

# マイクロマシン技術総覧

## 《編集委員会》

### 【編集委員長】

樋口 俊郎 東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 教授 工学博士

### 【編集委員】(50音順)

青山 尚之 電気通信大学 電気通信学部 知能機械工学科 教授 工学博士

生田 幸士 名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロシステム工学専攻 教授 工学博士

北原 時雄 湘南工科大学 工学部 機械工学科 教授 工学博士

鈴森 康一 岡山大学 工学部 システム工学科 教授 工学博士

藤井 定美 三栄理研(株) (元)代表取締役社長

## 《刊行の趣旨》

マイクロマシンに関する関心と期待が急速に高まろうとしていた1992年、「マイクロメカニカル実用化技術総覧」が(株)フジ・テクノシステムから刊行されました。この企画ではマイクロメカニカルシステムに関する基礎技術を網羅するとともに、新技術や研究開発の紹介およびマイクロ化の要求に対して役立つよう配慮しており、マイクロ関係の事項を調べるのに大変重宝しております。

一方、マイクロマシンに関連する研究開発は飛躍的に拡大して技術の蓄積がなされ、実用化も着実に進んできております。特に光学機器やバイオ機器関係では不可欠な要素として急速な発展が見えてきています。また、マイクロからナノの領域への挑戦が各分野でも始まってきています。

このような状況において、これまでの進歩の過程および最新のナノテクノロジーの紹介を含めて『マイクロマシン技術総覧』として新たに発刊することにしました。

本書は、マイクロマシン関係の基礎、微細加工技術、要素技術など最近の研究開発と成果、製品化の応用例、また、特にナノテクノロジー関連における最新の研究動向を全編に組み入れることにより一層の充実をはかりました。

執筆陣は、最新の研究・開発に取り組んでおられる多くの研究者・実務者の協力を得ることができました。

マイクロ・ナノ関連の新しい分野で開発・計画に携わる技術者にとって普遍的な技術の書として広く活用されることを期待しております。

# 「マイクロマシン技術総覧」 執筆者一覧 (50音順)

青木 勇	神奈川大学 工学部 機械工学科 教授 工学博士
青山 尚之	電気通信大学 電気通信学部 知能機械工学科 教授 工学博士
安積 欣志	産業技術総合研究所 関西センター 人間系特別研究体 刺激応答材料研究グループ 理学博士
芦田 極	産業技術総合研究所 機械システム研究部門 ファインファクトリー研究グループ 研究員 工学博士
跡部 光朗	セイコーエプソン(株) 生産技術開発部 部長
荒井 賢一	東北大学 電気通信研究所 教授 工学博士
荒谷 雄	(株)レーザックス 技術顧問 工学博士
安藤 泰久	産業技術総合研究所 機械システム研究部門 トライボロジー研究グループ 主任研究官 工学博士
生田 幸士	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロシステム工学専攻 教授 工学博士
伊澤 守康	新東プレーター(株) 開発部門 装置プロセス開発 参与
石川 雄一	産業技術総合研究所 技術情報部門 産業安全特別調査室 室長 工学博士
石山 和志	東北大学 電気通信研究所 助手 工学博士
磯野 吉正	立命館大学 理工学部 機械工学科 助教授 工学博士
一木 正聡	産業技術総合研究所 機械システム研究部門 集積機械研究グループ 主任研究員 理学博士
伊都 将司	大阪大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻
伊藤 弘孝	三菱電線工業(株) 総合研究所 所長 工学博士
岩永 浩	長崎大学 工学部 材料工学科 教授 理学博士
上羽 貞行	東京工業大学 精密工学研究所 教授, 所長 工学博士
柄川 索	(株)日立製作所 機械研究所 知能メカトロニクス研究センタ
江刺 正喜	東北大学 未来科学技術共同センター 教授 工学博士
江田 弘	茨城大学 工学部 システム工学科 教授 工学博士
太田 亮	オリンパス光学工業(株) 立野事業所
大中 逸雄	大阪大学 大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻 教授 工学博士
大森 整	理化学研究所 中央研究所 素形材工学研究室 主任研究員
小笠原直人	シチズン時計(株) デバイス事業統括本部 マイクロテックセンター 副センター長
尾崎 浩一	産業技術総合研究所 機械システム研究部門 微小機構研究グループ 工学博士
長田 義仁	北海道大学 大学院理学研究科 生物科学専攻 教授 理学博士
笠木 伸英	東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 教授
春日 政雄	セイコーインスツルメンツ(株) デベロップメントセンター 開発総括部 開発戦略部 部長
加藤 重雄	日本工業大学 工学部 システム工学科 教授 工学博士
金子 大作	北海道大学 大学院理学研究科 生物化学専攻 博士後期課程3年
蒲生 健次	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授 工学博士
軽部 征夫	東京大学 先端科学技術センター 教授 工学博士
河田 聡	大阪大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻 教授, 理学研究所 ナノフォニクス研究室 主任研究員 工学博士
川田 善正	静岡大学 工学部 機械工学科 助教授 工学博士
北原 時雄	湘南工科大学 工学部 機械工学科 教授 工学博士
工藤 謙一	東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 助手
工藤 成史	桐蔭横浜大学 工学部 知能機械工学科 教授 工学博士
栗林 勝利	山口東京理科大学 基礎工学部 電子情報工学科 教授 工学博士
黒澤 実	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 電子機能システム専攻 助教授 工学博士
桑野 博喜	N T T サイバーソリューション研究所 担当部長 工学博士
早乙女康典	群馬大学 工学部 機械システム工学科 助教授 工学博士
佐藤 節哉	エレクトロン機器(株) 代表取締役
芝池 成人	新エネルギー財団 計画本部 工学博士
柴野 恒雄	カトウスプリング(株) 取締役工場長
周 立波	茨城大学 工学部 システム工学科 助教授 工学博士
庄子 習一	早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科 教授 工学博士
杉本 真樹	新東プレーター(株) 開発部門 装置開発グループ
杉山 進	立命館大学 理工学部 ロボティクス学科 教授 工学博士
鈴木 健司	東京大学 大学院工学系研究科 産業機械工学専攻 講師 工学博士
鈴木 雄二	東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 助教授 工学博士

