

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	東京大学	学長名	小宮山 宏	拠点番号	C03	
1. 申請分野	A<生命科学> B<化学・材料科学> <u>C<情報・電気・電子></u> 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)	情報科学技術戦略コア (Information Science and Technology Strategic Core) 副題を添えている場合は、記入して下さい(和文のみ)					
研究分野及びキーワード	<研究分野:情報・電気・電子>(実世界情報処理)(ネットワークエージェント)(ネットワークコンピューティング)(情報数理)(知能ロボット)					
3. 専攻等名	大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻・数理情報学専攻・システム情報学専攻・電子情報学専攻・知能機械情報学専攻, 創造情報学専攻, 大学院工学系研究科精密機械工学専攻					
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) TANAKA HIDEHIKO 田中 英彦 (平成16年3月31日 辞退)	大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻・教授(研究科長)	情報システム・工学博士	研究拠点形成の統括			
TAKEICHI MASATO 武市 正人 INOUE HIROCHIKA 井上 博允 (平成16年3月31日 辞退)	大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻・教授	計算機科学・工学博士	研究拠点形成の統括(平成16年4月1日研究科長就任)			
TACHI SUSUMU 館 日章	大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻・教授	知能ロボティクス・工学博士	戦略コアヘッドクォータ 戦略統括			
KIMURA FUMIHIKO 木村 文彦	大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻・教授	バーチャルリアリティ・工学博士	戦略コアヘッドクォータ 戦略浸透			
HIRAKI KEI 平木 敬	大学院工学系研究科精密機械工学専攻・教授	計算機援用設計生産工学・工学博士	戦略コアヘッドクォータ 戦略企画			
NISHIDA TOYOAKI 西田 豊明 (平成16年3月31日 辞退)	大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻・教授	高性能コンピュータ・アーキテクチャ・理学博士	戦略コアヘッドクォータ 戦略企画(平成16年4月1日より戦略統括)			
SATO TOMOMASA 佐藤 知正	大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻・教授	人工知能・工学博士	戦略コアヘッドクォータ 戦略企画調整			
YONEZAWA AKINORI 米澤 明憲	大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻・教授	知能機械学・工学博士	実世界情報システム 統括 人間支援環境システム			
SAGAYAMA SHIGEKI 嵯峨山 茂樹	大学院情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻・教授	計算機科学・Ph.D.・工学博士	実世界情報システム ソフトウェア			
ISHIKAWA MASATOSHI 石川 正俊	大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻・教授	音声情報処理学・博士(工学)	実世界情報システム 知能情報処理			
SHIMOYAMA ISAO 下山 勲	大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻・教授	システム情報学・工学博士	実世界情報システム 認識行動システム			
HIGUCHI TOSHIRO 樋口 俊郎	大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻・教授	マイクロシステム・工学博士	実世界情報システム マイクロシステム			
SAKAI SYUICHI 坂井 修	大学院工学系研究科精密機械工学専攻・教授	メカトロニクス・工学博士	実世界情報システム 極限メカトロニクス			
IMAI HIDEKI 今井 秀樹 (平成18年3月31日 辞退)	大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻・教授	コンピュータシステム・工学博士	大域ディベンダブル情報基盤 統括 アーキテクチャ			
KITSUREGAWA MASARU 喜連川 優	生産技術研究所(電子情報学専攻併任)・教授	情報通信システム・工学博士	大域ディベンダブル情報基盤 情報セキュリティ			
ISHIDUKA MITSURU 石塚 満	生産技術研究所(電子情報学専攻併任)・教授	概念情報処理・工学博士	大域ディベンダブル情報基盤 ウェブコンピューティング			
SUGIHARA KOKICHI 杉原 厚吉	大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻・教授	知能情報学・工学博士	大域ディベンダブル情報基盤 マルチモダリティ情報処理			
IMAI HIROSHI 今井 浩	大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻・教授	数理工学・計算幾何学・工学博士	超ロバスト計算原理 統括 大規模複雑系・計算幾何アルゴリズム			
TADEMURA AKIMICHI 竹村 彰通	大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻・教授	量子情報科学・工学博士	超ロバスト計算原理 量子コンピューティング			
HAGIYA MASAMI 萩谷 昌己	大学院情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻・教授	数理統計学・Ph.D.	超ロバスト計算原理 統計 数理アルゴリズム			
		計算機科学・理学博士	超ロバスト計算原理 ハイブリッド計算原理 アモルファス計算原理			
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)	182,000	154,000	148,000	161,000 (16,100)	151,380 (15,138)	796,380 (31,238)

6. 拠点形成の目的

6-1. 目的

インターネットとパーソナルコンピュータに代表される情報機器の利用を中心とする20世紀の情報技術は、情報システムと人間が共棲する21世紀に至って大きな変貌を遂げようとしている。本COEプログラムは、情報科学から機械工学まで含む幅広い分野の研究を融合することにより、未来の実世界に密着した21世紀の情報科学技術を確立することを目的としている。同時に、幅広い分野における研究教育を新しい情報学体系に向かって戦略的に先導するための組織である「情報科学技術戦略コア」の形成を目的とする。

6-2. 背景・必要性

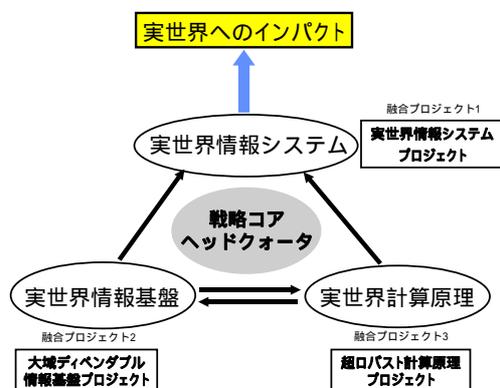


図1：本COE形成プログラムの目標

本COEプログラムの中核専攻であるコンピュータ科学専攻とその前身である理学系研究科情報科学専攻は、現在に至るまでコンピュータ科学のトップレベルの研究を行い、並列分散処理を中心とする情報技術に多大な貢献をしてきた。しかし、コンピュータ科学のみによって21世紀の情報学を構築することは不可能である。本COEプログラムの5専攻が属する情報理工学系研究科は、まさに21世紀の情報学の先頭を進むため、平成13年に従来の枠を捨てて集結して作られた組織である。この情報理工学系研究科5専攻および精密機械工学専攻が築いてきた、計算理論から知能ロボットに至るまでの世界に冠たる業績を、COEとしてさらに高めるための研究教育体制を確立したい。

6-3. 目標

本COEプログラムでは21世紀の新しい情報学を構築するため、人間のまわりに遍在するヒューマノイド、エージェント、ユビキタスデバイスが、人間とともに生き、人間を支える情報システム（実世界情報システム）の構築を目指す。その構成要素であるネットワークエージェントやユビキタス情報処理環境を実現するためには、大域的に分散されつつもディペンダブルな情報基盤（実世界情報基盤）が不可欠である。また、実世界情報システムとその情報基盤の構築には、実世界が持つ本質的に不安定な構成要素からロバストなシ

ステムを構成する計算原理や実世界の忠実なシミュレーションを可能とする計算原理（実世界計算原理）が必要である。

上記の目標を達成するため、本COEプログラムは、研究活動を戦略的にリードする戦略コアヘッドクォータを設置し、そのもとに上記3研究テーマ（実世界情報システム・実世界情報基盤・実世界計算原理）を3つの融合プロジェクトとして展開する（図1）。コンピュータ科学専攻は中核専攻として、3研究テーマのすべてに参画する。

