

平成8年度

マイクロマシンの基礎技術の研究

〔 本 編 〕

平成9年3月

財団法人 マイクロマシンセンター

平成8年度 マイクロマシンの基礎技術の研究

〔本編〕

発行 財団法人マイクロマシンセンター

東京都千代田区神田司町2-2

新倉ビル5階

電話：03(5294)7131

本 編 目 次

[概 要 編]

第 1 章 調査研究の目的	G1
第 2 章 調査研究の実施方法	G2
第 3 章 調査成果の概要	G5
3. 1 マイクロ機構の動的計測法に関する調査研究	G5
3. 2 マイクロデバイスの組立手法に関する調査研究	G8
3. 3 医療用マイクロマシン材料に関する調査研究	G12
3. 4 バイオセンサ材料に関する調査研究	G15
3. 5 インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用に関する調査研究	G17
3. 6 バイオミメティック駆動機構とその制御に関する調査研究	G20
3. 7 マイクロマシンの制御手法に関する調査研究	G23

[本 編]

はじめに	(9)
調査研究の実施方法	(10)
第 1 章 マイクロ機構の動的計測法に関する調査研究	1
1. 1 緒 言	3
1. 2 変位の動的計測	5
1. 2. 1 光応用測定	5
1. 2. 2 画像応用測定	9
1. 2. 3 まとめ	14
1. 3 力の動的計測	16
1. 3. 1 はじめに	16
1. 3. 2 AFM応用測定	16
1. 3. 3 ピエゾセンサ	19
1. 3. 4 バイオ関連	24
1. 3. 5 その他の原理による力計測	28
1. 3. 6 マイクロトライボロジー関連研究	30
1. 3. 7 まとめと今後期待される計測法	40
1. 4 トルクの動的計測	43

1. 5	温度の動的計測	50
1. 5. 1	はじめに	50
1. 5. 2	放射温度計の測定原理および仕様	52
1. 5. 3	アルミニウム面の放射率測定および温度補正データベースの作成	53
1. 5. 4	測定方法	54
1. 5. 5	測定結果	56
1. 5. 6	ロータ翼表面温度測定	58
1. 5. 7	測定結果	59
1. 6	圧力の動的計測	70
1. 7	特徴的な動的計測法	72
1. 7. 1	はじめに	72
1. 7. 2	静電アクチュエータとその応用可能性	72
1. 7. 3	薄膜形状記憶合金の利用可能性	75
1. 7. 4	超音波による物性測定	77
1. 8	WWWによる情報収集	80
1. 8. 1	はじめに	80
1. 8. 2	アメリカ・カナダの状況	80
1. 8. 3	ヨーロッパにおける拠点	84
1. 8. 4	まとめ	91
1. 9	結 言	92
第2章	マイクロデバイスの組立手法に関する調査研究	93
2. 1	緒 言	95
2. 2	微細作業	97
2. 2. 1	微細作業の定義	97
2. 2. 2	微細作業の必要性	99
2. 2. 3	微細作業に関する研究	100
2. 2. 4	微細作業の特徴	106
2. 2. 5	微細作業実現のための手段	108
2. 3	微細作業システム構成法	112
2. 3. 1	微細作業システムに対する要求機能	112
2. 3. 2	微細作業システムに対する制約条件	116