鈴森 康一 岡山大学 工学部 システム工学科 教授 工学博士  
 武田 幸三 東レ・プレジジョン(株) 技術部 取締役部長  
 武田 宗久 三菱電機(株) 先端技術総合研究所 センシング技術部 マイクロ実装グループ グループマネージャー  
 竹中 正 東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授 工学博士  
 田所 諭 神戸大学 工学部 情報知能工学科 助教授 工学博士  
 田中 克史 京都工芸繊維大学 繊維学部 高分子学科 助教授 工学博士  
 田中 真美 東北大学 大学院工学研究科 機械電子工学専攻 助教授 工学博士  
 谷川 民生 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 技能・力学研究グループ 主任研究員 工学博士  
 谷口 淳 東京理科大学 基礎工学科 電子応用工学科 助手  
 長南 征二 東北大学 大学院工学研究科 機械電子工学専攻 教授 工学博士  
 坪井 昭彦 (株)ファインプロセス 代表取締役  
 富川 義朗 山形大学 工学部 電気電子工学科 教授 工学博士  
 鳥井 昭宏 愛知工業大学 工学部 電気工学科 助教授 工学博士  
 鳥居 徹 東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 助教授 農学博士  
 鳥山 寿之 新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術養成技術者 工学博士  
 中尾 政之 東京大学 大学院工学系研究科 産業機械工学専攻 教授 工学博士  
 長倉 俊明 大阪電気通信大学 工学部 医療福祉工学科 教授  
 中田 毅 東京電機大学 情報環境学部 情報環境デザイン学科 教授 工学博士  
 中別府 修 東京工業大学 大学院理工学研究科 機械物理工学専攻 助教授 博士(工学)  
 中山 喜萬 大阪府立大学 大学院工学研究科 電気・情報系専攻 教授 工学博士  
 成瀬 好廣 (株)アイシン・コスモス研究所 取締役  
 西野 耕一 横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創成部門 助教授 工学博士  
 畑村洋太郎 東京大学 大学院工学系研究科 産業機械工学専攻 教授 工学博士  
 馬場 嘉信 徳島大学 薬学部 製薬化学科 教授 理学博士  
 樋口 俊郎 東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 教授 工学博士  
 久本 方 久本技術士事務所 所長 工学博士 技術士  
 平井 利博 信州大学 繊維学部 素材開発化学科 教授 工学博士  
 平塚 淳典 松下電器産業(株) 暮らし開発環境センター 工学博士  
 深井 卓 ナイス(株) 技術部門 技術グループ 工学博士  
 福井 茂壽 鳥取大学 工学部 応用数理工学科 教授 工学博士  
 藤井 定美 三栄理研(株) (元)代表取締役社長  
 藤田 博之 東京大学 生産技術研究所 マイクロメカトロニクス国際研究センター 教授,センター長 工学博士  
 布田 良明 トーキンセラミクス(株) 第一商品開発部 担当部長  
 保坂 寛 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 環境学専攻 教授 工学博士  
 細川 和生 理化学研究所 バイオ工学研究室 工学博士  
 細川陽一郎 大阪大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻  
 本間 大 トキ・コーポレーション(株) 研究開発部 部長 工学博士  
 正木 健 松下電器産業(株) 生産技術本部 生産コア技術研究所 主席技師  
 増沢 隆久 東京大学 生産技術研究所 マイクロメカトロニクス国際研究センター 教授 工学博士  
 増原 宏 大阪大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻 教授 工学博士  
 松田 信一 富士写真光機(株) 企商部 担当部長  
 松本 壮平 産業技術総合研究所 機械システム研究部門 主任研究員 工学博士  
 丸尾 昭二 名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロシステム工学専攻 助手 工学博士  
 丸谷 洋二 大阪産業大学 工学部 情報システム工学科 教授 工学博士  
 三井 公之 慶応義塾大学 理工学部 機械工学科 教授 工学博士  
 箕島 弘二 京都大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 助教授 工学博士  
 宮本 岩男 東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授 工学博士  
 元島 栖二 岐阜大学 工学部 応用化学科 教授 工学博士  
 森谷 卓 シチズン時計(株) MHT開発本部・基盤応用開発室 専門課長  
 安田 賢二 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 助教授 理学博士  
 安田 秀幸 大阪大学 大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻 助教授 工学博士  
 山形 豊 理化学研究所 中央研究所 素形材工学研究室 前任研究員 工学博士  
 山口 勝美 名古屋大学名誉教授 工学博士  
 山本 晃生 東京大学 大学院工学系研究科 精密機械工学専攻 講師 工学博士  
 横田 眞一 東京工業大学 精密工学研究所 教授 工学博士  
 鷲津 正夫 東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 教授 工学博士