実世界情報システムプロジェクトでは、人間と物理的情報機械であるヒューマノイド、仮想的インタフェースであるエージェントおよびユビキタスデバイスなどが相互にかかわりながら共存して情報のやり取りをする実世界情報環境を実現する。大域ディペンダブル情報基盤プロジェクトではスマートチップを核とするユビキタスデバイスとリフレクティブミドルウェアによって実世界情報基盤を構築する。また、新世代意味処理技術によって作られた、大域知能として振舞うネットワークエージェントの研究を行う。実世界計算原理の研究は超ロバスト計算原理プロジェクトによって進める。特に、アモルファス計算原理やハイブリッド計算原理は信頼性の低いユビキタスデバイスによる信頼性の高い情報処理を可能にする。大規模な実世界をモデル化し、シミュレーションを精度よく行う実世界計算原理によって、実世界情報環境のエージェントと人間・ヒューマノイドのシームレスなインタラクションが実現される。

戦略コアヘッドクォータは、これら3プロジェクトを統括し、さらにCOEとしての長中期の戦略的研究の企画立案、研究成果の社会への還元、および教育への還流を推進する。また、情報科学技術の国家戦略の提言を行う情報科学技術戦略提言機能を持たせる。

6-4. 期待される成果

融合プロジェクトによって実世界情報処理を中心とする21世紀の新しい情報科学技術が確立する。また、幅広い研究分野を融合し21世紀の情報科学技術を先導する組織である戦略コアヘッドクォータが本COEプログラム終了後に存続し、実世界情報処理の次の研究テーマを提言・推進することにより、21世紀の情報学のさらなる発展に貢献するとともに、充実した情報理工学教育を実現する。

7. 研究実施計画

本研究拠点は、戦略コアヘッドクォータと、実世界情報システムプロジェクト、大域ディペンダブル情報基盤プロジェクト、超ロバスト計算原理プロジェクトの3つの融合プロジェクトから構成される。融合プロジェクトのメンバーは各専攻における個別研究を融合発展させるために戦略コアヘッドクォータと融合プロジェクトを中心とした専攻から独立した研究組織をつくる。戦略コアヘッドクォータでは、戦略企画、戦略浸透、戦略提言および教育還流を推進する。教育還流における流動還流研究員の外部機関からの採用と、流動還流研究員を外部機関に送り出すことによって人材の流動性を高める。

本COEの組織運営の指揮は、戦略コアヘッドクォータCOE教官が執り、そのもとで事業推進担当教官、COE専任教官、ポスドク、研究支援員、事務・技術補佐員が活動する。

1. 戦略コアヘッドクォータの設置と運用

戦略コアヘッドクォータの機能は、3つの融合プロジェクトの統括COEとしての長中期の戦略的研究の企画立案(戦略企画機能)、研究成果の社会への還元(戦略浸透機能)、および知識の体系化と人材養成(教育還流機能)である。また、情報科学技術の国家戦略の提言を行う情報科学技術戦略提言機能を持たせる。これらの機能は、初年度に立ち上げ、その後、随時強化を図る。

2. 融合プロジェクトの推進

各融合プロジェクトでは、事業推進担当教官、COE専任教官、ポスドク、研究支援員が本COE参加6専攻で現在実施している個別研究を融合させて、実世界へのインパクトの創出を目指す。融合プロジェクトとしては、ミッションステートメントに謳った次の3プロジェクトを推進する。これら3プロジェクトの融合的研究成果は最終的に工学部2号館を中心とする建物の研究インフラとして設置して、実証実験を行う。

(1) 実世界情報システムプロジェクト

人間を中心とする実世界情報システムの実現を通じ、実世界情報システムを特徴づける課題の研究を推進する。ロボットを実世界の認識行動システムととらえ、不確実性やノイズに満ちた実世界で、本当に機能するロボットのセンサや知能ソフトウェアやネットワークについて研究を行う。ここでは、人間とロボット、人間とアバターとの間で、視覚、触覚、聴覚、体感等の情報が、どの程度の速さと効率で伝達されるかについて計測を行い、人間にとって心地よい五感経由のインタフェースを実現する。実世界情報システムでは、人とインタラクションする知的存在が、情報世界の中ではエージェントとして、またバーチャルリアリティの世界ではアバターとして、さらに実空間ではヒューマ

ノイドロボットやセンサ・アクチュエータを備えたユビキタスアプライアンスとしてシームレスにつながり、人間と共棲する環境が実現される。このプロジェクトの社会的な意義は、来るべきユビキタス社会のプロトタイプを示すことである。また、科学的な意味は、実世界情報システムと人間との関係の計測を通して人間の認識と行動のモデルが得られることである。

(2) 大域ディペンダブル情報基盤プロジェクト

信頼性・安全性・応答性・スループットに優れた超分散システムのアーキテクチャ、ソフトウェア、通信、ヒューマンインタフェースの各要素技術を構築・確立し、統合した上で、大域分散統合型でしかも個別にきめ細かな情報処理を行うアプリケーションの研究開発を行う。具体的には、大域ディペンダブル情報基盤のセンターとなる超分散サーバ環境を構築し、ユビキタスデバイスをネットワーク結合するためのリフレクティブミドルウェアとサーバソフトウェア、さらに大域ディペンダブル情報基盤のユビキタスデバイスとしてのスマートチップを開発する。また、新世代意味処理技術によって、ネットワーク上の情報を結集して人類の抱えている難題の解決や、新たな知(大域知能)の創造を実現する。

(3) 超ロバスト計算原理プロジェクト

実世界情報システムとその情報基盤を構築するために、不安定な多数の構成要素を不均質に集合させて信頼性の高い情報処理を実現するためのアモルファス計算原理、外界の機械系、反応系などのもつ連続性とそれをコントロールする制御系の離散性の混在するハイブリッドシステムのロバスト性を確保するハイブリッド計算原理、複雑で大規模な実世界の現象をモデル化し、効率よくかつロバストに計算するための大規模複雑系計算原理を解明する。特に、大規模複雑系計算原理は、精度を保證するシミュレーションを可能とするために、幾何的構造の不整合性を回避する推論原理を構築し、それに基づいて実世界情報環境のエージェントと人間・ヒューマノイドのシームレスなインタラクションを実現する。

8. 教育実施計画

本COEプログラムで実施する教育は、各融合プロジェクトで得られた知識を構造化・システム化・活用することによって、実世界情報分野で社会をリードする人材を育成する。

所期の目標を効果的に達成するために、流動還流研究員（ポスドク/博士課程学生レベル）に対して、融合プロジェクトにおいて最先端研究の経験を積ませ、そこで得た知識と知恵を体系・システム化して、大学院低学年および学部教育に反映させる。

大学院教育については、現在進行させている戦略ソフトウェア創造人材養成プログラムを、学部教育については、生物情報科学学部教育特別プログラムをそれぞれ核にして本COEプログラムで推進する3つの融合プロジェクトに従って特別コースとして発展させた、実世界情報システム教育コース、大域ディペンダブル情報基盤教育コース、超ロバスト計算原理教育コースを実施する。教育システムとスタッフとしては現在の大学院修士課程とその担当者を充当する。さらに情報学を実践的に教育する専攻を情報理工学系研究科に設立する計画である。この専攻には主として社会人を対象とする1年間の修士課程実践コースを設け、産業界からの人材に対して実世界に関わる融合プロジェクトを核とする実践的教育を行い、実世界情報学で社会をリードする人材の育成を目指す。

