連分野でのMEMSデバイス事例ごとの市場規模の推移は、図2.1.4-1のとおりに予想される。

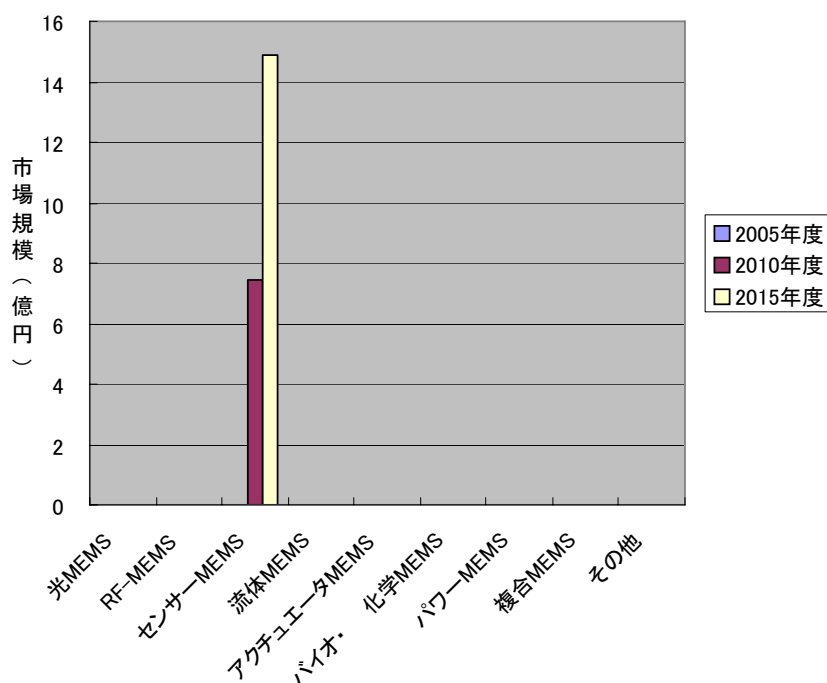


図 2.1.4-14 農林水産関連分野における市場規模の推移(MEMSデバイス別)

食品加工機械、包装機械および荷造り機械、食品用機械器具および木材加工機械にはセンサMEMSが各種センサに採用される。現状での市場はほとんど無いが、2010年には7億円、2015年には15億円と推定している。

2.1.5 本調査におけるMEMS市場規模試算の妥当性の検証

(1) MEMS化率の妥当性の検証

本調査では、将来のMEMS市場を試算する上で、MEMS関与率とMEMS化率の2つの指標を導入した。MEMS関与率は、アプリケーション機器全体におけるMEMSのコスト比率をあらわす値であり、デバイス価格やアプリケーション価格等の情報から比較的確度高く設定できる。一方、MEMS化率は、アプリケーション機器市場におけるMEMSの普及率に相当する本試算の要となる値であるため、MEMSのアプリケーション機器に与えるインパクトや、技術的な実現時期等の見通しを明確化しつつ慎重に設定しなければならない。本調査では、可能な限り綿密な将来見通しに基づいた市場予測を行うために、MEMSの専門的知見を有する本委員会の委員らによる議論を通して、MEMS化率およびMEMS関与率を設定した。これらの設定値にさらに信憑性を持たせるために、本章では、代表的なアプリケーション機器における過去の新規デバイスの普及動向を振り返り、今回の試算結果と比較することで、委員各位によるMEMS化率の設定値の妥当性を確認・検証した。

(2) 携帯電話の過去の市場動向と、MEMS化率の妥当性

携帯電話は、本検討委員会において、今後最も積極的にMEMSの採用が進むと予想されたアプリケーション機器である。MEMSの採用に伴い携帯電話に新たな機能が加わり、製品やサービスの競争力向上が期待できる。

これと同様の過去事例として、携帯電話の第二世代から第三世代への世代交代が挙げられる。第三世代携帯電話の普及は、図 2.1.5-1 に示す普及カーブをたどって 2005 年まで進み、それ以降も普及率はさらに高まる見通しである。特に、国内携帯電話市場における第三世代電話の割合は、発売から 5 年で 80%を超えている。一方、世界的には安価な携帯電話の市場が優勢となっているため、普及は国内より緩やかに進む見通しである。

第三世代では、第二世代から技術的に進歩した半導体デバイスやアンテナが用いられており、通話品質の向上やサービス内容の豊富化が図られている。これと同様に、MEMSの採用による携帯電話の技術革新が十分に大きいとすれば、MEMSも世代交代と同様の普及動向をたどると予想される。

本調査では、将来携帯電話に約 30 種類のMEMSが採用される可能性があると予測している。それら各々に設定されたMEMS化率は、図 2.1.5-2 に示す通りである。第三世代携帯電話が発売後 5 年間で 80%の普及を実現したのに対し、今回設定したMEMS化率は全体的に控えめな水準となっている。最も大きな伸びを予測しているMEMS（位置・角度センサ、磁気センサ、振動・角速度センサ）でも 5 年間で 40%~50%に留まっており、新規デバイスの普及の常識の観点からも、十分実現可能な数値設定であると言える。

今回の試算では世代交代まで予期した予測としなかったため、MEMS化率は控えめな水準としたが、今後世代交代に深く関与するほどのインパクトをもつ携帯電話用MEMSが登場すれば、5年間で80%のMEMS化率を実現するポテンシャルがあると言えよう。

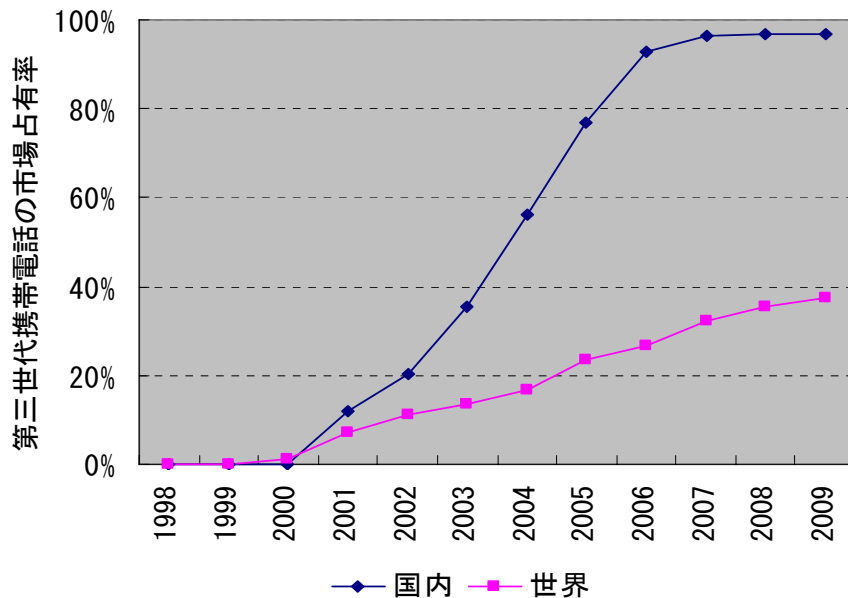


図 2.1.5-1 第三世代携帯電話の普及カーブ
(株式会社野村総合研究所 IT市場ナビゲータ 2006, 2007 より作成)

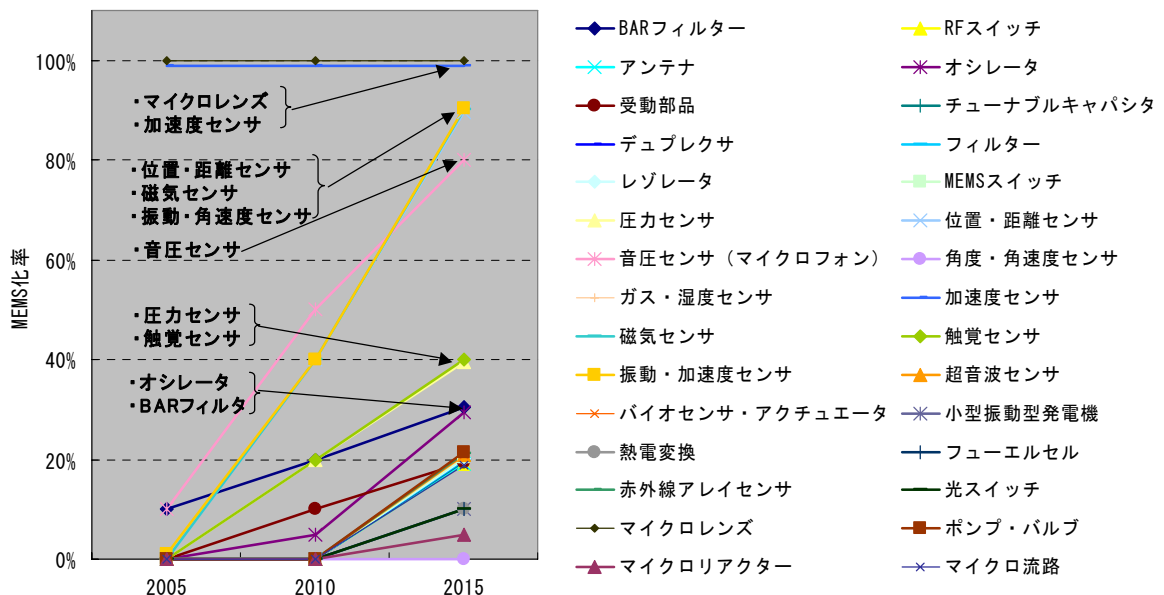


図 2.1.5-2 携帯電話に利用されるMEMSとMEMS化率の設定

(3) 据置型家庭用ゲーム機の過去の市場動向とMEMS化率の妥当性

家庭用ゲーム機も、携帯電話と並び、MEMSの採用が積極的に進むと予測されるアプリケーション機器の一つである。加速度センサを備え、新たなゲームの新たな遊び方を提

案しているニンテンドーWii（2006年発売）の躍進からも、ゲーム機へのMEMSの採用は大いに期待される。

据置型ゲーム機の代替の過去事例として、PlayStation世代からPlayStation2世代への世代交代が挙げられる。図（章番号）-3に示すように、PlayStation2世代のゲーム機は、2000年頃に発売されて以降、急激に市場シェアを伸ばし、3年後には市場（金額市場）の90%を占めるに至った。

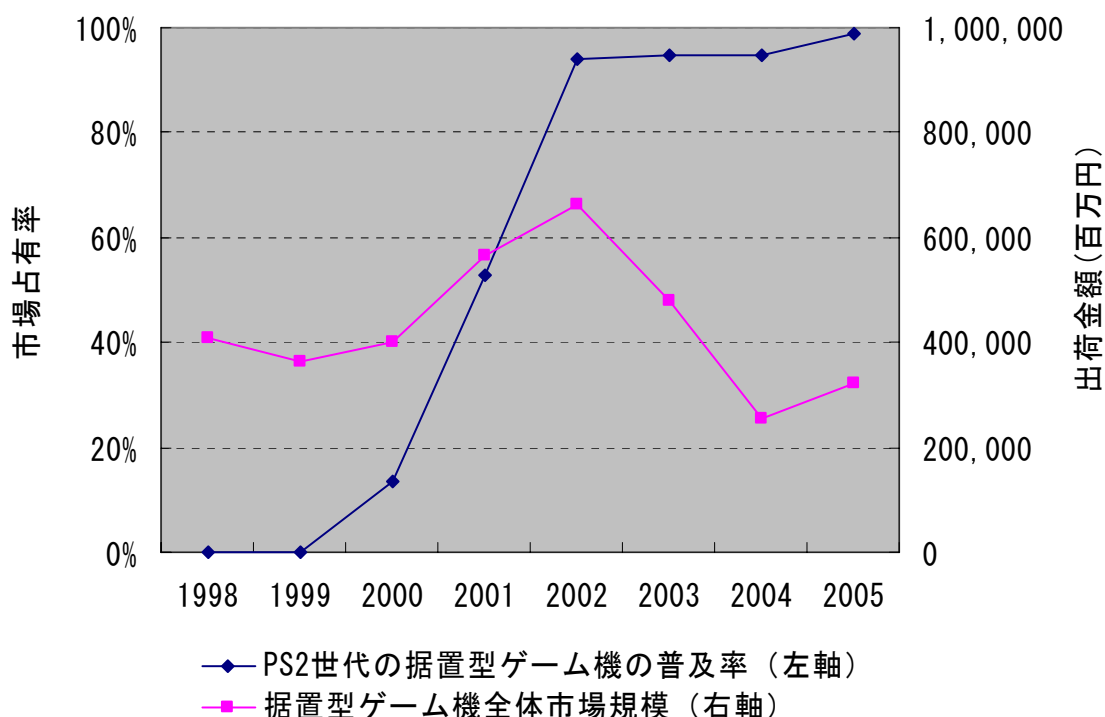


図 2.1.5-3 世界における PlayStation 2 世代^{注)}の据置型ゲーム機の普及動向
出所) 2006 CESA ゲーム白書

注) PlayStation2 世代には、PlayStation2、ニンテンドーGame Cube、Xbox を含む（2005年発売の Xbox360 は統計から除外）

PlayStation2 ではグラフィックの強化やネットゲーム対応等の機能が追加されたことで大ヒットを記録したが、これと同様に、MEMSの採用によって新しい遊び方を提案することができれば、3年で90%以上の市場占有を実現するゲーム機が現れても不自然ではない。

本調査ではゲーム用途で11種類のMEMSが採用されると予想しており、それらのMEMS化率を図（章番号）-4の通りに設定した。ジャイロセンサ、加速度センサは、Wiiを始めとするゲーム機に既に採用されつつあり、ゲーム機への搭載は常識化すると考えて

2010年以降は全てのゲーム機にこれらのMEMSが搭載されると予測した。3年で90%の市場占有を実現してきたゲーム業界の新規デバイスの普及の常識と比較しても、十分実現可能な予測であると言える。その他のMEMSについては、MEMSとゲームのクオリティ向上との関連が不明確だったため、PlayStation2世代のゲーム機が3年で90%の普及率に至った経緯と比較して控えめのMEMS化率を設定した。MEMSの用途開発にて新たなゲームの価値を創出するができれば、加速度センサ、ジャイロセンサに続くMEMSを創出することができると期待される。

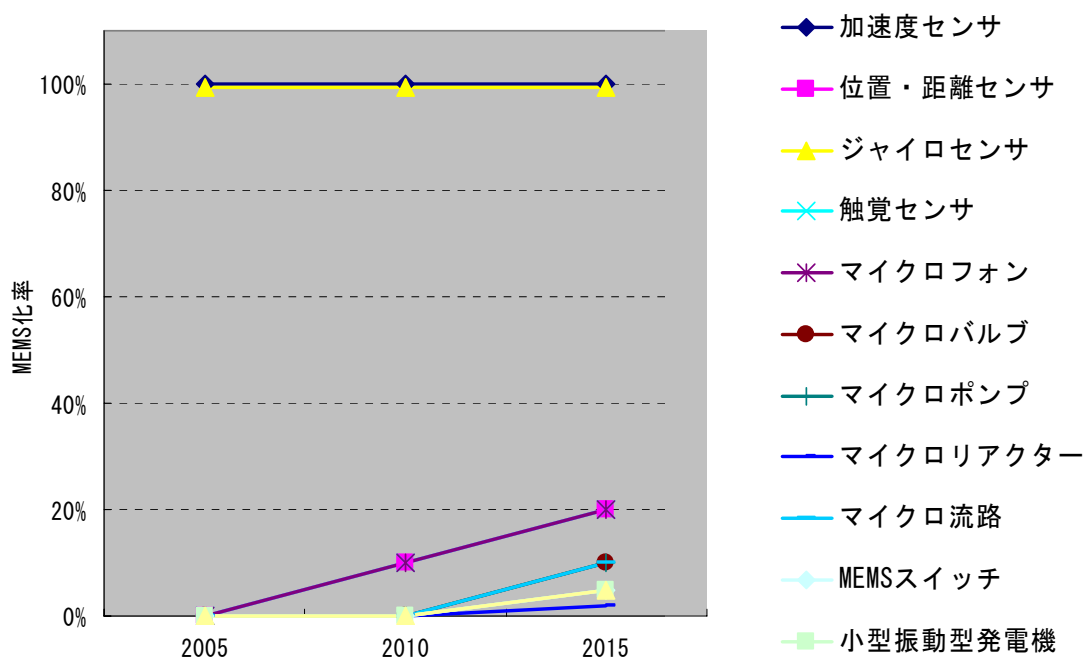


図 2.1.5-4 据置型家庭用ゲーム機に利用されるMEMSとMEMS化率の設定

2.1.6 MEMS関連産業構造分析

(1) アンケートの目的

MEMS市場の規模及び産業構造の現状については、いくつかの市場調査報告書があるにしても、MEMS技術応用範囲の広がりが進展している中でその全体像（産業像）は見えていない。このため、MEMS事業に対しMEMS関連企業がどのような事業展開の傾向にあるのか、またそのための事業リソースや事業に対する課題と取り組みの意識を調査し、「市場調査委員会」でのMEMS関連市場の現状分析と将来予測の検討結果と比較することにより、我が国のMEMS産業の進むべき方向を示唆することを狙いとした。

(2) 調査項目

アンケートにより調査した項目は以下のとおりである。

- 1) MEMS関連企業の事業の内容
- 2) MEMS関連事業の規模及びリソース

- ・MEMS 関連事業規模：全事業の年間売上高のうちMEMS 関連事業の年間売上高が占める比率（％）。
- ・MEMS 関連従事者数：MEMS 関連事業部門の人数及び研究開発従事者数
- ・MEMS 関連研究開発費：MEMS 関連事業規模に対する研究開発投資額の比率

- 3) 現在のMEMS 関連分野の事業の位置づけ
- 4) MEMS への取組みに係る課題とその取組み
- 5) MEMS デバイス・機能部品を事業展開の内容と傾向
- 6) MEMS ファンドリーサービスに対する取組み
- 7) MEMS 技術・研究開発に必要な市場動向や技術動向の入手方法

(3) アンケート対象企業と回答率

アンケートは、財団法人マイクロマシンセンターMEMS 協議会メンバー企業 42 社、マイクロマシン展出展企業 215 社に対して行ない、回答率は 20.2%であった。

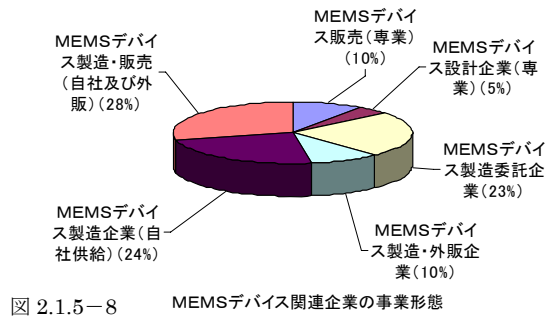
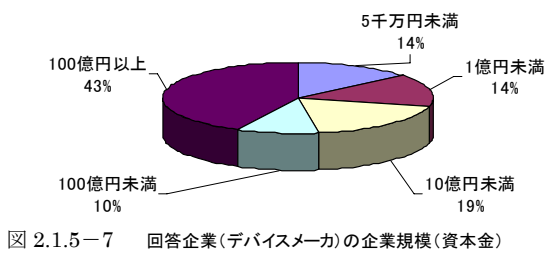
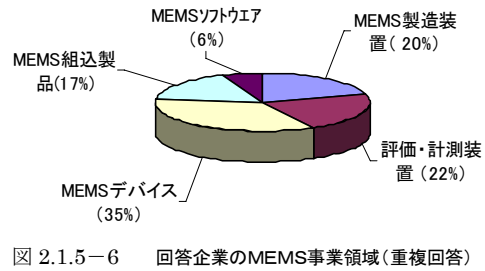
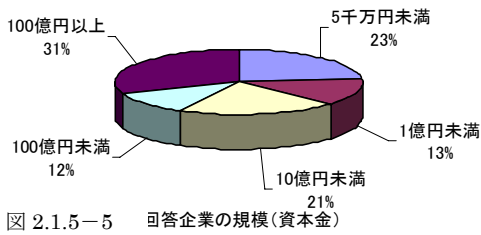
(4) アンケート結果と考察

1) MEMS 関連企業の事業の内容

今回のアンケートでは、MEMS 用製造装置企業、評価・計測装置企業、MEMS デバイス製造企業、MEMS デバイス・コンポーネントが搭載される製品・機器・システムを製造販売している企業、MEMS 関係ソフトウェア企業、及び以上の製品を扱う商社（販売のみ）を対象に実施した。

全回答企業の会社規模及びMEMS 関連事業の領域は、図 2.1.5-5 及び図 2.1.5-6 のとおりであった。今回の市場調査では、国内MEMS 関連市場としてMEMS デバイスの市場を調査分析することとしており、デバイス関連事業を行っている企業についてはその事業形態も調査した結果、図 2.1.5-7、図 2.1.5-8 のとおりであった。

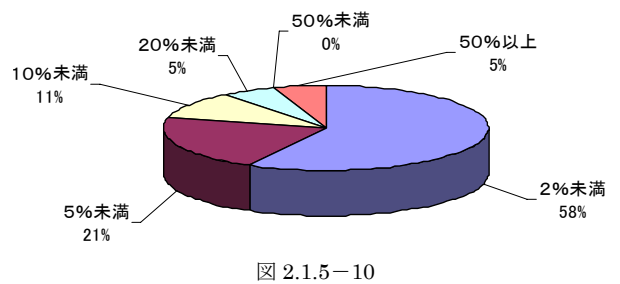
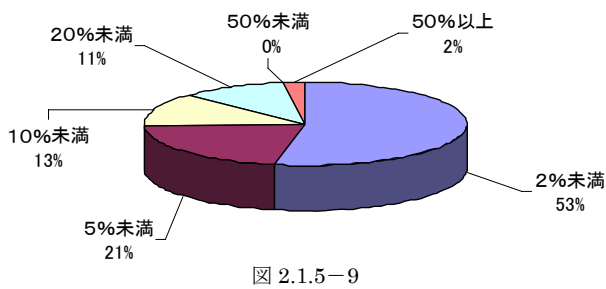
この結果、MEMS 関連の事業構造は、MEMS デバイス企業が 35%であり、このうち、デバイスを製造しているが外販のみの企業が 10%、自社の事業製品（MEMS 組込製品・機器）に組み込むためのMEMS デバイスを事業展開している企業が 50%強の割合である。また、MEMS デバイス事業の中心は、大企業であり（図 2.1.5-7）、MEMS デバイス製造・外販企業は、比較的中小の企業がある特定のMEMS デバイスを供給している事業構造が視える。



2) MEMS 関連事業の規模及びリソース

①MEMS 関連事業規模

MEMS 関連事業規模は、図 2.1.5-9、図 2.1.5-10 のとおり全事業に占める割合で言えばまだまだ規模が小さい。全事業に占める割合が 2% 未満である企業は、大企業であり、全事業に占める割合が高くなるほど中小の規模の企業になってくる。



アンケート回答企業のMEMS事業規模(全事業に占める割合)

デバイスメーカーのMEMS事業規模(全事業に占める割合)

②MEMS 関連従事者数

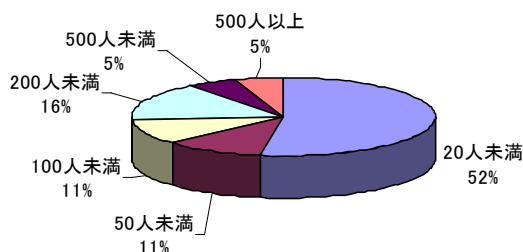


図 2.1.5-11
MEMSデバイス関連企業のMEMS関係従事者数
(有効回答数47/52)

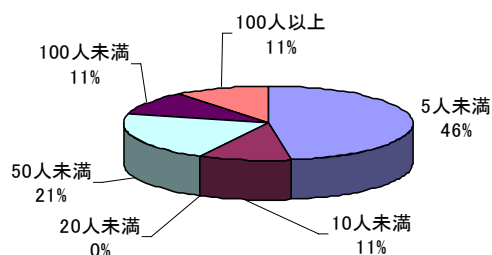


図 2.1.5-12
MEMSデバイス関連企業のMEMS関係研究開発従事者数
(有効回答数47/52)

今回のアンケート調査では、MEMSデバイス関連企業（回答企業の35%）のうち資本金100億円以上の企業が43%のようにMEMSデバイス関連企業は大企業が担っている状況（図 2.1.5-7）を勘案すれば、MEMS関連従事者数でみると、中小に企業におけるMEMS人材の不足の状況が窺える。

③MEMS 関連研究開発費

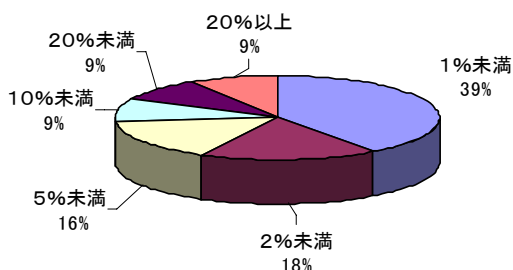


図-9 回答企業のMEMS関連事業の研究開発投資額
(MEMS事業規模比率)
(有効回答数46/52)

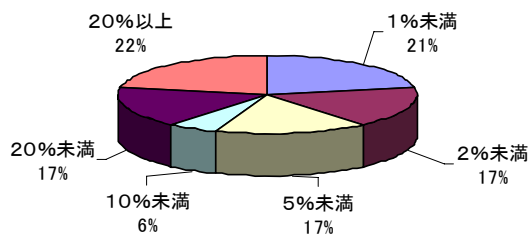


図-10 デバイス企業のMEMS関連事業の研究開発投資額
(MEMS事業規模比率)
(有効回答数46/52)

回答企業のMEMS事業規模が具体的な金額としてどの程度であるかは今回のアンケート調査では把握できなかった。（アンケート設問では、事業展開しているMEMSデバイス事例の売上高を問いかけたが、分析に必要な十分なデータが集まらなかった。）しかし、事業規模比率としては図 2.1.5-13、図 2.1.5-14 のように回答が得られた。

MEMSデバイス企業では、MEMS事業規模に対する研究開発投資が10%を超える企業が40%近くあるが、MEMSデバイス関連企業が属する電子・電機産業全体の研究開発費の投資額（対売上高比）を勘案すると、MEMSへの研究開発への意欲が高まってきている（後述の「MEMS事業の位置づけ」参照）わりには、MEMSに対して特別な重点投資をしている状況ではない。これは、事業規模に対応した研究開発投資を行う企業の考え方によるものと思われる。

3) 現在のMEMS関連分野の事業の位置づけ

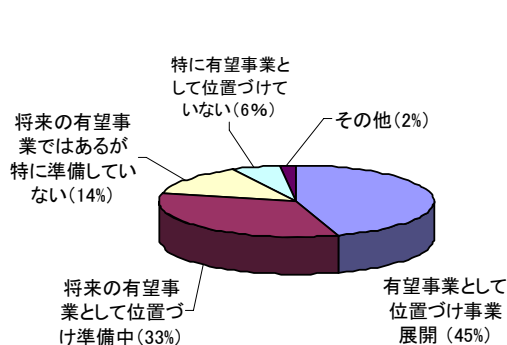


図 2.1.5-15 MEMS事業の位置づけ
(有効回答数51/52)

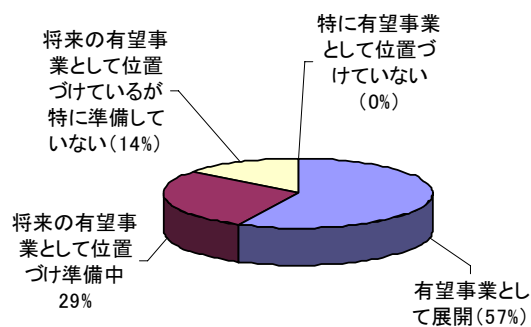


図 2.1.5-16 MEMSデバイス企業のMEMS事業の位置づけ
(有効回答数21/21)

MEMS事業に対してほとんどの企業は将来の有望事業であるとの認識を持っている。この傾向はMEMSデバイス企業ほど高い。

4) MEMSへの取組みに係る課題とその取組み

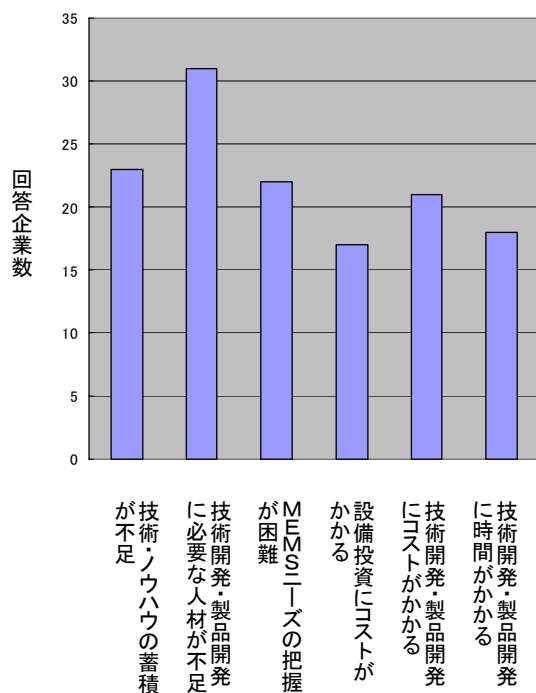


図 2.1.5-17 MEMSへの取組みの課題
(有効回答数51/52 : 複数回答可(3つまで))

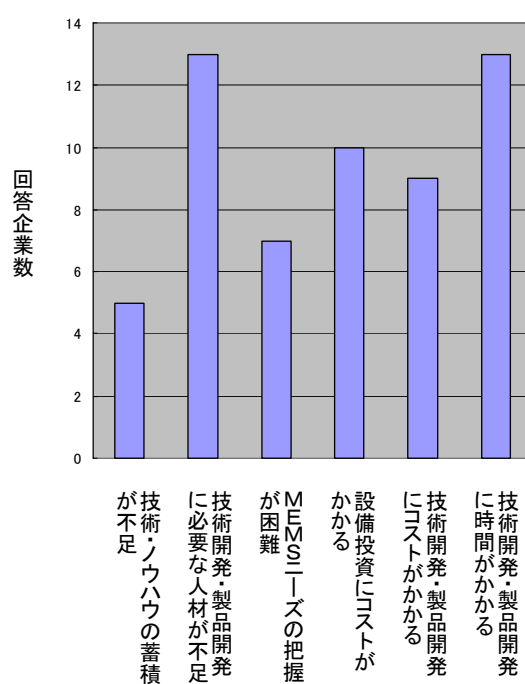


図 2.1.5-18 MEMSデバイス企業の課題
(有効回答数21/21 : 複数回答可(3つまで))

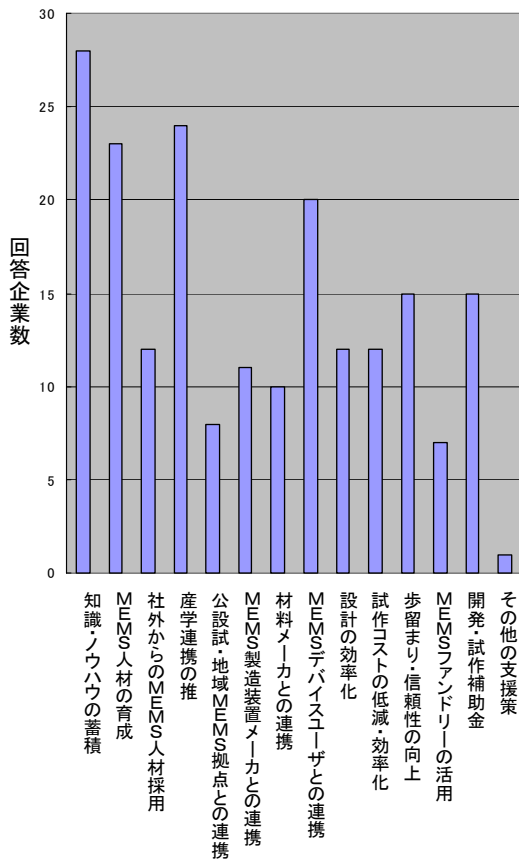


図 2.1.5-19 課題解決への取組み
(有効回答数51/52 : 複数回答可(3つまで))

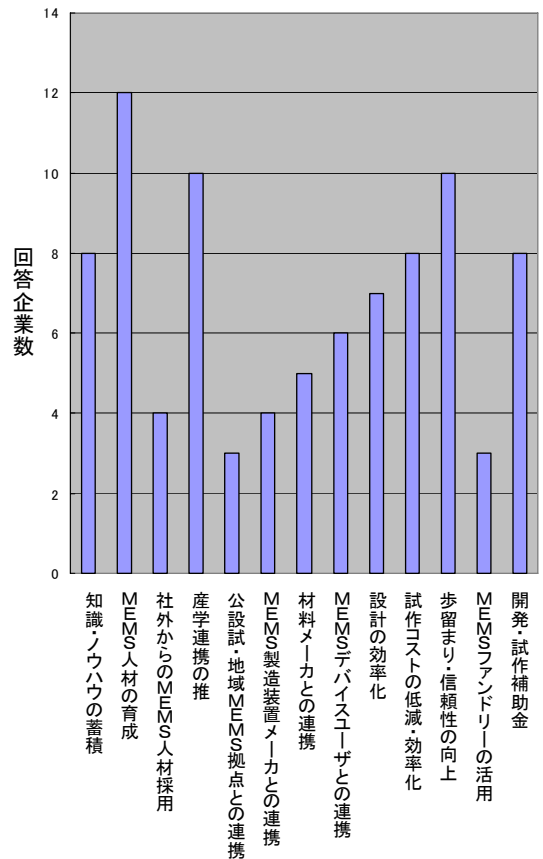


図 2.1.5-20 MEMSデバイス企業の課題解決への取組み
(有効回答数21/21 : 複数回答可(3つまで))

MEMSは、高機能・高付加価値デバイスとして幅広い産業分野への展開が期待されているが、多様な技術と多様なアプリケーションの組み合わせであるがゆえに、MEMS人材の不足と、技術開発・製品開発の時間・コスト低減が大きな課題となっている。

これらのMEMS事業の課題解決への取組みの傾向は、図 2.1.5-19 のとおりである。アンケート回答全企業では、知識・ノウハウの蓄積及びMEMS人材の育成、技術開発力強化としての産学連携の推進、MEMSニーズの把握も視野に入れたMEMSデバイスユーザーとの連携を解決策の上位3つに挙げている。

また、図 2.1.5-20 のMEMSデバイス企業の解決への取組みをみると、この上位3つに加え、技術開発の期間短縮、コスト低減、信頼性向上などデバイス製造企業として当然である取組みが挙げられている。

5) MEMSデバイスの事業展開の内容と傾向

今回のアンケートでは、今後の市場の動向としてMEMS関連企業の事業展開戦略も大きく関係するため、MEMSデバイス企業の事業の展開の傾向についても分析した。

分析にあたっては、(財) マイクロマシンセンターに設置した「MEMS関連市場の分析・予測と日本の競争力分析に関する調査研究委員会」での市場調査分析でのMEMSデバイス事例の分類に合わせることによって、企業のMEMSデバイス事業の展開の傾向と市場調査の結果との比較ができるようにした。

①MEMS種別（デバイス事例）の産業分野別の事業展開

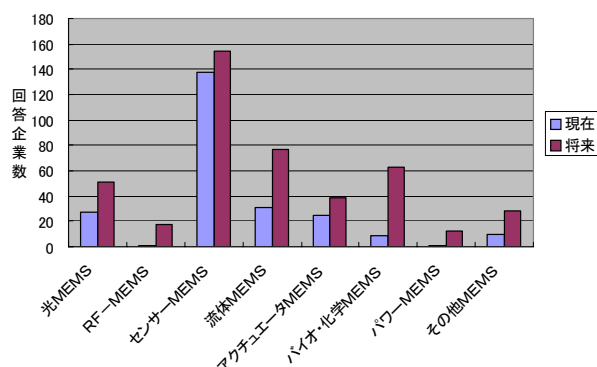


図 2.1.5-21(a) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (全産業分野)
(アンケート回答全企業の傾向)

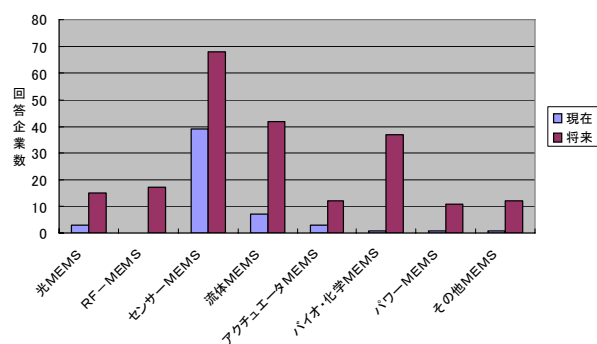
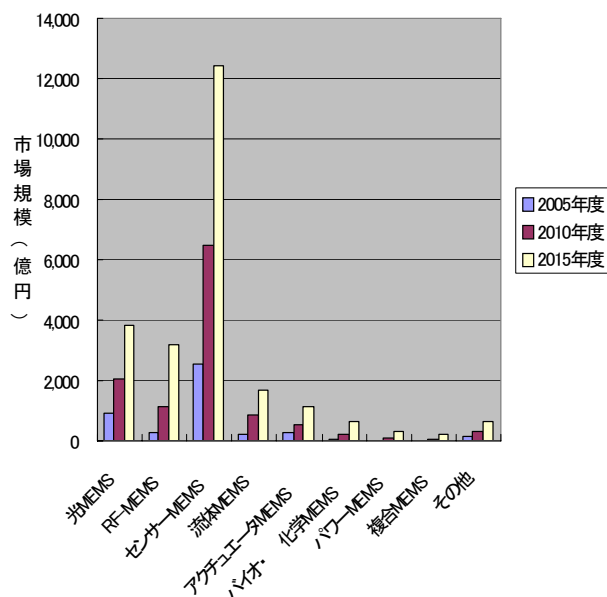


図 2.1.5-21(b) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (全産業分野)
(MEMSデバイス企業の傾向)



市場調査結果によるMEMSデバイス市場の推移
(全産業分野) -再掲-

図 2.1.5-22

アンケート調査によるMEMS関連企業のMEMSデバイス事業の展開は、図 2.1.5-21に示すとおり、MEMS関連企業は、現在のMEMS市場の大きな比重を占めるセンサーMEMSや近い将来市場が拡大すると思われる光MEMS、RF-MEMSへの事業展開の傾向とともに、将来は流体MEMS、バイオ・化学MEMSなどマイクロTAS関係の事業展開を図っていきたいとする結果が出ている。

なお、図 2.1.5-21(a)は、アンケート回答全企業の結果であり、図 2.1.5-21(b)は、MEMSデバイス企業の結果である。MEMSデバイスの事業展開の傾向に大きな差は見られないが、RF-MEMSについてはMEMSデバイス企業が積極的に事業展開したいという傾向が出ている。

今回調査した市場規模予測（図 2.1.5-22）と比較してみると、光MEMS、RF-MEMS、センサーMEMSについてはほぼ同様の傾向が見られるが、流体MEMS、アクチュ

エータMEMS、バイオ・化学MEMSについては、企業が事業展開したいとする傾向に対し、デバイス分野の市場は2010年～2015年にかけて市場が立ち上がるであろう試算が出ている。このことは、MEMS関連企業は、MEMSが情報通信、医療・バイオ、自動車等のわが国の主要産業を高付加価値化し国際競争力をさらに強化にする基幹デバイスとしての技術開発の加速に大きな期待を持っている表れと思われる。

今回のアンケート調査では、各産業分野別でのMEMSデバイスの事業展開の傾向も分析した。以下に各分野別のMEMS事業の展開の傾向図をまとめたが、それぞれの産業分野でのMEMS企業の事業展開の傾向と、今回のMEMS市場の分析・予測結果における各産業分野別の市場規模予想と比較対照すると、MEMS関連企業は、MEMSをわが国の今後の主要製造業の基幹デバイスと位置づけ、各分野への事業展開を図りたいという意思はあるものの、実際の事業展開においては、市場規模及び伸びがまだまだ不透明であることから、MEMSの技術開発の加速に大きな期待を持っている表れを見てとれる。

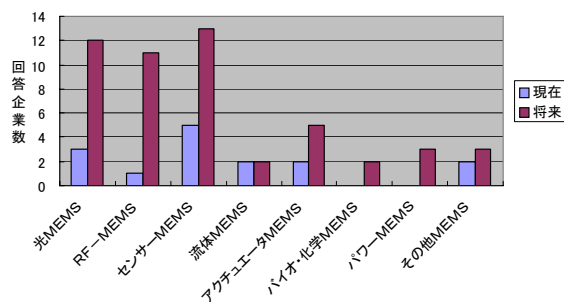


図 2.1.5-22(1) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (情報通信機器分野)

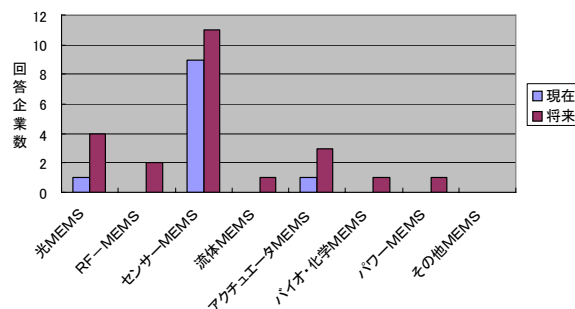


図 2.1.5-22(2) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (生活文化関連分野)

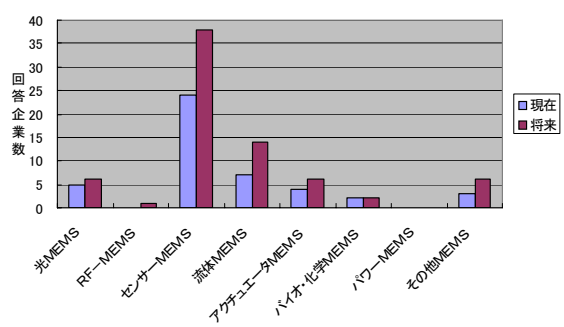


図 2.1.5-22(3) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (製造技術分野)

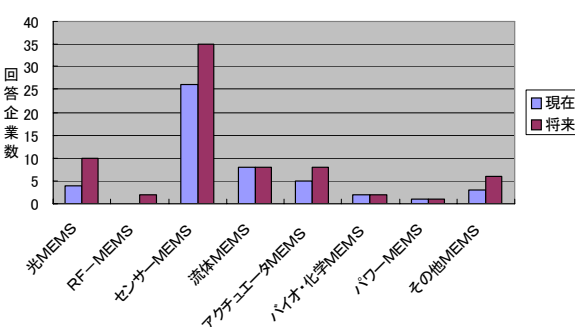


図 2.1.5-22(4) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (精密機器分野)

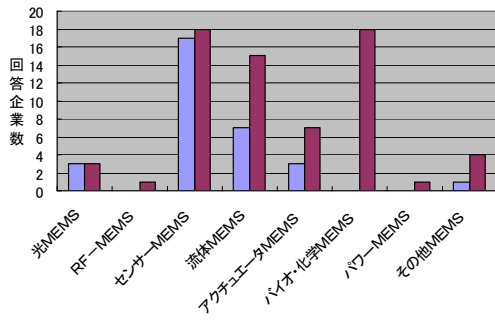


図 2.1.5-22(5) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (医療福祉機器分野)

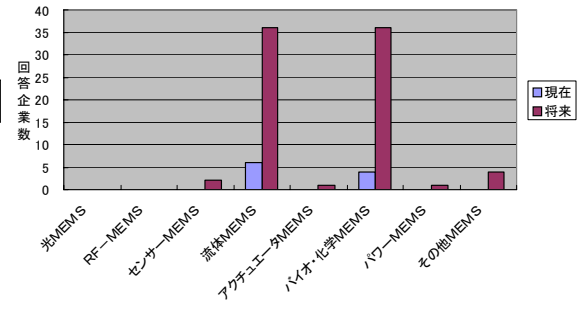


図 2.1.5-22(6) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (イオテクノロジー分野)

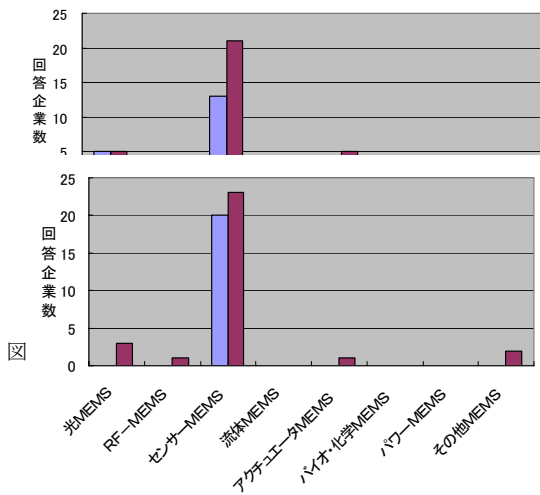


図 2.1.5-22(9) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (自動車分野)

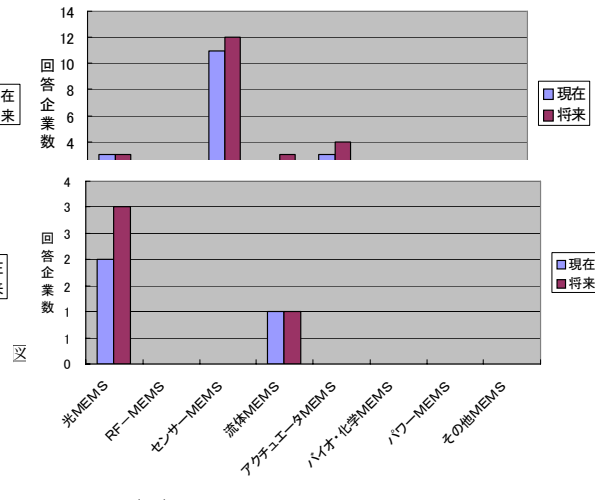


図 2.1.5-22(10) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (都市環境整備関連分野)

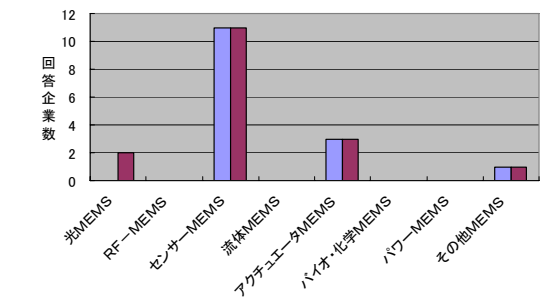


図 2.1.5-22(21) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (航空宇宙関連分野)

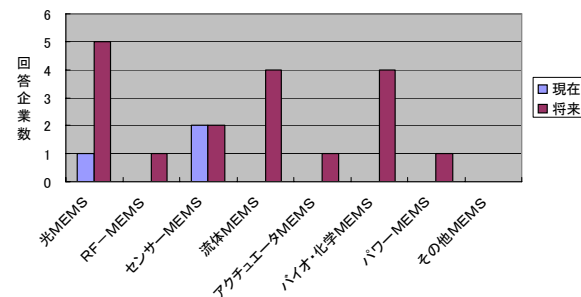


図 2.1.5-22(22) MEMSデバイスの事業展開の傾向 (農林水産関連分野)

②企業規模別にみるMEMS種別の展開

MEMSの特長でもある「少量高付加価値」MEMSは、中小・ベンチャーの果たす役割が大きいといわれている。「少量高付加価値」MEMSの事業化には、量産志向の事業モデルに替わる新しい事業モデルの必要性も模索されているところでもあり、その手がかりを得るために企業規模別による分析も行った。

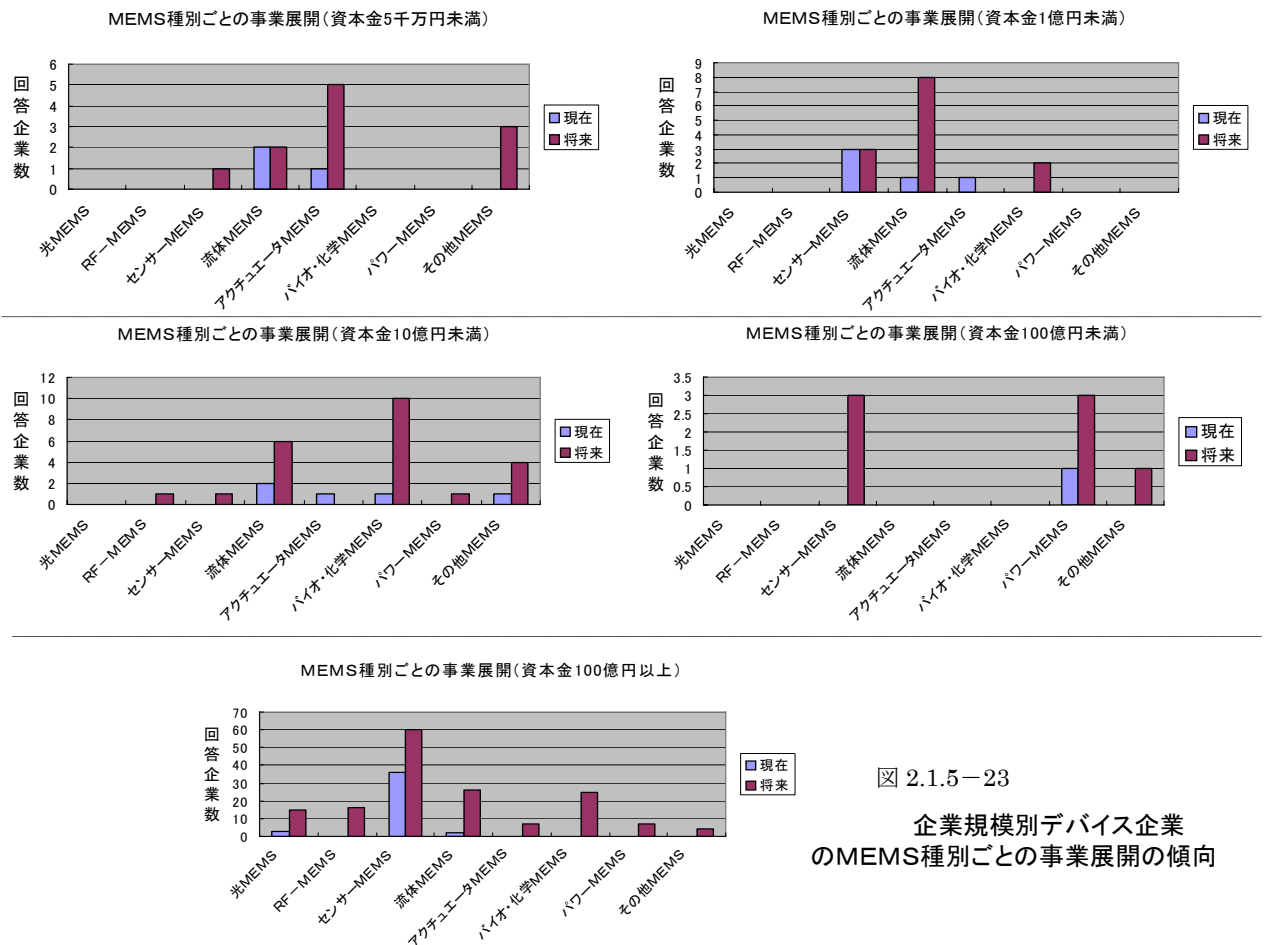


図 2.1.5-23
企業規模別デバイス企業のMEMS種別ごとの事業展開の傾向

企業規模 100 億円以上の大企業は、現任ではセンサーMEMSなど市場が大きく見込める領域に事業展開しているが、大企業でも、MEMSについては大量生産型モデルの限界を認識しつつあり、将来の事業展開としては、流体MEMS、バイオ・化学MEMSなどにも展開の意向を示している。

それに対し、中小・ベンチャー企業は、小規模の市場ではあるがMEMSの特長である「少量高付加価値MEMS」を目指したマイクロTAS関連事業や、パワーMEMSなど、現在事業展開を行う傾向となっており、大企業の事業戦略とは違う特徴あるMEMS事業を展開しようとしているように思われる。

これらのことから、中小・ベンチャーが、少量高付加価値型事業の展開を支援する仕組み（設計試作期間の短縮、開発コストの低減など）を整備することがMEMS産業の裾野拡大に向けての大きな要素といえる。

6) MEMSファンドリーサービスに対する取組み

MEMS事業の展開に当たっては、ネックといわれているMEMS製造装置の投資リスク、設計試作期間の短縮（開発コスト低減）を支援する仕組みが必要である。その仕組み

の一つであるMEMSファンドリーに対しての取組み、利用の状況を調査した。

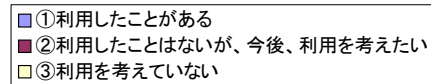
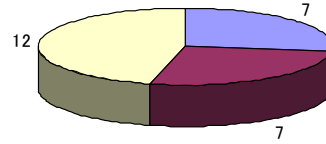
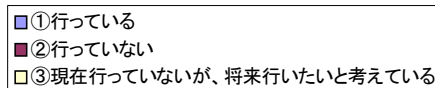
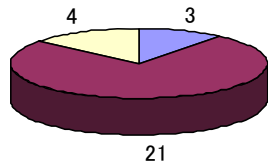
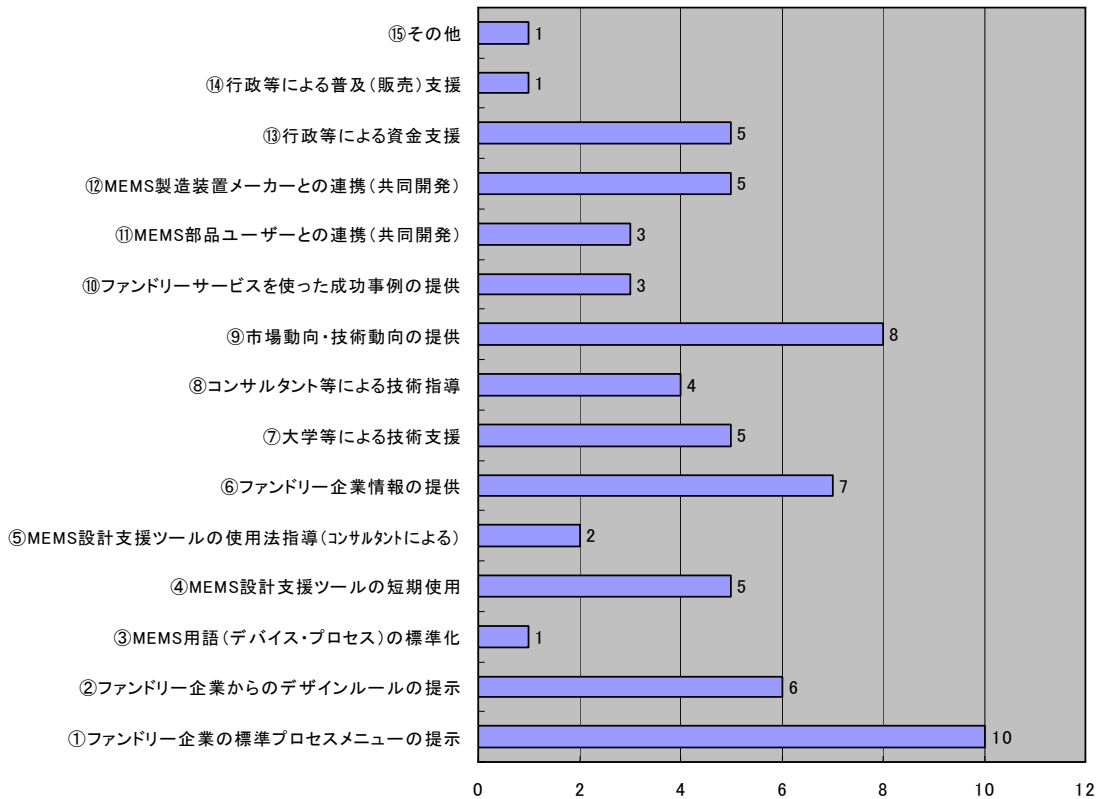


図 2.1.5-24 MEMSファンドリーの実施

図 2.1.5-25 MEMSファンドリーの利用



MEMSフ; 図 2.1.5-26 MEMSファンドリーサービスの効果的利用の目的の企業策
 社あるいはMEMSデバイス完成レベルのものを選択して使用するなどであった。

また、MEMSファンドリーサービスの効果的利用のための方策については、図 2.1.5-26 のとおりの結果であった。

7) MEMS 技術・研究開発に必要な市場動向や技術動向の入手方法

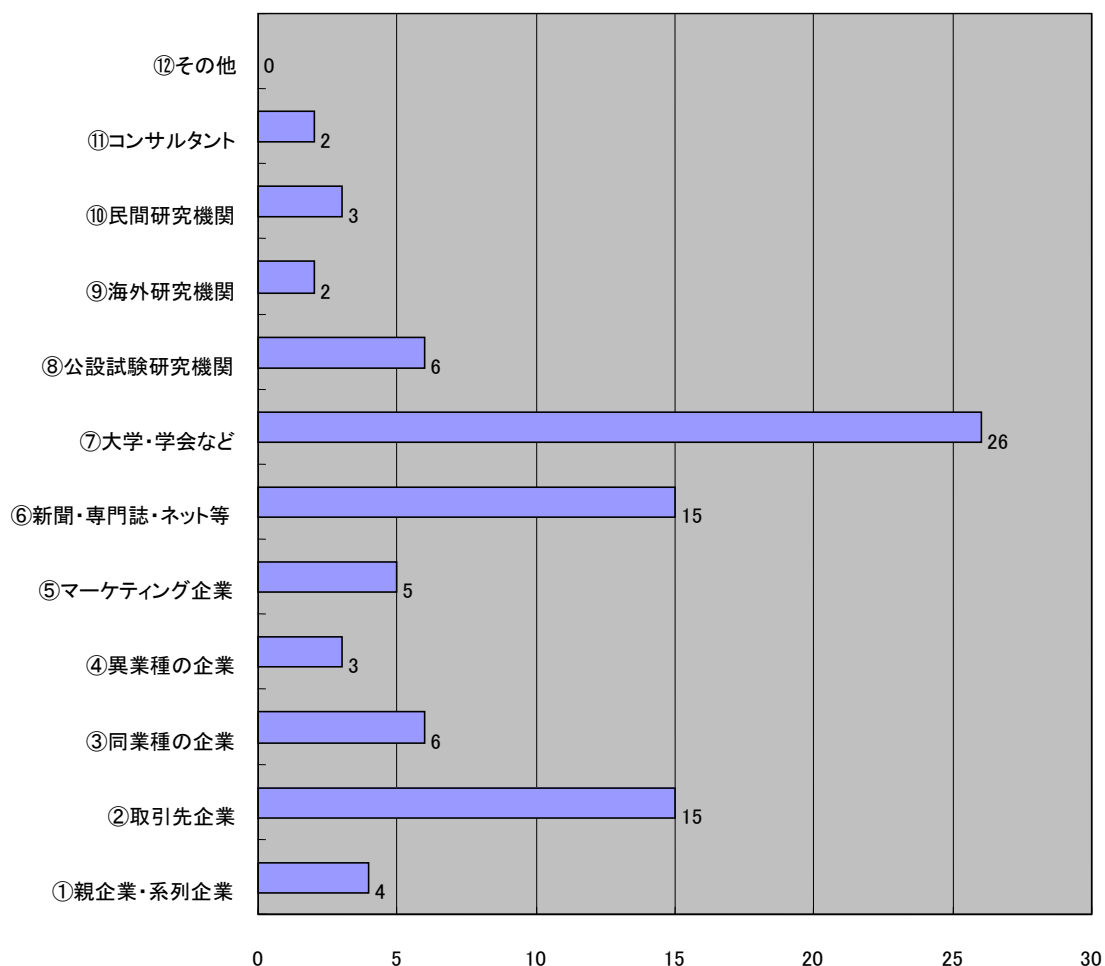


図 2.1.5-27 市場動向と技術動向の入手方法

8) まとめ

アンケート結果では、MEMS 関連企業は、現在の MEMS 市場の大きな比重を占めるセンサーMEMS や近い将来市場が拡大すると思われる光 MEMS、RF-MEMS への事業展開の傾向とともに、将来は流体 MEMS、バイオ・化学 MEMS などマイクロ TAS 関係の事業展開を図っていきたいとする結果が出ている。今回調査した市場規模予測と比較してみると、光 MEMS、RF-MEMS、センサーMEMS についてはほぼ同様の傾向が見られるが、流体 MEMS、アクチュエータ MEMS、バイオ・化学 MEMS については、企業が事業展開したいとする傾向に対し、デバイス分野の市場は 2010 年～2015 年にかけて市場が立ち上がるであろう試算が出ている。このことは、MEMS 関連企業は、MEMS が情報通信、医療・バイオ、自動車等のわが国の主要産業を高付加価値化し国際競争力をさらに強化にする基幹デバイスとしての技術開発の加速に大きな期待を持っている表れと思われる。

2.1.7 海外における MEMS 産業の動向

世界のMEMS市場も順調な成長が期待されている。フランスの市場調査・コンサルタント会社である Yole Developpement によれば、世界のMEMS市場(MEMSを利用したシステムを合わせた市場)は、2005年で480億ドルで、2010年には950億ドルに達すると予想している。

MEMSデバイスの市場規模は2005年で53億ドル、2010年には99億ドルに達するとの予測で、民生市場への浸透拡大が期待される。特に加速度センサーの自動車向けに加えてWiiに見られるゲーム器等への展開、クォーツ発振のMEMS化、シリコンマイク、エネルギー集約システム、ディスプレイ、プロジェクター等に注目している。2005年から2010年への市場拡大を、自動車分野では10億ドルから14億ドルへ、医療福祉分野では5億ドルから10億ドルへ、情報通信機器分野では27億ドルから54億ドルへと見ている。

MEMSデバイスの製造地域分布は、北米が51%、日本が21%、ヨーロッパが16%、シンガポールが11%としている。主要なメーカーとしては、プロジェクションデバイスのTexas InstrumentsとインクジェットプリンターヘッドのHewlett Packardの2社が飛びぬけて大きく、その後にRobert Bosch(自動車用センサー)、Lexmark(インクジェットヘッド)、STMicroelectronics(インクジェットヘッド)、Seiko Epson(インクジェットヘッド)、BEI Technologies(ジャイロスコープ)、Canon(インクジェットヘッド)、Freescale(自動車用センサー)が続いている。

今後のMEMS業界動向としては、既存のMEMSや半導体製造設備を活用した一層のファブレス化・外部化の進展、非シリコンベースデバイス(クォーツ発振、マイク、スピーカー、バッテリー等)のMEMS製品化を予測している。

世界のMEMSへの取組み、産業化状況は次のとおりである。

中国のマイクロ・ナノテクノロジーは、国家中長期科学技術発展計画(2006-2020年)で重要分野として取り上げられており、MEMS研究開発はNSFC(中国自然科学基金)の基礎研究分野および「973計画」(「国家重点基礎研究発展計画」)に挙げられている。また、中国でのMEMS研究開発は、米国大学の中国系教授と、研究室出身で中国に帰国した研究者との共同研究が盛んに行われており、このためか、米国NSFも「NSF U.S.-Chinaプログラム」として米中の研究協力を推進している。

産業化に対しては、上海のSIMIT(中国科学院上海マイクロシステム・情報研究所)がMEMSファブも立ち上げており、周辺に企業も立ち上がっており精華大学グループとともに中国の代表的存在になっている。また、北京、瀋陽、太原、杭州、無錫、重慶等で企業化が開始されている。

北米は、MEMSの産業化の推進に不可欠な先進デバイス開発、設計支援ソフトウェア、ファンドリーサービス、及び産学官連携による産業化支援体制など、次にしめすとおり、

積極的に取り組んでいる。

①Infotonics Technology Center

産官学連携により運営されている MEMS・Photonics 分野の設計デザイン、製造、パッケージング、試験・評価を行いコンサルティング、ファンドリー等の機能を有するセンターであり、次の機関がバックアップしている。

- ・ 産業界：XEROX, Kodak, Corning
- ・ 大学：Columbia 大, Cornell 大, SUNY 等 18 大学
- ・ 政府：NY 州政府, NASA, DOE, DOD 等

②Analog Devices

加速度センサの開発で知られる世界有数の MEMS 企業

③Intellisense

MEMS 設計ソフトウェア開発企業で、ニューヨーク州の Infotonics と提携しソフトウェアの教育セミナー、コンサルタントも手がける。

③MicroCHIPS

ドラッグデリバリーデバイス開発を手がける MIT 関連のベンチャー。

④M I T

UC バークレー、ミシガン大学とともに米国の MEMS 研究開発の 3 大拠点の一つ。

MEMS@MIT：MIT の MEMS 関連研究センター

- ・ Biological/Chemical/Medical MEMS (32 テーマ)
- ・ Power MEMS (17 テーマ)
- ・ Enabling Technologies (24 テーマ)
- ・ 教授 30 名を含む研究スタッフ 125 名
- ・ 研究予算：年間 \$ 1 3 M の研究契約を結ぶ

⑤Boston University (BU)

MEMS 関連研究を 3 研究所で実施。Fraunhofer USA CMI は大学の研究成果の産業化を加速するためのセンターで BU との共同運営。

- ・ Photonics Center
 - ・ Laboratory for Microsystems Technology (LMST)
 - ・ Precision Engineering Research Laboratory (PERL)
- ・ Fraunhofer USA Center for Manufacturing Innovation

MIT プロボスト (副学長) であった Dr. Robert Brown を学長に招き、科学・技術分野の教育・研究に重点を置く

⑥Micralyne 社 (カナダ)

MEMS ファンドリーで、売上 \$14M は世界 4 位である。高付加価値少量 MEMS に特化している。

⑦NINT (National Institute for Nano Technologies)

6月に研究所が竣工した国立ナノテク研究拠点。大学の研究成果の産業化を促進するために設立。

⑧University of Alberta

カナダMEMS研究の中心的存在。Micralyneとは共同研究等密な関係を持つ。

2.1.8 日本の競争力の分析

今回調査した市場規模予測及アンケート調査によるMEMS産業構造の分析から、わが国のMEMS関連企業は、MEMSが情報通信、医療・バイオ、自動車等のがわが国の主要産業を高付加価値化し国際競争力をさらに強化にする基幹デバイスとしての技術開発の加速に大きな期待を持っている表れと思われる。しかし、これからの市場拡大に際しては、技術開発の更なる進展とともに、MEMSの特長である少量多品種・高付加価値デバイスへの対応として、効果的なファンドリーの仕組みが重要な課題のひとつである。

以下に示すのは主に米国で展開されているCOMSファンドリー活用型と、わが国企業に多い一社垂直統合型の比較考察である。市場のニーズ、技術開発の進展、製造設備の活用を考慮した戦略が必要である。

“米国:CMOS・MEMSファンドリー活用/DRCの考察”

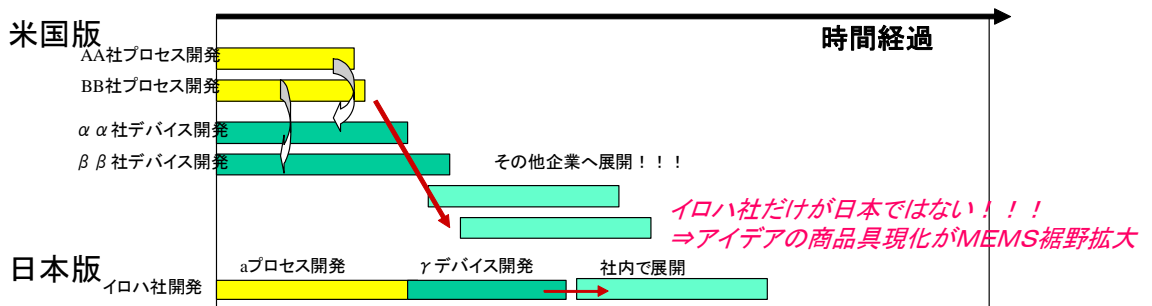
■CMOSファンドリー活用型(米国型)

*DRC:MEMSのデザインルールチェック

- ①プロセス開発とデバイス開発を同時並行的推進、
- ②一社の人的リソース負担が軽減される
- ③多様なプロセス、デバイスを展開しやすい(⇒産業界へのインパクトは大きい)
- ④プロセス開発の投資リスクがある(デバイス製造に使ってもらえるか)
- ⑤設計～製造まで企業間に渡るデータのスムーズな流れには、ルールの設定が必須

■一社垂直統合型(日本型)

- ①プロセス開発を先行、デバイス開発がその後に引き継がれる⇒時間が掛かる
- ②一社の人的リソース負担が大きい
- ③特定のプロセス&デバイスに限定される、
- ④社内のルールだけで設計～製造まで可、商品化リスク/投資リスクが小さい



2. 2 学術動向調査

2.2.1. 調査対象

MEMS は半導体技術を母体にして独自の体系をつくり始めた技術である。そこでは様々な新しい試みが行われている。その一方ではこの技術を用いた新しい製品開発への模索も活発である。つまり MEMS の研究動向は新技術の開発とともに、新製品開発の両面が活発に行われていると考えられる。したがって MEMS の研究動向の調査には新技術開発の発表の場である学術論文と、商品化戦略の場である特許の調査が不可欠であると考えた。ここでは対象とする学術論文として Engineering Village(EV) 文献データベース、IEEE MEMS Copnference、電気学会準部門誌、精密工学会を取り上げ調査を行うとともに、特許データに関しては、世界知的財産保有機構 (WIPO)、電子特許図書館を用いて世界規模及び国内の研究動向を調査した。それと併せて、トピックスを紹介する。

2.2.2 学術論文

(1) Engineering Village(EV)に依る調査

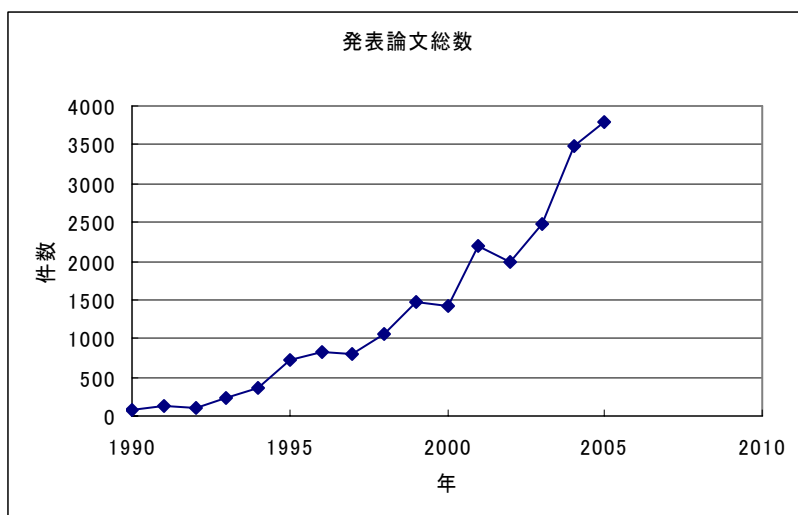


図 2.2.2-1 Compindex による発表論文検索結果

EV は米国の科学図書出版社 Elsevier Engineering Information Inc が提供している文献データベースで、Compindex、NTIS、Referex Engineering、ENGnetBASE、Patents from USPTO and esp@cenet GlobalSpec、Scirus、EEVL、LexisNexis Newsなどが対象になっている。ここで Compindex は COMPUterized ENgineering InDEX と EI Engineering Meetings database の両方を含み世界中の 5000 種の技術ジャーナル、プロシーディングを対象に 700 万件の参考文献を持っていて、世界で最も広く工学分野をカバーする書誌データベースとして知られている。NTIS (The National Technical information service) は米国政府機関から発表される技術レポートデータベースで、350 分野に関する 60 万件の情報を提供している。

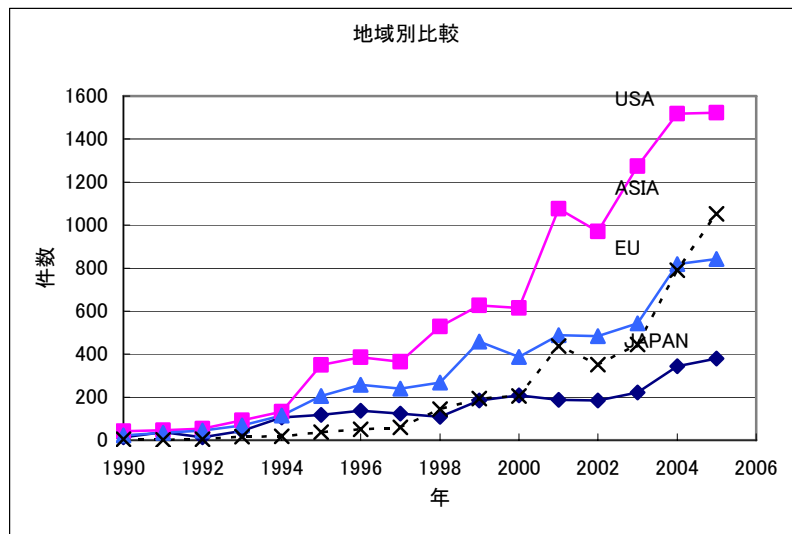


図 2.2.2-2 発表論文の地域別推移

ここでは Conpendex にアクセスし検索式として次式を用いた。"micro machine" or micromachining or "micro machining" or mems or "microsystem technology" or liga or microactuator or "micro actuator"、ここで「 」で括ったワードはスペースを含んだ語をキーワードとすることを示している。検索式からわかるように検索対象は MEMS 及び MEMS 関連技術であり、対象論文は特にジャーナルを対象にせず、データベースにある全ての文献を対象とした。また文献の地域別特徴を出すために筆頭著者の所属研究機関の国別の分類も行った。それらの結果を図 2.2.2-1 に示す。

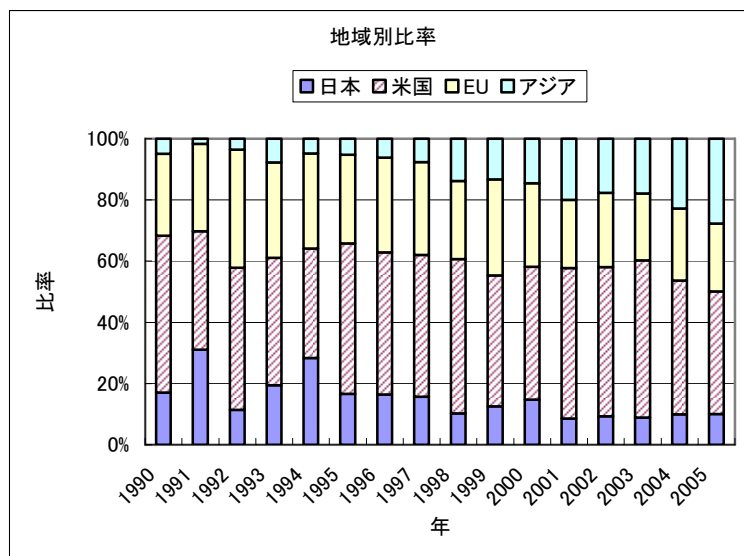


図 2.2.2-3 発表論文の地域別構成比率

図 2.2.2-1 からわかるように発表文献の数は 1990 年以後多少の消長はあるものの常に

右上がり増えている、近年ではMEMS 関連文献は年間 3800 件に達していることがわかる。この中味を地域別の整理したのを図 2.2.2-2 に示す。各地域とも論文数増加の趨勢は同じであるが、中でもアジア地域の伸びが著しい。

図 2.2.2-3 は発表論文の全体に対する各地域の構成比率を示したもので、これに依れば米国が常に 40~50% の割合を占めているのに対して、アジア地域の伸びを反映して、近年のアジアの占める割合は 30% に届く勢いを見せている。これに対して日本の状況は総数としては増加傾向は保っているが、世界シェアで見ると 10% 前後を行き来している。なおここで云うアジア地域とは中国、韓国、台湾、シンガポールを指している。

(2) IEEE MEMS Conference に関する調査

IEEE MEMS Conference は MEMS 研究者の中では最も権威のある学会発表の場である。毎年 2 月頃に米、EU、日の持ち回り開催されている。2007 年は 1 月末に神戸で開催された。この会議は 1 セッションのみである。従って会期中に口頭で発表される数には限界があるので、多くはポスターセッションで発表される。そのためここでの議論もかなり活発である。その発表件数の推移を図 2.2.2-4 に示すように年々右肩上りで増加している。発表件数の地域別割合を示したのが図 2.2.2-5 である。ここで横軸は左から右に流れる時間軸であるが、それぞれは開催当番地域で示してある。2006 年は EU 担当でイスタンブールで開かれた。発表件数の割合は開催地域近辺が交通の便から見てどうしても多くなる。日本を含めたアジアの発表件数は日本が当番国の時に多くなる傾向のあることがこの図からも読み取ることができる。またその発表件数も、およそ日本と同じ程度の件数が近年では発表されている。

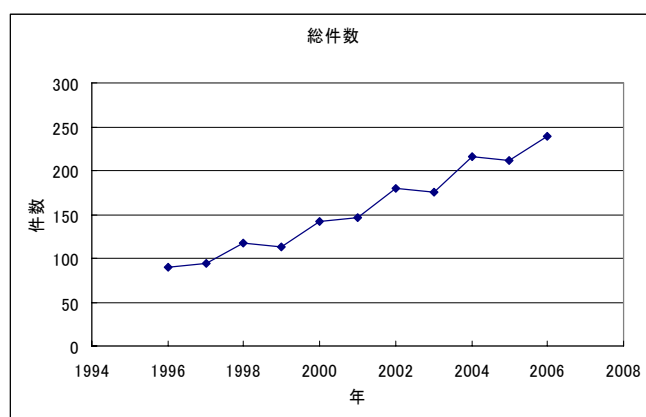


図 2.2.2-4 発表件数の年次変化

このコンファレンスの論文内容の分析はマイクロマシンセンターで毎年行われていて、報告書が出されているが、ここではこの報告書の全てを通して全体の傾向を解析する。まずこの報告書では論文内容を基礎分野と応用分野に分類している。その仕分けは次の通りで、一つの論文は両分野に跨ることを許している。

- ・ **基礎分野** : 材料、設計・モデリング、アクチュエータ（電磁方式）、アクチュエータ（静電、ピエゾ）、実装技術、加工技術（非シリコン）、加工技術（シリコン）
- ・ **応用分野** ・ 物理センサ、流体、医療、バイオ、光（通信を含む）、化学、ロボット・制御、パワーMEMS、RF-MEMS（2002年より新設）

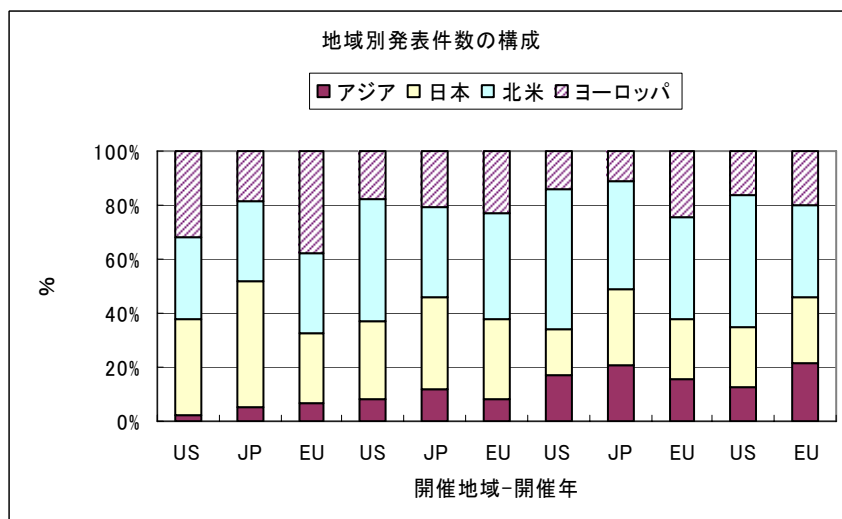


図 2.2.2-5 開催地域と発表者の属する地域との関係

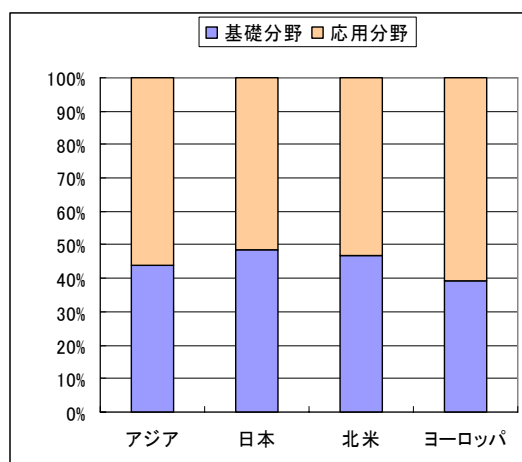


図 2.2.2-6 分野別構成と地域

この分類の中にアクチュエータが基礎分野に入れている経緯についての詳細は不明であるが、この分類を貫いているのでここではそれを踏襲することにする。そのうえで全体の傾向を見ると基礎分野と応用分野の比率は図 2.2.2-6 に示すようにほぼ同数程度あるが、近年やや応用分野の比率が増加する傾向にある。その地域による区分けを 2004～2006 年の範囲で見ると日本と米国は大体、半分半分の傾向はあるが、アジアとヨーロッパでは応用分野に多くの論文が出されている。

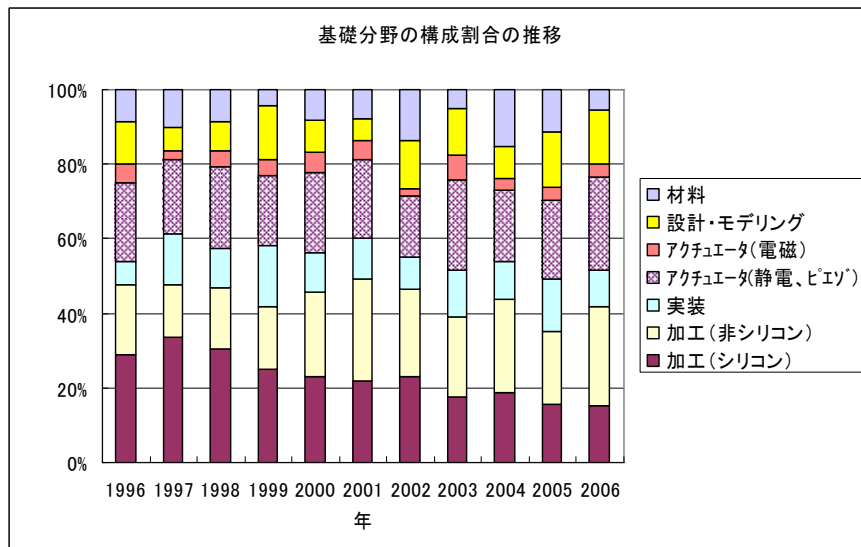


図 2.2.2-7 基礎分野の内容構成比率の推移

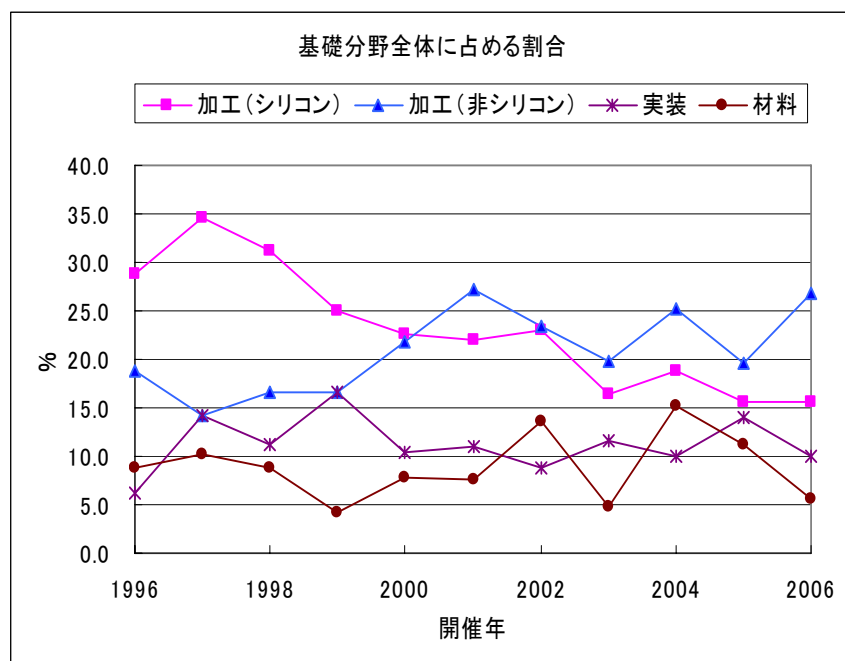


図 2.2.2-8 基礎分野の主要課題の経年変化

それぞれの分野における研究対象の中味については構成比率の推移を図 2.2.2-7 に、その内の主要課題の推移図 2.2.2-8 に示す。先ず基礎分野については多少の消長はあるが、加工技術関係 40%、アクチュエータ関係約 30%、設計、材料関係 20%がほぼ定常的な分野割合である。しかし加工技術に関してはシリコン系の加工技術は近年減少傾向にあり、非シリコン系の加工技術が増え、シリコン系加工技術と入れ替わってきている。実装技術と材料は比率は少ないが定常的に論文が提出されている。

地域的な特徴としては図 2.2.2-9 に示すように基礎技術としてはアジア地域は加工技術の研究が多い。北米は実装技術が多く、日本は非シリコン系加工技術と材料が他の地域と比較して多い。また応用分野ではアジアでは流体技術や物理センサが多く、日本では光関係が比較的多い。また北米やヨーロッパでは RF MEMS が他地域よりも多い傾向がある。

