

Research Center for
Micro-Nano
Technology
Annual Report 2003

HOSEI

法政大学
マイクロ・ナノテクノロジー
研究センター
年報 2003

Hosei University

法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター年報 2003

目 次

◆ 巻頭言—研究センター設立の経緯と目的（センター長 白井五郎）	1
◆ ハイテク・リサーチ・センター整備事業の概要	2
＜構想調書抜粋＞	
高機能ナノマテリアルの開発およびマイクロ・ナノメカトロデバイスの研究	3
分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究	6
生命情報と生体機能のナノバイオロジー	9
◆ 研究施設概要—建物、主要装置・設備	12
＜建物概要・フロアレイアウト図、主要装置・設備一覧、写真＞	
◆ 研究成果報告（2003 年 4 月 1 日～2004 年 3 月 31 日）	18
＜研究成果概要と業績（論文、著書、紀要、口頭発表）リスト＞	
高機能ナノマテリアルの開発	
マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究	
分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究	
生命情報と生体機能のナノバイオロジー	
◆ 会議等開催記録	
◆ ナノテク研究センターPHOTO DIARY	
◆ 名 簿	
◆ 規 程	

マイクロナノ・テクノロジー研究センター設立の経緯と目的

センター所長 白井 五郎

法政大学は2003年度から5年間の計画でマイクロナノ・テクノロジー研究センターを設置することに致しました。その設置の経緯と研究目的に就いて簡単に述べておきたいと思います。

1980年代まではものづくり国として先端的な役割を果たしてきた我が国ですが、バブル崩壊後の1990年以降は、製品の競争力を高めるため製造拠点が海外に移転し、国内の製造拠点が空洞化する事態に見舞われ始めました。我が国の製造技術の復活を果たすためには従来技術を超えた高機能、高付加価値を有する製品の製造が求められます。また、21世紀は生命科学の時代ともいわれ、バイオテクノロジーによる生命機能の解明や遺伝子工学の応用による新薬の創出や新医療技術の確立が求められています。アメリカでは従来技術の限界を超える先端科学技術であるナノテクノロジーを2000年に国家戦略技術と位置付け、国を上げて取り組むこととなりました。ヨーロッパ、アジアの国々においてもそれぞれ自国の生命線と考えナノテクノロジーを最重要科学技術と位置付け研究を進めています。

本学においてもこの分野の研究を重要視し、先端科学技術であるナノテクノロジーに取り組むべきであるとの判断から、文部科学省の私立大学学術研究高度化推進事業の一環であるハイテク・リサーチ・センター整備事業として「マイクナノテクノロジーセンター」の設置を決定しました。幸い、2003年度から5年間の計画で文部科学省の採択を受けることができました。

我が国では、科学技術創造立国の実現を目差し、2001年に「第二期科学技術基本計画」の中で、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料を重点4分野と位置付け研究を推進しています。ナノテクノロジーはこれら重点4分野のどれとも深い関係を有し、ナノテクノロジーは21世紀の社会を担う先端科学技術であり、無限の発展の可能性を秘めた基礎科学技術であるといわれております。その応用技術は無限と考えられています。ナノテクノロジーは21世紀の我が国のものづくりの新基盤を築き、従来の技術を変革し、国民生活の変革を引き起こす可能性をも秘めております。技術革新や新産業の創出に向けナノテクノロジーには大きな期待が寄せられています。

本研究センターにおいても技術革新の一端を担うべくナノテクノロジーをベースとした新しいデバイス開発の基礎研究に力を注ぎます。対象としている研究分野には超高機能材料の合成、超微細化工、1分子計測、1分子操作など種々考えられますが、ナノテクノロジーを根幹の共通技術として、(1)機能マテリアルの開発およびマイクロ・ナノメカトロデバイスの研究、(2)分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究、(3)生命情報と生体機能のナノバイオロジーの研究を行います。最終的にはこれら三分野の研究成果を総合した従来技術の限界を超える新しいデバイス開発の基礎研究を行うことを目的としています。

ハイテク・リサーチ・センター整備事業の概要

平成 15 年度文部科学省選定

研究組織名	法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター
研究代表者	法政大学工学部情報電気電子工学科・教授 本間紀之
研究プロジェクト名	1. 高機能ナノマテリアルの開発およびマイクロ・ナノメカトロデバイスの研究 2. 分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究 3. 生命情報と生体機能のナノバイオロジー
プロジェクト参加研究者数	28 名
研究期間	2003～2007 年度

◇研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

従来技術の限界を超える可能性のある新技術の 1 つとしてナノテクノロジーがある。その応用として、超高機能材料の合成、超微細加工、1 分子計測、1 分子操作など種々考えられるが、本研究組織ではナノテクノロジーを根幹の共通技術として以下の研究を 3 専攻で行い、最終的には各研究の成果を統合し新しいデバイスを開発する。

(1) ナノテクノロジーを活用した自律型デバイスの研究

ナノテクノロジーによる新素材を活用した機械部品およびアクチュエータ機構と高温・高周波・高電圧特性に優れた新素材に基づく電子回路とを一体化したマイクロチップをナノテクノロジー加工技術を用いて開発し、その中に生物の運動を基にした駆動制御装置や通信装置をすべて組み込みほぼ完全な自律型とすると共に、互いに必要な情報をブロードキャスト方式またはピアツウピアの無線方式で交換することにより協調動作可能とすることを目指す。このような自律型のデバイスは、マイクロ・ナノメカトロデバイスと分散型耐環境ナノ電子デバイスを機能的に統合し 1 チップ化することにより構成されることが考えられ、まずこれら 2 つの基本デバイス技術の研究を行う。

(2) 生命情報と生体機能のナノバイオロジー

1 分子計測や 1 分子操作などのナノテクノロジーを活用して数万個の遺伝子からなる膨大なゲノム情報の迅速処理・探索技術などの数理工学的解析技術の開発と、遺伝子発現と蛋白質機能の研究を通じて遺伝子の同定を行う。その結果、膨大なゲノム情報から迅速に目的遺伝子を探索する方法、具体的な蛋白質人工設計法、ゲノム情報に基づく「個体丸ごと生体機能」の理解、誰にでも使える立体構造解析ソフト等が得られる。また、「個体丸ごと生体機能」の研究成果を上記のプロジェクトにフィードバックすることによって、自律型デバイスの開発に活用する。

この研究の最終目的は各プロジェクトにより得られた結果を総合し上記のような分散可能な完全自律型デバイスを開発することにあるが、のようなデバイスを多数個組み合わせで協調動作させることにより筋肉細胞のような働きが可能になり、看護など任意の形態の物理的サービスが実現できる。更に、このようにどこにでも遍在させることのできる自立型のデバイスを開発し社会に広く遍在させることにより、従来存在しなかった高度な物理サービスを広く提供することが可能になると考えられる。

このようなデバイスは全く新しい概念のデバイスであり応用も含め今後開発すべきものであるが、この新デバイス実現のための第一段階として、本研究組織ではまず上記 3 プロジェクトにより個別基礎技術の確立を図りたい。

< 研究プロジェクト1 >

高機能ナノマテリアルの開発およびマイクロ・ナノメカトロデバイスの研究
プロジェクトリーダー 田中 豊（工学部機械工学科・教授）

研 究 組 織

高機能ナノマテリアルの開発

西村 允（機械工学科・教授）	ナノチューブ強化固体潤滑薄膜の創製とトライボ特性評価
片山 寛武（物質化学科・教授）	ナノテク物質の分離、分析技術の開発
西海 英雄（物質化学科・教授）	太陽光を用いた色素増感酸化反応による微量有機物分析
守吉 佑介（物質化学科・教授）	BN系ナノバルーンの合成と評価
中村 暢男（物質化学科・教授）	電子スピン配列のナノサイズ制御による有機強磁性体の構築
丸山 有成（物質化学科・教授）	炭素系材料（フラーレン、ナノチューブ、有機伝導体）の開発、物性研究
浜中 廣見（物質化学科・教授）	イオン注入による非晶質半導体のナノ構造制御
緒方 啓典（物質化学科・助教授）	フラーレン、ナノチューブ類の新複合材料の開発、物性研究
高山 新司（システム制御工学科・教授）	ナノ結晶制御による高機能薄膜半導体材料の開発と物性研究

マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

田中 豊（機械工学科・教授）	マイクロ・ナノメカトロデバイスの要素技術とシステム化技術の研究
御法川 学（機械工学科・教授）	マイクロ・ナノメカトロデバイスのための微細加工技術に関する研究
中村 秀男（情報電気電子工学科・助手）	マイクロ・ナノメカトロデバイスの特性測定技術に関する研究
岩月 正見（システムデザイン学科・助教授）	マイクロ・ナノメカトロデバイスの画像計測に関する研究、マイクロ画像センサに関する研究

◆研究分野

メカトロニクス分野で微細化技術を用いて小型化・高性能化を目指すシステム開発分野とその科学・テクノロジーを研究する分野。一分子を基本単位として機能発現を目指す分子エレクトロニクス分野の中核をなすナノマテリアルの開発とその科学・テクノロジーを研究する分野。

◆研究内容

メカトロニクスシステム分野において、微細加工技術を用いてシステムの高性能化を目指すとともに、その結果の化学・バイオ分野への新しい応用をも目指す。当面の課題としては、超高密度・超積層電子基板の開発、電気機械埋設用超小型電子回路、マイクロバイオ・ケミカルプラントのためのマイクロメカトロデバイス開発および、マイクロナノシステム統合化のための基礎科学技術である。

従来の高機能を上回る新しい高機能を目指して、各種ナノマテリアルの合成、解析、評価を行い、分子エレクトロニクスの核となる物質を創成して新しいナノテクノロジーの世界を開拓する。当面の主要な研究対象物質群としては、炭素系新材料、硼素・窒素系新セラミックス材料、高機能有機分子材料（有機磁性材料、分子エレクトロニクスを意識した有機導電性材料およびそれらを用いたデバイス素子、対環境材料等）、及びそれらと生体高分子である DNA、蛋白質との複合材料などである。

◆達成目標

3年目迄

- ・マイクロ電子基板の作成およびそれを利用したマイクロパワーエレクトロニクスシステムのプロトタイプの実作
- ・マイクロ流体プラントの基本要素の開発およびプラントのプロトタイプの試作
- ・気体吸蔵材料としてのナノチューブ、ナノフォンの活性度の解明および実用化の検討
- ・新物質の合成および、その物性の解明
- ・ナノチューブの素子化可能性の検討および手法の検討

5年目迄

- ・型自律型知能マイクロプラントの開発
- ・マイクロバイオプラントの試作
- ・新しく開発された物質群のそれぞれに対するデバイス化の検討およびプロセス技術の研究
- ・新しく開発された物質を用いた新しい工業製品のプロトタイプの試作および産業化の検討

◆期待される効果

半導体デバイスの高集積・高密度化は十分に進んできたが、それらを統合したメカトロニクスシステム全体の高集積・高密度化はあまり進んでいない。このプロジェクトからの成果で、従来にはない小型・高機能な工業製品が開発できる可能性がある。またこれらの拡張として、各種診断・分析用のマイクロバイオ・ケミカルプラントの開発の基礎技術が生まれることが期待される。

社会的要請度の高い各種材料、例えば電子素子としてこれまでにないサイズ・機能を持った分子素子の創出、対環境材料としてのナノチューブ材料の活用、宇宙などの特殊環境に適応した高機能構造材料（高潤滑性、対高温性）、新しい分子磁性材料の創出などによって貢献できると考えられる。

◆他の研究機関等との協力体制

マイクロナノシステムの分野では、理化学研究所および産業技術総合研究所と密接な協力関係にある。また法政大学アメリカ研究所のユビキタスメカトロデバイス研究所を通じて関連する世界の研究者との連携をはかる。

マテリアルの分野では、フラーレン類、各種ナノチューブ、高機能有機分子材料等の研究において、名城大 COE プログラム「ナノファクトリー」、NEC 基礎研、三重大工、産総研、分子研（分子スケールナノサイエンスセンター）などと密接な協力関係にある。

◆研究成果の公表の計画

研究成果は論文・特許を中心に発表していく。3年目、5年目には公開研究会または国際会議の中のオーガナイズ度セッションとして研究発表を行い、5年経過後には報告書を公表する予定である。

◆年度別の具体的研究内容

2003年度

研究環境の整備を中心に行う。すなわち、試作・分析環境および計測環境の整備を行う。

マイクロ・ナノシステム関連の最初の試行プロジェクトとしては、マイクロ機械部品の作成および、マイクロ金型の作成、それを雄型としてのファインセラミクス基板の作成を行う。

マテリアル関連の研究では、高機能有機分子材料のそれぞれの機能に対する標的分子を設定して合成とそのプロセス技術の研究をおこなう。また、炭素系新材料として、カーボンナノチューブにいろいろな分子を内包させた分子内包ナノチューブについての合成、解析を進展させる。

2004 年度

マイクロ・ナノシステム関連では、マイクロ金型を雄型にして作成されたファインセラミクス基板への金属の蒸着、基板の研磨、基板の積層貼り合わせ。半導体デバイスとの結合技術（ワイヤボンディング代替技術）の開発を行う。また、流量と流れの方向を制御可能な、マイクロ流体プラントを目指し、マイクロポンプ・マイクロバルブなどの要素技術基礎開発を行う。

マテリアル関連の研究では、2重螺旋DNAオリゴマー分子をカーボンナノチューブに内包させたハイパー複合物質の合成を試み、トンネル顕微鏡により評価解析を行う。さらに、新規セラミックス材料としてBNナノバルーンの合成を開始する。

2005 年度

マイクロ・ナノシステム関連では、開発したマイクロ電子基板の上に、幾つかの半導体デバイス、電子部品等を装着した、マイクロパワーエレクトロニクスシステムを開発する。このシステムの電気機械への埋め込みについて検討し、自律型の高知能アクチュエータのプロトタイプを試作する。また、マイクロポンプ、バルブを装着したマイクロプラントのプロトタイプを作成する。

マテリアル関連の研究では、気体吸蔵材料としてのナノチューブ・ナノフォンの活性度を明らかにする。一応の成果に達した物質について、それぞれの物性の詳細を明らかにする。適当な試料については、素子化の可能性を調べる。さらに、新規材料のトライボ特性の研究も行う。

2006 年度

マイクロ・ナノシステム関連では、前年度の結果を統合して、制御通信回路、ドライバ回路からなる電子基板とアクチュエータを内蔵したマイクロポンプ、バルブ等々を装着した、小型自律型知能マイクロプラントの開発を行う。

マテリアル関連の研究では、物性の明らかになった物質について、デバイス的なシステム化を検討し実施する。新規材料の対環境特性とそのプロセス技術の研究を行う。

また、マテリアル関連の研究でデバイス化が可能となったシステムについてナノ・マイクロシステム関連のプロジェクトで実際に利用する可能性を検討する。

2007 年度

マイクロ・ナノシステム関連では、これまでに開発した技術に基づいて、化学・バイオ関連の分析・合成に利用できるマイクロプラントを実際に幾つか開発する。

マテリアル関連の研究では、デバイス化、プロセス技術の研究とともに、以上の成果を総括して、公開研究会、印刷物による公表を行う。ナノ・マイクロシステム関連研究およびマテリアル関連研究の成果を統合利用した新しい工業製品のプロトタイプを作成する。

< 研究プロジェクト2 >

分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究
プロジェクトリーダー 中村 徹（工学部情報電気電子工学科・教授）

研究組織

栗山 一男（情報電気電子工学科・教授）	ワイドギャップ半導体の放射線損傷制御に関する研究
本間 紀之（情報電気電子工学科・教授）	制御用CPU周辺デジタル回路技術の研究
大竹 孝平（情報電気電子工学科・教授）	無線LAN用CDMA方式の技術の研究
斉藤 利通（情報電気電子工学科・教授）	高性能スイッチング電源の研究
中村 徹（情報電気電子工学科・教授）	ワイドギャップ半導体トランジスタ構造の研究
三浦 孝夫（情報電気電子工学科・教授）	自律分散型データ処理方式の研究
早野 誠治（情報電気電子工学科・教授）	磁気装置小形化に関する研究
安田 彰（情報電気電子工学科・助教授）	省電力通信アナログ回路技術の研究
斎藤 兆古（システム工学科・助教授）	電磁環境に関する研究
佐藤 政孝（有機EL工学研究所・教授）	ワイドギャップ半導体の不純物制御および電極構造に関する研究

◆研究分野

ナノデバイス、電子デバイス・集積回路、パワーエレクトロニクス、回路設計・CAD、無線通信、通信ネットワーク

◆研究内容

微細加工技術の進歩により単位機能当たりのコストは大幅に削減されてきたが、ナノテクノロジーの進展とともにより多くの機能を集積したチップをさらに低コストで実現することが可能となる。このような低コスト・高機能チップとナノテクノロジーを応用したMEMSチップとを一体化し複数分散使用することにより高度なシステムを実現することが可能になる。このように一体化したチップを多数個分散させて動作させる分散型ナノ電子デバイスでは、チップ間通信をいかに確立するかが重要な課題となる。近距離の通信では他チップとの干渉低減や、消費電力の点から微少電力無線通信技術の確立が重要となる。また、多数個のチップ間での通信を行うためのピアツウピア通信やアドホック通信を自律的に行う必要もある。

一方、ナノテクノロジーの進展により、より高度な機能を小さなチップに集積することが可能となるが、耐圧の低下や高温動作での特性劣化など解決すべき課題も多い。シリコン半導体材料に比べ広いバンドギャップを有する GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体材料は、摂氏350度以上の高温動作、50GHz・100V以上の高周波・高電圧動作を可能にする耐環境電子デバイスが製造可能と期待されているが、材料の持つ高い飽和速度等から期待出来る高耐圧・高周波特性を達成するデバイスは未だ提案されていない。その原因の一つは、不純物ドーピングが結晶成長中になされる以外の方法では確立していないためである。

本研究は分散型ナノ電子デバイスを実現するための基礎技術として、1) チップを数cm程度の比較的近距离に配置した場合における通信の確立方法を検討、2) 近距離微少電力無線通信に適した通信方式、回路方式、LSI構成法の研究を行う。更に高温・高周波・高電圧動作させるためにワイドギャップ半導体材料を用いて、3) イオン注入技術により、GaN および SiC 等ワイドギャップ半導体材料への不純物高濃度化技術の開発、4) 高温動作用低抵抗電極の作成と評価、5) 高温・高周波・高電圧動作電子デバイスの作成と動作機構の解析、を行うこと

を目的とする。

◆達成目標

3年目迄

- ・数センチ程度の近距離無線通信に適した通信方式の基礎検討とこれに適した方式の考案
- ・分散近距離通信に適した通信方式を LSI として実現する際の問題点の明確化
- ・活性化率とイオン注入層の結晶性についての評価と、活性化率向上メカニズムの明確化

5年目迄

- ・分散近距離通信に適した通信用集積回路の開発
- ・ワイドギャップ半導体材料に不純物原子をイオン注入した際の活性化率向上（従来技術の2倍以上）
- ・ワイドギャップ半導体材料を用いたナノスケールの超微細素子の実現
- ・ワイドギャップ半導体材料を用いた高周波デバイス基本構造の集積化と高温・高電圧下の耐環境特性の確認

◆期待される効果

ナノ電子デバイスとしてワイドギャップ半導体材料は高温・高周波・高耐圧動作が可能な耐環境デバイスとして期待されているが、不純物制御技術が未開発のために未だ実用化に耐えうるデバイスが開発されていない。本研究が実用化されれば、現在の半導体デバイス及び集積回路の高温・高周波・高電圧動作における大きな欠点を解決するものとなる。さらに、近距離チップ間通信技術を確立しこれを応用することにより、低コストで大量生産が可能な I C チップを多数協調動作させることが可能となる。このようなチップを多数個分散させることにより、数百、数千のセンサ、アクチュエータなどを分散協調動作させることが可能となり、非常に緻密なセンシングや制御が容易に実現できるようになる。そのため、従来にない複雑な動作をする新しい自律型メカトロ電子システムが実現でき、たとえば非常に細やかな看護など今までにない高度な社会的サービスが可能となる。

◆他の研究機関等との協力体制

国内においては、民間企業の研究所（日立製作所、沖電気工業、新日本無線、テキサスインスツルメンツなど）と共同研究を実施予定である。また、海外においては、米国カリフォルニア州立大学サンディエゴ校や法政大学アメリカ研究所と共同研究を行う予定である。研究の遂行においては、大学のアイデアおよび企業の設計力を活かすことにより、素早い展開を行う。また、試作等においては半導体ファブ会社を利用し、理論検証、実験評価のスピードアップを図る。

◆研究成果の公表の計画

研究成果の発表については、著名学会誌（A P L , I E E E、E C S、応用物理学会、電子情報通信学会等）へ随時投稿予定である。また、当該研究センタ主催のシンポジウムを開催し、幅広く公表を行う予定である。なお、本技術の特許化を強力に推進し、大学発のベンチャー企業創立に貢献する。

◆年度別の具体的研究内容

2003 年度

数センチ程度の分散近距離無線通信に適した通信方式の基礎検討として、変調方式、キャリア周波数、帯域幅、伝送レート、接続形態等の比較検討を行い、最適な通信方法を探求する。ハードウェアとして実現する際の問題点の整理し、解決方法を検討する。

GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体材料基板へ各種不純物のイオン注入を行い、注入エネルギー、注入量および熱処理条件をパラメータとした、イオン注入された不純物の活性化に関するデータベースを構築する。

2004 年度

Si デバイスおよびパッシブデバイスの高周波特性、直流特性を正確に把握することが設計を行う上で重要であり、これらの特性の測定および評価を行う。これらの測定されたデータを元に、Si デバイスおよびパッシブデバイスのモデル化を行う。分散近距離無線通信に適した通信方式のシミュレーションによる特性を評価する。また、基本機能回路ブロック（基本増幅器、変調器、周波数変換器、AD 変換器、DA 変換器等）に要求される特性の明確化および検討を行う。

GaN および SiC 等基板内へのイオン注入層中の格子欠陥導入機構とアニールによる格子欠陥消滅機構および不純物の再分布過程をラザフォード後方散乱法、2 次イオン質量分析法を活用して解明する。前年度で構築したデータベースとの比較により、注入不純物の高い電氣的活性化を実現するプロセスパラメータを決定する。

2005 年度

分散近距離無線通信のシステムシミュレーションおよびハードウェアシミュレーションを行い、特性を評価する。分散近距離無線通信に適した基本機能回路ブロックを考案し、これに基づき回路ブロックの設計を進める。LSI 化の前段階として基本機能回路ブロックをディスクリット回路によって実現し、これを用いて機能検証実験および評価を行う。

GaN および SiC 等基板の高濃度イオン注入層上へ金属多層膜成膜装置を用いて金属シリサイドおよび金属膜を堆積し、イオンビームによる合金反応促進効果とアニールの重畳効果を解明し、この方法による低接触抵抗電極形成の実用性を解明する。また、この低接触抵抗電極特性を生かした微細ナノ電子デバイスの基本設計を行う。

2006 年度

分散近距離無線通信に適した基本機能回路ブロックを試作し、その高周波特性、通信特性の評価を行う。分散近距離無線通信に適したアナログ回路機能ブロックの高性能化（低電圧動作化、低消費電力化、高速化）を行う。ピアツウピア通信に加え分散システムにおける通信を実現する際の問題点を整理し、解決方法の検討を行う。

前年度までに得られた研究成果を活用するデバイス構造の最適設計を行い、電子線描画装置を用いて GaN および SiC 等の基板上に電子デバイスを試作し、その電気特性を明らかにする。これらの結果から、微細ナノ電子デバイス特性を決定するデバイス構造ならびに製作プロセスに起因する要素を解明する。

