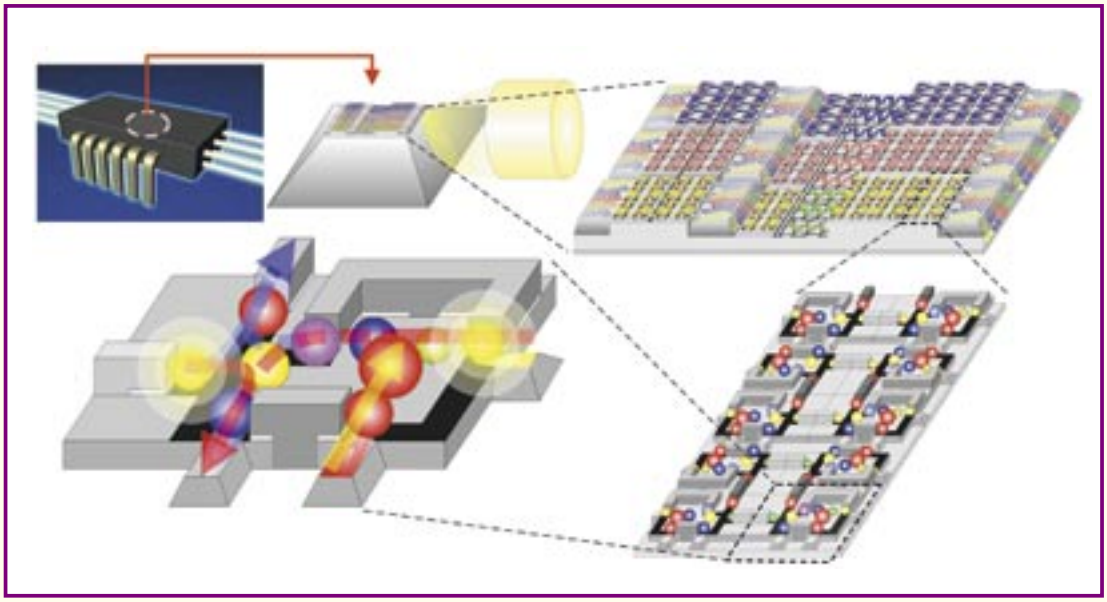
ISSN 1348-7361

JSTニュース

VOL.1 / NO.3　2003 12 月号



ナノフォトニックデバイスとその集積回路
創造科学技術推進事業終了プロジェクト「大津局在フォトン」研究成果

- Special Item …… 2 ERATO終了プロジェクト報告　大津局在フォトンプロジェクト
- Basic Research … 4 単一の遺伝子で鏡像の種が進化した
  - 5 フォトニック結晶を用いて世界最大の光閉じ込め効果をもつ光ナノ共振器の実現に成功
  - 6 匂い知覚のメカニズム―匂いセンサーの特性は“負のフィードバック機構”が決定する―
  - 7 自然免疫系を制御するToll様受容体を介した細胞内シグナル伝達に関与する新たなアダプター分子の機能解明
  - 8 サイレントシナプスが目を覚ます―幼若な脳から成熟した脳への発達過程―
  - 9 生きた細胞内における情報伝達物質の制御機構および動態をリアルタイムに解析
- News …… 10 総括実施型研究（ERATO型）における平成15年度４プロジェクトが発足
  - 12 地域結集型共同研究事業 平成15年度事業実施地域及び課題を選定
  - 14 技術移転　委託開発事業　開発成功
    - 14 世界最高レベルの高輝度が得られる小型半導体レーザ光源を実現
    - 15 良好な電気特性を持つポリシリコン膜を直接成膜可能な装置を開発
  - 16 プレベンチャー事業で「メタルジェットプリンター」を開発　大学発ベンチャー企業「メジェップ」設立
- Topics …… 17 毛利館長 中学生に熱く語る「理科のおもしろさ、科学のすばらしさ」秋の叙勲・褒章
  - 18 飯島 澄男　名城大学教授　文化功労者に
    十倉 好紀　東京大学教授　紫綬褒章受章
  - 19 モレキュラー・キラリティー・アワードを受賞―井上 佳久教授、黒田 玲子教授、山本 尚教授―
    北陸技術交流テクノフェア2003に出展―山本 雅俊福井県副知事、JSTブースを見学―
- Schedule …… 20 JST行事予定／日本科学未来館（MeSci）行事予定

独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

ERATO 終了プロジェクト報告

大津局在フォトンプロジェクト

Ohtsu Localized Photon Project

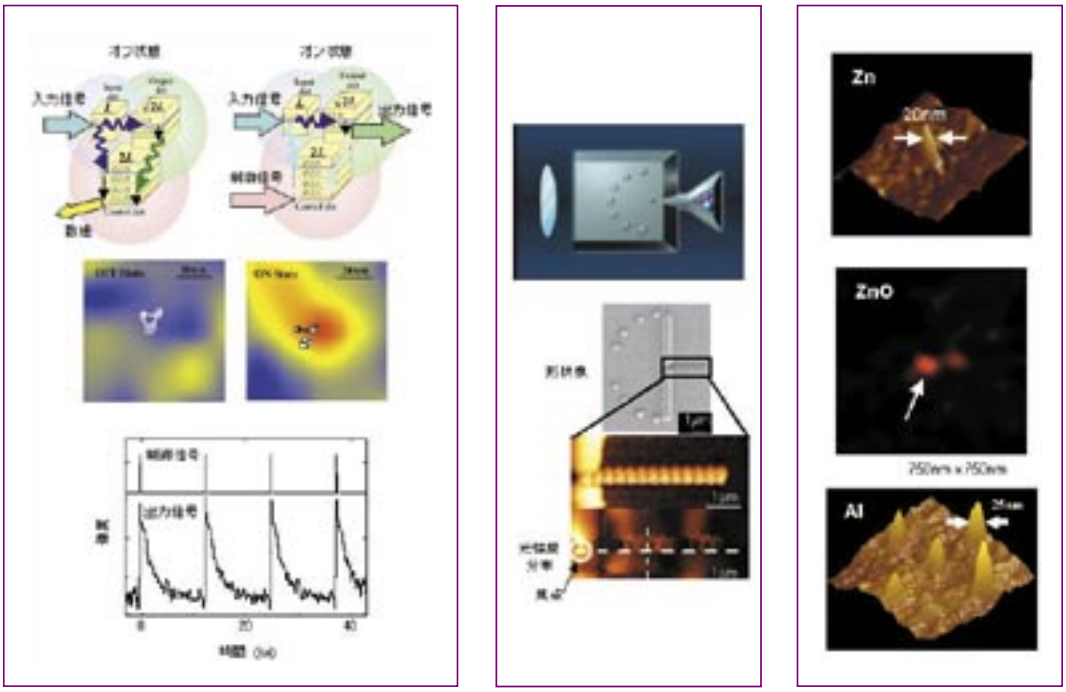
総括責任者　大津　元一（東京工業大学大学院総合理工学研究科教授）

研究グループ　（1）理論解析グループ
（2）ナノフォトニクスグループ
（3）アトムフォトニクスグループ

研究期間　平成10年10月～平成15年9月

1. はじめに

従来の光科学技術では光が広がろうとする性質、すなわち回折によりその空間分解能は光の波長程度に制限される。これは回折限界と呼ばれている。この限界のために、たとえば光産業では光デバイス微小化と低消費電力化、光加工寸法の微小化、光ディスクメモリの高密度化などに関して近い将来に原理的限界に達する。これらの問題の解決のために総括責任者の大津はかつてより近接場光を研究しており、その成果を用いて光科学技術のパラダイムシフト、すなわちナノフォトニクスとアトムフォトニクスを提案した。ナノフォトニクスは「近接場光を媒介としたナノ寸法物質間の局所的電磁相互作用を利用してナノ寸法の光デバイスを作製し、動作させる技術」である。近接場光はその寸法依存局在と寸法依存共鳴のために光の回折とは無縁なので、ナノフォトニクスにより回折限界を超えたナノ寸法の光デバイスの加工、動作、集積化が可能となる。アトムフォトニクスは「近接場光を使った原子操作技術」であり、これにより原子寸法での新しい物質の作製が可能となる。本プロジェクトではこれらの研究を推進した。



左図　ナノ光スイッチ。上から順に原理図、出力信号光強度分布、繰り返し動作特性。
中図　プラズモン導波路とナノ光集光器。上から順に原理図、形状像、光強度分布特性。
右図　近接場光による化学気相堆積の結果。上から順に亜鉛の単一ナノ微粒子形状、酸化亜鉛からのナノ発光強度分布、アルミの五つのナノ微粒子形状。

図1　ナノフォトニクスの研究成果

2. 主な研究成果

(1) 既存の理論では取り扱えない、又は取り扱いにくい量子力学的な物理量をも矛盾なく記述できる近接場光理論を構築した。射影演算子法を用い、微視的な物質系に働く有効相互作用という形で近接場光システムを定式化し、有限の相互作用範囲を持つ湯川関数で表される相互作用を導いた。また、この相互作用と物理的な直感とが合致するモデルとして局在光子の自由度を取り入れた理論モデルを提案した。これらの理論に基づき、励起エネルギー移動やコヒーレンス移動など近接場光特有の現象に基づくナノメートル寸法の新しい光デバイスを提案してその動作を解析し、実験結果とよい一致を得た。このデバイス作製のために、近接場光を用いた原子・分子の操作法の基礎的な解析を行い、プローブチップに単一原子が捕獲できる可能性を指摘した。

(2) 近接場光によって動作する光デバイスを開発した。表紙には近接場光を用いたナノフォトニック集積回路の概念図を示している。光信号は集積回路チップに光ファイバ等で入力され、近接場光に変換、周波数分離の後、ナノフォトニックデバイスへ導かれる。各デバイスは近接場光で結合した複数の量子ドットで構成され、その寸法は100nm以下である。信号の入出力およびデバイス間伝送はプラズモン導波路が担う。ナノフォトニックデバイスの代表例として近接場光を用いたナノ光スイッチを提案し、量子ドット間の光学禁制準位間のエネルギー移動を測定して動作原理を検証した。次にスイッチの動特性などを評価した。続いてプラズモン導波路とナノ光集光器を開発した。また近接場光による化学気相堆積法および化学エッチングをはじめとするデバイス作製技術に関して近接場光特有な作製技術を開発し、これらを用いてナノ光デバイスを作製した。特に上記の加工過程で観測される非断熱過程などの新しい物理現象を解明し応用した。またこれらのデバイス作製のための高性能な近接場光発生・検出用デバイスを開発した。以上の結果の概要を図1に示す。

(3) 近接場光を用いた高精度な原子の偏向・誘導、原子の捕獲・移動・解放の研究を行った。まず漏斗状の近接場光によって原子を冷却・収集する原子ファネルを開発した。ファネル内部での原子の多重反射効率を評価し、その結果からファネル励起用レーザビームの周波数離調とビーム径の最適値を見いだした。次に、シリコン基板を微細加工しスリット型原子偏向器、スリット型原子検出器を開発した。さらに検出効率を高めるために多重スリット型検出器を開発した（図2）。また、ファイバプローブを用いたルビジウム（Rb）原子捕獲のために、平面開口型三段テーパプローブを開発し、Rb原子の捕獲ポテンシャルを評価し、冷却原子が捕獲可能であることを確認した。単一原子捕獲のために冷却Rb原子からの共鳴蛍光を観測し、10個/s程度の原子計数が可能であることを示した。

