

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) 慶應義塾大学	機関番号	32612
	(ふりがな<ローマ字> (氏名)) Anzai Yuichiro 安西 祐一郎		

2. 大学の将来構想

1858年の創立以来、教育・研究・医療・社会貢献等多岐にわたる分野において日本の近代化を進めてきた慶應義塾は、誇りある伝統と実績を生かし、社会のリーダー育成と知的価値の創造を図り、日本と国際社会の未来を先導していくことを使命としている。2001年9月「慶應義塾21世紀グランドデザイン」によって基本方針を明示し、2006年度までの具体的な方策として「総合改革プラン 2002～2006」を策定、実施してきた。さらに同改革を引き継ぐとともに、「未来への先導」をテーマとして、2005年10月から10年計画で創立150年記念事業を展開している。

この歴史的な節目を機に、慶應義塾は、教育、研究、医療、学生支援、社会貢献、国際連携、経営など、あらゆる面で、国際社会においてトップレベルの影響をもつ、世界のリーダーへと飛躍すること、そして、世界のどこにいても自分で考え行動できる「独立して生きる力」と、国際関係を含めて他者と新しい協力関係を築いていくことのできる「協生して生きる力」を兼ね備えたグローバル社会の先導者となる人材の育成を使命として、さまざまな改革に取り組んでいる。

慶應義塾大学のマネジメント体制は、経営最高責任者としての理事長と教学運営責任者としての学長を兼務した塾長のもとで経営、教学等のすべてを統合する体制をとる一方で、その選任が最終的にはすべての卒業生および教職員等の責任に委ねられている、という特徴をもっている。

塾長は、慶應義塾の塾務についてすべての責任を負うとともに、自らを筆頭とするマネジメント体制を整備してリーダーシップを発揮できる立場を与えられている。

このような塾長を中心としたマネジメント体制のもとで、慶應義塾は世界トップレベルの教育研究拠点を形成するべく、世界的教育研究拠点への支援に直結する多くの改革が実行された。たとえば、新たなオーバーヘッドシステムの構築と教育研究支援を含む新しい学内予算措置の仕組みが構築され、研究者が使用できる大学の経常的な教育研究予算及び施設整備予算として、外部研究資金のオーバーヘッド等を充てることとしている。特に、外部組織との共同研究の活性化に

よって、外部研究資金の導入額は順調に伸びている状況にあり、これら外部資金の間接経費／オーバーヘッドを、研究支援体制の整備や研究施設の充実のために継続的に活用する。また、卒業生からの寄付による基金の一部を、他の基金等とも併せて、学内選考等の手続きを経て基礎研究の研究資金や国外出張等の費用として提供している。

総合的研究の推進・インキュベーション・起業支援・知的財産の蓄積と充実等の受け皿として「総合研究推進機構」を塾長のリーダーシップで創設したことにより、世界的教育研究拠点を形成するにふさわしい組織的な土壌が確立された。同機構には、全学的な教育研究の企画・支援体制のもと密接な連携を取りつつプログラムを推進することが可能なシステムが整っている。また、21世紀COEプログラムの成果も踏まえ、3つの新たな大学院研究科を2008年4月に開設し、これらの新組織との連携によって、大学院教育研究機能の一層の充実・強化を図っている。

2006年2月には、「独立と協生」の力を兼ね備えた人間を育成するために「未来先導基金」を設置し、国際体験や先導的プログラムを2007年度までに17件、2008年度は16件のプログラムを実施し、人材の育成に役立てている。さらに、新しい教育研究拠点で活動する研究者や研究支援者のための柔軟な人事制度・給与制度の導入、有期契約教員制度の導入等、合理性と独立性を持った経営システムの実現が図られた。

3. 達成状況及び今後の展望

21世紀COEプログラムでは、慶應義塾大学から2002・2003両年度あわせて12のプログラムが採択され、大きな成果を挙げている。特にこれらの取組を通じ

- 1) 博士課程学生の大幅増加
- 2) 「総合研究推進機構」の設置
- 3) 各キャンパスの研究センター間の連携
- 4) 産官学連携のための新しい教育研究の場の設置
- 5) 新たな大学院/研究科の創設
- 6) 博士課程学生への支援の充実
- 7) 新しい教育理念に基づく教育方法の実現
- 8) 組織・経営システムの改革

等が、いずれも着実に進展して結果を出してきており、

平成19年度からのグローバルCOEプログラムの採択等と相俟ってさらに発展的・継続的に進められている。

博士学位の授与者は、21世紀COEプログラム開始前の1998～2001年度の平均約190名/年から、開始後の2002～2006年度には約260名/年へと、大幅に増加している。また、各拠点のリサーチ・アシスタント（RA）が多数活躍し、異なる拠点間でのRAの意見交換や合同シンポジウムなどを通し、RAの教育が強気に推進された。

慶應義塾大学の受入留学生数も、本21世紀COEプログラム開始時（2003年度）の522名に対し、現在（2008年5月）では、934名へと8割程度加したことになる。また、海外の大学等との交流協定締結数も、2003年度の144に対し、現在（2008年1月）では220以上とこちらも五割程度の増加となり、国際交流ならびに国際拠点形成へ向けて着実に力を付けたといえる。

塾長自らが機構長を務める、「総合研究推進機構」のもと、21世紀COEプログラム等の大型プログラムを円滑かつ効率的に進めるため、同機構のもとに各プログラムの核となる教育研究センターを設置できる仕組みが整備され、現在は18の拠点が機動的な教育研究活動を実現している。プログラムごとの教育研究拠点を塾長直属の組織に組み入れることで、より機動的かつ柔軟な運営を行うと同時に、事業の継続性を恒常的に持たせることを可能にしている。

また、産官学連携のために設置された「新川崎」及び「鶴岡」の両タウンキャンパスは、21世紀およびグローバルCOEプログラムでも重要な教育研究活動の場となり、特色ある活動を展開している。その他にも、21世紀COEプログラムで活用した、信濃町キャンパスの「総合医科学研究センター」、矢上キャンパスの「先端科学技術研究センター」、湘南藤沢キャンパスの「SFC研究所」等の既存組織の施設・スペースに加えて、創立150年記念事業として、教養教育実践の場である日吉キャンパスには、世代を超えた人々と学生が交流し、先導的な連携をめざす日吉キャンパス「協生館」が2008年8月に竣工する。学生が多様な社会体験等を研鑽するなど、「協生の力」を育む場をめざす。そして、この施設は、2008年4月に開設した3つの大学院のうちの2つの大学院（システムデザイン・マネジメント研究科、メディアデザイン研究科）と、2009年に新カリキュラムを導入予定の大学院経営管理研究科の拠点となる。また、2009年3月竣工予定の新教育棟では、感動や体験を重視する先導的な教養教育を行い、「独立の

力」を育むこととしている。

この他にも、創立150年記念事業として、「未来への先導」、「独立と協生」のコンセプトのもとに、教育研究機能と国際連携の強化を図っていく。さらにその先の将来を確固たるものにする教育研究の未来的基盤を確立する。未来への先導役として、教育面においては、国内外が直面する問題の解決に主導的な役割を果たす総合力を持つリーダーの育成を行う。研究面においては、日本や世界の未来を創る新しい知的価値の創造とその普及を目指す。世界トップレベルの学塾を実現し責任を果たすため、国内のみならず国際社会に影響力と発言力をもつべく、教育研究両面の一層の充実と国際展開を図り、グローバルな情報ネットワークの構築等を進めている。

組織面では、「総合研究推進機構」のもとでプログラムごとに「研究センター」を設置・運営したことで、各取組の独立性、発展性、継続性を確保する。研究者が研究計画を立案し、実施していくための組織的な枠組みを整え、大学の正式な組織とすることで、各種の支援を受けやすくする。

国内外の他大学等との連携も、「総合研究推進機構」のもとで恒常的に支援し、特に国際連携については、「国際連携推進機構」と「デジタルメディア・コンテンツ統合研究機構」（2009年4月より恒常的組織への改組予定）が支援を続ける。

研究費については、全学的な経営改革推進のもとで大学本体の教育研究予算を充実させるとともに、外部組織からの研究資金の導入拡大に引き続き努めることで、十分な資金の確保を図る。また、学内の研究助成制度についてはあり方を見直し、外部資金との補完的な関係を持たせること等により一層の有効活用を図る。

今回終了した拠点は、グローバルCOEプログラムへと発展し、単体あるいは2つの拠点が融合し応募に至った。グローバルCOEプログラムの拠点となり得なかった場合も、この枠組みの中に位置付け、国際的に卓越した教育研究拠点としての活動を続け、人事・財政面を含めて本大学の自主的・恒常的な特色ある組織として確立する。

