

# 情報通信技術に基づく未来社会基盤創生 —コンピュータと通信技術により便利で安全な未来社会を築く—

河野 隆二 横浜国立大学大学院工学研究院知的構造の創生部門電気電子と数理情報分野 kohno@ynu.ac.jp

## 情報通信技術は未来の社会基盤のコア技術

最も進んだ携帯電話が最も多くの人に使われているのは日本であります。携帯電話は情報通信システムの代表的な商品であり、現在および将来の日本を支える基幹産業は世界に誇る情報通信であります。この情報通信技術を使うことにより、社会生活が便利になるばかりか安全で安心できる社会を作ることができると考えられます。たとえば、パソコンをインターネットにつないでショッピングや銀行の支払いを済ませる電子商取引、3つ以上の人工衛星からの通信信号を車や携帯電話で受けて車や人の位置を正確に知るカーナビやナビ付き携帯などの高度交通システム (ITS)、さらに電力会社が電気を家庭や会社に配るネットワークを季節や消費状況に合わせて柔軟に切り替えるフレキシブルエネルギーネットなどのどれかをご存知でしょう。図-1に示すように、コンピュータと通信による情報通信技術を金融、交通、エネルギー、さらに医療、福祉などに応用して社会インフラ(基盤)を便利で安全なものに高度化することができます。

横浜国大が世界的に活躍する光と電波の情報通信技

術に関する高度な研究教育のセンターとして、当COE (Center of Excellence) : 拠点の活動を推進しています。ここでは、横浜国大の情報通信COEについて紹介します。未来の便利で安全な社会を築くために、光と電波の融合領域でさまざまな先端技術と基礎理論を国際的に外部機関と共同で研究開発しています。これを通じたすぐに役立つ実践的な高度教育を行っています。

## 本拠点の目指すものを簡単にいうと

コンピュータと通信による情報通信技術を使って、便利で安全な未来社会の骨組みとなる高度な社会基盤(インフラストラクチャ)のあるべき姿(ビジョン)を描きます。そのビジョンを実現するために横浜国大が世界的に誇る光・電波融合領域の最先端技術を世界と競争や協調しながら戦略的に研究しています。これらの高度な理論や技術の研究を通じて複合領域にわたるプロ、専門家を育てる世界最高水準の拠点(COE)を形成し、継続的に発展させています。

