

システム技術開発調査研究
7-R-2 (2)

ロボットアプリケーションに関する調査研究 報 告 書

—マイクロマシン技術のアプリケーションに関する調査研究—

平成8年3月

財団法人 機械システム振興協会
委 託 先 財団法人 国際ロボット・エフ・エー技術センター
財団法人 マイクロマシンセンター

目 次

〔調査研究概要〕

I.	調査研究の目的	G-1
II.	調査研究の範囲および実施体制	G-2
II-1	調査研究の範囲	G-2
II-2	調査研究の実施体制	G-3
III.	調査研究成果の要約	G-6
III-1	マイクロマシン技術の新しいアプリケーション分野の調査	G-6
III-2	海外ワークショップによるマイクロマシンに関する研究状況の調査	G-22
III-3	海外技術情報の収集と分析	G-26

〔本 編〕

第1章	マイクロマシン技術の新しいアプリケーション分野の調査	1
1. 1	微小生物の形態、運動、センサシステムと運動制御機構の研究状況の調査	1
1. 2	地球環境分野へのアプリケーションに関する調査	20
1. 2. 1	はじめに	20
1. 2. 2	地球環境とマイクロマシン技術	20
1. 2. 3	農業分野とマイクロマシン技術	38
1. 2. 4	都市生活とマイクロマシン技術	47
第2章	海外ワークショップによるマイクロマシンに関する研究状況の調査	62
2. 1	はじめに	62
2. 2	参加者	62
2. 3	日程	63
2. 4	訪問研究機関	63
2. 5	ワークショップ概要	64
2. 6	欧州の研究機関調査	68
第3章	海外技術情報の収集と分析	76
3. 1	はじめに	76
3. 2	欧州におけるマイクロマシン技術の将来動向と新しいアプリケーション調査	76
3. 3	米国におけるマイクロマシン技術の将来動向と新しいアプリケーション調査	83

システム技術開発調査研究

8-R-7

マイクロマシン技術のアプリケーション
に関する調査研究
報 告 書

平成9年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人マイクロマシンセンター

目 次

序

[概要編]

1 調査研究の目的	G1
2 調査研究の範囲および実施体制	G1
2-1 調査研究の範囲	G1
2-2 実施体制	G3
3 調査研究成果の要約	G6
3-1 マイクロマシン技術の海外での技術交流等による動向調査	G6
3-2 農業分野における新しいアプリケーションのアイディアに関する技術的可能性の調査研究	G13
3-3 地球環境、都市生活分野等におけるマイクロマシン技術の新たなアプリケーションの調査研究	G17

[本編]

第1章 マイクロマシン技術の海外での技術交流等による動向調査	1
1. 1 海外マイクロマシン関連技術情報の収集と分析	1
1. 2 インターナショナルワークショップによる海外の最新技術研究の現状・動向等の調査	11
第2章 農業分野における新しいアプリケーションのアイディアに関する技術的可能性の調査研究	33
2. 1 農業分野への具体的アプリケーションの提示	33
2. 2 バイオマイクロマシン技術の調査	56
2. 3 まとめと今後の展望	59
第3章 地球環境、都市生活分野等におけるマイクロマシン技術の新たなアプリケーションの調査研究	62
3. 1 地球環境分野におけるマイクロマシン技術のアプリケーション調査研究	62
3. 1. 1 地球分野でのマイクロマシン技術	62
3. 1. 2 地球環境分野への具体的アプリケーションの提示	65
3. 1. 3 まとめと今後の展望	83

3. 2	都市生活分野におけるマイクロマシン技術のアプリケーション調査研究	85
3. 2. 1	安心さの追求とマイクロマシン技術	86
3. 2. 2	商品における個性の顕在化とマイクロマシン技術	91
3. 2. 3	まとめと今後の展望	93
3. 3	宇宙分野におけるマイクロマシン技術のアプリケーション調査研究	95
3. 3. 1	宇宙分野におけるマイクロマシン技術の開発動向	95
3. 3. 2	宇宙分野における新たなアプリケーションの調査研究	109
3. 3. 3	まとめと今後の展望	123

システム技術開発調査研究

9-R-1

21世紀の生活様式におけるマイクロマシンの
応用可能性に関する調査研究
報 告 書

平成10年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人マイクロマシンセンター

目 次

序

[概要編]

1 調査研究の目的	G1
2 調査研究の範囲および実施体制	G1
2－1 調査研究の範囲	G1
2－2 実施体制	G3
3 調査研究成果の要約	G4
3－1 21世紀の生活様式についての考え方	G4
3－2 マイクロマシン技術の海外での技術交流等による動向調査	G7
3－3 21世紀（四半世紀後）の生活様式の予測調査	G10
3－4 マイクロマシンの新たな応用可能性の調査研究	G16

[本編]

第1章 21世紀の生活様式についての考え方	1
1. 1 はじめに	1
1. 2 未来論の整理	3
1. 3 21世紀の生活様式と技術社会	6
第2章 マイクロマシン技術の海外での技術交流等による動向調査	9
2. 1 欧州の生活様式の調査	9
2. 2 欧州のマイクロマシン技術開発動向の調査	26
第3章 21世紀（四半世紀後）の生活様式の予測調査	35
3. 1 予測される将来の生活様式	35
3. 1. 1 住宅	35
3. 1. 2 安全・セキュリティ・ネットワーク	41
3. 1. 3 健康・福祉	46
3. 1. 4 余暇	49
3. 1. 5 生活における環境負荷の低減	57

3. 2	マイクロマシン技術適用のシーズ	58
3. 2. 1	住宅	58
3. 2. 2	安全・セキュリティ・ネットワーク	60
3. 2. 3	健康・福祉	63
3. 2. 4	余暇	66
3. 2. 5	生活における環境負荷の低減	68
第4章	マイクロマシンの新たな応用可能性の調査研究	69
4. 1	マイクロマシン技術の特徴	69
4. 1. 1	マイクロマシンの機能的な特徴	69
4. 1. 2	マイクロマシンの技術的な特徴	72
4. 2	将来の生活様式ビジョンにおけるマイクロマシンの必要性と応用可能性	74
4. 2. 1	住宅	74
4. 2. 2	安全・セキュリティ・ネットワーク	76
4. 2. 3	健康・福祉	77
4. 2. 4	余暇	79
4. 2. 5	生活における環境負荷の低減	80
4. 3	21世紀の生活様式を支えるマイクロマシンシステムの発展方向	81
4. 3. 1	マイクロマシン要素技術の今後の展開	81
4. 3. 2	マイクロマシンシステムの発展方向	82
4. 3. 3	将来の日常生活の場へのマイクロマシン技術導入に伴う大局的課題	85
[資料編]		
参考資料	未来を語る著書調査概要	A1