2007 年度

分散近距離無線通信に適したアナログおよびデジタル機能回路ブロックを考案し、これに基づき各ブロックの設計・試作・評価を行う。複数の LSI を用いて LSI 間の分散通信の実験を行

い、その特性を評価する。センサ、アクチュエータを実装した MEMS デバイスと統合した分散型デバイスの設計および評価を行う。

前年度までに得られた研究成果を総合的に整理するとともに、不足あるいは追加すべき実験を行い、最終的な取りまとめを行う。

また、一連の研究を進める過程で見出された、新しく追求すべき研究課題を整理、検討し、次期 5 年間に取り組む研究計画を立案する。

< 研究プロジェクト 3 >

生命情報と生体機能のナノバイオロジー プロジェクトリーダー 今井清博（工学部物質科学科・教授）

研究組織

大河内正一（物質化学科・教授）	水の生体へ及ぼす影響
片岡 洋右（物質化学科・教授）	分子シミュレーションによる蛋白質の立体構造
今井 清博（物質化学科・教授）	蛋白質の構造・機能相関と個体丸ごと生体機能
高月 昭（物質化学科・教授）	遺伝子発現産物の翻訳後プロセスの解析
石浜 明（物質化学科・教授）	ゲノム転写制御機構の研究
長井 雅子（物質化学科・客員教授）	蛋白質の機能発現と高次構造変化との関連
平松 豊一（システム制御工学科・教授）	遺伝子解析と情報理論
浦谷 規（経営工学科・教授）	分子生物学に対するトポロジー代数の応用
田辺 隆人（数理工学システム・数理計画室）	生命情報解析に対する各種 OR 手法の適用実験遺伝子解析と情報理論
関田英太郎（日本獣医畜産大学応用生命科学部）	蛋白質の符号理論による解析
飯塚哲太郎（理化学研究所播磨研究所）	放射光による蛋白質の構造研究
中村 寛夫（理化学研究所生体物理化学研究室）	遺伝子組み換えと組み換え蛋白質
磯貝 泰弘（理化学研究所生体物理化学研究室）	蛋白質分子設計
原田 慶恵（東京都臨床医学総合研究所）	バイオナノテクノロジーによる分子間相互作用の研究
堀 洋（大阪大学大学院基礎工学研究科）	磁気共鳴分光学による蛋白質物性

◆研究分野

ライフサイエンス、環境科学、ナノテクノロジー、ゲノム科学、情報科学、バイオインフォマティクス、バイオテクノロジー

◆研究内容

今世紀は、前世紀から得られつつあるヒトや他の生物種のゲノム情報（DNA 塩基配列）という知的財産を人類の福祉や発展のために利用する時代であるといわれている。そのためには、数万個の遺伝子から成る膨大なゲノム情報の迅速処理・探索技術などの数理工学的解析技術の飛躍的発展に加えて、遺伝子発現（蛋白質生合成）と蛋白質機能の研究を通しての遺伝子の同定が緊急の課題となっている。本プロジェクトでは、1 分子計測や 1 分子操作などのバイオナノテクノロジーを取り入れながら、生命情報解析技術の高度化と有効利用、遺伝子の同定、生命情報の発現・伝達・攪乱メカニズムの解明、個体丸ごと生体機能の理解を目指す。

◆達成目標

3 年目まで

一次元生命情報の迅速処理・探索技術の開発、核酸-蛋白質情報伝達、蛋白質-蛋白質情報伝達、分子設計による新機能開発の基礎技術を確立する。ゲノム情報からの個体丸ごと生体機能の理解の成果を他のプロジェクトにフィードバックして、自立型デバイス開発に活用する。

5年目まで

ヒトゲノム上遺伝子の機能予測、未知の蛋白質・酵素の機能予測を行う。

◆期待される効果

膨大なゲノム情報から迅速に目的遺伝子を探索する方法、具体的な蛋白質人工設計法、だれにでも使える立体構造解析ソフト等が知的財産として創製されるので、これらを大学で教授することにより、現在不足している「生命科学と情報科学の両方を得意とする」学生、技術者、研究者の育成に多大の貢献をすることが期待される。また、ヒトゲノムの遺伝情報に基づいて作られる未知の蛋白質・酵素の機能予測も可能になるので、医学（遺伝病の解明、遺伝子治療、再生医学、テイラーメイド治療）・薬学（創薬）・農学（食料増産、食品改良）・工学（生体機能の応用）関連のバイオ産業にも大いに貢献すると期待される。

◆他の研究機関等との協力体制

- ・法政大学アメリカ研究所
- ・理化学研究所（放射光施設、NMR施設、生体物理化学研究室）
- ・大阪大学大学院生命機能研究科、医学系研究科、基礎工学研究科
- ・㈱数理システム
- ・東京都臨床医学総合研究所
- ・ペンシルバニア大学医学部

◆研究成果の公表の計画

本格的な学術論文を一流欧文誌に発表することを第一義とする。また、内外の研究者を集めた研究会、公開シンポジウムで研究成果を発表・議論し各個人の研究にフィードバックすることも試みる。さらに、研究者の社会への説明責任（Accountability）も重要であるから定期的に公開講演会を主催し一般社会に本研究プロジェクトの研究成果をわかりやすく流布する。

2003年度

- ・RNAの二次構造モデルの比較
- ・拡張アンサンブルモンテカルロ法の開発
- ・OR手法の適用分野の調査(構造解析、アラインメント、マルコフモデル)
- ・蛋白質の一次元アミノ酸配列からその立体構造を予測する
- ・アロステリック蛋白質の規範としてのヘモグロビンの機能解析と環境応答性の研究
- ・信号伝達蛋白質の規範としてのFixL蛋白質の機能解析、磁気共鳴法や一分子イメージングによるFixJ蛋白質との信号伝達メカニズムの研究
- ・一分子可視化技術による細胞内情報伝達と細胞応答の解析

2004年度

- ・長鎖状分子の構造、長鎖状分子の相転移
- ・OR手法の実装

- ・ヒトDNA病因遺伝子の迅速特定法の開発
- ・蛋白質の二次構造の統計的モデルの検証と発展
- ・蛋白質の相互作用を数理モデルとしてとらえる
- ・天然・人工変異ヘモグロビンのデータベースの構築と機能予測への応用
- ・組み換え FixL 蛋白質の機能解析、FixJ 蛋白質との相互作用、および環境応答メカニズム
- ・一分子可視化技術による生体内情報伝達（ホルモン制御、免疫応答）の解析

2005 年度

- ・OR 手法の適用実験
- ・蛋白質二次構造のすぐれた予測法の確立
- ・蛋白質の立体構造比較法・予測法の確立に関する研究
- ・蛋白質の三次構造のトポロジー代数モデルの構築
- ・ポリペプチドの構造、ポリペプチドの相転移
- ・蛋白質分子設計による新機能の創製
- ・環境因子の人体影響の解析
- ・ゲノム情報に基づく個体丸ごと生体機能の理解

2006 年度

- ・OR 手法の適用実験
- ・蛋白質二次構造のすぐれた予測法の確立
- ・蛋白質の立体構造比較法・予測法の確立に関する研究
- ・蛋白質の三次構造のトポロジー代数モデルの構築
- ・ポリペプチドの構造、ポリペプチドの相転移
- ・蛋白質分子設計による新機能の創製
- ・環境因子の人体影響の解析
- ・ゲノム情報に基づく個体丸ごと生体機能の理解

2007 年度

- ・ヒトゲノム上遺伝子の機能予測
- ・未知の蛋白質・酵素の機能予測

研究施設概要

建物概要

フロアレイアウト図

主要装置・設備一覧

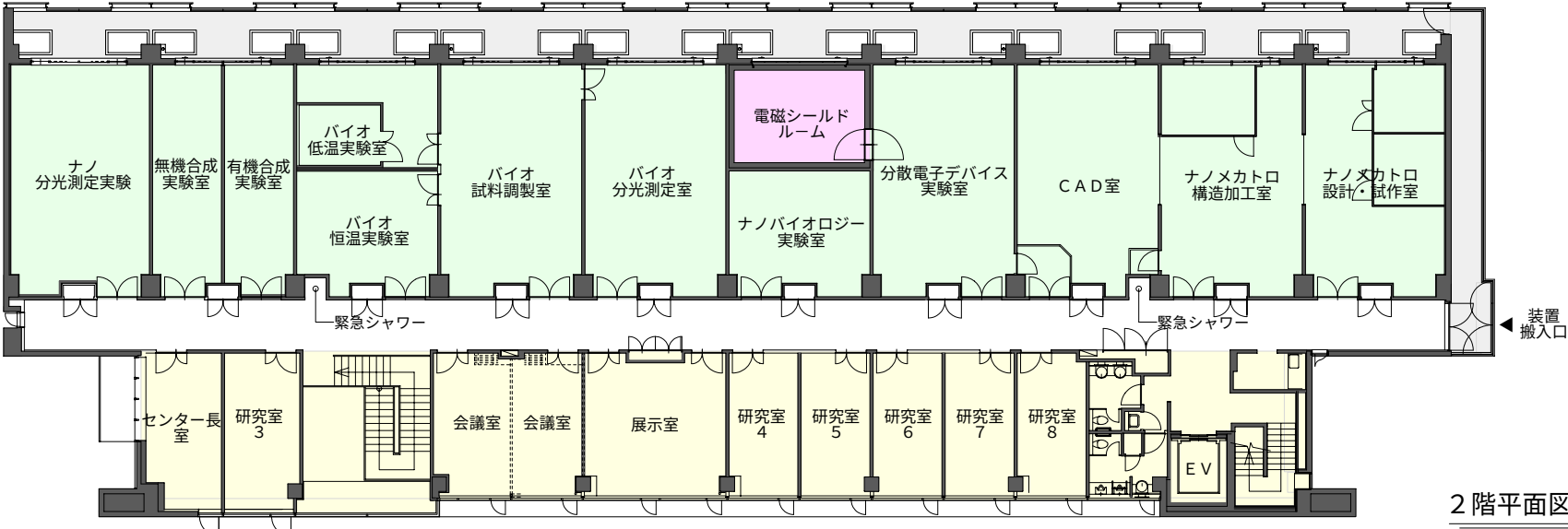
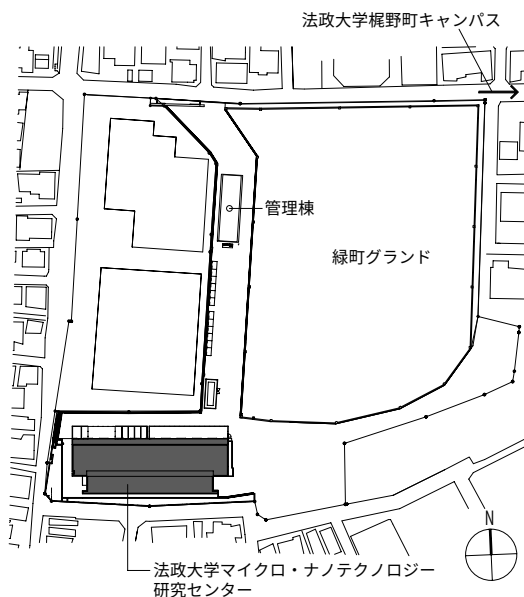
写真

法政大学 マイクロ・ナノテクノロジー研究センター
Research Center for Micro-Nano Technology

HOSEI

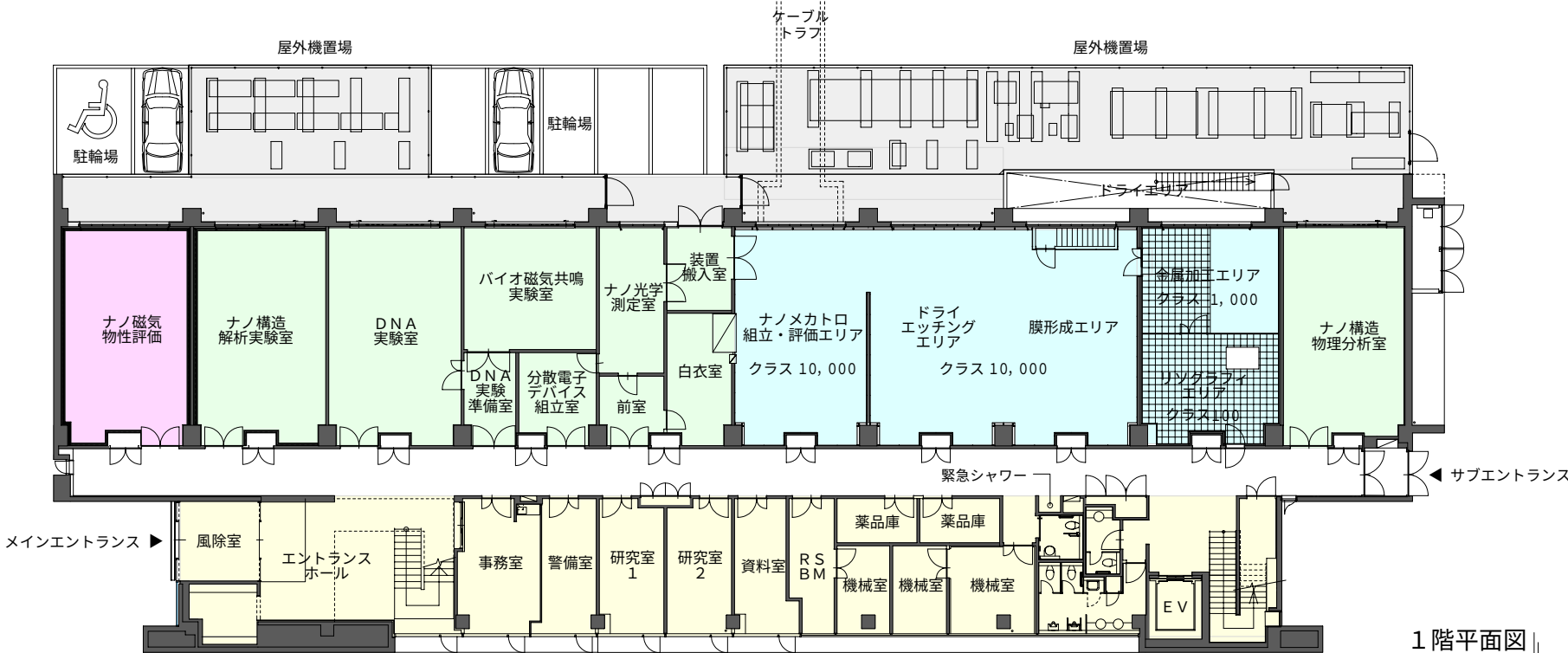
■建物概要

- ・主要用途 大学
- ・所在地 東京都小金井市緑町3-11-15
- ・敷地面積 18750.90㎡
- ・建築面積 1227.88㎡
- ・延べ面積 2259.61㎡
- ・構造 鉄筋コンクリート造
- ・階数 地上2階 塔屋なし 地下1階
- ・建物高さ 9.90m
- ・都市計画区域 市街化区域
- ・防火地域 準防火地域
- ・その他の地域 第2種高度地区
- ・用途地域 第一種住居地域
- ・設計監理 株式会社 山下設計
- ・施工 西松・安藤工事共同企業体
日立プラント建設株式会社
東芝プラント建設株式会社
前田道路株式会社



2階平面図

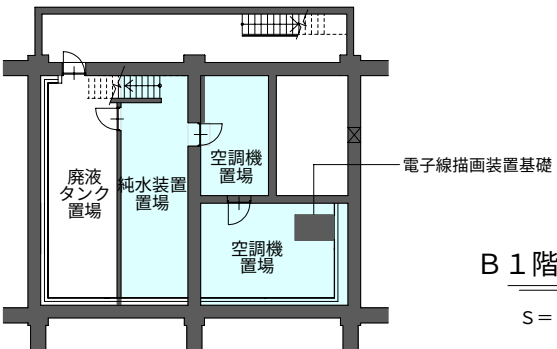
S=1/300



1階平面図

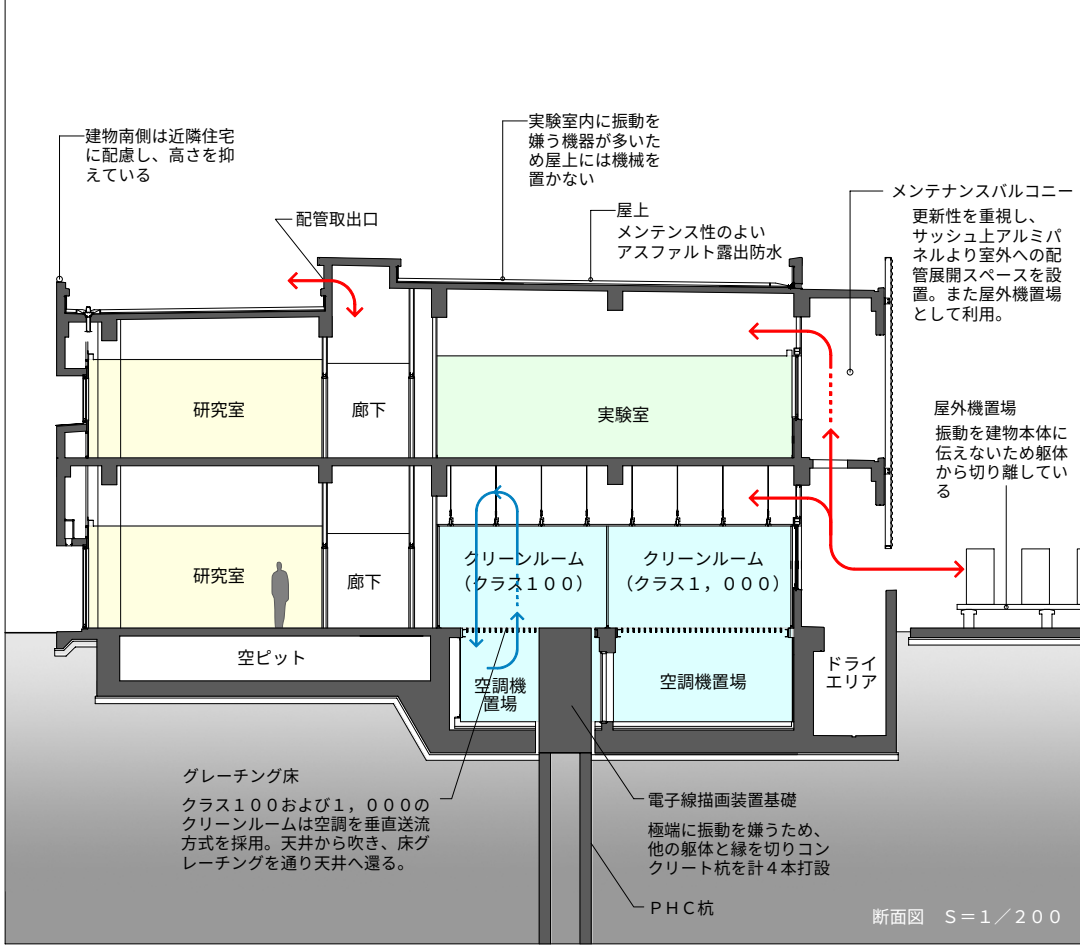
S=1/300

- 実験室
- シールドルーム
- クリーンルーム
- 研究・事務ゾーン



B1階平面図

S=1/300



断面図 S=1/200

研究センター主要装置・設備

※平成 15 年度文部科学省助成 ■装置 ●設備

高機能ナノマテリアルの開発

■ ナノマテリアル電磁物性評価システム

磁気特性測定システムMPMS
MPMS 再凝縮デュワー（空冷式）

● ナノ構造体合成・構造評価システム

イメージングプレート単結晶自動X線構造解析装置
試料吹付低温装置
NanoScopeE SPMコントロールステーション

● ナノマテリアル光・熱物性評価システム

島津フーリエ変換赤外分光光度計
箱型電気炉
ディンプリング・マシン
超高温高圧パルス実験装置



マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

■ ナノ構造加工マシン

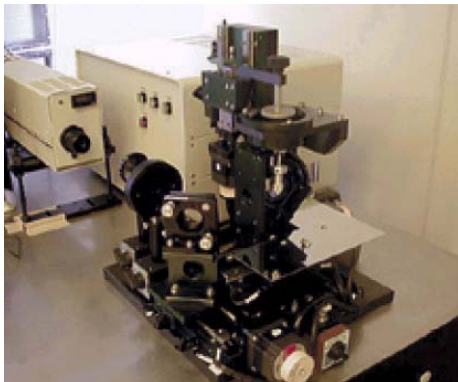
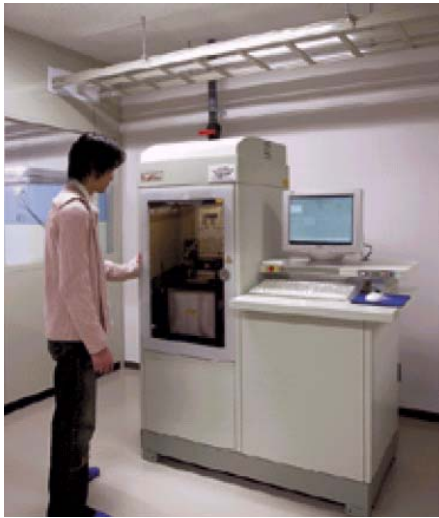
マイクロブラスト加工システム

マイクロ放電加工機

ラピッドプロトタイピングシステム

マイクロマシン実験用光造形装置

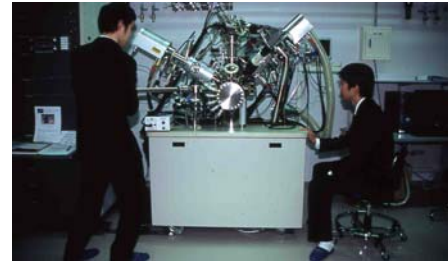
レーザ顕微鏡システム



分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究

■ 固体ナノ表面構造解析システム

2 次イオン質量分析器
イオン顕微鏡
プローブ顕微鏡



■ 分散型ナノデバイス製造装置

ナノ形状描画測定装置
電子線三次元粗さ解析装置
電子線描画装置
ナノデバイス構造形成装置
微細加工エッチング装置
6 連熱処理炉
高温熱処理炉
多層金属膜蒸着装置
3 連スパッタ蒸着装置
半導体チップ処理装置



■ 分散型ナノデバイス評価装置

高周波測定装置
ネットワークアナライザ装置
高周波信号装置
スペクトルアナライザー
6 G H z オシロスコープ
測定部制御装置
高周波パワー測定装置
高周波 L S I 設計評価装置
セミオートマチックウェハプローバ
半導体パラメータアナライザ
リアルタイムスペアナ
F E T プローブ
E W S
高周波ロードブル測定装置

生命情報と生体機能のナノバイオロジー

■ 組み換えDNA実験システム

サンプル抽出・調整・DNA組換え装置
サンプル分取精製装置
マイクロアレイ解析装置
タンパク質解析装置
純水製造装置
オートクレーブ

■ 電子スピン共鳴装置

● 分光測光解析システム

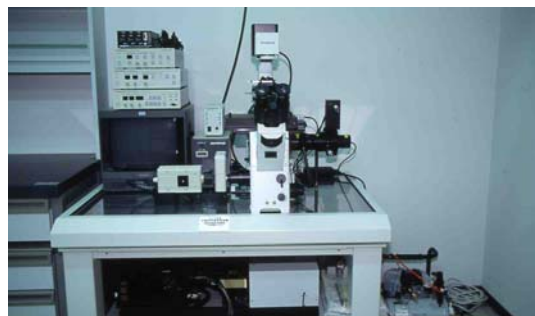
広波長域分光測定システム
円偏光二色性測定装置
分光光度計

● 迅速反応解析システム

迅速反応測定装置
ワークステーション
分光光度計

● 1分子計測システム

1分子計測システム
純水製造装置



研究成果報告

(2003年4月1日～2004年3月31日)