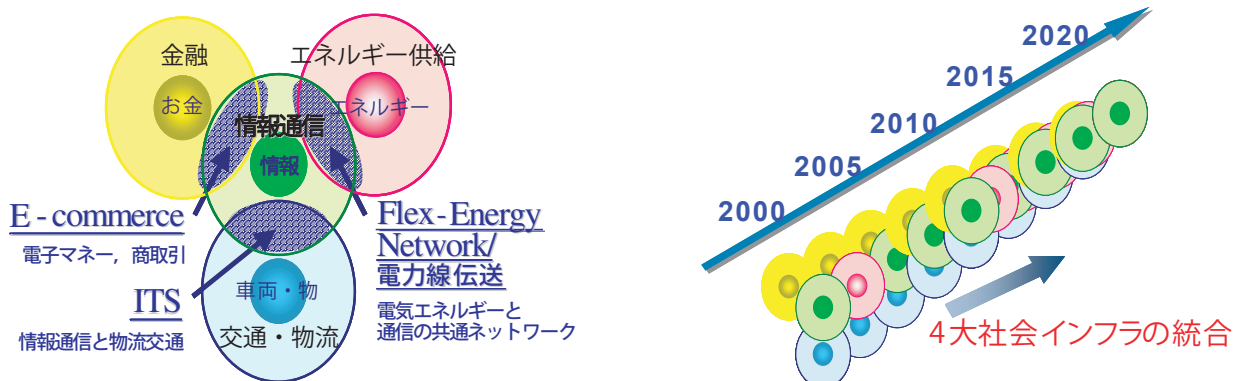


図-1 情報通信技術による交通・金融・エネルギーなどの社会インフラの高度化を目指す

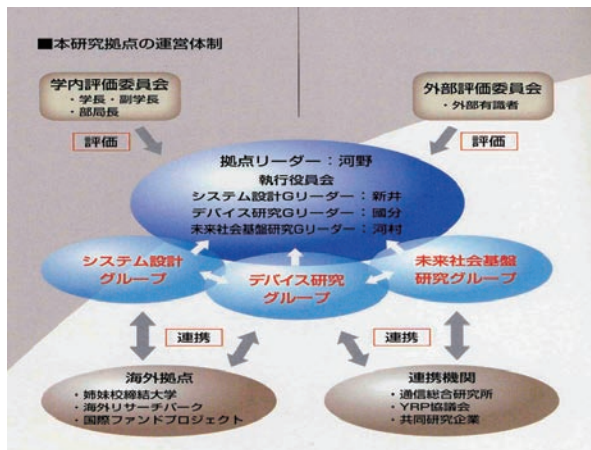


図-2 本拠点の運営体制(執行役員制, 3グループと外部との連携)

#### 研究組織 改訂版 (平成16年7月現在)

拠点リーダー 河野隆二  
 執行役員会 新井宏之, 國分泰雄, 河村篤男, 高橋富士信  
 システム設計グループ グループリーダー: 新井宏之  
 河野隆二, 土肥康孝, 廣瀬靖雄, 石井六哉, 長尾智晴, 松本勉,  
 足立武彦, 鈴木英之進, 市毛弘一, 大森慎吾, 若菜弘光, 辻宏之,  
 高橋富士信, 落合秀樹, 濱上知樹, 久我宣裕  
 デバイス研究グループ グループリーダー: 國分泰雄  
 荻野俊郎, 羽路伸夫, 吉川信行, 馬場俊彦, 竹村泰司, 荒川太郎  
 未来社会基盤研究グループ グループリーダー: 河村篤男  
 塚本修巳, 西村誠介, 北田泰彦, 大山力, 雨宮尚之, 藤本康孝,  
 藤本博志  
 外部評価委員  
 (株)富士通研究所 常務取締役 持田侑宏  
 NTT先端技術総合研究所 所長 河内正夫  
 独立行政法人 情報通信研究機構 理事長 長尾 真  
 (株)KDDI 研究所 代表取締役会長 平田康夫

## 拠点 (COE) を作る目的は何か. なぜ必要か

目的は先に述べた通りで、一言でいえば「情報通信技術に基づく未来社会を支える統合社会基盤のビジョンとその実現のための先端技術を総合的に研究・教育する世界最高水準の拠点を構築すること」であります。

なぜ必要かという、国土が狭く天然資源に乏しい日本が世界の中でトップレベルの生活水準を保ち続けるためには、我が国の先進性や国際競争力を確保できる基幹産業である情報通信産業をさらに発展させる必要があるからです。しかし、現状の産業界では、技術のアウトソーシングが進み、情報通信産業においてもデバイス、エレクトロニクスレベルからシステム、ネットワークレベルの総合的な研究開発ができる研究者、エンジニアが不足しています。さらに、統合社会基盤の構築開発が生み出す新産業の創造に必要な領域融合型の研究開発を中長期的に遂行する経済的、人的余裕はありません。以上の長期ビジョンに基づく現状認識から、情報通信領域において不足している複合分野の専門家を育成し、一企業では困難な領域融合型の基礎理論、先端技術を中長期的に研究開発するために、本拠点が必要であります。

その目的のために、光・電波融合情報通信ネットワーク基盤構築のための最先端技術の研究開発と基礎理論の創生に焦点を絞り、本学科、専攻の特長を活かしています。未来社会の基盤を構築するために、将来の情報通信や他の学際領域の技術に対する必要性や課題を明らかにし、プロジェクトを次々と生み出し、総合的に研究教育を進めています。

## どのように拠点(COE)で研究が進められているか

本拠点の中心となる情報通信技術について、図-2のように3グループに分かれ、執行役員制により運営を進

めています。1つはシステムを作る観点から研究を行うシステム設計グループ、もう1つはシステム構築に必要な半導体などの素子(デバイス)を研究するデバイス研究グループに分かれて専門性の高い研究を行います。また、2つのグループが共同して情報通信システム全体の設計とそのために必要な要素部品、デバイスを新たに発明し研究を進めています。