平成9年度
マイクロマシン技術による新産業創出
に関する調査研究報告書

平成10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

平成9年度 マイクロマシン技術による新産業創出に関する調査研究報告書・目次

総論	1
第1章 平成5、6年度の経済効果予測と本年度調査研究の位置づけ	9
第2章 既存製品代替型アプリケーションの現状と展望	10
2.1 マイクロマシンの実用化状況変化と想定アプリケーションの変化	10
2.1.1 情報通信分野	10
2.1.2 医療応用分野	12
2.1.3 マイクロファクトリ分野	15
2.1.4 メンテナンス分野	18
2.2 マイクロマシン実用化のボトルネックの認識変化	20
2.2.1 情報通信分野	20
2.2.2 医療応用分野	22
2.2.3 マイクロファクトリ分野	23
2.2.4 メンテナンス分野	24
2.3 市場評価に対する状況変化	26
2.3.1 情報通信分野	26
2.3.2 医療応用分野	27
2.3.3 マイクロファクトリ分野	28
2.3.4 メンテナンス分野	29
第3章 新規市場創出型アプリケーションの展望	30
3.1 新規市場創出モデル	30
3.2 マイクロマシン技術が新産業を生み出すインフラとなるケース	32
3.2.1 情報通信分野	32
1) 新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	32
2) 新産業創出において想定されるマイクロマシン技術の発展イメージ	33
3) 想定される産業イメージ	33
4) マイクロマシン技術が提供するインフラストラクチャー	35
3.2.2 医療応用分野	36
1) 新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	36
2) 新産業創出において想定されるマイクロマシン技術の発展イメージ	37
3) 想定される産業イメージ	38
4) マイクロマシン技術が提供するインフラストラクチャー	38

3.2.3	マイクロファクトリ分野	40
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	40
2)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術の発展イメージ	40
3)	想定される産業イメージ	41
4)	マイクロマシン技術が提供するインフラストラクチャー	41
3.2.4	メンテナンス分野	43
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	43
2)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術の発展イメージ	43
3)	想定される産業イメージ	44
4)	マイクロマシン技術が提供するインフラストラクチャー	44
3.3	マイクロマシン技術が他の分野の技術と融合して新産業を創出するケース	45
3.3.1	情報通信分野	45
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	45
2)	新産業創出において想定される他分野の融合技術	45
3)	想定される融合製品、商品	45
4)	想定される産業イメージ	46
3.3.2	医療応用分野	47
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	47
2)	新産業創出において想定される他分野の融合技術	48
3)	想定される融合製品、商品	49
4)	想定される産業イメージ	49
3.3.3	マイクロファクトリ分野	51
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	51
2)	新産業創出において想定される他分野の融合技術	51
3)	想定される融合製品、商品	51
4)	想定される産業イメージ	52
3.3.4	メンテナンス分野	53
1)	新産業創出において想定されるマイクロマシン技術	53
2)	新産業創出において想定される他分野の融合技術	53
3)	想定される融合製品、商品	54
4)	想定される産業イメージ	54

3.4 新産業が競合技術の中からマイクロマシン技術を選択し具現化するケース 56

3.4.1 情報通信分野 56

1) 想定される新産業イメージ 56

2) マイクロマシン技術との競合技術 56

3) マイクロマシン技術が選択される条件 57

4) 具現化される製品・商品 58

3.4.2 医療応用分野 59

1) 想定される新産業イメージ 59

2) マイクロマシン技術との競合技術 59

3) マイクロマシン技術が選択される条件 60

4) 具現化される製品・商品 61

3.4.3 マイクロファクトリ分野 62

1) 想定される新産業イメージ 62

2) マイクロマシン技術との競合技術 62

3) マイクロマシン技術が選択される条件 62

4) 具現化される製品・商品 63

3.4.4 メンテナンス分野 66

1) 想定される新産業イメージ 66

2) マイクロマシン技術との競合技術 66

3) マイクロマシン技術が選択される条件 67

4) 具現化される製品・商品 67

平成 1 0 年度
マイクロマシン技術による新産業創出
に関する調査研究報告書

平成 1 1 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

目 次

序
はじめに
事業運営組織

(総論)

(本論)

第 1 章 調査内容	1
§ 1.1 調査研究の目的	1
§ 1.2 マイクロマシン技術の定義と産業への貢献	2
○ 1.2.1 マイクロマシン技術の定義	2
○ 1.2.2 産業への貢献	2
§ 1.3 将来予測	3
○ 1.3.1 シーズからのアプローチ	3
○ 1.3.2 ニーズからのアプローチ	7
○ 1.3.3 新産業創出論	11
○ 1.3.4 ボトルネック論	13
○ 1.3.5 インパクトの効果試算	14
§ 1.4 経済効果予測	15
○ 1.4.1 経済効果算定方法の検討	15
○ 1.4.2 対象範囲	16
○ 1.4.3 産業分野分類	16
○ 1.4.4 アプリケーション分類	17
○ 1.4.5 分析方法	19
○ 1.4.6 経済効果算出アルゴリズム	21
第 2 章 既存製品代替型アプリケーションの将来予測	26
§ 2.1 情報通信関連分野	26
○ 2.1.1 インパクト分析（環境分析）	26
◆プロダクト貢献型	
○ 2.1.2 HDD	29
○ 2.1.3 光ディスク装置	30
○ 2.1.4 シリアルプリンター（インクジェット、熱方式）	32
○ 2.1.5 ページプリンター	33
○ 2.1.6 VRT, ビデオカメラ	34
○ 2.1.7 ファクシミリ	35
○ 2.1.8 複写機	36
○ 2.1.9 磁気ヘッド	37
○ 2.1.10 超小型モーター	38
○ 2.1.11 光コネクター	39

