



経済産業省  
新製造技術プログラム

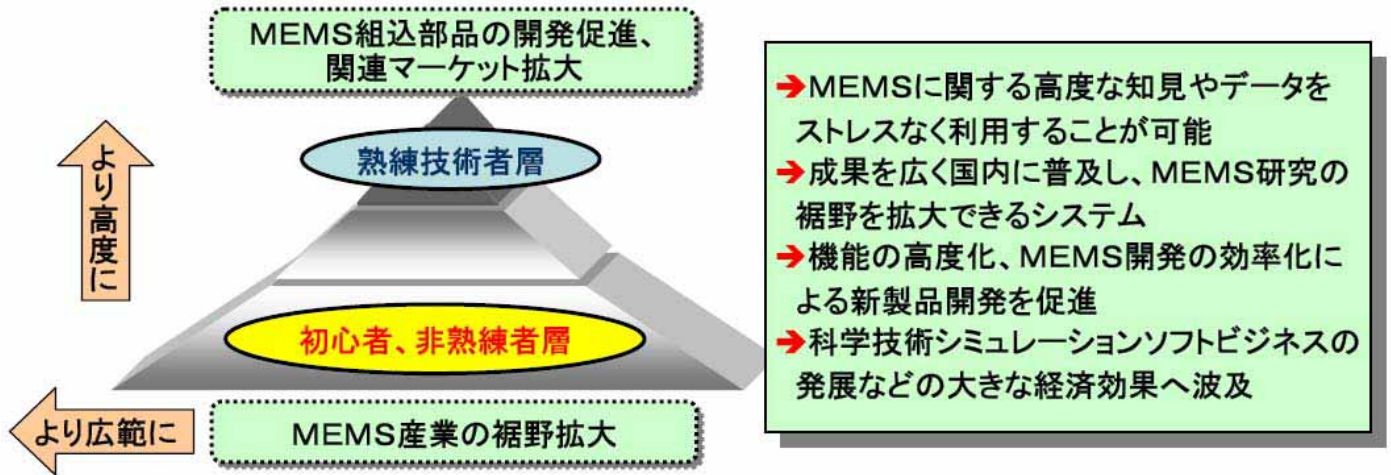
# 「MEMS用設計・解析支援システム 開発プロジェクト」 事後評価分科会資料

ープロジェクト概要説明ー  
平成19年11月7日

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
機械システム技術開発部



## 第1章 事業の位置付け・必要性について



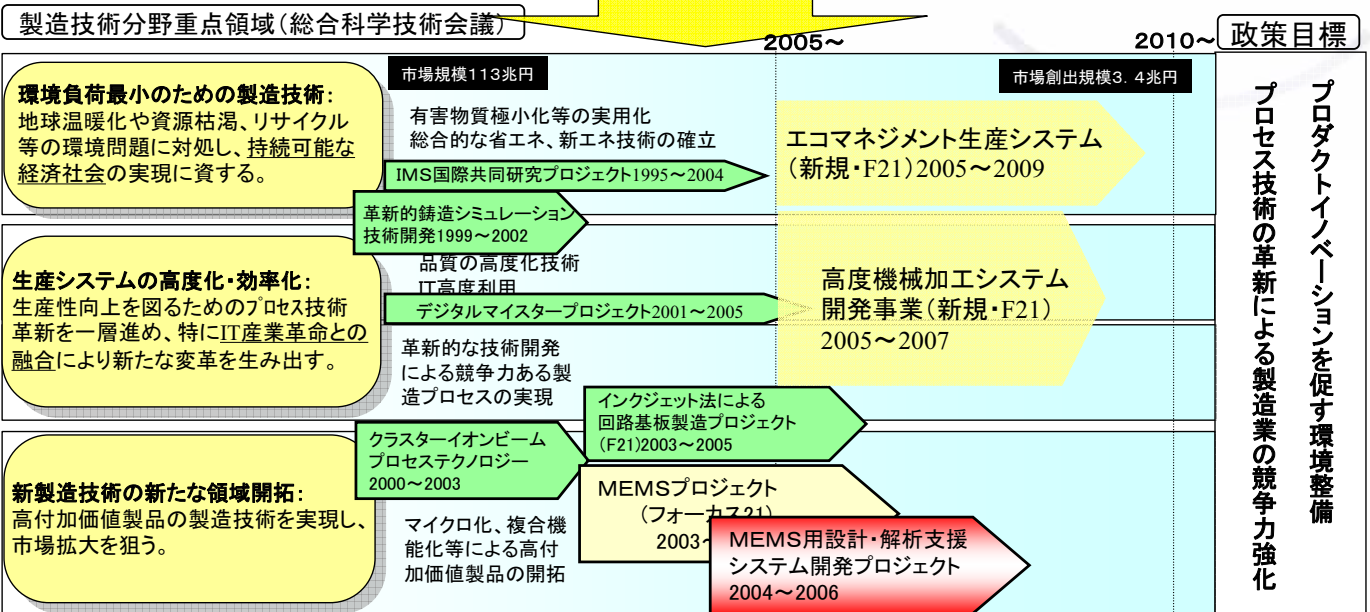
MEMS製造の対象は通信、化学、バイオ、エネルギー等多岐に渡る

MEMS産業の裾野の拡大を図るためには、多くの異分野の技術者やMEMSプロセスに精通していない技術者がMEMS分野に抵抗なく参入できるよう、NEDOがソフト的な支援を行う必要がある



## 新製造技術プログラム

MEMS分野の目標: マイクロ化、複合機能化等による高付加価値製品を開拓する



経済産業省の「新製造技術プログラム」に合致

### 1. 設計の短期効率化

解析精度向上によりプロトタイプの試作回数が短縮され、アイデアや着想を早く実現でき、それにより先行者利益を確保できる。

### 2. 応用対象の多様化および横展開の促進

MEMS技術に不慣れなユーザ企業に対して、MEMS技術の利用に際しての障壁を下げ、MEMS応用デバイスの産業化促進が可能になる。

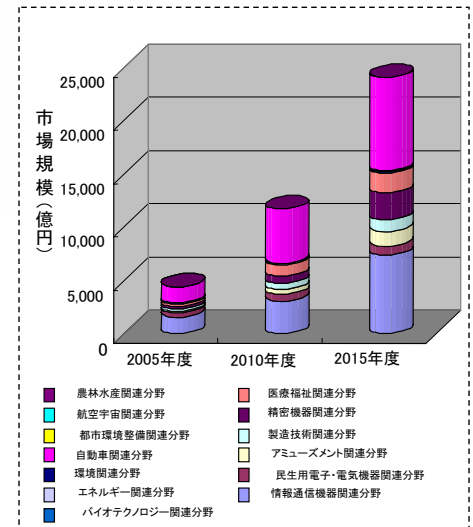
### 3. IPの蓄積と設計支援データベース構築

国内ファンドリーのプロセスデータの整備により、ファンドリー等の製造委託が増加する。

### 4. デファクト標準化

### 5. 設計技術者の養成および大学・研究機関からの産業化の支援

設計解析支援ソフトを用いた教育を通じて、広範囲のニーズと多様なプロセスに精通した技術者を育成し、また知識共有の仕組みを提供することで、研究成果をスムーズに産業移転できる。



平成18年度 MEMS の市場動向調査結果より  
(NEDO委託)

これらの効果により、2015年のMEMS関連国内市場で2兆4,000億円を確保できる

## <目的>

多くの分野の技術者や研究者がMEMS分野に抵抗なく参入できる環境を整備し、我が国のMEMS産業を振興、発展させる

## 【内容】

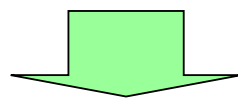
1. 開発期間:平成16年度～平成18年度(3年間)
2. 予算総額:約16億円  
(平成19年度の成果普及事業費も含む)
3. 開発項目:

MEMSプロセスに精通していない技術者が、MEMSデバイスを容易に設計し、マスク描画を行い、迅速に試作評価を行えるためのMEMS用設計・解析支援システムを開発する

## 第2章 研究開発マネジメントについて

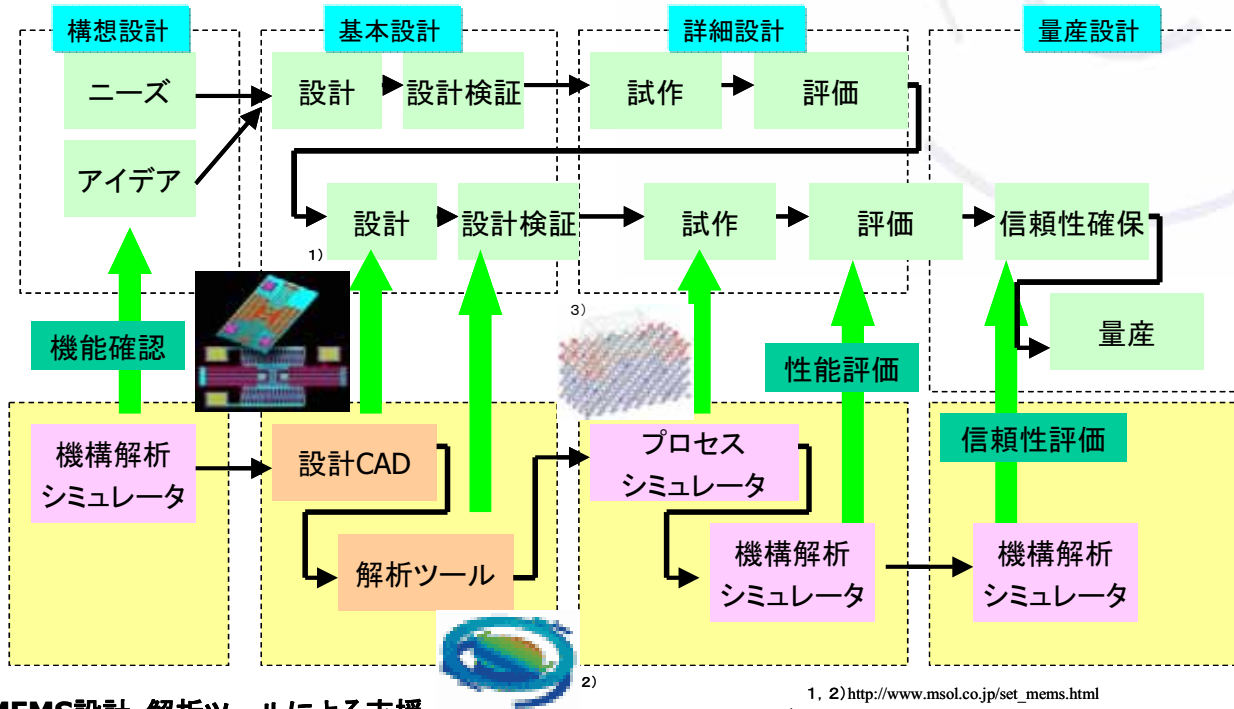
### MEMS実用化の現状

- MEMSの製造技術が確立し、製造方法のみで製品の優位性を保つことは難しくなってきた。デバイス構造と製造プロセスの最適化によって、性能・信頼性・コストの各面で優位性を確保する必要がある。
- MEMSの応用分野は、ITCからバイオ医療まで多様であり、多種類のデバイスをなるべく短時間に製品化する必要がある。



MEMS応用デバイスの開発者が、設計解析支援システムを利用し、製品を短時間に最適化して市場に投入できる環境を整備することが望まれていた。

## <MEMS開発の流れ>



### MEMS設計・解析ツールによる支援

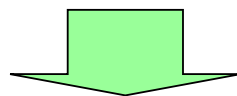
1, 2) [http://www.msol.co.jp/set\\_mem.html](http://www.msol.co.jp/set_mem.html)

3) [http://www.synopsys.co.jp/products/tcad/Whitepaper\\_sim.html](http://www.synopsys.co.jp/products/tcad/Whitepaper_sim.html)

MEMSの設計解析ツールは、設計・製造におけるどのようなフェーズでも必要となる

## <設計・解析ツールの現状>

- 通常サイズの電気・機械などの構造物の変形や温度・電場を解析する市販ツールは既に存在する。  
しかし、MEMSを開発するためには、上記の解析システムの他に、マスク設計・エッチング現象の解析など多くの知識を必要とする。
- 市販のシステムは高価であり、それが初心者・経験の少ないMEMS研究者・技術者の研究開発活動の障害となっている。



MEMSの技術者育成とMEMS分野の発展には、上記問題を解決するMEMS用設計・解析ツールが不可欠である。



### ＜本プロジェクトが目指すもの＞

- MEMSの一連の開発をカバーできるシステムとする  
→ 初心者・経験の少ないユーザが必要とする情報を標準機能として装備
- 開発したシステムを初心者・経験の少ないユーザへ普及させるシステムも合わせて整備

### ＜具体的な開発課題＞

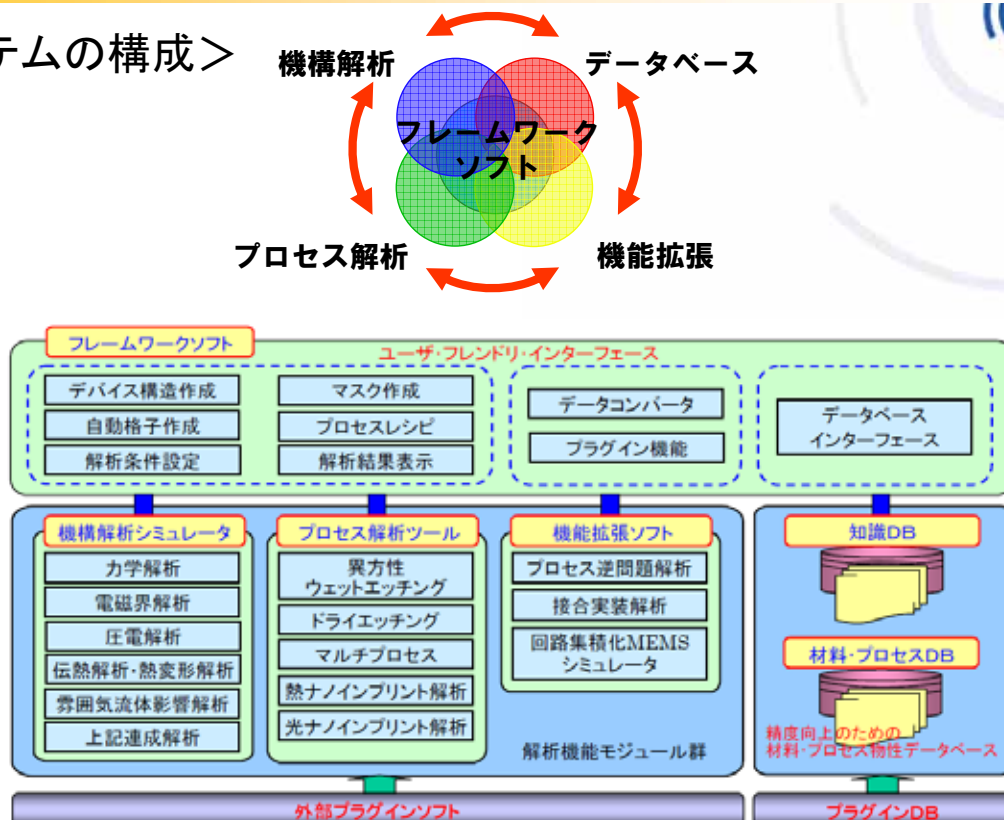
- MEMS設計・解析、データベース検索までを網羅的にサポートできるフレームワークソフトを開発すること
- 精度の高い解析結果を実現すること  
(実験結果と解析結果の誤差±50%以下)
- MEMS初心者には有用な解析である、**プロセス逆問題解析**を開発すること
- 薄膜材料等MEMSの設計・解析に必要な材料特性を、**評価試験法から開発し、データベース化**すること
- MEMSに関する**知識をデータベース化**し、追記可能とすること
- 成果の普及のための体制づくり