実世界情報システム教育コース

ヒューマノイドを代表とする21世紀の新しい実世界情報システムによって、情報システムと実世界との境界をつなぐためのシステムデザインと構成法の教育演習を行う。具体的には、

- ヒューマノイドの認識行動自律系のプログラミング演習
- 人間対話協調ロボットのソフトウェア演習
- ロボットの遠隔インタフェースシステムのデザイン演習
- ウェアラブル通信型ロボットの設計製作演習
- バーチャルリアリティ演習
- 音声言語対話システム演習

などの課題テーマを実際の体験を通じて考え、コンピュータが進化した新しい実世界情報システムのあり方について新しい存在様式を提案してゆける人材を養成する教育カリキュラムとシステム環境を構築する。

大域ディペンダブル情報基盤教育コース

大域分散かつディペンダブルな情報基盤に関する知識・技能を習得させるとともに、将来の大きな展開が見込まれるこの分野の将来の指導者を養成する。指導は、担当教官の他、必要に応じて、本研究科の他教官や「戦略ソフトウェア創造」特任教官、流動教官も担当する。

授業・演習として、以下のものを実施する。大域分散情報処理基礎（大学院修士講義および演習）、ユビキタスディペンダブル情報処理基礎（大学院講義および演習）、高度分散ネットワーク基礎（大学院講義および演習）、大域分散情報処理特論（大学院博士講義および演習）、ユビキタスディペンダブル情報処理特論（大学院博士講義および演習）、高度分散ネットワーク特論（大学院博士講義および演習）。

すべてCとJ A V Aによるソフトウェア作成およびH D Lによるアーキテクチャ演習を含む。「基礎」は一般的な理論・技術の習得であり、特論は個々の専門に特化した学習およびシステム構築を目標とする。

超ロバスト計算原理教育コース

超ロバスト計算原理を多様な自然現象・生命現象・社会現象に適用する能力を有する研究者を育てる教育を行う。そのために、大学院では離散的手法および連続的手法に関する基礎理論を、主にコンピュータ科学専攻と数理情報学専攻のカリキュラムを通じて教育を行うと共に、「ソフトウェア開発実践セミナー」等を通じて、それらの理論的な計算原理を実際のソフトウェアとして実現する手法を習得させる。さらに、超ロバスト計算原理プロジェクトを通じて、先端的な研究への応用を経験させる。

他方、学部レベルの教育の充実にも努め、深い計算原理を早い時点から身に付けさせると共に、それらを応用する対象分野の基礎知識を、いわば副専門という形で、提供する場を設ける。これには、情報理工学系と理学系が既に共同で実施している生物情報科学学部教育特別プログラムを一つの模範とする。

9. 研究教育拠点形成活動実績

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COEプログラムのトップレベルの目的である「情報科学から機械工学まで含む幅広い分野の研究を融合することにより、未来の実世界に密着した21世紀の情報科学技術を確立すること」以下に示すように、世界の最高水準の研究成果群を得たこと、大学院博士課程の充実により、最高水準の若手研究者育成体制が確立したこと、研究室・専攻の壁をとりはらい、融合的新分野開拓を実現し、実世界情報システムに関する融合研究拠点を立ち上げたこと、国際的な産学官における研究教育連携を実現する情報理工学国際研究センターを研究科内に設置したこと等から、予想以上の成果をあげ、目的を達成した。また、情報理工学系研究科において幅広い分野における研究教育を新しい情報学体系に向かって戦略的に先導するための組織である「情報科学技術戦略コア」が形成され、トップダウンの研究教育体制が確立した。

研究面では、ヒューマノイド環境、VR環境、ユビキタス環境、視聴覚のエージェントの環境、人間を主体にした環境についての研究を個別に展開し、その一つ一つの要素がさらに展開して最終イメージにつながるよう知能仮想環境の形で提示することを目指して研究に取り組み、後述のように多数の論文発表をするとともに、数多くの研究賞を受賞した。また、実世界情報システムの成果をとりまとめる実世界ショールームを構築し、個々の技術要素成果を結合し、総合することを達成した。

また、その構成要素であるネットワークエージェントやユビキタス情報処理環境では、大域的に分散されつつもディペンダブルな情報基盤（実世界情報基盤）を構築し、多くの成果を得た。また、実世界情報システムとその情報基盤の構築を目的として、実世界が持つ本質的に不安定な構成要素からロバストなシステムを構成する計算原理、実世界の忠実なシミュレーションを可能とする計算原理の理論基盤を確立した。

研究教育の組織的変革として、本COEプログラム実施により、研究活動を戦略的にリードする**戦略コアヘッドクォータ**を設置し、そのもとに上記3研究テーマ（実世界情報システム・実世界情報基盤・実世界計算原理）を3つの融合プロジェクトとして展開した。これらの項目から、世界最高水準の研究教育拠点形成計画全体の目的は、スタート時想定以上の成果を得た。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

実世界情報プロジェクトにおける若手教育の実施では「実世界情報システム講義」という講義を起こし、修士・博士課程学生、本課題に関連するRAおよび、大学院学生を中心とし、大学院の正規の授業（演習）の一環として輪講形式で研究者間の討論や遺憾交換・情報交換を行った。また、「知能機械情報演習」を実施し、実世界で働くシステムの実技をふくむ教育を実施

した。

ディペンダブル情報基盤プロジェクトでは、授業・演習として、大域分散情報処理基礎、ユビキタスディペンダブル情報処理基礎、高度分散ネットワーク基礎、大域分散情報処理特論、ユビキタスディペンダブル情報処理特論、高度分散ネットワーク特論を、講義と演習を組み合わせる形式で実施し、また、本プロジェクトで整備した大規模クラスタシステムを、大学院生および若手研究者が活用することにより情報システム基盤との融合教育研究を実現した。

超ロバスト計算原理プロジェクトにおける若手教育では、研究成果の教育への還元の一環として、大学院科目「超ロバスト計算原理講義」を新設し、研究成果を素材とした講義を行う機会を設け、PD、RAの全員が教育にも参加することにより、研究と教育の融合を図り、本プログラムの活動期間中に、特に教育プログラムによる研究成果の教育への還元を通して多くの若手研究者を育成することができた。

研究成果の教育への還元に寄与したテーマには、グリッドコンピューティング、線形多群判別、ロバスト制御・ロバスト最適化、量子計算における超ロバスト性、量子通信路と情報量保存条件、最長片道切符の経路探索、秘密分散法、3次元多面体メッシュへの電子透かし、の埋め込みなど多岐に渡るものが含まれている。また、本COEが主催した多数の国際会議では海外の著名な研究者を招待し、そのハイレベルの講演を学生が聴くことのできる機会を作り、国際レベルの研究の雰囲気を感じるとともに大きな刺激を与えることができた。

融合的情報分野における教育では、100時間ワークショップを実施した。100時間ワークショップでは、プロジェクトベースラーニングとして融合技術の開発を目的として、世界に先駆けて提案する新しい手法として、100時間という制約の中で異なるバックグラウンドの人がチームを組み、新技術のプロトタイプを開発した。参加者は、自分で問題を発見し、これをチームで解決するスキルを身につけた。参加チームは、近未来の情報システム環境を想定し、これを実現するために必要な要素技術を組み合わせさせたデモンストレーションを開発した。