2. 3. 3	微細作業システムの構成法：集視構成	117
2. 4	電子顕微鏡内作業システムの構築	122
2. 4. 1	全体構成	122
2. 4. 2	顕微鏡部	127
2. 4. 3	マンピュレータ部	128
2. 4. 4	作業台部	131
2. 4. 5	ヒューマンインターフェース	132
2. 4. 6	制御システム	136
2. 5	微細作業のモデル化	139
2. 5. 1	微小体に働く力	139
2. 5. 2	微小体に働く微小力の測定	147
2. 5. 3	電子顕微鏡内における静電力	150
2. 5. 4	電子顕微鏡下における微細作業の力学モデル	163
2. 6	微小物のハンドリングの実現	169
2. 6. 1	微小な対象物の把持・離脱	169
2. 6. 2	微細作業におけるハンドリングスキル	172
2. 6. 3	接触面積減少法	174
2. 6. 4	接触面積置換法	184
2. 6. 5	ハンドリングスキルのまとめ	189
2. 7	結 言	191
2. 7. 1	本調査研究のまとめ	191
2. 7. 2	今後の展開	193
第3章	医療用マイクロマシン材料に関する調査研究	195
3. 1	緒 言	197
3. 2	セグメント化ポリウレタンの化学修飾	200
3. 2. 1	不活性なタンパク質の選択的吸着を目的とした表面修飾	200
3. 2. 2	生体成分の吸着及び粘着抑制を目的とした表面修飾	201
3. 2. 3	生理活性分子の固定化によるSPUの血液適合性改善	203
3. 2. 4	血液適合性ポリマーの被覆	206
3. 2. 5	両親媒性ポリマーのブレンドによるSPUの表面改質	206
3. 3	リン脂質ポリマーの血液適合性	208

3. 4	新しい高分子添加材としてのMPCポリマー	212
3. 4. 1	脂肪族のハードセグメントを持つSPUに対する添加材としてのMPCポリマー	213
3. 4. 2	芳香族のハードセグメントを持つSPUに対する添加材としてのMPCポリマー	218
3. 5	SPU/MPCポリマーブレンド膜の血液適合性	222
3. 6	医用エラストマーに力学的変形を連続的に負荷する装置の試作と医療用マイクロマシン材料評価への応用	226
3. 6. 1	試作装置の概要	226
3. 6. 2	連続的歪み負荷時のMPCブレンド膜のin vitro特性試験	228
3. 7	SPU/MPCポリマーブレンドの加工性	232
3. 8	結 言	233
第4章	バイオセンサ材料に関する調査研究	235
4. 1	緒 言	237
4. 2	メディエーター	239
4. 2. 1	生物における電子伝達	241
4. 2. 2	ヘテロシステムメディエーター	242
4. 2. 3	導電性有機塩の電極利用	243
4. 2. 4	修飾酸化還元酵素	243
4. 2. 5	最後に	244
4. 3	固定化生体触媒(Immobilized biocatalyst)	246
4. 3. 1	固定化生体触媒の意義	246
4. 3. 2	固定化生体触媒の歴史	247
4. 3. 3	固定化法の概略	248
4. 3. 4	バイオリアクターとバイオセンサー	252
4. 3. 5	バイオリアクターの各種工業への応用	253
4. 3. 6	マイクロバイオセンサーの例	261
4. 4	環境用バイオセンサーへの応用	264
4. 4. 1	緒 言	264
4. 4. 2	リン酸測定用バイオセンサー	265
4. 4. 3	シアン測定用バイオセンサー	270

4. 5	リン酸測定用化学発光検出型バイオセンサーの開発	281
4. 5. 1	化学発光検出型バイオセンサー	281
4. 5. 2	化学発光検出型バイオセンサー改良法の検討	289
4. 6	シアン測定用微生物センサーの開発	300
4. 6. 1	微生物センサー	300
4. 6. 2	フロー型シアン測定用微生物センサーの開発	306
4. 6. 3	河川水測定用微生物シアンセンサーの開発	313
4. 6. 4	化学発光検知型酵素シアンセンサーの開発	325
4. 7	小型酸素電極を用いるBODセンサー	339
4. 8	結 言	343
第5章	インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用に関する調査研究	345
5. 1	緒 言	347
5. 2	マイクロマシンの現状と将来展望	350
5. 2. 1	マイクロマシンの現状	350
5. 2. 2	マイクロマシン用材料に要求される特性および材料の加工/ 組立プロセス	358
5. 2. 3	マイクロアクチュエータ	362
5. 2. 4	レーザートラッピングとマイクロマシン	373
5. 3	マイクロマシン用インテリジェント材料	381
5. 3. 1	金属材料	381
5. 3. 2	セラミックス材料	392
5. 3. 3	半導体材料	402
5. 3. 4	有機材料	412
1.	ペプチド集合体	412
2.	ポリマーネットワーク	422
5. 3. 5	生体材料	433
1.	インテリジェントバイオマテリアル	433
2.	生体内マイクロマシン用アクチュエーターとしてのインテリジェント 材料	443
5. 3. 6	エネルギー関連材料	450