# 『マイクロマシン技術総覧』概要目次

## 第 編 基 礎 編

### 第 1 章 マイクロ理工学

#### 第 1 節 相 似 則

1. 材料の変形と破壊
2. 流体力
3. 表面間力
4. 静電力
5. 電磁力
6. 光
7. 生物の相似則

#### 第 2 節 マイクロ機械力学

1. 振動を利用した推進機構
2. ヒンジ機構
3. カンチレバー構造
4. Wobbleモータ
5. 気体軸受
6. 振動による摩擦力の低減

#### 第 3 節 マイクロマテリアルとマイクロ材料力学

1. マイクロマテリアルの機械的特性評価法

基板変形測定法 / 内部応力解放による変形測定法 / 固定ビームの座屈・不安定変形による内部応力測定 / バルジ法 / 振動法による弾性係数の測定 / 圧子押し込み / 内部応力測定 / 曲げ・引張試験

2. マイクロマテリアルの機械的・破壊特性

#### 第 4 節 マイクロ流体力学

1. マイクロ流体力学の基礎  
流体の運動方程式 / 流体に働く力 / 相似則と無次元パラメータ
2. マイクロな系の特徴  
粘性力項 慣性力項 / 特徴的な力と性質
3. マイクロ流体力学の適用例

#### 第 5 節 マイクロ伝熱工学

1. マイクロスケール輸送現象
2. マイクロチャンネル熱伝達
3. 薄膜の熱伝導と熱放射
4. 分子スケール伝熱現象

#### 第 6 節 電磁気現象における寸法効果

1. 物理と次元
2. 電磁気現象に関する法則と材料物性
3. 回転電磁モータにおける寸法効果
4. 表皮効果
5. 静電界における使用条件の限界

#### 第 7 節 マイクロトライボロジー

1. 凝着力
2. 凝着力が摩擦性に与える影響
3. 凝着力が支配的な条件での摩擦
4. 原子スケールのトライボロジー現象

### 第 2 章 マイクロ材料

#### 第 1 節 シリコン

1. シリコン結晶と機械的性質
2. シリコンのピエゾ抵抗効果  
2.1 単結晶シリコンのピエゾ抵抗効果の物理的起源  
2.2 単結晶シリコンのピエゾ抵抗効果の数学的記述  
2.3 長手方向・横方向・せん断ピエゾ抵抗係数  
2.4 ピエゾ抵抗係数の温度・不純物濃度依存性  
2.5 多結晶シリコン  
2.6 シリコンナノワイヤーのピエゾ抵抗係数

#### 第 2 節 光硬化ポリマー

#### 第 3 節 機能性ポリマー

1. 作成法
2. 評価法
3. 電場応答の詳細
4. 応答特性の改良
5. イオン導電性高分子アクチュエータの応用

#### 第 4 節 ガラス

1. ガラスの世界
2. ガラスの超微細加工応用例  
2.1 無研磨精密プレスレンズ  
2.2 屈折率分布型レンズの開発と複写機への適用  
2.3 圧膜回路に不可欠なガラス  
2.4 高速コンピュータ用低温焼結回路基板  
2.5 ファイバーセンサ  
2.6 レーザによる微細加工

