

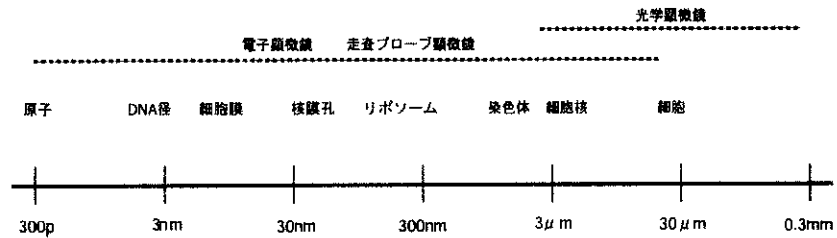
問15. 前問の領域でナノテクノロジーによって解決する方法として、可能性のある（あるいは注目している）具体的技術がありますでしょうか。

1. ある    2. 特にない

「1. ある」とお答えの方は、課題を問20の番号で、その技術を枠内に記述してください。

問14の番号	注目する技術
(例) 2	神経伝達物質制御装置の開発

問16. 問14で選んだ領域を解決し実現するためには、どのレベルの制御、観察、理解が必要だと思いますか。表中に問14における課題番号を記入し、必要となるサイズのレベルをひとつ選んで枠内に○をつけてください。



課題番号	300pm~3nm 原子レベル	3nm~30nm 分子~高分子	30nm~300nm 集合高分子、 小器官構造	300nm~3μm 細胞小器官	3μm~30μm 細胞	30μm~0.3mm 細胞、組織

次ページに続きます。

◇マイクロイメージングについて

問17. マイクロイメージングについてご関心がありますか。

番号に○をつけてお答えください。

1. 大いに関心がある 2. 関心がある 3. あまり関心がない 4. 全く関心がない  
「全く関心がない」とお答えの方は、13ページにおすすみください。

問18. マイクロイメージングに対する、ご回答者のお立場をお答えください。当てはまるものすべてに○をつけてください。選択肢にない場合は枠に記述願います。

1. 開発者である  
2. 製品の利用者である  
3. 実用化のための評価者である  
4. 特に関わっていない

問19. マイクロイメージングに関して、ご回答者の研究・診療で重要な解決すべき課題は何ですか。あてはまるものすべてに○をつけてください。選択肢にない場合は( )内に記述願います。

1. 超微細対象物のための線源技術(遠紫外線発射装置など)  
2. 電子顕微鏡技術  
3. プローブ顕微鏡技術  
4. X線技術(軟X線、X線回折など)  
5. ナノサイズレベルの3次元表示技術  
6. 分子移動等の動画表示技術  
7. 標的物質のナノレベル連続追尾画像技術  
8. 体内微細画像の伝送技術(胃壁細胞内代謝像の体外への伝送など)  
9. 画像センサ技術(細胞内画像化技術)  
10. ナノ画像圧縮・蓄積・編集等の処理技術  
11. ナノ画像の合成化・複合化技術

その他

次ページに続きます。

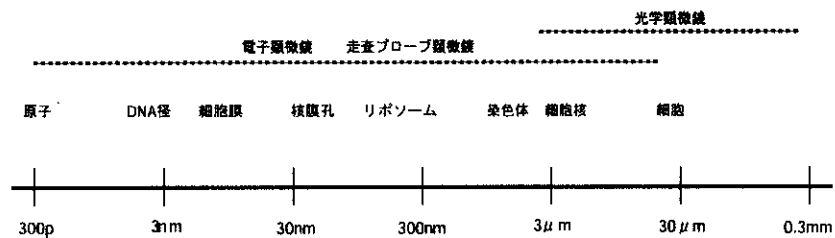
問20. 前問の領域でナノテクノロジーによって解決する方法として、可能性のある（あるいは注目している）具体的技術がありますでしょうか。

1. ある    2. 特にない

「1. ある」とお答えの方は、課題を問28の番号で、その技術を枠内に記述してください。

問19の番号	注目する技術
(例) 3	捜査トンネル顕微鏡による血管内皮細胞膜の可視化技術の開発

問21. 問19で選んだ領域を解決し実現するためには、どのレベルの制御、観察、理解が必要だと思いますか。表中に問19における課題番号を記入し、必要となるサイズのレベルをひとつ選んで枠内に○をつけてください。



課題番号	300pm~3nm 原子レベル	3nm~30nm 分子~高分子	30nm~300nm 集合高分子、 小器官構造	300nm~3μm 細胞小器官	3μm~30μm 細胞	30μm~0.3mm 細胞、組織

次ページに続きます。

以降は技術分野を問わない全般的な質問です。

問2 2. ナノメディシンに関連して、ご回答者の研究・診療活動において有益な情報は次のうちどれですか。もっともよく当てはまるもの最大2つまでお答えください。

1. 最新の研究動向・技術水準に関する情報
2. この分野を研究している研究者に関する情報
3. 医療機器・システムの性能・価格等に関する情報
4. 医療における適用事例に関する情報

