

## 21世紀COEプログラム 平成15年度採択拠点事業結果報告書

1. 機関の 代表者 (学長)	(大学名)	電気通信大学		機関番号	1 2 6 1 2
	(ふりがなくローマ字) (氏名)	KAJITANI 梶谷	MAKOTO 誠		

### 2. 大学の将来構想

#### 基本構想

電気通信大学は、電気通信に関わる人材の育成と学術の振興を目的に1949年に設立された。その後の、科学技術、とりわけ情報、エレクトロニクス、レーザーなど先端科学技術の発展とともに、その教育研究分野を深化・拡充させ、情報通信技術に重心をおいた教育と研究を行う特色ある機関として今日に至っている。

電通大は、21世紀の科学技術の発展に資するべく、教育と研究の理念を「コミュニケーションにかかわる総合的科学技術の創出と人材育成」と定め、従来の情報工学、通信工学、電子工学などの一連の関連科学技術分野を総合した科学「高度コミュニケーション科学」の創造を目指している。1999年度より電気通信学部を7学科に再編成し、2003年度より同研究科も7専攻体制とし、1992年発足の情報システム学研究科（IS研究科）と共に将来の科学技術に資する人材を育成すべく体制を整えた。また、研究面では、1980年発足のレーザーセンターを中心に光科学の研究を振興し、世界の光科学をリードする研究グループを育成してきた。

更に、電気通信学研究科7専攻とIS研究科3専攻を有機的に連携させ、基礎学術と先端技術の両面において世界をリードする教育研究拠点を形成することを目指している。拠点形成の柱は、光科学に基礎を置く分野、情報科学技術に基礎を置く分野、情報通信・ロボットメカトロシステムを融合する分野、の3分野である。それぞれ、伝統的な学問研究の枠組みを越えて、先端科学技術を先導する学際的な教育研究活動を目指すものである。

#### 大学づくりの道筋

先端科学技術を先導する人材を育成するための要件は、確固とした基礎力の確保と学際的な発展に対応できる柔軟な応用力・実践力の育成である。基礎力の確保のために、従来からの学科・専攻により行う系統的な教育の一層の充実を図る。一方、柔軟な応用力・実践力を発展させるため、大学院教育に専攻の枠を越えた教育研究組織を形成する。COE拠点をその中核に位置付け、本学の研究水準の高度化と国際的存在意義の確立の先導役を担わせる。また一方、本学では、先進的または社会的に重要とされる課題について、既存の専攻等の枠組みを越え

て研究を行う研究ステーションが活動を展開している。これらの研究ステーションにも学際的な教育研究活動を支える機能を持たせ、次代の拠点創設に向けて活動を展開する。拠点や研究ステーションは5-10年の時限を有するものであり、先端研究の進展に適切に緊張感を持って対応する。

拠点に対しては必要に応じて学内措置により任期付きの専任教員を配置し、また国際化を図るべく海外からの研究者の招聘、国際公募の実施などを行う。拠点に参加する博士後期課程学生には奨学金制度を設ける。学際的な拠点活動を通して、特定の専門に特化せずに幅広く柔軟な対応力を持つ若手研究者・技術者を育成する。更に、国際的視野を高めるために、学生を積極的に海外との交流に参画させるなど多様な機会を与える。

#### マネージメント体制

学長の下に学長補佐室を設け学長が指名する室員をおき、学長と副学長および役員会で構成する執行部の機能を強化し、学長のリーダーシップのもとでの大学運営を円滑に進める。全学的に重要な課題を審議する研究活性化推進委員会・長期計画委員会・点検評価委員会は学長が自ら主宰（委員長）する。

これまでにこのマネージメント体制の下で、学内予算措置により、研究ステーションの設置、教育研究プロジェクトへの競争的予算配分、先進的なプロジェクトに研究スペースを優先配置するオープン・ラボの設置、(独)情報通信研究機構との教育研究における連携、TLOとして(株)キャンパスクリエイトの設立、など様々な施策を実施してきた。

拠点運営は学長直轄とし、拠点リーダーは、学長に対して全ての活動の報告義務を負い、学長が最終責任を負う体制とする。また、適宜に学内措置により拠点運営の円滑化をはかる。なお、拠点の活動は常時広く学内外に広報する。

### 3. 達成状況及び今後の展望

#### 達成状況(全般)

この5年間、電気通信大学の理念「コミュニケーションにかかわる総合的科学技術の創出と人材育成」の発展を目指して教育研究活動を展開してきた。この間に平成15

年度に、21世紀COEプログラムとして「コヒーレント光科学の展開」が「数学・物理学・地球科学」の分野で採択された。本COEプログラムは、本学が1980年より強く振興してきた光科学の研究と教育の更なる発展を目指すものであり、我が国唯一の「光科学COE拠点」が電通大に誕生したことは大きな誇りとするものである。

更に、博士後期課程に教育の中心をおくCOEプログラムとの相補的な教育効果の増大を目指して、博士前期課程の大学院教育を中心に文科省魅力ある大学院教育イニシアティブ「問題設定型光科学教育プロジェクト」（平成17-18年度）、大学院教育改革支援プログラム「実践的テクノロジスト育成プログラム」（平成19-21年度）を獲得し、光科学分野における大学院教育の一層の高度化重層化を図っている。

本学の他の重点分野に関しては、情報科学技術に基礎を置く分野については、平成16年度に文部科学省現代的教育ニーズ GP (e-Learning) を獲得し、学内措置によりeラーニング推進センターを設立し、学内措置による教員配置も行い、教育と研究を推進している。更に平成18年度に文科省先導的ITスペシャリスト育成推進プログラムに筑波大学および東京理科大学と共同提案した「高度IT人材育成のための実践的ソフトウェア開発専修プログラム」が採択され、大学院教育に新側面を導入している。

情報通信・ロボットメカトロシステムを融合する分野については、平成17年度に学内措置により「先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター」を設立した。学内措置による教員配置も行い、情報通信分野における最先端のワイヤレス情報通信技術に重心をおく教育研究を学科専攻の枠を越えて行っている。また、平成15-16年度に文科省特色ある大学教育支援プログラム「「楽力」によって拓く創造的ものづくり教育」、平成18-19年度に文科省魅力ある大学院教育イニシアティブ「メカノインフォマティクス・カデット教育」を獲得し、当該分野の大学院教育の学際的かつ先端的な深化を進めている。

### **達成状況(COE拠点)**

本学の大学院教育の基本指針は、伝統的な基礎教育から始まる学科・専攻の教育研究体制と相補的な、現代の先端科学技術に依拠する専攻横断の大学院教育研究体制を構築することであり、COE拠点においては大学院博士後期課程がその基盤となる。COEプログラム採択後直ちに専攻横断の組織として「コヒーレント光科学コース」を立ち上げた。拠点運営は学長を責任者として研究担当副学長および拠点リーダーを中心とした拠点幹事会により行っている。

