

# 細胞分離・操作技術の最前線(普及版)

## Advanced Technologies of Cell Separation and Manipulation

監修：福田敏雄、新井史人

・発行／2015年4月 ・体裁／B5版・387頁 ・定価／6,820円(6,200円+税) ・送料／550円

★「操作ツールの作製と応用」、「分離」、「パターンニング」、「操作」、「加工」の五編構成・“細胞ハンドリング技術”のすべてがここに！

細胞を扱う研究者、必読の一冊！

### 刊行にあたって

近年、創薬活動や再生医療研究において、特定の細胞を分取して培養する、あるいは単一細胞に特定の分子を導入、観察して薬剤の挙動を分析するなどの研究が盛んに行われております。その際、特定の細胞の分取や単一細胞における発現制御などの制御手法が用いられるようになったことから、細胞のハンドリング技術の重要性が高まりつつあります。また、生物の仕組みを理解するには、構成要素としての細胞の機能を調べ、構成要素集団の統合機能を明らかにすることが不可欠です。これまで、細胞の機能の探求には、細胞の環境への物理化学的な応答や、細胞間相互の生物学的環境への応答を調査するアプローチがとられてきました。細胞周りの局所環境を制御することで、細胞内・外あるいは細胞間における化学的・力学的相互作用を能動的に引き起こし、その変化を追うことで細胞システムの仕組みを解明するアプローチは、今後ますます重要になると考えられます。これには、観察技術はもとより、分子、細胞、組織レベルの広い範囲において、特定の対象物を極めて高い選択性をもって高精度に操作する操作技術が必要不可欠となるといえます。

本書は、急速に発展しつつある「細胞分離・操作技術」の最先端研究・開発について基礎から応用まで包括的な情報を提供することを目的としています。研究進展の著しい細胞分離・操作技術の最先端の状況を理解するために、本書が当該分野および関連分野の企業・大学等の研究者、技術者、学生の方々の今後の研究・開発の一助になれば幸いです。