第6章 バイオミメティック駆動機構とその制御に関する調査研究	459
6.1 緒言	461
6.2 昆虫の行動	463
6.2.1 昆虫の行動と神経系	463
6.2.2 昆虫の筋肉	464
6.2.3 昆虫の飛翔運動	469
6.2.4 昆虫の歩行運動	477
6.3 空気圧アクチュエータとフルイディスクを利用した飛行機構	483
6.3.1 蝶を規範とした翅の研究	483
6.3.2 空気圧アクチュエータ	487
6.3.3 フルイディスクを用いたはばたき制御	490
6.3.4 今後の課題	500
6.4 論理回路によるマイクロロボット制御	502
6.4.1 昆虫を規範とした運動制御	502
6.4.2 論理回路による6足歩行制御	503
6.4.3 論理回路で駆動可能な静電マイクロアクチュエータ	506
6.4.4 論理回路で制御可能なマイクロシステム	511
6.5 複眼センサにおける振動網膜システム	515
6.5.1 視覚認知の生物学的なアプローチ	515
6.5.2 網膜振動センサによる障害物回避	519
6.5.3 反射的な「ジグザグ」行動による障害物回避のシミュレーション	521
6.5.4 実機による実験	523
6.5.5 複眼センサの小型化	526
6.6 シミュレーションによる行動の研究	535
6.6.1 行動	535
6.6.2 人工生命 (Artificial Life)	535
6.6.3 遺伝アルゴリズム	537
6.6.4 ロボット工学におけるシミュレーションの役割	539
6.6.5 昆虫の生体機能を利用したロボット	540
6.6.6 CGアートやコンピュータゲームにおける生物行動の シミュレーション	541
6.7 結言	545

第7章	マイクロマシンの制御手法に関する調査研究	547
7.1	緒言	549
7.1.1	はじめに	549
7.1.2	調査研究活動方針	549
7.2	自律移動ロボットの障害物回避とマイクロマシンの環境認識	551
7.2.1	はじめに	551
7.2.2	障害物回避動作計画システム	553
7.2.3	実験	561
7.2.4	まとめ	568
7.3	分散マイクロマシンの信号処理	570
7.3.1	はじめに	570
7.3.2	制御対象とするマイクロマシン	570
7.3.3	MEMSの制御	572
7.3.4	信号の伝達手法	574
7.3.5	信号の種類	574
7.3.6	分散型マイクロ運動システムの例—分散型マイクロ搬送システム	575
7.3.7	おわりに	578
7.4	ソリトンとマイクロマシンの信号伝達	579
7.4.1	はじめに	579
7.4.2	回路構成	579
7.4.3	信号波形のシミュレーション	581
7.4.4	おわりに	583
7.5	群ロボットにおける相転移現象の誘発	584
7.5.1	はじめに	584
7.5.2	液晶概説	585
7.5.3	問題設定	585
7.5.4	衝突した時の確率密度関数の時間発展	586
7.5.5	衝突しない時の確率密度関数の時間発展	588
7.5.6	確率密度関数の時間発展	588
7.5.7	液晶配向モデルの導入	589
7.5.8	シミュレーション	591
7.5.9	おわりに	592

7. 6	超精密作業ミニロボット群による共同作業の計測と制御について	593
7. 6. 1	はじめに	593
7. 6. 2	研究の背景	593
7. 6. 3	基本構想	595
7. 6. 4	小型の精密移動機械	597
7. 6. 5	微細加工と精密測定の試み	599
7. 6. 6	まとめ	610
7. 7	個体発生過程を用いた大規模システムの一創発的生成法	611
7. 7. 1	はじめに	611
7. 7. 2	これまでの研究	611
7. 7. 3	個体発生過程の概要	612
7. 7. 4	提案する手法	615
7. 7. 5	シミュレーション結果	621
7. 7. 6	まとめおよび今後の課題	623
7. 8	結 言	625