#### 第 5 節 超塑性材料

1. 超塑性現象
2. 超塑性材料の微細成形特性
3. 超塑性による微小部品・成形加工例
4. 金属ガラスのナノ成形加工

#### 第 6 節 圧電材料

1. 代表的な圧電セラミックス
2. 電歪セラミックス
3. 非鉛系圧電材料
4. ランガサイト $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ 系圧電単結晶

#### 第 7 節 磁 歪

1. 磁 化
2. 磁 歪
3.  $\text{RFe}_2$ 化合物
4. 擬二元 $\text{RFe}_3$ 化合物の磁歪

#### 第 8 節 形状記憶合金 (SMA)

1. 形状記憶効果
2. 形状記憶合金の応用研究

#### 第 9 節 ゲ ル

1. ゲルの作成
2. ゲルの刺激応答性
3. ゲルのメカニクス

#### 第 10 節 セラミックス

1. セラミックスの種類
2. セラミックスの結合方式と結晶構造
3. セラミックスの特長
4. セラミックスの応用技術

#### 第 11 節 金 属

1. マイクロ・ナノ構造体の強度
2. マイクロ・ナノ構造体の弾性
3. 他の材料組織サイズの影響
4. ナノ多結晶体
5. アモルファス材料
6. 電析材料

#### 第 12 節 カーボンナノチューブ

1. ナノチューブの構造
2. ナノテクノロジーを支えるナノチューブの魅力
3. 合成プロセス  
3.1 カーボンナノチューブ  
3.2 カーボンナノコイル
4. ナノ電子デバイス応用
5. ナノ電気機械応用  
5.1 ナノチューブカートリッジ  
5.2 ナノファクトリーシステムの開発  
5.3 カーボンナノチューブの加工  
5.4 カーボンナノチューブの機械的性質  
5.5 走査型プローブ探針への展開  
5.6 ナノチューブピンセットの製作  
5.7 ナノチューブピンセットの特性  
5.8 SPMナノマニピュレーションの開発
6. その他への展開

#### 第 13 節 エレクトロレオロジー流体

1. 粒子分散系ER流体  
1.1 せん断力及び粒子間における電氣的引力の評価
- 1.2 Binghamモデルの適用性
- 1.3 ER効果の電場応答と粒子の凝集挙動
2. 高分子液晶系流体

# 第 編 微細加工技術

## 第 1 章 機械加工

### 第 1 節 マイクロ切削加工

1. 時計部品の切削加工
2. 時計部品の切削加工例
3. 切削工具、切削油剤およびスイス型自動盤
4. 切削抵抗
5. 工具寿命および工具損傷

### 第 2 節 マイクロ穴加工

1. ドリルによる微細穴加工
2. ドリル加工以外の微細穴加工  
放電加工 / レーザ加工 / 銅蒸気レーザ
3. マイクロ穴加工の将来

### 第 3 節 超精密・マイクロ切削加工

1. 超精密切削加工によるマイクロ加工
2. 超精密 / マイクロ加工システム
3. マイクロ切削加工事例
  - 3.1 マイクロ構造物の形成
  - 3.2 マイクロアクチュエータへの応用
  - 3.3 微細光学素子への応用

### 第 4 節 マイクロ研削加工

1. 超精密研削加工による微細構造形成
2. 超精密マイクロ研削のための加工技術  
研削工具 / 研削手法 / 超精密研削加工装置
3. マイクロ研削加工事例
  - 3.1 膜厚分布を持つマイクロガラスダイヤフラム可変焦点レンズ
  - 3.2 マイクロレンズ金型
  - 3.3 ゲルマニウムイメージングレーティング
  - 3.4 マイクロ非球面ガラスレンズ

### 第 5 節 マイクロ塑性加工

1. 素材製造に見るマイクロ塑性加工
2. 製品製造に見るマイクロ塑性加工
3. 装置及び駆動機構
4. 塑性加工と表面

### 第 6 節 マイクロプラスト加工

1. マイクロプラスト加工の概要
2. マイクロプラスト加工の加工特性
3. マスキングプロセス  
フォトレジストマスキング / 印刷マスキング / メタルマスク
4. 微細加工事例

### 第 7 節 マイクロ射出成形加工

1. 腕時計部品のPIM化
2. 粉末射出成形加工
3. 腕時計部品のプラスチック化
  - 3.1 最小成形部品
  - 3.2 最小モジュール品
  - 3.3 金 型

### 第 8 節 メタルジェット加工

1. 加工原理
2. ノズルの噴射特性
3. 噴射メタルの種類
4. 二次元画像描画への応用
5. マイクロ三次元造形
6. 配線への応用
7. 機能構造体への展開