上記、教育活動面での活動内容は、本プロジェクト終了後における定着を目的として、研究科の教育カリキュラムへの組み込み・通年化が行われた。

若手研究者数の増加を目的とした施策として、博士課程修了者を積極的にPDとして採用するとともに、優れた研究活動を行っている博士課程大学院生をRAとして雇用する制度を定着させ、博士課程進学者数の増加を実現した。なお、RAの選抜は、研究の進捗状況・論文の発表状況等を基にして行うことにより、研究に専念することへのインセンティブを与えた。

これらの教育活動は、本プロジェクト計画時の想定以上の成果を上げたと判断している。

3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等

実世界情報システムプロジェクトでは、人と情報システムの新しいインタラクションの研究を進め、以下に示す個々の世界最高水準の成果をあげるとともに、平成18年度には、これまでの研究成果を統合した「実世界ショールーム」のデモンストレーションを実施し、未来のリビングルームにおけるヒューマノイドロボット等の様々なシステムの協調による新しい人間行動支援環境を示し、人間と共生して存在するヒューマノイドという新分野を確立し、新たなプロジェクトを推進させた。具体的な成果として、ヒューマンロボティクス研究グループでは複数の視覚特徴と対象物体の視覚特徴知識のマッチングを、パーティクルフィルタを用いて統計的に処理する手法を確立し、従来までのヒューマノイドの研究事例とくらべ、実世界の変動やノイズに対してロバストに行動を持続させることのできるシステムの構築が可能とした。これにより、生活を支援するヒューマノイドの実現という、従来では到達が難しかった領域を実現可能なものとする領域が開拓された。

一方、人体の筋骨格力学モデル、身体運動の力学構造解析、身体運動の分節化による記号的情報との双方向接続、ヒューマノイドロボットの行動実現への適用、などを総合した、身体運動の認知モデルともいべき新たな分野を創成した。

ネオ・サイバネティクス研究では新分野としての「ネオ・サイバネティクス」の創成を目指して、人間の感覚情報の高度知的処理の研究を行った。音声認識技術における、雑音中および残響環境下の音声認識アルゴリズムの確立、音声合成技術においてはウェーブレット変換に基づく新しい波形合成手法、独自の最高速の視覚センサ技術に基づく、高速ジェスチャ認識や、高速運動物体の視覚追跡、高速把持動作の実現などの成果が得られた。

アテンティブエンバイロメント研究では、よく気をつく作業支援機（アテンティブワークベンチ、AWB）の開発を通して、平面リニアモータを利用した作業支援の手法を確立し、実際の組立て作業の支援として有効に利用できることを明らかにした。さらに、バイタルサインモニターにより作業者の負荷やストレスをリアルタイムに測定し、作業を制御できることが分かった。人間の作業を物理的だけでなく生理的に観察および支援するというAWB（Attentive Work Bench）の概念は、新しい分野として学術的・産業的に認知された。

大域ディペンダブル情報基盤プロジェクトでは、研究成果として、超ディペンダブルCPUとコンパイラ、Skewed Checkpointing、超高速侵入検知システム、ユビキタスアドホックネットワーク、ヒューマンクリプトに基づく超ディペンダブル暗号系、安全な基盤ソフトウェア、ディペンダブルストレージシステム、大規模並列コンピューティング、科学技術研究向け超高速ネットワーク基盤、医学・生物学分野情報抽出、WWWからの研究分野マイニング、言語情報処理基盤と言語知識コミュニケーション、交通映像異常システム、仮

想都市空間の生成と可視化、人物追跡、柔軟な編集作業支援を可能にするインタフェース、シナリオ理解を伴うチャンス発見プロセスなどの分野において、世界最高水準の研究開発に成功した。これは、当初の目標を大きく上回る成果であった。

超ロバスト計算原理プロジェクトでは、従来の個別分野ごとのロバスト計算技術を分野横断的な汎用技術として体系化してきた。その結果、三つの共通原理を抽出することができた。その第一は、計算対象が本来持っている基本的性質や法則を計算の中でも忠実に保持するという対象の構造の一貫性に基づくロバスト計算技術である。これには、物理不変量の保持を保証する制御計算および偏微分方程式の数値解法、非可逆性の保持を保証するロバスト制御方式、位相不変量の保持を保証するロバスト幾何計算、公理系の保持を保証するロバスト幾何推論などが含まれる。第二の原理は、実際の対象やデータに即して確率的部分と外乱とを切り分けることによる不確実性のモデル化による、確率統計計算のロバスト化である。第三の原理は、外乱の影響を受けながらも機能する構成要素の結合のためのパラダイムであるアモルファス結合を追求するアモルファス結合によるロバスト計算である。これには、分子計算、DNA計算などが含まれる。

これらの成果によって、現実世界の多様な外乱に対して頑健な計算を設計するための指針が体系化でき、個別の計算分野における計算の不安定性を克服するための基本指針を与えることができた。これによって、超ロバスト計算原理という新しいパラダイムを構築することができ、今まで個別の工夫に頼っていたロバスト計算アルゴリズムの設計方法論を扱う新しい専門分野を創成することができた。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

本プロジェクトの基本テーマが、異分野プロジェクトの有機的連携であり、計画当初から3個のサブプロジェクトが設定され、その連携融合により研究活動を実施してきた。研究面では、実世界情報システムプロジェクトとディペンダブル情報基盤プロジェクトの情報システム技術、超ロバスト情報原理プロジェクトの基礎理論が有機的に連携した研究実施を実現し、多くの共著論文を発表した。教育面では、前記100時間プロジェクトや、実世界情報システム講究、超ロバスト計算原理講究の実施により、教育における分野間・専攻間の壁を除去した。これらの有機的連携融合教育の実現と持続化は本プロジェクトの主要な成果の一つであり、プロジェクト計画時の想定以上の成果を得たと判断している。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

大学の国際競争力は、研究成果の国際競争力、新分野を創生する研究者・研究組織としての国際競争力、質の高い大学院生を集める国際競争力、国際競争力ある若手研究者の育成について問われている。本プロジェクト実施の結果、拠点内で世界トップの研究成果が数多く得られた。知的ヒューマノイド技術、超高

速船差技術、超高速計算システム、超高速ネットワーク、自然言語処理、離散最適化理論、量子計算理論などは達成された世界トップの成果の例であり、大学の国際競争力を具体的な形で示している。更に、本プロジェクトで実現した分野間を有機的に連携させ、新分野を創生する体制は、東京大学における真学術分野の創生に大きく貢献している。

国際競争力ある若手研究者の育成の前提は、質の高い大学院生の入学、特に博士課程学生の確保と育成である。本プロジェクトで導入した、競争性をもった学生支援体制は、平成17年度から導入している海外における大学院入学選抜と並んで、大学の国際競争力強化に貢献している。このように、国際競争力ある大学づくりへの貢献では、予想以上の成果を得たと判断している。

6) 国内外に向けた情報発信

情報分野におけるCOE形成にとり、適切かつ効果的な国内外に向けた情報発信は不可欠な要素である。本プロジェクトでは、情報発信手段としてWebのホームページを中心に据え、日本語および英語で成果を公表した。さらに、研究成果の出版、研究報告書の出版による情報発信を実施した。

情報発信のもう一つの重要な形は、直接議論することによる海外研究者群への情報発信である。様式3に示すように、本プロジェクトでは多数の国際シンポジウムを開催し、多数の海外著名研究者と直接議論を行う場が定着した。このように、国内外に向けた情報発信では、想定以上の成果をあげた。

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)