選択肢にない場合は下記の枠内にお答えください。

問2 3. 前問で有用であるとお答えの情報について、主にどのようにして入手していますか。もっともよく当てはまるもの最大4つまでお答え下さい。

1. 学会発表、セミナー、講演会等のイベント
2. 学術誌
3. 専門雑誌
4. 新聞(一般紙)
5. 新聞(業界紙)
6. 同業者からのクチコミ
7. 共同研究者
8. メーカー等の営業担当者
9. インターネットのWebサイト
10. メール링グリスト

その他

次ページに続きます。

問24. ナノメディシンについて、今後どのような情報が必要になると考えますか。枠内に記入してください。またその情報はどのようにして入手したいですか。前問の番号でお答えください。

希望する情報の入手方法 ( ) その他の方法 ( )

問25. ナノテクノロジーは従来の技術に新たなブレークスルーをもたらす分野として期待されています。ご回答者はどのようなブレークスルーを期待しますか。ご回答者の専門領域外でも結構ですので、未来に対する期待を記述願います。

問26. 本アンケートに対するご意見をお聞かせください。

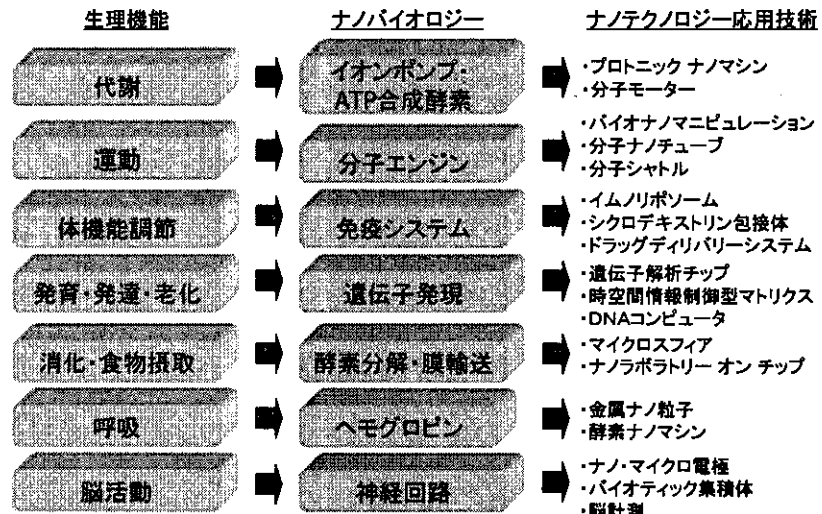
御回答はこれで終了です。

本回答票を同封の返信用封筒に入れ、御返送願います。

ご協力誠にありがとうございました。

## 4. シーズ情報

## 生命から学ぶナノテクノロジー



## DDSの展開(1)

ベンチャー企業 IMEDD Inc.

M. FerrariがBerkeley時代に、彼の成果を 商業化するのがミッション  
 FerrariがOhio State Univ.に移動と同じくしてSilicon ValleyからOhioへ  
 PresidentのC.F.Groveは元SQUUS Phamaceuticals(現在はALZA Corp.)

### 連携

#### Academia

- ・M.Ferrari (OSU)
- ・Tejal Desai (Univ. of Illinois at Chicago.元々FerrariがBerkeley時代の院生)

#### Industry

- ・Battele (IMEDDからナノポーラス膜フィルター技術に関する技術供与)



Illustration by Jana Leon

(出所:MITニュースより)

## DDSの展開(2)

**MICROCHIPS**

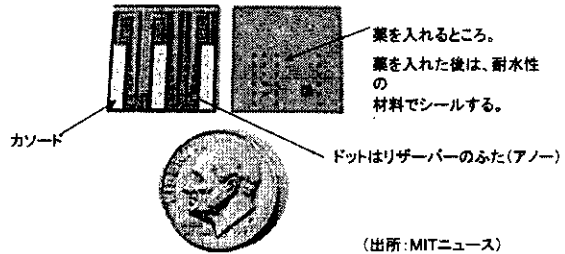
ベンチャー企業 MicroCHIP, Inc.

