

平成8年度
マイクロマシン技術の導入に伴う産業社会
構造への影響に関する調査研究報告書

平成9年3月

社団法人 日本機械工業連合会
財団法人 マイクロマシンセンター

序

技術革新（テクノロジー・イノベーション）は、経済の発展に大きく貢献し社会を進歩させる潜在的な原動力として、広くその重要性が認識されています。また、経済発展のみならず、地球環境問題やエネルギー問題など、地球規模での課題を解決する主役として期待されています。

特に、我が国はこれまで、公害問題、石油危機などの幾多の困難な問題に対し、たゆまざる技術開発を積み重ねることによりその解決を図ってきました。その結果、現在では世界のトップレベルの技術力を有する先進国家として、世界にもその実力が認められるに至っています。

このように技術開発は、経済発展の基盤を形成するとともに、人類共通の課題に対する技術的打開策として非常に重要な役割を有しており、地球的規模での課題解決のために我が国がその技術力を活用して、積極的な貢献を行っていくべきとの国際的な要請も高まっています。

一方、我が国の研究開発は、応用・開発研究に偏りがちであり、研究開発投資構造をより基礎的な分野へと重点を移していくことが必要です。我が国が、自らの基礎研究を強化し、新しいコンセプトの堤唱やブレークスルーにつながる独創的、創造的な研究成果を世界に対して発信していくことが必要であり、フロンティアを開拓するという観点で、基礎的独創的な研究領域における研究開発やメガサイエンスに率先して挑戦し、地球的な科学技術のベースの拡大に貢献することが望まれています。

こうした背景にかんがみ、当会では技術開発促進等補助事業のテーマの一つとして財団法人マイクロマシンセンターに「マイクロマシン技術の導入に伴う産業社会構造への影響に関する調査研究事業」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚の至りと存じます。

平成9年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 佐 波 正 一

はじめに

マイクロマシン技術は、工業技術や医療技術をはじめとする広範な分野において革新的な基盤技術になるとして注目され、機械工学、電子工学、医用工学等の多様な工学分野で、その研究開発が急速に拡大しつつあります。一方、この技術の応用は、マイクロメカニカルデバイス等の形で着実に実績を上げ、部分的には商品に組み込まれ社会生活に有用な効果を示しつつありますが、その本格的な活用は実用技術としての体系が整備される21世紀に入ってからになると考えられています。

このように、マイクロマシン技術が多くの分野で導入が図られた場合、21世紀における産業・社会構造の変化及び経済・社会生活に与える効果を明らかにし、広範な産業・技術分野における民間企業や研究機関等の研究開発への取り組みを促すとともに、マイクロマシン技術の確立と技術の普及・振興に寄与し、併せてマイクロマシン技術導入のための基盤整備を行うことも極めて重要な事項となっています。

このような必要性に応えるために、当マイクロマシンセンターは社団法人日本機械工業連合会から、「マイクロマシン技術の導入に伴う産業社会構造への影響に関する調査研究事業」の委託を受けて、21世紀においてマイクロマシンが実用化される事によりもたらされる産業活動及び社会生活に与える影響を明らかにするために、マイクロマシン技術が産業化されるシナリオを想定し、その経済効果について分析を試みました。