本プロジェクトの目的は、特定の研究を推進することではなく、組織としてのCOEの確立にある。このため拠点形成費等補助金は、3個のサブプロジェクト全体の推進に係わるものに限定して使用した。具体的には、成果を取りまとめ、具現化するための実世界ショールーム構築費、プロジェクト全体の計算を担当する大規模クラスタ導入を重点項目とし、有効に活用した。

また、若手研究者の育成を目的としたPDおよび若手特任教員の雇用と博士課程大学院学生を対象としたRA人件費を支出した。PDおよび若手特任教員の選択は、当然研究業績、研究能力を中心に行ったが、RAの選択においても、予算の効果的な使用を実現し、大学院学生の研究へのインセンティブを与えるため、毎年評価を行って待遇の見直しを実施した。

今後の展望

本プロジェクトが育成した実世界情報システムおよび融合分野は、平成18年度から実施している文部科学省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「少子高齢社会と人を支えるIRT基盤の創出」として、研究教育の拠点として活動を開始している。若手研究者育成に関しては、プロジェクト終了後は情報理工学研究科が実施している競争的外部資金研究の間接経費等を用いることにより、本プロジェクトによる拠

点形成期間中と規模の変わらない、PDおよびRA雇用を実施する予定である。

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)

情報理工学における世界的な研究教育拠点が本プロジェクト実施により形成・確立されたことにより、世界的にリードしている情報技術、特にヒューマノイド技術、超高速計算システム技術、超高速インターネット技術の日本における研究開発の中核が形成され、東京大学内だけでなく、日本全体の研究開発力の向上し、日本全体への若手研究者層の供給基盤が確立した。また、中間評価時の指摘事項にある産学官の連携を強化したことにより、産業レベルでの国際競争力の強化に貢献した。連携の強化は、産学が連携する共同研究・受託研究の件数・金額の増加にみることができる。

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	東京大学	拠点番号	C03
拠点のプログラム名称	情報科学技術戦略コア		
<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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <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> </div> <p>[1] <u>國吉康夫, 大村吉幸, 寺田耕志, 長久保晶彦</u>：等身大ヒューマノイドロボットによるダイナミック起上がり行動の実現, 日本ロボット学会誌, vol. 23, no. 6, pp. 706-717, Sep, 2005.</p> <p>[2] <u>Luong Dinh Hung, Masahiro Goshima and Shuichi Sakai</u>：“Mitigating Soft Errors in Highly Associative Cache with CAM-based Tag”IEEE International Conference on Computer Design (ICCD 2005), 於 San Jose, California, USA, Vol. 2005, pp. 342-347, Oct, 2005.</p> <p>[3] <u>Takaharu Yaguchi, Kokichi Sugihara</u>, On the Hedstrom nonreflecting boundary condition for C² solutions, Journal of Computational and Applied Mathematics, 197, 150-155, 2006, 2006, 2. 103.</p> <p>[4] <u>Tetsuo Yokoyama, Zhenjiang Hu, Masato Takeichi</u>, Deterministic Second-order Patterns, Information Processing Letters, 89, 6, 309-314, 2004.</p> <p>[5] <u>Kiminori Matsuzaki, Zhenjiang Hu, Kazuhiko Kakehi, Masato Takeichi</u>, Systematic Derivation of Tree Contraction Algorithms, Parallel Processing Letters, 15, 3, 321-336, 2005.</p> <p>[6] <u>Akimasa Morihata, Kazuhiko Kakehi, Zhenjiang Hu, Masato Takeichi</u>, Swapping Arguments and Results of Recursive Functions, 8th International Conference on Mathematics of Program Construction (MPC 2006), Lecture Notes in Computer Science, 4014, 379-396, 2006, 2006, Kuressaare, Estonia, 2006/7/3, 2006/7/5.</p> <p>[7] <u>Tetsunari Inamura, Masayuki Inaba, Hirochika Inoue</u>, A Dialogue Control Model based on Ambiguity Evaluation of Users' Instructions and Stochastic Representation of Experiences, Journal of Robotics and Mechatronics, 17, 6, 697-704, 2005.</p> <p>[8] <u>Susumu Tachi, Kiyoshi Komoriya, Kazuya Sawada, Takashi Nishiyama, Toshiyuki Itoko, Masami Kobayashi, Kozo Inoue</u>, Telexistence Cockpit for Humanoid Robot Control, Advanced Robotics, Vol. 17, No. 3, pp. 199-217, 2003.</p> <p>[9] <u>Riichiro Tadakuma, Yoshiaki Asahara, Hiroyuki Kajimoto, Naoki Kawakami, Susumu Tachi</u>, Development of Anthropomorphic Multi-D.O.F. Master-Slave Arm for Mutual Telexistence, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 11, No. 6, pp. 626-636, 2005.</p> <p>[10] <u>Fumihiko Kimura, Johan Nielsen</u>, A Design Method for Product Family under Manufacturing Resource Constraints, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 54, 1, 139-142, 2005/8, 0. 973.</p> <p>[11] <u>Fumihiko Kimura, Ryo Kakuta</u>, Tailoring Manufacturing Systems for Large Production Volume Variations, Journal of Manufacturing Systems, 34, 1, 55-61, 2005.</p> <p>[12] <u>M. Takagi, K. Hiraki</u>, Compression in Data Caches with Compressible Field Isolation for Recursive Data Structures, Proceedings of International Conference on Parallel and Distributed Computing (Euro-Par 2003), LNCS 2790, 609-615, 2003, Klagenfurt, Austria, 2003/8/26, 2003/8/29.</p> <p>[13] <u>Yuu Shibata, Kei Hiraki</u>, Applying recent techniques for retro games: in the case of undo function, Proc. of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology, 21, 2006, 2006, Hollywood, USA, 2006/6/14, 2006/6/16.</p> <p>[14] <u>Tomohide Shibata, Daisuke Kawahara, Masashi Okamoto, Sadao Kurohashi, Toyoaki Nishida</u>, Structural Analysis of Instruction Utterances, In Proceedings of Seventh International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems (KES2003), 1054-1061, 2003, Oxford, United Kingdom, 2003/9/3, 2003/9/5.</p> <p>[15] <u>Naohiro Matsumura, Asako Miura, Yasufumi Shibana, Yukio Ohsawa, and Toyoaki Nishida</u>, The Dynamism of Nichannel, Journal of AI and Society, 10, 4, DOI: 10.1007/s00146-004-0302-5, 2004, 2. 835.</p> <p>[16] <u>Shigeki Saito, Hideki T. Miyazaki, Tomomasa Sato</u>, Micro-object Pick and Place Operation under SEM based on Micro-physics, Journal of Robotics and Mechatronics, 14, 3, 227-237 2002.</p> <p>[17] <u>Shigeki Saito, Hideki T. Miyazaki, Tomomasa Sato, Kunio Takahashi</u>, Kinematics of mechanical and adhesional micromanipulation under a scanning electron microscope, Journal of Applied Physics, 92, 9, 5140-5149 2002.</p> <p>[18] <u>Taketoshi Mori, Masamichi Shimosaka, Tatsuya Harada, Tomomasa Sato</u>, Recognition of Daily Life Action and Its Performance Adjustment Based on Support Vector Learning, International Journal of Humanoid Robotics, 1, 4, 565-583, 2004/12.</p> <p>[19] <u>Tomomasa Sato, Tatsuya Harada, Taketoshi Mori</u>, Environment-Type Robot System Robotic Room Featured by Behavior Media, Behavior Contents, and Behavior Adaptation, IEEE/ASME TRANSACTION ON MECHATRONICS, 9, 3, 529-534, 2004, 2004, 2004/9.</p> <p>[20] <u>Yutaka Oiwa, Tatsuou Sekiguchi, Eijiro Sumii, Akinori Yonezawa</u>, Fail-Safe ANSI-C Compiler: An Approach to Making C Programs Secure (Progress Report), International Symposium on Software Security (ISSS 2002), Lecture Notes in Computer Science, 2609, 133-153, 2003, 2002, Tokyo, Japan, 2002/11/4, 2002/11/6.</p>			