## 第 2 章 マイクロ電気加工・ビーム加工

### 第 1 節 マイクロ放電加工

1. EDMのマイクロ化
2. 加工回路と制御
3. 加工方式
4. 加工例と微細限界
5. 他加工法との複合化
6. 電鍍との複合

### 第 2 節 電子ビーム加工

1. 電子ビームと固体との相互作用
2. 電子ビーム加工機
3. 電子ビーム熱加工
4. 電子ビーム化学加工
5. 電子ビーム援用化学加工

### 第 3 節 イオンビーム加工

1. 要求されるエッチング特性
2. ドライエッチング装置と放電プラズマ
3. スパッタエッチングと反応性イオンエッチング
4. 反応性イオンエッチング特性
5. 集束イオンビーム加工

### 第 4 節 YAGレーザによるマイクロ加工

1. レーザ加工特性
2. レーザ加工装置
3. YAGレーザ加工応用

### 第 5 節 エキシマレーザによるマイクロ加工

1. エキシマレーザの特徴
2. エキシマレーザ発振器
3. エキシマレーザ加工装置
4. エキシマレーザの加工特性
5. エキシマレーザの加工例

### 第 6 節 レーザマイクロジェット加工

1. レーザマイクロジェット加工法
2. レーザマイクロジェット装置
3. レーザマイクロジェットの特徴
4. レーザマイクロジェット加工例

## 第 3 章 エッチング

### 第 1 節 湿式エッチング

1. ケミカルエッチング
  - 1.1 工程および材料

### 1 2 精度および加工寸法限界

2. エレクトロフォーミング
3. DNAチップ製作への応用

### 第 2 節 ドライエッチング

1. スパッタリング現象
2. イオンのエネルギーとスパッタ率
3. スパッタエッチング装置
4. スパッタエッチングの特性を決める要素
5. 反応性イオンエッチング
6. 終点モニタ

## 第 4 章 PVD, CVD

### 第 1 節 真空蒸着法

1. 真空蒸着とは
2. 蒸気圧と真空中での蒸発
3. 真空蒸着装置
4. 蒸発源と蒸着部品間の距離
5. 蒸発源の蒸気放射特性
6. 蒸着速度の制御
7. 膜の特性

### 第 2 節 スパッタリング法

1. スパッタリング現象の諸元
2. スパッタリングの分類
3. スパッタリング装置の構造
4. 成膜速度と膜の成分
5. スパッタ膜の用途

### 第 3 節 イオンプレーティング法

1. イオンプレーティングの方式  
MATTOX法 / 高周波励起法 / 多陰極法 / ホローカソード法 / クラスタ・イオン・ビーム法
2. プラズマ方式
3. 反応性イオンプレーティング法
4. イオンプレーティング法の応用

### 第 4 節 プラズマCVD

1. プラズマの発生プロセス
2. プラズマ内の化学反応
3. プラズマCVD装置
4. プラズマCVDの成膜例

## 第 5 章 LIGAプロセス

### 第 1 節 シンクロトロン放射光

1. 放射光発生の概要
2. SR光施設
3. LIGA用SR光施設
4. LIGA用ビームライン

### 第 2 節 LIGAプロセスによるマイクロ加工

1. 要素技術
  - 1.1 LIGA用x線マスク
  - 1.2 ディープX線リソグラフィ

1.3 電 鋳	セス	2. 高精度化
1.4 プラスチック成形	2.4 TIEGAプロセス	3. 積層造形法
2. LIGAプロセスの拡張技術		4. 積層造形法とマイクロマシン
2.1 サブミクロンLIGA	第6章 マイクロ光造形	5. 光造形法の改良
2.2 移動マスクLIGA	第1節 光造形	第2節 光造形によるマイクロ加工
2.3 平面パターン - 断面転写 (PCT) プロ	1. 光造形法の原理 / 特徴	

## 第 編 マイクロマシンの概要

### 第1章 総 論

1. ナノ・マイクロマシンに要求される仕事
2. ナノ・マイクロマシンに要求される機能
3. ナノ・マイクロマシンを構成する機構
4. ナノ・マイクロマシンで設計すべき機構要素
5. ナノ・マイクロマシンを設計するときの設計手法

### 第2章 マイクロメカニズム

《伝達, 締結, 保持要素》

#### 第1節 微小歯車

1. 製作技術  
機械加工 / 樹脂成形 / 微細放電加工 / 表面マイクロマシニング / LIGAプロセス / UV-LIGAプロセス / LIGAプロセス + 微細放電加工
2. 実用化技術  
材料選択 / 高精度・高効率加工 / 表面改質 / トライボロジー