本研究の中核をなす光・電波融合情報通信ネットワーク基盤構築の研究に資金やスタッフなどを重点的に配分して行っています。さらに、その支援のために未来社会基盤研究グループをつくり、情報通信技術を応用した未来社会基盤の研究を行い、情報通信技術に対するニーズと方向性を明らかにします。そして、各教官が各グループおよび独立行政法人情報通信研究機構(元通信総合研究所:CRL, 元は郵政省、総務省に属していた情報通信に関する研究所)と連携し、研究教育を高度化しています。その上で、研究の達成度と評価について、目標がどのくらい達成されたかを自己評価し、そのほかに外部の専門家から外部評価を定期的に受けて着実に発展しています。

## 教育はどのように進められているか

本拠点の基本的理念の柱として、大学院のドクターコースの大学院生を対象に、統合社会基盤を作るために必要な先端技術と基礎理論を研究・開発・企画・運営できる深い専門能力と、広い総合能力を持つ世界最高水準の研究者、経営者、教育者、行政官などを育成しようと努力しています。そのために本学科、専攻の特長を最大限に活かして、国内や外国の研究所、会社や大学などの研究機関と連携して、個別分野の研究だけでなく、未来を拓く境界領域や新領域の技術の発明などを生み出す方法を大切に、正確な世界観と未来社会への理想を持った上で、専門をきわめて総合的な問題探索・解決能力を

持つ人を育てようと努力しています。表-1に大学院生の在籍と学位授与状況を示します。

具体的には、大学院生を研究員として雇い経済的に支援し、国際的な機関、たとえば海外の大学や横浜市大医学部などにインターンシップとして派遣し、逆に受け入れることにより、いろいろな経験を持たせています。また、会社や国の研究機関などとの産学官連携を通じて、実践能力を育てベンチャービジネスを始められるような指導などを実施しています。

### 本拠点がカバーする主な学問分野は何か

本拠点が世界的優位を確保できる光・電波融合情報通信ネットワーク基盤構築に中核をおき、その構築のために、ソフトウェア無線 (Software Defined Radio: SDR)、超広帯域インパルス無線 (Ultra Wide Band: UWB)、フォトニック結晶、単一磁束量子回路などの光・電波融合領域における最先端技術とそれを支える基礎理論の学問分野に焦点を絞り、これらを通じて今後の国際社会を先導できる複合領域にわたる専門家を育成しています。また、本専攻の特長を活かし、未来社会基盤構築のために、電子マネー・商取引のための暗号・認証技術、高度交通システム (ITS)、エネルギーと情報のネットワーク統合によるフレキシブルエネルギーネットワーク、ロボット応用技術等の周辺学問分野をカバーし、継続的なプロジェクトの創生と戦略的な研究教育を推進しています。

### 本拠点の特色は？

本拠点の特色として、1専攻コース内で電気・電子・通信・情報分野の広範囲にわたり、独自の深い専門で世界的に主導的な役割を果たしているスタッフが日頃から密接に協力し研究・教育を行ってきました。また、本学の連携機関である独立行政法人情報通信研究機構 (NICT)、モバイル情報通信のCOEである横須賀リサーチパーク (YRP)、京浜地域の企業等と共同研究開発・高度教育、省庁・国研・地方自治体 (横浜市、横須賀市、川崎市) との産学官連携や海外大学・企業・研究機関との国際交流により全国第2位の留学生受け入れの実績があり、今後の発展性も高いレベルにあります。そのため、狭い専門分野の研究だけに走ることなく、社会の要請の高い総合的な研究を遂行し、総合的な能力を有する世界最高水準の博士レベルの人材を育成することが可能であります。特に、NICTと本拠点でスタッフが互いに併任することによる双方向の人事交流を行い、研究管理と先端教育を実践しています。具体的には、双方向人事交

区 分	平成 13 年度	平成 14 年度	平成 15 年度
博士課程入学定員	7人	12人	12人
博士課程入学数	10人(3人)	12人(3人)	11人(5人)
博士課程在籍者数	29人(9人)	31人(10人)	36人(14人)
課程博士授与数	10人(2人)	5人(1人)	9人(2人)
論文博士授与数	1人(0人)	2人(0人)	2人(0人)

表-1 大学院学生の在籍および学位授与状況  
(右側の( )は内数で外国人留学生数を示す)

流を通じて産学官連携コンソシアム (民間企業40社以上参加) を設立し、UWBによる無線PANの国際標準に本拠点スタッフが知的財産権を保有する要素技術を導入し、本拠点発の先端技術を実商用システムの大規模な国際市場に採用される成功例を作りつつあります。