世界初技術

独自技術

世界初技術

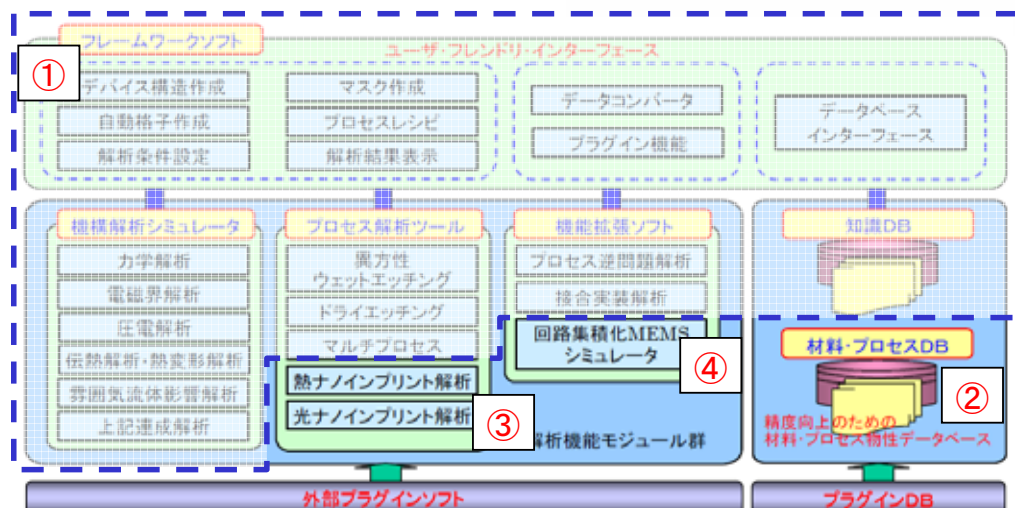
### ＜システムの構成＞



1. MEMSプロセスに明るくない多くの分野の技術者が機構設計、プロセスシミュレーション、マスク設計を簡便迅速におこなうことができるソフトウェアを開発すること
2. 機構設計、プロセスシミュレーションを精度良く実行するためのファンドリー事業者ごとの信頼性の高い材料およびプロセスのデータベースを構築すること  
これにより解析精度の向上を達成しプロトタイプの試作回数の低減に寄与すること
3. 成果の普及のための体制をプロジェクト実行中より構築すること

上記目標を達成するために、プロジェクト終了時において研究開発項目の目標を達成させる

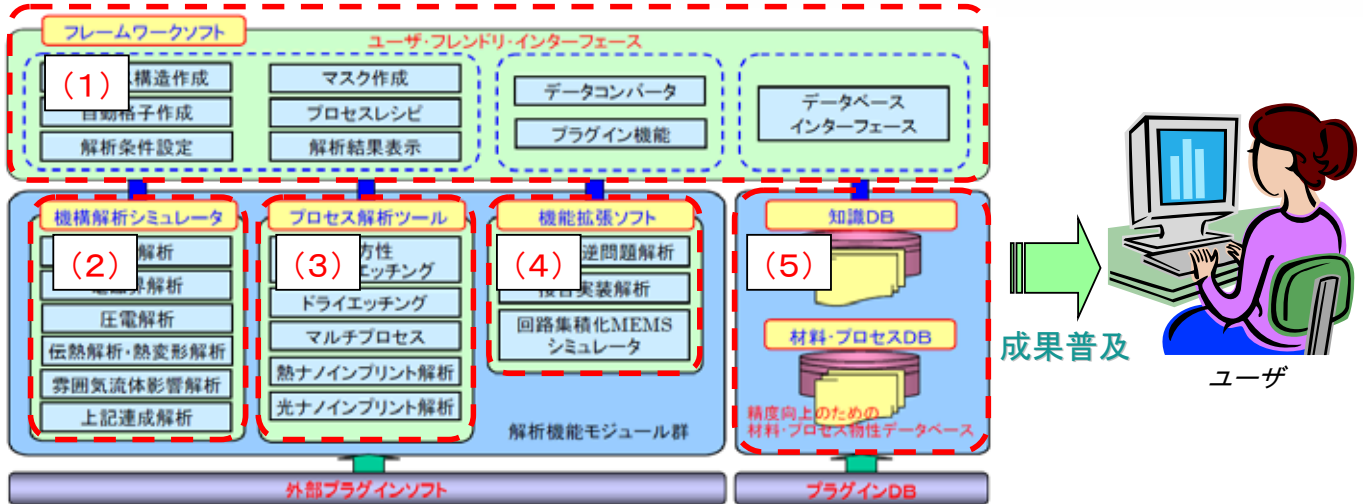
- ①MEMS用設計解析支援ソフトの開発(知識データベースを含む)
- ②MEMS用材料・プロセスデータベースの開発
- ③ナノインプリント加工・解析システムの開発
- ④回路集積化MEMSシミュレータの開発



- (1) フレームワークソフトの開発
- (2) 機構解析シミュレータの開発
- (3) プロセス解析ツールの開発
- (4) 機能拡張ソフトの開発
- (5) データベースの開発