1999年2月 MIT Cimaの院生 John Santiniが設立



MicroCHIPSの移植可能なシリコンチップ数年もつ薬を小さなリザーバーに保持できる。(Illustration by John MacNeill; source: MicroCHIPS; photo by Fumald/Gray)

(出所:MITニュース)



10セント硬貨の34のリザーバー(1つのリザーバーで25ナノリットル)をもつプロトタイプマイクロチップ。左:前面、右は背面の写真(MIT press release)

(出所:MITニュース)

## μTAS

マイクロ・トータル・アナリシス・システム

(主要要素技術)

(応用)

電気泳動

キャピラリー電気泳動のマイクロチップ化

DNA解析、プロテオーム解析

DNAマイクロアレイ

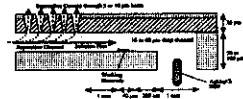
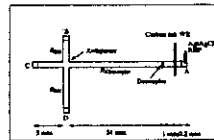
フォトリソグラフィ技術、インクジェット技術

遺伝子解析、テラーメード医療

DNAチップ

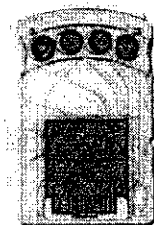
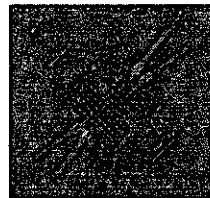
集積化技術

テラーメード医療、環境チップ



チップ・オン・チップ電気泳動

(A. T. Woolley et al., J. Electroanalytical Chem., 492, 15(2000))



マイクロアレイの製品例  
(<http://www.nanogen.com>)



## バイオ・医療分野のナノテクノロジー

### ナノバイオ

5～10年後の技術	10～20年後の技術	製造・個別技術
<ul style="list-style-type: none"> <li>・インテリジェントナノバイオセンサー（機能性のある生態センサー 開発）</li> <li>・（材）昆虫機能を利用した新素材の創出に関する研究（農水省）</li> <li>・黒田：カイロモルフロジー（創造科学技術推進制度）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DNA分子デバイス・システム、細胞デバイスの開発（生体組織の代用ができる細胞デバイス開発）</li> <li>・生体分子の機能性分子への変換・配向固定化によるバイオチップ（生体分子を利用したセンサー等の開発）</li> <li>・コンポジット酵素ナノマシン（人口酵素による、種々のものを作り出す技術開発）</li> <li>・細胞－ナノ材料の融合による生体/環境安全評価技術（細胞信号を光信号に変換する細胞利用センサー構築）</li> <li>・「リボソーム工学」の構築と生物の潜在能力開発（科学技術振興調整費、開放 融合研究）</li> <li>・バイオメテック材料のプロセッシングの開発（未来科学技術研究推進事業）</li> <li>・ナノラボラトリーオンチップの実現（化学ICの開発）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノマシンの研究開発（農水省細胞の遺伝子操作等を可能にするシステム開発）</li> <li>・超微細空間細胞培養技術（農水省微細空間での細胞の安定培養技術開発）</li> <li>・権限制度バイオマニュピレーションの研究開発（未来開拓学術研究推進事業）</li> <li>・マルチバイオプローブ研究開発（文部科学省）</li> <li>・リアルタイム生体ナノマシン観測技術開発費（文部科学省）</li> <li>・生体超分子システム開発（文部科学省）</li> <li>・バイオミメティックコントロール研究（文部科学省）</li> <li>・生体の高次機能に関連したタンパク質の構造生物学研究（文部科学省）</li> </ul>

## バイオ・医療分野のナノテクノロジー

### ナノ医療

5～10年後の技術	10～20年後の技術	製造・個別技術
<p>（ナノ医療器具）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・医療・生体関連マイクロ・ナノマシン材料の開発（金属ガラス・ナノスケール形状記憶合金の利用）</li> <li>・ナノ材料による高性能医療器具の開発（ロータス型ナノポーラス金属による高機能医療器具開発）</li> <li>・ナノ応用ドラッグデザイン技術（ピンポイントなどの高度医療開発）</li> <li>・生体内で自律動作可能なようインテリジェント次期マイクロロボット開発のための総合的基礎研究（厚生労働省）</li> </ul> <p>（ナノ生体材料）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・臨床医の求める先駆的医療ツール群およびそれらに必要な微細加工技術の開発（人工内耳用可動電極など）（厚生労働省）</li> <li>・生体硬組織再生技術の構築（人口頭蓋骨・大腿骨などの開発、足場材料の開発）</li> <li>・（材）微粒子利用型生体結合物質等創製技術（経済省プロジェクト）</li> <li>・（材）グリコクラスター生体分子合成技術（経済省プロジェクト）</li> </ul>	<p>（ナノ医療器具）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・体内に導入して検査・治療を行うマイクロ・ナノ医療マシン</li> <li>・異物認識排除ナノバイオマシン（異物排出細胞膜の解析と薬への応用）</li> <li>・血管内診断ナノマシン（血管中を移動して診断を行うナノマシン開発）</li> <li>・ピンポイントドラッグデリバリーシステム</li> <li>・使い捨てDNA全解析チップ（DNA全解析チップ（化学IC）の開発）</li> <li>・ナノ表面医療材料（酸化チタンを用いた自己消滅性医療材料開発等）</li> </ul> <p>（ナノ生体科学）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・神経・脳とコンピュータ・インターフェース用ナノ・マイクロ電極（人体直結型電極システム開発）</li> <li>・体内埋め込み用ナノ・マイクロマシン（人知覚網膜等）（生体機能代替マシンの開発とシステム化）</li> <li>・高機能人工骨・筋肉の開発（生体置換材料の開発）</li> <li>・バイオミネラル型ナノ複合マテリアル（人工生体硬組織材料開発）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学修飾生体分子の設計と自己組織化技術（生体分子機能的集合体の構築技術開発）</li> <li>・タンパク質多元組織化技術（分子構造から目的に適合する高次構造を構築する技術）</li> <li>・超単分散生マイクロソフィアを用いた新規な分離場および反応場の構築に関する基礎研究（農水 食品中の有効成分閉じ込めやドラッグデリバリー）</li> <li>・微細空間における水分子ナノクラスターの生化学反応（農水省ミスクラスターの研究による生化学反応を効率化）</li> <li>・走査プローブ顕微鏡に高性能化とバイオナノマテリアル測定</li> <li>・DNA・タンパク質ナノ構造解析技術（共通）（生体分子系の構造解析技術開発SR利用等）</li> <li>・DNAからタンパク質発現の分子ネットワークの解析（遺伝情報から蛋白高次構造発現の開発）</li> <li>・染色体の構造と機能解明のためのナノデバイスに関する総合的研究</li> <li>・ナノFISH法の開発（農水省H11～H14DNAを引き伸ばし観察する技術開発）</li> <li>・次世代脳気記録技術と脳医療技術開発</li> </ul>