以上のような支援体制を基盤に、総合研究推進機構長、国際連携推進機構長およびデジタルメディア・コンテンツ統合研究機構長も兼ねる塾長を中心としたマネジメント体制のもとで、国際的な教育研究ネットワークを重視した、世界最高水準かつグローバルな教育研究環境の構築を今後も進展させていく。

6. 拠点形成の目的

【本拠点がカバーする分野】

本拠点がカバーする学問分野は、機械工学・建築工学に跨る工学分野として慶應義塾大学理工学部が1996年に理工学部学科として誕生させ、2000年の大学院理工学研究科の抜本的な改組を経て多くの研究を展開してきた「システムデザイン工学」分野である。この工学は、機械・建物同士のインタラクションおよび機械・建物の周りの環境とのインタラクションを含むシステムのデザインの重要性を認識し、機械工学、建築工学、電気工学・制御工学などの学問分野を再構築したものである。本拠点は、この「システムデザイン工学」という新たな融合学問分野をカバーしている。

【本拠点の目的と必要性】

本拠点は、本学の将来構想調書に示した〈社会コミット〉の観点から、知能化から生命化へのシステムデザインの世界的な研究教育拠点を目指すものである。

20世紀における戦後の工学の発展を展望すると、機械・建物の「高性能化」が図られた時代から電子・コンピュータ技術の発展に支えられた「知能化」の時代へとパラダイムシフトしてきたと言える。高性能化、知能化は対象とする機械・建物そのものの発展であったが、20世紀の終わりに機械・建物そのものだけでなく、それらの周りへの影響、周りからのそれらへの影響の問題である環境問題なども考慮したシステムの設計の必要性が明らかとなった。一方、人間の頭脳は、環境および手や足などの身体構成要素との間のインタラクションによって、システムとしての高度なバランスを維持しながら進化してきた。また、生物は、様々なインタラクションの原理原則を細胞レベルからマクロレベルまで内部に有している。そのような、システムとしての生命の優れた点に学ぶ視点から考えると、外部および内部との相互作用の原理原則も含んだ設計情報を生物同様にシステムに埋め込み、ミクロからマクロレベルまでインタラクション可能な機械・建物の設計を行うこと、すなわちシステムの「生命化」が必要であると考えられる。これはまさに慶應義塾大

学が提唱した「システムデザイン工学」の学問分野の上で達成されるものである。

工学の発展は要素技術の革新に依存する面が強く、個別技術に関する国際的拠点は多い。しかし、本拠点が目指すような、人間や環境との共生のメカニズムをシステムに持たせるとともに、システムとしてのバランスを確保するようなシステム化技術に関する拠点造りは世界的にも例がない。すなわち、環境や自然システムおよび人間とのインタラクションが可能な人工システムをデザインする21世紀工学の実現は、単に高度な機能だけでなく、外部および内部の環境とのインタラクションの原理原則を含んだシステムの設計情報をシステムそのものに埋め込むことによってはじめて達成される。このため、本拠点は、慶應義塾大学がこれまで積み重ねてきたシステムデザイン工学の実績の上に、新たに循環・サステナブル機能、生産・分解・再生機能、省・最小エネルギー機能、非線形機能、自己修復機能、分散化・マイクロ化機能、バイラテラル知的制御、可変構造機能、自己診断・耐故障性機能、相互作用の原理・原則等の埋め込みの方法をなど開発し、21世紀の工学のブレイクスルーと革新を行うことによって世界に貢献するものである。

【終了後の成果】

(1) システム生命化方法論（システム設計情報の埋め込み技術、並列・自律分散制御、自己診断・維持技術、非線形・複雑系技術、安全・安心技術など）を明確化・体系化し、教育の推進を行うとともに、外部に積極的に発信する。
(2) システム生命化方法論を具現化したプロダクトイノベーションを様々な形で具体的に示す。特に、マクロとヒューマンスケールの二つのプロジェクトにおいては、明確な生命化の成果をわかりやすい形で提示する。
(3) 「生命化」をターゲットにした国際的な研究・教育システムである先端デザインスクールを確立し、国際的に通用する研究者・技術者の育成を図る。また、この成果をさらに発展させ、システムデザインエンジニアリングとマネジメントを担う教育組織を大学院組織として確立し、確固たる世界的教育・研究拠点を形成する。

7. 研究実施計画

【研究組織】

生命化へのシステムデザイン研究拠点の研究成果を明確かつ鮮明に示すために、生命化の中心的課題に注力する組織において、明確な研究課題に集中的に取り組む。

すなわち、生命化デザイン方法論を明確化・体系化する**生命化アーキテクチャー・デザイン方法論グループ**、生命化の概念を学生に伝える場としての**先端デザインスクール**、具体的なプロダクトイノベーションを実現する2つのグループ（**マクロスケールプロダクトイノベーションプロジェクト**および**ヒューマンスケールプロダクトイノベーションプロジェクト**）、そして**システムデザイン共通基盤技術**を担うグループにおいて、それぞれ、生命化概念の明確化、生命化のプロダクトとしてのアウトプットの明確化、そして生命化を支える基盤技術の進展を担う。

【生命化アーキテクチャー・デザイン方法論および先端デザインスクール】

生命化デザイン方法論を明確にするための**生命化アーキテクチャー・デザイン方法論グループ**では、生命化の概念とその方法論を明確化するとともに、わかりやすく提示する。特に、生命化へのシステムデザインによってシステムが想定外の状況にも対応できることや、安心・安全技術のためには生命化概念が必要不可欠であることを示す。また、まとめた結果を書籍として出版し、これを用いて人材の育成を行う。

事業推進担当者間で共有した生命化の概念を学生に伝える実践の場である**先端デザインスクール**では、実践的デザインプロジェクトと講義の有機的結合により、生命化概念に基づくデザインの基本から応用までを身につけた人材を育成する、グループ教育に基づく研究の進展を目指す。

また、将来的には、本拠点の成果に基礎を置くシステムデザインエンジニアリングを担う教育組織を大学院組織として設置することを目指す。

【マクロスケールプロダクトイノベーション】

本プロジェクトでは、システムデザインの生命化という視点から建築と機械を融合させるという本拠点の強みを発揮できる、建築物とエネルギー循環システムをトータルに捉えたマクロスケールシステムの生命化に取り組む。すなわち、熱的環境変動や使用環境変動への適応機能を埋め込んだ、環境に対しロバストな生命建築システムをプロダクトとして提案する。

【ヒューマンスケールプロダクトイノベーション】

本プロジェクトでは、ヒトとロボットのインタラクション機能を埋め込むことにより、環境変動・自己の変動・設計変更に対応するロバストネスを兼ね備えた生命化された協調ロボットを開発する。具体的には、ヒトと機械的・情報的に高度なインタラクションを行うことが要求される案内ロボットの生命化へのシステムデザイン技術および二足歩行ロボット・ヒューマノイド・ロボットサブシステムの生命化へのシステムデザイン技術をプロジェクトの主な目標とする。また、これらテストベッドを用いた研究も行い、生命化へのシステムデザインの有効性を明確に示す。

【システムデザイン共通基盤技術】

システムデザイン共通基盤技術においては、生命化のために必要な基盤技術の研究を行う。すなわち、生命模倣、物理センシング、シミュレーション、生命的制御、建築要素の観点からシステムデザイン共通基盤技術を担う研究を行い、システムデザイン基盤技術としてまとめる。

以上のように、生命化方法論の明確化、ふたつのプロジェクトのプロダクトイノベーションによる生命化概念によるシステムデザインの優位性の明確化、共通基盤技術の進展による生命化技術の裾野拡大に的を絞って、生命化へのシステムデザインの世界的な教育研究拠点作りを鋭意進める。

また、国際シンポジウムやワークショップを適宜開催することにより、生命化概念および生命化研究成果の世界的な認知も目指す。

8. 教育実施計画

本拠点の教育実施計画の4本柱は、(1) 先端デザインスクールプログラム、(2) 国際インターンシッププログラム、(3) RA(Research Assistant)とPD(Postdoctoral Fellow)の雇用プログラム、(4) テキストブックシリーズの刊行、である。それぞれについて以下に述べる。