研究開発

(6) 成果の普及 → 体制構築と実践



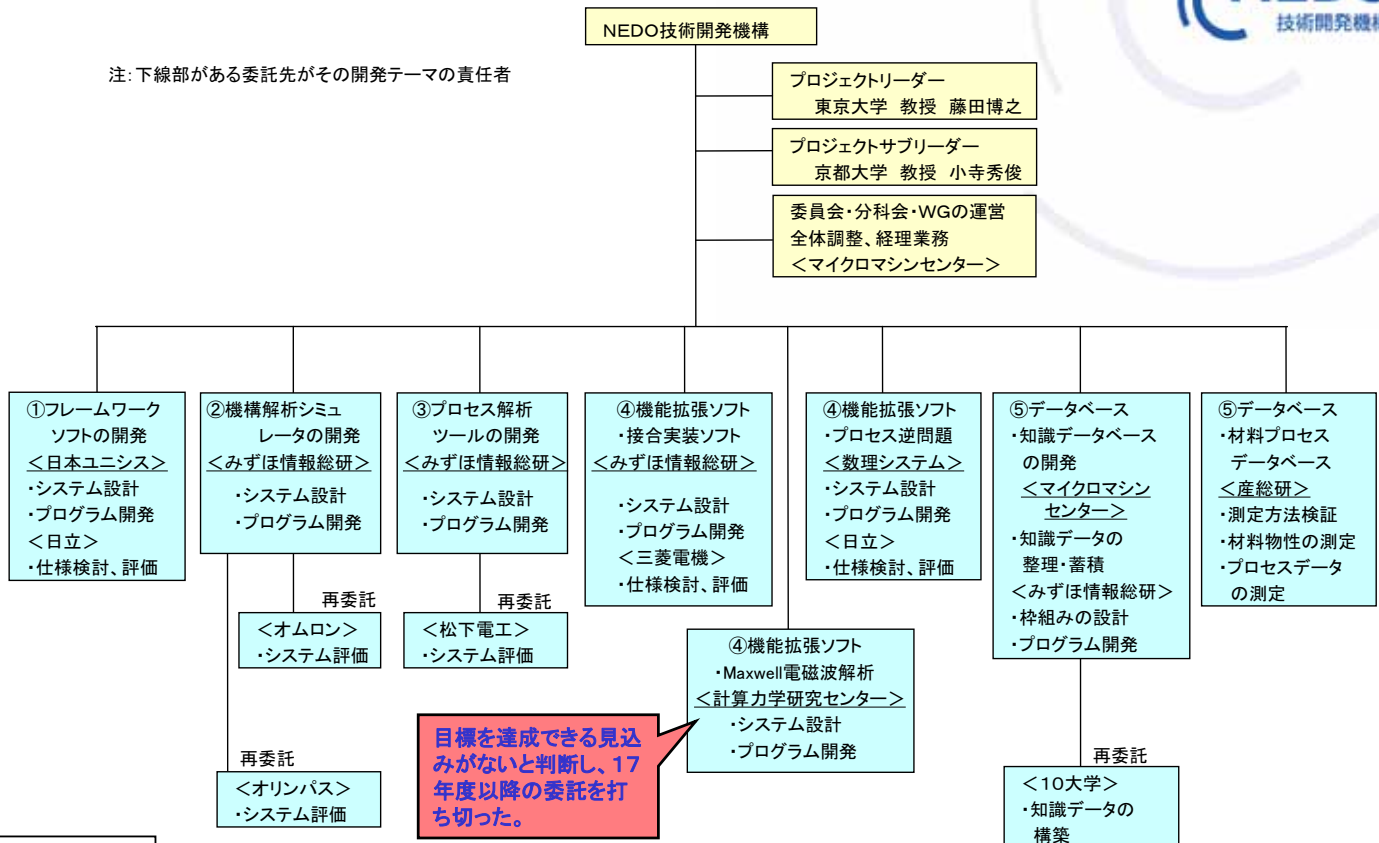
成果普及

ユーザ

研究項目	目標
(1) フレームワークソフトの開発	マスク作成をはじめとする9つのフレームワークの機能をユーザーフレンドリーなGUIと共に実現する。更に、ナノインプリント解析機能の追加に伴うフレーム機能の改修を行う。
(2) 機構解析シミュレータの開発	MEMSの設計・解析において重要な数値解析機能を開発し、試作した3次元MEMSデバイス構造の実測値と比較検証する。検証結果の目標値として、解析精度50%以上を実現する。
(3) プロセス解析ツールの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総合的に検証・評価できるプロセス解析ツールを構築し、3次元MEMSデバイス構造の実測値と比較評価する。</li> <li>・熱・光ナノインプリント加工解析シミュレータを開発し、標準型によるナノインプリント実験結果(熱ナノインプリント解析)、および文献の実測データ(光ナノインプリント解析)と比較検証する。目標として、標準型の形状に対する実測値と予測値の解析精度を50%以上とする。</li> </ul>
(4) 機能拡張ソフトの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロセス逆問題解析ソフトを構築し、光MEMSデバイスを検証用モデルとしてソフト機能を検証する。</li> <li>・接合実装解析ソフトを開発し、接合サンプルで検証する。</li> <li>・回路集積化MEMSシミュレータを開発し、櫛歯型静電アクチュエータをモデルに検証する。</li> </ul>
(5) データベースの開発 (知識・材料)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・先端研究者の豊富な知見やノウハウに関する知識データベースを1000件以上構築する。</li> <li>・ファンドリー事業者により有用なデータを取得し、機械特性データベースを構築する。</li> </ul>
(6) 成果の普及	<p>広告宣伝物の制作、Webサイトの整備、商標権の獲得等を行い、普及のためのインフラを整備する。</p> <p>各種展示会への出展、講習会等を通じてユーザ意見を収集し、システムへ反映する。</p>



注: 下線部がある委託先がその開発テーマの責任者



事業原簿 p.42

- プロジェクト立ち上げ当初においては考慮していなかったナノインプリント技術が、急速にMEMSにおける有望なプロセスとして成長した。  
→平成17年度に世界初のナノインプリントの解析シミュレーションの開発テーマを追加
- 微細化が進み同一基板上に機械系部品と電子回路が混在するのが普通となってきており、MEMSを機械・電子系連成システムとして捕らえ、その動作を同時に結合して解析することが設計の短期効率化に不可欠となってきた。  
→平成18年度に回路シミュレータを元に、従来の電氣的自由度だけではなく、機械的自由度も扱えるように拡張可能な、回路集積化MEMSシミュレータを追加

事業原簿 p.43

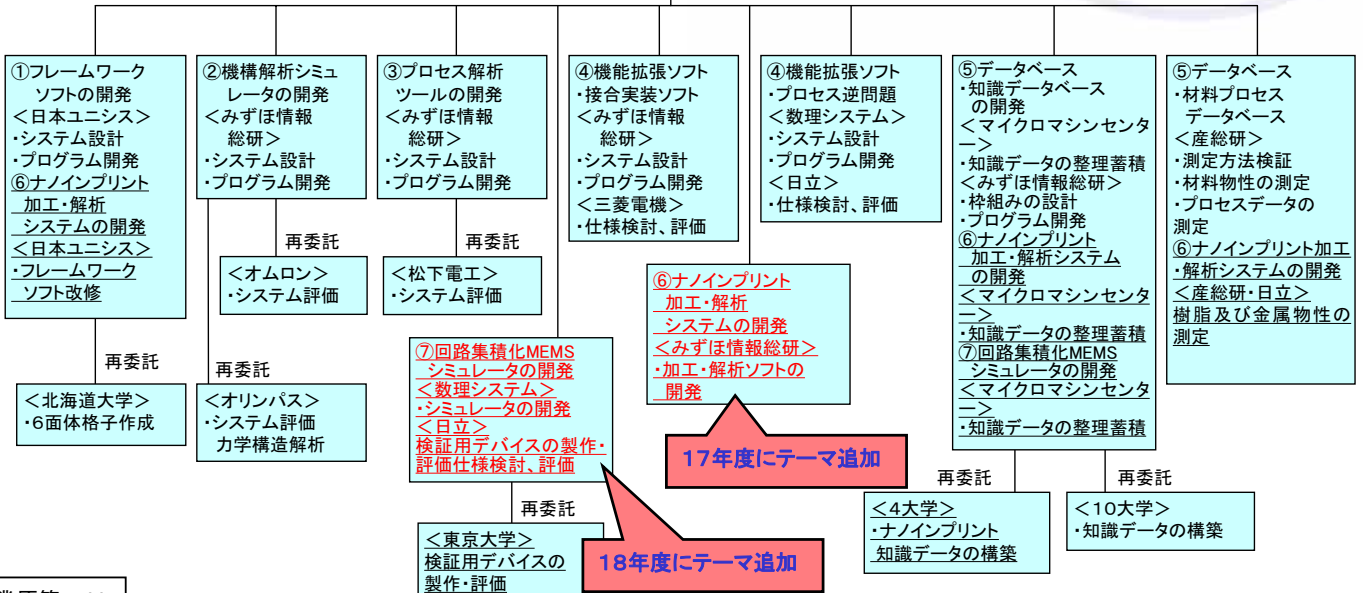


## NEDO技術開発機構

プロジェクトリーダー  
 東京大学 教授 藤田博之

プロジェクトサブリーダー  
 京都大学 教授 小寺秀俊

委員会・分科会・WGの運営  
 全体調整、経理業務  
 <マイクロマシンセンター>



プロジェクトを円滑に推進するために、各種委員会を設置し適切な運営を行った。  
 3年間にわたる委員会の開催実績は以下のとおりである。

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (1)プロジェクト推進委員会  | 開催14回(ワーキング含む) |
| (2)ソフトウェア委員会    | 開催25回(ワーキング含む) |
| (3)知識DB委員会      | 開催18回(ワーキング含む) |
| (4)材料・プロセスDB委員会 | 開催19回(ワーキング含む) |
| (5)普及活動検討委員会    | 開催25回(ワーキング含む) |
| (6)知的財産権委員会     | 開催 3回          |



