

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) 東北大学	機関番号	1 1 3 0 1
	(ふりがな<ローマ字>) いのうえ あきひさ <INOUE Akihisa> (氏 名) 井上 明久		

2. 大学の将来構想

①「世界と地域に開かれた大学」「指導的人材の育成」のための研究教育改革と大学全体の将来構想

本学は、開学当初から「研究第一主義」や「門戸開放」を理念として、数々の業績を挙げてきた。この理念をさらに長期的目標に展開し、本学の使命を、世界的な「研究中心大学」(research-intensive university)として寄与することにあるとし、あわせて「世界と地域に開かれた大学」という方針および国際的に通用する「指導的人材の育成」という教育目標を採択してきた。本学ではこれまでも理念実現のための長期目標に向けて、総長のリーダーシップの下で、研究教育の計画を立てその実現と一層の改革に取り組んできた。例えば、平成5年度の国際文化研究科、情報科学研究科の設置、平成7年度に学際科学研究センター(平成15年度改組し学際科学国際高等研究センター)設置、平成8年度東北アジア研究センター設置、平成12年度、すべての研究科・学部大学院重点化を完了、平成13年生命科学研究科の設置、言語科学を強化するために言語文化部を国際文化研究科に再編・統合した。かくして学部教育の基盤を強固にし、大学院中心の高度研究教育体制を整えた。平成14年教育情報学研究部・教育部とISTU(東北大学インターネット・スクール)を設置、平成15年度環境科学研究科設置。

さらに研究所等ではそれぞれ先進的・融合的研究の推進を目指し、全学に呼びかけて部局横断型の研究組織、学際科学センターを学際科学国際高等研究センターに改組、素材工学、反応化学、科学計測の3附置研究所を再編・統合し平成13年度に多元物質科学研究所を設置した。産学連携では平成10年度にいち早く未来科学技術共同研究センター(NICHE)を設置し、実用化技術研究と産業界とのリエゾン機能を本格的に開始した。

本学は、こうした研究教育の改革実績を踏まえて、これからの研究教育について、総長の主導と諮問の下で、1)「東北大学の国際化」をはかるために、国際高等研究組織の設置と国際拠点の形成等を構想した。この構想では、本学の国際的に卓越し外国に強い共同研究先をもつ研究分野を選抜し、研究と研究者養成の組織を作り、国際拠点とするほか、すでに実績のある既存の海外拠点の拡大・強化を図り、国際連携を進める

こと等をポイントとした。また、2)「重点化後の大学院体制」の構想では、大学院の人材養成機能について、研究者養成機能と高度職業人養成機能を課程的に分離し、それぞれについて課程目的に沿った形で整備することとし、国際的に通用する研究者の養成を最重要課題の1つとした。

②国際的競争力のある世界最高水準の大学づくり

本学の作成した21世紀COEプログラムは、1)世界に先駆けて新しい学問分野を開拓・創出し、2)学問分野の学際化によって世界をリードする革新的なパラダイムを創出する、内容となっている。また、世界的な研究教育拠点とするには、国際的に通用する学内研究者を専攻等の拠点組織に集めるだけでは十分ではなく、高い研究能力が拠点に集約されることにより組織として相乗効果を発揮して世界的な研究成果を生み、かつその拠点で次世代の創造性ある世界的な研究者を育て、その拠点が将来にわたって世界的な研究教育拠点として持続し発展していくために学内共同組織としての国際高等研究組織を計画した。

③学長を中心としたマネジメント体制

総長のプログラム支援・実施のマネジメント体制は以下の通りとした。

- 1) 事業推進担当者、とくにその中核的メンバーは研究と博士課程(後期課程)の研究者養成に専念。
- 2) 総長は、「大学研究基盤経費」(間接経費)や総長裁量経費を用いて、使途・金額の点でプログラム資金を補い、採択プログラムを資金的に支援する。世界的エクセレンスを維持発展させるための学内の重点的資源配分を実施する。
- 3) 拠点形成には人的なサポートが必要である。特に「拠点コーディネーター」(事務長経験者など)を設けて、拠点の運営補助、シンポジウム準備や合同研究窓口等の任務を行わせる。
- 4) 建物について、総長は、共用スペースを採択拠点形成プログラムに使用させるよう計らう。
- 5) 総長は、1年1回定期的にこれらの拠点プログラムの評価を行う。これは、外国人有識者の参加も経て、評価分析室・評価委員会等に行わせるが、その結果は、各拠点への改善の提言(フィードバック)と、各拠点への学内資源配分に反映させる。

6) 総長は、評価分析室・評価委員会等に定期的に事業推進担当者の個人評価を行わせ、最適の者と入れ替える資料として用いる。拠点教員も5年間全く固定的ではなく、貢献度によって流動性が必要である。

7) 5年後の本プログラム終了時には、拠点成果を新しいタイプの研究教育機構（国際高等研究教育機構）等に引き継ぐようにする。国際高等研究教育機構は、国際的な融合新分野の研究教育拠点であり、とくに教育は、次世代の国際的な創造性豊かな研究者を育成する博士課程（後期課程）のみを置くものとする。その他にプログラムによっては新センター等を考える。

21世紀COEプログラムによる国際的研究教育拠点形成は、平成16年度に予定されている本学の国立大学法人化においては、中期目標・中期計画の柱に位置づける。また、法人の学内制度でも、最終意思決定者としての総長や役員会のマネジメント体制を整備し、柔軟な組織・人事・財務制度を構築し、これによって、この国際的研究教育拠点形成を確実に実現していくこととする。

3. 達成状況及び今後の展望

本学では21世紀COEプログラムに採択された拠点に対し、総長を中心とするマネジメント体制による推進プロジェクトチームの編成によって強力な支援を実施してきた。本年（平成19年）4月には本学の将来像ともいえる井上総長による「井上プラン」が公表されたが、これは21世紀COEプログラムの実践によって培われた研究教育上の経験と成果を基盤としたもので、「世界リーディング・ユニバーシティ」となることをあらためて宣言したものである。21世紀COEプログラムの実践による国際的共同研究の進展、国際的シンポジウムの開催、若手研究者の国際的研究交流は飛躍的に増大し、「東北大学の国際化」を著しく進行させ、次のステップとして「世界リーディング・ユニバーシティ」を構想させることとなったといえる。また、「重点化後の大学院体制」の構想では、大学院の人材養成機能について、研究者養成機能と高度職業人養成機能を課程的に分離することとし、平成16年度に法科大学院、公共政策大学院、平成17年度には会計大学院を設置し、専門職大学院を整備した。

一方、研究者養成の大学院教育の高度化を21世紀COEグループの研究者を中核として進めてきた。

さらに、世界に先駆けて新しい学問分野を開拓・創出し、学問分野の学際化によって世界をリードする革新的なパラダイムを創出するという目標は、グループ

の中から、学士院賞や叙勲を受けた者、論文の被引用度の高い研究者の増加、Nature等の雑誌投稿数の増加などで革新的な研究成果が多く生まれていることから、国際的に新しい研究を着実に発信しており、ほぼ目標実現に達した者と考える。具体的な計画に関わった達成状況では以下の通りである。

1) 事業推進担当者、とくにその中核的メンバーには、修士課程教育・学部教育あるいは教養教育（本学では語学等を含めて全学教育と称する）の担当からはずすとともに、管理運営面（各種委員）の負担を軽減し、研究と博士課程（後期課程）の研究者養成に専念させてきたが、大学院教育の高度化及び融合領域の若手研究者養成とかかわり、21世紀COEプログラム・メンバーの協力を得て、融合領域における大学院指定科目75科目を設け、研究成果と経験を特別に修士学生に提供する試みを実施し、大学院教育の活性化に貢献した。

2) 建物について、総長は共用スペースを採択拠点形成プログラムに使用させるよう図り、また大学研究基盤経費（間接経費）を用いて、共有スペースの改修経費、プレハブ棟の設置経費、設備費等を支援したことにより、どのグループも研究環境が向上した。

3) 拠点形成には人的なサポートが必要で「拠点コーディネーター」（事務長、係長経験者など）を設けて、拠点の運営補助、シンポジウムの準備や合同研究の窓口等の任務を行わせ効率化がはかられた。