3. 今後の展望

今後は近接場光の理論モデルとしての局在光子の起源を微視的に追及する事が重要である。これによりナノメートル領域における輸送に関する基礎的問題、系のコヒーレンスと位相緩和を制御した超高速ナノデバイスや機能を出現させる方法などが探求できる。近い将来に必要となるナノフォトニック集積回路の実現を目指した研究で得られた成果を体系化・発展させることで、今後は直接社会に貢献できる形態が明らかになる。アトムフォトニクスのために開発した原子偏向器・検出器・捕獲用プローブを用いて、今後は冷却Rb原子による実証実験を行なうことが出来るが、これらを統合すると将来の極限的な物質創製技術の道が開かれると期待される。

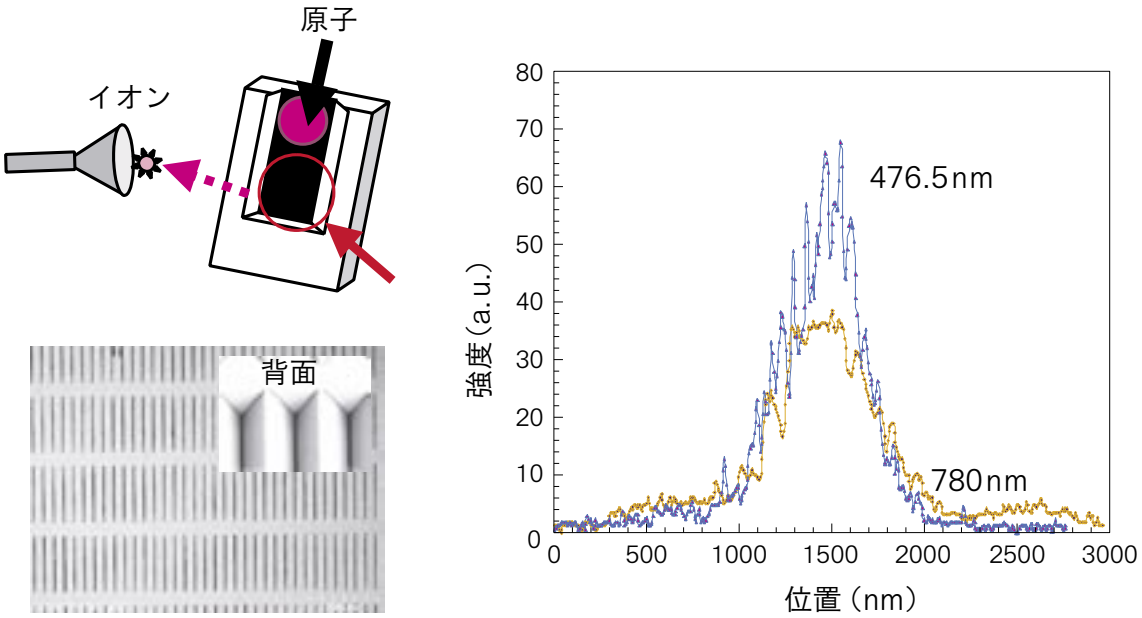


図2　多重スリット型の原子検出器の原理、構造、特性

単一の遺伝子で鏡像の種が進化した

英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

戦略的創造研究推進事業　個人型研究（さきがけタイプ）「形とはたらき」研究領域の研究テーマ「軟体動物の特異な遺伝現象に関する基礎的研究」（研究者：上島 励　東京大学 大学院理学系講師）および「巻貝の左右性とはたらき」（研究者：浅見 崇比呂　信州大学理学部助教授）の研究で、巻貝では、単一遺伝子が左巻き・右巻き左右反対の鏡像体を作り出すだけでなく、祖先とは交尾できない別種として進化させる2つの機能を持つことを立証した。本成果は、10月16日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

日本で進化したグループのカタツムリ20種には、4種の左巻きと16種の右巻きが含まれているように、巻貝には左巻きと右巻きがある。巻貝の多くは雄雌同体であり、生殖は2個体が一度の交尾で互いに精子を交換することで行われる。しかしながら左巻きと右巻きの巻貝は、交尾器が左右反対に位置するため、同一の種でも交尾は物理的に難しい。そのため、右巻きの集団に突然変異で左巻きの個体が出現しても、左巻きは交尾相手に恵まれず、繁殖上不利となるため、淘汰されることになる。

したがって、体の左右を逆転する遺伝子を持つ固体が現れても、それだけでは左右逆の固体だけの集団が新種として進化することはできないと考えられてきた。また、これまでの進化生物学では、生物の種類に関わらず、単一の遺伝子の効果だけで新種が進化することはあり得ないとされてきた。

本研究は、これら学問的常識に反し、カタツムリでは、単一の遺伝子が原因で内臓を含めて体中の左右が全て反対の、いわば鏡に映った形をした鏡像の種が、新たに何度も進化、存続したことを、分子系統と行動生態の手法により実証した。さらに、左巻きカタツムリ4種はすべて、単一の右巻き祖先から進化したことが分かった。この場合、右巻きの一祖先種が左巻きの種に進化した後、4種が左巻きのまま分かれただけなので、左右が反転する進化は、右巻きの種から左巻きの種へ一回だけ起きたことになる。ところが、新しくできた左巻きの系統からは、右巻きの種が繰り返し進化したことを発見した。これは、同じ左右反転体（鏡像体）の進化でも、左巻きへの進化は起こりにくく、右巻きへの進化は起こりやすいことを示している。

そこでカタツムリ・グループで右巻きと左巻きの遺伝様式を調べたところ、右巻きが遺伝的に優性であった。この遺伝的に優性であることは、左右巻き型の遺伝様式（遅滞遺伝）から判断して、交尾相手となる同じ巻き型の個体を集団内に増やすうえで有利であるとは理論的に予測されていた。左巻きよりも右巻きに進化しやすいとする本研究成果は、この理論的予測が正しいことを立証するものである。

図1　カタツムリの鏡像種と交尾様式

a. マイマイ属（Euhadra）の殻。左：ヒダリマキマイマイ（E. quaesita 左巻）、中：アオモリマイマイ（E. aomoriensis　右巻）、右：クロイワマイマイ（E. senckenbergiana　右巻）、白線は10mm。
アオモリマイマイは、もともとクロイワマイマイの地理的亜種とされてきた。しかし本研究により、アオモリマイマイは、殻がよく似ているヒダリマキマイマイが左右反転した結果、鏡像の種として最近進化したものであることが判明した。
b. セトウチマイマイの右巻どうしの通常交尾。雌雄同体の2個体が同時に互いに雌雄二役を果たすことではじめて正常な交尾が達成される。
c. オナジマイマイの左巻変異個体（上）と通常の右巻個体（下）は、双方が正常な交尾行動をとるかぎり、物理的に交尾できない。矢印は両者の生殖口の位置を示す。

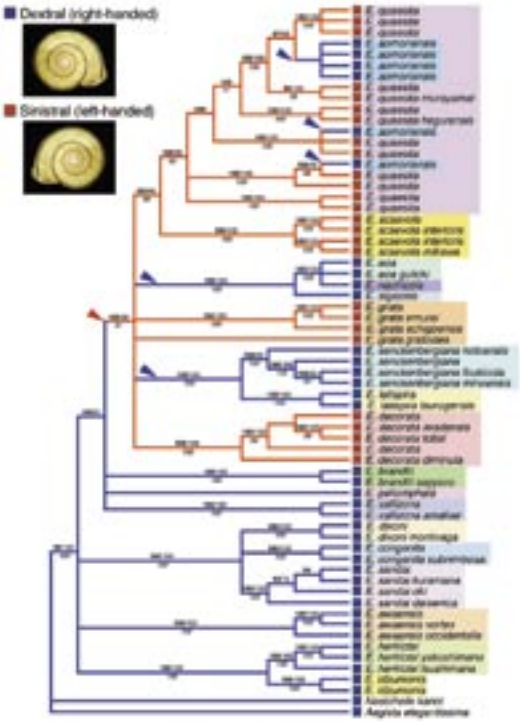


図2　ミトコンドリア遺伝子の塩基配列に基づくマイマイ属の系統樹と鏡像種の進化

青：右巻の種。赤：左巻の種。矢印：鏡像体の集団が別種として進化した推定時期。

フォトニック結晶を用いて世界最大の光閉じ込め効果を持つ光ナノ共振器の実現に成功
―ナノレーザー、次世代通信、光メモリー、バイオ、光チップ等の応用に道―
英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

戦略的創造研究推進事業および文部科学省のプロジェクトで進めている研究で、京都大学工学研究科の野田 進教授と住友電気工業株式会社の赤羽 良啓研究員らの研究チームは、新しい光ナノ構造として注目される「フォトニック結晶」を用いて、従来の10～100倍という世界最大の光閉じ込め効果を持つ極微小光共振器の実現に成功した。この成果は、極小電流で動作可能なナノレーザー、光を一個一個放出できる次世代量子通信用の新光源、光をそのままの状態で記憶可能な光メモリー、超小型で高分解能のフィルターなど、広範な応用へつながるもので、10月30日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

光の波長程度の極めて小さい器（光ナノ共振器）に、非常に強くあるいは長く光を閉じ込めることが出来ると、様々な魅力的かつ新しい応用の道が開ける。これまで、極微小領域に光を閉じ込めようとして共振器を小さくしていくと、その大きさに逆比例して光の漏れが大きくなり、強い光閉じ込めを実現することは不可能と考えられてきた。

今回の研究成果のポイントは、「極微小共振器に光を閉じ込めるには、逆に緩やかな光閉じ込めが必要」という重要かつ逆説的な概念を見出したことにある。さらにこの概念を実際にフォトニック結晶に適用して、世界最大（10～100倍）の光閉じ込め効果をもつ光ナノ共振器の実現に初めて成功したことにある。

具体的には、厚さ250nmのSiの薄板に420nm間隔で三角格子状に規則正しく空気穴を開けた2次元フォトニック結晶の一部に、直線状に3つ空気穴を埋めた微小点欠陥（ここに光を閉じ込める）を作り、その端部に位置する空気穴を、通常位置よりもほんのわずかに外側へシフトさせると、端部での急峻な光の反射・散乱が抑えられ、緩やかに反射されることが分かった。その結果、共振器端部での上下方向への光の散乱による漏れが大幅に抑えられ、共振器内部への光の閉じ込めが極めて強くなることが確認された。

こうしたことに基づき、実際に体積Vが7.0×10^{-14}cm^3（目安として400nm立方）と極めて小さくそしてQ値（共振器の良さ）が45,000と極めて高い光閉じ込め効果をもつ光ナノ共振器の実現に成功した。今後、端部の設計を工夫することにより、さらに強い光閉じ込め効果のある光ナノ共振器の実現も可能である。これら成果は、様々な魅力的な応用の道を切り開くもので、光科学分野における重要なブレークスルーがなされたものと位置づけることができる。

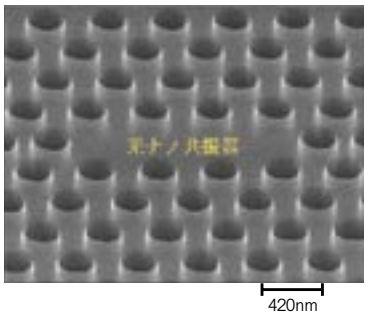


図1　今回実現に成功した世界最大の光閉じ込め効果をもつ光ナノ共振器の電子顕微鏡写真

シリコンの薄板（厚さ250nm）に、420nmの間隔で3角格子状に空気穴を設けた2次元フォトニック結晶の中央部に、3つ直線上に穴を埋めた点欠陥を設ける。この点欠陥が光閉じ込め効果をもつ光ナノ共振器となる。この点欠陥共振器の長軸方向の端の2つの空気穴の位置を、通常よりも、少し（60nm程度）外側にシフトすることにより、強い光閉じ込めを得ている。（図2　a, b　参照）