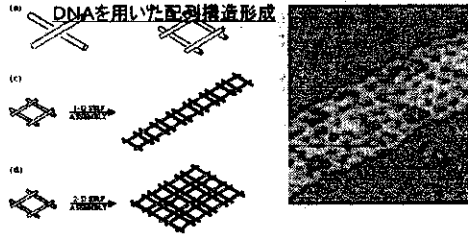
# プログラムできるDNA格子

## ●DARPA/BIOCOMPプログラム

- ・目的: 塩基配列による演算制御によってボトムアップ的に任意のパターンを形成する
- ・原理: Algorithmic Self-Assembly of DNA
- ・応用: ①分子電子回路の部品のレイアウトを行う  
②超精密アレーの表面化学反応への応用  
③DNAコンピューター  
④分子機械デバイス(NEMS)の自己構築

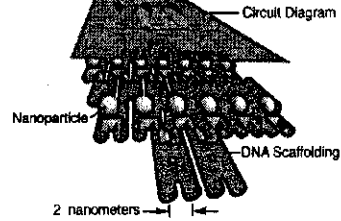
## ●実施状況

- ・期間: 2001年9月～2004年9月
- ・代表研究者: J.H. Reif, デューク大学
- ・体制: デューク大学、NY大学、他
- ・成果: ①US Patent #6,255,469 2001/07/03  
②構造設計およびDNA計算機ソフトウェア  
③ベンチャーキャピタルへのライセンス



2次元格子構造の実際

## 分子デバイス回路の設計



# ナノ温度計測

○材料の熱物性計測は、材料性能や耐久性の向上を図るうえで非常に重要であるが、これまでマクロなスケールでの熱物性しか測定できず、ナノスケール材料あるいはナノマシンの研究開発には適用できる計測手法がなかった。



○フランスのTHALES-Thomson-CSF/CLRのP. Galtier氏は、ファイバーと近接場光学を利用した、ナノスケールで用いることのできる定套型の熱検出顕微鏡の開発に成功 (詳細不明)

- ・シリコン基板上に作ったアルミの量子ドットの熱物性をサブミクロンスケールで測定
- ・熱物性の違いによりイメージングすることにも成功

○東京工業大学大学院理工学研究科の中別府修助教は、原子間力顕微鏡(AFM)に温度計測機能を附加し、サブミクロンスケールで表面形状と温度の同時計測を行う方法を開発

- ・表面の突温度を種々の外乱に対して安定に計測するため、熱制御機構を挿入したMEMSを活用
- ・励起対とヒーターを縦み込んだ一辺500  $\mu\text{m}$ の正三角形形状カンチレバーを有する
- ・約10ミリ秒という短時間の温度変化にも対応可能

- 動作中の発熱により壊れる可能性がある製品の熱特性を明らかにする道
- ダイオード、マイクロレーザーなど微小化する半導体素子の動作に伴う熱放出や発光などの研究に活用

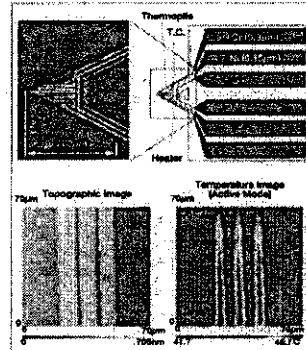


図1 微小領域温度計測用プローブと加熱した試料の温度分布

## シーズ調査 (ナノテク全般)

(1991-2001年の間)