### 本拠点で行っている研究計画は？

平成14、15年度に構築した拠点運営体制に基づき、本拠点が世界的優位を確保できる光・電波融合情報通信ネットワーク基盤構築に中核をおき、平成16年度以降は、平成15年度に立ち上げた、ソフトウェア無線 (Software Defined Radio: SDR)、超広帯域インパルス無線 (Ultra Wide Band: UWB)、フォトニック結晶、単一磁束量子回路などの光・電波融合領域における最先端技術と基礎理論の研究に焦点を絞り、システム設計・デバイス研究・未来社会基盤研究の各グループで本拠点発の世界最高水準の研究成果を上げることに計画的に遂行しています。さらに、国際標準に採用され世界市場で商用化されるような我が国発の最先端技術の創生や、それらの先端研究を通じた博士後期課程生の高度教育、起業家精神育成などを多角的に遂行しています。

### 拠点形成を今後進める上での研究面での課題と解決策

システム設計グループでは、新たな無線技術であるSDRやUWBを核としたシステムを実現するために必要な伝送、信号処理、ハードウェア、ソフトウェアの各技術、それらの統合的最適化技術を確立することを中心課題としています。これを実現する具体的な方策として、  
(a) SDR分野ではシステム構成更新のための環境センシング、システムダウンロードセキュリティや遠隔メンテナンスなどの方式や回路などを考案し最適化を研究します。  
(b) UWB分野ではシステム間干渉除去法、パルス整形法、伝送効率向上の符号化・変調などの物理層技術やネットワーク相互接続性などのプロトコル技術を研究



します。

(c) アレーアンテナによる超高速方向探知/推定、時空間符号化・信号処理、それをシステムに組み込むハードウェア構成、および個人認証バイオメトリクス技術などの新方式・回路構成などについて研究します。

これらのハードウェア実現のためデバイス研究グループの最先端の研究成果を盛り込んでいきます。また、メカトロニクス技術に応用可能なアプリケーションを提供し、未来社会基盤グループと連携して、新たな社会基盤の実現を目指して研究を行います。

**デバイス研究グループ**では、情報通信ネットワークの基盤となるデバイス技術として、

(a) フォトニックネットワークに必須の基本要素である集積フォトニック回路の開発

(b) ネットワークを流れる大容量の情報を高速処理するためのエレクトロニクス技術の研究開発

を中心課題としています。これを実現する方策として、(a)の集積フォトニック回路では、超高屈折率差光導波路とフォトニック結晶を用いた極限まで微細化した集積化波長操作・ルーティングデバイスとその高密度集積化を、また(b)の超高速エレクトロニクスでは、磁束量子を用いた超低消費電力(半導体の約1000分の1)で超高速(半導体の約10倍)集積化論理回路と、これを従来のCMOS-ICに集積化させる超高速集積回路、単電子デバイスを応用した不揮発性高速応答メモリなどの「超低消費電力、超高速、超微細」エレクトロニクスの実現を目指しています。また、これらの研究開発されたデバイスを光・無線通信や医療システムなどに応用するためにシステム設計グループと多面的に協調します。

**未来社会基盤研究グループ**では、情報通信技術に基づく応用技術として、安全で快適な未来社会で社会基盤になり得る基盤技術の研究に関する研究を中心課題としています。これを実現する方策として、

(a) エネルギーと情報のネットワーク統合とそれを支える先進コンポーネントによるフレキシブルエネルギーネットワーク

(b) 高度通信技術を集積した人間型ロボットの

研究を中心的行います。(a)では、システム面ではモバイルエージェントを活用した分散電源出力およびネットワークの自律分散制御の実現を目指し、先進コンポーネントとしては超伝導機器等の研究を行います。

(b)では、ロボット体内での高度通信システムの構築および制御と通信を融合したメカトロニクスを実現します。さらに、本グループでは社会基盤を実現するためにはどのような情報通信システムが必要であるかについても検討を行い、将来の戦略的プロジェクトの発案を行うことも重要な使命としています。

### 拠点形成を今後進める上での運営面での課題と解決策

**人事・設備の充実**：本拠点の運営のためにCOE経費により研究員、事務員を採用してきましたが、学長裁量により学内教授席で平成16年度よりCOE主務の教員を採用し、活動を強化しています。設備についても学長裁量により平成15年度末に新築される総合研究棟IIにCOEの活動拠点が優先配分されCOEセンターとして機能しています。