2003 年度 「高機能ナノマテリアルの開発研究の概要」

本研究の目的は、ナノメートルサイズのさまざまな新規ナノマテリアルあるいはナノ構造体を創製し、その特異な構造・物性に基づく新高機能の発現を達成することで、9名のメンバーの個々の研究を総合的に進展させることによって目的の達成を図っている。2003年度は初年度として、まず建物の完成と主要な共通的備品機器（電磁物性評価システム、光熱物性評価システム、合成・構造評価システム等）の導入を行い研究態勢を整えた。

最初に「プロジェクトメンバー」とそれぞれの当面の「研究テーマ」を示す。

丸山 有成（物質化学科）「炭素系新ナノ物質、有機伝導体素子」
守吉 佑介（物質化学科）「ダイヤモンドの液相焼結、BN ナノチューブ」
中村 暢男（物質化学科）「ナノサイズ制御による有機強磁性体構築」
浜中 廣見（物質化学科）「PIXE 法による雲母中の Al ナノ構造の解析」
西海 英雄（物質化学科）「ナノ構造光触媒の開発」
片山 寛武（物質化学科）「ナノ物質の分離・分析技術の開発」
緒方 啓典（物質化学科）「フラーレン・ナノチューブ新複合材料の開発」
西村 允（機械工学科）「MoS₂/ナノ炭素固体潤滑薄膜の開発」
高山 新司（システム制御工学科）「液晶ディスプレイ用薄膜半導体材料の開発」

主な研究成果の概要

（丸山グループ）代表的なナノマテリアルであるフラーレン、ナノチューブおよび DNA に注目して、その複合体の合成、あるいはそれらの構造・物性のトンネル顕微鏡などによる評価研究を行った。1. Ce と C₆₀ の錯体を合成し、その超伝導性、強磁性の発現を、磁性および伝導性の測定から明らかにした。2. Gd を内包した C₈₂ を内包した単層ナノチューブを STM/STS 法により調べ、Gd および C₈₂ とナノチューブとの特異な相互作用を明らかにした。3. ニ重ラセン DNA がカーボンナノチューブに内包された複合体の創製を目指した研究を開始した。トンネル顕微鏡および透過型電子顕微鏡による観察の結果からその合成の可能性が示された。

（守吉グループ）ナノメートルスケールで物性を制御することを目指して、対象物質として高機能ダイヤモンド焼結体を取り上げて、ダイヤモンドにさまざまな金属を添加することによって、優れた機械的性質や特異な物性を引き出すことを試みた。ダイヤモンド・チタン・スズ・銅系の液相焼結を還元雰囲気中 760℃から 920℃の温度範囲で、5-30 分、液

相焼結した。焼結体の粒界構造を中心に透過電子顕微鏡と分析電子顕微鏡で調べた。その結果、次のことが明らかになった。

- 1) チタンはダイヤモンドの金属の濡れ性に重要な役割を果たし、ダイヤモンドを濡らす。
- 2) 銅とスズは融剤として働く。
- 3) チタンとダイヤモンドは焼結過程で反応し、炭化チタンをダイヤモンド粒子の表面に生成する。
- 4) 炭化チタンはダイヤモンドとエピタキシャルな関係を保持しながら生成する。
- 5) 炭化チタンとダイヤモンドは炭化チタンのチタンがダイヤモンドと結合する。

(中村グループ) 有機強磁性体の開発研究の一環として、トリフェニレン分子系列に注目し、まずトリフェニレン骨格合成ルートとしてパラジウム触媒を用いた新しい簡略化した反応ルートを開発し、いくつかのトリフェニレン分子を合成した。

(浜中グループ) イオンビーム源を用いた高感度 PIXE 法を開発し、ナノ構造微小試料中の元素の特性 X 線のケミカルシフトを検出することによって、その元素の微小環境構造の解析を行った。具体例として、金属アルミニウム、アルミナ、および雲母類中の各 Al の配位数の変化と対応させて解析した。

(西海グループ) ナノ構造体を活用して環境問題の一つを解決することを目指して、有機溶剤の光分解触媒としてのフラーレンの有用性について検討した。本実験によると、フラーレン (C_{60} , C_{70}) 存在下では、フェノールが可視光によって分解されることが明らかとなった。これは、可視光によってフラーレンのスピン三重項状態が効率よく生成され、それが三重項酸素と反応して一重項酸素を発生し、それがフェノールを分解すると考えられることがわかった。

(緒方グループ) 新規ナノマテリアルの創製とその局所構造を NMR 法などを用いて解明することを目指している。特に、複合物質として、 C_{60} , C_{70} , 有機分子などを内包した単層カーボンナノチューブを作製し、それらの電子構造を調べた。固体 NMR 信号より、チューブに内包された C_{60} は結晶中とは異なる状態にあることが見出された。フラーレンの新しい構造体であるナノウィスカーを作製しその構造・物性の解明を行った。さらに、 MoS_2 ナノチューブの作製も試みた。

(西村グループ) 極限環境下で高トライボロジー特性をもつ物質をナノマテリアルから創造することを目指している。宇宙空間でも使用される固体潤滑剤 MoS_2 は、湿度雰囲気中

では摩擦の上昇があり、新たな潤滑剤が求められている。そこで本研究では、湿度雰囲気中に強く構造的な特性から潤滑剤として注目されている微小カーボン（ナノカーボン、カーボンナノチューブ）を、複合スパッタリング法で MoS_2 に添加した複合膜を作製したところ、耐久性の大幅な向上が得られることが明らかとなった。

（高山グループ） ナノテクノロジーの応用に向けて、液晶ディスプレイ用薄膜半導体材料の開発を目指している。低抵抗・低内部応力導電膜の開発として、酸素中で熱処理することによって低抵抗・低内部 ITO 膜をつくることに成功した。また、低抵抗・高熱安定性電極配線膜の開発に向けて、膜断面での内部応力分布およびその温度変化を初めて測定することが出来た。

2003年度業績リスト (ナノマテリアル開発研究プロジェクト)

片山 寛武

口頭発表

- 1) 片山寛武, “現地巡回型廃液精製システムと, これを実施するエコ精留車の提案,” 化学工学会第68年会講演要旨集, G316 (2003年3月)
- 2) 片山寛武, 織田元則, 高野聡, “金網充填物 Dixon ring の充填形態による精留性能の違い,” 分離技術会年会2003, 技術・研究発表講演要旨集, PS1-20 (pp. 39-40) (2003年6月)
- 3) 片山寛武, 末中宏治, “充填層内が金網仕切板で二つに区分された充填塔の分離性能,” 化学工学会第36回秋季大会講演要旨集, V2P02 (2003年9月)

西海 英雄

論文

- 1) H.Nishiumi, R.Kato, Effect of NaCl Precipitation on Vapour-Liquid Dechlorination on CHClF_2 , J.Chem. Technol. Biotechnol., 78, 298-302 (2003).

A dechlorination process for chlorinated compounds such as the chlorinated fluorocarbons (CFCs) is proposed. In this process, CFCs are dissolved in alcohols and irradiation with UV promotes their decomposition at room temperature and atmospheric pressure. Remarkably, irradiation is unnecessary to decompose chlorodifluoromethane, CHClF_2 (HCFC22 or R22), which gives NaCl and 1,1-difluorodimethyl ether CH_3OCHF_2 as products. In this work, experiments were carried out on the vapour-liquid reaction to produce the fluoroether CH_3OCHF_2 from HCFC22. The reaction was found to have no side reactions. The initial decomposition rate obtained from experimental results indicated that the reaction rate was proportional to the concentration of both NaOH and dissolved HCFC22. However, as the reaction proceeded, the reaction rate decreased more than expected from the initial reaction rate. Assuming that the produced NaCl precipitation created poor mixing of the methanol solutions, the volumetric coefficient $K_L a$ was measured and a model developed based on mass transfer reactions. Calculated results showed that the model qualitatively agreed with the reaction rate data.

- 2) R.Kato, H.Nishiumi, Stationary State Model in Reforming HCFC_2 (CHClF_2) to Difluoromethyl Ether (CH_3OCHF_2), Can.J.Chem.Eng., 81, 543-548 (2003)

国際会議

- 1) R.Kato, H.Nishiumi, Measurement of Critical Properties and VLE for the Systems of

HFC 3 2 · HFC 1 2 5 · HFC 1 3 4 a and Prediction of Their Critical Loci, 3rd Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation (MTMS'03), Sendai, Japan, May 27 – 31 (2003)

2) R.Kato, H.Nishiumi, Stationary State Model in Reforming HCFC 2 2 (CHClF₂) to Difluoromethyl Ether (CH₃OCHF₂), 6th International Conference on Gas-Liquid and Gas-Liquid-Solid Reactor Engineering (GL6), Vancouver, Canada, August 17 – 20 (2003)

著書

1) 化学工学会, 化学工学物性定数, Vol. 25, 化学工業社 (2003) [共著]

口頭発表

1) 加藤 亮, 西海英雄, “HCFC 2 2 の気液分解反応における定常状態モデル”, 分離技術会年会, 東京 (2003.6月)

2) 西海英雄, “CFC 1 2 の光逐次反応によるフロロエーテルの合成プロセスのモデル化”, 化学工学会第36回秋季大会, U2A06, 仙台 (2003年9月)

守吉 佑介

論文

1) 守吉佑介, セラミックスの焼結メカニズム, エレクトロニクス実装学会誌, 6, 266 – 273 (2003).

2) H.Tanka, T.Osawa, Y.Moriyoshi, M.Kurihara, S.Maruyama, T.Ishigaki, and H.Kanada, Improvement of Electrochemical Properties of MCMB Powders through Reactive ICP Modification, Thin Solid Films, 435, 205 – 210 (2003).

Mesocarbon microbeads (MCMB) powders were treated in Ar-H₂, Ar-N₂, Ar-H₂-CO₂, and Ar-N₂-CO₂ RF inductively coupled plasmas (ICP). Plasma treatment modified the surface morphology, structure, and chemical composition of the powders. The surface of the Ar-N₂ plasma-treated particles was covered with a fine condensate, while the surface of Ar-N₂-CO₂ plasma-treated particles became rough and had no condensate. The discharge capacity and first charge/discharge efficiency of the plasma-treated MCMB powders was higher than those of the original one. Plasma modification of MCMB gave rise to an improvement of the electrochemical properties making it suitable for use as the anode of a lithium-ion rechargeable battery.

3) Y.Sakka, T.S.Suzuki, T.Matsumoto, K.Morita, B.N. Kim, K.Hiraga, and Y.Moriyoshi, Low-Temperature and High-Strain Rate Superplastic Zirconia, Adv. Eng. Mater., 5 [3], 130 – 133 (2003).

- 4) 小野寺剛, 池上隆康, 矢島洋行, 川村正行, 酒井将章, 守吉佑介, イットリアの緻密かに及ぼす前駆体合成時における硫酸イオン添加の影響, 日本セラミックス協会学術論文誌, 111, 664-668 (2003).
- 5) 守吉佑介, 焼結と成形, Ceramics Education Programs for Engineers, 37-48 (2003).
- 6) Yujiro Watanabe, Hirohisa Yamada, Junichi Minato, Masami Sekita, Junzo Tanaka, Yu Komatsu, Geoffrey W. Stevens and Yusuke Moriyoshi <CODE NUM=00D2>Ammonium Ion Exchange Behaviors on Natural Clinoptilolites<CODE NUM=00D3>, Separation Science and Technology, 38, 1519-1532 (2003).
- 7) Tadashi Hashimoto, Yujiro Watanabe, Yusuke Moriyoshi, Hirohisa Yamada, Junichi Minato, Masami Sekita, Junzo Tanaka, and Yu Komatsu, Modification of Natural Mordenite by Alkali Hydrothermal Treatment, J. Ion Exchange, 14, 125-128 (2003).
- 8) A. Obata, S. Nakamura, Y. Moriyoshi, and K. Yamashita, Electrical Polarization of Bioactive Glasses and their in vitro Assessment of Apatite Deposition, J. Biomed. Mater. Res., 67A, 413-420 (2003).

口頭発表

- 1) Y. Moriyoshi, T. Ibe, H. Kuwano, H. Kamiyam, and S. Komatsu, Preparation of BN nanoballoons by a dc arc plasma, 4th Symposium of Inorganic Materials, March. 12, Souel (2003).
- 2) S. Komatsu, H. Kuwano, Y. Moriyoshi, and K. Okada, Fine Structures of Reactive Plasma Packets Observed with Multi-Langmuir Probes, The 10th Inter. Symp. on Advanced Materials, 79-80, March, 11 (2003), Tsukuba.
- 3) S. Komatsu, K. Kurashima, H. Kuwano, Y. Moriyoshi, and K. Okada, Vapor Growth Mechanism of BN Nonequilibrium Phases in Plasma-packets Assisted Pulsed Laser Deposition, The 10th Inter. Symp. on Advanced Materials, p. 77-78, March, 11 (2003), Tsukuba.
- 4) S. Komatsu, H. Kanda, K. Kurashima, H. Kuwano, Y. Moriyoshi, and K. Okada, Highly-crystalline sp³-bonded 5 H-BN prepared by plasma-packets assisted pulsed-laser deposition, The 10th Inter. Symp. on Advanced Materials, p. 17-18, March, 11 (2003), Tsukuba.
- 5) H. Monma, Y. Moriyoshi, K. Miyamoto, S. Takahashi and T. Okura, Characterization of <CODE NUM=00D2>Stalactite<CODE NUM=00D3> hanging down Old Concrete Bridge, MRS Tokyo (2003).
- 6) Y. Watanabe, H. Yamada, J. Tanaka, Y. Komatsu, and Y. Moriyoshi, Environmental Purification Materials: Removal of Phosphate and Ammonium Ion in Water System,

MRS Tokyo (2003) .

7) T. Kamiyama, Y. Moriyoshi, S. Komatsu, T. Ishigaki, and T. Watanabe, Characterization of BN Nanotubes Prepared by a dc Arc Plasma, MRS Tokyo (2003) .

8) Yujiro Watanabe 1, Yusuke Moriyoshi 1, Tadashi Hashimoto 1, Takeshi Kasama 2, Yasushi Suetsugu 3, Toshiyuki Ikoma 3, Hirohisa Yamada 3, Junzo Tanaka 3 (1 Hosei Univ., 2 Munster Univ., 3 NIMS), Characterization of type-A zeolites with hydroxyapatite surface layer prepared by hydrothermal treatment, 第20回日韓学術講演会, 10月鳥取 (2003) .

9) 小松正二郎, 奥戸昭雄, 風見大介, 守吉佑介, 岡田勝行, ナノ結晶性 sp³結合性 5H- β -BN 薄膜の電子的特性と自己組織化表面構造の影響, 応物, 東京 (2003) .

10) 小松正二郎, 奥戸昭雄, 風見大介, 守吉佑介, 岡田勝行, プラズマ支援レーザー蒸着法における sp³結合性 BN の形成機構, 応物, 東京 (2003) .

11) 渡辺雄二郎, 福士圭介, 笠間丈史, 湊淳一, 山田裕久, 田中順三, 守吉佑介, 合成ベーマイトのリン吸着に及ぼす表面サイト構造の影響, 粘土学会, 9月広島 (2003) .

12) Y. Moriyoshi, T. Tannno, T. Onodear, T. Ishigaki, S. Komatsu, and T. Ikegami, Liquid Phase Sintering of Diamond, Inter. Conf. Electrical Ceramics, Aug. MIT. (2003) .

13) 守吉佑介, セラミックスの焼結, セラミックス大学講座 (日本セラミックス協会), 6月, 東京 (2003) .

14) 渡辺雄二郎, 生駒俊之, 末次寧, 田中順三, 守吉佑介, パルス通電加圧焼結法による水酸アパタイト透明配向焼結体の作製, バイオマテリアル学会, 12月大阪, (2003) .

15) H. Tanaka, T. Osawa, Y. Moriyoshi, M. Kurihara, S. Maruyama, and T. Ishigaki, Relationship between Plasma Surface Modification and Anode Performance of Graphite Powder for Lithium-ion Rechargeable Battery, Pac. Rim. 5, 10月, 名古屋 (2003) .

16) Yujiro Watanabe, Junichi Minato, Hirohisa Yamada, Junzo Tanaka, Yu Komatsu, and Yusuke Moriyoshi, Environmental Purification Materials: Removal of Ammonium and Phosphate Ion in Water System, MRS-J, 10月, 横浜 (2003) .

17) Yusuke Moriyoshi, Hideki Tanaka, Tadashi Ikemoto, Takamasa Ishigaki, and Takayasu Ikegami, The TEM observation of AG refractory, UNITCE 2003, Oct. Osaka (2003) .

18) T. Notoya, T. Watanabe, H. Kuwano, H. Tanaka, and Y. Moriyoshi, Condensation Process of Carbon and Metal Vapor of Nanotube Synthesis by Plasma Evaporation Method, Nanoscience and Nanotechnology on Quantum Particles, Dec. Tokyo (2003) .

中村 暢男

口頭発表

- 1) 河合克仁, 渡邊弥一, 中村暢男, 今井宏之, 秋田素子, 井上克也, “ピリミジルアントラセンを配位子とする有機金属錯体の合成とその磁気特性”, 第33回構造有機化学討論会 2P084 (2003年10月, 富山).
- 2) 小林健佑, 中村暢男, 秋田素子, 今井宏之, 井上克也, “9-アントリルニトロニルニトキシドとその遷移金属錯体の合成と磁気特性”, 第33回構造有機化学討論会 2P085 (2003年10月, 富山).

丸山 有成

論文

- 1) Y. Maruyama, S. Motohashi, N. Sakai, M. Tanaka, H. Ogata and Y. Kubozono, “Competition of superconductivity and ferromagnetism in C_{60} compounds”, *Synthetic Metals*, Vol. 135-136, pp. 737-738 (2003).
- 2) K. Kimura, N. Ikeda, Y. Maruyama, T. Okazaki, H. Shinohara, S. Bandow and S. Iijima, “Evidence for substantial interaction between Gd ion and SWNT in (Gd@C₈₂)_n@SWNT peapods revealed by STM studies”, *Chem. Phys. Lett.* Vol. 379, pp. 340-344 (2003).

A metallofullerene, Gd@C₈₂, encapsulated in the inside space of single walled carbon nanotube (SWNT) has been identified as an STM image of a carbon cage and a Gd atom by a measurement of the tunnel currents onto the SWNT surface. This fact indicates that there is a substantial local interaction between the wall of SWNT and the Gd ions close to the wall. The origin of this interaction is not yet clear, but its existence has also been supported by the results of axially- and peripherally-resolved STS measurements around the Gd ion sites in the peapod.

口頭発表

- 1) 木村耕太, 池田直隆, 丸山有成, 坂東俊治, 飯島澄男, “STM study of Gd@C₈₂ peapods bundles”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 41 (P) (2003年1月, 岡崎)。
- 2) 鈴木伸弘, 大塔一平, 丸山有成, 鈴木敏泰, 鈴木研二, “Synthesis of C₆₀BF₄ compound from solution state and its properties”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 91 (P) (2003年1月, 岡崎)。
- 3) Y. Maruyama, K. Ikeda, K. Suzuki, T. Yoshikawa, T. Kato and M. Iijima, “STM/STS studies of SWNTs in bundles, C₆₀ thin films and DNA molecules”, *Technical Proceedings of the 2003 Nanotechnology Conference and Tradeshow*, Vol. 3, pp. 152-153 (Feb. 23-27, 2003, San Francisco, CA, U.S.A.)

4) 飯島 恵, 加藤知章, 中西 進, 渡邊久子, 丸山有成, “DNA交互コポリマーの塩基配列と電子状態密度スペクトルとの相関: STM/STS による解析”, 第25回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 1P-56 (2003年7月, 淡路).

5) 丸山有成, 小峯 功, 小嶋 健, 長谷川 諭, “有機結晶(TCNQ)・薄膜(quaterrylene)の電界効果導電性”, 第25回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 2-15 (2003年7月, 淡路).

6) 木村耕太, 池田直隆, 坂東俊治, 飯島澄男, 岡崎俊也, 篠原久典, “(Gd@C82)n@SWNT (peapods) における内包物とチューブとの相互作用: STM/STS による解析”, 第25回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 2P-95 (2003年7月, 淡路).

浜中 廣見

論文

1) 長谷川賢一, 前田邦子, 浜中廣見 “高速結晶分光 PIXE に用いる積層検出器システム”: 位置敏感式結晶分光器を用いた PIXE 分光: 計測自動制御学会論文集, Vol. 39, No. 1, pp. 11-17 (2003).

We have constructed a wavelength-dispersive PIXE system for direct chemical state analysis in air of atmospheric pressure. The spectrometer of the system consists of an analyzing crystal and a position-sensitive proportional counter (PSPC). The first version of the spectrometer is a combination of a flat crystal and a single PSPC. As the next step we have developed a multistacked PSPC assembly with a large sensitive area. We also have adapted a combination of a single PSPC and a curved crystal in v. Hamos geometry. The detection efficiency of the system has been improved by a factor of 5~10 compared to the first version. The system is most appropriate for K X-rays of third period elements. As for the main components, it is possible to distinguish chemical species within a few seconds by measuring K α spectra, and within a few minutes when measuring K β spectra. One mg and 10 mm² of sample is enough for measurements. We have started the chemical speciation of environmental samples using this system.

解説

1) 前田邦子, 長谷川賢一, 浜中廣見, 前田 勝 “大気中での化学状態分析への応用” X線分析の進歩第34集, pp. 89-113 (2003).

口頭発表

1) 浜中廣見, 前田邦子, 長谷川賢一 “結晶分光 PIXE 法によるマイカ中のアルミニウムの状態分析” 第20回 PIXE シンポジウム 高知大学, 2003年9月

2) 前田邦子, 長谷川賢一, 前田 勝, 浜中廣見 “位置敏感式結晶分光 PIXE システムの機能拡張” 第20回 PIXE シンポジウム 高知大学, 2003年9月

3) 浜中廣見, 前田邦子, 長谷川賢一 “結晶分光 PIXE 法の測定精度向上の試み” 第22回法政大学イオンビーム工学研究所シンポジウム 法政大学, 2003年12月
433 (2003)

緒方 啓典

著書

1) 緒方啓典 “カーボンナノチューブによる水素吸蔵, 貯蔵技術と燃料電池への応用” —カーボンナノチューブの合成・評価, 実用化とナノ分散・配合制御—技術情報技術協会, 東京 (2003).