### 論文(数)

	日本	米国	欧州
ナノマテリアル関係	6,113	8,484	11,569
ナノ構造関係	5,584	7,583	10,044

### 特許(数)

	日本	米国	欧州
ナノマテリアル関係	1,330	2,894	1,741
ナノ構造関係	1,180	873	592

ナノマテリアル: ナノ粒子、ナノカプセル、ナノチューブ、フラレン、量子効果物質、分子配線

ナノ構造関係: ナノ構造体、ナノ構造形式

## 米国国防基礎研究にみるボトムアップナノテクノロジー

- ブッシュ政権における軍民両用技術政策 (Dual use technology) の目玉
- 2025年頃の実用化を目標
- Opportunities in Biotechnology for Future Any Applications, Bound on Any Science and Technology (2001)

### (1) バイオ分子エレクトロニクス

人工的な有機分子に限らずDNA、タンパク質など生体分子そのものを利用する技術。

- ①タンパク質ベースのエレクトロニクス  
タンパク質を操作するには高分子試験管があれば十分であり、極めて安価。また、タンパク質デバイスは、外気の湿度に強く、水に濡れてもデータの信頼性を失うことはない。このため、極めて携帯性の高いデバイスとして利用価値がある。
  - ・バクテリオロドプシン (光情報レセプター)
  - ・脳の神経回路
  - ・DNAベースの光信号処理およびメモリ
- ②バイオコンピューター
- ③生体神経システムと電子機器との結合

## 米国国防基礎研究にみるボトムアップナノテクノロジー

### (2) 新材料

分子生物学、ナノバイオロジー、バイオメテイクスなどの進展により、生物にヒントを得た新材料の創出

#### ① バイオマテリアル

傷や骨の治療にバイオマテリアルを活用する。

・バイオシーリング材

血液を分離して作られる血液成分物から得られるフィブリンやフジツボなどの海洋着生生物から得られる粘着性のバイオマテリアル。

応用研究: 止血剤

#### ② 組織再生技術

ヒトや動物の組織、細胞を使い、皮膚や血管、臓器、骨などを人工的に作り出す組織工学。

応用研究: 皮膚表皮および真皮と類似した構造をもつ人工皮膚

万能細胞(幹細胞)による臓器作製

#### ③ バイオインスパイアード材料およびバイオメテイクス材料

生態系のプロセス、構造、性質等からヒントを得て開発される材料をバイオインスパイアード材料といい、そのうち、自然の素材に真似て作られる材料がバイオメテイクス材料である。