4) 研究教育組織については、平成15年度には環境科学研究科設置、工学研究科、農学研究科、情報科学研究科の各研究科が新専攻を設置、医学部保健学科設置及び学際科学研究センターが改組され、医学部附属病院と歯学部附属病院の統合により東北大学病院を創設した。また、平成16年度に法科大学院及び公共政策大学院、平成17年度に会計大学院を設置した。

5) 本学の21世紀COEプログラムの事業推進状況と成果報告の場として、100周年記念セミナーを東京で5開催し、国際的な広報の一環としてゲッチング大学（独）、ケンブリッジ大学（英）において、共同研究フォーラムを開催し、国内外への周知に努めた。

6) 5年後の本プログラム終了時には、拠点の成果を新しいタイプの研究教育機構（国際高等研究教育院）に引き継ぐことを計画したが、平成18年度には国際高等研究教育院を平成19年度には国際高等融合領域研究所を設置し、この二つの組織を統合した学内共同組織としての国際高等研究教育機構を設置した。これによって既存の学術領域の融合による新融合分野の複眼的視野をもち総合知の創造に対応できる世界トップレベルの若手研究者養成が開始され、21世紀COEグループの研究者の研究教育拠点の新たなステージが今後展開されることとなる。

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	東北大学	学長名	井上 明久	拠点番号	A03	
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)	バイオナノテクノロジー基盤 未来医工学 (Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology) ※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: 人間医工学>(医用・生体画像)(バイオメカニクス)(医用マイクロ・ナノマシン)(細胞・組織工学)(薬物伝達システム)					
3. 専攻等名	工学研究科(バイオロボティクス専攻(機械電子工学専攻、平成15年4月1日)、ナノメカニクス専攻(機械電子工学専攻、平成16年4月1日)、量子エネルギー工学専攻、電子工学専攻、電気・通信工学専攻)、医学系研究科医科学専攻、流体科学研究所、加齢医学研究所、未来科学技術共同研究センター、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、情報シナジーセンター					
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)						
SATO MASA AKI 佐藤 正明	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・教授	生体工学 工学博士	総括責任者、細胞機能と生体分子操作			
WADA HIROSHI 和田 仁	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・教授	生体工学 工学博士	細胞機能と生体分子操作			
YAMAGUCHI TAKAMI 山口 隆美	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・教授	生体医工学 工学博士・医学博士	総括分担者(メディカルインフォマティクス)、マネージメント			
ESASHI MASAYOSHI 江刺 正喜	工学研究科(ナノメカニクス専攻)・教授 (平成17年4月1日 所属部局変更)	微小機械 工学博士	総括分担者(ナノメディスン)			
ISHII KEI Z O 石井 慶造	工学研究科(量子エネルギー工学専攻)・教授	医用原子力工学 理学博士	総括分担者(生体内分子・構造のイメージング)、教育担当			
KANAI HIROSHI 金井 浩	工学研究科(電子工学専攻)・教授	医用超音波工学 工学博士	生体内分子・構造のイメージング			
OHUCHI NORIAKI 大内 憲明	医学系研究科(医科学専攻)・教授	腫瘍外科学 医学博士	ナノメディスン			
TAKAHASHI AKIRA 高橋 明	医学系研究科(医科学専攻)・教授	神経病態制御学 医学博士	メディカルインフォマティクス			
OSUMI NORIKO 大隅 典子	医学系研究科(医科学専攻)・教授	神経発生学 歯学博士	総括分担者(細胞機能と生体分子操作)			
ITO MASATOSHI 伊藤 正敏	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター (サイクロトロン核医学研究部)・教授	核医学 医学博士	生体内分子・構造のイメージング			
MATSUKI HIDETOSHI 松木 英敏	工学研究科(電気・通信工学専攻)・教授	生体電磁工学 工学博士	ナノメディスン			
YAMADA SHOGO 山田 章吾	医学系研究科(医科学専攻)・教授	放射線腫瘍学 医学博士	ナノメディスン			
YANAI KAZUHIKO 谷内 一彦	医学系研究科(医科学専攻)・教授	薬理学 医学博士	生体内分子・構造のイメージング			
HAYASE TOSHIYUKI 早瀬 敏幸	流体科学研究所(知能流システム研究部門)・教授	生物流体力学 工学博士	メディカルインフォマティクス			
FUKUDA HIROSHI 福田 寛	加齢医学研究所(加齢脳・神経研究部門)・教授	放射線医学 医学博士	生体内分子・構造のイメージング			
YOSHIZAWA MAKOTO 吉澤 誠	情報シナジーセンター・教授	生体制御工学 工学博士	メディカルインフォマティクス			
YAMBE TOMOYUKI 山家 智之	加齢医学研究所(臓器病態研究部門)・教授	医用生体工学 医学博士	ナノメディスン			
KURINO HIROYUKI 栗野 浩之 (平成17年1月 6日 辞退)	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・助教授	超微細電子工学 理学博士	ナノメディスン			
NISHIZAWA MATUHIKO 西澤 松彦 (平成17年4月25日 追加)	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・教授	工業物理化学 生態材料工学 博士(工学)	細胞機能と生体分子操作			
HUKUSHIMA TAKAHUMI 福島 誉史 (平成17年 4月25日 追加) (平成17年11月15日 辞退)	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・助手	高分子化学 博士(工学)	ナノメディスン			
TANAKA TETU 田中 徹 (平成17年11月15日 追加)	工学研究科(バイオロボティクス専攻)・助教授	半導体工学 博士(工学)	ナノメディスン			
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)	120,000	121,000	121,000	111,000 (11,100)	103,050 (10,305)	576,050

6. 拠点形成の目的

【背景】

● 東北大学における医工学に関する研究：東北大学では伝統的に工学部において開発した技術の医学・医療への応用を初めとして医・工学連携の研究が先進的に行なわれ、これまでに優れた業績を挙げてきている。東北大学発信あるいは世界の最先端の研究としては、世界に先駆けた人体の断層画像再構築のアイデア、機能的電気刺激による筋肉機能回復、マイクロマシン加工による生体用各種センサおよびデバイスの開発、超高分解能PET (Positron Emission Tomography) の開発、粒子ビームを用いた超微量分析法 (PIXE) の開発、東北大学型人工心臓の開発を初めとする多くの例を挙げる事ができる。このような生体工学に関する独創的な研究の流れは連綿として現在の研究にも繋がっており、本プログラム発足時では細胞内での生体分子の挙動・構造および代謝機能の解析、ナノテクノロジーを利用した微細加工技術、生体分子や組織のイメージングなどバイオナノテクノロジー技術の医療応用への展開研究が実施されていた。

● 国内および国外における研究動向：国内においては医工学連携のプログラムとして工学技術の医学領域への橋渡しとして盛んに技術導入が図られていた。例えば、人工材料と細胞を組み合わせた組織再生や、ロボット技術の手術支援ロボットへの展開などである。国外では、特に米国においては各大学の学部レベルから生体工学の学科があり、国の政策として集中的に研究を推進している状況にあり、これは、イギリス、フランス、シンガポールなどでも事情は同じである。

● 医工学研究の必要性と緊急性：我が国を初めとする先進国においては、これから直面する高齢社会における医学・医療の問題は、経済的な負担、社会の活性化等の点で国民的な直近の課題として重くのしかかっている。我々は「高齢社会を健康に生きる」ことによって社会に対する負担を軽減でき、かつ活力ある社会を作るための技術が強く求められている。

【拠点の特色】

● 高齢社会に対応した医工学：本拠点において目指す技術は、細胞機能と生体分子操作による組織再生の基盤技術、ナノメディシンによるテーラーメイド医療を目指したタンパク質チップや人工感覚器の製作技術、生体分子・構造のイメージングによる癌並びに生活習慣病の発見による疾病予防・診断技術、DDSや粒子線による先進的癌治療、メディカルインフォマティクスによるコンピュータを駆使したスーパーリアル

タイムシミュレーション技術による診断・治療支援技術の開発である。

● 分散型研究の段階的集約としての拠点：事業推進担当者は各研究室において蓄積された技術を、本拠点のブランチとなる工学研究科内のバイオナノテクノロジー研究センター（14年度）、生命・医療工学研究部門（15年度以降）において、また医学系創生応用医学研究センターにおいて発展的に集約して、効率的かつ強力に研究を推進できる体制を確立する。

● トップダウン的な研究推進体制と第三者評価委員会の設置：民間の当該分野の有識者を含む第三者評価委員会による厳正な評価の下で、拠点リーダーのリーダーシップによる世界COEの拠点形成を図る。