口頭発表

1) 緒方啓典, 向谷地雅人, 伊藤康司, 齋藤弥八, “アルカリ金属をドーピングしたフ分子内包単層カーボンナノチューブのNMR (II)”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2003年1月)

2) 伊藤康司, 木下純一, 伊藤篤, 緒方啓典, 齋藤弥八, “直径の異なる単層カーボンナノチューブのガス吸着特性”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2003年1月)

3) 磯野直也, 山本和寛, 清野真友美, 緒方啓典, “アルカリーフレロイド化合物の合成と物性”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2003年1月)

4) 山本和寛, 磯野直也, 緒方啓典, “フラーレン誘導体の電荷移動錯体の合成と物性”, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2003年1月)

5) H. Ogata, M. Mukaiyachi, K. Ito, Y. Saito, “NMR study of electronic states at low temperature in K-doped [C60@SWNTs](#)”, APS March Meeting, Austin, TX, USA (2003年3月)

6) 緒方啓典, 向谷地雅人, 伊藤康司, 齋藤弥八, “分子内包単層カーボンナノチューブのNMR (III)”, 日本物理学会第58回年次大会, 仙台 (2003年3月)

7) 緒方啓典, 山本和寛, 磯野直也, 土田諭, “フレロイド化合物の構造と磁氣的性質”, 第25回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路島 (2003年7月)

8) 緒方啓典, 向谷地雅人, 木野仁志, 齋藤弥八, “単層カーボンナノチューブの磁性分子吸着特性”, 日本物理学会2003年秋季大会, 岡山 (2003年9月)

9) 磯野直也, 山本和寛, 土田諭, 緒方啓典, “新規フレロイド化合物の構造と磁氣的性質”, 日本物理学会2003年秋季大会, 岡山 (2003年9月)

10) 緒方啓典, 向谷地雅人, 木野仁志, 齋藤弥八, “単層カーボンナノチューブに吸着した NO 分子の磁氣的性質”, 第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2004年1月)

11) 向谷地雅人, 木野仁志, 緒方啓典, 齋藤弥八, “単層カーボンナノチューブに吸着した酸素分子の磁氣的性質”, 第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎

(2004年1月)

12) 土田諭, 磯野直也, 山本和寛, 緒方啓典, “ハロゲンをドーピングしたフレロイド固体の構造と物性”, 第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2004年1月)

13) 山本和寛, 磯野直也, 土田諭, 緒方啓典, “新規フレロイド化合物の構造と磁気的性質(2)”, 第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2004年1月)

西村 允

口頭発表

1) 吉瀬博之, 中里安孝, 西村允, “固体潤滑転がり軸受モニタリングの試み”, 新世紀のメンテナンス技術シンポジウムII, 講演予稿集, p. 31~40 (2003年3月)

2) 西村 允, “光支援潤滑の研究” 宇宙環境利用に関する公募地上研究平成14年度終了テーマ研究成果報告書, pp. 198-199, 日本宇宙フォーラム (2003年8月)

高山 新司

論文

1) Shinji Takayama, Toshihumi Sugawara, Akira Tanaka, and Tokuji Himuro, “Indium tin films with low resistivity and low internal stress”, J. Vac. Sci. Technol., Vol. A21, No. 4, pp. 1351-1354 (2003)

2) 日室徳二, 高山新司, “高配向 Cu 膜の熱安定性と内部応力,” 日本金属学会誌, Vol. 67, No. 7, pp. 342-347 (2003)

3) 日室徳二, 中嶋 靖, 及川 誠, 高山新司, “Cu 膜の断面方向における内部応力分布と熱安定性,” LSI 配線における原子輸送・応力問題, 第9回研究会予稿集, 京都, pp. 34-36 (2003年7月17-18日)

口頭発表

1) 草部隆也, 及川 誠, 高山新司, “Cu 膜の結晶配向及び内部応力に及ぼす下地 TaN 膜の結晶性の影響,” 2003年度日本金属学会, 春季(第132回)大会, Paper No. 166 (March 2003)

2) 及川 誠, 中嶋 靖, 日室徳治, 高山新司, “高配向及び無配向 Cu 膜の内部応力分布に及ぼす熱処理効果,” 2003年度日本金属学会, 春季(第132回)大会, Paper No. 168 (March 2003)

3) 高山新司, 菅原利文, 小林輝雄, 増井 新, 工藤利雄, “ITO 膜の特性に及ぼすガス雰囲気中熱処理効果,” 2003年度春季, 第50回応用物理学会, Paper No. 27p-S-7 (March 2003)

- 4) 高山新司, 日室徳二, 及川 誠, 中嶋 靖, “高配向及び無配向 Cu 膜の熱処理による内部応力分布の変化,” 2003年度春季, 第50回応用物理学会, Paper No. 28p-ZG-2 (March 2003)
- 5) 高山新司, 小林輝雄, 菅原利文, “ITO 透明導電膜の特性に及ぼす基板温度の影響,” 2003年度日本金属学会, 秋季(第133回)大会, Paper No. 840 (Oct., 2003)
- 6) Shinji Takayama, Tokuji Himuro, “Thermal Stability and Internal Stress for Strongly Oriented (111) Cu Films”, 2003 MRS Fall Meeting, Symposium U: Thin Films-Stresses and Mechanical Properties X, Boston (Dec. 1-5, 2003)

Internal stresses and thermal stability of strongly (111) oriented Cu thin films, which are one of promising interconnect materials in advanced ULSI devices, have been studied comparing with those of non-oriented Cu films. Their internal stresses parallel to a film surface were measured by a conventional X-ray diffraction technique (d-spacing vs. $\sin^2\Psi$ method), while the strain distribution with depth by a grazing incident X-ray scattering (GIXS) methods. Large stress relaxation in strongly (111) oriented Cu films takes place at 200°C without showing any significant grain growth and formation of chemical defects like hillocks. The residual internal stresses of highly oriented (111) Cu films increase almost linearly throughout the thickness up to the substrates. The feature of stress distribution in film depth dose not change on annealing. The changes of the residual stresses at each depth are nearly the same as stresses parallel to film surface measured.

プロジェクト名：マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

研究成果報告

1. 研究背景および目的

本プロジェクトは、マイクロ・ナノテクノロジーセンターに設けられた4つのプロジェクトのうち、ターゲットとするサイズが最も大きなものである。すなわち、機械製品のサイズであるマクロ的なオーダーと、バイオ、電子デバイスのサイズであるミクロ的なオーダーの中間的なサイズを対象としており、これまでのモノづくりにおいてはちょうど境目で空洞となっていた分野であり、大きな関心とニーズが集まっている。例えば、半導体などのいわゆる集積回路や電子デバイスの高密度化は顕著な発展をしている一方で、いわゆる機械要素、具体的にはアクチュエータやセンサを組み込んだメカトロシステムの集積化、高密度化は、まだまだ遅れていると考えられる。本プロジェクトは、ミクロ製造技術の代表である半導体プロセスではなく、機械加工の分野での微細加工、製造、組立、評価技術を用いて、小型で高性能なマイクロ・メカトロシステムの研究開発を行うことを目的にしている。

具体的な研究テーマは、①積層した3次元のマイクロ流路構造およびその機能要素として働くポンプ、バルブといったマイクロ流体要素の研究開発、②燃料電池よりもパワー密度の高いパワーMEMS用の超小型高密度エネルギーシステムの要素開発、③マイクロサブシステムの統合化およびそのデザイン手法の確立、④微細加工のための材料評価技術の確立、などである。

メカトロシステムにおいては、最終的にアクチュエータが外部に対してマクロな機械仕事を行うことになる。例えば、図1に示すような流体アクチュエータを想定すると、仕事の断続や仕事量の切替えを行うバルブ素子、そのパワー源となるポンプ素子、信号の切替えを行うセンサ素子から構成される。ここでは、これらの素子をモジュール化することで集積させる。また、これらの素子は1つではなく、アレイ状にたくさん配置することで、パワーの確保、インテリジェント化を図ることを目指す。実際の製造法については図2に示すような構想を考える。センサーモジュール層、バルブモジュール層、ポンプモジュール層、アクチュエータモジュール層といった各機能要素を微細加工技術により別々に製造し、最後にこれらを積層化することにより、マイクロメカトロデバイスを構成する。全体のサイズはミリメートルのオーダーとなる可能性があるが、従来のメカトロシステムと比較すれば遥かに小型である。

2. 研究用装置の概要と特徴

上記の目標を実現すべく、本プロジェクトでは以下のような微細加工装置を導入した。大別すると、①マイクロブラスト加工装置、②マイクロ放電加工装置、③マイクロ光造形

装置、④マイクロシステム組立・評価装置、である。次に各装置の概要について述べる。

①マイクロブラスト加工装置

マイクロブラスト加工は、半導体製造では一般的なシリコンエッチング法と、機械加工における表面改質の手法であるサンドブラスト法を融合したような加工法である。被加工物（ワーク）は、主にシリコン、ガラス、高硬度な金属といった脆性材料であり、ワーク上に厚さ 50 ミクロン程度のレジストフィルムをコーティングする（ラミネート）。このレジストフィルムは紫外線で硬化する性質があるので、この上に半導体製造と同様にマスクパターンを載せて紫外線を当てると、紫外線が当たった部分のレジストフィルムが硬化する。その後硬化していないレジストフィルムを洗い流す（露光・現像）。次にワークに対して粒子径 50 ミクロン以下の非常に微細な粉体を高圧でぶつける（ブラスト）。その結果、レジストフィルムの残っていないところが削られ、切削加工では実現困難な複雑な溝加工が実現できるものである。

②マイクロ放電加工装置

これは機械の金型加工に利用されている放電加工と原理は全く同じである。電極とワークの間に電圧をかけ、アーク放電させてワークを溶かしていく。本装置の電極には非常に細いワイヤを用いるが、そのワイヤの直径や形状を加工機自身で任意に作製できることに大きな特徴がある。ワイヤの直径は最小で 5 ミクロン程度にまで対応でき、微細な孔加工やフライス加工を行うことができる。また、電極とワークの極性を反転させることで、ワーク形状を電極に転写することも可能である。これにより、多数のピン形状からなる電極成形や、複雑形状の深彫り加工が実現できるものである。

③マイクロ光造形装置

前者の 2 つの加工法は、溝や穴といった 2 次元的な形状加工であり、積層形のマイクロシステム製造には適すると考えられる。しかし、システムの形状最適化や効率向上のためには、3 次元形状の適用、評価が不可欠である。近年、任意の 3 次元形状を高速に実現できるラピッド・プロトタイピング技術が急速に広まりつつあるが、その中でも特に高い形状精度を有する光造形システムに注目し、本プロジェクトでは 2 機種の光造形機を導入した。光造形とは、まず 3 次元の形状データを CAD によって製作し、それを高さ方向に輪切りにして 2 次元形状のデータの集まりに直す。その 1 層のデータに対応するレーザー光を、光硬化樹脂の表面に照射すると、レーザー光の当たった部分のみが硬化し、1 層分の形状が生成される。次いで樹脂を沈下させ、同様に次の層を生成していくと、最終的には任意の 3 次元形状が生成できる。この方法の特徴は、切削加工では不可能な非常に複雑な 3 次元形状を 1 回で製造できる点にある。導入した 2 機種は、1 機種が汎用の光造形機で、200×200×200 ミリメートル程度の大きな形状を積層ピッチ 50 ミクロンで造形が可能である。もう 1 機種は、マイクロ光造形に特化した機種で、さらに小さな積層ピッチによる試作が可能となっている。

④マイクロシステム組立・評価装置

上記の各微細加工機によって製作されたサブシステムの検査および評価を行うための装置として、3次元の形状観察が可能な半導体レーザー顕微鏡およびカラーCCD顕微鏡を導入した。また、サブシステムの搬送および組立を行うために、サブミクロンオーダーでの位置決めが可能な2次元マイクロステージを導入した。

3. 具体的な研究例

図3は3次元マイクロ流路の試作例を示す。まず、マイクロブラスト加工を用い、幅80ミクロン、深さ80ミクロンの流路成形をした。マイクロブラスト加工の特徴は従来の2次元微細加工に比べ、幅方向に対する深さ方向のアスペクト比が大きく取れるのが長所である一方、削り落とす加工により端部が丸まってしまう問題も生じる。これらの特徴を踏まえ、最適な形状や加工パラメータを見出してゆくことが課題である。また、同様にフルイディスクと呼ばれる複雑な構造を持つバルブ要素も製作中である。

図4は微細光造形を用いて試作した流体アクチュエータの形状モデルである。このようなシリンダー要素は従来のアクチュエータとしては一般的であるが、マイクロ化するとその摺動部における摩擦損失の影響が無視できない。今後は摺動部のないベローズ構造やブルドン管構造を用いたマイクロアクチュエータを開発することが必要であろう。

デジカメやプリンタといった最近のIT機器には、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を利用した機械要素が組み込まれているが、従来のMEMSは発生パワーが小さく、外部への機械仕事を行うといった機能は苦手であった。そこで、より大きな仕事を行うパワーMEMSの開発が注目されている。本プロジェクトでは、マイクロポンプやマイクロファンを用いたマイクロ流体機械アレイの開発、パワーMEMS用歯車、軸受の開発などを研究テーマとし、3次元光造形機を用いたラージモデル(拡大模型)を試作して、ダウンサイジングによる相似則の検討や形状最適化などを行っている。図5はパワーMEMSの適用例である超小型ガスタービン用羽根車の3次元形状モデル(ターゲットサイズの2.5倍および5倍サイズ)を光造形機で試作したものである。

その他、パワーMEMSの具体的なターゲットとしては、翼面や車両などの流体抵抗を図るためのマイクロ境界層制御デバイス、騒音低減のためのマイクロ音響制御デバイスなどの開発を計画している。

さて、マイクロシステムを実現するための微細加工においては、既知のマクロ的な材料強度特性や加工特性が適用できない可能性が高く、それらを実験的に明らかにすることが不可欠である。図6は、本プロジェクトで計画しているマイクロシステム材料試験機の概要である。

最後に、マイクロシステムを1つのメカトロシステムとして考えた場合、モジュール化したサブシステムの統合化、集積化が最終目標である。サブシステムのハンドリング、インプラントの手法についても、検討を行っていく予定である。

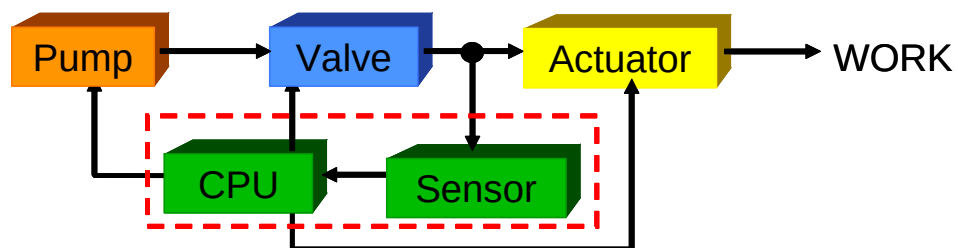


図1 マイクロ・ナノメカトロデバイスの構成

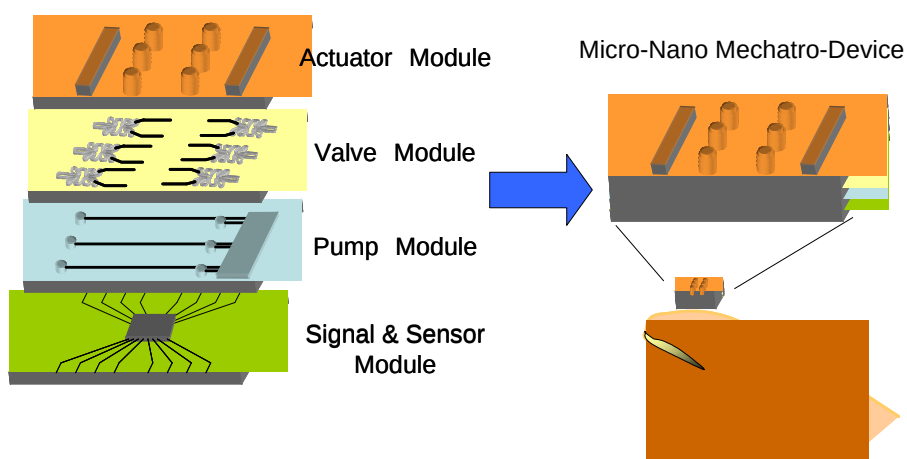
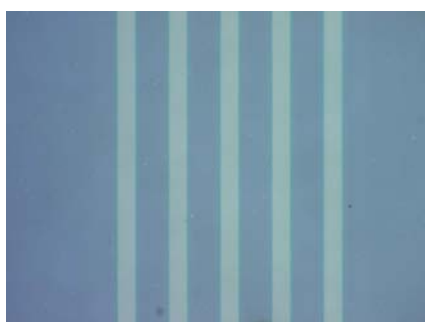
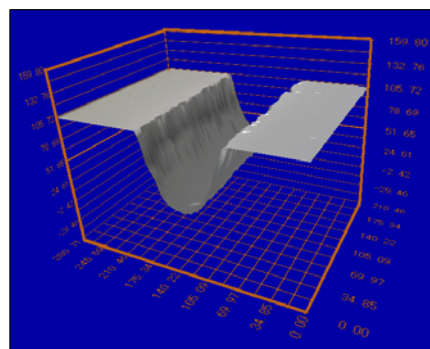


図2 マイクロ・ナノメカトロデバイスのモジュール構造



a) 流路形状



b) 流路の断面形状

図3 マイクロブラスト加工によるマイクロ流路

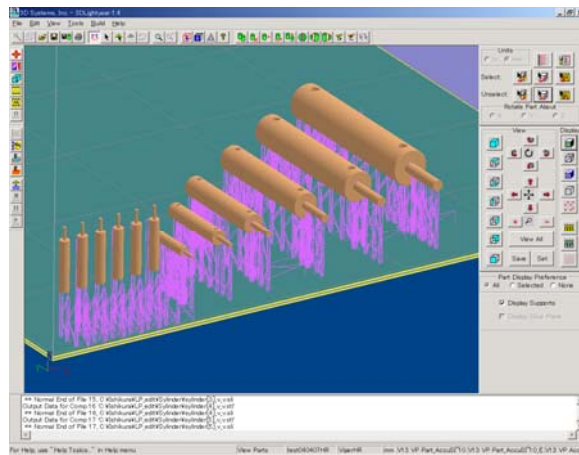
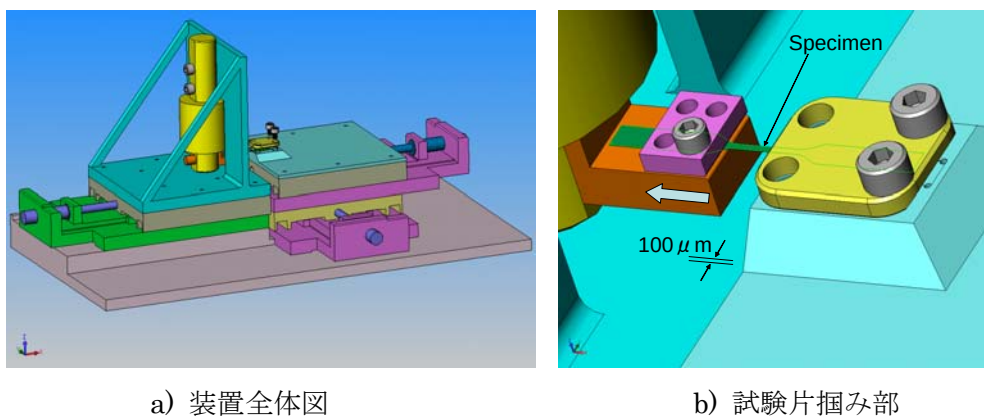


図4 マイクロ光造形で加工する流体アクチュエータのモデリング



図5 マイクロ光造形による超小型3次元羽根車の形状加工



a) 装置全体図

b) 試験片掴み部

図6 マイクロ材料試験装置

2003 年度業績リスト（マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究）

田中 豊

論文

- 1) R. Suzuki, Yutaka Tanaka, "Solution of Air Entrainment for Fluid Power Systems", SAE 2002 Transactions, Journal of Commercial Vehicles, Section 2, Vol.111, 2002, pp.194-199.

液圧システムの作動流体に含まれる微小気泡を除去することによりシステムの特性を向上できることを明らかにした。

- 2) Yutaka Tanaka, R. Suzuki, Air entrainment in hydraulic systems, SAE Off-Highway Engineering, Vol.11, No.1, February 2003, pp.35-38.
- 3) Tanaka, Y., Nakajima, T., Sawada, T., Desktop Type of Force Display Using Pneumatic Parallel Mechanism, Proceedings of the Fourth International Symposium on Fluid Power Transmission and Control (ISFP'2003, Paper for Plenary Session), April 2003, pp.267-271.

マイクロマシンの組立工程にも応用できるパラレルメカニズムを用いたデスクトップ型の力覚提示つき3次元入力装置の試作について述べている。

- 4) Yutaka TANAKA, Jumpei ISHIBASHI, Tomoyuki SAWADA, Tomihide ITO, Motion Control of Animatronic System Using Water Hydraulic Drive, Proc. 7th International Symposium on Fluid Control, Measurement and Visualization, CD-ROM PROCEEDINGS, ISBN 0-9533991-4-1. 2003.
- 5) Yutaka TANAKA, Ryushi SUZUKI, Toshiyuki YOSHIDA, Kazuo KOIKE, Experimental and Numerical Investigation of Active Heat Exchange for Fluid Power Systems, Proc. 7th International Symposium on Fluid Control, Measurement and Visualization, CD-ROM PROCEEDINGS, ISBN 0-9533991-4-1. 2003.

液中の微小気泡の攪拌と除去により作動流体の温度上昇を抑制できることを明らかにしている。

- 6) 田中豊, 空気圧を用いた装着型力接触感覚提示装置, フルードパワーシステム（日本フルードパワーシステム学会誌）, 34巻, 5号, pp.134-139, 2003.

著書

- 1) 田中豊（分担執筆）, 空気圧抵抗容量系の特性, 空気圧システム入門（日本フルードパワーシステム学会創立30周年記念出版）, 全64頁中10頁, 2003年4月

解説・その他

- 1) 田中豊, 空気圧ベローズを用いた力感覚提示システム, 油空圧技術, Vol.42, No.3, pp.35-39, 2003.
- 2) 田中豊, 吉田, 間, 鈴木, 小池, 気泡による液圧システム用冷却装置の流れ解析, 法政大学計算科学研究センター研究報告, 第16巻, 2003, pp.1-4.
- 3) 田中, ISFP'03 参加報告, FPIC Quarterly, Vol.11, Vo.2, pp.16-20, 2003.
- 4) 田中, 巻頭言・高付加価値な情報発信学会をめざして, FPIC Quarterly, Vol.11, Vo.3, p.1, 2003.
- 5) 田中, FLUCOME 03参加報告, FPIC Quarterly, Vol.11, Vo.3, p.4-11, 2003.
- 6) 田中, 平成15年度秋季フルードパワーシステム講演会報告 (油圧・水圧編), FPIC Quarterly, Vol.11, Vo.4, p.4-11, 2003.
- 7) 田中, 基調講演「ウェアラブルフルードパワー」の報告, FPIC Quarterly, Vol.11, Vo.4, p.3, 2003.

口頭発表

- 1) 田中豊, 石橋, 伊藤, メータアウト方式による空気圧駆動と水圧駆動の比較 (第2報 実機への適用), 春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.35-37, 2003.
- 2) 田中豊, 萩原, 別府, 水野, 加藤, 没入型仮想環境による建設機械システムの遠隔操作, 日本機械学会 2003 年度年次大会講演論文集, Vol.7, pp.223-224, 2003.
- 3) 田中豊, 別府, 萩原, 没入型仮想環境を用いた建設機械システムの遠隔操作 (遠隔作業の評価実験), 日本機械学会山梨講演会講演論文集, pp.219-220, 2003.
- 4) 田中, 石倉, 石田, 鈴木, 気泡除去装置による油圧タンクの小型化 (第1報 振動環境下における気泡の混入とその除去), 秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.21-23, 2003.
- 5) 田中, 空気圧を利用した力接触感覚の提示, 精密工学会生産自動化専門委員会・研究例会講演前刷集, No.2003-7, pp.1-10, 2003.