【先端デザインスクールプログラム】

7でも述べたように、本拠点で得られるデザイン分野に関する最新の研究成果をベースに、先端デザインスクールを開設する。具体的には、本拠点の事業推進担当者が中心になり、国内外の大学や産業界からの第一線の研究者を講師として招聘し、博士課程学生を主な対象に機械・建築・都市などの分野に関する集中講義型の先端デザインスクールプログラムを提供する。また、講義のみならず、「ものづくり」「デザイン」に関わる実践的なスクーリングを行う。また、生命化方法論構築のグループとの連携により、生命化概念を伝え、生命化を担う人材育成を行う。なお、本プログラムは、2003年9月より慶應義塾大学大学院理工学研究科に開設され講義がすべて英語で行われる先端科学技術国際コースと密接に連携して運営し、企業からの人材や留学生との交流を通じて、新規な分野を開拓でき国際的に通用する科学者・技術者を世界に向けて育成、輩出する。

具体的には、「次世代システムエンジニアリングとアーキテクチャモデリング」、「コンカレント・システムエンジニアリング・デザイン演習」、「スペース・ツーリズム」、「都市・建築空間のデザインモデル」、「建築・都市システムの生命化特別講義」、「サステナブル建築・都市デザイン特別演習」、「サステナブル生命建築特別講義」、「デザイン理論&方法論特別講義」、「デザインプロジェクト」のプログラムを開講する。また、生命化概念の教育を明確に行うことのできるプログラムにより、生命化概念を学生に伝えるとともに、生命化へのシステムデザインを担う人材育成を行う。

【国際インターンシッププログラム】

本拠点では、オリジナリティの高い萌芽的研

究で成果が期待される博士課程学生を、関連の海外研究拠点に6ヶ月程度派遣し、高いレベルの共同研究の機会を与える国際インターンシッププログラムを実施する。相手先の海外拠点は、本拠点の事業推進担当者がすでに共同研究などを行ってきている実績のある大学である（アーヘン工科大学、ミュンヘン工科大学、インペリアルカレッジ、パドヴァ大学、カリフォルニア大学、MIT、スタンフォード大学、ハーバード大学、ミシガン大学、ソウル大学、西安交通大学、同済大学など）。本国際インターンシッププログラムは、事業推進担当者がすでに世界的に活躍している実績を最大限に生かして、海外拠点と双方向プログラムの形で実施することで、海外からの優秀な大学院生やポスドクが本拠点の研究を行う環境が整備され、研究レベルのさらなる向上はもとより、世界をリードする研究人材育成をより一層強化することができる。

【RAとPDの雇用プログラム】

研究に大きく貢献する在学中の博士課程学生を、RAとして年間最大30名採用する。RAは本拠点に関わる研究のみならず、本拠点全体を組織的に支えるスタッフの一員として自律的に貢献させる。具体的には、以下に述べる先端デザインスクールプログラムやその他の関連国際シンポジウムの運営にも積極的に参加させ、研究環境の効率的マネジメントやシンポジウム運営の国際感覚も早期に実践的に習得させる。

また若手研究員(PD)を最大12名採用し、競争的環境で研究を自発的に行うことを体験させ、本拠点の成果をベースに世界で活躍できる研究者を育成する。

【テキストブックシリーズの刊行】

本拠点で得られた成果を、基盤から応用に至るまで新たな学問体系としてテキストブックシリーズとして刊行する。生命化方法論を明確にまとめた書籍、および、生命化デザインについてまとめた先端デザインスクールのための書籍を刊行し、いずれも教育への利用を開始する。

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

目標を十分達成したのみならず、新たな教育組織であるシステムデザイン・マネジメント研究科を立ち上げるという恒久的拠点形成としての成果を得た。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

まず、先端デザインスクールプログラムの成果について述べる。先端デザインスクールプログラムでは、講義中心の「デザイン塾」と演習中心の「デザインプロジェクト」に関して、プロダクト&システムデザインコース、建築システムデザインコース、宇宙システムデザインコースの3つのコースを開講（国内外講師延べ116名、講演・講義合計204回）し、いずれのやり方も人材育成のために極めて効果的であることを確認した。まず、プロダクト&システムデザインコースでは、グループごとに課題を与えてデザインを体験させるデザインプロジェクトの有効性を確認した。たとえば、「新概念プロトタイプ"ETHN-0-RIGIN"の提案と、それに基づく情報機器システムのデザイン」がかながわデザイン機構賞を受賞した。宇宙システムデザインコースでは、MIT、Stanford大、三菱電機、日揮をはじめとする国内外の多くの専門家による講演を行い、IT技術を駆使したシステム工学的な手法により大規模複雑システムをデザインする方法の有効性を確認した。ここでも、講義のみならず実践的なグループデザインプロジェクトを行った。ここで、システム工学的手法が若手人材育成のために極めて有効であることを確認できたことは、2008年度に新たに設立したシステムデザイン・マネジメント研究科におけるデザインプロジェクトをはじめとする授業科目の構想に生かされている。以上のように、21世紀COEプログラムの先端デザインスクールにおいて優れた若手研究者の育成・支援を行えたのみならず、その成果が極めて優れていたことが、新たな理念に基づく日本初の研究科の設立につながっている。

インターンシッププログラムでは、4名のPD(Postdoctoral Fellow) 13名のRA(Research

Assistant)を最大6ヶ月海外に派遣し、国際レベルの人材を育成した。

RAとPDの雇用プログラムでは、5年間で延べ149名（日本人120名、留学生29名）の博士課程学生をCOE-RAに採用した。

これらの結果、5年間にRAが原著論文136編、国内会議発表206編、国際会議発表155編など、拠点の研究成果を国内外に広く積極的に発表した。

さらに、テキストブックシリーズの刊行に関しては、生命化の方法論とアーキテクチャーについてまとめた「生命に学ぶシステムデザイン—知能化から生命化へのパラダイムシフト（コロナ社、2008年3月）」、デザインスクールの成果をまとめた「デザイン塾—21世紀、デザインの文脈と創験」（2008年出版準備中）、生命化概念の建築への適用例をまとめた「サステナブル生命建築」（共立出版、2006年）、生命化概念のロボットその他のプロダクトへの適用例をまとめた「もうひとつのデザイン」（共立出版、2008年出版準備中）を執筆し、確立した方法論を社会に広めた。また、これらの原稿をデザインスクールなどの教育研究に用い、これらを用いた教育が優れた人材育成効果を有することを確認した。これらのテキストブックシリーズの一部は、新設したシステムデザイン・マネジメント研究科における「システム生命論」などの授業科目において継続的に用いる。

以上のように、本拠点の教育実施計画の4本柱と位置づけていた（1）先端デザインスクールプログラム、（2）国際インターンシッププログラム、（3）RAとPDの雇用プログラム、（4）テキストブックシリーズの刊行のすべてにわたって教育実施計画通りの有益な成果を得た。

3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

生命化デザイン方法論を明確化・体系化する生命化アーキテクチャー・デザイン方法論グループおよび、生命化の概念を学生の研究のために生かす場としての先端デザインスクールにおいて、以下の学術的成果を得た。

まず、システムズエンジニアリング世界拠点との交流および事業推進担当者間の綿密な議論に基づき大規模複雑システムデザイン工学

体系を確立した。特に、想定外の状況に対処するために、個々のシステム自体が全体の価値を考慮して行動決定する新たな設計・制御方法論であるシステム生命論（システムとしての生命に学ぶ方法論）の基本概念を確立した。

また、以上の方法論に基づき、具体的なプロダクトイノベーションを実現する2つのグループにおいて以下の具体的な実績をあげた。

マクロスケールプロダクトイノベーションプロジェクトにおいては、熱的環境変動や使用環境変動への適応機能を埋め込んだ、環境に対しロバストな生命建築システムをプロダクトとして提案した。具体的には、建築設計の生命的アプローチの基盤を確立し、高知県梶原町の庁舎において、旧庁舎に比べ電力消費量が41%削減されるという斬新な成果を得た。また、多空間デザインモデルに基づく建築デザイン研究の特徴分析、学習機能を埋め込んだロバストな室内環境制御手法の開発、パッシブ・アクティブ融合環境調整手法によるロバスト設計建築の性能検証など、建築物を生命化するための具体的な個別研究成果を得た。

ヒューマンスケールプロダクトイノベーションプロジェクトにおいては、人間環境に対して共生的で安全な人間親和ロボットシステムのデザイン方法を確立するとともにその具体的開発例を示した。すなわち、案内ロボットを対象に、衝突安全のような速いフィードバックに基づく制御と、経路計画のような知的な制御、ロボットと人の共同注意に基づく認知制御、安全な把持操作制御など、従来は別個に行なわれていた多様な制御を、生命の階層性・多目的性に学んで実現するシステム生命研究成果を得た。同時に、オムニホイールを用いた安全な全方向移動機構などのハードウェアの統合デザインにより、従来のロボットでは実現不可能であった想定外の事態への対応を可能にした。現在、慶應義塾大学病院等における安全・安心な案内・搬送ロボットとしての実現に向けてさらなる実用化研究を進めている。同様に、二足歩行ロボット、ヒューマノイドロボットの生命化に関する斬新な成果を得た。