### 執筆者一覧(執筆順)

庄子 智一	早稲田大学 理工学術院 教授	上平 正道	九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門 教授
荒川 貴博	早稲田大学 理工学術院 助手	岩永 進太郎	(財)神奈川科学技術アカデミー 中村バイオプリンティングプロジェクト 研究員
川合 健太郎	早稲田大学 先進理工学研究所 ナノ理工学専攻 博士課程	中村 真人	(財)神奈川科学技術アカデミー 中村バイオプリンティングプロジェクト プロジェクトリーダー
平藤 衛	アルテア技研(株) ライフサイエンス部 技術開発課		東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 准教授
丸山 央峰	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 研究員	福田 敏男	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授
松井 真二	兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 教授	中島 正博	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 助教
米谷 玲皇	東京大学 大学院工学系研究科 助教	新井 健生	大阪大学 大学院基礎工学研究科 システム創成専攻 教授
生田 幸士	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 生体医用マイクロナノ工学講座 教授	古沢 浩	高知工科大学 ナノ創製センター 准教授
		早瀬 仁則	東京理科大学 理工学部 機械工学科 講師
安田 賢二	東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 教授	片野坂 友紀	岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 システム循環生理 助教
関 実	千葉大学 大学院工学研究科 共生応用化学専攻 教授	入部 玄太郎	岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 システム循環生理 助教
横尾 誠一	東京大学 大学院医学系研究科 角膜組織再生医療寄附講座 教授	山田 章	岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 システム循環生理 特任助教
山上 聡	東京大学 大学院医学系研究科 角膜組織再生医療寄附講座 准教授	成瀬 恵治	岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 システム循環生理 教授
守田 陽平	東京大学 医科学研究所 幹細胞治療(高次機能)研究分野 研究員	小穴 英廣	東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 講師
山崎 裕治	東京大学 医科学研究所 幹細胞治療(高次機能)研究分野 技術員	恩田 一寿	東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻
中内 啓光	東京大学 医科学研究所 幹細胞治療(高次機能)研究分野 教授	長沼 圭一	(株)成茂科学器械研究所 技術部 主任
新井 史人	東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授	米山 祐樹	(株)成茂科学器械研究所 ナリシゲグループ統括本部 本部長
加藤 暢宏	近畿大学 生物理工学部 知能システム工学科 准教授	小林 卓	徳島文理大学 香川薬学部 助教
ゲイリーD.スミス	ミシガン大学 医学部 産科婦人科 准教授	伊藤 悦朗	徳島文理大学 香川薬学部 教授
高山 秀一	ミシガン大学 工学部 バイオメディカルエンジニアリング学科 准教授	鷲津 正夫	東京大学 大学院工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻 教授
堀池 靖浩	(独)物質・材料研究機構 ナノ物質ラボ フェロー	松岡 英明	東京農工大学 大学院工学府 生命工学専攻 教授
三輪 潤一	東京大学 大学院工学系研究科 特任研究員	齊藤 美佳子	東京農工大学 大学院工学府 生命工学専攻 准教授
鈴木 雄二	東京大学 大学院工学系研究科 准教授	渡辺 歴	(独)産業技術総合研究所 光技術研究部門 研究員
笠木 伸英	東京大学 大学院工学系研究科 教授	伊東 一良	大阪大学大学院 工学研究科 生命先端工学専攻 教授
高須賀 直美	ミルテニーバイオテック(株)	細川 陽一郎	濱野生命科学研究所 21生命科学研究所
山西 陽子	東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻 産学官連携研究員	岡野 和宣	濱野生命科学研究所 21生命科学研究所
須丸 公雄	(独)産業技術総合研究所 バイオニクス研究センター 主任研究員	増原 宏	濱野生命科学研究所 21生命科学研究所
金森 敏幸	(独)産業技術総合研究所 バイオニクス研究センター 研究チーム長	中村 史	(独)産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門 主任研究員
安川 智之	兵庫県立大学 大学院物質理学研究科 准教授	中村 徳幸	(独)産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門 主任研究員
鈴木 雅登	東北大学 大学院環境科学研究科 博士後期課程	三宅 淳	(独)産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門 部門長
末永 智一	東北大学 大学院環境科学研究科 教授	安田 隆	九州工業大学 大学院生命体工学研究科 准教授
梶 弘和	東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻 助教	加畑 博幸	京都大学 大学院医学研究科 先端領域融合医学研究機構 准教授
西澤 松彦	東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授		(現) シスメックス(株) 中央研究所 実用化研究グループ
糸賀 和義	東京女子医科大学 先端生命医科学研究科 特任助教	一木 隆範	東京大学 大学院工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻、
大和 雅之	東京女子医科大学 先端生命医科学研究科 准教授		ナノバイオ・インテグレーション研究拠点 准教授
秋山 義勝	東京女子医科大学 先端生命医科学研究科 助教	赤木 貴則	東京大学 大学院工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻、
小林 純	東京女子医科大学 先端生命医科学研究科 助教		ナノバイオ・インテグレーション研究拠点 助教
岡野 光夫	東京女子医科大学 先端生命医科学研究科 所長 教授	谷川 民生	(独)産業技術総合研究所 知能システム研究部門 主任研究員
井藤 彰	九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門 准教授	市川 明彦	(独)産業技術総合研究所 知能システム研究部門 空間機能
本多 裕之	名古屋大学 大学院工学研究科 化学・生物工学専攻 教授		研究グループ 契約職員

### 書籍注文書

御社名 \_\_\_\_\_

所属部署 \_\_\_\_\_

フリガナ 御名前 \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_

御住所 〒 \_\_\_\_\_

書籍名：細胞分離・操作技術の最前線(普及版) / 定価6,820円(税込)

お支払い方法：納品後振込み・代引き (ご希望のお支払い方法に○をつけてください)

※お振込み手数料は貴社にてご負担ください。また、代引きの際は手数料が別途かかります。

お申し込みの際は、本用紙に記入し、そのままFAXしてください。

**FAX 0263(51)1735**

■お申し込み先■ 〒399-0732 長野県塩尻市大門5-79-2  
 株式会社 マイクロジェット 書籍販売グループ TEL:0263(51)1734

ご注文受付後、折り返し確認のご連絡を申し上げます。

# 構成および内容

## 第I編 細胞操作ツールの作製と応用

### 第1章 マイクロ流体制御素子の作製と応用

(庄子 智一, 荒川 貴博, 川合 健太郎)

- はじめに
- 細胞機能解析用マイクロシステム
- 温度感応性ハイドロゲルを用いた生体分子ソーティング
- まとめ

### 第2章 PicoPipet(R)を用いた操作例

(平藤 衛)