COEプログラム実施の5年間において「コヒーレント光科学コース」の教育研究活動は大きく発展し、世界レベルの博士の育成など、教育と研究の両面で優れた成果を挙げている。「コヒーレント光科学コース」は、専攻と対等かつ専攻と相補的な視点から教育研究を行う博士後期課程に依拠する専攻横断の組織として、大学院教育研究体制にしっかりと根付いている。「先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター」や「高度IT人材育成のための実践的ソフトウェア開発専修プログラム」の専攻の枠を越えた教育システムは、拠点による「コース」をモデルとして構想されたものである。

財政面からも、拠点活動・「コース活動」が活発に進むよう、種々の学内措置を用いて支援を行っている。COE新規研究室立ち上げ支援などの予算支援はもちろん、学内措置によるCOE教員の新規採用や非常勤研究員のCOE振替などの人的支援を行っている。研究スペースについても学内共用スペース（オープンラボ）の優先使用の機会を与えている。また、「コヒーレント光科学コース」の設立に伴い、学内予算により全学の博士後期課程学生に各月4万円の経済的支援を行う制度も立ち上げ、「コヒーレント光科学コース」を含む本学の博士後期課程学生全体へのエンカレッジメントの施策を実施している。

### **今後の展望**

「コヒーレント光科学の展開」拠点の5年間の活動により教育と研究の双方で大きな成果が得られ、本学の大学院教育の基本指針である「伝統的な専攻の教育研究体制と共に、それと相補的に、現代の先端科学技術に依拠する専攻横断の大学院教育研究体制を構築する」戦略の有効性が実証された。この成果に基づき、今後ともこの基本指針の一層の具体化と進展を図る。拠点の根幹である「コヒーレント光科学コース」の更なる発展に向けて、博士後期課程学生の支援は拠点期間終了後も継続する。また、学内措置による教員配置も継続する。

光科学拠点については、これからも本学における「先端研究に依拠する教育」分野において先進的な役割を期待するものであり、それに必要な支援は惜しむものではない。平成19年度スタートの文科省「若手研究者グローバル人材育成プログラム」においても若手教員枠の優先使用の機会を与えている。しかしながら、将来の大きな発展を目指すには何らかの外部資金の更なる導入が必須であることは言うまでもない。本拠点の成果を受けて、グローバルCOEプログラム等を獲得するべく最大限の努力を行う。

21世紀COEプログラム 平成15年度採択拠点事業結果報告書

機関名	電気通信大学	学長名	梶谷 誠	拠点番号	G10	
1. 申請分野	F<医学系> <b>G&lt;数学、物理学、地球科学&gt;</b> H<機械、土木、建築、その他工学> I<社会科学> J<学際、複合、新領域>					
2. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	コヒーレント光科学の展開 (Innovation in Coherent Optical Science)					
研究分野及びキーワード	< 研究分野:応用物理学 > (量子エレクトロニクス) (量子光学) (量子光工学) (光エレクトロニクス) (応用光学)					
3. 専攻等名	電気通信学研究科量子・物質工学専攻 (旧電子物性工学専攻 平成15年4月1日変更)、電気通信学研究科電子工学専攻 (旧電子工学専攻 平成15年4月1日変更)、電気通信学研究科情報通信工学専攻 (旧電子情報学専攻 平成15年4月1日変更)、レーザー新世代研究センター					
4. 事業推進担当者	計 26 名					
ふりがなくローマ字> 氏 名	所属部局(専攻等)・職名	現在の専門 学 位	役割分担 (事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項)			
(拠点リーダー) HAKUTA KOHZOU 白 田 耕 藏	電気通信学研究科 量子・物質工学専攻・教授	光物理 理学博士	全般的統括、量子固体非線形光学、 量子コヒーレンス制御			
OHTANI SHUNSUKE 大 谷 俊 介	電気通信学研究科 量子・物質工学専攻・教授	原子物理 理学博士	多価イオントラップ、ナノ構造生成			
TOYODA TARO 豊 田 太 郎	同上 教授	光物性 理学博士	半導体ナノ粒子の光物性			
KOBAYASHI NAOKI 小 林 直 樹	同上 教授	光エレクトロニクス 工学博士	半導体ナノプロセスの応用			
WATANABE SHINICHI 渡 辺 信 一	同上 教授	原子物理 Ph.D.	原子のボーズ凝縮 (理論)			
SUZUKI MASARU 鈴 木 勝	同上 教授	低温物理 理学博士	量子固体の物理と光応用			
OHFUCHI YASUSHI 大 淵 泰 司	同上 准教授	光物理 理学博士	フォトリック結晶 (理論)			
NAHAGAWA KEN-ICHI 中 川 賢 一	同上 准教授	原子光学 理学博士	ボーズ凝縮原子による原子光学			
SHIMADA HIROSHI 島 田 宏	同上 准教授	低温物理 理学博士	量子コヒーレンスの応用			
KATSURAGAWA WASAYUKI 桂 川 真 幸	同上 准教授	光物理 理学博士	量子コヒーレンスによる極限光パルス制御			
ISHIDA TAKAYUKI 石 田 尚 行	同上 准教授	固体化学 理学博士	有機固体フォトリック材料の開発			
OKUNO TSUYOSHI 奥 野 剛 史 (平成18年4月1日追加)	同上 准教授	光物性 理学博士	量子ドット励起子の光学過程の評価			
SAITO HIROKI 斎 藤 弘 樹 (平成18年6月1日追加)	同上 准教授	光物理学 博士(理学)	ボーズ凝縮原子のダイナミクス (理論)			
UEDA KEN-ICHI 植 田 憲 一	電気通信学研究科 電子工学専攻・教授	量子エレクトロニクス 理学博士	ファイバーレーザー、セラミック レーザーフォトリック材料			
NOZAKI SHINJI 野 崎 真 次	同上 教授	半導体工学 Ph.D.	多価イオンによるナノ構造生成			
TOMITA YASUO 富 田 康 生	同上 教授	光エレクトロニクス Ph.D.	フォトリック記録材料			
WATANABE MASAYOSHI 渡 辺 昌 良 (平成18年6月1日追加)	同上 教授	光物理工学 工学博士	原子光学の応用			
YONEDA HITOKI 米 田 仁 紀	同上 教授	レーザー工学 工学博士	フォトリック材料評価			
NISHIOKA HIROE 西 岡 浩 一	同上 准教授	レーザー工学 工学博士	超短光パルス制御法の開発			
UENO YOSHIYASU 上 野 芳 康	同上 准教授	光エレクトロニクス 工学博士	高速光ロジックデバイス			
YAMAGUCHI KOICHI 山 口 浩 一 (平成17年11月15日追加)	同上 准教授	半導体工学 工学博士	高均一量子ドット系の作製評価			
MIKI TETSUHA 三 木 哲 也	電気通信学研究科 情報通信工学専攻・教授	情報通信 工学博士	フォトリック情報通信			
TAKEDA WITSUO 武 田 光 夫	同上 教授	応用光学 工学博士	コヒーレント光計測制御			
NISHINO TETSURO 西 野 哲 朗	同上 教授	量子情報 理学博士	量子情報処理・量子計算 (理論)			
SHIMIZU FUJIO 清 水 富 士 夫	レーザー新世代研究センター 非常勤研究員	原子光学 理学博士	レーザー冷却、原子光学			
KOBAYASHI TAKAYOSHI 小 林 孝 嘉 (平成18年6月1日追加)	同上 特任教授	光物理 理学博士	フェムト秒光制御、フェムト秒光科学			
5. 交付経費 (単位:千円) 千円未満は切り捨てる ( ) : 間接経費						
年 度(平成)	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	合 計
交付金額(千円)	134,000	130,000	128,000	120,030 ( 12,003 )	117,000 ( 11,700 )	629,030