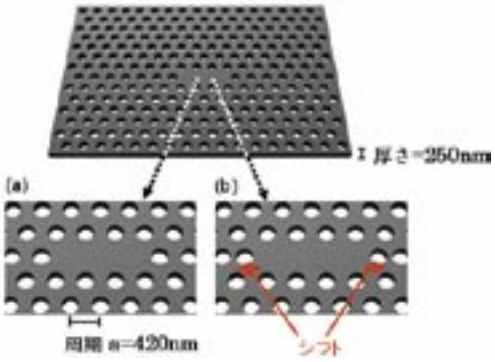
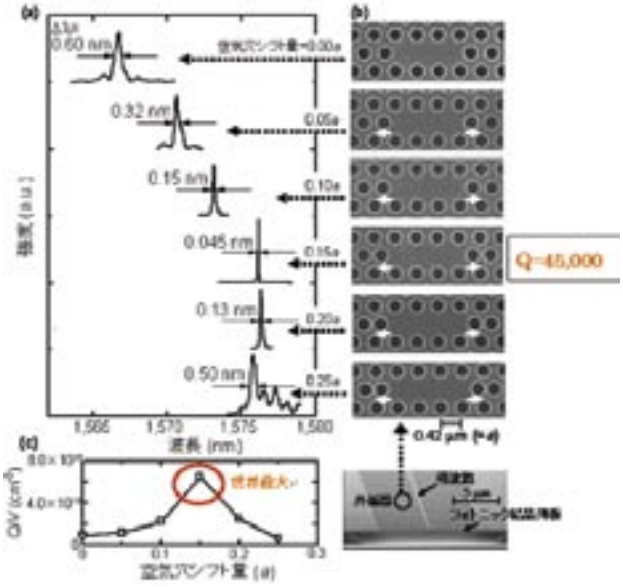


図2　光ナノ共振器の模式図

a. 直線上に3つの空気穴を埋めた光共振器の基本構造
b. 強い光閉じ込めを得るために、端部の空気穴をシフトさせた光ナノ共振器構造。これにより、端部での光の急峻な反射・散乱が押さえられ、光の上下方向への漏れが大幅に低減する。結果として、強い光閉じ込めが可能となる。



a. 共振スペクトル
b. 実験に用いた光共振器の電子顕微鏡写真
c. Q値（共振器の良さ）とモード体積Vの比の空気穴シフト量による変化

図3　空気穴のシフト量を少しずつ変えた実験結果

空気穴のシフト量が、0.15aすなわち、60nmのときに、スペクトルの線幅が最小になり、Q値は最大の値（45,000）をとるようになる。その結果、c に示すように、単位体積あたりのQ値は、世界最大をとるようになった。この値は、従来の10-100倍高い値である。

匂い知覚のメカニズム
―匂いセンサーの特性は“負のフィードバック機構”が決定する―

米国科学雑誌「サイエンス」オンライン版に論文掲載

戦略的創造研究推進事業「タイムシグナルと制御」研究領域（研究総括：永井 克孝　三菱化学生命科学研究所 取締役所長）の研究テーマ「嗅神経回路の形成と再構築の分子機構」において、匂いセンサー（嗅神経細胞）の特性を決定するメカニズムを分子レベルで解明した。これは個人型研究（さきがけタイプ）の芹沢 尚　JSTさきがけ研究者およびチーム型研究（CRESTタイプ）の坂野 仁研究代表者（東京大学 大学院理学系研究科教授）の成果で、米国科学雑誌「サイエンス」での論文掲載に先立ち、10月31日付けオンライン版「サイエンス・エクスプレス」で公開された。

匂いの分子が鼻に入ると、神経を通じて信号を脳に送り、脳を刺激して初めて知覚される。匂いは40～50万種類あるとされ、これらの識別は、約1000種類ある匂い受容体の組み合わせで行われる。匂い受容体は、鼻腔に無数ある匂いセンサーにあり、個々のセンサーの特性は、約1000種類ある匂い受容体の内、どの受容体を持つかで決まる。

脳が多くの匂いを識別するには、一つ一つのセンサーが、それぞれ1種類の匂い受容体しか持たないというルールが重要で、これは嗅覚系における“1センサー、1受容体”ルールと呼ばれている。これまでのところ、このルールを裏付ける分子メカニズムは全く未解明であった。

本研究では、匂いの知覚メカニズムを分子レベルで解明するため、匂いセンサーの特性を決める匂い受容体が産生されないように、正常な受容体の遺伝子を一部改変したところ、改変した匂い受容体遺伝子が、他の匂い受容体遺伝子と同じ１つのセンサーで活性化されてしまう、すなわち嗅覚系における“１センサー、１受容体”ルールが破れることを突き止めた。

この結果から、「1つの匂い受容体遺伝子の活性化が、他の残りの匂い受容体遺伝子の発現を抑制（負のフィードバック機構）している」ことが証明された。つまり、偶然一番乗りで活性化し始めた最初の匂い受容体遺伝子が、残りの匂い受容体遺伝子の活性化を抑え込むことで“1センサー、1受容体”ルールを保証し、センサーの特性を規定することを証明した。

本研究成果により、匂いを感知し、識別する仕組みの解明が急速に進むと考えられ、匂い知覚の仕組みを明らかにすることにより、犬の匂い感知、識別能力以上に鋭敏な化学物質センサーの開発が期待できる。

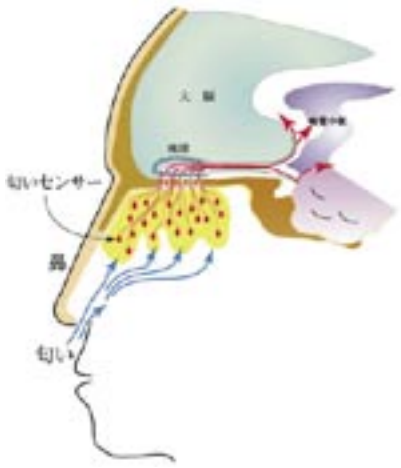


図1　ヒト嗅覚器の構造

匂い分子は、鼻腔の匂いセンサー（嗅神経細胞）が発現する匂い受容体に捉えられ、その化学情報は電気的信号に変換される。この情報は受容体の種類により、軸索を介して嗅球に位置情報として集約され、更に嗅覚中枢に伝達される。

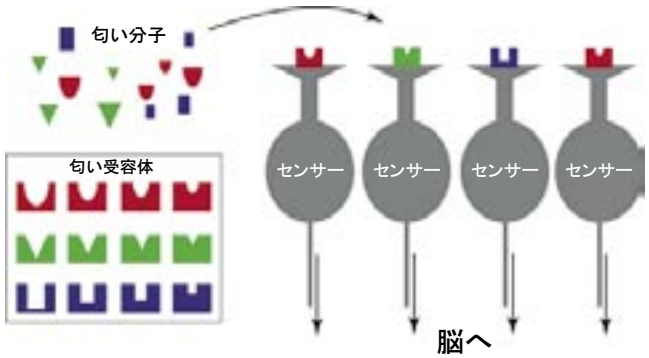


図2　“1センサー、1受容体”ルール

匂い分子が匂い受容体に捉えられることで匂いは知覚される。個々の匂いセンサーは、1000種類存在する匂い受容体の内、1種類のみを持つ。これを“1センサー、1受容体”ルールと呼ぶ。このルールがあるため個々のセンサーごとに応答する匂いの特性に違いが出る。これまで、このルールを保証する分子メカニズムは未解明のままだった。

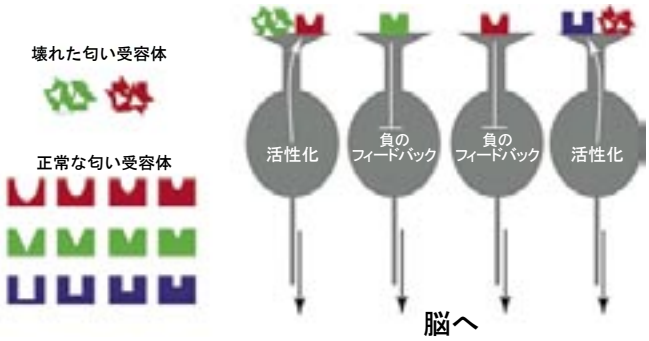


図3　“1センサー、1受容体”ルールの破れ

遺伝子工学的に変異を加えた匂い受容体遺伝子や自然に存在する匂い受容体偽遺伝子は壊れた匂い受容体を産生する。これら壊れた匂い受容体を活性化した匂いセンサーでは、他の正常な匂い受容体を同時に活性化しており、“1センサー、1受容体”ルールが破れていることが判明した。この結果は、“正常な匂い受容体が活性化されると、負のフィードバック機構により2番目の遺伝子の活性化を抑えている”ということでしか説明できない。

自然免疫系を制御するToll様受容体を介した細胞内シグナル伝達に関与する新たなアダプター分子の機能解明

英国科学雑誌「ネイチャー・イムノロジー」オンライン版に論文掲載

戦略的創造研究推進事業　総括実施型研究（ERATOタイプ）「審良自然免疫プロジェクト」（研究総括：審良（あきら） 静男　大阪大学 微生物病研究所教授）は、自然免疫系で細菌やウイルスなどの病原体の構成成分を特異的に認識するToll様受容体（TLR）ファミリーのなかで、TLR4を介した自然免疫系の活性化のシグナル伝達機構を明らかにした。本成果は大阪大学微生物病研究所との共同研究で得られたもので、平成15年10月12日付けの英国科学雑誌「ネイチャー・イムノロジー」オンライン版で、印刷版に先立ち公開された。

免疫系は、細菌やウイルスなどの病原体の侵入を感知し排除する生体防御システムで、ヒトでは自然免疫系と獲得免疫系から成り立っている。Tリンパ球が主役を務める獲得免疫系が抗原を自己ではないものとして認識する機構は、詳細に解析されてきた。自然免疫系も、10種を超えるメンバーが存在するTLRファミリーが病原体に特有の構成成分を特異的に認識し、活性化されることが明らかになってきた。その中で、TLR4がグラム陰性菌の細胞壁構成成分リポ多糖の認識に必須であり、さらにウイルスの構成成分の認識にも関与していることが明らかになっている。TLRファミリーを介した細胞内シグナル伝達は、TLRの細胞質内領域に保存されているTIRドメインと呼ばれる領域から開始される。TLRのTIRドメインには、同じTIRドメインを持つMyD88と呼ばれるアダプター分子が会合し、下流にシグナルを伝達する。そしてこのMyD88を介したシグナル伝達は、すべてのTLRを介した炎症性サイトカインの産生に必須であることが明らかになっている。

しかし、各TLRは異なる病原体の構成成分を認識し、それぞれ微妙に異なった免疫応答を誘導する。例えばウイルスの構成成分を認識するTLR3やTLR4を介したシグナルでは、抗ウイルス活性を持つサイトカインI型インターフェロン（IFN-α/β）が誘導される。さらに、TLR3やTLR4を介したIFN-α/βの産生は、たとえMyD88が存在しなくても正常に誘導されてくる。このことから、TLRを介した細胞内シグナル伝達では、全てのTLRに共通で細菌感染防御に必要な炎症性サイトカインの誘導に必須のMyD88依存性の経路と、TLR3とTLR4のシグナル伝達に見られるMyD88非依存性経路が存在することが示唆されてきた。このような中で、MyD88以外にもTLRの細胞内シグナル伝達を司るアダプター分子が検索され、TIRドメインを持つアダプターとしてTIRAP、TRIFが同定された。TIRAPはMyD88依存性の経路の中で、TLR2とTLR4に特異的に関与している。また、TRIFはTLR3とTLR4を介したMyD88非依存性経路に必須である。