また、大規模複雑システムデザインにおいては、試作が困難であるため、IT技術を駆使した大規模数値シミュレーションがきわめて重要

なキーテクノロジーである。このため、システムデザイン共通基盤技術においては、大規模非線形有限要素解析をはじめとするシミュレーション技術において、メッシュフリー有限要素法など、世界トップレベルの卓越した成果をあげた。

これらの結果、事業推進担当者は、2007年末の時点で、338編の論文(英文誌176、和文誌162)、454件の国際会議発表、606件の国内会議発表を行った。これらはいずれも生命化の成果をそれぞれのシステムデザイン研究および要素研究として世に広めることにつながっている。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

マトリクス状組織に基づく事業推進担当者相互の極めて有機的な連携に基づき拠点形成を行った。すなわち、マクロスケールプロダクトイノベーションプロジェクトにおいては、村上、隈、伊香賀、三田、吉田、前野などのメンバーが密接な議論を行うことによって生命化概念を共有しつつ研究成果を得た。すなわち、3)で述べたように、グループの成果としてサステナブル生命建築というシステムデザインを完遂すると同時に、個々の研究者の要素研究成果も得た。ヒューマンスケールプロダクトイノベーションプロジェクトにおいても同様であり、前野、今井、山崎、高橋、松岡などの密接な協力と議論に基づき共通のプロダクトとしての成果（案内ロボットシステムの構築）と個々の要素技術（安全階層制御技術、感覚統合技術、リアルタイム分散制御技術、ヒューマンマシンコミュニケーション技術など）の成果を両立的に得た。同様に、システムデザイン共通基盤を担うグループにおいても、事業推進担当者とRA、PDの密接な議論に基づき、基盤技術とシステムデザイン工学体系を両立的に理解し実践する人材の育成を行った。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

宇宙システム、航空機、運輸システム、電気機器など、様々な大規模複雑システムのデザインに関するシステム工学の世界的拠点である、MIT、Stanford大、INSA(仏)、Stevens工大、UCLA、Seoul大、Catalunya大、Singapore国立大、INCOSSE(国際協議会、International Council on

Systems Engineering) と、デザインスクールにおける活発な交流を行った。また、国際生命化シンポジウムをはじめとする国際シンポジウムや国際ワークショップ(延べ11回)において、多くの海外研究者の講義・講演を行った。これらの結果、大規模複雑システムの構造を設計するシステムエンジニアリング手法の教育研究拠点としての地位を確立した。さらに、生命のように想定外の事態においてシステムの安全を確保するシステム生命論を構築した。また、これらの手法を、移動ロボットの衝突安全、把持力の安定制御、建築物のヘルスマニタリングロボット等に適用して斬新な研究成果をあげた。この点は、上述の国際的トップレベルの拠点(MIT、Stevens工大など)より、次世代を担うシステムエンジニアリング技術であるとの高い評価を得ている。(たとえば、MITのEngineering Systems Divisionのホームページ([http://sdm.mit.edu/index.php?File Name=news_articles/sdm_keio/sdm_keio.html](http://sdm.mit.edu/index.php?File+Name=news_articles/sdm_keio/sdm_keio.html))には、慶應義塾大学がMITのSystem Design and Managementプログラムの重要な対抗勢力であることが掲載されている。)これらの成果に基づき、慶應義塾大学は国際協議会INCOSEのアジア拠点としての役割を担っている。以上のように、システムデザイン教育研究において、共通基盤を世界的拠点と共有するという点で国内に例を見ないユニークな拠点成果を得たのみならず、想定外の事態に対応するシステムのデザインという新分野では世界をリードしているユニークな成果を得た。これらは、システムデザイン工学を世界的にリードする大学作り、すなわち、COEプログラムの母体であった理工学研究科と、新たに発足したシステムデザイン・マネジメント研究科の国際競争力強化につながった。

6) 国内外に向けた情報発信

5)で述べたように、先端デザインスクールおよび国際シンポジウム、国際ワークショップは、国内外に向けた有効な情報発信になったのみならず、優れた人材育成と、強固な人的ネットワーク構築につながった。前述のように、慶應義塾大学の構想がMIT、Stanford大、INSAなどの最先端システム工学拠点より高く評価され

ている(<http://esd.mit.edu/>参照)ことは、国内外に向けた情報発信の成果である。

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)

全予算の14.9%をRA(博士課程学生のResearch Assistant)としての雇用費に、9.4%をPD(ポスドク)の雇用費に、5.1%を国内外の講演・講師招聘費用に、3.0%を事業推進のための旅費に、7.4%を事業推進のための設備備品費に、42.1%を事業推進のための消耗品費に、10.8%を事業推進のためのその他の人件費に、7.2%を賃貸料、印刷製本費、雑役務費、会議費など事業推進のための費用に、それぞれ用いた。以上のように、すべての予算を若手研究者育成および研究遂行のために効果的に用いた。

②今後の展望

本拠点の母体である理工学研究科においては、先端デザインスクールの成果を受け継ぎ、デザインプロジェクトを理工学研究科設置の講義として行ってゆく。また、生命化の考え方を、大学院理工学研究科総合デザイン工学専攻、開放環境科学専攻において広めてゆく。

また、本拠点の成果の一部に基づき発足した大学院システムデザイン・マネジメント研究科においては、特に、環境共生・安全システムデザインの先導という具体的な世界貢献に的を絞り、世界トップレベルのシステムデザイン教育・研究を推進してゆく。

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)

すでに述べたように、本拠点の成果の一部はシステムデザイン・マネジメント研究科という恒久的拠点の発足という形で学内外に大きな影響を与えた。また、想定外の事態に対処できるシステム生命論は、システムエンジニアリングの国際拠点であるMITやStanford大などに影響を与えた。彼らは、情報交換を行うとともに我々の研究教育方法論を学び自らの教育に適用するために、システムデザイン・マネジメント研究科の授業科目「デザインプロジェクト」に2008年度より参加し国際的人材育成を行っている。

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	慶應義塾大学	拠点番号	H18
拠点のプログラム名称	知能化から生命化へのシステムデザイン		