- はじめに
- PicoPipet(R)について
- MALDI-TOF/MS(Imaging)による細胞の存在確認
- 操作ツールの紹介
- マウス卵細胞への操作
- おわりに

### 第3章 バイオ操作ツールの作製と応用 (丸山 央峰)

- はじめに
- バイオ操作ツール
- 2.1 バイオ操作ツールの作製方法
- 2.2 バイオ操作ツールの操作方法
3. バイオ操作ツールの応用例
- 3.1 マイクロピエゾを用いたバイオ操作ツール
- 3.2 その場光造形法により作製したバイオ操作ツール
- 3.3 温度感応性高分子を用いたバイオ操作ツール
- 3.4 凝集ゲルマイクロピエゾを用いたバイオ操作ツール
4. おわりに

### 第4章 集束イオンビームを用いたバイオナノツールの作製と応用

(松井 真二, 米谷 玲皇)

- はじめに
- 立体バイオナノツール作成方法
- バイオ・ナノインジェクター
- フィルタリングツールによる単一葉緑体捕獲実験
- まとめ

### 第5章 細胞操作用マイクロナノロボットとバイオ化学ICチップ

(生田 幸士)

- はじめに
- マイクロ/光造形による立体的マイクロ・ナノマシン
- 光駆動ナノマシンとナノロボット
- バイオ化学ICチップ
- 4.1 無細胞蛋白合成化学ICチップ
- 4.2 全工程マイクロ蛋白分析用化学ICチップ群
5. 再生医療用新概念マイクロ流路デバイス
- 5.1 生分解性ポリマを用いた3次元マイクロ構造
- 5.2 膜マイクロ流路作製手法「MeMEプロセス」
6. 次世代マイクロ手術ロボット
7. 手術手順記録用サージェリーレコーダシステム
8. 課題と展望

## 第II編 細胞の分離

### 第1章 オンチップ・セルソーターシステム

(安田 賢二)

- はじめに
- DNA/RNAアプター修飾磁気ビーズによる精製法
- アポトーシスを用いた細胞精製技術
- オンチップ・セルソーターシステム
- おわりに

### 第2章 マイクロ・ナノ流体デバイスによる細胞分離

(関 実)

- はじめに
- マイクロ・ナノ流体デバイスを用いた細胞分離法
- マイクロ流路内の層流を利用した分級法
- ピンチド流路を用いた粒子の分級(PFF法)
- 分級精度の向上
- 粒子の濃縮・分級(HDF法)
- 濃縮・分級効率の向上(HDF法の改良)
- おわりに

### 第3章 ヒト角膜の前駆細胞・組織幹細胞の分離

(横尾 誠一, 山上 聡)

- はじめに
- 角膜組織の構造
- 角膜内皮前駆細胞の採取法
- 3.1 スフェア法とは
- 3.2 ヒト角膜内皮層からの単一細胞採取
- 3.3 スフェア法による角膜内皮前駆細胞採取
- 3.4 ヒト角膜内皮細胞由来スフェアの回収と付着培養
- 3.5 超親水性遠心管
4. 角膜実質層からの実質前駆細胞採取法
- 4.1 角膜実質層からの単一細胞の採取
- 4.2 スフェア法による角膜実質前駆細胞採取
- 4.3 ヒト角膜実質層由来スフェアの回収と付着培養
5. 角膜上皮の組織幹細胞・前駆細胞の採取法
- 5.1 輪部上皮組織から細胞採取
- 5.2 単一細胞からの培養
6. おわりに

### 第4章 セルソーターによる組織幹細胞の分離

(守田 陽平, 山崎 裕治, 中内 啓光)

- はじめに
- 抗体を用いた組織幹細胞の分離
- 2.1 造血幹細胞の分離
- 2.2 その他の組織幹細胞
3. 直接細胞を染色する色素を用いた組織幹細胞の分離
- 3.1 SPフェノタイプによる造血幹細胞の分離
- 3.2 SPIによるその他の組織幹細胞の分離
- 3.3 SPフェノタイプの問題点
4. おわりに

### 第5章 オンチップ細胞分離・操作と応答計測

(新井 史人)

- はじめに
- オンチップ細胞応答計測システムの必要性
- 2.1 機能や培養条件が未知な場合
- 2.2 遺伝子レベルでの機能が未知な場合
3. バイオ応用のための微細操作技術
4. オンチップ細胞応答計測システムの要素技術