● 世界に通用する医工学研究のための若手研究者の育成：博士課程への入学基準とするのは研究計画書並びに英語能力と面接試問である。特別に優秀な学生に対しては、授業料免除、奨学金および研究費の支給等によって研究並びに勉学意欲の促進を図る。本拠点の研究と関連深い教官も海外から招聘して、事業推進担当者とともに学生の研究教育の指導に当たる。その際、新たに設ける教育制度の下、海外拠点研究施設との相互の学生派遣を通じて、真に国際的で先進的な学生を教育し。博士後期課程修了後の研究の継続と高い研究水準を維持させるため、ポストドクター制度を設ける。

【拠点の目的と将来】

● 未来医工学研究のための拠点構築：現在研究の基盤となっているバイオナノテクノロジーを基に4つの研究内容を中心とした「高齢社会を健康に生きる」ための予防医学技術、および個々人の病態に合わせたテーラーメイド医療に資する診断・治療技術の開発を目指す、世界的研究拠点を構築する。

● 世界有数の他研究機関との連携：事業推進担当者と連携の深い国際的な研究機関 (MIT, Georgia Tech, Imperial College, Swiss Federal Inst Techなど) と連携をとり、世界的研究教育拠点を構築する。

● 拠点の将来構想：医工学に関する研究教育を形成した後は、全学の組織として東北大学附属病院に設置予定の「未来医療工学センター」に発展的に機能を引き継ぎ、継続していく。

● 社会に対する波及効果：「高齢社会を健康に生きる」ための技術は、病気にならないための技術であり、病気になった場合も身体に対する侵襲を少なく、かつ社会への経済的負担を少なくする技術が求められており、この実現によって得られる経済的・社会的波及効果は非常に大きいことが期待される。

7. 研究実施計画

【基盤整備実施計画】

1) 拠点の立ち上げと整備

●本学大学院工学研究科機械系専攻に設立されたバイオナノテクノロジー研究センターおよび医学系研究科に設置された創生応用医学研究センターを核として、工学研究科の5専攻、医学系研究科医科学専攻に加えて2研究所、3センターが参加し、ベンチャービジネスラボラトリーの支援の下で研究教育拠点を形成し、バイオナノテクノロジーを基盤とする未来医工学の創成をめざす。

2) 拠点運営委員会の設置と運営全般の重要事項の決定

●総括責任者、総括分担者（4名）、外部有識者（若干名）で運営委員会を構成し、拠点運営に関する重要事項をすべて討議、決定する。

3) 第三者評価委員会の設置と評価の実施

●拠点および4研究グループの研究教育成果の推進と評価のために、民間、他大学等の約5名の有識者による第三者評価委員会を設置する。

●各年毎の評価に加え、3年目の中間評価によって、必要とあれば、研究テーマおよび教育方法の若干の変更なども積極的に行うことにする。

4) 外国人研究員の雇用

●一流の外国人研究員を教授（助教授）に採用し、日本人研究者と共にDCの研究教育、論文作成、国際会議発表、研究討論などの英語での発表討議能力の養成を行い、高等研究者を育成する研究教育環境を整える。

●年間約3名とし任期1年、再任可で最大5年まで延長できる。

5) 非常勤職員（事務補佐員）の雇用

●拠点での事務処理を担当する4名の事務補佐員を雇用する。毎年契約更新を行う。

6) 非常勤職員（技術補佐員）の雇用

●研究教育の技術的補佐を担当する技術補佐員を10名雇用する。毎年契約更新を行う。

【研究実施計画】

1) 研究グループの立ち上げと

研究の実施(図参照)

●細胞機能と生体分子操作、ナノメディスン、分子・構造イメージング、バイオインフォマティクスの4つ

の研究グループを組織し、研究リーダーを中心にトップダウン的に研究を行ない、未来医工学に関する国際的な研究教育拠点を形成する。研究の推進に当たっては、萌芽的視点を十分に考慮して実施する。

●バイオナノテクノロジーのより先進高度化が行えるように研究設備備品費により既存設備を支援評価する。

【拠点将来構想に関する実施計画】

●平成15年度に、工学研究科内に先端学術融合研究機構を設置し、同機構の生命・医療工学部門を拠点のブランチとして活動する。

●本研究教育拠点を、本学の将来構想である産学連携の高度医療技術の研究開発組織である未来医療工学センターの核となる組織として形成する。

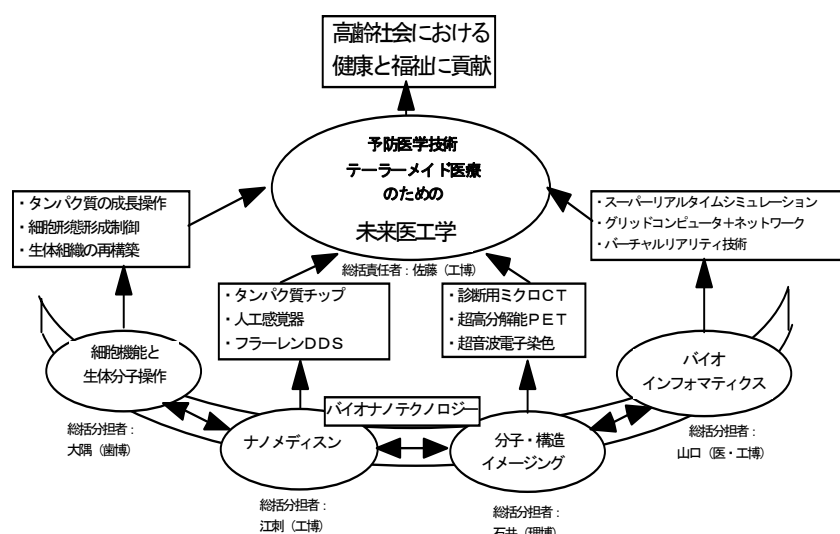
【その他の実施計画】

1) 研究・教育の成果の取りまとめ

2) 国際シンポジウム、国際会議の開催

●1、2、4年目に国際シンポジウム、3、5年目に国際会議を仙台で開催し、当該分野の最先端の研究を行っている世界一流の研究と交流し、国内外への本拠点の研究教育成果を発信する。

●これらの国際会議には、国内の将来有望な成果が期待される若手研究者、DC学生を招待し、会議での最先端の研究者との研究討議を通して、高等研究者を目指すための勉学環境を提供する。



8. 教育実施計画

【教育環境の整備】

●指導教官会議の設置

本研究教育拠点における教育指導の方針、見直し、教育指導の自己評価と改善等および授業料免除、奨学金、研究費の支給の選考等について審議し、実施する。

●教育カリキュラムの作成

本研究教育拠点においては、複数の研究科および専攻での修学を基礎としている遍歴学生制度を基礎としており、このため、大学院生が能率よく修得できるように、柔軟性のあるカリキュラム体系をつくる。

●教務センターの設置

本拠点における指導教官の事務作業を無くし、指導教官が研究教育に没頭できる事務環境を備える。このために、拠点での教務事務処理を担当する4名の事務補佐員を雇用する。毎年契約更新を行う。

【若手高等研究者育成のための研究教育制度の実施】

当該教育拠点では、追求する研究目標が、真に学際的、独創的であることを反映して、これまで、我が国の大学院においては実現されたことがない独自の試みとしての以下の研究教育制度を実施する。

●ノマディック教育制度の実施

大学院博士課程後期課程の学生に対して、その約3年間の在学期間中に提携する海外の大学院と本学大学院を往復することで自由でとらわれない発想を修得するノマディック教育制度を実施する。本制度においては、双方向の学生の移動を可能とする。本学から本制度で海外研究を行う学生を研究計画書に基づき厳選し、また、海外の高い研究水準の大学より学生を公募する。海外派遣の場合は、約1年間の外国研究室における滞在を目処に研究を実施する。このために、本COE制度から、博士課程の学生について、3年間の標準在学期間中、1年間の外国留学を課すための費用

(往復渡航費、学費、生活費等の一部)を補助し、一部の研究経費も補助できるようにする。

●遍歴学生制度の実施

学生が提出する研究計画に応じて、その領域分野に精通している教官を選び、アプレンティス(弟子入り)をすることにより、より深い知識と技術を修得し、自立心ある高級研究者を育成する遍歴学生制度を実施する。学生個々人が自身の研究環境を自力で発見的に構築することを奨励し、このための研究資金を支給する。遍歴先となる研究者は本研究教育拠点のみに限らず、大学・民間研究所および海外の研究所とする。研究室間を移動しやすくする目的で、当該研究教育拠点