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

- ・吉田和夫, 前野隆司, 谷下一夫, 高橋正樹, 松岡由幸, 氏家良樹, 今井倫太, 村上周三, 伊香賀俊治, 三田彰, 岸本達也, 佐藤春樹:『生命に学ぶシステムデザイン—知能化から生命化へのパラダイムシフト』, コロナ社 (2008)
- ・村上周三, 北川良和, 吉田和夫, 隈研吾, 栗田治, 野口裕久, 三田彰, 岸本達也 (慶應義塾大学大学院理工学研究科 21 世紀 COE プログラム「知能化から生命化へのシステムデザイン」生命建築グループ):『サステナブル生命建築』, 共立出版 (2006)
- ・Ryuichi UMEHARA, Masatsugu OTSUKI and Kazuo YOSHIDA, "Bilinear Robust Control for Vertical Vibration in Railway Vehicle with Semi-Active Suspensions," *Journal of System Design and Dynamics*, Vol.1, No.1, pp.2-13, (2007).
- ・Masatsugu OTSUKI, Kazuo YOSHIDA, Toshiaki NAKAGAWA, Hiroyuki KIMURA and Shigeru FUJIMOTO, "Nonstationary Robust Control for Vibration of Elevator Rope," *Journal of System Design and Dynamics*, Vol.1, No.2, pp.283-294, (2007).
- ・佐口太一, 吉田和夫, 高橋正樹, 「自律走行自転車ロボットの安定化走行制御」, 『日本機械学会論文集C編』, 73巻731号, pp.128-133, (2007)
- ・牛島由美子, 吉田和夫, 「時変切換超平面を用いた到達時間短縮非定常スライディングモード制御手法の提案」, 『日本機械学会論文集C編』, 73巻731号, pp.120-127, (2007)
- ・Masatsugu Otsuki, Yumiko Ushijima, Kazuo Yoshida, Hiroyuki Kimura, Toshiaki Nakagawa, "Application of nonstationary sliding mode control to suppression of transverse vibration of elevator rope using input device with gaps," *JSME International Journal Series C: Mechanical Systems Machine Elements and Manufacturing*, Vol.49, No.2, pp.385-394, (2006).
- ・Akira Saito, Yosuke Nakagawa and Takashi Maeno, "Non-linear Dynamic Analysis of Traveling-Wave-Type Ultrasonic Motors," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*. (採録決定済)
- ・白土寛和, 昆陽雅司, 前野隆司, 「ヒトの触覚認識機構のモデル構築」, 『日本機械学会論文集』73巻733号C編, pp.2514-2522, (2007)
- ・T. Katsuno, X. Chen, S. Yang, S. Motojima, M. Homma, T. Maeno and M. Konyo, "Observation and Analysis of Percolation Behavior in Carbon Microcoils/Silicone-Rubber Composite Sheets," *Applied Physics Letters*, 88, 232115, (2006).
- ・Masato Homma, Hiroshi Morita, Takashi Maeno, Masashi Konyo and Seiji Motojima, "Electromechanical Conversion Mechanism of a Tactile Sensor using Carbon Micro Coil inside an Elastic Material," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.18, No.3, pp.235-241, (2006).
- ・Masayuki Mori, Takashi Maeno and Yoji Yamada, "Displaying Partial Slippage for Virtual Grasping," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.17, No.3, pp.277-284, (2005).
- ・Lee, C. J. K., Noguchi H. and Koshizuka, S., "Fluid-Shell Structure Interaction Analysis by Coupled Particle and Finite Element Method," *Computers and Structures*, Vol.85, pp.688-697, (2007).
- ・Masato Tanaka and Hirohisa Noguchi, "Brazier Instability Analysis by Nonlinear Finite Element Method," *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, Vol.55, pp.31-40, (2006).
- ・Kiyohiro Ikeda, Kazuo Murota, Akito Yanagimoto and Hirohisa Noguchi, "Improvement of the Scaled Corrector Method for Bifurcation Analysis Using Symmetry-Exploiting Block-Diagonalization," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol.196, pp.1648-1661, (2007).
- ・Yuichi Tadano and Hirohisa Noguchi, "Assessment of Generalized Finite Elements in Nonlinear Analysis," *Meshfree Methods for Partial Differential Equations III*, LNCSE, Vol.57, pp.235-247, (2006).
- ・Yuichi Tadano, Mitsutoshi Kuroda, Hirohisa Noguchi and Kazuyuki Shizawa, "A Polycrystalline Analysis of Hexagonal Metal Based on the Homogenized Method," *Key Engineering Materials*, Vol.340-341, pp.1049-1054 (2007)
- ・Tatsuya KISHIMOTO, Shutaro KAWASAKI, Nobuhiko NAGATA, Ryosuke TANAKA, "Optimal location of route and stops of public transportation," *Proceedings of 6th international Space Syntax Symposium in Istanbul*, 2007.6, pp.075-01-pp.075-10, (2007).
- ・小泉光司・岸本達也「個性的な街路景観創出を目的としたVRを用いた景観分析(その1) —銀座中央通りにおける建物高さや建物ファサードに着目した景観分析—」, 『日本建築学会計画系論文集』, No.613, pp.151-158, (2007)
- ・Nomura Yukiko, Tatsuya Kishimoto, "Visualization of Tourists' Behavior and Activity Using GPS and GIS in Kamakura City," *CAADRIA05 Proceedings of The Tenth Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, 2005.5, Vol.1, pp.320-327, (2005).
- ・Onohara Yasushi, Tatsuya Kishimoto, "VR system with Head Mounted Display and Gyro Sensor for Streetscape and Space Evaluation," *CAADRIA05 Proceedings of The Tenth Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, 2005.5, Vol.2, pp.123-128, (2005).
- ・川崎周太郎, 岸本達也「16.市街地公共交通機関の停留所とルートの最適配置に関する研究」, 『地域施設計画研究』, No.23, pp.1-8, (2005)
- ・N Yamamura, R Sudo, M Ikeda, K Tanishita, "Effects of the mechanical properties of collagen gel on the in vitro formation of microvessel networks by endothelial cells," *Tissue Engineering* 13, 7, pp.1443-1453, (2007).
- ・Tatshima, S., Tanishita, K., Omura, H., Villablanca, J.P., Vinuela, F. "Intra-aneurysmal hemodynamics during the growth of an unruptured aneurysm: in vitro study using longitudinal CT angiogram database," *Am J Neuroradiol*, Vol.28, pp.622-627, (2007).
- ・Tanishita K, Yamamura, N, Sudo, R, Ikeda, M, "Biomechanical properties of collagen gel associated with microvessel formation in vitro," *In Biomechanics at Micro and Nanoscale Levels*, Vol. IV, pp.25-35, (2007).
- ・Tanishita, K, Ueda, A, Sudo, R, Ikeda, M, Mitaka, T, "Bionic design of tube formation in the integrated cellular structure," *Bio cybernetics and Biomedical Engineering*, 27, pp.83-87, (2007).
- ・K. Tanishita, "Transport phenomena in the cardiovascular system related to the vascular diseases," *Proc. 13th Int. Symp on Appl. Laser Techniques to Fluid Mechanics*, KL1.1-1.4, (2006).
- ・Yoshiki Ujiie and Yoshiyuki Matsuoka: "A Product Design Method Using Macroscopic Shape Feature "Complexity"," *International Journal of Product Development (IJPD)*. (採録決定済)
- ・加藤健郎、氏家良樹、松岡由幸：「非正規分布型目標特性に対応するロバスト性評価測度の提案」, 『設計工学』, Vol.42, No.6, pp.43-50 (2007)
- ・佐藤浩一郎、井上全人、氏家良樹、松岡由幸：「創発設計システムの構築に向けた人工股関節開発への適用」, 『設計工学』(採録決定済)
- ・Takeo Kato, Tetsuo Ikeyama and Yoshiyuki Matsuoka: "Basic Study on Classification Scheme for Robust Design Methods," *Selected Articles of International Conference on Design Engineering and Science 2005*, pp.1-6, (2006).
- ・Masato Inoue, Koichiro Sato, and Yoshiyuki Matsuoka: "A Design System Referencing Morphogenesis of Organism," *Selected Articles of International Conference on Design Engineering and Science 2005*, pp.25-30, (2006).
- ・S. Tashiro and T. Murakami, "Step Passage Control of Power-Assisted Wheelchair for a Caregiver," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, to be published in 2008.
- ・J. Miyata, Y. Kaida and T. Murakami, "v-phi Coordinate Based Power-Assist Control of Electric Wheelchair for a Caregiver," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, to be published in 2008.
- ・K.Nakano and T. Murakami, "An Approach to Guidance Motion by Gait Training Equipment in Semi-Passive Walking," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, to be published in 2008.

