

## 国際フォーラム 世界と光科学について語る

社団法人 応用物理学会(JSAP)(会長 石原宏)は、国際シンポジウム「光科学の未来を拓く」を開催いたします。これはJSTさきがけ「光の創成・操作と展開」研究領域(研究総括 伊藤弘昌)の研究報告会です。日本の光科学技術は世界のトップレベルにあり、そのレベルを高めるために様々な取り組みがなされています。JSTさきがけ「光の創成・操作と展開」研究領域活動もその一つであり、研究成果とその技術的未来を世界レベルで語ります。そのために、さきがけ研究者に加え、2008年度文化功労者の霜田光一博士(東大名誉教授)をはじめとする世界の第一人者6人を招いております。本シンポジウムは「2010年春季第57回応用物理学関連連合講演会」(開催日3月17日～3月20日)の中で「さきがけフォーラム」として2日間開催されます(期間3月18日～3月19日)。

- ポイント
- ・光量子コンピュータ 世界初の実現へ確かな道
  - ・金属ナノ構造による新奇光機能の発現
  - ・水分子間エネルギー移動の可視化
  - ・世界初 : 光による幹細胞への“命令”

## シンポジウムの背景

JSTさきがけ研究とは、未来の技術革新の芽を育む個人型研究で、文部科学省の定めた戦略目標に基づいた研究領域を設定して行います。研究領域に集まった研究者が研究総括と領域アドバイザーの下、合宿形式の研究発表などを通じて交流・触発しながら3年間研究に取り組みます。

今回発表する「光の創成・操作と展開」研究領域は、光の本質の理解・光による物質の性質の解明・光の制御・光による物質の制御、等の研究を進めるものです。これらの研究によって、新たな原理の発見や方法論の創出を成し遂げ、革新的な技術展開の契機となることを期待するものです。2005年に第1期研究者として精鋭10人を集めて発足し、現在24名で光に関する集中的な研究を行っています。今回、第2期研究者が研究期間終了を迎えますが、その成果を中心に今後の技術的展望を語ります。

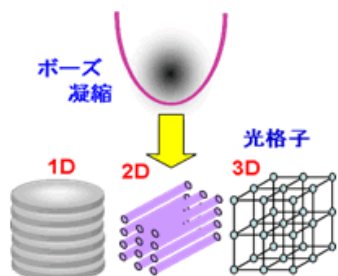
## 研究領域

研究分野は4つの領域に分類され、その成果と未来を語ります。

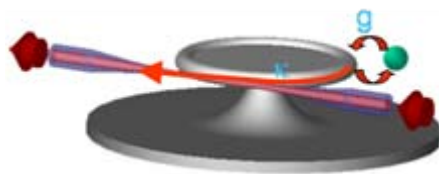
### (1) 量子光学・原子光学 — 光量子コンピュータ 世界初の実現へ確かな道 —

レーザー科学の進展により、光や原子の量子状態を自在に、かつ精密に操ることができるようになってきました。「量子光学・原子光学」分野では、そのような最先端の研究を紹介します。木下がレーザー冷却・トラップ技術を駆使し、原子の流れを制御して実現を目指す原子デバイスは、次世代を切り開く新技術「アトムロニクス」として期待されています。越野による光子(光の基本粒子)制御の理論研究では、光子をその時空間形状まで自在に制御する方法論を確立しました。青木は微小共振器の中に強く閉じ込められた光と単一の原子とが相互作用する系において、単一光子レベルの超微弱光に敏感な巨大光学非線形性の発現に成功しました。また、招待講演者のDarrick Chang博士には、プラズモニクスと量子光学とを融合した、新しい原理に基づく単一光子トランジスタの提案についてお話をいただきます。

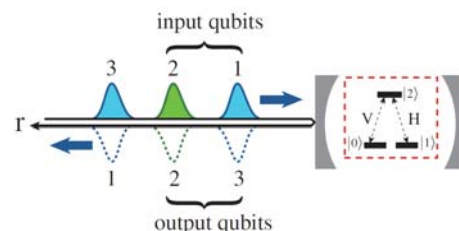
量子力学とよばれる物理学の基本原則を活用すると、既存コンピュータを遥かに凌駕する「量子コンピュータ」を作ることができます。量子コンピュータでは、光子を使って情報の基本単位である「ビット」を実現しますが、光子どうしは相互作用しない(互いに素通りしてしまう)のが悩みの種でした。本シンポジウムでは、光子どうしを相互作用させ「光量子ゲート」を構成するための新理論と、その実現に直結する実験成果が発表されます。ファイバーなどにより一次元に閉じ込められた光を使うと、光子ビットと原子ビットとを反射一回で完全に交換でき、原子を「触媒」とした光子どうしの相互作用が実現できます。これは、現実的な物理系によって光量子ゲートを実現するための、世界で初めての理論提案です。これらの要素技術は国内で完成しつつあり、世界初の量子コンピュータが日本で誕生する日も遠くありません。