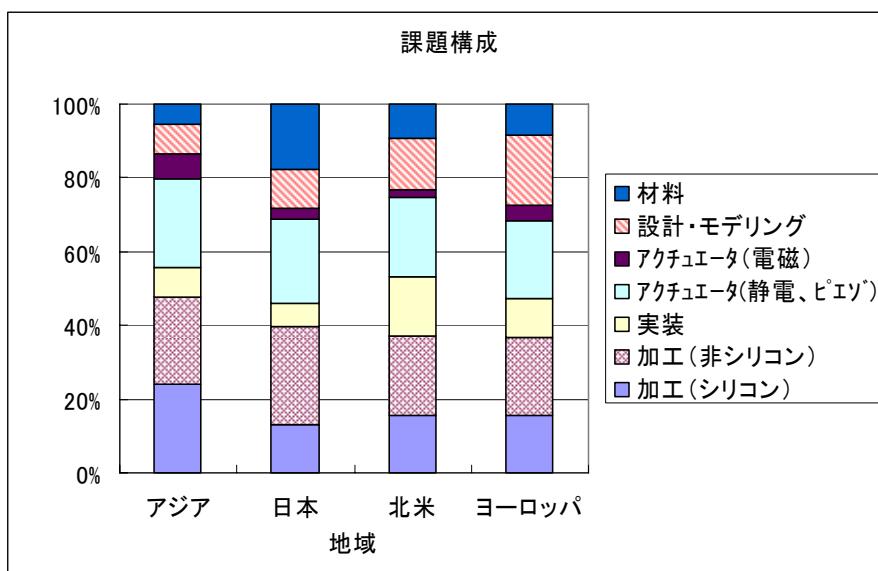


図 2.2.2-9 地域別課題の構成

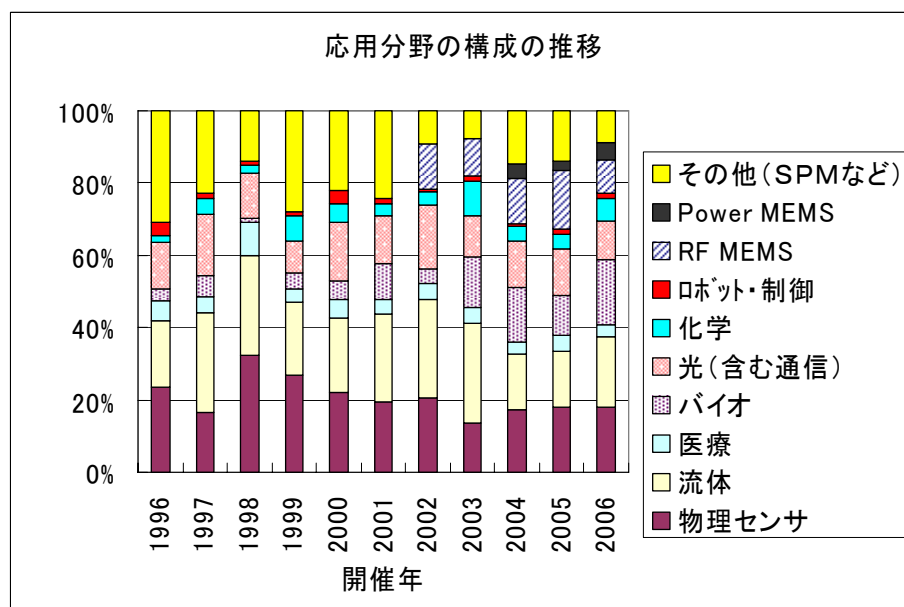


図 2.2.2-10 応用分野の構成割合の推移

応用分野に関しては図 2.2.2-10、図 2.2.2-11 に 2002 年より RF MEMS 技術を新設した事もありこの技術が全体の中の一郭を占めるようになった。バイオ・医療関連が最近増える傾向があるものの、全体としての研究課題の構成の変動は見られない。

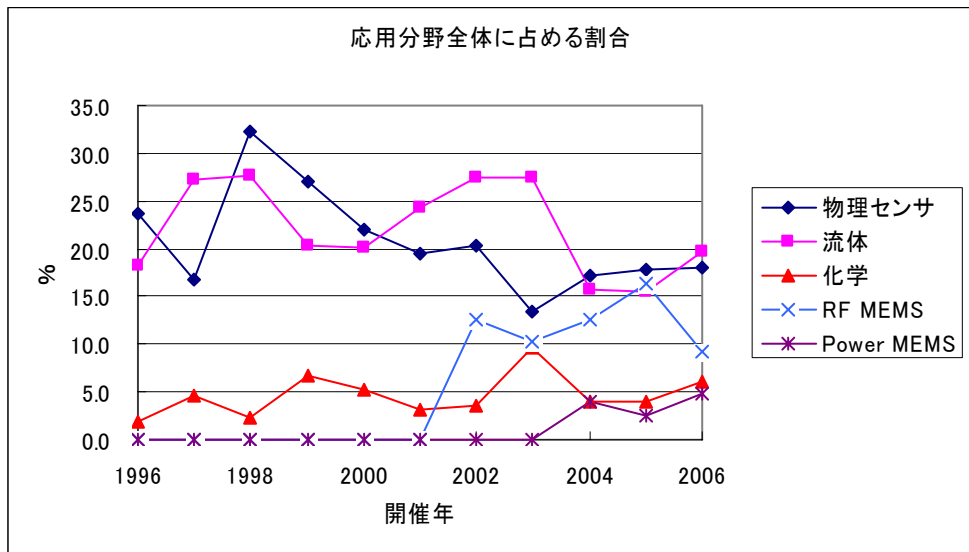


図 2.2.2-11 応用分野主要課題の年次推移

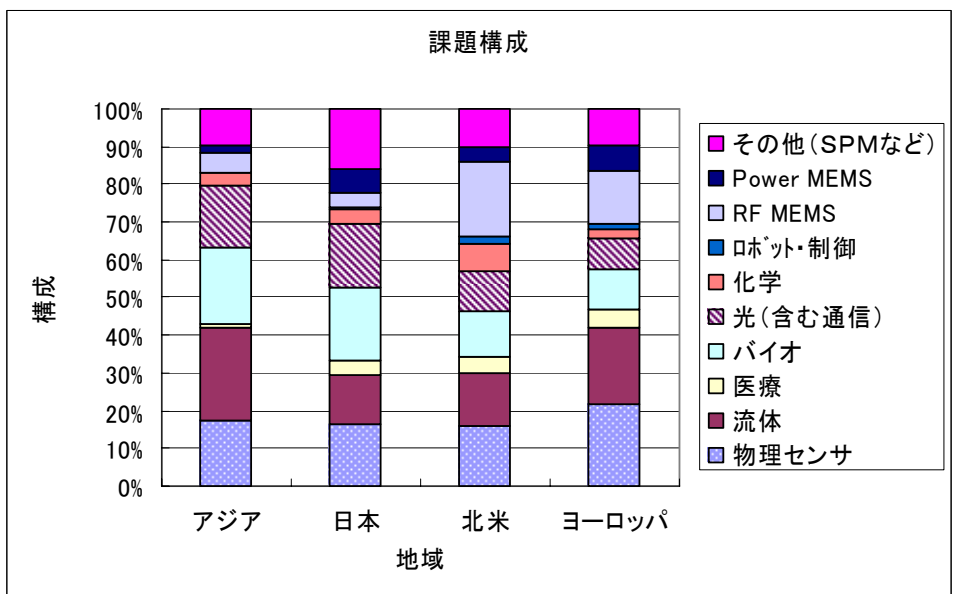


図 2.2.2-12 応用分野課題の地域別構成

次に応用分野課題の地域別構成を示したのが図 2.2.2-12 である。流体関連研究はアジア地域とヨーロッパが日本や米国に比して大きい。またバイオ関連研究はアジア、日本で多く、RF-MEMS 関連研究はヨーロッパ、北米に多つく、北米では他の地域に比してかなり意欲的に研究されていることが伺われる。

(3) 国内の学会関係

MEMS を扱う国内の学会としては電気学会に 1995 年に設置されたセンサー・マイクロ

マシン準部門がある。準部門とは正式な部門ではなく、その活動状況を観察したあとで部門に格上げするかどうかを決めるという位置づけである。そのほか精密工学会には MEMS 商業化技術専門委員会がある。MEMS を応用するための具体的な課題を扱う事を目的として 2004 年に設置された。講演会にはセッションを設けている。精密工学会には MEMS に近い分野を扱う研究会としてマイクロ/ナノシステム研究専門委員会があるが、マイクロロボット等も対象としている。

そのほか機械学会には材料力学部門にマイクロデバイス設計・製造・実装に関する研究会、マイクロ・ナノ材料評価/微小機械部品設計技術に関する調査研究会、マイクロ・ナノ材料評価/微小機械部品設計技術に関する調査研究会などが設置され、主として材料面からの研究を主導している。機械学会には直接 MEMS を扱う部門はないが、新しい部門が設置される動きもある。ここでは電気学会と精密工学会の活動状況について述べる。

a) 電気学会センサー・マイクロマシン準部門誌

電気学会の論文集センサー・マイクロマシン準部門誌掲載された論文数の推移を図 2.2.2-13 に示す。ここでこの論文集には投稿論文の他に特集記事もあり、ここでは時々のトピック的な論文をまとめた編集を行っている。この特集記事は編集者の意図が働くために、研究の流れを俯瞰するためにはこのような特集記事も含めて取り上げることは適切でない。そこで図 2.2.2-13 では投稿論文のみの傾向を調べた結果である。論文の投稿数は毎年 50 件程度あることがわかる。

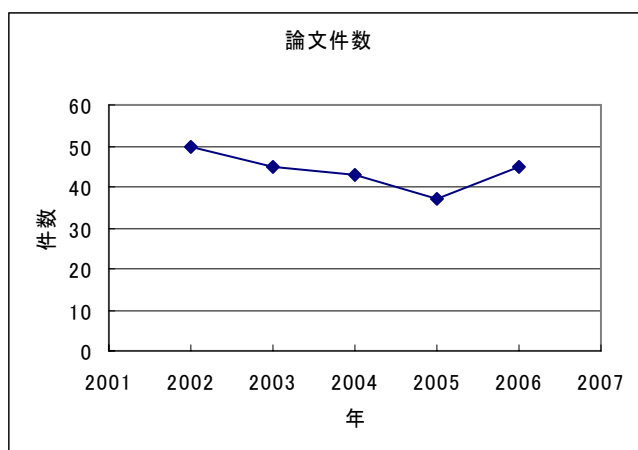


図 2.2.2-13 論文掲載数の推移

その内訳は発行号によって偏りがでるので、2002~2006 の期間内での投稿論文全数を分類した。その結果を図 2.2.2-14 に示す。総数は 219 件であるが、ここでこの分類を見やすくするために物理センサーと光関係、化学センサーとバイオ関連、計測と制御関係をひとくりにするとこれらはそれぞれ 25% を占めている。残りの 1/4 の大部分は加工関連が占める。

ここで前節で述べた IEEE MEMS の解析結果との比較は論文の編集方針が異なるので横並

びで比較することは難しいが、地域分類をした図 2.2.2-12 の日本の論文構成結果と比べると、この図では化学センサーとバイオ関連を加えたもの、及び物理センサーと光関係を合わせたものは、同じ程度の量があることが示されている。これと電気学会準部門誌の傾向と比較するとこの両者が同じ程度の量になっている事がわかり、我国の研究内容の傾向を伺うことができる。

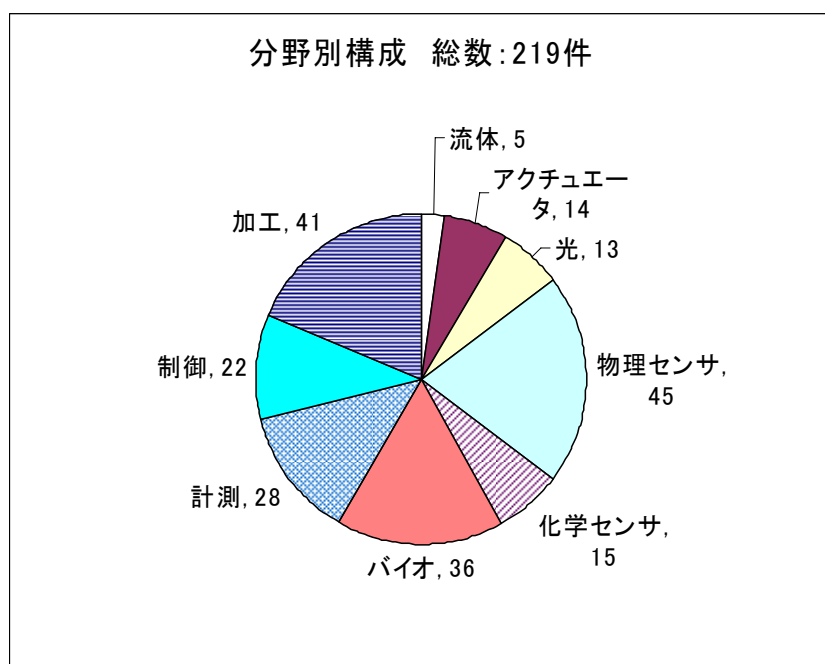


図 2.2.2-14 投稿論文の分野の内訳

b) 精密工学会 講演会論文集

精密工学会では特にMEMS関連の論文のみを扱う研究論文集はないが、春と秋の講演会ではMEMS商業化技術専門委員会がオーガナイズするセッションを開いていて、そこでは2002年以後MEMS関連の発表がある(図2.2.2-15)。これらはいずれも口頭発表であるが、図からわかるように毎年15件以上の論文が発表されている。

その論文の中味を測る為に、研究課題とする内容を発表論文の題名から分類(第1分類)したのが図2.2.2-16である。これから、加工・実装を含めた部分で半分以上を占めている。更に材料、設計までを広い意味で加工に係わる研究と理解すれば、精密工学会の発表論文は加工関連研究で占められていることがわかる。

そこでその研究が狙っている目的或いは対象を同一論文に対して分類(第2分類)したのが図2.2.2-17である。依然として広い意味での加工分野が多い。このことは加工のための加工法的な研究内容が多い事を示している。しかし第2分類で材料を対象としているものが多いのは、材料を対象とした加工法を研究している例の多いことが伺われる。このような研究傾向を第2分類との関わりで全体の傾向を推しはかると、ここでは何らかの材料

を対象としてデバイスを作るための加工法の研究が行われていることがわかる。このような傾向は精密学会の性格を顕著に反映しているといえる。

精密工学会の講演会にはMEMS関連に近い分野として圧電アクチュエータのセッションがあり、ここではMEMSがらみのアクチュエータの研究発表もお行われているので、上記の分類の中に応用分野の発表が少ない部分が、他のセッションで発表されている可能性を考慮する必要がある。

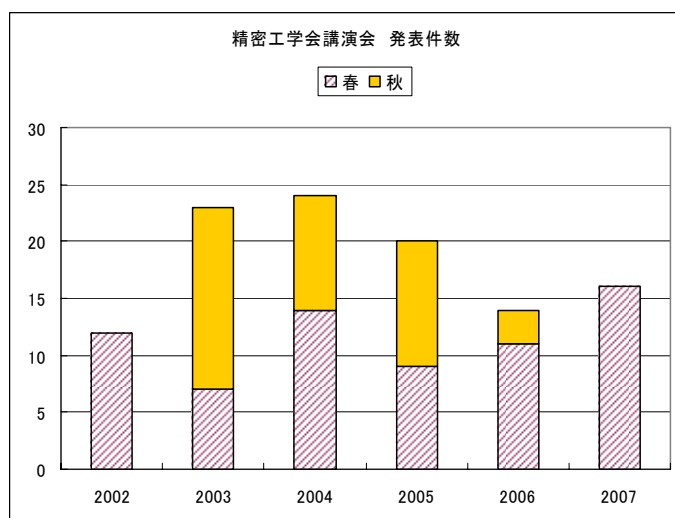


図 2.2.2-15 発表件数の推移

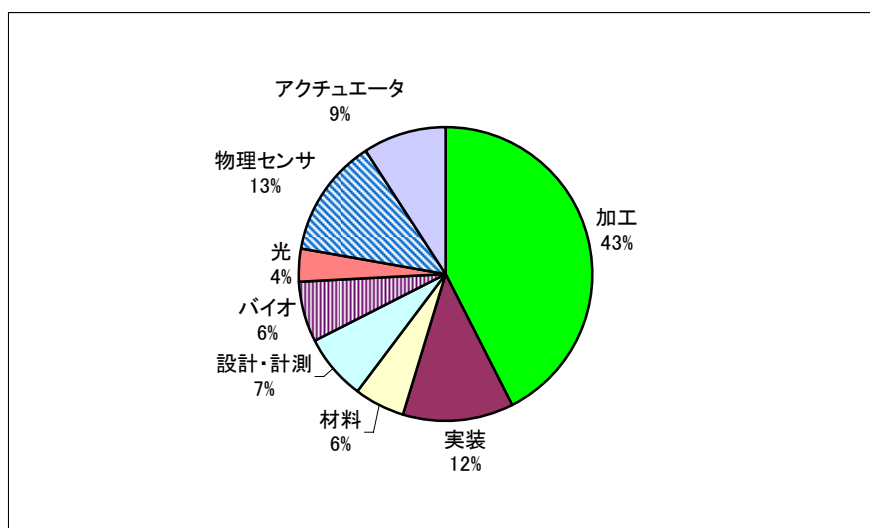


図 2.2.2-16 発表論文の研究主題による分類

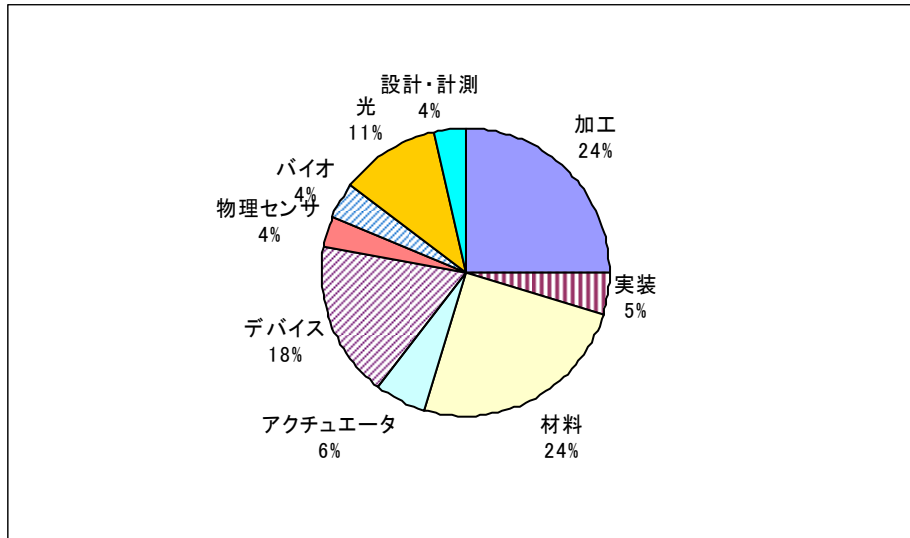


図 2.2.2-17 発表論文の副題（研究目的）別分類

2.2.3 特許関連

(1) 世界知的財産保有機構（WIPO）

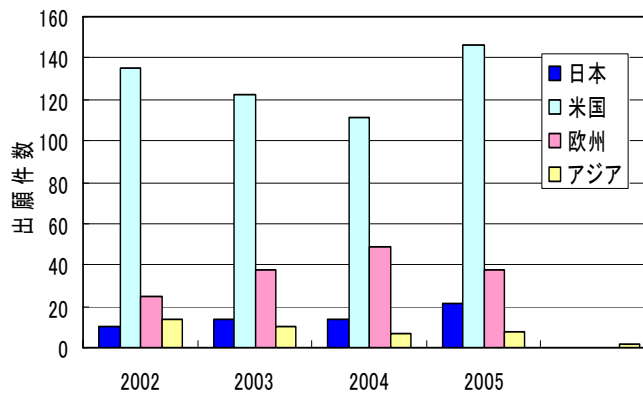
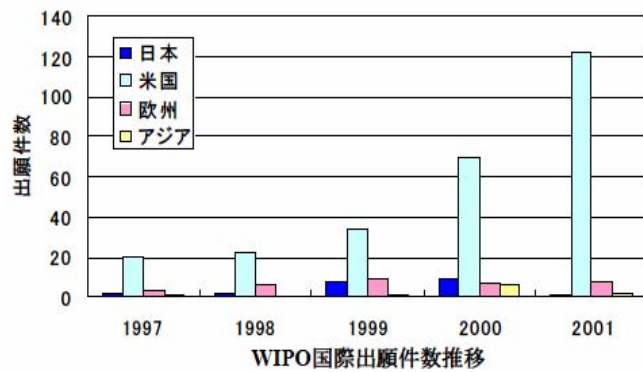


図 2.2.3-1 WIPOによるMEMS関連特許の推移

MEMS関連特許の世界的な趨勢を調べるためにおこなったWIPOによる調査は1997～2001年に関して既出のものがあるのでそれと同じ方法を用いて2001年以後の状況を調

べた。ここで用いられた論理式は論文調査を行ったときのものと同じで以下の通りである。

検索論理式

"micro machine" or micromachining or "micro machining" or mems or "microsystem technology" or liga or microactuator or "micro actuator"

また地域としては北米、欧州、アジア、日本を取り上げた。ここでアジアは中国、韓国、台湾、シンガポールである。その結果を図 2.2.3-1 に示す。

図より米国が圧倒的に多いことがわかる。そして欧州も近年伸びてきているが、全体としては 2001 年までの成長とそれ以後の伸びは明らかに異なり、たいたい 2001 年以後はほぼ頭打ち状態である。近年の地域別の比率は米国が 67%、欧州 20%、日本 8%、アジア 5% の構成をしている。なおここで調査対象になっているのは権利化された特許である。またこの特許の内容についての考察は行っていない。

(2) 国内特許（公開特許）

特許庁特許電子図書館により公開特許件数を検索した。検索条件は要約+請求範囲を対象として「MEMS or マイクロマシン」をキーワードとした。その結果を図 2.2.3-2 にしめす。

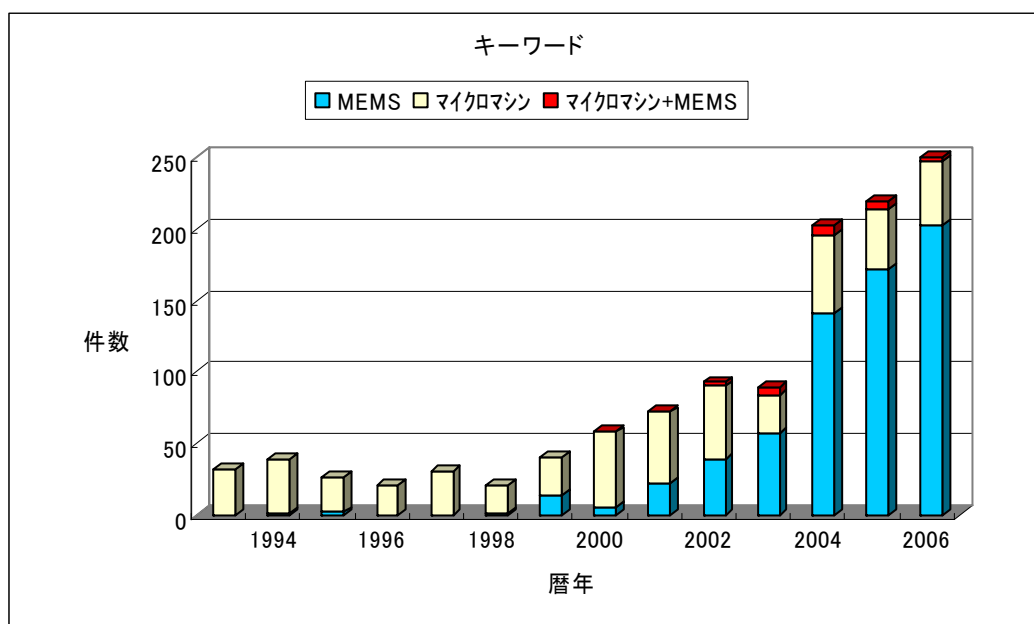


図 2.2.3-2 国内公開特許の推移

図よりマイクロマシンでヒットする件数は各年を通じてほとんど変化しないのに対して MEMS の件数は 2002 年以後急激に伸びている。2000 年までの出願はマイクロマシンプロジェクトの影響が大きく、プロジェクト関係の寄与度もかなり高かったと推測できるが、マイクロマシンと MEMS のアンド条件でヒットするものはわずかである。つまり日本特許

では明らかにマイクロマシンと MEMS を区分して出願されていることがわかる。

次にこれらの出願特許の中味を前述した MEMS 会議の分類と同じ分類で分けし、それを図 2.2.3-19 の経年変化に重ねたものを図 2.2.3-3 に示す。図で光関連の出願数が多く、それに次いでスイッチがある。このことは 200 年以後の MEMS 出願の増加は光関連の出願の影響が大きいと見られる。

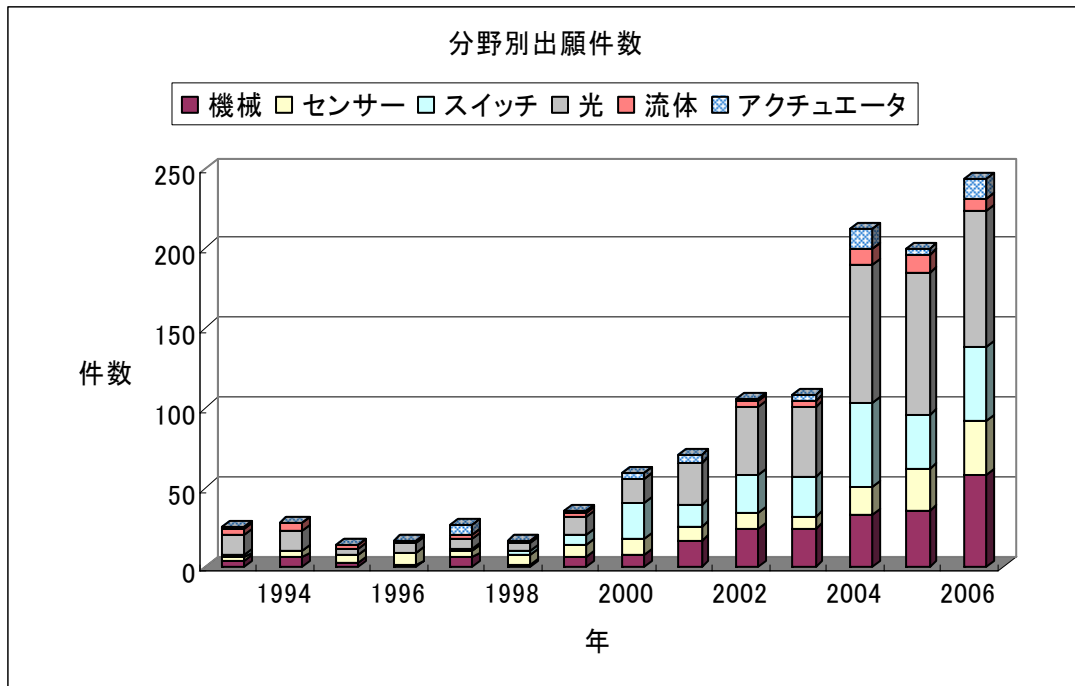


図 2.2.3-3 公開特許の内容構成の推移

全体としての出願の内訳を見たのが図 2.2.3-4 であるが、現在までの出願の 37%は光関連であり、スイッチが 20%を占めている。このことは最近の研究の注力分野をそのまま反映していると見られる。すなわち光通信を始めとする光関連分野の市場が企業戦略としてかなり注目されていることの反映でもあろう。またスイッチに関しても携帯電話を初めとする情報機器への適用が有望視されていることの現われと解釈できる。いずれも情報通信機器に関連があり、特許出願に対する企業の寄与度は多きいので、このような傾向は企業の MEMS 開発戦略の重点分野を示していると考えることができる。

次に同じデータを基礎分野の区分けで分類したのが図 2.2.3-5 である。ここでは材料関連が最も多く 52%を占めている。次いで実装が 32%をしめ、この 2 個のキーワードで大半を占めている。そしてここでは図示していないがこの材料の内有機材料が半分を占めている。

このような傾向をひとくくりで説明するならば、企業の注目分野は情報通信関連にあり、これらにたして材料と実装技術で差別化を図ろうとしている戦略を見ることが出来る。

なおここで用いたキーワードの公開特許データに関するカバー率は 86%であった。全データの 86%はこれらのキーワードのいずれかを含んでいることを示している。

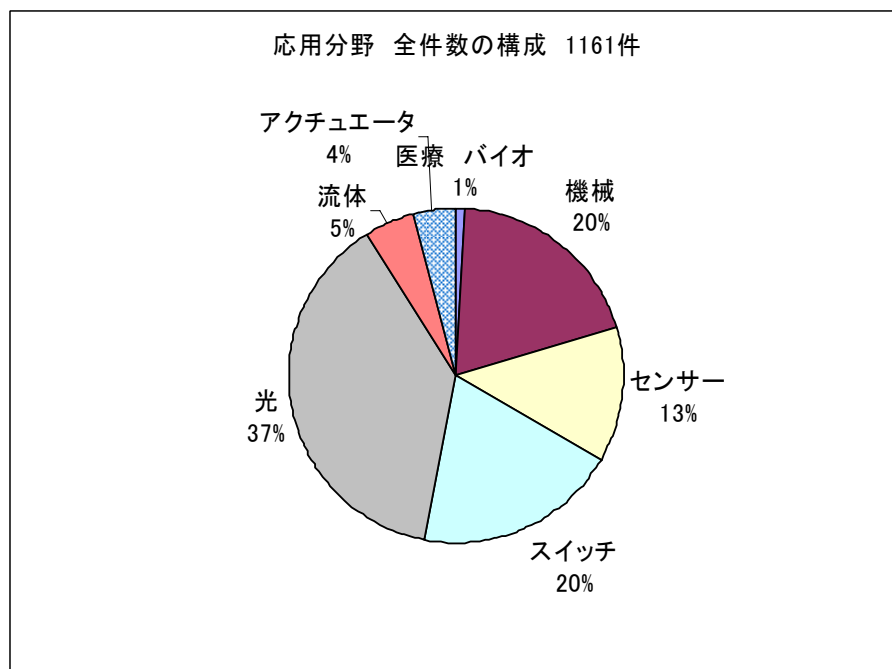


図 2.2.3-4 公開特許の応用分野別

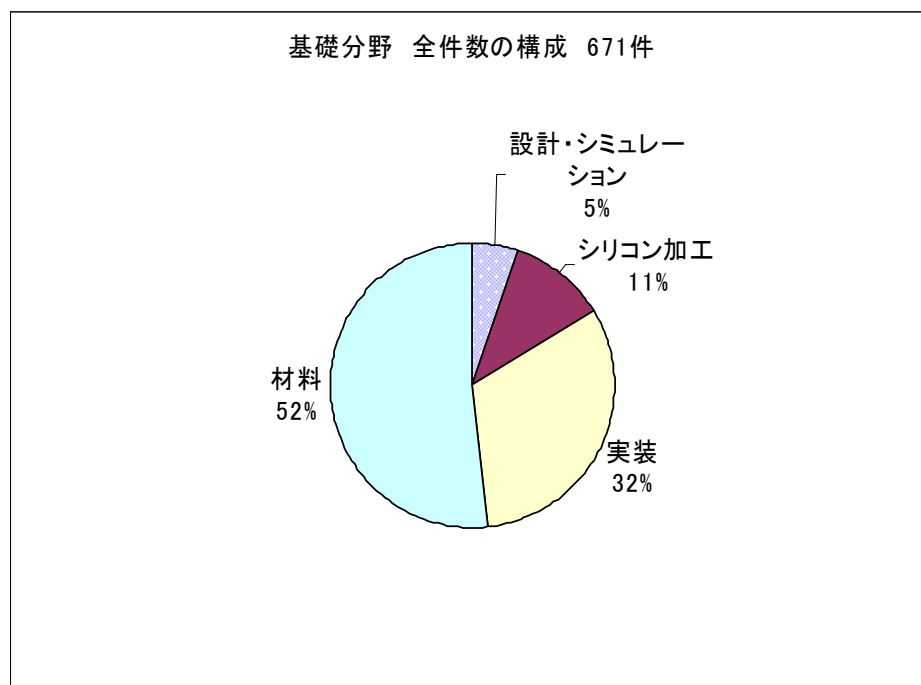


図 2.2.3-5 公開特許の基礎分野別構成

(3) 出願特許に見るトピックス

光関連特許の出願が多いことが前節の解析で明らかになったが、その 2005 年と 2006 年の実数は表 2.2.3-1 の通りである。表において米国の欄は審査請求のあった米国の出願数を示している。表からわかるように前年まで 4 件程度であった審査請求のある米国の出願特許が 2006 年には 31 件に急激に増加している。この内訳はサンフランシスコに本社のある IDC,LLC 社に依るものである。この企業は MEMS 関連で 2006 年に公開された特許の内 66 件を出願している事がわかった。これらの出願は米国特許 US Patent 7,110,158 (Sep. 19, 2006) Photonic MEMS and structures の周辺特許である。

表 2.2.3-1 公開特許を審査請求特許

	公開	審査請求	米国
2005年	89	23	(4)
2006年	92	46	(31)

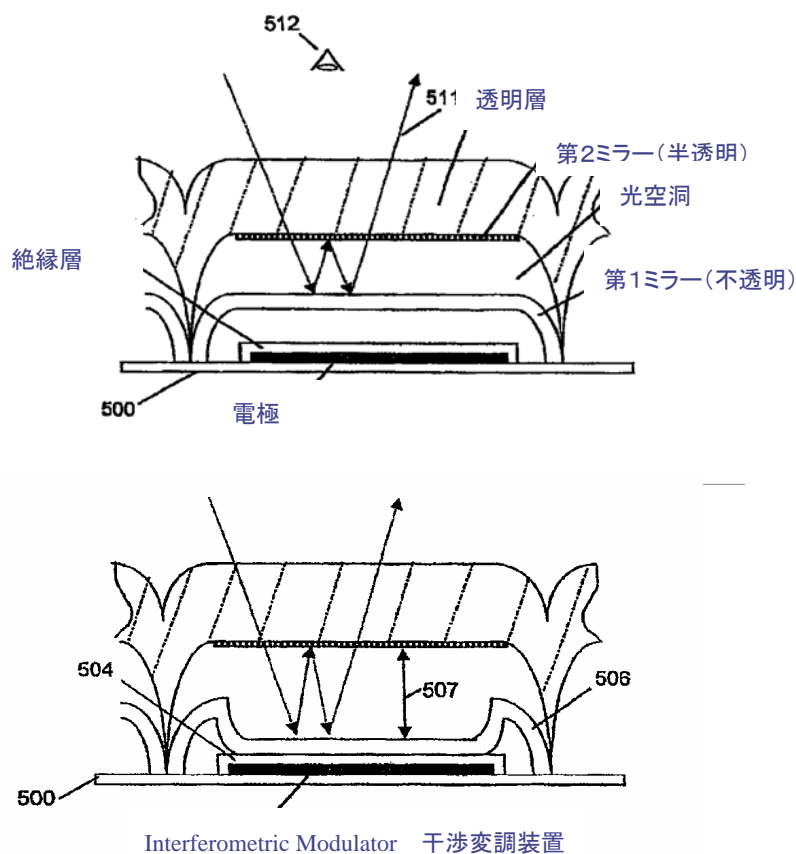


図 2.2.3-6 IDC,LLC 社の出願特許

日本での出願の内容は特開 2006-133744 「フォトリック MEMS 及びその構造」を基本特許としている。その構造を図 2.2.3-6 に示す。すなわち不透明な第 1 ミラーと半透明な第 2 ミラーが対抗していて、第 1 ミラーは下部にある電極との間に働く静電

力で位置を変えることができる。そしてモジュール全体が透明体で覆われていて、入ってきた光は両ミラーとの間で反射を繰り返して、外部に送り返される。ここで電極に電圧を加えると電圧によって電極間の距離が変わるので、反射される光路長が変わり光干渉が起こるので見える光の色が変わることになる。デバイスとしてはこれらを一つのピクセルとして並べることで画像表示装置が構成できるというものである。

2.2.4 まとめ

MEMS 関連技術の研究動向および産業界の技術動向を調べるために、学術的論文として COMPENDEX、MEMS Conf、電気学会、精密工学会、特許関連として WIPO、特許庁電子図書館を対象にして調査した。それぞれの調査対象の中味は相互に何らかの結びつきはあるが、独立の事象を対象にしている。ここで学術論文のデータは研究室レベルでの興味の対象を示し、特許関連のデータは産業界の企業戦略を反映しているものと考えられる。しかし研究室レベルの研究は全く産業界の技術動向と無縁ではあり得ない。技術のトレンドでいえば研究論文>特許>製品の流れの中で学術論文は先導的な位置にあるといえる。しかし技術を一括りでまとめれば学術論文と特許はフェーズの違いはあっても同じ技術を対象にしていると考えられる。これらを調査分析した結果から MEMS 関連における現在の技術動向として抽出した特徴を下記に示す。

- ① MEMS 技術件数は常に右肩上がり増加している。
- ② 国内特許関連では光 MEMS、RF-MEMS の出願が増えているが、学術論文では必ずしも顕著な傾向はない。
- ③ 医療・バイオ関連は学術論文ではそれなりの数量はあるが、国内特許では目立つほどの傾向はない。
- ④ MEMS 材料・加工法の研究は非シリコンを対象にするものが増えている。
- ⑤ MEMS 研究におけるアジア地域のプレゼンスが近年大きくなってきている。

第3章 MEMSの技術戦略マップのローリングについての調査

3.1 ロードマップのローリングタスクフォース委員会の活動

3.1.1 委員会構成

MEMS分野の技術戦略マップは重要技術課題（技術マップ）とロードマップが平成16年度に最初に策定されたが、このときには導入シナリオができていなかった。導入シナリオはその後平成17年度に策定された。技術戦略はその基本戦略とともに導入シナリオとロードマップ、技術マップの三体がそろって初めて技術戦略としての体裁が整う。これを政策に生かすためには絶えず、最新の情報を加味してローリングする必要がある。今回、このローリングを行うために、タスクフォース委員会を組織した。

本委員会の委員長にはMEMSに関して国際的にも著名な藤田博之東京大学生産技術研究所教授に御願した。また委員には大学・研究所関係5名、企業関係者3名に加え、標準化が新しく重要な課題となって来た情勢からMEMSの国際標準化に詳しい大和田和樹氏の就任を御願するとともに、MEMS関連の国内唯一の組織体である(財)マイクロマシンセンターからも参画を得た。委員会の構成は以下の通りである。

表 3.1-1 戦略マップローリングタスクフォース委員会構成

分類	氏名	所属・役職
委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	橋口 原	香川大学 工学部 知能機械システム工学科 助教授
	明渡 純	(独) 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 集積加工研究グループ長
	小寺 秀俊	京都大学大学院 工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 助教授
	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	太田 亮	オリンパス(株) 研究開発センター MEMS 開発本部プロセス技術部 副部長
	佐藤 文彦	オムロン(株) 先端デバイス研究所 RFSW 推進プロジェクト
	荒川 雅夫	松下電工(株) 生産技術研究所 微細プロセス開発センター センター長
	大和田 邦樹	国際標準化工学研究所 所長
	小池 智之	(財) マイクロマシンセンター 調査研究部長

3.1.2 委員会スケジュールと運営

委員会は3回の開催を予定し、第1回では審議内容について、打ち合わせするとともに、周辺技術情報を交換して、委員間の認識レベルの平準化を図り、第2回で関連する技術内容についての調査結果を踏まえて、検討すべき課題、及びそれぞれの専門に応じた作業分

担を決めた。そして第 3 回においてそれまでに各委員から上がってきた意見を事務局において整理、集約して、このデータを下に審議し戦略マップのローリングを完成した。開催した委員会の日程及び審議内容は以下の通りである。

i) 第 1 回委員会

日時：平成 18 年 9 月 28 日（木）13：30～15：30

場所：NEDO（川崎）1601 会議室（16 階）

議事内容

- ・ 出席者挨拶
- ・ 平成 18 年度の技術戦略マップのローリングについての説明
- ・ 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介
- ・ MEMS の標準化動向についての紹介
- ・ ローリングについての全体討議

ii) 第 2 回委員会

日時：平成 18 年 12 月 22 日（金）13：30～17：15

場所：東京国際フォーラム 4 階 G404 会議室

議事内容

- ・ MEMS の標準化ロードマップ作成の進捗状況についての紹介
- ・ MEMS の市場動向調査についての紹介
- ・ MEMS の学術動向調査についての紹介
- ・ 20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ（案）についての紹介ローリングについての討議
- ・ ローリング方法等についての委員の意見の確認
- ・ ローリングの具体的な内容・方法についての討議・決定

iii) 第 3 回委員会

日時：平成 19 年 2 月 23 日（金）13：30～17：00

場所：東京国際フォーラム 4 階 G407 会議室

議事内容

- ・ MEMS の市場動向調査結果についての紹介
- ・ MEMS の標準化ロードマップについての紹介
- ・ MEMS 分野の技術戦略マップの本文の見直しについての討議・確定
- ・ MEMS 分野の導入シナリオの見直しについての討議・確定
- ・ MEMS 分野の技術マップの重要技術の見直しについての討議・確定
- ・ MEMS 製造技術のロードマップの見直しについての討議・確定

3.1.3 審議内容

審議内容の詳細は議事録に譲るがその概要を以下に記す。

(1) 第1回 委員会

委員会のオリエンテーションとして経済産業省が考えている技術戦略マップは3重構造になっている事の説明があった。その三重構造とは図に示すように①導入シナリオ：研究開発成果が世の中に出ていく筋道と、そのための関連施策を示したもの、②技術マップ：技術課題を俯瞰し、重要技術を絞り込んだもの、③技術ロードマップ：求められる機能等の向上・進展を時間軸上にマイルストーンとして示したものである。本委員会の活動はこの技術戦略マップのローリング体制を確立するための一環であり、定期的な見直しと政策の一体化を目的としていることが確認された。

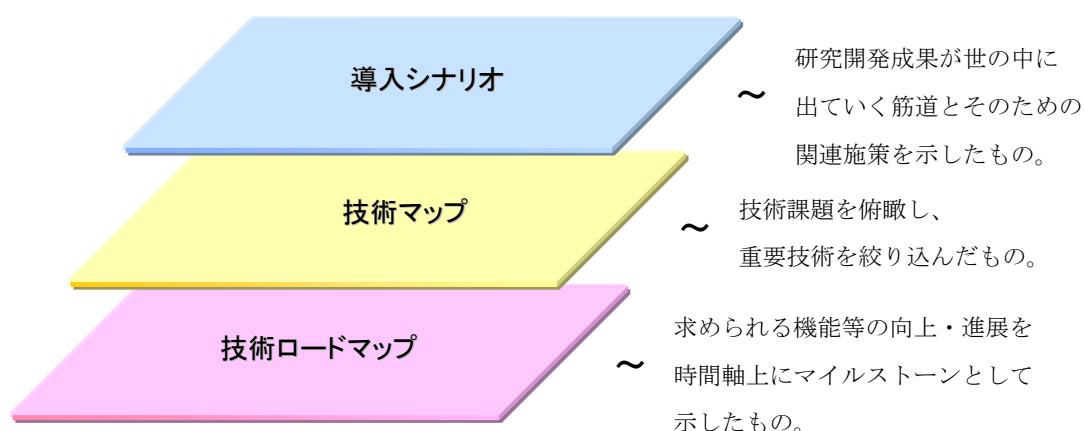


図 3.1-1 技術戦略マップの3重構造

平成17年度までに策定した戦略マップの中でのMEMSに関する標準化の項目は直接の当事者が係わらないところで議論されていた経緯があったので、本年度は(財)マイクロマシンセンターで組織化されている国際標準化のための活動結果を逐次組み込むことにした。またMEMS関連の最新の技術情報を交換し委員全体の認識を平準化したが、さらに戦略マップの中で追加すべき事項があれば第2回までに意見を提出してもらうことで散会した。

(2) 第2回 委員会

マイクロマシンセンターで審議されている標準化の活動経過報告と、市場調査のための構想の説明があった。別途行われた学術調査の結果が報告された。その詳細は第2章に記されているが、調査結果を要約すると、MEMS関連の学術論文、特許等は国内外を通じて右肩上がりが増加していて、研究論文ではアジア地域の台頭が著しいこと、また産業分野では光MEMS、RFMEMSなど情報通信関係のMEMSにかなりの勢力が注がれている事が説明された。

経済産業省の描いている20年後のMEMSのイメージが紹介された。それによればMEMSはトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に

広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透しているとしている。

次いで第1回委員会以後宿題とした文案「MEMS分野の技術戦略マップ」についての委員の意見を中心に審議した。審議内容の要約は次の通りである。

① ロードマップの基本的な考え方 今後20年程度を見据えた形で字句の訂正、及び目標値の設定を行うこととした。導入マップについては標準化の大事なポイントを簡潔な表現で入れ込むこととし、教育及び試作環境の充実とファンドリーに関する考え方を表現することにした。

② 技術マップおよび重要技術の考え方 ここでは資料「MEMS分野の導入シナリオ」及び「H17年度MEMS製造技術ロードマップ」にある全部の項目を洗い出して重要度別に3段階で分類することにし、個々の項目について検討した。そして若干の新規項目の追加と、項目間の移し替えを行った。

③ ロードマップ 目標値に関しては従来のは2015年までを決めていたが、今回は2025年までを考えることとし、できる範囲で数値を書き込む事にした。そのため全体を見渡すとともに、解釈の統一を図ったうえでそれぞれの項目の目標値について委員の分担を次表のように決めた。

表 3.1-1 ロードマップ見直し分担表

分類-1	委員の分担	分類-1	委員の分担
エッチング技術	寒川委員	前・後処理技術	佐藤委員
成膜技術	明渡委員	実装技術	荒川委員、佐藤委員
成形技術	MMC	検査・評価技術	太田委員
形成技術	橋口委員、竹内委員	設計・解析技術	MMC、小寺委員
異種融合技術	MMC	製造システム技術	明渡委員
プロセス連続化・大面積化技術	MMC	その他	資料 2-5-3 で、赤字の項目は MMC

④ MEMSの10年後の具体的なイメージ 集積されたデバイスのイメージを追加することにし、その文案は小池委員に一任した。

(3) 第3回委員会

(財)マイクロマシンセンターで行われている市場調査について、その中間報告を同センター阿出川部長が行った。それによると2005年度の市場規模は4431.2億、2010年度予想は1兆1842.7億円、2015年度予想は2兆4093.9億円となった。なおこの値は現段階では確定値でない。その詳細な結果を第二章に記述した。

大和田委員より標準化のロードマップの紹介があった。標準化の対象として、共通基盤技術と、具体的デバイスとして自動車用、携帯電話を取り上げ、それぞれの対象について

国際標準化にたいする位置づけを二次元座標で表した。図はその一例として共通基盤技術の材料に関する分析の結果を示す。これらをベースに標準化に関するロードマップをマイクロマシンセンターにおいて作製した。

基盤共通技術

「材料」標準化項目の位置づけ

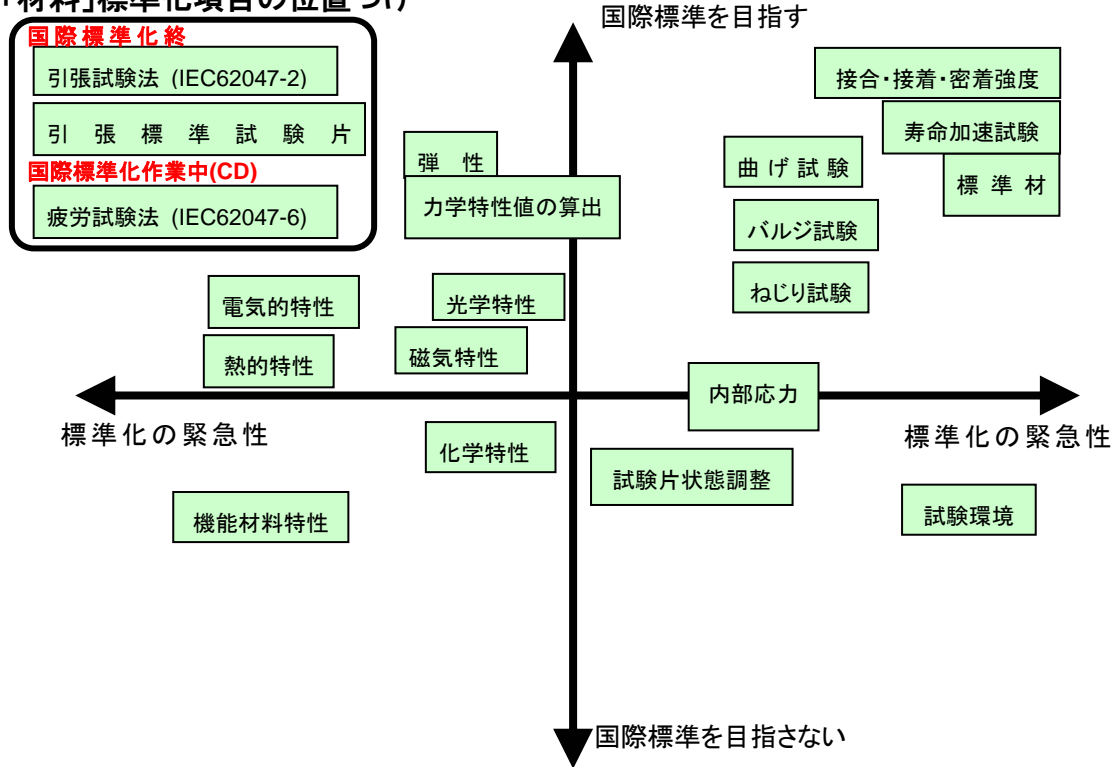


図 3.1-2 標準化に対する位置づけ

第二回委員会の検討結果に基づき修正した資料「MEMS分野の技術戦略マップ」を検討した。20年後のMEMS製品の具体的なイメージと他の文章間の整合を取る必要があるとの指摘がありこれを正した。そのほか図の色分け方法についての注文があり、最終版までには検討して直すことにした。

重要技術についての各委員による三段階評価表を下にその分類を検討した。ここで重要度の意味に関して、すぐにやるものと基礎からやるべきものとの表現は変える必要があるが、重要度は2025年を考えたときの基準で考えることにした。この基準で全部の項目を見直し検討した。

ロードマップについて第二回委員会で決めた分担作業の結果をまとめた資料で検討した。検討内容は2025年の数字を如何にするかを、個別の項目ごとに分担委員のコメントを下に審議をした。

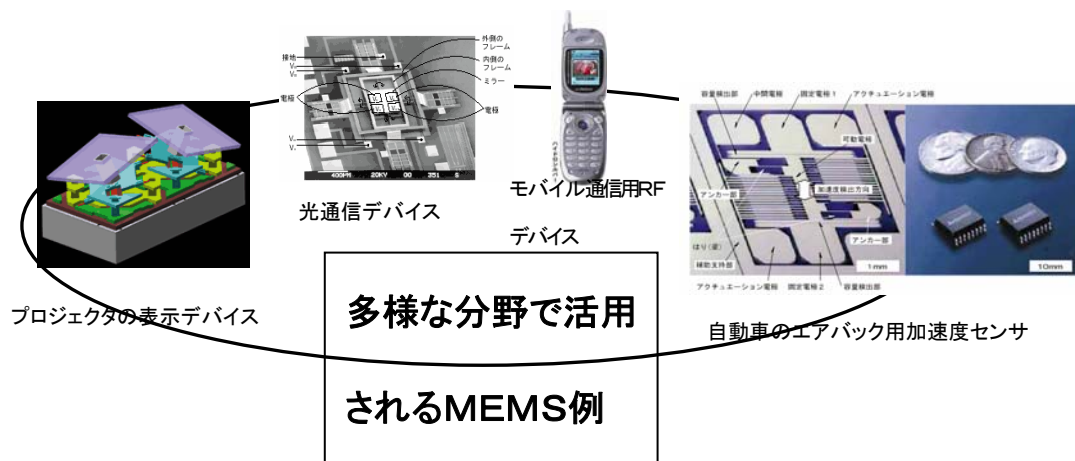
以上の結果を事務局で整理した後、各委員に送付して最終確認を得る事にした。

3. 2 ローリング結果

3.2.1 MEMS分野の技術戦略マップ

(1) 基本的な考え方

- (a) MEMS (Micro Electro Mechanical System 微小電気機械システム) とは、電気回路 (制御部) と微細な機械構造 (駆動部) を一つの基板上に集積させた部品をいい、半導体製造技術やレーザー加工技術等各種の微細加工技術を用いて製造される。情報通信、医療・バイオ、自動車、ロボット、航空・宇宙、福祉など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた高性能のキーデバイスとして期待されており、我が国製造業の基幹部品の国際競争力強化等の観点から、重要な分野である。
- (b) このため、今後20年程度を見据えて、日本のMEMS産業の国際競争力維持・強化のために必要となる高機能化、小型化、低コスト化等に資するMEMS製造技術を俯瞰し、技術戦略マップを作成する。



(2) 導入シナリオ

- (a) 既に実用化されている単機能MEMSについては、自動車用センサやインクジェットプリンタヘッド等の分野で日本企業も健闘しているが、通信やプロジェクタ等に使われる光MEMSや、今後の実用化が期待されるバイオMEMSの分野では欧米諸国が一部先行している。我が国製造業の国際競争力を確保するためには、製造業の基盤を支えるキーテクノロジーの1つとなるMEMSの製造技術を一層高度化する必要がある。
- (b) 一方、MEMS技術の高度化のためには、その基盤を強化する必要があるため、MEMS産業の裾野を拡大し、多様な分野において多様な主体がMEMS製品の開発・実用化に取り組むことが重要である。特に、製造設備を有する大手企業のみならず、MEMSを活用した製品アイデアを有する異業種のベンチャー企

業等が容易にMEMS開発に取り組める環境を整備することが必要である。

- (c) このため、MEMSの一層の高度化に資する技術開発（高精度・大面積MEMS加工技術、高度な実装技術、異分野との融合技術、MEMS設計解析シミュレーション技術、高集積・複合MEMS製造技術、革新的マイクロ・ナノ統合製造技術、等）を実施する。また、MEMSの一層の実用化促進を図るため、製造設備を有していない企業でも容易にMEMSビジネスに参入できるように、教育および試作環境の充実とMEMS産業全体の基盤技術力の維持・強化を図っていくことが重要である。
- (d) さらに、我が国のMEMS技術・製品が世界市場において優位性を獲得するためには、我が国産業界の競争力を強化すべく、各種デバイスや基盤技術の国際標準化を先導的に進めることが重要である。このためには、標準化ロードマップによるMEMS標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進、等の標準化活動を継続的に取り組むことが必要である。

(3) 技術マップ及びロードマップ

(a) 技術マップ

- MEMSは、小型で省エネルギー性に優れた高性能の部品を作ることが出来るため、通信、自動車等の既存の産業分野における部品の小型化・高機能化・省エネルギー化のための代替部品やバイオ分野における部品の小型化による新規部品としてのニーズが高まると見込まれている。

また、MEMSは、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透すると予測される。

（参考：10年後および20年後のMEMS製品の具体的イメージを別添）

- このようなニーズに対応するためには、MEMS製品の高機能化（高速スイッチング、小型化等）及びMEMS製造プロセスにおける低コスト化と、設計・解析技術等の基盤技術の確立が喫緊の課題であり、技術マップにおいて、技術課題をエッチング技術、成膜技術、成形技術、形成技術、異種融合技術、プロセス連続化・大面積化技術、前・後処理技術、実装技術、検査・評価技術、設計・解析技術、製造システム技術等に大別した上で、それぞれについて詳細に示した。個々の技術の「出口」については、MEMS製品が非常に広範囲に応用されうるものであることを踏まえ、主として想定される応用分野を技術ごとに示した。

(b) 重要技術の考え方

上記（1）、（2）を踏まえれば、

① MEMSの高機能化、または低コスト化に大きく貢献する技術

② MEMS全般に広く貢献する基盤技術

が重要技術の評価の視点として挙げられる。

また、2025年までを考えると、その技術が中期的な視点で重要なものか、長期的な視点で重要なものかを評価しておく必要がある。

そこで、この両方の視点から評価し、重要技術として色分けして示した。

(c) ロードマップ

技術マップに示した技術課題ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを示した。

【光 MEMS】

- MEMS 技術を用いることにより、光通信網で用いられる小型、高性能の光スイッチが実現し、従来の光電変換型のスイッチに比べ、省スペース、省エネルギー、低コスト化の効果が得られる。これにより、通信速度の向上とともに災害時のバイパス回路の冗長度が増すなど高度情報通信社会の一層の高速化、信頼性向上に貢献することが期待される。

さらに、AO (Adaptive Optics) やイメージング装置等の光の計測の高分解能・高機能およびマイクロ波フォトニック分野での応用が期待される。このような光 MEMS の実現には、立体構造上へのパターン形成技術と機能性材料の開発とその厚膜形成技術と制御用素子との集積化などが重要と考えられる。

【RF-MEMS】

- 携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品の多くが MEMS 部品に置き換わることにより、低消費電力、低コストでの数十GHzの通信帯域が利用可能になり、有線LAN並みの情報伝達能力が実現される。また同時に高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる。このような RF-MEMS の実現には、機能性材料の開発とその厚膜形成技術とナノ材料局所形成技術などが重要と考えられる。

【センサ MEMS】

- 自動車のエアバッグ作動スイッチとして既に用いられている加速度センサ等の MEMS が、より小型化、低コスト化、高機能化することで、現状では高級車にしか採用されていないようなセンサ (各種姿勢制御用センサ、赤外線センサアレイ、障害物探知用のレーザーレーダ等) を小型の一般車に採用することができ、交通のより一層の快適性安全性の向上に資する。このようなセンサ MEMS の実現には、MEMS・半導体共存構造の成形技術と MEMS・半導体共存の接合・組立技術などが重要と考えられる。

【バイオ MEMS】

- 携帯可能な安価で小型の人体の体液、人体のにおいセンサ等の検査キットが開発され、在宅での診断や予防医療が可能となる。このようなバイオ MEMS の実現には、化学的・バイオ的表面修飾技術とナノインプリンティング技術などが重要と考えられる。

また、MEMS をプラットフォームとした細胞・生体高分子の研究用デバイスおよび細胞・組織両方を対象とする再生医療用プラットフォームの実用化が重要と考えられる。この実現には、分子・細胞と融合した計測方法技術および MEMS 構造の構築やマニピレ

ーション技術等と生体適合性材料の技術が重要と考える。

上記に加え、それぞれの MEMS が他の MEMS や CMOS-LSI などの半導体回路と一体集積化され、一層の小型・高機能化、及びトータルとしてのコストパフォーマンスの向上が図られることにより、自動車分野での用途拡大や情報・通信分野、医療・福祉分野、食品分野でのコンシューマ用途への展開などを主として、広範囲なアプリケーションの拡大が予想される。

MEMSはトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透している。

◆環境・エネルギー分野

【エネルギー・ハーベスティングデバイス】

光・熱・振動・生体物質等周辺環境からエネルギーを吸収し、蓄電する小型デバイスが、マイクロ加工とナノ・バイオ融合によるエネルギー変換効率の向上と、実効表面積の向上の両立によって実現する。このデバイスは未利用エネルギーを有効に利用できる優れた環境性を有するが、さらに省電力・高効率化が進んだ各種センサ、アクチュエータと組み合わせられ、大きな波及効果を生む。例えば、ワイヤレスセンサネットワークを構築する際に、本デバイスを各ノードに組み込むことで、電池交換等のメンテナンスフリーとなり、社会全体に広がり快適・安心・安全な社会が実現される。また、体内埋込機器のエネルギー自給が可能となり、健康・医療分野でのQOL革新に寄与する。このデバイスの実現には、3次元ナノ構造形成技術と、新規の有機機能材料、バイオ材料に加え、それら材料とナノ構造表面との界面制御技術が必要となる。また、実用化に際し、十分な電力供給を可能とするためcmオーダーの面積が必要となるが、ナノ構造を広い面積全体に実現していく大面積化もポイントとなる。

【オンサイト環境浄化デバイス】

大気、及び水質の浄化は人口の急速な増加が現実のものとなる21世紀半ばにおける世界規模の課題である。大気浄化に関しては自動車、湯沸かし器、メタノール使用小型燃料電池などから排出される二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などの大気汚染物質を、発生源に極めて近い場所、すなわちオンサイトで固定し、大気中への排出を防ぐ小型デバイスが実現される。一方水質浄化は水の有効利用ニーズの高まりに対応し、使用後の上水を浄化した中水を利用する小型オンサイト水浄化システムが一般家庭に普及する。これらデバイス、システムはマイクロ加工と、ナノ構造製作技術、微生物を利用するナノ・バイオ融合、により実現する。これらの汚染物質は、いったん排出されれば極めて低濃度となり回収が不可能となる。しかし、高濃度である排出源近傍において高効率に汚染物質を固定することができる本デバイスは、大きな優位性を有する。例えば二酸化炭素においては、これまで排出量のほぼ半数を占めておりながら、回収が全く不可能であった分散排出源からの二酸化炭素を回収することで、地球温暖化防止に対し極めて大きな貢献となる。このデバイ

の実現には、汚染物質を分離するフィルタ製作のためのナノ構造作製技術、汚染物質を吸収・固定するナノ構造をもつ新規材料及びその加工技術、また有害物質固定を実現する微生物や生体物質をナノ構造表面上で機能させるためのナノ・バイオ界面制御技術が重要となる。実用化に際しては、汚染物質排出量に応じ、cmオーダーにまで大面積化する技術、およびパッケージング技術がポイントとなる

【超高感度環境物質検出デバイス】

極微量の環境物質を、高感度に、かつオンサイトで検出する小型デバイスが実現される。金属ナノ構造による表面電場増強の利用、自己組織単分子膜（SAM）の選択的成膜などによる表面機能付加による検体の選択的吸着、マスマスペクトロメータやTHz分光分析装置のような高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するような技術開発により実現する。本デバイスは特にマイクロ加工により小型化された流路、反応チャンバなどの化学分析システムと組み合わせることによりオンサイト計測が可能となり大きな波及効果をもつ。例えばセンサネットワークのセンサとして機能し、各地の環境汚染物質をリアルタイムで高感度に検出することで、安心安全な社会へとつながる。実用化に際しては、再現性が高く、また使い捨てが可能な安価な製作プロセスの開発が不可欠である。

◆医療・福祉分野

【超小型体内埋め込みデバイス】

体内の各所に長時間埋め込み可能な超小型デバイスが実現されている。腹腔や消化器官内に滞在し、自律的に自走することで積極的に腫瘍やがん細胞などを発見し、治療することができる。このため早期発見率、治癒率が劇的に向上する。また、電源の要らないカプセル型のデバイスも考えられる。これらは、肝臓の門脈に、また腕部の静脈内に存在することが可能であり、体外からの観察によって造影剤のように機能し、カプセル周辺の血糖値や温度、圧力などの情報を24時間モニタリングできる。糖尿病など、血液からの情報を慢性的にモニタする必要がある場合は、このような超小型カプセルによって患者の負担を激減させることができる。これらの埋め込みデバイスの実現には、異種材料により構成される3次元構造形成と、長期間の埋め込みに耐えうるナノ界面制御技術が不可欠である。

【生体機械ハイブリッドデバイス】

生体分子や細胞などが融合したハイブリッドなデバイスが実現されている。生体材料や機能的な高分子材料を用いることで生体情報や環境情報を、従来のセンサに比べ、高速・高感度にセンシングすることができる。これらは、生体に馴染む材料や機構から成り立っているため、生体と機械とのインタフェース（BMI（Brain Machine Interface）など）の強力なツールとなる。たとえば、生体分子として膜タンパク質などが活性を維持したまま人工

膜上に再構成され、匂いセンサや味センサなどの超高感度化学量センサとして機能する。また、フレキシブル基板上に神経細胞が3次元培養され、これらを脳表面に当てることで、神経細胞が脳内に軸索を伸ばし、所望の細胞とシナプス結合できるようになる。人工デバイスで制御可能な細胞を通じて、フレキシブル基板から電気・化学的な信号を計測したり、刺激が行なえるようなインタフェースが実現する。これらのデバイスの実現には、生体材料の活性を維持したまま組み込むナノ界面制御技術が必要となる。

【シート型健康管理デバイス】

体表面に湿布のように貼り付けることによって、健康を管理するデバイスが実現されている。階層に無数のセンサやアクチュエータなどが埋め込まれているため、貼った部分の体内の情報をセンサで検出しそれを表面のディスプレイに可視化表示したり、体内への投薬操作や傷口の治癒促進など簡単な作用をアクチュエータで施すことができる。たとえば、シート表面には、薄型超音波センサアレイが集積化され、裏面には平面フレキシブルディスプレイがあるデバイスでは、取得した超音波エコー画像を素人でも2次元の大面积で観察できる。侵襲なく貼り付けることができるため、健常者でも血流や心臓の様子などを判断でき、健康管理に利用できる。また、手術時に医師が用意に体内を観察できるツールにもなる。このデバイスの実現には、伸縮性のある配線やデバイス技術、大面积集積化技術が重要となる。

◆安心・安全分野

【雰囲気伝送・再生デバイス】

人と人とのコミュニケーションをよりやさしく容易にする未来デバイスが実現される。例えば人間の五感のうち、20世紀よりすでに実用化されている聴覚、視覚伝送デバイスに加え、臨場感の元になるにおいや触覚のセンシングと伝送を可能とするデバイスが出現する。本デバイスは化学物質や触感などを検知するセンサと、再生のためのアクチュエータを基礎部品とし、それらを携帯端末に実装した「集積化タイプ」と、壁紙並みに薄くて軽量な大面积シート中にちりばめられた「壁紙タイプ」として実装され、視覚や聴覚素子と組み合わせることで超臨場感を手軽に、いつでも、どこでも得ることができるようになる。

【壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイス】

壁紙のように軽量かつ大面积を覆うシートエレクトロニクスデバイスが、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安心・安全・豊かな生活に貢献する。たとえば、シール状のデバイスを張り合わせるだけで作製可能なインタラクティブ掲示板により、見る人に合わせた情報をリアルタイムで提供するとともに、ネットワーク検索機能や翻訳機能により人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、壁紙デバイスが環境の異常を検知し、携帯端末と連動して安心・安全な

暮らしをサポートする。

このようなデバイスの実現には、大面積シートの加工技術や機能素子のシートへの埋め込み技術、量販店で購入した部品をシール貼りの要領で重ねるだけで配線が自動的に形成される自己組織的配線技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

【万能携帯】

壁紙型デバイスと連携して、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割とともに、安心・安全・豊かな生活に貢献する。顔と名前的一致しない人の記憶を呼び覚ましてくれたり、翻訳機能により言葉や習慣の違う人々の交流を容易にしたりと、人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、携帯端末に実装可能に小型化されたレーダー、環境センシングデバイス、ヘルスケアデバイスがすべて「万能携帯」に実装されることにより、暴漢・自動車などの接近、危険な化学物質濃度の上昇などの危険な状態を避けることを可能にし、急病や急な事故などを自動的に検知し救助を求めることができるようにする。これらにより、安心・安全・豊かな生活に貢献する。デバイスの実現のためには、マススペクトロメータやTHz分光分析装置のような、高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するための技術開発、特に深掘り3次元構造と、3次元構造上への成膜技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

3.2.2 MEMS分野の導入シナリオ

平成 17 年版では 2025 年迄を意識しながらも全体の視野は 2015 年までであった。今回は 2025 年を見通したシナリオを策定することを目的とした事と、標準化に対するシナリオを充実させたことが平成 17 年版と異なるところである。そして二つある目標にそれぞれ一項目を追加した。すなわち新しいライフスタイルの創出と、マイクロナノ融合製造技術の確立である。この目標に沿う形で全体の中味を再検討した。

すなわち企業の取り組みでは 2015 年以後に近年のナノテクノロジー、バイオ関連技術の発展を考慮してナノ・バイオ融合 MEMS プロセスの構築をあげている。そして研究開発の取り組みでは、長期基盤技術開発の狙いを明確にして、2010 年以後革新的デバイス基盤技術開発を強調し、マイクロ・ナノ融合製造技術と革新的 MEMS の項目をあげそれぞれに関連する研究の対象について詳しく述べている（図 3.2.2-1）。

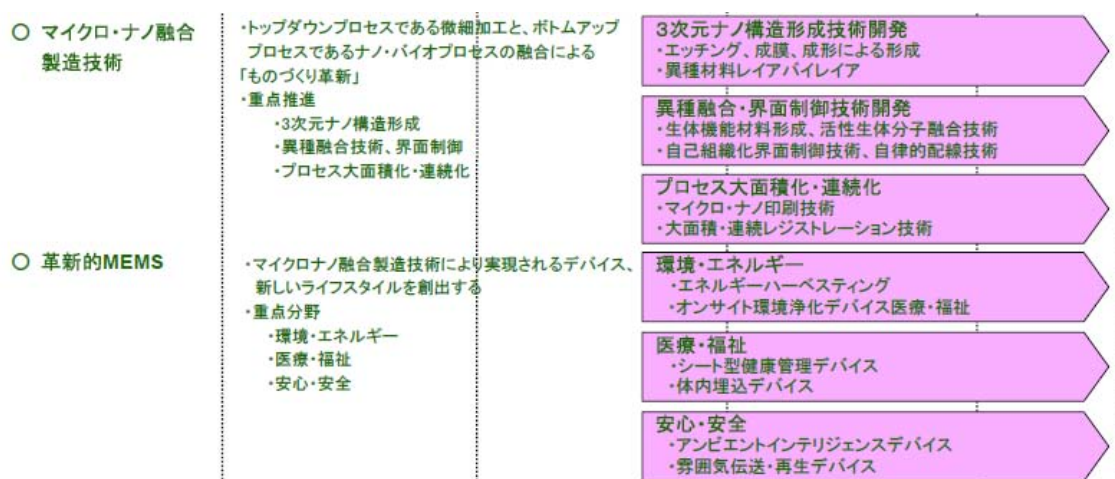
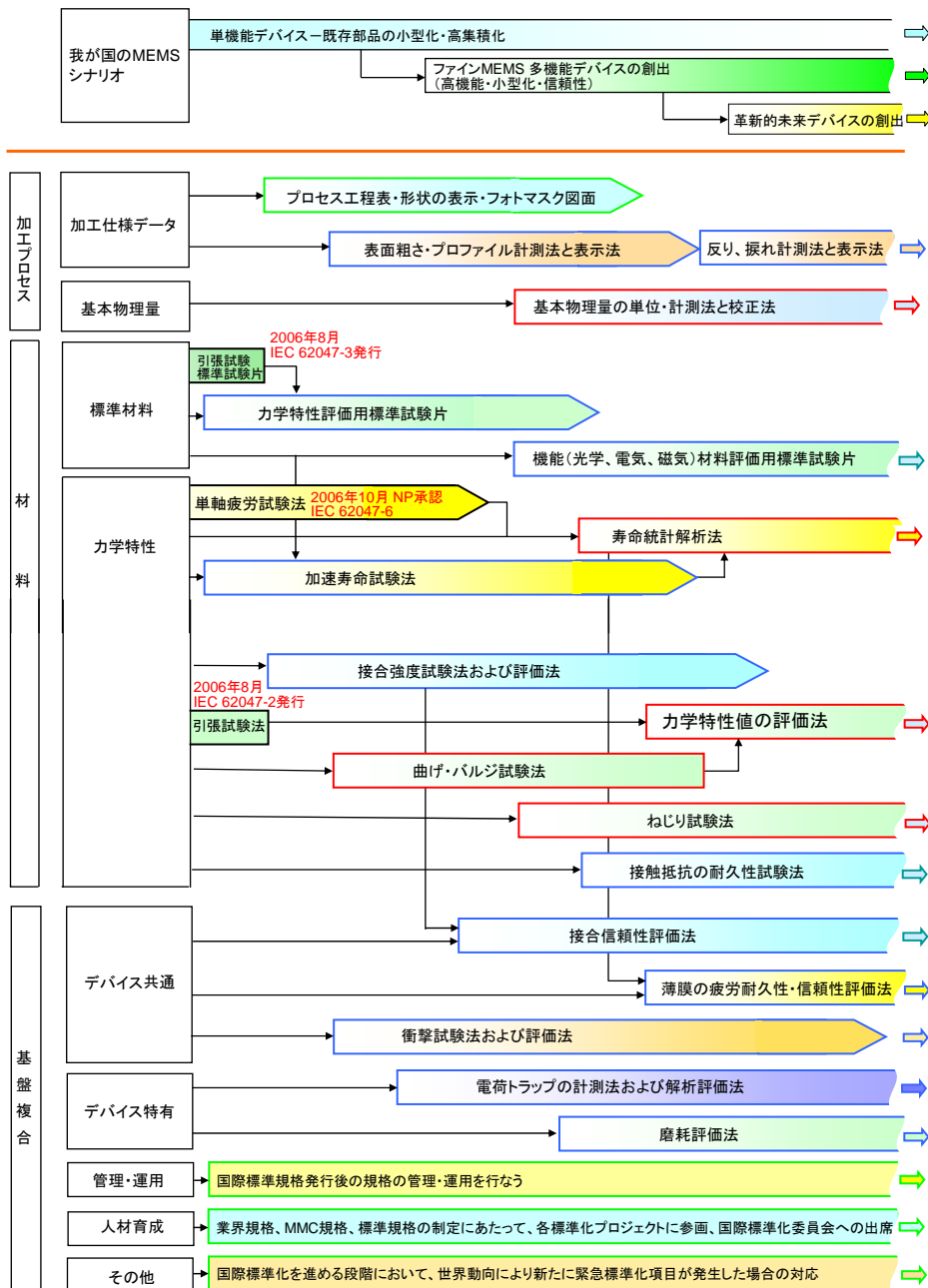


図 3.2.2-1 研究開発の長期的取り組み

今回の見直しでは、関連施策に関して環境整備面での標準化に対する取り組みを詳細な形で付け加えることにした。そのため(財)マイクロマシンセンター内に設けられた標準化検討委員会で標準化導入シナリオが検討された。ここでは国際競争力を強化し、我国が主導的役割をとれるようにするために必要な優先度・重要度を吟味して課題の設定をおこなった。

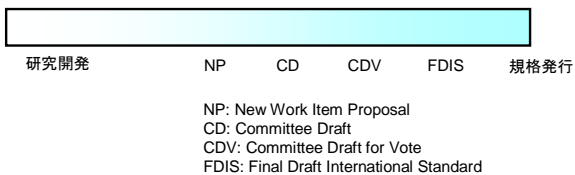
その目的に沿って委員会では基盤共通分科会とデバイス分科会を設け、基盤共通化分科会では加工プロセス分野、材料分野、基盤共通複合分野が、またデバイス分科会では携帯用 MEMS と自動車用 MEMS が取り上げられ図 3.2.2-2、-図 3.2.2-3 に示すような導入シナリオが作製された。この成果を今年度の導入シナリオは書き加えている。

図 3.2.2-4 に 17 年版と今年度版での標準化に対するシナリオの比較を示す。



凡例

- 第1グループ: 従来規格が採用できるもの
迅速性を上げるために、簡単な引用で規格化できるものを年度の早い方へもってきた。また、引用頻度の高いもの(バルク材料の引張試験でのISO6892や、疲労試験でのISO1099に相当するような規格)を優先させた。
- 第2グループ: 基本的な規格であるが、適用可能な既存規格がなく、研究開発をもとに新たな規格をつくらなければならないもの(一部従来規格の引用が可能なものも含む)
- 第3グループ: 学術的に研究開発が行われているか、企業内で使用されているもの(特に、緊急性を要するもの)規格化がすぐに可能なもので、MMC規格としても可能なもの

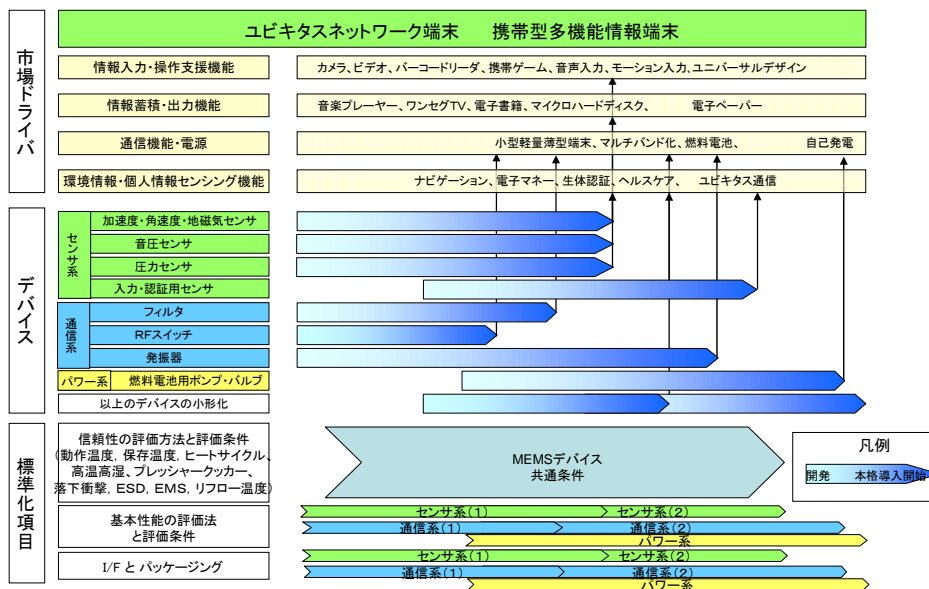


標準化の段階は色の濃淡で示しているが、各段階の期間は標準化委員会の審議状況により、大きく異なることに注意

図 3. 2. 2-2 MEMS 基盤共通分野の導入シナリオ

(携帯用MEMSデバイス)

16 2021 2026



(自動車用MEMSデバイス)

2006 2011 2016 2021 2026

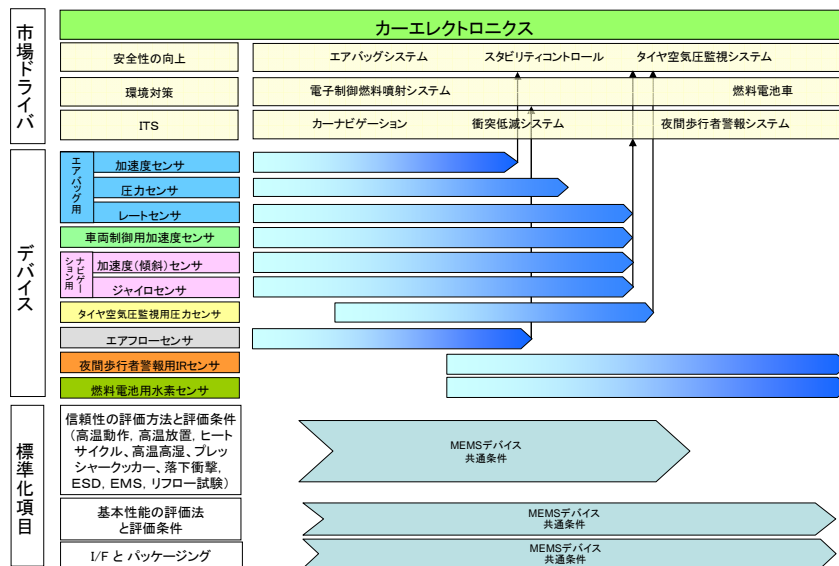
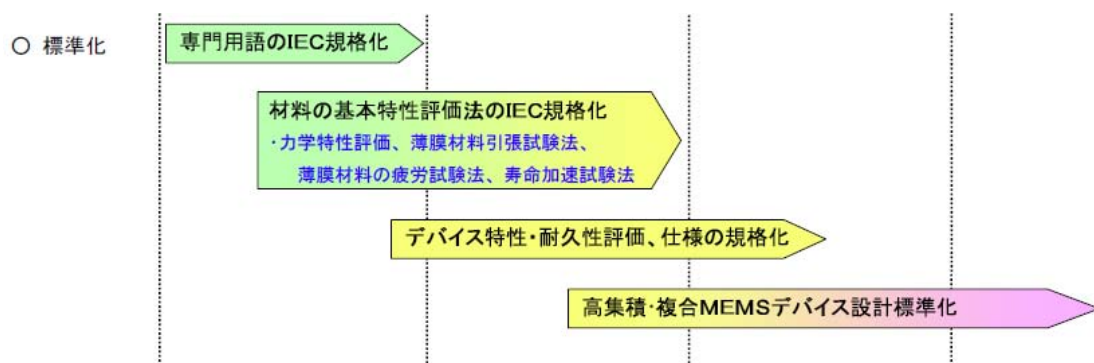


図 3.2.2-3 MEMSデバイス分野のMEMS標準化導入シナリオ

平成 17 年版



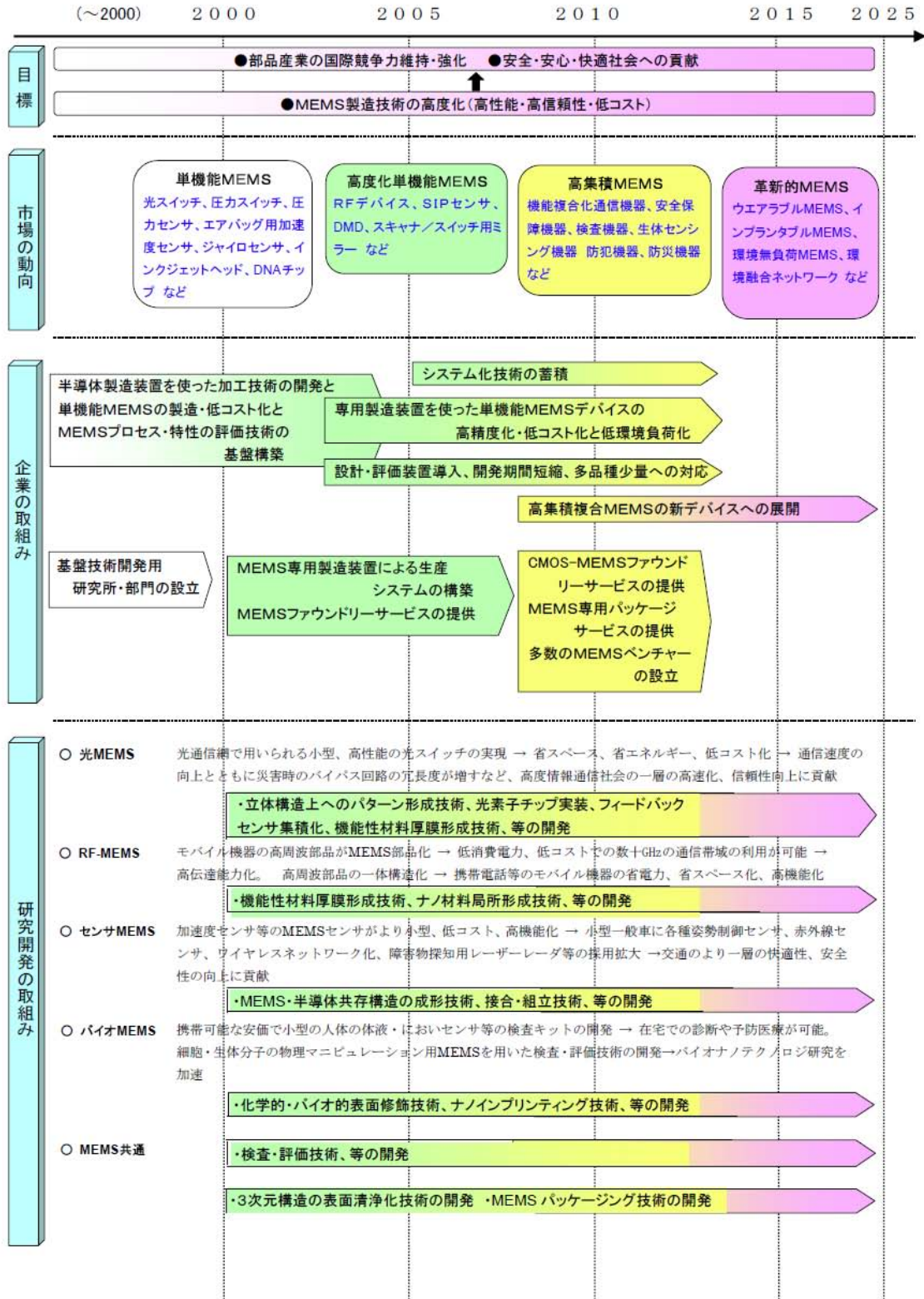
平成 18 年版

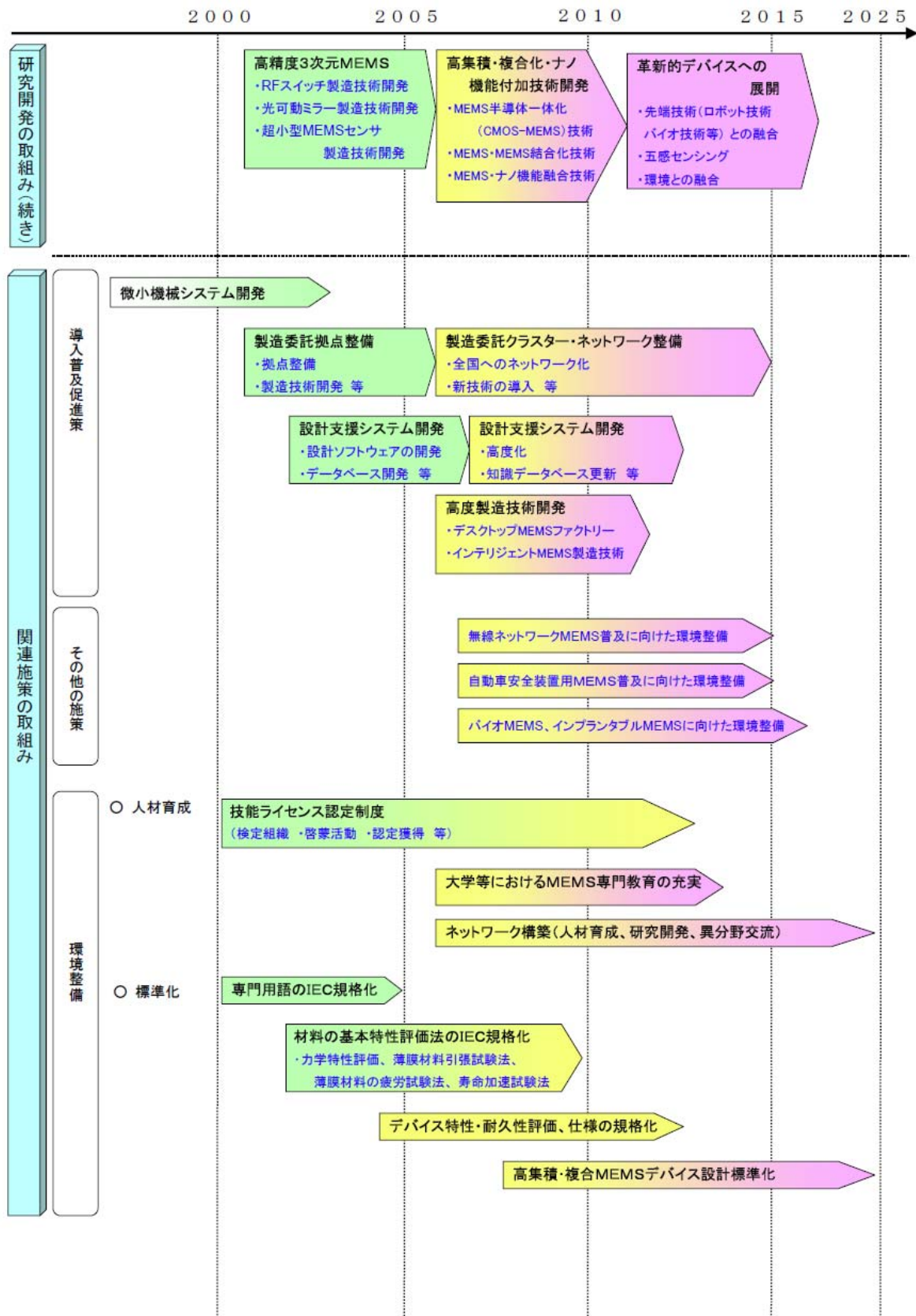


図 3.2.2-4 標準化導入シナリオの変更部分

17年度導入シナリオ

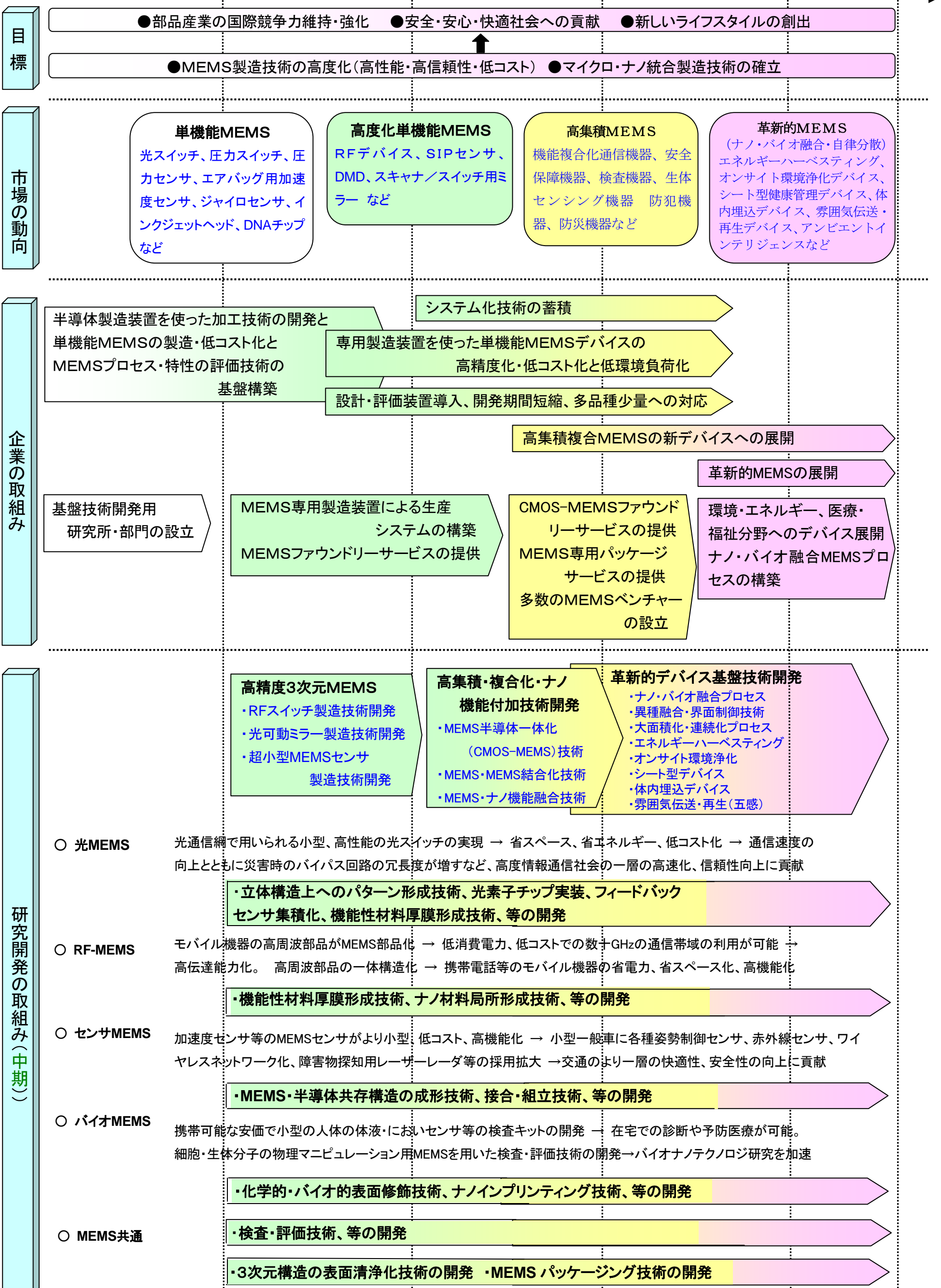
MEMS分野の導入シナリオ(最終案、060126研究開発小委員会提出)