御法川 学

○著書

- 1) 鈴木, 御法川他, 機械音響工学, コロナ社 (2004 年 3 月)

○論文

- 1) HIRANO T., MINORIKAWA G. et al., Study on Noise Reduction in Turbofan (Effects in Performance and Noise by Improving Outlet Angle of Impeller), International Gas Turbine Congress 2003 Tokyo, No.TS-047 (2003 年 11 月)

- 2) MIZUKI S., MINORIKAWA G. et al., Design and Prototyping of Micro Centrifugal Compressor, Journal of thermal science (International congress of thermal and flow sciences), p.33-37 (2003 年 4 月)

○展望・解説

- 1) 御法川, 遠心送風機の低騒音化の現状, 騒音制御, Vol.27 No.5, pp.324-330 (2003 年 10 月)

○口頭発表

- 1) 御法川, 野原他, 空力特性と騒音を考慮した 2 次元翼型の試作, 日本機械学会関西支部講演会講演予稿集, p.75-76 (2004 年 3 月)
- 2) 御法川, 吉田他, 細孔管型消音器の減音特性に関する研究, 日本機械学会関西支部講演会講演予稿集, p.23-24 (2004 年 3 月)
- 3) 桐山, 御法川他, 機能モデルによる自動車サスペンションのモデル化, 日本機械学会 D&D2003 講演論文集(CD-ROM) (2003 年 9 月)
- 4) 熊倉, 御法川他, 機能モデルによる 2 リンクアームの運動制御, 日本機械学会 D&D2003 講演論文集(CD-ROM) (2003 年 9 月)
- 5) 御法川, 水木他, 超小型遠心圧縮機の要素試作に関する研究, 日本機械学会 2003 年度年次大会講演論文集Ⅳ, p.323-324 (2003 年 8 月)
- 6) 辻, 御法川他, 打楽器シンバルの音質向上, 日本機械学会 2003 年度年次大会講演論文集Ⅳ, p.175-176 (2003 年 8 月)
- 7) MINORIKAWA G., Noise Reduction and Performance Enhancement in Centrifugal Fan by Improving Outlet Angle of Impeller, INCE/USA Proceedings of NOISE-CON2003 (CD-ROM) (2003 年 6 月)

岩月 正見

論文

- 1) 岩月正見, 片瀬有一, 谷夏樹,
"色領域分割に基づくスキャンラインステレオマッチングを用いた
面の 3 次元構造復元," システム制御情報学会誌,
Vol.16, No.5, pp.226-233 (2003-5)
- 2) 岩月正見, 加藤偉之, 米川輝,
"WWWを用いた工学教育用遠隔実験・実習システムの試作,"
電気学会論文誌 D, 産業応用部門誌, Vol.123, No.8, pp.903-910 (2003-8)
- 3) 岩月正見, 米川輝, 平野秀樹, 吉澤大輔,
"WWWに基づく工学教育用移動ロボット車遠隔実験システム,"

情報技術レターズ, Vo.2, pp.297-298,

FIT(情報科学技術フォーラム)2003,LK-014 (2003-8)

- 4) 岩月正見, 竹内則雄, 小林尚登, 八名和夫, 武田洋, 柳沼寿, 清原孟,
"リアルタイム遠隔講義におけるデジタルコンテンツ自動生成システムの
開発と実践," 論文誌情報教育研究方法, Vo.6, No.1, pp.41-45 (2003-11)

国際会議

- 1) M. Iwatsuki and N. Okiyama:
"Preferential Direction Control for Visual Servoing
based on Orthogonal Curvilinear Coordinate Systems,"
Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference
on Intelligent Robots and Systems, pp.761-766 (2002-11)

口頭発表

- 1) 加藤偉之, 米川輝, 岩月正見,
"WWW を用いた移動ロボット車の遠隔実験システム,"
第 35 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集,
A-10, pp.27-28 (2003-1)
- 2) 谷夏樹, 岩月正見, 小林豊,
"一様色領域とテクスチャ領域の分離に基づくステレオビジョン,"
第 35 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集,
B-3, pp.133-134 (2003-1)
- 3) 若生裕司, 岩月正見,
"任意視点からのステレオ画像を用いた 3D モデリングツールの自動化,"
第 35 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集,
B-4, pp.135-136 (2003-1)
- 4) 沖山紀光, 岩月正見,
"直交曲線座標系に基づくビジュアルサーボイング,"
第 35 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集,
B-8, pp.143-144 (2003-1)
- 5) 岩月正見, 竹内則雄, 小林尚登, 八名和夫, 武田洋, 柳沼寿, 清原孟,
"リアルタイム遠隔講義における自動コンテンツ化システムの開発と実践,"
第 11 回全国大学情報教育方法研究発表会予稿集, D-13, pp.136-137 (2003-7)
- 6) 岩月正見, 加藤清人, 山本司,
"直交曲線座標系に基づくビジュアルサーボの優先方向制御,"

第 8 回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集, pp.97-100 (2003-8)

成果報告概要

分散耐環境ナノ電子デバイスの研究

法政大学工学部

中村徹 安田彰 本間紀之 斉藤利通 大竹孝平 斎藤兆古 早野誠治 三浦孝夫 栗山一男 佐藤政孝

1. 研究の目的

微細加工技術の進歩により単位機能当たりのコストは大幅に削減されてきたが、ナノテクノロジーの進展とともにより多くの機能を集積したチップをさらに低コストで実現することが可能となる。このような低コスト・高機能チップとナノテクノロジーを応用したMEMSチップとを一体化し複数分散使用することにより高度なシステムを実現することが可能になる。このように一体化したチップを多数個分散させて動作させる分散型ナノ電子デバイスでは、チップ間通信をいかに確立するかが重要な課題となる。近距離の通信では他チップとの干渉低減や、消費電力の点から微少電力無線通信技術の確立が重要となる。また、多数個のチップ間での通信を行うためのピアツウピア通信やアドホック通信を自律的に行う必要もある。

一方、ナノテクノロジーの進展により、より高度な機能を小さなチップに集積することが可能となるが、耐圧の低下や高温動作での特性劣化など解決すべき課題も多い。シリコン半導体材料に比べ広いバンドギャップを有する GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体材料は、摂氏 350 度以上の高温動作、50 GHz・100 V 以上の高周波・高電圧動作を可能にする耐環境電子デバイスが製造可能と期待されているが、材料の持つ高い飽和速度等から期待出来る高耐圧・高周波特性を達成するデバイスは未だ提案されていない。その原因の一つは、不純物ドーピングが結晶成長中になされる以外の方法では確立していないためである。

本研究は分散型ナノ電子デバイスを実現するための基礎技術として、1) チップを数 cm 程度の比較的近距離に配置した場合における通信の確立方法を検討、2) 近距離微少電力無線通信に適した通信方式、回路方式、LSI 構成法の研究を行う。更に高温・高周波・高電圧動作させるためにワイドギャップ半導体材料を用いて、3) イオン注入技術により、GaN および SiC 等ワイドギャップ半導体材料への不純物高濃度化技術の開発、4) 高温動作用低抵抗電極の作成と評価、5) 高温・高周波・高電圧動作電子デバイスの作成と動作機構の解析、を行うことを目的とする。

2. ユビキタスシステムと環境

高度情報化社会では大量の情報を高速かつ経済的に処理できる技術基盤を構築することが前提であり、通信とコンピュータの高度化がその根幹である。将来の高度情報化社会では、「ユビキタス」社会で代表されるように至る所にコンピュータが存在しそれらが協調して動作することによって種々のサービスが実現できることが可能になる。本研究では、このような高度情報化社会のシステムに必須な基本技術を確立すること、ユビキタス環境を実現するハードウェアの基本技術を確立する

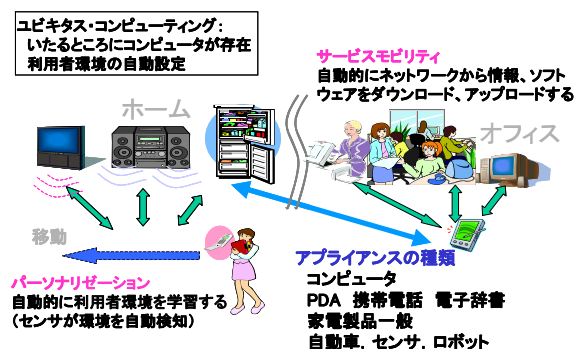


図 1. ユビキタスシステム

こと、またこれらの環境を実現するためナノテクノロジーを用いた電子デバイスを開発することである。図1は、日常生活を例としたユビキタスシステムを表したものである。一般的にユビキタスはユビキタスネットワーク、ユビキタスコンピューティングとして用いられる。図に示すようなあらゆる機器にコンピュータが内蔵されていると、利用者環境の自動設定が可能となる。具体的には、利用者個人情報に応じた種々のデータが自動的にネットワークダウンロード、アップロードされ、環境が整えられることになる。利用者個人情報はアプライアンスと呼ばれる学習型携帯端末で設定されており、アプライアンスの移動に従ってその度ごとに環境設定される。これらのシステムを構築するには、通信、コンピュータ等の基本技術の確立が必須である。

図2は、アプライアンスの例を示したものである。アプライアンスは、ディスプレイ、センサ類の入出力部分のほかに、通信、コンピューティングの機能が整えられており、それらを通して利用者への種々サービスが決定される。アプライアンスの動作は、種々センサによる周囲環境の測定信号をコンピュータで処理・演算し、周囲の機器に信号を送受信することである。これらを動作させるシステムについても図示した。アプライアンスを構成

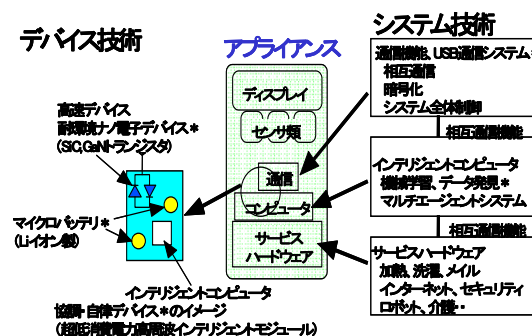


図2. アプライアンスの例

成するシステムは、シリコン半導体基板上の大規模集積回路で構成されるコンピュータや化合物半導体などの基板上に作られるセンサ類は材料の持つ物理的限界と製造技術のために1チップでは構成できず、多数チップ構成で、それらを一体化したものとなる。このように一体化したチップを多数個分散させて動作させるためには、チップ間通信をいかに確立するかが重要な課題となる。近距離の通信では他チップとの干渉低減や、消費電力の点から微少電力無線通信技術の確立が重要となる。また、多数個のチップ間での通信を行うためのピアツウピア通信やアドホック通信を自律的に行う必要もある。

また、内蔵コンピュータおよびその周辺デバイスには高温から極低温まで動作可能な耐環境ナノ電子デバイスと長時間動作可能な微細電池が必要になると考えられる。GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体材料は、シリコン半導体よりも摂氏350度以上の高温動作、また高周波・高電圧動作も可能で、耐環境電子デバイスとして期待されている。このような半導体材料を用いた電子デバイスが使用されれば、アプライアンスだけでなく他の電子機器への応用が可能となりユビキタス社会への貢献度も大きい。

3. 本研究で対象としている分散型耐環境ナノ電子デバイスの課題

ユビキタスシステムと環境についてアプライアンスを例として述べたが、このシステムを実現するためには、情報機器の通信方式や回路方式の基本技術およびそれらを実現するための電子デバイスの開発が必須である。本研究の課題は以下の通りである。

通信方式、回路方式の課題として、近距離チップ間通信の確立方法と近距離・微少電力無線通信方式が挙げられる。また、これらの方式を実現するために、アナログ・デジタル回路方式、LSI構成法がある。この様な方式を実現するには、半導体デバイスの高速化と大規模集積化とが必要であるが、高速化、大規模集積化の双方とも従来の延長線上での技術開発には限界が見えており新しい概念による電子デバイスの創製が必要である。そのため、ナノ電子デバイスの課題としては、耐環境に適したデバイスすなわち、GaN および SiC 等ワイドギャップ半導体材料を用いた電子デバイス製造の基本技術を確立

することにある。そのためには、高温動作低抵抗電極の作成と評価と高温・高周波・高電圧動作電子デバイスの作成と動作機構の解析が挙げられる。

4. 研究内容と研究結果

A. 分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システム

数センチ程度の分散近距離無線通信に適した通信方式の基礎検討として、変調方式、キャリア周波数、帯域幅、伝送レート、接続形態等の比較検討を行い、最適な通信方法の探求を行った。ハードウェアとして実現する際の問題点の整理し、解決方法を検討した。センサとのインターフェイスやチップ間通信等の実現には高精度 AD、DA 変換器が必須である。高精度 AD、DA 変換用集積回路では、しきい値電圧、容量値、抵抗値などがバラツキ、これが AD、DA 変換の変換精度を決定するが、この素子精度を超える変換精度を実現する技術を提案した。すなわち、バラツキにより発生する雑音に、任意の周波数特性を持たせるノイズシェーピング・ダイナミック・エレメント・マッチング法およびこの高性能化を検討した。図 3 に、検討した高精度 AD/D A 変換技術を示す。ノイズフロアが低減し、また、ダイナミックレンジも大幅に改善していることが分かる。また、分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システムでは、センサ、AD、DA 変換、通信等で高精度基準信号が必要となる。図 4 は、高精度基準信号発生回路である。 $\Delta\Sigma$ 技術を応用した高精度周波数、位相検出回路を提案し、これを用いたフェーズ・ロックド・ループ (PLL) シンセサイザ実現性の検討を行った。

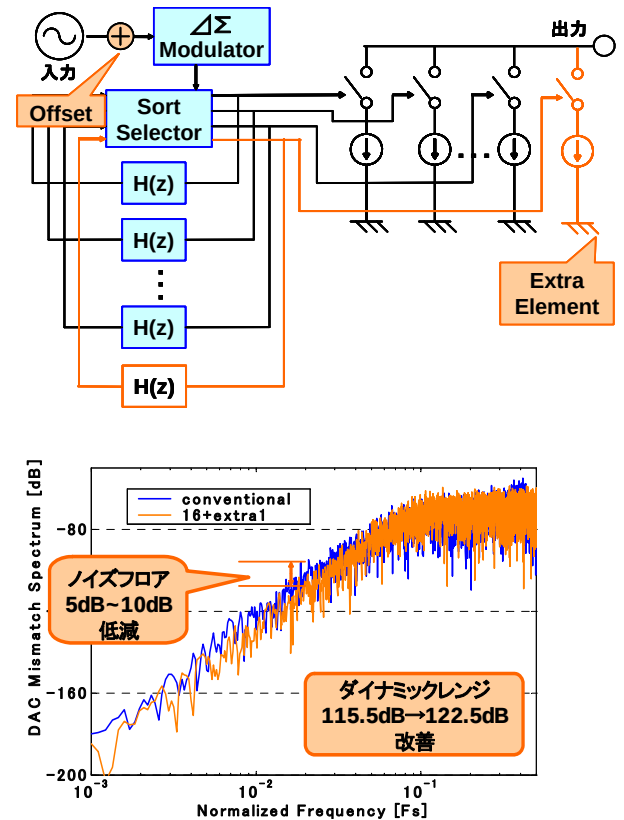


図 3 高精度 AD、DA 変換技術

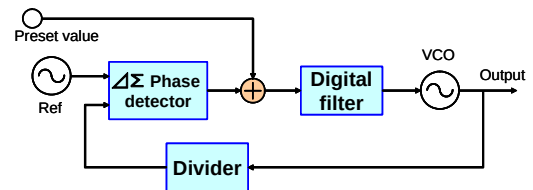


図 4. 高精度基準信号発生技術

B. 分散型耐環境ナノ電子デバイスと半導体デバイス・プロセス

図 5. は GaN および SiC 等のワイドギャップ半導体を用いた縦型および横型電子デバイスの一例である。これらのデバイスを実現するためのプロセス技術を検討した。特にイオン注入法による不純物ドーピング技術は電子デバイスの製作に重要であり、各種不純物に関して注入エネルギー、注入量および熱処理条件をパラメータとして場合のイオン注入された不純物の活性化に関する検討を行った。

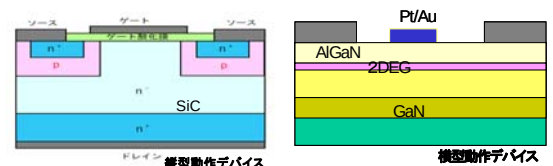


図 5. ワイドギャップ半導体電子デバイス

図 6 に SiC へ Al 不純物をイオン注入によってドーピングした場合の 1500℃での熱処理における活性化率の不純物濃度依存性を示す。注入された Al アクセプタの活性化率は、4H-SiC(0001)では深さが 230

～260nm の領域において、4H-SiC(1120)では深さが 250～290nm の領域において高周波 C-V 測定から求めたアクセプタ濃度と SRIM シミュレーションの結果から評価した(図 7, 8 参照)。不純物濃度が $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ において、活性化率は 4H-SiC(0001)で 100%、4H-SiC(1120)で 95.2% となり、共に 90%以上の活性化率を示した。不純物濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ の場合で活性化率は 4H-SiC(0001)で 79.7%、4H-SiC(1120)で 62.7%となった。4H-SiC(0001)および(1120)共に、不純物濃度の増加に伴い、活性化率が低下している。不純物濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 程度の場合、さらに Al アクセプタを活性化させるためには 1500℃以上の熱処理が必要であると考えられる。

図 7 に Al 不純物濃度が $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ である試料の 1500℃熱処理後におけるアクセプタ濃度分布を示す。実線は SRIM シミュレーションの結果である。深さが 300nm 以上の深い領域ではドライエッチングおよび熱酸化によって、イオン注入層を除去しながらアクセプタ濃度分布を導出した。表面から 600nm 程度の深さまでは 4H-SiC(1120)および(0001)共に、アクセプタ濃度分布は SRIM シミュレーションの結果に沿って、平坦な分布を示し、活性化率も 90%以上の値が得られた。一方、600nm よりも深い領域において、4H-SiC(1120)および(0001)共に、シミュレーションの分布とは異なり、アクセプタ濃度が徐々に低下する分布が得られた。Si へのイオン注入において、高濃度のアモルファス化を伴うイオン注入では熱処理によって転位欠陥が発生することが報告されている。SiC においても、飛程端付近でのアクセプタ濃度の低下は多くの欠陥が残留しているためと考えられる。図 8 に Al 不純物濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ である試料の 1500℃熱処理後のアクセプタ濃度分布を示す。4H-SiC(1120)、(0001)共に、平坦なアクセプタ濃度分布が所々に得られているが、活性化率は 50%～80%と大きなばらつきを示した。

イオン注入された不純物の活性化に関する検討は GaN 基板へも検討を行っている。

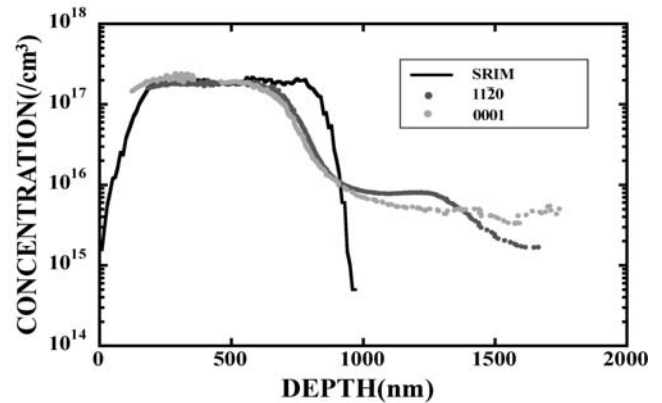
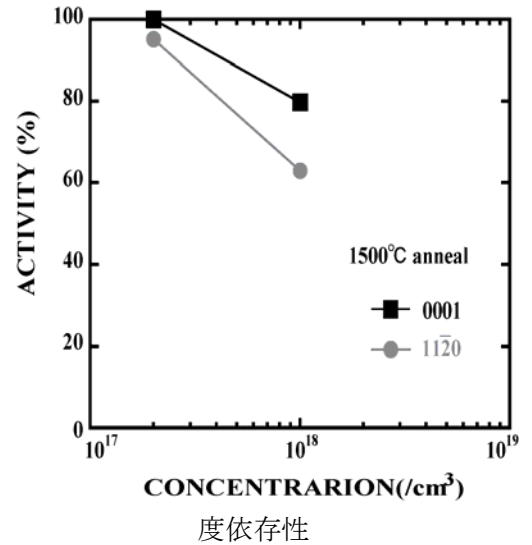


図 7 SiC へイオン注入された Al アクセプタ不純物の分布 (濃度: $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$)

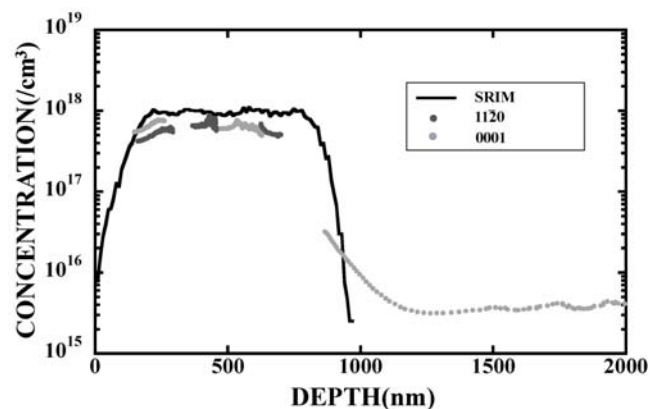


図 8 SiC へイオン注入された Al アクセプタ不純物の分布 (濃度: $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$)

5. 今後の課題

本年度は分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システムおよびそれらを実現する電子デバイスと半導体デバイス・プロセスについて検討した。来年度以降は以下の課題について検討を進める。分散型耐環境ナノ電子デバイス回路・システムに関しては、

1. 近距離無線通信に適した通信方式の検討と新方式の考案
2. 上記通信方式を LSI として実現する際の問題点の明確化
3. 分散近距離通信に適した通信用集積回路の開発

また、分散型耐環境ナノ電子デバイス・プロセス技術に関しては

4. ワイトギャップ半導体にイオン注入した不純物の活性化率向上
5. ワイトギャップ半導体材料を用いたナノスケールの超微細素子の実現
6. 超微細素子の高温・高電圧下の耐環境特性の確認

6. 分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究プロジェクト研究課題と担当者

プロジェクトリーダー 中村 徹

研究課題	担当者
耐環境ナノ電子デバイス構造の開発	工学部・教授 中村 徹
協調動作可能な分散型ナノ電子デバイスの集積回路方式の開発	工学部・教授 本間紀之
	工学部・教授 斉藤利通
	工学部・助教授 安田 彰
分散型ナノ電子デバイス間の通信方式およびエネルギー伝達方式の開発	工学部・教授 大竹孝平
	工学部・教授 斉藤兆古
	工学部・助教授 早野誠治
分散型ナノ電子デバイスの協調動作達成のためのソフトウェア方式の開発	工学部・教授 三浦孝夫
耐環境ナノ電子デバイス用プロセス技術の開発	工学部・教授 栗山一男
	イオンビーム工学研究所・教授 佐藤政孝

研究成果

論文

齊藤兆古、早野誠治

H. Endo, I. Marinova, T. Takagi, S. Hayano, and Y. Saito
Dynamics on Ferroresonant Circuit Exhibiting Chaotic Phenomenon,
IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 40, NO. 2, MARCH, p. 868, 2004

Iliana Marinova, Hisashi Endo, Seiji Hayano, and Yoshifuru Saito,
Inverse Electromagnetic Problems by Field Visualization
IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 40, NO. 2, MARCH, p. 1088, 2004

SAWA MATSUYAMA, SHIHO MATSUYAMA, YOSHIFURU SAITO,
SOLUTION FOR A PROBLEM OF THE DISCRETE WAVELETS AND HANDLING VECTOR FIELD ANIMATION,
July 21, 2003 11:20 WSPC/WS-IJWMIP matsuyama1
International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing

Masahiro Takei 1 and Yoshifuru Saito,
Application of the generalized vector sampled pattern matching method to
reconstruction of electrical capacitance CT images
Meas. Sci. Technol. 15 (2004) 1371-1381 PII: S0957-0233(04)73409-8

齊藤利通

H. Torikai and T. Saito, Synchronization phenomena in pulse-coupled
networks driven by spike-train inputs, IEEE Trans. Neural Networks, 15, 2,
pp. 337-347 (2004-3)

H. Torikai, M. Shimazaki and T. Saito, Master-slave synchronization of
pulse-coupled bifurcating neurons, IEICE Trans. Fundamentals, E87-A, 3,
pp. 740-747 (2004-3)

T. Saito, H. Imamura and M. Naka, A basic A/D converter with trapping
window, IEICE Trans. Fundamentals, E85-A, 12, pp. 3314-3317 (2003-12)

H. Nakano and T. Saito, Analysis of responses of three-dimensional spiking
oscillators to pulse-train inputs, WSEAS Trans. on Math., 2, 4, pp. 290-294
(2003-10)

K. Miyachi, H. Nakano and T. Saito, Response of a simple dependent
switched capacitor circuit to a pulse-train input, IEEE Trans. Circuits
Syst. I, 50, 9, pp. 1180-1187 (2003-9)

K. Ogata and T. Saito, Coexisting chaotic attractors in an oscillator
with 2-port hysteresis VCCS, IEICE Trans. Fundamentals, E85-A, pp. 1550-1553
(2003-6)

中村徹

Y. Fukasawa, T. Nakamura, T. Nakamura, "Ti/Al-GaN Reaction Mechanism Forming Low
Contact Resistivity", Mat. Res. Soc. Symp Pro., Vol. 743, pp. 795-799, 2003 Materials
Research Society, (2003)。

T. Nakamura, M. Hase, K. Ohnishi, R. Tuchiya and T. Onai, "1/f noise characteristics of sub-0.1micron CMOS for high-speed analog ULSI", Physics of Semiconductor Devices II, pp. 774-778, 2004 Narosa Publishing House, (2003).