◆プロセス貢献型	
○2.1.12 集積型半導体	41
○2.1.13 プリント基板	42
○2.1.14 表示・発光デバイス	43
○2.1.15 受動電子部品	44
§ 2.2 情報通信インフラ	49
○2.2.1 インパクト分析（環境分析）	49
○2.2.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	49
○2.2.3 経済効果予測	50
§ 2.3 精密機器分野	52
○2.3.1 インパクト分析（環境分析）	52
○2.3.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	52
○2.3.3 経済効果予測	53
§ 2.4 計測機器分野	56
○2.4.1 インパクト分析（環境分析）	56
○2.4.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	56
○2.4.3 経済効果予測	57
§ 2.5 マイクロファクトリ分野	59
○2.5.1 インパクト分析（環境分析）	59
○2.5.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	60
○2.5.3 経済効果予測	60
§ 2.6 メンテナンス分野	63
○2.6.1 インパクト分析（環境分析）	63
○2.6.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	64
○2.6.3 経済効果予測	65
○2.6.4 サービス貢献型市場の見通し	66
§ 2.7 医療福祉関連分野	67
○2.7.1 インパクト分析（環境分析）	67
○2.7.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	67
○2.7.3 経済効果予測	69
§ 2.8 バイオテクノロジー分野	72
○2.8.1 インパクト分析（環境分析）	72
○2.8.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	73
○2.8.3 経済効果予測	74
§ 2.9 新エネルギー関連分野	78
○2.9.1 インパクト分析（環境分析）	78
○2.9.2 マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	78
○2.9.3 経済効果予測	79
§ 2.10 環境関連分野	81

○ 2.10.1	インパクト分析（環境分析）	81
○ 2.10.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	82
○ 2.10.3	経済効果予測	84
§ 2.11	自動車関連分野	86
○ 2.11.1	インパクト分析（環境分析）	86
○ 2.11.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	87
○ 2.11.3	経済効果予測	89
§ 2.12	航空宇宙関連分野	93
○ 2.12.1	インパクト分析（環境分析）	93
○ 2.12.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	93
○ 2.12.3	経済効果予測	94
§ 2.13	生活文化関連分野	95
○ 2.13.1	インパクト分析（環境分析）	95
○ 2.13.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	96
○ 2.13.3	経済効果予測	96
§ 2.14	住宅関連分野	99
○ 2.14.1	インパクト分析（環境分析）	99
○ 2.14.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	99
○ 2.14.3	経済効果予測	99
§ 2.15	都市環境整備関連分野	101
○ 2.15.1	インパクト分析（環境分析）	101
○ 2.15.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	101
○ 2.15.3	経済効果予測	102
§ 2.16	農林水産関連分野	104
○ 2.16.1	インパクト分析（環境分析）	104
○ 2.16.2	マイクロマシン技術導入シナリオ（技術分析）	104
○ 2.16.3	経済効果予測	104

第3章 新規市場創出型アプリケーションの将来予測 106

§ 3.1	スマートIDカード	106
○ 3.1.1	アプリケーションイメージ	106
○ 3.1.2	使われるマイクロマシン技術	107
○ 3.1.3	融合技術	107
○ 3.1.4	マイクロマシンモジュール	107
○ 3.1.5	新規市場イメージ	108
○ 3.1.6	立上り想定	108
○ 3.1.7	市場規模	109
§ 3.2	ウェアラブルPC	110
○ 3.2.1	アプリケーションイメージ	110
○ 3.2.2	使われるマイクロマシン技術	110

○ 3.2.3	融合技術	111
○ 3.2.4	マイクロマシンモジュール	111
○ 3.2.5	新規市場イメージ	111
○ 3.2.6	立上り想定	112
○ 3.2.7	市場規模	112
§ 3.3	VR	113
○ 3.3.1	アプリケーションイメージ	113
○ 3.3.2	使われるマイクロマシン技術	114
○ 3.3.3	融合技術	114
○ 3.3.4	マイクロマシンモジュール	114
○ 3.3.5	新規市場イメージ	114
○ 3.3.6	立上り想定	115
○ 3.3.7	市場規模	115
§ 3.4	DDSシステム	116
○ 3.4.1	アプリケーションイメージ	116
○ 3.4.2	使われるマイクロマシン技術	116
○ 3.4.3	融合技術	116
○ 3.4.4	マイクロマシンモジュール	116
○ 3.4.5	市場イメージ	117
○ 3.4.6	立ち上がり時間	117
○ 3.4.7	市場規模	117
§ 3.5	新マイクロファクトリ	118
○ 3.5.1	アプリケーションイメージ	118
○ 3.5.2	使われるマイクロマシン技術	118
○ 3.5.3	融合技術	119
○ 3.5.4	マイクロマシンモジュール	119
○ 3.5.5	市場イメージ	119
○ 3.5.6	立ち上がり想定	119
○ 3.5.7	市場規模（想定）	120
§ 3.6	グリーンハウス	121
○ 3.6.1	アプリケーションイメージ	121
○ 3.6.2	使われるマイクロマシン技術	121
○ 3.6.3	融合技術	121
○ 3.6.4	マイクロマシンモジュール	122
○ 3.6.5	市場イメージ	122
○ 3.6.6	立上り想定	122
○ 3.6.7	市場規模	122
§ 3.7	新規市場創出型アプリケーション経済効果まとめ	123
第 4 章	経済効果（まとめ）	124
§ 4.1	既存製品代替型アプリケーション	124
§ 4.2	新規市場創出型アプリケーション	137
§ 4.3	経済効果予測総計値	138

システム技術開発調査研究

10-R-1

21世紀の生活環境におけるマイクロマシンの
応用可能性に関する調査研究
報 告 書

平成11年3月

財団法人 機械システム振興協会

委 託 先 財団法人マイクロマシンセンター

目 次

序

1	調査研究の目的.....	1
2	調査研究の実施体制.....	2
3	調査研究の内容.....	8
1 章	マイクロマシン技術の海外での技術交流等による動向調査	
1-1	国内外動向調査.....	10
1-2	米国動向調査.....	17
2 章	四半世紀後の生活基盤の予測調査	
	はじめに.....	34
2-1	交通分野.....	35
2-2	水循環分野.....	46
2-3	エネルギー分野.....	53
2-4	情報通信分野.....	61
2-5	物流分野.....	67
3 章	マイクロマシンの新たな応用可能性の調査研究	
	はじめに.....	76
3-1	交通システム.....	77
3-2	水循環システム.....	86
3-3	エネルギーシステム.....	89
3-4	情報通信システム.....	96
3-5	物流システム.....	102
4	調査研究の成果.....	109