- [21]Kenji Kaneda, Kenjiro Taura, Akinori Yonezawa, Virtual private grid: a command shell for utilizing hundreds of machines efficiently, *Future Generation Computer Systems*, 19, 4, 563-573, 2003.
- [22]Kenji Kaneda, Kenjiro Taura, Akinori Yonezawa, Routing and Resource Discovery in Phoenix Grid-Enabled Message Passing System, 4th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid 2004), 2004, Chicago, Illinois, USA, 2004/4/19, 2004/4/22.
- [23]Jonathan Le Roux, Hirokazu Kameoka, Nobutaka Ono, Alain de Cheveigné, Shigeki Sagayama, "Single and Multiple F0 Contour Estimation Through Parametric Spectrogram Modeling of Speech in Noisy Environments," *IEEE Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, Vol. 15, No. 4, pp.1135-1145, May, 2007.
- [24]Hirokazu Kameoka, Takuya Nishimoto, Shigeki Sagayama, "A Multipitch Analyzer Based on Harmonic Temporal Structured Clustering," *IEEE Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, Vol. 15, No. 3, pp.982-994, Mar, 2007.
- [25]Hiromasa Oku, Naoko Ogawa, Koichi Hashimoto, and Masatoshi Ishikawa, Two-dimensional tracking of a motile microorganism allowing high-resolution observation with various imaging techniques, *Review of Scientific Instruments*, 76, 3, 034301, 2005, 2004, 2005/3, 1.226.
- [26]Naoko Ogawa, Hiromasa Oku, Koichi Hashimoto, and Masatoshi Ishikawa, Microrobotic Visual Control of Motile Cells using High-Speed Tracking System, *IEEE Trans. of Robotics*, 21, 4, 704-712, 2005/4.
- [27]Akio Namiki, Takashi Komuro, Masatoshi Ishikawa, High Speed Sensory-Motor Fusion Based on Dynamics (Invited Paper), *Proc. of the IEEE*, 90, 7, 1178-1187, 2002.
- [28]Kentaro Noda, Kazunori Hoshino, Kiyoshi Matsumoto, Isao Shimoyama, "A Shear Stress Sensor for Tactile Sensing with the Piezoresistive Cantilever Standing in Elastic Material," *Sensors and Actuators A*, vol. 127, no. 2, pp. 295-301, 2006.
- [29]Hiroaki Onoe, Murat Gel, Kazunori Hoshino, Kiyoshi Matsumoto, Isao Shimoyama, "Direct Measurement of the Binding Force between Micro-Fabricated Particles and a Planar Surface in Aqueous Solution by Force-Sensing Piezoresistive Cantilevers," *Langmuir*, vol. 21, no. 24, pp. 11251-11261, 2005.
- [30]Shoji Takeuchi, Isao Shimoyama, "A Radio-Telemetry System with a Shape Memory Alloy Microelectrode for Neural Recording of Freely Moving Insects," *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*, vol. 51, no. 1, pp. 1-10, 2004.
- [31]Akio Yamamoto, Toshiki Niino, Toshiro Higuchi, Modeling and Identification of an Electrostatic Motor, *Precision Engineering*, 30, 1, 104-113, 2006, 2005, 0.796.
- [32]Takashi Nishijima, Akio Yamamoto, Hidehiko Yasui, Toshiro Higuchi, A Built-in Displacement Sensor for an Electrostatic Film Motor, *Measurement Science and Technology*, 17, 10, 2676-2682, 2006, 2006, 2006/10, 1.079.
- [33]Niko Demus Barli, Luong Dinh Hung, Hideyuki Miura, Chitaka Iwama, Daisuke Tashiro, Shuichi Sakai, Hidehiko Tanaka, Cache Coherence Strategies for Speculative Multithreading CMPs: Characterization and Performance Study, *情報処理学会論文誌コンピュータシステム (ACS 7)*, 45, SIG11, 119-132, 2004. 葛毅, 櫻
- [34]井隆雄, ルオンディンフォン, 阿部公輝, 坂井修一, インターリーブ型剰余乗算回路の評価, *電子情報通信学会論文誌, J88-A*, 12, 1497-1505, 2005, 2005/1
- [35]合田和生, 田村孝之, 小口正人, 喜連川優, SAN結合PCクラスタにおけるストレージ仮想化機構を用いた動的負荷分散ならびに動的資源調整の提案とその評価, *電子情報通信学会論文誌D-I, J87-D-1*, 6, 661-674, 2004.
- [36]Tsuyoshi Nishioka, Toshio Hasegawa, Hirokazu Ishizuka, Kentaro Imafuku, Hideki Imai, How much security does Y-00 provide us, *Physics Letters A*, 327, 257-271, 2004, 1.483.
綾聡平, 松尾豊, 岡崎直観, 橋田浩一, 石塚満, 修辞構造のアノテーションに基づく要約生成, *人工知能学会論文誌*, 20, 3, 149-158, 2005.
- [37]Kokichi Sugihara, Hyperpolygons Generated by the Invertible Minkowski Sum of Polygons, *Pattern Recognition Letters*, 25, 551-560, 2004, 0.552.
- [38]Kohei Murotani, Kokichi Sugihara, New Spectral Decomposition Method for Three-dimensional Shape Models and Its Applications, *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 5, 277-282, 2005.
- [39]Hidehiko Kamiya, Akimichi Takemura, Characterization of rankings generated by linear discriminant analysis, *Journal of Multivariate Analysis*, 92, 343-358, 2004.
- [40]Akimichi Takemura, Satoshi Kuriki, Tail Probability via the Tube Formula when the Critical Radius is Zero, *Bernoulli*, 9, 3, 535-558, 2003, 0.832.
- [41]Hidehiko Kamiya, Peter Orlik, Akimichi Takemura, Hiroaki Terao, Arrangements and ranking patterns, *Annals of Combinatorics*, 10, 219-235, 2006, 1.173.
- [42]David Avis, Hiroshi Imai, Tsuyoshi Ito, Yuuya Sasaki, Two-Party Bell Inequalities Derived from Combinatorics via Triangular Elimination, *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 38, 50, 10971-10987, 2005, 1.504.
- [43]Masahito Hayashi, Hiroshi Imai, Keiji Matsumoto, Mary Beth Ruskai, Toshiyuki Shimono, Qubit channels which require four inputs to achieve capacity: Implications for additivity conjectures, *Quantum Information & Computation*, 5, 1, 13-31, 2005, 3.035.
- [44]Tsuyoshi Ito, Hiroshi Imai, David Avis, Bell Inequalities Stronger than the Clauser-Horne-Shimony-Holt Inequality for Three-Level Isotropic States, *Physical Review A*, 73, 042109, 2006, 2006.
- [45]John Anthony Rose, Russell Jerry Deaton, Masami Hagiya, Akira Suyama, A DNA-based in vitro Genetic Program, *Journal of Biological Physics*, 28, 493-498, 2002.
- [46]Masami Hagiya, John Anthony Rose, Ken Komiya, Kensaku Sakamoto, Complexity analysis of the SAT engine: DNA algorithms as probabilistic algorithms, *Theoretical Computer Science*, 287, 59-71, 2002.
- [47]Atsushi Kameda, Masahito Yamamoto, Hiroki Uejima, Masami Hagiya, Kensaku Sakamoto, Azuma Ohuchi, Hairpin-based State Machine and Conformational Addressing, *Natural Computing*, 4, 2, 103-126, 2005.