において、学生とともに移動する流動的研究費およびモバイル研究環境(パーソナルコンピュータなどの研究支援機器・システム)を整備する。本制度の性質柄、学生の評価に対しては、学位審査(に相当する作業)にあたる指導教官(日本人、外国人)の相互訪問を容易とするための旅費・滞在費・さらに、短期の訪問中に、研究を展開させるための流動的研究費を措置する。本制度は、遍歴先の模索・コミュニケーションが非常に容易であるインターネットによる共通ステーションを構築し、仮想的な遍歴拠点を構築する。

●国際シンポジウムにおける学生主催セッション

学生による、学生のためのディスカッションの機会として国際シンポジウムにおいて、学生主催のセッションを年1回開催させる。このため、教育講演者、招待学生等の旅費・滞在費・さらには、短期の共同研究のための経費を措置する。

●世界に通用する医工学若手研究者の育成

- 1) RA、PDの雇用
- 2) 事業推進担当者が共同して博士課程学生に対する医工学カリキュラムを通年で実施
- 3) 国際シンポジウムにおいて、若手研究者の参加・派遣と表彰
- 4) 海外研究拠点への博士課程学生の派遣と共同研究の実施(ノマディック教育)
- 5) 遍歴学生制度の実施(学内のみならず、国内への遍歴も視野に入れた体制で実施)

●事業推進担当者による世界的研究の促進

- 1) 一流国際誌への積極的な投稿
- 2) 国際シンポジウムの開催(2件)と世界最先端研究に関する討論
- 3) 競争的資金への積極的な応募と研究の展開
- 4) 研究グループ内およびグループ間での共同研究の実施による研究のさらなる展開
- 5) 特許の申請などの知的財産の積極的創出

●「未来医療工学センター(仮称)」と大学院「医工学研究科(仮称)」の設置を目指して

概算要求をも視野に入れた全学的な検討委員会が平成16年度から発足しており、その後より具体的な点を検討するワーキンググループが発足し、そのメンバーに当事業推進担当者の中から7名が参加している。そこで、全学的な動向を全事業推進担当者に連絡し、絶えず情報交換を行いながら、所期の目的に向けて具体的な議論を展開する。

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

研究拠点となる施設を工学部地区と医学部地区に構築し、両者間で情報交換が容易にできるシステムとしてのデジタルコラボレーションシステムを教育と研究の両方において有効に活用した。研究体制としては、細胞機能と生体分子操作、ナノメディスン、生体分子・構造イメージング、メディカルインフォマティクス の 4 つのグループを構成して、各グループが共同して研究を実施した。さらにグループ間での研究も促進され、想定以上の世界最高水準の研究教育拠点を形成することができた。このことは、全部で 9 回開催した国際シンポジウムにおいて発表された研究内容および推進担当者によって公表された査読付き原著論文 913 編 (内欧文 630 編) および国際会議における特別・招待講演数 170 件という実績に如実に示されている。

教育では上記デジタルコラボレーションシステムを活用して、工学・医学地区で同時に受講可能な講義を通年で実施する体制を実践した。RA、PD を対象に研究支援制度を確立し、応募者の中から厳正な審査を経て研究費を支援した。各年度には 10 名ないし 15 名の若手研究者に支給し、成果が得られた。このことは、本プログラムによる支援を受けた学生・PD による国際会議発表 59 件、うち、受賞 4 件という実績に示される。

また、国際シンポジウムあるいは国内外からの第一線の研究者を招聘してセミナー等を開催する制度を設け、このような活動をとおして、研究者の相互訪問の頻度が従来に比べて著しく増加し、高度な情報交換によって特に若手研究者の育成が促進された。

このような実績に対し、外部評価委員会においても非常に充実した取り組みとして想定以上の研究教育拠点が形成されたとの評価を得た。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

人材育成面では、各年度概ね 40 名前後の RA と、10 名前後の PD (内海外からが半数以上) を雇用した。このうち RA 12 名、PD 12 名が平成 19 年 3 月までに退職し、RA のうち 5 名が企業の研究職、3 名が大学教員、2 名が研究所研究員等となり、PD のうち 1 名が大学の特任准教授、6 名が大学および公的研究機関研究員、2 名が海外大学院生、各 1 名が海外および国内企業研究所、海外公的研究機関研究所研究員として巣立

っていった。また、RA から 2 名が日本学術振興会の研究員として採用され、その後大学の教員として採用されたものも数名出現し、人材面からの我が国科学への貢献として想定以上の成果が得られた。

3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等事業推進担当者によって多くの世界最先端の新たな知見が得られているが、ここでは活動のグループごとに報告する。

2-1 「細胞機能と生体分子操作」グループ

すでに確立した脳・脊髄のスライス培養イメージング系を用いて、胎児期中枢神経系の神経幹細胞である神経上皮細胞の挙動について観察し、細胞周期に依存した核の上下運動 (interkinetic nuclear movement) や神経上皮細胞の突起からのさらに細い突出構造を明らかにした。

マイクロ・ナノレベルで聴覚システムを研究し、以下の知見を得た。①聴覚の鋭敏さを担うタンパク質モーター prestin の直径は約 10-12 nm である。②ヒートストレスによりマウス外有毛細胞のヤング率が上昇する。また、その上昇は外有毛細胞側壁のアクチンの増加に起因する。③60 dB SPL の音刺激において、モルモット蝸牛特徴周波数 500 Hz の位置の内有毛細胞聴毛は約 0.05 nm 変位する。

力学刺激に対する内皮細胞や軟骨細胞の応答機構を明らかにすべく実験的検討を行った。せん断応力刺激に対して細胞間接着部位が果たす役割が明らかとなり、VE-カドヘリンや SHP-2 の関与した機構の一部を解明した。

導電性高分子ポリピロール (PPy) を電解重合法で成膜する際に、電極周囲に疎水性の単分子膜を形成させておくことで膜の密着性が劇的に向上し、細胞培養環境に長期間浸漬して剥離しないことを見出した。

2-2 「ナノメディスン」グループ

血管内での低侵襲医療を目的にカテーテル先端に取り付ける前方視超音波内視鏡の開発を行い、圧電材料として高性能な PZT-NT を用いて従来よりも広視角と高感度を達成し、実際に像を観測できた。また微細な細胞レベルの研究ツールにも使えるマイクロプローブや、小形駆動ステージを開発した。高感度計測を可能とする蛍光・X 線・MRI マーカーの開発、高速共焦点レーザー顕微システムによる超微細 in vivo イメージング法の確立と細胞内タンパク質の動態観察、量子ドット蛍光による生体試料計測へ向けた非特異的結合の抑制、および超音波検出法開発によって深部病巣の可視化に成功した。次世代の医療・福祉あるいは

民生電気機器をターゲットとし、「ワイヤレスによる長期エネルギー供給」の展開を図った。そのエネルギーは電力として、あるいは刺激や熱という形でワイヤレスに供給される事を示し、一部実用化目前まで研究が進展した。がん放射線治療の難点は体内線量をモニタできないことである。CdTe 結晶は線量に比例して20~90nA の微弱な電流をリアルタイムに発生する。通信はRF-ID 方式で通信搬送波13.5kHz が最適、体内20cm からの信号受信には10-6Wの電力供給が必要で、小型化を目指している。ナノテクを応用した人工心筋、人工食道、人工括約筋を発明し、特許を申請した。人工網膜モジュールの試作と動作実証を行った。網膜刺激電極付きのフレキシブルケーブルに人工網膜チップを実装したモジュールを試作し、外界からの光に応じて、網膜刺激電流のパルス周波数を線形に変化させることに成功した。

2-3 「生体内分子・構造イメージング」グループ

陽電子放出核種を用いた機能画像診断装置（PET）では、半導体検出器を用いることにより、1mm以下の空間分解能を持つ実用型動物用PETの開発に成功した。

ドーパミン系は、こころの満足度に関係して重要な中枢性神経調節物質である。[11C]標識のraclopride をトレーサーとして中強度エルゴメーター運動によって脳内ドーパミン分泌を観察し、線条体において、有意なD2受容体濃度の見かけ上の低下を観察した。