本報告書は、この調査研究事業の成果をとりまとめたものであり、関係各方面において広くご利用頂ければ幸いと存じます。

平成9年3月

財団法人マイクロマシンセンター
理事長 石丸 典生

事業運営組織

本調査研究事業はつぎの委員会を設けて実施した。

マイクロマシン技術の導入に伴う産業社会構造への影響に関する調査研究委員会

委員長	児玉 文雄	東京大学先端科学技術研究センター	教授
副委員長	北原 時雄	機械技術研究所極限技術部	主任研究官
委員	青柳 隆夫	東京女子医科大学医用工学研究施設	講師
	下山 勲	東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻	助教授
	小菅 一弘	東北大学大学院工学研究科機械知能工学専攻	教授
	生田 幸士	名古屋大学工学部マイクロシステム工学専攻	教授
	臼田 孝	計量研究所計力学部機械計測研究室	主任研究官
	平井 成興	電子技術総合研究所知能システム部自律システム研究室	室長
	竹田太四郎	(株)小松製作所研究本部中央研究所	副所長
	依田 聖	JUKI (株)総合技術研究所 技術企画室	主任技師
	安宅 龍明	セイコー電子工業(株)技術総括部	総括部長
	柴田 博一	ソニー(株)生産システムビジネスセンター精密プロセスシステム部技術戦略課	係長
	清末 芳生	テルモ(株)研究開発センター国家プロジェクトグループリーダー	
	近野 泰	(株)野村総合研究所社会・産業研究部	研究員
ワザ・ハ・	牧内 勝哉	機械情報産業局産業機械課	課長補佐
	廣瀬 浩二	工業技術院産業科学技術研究開発室	研究開発専門職
事務局	平野 隆之	(財)マイクロマシンセンター	専務理事
	岡崎 俊義	(財)マイクロマシンセンター	調査部 部長
	矢萩 勝彦	(財)マイクロマシンセンター	調査部 次長
	原尻 俊彦	(財)マイクロマシンセンター	調査部 課長
	久保寺幸則	(財)マイクロマシンセンター	調査部

目次

序

はじめに

事業運営組織

(総論)

(本論)

第1章 産業化シナリオの調査対象分野及びアプリケーションの設定 1

第2章 産業・社会構造へのマイクロマシン技術導入シナリオ 12

2-1. マイクロファクトリー分野	21
2-1-1. 分散型工場	21
1. 産業廃棄物再生機 (マイクロリアクター)	21
1) アプリケーションの概要	21
2) 構成 (アプリケーションの構成イメージ)	23
3) 必要な要素技術	24
2. 部品回収再利用機	25
1) アプリケーションの概要	25
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	26
3) 必要な要素技術	27
2-1-2. 製販売一体工場	28
1. パーソナルブランド製造機	28
1) アプリケーションの概要	28
2) 構造 (アプリケーションの構成のイメージ)	29
3) 必要な要素技術	30
2-1-3. カスタム品工場	31
1. 電子回路製造装置	31
1) アプリケーションの概要	31
2) 構造 (アプリケーションの構成のイメージ)	32
3) 必要な要素技術	32
2-1-4. 加工・組立一体工場	33
1. インライン小型部品工場-機械部品製造装置	33
1) アプリケーションの概要	33
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	35

3) 必要な要素技術	37
2. インライン小型部品工場—インライン検査補修装置	38
1) アプリケーションの概要	38
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	39
3) 必要な要素技術	41
3. マイクロマシン製造 (加工・組立) ライン	41
1) アプリケーションの概要	41
2) 構造 (アプリケーションの構成のイメージ)	43
3) 必要な要素技術	44
2-1-5. モデリング工場	46
1. 電/機一体型デバイス用デスクトップ型FMS	46
1) アプリケーションの概要	46
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	47
3) 必要な要素技術	48
2-2. メンテナンス分野	50
2-2-1. 狭わい部検査・診断	50
1. 狭所検査・診断装置	50
1) アプリケーションの概要	50
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	52
3) 必要な要素技術	54
2-2-2. 検査・診断自動化	54
1. オートマチック検査・診断装置	54
1) アプリケーションの概要	54
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	55
3) 必要な要素技術	56
2. 家電メンテナンス装置	57
1) アプリケーションの概要	57
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	58
3) 必要な要素技術	59
2-2-3. 診断機能内蔵	59
1. 機器内メンテナンス装置	59
1) アプリケーションの概要	60
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	60
3) 必要な要素技術	61
2. 埋込型自己診断機能素子	62
1) アプリケーションの概要	62
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	63
3) 必要な要素技術	64