MEMS分野の導入シナリオ(2007年版)

(~2000) 2000 2005 2010 2015 2025



研究開発の取組み(長期)

○ マイクロ・ナノ融合製造技術

【長期基盤技術研究開発の狙い】
 トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出するナノ・バイオ融合及び自律分散で機能する革新的キーデバイスとして広く浸透させる

・トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスの融合による「ものづくり革新」
 ・重点推進
 ・3次元ナノ構造形成
 ・異種融合技術、界面制御
 ・プロセス大面積化・連続化

3次元ナノ構造形成技術開発

・エッチング、成膜、成形による形成
 ・異種材料レイアバイレイア

異種融合・界面制御技術開発

・生体機能材料形成、活性生体分子融合技術
 ・自己組織化界面制御技術、自律的配線技術

プロセス大面積化・連続化

・マイクロ・ナノ印刷技術
 ・大面積・連続レジストレーション技術

○ 革新的MEMS

・マイクロ・ナノ融合製造技術により実現されるデバイス、新しいライフスタイルを創出する
 ・重点分野
 ・環境・エネルギー
 ・医療・福祉
 ・安心・安全

環境・エネルギー

・エネルギーハーベスティング
 ・オンサイト環境浄化デバイス医療・福祉

医療・福祉

・シート型健康管理デバイス
 ・体内埋込デバイス

安心・安全

・アンビエントインテリジェンスデバイス
 ・雰囲気伝送・再生デバイス

関連施策の取組み

導入普及促進策

その他の施策

微小機械システム開発

製造委託拠点整備

・拠点整備
 ・製造技術開発 等

製造委託クラスター・ネットワーク整備

・全国へのネットワーク化
 ・新技術の導入 等

設計支援システム開発

・設計ソフトウェアの開発
 ・データベース開発 等

設計支援システム開発

・高度化
 ・知識データベース更新 等

高度製造技術開発

・デスクトップMEMSファクトリー
 ・インテリジェントMEMS製造技術

ナノ・バイオ融合、自律分散基盤技術開発

・マイクロ・ナノ統合製造技術
 ・ナノ・バイオ融合、自律分散デバイス
 ・基盤研究開発拠点設立

無線ネットワークMEMS普及に向けた環境整備

自動車安全装置用MEMS普及に向けた環境整備

バイオMEMS、インプラントMEMSに向けた環境整備

○ 人材育成

技能ライセンス認定制度

(検定組織・啓蒙活動・認定獲得 等)

大学等におけるMEMS専門教育の充実

マイクロ・ナノ・バイオ融合研究人材育成

革新研究マネジメント人材育成

ネットワーク構築(人材育成、研究開発、異分野交流)

○ 標準化

専門用語のIEC規格化

基盤共通技術のIEC規格化

・材料試験法(薄膜材料引張試験法、薄膜材料の疲労試験法、寿命加速試験法等)
 ・加エプロセス評価法(表面粗さ・プロファイル等)
 ・基盤共通複合分野の試験法(衝撃試験法等)

MEMSデバイスのIEC規格化

・情報通信用MEMSデバイス(加速度・角速度・地磁気センサ等)
 ・自動車用MEMSデバイス(加速度・ヨーレート・エアフローセンサ等)

環境整備

3.2.3 MEMS分野の技術マップ（重要技術課題）

平成17年度に作製した技術マップ全体を見直した。方法としては第2回委員会において各委員に作業依頼した各項目の評価をまとめ、それを第3回委員会において審議し整理したものを図に示す。

依頼した作業の中味は各研究項目に対して、高機能化、低コスト化、基盤技術の観点から見て、どの程度重要かを評価するもので、それ方法はそれぞれの観点ごとにA, B, Cの評価点を各委員に付けてもらっている。図の評価点合計はこれらの配点数字をA=3、B=2、C=1として研究項目ごとにそれら合計したものである。そしてこの合計数字を評価者人数で平均したものが平均点である。

研究の重要度を判定するのにこの平均点が2.8以上有るものを一応の基準とし、研究の時間的な次元での重要度も加味して委員会の審議の結果、中期的な観点での重要性と、長期的な観点での重要性に色分けした。図では◎印は平均点3.0以上、○印は平均点3.0と2.8の間にあるものを示している。

また研究項目については17年年度の分類を見直し、要素技術として分類-1に「成形技術」、「異種融合技術」、「プロセス連続化・大面積化技術」を新しく設けた、「成形技術は」17年度までは形成技術の中にあったものを新しくまとめなおしたものであり、「異種融合技術」はバイオ関連や、配線技術などで、今までになかった異種技術間を融合化する傾向が出てきたことを反映している。また「プロセス連続化・大面積化技術」は印刷技術の広範な利用が出てきたことを加味したものである。分類-1の新設に伴い、新しい項目をその中に入れるとともに、従来有った項目も適切な位置に配置し直している。

ここで17年度の技術マップとの比較をするために17年度技術マップに掲載されていた項目に★、☆印をつけた。したがってこの欄が空白のものは今回新しく設けられた項目である。なお17年度にあったが今回なくなった項目に「各種データベース」があるが、この項目は分類-2に「データベース構築」の項目が新設されたことにともない、ここに含まれることになった。

図 3.2.3-1 重要技術評価表

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	今年度 重要	評価	昨年度 重要	評価点 合計	評価 者数	平均点
分類-1	分類-2								
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通	◎	◎	☆	15	5	3.00
		高アスペクト比ナノレンチ加工技術	共通	◎	○	☆	23	8	2.88
		ディープドライエッチング技術	共通	◎	◎	☆	18	6	3.00
		高精度微細エッチング技術	無線通信、共通	◎	◎	☆	15	5	3.00
		大面積均一エッチング技術	無線通信、バイオ	◎	○	☆	14	5	2.80
		非シリコン材料加工技術	共通	◎	○	☆	14	5	2.80
		無損傷加工技術	共通	◎	◎	☆	23	6	3.83
	3次元ナノ構造形成技術 (旧、立体形状自由加工技術)	3次元表面加工技術	無線通信	◎	○	☆	14	5	2.80
		自由曲面加工技術	エネルギー	◎		☆	13	5	2.60
		立体構造上へのパターン形成技術	共通	◎	◎	★	18	6	3.00
		シングルポイントプロセス技術	共通	◎			19	7	2.71
		ナノビラー形成技術	共通	◎	○		20	7	2.86
		ナノポーラス形成技術	共通	◎	○		20	7	2.86
	ナノプローブ加工技術	ナノプローブ・エッチング加工技術	バイオ、共通	◎		☆	16	6	2.67
成膜技術	高付着・高耐熱・高信頼・フリーエッチング技術	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通、無線通信	◎	◎	★	19	7	2.80
		機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	快適・安心・安全・環境・エネルギー	◎	○		23	8	2.88
		平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光、無線通信、共通	◎		☆	16	6	2.67
	3次元ナノ構造形成技術 (旧、立体形状への成膜技術)	3次元形状表面上成膜技術	光	◎	○	☆	17	6	2.83
		シングルポイントプロセス技術	共通	◎			16	6	2.67
		ナノポーラス膜形成技術	共通	◎			22	8	2.75
		ナノビラー形成技術	共通	◎	○		20	7	2.86
	LSIプロセス融合成膜技術	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通	◎	○	★	20	7	2.86
成形技術 (新設 17年度成形技術に 有たものの1部を移 設)	マイクロプレス成形技術	ナノインプリンティング技術-低損傷パターンニング技術	共通、バイオ	◎	○	★	20	7	2.86
		ナノフォーミング技術	共通	◎			21	7	3.00
		ナノ転写・形成複合プロセス	共通	◎	◎		3	1	3.00
		マイクロエンボス加工技術	光	◎		☆	13	5	2.60
	マイクロ粉体成形	ナノ粉体成形加工技術	共通、バイオ	◎	◎		6	2	3.00
	マイクロ鑄造技術	貫通孔埋め戻し技術	共通	◎		★	13	5	2.60
	3次元ナノ構造形成技術 (旧、3次元形状表面へのナノ構造形成技術)	3次元マイクロ立体型成形技術	共通	◎	○	★	17	6	2.83
		3次元表面ナノ加工技術	共通	◎		★	16	6	2.67
		3次元自由曲面エンボス加工技術	共通	◎		★	16	6	2.67
		3次元表面修飾技術	共通	◎		★	16	6	2.67
		3次元形状めっき成形技術	共通	◎		★	13	5	2.60

特別応答型等の重要課題		☆	J15未実施申請書
中間応答型等の重要課題		★	J15未実施重要課題
視察率に付合費率重項目		○	評価率 30>X>50
削除項目		◎	評価率 X>30

分野-1	分野-5	重要課題	共通	評価	実施	評価	評価	評価	評価
MEMS重要課題									
形成技術 (機能化・ 表面改質)	ナノ機能材料選択的 形成技術	ナノ材料局所形成技術	無線通信、バイオ		○	★	14	5	2.80
		ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通		○	★	14	5	2.80
		ナノデバイスミニチュライゼーション技術	バイオ			☆	13	5	2.60
		ナノ材料ビルドアップ技術	共通				0	0	0.00
	生体機能材料形成技術	生体分子配向技術	エネルギー、環境、健康・医療		○		20	7	2.86
		細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、健康・医療		○		20	7	2.86
		細胞の組織化			◎		6	2	3.00
	機能性表面形成技術 (界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	化学的・バイオ的表面修飾技術	エネルギー、環境、健康・医療			★	19	7	2.71
		分子の自己組織化現象応用界面制御技術	快適・安心・安全		○		20	7	2.86
		ナノ粒子自己整列技術	共通		○		20	7	2.86
		脂質二重層形成技術	共通				19	7	2.71
		金属・有機半導体の界面制御技術	共通		○		20	7	2.86
		有機・絶縁膜の界面制御技術	共通		○		20	7	2.86
		印刷方式表面修飾技術	共通			★	19	7	2.71
		加工損傷回復技術	共通		○		20	7	2.86
	LSIプロセス融合 成形技術	MEMS・半導体共存構造の成形技術	共通			★	15	6	2.50
		可動ナノ構造形成技術	共通			★	16	6	2.67
	異種融合 技術	ナノ・バイオ融合 技術	界面制御技術	環境、健康・医療		○		20	7
活性細胞融合技術			環境、健康・医療		○		20	7	2.86
活性生体分子融合技術			環境、健康・医療		○		20	7	2.86
3次元構造形成 技術		異種材料レイアバイレイア積層技術	共通		○		20	7	2.86
		異種材料の厚膜積層技術	共通		○		20	7	2.86
		パターン付き成膜および多層化技術	共通		○		20	7	2.86
		メカノバイオノ半導体ハイブリッド積層技術	共通		○		20	7	2.86
		3次元ナノ構造移植・積層技術	共通		○		20	7	2.86
自己組織化技術		セルフアライメントによる位置決め技術	共通		○		20	7	2.86
		マルチCNTプローブ製造技術	共通		◎		21	7	3.00
配線技術		ナノホール選択金属成長技術	共通				19	7	2.71
		ナノワイヤ選択配線技術	共通		◎		21	7	3.00
		CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通		◎		21	7	3.00
		CNT配線	共通		◎		21	7	3.00
		自律的配線形成技術	共通		○		20	7	2.86
		伸縮性導体形成技術	共通		○		20	7	2.86
組立技術		界面制御を利用した自律組立技術	共通		○		20	7	2.86
		界面物性評価技術	界面物理化学評価技術	共通			19	7	2.71
ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通					19	7	2.71	

省別特許の重要採掘		☆	J1省審判特許
中別特許の重要採掘		★	J1省重要特許
特許手続の重要採掘		◎	特許手続の特許
特許手続の特許		◎	特許手続の特許

分野-1	分野-2	重要採掘項目	特許	重要採掘	特許	重要採掘	特許	特許	特許	特許
MEMS重要採掘										
実装技術	組立技術	高精度位置決め技術	共通		○	☆	14	5	2.80	
		MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通		○	★	17	6	2.83	
	接合技術	低温・低応力接合技術	光、無線通信、バイオ、共通			☆	11	4	2.75	
		封止技術	光、エネルギー、センサ、共通			☆	11	4	2.75	
	パッケージ技術	高度実装技術	共通		○	★	14	5	2.80	
		トリミング技術	センサ		○	☆	14	5	2.80	
		カッティング技術	共通		○	☆	14	5	2.80	
検査・評価技術	各種検査・評価技術	形状測定技術	共通		◎	★	17	5	3.40	
		強度等デバイス特性評価技術	共通		○	★	14	5	2.80	
		システム信頼性評価技術	無線通信		○	★	14	5	2.80	
		生体情報評価技術	バイオ、健康・医療			★	16	6	2.67	
		微小領域における物理量計測技術	共通				19	7	2.71	
		検査評価用解析技術	共通				19	7	2.71	
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	機構解析技術	共通		○	★	14	5	2.80	
		プロセス解析技術	共通		○	★	14	5	2.80	
		システム化解析技術	共通		○		20	7	2.86	
		各種データベース	共通			★				
	マルチスケールシミュレーション技術	ナノ/マイクロ/マクロ境界領域の解析モデリング技術	共通		○		20	7	2.86	
	マルチフィジクスシミュレーション	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析	共通		○		6	2	3.00	
	分子オーダーメゾオーダーまでの解析	分子オーダーメゾオーダーまでの解析	共通		○		6	2	3.00	
	データベース構築	材料・界面・プロセス・知識	共通		○	★	14	5	2.80	
製造システム技術		多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム	共通			☆	16	6	2.67	

MEMS 分野の技術マップ

MEMS要素技術		分野	MEMS要素技術		分野					
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通	形成技術 (機能化・表面改質)	ナノ材料局所形成技術	無線通信、バイオ				
		高アスペクト比ナノレンチ加工技術	共通		ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通				
		ディープドライエッチング技術	共通		ナノデバイスミニチュレーション技術	バイオ				
		高精度微細エッチング技術	無線通信、共通		ナノ材料ビルドアップ技術	共通				
		大面積均一エッチング技術	無線通信、バイオ		生体機能材料形成技術	生体分子配向技術	エネルギー、環境、医療・福祉			
		非シリコン材料加工技術	共通			細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療・福祉			
		無損傷加工技術	共通			細胞の組織化技術	エネルギー、環境、医療・福祉			
		3次元ナノ構造形成技術	3次元ナノ構造形成技術		3次元表面加工技術	無線通信	機能性表面形成技術 (界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	化学的・バイオの表面修飾技術	エネルギー、環境、医療・福祉	
	自由曲面加工技術				エネルギー	分子の自己組織化現象応用界面制御技術		安心・安全		
	立体構造上へのパターン形成技術				共通	ナノ粒子自己整列技術		共通		
	シングルポイントプロセス技術				共通	脂質二重層形成技術		共通		
	ナノピラー形成技術				共通	金属・有機半導体の界面制御技術		共通		
	ナノポラス形成技術				共通	有機・絶縁膜の界面制御技術		共通		
	印刷方式表面修飾技術				共通	加工損傷回復技術		共通		
	ナノプローブ加工技術	ナノプローブ・エッチング加工技術	バイオ、共通		異種融合技術	ナノ・バイオ融合技術	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通		
LSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	MEMS・半導体共存構造の形成技術	共通						
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	機能性材料厚膜形成技術	共通、無線通信	可動ナノ構造形成技術			可動ナノ構造の形成技術	共通		
		機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全、環境、エネルギー				3次元構造形成技術	界面制御技術	環境、医療・福祉	
		平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光、無線通信、共通					活性細胞融合技術	環境、医療・福祉	
		3次元ナノ構造形成技術	3次元形状表面上成膜技術					光	活性生体分子融合技術	環境、医療・福祉
		LSIプロセス融合成膜技術	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術					シングルポイントプロセス技術	共通	自己組織化技術
ナノポラス膜形成技術	共通			異種材料の厚膜積層技術				共通		
ナノピラー形成技術	共通			パターン付き成膜および多層化技術			共通			
成形技術	マイクロプレス成形技術	ナノインプリンティング技術-低損傷パターンニング技術	共通、バイオ	配線技術			メカ/バイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通		
		ナノフォーミング技術	共通				3次元ナノ構造移植・積層技術	共通		
		ナノ転写・形成複合プロセス技術	共通				セルフアライメントによる位置決め技術	共通		
		マイクロエンボス加工技術	光				マルチCNTプローブ製造技術	共通		
		マイクロ粉体成形技術	ナノ粉体成形加工技術				共通、バイオ	組立技術	ナノホール選択金属成長技術	共通
	マイクロ鑄造技術	貫通孔埋め戻し技術	共通	ナノワイヤ選択配線技術			共通			
	3次元ナノ構造形成技術	3次元マイクロ立体型成形技術	3次元表面ナノ加工技術	共通	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通				
			3次元自由曲面エンボス加工技術	共通	CNT配線技術	共通				
			3次元表面修飾技術	共通	自律的配線形成技術	共通				
			3次元形状めっき成形技術	共通	伸縮性導体形成技術	共通				
界面物性評価技術			界面物理化学評価技術	共通	ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通				

は、中期的な視点での重要技術
 は、長期的な視点での重要技術

MEMS要素技術			分野
プロセス連続化・大面積化技術	プロセス大面積化技術	大面積高密度マルチプローブ加工技術	共通
		高品位厚膜の大面積・連続プロセス化(mオーダー)技術	共通
		大面積ナノパターン加工技術(ナノ・マイクロ加工技術)	共通
		高精度アライメント:大面積(mオーダー)サブmm精度アライメント技術	共通
	印刷による成膜技術	印刷方式表面修飾技術	共通
		マイクロナノ印刷技術	共通
	プロセス連続化技術	プロセス連続化技術	大面積印刷のレジストレーション(重ね合わせ)技術
ナノインプリント連続成形技術(含むローラー式転写技術)			共通
連続EBプロセス技術			共通
連続FIBプロセス技術			共通
前・後処理技術	表面清浄化技術	構造表面洗浄技術	共通
実装技術	組立技術	高精度位置決め技術	共通
		MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通
	接合技術	低温・低応力接合技術	光、無線通信、バイオ、共通
		パッケージ技術	封止技術
	高度実装技術		共通
	トリミング技術		センサ
カッティング技術	共通		
検査・評価技術	各種検査・評価技術	形状測定技術	共通
		強度等デバイス特性評価技術	共通
		システム信頼性評価技術	無線通信
		生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉
		微小領域における物理量計測技術	共通
		検査評価用解析技術	共通
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	機構解析技術	共通
		プロセス解析技術	共通
		システム化解析技術	共通
	マルチスケールシミュレーション技術	ナノ/マイクロ/マクロ境界領域の解析モデリング技術	共通
	マルチフィジクスシミュレーション技術	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析技術	共通
	分子オーダーメゾオーダーまでの解析技術	分子オーダーメゾオーダーまでの解析技術	共通
データベース構築	材料・界面・プロセス・知識	共通	
製造システム技術		多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム技術	共通

3.2.4 ロードマップ

平成 16 年度に作製したロードマップは平成 17 年度に一部見直したが、その目標値は 2015 年までしか記入していなかった。最初にこれを作ったときは 2005 年をベースに考えていたが、その後 2 年を経過しているが、平成 18 年時点で考えれば 2015 年は 10 年を切っている。ロードマップの目標としては少し時間の長さが足りなくなっている状況にある。そのため今回は 2025 年をにらんだ目標値を記入することとした。

ここで考える目標値とは量産レベルで考え、その時点で到達しうる目標を意味し、研究室レベルでのチャンピオンデータを指すのではない。しかし急激な技術発展が期待されている MEMS 分野では、量産レベルとはいえ 15 年先の技術は闇の中の部分がある。しかし研究室レベルで考えればもう少し手前で実現できるレベルを考えれば大体大まかな予測は立つという考えのもとでの作業であった。

作業はそれぞれ委員の専門別に分担して数字を提案してもらい、最終的には第 3 回の委員会で各項を逐条審議して決めたものである。今後もローリングしていく過程で少しずつ具体的な数字に近づくと考えられる。

比較のため平成 17 年度版を添えてある。

平成 17 年度版

MEMS要素技術 分類-1 分類-2		重要技術課題	分野	指標	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年						
エッチング技術	立体的形状自由加工技術	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	立体的形状表面へのパターン形成	加工可能な方向(面)	対象面数 平面(表裏面)		1軸周リ 全方位							全方位						
				被加工領域の損傷の低減	半導体領域の削れ量		10nm		5nm												
				MEMS加工部の最大アスペクト比	1	2.5		20		50							100				
				MEMS部の最小加工寸法	5μm	2μm		0.5μm		0.2μm							0.1μm				
成膜技術	高品位・薄膜成膜技術	機能性材料厚膜形成技術	共通	機能性膜の厚膜化と高速化・高品質化	膜厚	材料によって異なるので何とも言えないが、1mm角程度までハルケ材で可能という前提で…	100μm	300μm				500μm			1mm						
					成膜速度	1μm/min		10μm/min			50μm/min						100μm/min				
					アスペクト比	量産レベル、磁性材料を想定	3			5								10			
					多層化	2層				4層								8層			
					残留応力低減(影響)	曲率半径 100mm	曲率半径 500mm		曲率半径 1000mm												
					磁性材料の高品質化	残留磁束密度 30%	ハルケ材に対し		50%									100%			
				無線通信	配線材料の高品質化 電気接点の耐久性向上	共通	低ストレス(応力)薄膜形成	配線材料の高品質化	低応力化と高再現性	曲率半径 100mm	曲率半径 300mm		曲率半径 1000mm								
								電気接点の耐久性向上	開閉回数 (高耐久性接点材料)	10億回				100億回						1000億回	
								形成膜厚	0.5~ 4μm	0.2~ 5μm		0.1~ 10μm		0.1~ 20μm							0.1~ 40μm
								残留応力	0.5GPa	0.2GPa		0.1GPa									
								耐久性薄膜形成	耐疲労・吸湿・透湿性 (特性変化率/10年)	2%	1%		0.50%		0.20%						0.10%
								混載LSIの加工寸法	800nm	350nm		180nm		90nm							45nm
形成技術	ナノ機能材料選択的成形技術	ナノ材料局所形成技術	無線通信	ナノ材料の選択的成形(位置制御)	位置精度		±2μm		±1μm			±0.5μm				±0.2μm					
					ナノ材料の選択的成形(厚み制御)	厚み精度		<0.2μm		<0.1μm			<0.08μm				<0.05μm				
					ナノ材料の選択的成形(形成領域)	最小領域		φ2μm		φ1μm			φ0.8μm					φ0.5μm			
				バイオ	選択的ナノインテグレーション	加工密度			50nm					20nm				数10nm			
						集積度	プローブ数<10	プローブ数<1000		プローブ数<1,000,000								プローブ数無限数			
						処理時間			1本/20μm ²		1本/10μm ²							1本/250nm ²			
			選択的微小配列	大面積化	パターン面積100nm ²	直線選択 架橋30%				直線選択 架橋70%		直線選択 架橋100%									
					パターン面積20nm ²	直線選択 架橋30%			直線選択 架橋70%		直線選択 架橋100%										
					パターン面積20nm ²	直線選択 架橋30%			直線選択 架橋70%		直線選択 架橋100%										
			機能性表面形成技術	化学的・バイオ的表面修飾技術	共通	CNT/ナノSiワイヤのCVD選択的成形	位置選択性	エリア選択性													
							位置精度	1μm			200nm		100nm						数10nm		
							パターン解像度(親油性制御、タンパク等の吸着制御)	流路全体の修飾 mmオーダー			10μm										
パターン解像度(微生物)	流路全体の修飾 mmオーダー							10μm													
生体分子機能保持したパターン形成(ソフトリソグラフィ)/基板上	パターン寸法	1μm								100nm							単分子レベル				
適切な官能基を持つ分子の付加&自己組織化	付加機能	親・疎水性															機能分子との選択的結合官能基導入				
印刷方式表面修飾技術	ナノ化学修飾・ダイレクトリソグラフィ	共通			ナノ化学修飾・ダイレクトリソグラフィ	パターン寸法	100nm					50nm					10nm				
						同時処理種類数	2種類					10種類						50種類			
						位置決め精度	±50nm					±10nm						±10nm			
						修飾量	150aL		50nm			20aL						1aL			
						高精度ロールtoロール印刷	パターン寸法(インクジェット)	5μm				1μm							0.1μm		
						パターン寸法(オフセット)	1μm				0.2μm								0.02μm		
マイクロプレス成形技術	ナノインプリンティング技術	光	光学無機レンズ、バインダリエンボシング	最小パターンサイズ	1μm	0.8μm			0.6μm		0.3μm										
				レンズ形態	回折格子 レンズ 凹				バイナリ レンズ												
		バイオ	非Si材料のナノインプリント	ナノサイズ構造	ナノサイズ構造																
					ナノサイズ構造形成技術 サブマイクロ凹凸構造												20nm				

					3次元立体構造形成	3次元立体構造形成技術 適応材料拡張：樹脂→ガラス・金属→セラミクス							
製造技術	貫通孔埋め戻し技術	共通	ウエハレベル貫通電極形成	アスペクト比(孔径/深さ)	50	薄化により配線径微細化							
				孔径	10 μm	5 μm				2.5 μm			0.5 μm
				ピッチ	20 μm	10 μm				5 μm			1 μm
				加工温度	150°C	100°C			80°C				
				貫通孔の変形加工	シフト量				500 μm			1000 μm	
				分岐数			1本→2本			1本→4本			
LSIプロセス融合成形技術	MEMS・半導体共存構造の成形技術	共通	シリコン/金属3次元構造成形の平坦化加工	成形膜厚	4 μm	5 μm		10 μm		20 μm		40 μm	
				平坦性			100nm		50nm		20nm		10nm
				混載LSI加工寸法	800nm	350nm		180nm		90nm		45nm	
平面形状への大面積ナノ加工技術	共通	高段差底部の微細パターン形成	解像パターン(段差状のステップの解像度)	段差=50 μm									
				1 μm	200nm			50nm		10nm			
3次元形状表面へのナノ構造形成技術	3次元マイクロ立体形成技術	共通	高難型性(微細化・高アスペクト比)	加工寸法	5 μm	2 μm		1 μm				0.5 μm	
				立体構造厚み	5 μm	10 μm		50 μm				200 μm	
				加工寸法	数百nm		100um		50nm		20nm		
	3次元自由曲面エッジ加工技術	共通	エッジ加工技術	加工寸法	20 μm	10 μm		5 μm				1 μm	
				曲率半径	∞	∞		10cm				1cm	
	3次元表面修飾技術	共通	3次元の立体的な離型性向上やホットエンボスされた高分子材料の3次元表面を選択的に修飾	パターン位置合わせ精度									
					10 μm	5 μm							<1 μm
3次元形状めっき形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	2 μm	1 μm							0.5 μm	
				1 μm		100nm		50nm					
可動ナノ構造形成技術	共通	可動ナノ構造の形成	最小寸法										
			駆動周波数	10kHz		100kHz		1MHz					
実装技術	組立技術	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通	電気的・熱的に低ダメージの小型化・一体化の接合・組立	集積形態	ハイブリッド集積	ウエハレベル集積	モノリシック集積			多層MEMS集積	3Dモノリシック集積	
					機能数×集積個数	1機能×1個	2機能×2個	3機能×3個	4機能×4個				
	パッケージ技術	高度実装技術	ハイオ	共通	ナノスケール部品のMEMS基板上へのアセンブル	パターン形成の自由度	単種部品の確率的アセンブリによる単純パターン形成	単種部品のセルフアセンブリによる複雑パターン形成	複数種部品の確率的アセンブリによる単純パターン形成	複数種部品の確率的アセンブリによる単純パターン形成	複数種部品のセルフアセンブリによる複雑パターン形成		
					ONTの物理的マニピュレーションによるアセンブル	機能		MEMSによるCNT1本のマニピュレーション	MEMSによるCNTの電気的・機械的特性評価	MEMSによる機能デバイスへのCNTアセンブル	複数MEMSの並列動作によるCNTデバイス形成	MEMSによる自動化CNTデバイス製造システム	
					スループット		CNT1本対象				CNT1本/min		
					ナノ材料・部品の精密組立・操作	位置精度/速度		基本技術 ±10nm		高速化 ±10nm、 10s/本		量産対応 ±10nm、 10ms/本	
					分子機能を維持・制御する集積システムの構築	単位面積当たりデバイス(分子機能)個数	1cm ² 5			1cm ² 100		1mm ² 100	
					自己発電&蓄電素子集積化	μキャパシタ容量	10 μW			10mW		100mW	
						振動発電量	100 μm振動で			0.1mW		10mW	
						生化学発電量	0.1 μW			0.1mW		10mW	
検査・評価技術	各種検査・評価技術	共通	形状測定技術	非接触3次元形状計測・評価	アスペクト比	10(深さ100 μm、溝幅10 μm)		50(深さ500 μm、溝幅10 μm)		50(深さ500 μm、孔径10 μm)			
				3次元形状表面の膜厚分布計測・評価	側壁膜厚測定精度	mm幅、mm深さ、μm膜厚					10 μm幅、数10 μm深さ、0.1 μm膜厚		
				3次元形状表面の粗さ分布計測・評価	側壁粗さ測定精度	mm幅、mm深さ、μm膜厚					10 μm幅、数10 μm深さ、0.1 μm膜厚		
				強度等デバイス特性評価技術	共通	気密封止評価	検出レベル	できていない			デバイス寸法		ウエハレベル8インチ
							ウエハレベル接合評価	計測感度	ポイドサイズ1 μm	0.5 μm	0.2 μm		0.1 μm
							接合後のギャップ精度評価	接合後のギャップ精度					1 μmキヤップが±0.1%で
	システム信頼性評価技術	無線通信	共通	高周波対応システムの信頼性評価	測定精度	できていない		応力値の定量化		応力値の分布			
					疲労試験	試験法策定	できていない	研究レベル		規格化開始			
					衝撃試験	試験法策定	できていない	研究レベル		規格化開始			
	生体情報評価技術	バイオ	共通	生体情報のその場観察装置&計測操作	規格の制定			評価法確立		寿命10年			
					計測可能細胞、分子寸法・計測時間		1S 100nm		1S 50nm		1S 10nm		
					計測温度制御	1°C		0.5°C			0.1°C		
	電気的計測分解能	単一細胞			複数チャネル			単一チャネル					

						化学的計測分解能		単一細胞		複数レセプタ		単一レセプタ		
						複数細胞	単一細胞		複数レセプタ		単一レセプタ			
						細胞操作	溶液中細胞のMEMSによる物理的ソフトハンドリング		把持力検出機構の導入		複数MEMSによる多自由度細胞操作			
						DNAピンセット	AFM		一自由度ピンセット		多自由度ピンセット			
単一分子計測設備	AFM		化学測定用L容器				多パラメータ測定ツール							
設計・解析技術	各種シミュレーション技術	機構解析技術	共通	達成解析のシステム化、高度化	対応可能な解析対象	パッケージレベル連成解析		信頼性試験解析(疲労、破壊、耐環境)	チップ内多機能連成解析				バイオ分子連成解析	
				MEMS材料加工をインテグレートしたマルチプロセスの解析	対応可能なプロセス種	シリコンプロセス解析			ナノ材料・MEMS統合プロセス解析			バイオ材料・MEMS統合プロセス解析		
				実装信頼性評価	試算誤差	できていない	50%				10%			
		各種データベース	共通	MEMS材料の試験評価法と材料特性データベース	対応可能なDB対象	シリコン系材料DB	高分子系材料DB	ナノ材料DB				バイオ材料DB		
製造システム技術		多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム	共通	MEMS製造技術の小型化・省エネ化・フレキシブル化	装置寸法	単独プロトタイプ機	(1800x1800)上に4ユニット連動)プロトタイプ		1800x900に6ユニット				1800x900で通常MEMSシステム同等精度も同等	
				生産スループット	できていない	10min/デバイス			5min/デバイス		5min/デバイス			

MEMS製造技術のロードマップ(総括表) 平成 18 年度版

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通	貫通孔形成の狭ピッチ化	加工精度				2 μm			1 μm			0.1 μm	物理量センサー等ICによる信号処理を有するMEMS製品		
	加工誤差					5 μm			5 μm		1 μm		誤差低減					
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術			高アスペクト比貫通孔形成技術	共通	ウエハレベル貫通孔形成	アスペクト比 (深さ/孔径)		100 200/2		150 200/1.5			200 200/1			500 200/0.25	ウエハレベルパッケージング構成での共通基盤技術。光分野のユビキタスマイクロ顕微鏡観察可能血流量分布センサー、マイクロナノオランダ変位計測センサー、マイクロミラー応用デバイスも共通に含めた。
							孔径		5 μm		3 μm		2 μm		0.2 μm			
						ピッチ		5 μm		3 μm		2 μm		0.2 μm				
						加工速度		20 μm/min		25 μm/min		30 μm/min		50 μm/min				
						貫通孔の変形加工化	シフト量			500 μm				1000 μm				
分岐数						1本→2本				1本→4本								
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術			高アスペクト比ナノレンガ加工技術	共通	側壁面への貫通孔形成	アスペクト比		5		50		100			250	500	縦型静電容量センサー 高性能細菌アクトエータ
							アスペクト比			20		50		100		250	500	
							ギャップ幅			0.2 μm		0.2 μm		0.1 μm		0.1 μm	0.1 μm以下	
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術			共通	側壁面の粗さ・平面向上	表面粗さ		λ=例えば680nmと想定 rms= λ/20				λ/25			λ/30		λ/50	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ (スキャナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)
						側壁面形状評価 (PV値・曲率半径など)	曲率半径	100mm			曲率半径	1000mm						
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	微細ギャップ間隔の縮小化	Line and space				100nm				30nm		5nm	多機能情報携帯端末モバイル端末		
					アスペクト比		10		15		20		100					
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	深掘り加工の底面平滑化	底面粗さ (100 μm掘って)		2-3nm		1nm				0.5nm		0.1nm	多機能情報携帯端末モバイル端末		
					面積 (インチ)		8		12		14		20					
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	ウェハ面内のエッチングの均一化	均一度	5%			4%				3%		1%	バイオ分析		
					面積 (インチ)	6		8		12		14		20				
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	バイオ	共通	大面積化、ナノ構造エッチング (ガラス)	面積 (インチ)										20	MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					加工速度		0.6 μm/min		0.1-0.6 μm/min		1 μm/min		2 μm/min		10 μm/min			
					加工選択比		50:1		100:1		150:1		200:1		1000:1			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	非シリコン系新材料 (金属・セラミックス等) の加工	加工速度											MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					加工幅の10%あるいは1ミクロン以内													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	無損加工技術	加工幅の5%あるいはサブミクロン以内											多機能情報携帯端末モバイル端末		
					加工幅の5%あるいはサブミクロン以内		2-3nm		1nm		0.5nm		0.1nm					
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	無損加工技術	欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))										<10E11	MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))	<10E15					<10E13				<10E11			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	無損加工技術	欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))	<10E15									<10E11	MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))	<10E15					<10E13				<10E11			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	無損加工技術	欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))	<10E15									<10E11	MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					欠陥密度 (個/cm ² (シリコン))	<10E15					<10E13				<10E11			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	無損加工技術	原子配列平滑化										原子層レベル	MEMS光スキャナ (1次元〜3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる		
					原子配列平滑化										原子層レベル			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	3次元表面加工技術	表面精度 (rms)	スキンドeps以下									スキンドepsの1/3以下	集積RF-MEMS		
					周波数60GHz													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	無線通信	共通	3次元表面加工技術	表面精度 (rms)	スキンドeps以下									スキンドepsの1/3以下	集積RF-MEMS		
					周波数60GHz													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	エネルギー	共通	自由曲面加工技術	自由曲面加工	面精度	曲率半径 (精度は2%以内で)		100 μm		10 μm		5 μm		1 μm	0.1 μm	マイクロタービン、流体デバイス	
					加工可能な方向 (面)	対象面数			1軸周り全方位							全方位		
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	立体構造上へのパターン形成技術	加工可能な方向 (面)	対象面数										MEMS全般 (光、RF、パワー、ファイブ)		
					平面 (表裏面)													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	メカニカルリソグラフィ	立体上への形状転写											特殊プリズムなど立体的な光学素子		
					立体へのアライメント技術													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	3次元光リソグラフィ技術	加工面の自由度、垂直壁面	5 μm	1 μm			0.5 μm			0.1 μm		50nm	実装部品		
					加工面の自由度、垂直壁面				斜面にdry異方性エッチング			垂直面にwet等方異方性エッチング					垂直面にdry異方性エッチング	
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	シングルポイントプロセス技術	最小線幅/スペース	EB:10nm										LSIパターンニング		
					局所 (エッチング) 除去加工	最小加工サイズ											つなぎ精度20nm	つなぎ精度5nm
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	2次元表面分子膜技術	無欠陥、もしくは欠陥制御	100nm角	1 μm角								50 μm角	分子認識チップ、ナノ潤滑膜		
					無欠陥、もしくは欠陥制御	100nm角	1 μm角								50 μm角			
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	ナノピラー形成技術	サイズの制御性											深さ、直径、周期のばらつき原子レベル		
					デモンストレーション													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	ナノボラス形成技術	材料選択の幅											機能性材料の組み合わせによるデバイス加工		
					ウェットによるSiなどの知られた材料													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	バイオ	共通	ナノプローブエッチング加工技術	先端部加工精度 (面内均一性)										6インチ基板全面で	走査型マルチプローブ顕微鏡		
					±10nm										±1nm		±1nm	
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	ナノプローブエッチング加工技術	同時加工数 (プローブ数)	1E6本/cm ²								2.5E9本/cm ²	2.5E9本/cm ² 以上	走査型マルチプローブ顕微鏡		
					同時加工数 (プローブ数)	1E6本/cm ²									2.5E9本/cm ²		2.5E9本/cm ² 以上	
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	超高共振周波数ナノカンチレバー加工	カンチレバー機能											チップ劣化の少ない方式解明		
					チップ劣化の少ない方式解明													
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	被加工領域の損傷の低減	半導体領域の削れ量	10nm			5nm						1nm	ユビキタスセンサーチップ、モバイル機器端末用センサーチップ及RFMEMS、車載用センサー、医療介護用バイタルサインセンサー		
					MEMS加工部の最大アスペクト比	2.5			20		50		100	500				
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	共通	共通	被加工領域の損傷の低減	MEMS部の最小加工寸法	2 μm			0.5 μm				0.2 μm		0.1 μm	50nm		
					混載LSIの加工寸法	350nm				180nm				90nm		45nm	10nm	

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)					
分類-1	分類-2																				
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	機能性材料厚膜形成技術	共通	機能性膜の厚膜化と高速化・高品質化	膜厚	50μm	100μm	1mm角程度までハル材で可能という前提で…			500μm			1mm	5mm	アクチュエータ全般:旧、MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ(スキヤナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキヤナ(1次元~3次元)					
				成膜速度	1μm/min	10μm/min			50μm/min						100μm/min						
				アスペクト比	量産レベル、磁性材料を想定																
				多層化	3			5									10	50			
				残留応力低減(影響)	2層			4層									10層	50層			
				高配向化	曲率半径 500mm			曲率半径 1000mm													
					1mm/single material					3μm/single material								3μm/multi material	5mm/multi material	人工超格子、メモリ、センサ	
				磁性材料の高品質化	残留磁束密度 30%			70%				100%									
				配線材料の高品質化	低応力化と高再現性 曲率半径 500mm			曲率半径 1000mm													
		機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全・環境・エネルギー	半導体超格子の構造制御	膜厚ゆらぎ			<1nm							<0.1nm	<0.1nm					
	面積						数100μm角									数10cm角	数10cm角				
	ナノキャパシタの多層化・高誘電率化				層数・誘電率	単層・100			3層・300								5層・500	10層・1000	受動素子内蔵基板蓄電素子		
		平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光	誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜	平均分光反射率	90%				95%							MEMSによる波面変調素子、チューナブル分光素子				
					膜の内部応力(基板の反りに置き換えて曲率半径で判断)	曲率半径 100mm							曲率半径 1000mm								
					無線通信	膜の表面粗さと応力の制御(犠牲層含む)	表面粗さ(Ra)	10nm											0.5nm	多機能情報携帯モバイル端末	
							膜厚制御	1%以下							0.1%以下						
		共通	圧電薄膜形成	膜厚/ひずみ量(d31)	3μm/0.001% (-100pm/V)											10μm/0.01% (-500pm/V)	機能性材料厚膜形成技術の高性能圧電膜の形成もこの中に吸収				
					高分子圧電薄膜形成	微細化/発電力	1mm角/0.1MPa												10μm角/3MPa		
		3次元ナノ構造形成技術(旧、立体形状への成膜技術)	光	3次元形状表面への高密度配線	段差	50μm		100μm								300μm	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ(スキヤナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキヤナ(1次元~3次元)				
	最小線幅/スペース				20/20μm			10/10μm								5/5μm					
	シングルポイントプロセス技術				共通	ナノ機械加工(ナノフロープリングラフイー)	最小加工サイズ(最小線幅/スペース)				50nm								高効率化と大規模化 →	アクセサリを要するマイクロ機械システム	
	ナノポーラス膜形成技術	共通	細孔径制御技術	孔径	100nm角	1μm角				3μm角			10μm角	50μm角	分子認識センサーチップなど						
	ナノビアー形成技術	共通	サイズの制御性				形状の統計的評価									寸法精度のメカニズム解明					
	LSIプロセス融合成膜技術	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通	低ストレス(応力)薄膜形成	形成膜厚	0.2~5μm										エビキタスセンサーチップ、モバイル機器端末用センサチップ及びRFMEMS、車載用センサ、医療介護用バイタルサインセンサ					
				残留応力	0.2GPa			0.1GPa									0.1~40μm				
				耐久性薄膜形成	耐疲労・吸湿・透湿性(特性変化率/10年)	1%			0.50%								0.20%	0.10%			
				混載LSIの加工寸法	350nm				180nm									90nm	45nm	混載LSIの多機能化 →	
				3次元ナノ構造形成技術	共通	光学無機レンズ、バイナリレンズエンボシング	最小パターンサイズ	0.8μm			0.6μm								50nm	マイクロナノオータ変位計測センサ、マイクロミラー応用デバイス、凍結センサ	
	成膜技術	マイクロプレス成膜技術	共通	レンズ形態	凹凸形状レンズ											マイクロミラー応用デバイス、凍結センサ					
				面積	10mm角	2インチ	4インチ										12インチ	20インチ			
				ナノフォーミング技術	共通	マイクロ打抜き加工	最小加工サイズ	100μm	50μm				30μm					10μm	在宅診断のためのモバイルヘルスケアシステム、分散型ネットワークによる広域環境モニタリングシステム、超小型モバイル分析システム、超高速スクリーニングシステム、卓上型化学合成システム		
				マイクロ鏡造	共通	マイクロ鏡造	最小加工サイズ	100μm	50μm				30μm					10μm			
				ナノ転写・形成複合プロセス	共通	転写面積・回数	1mm角・1回						5mm角・5回					10mm角・10回		20mm角・20回	受動素子内蔵基板
				マイクロエンボス加工技術	光	アレイレンズエンボシングの面積積化	面積	10mm角	2インチ	4インチ								12インチ		20インチ	マイクロナノオータ変位計測センサ、マイクロミラー応用デバイス、凍結センサ
				マイクロ粉体成形加工技術	共通・バイオ	ナノ粉体サイズ			1μm				50nm							数nm	ウエハレベルパッケージング構成での共通基盤技術
				マイクロ鏡造技術	共通	ウエハレベル貫通電極形成	アスペクト比(孔径/深さ)	50			薄化により配線径微細化 →										
						孔径	10μm	5μm					2.5μm					0.5μm			
						ピッチ	20μm	10μm					5μm					1μm			
			加工温度	100℃				80℃													
			貫通孔の変形加工	シフト量				500μm					1000μm								
			分岐数					1本→2本						1本→4本							
	3次元ナノ構造形成技術	共通	高難型(微細化・高アスペクト化)	加工寸法	2μm			1μm						0.5μm	50nm						
		共通	3次元マイクロ型表面のナノ構造形成	加工寸法	10μm			50μm						200μm	1mm						
		共通	ホットエンボス加工	加工寸法	数百nm	100μm			50nm				20nm	10nm							
		共通	ホットエンボス加工の3次元形状度	曲率半径	∞			10cm						1cm	500μm						
		共通	3次元の立体型の離型性向上やホットエンボスされた高分子材料の3次元表面を選択的に修飾	パターン位置合わせ精度	5μm									<1μm	<100nm						
		共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	1μm									0.5μm	100nm						

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)				
分類-1	分類-2																			
形成技術 (機能化・表面改質)	ナノ機能材料選択的 形成技術	ナノ材料局所形成技術	無線通信	ナノ材料の選択的 形成(位置制御)	位置精度	±2μm		±1μm							±0.2μm	±100nm	多機能情報携帯モバイル端末			
				ナノ材料の選択的 形成(厚み制御)	厚み精度	<0.2μm		<0.1μm										<0.05μm	<10nm	
				ナノ材料の選択的 形成(形成領域)	最小領域	φ2μm		φ1μm					φ0.8μm						φ0.5μm	φ100nm
				選択的ナノインテ グレーション	微細化	50nm							20nm						数10nm	数10nm
		ナノ材料ウエハレ ベル形成技術	共通	CNT/ナノSiワイ ヤーのCVD選択形成	位置択性	直線選択 架橋30%	直線選択 架橋70%					直線選択 架橋100%							MEMS/パッチ マイクロモビークル	
						位置精度	1μm		200nm			100nm								数10nm
		生体機能 材料形成 技術	生体分子配向技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	配向分子	配向分子													ビルドアップ基板 携帯電話用基板・PC用基板	
						細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術	細胞配置・カプセル 化技術		細胞配置・カプセル 化技術
		機能性表 面形成技術 (界面制 御・表面 修飾技 術、加工 損傷回復 技術)	化学的・バイオ的表 面修飾技術	エネルギー、環 境、医療・福祉 (旧、バイオ)	化学・バイオ物質の 表面パターンニング/ 流路内	パターン解像度 (親着性制御、タン パク等の吸着制 御)	流路全体の修飾 mmオーダー			10μm									マイクロ化学システム共通技術	
						パターン解像度 (微生物)	流路全体の修飾 mmオーダー			10μm										
生体分子機能保持し たパターン形成(ソフ トリソグラフィ)/基 板上	パターン寸法							1μm										単分子レ ベル		バイオインターフェース
適切な官能基を持つ 分子の付加&自己 組織化	付加機能					親・疎水性														
分子の自己組織化 現象応用界面制御 技術	安心・安全			SAMアンカー膜形 成・最適技術	配向制御精度	配向制御精度	60%				80%							>95%	バイオ分析マルチプローブシ ステム	
						最大面積	50×50mm					200×200 mm								
ナノ粒子自己整列技 術	共通			再構成膜	安定性	安定性	10分程度	30分程度				2時間					90%	99%		
						膜タンパク質チップ 形成	同時計測チャンネル 数	1チャンネル					4チャンネル			9チャンネル				25チャ ネル
金属・有機半導体の 界面制御技術	共通			細胞親和性の制御	分解能	分解能	50μm					1μm						50nm		
						選択比	1													50
有機・絶縁膜の界面 制御技術	共通	細胞親和性の制御	機能発現制御可 能な生体	機能発現制御可 能な生体		細胞				細菌					酵母	高等微生物まで				
				生体親和性の制御																
印刷方式表面修飾 技術	共通	ナノ化学修飾・ダイレ クトリソグラフィ	パターン寸法	パターン寸法	100nm				50nm						10nm		フレキシブル構造のMEMS			
				同時処理種類数	2種類					10種類						50種類		増大		
				位置決め精度	±50nm					±10nm								±10nm		
				修飾量	150aL					20aL								1aL		
加工損傷回復技術	共通	高分子圧電薄膜形 成	微細化/発生力	微細化/発生力	一般的な高分子圧電体(PVDF)の圧電定数d31 <30pC/N				35pC/N						40pC/N					
				回復解像度	1μm	100nm				10nm							1nm	原子レベル		
LSIプロセス融合成 形技術	MEMS・半導体共存 構造の成形技術	共通	シリコン/金属3次元 構造成形の平坦化 加工	成形膜厚	5μm			10μm			20μm			40μm	膜厚増大	ユビキタスセンサーチップ、モ バイル機器端末用センサチップ 及びRFMEMS、車載用センサ、 医療介護用バイタルサインセン サ				
				平坦性	100nm				50nm			20nm			10nm		平坦性向上			
				混載LSI加工寸法	350nm				180nm			90nm					45nm	混載LSIの多機能化		
				Q値		80,000			100,000			300					500	150,000 1000		
可動ナノ 構造形成 技術	共通	立体ナノ構造と駆動	駆動周波数	駆動周波数		5.1MHz (真空中)			10MHz (真空中)	1MHz (高速AFM 用)				5MHz (高速AFM 用)	100MHz (真空中) 10MHz (高速AFM用)	ナノ・マイクロエレクトロニクス MEMS発振器 ビデオレートAFM				

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
分類-1	分類-2																	
異種融合技術	ナノ/バイオ融合技術	界面制御技術	環境、医療・福祉	細胞親和性の制御	分解能	50 μm				1 μm					50nm			
					選択比	1				10				50				
					生体親和性の制御	機能発現制御可能な生体		細胞					酵母	高等微生物まで				
		活性細胞融合技術	環境、医療・福祉		活性寿命	1時間				半日				1週間	半年			
					種類	1種類							複数細胞	臓器レベル				
					細胞個数	多細胞							単細胞					
	活性生体分子融合技術	環境、医療・福祉		寿命	1時間				半日				1週間	半年				
				個数・種類・配向	多分子								1分子	分子レベル				
	3次元構造形成技術	異種材料レイアバイレイア積層技術	共通		分解能	数100 μm				数10 μm					1 μm		分子レベル	
					種類	2種類				4種類			10種類	20種類				
					温度:実用強度を確保	300°C				有機材料 200°C			たんぱく 100°C	バイオ材料 常温				
異種材料の厚膜積層技術		共通		膜厚	20 μm	50 μm			100 μm						2mm			
				横分解能	10 μm	5 μm			1 μm				100nm					
				材料組合せ・性質	無機/無機 5	10	無機/有機	20	無機/バイオ			50						
パターン付き成膜および多層化技術		共通		層間アライメント精度	20 μm	10 μm			2 μm						200nm			
				膜厚	1 μm	2 μm			2 μm					1mm				
				横分解能	20 μm	10 μm			2 μm				200nm					
メカ/バイオ/半導体ハイブリッド積層技術		共通		層間アライメント精度	40 μm	20 μm			4 μm						400nm			
				膜厚	100 μm	200 μm			500 μm					10mm				
				横分解能	50 μm	10 μm			1 μm				500nm					
3次元ナノ構造移植・積層技術	共通	モールド/移植材料間の密着力制御	パターン寸法	50 μm				10 μm					1 μm	500nm	異種材料積層デバイス、フォトニック結晶、バイオフィルター、立体配線			
			アライメント精度	1 μm				500nm				100nm	50nm					
			移植面積	10mm角				50mm角				100mm角	500mm角					
	共通	新機能材料の微細パターンニングと制御	パターン寸法	50 μm				10 μm					1 μm	500nm		Nano on MEMS		
			アライメント精度	1mm				500nm				100nm	50nm					
自己組織化技術	セルフアライメントによる位置決め技術	共通	界面結合の形成、パターンニング寸法	20 μm	10 μm			5 μm						200nm				
	マルチCNTプローブ製造技術	共通	大量合成技術、長さの制御		1mm以上			5mm						短尺化(数 μm)				
配線技術	ナノホール選択金属成長技術	共通	選択成長可能寸法	ホールサイズ	100nm				50nm					10nm				
				アスペクト	5				10				20					
	ナノワイヤ選択配線技術	共通	選択配線手法	メッキ					カーボンナノチューブ					ウイルス				
				CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	生体分子の自己組織化利用	配列間隔	タンパク質利用10nm	1次元配列化10nm				2次元配列5nm	電子デバイスへの応用				
	CNT配線技術	共通	選択成長技術	触媒粒子径	7nm		7nm						3nm	マルチストレージデバイスへの応用				
				密度	電界集中利用 1本/10 μm角				2次元配線 1本/1 μm角				2次元配線 1本/0.5 μm角	集積回路への応用				
	自律的配線形成技術	共通	生体分子の自己組織化利用	適用デバイス	DNAによる網目配線		DNA利用 ひずみゲージ		DNA利用 単電子デバイス									
伸縮性導体形成技術	共通		加工精度					10 μm オーダ				1 μm オーダ	100nm オーダ					
組立技術	界面制御を利用した自律組立技術	共通		種類	2種類				5種類					種類増大				
				収率	60%					60%			80%	90%				
界面物性評価技術	界面物理化学評価技術	共通		評価対象	電子・正孔				モルフォロジー欠陥					バイオ信号				
	ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通	プローブ先端磨耗	評価対象		単一-Siプローブ 撥水性Siプローブ	CNTプローブ DLCプローブ	アレイ化Siプローブ	アレイ化DLCプローブ		高信頼、長寿命マルチプローブ作製指針確立		評価技術の標準化	マルチストレージデバイスへの応用				

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)	
分類-1	分類-2				2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年		
プロセス 連続化・ 大面積化 技術	プロセス 大面積化 技術	大面積高密度マルチ プローブ加工技術	共通	密度	20 μmピッチ		20 μm ピッチ		20 μm ピッチ		10 μm ピッチ				5 μmピッチ		
				面積	4インチ 形状均一性10%		4インチ 形状均一 性1%		6インチ 形状均一 性1%	均一性向上 →							
		高品位厚膜の大面積・ 連続プロセス化 (mオーダ)技術	共通	基板サイズ (液晶パネル参 照)	G8: t=0.65mm 2.16m × 2.46m			G10: t=0.65mm 2.8m × 3.0m									
		大面積ナノパターン 加工技術(ナノ・マイ クロ加工技術)	共通	高段差底部の微細 パターン形成	解像パターン(段 差状のステップの 解像度)	段差=50 μm 200nm			50nm			10nm		5nm			MEMS全般(光、RF、パワー、 ファイン)
	高精度アライメント: 大面積(mオーダ)サ ブmm精度アライメン ト技術	共通		液晶用位置決め 装置参照 ストローク×位置 決め精度	3m × ±0.25 μm				4m × ±0.25 μ m						6m × ±100nm		
	印刷によ る成膜技 術	印刷方式表面修飾 技術	共通	高分子圧電薄膜形 成	微細化	1mm				0.3mm						0.1mm	電子機能性インク開発:ナノ粒 子、導電性ポリマーを含む塗布 型有機半導体有機・無機ナノ コンポジット高機能絶縁膜
					発生力	1g				5g						10g	
			高精度ロールtoロー ル印刷	パターン寸法(イン クジェット)	5 μm				1 μm					0.1 μm	50nm		
				パターン寸法(オフ セット)	1 μm				0.2 μm					0.02 μm	10nm		
		マイクロナノ印刷技 術	共通	グラビア等転写印刷 技術(微細化・高速 化)	パターン精度・印 刷速度	1 μm/ 1m/min				100nm/ 10m/min					10nm/ 50m/min	10nm/ 100m/min	大型ディスプレイ、テレビ
インクジェット印刷技 術					パターン寸法	5 μm			1 μm					0.1 μm	50nm		
プロセス 連続化技 術	大面積印刷のレジス トレーション(重ね合 わせ)技術	共通	位置精度		20 μm				5 μm					1 μm	200nm	大型ディスプレイ、シート状・積 層デバイス、パッケージング	
				パターン寸法	10 μm				1 μm				500nm	100nm			
		緊き目精度	5 μm				500nm				100nm	20nm					
		成形面積	100mm角				200mm角				400mm角	1m角					
	連続EBプロセス技 術	共通	適用装置										電子ビーム誘発堆積 による超高精細ワイ ヤボンディング技術 の確立	10 μmピッチボンディ ングワイヤ			
	連続FIBプロセス技 術	共通	堆積+エッチング連続 加工による3次元デ バイス形成					微小デバイスFIB内マニピュレ ーションによる3次元加工装置の 実現						微小センサ実現			
	前・後処 理技術	表面清浄 化技術	共通	微細加工3次元形状 洗浄	異物数/ウエハ	≤10個/ウエハ									≤10個/ウ エハ	MEMS製品の歩留まり安定化 &低コスト化実現のための共通 基盤技術	
					対象異物サイズ	≥0.3 μm									≥0.01 μm		≥3nm

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
分類-1	分類-2																	
検査・評価技術	各種検査・評価技術	形状測定技術	共通	非接触3次元形状計測・評価	アスペクト比	10(深さ100μm、溝幅10μm)			50(深さ500μm、溝幅10μm)		50(深さ500μm、孔径10μm)			100(深さ500μm、孔径5μm)	500(深さ500μm、孔径1μm)	3次元構造を有するMEMSセンサ、アクチュエータ共通技術		
				3次元形状表面の非破壊膜厚分布計測・評価	側壁膜厚測定精度	mm幅、mm深さ、μm膜厚					100μm幅、数10μm深さ、0.1μm膜厚		10μm幅、数10μm深さ、0.1μm膜厚	1μm幅、数100μm深さ、1nm膜厚				
				3次元形状表面の非破壊粗さ分布計測・評価	側壁粗さ測定精度	できていない					100μm幅、数10μm深さ、100nm rms		100μm幅、数10μm深さ、50nm rms	100μm幅、数10μm深さ、10nm rms				
	強度等デバイス特性評価技術	共通	共通	気密封止評価	検出レベル	できていない				デバイス寸法					ウエハレベル 8インチ	ウエハレベル 12インチ		
				ウエハレベル接合評価	計測感度	ボイドサイズ 1μm	0.5μm			0.2μm						0.1μm	0.01μm	
				接合後のギャップ精度評価	接合後のギャップ精度						1μmキヤップが±0.5%で					1μmキヤップが±0.1%で	1μmキヤップが±0.03%で	
				ウエハレベル接合応力分布評価	測定精度	できていない	単結晶材料 平面分解能 10μm 応力測定精度 1 Mpa				非晶質材料 平面分解能 10μm 応力測定精度 1 Mpa					非晶質材料 平面分解能 10μm 応力測定精度 1 Mpa	非晶質材料 空間分解能 10μm 応力測定精度 1Mpa 非破壊3次元分布	
				疲労試験	試験法策定	できていない		引張り試験法策定 (Si)			曲げ試験法策定 (Si)		振れ試験法策定 (Si)			Si系材料、金属、プラスチック材料 疲労試験規格成立	Si系材料、金属、プラスチック材料 電気的疲労試験規格成立	可動構造を有するMEMS製品全般
				衝撃試験	試験法策定	できていない		研究レベル			規格化開始					Si系材料、金属、プラスチック材料 疲労試験規格成立	Si系材料、金属、プラスチック材料 疲労試験規格成立	可動構造を有するMEMS製品全般
	システム信頼性評価技術	無線通信	高周波対応システムの信頼性評価	規格の制定			評価法確立									集積RF-MEMS		
	生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉	共通	生体情報のその場観察装置 & 計測操作	計測可能細胞、分子寸法・計測時間	1S 100nm								1S 50nm	1S 10nm	1S 1nm	ファインMEMS	
				計測温度制御	1°C	0.5°C						0.1°C		0.01°C				
				電気的計測分解能	単一細胞	複数チャンネル						単一チャンネル						
				化学的計測分解能	複数細胞	単一細胞					複数レセプタ	単一レセプタ						
				細胞操作	溶液中細胞のMEMSによる物理的ソフトハンドリング	把持力検出機構の導入					複数MEMSによる多自由度細胞操作							
微小領域における物理量計測技術	共通	共通	分子レベルでの温度計測	光による温度計測	光ファイバ+AFM		極細光ファイバによる集光			AFMプローブ(光ファイバ)先端の微細化					光強度を測定できる原子間力顕微鏡、熱伝導率を測定できる顕微鏡、定量測定可能な走査型熱顕微鏡(SThM)、無配線で圧力を送信できるシステム			
			温度・圧力等の分布	走査型熱顕微鏡	温度センサ付AFM(SThM)プローブの先鋭化	温度計測の定量化(マイクロヒータの付加)	AFMプローブ(SThM)先端の微細化(〜20nm)											
			ひずみセンサ	半導体による測定	センサの微細化	センサと増幅回路、送信回路の一体化												
検査評価用解析技術	共通	共通	検査評価用解析技術のシステム化	対象材料/プロセス			MEMS材料/プロセス			ナノ材料/プロセス				バイオ材料/プロセス				
			MEMS材料加工をインテグレートしたマルチプロセスの解析	対応可能なプロセス種	シリコンプロセス解析				ナノ材料・MEMS統合プロセス解析			バイオ材料・MEMS統合プロセス解析						
			実装信頼性評価	試算誤差	できていない	50%					10%							
システム化解析技術	共通	共通	システム化技術の高度化	対応可能な素子	単一MEMS素子	複数MEMS/IC			ナノ材料/MEMS素子					バイオ材料/MEMS素子				
			ナノ/マイクロ/マクロ境界領域の解析モデリング技術	解析できる現象計算精度と時間および結果の可視化技術	対象境界	異種材料とのハイブリッド			複数材料を含むモデリング			作製プロセスを考慮した構造・機能最適化						
			マルチフィジクスシミュレーション	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析	強連成・弱連成を含めたモデル化および解析手法の確立	計算精度と計算時間	部品レベル	微小領域におけるシステムレベルでの解析			数部品から数十部品レベルでのシステムシミュレーション		回路を含む前システムレベルでの解析					
			分子オーダーメゾオーダーまでの解析	分子オーダーメゾオーダーまでの解析	第一原理からMDおよび連続体近似を含めたモデル化と解析手法の確立	解析できる現象計算精度と時間および結果の可視化技術	単一物質・単一格子レベル			単機能構造部品レベルでの解析		システムレベル						
データベース構築	共通	共通	MEMS材料の試験評価法と材料特性データベース	対応可能なDB対象	シリコン系材料DB		高分子系材料DB		ナノ材料DB				バイオ材料DB	DB充実	MEMS製品全般			
			多品種少量・省エネフレキシブル加工システム	MEMS製造技術の小型化・省エネ化・フレキシブル化	装置寸法	単独プロトタイプ機	(1800x1800上に4ユニット連動)プロトタイプ			1800x900に6ユニット(精度も同等)			1800x900で通常MEMSシステム同等(精度も同等)	小型化	製造システム 医療用等現場製造・単品製造品目			
製造システム技術	共通	共通	共通	消費電力		15kW以下			5kW以下				2kW以下	1kW以下				
				生産スループット	できていない	10min/デバイス			5min/デバイス				1min/デバイス	0.1min/デバイス				

第4章 タスクフォース委員会議事録

4. 1 第1回委員会議事録

日時：平成18年9月28日（木）13：30～15：30

場所：NEDO（川崎）1601会議室（16階）

出席者（23名 以下敬称略）

委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	明渡 純	（独）産業技術総合研究所 集積加工研究グループ長
	小寺 秀俊	京都大学 大学院 工学研究科 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 助教授
	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	佐藤 文彦	オムロン(株) 先端デバイス研究所 RFSW 推進プロジェクト
	荒川 雅夫	松下電工(株) 生産技術研究所微細プロセス開発センター 所長
	大和田 邦樹	国際標準化工学研究所 所長
	小池 智之	財) マイクロマシンセンター 調査研究部長

オブザーバ

	安達 淳治	財) マイクロマシンセンター 調査研究次長
	磯川 俊彦	財) マイクロマシンセンター 第1研究開発課長
METI	亀屋 俊郎	産業技術環境局 研究開発課 課長補佐
	高島 浩	産業技術環境局 研究開発課 産業技術企画調査員
	三宅 晃司	産業技術環境局 産業機械課 情報化推進係長
NEDO	小澤 純夫	機械システム技術開発部 部長
	阿部 一也	機械システム技術開発部 主任研究員
	一ノ瀬 祐亮	機械システム技術開発部 主査
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
事務局	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 主任研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	中原 洋二	(株)日鉄技術情報センター 速記
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター

欠席者

委員	橋口 原	香川大学 工学部知能機械システム工学科 教授
----	------	------------------------

配付資料

議事次第

配付資料リスト

資料 1-1 委員名簿（案）

座席表

資料 1-2 本年度における「技術戦略マップ」の策定・活用方針について

資料 1-3 MEMS 分野の技術戦略マップ

資料 1-4 MEMS 製造技術のロードマップ（総括表）

資料 1-5 MEMS 国際標準化動向についての紹介

議事次第

1. 出席者挨拶
2. 平成 18 年度の技術戦略マップのローリングについての説明
3. 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介
4. MEMS の標準化動向についての紹介
5. ローリングについての全体討議
6. 今後の予定

議事要旨

藤田博之東京大学教授に委員会の委員長をお願いすることにして、出席委員の了承を頂いた後、会議を始めた。

0. 出席者挨拶

亀屋 経済産業省課長補佐 本委員会は経済産業省が策定している技術戦略マップの MEMS 分野に新しいものを追加し、さらに見直して、いいものにしていく作業をお願いする委員会なのでよろしくお願いいたします。

小澤 NEDO 部長 MEMS は今後の NEDO の研究開発の柱になっていく分野だと認識していて、今後も大きな期待をしている。技術戦略マップについては、今後の研究開発プロジェクトの道しるべを示していただくということだと思うので、過去の経験も踏まえて、ぜひ知恵をお借りしたい。

藤田委員長 技術戦略マップが MEMS の現状でどこまで描けるかということ、まだまだ発展途上の技術であるので、夢の部分をかなり大きく描かないといけない。皆さんで新鮮なアイデアを出して、先をリードする夢のあるローリングにしたい。

その後、各委員の自己紹介を行った。

1. 平成18年度の技術戦略マップのローリングについての説明

亀屋 経済産業省課長補佐

資料 1-2 の中の、経済産業省「技術戦略マップ 2006」の概要のパワーポイント資料に従っての説明。

技術ロードマップの役割は、①拡大された技術の将来像提示、②対話の手段、③産業界や政府を引きつける手段、④技術への刺激と技術進歩の監視、⑤技術の可能性を示す指標、の五つである。

国内外におけるロードマップ策定の動きとしては、現在、産業界主体のもの、産業界・アカデミア・政府コラボ（政府主導型）、政府主体のものなどがあるが、産業界主体のものとして国際半導体ロードマップ（ITRS）、光技術関係のロードマップ（日本の光技術協会）が有名である。

テクノロジーマップの種類には民間企業、業界団体、政府が策定するものがあるが、経済産業省が技術戦略マップを策定することの目的は、①研究開発投資に対する考え方、内容、成果等についての国民への説明責任。②重要技術の絞り込みを行い、METI が研究開発プロジェクトを企画立案するための政策インフラの整備。③異分野・異業種の連携、技術の融合、関連施策の一体的実施等など産学官の総合力の結集である。

策定分野は①情報通信分野、②ライフサイエンス分野、③環境・エネルギー分野、④製造産業分野であり、MEMS は製造産業分野に入っている。

策定プロセスとしては分野ごとに NEDO 等に設置した総勢 400 名の産学官の知見を結集したタスクフォースにおいて原案を作成する。タスクフォースの親委員会として、産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会（委員長は西尾茂文東大副学長）があり。ここで最終的にオーソライズして公開される。

技術戦略マップは 3 重構造になっている。①導入シナリオ：研究開発成果が世の中に出ていく筋道と、そのための関連施策を示したもの、②技術マップ：技術課題を俯瞰し、重要技術を絞り込んだもの、③技術ロードマップ：求められる機能等の向上・進展を時間軸上にマイルストーンとして示したもの。これらの例がその後ろに示されている。

資料 1-2 の中の、本年度における「技術戦略マップ」の策定・活用方針について～技術戦略マップの運営と活用～のパワーポイント資料に従っての説明。

「技術戦略マップのローリング基本方針（案）」は決定されたが、（1）「技術戦略マップのローリングサイクルの確立と定着」において、研究開発戦略と標準化戦略の一体化を、ロボット、MEMS、部材等で検討することが了承された。（2）「技術戦略マップの内容の充実および拡充」においては、②「技術動向等に応じたアップデートを主として実施する分

野」として MEMS が含まれている。このアップデートが一つの大きな目標で、もう一つが標準化の部分の検討である。

今後の予定としては第 17 回研究開発小委員会が秋の 11 月 13 日月曜日に予定され、ここでローリングの中間報告（その 1）をする。第 18 回が冬で中間報告（その 2）を行い、第 19 回が春で 2007 年版の技術戦略マップ（案）を決定し、その後に公表する予定である。できれば 3 月いっぱいやりたいたいと考えているので、よろしくお願ひしたい。

MEMS のロードマップ策定に関しては、本年度中に全体で 3 回、第 2 回を 12 月の中旬から下旬、3 回目を 2 月上旬から下旬に予定している。2 回目と 3 回目の間にメールベースによる意見交換を実施したい。アップデートしていくという形になっているので、基本的には昨年までのロードマップに付加するイメージで、大々的な改訂は行わない。しかし標準化の部分は導入する。

市場動向調査については、2006 年を見通した市場動向調査のデータがあるが、相当陳腐化していると思われるので、新しい視点から将来の方向性を加味したアンケートを実施して、データ集計をした後でロードマップに反映したいと考えている。

藤田委員長 MEMS は非常に研究開発要素の多い分野で、世界的な目で見るとロードマップを公表すると言うことは手の内を明かすようなことにもなるが、そのへんをどういう考えでやられるのか、ここではどういうことに留意すべきか伺いたい。

亀屋 経済産業省課長補佐 財務省に MEMS の予算を要求する時点で、開発のスケジュールを見せないと予算を獲得しづらいということがある。本当に企業の中で秘とする部分、見せられない部分は、ここで出す必要はないと考えている。

一ノ瀬 (NEDO) 作られた資料には非公開版と公開版があつて、公開版では手の内を明かす必要はない。

荒川委員 市場動向調査に関して MEMS の市場はデバイス外販とインハウスで自社内で製品に組み込む場合があるが、市場動向調査はどういう形で考えるのか

小池委員 マイクロマシンセンターの従来のやり方は、MEMS 寄与率や MEMS 化率を推定して、全体の市場の MEMS の大きさを算定しているが、今回は各 MEMS メーカーにアンケートをして、出していただける部分は取り込んでいくことを考えている。

加藤 (事務局) 補足説明。本委員会と並行して、マイクロマシンセンターと日鉄技術情報センターと一緒に市場動向調査をやる計画である。

2. 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介

日野 (事務局) 資料 1-3 および資料 1-4 の説明。

資料 1-3 は経産省と NEDO のホームページで公開されている MEMS に関する技術戦略マップ一式で、24 分野のマップの一つである。産総研／先進製造プロセス研究部門 前田グループリーダーを委員長とした委員会で作成したものです。大学関係は橋口委員以外は今回

の委員と重複しておりません。企業側委員は過去2年間継続参画していただいております。

平成16年度は出口をイメージして光グループ、RFグループ、バイオグループ、実装グループ、設計・シミュレーショングループに分けてグループワークを行ったが、「出口で整理するのではなくて、あくまでも製造プロセス技術での整理を」という指示があったので、そういうマップになっております。1年目では導入シナリオを作っていないので、平成17年度はそれを作った。

1～3 ページは全体を総括的に記載したもので、Iは基本的な考え方、IIは導入シナリオである。平成16年度版では、この項目は「MEMS分野の課題及びMEMS政策」であったが、中身は同じ。IIIは技術マップ及びロードマップである。

重要技術としては、①MEMSの高機能化、低コスト化に大きく貢献する技術。②MEMS全般に広く貢献する基盤技術とし、それらの技術開発の重要性を示している。

3 ページは10年後のMEMS製品の具体的なイメージです。

4～5 ページが環境整備（基盤整備）や導入普及促進、規制緩和、その他の施策と併せてMEMS全体の研究開発をどう進めていくかというシナリオである。

時間軸は2025年まで引いてあるが、堅いところでは2015年までを想定している。1枚目は企業、大学等のMEMSにおける研究開発の取り組みの流れ、2枚目はそれを支える国の戦略ないしはシナリオである。国の戦略の中に標準化について記載している。

6 ページは「MEMS分野の技術マップ」と称して整理したもので、MEMS分野の製造技術について、ある程度階層的に分類した一覧表になっている。ここではMEMSの製造技術をエッチング技術から製造システム技術まで大きく8分類して、それぞれに中分類、小分類を設けた。また右側の「分野」はそれらの製造技術の主な適用分野で、光、RF、バイオ、センサ、共通という主な出口で分類している。表の中で緑色に塗ってある部分は、昨年までの委員会の議論で決定した国が関与すべき重要技術を示しています。白地の部分でもきわめて重要な技術課題もありますが、委員会で相対的に見て企業主導で進むのではないかと判断して重要項目からは外している。

7～9 ページがMEMSの製造技術のロードマップで、6ページの表の重要項目について、さらに階層化した技術課題を示している。またロードマップの目標数値に関しては、MEMSグループでは「量産を意識しつつ研究開発のプロトタイプのレベルで再現性を持って到達できるレベルの数字」という考え方をしている。

10 ページはMEMSの競争力比較で、平成16年度での特許、論文、市場動向についての整理である。

資料1～4は「MEMS製造技術のロードマップ（総括表、H17年度見直し）」で、最後の紙は公開版だけではなく、委員会で検討したすべての技術項目について展開したものである。**藤田委員長** 二つのマップがありますが、ここでは全部含んだ方で議論して、その中で適切なものだけ公開版にピックアップするという作業をすることになるのですね。

小寺委員 資料1-4のロードマップに書き込まれている数値の根拠はあるのか。

加藤（事務局） 詳細なデータがあるものではない。

一ノ瀬（NEDO） 前回までの委員会では「研究室ではないが、量産レベルでもない、その中間的なもの」としての妥当な数値を言ってもらった。

荒川委員 16年度と17年度では、どの部分が大きく見直されたのか。

三宅（経済産業省） ロードマップのベースは16年度で、その見直しを17年度で行い、赤い部分が見直しです。また、16年度版には導入シナリオがついていないので、17年度にそれを作成した。

3. MEMSの標準化動向についての紹介

大和田委員 資料1-5の説明。

MEMS 国際標準化に関して日本が提案している規格の進捗、海外から提案されている規格と日本の対応、それから将来に向けたMEMS標準化について、マイクロマシンセンターで委員会を立ち上げてロードマップを作成しようとしているので、その進捗状況あるいは現状について報告する。

国際組織IECの中にMEMSを取り上げているワーキンググループとしてTC（テクニカル・コミッティ）47がある。TC47は半導体デバイスの分野で、その中にあるWG4がMEMSを扱っている。このほかSC47Eにはセミコンダクターセンサ、半導体センサのワーキンググループがあって、ここでもMEMSを一部扱っている。

2ページの図の下半分が国内での標準化で、経産省の日本工業標準調査会（JISC）がIEC、ISOの受け皿になっていて、そこから指定された審議団体に審議している。TC47はJEITA（日本情報技術産業協会）が指定されているが、TC47国内委員会のあるJEITAにはMEMSの専門家がないので、MEMSの実質的な審議はマイクロマシンセンターでやっている。この中には標準化事業委員会があって、専門用語委員会、材料特性標準化委員会、疲労試験標準化委員会などを立ち上げて、日本からの国際規格案の作成を行う。また海外で提案された規格案に対しては海外規格調査検討委員会を作って対応している。

3ページはTC47/WG4の概要で、このWGは1997年にIEC TC47 ソウル会議で発足し、コンビナー（主査）はUKのターナーさんと私がやっている。メンバーは日本2名、韓国5名、ドイツ2名、フランス、アメリカ、中国、合わせて12名、コンビナーと合わせて14名で審議する。

4ページは分野ごとに、規格化になったもの、現在審議中のもの、今後提案されるとアナウンスのあったものの一覧表で、日本と韓国が積極的だが、現状では欧米はそれほどでもない。

日本が提案したMEMS用語集、材料評価分野の薄膜引張試験法、そのための標準試験片は規格化が終了した。

現在審議中のものは、品質評価のための試験条件等の共通部分をまとめた MEMS 共通仕様書（韓国提案）、薄膜疲労試験法（日本提案）、デバイス分野の RF-MEMS スイッチ（韓国提案）である。

提案予定のものとして材料曲げ試験法、材料寿命加速試験法、ボンディング評価法、FBAR フィルタなどがある。今のところ日本提案のもののみが規格化されているが、韓国がこれから提案して来る状況にある。日本は基礎的分野が中心であるが、韓国はデバイス分野、製品分野に注力しているので、日本としては標準化戦略を練る必要がある。

5～6 ページは日本が提案しているものの現状と審議過程を示す。現在審議中の薄膜材料の疲労試験法は、2003～2005 年の 3 年間に経産省あるいは NEDO のプロジェクトで試験法から研究開発をして、2006 年の 5 月に NP として提出した。現在、投票が済んで内容的には可決されている。今後のテーマは今年度研究開発から開始している MEMS デバイス機構材料の寿命加速試験法、並びにその特性評価試験用校正試料の標準化を予定している。これらは経産省の基準認証研究開発事業として取り組んでいるので、2006～2008 年ぐらいまで研究開発をして、試験法を確立した後、2008 年か 2009 年ぐらいに提案することを考えている。

7 ページは韓国の提案状況を示す。韓国は 2004 年に MEMS 通則という信頼性評価のための試験条件を決める共通仕様書を提案して、現在 CD の段階で審議を行っている。それから昨年、RF-MEMS スイッチの国際規格案を提案している。これは製品そのものなので、日本としてもそのまま放置することはできず、RF-MEMS スイッチのメーカーを中心に 5 社ぐらいが集まり、マイクロマシンセンターの中に検討委員会を作って、いろいろな角度から問題点をチェックし、それをぶつけている。今年の 6 月にワーキンググループが開催されて、日本から問題点を全部出して、99%は韓国側も認めて、残りについても「持ち帰って検討します」ということで、かなり日本の対抗案が取り入れられている。最終的には日本の企業の利害を盛り込んだ案になるのではないかと期待している。韓国は Bonding methods and evaluation for MEMS packaging、MEMS Filter and FBAR、Strip Bending Test を 2006 年中に提案すると言っているので油断ができない。

8～9 ページでは、このような状況を受けて、日本もきちんとロードマップを作った上で、もう少し戦略的に標準化を展開していくために、ロードマップの調査研究を開始しており、その内容を示す。これは平成 18 年度の経産省の委託事業としてスタートした。ここでは主要な産業として自動車分野、携帯電話の分野に特化したデバイス製品化動向及び予測と、材料分野あるいはプロセス評価も含めた基盤技術シーズの現状と予測の 2 本柱で、標準化の有り方について調査研究をする予定である。委員会は私が委員長で、副委員長は東工大の肥後先生である。その下のデバイス分科会は、自動車分野は自動車企業、および自動車用 MEMS を検討している方を含めて 5 人の委員、携帯分野は元 NTT の山尾先生ほか企業で携帯分野の MEMS 開発をしている方など 4 人の委員が参加している。また基盤技術分科会は熊本大学の高島先生に分科会長になっていただいて、大学、産総研、企業から 8 名の委員

の方が参加して、材料評価、プロセス評価のロードマップの検討をしている。

10～12 ページは調査研究のイメージである。MEMS 製品化レベルは製品動向の予測ということで 2000 年から 2015 年ぐらいを視野に入れて自動車分野と携帯分野のセンサや RF モジュールなどの動向を調べる。

そして MEMS 製品化の障害を取り除くための標準化活動、MEMS 製品化・実用化を支援する標準化の項目、内容、時期等について調査を深める。

MEMS 基盤共通レベルとしては、基盤共通のシーズ動向と発展予測、材料評価、加工・アセンブリ技術、また MEMS の優位性が発揮でき、MEMS 固有で将来の標準につながる技術項目・内容などを調査して、ロードマップにまとめる。

スケジュールとしては MEMS デバイスの動向調査、重要標準抽出、基盤共通技術の動向調査、重要標準抽出、優先付けを行い、それを最後に標準化ロードマップとして作り出しに行く。このために全体委員会を 5 回開催する予定で、すでに 2 回行って、第 1 回は全体的な計画の概要、第 2 回は携帯分野について関連企業からヒアリングの説明と討議、分科会での問題点、今後の方向についてのディスカッションが終わった。第 3 回は自動車分野でプレゼンテーションとディスカッションを行い、その結果にもとづいて第 4 回、第 5 回でロードマップに集約する予定である。

寒川委員 デバイスの標準化というのは、非常にわかりにくい、何を標準化するのか。

大和田委員 標準化については「標準化するとすべてが決まって、競争がなくなり、残るのはコスト競争だけではないか」という意見があるが、それはまったくの誤解で、たとえば RF-MEMS スイッチでは、特性の項目を決める。RF-MEMS スイッチで一番重要な項目は、挿入損失とアイソレーションで、つないだときにきちんとつながり、どれだけ損失があるか、切ったときにどれぐらいきちんと切れるかが重要である。そういう項目の規定で、値は決める必要はない。どういう項目をもって RF-MEMS スイッチを規定するか。大ざっぱに言えば、カタログに載せる項目を決めるのが標準化である。

明渡委員 そのときに評価方法も当然入ってくると思うが。

大和田委員 もちろんその評価方法が大事である。A 社と B 社で同じ挿入損失だといっても、測り方が違えば値が違うので、評価法をきちんと同じにして、項目を決める。ただしその値はそれぞれの会社で競争する。土俵を決めるというか、枠組みを決めるのが標準化で、中身自体は各社各様のやり方での競争になる。

一ノ瀬 (NEDO) 標準化の測定方法と項目が決まったとしたら、海外に輸出するときにはその試験方法で測定しなければいけないのか。

大和田委員 その通りである。WTO の中で IEC/ISO を使うことが義務づけられている。国際貿易の場合、勝手なやり方でやって「こういういい値が出ますよ」と言ってもだめで、IEC/ISO で決められた測定法で測った値を使わないといけない。

藤田委員長 今回標準化を入れるということは、この中に標準化という枠をつくって、細

かいことをどんどん書き込んでいく作業になるのか。そこのイメージを知りたい。

加藤（事務局） 導入シナリオのあたりで、最近の動き等を入れて修正することになると思う。

高島（METI） ケース・バイ・ケースだと思う。技術マップの部分に標準化を組み込めれば、その方法でもいいが、別件で「標準化」という項目を新たに立てることも可能である。先生方からご意見があれば、縛られることなく、どんどんやっていただきたいと思う。こちらとしては、どちらでも対応可能である。

大和田委員 ロードマップの委員会も立ち上げたばかりなので、この場で「こうした方がいい」とは言いづらい。別建てのほうがやりやすいかもしれない。

藤田委員長 計測のことなどは、少し拡充しなければいけないようだ。

技術戦略マップのローリングにおいて、標準化戦略をどう取り込んでいくのか、今回は初めてだが、第2回目の委員会では、皆さんにやり方のイメージを持っていただく必要があるかと思うので、ご相談しながら準備したい。

4. ローリングについての全体討議

藤田委員長 MEMS でいま進んでいる調査や新しい話題を、皆さんからお聞きしたい。まずマイクロマシンセンターの小池委員から、取り組みについて願います。

小池委員 マイクロマシンセンターでは、いま未来デバイスということで調査をしているのでスライドで説明する。

マイクロマシンセンターは一昨年、将来技術の展望、技術ロードマップの絵を描いた。一番下のレベルに現状のMEMSがあり、単機能デバイスで、既存商品の置き換えのイメージであるが、第2世代として「高集積複合MEMS製造技術プロジェクト」ということで、多機能デバイスで必須部品を作るというステップアップを中段に描き、この部分を今年度やっている。その次もあるということで、「新たなライフスタイル創出」というイメージでMEMSの展開を想定して今年度から「MEMS フロンティア未来デバイス」の調査研究を本格的に始めている。そこではグリーンデバイス（環境・エネルギー）、ホワイトデバイス（医療応用）、ブルーデバイス（安心・安全・快適）をキーワードとしている。

今回の調査研究のイメージとしては一番上のところに20年後の社会をイメージし、「社会に革新的なインパクトを与えるものを作らなければいけない。これらの未来デバイスの実現にかかわる基盤技術をつくる」と言ううたい文句で調査研究をしていく。社会全体のニーズを考えると、環境・エネルギー、健康・医療、安心・安全・快適という3つの分野に対して先のキーワードを作った。3つのデバイスを創出するためには、MEMSとバイオ、ナノがプロセスインテグレーションした新しい革新的な製造技術も見ていく必要から、この3つのデバイスと1つのプロセスで進めている。