平成11年度 調査報告書

NEDO-IT-9905

新産業創出を目指した「マイクロ流体システム等」 に関する技術動向調査

平成12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

目 次

まえがき

実施責任者

1. 緒言	1
2. マイクロ流体システムの特徴と分類	3
3. マイクロ流体システム構成要素の構造と作製技術の現状	8
3. 1 マイクロチャネルの作製方法	9
3. 2 マイクロポンプ、マイクロバルブ	19
3. 3 反応デバイス	29
3. 4 混合デバイス	50
3. 5 分離・精製デバイス	59
3. 6 加熱・冷却デバイス	66
3. 7 計測・分析デバイス	85
3. 8 計測高速化デバイス	92
3. 9 コネクタ	103
3. 10 システム化技術	107
3. 10. 1 プレーナ型システム化技術	107
3. 10. 2 アレイ型システム化技術	116
4. マイクロ流体システムの応用	120
4. 1 化学、生化学反応・合成	120
4. 1. 1 化学反応・合成	120
4. 1. 2 生化学反応	143
4. 1. 3 コンビナトリアルケミストリ	147
4. 2 化学、生化学分析	169
4. 2. 1 キャピラリー電気泳動	169
4. 2. 2 DNA チップ	197
4. 2. 3 環境分析	208
5. 今後の研究開発の方向性	211
6. 結言	212

システム技術開発調査研究
11-R-18

21世紀の健康・医療におけるマイクロマシン
システムの応用可能性に関する調査研究
報 告 書

平成12年6月

財団法人 機械システム振興協会
委託先 財団法人マイクロマシンセンター

目次

序

はじめに

ページ

第1章 本調査研究の目的と実施方法

- 1-1 調査研究の目的 ــ 1
- 1-2 調査研究の実施体制 ــ 2

第2章 21世紀の健康・医療におけるマイクロマシンシステムの 応用可能性について

- 2-1 はじめに ــ 7
- 2-2 21世紀の健康医療におけるマイクロマシンシステムの展望 ــــــــ 8
- 2-3 技術革新による社会への貢献 ــ 13

第3章 外科系におけるマイクロマシンシステムの応用

- 3-1 概要 ــ 25
- 3-2 外科系における視覚システム
 - 3-2-1 内視鏡システム ــ 28
 - 3-2-2 血管内視鏡システム ــــــــــــــــــــــــ 36
- 3-3 外科系におけるセンシングシステム
 - 3-3-1 触覚・圧覚センシングシステム ــــــــ 43
 - 3-3-2 触覚センサー ــــــــــــــــــــــــ 54
- 3-4 外科系におけるカテーテル誘導システム ــــــــ 61
- 3-5 外科系における操作システム
 - 3-5-1 マニピュレーションシステム ــــــــ 70
 - 3-5-2 ピンポイント治療システム ــــــــ 80
- 3-6 外科系における人工臓器システム ــــــــ 83

第4章 内科系におけるマイクロマシンの応用

- 4-1 概要 ــ 93
- 4-2 内科系におけるウェアラブルシステム ــــــــ 97
- 4-3 内科系におけるDDSシステム ــــــــ 110
- 4-4 内科系における再生医療システム ــــــــ 120
- 4-5 内科系におけるセンシングシステム ــــــــ 130
- 4-6 内科系における超音波診断システム ــــــــ 140

第5章 遺伝子・免疫系におけるマイクロマシンシステムの応用	ページ
5-1 概要	149
5-2 遺伝子・免疫系におけるセンシングシステム	
5-2-1 ポイントオブケア検査システム	152
5-2-2 遺伝子・DNAの解析システム	164
5-2-3 生化学分析システム	175
5-2-4 免疫センシングシステム	185
5-2-5 細胞診断	188
5-2-6 神経機能	193
5-2-7 バイオケミカルプローブ	201
5-3 遺伝子・免疫系におけるマニピュレーションシステム	
5-3-1 遺伝子導入システム	206
5-3-2 ドラッグスクリーニング	211
5-3-3 ティッシュエンジニアリング	219
第6章 医用電子機器系におけるマイクロマシンシステムの応用	
6-1 概要	221
6-2 医用電子機器系における生体情報システム	
6-2-1 血液情報	224
6-2-2 電気情報	229
6-2-3 機械的情報	234
6-3 医用電子機器系における人工生体機能システム	
6-3-1 人工臓器	238
6-3-2 人工内耳・人工眼	245
6-3-3 人工透析	256
6-3-4 呼吸補助	258
6-4 医用電子機器系における内視鏡システム	
6-4-1 センシング	262
6-4-2 マニピュレーション	265
6-4-3 メンテナンス	270

—APPENDIX—

出張調査報告書	ページ
・ The first Joint BMES and EMBS Conference における 医用工学領域でのマイクロマシンの開発研究調査報告	277
・ MEMS2000 における医用工学領域でのマイクロマシンの 開発研究調査報告	299
・ 6 th World Congress on Sleep Apnea における 医療用マイクロマシンのニーズ調査報告	315
健康・医療調査研究での講演会録	
・ 第1回講演会	325
・ 第2回講演会	345
・ 第3回講演会	391
・ 第4回講演会	451
通商産業省工業技術院 産業科学技術研究開発制度 「マイクロマシン技術」プロジェクト研究概要	509