## 6. 拠点形成の目的

### 背景

近年、光科学は大きな発展を遂げ光科学関連分野のみならず物理学の様々な分野に大きなインパクトを与えている。光と物質系のコヒーレント相互作用は、物質系の量子光学応答から運動の自由度までを自在に操作する手法として発展し、レーザー冷却・トラッピングの方法は原子の Bose-Einstein 凝縮(BEC)を実現し、物質波を波動媒体とする原子光学をも現実のものとした。また光のコヒーレンスを極限的に制御する方法は超高精度計測から重力波天文学にまでも渡る大きな展開を見せて発展している。さらに、コヒーレントな量子操作の方法は量子情報処理の概念を生み出し、量子通信や量子コンピューティングなど 21 世紀の新しい情報技術を実現する物理的な基盤を与えつつある。このような光科学の展開は、原理的な特性がほぼ理想的に実現できる新固体レーザーを中心とする様々な光発生技術や光制御・光計測技術の革新的な発展により、その基盤を支えられてきた。

### 電通大における光科学

電通大における光科学の研究と教育は、1980 年に設立されたレーザー研究センターを中心に、専攻の枠を越えて実施され、レーザー冷却・原子光学、量子コヒーレンス・量子非線形光学、多価イオントラップ、超高コヒーレンスレーザー重力波検出干渉計測、精密干渉計測フーリエ変換法、セラミック新固体レーザーなど、国内はもとより世界をリードするさまざまな成果を上げてきた。

### 目的

本プログラムの目的は、現代のこの急速な光科学の展開を「コヒーレント光科学」として応用も視野に入れて組織的かつ系統的にまとめあげ、21世紀の基幹科学技術として育て上げる研究教育拠点を築くことである。また、電通大のこれまでの光科学の研究教育のアクティビティを、その更なる発展と互いの融合による新分野開拓を目指して研究教育活動を実施するものである。拠点の活動のキーワードは、光のみならず物質も含む系の「コヒーレンスの操作と制御」である。本拠点では「コヒーレンスの操作と制御」の概念と方法を基礎研究からフォトニクス・情報通信技術にまで敷衍して実施する。本拠点の活動により、「コヒーレンスの操作と制御」は光科学の枠を越えて広範な先端的な学問研究分野に大きな波及効果をもたらすと同時にフォトニックデバイス・情報通信技術にも新しい

方向を生み出すことを目指す。

本拠点における研究と教育は、専攻と基本的に対等な組織「コヒーレント光科学コース」を設け、その下で実施する。当コースは、独立した権限を持ち、学内措置の自由度を十分に活用することにより、真のCOEレベルの活動を保証する。拠点メンバーはそれぞれ、専攻とともに「コヒーレント光科学コース」にも所属する。「コヒーレント光科学コース」の運営は、拠点教授メンバーと研究担当副学長で構成される運営委員会で行う。運営委員会は、研究戦略・予算の配分・博士研究員の採用・研究に参加できる大学院生の選別・拠点での教育方針の決定などを行うと共に、研究戦略上必要な少数の新任教員の募集・採用の権限も持つ。このような既存の専攻の枠組みを越えた分野横断的な研究教育は、柔軟な適応力・対応力を持つ新しいタイプの研究者・技術者の育成の視点からも大きな発展が期待できる。

### 電通大における意義

電気通信大学は21世紀における研究教育の展開の柱を「高度コミュニケーション科学の創造」と定め、物質やデバイスから情報通信にまでわたる分野において総合的に教育と研究を展開している。本プログラムは「高度コミュニケーション科学」を複眼的な視点から創造することを目指し、伝統的な学問構造に根ざす専攻に依拠する研究教育の枠組み（縦糸）とは相補的に「コヒーレント光科学」をキーワードに専攻横断的に物質やデバイスと情報とをつなぐ研究教育の構造（横糸）を創り出す。このような横糸研究教育構造は「高度コミュニケーション科学」の高度かつ柔軟な発展に必要不可欠であるとともに極めて重要な意義を持つものである。

## 7. 研究実施計画

電通大で開拓されてきたレーザー冷却・原子光学、量子非線形光学、フーリエ干渉計測、超高コヒーレンスレーザー、ファイバーレーザー、セラミックレーザー、多価イオントラップの研究を中核に展開する。これらの研究は、各研究者間の様々な議論交流等の中で発展してきたものであるが、基本的には個々の研究者の物理的視点・価値観に動機付けられて独立に進展してきた研究である。本拠点では、個々の研究者の自由な発想を尊重し更に発展させるとともに、コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出、光の超高精度制御による新機能の創出、新世代コヒーレントフォトニクデバイスの創出の3プロジェクトを組織し、各テーマを積極的に融合し量子計算や量子情報など次世代の情報通信分野での応用を視野に入れ新しい方向を切り拓くことを目指す。なお、これらの研究は学内で閉じた形で行うのではなく、国際・国内共同研究を充実させ発展を図る。

### 研究実施方法

#### 1. コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出

冷却原子で開拓された原子光学をボーズ凝縮によって得られるコヒーレント原子波を用いて系統的に拡張発展させる。特に、基板上の原子導波路で極低温原子(波)をガイドする方法を開発し、チップ上の原子干渉計などの原子波デバイスを実現する。また、単一原子レベルの量子操作を実現し量子情報処理の基礎研究を行う量子非線形光学を系統的に展開する。第3課題と共同し、極細光ファイバーの近接場により量子操作を行う方法を開発し、光ファイバー回路中での量子操作の実現を目指す。更に、固体系、なかでも量子固体への拡張を目指し、基礎的研究を展開する。これらの研究を系統的に展開するべく、実験的研究への解釈を与え、かつ、それを先導する理論的研究を進展させる。

#### 2. 光の超高精度制御による新機能の創出

光の空間コヒーレンスを制御し高速で高精度な微細干渉計測を拡張発展させるとともに、超短光パルス空間的スペクトルに変換し制御する方法を展開する。更に、この方法を量子コヒーレンス制御により発生する超広帯域コヒーレント光の位相制御に適用し、可視・紫外領域で1フェムト秒からアト秒領域の極限光パルスを発生する方法を確立する。また、光パルス制御法として超高速光デジタル信号処理技術を発展させ第3課題で開発するフォトニッククリスタルファイバーと組み合わせ、波長2次標準として利用可能な簡便な超

広帯域光コム技術として発展させる。このような技術は、極限的な量子操作や光計測を実施する際の基盤技術として本質的に重要である。なお、本課題においては第3課題で開発される種々の物質系について、非線形光学の立場からその特性の評価等を系統的に進める。

#### 3. 新世代コヒーレントフォトニクデバイスの創出

種々の機能を持つ光ファイバーを作製するテストファシリティーを立ち上げる。光ファイバーレーザーをはじめフォトニッククリスタルファイバー、テーパードファイバー等を種々のデザインの下に作成し新デバイスの開発を行う。本ファシリティーは量子操作や非線形光学にも新しい可能性を開くものであり、第1,2の課題にも重要な意味を持つ。

量子操作の方法を半導体量子ドット系に拡張し、デバイス技術として発展させる。量子ドットは、イオントラップ装置を用い、多価イオン照射により固体表面での高精度のナノ加工を実現する新しい方法を開拓するとともに、MOCVD技術を発展させる。

デバイス創出のもっとも基本的なアプローチは新物質の開発である。本プログラムにおいてはこのアプローチを二つの方法で着実に実行する。第1の方法は、セラミックレーザー材料である。レーザー材料から非線形フォトニック材料としてまで系統的に研究を展開する。第2は、有機固体材料である。新しいフォトニック材料としての可能性を目指して系統的な研究を行う。

### 期待される研究成果

1. 原子波レーザーによる原子干渉計など原子光学の基礎技術が確立する。
2. 量子コヒーレンス制御の方法が量子情報処理の基礎技術として確立する。
3. 極限光パルス制御技術が開発されアト秒領域の超高速過程の観測が可能となる。
4. デザインされたファイバーによるレーザー技術、コヒーレント操作基礎技術が確立する。
5. セラミック材料により様々な拡張性を持つレーザー技術が確立する。
6. 量子ドットアレーによる光操作手法が基本技術として確立する。

## 8. 教育実施計画

本プログラムにおける教育は、拠点3専攻（量子・物質工学専攻、電子工学専攻、情報通信工学専攻）の枠組みと相補的な、コヒーレント光科学をキーワードにする先端研究に依拠した専攻横断の研究教育システムを立ち上げ確立することである。以下に要点を記述する。

### (1) 「コヒーレント光科学コース」の設置

専攻横断の横系教育構造として「コヒーレント光科学コース」を設置し光科学の系統的な教育を実施する。博士後期課程学生の中から「COE研究学生」を選抜し、拠点研究の実施の中で次代の光科学の研究を担う自立した技術者・研究者として育成する。COE研究学生には自主的に研究を実施する環境を準備し、経済的にも十分な支援を行う。なお、学位審査等においてCOE研究プログラム修了者としてふさわしいレベルの研究遂行能力を備えていると認定された者のみに「コヒーレント光科学コース」修了者として修了証書を与える。この「コース制」・「COE研究学生選抜」・「修了認定」のシステムにより、能力ある学生をエンカレッジし、光科学の将来を担う実力ある研究人材を創出する。

### (2) コヒーレント光科学の系統的カリキュラム

「コヒーレント光科学コース」の系統的なカリキュラムを整備する。現代の先端的研究においては、基礎の深い理解と再整理が常に必要であり、研究に集中する学生が視点を明確にし、独創的な展開を可能にするために基礎の視点と系統的な学習は常に不可欠である。また、本カリキュラムへの導入コースを設け、先進的な学部学生が学科の枠を越えて参加することを奨励し、先端研究への強い指向を持った大学院生を生み出す基盤の確立を目指す。

### (3) オープンな研究指導環境

拠点内の研究室の連携や協力が積極的に実施できる体制を準備する。指導教員は各研究室内で学生への研究指導をするが、同時に拠点内の他研究室の学生にも多方面からの助言や指導を与える。そのために拠点参加者のためのオープンスペースを確保する。

### (4) 大学院セミナー・研究発表会

専攻の枠を越えた「コヒーレント光科学」セミナーや研究発表会を実施する。運営は基本的には学生が行い、フリーな議論を通して研究の理解を深め、また近接異分野とのフランクな交流の中で独創的な発想を育てる環境を準備する。

### (5) 若手プロジェクト室の設置

大学院生やポストドク研究員が研究テーマを立案し実施することを支援する若手プロジェクト室を設置する。優秀な若手にチャンスを与え、コヒーレント光科学の将来を担う研究遂行能力を持つ研究者を育てる。若手プロジェクト室でテーマ募集やその評価を行い、採択されたテーマには研究資金を供与する。各教員は採択されたテーマの実施に当たっては助言や指導を与える。

### (6) 国際共同研究への積極的参加

大学院生やポストドク研究員が国際共同研究に積極的に参加することを奨励する。海外機関での滞在研究などに必要な経費のサポートを行う。若い研究者の国際的活動は、拠点研究の実施に不可欠なものであるとともに、若い時代に十分な国際経験をつむことは、研究はもちろん、幅広い視野を得るためにも有効である。また若手研究者が将来の活躍の舞台を海外に求めるためにも有効な経験ともなる。

### (7) 英語による教育環境の整備

先端的な研究を遂行するには国際的なコミュニケーションは不可欠である。また、世界各地から能力の高い学生やポストドク研究員を集めるには、国際語である英語による日常的な研究交流や教育環境を準備することが本質的に重要である。拠点研究グループのゼミや輪講などは英語で行うことを基本とする。また、博士後期課程の講義は基本的に英語で行う。また海外からの招聘研究者のセミナーなど、身近な研究テーマを通して英語によりコミュニケーションする機会を増加させる。

### (8) 海外とりわけアジア留学生への取り組み

海外、とりわけアジア諸国から意欲ある優秀な留学生を迎え入れる。留学生プログラムとしては文科省国費留学生があり、様々な便宜と十分な経済的支援が成されているが、募集枠は著しく小さく、優秀な留学生を多く集めるには十分ではない。本プログラムでは、意欲ある私費留学生には国費留学生並みの多くのチャンスを与えるよう、以下の方策を講ずる。

- ・ 海外の多くの大学に推薦拠点を設け、推薦拠点からの推薦を得た学生には、国費留学生と同等な推薦入試により入学を許可する。
- ・ 入学した留学生には国費留学生なみの経済的支援を行う。

## 9. 研究教育拠点形成活動実績

### ①目的の達成状況

#### 1) 世界最高水準の研究教育拠点形成計画全体の目的達成度

本拠点の活動の根幹は専攻横断の研究教育構造である「コヒーレント光科学コース」により、伝統的な学問研究に依拠する教育（縦糸構造）と相補的な、先端光科学研究に依拠する横糸研究教育構造を確立することである。また、COE拠点採択時にプログラム委員会より「海外から優秀な学生をひきつけ」、「設備費は別途獲得する」よう留意された。以下に、5年間の拠点活動の概略を述べ、当初目的の達成度を自己評価する。

平成15年の拠点活動開始と同時に「コヒーレント光科学コース」を電気通信学研究科において正式な教育システムとしてスタートさせた。留意事項についても、学長のリーダーシップの下に、拠点の枠を越えた全学的な問題と捉え対応してきた。

まず教育面であるが、その眼目は「COE研究学生」制度である。博士後期課程学生の中から意欲能力ある学生を選抜し経済的にも研究資金の面からも支援し、世界レベルの博士の育成を行った。この活動から前途有為な博士も誕生し、研究者として国内外で活躍を始めている。また、国外、とりわけアジア地区の優秀な学生を迎え入れるシステムも確立させた。

一方、教員定員を積極的に活用し、この5年間に新規の事業推進担当者5名を迎え入れた。また、事業推進担当者を中心とする研究もこの5年間に大きな発展を遂げた。事業推進担当者がこの5年間に国際研究ジャーナルに発表した論文の総数は600編を越えている。また、外部資金プロジェクトとして科学技術研究機構CREST2件、さきがけ研究2件も実施されている。

協同の試みも積極的に行った。平成16年度より東京農工大学COE「ナノ未来材料」拠点（平成14年度発足、化学・材料科学分野）と毎年12月に、2拠点合同でのCOEシンポジウムを開催し交流を行っている。この活動を通して、2拠点の事業推進担当者間での共同研究も生まれ発展している。

この5年間の活動で拠点設立時に掲げた目的は「概ね達成した」と自己評価している。「概ね」と書かざるを得なかった最大の理由は、本拠点の眼目である「COE研究学生」の総数である。当初は「COE研究学生」として毎年2人、5年間で延べ10人程度を想定していたが、現在までの延べ人数は7名であり当初目標に達していない。7名の内訳は、COE光コース修了2

名、博士学位審査中1名、在籍中3名、学位は取得したがCOE光コース修了と認定されなかった者1名である。

#### 2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

先ず「コヒーレント光科学コース」の人材育成の中心であるCOE研究学生制度、留学生支援制度について概略を述べ、その成果を記す。

##### COE研究学生

COE研究学生制度の趣旨は、世界レベルの博士の育成である。世界レベルを保証するため、博士論文は英文で執筆し、通常の審査と共に、セキュリティを保証した上でネット上でのアクセスを可能とし、当該分野で評価の定まった国外研究者2名以上、国内研究者2名以上から書面による評価を受ける。これら全ての評価において合格レベルに達した者を「コヒーレント光科学コース」修了博士と認定する。COE研究学生として高い目標に挑戦する学生には、国費留学生と同等な経済的支援（入学金・授業料免除、生活費・月額17万円の支給）を行う。かつ、支援期間は最長4年とし、世界レベルの博士論文完成にゆとりを持たせる。なお、拠点活動期間5年終了後は、電通大の予算で当初設定期間の支援を継続する。

##### 留学生支援

事業推進担当者が研究を通して培った信頼関係のもとに海外（特にアジア諸国）に「留学生推薦拠点」を設け留学生を受け入れている。推薦拠点は、ハイデラバード大学（インド）、復旦大学・南海大学（中国）等である。前記3大学からは既に7名の学生を受け入れ、本年10月期から更に2名の学生を受け入れる。受入れ学生には、3年間にわたり国費留学生と同等な支援を与える。優秀な力量を示す学生は「COE研究学生」として更に機会を与える。また、平成19年度より文科省国費留学生特別枠「先端光科学研究に基づく学位取得プログラム」として、博士後期課程毎年3名の予算を獲得し基盤を強化している。

##### 成果と拠点形成への寄与

COE研究学生は修了者も現在籍者も、それぞれ研究面で優れた成果を挙げており、拠点形成への寄与はもとより、拠点の最重要な基盤を形成している。修了生の優れた例としては、コヒーレンス場の生成と制御技術についての理論的・実験的研究を行い、国内外の学会から注目されたWei Wang氏（現英国Heriot-Watt大学専任講師(Lecturer)）、ポーズ・アインシュタイン凝縮原子を用いた原子干渉計の検出感度を大きく向上する新しい方法を見出した堀越宗一氏（現ERATO研究

員)、がある。在籍生の研究にも、光波長よりも細い光ファイバー(ナノ光ファイバー)による単一原子・光子の操作法の開発、アト秒領域の原子と光の相互作用の理論、フェムト秒パルスセラミックレーザーの開発など、関連分野で注目を集めている研究がある。

### 3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

本拠点の3プロジェクト、「コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出」、「光の超高精度制御による新機能の創出」、「新世代コヒーレントフォトニクデバイスの創出」について、新分野の創成や新たに得られた学術的知見の代表例について以下に記す。

#### コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出

・冷却原子による原子光学については、ボーズ凝縮によって得られるコヒーレント原子波を用いた原子干渉の検出感度を大きく向上することが可能となる新しい方法を見出した。原子波による高感度センサーやジャイロスコープへの応用の道が拓けた。また、原子波の量子反射の物理過程を明確にするなど、原子波工学の進展に道を拓いた。

・単一原子レベルの量子操作については、光波長以下の直径の光ファイバー(ナノ光ファイバー)とレーザー冷却原子を用いる新しい方法を開発した。単一原子の高感度検出から、単一光子の単一空間モードでの計測、原子数を変化させることによる光の強度相関の観測など、従来の枠を越えた結果を得つつある。光ファイバー回路中で量子操作を実現しつつある。

・理論面ではアト秒パルスによる原子内電子相関の実時間ダイナミクスの理論的研究を進め、原子及び分子の超精密実時間を提案した。この結果は、国内外の2つのグループとの共同研究により実験的に実証された。

#### 光の超高精度制御による新機能の創出

・光による超高精度計測分野であるが様々な新しい方法を創成した。先ず、3次元的空间コヒーレンス場の生成と制御技術の方法を開発し、コヒーレンスホログラフィー、コヒーレンス渦場の発生と観測、流体力学的保存則の実証など様々な成果を得た。これらの成果は物理的実証にとどまらず、新しいナノメートル級微小変位計測法として発展させつつある。更に、時間周波数領域での光コムアイデアを空間周波数に拡張し、無分散3次元奥行き絶対計測法を提案・実証した。

・光の超高精度制御については、単一周波数から非線形過程を通して広帯域コムを生成する新たな技術を確認した。更に、光周波数標準に安定化されたフェムト秒レーザー光コムと結合し、13桁の絶対周波数の確度

がトランスファーされた広帯域ラマンコムの生成技術を確認した。

・光の高精度制御の工学的応用についても成果を挙げ、半導体全光ゲート内部の非線形偏光回転作用と光スペクトルフィルタ作用の寄与を初めて解明し、極めて小さい消費電力での毎秒200ギガビット光データの信号波長変換に成功した。

#### 新世代コヒーレントフォトニクデバイスの創出

・現在、世界の固体レーザー研究の中核的位置を占めているセラミックレーザーは、本グループが世界に先駆けて実証し、現在も世界をリードする研究が続いている。従来の単結晶を光学的質からレーザー特性の全てにわたって凌駕するセラミックYAGレーザーの実証、セラミックレーザーによる世界最高出力の固体レーザーの実現、半導体励起高効率フェムト秒セラミックレーザーの開発、など数多くの成果を挙げている。

・ファイバーレーザーについても新しいスキームを提案し実証している。高出力ファイバーレーザーの研究成果は、国内企業を通じて製品化され、産業用レーザーとして実用化が始まっている。

・量子ドットデバイスについては、光通信波長帯半導体量子ドットの高密度・高均一化の新しい自己形成法を開発した。また、量子ドットへの局所注入を実現し、共鳴トンネル量子ドットダイオードを実現した。更に、半導体量子ドット増感太陽電池において、世界最高の光電変換効率を達成した。

・光と半導体の相互作用を利用することにより半導体材料をナノメートルオーダーで高精度に制御できることを実証し「光を使った次世代の半導体ナノプロセス」という新たな学術分野を拓いた。

### 4) 事業推進担当者相互の有機的連携

#### 合同ミーティング

研究上の共通性を持つ複数の事業推進担当者の研究グループで合同ミーティングを定例化し、事業推進担当者間の研究上の意思疎通や新たな共同テーマの立ち上げなどを図った。また、共同テーマを立ち上げた場合は、テーマ別のミーティングを行い、学生指導も連携して行っている。定例ミーティングとしては、原子光学グループミーティング、ナノ光ファイバー/量子ドット合同ミーティング、非線形光学ミーティング、レーザー研ミーティングなどがある。非定常だが、ターゲットを限定したミーティングとしては、ボーズ凝縮実験・理論ミーティング、光コムミーティング、などがある。それぞれ、共同研究の提案、新しいアイデ

アの提示、意欲的な研究課題の提案など、様々な成果が現れつつある。

### 教育システムの更なる展開

本拠点では教育面でも事業推進担当者間の連携を強く行っている。拠点活動の核である博士後期課程の教育の発展は博士前期課程の教育の発展なくしてはありえない。前期課程学生がどのように先端研究に動機付けされるか、先端研究を展開できる基礎力を身につけられるかは博士後期課程発展のためには必須の要点である。事業推進担当者の連携により、COEとは独立な予算（文科省魅力ある大学院教育プログラム「問題設定型光科学教育プログラム」（平成17-18年度）、文科省大学院教育改革支援プログラム「実践的テクノロジスト育成プログラム」（平成19-21年度））を別途獲得し、教育システムの更なる充実化を実践している。

### 5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

COE研究学生の博士論文審査では、当該分野で評価の定まった国外研究者2名以上からの国際評価を受けている。この国際審査は、本拠点が国際競争力ある大学づくりに貢献する最大の要点である。また、各事業推進担当者は研究テーマの展開を学内で閉じた形で行うのではなく、国際共同研究などに積極的に展開している。国際共同研究を通して、国際競争力のある研究展開を実質化している。国際共同研究では、学生派遣、学生受入れも積極的に実施している。

### 6) 国内外に向けた情報発信

情報発信の基本は、国際的な研究ジャーナルへの論文発表である。本拠点では5年間で600報を越える研究論文を公表した。また事業推進担当者は国際会議等での基調講演や招待講演を積極的に実施している。

各年度ごとにCOEシンポジウムを東京農工大COE拠点「ナノ未来材料」と合同で実施し、参加者を拠点外から広く求め、活動紹介を行っている。また、中間評価時及び拠点期間終了時には、それぞれ約500ページの報告書冊子を500部作成し、国内の関係する拠点や機関に頒布し、拠点活動の成果を公表している。

### 7) 拠点形成費等補助金の使途について（拠点形成のため効果的に使用されたか）

初年度には拠点立ち上げのため設備備品費として補助金から約6000万円を支出した。第2年度以降の補助金の使途は、博士研究員人件費、COE研究学生人件費、海外旅費、若手支援研究費がその主たるものである。COE研究学生・研究留学生については国費留学生並みの月額17万円を支給した（予算費目は研究支援

員経費）。海外旅費は、事業推進担当者は年度毎に国際会議出張2回以内（国際共同研究は別途）、博士後期課程学生については制限無し、と規則化した。これにより、とりわけ学生が積極的に国際会議等に参加することが可能となり、学生が世界の中での自らの位置を肌で感じる環境を創りだせた。若手支援研究費は意欲ある若手からの提案に対し150万円を上限に支援した。

なお、本拠点では初年度には拠点RA経費により博士後期学生支援を行ったが、平成16年度より電通大の全博士後期学生を対象とする支援（平均月額4万円程度）が、学内予算で発足したため、平成16年度以降は拠点RA経費からの支出は行っていない。

### ②今後の展望

5年間に確立してきた拠点活動は継続的に発展させる。研究活動については、拠点活動を通して培ってきた有機的連携は新たな研究プロジェクトも生み出しつつあり、新規研究予算の獲得を目指す。博士後期課程学生支援は、COE研究学生、RA支援は学内予算による継続体制が確立している。留学生についても「光特別枠」国費留学制度により支援する。「実践的テクノロジスト育成プログラム」との連携を進展させ、博士前/後期課程を通しての教育体制の発展に努める。また、農工大との協同もより広範な取り組みに発展させる。これらの活動により、5年間の拠点活動により確立した基礎は、今後5年間に継続的な発展を遂げられるものと考えている。一方、光科学の世界拠点として更なる充実発展を目指して、グローバルCOE等に積極的に応募することは極めて重要である。

### ③その他（世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度）

本拠点の眼目である先端研究に依拠する専攻横断の教育システムは大学院教育システムとして学内外に大きなインパクトを与えている。とりわけ、先端研究が本質的に種々の伝統的分野の壁を越えた学際的な色彩を持つ現代では極めて重要なシステムとして位置づけられている。学内では、大学院教育を構成する基本システムとして、光科学以外の先端分野で新しい組織が立ち上がっている。国内的には、光科学をキーワードとする新しい大学院教育の先鞭となり、電通大を中心として、東大理・工、慶応大学理工と連携して先端レーザー科学教育研究コンソーシアムプログラムが立ち上がった。国際的にも、米国の光科学研究の中心の一つであるコロラド大JILAから大学院教育の協同について申し入れを受けている。

機 関 名	電気通信大学	拠点番号	G 1 0
拠点のプログラム名称	コヒーレント光科学の展開		
<p>1. 研究活動実績</p> <p>①この拠点形成計画に関連した主な発表論文名・著書名【公表】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業推進担当者（拠点リーダーを含む）が事業実施期間中に既に発表したこの拠点形成計画に関連した主な論文等〔著書、公刊論文、学術雑誌、その他当該プログラムにおいて公刊したもの〕</li> <li>・本拠点形成計画の成果で、ディスカッション・ペーパー、Web等の形式で公開されているものなど速報性のあるもの</li> </ul> <p>※著者名（全員）、論文名、著書名、学会誌名、巻(号)、最初と最後の頁、発表年（西暦）の順に記入</p> <p>波下線（<u>          </u>）：拠点からコピーが提出されている論文</p> <p>下線（<u>          </u>）：拠点を形成する専攻等に所属し、拠点の研究活動に参加している博士課程後期学生</p> <p>本拠点の3プロジェクトに分類して以下に記す。</p> <p><b>コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出</b></p> <p>(1) <u>K. P. Nayak</u> and K. Hakuta, “Single atoms on an optical nanofibre”, New Journal of Physics, Vol. 10, 053003 (9 pages) (2008).</p> <p>(2) <u>K. P. Nayak</u>, P. N. Melentiev, M. Morinaga, Fam Le Kien, V. I. Balykin, and K. Hakuta, “Optical nanofiber as an efficient tool for manipulating and probing atomic fluorescence”, Optics Express, Vol. 15, 5431-5438 (2007).</p> <p>(3) <u>M. Horikoshi</u> and K. Nakagawa, “<u>Suppression of dephasing due to a trapping potential and atom-atom interactions in a trapped-condensate interferometer</u>”, Physical Review Letters, Vol. 99, 180401 (2007).</p> <p>(4) Mark Sadgrove, <u>Munekazu Horikoshi</u>, Tetsuo Sekimura, and Ken'ichi Nakagawa, “Rectified momentum transport for a kicked Bose-Einstein condensate”, Physical Review Letters, Vol. 99, 043002 (2007).</p> <p>(5) <u>M. Horikoshi</u> and K. Nakagawa, “Dephasing due to atom-atom interaction in a waveguide interferometer using a Bose-Einstein condensate”, Physical Review A, Vol. 74, 031602(R) (2006).</p> <p>(6) <u>Hilmar Oberst</u>, Dimitrii Kouznetsov, Kazuko Shimizu, Jun-ichi Fujita, and Fujio Shimizu, “Fresnel diffraction mirror for an atomic wave”, Physical Review Letters, Vol. 94, 013203 (4 pages) (2005).</p> <p>(7) <u>Koudai Toyota</u>, Oleg I. Tolstikhin, Toru Morishita, and Shinichi Watanabe, “Siegert-state expansion in the Kramers-Henneberger frame: Interference substructure of above-threshold ionization peaks in the stabilization regime”, Physical Review A, Vol. 76, 043418 (2007).</p> <p>(8) <u>K. Toyota</u>, O.I. Tolstikhin, T. Morishita, and S. Watanabe, “Siegert-state expansion in the Kramers-Henneberger frame: Interference substructure of above-threshold ionization peaks in the stabilization regime”, Physical Review A, Vol. 76, 043418 (8 pages) (2007).</p> <p>(9) Kazuo Ohta, Tetsuro Nishino, <u>Seiya Okubo</u>, Noboru Kunihiro, “A Quantum Algorithm using NMR Computers to Break Secret-Key Cryptosystems”, New Generation Computing, Vol. 21, 347-361 (2003).</p> <p>(10) <u>N. Hosomi</u>, A. Tanabe, M. Suzuki, and M. Hieda, “Sliding friction of helium films in the metastable state and its relaxation”, Physical Review B, Vol. 75, 064513 (5 pages) (2007).</p> <p><b>光の超高精度制御による新機能の創出</b></p> <p>(11) <u>W. Wang</u>, <u>Z. Duan</u>, S. G. Hanson, Y. Miyamoto, and M. Takeda, “<u>Experimental study of coherence vortices: Local properties of phase singularities in a spatial coherence function</u>”, Physical Review Letters, Vol. 96, 073902 (2006).</p> <p>(12) <u>W. Wang</u> and M. Takeda, “Coherence Current, Coherence Vortex, and Conservation Law of Coherence”, Physical Review Letters, Vol. 96, 223904 (4 pages) (2006).</p> <p>(13) <u>W. Wang</u>, T. Yokozeki, R. Ishijima, <u>A. Wada</u>, Y. Miyamoto, and M. Takeda, “Optical vortex metrology for nanometric</p>			

speckle displacement measurement”, Optics Express, Vol.14 (1), 120-127 (2006).

- (14) Y. Tomita, N. Suzuki and K. Chikama, “Holographic manipulation of nanoparticle-distribution morphology in nanoparticle-dispersed photopolymers”, Optics Letters, Vol. 30 (8), 839-841 (2005).
- (15) N. Suzuki, Y. Tomita, K. Ohmori, M. Hidaka and K. Chikama, “Highly transparent ZrO<sub>2</sub> nanoparticle-dispersed acrylate photopolymers for volume holographic recording”, Optics Express, Vol. 14 (26), 12712-12719 (2006).
- (16) Chien Trinh Nguyen, Shinji Sugawara, and Testuya Miki, “A new approach to cell loss analysis for long-range dependent network traffic”, IEICE Transactions on Communications, Vol. E88-B (9), 3668-3681 (2005).
- (17) Hajime Nishioka, Hitoshi Tomita, Keisuke Hayasaka, and Ken-ichi Ueda, “All-optical temporal phase correction scheme for few-cycle optical pulses using diffractive optics”, Optics Express, Vol. 14, 7447-7465 (2006).
- (18) M.L. Nielsen, J. Mork, R. Suzuki, J. Sakaguchi, and Y. Ueno, “Experimental and theoretical investigation of the impact of ultra-fast carrier dynamics on high-speed SOA-based all-optical switches”, Optics Express, Vol. 14 (1), 331-347 (2006).
- (19) Jun Sakaguchi, Ferran Salleras, Kohsuke Nishimura, and Yoshiyasu Ueno, “Frequency-dependent electric dc power consumption model including quantum-conversion efficiencies in ultrafast all-optical semiconductor gates”, Optics Express, Vol. 15 (22), 14887-14900 (2007).
- (20) M. Katsuragawa, K. Yokoyama, T. Onose, and K. Misawa, “Generation of a 10.6-THz ultrahigh-repetition-rate train by synthesizing phase-coherent Raman-sidebands”, Optics Express, Vol. 13 (15), 5628-5634 (2005).

#### 新世代コヒーレントフォトニクデバイスの創出

- (21) M. Tokurakawa, A. Shirakawa, K. Ueda, H. Yagi, T. Yanagitani, A. Kaminskii, “Diode-pumped sub-100-fs Kerr-lens mode-locked Yb<sup>3+</sup>:Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic laser”, Optics Letters, Vol. 32, 3382-3384 (2007).
- (22) M. Tokurakawa, K. Takaichi, A. Shirakawa, K. Ueda, “Diode-pumped 188 fs mode-locked Yb<sup>3+</sup>:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic laser”, Applied Physics Letters, Vol. 90, 071101 (2007)..
- (23) K. Takaichi, H. Yagi, J. Lu, J-F Bisson, A. Shirakawa, K. Ueda, T. Yanagitani, A. Kaminskii, Highly efficient continuous-wave operation at 1030nm and 1075nm wavelengths of Ld-pumped Yb<sup>3+</sup>:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic lasers, Applied Physics Letters, Vol. 84, 317-319 (2004).
- (24) J. Sun, H. Watanabe, M. Tona, T. Watanabe, N. Nakamura, C. Yamada, and S. Ohtani, “K and L x-ray emission from hollow atoms produced in the interaction of slow H-like (I<sup>52+</sup>) and bare (I<sup>53+</sup>) ions with different target materials”, Physical Review A, Vol. 77, 032901 (2008).
- (25) H. Watanabe, J. Sun, M. Tona, N. Nakamura, M. Sakurai, C. Yamada, N. Yoshiyasu, and S. Ohtani: “X-ray emission in collisions of highly charged I, Pr, Ho, and Bi ions with a W surface”, Physical Review A, Vol. 75, 062901 (2007).
- (26) T.Kanto and K.Yamaguchi, “Self-Assembled InAs Quantum-Dot Chains on Self-Formed GaAs Mesa-Stripes by Molecular Beam Epitaxy”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 44 (10), 7690-7693 (2005).
- (27) T.Kanto and K.Yamaguchi, “In-Plane Self-Arrangement of High-Density InAs Quantum Dots on GaAsSb/GaAs(001) by Molecular Beam Epitaxy”, Journal of Applied Physics, Vol. 101 (9), 094901 (4 pages) (2007).
- (28) L. J. Diguna, Q. Shen, J. Kobayashi, and T. Toyoda, “High Efficiency of CdSe Quantum-Dot- Sensitized TiO<sub>2</sub> Inverse Opal Solar Cells”, Applied Physics Letters, Vol. 91, 023116 (3 pages) (2007).
- (29) Q. Shen, J. Kobayashi, L. J. Diguna, and T. Toyoda, “Effect of ZnS Coating on the Photovoltaic Properties of CdSe Quantum Dot-Sensitized Solar Cells”, Journal of Applied Physics, Vol. 103, 084304 (5 pages) (2008).
- (30) K. Osanai, A. Okazawa, T. Nogami, and T. Ishida, “Strong Ferromagnetic Exchange Couplings in Copper(II) and Nickel(II) Complexes with a Paramagnetic Tridentate Chelate Ligand, 2,2'-Bipyridin-6-yl *tert*-Butyl Nitroxide”, Journal of the American Chemical Society, Vol. 128, 14008-14009 (2006).

**②国際会議等の開催状況【公表】**

(事業実施期間中に開催した主な国際会議等の開催時期・場所、会議等の名称、参加人数(うち外国人参加者数)、主な招待講演者(3名程度))

期間中に拠点主催で下記の国際シンポジウムを開催した。

**第1回国際シンポジウム**

開催日：2005年7月16日

開催場所：電気通信大学

名称： International Symposium on Coherent Optical Science

参加人数：153名 内外国人参加者 11名 (拠点内外国人は除く)

主な招待講演者：

Prof. Michael Fleischhauer (Technical University of Kaiserslautern, Germany)

Prof. Lamberyus Hesselink (Stanford University, U. S. A.)

Prof. Min Gu (Swinburne University of Technology, Australia)

**第2回国際シンポジウム**

開催日：2007年12月15日

開催場所：電気通信大学

名称： International Symposium on Coherent Optical Science

参加人数：138名 内外国人参加者 7名 (拠点内外国人は除く)

主な招待講演者：

Prof. Robert Byer (Stanford University, U. S. A.)

Prof. Halina Rubinstein-Dunlop (Queensland University, Australia)

Prof. Dana Z. Anderson (JILA, University of Colorado, U. S. A.)

## 2. 教育活動実績【公表】

博士課程等若手研究者の人材育成プログラムなど特色ある教育取組等についての、各取組の対象（選抜するものであればその方法を含む）、実施時期、具体的内容

### COE研究学生制度

目的：コヒーレント光科学コースの博士後期課程学生から、意欲・能力ともに優れた学生を選抜し、十分な経済的支援の下に、博士論文作成を通して世界レベルの若手研究者を育成する。

募集：特別の募集期間は設定しない。応募意志を持つ学生が指導教員である事業推進担当者の推薦を得て応募する。

選抜：応募者に対して、拠点リーダーを中心とする拠点幹事会が面接ヒアリングを行い、意欲・能力が確認された者を採用する。

支援内容：授業料免除、生活費支援（17万円／月）、支援期間は最長4年を保証する。

学位審査手続き：世界レベルの学位を保証するため以下の手続きで審査する。

1. 論文は英文で執筆する
2. 論文草稿は、Security を保障の上、ネット上でのアクセスを可能とし、外部からの意見を広く求める
3. 外部評価依頼は主任指導教員の責任で行う
4. 依頼先は該当分野で評価の定まった研究者3名以上、内2名以上は国外研究者とする。評価者にはレポートの提出を求める
5. 審査委員会の構成：学外者を含むものとする
6. 公開の発表会の後に、Closed の審査会を行い判定を行う

### 研究留学生制度

目的：意欲・能力ある若者を諸外国、とりわけアジア諸国、から迎え入れる。

募集：事業推進担当者が培ってきた信頼関係を基礎に諸外国に推薦拠点を設け、応募推薦を募る。4月入学を基本とし、募集時期は10月から1月の期間とする。

選抜：担当者が現地に赴き、面接試験を行う。また、応募者が一人である場合は応募者を来日させ面接試験を行う。

支援内容：授業料免除、生活費支援（17万円／月）、支援期間は3年を限度とする。なお、優れた実力を示すものには、COE研究学生に挑戦するようエンカレッジする。

21世紀COEプログラム委員会における事後評価結果

(総括評価)

設定された目的は十分達成された

(コメント)

拠点形成計画全体については、学長による手厚い学内措置、特に教員の新規採用や、大学院生への経済支援などの貢献は評価できる。

人材育成面については、専攻を横断する組織として、「コヒーレント光科学コース」を設置し、光科学の急速な展開に対応した教育カリキュラムを整備し、優れた人材育成に寄与したことは、評価できる。特に、中間評価において、大学院生の主体的研究活動の推進を助言しているが、大学院生によって多くの優れた論文が発表されており、彼らの研究成果への寄与は高く、また、留学生の割合も高く、努力が認められ、評価できる。「COE 研究学生」制度の養成目標も、概ね達成されたものと評価でき、就職状況も良好で、国内外の大学・研究所・企業に分布して、有用な人材を社会に供給しており、評価できる。

研究活動面については、3つのプロジェクト分野で、それぞれ世界的水準の成果をあげ、原子光学の先駆的研究、単一原子レベルの量子操作、光による超高速計測の新しい方法の創成、セラミックレーザーによる世界最高出力の固体レーザーの実現など、基礎から応用にわたり新分野の創成に貢献する新たな知見が得られており、評価できる。また、従来から、レーザー科学の先端を切り開いてきており、国際競争力は高く、評価できる。

補助事業終了後の持続的展開については、「コヒーレント光科学コース」の継続など、事業の推進が図られており、今後の展開を期待する。