実施体制としては、藤田先生に委員長になっていただき、マイクロマシンセンターの中

で4つのワーキンググループに分かれてやっている。特に20年後のことを考え若いキーマンの先生方をリーダーに入れている。たとえばプロセスインテグレーションのところでは小寺先生に顧問になってもらったり、調査研究に不可欠な方々にも当然入っていただいている。

ワーキンググループがまとめ上げたものの2、3を示す。グリーンデバイスとしてCO₂を固定できるデバイスを考えた。これは大規模なところではなく、オンサイトを狙っていくイメージである。ブルーデバイスのイメージとしては携帯電話にいろいろな機能を持たせるデバイスで超微細、超集積化をイメージしたものを示す。

全体のスケジュールとして、調査研究はもうスタートしているので、来月ぐらいに概要のまとめをし、今年末ぐらいから提案のまとめ作業を始める。今回のロードマップにはこのへんから反映できると思う。

竹内委員 ホワイトグループの委員長を仰せつかっているなのでその状況について報告する。ホワイトグループでは、20年後のイメージとして「いつまでも健康で、最後まで元気」をキーワードと考えている。

ここでは人を知るようなもの、治すようなもの、常時人を見守って快適な生活を送れるようなデバイスを提案している。たとえば、細胞ではなくてMEMSでつくったデバイスも埋め込んで、常に体内に滞在しているようなデバイスや、体内を自由自在に動く体内ドクターと呼ぶカプセルを考え、そこに必要な機能、技術を洗い出している。また4次元ハイブリッドはBMI（ブレイン・マシン・インターフェース）の市場は人工臓器と絡めると何十兆円になるが、MEMSデバイスが必ず必要になる。その時にMEMSと細胞、高分子がいかに生きのまま融合できるかという基礎技術が重要になってくると考えている。

藤田委員長 なぜ4次元なのか。

竹内委員 4次元というのはわかりにくいですが、MEMSのパブリケーション技術は、いま、どんどん3次元にきている。あと1次元は時間とか環境とともに、いろいろな形に変形させていくようなものと考えている。たとえば細胞が体内に入ると、それがどんどん分化してネットワークを張っていくというデバイスをイメージしている。たとえば頸動脈の近辺にシールをはると、その中が見えるようなレントゲンシートや、超音波を発生して頸動脈の流れが見られるという健康シートなどである。

藤田委員長 補足説明。マイクロマシンのプロジェクトは1991年に始まって、いまやっとMEMSとして花開いて来ている。特に製造技術の部分でやったものが、いろいろな所で出来たということが、去年の追跡調査をしてよくわかった。それと同じようなことをいま仕込んで、20年後というスパンで考えたい。

寒川委員 プロセスインテグレーションについては共通の技術という意味と、20年後に通用するプロセス技術ということで、いま議論している。この動きを報告する。

微細化に伴って、微細加工するときの損傷が重要な問題になる。無機、有機を問わず精

度の高いダメージフリー加工技術が必要になってくると考えている。それからハイブリッドのナノ構造を作製するための複合技術、選択成長、メッキ技術。自己組織化機能を持ったボトムアップ技術、大面積で非常に微細なパターンングをしていくためのトップダウン技術とボトムアップ技術の融合。また微細なパターンをつくためのインプリントやバイオ分子を使った新しい転写技術などを議論している。

異種材料の界面接合制御技術、特に有機と無機の融合では接合界面が非常に重要なので、それをコントロールする技術が必要である。形状予測、機能予測のシミュレーションの技術、そのほかトップダウンとボトムアップを融合した各プロセス技術の高度化と統合化の検討、その場合の表面界面性技術、実装技術の重要性を考えれば自己組織的なアセンブリ技術の検討も議論している。多様な選択肢がある中で、デバイスの具体的なイメージが固まった段階で議論しながら、新しい20年後のプロセスを提案していきたい。

藤田委員長 新しい流れのお話について、他の委員の方、いかがでしょうか。

小寺委員 2017年まではどこかで聞いたことがあるものばかりで、新しいものがないので、そういうものを入れないといけないと思う。寒川先生が言われたことの中に、新しいものがどんどん入ってこないといけない。その可能性をどこかに付け加えられればと思う。

藤田委員長 具体的なローリングをどうするかということも少しイメージを合わせる必要があると思う。今、小寺先生から「新しいものを付け加えるべきだ」というお話を頂きました。

他の委員の方、いかがでしょうか。

明渡委員 標準化の話も現実的な出口のところで非常に重要である。企業の方は、それをどう反映するかには相当考えをお持ちではないかと思うが、そういう現実的なところと、20年ぐらい先を見据えた部分の戦略をうまくこの中に反映していくことが必要で、メインはこのマップの数値修正のような話ではないと思う。それが大事だと思う。

藤田委員長 細かい数値にエネルギーを注ぐより、実利にかなうところと、新しい、抜けている部分で補うべきものを補うことが大切だと言うことである。

他の委員の方、いかがでしょうか。

佐藤委員 MEMSは産業化になっているものも研究開発段階のものもあるので、一律に製造技術を語るのはかなり難しい。いままでの議論は、これから大きな市場が開かれるかもしれない光やRFが中心になっているだろうから、あとは市場調査から出て来たもう少し堅い部分と、夢のある部分を追加するような話だと思う。

藤田委員長 市場調査の結果を待たなければいけないと言うことですね。

他の委員の方、いかがでしょうか。

荒川委員 ロードマップの目的の一つである出口をどのような形に押し上げるかというイメージは、製造技術との兼ね合いだと思う。企業としては、われわれが取り込んだ場合に

どれぐらいの売上げになるか、あるいは市場のボリュームの中で、製造プロセスを今までのシリコンベースから有機系など、いろいろなものにしていかなければならないと思う。その出口のイメージで、商品的なものはどれぐらいのものか、それをどのような形で積み上げていくのかということがないとまずいと思う。

われわれは物理的なセンサ系をやっている、将来的にはバイオ系あるいは光系になるだろうが、実はその間が分からない。将来はいろいろな出口があると思うので、その間をどう埋めるかを検討し、それをMEMS屋の言葉だけではなく、異業種の人たちにも分かり易い言葉で語りたいと思う。

藤田委員長 その辺は今回の活動の中では、どう言う形で取り組んで行くと良いですか。

荒川委員 最終的な目標は、未来デバイスを国の施策に持っていかなければならないが、未来デバイスと製造プロセスのどの部分に具体的に注力すべき技術タームがあるかということがポイントで、そうすることで具体的に埋まって行く形になると思う。

藤田委員長 ちゃんと予習をしていなくて、こんなにたくさん項目がある資料を見るだけでも時間がかかりそうで、まず意味を勉強するだけでも大変かなというのが正直な印象ではあるが、先人の努力でできたものは尊重しながら、私どもはこの時点に立って何がどうかというところを大事にする。それから産業化の見通しが立ちやすくなったところで重点をどこに置くかという議論をすることを大事にしたいと感じました。

事務局からプラスアルファのご意見をいただくフォーマットを作ってからお送りいただくこともあるかとも聞いている。皆さんにお送りした時には、相談をして書いていただいても良いので、返事をよろしく願います。

5. 今後の予定

次回は12月22日金曜日、13:30~16:30

場所等については、正式な会議案内で通知する。

以上で閉会致します。どうもありがとうございました。

了

4. 2 第2回委員会議事録

日時：平成18年12月22日（金）13：30～17：15

場所：東京国際フォーラム 4階 G404会議室

出席者（26名 以下敬称略）

委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	橋口 原	香川大学 工学部知能機械システム工学科 教授
	明渡 純	（独）産業技術総合研究所 集積加工研究グループ長
	小寺 秀俊	京都大学 大学院 工学研究科 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 助教授
	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	太田 亮	オリンパス(株) 研究開発センター MEMS 開発本部 副部長
	佐藤 文彦	オムロン(株) 先端デバイス研究所 RFSW 推進プロジェクト
	荒川 雅夫	松下電工(株) 生産技術研究所微細プロセス開発センター 所長
	大和田 邦樹	国際標準化工学研究所 所長
	小池 智之	（財）マイクロマシンセンター 調査研究部長

オブザーバ

	安達 淳治	（財）マイクロマシンセンター 調査研究次長
	磯川 俊彦	（財）マイクロマシンセンター 第1研究開発課長
	阿出川 俊一	（財）マイクロマシンセンター 産業交流部長
METI	亀屋 俊郎	産業技術環境局 研究開発課 課長補佐
	高島 浩	産業技術環境局 研究開発課 産業技術企画調査員
	土屋 博史	産業技術環境局 産業機械課 課長補佐
	三宅 晃司	産業技術環境局 産業機械課 情報化推進係長
	吉田 誠	産業技術環境局 情報電気標準化推進室 情報二係長
NEDO	一ノ瀬 祐亮	機械システム技術開発部 主査
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
事務局	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 主任研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	中原 洋二	(株)日鉄技術情報センター 速記
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター

配付資料

議事次第

配付資料リスト

座席表

資料 2-1 MEMS の標準化ロードマップ作成の進捗状況について

資料 2-2 MEMS の市場動向調査について

資料 2-3 MEMS の学術動向調査について

資料 2-4 20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ（案）について

資料 2-5-1 第 1 回タスクフォース委員会におけるローリング方法についての METI の考え方および委員の意見のまとめ

資料 2-5-2 第 1 回委員会後のローリングに関する委員の御意見等のまとめ

資料 2-5-3 MEMS 分野の技術マップ（案）

参考資料 2-1 第 1 回タスクフォース委員会議事録

参考資料 2-2 MEMS 分野の技術戦略マップ

議事次第

1. MEMS の標準化ロードマップ作成の進捗状況についての紹介
2. MEMS の市場動向調査についての紹介
3. MEMS の学術動向調査についての紹介
4. 20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ（案）についての紹介
5. ローリングについての討議
 - ・ローリング方法等についての委員の意見の確認
 - ・ローリングの具体的な内容・方法についての討議・決定
6. 今後の予定

議事要旨

1. MEMS の標準化ロードマップ作成の進捗状況についての紹介

大和田委員

資料 2-1 と同じ内容のパワーポイントに従って紹介が行われた。

自動車分野と情報通信、特に携帯分野にポイントを絞って、MEMS 製品化動向と予測を行い、それと並行して我が国の基盤技術シーズの現状と発展予測を基に、求められる標準化のあり方について調査研究を行うということで、製品の動向調査と基盤技術の動向調査の 2 本柱で進めている。

主要 MEMS デバイス製品化動向についての予測と、基盤共通の技術シーズについての現状把握と発展予測で、それぞれ分科会（デバイス分科会、基盤共通分科会）を設けており、2 月 8 日の第 5 回委員会で最終報告案にまとめ上げることにしている。

アウトプットイメージとしての技術マップ（案）、ロードマップ（案）の紹介があった。

加藤（JATIS） それでは質問を受けたいと思います。

藤田委員長 このアウトプットイメージは、そのまま今回のローリングにうまく反映できる形で出して頂けるということですか。

大和田委員 このアウトプットイメージをそのままそっくり出すのではなくて、ここからさらに MEMS の技術マップあるいはロードマップに合う形に再編集したものを出すということです。そのままということではありません。

明渡委員 標準化ロードマップの調査研究は、今後も継続的に続くということによろしいですか。

大和田委員 表現が難しいのですが、ロードマップですから、心づもりとしては、今年 1 年やって、また来年も常に見直しながら、年とともにその時の情勢、周囲の情勢、世界情勢を反映させながら見直すことが必要です。予算の関係で、私どもでそういうことが実際に出来るかどうかは別として、そういうことをやって行きたいと考えています。

明渡委員 こういうことは継続性が非常に重要ではないかと思うので、ぜひ継続的にやっていけたらいいのではないかと思います。

加藤 (JATIS) 経済産業省の研究開発課はいかがでしょうか。

亀屋 (METI) 私どももロードマップは毎年必ずやることになっているので、是非合わせる形で、標準化の方もお願いしたいと思います。

吉田 (METI) 私は標準部隊の方ですが、今回は基準認証予算を使ってロードマップをやっていますが、2~3 年が一区切りになっています。一応くくりとしては 3 年度になっていますが、来年度については、これから審査に入ることになっています。

明渡委員 今年度がちょうど切れ目になるのですか。

吉田 (METI) いえ、今年度は初年度です。

明渡委員 では 3 年位までは、ある程度予算措置があるということですか。

吉田 (METI) 今のところ分かりません。

2. MEMS の市場動向調査についての紹介

阿出川部長 (MMC)

資料 2-2 と同じ内容のパワーポイントに従って紹介が行われた。

現在マイクロマシンセンター内にこのための調査研究委員会を組織して実施しており、この調査の目的は、MEMS の技術戦略マップのローリングのために必要な MEMS 関連市場の基礎データを提供することである。

調査の方法は、この委員会と合わせて、MEMS 関連企業へのアンケート調査もしており、広く MEMS 関連企業がどういう事業形態、事業の方向性を持っているかを併せて把握して、市場の予測と総合して、長期予測まで含めたアウトプットを出して行きたいと思っている。

調査結果のイメージを 2 頁以降に示しているが、(1) 国内 MEMS 産業構造の分析と、(2) 国内 MEMS 関連市場の現状分析と市場予測とでまとめる予定で、市場予測は現状と 2010 年、

2015 年の三つのポイントで行い、長期予測はアッパーケース、ローアーケースと少し幅を持たせて、実際の将来予測の不確定要因の分析も併せて表示しようと思っている。

第3回調査研究委員会の開催日は2月16日を予定しており、ここで市場規模予測のデータがほぼ出そろい、この内容について審議を頂くことにしている。

また、基本となる MEMS の市場規模はどうやって算出するかを紹介が行われた。

加藤 (JATIS) それでは質問を受けたいと思います。

明渡委員 MEMS 関与率の分母がエアバックシステムの価格になっているということは、その中で使われる MEMS 部品の金額ということになるのですか。

阿出川 (MMC) そうです。

明渡委員 関与率と MEMS 化率が混乱して良く分からなかったのですが、MEMS 化率は、MEMS の部品が使われている数の話になるのですか。

阿出川 (MMC) いえ、MEMS が関与している、あるいは関与しうと思われる部品で、例えばここではエアバックシステムの例を挙げていますが、この中にいくつかのセンサがあって、たとえば加速度センサが一つだけだと MEMS 化率は N 分の A となります。その中で全部が全部 MEMS 技術を適用しているのかというと、部品によっては MEMS ではないものもありますから、それが MEMS で置き換わるのを MEMS 化率と定義しています。

明渡委員 全市場的に見た時に、その目的に MEMS 部品がどれぐらいの頻度で使われているかということですね。

藤田委員長 だから関与率がマックスで、そのうちの何割を MEMS が置き換えたか、達成したかが MEMS 化率になります。100%になるとこの部分は全部 MEMS で、たとえば液晶と DMD だと、液晶が 80%で DMD が 20%だとすると、MEMS 化率は 20%という感じですね。しかも他にランプとかレンズがあるから、MEMS の関与率はもっと小さくなって、例えば像を作るところだけ、なるとすればそうだという話です。

明渡委員 市場規模はこう考えるのがごく常識的だとは思いますが、ビジネスモデルを考えた時に、MEMS を単品で売る部品と考えるのか。最初にデンソーさんがエアバックセンサをやった時も、内製化しているわけですね。そこをどうとらえるのかで、MEMS は割高でコストが高くて使いにくいものだというとらえ方になるか、最終製品の形で見た時に付加価値を非常に上げているから利用度の高いものだというとらえ方になるのか、分かれてしまうと思います。これを見た時に一瞬、私はその見せ方が気になりました。

阿出川 (MMC) 今のご指摘のところは、例1で示したアウトプットの形で、MEMS 関連企業といっても、デバイス製作から最終製品まで組み込んで一貫して事業をやっている企業、あるいはデバイスのみの事業をやっている企業など、いくつかに分けています。

先ほどのマイクロマシン出展企業約 200 社のアンケートで、どのような事業形態を取っているのかという調査項目があります。それを分類して、デバイスは内作だけやって、それを外販しているとか、自分のところでも使って製品まで組み込んでやっているという事業

構造の分析結果も得ようとしています。

ただアンケート対象企業なので、当然のことながら全体というわけにはいきません。それで委員会の方で、アンケート結果を踏まえて、あとは一般に公表されている主要な MEMS 関連企業のデータも勘案しながら、最終的に今ご指摘いただいた分も何とか方向性だけは見出せるようにしようとしています。

明渡委員 表現は難しいと思いますが、部品としていくら売れているかだけではなくて、MEMS 価値を見せるような、最終製品レベルでの MEMS 価値を評価するようなグラフがもう一つあれば、誤解を受けないという気がします。「何かいい案があるか」と具体的に言われると、私もそこまでの具体性はありますが、是非検討して頂きたいと思います。

阿出川 (MMC) 現在、各委員の先生方をお願いして、MEMS 用途の洗い出しをしようとしています。たとえば MEMS 化することによって少量高付加価値のものとか、あるいは量産化になればコストは下がるので、MEMS 化率のコストの方だけは下がるけれども市場規模の個数は上がるとか、いくつかケースが見られると思います。その辺を現在 MEMS の用途洗い出しの中で、事務局では目的の定義表と呼んでいます、一部そういう考えも試みようとしております。

橋口委員 この関与率は高い方が良いのですか。低い方が良いのですか。

阿出川 (MMC) 関与率が高ければ市場規模の生産も上がっていきませんが、全部 MEMS でやらなければならないかという……。

明渡委員 藤田先生が例として言われたように、DMD になったら液晶との競争だとは思いますが、要するにキラーコンポーネントですね。DMD 全体をプロジェクターで考えたら、光源も重要なパーツですが、トータルで見たら 50%ぐらいがコンポーネントとしては性能を決めてしまっているところがあって、関与率がそういう形になってくると、今度は大量市場になる可能性が出てきます。

だから分析の仕方で、市場規模が大きくなるかならないかということとも連動して解釈することができるのではないかという気がします。

藤田委員長 要するに MEMS がなければできなかったものと、MEMS でなくてもいいものと、いろいろなスペクトルがあって、製品によって、例えば AFM は MEMS のプローブがなければ装置全体に意味がなくなってしまう。自動車全部が MEMS で出来ているというのはたぶんうそだから、そういういろいろなスペクトルがどのくらいの分布であるかも考えて、そこをどう定量的に最後の市場に入れるかは次のレベルかも知れませんが、そういう分析をするとおもしろいというのが、今のご指摘だと思います。

荒川委員 市場動向はデバイス側のメーカーとして非常に参考になると思っています。この中でアプリケーションの分野別の適合割合の項目ですが、分野を三つに絞ってしまうのか、あるいは自動車分野とか、やや具体的なところまでセグメンテーションするのか、どちらをお考えでしょうか。

阿出川(MMC) アプリケーション分野は資料1ページ目の真ん中あたりに示していますが、この中で一応、アプリ分類をしています。それから実際にMEMSデバイス事例としては、例えば携帯電話や自動車に使っていますが、加速度センサはここにも使えるというように、いろいろな分野に使われるので、こういう分布が得られるようなデータの取り方を現在考えています。

アンケートの方からもそれが出ますし、委員の先生方にも同じような切り口で検討して頂いています。その中で実際に示されているアプリケーション機器、「その分野の中で実際にこの機器に使われます」という機器をいくつか足し込んで、代表的機器というか、機種というか、仲間という形で分類付けをして、各MEMS種類別の機器をそこで当てはめていく。データとしては、そういう取り方を考えています。

小寺委員 ここで書いてある市場は国内市場ですか、海外も含めた市場ですか。

阿出川(MMC) 国内市場です。

小寺委員 3ページにRF-MEMSとかセンサMEMSのグラフがありますが、例えば情報通信の何なのかという内訳も出てくるのですか。

阿出川(MMC) 出そうと思えば出ます。調査結果、データ表は、それが集計できる形になっています。ただ、どこまでの粗さで、どこまでのくくり方でデータをまとめるかは、委員会の中でいろいろ検討させて頂こうと思っています。

4. MEMSの学術動向調査についての紹介

矢田研究員(JATIS)

資料2-3と同じ内容のパワーポイントに従って紹介が行われた。

まず、論文の発表件数の推移を調べた。Engineering Village (EV) のデータベースを使用した論文件数と、IEEEのMEMSコンファレンスの発表件数(MMCの分野別動向調査報告書を少し加工したもの)と、電気学会の「センサー・マイクロマシン準部門誌」の論文件数のトレンドを示した。

EVのデータでは、全体のトレンドは右肩上がりとなっている。しかし理由は不明であるが1999年で異常な山が出ている。国で見ると最近は特にアジアが多くなってきている。

IEEEのデータでも右肩上がりの傾向を示している。加工関連では非シリコンの加工が増えている。

特許については、WIPOのデータベースを使用して、国際出願件数を調べている。2001年までの傾向としては米国が急に伸びているが、2002年以降は欧州の特許の件数が増えている。

また、日本の特許庁の公開特許の件数を調べた。ここで検索のキーワードをマイクロマシン、MEMSと、その両方でやってみると、最近MEMSが非常に増えていることが分かる。分野別では光(37%)、スイッチ(20%)、機械(20%)、センサー(17%)の順となっている。

材料、実装、シリコン加工、設計・シミュレーションと分けて検索をすると、材料が 52% と最も多い。

最後に、光関係で目立ったものをトピックスとして紹介があった。

加藤 (JATIS) 質問を受けたいと思います。

竹内委員 一番最初のところで、データベースの検索で 99 年がピークという話でしたが、ちょっとおかしいと思って自分のパソコンで調べてみたら、やはり全部右上がりです。だから、もう一度やられてみたらどうかなど。

ただ、データベースは違います。私が引いたのは良くジャーナルの検索でやられる Web of Science で、十何万誌のジャーナルを 1970 年からすべて網羅しているものです。それでは右上がりになっているので、そちらのデータの方が良いかなという感じがしました。

矢田 (JATIS) どういうものが対象でしょうか。

竹内委員 論理式は全部一緒にやりました。

矢田 (JATIS) これはここに書いていますように論文の筆頭者の所属機関でやっています。

竹内委員 いえ、左のトータル件数のものです。

藤田委員長 ラクダの、フタコブラクダに見えるのか、ヒトコブなのかと。

竹内委員 どうして 1999 年がピークなのか、分からなかったのです。

矢田 (JATIS) 今のお話は 1999 年のことでしょうか。

竹内委員 全部です。1998~2005 年までやったら、コブなしで右上がりのデータが出る場合もあるので。

矢田 (JATIS) JST の昔の JICST でもやったところでは、ここで記載はしませんでした、こういうピークはなくて、まっすぐ上がって行きます。だからこのピークは私にも良く分かりません。

竹内委員 もう一つは、mst で引いたらマイクロシステムテクノロジーという意味で mst を使っているものがほとんど見当たらなかったのです、キーワードとしては難しいかも知れません。

矢田 (JATIS) これは or でやっていますから、mst はないかも知れませんが、だいたいのは入っています。

藤田委員長 余分なものが入ってくるというご指摘ですね。mst は他の意味の略号で、例えば化学記号の略号だったりすると。

矢田 (JATIS) それはあるかも知れません。気を付けなければいけないですね。分かりました。

4. 20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ (案) についての紹介

三宅係長 (METI 産業機械課)

資料 2-4 を使用して紹介した。

政権交代で安倍総理が新しく首相に就任されて、20年後の社会を見据えた技術開発とか、オープンイノベーションによる経済成長ということで20年先を前面に出しているの、そこに向けた技術開発をサポートし、イノベーションを誘発するような研究開発をどんどんやりましょうと言われており、20年後のイメージ（案）を作成した。

最初の4行に書かれているとおり、MEMSはトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げていると予想されると考えています。そこで国家・社会的課題である三つの領域（(1)環境・エネルギー分野、(2)健康・医療分野、(3)快適・安心・安全分野）で、新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透しているだろうということで提案させて頂いている。

(1)環境・エネルギー分野では、①エネルギー・ハーベスティングデバイス、②オンサイト環境浄化デバイス、③超高感度環境物質検出デバイスの3つを挙げている。

(2)健康・医療分野では、①超小型体内埋め込みデバイス、②生体機械ハイブリッドデバイス、③シート型健康管理デバイスの3つを挙げている。

(3)快適・安心・安全分野では、①雰囲気伝送・再生デバイス、②壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイス、③万能携帯の3つを挙げている。

加藤（JATIS） それでは質問を受けたいと思います。

明渡委員 聞き漏らしたかもしれませんが、これを作るバックグラウンドになった情報はどのようなイメージですか。

三宅（METI） これはマイクロマシンセンターでMEMSフロンティア未来デバイスという委員会を開いて、そこで20年後の社会でどういったMEMSがデバイスとして形成されているか、どれだけ社会に貢献できるかを検討しています。そこから出てきたアウトプットを参考に作っています。

藤田委員長 前は1ページの3分の2ぐらいでしたが、今度は4ページで、ずいぶん力作になりましたね。何かいかがですか。

亀屋（METI） イラストとか絵みたいなものは有るのでしょうか。

三宅（METI） 具体的なイメージの絵はありますが、それを載せるかどうかについては、これから検討しなければいけないと思っています。

<休憩>

5. ローリングについての討議

・ローリング方法等についての委員の意見の確認

資料2-5-1は第1回委員会の時の意見をまとめたもので、資料2-5-2は第1回委員会の後に各委員から頂いた意見をまとめたものである。

先ず、資料 2-5-2 のうち、1. ローリング方法について、2. ローリングの具体的な進め方について の2つについて、加藤（JATIS）が説明し、これを頭において各項目ごとの討議において活かすため、確認して頂いた。また、ここから藤田委員長に議事進行をお願いした。

藤田委員長 これについて、他の委員の方から追加のご意見等を頂きます。

小寺委員 2-4 の資料に載っていたいろいろなデバイスの中で、環境のデバイスとか健康・医療関係のデバイスは、経産省、NEDO の関係で 2004 年にナノ・バイオ関係のロードマップを作って Web ページに載っていると思いますが、あれと非常にオーバーラップしている部分があると思います。そこには確か数字もたくさん入っているので、ああいうところをうまく取り込んで、できるだけ労力を下げた方がいいと思います。

三宅（METI） その辺は半導体もかかわってきますし、ナノ・バイオもかかわってきます。環境・エネルギーの分野でも、具体的なデバイスイメージが重なるところがあるので、うまく連携できるところは連携して、できるだけ取り込んで行ければと思います。

小寺委員 その辺の情報をできるだけたくさん織り込んで、編み目のようになっているので編み込んでいく方が分かりやすいと思います。

藤田委員長 先ず、こちらの方である程度項目を考えて、ナノ・バイオと関連付けられるものを見つけて、それはうまくマージするとか、そこを勉強してある程度助けを求めるといことになると思います。それは事務局でうまく拾い出して頂けますか。それとも「そちらも委員が見て勉強しろ」という話になるのか、どうでしょうか。

言うは易く、行うのは結構難しいところもあって、どちらの労力が少ないのか、書きっぱなしの方が早かったりするかも知れませんが、有機的に繋がっていることは大変大事だと思いますし、齟齬があって矛盾していてもいけませんね。

三宅（METI） その辺は、最終的には経産省の印鑑が押されるので私がチェックしないといけないと思うので、項目があれば当然、他の分野をチェックしてどういう数値になっているか、入れ込めるところは入れ込んで行く形にしたいと思います。

藤田委員長 検討するところを相談して頂いて、何人かでやらないとだめだと思うので、手配をよろしくお願い致します。

・ローリングの具体的な内容・方法についての討議・決定

資料 2-5-2 のうち、3. 見直しをした方が良かった点について、I. 基本的な考え方 から順番に、加藤（JATIS）が読み上げ、討議し、決定していった。

< I. 基本的な考え方 >

藤田委員長 MEMS 製造技術のところ design 技術という言葉も入れた方がいいという意見と、MEMS の対象用途として農業、食品、航空、宇宙産業という言葉も入れては の2つの意見

が出ていますが、それ以外に基本的な考え方の (1) (2) に関して、直した方が良いというご意見を頂きたいと思います。なるべくここで文章を決めたいと思いますので、そのつもりでコメントを頂きたいと思います。

明渡委員 私のものは、私自身、この趣旨に若干誤解があったと思います。宇宙産業とか食品などが 10 年後に入るのであれば、基本的な考え方はこれでも良いと思っています。I. 基本的な考え方が MEMS 技術の現状認識というスタンスで書かれているのであれば、このままでも良いような気がします。最初に対応関係が良く分かっていなかったのも、基本的な考え方を「ここに書かれているものに限ります」という意味合いにとらえると、ちょっとと思いましたが、現状認識という理解でこの文章が書かれているのであれば、このままで良いような気がします。

亀屋 (METI) ニーズは幅広いという観点から、自動車の後に農業や食品を入れてもよろしいのではないのでしょうか。「10 年後で、現在は使われていないから」という意味ですか。

藤田委員長 この文章はどこを書いているのか、現在のスナップショットであるのか、将来まで含めた展望なのかということで、ここはむしろ「基本的な考え方」を書く基本的な考え方が大事です。

付け加えて良ければ、他にいろいろあるということで、入れるのもよろしいかと思えます。

一ノ瀬 (NEDO) 「期待されており」と書かれているので、将来を見据えているという意味であって、加えても問題はないと思います。大和田委員の (2) については、これは産機課の案件で、できれば製造技術で見て下さいということで、こういう形で書かれています。現在を見ると設計の方も入っていますね。

大和田委員 設計技術や評価技術も入っているので、整合性が取れていないと思います。

一ノ瀬 (NEDO) そこは加えても問題はないと思います。

明渡委員 これも製造というと、プロセスだけをイメージしている印象になりますね。

大和田委員 普通は常識的に言ってその中に設計は含まれないという考え方ではないですか。製造技術というとプロセスだけで、検査は含まれるかもしれませんが、設計や評価は。

明渡委員 この「製造」という言葉は、工場のプロダクションというイメージになってしまうということですね。

大和田委員 そうですね、いわゆるプロセス技術ということだと思います。

明渡委員 うちの先進製造プロセス研究部門と言いますが、セラミックとか材料の分野で製造と言うと、設計まで含めたイメージでとらえている人が業界では多いんですね。

大和田委員 それはプロセス設計の話ではないですか。

明渡委員 いえ、デバイス設計も含めているような。

大和田委員 回路設計やシステム設計も含めていると。

明渡委員 逆に、そういうイメージでとらえている人もいるので、電気関係はそういう感じなのかと思って見ていました。

藤田委員長 小寺先生、どう思いますか。正直言うと、ロードマップにはいろいろなものが含まれていて、どんどん膨れていく可能性があります。その一つひとつのキーワードをここで羅列するのはあまり良くないので、全体を被せて呼べるような名前と呼ぶのが一番望ましいと思います。

ロードマップを見ると、公開版のところで「MEMS 製造技術のロードマップ」と書いてあって、要するに何とか技術のロードマップという名前です。製造・設計・検査何とかかんとかのロードマップが名前としてふさわしいかどうかもありますが、製造では読みきれないということになると、これは困ります。

小寺委員 公開版の「製造技術のロードマップ」の中には設計も入っています。いま言われたとおり全部、頭から最後までを意味すると認識すればいいのではないのでしょうか。昔は設計・製造と言っていましたが、製造と言うと設計からグルッと回ってゴミになるところまで含んでいますので。

藤田委員長 そういう考え方もあるし、言葉の定義なので、やれば無限に時間を取りますが、あまり大きな誤解を生じなければ、短くて全部包含してしまう方が楽だし、すっきりはしますね。

大和田委員 そういう意味では、「MEMS 技術」という言葉が一番広くて良いのではないかという気がします。

藤田委員長 どうでしょうか。政治的な意図があったり、他との関係もあるかも知れませんが、私もそこまでは分かりかねるところもあります。MEMS だけで言い切って、どこかから怒られても困りますね。

三宅 (METI) MEMS はものづくり分野に入っています。ものづくりと言うからには、MEMS 技術というよりも、ものづくりをイメージさせるような語句が入っていた方が良いと思います。この技術マップを基にプロジェクトを掛ける時も、基本的にはものづくり分野から見た製造技術、プロセス技術の開発という観点からプロジェクトを立てて行くと思うので、政治的というか、使いやすさから言うと「製造」という言葉が入っていた方が使いやすいということはあります。

誤解を生じる危険があれば、これは考えなければいけません。先ほど明渡委員からご意見があったように、最近は設計から製造、製品のリサイクルまで、全体を考えた形で「製造」という言葉が使われることが増えて来ているので、そういったところで読んで頂けないかなと思ってはいます。

一ノ瀬 (NEDO) いま新製造プログラムという大きなプログラムがあって、その中で MEMS の製造技術や MEMS-ONE の設計支援システムもやっています。そういう意味では MEMS の製造技術で全部含んでいるという形で、経産省の分類がそうなっているので、そちらで読めるのではないかと思います。

藤田委員長 狭義と広義の製造技術があって、この場合は広義の方を使っているという認

識で、中を見ると明らかに設計や検査、標準化も入って来るということで、ご勘弁頂ければありがたいと思います。

特に強いご意見がなければ、(2)は「製造技術」のままにさせていただきます。

足す方は、農業、食品、航空、宇宙の他にこれもぜひ入れるべきだというものがあれば、文章は後で少し直すかもしれませんが、挙げて頂ければ、こちらで工夫ができます。いかがでしょうか。

明渡委員 宇宙はどうでしょうか。

藤田委員長 それはおかしくないと思いますね。

明渡委員 いまそういった機運で、JAXAなども立ち上げていますしね。

三宅 (METI) ロボットなどもどうですかね。

藤田委員長 それでは自動車の後に、とりあえず航空、宇宙を入れておきますか。言葉を選びたいと思いますが、宇宙だけの方が良いですか。

明渡委員 そうですね。あとはロボットというのも出ましたけど。経産省としてはロボットを入れておいても良いような気がします。ロボット、航空、宇宙。

藤田委員長 ロボットもセンサがなければ動かないのは当たり前のことなので。

明渡委員 かなり MEMS に期待しているところがあると思います。

藤田委員長 あとは農業、食品とか。

明渡委員 10年後の最後のところに、そういうニュアンスのことが入っているのでしょうか。

一ノ瀬 (NEDO) 農業、食品はバイオの方でも。

藤田委員長 その関係で読めるという説はありますね。私もそうかなと思いました。

小寺委員 福祉という視点が一個追加されても良いかも知れません。

藤田委員長 時間のこともありますので、とりあえず「ロボット、航空・宇宙、福祉」を追加することにします。他にもあれば言っていただければ、言葉を入れるだけで大々的に変更しなくても済むので、適宜直したいと思います。それ以外に何かありますか。

太田委員 前回欠席していて、この資料のまとめ方がわかりませんが、20年後の社会における MEMS のイメージという資料 2-4 との関係です。ご意見の中にも、もう少し将来にわたったところを俯瞰して、10年を見渡したらどうかとあるので、その辺を表現できればと思います。

藤田委員長 10年という数字は私も気になっていました。今度は20年後を入れることになったので、ロードマップもそこまでですので、これは20にした方が良いですか。

三宅 (METI) はい。

藤田委員長 今後20年程度を見据えてに変更するというので、だいぶ大きくなりました。

< II. 導入シナリオ >

藤田委員長 大和田委員は図の中の環境整備の標準化の部分は見直しが必要という意見で、明渡委員以下の先生については、本文の(1)～(3)についての意見だと思います。とりあえず直す案を考えたいと思います。まず図に関しては、書き直せば良いですね。

大和田委員 いまの時点でこうするというものは出ていないので、今後のものをフィードバックして行くということで。

藤田委員長 (4)で標準化を入れたらどうかという話も出ていましたが、それはどうお考えですか。

大和田委員 できれば入れてもらった方が、私としてはありがたいと思います。その文章も、今日の時点でどういうものを入れるかはなかなか言えないのですが。

藤田委員長 (4)については、標準化の大事なポイントを簡潔に、数行で入るように記述して頂きたいと思います。あまり長いとバランスが悪くなるので、ぜひお願いします。そこは、そういう線でもよろしいですか。

少量・多品種とか明渡委員の意見、橋口先生の意見も少し近いところがあると思いますが、その辺をどう書き増やして行くかが次のポイントですね。どうしましょうか。

(2)の一番下の行に「容易に MEMS 開発に取り組める環境を整備することが必要である」としか書いていないのを、もう少しきちんと書き伸ばした方が良いということですか。

(3)に「MEMS の一層の実用化促進を図るため、製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビジネスに参入できるように」うんぬんと書いてはありますが、具体性が足りないのももう少し書いた方が良いということですか。

明渡委員 どこまで具体的に、このレベルの話で書くべきかということもあると思うので、私自身迷いがありましたが、もう少し見えても良いような気がしました。

橋口委員 やはり同じ意見です。一応大規模ファンドリーは整備されていますが、研究用ファンドリーの整備がないと、絶対に次の段階に進めないというか、導入シナリオの(2)(3)は絶対成し得ないと思います。明記するのがいいのか悪いのかわかりませんが、私自身は必要性を感じています。

明渡委員 まったく同感、同意です。セルなどに始まったシステム LSI も、マスク代が 1 チップで 3～4 億かかりますが、売れるチップの数は生涯生産数で 10 万個以下です。MEMS よりももっと少なく、1 個 500 円のもののが原価では 1～2 万円かかっている、1 個売ると 1～2 万円の赤字になる。LSI の半導体の方では、そういう状況が生まれるのはメガファンドリー、メガファブを使っていることが問題だろうという意識がかなり持たれています。これは MEMS においてもたぶん同じだろうと思います。黙って見ているでもそういう流れになるかも知れませんが、戦略性をはっきり読み取りやすくする方が、現場の企業の意見も吸い上げやすいような気がします。もう一步踏み込んだところを、ぜひ出して頂ければと思います。

藤田委員長 いかがですか。まず書くにあたってふさわしいかどうか、方針から伺って、

それに関するご意見を企業の委員から伺いたいと思います。

三宅 (METI) 当然委員の先生方から意見が出て来ているので、その辺は委員会としてはやはり入れた方が良くと思います。ただ、加えるのは良いのですが、ここに載せると、それなりに施策を打つところにつながります。その施策も考えて行かなければいけないので、それとの兼ね合いもあります。

ここでは高集積 MEMS の話が入っていないくて、次の手を入れなければいけないというところもあるので、その辺との兼ね合いです。研究用ファンドリーやミニファブは当然必要なので、入れておくべきだとは思いますが。では、次にその文章をだれが書くかということがあります。

藤田委員長 入れても良いだろうというお話でしたので、小寺先生をはじめ企業の委員の方はどうお考えですか。

小寺委員 シナリオの中にもある人材育成と非常に絡んでいる話なので、人材育成という意味と、導入育成という視点で、そのためのシステム構築が必要であるという形で書くのが良いのではないのでしょうか。

藤田委員長 太田さんはいかがですか。

太田委員 重要性、必要性は先生方の言われる通り良く分かります。欧米と比べて日本の MEMS は学会発表も遅れているというのは、企業だけだと製品に搭載するにはどうしたら良いかというところに陥ってしまうので、先進的なところをどんどんやって行くという意味では、官学連携のシナリオをちゃんと考えなければいけません。私は、導入シナリオのところは、そういうことを表現できれば良いぐらいではないかと思えます。

藤田委員長 佐藤委員、荒川委員はいかがですか。

荒川委員 私も少量多品種の MEMS は非常に大事だと思っています。ただメーカーとしては、それで対応できる製造力、すなわちコスト的にも対応できる製造方法、たとえばマスクを少なくするとか、ナノインプリントも簡単に転写するのにシリコン以外のやり方をするとか、そういうところも含めた導入シナリオだと非常にスムーズだと思います。

今のままでどうしても高くなってしまいますし、研究でも高くならざるを得ないと思えます。そこも含めた表現をどう考えたら良いか分かりませんが、それは入れた方が良くと思います。

明渡委員 我が国の独自性を見せた方が良くと思います。あまり見せすぎても戦略だから良くないのかも知れませんが、それをずっと感じていました。

藤田委員長 では今度は鈴をつける話をしましょうか。(2) と (3) を書き改める必要があると思えます。

(2) は「特に、製造設備を有する大手企業のみならず」から「MEMS を活用した」に飛ばずに、そこで産官学の知恵を入れるとか、小さい研究ファンドリーをつくるとか、製造技術自体の革新をすることによって MEMS を活用した何とかができるようになるとか、少量多品

種的なもの、それを研究ベース化されるところが大事だという、具体的なところを少し抽象的な言葉で入れておけば、ここは出来ますね。

(3) は「このため」となって、それは具体的に何をやるかだから、ここにもう少し具体的なことを書く。どこまで書くかはありますが、そこを助けて頂きながら行きたいと思います。「一層の高度化に資する技術開発」に関しては、高集積 MEMS が入っていないので、カッコの中にどんどん入れて行けば良いのではないかと思います。

小池委員 高集積・複合 MEMS と革新的未来デバイスの二つを。

藤田委員長 そうですね。どこに入れますか。小池さん、アイデアを頂けますか。

小池委員 これは MEMS-ONE までしか書いていないのですね。「等」の前に。「第二世代 MEMS による必須デバイスの創出、さらにライフスタイルを変革するような革新的デバイスの創出に関する記述」。少し長すぎますか。

藤田委員長 キーワードで言わないといけないので、例えば「高集積・複合 MEMS」だけで良いですか。「シミュレーション技術」と「等」の間に点を打って「、高集積・複合 MEMS、」と書いて、次の革新的デバイスはどう表現しましょうか。

小池委員 革新的未来デバイスでいいのではないですか。未来デバイス技術。

一ノ瀬 (NEDO) そこは全部技術開発のカッコですから、革新的なデバイス技術と言うんですか。革新的未来技術を実現するための製造技術。

藤田委員長 そこまで言わない方が良いかな。異分野との融合技術で読めるかも知れませんが、ナノテクを含んだような統合的な微細システム製造技術という話になって、技術にこだわると、先ず 1 番目は「、高集積・複合 MEMS 製造技術、」ですか。2 番目はどうしましょうか。統合とか、革新とか、何とかシステムの製造技術としたいのですが、私が文案を言います。考えながらしゃべるのでだめかも知れませんが、だれかチェックして下さい。「革新的マイクロナノシステム製造技術」とか。

安達 (MMC) 20 年後のイメージのところの最初の文章に。

藤田委員長 有るのですね。どこをピックアップしましょうか。「マイクロナノ統合製造技術」ですね。革新は要らないですか。有った方が良いですか。では「、革新的マイクロナノ統合製造技術、」を追加することとさせて頂きませんか。

後は MEMS 加工技術の前に高精度・大面積と入れたいような気がします、どうでしょうか。カッコ内の一番最初に「高精度な MEMS 加工技術」とありますが、このごろの新しいトレンドなので「高精度・大面積 MEMS 加工技術」と変更下さい。

次に「MEMS の一層の実用化促進を図るため」というあたりから、橋口先生、いかがですか。

「製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビジネスに参入出来るように」というあたりにもう少し書き込めば良いのではないですか。明渡さんいかがですか。

小寺委員 「教育及び試作システムの充実と、MEMS 産業全体の基盤技術力」というのはどうですか。

藤田委員長 「教育及び試作システム」で良いのかな。

小寺委員 環境ですか。

藤田委員長 「教育及び試作環境の充実と、MEMS 産業全体の基盤技術力の維持・強化を図っていくことが重要である。」そして(4)に標準化が入る。(2)の足すところは具体的に言いませんでしたが、それは三宅さんをお願いしてよろしいですか。

三宅 (METI) はい。

<Ⅲ. (1)技術マップ、(2)重要技術の考え方>

資料 2-5-2 のうち、3. 見直しをした方が良いと思われた点について、Ⅲ. (1)技術マップ、(2)重要技術の考え方 についての委員からの意見を、加藤 (JATIS) が読み上げ後、小池委員から、MMC として未来デバイスを検討する中で、昨年度までの技術マップに赤で追記した、資料 2-5-3 「MEMS 分野の技術マップ (案)」の説明があった。

一ノ瀬 (NEDO) 今回小池委員から案が出ましたが、これはかなり分量が多いですね。逆に言うと、分量が増えることに関して問題はないですか。最初は 1 枚ぐらいにまとめてパッと分かるものが必要だということで、昨年度までの「MEMS 分野の技術マップ」が出来たような気がします。

亀屋 (METI) 技術マップがあると、今度はそれをロードマップに引かないといけませんね。

一ノ瀬 (NEDO) この技術のロードマップは引かないといけません、それを 1 枚にまとめた形が、今度は 7 ページになっています。

亀屋 (METI) 1 行になっていますから、2 ページくらいあるのでしょうか。

藤田委員長 指標とか余分なものがあるので異様に縦に膨れています、これを分類 1~3 と分野だけにまとめると、字は少し小さくなりますけど 1 枚くらいになりそうですね。

小池委員 追加させていただきます。古い方の技術マップに形成技術とありますが、今回の私どもの提案では成形技術と形成技術の二つになっています。それから新たに追加されている項目が、異種融合技術と大面積連続プロセスです。

明渡委員 そうするとバックデータみたいなイメージですか。

藤田委員長 次のページから A3 のロードマップがずっと続くことになりますが、これを作るためのバックデータというか、これがないと出来ないということです。この先に時間のイメージがある数字がロードマップとして付いて来て初めて全体が分かりますが、今は項目を洗い出して、分類して見てみようということです。

ただ実際の作業を考えた時には、6 の表 (昨年度までの技術マップ) だけ見ても中身が良く分からなくて、「この項目はどういう意味？」という議論にすぐなってしまいます。だから少し分量は多いのですが、こちらで順番に見ていきながら、ご質問やご意見が有った時に下を見ると「こういう意図でこういうものが出て来た」というのが分かりやすいので、

これを出しているのだと思います。

亀屋 (METI) マイクロマシンセンターで作って頂いた、青と赤の入った 7 枚ものですが私どもは技術マップの中から重要技術の絞り込みをしなければいけません。その時に、今までは「高機能化に資する」、「低コスト化に資する」、「技術基盤の確立」の 3 つで絞り込みをしたと認識していますが、今回もこの 3 つの要素で絞り込みをしていくことになるのでしょうか。

各種技術がありますが、ABC の 3 段階ぐらいで評価をしてもらって、その結果として重要技術はこれですという緑色が付いて行く戸言う形にして欲しいですね。他の技術マップの分野では、そういう絞り込みをしています。重要技術の考え方を見ると 3 つの要素が書いてありますが、前回はそれがどういう形で評価されて絞り込まれたかが良く分からないので、委員の先生方に ABC の 3 段階評価ぐらいで、高機能化に資する技術ということで ABC、かつ低コスト化で ABC を付けてもらうというように絞り込んで頂きたいと思います。

藤田委員長 高度にしようとするればコストが上がったり、トレードオフがあったりしますので、全部に A がつくのは非常に難しいと思います。

亀屋 (METI) or にして A がついたものは重要技術という基準にして頂ければと思います。B も入れても良いかも知れません。

藤田委員長 それはやれると思います。

技術開発はいろいろなフェーズがあるので、何を見て A にするか、B にするかということはあると思いますが、より高度に革新的マイクロナノ統合を目指すというのも高度化の極限ですから、大変大事ではないかと思います。その辺は、この中ではすぐにはできないので、どの項目をどれだけ議論するか、ガイドラインを頂けますか。

分類-1 はだいぶ変わっているので、その辺はこれでいいかどうか議論しないと前提が崩れてしまうところがあると思います。細かく全部見るのは、この時間ではとても難しいので、宿題方式でやる必要があると思いますが、何をどう直すのがいま一番大事か、事務局から教えて頂けませんか。

一ノ瀬 (NEDO) 重要技術を今の時間で選ぶのは難しいので、マイクロマシンセンターから追加された項目が妥当かどうかを見て頂きたいと思います。

藤田委員長 行けるところまで分類-1、2 など見ていけば良いですね。2 ページ目の文章はいじる必要があるので、その議論も必要ですが、とりあえず中身を見た方が作文もうまく行くと思います。技術マップ案を皆さんで勉強しながら、理解しながら議論をすればよろしいですか。

分類-4 とか細かいものは表に出て来ないので、変更点を分類-3 ぐらいまでのレベルで、ひとまとめごとに説明して頂きます。まず分類-1 をどう変えたかというところから行きましょうか。

まずグリーンのついた 6 ページ目の今までの技術マップを見て頂けますか。これが古いも

のです。それと赤と青のものを見比べて頂くと、たぶん変化点が良く分かると思います。エッチング技術がそのままとか、そのぐらいのスピードで言ってもらえますか。

小池委員 エッチング技術はそのまま、成膜技術もそのままです。形成技術は成形技術という純粋な加工みたいな部分と、機能化とか表面改質みたいなものを形成という名前にして、二つに分けて付け加えています。

藤田委員長 成形の方は形そのものを直接つくり込む技術、4ページの形成技術（機能化・表面改質）は表面の作りを変えて、中のバルクの部分とは違うようにするという分け方でですね。

小池委員 その次に異種融合技術を付けています。これはナノ・バイオ融合とか、異種材料をレイアバイレイアでつけるとか、自己組織化というところが、いわゆる未来デバイスを考えた時には必ず必要になって来るだろう。単機能デバイスだけではなくて来るので、その辺を技術として取り込んだ方が良いだろうということで入れています。

次に大面積プロセスです。これは数センチのシートにするとか、そういう未来デバイスを想定していて、それも安くつくるといふ話も出て来ているので、大面積で連続のプロセスという項目が要るだろうとしています。分類-1で付け加えたのは以上です。

藤田委員長 その他は従来と同じような形で行っています。少し付け加えると、2ページの(3)の「MEMSの一層の高度化に資する技術開発」ということで、高精度・大面積、高度な実装技術、異分野との融合技術、マイクロナノ統合製造技術を入れて頂きましたが、その辺を具体的にロードマップの中に入れて、こういうふうに分類を増やして見やすくしたらどうかというご提案だと思います。ご意見をお願いします。

小寺委員 成形、形成という視点でいくと、寒川先生がたぶん専門だと思いますが、ダメージとか、受けたところの修復技術が追加されないといけないのではないのでしょうか。

藤田委員長 無損傷というキーワードは1ページ目の分類-3のレベルでは出て来ますが、今のご意見はどのレベルで何を入れるということですか。

小寺委員 加工すると必ず損傷を受けてしまうので、その損傷を評価するとか、それを修復するという技術がそのうち必ず出て来る筈です。

寒川委員 ここでは形成のところで表面改質とか表面的なところが入っていて、異種融合技術のところで界面制御と書いてありますが、それとは別に表面界面の処理・制御技術を入れた方が良いと思いました。

藤田委員長 具体的なご提案をいただければと思います。他と合うような形で、どこにどんなキーワードで入れたらよろしいでしょうか。

寒川委員 表面界面制御……。

明渡委員 界面物性評価はありますね。界面物性評価というのが異種融合技術の中に新たに出来ました。

小寺委員 分類-1の段階では。

藤田委員長 分類-2 とか3 のあたりですね。

橋口委員 4 ページの真ん中ぐらいに機能性表面形成技術とありますが、いま寒川先生が言われた界面の制御と表面修飾は、たぶんここへ入ってくると思います。ここに損傷とか修復というキーワードを入れておいた方が良いと思います。

藤田委員長 分類-2 ですか、3 ですか。2 になりますかね。

橋口委員 これだと成形技術の中に入る方が、分類的には良いですね。

藤田委員長 寒川先生、どうですか。成形技術の機能化・表面改質のところで、ダメージを受けた表面を取り戻すということですね。それは2のレベルですか。3のレベルですか。

明渡委員 でも1ページにLSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術とありますね。

藤田委員長 ダメージフリーでやるというのは、ここに書いてありますね。

寒川委員 ダメージを受けてしまったものを戻すという。

明渡委員 リカバーですか。

藤田委員長 無損傷加工技術と見て、分類-4 ぐらいで読み込むのとは違いますね。リカバーですからね。形成技術に入れた方が素直ですか。あまり長く悩むほどのものでもないの、どこかにエイと入れて頂きましょう。どのレベルで、どういう言葉にしますか。

小寺委員 簡単なのは、4 ページの機能性表面形成技術のカッコの中に書いてしまう。

藤田委員長 それで分類-3 にも入れておく。表面修飾技術・損傷回復と。

小寺委員 三つ目のところに追加してもらおう。

藤田委員長 加工損傷修復技術ですか。回復か。確認します。4 ページの形成技術の上から3番目「機能性表面形成技術（界面制御・表面修飾技術）」のカッコ内に「損傷回復技術」を付け加える。それから分類-3 の一番下に「加工損傷回復技術」を入れる。これでいかがですか。傷つけないだけではなくて、変なふうに傷がついたものを元に戻せるということですね。測るものはどこかにあるから……。ありがとうございます。

他に、上のレベルで分類-1 が増えたり分割したりしていますが、他にいかがですか。これでじっくりしますか。

太田委員 どうしてもじっくり来ないのが、5 ページの大面積・連続プロセスの Kategorii のところで、いろいろなことがここに一緒に入っているから弱くなるのかと思います。単純な大面積プロセスはエッチングや成膜、形成のところに入るような気がします。その下の連続プロセスとか、新しい印刷による連続というのが、たぶんここで初めて出て来るところなので、単純な大面積ではなくて違う言葉にした方が良いでしょう。

一ノ瀬 (NEDO) 今までは製造システムのものは一番最後に持って来ています。一番最後を見てみると、製造システム技術という良く分からないものが来て、そこにキーワードとして「多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム」と書かれています。ここは網羅的なところと施策的な意味が出ていて、この上と一番下は少しフェーズが違うイメージで書いているんですね。

明渡委員 最初の 1 枚紙を見ると、これは全部製造工程の分類分けで、それでロードマップを作りましょうという考えですね。

一ノ瀬 (NEDO) そうは言いつつも意図が欲しいということで最後に付けていますが、逆に言うと上と下と少し分けた方が良いかも知れません。

藤田委員長 最初はシステム技術の中に大面積を突っ込もうという議論もありましたが、システムと言ってしまうと少し違うので、分かれて出て来たということがあります。そういう意味では一ノ瀬さんの言われる通り、単なるプロセスとして哲学的にきれいにまとめたのではなくて、やや意図が突出して見えて来る。逆に意図を見せて行きたいということがあります。

太田委員 それを見せるのだったら、大面積という言葉ではない方が良さそうな気がします。

藤田委員長 場所や表現については工夫の余地があると思うので、良い案があれば是非お願いします。一番最後の製造システム技術のあたりに、より違うイシューであるとか、大面積であるとか、持って来ても良いですね。大面積でなくて、どんな言葉だとしっくり来るのですか。

太田委員 他の要素技術の中でも大面積という言葉があるので。

藤田委員長 連続というのは明らかに違うということですか。どうでしょうか。

竹内委員 大面積は今後キーワードになって来るので、ここにガッと出てくるというのは有りだと思いますが、まばらになっているのだったら「大面積」という言葉をどこかできちんと定義して、特殊なキーワードで。

藤田委員長 逆にして、第 2 分類あたりを「要素プロセスの大面積化」とか。第 1 分類のところでプロセス連続化・大面積化とした方が良いですか。プロセスありきで、それをよりやっけて行くということで。「大面積連続プロセス」を「プロセス連続化・大面積化」とすれば、こっちに行きたいぞという戦略性が見えますか。

竹内委員 技術は入れなくてもいいですか。

藤田委員長 どう入りますか。

竹内委員 「大面積化技術」というか。

藤田委員長 言葉のつながりから行くと、そうした方が良いですか。

最後に技術を補って「プロセス連続化・大面積化技術」でいいですか。第 2 分類のところも、「大面積プロセス」を「プロセス大面積化」とひっくり返して、技術を入れるかどうかはお任せします。一番上の「大面積プロセス」を「プロセス大面積化技術」としましょうか。それから最後の「連続プロセス」も「プロセス連続化技術」にする。連続するためにこういうことをやらなければいけないということで、良いかもしれませんね。他に何か大きなところでいかがでしょうか。

明渡委員 時間がないのにすみません。ダラダラと余計なことをたくさん書いてしまいま

したが、少しだけ説明して、皆さんの意見を聞きたいと思います。ちょっと古くさい言葉で回路ブロックと言っていますが、ここにあるのはプロセスとしての MEMS 技術のとらえ方で、今後どう展開していくかは非常に良く分かりますし、これはこれで必要でしょう。

ただもう一つ、実用を考えると MEMS をシステムデバイスとしてとらえた時の視点が重要です。おそらく将来の夢あるデバイスというホワイト、ブルー、グリーンの三つを考えても、出てきた信号をどう処理するか、外部機器とのインターフェースをどうするかというところまで取り込まないと、たぶん使えるものにならないというのは皆さんも認識されている話だと思います。

その時に半導体とか専用の LSI とのリンクが非常に重要になって来ます。今、ファイン MEMS で高集積化 MEMS をやっていますが、現実のコストまで考えたらカスタム IC をウエハレベルで全部一体化してコストが合うアプリケーションはそんなにはないと思います。

昔の電子部品だと考えれば当たり前の話だと思いますが、その時に自由に組み替えられる、リコンフィギュラブルな構成を考えておかなければいけません。その時にどこで切り分けるのか。MEMS のセンサユニットの部分だけで切り分けるのか。そこから信号を取り出して、あるいはドライブして、標準的な CMOS の信号レベルに持っていったところで切り分けるのか。それは、これから考えていかなければいけない構想のような気がしますが、そういうものに対する戦略を取り込めないのかなと思いました。

藤田委員長 すごく矮小なところでは 5 ページで、ここはシステム設計という観点を書きにくいので、異種融合技術という作り方の方から攻めています。その中の 3 次元構造形成の下に「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層」があり、非常に狭い具体的な話となっていますが、もう少し読み取れるようにアップグレードするなり、どこかに書き出すという事はありうると思います。

一ノ瀬 (NEDO) 一番最後は「これをやらなければいけない」ということで、こういうキーワードだけを書いています、あまり内容がないというか。ここを明渡さんが言われたように、もう少し膨らませた形でやるというのは何かあるのかなと思います。

明渡委員 小寺先生が言われたような設計とか MEMS-ONE でやられたものと、実際のミニファブみたいなものと上手く連動させて、研究者レベルからベンチャーがビジネスを扱えるレベルまで後押しするというのが、どこかに見えた方が良いのではと、ずっと感じていました。

藤田委員長 あまり強くはないんですが、これも 7 ページの「設計・解析技術」の「MEMS シミュレーション技術」の中に、「システム化解析技術」を一応赤くしてあります。第 3 分類ですが、入れたつもりではあります。でも弱いかも知れません。

マルチスケールと言っているのは、私どもの理解では二つの意味があって、ナノ、マイクロという寸法としてのマルチと、もっとイマジナリーな領域で物性デバイス、システム、機能ブロックシステムという意味でのマルチスケールも含めたシミュレーションで、ここ

では広めに読みましようと思っています。

でもシステム技術のあたりをもう少し書き込むというのは、良いことかも知れませんね。
小池さん、どうですか。

小池委員 そこは明渡さんの方に何か書いて頂いたら。

藤田委員長 書いてもらえるとうれしい。イメージがおありだということもあります。

明渡委員 あと、これは経産省、特に研究開発課さんの中でももんでもらえればと思いますが、MEMS はいま製造に位置づけられていて、一方でデバイスの電子情報がありますね。特に半導体を中心としたシステム LSI みたいな話です。ああいうところも、デバイスとして半導体だけにスポットライトを浴びせても、先々作り方はどうするのかという議論があって、そういうものと MEMS との役所内での検討はどうなのかなと思っています。MEMS はエレクトロニクス分野でもありますね。

亀屋 (METI) ナノ部材のところにもありますね。

明渡委員 さっきの界面装飾の話は向こうでもやっていますから、積極的に取り込んでいった方が良いのではないかと理解しています。

三宅 (METI) その辺は情通課とか宇宙課から「MEMS ってどうなの？」というような話があるので、そういうところと協力してやっていく方向では考えています。結局、産機課だけで持っていても、本当はグリップできればいいですが、パイ的に限界があるので、もう少し広げるためには半導体分野や情報通信分野、航空宇宙から声がかかれば、こちらとしては当然どんどん協力して行くという体制です。

藤田委員長 バイオもありますね。

三宅 (METI) バイオ課とは新健康フロンティアの政策で MEMS を積極的に打ち込んでいこうというところで少し協力させて頂いています。そのほか情通課とか航空宇宙とも積極的に協力して行こうという方向で考えています。

明渡委員 是非、そういうところのフィードバックももらえると、マップ作りには大事なことのように思います。

藤田委員長 向こうに頼るのではなくて、こちらで積極的に書いて、向こうに見せて、なるべく取り込むというスタンスでやりたいと思います。

三宅 (METI) 相手にも調整をお願いしないといけないので、そういうところでどんどん交流していければと思います。

藤田委員長 そろそろ時間がタイトになってきましたが、もう少しやらなければいけないことがあります。マップの案で大幅な変更がありますが、特にご意見はないでしょうか。

橋口委員 1 ページに「高アスペクト比ナノトレンチ加工」とありますが、この分野は共通にしておいていただきたいと思います。

藤田委員長 安心だけでなく。そうですね、環境でも使えますしね。

橋口委員 櫛歯アクチュエータもナノトレンチで出来れば、かなり性能が上がる筈です。そ

ういうこともイメージしているのです。

竹内委員 その下の「ディープドライエッチング技術」も、光だけではなさそうな気がします。ほとんど共通でも良いような気がします。

橋口委員 1 ページの下の方に「超高共振周波数ナノカンチレバー加工」とありますが、これもできれば共通にしておいていただければと思います。

藤田委員長 これは第 4 分類だから。でもいいですか。分かりました。一応共通にしておいて頂きましょうか。

安達 (MMC) 目標値の方と関連する筈です。来期の目標値があるということは何かが付加されている。されてなかったりもしますが。

藤田委員長 では、とりあえずここは共通にしておきましょう。他はよろしいですか。言い出すと全部共通になりそうですが、それもあまりにフラットではいけないので、目をつぶって頂かなければいけないこともあるかと思います。

このようなことで、いま出たご意見に基づいて技術マップの項目を削るところと追加するところをよろしくお願いします。

「重要技術の考え方」の文章は、いま議論頂いたので、これに見合うように書き直さなければいけません。ここではやりきれないと思うので、委員の先生の評価結果をまとめて頂いて、後で電子メールでお配りして、そこでご意見を頂くようにしたいと思います。

<Ⅲ. (3)ロードマップ>

藤田委員長 委員からの意見の中に、大和田委員からの「検査評価技術の中にマイクロ材料評価技術の追加が必要。この中に薄膜引っ張り試験、薄膜疲労試験、薄膜寿命加速試験などの項目を入れるべき」などがありますが、この他、何かご意見はありますか。

従来のものを見ると最後の年が 2015 年ですが、さっき 20 年後と書いてしまったので、15 年では 20 年後にならないから 25 年までやらないといけませんね。25 年がいいのか、26 年がいいのか、良く分かりませんが、5 年ごとの刻みでいくから丸めて、きりの良い 2025 年ですか。6 とか 7 とか毎年少しずつ数が変わるのもおしゃれでないので、どこかで一気に増やすということで。

加藤 (JATIS) いまロードマップで 2015 年の列までありますが、その次に 2025 という列を 1 つ作って、そこに数値を入れるという考えでよろしいですか。

三宅 (METI) 数値が書きづらいところは目標を一言、二言で書いて頂くという形でも構いません。

竹内委員 絶対に数値で、マストというわけではないですね。

三宅 (METI) 数値でマストで 20 年後というと、「そんなのは予想できない」というところが殆どだと思うので、ある程度書けるところは書いて、書けないところは文字で書いて頂ければと思います。

藤田委員長 ロードマップを作るためのタイムスケールもあるので、あまり詳細には入れられませんね。そこに入れることに意味があるかどうかという議論もあります。形を工夫して、あるところまでは数値的に追える連続的なマップで、それから先は漠とした未来を大きく予想するカラムであるということが図でも見えるようにする。くどいようですが、そこを全部埋めてもあまり意味がないと思います。2025年に飛んで構わないので、その辺が分かるように工夫して頂けますか。

小池委員 未来デバイスのところはたぶん対応できると思いますが、それ以外のところはマイクロマシンセンターで作った訳ではなくて、昔の委員が苦勞して作られています。そこはどうでしょうか。あるいは委員で分担して入れて頂けますか。

一ノ瀬 (NEDO) それはそうでしょう。この委員で入れるしかありません。昔の委員を呼んで来ては書けませんから。

藤田委員長 技術マップがだいたい決まったので、それに対してこういうものを作って、ローリングして行く必要があります。分担してやって頂かないといけないので、申し訳ありませんが、宿題がいろいろ出ることになります。いまある項目は、このスクリーンにパッと出ませんか。白板でもいいです。どこに対してやる必要がありますか。

小池委員 第3分類が「重要技術課題」という名前に変わるんですね。

加藤 (JATIS) はい。今回新たに分類-4が入っていますね。これは指標のところに持って行って良いですか。

藤田委員長 落として頂けますか。

加藤 (JATIS) 前もそういうイメージで、分類-4のものは指標の左側に入れました。

小池委員 赤いところは指標の右側の項目まで未だ作られていないので。

藤田委員長 これに対応する指標を考えてやっていけば良いということですか。

加藤 (JATIS) 前の場合は指標も二つに分かれています。たとえば指標の左側が「立体形状表面へのパターン形成」という言葉で、数値等を書く時の項目が右側に入っているという形を取っています。そういう面では、今回は分類-4が指標の左側の項目で良いのかなと思います。

藤田委員長 近いかもしれませんね。分類-4は技術マップ表には出て来なくて、指標の方に書き改めるということをお願いしたいと思います。

それで宿題の話になります。分類-1のところだけでいいですが、それをパッと出して頂いて、大きな字にして、そこにどンドン担当を書いて行きたいと思います。エクセルをそういうふうに出れますか。分類-1のところだけコピーして、右にもう一つ欄を作って名前が入るといふ表が欲しいのですが。

(白板で担当者を整理しながら)

小池委員 未来デバイスのところ、赤いところは MMC でやるべきだと思いますので、それ以外をお願いします。

藤田委員長 とりあえず赤いものはお願いできるとなると、異種融合と大面積化は考えなくていいですね。異種融合技術と大面積化は MMC をお願いします。

小寺委員 成形も外れているのはマイクロエンボス加工技術だけですね。

藤田委員長 成形技術もほとんど赤いですが、MMC さん、大丈夫ですか。

小寺委員 設計解析もそうですね。

藤田委員長 後でだれかの助けを呼ぶのは有りで、とりあえず主務を決めます。あと 6 個ぐらい残っています。だいぶマネジャブルな数になって来ましたが、エッチングは寒川先生ですね。余人をもって変えられないということで、エッチングは寒川先生をお願いします。

成膜も赤いところは MMC さんをお願いして、それ以外のところで、だれか一人、二人、ボランティアはいませんか。では成膜を明渡さんをお願いしましょうか。それから形成の方、表面改質です。CNT、ナノ材料、LSI 融合プロセス。企業委員の方で何人かで分担でも、二人ぐらいでやって頂いても良いと思います。実装のところも少し助けて頂く必要があります。

橋口委員 私は形成の方に少しかかわっていたので。

藤田委員長 では橋口先生と竹内先生で形成をどうですか。実装は多いですね。実装と検査評価技術は 3 人で相談してどうですか。大和田さんは標準化があるから免除で良いですよ。小寺先生はどうしますか。設計・解析技術のシミュレーションを助けますか。

荒川委員 実装技術の方はマスター原稿があるので。

小寺委員 分野と書いてあるところのバイオというところ。成形とか形成とか。

藤田委員長 別のカテゴリー分けだから困ってしまうんじゃないですか。

太田委員 検査・評価技術を。

明渡委員 このデジタルファイルに列として、2025 年が足し算になったものを。

藤田委員長 あとは一応数字を見てもらって。どこかに数字をちゃんと見直すことが大切だとありましたから。

明渡委員 直したところは色を変えて返せば良いですね。事務局が新しいフォーマットを作って、ファイルを送って頂いて。

竹内委員 項目の追加はあれば入れても良いし、なければそのまま。

藤田委員長 一応ここで議論したので、5 個も 10 個も増やされると再議論が必要ですが、どうしてもということであれば。

小寺委員 設計・解析技術のところを MMC の後ろでやりましょう。

藤田委員長 小寺先生はお目付け役ということで、前・後処理システムは佐藤さんとか、どこかをペアでやって頂く手もあると思いますが、明渡さんに思いを書いて頂けますか。

明渡委員 では私も書きます。最低限私が書かなければいけないことは書くとして、もし他の方でも、企業の方でも、項目なり意見立てを頂けるのであれば、書いて送って頂いた

ら良いのではないのでしょうか。

藤田委員長 前・後処理システムは佐藤さんをお願いして、実装と検査、少しシェアをして頂いた方が良くと思います。荒川さん、太田さん、よろしいですか。そこは中でやって頂くことにして、実装の方に佐藤さんも入って、これでうまく行きましたか。私は MMC さんの相談に乗る必要があると思うので、赤字のところをフォローしたいと思います。

最終的なロードマップの見直しについて委員の分担は以下の通りとなった。

分類-1	委員の分担	分類-1	委員の分担
エッチング技術	寒川委員	前・後処理技術	佐藤委員
成膜技術	明渡委員	実装技術	荒川委員、佐藤委員
成形技術	MMC	検査・評価技術	太田委員
形成技術	橋口委員、竹内委員	設計・解析技術	MMC、小寺委員
異種融合技術	MMC	製造システム技術	明渡委員
プロセス連続化・大面積化技術	MMC	その他	資料 2-5-3 で、赤字の項目は MMC

<10年後のMEMS製品の具体的イメージ>

藤田委員長 委員からの意見もいくつか出ていますが、これに関してはどういうふうにやりましょうか。

一ノ瀬 (NEDO) 逆に言うと、10年後のMEMS製品の具体的イメージは残るのですか。

亀屋 (METI) より現実に近いので残したいと思います。20年後は夢を語ってもらうという事で。

一ノ瀬 (NEDO) 10年後のMEMS製品の具体的イメージの後に20年後を入れて、これは残して議論するという事ですね。

藤田委員長 少しアップデートする必要があるということですが、中を書き換えれば良い項目と、例えば宇宙とかロボットという話を書こうとすると、少し新しい項目を立てなければいけませんね。どういう方針にしましょうか。昨年から1年経ってイメージとして何かありますか。

明渡委員 項目を立てなくても、10年後だったら、センサMEMSのところには出口イメージでロボットに使われるとか、パーソナルに使われるとか、バイオMEMSだったらパーソナルイメージが出るとか、中にキーワードとして入れてしまっても良いのではないですか。

藤田委員長 では一つずつ見てみましょうか。RF-MEMSに関してはどうすれば良いですか。

大和田委員 例えば、半導体部品もあるし、それが全部MEMSになるというのは、あまりにも乱暴すぎますね。

藤田委員長 とりあえず「全て」を取れば良いですか。「高周波部品がMEMS部品に置き換

わることにより」という程度でよろしいでしょうか。荒川委員の周波数発生デバイスは RF-MEMS の一部ですか。

荒川委員 「例えば」という話があったら分かりやすいかなという感じで書きましたが、それほど具体的な例がなければ良いです。

藤田委員長 どこかにこれを入れれば良いのですね。どこに入れましょうか。二つ目の文章ですか。「高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる」というあたりに「例えば〇〇のように」と入れますか。

これも案だからあとでリファインして欲しいのですが、「また、例えば周波数発生 MEMS、帯域フィルタ MEMS」……。荒川さん、もう少しこなれた言葉になりませんか。「例えば〇〇のような高周波部品の一体化製造が可能となり」と書けば良いのではないかと思います。

小寺委員 その次の文章の「携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化を図るための高周波用 MEMS……」。

藤田委員長 「このために」と書きますか。

明渡委員 最初の文章の「携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品」のところで、具体的にはどこに使われるかという周波数発生 MEMS とか帯域フィルタ MEMS です。この「置き換わる」が引っかかりますね。大和田先生は「置き換わる」が良いですか。

大和田委員 現在は例えばスイッチは半導体スイッチが使われていますが、それが RF-MEMS に置き換わるというイメージで書いていて、フィルタも他の部品で作られているのが MEMS 製のフィルタに置き換わる。荒川さんが言っている周波数発生 MEMS というのは発信機のことですが、例えばいま水晶で作られているものが MEMS に置き換わるということを行っているわけですね。

明渡委員 置き換えたいという意思を強く出されていると思いますし、部分的には置き換わって行くものもあると思いますが、そこを抜き出した方が良いでしょうか。

日野 (JATIS) このページの位置づけの整理で、少しだけ補足させていただきます。これはいま 3 ページですが、もともとはある意味 6 ページとセットです。6 ページに分野が書いてあって、RF-MEMS は無線通信ですが、共通以外は RF とバイオと光とセンサで、「これって何？」というものを普通の人にもわかりやすいようにここに示して、かつそのプロセス技術と合わせて書いてあります。

例えば光 MEMS には〇〇技術が重要だと書いてあるという性質の紙だったので、もしその性質を踏襲するのであれば、あまり細かいテクニカルタームは要りません。

明渡委員 要らないですね。これは専門家相手に「こうなりますよ」と説得するというよりは、素人の人、一般の人、極端なことを言えば MEMS を知らない人を相手に「こんなところに使われるものですよ」と理解してもらおうという趣旨ですね。むしろ出口側に近いとこ

ろが、製品とか身近なものがこんなふうに変わりますと書いてある方が良いわけですね。

藤田委員長 最初の質問の仕方が良くなかったかもしれませんが、いまみたいなお話だと、これを書き直す意味はないような気がします。どうしましょうか。前の委員会で考えて、光 MEMS とか、RF-MEMS とか、センサということを定義されたわけですね。その定義を私たちがいじることに、どのぐらい意味があるかという話になります。

大和田委員 ここは素人が読んでも違和感があるので、やめた方が良いでしょう。

藤田委員長 私もそう思います。その程度でいいですね。

明渡委員 そのニュアンスでもう少し付け加えるとすると、例えばモバイル機器の伝送能力が有線 LAN 並みのというのも、普通の人にはほとんど分からない。

藤田委員長 そういう細かいことはやめましょう。キーになることで、もう少しイメージを膨らませておいた方が良いでしょう。キーになれば追加して頂くとか、文章として読んで本当におかしいことがあれば直すということにとどめたいと思います。そういう意味でパーソナルとか、いろいろなものが全部一体で集積されたデバイスということを少し追加してイメージが膨らむなら、それは大変結構だと思います。

小池さん、何かアイデアはありますか。

小池委員 私がこの中にもう少し入れて置いた方が良いでしょう。先ほど先生がおっしゃった一体集積化みたいなものです。

藤田委員長 どこに、どう入れましょうか。

小池委員 センサ MEMS のところに「MEMS・半導体共存構造」ということで少し書いてあります。RF-MEMS のところも、たぶん先はそうなると思うので、同じキーワードを入れておいたらどうでしょうか。MEMS・半導体共存構造の成形技術が重要であるというのを RF-MEMS にも入れたらどうかと思います。

小寺委員 「全て」を取ってしまうと、3行目に「高周波部品の一体化製造が可能となり」で含んでしまいます。だから同じニュアンスの言葉は入っているんですね。

安達 (MMC) 例えば、ここは個別の MEMS を書いていますが、いまやっているファイン MEMS はそれを集積化するというものです。その項目を最後に加えるのは可能でしょうか。

藤田委員長 MEMS 製品の具体的イメージという形で書ければ良いと思います。

安達 (MMC) そうすることで、高集積 MEMS を一番最初の定義のところに入れるのはまずいですか。

小池委員 集積化という部分を別項目で 1 行加える手もあると思います。言葉自身も少し考えましたが、「また、それぞれの MEMS が他の MEMS や LSI と集積化され、高機能・小型化が図られることが考えられる」という文章を一番下に入れるとか。

藤田委員長 1 行ぐらい空けて。悪くないんじゃないですか。

小池委員 もし良かったら、私が文章を書いて事務局に投げます。

藤田委員長 小池さん、作って皆にメールで流して頂けますか。

小池委員 分かりました。

藤田委員長 では、そういう線で良いですか。途中で議論の時間がなくなってきたので、その案はMMCで考えて頂くことにしたいと思います。

6. 今後の予定

加藤 (JATIS) この後、MMCさんなどと相談しながら、事務局としてフォーマットを作っ
て行きたいと思います。

藤田委員長 分担を決めたので、なるべく簡単にやって頂けるように、うまくひな型をお
送りして、具体的にどこをどうするかを明確に指示して頂ければと思います。

次回は2月23日 金曜日、13:30~17:30

場所等については、追ってご連絡をさせていただきます。

以上で閉会致します。どうもありがとうございました。

4. 3 第3回委員会議事録

日時：平成19年2月23日（金）13:30~17:00

場所：東京国際フォーラム 4階 G407 会議室

出席者（24名 以下敬称略）

委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	橋口 原	香川大学 工学部知能機械システム工学科 教授
	明渡 純	(独) 産業技術総合研究所 集積加工研究グループ長
	小寺 秀俊	京都大学 大学院 工学研究科 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 助教授
	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	太田 亮	オリンパス(株) 研究開発センター MEMS 開発本部 副部長
	佐藤 文彦	オムロン(株) 先端デバイス研究所 RFSW 推進プロジェクト
	荒川 雅夫	松下電工(株) 生産技術研究所微細プロセス開発センター 所長
	大和田 邦樹	国際標準化工学研究所 所長
	小池 智之	(財) マイクロマシンセンター 調査研究部長

オブザーバ

	安達 淳治	(財) マイクロマシンセンター 調査研究次長
	磯川 俊彦	(財) マイクロマシンセンター 第1研究開発課長
	阿出川 俊一	(財) マイクロマシンセンター 産業交流部長

METI	高島 浩	産業技術環境局	研究開発課	産業技術企画調査員
	土屋 博史	産業技術環境局	産業機械課	課長補佐
	三宅 晃司	産業技術環境局	産業機械課	情報化推進係長
NEDO	一ノ瀬 祐亮	機械システム技術開発部	主査	
	浅海 一志	機械システム技術開発部	主査	
事務局	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター	調査研究第一部長	
	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター	主任研究員	
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター	研究員	
	中原 洋二	(株)日鉄技術情報センター	速記	
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター		

配付資料

議事次第

配付資料リスト

座席表

資料 3-1 MEMS の標準化ロードマップ

資料 3-2 MEMS の市場動向調査結果

資料 3-3 MEMS 分野の技術戦略マップ

資料 3-4 MEMS 分野の導入シナリオ

資料 3-5 MEMS 分野の技術マップ

資料 3-6 MEMS 製造技術のロードマップ

参考資料 3-1 第 2 回タスクフォース委員会議事録

議事次第

1. MEMS の標準化ロードマップについての紹介（開始後、議題 1. と 2. の順番変更）
2. MEMS の市場動向調査結果についての紹介
3. MEMS 分野の技術戦略マップの本文の見直しについての討議・確定
4. MEMS 分野の導入シナリオの見直しについての討議・確定
5. MEMS 分野の技術マップの重要技術の見直しについての討議・確定
6. MEMS 製造技術のロードマップの見直しについての討議・確定
7. 今後の予定

議事要旨

1. MEMS の市場動向調査結果についての紹介

阿出川部長（MMC）

資料 3-2 および当日配布の修正版の A4 資料（2 枚）を用いて紹介が行われた。

修正版が現在確定した数値で、資料 3-2 の数値は若干の集計のミスが出ている。

結論から言いますと、市場規模は 2005 年度の現状で 4431.2 億という数字が出ています。2010 年度予想は 1 兆 1842.7 億円、2015 年度予想は 2 兆 4093.9 億円です。実際には委員によって見解があるので、上限値と下限値を求め、その中間値を採用しています。

産業分野毎の市場規模も予測し、また MEMS の種類毎の市場規模も予測し、各産業分野毎に、MEMS の種類毎の市場規模を図で示している。

合わせて、アンケートの調査結果からのデータをもとに、各産業分野毎に、MEMS の種類別に MEMS デバイスに対する事業展開の意思のある企業数を図に示し、市場規模の予測の参考データとして見て頂くよう準備しました。

最後に、アンケートの調査結果からのデータをもとに、MEMS 関連産業構造の分析を行い、図で表している。

【加藤 (JATIS)】 ありがとうございます。それでは質問を受けたいと思います。お願いいたします。

【小寺委員】 4 ページの上の段の表と 2 ページの上の段の表の数字はどう見るんですか。

【阿出川 (MMC)】 本来これはトータルの数字は同じでなければいけません。実際の整理の仕方としては各分野別に、たとえば 2 ページ目の上の情報通信機器分野の中身は、アプリケーション機器と、そのときに使われる MEMS の種類を全部列記しています。ですから MEMS の種類という観点から、同じように 4 ページ目の方をまとめ直すという作業で、分野と種別と両方を出しています。

【小寺委員】 最終的には同じ数字になるんですか。

【阿出川 (MMC)】 本来同じ数字の筈です。先ほどまでチェックして、だいぶ一致してきましたが、実は修正が間に合いませんでした。大変申し訳ございません。

【高島 (METI)】 最終的には修正されるんですか。

【阿出川 (MMC)】 もちろん修正させていただきます。補足しますと、今日は数字の傾向の結果だけご報告していますが、現在委員会の方で、こういう傾向、こういう数値に対して実際の技術の進展、もう少し広い意味のアプリケーション機器の市場の成長率を勘案して、これの分析を加える作業を進めています。今月中、来月早々ぐらいには、このへんの文書が出ると思います。したがって、今日は数字の報告だけで済ませさせて頂きたいと思っております。

【加藤 (JATIS)】 そのほか質問はございませんか。

【藤田委員長】 今回のロードマップのローリングにあたって、市場のことも考えながらやりましょうという趣旨ですね。分かる範囲で結構ですが、そここのところでコメント頂けませんか。

【阿出川 (MMC)】 市場成長率はアッパーとローワーの数字を出しています。各委員の方から……。

【藤田委員長】 そういうことを聞きたいんじゃないかと、どういう分野に注目するかとい

うことが大事ではないかと思います。ロードマップは技術を見て、どの技術をやらなければいけないか、特に市場から見て伸びるべきところに注力して技術をやるべきだというリコメンデーションになると思います。ですから、そののところを教えてくださいということです。

【阿出川 (MMC)】 この予測の中身について若干検証を加えているのは携帯電話分野と自動車分野、ゲームの分野等です。ここの分野については伸びが非常に大きくて、技術の使われ方も複合的で、たとえばセンサーとアクチュエータとか、複合 MEMS 的なものになります。

そのへんについて非常に希望的な観点から、こういう技術を進めればこういう市場規模になる、この技術をさらに進めればこうなるというところで、いま言った注目分野について詳細な分析を加えております。

【藤田委員長】 それでどうなんですか。検討を加えているといっても、今日は最後の委員会です。何でもいから、スニークプレビューで構わないので、ここから僕らが学び取るべきこと、議論の中からヒントになることを教えてくださいと思います。これを自分で見てということならそれでもいいですけども、時間的にひと月後に報告書を出していたとしても、僕らには反映できないものですから。それはまだ難しいですか。

【阿出川 (MMC)】 大変申し訳ないんですが、ちょっとそこまでは。

【藤田委員長】 分かりました。むしろ皆さんにパラパラッと見ていただいて、「こんなことに気がついた」ということを頂く方が有効かも知れませんね。

【高島 (METI)】 1 枚紙のほうで MEMS 関連市場の規模予想がありますが、この中で医療福祉機器分野と自動車分野が非常に伸びていると思います。2005 年から 2010 年、2015 年にかけて 3~4 倍という大きな数字になっていますが、どういう分野で増えたかについては後ろの紙の、例えば自動車なら 7 ページ、医療福祉分野なら 8 ページの図を見て、それぞれの MEMS の素子が年度展開されていて増えているということが、これに直接反映されているという認識でよろしいですか。

特に自動車分野については、センサー MEMS は大きく変わらずに、RF-MEMS が伸びるという考えでよろしいでしょうか。

【阿出川 (MMC)】 衝突防止用とか、そういうところで応用分野がいろいろ広がっています。

【高島 (METI)】 そういう項目についても文章化するという方針はございませんか。

【阿出川 (MMC)】 実は今それをしておりまして、3 月の報告の時には入ります。

【橋口委員】 8 ページのグラフですが、市場規模が小さくなるものも見込まれるんですね。

【藤田委員長】 具体的には、流体 MEMS がやけに減るように見えますが。

【阿出川 (MMC)】 このへんはどうして落ちているのか、実は今我々の方も調べております。

〔小池委員〕 流体 MEMS 系は、使い捨てのものがどんどん増えてくると非常に単価が安くなるというところが少し反映されていて、金額ボリュームが下がっています。医療の方もそうになっていると思いますが、そんなことを考慮しているようです。機器の価値をどう見るかという部分もあるんですが、いわゆる流体の小さな部分で見ていたと思います。

〔藤田委員長〕 それにしても、いまより下がるというのは何か変ですね。

〔小寺委員〕 そういうことはないんじゃないですか。流体のチップがコストが安くて小さくなったら、逆に高機能化してきて、周辺の、たとえば中につけるコーティングとか、センサーの材料が多様化して、そんなに下がらないと思います。特に医療用の保険点数はそんなに大幅に下がらなくて、1回の検査で1000円とか1500円ぐらいのものはずっと安定していますから、それが下がるとは思えないので。

〔小池委員〕 委員会の中でもその議論がありました。

〔藤田委員長〕 もう少し見てもらった方が良さそうな気がしますね。

〔安達（オブザーバー）〕 今日の1枚物の数字でいくと、医療福祉分野のトータルの額と、ここの表の額が少し違うように思います。たぶん、いろいろ反映した最終のものの一つ前のデータで、まだ更新できていないんじゃないかと思います。

〔藤田委員長〕 僕が見たところでは、センサーMEMSは注目している企業が多いけど、これはそんなに数が増えないようですが、自動車でマチュアしているところが、これから情報通信とか、民生とか、アミューズメントとか、精密機器とか、どこを見てもセンサーMEMSがやたらに伸びていますから、そういうところに波及していくというのが一つの観点ですね。

光MEMSは当然通信の方では大きくて、最後の医療福祉が減るのはどうか分からないけれども、流体と、あとはバイオ・化学ですね。回答企業を見ても、圧倒的にこれを増やしたいというところが多いようなので、先々そのへんに重点が出て来るのかなということは、ざっと見ても感じられます。

〔阿出川（MMC）〕 先ほどの医療のグラフですが、8ページ目はまだグラフが直っておりません。こちらの細部の集計表ではパワーMEMSだけがちょっと下がっていて、流体MEMSのところは一応伸びが出ています。数字的に言うと、2015年度は流体MEMSのところは相当増えています、2010年度が647億、2015年度が944億です。

この理由は、医療福祉機器分野とバイオテクノロジーの分野の切り分けが非常に難しく、細部の別途の表では機器に分類できそうなものを医療福祉機器分野の方へ、いわゆる分析機器として出来そうなものはバイオの方へと実は入れ替えをしています。その結果が最終数値になりましたが、それがこのグラフの中には反映されておりません。