#### 第2節 軸 受

1. 軸受のトライボロジー特性
2. 軸受の種類
3. 転がり軸受の特徴
4. 滑り軸受の特徴
5. リニアガイドの特徴
6. マイクロ軸受の開発事例

#### 第3節 ば ね

1. 材 料
2. コイル加工
3. 低温焼鈍
4. 表面処理

《小型化された駆動要素》

#### 第4節 セラミック・マイクロコイル

1. 微小荷重と伸びの測定法
2. 鋼製のコイル状ばね
3. コイル状窒化ケイ素ファイバー
4. カーボンマイクロコイル (CMC) の合成とその特性

#### 第5節 ナノマシンの要素

1. 細胞内輸送の分子機械
2. 筋 肉
3. 繊維, 鞭毛

4. 最小の回転モータ: ATP合成酵素
5. バクテリアのべん毛モータ
6. 分子機械のタイプと細胞の大きさ
7. 熱ゆらぎ

### 第3章 マイクロアクチュエータ

#### 第1節 圧電アクチュエータ

1. 構 造
2. 設計および製造方法
3. 圧電アクチュエータ特性

#### 第2節 磁歪アクチュエータ

1. GMMの力学
2. GMAの設計
3. GMMマイクロ・アクチュエータとその特長

#### 第3節 静電アクチュエータ

1. 静電アクチュエータの歴史
2. 静電アクチュエータの種類
3. 静電アクチュエータの特徴

#### 第4節 超音波アクチュエータ

1. 超音波モータの動作原理
2. 超音波モータの方式と実例
  - 2.1 ロータリ超音波モータ
  - 2.2 リニア超音波モータ
3. 超音波モータの特徴と応用例

#### 第5節 高分子アクチュエータ

1. 高分子アクチュエータと他の固体型アクチュエータの比較
2. イオン性高分子アクチュエータ
3. ICPFアクチュエータの特質と応用
4. ICPFアクチュエータのモデリング

#### 第6節 マイクロ流体アクチュエータ

1. 流体アクチュエータのマイクロ化
2. フレキシブルマイクロアクチュエータ
3. パブラアクチュエータ
4. マイクロ空圧ワブルモータ

#### 第7節 機能性流体アクチュエータ

1. 機能性流体マイクロアクチュエータ
  - 1.1 マイクロ流体アクチュエータ
  - 1.2 ERFマイクロアクチュエータ
  - 1.3 MRFマイクロアクチュエータ
2. マイクロポンプ
3. マイクロECFモータとECFアクチュ

エータ

#### 第8節 光アクチュエータ

1. 光アクチュエータの出現とナノ・マイクロマシン
  2. 光アクチュエータの分類
  3. 間接型光アクチュエータ
  4. 直接型光アクチュエータ
  5. 自励型光アクチュエータ
- #### 第9節 気液相変化アクチュエータ
1. 気液相変化アクチュエータとは
  2. 空気中での作動特性
  3. 動的特性
  4. 管内走行ロボットへの応用
  5. その他の応用への展望

### 第4章 マイクロマニピュレーション

#### 第1節 レーザトラッピング

1. 集光レーザービームによる微粒子捕捉
2. レーザによる微小物体のマニピュレーション
3. ナノ粒子のレーザトラッピング

#### 第2節 ニアフィールドアクチュエーション

1. 界面のニアフィールドに存在する光
2. エバネッセント波による微粒子の駆動
3. 表面プラズモン共鳴による放射圧の増強
4. チャネル導波路の利用
5. 微小開口
6. 放射圧および散乱場の解析
7. 応用例

#### 第3節 音 場

1. 超音波放射圧
2. 定在波中での微粒子が受ける力
3. 超音波音源
4. 音場を用いたマニピュレーション技術
5. 超音波放射圧を用いた生体試料ハンドリング

#### 第4節 静 電 界

1. 電界の電気力学効果
2. 電気泳動と誘電泳動
3. レビテーション
4. 静電配向
5. エレクトロローテーション
6. 進行波誘電泳動: 誘電泳動と誘電回転の