- H. Ohara and T. Murakami, "A Stability Control by Active Angle Control of Front-Wheel in Vehicle System," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.55, No.3, pp.1277-1285, (2008).
- K. Matsushita and T. Murakami, "Nonholonomic Equivalent Disturbance Based Backward Motion Control of Tractor-Trailer with Virtual Steering," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.55, No.1, pp.280-287, (2008).
- 加藤真平, 山崎信行: 「RMD2-SIP: マルチプロセッサにおける実時間スケジューリングアルゴリズム」, 『情報処理学会論文誌』: コンピューティングシステム, Vol.48, No. SIG 13, pp.270-286, (2007)
- Nobuyuki Yamasaki, Ikuo Magaki and Tsutomu Itou: "Prioritized SMT Architecture with IPC Control Method for Real-Time Processing," The 13th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, pp.12-21, April, (2007).
- Shinpei Kato and Nobuyuki Yamasaki: "Feedback Controlled Server for Scheduling Aperiodic Tasks," The 4th International Conference on Embedded Real-Time Computing Systems, pp.402-407, July, (2007).
- Shinpei Kato and Nobuyuki Yamasaki: "Real-Time Scheduling with Task Splitting on Multiprocessors," The 13th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, pp.441-450, August, (2007).
- Tetsuya Taira and Nobuyuki Yamasaki, "Design and Implementation of the Reconfiguration Mechanism for a Modular Humanoid Robot," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.18, No.3, pp.286-298, (2006).
- 佐竹聡, 川島英之, 今井倫太, 安西 祐一郎「Brownie カメラ上に指定された過去のランドマーク情報に基づく実世界探知物検索システム」, 『知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)』, Vol.19, No.5, (2007)
- 広瀬健志郎, 川島英之, 佐竹 聡, 今井倫太「異種味`仲間でのジェスチャ情報の共有化」, 『日本データベース学会Letters』, Vol.6, No.1, pp.125-128, (2007)
- Takayuki Kanda, Masayuki Kamasima, Michita Imai, Tetsuo Ono, Daisuke Sakamoto, Hiroshi Ishiguro and Yuichiro Anzai, "A humanoid robot that pretends to listen to route guidance from a human," *Autonomous Robots*, Vol.22, No.1, pp.87-100, (2007).
- Osamu Sugiyama, Takayuki Kanda, Michita Imai, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, "Humanlike conversation with gestures and verbal cues based on a three-layer attention-drawing model," *connection science*, 18(4), pp.379-402, (2006).
- 広田 裕, 川島 英之, 佐竹 聡, 梅沢 猛, 今井 倫太「セマンティック・センサネットワークの実現に向けた実世界指向メタデータ管理システムMeTの設計と実装」, 『信学論A』, Vol.89-A, No.12, pp.1090-1103, (2006)
- Masaki Takahashi, Terumasa Narukawa and Kazuo Yoshida, "Intelligent Stabilization Control to An Arbitrary Equilibrium Point of Double Pendulum," *Journal of System Design and Dynamics*, Vol.1, No.4, pp.672-681, (2007).
- T. Narukawa, M. Takahashi and K. Yoshida: "Stability Analysis of a Simple Active Biped Robot with a Torso on Level Ground Based on Passive Walking Mechanisms," *Humanoid Robots - Human-like Machines - Advanced Robotic Systems International and I-Tech*, pp.163-174, (2007).
- 高橋正樹, 藤井飛光, 【解説記事】「生命に学ぶシステムデザイン&7-キチカチ慶應義塾大学 21 世紀 COE プログラム 知能化から生命化へのシステムデザイン」, 『ロボット学会誌』, 25 巻 3 号, pp.340-342, (2007)
- S Murakami, T Kaneko, K Ito and H Fukao: "Study on the Productivity in Classroom (Part 1) Field Survey on Effects of Air Quality/Thermal Environment on Learning Performance," *Proceedings of Healthy Buildings*, pp.271-276, (2006).
- K Ito, S Murakami, T Kaneko and H Fukao: "Study on the Productivity in Classroom (Part 2) Realistic Simulation Experiment on Effects of Air Quality/Thermal Environment on Learning Performance," *Proceedings of Healthy Buildings*, pp.207-212, (2006).
- 金子隆昌, 村上周三, 伊藤一秀, 深尾仁: 「現地実測による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討ー学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究(その1)」, 『日本建築学会環境系論文集』第 606 号, pp.43-50, (2006)
- 津田公平, 村上周三, 伊香賀俊治, 隈研吾, 本藤祐樹, 成田葉探: 「現地調査に基づく地場産構造用集材材の環境影響評価」, 『日本建築学会技術報告集』第 24 号, pp.249-253, (2006)
- Ishikawa, K. and A. Mita, "Time Synchronization of a Wired Sensor Network for Structural Health Monitoring," *Smart Materials and Structures*.
- Zheng, H. and A. Mita, "Damage indicator defined as distance between ARMA models for structural health monitoring," *Structural Control and Health Monitoring*, Published online 21 Dec. 2007.
- Qian Y. and A. Mita, "Acceleration-Based Damage Indicators for Building Structures Using Neural Network Emulators," *Structural Control and Health Monitoring*, Published online 21 Sept. 2007.
- Zheng, H. and A. Mita, "Two-Stage Damage Diagnosis Based on the Distance between ARMA Models and Pre-Whitening Filters," *Smart Materials and Structures*, Vol.16 No.2, pp.1829-1836, (2007). Published online 5 Sept. 2007.
- Qian Y. and A. Mita, "Structural Damage Identification Using Parzen-Window Approach and Neural Networks," *Structural Control and Health Monitoring*, Vol.14, No.4, pp.576-590 (2007).
- 水田和彦, 伊香賀俊治, 村上周三「ウレタン壁内注入と窓の断熱改修効果の2020年までの予測、住宅の断熱改修による温室効果ガス排出削減に関する研究」, 『日本建築学会環境系論文集』 No. 614, pp.99-106, (2007)
- 佐藤正章, 荒井良延, 伊香賀俊治, 近田智也, 間宮 尚, 加藤正宏「集合住宅のライフサイクルにおける資源有効利用・建設廃棄物削減に関する研究」, 『日本建築学会環境系論文集』 No. 606, pp.67-73, (2006)
- Hirano T., Kato S., Murakami S., Ikaga T. and Shiraishi Y. "A Study on the CO₂ Emission Reduction Effects of a Porous Residential Building Model in Hot and Humid Regions Part 2. - Reducing the Cooling Load by Component-scale Voids and the CO₂ Emission Reduction Effect of the Model," *Building & Environment*, Vol.41, Issue 1, pp.33-44, (2006).
- 伊香賀俊治, 三浦秀一, 外岡 豊, 下田吉之, 小池万里, 深澤大樹, 水石 仁「住宅のエネルギー消費量とCO₂排出量の都道府県別マクロシミュレーション手法の開発」, 『日本建築学会技術報告集』第22号, pp.263-268, (2005)
- 成田葉探, 村上周三, 伊香賀俊治, 坂部 貢, 伊坪徳宏, 水石 仁「換気回数の変化が人間健康被害と内部・外部費用に与える影響のライフサイクルインパクト評価、室内空気汚染による健康被害に関する研究(その2)」, 『日本建築学会環境系論文集』 No.595, pp.129-134, (2005)
- Y. Bavafa-Toosi, H. Ohmori, and B. Labibi, "A generic approach to the design of decentralized linear output-feedback controllers," *Systems & Control Letters*, Vol.55, Issue 4, pp.282-292, (2006).
- Y. Bavafa-Toosi, H. Ohmori, and B. Labibi, "Note on finite eigenvalues of regular descriptor systems," *IEE Proceedings-Control Theory & Applications*, Vol.153, No.4, pp.502-503, (2006).
- Y. Bavafa-Toosi, H. Ohmori, and B. Labibi, "Failure-tolerant performance stabilization of the generic large-scale system by decentralized linear output feedback," *ISA Transactions*, Vol.44, No.4, pp.501-513, (2005).
- Atsushi Mise and Haruki Sato: "Effective Introduction of Cogeneration System on University Campuses," *Journal of Environment and Engineering, JSME*, Vol.3, No.1, pp.25-36, (2008).
- Haruki Sato, Rumi Okada, Tatsuro Terada: "Creating comfortable space by using decompression-boiling panel and/or water transpiration," 3rd International Solar Cities Congress, Adelaide, South Australia, 17-21 February 2008, (2008).
- 三瀬農士, 佐藤春樹: 「慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおけるコージェネレーションシステムの省エネルギー性および環境性評価」, 『日本建築学会環境系論文集』 No. 616, pp.51-58, (2007)
- 三瀬農士, 佐藤春樹: 「慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおける電力および冷暖房需要の推定」, 『日本建築学会環境系論文集』 No. 609, pp.55-62, (2006)
- Atsushi Mise, Hiroaki Nishi, and Haruki Sato: "Energy Assessment of Cogeneration and Air-conditioning System on Keio University Shonan Fujisawa Campus," IEEE International Conference on Industrial Informatics, Singapore, CD-R, OM, SS01.7, (2006).
- Nagasaka, Y. and Kobayashi, Y., "Effect of atmosphere on the surface tension and viscosity of molten LiNbO₃ measured using the surface laser-light scattering method," *Journal of Crystal Growth*, 307(1), pp.51-58, (2007).
- Taguchi, Y., Ebisui, A. and Nagasaka, Y., "Miniaturized optical viscosity sensor based on a laser-induced capillary wave," *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.*, (2007). (採録決定済)
- Iwashima, H. and Nagasaka, Y., "Experimental Study of in-situ Measurement of Viscosity of Milk Fermenting to Yogurt by Laser-induced Capillary Wave," *High Temperatures - High Pressures (International Journal of Thermophysics Research)*, (2007). (採録決定済)
- Nagano, H., Ohnishi, A., Higuchi, K. and Nagasaka, Y., "Experimental Investigation of A Passive Deployable/Stowable Radiator," *J. Spacecraft and Rockets*, (2007). (採録決定済)
- Nagano, H., Nagasaka, Y. and Ohnishi, A., "Simple Deployable Radiator with Autonomous Thermal Control Function," *J. Thermophysics and Heat Transfer*, 20(4), pp.856-864, (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))