〔藤田委員長〕 分かりました。これは集計ミスで、「現在より減ることはない」というお話だったようです。他に何かありますか。僕が言ってはいけないのかな。

〔太田委員〕 確認になりますが、この数字はMEMSデバイスの生産高ではなくて、MEMSが

使われているアプリケーション機器の生産高の中で MEMS が演じている役割について数字を出しているんですか。

〔阿出川（MMC）〕 基本的にそうです。もう一つ、現在の市場にないものは、例えば、介護ロボットのようなものと、厚生労働省の調べでは全国の介護施設数が八千いくつで、そこに介護ロボットが 1 台ずつ設置されたとします。経済産業省のロボットの間接報告の中に介護ロボットは 150 万～200 万ぐらいという数字も出ていますので、仮に全国の施設に 1 台ずつ行ったとして、その介護ロボットの中で MEMS 技術がどう使われるかということで、市場規模は介護ロボットが 150 万～200 万、それが全国に設置されたとしてトータル市場規模がこのぐらい、でも全部行くというわけにはいかないから、となります。

〔藤田委員長〕 そこが問題で、トータル市場規模はロボットのお金ですね。そのうちの MEMS が実際に使われている部分をどんどん掛けていって、小さくした数がここに入っているということですね。そういうご質問ですね。

〔太田委員〕 個人的な意見で、MEMS を生産している側からすると、ストレートの MEMS の生産高みたいなものが出てくると、より分かりやすいと思います。それも併せて出していただけならばというのが僕の希望です。

〔藤田委員長〕 これはこの委員会で議論することかどうか分からないけれど、ストレートというのは MEMS に払ってもらえるお金という意味ですか。

〔太田委員〕 ええ。

〔藤田委員長〕 そういうご意見もあるようです。

〔太田委員〕 意見というか希望です。

〔藤田委員長〕 MEMS 種別ごとの市場規模の方で、光 MEMS とかスキャナがデバイスイメージとしてあるので、こちらだったらそのお金を併せて見ることは可能かもしれません。逆に言うと、それプラスこちらの方に出てくるものが付加価値になるので、MEMS 一つがこんなに全体としての価値を押し上げたという見方も出来るかも知れませんね。ここの委員会ではなくて下山先生に言わなければいけないことだと思いますが、ご検討下さい。

2. MEMS の標準化ロードマップについての紹介

大和田委員

資料 3-1 と同じ内容のパワーポイントに従って紹介が行われた。

ロードマップは二つの切り口から検討しています。一つは基盤共通技術分野で、もう一つはデバイス分野です。

基盤共通技術分野については、さらにその中を加工プロセス、材料、基盤共通複合と分けています。そして、それぞれ技術動向、従来どういものが標準化されて、何がまだされていないのかという標準化動向、それをまとめた標準化技術マップを作って、それぞれの標準化項目の位置づけ、優先順位、緊急性を加味して、それを時間軸にやり直して、最終的にロードマップを作りました。

それぞれの標準化項目の位置づけについては、横軸を標準化の緊急性の大小で、縦軸は国際標準を目指すのか、あるいは国際標準としないので社内標準にとどめるのかということで、整理しました。

それらをもとにして、時間軸を加味したロードマップにしました。この中では、赤は第1グループとして従来規格が適用できるもの、青は第2グループとして新規に国際規格として研究開発をしながら進めていくもの、緑は第3グループとして、まずはMMC規格として、国内業界団体規格として作り上げて次のステップを考えていくものです。この3段階に色分けしながら考えています。

次はデバイス分野の標準化ロードマップですが、特に携帯用と自動車用に絞り込んで、市場がどういう方向に進んでいて、そこからどういうニーズが出てくるかという市場ニーズに、MEMSデバイスとしてどういう技術動向が図られていくのかを加味して、標準化技術と標準化ロードマップを作って行きました。

それぞれの標準化項目の位置づけについては、横軸を国際標準化の必要性の大小とし、縦軸を国際標準化の容易性と困難性（社内標準に留める）として、整理を行った。また、縦軸に現市場大／顕在市場の指標を取った整理も行った。

それらをもとにして、携帯用と自動車用のロードマップを作成した。

【加藤（JATIS）】 ありがとうございます。それでは質問を受けたいと思います。お願いいたします。

【一ノ瀬（NEDO）】 共通基盤のところの標準化は今のもので分かりますが、自動車用でも携帯用でも、デバイスの標準化は具体的にはどういうことを言いますか。

【大和田委員】 一番大きいのは、いろいろな特性項目の測定法になります。例えば加速度センサーだと加速度とか、センサー特有の評価項目がありますが、それをどうやって測るかです。そのへんは必ずしも世界共通に標準化されていないので、各社各様でバラバラの測り方をして「うちの製品はいい」「こっちは悪い」「他社に比べてこれだけいい」と言っていますが、違う測定法で測っても客観性がないので、まず客観的な物差しづくりをきちんとしようということです。

【一ノ瀬（NEDO）】 例えば加速度センサーは、エアバッグ用としてはこの方法で測ったものを基準として車に乗せないといけないと決まった場合、それをヨーロッパに輸出しようとしたら、全部そのデータを入れておかないとまずいということですか。その方法でやらないと輸出できないということですか。

【大和田委員】 加速度センサー自体を貿易で輸出する場合は、IEC／ISO規格に準拠してやってくださいということがWTOで決まっていますから、国際規格が成立すれば必ずその方法でやることになります。

【一ノ瀬（NEDO）】 例えば測定装置に特許を取っておいて、特許を取っている測定装置を使うことが決まれば、それはぼろもうけになるということですか。決まらないとは思いますが。

【大和田委員】 特許の扱いはそうなります。もし「必ずこの方法で測定しなさい。測定するには、必ずこの特許を使わないといけない」ということになれば、測定器を作ったところ、その特許を持っているところは非常に有利な立場になります。

【土屋 (METI)】 例えばこういう 2 次元のグラフの時に、国際標準を目指すか目指さないかという切り口にすごく興味があります。実際にここを判断した基準と言うと硬いんですが、どういうものに対して国際標準を目指して、どういうものは目指さないか。というのは、たとえば企業の個別の技術戦略の中での総意として判断されたかも知れないし、技術特性として標準化に合う、合わないもあると思います。

省内でもよく議論しているのが、技術流出防止でクローズにするか、またはオープンイノベーションと言うように、むしろあえて打って出ていくかということです。その判断基準で喧々囂々となっているので、縦軸のところはどういう考えで上下を整理したかお伺いできればと思います。

【大和田委員】 明確な答えは難しいんですが、例えば特許化が非常に難しく、ノウハウとして社内にとどめて置いた方がいい項目もあります。いったん特許化されれば、先ほどのようにそれが非常に有効に活用できますが、特許として表現しづらくてノウハウにとどめた方がいい技術については出さない。それから標準化が非常に難しい分野があるので、特に全社共通でやる必要はなく、各社各様でやればいいものについては、あえて規格という形ではなく各社のものにした方がいいということです。

そのへんはかなり感覚的な要素があって、定量的に表現するのが非常に難しいので、お答えは非常に大変ですが、そういったことがあると思います。

それと測定法のようなものはいいんですが、例えばプロセス技術のようなものは必ずしも標準化する必要はなくて、プロセスは各社各様で得意、不得意があります。できあがったデバイスの電氣的な特性としてはある程度基準を設けた方がいいんですが、無理やり「こういうプロセスでつくらなければいけない」ということではなくて、それをどう作るかは各社各様に工夫すればいい問題で、あえて標準化する必要はないと。

今回も加工プロセスという項目があるんですが、あくまでもそれは評価法ということでやっていて、プロセスのやり方自体、プロセス技術自体を標準化するというものではありません。例えばそこにあるエッチング法、成膜法、マイクロマシニングは標準化すべきものではなくて、各社の社内技術として蓄積すればいいものだと考えております。

【高島 (METI)】 まず初めに図を描いて、それを標準化として矢印で示すのは非常にわかりやすい構成になっていると思います。図の中で第 1 象限に出てくるもの、さらに右上に来るほど標準化が必要になってくるという認識だと思いますが、第 1 象限にあるものはすべて矢印として示されているということでしょうか。

【大和田委員】 基本的にはそうです。ただ優先順位、重要性の順位で一番右上にあるものは必ず示していますが、中央付近のものは必ずしもやっていません。

〔高島 (METI) 〕 将来的に線がクロスする部分は、必要性についてはグレーというお考えですか。

〔大和田委員〕 そうですね。ただ、これはあくまでも 2006 年時点の判断で、3 年後、5 年後、10 年後に優先順位や重要性が逆転することも当然あります。現時点では一番右上のものに注目しますが、それ以外については、もう少し時間の推移を見ながら考えて行きます。

〔高島 (METI) 〕 もう 1 点教えてください。基盤共通技術で人材育成がありますが、その部分で業界規格、MMC 規格、標準規格の制定にあたってというのは、人材について講習などを行って免許とかグレードを交付することを想定されているんですか。

〔大和田委員〕 そこまでは考えていません。国際標準にしても、MMC 規格を作るにしても、標準化はある程度専門的な、特有な知識や経験が必要になって来るので、そういう人材なるべく増やすということです。他の既存の分野ではそういう人がたくさんそろっているのに新たな人材まで考えなくてもいいんですが、MEMS は非常に新しい分野で、標準化の経験のある人が少ないので、そういう人をもっと増やそうということです。

〔高島 (METI) 〕 MEMS の場合、今後人材育成が非常に重要なファクターになって来ると思うので、ご意見等ありましたら後で教えて頂ければと思います。会議とは関係なくてすみません。

〔橋口委員〕 いま大学の場合は JABEE みたいなものがありますね。教育のカリキュラムが統一化されて、技術士だったか、資格を与えるという動きがありますが、その MEMS 版みたいなものを標準化するというイメージですね。

〔大和田委員〕 資格をどうするかというところまではまだ考えていないんですが、とにかく経験のある人材をたくさんそろえよう、人材を増やそうということです。

〔藤田委員長〕 大学の立場で言えば、どういうものが教えなければいけない必須の要素で、それ自体をどう学んで欲しいか、プロセスに関してはこう、デザインに関してはこうというものがあると思います。そのへんはゆっくり考えなければいけないし、外国の大学、UCLA などでは MEMS のための標準カリキュラムで半導体プロセス講座を取りなさいとか、物性の置き換えの何とかを取りなさいということをやっています。

だからその辺は、僕らも遅れないように考えていかなければいけません。これはむしろ大学の自戒の言葉でもありますが、そこは要求される所と産業界で必要とされることを照らし合わせながらやらないと、机上の空論ばかりやっても仕方ないので、ぜひそういうフィードバックを頂いて、こちらはこちらで考えるという方がよろしいと思います。

〔浅海 (NEDO) 〕 先ほどまでの意見と関連するところがありますが、プライオリティーをもう少しつけたら良いのではないかと私なりに思っています。例えば自動車用の MEMS でも、いまタイヤ空気圧センサーは法令化が迅速に普及しています。ですから逆に法令化に時間軸を合わせた形で標準化もリンクさせていくべきだとか、そういったイメージで戦略的な話が出て来るといいのかなと思います。

将来的にもインフラが整備されて、インフラと MEMS の関連性が高くなった時に、インフラとの協調制御みたいところでプライオリティーをつけて、横軸の時間軸ももう少し合わせ込む形にしたらどうかと思います。

【大和田委員】 大変貴重なご意見として伺っております。実は今回初めて標準化のロードマップを作りました。ですから今回は第 1 次バージョンと位置づけて、来年あるいは再来年以降これを見直して、時間軸の精度をもう少し上げるとか、法制化の問題とか、新しいテーマをどんどん取り入れて、より確実性の高いものになるようにしたいと思っています。

【加藤 (JATIS)】 では議題 2 はこれで終わらせて頂きたいと思います。次に議題 3 に入ります。ここから決めていくことが非常に多くなりますが、議題 3 は「MEMS 分野の技術戦略マップの本文の見直しについての討議・確定」です。資料は 3-3 です。ここからは司会を藤田委員長にお願いして、討議・確定して頂きたいと思います。よろしくお願いします。

3. MEMS 分野の技術戦略マップの本文の見直しについての討議・確定

【藤田委員長】 いままでは楽しい議論で、あまり責任がなかったんですが、これからは物事を確定していくので、きちんと決めていかなければなりません。かつ、あと 2 時間半になってしまったので、時間のことも考えながら、簡潔できちんとしたものをやって行きたいと思います。よろしくご協力をお願いいたします。

それでは、まず事務局から資料の中の見直し点について説明して頂けますか。

【加藤 (JATIS)】 資料 3-3 の 2 ページ目を開いて頂きたいと思います。(4) は標準化についての記述を大和田委員にして頂いたものです。次に 4 ページ目です。「10 年後の MEMS 製品の具体的なイメージ」で色が変わっているところがありますが、これは小寺委員に追加修正して頂いた部分です。5 ページ目は明渡委員から「こういう言葉、分野を追加したらどうか」ということで頂いたものです。

ここにつきましては、事前配布で皆さんに資料をお送りしています。(4) の標準化のところを注意して見て、ここだけ議論して頂ければいいと思います。

【藤田委員長】 どうもありがとうございます。まず大和田さん、(4) のところを読んで頂けますか。

【大和田委員】 「さらに、我が国の MEMS 技術・製品が世界市場において優位性を獲得するためには、我が国産業界の利害を反映した各種デバイスや基盤技術の国際標準化を先導的に進めることが重要である。このためには、標準化ロードマップによる MEMS 標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進、等の標準化活動を継続的に取り組むことが必要である」。

【藤田委員長】 この文章はオープンになるのでしょうか。「我が国の産業の利害を反映した」というのは、やや公の文章にはふさわしくないような気がしますが、どうしたらいい

いでしょう。

〔土屋 (METI) 〕 競争力はどうですか。

〔藤田委員長〕 「競争力を強化するための」とか、どういうふうにしますか。案を頂きますか。

〔土屋 (METI) 〕 「競争力を強化すべく、各種デバイスや」と。

〔藤田委員長〕 そうでしょうか。それでは2行目の「我が国産業界の利害を反映した」は「我が国産業界の競争力を強化すべく、各種デバイス」とした方が刺激が少ないと思います。他にどうでしょうか。あとは大丈夫ですか。よろしいですか。では、ここはこれでいいです。他にも若干の修正等があるようですが、特にご意見がなければこれで行きたいと思います。いかがでしょうか。

とてもつまらないことを言っておくと、4ページの小寺先生の Adaptive Optics の後の「」が抜けています。「AO (Adaptive Optics) 」ですね。バイオ MEMS のところの人名は、今はあった方が分かりやすいということで後で消して頂くんですね。よろしいですか。もし何かお気づきのことがあれば、終わりまでに一言いただきたいと思います。

では先に行きましょう。技術戦略マップはこれで確定です。

4. MEMS 分野の導入シナリオの見直しについての討議・確定

〔藤田委員長〕 議題4は「MEMS 分野の導入シナリオの見直しについての討議・確定」です。では資料3-4について、見直し点の説明をお願いします。

〔加藤 (JATIS) 〕 資料3-4を開いて頂きたいと思います。A3 カラーの2ページものの資料です。2ページ目の一番下にある「環境整備」の「標準化」というところに三つの枠がありますが、二つ目と三つ目、「基盤共通技術の IEC 規格化」「MEMS デバイスの IEC 規格化」について同じように大和田委員から修正して頂いております。その他は特に修正してありません。以上です。

〔藤田委員長〕 それでは標準化の記述のところでご意見を頂きたいと思います。いかがでしょうか。大和田さんに入れて頂いたところは、先ほどのものでとても重要であると。

〔大和田委員〕 エッセンスを短く入れています。

〔藤田委員長〕 「加工プロセス試験法」と書いてありますが、これは試験ですか。計測とか評価という言葉のような気がしなくもありません。これはできたものの評価だから、評価法のほうがいいですね。「基盤共通技術の IEC 規格化」というところに三つ書いてある真ん中、「加工プロセス試験法 (表面粗さ・プロファイル等)」は、試験法を評価法に改めてください。

時間軸は2025年まで延びていますが、イメージはこのぐらいですか。

〔大和田委員〕 標準化はテーマは変わっても常にやるということで。

〔藤田委員長〕 そういう意味ですか。

〔大和田委員〕 一つひとつについてはもっと短時間になります。

〔藤田委員長〕 三宅さん、何かありますか。

〔三宅 (METI) 〕 質問というか提案です。1 ページ目の「研究開発の取組み」で個別デバイスが挙げられていると思いますが、これは導入シナリオの 10 年後のイメージにあったものだと思います。それに対して 20 年後のイメージも加えてありますが、それに対応するものがあつた方がいいと思います。

〔藤田委員長〕 確かにもっともなご意見だと思います。今はどうなっていますか。

〔加藤 (JATIS) 〕 文章だけは入っていますが、絵は未だです。

〔藤田委員長〕 ちょっと抜かしていましたね。私は頭が整理できていないんですが、最後にロードマップがあつて、それでだいたい追加したので、それをこれにも反映させないとまずいと考えていいですか。

〔三宅 (METI) 〕 ここに載っているということは、それなりに研究開発をして重点的に取り組むということなので、光、RF、センサー、バイオは重要だと言っていますが、それに対して 20 年後にやろうとすることがないと、例えば新規に始めようとした時にどう説明しようかなというところがあります。

〔小池委員〕 技術戦略マップの 20 年後のところに結構入っているので、これをちりばめればいいと思います。

〔三宅 (METI) 〕 それをちりばめて 2007 年とか 2008 年とかから、先の方まで矢印を加えればいいと思います。資料 3-3 の 6 ページ目以降に「20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ」とありますが、それに対応するものがここに入ると。

〔藤田委員長〕 おっしゃるとおりです。ここで言うと、環境・エネルギー分野のエネルギー・ハーベスティングとか、オンサイト何とかというものをここに入れなければいけませんね。

〔三宅 (METI) 〕 簡単に、ここからかいつまんで入れて、矢印は少し先から始めるというイメージです。

〔藤田委員長〕 これはどういうふうにお願いしましょうか。MMC の方で何かお考えはありますか。

〔安達 (オブザーバー) 〕 私どもの方で早急にやらせて頂いて、イメージとしては 2008 ~2009 年ぐらいからのスタートという形ですね。

〔藤田委員長〕 2010 年の点線がありますから、このあたりから始まって、その先はずっと延びるということで、今あるものはすでに始まっているものばかりなのでプラスアルファを作って頂く。それを基に、先ほど決めた資料 3-3 の「MEMS 分野の技術戦略マップ」の 6 ページ以降から抽出して、大事なものをに入れて頂く。これがありますから、特に厳しい討議をしなくても、全部は入らないかもしれないのでプライオリティーだけ見て、大事なものを拾って頂ければと思います。

〔安達（オブザーバー）〕 その中の一部を1枚目の一番上の「市場の動向」の革新的 MEMS の例として、ウェアラブル、インプラント、環境無負荷とありますが、整合を取っていく形で書いた方がよろしいですね。

〔藤田委員長〕 「企業の取組み」のあたりはいかがですか。いま2025年までつながっているのは高集積複合 MEMS しかないという状況ですが、荒川委員、太田委員、どうですか。これも少し増やした方がいいですか。

〔荒川委員〕 企業としては MEMS の方は事業領域になりますが、研究領域で基礎研究として、MEMS とナノで事業化が起きないかなということもテーマ的に挙げようとしています。そういう意味では、MEMS の基盤の研究所・部門の設立は、有機デバイスとか電子デバイスが融合したような研究領域になってきているので、そういうものを入れて頂ければ、われわれとしてもこれをもって上を説得しやすいと思います。

〔藤田委員長〕 1 ページ目の「企業の取組み」の「高集積複合 MEMS の新デバイスへの展開」の下に、2010 年ぐらいから始まって右に長くなっていくナノ材料やバイオとの融合を入れて頂くといいですね。中身はどうしますか。ご希望があれば、考えて頂いて、安達さんだか、マイクロマシンセンターに送って頂けますか。

〔太田委員〕 荒川さんがおっしゃったのは、「基盤技術開発用研究所・部門の設立」のところで、高集積 MEMS の黄色の部分までしか入っていないので、さらにナノテクとかバイオとか複合した新しい研究領域も必要だろうということで、その二つを入れればいいのではないかと思います。

〔藤田委員長〕 ぜひその辺を書き加えて、形は MMC さんで整えて頂ければよろしいと思います。さっそくお願いできますか。他にどうですか。小寺先生、お願いします。

〔小寺委員〕 帯の色のつけ方ですが、緑、黄色、赤が何を意味しているのかがよく分かりません。

〔加藤（JATIS）〕 四角のものははっきり色を分けることができますが、棒のところは、2色なら出来るけれども3色は非常に難しいので苦労して作っています。

〔三宅（METI）〕 「市場の動向」で単機能 MEMS、高度化単機能 MEMS、高集積 MEMS、革新的 MEMS と、各フェーズで MEMS のデバイスの色分けがしてありますが、それぞれこういった技術がどう流れて、どこで使われるかというのに対応して色分けしています。

ですから「企業の取組み」の最初の「半導体製造装置を使った加工技術の開発と単機能 MEMS」というところは緑ぐらいまで、そこから先に行くと専用装置が出て来て高集積にかかる場所、高集積 MEMS の新デバイスは高集積から革新的にかかるという感じで流れています。

〔藤田委員長〕 それのコンテキストで言うと、さっき「企業の取組み」でお願いしたのは、ピンクのところメインになるような矢印を書くことですね。だいぶはっきりしてきました。

〔高島 (METI) 〕 来年度ですが、この技術戦略マップはカラーではなくて白黒印刷ということもあります。申し訳ありませんが、事務局さんに頭を使って頂いて、白黒でも分かるようなグラデーションにして頂ければと思います。

それは 24 分野すべてそうで、また技術マップ、ロードマップについてもカラーではなく白黒でもわかるようなグラデーション、背景で作って頂きたいというお願いです。ややこしいお願いで申し訳ありません。

〔藤田委員長〕 これは技術的な問題として解決して頂くしかありませんが、分かれていること自体はいいことなので、網掛けの濃度とかパターンを工夫して頂いて、よろしくをお願いします。

単機能の MEMS はもう終わったことだから、これに逆に色をつけて、高機能を白から始めて徐々に網掛けを濃くしていくとか、そういう工夫をするといいかも知れません。他にご注意ください。それでは導入シナリオは確定させて頂きたいと思います。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 MMC が修正したものを委員の先生方に投げて、期日を決めてもらって、そこで問題がなければ確定という形です。

〔藤田委員長〕 ごめんなさい。私の勘違いです。そのとおりです。ありがとうございます。まずこちらのデッドラインがあるので、そこから逆算するべきだと思います。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 次の研究開発小委員会はいつになるでしょうか。

〔高島 (METI) 〕 4 月 9 日ですので、3 月 15 日または 20 日をめどに作成して頂けると、僕も少し息をつきながら出来ます。

〔小池委員〕 これ自体を MMC できれいに書き直せばいいのか、それとも先ほどの未来部分だけなのか。事務局さんの網掛けの部分もあるので、よろしければ MMC で未来デバイス系の記述をして、お渡しして、そちらで清書して頂ければと思います。

〔加藤 (JATIS) 〕 そうしたら、事務局で色なり白黒化等の工夫をします。

〔藤田委員長〕 最終的に出す時にきれいにして頂ければ、皆さんに確認をもらうのは網掛けである必要はないので、そこは並列してやってください。いつ MMC からもらって、皆さんにいつ投げて頂けますか。少なくとも 1 週間は僕たちが見る時間があるとすると 3 月 5 日ぐらいですか。

〔加藤 (JATIS) 〕 言葉はいつごろ出来るでしょうか。

〔小池委員〕 来週いっぱいだから 2 日ですか。

〔加藤 (JATIS) 〕 そんなにかかりますか。出来れば 28 日ぐらいまでに言葉を頂いて、委員の皆さんに送って回答を頂いてまとめることにしたいと思いますので、来月初めぐらいには委員の皆さんにお送りできると思います。

〔藤田委員長〕 そうして頂けますか。皆さんも、来たらなるべく早めにレスポンスするように、よろしくお願いたします。こういう手順で確定することでよろしいと思います。

5. MEMS 分野の技術マップの重要技術の見直しについての討議・確定

【藤田委員長】 次は5の「MEMS 分野の技術マップの重要技術の見直しについての討議・確定」に入ります。ここは少しややこしいところがあると思いますが、資料は3-5です。事務局から説明をお願いします。

【加藤 (JATIS)】 資料3-5を開いて頂きたいと思います。この資料は第2回MEMS委員会が開かれた後、委員の皆さんにフォーマットをお送りして、それぞれの技術について重要度と評価の視点を回答していただいたものを整理したものです。3枚目の一番最後を見るとわかるように、小寺先生から始まって全部色分けして、どの先生がどう答えたかというところまで出させて頂いています。

その右の評点付けというところで、Aを3点、Bを2点、Cを1点として、それぞれの技術について平均点を出しています。それが一番右の平均点です。その平均点を基にして、私の勝手な基準で2.8点以上で、左の重要技術課題のところをマーキングしています。マーキングが多すぎる感じもありますが、2.9点とか3.0点となるとガタッと少なくなってしまうので、今のところ、こういうマーキングをさせて頂いています。以上です。

【藤田委員長】 どうもありがとうございます。最初に教えて頂きたいんですが、「全部重要だ」としたいけれども、そうもいかないですね。Aは50%にきなさいということが評点をつける時に書いてありましたが、どの位の数なり割合が目処だと思われませんか。

【高島 (METI)】 数の目処についての数字はまったくございません。ただ全部重要であるということで網掛けするのは意味がないので、先生方の方で現在事務局から出ている案についてたたいて頂ければと思います。

【藤田委員長】 これが最初的前提条件ですね。そこに入る前に空欄があるので、それを何とかしなければいけません。

【加藤 (JATIS)】 2ページ目の上から五つ目です。

【藤田委員長】 「ナノ材料ビルドアップ技術」「共通」で赤くなっていますが、どなたからも返事がいただけませんでした。何だか分からなかったという話かと思いますが、分かる方から「これに関してはこんなものだよ」と言って頂けますか。この赤い色の意味はなんですか。

【加藤 (JATIS)】 前回の委員会で項目が出なくて、その後マイクロマシンセンターから追加で出て来たものです。

【藤田委員長】 センターからご説明いただければ一番いいんですが。

【安達 (オブザーバー)】 資料3-6の5ページですが、こちらでは狙いとして多層回路基板の形成ということで、これをターゲットにしています。

【藤田委員長】 中身は多層回路がある、いまのセラミック基板の高級なものという感じですか。

【安達 (オブザーバー)】 ここではあえてナノ材料と言っていますので。

【藤田委員長】 カーボンナノチューブとか。空けておくわけにもいかないのです、皆さん、いかがでしょうか。あまり意見がないと B ぐらいになって色がつかないけれども、いいですか。荒川委員、太田委員、どうですか。

【荒川委員】 イメージが分からないんですが、例えば回路の配線層の銅や金を、1枚銅をやって、次にスルーホールを空けて、それをナノぐらいの厚さで張るという意味にとらえるのですか。

【藤田委員長】 資料3-5の2ページに戻りますが、「異種融合技術」の4カラム目が「配線技術」で、CNTと書いてあります。自己配線が伸びるというのが3.0でトップランクになっていますが、多少は関係がありますね。もちろん多層にするということで、ビルドアップだから違うんですが、こういうところで多少カバーできるなら、無理に黄色くしなくてもいいような気がします。どうですか。

大きい方のロードマップでは、CNTの配線でどれだけ密度を密にしていけるかを考えているようです。皆さんからそんなに強いご意見がないようなので、とりあえず B ぐらいでいいですか。2.00ではないけれども、Aとして3をあげるには狭いかなど。

次は重要技術についての評価です。どれも重要であるというのは、おしなべてそうですが、そうはいつでもめりはりは必要だという観点で、何かご意見を頂だけますか。

【橋口委員】 いま未来デバイスなどで計画を立てている何種類かのデバイスがありますが、それに沿う形で重要技術をピックアップしたらどうかと思います。

【藤田委員長】 どうもありがとうございました。具体的なやり方でもいいですが、他に何かありますか。

【安達（オブザーバー）】 かなりのものが重要度が高いという評価になっていて、これの中から何を選ぶかという話になると議論として非常に難しいので、先ほどの全体のロードマップの絵と対応させて行く必要があると思います。

先ほどの導入のシナリオでは、黄色の部分は高集積 MEMS でやられていて、革新的 MEMS がその後に来るので、新たな MEMS を作って行く際に必要な技術は当然変わって来るだろうと考えると、高集積 MEMS にとって重要な技術とは何か、さらにその次の革新的 MEMS にとって何が重要かという二つの視点で評価する方が、より明確なメッセージとしてロードマップに載せられるんじゃないかと感じます。

【藤田委員長】 偶然黄色で重要度が付いていますが、先ほどの3-4で言うと、赤い重要度を少し区別して見ていくと、まず2010年ぐらいのところで大事な項目。それから2015～2025年、特に今回2025年を付け加えたので、今はやっていないけれども先を目指して今から仕込んでおくもの。これから大事になってくるもの。ロードマップだから時間軸のイメージを入れて重要度も色分けをしていく。もちろん通じて重要なものも当然ありうと思いますが、そういうご意見だと思います。その辺は、どうでしょうか。

【一ノ瀬（NEDO）】 現時点の重要度は黄色で評点を付けるところだけど、そうは言いつ

つも今後重要になって来るものがあるので、別の軸としてこの中で場合分けするということですか。

〔高島 (METI) 〕 具体的にはどういうものでしょうか。

〔藤田委員長〕 いい例かどうかわかりませんが、たとえばナノでワイヤーを作るというのは、すぐには役に立ちませんね。だから2010年の重要度で言うと、やや低くなるかもしれません。だけど2025年の時点で考えると、もう金属でやっている時代ではなくてナノワイヤで全部できるだろう。だから2025年用の赤い重要度のマークをここに貼りつけるということだと思います。

〔高島 (METI) 〕 この技術マップの中に時間軸を加えるということですね。

〔藤田委員長〕 重要度の評価のところをのっぺりするのではなくて、近々の重要項目のマークと、長期的視野に立って重要と見てぜひサポートすべきものの二つに分けると、「この辺を優先的に手を打って、先行きはこうなさい」というメッセージになると思います。

〔高島 (METI) 〕 分かりました。この書き方だと、技術項目についてはすべて掲載しますね。黄色い部分については重要項目として掲載して、長期的に見たときに大切なものとはたとえば太字とか、そういう書き方をするということですか。

〔藤田委員長〕 それは表現の問題ですから。

〔高島 (METI) 〕 それについて記載して分かるようにして頂ければ、先生方の方でオーソライズして頂ければ結構です。

〔藤田委員長〕 さっきのものに倣えば、薄いハッチングで重要というものと、濃いハッチングで重要というものがあって、薄いのはすぐにやりなさい、濃いのは基礎からやりなさいと。

別の言い方をすれば、いわゆる企業化レベルとして重要なフェーズと、今後の基礎の発展として重要なレベルという仕分けがあるということです。それは大丈夫ですか。

〔高島 (METI) 〕 はい。

〔藤田委員長〕 そういうふうに見分けて、どうでしょうか。小寺先生、何かご意見はありませんか。

〔小寺委員〕 それでいいと思います。上位概念と下位概念が交じっているので、その辺が少し整理出来るかも知れません。

〔藤田委員長〕 今の点は大事なところなので、いいにしる、悪いにしる、ご意見を頂けるとありがたいんですが。寒川先生、どうでしょうか。

〔寒川委員〕 今のでいいと思います。

〔藤田委員長〕 明渡委員はどうですか。

〔明渡委員〕 小寺先生が言われたように、上位概念、下位概念の錯綜みたいに見えるところが、人の目にさらされたときに理解しにくいというか、くみ取りにくい感じがするんじゃないかと思っています。

〔藤田委員長〕 少し別の観点だと思いますが、若干の整理をして一緒にする方がいいところもあるというご意見ですか。

〔明渡委員〕 それによって項目数が減るんじゃないかと思います。

〔橋口委員〕 非常に細かく分類されているものを、ひとくくりにして別の言葉に直したら3~4個が1個になるということだと思います。

〔竹内委員〕 具体的に何パーセントぐらいを重要度に設定するのですか。

〔藤田委員長〕 目処はないようです。ただ、くどいんですけど9割重要と言ってしまうと重要をつけた意味自体がなくなってきますね。そういう意味で「いま重要」と「先に重要」とすると、6割ずつとか4割ずつぐらいになるというのが目論見ではあります。

あとは最初の例で言うと、「エッチング技術」の中のナノピラー形成とナノポーラスは違うかもしれないけれども、ナノピラー・ナノポーラス形成にすれば1個になるとか、そういう技を使って多少減らせばいいということでしょうか。

ロードマップのしっかり詳細にやるものとこれは、まったく同じでないといけないのでしょうか。

〔高島 (METI) 〕 まったく1対1である必要はなくて、技術マップに掲載されていてもロードマップには掲載されていないケースがあっても結構です。ただ技術マップに掲載されていなくてロードマップに掲載されているのはちょっと困ります。技術マップに掲載されているものを、すべてロードマップに掲載する必要はありません。

〔藤田委員長〕 そうするとA4のほうが重要というか。

〔高島 (METI) 〕 ここに載っているものをすべてロードマップ化する必要はありません。技術的にロードマップ化できない項目もあると思います。

〔藤田委員長〕 細かい話になってしまうと良くないんですが、ピラーとポーラスで分けであるのは、技術マップで数字を書こうとすると定義する数字が違うので困ってしまうからとか、テクニカルな問題があるんですね。

〔高島 (METI) 〕 これからロードマップの審査をやられると思いますが、そのときに書けないとか、これは掲載するべきではないというものがあれば、そこは削る形でもよろしいと思います。

〔藤田委員長〕 小寺先生、どうでしょうか。

〔小寺委員〕 A4の方が基というか、これを包括していないといけないので、二つを一つにするのはあきらめて、20年後と少しすみ分けをして、ずらして書くとか太文字にして対応してしまうのがいいと思います。

〔藤田委員長〕 企業側の委員の方はいかがでしょうか。

〔太田委員〕 僕も現実的に10年を目指したときに重要だという視点で付けてしまいましたが、作業をどうすればいいのかということになって、25年とか、もっと先を見た時と具体的に二つの表を作らなければいけないのかなと思いました。

〔藤田委員長〕 本日に皆さんに投票して頂くかどうかは別として、例えばこちらで原案を作って、「この辺の項目に関しては25年の方で重要度を付けたいと思います」ということで見て頂くことを考えています。もともと基本的に黄色についているものがかなりあるので、これを尊重した上で、多少当方で考えさせて頂いて、10年で判定されたがゆえに黄色になっていないものがあれば、それを25年レベルでの重要度と入れる可能性もあるとは思いますが、原則としては今の黄色を尊重した形で分けたいと思っています。

もう一度A、Bを付けるのは大変だと思っている方もおられるかも知れませんが、それは必要ないだろうと思います。他にご意見はありませんか。

〔荒川委員〕 私はデバイスという観点で、デバイスにとって重要かどうかで回路あるいは中のチップそのもの、パッケージにおける項目がAだという形で評価を付けています。25年というスパンでもやっていけないといけないという観点、すなわち10年でも性能をまだまだ追いかけていなければならない項目があるというところから付けました。

〔藤田委員長〕 荒川委員としては、10年も25年も通して大事なところにAをつけたと考えるとよろしいですね。ともかく10年後も含めて、今からプッシュしなければいけないことなので、どちらの概念が優先するかというと、まず当面やらなければいけないことのマークの方で、いますぐではなくても、もしくはすぐに産業化につながらないかも知れないけれども、将来の競争力として大事だからやりましょうというのがサブカテゴリーというか、次のものとして来ます。だから10年から25年までずっと通して大事なものは、今から大事とマークを付けたいと思います。

他にいかがでしょうか。今のようなことで、3-4に倣ってあえてピンクと言うと、ピンクをつけるということで何か案を考えられますか。

〔安達（オブザーバー）〕 青字あるいは赤字で示しているものは、今回新たに追加した項目ですが、この項目の基本的な考え方は「ピンクのところを実現するために必要だろう」ということで提案しております。そういう意味ではすでに二つの視点で提案していると考えて頂いて、その中で重要な度合いですが、すでに黄色がついているもので青の文字はピンクに変わるということが一番簡単な方法だと思います。その中で「そうじゃない」という意見があれば、それをここで協議するのが時間内で効率良く進めるうえで重要だと思っています。

〔藤田委員長〕 あとでメール審議という形にしてもいいですが、できれば、ここでどんどん行ければありがたいと思います。あと30分ぐらいは大丈夫ですね。少しタイトで申し訳ありませんが、休憩も取った方がいいので、どうしましょうか。頭からやるか、分散処理を導入するか。では頭から行きましょう。そんなに時間は取れないので、自分が強いと思うところのある方は、先の方を見ていてもかまいません。

今のご意見のように、黄色が付いていて、かつ青字が未来系の仕事なので、そちらをピンク色にするのをたたき台にして、一つずつ見て「そうではない」というものがあれば黄

色のままに残すということで行きたいと思います。進め方はよろしいですか。

【小池委員】 白で青字のものもたぶん未来デバイスに関連しているので、それもどう評価するかを少し議論して頂いた方がいいと思います。評点が低くて黄色いハッチングがされていないと思いますので。

【藤田委員長】 それも簡単にやりましょうか。それは後回しにさせて頂けますか。ともかく黄色で青いものを見ましょう。一番最初は「高アスペクト比ナノトレンチ加工技術」です。これはどうでしょう。ナノトレンチということだとまだ要らないのか。どうですか。何かあったら早目に言ってくださいね。では高アスペクト比ナノトレンチは先の方にしましょう。

次は「無損傷加工技術」です。寒川先生、得意そうだから、何か意見を頂けますか。先の方の技術で。そうですか。他の方はよろしいですか。では、そうさせて頂きます。シングルポイントは青くて色が付いていませんが、これはどうでしょう。

【竹内委員】 25年後を視野に入れて考えた時に重要、という意味で青字になっているのだと思います。それを考慮するとピンクでもよいかと思います。

【安達（オブザーバー）】 これは手法としてエッチングを使う場合と成膜を使う場合という意味で両方に入っています。ナノピラーやナノポーラスについても同じです。

【藤田委員長】 あまりきりがなくついているのも委員長としてはやや腰が引ける場所もありますが、これはどなたが特に推しておられますか。明渡さんですか。

【明渡委員】 私も特に推している訳ではないですが。

【藤田委員長】 では、とりあえずこのまま残しておきます。次はナノピラー、ナノポーラスの形成技術です。

【橋口委員】 ロードマップを見ながらやるといいと思います。

【藤田委員長】 ロードマップで言うと2ページ目の真ん中あたりですね。ロードマップを見ると、どんなことを考えているかという中身が分かりますが、こういう構造が必要だということでは付いていると思います。すぐにナノピラーを使うかという、僕もそうでもないかなという気がします、いかがですか。

【橋口委員】 一応具体的なデバイスイメージは挙がっています。

【藤田委員長】 どのぐらいの時点でそれを実用化して行くんですか。これはむしろ早いんですか。

【橋口委員】 25年というよりは15年に近いと思いますが。

【藤田委員長】 じゃあナノピラーに関しては黄色のままにしておきましょう。ポーラスは？

【安達（オブザーバー）】 このあたりはナノ構造で、例えばエネルギーの吸収を非常に効率良くできる基本構造だということでは挙げさせて頂かれています。一つの考えとしては、エッチングで作る場合と成膜で作る場合の両方に載っているの、両方とも残すのか、あ

るいは片方を重要とするかということがあると思います。

〔藤田委員長〕 議論をするときりがないので、ある意味でエイヤーでの決断も必要です。そういう観点でご意見を頂ければありがたいと思います。ナノピラーは10年後ぐらいに使うデバイスのイメージがあるということですが、ポーラスの方はどうですか。僕はエネルギー吸収というのがピンと来なかったんですが。

〔安達（オブザーバー）〕 これは熱電発電の材料に非常に有効です。

〔小寺委員〕 触媒も。

〔安達（オブザーバー）〕 触媒もそうですし、熱特性を非常に上げるという意味でも使われます。

〔藤田委員長〕 だからどうなの？

〔安達（オブザーバー）〕 重要です。

〔藤田委員長〕 重要なのは分かっているのです。いつ重要かを質問しているんです。

〔安達（オブザーバー）〕 私としてはピンクでいいのではないかと。

〔藤田委員長〕 これは先の技術でいいですね。先に行きます。「機能性材料ナノ薄膜多層形成技術」です。「半導体超格子の構造制御」とか「ナノキャパシタの多層化・高誘電率化」と書いてありますが、どう思いますか。

〔橋口委員〕 蓄電ですね。

〔藤田委員長〕 これはすぐにでもやらなければいけないような。早い方にしましょう。黄色のままですね。後でちゃんと復習します。成膜の方でもピラーが引っかかかっていて、ポーラスは必ずしもそうではないとなっていますが。

〔小寺委員〕 案外早いと思います。

〔藤田委員長〕 じゃあ、これも黄色のまま取っておくことにしましょう。シングルポイントとナノポーラスは黄色ではないですが、強いご意見がなければこのままにします。いかがですか。

先に行きます。「成形技術」で「マイクロプレス成形技術」の中のナノインプリンティングですが、ここに「低損傷パターンニング技術」が加わったんですね。

〔小寺委員〕 これは25年に数字が入っていないですね。黄色くていいのかな。

〔藤田委員長〕 すぐにでも役に立つと。では小寺先生に従って、前回も重要技術になっていたから黄色のまま取っておきましょう。

次は「ナノフォーミング技術」です。これは「マイクロ打抜き加工」とか「マイクロ鋳造」ですが、2025年に入っていませんね。黄色にしますか。次は「ナノ粉体成形加工技術」です。

〔小寺委員〕 これはピンクでもいいと思います。

〔藤田委員長〕 じゃあピンクにしましょう。

ご協力ありがとうございます。これはずいぶん後ろの方に数字があるようですね。次は

「細胞の組織化」ですが、これも後ろの方にずいぶん書いてありますね。ピンクでいいですね。

その前に「生物分子配向技術」「細胞配置・カプセル化技術」がありました。この辺はどうですか。

〔竹内委員〕 分子配向をピンクで、細胞配置を黄色と。

〔藤田委員長〕 細胞はすぐに使うものもありますね。じゃあ先に行きます。「分子の自己組織化応用界面制御技術」です。本当に産業にするにはちょっと遠いですか。これはピンクにしましょう。「ナノ粒子自己整列技術」もピンクでいいですね。竹内先生、脂質二重層はどうですか。

〔竹内委員〕 実は 20 年後のデバイスのイメージに膜デバイスの例が書かれているので、よろしければピンクに。

〔藤田委員長〕 竹内先生の強い要望で。（笑）実際にそういうデバイスを既に作られているという実績もありますので。これはピンクを付けます。

次は「金属・有機半導体の界面制御技術」です。次の「有機・絶縁膜の界面制御技術」です。イメージはわかりますが、どのぐらい早くしましょうか。

〔小寺委員〕 金属・有機半導体の界面制御技術は 2010 年に確立と書いてありますね。

〔藤田委員長〕 じゃあ、これは黄色ですね。有機・絶縁膜の界面制御は先でいいですか。金属・有機半導体の方は黄色のまま、有機・絶縁膜の界面制御技術はピンクです。「加工損傷回復技術」はいかがでしょうか。

〔太田委員〕 永遠のテーマのような気もするけど。

〔藤田委員長〕 分かりました。永遠のテーマは黄色にしましょう。今でも回復しなければアニリングとかしていますからね。それからナノバイオの関係で「異種融合技術」です。項目自体新規に入れたので全部ブルーですが、最初の「界面制御技術」から行きましょう。

〔竹内委員〕 黄色で、今からやっておかないと。

〔藤田委員長〕 先ず「界面制御技術」は黄色。その次の「活性細胞融合技術」はどうですか。これは黄色のまま、「活性生体分子融合技術」はピンクにしましょうか。次は「異種材料レイアバイレイア積層技術」です。これはピンク。「異種材料の厚膜積層技術」は細かい数字がたくさん入っていますね。これは黄色。だんだん僕が一人で決めています、暴走しているかも知れないからインターラプトしてください。

「パターン付き成膜および多層化技術」は黄色でいいですか。次は「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層技術」です。だいぶ先に見えるからピンクでいいですね。「3次元ナノ構造移植・積層技術」。「モールド／移植材料間の密着力制御」「異種材料積層デバイス、フォトニック結晶、バイオフィルター、立体配線」。これはすぐにでも使えそうですね。これは黄色。次は「セルフアライメントによる位置決め技術」。

〔太田委員〕 黄色で。

〔藤田委員長〕 黄色にしますか。産業界の方から黄色が出ました。大変うれしいですね。やらなければならないと思っいらっしゃいますか。

〔太田委員〕 その通りです。

〔藤田委員長〕 意見が一致したようですね。「マルチ CNT プローブ製造技術」。橋口先生、何か意見はありませんか。

〔橋口委員〕 これは下山先生のところで出来つつあります。

〔藤田委員長〕 確立でもないけれども、研究はかなり進んでいると。確か CNT を生やしたと MEMS のポスターにもありましたね。「ナノホール選択金属成長技術」は白いままですが、どうしましょうか。特に賛同がないので、そのままにします。次は「ナノワイヤ選択配線技術」。この辺は名前が似ていますね。メッキがあって、カーボンナノチューブがあって、最後はタバコモザイクウイルスで配線をするを書いてあります。今でもメッキで出来るということだから、やらなければいけないですね。上が落ちてしまったこともあるから、これは黄色で行きましょう。

次は「CNT 成長用触媒粒子の自己組織化配列技術」です。

〔橋口委員〕 これも、やりつつあると思います。

〔藤田委員長〕 CNT 配線もすでにある技術ですね。これも黄色。「自律的配線形成技術」。「生体分子の自己組織化利用」と書いてあるから、もう少し先でいいですね。これはピンク。「伸縮性導体形成技術」。フレキシブルデバイスには必要ですが、どうお考えですか。現実性も含めて考えるとピンクですか。じゃあピンク。次は「組立技術」で「界面制御を利用した自律組立技術」。さっきのセルフアライメントに近い感じがありますが、これも黄色でいいですか。じゃあ黄色。

「界面物理化学評価技術」「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」が入っていませんが、いかがでしょうか。

〔橋口委員〕 トライポロジーは出来れば黄色で、すぐにも始めたいという気持ちです。

〔藤田委員長〕 じゃあ上の化学評価は外して、下の「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」は黄色に格上げにしましょう。次は「大面積高密度マルチプローブ加工技術」。これはいま川勝氏がやっているものですね。黄色のままで大丈夫ですか。使うニーズもありますか。

〔橋口委員〕 出来つつあります。

〔藤田委員長〕 じゃあ黄色のままです。次は「高品位厚膜の大面積・連続プロセス化」です。m オーダというのは何ですか。文字化けしていませんか。

〔小池委員〕 大面積だから「メートルオーダ」です。

〔藤田委員長〕 失礼しました。マイクロにばかり心が行っていました。これは企業の方に聞いた方がいいかな。どうですか。

〔太田委員〕 液晶をイメージしている。

【藤田委員長】 「基板サイズ（液晶パネル参照）」と書いてありますが、2025年に数がないので困りましたね。黄色でいいですか。次は「高精度アライメント：大面積（mオーダ）サブmm精度アライメント技術」。これはロール to ロール加工のようなものをイメージされていると思います。「液晶位置決め装置参照。ストローク×位置決め精度」。今でも大事だということですか。荒川さんはBになっていますが、どうですか。

【荒川委員】 そういう状況になるだろうということで黄色の方がいいと思います。

【藤田委員長】 じゃあ黄色にさせてください。その二つ下に白いままですが、「グラビア等転写印刷技術」とあります。これはどうでしょう。何かとかぶっているというご意見が前にありましたか。下のインクジェットと対応されていて、グラビアはロールで、すごい速さでワッと行く。インクジェットは省材料で要点だけ書く。ただスピードは劣る。その差をどう見るかです。

【安達（オブザーバー）】 このあたりは、実は私どもの検討の中で、大面積の印刷関係を結構やっておられるので染谷先生にご意見を伺ったところ、先生も「この二つを別々に挙げるより、むしろ概念的にはもう少し上の概念のものを挙げたほうがいいんじゃないか」ということでした。先生から新たな言葉として、普通のインキだけを飛ばすのではなくて、例えばシリコンを飛ばすということも含めた意味で、マイクロナノ印刷という言葉はどうでしょうかという提案を受けております。それで一つにまとめて頂いたらどうかと思います。

【藤田委員長】 マイクロナノ印刷を黄色くするか、ピンクにするかですね。

【安達（オブザーバー）】 ピンクの方がいいのではないかと。

【藤田委員長】 こういうご提案がありました。よろしいですか。グラビアとインクジェットは一緒にして、マイクロナノ印刷にしてピンクにする。後でロードマップのところをどう統合するか考えましょう。

次はプロセスのところ「大面積印刷のレジストレーション（重ね合わせ）技術」。上の高精度アライメントとどこが違うのかな。

【安達（オブザーバー）】 こちらの場合は連続ということで入っています。

【藤田委員長】 プロセスの連続化技術としてレジストレーションを良くしなければいけない。内容ではないということです。先の技術でいいですね。これはピンクにします。次は「ナノインプリント連続成形技術」。その次に「ローラー式転写技術（ナノインプリント等）」とありますが、これは一緒にならないのかな。

【小寺委員】 たぶん一緒ですね。

【藤田委員長】 一緒にしてしまっただけで下を切りましょう。それでどっち？

【小寺委員】 早いんじゃないですか。

【藤田委員長】 じゃあ黄色。「連続EBプロセス技術」。これはどなたですか。

【橋口委員】 実は私ですが、全然自分でイメージが分からなくて、担当だったので絞り出

しました。どんなイメージなのか、皆さんの意見を聞きたいと思います。

〔藤田委員長〕 結構評価はいいですが、どうでしょうか。

〔小寺委員〕 僕が理解したのは、大面積を作って行く上ではどうしても必要になるだろうということです。だから、さっきの大面積を何にしたかで決めたらいいと思います。ピンクにしていたのかな。

〔藤田委員長〕 じゃあ両方ピンクにしましょうか。連続 EB と連続 FIB は両方ともピンク。ちょっと飛ばして下の方に行きます。「微小領域における物理量計測技術」と「検査評価用解析技術」はどちらも何も付いていませんが、どうしましょうか。永遠の課題ではあるけれども、重要にするか、しないか。このまま取っておいていいのか。

〔竹内委員〕 微小領域の方は何か重要そうなので、黄色に上げたいという感じがします。

〔太田委員〕 言わずもがなで。

〔竹内委員〕 確かに絶対に捨てておけない部分ですね。

〔安達（オブザーバー）〕 明確に項目として出すのか、あるいはどこかのテーマをやる時に、たとえば技術開発で必ず引っかかってくるという考え方もあると思います。

〔竹内委員〕 忘れられなければいいという感じもあるので、このままでもいいです。

〔藤田委員長〕 永遠の課題だけど項目さえあればいいですか。じゃあ、このままにしておきましょう。シミュレーション技術があって、機構解析、プロセス解析で、次にシステム化解析が出てきました。小寺先生、これはいかがですか。

〔小寺委員〕 システム化も 15 年でやらないといけないでしょうから黄色で、ピンクになるのは分子オーダーメゾオーダーのものだけだと思います。

〔藤田委員長〕 システム解析の下の「ナノ／マイクロ／マクロ境界領域の解析モデリング技術」はすでにやらなければだめですね。「電場・磁場・構造・熱・流体の連成る解析」の「る」はいらないですが、これも黄色ですね。最後に「材料・界面・プロセス・知識」のデータベースです。

〔小寺委員〕 これはずっとやります。

〔藤田委員長〕 ではこれで。2 分ほどオーバーしたけれども、何とか根性でやりました。復習します。どなたかメモを取ってください。もう書いてありますか。それを読んでもらった方がいいですね。

〔加藤（JATIS）〕 「高アスペクト比ナノトレンチ加工技術」はピンク。

〔藤田委員長〕 ピンクのものだけ読んでくれればいいです。

〔加藤（JATIS）〕 「無損傷加工技術」「ナノポーラス形成技術」「ナノ粉体成形加工技術」「生体分子配向技術」「細胞の組織化」「分子の自己組織化現象応用界面制御技術」「ナノ粒子自己整列技術」「脂質二重層形成技術」「有機・絶縁膜の界面制御技術」「活性生体分子融合技術」「異種材料レイアバイレイア積層技術」「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層技術」「自律的配線形成技術」「伸縮性導体形成技術」「マイクロナノ印

刷技術」。一緒に合わせています。

「大面積印刷のレジストレーション（重ね合わせ）技術」「連続 EB プロセス技術」「連続 FIB プロセス技術」「分子オーダーメゾオーダーまでの解析」。以上です。

〔藤田委員長〕 確認ですが、「ローラー式転写技術」は取ってしまったので、見え消しか何かになっていますか。それでマイクロナノ印刷をつけた。変更はそんなところでしょう。

〔加藤 (JATIS) 〕 黄色で格上げになったのが、「異種融合技術」の一番下の「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」と、あとはどれでしたか。

〔藤田委員長〕 脂質二重層を入れました。大丈夫ですね。ずいぶん僕が強権を振るいましたが、それでいいですか。どうもありがとうございました。

〔高島 (METI) 〕 分野に「快適・安心・安全」というのがありますが、「快適」は人間の主観によるものが高いため、研究という意味合いでは「快適」という言葉は入れられない部分があります。もし「安心・安全」で十分でしたら、「快適」を抜いて頂きたいんですが、いかがでしょうか。

〔藤田委員長〕 ある先生の「安心・安全だけでは後ろ向きなので、前向きに快適を入れたい」というのがあって実は「快適」が入ったという経緯を知っているので、答えにくいところがありますが、これは A3 の方にも関係がありますか。こういう言い方が出て来た基をたどっておかないといけないと思います。それは技術戦略マップの中に出て来るような気がしますが、資料 3-3 に戻って頂けませんか。

8 ページに「快適・安心・安全分野」というのが既に出ているので、そこを変えることになってくると思います。

〔高島 (METI) 〕 いま改訂して頂いたのが技術マップで、大きいものがロードマップですが、経済産業省の技術マップには「快適」という部分があまり入っていないんです。

〔藤田委員長〕 資料 3-3 の 8 ページにも同じことが書いてあると指摘しているだけです。

〔小池委員〕 6 ページの頭出しのところから来てきます。「国家・社会的課題である」うんぬんのところで。

〔高島 (METI) 〕 この部分で「国家・社会的課題である」というところですが、実は「環境・エネルギー」「医療・福祉」です。「健康・医療」ではなく「医療・福祉」で、「安心・安全」であって快適は入っていないんですね。恐縮ですが、そろえて頂くことは可能でしょうか。

〔藤田委員長〕 これは、そうさせて頂きたいと思います。少し前に戻ってしまいましたが、資料 3-3 の 6 ページの上から 4 行目は、国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」で、「健康」は取るということですね。

〔高島 (METI) 〕 はい。「快適・安心・安全」ではなくて、「快適」を抜いて頂いて。

〔藤田委員長〕 「安心・安全」で、快適を削除というのが 6 ページの変更点です。7 ペー

ジの「◆健康・医療分野」も「◆医療・福祉分野」に改める。8 ページ目の「◆快適・安心・安全分野」の「快適」を削除する。

他にもあるかも知れないので、サーチ・アンド・リプレースか何かで見ておいて頂けますか。それに合わせて技術マップにおける重要技術の評価表と。技術マップとこれが対応しているので、そういう名前に変えさせていただきます。当然ロードマップにもそれを反映します。そのように記録をお願いします。

あと1時間5分になりましたが、さすがに疲れたので5分間休憩しましょうか。5時から1時間1本勝負ということでお願いいたします。

<休憩>

6. MEMS 製造技術のロードマップの見直しについての討議・確定

【藤田委員長】 まだ戻らない方もいらっしゃると思いますが、前の積み残しがあるかもしれません。技術マップの公開は前回と同様に技術とマーキングの表のみでいいか、平均点も含めて出した方がいいかというのはどうでしょうか。

【高島 (METI)】 点数については表に出す必要はないと思います。技術マップは先生方にオーソライズされたもののみ掲載します。

【藤田委員長】 分かりました。どうもありがとうございます。では始めましょう。議題6「MEMS 製造技術のロードマップの見直しについての討議・確定」を3-6を使ってやります。簡単に説明をお願いします。

【加藤 (JATIS)】 前回の委員会で担当を決めさせて頂いて、皆さんから回答頂いたものを整理したのがこの資料です。以上です。

【藤田委員長】 あと50分強しかありませんが、プロジェクターがありますので、時間の許す限り追加修正をオンラインでやれると思います。是非、いろいろご協力をお願いします。前回の担当以外のところでも、分かるところがあれば、どんどん言って頂きたいと思います。1~12 ページまであるので、1個5分でやると1時間ですから、それ位のペースで進むことになります。埋まっていないところは埋めなければいけないですね。2025年。

【加藤 (JATIS)】 高島さん、どうですか。

【一ノ瀬 (NEDO)】 2025年のところは何かを書いておいて

【高島 (METI)】 いえ、無理やり書く必要はありません。15年ぐらいで、その先については分からないという先生方のご意見であれば、例えば矢印を引いておくとか、それで対応頂ければと思います。

【藤田委員長】 そういう手もありますね。とりあえずサッと見て行きます。

【加藤 (JATIS)】 4 ページの真ん中を見て頂くと、矢印を入れているところがありますが、そのような形でもいいということですか。

〔藤田委員長〕 こういうトレンドでどんどんやって行くという意味ですね。何か字がないと矢印にならないね。

〔高島 (METI) 〕 項目として数値化が難しい場合には、その部分については言葉で、それでも難しい場合はロードマップに掲載する必要はありません。

〔藤田委員長〕 僕も何をどうするか、ちゃんと考えてこなかったんですが、せっかくだから、無いよりは有った方がいいので、だめだったらいまみたいな便法があるということで、とりあえず上から見て行きます。

2行目の「貫通孔形成の狭ピッチ化」の「加工誤差」は2011年が $5\mu\text{m}$ で2013年が $1\mu\text{m}$ になっていますが、これはどうしますか。この位まで行けばいいということですか。それとも500nmというのをどこかに入れるのか。あまり深く考えずに、どんどん行きましょう。

〔高島 (METI) 〕 寒川先生ですか。担当の先生がいらっしゃると思いますが、この値についてその他の先生方にご意見を伺って、問題がないようでしたら。最終的に2025年の数値が必要で、寒川先生が挙げられない場合は、どんどん消して頂いて結構です。

〔藤田委員長〕 とりあえず担当委員から一言お願いします。「加工誤差」というところをどうしましょうか。

〔寒川委員〕 分からなかったので書けませんでした。

〔藤田委員長〕 「誤差低減」として矢印を書いておきますか。

〔寒川委員〕 ええ。

〔藤田委員長〕 そういうことにしましょう。次は「貫通孔の変形加工化」の「シフト量」と「分岐数」です。意味がよく分からないですね。

〔高島 (METI) 〕 他の先生方も分からない部分があるようでしたら削ってください。

〔小寺委員〕 貫通孔をこう掘って行って、こう曲げるという話ですね。

〔藤田委員長〕 いま集積化MEMSの中でやっているものですね。だから簡単に切ると後でしかられるので、そう簡単には切れないんですが、どうしましょう。書かなくていいですか。

〔高島 (METI) 〕 前の値をリバイスしないということですか。

〔藤田委員長〕 2015年とか2025年とか、新しい方がまったくないですね。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 2013年まででいいんじゃないですか。

〔藤田委員長〕 ここまでで出来ると。では、このまま残します。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 4本までやればということで。

〔藤田委員長〕 次は「側壁面形状評価 (PV 値・曲率半径など)」。まっすぐになっていなくてはいけないということですか。

〔小寺委員〕 平面度が上がっている。

〔藤田委員長〕 これも言葉で書いておきますか。

〔太田委員〕 1mとか数メートルあれば何でも使えるという感じだと思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] だったら、今のままでいいんじゃないですか。

[藤田委員長] じゃあゴールで上がりということにしましょう。一応赤いところもご意見を頂きたいところですが、時間もないから次に進みます。

2 ページの 3 行目ですが、ここは「スキンドプスの 1/3 以下」とか、「無線通信」は、表面粗さをこの位にしておけば十分ではないかということになるのでしょうか。RF に詳しい方。佐藤さん。

[佐藤委員] これだけ行けばかなり小さくなっていると思うので。

[藤田委員長] では十分だということで、このままでいいことにしますか。15 年は入っていればいいのかな。全方位になったら、これ以上やりようがないからな。次は「マスクレスダイレクトリソグラフィー」です。「高速化/大面積化」と書いてあるから、これに矢印を付けることにしましょうか。

その二つ下に「2 次元表面分子膜技術」の「無欠陥、もしくは欠陥制御」で $1\mu\text{m}$ 角、 $3\mu\text{m}$ 角、 $10\mu\text{m}$ 角とありますが、どうでしょうか。竹内先生。SAM 膜とか LB 膜みたいなものが無欠陥だというイメージですか。それが $10\mu\text{m}$ 角ぐらいまで行けばいいのかどうか。

[竹内委員] センチぐらいまで行きたいですね。

[藤田委員長] それは言いすぎだから $100\mu\text{m}$ ぐらい書きますか。多すぎますか。 $30\mu\text{m}$ にしますか。このトレンドを見ると、 1mm は大きいね。

[竹内委員] 僕は担当ではないのですが、 $100\mu\text{m}$ ぐらいでいかがですか。

[藤田委員長] じゃあ 2025 年に $100\mu\text{m}$ 。

[小寺委員] 無欠陥ですよ。

[藤田委員長] 弱気になって $50\mu\text{m}$ 角。それから「成膜速度」です。これも 2015 年が入っているからいいようなものだけど、下から 3 行目「機能成膜の厚膜化と高速化・高品質化」の「成膜速度」 $100\mu\text{m}/\text{min}$ は。クオリティーによるから何とも言えないけれども。

[小寺委員] 均質膜でしょう。

[藤田委員長] これ以上積んで 1mm ということが有るかというのと無いから、そんなものですね。制御しにくくなるから、これ位でしょう。上がりの話でいいんじゃないですか。

[竹内委員] それか矢印というのもの。

[藤田委員長] 無しで止めれば「この位まで行けばオーケー」という意味になるようですから、いいことにしましょう。

次に 3 ページ目、「残留応力低減」はさっきも 1m ぐらいまで行けばいいということだったので、1 行目はこれでいいことにしましょう。次の行も 100%まで行っていて、2011 年で 100%になっているから、2015 年の 100%は切っているのかな。要りませんね。これは、ここで上がりです。

3 行目も曲率半径 1m まで行っているから、これも上がり。電気接点はどうでしょうか。1000 億回あれば十分ですか。佐藤さん、いいですか。

[佐藤委員] 十分です。

[藤田委員長] じゃあ、これは十分と。「ナノキャパシタの多層化・高誘電率化」で、10層・誘電率が1000。

[加藤 (JATIS)] 追加の部分で入っています。

[藤田委員長] そこはいいと。次の行は。この辺は黒いところで、あまりアップデートされていないんですが、光の反射率が95%で、これ以上書いてもあまり意味が無いかな。光MEMSはこの位で大丈夫ですね。「表面粗さ」が0.5nm。これ以上書いてもすごい値だから、これもいいでしょう。「膜厚制御」が0.1%以下。これはどうでしょうか。無線通信で0.1%以下の制御をしておけばいいですか。佐藤さん、どうですか。

[佐藤委員] いいのではないですか。

[藤田委員長] では、これはいいことにします。「ギャップ量」が $0.1\mu\text{m}$ 。「駆動電圧」が0.7V。「応答時間」が10nsec。このへんの値はどうでしょうか。「上記精度での最高使用周波数」は微妙に変わっていますが、これは何か意味があるんですか。36.50が37.50、37.65、37.90と書いてあるけど、これは何でしょうね。

[小寺委員] 前のページで60ギガと書いてありますよ。

[一ノ瀬 (NEDO)] 上の条件、「ギャップ量」「駆動電圧」「応答時間」とか全部での最高使用です。

[藤田委員長] これっぽっちしかインプルーブしないようなことをして意味があるのかな。これは桁が違うのかな。でも直しようがないね。

[小寺委員] 2015年とか2025年になるとテラヘルツ領域に入って来ますね。

[藤田委員長] もっと高い周波数を使うような気もするけど、ここは困ったな。明渡さんが帰られてしまったのですが、彼は前回も出ているから、何か意見があったと思いますけど。

[一ノ瀬 (NEDO)] 前は明渡さんはいなくて、前田さんがやりました。先ほど言われたように、テラヘルツとか何とかに変えた方がいいかもしれませんね。現状がどの位でテラヘルツになるのがどの辺と書いておけばいいと思います。

[藤田委員長] 「上記精度での最高使用周波数」。これこそ取ってしまいたいような気もするんだけど。

[小寺委員] 取ったらいいのでは？

[藤田委員長] 付いていることに何か意味がありそうですか。MMC、いいですか。これは意味不明だし、見ていてあまり意味がありそうかどうか分からないので、後で怒られるかも知れないけど取りましょう。

[小寺委員] 膜の応力制御に応答時間という項目が有るのはありますね。

[一ノ瀬 (NEDO)] ここはバサッと削りますか。

[藤田委員長] 削りますか。どこまでかな。

【小寺委員】 「ギャップ量」までは。

【藤田委員長】 「ギャップ量」まではいいことにして、「駆動電圧」「応答時間」「上記精度でのうんぬん」は切りますか。これはRFスイッチを想定してこういう性能になると言っていると思いますが。では切らせてもらいます。

小寺先生、「共通」の圧電の話はどうですか。薄膜形成。3 μm 、0.001%ひずみ……。そうじゃなくてひずみ量ですね。圧電の乗数の大きい、いい材料にして行くという意味ですね。2025年に移してしまいますか。

【小寺委員】 2025年に10 μm 位にしておいたらいいと思います。

【藤田委員長】 2015年じゃなくて2025年の方に、一つ右に移行したらどうでしょうか。結構大変ですから。

【小寺委員】 高分子の圧電薄膜もなかなか出来ないの、2025年でいいと思います。

【藤田委員長】 そうしましょう。3次元段差への高密度配線。500 μm でいいと思います。基板の厚みがそんなものですから、これ以上あっても困らないかな。「最小線幅/スペース」。これはこの辺でいいことにしましょう。

橋口先生、「ナノ機械加工（ナノプローブリソグラフィ）」はどうしますか。

【橋口委員】 最小線幅は確か磯野先生のデータで、すでに50nmだという発表がこの間ありました。

【藤田委員長】 じゃあ、これではだめですね。でも「高効率化と大規模化が重要」と書いてあるから、この言葉を2025年の方に移しますか。何年に移して矢印にしましょうか。この言葉を2015年に入れて、矢印で延ばしておいてくれませんか。

【一ノ瀬 (NEDO)】 下の数字は全部消してもいいんじゃないでしょうか。生きていてもいいですか。

【藤田委員長】 いいんじゃないですか。だいたいこんな見当だと、工業レベルで……。研究室のチャンピオンデータの話なので、少し弱気の数字ではあるけれども、どうしようかな。それとも2010年を50nmにして、2015年は取ってしまいませんか。

【橋口委員】 それがいいかも知れません。

【藤田委員長】 じゃあ2010年の80nmを50nmに書き換えて、2015年は数字を入れない。その代わり「最小加工単位だけでなく高効率化と大規模化が重要」という文字を入れて矢印で延ばすことにしましょう。

次は「2次元表面分子膜技術」です。すでに竹内先生に目が行ってしまいますが、さっき同じようなものを行ったので、2015年に50 μm 角を入れてください。

次は「低ストレス薄膜形成」の「形成膜厚」。ミクロンも何も書いていないけれども何だろう。

【小池委員】 これは昨年のファインMEMSで言ったことですね。

【藤田委員長】 けど「形成膜厚」って何だろう。単位もない。ファインMEMSにもご迷

惑をかけられないし、どんどん削ってしまうとしかられると思いますが、膜厚が薄くなる方向に意味があるのかな。よく分からないな。膜厚の方は困りましたね。

〔小池委員〕 これはありますので、確認します。

〔藤田委員長〕 確認して直していただけますか。みんな 0.1 になっていますから、まず後ろを切りましょう。2009 年の 0.1 で打ち止めで、ヘナヘナのところは確認して直してください。その下も 0.1GPa ぐらいまで行けばいいだろうから、これも打ち止めにして、「耐久性薄膜形成」はどうでしょうか。特性変化率が 0.1%。それより追究することに意味があるかな。これも、この値で止めてしまってもいいですか。

そうしましょう。「混載 LSI の加工寸法」は 45nm だけど、その後は文字で入れられませんか。「より複雑な回路等集積化することに意味がある」とか、橋口先生、何かないですか。

〔橋口委員〕 2025 年ですか。

〔藤田委員長〕 そうそう。ここまで行くかどうか分からないから、数で書いても意味がないんじゃない？

だから混載 LSI の機能みたいなことを言葉で書くといいけど、考えてくれませんか。後で戻りますから作文をしてください。

次は「ナノインプリンティング技術—低損傷パターニング技術」です。これは 0.3 μm で終わっていますが、担当のマイクロマシンセンター、どうでしょうか。「光学無機レンズ、バイナリレンズエンボシング」。何か数を入れた方がいいんじゃないのかな。ナノインプリント的なものですね。それで低損傷のパターニング。何でこの辺はずっと入っていないのかな。

〔小寺委員〕 100nm 以下じゃないですか。チャンピオンデータは 3nm ぐらいまで行きましたけど。

〔藤田委員長〕 どうでしょうか。少し改訂しますか。

〔小寺委員〕 50nm ぐらいを 2025 年に。

〔藤田委員長〕 じゃあ、そうしましょう。でも数としては不可能じゃないですね。

次は 4 ページ目の 1~2 行の「レンズ形態」「面積」。これも非常にファイン MEMS に関係がありますが、小池さん、どうでしょうか。

〔小池委員〕 何も入っていないですね。

〔藤田委員長〕 2008 年は来年だから困るんじゃないかな。橋口先生、文章は書けた？

小池さんに考えてもらっている間に前に戻って。

〔橋口委員〕 「マルチセンシング混載 LSI の実現」でいいですか。

〔藤田委員長〕 マルチセンシングはスペシフィックすぎると思う。多機能とか、より複雑な機能とか、機能の増大とか、そういうトレンドとして書く方がいいんじゃないですか。

〔橋口委員〕 多機能センシング LSI の……。

〔藤田委員長〕 どうしてセンシングが付くの。センシングは要らないです。だってセンシングの項目じゃないもの。

〔橋口委員〕 隣の製品のところがセンサーが多かったの。

〔藤田委員長〕 そういう意味か。でも、いいんじゃないですか。例だから。「混載 LSI の多機能化」ぐらいにしておきますか。

〔橋口委員〕 そうですね。

〔藤田委員長〕 「混載 LSI の多機能化」で矢印を書いておく。そうしましょう。さて小池さん、どうしましょう。取ってしまっても良ければ取るし。

〔小池委員〕 ファイン MEMS には直接関係ないですよ。

〔藤田委員長〕 関係ないですね。太田さん、どうしましょう。

〔太田委員〕 上の「レンズ形態」はバイナリレンズまで入っているからいいですね。後は何だろう。グレーテッドレンズぐらいだけど、ナノインプリントには関係ないし。面積は基板サイズだから。

〔藤田委員長〕 これは連続化を図るとか、そんなことかな。それは後ろにあるのかな。

〔太田委員〕 大面積の数字を入れておいて、例えば 2025 年には 12 インチとか、20 インチと入れておけばいいんじゃないかと思います。

〔藤田委員長〕 じゃあ 15 年に 12 インチで、25 年はもう少し大きくしますか。

〔太田委員〕 20 インチとか。

〔藤田委員長〕 2015 年を 12 インチ、2025 年を 20 インチにして、その一つ上はグレーテッドですか。

〔太田委員〕 それがあるけど、ナノインプリントの技術じゃないから。

〔藤田委員長〕 これで一応打ち止めにしておきますか。

〔太田委員〕 それでいいと思います。

〔藤田委員長〕 じゃあ、それでいいことにしましょう。ありがとうございました。次は「バイオ」の「非シリコン材料のナノインプリント」で 20nm。次のところは言葉で書いてあるので、これは無視しましょう。こんなものは、もっと小さいソフトリソか何かで作るんじゃない？

そもそもタンパクか何か作るんだったら、タンパクの大きさに決まってしまうような気もするけど。いいですか。じゃあ打ち止め。

「アレイレンズエンボシングの大面積化」は、さっきの 2 段目のものをそのまま持って来てしまいませんか。いいですか。

〔太田委員〕 いいんじゃないですか。

〔藤田委員長〕 大丈夫ですね。その 12 インチ、20 インチというのをコピーしてください。

ウエハレベルの貫通配線はもう矢印で行っているから良くて、「加工温度」もこれ以上下がらないかもしれないから、これも無視して。貫通孔の変形度とシフト量はさっきやっ

だから、もうこれでいいですね。そこから先は入れて頂いたと。

次は 5 ページ目、「バイオ」の「選択的ナノインテグレーション」。これは走査型マルチプローブでつけて行く時の話ですね。数はずいぶんアップデートして頂きましたが、橋口先生、竹内先生、ざっと言ってくれますか。

[橋口委員] 「処理時間」は 1 本の信号処理の話なので、よく分からないんですが、速ければ速いほどいいので。

[藤田委員長] 適当な数を入れましょうか。どこかに 0.1 秒/本とか？

[橋口委員] 2015 年に 2 桁下げる位ですか。

[藤田委員長] 1 桁でいいんじゃないですか。

[橋口委員] じゃあ 1 桁で。

[藤田委員長] 2015 年に何と書くんですか。

[橋口委員] 0.1 秒/1 本で、あとは矢印をお願いします。

[藤田委員長] より高速化と書いて矢印と。ありがとうございます。次は「細胞内動態の観察分解能 20nm」と、やけに細かくなっています。金コロ……という、これは橋口先生あたりがキーワードですね。

[橋口委員] AFM 観測での分解能をマルチで実現できればということなので、分解能 20nm 以下を 2025 年をお願いします。

[橋口委員] 右にずらすということですね。

[藤田委員長] 1 個ずらして少し遠い目標になったと。次は「CNT/ナノ Si ワイヤーの CVD 選択形成」。これも、このぐらいの制御ができれば十分ですか。「制御性向上」とか書いて矢印でもしておきますか。どうしましょう。じゃあ 2015 年に「制御性向上」と書いて矢印を右に入れてください。

次は「位置精度」、数十ナノメートルになっていますね。「数 10nm」の隣、2025 年に 10nm と書きましょう。

それから「CNT の物理的マニピュレーション」。

[橋口委員] これは、このプロセスにはそぐわないと思うので削除してもらった方が。

[藤田委員長] では、この「ナノデバイスマニピュレーション技術」は書きにくいので削除。

次は「ナノ材料ビルドアップ技術」。これも 2015 年で止まっているけど、MMC の方ではどうですか。10 層まで行けば十分ですか。それとも、「さらに多層化」と書いておきますか。

[安達 (オブザーバー)] はい。

[藤田委員長] じゃあ「さらに多層化」とします。「さら」は要らないかな。「多層化」で矢印ですね。失礼しました。次は「細胞配置・カプセル化技術」だけど、1 細胞まで行ったら 0.5 細胞はないので、これは打ち止めです。

それから単分子レベルも、これで行き止まりだからいいでしょう。次は「適切な官能基を持つ分子の付加&自己組織化」。竹内先生、どうでしょうか。表面の修飾と後ろの方で多少かぶるところがあるけれども。

〔竹内委員〕 矢印で延ばして「多機能化」。

〔藤田委員長〕 「多機能化」で矢印を延ばしますか。次の「多くのタンパク」も矢印で延ばすしかないね。次は「立体構造物への超精密化学修飾」で、±10nm とか 1aL と書いてあるけど、これも見当がつかないな。

〔小寺委員〕 ±10nm が 2011 年にも書いてありますね。

〔藤田委員長〕 本当だ。じゃあ取りましようか。10nm 以下にしてもしょうがないかな。量は 1aL。これもさっぱり分からない。止めておきますか。そうさせていただきます。あとはいいことにして次のページです。

6 ページ目の上から 2 行目は「ナノ化学修飾・ダイレクトリソグラフィ」の「パターン寸法」。フレキシブル構造の MEMS に使うもので、10 種類、50 種類、±10、1aL となっていますが、修飾量はさっき 1aL でやめて、±10 は二重になっているので、上から 4 行目の 2014 年の ±10nm は消してください。その下の 1aL は生かしておいて、その辺でだいたい打ち止めにします。

その上二つ、「パターン寸法」と 50 種類というのはどうしますか。パターン寸法は位置決め精度より小さいパターンをつくっても困るから、これでいいですか。

同時処理数は増大と書いて矢印にしますか。高分子の圧力 40pC/N。これは前にもあったけど、どうしますか。1 個右にずらして 2025 年に動かしましょう。

「シリコン/金属 3 次元構造成形の平坦化加工」の「成形膜厚」40 μm、「平坦性」10nm、「混載 LSI 加工寸法」45nm。これはどうすればいいですか。「混載 LSI 加工寸法」のところは「混載 LSI の多機能化」というさっきのものと同じように書く。その上の二つはどうしたらいいのかな。止めておいていいのかな。

〔橋口委員〕 矢印で。

〔藤田委員長〕 言葉をつけてくれる？

〔橋口委員〕 上は「膜厚増大」で、次は「平坦性向上」ですか。

〔藤田委員長〕 それで矢印と。

〔小池委員〕 「混載 LSI 加工寸法」で 2007 年に 180nm と書いていますが、たぶんファイン MEMS の話なので、前と同じなんですな。

〔安達 (オブザーバー) 〕 私が直したかもしれません。

〔小池委員〕 これはファイン MEMS の目標値になっていますので、動かさない方がいいと思います。

〔藤田委員長〕 じゃあ元に戻してください。後はこのページは良くできているから、次のページに行きます。上の方から見て行って 12 行目に「短尺化」と書いてありますが、こ

れも矢印でいいことにしましょう。ずっと下りて行って「界面制御を利用した自律組立技術」の「位置決め精度」が一切抜けているように見えます。

〔小寺委員〕 飛ばしたところで1個気になるものがあります。7ページのど真ん中の2025年にタバコモザイクウイルスとありますが、これはあまりにも具体的すぎるので「ウイルス」だけではだめですか。

〔藤田委員長〕 いいんじゃないですか。タバコモザイクウイルスの5行下は一切ないんですが、これはどうしましょう。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 「位置決め精度」は書けないんだったら、項目を消していいんじゃないですか。

〔藤田委員長〕 取ってしまいますか。じゃあ、この項目は削除。次は一番下の段「プロセス大面積化技術」で「高品位厚膜の大面積・連続プロセス化技術」です。

〔高島 (METI) 〕 「位置決め精度」の下のところで2種類、5種類、5種類、5種類になっていますが、これも必要ないですね。打ち止めですね。

〔藤田委員長〕 そうですね。これも取りましょう。それとも、より種類を上げるというのを言葉で書いた方がいいのかな。5種類を取って、「種類増大」で矢印にしましょう。ご注意ください。

一番下の「基板サイズ」はどうしますか。液晶パネル参照だから、さっき12インチとか20インチとやったんですが、今度はG8とか、私にはわからない規格が書いてあります。

〔安達 (オプザーバー) 〕 これは8世代、10世代です。

〔小寺委員〕 その上の二つの2015年と2025年が同じですね。

〔藤田委員長〕 5 μ mピッチも一緒ですね。どっちを生かしましょうか。

〔高島 (METI) 〕 6インチ形状均一は2010年から変わっていませんから。

〔藤田委員長〕 これは「均一性向上」で矢印にしてくれませんか。その上も5 μ mピッチが二つあるので、左の2015年を取って2025年を生かすことにしましょう。

「基板サイズ」はどうしましょうか。考えて頂けますか。先に行きます。8ページの3～4行目「高分子圧電薄膜形成」です。小寺先生、どうしましょうか。僕もこれは困ると思うし、しかも微細化に伴って力がこんなに増えるという意味ではなくて独立だと思えます。2025年に移しますか。

〔小寺委員〕 そうですね。

〔藤田委員長〕 じゃあ0.1mmと10gを2025年に移してしまいましょう。「ローラー式転写技術」は消してしまったのでなくなって、次の9ページもだいたい埋まっているね。埋まっていないのは下から2番目の「共通」の「高放熱パッケージ」が80℃、50℃で、その後は何もありませんが、これでいいのかな。室温より下がるわけではないから、いいことにしましょうね。これは打ち止め。

次のページは幸いにいろいろ入っています。11ページ目は多少残っていますね。単一チ

チャンネル、単一レセプタはやりようがないけど、その前に寿命 10 年とあります。10 年以上もたせても製品としては困りますね。これはいいことにしましょう。

「評価法確立」とか、「規格の制定」とか、何か不思議な項目ですね。大和田さん、衝撃試験とか疲労試験とか、このあたりはなんでしょうね。前の方も接合応力分布評価とかずっと。

〔大和田委員〕 評価法が確立して、その後たとえば国際標準規格化……、でも寿命を 10 年にするというのは別ですね。

〔藤田委員長〕 寿命 10 年は取ってしまいましょうか。

〔大和田委員〕 取った方がいいですね。

〔藤田委員長〕 疲労試験、衝撃試験はこんな感じでいいですか。

〔大和田委員〕 確立とか、試験法確立という言葉の方が。

〔藤田委員長〕 そうなっているとは思いますが、時間感覚のイメージが。

〔大和田委員〕 この位でいいんじゃないですか。

〔藤田委員長〕 じゃあ、そうしましょう。

〔太田委員〕 先ほどのロードマップから写して書いています。2025 年のところで少し増やしています。僕の感覚で、きっと材料は増えるんだろうなということで。

〔藤田委員長〕 ありがとうございます。「寿命 10 年」は取って、その後ずっと行って、単一チャンネル、単一レセプタはやりようがない。「複数 MEMS による多自由度細胞操作」は矢印を付けておきましょう。

〔橋口委員〕 次は個別のデバイスなので取ってもらった方が。

〔藤田委員長〕 「DNA ピンセット」は削除。「単一分子計測設備」。

〔橋口委員〕 これも要らないかも知れません。設備の話ですね。

〔藤田委員長〕 いいですね。これも止めましょう。「DNA ピンセット」「単一分子計測設備」は取ります。ずっと行って「機構解析技術」です。小寺先生、よろしく。

〔小寺委員〕 上三つは 2015 年でこのままで止めればよいと思います。

〔藤田委員長〕 いいですか。じゃあこれは、これで仕上がりですね。

〔小寺委員〕 12 ページの解析の一番下のデータベースのところの 2025 年がないので、そこに「データベースの充実」と書いて矢印を付けてしまえばいいですね。

〔藤田委員長〕 その下をもう一つだけ。「1800×900 で通常 MEMS システム同等」。これは何だろう。明渡さんが書いたんだね。どういう意味かな。

〔安達 (オブザーバー) 〕 このサイズの中にいまの MEMS のプロセスのものが同じものが入るということです。

〔藤田委員長〕 そうすると、これ以上ないですね。打ち止めでいいですか。「小型化」とか「さらに高集積化」とか書くんですか。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 「小型化」位入れた方が。

〔藤田委員長〕 小型化を入れておきましょうか。1800×900の1間、半間小型化していくということで、3分前に終わりました。どうもご協力ありがとうございます。いま復習する力が残っていないんですが、どうでしょうか。

〔加藤（JATIS）〕 きれいにして、またお送りして確認して頂きます。

〔藤田委員長〕 どこまで公開するか決めなければいけませんね。

〔一ノ瀬（NEDO）〕 今までMEMSのロードマップに関しては、公開を基本にしていたんですが、今回もそうした方がよろしいですね、高島さん。

〔高島（METI）〕 基本的にはその形で結構ですが、出せない部分が先生方の方である場合は、そこは隠して頂いて結構です。

〔一ノ瀬（NEDO）〕 特に企業の方は自分で判断できないところもあると思いますので、持ち帰って頂いて。

〔加藤（JATIS）〕 配布して確認して頂く時に、ぜひとも削って欲しいという提案があれば、出して頂ければと思います。

〔藤田委員長〕 そういうことにしましょう。最終確認の段階で「ここは出さないで欲しい」という希望がある時は、事務局に言って頂ければ、そこは伏せるようにしますので、注意して見て頂ければと思います。これで議題6まで終わりました。あとは事務局の方で、よろしくをお願いします。

7. 今後の予定

〔加藤（JATIS）〕 今後の予定ですが。研究開発課の方で4月9日が小委員会ということですので、事務局としてはそれまでに資料をまとめて、皆さんに送って確認頂くことになると思います。もうしばらくですので、ご協力頂きたいと思います。

〔藤田委員長〕 特に色つきの直さなければいけないところですね。

〔加藤（JATIS）〕 今回、重要なところが変わったと思いますので、よろしく願いしたいと思います。

その後、各委員より委員会出席の御感想を頂き、閉会とした。

参考資料
速記録

第1回委員会

速 記 録

日時：平成18年9月28日（木）13：30～15：30

場所：NEDO（川崎）1601会議室（16階）

[加藤 (JATIS)] ただいまより「MEMS の技術戦略マップローリングのタスクフォース委員会」第 1 回委員会を開催いたします。本日はお忙しいところ、お集まりいただきまして、どうもありがとうございます。進行は事務局を担当します日鉄技術情報センターの加藤が行います。まず資料の確認を行います。資料 1-1～資料 1-5 まで、ご確認いただきたいと思ひます。

資料 1-1 は委員名簿 (案) ですが、今回の委員会では、東京大学生産技術研究所の藤田教授に委員長をお願いしようと考えています。この件についてご承認いただけますでしょうか。それでは藤田教授に委員長をお願いします。議事 4 以降の進行をお願いしたいと思ひます。

次に委員の出席状況です。香川大学の橋口委員とオリンパスの太田委員は都合がつかず、欠席です。オリンパスの太田委員は代理出席も検討していただきましたが、全員が、期末のミーティングがあるのでどうにもできないという連絡をいただいています。

では議事次第に従い、出席者挨拶に移ります。経済産業省研究開発課の亀屋課長補佐、お願いします。

[亀屋 (METI)] ただいま紹介いただきました経済産業省研究開発課の亀屋です。本日は大変お忙しいところをお集まりいただきまして、まことにありがとうございます。「MEMS の技術戦略マップローリングのタスクフォース委員会」は、われわれが技術戦略マップで策定している MEMS 分野に新しいものを追加し、さらに見直して、いいものにしていく作業をお願いする委員会です。今後とも、いろいろな面でご協力をいただくとと思ひますが、よろしくお願ひいたします。簡単ですが以上です。

[加藤 (JATIS)] 続きまして、NEDO 機械システム技術開発部の小澤部長、お願いします。

[小澤 (NEDO)] NEDO 機械部の小澤です。本日はお忙しいところ、技術戦略マップのローリングということでお集まりいただきまして、ありがとうございます。NEDO が独立行政法人になりまして、独立行政法人の評価委員会から「研究開発成果はそこそこ出てきているが、これからはそれを社会に還元するアウトカムを出さなければいけない」と強く言われています。そこで本年度は、各部で一つずつアウトカムの調査をしまして、機械部としては MEMS とマイクロマシンを取り上げて、NEDO のパフォーマンスの PR をしていきたいと考えています。MEMS は今後の NEDO の研究開発の柱になっていく分野だと認識しており、いままでやってきたことに誇りもありますし、今後も大きな期待をしています。