栗山一男

K. Kushida, T. Koba and K. Kuriyama,
Band Gap and Cathode and Photoluminescences form LiInO₂ films,
JAP, vol 93, No.5, pp.2691-2695, 2003.

K. Kuriyama, J. Tajagagum M. Okada, M Uchida,
Thermally Stimulated Current Study of Electron-Irradiation Induced Defects in
Semi-Insulating InP Obtained by Multiple-Step Wafer Annealing,
Solid State Comm. 126, pp. 309-313, 2003.

N. Hayashi I Sakamoto, T. Toriyama, H Wakabayashi, T. Okada, K. Kuriyama,
Embedded Iron Nano-Clusters Prepared by Fe Ion Implantation into MgO Crystals,
Surface and Coatings Techonology 169-170, pp.540-543, 2003.

佐藤政孝

T. Nakamura, H. Tanabe, T. Hitomi, and M. Satoh
Electrical properties of the regrown implantation-induced amorphous layer on (11-00)-
and (112-0)-oriented 6H-SiC
Nucl. Instr. Methods B 206, pp. 956-959.

著書

中村徹、三島友義、電子情報レクチャーシリーズ D-18「超高速エレクトロニクス」、コロナ社、2003年11月(2003)。

学術講演

齊藤利通

H. Shimazu, T. Saito and H. Torikai, Analysis of conventional/improved delta modulators as switched dynamical systems, Proc. IEEE/IECON, pp. 1814-1817 (2003-11)

T. Saito, S. Tasaki and H. Torikai, WTA-Based Interleaved Buck Converters for Low-Voltage High-Current Applications, Proc. IEEE/IECON, pp. 640-643 (2003-11)

H. Nakano and T. Saito, Classification functions of chaotic pulse-coupled networks, Proc. ECCTD, II, pp. 418-421 (2003-9)

H. Torikai and T. Saito, On a pulse-coupled network of spiking neurons having quantized state, Proc. of IJCNN, Portland, pp. 1391-1395 (2003-7)

M. Shimazaki, H. Torikai and T. Saito, Synchronization Phenomena of a Mutually Pulse-Coupled Network of Integrate-and-Fire Circuits, Proc. of IJCNN, Portland, pp. 2569-2573 (2003-7)

H. Sasamura and T. Saito, A Simple Learning Algorithm for Growing Self-Organizing Maps and Its Application to the Skeletonization, Proc. of IJCNN, Portland, pp. 787-790 (2003-7)

T. Saito and H. Imamura, Analysis of a simple A/D converter with a trapping window, Proc. of IEEE/ISCAS, III, pp. 626-629 (2003-5)

J. Shimakawa and T. Saito, Synchronization of a network of intermittently coupled capacitor circuits, Proc. of IEEE/ISCAS, III, pp. 212-215 (2003-5)

Y. Takahashi, H. Nakano and T. Saito, A Hyperchaotic circuit family including a dependent switched capacitor, Proc. of IEEE/ISCAS, III, pp. 72-75 (2003-5)

H. Nakano and T. Saito, A simple nonautonomous chaotic circuit with a periodic pulse-train input, Proc. of IEEE/ISCAS, III, pp. 104-107 (2003-5)

T. Saito, H. Nakano and K. Miyachi, A chaotic spiking oscillator with nonperiodic input, Proc. NDES, pp. 221-224 (2003-5)

Y. Kobayashi, H. Nakano and T. Saito, Bifurcation of chaotic spiking oscillators, Proc. NDES, pp. 125-128 (2003-5)

M. Naka and T. Saito, A simple A/D converter and switched dynamical systems, Proc. NDES, pp. 169-172 (2003-5)

H. Hamanaka, H. Torikai and T. Saito Rich dynamics of pulse-coupled bifurcating neurons, Proc. NDES, pp. 101-104 (2003-5)

中村 徹

A. Ohsawa, T. Nakamura, M. Satoh, T. Nakamura and J. Hata, "Direct Measurement of Heat Emission from a Semiconductor Equipment", The International Semiconductor Environment, Safety and Health (ISESH) conference 2003, (2003).

A. Ohsawa, Tohru Nakamura, M. Satoh, T. Nakamura, J. Hata, Y. Kobayashi, T. Miyashita, M. Takahashi, M. Ohtani, "Measurement of heat radiation from semiconductor equipment", SEMI Global Environment Symposium, Dec. 2003, (2003).

T. Nakamura, M. Hase, K. Ohnishi, R. Tuchiya and T. Onai, "1/f noise characteristics of sub-0.1micron CMOS for high-speed analog ULSI", 20 th International Conference on Physics of Semiconductor Devices, (2003)

安田 彰

籠島 亮、安田 彰

高次ミスマッチシェーパーのノイズ低減法

2003 年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, p12, 2003年9月

セミナー報告書

超高速デバイスと回路技術

2003 年 11 月 20 日

佐藤 政孝

片上崇治、須藤陽平、人見剛史、中村智宣、佐藤政孝

第 6 4 回応用物理学学会学術講演会 1p-B-14, 予稿集 p. 353, 2003 年 9 月 2 日

M. Satoh, T. Hitomi, S. Katagami, and T. Nakamura
STUDY OF PHOSPHORUS IMPLANTED 4H-SiC(1120)
International conference of silicon carbide and related materials 2003, TuP2-11
(2003.10)

堀部竜信、田辺匡史、小林寛之、佐藤政孝
PtSi/4H-SiC ショットキーダイオードの評価
応用物理学会 SiC 及びワイドギャップ半導体研究会第 12 回講演会 P-23, 予稿集 p. 54,
2003 年 11 月 6 日

佐藤政孝、柳原佐知子、説田和俊
02 プラズマ酸化 SiC の POA 効果
応用物理学会 SiC 及びワイドギャップ半導体研究会第 12 回講演会 P-31, 予稿集 p. 64,
2003 年 11 月 6 日

片上崇治、須藤陽平、人見剛史、佐藤政孝
Al イオン注入 4H-SiC の評価
応用物理学会 SiC 及びワイドギャップ半導体研究会第 12 回講演会 P-58, 予稿集 p. 107,
2003 年 11 月 7 日

2003 年度成果報告概要

目 的

今世紀は、前世紀から得られつつあるヒトや他の生物種のゲノム情報（DNA 塩基配列）という知的財産を人類の福祉や発展のために利用する時代であるといわれている。そのためには、数万個の遺伝子から成る膨大なゲノム情報の迅速処理・探索技術などの数理工学的解析技術の飛躍的発展に加えて、遺伝子発現（蛋白質合成）と蛋白質機能の研究を通しての遺伝子の同定が緊急の課題となっている。本プロジェクトでは、1 分子計測や 1 分子操作などのバイオナノテクノロジーを取り入れながら、生命情報解析技術の高度化と有効利用、遺伝子の同定、生命情報の発現・伝達・攪乱メカニズムの解明、細胞機能を基盤にした個体丸ごと生体機能の理解を目指す。

2003 年度は、以下の課題を中心にして研究を進めた。

1. アロステリック蛋白質の規範としてのヘモグロビンの機能解析と環境応答性の研究
2. 生体と水、生体水の概念
3. 分子シミュレーションのための拡張アンサンブルモンテカルロ法の開発
4. 遺伝子発現産物の翻訳後プロセスの解析
5. 遺伝子解析と情報理論による特定残基の機能
6. 分子生物学へのトポロジー代数の応用
7. 遺伝子組み換えによる生体内情報伝達系の解析
8. 新規蛋白質分子の設計
9. ナノテクノロジーによる生体内情報伝達系の解析
10. 磁気共鳴分光学による蛋白質物性

成 果

【今井グループ】 蛋白質の構造・機能相関と生体機能の分子論

DNA 情報の変異に起因して生ずる変異ヘモグロビン（異常ヘモグロビンや人工変異ヘモグロビン）の構造や機能特性の研究を通じて、ヘモグロビンの分子進化や環境適応の仕組みを明らかにすることを目指している。

今年度は、北海道教育大学と大阪大学大学院基礎工学研究科と共同で、進化上、単量体ヘモグロビンと四量体ヘモグロビンをつなぐ位置にある円口類ヘモグロビン、およびそのミオグロビンの構造と機能を明らかにするため、新潟産と北海道産のカワヤツメウナギの血液から溶血液とヘモグロビンを、筋肉からミオグロビンをそれぞれ調製して下記の実験結果を得た。

1. ヘモグロビン、ミオグロビンの成分と構造の解析

（1）溶血液には 5 つのアイソフォーム（Hb I ～Hb V）が存在し、初めの 2 つがメジャー成分であった。

（2）精製した Hb I のアミノ酸配列はウミヤツメの Hb V のそれと 97% の相同性を示した。ヒトの Hb の α 鎖、 β 鎖に比べると相同性は低く、N 末端が 8 残基長く、C 末端付近に 9 残基分の欠損がみられた。

（3）Hb II のアミノ酸配列は Hb I のそれと同一であった。

（4）ミオグロビンは単一成分で、しかも、そのアミノ酸配列は Hb I のそれと同一で

あった。

2. 酸素結合特性

(1) Hb の機能は、種々の点において脊椎動物 Hb のそれに比べて原始的である（弱い協同作用、Bohr 効果、CO₂ の効果の存在と有機リン酸塩効果の欠如）。

(2) Hb I と Hb II の間には若干の機能的差異がみられた。

(3) ミオグロビンの機能は Hb I のそれに類似していた。

3. 電子常磁性共鳴 (EPR)、フーリエ変換赤外線吸収 (FT-IR)

(1) 酸化型と還元 NO 型の EPR、CO 型の FT-IR のデータは、ヤツメウナギ Hb のヘム鉄配位構造が、近位、遠位残基が His である脊椎動物 Hb のそれに類似していることを示しているが、若干の相違もみられる。

4. まとめ

(1) Hb II は Hb I が何らかの人工的あるいは翻訳後修飾によって生成した可能性がある。

(2) ヤツメウナギでは、Mb は Hb と同一蛋白である可能性がある。そうだとすると、この動物、あるいは円口類一般では、Hb のポリペプチド鎖をそのまま Mb として“流用”していることになり、進化論的に興味深い。

【大河内グループ】 生体水 の概念

生命現象の場としての水（細胞内液、組織間液、血液などの体液）の役割を明らかにすることを目指している。今年度は、活性酸素による生体の酸化を防ぎ、人工体液などに応用可能な、抗酸化力を有する還元系の“生体水”の概念を提案した。

ここ 10 年以上に亘って水の分子クラスターの大小により、健康やおいしい水の評価が可能とした 170-NMR 法について、当研究室ではその評価は不可能なことを明らかにした。そこで、新たな水評価法として、電子と水素イオン濃度（活量）に基づいた ORP（酸化還元電位）-pH による方法を提案した。悪性腫瘍や老化の原因物質と考えられている活性酸素を消去する抗酸化能を、水が有しているなら、健康にとって有意義な水となる。すなわち、活性酸素は相手を酸化することから、その反対の還元は酸化抑制作用を有する。そこで、これまで pH 7 を基準に、水が酸性とアルカリ性に分類されてきたが、さらに pH 7 に対応する平衡電子濃度（活量）として、平衡 ORP 式を提案し、これにより水が酸化系、還元系に分類できることを明らかにした。このことにより、ORP-pH を測定により、活性酸素消去能の、必ずしもイコールではないが、簡便な評価法が可能となり、さらに各種水を測定した結果、温泉源泉、その浴用に一番影響する皮膚、さらに皮膚の内側の体液、我々生体を維持、成長するために日常的に摂取している畜産肉類、魚介類、野菜・果物類すべてが還元系であることが明らかとなり、生体に近い水としての“生体水”の概念を提案した。

【片岡グループ】 分子シミュレーションによる蛋白質の立体構造

本年度テーマ：「レプリカ交換法による長鎖状分子のモンテカルロシミュレーション」

モンテカルロシミュレーションから長鎖状分子の相転移に伴う構造・エネルギー・エントロピー変化を調べる方法を研究した。

具体的モデルは、30 個のモノマーが長鎖状に連なり、隣り合うモノマー間にはバネ相互作用が働くものである。より離れたモノマー間にはベキ乗の反発ポテンシャルと静電的相互作用が作用する。電荷は 1-15 番目のモノマーと 16-30 番目のモノマーで符号が異なる。モンテカルロシミュレーションによって十分高温からシミュレーションを始め、徐々に温度を下げると、ランダムな構造から代表的には 2 種の規則構造のどちらかへ相転移することが分かった。エネルギーがより低い規則構造として螺旋型構造が得られ、もう一つの規則構造は卵型の密度の高い構造である。

サンプリングの効率はレプリカ交換法の方が通常のメトロポリス法より高いことも明らかになった。

【高月グループ】 遺伝子発現産物の翻訳後プロセスの解析

本年度テーマ：「ゴルジ膜構造体のダイナミクス制御 ―構造維持と再構築の機構―」

複合糖質糖鎖合成や細胞内輸送において重要な機能を担っているゴルジ装置は中心体近傍に係留された特異な構造を維持しており、また、細胞分裂時に断片化して娘細胞に等分に分配された後に速やかに再構築されるダイナミックな膜構造体である。ゴルジ装置の中心体近傍への係留は微小管に依存すると考えられてきたが、細胞分裂阻害剤などの存在下で微小管を破壊しても中心体近傍に係留されることから、微小管以外の細胞内構造体の関与が示された。次いで、ゴルジ装置や中心体に存在する蛋白に特異な抗体を用いて蛍光抗体法で解析し、ゴルジ装置と中心体は繊維状構造体で結ばれていることを見いだした。この繊維状構造体には cAMP 依存性プロテイン・キナーゼ (PKA) が存在することから、PKA 阻害剤のゴルジ装置構造維持に及ぼす作用を検討し、ゴルジ装置 nucleation という中心体の新規な機能を提唱した。

【平松・関田グループ】 遺伝子解析と情報理論による特定残基の機能

情報理論を蛋白質一次構造でのアミノ酸残基の生起確立に応用することによって、特定残基の構造・機能上の重要性を推定する研究を行っている。今年度は、エイズウイルス HIV の V3 ループでのウイルス存続に重要なアミノ酸群の推定を行った。

【浦谷・田辺グループ】 分子生物学へのトポロジー代数の応用

RNA および蛋白質の三次元構造へのトポロジー代数の応用と機能解析、とくに、ゲノム・モチーフ検索の新しいアルゴリズムの提案を目指している。今年度は、検索アルゴリズムのボトルネックであったソート法で、従来法に比べ圧倒的に高速な新解析法の開発に成功した。

【中村グループ】 遺伝子組み換えによる生体内情報伝達系の解析

細菌は光、酸素、栄養などの環境の変化を感知するために「二成分情報伝達系」^{*1} というタンパク質ファミリーを多数発達させてきた。この「二成分情報伝達系」では、環境因子（リガンド）を感知したセンサータンパク質が ATP を使ってペアのタンパク質をリン酸化することで細胞内に情報を伝える。今回の研究では根粒菌中に存在するヘム（鉄-ポルフィリン錯体）を含む酸素センサータンパク質 FixL を試料にして、リン酸化反応の産物である ADP によってヘム鉄と酸素の結合の強さが変化することを世界で初めて発見し、センサー機能とリン酸化反応を結び付けたメカニズムを明らかにした。「二成分情報伝達系」は、ほ乳類などの動物には存在しないので、このようなリン酸化反応の基本的なメカニズムを解明することで病原性細菌などに対する抗生物質の開発につながるものと期待される。

【磯貝・飯塚グループ】 新規蛋白質分子の設計

天然のヘムタンパク質が持つ高いヘム親和性や機能は、ヘム結合部位近傍のアミノ酸の種類と配置が重要であると考えられる。しかし、天然並みのヘム結合親和性を持つ人工ヘムタンパク質はまだ作られておらず、どのようなアミノ酸をどう配置すれば良いかということは明らかでない。そこで、人工設計されたヘムタンパク質の実験室内進化系を試作した。すなわち、ランダム変異を導入した人工ヘムタンパク質をファージの外殻タンパク質との融合体としてファージ表面に呈示させ、ヘムとの親和性を利用して活性のあるクローンを選択する。そのために、プロトヘムをビオチン化した新規分子（ビオチンヘム）を合

成した。合成は、ビオチンのヒドラジド誘導体をジシクロヘキシルカルボジイミド存在下でヘムのプロピオン酸基とカップリングすることで行った。ビオチンヘムは単独で天然ヘム蛋白質のアポ体と結合し、その機能を再構成することができた。また、ストレプトアビジンとビオチンの強く特異的な相互作用を利用して、ビオチンヘムに結合した蛋白質を迅速に回収できることを確認した。さらに、実験室進化の初期分子として、昨年度までに設計した人工グロビンの他に、ヘムを結合する4ヘリックスバンドルを設計した。この人工タンパク質を大腸菌のタンパク質発現系を用いて合成したところ、設計した通りの2次構造を保持し、ヘムを特異的に結合した。

【原田グループ】 ナノテクノロジーによる生体内情報伝達系の解析

神経成長因子 (Nerve Growth Factor、以下NGFと略す) が 10^{-10} M 程度の極めて低い濃度で、脊髄後根節神経細胞の発生分化や神経軸索の伸長を誘導するメカニズムを明らかにするために、蛍光色素 (Cy3) で標識した個々の NGF 分子が成長円錐膜上の受容体に結合していく様子や、受容体に結合した後、成長円錐内でどのような振る舞いをするのかを、蛍光1分子イメージング顕微鏡を用いて観察し解析を行った。その結果、受容体結合後の NGF 分子のふるまいには2種類あることが明らかとなった。ひとつは運動方向に偏りのない、2次元拡散運動で、もうひとつは成長円錐の進行方向と逆の方向に向かう、一方向性の運動である。Cy3 NGF の投与直後には、受容体に結合した Cy3 NGF のほとんどが2次元拡散運動をおこなっているが、投与10分後にはそれらの多くが一方向性の運動によって成長円錐基部に集積され、集合体を形成していることが観察された。Cy3 NGF 分子ひとつひとつの軌跡を追跡した結果、受容体と結合した NGF は、初めに2次元拡散運動をおこなった後に、一方向性運動に移行して、成長円錐と神経軸索との結合部に集められ、ここで細胞内に取り込まれることが示唆された。

【堀グループ】 磁気共鳴分光学による蛋白質物性

本年度テーマ：「S=2 スピン系ヘムタンパク質の電子常磁性共鳴 (EPR) による解析— Mn^{3+} —置換ミオグロビンの場合—」

Fe^{2+} ヘム鉄と同じS=2を持つ Mn^{3+} -ポルフィリン置換ミオグロビン ($Mn^{3+}Mb$) の電子状態の解析を行った。

Mn^{3+} -錯体の高スピン状態 (S=2) のゼーマンエネルギー準位はスピンハミルトニアン $H = D[S_z^2 - S(S+1)/3] + E(S_x^2 - S_y^2) + \beta \mathbf{S} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{B}$ より求められる。

外部磁場をヘム面に垂直方向 (z 軸)、かつ z 軸に平行にマイクロ波磁界をかけると、 $\Delta S=2$ のEPR遷移が可能性になる。

この条件を満たす二重モードEPR空洞共振器を作製した。

$Mn^{3+}Mb$ 溶液のXバンドEPRは75mT 付近に特異な信号を示した。

信号強度の温度依存性の解析、平行モードでの信号強度から $S_z = \pm 2$ 近接準位間の遷移で、 $D < 0$ である事が明らかとなった。単結晶 $Mn^{3+}Mb$ 中のヘム面垂直 (z 軸) 方向のEPR信号解析の結果から、 $g_z = 1.93$ 、 $E^2/D = -0.032 \text{ cm}^{-1}$ が得られた。

2003年度業績リスト (ナノバイオロジープロジェクト)

●今井清博

論文

- 1) Zhang, Y., Miki, M., Sasagawa, K., Kobayashi, M., Imai, K. & Kobayashi, M.: "The cooperativity of human fetal and adult hemoglobins is optimized: a consideration based on the effectiveness of the Bohr shift", *Zool. Sci.* 20, 23-28 (2003).
- 2) Kamimura, S., Matsuoka, A., Imai, K. & Shikama, K.: "The swinging movement of the distal histidine residue and the autoxidation reaction for midge larval hemoglobins", *Eur. J. Biochem.* 270, 1424-1433 (2003).
- 3) S.Neya, K. Imai, H. Hori, H. Ishikawa, K. Ishimori, D. Okuno, S. Nagatomo, T. Hoshino, M. Hata, & N. Funasaki: "Iron hemiporphyrin as a prosthetic Group for myoglobin", *Inorg. Chem.* 42, 1456-1461 (2003).
- 4) Zhang, Y., Kobayashi, K., Sasagawa, K., Imai, K. & Kobayashi, M.: "Significance of affinity and cooperativity in oxygen binding to hemoglobin of horse fetal and maternal blood", *Zool. Sci.* 20, 1087-1093 (2003).
- 5) Miyazaki, A., Nakanishi, T., Shimizu, A., Ninomiya, K., Nishimura, S. & Imai, K.: "Hb Buzen [β 138(H16)Ala $\rightarrow$ Thr (g. 1395 G $\rightarrow$ A)]: A new β chain variant", *Hemoglobin* 27, 243-247 (2003).
- 6) Saito, K., Ito, E., Hosono, K., Nakamura, K., Imai, K., Iizuka, T., Shiro, Y., and Nakamura, H.: "The Uncoupling of Oxygen Sensing, Phosphorylation Signaling and Transcriptional Activation in Oxygen Sensor FixL and FixJ Mutants", *Mol. Microbiol.* 48(2), 373-383 (2003).
- 7) Nakamura, H., Kumita, H., Imai, K., Iizuka, T., and Shiro, Y.: "ADP reduces the oxygen-binding affinity of a sensory histidine kinase, FixL: The Possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101, 2742-2746 (2004).