今回、MyD88、TIRAP、TRIFに続く第4のTIRドメインを持つアダプター分子TRAMを同定して、その生理機能をノックアウトマウスを用いて解析し、第4のアダプター分子TRAMが、MyD88非依存性（TRIF依存性）経路の中で、TLR4を介したシグナル伝達に特異的に関与していることを明らかにした。

TLR4はおもにグラム陰性菌による重症感染症に陥った患者で見られるエンドトキシンショックの誘因となるリポ多糖を認識する受容体であり、TRAMの活性制御技術の開発は、エンドトキシンショックに対する有効な治療法の確立に光明をもたらすものと期待される。

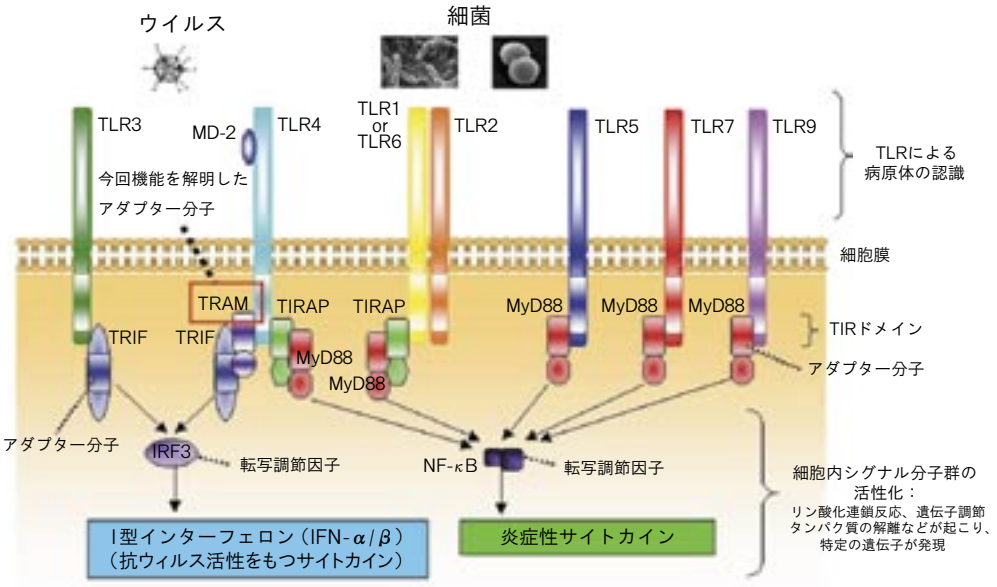


図　自然免疫系における細胞内シグナル伝達経路

サイレントシナプスが目を覚ます
―幼若な脳から成熟した脳への発達過程―
米国科学アカデミー紀要「PNAS」に論文掲載

戦略的創造研究推進事業　チーム型研究（CRESTタイプ）「脳を知る」研究領域（研究総括：久野 宗　京都大学・岡崎国立共同研究機構名誉教授）の研究テーマ「回路網形成における神経活動の関与メカニズム」（研究代表者：津本忠治　大阪大学 大学院医学系研究科教授）の研究チームは、国立精神神経センター神経研究所診断研究部の中村 俊部長らの研究チームと共同で、脳のサイレントシナプス（存在しているが機能しないシナプス）が、脳に由来する神経栄養因子（Brain-Derived Neurotrophic Factor：BDNF）によって活性化されることを明らかにした。この成果は10月28日発行の米国科学アカデミー紀要「PNAS」（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）で発表された。

幼若な動物の中枢神経系に存在するサイレントシナプスが活性化され、機能を発現するまでには、後天的な環境因子が重要な役割を果たしていると考えられているが、その機構は明らかにされていなかった。今回、研究チームはBDNFが神経の活動と協調し合うことによってサイレントシナプスを活性化することを発見した。

研究チームはBDNFノックアウトマウスを用い、サイレントシナプスの活性型シナプスへの変換を検証した。BDNFノックアウトマウスの脳の視床―大脳皮質スライスを標本とし、その中から、興奮性ニューロンのサイレントシナプスを調べた結果、次のような知見が得られた―①野生型標本に比して、この標本にはサイレントシナプスが豊富に存在する②神経伝達物質放出と神経細胞の興奮を起こす刺激を加えても活性型シナプスに変換できない③BDNFの添加によりAMPA受容体（2種類のグルタミン酸受容体の一つ。もう一つはNMDA）を発現する部分的な活性型シナプスに変換できる④同時に②及び③を加えると完全な活性型シナプスとなる⑤AMPA受容体の発現には細胞内カルシウム濃度の上昇が必要であり、シナプス膜上で安定化されることが必要。

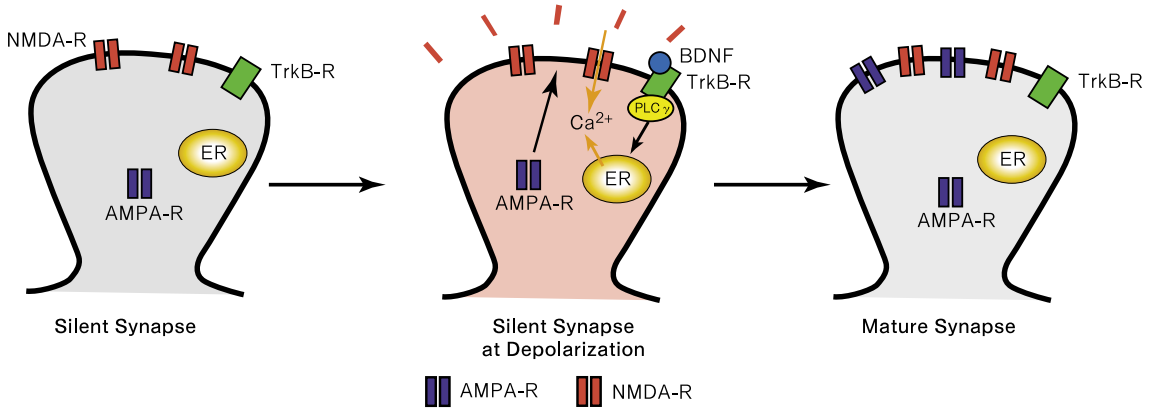
以上の結果から、シナプスの成熟には神経の興奮に加えてBDNFが強い関わりを持っていることが明らかになった。これまでBDNFについてはサイレントシナプスの活性化という観点から研究されていなかった。また、発達期のサイレントシナプスが活性型シナプスに変換する過程について盛んに研究はされてきたものの、BDNFがサイレントシナプスの活性化に関与しているという直接的な証拠は得られていなかった。

今回の研究成果により、初めてBDNFが発達期のシナプス形成にも重要な役割を果たしていることが明らかになった。こうした発見により、脳科学の見地から、感受性の高い時期に質の高い適切な学習・教育を行うべきとする従来の現象論を物質的な裏付けでもって理解することが可能となった。本成果は脳の発達過程の解明を助け、今後研究が進めば、人の幼児期の教育はもとより、生涯学習のあり方を理解する上で大きな貢献が期待される。

BDNF is essential for maturation of silent synapses

BDNFはサイレントシナプスの成熟に必須である

During Pairing Stimulation



幼若なシナプス（サイレントシナプス）は神経活動とBDNFの相乗的な作用で成熟したシナプスへと変換される。変換過程では、ポストシナプスにおけるカルシウムイオンの上昇が必要である。図の2番目がこの変換過程を示している。

生きた細胞内における情報伝達物質の制御機構および動態をリアルタイムに解析

英国科学雑誌「ネイチャー・セル・バイオロジー」に論文掲載

戦略的創造研究推進事業　チーム型研究（CRESTタイプ）「内分泌かく乱物質」研究領域（研究総括：鈴木 継美　東京大学名誉教授）の研究テーマ「内分泌かく乱化学物質の細胞内標的分子の同定と新しいバイオモニタリング」（研究代表者：梅澤 喜夫　東京大学 大学院理学系研究科教授）の研究で、細胞内の脂質セカンドメッセンジャーであるホスファチジルイノシトール - 3, 4, 5 - 三リン酸（PtdInsP3）の制御機構および細胞内での時間的・空間的動態を、生きた細胞内でリアルタイムに解析する事に成功した。

PtdInsP3は細胞機能の発現・制御に重要な役割を果たしている多数の蛋白質を活性化することにより、アポトーシス、免疫機能、細胞増殖など多様な細胞機能を制御している重要な生体情報伝達分子である。しかし、PtdInsP3が生きた細胞内のどのオルガネラ膜でどれほど産生しているか、その時空間動態は未知であった。

本研究では、100万個以上の細胞を破砕して分析する従来法に頼らず、生きた一つ一つの細胞内におけるPtdInsP3の時間的・空間的動態を蛍光顕微鏡下でリアルタイムで可視化分析するために、新規蛍光蛋白質プローブ（fllip；フリップ）を開発した（図1）。fllipはPtdInsP3との結合ドメイン、クラゲ由来の蛍光性蛋白質、membrane localization sequence（MLS）等から構成され、PtdInsP3との結合の有無を蛍光共鳴エネルギー転移（FRET）として検出・定量する新規な可視化プローブである。

fllipを用いた解析から、PtdInsP3が従来考えられていた細胞膜のみならず、小胞体膜やゴルジ体膜などの細胞内膜（endomembrane）でも大量に増加していることが見出された（図2）。また、ホルモンが最初に作用する細胞膜から遠く離れた細胞内膜におけるPtdInsP3は、エンドサイトーシスにより細胞内に取り込まれたホルモン受容体に刺激されて細胞内膜上で生合成されたものであることが分かった。これらのことから、オルガネラ膜上で産生されたPtdInsP3が、情報伝達の下流に位置する蛋白質をそのオルガネラ膜上で活性化し、細胞機能を制御していることが明らかとなった。

PtdInsP3の細胞内の制御機構および動態の解明により、今後、PtdInsP3が制御する各々のオルガネラに特有の多種多様な細胞機能の正確な理解、その機能破綻の結果と疾病との関連がより正しく理解されるものと期待される。