### 5. オンチップ細胞応答計測システムの事例紹介

- 5.1 感温性高分子ゲルを用いた細胞固定とオンチップ培養
- 5.2 光ピンセットを用いた細胞の位置決めと固定
- 5.3 光硬化性樹脂を用いた細胞のその場固定とオンチップ培養
- 5.4 垂直半透膜のその場造形と細胞応答計測
- 5.5 細胞伸展培養による分化の活性評価
6. おわりに

### 第6章 マイクロfluidicsによる細胞の分離と計測

(加藤 暢宏, ゲイリーD.スミス, 高山 秀一)

- はじめに
- スパームソーター
- パーティクルソーターとフローサイトメーター
- まとめ

### 第7章 バイオチップ用血球・血漿分離

(堀池 靖浩)

- はじめに
- 血液の初歩的知識
3. マイクロフィルター法
- 3.1 ガラス繊維フィルターを用いた血液濾過
- 3.2 平板型マイクロ濾過器
4. 磁場泳動法
5. 遠心分離法
- 5.1 遠心沈降分離の原理
- 5.2 連続遠心分離法
- 5.3 ヘルスクエアチップ応用
- 5.4 マイクロ流路曲管法
6. あとがき

### 第8章 抗原抗体反応を用いたマイクロ細胞分離デバイス (三輪 潤一, 鈴木 雄二, 笠木 伸英)

1. 幹細胞治療のための細胞分離技術
2. 細胞分離法
3. 蛍光活性化細胞分離法(FACS)
4. 誘電泳動法(DEP)
5. 免疫磁気細胞分離法(IMCS)
6. 抗原抗体間の接着力を用いた細胞分離法
7. 結論と今後の展開

### 第9章 磁気細胞分離(MACS(R))の基礎から最新まで

(高須賀 直美)

1. はじめに
2. MACSの原理
3. 分離のストラテジー
4. アプリケーション例: 希少な幹細胞の分離
5. アプリケーション例: 分泌抗原に基づく生細胞の分離
6. MACS(R)の広がる応用可能性

### 第10章 磁気マイクロツールによるオンチップ微粒子操作

(山西 陽子, 新井 史人)

1. はじめに
2. MMTとマイクロ流路の製作
- 2.1 MMTの加工方法
- 2.2 マイクロ流路の加工方法
3. MMTの駆動方法
4. MMTの振動解析
5. MMTの評価と考察
- 5.1 性能評価
- 5.2 性能試験
6. 画像処理によるソーティングの自動化
- 6.1 ソーティングの実験方法
- 6.2 ソーティングの自動化についての評価
7. おわりに

## 第III編 細胞のパターニング(2次元~3次元)

### 第1章 光照射による細胞のパターニング

(須丸 公雄, 金森 敏幸)

1. はじめに
2. 光照射による接着細胞の選択的残存
3. 細胞接着阻害の光解除に基づくパターニング
4. まとめと展望

### 第2章 誘電泳動による微粒子および細胞配列

(安川 智之, 鈴木 雅登, 末永 智一)

1. はじめに
2. 誘電泳動の原理
- 2.1 交互し型マイクロレイ電極を用いる微粒子配列
- 2.2 配列化微粒子の固定化
- 2.3 負の誘電泳動による細胞配列
- 2.4 正の誘電泳動による細胞配列
3. おわりに

### 第3章 電気化学反応を用いた細胞接着技術

(梶 弘和, 西澤 松彦)

1. はじめに
2. 電極表面上での細胞接着のダイナミック制御
3. 微小電極を用いた細胞接着のin situ誘導
4. 導電性高分子を用いた細胞接着界面の構築技術
5. おわりに

### 第4章 細胞シート工学

—パターン化細胞シートの作製と利用—

(糸賀 和義, 大和 雅之, 秋山 義勝, 小林 純, 岡野 光夫)

1. はじめに
2. 細胞シート工学
3. 細胞のマイクロパターンニング
4. パターン化細胞シート
5. おわりに

### 第5章 細胞の磁気操作による三次元組織の構築

(井藤 彰, 本多 裕之, 上平 正道)