平成12年度
マイクロマシンベースドシステムの産業化
の応用展開に関する調査研究事業報告書

平成13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

目 次

序	＊
はじめに	＊
事業運営組織	＊
総論	＊
(本論)	
第1章 緒言	1
1-1. 調査研究の背景	3
1-2. 調査研究の目的	3
1-3. マイクロマシン技術の定義	4
1-4. 調査研究内容	4
1-5. 報告書の構成	6
第2章 データストレージシステムのロードマップ	9
2-1. 現在までのデータストレージシステム	9
2-2. 2010年までのデータストレージシステム	13
2-3. 2025年までのデータストレージシステム	16
2-4. 産業ビジネスモデルの展開	17
第3章 プリンティングシステムのロードマップ	19
3-1. 現在までのプリンティングシステム	19
3-2. 2010年までのプリンティングシステム	21
3-3. 2025年までのプリンティングシステム	26
3-4. 産業ビジネスモデルの展開	30
第4章 光通信システムのロードマップ	33
4-1. 現在までの光通信システム	33
4-2. 2010年までの光通信システム	34
4-3. 2025年までの光通信システム	39
4-4. 産業ビジネスモデルの展開	41
第5章 自動車関連システムのロードマップ	43
5-1. 現在までの自動車関連システム	44
5-2. 2010年までの自動車関連システム	47
5-3. 2025年までの自動車関連システム	50
5-4. 産業ビジネスモデルの展開	53
第6章 内視鏡・医療用カテーテルシステムのロードマップ	55
6-1. 現在までの内視鏡・医療用カテーテルシステム	55
6-2. 2010年までの内視鏡・医療用カテーテルシステム	58
6-3. 2025年までの内視鏡・医療用カテーテルシステム	63
6-4. 産業ビジネスモデルの展開	66

第7章	パーソナルヘルスサポートシステムのロードマップ	67
7-1.	現在までのパーソナルヘルスサポートシステム	67
7-2.	2010年までのパーソナルヘルスサポートシステム	70
7-3.	2025年までのパーソナルヘルスサポートシステム	74
7-4.	産業ビジネスモデルの展開	75
第8章	遺伝子・DNA分析システムのロードマップ	79
8-1.	現在までの遺伝子・DNA分析システム	79
8-2.	2010年までの遺伝子・DNA分析システム	81
8-3.	2025年までの遺伝子・DNA分析システム	87
8-4.	産業ビジネスモデルの展開	88
第9章	ウェアラブル機器システムのロードマップ	89
9-1.	現在までのウェアラブル機器システム	92
9-2.	2010年までのウェアラブル機器システム	93
9-3.	2025年までのウェアラブル機器システム	99
9-4.	産業ビジネスモデルの展開	100
第10章	マイクロ部品実装システムのロードマップ	103
10-1.	現在までのマイクロ部品実装システム	103
10-2.	2010年までのマイクロ部品実装システム	107
10-3.	2025年までのマイクロ部品実装システム	108
10-4.	産業ビジネスモデルの展開	108
第11章	マイクロファクトリーのロードマップ	111
11-1.	現在までのマイクロファクトリー	111
11-2.	2010年までのマイクロファクトリー	113
11-3.	2025年までのマイクロファクトリー	118
11-4.	産業ビジネスモデルの展開	118
第12章	微小領域観察システムのロードマップ	121
12-1.	現在までの微小領域観察システム	121
12-2.	2010年までの微小領域観察システム	123
12-3.	2025年までの微小領域観察システム	126
12-4.	産業ビジネスモデルの展開	126
第13章	メンテナンスシステムのロードマップ	129
13-1.	現在までのメンテナンスシステム	130
13-2.	2010年までのメンテナンスシステム	130
13-3.	2025年までのメンテナンスシステム	134
13-4.	産業ビジネスモデルの展開	134
第14章	環境モニタリングシステムのロードマップ	139
14-1.	現在までの環境モニタリングシステム	139
14-2.	2010年までの環境モニタリングシステム	142
14-3.	2025年までの環境モニタリングシステム	146

14-4.	産業ビジネスモデルの展開	148
第15章	家庭用機器システムのロードマップ	151
15-1.	現在までの家庭用機器システム	152
15-2.	2010年までの家庭用機器システム	154
15-3.	2025年までの家庭用機器システム	156
15-4.	産業ビジネスモデルの展開	158
まとめ		162

平成12年度

マイクロマシン技術への
多分野萌芽技術の適用に関する研究
〔 本 編 〕

平成13年 3 月

財団法人 マイクロマシンセンター

本 編 目 次

[本 編]

はじめに	H 1
調査研究の実施方法	H 2
第1章 ウェアラブルエネルギーに関する調査研究.....	1
1. 1 諸 言.....	3
1. 2 ウェアラブルエネルギーの必要性.....	5
1. 2. 1 ウェアラブルエネルギーの応用.....	5
1. 2. 2 環境情報マイクロシステム.....	6
1. 2. 3 ウェアラブルエネルギーと環境問題.....	9
1. 2. 4 ウェアラブルエネルギーの目指す方向.....	12
1. 3 各種エネルギーのウェアラブル化の可能性とその実例.....	15
1. 3. 1 燃料電池.....	15
1. 3. 1. 1 燃料電池の原理と現状技術.....	15
1. 3. 1. 2 燃料電池の効率.....	18
1. 3. 1. 3 可搬形燃料電池.....	20
1. 3. 1. 4 マイクロ燃料電池.....	21
1. 3. 2 マイクロリアクタ.....	26
1. 3. 3 自動発電.....	28
1. 3. 3. 1 機械式発電機の最適設計とウェアラブル化の実例.....	28
1. 3. 3. 2 熱電発電機.....	36
1. 3. 4 電力伝送.....	41
1. 3. 4. 1 無線IDタグと周辺技術	41
1. 3. 4. 2 体内埋め込み形人工臓器の給電技術.....	46
1. 3. 5 蓄 電.....	49
1. 3. 5. 1 電気2重層キャパシタを用いる蓄電システム.....	49
1. 3. 5. 2 全固体薄膜電池.....	54
1. 3. 6 熱機関	56
1. 4 結 言	65
第2章 マイクロチャンネルの応用技術に関する調査研究.....	67
2. 1 緒 言.....	69
2. 2 マイクロチャンネルヒートシンク.....	71
2. 2. 1 マイクロチャンネルと熱抵抗.....	71