この成果は11月1日発行の英国科学雑誌「ネイチャー・セル・バイオロジー」に発表された。

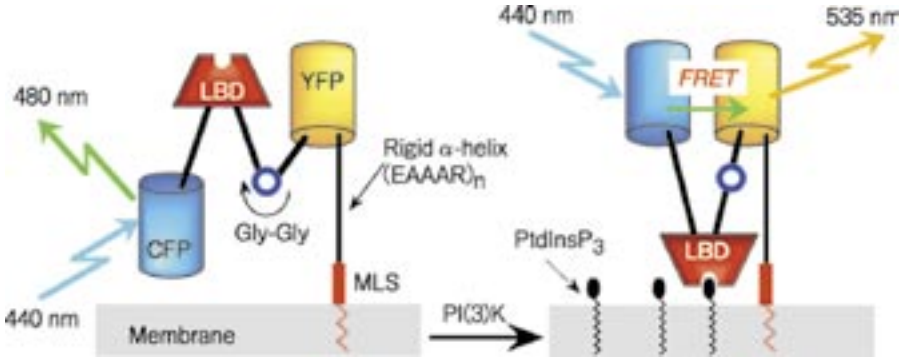


図1　生きた細胞内のPtdInsP3を可視化分析するための蛍光蛋白質プローブ（fllip；フリップ）

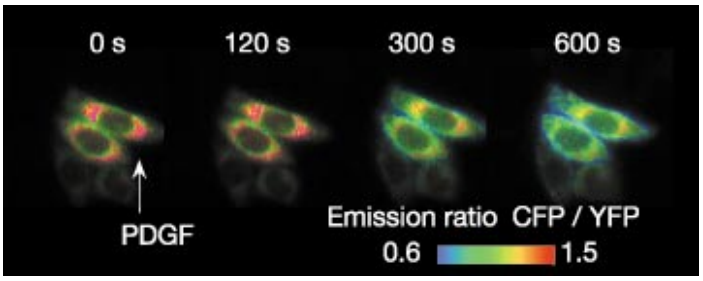


図2　ペプチドホルモン（PDGF）刺激により細胞内のendomembraneでPtdInsP3が生成している様子

戦略的創造研究推進事業

総括実施型研究（ERATO型）における平成15年度4プロジェクトが発足

戦略的創造研究推進事業 総括実施型研究（ERATO型）において、平成15年度の研究領域及び研究総括が決定、11月1日付で以下の4プロジェクトが発足した。

研究領域　複雑数理モデル
研究総括　合原 一幸（東京大学　生産技術研究所教授・49歳）

【戦略目標】 新しい原理による高速大容量情報処理技術の構築
【研究総括の主な実績】 複雑系科学技術の重要性にいち早く着目し、大学院生時代に故松本 元博士とヤリイカ巨大神経軸索のカオスダイナミクスを発見。これを出発点にニューラルネットワーク、音声システム、遺伝子・タンパク質ネットワーク、機械振動システムなど自然および人工の多様な実在複雑ネットワーク・システムの時空間ダイナミクスを数理的および実験的に解明した。このほかカオス・複雑系の科学研究のみならず、その応用技術研究を産業応用まで視野に入れて推進してきた研究で、世界をリードする独創的な成果をあげてきた。
【研究領域の概要】 20世紀後半以降、決定論的カオスを典型例とする非線形現象の研究が大きく進展した。本研究では、非線形システムモデル構築とその応用に関するカオス工学や数理工学の研究をベースに非線形科学、生命工学、情報科学、工学および社会科学などの多分野と関連する「複雑数理モデル」の基礎理論およびその数理解析手法の構築に取り組む。そして、その成果を各分野へ適用して応用研究を展開するとともに、その結果を基礎理論にフィードバックして「複雑数理モデル」論の体系化を目指す。

具体的な応用研究としては重要性と緊急性が高いと思われる①生命科学分野での遺伝子・タンパク質ネットワークやニューラルネットワークなど生命情報ネットワークの動的情報処理原理②情報科学分野での複雑系コンピューティング理論と応用・実装技術③社会システム分野での新型感染症（例えば重症急性呼吸器症候群SARSなど）の流行予測・防御法の研究に重点を置く。

本研究構想における「複雑数理モデル」の基礎研究と応用研究は、新しい分野の横断的科学技術について一つの具体的成功例を示すとともに、「複雑系で計算する」という新しい計算原理に基づく複雑系コンピューティングの研究開発を通じて、戦略目標である「新しい原理による高速大容量情報処理技術の構築」に大きな貢献が期待される。

研究領域　非平衡ダイナミクス
研究総括　腰原 伸也（東京工業大学　大学院理工学研究科教授・43歳）

【戦略目標】 情報処理・通信における集積・機能限界の克服実現のためのナノデバイス・材料・システムの創製
【研究総括の主な実績】 強い電子相関、電子－格子相互作用を持つ物質で、新規な光電・磁気的物性を伴う光誘起共同現象（光誘起相移転）の探求という新分野の開拓研究に取り組む。この研究は物質開発と測定装置そのものの開発という2つの側面がある。これまで学際的な共同研究を推進し、その成果として、物質面では光誘起による有機誘電体での協同的電荷移動とその超高速ダイナミクスの発見、可逆光誘起相移転を示す新奇なポリマーの発見、その他多くの独創的な研究成果を上げてきた。

一方、装置分野では世界に先駆けた「軌道放射光とモードロックレーザーの同期装置」開発を当初から手がけ、その成果を基にヨーロッパ放射光施設（ESRF）での時間分解構造解析に関する共同研究で、つい最近「光誘起強誘電秩序」という基礎、応用両面で重要な成果を得ることに成功した。
【研究領域の概要】 従来、半導体、伝導体、誘電体、磁性体などは個別の材料として扱われてきた。この多様な機能性を単独の材料で多元的・複合的に発現する全く新しいタイプの電子材料、非平衡強相関材料の研究が、この領域の研究の焦点となる。非平衡強相関材料の特徴は、物質構造と電子状態の両方が、強い協力的効果を相互に及ぼし合っている点にある。新しい多元的・複合的強相関材料を開発するには、非平衡状態にある強相関材料の結晶構造変化をミリ秒（0.001秒）～ピコ秒（1兆分の1秒）領域にわたる幅広い時間領域で解明することが不可欠となる。このために軌道放射光とフェトム秒（1000兆分の1秒）パルスレーザー光を同期させる装置を開発し、生命科学を含む広範な分野にとり今後必須となる動的構造（分子動画）観測技術の飛躍的発展を目指す。

ナノ、オングストローム観測技術を開発し、動的非平衡構造学という新たな領域を創生し、その成果を用いて既存材料にない高効率かつ高速応答性を持った画期的光電機能材料の創生に挑戦する。こうした研究は戦略目標となっている「情報処理・通信における集積・機能限界の克服実現のためのナノデバイス・材料・システムの創製」に大きな貢献が期待される。

研究領域　高機能性反応場
研究総括　小林 修（東京大学　大学院薬学系研究科教授・44歳）

【戦略目標】 環境負荷を最大限に低減する環境保全・エネルギー高度利用の実現のためのナノ材料・システムの創製
【研究総括の主な実績】 水中で安定に機能するルイス酸として、希土類金属トリフラート（ランタノイドトリフラート）を初めて発見し、「水中で安定なルイス酸」を体系化した。この成果は、それまでの化学の常識を打ち破るもので世界的にも高く評価されている。また、ルイス酸－界面活性剤一体化触媒の開発、水のみを溶媒とする反応系の開発、従来ほとんど不可能とされてきた水中での触媒的不斉合反応の開発などで、この分野の研究をリードしている。この他、触媒的不斉 Mannich 反応、Aza Diels-Alder 反応を開発するなど、多くの独創的かつ革新的な研究業績をあげてきた。
【研究領域の概要】 新たな有用物質をゼロから作り出せる有機合成化学への社会の期待は大きい。一方、物質科学の基盤を成す有機反応では、求められている高収率、高選択収率などの効率化の問題に加え、地球環境に負荷をかけない持続的なプロセスへの対応がますます重要となっている。

こうした観点に立ち、新しい視野に立って高機能を有する反応場を創製し、これを活用した高効率で環境に優しい新プロセスを駆使して、医薬品、機能性物質・材料など有用物質を創り出す。

有機溶媒に代わる新反応媒体として水に着目する。水中では多くの脂溶性有機化合物は不溶であり、反応の大きな障害となってきた。本研究領域では触媒－界面活性剤一体型の触媒を用いると、水中でナノスケールの疎水的な反応場が得られるという独自の知見に基づき、独創的な反応場を活用して効率的な反応を実現する。

また、環境調和型化学プロセス実現に向けて、マイクロカプセル化触媒その他独自に開発した触媒をベースに、高活性で繰り返し使用可能な革新的な固定化触媒の開発を目指す。

原子・分子レベルでの精密な組織・構造制御に基づき、ナノレベルで制御された高機能性反応場の開発を通じ、戦略目標である「環境負荷を最大限に低減する環境保全・エネルギー高度利用の実現のためのナノ材料・システムの創製」に大きな貢献が期待される。

研究領域　アクチンフィラメント動態
研究総括　前田 雄一郎（理化学研究所　播磨研究所主任研究員・56歳）

【戦略目標】 遺伝子情報に基づくたんぱく質解析を通した技術革新
【研究総括の主な実績】 筋収縮の研究ではモーターたんぱく質であるミオシンに注目するのが普通であるが、その相手で研究にほとんど手が付けられていなかったアクチンフィラメント複合体の構造解析を集中的に研究し、アクチンフィラメント上でのトロポニンの配置を正確に決定、弛緩状態の骨格筋中でのミオシン頭部の位置と形態を解明した。'84年から9年間、欧州分子生物学研究所で研究室を主宰し、欧州の多くの研究室と共同研究に取り組み、X線回折を用いて収縮中のアクチンにミオシン頭部が発生する横方向（筋の長さと直角方向）の力の発見などの成果をあげる。アクチンフィラメントを構成するタンパク質分子のX線結晶解析では、全てのたんぱく白質の大量発現系の確立を目指し、平滑筋ミオシンHMMの発現系を確立するなど、多くの研究業績がある。
【研究領域の概要】 アクチンフィラメントは、たんぱく質から形成される細胞内“装置”の中でも最も重要なもののひとつである。その機能は、一種類のたんぱく質（アクチン単量体）が2本のらせん状に配列した単純なものである。

本研究領域では、アクチンフィラメントが発現する機能の中で「筋収縮のカルシウム調節」のメカニズムの解明を目標とし、“装置”の機能解明については、その原子構造に基づいて初めて可能という考え方に立ち研究を進める。筋収縮のカルシウム調節は、トロポニンとトロポミオシンが結合したアクチンフィラメント複合体が担っている。最近、前田研究総括は、トロポニンの結晶構造を解明し、アクチン重合体の原子模型を得た。これら部分的な複合体の原子構造は、重要ではあるが、それだけではメカニズムの解明に迫ることはできない。

本研究領域では、アクチンフィラメント複合体全体の原子構造を把握する一方、筋収縮のカルシウム調節は、アクチンフィラメントの多様な運動様式の1つに対応するとの考え方に基づき、その運動様式を原子構造から予測し、実測すること、運動様式に異常のある蛋白質を用いて運動様式と機能との関連を解明する。

たんぱく質“装置”の原子構造の知見を基にメカニズムをいかにして理解するかということは、世界的にも未解決の問題への挑戦である。わが国には「カルシウムイオンによる信号伝達」、「凝集現象としてのアクチン重合過程の再発見」という優れた独自研究がある。これらを踏まえ、たんぱく質解析に係わる生物学的、物理的および理論的手法を開発し、これらを駆使して研究を進めて行く。こうした研究は戦略目標である「遺伝子情報に基づくたんぱく質解析を通した技術革新」に大きな貢献が期待される。

地域結集型共同研究事業
平成15年度事業実施地域及び課題を選定

平成9年度より開始し、現在18地域で実施している地域結集型共同研究事業では、このほど平成15年度新規採択4地域及び課題を選定した。4地域は京都府、兵庫県、和歌山県、宮崎県。

本事業は、都道府県及び政令指定都市を対象とした産学官連携による共同研究事業で、平成8年7月2日に閣議決定された「科学技術基本計画」（第1期）の趣旨を踏まえ、平成9年度に創設されたもの。地域の科学技術を振興するために設計され、国として推進すべき重点研究領域と地域が目指す研究開発目標が合致している課題に対し、地域の研究ポテンシャル（大学・国研・公設試・R&D型企業など）を結集させ、当該地域が準備するコア研究室を中心に産学官が連携した世界水準の共同研究活動を行うことで、研究成果の創造や育成を図ることを目的としている。

重点研究領域は、平成13年3月30日に閣議決定された「科学技術基本計画」（第2期）の趣旨を踏まえ、国が目指すべき科学技術分野に基づいて選定している。

また、5年間のJSTとの共同推進期間が終わった後は、地域における新技術・新産業の創出に資するために、継続的かつ積極的な運用ができる科学技術基盤としての地域COE（中核的研究拠点）の構築を目指すところに特徴がある。

今年度は7地域から応募があり、「地域振興事業評価委員会」（委員長：別府　輝彦　日本大学生物資源科学部教授）において、実施地域の選定に関する評価（事前評価）を行った。今後、各課題の具体的な実施計画について実施地域と調整した後、事業に着手する予定である。