		平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	テーマ別予算 (百万円)	備考
(1) フレームワークソフトの開発		→				292	※ナノインプリント加工に関するソフト改良含む
(2) 機構解析シミュレータの開発		→				166	
(3) プロセス解析ツールの開発	・異方性ウェットエッチングシミュレータ ・ドライエッチングシミュレータ ・マルチプロセスエミュレータ	→				166	
	・ナノインプリント加工解析システムの開発		→			108	※平成17年度に新規追加
(4) 機能拡張ソフトの開発	・プロセス逆問題解析 ・接合実装解析	→				228	
	・回路集積化MEMSシミュレータの開発			→		30	※平成18年度に新規追加
(5) データベースの開発		→				539	※ナノインプリント加工に関するデータ追加含む
(6) 成果の普及		→				98	
年度別予算 (百万円)	一般会計	0	0	0	0		
	特別会計 <高度化>	418(14)	562(12)	587(12)	60 (成果普及費)		うち()内は成果普及調査費
総予算額(計)		418	562	587	60	1,627	

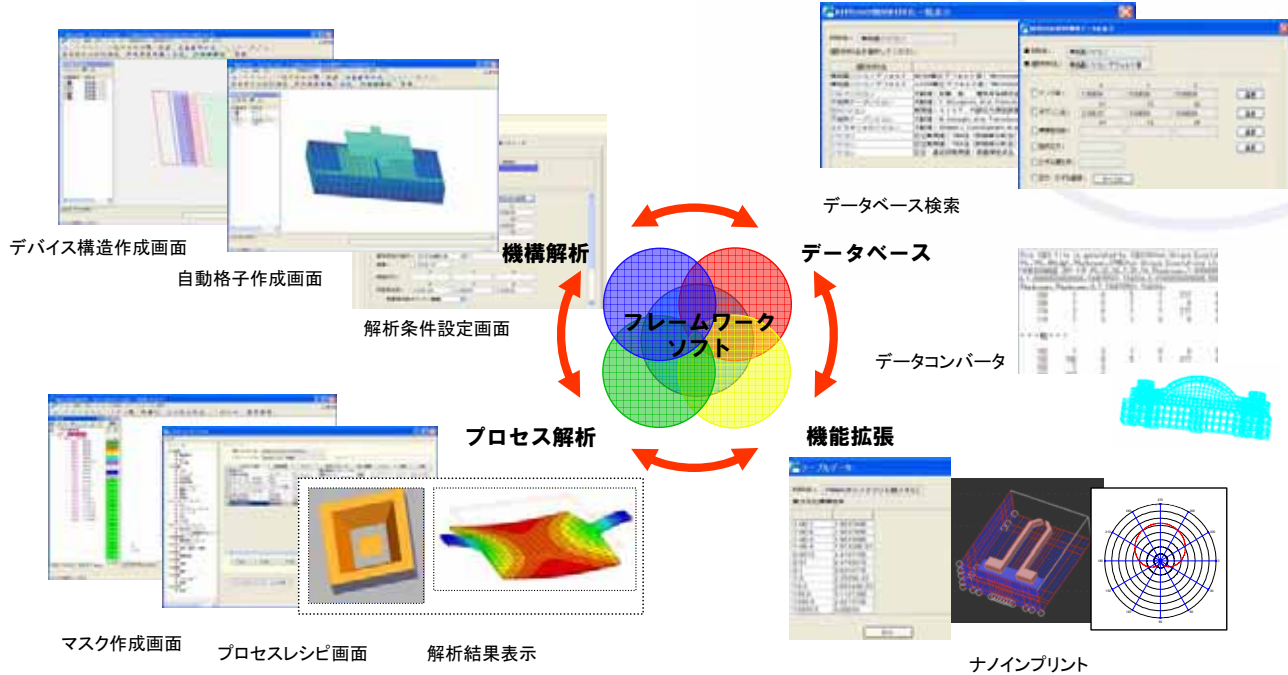
事業原簿 p.45



## 第3章 研究開発成果について



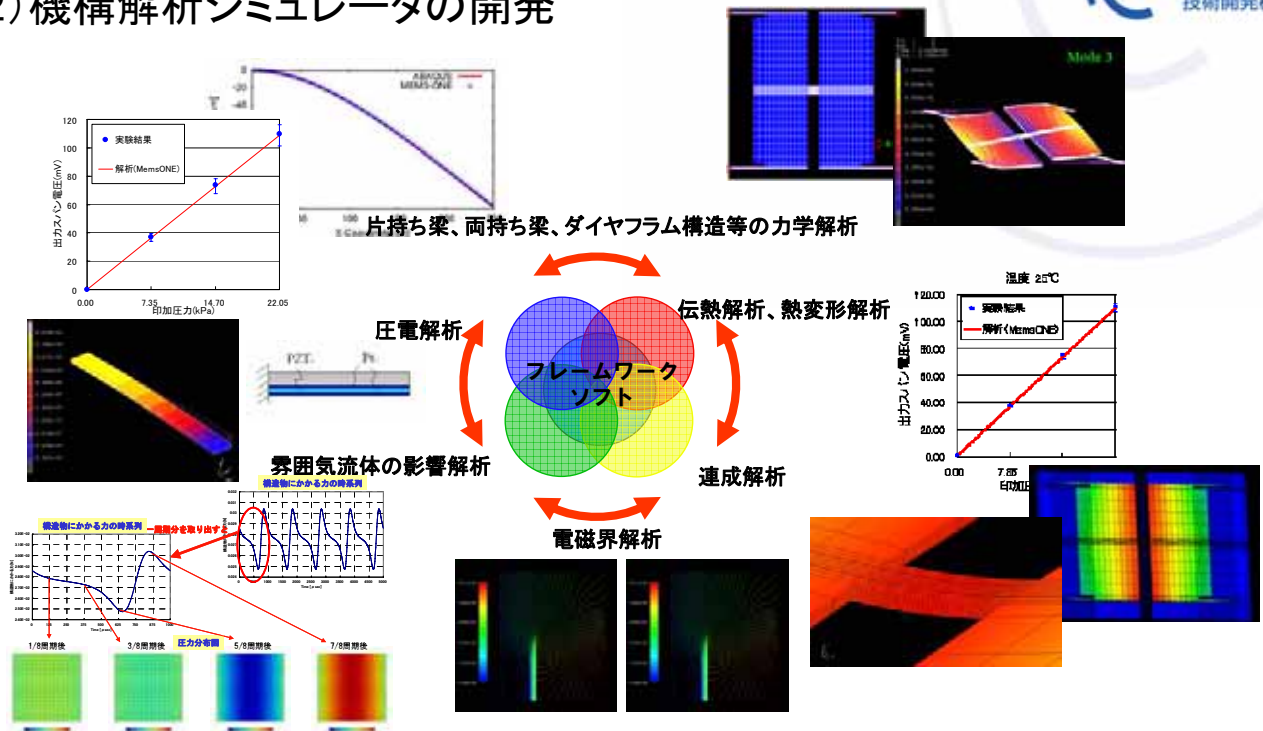
## (1) フレームワークソフトの開発



解析ソフトやデータベースと有機的に連携し、  
ユーザフレンドリーなGUIを有するフレームワークソフトを開発した



## (2) 機構解析シミュレータの開発

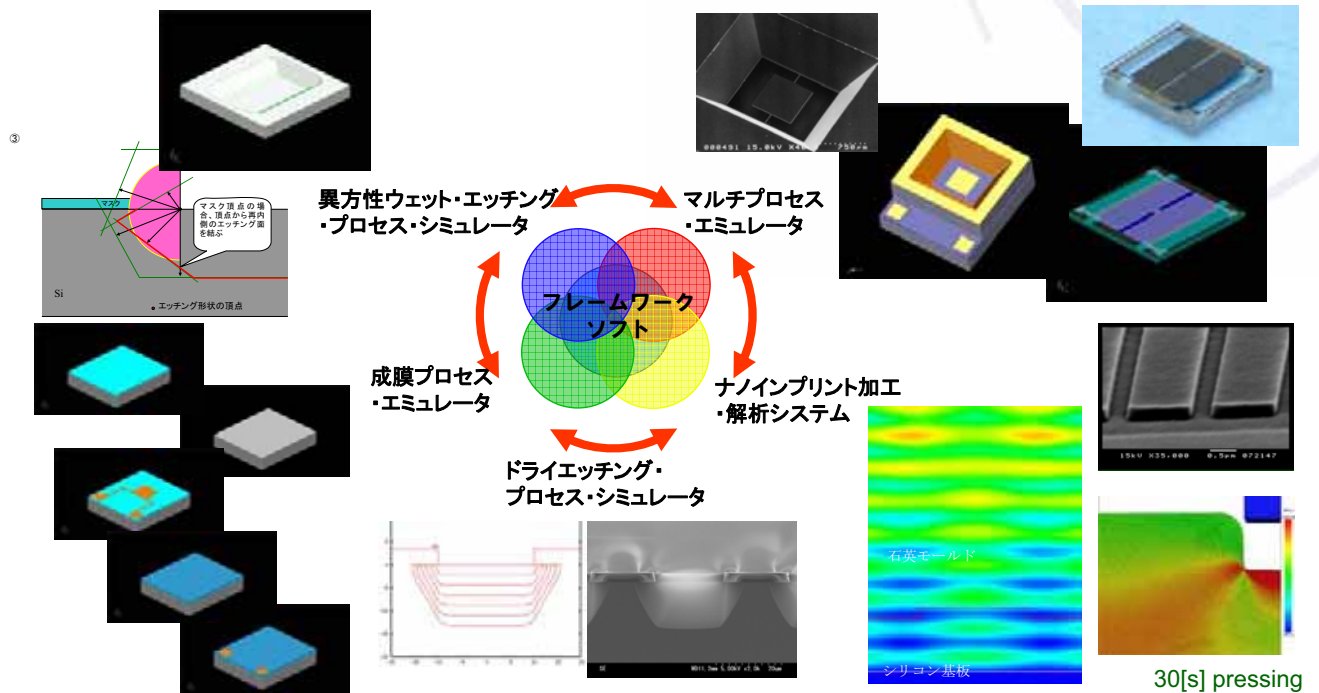


MEMSにおける電磁駆動、静電駆動、熱型駆動等の駆動機構や  
動作機構を総合的に検証、評価するシステムを開発した





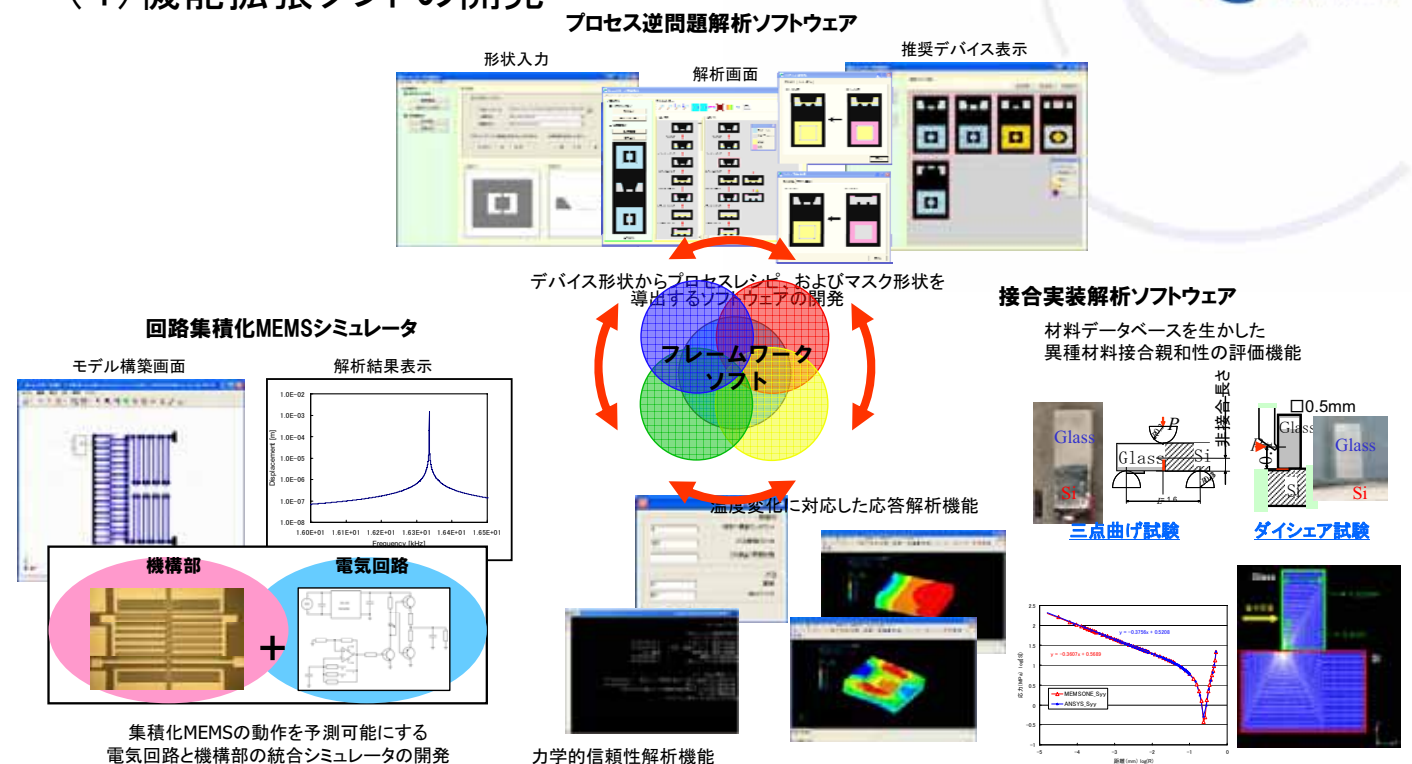
## (3) プロセス解析ツールの開発



MEMSプロセスシミュレータもしくはエミュレータによりMEMS加工構造を実現し、総合的に検証、評価するシステムを開発した