・貝殻組織材料

頑丈で独特の形状をもつ歯や貝殻などのナノスケールの構造を模倣する。

応用研究: 軽量ヘルメットあるいはユニフォーム

軽量装甲

・合成クモの糸

天然のポリマーである絹やクモの糸は、単位重量あたり最も強度の大きい物質として知られる。最近、モントリオールを拠点とする企業が合成クモの糸を開発した。

応用研究: 布製の防弾服

軽量で堅牢なユニフォーム

## 米国国防基礎研究にみるボトムアップナノテクノロジー

### (3) ポータブルエネルギー

・植物の光合成原理に基づく光化学反応を利用した電力生成

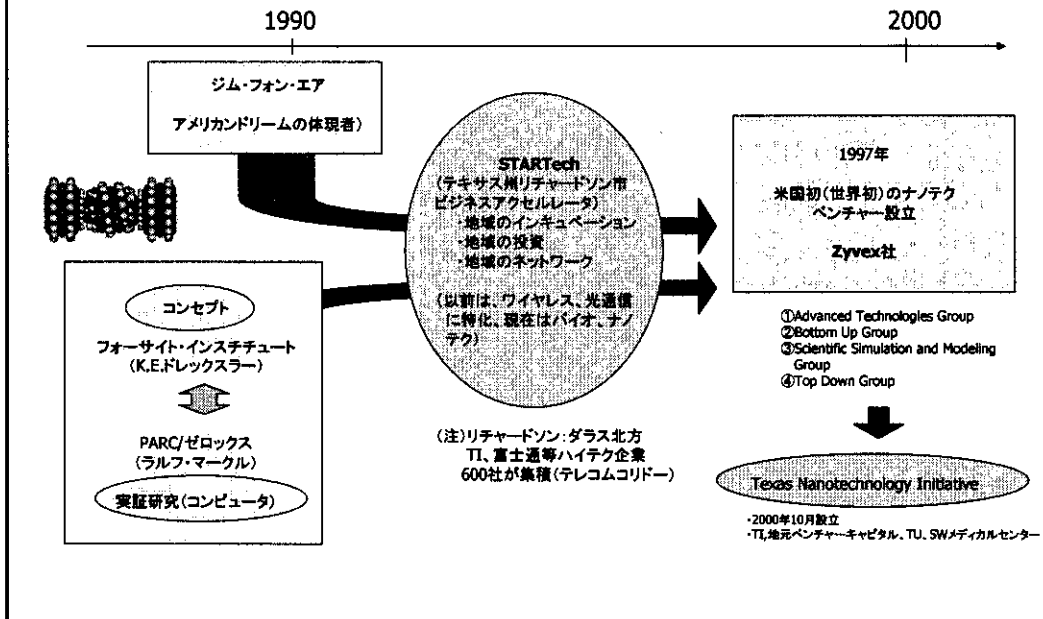
### (4) 戦場での兵士の健康管理および治療

・セルオンチップ

・マイクロ流体デバイスおよびナノ流体デバイス

(大平他、CREST-JST)

## ザイベックス(Zyvex)の展開



## ザイベックス(Zyvex)の展開

### 事業内容

#### ①Advanced Technologies Group

- ・分子アッセムブリ技術の基礎開発
- ・エネルギー状態選択的な分子化学および超選択的の化学認識の研究
- ・ナノマニピュレーションおよび「分子材料」の開発
- ・アッセムブリ手法による合成



#### ②Bottom Up Group

- ・表面プローブ顕微鏡を基礎としたマニピュレーション、分析、化学の開発



#### ③Scientific Simulation and Modeling Group

- ・理論的な方向付け

#### ④Top Down Group

- ・アッセムブリベースの製造技術開発(MEMS)



# ライス大学の分子ナノテクノロジー

**2. SWNTs in complex aqueous media**

<p>SWNT could provide:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductive wires</li> <li>• Optical probes</li> <li>• Encapsulation</li> </ul>	<p>Biology could provide:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorting</li> <li>• Assembly</li> <li>• Cleaving</li> </ul>
--	---

HEWL Enzyme

← 25 Å →

RIICE

•CNTなど炭素系などの材料の表面修飾は、産業的にも大きな課題と認識されている。

※CNTの生体応用が課題。そのためには、水溶性にする必要がある。

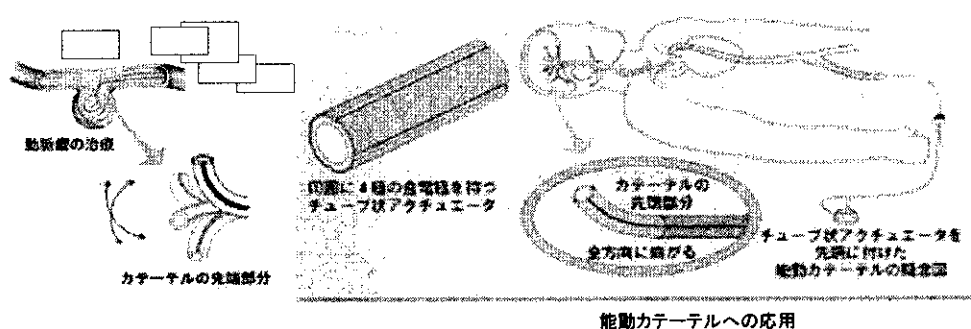
## イオン伝導性高分子アクチュエータの医療応用

独立行政法人 産業技術総合研究所

高分子アクチュエータ能動カテーテル

人間系特別研究体 刺激応答材料研究グループ 安積欣志ら

低電圧の電気信号でイオン交換樹脂中のイオンが移動することにより、高分子が伸び縮みする高分子アクチュエータ材料を先端部分に用いた能動カテーテルの研究開発を行う。能動カテーテルは血管の分岐部等を体外からのコントロールにより選択して進めることができるため、手術の安全性、確実性が向上し、血管内手術方法を改善するものである。血管内手術は従来の体を切り開く手術方法に比較し、人にやさしい手術方法であり、医療分野での利用が期待される。



科学技術進行事業団 新規事業志向型研究開発成果展開事業 (H13年度)

# 分子サージェリー

## ●ナノマニピュレーション (バイオマニピュレーション、モレキュラーサージェリー)

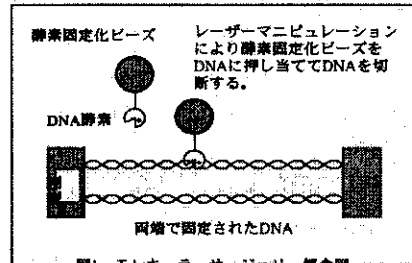


図1 モレキュラーサージェリー概念図

(出典:京大工学部機械工学専攻藤津正夫)

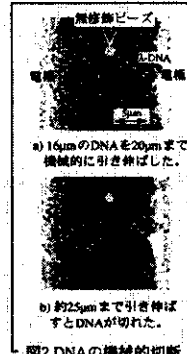


図2 DNAの機械的切断

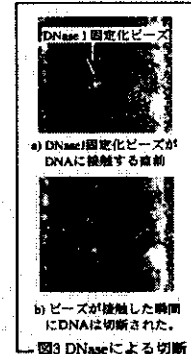
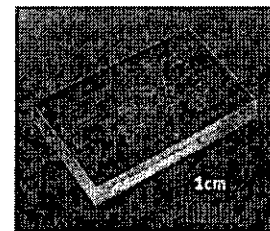