平成15年度採択地域及び課題

京都府地域結集型共同研究事業

課題名　機能性微粒子材料創製のための基盤技術開発
重点研究分野　ナノテクノロジー・材料、環境
事業概要　ものづくり企業が多い京都府の産業特性を活かし、微粒子技術を駆使し高付加価値や新規需要創出を実現するプロダクトイノベーションと、微粒子制御・計測技術の高度化による新規の製造・品質管理技術を実現するプロセスイノベーションの次元を高めるとともに、環境負荷極小化技術を両立させ、地域優位性及び企業優位性の創出を図ることを目的として、以下の研究開発を行う。
(1) 高機能微粒子材料生成過程の研究開発
(2) 微粒子材料分散輸送制御技術の研究開発
(3) 微粒子計測・観測技術の研究開発
事業総括　江川　壽夫（前（株）けいはんな副社長）
研究統括　日高　重助（同志社大学工学部教授）
中核機関　（株）けいはんな

兵庫県地域結集型共同研究事業

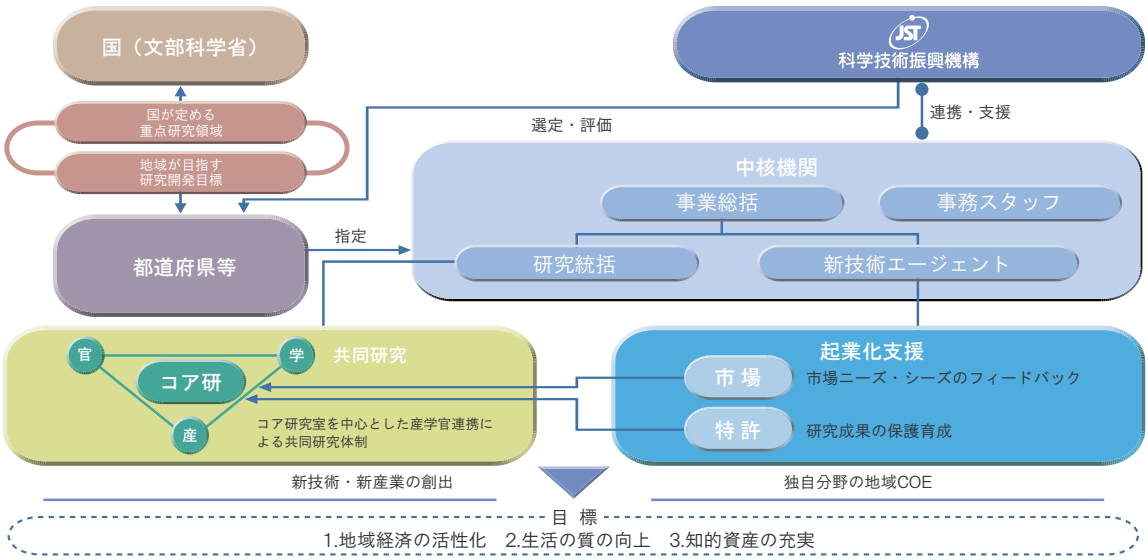
課題名　ナノ粒子コンポジット材料の基盤開発
重点研究分野　ナノテクノロジー・材料、環境
事業概要　SPring-8高精度分析技術と材料開発技術を直結した国際的な研究開発拠点を形成するために、高機能独創ナノ粒子コンポジットの開発研究の効率化とこの地域を発祥地とするゴムをはじめとした高分子製品製造における生産工程の最適化を目指すことを目的として、以下の研究開発を行う。
(1) ナノ粒子コンポジットの開発
(2) 高輝度放射光によるナノ計測・評価技術の開発
事業総括　松井　繁朋（（財）新産業創造研究機構専務理事、元川崎重工業（株）常務、兵庫県立工業技術センター所長）
研究統括　中前　勝彦（神戸大学名誉教授、元（社）高分子学会副会長）
中核機関　（財）ひょうご科学技術協会

和歌山県地域結集型共同研究事業

課　題　名　アグリバイオインフォマティクスの高度活用技術の開発
重点研究分野　ライフサイエンス
事業概要　第一次産業が優位にある和歌山県において、その豊富な農業資源（アグリリソース）を遺伝子・蛋白質レベルで解析・利用するシステム（アグリバイオインフォマティクス）を総合的に活用する技術を開発し、新農業資源利用産業の創生を通じて地域産業の活性化を図ることを目的として、以下の研究開発を行う。
(1) 有用アグリリソースのタンパク質発現解析と制御技術の開発
(2) 有用アグリリソースの高効率生産・利用技術の開発
事業総括　竹田　實（(財) 和歌山テクノ振興財団理事長、和歌山精化工業（株）会長）
研究統括　入谷　明（近畿大学先端技術総合研究所長・生物理工学部教授）
中核機関　(財) 和歌山テクノ振興財団

宮崎県地域結集型共同研究事業

課　題　名　食の機能を中心としたがん予防基盤技術創出
重点研究分野　ライフサイエンス、製造技術
事業概要　南九州特有の風土病である成人T細胞白血病(ATL)、及び肝細胞がんというウィルス発がんの発症機序を解明し、これに基づき食の機能性の活用を中心とした予防法及び治療法を開発することにより、バイオメディカル分野での基盤技術の国際拠点を形成し、ウィルス発がんの克服とともに地域産業や経済の活性化を図ることを目的として、以下の研究開発を行う。
(1) ウイルス発がんの機序解明と予防・治療法の創出
(2) 食の機能性活用のための基盤技術の開発
事業総括　中島　勝美（(社) 宮崎県工業会副会長、宮崎県商工会議所連合会副会頭、雲海酒造（株）代表取締役社長）
研究統括　河南　洋（宮崎大学医学部長）
中核機関　(財) 宮崎県産業支援財団



地域結集型共同研究事業のしくみ

技術移転 委託開発事業 開発成功①

世界最高レベルの高輝度が得られる小型半導体レーザ光源を実現

研 究 者　大阪大学助教授　實野 孝久
委託企業　浜松ホトニクス（株）（静岡県浜松市砂山町、資本金158億円）
開 発 費　約7億円　　**開発期間**　5年

本新技術は、高出力化した半導体レーザ（LD）を集積し、そのレーザ光をレンズで1本化することで小型かつ効率の良い加工用光源を実現するものである。使用するLDはGaAsを基板とする波長900nm帯のものである。LDの構造を改良することにより、光損傷に強く高出力までビームの発散を抑えることを可能にした。

これにより、レーザ光を容易にレンズで集光でき、高いエネルギー密度が得られる。さらに、このLDを集積回路と同様に露光、薄膜形成、エッチング等により基板上に多数作り込む（LDアレイ）。アレイから出た個々のレーザ光は、微小なレンズの集合体であるマイクロレンズアレイにより、あたかも単一光源から得られたように1本化され、加工に必要な高エネルギー密度が得られる。LDアレイからの光を集光することで、出力100W未満の光源ながら、集光部では従来の光源と同等以上のエネルギー密度を実現した。

レーザ光による加工は、クリーンで加工条件に制約がないなどの利点から、材料の切断や除去、アニール等に利用されている。現在、レーザ加工用光源として、CO_2レーザやYAGレーザ等が使用されている。これら光源は高い光出力が得られる反面、投入するエネルギーに対し、得られる光出力が小さく、エネルギーの変換効率はCO_2レーザの場合は20%以下、YAGレーザでは20%程度が現状である。このため、装置の大型化や強力な冷却機構が必須となり、加工コストが高くなるなどの難点がある。

一方、LDは素子内に生じる電荷の再結合による発光を、そのままレーザ光として利用するため、エネルギー変換効率が高く50%を超えるものもある。しかし、大出力のレーザ発振に必要な広い光導波路構造では光の発散が大きくなって集光が困難となる問題があった。また、出力を上げると光損傷等による素子の破壊、寿命の低下を招くため高出力化が難しかった。こうしたことから、小型で高い変換効率を持つLDの特徴を活かした新規の高出力レーザ光源の開発が求められていた。

今回開発したLDアレイレーザは、光変換効率が高く小型であるため、取り付けの自由度も高くなるなど取り扱いも容易であり、加工装置自体も大幅な小型化が可能であり、適用部位の拡大が期待される。また、これまでのLDと比べると、ビーム質が良いため、小さい部分に集光可能であることから、微細レーザマーキングなど新たな光加工分野の創出も期待できる。

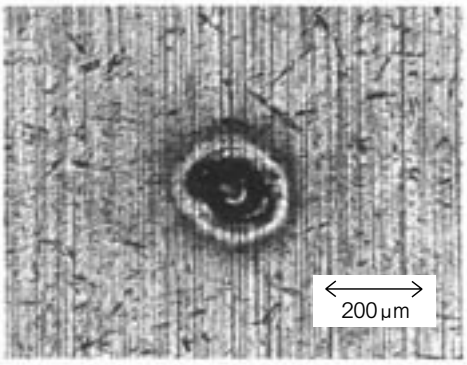


図2　ステンレス材に対する加工例

従来のレーザー加工と同等の加工性が確認できた。

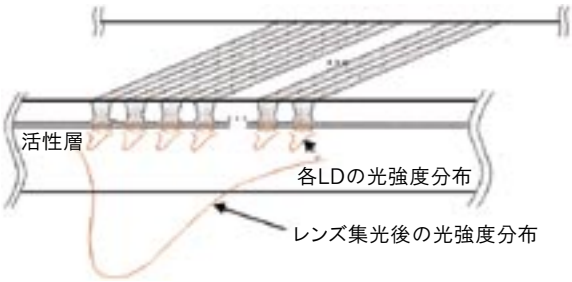


図1　LDアレイの集光

個々のLDからの光をレンズで１本化することで高出力レーザ光が得られる。

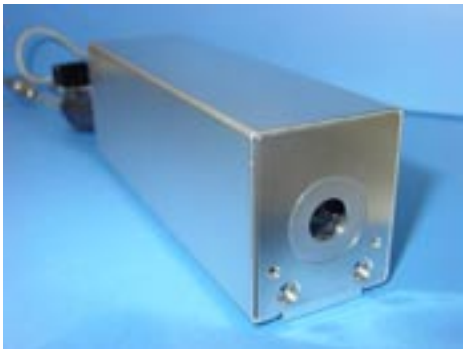


図3　試作機外観

箱の長辺20cm前後と極めて小型である。

技術移転 委託開発事業 開発成功②

良好な電気特性を持つポリシリコン膜を直接成膜可能な装置を開発

研 究 者　北陸先端科学技術大学院大学教授　松村 英樹
委託企業　アネルバ（株）（東京都府中市四谷、資本金18億円）
開 発 費　約9千4百万円　　**開発期間**　4年10ヶ月

本新技術は、原料ガスを加熱した触媒体に吹き付けると分解するのを特徴とした成膜装置に関するものである。原料の分解に、従来法のようにプラズマを用いないため、低温で損傷の少ない膜が得られると同時に、触媒体を基板面積に合わせて配置することで大面積にわたって移動度の高い多結晶シリコン膜を直接成膜できる。

触媒体と基板の位置関係を最適化することで膜厚の均質性を確保し、さらに原料ガスであるシラン（SiH_4）ガスと水素（H_2）ガスの混合比や圧力により、シリコン膜の結晶度、成膜速度が改善された。また、電荷移動度の向上を阻害する膜への酸素混入を成膜室の加熱等により低減し、高移動度のポリシリコン膜を実現した。

液晶ディスプレイの画素を駆動するには、シリコン膜上に形成した薄膜トランジスタが使用されている。効率が高く高速な薄膜トランジスタを形成するには、シリコン膜自体の電気特性、特に電荷移動度の高いものが求められている。こうした中で、アモルファスシリコン膜に対し、結晶性のよいポリシリコン膜が注目されている。