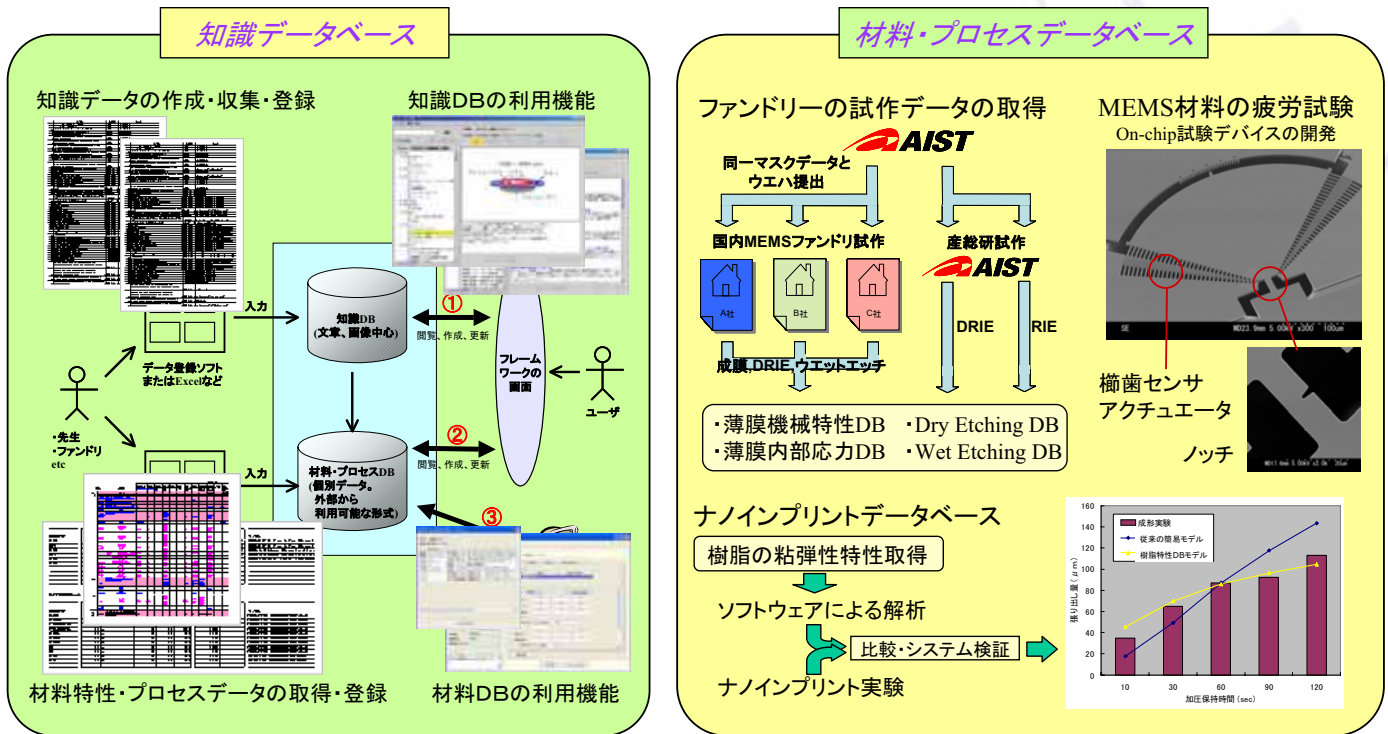
## (4) 機能拡張ソフトの開発



3つの機能拡張ソフトを開発し、実デバイスをモデルに検証した



## (5) データベースの開発



MEMSの研究開発に有用な知識・材料特性・プロセスデータベースを構築した

## (6) 成果の普及(プロジェクト期間中)



プロジェクト期間中から積極的な宣伝活動を展開し、成果普及を行った

研究項目	成果	達成度
(1) フレームワークソフトの開発	当初計画以上の機能を、操作性・利便性等を重視して開発した。各解析機能との適正な動作確認および検証を行い、 <b>ユーザーフレンドリーなGUIを実現</b> した。	○
(2) 機構解析シミュレータの開発	計画通りのシミュレータを開発し、製作した3種類の検証用デバイスと比較検証した。 <b>解析誤差は2%~27%</b> であり、目標を達成した。	○
(3) プロセス解析ツールの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画通りのシミュレータを開発し、製作した3種類の検証デバイスと比較検証した結果、<b>誤差8%以内で一致</b>した。</li> <li>計画通りのシミュレータを開発した。測定された厳密な材料物性値を用い、実用に耐えうる精度で一致した(<b>熱ナノインプリント解析</b>)。電界強度分布が文献結果と一致し、モールド設計やプロセス条件の最適化に利用できることを確認した(<b>光ナノインプリント解析</b>)。</li> </ul>	○
(4) 機能拡張ソフトの開発	<b>プロセス逆問題解析ソフト、接合実装解析ソフト、回路集積化MEMSシミュレータを開発</b> し、検証用デバイスで検証した結果、いずれも、実験結果とシミュレーション結果は良く一致することを確認した。	○