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]2003年 9月8日9日・東京大学弥生講堂, 21cCOE情報科学技術戦略コア実世界情報システム国際シンポジウム, 415名, Rodney A. Brooks(MIT, USA), Rolf Pfeifer(スイスチューリッヒ大学), Grigore C. Burdea(Rutgers University)
- [2]2005年9月18日・東京大学弥生講堂, コンテンポラリー・ロボットデザイン・ワークショップ, 90名(うち外国人30名), Raja Chatila(LAAS-CNRS, France), Oussama Khatib(Stanford University, USA), Jean-Pierre Merlet(INRIA Sophia Antipolis, France)
- [4]2003年 1月21日～24日・東京大学山上会館, 応用離散数学シンポジウム --- ロバスト最適化に向けて, 113名(うち外国人38名), Tamas Fleiner(Lorand University), Tibor Jordan (Lorand University), Gabor Simonyi(Alfred Renyi Institute of Mathematics, Hungarian Academy of Sciences)
- [7]2003年9月2日～3日・新島会館(京都), 量子情報理論に関するCOEワークショップ(COE Workshop on Quantum Information Theory), 129名(うち外国人64名), Koenraad Audenaert(University of Wales), Patrick M. Hayden(Institute for Quantum Information California Institute of Technology), Michael Marc Wolf(Max-Planck-Institute for Quantum Optics)
- [8]2004年9月13日～15日・東京大学工学部6号館, International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering, 35名(うち外国人19名), Rolf Klein(University of Bonn), Jean-Daniel Boissonnat(INRIA), Deok-Soo Kim(Hanyang University)
- [9]2004年12月5日～8日・東京大学工学部6号館, International Symposium on Complexity Modelling and Its Applications, 67名(うち外国人12名), Oscar De Feo(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne), Gérard Gouesbet(INSA de Rouen), Martin Hasler(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne)
- [10]2005年11月17日～18日・東京大学理学部1号館小柴ホール, COE Workshop on “Quantum Information Theory and Quantum Statistical Inference”, 45名(うち外国人10名), Igor Devetak(University of Southern California), Madalin Guta(University of Nijmegen), Akihisa Hayashi(Fukui University)
- [11]2005年11月21日～23日・東京大学生産技術研究所コンベンションホール, International Symposium on Complexity Modelling and its Applications 2005, 60名(うち外国人10名), Shun-ichi Amari(RIKEN Brain Science Institute), Kazu Aihara(University of Tokyo), Dorjsuren Battogtokh(ERATO, JST)
- [12]2005年12月12日～16日・東京大学山上会館, 2nd International Symposium on Information Geometry and its Applications, 60名(うち外国人17名), Dorje Brody(Imperial College), Frank Crichtley(Open University), Philip Dawid(University College London)
- [13]2006年4月21日～22日・神奈川県湘南国際村センター, The Second DIKU-IST Joint Work-shop on Foundations of Software, 30名(うち外国人21名), Torben Mogensen(コペンハーゲン大学), Jakob Grue Simonsen(コペンハーゲン大学), Klaus Ebbe Grue(コペンハーゲン大学)
- [14]2006年10月3日～6日・東京大学生産技術研究所コンベンションホール, International Workshop on Synchronization: Phenomena and Analyses 2006, 60名(うち外国人15名), Konstantin Agladze(George Washington University), Ikkyu Aihara(Kyoto University), Bernd Blasius(University of Potsdam)
- [15]2007年3月25日～27日・東京大学工学部6号館, International Meeting on Cutting and Packing 2007, 44名(うち外国人22名), Jose F. Oliveira(University of Porto, FEUP /INESC Porto), A. Miguel Gomes(University of Porto, FEUP /INESC Porto), José Valério de Carvalho(University of Minho)
- [16]2003年 1月21日～24日・東京大学山上会館, 応用離散数学シンポジウム --- ロバスト最適化に向けて, 113名(うち外国人38名), Tamas Fleiner(Lorand University), Tibor Jordan (Lorand University), Gabor Simonyi(Alfred Renyi Institute of Mathematics, Hungarian Academy of Sciences)
- [17]2003年6月16日～17日・東京大学工学部6号館, Workshop on Robust Optimization and Control, 64名(うち外国人3名), Stephen Boyd(Stanford University), Robert Weismantel(Otto-von-Guericke University of Magdeburg), Tetsuya Iwasaki(University of Virginia)
- [18]2003年9月2日～3日・新島会館(京都), 量子情報理論に関するCOEワークショップ(COE Workshop on Quantum Information Theory), 129名(うち外国人64名), Koenraad Audenaert(University of Wales), Patrick M. Hayden(Institute for Quantum Information California Institute of Technology), Michael Marc Wolf(Max-Planck-Institute for Quantum Optics)
- [19]2005年11月21日～23日・東京大学生産技術研究所コンベンションホール, International Symposium on Complexity Modelling and its Applications 2005, 60名(うち外国人10名), Shun-ichi Amari(RIKEN Brain Science Institute), Kazu Aihara(University of Tokyo), Dorjsuren Battogtokh(ERATO, JST)
- [20]2005年12月12日～16日・東京大学山上会館, 2nd International Symposium on Information Geometry and its Applications, 60名(うち外国人17名), Dorje Brody(Imperial College), Frank Crichtley(Open University), Philip Dawid(University College London)
- [21]2006年4月21日～22日・神奈川県湘南国際村センター, The Second DIKU-IST Joint Work-shop on Foundations of Software, 30名(うち外国人21名), Torben Mogensen(コペンハーゲン大学), Jakob Grue Simonsen(コペンハーゲン大学), Klaus Ebbe Grue(コペンハーゲン大学)
- [22]2007年3月25日～27日・東京大学工学部6号館, International Meeting on Cutting and Packing 2007, 44名(うち外国人22名), Jose F. Oliveira(University of Porto, FEUP /INESC Porto), A. Miguel Gomes(University of Porto, FEUP /INESC Porto), José Valério de Carvalho(University of Minho)

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

実世界：

実世界情報プロジェクトにおける若手教育の実施では①「実世界情報システム講究」という講義を起し、修士・博士課程学生、本課題に関連するRAおよび、大学院学生を中心とし、大学院の正規の授業（演習）の一環として輪講形式で研究者間の討論や遺憾交換・情報交換を行った。また、「知能機械情報演習」を実施し、実世界で働くシステムの実技をふくむ教育を実施した。超ロバスト計算原理プロジェクトにおける若手教育において、研究成果の教育への還流の一環として、大学院科目「超ロバスト計算原理講究」を新設し、研究成果を素材とした講義を行う機会を設け、PD、RAの全員が教育にも参加することにより、研究と教育の融合を図った。プロジェクトを横断し、異なる専攻のメンバーが共同開発を行うプロジェクトベースラーニング、[100時間ワークショップ]を開催し、融合技術を開発することのできる人材を育成した。