分子イメージング法によるアルツハイマー病（AD）早期診断法の開発を中心に研究をおこなった。Benzoxazole誘導体の[11C]BF-227のAD早期診断におけるAD 患者の全例、および過半数のMCI症例でその大脳皮質領域での集積上昇が確認された。

8年間の灰白質容積の変化の縦断的MR I 解析により、年代別の灰白質容積減少率を見ると、男性は若年者から高齢者まで、ほぼ一定の率で減少しているのに対して、女性では20歳代から50歳代までの減少率は比較的ゆるやかで、50歳代以降は男性と同様な減少率を示した。また白質容積は男女とも20歳代から40歳代にかけて増加して、その後減少に転じるパターンを示した。このように、同一個人の経年変化を追跡する縦断的研究により、さらに精度の高い脳加齢研究が可能である。

これまで行なってきた超音波による動脈硬化病変部位の弾性率分布の非侵襲的計測の精度を向上させ、新たな組織分類法の開発により、組織を脂質・血栓・膠原線維・平滑筋・石灰化組織への分類または含有割合の算出が可能となった。また、心臓壁の微小振動の

非侵襲的計測の研究の進展とによって、横波振動が大動脈弁閉鎖時・僧帽弁閉鎖時に生じるだけでなく、心筋への電氣的興奮の伝搬に伴う振動を非侵襲的に計測できることが示された。

2-4 「メディカルインフォマティクス」グループ

計算生体力学シミュレーションにより種々の生体内の流れの解析を実施した。離散要素法とストークス動力学法による血小板血栓の生成・崩壊過程の3次元シミュレーションや、自由に変形する赤血球モデルの流れの地球シミュレータを用いた超大規模計算、さらに粒子法によるマラリア感染赤血球の微小循環障害などの計算に成功した。また、レーザー共焦点PIVによる血流測定実験も行った。

超音波診断装置とコンピュータを高速ネットワークで接続し、超音波計測結果と数値計算結果との誤差を計算にフィードバックする超音波計測融合血流シミュレーションシステムにより2次元血流場のリアルタイム解析を実現した。実験的脳動脈瘤について、in vitroにてマイクロCTを使って三次元形状をコンピュータ解析に用いる方法を開発した。更に、同様にマイクロCTを使ってin vivoにて三次元CTにて再構築する方法も確立した。これらの成果に基づき、脳動脈瘤の発生、成長における壁剪断応力の関与について解明した。

同時確率分布に基づく手法により、埋込み型除細動器における致死性不整脈を高精度で検出するアルゴリズムを開発した。独立成分分析を用いることによって、映像の自律神経系に対する影響を定量化するための生理指標が脈波情報のみから得られることを明らかにした。補助人工心臓装着時循環系の心機能推定法の理論的妥当性を、数学的モデルを使って検証した。バーチャルリアリティ（VR）を用いることで健常者に擬似的な半側空間無視状態を作り出す方法を開発し、VR検査・リハビリシステムの有効性を示した。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

細胞機能と生体分子操作、ナノメディスン、生体分子・構造イメージング、メディカルインフォマティクスの各グループ内およびグループ間で研究が展開され、優れた成果が得られた。とりわけ、メディカルインフォマティクスグループの培った計算生体力学技術の臨床脳血管治療への応用や、人工心臓コントロール技術への応用などが特筆される。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

5年間で約100の海外の大学、研究施設と共同研究を実施し、国際的な感覚を身につけた若手

研究者が育成した。共同研究を実施した海外の研究施設の例としては、ハーバード医科大学、スタンフォード大学、テキサス大学、ピッツバーグ大学、ジョンズホプキンス大学、カリフォルニア大学、ノースウェスタン大学、シラキュース大学、バイラー医科大学、トロント大学、モントリオール神経研究所、ロンドン大学、ケンブリッジ大学、フランス国立科学研究所、グローニンゲン大学、アイントホーヘン大学、マックスプランク研究所、バーゼル大学、ジュネーブ大学、カロリンスカ研究所、ウプサラ大学、ルンド大学、デンマーク工科大学、スモレンスクステートメディカルアカデミー、マサリク大学、シンガポール国立大学、重慶大学、パスツール研究所、カンタベリー大学、クイーンズランド大学等が挙げられる。

6) 国内外に向けた情報発信

研究教育成果の情報発信としては、国際誌への論文公表、国際学会・国際シンポジウムへの積極的な参加・発表は当然として、各種の研究成果およびデータベースのWEB上での公開が、各研究単位で実施されている。また、世界に向けて効果的な情報発信と情報交換を行うため、外国における国際シンポジウム（ニューヨーク市、ハワイ大学、シンガポール大学など）も開催した。このほか、一般公開講演、市民講座などにも積極的に対応した。

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）

本拠点では、本補助金では全く研究設備等への配分を行わず、各メンバーが競争的資金への積極的な応募と研究の展開を義務づけた。その結果、文部科学省科学研究費・特別推進研究・特定領域研究・基盤研究 S・A・B・C・萌芽研究、文部科学省科学技術振興調整費・新興分野人材養成、産学連携製造中核人材育成事業、厚生労働省科学研究費補助金・萌芽の先端医療技術推進研究事業、厚生労働省がん研究助成金、NEDO産業技術研究助成事業、科学技術振興機構シーズ育成試験、The Human Frontier Science Program、戦略的情報通信研究開発推進等の競争的資金（5年間で合計約35億円）を多くの分担者が獲得して、所期の目的のとおり活発に研究を展開した。科学技術振興調整費では平成16年度より5年間の計画で「医療工学技術者創成のための再教育システム」を関連事業として展開し、社会人再教育を推進している。

②今後の展望

本拠点は、平成14年度の生命科学分野において採

択された唯一の工学的内容に主眼を置く教育・研究プログラムであり、助成の5年間を通じて、我が国における唯一の医工学に関するCOEプログラムでもあった。また、本学における唯一の生命科学関係のプログラムであった。この意味で、選定されたことは第2次大戦前に遡る東北大学の医工学研究・教育の歴史においても画期的なものであり、まさしく、21世紀の本学の進路を巡る議論に大きな方向性を与えるものとなり、これに引き続く、科学技術振興調整費（拠点形成、新興人材養成など）の大型プロジェクトの基礎となった点で、東北大学に限らず、我が国の医工学研究教育を最先端でリードし、その方向性を決定づける最重要なプロジェクトとなったと自負もし、また、外部からの評価もいただいている。

そもそも、東北大学は、研究第一主義、門戸開放、実用を忘れざるの主義を旗印に我が国科学技術の最前線を切り開いてきたが、今回の医工学プログラムの選定は、今後の本学の教育・研究の方向が、20世紀を席卷した生命科学の爆発的な発展に基礎をおく21世紀科学技術の主要な方向である医工学の方向と一致していることを内外に指し示すことになったという意味で極めて大きなインパクトがあったと言える。固定した伝統的な学問分野に閉じこもることなく、旧来の教育・研究組織の束縛を脱して本プログラムに参集した本学のもっとも優れた研究者の一群が、これまでも大いにユニークであった本学の個性に新たに付け加えたものは想定を越えて大きかった。

③その他（世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度）

本プログラムで育成された人材の評価とその進路については、まだ、最終の評価を下すことができる段階ではないが、本プログラムの中核専攻である工学研究科バイオロボティクス専攻を含む機械系においては、大学院入学試験において他大学出身の志願者が約4倍に急増した等の現象があり、この意味で優秀な学生が集まるようになっていくことは特筆すべき変化である。国際的評価および国内での関連する学会の評価においても我が国を代表する医工学の教育・研究拠点と高く評価・認識されており、世界最高の拠点のひとつと目されていることは、拠点リーダをはじめとする事業推進担当者が、各種の国際学会、世界コンgresにおける基調講演等を多数依頼されている事実に示されている。