2-3. 医療福祉分野	65
2-3-1. 低侵襲医療	65
1. 腹腔鏡下手術装置	65
1) アプリケーションの概要	65
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	65
3) 必要な要素技術	66
2-3-2. 医療の高度化・多様化	67
1. DDS	67
1) アプリケーションの概要	67
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	68
3) 必要な要素技術	70
2-3-3. 予防・診断医療	71
1. 生体情報遠隔監視装置あるいは携帯型 (腕時計型、家庭内等の) リモトドクター	71
1) アプリケーションの概要	71
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	72
3) 必要な要素技術	73
2. 歯の手入れ装置	74
1) アプリケーションの概要	74
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	75
3) 必要な要素技術	75
2-3-4. 人工臓器	76
1. 体内留置型の生体計測システム、及び薬物自動注入システム	76
1) アプリケーションの概要	76
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	77
3) 必要な要素技術	77
2-3-5. バリアフリー福祉	78
1. 高度バリアフリー機器－歩行支援システム	78
1) アプリケーションの概要	78
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	79
3) 必要な要素技術	79
2. 高度バリアフリー機器－高度リハビリテーション機器	80
1) アプリケーションの概要	80
2) 構成 (アプリケーションの構成イメージ)	81
3) 必要な要素技術	81
2-4. 情報・通信分野	83
2-4-1. 通信	83
1. 腕時計型ないしはイヤホン型携帯通信機	83
1) アプリケーションの概要	83
2) 構造 (アプリケーションの構成のイメージ)	84

3) 必要な要素技術	86
2-4-2. メモリ	87
1. 大容量小型メモリー大容量メモリ搭載・超小型環視カメラ	87
1) アプリケーションの概要	87
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	87
3) 必要な要素技術	88
2. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 1	89
1) アプリケーションの概要	89
2) 構造 (アプリケーションの構成イメージ)	91
3) 必要な要素技術	92
3. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 2	93
1) アプリケーションの概要	93
2) 構造 (アプリケーションの構成のイメージ)	93
3) 必要な要素技術	94
4. 眼鏡サイズディスプレイ	95
1) アプリケーションの概要	95
2) 構造 (アプリケーションの構造イメージ)	96
3) 必要な要素技術	97
2-5. その他の分野	98
1. 害虫駆除装置	98
1) アプリケーションの概要	98
2) アプリケーションの構造	98
3) 必要な要素技術	99

第3章 産業・社会構造変化のシナリオ..... 100

3-1. マイクロファクトリー分野.....	103
3-1-1. 分散型工場.....	103
1. 産業廃棄物再生機（マイクロリアクター）.....	103
1) マイクロマシン製造業の展望.....	103
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	103
2. 部品回収再利用機.....	104
1) マイクロマシン製造業の展望.....	104
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	104
3-1-2. 製販売一体工場.....	105
1. パーソナルブランド製造機.....	105
1) マイクロマシン製造業の展望.....	105
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	105
2. 電子回路製造装置.....	106
1) マイクロマシン製造業の展望.....	106
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	106
3-1-4. 加工・組立一体工場.....	107
1. インライン小型部品工場－機械部品製造装置.....	107
1) マイクロマシン製造業の展望.....	107
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	107
2. インライン小型部品工場－インライン検査補修装置.....	108
1) マイクロマシン製造業の展望.....	108
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	108
3. マイクロマシン製造（加工・組立）ライン.....	109
1) マイクロマシン製造業の展望.....	109
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	109
3-1-5. モデリング工場.....	110
1. 電／機一体型デバイス用デスクトップ型FMS.....	110
1) マイクロマシン製造業の展望.....	110
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	110
3-2. メンテナンス分野.....	112
3-2-1. 狭わい部検査・診断.....	112
1. 狭所検査・診断装置.....	112
1) マイクロマシン製造業の展望.....	112
2) マイクロマシン利用産業の展望.....	112
3-2-2. 検査・診断自動化.....	113
1. オートマチック検査・診断装置.....	113
1) マイクロマシン製造業の展望.....	113