組み合わせ	3. トルクの測定法	第5節 凝着・固着力
第5節 磁界	4. 微小トルクの測定法	1. 凝着力の要因
1. 発生する力の分類	第3節 摩擦	1.1 凝着力の要因
1.1 磁気勾配下で磁性体を受ける力	1. 板ばねによる微小力の検出方法	1.2 凝着力を考慮したヘルツ接触
1.2 均一磁界下で磁性体が磁界から受けるトルク	2. 微小な摩擦力の測定方法の例	2. 凝着力の測定方法
1.3 磁性材料の特性と選択基準	2.1 金属製板ばねによる測定	2.1 ファンデルワールス力の測定
第5章 マイクロ計測	2.2 マイクロデバイスによる測定	2.2 引き離し力の測定
第1節 微小部品の形状・寸法測定	2.3 摩擦力, 表面間力の同時測定	3. マイクロマシンでの測定
1. マイクロ形状・寸法計測の実例	2.4 AFMによる測定	3.1 製造プロセス中のスティクションの測定
1.1 バイブロスキャンニング法	3. 測定における問題点	3.2 微小構造体を用いた凝着力の測定
1.2 接触式微小プローブ	第4節 熱	第6節 微小流体計測
1.3 吸気型ボールプローブ	1. 微小センサによる熱計測	1. 流量測定
1.4 レザトラッピングプローブ	1.1 温度センサ	2. 流速測定
1.5 光学式接触プローブ	1.2 熱分析	2.1 既存手法のマイクロ化
1.6 共振モードバイブロスキャンニング	1.3 熱流束計測	2.2 マイクロPIV
第2節 トルク・摩擦	1.4 熱物性計測技術	2.3 分子マーカ利用の方法
1. 摩擦力の測定法	1.5 熱関連計測技術	2.4 その他の方法
2. 微小摩擦力の測定法	2. 微小対象物の熱計測	3. 圧力測定
	2.1 光熱変換分光法	
	2.2 SThM	

## 第 編 マイクロマシンの応用例

《マイクロアクチュエータの応用》	1. マイクロ電磁モータの製作プロセスと構成	15. レザトラッピングを応用した細胞の自動分離技術
1. 圧電アクチュエータ	2. マイクロ電磁モータの試作	1. レザトラップ細胞分離システム
1. スキャンニングミラー 2. カンチレバー	9. 形状記憶合金アクチュエータを用いた能動内視鏡	16. 高分子ゲル
3. マイクロポンプ 4. 光モータ	1. 従来の内視鏡の問題点と能動内視鏡開発の意義	1. 駆動に関係する変形の種類
2. 圧電素子を用いたマイクロロボット	2. 実スケールの能動内視鏡の試作	2. ゲルの分類
1. 圧電素子と電磁石を用いたマイクロロボット	10. 形状記憶合金の特性	3. トリガーによる分類
2. 電素子を用いた類似のマイクロロボット	1. メカニズムの微小化と形状記憶合金	4. ナノ・マイクロマシンへの応用
3. 近距離場音波浮揚現象とその応用	2. 形状記憶合金の変態点と動作の温度特性	17. 振動ジャイロ
1. 距離場音波浮揚の現象と理論	3. 形状記憶合金の回復力と材料強度	1. 経緯と応用分野
2. アクチュエータ応用 非接触搬送 / 浮上型超音波モータ	4. 形状記憶合金の指向性を持った組織化	2. 動作原理
4. 超音波モータのマイクロメカニズムへの応用	11. 形状記憶合金を使ったマイクロアクチュエータ	3. 構造
1. 超音波モータの原理・構造	1. 引っ張り型SMA 2. カール型SMA	4. 多軸ジャイロ・多機能ジャイロ
2. 応用例 各種の時計への応用 / マイクロロボットへの応用 / 光通信モジュール	3. ドーム型SMA 4. パーツ型SMA	18. 弾性表面波利用マイクロシステム
5. 静電アクチュエータの応用例	12. 形状記憶合金のファイバースコープへの応用	1. 弾性表面波モータ
1. 静電アクチュエータ 2. ディスプレイ	1. SMAマイクロコイル	2. 弾性表面波霧化器
3. 光スイッチ 4. 光スキャナー	2. ファイバースコープへの応用	《マイクロ要素・デバイス》
6. 集積化静電モータ	13. 光アクチュエータ	1. マイクロバルブ
1. 交流流駆動両電極形静電モータ	1. 光駆動能動鉗子システム	1. マイクロバルブの種類
2. スキュー電極 3. サーボ制御	2. 静電型光モータ	2. マイクロバルブの実例
4. 変調駆動法 5. 特徴と応用	14. レザトラッピングを応用した単一ナノ粒子の配列, 固定化	2. マイクロポンプ
7. 水熱合成法圧電膜利用システム	1. ポリマーナノ粒子の集合, 配列と固定化	1. 速度型ポンプ 2. 容積型ポンプ
1. 水熱合成法PZT膜	2. ポリマーナノ粒子一粒の操作と固定化	3. 物性型ポンプ
2. マイクロ超音波モータの構造と原理		3. 浸透圧ポンプ
8. マイクロ電磁モータ		1. 浸透圧駆動を糖尿病治療に応用する原理
		2. 光造形法による透圧バルブの作製方法
		3. 浸透圧バルブの特性
		4. 浸透圧バルブによる血糖調節特性