技術戦略マップについては、今後の研究開発プロジェクトの道しるべを示していただくということだと思ひます。アウトプット及びアウトカムにつながっていくためにはどうしたらいいか、過去の経験も踏まえて、ぜひ知恵をお借りしたいと思ひます。よろしくお願ひいたします。

[加藤 (JATIS)] 続きまして委員長及び各委員、経済産業省、NEDO の方々に、それぞれご挨拶をお願いします。

〔藤田委員長〕 東大生産研の藤田です。いま認めていただきまして、委員長を務めることになりました。技術戦略マップが MEMS の現状でどこまで描けるかという、まだまだ発展途上の技術ですから、夢の部分をかなり大きく描かないといけません。ぜひ皆さんで新鮮なアイデアを出して、先をリードする夢のあるローリングにしたいと思います。よろしくご協力ください。

〔明渡委員〕 産総研の明渡です。産総研はいつも前田が出てきていると思いますが、私は今回初めて参加します。よろしくお願いいたします。

〔小寺委員〕 京都大学の小寺です。初めてこういうタスクフォースに参加します。よろしくお願いいたします。

〔竹内委員〕 東京大学の竹内です。バイオ系の MEMS の応用を研究しています。そういった視点で貢献できればと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

〔寒川委員〕 東北大学の寒川です。専門は半導体を中心にした、プラズマ及びビームを使った超微細加工技術です。MEMS のロードマップ策定にあたって、プロセスインテグレーションとして貢献できたらと思います。よろしくお願いいたします。

〔佐藤委員〕 オムロンの佐藤です。よろしくお願いいたします。現在は RF-MEMS を担当しております。

〔荒川委員〕 松下電工の荒川です。よろしくお願いいたします。

〔大和田委員〕 国際標準化学研究所の大和田です。MEMS の技術マップについて、いままでも国際標準の点が取り上げられませんでした。今年から考慮していただけるということです。マイクロマシンセンターの委員会の中でも国際標準のロードマップをつくっているので、それも含めて、いろいろな点でお願いしたいと思っております。

〔小池委員〕 マイクロマシンセンターの小池です。昨年度に引き続いて参加させていただきます。マイクロマシンセンターは MEMS 関係で、未来の技術、標準化活動など、事務局を中心にいろいろ活動しています。皆様の議論をうまくロードマップに反映できればと思います。今日は、未来デバイス関連や標準化活動と一緒にやっている調査研究次長の安達と磯川がオブザーバーとして参加させていただいています。よろしくお願いいたします。

〔三宅 (METI)〕 経済産業省産業機械課で技術を担当している三宅です。技術ロードマップは夢の部分を大きく描くということで、できるだけ先を見据えた、夢のあるロードマップにしたいと思います。よろしくお願いいたします。

〔高島 (METI)〕 経済産業省研究開発課の高島です。MEMS を担当しています。将来価値のあるデバイスに向けた MEMS のマップを作成していただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

〔阿部 (NEDO)〕 NEDO の阿部です。よろしくお願いいたします。

〔一ノ瀬 (NEDO)〕 NEDO の一ノ瀬です。MEMS のソフトの開発と、MEMS の標準化の調査をやっています。よろしくお願いいたします。

〔浅海（NEDO）〕 NEDOの浅海です。今年度立ち上がった高集積複合MEMSを担当しています。併せてローリング活動もいろいろお手伝いできればと思っています。よろしく願います。

〔加藤（JATIS）〕 続きまして、この業務の支援をさせていただきます日鉄技術情報センターです。日野主研、矢田研究員です。出席者挨拶は以上で終わります。

では議題1に移ります。「平成18年度の技術戦略マップのローリングについての説明」です。資料は1-2です。経済産業省研究開発課の亀屋課長補佐、よろしく願います。

〔亀屋（METI）〕 初めて委員になられた方もいますので、「技術戦略マップ2006」の概要を簡単に説明してから中身に入ります。お手元の「技術戦略マップ2006」のCDの中に、MEMS以外も含めて25分野すべてが網羅されているので、後で見ただければと思います。

まず技術ロードマップの役割です。技術の拡大された将来像の提示、対話の手段、産業界や政府を引きつける手段、技術への刺激と技術進歩の監視、技術の可能性を示す指標の五つが示されています。

これらの役割を基に、テクノロジーロードマップの構造ということで進めています。

次のページは、国内外におけるロードマップ策定の動きです。現在、産業界主体のもの、産業界・アカデミア・政府コラボ（政府主導型）、政府主体のもので、世界各国でいろいろ進められています。産業界主体のものとして有名なのが国際半導体ロードマップ（ITRS）の関係です。日本では光技術協会が光技術関係のロードマップを以前から作成しています。

5ページはテクノロジーロードマップの種類（主体と策定目的）です。「誰が何の目的で創るか」ということで記載されています。民間企業における企業内研究開発戦略の一環として、マーケットに対応したプロダクトやサービスを実現するための技術、業界団体が共通の課題やその解決に向けた業界としての取り組みの強化に向けて、政府が自ら国として取り組む研究開発のマネジメントツールとして策定とあります。一番最後が、私どもの策定の根拠です。

6ページは技術戦略マップ策定の目的です。政府の関係ですが、一つ目が技術戦略マップ及びその策定プロセスを通じて、METI（経産省）が行っている研究開発投資に関し、その考え方、内容、成果等について国民に説明を行い、理解を増進することです。二つ目が技術動向、市場動向等を把握するとともに、重要技術の絞り込み等を行い、METIが研究開発プロジェクトを企画立案するための政策インフラを整備することです。三つ目が専門化する技術、多様化する市場ニーズ・社会ニーズに対応するため、異分野・異業種の連携、技術の融合、関連施策の一体的実施等を促進するとともに、産学官の総合力を結集することです。

7ページです。策定分野は大きく分けると情報通信分野、ライフサイエンス分野、環境・エネルギー分野、製造産業分野の四つです。MEMSは製造産業分野です。2005年からスタートして21分野策定して、2006年版からは三つ増やして24分野になっています。この秋に

はエネルギー関係の分野が追加されて 25 分野になる予定です。

8 ページは策定プロセスです。技術マップとロードマップについては、策定分野ごとに NEDO に設置した総勢 400 名のタスクフォースにおいて原案を作成します。本タスクフォースには大学、民間企業（製品、部品、材料、装置メーカー等）、経済産業省、NEDO、産総研等が参加し、産学官の知見を結集しています。

またタスクフォースの親委員会として、産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会（委員長は西尾茂文東大副学長）があります。ここで審議を行い、最終的にオーソライズをして、技術戦略マップとして世の中に出ていきます。

9 ページは技術戦略マップの構成です。導入シナリオ、技術マップ、技術ロードマップの 3 重構造になっています。導入シナリオは研究開発成果が世の中に出ていく筋道と、そのための関連施策を示したもの、技術マップは技術課題を俯瞰し、重要技術を絞り込んだもの、ロードマップは求められる機能等の向上・進展を時間軸上にマイルストーンとして示したものです。

10 ページは導入シナリオの構造のイメージ図です。目標、民間企業の取り組み、研究開発の取り組み、関連施策の取り組みというかたちで年代ごとになっています。

11 ページは技術マップの例です。情報通信分野の半導体の分野で、分野構造ということで大項目から小項目まで細かく分けています。黄色い線の重要技術と一般技術に分けています。

12 ページはロードマップの例です。これも情報通信分野の半導体ですが、評価パラメータが 2005～2011 年まで出ています。たとえばシリコンウエハのハーフピッチは 2005 年に 80nm、2011 年には 40nm という道筋が記載されています。

以下は戦略マップの構成の詳しい部分なので省略します。こういうかたちで技術戦略マップの概要が制定されています。最初のページに戻って、今年の 7 月に産構審の研究開発小委員会で 1 ページのようなかたちで策定・活用方針について審議がなされました。

1 は目的なので省略します。2 の「技術戦略マップのローリング基本方針（案）」は、もう（案）が取れました。（1）は「技術戦略マップのローリングサイクルの確立と定着」で、二つ目に研究開発戦略と標準化戦略の一体化とあります。「検討分野の拡大を基準認証ユニット内にて検討」は、研究開発戦略と標準化戦略を交えて議論をしてつくっていくというかたちで、ロボット、MEMS、部材が提示され、了承されています。

2 ページの②「技術動向等に応じたアップデートを主として実施する分野」の三つ目に、ロボット、航空機、宇宙、MEMS、グリーンバイオ、超電導、人間生活とあり、MEMS もこの分野に入っています。このアップデートが一つの大きな目標で、もう一つが標準化の部分の検討です。

4 ページは今後の予定です。7 月 24 日に第 16 回研究開発小委員会が開催されましたが、第 17 回研究開発小委員会は 11 月 13 日月曜日を予定しています。ここで 1 回ローリングの

中間報告を行います。またエネルギー分野の技術戦略マップが新しく制定されたので、これが公表されることになっています。第18回が冬に行われて、第19回で2007年版の技術戦略マップを公表する予定です。できれば3月いっぱいでもやりたいと研究開発課内では考えていますので、よろしくお願いいたします。

次はMEMSのロードマップ策定に関してまとめた1枚紙です。今日が第1回のタスクフォース委員会で、本年度中に全体で3回、第2回を12月の中旬から下旬、3回目を2月上旬から下旬に予定しています。2回目と3回目の間にメールベースによる意見交換を実施したいと考えています。

先ほどの方針の中でアップデートしていくというかたちになっているので、基本的には昨年までのロードマップに付加するイメージで、大々的な改訂は行いません。それから委員会でも言われていた標準化の部分を導入します。

もう一つの大きなものが市場動向調査です。2006の市場動向調査のデータがありますが、相当陳腐化していると思われるので、新しい視点から将来の方向性を加味したアンケートを実施して、データ集計をした後でロードマップに反映したいと考えています。できるだけ新しいものを随時追加していきたいというのがわれわれの考えです。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。いまの技術戦略マップのローリングについてご質問等ないでしょうか。

[藤田委員長] 国内的な目的はよく書かれていると思いますが、グローバルな意味での目的についての質問です。たとえば半導体の技術マップは世界全体である大きさにシユリンクしていこうと、産業界が「これまでにこれをつくらなければいけない」とハッパをかけられていると思いますが、MEMSは非常に研究開発要素の多い分野で、逆に言えば手の内を明かすようなことにもなります。そのへんはどういう考えでやられるのか、僕らはどういうことに留意すべきか教えていただけますか。

[亀屋 (METI)] われわれは予算要求など国に周知するものも必要ですので、そのプロセスの一環として、対財務省にMEMSの予算を要求する時点で、やはり開発のスケジュールを見せないと予算を獲得しづらいということがあります。あとは本当に企業の中で秘とする部分、見せられない部分は、ここで出す必要はないと考えています。

[一ノ瀬 (NEDO)] 私は第1回から担当していますが、その点については、そのときから議論があります。これは非公開と公開版があって、最後の段階で「この部分は隠したほうがいいのか」という要望があれば、公開版では手の内を明かす必要はありません。ですから議論はしてもらって、省いたほうが良い部分は、最終的に公開版として出す資料からは省くというかたちで、議論と公開を分けたいと思っています。

[藤田委員長] わかりました。

[加藤 (JATIS)] そのほか、ご質問はありませんか。

[荒川委員] 市場動向調査のところですか。MEMSの市場はデバイス外販とインハウスで自

社内で製品に組み込む場合がありますが、市場動向調査はどういうかたちで考えて、われわれの技術に生かそうとしているのでしょうか。

[小池委員] マイクロマシンセンターの従来の市場動向の出し方は、製品市場への MEMS 寄与率や MEMS 化率を推定して、全体の市場の MEMS の大きさを算定しています。今回のものについては、各 MEMS メーカーにアンケートをして、出していただける部分は取り込んでいこうと考えています。

[加藤 (JATIS)] 補足します。今回の委員会と並行して、マイクロマシンセンターと日鉄技術情報センターと一緒に市場動向調査をやる計画で進めています。技術マップのローリングは 3 回でまとめなければいけないので、何をしないといけないかが一、番ポイントになると思います。

では議題 2 に移ります。「前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介」です。日鉄技術情報センターの日野主席研究員、紹介をお願いします。

[日野 (JATIS)] 資料 1-3 に基づいて説明します。技術戦略マップは一般名詞ではなくて、中長期的な社会ニーズと技術シーズをつなぐためにオフィシャルに作成したマップです。平成 16 年度から作成しており、行政部門から見れば今後の研究開発のガイドラインという側面を持ち、納税者から見れば研究開発行政に対するアカウンタビリティを担保する位置づけとなります。

資料 1-3 は経産省、NEDO のホームページで公開されている MEMS に関する技術戦略マップ一式です。これは 24 分野のマップの一つで、産総研の先進製造プロセス研究部門（現ネットワーク MEMS 研究グループ）の前田グループリーダーをヘッドに、この 2 年間、大学の先生 7 名、企業 7 名、マイクロマシンセンター 1 名が参加した委員会で作成してきました。大学の先生は橋口委員以外、今回の委員と重複していません。今回委員の三つの企業には、過去 2 年間も参画していただいています。

平成 16 年度は出口をイメージして、14 名の委員を光グループ、RF グループ、バイオグループ、実装グループ、未来デバイスに分けてグループワークを行いました。しかし「出口で整理するのではなくて、あくまでも製造プロセス技術での整理を」という指示があったので、そういうマップになっています。そのへんは念頭に入れておいていただきたいと思います。

1 年目に骨格をつくり、2 年目は若干の新任委員が参画してローリングを行っています。1 年目に導入シナリオをつくっていないので、2 年目はそれをつくりました。以上がこれまでのつくり方です。

では中身に移ります。技術の細かい内容は説明できないので、あらましについて説明します。技術戦略マップは大きく導入シナリオと技術マップ、ロードマップ、MEMS の場合には MEMS の製造技術のロードマップという三つの部分に分かれています。資料の 1~3 ページは全体を総括的に記載したものです。I は基本的な考え方、II は導入シナリオです。平

成 16 年度版では、ここの項目は「MEMS 分野の課題及び MEMS 政策」でしたが、中身は同じです。Ⅲは技術マップ及びロードマップです。

要するに一番目に高機能化、低コスト化のための技術開発を行うべきであるということ、二番目にはさらなる高度化、多様な主体が参画できるような基盤技術開発が重要だと述べています。

3 ページは 10 年後の MEMS 製品の具体的イメージです。4～5 ページが導入シナリオです。これは研究開発の部分だけではなく、基盤整備や導入促進、規制緩和、その他の政策と併せて MEMS 全体をどう進めていくかというシナリオです。これの作成は難しいということで、初年度の平成 16 年度は作成を見送り、製造技術マップの作成に注力して、平成 17 年度にこれを作成しました。

時間軸は 2025 年まで引いていますが、堅いところでは 2015 年までのシナリオを書いています。1 枚目は MEMS の技術開発の目標、市場の動向、企業の取り組み、研究開発の取り組みです。研究開発は光、RF、センサ、バイオ、共通という各項目について、一般動向や 2015 年に向けた方向性の要点を定性的に記述しています。

2 枚目の一番上に研究開発の取り組みとあります。これは主に METI、NEDO のプロジェクトをイメージした記載です。その下は関連施策です。導入普及の促進策は製造拠点整備と設計インフラの話、2 番目がその他の施策で MEMS 普及のために必要な制度や規制緩和の話、一番下は環境整備で人材育成と標準化について記載しています。標準化の動向は今年度のトピックスでもあり、この後の議題で詳しく説明していただきます。

以上が導入シナリオです。ざっくり言えば 1 枚目は企業、大学等の MEMS の取り組みの自然な流れ、2 枚目はそれを支える国の戦略ないしはシナリオです。

6 ページは「MEMS 分野の技術マップ」と称して整理したものです。マップという語感から、もう少し 2 次元的なものを想像されるかもしれませんが、これは MEMS 分野の製造技術についてある程度階層的に分類した一覧表とご理解ください。作成にあたっては、製品の側から見るか、製造技術の側から見るかというところがあると思いますが、MEMS の技術自体が新製造技術プログラムに所属しているので、これまでの技術マップは MEMS の製造プロセス技術の観点からの分類化、ロードマップを試みています。

MEMS の製造技術をエッチング技術から製造システム技術まで大きく 8 分類して、それぞれに中分類、小分類を設けました。また右側の「分野」は製造技術の主な適用分野で、光、RF、バイオ、センサ、共通という主な出口で分類しています。

表の中で緑色に塗ってある部分は、昨年までの委員会の議論で決定した国が関与すべき重要技術です。もちろん白地の部分でも、たとえば実装技術のウエハの低温接合技術、封止技術など、きわめて重要な技術課題もありますが、これまでの委員会で相対的に見て企業主導で進むのではないかと判断した結果、重要項目からは外れています。

いま説明した部分や後ろ側の製造技術のロードマップの詳細版の作成、特に分類学につ

いては、産総研の明渡委員や、同じグループの中野主任研究員の非常に大きな力添えがありました。

7～9 ページが MEMS の製造技術のロードマップです。6 ページの表の重要項目について、さらに階層化した技術課題を策定しています。それぞれの技術課題ごとの技術開発の指標は、たとえば LSI プロセス融合ダメージフリーエッチング技術の「被加工領域の損傷の低減」で言うと、半導体領域の削れ量、MEMS 加工部の最大アスペクト比など四つの指標に細かくブレークダウンして、全技術分野について 2015 年度まで網羅しています。これが初年度に回数をかけて作成したものです。

ここに記載されているロードマップの目標数値は、チャンピオンデータでも、量産レベルの数字でもありません。MEMS グループでは「量産を意識しつつ研究開発のプロトタイプレベルで再現性を持って到達できるレベルの数字」という考え方をしています。したがって今回ないし次回以降、この表の具体的な目標数値の改訂等を行う場合は、そういう相場感でつくってきたことを念頭に置いていただければと思います。

10 ページは MEMS の競争力比較で、平成 16 年度での特許、論文、市場動向についての整理です。正しく言うと学会動向ですが、直近の動向を次回委員会で参考説明する予定です。以上がこれまで作成した技術戦略マップの説明です。

資料 1-4 は「MEMS 製造技術のロードマップ（総括表、H17 年度見直し）」です。これまで説明したものは公開版で、A4 の 1 枚紙の重要項目についてのロードマップでしたが、最後の紙はそれだけではなくて、委員会で検討したすべての技術項目について展開したものです。

[加藤 (JATIS)] これらの資料が今後の検討のベースになるので、ゆっくりご覧いただきたいと思います。

[藤田委員長] 質問です。二つのマップがありますが、全部含んだほうについて考えるんですね。

[日野 (JATIS)] そこは委員会で決めていただきます。

[藤田委員長] それも私たちに任されているんですか。

[亀屋 (METI)] 全部やって載せられるものだけ載せればいいわけです。

[藤田委員長] 全部含んだほうで議論して、その中で適切なものだけ公開版にピックアップするという作業ですね。わかりました。たくさんあるほうを勉強してやらなければならないので、皆さん、お間違えのないように。

[加藤 (JATIS)] ほかに質問はありませんか。

[小寺委員] 1-4 のロードマップに書き込まれている数値の根拠はありますか。

[加藤 (JATIS)] 委員会で先生方から出していただいて、皆さんに承認された数値です。

[小寺委員] バックグラウンドのデータがあるわけではないんですね。

[加藤 (JATIS)] 詳細なベースがあるものではないです。

〔一ノ瀬（NEDO）〕 前回までの委員会では「研究室ではないが、量産レベルでもない、その中間的なもの」としての妥当な数値を言ってもらいました。

〔加藤（JATIS）〕 ほかにご質問はありますか。

〔荒川委員〕 16年度と17年度では、どの部分が大きく見直されたんですか。

〔加藤（JATIS）〕 赤で入れてありますが、抜けている技術を若干追加したのが大きな見直しです。

〔三宅（METI）〕 16年度版には導入シナリオがついていないので、赤い部分の見直しに加えて、17年度にそれを作成しています。

〔加藤（JATIS）〕 そのほかご質問はありませんか。今回のローリングは資料1-3と資料1-4のロードマップ総括表全体を見直すこととなります。では議題3に移ります。「MEMSの標準化動向についての紹介」です。大和田委員、お願いします。

〔大和田委員〕 資料1-5に沿ってMEMSの国際標準化動向についてご紹介します。まずMEMS国際標準化の現状として日本が提案している規格の進捗、海外から提案されている規格と日本の対応、それから将来に向けたMEMS標準化について、マイクロマシンセンターで委員会を立ち上げてロードマップを作成しようとしているので、その委員会の進捗あるいは現状について、併せて報告します。

2ページです。MEMS標準化の国際的な組織はIEC、ISO、ITUといろいろありますが、現在はIECの中にMEMSを取り上げているワーキンググループがあります。それがTC（テクニカル・コミッティ）47です。IECには分野ごとにTCが設定されていて現在80以上ありますが、47が半導体デバイスで、その中にWG（ワーキンググループ）4「Micro-electromechanical devices」があります。

ここには書きませんでした。SC47Eという個別半導体デバイスの中にはセミコンダクターセンサ、半導体センサのワーキンググループがあって、ここでもMEMSを一部扱っています。

図の下半分が国内での標準化です。経産省の下部組織である日本工業標準調査会がIEC、ISOの受け皿になっていますが、実際はそこから指定された審議団体に審議しています。TC47はJEITA（日本情報技術産業協会）が指定されていて、その中にTC47国内委員会がありますが、JEITAにはMEMSの専門家がいないので、MEMSの実質的な審議はマイクロマシンセンターでやっています。その中に標準化事業委員会があって、専門用語委員会、材料特性標準化委員会、疲労試験標準化委員会などを立ち上げて、日本からの国際規格案の作成を行います。

海外で提案された規格案への対応も非常に重要です。それに対しては海外規格調査検討委員会をつくって、たとえばRF-MEMSなどで韓国が提案した規格案に対して日本としての対策を立てています。

3ページはTC47/WG4の概要です。1997年にIEC TC47 ソウル会議で発足して、

Micro-electromechanical devices を扱い、コンビナー（主査）は UK のターナーさんと私がやっています。メンバーは日本 2 名、韓国 5 名、ドイツ 2 名、フランス、アメリカ、中国、合わせて 12 名、コンビナーと合わせて 14 名で審議を行っています。

4 ページは分野ごとに、規格化になったもの、現在審議中のもの、今後提案されるとアナウンスのあったものを一覧表にして示しています。黄色は日本が提案したもの、提案を予定しているもの、審議中のもの、ピンクは韓国が提案しているものです。MEMS の分野では、欧米は提案自体はあまりやっていないというのが現状です。

規格化が済んでいるのは日本が提案した MEMS 用語集、材料評価分野の薄膜引張試験法、そのための標準試験片です。材料の機械的な定数を求めるために引張試験は非常に大事ですが、これはすでに規格化が終了しています。

現在審議中のものは、品質評価のための試験条件等の共通部分をまとめた MEMS 共通仕様書、日本が提案している薄膜疲労試験法です。MEMS 材料のデバイスの信頼性が非常に大事になってくるということで、特にスイッチは 10 の何乗回の動作に耐える必要があり、材料自体の疲労特性でデバイスの寿命が決まるので、薄膜疲労試験が非常に大事になってきます。デバイス分野では RF-MEMS スwitch を韓国が提案して、現在審議されています。

韓国あるいは日本が今後提案を予定しているものは、材料評価法では材料曲げ試験法、材料寿命加速試験法、プロセス評価ではボンディング評価法、デバイスでは FBAR フィルタです。

全体として見ると規格化が済んでいるのは全部日本で、かなり先行していますが、韓国がそれを追いかけて、これからどんどん提案してきます。また日本は上半分が割合多く、基盤技術というか共通技術というか基礎的分野が中心ですが、韓国はデバイス分野、製品分野にかなり力を入れています。日本もデバイスとかプロセス評価という製品につながるところをもっと取り上げないと韓国にしてやられるのではないかと、もっと戦略的に標準化戦略を練らないと大変ではないかという観点から、後ほど紹介するロードマップ委員会を立ち上げてやろうとしているところです。

5 ページは日本が提案しているものの現状です。最初に取り上げたのが MEMS の専門用語で、1993～1997 年の 5 年間にマイクロマシンセンターの内部でつくった MEMS の専門用語集を 2002 年に IEC に提案しています。「NP 提出」とありますが、次のページに NP とは何かを書いてあります。

国際規格の場合、1 回提案しておしまいではなくて、提案したものに対して投票して、再度修正して回付して、さらに投票するというので、全体として投票が 3 回行われます。そのたびに内容の修正がされ、投票結果について国際的に審議されて、全体として四つぐらいの段階を経て最終的な国際規格になります。国際の場での激しい投票活動、審議活動を経ないと最終的に規格にならないということがポイントになると思います。NP は最初の新規作業項目提案で、それが投票でオーケーになると、CD、CDV、FDIS という 4 段階で最終

まで行きます。

前のページに戻ります。MEMS の専門用語集は 2002 年 7 月に NP が提出され、その後 3 回の投票を経て 2005 年 9 月に国際規格として発行されていますが、審議の段階でかなりかたちを変えて、提案の中身は相当入れ替えがあります。

2 番目の薄膜材料の引張試験法と 3 番目の標準試験片については、1999～2002 年の 3 年間に経産省あるいは NEDO のプロジェクトで試験法自体の研究開発を行って、その結果に基づいて 2003 年 7 月に NP として提案しました。これも各国からのいろいろな審議にもまれた後、2006 年 8 月に発行されました。

4 番目の MEMS 用薄膜材料の疲労試験法は、2003～2005 年の 3 年間に経産省あるいは NEDO のプロジェクトで試験法から研究開発をして、今年の 5 月に NP として提出しています。現在、投票が済んで内容的には可決されています。

5 番目のテーマは今年度研究開発から開始している MEMS デバイス機構材料の寿命加速試験法、並びにその特性評価試験用校正試料の標準化です。経産省の基準認証研究開発事業として取り組んでいるので、2006～2008 年ぐらいまで研究開発をして、試験法を確立した後、2008 年か 2009 年ぐらいに提案しようと考えています。

7 ページは韓国が提案しているものです。韓国は日本が先行したことに非常に刺激を受けて、MEMS 自体の研究開発あるいは商品化も非常に活発に進めています。標準化についても熱心にやっています。2004 年には MEMS 通則という信頼性評価のための試験条件を決める共通仕様書を提案して、現在 CD の段階で審議を行っています。それから昨年 RF-MEMS スイッチの国際規格案を提案しています。これは製品そのものなので、日本としてもそのまま放置することはできず、RF-MEMS スイッチのメーカーを中心に 5 社ぐらいに集まっていただけ、マイクロマシンセンターの中に検討委員会をつくって、いろいろな角度から問題点をチェックして、それをぶつけているところです。

今年の 6 月にワーキンググループが開催されて、日本から問題点を全部出して、99%は韓国側も認めて、残りについても「持ち帰って検討します」ということで、かなり日本の対抗案が取り入れられています。最終的には日本の企業の利害を盛り込んだ案になるのではないかと期待しています。このように提案された後の活動が非常に大事になってきます。

3 番目に、韓国がこれから提案しようとしているものは Bonding methods and evaluation for MEMS packaging、MEMS Filter and FBAR、Strip Bending Test です。これを 2006 年中に提案すると言っているのです、われわれも油断できません。

8 ページです。そういう状況を受けて、日本もきちんとしたロードマップをつくったうえで、もう少し戦略的に標準化を展開していく必要があるということで、ロードマップの調査研究を開始しています。これは平成 18 年度の METI の委託事業としてスタートして、調査研究のアウトプットは「わが国優位性が発揮できる分野についての戦略的・継続的な標準化ロードマップ策定」です。

MEMS は多くの分野に使われますが、戦略的に重点化しないと考えづらいので、主要な産業として自動車分野、携帯電話の分野に特化した製品化動向及び予測と、いままで続けてきた材料分野あるいはプロセス評価も含めた基盤技術シーズの 2 本柱で調査研究をやっていこうと考えています。

9 ページは委員会の委員構成です。私が委員長で、副委員長はマイクロ分野の材料研究の大家である東工大の肥後先生です。デバイス分科会は、自動車分野は自動車企業あるいは自動車用の MEMS を検討している方を含めて 5 人の委員、携帯分野は昨年まで NTT ドコモで研究開発をしていた山尾先生ほか企業で携帯分野の MEMS 開発をしている方など 4 人の委員が参加しています。

基盤技術分科会は熊本大学の高島先生に分科会長になっていただいて、大学、産総研、企業から 8 名の委員の方が参加して、材料評価、プロセス評価のロードマップの検討をしています。

10 ページは調査研究のイメージです。MEMS 製品化レベルは製品動向の予測ということで 2000 年から現在、2015 年ぐらいを視野に入れて自動車分野と携帯分野のセンサ、RF モジュールなどの動向を調べます。

MEMS 製品化の障害を取り除くための標準化活動、MEMS 製品化・実用化を支援する標準化の項目、内容、時期等について調査を深めます。MEMS 基盤共通レベルとしては、基盤共通のシーズ動向と発展予測、材料評価、加工・アセンブリ技術、また MEMS 優位性が発揮される、MEMS 固有で将来の標準につながりうる技術項目・内容の模索を調査して、基盤技術の発展予測に基づく標準化を進めていくということで、それを最終的にはロードマップにまとめたいと考えています。

11 ページは調査研究のイメージです。製品分野としては 2015 年ぐらいを視野に入れた過去、現在、将来 10 年先までの製品化動向の調査です。製品化の障害排除、製品化の支援という観点も大事だと思っています。基盤共通技術レベルとしては重要標準化項目の抽出、MEMS 固有技術の抽出がポイントになると思います。

左側のマップは「攻めとしての標準化、守りとしての標準化、必要性の大小をマッピングして優先順位づけをして、ロードマップとしてどういう項目を取り上げるかが大事になってくる」ということです。

最後のページは調査研究のスケジュールです。MEMS デバイスの動向調査、重要標準抽出、基盤共通技術の動向調査、重要標準抽出、優先付けを行い、それを最後に標準化ロードマップとして作り出していきます。このために全体委員会を 5 回開催します。すでに 2 回行って、第 1 回は全体的な計画の概要、第 2 回は携帯分野について関連企業からヒアリングの説明と討議、分科会での問題点、今後の方向についてのディスカッションが終わっています。第 3 回は自動車分野でプレゼンテーションとディスカッションを行い、その結果にもとづいて第 4 回、第 5 回でロードマップに集約する予定です。以上です。

[加藤 (JATIS)] 今回のローリングの大きな項目は、MEMS の標準化の動向を反映したいということです。資料 1-3 の 5 ページをご覧ください。関連施設の取り組みの一つに環境整備という項目があり、大きく人材育成と標準化の二つがあります。標準化のところでは専門用語の IEC 規格化、材料の基本特性評価法の IEC 規格化、デバイス特性・耐久性評価、仕様の規格化、高集積・複合 MEMS デバイス設計標準化という項目を前年度までにつくり、それぞれ「いつごろまでに」というのを当てはめていますが、議論の中でこのへんの見直しが必要になると思います。

いまのところで質問はございませんか。

[寒川委員] プロセス評価とか、そういうものの標準化はわかるのですが、デバイスの標準化というのは、私は非常にわかりにくいのですが。要するにデバイスの特性とか、何を標準化するのですか。

[大和田委員] 標準化については非常に誤解があって、この前のロードマップの委員会でも、ある委員から「標準化するとすべてが決まって、競争がなくなって、残るのはコスト競争だけではないか」という質問がありました。それはまったくの誤解で、たとえば RF-MEMS スイッチでは、特性の項目を決めるのです。RF-MEMS を規定する重要な項目を決めて、それを製品カタログに載せてくださいということです。

RF-MEMS スイッチで一番重要な項目は、挿入損失とアイソレーションです。スイッチですから、つないだときにきちんとつながり、どれだけ損失があるか、切ったときにどれぐらいきちんと切れるかが重要です。そういう項目の規定ですが、値は決める必要はなくて、そこはまさにメーカーが競争する分野です。挿入損失は小さいほどいいので、0.1 デシベルなのか 0.2 デシベルなのかは競争する分野であって、それは標準でも何でもないので。

どういう項目をもって RF-MEMS スイッチを規定するか。大ざっぱに言えば、カタログに載せる項目を決めるのが標準化です。

[明渡委員] そのときに評価方法も当然入ってくるわけですね。

[大和田委員] もちろんです。挿入損失の測定法、どういう装置を使って、どういう結線で、どういうバイアスをどこに加えて何を見るかという、その評価方法が大事です。A 社と B 社で同じ挿入損失だといっても、測り方が違えば値が違いますから、それは競争でも何でもありません。だから評価法をきちんと同じにして、項目を決めて、ただし値はそれぞれの会社で競争する。土俵を決めるというか、枠組みを決めるのが標準化で、中身自体は各社各様のやり方での競争になります。

[一ノ瀬 (NEDO)] たとえば標準化の測定方法と項目が決まったとしたら、たとえば海外に輸出するときにはその試験方法で測定しなければいけないのですか。

[大和田委員] そうです。

[一ノ瀬 (NEDO)] いくら自社の測定方法で値を出していても、その測定法で全部やり直さないと出せないということですね。

[大和田委員] はい。WTO の中で IEC/ISO を使うことが義務づけられています。国際貿易の場合、勝手なやり方でやって「こういういい値が出ますよ」と言ってもだめで、IEC/ISO で決められた測定法で測った値を使わないといけません。

[加藤 (JATIS)] いまのことに関連して評価技術がありますが、資料 1-4 の 3~4 ページをご覧ください。大項目は「検査・評価技術」、中項目は「各種検査・評価技術」で、「デバイス特性評価技術」など 3~4 ページに重要技術課題が入れてあります。具体的には書きにくいんですが、先ほどの疲労試験は「試験法策定」で、できていない、研究レベル、規格化開始とロードマップの中に入れてあります。

そのほかご質問はいかがですか。

[藤田委員長] 今回標準化を入れるということは、この中に標準化という枠をつくって、細かいことをどんどん書き込んでいく作業になるのですか。そのイメージを教えてください。

[加藤 (JATIS)] 先ほどの 3~4 ページと導入シナリオのあたりで、最近の動き等を入れて修正することになると思います。いかがですか。

[高島 (METI)] ケース・バイ・ケースだと思います。技術マップの部分に標準化を組み込めれば、その方法でもいいと思いますが、別件で「標準化」という項目を新たに立てることも可能です。先生方からご意見があれば、縛られることなく、どんどんやっていただきたいと思います。こちらとしては、どちらでも対応可能です。

[藤田委員長] 大和田さん、何か判断されるのですか。

[大和田委員] まだ私どものロードマップの委員会も立ち上げたばかりで、具体的なものがでてなくて、この場で「こうしたほうが良い」とは言いづらいんですが、別建てのほうがやりやすいかもしれないと思います。

[藤田委員長] ただこの中で必要そうな計測のことなどは、少し拡充しなければいけませんね。「ほかのほうでは、こんなふうに標準化を入れてあります」という例はありますか。

[高島 (METI)] ええ、たぶん。

[藤田委員長] 今回は初めてですが、二度目の委員会では、皆さん共通にやり方のイメージを持っていただく必要があるかと思いますので、そのへんもご相談しながら準備したいと思います。

[加藤 (JATIS)] 第 2 回委員会のときは、こちらのほうもだいぶ話が進んでくると思いますので、そのへんの状況もお話いただければと思います。そのほかご質問はありますか。では議題 4 に移ります。「ローリングについての全体討議」です。ここからは藤田委員長に司会をお願いします。

[藤田委員長] あと 30 分で終了の時間ですが、能率良く皆さんの意見とアイデアを伺いたいと思います。MEMS でいま進んでいる調査や新しい話題を、皆さんからお聞きしたいと思いますが、まずマイクロマシンセンターの小池さんから、取り組みについてお願いしま

す。

[小池委員] マイクロマシンセンターでは、いま未来デバイスということで調査をしております。

(スライド)

マイクロマシンセンターは一昨年、将来技術の展望、技術ロードマップの絵を描いています。一番下が現状の MEMS です。現状は単機能デバイスで、既存商品の置き換えですが、それに対して第 2 世代として「高集積複合 MEMS 製造技術プロジェクト」ということで、多機能デバイスで必須部品をつくるというステップアップを今年度やっています。

また一昨年、その次もあるということで、「新たなライフスタイル創出」というイメージで MEMS の展開を想定していましたが、このときはそこしか決めていませんでした。そこで昨年度いろいろ議論をして、今年度から「MEMS フロンティア未来デバイス」の調査研究を本格的に始めています。

ここにグリーンデバイス、ホワイトデバイス、ブルーデバイスと書いてありますが、これがキーワードです。

(スライド)

これはプロジェクトの経緯です。マイクロマシンプロジェクトから培ってきた現状の技術がステップアップして、高集積複合 MEMS で、さらにその上をいくということを表しています。

(スライド)

ここが従来のデバイスで、ステップアップしたものが第 2 世代で、第 3 世代はかなり飛ぶというイメージを示しています。

(スライド)

今回の調査研究のイメージです。一番上の黄色のところは 20 年後の社会をイメージしています。「社会に革新的なインパクトを与えるものをつくらなければいけない。これらの未来デバイスの実現にかかわる基盤技術をつくる」といううたい文句で調査研究をしています。社会全体のニーズを考えると、環境・エネルギー、健康・医療、安心・安全・快適という三つのキーワードが将来は欠かせないので、それに必要なこれらのデバイスを創出していくということを出しています。環境・エネルギーはグリーン、医療はホワイト、安心・安全・快適はブルーです。

ここに書いてあるのは、調査研究を進める段階で出てきた言葉です。さらにグリーンデバイス、ホワイトデバイス、ブルーデバイスを創出するためには、MEMS と、バイオ、ナノがプロセスインテグレーションした新しい革新的な製造技術も見なければいけないということで、三つのデバイスと一つのプロセスというキーワードで進めています。

(スライド)

実施体制としては、藤田先生に委員長になっていただいて、マイクロマシンセンターの

中で四つのワーキンググループに分かれてやっています。20 年後に社会でこれを実現していることを想定して、若いキーマンの先生方をリーダーに入れていきます。

ここに大学は挙がっていませんが、たとえばプロセスインテグレーションのところで小寺先生に顧問になっていただいたり、調査研究に不可欠な方々にも当然入っていただいています。

(スライド)

これはごく最近、ワーキンググループがまとめ上げたものです。グリーンデバイスのインパクトは CO2 を固定できるデバイスです。これは大規模なところではなくて、オンサイトを狙っていくというイメージです。

(スライド)

これはまだ不十分ですが、超微細、超集積化をイメージしたものです。ブルーデバイスからのイメージで、携帯電話にいろいろな機能を持っていくことを想定しています。極端な例は、いままで非常に高級なものしか使われていなかった分析機器を携帯することです。C-3P0 は翻訳できる、外国人とも壁がないというイメージです。ホワイトやプロセスインテグレーションについては、今日ご出席の先生方がおられますので、私がこれ以上言うのはやめて、最後に全体のスケジュールです。

調査研究はもうスタートして、来月ぐらいに概要のまとめをしようとしています。これはプロジェクトへの提案も狙っているのです、今年末ぐらいから提案まとめ作業を進めようと思います。今回のロードマップにはこのへんから反映できると思いますが、先生方もよろしく願いいたします。

[藤田委員長] 竹内先生、寒川先生、補足をいただければ。

[竹内委員] ホワイトグループの委員長を仰せつかっていますが、その状況について軽くお知らせします。

(スライド)

ホワイトグループでは、20 年後は少子高齢化社会に向けて長く働きたいということがあがる。そうすると「いつまでも健康で、最後まで元気」が一つのキーワードだろう。そういうことで始めています。

医療や健康はいろいろな問題があるけれども、日本が強いのは製造技術だ。医療・健康の分野に製造技術が加わることで新たな武器になるという視点でやろう。そのときに、ターゲットは人なので、人とデバイスの切り口で、いろいろなデバイスが考えられる。その機能としては人を知るようなもの、治すようなもの、常時人を見守って快適な生活が送れるようなデバイスがあるだろう。そういうことで、いろいろなデバイスを提案しています。

たとえば、いまは体内にいろいろなものを埋め込めるようになっていきます。他人の細胞を自分の中に埋め込む手術も可能です。だから「細胞ではなくて MEMS でつくったデバイスも埋め込んで、常に体内に滞在しているようなデバイスもできるでしょう」というので、

タイトルはまだ編集の余地はありますが、こういうタイトルでデバイスを提案しています。

たとえば体内を自由自在に動くカプセルです。体内ドクターと呼んでいますが、そこに必要な機能、技術を洗い流しています。4次元ハイブリッドは、たとえばBMI（ブレイン・マシン・インターフェース）の市場は人工臓器と絡めると何十兆円になりますが、MEMS デバイスが必ず必要になる。そのときにMEMSと細胞、高分子がいかに生きてまま融合できるかという基礎技術が重要になってくるということで洗い流されています。

[藤田委員長] なぜ4次元なんですか。

[竹内委員] 4次元というのはわかりにくい言葉ですが、MEMSのパブリケーション技術は、いま、どんどん3次元に来ています。あと1次元は何かというと、時間とか環境とともに、いろいろな形を変形させていくようなものです。たとえば細胞が体内に入ると、それがどんどん分化してネットワークを張っていくというデバイスをイメージしています。具体的には後ほど説明します。

いままでは「埋め込み」「体内」というキーワードでしたが、健常者の方がパッと体にはるだけでいろいろなことがわかるデバイス、たとえば頸動脈の近辺にシールをはると、その中が見えるようなレントゲンシートや、超音波を発生して頸動脈の流れが見られるという健康シートを考えています。そうすると3大疾患と呼ばれる脳梗塞、心筋梗塞、がんの発見もできるかもしれません。

いまホワイトデバイスは、こういう四つの柱で議論を進めています。ブルーやグリーンも同じような議論の積み重ねでデバイスを提案しています。

[藤田委員長] 補足します。これも最終的には技術に落とし込んで、技術をどうしようという話と、マイクロマシンのプロジェクトは1991年に始まって、いまやっとMEMSとして花開いてきています。特に製造技術の部分でやったものが、いろいろなところでできたということが、去年追跡調査をしてよくわかりました。それと同じようなことをいま仕込んで、20年後というスパンで考えたいということです。

[寒川委員] プロセスインテグレーションの話ですが、20年後のデバイスの話聞いたのが昨日で、具体的なデバイスの製造技術という意味ではきちんとイメージを描いていないので、共通の技術という意味で一般的な議論をしています。今日はそれについて紹介します。もちろんいままでのロードマップとも共通しますが、さらに20年後に通用するプロセス技術ということで、いま議論しています。

大きな項目を七つぐらい挙げていますが、どんどん微細化になるに伴って、微細加工するとき問題になるのが損傷です。これは当然機械的な強度にも影響しますし、LSI、半導体との融合、あるいはバイオとの融合も含めて、無機、有機を問わず損傷のない加工技術が絶対に必要になってくるだろう。現状を踏まえて、さらに精度の高いダメージフリー加工技術が必要になってくるだろうということです。

それからハイブリッドのナノ構造を作製するための複合技術、選択成長、メッキなども

必要になってきます。それから従来はトップダウン中心に行われていますが、自己組織化能を持ったボトムアップ技術も非常に重要で、それを大面積で非常に微細なパターンングをしていくにはトップダウン技術とボトムアップ技術の融合が重要になってくるだろうという議論をしています。また微細なパターンをつくるには新しい転写技術、最近議論されているインプリントやバイオ分子を使った新しい転写技術などを議論しています。

シリコンだけではなく、いろいろな無機材料、有機材料が融合して入ってくるので、もう一つ重要なのは異種材料の界面接合制御技術です。特に有機と無機の融合では接合界面が非常に重要なので、それをコントロールする技術が必要です。形状予測、機能予測のシミュレーションの技術も必要で、最終的にはパッケージングの技術が重要になってくるだろうということです。

まだ議論の途中で具体的なイメージはありませんが、トップダウンとボトムアップを融合した各プロセス技術の高度化と統合化の検討、その場合の表面界面性技術の検討が重要になってくるだろう。最終的には実装技術が非常に重要なので、自己組織的なアセンブリ技術の検討も議論しています。

多様な選択肢がある中で、デバイスの具体的なイメージが固まった段階で議論しながら、新しい20年後のプロセスを提案していきたいと思っています。

[藤田委員長] 新しい流れのお話について、ほかの委員の方、いかがでしょうか。小寺先生、いかがですか。

[小寺委員] 17年まではどこかで聞いたことがあるものばかりで、全然違う、新しいものがないので、そういうものを入れないといけないと思います。先ほど寒川先生が言われたことの中に、新しいものがどんどん入ってこないといけないと思いますね。その可能性をどこかに付け加えられればと思います。

[藤田委員長] ほかにいかがですか。具体的なローリングをどうするかということも少しイメージを合わせる必要があると思いますが、いま小寺先生から「新しいものを付け加えるべきだ」というお話をいただきました。明渡委員、いかがですか。

[明渡委員] 標準化の話も現実的な出口のところで非常に重要です。企業の方は、それをどう反映するかには相当考えをお持ちではないかと思います。そういう現実的なところと、20年ぐらい先を見据えた部分の戦略をうまくこの中に反映していくことが必要で、メインはこのマップの数値修正のような話ではないと思います。それが大事だと思います。

[藤田委員長] 細かい数値にエネルギーを注ぐより、実利にかなうところと、新しい、抜けている部分で補うべきものを補うことが大切だということです。佐藤委員、いかがですか。

[佐藤委員] MEMSは本当にさまざまなものができて、産業化になっているものも研究開発段階のものもあるので、一律に製造技術を語るのはかなり難しいと感じています。いままでの議論は、これから大きな市場が開かれるかもしれない光やRFが中心になっているで

しょうから、あとは市場調査から出てきたもう少し堅い部分と、さっき言われた夢のある部分を追加するような話だと思っています。

[藤田委員長] 市場調査の結果を待たなければいけないということですね。荒川委員、いかがですか。

[荒川委員] ロードマップの目的の一つである出口をどのような形に押し上げるかというイメージは、製造技術との兼ね合いだと思います。企業としては、われわれが取り込んだ場合にどれぐらいの売上げになるか、あるいは市場のボリュームの中で、製造プロセスをいままでのシリコンベースから有機系など、いろいろなものにしていかなければならないと思います。その出口のイメージで、商品的なものほどどれぐらいのものか、それをどのようなかたちで積み上げていくのかということが飛んでいるとまずいと思います。

われわれは物理的なセンサ系をやっている、将来的にはバイオ系あるいは光系になるでしょうが、実はその間がわかりません。いま市場が見えているところしかできていませんが、将来はいろいろな出口があると思うので、その間をどう埋めるかをやはり検討し、それを MEMS 屋の言葉だけではなく、異業種の人たちにもわかりやすい言葉で語りたいということが一つあると思います。

[藤田委員長] そのへんは今回の活動の中では、どういうかたちで取り組んでいくといいですか。

[荒川委員] 最終的な目標は、未来デバイスを国の施策に持っていかなければならないと思いますが、未来デバイスと製造プロセスのどの部分に具体的に注力すべき技術タームかということがポイントです。そうすれば具体的に埋まっていくかたちになると思います。

[藤田委員長] ほかにいかがですか。ちゃんと予習をしていなくて、こんなにたくさん項目がある資料を見るだけでも時間がかかりそうで、議論を始めたら本当にどれだけ時間を使ってもなかなか、まず意味を勉強するだけでも大変かなというのが正直な印象ではあります。とはいえ、先人の努力でできたものは尊重しながら、私どもはこの時点に立って何がどうかというところを大事にする。それから産業化の見通しが立ちやすくなったところで重点をどこに置くかという議論をすることを大事にしたいと感じました。

特にご発言はよろしいですか。

事務局からプラスアルファのご意見をいただくフォーマットを作っていたいただいていると聞いています。皆さんにお送りしますので、急に言われてなかなか、ということもあるでしょうし、ゆっくりご相談をして書いていただいてもいいかと思っています。お返事をよろしくをお願いします。

[加藤 (JATIS)] 議題 5 の「今後の予定」に入ります。第 2 回委員会は 12 月中旬ぐらいでよろしいですか。

(日程調整……12 月 22 日金曜日 13 : 30 ~ 16 : 30)

それでは 12 月 22 日金曜日、13 : 30 ~ 16 : 30 で第 2 回目を行いたいと思います。場所等

については、また正式な会議案内をお送りいたしますので、よろしくお願いいたします。

第 2 回目のときに市場動向と学術動向についての調査もパラでやっておりますが、それがどのような状況かという話も議事次第の中に入れてたいと思います。そのほかご意見、ご質問はございますか。よろしいでしょうか。

では以上で第 1 回委員会を閉会いたします。どうもありがとうございました。

第2回委員会

速 記 録

日時：平成18年12月22日（金）13：30～17：30

場所：東京国際フォーラム G404 会議室

[加藤 (JATIS)] 時間になりましたので、始めたいと思います。荒川委員からは欠席の連絡がないので、遅れて来られるかもしれません。

ただいまより「MEMS の技術戦略マップローリングのタスクフォース委員会」第 2 回委員会を開かせていただきます。本日は年末のお忙しい中、お集まりいただきまして、どうもありがとうございました。進行は事務局を担当する日鉄技術情報センターの加藤が行います。

まず資料の確認を行いたいと思います。一番上の議事次第の次のページに配布資料リストがございます。資料 2-1~2-5-3、参考資料 2-1、2-2 の九つの資料です。お手元の資料を確認していただきたいと思います。よろしいでしょうか。

それでは議事次第にしたがい、議事を進めたいと思います。まず議題 1「MEMS の標準化ロードマップ作成の進捗状況についての紹介」を、大和田委員にお願いしたいと思います。資料は 2-1 です。

[大和田委員] MEMS の標準化ロードマップの進捗状況についてご説明します。課題は「我が国として国際標準化を戦略的に進展させる仕組みが必要」ということです。MEMS の標準化はかなり進んできていますが、いままでは必ずしも戦略的に進められていなかったという反省に立って、今回 MEMS 標準化のロードマップの調査研究を進めます。このことは国際競争力の維持強化にもつながってくると考えています。

アウトプットとしては、我が国優位性が発揮できる分野についての戦略的・継続的な標準化ロードマップを策定することです。皆さんご存じのように MEMS にはたくさんの分野がありますが、策定のプロセスとしては、その中で自動車分野と情報通信、特に携帯分野にポイントを絞って、MEMS 製品化動向と予測を行い、それと並行して我が国の基盤技術シーズの現状と発展予測を基に、求められる標準化のあり方について調査研究を行うということで、製品の動向調査と基盤技術の動向調査の 2 本柱で進めております。

主要 MEMS デバイス製品化動向についての予測と、基盤共通の技術シーズについての現状把握と発展予測で、それぞれ分科会を設けています。また製品化動向予測に基づいて MEMS 産業全般の発展に必要とされる標準項目と内容を抽出したり、海外標準化動向、ニーズなどから導きだされる重要標準の抽出とその対応についての研究を進めています。

一方、基盤共通の技術シーズにおいては、開発状況、関連海外標準化動向、ニーズなどから導かれる標準化項目抽出と優先決め、それから MEMS 固有で優位性が発揮される標準へとつながりうる技術項目・内容の模索ということで、現在調査を進めています。

次のページ、現在までの進捗状況です。昨日 12 月 21 日に 4 回の委員会を終了して、いまは最終的にまとめつつある段階です。最初は年間の活動や出口イメージ共有化、分科会活動指針決めを行って、第 2 回には関連企業による標準化への要望・提案のプレゼンヒアリングを行いました。これは携帯用 MEMS と自動車用 MEMS のそれぞれについて、関連企業あるいはそういったところのプレゼンを行っています。

それを基に基盤共通分科会では、特に加工・プロセス技術、材料、評価、信頼性というポイントから研究開発を支える基盤技術にフォーカスして、主導権を取れる環境構築、国際競争力強化を目標に、標準化技術マップから優先度・重要度の高い項目を抽出しています。技術を項目ごとに俯瞰して、それぞれ標準化という観点から優先度あるいは重要度をつけてピックアップしていくということです。もう一つは、我が国が主導的役割を演じ続けるためには人材育成も重要課題ということで、それも一つのテーマとして考えています。

一方、デバイス分科会では自動車用 MEMS と携帯用 MEMS デバイスにフォーカスして、MEMS 分野の国際競争力強化を目標にしています。それから基盤共通と同様に、技術マップとしていろいろなデバイス項目を並べて、技術的な重要度、標準化としての意義づけなどから優先度・重要度の高い項目を絞り込んでいます。標準化する項目はマクロな枠組みとして仕様相当項目と定義、評価測定項目と方法を考えています。

その結果、昨日までの 4 回の委員会で候補となる技術の絞り込みが進んでいます。それを基に 2 月 8 日の第 5 回委員会で最終報告案にまとめ上げるということで、現在、各委員のところで技術マップやロードマップの最終的な絞り込みを行っています。今後は分科会としてロードマップ案を作成して、こちらで進めておられる MEMS の技術戦略マップに反映して、さらに最終的には委員会報告書として発行する予定です。

次のページに、ほんの一例ですが、アウトプットイメージとして技術マップの項目を並べています。これは基盤共通分野ですが、力、トルク、長さなどの基本物理量、加工・プロセス、その他諸々を並べて、目的・用途、標準規格があるか、既存の規格を流用できるか、新たな規格が必要か、優先度の順位づけを行って、関連情報、その他ということでまとめています。こういう技術マップの中から優先順位で浮かび上がってきたものについて、最終的にロードマップとしてまとめます。

次のページにアウトプットイメージのロードマップの例があります。これはデバイス分野ですが、どういう時点でどういう市場ニーズが出てくるかという市場ドライバが上のほうにあります。それに基づいてデバイスを項目ごとに並べて、いつごろ、どう標準化していくかを書いていきます。さらに下の欄では、ベーシックな技術項目として関連するものの関連づけを行います。相互に関連の深いものについては矢印で関係を図示していこうと考えています。進捗状況は以上です。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。それでは質問を受けたいと思います。いかがでしょうか。

[藤田委員長] このアウトプットイメージは、そのまま今回のローリングにうまく反映できるかたちで出していただけるといえることですか。

[大和田委員] このアウトプットイメージをそのままそっくり出すのではなくて、ここからさらに技術マップあるいはロードマップに合うかたちに再編集したものを出すということです。そのままということではありません。

もう一つ気になっているのは、タイミングの問題で、私どもの委員会の進捗と、こちらにフィードバックする進捗のタイミングがどうなるのかということです。

[加藤 (JATIS)] 第5回が2月8日になっていますね。いまのところ、この委員会の第3回は2月の中旬を考えていますので、少し間は短いのですが、その結果が反映されたかたちで出していただけると感じています。

そのほか、質問はよろしいでしょうか。

[明渡委員] 標準化ロードマップの調査研究は、今後も継続的に続くということによろしいですか。

[大和田委員] 表現が難しいのですが、ロードマップですから、心づもりとしては、今年1年やって、また来年も常に見直しながら、年とともにそのときの情勢、周囲の情勢、世界情勢を反映させながら見直すことが必要です。予算の関係で、私どもでそういうことが実際にできるかどうかは別として、そういうことをやっていきたいと考えています。

[明渡委員] こういうことは継続性が非常に重要ではないかと思うので、ぜひ継続的にやっていけたらいいのではないかと思います。

[加藤 (JATIS)] 経済産業省の研究開発課はいかがでしょう。

[亀屋 (METI)] 私どももロードマップは毎年必ずやることになっているので、ぜひ合わせるかたちで、標準化のほうもお願いしたいと思います。

[吉田 (METI)] 私は標準部隊のほうですが、今回は基準認証予算を使ってロードマップをやっていますが、2~3年が一区切りになっています。一応くりとしては3年度になっていますが、来年度についてはまだ未定で、これから審査に入ることになっています。

[明渡委員] 今年度がちょうど切れ目になるのですか。

[吉田 (METI)] いえ、今年度は初年度です。

[明渡委員] では3年ぐらいまでは、ある程度予算措置があるということですか。

[吉田 (METI)] わかりません。申し訳ございません。

[加藤 (JATIS)] あとはよろしいですか。では続きまして議題2に移りたいと思います。

「MEMSの市場動向調査についての紹介」をマイクロマシンセンターの阿出川部長にお願いします。

[阿出川 (MMC)] MEMSの市場動向調査の状況について報告させていただきます。現在マイクロマシンセンター内にこのための調査研究委員会を組織して実施していますが、この調査の目的は、MEMSの技術戦略マップのローリングのために必要なMEMS関連市場の基礎データを提供することです。

調査の方法は、この委員会のやり方と合わせて、MEMS関連企業へのアンケート調査もしております。広くMEMS関連企業がどういう事業形態、事業の方向性を持っているかを併せて把握して、市場の予測と総合して、長期予測まで含めたことをアウトプットとして出したいと思っています。

実際の調査の内容をここに2項目掲げています。一つは国内のMEMS産業構造の分析です。いままでこういう観点からの調査はされていませんが、可能な限りMEMS関連企業のリソース分析と、MEMSの研究拠点、ファンドリーの現状を併せて調査させていただこうと思っています。

それから国内MEMS関連市場の現状分析と市場予測です。これは現在MEMS組み込みの商品、将来組み込み可能な商品の調査と、併せて市場規模も把握します。今年度のデータは実質的には2005年度のデータを使うこととなりますが、予測は技術戦略ロードマップとの整合性から、現状と2010年、2015年の三つのポイントでやろうと考えています。もう一つ、長期予測はアップケース、ローケースと少し幅を持たせて、実際の将来予測の不確定要因の分析も併せて表示しようと思っています。

現在までに第1回、第2回委員会を行って、市場規模算出の具体的な内容、あるいは定義づけを終了しています。現在は実際の検討作業に入ったところです。

アンケートはMEMS協議会企業メンバー42社、第17回マイクロマシン展の出展企業約200社に出しています。これもすでにアンケートの発送は終わっています。アウトプットのイメージは次に説明させていただくとして、今後の予定としては、1月中旬までにアンケート及び各委員会で検討している内容を集約して、1月23日の週に分野別のワーキンググループで具体的な試算の検討に入る予定になっています。

第3回委員会の開催日は2月16日を予定しています。ここで市場規模予測のデータがほぼ出そろい、この内容について審議をいただくことにしています。その審議の後、一部修正あるいはそのほかに産業構造の分析と併せて、日本の競争力分析の一部も検討するという事で、最終的な報告書は3月中旬をめどに作業を進めるという状況になっております。

実際にどういう調査結果が出るかというイメージを、次のページからいくつか紹介させていただきます。この資料の中で一部数字が出ていますが、これは実際にどういう内容でまとまるかというので、事務局側である想定数値を入れてグラフ化したものです。グラフ化のために入れた数値で、市場規模の予想値ではありませんので、この点をあらかじめお含みおき願いたいと思います。

一つのイメージは国内MEMS産業構造の分析です。この中では、MEMS関連産業といっても、MEMS製品を組み込んだものを生産・販売している企業が、実際に自分でデバイスをつくっているのか、購入しているのかという事業形態の割合を、こういうかたちで分析をしようと思っています。主としてアンケートのデータから、このような内容をまとめられればと思っています。

例2としてMEMSデバイス市場の構成です。これも企業規模別に、どういうMEMSの種類か、たとえば大規模中心の市場なのか、あるいは中小が中心の市場なのか。これが各MEMSデバイス事例ごとにどうなっているのかという観点から、こういうアウトプットも示してみたいと思っています。

それから国内の MEMS 関連市場の現状分析と市場予測のアウトプットのイメージです。これは 2005 年、2010 年、2015 年の三つのポイントで、MEMS 種類ごとのアプリケーション分野別の適用割合、あるいはその次のページに示すように、アプリケーション分野の中でどんな MEMS デバイス事例が使われているのかという見方からの分析です。もう一つは、各アプリケーション分野の中でどのような MEMS の種類が使われているのかという割合です。こういういくつかの切り口に分けた、各 MEMS デバイスごとの市場規模の現状と予測をアウトプットと考えております。

それから、今度の調査では、特に不確定要因の分析を行おうと思っています。たとえば経済的な事業戦略上の問題、あるいは世の中の環境の変化に伴って、実際にどういう予測がされるだろうかということで、各委員の方に MEMS の普及の度合いをある程度想定していただいて、そのバラつきを過去の製品の一般的な普及曲線に重ね合わせたかたちで、この図に示す三つのグループのような分け方で予測の幅を持たせたいと思っています。

ちなみに基本となる MEMS の市場規模はどうやって算出するのかを参考に示しています。製品生産高（又は売上高）は統計データから持ってくる数字です。MEMS 関与率は、ある製品の中で MEMS が関与する部分がどのぐらいあるかというもので、いくつか広がりを含ませていけば MEMS の関与率が上がっていくという考え方です。その中で実際に MEMS 技術で置き換わる部分がどのぐらいあるのかを MEMS 化率と定義します。そして関与率と MEMS 化率を統計データから得られる製品生産高に掛けることによって、市場規模を算出するというのが基本的な考え方です。

こういうアウトプットを想定しながら、2 月の中旬ぐらいにある程度データが出そろったかたちで現在進めているところです。以上です。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。それでは質問を受けたいと思います。

[明渡委員] MEMS 関与率の分母がエアバックシステムの価格になっているということは、その中で使われる MEMS 部品の金額ということになるのですか。

[阿出川 (MMC)] そうです。一応それで想定しております。

[明渡委員] 関与率と MEMS 化率が混乱してよくわからなかったのですが、MEMS 化率は、MEMS の部品が使われている数の話になるのですか。

[阿出川 (MMC)] いえ、MEMS が関与している、あるいはしうと思われる部品で、たとえばここではエアバックシステムの例を挙げていますが、この中にいくつかのセンサがあって、たとえば加速度センサが一つだけだと MEMS 化率は N 分の A となります。その中で全部が全部 MEMS 技術を適用しているのかというと、部品によっては MEMS ではないものもありますから、それが MEMS で置き換わるのを MEMS 化率と定義しています。

[明渡委員] 全市場的に見たときに、その目的に MEMS 部品がどれぐらいの頻度で使われているかということですね。

[藤田委員長] だから関与率がマックスで、そのうちの何割を MEMS が置き換えたか、達

成したかが MEMS 化率になります。100%になるとこの部分は全部 MEMS で、たとえば液晶と DMD だと、液晶が 80%で DMD が 20%だとすると、MEMS 化率は 20%という感じですね。しかもほかにランプとかレンズがあるから、MEMS の関与率はもっと小さくなって、たとえば像をつくる場所だけ、なるとすればそうだという話です。

[明渡委員] 市場規模はこう考えるのがごく常識的だとは思いますが、ビジネスモデルを考えたときに、MEMS を単品で売る部品と考えるのか。最初にデンソーさんがエアバックセンサをやったときも、内製化しているわけですね。そこをどうとらえるのかで、MEMS は割高でコストが高くて使いにくいものだというとらえ方になるか、最終製品のかたちで見たときに付加価値を非常に上げているから利用度の高いものだというとらえ方になるのか、分かれてしまうと思います。これを見たときに一瞬、私はその見せ方が気になりました。

[阿出川 (MMC)] いまご指摘のところは、例 1 で示したアウトプットのかたちで、MEMS 関連企業といっても、デバイス製作から最終製品まで組み込んで一貫して事業をやっている企業、あるいはデバイスのみの事業をやっている企業など、いくつかに分けています。

先ほどのマイクロマシン出展企業約 200 社のアンケートで、どのような事業形態を取っているのかという調査項目があります。それを分類して、デバイスは内作だけやって、それを外販しているとか、自分のところでも使って製品まで組み込んでやっているという事業構造の分析結果も得ようとしています。

ただアンケート対象企業なので、当然のことながら全体というわけにはいきません。それで委員会のほうで、アンケート結果を踏まえて、あとは一般に公表されている主要な MEMS 関連企業のデータも勘案しながら、最終的にいまご指摘いただいた分も何とか方向性だけは見いだせるようにしようとしています。

[明渡委員] 表現は難しいと思いますが、部品としていくら売れているかだけではなくて、MEMS 価値を見せるような、最終製品レベルでの MEMS 価値を評価するようなグラフがもう一つあれば、誤解を受けないという気がします。「何かいい案があるか」と具体的に言われると、私もそこまでの具体性はありませんが、ぜひ検討していただきたいと思います。

[阿出川 (MMC)] 現在、各委員の先生方をお願いして、MEMS 用途の洗い出しをしようとしています。たとえば MEMS 化することによって少量高付加価値のものとか、あるいは量産化になればコストは下がるので、MEMS 化率のコストのほうだけは下がるけれども市場規模の個数は上がるとか、いくつかケースが見られると思います。そのへんを現在 MEMS の用途洗い出しの中で、事務局では目的の定義表と呼んでいます、一部そういう考えも試みようとしております。

[橋口委員] この関与率は高いほうがいいのか。低いほうがいいのか。

[阿出川 (MMC)] 関与率が高ければ市場規模の生産も上がっていきませんが、全部 MEMS でやらなければならないかという……。

[明渡委員] 藤田先生が例として言われたように、DMD になったら液晶との競争だとは思

いますが、要するにキラーコンポーネントですね。DMD 全体をプロジェクターで考えたら、光源も重要なパーツですが、トータルで見たら 50%ぐらいがコンポーネントとしては性能を決めてしまっているところがあって、関与率がそういうかたちになってくると、今度は大量市場になる可能性が出てきます。

だから分析の仕方で、市場規模が大きくなるかならないかということとも連動して解釈することができるのではないかという気がします。

[藤田委員長] 要するに MEMS がなければできなかったものと、MEMS でなくてもいいものと、いろいろなスペクトルがあって、製品によって、たとえば AFM は MEMS のプローブがなければ装置全体に意味がなくなってしまいます。自動車全部が MEMS でできているというのはたぶんうそだから、そういういろいろなスペクトルがどのくらいの分布であるかも考えて、そこをどう定量的に最後の市場に入れるかは次のレベルかもしれませんが、そういう分析をするとおもしろいというのが、いまのご指摘だと思います。

[荒川委員] 市場動向はデバイス側のメーカーとして非常に参考になると思っています。この中でアプリケーションの分野別の適合割合の項目ですが、分野を三つに絞ってしまうのか、あるいは自動車分野とか、やや具体的なところまでセグメンテーションするのか、どちらをお考えでしょうか。

[阿出川 (MMC)] アプリケーション分野は資料 1 ページ目の真ん中あたりに示していますが、この中で一応、アプリ分類をしています。それから実際に MEMS デバイス事例としては、たとえば携帯電話や自動車に使っていますが、加速度センサはここにも使えるというように、いろいろな分野に使われるので、こういう分布が得られるようなデータの取り方を現在考えています。

アンケートのほうからもそれが出ますし、委員の先生方にも同じような切り口で検討していただいています。その中で実際に示されているアプリケーション機器、「その分野の中で実際にこの機器に使われます」という機器をいくつか足し込んで、代表的機器というか、機種というか、仲間というかたちで分類づけをして、各 MEMS 種類別の機器をそこで当てはめていく。データとしては、そういう取り方を考えています。

[小寺委員] ここで書いてある市場は国内市場ですか、海外も含めた市場ですか。

[阿出川 (MMC)] 国内市場です。

[小寺委員] 3 ページに RF とかセンサのグラフがありますが、たとえば情報通信の何なのかという内訳も出てくるのですか。

[阿出川 (MMC)] 出そうと思えば出ます。調査結果、データ表は、それが集計できるかたちになっています。ただ、どこまでの粗さで、どこまでのくくり方でデータをまとめるかは、委員会の中でいろいろ検討させていただこうと思っています。

[加藤 (JATIS)] よろしいでしょうか。では議題 3「MEMS の学術動向調査 (特許、文献) についての紹介」を、日鉄技術情報センターの矢田研究員にお願いいたします。資料 2-3

を使います。

[矢田 (JATIS)] 学術動向とは言っていますが、中身は学会論文の発表の件数を調べたということと、もう一つは特許情報を調べたということがメインです。あとのトピックスは、私の趣味の範囲で調べた内容をご紹介します。

まず文献を調べましたが、文献データベースはどういうものを対象にしたかという、最初に EV (Engineering Village) です。アメリカの会社のデータベースですが、これを調べました。ここでデータベースとして収録してある文献は Compendex という世界的に広く工学分野をカバーしている書誌データベース、NTIS というアメリカの政府機関が出している技術レポートデータベース、あとは Referex Engineering、ENGnetBASE、アメリカの Patents など中に入っているようです。出てきたデータの中で、どこに属しているかというところまでは分析し切れていませんが、こういうものが入っているデータベースを調べました。

論理式は、“micro machine” or micromachining or “micro machining”などとあります。or で結んであります。単語の間にスペースが空いているものは、“ ”で結んでいます。MEMS あるいはマイクロマシンにかかわるタームは一応網羅しているのではないかと思います。こういうかたちで論理式をつくりました。

対象にしているのは Journal です。こういうことを考えると、NTIS はひょっとしたら Journal に入っていないのかもしれませんが。

それを検索した結果です。トータルのグラフは、1999 年にピークがあります。原因は何かよくわかりませんが、全体のトレンドとしては右上がりになっています。2005 年現在では 1600 件を少しオーバーするものがヒットしています。

それぞれの論文筆頭者が所属している研究機関がどの国に属しているかを検索すると、最近には特にアジアが多くなっています。アメリカは 2005 年に少し下がっています。これが一時的なものなのかどうかわかりませんが、そんな傾向があります。日本はここにありません。EU は 1999 年に論文がパッと上がったときに同じように上がっています。ここで上がったのは EU の寄与度がかなり大きかったのかもしれませんが、どういう原因かはよくわかりません。

アジアのカテゴリーとしては中国、韓国、台湾、シンガポールの 4 国をアジアと呼んでいます。近年アジアが台頭して、非常に大きな力を持ち始めているという感じがします。このほかにジャーナルを出した国の数はどうかという検索の方法もあって、それでやるとアメリカがダントツに多いのですが、筆頭者の所属で行くところになります。

2005 年度の比率です。アジアが非常に大きいというのは先ほどのデータそのもので、書き直ただけです。割合から言うと、アジア関連が 41%、米国が 30%、EU が 20%、日本が 9%になります。

毎年開かれている IEEE の MEMS コンファレンスの発表件数を調べてみました。実はマイ

クロマシンセンターが毎年分野別動向調査報告書を出しているのので、それを少し加工したものです。MEMS コンファレンスに出ている論文の数も、図のように右上がりの傾向を持って増加していることがわかります。

左の図は、右の図の内訳を示したものです。これは同じものですが、右は年で表記してあり、左は開催国の地域です。毎年日米欧の3極で交代でやっているのので、分担した国のエリアの名前ですが、今年1月はイスタンブールであったのでEUです。その前はラスベガスなのでUSというかたちで横軸が書いてあります。開催場所によって参加者が多少影響されるので、こういう区分けをしています。

赤がアジア、黄色が日本ですが、日本で開催されたときは、やはり日本の割合が少し多くなります。空色が北米で、これは主としてアメリカです。その上がヨーロッパです。ヨーロッパで開催されると、ヨーロッパの比率が少し伸びます。全体の比率から言うとそんなに大きなものではありませんが、参加の傾向から見ると、ヨーロッパで開催されるとヨーロッパの論文が多いという傾向はあります。

これは応用分野と基礎分野で分けて分類しています。重複してカウントしていますが、分けたうちの応用分野については、トレンドそのものは同じく右肩上がりです。応用分野の中身はここにあるように、物理センサ、流体、医療、バイオ、光（通信を含む）、化学、ロボット・制御、RF-MEMS、Power MEMS、その他と分類しています。

この中でRF-MEMSは2002年から新たに入れてあります。2001年以前もなかったわけではありませんが、少し注目する必要があるだろうということで入っています。全体として、応用分野の比率はこういうかたちで進行しているという状況です。

基礎分野も同じようにMEMSそのものは増えていますが、2002年に突出してピークがあります。中身は加工のシリコンと非シリコン、実装、アクチュエータ（電子、ピエゾ）の電子は静電アクチュエータです。それからアクチュエータ（電磁）、設計・モデリング、材料という分類をしています。これは経年で連続して分類しているので、それを踏襲しています。近年基礎分野では加工の分野が少し増えてきたという感じがします。これについては次の図に書いてあります。

加工関連のデータを加工と実装に分けて抽出してみると、このような傾向になります。最近是非シリコンの加工が増えていることが、これでわかると思います。先ほど2002年に突出したピークがあるという話をしましたが、これは加工が増えたことの影響があるかもしれません。実装も、傾向としては右肩上がりです。シリコンについては、定常的に同じぐらいの割合で論文の発表があるという傾向です。

基礎と応用と二つの分野に分けましたが、国でどういう傾向があるかを調べてみました。右側は基礎分野と応用分野の比率で、先ほどの図と同じものを重ねて描いただけですが、だいたい半々で、最近はどうも基礎分野が減って応用分野が増えているという傾向があります。先ほど2002年に突出しているところがあると言いましたが、これは同じものを二つに

分けているので、一方が増えればもう一方が減るという関係で逆転しているのだと思います。

地域別の傾向は 2004～2006 年の統計で、空色が基礎分野、橙色が応用分野ですが、ヨーロッパでは応用分野が 60%を占めています。日本は半々です。全体としては 2004～2006 年にかけて応用分野が増えているという傾向がありますので、その傾向がここでも出ていていると思います。

いままでの話を多少整理したものです。先ほど応用分野と基礎分野では応用分野のほうが少し大きい傾向があるという話をしましたが、2004～2006 年の間で、その中身はどういう論文が多いかという話です。RF-MEMS はアメリカがかなり多く、日本あるいはアジアでは、まだそれほど論文の数は多くないことが、このへんではっきりわかると思います。あとは、だいたい似たような傾向ですが、ヨーロッパ、アメリカは論文数としては RF-MEMS の割合が比較的大きいという感じがします。

基礎分野は黄色までが加工分野ですが、やはりアメリカでは加工分野の研究論文が割合多くなっています。日本とヨーロッパは数から言うと似たようなレベルです。アジアはアメリカと同じようなレベルで加工の分野の研究・発表があることがわかります。このアジアというのは、先ほど申し上げたように中国、韓国、台湾、シンガポールです。

電気学会に「センサー・マイクロマシン準部門誌」というものがありますが、これの傾向を調べてみました。2002～2006 年の掲載論文を集計したものです。先生方の中で関係している方も結構いらっしゃると思いますが、これは特集号の論文は除いています。完全に投稿された論文だけを対象に集計しています。

もう一つは、2006 年はナンバー1～8 までしか集計していないので、4 号ぐらい抜けています。そういう意味では、ここの部分はもう少し上がります。

分野別に先ほどと同じように分類して、キーワードを入れて検索すると、このような傾向がありました。物理センサが一番多く、それから加工、バイオというところが、論文の分野としては多い感じがします。

これは 2002～2006 年の論文の中身がどう推移しているかというものです。右側の図はそれぞれのトレンドを示したのですが、バイオと化学センサは一緒に勘定しています。破線と*印のついた加工のトレンドは似たような格好で増加傾向があります。物理センサは平均的には一定レベルで、上昇傾向にあるわけではありません。三角の計測・制御に関する論文は最近減っている傾向があるようです。アクチュエータ関係も多少伸びているような感じがします。

以上が学術論文の話ですが、特許情報も調べてみました。これは WIPO のデータベースで検索したものです。検索の論理式は、先ほどの EV の検索の論理式と同じもので、アジアも先ほど言ったように中国、韓国、台湾、シンガポールです。2001 年までの傾向として、米国の急に伸びていることがわかります。ヨーロッパは似たようなレベルで推移しています。

2002 年以後、急激にヨーロッパの特許の件数が増えています、最近は少し減っているという感じです。日本は青色です。2006 年はまだ年度途中ですが、20 件そこそこです。これは特許権が確定した件数で、日本では MEMS 絡みで 15~16 件から 20 件程度が特許になっています。

2001 年までの類型と 2002~2006 年で分けてみました。2001 年まではアメリカの件数が急激に伸びていて、その時代の比率で言うとアメリカが 77%です。出願件数とありますが、これはたぶん特許権が確定したものだと思います。ヨーロッパは 10%、日本は 6%という比率です。

2002~2006 年はヨーロッパが増えているので、比率で言うとヨーロッパが 20%、米国が 67%です。ここの取り合いで、アメリカの比率が少し下がったという感じがします。日本は同じような傾向で、全体の比率から言うと似たようなものになっていると思います。

日本の特許庁の公開特許の件数を調べてみました。これは出願特許に等しいと見られます。公開特許件数は 1993 年から検索しましたが、このころからマイクロマシンプロジェクトの特許の出願が始まっています。

特許庁のデータベースで検索するときには、要約+請求の範囲の中でのキーワードという格好で検索しています。検索のキーワードはマイクロマシン、MEMS と、その両方でやっています。黄色のところはマイクロマシンというキーワードでヒットしている件数です。空色は MEMS のキーワードでヒットしたもので、MEMS とマイクロマシンと両方で引かかるものは赤で示してあります。最近の公開特許は MEMS が非常に増えていることがこれでわかるとと思います。マイクロマシンのヒット件数は、だいたい似たような傾向で、特に最近増えたわけではないという感じがします。

公開特許の中身の話です。これも応用分野として、ここにあるようにアクチュエータ、医療、バイオ、機械、センサ、スイッチ、光、流体というキーワードで検索すると、こういう比率になります。光が非常に多いことが、これでわかります。あとはスイッチ、機械、センサという順番になります。それを経年の比率で分類したものが左にあります。全体でも光が増えています、年度展開でも最近光がどんどん増えていることがわかります。

先ほどと同じように、これも基礎分野、応用分野で分けました。基礎分野で材料、実装、シリコン加工、設計・シミュレーションと分けて検索をすると、材料絡みが非常に多くなります。これはダブルカウントしているものもあります。とにかく基礎、応用分野を合わせるとヒット件数は 1178 件あります。このキーワード全体で公開件数の 86%をカバーしています。ほかのキーワードで引かなければ出てこないものも 14%ぐらいあって、どういうキーワードが必要かというところまではわかりませんが、これだけのキーワードで検索するとカバー率として 86%カバーしていると言えます。

これは 1~10 月末までのデータです。11~12 月について、多少件数としては増えますが、今年度も先ほどと同じような傾向になっています。応用分野は光が多く、基礎分野は材料

が多いことがわかります。

特許の調査をしていて気がついたことがあります。先ほど光関係の特許が多いということをお話ししましたが、この中で非常に目立った動きがありましたので、それをトピックスとしてご紹介します。

2005年の特許の件数は、光関係では89件あります。2006年は92件になっています。さらに審査請求のあったものが2005年は23件で、今年は92件のうち46件です。外国出願で審査請求があったのは、去年はアメリカが23件のうち4件でしたが、今年は46件のうち31件がアメリカです。さらにその中でIDC, LLCというシンクタンクみたいなところから28件審査請求しています。それは何かというのは次にお話ししますが、IDC, LLCがどんな動きをしているかということ、2006年にMEMS全体で公開特許を66件出願しています。光では31件審査請求をしていますが、光以外の出願も66件やっている、MEMS関係でこれだけあるということで、かなり活発に特許活動をしていることがわかりました。

それはどんなものかということ、IDC, LLCが出願しているアメリカの特許は、ここにあるようにUS Patentの7,110,158です。2006年9月19日に公開されていますが、日本では特開2006-133744 フォトニックMEMS及びその構造が基本特許のようです。あとは先ほど言ったように四十数件あります。

それはこういうものです。ここに電極があります。これが電極になっていて、この両面がミラーになっています。ここの部分が半透明の膜です。ですから、ここから光が入ってきて、ここの電極に電圧がかかると、この空間が変化します。そうすると、この間で光の干渉が起こって、出てくる光に色がつきます。

右側の図は横軸が波長ですが、反射率が波長によって変わってくるということで、これをコントロールすることで光の色が変わるというものです。ですから、これはディスプレイに使える、光スイッチにも使える、残留応力の計測にも使えるという格好で特許を請求しています。先ほど言ったように、かなりの特許の審査請求をやろうとしています。ほとんどこれの関連のものです。この公開特許には、実はこの絵はありません。ここでは基本特許としては原理的なことしか書いてありません。これが特許で気がついたことです。

この間開かれたマイクロマシン展でおもしろいと思ったものを一つ紹介させていただきます。これは私の主観ですから、必ずしもそうではないかもしれませんが、いまの傾向で、実装とか加工の分野にはかなりの注目が集まっているということで、マイクロマシン展でその関連でNTTATが展示していたものです。

これはSTP (Spin-coating film Transfer and hot-Pressing) という、特殊なフィルムを張って、少し圧力をかけて熱を加えることによって実装できるというものです。大日本スクリーンと旭硝子とNTTで共同研究開発した代物で、簡単に封止膜ができるという内容です。

装置全体はこういうもので、6インチまでのウエハに対応できますが、処理温度が180°C

ぐらいで間に合って、圧力も 10Pa ぐらいでかければよいということです。ウエハを下向きにして、フィルムを上向きにして張り付けることが装置の特徴です。私の気のついたものをご紹介します。以上です。

[加藤 (JATIS)] どうもありがとうございました。質問を受けたいと思います。

[竹内委員] 一番最初のところで、データベースの検索で 99 年がピークという話でしたが、ちょっとおかしいと思って自分のパソコンで調べてみたら、やはり全部右上がりです。だから、もう一度やられてみたらどうかなど。

ただ、データベースは違います。私が引いたのはよくジャーナルの検索でやられる Web of Science で、十何万誌のジャーナルを 1970 年からすべて網羅しているものです。それでは右上がりになっているので、そちらのデータのほうがいいかなという感じがしました。

[矢田 (JATIS)] どういうものが対象でしょうか。

[竹内委員] 論理式は全部一緒にやりました。

[矢田 (JATIS)] これはここに書いていますように、論文の筆頭者の所属機関でやっています。

[竹内委員] いえ、左のトータルのもので。

[藤田委員長] ラクダの、フタコブラクダに見えるのか、ヒトコブなのかと。

[竹内委員] どうして 99 年がピークなのか、わからなかったの。

[矢田 (JATIS)] いまのお話は 99 年のことでしょうか。

[竹内委員] 全部です。1998～2005 年までやったら、コブなしで右上がりのデータが出る場合もあるので。

[矢田 (JATIS)] JST の昔の JICST も、こういうピークはなくて、まっすぐ上がっていきます。だからこのピークは私にもよくわかりません。

[竹内委員] もう一つは、MST で引いたらマイクロシステムテクノロジーという意味で MST を使っているものがほとんど見当たらなかったの、キーワードとしては難しいかもしれません。

[矢田 (JATIS)] これは or でやっていますから、MST はないかもしれませんが、だいたいのものは入っています。

[藤田委員長] 余分なものが入ってくるというご指摘ですね。MST はほかの意味の略号で、たとえば化学記号の略号だったりすると。

[矢田 (JATIS)] それはあるかもしれません。気をつけなければいけないですね。わかりました。

[加藤 (JATIS)] それでは時間もありますので、このへんで打ち切らせていただいて、議題 4 に入りたいと思います。「20 年後の MEMS 製品の具体的イメージ (案) についての紹介」を、経済産業省産業機械課の三宅係長にお願いいたします。

[三宅 (METI)] MEMS ロードマップの現在版が参考資料 2-2 で配布されていると思いま

すが、その3ページ目に「10年後のMEMS製品の具体的イメージ」が載っています。これは10年後ですが、政権交代で安倍総理が新しく首相に就任されて、20年後の社会を見据えた技術開発とか、オープンイノベーションによる経済成長ということで20年先を前面に出しているの、そこに向けた技術開発をサポートし、イノベーションを誘発するような研究開発をどんどんやりましようと言われていました。

そこで今年は20年後の社会におけるMEMSがどういったところで使われているか、それによって社会がどのように変わるかというところをメインにしてアウトプットイメージを出そうという方向で考えています。

20年後のイメージですが、最初の4行に書かれているとおり、MEMSはトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げていると予想されると考えています。そこで国家・社会的課題である以下の三つの領域で、新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透しているだろうということで提案させていただきます。

一つは環境・エネルギー分野で、ここでは三つのデバイスを挙げています。一つ目はエネルギー・ハーベスティングデバイスです。これは光、熱、振動、生体物質等周辺環境からのエネルギーを吸収して蓄電する小型デバイスとしてMEMSが応用できるというところを説明しています。これによって、エネルギー供給源を必要としない、自然環境からエネルギーが供給でき、能動的に動くデバイスが構築できるだろう。そしてナノ構造を広い面積全体に実現していく大面積化も課題になるので、そういったところを中心に課題を抽出して、デバイス開発をしていこうというところが出てくるだろうということです。

2番目はオンサイト環境浄化デバイスとして応用できるだろうということです。これまで大気とか、水とか、大規模な処理施設ではいろいろ手を尽くして処理されてきましたが、それをオンサイトでその場で、たとえば家庭内で水を浄化したり、CO2を吸着させるところにMEMSが使えるだろうということで、MEMSデバイスのアウトプットが一つ挙げられると考えています。

三つ目は超高感度環境物質検出デバイスです。たとえばひと昔前はダイオキシンとか環境物質が非常に問題になって、シックハウス症候群などが言われましたが、超高感度なセンサとしてMEMSを用いることによって、だれでも簡単に環境物質を検出できる道具ができるだろうということで、一つ挙げています。

2番目の領域は健康・医療分野です。これは安倍総理が言っている新健康フロンティアという戦略にも当然かかわってくるところで、重要な課題として挙げています。ここでは三つのデバイスを提案させていただいています。

一つ目が超小型体内埋め込みデバイスです。体内に常駐して、常にヒトの体の状態をセンシングして、情報をアウトプットするものがデバイスとして出てきて、皆さんが家庭に

いながら診察というか、自分の健康状態をだれでも簡単にモニタリングすることが可能になると考えています。

2 番目は生体機械ハイブリッドデバイスです。これは生体分子や細胞と MEMS がハイブリッドしたデバイスで、これによって、においセンサとか、たとえば細胞とシナプスが結合できて、そこから MEMS が動作するようになるというところに応用できるでしょう。究極的には、神経とつながるので、人間の脳を使ってロボットを動かせる可能性もあるというところで挙げています。

3 番目はシート型健康管理デバイスです。湿布みたいなかたちで体に貼ることによって、体内の状況を見えるようにするデバイスができて、1 番目のデバイスと同様に、だれでも簡単に自分の体を診断できるようになるだろう。そこで異常があったら医者に行くとか、そこから情報発信して医者に行くとか、だれでも簡単に自分の健康をモニタリングできるデバイスとして応用できるだろうというところで、これを挙げています。

3 番目の領域は快適・安心・安全分野で、以下の三つのデバイスを挙げています。一つ目が雰囲気伝送・再生デバイスです。これは人と人とのコミュニケーションをよりやさしく、容易にする未来デバイスが実現されるということで、たとえばヒトの五感を感覚的に相手に伝えるとか、環境、雰囲気を伝えることが可能になる視覚伝送デバイスとか、臨場感を伝送するデバイスが実現されるだろうというところで挙げています。

2 番目は壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイスです。これも 1 個目と似ていますが、インタラクティブな掲示板などで見る人に合わせた情報をリアルタイムに提供することと併せて、ネットワークと接続して検索機能とか、あるいは言語が通じない外国人同士が話すときの翻訳機能とか、人と人のコミュニケーションを自然に行うことを手助けするデバイスとして、こういったものが実現されるでしょうということです。