2) マイクロマシン利用産業の展望	114
2. 家電メンテナンス装置	114
1) マイクロマシン製造業の展望	114
2) マイクロマシン利用産業の展望	115
3-2-3. 診断機能内蔵	115
1. 機器内メンテナンス装置	115
1) マイクロマシン製造業の展望	115
2) マイクロマシン利用産業の展望	116
2. 埋込型自己診断機能素子	116
1) マイクロマシン製造業の展望	116
2) マイクロマシン利用産業の展望	117
3-3. 医療福祉分野	118
3-3-1. 低侵襲医療	118
1. 腹腔鏡下手術装置	118
1) マイクロマシン製造業の展望	118
2) マイクロマシン利用産業の展望	118
3-3-2. 医療の高度化・多様化	119
1. DDS	119
1) マイクロマシン製造業の展望	119
2) マイクロマシン利用産業の展望	120
1. 生体情報遠隔監視装置あるいは携帯型（腕時計型、家庭内等の）リモート*クター	122
1) マイクロマシン製造業の展望	122
2. 歯の手入れ装置	123
1) マイクロマシン製造業の展望	123
2) マイクロマシン利用産業の展望	123
3-3-4. 人工臓器	124
1. 体内留置型の生体計測システム、及び薬物自動注入システム	124
1) マイクロマシン製造業の展望	124
2) マイクロマシン利用産業の展望	124
3-3-5. バリアフリー福祉	125
1. 高度バリアフリー機器－歩行支援システム	125
1) マイクロマシン製造業の展望	125
2) マイクロマシン利用産業の展望	125
2. 高度バリアフリー機器－高度リハビリテーション機器	126
1) マイクロマシン製造業の展望	126
2) マイクロマシン利用産業の展望	126
3-4. 情報・通信分野	127
3-4-1. 通信	127
1. 腕時計型ないしはイヤホン型携帯通信機	127

1) マイクロマシン製造業の展望	127
2) マイクロマシン利用産業の展望	127
3-4-2. メモリ	128
1. 大容量小型メモリー大容量メモリー搭載・超小型環視カメラ	128
1) マイクロマシン製造業の展望	128
2) マイクロマシン利用産業の展望	128
2. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 1	129
1) マイクロマシン製造業の展望	129
2) マイクロマシン利用産業の展望	129
3. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 2	130
1) マイクロマシン製造業の展望	130
2) マイクロマシン利用産業の展望	130
4. 眼鏡サイズディスプレイ	131
1) マイクロマシン製造業の展望	131
2) マイクロマシン利用産業の展望	131
3-5. その他の分野	132
1. 害虫駆除装置	132
1) マイクロマシン製造業展望	132
2) マイクロマシン利用産業の展望	132
4-1. マイクロファクトリー分野	133
4-1-1. 分散型工場	133
1. 産業廃棄物再生機（マイクロリアクター）	133
1) 機械産業に対するインパクト	133
2. 部品回収再利用機	133
1) 機械産業に対するインパクト	133
4-1-2. 製販売一体工場	134
1. パーソナルブランド製造機	134
1) 機械産業に対するインパクト	134
4-1-3. カスタム品工場	134
1. 電子回路製造装置	134
1) 機械産業に対するインパクト	134
4-1-4. 加工・組立一体工場	135
1. インライン小型部品工場－機械部品製造装置	135
1) 機械産業に対するインパクト	135
2. インライン小型部品工場－インライン検査補修装置	135
1) 機械産業に対するインパクト	135
3. マイクロマシン製造（加工・組立）ライン	136
1) 機械産業に対するインパクト	136
4-1-5. モデリング工場	136