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	東北大学	拠点番号	A03
拠点のプログラム名称	バイオナノテクノロジー基盤未来医工学		
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（<u> </u>）：拠点からコピーが提出されている論文 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 1) M. Sato, K. Suzuki, Y. Ueki and T. Ohashi: Microelastic Mapping of Living Endothelial Cells Exposed to Shear Stress in Relation to Three-dimensional Distribution of Actin Filaments. <i>Acta Biomaterialia</i> 3(3), 311-319, 2007. 2) S. Deguchi, T. Ohashi and M. Sato: Tensile Properties of Single Stress Fibers Isolated from Cultured Vascular Smooth Muscle Cells. <i>Journal of Biomechanics</i>, 39(14), 2603-2610, 2006. 3) N. Sakamoto, T. Ohashi and M. Sato: Effect of fluid shear stress on migration of vascular smooth muscle cells in cocultured model. <i>Annals of Biomedical Engineering</i>, 34(3), 408-415, 2006. 4) S. Deguchi, T. Ohashi and M. Sato: Intracellular stress transmission through actin stress fiber network in adherent vascular cells. <i>Molecular and Cellular Biomechanics</i>, 2(4), 205-216, 2005. 5) S. Deguchi, K. Maeda, T. Ohashi and M. Sato: Flow-induced hardening of endothelial nucleus as an intracellular stress-bearing organelle. <i>Journal of Biomechanics</i>, 38(9), 1751-1759, 2005. 6) H. Wada (Ed.): <i>Biomechanics at Micro-and Nanoscale Levels. Vol.1</i>, World Scientific Publishing, 2005. 7) H. Wada (Ed.): <i>Biomechanics at Micro-and Nanoscale Levels. Vol.2</i>, World Scientific Publishing, 2006. 8) K. Iida, K. Tsumoto, K. Ikeda, I. Kumagai, T. Kobayashi and H. Wada: Construction of an expression system for the motor protein prestin in Chinese hamster ovary cells. <i>Hearing Research</i>, 205, 262-270, 2005. 9) Y. Feng, S. Wada, K. Tsubota and T. Yamaguchi: Growth of Intracranial Aneurysms Arised from Curved Vessels under the Influence of Elevated Wall Shear Stress - A Computer Simulation Study. <i>JSME International Journal Series C</i>, 47 (4), 1035-1042, 2004. 10) S. Yokosawa, M. Nakamura, S. Wada, H. Isoda, H. Takeda and T. Yamaguchi: Quantitative Measurements on the Human Ascending Aortic Flow Using 2D Cine Phase-Contrast Magnetic Resonance Imaging. <i>JSME International Journal Series C</i>, 48(4), 459-467, 2005. 11) R. Lima, S. Wada, K. Tsubota and T. Yamaguchi: Confocal micro-PIV measurements of three-dimensional profiles of cell suspension flow in a square microchannel. <i>Measurement Science and Technology</i>, 17(4), 797-808, 2006. 12) T. Yamaguchi, T. Ishikawa, K. Tsubota, Y. Imai, M. Nakamura and T. Fukui: <i>Computational Blood Flow Analysis —New Trends and Methods</i>. <i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i>, 1(1), 29-50, 2006. 13) R. Lima, S. Wada, M. Takeda, K. Tsubota and T. Yamaguchi: In vitro confocal micro-PIV measurements of blood flow in a square microchannel: The effect of the haematocrit on instantaneous velocity profiles, <i>Journal of Biomechanics</i>, 2007(In press). 14) M. Esashi: Development of Novel Medical Engineering Using Micro Nanomachining. <i>Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology</i>, 223-234, 2006. 15) J.J. Chen, M. Esashi and Y. Haga: Small Diameter Ultrasound Imager for Intraluminal Forward-Looking Inspection. <i>Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology</i>, 301-310, 2006. 16) Y.C. Lin, T. Ono and M. Esashi: Quarts-Crystal Cantilevered Resonator for Nanometric Sensing, <i>Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology</i>, 401-410, 2006. 17) K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Watanabe, Y. Kawamura, T. Yamaguchi, R. Oyama, G. Momose, A. Ishizaki, H. Yamazaki and Y. Kikuchi: 3D-imaging using micro-PIXE. <i>Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section, A</i>571, 64-68, 2007. 18) K. Ishii, S. Matsuyama, H. Yamazaki, Y. Watanabe, Y. Kawamura, T. Yamaguchi, G. Momose, Y. Kikuchi, A. Terakawa and W. Galster: 3D-CT imaging using characteristic X-rays and visible lights produced by ion microbeam bombardment. <i>Nuclear Instrument and Methods in Physics Research, B</i>249, 726-729, 2006. 19) K. Ishii, S. Matsuyama, H. Yamazaki, Y. Watanabe, T. Yamaguchi, G. Momose, T. Amartaivan, A. Suzuki, Y. Kikuchi and W. Galster: MICRON-CT USING PIXE WITH MICRO-BEAMS. <i>International Journal of PIXE</i>, 15(3,4), 111-124, 2005. 20) F. Sato, M. K. Islam, T. Matsue, J. Kosuge, N. Fukasaku, S. Kurosawa and M. Nishizawa: Enzyme-Based Glucose Fuel Cell Using Vitamin K3-Immobilized Polymer as an Electron Mediator. <i>Electrochem. Commun.</i>, 7, 643-647, 2005. 21) H. Kaji, M. Hashimoto and M. Nishizawa: On-Demand Patterning of Protein Matrices inside a Microfluidic Device. <i>Anal. Chem.</i>, 78, 5469-5473, 2006. 22) H. Kaji, T. Kawashima and M. Nishizawa: Patterning Cellular Motility Using an Electrochemical Technique and a Geometrically-Confined Environment. <i>Langmuir</i>, 22, 10784-10787, 2006. 23) H. Kanai, H. Hasegawa, M. Ichiki, F. Tezuka and Y. Koiwa: Elasticity Imaging of Atheroma with Transcutaneous Ultrasound -Preliminary Study-. <i>Circulation</i>, 107(24), 3018-3021, 2003. 24) H. Kanai: Propagation of Spontaneously Actuated Pulsive Vibration in Human Heart Wall and In Vivo Viscoelasticity Estimation. <i>IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control.</i>, 51(11), 1931-1942, 2005. 25) H. Hasegawa and H. Kanai: Improving Accuracy in Estimation of Artery-Wall Displacement by Referring to Center Frequency of RF Echo. <i>IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control.</i>, 53(1), 52-63, 2006. 26) A. Ogawa, E. Mori, K. Minematsu, W. Taki, A. Takahashi, S. Nemoto, M. Sasaki: Randomized Trial of Intra-arterial Infusion of Urokinase Within 6 Hours of Middle Cerebral Artery Stroke. <i>The Middle Cerebral Artery Embolism Local Fibrinolytic Intervention Trial (MELT) Japan, Stroke</i>, 2007 (In press). 27) T. Hassan, E.V. Timofeev, T. Saito, H. Shimizu, M. Ezura, Y. Matsumoto, K. Takayama, T. Tominaga, A. Takahashi: A proposed parent vessel geometry-based categorization of saccular intracranial aneurysms: computational flow dynamics analysis of the risk factors for lesion rupture. <i>J Neurosurg</i>, 103, 662-680, 2005.			