従来のポリシリコン膜は、まずプラズマにより原料となるシランガスを分解し、基板にアモルファスシリコン膜を形成するプロセスと、アモルファスシリコン膜をレーザー等で加熱して結晶化する2つのプロセスを必要とした。プラズマ法は、真空中で高周波等によりガスにエネルギーを加えて分解、活性化する方法だが、大面積にわたって均質なプラズマを形成するのが難しい。

また、レーザーによる結晶化では、アモルファスシリコン膜全体にレーザーを走査することが必要なため、生産性の向上が難しく、高コスト化といった問題があった。このため、大面積で特性のよい多結晶シリコン膜基板を形成するのが困難であったことから、生産性がよく大面積多結晶シリコン膜を容易に形成できる装置が待望されていた。

本技術には、移動度の高い多結晶シリコン膜を低温の大面積基板に直接形成でき、プラズマを使用しない。このため生成中の膜または基板へのイオン衝撃による損傷が少ない、などの特徴があることから、液晶ディスプレイのスイッチングまたは制御用トランジスタ製造でのシリコン膜の形成プロセス、太陽電池などのシリコン系半導体膜形成等への利用が期待できる。また、アニール工程が不要となるためコストダウンも期待でき、装置構造が単純で、装置の大きさや形状に対する制限が少ない点が特徴として挙げられている。

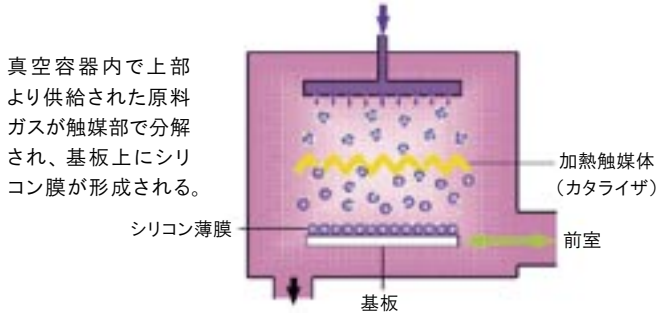


図1　本新技術の原理

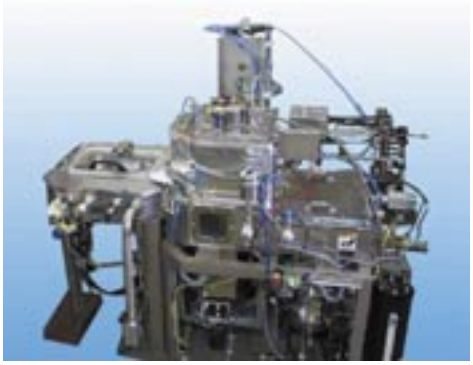


図2　試作機外観

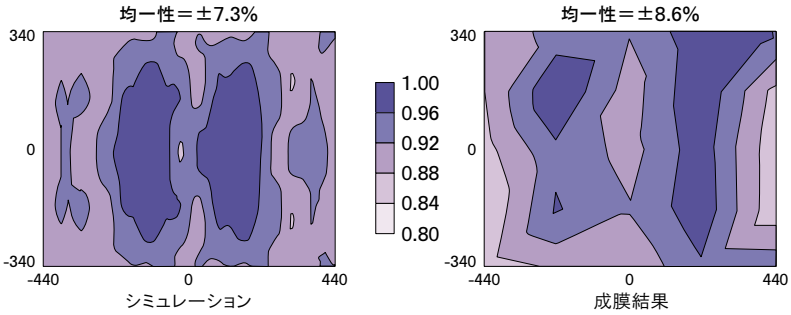


図3　成膜結果（膜厚の均一性）

成膜シミュレーション手法をあわせて確立したことから、スケールアップしても均質性の高い膜を形成することが可能となった。

プレベンチャー事業で「メタルジェットプリンター」を開発
大学発ベンチャー企業「メジェップ」設立

プレベンチャー事業（研究成果最適移転事業　成果育成プログラムC）による大学発ベンチャー企業としてメジェップ株式会社が10月1日に設立された。同社は平成12年に開始した研究開発課題「メタルジェット（放電式金属噴射）プリンターの開発」の事業化を目的とする企業で、本技術の研究開発チーム（リーダー：山口　勝美　名古屋大学名誉教授、サブリーダー：洪　秀明氏）のメンバーおよび本事業の協力者による出資で設立された。

メタルジェットプリンターは、金属を微細な溶融ドットとして噴射し、パターンや絵、文字などの2次元画像をプリントするもので、これらの画像を積み上げれば3次元体を作ることができる。また、この技術はコンピュータ制御により、顧客の要望に応じて一個一個違うパターンをプリントできるため、カスタム形式での多種少量生産や試作などにも向いている。

同研究開発チームは、金属として鉛フリーはんだ、金などの噴射を実現した。鉛フリーはんだを用いて配線、2次元画像などをプリントできるほか、3次元体を作ることもできる。これまで不可能とされてきた金など高融点金属に対しても、超小型ノズルを開発し、コンパクトなプリンターのプロトタイプを作り上げている。事業化という点からは技術的にまだ課題を残しているため、今後、低融点および高融点の金属を含めて、共同開発等を続けることにより、技術レベルを高めていく考えだ。

計画している事業内容としては、メタルジェットプリンター装置の製造、販売および研究開発事業のほか①鉛フリーはんだプリンターを用いたバンプ（ICチップ等で電極を取る部分に基板と接点を形成できるように、はんだ等の金属でできた突起）、プリント基板の共同開発②電気接合用の微小金属ボールの製造③ネームプレートに類する記念品の製造④金属を用いた造形⑤金などの高融点金属噴射技術の応用に関する受託研究、共同研究などが予定されている。

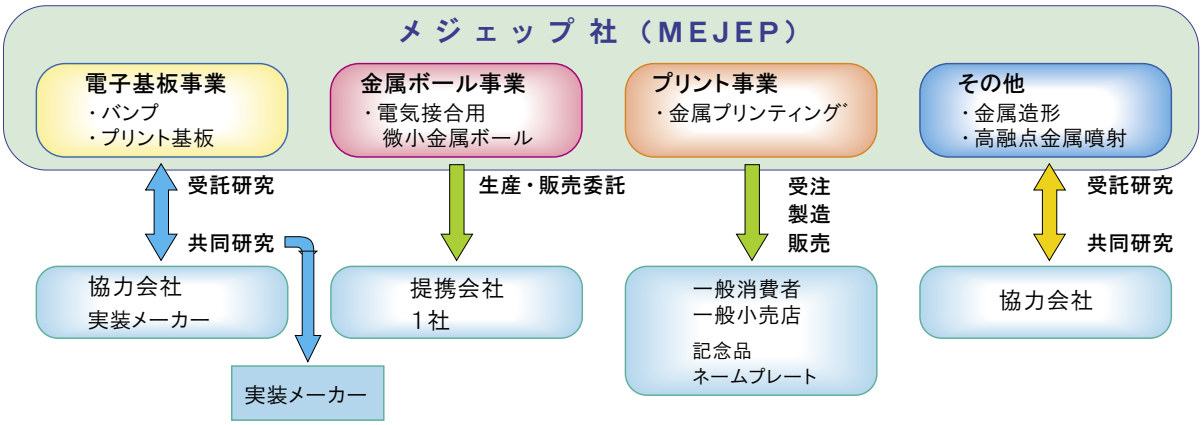
市場規模については、バンプ製造市場を例にとると、現在、200億円程度と推定されているが、同社では5年先に1億円の売り上げを目標としている。

企　業　概　要	
名　　称	メジェップ株式会社
設　立　日	平成15年10月1日
本　　社	愛知県春日井市
資　本　金	1000万円
役　　員	代表取締役　山口　勝美
事業内容	（1）金属噴射プリンターで作られるプリント基板、電子部品および電気接合用微小金属ボールの製造、販売、研究開発事業 （2）金属噴射プリンターを使った字・画像のプリンティングおよび三次元構造体の製造、販売、研究開発事業 （3）金属噴射プリンター装置の製造、販売および研究開発事業 （4）上記に関する研究受託、技術供与、コンサルティングなどの技術展開事業

左　三次元体
右上　プリント基板（バンプ）
右下　記念プレート

製品例

事　業　形　態



毛利館長 中学生に熱く語る
「理科のおもしろさ、科学のすばらしさ」

埼玉県川口市の市制施行70周年記念行事として毛利 衛 日本科学未来館館長（宇宙飛行士）の講演会が10月30日、「科学の未来への夢～科学の未来について考える中学生の集い～」をテーマに川口総合文化センター・リリアで開催された。会場は市内の中学校4校から招かれた中学生とその保護者約2000名で埋め尽くされ、毛利館長と中学生の間で熱気溢れる交流の場となった。

日本科学未来館を運営する独立行政法人 科学技術振興機構（JST）本部は、JR川口駅近くにある。挨拶に立った岡村 幸四郎 川口市長から「当市にJST本部があるという縁もあり、毛利館長が科学のすばらしさを皆さんに伝えたいという熱き思いから、今回の講演が実現した」という歓迎の辞があって、講演会が始まった。

最初に毛利館長が2000年にスペースシャトル「エンデバー号」で宇宙飛行した際に撮影したビデオを上映、宇宙から見た地球の姿、船内活動の状況などを紹介した。その後はこれを基に、毛利館長が「重力とは何か」、「重さがなくなるということはどういう状態か」などを中学生に質問。その答えに対して毛利館長が解りやすく説明するという形で講演が展開された。講師が演壇からテーマに沿って一方的に語りかけるという一般的な講演とは趣を異にし、毛利館長自身が演壇から会場に足を運び中学生と語り合うという、まるで毛利館長を囲む「科学・理科教室」の場となった。

実際に宇宙飛行を体験した毛利館長が目の前にいるということで、その経験や話に対する中学生の関心は相当なもので、最初はとまどいを見せていた中学生も、次第に熱気を帯びて次々と質問を連発、時間をオーバーしてのやりとりに会場は大いに盛り上がった。

日本科学未来館は、先端科学技術の成果を展示するだけでなく、科学者や研究者、インタープリターと呼ばれる解説員が来館者に直接語りかけることを重要視している。今回の講演では、毛利館長の講演の前にインタープリターと中学生が科学についての討論会を行うなど、日本科学未来館で行われている科学技術をめぐる一場面が川口に会場を移した形で再現され、中学生もすっかり科学技術の虜になったようだ。

秋の叙勲・褒章

当機構関係の方々が平成15年秋の叙勲、褒章を受けられました。
おめでとうございました。

叙 勲

瑞宝重光章 JST参与
内田 勇夫氏（（財）日本宇宙フォーラム理事長、元科学技術事務次官）

瑞宝中綬章 開発あっせん課題研究者
藤木 良規氏（元科学技術庁 無機材質研究所長）

褒 章

紫綬褒章 新技術審議会委員、日本科学未来館展示監修者
榊 佳之氏（東京大学 医科学研究所教授）

紫綬褒章 戦略的創造研究推進事業 研究領域「エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製」研究総括、神奈川県地域結集型共同研究事業 研究統括 等
藤嶋 昭氏（東京大学名誉教授、（財）神奈川科学技術アカデミー理事長）

紫綬褒章 創造科学技術推進事業 高柳粒子表面プロジェクト 総括責任者
高柳 邦夫氏（東京工業大学 大学院理工学研究科教授）

紫綬褒章 創造科学技術推進事業 板谷固液界面プロジェクト 総括責任者
板谷 謹悟氏（東北大学 大学院工学研究科教授）

紫綬褒章 創造科学技術推進事業 高井生体時系プロジェクト 総括責任者
高井 義美氏（大阪大学 大学院医学系研究科教授）

紫綬褒章 戦略的創造研究推進事業 研究領域「単一分子・原子レベルの反応制御」研究推進委員
岩澤 康裕氏（東京大学 大学院理学系研究科教授）

黄綬褒章 福井県地域結集型共同研究事業 事業総括
松浦 正則氏（（株）松浦機械製作所 代表取締役社長）

飯島 澄男　名城大学教授　文化功労者に

飯島 澄男氏（64歳・名城大学 理工学部教授、NEC基礎研究所 特別主席研究員、独立行政法人産業技術総合研究所 新炭素系材料開発研究センター センター長）が平成15年度の文化功労者に選ばれた。