■実世界情報システム講究

研究者が教育にも寄与する仕組みとして、「実世界情報システム講究」という科目名の大学院通年演習科目を3年に渡って継続して実施した。各年10名前後の特任助手、TA、受講生が、実世界プロジェクトにおけるNCグループの研究遂行の構想・立案、計画・実行などを行った。教育の目標としたのは、このような融合プロジェクトにおいて、どのような要素技術が融合の材料として使えるか、それらを組み合わせるとどのような新しい機能を備えたシステムが創造できるか、それを実行するにはどのようにスケジュール管理を行えば良いかなど、今後独自のプロジェクトを打ち立てて遂行できるような構想力と実行力を養うことであった。そのために、座学ではない形式として通年演習科目の形態を取った。この中から、案内ロボットという構想が生まれ、その構築に科目受講生が全員で実現に向けて参加した。案内ロボットとは、全方向移動台車ロボットに反射型のプロジェクタと人間大のスクリーンを取り付け、様々な動作をする音声対話擬人化エージェントをそこに映し出し、人間のユーザを案内しながら移動するロボットである。これには、音声認識、音声合成、CG動画像合成、高速視覚、音源定位、移動台車の要素技術の専門家が長期に渡って案内ロボットの実現に向けて共同作業を行った。この結果、研究者が互いの技術を良く理解するとともに、理論から実践まで大学院生を教育する機会を得た。

■100時間ワークショップ

100時間ワークショップとは、プロジェクトベースラーニングの一種で、100時間という制約の中で異なるバックグラウンドのヒトがチームを組み、新技術のプロトタイプを開発する試みであった。融合技術の開発とそのための人材育成を目的として、世界に先駆けて提案する新しい手法として2005年度に実施した。参加者は、自分で問題を発見し、これを異なる専門を持つメンバーで構成されるチームで解決するスキルを身につけることができる。採択チームは、近未来の情報システム環境を想定し、これを実現するために必要な要素技術を組み合わせたデモンストレーションを開発した。実世界情報システムプロジェクトと大域ディペンダブル情報基盤プロジェクトに参画している各専攻の学生有志により、認識技術と並列計算技術が融合した新技術の開発に成功した。

大域ディペンダブル：

本学コンピュータ科学専攻・システム情報学専攻・電子情報学専攻の大学院の正規授業・演習とともに、科学技術振興調整費「戦略ソフトウェア人材養成」プロジェクトとの連携をはかりつつ、教育プログラムを推進した。

隔年の大学院講義「大域ディペンダブル特論I」（各教員）「並列分散プログラミング」（田浦）、「大域ディペンダブル特論II」（江崎・黒橋）の他、毎年セミナー、特任教員やゲストによる講演討論会などを積極的に行い、大域ディペンダブルシステムについての教育を集中的に行った。

超ロバスト：

本プログラムの活動期間中に、特に教育プログラムによる研究成果の教育への還流を通して多くの研究者を育成することができた。研究成果の教育への還流に寄与したテーマには、グリッドコンピューティング、線形多群判別、ロバスト制御・ロバスト最適化、量子計算における超ロバスト性、量子通信路と情報量保存条件、最長片道切符の経路探索、秘密分散法、3次元多面体メッシュへの電子透かしの埋め込みなど多岐に渡るものが含まれている。また、本COEが主催した多数の国際会議では海外の著名な研究者を招待し、そのハイレベルの講演を学生が聴くことのできる機会を作り、国際レベルの研究の雰囲気を感じるとともに大きな刺激を与えることができた。さらに、研究成果を海外での国際会議等で発表するために多数の学生を派遣し、これによっても研究者育成を大きく進めることができた。

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)

設定された目的は概ね達成され、期待どおりの成果があった

(コメント)

研究教育拠点形成全体について、若手研究者を積極的に育成し、国際的に評価の高い研究成果を多く出しており、概ね計画を達成している。また、大学として組織的に拠点をサポートするマネジメント体制が整備されており、拠点形成を支援している点も評価できる。

人材育成面では、若手研究員やリサーチアシスタント（RA）を積極的に雇用し、100時間ワークショップなどの新たな取り組みを進め、人材育成に努力している。この5年間で博士課程学生の入学者数は横ばいであるが、在籍者数や博士授与数が増加したことは高く評価できる。なお、ソフトウェア工学への取り組みについては、開発プロセスの改革やツールの開発への取り組みの強化が望まれる。

研究活動面では、3サブプロジェクトの有機的連携が弱いことを中間評価時に指摘されていたが、その後、連携強化の施策を積極的に行い、改善されていることは評価できる。しかし、その成果はまだ新たな分野を形成するレベルには至っていない。

中間評価時でのアカデミア偏重で産業界との交流が足りないという指摘に関しては、新規プログラムを導入し、改善の努力は見られる。しかし、産業界との連携については、どの程度の緊密度、成果が得られたのかについては示されておらず、対応が十分とは言えない。

補助事業終了後の持続的な展開については、新たな分野形成に向けて研究基盤の確立と教育水準の向上が望まれる。

事後評価結果に対する意見申立て及び対応について

意見申立ての内容	意見申立てに対する対応
<p>【申立て箇所】 <u>なお、ソフトウェア工学は単なるプログラム開発技術ではなく、開発プロセスの改革やツールの開発に関するものであり、それへの取り組みの強化が望まれる。</u></p> <p>【意見及び理由】 本プログラムはソフトウェア工学の推進を目的としたものではないが、中間評価の参考意見に従い、当該分野の推進に努めた。当該記述は、本プログラムでソフトウェア工学を「単なるプログラム開発技術」であると解して実施してきたとの曲解を招きかねない。取り組み担当者等が当該分野を理解していないわけではなく、平成14年度採択拠点事業報告書p. 5に記載のように研究科の教育カリキュラムの組み込みを行うとともに、平成18年度より文部科学省「先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム」のもとでソフトウェア工学を重視した「情報理工実践プログラム」を実施している。</p>	<p>【対応】 以下の通り修正する。 <u>なお、ソフトウェア工学への取り組みについては、開発プロセスの改革やツールの開発への取り組みの強化が望まれる。</u></p> <p>【理由】 ソフトウェア工学への取り組みについて、開発プロセスの改革やツールの開発への取り組みの強化を期待した指摘であるが、申立てを踏まえ、その趣旨が明確になるよう修正した。</p>
<p>【申立て箇所】 <u>しかし、産業界からの研究資金も極めて少なく、どの程度の緊密度で産業界と交流し、成果が得られたかが示されておらず、対応が十分とは言えない。</u></p> <p>【意見及び理由】 産業界からの研究資金が少ないことを産業界との交流の度合いを推測する根拠にすることは適切でないと考え。たとえば、平成14年度採択拠点事業報告書p. 7に記載した文部科学省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「少子高齢社会</p>	<p>【対応】 以下の通り修正する。 <u>しかし、産業界との連携については、どの程度の緊密度、成果が得られたのかについては示されておらず、対応が十分とは言えない。</u></p> <p>【理由】 産業界との連携についての具体的な成果が、事業結果報告書では明確でなく、その推進を図るべきとの指摘であるが、評価基準の取り方に関する申立てを踏まえ、その趣旨が明確になるよう修正した。</p>

と人を支えるIRT基盤の創出」プログラムはマッチングファンドの形態で実施している産学連携共同研究であり、産業界の負担する研究経費は大学への資金導入には反映されていないという事実がある。また、本プログラムは産業界からの研究費導入を目標としたものではなく、中間評価の参考意見は、学生の教育に当たって「産業界と連携をとるように」ということであり、研究費導入を評価の基準に置くのは不適切であると考えます。