- 28) T. Hassan, EV. Timofeev, T. Saito, H. Shimizu, M. Ezura, T. Tominaga, A. Takahashi, K. Takayama: Computational replicas: anatomic reconstructions of cerebral vessels as volume numerical grids at three-dimensional angiography. *AJNR* 25, 1356-1365, 2004.
- 29) T. Hirata, T. Nomura, Y. Takagi, Y. Sato, N. Tomioka, H. Fujisawa and N. Osumi: Mosaic development of the olfactory cortex with Pax6-dependent and independent components. *Dev. Brain Res.*, 136(1), 17-26, 2002.
- 30) T. Nomura and N. Osumi: Misrouting of mitral cells in Pax6/Small eye rat telencephalon. *Development* 131(4), 787-796, 2004.
- 31) T. Yokoo, T. Ohashi, JS. Shen, K. Sakurai, Y. Miyazaki, Y. Utsunomiya, M. Takahashi, Y. Terada, Y. Eto, T. Kawamura, N. Osumi and T. Hosoya: Human mesenchymal stem cells in rodent whole-embryo culture are reprogrammed to contribute to kidney tissues. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, 102(9), 3000-3296, 2005.
- 32) Y. Arai, N. Funatsu, K. Numayama-Tsuruta, T. Nomura, S. Nakamura and N. Osumi: Role of *Fabp7*, a downstream gene of Pax6, in maintenance of neuroepithelial cells during early embryonic development of the rat cortex. *J. Neurosci.*, 25(42), 9752-9761, 2005.
- 33) T. Nomura, J. Holmberg, J. Frisen and N. Osumi : Pax6-dependent boundary defines alignment of migrating olfactory cortex neurons via the repulsive activity of ephrin-A5. *Development*, 133(133), 1335-1345, 2006.
- 34) N. Abe, M. Suzuki, E. Mori, M. Itoh, T. Fujii: Deceiving others: distinct neural responses of the prefrontal cortex and amygdala in simple fabrication and deception with social interactions. *J. Cogn. Neurosci.*, Feb19(2), 287-95, 2007.
- 35) T. Abe, D. Bereczki, Y. Takahashi, M. Tashiro, R. Iwata, M. Itoh: Medial frontal cortex perfusion abnormalities as evaluated by positron emission tomography in women with climacteric symptoms. *Menopause*. November/December13(6), 891-901, 2006.
- 36) M. Kanazawa, M. Endo, K. Yamaguchi, T. Hamaguchi, W.E. Whitehead, M. Itoh, S. Fukudo: Classical conditioned response of rectosigmoid motility and regional cerebral activity in humans. *Neurogastroenterol*, 17(5), 705-713, 2005.
- 37) T. Sato, F. Sato, H. Matsuki, K. Katayama, A. Ito: Transcutaneous Energy Transmission System for a Rechargeable Cardiac Pacemaker. *J. Magn. Soc. Jpn.*, 27 (4), 603-606, 2003.
- 38) T. Takura, H. Ishiai, F. Sato, H. Matsuki, T. Sato: Basic evaluation of signal transmission coil in transcutaneous magnetic telemetry system for artificial hearts. *IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS*, 41(10), 4173-4175, 2005.
- 39) H. Miura, S. Arai, Y. Kakubari, F. Sato, H. Matsuki, T. Sato: Improvement of the Transcutaneous Energy Transmission System Utilizing Ferrite Cored Coils for Artificial Hearts. *IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS*, 42(10), 3578-3580, 2006.
- 40) K.R. Britton, Y. Takai, M. Mitsuya, K. Nemoto, Y. Ogawa and S. Yamada: Evaluation of inter- and intrafraction organ motion during intensity modulated radiation therapy (IMRT) for localized prostate cancer measured by a newly developed on-board image-guided system. *Radiation Medicine*, 23 (1), 14-24, 2005.
- 41) K. Nemoto, K. Takai, Y. Ogawa, T. Sakayauchi, T. Sugawara, K. Jingu, H. Wada, Y. Takai and S. Yamada: Salvage radiation therapy for residual superficial cancer after endoscopic mucosal resection. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 63 (5), 1290-1294, 2005.
- 42) K. Nemoto, K. Seiji, K. Sasaki, N. Kasamatsu, T. Fujishima, Y. Ogawa, H. Ariga, K. Takeda, T. Kimura and S. Yamada: A novel support system for patient immobilization and transportation for daily computed tomographic localization of target prior to radiation therapy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 55 (4), 1102-1108, 2003.
- 43) H. Dai, K. Kaneko, H. Kato, S. Fujii, Y. Jing, E. Sakurai, M. Kato, N. Okamura, A. Kuramasu and K. Yanai: Selective cognitive dysfunction in mice lacking histamine H1 and H2 receptors. *Neuroscience Research*, 57(2), 306-13, 2007.
- 44) K. Yanai and M. Tashiro: The physiological and pathophysiological roles of neuronal histamine: An insight from human PET studies. *Pharmacology & Therapeutics*, 113, 1-15, 2007.
- 45) J. I. Mobarakeh, K. Takahashi, S. Sakurada, A. Kuramasu and K. Yanai: Enhanced antinociceptive effects of morphine in histamine H2 receptor gene knockout mice. *Neuropharmacology*, 51(3), 612-22, 2006.
- 46) T. Hayase, K. Nisugi and A. Shirai: Numerical Realization for Analysis of Real Flows by Integrating Computation and Measurement. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 47, 543-559, 2005.
- 47) K. Funamoto, T. Hayase, A. Shirai, Y. Saijo and T. Yambe: Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Real Blood Flow in the Aorta. *Annals of Biomedical Engineering*, 33, 415-428, 2005.
- 48) K. Funamoto, T. Hayase, Y. Saijo and T. Yambe: Numerical Study on Variation of Feedback Methods in Ultrasonic-Measurement- Integrated Simulation of Blood Flow in the Aneurysmal Aorta. *JSME International Journal Series C*, 49, 144-155, 2006.
- 49) Y. Taki, R. Goto, A. Evans, A. Zijdenbos, P. Neelin, J. Lerch, K. Sato, S. Ono, S. Kinomura, M. Nakagawa, M. Sugiura, J. Watanabe, R. Kawashima and H. Fukuda: Voxel-based morphometry of human brain with age and cerebrovascular risk factors. *Neurobiology of Aging*, 25, 455-463, 2004.
- 50) Y. Taki, S. Kinomura, S. Awata, K. Inoue, K. Sato, H. Ito, R. Goto, S. Uchida, I. Tsuji, H. Arai, R. Kawashima and H. Fukuda: Male elderly subthreshold depression patients have smaller volume of medial part of prefrontal cortex and precentral gyrus compared with age-matched normal subjects: A voxel-based morphometry. *J. Affect Disorders*, 88, 313-320, 2005.
- 51) M. Sugiura, Y. Sassa, J. Watanabe, Y. Akitsuki, Y. Maeda, Y. Matsue, H. Fukuda and R. Kawashima: Cortical mechanisms of person representation: recognition of famous and personally familiar names. *NeuroImage*, 31, 853-860, 2006.
- 52) E. Santos Filho, M. Yoshizawa, A. Tanaka, Y. Saijo and T. Iwamoto: Moment based texture segmentation of intravascular ultrasound images. *Journal of Medical Ultrasonics*, 32(3), 91-99, 2005.
- 53) D. Ogawa, M. Yoshizawa, A. Tanaka, K. Abe, P. Oregario, T. Motomura, H. Okubo, T. Oda, T. Okahisa, S. R. Igo and Y. Nose: Indirect flow measurement of the NEDO PI gyro pump for Chronic BVAD experiments. *ASAIO J*, 52, 266-271, 2006.
- 54) K. Baheux, M. Yoshizawa, A. Tanaka, K. Seki and Y. Handa: Virtual Reality Counterparts of Pencil and Paper Tests for Hemispatial Neglect: a protocol. *CyberPsychology & Behavior*, 9(2), 192-195, 2006.
- 55) 山家智之: 21世紀COE: バイオナノテクノロジー基盤未来医工学、加齢医学研究所におけるナノテク医工学研究の新展開を目指して、加齢医学研究所雑誌, 54, 79-92, 2003.
- 56) 山家智之: 医工学連携の新展開によせて、日本AEM学会誌, 12, 86, 2006.
- 57) J.C. Shim, H. Oh, H. Choi, T. Sakaguchi, H. Kurino and M. Koyanagi: SiGe elevated source/drain structure and nickel silicide contact layer for sub 0.1 μ m MOSFET fabrication. *Applied Surface Science*, 224(1-4), 260-264, 2004.
- 58) J. Deguchi, T. Watanabe, T. Nakamura, Y. Nakagawa, T. Fikushima, J.C. Shim, H. Kurino and M. Koyanagi: Three-Dimensionally Stacked Analog Retinal Prosthesis Chip. *Japanese Journal of Applied Physics (JJAP)*, 43(4B), 1685-1689, 2004.
- 59) M. Koyanagi, T. Nakamura, Y. Yamada, H. Kikuchi, T. Fukushima, T. Tanaka and H. Kurino: Three-Dimensional Integration Technology Based on Wafer Bonding With Vertical Buried Interconnections. *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*. 53(11), 2799-2808, 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))

(1) 平成15年1月28日仙台国際センター「The 1st International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology」

216(23)人、J. Sharpe (MRC Human Genetics Unit, UK), W. Liu (University of California, USA), K. Wienhard (Max-Planck Institute for Neurological Research, Germany), C. Ross Ethier (University of Toronto, Canada)

(2) 平成15年9月16, 17日仙台国際センター「The 2nd International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - Future Directions for Analyzing Cell and Molecular Functions -」

150(29)人、S-L. Ang (National Institute for Medical Research), P. F. Davies (Institute for Medicine & Engineering, University of Pennsylvania), W. E. Brownell (Baylor College of Medicine) 他10名