3 番目は万能携帯です。いま携帯電話はさまざまな機能が徐々につけられてきて、最近では GPS もついています。さらにより小型化された環境センシングデバイスが付加されることによって、さまざまなヘルスケアデバイスとの交信が可能になる。たとえば自動車などの接近とか、身近に近づいた危険を察知してそれを知らせるとか、化学物質等の危険を知らせるところがデバイスとして可能になるのではないかと思います。

以上のデバイスを 20 年後の MEMS イメージとして挙げさせていただいております。以上です。

[加藤 (JATIS)] どうもありがとうございました。それでは質問を受けたいと思います。

[明渡委員] 聞き漏らしたかもしれませんが、これをつくるバックグラウンドになった情報はどういうイメージですか。

[三宅 (METI)] これはマイクロマシンセンターで MEMS フロンティア未来デバイスという委員会を開いて、そこで 20 年後の社会でどういった MEMS がデバイスとして形成されているか、どれだけ社会に貢献できるかを検討しています。そこから出てきたアウトプット

を参考につくっています。

[藤田委員長] 前は1ページの3分の2ぐらいでしたが、今度は4ページで、ずいぶん力作になりましたね。何かいかがですか。

[亀屋 (METI)] イラストとか絵みたいなものはあるのでしょうか。

[三宅 (METI)] 具体的なイメージの絵はありますが、それを載せるかどうかについては、これから検討しなければいけないと思っています。

[加藤 (JATIS)] それでは、ここで質問を終わりにして、区切りがいいので10分ぐらい小休止をしたいと思います。

[藤田委員長] では3時10分ぐらいに始めたいと思います。よろしくお願いします。

(休憩)

〔加藤（JATIS）〕 それでは議題5に移りたいと思います。議題5は「ローリングについての討議」ということで、ここからが本番です。ここからは議事進行を藤田委員長にお願いしたいと思います。よろしくお願いします。

〔藤田委員長〕 それでは議題5の「ローリングについての討議」をお願いしたいと思います。これが今日のメインイベントです。まずローリング方法等についての委員の意見の確認をします。資料は2-5-1と2-5-2がありますので、それを見てください。2-5-1は第1回の委員会が出た話で、METI及び委員の方のローリング方法についての意見です。これはもう皆さん見ていらっしゃるということで、ご参考までということです。

資料2-5-2は第1回の委員会の後にお送りした「MEMSのローリングに関する委員のご意見等」に記入していただいて戻ってきたものをまとめました。この資料を事務局に読んでいただきながら検討したいと思います。1のローリング方法と、2のローリングの具体的な進め方を読んでいただいて、どんな意見があるのか見てみたいと思いますので、お願いします。

〔加藤（JATIS）〕 まず1番目のローリング方法についてです。大和田委員から「研究開発戦略と標準化戦略の一体化を検討するというMETIの考えには賛成。MEMS分野は標準化への取り組みが進み、ロードマップも今年度作成予定なので、これの反映をお願いしたい」ということで、これはいままでの流れの部分です。それから「標準化については各技術項目に埋め込むのではなく、標準化として独立項目を設け、明確に見えるかたちが望ましい」というご意見です。

荒川委員は「技術戦略マップは3階層になっている中で、導入シナリオについての見直しが重要であると考えます。それはMEMS関連分野に携わっていない人が理解できるからである。その中で、企業の取り組みについてもう少し掘り下げてみて、重要と思われる項目を追加すればいいのではないかと思います」というご意見で、企業の取り組みのところでももう少し掘り下げてみる必要があるのではないかと思いますという意味です。

また「たとえば2000年で企業はMEMS研究部門を設立し、その次は製造・生産とありますが、研究部門ではMEMSナノ薄膜を形成、ナノインプリント加工技術を加えた研究組織をつくっていると考えられます」ということです。

明渡委員からは「これまでもかなりの議論がなされているようであるが、数年後に市場への影響が大きそうな現実的な課題（海外との競合技術課題や標準化など）と、ロングレンジで日本の独自路線を想定した夢のある課題などに分け、戦略性をさらに打ち出すような方向に議論を進めたほうが良いのでは」。小池委員からは「技術戦略マップについてはMETIの方針のとおり、各委員の見解で必要な部分を付け加える方法で可。現段階では、横軸の詳細な目標数値が不十分でも、縦軸に新しい出口イメージから導き出された新たな製造技術項目が追加されることが重要だと考える」ということです。

ローリング方法について、前回第1回委員会の後、委員の先生からいただいたのはこう

いうものです。これを頭に置いて、後で各項目ごとに討議していただければいいと思います。

2 番目のローリングの具体的進め方についてですが、大和田委員は「標準化については、2 回目、3 回目の会議で進捗状況や結論を紹介できるので、その内容を盛り込んでほしい」、荒川委員は「技術ロードマップにおいて、数値目標の見直しが重要。その根拠が、ニーズ系からの要求数値なのか、シーズ系の技術達成予想なのかあいまい。あるいは、戦略的数値で達成すれば、世界ダントツ No.1 なのか」、明渡委員は「全体に技術戦略といっても、学会などを通して、どの国も発表し、考えているようなことで、網羅的な印象が残る。残りの会議回数を考えると時間的には厳しいと思うが、MEMS を実際の製品に利用するとき重要となる半導体分野（カスタム LSI など）との連動あるいは取り込み（本来分野は異なるかもしれないが）や標準化戦略など、なるべくコンセンサスを取りながら、どう盛り込むか、さらに議論があっても良い」、小池委員は「標準化ロードマップは、2 月にアウトプットする予定なので、その時点、それを直接反映する。特に導入シナリオに反映。未来デバイス等の新規技術については、検討進捗状況に合わせたかたちで、委員長を含め検討メンバー、特に未来デバイス検討にかかわる委員それぞれからコメントを収集し、追加部分を整理することで実施する」、橋口委員は「MEMS デバイスはデバイスの設計とプロセスが相互に依存しているので、多くの委員からのご指摘のように、どのような MEMS をつくりたいのかという出口をしっかりと定める必要があり、それをプロセス設計にブレークダウンする段階で、必要なプロセスの仕様がでてきます。したがって、目標とする MEMS 製品群に対して、できるだけ具体的な性能を書ければよいと考えます」というご意見です。以上です。

[藤田委員長] どうもありがとうございます。これについて、ほかの委員の方から追加のご意見等をいただきます。具体的なやり方は別のところで討議しますが、こういったレベルのところで、特に何か付け加えたいご意見があればいただきたいと思います。いかがでしょうか。

[小寺委員] 2-4 の資料に載っていたいろいろなデバイスの中で、環境のデバイスとか健康・医療関係のデバイスは、経産省、NEDO の関係で 2004 年にナノ・バイオ関係のロードマップをつくって Web ページに載っていると思いますが、あれと非常にオーバーラップしている部分があると思います。そこには確か数字もたくさん入っているので、ああいうところをうまく取り込んで、できるだけ労力を下げたほうがいいと思います。

[三宅 (METI)] そのへんは半導体もかかわってきますし、ナノ・バイオもかかわってきます。環境・エネルギーの分野でも、具体的なデバイスイメージが重なるところがあるので、うまく連携できるところは連携して、できるだけ取り込んでいければと思います。

[小寺委員] そのへんの情報をできるだけたくさん織り込んで、編み目のようになっているので編み込んでいくほうがわかりやすいと思います。

[藤田委員長] まず、こちらのほうである程度項目を考えて、ナノ・バイオと関連づけ

られるものを見つけて、それはうまくマージするとか、そこを勉強してある程度助けを求めるといことになると思います。それは事務局でうまく拾い出していただけますか。それとも「そちらも委員が見て勉強しろ」という話になるのか、どうでしょうか。

言うは易く、行うのは結構難しいところもあって、どちらが労力が少ないのか、書きっぱなしのほうが早かったりするかもしれませんが、有機的につながっていることは大変大事だと思いますし、齟齬があって矛盾していてもいけませんね。

[三宅 (METI)] そのへんは、最終的には経済産業省の印鑑が押されるので私がチェックしないといけないと思うので、項目があれば当然、ほかの分野をチェックしてどういう数値になっているか、入れ込めるところは入れ込んでいくかたちにしたいと思います。

[藤田委員長] 検討するところを相談していただいて、何人かでやらないとだめだと思うので、手配をよろしく願います。小寺先生、ありがとうございました。ほかにいかがですか。

それでは、とりあえず先に進ませていただきます。2-5-2の3、見直しをしたほうが良いと思われた点ということで、Iの基本的な考え方から順番にやっていきましょうか。お願いします。

[加藤 (JATIS)] いまのA3の資料の一番上に基本的な考え方ということで、委員から出てきた意見があります。まず意見を聞かれると同時に、参考資料2-2を開けていただきたいと思います。

[藤田委員長] 参考資料2-2の最初のところに基本的な考え方や導入シナリオが書いてあるので、それと見比べながらということですね。

[加藤 (JATIS)] 基本的な考え方のところに(1)(2)の二つの考え方が出ています。委員の意見は、大和田委員から「(2)でMEMS製造技術という表現が気になった。設計技術も含めたほうが良いのではないか」ということで、(2)の「資するMEMS製造技術を俯瞰し、技術戦略マップを作成する」のところに設計技術という言葉も入れたほうが良いのではないかという意見です。

明渡委員からは「MEMSの対象用途として、農業、食品や航空、宇宙産業などが入っても良いのでは」という意見です。(1)に「情報通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた」と書いてありますが、農業、食品、航空、宇宙産業という言葉も入れてはいかがでしょうかという意味かと思います。そのほかはありません。いまの2点です。

[藤田委員長] それ以外に基本的な考え方の(1)(2)に関して、直したほうが良いというご意見をいただきたいと思います。これに関しては、ここである程度決まってしまうのですか。もう1回見直すチャンスがあるのですか。

[加藤 (JATIS)] ここである程度決まるのであれば、決めていただければと思います。

[藤田委員長] では、なるべくここで文章を決めたいと思いますので、そのつもりでコ

メントをいただきたいと思います。

[明渡委員] 私のものは、私自身、この趣旨に若干誤解があったと思います。宇宙産業とか食品などが10年後に入るのであれば、基本的な考え方はこれでもいいと思っています。IがMEMS技術の現状認識というスタンスで書かれているのであれば、このままでもいいような気がします。最初に対応関係がよくわかっていなかったのも、基本的な考え方を「ここに書かれているものに限りませう」という意味合いにとらえると、ちょっとと思いましたが、現状認識という理解でこの文章が書かれているのであれば、このままでもいいような気がします。

[亀屋 (METI)] ニーズは幅広いという観点から、自動車の後に農業や食品を入れてもよろしいのではないのでしょうか。「10年後で、現在は使われていないから」という意味ですか。

[藤田委員長] この文章はどこを書いているのか、現在のスナップショットであるのか、将来まで含めた展望なのかということで、ここはむしろ「基本的な考え方」を書く基本的な考え方が大事です。

付け加えてよければ、ほかにいろいろあるということで、入れるのもよろしいかと思えます。

[一ノ瀬 (NEDO)] 「期待されており」と書かれているので、将来を見据えているという意味であって、加えても問題はないと思います。大和田委員の(2)については、これは産機課の案件で、できれば製造技術で見てくださいということで、こういうかたちで書かれています、現在を見ると設計のほうも入っていますね。

[大和田委員] 設計技術や評価技術も入っているので、整合性が取れていないと思いません。

[一ノ瀬 (NEDO)] そこは加えても問題はないと思います。

[明渡委員] これも製造というと、プロセスだけをイメージしている印象になりますね。

[大和田委員] 普通は常識的に言ってその中に設計は含まれないという考え方ではないですか。製造技術というとプロセスだけで、検査は含まれるかもしれませんが、設計や評価は。

[明渡委員] この「製造」という言葉は、工場のプロダクションというイメージになってしまうということですね。

[大和田委員] そうですね、いわゆるプロセス技術ということだと思います。

[明渡委員] うち先進製造プロセス研究部門と言いますが、セラミックとか材料の分野で製造と言うと、設計まで含めたイメージでとらえている人が業界では多いんですね。

[大和田委員] それはプロセス設計の話ではないですか。

[明渡委員] いえ、デバイス設計も含めているような。

[大和田委員] 回路設計やシステム設計も含めていると。

[明渡委員] 逆に、そういうイメージでとらえている人もいるので、電気関係はそういう感じなのかと思って見ていました。

[藤田委員長] 小寺先生、どう思いますか。正直言うと、ロードマップにはいろいろなものが含まれていて、どんどん膨れていく可能性があります。その一つひとつのキーワードをここで羅列するのはあまり良くないので、全体を被せて呼べるような名前で呼ぶのが一番望ましいと思います。

ロードマップを見ると、公開版のところで「MEMS 製造技術のロードマップ」と書いてあって、要するに何とか技術のロードマップという名前です。製造・設計・検査何とかかんとかのロードマップが名前としてふさわしいかどうかもありますが、製造では読みきれないということになると、これは困ります。

[小寺委員] 公開版の「製造技術のロードマップ」の中には設計も入っています。いま言われたとおり全部、頭から最後までを意味すると認識すればいいのではないのでしょうか。昔は設計・製造と言っていましたが、製造と言うと設計からグルッと回ってゴミになるところまで含んでいますので。

[藤田委員長] そういう考え方もあるし、言葉の定義なので、やれば無限に時間を取りますが、あまり大きな誤解を生じなければ、短くて全部包含してしまうほうが楽だし、すっきりはしますね。

[大和田委員] そういう意味では、「MEMS 技術」という言葉が一番広くていいのではないかという気がします。

[藤田委員長] どうでしょうか。政治的な意図があったり、ほかとの関係もあるかもしれません。私もそこまではわかりかねるところもあります。MEMS だけで言い切って、どこかから怒られても困りますね。

[三宅 (METI)] MEMS はものづくり分野に入っています。ものづくりと言うからには、MEMS 技術というよりも、ものづくりをイメージさせるような語句が入っていたほうがいいと思います。この技術マップを基にプロジェクトをかけるときも、基本的にはものづくり分野から見た製造技術、プロセス技術の開発という観点からプロジェクトを立てていくと思うので、政治的というか、使いやすさから言うと「製造」という言葉が入っていたほうが使いやすいということはありません。

誤解を生じる危険があれば、これは考えなければいけません。先ほど明渡委員からご意見があったように、最近は設計から製造、製品のリサイクルまで、全体を考えたかたちで「製造」という言葉が使われることが増えてきているので、そういったところで読んでいただけないかなと思ってはいます。

[一ノ瀬 (NEDO)] いま新製造プログラムという大きなプログラムがあって、その中で MEMS の製造技術や MEMS-ONE の設計支援システムもやっています。そういう意味では MEMS の製造技術で全部含んでいるというかたちで、経産省の分類がそうなっているので、そち

らで読めるのではないかと思います。

[藤田委員長] 狭義と広義の製造技術があって、この場合は広義のほうを使っているという認識で、中を見ると明らかに設計や検査、標準化も入ってくるということで、ご勘弁いただければありがたいと思います。特に強いご意見がなければ、(2)は「製造技術」のままにさせていただきます。

足すほうは、農業、食品、航空、宇宙のほかにもこれでもぜひ入れるべきだというものがあるれば、文章は後で少し直すかもしれませんが、挙げていただければ、こちらで工夫ができます。いかがでしょうか。

[明渡委員] 宇宙はどうでしょうか。

[藤田委員長] それはおかしくないと思いますね。

[明渡委員] いまそういった機運で、JAXAなども立ち上げていますしね。

[三宅 (METI)] ロボットなどもどうですかね。

[藤田委員長] それでは自動車の後に、とりあえず航空、宇宙を入れておきますか。言葉を選びたいと思いますが、宇宙だけのほうがいいですか。

[明渡委員] そうですね。あとはロボットというのも出ましたけど。経産省としてはロボットを入れておいてもいいような気がします。ロボット、航空、宇宙。

[藤田委員長] ロボットもセンサがなければ動かないのは当たり前のことなので。

[明渡委員] かなり MEMS に期待しているところがあると思います。

[藤田委員長] あとは農業、食品とか。

[明渡委員] 10年後の最後のところに、そういうニュアンスのことが入っているのでしょうか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 農業、食品はバイオのほうでも。

[藤田委員長] その関係で読めるという説はありますね。私もそうかなと思いました。

[小寺委員] 福祉という視点が一個追加されてもいいかもしれません。

[藤田委員長] 時間のこともありますので、とりあえず「ロボット、航空、宇宙、福祉など多様な分野における」と入れることにします。ほかにもあれば言ういただければ、言葉を入れるだけで大々的に変更しなくても済むので、適宜直したいと思います。それ以外に何かありますか。

[太田委員] 前回欠席していて、この資料のまとめ方がわかりませんが、20年後の社会における MEMS のイメージという資料 2-4 との関係です。ご意見の中にも、もう少し将来にわたったところを俯瞰して、10年を見渡したらどうかとあるので、そのへんを表現できればと思います。

[藤田委員長] 10年という数字は私も気になっていました。今度は20年後を入れることになったので、ロードマップもそこまでですので、これは20にしたほうがいいですか。

[三宅 (METI)] はい。

[藤田委員長] ありがとうございます。今後 20 年程度を見据えてということで、だいぶ大きくなりました。

去年から今年で突然 10 年間延びたので大変な飛躍になりましたが、後のほうもいろいろ追加があるように思いますので、ここはぜひ長い目で見据えることにしたいと思います。そんなところでよろしいですか。

では次の導入シナリオのほうに行きたいと思います。読み上げをお願いします。

[加藤 (JATIS)] II の導入シナリオです。読み上げる前に資料としては先ほどの本文の下のところの (1) ~ (3) と、A3 カラーの 4~5 枚目になります。

まず大和田委員は「環境整備—標準化の部分は見直しが必要」という意見です。これは 5 ページのことで、一番下に「環境整備」とあって「デバイス特性・耐久性評価、仕様の規格化」「高集積・複合 MEMS デバイス設計標準化」とありますが、ここを先ほどのロードマップと対応させて書く必要があると言われていていると思います。

明渡委員以下の先生については、本文の (1) ~ (3) についての意見だと思います。明渡委員は「上記に準じて最終製品をイメージすると、特に MEMS 分野と半導体分野の業界の溝をいかに埋めるか。(2) にも記載がありますが、鍵は多品種、少量デバイスでのスムーズな市場の立ち上げに何が必要か」、小池委員は「(3) 高集積・複合 MEMS による第 2 世代 MEMS による必須デバイスの創出、さらにライフスタイルを変革するような革新的デバイスの創出に関する記述を入れたほうがいいのではないか。それから (4) をつくって、標準化についての取り組みを言葉で入れたらどうか」という意見です。

橋口委員は「(2) に記述してある内容は重要である。現実的に MEMS 製造装置を保有しない企業が、アイデアだけでファウンドリで製造し、事業化できるとは考えられない。大規模ファウンドリで製造する前の段階の、安価にできる研究用ファウンドリ拠点の整備が重要であり、安易に MEMS 開発に取り組める環境として、そのような具体的な内容を提言できないものか。また、研究開発の取り組みとして、センサネットワークに資する MEMS を入れておくべき。特に微小電源が抜けているのでは」というご意見です。

[藤田委員長] とりあえず直す案を考えたいと思います。まず表に関しては、書き直せばいいですね。

[大和田委員] いまの時点でこうするというものは出ていないので、今後のものをフィードバックしていくということで。

[藤田委員長] 最初に説明のあった活動の中で、ここも考えていただくことでよろしいですね。(4) で標準化を入れたらどうかという話も出ていましたが、それはどうお考えですか。

[大和田委員] できれば入れてもらったほうが、私としてはありがたいと思います。その文章も、今日の時点でどういうものを入れるかはなかなか言えないのですが。

[藤田委員長] 標準化の大事なポイントを簡潔に、数行で入るように記述していただき

たいと思います。あまり長いとバランスが悪くなるので、ぜひお願いします。そこは、そういう線でよろしいですか。

少量・多品種とか明渡委員の意見、橋口先生の意見も少し近いところがあると思います。そのへんをどう書き増やしていくかが次のポイントですね。どうしましょうか。(2)の一番下の行に「容易に MEMS 開発に取り組める環境を整備することが必要である」としか書いていないのを、もう少しきちんと書き伸ばしたほうが良いということですか。

(3)に「MEMS の一層の実用化促進を図るため、製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビジネスに参入できるように」うんぬんと書いてはありますが、具体性が足りないのももう少し書いたほうが良いということですか。

[明渡委員] どこまで具体的に、このレベルの話で書くべきかというのもあると思うので、私自身迷いがありましたが、もう少し見えても良いような気がしました。

[橋口委員] やはり同じ意見です。一応大規模ファンドリーは整備されていますが、研究用ファンドリーの整備がないと、絶対に次の段階に進めないというか、導入シナリオの(2)(3)は絶対成し得ないと思います。明記するのがいいのか悪いのかわかりませんが、私自身は必要性を感じています。

[明渡委員] まったく同感、同意です。セルなどに始まったシステム LSI も、マスク代が1チップで3~4億かかりますが、売れるチップの数は生涯生産数で10万個以下です。MEMS よりももっと少なく、1個500円のものが原価では1~2万円かかっている、1個売ると1~2万円の赤字になる。LSIの半導体のほうでは、そういう状況が生まれるのはメガファンドリー、メガファブを使っていることが問題だろうという意識がかなり持たれています。

これは MEMS においてもたぶん同じだろうと思います。黙って見てもそういう流れになるかもしれませんが、戦略性をはっきり読み取りやすくするほうが、現場の企業の意見も吸い上げやすいような気がします。もう一步踏み込んだところを、ぜひ出していただければと思います。

[藤田委員長] いかがですか。まず書くにあたってふさわしいかどうか、方針から伺って、それに関するご意見を企業の委員から伺いたいと思います。

[三宅 (METI)] 当然委員の先生方から意見が出てきているので、そのへんは委員会としてはやはり入れたほうが良いと思います。ただ、加えるのはいいのですが、ここに載せると、それなりに施策を打つところにつながります。その施策も考えていかなければいけないので、そこの兼ね合いもあります。

ここでは高集積 MEMS の話が入っていないので、次の手を入れなければいけないというところもあるので、そのへんとの兼ね合いです。研究用ファンドリーやミニファブは当然必要なので、入れておくべきだとは思いますが、では、次にその文章をだれが書くかということがあります。

[藤田委員長] 入れてもいいだろうというお話でしたので、小寺先生をはじめ企業の委員の方はどうお考えですか。

[小寺委員] シナリオの中にもある人材育成と非常に絡んでいる話なので、人材育成という意味と、導入育成という視点で、そのためのシステム構築が必要であるというかたちで書くのがいいのではないのでしょうか。

[藤田委員長] 太田さんはいかがですか。

[太田委員] 重要性、必要性は先生方の言われるとおりによくわかります。欧米と比べて日本の MEMS は学会発表も遅れているというのは、企業だけだと製品に搭載するにはどうしたらいいかというところに陥ってしまうので、先進的なところをどんどんやっていくという意味では、官学連携のシナリオをちゃんと考えなければいけません。私は、導入シナリオのところは、そういうことを表現できればいいぐらいではないかと思います。

[藤田委員長] 佐藤委員、荒川委員はいかがですか。

[荒川委員] 私も少量多品種の MEMS は非常に大事だと思っています。ただメーカーとしては、それに対応できる製造力、すなわちコスト的にも対応できる製造方法、たとえばマスクを少なくするとか、ナノインプリントも簡単に転写するのにシリコン以外のやり方をするとか、そういうところも含めた導入シナリオだと非常にスムーズだと思っています。

いまのままではどうしても高くなってしまいますし、研究でも高くならざるを得ないと思います。そこも含めた表現をどう考えたらいいかわかりませんが、それは入れたほうがいいと思います。

[明渡委員] 我が国の独自性を見せたほうがいいと思います。あまり見せずとも戦略だからよくないのかもしれませんが、それをずっと感じていました。

[藤田委員長] おっしゃるとおりです。では今度は鈴をつける話をしましょうか。(2)と(3)を書き改める必要があると思います。(2)は「特に、製造設備を有する大手企業のみならず」から「MEMS を活用した」に飛ばすに、そこで産官学の知恵を入れるとか、小さい研究ファンドリーをつくるとか、製造技術自体の革新をすることによって MEMS を活用した何とかができるようになるとか、少量多品種的なもの、それを研究ベース化されるところが大事だという、具体的なところを少し抽象的な言葉で入れておけば、ここはできますね。

(3)は「このため」となって、それは具体的に何をやるかだから、ここにもう少し具体的なことを書く。どこまで書くかはありますが、そこを助けていただきながら行きたいと思います。「一層の高度化に資する技術開発」に関しては、高集積 MEMS が入っていないので、カッコの中にどんどん入れていけばいいのではないかと思います。

[小池委員] 高集積・複合 MEMS と革新的未来デバイスの二つを。

[藤田委員長] そうですね。どこに入れますか。小池さん、アイデアをいただけますか。

[小池委員] これは MEMS-ONE までしか書いていないのですね。「等」の前に。私のコ

メントに書いてあるものでは少し長いですか。「第二世代 MEMS による必須デバイスの創出、さらにライフスタイルを変革するような革新的デバイスの創出に関する記述」。少し長すぎますか。

[藤田委員長] キーワードで言わないといけないので、たとえば「高集積・複合 MEMS」だけでいいですか。「シミュレーション技術」と「等」の間に点を打って「、高集積・複合 MEMS、」と書いて、次の革新的デバイスはどう表現しましょうか。

[小池委員] 革新的未来デバイスでいいのではないですか。未来デバイス技術。

[一ノ瀬 (NEDO)] そこは全部技術開発のカッコですから、革新的なデバイス技術と言うんですか。革新的未来技術を実現するための製造技術。

[藤田委員長] そこまで言わないほうがいいかな。異分野との融合技術で読めるかもしれませんが、ナノテクを含んだような統合的な微細システム製造技術という話になって、技術にこだわると、まず「高集積・複合 MEMS 製造技術」ですか。1 番目は「高集積・複合 MEMS 製造技術」にして、2 番目はどうしましょうか。統合とか、革新とか、何とかシステムの製造技術としたいのですが、私が文案を言います。考えながらしゃべるのでだめかもしれないから、だれかチェックしてください。「革新的マイクロナノシステム製造技術」とか。

[安達 (MMC)] 20 年後のイメージのところの最初の文章に。

[藤田委員長] あるんですね。どれをパクればいいですか。どこをピックアップしましょうか。「マイクロナノ統合製造技術」ですね。革新は要らないですか。あったほうがいいですか。では「革新的マイクロナノ統合製造技術」とさせていただきますでしょうか。なかなか全部の資料まで頭に入っていないので、ご注意ありがとうございます。

あとは MEMS の加工技術の前に高精度・大面積と入れたいような気がします。どうでしょうか。委員長の勝手に悪いけど、入れさせてもらえますか。カッコ内の一番最初に「高精度な MEMS 加工技術」とありますが、このごろの新しいトレンドなので「高精度・大面積」としてください。

次に「MEMS の一層の実用化促進を図るため」というあたりから、橋口先生、助けてくれますか。「製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビジネスに参入できるように」というあたりにもう少し書き込めばいいのではないですか。明渡さんでもいいですが、助けてくれませんか。

[小寺委員] 「教育及び施策システムの充実と、MEMS 産業全体の基盤」何とかというのはどうですか。

[藤田委員長] 「教育及び施策システム」でいいのかな。

[小寺委員] 環境ですか。

[藤田委員長] 「教育及び施策環境の充実と MEMS 産業全体の基盤技術力の維持・強化を図る。そして (4) に標準化が入る。(2) の足すところは具体的に言いませんでしたが、

何かありますか。それは三宅さんをお願いしてよろしいですか。

[三宅 (METI)] はい。

[藤田委員長] これで導入シナリオはいいですか。では先に行きます。技術マップ及び重要技術の考え方をお願いします。これは一番重要かもしれません。どこを見ればいいですか。

[加藤 (JATIS)] 本文の 2 ページです。

[藤田委員長] ロードマップそのものを見る必要はないですか。

[加藤 (JATIS)] 6 ページと本文と両方関係してきます。大和田委員は「検査評価技術の中にマイクロ材料評価技術という項目が要るのではないか」という意見です。明渡委員は「すべて必要な技術であるが、網羅的印象。これはこれで良いが、重要技術がもう少し浮き彫りになるほうが良いので。また MEMS をシステムデバイスとしてとらえる視点が弱いような気がします。製造技術にカスタム CMOS 用のミニファブと、回路ブロックの標準化検討を入れてはどうか」、小池委員は、本文 2 ページの技術マップのところに丸が二つついていますが、「上の丸の 3 行目『新規部品』を『新規部品や必要不可欠な部品』という言葉にしたらいかがでしょうか」という意見です。

重要技術の考え方については、明渡委員から「導入シナリオでのコメントにもあるように、現実的な製品化では、デバイスアイデアはもちろん重要であるが、国家戦略として支える部分は、やはり MEMS をシステムデバイスとしてとらえたときに、集積化 MEMS という路線やセンサ、アクチュエータ部品という視点から回路系というブロックでどう標準化するかなど、また、製造技術や製造システムの考え方をどう整理し、どう取り込むか検討する必要があるのではないかと思う。既存の考え方、プロセスイメージの延長だけで良いか」、小池委員から「高集積・複合 MEMS を想定して、多層接合技術は重要技術に入るのではないか」という意見です。

このへんについては、前回つくった技術マップと今回新たにマイクロマシンで用意してくれた資料があります。

[藤田委員長] それも拝見してからのほうがいいですね。

[小池委員] マイクロマシンセンターとして未来デバイスの検討の中で、MEMS 分野の技術マップということで、お手元の資料 2-5-3 で、昨年度までの技術マップに赤で追記したかたちで入れています。ポイントとして、今回私どもが検討している未来デバイスの中で、20 年後の姿ということで想定されているデバイスの中にちりばめられていますが、3 次元ナノ構造形成とか界面制御・表面修飾、大面積・連続プロセス、モデリングシミュレーション、それから先ほどから少し話題になっている異種融合技術というキーワードが大幅に追加されています。

製造技術として、20 年後を踏まえたうえで重要であろうと想定して挙げさせていただいていますが、この中にもいろいろご意見をいただいている先生方がたくさんいますので、

またコメントをいただければと思います。

[藤田委員長] その前に確認です。「MEMS 分野の技術マップ」の表にある分類-1、2などをピックアップして書き直したのが6ページだと思ってよろしいですか。

[小池委員] そうです。

[藤田委員長] そういう意味では、これを議論すれば6ページも一緒に議論したことになるという理解でよろしいですか。

[小池委員] はい。こちらのほうは緑色が重要技術になっています。

[藤田委員長] 明渡さんの「何かポイントを出せ」というのは、実はグリーンに塗ったものが、この中でも特に重要と思われるという話は確かありました。これは古いものなので、今回2-5-3を見ながら足していただいて、シンプルに6のかたちにして、この中で特に重要なものをグリーンに塗るとか、こんな手順でよろしいでしょうか。

[小池委員] 未来デバイスの検討の中では、赤のものが重要技術であろうということを書いていきます。

[藤田委員長] これは新規で重要なところとして、ぜひ挙げたいということですね。手順として何をどこからどうディスカスしていいか、これを全部読んでやるのは難しいから分けてやらなければいけないと思いますが、NEDOさんか経済産業省さんからご意見はありますか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 6ページの「MEMS 分野の技術マップ」は、ロードマップを最初に見るのは大変だから、これを統括する意味で1枚ぐらいの紙をつくらうということで作ったものですか。

今回小池委員から案が出ましたが、これはかなり分量が多いですね。逆に言うと、分量が増えることに関して問題はないですか。最初は1枚ぐらいにまとめてパッとわかるものがいいということで「MEMS 分野の技術マップ」ができたような気がします。

[亀屋 (METI)] 技術マップがあると、今度はロードマップに引かないといけませんね。

[一ノ瀬 (NEDO)] この技術のロードマップは引かないといけません、それを1枚にまとめたかたちが、今度は7ページになっています。

[亀屋 (METI)] 1行になっていますから、2ページぐらいあるのでしょうか。

[藤田委員長] 指標とか余分なものがあるので異様に縦に膨れています、これを分類1~3と分野だけにまとめると、字は少し小さくなりますけど1枚にならなくはないですね。

[小池委員] 追加させていただきます。古いほうの技術マップに形成技術とありますが、今回の私どもの提案では成形技術と形成技術の二つになっています。それから新たに追加されている項目が、異種融合技術と大面積連続プロセスです。

[明渡委員] そうするとバックデータみたいなイメージですか。

[藤田委員長] 次のページからA3のものがずっとありますが、これをつくるためのバック

クデータというか、これがないとできないということです。この先に時間のイメージがある数字がロードマップとしてついてきて初めて全体がわかりますが、いまは項目を洗い出して、分類して、きれいにしてみようということです。

ただ実際の作業を考えたときには、6の表だけ見ても中身がよくわからなくて、「この項目はどういう意味？」という議論にすぐなってしまいます。だから少し分量は多いのですが、こちらで順番に見ていきながら、ご質問やご意見があったときに下を見ると「こういう意図でこういうものが出てきた」というのがわかりやすいので、これを出しているのだと思います。

[亀屋 (METI)] マイクロマシンセンターでつくっていただいた、青と赤の入った8枚ものですが私どもは技術マップの中から重要技術を絞り込みをしなければいけません。そのときに、いままでは低コスト化、高機能化、技術基盤の確立の三つで絞り込みをしたと認識していますが、今回もこの三つの要素で絞り込みをしていくことになるのでしょうか。

各種技術がありますが、ABCの3段階ぐらいで評価をしてもらって、その結果として重要技術はこれですという緑色がついていくというかたちにしてほしいですね。ほかの技術マップの分野では、そういう絞り込みをしています。重要技術の考え方を見ると三つの要素が書いてありますが、前はそれがどういふかたちで評価されて絞り込まれたかがよくわからないので、委員の先生方にABCの3段階評価ぐらいで、高機能化に資する技術ということでABC、かつ低コスト化でABCをつけてもらうというように絞り込んでいただきたいと思います。

[藤田委員長] これはandで三つになるのですか。

[亀屋 (METI)] 前はorです。

[藤田委員長] たぶんorでいいと思います。そうしないと、高度にしようとすればコストが上がったり、トレードオフがあったりしますので、全部にAがつくのは非常に難しいと思います。

[亀屋 (METI)] orにしてAがついたものは重要技術という基準にしていいただければと思います。Bも入れてもいいかもしれません。

[藤田委員長] それはやれると思いますが、検討のイメージをどういふふうにするのが一番問題です。

[小池委員] 重要技術に位置づけられると次のプロジェクト化に行って、入っていないと企業でやりなさいという話ですね。

[亀屋 (METI)] 本当は、そこはあまり考えてはいけないのかもしれないが、技術を見なければいけないかもしれませんが。

[小池委員] 逆に言うと、未来デバイス側の赤いところは、未来デバイスをやっていくには不可欠なものなので、先行投資的なプロジェクトでやってほしい技術だというふうには言いたいんですね。

[亀屋 (METI)] そうであれば A をつけていただいても構いません。これは毎年ローリングしますので、革新的未来は 5 年とか、10 年とか、もっと先ではないでしょうか。すぐプロジェクトは必要ないとか。

[小池委員] 再来年とか。

[藤田委員長] いまのは議事録に残さないほうがいいですね。技術開発はいろいろなフェーズがあるので、何を見て A にするか、B にするかということはあると思いますが、より高度に革新的マイクロ・ナノ統合を目指すというのも高度化の極限ですから、大変大事ではないかと思います。そのへんは、この中ではすぐにはできないのでどうしましょうか。どの項目をどれだけ議論するか、ガイドラインをいただけますか。

分類-1 はだいぶ変わっているので、そのへんはこれでいいかどうか議論しないと前提が崩れてしまうところがあると思います。細かく全部見るのは、この時間ではとても難しいので、宿題方式でやる必要があると思いますが、何をどう直すのがいま一番大事か、事務局から教えていただけませんか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 重要技術をいまの時間で選ぶのは難しいので、マイクロマシンセンサーから追加された項目が妥当かどうかを見ていただきたいと思います。

[藤田委員長] 行けるところまで分類-1、2 など見ていけばいいですね。2 ページ目の文章はいじる必要があるので、その議論も必要ですが、とりあえず中身を見たほうが作文もうまく行くと思います。技術マップ案を皆さんで勉強しながら、理解しながら議論をすればよろしいですか。

分類-4 とか細かいものは表に出てこないの、変更点を分類-3 ぐらいまでのレベルで、ひとまとめごとに説明していただきます。まず分類-1 をどう変えたかというところから行きましょうか。

まずグリーンのついた 6 ページ目を見ていただけますか。これが古いものです。それと赤と青のものを見比べていただくと、たぶん変化点がよくわかると思います。エッチング技術がそのままとか、そのぐらいのスピードで言ってもらえますか。

[小池委員] エッチング技術はそのまま、成膜技術もそのままです。形成技術は成形技術という純粋な加工みたいな部分と、機能化とか表面改質みたいなものを形成という名前にして、二つに分けて付け加えています。形成技術のところを「成形」と「形成」の二つにしています。

[藤田委員長] 整形外科と形成外科みたいだと言っていたのですが、成形のほうは形そのものを直接作り込む技術、4 ページの形成技術（機能化・表面改質）は表面の作りを変えて、中のバルクの部分とは違うようにするという分け方ですね。

[小池委員] その次に異種融合技術をつけています。これはナノ・バイオ融合とか、異種材料をレイア・バイ・レイアでつけるとか、自己組織化というところが、いわゆる未来デバイスを考えたときには必ず必要になってくるだろう。単機能デバイスだけではなく

ってくるので、そのへんを技術として取り込んだほうがいいだろうということで入れていきます。

次に大面積プロセスです。これは数センチのシートにするとか、そういう未来デバイスを想定していて、それも安くつくるといった話も出てきているので、大面積で連続のプロセスという項目が要るだろうとしています。分類-1で付け加えたのは以上です。

[藤田委員長] その後は従来と同じようなかたちで行っています。少し付け加えると、2ページの(3)の「高度化に資する技術開発」ということで、高精度大面積、異分野との融合技術、高度な実装技術、マイクロ・ナノの統合製造技術を入れていただきましたが、そのへんを具体的にロードマップの中に入れて、こういうふうに分類を増やして見やすくしたらどうかというご提案だと思います。ご意見をお願いします。

[小寺委員] 成形、形成という視点でいくと、寒川先生がたぶん専門だと思いますが、ダメージとか、受けたところの修復技術が追加されないといけないのではないのでしょうか。

[藤田委員長] 無損傷というキーワードは1ページ目の分類-3のレベルでは出てきますが、いまのご意見はどのレベルで何を入れるということですか。

[小寺委員] 加工すると必ず損傷を受けてしまうので、その損傷を評価するとか、それを修復するという技術がそのうち必ず出てくるはずですよ。

[寒川委員] ここでは形成のところで表面改質とか表面的なところが入っていて、異種融合技術のところで界面制御と書いてありますが、それとは別に表面界面の処理・制御技術を入れたほうがいいと思いました。

[藤田委員長] 具体的にご提案をいただければと思います。ほかと合うようなかたちで、どこにどんなキーワードで入れたらよろしいのでしょうか。

[寒川委員] 表面界面制御……。

[明渡委員] 界面物性評価はありますね。界面物性評価というのが異種融合技術の中に新たにできました。

[小寺委員] 分類-1の段階では。

[藤田委員長] 2とか3のあたりですね。

[橋口委員] 4ページの真ん中ぐらいに機能性表面形成技術とありますが、いま寒川先生が言われた界面の制御と表面修飾は、たぶんここへ入ってくると思います。ここに損傷とか修復というキーワードを入れておいたほうがいいと思います。

[藤田委員長] 2ですか、3ですか。2になりますかね。

[橋口委員] これだと成形技術の中に入るほうが、分類的にはいいですね。

[藤田委員長] 寒川先生、どうですか。成形技術の機能化・表面改質のところで、ダメージを受けた表面を取り戻すということですね。それは2のレベルですか。3のレベルですか。

[明渡委員] でも1ページにLSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術とありま

すね。

[藤田委員長] ダメージフリーでやるというのは、ここに書いてありますね。

[寒川委員] ダメージを受けてしまったものを戻すという。

[明渡委員] リカバーですか。

[藤田委員長] 無損傷加工技術と見て、分類-4 ぐらいで読み込むのとは違いますね。リカバーですからね。形成技術に入れたほうが素直ですか。あまり長く悩むほどのものでもないで、どこかにエイと入れていただきましょう。どのレベルで、どういう言葉にしますか。

[小寺委員] 簡単なのは、4 ページの機能性表面形成技術のカッコの中に入れてしまう。

[藤田委員長] それで分類-3 にも入れておく。表面修飾技術・損傷回復と。

[小寺委員] 三つ目のところに追加してもらう。

[藤田委員長] 加工損傷修復技術ですか。回復か。確認します。4 ページの形成技術の上から 3 番目「機能性表面形成技術（界面制御・表面修飾技術）」のカッコ内に「損傷回復技術」を付け加える。それから分類-3 の一番下に「加工損傷回復技術」を入れる。これでいかがですか。傷つけないだけではなくて、変なふうに傷がついたものを元に戻せるということですね。測るものはどこかにあるから……。ありがとうございます。

ほかに、上のレベルで分類-1 が増えたり割れたりしていますが、ほかにいかがですか。これでしっくりしますか。

[太田委員] どうしてもしっくり来ないのが、一番最後の大面積・連続プロセスのカテゴリーのところ、いろいろなことがここに一緒に入ってしまったから弱くなるのかと思います。単純な大面積プロセスはエッチングや成膜、形成のところに入るような気がします。その下の連続プロセスとか、新しい印刷による連続というのが、たぶんここで初めて出てくる場所なので、単純な大面積ではなくて違う言葉にしたほうが良いような気がします。

[明渡委員] いま言われた意見に絡めて、私は去年まで膜づくりに参加していないので、まったく先入観のない意識でこれを見たときの印象を言いますが、MEMS プロセスハンドブックをつくるときの項目としては非常にいいと思います。

ざっと見たときに戦略ロードというのはそういうことかと思いますが、確かにいま言われたような矛盾が出てきます。ハンドブック的に見たときに、大面積とか、そういうことと階層が合わない。そこで合わせてつくと単なるハンドブックになってしまう可能性があるし、それでいいのかという、そもそも論もあると思います。

藤田先生がさっき「大面積も導入のところで」と言われたのは、私もよくわかります。それは一つの戦略性を見せていると思うので、そのところでどちらを取るかです。私自身この全体像を考えたときに、意見を書くときに、そこがすごく迷ったところです。いいと思いますし、すごくきっちりつくられているのも非常によくわかりますが、一方で少し

網羅的な印象がして、どこに重点があるのかよくわかりません。

これは経産省さんの考えもあると思いますし、これを蒸し返すと話が長くなって、今日は終わらなくなってしまうからまずいなと思いながらも、つつい蒸し返してしまいました。

[一ノ瀬 (NEDO)] 確かにそういう点ではありますが、このときは一番最後に持ってきています。一番最後を見てみると、システム技術というよくわからないものが来て、そこにキーワードとして「多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム」と書かれています。ここは網羅的なところと施策的な意味が出ていて、上と一番下は少しフェーズが違うイメージで書いているんですね。

[明渡委員] 最初の 1 枚紙を見ると、これは全部製造工程の分類分けで、それでロードマップをつくりましょうという考えですね。

[一ノ瀬 (NEDO)] そうは言いつつも意図が欲しいということで最後につけていますが、逆に言うと上と下と少し分けたほうがいいかもしれません。

[藤田委員長] 最初はシステム技術の中に大面積を突っ込もうという議論もありましたが、システムと言ってしまうと少し違うので、分かれて出てきたということがあります。そういう意味では一ノ瀬さんの言われるとおり、単なるプロセスとして哲学的にきれいにまとめたのではなくて、やや意図が突出して見えてくる。逆に意図を見せていきたいということがあります。

[太田委員] それを見せるのだったら、大面積という言葉ではないほうが良いような気がします。

[藤田委員長] 場所や表現については工夫の余地があると思うので、いい案があればぜひお願いします。一番最後のシステム製造技術のあたりに、より違うイシューであるとか、大面積であるとか、持ってきてもいいですね。

大面積でなくて、どんな言葉だとじっくりくるのか、私は太田さんのニュアンスがつかめていないところがありますが、連続はいいけれども大面積はだめというのは。

[太田委員] ほかの要素技術の中でも大面積という言葉があるので。

[藤田委員長] 連続というのは明らかに違うということですか。どうでしょうか。

[竹内委員] 大面積は今後キーワードになってくるので、ここにガッと出てくるというのは有りだと思いますが、まばらになっているのだったら「大面積」という言葉をどこかできちんと定義して、特殊なキーワードで。

[藤田委員長] 逆にして、第 2 分類あたりを「要素プロセスの大面積化」とか。第 1 分類のところでプロセス連続化・大面積化としたほうがいいですか。プロセスありきで、それをよりやっていくということで。実は私は「～化」という言葉が非常に嫌いなんですけど、しょうがないですね。時間のないときは便利な言葉です。「大面積連続プロセス」を「プロセス連続化・大面積化」とすれば、こっちに行きたいぞという戦略性が見えますか。

[竹内委員] 技術は入れなくてもいいですか。

[藤田委員長] どう入りますか。

[竹内委員] 「大面積化技術」というか。

[藤田委員長] 言葉のつながりからいくと、そうしたほうがいいですか。最後に技術を補って「プロセス連続化・大面積化技術」でいいですか。第 2 分類のところも、「大面積プロセス」を「プロセス大面積化」とひっくり返して、技術を入れるかどうかはお任せします。一番上の「大面積プロセス」を「プロセス大面積化技術」としましょうか。それから最後の連続プロセスも「プロセス連続化技術」にする。連続するためにこういうことをやらなければいけないということで、いいかもしれませんね。ほかに何か大きなところでいかがでしょうか。

[明渡委員] 時間がないのにすみません。ダラダラと余計なことをたくさん書いてしまいましたが、少しだけ説明して、皆さんの意見を聞きたいと思います。ちょっと古くさい言葉で回路ブロックと言っていますが、ここにあるのはプロセスとしての MEMS 技術のとらえ方で、今後どう展開していくかは非常によくわかりますし、これはこれで必要でしょう。

ただもう一つ、実用を考えると MEMS をシステムデバイスとしてとらえたときの視点が重要です。おそらく将来の夢あるデバイスというホワイト、ブルー、グリーンの三つを考えたとしても、出てきた信号をどう処理するか、外部機器とのインターフェースをどうするかというところまで取り込まないと、たぶん使えるものにならないというのは皆さんも認識ある話だと思います。

そのときに半導体とか専用の LSI とのリンクが非常に重要になってきます。いまファイン MEMS で高集積化 MEMS をやっていますが、現実のコストまで考えたらカスタム IC をウエハレベルで全部一体化してコストが合うアプリケーションはそんなにないと思います。

昔の電子部品だと考えれば当たり前の話だと思いますが、そのときに自由に組み替えられる、リコンフィギュラブルな構成を考えておかなければいけません。そのときにどこで切り分けるのか。MEMS のセンサユニットの部分だけで切り分けるのか。そこから信号を取り出して、あるいはドライブして、標準的な CMOS の信号レベルに持っていったところで切り分けるのか。それは、これから考えていかなければいけない構想のような気がしますが、そういうものに対する戦略を取り込めないのかなと思いました。

[藤田委員長] すごく矮小なところでは 5 ページで、ここはシステム設計という観点を書きにくいので、異種融合技術というつくり方のほうから攻めています。その中の 3 次元構造の下になってしまっていますが、「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層」という非常に狭い具体的な話にしかなくなっていません。もう少し読み取れるようにアップグレードするなり、どこかに書き出すということはあると思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] 一番最後は「これをやらなければいけない」ということで、こういうキーワードだけを書いています。あまり内容がないというか。ここを明渡さんが言わ

れたように、もう少し膨らませたかたちでやるというのは何かあるのかなと思います。

[明渡委員] 小寺先生が言われたような設計とか MEMS-ONE でやられたものと、実際のミニファブみたいなものとうまく連動させて、研究者レベルからベンチャーがビジネスを扱えるレベルまで後押しするというのが、どこかに見えたほうがいいんじゃないかと、ずっと感じていました。

[藤田委員長] あまり強くはないんですが、これも7ページの設計・解析技術のMEMSシミュレーション技術の中に、「システム化解析技術」を一応赤くしてあります。第3分類で申し訳ありませんが、入れたつもりではあります。でも弱いかもしれません。

マルチスケールと言っているのは、私どもの理解では二つの意味があって、ナノ、マイクロという寸法としてのマルチと、もっとイマジナリーな領域で物性デバイス、システム、機能ブロックシステムという意味でのマルチスケールも含めたシミュレーションで、ここでは広めに読みましようと思っています。そうでないと、これもオフレコでお願いしますが、無限に項目が増えていくと後で数をつくるのが大変だということがあります。

でもシステム技術のあたりをもう少し書き込むというのは、いいことかもしれませんね。小池さん、どうですか。

[小池委員] そこは明渡さんのほうで何か。

[藤田委員長] 書いてもらえるとうれしい。イメージがおありだということもあります。

[明渡委員] あと、これは経産省、特に研究開発課さんの中でももんでもらえればと思います。MEMSはいま製造に位置づけられていて、一方でデバイスの電子情報がありますね。特に半導体を中心としたシステムLSIみたいな話です。ああいうところも、デバイスとして半導体だけにスポットライトを浴びせても、先々つくり方はどうするのかという議論があって、そういうものとMEMSとの役所内での検討はどうなのかなと思っています。MEMSはエレクトロニクス分野でもありますね。

[亀屋 (METI)] ナノ部材のところにもありますね。

[明渡委員] さっきの界面装飾の話は向こうでもやっていますから、積極的に取り込んでいったほうがいいのではないかと理解しています。

[三宅 (METI)] そのへんは情通課とか宇宙課から「MEMSってどうなの？」というような話があるので、そういうところと協力してやっていく方向では考えています。結局、産機課だけで持っていても、本当はグリップできればいいですが、パイ的に限界があるので、もう少し広げるためには半導体分野や情報通信分野、航空宇宙から声がかかれば、こちらとしては当然どんどん協力していくという体制です。

[藤田委員長] バイオもありますね。

[三宅 (METI)] バイオ課とは新健康フロンティアの政策でMEMSを積極的に打ち込んでいこうというところで少し協力させていただいています。そのほか情通課とか航空宇宙と

も積極的に協力していこうという方向で考えています。

ここではあまり関係ないのですが、COCN から省庁連携とか、省内での垣根を越えた連携を要請されているので、それはどんどん積極的にやっていこうというところではあります。

[藤田委員長] どうもありがとうございました。

[明渡委員] ぜひ、そういうところのフィードバックももらえると、マップづくりには大事なことのように思います。

[藤田委員長] 貴重なご意見をありがとうございました。どこでやっていただきましょうか。やはり三宅さんのほうで少しご意見をいただけるように……。でも向こうに頼るのではなくて、こちらで積極的に書いて、向こうに見せて、なるべく取り込むというスタンスでやりたいと思います。

[三宅 (METI)] 相手にも調整をお願いしないといけないので、そういうところでどんどん交流していければと思います。

[藤田委員長] そろそろ時間がタイトになってきましたが、もう少しやらなければいけないことがあります。マップの案で大幅な変更がありますが、特にご意見はないでしょうか。

[橋口委員] 1 ページに「高アスペクト比ナノトレンチ加工」とありますが、この分野は共通にしておいていただきたいと思います。

[藤田委員長] 安心だけでなく。そうですね、環境でも使えますよね。

[橋口委員] 櫛歯アクチュエータもナノトレンチでできれば、かなり性能が上がるはず。そういうこともイメージしているので。

[竹内委員] その下の「ディープドライエッチング技術」も、光だけではなさそうな気がします。ほとんど共通でもいいような気がします。

[橋口委員] 1 ページの下のほうに「超高共振周波数ナノカンチレバー加工」とありますが、これもできれば共通にしておいていただければと思います。

[藤田委員長] これは第 4 分類だから。でもいいですか。わかりました。一応共通にしておいていただきましょうか。

[安達 (MMC)] 目標値のほうと関連するはず。来期の目標値があるということは何かが付加されている。されてなかったりもしますが。

[藤田委員長] では、とりあえずここは共通にしていきたいと思います。ほかはよろしいですか。言い出すと全部共通になりそうですが、それもあまりにフラットでいけないので、目をつぶっていただかなければいけないこともあるかと思えます。

このようなことで、いま出たご意見に基づいてマップの項目を削るところと追加するところをよろしく願います。「重要技術の考え方」の文章は、いま議論いただいたので、これに見合うように書き直さなければいけませんが、ここではやりきれないと思うので、

マイクロマシンセンターのほうでまとめていただいて、後で電子メールで皆さんにお配りして、そこでご意見をいただくようにしたいと思います。それでよろしいでしょうか。ありがとうございます。

Ⅲのロードマップに関してお願いします。

[加藤 (JATIS)] ロードマップについてです。大和田委員から「検査評価技術の中にマイクロ材料評価技術の追加が必要。この中に薄膜引っ張り試験、薄膜疲労試験、薄膜寿命加速試験などの項目を入れるべき」、明渡委員から「上のことを考えて、低コスト、多品種、変量生産を実現し、市場規模の小さい製品でもスムーズに立ち上げられるようなユニークな仕組みや、フレキシブル製造プロセス、システムなど（たとえばオンデマンド製造やカスタム CMOS のためのミニファブ等）の目標をさらに追加。（プロセス・システムイノベーション）」、小池委員から「新たな技術項目を重点的に入れていく」というご意見です。

[藤田委員長] これは何かご意見はありますか。従来のもを見ると最後の年が 2015 年ですが、さっき 20 年後と書いてしまったので、15 年では 20 年後にならないから 25 年までやらないといけませんね。25 年がいいのか、26 年がいいのか、よくわかりませんが、5 年ごとの刻みでいくから丸めて、きりのいい 2025 年ですか。6 とか 7 とか毎年少しずつ数が変わるのもおしゃれでないので、どこかで一気に増やすということ。

私は学生にもよく言いますが、「4 桁目に本当に精度があるか」という質問をしたくなるので、2025 年にすると。そうすると、全部について数値を増やさなければいけないというすごいロードになりますね。

[加藤 (JATIS)] いまロードマップで 2015 年の列までありますが、その次に 2025 という列を一つつくって、そこに数値を入れるという考えでよろしいですか。

[三宅 (METI)] 数値が書きづらいところは目標を一言、二言で書いていただくというかたちでも構いません。

[竹内委員] 絶対に数値で、マストというわけではないですね。

[三宅 (METI)] 数値でマストで 20 年後というと、「そんなのは予想できない」というところがほとんどだと思うので、ある程度書けるところは書いて、書けないところは文字で書いていただければと思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] 項目は、ここにいきなり 25 を。ここも全部入れているわけではないですね。座標軸が変にならないかなと思います。

[藤田委員長] ロードマップをつくるためのタイムスケールもあるので、あまり詳細には入れられませんね。そこに入れることに意味があるかどうかという議論もあります。かたちを工夫して、あるところまでは数値的に追える連続的なマップで、それから先は漠とした未来を大きく予想するカラムであるということが図でも見えるようにする。くどいようですが、そこを全部埋めてもあまり意味がないと思います。2025 年に飛んで構わないの

で、そのへんがわかるように工夫していただけますか。

[小池委員] 未来デバイスのところはたぶん対応できると思いますが、それ以外のところはマイクロマシンセンターでつくったわけではなくて、昔の委員が苦勞してつくられています。そこはどうでしょうか。あるいは委員で分担してエイヤーで入れていただけますか。

[一ノ瀬 (NEDO)] それはそうでしょう。この委員で入れるしかありません。昔の委員を呼んできては書けませんから。

[藤田委員長] 技術マップがだいたい決まったので、それに対してこういうものをつかって、ローリングしていく必要があります。分担してやっていただかないといけないので、申し訳ありませんが、宿題がいろいろ出ることになります。いまある項目は、このスクリーンにパッと出ませんか。白板でもいいです。どこに対してやる必要がありますか。

[小池委員] 第3分類が「重要技術課題」という名前に変わるんですね。

[加藤 (JATIS)] 今回新たに分類-4が入っていますね。これは指標のところに持って行っていいですか。

[安達 (MMC)] そこに何かがあるから指標があるということです。あと、われわれのところと言う点としては、一つ下の概念かもしれないというものは落としています。

[加藤 (JATIS)] そうすると前とフォームが少し違ってしまいますね。

[藤田委員長] 4は表には出ないで、説明とか、後で後ろに数字を書くための作業用の欄とだけ思ってください。

[加藤 (JATIS)] そうしたら指標の中に。

[藤田委員長] 落としていけますか。

[加藤 (JATIS)] 前もそういうイメージで、欄の下のもは指標の項目の中に入れました。

[小池委員] 赤いところは指標までまだつくれていないので。

[藤田委員長] これに対応する指標を考えてやっていけばいいということですか。

[小池委員] 分類-4を指標にしてしまうという手もあります。

[加藤 (JATIS)] 前の場合は指標も二つに分かれています。たとえば指標の左側が「立体形状表面へのパターン形成」という言葉で、数値等を書くときの項目が右側に入っているというかたちを取っています。そういう面では、今回は分類-4が指標の左側の項目でいいのかなと思います。

[藤田委員長] 近いかもしれませんがね。分類-4は表には出てこなくて、分野と指標になりますから、指標のほうに書き改めるということをお願いしたいと思います。

それで宿題の話になります。分類-1のところだけでいいですが、それをパッと出していただいて、大きな字にして、そこにどンドン担当を書いていきたいと思います。エクセルをそういうふうにできますか。分類-1のところだけコピーして、右にもう一つ欄をつくっ

て名前が入るという表が欲しいのですが。

(板書)

[小池委員] 未来デバイスのところ、赤いところは MMC でやるべきだと思いますので、それ以外をお願いします。

[藤田委員長] とりあえず赤いものはお願いできるとなると、異種融合と大面積化は考えなくていいですね。異種融合技術と大面積化はマイクロマシンセンターにお願いします。

[小寺委員] 成形も外れているのはマイクロエンボス加工技術だけです。

[藤田委員長] 成形技術もほとんど赤いですが、大丈夫ですか。

[小寺委員] 設計解析もそうですね。

[藤田委員長] 後でだれか助けを呼ぶのは有りで、とりあえず主務を決めます。あと 6 個ぐらい残っています。だいぶマネジャブルな数になってきましたが、エッチングは寒川先生ですね。余人をもって変えられないということで、エッチングは寒川先生にお願いします。

成膜も赤いところはマイクロマシンセンターさんをお願いして、それ以外のところで、だれか一人、二人、ボランティアはいませんか。では明渡さんをお願いしましょうか。それから形成のほう、表面改質です。CNT、ナノ材料、LSI 融合プロセス。企業委員のほうで何人かで分担でも、二人ぐらいでやっていただいてもいいと思います。実装のところも少し助けていただく必要があります。

[橋口委員] 私は形成のほうに少しかかわっていたので。

[藤田委員長] では橋口先生と、竹内先生も形成をどうですか。実装は多いですね。実装と検査評価技術は 3 人で相談してどうですか。大和田さんは標準化があるから免除でいいですよ。小寺先生はどうしますか。シミュレーションを助けますか。

[荒川委員] 実装技術のほうはマスター原稿があるので。

[小寺委員] 分野と書いてあるところのバイオというところ。成形とか形成とか。

[藤田委員長] 別のカテゴリー分けだから困ってしまうんじゃないですか。

[太田委員] 検査評価を。

[明渡委員] このデジタルファイルに行として、2025 年が足し算になったものを。

[藤田委員長] あとは一応数字を見てもらって。どこかに数字をちゃんと見直すことが大切だとありましたから。

[明渡委員] 直したところは色を変えて返せばいいですね。事務局が新しいフォーマットをつくって、ファイルを送っていただいて。

[竹内委員] 項目の追加はあれば入れてもいいし、なければそのまま。

[藤田委員長] 一応ここで議論したので、5 個も 10 個も増やされると再議論が必要ですが、どうしてもということであれば。

[小寺委員] 設計のところをマイクロマシンセンターの後ろでやりましょう。

[藤田委員長] 小寺先生はお目付け役ということで、あとは前後処理システムは佐藤さんとか、どこかをペアでやっていただく手もあると思いますが、明渡さんに思いを書いていただけますか。

[明渡委員] では私も書きます。最低限私が書かなければいけないことは書くとして、もしほかの方でも、企業の方でも、項目なり意見立てをいただけるのであれば、書いて送っていただけたらいいのではないのでしょうか。

[藤田委員長] では佐藤さんにこれをお願いして、実装か検査か、少しシェアをしていただけたほうがいいと思います。荒川さん、太田さん、よろしいですか。そこは中でやっていただくことにして、実装のほうに佐藤さんも入って、これでうまく行きましたか。私はマイクロマシンセンターさんの相談に乗る必要があると思うので、赤字のところをフォローしたいと思います。

「10年後のMEMS製品の具体的イメージ」の話はどうしたらいいですか。延びてすみませんが、意見等のまとめの表に戻ります。10年後のMEMS製品の具体的イメージに関して読んでください。

[加藤 (JATIS)] 参考資料の3ページに「10年後のMEMS製品の具体的イメージ」があります。大和田委員から「RF-MEMSのところでは高周波部品がすべてMEMS部品に置き換わる」といった表現が正確さを欠いているのではないかとのご意見です。荒川委員は「周波数発生MEMS、帯域フィルタMEMS内蔵高周波デバイスによる超小型携帯電話。距離画像、距離音声を検知及び出力できるMEMSによる高機能携帯電話。距離を計測できるMEMSによるセキュリティロボット等」というイメージを入れるべきではないかということです。明渡委員からは先ほどの絡みと「パーソナル、カスタムユースという言葉も入れたらいいかでしょうか」ということです。小池委員からは「RF-MEMS、センサMEMSや光MEMSなどを集積化し超小型化していくデバイスのイメージが欲しい」ということです。

[藤田委員長] これに関してはどういうふうにやりましょうか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 逆に言うと、10年後のMEMS製品の具体的イメージは残るのですか。

[亀屋 (METI)] より現実に近いので残したいと思います。20年後は夢を語ってもらうということで。

[一ノ瀬 (NEDO)] 10年後のMEMS製品の具体的イメージの後に20年後を入れて、これは残して議論するということですね。

[藤田委員長] 少しアップデートする必要があるということですが、時間が尽きてしまったのが問題です。中を書き換えれば良い項目と、たとえば宇宙とかロボットという話を書こうとすると、少し新しい項目を立てなければいけませんね。どういう方針にしましょうか。1年経ってイメージとして何かありますか。

[明渡委員] 項目を立てなくても、10年後だったら、センサMEMSのところには出口イメージでロボットに使われるとか、パーソナルに使われるとか、バイオMEMSだったらパーソナ

ルイメージが出るとか、中にキーワードとして入れてしまってもいいのではないですか。

[藤田委員長] では大急ぎで一つずつ見てみましょうか。RF-MEMS に関してはどうすればいいですか。

[大和田委員] たとえば半導体部品もあるし、それが全部 MEMS になるというのは、あまりにも乱暴すぎますね。

[藤田委員長] とりあえずすべて取ればいいですか。「高周波部品が MEMS 部品に置き換わることにより」という程度でよろしいでしょうか。次の周波数発生デバイスは RF-MEMS の一部ですか。

[荒川委員] 「たとえば」という話があったらわかりやすいかなという感じで書きましたが、それほど具体的な例がなければいいです。

[藤田委員長] どこかにこれを入れればいいですね。どこに入れましょうか。二つ目の文章ですか。「高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる」というあたりに「たとえば〇〇のように」と入れますか。

これも案だからあとでリファインしてほしいのですが、「また、たとえば周波数発生 MEMS、帯域フィルタ MEMS」……。荒川さん、もう少しこなれた言葉になりませんか。「たとえば〇〇のような高周波部品の一体化製造が可能となり」と書けばいいのではないかと思います。

[小寺委員] その次の文章の「携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化を図るための高周波用 MEMS……」。

[藤田委員長] 「このために」と書きますか。

[明渡委員] 最初の文章の「携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品」のところで、具体的にはどこに使われるかという、周波数発生 MEMS とか帯域フィルタ MEMS ですね。この「置き換わる」が引っかかりますね。大和田先生は「置き換わる」でいいですか。

[大和田委員] 現在はたとえばスイッチは半導体スイッチが使われていますが、それが RF-MEMS に置き換わるというイメージで書いていて、フィルタもほかの部品でつくられているのが MEMS 製のフィルタに置き換わる。荒川さんが言っている周波数発生 MEMS というのは発信機のことですが、たとえばいま水晶でつくられているものが MEMS に置き換わるということを行っているわけですね。

[明渡委員] 置き換えたいという意思を強く出されていると思いますし、部分的には置き換わっていくものもあると思いますが、そこを抜き出したほうがいいでしょうか。

[日野 (JATIS)] このページの位置づけの整理で、少しだけ補足させていただきます。これはいま 3 ページですが、もともとはある意味 6 ページとセットです。6 ページに分野が書いてあって、RF-MEMS は無線通信ですが、共通以外は RF とバイオと光とセンサで、「これって何？」というものを普通の人にもわかりやすいようにここに示して、かつそのこの

ロセス技術と合わせて書いてあります。

たとえば光 MEMS には〇〇プロセスが重要だと書いてあるという性質の紙だったので、もしその性質を踏襲するのであれば、あまり細かいテクニカルタームは要りません。

[明渡委員] 要らないですね。これは専門家相手に「こうなりますよ」と説得するというよりは、素人の人、一般の人、極端なことを言えば MEMS を知らない人を相手に「こんなところに使われるものですよ」と理解してもらおうという趣旨ですね。むしろ出口側に近いところが、製品とか身近なものがこんなふうに変わりますと書いてあるほうがいいわけですね。

[藤田委員長] 最初の質問の仕方が良くなかったかもしれませんが、いまみたいなお話だと、これを書き直す意味はないような気がします。どうでしょうか。前の委員会で考えて、光 MEMS とか、RF-MEMS とか、センサということを定義されたわけですね。その定義を私たちがいじることに、どのぐらい意味があるかという話になります。

[大和田委員] ここは素人が読んでも違和感があるので、やめたほうが良いと思います。

[藤田委員長] 私もそう思います。その程度でいいですね。

[明渡委員] そのニュアンスでもう少し付け加えるとすると、たとえばモバイル機器の伝送能力が有線 LAN 並みのというの、普通の人にはほとんどわからない。

[藤田委員長] 時間もないから、そういう細かいことはやめましょう。キーになることで、もう少しイメージを膨らませておいたほうが良いということがあれば追加していただくとか、文章として読んで本当におかしいことがあれば直すということにとどめたいと思います。そういう意味でパーソナルとか、いろいろなものが全部一体で集積されたデバイスということを少し追加してイメージが膨らむなら、それは大変結構だと思います。

私も具体的な案をもらわないと、全部私が作文をしているのでは委員長はやりきれなくて、ちょっと疲れてきたので、どこかに何か入れられるものがあれば、もう 2~3 分使ってやりたいと思います。小池さん、何かアイデアはありますか。

[小池委員] 私がこの中にもう少し入れておいたほうが良いと思うのは、先ほど先生がおっしゃった一体集積化みたいなものです。

[藤田委員長] どこに、どう入れましょうか。

[小池委員] センサ MEMS のところに「MEMS・半導体共存構造」ということで少し書いてあります。RF-MEMS のところも、たぶん先はそうなると思うので、同じキーワードを入れておいたらどうでしょうか。MEMS・半導体共存構造の成形技術が重要であるというのを RF-MEMS にも入れたらどうかと思います。

[小寺委員] 「すべて」を取ってしまうと、3 行目に「高周波部品の一体化製造が可能となり」で含んでしまいます。だから同じニュアンスの言葉は入っているんですね。

[安達 (MMC)] たとえばここは個別の MEMS を書いていますが、いまやっているファイン MEMS はそれを集積化するというものです。その項目を最後に加えるのは可能でしょうか。

[藤田委員長] MEMS 製品の具体的なイメージというかたちで書ければいいと思います。

[安達 (MMC)] そういうことで、高集積 MEMS を一番最初の定義のところに入れるのはまずいですか。

[小池委員] 集積化という部分を別項目で 1 行加える手もあると思います。言葉自身も少し考えましたが、「また、それぞれの MEMS が他の MEMS や LSI と集積化され、高機能・小型化が図られることが考えられる」という文章を一番下に入れるとか。

[藤田委員長] 1 行ぐらい空けて。悪くないんじゃないですか。

[小池委員] もし良かったら、私が文章を書いて事務局に投げます。

[藤田委員長] 小池さん、つくってみんなにメールで流していただけますか。

[小池委員] わかりました。

[藤田委員長] では、そういう線でいいですか。途中で議論の時間がなくなってきたので、後のほうは乱暴なやり方で大変失礼いたしました。その案は MMC で考えていただくことにしたいと思います。以上でローリングについての討議は終わりです。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。この後マイクロマシンさんと相談しながら、事務局としてフォーマットをつくっていきたいと思います。

[藤田委員長] 分担を決めたので、なるべく簡単にやっていただけるように、うまくひな型をお送りして、具体的にどこをどうするかを明確に指示していただければと思います。

[加藤 (JATIS)] では今後の予定です。出だしのところでも少しお話ししましたが、第 3 回は 2 月の中旬ごろを考えています。経済産業省さん、今後の予定はいかがですか。小委員会がどういう予定になっているかということとの絡みになってくると思いますが。

[藤田委員長] 13 の週と 19 の週ぐらいを考えているということですか。

[加藤 (JATIS)] そうです。

[一ノ瀬 (NEDO)] 次はどのぐらい時間がかかりますか。午前中の 2 時間ぐらいで済むかどうかですが。

[加藤 (JATIS)] 技術マップ、ロードマップがだいたいできたところで、それを議論する感じになると思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] 新たに書かれた数字なり指標は一応全部見ていくんですね。

[藤田委員長] 1 段付け加わったので結構ありますから、午後を優先にしましょうか。

(日程調整：2 月 23 日 (金) 13 : 30 ~ 17 : 00)

[加藤 (JATIS)] これで議題をすべて終えることができました。開催場所等が決まりましたら、ご連絡させていただきますので、よろしく願いいたします。本日はどうもありがとうございました。

第3回委員会

速 記 録

日時：平成19年2月23日（金）13：30～17：00

場所：東京国際フォーラム G407 会議室

[加藤 (JATIS)] ただいまより MEMS の技術戦略マップローリングのタスクフォース委員会第 3 回委員会を開かせていただきます。本日はお忙しい中、また雨の中、お集まりいただきましてありがとうございます。進行は事務局を担当する日鉄技術情報センターの加藤が行います。

それでは、まず資料の確認を行いたいと思います。議事次第の資料の 2 ページ目に配布資料リストがあります。資料は 3-1 から 3-6 までと、参考資料 3-1 の 7 資料です。それから机の上に置いてある A4 カラーの 2 枚は、資料 3-2 の内容が変わりましたので、代わりの資料です。確認をお願いしたいと思います。よろしいでしょうか。

それでは議題にしたがって議事を進めたいと思いますが、議事次第の 1 番目「MEMS の標準化ロードマップについての紹介」はマイクロマシンセンターからも補足説明があつて、まだ来られていないので、2 番目の「MEMS の市場動向調査結果についての紹介」から始めたいと思います。マイクロマシンセンターの阿出川部長、よろしく願いいたします。資料は 3-2 と今日配布した A4 の資料 2 枚です。後で議論するところが多いので、できれば説明を 10 分ぐらい、質疑応答を 5 分ぐらいというかたちでお願いしたいと思います。

[阿出川 (MMC)] MEMS の関連市場の分析と予測の結果を報告させていただきます。集計はほぼ終わっておりますが、お手元に 2 枚お配りしたように、若干数字の移動があります。資料 1 ページ「MEMS 関連市場規模」と次のページの表は数字が変わっていますので、A4 の 2 枚に置き換えていただきたいと思います。

結論から言いますと、市場規模は 2005 年度の現状で 4431.2 億という数字が出ています。2010 年度予想は 1 兆 1842.7 億円、2015 年度予想は 2 兆 4093.9 億円です。この数字はマイクロマシンセンターの中に設けている MEMS 関連市場の分析・予測と日本の競争力分析に関する調査研究委員会の委員の方々に、現状と将来 MEMS 技術を適用したデバイスがどのようなアプリケーション機器に使われるか、その市場規模を予測する際に、実際に MEMS 技術に置き換わると思われる部分 (MEMS 関与率)、MEMS 化の技術が進んで MEMS デバイスが浸透していく部分 (MEMS 化率) の二つの要素を予想していただいたものです。

したがって、実際の数字は委員によって見解があるので、上限値と下限値と二つ用意しています。今回提示している数字はその中間を取ったもので、今回の資料はだいたい中間値をベースにつくっています。

2 ページ目は「MEMS 関連市場規模予想」が産業分野分類別に並んでいます。実はここの数字が A4 のほうに置き換わっています。あまり変わっていませんが、この中身を分析していく過程で単なる分野の市場規模と、もう一つは実際の MEMS デバイス事例ごとに各分野別にどのように使われていくかという分析をしています。実はその分析の過程で若干集計ミスがあつて、数字が変わってきています。

お手元の資料の 2 ページ目は、1 ページに表したものを棒グラフに換算しています。現在は情報通信機器、自動車分野が MEMS 関連デバイスの市場規模を引っ張っているという数字

が出ています。

次のページは市場規模予測を上限と下限で出して、その中間を取った数字です。これはいままでの表と同じ数字です。

4 ページ目は MEMS 種別ごとの市場規模の推移を調べています。「全分野」としてありますが、各分野ごと、MEMS の種類ごとにどのようなデバイスが市場で伸びていくかという分析をしています。ここで若干数字が変わっていて、お手元の資料では 2010 年度でトータル 1 兆 2339 億ぐらいと出ていますが、本当はトータル 1 兆 1800 億ぐらいで 1 ページ目に書いてある数字になるところです。少し重複がありまして、重複部分の末梢が間に合わなかったもので、そのまま出ています。

2015 年度も同じです。資料の中では 2 兆 1500 億強になっていますが、これも整理しなおすと 2 兆 4000 億という数字になります。

次に、この MEMS 種別ごとの市場規模の推移をグラフに掲げていますが、右下に小さく MEMS デバイスの事業展開が各分野別に棒グラフで並んでいます。これは別途行ったアンケートで、実際に MEMS デバイスメーカーが将来どういう MEMS デバイスの事業展開をする意思があるかという問いかけをした結果です。

たとえば 5 ページ目の、一番最初の情報通信機器関連分野では、市場規模の試算結果はセンサーMEMS をトップとしてこういう伸びがありますが、アンケートに答えていただいた企業では、「現状はセンサー、光が確かにあるけれども、将来 RF-MEMS の事業展開をしたい。さらにセンサーMEMS もグッと事業展開したい」ということがあります。したがって、この二つのグラフを比べることによって、実際の市場規模予想と各企業がどういう事業展開をしているかという一つの相関関係を取ることができます。このへんの関係については、委員会のほうでもう少し分析を加えたいと思っています。

以下同じように民生用電子・電気機器分野、アミューズメント関連分野、製造技術分野なども同様の考えで、現在の委員会の市場予測と各企業の事業展開の意思、傾向のグラフを分野単位にまとめています。

次に MEMS 関連産業構造の分析です。これはアンケートのほうから、MEMS 関連事業の企業規模別と、先ほどの小さなグラフですが、実際にこれをどう展開しようとしているかを各分野別、デバイス事例別に示しています。

このへんについては数字は出ていますが、整理、見直しをしている最中です。トータル金額はこのへんで変わりませんが、MEMS 種別の整理の仕方、各分野別で若干差が出ています。現在そこを整理中なので、このへんについてはご容赦願いたいと思います。以上が市場規模の結果です。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。それでは質問を受けたいと思います。お願いいたします。

[小寺委員] 4 ページの上の段の表と 2 ページの上の段の表の数字はどう見るんですか。

[阿出川 (MMC)] 本来これはトータルの数字は同じでなければいけません。実際の整理の仕方としては各分野別に、たとえば 2 ページ目の上の情報通信機器分野の中身は、アプリケーション機器と、そのときに使われる MEMS の種類を全部列記しています。ですから MEMS の種類という観点から、同じように 4 ページ目のほうをまとめ直すという作業で、分野と種別と両方で出しています。

[小寺委員] 最終的には同じ数字になるんですか。

[阿出川 (MMC)] 本来同じ数字のはずです。先ほどまでチェックして、だいぶ一致してきましたが、実は修正が間に合いませんでした。大変申し訳ございません。

[高島 (METI)] 最終的には修正されるんですか。

[阿出川 (MMC)] もちろん修正させていただきます。補足しますと、今日は数字の傾向の結果だけご報告していますが、現在委員会のほうで、こういう傾向、こういう数値に対して実際の技術の進展、もう少し広い意味のアプリケーション機器の市場の成長率を勘案して、これの分析を加える作業を進めています。今月中、来月早々ぐらいには、このへんの文書が出ると思います。したがって、今日は数字の報告だけで済ませさせていただきたいと思っております。

[加藤 (JATIS)] そのほか質問はございませんか。

[藤田委員長] 今回のロードマップのローリングにあたって、市場のことも考えながらやりましょうという趣旨ですね。わかる範囲で結構ですが、そここのところでコメントいただけませんか。

[阿出川 (MMC)] 市場成長率はアッパーとローアの数字を出しています。各委員の方から……。

[藤田委員長] そういうことを聞きたいんじゃなくて、どういう分野に注目するかということが大事ではないかと思えます。ロードマップは技術を見て、どの技術をやらなければいけないか、特に市場から見て伸びるべきところに注力して技術をやるべきだというリコメンデーションになると思えます。ですから、そここのところを教えていただきたいということです。

[阿出川 (MMC)] この予測の中身について若干検証を加えているのは携帯電話分野と自動車分野、ゲームの分野等です。ここの分野については伸びが非常に大きくて、技術の使われ方も複合的で、たとえばセンサーとアクチュエータとか、複合 MEMS 的なものになります。

そのへんについて非常に希望的な観点から、こういう技術を進めればこういう市場規模になる、この技術をさらに進めればこうなるというところで、いま言った注目分野について詳細な分析を加えております。

[藤田委員長] それでどうなんですか。検討を加えているといっても、今日は最後の委員会です。何でもいから、スニークプレビューで構わないので、ここから僕らが学び取

るべきこと、議論の中からヒントになることを教えていただければと思います。これを自分で見てということならそれでもいいですけども、時間的にひと月後に報告書を出していただいても、僕らには反映できないものですから。それはまだ難しいですか。

[阿出川 (MMC)] 大変申し訳ないんですが、ちょっとそこまでは。

[藤田委員長] わかりました。むしろ皆さんにパラパラッと見ていただいて、「こんなことに気がついた」ということをいただくほうが有効かもしれませんね。

[高島 (METI)] 1枚紙のほうで MEMS 関連市場の規模予想がありますが、この中で医療福祉機器分野と自動車分野が非常に伸びていると思います。2005 年から 2010 年、2015 年にかけて 3~4 倍という大きな数字になっていますが、どういう分野で増えたかについては後ろの紙の、たとえば自動車なら 7 ページ、医療福祉分野なら 8 ページの図を見て、それぞれの MEMS の素子が年度展開されていて増えているということが、これに直接反映されているという認識でよろしいですか。

特に自動車分野については、センサー MEMS は大きく変わらずに、RF-MEMS が伸びるという考えでよろしいでしょうか。

[阿出川 (MMC)] 衝突防止用とか、そういうところで応用分野がいろいろ広がっています。

[高島 (METI)] そういう項目についても文章化するという方針はございませんか。

[阿出川 (MMC)] 実はいまそれをしておりまして、3月の報告のときには入ります。

[橋口委員] 8 ページのグラフですが、市場規模が小さくなるものも見込まれるんですね。

[藤田委員長] 具体的には、流体 MEMS がやけに減るように見えますが。

[阿出川 (MMC)] このへんはどうして落ちているのか、実はいまわれわれのほうも調べております。

[小池委員] 流体 MEMS 系は、使い捨てのものがどんどん増えてくると非常に単価が安くなるということが少し反映されていて、金額ボリュームが下がっています。医療のほうもそうなっていると思いますが、そんなことを考慮しているようです。機器の価値をどう見るかという部分もあるんですが、いわゆる流体の小さな部分で見ていたと思います。

[藤田委員長] それにしても、いまより下がるというのは何か変ですね。

[小寺委員] そういうことはないんじゃないですか。流体のチップがコストが安くて小さくなったら、逆に高機能化してきて、周辺の、たとえば中につけるコーティングとか、センサーの材料が多様化して、そんなに下がらないと思います。特に医療用の保険点数はそんなに大幅に下がらなくて、1回の検査で 1000 円とか 1500 円ぐらいのものはずっと安定していますから、それが下がるとは思えないので。

[小池委員] 委員会の中でもその議論がありました。

[藤田委員長] もう少し見てもらったほうが良いような気がしますね。

[安達 (オブザーバー)] 今日の 1 枚物の数字でいくと、医療福祉分野のトータルの額

と、ここの表の額が少し違うように思います。たぶん、いろいろ反映した最終のもの一つ前のデータで、まだ更新できていないんじゃないかと思います。

〔藤田委員長〕 僕が見たところでは、センサーMEMS は注目している企業が多いけど、これはそんなに数が増えないようですが、自動車でマチュアしているところが、これから情報通信とか、民生とか、アミューズメントとか、精密機器とか、どこを見てもセンサーMEMS がやたらに伸びていますから、そういうところに波及していくというのが一つの観点ですね。

光 MEMS は当然通信のほうでは大きくて、最後の医療福祉が減るのはどうかかわからないけれども、流体と、あとはバイオ・化学ですね。回答企業を見ても、圧倒的にこれを増やしたいというところが多いようなので、先々そのへんに重点が出てくるのかなということは、ざっと見ても感じられます。

〔阿出川 (MMC) 〕 先ほどの医療のグラフですが、8 ページ目はまだグラフが直っておりません。こちらの細部の集計表ではパワーMEMS だけがちょっと下がっていて、流体 MEMS のところは一応伸びが出ています。数字的にいくと、2015 年度は流体 MEMS のところが相当増えていて、2010 年度が 647 億、2015 年度が 944 億です。

この理由は、医療福祉機器分野とバイオテクノロジーの分野の切り分けが非常に難しく、細部の別途の表では機器に分類できそうなものを医療福祉機器分野のほうへ、いわゆる分析機器としてできそうなものはバイオのほうへと実は入れ替えをしています。その結果が最終数値になりましたが、それがこのグラフの中には反映されておりません。

〔藤田委員長〕 わかりました。これは集計ミスで、「現在より減ることはない」というお話だったようです。ほかに何かありますか。僕が言ってはいけないのかな。

〔太田委員〕 確認になりますが、この数字は MEMS デバイスの生産高ではなくて、MEMS が使われているアプリケーション機器の生産高の中で MEMS が演じている役割について数字を出しているんですか。

〔阿出川 (MMC) 〕 基本的にそうです。もう一つ、現在の市場にないものは、たとえば介護ロボットのようなものと、厚生労働省の調べでは全国の介護施設数が八千いくつで、そこに介護ロボットが 1 台ずつ設置されたとします。経済産業省のロボットの間接報告の中に介護ロボットは 150 万～200 万ぐらいという数字も出ていますので、仮に全国の施設に 1 台ずつ行ったとして、その介護ロボットの中で MEMS 技術がどう使われるかということで、市場規模は介護ロボットが 150 万～200 万、それが全国に設置されたとしてトータル市場規模がこのぐらい、でも全部行くというわけにはいかないから、となります。

〔藤田委員長〕 そこが問題で、トータル市場規模はロボットのお金ですね。そのうちの MEMS が実際に使われている部分をどんどん掛けていって、小さくした数がここに入っているということですね。そういうご質問ですね。

〔太田委員〕 個人的な意見で、MEMS を生産している側からすると、ストレートの MEMS の

生産高みたいなものが出てくると、よりわかりやすいと思います。それも併せて出していただければというのが僕の希望です。

[藤田委員長] これはこの委員会で議論することかどうかわからないけれど、ストレートというのはMEMSに払ってもらえるお金という意味ですか。

[太田委員] ええ。

[藤田委員長] そういうご意見もあるようです。

[太田委員] 意見というか希望です。

[藤田委員長] MEMS 種別ごとの市場規模のほうで、光 MEMS とかスキャナがデバイスイメージとしてあるので、こちらだったらそのお金を併せて見ることは可能かもしれません。逆に言うと、それプラスこちらのほうに出てくるものが付加価値になるので、MEMS 一つがこんなに全体としての価値を押し上げたという見方もできるかもしれませんね。ここの委員会ではなくて下山先生に言わなければいけないことだと思いますが、ご検討ください。

[加藤 (JATIS)] そのへんは今回市場調査のアンケートをやらせていただきましたが、なかなか答えてくださっていないので、データを集めるのは非常に難しいかなという感じがしております。

では議題 1 に戻っていただいて「MEMS の標準化ロードマップについての紹介」を大和田委員、お願いいたします。

[大和田委員] それでは MEMS のロードマップの紹介をしたいと思います。最初のページは前回説明しているので飛ばします。

次のところも前回説明していますが、5 回の委員会を終了して、現在報告書をまとめている段階です。

ロードマップは二つの切り口から検討しています。一つは基盤共通技術分野ということで、さらにその中を加工プロセス、材料、基盤共通複合と分けています。基盤共通複合というのは材料やプロセスに共通で、主に信頼性分野ということですが、その三つに分けて、それぞれ技術動向、従来どういものが標準化されて、何がまだされていないのかという標準化動向、それをまとめた標準化技術マップをつくって、それぞれの標準化項目の位置づけ、優先順位、緊急性を加味して、それを時間軸にやり直して、最終的にロードマップをつくりました。

まず加工プロセス分野ですが、横軸は標準化の緊急性の大小で、右側になるほど緊急性が大きくなります。縦軸は国際標準を目指すのか、あるいは国際標準としないで社内標準にとどめるのかという軸で、右上になるほど国際標準にすべきものであるということになります。

そこに形状の表示法・断面形状、表面粗さ・プロファイル、フォトマスク図面・プロセス工程表と出てきます。この中で形状の表示法とかフォトマスク図面は、確かにニーズは高いんですが、一気に国際標準にするよりも、とりあえず日本の中でマイクロマシンセン

ターの規格というか、業界標準的なものをまずやって、様子を見て、なおかつ国際標準化したほうが良ければ、第 2 ステップとして国際標準にするということです。ファンドリーサービス等で、ユーザーとファンドリーのやり取りがいま非常に問題になっているので、まずそのへんを規格化していこうということです。

2 番目が材料の分野の標準化項目で、これも右上になるほど緊急性が高く、国際標準化したほうが良いということで、接合・接着・密着強度、寿命加速試験、標準材料などがあります。寿命加速試験と標準材料については、現在経済産業省の基準認証研究開発事業として進めています。接合も来年度以降、そういうかたちでやっていきたいという方向で考えています。

これが基盤共通ということで、主に材料等の信頼性にかかわる部分ですが、耐久性評価法、接合強度、衝撃試験の重要性が高いということでピックアップしています。それをまとめたのが次のグラフです。