図3 DNaseによる切断

# Cell sorter device



ベンチャー企業  
FLUIDIGM Corp. (IBMycometrix)  
1999年設立(社名変更'01, 6月)



(出所: <http://www.fluidigm.com/>)

### 技術

・multi-layer soft lithographyで作製したマイクロ流体デバイス  
アドバイザー

Frances Arnold, Ph. D. (Prof. of Chemical Engineering and Biochemistry, Caltech.)

・science advisor to Maxygen, Inc..

Peter B. Dervan, Ph. D. (Prof. of Chemistry, Caltech)

・board on directors of Beckman Coulter and GeneSoft, Inc.

・the scientific advisory boards of Gilead Sciences, GeneSoft, Inc., Pharmacyics Inc., and Prolynx.

Stephen Quake, Ph.D., Chairman (Prof. of Applied Physics, Caltech.)

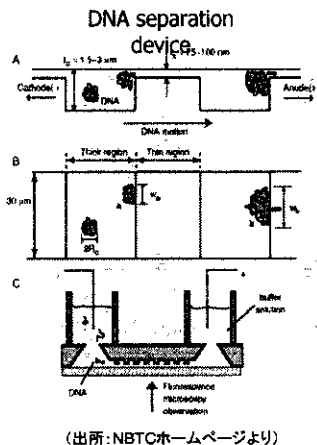
Howard M. Shapiro, M.D. (lecturer at Harvard University)

・an industry leader in flow cytometry and cell sorting

・science advisor to Cytomation.

# NBTC (Microanalysis of biomolecules)

## ナノスケールデバイス(センサー等)およびシステムの創製



シリコンに浅・深の交互の経路を作製する。  
 →DNAの溶液に置き、電界をかける  
 →浅いところの深さによってDNAが分離できる



電気泳動法より計測時間の短縮(12-24hrs→15-30 min.)  
 タンパク、有機ポリマーの分離への応用展開

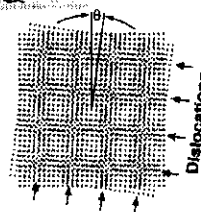
# NBTC (Molecular templates)

## ナノスケールのパターン形成技術の創製

Bulk Si上にSi膜を角度θつけて成長



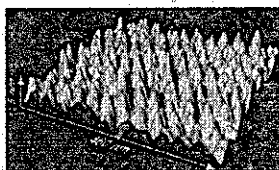
上からTEMで見たら  
 このようなモアレパターン



Si-Siのボンドの強さを表す。

つまりボンドの強弱が周期的に存在

Nanobumpsの形成



三酸化クロム+フッ酸でエッチング

結合が強いところは残り、  
 弱いところはエッチングされる。

Application

最適な認識分子を用いての新規なバイオセンサー  
 →アレルギー治療など

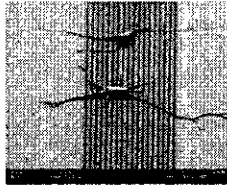


## NBTC (Bioselective Surface)

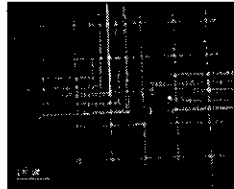
### 細胞と表面状態(化学的な状態やトポロジーなど)との関係の解明

(種々の構造を形成するMolecular templateグループの研究成果をデバイスへと活かす)

### 生体細胞とSi集積回路との融合



Siピラー上への細胞培養



Neurons grown on chemicals printed on to microelectrodes

#### Application

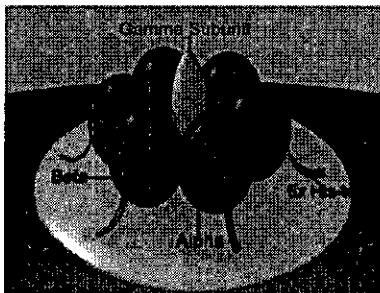
活きた神経細胞とSi回路との組み合わせで、失われた脳機能の補綴する神経回路の創製

## ナノ電子機械(NEMS)

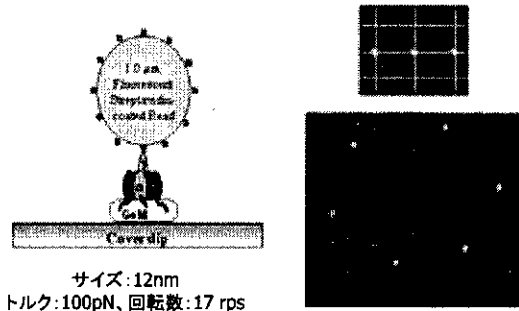
- 生体モーター駆動ナノ機械デバイスの構築
- ・目的: 有機分子モーター( $F_1$ -ATPase)を化学修飾し、微細加工技術と組み合わせることによって集積デバイスを構築する
- ・原理: ATPの合成および加水分解化学反応を機械的運動エネルギーに変換する