(3) 平成15年11月4, 5, 6日宮城蔵王ロイヤルホテル「The 3rd International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - Advanced Technologies in Functional Biomedical Imaging」

174(46)人、J. P. Lerch (McConnell Brain Imaging Centre, Montreal Neurological Institute, McGill University, Canada), R. B. Innis (National Institute of Mental Health, NIH, U.S.A), A. A. Lammertsma (PET Centre, VU University Medical Centre, The Netherlands) 他14名

(4) 平成16年6月25日仙台国際センター「The 4th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - Frontiers of Medical Informatics -」

124(30)人、C. Ross Ethier (Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto), Emily A. Keshner (Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Feinberg School of Medicine Northwestern University), Daniel A. Ruefenacht (Department of Radiology and Medical Informatics Geneva University Hospital)

(5) 平成17年2月15日東北大学医学部良良会館「The 5th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - NanoScience and Technology for Medical Applications」

77(24)人、Klaus Sattler (Department of Physics and Astronomy, University of Hawaii at Manoa), John A. Sidles (Department of Orthopaedics and Sports Medicine, University of Washington), Kyung Sun (Korea Artificial Organ Center) 他6名

(6) 平成17年11月21日仙台国際センター「The 6th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - Synergy of Informatics and Biology - Grand Challenge of Bionanotechnology Based Future Biomedical Engineering -」

76(10)人、T. David (Center of Bioengineering, University of Canterbury, New Zealand), A. Engel (M.E. Muller Institute for Structural Biology, Biozentrum, University of Basel, Switzerland), S. Takayama (Department of Biomedical Engineering, University of Michigan, USA), J.R. Cebal (School of Computational Science, George Mason University, USA)

(7) 平成17年12月7, 8, 9(10)日 Suntec Singapore International Convention and Exhibition Centre(シンガポール)「The 7th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - Held as Symposia of Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology In the 12th International Conference on Biomedical Engineering」

450(360)人、Timothy David (University of Canterbury, New Zealand), Christopher Bertram (University of New South Wales, Australia), Timothy Pedley (Cambridge University, UK), Klaus Sattler (Department of Physics and Astronomy, University of Hawaii at Manoa)

(8) 平成18年12月4, 5日 National University of Singapore(シンガポール)「The 2nd Tohoku-NUS Joint Symposium on the Future Nano-medicine and Bioengineering in the East Asian Region - as the 8th International Symposium of Future Medical Engineering Based on Bio-nanotechnology」

250(206)人、T. David (Center of Bioengineering, University of Canterbury, New Zealand)

(9) 平成19年1月7, 8, 9日仙台国際センター「The 9th International Symposium on Future Medical Engineering based on Bio-nanotechnology - jointly organized with The 19th Bioengineering Conference, 2006 Annual Meeting of BED/JSME」

720(38)人、T. J. Pedley (University of Cambridge), F. Tamanoi (University of California, Los Angeles), D. J. Yang (The University of Texas), A. M. Robertson (University of Pittsburgh)

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

■学生派遣（RA, PD）

【平成14年度～平成18年度 国内453件、海外98件 合計552件】

平成14年度 56件：国内44件、海外12件（海外：国際会議へ派遣5名…うち1名はシンガポールで開催された国際医用生体工学会議において若手研究者賞を受賞、研究交流・視察7名）

平成15年度 113件：国内94件、海外19件（海外：長期研修2名、国際会議へ派遣12名、研究交流・視察5名）

平成16年度 148件：国内130件、海外18件（海外：長期研修2名、国際会議へ派遣11名…うち2名がStudent Travel Award とStudent Scholarship Awardを受賞、研究交流・視察5名）

平成17年度 131件：国内108件、海外23件（海外：長期研修1名、国際会議へ派遣20名…うち3名がStudent Travel Award、Graduate Student Award、Student Paper Competition Awardを受賞、研究交流・視察2名）

平成18年度 105件：国内77件、海外28件（海外：国際会議へ派遣21名、研究交流・視察2名）

RAの5名が国内学会、学内等において受賞

■遍歴学生制度の実施（学内のみならず、国内への遍歴も視野に入れた体制で実施）

平成16年度：10名の学生が相互に派遣

平成17年度：7名の学生が相互に派遣、また、国内他研究機関等へも4名のRAを派遣した。

平成18年度：8名の学生が相互に派遣、また、国内他研究機関等へも5名のRAを派遣した。

■医工共同開催講義

事業推進担当者が共同して博士課程学生に対する医工学カリキュラムを通年で実施：事業推進担当者全員（18名、17年度より19名）及び関連分野の専門家を招聘するなどで、3時間／回（1回2～4名の担当者）、工学系と医学系を結ぶデジタルコラボレーションシステムを活用し実施した。受講者数は毎回数十名に上った。

【平成16年度～平成18年度 計25回開催 講演者51名：学内講演者42名、国内招聘者6名、海外招聘者3名】

■ミニ国際シンポジウム

【平成15年度～平成18年度 計7回開催 講演者24名：学内講演者13名、国内招聘者2名、海外招聘者9名】

平成15年度：2回（学内講演者7名、国内招聘者1名、海外招聘者2名）

平成16年度：2回（学内講演者3名、海外招聘者3名）

平成17年度：2回（海外招聘者2名）

平成18年度：1回（学内講演者3名、国内招聘者1名、海外招聘者2名）

■21COEセミナー、特別講演会

【平成15年度～平成18年度 計21回開催 講演者21名：国内招聘者5名、海外招聘者16名】

平成15年度：特別講演会4回（国内招聘者1名、海外招聘者4名）、COEセミナー1回（海外招聘者1名）

平成16年度：COEセミナー4回（国内招聘者2名、海外招聘者2名）

平成17年度：COEセミナー4回（海外招聘者3名）

平成18年度：COEセミナー8回（国内招聘者2名、海外招聘者6名）

■研究室訪問会

事業推進担当者の研究室を公開して相互に訪問する企画を平成14年度～平成16年度に実施し、全研究室を一巡した。

平成14年度：第1回（工学研究科：佐藤研究室）

平成15年度：第2回（医学系研究科：大隅研究室、大内研究室） 第3回（工学研究科：石井研究室 サイクロトン・ラジオアイソトープセンター：伊藤研究室） 第4回（加齢医学研究所：山家研究室、福田研究室）

第5回（流体科学研究所：早瀬研究室）

平成16年度：第6回（工学研究科：江刺研究室、小柳・田中研究室、山口研究室） 第7回（工学研究科：金井研究室、松木研究室 情報シナジーセンター：吉澤研究室） 第8回（医学系研究科：山田研究室、高橋研究室、谷内研究室）

■21COE学生特別研究奨励費

RA, PDを対象に支援制度を確立。拠点リーダーを専攻委員長とし同事業担当者他数名で構成する選考委員会により、応募者の申請内容について厳正な審査を行い、趣旨及び対象となる研究経費と合致するものを選定、研究費を支援。平成15年度：6名に支給（各50万円）平成16年度：18名に支給（各50万円）平成17年度：18名に支給（各45万円）平成18年度：11名に支給（各40万円）

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)

拠点形成全体については、概ね達成され、期待どおりの成果があったものの、医工融合の実態および医工融合による新分野形成の見通しが必ずしも明確にされたとは言い難い面もあり、今後の更なる努力が期待される。

5年間にわたる研究成果は、欧文原著論文630編として公表され、国際会議への特別・招待講演も170件に達している。マイクロ・ナノレベルにおける聴覚システムの構築解明、前方視超音波内視鏡による血管内イメージング、分子イメージングによるアルツハイマー病の早期診断、生体内流れのシミュレーションによる血小板血栓の生成・崩壊のシミュレーション等の研究が実施された。

人材育成については海外数十大学との共同研究による国際性の付与、複数の専攻における修学を目的とした遍歴学生制度、外国留学への支援、国際シンポジウムにおける若手の主導性などが実施された。そして80名以上の人材が、大学・研究機関・企業・国公立病院等に就職し、研究を続けている。また、ユニークな遍歴学生制度についても、その成果をみるべく、今後ともフォローアップして効果を検証してもらいたい。

貴学においては、先進医工学研究機構の確立が目指されており、本COEとは目標が一致している部分もあり、本COEの継続的受け皿となる未来医療工学センター（仮称）や医工学研究科（仮称）について、未来医工学の具体的イメージを固めつつ、その具体化を図ってもらいたい。