1. はじめに
2. バイオ磁性粒子
3. バイオ磁性粒子を用いた三次元組織の構築
- 3.1 磁力を用いた細胞足場材料への細胞播種法 (Mag-seeding法)
- 3.2 磁力を用いた重層化細胞シートの構築
- 3.3 磁力を用いた細胞のパターニング

### 4. おわりに

## 第6章 インクジェット技術を用いた細胞の立体配列

(岩永 進太郎, 中村 真人)

1. はじめに
2. インクジェット技術による細胞の立体配置への応用展開
3. インクジェットによる3次元構造体の造形技術
- 3.1 インクジェットを用いた組織構築のための細胞プリンティング
- 3.2 生体親和性ゲルを用いた細胞パターンニング
- 3.3 3Dバイオプリンターによる3次元組織様構造物の作製
- 3.4 細胞接着性ゲルを用いた育成する組織構造の作製
4. おわりに

## 第IV編 細胞の操作

### 第1章 バイオ・マイクロマニピュレーション

(福田 敏男, 中島 正博)

1. はじめに
2. 接触型バイオ・マイクロマニピュレーション
3. 非接触型バイオ・マイクロマニピュレーションとバイオロボティクスへの展開
4. バイオ・ナノマニピュレーションへの展開
5. バイオ・マイクロマニピュレーションのシステム細胞工学への展開
6. 今後の展望

### 第2章 マイクロハンドによるマニピュレーション

(新井 健生)

1. マイクロ世界のマニピュレーション
2. マイクロハンド
3. 多自由度2本指マイクロハンドの構成例
4. マニピュレーションシステム
5. 細胞の剛性計測への応用
6. おわりに

### 第3章 走査型電極による非接触操作と分別回収

(古沢 浩)

1. はじめに
2. 理論的背景
- 2.1 電場の空間勾配による誘電泳動
- 2.2 従来の誘電泳動
- 2.3 時間変化する場合への拡張
3. 走査法の概要
4. 走査法の特徴
- 4.1 光ピンセット法との比較
- 4.2 オンチップ法との比較
5. 実施例
- 5.1 非接触操作
- 5.2 分別回収
6. ワンステップ識別法
7. おわりに

### 第4章 微細孔吸引による細胞固定技術

(早瀬 仁則)

1. はじめに
2. 多孔質シリコン
3. 微小物体吸引デバイス
- 3.1 デバイス構造
- 3.2 製作手順
- 3.3 貫通多孔質層形成
4. 貫通多孔質層の透過流量測定
- 4.1 空気の場合
- 4.2 純水の場合
- 4.3 円管近似による理論値との比較
5. ビーズ吸引実験
- 5.1 実験方法
- 5.2 観察結果
6. 今後の展開
7. まとめ

### 第5章 心血管系細胞への機械刺激負荷技術

(片野坂 友紀, 入部 玄太郎, 山田 章, 成瀬 恵治)

1. 心血管系細胞における機械受容機構の解明にむけて
2. ヒト臍帯血管内皮細胞(HUVEC)のストレッチ刺激に対する応答
3. マイクロコンタクトプリンティング法を用いた細胞形態制御によるストレッチ負荷
4. 細胞のストレッチ感受性を左右する因子~形質膜直下の細胞骨格の重要性~
5. カホフアイバーを用いた単離心筋細胞機械負荷
6. おわりに

### 第6章 光ピンセットによる分子操作

(小穴 英廣)

1. はじめに
2. 光ピンセットの原理
- 2.1 光の波長より十分小さい微粒子の場合
- 2.2 光の波長より大きい微粒子の場合
3. 光ピンセットの実験装置
4. 光ピンセットによる分子操作
- 4.1 タンパク分子の操作
- 4.2 ランダムコイルDNAの単分子操作
- 4.3 凝縮DNAの単分子操作
5. おわりに

### 第7章 光ピンセットの機能拡張技術

(遠隔操作とマルチ光トラップ)

(新井 史人, 恩田 一寿)

1. はじめに
2. 光ピンセットによる操作原理
3. 光ピンセットの遠隔操作
- 3.1 マイクロ・ナノマニピュレータの遠隔操作
- 3.1.1 バイラテラル制御系の構成方法
- 3.1.2 マスターーム
- 3.2 光ピンセットの力逆送型バイラテラル制御系の実例