- ・ 2003年11月10日, 11日・慶應義塾大学 来往舎, "International Workshop on Advanced Sensors, Structural Health Monitoring, and Smart Structures," 65名(26名), B. F. Spencer (Illinois), M. Tomizuka (NSF), B. Iwan (California Institute of Technology)
- ・ 2004年1月9日・慶應義塾大学 理工学部, "1st Workshop on 'Robotics - Paradigm shift from intelligence to life'," 80名(10名), M. Cutkosky (Stanford), S. Dubowsky (MIT), K. Yoshida (Tohoku University)
- ・ 2004年2月26日・慶應義塾大学 来往舎, "International Symposium on Ecological Challenge in Manufacturing Systems," 86名(3名), B. Christian (T.H. Aachen), J. W. Sutherland (Michigan Technological University)
- ・ 2004年7月30日・慶應義塾大学 来往舎, "International Workshop on Digital Design," 63名(3名), U. Cugini (Politecnico di Milano), M. Bordegoni (Politecnico di Milano)
- ・ 2004年9月2日・慶應義塾大学 来往舎, "International Workshop on New trend of Adaptive and Learning Control Systems for realization of "Paradigm Shift from Intelligence to Life," 35名(7名), R. Ortega (CNRS-Supelec), D. Owens (Sheffield)
- ・ 2004年9月14日・慶應義塾大学 来往舎, "1st International symposium on Micro & Nano-scale sensing techniques for energy and bio system," 80名(4名), A. Majumdar (UC Berkeley), K. Kurabayashi (Michigan), J. D. Seymour (Montana State)
- ・ 2004年12月10日・慶應義塾大学 理工学部, 「知能化から生命化へのシステムデザイン」第1回シンポジウム, 85名(9名), T. Yamaguchi (東北大学大学院)
- ・ 2005年3月14日・慶應義塾大学 理工学部, 「サステナブル生命建築の最前線」, 100名(6名)
- ・ 2005年7月8日・慶應義塾大学 理工学部, プロダクショングループ・デザインスクール 国際ワークショップ "Workshop on Product & System Design," 50名(4名), Amaresh Chakrabarti (Indian Institute of Science), Min An (Kobe University)
- ・ 2005年9月15日・慶應義塾大学 三田キャンパス, 3 COE合同シンポジウム 身体・自己・時間」～心の哲学から神経の科学まで～ 110名(2名) S. Shimojo (California Institute of Technology)
- ・ 2005年10月1日・慶應義塾大学 理工学部, "2nd International Symposium on Ecological Challenge in Manufacturing Systems," 58名(3名), Gerald Byrne (University College Dublin)
- ・ 2006年3月1日・慶應義塾大学 理工学部, 「知能化から生命化へのシステムデザイン」第2回シンポジウム, 45名(4名), Y. Umetani (東京工業大学・知能システム研究所)
- ・ 2006年6月10日・慶應義塾大学 三田キャンパス, "COE Workshop Challenges for Life-Based Systems Development," 40名(7名), Olivier L. de Weck (MIT), Gilles Motet (INSA), Kasser Joseph (University of South Australia), T. Mukai (JAXA)
- ・ 2006年11月17日・慶應義塾大学 三田キャンパス, COE International Workshop "Life-Based Approach for Safety & Security of Large Complex Systems," 47名(5名), Nancy Leveson (Professor, MIT), Niels Malotaux (N R Malotaux-Consultancy), Gilles Motet (INSA)
- ・ 2006年12月6日～8日・慶應義塾大学 理工学部, "US-Japan Workshop on Bio-Inspired Sensor Networks: Learning from Life," 約70名(13名), Hui Li (Harbin Institute of Technology), Maria Feng (University of California), S. C. Liu (The National Science Foundation)
- ・ 2006年12月4日～6日・慶應義塾大学 日吉キャンパス, "Asia-Pacific Workshop on Structural Health Monitoring," 延べ408名(44名), Hui Li (Harbin Institute of Technology), Maria Feng (University of California), S. C. Liu (The National Science Foundation)
- ・ 2007年3月12日・慶應義塾大学 理工学部, "The 3rd Symposium on System Design: Paradigm Shift from Intelligence to Life," 54名(8名), Rolf Pfeifer (University of Zurich), Maria Feng (University of California at Irvine)
- ・ 2007年11月26日・慶應義塾大学 理工学部, "The 4th International Symposium on System Design: Paradigm Shift from Intelligence to Life," 141名(17名), Kosuke Ishii (Stanford University), Deo Prasad (The University of New South Wales), Dipl.-Ing. Sebastian Lohmeier (Technical University of Munich)

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

(1) RAとPDの雇用プログラムでは、5年間で延べ149名（日本人120名、留学生29名）の博士課程学生をCOE-RAに採用した。この結果、5年間にCOE-RAが原著論文136編、国内会議発表206編、国際会議発表155編など、積極的に拠点の研究成果を国内外に広く発表した。

(2) デザインスクールでは以下の活動を行い、グループ学習を基本とするシステムデザイン工学の教育体系を完成させた。この成果は、新しく発足させたシステムデザイン・マネジメント研究科の教育体系に発展的に継承させた。

<2007年度>

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅰ（春学期）特別講義（2007年4月20日～6月29日：計7回）伊坂 正人（静岡文化芸術大学 教授）、山本 拓司（東京大学 特任教員）、古屋 繁（拓殖大学 教授）、五十嵐 浩也（筑波大学 准教授）、Suguru Ishizaki (Associate Professor, Carnegie Mellon University)

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅰ（春学期）“Workshop on Design Framework” 2007年5月12日
Keiichi Sato (Professor, Illinois Institute of Technology)、 “Workshop on Design Methodology” 2007年6月30日
Suguru Ishizaki (Associate Professor, Carnegie Mellon University)

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅱ 特別講義（2007年5月11日～2007年11月27日：計5回）フランソワ・ロッシュ (R&SIE), Frederick Cooper-Llosa (ペルーカトリック大学 教授), Reynaldo Ledgard (ペルーカトリック大学 教授), Marco Imperadori (ミラノ工科大学 教授), Loreana Alessio (トリノ工科大学 教授), 木川 剛志 (福井工業大学 講師), 高松 誠治 (スペースシタックスジャパン株式会社 代表取締役)

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅲ “System Engineering and Management Lecture Series” (2007年4月14日～2008年1月18日：連続講義を含み計32回) 白坂成功 (三菱電機 (株)), James N. Martin (THE AEROSPACE CORPORATION), Rashmi Jain (Associate Professor, Stevens Institute of Technology), Olivier L. de Weck (Associate Professor, MIT), Laurent Balmelli (IBM, Japan)

<2006年度>

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅰ（春学期）特別講義（2006年4月28日）田浦 俊春（神戸大学 教授）、永井 由佳里（北陸先端科学技術大学院大学 助教授）

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅰ（秋学期）特別講義（2006年11月6日～2007年1月15日：連続講義5回）宮田 悟志（エンジニアス・ジャパン アドバンステクノロジー）

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅰ（秋学期）“Workshop on Design Framework” 2006年12月21日～22日 K. Sato (Professor, Illinois Institute of Technology)

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅱ（秋学期）特別講義（2006年11月9日～2007年2月7日：計7回）橋本 憲一郎（東京大学生産技術研究所 助手）、菊地 宏（菊地宏建築設計事務所 代表）、高柳 英明（滋賀県立大学 助教授）、佐藤 淳（佐藤淳構造設計事務所 主宰）、南 泰裕、チャールズ・ジェンクス、Darko Radovic

・先端デザインスクール：デザイン塾Ⅲ（秋学期）“System Engineering and Management Lecture Series” (2006年9月30日～12月8日：連続講義計21回) Laurent Balmelli (IBM, Japan), Wolter J. Fabrycky (Academic Applications International, Inc.), Patrick Hale (MIT), Rashmi Jain (Stevens Institute of Technology), 白坂成功 (三菱電機 (株)), 高橋 良之 (日揮プロジェクトサービス)

<2005年度>

・先端デザインスクール（プロダクト&システムデザインコース）：デザイン塾特別講義（2006年02月28日）K. Sato (Professor, Institute of Design, Illinois Institute of Technology)

・先端デザインスクール（宇宙システムデザインコース）：次世代システムエンジニアリング特別講義（2005年11月5日～2006年1月14日：連続講演計9回）高橋 良之（日揮プロジェクトサービス）、James Martin (Aerospace Corp.)、白坂成功（三菱電機 (株)）

・先端デザインスクール（宇宙システムデザインコース）：特別講義”Planning Cooperative Behaviors for Multi-Robot Systems” (2005年5月24日～7月5日：連続講義計6回) Enrico Pagello (Professor, The University of Padua)