**他機関との連携強化**：本学の通信(C)・環境(E)に関する2つのCOEと、横浜市立大学のライフサイエンス(L)に関するCOEが中心となり、「よこはまCEL Triangle研究機構」を設立し、医療福祉などの融合領域に関する共同研究・高度教育を活性化しています。また、連携機関であるNICTと包括協定を締結し、設備、人材の共用などにより連携を強化し、国際的、地域的な産学官活動を推進しています。

**国際会議開催などによる国際的広報**：毎年度末に本拠点の成果公表などのための国際シンポジウムを開催するとともに、主力分野における国際学会の中心国際会議を本拠点が共催することにより研究開発成果を国際的にアピールしています。

以上の本拠点を構成する3グループにおける研究教育活動を中心として、[図-3](#)に示すように学内外の研究機関、官庁・政府機関、学会、産業界、連携機関などとの産学官連携により運営し、未来社会を支える統合社会基盤の創生に貢献する世界最高水準の研究拠点として継続的な発展を計画しています。

### 本拠点で行った世界的な研究成果は？

本拠点が平成14年度にCOEに採択された理由の1つは、それまでの研究実績であると想像されます。[図-4](#)に主な過去の成果を例示します。

平成14年度に本COEが採択されて以来、未来社会基盤を支える情報通信技術に関する研究成果は飛躍的に発展しています。その中で光・電波融合領域の最先端技術に関する主な成果を[表-2](#)にまとめています。特に、赤で示した成果について下記に説明します。

### UWB(超広帯域)技術に関する研究・開発・標準化・法制化の国際的推進

本拠点とNICTを中心とし、本拠点リーダーがNICTを兼業しNICT・企業(40社以上)・大学による産学官連携UWBコンソシアムを設立し、研究開発を推進しています。特に、(1)無線PANの国際標準機関であるIEEE802.15.TG3aに、超広帯域(UWB)にソフトウェア