口頭発表

- 1) 今井清博、堀洋、矢沢洋一、大河内正一: 「ヤツメウナギのヘモグロビン、ミオグロビンの構造と機能」、第41回日本生物物理学会年会、2003年、新潟市
- 2) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: The possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", *Chemical Biology of Metal Sensors with Switching Function The 3rd Symposium*, Kyoto, Oct. (2003)
- 3) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: the possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", *Gordon Research Conferences: Sensory Transduction in Microorganisms*, Ventura, USA, Jan. (2004)

●大河内正一

論文

- 1) H. Ohnami, K. Koumura, S. Ikeda, and S. Okouchi: "ORP (Oxidation-Reduction Potential) - pH Relationship between Hot Spring Waters and Human Body Fluids", *Proceedings of The 38th Conference of Societe Internationale des Techniques Hydrothermales*, 320-325 (2003).

口頭発表

- 1) 大河内正一、吉田史志、土田和志、阿部寛史、石原義正、上平恒、“糖アルコール水溶液中における水の動的状態”、日本化学会第 83 春季年会、2PA-028(2003 年 3 月).
- 2) 平岡英泰、大河内正一、大野慶晃、阿岸祐幸、“レーザー血流画像化装置による食品がおよぼす血流量変化の測定 (II)”、日本食品工学会第 4 回年次大会講演要旨集、94(2003).
- 3) 大河内正一、吉田史志、土田和志、阿部寛史、石原義正、上平恒、“プロトン交換速度に及ぼすアルキル基の影響”、第 26 回溶液化学シンポジウム&OHTAKI SYMPOSIUM 講演要旨集、126-127(2003 年 10 月)
- 4) 大河内正一、阿部寛史、石原義正、上平恒、“誘電緩和法によるカルボキシル基を有する溶質水溶液中の水の動的状態”、第 26 回溶液化学シンポジウム&OHTAKI SYMPOSIUM 講演要旨集、134-135(2003 年 10 月)
- 5) 大波英幸、阿部寛史、平岡英泰、乾祐哉、御影佳孝、森雅年、和賀俊明、大河内正一、“還元水の Aging 抑制”、第 2 回日本機能水学会学術大会講演要旨集、42(2003).
- 6) 今井清博、堀洋、矢沢洋一、大河内正一：“ヤツメウナギのヘモグロビン、ミオグロビンの構造と機能”、第 41 回日本生物物理学会年会、2003 年、新潟市

●片岡洋右

論文

- 1) Yamada, Y. and Kataoka, Y.: “Equation of State for Free Energy of Homogeneous Nucleation in Supersaturated Lennard-Jones Vapor Phase Derived by Monte Carlo Simulations”, Bull Chem. Soc. Japan 76 (7), 329-1339 (2003).

概要：レナードジョーンズ粒子系での過飽和蒸気相における均質核生成の自由エネルギーをモンテカルロ法で求めそれを密度・温度・粒子数に関する状態方程式にまとめた。計算方法はそれぞれの密度・粒子数について低温から十分高温までのモンテカルロシミュレーションを行い、低温での同一基準から計ったクラスター相とモノマー相のエントロピーを熱力学的積分法によったものである。ヘルムホルツ自由エネルギーだけではなくギブスの自由エネルギーについても議論した。

紀要

- 1) 蟹江了充、片岡洋右：“分子動力学法を用いた水のマイクロクラスターの相転移計算,” 法政大学計算科学研究センター報告, 17, 65-68 (2004)

概要：水分子の個数が 8 個の場合と 30 個の場合についてマイクロクラスターを低温で作成し、温度上昇に伴う総転移を分子動力学法で調べた。水分子の間には水素結合が形成される SPCE モデルポテンシャルを仮定した。キャリアガスとしてアルゴン分子を導入してシミュレーションを行い、水分子系の値はアルゴン系の熱力学量を差し引くことで得た。系の温度を上昇させてクラスターが崩壊しモノマーへ転移する様子が観測され、そのときの熱力学量の変化を計算できた。

- 2) 老沼宏益、片岡洋右：“荷電粒子系モデルに関する分子動力学シミュレーション”, 法政大学計算科学研究センター報告, 17, 69-72 (2004)

概要：荷電粒子気体のモデル計算を NTV アンサンブル分子動力学シミュレーションによって行った。代表的な温度を指定して、圧力が体積にどのように依存するかを調べた。具体的な分子系のイメージとしては気体状態での KCl である。モデルの一つは正負の電荷を持つ粒子を独立に扱う場合であり、他は正負の電荷を持つ粒子が分子を形成しているものである。この系では強い静電的な相互作用があるため気液臨界温度近傍では特徴ある pVT 関係が得られた。

口頭発表

- 1) 老沼宏益, 片岡洋右: "分子動力学法による荷電粒子系の圧力等温線", 日本コンピュータ化学会 2003 春季年会講演予講集, 1P02 (2003)
- 2) 蟹江了充, 片岡洋右: "分子動力学法による水のマイクロクラスターの相転移", 日本コンピュータ化学会 2003 春季年会講演予講集, 1P03 (2003)
- 3) 上田洋輔, 山田祐理, 片岡洋右: "レプリカ交換法による長鎖状分子のモンテカルロシミュレーション", 日本コンピュータ化学会 2003 春季年会講演予講集, 2P10 (2003)
- 4) 山田祐理, 片岡洋右: "剛体壁から離れた場所にある井戸型ポテンシャル系の液・液および気・液相転移の統計理論", 第 26 回溶液化学シンポジウム 1A06 (2003)
- 5) YKATAOKA, Y. and YAMADA, Y.: "Fluid-fluid Transition and Negative Expansion in 2 Step-function Molecules System by Statistical Mechanics", Joint Meeting: "International Conference on Molecular Simulation" and "Computational Science Workshop 2004", Jan 13-15, 2004, Tsukuba.

●高月 昭

論文

- 1) 高月 昭: 「糖タンパク質の合成および細胞内輸送の阻害剤の発見と作用機構の研究」、日本農芸化学会誌 78 (1), 14-18 (2004).

口頭発表

- 1) 高月 昭: 「バイオブローブを用いたゴルジ装置ダイナミクス機構の研究」、第 1 回ケミカルバイオロジーシンポジウム発表要旨集、p. 34, (2004)

●平松豊一

論文

- 1) Hiramatsu, T., S. Nishimura and S. Matsuda: "A generalization of the Lee distance and error correcting codes", Proceedings 2003 IEEE, Inter. Sym. on IT, p186, 2003.

著書

- 1) Hiramatsu, T. & G. Kohler: "Coding Theory and Number Theory", Kluwer Academic Publishers, 2003. (with G. Kohler).

紀要

- 1) 平松豊一, 知念宏司: 「自己双対符号のゼータ関数とリーマン予想の類似」, 法政大学工学部研究集報, 第 40 巻, 21-26, 2004.

口頭発表

- 1) 平松豊一、知念宏司: 「線形符号のゼータ関数とリーマン予想の類似」, 京大数理研究集会「符号と暗号の代数的数理」, (2003 年 11 月).
- 2) 平松豊一、松井聖 滋その他: 「Duadic 符号と冪剰余」, 第 26 回情報理論とその応用シンポジウム(SITA2003), (2003 年 12 月)

●飯塚哲太郎

論文

- 1) Saito, K., Ito, E., Hosono, K., Nakamura, K., Imai, K., Iizuka, T., Shiro, Y.,

and Nakamura, H.: "The Uncoupling of Oxygen Sensing, Phosphorylation Signaling and Transcriptional Activation in Oxygen Sensor FixL and FixJ Mutants", Mol. Microbiol. 48(2), 373-383 (2003).

2) Nagamine, T., Kawasaki, Y., Iizuka, T., Okano, K., Matsumoto, S., and Choudary, P.V.: "Functional Characterization of Bacterial Signal Peptide OmpA in a Baculovirus-Mediated Expression System", Cell Str. Func. 28, 131-142 (2003).

3) Nakamura, H., Kumita, H., Imai, K., Iizuka, T., and Shiro, Y.: "ADP reduces the oxygen-binding affinity of a sensory histidine kinase, FixL: The Possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 2742-2746 (2004).

著書

1) 飯塚哲太郎: 「ポストシーケンスタンパク質実験法4---構造・機能解析の実際」(大島泰郎、鈴木紘一、藤井義明、村松喬編)、東京化学同人、東京、「金属蛋白質の解析---ESR法と EXAFS 法」, pp.103-111 (2003)

口頭発表

1) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: The possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Chemical Biology of Metal Sensors with Switching Function The 3rd Symposium, Kyoto, Oct. (2003)

2) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: the possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Gordon Research Conferences : Sensory Transduction in Microorganisms , Ventura, USA, Jan. (2004)

●中村寛夫

論文

1) Saito, K., Ito, E., Hosono, K., Nakamura, K., Imai, K., Iizuka, T., Shiro, Y., and Nakamura, H.: "The Uncoupling of Oxygen Sensing, Phosphorylation Signaling and Transcriptional Activation in Oxygen Sensor FixL and FixJ Mutants", Mol. Microbiol. 48(2), 373-383 (2003).

2) Nakamura, H., Kumita, H., Imai, K., Iizuka, T., and Shiro, Y.: "ADP reduces the oxygen-binding affinity of a sensory histidine kinase, FixL: The Possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 2742-2746 (2004).

3) Akimoto S., Tanaka A., Nakamura K., Shiro Y., and Nakamura H.: "O₂-specific regulation of the ferrous heme-based sensor kinase FixL from *Sinorhizobium meliloti* and its aberrant inactivation in the ferric form", Biochem. Biophys. Res. Commun. 304, 136-142 (2003)

4) Kumita H., Yamada S., Nakamura H., and Shiro Y.: "Chimeric sensory kinases containing O₂ sensor domain of FixL and histidine kinase domain from thermophile", Biochim. Biophys. Acta 1646, 136-144 (2003)

5) Saito K., Ito E., Hosono K., Nakamura K., Imai K., Iizuka T., Shiro Y., and Nakamura H.: "The uncoupling of oxygen sensing, phosphorylation signalling and transcriptional activation in oxygen sensor FixL and FixJ mutants", Molecular Microbiology 48, 2,

373-383 (2003)

6) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: the possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 2742-2746 (2004)

口頭発表

1) Kumita H., Yamada S., Nakamura H., and Shiro Y.: "Interaction between sensor domain and histidine kinase domain of sensory histidine kinase in the two-component signaling system", 11th International Conference on Biological Inorganic Chemistry, Cairns, Australia, Jul. (2003)

2) 穂本 智、城 宜嗣、中村 寛夫: "FixLによるO₂, CO, NOの弁別 sensing と生理機能発現に関して", 第8回酸素ダイナミクス研究会, 神戸, Sep. (2003)

3) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: The possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Chemical Biology of Metal Sensors with Switching Function The 3rd Symposium, Kyoto, Oct. (2003)

4) 穂本 智、田中 敦成、中村 花野子、城 宜嗣、中村 寛夫: "O₂ specific regulation of the ferrous heme-based sensor kinase FixL from *Sinorhizobium meliloti* and its aberrant inactivation in the ferric form", 第76回日本生化学会大会, 横浜, Oct. (2003)

5) 田中 敦成、中村 寛夫、城 宜嗣: "酸素センサータンパク質 FixL の自己リン酸化制御機構における二重体化の意義", 第26回日本分子生物学会年会, 神戸, Oct. (2003)

6) Kasai Y., Kanemoto M., Shiro Y., and Nakamura H.: "Two-component signal transferring systems: from bacteria to plants", Chemical Biology of Metal Sensors with Switching Function The 3rd Symposium, Kyoto, Oct. (2003)

7) 伊藤 かおり、葛西 佑一、伊藤 隆、柴田 武彦、田村 浩二、中村 寛夫、城 宜嗣: "根粒菌 FixJ 蛋白質 C 末端ドメインの DNA との相互作用の解析", 第42回 NMR 討論会, 吹田, Nov. (2003)

8) 葛西 佑一、倉島 かおり、伊藤 隆、中村 寛夫、柴田 武彦、城 宜嗣: "二成分情報伝達系レスポンスレギュレーター FixJ の構造・機能解析", 第42回 NMR 討論会, 吹田, Nov. (2003)

9) 中村 寛夫: "細胞内情報伝達系: 生物が用いるやわらかい相互作用", 理研シンポジウム「モレキュラー・アンサンブル2003」, 和光, Dec. (2003)

10) 穂本 智、城 宜嗣、中村 寛夫: "Arginine in distal side of oxygen-sensing domain acts as the switch for the initial reaction of autokinase activity to FixL", 第26回日本分子生物学会年会, 神戸, Dec. (2003)

11) Nakamura H., Kumita H., Imai K., Iizuka T., and Shiro Y.: "ADP reduces the oxygen binding affinity of a sensory histidine kinase FixL: the possibility of an enhanced reciprocating kinase reaction", Gordon Research Conferences: Sensory Transduction in Microorganisms, Ventura, USA, Jan. (2004)

●磯貝泰弘

論文

1) Ishida, M., Dohmae, N., Shiro, Y. and Isogai, Y.: "Synthesis of biotinylated heme and its application to panning heme-binding proteins", Analytical Biochemistry 321, 138-141 (2003).

概要：鉄-プロトポルフィリンIX（ヘム）とビオチンをスペイサーを介して結合し、新規のヘム誘導体分子ビオチンヘムを合成した。ビオチンヘムはアポミオグロビンおよび複数の人工ヘムタンパク質に特異的に結合し、タンパク質の活性を再構成できた。したがってこの分子は、新規の受容体タンパク質の探索やランダム変異を導入した人工ヘムタンパク質ライブラリーから機能性クローンをスクリーニングするのに有効である

口頭発表

- 1) 石田学、堂前直、城宜嗣、磯貝泰弘：“Synthesis of biotinylated heme and its application to panning heme-binding proteins”、第76回日本生化学会大会、2003年10月、横浜
- 2) Ishida, M, Dohmae, N., Shiro, Y., Isogai, Y.: “Design and synthesis of de novo cytochrome c”, The 3rd Symposium on Chemical Biology of Metal Sensors with Switching Function, Oct. 2003, Kyoto
- 3) 武蔵映、杉本宏、城宜嗣、磯貝泰弘：「揺らいでいるC末断片を除去した λ Croの機能・構造解析」、第46回日本神経化学会年会・第41回日本生物物理学会年会合同年会、2003年9月、新潟
- 4) 西山 善喬、磯貝 泰弘、 荒川 秀雄、 猪飼 篤：「ミオグロビンとその人工類似体の構造安定性と力学応答特性の関係」、第46回日本神経化学会年会・第41回日本生物物理学会年会合同年会、2003年9月、新潟
- 5) 磯貝泰弘：「人工タンパク質のデザイン」、立命館大学理工学研究所プロジェクト研究シンポジウム「蛋白質を主とする生態系の化学：生物科学と溶液化学の融合」、2004年1月、滋賀県草津
- 6) 磯貝泰弘：「人工タンパク質のデザイン」、バイオデザインの活用による新機能物質の開発研究会第8回研究会、2004年1月、名古屋
- 7) 磯貝泰弘：「デザインとフォールディング研究の接点」、理研シンポジウム（タンパク質のデザイン，実験室進化，フォールディング）、2004年3月、埼玉県和光

●原田慶恵

論文

- 1) 原田慶恵：“RNA ポリメラーゼによる DNA の回転をみる（イメージングで解き明かす生命機能 第3回）”. 実験医学, 21, 1800-1801, 2003
- 2) 原田慶恵：“生物学実験法講座「1分子生理学」DNA モーターの1分子機能解析”. 日誌, 65(7・8), 225-231, 2003
- 3) 原田慶恵：“熱ゆらぎを利用して動く？—モータータンパク質の新しい運動モデル—”. 化学, 58(11), 48-49, 2003

著書

- 1) 原田慶恵：“生体分子の1分子イメージング. 生命科学への招待”（太田博道・柳川弘志 編著）, 151-163, 三共出版, 2003
- 2) 原田慶恵：“DNA モーターを測る. ナノテクノロジーハンドブック IV 編 バイオ・化学へ使う”（ナノテクノロジーハンドブック編集委員会編）, 108-112, オーム社, 2003
- 3) 原田慶恵：“DNA, RNA ポリメラーゼ”. 生物物理学ハンドブック, 朝倉書店, 印刷中

口頭発表

- 1) 原田慶恵：“個々の生体分子の動きを見て細胞や分子モーターの機能を探る”. 第27回バイオイノフォーマティクス研究会, 2003. 4. 23, 東京

- 2) 原田慶恵: “1 分子の動きを見て細胞や分子モーターの機能を探る”. 2003. 6. 5, 横浜市立大学大学院総合理学研究科計測科学研究室講演会, 横浜
- 3) 原田慶恵: “1 分子ナノバイオサイエンス—分子 1 個の動きを光学顕微鏡で見える—”. 臨床研カレッジ 2003, 2003. 6. 26, 東京
- 4) 谷知己, 宮本善一, 藤森一浩, 田口隆久, 柳田敏雄, 佐甲靖志, 原田慶恵: “後根節成長円錐における神経成長因子受容の 1 分子解析”. 第 26 回日本神経科学大会, 2003. 7. 23-25, 名古屋
- 5) Harada, Y.: “Single-molecule approach to the function of cell and DNA motor. XXIST International Conference on Photochemistry”, 2003. 7. 28, 奈良 (招待講演)
- 6) 谷知己, 原田慶恵: 成長円錐における神経成長因子の輸送と集積: “1 分子単位の観察”, 日本生物物理学会 第 41 回年会, 2003. 9. 23-25, 新潟
- 7) 鞍馬秀輝, 貴家康尋, 多田隈尚史, 永川豊広, 船津高志, 原田慶恵: “ β -actin mRNA の細胞内輸送と局在のイメージング”. 日本生物物理学会 第 41 回年会, 2003. 9. 23-25, 新潟
- 8) Harada, Y.: “Observation of DNA rotation during transcription by RNA polymerase”. Forth East Asian Biophysics Symposium, 2003. 11. 3-6, Taipei, Taiwan
- 9) Tani, T., Miyamoto, Y., Fujimori, K., Taguchi, T., Yanagida, T., Sako, Y., Harada, Y.: “Transport of nerve growth factor in the growth cones of dorsal root ganglion neurons”. COE International Conference 2003 “Molecular Mechanism of Intracellular Transports: The Roles of Kinesin and Dynein Superfamily Proteins”, 2003. 11. 4-8, 箱根
- 910) Sasuga, Y., Ohara, O., Harada, Y.: “High-throughput analysis of the biomolecular interactions by the using microbeads array”. The 6th Conference of Asia-Pacific International Molecular Biology Network, 2003. 11. 12-13, 東京
- 11) Tani, T., Miyamoto, Y., Fujimori, K., Taguchi, T., Yanagida, T., Sako, Y., Harada, Y.: “Single molecule tracking of nerve growth factor on the growth cones of dosal root ganglion”. First COE International Symposium Gunma University “Molecular Mechanisms for Vesicle Traffiking and Membrane Fusion”, 2003. 11. 21-22, 前橋
- 12) 谷知己, 宮本善一, 藤森一浩, 田口隆久, 柳田敏雄, 佐甲靖志, 原田慶恵: “成長円錐における神経成長因子の受容機構: 1 分子の振る舞いから”. 日本顕微鏡学会第 48 回シンポジウム 材料科学と生命科学のクロストーク —顕微鏡解析の最前線—, 2003. 12. 6-7, 東京 (招待講演)
- 13) Harada, Y.: “Studies on Biomolecules Using Single Molecule Imaging and Manipulation Techniques”. RLNR/Tokyo-Tech 2003 International Symposiu—Nanoscience and Nanotechnology on Quantum Particles 2003, 東京
- 14) Sasuga, Y., Ohara, O., Harada, Y.: “Analysis of the biomolecular interactions by the using microbeads array”. RLNR/Tokyo-Tech 2003 International Symposium—Nanoscience and Nanotechnology on Quantum Particles 2003, 2003. 12. 15-17, 東京
- 15) 原田慶恵: “1 分子の動きを観てタンパク質の機能を探る”. 名古屋大学遺伝子実験施設公開セミナー, 2003. 12. 19, 名古屋
- 16) Harada, Y.: “Single-Molecule Approach to the Function of Cell and DNA Motor”. Mini-conference “Nano-machines: Frontiers and opportunities”, 2003. 12. 26, Taichung, Taiwan (招待講演)
- 17) 原田慶恵: “分子イメージングによる生体分子間相互作用解析システムの開発”. 特定領域研究 (B) 公開シンポジウム, 2004. 3. 5, 東京
- 18) Harada, Y.: “Biomolecule Imaging”. ナノ電気計測グループ研究会, 2004. 3. 20, 日光 (招待講演)

●堀 洋

論文

- 1) Y. Miyajima, H. Yashiro, T. Kashiwagi, M. Hagiwara and H. Hori: "High Field and Multi-Frequency EPR in Single Crystals of Sperm Whale Met-Myoglobin: Determination of the Axial Zero-Field Splitting Constant and Frequency Dependence of the Linewidth", J. Phys. Soc. Jpn., 73, 280-286 (2004)
- 2) T. Egawa, S. Yoshioka, S. Takahashi, H. Hori, S. Nagano, H. Shimada, K. Ishimori, I. Morishima, M. Suematsu, and Y. Ishimura: "Kinetic and Spectroscopic Characterization of Hydroperoxy Compound in the Reaction of Native Myoglobin with Hydrogen Peroxide", J. Biol. Chem., 278, 41597-41606 (2003)
- 3) T. Mikuma, T. Ohyama, N. Terui, Y. Yamamoto, and H. Hori: "Coordination complex between haemin and parallel-quadruplexed d(TTAGGG)", Chem. Commun. (2003) 1708-1709
- 4) R. Makino, E. Obayashi, N. Homma, Y. Shiro, and H. Hori: "YC-1 Facilitates the Release of the Proximal His Residue in the NO and CO complexes of Soluble Guanylate Cyclase", J. Biol. Chem. (2003) 278, 11130-11137
- 5) M. Tanaka, K. Matsuura, S. Yoshioka, S. Takahashi, K. Ishimori, H. Hori, and I. Morishima: "Activation of Hydrogen Peroxide in Horseradish Peroxidase Occurs within ~300ms Observed by a New Freeze-Quench Device", Biophysical J. (2003) 84, 1998-2004

紀要

- 1) 堀 洋: "EPR でヘムタンパク質の何をみるか? - 活性部位の電子状態と構造・機能との相関 -", 大阪大学低温センターだより, 2003 年, No. 121, pp. 7-11.