(5) データベースの開発 (知識・材料)	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>知識データベースを計1750件</b>(各研究機関820件、専門用語200件、マイクロ化学研究組合データ730件)蓄積した。</li> <li>各成膜、樹脂材料特性の測定、各種エッチングデータ、樹脂の粘弾性特性<b>データ等</b>を取得し、<b>材料・プロセスデータベースを構築</b>した。</li> </ul>	○
(6) 成果の普及	広告宣伝活動用インフラを作成・整備し、 <b>成果発表会2回開催、各種展示会に7回出展、講習会・セミナー4回開催、学会等に3回発表</b> を行った。	○

世界初技術  
(ナノインプリント解析)

世界初技術  
(逆問題解析)

世界初技術  
(知識DB)

独自技術  
(材料・プロセスDB)

- 論文等誌上発表数 : 221件(うち海外発表148件)
- 特許等出願数 : 1件(うち外国出願0件)
- 報道数 : 8件(うち外国出願0件)

	論文等誌上発表 (論文誌、学会誌、国際会議)		特許等		報道 (新聞、雑誌等)	
	国内	海外	国内	海外	国内	海外
件数	73	148	1* (商標登録)	0	8	0
合計	221		1		8	

※「MEMS ONE(メムスワン)」を商標登録

特許出願、著作権(プログラム著作物登録)は、企業判断により行っていない

## 第4章 実用化の見通しについて

### 実用化の見通し(1)

#### <実用化・事業化に向けての考え方>

##### 【プロジェクト期間中】

##### ■ 第一ステージ: 認知ステージ

イベント・展示会等で宣伝し、多くの日本MEMS開発・研究者にMemsONEの存在を認知していただく。

##### 【プロジェクト終了後】

##### ■ 第二ステージ: 知覚ステージ

実習・セミナー等でMemsONEの効用を知覚していただく。

##### ■ 第三ステージ: 実用化ステージ

完成版をユーザの現場にて活用していただく。

### PJ終了後(H19年度～)の普及活動状況

1. MemsONE β 版の配布
2. MemsONE実習講座・セミナーの開催
3. 広告宣伝用パネルの作成
4. 展示会への出展
5. Webサイトの更新
6. ユーザーサポート
7. MemsONE β 版の強化開発
8. 普及促進委員会の開催