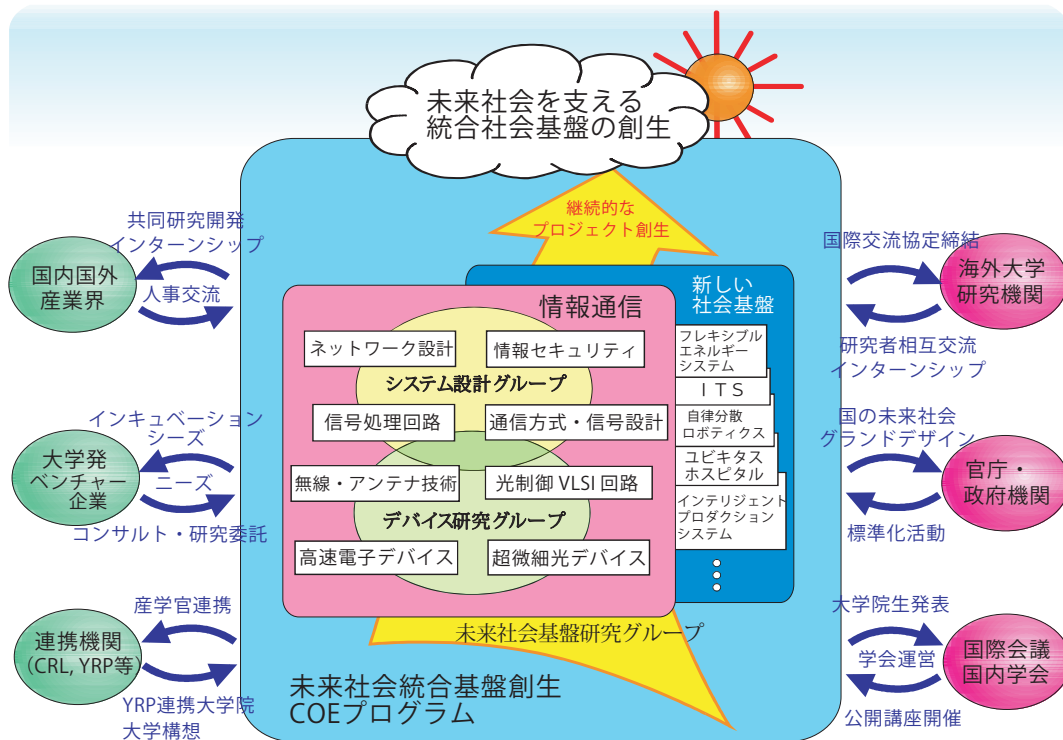


図-3 本拠点の運営と将来構想

情報通信	CDMA干渉除去 方式考案(世界発)	ITSの理論体系化 ・産学官連携研究会 設立(世界に発信)	ソフトウェア無線プラット フォーム試作(世界初) 理論体系化	UWBワイヤレス技術 産学官連携コンソシアム (全日本による世界戦略)
情報セキュリティ	台数的公開鍵暗号 理論創始(世界初)	組合せ論的耐タンパー化技術 の理論開拓と実証(世界初)	人工物メトリクスと暗号の 融合技術の実用化(世界初)	指数センサ脆弱性評価 (世界に衝撃)
無線・アン テナ技術	平面型ダイバーシティ アンテナ実用化 (世界初)	偏波ダイバーシティ アンテナ商用化 (世界初)	不感地用アンテナ システム実用化 (世界初)	アダプティブアンテナ テストベッド試作
光エレクト ロニクス	3次元光集積 実証(世界初)	フォトニック結晶工学 技術提唱(世界初)	世界最小 レーザ実現	フォトニック結晶 光導波路実証 (世界初)と 国際会議設立
高速デバ イス技術	単電子デバイス 先駆的物理研究	温度無依存光回路 の実証(世界初)	単一磁束量子回路 高速動作実証(世界初)	低温CMOS 代表的国際協力
	1990年	1995年	2000年	

図-4 本拠点形成以前からの世界的実績

無線 (SDR) のシステム再構成の概念を導入した本拠点発の先端技術を採用した方式を国際標準として提案しました。(2) IEEE MTT SocietyとCOMSOCの合同国際会議Joint UWBST&IWUWBS2004をNICTと本拠点が主催しました。NICTとUWBコンソシアムを指導し、UWB無線PAN用CMOS-MMICを開発し、商用化に向けて日本の国際的優位性確保に貢献しています。また、総務省情報通信審議会において電波法の技術基準策定を主導し、国際通信連合ITU-Rにその成果を寄書しています。

### マイクロ組み立てによる3次元フォトニクス結晶の世界初の成功

半導体の微小部品を3次元的にアッセンブルする手法を考案(ミクロのプラモデル)し、3次元フォトニック結晶を製作し、光波帯で動作の実証に成功しました。これは横浜国大(微細な部品の形成)、物質材料研究機構(組み立て技術の提供)、理研(実際の組み立て作業)の3組織の連携による成功であります。その成果は朝日/毎日/日経/Nature本誌/Look Japanなど10紙以上に掲載され図-5のようにNature Materialsの表紙も飾りました。

世界水準の成果	担当	研究グループ	主な成果
UWB技術の研究・開発・標準化・法制化の国際的推進	河野隆二	横浜国大・NICT・UWBコンソシアムによる産学官連携	無線PANの国際標準提案と世界初のCMOS・MMIC化
アレイアンテナ技術のマッチングファンドによる大学発ベンチャー創生	新井宏之	横浜国大とベンチャー企業のマッチングファンドによる連携	3バンド16素子アレイアンテナによるマルチシステムのDOA推定
バイOMETRICSの脆弱性指摘と安全性評価技術の開拓	松本勉	横浜国大	個人認証技術の世界評価基準に貢献、TV報道
マイクロ組立による3次元フォトニック結晶の世界初成功	馬場俊彦	横浜国大、物質材料研究機構、理研による連携	Nature, 各新聞に掲載、Nature Materialsの表紙も
光パルスの群遅延制御デバイスの提案	馬場俊彦	横浜国大	フォトニック結晶の超低群遅延性とチャープ構造組合せ
超高速超低電力電子デバイスの世界初の動作実証に成功	吉川信行	横浜国大、名大、NEC超電導研、NICTの連携	世界初のマイクロプロセッサの高速動作実証に成功

