

紹介 クローズアップ研究者①

光ナノ情報通信デバイスの研究開発

神戸研究所 未来 ICT 研究センター ナノ ICT グループ 専攻研究員

山本 和広 博士 (工学)

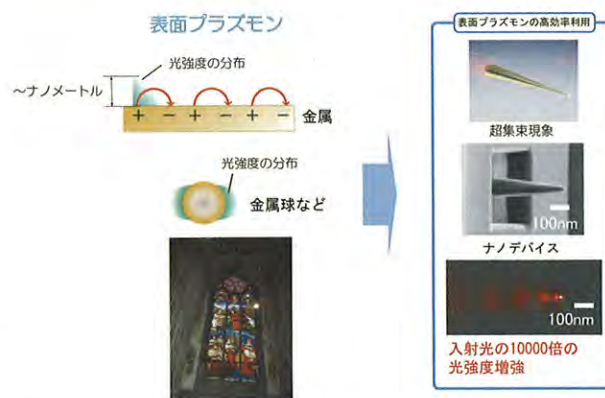
研究の背景

すでにスマートフォンに代表されるように、日常で人々は携帯端末で多くの情報をやり取りしています。いまはまだ机上のパソコンで行っていることも近い将来には携帯端末でできるようになるはずですが。しかし現時点では高性能なパソコンは大きく、発熱量も非常に大きいことが問題です。こうした機能を持ち歩くには、サイズを小さくして発熱を減らさなくてはなりません。その実現方法としては、まず端末内のデバイス自体を小さくすることがあげられます。実際電子デバイスのサイズはいまや非常に小さく、配線幅は数十ナノメートル(1ナノメートルは10億分の1メートル、原子数百個分)になっています。しかしこうした電子デバイスでは大きさが小さくなるにつれ発熱が非常に大きくなることが知られています。そこで情報の担い手として注目されるのは光です。光は非常に高速で、高い制御性もあるので効率的な利用で発熱の問題を回避できます。しかし一方で光には「回折限界」という重大な問題がありました。光をレンズで絞ってもスポットの大きさは光の波長の数分の一(数百ナノメートル)までしか小さくならないのです。これでは既存の電子デバイスより小さくはできません。この課題を解決する手法が回折限界を超える光、「近接場光」と呼ばれるものです。

研究の内容

私たちはこうした回折限界をこえた近接場光の一種である「表面プラズモン」に注目しました。図1に示すように表面プラズモンは、金属が電気を流す源である電子が振動するのにともなう電磁波であり、金や銀といった金属では目に見える可視光で発現することが一般的です。この現象はじつは古くからあるステンドグラスの鮮やか

図1 表面プラズモンと超集束現象



な赤色の発色の元になっていて我々の目を楽しませてくれています。金の場合、いろいろな可視光の混ざった白色光のうち緑の光がガラスの中に混じった金の粒子によって表面プラズモンとして吸収されることで透過する色が赤く見えるのです。ここで重要なのはこの表面プラズモンはその金属のそばのナノメートルの領域に閉じ込められていることです。この大きさは金属の種類や金属の形の大きさ、配置で決まります。また金属内の多数の電子が関わるために、表面プラズモンを発生させるために入射する光の電界を増強して大きくすることができます。したがってナノメートル領域で光エネルギーを効率よく使用する光デバイスが実現できるのです。

これまでの研究成果

私たちは図1に示す表面プラズモンを効率的に集める現象である「超集束」と呼ばれる現象について研究を進めてきました。これまでに理想的な物質でのみ理論的に予言されていたこの現象が、実際に作製可能なナノ構造で起きることを数値的に計算して示しました。このときナノ構造に生じる光の強度は最大で入射光の10000倍にも達します。すなわち同じ電力で10000倍の効果を得