2. 2. 2	マイクロチャンネルの伝熱特性の基本	73
2. 2. 3	マクロな系の整理式の適用可能性について	76
2. 3	マイクロチャンネルの伝熱・流動特性（単相、気液二相）	80
2. 3. 1	単相（気相または液相のみ）時の伝熱および流動特性	80
2. 3. 2	二相（液相が沸騰する）時の伝熱および流動特性	88
2. 4	マイクロチャンネルヒートシンクの最適設計	97
2. 4. 1	マイクロチャンネル冷却の特徴（水冷、空冷）	97
2. 4. 2	最適化設計の必要性及び指針	101
2. 4. 3	最適化設計例	103
2. 4. 4	まとめ	105
2. 5	伝熱特性量を評価するための物理量の計測	108
2. 5. 1	はじめに	108
2. 5. 2	流量測定	108
2. 5. 3	流速測定	109
2. 5. 4	温度と伝熱量の測定	120
2. 5. 5	圧力損失測定	122
2. 6	流動抵抗低減法の紹介	125
2. 6. 1	流動抵抗低減法の概要	125
2. 6. 2	界面活性剤による乱流域の低減効果	126
2. 6. 3	超撥水性による層流域の低減効果	127
2. 6. 4	気液二相流の流動様式に及ぼす壁濡れ性の効果	131
2. 7	伝熱促進技術	134
2. 7. 1	はじめに	134
2. 7. 2	伝熱面積の拡大	134
2. 7. 3	熱伝達率の増加	134
2. 7. 4	相変化の利用	138
2. 7. 5	振動流の利用	140
2. 7. 6	希薄化について	141
2. 7. 7	マイクロ化による熱伝導異方性	142
2. 8	事例紹介	144
2. 8. 1	中性子発生ターゲットの冷却	144
2. 8. 2	レーザー・ダイオード・アレイの冷却	145
2. 8. 3	マイクロチャンネルの写真	148
2. 9	結 言	150

第3章 マイクロ流路における流体现象の解明とマイクロマシン技術への適用に関する

研究調査	151
3. 1 緒言	153
3. 2 マイクロ流体システムの基礎	154
3. 2. 1 はじめに	154
3. 2. 2 マイクロスケールでの流体の特徴	154
3. 2. 3 マイクロ流体効果の利用事例	156
3. 3 測定・評価技術	168
3. 3. 1 マイクロセンサを用いた流体計測	168
3. 3. 2 マイクロ構造体回りの流れ	168
3. 3. 2. 1 マイクロ構造体回りの流れ	168
3. 3. 2. 2 キャピラリ中の流れ	168
3. 3. 2. 3 マイクロミキサのミキシング性能	172
3. 4 マイクロ流体デバイス	174
3. 4. 1 はじめに	174
3. 4. 2 マイクロバルブ	174
3. 4. 3 マイクロポンプ	181
3. 4. 4 マイクロミキサ	185
3. 5 マイクロ流体デバイスの応用	192
3. 5. 1 はじめに	192
3. 5. 2 マイクロチップ・ナノチップテクノロジーとは	192
3. 5. 3 キャピラリーアレイ電気泳動のマイクロチップ化	193
3. 5. 4 マイクロチップ技術と質量分析計との結合	198
3. 5. 5 おわりに	198
3. 6 欧州報告におけるマイクロシステムテクノロジーの研究状況	200
3. 6. 1 はじめに	200
3. 6. 2 MEMS2001への投稿状況	200
3. 6. 3 ドイツ政府によるマイクロシステムテクノロジー (MST) の研究サポート 状況 (Prof. Korvinkへのインタビュー)	202
3. 6. 4 フライブルク大学 マイクロシステム技術学科 (IMTEK : Institute for Microsystem Technology, Albert Ludwigs University Freiburg, Germany)	203
3. 6. 4. 1 フライブルク大学とIMTEK	203
3. 6. 4. 2 組織・構成	204
3. 6. 4. 3 教育	206

3. 6. 4. 4 研 究	206
3. 6. 4. 5 おわりに	208
3. 6. 6 スイスのマイクロテクノロジー	208
3. 6. 7 まとめ	208
3. 7 結 言	209
第4章 マイクロマシン技術と宇宙開発技術の融合化に関する調査研究	211
4. 1 緒 言	213
4. 2 ナノスペースクラフトのシステム概念	215
4. 2. 1 ナノスペースクラフトとは	215
4. 2. 2 ナノスペースクラフトの狙い	215
4. 2. 2. 1 サイズの小ささ	215
4. 2. 2. 2 分散・協調システム系としての側面	216
4. 2. 2. 3 空間的広がりを獲得する	216
4. 2. 3 惑星探査のためのナノスペースクラフト	217
4. 2. 4 大型衛星の遠隔モニターのためのナノスペースクラフト	221
4. 2. 5 Aerospace Corporationのシリコンサテライト	224
4. 2. 6 磁気圏マッピングのためのナノスペースクラフト編隊	226
4. 2. 7 スウェーデンの6 kgのオーロラ観測衛星Munin	228
4. 2. 8 サリー大学の6.5kgの衛星SNAP-1飛翔実験	230
4. 2. 9 ナノスペースクラフトの開発指針	230
4. 3 宇宙機搭載用MEMSセンサへの要求性能	232
4. 3. 1 姿勢制御系センサの概要	232
4. 3. 2 地球センサ	234
4. 3. 3 太陽センサ	239
4. 3. 4 恒星センサ	243
4. 3. 5 電波 (RF) センサ	245
4. 3. 6 磁気センサ	247
4. 3. 7 チューンド・ドライ・ジャイロ (TDG)	248
4. 3. 8 フローテッドレート積分ジャイロ (FRIG)	250
4. 3. 9 レートジャイロ (RG)	254
4. 3. 10 リングレーザジャイロ (RLG)	255
4. 3. 11 ファイバー・オブティックス・ジャイロ (FOG)	258
4. 3. 12 加速度センサ	259
4. 3. 13 GPS受信機	263