・先端デザインスクール：「都市・建築空間のデザインモデル」特別講演（2005年10月4日～2006年1月17日：計14回）

加藤 孝明（東京大学大学院 助手）、古山 正雄（京都工芸繊維大学 理事（副学長））、青木 義次（東京工業大学大学院 教授）、腰塚 武志（筑波大学 理事（副学長））、田口 東（中央大学理工学部情報工学科 教授）、大澤 義明（筑波大学大学院 教授）、吉川 徹（首都大学東京 助教授）、鈴木 勉（筑波大学大学院 助教授）、古藤 浩（東北芸術工科大学 助教授）、貞広 幸雄（東京大学大学院 助教授）、大津 晶（小樽商科大学 助教授）、田中 健一（東京理科大学 助手）

<2004年度>

・先端デザインスクール（建築システムデザインコース）：サステナブル建築特別講義（2004年5月26日～2005年1月13日：計7回）シューラー・マティアス・ミヒャエル（トランスソーラー研究所）、藤本壮介（藤本壮介建築設計事務所）、稲本正（オークヴィレッジ）、鈴木輝隆（江戸川大学）、原研哉（日本デザインセンター）、赤池学（科学ジャーナリスト）、原広司（アトリエファイ建築研究所）

・先端デザインスクール（建築システムデザインコース）：都市・建築空間のデザインモデル特別講義（2004年10月1日～2005年1月21日：計12回）大澤義明（筑波大学 教授）、青木義次（東京工業大学 教授）、古山正雄（京都工芸繊維大学 副学長）、古藤浩（東北芸術工科大学 助教授）、鈴木勉（筑波大学 助教授）、腰塚武志（筑波大学 副学長）、大津晶（小樽商科大学 助教授）、吉川徹（東京都立大学 助教授）、加藤孝明（東京大学 助手）

・先端デザインスクール（宇宙システムデザインコース）：次世代システムエンジニアリング特別講義（2004年10月14日～2004年12月11日：連続講義計20回）James N. Martin (Systems Engineering Consultant, The Aerospace Corporation), Olivie L. de Weck (Division of Aeronautics & Astronautics and Engineering Systems, MIT), 白坂成功 (三菱電機 (株) 鎌倉製作所), 高橋 良之 (日揮プロジェクトサービス), 三神 泉 (三菱電機 (株) 通信機製作所)

(3) インターンシッププログラムでは、4名のCOE-PDと13名のCOE-RAを最大6ヶ月海外に派遣し、国際レベルの人材を育成した。また、海外からのインターンシップも受け入れた。以上の相互人材交流に基づき、生命に学ぶシステムデザインの考え方を理解し実践できる人材を輩出した。

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)

設定された目的はある程度達成された

(コメント)

拠点形成の目的達成度については、中間評価後、内部で生命化に関する議論を行い、定義を明らかにしているが、関連した研究成果が出ているとは言えず、十分であったとは言い難い。しかしながら、中間評価でのコメントに従い、先端デザインスクールの整備に努めたことは、高等教育課程として社会ニーズに応えるもので、実学的な教育の場として適切と思われることから、目的はある程度達成されたと評価できる。

人材育成面については、多数の博士課程学生を受入れているが、中間評価時点では拠点内の共通の目的に沿った相互の研鑽があるようには見受けられなかった。その後、指摘にこたえ目的を共有する内外の大学との連携を進め、改善の方向にあったと見受けられる。また、インターンシッププログラムにおいて半年程度海外へ派遣したことは評価できるが、その効果はまだ明確となっておらず、今後に期待する。

研究活動面については、目的達成度が十分ではなかった原因の一つとして、建築と機械という、それぞれが複合的な専門分野を持つ二大領域のマトリックスの上で領域融合を試みたが、結果として得られた成果は、建物の免震装置、室内環境制御手法、病院内案内ロボットなど、それぞれの領域内で、従来の知能化技術で十分達成できるものであり、領域融合や生命化の狙いとするレベルにはない。システムデザインは先進的なソフトウェア・ハードウェア要素技術のベースの上に構築されるものであることから、常時関心を持って先端要素技術の調査研究を行う必要がある。

補助事業終了後の持続的展開については、システムデザインの一般的方法論については、今後の努力に期待する。また、先端デザインスクールは、社会ニーズに対応した学術分野の機能であることから、外国の大学だけでなく、産業界、特にユーザーとの連携を深めて、独断的にならないように努めるべきである。

21世紀COEプログラム平成15年度採択拠点事後評価
 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】 拠点形成の目的達成度については、中間評価後、内部で生命化に関する議論を行い、定義を明らかにしているが、<u>関連した研究成果が出ているとは言えず、十分であったとは言い難い</u></p> <p>【意見及び理由】 <u>関連した研究成果が出ているとは言えず、十分であったとは言い難い</u>という点に関しては、事業結果報告書に述べたとおり、個々の研究を貫く「生命化」の体系化としての研究成果を確立しており、これを複数の書籍としてまとめ、広く社会に広めている(事業結果報告書 5 ページ)。また、事業結果報告書に述べたとおり、具体的なプロダクトイノベーションを実現するための2つのグループにおいて、拠点で確立した「生命化」体系を機軸にしたからこそ得られた具体的な生命化研究の成果を得ている(6 ページ)。なお、いまだ論文投稿中・鋭意応用展開中の研究もあるため、永続的拠点としての中長期的研究成果については、今後の理工学研究科、システムデザイン・マネジメント研究科およびグローバルCOEプログラム「環境共生・安全システムデザインの先導拠点」の成果を含めてご判断いただきたいと考えている。</p>	<p>【対応】 原文のままとする。</p> <p>【理由】 事業結果報告書に記載されている申立ての内容を踏まえても、関連した研究成果が出ているとは言えず、十分であったとは言い難いという指摘であることから、修正しない。</p>
<p>【申立て箇所】 また、インターンシッププログラムにおいて半年程度海外へ派遣したことは評価できるが、<u>その効果はまだ明確となっていない。</u></p>	<p>【対応】 以下の通り修正する。 また、インターンシッププログラムにおいて半年程度海外へ派遣したことは評価できるが、その効果はまだ明確となつて<u>おらず、今後</u>に期待する。</p>

<p>【意見及び理由】</p> <p><u>インターンシッププログラムの効果はまだ明確となっていない</u>、という点に関しては、事業結果報告書に述べたとおり、インターンシップは、「生命化」概念の教育との相乗効果として、国際レベルの人材育成に貢献しており（5 ページ）、多くの論文（6 ページ）にもつながっている。また、この成果は、事業推進担当者とRA、PDの密接な議論に基づく人材育成（6 ページ）にもつながっている。</p>	<p>【理由】</p> <p>事業結果報告書に記載されている申立て内容を踏まえても、インターンシッププログラムの効果はまだ明確になっておらず、今後に期待する趣旨であることから、その趣旨を明確にするため、修正した。</p>
<p>【申立て箇所】</p> <p>研究活動面については、目的達成度が十分ではなかった原因の一つとして、<u>建築と機械という、それぞれが複合的な専門分野を持つ二大領域のマトリックスの上で領域融合を試みたが、結果として得られた成果は、建物の免震装置、室内環境制御手法、病院内案内ロボットなど、それぞれの領域内で、従来の知能化技術で十分達成できるものであり、領域融合や生命化の狙いとするレベルにはない</u></p> <p>【意見及び理由】</p> <p>研究活動面において、<u>建築と機械という、それぞれの領域内で、従来の知能化技術で十分達成できるものであり、領域融合や生命化の狙いとするレベルにはない</u>という指摘に関しては、誤解のなきよう述べるなら、本拠点形成は、建築、機械領域の融合を目指したのではなく、<u>建築・機械という異なる分野において、分野に関わらず「生命化」概念を機軸として貫く新たな研究を遂行することを目指したものである</u>。この結果、事業結果報告書に述べたとおり、いずれの分野においても、生命化概念を導入したからこそ導き得た新たな成果を得ている（6 ページ）。これらは従来の知能化技術で十分達成できるものではなく、<u>生命化概念を導入したからこそ得られた知見であり、今後の、理工学研究科、システムデザイン・マネジメント研究科およびグローバルCOEプログラム「環境共生・安全システムデザインの先導拠点」におけるさらなる「生命化」研究発展の基盤となるものである</u>。</p>	<p>【対応】</p> <p>原文のままとする。</p> <p>【理由】</p> <p>中間評価において、「機械・建築の融合」を生かした研究・教育の構築への努力を求めたが、十分とは言えず、また「生命化」についても、十分とは言えないことを指摘したものであることから、修正しない。</p>