### 4. マルチ光トラップによる軌道制御

- 4.1 スキャニング法
- 4.1.1 スキャニング光学装置
- 4.1.2 スキャニング制御装置
- 4.1.3 マイクロツール位置決め
- 4.2 位相制御法
- 4.2.1 位相制御光学装置
- 4.2.2 位相制御装置
- 4.2.3 Phase Contrast Filter
- 4.2.4 位相コントラスト変換
- 4.2.5 GPIによる多点光トラップ
- 4.3 ハイブリッド光ピンセット
- 4.3.1 ハイブリッド系光学装置
- 4.3.2 ハイブリッド光ピンセットによる位置決め

## 第8章 生物学・医学分野におけるマイクロマニピュレーターの最新動向~シングル・セル・アイソレーション・システムの開発

(長沼 圭一, 米山 祐樹, 小林 卓, 伊藤 悦朗)

1. なぜ細胞1個の単離にこだわるのか?
2. 必要な「動作」
3. マイクロマニピュレーターの動作
4. マイクロマニピュレーターの製作
5. 顕微鏡用回転ステージの製作
6. シングル・セル・アイソレーション・システムによる細胞単離の実例
7. おわりに

## 第V編 細胞の加工

### 第1章 電界集中を用いたオンチップエレクトロポレーション

(鷲津 正夫)

1. はじめに
2. 電界集中を用いたエレクトロポレーションの原理
3. フェムトインジェクション法の開発
4. 細胞応答計測への応用
5. おわりに

### 第2章 再生医学工学を目指すフェムトインジェクションシステム

(松岡 英明, 斉藤 美佳子)

1. はじめに
2. 糖尿病に対する疾患モデル細胞ライブラリー構築
3. フェムトインジェクション法の開発
4. トランジェントアッセイによる複数遺伝子の発現解析
5. おわりに

### 第3章 フェムト秒レーザーを用いた細胞内手術法

(渡辺 歴, 伊東 一良)

1. はじめに
2. 可視光・紫外光レーザーを用いた細胞内手術
3. フェムト秒レーザーを用いた細胞内手術
4. 遺伝子導入
5. タンパク質の局所的機能阻害・不活性化
6. おわりに

### 第4章 フェムト秒レーザー衝撃波とその応用

(細川 陽一郎, 岡野 和直, 増原 宏)

1. はじめに
2. フェムト秒レーザー照射による衝撃波とキャビテーションバブルの発生
3. フェムト秒レーザー衝撃波が細胞におよぼす効果
4. フェムト秒レーザー津波の細胞加工への応用
5. おわりに

### 第5章 ナノ針を用いた細胞操作技術

(中村 史, 中村 徳幸, 三宅 淳)

1. はじめに
2. 細胞への挿入動作を行う手法
3. AFMによるナノ針の挿入操作と力学応答
4. 挿入に適した針先端の形状
5. ナノ針による高効率遺伝子導入
6. おわりに

### 第6章 マイクロ流体デバイスによる培養細胞への薬剤投与と制御

(安田 隆)

1. 培養細胞への局所的薬剤投与の必要性
2. ナノホールとマイクロバルブをシステム化した薬剤投与制御デバイス
3. ナノホールからの神経成長因子投与による神経細胞の分化誘導
4. 今後の展開

### 第7章 細胞膜の平面展開技術—細胞内局在腫瘍マーカーの検出を例に—

(加畑 博幸)

1. はじめに
2. 膜タンパク質研究の技術背景
3. 膜タンパク質と細胞診との関係
4. レーザによる細胞膜アプレーションの試み
5. レーザによる細胞質キャビテーションと細胞膜平面展開
6. 平面展開膜のキャラクタリゼーション
7. おわりに

### 第8章 細胞電気計測用デバイス

(一木 隆範, 赤木 貴則)

1. 標識を用いない細胞評価法としての細胞電気計測
2. 細胞表面電位と電気泳動
3. チップ型細胞電気泳動システム
4. 細胞周期判定への応用
5. アポトーシス判定への応用
6. 細胞試料の品質管理への応用
7. 免疫細胞電気泳動
8. まとめ

### 第9章 卵細胞の除核操作(谷川 民生, 市川 明彦)

(新井 史人)

1. はじめに
2. ニ本指マイクロハンドによるクローニング作業
3. マイクロ流体チップによる除核操作の自動化
- 3.1 流体力による細胞切断
- 3.2 自動切断実験
4. おわりに