4. 4	マイクロスラスタ	266
4. 4. 1	はじめに	266
4. 4. 2	各種のマイクロスラスタ	266
4. 4. 2. 1	Physical jet thruster	267
4. 4. 2. 2	Chemical jet thruster	271
4. 4. 2. 3	Solid propellant thruster	275
4. 4. 2. 4	Electrical thruster	278
4. 4. 2. 5	マイクロスラスタの実用性の検討	282
4. 4. 2. 6	東北大学と宇宙科学研究所とによるデジタルマイクロスラスタの研究	285
4. 4. 2. 7	おわりに	288
4. 5	熱制御系へのMEMSの応用	292
4. 5. 1	熱環境	292
4. 5. 2	衛星温度の制御	293
4. 5. 3	衛星内部の熱制御	295
4. 5. 4	熱制御素子	295
4. 5. 5	衛星の小型化と熱制御	298
4. 5. 6	新たな熱制御機器・システム	300
4. 5. 6. 1	マイクロルーバ	300
4. 5. 6. 2	放射率制御面 (Variable Emittance Thermal Control Surfaces)	302
4. 5. 6. 3	マイクロヒートパイプ	303
4. 5. 6. 4	マイクロチャンネル熱交換器	303
4. 5. 6. 5	ループヒートパイプ	303
4. 5. 6. 6	積層型ナノサテライト	306
4. 5. 6. 7	Deep Space Systems Technology Programにおける熱制御技術	306
4. 5. 7	まとめ	309
4. 6	宇宙用部品	311
4. 6. 1	スイッチ及びリレー	311
4. 6. 1. 1	宇宙応用のためのマイクロマシンリレー (オムロン)	311
4. 6. 1. 2	通信システム用MEMs RFマイクロリレー (Rockwell Science Center)	311
4. 6. 1. 3	マイクロ波／ミリ波応用MEMスイッチングデバイス (Sarnoff Corporation)	313
4. 6. 1. 4	ナノサテライト通信システムのためのMEMSベースRFスイッチ (Hughes Space and Communications Company)	314
4. 6. 1. 5	MEMSリレーを用いたデジタルロジック (UC, Berkeley)	315

4. 6. 2	フィルタ	317
4. 6. 3	ポンプ	317
4. 6. 3. 1	宇宙探査用真空ポンプとしてのMEMSクヌッセンコンプレッサ (JPL)	318
4. 6. 3. 2	新規なマイクロマシンバルプレスマイクロポンプ (南洋大学)	318
4. 6. 4	その他	321
4. 7	宇宙用MEMSの耐環境性と信頼性	324
4. 7. 1	部品の認定と品質保証	324
4. 7. 1. 1	部品の認定	324
4. 7. 1. 2	宇宙環境と部品設計	328
4. 7. 2	宇宙用機器の環境試験	331
4. 7. 2. 1	環境条件	331
4. 7. 2. 2	環境試験	333
4. 7. 3	MEMSの信頼性保証	338
4. 7. 3. 1	工程認定	339
4. 7. 3. 2	製品認定	345
4. 7. 3. 3	受入試験	346
4. 7. 3. 4	業者認証	351
4. 8	小惑星表面探査ロボット ミネルバ	358
4. 8. 1	はじめに	358
4. 8. 2	MINERVAの移動メカニズム	359
4. 8. 2. 1	微小重力環境に適した移動メカニズム	359
4. 8. 2. 2	MINERVAのホップ方式	360
4. 8. 2. 3	無重力実験による検証	360
4. 8. 3	MINERVAプロトタイプモデル	361
4. 8. 4	MINERVAによる小天体表面の探査	363
4. 8. 5	おわりに	364
4. 9	結 言	366
第5章	マイクロ飛翔技術とマイクロマシン技術の融合化に関する調査研究	367
5. 1	緒 言	369
5. 2	機 体	370
5. 2. 1	無人航空機 (UAV) の需要	370
5. 2. 2	近年のUAV開発	372
5. 2. 3	UAVの民間利用	374

5. 2. 4	マイクロ無人航空機 (MAV)	375
5. 2. 5	昆虫の飛行に学ぶ	380
5. 3	推進力とアクチュエータ	384
5. 3. 1	ジェットによる推進機構	384
5. 3. 2	はばたきを用いた飛翔機構	389
5. 3. 3	飛翔機構へのエネルギーの供給方法	393
5. 4	マイクロ飛行システムのためのセンシング技術	402
5. 4. 1	視覚センサ	403
5. 4. 2	レーザスキャナ	413
5. 4. 3	赤外線センサ	414
5. 4. 4	加速度センサ	416
5. 4. 5	GPS	419
5. 4. 6	超音波センサ	422
5. 5	結 言	426

システム技術開発調査研究
12-R-10

次世代マイクロマシン技術応用システムの
創出に関する調査研究
報 告 書

平成13年6月

財団法人 機械システム振興協会
委託先 財団法人マイクロマシンセンター

目 次

序

はじめに

第1章 本調査研究の目的と実施方法

1-1 調査研究の目的	1
1-2 調査研究の範囲と実施体制	2
1-2-1 調査研究の範囲と方法	2
1-2-2 実施体制	3

第2章 次世代マイクロ・ナノマシン技術応用システムの創出に向けて

2-1 マイクロマシン技術プロジェクトの結果をふまえた 今後の戦略的研究開発	12
2-2 マイクロマシン技術応用システムの現状と展望	16
2-3 技術革新による社会への貢献	17

第3章 次世代のマイクロマシン技術の研究開発戦略

3-1 概要	18
3-2 重点研究分野	18
3-2-1 医療・福祉分野	23
3-2-2 バイオ・環境分野	23
3-2-3 情報・通信分野	23
3-2-4 安心・安全分野	24
3-2-5 製造技術分野	24
3-3 戦略的研究開発内容	25
3-4 産業化のための戦略的体制、施設・設備	28
3-4-1 企業の役割	28
3-4-2 行政の役割	28
3-4-3 公的研究機関の役割	29
3-4-4 大学の役割	30
3-4-5 財団等の役割	31
3-4-6 マイクロシステム・ナノマニュファクチャリングセンター／ デザインセンター	33

3-5	産業化のシナリオ	33
3-6	戦略的提言の結論	34

第4章 医療・福祉分野

4-1	概要	36
4-2	診断・検査・予防医学、ウェアラブル技術・在宅福祉	39
4-2-1	DNA チップ	39
4-2-2	細胞チップ	44
4-2-3	ウェアラブル関連技術	46
4-2-4	携帯型生理機能モニター	50
4-3	低侵襲治療、再生医療	53
4-3-1	マイクロサージェリー	53
4-3-2	マイクロサージェリー用視覚システム	54
4-3-3	マイクロロボット手術支援システム	57
4-3-4	細胞サイズレベルの手術ナビゲーション	61
4-3-5	レーザー、超音波治療技術	62
4-3-6	再生医学・組織工学	65
4-4	ドラッグデリバリーシステムを利用した薬物治療	69
4-4-1	ドラッグデリバリーシステムの現状と期待される新しい ドラッグデリバリーシステム	69
4-4-2	パッシブターゲティングとは	70
4-4-3	固形腫瘍へのパッシブターゲティング	70
4-4-4	高分子ミセルデリバリーシステム	72
4-4-5	医療技術との併用	74
4-4-6	アクティブターゲティング	74