β 版申込み画面



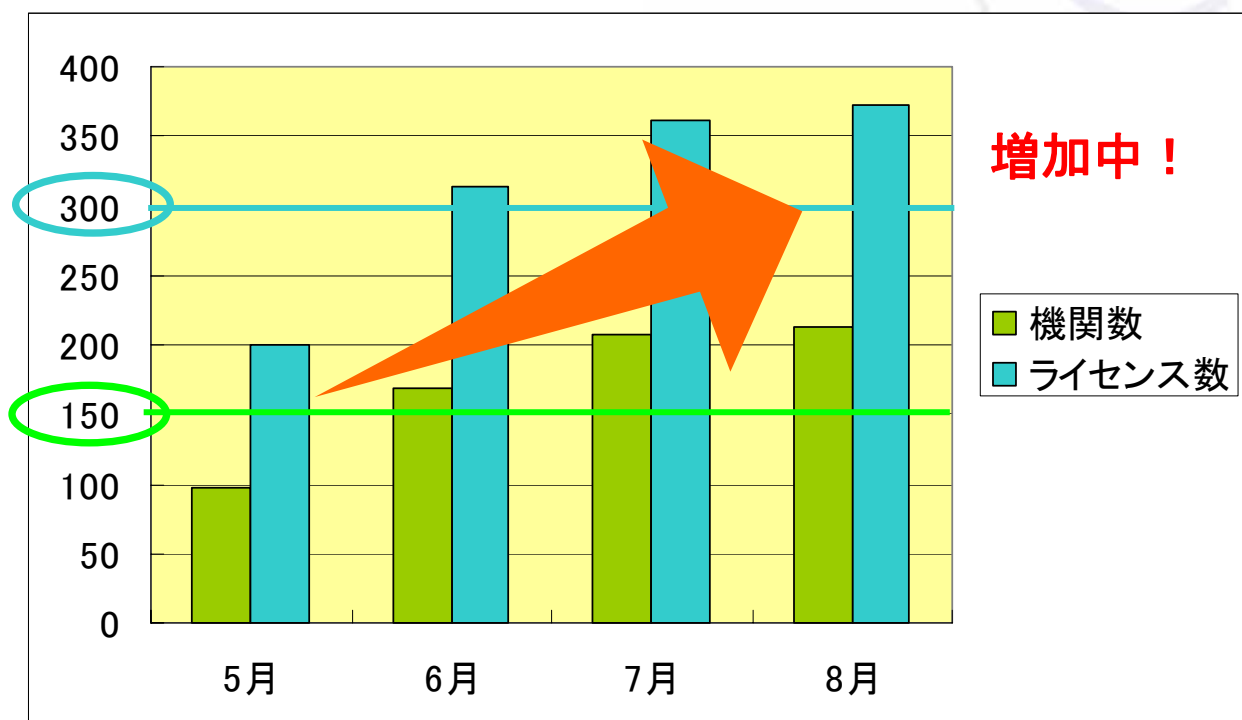
サポート情報



MemsONE実習講座・セミナー

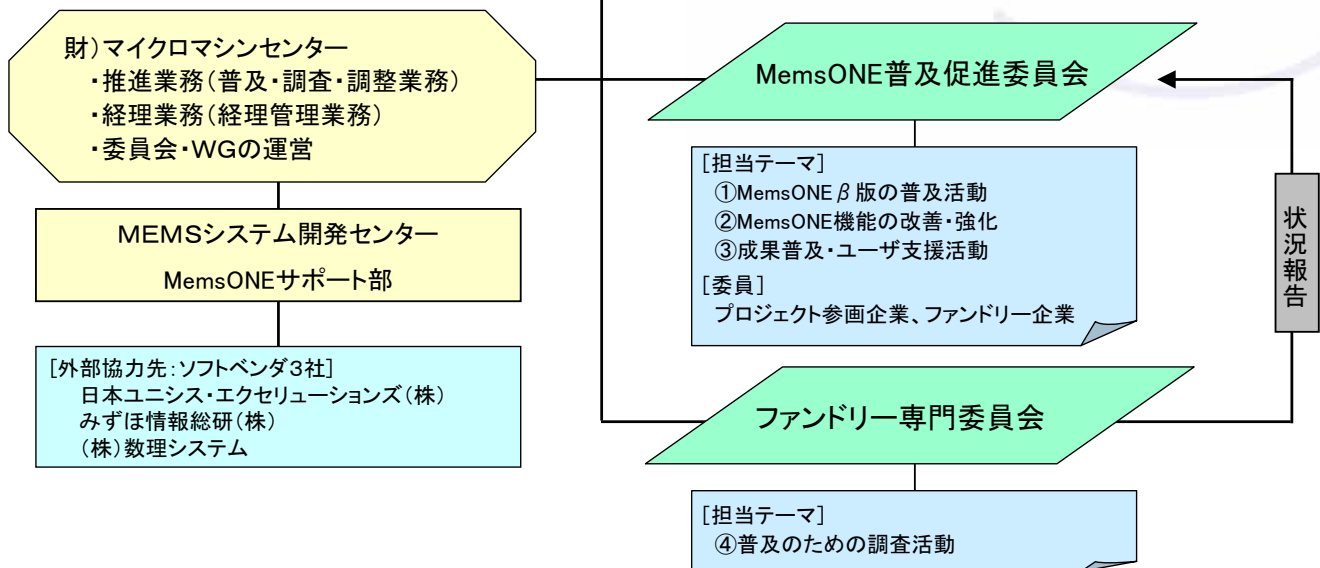
NEDOの普及活動事業(19年度)として、現在活動中

### <Mems-ONE β 版の申込み件数の推移>



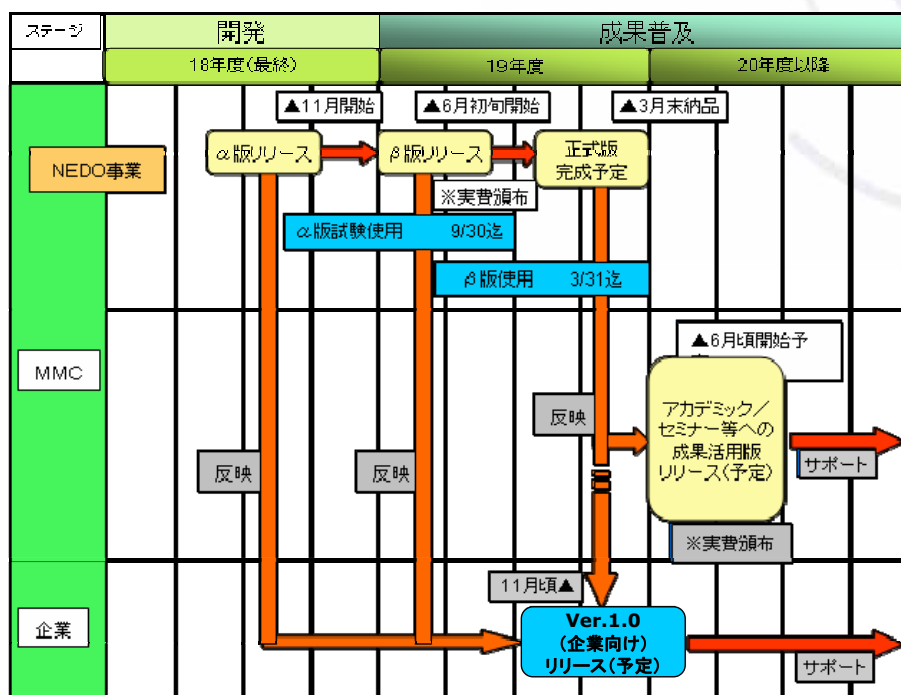
### <成果普及体制>

#### MEMS用設計・解析支援システム開発プロジェクト成果普及事業



サポート、ソフトの改善強化、ユーザ支援が出来る体制を作り、活動を開始

### <スケジュール>



今年度中に正式版が完成予定→アカデミック向け、企業向けに順次反映していく