

採用年度	平成21年度
種別	拠点形成型

先端研究拠点事業  
平成21年度 事業実績報告書

平成22年4月9日

領域・分野	工学
分科細目名（分科細目コード）	通信・ネットワーク工学（5104）
採用番号	21001
研究交流課題名（和文）	超高速光通信に関する拠点形成
研究交流課題名（英文）	Collaborative Research Center on Ultrahigh-speed Optical Communication
採用期間	平成21年4月1日～平成23年3月31日

《実施組織体制》

日本側

拠点機関名	東北大学
実施組織代表者（所属・職・氏名）	電気通信研究所・所長・矢野 雅文
コーディネーター（所属・職・氏名）	電気通信研究所・教授・中沢 正隆
協力機関数	3
参加者数	58

相手国1

国名	ドイツ
拠点機関名	ハインリッヒ・ヘルツ研究所
コーディネーター（所属・職・氏名）	光ネットワークシステム部門・グループリーダー・Colja Schubert
協力機関数	0
参加者数	3

相手国2

国名	イギリス
拠点機関名	サザンプトン大学
コーディネーター（所属・職・氏名）	光エレクトロニクス研究センター・教授・David Richardson

協力機関数	0
参加者数	14

**相手国3**

国名	デンマーク
拠点機関名	デンマーク工科大学
コーディネーター（所属・職・氏名）	フオトニクス工学科・教授・Palle Jeppesen
協力機関数	0
参加者数	6

## 交流目標の達成（見込）状況

### ① 平成21年度事業計画における達成目標

初年度は共同研究体制を立ち上げるために、各研究機関における情報の共有を図り研究の現状と課題を明確にしたうえで、Tbit/s級の超高速光伝送の実現に必要なクロック抽出回路、光多重分離回路、光フーリエ変換などの要素技術の開発に取り組み、拠点間の連携のもと共同実験を実施する。さらに、本拠点を中核として、デバイスからシステム、計測技術に至る超高速フォトニクス幅広い分野における国内外の著名な研究者を一堂に会して国際シンポジウムを開催し、多方面の研究者との活発な議論と情報交換を通じて、社会への成果の発信と超高速フォトニクス分野の活性化に貢献する。また東北大学において光の研究に携わる研究者を集めて「光科学談話会」を本拠点との連携により開催し、特に若手研究者に対し成果発表と意見交換の機会を設け討論・発表能力の育成を図る。

### ② 平成21年度事業計画の達成状況

#### A. 学術的な成果

超短光パルス発生、超高速クロック抽出ならびに多重分離、サブピコ秒パルス用光フーリエ変換などの要素技術を結集し、1波長あたり640 Gbit/sの伝送速度で単一偏波DPSK (Differential Phase Shift Keying)信号の525 km長距離伝送に世界で初めて成功した。さらに、光時分割多重(OTDM: Optical Time Division Multiplexing)とコヒーレント多値変調を融合した超高速且つ周波数利用効率の高い新たな光伝送を提案し、32値の直交振幅変調(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)により400 Gbit/s-225 kmの伝送に成功するなど、この分野をリードする優れた成果が生み出されている。

#### B. 持続的な協力関係の基盤構築

OFC, ECOC, CLEOなどの国際会議の折に相手国機関のコーディネータどうしが密接に連絡を取り合い、情報の共有と現状技術の把握、ならびに今後の展望を明確にしている。これらの機会に得られた情報を素早くフィードバックすることにより、各機関における研究が大きく加速され、本拠点活動がこの分野の研究活性化に重要な役割を果たしている。

#### C. 若手研究者養成における成果

デンマーク工科大学よりポスドクを受け入れ超高速光伝送に関する共同実験を実施し、東北大学で開発した時間領域光フーリエ変換法に基づく新たな光信号処理技術の提案など、技術交流に基づく成果が着実に生まれている。また国内からものべ13名の若手研究者を海外に派遣し、成果発表・情報収集のみならず海外研究者との議論を通じ討論・発表能力の向上に寄与した。さらに、ポスドク・博士後期課程の学生による研究発表を学内の「光科学談話会」の中で企画し、海外からの招待講演者との意見交換の場を設け若手研究者の資質向上に貢献した。

#### D. 国際的学術情報の収集整備

デバイスからシステムまで超高速フォトニクスに関する幅広い分野から世界の第一線で活躍する研究者を一堂に会して「超高速フォトニックテクノロジーに関する国際シンポジウム」(ISUPT2009)を開催した。国内外の著名な研究者による22件の招待講演が行なわれ、137名の参加者が集い活発な議論が繰り広げられた。また参加企業10社による展示会も併設され、学術・産業の両面で超高速フォトニクスの最新動向を発信する絶好の機会となった。本シンポジウムの成功を受け、次年度も本シンポジウムを継続し、スコープを超高速光伝送技術だけでなく関連する信号処理ならびにそのデバイス技術にまで拡大し、この分野における最新の成果の発信と活発な情報交換の場として今後一層の発展が期待される。

#### E. 事業の波及効果

ISUPT2009をはじめとして超高速光伝送技術に関する本拠点活動は世界的に高く評価され、その学術的成果に関して多くの国際会議、国内学会において招待講演を行っており、大きな波及効果が生まれている。海外の研究者の関心も高く、国外から数多くの来訪を受けるなど本拠点活動の国際的な知名度は着実に高まっている。

## 実施状況

国内では、拠点機関である東北大学および協力機関である情報通信研究機構(NICT)・産業技術総合研究所(AIST)との間で包括協定を締結し強固な連携体制を構築している。特に国際シンポジウム ISUPT2009 を省庁の壁を越えて3機関の共催により成功に導いた意義は大変大きい。