第5章 バイオ・環境分野

5-1	概要	76
5-2	マイクロ流体システム	78
5-2-1	必要性	78
(1)	化学／生化学物質検出分野	78
(2)	化学合成分野	81
(3)	ゲノム解析・プロテオーム解析分野	83
(4)	細胞・単分子生体物質検出分野	86
(5)	環境モニタリング分野	88
5-2-2	システムイメージとその仕様	90
5-2-3	各要素技術と開発課題	91

(1) 高圧出力・高精度マイクロポンプ	91
(2) オンチップ型マイクロバルブ	92
(3) 高精度マイクロフローセンサー	93
(4) 高速・高効率混合器	93
(5) 細胞・生体分子ソーティング機構	95
(6) コネクタ・システムアッセンブリー技術	96
5-2-4 開発課題の見通し	97

第6章 情報・通信分野

6-1 概要	98
6-2 光通信・フォトニックデバイスに関する研究課題	99
6-3 ウェアラブル機器に関する研究課題	108
6-3-1 ウェアラブルインターフェース技術	108
6-3-2 RF-MEMS	118
6-3-3 エネルギー供給システム	123
6-3-4 ストレージシステム	133
6-3-5 実装・コネクタ	142
6-4 環境・センサーネットワークに関する研究課題	147
6-4-1 センサーネットワークシステム	148
6-4-2 環境 IT とマイクロマシン技術	155
6-5 ディスプレイに関する研究課題	160
6-5-1 ディスプレイ	160
6-5-2 五感・情報提示・ヒューマンインターフェース	167

第7章 安心・安全社会分野

7-1 概要	170
7-2 DIND プラットフォーム	175
7-2-1 システム概要	175
7-2-2 開発課題	177
7-2-3 展望	178
7-3 ナノ・プラントクリニックシステム	180
7-3-1 システム概要	182
7-3-2 開発課題	186
7-3-3 展望	188
7-4 セキュアライフシステム	191
7-4-1 システム概要	191
7-4-2 開発課題	191

7-4-3 展望	192
7-5 マイクロレスキューロボットシステム	195
7-5-1 システム概要	195
7-5-2 開発課題	201
7-5-3 展望	205
7-6 スマート・エア・クラフト・システム	207
7-6-1 システム概要	207
7-6-2 開発課題	214
7-6-3 展望	215
7-7 マン・マシン共存システム	218
7-7-1 システム概要	218
7-7-2 開発課題	220
7-7-3 展望	221

第8章 製造技術分野

8-1 概要	224
8-2 要素技術	232
8-2-1 リソグラフィ技術	232
8-2-2 エッチング技術	234
8-2-3 エネルギービーム利用加工技術	236
8-2-4 デポジション技術	239
8-2-5 型加工・転写技術	242
8-2-6 アセンブリ技術・その他	245
8-3 マイクロシステム・ナノマニュファクチャリングセンター構想	251
8-3-1 全体構想	251
8-3-2 設置拠点候補	252
8-3-3 資金	253
8-3-4 運営	254
8-3-5 期待	255
技術シート	256

第9章 マイクロマシン技術の現状

9-1 総論	283
9-2 基盤技術	285
9-2-1 マイクロ理工学	285
9-2-2 作製技術	290
9-2-2-1 加工関連	290

9-2-2-2	アセンブリー関連	296
9-2-3	材料技術	299
9-2-4	設計技術	302
9-2-5	計測評価技術	306
9-2-5-1	マイクロ部品の形状・寸法計測	306
9-2-5-2	表面荒さ計測	308
9-2-5-3	力・トルク、変位計測	308
9-2-5-4	流体デバイスにおける流体の圧力、流量計測	310
9-3	デバイス技術	312
9-3-1	アクチュエーター	312
9-3-2	センサー	315
9-3-3	エネルギー供給	318
9-4	マイクロマシンのシステム化技術	320
9-4-1	マイクロマシンに必要なシステム化技術	320
9-4-2	現状	322
9-4-3	ナノ領域への進展	325
9-4-4	課題	326

第10章 内外の研究開発動向を踏まえた日本の技術戦略のあり方

10-1	概要	327
10-2	ナノマイクロテクノロジーの捉え方	329
10-3	ナノマイクロテクノロジーの体系化	330
10-4	ナノマイクロテクノロジー技術の体系化	331
10-5	R&D マップを踏まえた我が国技術戦略に対する示唆	332
10-5-1	現状の研究開発領域の俯瞰	332
10-5-2	海外の研究との比較	333
10-5-3	R&D 動向を踏まえたシステム概念設計テーマの 技術ニーズ位置づけ	337
10-5-4	ナノマイクロテクノロジーに対する社会的ニーズ	349
10-5-5	R&D 動向を踏まえた期待される技術的ニーズ	350
10-5-6	R&D 動向を踏まえた技術融合に対する技術的ニーズ	351
10-6	米国における産官学連携の動向分析	369
10-6-1	米国のナノテクノロジー研究 (クリントン政権の"National Nanotechnology Initiative" (NNI) の優位性)	369
10-6-2	MEMS 実用化を支える産官学連携の動向分析	375
10-6-3	政府資金による大学のナノテクノロジー研究センター	376

10-6-4	連邦及び産業界の研究における大学との 共同研究プログラムの例	379
10-7	欧米における研究開発推進体制	383
10-7-1	コンソーシアム事例	383
10-7-2	米国におけるベンチャービジネスの隆盛	386
10-7-3	コンビナトリアルケミストリー関連特許動向	389
10-8	ナノマイクロテクノロジー産業化に向けた課題	392
10-8-1	産業化に向けた市場発展シナリオの展望	392
10-8-2	産業化に向けた研究開発運営シナリオの展望（やり方論）	395