4. マイクロ流体デバイス
  1. 流体デバイスのマイクロ化と現状の問題
  2. プレーナ型流体デバイス
  3. マイクロ流体デバイスへのアクセス
  4. 今後のマイクロ流体デバイスの開発
5. マイクロ化学リアクタ
  1. 静電マイクロマニピュレーションによる化学反応
  2. マイクロチャンネルによる微小液滴生成
6.  $\mu$ TAS(1)
  1. 電気泳動チップ
  2. DNAチップ
  3. トータルシステム
7. 腕時計におけるエネルギー変換・貯蔵デバイス
  1. 運動/機械エネルギー変換
  2. 運動/電気エネルギー変換
  3. 光/電気エネルギー変換
  4. 熱/電気エネルギー変換
8. インクジェットヘッド
  1. 構造・メカニズム
  2. 製造プロセス
  3. 組み立て工程
9. ばね
  1. 情報機器とマイクロばね
  2. マイクロリレー
  3. 磁気ヘッド用サスペンション
  4. その他の情報機器
10. 歯車機構
  1. 現状
  2. 応用事例

### 《マイクロセンサデバイス》

1. 機械量・圧力センサ
  1. 基本構造
  2. 集積化圧力センサ
2. 加速度センサ

3. マイクロ光センサデバイス
  1. 平面型導光路を用いたマツハツェンダ干渉計
  2. 集積型近接場光マイクロプローブ
  3. マイクロエンコーダ
4. マイクロバイオセンサデバイス
  1. DNA, RNAマイクロアレイデバイス
  2. プロテインアレイデバイス
  3. マイクロ流路デバイス
5. 医用センサアクチュエータ
  1. 前立腺癌・肥大症判別用センサ
  2. 人工尿道バルブの開発

### 《マイクロシステム》

1. マニピュレータ
  1. 二本指による微細操作
  2. 駆動機構
  3. 二本指マイクロハンド
  4. 微細作業
2. 細胞操作用マイクロマニピュレータ
  1. 自動化マイクロマニピュレータ
  2. 細胞穿刺機構
  3. 卵細胞回転機構
3. 超小型の移動機械(マイクロロボット)
  1. アクチュエータを用いた超小型自走機械/ロボット
  2. エネルギー場を利用した超小型移動機械/マイクロロボット
4. フレキシブルマイクロロボット
  1. 管内点検ロボット
  2. ボットアーム
  3. ロボットハンド
  4. 歩行ロボット
  5. へび型管内移動ロボット
5. 医療用マイクロマシン
  1. 能動湾曲カテーテル
  2. 診断用マイクロ触覚センサ
  3. 医療用マイクロマシンへの期待
6. ゲノム分野への応用

1. ナノ・マイクロマシン技術がゲノム解析に果たす役割
2. DNAチップ・マイクロアレイと電気泳動チップ
3. マイクロチップ・マイクロアレイから高度集積化システムへ
4. ナノチップ・三次元微細加工から一分子DNA解析へ
7. 多数分散型マイクロマシンシステム
  1. システムの概要
  2. 試作システムの構成
  3. 試作システムの基本特性
8. マイクロファクトリ
  1. マイクロファクトリの形態
  2. マイクロファクトリの具現化
  3. マイクロファクトリ研究の展開

### 《その他》

1. マイクロデバイスを用いた熱流体現象のアクティブ制御
  1. Grayのパラドックス
  2. 乱流現象のアクティブ制御
  3. アクティブ制御に用いるマイクロデバイス
  4. 壁乱流の摩擦抵抗低減制御
2. 放電加工
  1.  $\mu$ EDM工法
  2. 実証例
3. 超精密位置決め・アライメントシステム
  1. GMAアクチュエータ
  2. 超精密位置決め・アライメントシステム
  3. 性能評価
  4. その他の応用



# ナノテクノロジーへ広がる

マイクロロボット、マイクロサージェリー、微細加工、  
超精密加工、マイクロ理工学、マイクロ流体工学、  
プローブ顕微鏡、 $\mu$ -TAS、マイクロアクチュエータ、  
バイオチップ etc. がわかる。

B 5 判 750頁 本体価格 47,000円 + 消費税2,350円

お申込は、下記へFAXをお願いします。郵送でも結構です。  
お支払は、図書が到着後同封の請求書によりお願いします。

**(株)産業技術サービスセンター 販売部**

〒110-0005 東京都台東区上野5-6-11

TEL 03-3833-3855

URL <http://www.sgsc.co.jp> e-mail: [sales@sgsc.co.jp](mailto:sales@sgsc.co.jp)

FAX 03-3836-9119

-----キリトリ線-----

## 『マイクロマシン技術総覧』申込書

平成 年 月 日

定価 ¥49,350 (税込み) 送料共

冊	¥
---	---

住 所 〒

会社名

TEL

ご担当

TEL