口頭発表

- 1) 宮嶋良治、八代晴彦、柏木隆成、萩原政幸、堀洋: "マッコウクジラメトミオグロビン単結晶の高磁場、多周波 EPR による研究", 第 41 回日本生物物理学会年会、2003 年、新潟市
- 2) 畠中逸平、堀洋、宮崎源太郎: "Hb の R→T 転移による C-O 伸縮振動変化". 第 41 回日本生物物理学会年会、2003 年、新潟市
- 3) 汲田英之、松浦宏治、高橋聡、堀洋、福森義宏、森島績、城宜嗣: "急速凍結 EPR 分光法による緑膿菌由来 NO 還元酵素の短寿命中間体の観測と反応機構解析", 第 41 回日本生物物理学会年会、2003 年、新潟市
- 4) Ryu Makino, Shinsuke Yazawa, and Hiroshi Hori: "Interaction between nucleotide binding site and heme-sensor site in guanylate cyclase", 第 76 回日本生化学会大会、2003 年、横浜市
- 5) Yuji Matsuda, Takeshi Uchida, Hiroshi Hori, Teizo Kitagawa, and Hiroyuki Arata: "Roseobacter denitrificans has a nitric oxide reductase homologue with unique binuclear center composed of heme b3 and a copper atom", 第 76 回日本生化学会大会、2003 年、横浜市
- 6) 八代晴彦、宮嶋良治、柏木隆成、萩原政幸、堀洋: "高磁場、多周波 EPR 装置の金属タンパク質への適用: マッコウクジラメトミオグロビンの単結晶 EPR", 第 42 回電子スピンサイエンス学会年会 (SEST2003)、2003 年、東広島市
- 7) 萩原政幸、宮嶋良治、八代晴彦、柏木隆成、堀洋: "鯨メトミオグロビン単結晶の多周波 EPR", 日本物理学会 2003 年秋季大会、2003 年、岡山市

会議等開催記録

● 運営委員会(2003 年度)

2003. 12. 22 第 1 回運営委員会
2004. 1. 20 第 2 回運営委員会
2004. 2. 19 第 3 回運営委員会
2004. 3. 18 第 4 回運営委員会

● 開設記念シンポジウム実行委員会

2004. 3. 8 第 1 回シンポジウム実行委員会

● ナノテクセミナー

2003. 10. 22 第 1 回セミナー
テーマ：実験室での分子進化の原理と応用
講 師：伏見 譲（埼玉大学工学部機能材料工学科・教授）
演 題：「生体高分子を進化させる」

2003. 11. 20 第 2 回セミナー
テーマ：超高速デバイス・回路・実装技術
講師・演題
宮本恭幸（東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻）
「超高速 InP HBT 技術」
佐野公一（NTTフォトニクス研究所テラビットデバイス研究部）
「多相クロックアーキテクチャー回路設計技術」
増田 哲（富士通研究所フォト・エレクトロニクス研究所高速 IC テクノロジー研究部）
「超高速フリップチップ多層 MMIC パッケージング技術」

2003. 12. 12 第 3 回セミナー
テーマ：単層カーボンナノチューブの生成法と生成機構についての研究の現状
講 師：丸山茂夫
演 題：単層カーボンナノチューブの生成と生成機構

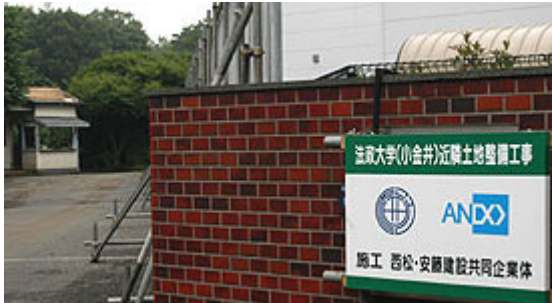
2004. 1. 23 第 4 回セミナー
テーマ：マイクロ放電加工の原理、応用と最近の技術動向
講 師：国枝正典
演 題：マイクロ放電加工の基礎と応用

ナノテク研究センター PHOTO DIARY

2003 年 6 月 14 日

法政大学は、学術研究高度化推進事業の一環として、小金井キャンパス（小金井市梶野町）の近隣（緑町）に約 18,750 ㎡の土地を購入し、2004 年春、「法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター」を開設することになりました。

現在、建設予定地では躯体工事が進んでいます。新しい敷地には同研究センターのほか、プレイグラウンド、クラブハウス（仮称）も設置される予定です。



躯体工事が進む新規購入地の入口



マイクロ・ナノテクノロジー研究センター完成予想図

2003 年 7 月 11 日

7 月 11 日（金）、小金井市緑町のマイクロ・ナノテクノロジー研究センター建設予定地で起工式が執り行われ、学内関係者、設計関係者、施行業者など約 30 人が出席し、工事の無事を祈願しました。本格的な工事着工は 7 月 14 日から。完成は 2004 年 2 月の予定です。



「鍬入れの儀」を行う平林常務理事



梅雨の中休みによる快晴のなか、起工式は厳かに執り行われた。



前建物の解体工事が終了し、更地状態の研究所建設予定地とプレイグラウンド予定地。樹林をそのまま利用し武蔵野の面影を残した。

2003 年 10 月 22 日

小金井キャンパスでは、来年 2 月に竣工予定のマイクロ・ナノテクノロジー研究センターの建設工事が進んでいます。



最近、建物の覆いが取れ、白いタイルの貼られた外壁が現れました。この他、プレイグラウンドの整備、クラブハウス（仮称）の建設工事も同時に行われていましたが、すでに完成し、グラウンドには芝生が張られています。現在は、落ち葉の絨毯に覆われていますが、春には一面青々とした中、使用が開始されるものと思います。

2003 年 12 月 12 日



2004 年 3 月 23 日

3 月 23 日（火）、マイクロ・ナノテクノロジー研究センターの 2003 年度成果報告会が開催されました。研究プロジェクト内容を紹介したパネルを展示・説明し、ワークショップ形式で行われた報告会には、工学部、情報科学部の教員を中心に約 100 名が参加しました。あわせて竣工間近となった研究センターの施設見学会も行われました。



挨拶する白井センター長



2階展示室に集まった教員や学生

2003 年 3 月 29 日

3 月 29 日（月）マイクロ・ナノテクノロジー研究センターの桜が満開になりました。

今年は、開花から寒の戻りがあったため満開まで少々時間がかかりましたが、研究センターの竣工を待ちわびるかのように咲く桜の花は、春の訪れを感じさせます。



2004 年 3 月 30 日

3 月 3 0 日（火）にマイクロ・ナノテクノロジー研究センターの竣工式が行われました。

竣工式後、周辺住民の方々にも新築の研究センターを見学していただこうと施設見学会を開催し、約 1 4 0 名の住民・企業の方にお越しいただきました。

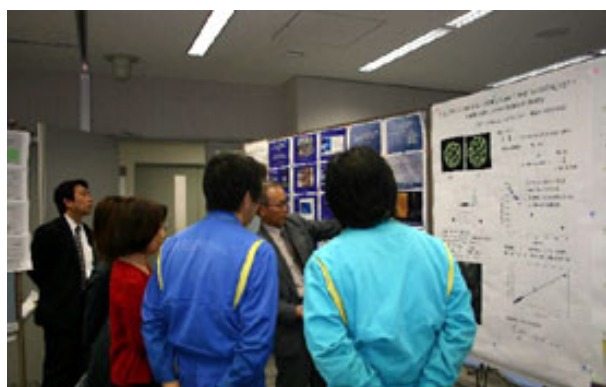
各実験室では、担当の教員よりこれからの研究や研究装置などについての説明があり、参加者は興味深く聞き入っていました。



竣工したマイクロ・ナノテクノロジー研究センター



竣工式の神事



展示室では、パネルの展示も行いました。



クリーンルーム内装置



クリーンルーム入室の際は、防塵服の着衣が必要です。参加者の方は、普段見慣れない空間に興味を持たれていました。



法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター員名簿

◎：運営委員

	氏 名	所 属 ・ 職
センター長	◎ 白井 五郎	法政大学常務理事 工学部情報電気電子工学科 教授
高機能ナノマテリアルの開発		リーダー：丸山有成
1 兼担研究員	西村 允	工学部機械工学科 教授
2 "	片山 寛武	工学部物質化学科 教授
3 "	西海 英雄	工学部物質化学科 教授
4 "	守吉 佑介	工学部物質化学科 教授
5 "	中村 暢男	工学部物質化学科 教授
6 "	◎ 丸山 有成	工学部物質化学科 教授
7 "	浜中 廣見	工学部物質化学科 教授
8 "	◎ 緒方 啓典	工学部物質化学科 助教授
9 "	高山 新司	工学部システム制御工学科 教授
マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究		リーダー：田中 豊
1 兼担研究員	◎ 田中 豊	工学部機械工学科 教授
2 "	◎ 御法川学	工学部機械工学科 助教授
3 "	中村 秀男	工学部情報電気電子工学科 助手
4 "	岩月 正見	システムデザイン 助教授
分散型耐環境ナノ電子デバイスの研究		リーダー：中村 徹
1 兼担研究員	栗山 一男	工学部情報電気電子工学科 教授
2 副センター長	◎ 本間 紀之	工学部情報電気電子工学科 教授
3 兼担研究員	大竹 孝平	工学部情報電気電子工学科 教授
4 "	斉藤 利通	工学部情報電気電子工学科 教授
5 "	◎ 中村 徹	工学部情報電気電子工学科 教授
6 "	三浦 孝夫	工学部情報電気電子工学科 教授
7 "	早野 誠治	工学部情報電気電子工学科 教授
8 "	安田 彰	工学部情報電気電子工学科 助教授
9 "	斎藤 兆古	工学部システムデザイン学科 教授
10 "	◎ 佐藤 政孝	イオンビーム工学研究所 教授
生命情報と生体機能のナノバイオロジー		リーダー：今井清博
1 兼担研究員	大河内正一	工学部物質化学科 教授
2 "	◎ 片岡 洋右	工学部物質化学科 教授
3 "	◎ 今井 清博	工学部物質化学科 教授
4 "	高月 昭	工学部物質化学科 教授
5 "	石浜 明	工学部物質化学科 教授
6 "	平松 豊一	工学部システム制御工学科 教授
7 "	浦谷 規	工学部経営工学科 教授
8 客員研究員	長井 雅子	工学部物質化学科客員 教授
9 兼任研究員	田辺 隆人	㈱数理システム・数理計画室室長
10 "	関田 英太郎	日本獣医畜産大学応用生命科学部・助教授
11 "	飯塚 哲太郎	理化学研究所播磨研究所・所長
12 "	中村 寛夫	理化学研究所生体物理化学研究室・前任研究員
13 "	磯貝 泰弘	理化学研究所生体物理化学研究室・前任研究員
14 "	原田 慶恵	東京都臨床医学総合研究所・生理活性物質研究部門室長
15 "	堀 洋	大阪大学大学院基礎工学研究科・助教授

事務局	下澤 計治	マイクロ・ナノテクノロジー研究センター事務室課長
	松井 邦夫	主任
	斉藤 朋子	事務嘱託

(設置)

第 1 条 私立大学学術研究高度化推進事業について、期限付きの研究所を置くことができる。

(定義)

第 2 条 この規程においては、前条の私立大学学術研究高度化推進事業は文部科学省の「私立大学学術研究高度化推進事業」の他の競争的資金で採択された事業も含まれるものとする。

(目的)

第 3 条 研究所は、私立大学学術研究高度化推進事業等で採択された事業を遂行することを目的とする。

(事業)

第 4 条 研究所は、前条の目的を達成するための事業を行う。

(構成)

第 5 条 研究所に所長又はセンター長（以下「所長等」という。）を置く。

2 研究所に副所長又は副センター長（以下「副所長等」という。）及び次の所員を置くことができる。

副所長等	1 名
------	-----

（法政大学専任教員研究員）

研究プロジェクト・リーダー	若干名
---------------	-----

専任研究員	若干名
-------	-----

兼担研究員	若干名
-------	-----

（学外研究員及び協力員）

兼任研究員	若干名
-------	-----

客員研究員	若干名
-------	-----

外国人リサーチフェロー	若干名
-------------	-----

ポスト・ドクター	若干名
----------	-----

リサーチ・アシスタント	若干名
-------------	-----

研究支援者	若干名
-------	-----

特別研究員	若干名
-------	-----

研究生	若干名
-----	-----

(所長等の選出及び任期)

第 6 条 所長等は、本学専任教員の中から総長が委嘱する。

2 所長等の任期は 2 年とする。ただし、再任を妨げない。

3 所長等が任期中に退任する場合の後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

(所長等の職務)

第7条 所長等は、研究所を統括し、代表するとともに運営委員会の議長を兼ねる。

2 所長等は、毎年度の終わりに、当該年度の事業の経過及び次年度の事業計画を総長に報告し、その承認を得なければならない。また事業計画を変更したときも同様とする。

(副所長等の選出及び任期)

第8条 副所長等は、運営委員会において、本学専任教員のなかから選出し、総長が委嘱する。

2 副所長等の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

3 副所長等が任期中に退任する場合の後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

(副所長等の職務)

第9条 副所長等は所長等を補佐し、研究所の運営にあたるとともに、必要に応じてその職務を代行する。

(研究プロジェクト・リーダー)

第10条 研究所に研究プロジェクトを置くことができる。

2 研究プロジェクト・リーダーは、本学専任教員の中から運営委員会の議を経て、所長等が委嘱する。

3 研究プロジェクト・リーダーは、研究所が行う研究の実施を統括し、研究活動の推進にあたる。

4 研究プロジェクト・リーダーの任期は研究計画に基づき、その都度定める。

(専任研究員)

第11条 専任研究員は、その専攻分野が事業と密接に関係ある者の中から必要に応じて採用することができる。

2 専任研究員は運営委員会の推薦、常務理事会の採用了承の後、総長が委嘱する。

3 専任研究員の身分は、教授、助教授、講師及び助手とする。

4 前項の身分は、運営委員会の中に身分審査委員会を設けて審査し、その報告に基づいて総長が決定する。身分審査委員会については法政大学付置研究所等専任教員の身分審査委員会規程を準用する。

5 専任研究員は、研究所の計画に基づき研究・調査その他研究所の事業に従事する。その他、専任研究員の職務については、別に定める。

(兼担研究員)

第12条 兼担研究員は、運営委員会において本学専任教員の中から選考し、総長が委嘱する。ただし、当該教員の所属する学部又は大学院教授会の承認を要する。

2 兼担研究員の任期は1年又は2年とする。ただし、再任を妨げない。

3 兼担研究員は、研究所の諸業務に従事する。

(兼任研究員)

第13条 兼任研究員は、当該専門分野に係る研究者の中から運営委員会が選考し、総長

が委嘱する。

2 兼任研究員の任期は、1年又は2年とする。ただし、再任を妨げない。

3 兼任研究員は、研究所の事業計画に基づき、調査、研究、その他研究所の諸業務に従事する。

(客員研究員)

第14条 研究プロジェクトを推進する上で、必要に応じて、学外の研究者を客員研究員として招聘することができる。

2 客員研究員は、その専攻分野が研究所の事業と密接に関係ある者の中から、運営委員会の推薦に基づき総長が委嘱する。

3 客員研究員の任期は1年とする。ただし、再任を妨げない。

4 客員研究員の身分等については、「法政大学学術研究高度化推進事業客員研究員に関する細則」に定める。

(外国人リサーチフェロー)

第15条 外国より、研究所の目的に寄与しうる者を外国人リサーチフェローとして招聘することができる。

2 外国人リサーチフェローは、当該専門分野に係る外国人専門研究者の中から運営委員会が選考し、総長が招聘する。

3 外国人リサーチフェローの身分等については、「法政大学学術研究高度化推進事業客員研究員等に関する細則」に定める。

(ポスト・ドクター)

第16条 ポスト・ドクター（以下「P・D」という。）は、その専攻分野が研究所の事業と密接に関係ある者の中から運営委員会の推薦に基づき総長が委嘱する。

2 P・Dは、プロジェクトにおいて一定の補助的な職務を分担して、研究に従事する者をいう。

3 P・Dは、原則として博士の学位を有する若手研究者とする。

4 P・Dの任期は原則1年とする。ただし、2回を限度として再任することができる。

5 P・Dの待遇等については、「法政大学学術研究高度化推進事業研究所研究補助員に関する細則」に定める。

(リサーチ・アシスタント)

第17条 リサーチ・アシスタント（以下「R・A」という。）は、その専攻分野が研究所の事業と密接に関係ある者の中から運営委員会の推薦に基づき総長が委嘱する。

2 R・Aは、プロジェクトの研究補助者として従事するものをいう。

3 R・Aは、原則として、本学大学院博士後期課程の在学生とする。

4 R・Aの任期は原則1年とする。ただし、2回を限度として再任することができる。

5 R・Aの待遇等については、「法政大学学術研究高度化推進事業研究所研究補助員に関する細則」に定める。

(研究支援者)

第18条 研究プロジェクトを推進する上で必要に応じて、専門分野で他に秀でた技術を持つ学外の研究者を研究支援者として採用することができる。

2 研究支援者は、その専攻分野が研究所の事業と密接に関係ある者の中から運営委員会の推薦に基づき総長が委嘱する。

3 研究支援者の任期は原則1年とする。ただし、2回を限度として再任することができる。

4 研究支援者の待遇等については、「法政大学学術研究高度化推進事業研究所研究補助員に関する細則」に定める。

(特別研究員)

第19条 研究所は、日本学術振興会特別研究員に選定された者を特別研究員として受け入れることができる。

2 特別研究員の任期は、日本学術振興会特別研究員の任期に準じる。

(研究生)

第20条 研究所に研究生を置くことができる。

2 研究生は修士の学位を有し、第3条の目的の研鑽に努めるものとする。

(運営委員会)

第21条 研究所の運営を審議するために、運営委員会を置く。

2 運営委員会は、次の委員により構成する。

(1) 所長等

(2) 副所長等

(3) 本学専任教員研究員

3 運営委員会は、所長等が招集し次の事項を審議する。

(1) 事業計画及び研究・調査に関すること。

(2) 管理及び運営に関すること。

(3) 予算・決算に関すること。

(4) 研究員の選考に関すること。

(5) その他研究所の重要事項に関すること。

(評価委員会等)

第22条 研究所に評価委員会を置く。

2 研究所にアドバイザー委員会を置くことができる。

3 委員会の運営等については、別に定める。

(事務会議)

第23条 研究所の業務・運営等の円滑な実施をはかるため、事務会議を置く。

2 事務会議は所長等が随時招集し、所長等、副所長等、本学専任教員研究員及び事務職員をもって構成する。

(事務)

第24条 研究所の事務は学校法人法政大学事務分掌規程に基づき、各事務局が分掌する。

(規程の改廃)

第25条 この規程の改廃は、理事会の議を経て、総長の承認を得なければならない。

付 則

- 1 この規程は、2004年4月1日から施行する。
- 2 研究所の利用に関する規程は、別に定める。
- 3 各研究所に固有な内容については、別に定める。
- 4 この規程の施行に伴い、法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター規程、法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター研究補助員に関する細則、法政大学大学院エイジング総合研究所規程、法政大学大学院エイジング総合研究所リサーチフェロー規程、法政大学大学院エイジング総合研究所外国人リサーチフェロー規程は廃止する。

○法政大学学術研究高度化推進事業研究所客員研究員等に関する細則

規定第800号

(目的)

第1条 この規程は法政大学学術研究高度化推進事業研究所規程第14条及び15条に基づき、同研究所の客員研究員及び外国人リサーチフェロー（以下「客員研究員等」という。）の身分等について定める。

(身分)

第2条 客員研究員等の身分は次の3種類とする。

- (1) 客員教授
 - (2) 客員助教授
 - (3) 客員講師
- 2 客員研究員等の身分は、招聘前の所属機関における身分、教育・研究歴、業績及び学位等を勘案し決定する。

(受入期間)

第3条 客員研究員等の受入期間は、1ヵ月以上1年以内とする。

(規程の改廃)

第4条 この規程の改廃は、理事会の議を経て、総長の承認を得なければならない。

付 則

- 1 この規程は、2004年4月1日から施行する。

○法政大学学術研究高度化推進事業研究所研究補助員に関する細則

規定第 8 0 1 号

(目的)

第 1 条 この細則は、法政大学学術研究高度化推進事業研究所規程第 1 6 条から第 1 8 条に基づきポスト・ドクター、リサーチ・アシスタント及び研究支援者（以下「研究補助員」という。）の待遇等に関する必要な事項について定める。

(給与等)

第 2 条 研究補助員の給与等は次のとおりとする。

- (1) 本俸は次により支給する。
 - a. P・Dの本俸は月額 3 7 5,0 0 0 円とする。
 - b. 研究支援者の本俸は月額 3 8 0,0 0 0 円とする。
 - c. R・Aの本俸は時給 2,0 0 0 円とする。
- (2) その他の手当及び賞与は支給しない。
- (3) 退職金は支給しない。
- (4) 通勤費は通勤費等支給規程及び通勤費支給細則を適用し、支給する。
- (5) 法政大学年金規程による年金制度には加入しない。

(服務)

第 3 条 P・D及び研究支援者の勤務日は原則として週 5 日とする。

(社会保険)

第 4 条 P・D及び研究支援者は法の定めるところにより健康保険、介護保険及び厚生年金保険に加入する。

(細則の改廃)

第 5 条 この細則の改廃は、理事会の議を経て、総長の承認を得なければならない。

付 則

- 1 この細則は、2 0 0 4 年 4 月 1 日から施行する。

○法政大学学術研究高度化推進事業研究所細則（マイクロ・ナノテクノロジー研究センター）

規定第 8 0 2 号

(設置)

第 1 条 本学に、ハイテク・リサーチ・センター整備事業（期限付き）として法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター（以下「研究センター」という。）をおく。

(目的)

第 2 条 研究センターは、マイクロ・ナノテクノロジーに関する研究及び教育を行うこと

を目的とする。

(事業)

第3条 研究センターは、前条の目的を達成するため次の事業を行う。

- (1) マイクロ・ナノテクノロジーに関する総合的研究
- (2) マイクロ・ナノテクノロジーに関する資料の収集、整理
- (3) マイクロ・ナノテクノロジーに関する教育
- (4) マイクロ・ナノテクノロジーに関するシンポジウム、講演会、セミナー等の開催
- (5) マイクロ・ナノテクノロジーに関する学外機関との共同研究・開発の推進
- (6) 施設、資料の公開
- (7) 委託研究の受け入れ
- (8) その他目的達成に必要な事業

(センター長)

第4条 センター長は、研究開発センター担当理事が兼務する。

(アドバイザー委員会)

第5条 研究センターが実施した研究活動等事業内容を評価し、その活動内容についてセンター長に適切な助言をするために、アドバイザー委員会をおく。

2 アドバイザー委員会は、次の者により構成する。

- (1) 官公庁の経験者等 若干名
- (2) 民間企業 研究所長又は研究総括役員等 若干名
- (3) 公的研究機関 研究所長等 若干名

3 アドバイザー委員会の運営については、別に定める。

(研究プロジェクト委員会)

第6条 運営委員会は、必要に応じて、学内で新しい研究プロジェクトの設置案を公募し、応募プロジェクトの審査を行うために、研究プロジェクト委員会を設置することができる。

2 研究プロジェクト委員は、運営委員会が委嘱する。

(事務)

第7条 研究センターの事務は、マイクロ・ナノテクノロジー研究センター事務室が分掌する。

(細則の改廃)

第8条 この細則の改廃は、理事会の議を経て、総長の承認を得なければならない。

付 則

- 1 この細則は、2004年4月1日から4年間施行する。
- 2 研究センターの利用に関する規程



2004 年 12 月 24 日発行

編集・発行：法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター

〒184-0003 東京都小金井市緑町 3-11-15

TEL: 042-387-5120 FAX: 042-387-5121 E-mail: nanotech@hosei.ac.jp

印刷：株式会社エイチ・ユー