表-2 平成15年度の本拠点の世界水準成果

### 超高速超低電力量子論理デバイスの世界初の動作実証に成功

横浜国大、名古屋大、NEC基礎研究所の超電導工学研、NICTとの産学官連携により、単一磁束量子(SFQ)回路のセルライブラリを構築し、これらに基づく世界最先端の回路設計技術を確立しました。その成果は集積回路で最も権威ある国際会議 International Solid State Circuit Conference (ISSCC2004)で発表され、朝日、毎日、日刊工業、日経産業新聞に掲載され、大きな反響を得ました。特に、(1)世界初のSFQマイクロプロセッサの高速動作実証に成功、(2)世界初のSFQメモリシステムの33GHz動作実証に成功は、世界的に高い評価を得ています。

### 本拠点の今後の発展と社会への貢献は？

本拠点では、未来社会のグランドデザインに必要な情報通信統合社会基盤の構築に貢献することが長期的に期待できます。短期・中期的には光・電波融合ネットワーク基盤構築のための要素技術、基礎理論の研究開発・教育を推進することにより、我が国の同分野における世界における先進性を確保する基盤を構築できることが期待されます。また、YRP連携大学院大学構想などを積極的に進め、社会人ドクター生の受け入れ、指導を容易にするためのサテライト教室の設置や産学官連携によるベンチャービジネス指導を行っています。さらに、海外の一流研究者を招聘して大学院コロキウムを拡充し、学生がベンチャービジネスを立ち上げることを積極的に支援します。

今後、情報通信技術を中心とする統合社会基盤を構築するための研究開発は一層重要性が高まります。特に、u-Japan重点計画などで最重要先端技術と位置づけられるソフトウェア無線、UWB、光波長多重、単一磁束量

(T. Baba, Collaboration with RIKEN and NIMS, Feb. 2003)

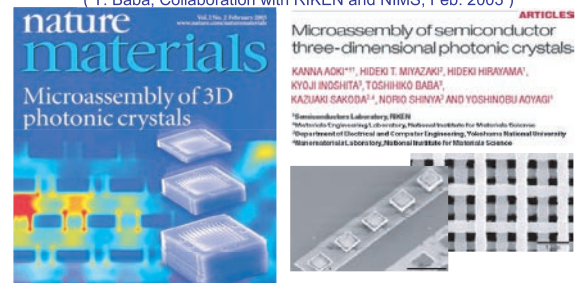


図-5 Nature Materialsに掲載

子回路などの光・電波融合領域において、情報セキュリティ・認証、システム間干渉除去、光波長フィルタ・ルータ、超伝導デバイスなどに関して、本拠点は国内外における研究・教育の中心的役割を果たすことが期待されます。さらに、それらの本拠点から発信する先端要素技術の知的財産権を確保し、それを応用した商用システムを国際標準化することなどにより、ボーダレスな未来国際社会に必要な情報通信統合社会基盤の構築と我が国の産業復興に貢献することが期待できます。

#### 参考文献

- 1) 横浜国立大学21世紀COEシンポジウム論文集(2003, 2004, Mar. 2005).
- 2) 河野隆二: 超広帯域(UWB)無線通信と今後の高度無線アクセス技術, 電子情報通信学会会誌, Vol.87, No.5, pp.396-401 (May 2004).
- 3) 新井宏之: 小形アンテナ: 小形化手法とその評価法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-B, No.9, pp.1140-1148 (2004).
- 4) Kokubun, Y., Miura, A. and Inokuchi, S.: Vertically Coupled Waveguide Bends and Branches for Photonic Gate Array Technology using Cross-Grid Architecture, Jpn. J. Applied Physics, Vol.43, No.12, pp.8080-8084 (2004).
- 5) Baba, T., Mori, D., Inoshita, K. and Kuroki, Y.: Light Localization in Line Defect Photonic Crystal Waveguides, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol.10, No.3, pp.484-491 (2004).
- 6) Ito, M., Nakajima, N., Fujiwara, K. and Yoshikawa, N.: Design and Implementation of SFQ Programmable Clock Generators, Physica C, Vol.C412-414, pp.1550-1554 (2004).
- 7) Sato, E. K. and Kawamura, A.: Theoretical and Experimental Verification of Independent Control for Parallel-Connected Multi UPS, IEICE Transactions on Communications, Vol.E87-B, No.12, pp.3490-3499 (2004).

(平成17年2月27日受付)