飯島氏は1991年に炭素原子が直径数ナノメートルの円筒形状につながるカーボンナノチューブを発見し、その構造を電子顕微鏡により明らかにするなど、カーボンナノチューブに関わる研究で多くの先端的成果を上げてきたことが評価された。

JSTの研究プロジェクトのいくつかに関わっている飯島氏だが、昨年終了した国際共同研究事業で日仏「ナノチューブ状物質プロジェクト」（1998年1月～2002年12月）の日本側研究代表を務めた。本プロジェクトでは、アーク放電法やレーザ蒸発法などを駆使して、カーボンナノチューブ（その一種であるカーボンナノホーンも含む）の生成機構、精製、分析などの面で多くの研究成果を実現した。カーボンナノチューブに関する基礎科学研究から次世代産業への応用までを視野に入れたこれまでの研究成果は、カーボンナノチューブ材料研究をリードするものであり、このユニークな物質に対する今後の研究および応用開発の更なる発展の礎を築いたものとされている。

飯島氏は前述の国際共同研究事業に続き、現在、平成14年度継続研究として進められている戦略的創造研究推進事業「カーボンナノチューブの特異な吸着現象―水素吸蔵とバイオテクノロジーへの応用―」において、カーボンナノチューブ及びその類似物質の性質の中で特に特定分子種の吸着現象に着目し、吸着量の増大とこの現象のバイオテクノロジーへの発展を目指している。

飯島氏のこれまでの業績は広く認められており、昨年の日本学士院賞・恩賜賞の同時受賞のほか、「ベンジャミンフランクリンメダル 物理学賞(2002年)」、「マックグラディ新材料賞(2002年)」、「アジレント欧州物理学賞（2001年）」など数々の賞を受賞している。

十倉 好紀　東京大学教授　紫綬褒章受章

十倉 好紀　東京大学 大学院工学系研究科教授（49歳）が平成15年秋の褒章で紫綬褒章を受章した。今回の受章は、物性物理学、応用物理学の分野において、電子型超伝導の発見、高温超伝導の一般則の発見、酸化物巨大磁気抵抗の発見と機構解明などの数多くの業績によるものである。伝達式は11月13日に如水会館（東京都千代田区）で行われた。

十倉教授は、創造科学技術推進事業の研究テーマ「十倉スピン超構造プロジェクト」（2001年10月～2006年9月）の総括責任者として、固体中の磁性を担っている電子のスピン状態の性質や制御の研究を精力的に推進している。結晶構造や界面構造を制御してスピンの傾きを、空間的配置を操ることで新たな磁気電子特性、磁気光学特性を発現できるとの考察により、理論的に設計されたスピンの超構造を有する物質を積極的に創製し、これらの物質が外部磁場を受けた際に生じる電気・磁気・光学的性質の変化を明らかにしながら応用への展開を探っている。特に、原子サイト間をホッピングする伝導電子が、スピンの空間的な配置により電子の波動関数の位相変化を受けることを活用して実効的に数万テスラという超巨大磁場を印加したのと等価な状況を作り出すなど、これまでにない巨大な磁気電子的応答を取り出そうとする未踏のアイデアを実現しつつある。この延長上の研究として運動量空間における磁気単極子（2003年Science誌10月号）の発見やスピン磁気カイラリテイ効果による巨大磁気カー回転の発見（2003年Phys.Rev. Lett. 誌 5月号）など、すでに大きな成果をあげつつある。そして今後もさらなる研究成果に期待がかかっている。

十倉教授はまた、「仁科記念賞」「IBM科学賞」「Bernd Matthias Prize」「日産科学賞」「日本物理学会論文賞」「ISI最高引用栄誉賞」「朝日賞」など数々の賞を受賞し、独立行政法人産業技術総合研究所強相関電子技術研究センターの研究センター長、Science誌Senior編集委員、「固体物理」編集委員にも就任している。

モレキュラー・キラリティー・アワードを受賞
―井上 佳久教授、黒田 玲子教授、山本 尚教授―

10月19、20日に静岡県コンベンションアーツセンター“グランシップ”で開催されたシンポジウム「モレキュラー・キラリティー2003」において、国際共同研究「エントロピー制御プロジェクト」代表研究者の井上 佳久　大阪大学教授、創造科学技術推進事業「黒田カイロモルフォロジープロジェクト」総括責任者の黒田 玲子　東京大学教授、継続研究「ルイス酸精密反応剤の開発プロジェクト」研究代表者の山本 尚　シカゴ大学教授が本年度のモレキュラー・キラリティー・アワードを授与された。

本賞は、分子不斉に関する優れた研究に対し授与される国際賞。井上教授は「分子キラリティーのエントロピー制御」、黒田教授は「固体状態での反応、結晶化などにおけるキラリティー創成と機構解明」、山本教授は「新概念に基づくルイス酸触媒の創製と実用的不斉反応の開発」に関する業績に対し、ローマ大学のDomenico Misiti教授とともに授与された。

授賞式はシンポジウム初日に行われ、不斉合成を象徴する右手をデザインしたブロンズ像が井上、黒田、Misiti各教授に手渡された。山本教授はあいにく欠席された。

本シンポジウムは医学、薬学、農学、生物学、化学の基礎から応用に至る幅広い分野の分子キラリティーに関連した産官学の研究者、行政関係者が一堂に会して、年1度開催され、今回は第15回キラリティー国際会議のプレシンポジウムも兼ねて開催された。（参加登録者260名）

左から、Misiti教授、黒田教授、井上教授

山本教授

なお、分子キラリティーの研究分野では、ノーベル賞を受賞された野依 良治　理化学研究所 理事長の「野依分子触媒プロジェクト」をはじめ、数多くの研究がJSTによって行われ、高い評価を得ている。今回の3研究者の受賞も、その貢献を端的に示したものといえる。

北陸技術交流テクノフェア2003に出展
―山本雅俊福井県副知事、JSTブースを見学―

10月23、24日の両日にわたり、福井県産業会館において、北陸技術交流テクノフェア2003が開催された。

本フェアは、今年で14回を数える北陸最大級の工業技術展示会で、北陸内外から171機関が最新技術の成果を出展し、特に今年は、企画展として、「テクニカルテキスタイル展」と題した高機能繊維の展示とデモを行うなど、種々のイベントが開催された。

JSTブースにおいては、独立行政法人 科学技術振興機構の中期計画に沿った全事業紹介、重点地域研究開発推進事業および研究成果活用プラザ石川の研究概要紹介、文献検索システム「JOIS」および研究成果展開総合データベース「J−STORE」のデモ、そして福井県が地域結集型共同研究事業（CREATE）により生み出した研究成果3点（フェムト秒パルスYb: YAGレーザの開発、多機能フォトンマシニングセンタの開発、高機能性薄膜と電子・光デバイスの開発）の展示を行った。

23日の初日には山本 雅俊　福井県副知事がJSTブースを訪問され、福井県の成果製品を手に取り、JSTの地域結集型共同研究事業が福井県で実を結んだことに関心を寄せられ、担当者の説明に熱心に耳を傾けられた姿が印象的だった。

本フェアは、初日が雨天という悪天候にもかかわらず、2日間で約16,000名の来場者を迎え、盛況の内に終了した。

JSTブースを見学された山本 雅俊福井県副知事

行事予定

12月 3日（水）～4日（木）	戦略創造「分子複合系の構築と機能」シンポジウム（日本科学未来館）
5日（金）	戦略創造「相互作用と賢さ」第1期生研究報告会（東京国際フォーラム）
12日（金）	戦略創造「機能と構成」第1期生研究報告会（東京ガーデンパレス）
14日（日）～15日（月）	戦略創造「認識と形成」第1期生研究報告会（東京ガーデンパレス）
15日（月）～17日（水）	国際共同研究「量子もつれプロジェクト」終了シンポジウム（米国　スタンフォード大学）
17日（水）	新技術説明会＜医療用装置＞（東京本部JSTホール）
18日（木）	戦略創造「タイムシグナルと制御」第1期生研究報告会（アルカディア市ヶ谷）
	新技術説明会＜有機微粒子・複合体と環境関連技術＞（東京本部JSTホール）
18日（木）～19日（金）	社会技術「第1回社会技術研究国際ワークショップ」（東京大学山上会館）
19日（金）	新技術説明会＜次世代電池＞（東京本部JSTホール）
1月29日（木）	新技術説明会＜表面・界面機能材料＞（東京本部JSTホール）
30日（金）	新技術説明会＜発酵と機能性食品＞（東京本部JSTホール）
	第3回つくばテクノロジー・ショーケース（つくば国際会議場）
中旬	国際共同研究バイオリサイクルプロジェクト　ワークショップ（タイ　カセサート大学）

日本科学未来館（MeSci）12月行事予定

〈12月の休館日（2日、9日、16日、28日～31日）〉

《新規イベント》

1. **「メガスター　～星空の贈り物～」**
   12月21日（日）～ 24日（水）　13:30、14:30、15:30、16:30
   6F ドームシアターガイア
2. **ノーベル賞化学者からのメッセージ～白川英樹博士×実験工房～**
   12月23日（火・祝）15:00～16:30　3F 実験工房
3. **展示の前で研究者に会おう!**
   12月20日（土）13:30～15:00
   1F「地球環境とフロンティア」コーナー
4. **ボランティアウィークイベント**
   Ⅰ. カフェトーク「ひこうき　7つのふしぎ」12月6日（土）
   14:30～15:30　5F カフェ
   Ⅱ.「光と色の科学」12月6日（土）～7日（日）
   10:00～17:00　1F 催事ゾーン
   Ⅲ.「ふしぎな卓上ペット噴水」12月5日（金）～7日（日）
   10:30～12:30、14:30～16:30　1F 催事ゾーン
   Ⅳ.「未来館科学捜査一課」12月6日（土）～7日（日）
   10:00～17:00　1F 催事ゾーン
   Ⅴ.「感じる圧力・気づく圧力」12月7日（日）
   10:00～17:00　1F 催事ゾーン
5. **ノーベル賞受賞者 ティモシー・ハント博士 講演会**
   12月6日（土）14:00～15:30
   5F「生命の科学と人間」ラボコーナー

《継続イベント》

1. **「Cyber Human－未来をひらく先端医用画像技術－」上映**
   上映時間：14:00～、15:00～、16:00～　5F VRシアター
2. **ASIMOデモンストレーション**
   平日13:00～／土・日・祝13:00～、15:30～
3. **実験工房**　毎週土・日曜日　3F 実験工房
   ［超伝導コース］［レーザーコース］［ロボットコース］
   ［バイオコース］［化学コース］
4. **MeSci研究棟ツアー**　各日約15名（当日先着順）
   12月 6日（土）／12月20日（土）14:00～15:00　相田ナノ空間
   12月 13日（土）／12月27日（土）14:00～15:00　柳沢オーファン受容体
5. **インターネット電子顕微鏡**
   第1・第3日曜日 13:30～14:30　3F サイエンスライブラリ

JSTニュース
VOL. 1 / NO. 3
平成15年12月1日発行
禁無断転載

独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency
インターネットホームページ　http://www.jst.go.jp
〒332-0012　埼玉県川口市本町4-1-8　川口センタービル　総務部広報室
TEL. 048-226-5606　FAX. 048-226-5651

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています。