

21世紀COEプログラム 平成14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)	大阪大学	機関番号	14401
	(ふりがな<ローマ字>) (氏 名)	Miyahara Hideo 宮原 秀夫		

2. 大学の将来構想

大阪大学は「地域に生き世界に伸びる」をモットーに、常に進取の気風を持ち社会の要請に従ってユニークな学部・大学院・研究所を整備し、我が国有数の研究型総合大学として発展してきた。例えば、理学と工学の融合による基礎工学部、人文と社会科学の融合した人間科学部を、法学と経済学の融合による国際公共政策研究科を創設した。また、平成7年から12年にかけて全部局で大学院重点化を行い、教育と研究の力点を大学院に移すと共に、平成14年度に医学と理工学を融合した生命機能研究科を、工学、基礎工学、理学研究科に分散していた情報科学技術に関連する教育・研究組織を改組・再編し情報科学研究科を創設した。

このように大阪大学は、常に時代の要請と学問分野の動向を視野に入れて、大胆かつ柔軟に組織改革を行い、新たな学問分野を開拓し、独創的かつ世界を先導する研究を展開すると共に、高度な人材養成を行っている。

本21世紀COEプログラムにおいても、本学が培ってきた実績と将来の発展を考え、幅広い学問分野の統合あるいは異分野の融合により、新しい学問分野の創設や研究深化を通じて世界的な研究拠点を形成するとともに、それを担う人材育成を目指した。平成14年度採択の各7拠点の当初の構想は下記の通りである。

「生体システムのダイナミクス」（拠点リーダー：柳田敏雄）では、医学・生物科学から理工学にわたる広範囲の研究分野の先駆的な研究者を結集し、分野横断的な新たな学問分野の創成を通じて、生命機能のより深い理解を目指した。

「細胞超分子装置の作動原理の解明と再構成」（拠点リーダー：月原富武）では、生物の遺伝現象、情報伝達およびエネルギー・代謝等に関わる複数の蛋白質ネットワークを構成する細胞超分子装置を対象とし、化学、高分子化学、物理学、情報科学の概念や方法論を駆使し、分子・原子レベルで生命現象を解明する生物学の世界的拠点形成を進めた。

「自然共生化学の創成」（拠点リーダー：原田明）では、理学、工学、基礎工学研究科に渡る幅広い化学分野の総力を結集し、自然や自然現象を分子レベルか

ら地球規模まで一貫して考え理解することにより、自然と人間が共生し、持続可能な社会を実現する自然共生化学分野の開拓を目指し拠点を形成した。

「構造・機能先進材料デザイン研究拠点の形成」（拠点リーダー：馬越佑吉）では、金属、セラミックス、半導体材料を中心に、基礎物性から機能開発、応用に至る幅広い学問領域をカバーする研究者・組織が有機的に連携し、狭い領域に特化した研究体制を打破し、材料工学の原点である、“ものづくり”を視野に入れた材料基礎から産業応用に至る構造・機能先進材料に関する拠点形成を目指した。

「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」（拠点リーダー：西尾章治郎）では、従来の情報工学的なアプローチのみならず、生物界における細胞や生物個体の多様な挙動を解析し、そのアナロジーを基盤技術として新たな情報技術を創出し、その結果として多くの人間が豊かで持続的に共生可能なネットワーク社会を実現する情報環境の構築技術の確立に努めた。

「インターフェイスの人文科学」（拠点リーダー：驚田清一）では、領域・地域横断的でかつ社会と多元的な連携が可能な人文科学の研究スタイルを確立することにより、環境危機、生命技術から看護教育・コミュニティ教育まで現代社会が抱える時代の諸問題にアクチュアルに応えることが出来る21世紀型人文科学のあり方をデザインする拠点形成を行った。

「新産業創造指向インターナノサイエンス」（拠点リーダー：川合知二）では、ナノサイエンス・ナノテクノロジーを駆使し、ナノマテリアル、ITナノテクノロジー、ナノバイオ、エネルギー・環境工学、情報科学を融合した創造的な“インターナノサイエンス”の確立と、その発展による新産業創造を目指した。

法人化以降、大阪大学では、学長を中心とする役員会の下に、それぞれ理事を室長とする総合計画室、教育情報室、研究推進室、財務室、評価・広報室、人事・労務室の6室と、国際交流推進本部を設置し、重要な案件はこれらの室ならびに本部で方針を出し、役員会で承認することにより迅速な対応を行っている。21世紀COEプログラムの遂行に際しては、研究推進室のもとにCOE評価室を設け、各プロジェクトの進捗状況を把握、助言を行うとともに、その要望実現のた

めに、他の室に働きかけている。このCOEプログラム遂行に際して最も大きな要望は、研究スペースの確保であるが、大学の共有施設である先導的研究オープンセンターやナノテクノロジー研究棟のオープンスペースを優先的に割り当てている。また、研究とともに特に人材育成を強く推奨し、各プロジェクトで若手研究者の経済的な支援ならびに国際的に活躍できる能力の養成プログラム実施が容易になる柔軟な制度を整備した。これにより国内外から多くの著名な研究者を招き講義や研究指導を行うとともに、英語による授業や討論の導入を図り、その単位化ならびに副専攻制度導入にも積極的に取り組んだ。

また、海外への情報発信ならびに国外からの研究者の招聘のために、米国サンフランシスコ教育研究センター、タイ国バンコク教育研究センター、オランダグローバルンゲン教育研究センターに海外オフォイスを設置し、教職員を常駐させ、国際化を図っている。

3. 達成状況及び今後の展望

大阪大学の平成14年度採択、実施7拠点は中間評価段階においては、5段階評価において最高評価であるA評価4拠点、B評価2拠点、C評価1拠点であり、大阪大学のCOEプログラム全体としては順調に目標達成に向けて進んでいると判断した。個々のプロジェクトについては評価委員会よりの特記事項について、研究推進室と拠点リーダーで検討し、改善策を講じた。個々の拠点の目標達成状況については、各拠点の事業報告書に記載しているのでここでは割愛するが、前記の各拠点の目的、目標はいずれも達成され大きい成果が得られたと認識している。

平成19年度より21世紀COEプログラムの後継プログラムとして、グローバルCOEプログラム事業が計画された。大阪大学では、平成14年度採択の21世紀COEの7拠点についてその進捗状況、得られた結果と今後の展望について研究推進室で検討するとともに、各拠点よりヒアリングを行った。その結果、いづれの拠点においても優れた成果が得られており、組織等の組み換えは行うが基本的には申請することとした。この過程において、特に中間評価時の特記事項が具体的にいかに改善されているかを重視した。このグローバルCOEに関して言えば、継続7件、新規4件の計11件を申請し、書面審査によるヒアリング段階として9件が採択されている結果は、本学の21世紀COEプログラムで得られた成果への高い評価の現われである。

大阪大学は、21世紀COEに限らず、科学振興調

整費等の政府大型プロジェクトの提案、実施に際しては、単にプログラム実施期間における目標達成を図るのみならず、これらプロジェクトを大阪大学の教育、研究改革の一つの起爆剤と位置づけ、修了後においてもその制度を継続し、大学の活性化に努めている。21世紀COEについて言及すれば、従来の部局内、専攻内に閉じた形の研究、教育から専攻、部局横断型の研究体制が新たに構築され、これがグローバルCOEへの提案にも繋がっている。また、単に融合、連携にとどまらず、その教育、研究効果をより発展させるために専攻の再編といった組織改革にまで発展した拠点もある。その意味において、本学が意図する教育、研究改革の核としての本COEプログラムの果たした役割は大きい。

また、このような拠点形成以前は連携が稀であった研究者、学生が集結することにより、新たな大型プロジェクトの立案、文部科学省の教育研究別特別経費への概算要求提案へと発展するとともに、学生に関して言えば、彼ら自身によるシンポジウム、国際会議の実施がなされその教育効果は絶大であった。

このCOEを実施することに博士後期課程での進学率が大幅に増加した。これには教育プログラムの充実、海外への派遣制度といった点が寄与しているが、RAとして博士後期課程学生への経済的な支援効果も大きく、今後の我が国の博士後期課程充実、人材育成を考える上でこの制度の拡充が極めて重要である。

さて、連携、融合は大学内にとどまることなく、大学の研究シーズ、成果と産業界のニーズとの連携、相互補完的な組織体制への構築に発展した。例えば、本学は従来の寄附講座とは異なる新たな制度として共同研究講座制度を導入した。この制度によれば、企業の研究者が教員として大学内に講座を設置し、本学の教員が兼任でこの講座運営、研究に参画している。これによって基礎研究と応用研究間のギャップ、いわゆる死の谷の克服が容易になっている。この共同研究講座制度を活用し、グローバルCOEへの新たな発展を図り、センターの設置、専用建物の建設へと発展した拠点もある。

7拠点の多くはグローバルCOEへと発展すると確信しているが、その選にもれた拠点にあってもその活動期間中には優れた成果が得られており、特に学生の海外派遣制度、部局横断型の教育プログラムの実施に関しては、大学独自の資金によって支援し、5年間で得られた成果が終わることなく、継続、発展させるための支援策を今後とも継続する予定である。

21世紀COEプログラム 平成14年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	大阪大学	学長名	宮原 秀夫	拠点番号	C12	
1. 申請分野	A<生命科学> B<化学・材料科学> C<情報・電気・電子> D<人文科学> E<学際・複合・新領域>					
2. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出 (New Information Technologies for Building a Networked Symbiosis Environment)					
研究分野及びキーワード	<研究分野: 情報学> (情報ネットワーク) (コンテンツ) (ソフトウェア工学) (情報システム) (バイオインフォマティクス)					
3. 専攻等名	情報科学研究科 (情報基礎数学専攻、情報数理学専攻、コンピュータサイエンス専攻、情報システム工学専攻、情報ネットワーク学専攻、マルチメディア工学専攻、バイオ情報工学専攻)、サイバーメディアセンター (応用情報システム研究部門)					
4. 事業推進担当者	計 21 名					
ふりがな(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) NISHIO SHOJIRO 西尾 章治郎	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・教授	マルチメディアデータ工学 工学博士	ネットワーク共生環境におけるコミュニティ創成機構の構築と研究統括			
SHIMIZU HIROSHI 清水 浩	情報科学研究科 (バイオ情報工学専攻)・教授	代謝情報工学 工学博士	生物共生ネットワークの形成過程の解明			
CHAWANYA TSUYOSHI 茶碗谷 毅	情報科学研究科 (情報基礎数学専攻)・助教授	共生相互作用解析 理学博士	生物共生ネットワークの形成過程の解明 (平成15年4月1日追加)			
YOMOTO TETSUYA 四方 哲也	情報科学研究科 (バイオ情報工学専攻)・教授	生物共生情報工学 工学博士	生物共生ネットワークの形成過程の解明			
MIYAHARA HIDEO 宮原 秀夫	学長	ネットワーク設計論 工学博士	ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築			
MURATA MASAYUKI 村田 正幸	情報科学研究科 (情報ネットワーク学専攻)・教授	先端ネットワーク環境 工学博士	ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築			
MURAKAMI KOSUO 村上 孝三	情報科学研究科 (情報ネットワーク学専攻)・教授	ハードウェア構成論 工学博士	ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築			
WAKAMIYA NAOKI 若宮 直紀	情報科学研究科 (情報ネットワーク学専攻)・助教授	マルチメディア通信工学 工学博士	ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築			
KISHINO FUMIO 岸野 文郎	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・教授	インタフェース工学 工学博士	ネットワーク共生環境におけるコミュニティ創成機構の構築			
SHIMOJO SHINJI 下條 真司	サイバーメディアセンター (応用情報システム研究部門)・教授	応用情報システム 工学博士	ネットワーク共生環境におけるコミュニティ創成機構の構築			
HARA TAKAHIRO 原 隆浩	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・助教授	マルチメディアデータ工学 工学博士	ネットワーク共生環境におけるコミュニティ創成機構の構築 (平成16年12月15日交替・追加)			
MASUZAWA TOSHIMITSU 増澤 利光	情報科学研究科 (コンピュータサイエンス専攻)・教授	アルゴリズム設計論 工学博士	高信頼性・高安全性を有するネットワーク共生環境の構築技術の創出			
INOUE KATSURO 井上 克郎	情報科学研究科 (コンピュータサイエンス専攻)・教授	ソフトウェア工学 工学博士	高信頼性・高安全性を有するネットワーク共生環境の構築技術の創出			
KIKUNO TOHRU 菊野 亨	情報科学研究科 (情報システム工学専攻)・教授	システム信頼性 工学博士	高信頼性・高安全性を有するネットワーク共生環境の構築技術の創出			
FUJIIWARA TORU 藤原 融	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・教授	セキュリティ工学 工学博士	高信頼性・高安全性を有するネットワーク共生環境の構築技術の創出			
TANIDA JUN 谷田 純	情報科学研究科 (情報数理学専攻)・教授	情報計算物理学 工学博士	共生情報システムの構築 (平成16年4月1日追加)			
ONOYE TAKAO 尾上 孝雄	情報科学研究科 (情報システム工学専攻)・教授	情報システム構成学 工学博士	共生情報システムの構築			
TAKEUCHI YOSHINORI 武内 良典	情報科学研究科 (情報システム工学専攻)・助教授	集積システム設計学 工学博士	共生情報システムの構築			
KOMODA NORIHISA 薦田 憲久	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・教授	社会情報システム 工学博士	ネットワーク共生環境におけるコンテンツ流通機構の構築 (担当内容成就: 平成17年3月31日迄参画)			
TSUKAMOTO MASAHIKO 塚本 昌彦	情報科学研究科 (マルチメディア工学専攻)・助教授	モバイル計算環境 工学博士	ネットワーク共生環境におけるヒューマンインタフェース技術の創出 (大学異動: 平成16年12月15日交替)			
MUROOKA YOSHIKATSU 室岡 義勝	情報科学研究科 (バイオ情報工学専攻)・教授	生物共生情報工学 工学博士	生物共生ネットワークの形成過程の解明 (定年退職: 平成17年3月31日迄参画)			
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 4	1 5	1 6	1 7	1 8	合 計
交付金額(千円)	140,000	128,000	128,000	138,000 (13,800)	128,050 (12,805)	662,050

6. 拠点形成の目的

大阪大学における情報科学技術に関する先進的で専門性の高い研究を飛躍的に発展させ、この分野で世界をリードすることを目指し、21世紀COEプログラムが開始された平成14年度に「大学院情報科学研究科」が創設された。本研究科は、従来、学内の工学研究科、基礎工学研究科、理学研究科に分散していた情報科学技術に関連する教育研究組織を改組・再編することにより、関連分野の教育研究の統合・集約化を実現し、より深い情報科学技術の発展および教育研究の高度化を目指すと同時に、重点的に新規分野の組織拡大を図ることにより、情報科学技術の新たな学問領域の開拓と展開を実現することを目的とした。

拠点形成には本研究科の全7専攻、つまり、情報科学技術の基礎理論、基盤技術、応用技術に関わる6専攻、および情報工学とバイオサイバネティクスとの融合のもとに、21世紀のポストゲノム時代を見越して、生命の営みに関する代謝機構や共生関係に注目しながら新たな分野の開拓を目指すバイオ情報工学専攻が参画した。また、本研究科の協力講座として強い連携関係で教育研究に携っているサイバーメディアセンターの研究部門からの教員も参画し、万全のプログラム推進体制を確立した。その結果、大阪大学において情報分野の21世紀COEプログラムを実施するに最適な国際拠点が設置された。

21世紀は、「共生の時代である」と言われている。親交のない人間または人間集団が、情報技術(IT)に支えられたサイバーネットワークを介して結ばれていく過程で、多様な人間関係が生じてくる。この新しく生じる個々の人間関係がすべて良好であるとは限らないし、創られるネットワーク社会も安定であるとは限らない。そこで、より多くの人間が豊かで持続的に共生可能なネットワーク社会を実現するための情報環境、すなわち、ネットワーク共生環境の構築技術の確立が急務である。

一方、情報技術の飛躍的な展開を期すために、従来からの情報工学的なアプローチのみならず、生物界における細胞や生物個体の多様な挙動を解析し、そのアナロジーを基盤技術として導入する試みが世界的に新たな潮流として開始されている。本研究科は、まさにこのような先進的融合研究を追求する世界的な研究教育拠点の構築を目指しており、本COEプログラムはこの拠点形成の実現を図るべく計画された。

具体的には、細胞間および生物個体間のコミュニケーションを介して実現される共生環境、つまり、生物

共生ネットワークの形成過程を解明し、その知見をもとにネットワーク共生環境を実現するネットワークアーキテクチャを構築するとともに、情報の可視化など相互理解を支援するコンテンツ処理技術や人間中心のインタフェース技術などの研究開発、および社会システムへの応用を推進する国際的な研究教育拠点形成を目指した。

ネットワーク共生環境を構築するための基盤技術として重要な応用生物学、情報ネットワーク学、システムLSI技術、ソフトウェア工学、データベース工学、ヒューマンインタフェース工学の分野で、本研究拠点の事業推進担当者が行っている研究には、世界的に高い評価を受けているものが多数ある。それらの実績を融合して、ネットワーク共生環境を築く情報技術を創出するための分野横断的な研究体制の形成を目指した。これらの基盤技術には、ネットワーク共生環境を築く情報技術基盤として有効と判断されるが、まだ、解決すべき多くの技術課題が残されていた。これらの課題を解決し、新たな情報技術を創出することは、本研究教育拠点の事業推進担当者による融合・横断的な研究開発のみによって可能であると確信した。

以上のような研究活動と同時に、本拠点では人的リソースの側面から世界各国の研究者や技術者とも強い協働関係を築きながら、グローバルな視点で21世紀の情報科学技術の進展に大きく貢献できる優秀な人材を育成する教育プログラムの整備を目指した。特に、実践的な人材育成プログラムである(1) NWP(ネットワークプロセッサ)設計ラボ、(2) ソフトウェア工学工房、(3) セキュア・ネットワーク構築のための人材育成プログラムなどを本拠点で推進することにより、国際的なレベルで活躍できる多くの卓越した研究開発者の輩出を目指した。

「ネットワーク共生環境」は、21世紀において我々が目指すべきサイバー社会環境であり、その構築は本研究科がその研究開発の所産としてまさに目指しているものである。本研究科の特長を活かしながら、長い生物進化のなかで築かれてきた生物ネットワークの共生原理を探究し、その知見を生かしたネットワーク共生環境の構築を可能にする本COEプログラムの成果は、新たな情報技術の領域を開拓するものとして非常に重要である。また、その成果は「個」の存在の尊厳を保ちながら、我々人類の共存だけでなく、他の生物との共存も視野に入れた永続性のある人間社会の実現に大きく貢献するものであり、その社会的な意義・波及効果には計り知れないものがある。

7. 研究実施計画

本研究拠点の課題に関わる共生環境を「複数のオブジェクトが共存する環境において、環境変動等の外的変動や故障等の内的要因に柔軟に対応し、サービス機能を維持し続ける情報環境」として規定した。また、生物界にみられる柔軟で安定した共生ネットワークの創生原理に関する知見から、ネットワーク共生環境の構築には、「拡張性」、「多様性」、「移動性」、「個別性」、「適応性」、「自律性」、「強靱性」の7要件を備えた情報技術の創出が重要であることを明らかにした。これを踏まえ、単に「性能の最適化」を追求するのではなく、これら7要件を重要視した新しいパラダイムのもとでの情報システムの構築技術の創出を目標とした。特に、本研究拠点形成に必須の要素技術である以下の5つのサブテーマについて、相互連携しながら取り組み、研究成果の有機的結合によって上記の最終目的の達成を目指した。

- テーマ[1]: 生物共生ネットワークの形成過程の解明
- テーマ[2]: ネットワーク共生環境アーキテクチャの構築
- テーマ[3]: ネットワーク共生環境におけるコンテンツ流通機構の構築
- テーマ[4]: ネットワーク共生環境におけるヒューマンインタフェース技術の創出
- テーマ[5]: 高信頼性・高安全性を有するネットワーク共生環境の構築技術の創出

生物個体の中には遺伝子代謝ネットワークが存在し、生物個体同士が有機的な相互作用をしながら重層的に上位のネットワークを形成している。その発達過程から共生へ至る動的なネットワークの変化を解析し、生物界で実現されている柔軟でかつ安定なネットワークの創生原理に迫るのがテーマ[1]であり、その成果をもとに「拡張性」、「多様性」、「移動性」を追求しながらネットワーク共生環境に求められるネットワークアーキテクチャの構築を目指すのがテーマ[2]である。また、人間の相互理解を支援するために「個別性」、「適応性」、「自律性」を考慮しながらシームレスなコンテンツ流通機構の構築をするのがテーマ[3]であり、あらゆる利用者が、所望するサービスを自然なインタフェースで享受するために、人間中心のインタフェースを開発するのがテーマ[4]である。さらに、ネットワーク共生環境を安全で安心なサイバー社会として構築するために「強靱性」の確立を目指すのがテーマ[5]である。

本COEプログラム開始2年後の平成16年度に実施された中間評価結果では、本COEプログラムによる卓越した研究成果および若手人材育成などへの積極的な取り組みが高く評価され、5段階評価の最高レベルの評価が得られた。

中間評価後の平成17年度からは過去3年間の研究をさらに深化・発展させ基盤を固めるために、上記5サブテーマの研究内容について、中間評価までに既に成就した内容、あるいは、研究段階から産業化に向けた開発フェーズに入っている課題などを精査した。

その結果、例えば、テーマ[4]に関するウェアラブル機器の研究開発等については、中間評価までに所期の目的に合う成果が得られたことなどを考慮し、テーマ[3]と[4]を統合して、新たに「[3]ネットワーク共生環境におけるコミュニティ創成機構の構築」を設定し、従来のテーマ[5]をテーマ[4]とした。また、中間評価におけるコメント（様式2【非公開】①参照）を踏まえ、本COEプログラムの成果をもとに実システム構築への糸口を開拓し、産業への出口として結びつけることが、今後の重要な課題と考え、新たなテーマとして「[5]共生情報システムの構築」を設定した。このテーマ[5]では、テーマ[1]～[4]の研究成果をもとに、システムオンチップ設計技術を利用した実システム化を推進し、産学連携により研究成果の産業化を図ることとした。

また、テーマ[1]では、中間評価までに生物ネットワーク共生系の形成過程で示すダイナミカルな環境応答機構として、「アトラクター（安定状態）選択」の原理を数学モデルとして提案することができた。そこで、中間評価後は、アトラクター選択の原理に関する研究をより深化させ、他のテーマの基本原則としてフィードバックすることとした。例えば、テーマ[2]では、インターネットの脆弱性、不安定性の解決策として、アプリケーションプロトコル層における「オーバーレイルーティング」に関して、アトラクター選択モデルに基づいた自律的経路選択機構を開発し、耐故障性と安定性の高い経路制御を実現することを目指した。

なお、本研究拠点と同様の生物界に学ぶ試みは、欧米ではカリフォルニア大学、ボローニャ大学、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドンなどで大きなプロジェクトが開始されるなど、世界的に新たな潮流となりつつある。それらと比較した本研究拠点の大きな特色は、生物界における細胞や生物個体間の共生のメカニズムに注目し、その多様な挙動に関する解析結果をベースにした新しい情報技術の創出を目指していることであり、世界的に類をみない独創性を有している。

8. 教育実施計画

本研究教育拠点では、事業推進担当者を中心とした卓越した研究拠点形成を強力に推進すると同時に、グローバルな視点で21世紀の情報科学技術の進展に大きく貢献できる優秀な人材を多く育成することを重要視した。そのような方針のもとで、本COEプログラムにおける博士前期・後期課程の教育実施計画については、教育カリキュラム整備および人材育成プログラム推進関係と、国際的なレベルで活躍できる卓越した研究者としての育成プログラムの充実の二つに大別できる。

[1] 教育カリキュラム・人材育成プログラム関係

本COEプログラムでは、その目的である情報技術の創出に関連した教育プログラムを研究活動と同時に実施することが真の拠点形成に繋がると考え、その実施を計画した。情報科学研究科では、その創設年度に開始した本COEプログラムと深く連動する教育内容を整備した。特に、本研究科の集約的な教員組織によって、情報およびネットワーク技術に関わるハードウェアとソフトウェア、さらにはコンテンツそのものまで、多様な情報メディアを対象に、数学的な基礎理論から先端的な応用技術に至るまで広くカバーする教育を実施することを目指した。さらに、情報分野の学生が、融合領域の創出を目指す本COEプログラムを推進する上で重要な生命科学の諸問題を扱う基礎的な講義を受講可能な体制を図った。

各専攻では「専攻基礎科目」と「専攻境界科目」を設け、自専攻の専門教育に加えて、他専攻との境界領域的な内容についても広く学ぶことを課すこととした。この制度により、情報科学技術に関する総合的知見を備えた人材育成を可能とすることを目指した。

一方で、本COEプログラムの研究内容とも関連させながら、情報科学研究科とサイバーメディアセンターが中心となって、以下の三つの実践的 (On the Job Training; OJT) な人材育成プログラムの推進を計画した。

(1) ネットワークプロセッサ(NWP)設計ラボ計画

急速に発展するネットワーク環境を支える通信制御技術に関する先進的な教育を行うため、本研究科博士前期課程の専攻基礎科目「情報ネットワーク学演習」において、種々の新しい技術に対応可能な最先端のシステムを用いた演習を行った。具体的には、ネットワーク機器用に設計されたプログラマブルなNWPを用いて、高機能、高性能なネットワーク制御メカニ

ズムの検討、実装、実験を行い、それらを通じて、ネットワークシステムの設計、開発能力を身につけさせることを図った。

(2) 「ソフトウェア工学工房」計画

本COEプログラムを推進するには、実時間性を有する大規模分散システムを対象として、安全で信頼性に富むソフトウェアの開発が不可欠である。そのためには、高度な数学やコンピュータサイエンスの知識が要求されると同時に、ソフトウェア開発力が重要になってくる。大学からの研究者、学生、企業等からの派遣研究員らが対等な関係で、ソフトウェアに関する実践的な問題、研究テーマについて問題解決を図る「協働の場」を「ソフトウェア工学工房」という。この工房を本COEプログラムの一環として本研究科の学生、社会人を対象として設置し、ソフトウェア開発力を養うことを目指した。

(3) セキュア・ネットワーク構築のための人材育成プログラム (SecureNetプログラム)

本研究教育拠点の教員によるOJTを重視した実践的カリキュラムにより、戦略的なセキュア・ネットワーク運用の核となるリーダー的存在のエキスパートの育成を目指した。情報科学研究科の学生のみならず、産業界や行政機関でセキュリティ部門に関わる技術者も受講対象として、産官学が強力に連携した国内で最初の人材養成拠点の構築を目指した。

[2] 卓越した研究者としての育成プログラム

博士後期課程学生が、本COEプログラムへの主体的な参画を通じて、国際的レベルで評価される研究成果を挙げ、世界の第一線の研究者としてスタートを切ることを目標とした。そのために、これらの学生には、本COEプログラムの経費で研究員としての雇用を極力行い、研究活動に専念できる環境整備を目指した。「量の多さ」は「質の向上」に繋がるものであり、このような環境を整備することにより、博士後期課程に進学する学生が増え、博士後期課程の高い定員充足率を達成することは、高度な人材育成を組織的に行うための重要な指標の一つであると考えた。

また、博士前期・後期課程の学生の研究成果発表のための海外渡航旅費の補助、さらに、博士後期課程学生が海外において長期インターンシップを行う経費補助などを企画した。特に、海外への長期インターンシップ制度は、学生を1~2ヶ月間海外の大学、研究機関に派遣するものであり、本COEプログラムで特に重視する企画である。

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

本研究教育拠点形成について、以下の5項目で記す卓越した業績により、「想定以上の成果を挙げることができた」と確信する。

【**中間評価結果**】本研究教育拠点は、平成16年度の中間評価において、5段階評価の最高レベルの評価を受け、研究および人材育成の双方にわたって非常に優れている個別具体例として取り上げられた。

【**人材育成面**】「8. 教育実施計画」に記した教育カリキュラムについては、その計画に添った実施と充実に努めるとともに、さらなる発展を期して平成17年度に大幅な改定を行った。三つの実践的教育プログラム「NWP設計ラボ」、「ソフトウェア工学工房」、「SecureNetプログラム」についても大きな成果を得た。例えば、「ソフトウェア工学工房」では、受講学生の延べ人数は540名に達し、民間企業等の社会人を対象としたセミナーの受講者数も337名に達した。特に、この教育プログラムを対象とした社会人ドクター4名を受け入れ、その内の1名は既に博士の学位を取得している。これらの教育プログラムは、さらに文部科学省関連の三つの人材育成プログラムの採択に繋がり、本研究科が際立った実績を有している証左である。

また、21世紀COEプログラムによる博士後期課程の学生を含む若手研究者のための経済的支援等の環境整備により、本COEプログラム開始後の本研究科の博士後期課程の定員充足率は毎年度100%以上を維持しており、全国の情報系研究科でトップレベルを誇っている。

【**研究活動面**】「7. 研究実施計画」に記した各研究テーマに関して、世界的な水準を越す研究成果が得られると同時に、テーマ[1]での卓越した成果である「アトラクター（安定状態）の原理の提案が、テーマ[2]のインターネットにおける自律的な経路制御機構を実現する研究の基本原理として導入され、さらに、テーマ[5]における複眼光学系に基づく画像入力システムの開発に結実するなど、テーマ間の連繋が所期の計画に沿って遂行した。

論文業績についても、本COEプログラムの開始年である平成14年1月から今日に至るまでに、事業推進担当者が学術論文誌、国際会議で発表した論文はそれぞれ385編、583編に達しており（採録決定分も含む）、著書関係も24編に及んでいる。特に、成果がNature

誌へ掲載され、また、情報科学技術分野の最難関であるACMやIEEEの論文誌等インパクトファクタの高い論文誌への掲載が確実に増えた。また、国際会議での発表についても、当該分野で頂点とされる論文採択率10%前後の著名な国際会議にも毎年のように採択されている。

さらに、本COEプログラムの開始以降、学術関連会議における招待講演は179件に達し、国際会議での招待講演も52件含まれている。加えて、学術賞受賞も43件に達している。これらの論文業績、招待講演、受賞に関するデータは、本研究科が21世紀COEプログラムを契機に世界的に卓越した研究拠点形成に成功したことを如実に示している。

【**外部評価結果**】平成18年9月実施の情報科学研究科の外部評価、また、本COEプログラム開始後毎年度開催してきた産学両分野から各研究テーマをカバーするメンバーによって構成されているアドバイザー委員会において、非常に高い評価を受けた。

【**国際的評価**】平成17年に欧州に設立され、自然界に学ぶ情報システム構築を目指す機関として国際的に注目を集めているNiSIS研究所の世界学術動向調査で、融合領域における本拠点の先導的活動が非常に高い評価を受けた。

2)人材育成面での成果と拠点形成への寄与

本拠点では、上記1)の人材育成面で述べたように、21世紀COEプログラムによる博士後期課程学生を含めた若手研究者の育成・支援を強力に推進した。その結果、情報科学技術分野で採択率が20%を切る難易度が高いACM、IEEE関連の論文誌や国際会議、生物工学系で世界的に定評のある論文誌Proc. Natl. Aca. Sci. USA等に、本拠点の若手研究者の論文が掲載され、卓越した研究業績を挙げた。また、学生を対象を絞った場合でも、本COEプログラムの効果が顕著化した平成16年度以降過去3年間で国際会議の招待講演、招待論文が各々1件あり、Best Paper Awardは6件にも及んでいる。さらに、国内学会の論文賞5件、国内シンポジウム論文賞9件、国内学会ベストプレゼンテーション賞5件、国内研究会優秀論文賞2件、学生研究奨励賞2件など育成の効果は着実に現れている。

また、本COEプログラムのもとで強力に推進してきた三つの実践的人材育成プログラムの経験と蓄積した知見はさらに発展して、文部科学省「大学教育の国際化推進プログラム（戦略的国際連携支援）」（平成17年度～20年度：倍率6.93）、文部科学省「魅力

ある大学院教育」イニシアティブ（平成17年度～18年度：倍率3.91）、文部科学省「先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム」（平成18年度～21年度：倍率4.43）の採択と遂行のコアコンセプトとして大きな役割を果たすに至った。これらの実績は、本拠点が高度人材の育成においても秀でており、着実に成果を得ていることを明示している。

3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等

本COEプログラムの目的は、情報科学技術分野と生物学分野の融合を目指して設置された情報科学研究科が、両分野の境界領域の新たな分野の創成を探索し、世界的な研究教育拠点を形成することであった。その成果は、先の1)の[国際的評価]で述べたような高い評価を得るに至った。世界的な水準を超える顕著な学術的成果等については、同様に1)の[研究活動面]で示したように多くの業績が得られているが、以下では重要な4成果に限定して概要を記す。

- (1) [べき乗法則 (Power Law) の発見]: WWW (World Wide Web) のリンク数分布に見られるべき乗法則の特性が、生物内の代謝ネットワークでも観測されることを解明し、生物分野と情報技術分野に共通のシステム特性があることを解明した。
- (2) [アトラクター（安定状態）選択の原理の提案]: アトラクターを選択しながら柔軟に環境適応する過程、つまり、共生環境を構築していく過程の数学モデルを提案し、実験によってその正しさを示した。その原理を適用して、インターネットにおける耐故障性と安定性の高い自律的経路制御機構を実現する研究を展開した。
- (3) [生物の挙動観察から数理モデル化し、実システムに適用]: 蛍、蟻、蜂などの挙動観察をもとに、それらの挙動を数理モデル化し、先進的なネットワークの諸技術に適用し、実用化に向けた研究開発を進展させた。
- (4) [産業への出口を目指した実システムの研究開発]: 複眼光学系に基づく画像入力システムに、アトラクター選択の考え方を導入した「物体注視システム」を開発し、実装した。

以上の成果は、Communications of the ACMをはじめとして当該分野で世界的に高く評価されている論文誌に掲載された。

4) 事業推進担当者相互の有機적連携

本拠点形成の運営については、原則として月1回、

全事業推進担当者およびリサーチアシスタント、特任教員、特任研究員が参加する企画委員会を開催して、進捗状況等の報告を行って相互の理解を深めた。また、拠点リーダー、各研究テーマのリーダー等からなる幹事会において種々の企画立案、実施状況の点検等を行い、万全の協力・連携体制のもとで、本拠点形成を遂行した。

なお、中間評価の一環として実施された現地査察において、拠点リーダーを中心に情報、生命両分野からの事業推進担当者の有機的で密な連携体制が構築され、真の拠点形成が着実に構築されていることが高く評価された。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

大学の国際競争力の有無を評価する上で、最先端分野における大規模な研究開発プロジェクト経費の獲得は、一つ重要な尺度になり得る。情報科学研究科は、21世紀COEプログラム開始後、研究関係、教育・人材育成関係の大型競争的経費に次々と採択されてきた。なかでも、文部科学省が平成18年度から開始した科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」の採択および事業推進に対する貢献は、その事業規模から特記に値する。

大阪大学は、全学を挙げて本事業への申請を検討し、最終的に「生体ゆらぎに学ぶ知的人工物と情報システム」と題するプロジェクトを申請し、採択された。このプロジェクトには、本COEプログラムの事業推進担当者の一部のメンバーが企画段階から参画するとともに、生命科学、ナノ材料物質科学、情報システム科学、ロボット工学の融合領域開拓の核となる概念として、本COEプログラムで提案された「アトラクター選択」の原理が採用され、本事業の遂行に大きく寄与しており、ひいては大阪大学の国際競争力の向上に大きく貢献している。

6) 国内外に向けた情報発信

本拠点が当該分野で世界的にも実績が認められている顕著な活動がある。この分野で先駆け的な国際ワークショップである Bio-ADIT 2004 を平成 16 年 1 月 29、30 日にスイス連邦工科大学ローザンヌ校(EPFL)で主催し、国際的に注目された。世界 25 ヶ国から多数の論文が投稿され、口頭発表論文採択率は約 28% という質の高い国際会議になった。なお、採択された論文の 25% を本 COE プログラムの研究成果論文で占めることができ、本拠点の卓越した研究活動成果が

高く評価された。その成功を受けて、第 2 回目の Bio-ADIT 2006 を平成 18 年 1 月 26 日、27 日に大阪において開催し、200 名余りの参加者を得て成功裡に終了した。

特に、これら二つのワークショップの会議録は Springer-Verlag 社のレクチャーノートシリーズ (LNCS) として発刊され、世界に情報発信することができ、新たな研究領域の開拓に大きく貢献した。

本 COE プログラムの存在を国内のみならず海外にもアピールし、国際的な研究交流を深めてより有効な拠点形成を行うために、「第 1 回ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出に関するシンポジウム」を 2003 年 3 月 10 日、11 日に開催した。当初の予想を大幅に上回る 279 名の参加登録が国内外からあり、本プログラムで推進している研究教育内容を紹介した。また、ボローニャ大学の A. Montresor 博士をはじめ該当分野において海外で活躍している 4 名の研究者が招待講演を行った。その結果、本 COE プログラムの意義および期待される成果について、参加者からのアンケート調査において 98% という高い割合で肯定的な回答を得た（特に、「大変意義深い」という回答は 67% であった）。

また、2007 年 3 月 1 日には最終報告会（参加者 187 名）を開催し、本拠点の研究教育活動について、広く情報発信することができた。参加者からのアンケート調査において、本 COE プログラムの 5 年間の成果に関して、「期待以上の成果が得られている」あるいは「期待通りの成果が得られている」という回答が 95% という非常に高い割合を占めた。

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）

21 世紀 COE プログラムの経費執行においては、設備備品の購入を必要最小限に抑え、若手研究者が有為な人材として活躍できるよう、リサーチアシスタント（平成 14～18 年度延べ 102 名採用）と特任教員（助手）・特任研究員（平成 14～18 年度延べ 23 名採用）の経費に優先的に割り当てた（後半は総経費の 50% 超）。特に、特任教員（助手）・特任研究員の採用については、採用 23 名中 18 名を海外を含む学外から任用し、国際的視野のもとでの流動性に考慮した若手教員の採用に努めた。

また、博士前期・後期課程の学生が、研究成果を海外で発表するための旅費の補助（平成 14～18 年度延べ 47 件）、博士後期課程学生が海外で長期にインター

ンシップを受けるための経費補助（平成 14～18 年度延べ 4 件）などを積極的に行った。特に、海外への長期インターンシップ制度は、平成 16 年度の中間評価に関わる現地査察の審査員から高い評価を得た。

②今後の展望

情報科学研究科では、本 COE プログラムの卓越した成果のさらなる発展を目指して、「究極の」あるいは「ポスト」ユビキタス情報社会とは何かを平成 17 年 5 月から集中的に検討してきた。その結果、本研究科が今後取り組むべき教育研究目標として、情報通信技術による最新の技術革新の所産としての「アンビエント情報社会」の創成に向けた情報科学技術分野の研究と関連する優れた若手人材育成を強力に推進することを、平成 17 年 12 月に決定した。そのための方策として「グローバル 10（情報科学分野において世界の大学のトップ 10 入りを果たす）計画」を設定した。

アンビエント情報社会の実現に不可欠な基盤技術の研究開発の実現には、従来の情報通信技術の単なる延長では難しく、大きなブレークスルーが求められる。そのために、本 COE プログラムで得られた「生物に学ぶ情報技術の創出」の成果をグローバル COE プログラムにおいてさらに発展させると同時に、関連人材の育成を徹底的に推進する予定である。

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）

情報科学研究科は、「情報科学技術と生物学の融合」を一つの重要な理念として平成 14 年度に創設されたが、折しもその年度に開始された 21 世紀 COE プログラムによる卓越した拠点形成によって、その創設理念の具現化が可能になった。さらに、その成果によって、「①目的の達成状況、5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度」に示したように融合領域開拓を強力に支援して国際競争力ある大学づくりに貢献するなど、平成 18 年度開始の第 3 期科学技術基本計画で重要視されている「融合科学の推進」を大学全体で実現する上で非常に大きな影響を与えている。

また、学外においても本 COE プログラムによる世界的な拠点形成事業が、例えば、上記①の項目 1) で示したように、欧州の NiSIS 研究所の世界学術動向調査において、融合領域における本拠点の先導的活動が非常に高い評価を受け、国際レベルで「生物に学ぶ情報技術の創出」に関する新たな学問分野の開拓に大きな貢献をすることができた。

21世紀COEプログラム 平成14年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	大阪大学	拠点番号	C12
拠点のプログラム名称	ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出		
1. 研究活動実績 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】 ・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〕 ・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 ※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 波下線（ ）：拠点からコピーが提出されている論文 下線（ ）：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 【主な発表論文】 [1] <u>Kenji Watanabe</u>, Masanao Ise, Takao Onoye, Hiroaki Niwamoto, and Ikuo Keshi, "An Energy-Efficient Architecture of Wireless Home Network Based on MAC Broadcast and Transmission Power Control," <i>IEEE Transactions on Consumer Electronics</i>, 53(1), 121-130, 2007. [2] Akiko Kashiwagi, Itaru Urabe, Kunihiko Kaneko, and Tetsuya Yomo, "Adaptive Response of a Gene Network to Environmental Changes by Fitness-induced Attractor Selection," <i>PLoS One</i>, Issue1(e49), 2006. [3] Takahiro Hara and Sajay Madria, "Data Replication for Improving Data Accessibility in Ad Hoc Networks," <i>IEEE Transactions on Mobile Computing</i>, 5(11), 1515-1532, 2006. [4] <u>Kenji Yasunaga</u> and Toru Fujiwara, "Determination of the Local Weight Distribution of Binary Linear Block Codes," <i>IEEE Transactions on Information Theory</i>, 52(10), 4444-4454, 2006. [5] <u>Satoru Irie</u>, Yusuke Ogura, and Jun Tanida, "Biologically Inspired Object Selection Technique Based on Attractor Selection," <i>Photonic Devices and Algorithms for Computing VIII, Proceedings of the SPIE</i>, 6310, 63100L, 2006. [6] Tatsuhiro Tsuchiya, Shinichi Ikeda, and Tohru Kikuno, "Counter-Based Reliability Optimization for Gossip-Based Broadcasting," <i>Computer Communications</i>, 29(9), 1516-1521, 2006. [7] <u>Taisuke Izumi</u> and Toshimitsu Masuzawa, "Condition Adaptation in Synchronous Consensus," <i>IEEE Transactions on Computers</i>, 55(7), 843-853, 2006. [8] Kouichi Nitta, Rui Shogenji, Shigehiro Miyatake, and Jun Tanida, "Image Reconstruction for Thin Observation Module by Bound Optics by Using the Iterative Backprojection Method," <i>Applied Optics</i>, 45(13), 2893-2900, 2006. [9] <u>Jong-Ok Kim</u>, Hideki Tode, and Koso Murakami, "Friendly Coexistence of Voice and Data Traffic in IEEE 802.11 WLANs," <i>IEEE Transactions on Consumer Electronics</i>, 52(2), 347-354, 2006. [10] Takashi Hirasawa, Yuki Nakakura, <u>Katsunori Yoshikawa</u>, Kengo Ashitani, Keisuke Nagahisa, Chikara Furusawa, Yoshio Katakura, Hiroshi Shimizu, and Suteaki Shioya, "Comparative Analysis of Transcriptional Responses to Saline Stress in the laboratory and Brewing Strains of <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> with DNA Microarray," <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i>, 70, 346-357, 2006. [11] <u>Tomoki Yoshihisa</u>, Masahiko Tsukamoto, and Shojiro Nishio, "A Scheduling Scheme for Continuous Media Data Broadcasting with a Single Channel," <i>IEEE Transactions on Broadcasting</i>, 52(1), 1-10, 2006. [12] <u>Kenji Leibnitz</u>, Naoki Wakamiya, and Masayuki Murata, "Biologically-Inspired Self-Adaptive Multi-Path Routing in Overlay Networks," <i>Communications of the ACM</i>, 49(3), 63-67, Mar.2006. [13] Zhaohui Guo, Yuuki Nishikawa, Roberto Yusi Omaki, Takao Onoye, and Isao Shirakawa, "A Low-Complexity FEC Assignment Scheme for Motion JPEG 2000 over Wireless Network," <i>IEEE Transactions on Consumer Electronics</i>, 52(1), 81-86, 2006. [14] <u>Kaname Harumoto</u>, <u>Tadashi Nakano</u>, <u>Shinya Fukumura</u>, <u>Shinji Shimojo</u>, and <u>Shojiro Nishio</u>, "Effective Web Browsing Through Content Delivery Adaptation," <i>ACM Transactions on Internet Technology</i>, 5(4), 571-600, 2005. [15] Yasunari Takagi, Osamu Mizuno, and Tohru Kikuno, "An Empirical Approach to Characterizing Risky Software Projects Based on Logistic Regression Analysis," <i>Empirical Software Engineering</i>, 10(4), 495-515, 2005. [16] Hideki Tode, Makoto Wada, Kazuhiko Kinoshita, Toshihiro Masaki, and Koso Murakami, "Enhanced Flooding Algorithms Introducing the Concept of Biotic Growth," <i>IEICE Transactions on Communications, Special Issue on Ubiquitous Networks</i>, E88-B(3), 903-904, 2005.			

- [17] Naoki Wakamiya and Masayuki Murata, "Synchronization-Based Data Gathering Scheme for Sensor Networks," *IEICE Transactions on Communication, Special Issue on Ubiquitous Networks*, E88-B(3), 873-881, 2005.
- [18] Tomokazu Shirai, Akinori Nakato, Noriyuki Izutani, Keisuke Nagahisa, Suteaki Shioya, Eiichiro Kimura, Yutaka Kawarabayasi, Akihiko Yamagishi, Takashi Gojobori, and Hiroshi Shimizu, "Comparative Study of Flux Redistribution of Metabolic Pathway in Glutamate Production by Two Coryneform Bacteria,," *Metabolic Engineering*, 7(2), 59-69, 2005.
- [19] Katsuro Inoue, Reishi Yokomori, Tetsuo Yamamoto, Makoto Matsushita, and Shinji Kusumoto, "Ranking Significance of Software Components Based on Use Relations," *IEEE Transactions on Software Engineering*, 31(3), 213-225, 2005.
- [20] Haruko Imaizumi-Anraku, Naoya Takeda, Myriam Charpentier, Jillian Perry, Hiroki Miwa, Yosuke Umehara, Hiroshi Kouchi, Yasuhiro Murakami, Lonneke Mulder, Kate Vickers, Jodie Pike, J. Allan Downie, Trevor Wang, Shusei Sato, Erika Asamizu, Satoshi Tabata, Makoto Yoshikawa, Yoshikatsu Murooka, Guo-Jiang Wu, Masayoshi Kawaguchi, Shinji Kawasaki, Martin Parniske, and Makoto Hayashi, "Plastid Proteins Crucial for Symbiotic Fungal and Bacterial Entry into Plant Roots," *Nature*, 433(7025), 527-531, 2005.
- [21] Masahiro Sasabe, Naoki Wakamiya, Masayuki Murata, and Hideo Miyahara, "Effective Methods for Scalable and Continuous Media Streaming on Peer-to-Peer Networks," *European Transactions on Telecommunications*, 15(6), 549-558, 2004.
- [22] Ryoichi Watanabe, Yuichi Itoh, Masatsugu Asai, Yoshifumi Kitamura, Fumio Kishino, and Hideo Kikuchi, "The Soul of ActiveCube - Implementing a Flexible, Multimodal, Three-Dimensional Spatial Tangible Interface," *ACM Computers in Entertainment*, 2(4), Article 6B, Oct. 2004.
- [23] Ehud Sharlin, Benjamin Watson, Yoshifumi Kitamura, Fumio Kishino, and Yuichi Itoh, "On Tangible User Interfaces, Humans and Spatiality," *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5), 338-346, 2004
- [24] Masayuki Murata, "Biologically Inspired Communication Network Control," *Proceedings of SELF-STAR: International Workshop on Self-* Properties in Complex Information Systems* (Invited Talk), 2004.
- [25] Hiroki R. Ueda, Satoko Hayashi, Shinichi Matsuyama, Tetsuya Yomo, Seiichi Hashimoto, Steve A. Kay, John B. Hogenesch, and Masamitsu Iino, "Universality and Flexibility in Gene Expression from Bacteria to Human," *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America (PNAS)*, 101(11), 3765-3769, 2004.
- [26] Tsuyoshi Chawanya, "Quasistable states in globally coupled tent map systems," *Chaos*, 13, 982-989, 2003.
- [27] Yuansheng Tang, Toru Fujiwara, and Tadao Kasami, "Asymptotic Optimality of the GMD and Chase Decoding Algorithms," *IEEE Transactions on Information Theory*, 48(8), 2401-2405, 2002.
- [28] Toshihiro Kamiya, Shinji Kusumoto, and Katsuro Inoue, "CCFinder: A Multilingual Token-Based Code Clone Detection System for Large Scale Source Code," *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(7), 654-670, 2002.
- [29] Budiarto, Shojiro Nishio, and Masahiko Tsukamoto, "Data Management Issues in Mobile and Peer-to-Peer Environments," *Data & Knowledge Engineering*, 41(2-3), 183-204, 2002.

【主な著書】

- [1] Takahiro Hara, "Data Replication and Update Management in Mobile Ad Hoc Networks," Book Chapter, *Handbook on Mobile Ad Hoc and Pervasive Communications*, American Scientific Publishers, 2007 (to be published).
- [2] Kenji Leibnitz, Naoki Wakamiya, and Masayuki Murata, "Biologically Inspired Networking," *Cognitive Networks*, Wiley, 2007 (to be published).
- [3] 井上 克郎, 演習で身につくソフトウェア設計入門, エヌ・ティ・エス, 2006.
- [4] Hiroshi Shimizu and Takeshi Hirasawa, "Production of Glutamate and Glutamate-Related Amino Acids: Molecular Mechanism Analysis and Metabolic Engineering, Amino Acid Biosynthesis-Pathways," *Regulation and Metabolic Engineering, Volker F.Wendisch (Ed.) Microbiology Monographs*, Springer, Berlin, 2006
- [5] 四方 哲也, シリーズ進化学7・進化学の方法と歴史「実験で進化を創る」, 岩波書店, pp.93-119, 2005.
- [6] 尾上 孝雄, 画像システムLSI設計, コロナ社, pp.171-207, 2003.
- [7] Sinichi Arakawa, Masayuki Murata, "Reliability Issues in IP over Photonic Networks," *Chapter 2, Quality and Reliability of Large Scale Telecom Systems -Case Studies: Olympic Games*, pp.31-60, John Wiley & Sons, 2002.

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))

[1] 開催時期：2003年3月10日、11日

開催場所：千里阪急ホテル(大阪府豊中市)

会議の名称：第1回『ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出』に関するシンポジウム

参加人数：279名(うち外国人3名)

主な招待講演者：

- ・ボローニア大学、Alberto Montresor 博士
(生物メカニズムのアナロジーを用いてコンピュータシステムを制御。BISON プロジェクトのメンバー)
- ・カリフォルニア大学、須田達也教授(生物メタファを用いてサービス資源を管理)
- ・ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン、Ian W. Marshall 博士(BIO-NET モデル提唱)
- ・日本アイ・ビー・エム株式会社、岩野和生博士
(自己管理機能を有するオートノミックコンピューティングを推進)

[2] 開催時期：2004年1月29、30日

開催場所：スイス連邦工科大学ローザンヌ校(EPFL)

会議の名称：第1回生物学の知見に基づいた高度情報技術の確立に関する国際ワークショップ
The First International Workshop on Biologically Inspired Approaches to Advanced Information Technology (略称：Bio-ADIT 2004)

参加人数：世界19カ国から研究者・学生など約170名(うち外国人143名)、
インターネット配信(313名からアクセス、うち外国人95名)

主な招待講演者：

- ・ノートルダム大学、Albert Barabasi 教授(大規模ネットワーク解析)
- ・オランダ・フリー大学、Hans V. Westerhoff 教授(システムバイオロジー)

論文：85編の論文投稿(口頭発表採択率28%)、口頭発表24件、ポスター発表13件採択、口頭発表の25%が本COE事業推進担当者の論文

論文集は、Springer-Verlag社、コンピュータサイエンス分野のレクチャーノートシリーズ(LNCS) The Hot Topic Issueシリーズの1巻として採択され、再編集後に刊行

[3] 開催時期：2006年1月26日、27日

開催場所：千里ライフサイエンスセンター(大阪府豊中市)

会議の名称：第2回生物学の知見に基づいた高度情報技術の確立に関する国際ワークショップ
The Second International Workshop on Biologically Inspired Approaches to Advanced Information Technology (略称：Bio-ADIT 2006)

参加人数：国内外から200名余り(うち外国人46名)

主な招待講演者：

- ・カリフォルニア大学、James C. Liao 教授(生物の代謝システム工学)
- ・スイス・チューリッヒ大学、Rolf Pfeifer 教授(身体性認知科学)
- ・大阪大学大学院生命機能研究科、柳田敏雄教授(ソフトバイオシステム)

論文：50編の論文投稿(口頭発表、採択率約38%)口頭発表22件、ポスター発表8件、口頭発表の54%が本COE事業推進者による論文

論文集は、Springer-Verlag社のコンピュータサイエンス分野のレクチャーノートシリーズ(LNCS)の1巻として刊行

[4] 開催時期：2006年11月17日

開催場所：大阪大学コンベンションセンター(大阪府吹田市)

会議の名称：第1回科学と教育のためのサイバーインフラストラクチャに関する国際ワークショップ(本COEプログラムの人材育成事業の一環として開催)
The 1st International Workshop on the Cyberinfrastructure for Science and Education

参加人数：国内外から70名余り(うち外国人10名)

主な招待講演者：

- ・カリフォルニア大学(UC)、Peter Arzberger 博士(UCにおける海外インターンシップ)
- ・九州大学、岡村耕二助教授(教育と国際協力)
- ・情報通信研究機構 豊田麻子氏(研究プロジェクトと国際協力)

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

様式2【公表用】「8. 教育実施計画」の項に記したように、本COEプログラムの研究内容とも関連させながら、情報科学研究科とサイバーメディアセンターが中心となって、以下の三つの実践的(On the Job Training; OJT)な人材育成プログラムを計画し推進した。いずれのプログラムも、学生アンケート等で、受講者から極めて高い評価を受けた。

[1] NWP（ネットワークプロセッサ）設計ラボ、AN（アドホックネットワーク）設計ラボ

対象：大学院学生（情報ネットワーク学専攻）

実施時期：NWP設計ラボ（平成14年度～17年度）、AN設計ラボ（平成18年度）

具体的内容：NWP設計ラボでは、急速に発展するネットワーク環境を支える通信制御技術に関する先進的な教育を行うため、博士前期課程の専攻基礎科目「情報ネットワーク学演習」において、種々の新しい技術に対応可能な最先端のシステムを用いた演習を行った。例えば、日本の大学教育プログラムとしては唯一、インテル（株）のIXA University Programと連動し、ネットワークプロセッサIXP1200を用い、ネットワークノードにおける基本的なパケット入出力の仕組みなどに関する知識の習得、およびパケットジェネレータ装置を利用したネットワーク負荷実験の経験を目標とした演習を行った。演習の延べ受講者は、111名であった。IXA University Workshopに招待され、NWP設計ラボについて講演した他、教育系国際ワークショップでも2回の報告を行った。

一方、ユビキタス社会を実現する基盤技術の一つである無線アドホックネットワーク向けのシステムでは、従来とは異なり組み込みソフトウェアの開発能力が求められるが、そのような能力をもつ技術者の不足が昨今大きな問題となっている。そこで、平成18年度からはAN設計ラボとして、センサを有する無線ノードを用いた演習を通じて、無線ネットワーク制御技術や組み込みシステム用ソフトウェアプログラミングに関する知識やスキルを習得することを目的として実施している。そこでは、アプリケーションコンテストを開催し、マスコミにも紹介された。

[2] ソフトウェア工学工房

対象：大学院生、社会人

実施時期：平成14年度～18年度

具体的内容：近年、ソフトウェア工学の諸技術の善し悪しを、可能な限り定量的なデータに基づいて技術の評価しようとする実証的ソフトウェア工学 (Empirical Software Engineering) が提案され、注目を集めている。実践的なソフトウェア工学を効率よく実行するため、医学部や歯学部が有する大学病院のモデルに近い枠組みを、ソフトウェア工学における教育・研究に当てはめ、ソフトウェアにかかわる種々の問題を、現実的に解決・対応する組織として、「ソフトウェア工学工房」を設置した。具体的には、大学から研究者や学生、企業等から研究員らが対等な関係で、実践的な問題や研究テーマについて問題解決を図り、技術を身に付けることを目的としている。この目標達成のため、社会人対象のソフトウェア工学工房セミナー、大学院生対象の実践的講義、社会人ドクター学生の受け入れを行った。

大学院生対象の実践的講義は、ソフトウェア設計論、ソフトウェア保守工学等として開講し、延べ受講者数は540名であった。社会人対象のセミナーは、本拠点の研究成果を活用し、コードクローン技術・再利用技術に関するもので、大阪・東京で9回実施し、延べ337名の参加があり、参加者から高い評価を得た。

[3] セキュア・ネットワーク構築のための人材育成プログラム

対象：大学院生、社会人

実施時期：平成14年度～17年度

具体的内容：本COEプログラムを基盤とした人材育成事業の一環として、不足しているネットワークセキュリティ専門技術者養成のため、サイバーメディアセンターと情報科学研究科が協力し、文部科学省科学技術振興調整費（新興分野人材養成）の助成の下、セキュリティに関する知識と実践的技術を身につけたエキスパートの養成を目指した。最先端の技術を反映した実践中心のカリキュラムを設計・実施できる専門的な知識を十分に備えたスタッフを揃えるため、本拠点を挙げて、教員が参画し、大学院生もRAとして参画した。カリキュラムは、半期ずつの基礎コース、応用コースとして構成した。各コースでは、セキュリティ技術、セキュリティマネジメント、法制度の3つのテーマを、講義と実習を組み合わせ週1日のペースで実施した。さらに、テーマ毎に外部講師を迎えての特別講義、eラーニング教材の充実、社会人向けセミナーを実施した。

第I～V期を通して、目標の90名を上回る122名の人材を育成した。修了者は学内や社会でその成果を発揮している。また、社会人セミナーは178名が受講した。さらに、平成18年度に実施された新興分野人材育成の事後評価において総合A（最高レベル）評価であった。全7課題のうち総合A評価は4課題あったが、項目評価すべてがa（項目別最高レベル）評価は本課題だけであり、極めて高く評価された。

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、期待以上の成果があった

(コメント)

拠点形成計画全体について、本COEプログラムは生物共生ネットワークの形成過程を解明し、その知見をもとに新しいネットワークのコンセプト、アーキテクチャ、人間中心のインタフェース、コンテンツ処理技術、それらの社会システムへの応用、を研究教育する拠点であり、設定された目的は十分達成され、期待以上の成果があったと評価する。

研究活動面については、研究計画として5つのテーマを設定したが、中間評価のコメントに対応し、テーマを再整理し、実システム化と産学連携による産業化を設定するなど、計画を柔軟に見直し改善を図っている。各テーマにおいて革新的研究成果を発表しており、順調に研究が進展しつつあることは評価できる。

人材育成面については、情報科学技術に関する総合的知見を備えた人材を育成するためのカリキュラムの構築や本COEプログラムにおいて必要となる生命科学の基礎に関する講義を受講させる体制を整備するとともに、3つの実践的人材育成プログラムを実施している点などが評価できる。本COEプログラムの事業推進担当者が多くの博士課程学生を教育している点も評価に値する。

事業終了後の持続的展開について、今後は本COEプログラムで研究された新しい知見に立脚した新しいネットワークアーキテクチャやプロトコル、インタフェースなどの成果が期待される。