時間軸を加味したロードマップというかたちにしてあります。たとえば加工プロセスでは「プロセス工程表・形状の表示・フォトマスク図面」が緑色になっていますが、これは国際標準にするのではなくて、まず国内の業界団体規格をつくってみようということで色分けして表示しています。その下の青い「表面粗さ・プロファイル計測法と表示法」は国際標準として提案していこうという計画です。

材料のほうでも、「力学特性評価用標準試験片」や「加速寿命試験法」は青ですから、そこについては経済産業省の基準認証研究開発事業として取り組んでいます。さらにそれを発展させて、「寿命統計解析法」とか次のステップに進むことになります。

材料ではさらに接合強度試験法等にも取り組んでいます。基盤複合としては衝撃試験法とか電荷トラップの計測法など、優先順位に応じて順次取り組むことを考えています。あとは人材育成や、国際標準にした後の管理・運用など、諸々の周辺部分も考えながら進めます。

これはいま言った色分けで、赤は第 1 グループとして従来規格が適用できるもの、青は新規に国際規格として研究開発をしながら進めていくもの、緑はまずは MMC 規格として、国内業界団体規格としてつくり上げて次のステップを考えていくものです。この 3 段階に色分けしながら考えています。

次はデバイス分野の標準化ロードマップです。先ほどの市場調査でも、市場分野としては情報通信と自動車が圧倒的に大きいということで、いろいろなニーズはありますが、特に携帯用と自動車用に絞り込んで標準化を考えてみました。

そして市場がどういう方向に進んでいて、そこからどういうニーズが出てくるかという市場ニーズに、MEMS デバイスとしてどういう技術動向が図られていくのかを加味して、標準化技術と標準化ロードマップをつくっていきました。

デバイスの中でどういう項目を取り上げるかということで、一番ニーズが高いのが信頼

性の評価方法と評価条件、性能の評価方法と評価条件です。こういうものが国際標準化として重要だということです。

インターフェースとパッケージングもあって、国際標準化の必要性は確かに高いのですが、国際標準にするのはなかなか難しいので、位置づけとしては下のほうにきています。

携帯用に注目してみると、これも右上になるほど国際標準としての重要性が高くなり、加速度センサー、シリコンマイク、地磁気センサー、角速度センサーなどがあります。薄緑のものがセンサーアクチュエータ系、青が通信系、黄色がパワー系で、あとはフィルターとか RFスイッチというグループが国際標準化の重要性が高いデバイスとして浮かび上がってきました。

こちらは自動車用の MEMS デバイスの国際標準化の位置づけです。これも右上のほうが重要性が高くなります。さらに自動車の中でも、エアバッグシステムに使われるもの、タイヤ空気圧に使われるもの、スタビリティコントロール、電子制御、ナビゲーションと使い方はいろいろあるので、それも色分けしています。

青のエアバッグ系としては加速度センサーが圧倒的に重要です。緑のスタビリティコントロールでは加速度センサーとヨーレートセンサー、電子制御燃料噴射システムではエアフローセンサー、ナビゲーションシステムではジャイロセンサーと加速度センサーが国際標準化の重要性が高いということで浮かび上がってきています。

今度は時間軸、優先順位、戦略性も加味してロードマップというかたちにしました。これは携帯用の MEMS 標準化ロードマップですが、市場ドライバとしてどういうものがあるのか、それを受けてデバイス、標準化項目というかたちでまとめました。

先ほど非常に重要性が高かった加速度センサー、音圧センサー、圧力センサーと通信系のフィルター、RFスイッチ、発振器等が当面着手すべき項目になると思います。

こちらは自動車用の MEMS 標準化ロードマップです。この場合も市場ドライバとして衝突安全、予防安全、省エネ・燃費があり、デバイスとしてはエアバッグ用加速度センサー、車両制御用ヨーレートセンサー、カーナビ用ヨーレートセンサー、逆流検知エアフローセンサーなどが優先順位の高い項目として当面取り組むべき課題だということが浮かび上がっています。以上です。

[加藤 (JATIS)] ありがとうございます。マイクロマシンのほうから説明はありますか。特にないですか。それでは質問を受けたいと思います。お願いいたします。

[一ノ瀬 (NEDO)] 共通基盤のところの標準化はいまのものでわかりませんが、自動車用でも携帯用でも、デバイスの標準化は具体的にはどういうことを言いますか。

[大和田委員] 一番大きいのは、いろいろな特性項目の測定法になります。たとえば加速度センサーだと加速度とか、センサー特有の評価項目がありますが、それをどうやって測るかです。そのへんは必ずしも世界共通に基準化されていないので、各社各様でバラバラの測り方をして「うちの製品はいい」「こっちは悪い」「他社に比べてこれだけいい」

と言っていますが、違う測定法で測っても客観性がないので、まず客観的な物差しづくりをきちんとしてほしいということです。

〔一ノ瀬（NEDO）〕 たとえば加速度センサーは、エアバッグ用としてはこの方法で測ったものを基準として車に乗せないといけなないと決まった場合、それをヨーロッパに輸出しようとしたら、全部そのデータを入れておかないとまずいということですか。その方法でやらないと輸出できないということですか。

〔大和田委員〕 加速度センサー自体を貿易で輸出する場合は、IEC/ISO 規格に準拠してやってくださいということが WTO で決まっていますから、国際規格が成立すれば必ずその方法でやることになります。

〔一ノ瀬（NEDO）〕 たとえば測定装置に特許を取っておいて、特許を取っている測定装置を使うことが決まれば、それはぼろもうけになるということですか。決まらないとは思いますが。

〔大和田委員〕 特許の扱いはそうなります。もし「必ずこの方法で測定しなさい。測定するには、必ずこの特許を使わないといけなさい」ということになれば、測定器をつくったところ、その特許を持っているところは非常に有利な立場になります。

〔土屋（METI）〕 たとえばこういう 2 次元のグラフのときに、国際標準を目指すか目指さないかという切り口にすごく興味があります。実際にここを判断した基準と言うと硬いんですが、どういうものに対して国際標準を目指して、どういうものは目指さないか。というのは、たとえば企業の個別の技術戦略の中での総意として判断されたかもしれないし、技術特性として標準化に合う、合わないもあると思います。

省内でもよく議論しているのが、技術流出防止でクローズにするか、またはオープンイノベーションと言うように、むしろあえて打って出ていくかということです。その判断基準で喧々囂々となっているので、縦軸のところはどういう考えで上下を整理したかお伺いできればと思います。

〔大和田委員〕 明確な答えは難しいんですが、たとえば特許化が非常に難しく、ノウハウとして社内にとどめておいたほうが良い項目もあります。いったん特許化されれば、先ほどのようにそれが非常に有効に活用できますが、特許として表現しづらくてノウハウにとどめたほうが良い技術については出さない。それから標準化が非常に難しい分野があるので、特に全社共通でやる必要はなく、各社各様でやれば良いものについては、あえて規格というかたちではなく各社のものにしたほうが良いということです。

そのへんはかなり感覚的な要素があって、定量的に表現するのが非常に難しいので、お答えは非常に大変ですが、そういったことがあると思います。

それと測定法のようなものはいいんですが、たとえばプロセス技術のようなものは必ずしも標準化する必要はなく、プロセスは各社各様で得意、不得意があります。できあがったデバイスの電氣的な特性としてはある程度基準を設けたほうが良いんですが、無理や

り「こういうプロセスでつくらなければいけない」ということではなくて、それをどうつくるかは各社各様に工夫すればいい問題で、あえて標準化する必要はないと。

今回も加工プロセスという項目があるんですが、あくまでもそれは評価法ということでやっていて、プロセスのやり方自体、プロセス技術自体を標準化するということではありません。たとえばそこにあるエッチング法、成膜法、マイクロマシニングは標準化すべきものではなくて、各社の社内技術として蓄積すればいいものだと考えております。

[高島 (METI)] まず初めに図を描いて、それを標準化として矢印で示すのは非常にわかりやすい構成になっていると思います。図の中で第 1 象限に出てくるもの、さらに右上に来るほど標準化が必要になってくるという認識だと思えますが、第 1 象限にあるものはすべて矢印として示されているということでしょうか。

[大和田委員] 基本的にはそうです。ただ優先順位、重要性の順位で一番右上にあるものは必ず示していますが、中央付近のものは必ずしもやっていません。

[高島 (METI)] 将来的に線がクロスする部分は、必要性についてはグレーというお考えですか。

[大和田委員] そうですね。ただ、これはあくまでも 2006 年時点の判断で、3 年後、5 年後、10 年後に優先順位や重要性が逆転することも当然あります。現時点では一番右上のものに注目しますが、それ以外については、もう少し時間の推移を見ながら考えていきます。

[高島 (METI)] もう 1 点教えてください。基盤共通技術で人材育成がありますが、その部分で業界規格、MMC 規格、標準規格の制定にあたってというのは、人材について講習などを行って免許とかグレードを交付することを想定されているんですか。

[大和田委員] そこまでは考えていません。国際標準にしても、MMC 規格をつくるにしても、標準化はある程度専門的な、特有な知識や経験が必要になってくるので、そういう人材をなるべく増やすということです。ほかの既存の分野ではそういう人がたくさんそろっているのに新たな人材まで考えなくてもいいんですが、MEMS は非常に新しい分野で、標準化の経験のある人が少ないので、そういう人をもっと増やそうということです。

[高島 (METI)] MEMS の場合、今後人材育成が非常に重要なファクターになってくると思うので、ご意見等ありましたら後で教えていただければと思います。会議とは関係なくですみません。

[橋口委員] いま大学の場合は JABEE みたいなものがありますね。教育のカリキュラムが統一化されて、技術士だったか、資格を与えるという動きがありますが、その MEMS 版みたいなものを標準化するというイメージですね。

[大和田委員] 資格をどうするかということまではまだ考えていないんですが、とにかく経験のある人材をたくさんそろえよう、人材を増やそうということです。

[藤田委員長] 大学の立場で言えば、どういうものが教えなければいけない必須の要素で、それ自体をどう学んでほしいか、プロセスに関してはこう、デザインに関してはこう

というものがあると思います。そのへんはゆっくり考えなければいけないし、外国の大学、UCLA などでは MEMS のための標準カリキュラムで半導体プロセス講座を取りなさいとか、物性の置き換えの何とかを取りなさいということをやっています。

だからそのへんは、僕らも遅れないように考えていかなければいけません。これはむしろ大学の自戒の言葉でもありますが、そこは要求される場所と産業界で必要とされることを照らし合わせながらやらないと、机上の空論ばかりやっても仕方ないので、ぜひそういうフィードバックをいただいて、こちらはこちらで考えるというほうがよろしいと思います。

[浅海 (NEDO)] 先ほどまでの意見と関連するところがありますが、プライオリティーをもう少しつけたらいいのではないかと私なりに思っています。たとえば自動車用の MEMS でも、いまタイヤ空気圧センサーは法令化が迅速に普及しています。ですから逆に法令化に時間軸を合わせたかたちで標準化もリンクさせていくべきだとか、そういったイメージで戦略的な話が出てくるといいのかなと思います。

将来的にもインフラが整備されて、インフラと MEMS の関連性が高くなったときに、インフラとの協調制御みたいなところでプライオリティーをつけて、横軸の時間軸ももう少し合わせ込むかたちにしたらどうかと思います。

[大和田委員] 大変貴重なご意見として伺っております。実は今回初めて標準化のロードマップをつくりました。ですから今回は第 1 次バージョンと位置づけて、来年あるいは再来年以降これを見直して、時間軸の精度をもう少し上げるとか、法制化の問題とか、新しいテーマをどんどん取り入れて、より確実性の高いものになるようにしたいと思っています。

[加藤 (JATIS)] では議題 2 はこれで終わらせていただきたいと思います。次に議題 3 に入ります。ここから決めていくことが非常に多くなりますが、議題 3 は「MEMS 分野の技術戦略マップの本文の見直しについての討議・確定」です。資料は 3-3 です。ここからは司会を藤田委員長にお願いして、討議・確定していただきたいと思います。よろしく願います。

[藤田委員長] いままでは楽しい議論で、あまり責任がなかったんですが、これからは物事を確定していくので、きちんと決めていかなければなりません。かつ、あと 2 時間半になってしまったので、時間のことも考えながら、簡潔できちんとしたものをやっていきたいと思っています。よろしくご協力をお願いいたします。

それでは、まず事務局から資料の中の見直し点について説明していただけますか。

[加藤 (JATIS)] 資料 3-3 の 2 ページ目を開いていただきたいと思います。(4) は標準化についての記述を大和田委員にさせていただいたものです。次に 4 ページ目です。「10 年後の MEMS 製品の具体的なイメージ」で色が変わっているところがありますが、これは小寺委員に追加修正していただいた部分です。5 ページ目は明渡委員から「こういう言葉、分野

を追加したらどうか」ということでいただいたものです。

ここにつきましては、事前配布で皆さんに資料をお送りしています。(4)の標準化のところを注意して見て、ここだけ議論していただければいいと思います。

[藤田委員長] どうもありがとうございます。まず大和田さん、IIのところを読んでいただけますか。

[大和田委員] 「さらに、我が国の MEMS 技術・製品が世界市場において優位性を獲得するためには、我が国産業界の利害を反映した各種デバイスや基盤技術の国際標準化を先導的に進めることが重要である。このためには、標準化ロードマップによる MEMS 標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進、等の標準化活動を継続的に取り組むことが必要である」。

[藤田委員長] この文章はオープンになるのでしょうか。「我が国の産業の利害を反映した」というのは、やや公の文章にはふさわしくないような気がします、どうしたらいいでしょう。

[土屋 (METI)] 競争力はどうですか。

[藤田委員長] 「競争力を強化するための」とか、どういうふうにしますか。案をいただけますか。

[土屋 (METI)] 「競争力を強化すべく、各種デバイスや」と。

[藤田委員長] そうしましょうか。それでは2行目の「我が国産業界の利害を反映した」は「我が国産業界の競争力を強化すべく、各種デバイス」としたほうが刺激が少ないと思います。ほかにどうでしょうか。あとは大丈夫ですか。よろしいですか。では、ここはこれでいいです。ほかに若干の修正等があるようですが、特にご意見がなければこれで行きたいと思います。いかがでしょうか。

とてもつまらないことを言っておくと、4 ページの小寺先生の Adaptive Optics の後の「」が抜けています。「AO (Adaptive Optics)」ですね。バイオ MEMS のところの名前は、いまはあったほうがわかりやすいということで後で消していただくんですね。よろしいですか。もし何かお気づきのことがあれば、終わりまでに一言いただきたいと思います。

では先に行きましょう。技術戦略マップはこれで確定です。議題4は「MEMS 分野の導入シナリオの見直しについての討議・確定」です。では資料3-4について、見直し点の説明をお願いします。

[加藤 (JATIS)] 資料3-4を開いていただきたいと思います。A3 カラーの2ページものの資料です。2ページ目の一番下にある「環境整備」の「標準化」というところに三つの枠がありますが、二つ目と三つ目、「基盤共通技術の IEC 規格化」「MEMS デバイスの IEC 規格化」について同じように大和田委員から修正していただいております。そのほかは特に修正していません。以上です。

[藤田委員長] それでは標準化の記述のところでご意見をいただきたいと思います。い

かがでしょうか。大和田さんに入れていただいたところは、先ほどのものでとても重要であると。

[大和田委員] エッセンスを短く入れています。

[藤田委員長] 「加工プロセス試験法」と書いてありますが、これは試験ですか。計測とか評価という言葉のような気がしなくもありません。これはできたものの評価だから、評価法のほうがいいですね。「基盤共通技術の IEC 規格化」というところに三つ書いてある真ん中、「加工プロセス試験法（表面粗さ・プロファイル等）」は、試験法を評価法に改めてください。

時間軸は 2025 年まで延びていますが、イメージはこのぐらいですか。

[大和田委員] 標準化はテーマは変わっても常にやるということで。

[藤田委員長] そういう意味ですか。

[大和田委員] 一つひとつについてはもっと短時間になります。

[藤田委員長] 三宅さん、何かありますか。

[三宅 (METI)] 質問というか提案です。1 ページ目の「研究開発の取組み」で個別デバイスが挙がっていると思いますが、これは導入シナリオの 10 年後のイメージにあったものだと思います。それに対して 20 年後のイメージも加えてありますが、それに対応するものがあつたほうが良いと思います。

[藤田委員長] 確かにもっともなご意見だと思います。いまはどうなっていますか。

[加藤 (JATIS)] 文章だけは入っていますが、絵はまだです。

[藤田委員長] ちょっと抜かしていましたね。私は頭が整理できていないんですが、最後にロードマップがあつて、それでだいぶ追加したので、それをこれにも反映させないとまずいと考えていいですか。

[三宅 (METI)] ここに載っているということは、それなりに研究開発をして重点的に取り組むということなので、光、RF、センサー、バイオは重要だと言っていますが、それに対して 20 年後にやろうとすることがないと、たとえば新規に始めようとしたときにどう説明しようかなというところがあります。

[小池委員] 技術戦略マップの 20 年後のところに結構入っているの、これをちりばめれば良いと思います。

[三宅 (METI)] それをちりばめて 2007 年とか 2008 年とか、先から先のほうまで矢印を加えれば良いと思います。資料 3-3 の 6 ページ目以降に「20 年後の MEMS 製品の具体的なイメージ」とありますが、それに対応するものがここに入ると。

[藤田委員長] おっしゃるとおりです。ここで言うと、環境・エネルギー分野のエネルギー・ハーベスティングとか、オンサイト何とかというものをここに入れなければいけませんね。

[三宅 (METI)] 簡単に、ここからかいつまんで入れて、矢印は少し先から始めるとい

うイメージです。

[藤田委員長] これはどういうふうにお願ひでしょうか。マイクロマシンセンターのほうで何かお考えはありますか。

[安達(オブザーバー)] 私どものほうで早急にやらせていただいて、イメージとしては2008～2009年ぐらいからのスタートというかたちですね。

[藤田委員長] 2010年の点線がありますから、このあたりから始まって、その先にはと伸びるということで、いまあるものはすでに始まっているものばかりなのでプラスアルファをつくっていただく。それを基に、先ほど決めた資料3-3の「MEMS分野の技術戦略マップ」の6ページ以降から抽出して、大事なものをに入れていただく。これがありますから、特に厳しい討議をしなくても、全部は入らないかもしれないのでプライオリティーだけ見て、大事なものを拾っていただければと思います。

[安達(オブザーバー)] その中の一部を1枚目の一番上の「市場の動向」の革新的MEMSの例として、ウェアラブル、インプラントブル、環境無負荷とありますが、整合を取っていくかたちで書いたほうがよろしいですね。

[藤田委員長] 「企業の取組み」のあたりはいかがですか。いま2025年までつながっているのは高集積複合MEMSしかないという状況ですが、荒川委員、太田委員、どうですか。これも少し増やしたほうがいいですか。

[荒川委員] 企業としてはMEMSのほうは事業領域になりますが、研究領域で基礎研究として、MEMSとナノで事業化が起きないかなということもテーマ的に挙げようとしています。そういう意味では、MEMSの基盤の研究所・部門の設立は、有機デバイスとか電子デバイスが融合したような研究領域になってきているので、そういうものを入れていただければ、われわれとしてもこれをもって上を説得しやすいと思います。

[藤田委員長] 1ページ目の「企業の取組み」の「高集積複合MEMSの新デバイスへの展開」の下に、2010年ぐらいから始まって右に長くなっていくナノ材料やバイオとの融合を入れていただくといいですね。中身はどうしますか。ご希望があれば、考えていただいて、安達さんだか、マイクロマシンセンターに送っていただけますか。

[太田委員] 荒川さんがおっしゃったのは、「基盤技術開発用研究所・部門の設立」のところで、高集積MEMSの黄色の部分までしか入っていないので、さらにナノテクとかバイオとか複合した新しい研究領域も必要だろうということで、その二つを入れればいいのではないかと思います。

[藤田委員長] ぜひそのへんを書き加えて、かたちはセンターさんで整えていただければよろしいと思います。さっそくお願いできますか。ほかにどうですか。小寺先生、お願いします。

[小寺委員] 帯の色のつけ方ですが、緑、黄色、赤が何を意味しているのかがよくわかりません。

[加藤 (JATIS)] 四角のものははっきり色を分けることができますが、棒のところは、2色ならできるけれども3色は非常に難しいので苦労してつくっています。

[三宅 (METI)] 「市場の動向」で単機能 MEMS、高度化単機能 MEMS、高集積 MEMS、革新的 MEMS と、各フェーズで MEMS のデバイスの色分けがしてありますが、それぞれこういった技術がどう流れて、どこで使われるかというのに対応して色分けしています。

ですから「企業の取組み」の最初の「半導体製造装置を使った加工技術の開発と単機能 MEMS」というところは緑ぐらいまで、そこから先に行くと専用装置が出てきて高集積にかかる場所、高集積 MEMS の新デバイスは高集積から革新的にかかるという感じで流れています。

[藤田委員長] それのコンテキストで言うと、さっき「企業の取組み」でお願いしたのは、ピンクのところメインになるような矢印を書くことですね。だいぶはっきりしてきました。

[高島 (METI)] 来年度ですが、この技術戦略マップはカラーではなくて白黒印刷ということもあります。申し訳ありませんが、事務局さんに頭を使っていただいて、白黒でもわかるようなグラデーションにさせていただければと思います。

それは24分野すべてそうで、また技術マップ、ロードマップについてもカラーではなく白黒でもわかるようなグラデーション、背景でつくっていただきたいというお願いです。ややこしいお願いで申し訳ありません。

[藤田委員長] これは技術的な問題として解決していただくしかありませんが、分かれていること自体はいいことなので、網掛けの濃度とかパターンを工夫いただいて、よろしくをお願いします。

単機能の MEMS はもう終わったことだから、これに逆に色をつけて、高機能を白から始めて徐々に網掛けを濃くしていくとか、そういう工夫をすればいいかもしれません。ほかにご注意はありますか。それでは導入シナリオは確定させていただきたいと思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] マイクロマシンセンターが修正したものを委員の先生方に投げて、期日を決めてもらって、そこで問題がなければ確定というかたちです。

[藤田委員長] ごめんなさい。私の勘違いです。そのとおりです。ありがとうございます。まずこちらのデッドラインがあるので、そこから逆算するべきだと思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] 次の研究開発小委員会はいつになるでしょうか。

[高島 (METI)] 4月9日ですので、3月15日または20日をめどに作成していただけると、僕も少し息をつきながらできます。

[小池委員] これ自体をマイクロマシンセンターできれいに書き直せばいいのか、それとも先ほどの未来部分だけなのか。事務局さんの網掛けの部分もあるので、よろしければマイクロマシンセンターで未来デバイス系の記述をして、お渡しして、そちらで清書していただければと思います。

[加藤 (JATIS)] そうしたら、うちで色なり白黒化等の工夫をします。

[藤田委員長] 最終的に出すときにきれいにしていただければ、皆さんに確認をもらうのは網掛けである必要はないので、そこは並列してやってください。いつセンターからもらって、皆さんにいつ投げいただけますか。少なくとも 1 週間は僕たちが見る時間が必要とすると 3 月 5 日ぐらいですか。

[加藤 (JATIS)] 言葉はいつごろできるでしょうか。

[小池委員] 来週いっぱいだから 2 日ですか。

[加藤 (JATIS)] そんなにかかりますか。できれば 28 日ぐらいまでに言葉をいただいて、委員の皆さんに送って回答をいただいてまとめることにしたいと思いますので、来月初めぐらいには委員の皆さんにお送りできると思います。

[藤田委員長] そうしていただけますか。皆さんも、来たらなるべく早めにレスポンスするように、よろしく願いいたします。こういう手順で確定することでよろしいと思います。

次は 5 の「MEMS 分野の技術マップの重要技術の見直しについての討議・確定」に入ります。ここは少しややこしいところがあると思いますが、資料は 3-5 です。事務局から説明をお願いします。

[加藤 (JATIS)] 資料 3-5 を開いていただきたいと思います。この資料は第 2 回 MEMS 委員会が開かれた後、委員の皆さんにフォーマットをお送りして、それぞれの技術について重要度と評価の視点を回答していただいたものを整理したものです。3 枚目の一番最後を見るとわかるように、小寺先生から始まって全部色分けして、どの先生がどう答えたかというところまで出させていただいています。

その右の評点付けというところで、A を 3 点、B を 2 点、C を 1 点として、それぞれの技術について平均点を出しています。それが一番右の平均点です。その平均点を基にして、私の勝手な基準で 2.8 点以上をサンプルとして、左の重要技術課題のところをマーキングしています。マーキングが多すぎる場所もありますが、2.9 点とか 3.0 点となるとガタツと少なくなってしまうので、いまのところ、こういうマーキングをさせていただいています。以上です。

[藤田委員長] どうもありがとうございました。最初に教えていただきたいんですが、「全部重要だ」としたいけれども、そうもいかないですね。A は 50%に下さいということが評点をつけるときに書いてありましたが、どのくらいの数なり割合がめどだと思われませんか。

[高島 (METI)] 数のめどについての数字はまったくございません。ただ全部重要であるということで網掛けするのは意味がないので、先生方のほうで現在事務局から出ている案についてたたいていただければと思います。

[藤田委員長] これが最初の前提条件ですね。そこに入る前に空欄があるので、それを

何とかしなければいけません。

[加藤 (JATIS)] 2 ページ目の上から五つ目です。

[藤田委員長] 「ナノ材料ビルドアップ技術」「共通」で赤くなっていますが、どなたからも返事がいただけませんでした。何だかわからなかったという話かと思いますが、わかる方から「これに関してはこんなものだよ」と言っただけですか。この赤い色の意味はなんですか。

[加藤 (JATIS)] 前回の委員会で項目が出なくて、その後マイクロマシンセンターから追加で出てきたものです。

[藤田委員長] センターからご説明いただければ一番いいんですが、心配ですね。

[安達 (オブザーバー)] 資料 3-6 の 5 ページですが、こちらでは狙いとして多層回路基板の形成ということで、これをターゲットにしています。

[藤田委員長] 中身は多層回路がある、いまのセラミック基板の高級なものという感じですか。

[安達 (オブザーバー)] ここではあえてナノ材料と言っていますので。

[藤田委員長] カーボンナノチューブとか。空けておくわけにもいかないの、皆さん、いかがでしょうか。あまり意見がないと B ぐらいになって色がつかないけれども、いいですか。荒川委員、太田委員、どうですか。

[荒川委員] イメージがわからないんですが、たとえば回路の配線層の銅や金を、1 枚銅をやって、次にスルーホールを空けて、それをナノぐらいの厚さで張るという意味にとらえるのですか。

[藤田委員長] 資料 3-5 の 2 ページに戻りますが、「異種融合技術」の 4 カラム目が「配線技術」で、CNT と書いてあります。自己配線が伸びるとというのが 3.0 でトップランクになっていますが、多少は関係がありますね。もちろん多層にするということで、ビルドアップだから違うんですが、こういうところで多少カバーできるなら、無理に黄色くしなくてもいいような気もします。どうですか。

大きいほうのロードマップでは、CNT の配線でどれだけ密度を密にしていけるかを考えているようです。皆さんからそんなに強いご意見がないようなので、とりあえず B ぐらいでいいですか。エイヤで B とさせていただきます。2.00 ではないけれども、A で 3 をあげるには狭いかなと。

次は重要技術についての評価です。どれも重要であるというのは、おしなべてそうですが、そうはいつでもめりはりは必要だという観点で、何かご意見をいただけますか。

[橋口委員] いま未来デバイスなどで計画を立てている何種類かのデバイスがありますが、それに沿うかたちで重要技術をピックアップしたらどうかと思います。

[藤田委員長] どうもありがとうございました。具体的なやり方でもいいですが、ほかに何かありますか。

[安達 (オブザーバー)] かなりのものが重要度が高いという評価になっていて、これの中から何を選ぶかという話になると議論として非常に難しいので、先ほどの全体のロードマップの絵と対応させていく必要があると思います。

先ほどの導入のシナリオでは、黄色の部分は高集積 MEMS でやられていて、革新的 MEMS がその後に来るので、新たな MEMS をつくっていく際に必要な技術は当然変わってくるだろうと考えると、高集積 MEMS にとって重要な技術とは何か、さらにその次の革新的 MEMS にとって何が重要かという二つの視点で評価するほうが、より明確なメッセージとしてロードマップに載せられるんじゃないかと感じます。

[藤田委員長] 偶然黄色で重要度がついていますが、先ほどの 3-4 で言うと、赤い重要度を少し区別して見ていくと、まず 2010 年ぐらいのところで大事な項目。それから 2015 ~2025 年、特に今回 2025 年を付け加えたので、いまはやっていないけれども先を目指していまから仕込んでおくもの。これから大事になってくるもの。ロードマップだから時間軸のイメージを入れて重要度も色分けをしていく。もちろん通じて重要なものも当然ありうると思いますが、そういうご意見だと思います。そのへんは、どうでしょうか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 現時点の重要度は黄色で評点をつけるところだけど、そうは言いつつ今後重要になってくるものがあるので、別の軸としてこの中で場合分けするということですか。

[高島 (METI)] 具体的にはどういうものでしょうか。

[藤田委員長] いい例かどうかわかりませんが、たとえばナノでワイヤーをつくるというのは、すぐには役に立ちませんね。だから 2010 年の重要度で言うと、やや低くなるかもしれません。だけど 2025 年の時点で考えると、もう金属でやっている時代ではなくてナノワイアで全部できるだろう。だから 2025 年用の赤い重要度のマークをここにはりつけるということだと思います。

[高島 (METI)] この技術マップの中に時間軸を加えるということですね。

[藤田委員長] 重要度の評価のところをのっぺりするのではなくて、近々の重要項目のマークと、長期的視野に立って重要と見てぜひサポートすべきものの二つに分けると、「このへんを優先的に手を打って、先行きはこうしなさい」というメッセージになると思います。

[高島 (METI)] わかりました。この書き方だと、技術項目についてはすべて掲載しますね。黄色い部分については重要項目として掲載して、長期的に見たときに大切なものはたとえば太字とか、そういう書き方をするということですか。

[藤田委員長] それは表現の問題ですから。

[高島 (METI)] それについて記載してわかるようにしていただければ、先生方のほうでオーソライズいただければ結構です。

[藤田委員長] さっきのものに倣えば、薄いハッチングで重要というものと、濃いハッ

チングで重要というものがあって、薄いのはすぐにやりなさい、濃いのは基礎からやりなさいと。

別の言い方をすれば、いわゆる企業化レベルとして重要なフェーズと、今後の基礎の発展として重要なレベルという仕分けがあるということです。それは大丈夫ですか。

[高島 (METI)] はい。

[藤田委員長] そういうふうに見分けて、どうでしょうか。小寺先生、何かご意見はありませんか。

[小寺委員] それでいいと思います。上位概念と下位概念が交じっているの、そのへんが少し整理できるかもしれません。

[藤田委員長] いまの点は大事なところなので、いいにしろ、悪いにしろ、ご意見をいただくとありがたいんですが。寒川先生、どうでしょうか。

[寒川委員] いまのでいいと思います。

[藤田委員長] 明渡委員はどうですか。

[明渡委員] 小寺先生が言われたように、上位概念、下位概念の錯綜みたいに見えるところが、人の目にさらされたときに理解しにくいというか、くみ取りにくい感じがするんじゃないかと思います。

[藤田委員長] 少し別の観点だと思いますが、若干の整理をして一緒にするほうがいいところもあるというご意見ですか。

[明渡委員] それによって項目数が減るんじゃないかと思います。

[橋口委員] 非常に細かく分類されているものを、ひとくくりにして別の言葉に直したら3~4個が1個になるということだと思います。

[竹内委員] 具体的に何パーセントぐらいを重要度に設定するんですか。

[藤田委員長] めどはないようです。ただ、くどいですけど9割重要と言ってしまうと重要をつけた意味自体がなくなってきますね。そういう意味で「いま重要」と「先に重要」とすると、6割ずつとか4割ずつぐらいになるというのが目論見ではあります。

あとは最初の例で言うと、「エッチング技術」の中のナノピラー形成とナノポーラスは違うかもしれないけれども、ナノピラー・ナノポーラス形成にすれば1個になるとか、そういう技を使って多少減らせばいいということでしょうか。

ロードマップのしっかり詳細にやるものとこれは、まったく同じでないといけないんでしょうか。

[高島 (METI)] まったく1対1である必要はなくて、技術マップに掲載されていてもロードマップには掲載されていないケースがあっても結構です。ただ技術マップに掲載されていなくてロードマップに掲載されているのはちょっと困ります。技術マップに掲載されているものを、すべてロードマップに掲載する必要はありません。

[藤田委員長] そうするとA4のほうが重要というか。

[高島 (METI)] ここに載っているものをすべてロードマップ化する必要はありません。技術的にロードマップ化できない項目もあると思います。

[藤田委員長] 細かい話になってしまうと良くないんですが、ピラーとポールスで分けてあるのは、技術マップで数字を書こうとすると定義する数字が違うので困ってしまうからだとか、テクニカルな問題があるんですね。

[高島 (METI)] これからロードマップの審査をやられると思いますが、そのときに書けないとか、これは掲載するべきではないというものがあれば、そこは削るかたちでもよろしいと思います。

[藤田委員長] 小寺先生、どうでしょうか。

[小寺委員] A4 のほうが基というか、これを包括していないといけないので、二つを一つにするのはあきらめて、20 年後と少しすみ分けをして、ずらして書くとか太文字にして対応してしまうのがいいと思います。

[藤田委員長] 企業側の委員の方はいかがでしょうか。

[太田委員] 僕も現実的に 10 年を目指したときに重要だという視点でつけてしまいましたが、作業をどうすればいいのかということになって、25 年とか、もっと先を見たときと具体的に二つの表をつくらなければいけないのかなと思いました。

[藤田委員長] 本当に皆さんに投票いただくかどうかは別として、たとえばこちらで原案をつくって、「このへんの項目に関しては 25 年のほうで重要度をつけたいと思います」ということで見ていただくことを考えています。もともと基本的に黄色についているものがかなりあるので、これを尊重したうえで、多少当方で考えさせていただいて、10 年で判定されたがゆえに黄色になっていないものがあれば、それを 25 年レベルでの重要度と入れる可能性もあるとは思いますが、原則としてはいまの黄色を尊重したかたちで分けたいと思っています。

もう一度 A、B をつけるのは大変だと思っている方もおられるかもしれませんが、それは必要ないだろうと思います。ほかにご意見はありませんか。

[荒川委員] 私はデバイスという観点で、デバイスにとって重要かどうかで回路あるいは中のチップそのもの、パッケージにおける項目が A だとかたちで評価をつけています。25 年というスパンでもやっていかないといけないという観点、すなわち 10 年でも性能をまだまだ追いかねなければならない項目があるというところからつけました。

[藤田委員長] 荒川委員としては、10 年も 25 年も通して大事なところに A をつけたと考えるとよろしいですね。ともかく 10 年後も含めて、いまからプッシュしなければいけないことなので、どちらの概念が優先するかというと、まず当面やらなければいけないことのマークのほうで、いますぐではなくても、もしくはすぐに産業化につながらないかもしれないけれども、将来の競争力として大事だからやりましょうというのがサブカテゴリーというか、次のものとしてきます。だから 10 年から 25 年までずっと通して大事なものは、

いまから大事とマークをつけたいと思います。

ほかにいかがでしょうか。いまのようなことで、3-4 に倣ってあえてピンクと言うと、ピンクをつけるということで何か案を考えられますか。

[安達 (オブザーバー)] 青字あるいは赤字で示しているものは、今回新たに追加した項目ですが、この項目の基本的な考え方は「ピンクのところを実現するために必要だろう」ということで提案しております。そういう意味ではすでに二つの視点で提案していると考えていただいて、その中で重要な度合いですが、すでに黄色がついているもので青の文字はピンクに変わるということが一番簡単な方法だと思います。その中で「そうじゃない」という意見があれば、それをここで協議するのが時間内で効率良く進めるうえで重要だと思っています。

[藤田委員長] あとでメール審議というかたちにしてもいいですが、できれば、ここでどんどん行ければありがたいと思います。あと 30 分ぐらいは大丈夫ですね。少しタイトで申し訳ありませんが、休憩も取ったほうがいいので、どうでしょうか。頭からやるか、分散処理を導入するか。では頭から行きましょう。そんなに時間は取れないので、自分が強いと思うところのある方は、先のほうを見ていてもかまいません。

いまのご意見のように、黄色がついていて、かつ青字が未来系の仕事なので、そちらをピンク色にするのをたたき台にして、一つずつ見て「そうではない」というものがあれば黄色のままに残すということで行きたいと思います。進め方はよろしいですか。

[小池委員] 白で青字のものもたぶん未来デバイスに関連しているので、それもどう評価するかを少し議論していただいたほうがいいと思います。評点が低くて黄色いハッチングがされていないと思いますので。

[藤田委員長] それも簡単にやりましょうか。それは後回しにさせていただきますか。ともかく黄色で青いものを見ましょう。一番最初は「高アスペクト比ナノトレンチ加工技術」です。これはどうでしょう。ナノトレンチということだとまだ要らないのか。どうですか。何かあったら早目に言ってくださいね。では高アスペクト比ナノトレンチは先のほうにしましょう。

次は「無損傷加工技術」です。寒川先生、得意そうだから、何か意見をいただけますか。先の方の技術で。そうですか。ほかの方はよろしいですか。では、そうさせていただきます。シングルポイントは青くて色がついていませんが、これはどうでしょうか。

[竹内委員] 25 年を視野に入れたときに重要になってくるという意味ではピンクだと思います。

[安達 (オブザーバー)] これは手法としてエッチングを使う場合と成膜を使う場合という意味で両方に入っています。ナノピラーやナノポーラスについても同じです。

[藤田委員長] あまりきりがなくついているのも委員長としてはやや腰が引けるところもありますが、これはどなたが特に推しておられますか。明渡さんですか。

[明渡委員] 私も特に推しているわけではないですが。

[藤田委員長] では、とりあえずこのまま残しておきます。次はナノピラー、ナノポーラスの形成技術です。

[橋口委員] ロードマップを見ながらやるといいと思います。

[藤田委員長] ロードマップで言うと 2 ページ目の真ん中あたりですね。ロードマップを見ると、どんなことを考えているかという中身がわかりますが、こういう構造が必要だということについていると思います。すぐにナノピラーを使うかということ、僕もそうでもないかなという気がしますが、いかがですか。

[橋口委員] 一応具体的なデバイスイメージは挙がっています。

[藤田委員長] どのぐらいの時点でそれを実用化していくんですか。これはむしろ早いんですか。

[橋口委員] 25 年というよりは 15 年に近いと思いますが。

[藤田委員長] じゃあナノピラーに関しては黄色のままにしておきましょう。ポーラスは？

[安達 (オブザーバー)] このあたりはナノ構造で、たとえばエネルギーの吸収を非常に効率良くできる基本構造だということで挙げさせていただいています。一つの考えとしては、エッチングでつくる場合と成膜でつくる場合の両方に載っているので、両方とも残すのか、あるいは片方を重要とするかということがあると思います。

[藤田委員長] 議論をするときりがないので、ある意味でエイヤーでの決断も必要です。そういう観点でご意見をいただければありがたいと思います。ナノピラーは 10 年後ぐらいに使うデバイスのイメージがあるということですが、ポーラスのほうはどうですか。僕はエネルギー吸収というのがピンと来なかったんですが。

[安達 (オブザーバー)] これは熱電発電の材料に非常に有効です。

[小寺委員] 触媒も。

[安達 (オブザーバー)] 触媒もそうですし、熱特性を非常に上げるという意味でも使われます。

[藤田委員長] だからどうなの？

[安達 (オブザーバー)] 重要です。

[藤田委員長] 重要なのはわかっているのです。いつ重要かを質問しているんです。

[安達 (オブザーバー)] 私としてはピンクでいいのではないかと。

[藤田委員長] これは先の技術でいいですね。先に行きます。「機能性材料ナノ薄膜多層形成技術」です。「半導体超格子の構造制御」とか「ナノキャパシタの多層化・高誘電率化」と書いてありますが、どう思いますか。

[橋口委員] 蓄電ですね。

[藤田委員長] これはすぐにでもやらなければいけないような。早いほうにしましょう。

黄色のままですね。後でちゃんと復習します。成膜のほうでもピラーが引っかかっている、ポーラスは必ずしもそうではないとなっていますが。

[小寺委員] 案外早いと思います。

[藤田委員長] じゃあ、これも黄色のまま取っておくことにしましょう。シングルポイントとナノポーラスは黄色ではないですが、強いご意見がなければこのままにします。いかがですか。

先に行きます。「成形技術」で「マイクロプレス成形技術」の中のナノインプリンティングですが、ここに「低損傷パターンニング技術」が加わったんですね。

[小寺委員] これは25年に数字が入っていないですね。黄色くていいのかな。

[藤田委員長] すぐにでも役に立つと。では小寺先生に従って、前回も重要技術になっていたから黄色のまま取っておきましょう。

次は「ナノフォーミング技術」です。これは「マイクロ打抜き加工」とか「マイクロ鋳造」ですが、2025年に入っていませんね。黄色にしますか。次は「ナノ粉体成形加工技術」です。

[小寺委員] これはピンクでもいいと思います。

[藤田委員長] じゃあピンクにしましょう。

ご協力ありがとうございます。これはずいぶん後ろのほうに数字があるようですね。次は「細胞の組織化」ですが、これも後ろのほうにずいぶん書いてありますね。ピンクでいいですね。

その前に「生物分子配向技術」「細胞配置・カプセル化技術」がありました。このへんはどうですか。

[竹内委員] 分子配向をピンクで、細胞配置を黄色と。

[藤田委員長] 細胞はすぐに使うものもありますね。じゃあ先に行きます。「分子の自己組織化応用界面制御技術」です。本当に産業にするにはちょっと遠いのですか。これはピンクにしましょう。「ナノ粒子自己整列技術」もピンクでいいですね。竹内先生、脂質二重層はどうですか。

[竹内委員] 実は20年後のデバイスのイメージに膜系のことが書かれているので、よろしければピンクに。

[藤田委員長] 竹内先生の強い要望で。(笑) 実際にそういうデバイスをすでにつくられているという実績もありますので。エイヤーばかりで申し訳ありませんが、これはピンクをつけます。

次は「金属・有機半導体の界面制御技術」です。次の「有機・絶縁膜の界面制御技術」です。イメージはわかりますが、どのくらい早くしましょうか。

[小寺委員] 金属・有機半導体の界面制御技術は2010年に確立と書いてありますね。

[藤田委員長] じゃあ、これは黄色ですね。有機・絶縁膜の界面制御は先でいいですか。

金属・有機半導体のほうは黄色のまま、有機・絶縁膜の界面制御技術はピンクです。「加工損傷回復技術」はいかがでしょうか。

[太田委員] 永遠のテーマのような気もするけど。

[藤田委員長] わかりました。永遠のテーマは黄色にしましょう。いまでも回復しなければアニリングとかしていますからね。それからナノバイオの関係で「異種融合技術」です。項目自体新規に入れたので全部ブルーですが、最初の「界面制御技術」から行きましよう。

[竹内委員] 黄色で、いまからやっておかないと。

[藤田委員長] まず「界面制御技術」は黄色。その次の「活性細胞融合技術」はどうか。これは黄色のまま、「活性生体分子融合技術」はピンクにしましょうか。次は「異種材料レイアバイレイア積層技術」です。これはピンク。「異種材料の厚膜積層技術」は細かい数字がたくさん入っていますね。これは黄色。だんだん僕が一人で決めています、暴走しているかもしれないからインターラプトしてください。

「パターン付き成膜および多層化技術」は黄色でいいですか。次は「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層技術」です。だいぶ先に見えるからピンクでいいですね。「3次元ナノ構造移植・積層技術」。「モールド／移植材料間の密着力制御」「異種材料積層デバイス、フォトニック結晶、バイオフィルター、立体配線」。これはすぐにでも使えそうですね。これは黄色。次は「セルフアライメントによる位置決め技術」。

[太田委員] 黄色で。

[藤田委員長] 黄色にしますか。産業界の方から黄色が出ました。大変うれしいですね。やらなければならないと思っていらっしゃいますか。

[太田委員] そのとおりです。

[藤田委員長] 意見が一致したようですね。「マルチ CNT プローブ製造技術」。橋口先生、何か意見はありませんか。

[橋口委員] これは下山先生のところでできつつあります。

[藤田委員長] 確立でもないけれども、研究はかなり進んでいると。確か CNT を生やしたと MEMS のポスターにもありましたね。「ナノホール選択金属成長技術」は白いままでですが、どうしましょうか。特に賛同がないので、そのままにします。次は「ナノワイヤ選択配線技術」。このへんは名前が似ていますね。メッキがあつて、カーボンナノチューブがあつて、最後はタバコモザイクウイルスで配線をすると書いてあります。いまでもメッキでできるということだから、やらなければいけないですね。上が落ちてしまったことから、これは黄色で行きましょう。

次は「CNT 成長用触媒粒子の自己組織化配列技術」です。

[橋口委員] これも、やりつつあると思います。

[藤田委員長] CNT 配線もすでにある技術ですね。これも黄色。「自律的配線形成技術」。

「生体分子の自己組織化利用」と書いてあるから、もう少し先でいいですね。これはピンク。「伸縮性導体形成技術」。フレキシブルデバイスには必要ですが、どうお考えですか。現実性も含めて考えるとピンクですか。じゃあピンク。次は「組立技術」で「界面制御を利用した自律組立技術」。さっきのセルフアライメントに近い感じがありますが、これも黄色でいいですか。じゃあ黄色。

「界面物理化学評価技術」「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」が入っていませんが、いかがでしょうか。

[橋口委員] トライポロジーはできれば黄色で、すぐにも始めたいという気持ちです。

[藤田委員長] じゃあ上の化学評価は外して、下の「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」は黄色に格上げにしましょう。次は「大面積高密度マルチプローブ加工技術」。これはいま川勝君がやっているものですね。黄色のまま大丈夫ですか。使うニーズもありますか。

[橋口委員] できつつあります。

[藤田委員長] じゃあ黄色のままです。次は「高品位厚膜の大面積・連続プロセス化」です。m オーダというのは何ですか。文字化けしていませんか。

[小池委員] 大面積だから「メートルオーダ」です。

[藤田委員長] 失礼しました。ミクロにばかり心が行っていました。これは企業の方に聞いたほうがいいかな。どうですか。

[太田委員] 液晶をイメージしている。

[藤田委員長] 「基板サイズ(液晶パネル参照)」と書いてありますが、2025年に数がないので困りましたね。黄色でいいですか。次は「高精度アライメント:大面積(m オーダ)サブ mm 精度アライメント技術」。これはロール to ロール加工のようなものをイメージされていると思います。「液晶位置決め装置参照。ストローク×位置決め精度」。いまでも大事だということですか。荒川さんはBになっていますが、どうですか。

[荒川委員] そういう状況になるだろうということで黄色のほうがいいと思います。

[藤田委員長] じゃあ黄色にさせてください。その二つ下に白いままですが、「グラビア等転写印刷技術」とあります。これはどうでしょう。何かとかぶっているというご意見が前にありましたか。下のインクジェットと対応されていて、グラビアはロールで、すごい速さでワッと行く。インクジェットは省材料で要点だけ書く。ただスピードは劣る。その差をどう見るかです。

[安達(オブザーバー)] このあたりは、実は私どもの検討の中で、大面積の印刷関係を結構やっておられるので染谷先生にご意見を伺ったところ、先生も「この二つを別々に挙げるより、むしろ概念的にはもう少し上の概念のものを挙げたほうがいいんじゃないか」ということでした。先生から新たな言葉として、普通のインキだけを飛ばすのではなくて、たとえばシリコンを飛ばすということも含めた意味で、マイクロナノ印刷という言葉はど

うでしょうかという提案を受けております。それで一つにまとめていただいたらどうかと思います。

[藤田委員長] マイクロナノ印刷を黄色くするか、ピンクにするかですね。

[安達 (オブザーバー)] ピンクのほうがいいのではないかと。

[藤田委員長] こういうご提案がありました。よろしいですか。グラビアとインクジェットは一緒にして、マイクロナノ印刷にしてピンクにする。後でロードマップのところをどう統合するか考えましょう。

次はプロセスのところ「大面積印刷のレジストレーション (重ね合わせ) 技術」。上の高精度アライメントとどこが違うのかな。

[安達 (オブザーバー)] こちらの場合は連続ということが入っています。

[藤田委員長] プロセスの連続化技術としてレジストレーションを良くしなければいけない。内容ではないということです。先の技術でいいですね。これはピンクにします。次は「ナノインプリント連続成形技術」。その次に「ローラー式転写技術 (ナノインプリント等)」とありますが、これは一緒にならないのかな。

[小寺委員] たぶん一緒ですね。

[藤田委員長] 一緒にしてしまって下を切りましょう。それでどっち？

[小寺委員] 早いんじゃないですか。

[藤田委員長] じゃあ黄色。「連続 EB プロセス技術」。これはどなたですか。

[橋口委員] 実は私ですが、全然自分でイメージがわからなくて、担当だったのでしぼり出しました。どんなイメージなのか、皆さんの意見を聞きたいと思います。

[藤田委員長] 結構評価はいいですが、どうでしょうか。

[小寺委員] 僕が理解したのは、大面積をつくっていくうえではどうしても必要になるだろうということです。だから、さっきの大面積を何にしたかで決めたいと思います。ピンクにしていたのかな。

[藤田委員長] じゃあ両方ピンクにしましょうか。連続 EB と連続 FIB は両方ともピンク。ちょっと飛ばして下のほうに行きます。「微小領域における物理量計測技術」と「検査評価用解析技術」はどちらも何もついていませんが、どうしましょうか。永遠の課題ではあるけれども、重要にするか、しないか。このまま取っておいていいのか。

[竹内委員] 微小領域のほうは何か重要そうなので、黄色に上げたいという感じがします。

[太田委員] 言わずもがなで。

[竹内委員] でも絶対に捨てておけない部分で。

[安達 (オブザーバー)] 明確に項目として出すのか、あるいはどこかのテーマをやるときに、たとえば技術開発で必ず引っかけってくるという考え方もあると思います。

[竹内委員] 忘れられなければいいという感じもあるので、このままでもいいです。

[藤田委員長] 永遠の課題だけど項目さえあればいいですか。じゃあ、このままにしておきましょう。シミュレーション技術があって、機構解析、プロセス解析で、次にシステム化解析が出てきました。小寺先生、これはいかがですか。

[小寺委員] システム化も15年でやらないといけないでしょうから黄色で、ピンクになるのは分子オーダーメゾオーダーのものだけだと思います。

[藤田委員長] システム解析の下の「ナノ／マイクロ／マクロ境界領域の解析モデリング技術」はすでにやらなければだめですね。「電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析」の「る」はいらないですが、これも黄色ですね。最後に「材料・界面・プロセス・知識」のデータベースです。

[小寺委員] これはずっとやります。

[藤田委員長] ではこれで。2分ほどオーバーしたけれども、何とか根性でやりました。復習します。どなたかメモを取ってください。もう書いてありますか。それを読んでもらったほうがいいですね。

[加藤 (JATIS)] 「高アスペクト比ナノトレンチ加工技術」はピンク。

[藤田委員長] ピンクのものだけ読んでくれればいいです。

[加藤 (JATIS)] 「無損傷加工技術」「ナノポーラス形成技術」「ナノ粉体成形加工技術」「生体分子配向技術」「細胞の組織化」「分子の自己組織化現象応用界面制御技術」「ナノ粒子自己整列技術」「脂質二重層形成技術」「有機・絶縁膜の界面制御技術」「活性生体分子融合技術」「異種材料レイアバイレイア積層技術」「メカ／バイオ／半導体ハイブリッド積層技術」「自律的配線形成技術」「伸縮性導体形成技術」「マイクロナノ印刷技術」。一緒に合わせています。

「大面積印刷のレジストレーション（重ね合わせ）技術」「連続EBプロセス技術」「連続FIBプロセス技術」「分子オーダーメゾオーダーまでの解析」。以上です。

[藤田委員長] 確認ですが、「ローラー式転写技術」は取ってしまったので、見え消しか何かになっていますか。それでマイクロナノをつけた。変更はそんなところでしょう。

[加藤 (JATIS)] 黄色で格上げになったのが、「異種融合技術」の一番下の「ナノ領域におけるトライポロジー評価技術」と、あとはどれでしたか。

[藤田委員長] 脂質二重層を入れました。大丈夫ですね。ずいぶん僕がエイヤーで強権を振るいましたが、それでいいですか。どうもありがとうございました。

[高島 (METI)] 分野に「快適・安心・安全」というのがありますが、「快適」は人間の主観によるものが高いため、研究という意味合いでは「快適」という言葉は入れられない部分があります。もし「安心・安全」で十分でしたら、「快適」を抜いていただきたいんですが、いかがでしょうか。

[藤田委員長] ある先生の「安心・安全だけでは後ろ向きなので、前向きに快適を入れたい」というのがあって実は「快適」が入ったという経緯を知っているので、答えにくい

ところがありますが、これはA3のほうにも関係がありますか。こういう言い方が出てきた基をたどっておかないといけないと思います。それは技術戦略マップの中に出てくるような気がします、資料3-3に戻っていただけますか。

8ページに「快適・安心・安全分野」というのがすでに出ているので、そこを変えることになってくると思います。

〔高島 (METI) 〕　いま改訂していただいたのが技術マップで、大きいものがロードマップですが、経済産業省の技術マップには「快適」という部分がありません。

〔藤田委員長〕　資料3-3の8ページにも同じことが書いてあると指摘しているだけです。

〔小池委員〕　6ページの頭出しのところから来てきます。「国家・社会的課題である」うんぬんのところで。

〔高島 (METI) 〕　この部分で「国家・社会的課題である」というところですが、実は「環境・エネルギー」「医療・福祉」です。「健康・医療」ではなく「医療・福祉」で、「安心・安全」であって快適は入っていないんですね。恐縮ですが、そろえていただくことは可能でしょうか。

〔藤田委員長〕　これは、そうさせていただきたいと思います。少し前に戻ってしまいますが、資料3-3の6ページの上から4行目は、国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」で、「健康」は取るということですね。

〔高島 (METI) 〕　はい。「快適・安心・安全」ではなくて、「快適」を抜いていただいで。

〔藤田委員長〕　「安心・安全」で、快適を削除というのが6ページの変更点です。7ページの「◆健康・医療分野」も「◆医療・福祉分野」にあらためる。8ページ目の「◆快適・安心・安全分野」の「快適」を削除する。

ほかにもあるかもしれないので、サーチ・アンド・リプレースか何かで見ておいていただけますか。それに合わせて技術マップにおける重要技術の評価表と。技術マップとこれが対応しているので、そういう名前に変えさせていただきます。当然ロードマップにもそれを反映します。そのように記録をお願いします。

あと1時間5分になりましたが、さすがに疲れたので5分間休憩しましょうか。5時から1時間1本勝負ということでお願いいたします。

(休憩)

〔藤田委員長〕 まだ戻らない方もいらっしゃると思いますが、前の積み残しがあるかもしれません。技術マップの公開は前回と同様に技術とマーケティングの表のみでいいか、平均点も含めて出したほうがいいかというのはどうでしょうか。

〔高島 (METI) 〕 点数については表に出す必要はないと思います。技術マップは先生方にオーソライズされたもののみ掲載します。

〔藤田委員長〕 わかりました。どうもありがとうございます。では始めましょう。議題6「MEMS製造技術のロードマップの見直しについての討議・確定」を3-6を使ってやります。簡単に説明をお願いします。

〔加藤 (JATIS) 〕 前回の委員会で担当を決めさせていただいて、皆さんから回答いただいたものを整理したのがこの資料です。以上です。

〔藤田委員長〕 あと50分強しかありませんが、プロジェクターがありますので、時間の許す限り追加修正をオンラインでやれると思います。ぜひ、いろいろご協力をお願いします。前回の担当以外のところでも、わかるころがあれば、どんどん言っていただきたいと思います。1~12ページまであるので、1個5分でやると1時間ですから、それぐらいのペースで進むことになります。埋まっていないところは埋めなければいけないですね。2025年。

〔加藤 (JATIS) 〕 高島さん、どうですか。

〔一ノ瀬 (NEDO) 〕 2025年のところは何かを書いておいて

〔高島 (METI) 〕 いえ、無理やり書く必要はありません。15年ぐらいで、その先についてはわからないという先生方のご意見であれば、たとえば矢印を引いておくとか、それで対応いただければと思います。

〔藤田委員長〕 そういう手もありますね。とりあえずサッと見ていきます。

〔加藤 (JATIS) 〕 4ページの真ん中を見ていただくと、矢印を入れているところがありますが、そのようなかたちでもいいということですか。

〔藤田委員長〕 こういうトレンドでどんどんやっていくという意味ですね。何か字がないと矢印にならないね。

〔高島 (METI) 〕 項目として数値化が難しい場合には、その部分については言葉で、それでも難しい場合はロードマップに掲載する必要はありません。

〔藤田委員長〕 僕も何をどうするか、ちゃんと考えてこなかったんですが、せっかくだから、ないよりはあったほうがいいので、だめだったらいまみたいな便法があるということで、とりあえず上から見ていきます。

2行目の「貫通孔形成の狭ピッチ化」の「加工誤差」は2011年が $5\mu\text{m}$ で2013年が $1\mu\text{m}$ になっていますが、これはどうしますか。このぐらいまで行けばいいということですか。それとも500nmというのをどこかに入れるのか。あまり深く考えずに、どんどん行きましょう。

[高島 (METI)] 寒川先生ですか。担当の先生がいらっしゃると思いますが、この値についてその他の先生方にご意見を伺って、問題がないようでしたら。最終的に 2025 年の数値が必要で、寒川先生が挙げられない場合は、どんどん消していただいて結構です。

[藤田委員長] とりあえず担当委員から一言お願いします。「加工誤差」というところをどうしましょうか。

[寒川委員] わからなかったので書けませんでした。

[藤田委員長] 「誤差低減」として矢印を書いておきますか。

[寒川委員] ええ。

[藤田委員長] そういうことにしてしましましょう。次は「貫通孔の変形加工化」の「シフト量」と「分岐数」です。意味がよくわからないですね。

[高島 (METI)] 他の先生方もわからない部分があるようでしたら削ってください。

[小寺委員] 貫通孔をこう掘って行って、こう曲げるという話ですね。

[藤田委員長] いま集積化 MEMS の中でやっているものですね。だから簡単に切ると後でしかられるので、そう簡単には切れないんですが、どうしましょう。書かなくていいですか。

[高島 (METI)] 前の値をリバイスしないということですか。

[藤田委員長] 2015 年とか 2025 年とか、新しいほうがまったくないですね。

[一ノ瀬 (NEDO)] 2013 年まででいいんじゃないですか。

[藤田委員長] ここまでできると。では、このまま残します。

[一ノ瀬 (NEDO)] 4 本までやればということで。

[藤田委員長] 次は「側壁面形状評価 (PV 値・曲率半径など)」。まっすぐになっていなくてはいけないということですか。

[小寺委員] 平面度が上がっている。

[藤田委員長] これも言葉で書いておきますか。

[太田委員] 1m とか数メートルあれば何でも使えるという感じだと思います。

[一ノ瀬 (NEDO)] だったら、いまのままでいいんじゃないですか。

[藤田委員長] じゃあゴールで上がりということにしましょう。一応赤いところもご意見をいただきたいところですが、時間もないから次に進みます。

2 ページの 3 行目ですが、ここは「スキンドeps の 1/3 以下」とか、「無線通信」は、表面粗さをこのぐらいにしておけば十分ではないかということになるんでしょうか。RF に詳しい方。佐藤さん、満を持して。

[佐藤委員] これだけ行けばかなり小さくなっていると思うので。

[藤田委員長] では十分だということで、このままでいいことにしますか。15 年は入っていればいいのかな。全方位になったら、これ以上やりようがないからな。次は「マスクレスダイレクトリソグラフィー」です。「高速化/大面積化」と書いてあるから、これに

エイと矢印をつけることにしましょうか。

その二つ下に「2次元表面分子膜技術」の「無欠陥、もしくは欠陥制御」で $1\mu\text{m}$ 角、 $3\mu\text{m}$ 角、 $10\mu\text{m}$ 角とありますが、どうしましょうか。竹内先生。SAM膜とかLB膜みたいなものが無欠陥だというイメージですか。それが $10\mu\text{m}$ 角ぐらいまで行けばいいのかどうか。

[竹内委員] センチぐらいまで行きたい。

[藤田委員長] それは言いすぎだから $100\mu\text{m}$ ぐらい書きますか。多すぎますか。 $30\mu\text{m}$ にしますか。このトレンドを見ると。 1mm は大きいね。

[竹内委員] 僕は担当ではないんですが、 $100\mu\text{m}$ ぐらいでいいんじゃないですか。

[藤田委員長] じゃあ2025年に $100\mu\text{m}$ 。

[小寺委員] 無欠陥ですよ。

[藤田委員長] 自信のない小寺先生を入れて、弱気になって $50\mu\text{m}$ 角。それから「成膜速度」です。これも2015年が入っているからいいようなものだけど、下から3行目「機能成膜の厚膜化と高速化・高品質化」の「成膜速度」 $100\mu\text{m}/\text{min}$ は。クオリティーによるから何とも言えないけれども。

[小寺委員] 均質膜でしょう。

[藤田委員長] これ以上積んで 1mm ということがあるかということないから、そんなものですね。制御しにくくなるから、これぐらいでしょう。上がりの話でいいんじゃないですか。

[竹内委員] それか矢印というの。

[藤田委員長] なしで止めれば「このぐらいまで行けばオーケー」という意味になるようですから、いいことにしましょう。

次に3ページ目、「残留応力低減」はさっきも 1m ぐらいまで行けばいいということだったので、1行目はこれでいいことにしましょう。次の行も100%まで行っていて、2011年で100%になっているから、2015年の100%は切っているのかな。要りませんね。これは、ここで上がりです。

3行目も曲率半径 1m まで行っているから、これも上がり。電気接点はどうしましょうか。1000億回あれば十分ですか。佐藤さん、いいですか。

[佐藤委員] 十分です。

[藤田委員長] じゃあ、これは十分と。「ナノキャパシタの多層化・高誘電率化」で、10層・誘電率が1000。

[加藤 (JATIS)] 追加の部分で入っています。

[藤田委員長] そこはいいと。次の行は。このへんは黒いところで、あまりアップデートされていないんですが、光の反射率が95%で、これ以上書いてもあまり意味がないかな。光MEMSはこのぐらいで大丈夫ですね。「表面粗さ」が 0.5nm 。これ以上書いてもすごい値だから、これもいいでしょう。「膜厚制御」が0.1%以下。これはどうでしょうか。無線通

信で 0.1%以下の制御をしておけばいいですか。佐藤さん、どうですか。

[佐藤委員] いいのではないですか。

[藤田委員長] では、これはいいことにします。「ギャップ量」が $0.1\mu\text{m}$ 。「駆動電圧」が 0.7V。「応答時間」が 10nsec。このへんの値はどうでしょうか。「上記精度での最高使用周波数」は微妙に変わっていますが、これは何か意味があるんですか。36.50 が 37.50、37.65、37.90 と書いてあるけど、これは何でしょうね。

[小寺委員] 前のページで 60 ギガと書いてありますよ。

[一ノ瀬 (NEDO)] 上の条件、「ギャップ量」「駆動電圧」「応答時間」とか全部での最高使用です。

[藤田委員長] これっぽっちしかインプルーブしないようなことをして意味があるのかな。これは桁が違うのかな。でも直しようがないね。

[小寺委員] 2015年とか2025年になるとテラヘルツ領域に入ってきますね。

[藤田委員長] もっと高い周波数を使うような気もするけど、ここは困ったな。明渡さんが帰られてしまったのですが、彼は前回も出ているから、何か意見があったと思いますけど。

[一ノ瀬 (NEDO)] 前は明渡さんはいなくて、前田さんがやりました。先ほど言われたように、テラヘルツとか何とかに変えたほうがいいかもしれませんね。現状がどのくらいでテラヘルツになるのがどのへんと書いておけばいいと思います。

[藤田委員長] 「上記精度での最高使用周波数」。これこそ取ってしまいたいような気もするんだけど。

[小寺委員] 取ったらいいんじゃないの？

[藤田委員長] ついていないことに何か意味がありそうですか。マイクロマシンセンター、いいですか。これは意味不明だし、見ていてあまり意味がありそうかどうかわからないので、後で怒られるかもしれないけど取りましょう。

[小寺委員] 膜の応力制御に応答時間という項目があるのはありますね。

[一ノ瀬 (NEDO)] ここはバサッと削りますか。

[藤田委員長] 削りますか。どこまでかな。

[小寺委員] 「ギャップ量」までは。

[藤田委員長] 「ギャップ量」まではいいことにして、「駆動電圧」「応答時間」「上記精度での」うんぬんは切りますか。これは RF スイッチを想定してこういう性能になると言っていると思いますが。では切らせてもらいます。

小寺先生、「共通」の圧電の話はどうですか。薄膜形成。 $3\mu\text{m}$ 、0.001%ひずみ……。そうじゃなくてひずみ量ですね。圧電の乗数の大きい、いい材料にしていくという意味ですね。2025年に移してしまいますか。

[小寺委員] 2025年に $10\mu\text{m}$ ぐらいにしておいたらいいと思います。

[藤田委員長] 2015年じゃなくて2025年のほうに、一つ右に移行したらどうでしょうか。結構大変ですから。

[小寺委員] 高分子の圧電薄膜もなかなかできないので、2025年でいいと思います。

[藤田委員長] そうしましょう。3次元段差への高密度配線。500 μm でいいと思います。基板の厚みがそんなものですから、これ以上あっても困らないかな。「最小線幅/スペース」。これはこのへんでいいことにしましょう。

橋口先生、「ナノ機械加工(ナノプローブリソグラフィ)」はどうしますか。

[橋口委員] 最小線幅は確か磯野先生のデータで、すでに50nmだという発表がこの間ありました。

[藤田委員長] じゃあ、これではだめですね。でも「高効率化と大規模化が重要」と書いてあるから、この言葉を2025年のほうに移しますか。何年に移して矢印にしましょうか。この言葉を2015年に入れて、矢印で延ばしておいてくれませんか。

[一ノ瀬(NEDO)] 下の数字は全部消してもいいんじゃないでしょうか。生きていてもいいですか。

[藤田委員長] いいんじゃないですか。だいたいこんな見当だと、工業レベルで……。研究室のチャンピオンデータの話なので、少し弱気の数字ではあるけれども、どうしようかな。それとも2010年を50nmにして、2015年は取ってしまいませんか。

[橋口委員] それがいいかもしれません。

[藤田委員長] じゃあ2010年の80nmを50nmに書き換えて、2015年は数字を入れない。その代わり「最小加工単位だけでなく高効率化と大規模化が重要」という文字を入れて矢印で延ばすことにしましょう。

次は「2次元表面分子膜技術」です。すでに竹内先生に目が行ってしまいますが、さっき同じようなものをやったので、2015年に50 μm 角を入れてください。

次は「低ストレス薄膜形成」の「形成膜厚」。ミクロンも何も書いていないけれども何だろう。

[小池委員] これは昨年のファインMEMSで言ったことですね。

[藤田委員長] けど「形成膜厚」って何だろう。単位もない。ファインMEMSにもご迷惑をかけられないし、どんどん削ってしまうとしかられると思いますが、膜厚が薄くなる方向に意味があるのかな。よくわからないな。膜厚のほうは困りましたね。

[小池委員] これはありますので、確認します。

[藤田委員長] 確認して直していただけますか。みんな0.1になっていますから、まず後ろを切りましょう。2009年の0.1で打ち止めで、ヘナヘナのところは確認して直してください。その下も0.1GPaぐらいまで行けばいいだろうから、これも打ち止めにして、「耐久性薄膜形成」はどうしましょうか。特性変化率が0.1%。それより追究することに意味があるかな。これも、この値で止めてしまってもいいですか。

そうしましょう。「混載 LSI の加工寸法」は 45nm だけど、その後は文字で入れられませんか。「より複雑な回路等集積化することに意味がある」とか、橋口先生、何かないですか。

[橋口委員] 2025 年ですか。

[藤田委員長] そうそう。ここまで行くかどうかわからないから、数で書いても意味がないんじゃない？

だから混載 LSI の機能みたいなことを言葉で書くといいけど、考えてくれませんか。後で戻りますから作文をしてください。

次は「ナノインプリンティング技術—低損傷パターニング技術」です。これは 0.3 μm で終わっていますが、担当のマイクロマシンセンター、どうでしょうか。「光学無機レンズ、バイナリレンズエンボシング」。何か数を入れたほうがいいんじゃないのかな。ナノインプリント的なものですね。それで低損傷のパターニング。何でこのへんはずっと入っていないのかな。

[小寺委員] 100nm 以下じゃないですか。チャンピオンデータは 3nm ぐらいまで行きましたけど。

[藤田委員長] どうでしょうか。少し改訂しますか。

[小寺委員] 「エイ」で 50nm ぐらいを 2025 年に。

[藤田委員長] じゃあ、そうしましょう。でも数としては不可能じゃないですね。

次は 4 ページ目の 1~2 行の「レンズ形態」「面積」。これも非常にファイン MEMS に関係がありますが、小池さん、どうでしょうか。

[小池委員] 何も入っていないですね。

[藤田委員長] 2008 年は来年だから困るんじゃないかな。橋口先生、文章は書けた？

小池さんに考えてもらっている間に前に戻って。

[橋口委員] 「マルチセンシング混載 LSI の実現」でいいですか。

[藤田委員長] マルチセンシングはスペシフィックすぎると思う。多機能とか、より複雑な機能とか、機能の増大とか、そういうトレンドとして書くほうがいいんじゃないですか。

[橋口委員] 多機能センシング LSI の……。

[藤田委員長] どうしてセンシングがつくの。センシングは要らないです。だってセンシングの項目じゃないもの。

[橋口委員] 隣の製品のところがセンサーが多かったの。

[藤田委員長] そういう意味か。でも、いいんじゃないですか。例だから。「混載 LSI の多機能化」ぐらいにしておきますか。

[橋口委員] そうですね。

[藤田委員長] 「混載 LSI の多機能化」で矢印を書いておく。そうしましょう。さて小

池さん、どうしましょう。取ってしまっても良ければ取るし。

[小池委員] ファイン MEMS には直接関係ないですね。

[藤田委員長] 関係ないですね。太田さん、どうしましょう。

[太田委員] 上の「レンズ形態」はバイナリレンズまで入っているからいいですね。後は何だろう。グレーテッドレンズぐらいだけど、ナノインプリントには関係ないし。面積は基板サイズだから。

[藤田委員長] これは連続化を図るとか、そんなことかな。それは後ろにあるのかな。

[太田委員] 大面積の数字を入れておいて、たとえば 2025 年には 12 インチとか、20 インチと入れておけばいいんじゃないかと思います。

[藤田委員長] じゃあ 15 年に 12 インチで、25 年はもう少し大きくしますか。

[太田委員] 20 インチとか。

[藤田委員長] 2015 年を 12 インチ、2025 年を 20 インチにして、その一つ上はグレーテッドですか。

[太田委員] それがあるけど、ナノインプリントの技術じゃないから。

[藤田委員長] これで一応打ち止めにしておきますか。

[太田委員] それでいいと思います。

[藤田委員長] じゃあ、それでいいことにしましょう。ありがとうございました。次は「バイオ」の「非シリコン材料のナノインプリント」で 20nm。次のところは言葉で書いてあるので、これは無視しましょう。こんなものは、もっと小さいソフトリソか何かでつくるんじゃない？

そもそもタンパクか何かつくるんだったら、タンパクの大きさに決まってしまうような気もするけど。いいですか。じゃあ打ち止め。

「アレイレンズエンボシングの大面積化」は、さっきの 2 段目のものをそのまま持ってきてしまいませんか。いいですか。

[太田委員] いいんじゃないですか。

[藤田委員長] 大丈夫ですね。その 12 インチ、20 インチというのをコピーしてください。

ウエハレベルの貫通配線はもう矢印で行っているから良くて、「加工温度」もこれ以上下がらないかもしれないから、これも無視して。だんだん時間がないのと疲れてきたので粗くなってすみません。

貫通孔の変形度とシフト量はさっきやったから、もうこれでいいですね。そこから先は入れていただいたと。

次は 5 ページ目、「バイオ」の「選択的ナノインテグレーション」。これは走査型マルチプローブでつけていくときの話ですね。数はずいぶんアップデートしていただきましたが、橋口先生、竹内先生、ざっと言ってくれますか。

[橋口委員] 「処理時間」は 1 本の信号処理の話なので、よくわからないんですが、速

ければ速いほどいいので。

[藤田委員長] 適当な数を入れましょうか。どこかに 0.1 秒/本とか、エイッと入れるのがいいんじゃない？

[橋口委員] 2015 年に 2 桁下げるぐらいですか。

[藤田委員長] 1 桁でいいんじゃないですか。

[橋口委員] じゃあ 1 桁で。

[藤田委員長] 2015 年に何と書くんですか。

[橋口委員] 0.1 秒/1 本で、あとは矢印でお願いします。

[藤田委員長] より高速化と書いて矢印と。ありがとうございます。次は「細胞内動態の観察分解能 20nm」と、やけに細かくなっています。金コロ……という、これは橋口先生あたりがキーワードですね。

[橋口委員] AFM 観測での分解能をマルチで実現できればということなので、分解能 20nm 以下を 2025 年をお願いします。

[橋口委員] 右にずらすということですね。

[藤田委員長] 1 個ずらして少し遠い目標になったと。次は「CNT/ナノ Si ワイヤーの CVD 選択形成」。これも、このぐらいの制御ができれば十分ですか。「制御性向上」とか書いて矢印でもしておきますか。どうしましょう。じゃあ 2015 年に「制御性向上」と書いて矢印を右に入れてください。

次は「位置精度」、数十ナノメートルになっていますね。「数 10nm」の隣、2025 年に 10nm と書きましょう。

それから「CNT の物理的マニピュレーション」。

[橋口委員] これは、このプロセスにはそぐわないと思うので削除してもらったほうが。

[藤田委員長] では、この「ナノデバイスマニピュレーション技術」は書きにくいので削除。

次は「ナノ材料ビルドアップ技術」。これも 2015 年で止まっているけど、センターのほうではどうですか。10 層まで行けば十分ですか。それとも、「さらに多層化」と書いておきますか。

[安達 (オブザーバー)] はい。

[藤田委員長] じゃあ「さらに多層化」とします。「さら」は要らないかな。「多層化」で矢印ですね。失礼しました。次は「細胞配置・カプセル化技術」だけど、1 細胞まで行ったら 0.5 細胞はないので、これは打ち止めです。

それから単分子レベルも、これで行き止まりだからいいでしょう。次は「適切な官能基を持つ分子の付加&自己組織化」。竹内先生、どうしましょうか。表面の修飾と後ろのほうで多少かぶるところがあるけれども。

[竹内委員] 矢印で延ばして「多機能化」。

[藤田委員長] 「多機能化」で矢印を延ばしますか。次の「多くのタンパク」も矢印で延ばすしかないね。次は「立体構造物への超精密化学修飾」で、±10nm とか 1aL と書いてあるけど、これも見当がつかないな。

[小寺委員] ±10nm が 2011 年にも書いてありますね。

[藤田委員長] 本当だ。じゃあ取りましようか。10nm 以下にしてもしょうがないかな。量は 1aL。これもさっぱりわからない。止めておきますか。そうさせていただきます。あとはいいことにして次のページです。

6 ページ目の上から 2 行目は「ナノ化学修飾・ダイレクトリソグラフィ」の「パターン寸法」。フレキシブル構造の MEMS に使うもので、10 種類、50 種類、±10、1aL となっていますが、修飾量はさっき 1aL でやめて、±10 は二重になっているので、上から 4 行目の 2014 年の ±10nm は消してください。その下の 1aL は生かしておいて、そのへんでほしい打ち止めになります。

その上二つ、「パターン寸法」と 50 種類というのはどうしますか。パターン寸法は位置決め精度より小さいパターンをつくっても困るから、これでいいですか。

同時処理数は増大と書いて矢印にしますか。高分子の圧力 40pC/N。これは前にもあったけど、どうしますか。1 個右にずらして 2025 年に動かしましょう。

「シリコン/金属 3 次元構造成形の平坦化加工」の「成形膜厚」40 μm、「平坦性」10nm、「混載 LSI 加工寸法」45nm。これはどうすればいいですか。「混載 LSI 加工寸法」のところは「混載 LSI の多機能化」というさっきのものと同じように書く。その上の二つはどうしたらいいのかな。止めておいていいのかな。

[橋口委員] 矢印で。

[藤田委員長] 言葉をつけてくれる？

[橋口委員] 上は「膜厚増大」で、次は「平坦性向上」ですか。

[藤田委員長] それで矢印と。

[小池委員] 「混載 LSI 加工寸法」で 2007 年に 180nm と書いていますが、たぶんファイン MEMS の話なので、前と同じなんです。

[安達 (オブザーバー)] 私が直したかもしれせん。

[小池委員] これはファイン MEMS の目標値になっていますので、動かさないほうがいいと思います。

[藤田委員長] じゃあ元に戻してください。あとはこのページは良くできているから、次のページに行きます。上のほうから見て行って 12 行目に「短尺化」と書いてありますが、これも矢印でいいことにしましょう。ずっと下りて行って「界面制御を利用した自律組立技術」の「位置決め精度」が一切抜けているように見えます。

[小寺委員] 飛ばしたところで 1 個気になるものがあります。7 ページのど真ん中の 2025 年にタバコモザイクウイルスとありますが、これはあまりにも具体的すぎるので「ウイルス

ス」だけではだめですか。

[藤田委員長] いいんじゃないですか。タバコモザイクウイルスの 5 行下は一切ないんですが、これはどうしましょう。

[一ノ瀬 (NEDO)] 「位置決め精度」は書けないんだったら、項目を消していいんじゃないですか。

[藤田委員長] 取ってしまいますか。じゃあ、この項目は削除。次は一番下の段「プロセス大面積化技術」で「高品位厚膜の大面積・連続プロセス化技術」です。

[高島 (METI)] 「位置決め精度」の下のところで 2 種類、5 種類、5 種類、5 種類になっていますが、これも必要ないですね。打ち止めですね。

[藤田委員長] そうですね。これも取りましょう。それとも、より種類を上げるというのを言葉で書いたほうがいいのか。5 種類を取って、「種類増大」で矢印にしましょう。ご注意ください。

一番下の「基板サイズ」はどうしますか。液晶パネル参照だから、さっき 12 インチとか 20 インチとやったんですが、今度は G8 とか、私にはわからない規格が書いてあります。

[安達 (オプザーバー)] これは 8 世代、10 世代です。

[小寺委員] その上の二つの 2015 年と 2025 年が同じですね。

[藤田委員長] 5 μ m ピッチも一緒ですね。どっちを生かしましょうか。

[高島 (METI)] 6 インチ形状均一は 2010 年から変わっていませんから。

[藤田委員長] これは「均一性向上」で矢印にしてくれませんか。その上も 5 μ m ピッチが二つあるので、左の 2015 年を取って 2025 年を生かすことにしましょう。

「基板サイズ」はどうしましょうか。考えていただけますか。先に行きます。8 ページの 3~4 行目「高分子圧電薄膜形成」です。小寺先生、どうしましょうか。僕もこれは困ると思うし、しかも微細化に伴って力がこんなに増えるという意味ではなくて独立だと思いません。2025 年に移しますか。

[小寺委員] そうですね。

[藤田委員長] じゃあ 0.1mm と 10g を 2025 年に移してしまいましょう。「ローラー式転写技術」は消してしまったのでなくなって、次の 9 ページもだいたい埋まっているね。埋まっていないのは下から 2 番目の「共通」の「高放熱パッケージ」が 80℃、50℃で、その後は何もないんですが、これでいいのかな。室温より下がるわけではないから、いいことにしましょうね。これは打ち止め。

次のページは幸いにいろいろ入っています。11 ページ目は多少残っていますね。単一チャンネル、単一レセプタはやりようがないけど、その前に寿命 10 年とあります。10 年以上もたせても製品としては困りますね。これはいいことにしましょう。

「評価法確立」とか、「規格の制定」とか、何か不思議な項目ですね。大和田さん、衝撃試験とか疲労試験とか、このあたりはなんでしょうね。前のほうも接合応力分布評価と

かずっと。

[大和田委員] 評価法が確立して、その後たとえば国際標準規格化……、でも寿命を 10 年にするというのは別ですね。

[藤田委員長] 寿命 10 年は取ってしまいましょうか。

[大和田委員] 取ったほうがいいですね。

[藤田委員長] 疲労試験、衝撃試験はこんな感じでいいですか。

[大和田委員] 確立とか、試験法確立という言葉のほうが。

[藤田委員長] そうなっているとは思いますが、時間感覚のイメージが。

[大和田委員] このぐらいでいいんじゃないですか。

[藤田委員長] じゃあ、そうしましょう。

[太田委員] 先ほどのロードマップから写して書いています。2025 年のところで少し増やしています。僕の感覚で、きっと材料は増えるんだろうなということで。

[藤田委員長] ありがとうございます。「寿命 10 年」は取って、その後ずっと行って、単一チャンネル、単一レセプタはやりようがない。「複数 MEMS による多自由度細胞操作」は矢印をつけておきましょう。

[橋口委員] 次は個別のデバイスなので取ってもらったほうが。

[藤田委員長] 「DNA ピンセット」は削除。「単一分子計測設備」。

[橋口委員] これも要らないかもしれません。設備の話ですね。

[藤田委員長] いいですね。これもやめましょう。「DNA ピンセット」「単一分子計測設備」は取ります。ずっと行って「機構解析技術」です。小寺先生、よろしく。

[小寺委員] 上三つは 2015 年でこのままで止めればよいと思います。

[藤田委員長] いいですか。じゃあこれは、これで仕上がりですね。

[小寺委員] 12 ページの解析の一番下のデータベースのところの 2025 年がないので、ここに「データベースの充実」と書いて矢印をつけてしまえばいいですね。

[藤田委員長] その下をもう一つだけ。「1800×900 で通常 MEMS システム同等」。これは何だろう。明渡さんが書いたんだね。どういう意味かな。

[安達 (オブザーバー)] このサイズの中にいまの MEMS のプロセスのものが同じものが入るといことです。

[藤田委員長] そうすると、これ以上ないですね。打ち止めでいいですか。「小型化」とか「さらに高集積化」とか書くんですか。

[一ノ瀬 (NEDO)] 「小型化」ぐらい入れたほうが。

[藤田委員長] 小型化を入れておきましょうか。1800×900 の 1 間、半間小型化していくということで。3 分前に終わりました。どうもご協力ありがとうございます。いま復習する力が残っていないんですが、どうしましょうか。

[加藤 (JATIS)] きれいにして、また回覧して確認していただきます。

[藤田委員長] どこまで公開するか決めなければいけませんね。

[一ノ瀬 (NEDO)] いままで MEMS のロードマップに関しては、公開を基本にしていたんですが、今回もそうしたほうがよろしいですね、高島さん。

[高島 (METI)] 基本的にはそのかたちで結構ですが、出せない部分が先生方のほうである場合は、そこは隠していただいて結構です。

[一ノ瀬 (NEDO)] 特に企業の方は自分で判断できないところもあると思いますので、持ち帰っていただいて。

[加藤 (JATIS)] 配布して確認していただくときに、ぜひとも削ってほしいという提案があれば、出していただければと思います。

[藤田委員長] そういうことにしましょう。最終確認の段階で「ここは出さないでほしい」という希望があるときは、事務局に言っていただければ、そこは伏せるようにしますので、注意して見ていただければと思います。これで議題 6 まで終わりました。あとは事務局のほうで、よろしくお願いします。

[加藤 (JATIS)] 今後の予定です。研究開発課のほうで 4 月 9 日が小委員会ということですので、事務局としてはそれまでに資料をまとめて、皆さんに送って確認いただくことになると思います。もうしばらくですので、ご協力いただきたいと思います。

[藤田委員長] 特に色つきの直さなければいけないところですね。

[加藤 (JATIS)] 今回、重要なところが変わったと思いますので、よろしくお願いいたしますと思います。

それでは少しで結構なので、今回の委員会出席にあたってのご意見をお願いします。

[藤田委員長] 最後に各委員の方から、簡単に出席した後の感想があれば伺いたと思います。

[小池委員] 私どもは MMC として未来デバイスを計画しているので、今回のものを参考にして、いいプロジェクトを立ち上げたいと思います。どうもありがとうございました。

[大和田委員] 今回から国際標準のものを取り上げていただいて、私どもも担当者として非常に喜んでおります。また、よろしくお願いいたします。

[荒川委員] 25 年までは企業側としてはなかなか考えられなかったんですが、一応いろいろなメンバーで集まって、難しいとは思いますが、その間であるべき技術的なところをこうやったらいいなという思いが、われわれなりにできたかなという感じで、わが社ではそうになりました。どうもありがとうございました。

[太田委員] わが社という言葉は使わなくて、オリンパスの中の個人の思いですが、いままでのシリコンだけではなくて本当にこれからもっと広がるんだという実感を得ました。これをベースに逆に企業戦略をもう少し考えようと思います。参考になりました。

[寒川委員] 私はいままでずっと LSI、半導体を中心にやってきて、半導体のロードマップは非常に簡単に決められますが、MEMS はすごく多岐にわたっているので、非常に複雑で

深いものがあります。今回委員をさせていただいて、すごく勉強になりました。まず、そこを感謝したいと思います。今後はさらに MEMS を勉強して、貢献できたらと思っています。

[竹内委員] 今回のロードマップづくりは大変勉強になりました。どうもありがとうございました。特に数値で語らなければいけないところが勉強になりました。私も未来デバイスの一員として、ロードマップどおりに話が進んで、20 年後にこれが正しかったというのを見るのが楽しみです。頑張りたいと思います。

[小寺委員] 大変勉強になりました。ありがとうございました。20 年後はもういないかもしれませんが、できるだけ見届けられるように頑張りたいと思います。これだけの MEMS のフィールドなのに、日本では研究者、技術者が全然足りない。いかにこれから育てていくかが一つの課題だと思います。よろしくお願いします。

[橋口委員] 私は3年ぐらいこれにかかわってきて、3年やってもロードマップはなかなか描けないんですが、今回25年までになって、ちょうど自分が定年になるのがそのぐらいです。竹内先生ではないけれどもロードマップどおりできるように頑張って研究していきたいと思っています。どうもありがとうございました。

[佐藤委員] 夢のある技術を勉強させていただきました。25年とおっしゃらずに、もっと早く実用化できるように、協力もさせていただきますし、ぜひ一緒にやらせていただきたいと思います。

[藤田委員長] 皆様のご協力でたくさんのごことを短い時間にさせていただきました。少し残っているところがありますが、おかげ様で何とか最終的なロードマップができました。どうもありがとうございました。

私もこれだけたくさん項目があるのは初めてレビューをしたような気がします。いままでも MEMS について項目を体系的に考えることはやってきたつもりですが、どんどん広がって、さらに技術が細かくなっていることをあらためて実感できたような気がします。これは道しるべではありますが、自分自身の道をその中で探して、ぜひ、いい MEMS の研究と製品開発につなげていただければと思います。

また、この方向で進めますので、関係の方々にはぜひご協力をいただいて、これが本当にうまく行くようにプッシュする体制も整えていただければと思います。どうもありがとうございました。

[加藤 (JATIS)] どうもありがとうございました。