海外拠点機関との間の連携は超高速光伝送に関する技術交流が主体であり、デバイス・信号処理などの要素技術を得意とするヨーロッパ3機関と我々の先端伝送技術の融合により相互の研究が活性化されている。特に、本年度の単一波長 640 Gbit/s-525 km 長距離超高速伝送の成果は、その連携が大いに発揮された顕著な事例である。

### 日本側拠点機関における研究交流課題への取り組み（事務支援体制等の観点より）

本拠点活動の推進にあたっては、拠点機関である東北大学電気通信研究所の総務課研究協力係ならびに本部国際交流部国際交流課からの協力を得て、万全な事務支援体制により順調に交流課題を遂行することが出来た。

## 共同研究

東北大学においてこれまで特別推進研究(2004~2008)を通じて取り組んできた時間領域光フーリエ変換法による超高速光伝送の研究をさらに発展させ、本年度は伝送速度を従来の 320 Gbit/s から 640 Gbit/s まで高速化し、その長距離伝送技術の研究に取り組んできた。その結果、サブピコ秒パルス用の超高速光フーリエ変換技術を新たに導入することにより、世界最長となる 525 km の伝送に成功した。本伝送の実現にあたっては、海外拠点機関の一つであるハインリッヒ・ヘルツ研究所(HHI)が開発した 160~320 Gbit/s 用クロック抽出技術を東北大学において 640 Gbit/s 伝送システムに適用することに初めて成功し、160 fs の低いジッタ特性と長時間にわたる安定動作を実現しており本伝送実験に大変重要な役割を果たしている。

また、OTDM 方式とコヒーレント多値変調を融合した超高速・超多値 OTDM-QAM 伝送に関して、東北大学と HHI との間で情報の共有を図り、東北大学からは 32 QAM を用いた 400 Gbit/s-225 km 伝送、HHI からは Back-to-back ではあるが 16 QAM を用いた 5.1 Tbit/s 信号の送受信を報告している。これらの成果は超高速光伝送技術における新たなパラダイムとして期待が大きく、本拠点を中核とした新たな光通信分野の構築が期待される。

さらに、昨年 10 月よりデンマーク工科大学(DTU)からポスドクを受け入れ共同実験を実施している。DTU で培われてきた光信号処理技術と東北大学で開発してきた時間領域光フーリエ変換法の融合により新たな超高速クロック抽出技術の開発に成功するなど、共同研究による学術的成果が着実に得られている。現在は次のステップとして共同で単一波長 1.28 Tbit/s の 500 km 伝送実験に挑戦しており、両研究機関のこれまでの技術的蓄積を最大限発揮することにより優れた成果が生み出されるものと期待される。

## セミナー

2009年8月4~5日の2日間、東北大学電気通信研究所において“International Symposium on Ultrafast Photonic Technologies” (ISUPT2009)をNICT・AISTとの共催で開催した。本拠点活動にもとづく学術情報発信の一環として、デバイスからシステムに至る幅広い分野から国内外の著名な研究者を一堂に会し、時間・周波数制御技術、光源・変調技術、伝送技術、信号処理・ルータ技術などのテーマについて22件の招待講演が行なわれた。シンポジウムには137名もの参加者が集い、超高速フォトニクス将来展望について議論を深め活発な意見交換が繰り広げられた。また参加企業10社による展示会も併設され、学術・産業の両面で超高速フォトニクスの最新動向を発信する絶好の機会となった。参加者からも高い評価の声が多数寄せられており、本シンポジウムの成功を受け次年度はDTUが主催者となり9月にヨーロッパで開催することが決まっている。次回のシンポジウムでは、スコープを超高速光伝送技術だけでなく関連する信号処理ならびにそのデバイス技術にまで拡大することとしており、本シンポジウムがこの分野における最新の成果の発信と活発な情報交換の場として定着していくものと期待される。

また、東北大学電気・情報系の光関係の研究者が中核となって「光科学談話会」を5月、11月、3月の3回にわたり東北大学電気通信研究所において開催した。海外からはイギリスBristol大学のJ. L. O'Brien教授ならびにフランスFranche-Comte大学のJ. Dudley教授を招聘し、量子情報科学ならびに超高速フォトニクスを支える非線形ファイバ技術に関する招待講演が行なわれ、参加者の間で活発な討論が交わされた。本談話会ではポスドク・大学院生による研究発表ならびに意見交換会も実施し、若手研究者の討論・発表能力の育成にも注力した。今後も本談話会ならびに東北大学全学の光関係の研究者による「光科学技術フォーラム」を開催し、拠点機関である東北大学の光技術の総合力をさらにアピールする。

## 研究者交流

光通信ならびに光エレクトロニクスに関して世界最大の国際会議であるOFC (Optical Fiber Communication Conference), CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics)ならびにECOC (European Conference on Optical Communication)において若手研究者に積極的に発表の機会を与え、修士課程3名、博士課程3名を含むのべ18名の研究者を海外に派遣した。特に3月に開催されたOFC2010においてはチュートリアルを含む計6件の講演を行い、世界的に見ても一つの大学からとしては傑出した数の成果発表となり、本拠点活動のアクティビティの高さを世界に広くアピールできたものと考えている。

一方、拠点機関からの研究者の受入に関しては、昨年10月より7ヶ月間の予定で、DTUからH. C. Hansen Mulvad博士がポスドクとして東北大学に滞在し、共同実験に従事している。若手研究者どうしでの議論を重ね、最近では東北大学で開発した超高速時間領域光フーリエ変換器を用いて新たな640 Gbit/s用クロック抽出技術を提案するなど、技術交流を通じて相互の研究が活性化され、本拠点活動に基づく新たな成果が今後も大いに期待される。