1. 電／機一体型デバイス用デスクトップ型FMS	136
1) 機械産業に対するインパクト	136
4-2. メンテナンス分野	137
4-2-1. 狭わい部検査・診断	137
1. 狭所検査・診断装置	137
1) 機械産業に対するインパクト	137
4-2-2. 検査・診断自動化	137
1. オートマチック検査・診断装置	137
1) 機械産業に対するインパクト	137
2. 家電メンテナンス装置	138
1) 機械産業に対するインパクト	138
4-2-3. 診断機能内蔵	139
1. 機器内メンテナンス装置	139
1) 機械産業に対するインパクト	139
2. 埋込型自己診断機能素子	139
1) 機械産業に対するインパクト	139
4-3. 医療福祉分野	140
4-3-1. 低侵襲医療	140
1. 腹腔鏡下手術装置	140
1) 機械産業に対するインパクト	140
4-3-2. 医療の高度化・多様化	140
1. DDS	140
1) 機械産業に対するインパクト	140
4-3-3. 予防・診断医療	141
1. 生体情報遠隔監視装置あるいは携帯型（腕時計型、家庭内等の）リモトドクター	141
1) 機械産業に対するインパクト	141
2. 歯の手入れ装置	142
1) 機械産業に対するインパクト	142
4-3-4. 人工臓器	142
1. 体内留置型の生体計測システム、及び薬物自動注入システム	142
1) 機械産業に対するインパクト	142
4-3-5. バリアフリー福祉	143
1. 高度バリアフリー機器－歩行支援システム	143
1) 機械産業に対するインパクト	143
2. 高度バリアフリー機器－高度リハビリテーション機器	143
1) 機械産業に対するインパクト	143
4-4. 情報・通信分野	144
4-4-1. 通信	144

1. 腕時計型ないしはイヤホン型携帯通信機	144
1) 機械産業に対するインパクト	144
4-4-2. メモリ	144
1. 大容量小型メモリー大容量メモリ搭載・超小型環視カメラ	144
1) 機械産業に対するインパクト	144
2. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 1	144
1) 機械産業に対するインパクト	144
3. 大容量小型メモリー高密度・超小型記録媒体装置 2	145
1) 機械産業に対するインパクト	145
4. 眼鏡サイズディスプレイ	145
1) 機械産業に対するインパクト	145
4-5. その他の分野	147
1. 害虫駆除装置	147
1) 機械産業に対するインパクト	147
4-6. マイクロマシン技術導入によるユーザー産業へのインパクトの類型化	148
4-6-1. マイクロファクトリー	148
1. 産廃処理装置	148
2. 個人ブランド製造機	148
3. 電子回路製造装置	148
4. インライン機械部品製造装置	148
5. インライン補修装置	149
6. 機電一体型デバイス製造装置	149
4-6-2. メンテナンス	149
1. 狭所、自動、埋め込み型及び線状構造物等の検査・診断装置	149
2. 機器内メンテ装置	150
4-6-3. 医療福祉	150
3. バリアフリー機器	150
4-6-4. 情報通信	151
1. メモリー、通信、ディスプレイ	151
2. 娯楽装置	151
4-7. ユーザー産業に対するインパクトの効果試算手法に関する考察	152
4-7-1. 医療サービスの機会増大	152
1. 医療サービスの回転率の増加における効果試算の手法検討	152
1) DDS等の新開発医薬品の経済効果試算の検討	153
2) 新医療技術と医療	154
2. 社会復帰効果の経済効果の考え方	156
1) 患者の推定労働力率の算出	156
2) 平均的入院日数の短縮の設定	156

3) 労働者1人当たりの年間付加価値生産額を設定	157
4) 社会復帰効果の算出	157
4-7-2. (メンテナンス、生産、静脈産業) コストの低減	158
1. (メンテナンス、生産、静脈産業) コストの低減における効果試算の手法検討 .	158
1) メンテナンスコスト (電力、水道、ガス、通信、航空、鉄道、建設・土木) の算出	158
2) 機械装備率の増加	160
3) インパクトの効果試算方法の検討	161
4-7-3. 既存産業の業界・業態変革と新産業創出	162
1. 産業構造の変化	162
2. 業態の変化	162
3. 新産業創出	162
4. 既存産業の業界・業態変革と新産業創出 のインパクト分析手法の検討	163