- ・応用: 微小流体デバイスのポンプおよびバルブを駆動させるなど分子モーターを連動させたナノサイズ機械デバイス、ナノ医療機器
- 実施状況
- ・支援機関: NSF, DARPA, Keck Foundation
- ・研究者: C.D. Montemagano, コーネル大学

ATPaseのリングラフィー加工基板への固定



蛍光粒子による回転運動の計測



## 生体分子マーカー: ナノバーコード

◎ Paul Alivisatos教授(カリフォルニア大学、バークレイ校化学科)の研究成果の事業化

CdSe-CdS コアシェル微粒子の応用

- ・2 nm → 緑色
- ・4 nm → 赤色



QDOT™ BAR CODES

(出所: <http://www.qdots.com/new/homeC.html>より)

ベンチャー企業設立(1998年11月)

Quantum Dot Corporation  
(California)

その他のパートナー



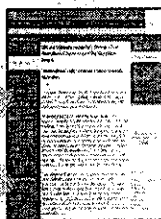
## マルチカンチレバー

### マイクロカンチレバーのR&D

(医学応用)

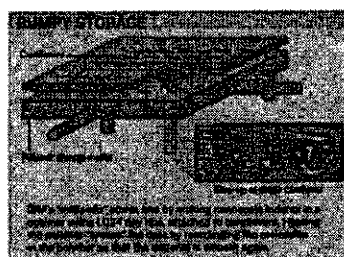
(メモリ応用)

"Micromachines" could lead to new medical treatments, nano-robots



「バイオ」と「半導体技術」の融合による実用化

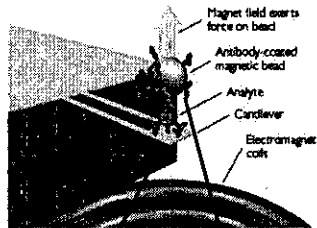
(IBM, バーゼル大)



2ないし3年後に実用化(IBM)

(Forbes, July 24, 2001)

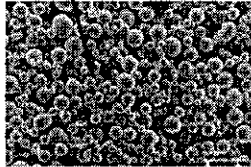
## The Force Amplified Biological Sensor (FABS)



磁界によって引き上げられる力をカンチレバーが読心



カンチレバー  
Park Scientific Instruments  
(Sunnyvale, CA)  
—Stanford Univ.



磁性微粒子  
UltraFine Powder Technology  
(JFF, Woonsocket, RI)

### 研究体制

Naval Research Lab.

- ・D.R.Baselt: 物理化学で学位。AFM→細胞生物学
- ・G.U.Lee: 化学工学で学位。タンパク質→表面科学
- ・L.A.Chrisey: 生物有機化学で学位。生物分子科学  
→生体分子のマイクロソグラフィ
- ・R.J.Colton: 紫外、X線分光学で学位。表面科学  
→材料の微小領域特性評価

Geo-Centers(研究系シンクタンク)

- ・K.M.Hansen: 海洋生物学で学位

研究者の専門分野の多様性  
専門分野の変遷  
様々な分野の技術の提供

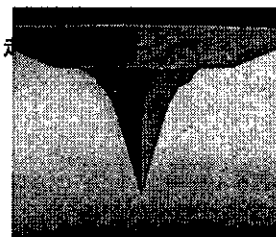
## ナノレベルで見える！操作出来る！

原子や分子を見て、動かして、組み立てる夢の  
実現

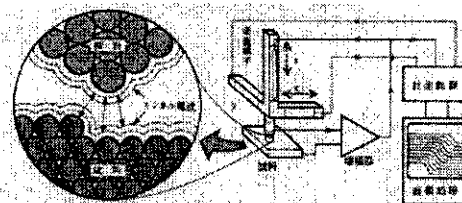


走査型トンネル顕微鏡 (STM) の発明

1986年 G. ビニツヒ & H. ローラー  
ノーベル賞受賞



STMの原理



資料: (財)日本産業技術振興協会「ナノ構造制御と機能創出」(1990)

## 各国政府のR&D政策(米国政府発表)

単位: M\$

会計年度	1997年	2000年	2001年	2002年
西欧	126	200	~225	~400
日本	120	245	~465	~650
米国	116	270	422	604
その他	70	110	~380	520
合計	432	825	1,492	2,174

その他: オーストラリア、カナダ、中国、東欧、FSU、イスラエル、韓国、シンガポール、台湾

## ナノテクノロジーを巡る政府等の動き