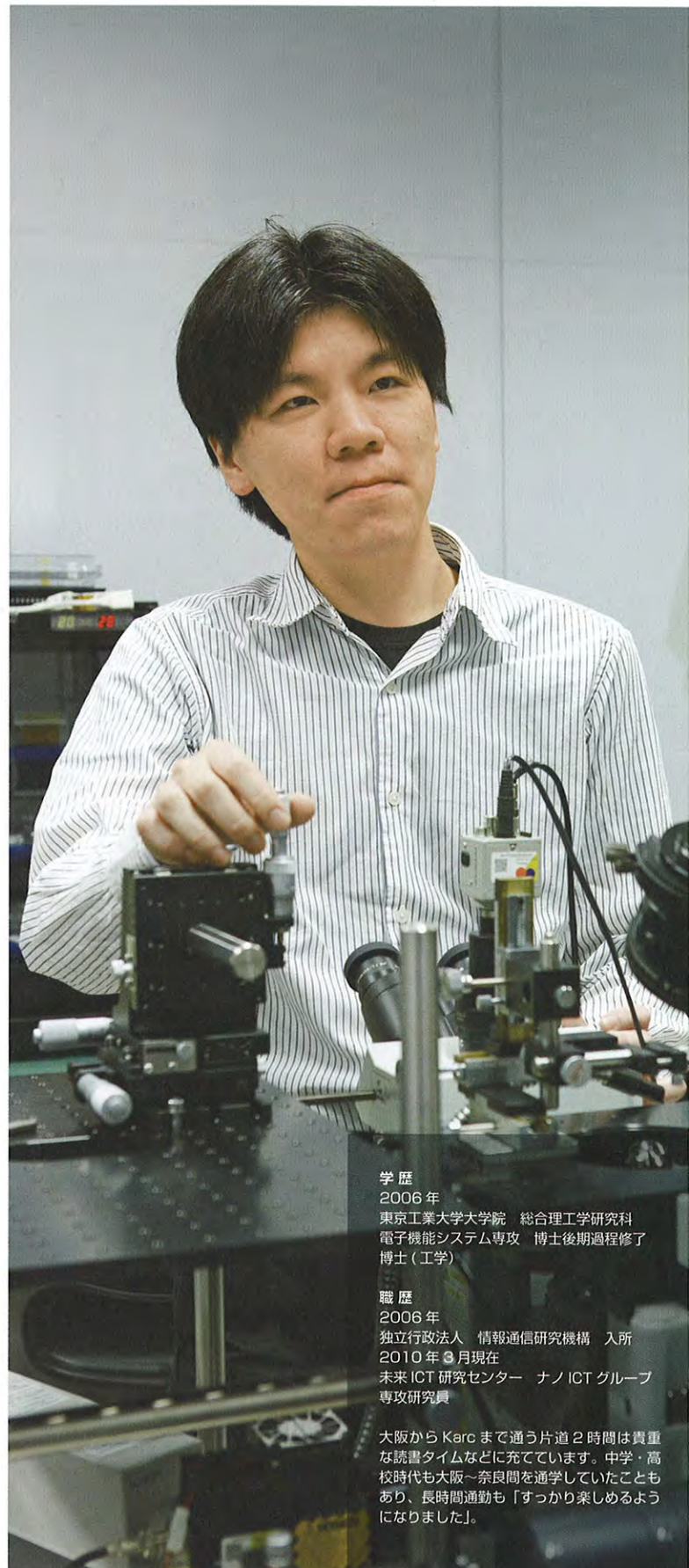
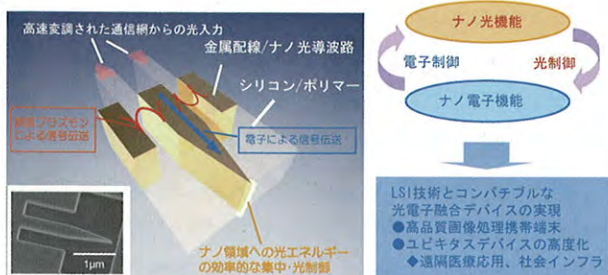
たり、10000 分の一の電力でデバイスを動作させたりすることも可能になります。さらにこうした現象を使いやすくするために図2に示す新しいデバイス構造を提案しています。この構造では光ファイバと同様な光導波路を用いて、超集束現象を実現します。すでに十分確立している光導波路の制御法を利用することで、ナノメートル領域での光機能を制御できることもこれまでに示してきました。またこの構造は電子デバイスで広く用いられる手法で作ることができ、電子デバイスともサイズを整合して一体化できる(金属配線とプラズモンの導波路の共有化など)といった特徴も有しています。

今後の研究展開

今後は表面プラズモン光デバイスを電子デバイスと融合し、光機能と電子機能を臨機応変に使いわけ、互いに相互作用する新規デバイスの実現を行っていきます。その場合にはいま電子回路でもっとも使用されているシリコンや、近年発展の目覚ましい有機材料との協調をはかり持続発展可能な技術として確立します。

この研究が進むことで既存の携帯端末のようなデバイスはその利便性を持ちながら、さらに省電力で高機能になるでしょう。たとえば携帯端末で高画質のムービーが扱え、投射できるようになれば、もちろん通常の生活での娯楽だけでなく、ビジネスや医療にとっても非常に有意義です。一方で簡単な機能でもより効率よく、たとえば自身の給電システムや自然光だけで動作することも可能になれば、真にコピキタスな情報通信(ライフケア、製品・食品管理)にも寄与できます。こうしたさまざまな状況に対応できる情報通信技術の基盤要素となることを目指していきたくと考えています。

図2 導波路構造を利用した新規プラズモン光デバイス



学歴
2006年
東京工業大学大学院 総合理工学研究科
電子機能システム専攻 博士後期過程修了
博士(工学)

職歴
2006年
独立行政法人 情報通信機構 入所
2010年3月現在
未来ICT研究センター ナノICTグループ
専攻研究員

大阪からKarcまで通う片道2時間は貴重な読書タイムなどに充てています。中学・高校時代も大阪～奈良間を通学していたこともあり、長時間通勤も「すっかり楽しめるようになりました」。