アトムロニクス



トロイド型微小共振器



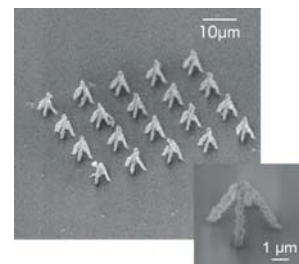
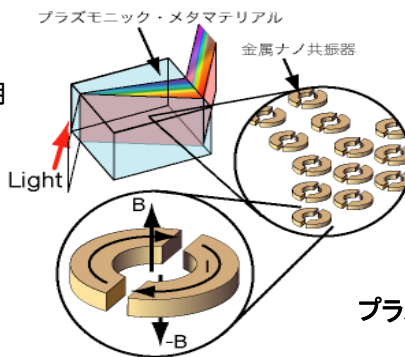
光量子ゲート

(2) プラズモニクス・ナノフォトニクス

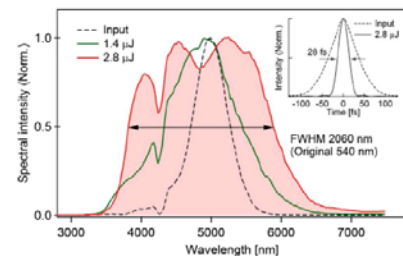
—金属ナノ構造による新奇光機能の発現—

プラズモニクス・ナノフォトニクスは、ナノスケール(1ミリの百万分の一)の微細構造と光との相互作用を積極的に利用した、新しい光学技術分野です。

理研の田中は、プラズモニック・メタマテリアルと呼ばれる金属ナノ構造からなる新しい人工光機能材料と、それを加工するために新たに開発したレーザー加工技術を発表します。オーストリアから招待したJames Chon博士は、金ナノロッドを分散させた材料を用いて、デジタルデータをx-y-zの3次元空間に2つの偏光の自由度を加えた5次元空間中に記録する超大容量光メモリを発表します。



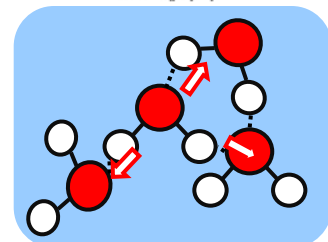
プラズモニック・メタマテリアル



(3) 超高速 赤外・テラヘルツ科学 —水分子間エネルギー移動の可視化—

周波数が1~100 テラヘルツ(1秒間に1兆回の振動)の光を使うと、分子振動・格子振動・スピン(電子1個の磁性)に関する物理現象が見られます。さらに、光を短い時間に閉じ込めた「超短パルス光」を生成すると、それらの現象をコマ送りで観測したり制御したりすることが可能になり、「超高速科学」の分野に新しい展開がもたらされています。

本シンポジウムでは、1パルス内にたった数回の電場振動しか持たない「超短パルス赤外光」の発生や、キャリア・エンベロープ位相の安定化技術など、この分野での革新的技術の開発について発表します。これらの超短パルスを利用して、水分子中でのエネルギー移動の様子を、100フェムト秒(1秒の10兆分の1)という短い時間スケールで「見る」ことに成功しました。これにより、生命現象における水の役割が解き明かされつつあります。

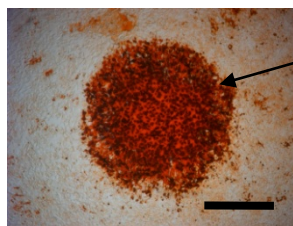
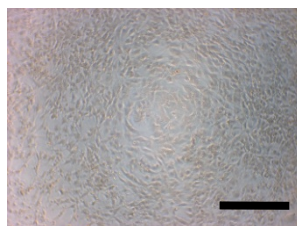


水分子間エネルギー移動

(4) 光医学・光生物学 —世界初 : 光による幹細胞への“命令”—

再生医療とは、本人もしくは他人の細胞・組織を培養し、障害のある臓器を代替する細胞を用いて、失われた組織や臓器を修復・再生する医療のことです。この再生医療の中でも、ES細胞やiPS細胞に代表される「幹細胞」といわれる細胞が、障害臓器を代替する細胞源として注目されています。しかし、移植した幹細胞が目的外の細胞になることや癌細胞化することが問題となっています。本発表では、光技術の活用により、幹細胞を安全に目的の細胞にできることを示します。骨髄から採取した幹細胞に波長405ナノメートルの光を照射したところ、光を照射した細胞だけ、骨を形成する細胞になることを世界で初めて確認しました(図)。また、軟骨の基となる細胞になることも確認できました。本発表では、幹細胞を用いた研究に加えて、アレルギーの原因となる細胞やインスリンを産生する細胞といった幅広い細胞に光技術を適用し、細胞が有する機能を光によってコントロールする一連の新成果について報告します。

光照射による骨細胞の形成



光照射による骨細胞の形成

図 骨髄から採取した幹細胞に円状の光を照射後、カルシウムを染色したもの。左図は光を照射していない細胞、右図は光を照射した細胞。(図中の線は200マイクロメートル)

研究サポート: 本研究は、JST戦略的創造事業本部戦略的創造研究推進事業 さきがけ「光の創成・操作と展開」研究領域(研究総括: 伊藤弘昌 東北大学大学院工学研究科 教授)の研究として行ったものです。

本件に関するお問い合わせ: 独立行政法人 科学技術振興機構(JST) イノベーション推進本部  
 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「光の創成・操作と展開」研究領域事務所  
 技術参事 平澤 和夫(Kazuo Hirasawa)  
 TEL: 022-212-1367 FAX: 022-212-1368 e-mail: hirasawa@light.jst.go.jp  
 発表者 : 国立大学法人 東京医科歯科大学 越野和樹