

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) 九州工業大学	機関番号	17104
	(ふりがな<ローマ字>) (氏名) Shimomura Teruo 下村 輝夫		

2. 大学の将来構想

本学は九州北部の工業地帯の国立工業大学として工学分野における実学を重視した研究と教育を行ってきた。工学の役割は、時代とともに変化する社会の要請に応える人材養成であり、現在及び将来の社会的ニーズに対応する基礎及び応用研究の実施であるとの観点から、改革（教職員の意識改革及び組織改革）を進めてきた。世界的な情報化の流れが加速することを予測して、本学の提案により1986年に国立大学で最初の「情報系総合学部」として情報工学部が設置された。その後、1988年に大学院工学研究科の博士後期課程が設置され、続いて1993年に大学院情報工学研究科の博士後期課程が設置された。

急速に変貌する世界情勢の中で、新産業・新技術の開発が強く要望されており、複数の工学分野が融合した新領域の開拓が不可欠との考えから、情報システムの新しい実現原理を生体に学ぶ脳情報専攻、並びに生体が有する機能を工学として展開する生体機能工学専攻から成る大学院生命体工学研究科が2000年に設置された。

一方、価値観の多様化や地球規模の経済の変化に社会が対応するために必要なIT革命を遂行する目的で、2002年に大学院情報工学研究科に情報創成工学専攻が設置された。また、工学を構成するシステムや材料の機能を最大限に発現することを目的として、2003年に大学院工学研究科に機能システム創成工学専攻が設置された。

以上の方針の下に組織を充実し、研究教育を行ってきたが、こうした本学の活動が認められ、2002年に知的クラスター創成事業「北九州ヒューマンテクノクラスター」に採択された。

工学研究科・情報工学研究科・生命体工学研究科を擁する「工学系総合大学」である本学の使命は、急速に少子高齢化社会を迎えつつある知識社会において、ソフト及びハードの面から新産業・新技術の創出に寄与し、社会の発展に貢献することである。このため、本学ではこれまでの方針をさらに強化し、図1に示す三軸構想を立てて積極的に改革を進めている。それらは (a) 急速に変化しつつあるIT技術を容易に使える技術として社会に導入し、かつその技術を用い

て社会の変革を加速するための情報・IT分野への種別化

- (b) 種々の工学的基礎技術を融合し、資源・環境・エネルギーなどの地球的課題を解決するための新技術創成への種別化
- (c) 社会的ニーズを解決するとともに大学発の新技術を社会に還元し、社会の発展に貢献するための産学連携とニュービジネスの創出

である。申請計画は、このような三軸構想における(a)および(c)の2軸に関連する複合領域の計画である。

現在の社会は工業を中心とした社会から知識の生産を中心とし知識社会へと変化しつつある。単一の専門分野を追及するだけでは、こうした社会変革に対応することは困難であり、複数の専門分野が融合するとともに、学術と産業が一体となった研究体制による取組が不可欠である。さらに、次世代の中核となりえる人材、すなわちP.F. Druckerの言うところの新種の知識労働者(テクノロジスト)の育成が急務であることから、特別にCOE教育プログラムを設け、学生・社会人の教育を行う。

以上の申請計画を中心として、本学では三研究科にわたる共通科目の設置、情報関連の研究教育への種別化、PBLやe-learning等の教育システムの改革を推進していくが、そのための組織改革として、情報基盤機構、学内共同利用施設の統合再編成等による教育研究支援体制の抜本的拡充を目指している。

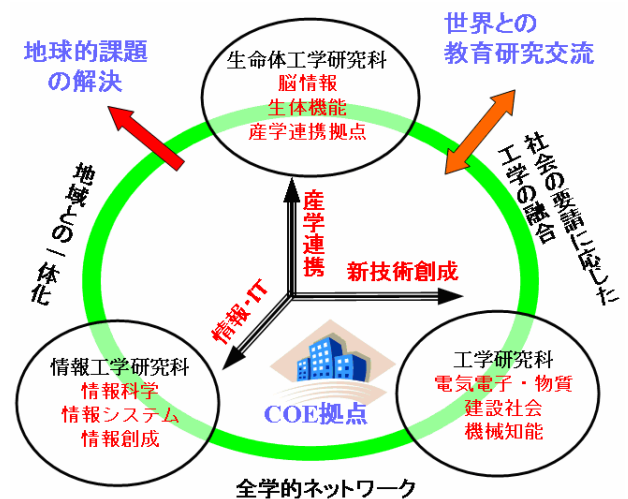


図1 将来構想の概念図

3. 達成状況及び今後の展望

日本がこれから自然科学で国際的に競争力を発揮するには、エリート教育が絶対に必要と思われる。社会の要請としては平均的な人材を数多く輩出する必要も考えられようが、日本の科学技術のレベルを決めるものは、やはり少数の優れた逸材であることは間違いのない。真のエリートは複数の専門領域におけるアナロジーを洞察できるであろうし、そこから創造性豊かな思考の展開が出来るであろう。そのような若い人材を育てることを目的として、我々はマルチタレント英才教育という一見無謀にも見える教育を試みた。そのマンツーマン教育の効果は絶大で、本人の特性に合わせた細やかな指導が可能となり、最大限の効果が得られたと思われる。その分、各教員にかかる負担も相当なものがあったが、半年間のマルチタレント英才教育を終えた後にさわやかな満足感を味わえたのもまた事実である。

このマルチタレント英才教育を実施する過程で、もっと高い専門性での異分野教育の可能性が出てきたので、大学院教育改革支援プログラム（大学院GP）の中で「出稽古修行型分野横断研鑽システム（出稽古システム）」という新しい試みを企画した。これも1年目の試みが成功したので、2年目には学内に水平展開を試み、これも成功裏に終了しようとしている。

一方、研究面では、神経生理から、心理・情動、理論・モデル、デバイス、ロボティクスに至るまで、極めて価値観や発想の異なる5分野の教員・スタッフが頻繁にセミナーを開催し、互いの意見を戦わせた結果、半年後には互いの専門用語のみならず思想、価値観までも理解できるようになり、分野横断的なプロジェクトが編成できるようになった。結果として研究室間の垣根がずっと低くなり、その後の博士課程の教育に極めてよい結果をもたらすことになった。これは、21世紀COEプログラムに採択されて始めて、可能になったと判断する。

この経験を大切にして、さらに世界の教育研究拠点たるべく、大学としても経済面、運営面で今後とも支援を続ける予定でいる。

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	九州工業大学	学長名	下村 輝夫	拠点番号	J19	
1. 申請分野	F<医学系> G<数学、物理学、地球科学> H<機械、土木、建築、その他工学> I<社会科学> J<学際、複合、新領域>					
2. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	生物とロボットが織りなす脳情報工学の世界 (World of Brain Computing Interwoven out of Animals and Robots)					
研究分野及びキーワード	※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: 情報学>(脳型情報処理)(ニューラルネットワーク)(ファジィ理論)(カオス)(ロボティクス)					
3. 専攻等名	大学院生命体工学研究科脳情報専攻					
4. 事業推進担当者	計 11名					
ふりがなくローマ字) 氏 名	所属部局(専攻等)・職名	現在の専門 学 位	役割分担 (事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項)			
(拠点リーダー) Yamakawa Takeshi 山川 烈 (62)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	ソフトコンピューティ ング・工学博士	①全体の取りまとめ、②知識獲得の数理モデルおよび 言語モデルの構築③神経機能デバイス・感覚機能デバ イスの設計・試作、④脳型集積回路(IC)の応用			
Ishikawa Masumi 石川 眞澄 (61)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	ニューロコンピューテ ィング・工学博士	自己組織的行動獲得技術の開発			
Hayashi Hatsuho 林 初男 (60)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	脳情報科学・ 工学博士	海馬の時系列学習記憶機構とそのモデル化に関する 研究			
Yoshii Kiyonori 吉井 清哲 (57)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	神経生理学・ 薬学博士	味覚受容機構の神経生理学的解明			
Aou Shuji 粟生 修司 (55)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	神経生理学・ 医学博士	情動・本能行動の心理人類動態学的解析とその神経基 盤の解明			
Morie Takashi 森江 隆 (51)	生命体工学研究科 脳情報専攻・教授	知能集積システム工学・ 博士(工学)	神経機能デバイスおよび脳型ビジョンチップの設 計・開発			
Tanaka Shigeru 田中 繁 (50)	生命体工学研究科 脳情報専攻・客員教授 (連携講座)	ニューロコンピューテ ィング・理学博士	視覚情報処理に関する計算論的モデルの研究			
Ishizuka Satoru 石塚 智 (55)	生命体工学研究科 脳情報専攻・准教授	神経生理学、生物物理 学、 非線形科学・博士(学術)	生理学実験による時系列情報処理の解明			
Miyamoto Hiroyuki 宮本 弘之 (46)	生命体工学研究科 脳情報専攻・准教授	計算論的神経科学・ 博士(工学)	脳科学の基礎的研究成果の検証と知見のフィードバ ックのためのロボット開発			
Hanazawa Akitoshi 花沢 明俊 (40)	生命体工学研究科 脳情報専攻・准教授	神経生理学・ 理学博士	視覚情報処理に関する心理・生理学実験およびモデル の構築			
Ishii Kazuo 石井 和男 (39)	生命体工学研究科 脳情報専攻・准教授	ロボティクス・ 博士(工学)	脳型コンピュータ搭載用移動ロボットの開発、共通プ ラットフォームとしての移動ロボットの開発			
5. 交付経費(単位:千円) 千円未満は切り捨てる () : 間接経費						
年 度(平成)	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	合 計
交付金額(千円)	98,000	126,700	127,200	132,640 (13,264)	135,000 (13,500)	619,540 (26,764)

6. 拠点形成の目的

「情報・IT分野への種別化」、「新技術創成への種別化」、「産学連携とニュービジネスの創出」という本学の将来に向けた三軸構想を具体化するために、世界最高水準の学術的研究教育拠点を形成すると同時に、産学連携・ベンチャー創出をもって日本経済の発展に貢献する。本拠点は、国内外の他の多くの研究機関にみられるように、脳科学の一部の狭い領域についての研究教育を行うのではなく、多面的な脳神経系の解明、および脳科学と情報科学と工学の融合を目指す新しい専門分野「脳情報工学」を確立することを目的としている。

言葉を代えれば、Von Neumannの蓄積プログラム方式に準拠した従来の計算機科学の殻を破り、生命体の脳や神経系の情報処理機能およびその発現行動に学んで、全く新しい情報処理パラダイムを創製しようとするものである。すなわち、外界からインプットされた情報を、予め与えられたプログラムに従って処理するのではなく、生物が日々の生命活動の中で行っているように、自ら外界環境に働きかけ、それに対する外界からの反応を検知し処理をするという、「自己と環境との相互作用」により自己組織的に構築されていく情報処理システムを本拠点の研究対象とする。このようなシステムは、感覚系、中枢系、出力系が一体として機能し、環境の変化やノイズあるいは情報処理システム自身の特性変動に対しても頑健なシステムとなる。また処理ごとにプログラムを作り直す必要もないので、従来のコンピュータで問題となっているソフトウェアクライシスも存在しない。

脳科学の中の特定の狭い部門に限定すれば、専門性の高い研究組織やプロジェクトは国内外でおびただしい数にのぼる。しかし、環境との相互作用で脳を創るという視点で、脳神経生理学的アプローチ、心理・働態学的アプローチ、数理化学的・言語科学的アプローチから半導体集積回路（脳型デバイス）、果てはロボティクスまで一貫した研究教育体制を敷いている大学は、国内外共に本拠点以外に類例を見ない。この点で、本拠点は極めてユニークな大学組織と言ってよい。このように幅広い専門分野の教授陣を擁した研究組織であるからこそ、マルチ

タレントをもった新しいタイプの研究者を育てることが可能であり、それはこれからの脳科学、脳情報工学の分野では極めて重要であり、日本が世界レベルでの牽引力となるためには絶対に不可欠である。

7. 研究実施計画

本拠点は、図1に示すように、(1) 生体の脳や神経系から電気信号を取り出す 神経生理・電気化学部門、(2) サルの挙動を中心に進められる 心理・人類動態学部門、(3) (1) で得られた脳や神経系の振る舞いを数式や自然言語でモデリングする 数理・言語科学部門、(4) (1)～(3) で得られた知見をもとに高速で動作する脳型集積回路(脳型IC)を試作する 脳型集積回路部門、(5) 脳型集積回路を応用した人間親和型のロボットや環境適応型ロボット、協調型群れロボットなどを試作し、それらの挙動と生体の挙動の比較から生体脳内での情報処理を帰納する ロボティクス部門、の5つの部門からなる。

これらの5つの部門にわたる学際領域において、世界最高水準の研究成果を生み出し、世界をリードする研究者を輩出し、5年後に「脳情報工学」という新しい学問分野・研究領域を創出するために、本拠点は次のような具体的活動に力を入れる。

★ 部門間の「見えない壁」を作らないようにするために、それぞれの研究成果を専門外の研究者にも理解できるような発表形態で月例会を開催し、研究成果を互いに供与し

合い、それぞれの部門での新たな研究展開に役立てる。

- ★ 必要に応じて、若手研究者や学生が、一定期間他の部門に籍を置き、知識や技術を獲得し、共同研究を実施出来る体制を築く。
- ★ 平成16年度以降は毎年、本拠点主催の国際会議を開催し、国際的な出版社(World Scientificを予定)からEdited Bookを出版し、研究成果を国内外に広く流布させる。本プロジェクト終了後には、脳情報工学に関する大学院レベルの英文の教科書を編修・出版する。
- ★ 上記の5つの研究分野で研究業績を上げている海外の著名な研究者を毎年5人招聘し、各人半年間の講義を依頼すると共に、その間に協同研究も実施する。
- ★ 交流協定校である韓国浦項工科大学と毎年、合同ワークショップを開催しているが、これを拡大し、生命体工学研究科、浦項工科大学、上海交通大学の三者による環黄海国際協同研究「脳型ロボットの研究開発」を実施する。
- ★ 現在のビジネス・マネジメント教育にさらに力を入れ、ニュービジネスを創出する。

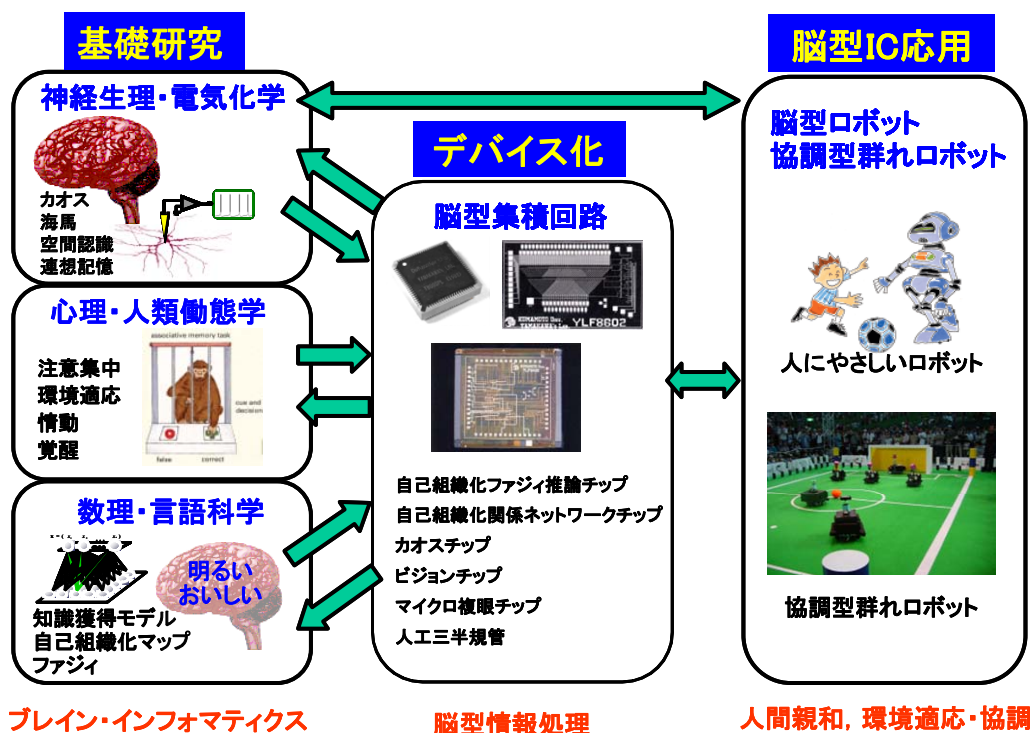


図1 本拠点の組織構成, 協力体制および研究成果供与の関係図

8. 教育実施計画

脳科学と情報科学の学際領域における問題点としてよく指摘されることは、日本では生理学と情報工学の両方の知識とスキルを身につけた研究者、あるいは実験と理論の両方に優れた研究者が育ちにくいということである。すなわち、国内の大学では、医学部、理学部、工学部、情報系学部の間「見えない壁」が厚く、お互いに交流も少ない。したがって、脳内での神経生理学的現象を解明し、その数理モデルを構築し、それをリアルタイムで実行する半導体集積回路（脳型IC）を作り、それをロボットに埋め込み、その挙動からさらに脳内での神経系の振る舞いを帰納するような研究・教育を一つの組織で実施することは、不可能に近い。しかし、本拠点を構成する事業推進担当者は医学部、理学部、工学部、情報工学系学部の出身者からなり、既に同じ研究棟の中で研究と教育を行っている。

そこで、このような環境を生かし、図2に示す専攻内インターンシッププログラムを通して徹底した学際教育を行う。すなわち、選抜された優秀な学生で、かつ博士後期課程進学を希望する者をCOEスチューデントと位置づけし、前期課程の2年間は半年ごとに異なる研究室で、その研究分野の基礎的知識と学術的センスを身につけさせる。たとえば、将来電気生理実験に使用する特殊な計測デバイスに興味のある

学生は、まずMC1の前期にデバイス研究室に配属され、pMOSトランジスタ100個程度からなる簡単なチップの設計製作実習を通して、半導体集積回路の基礎知識と製造技術を身につける。MC1の後期には、ロボット研究室に移籍し、センサ、アクチュエータ、各種制御方式やシステム構成について指導を受ける。続いてMC2の前期には、モデリング研究室に移籍し、ニューラルネットや自己組織化システム、ファジィシステムなど非線形モデリングの各手法について学ぶ。さらにMC2の後期には生理実験研究室に移籍し、イカの巨大神経からインパルスを誘導したり、神経電位をクランプする技術を学ぶ。後期課程に進むと、学生は初期に希望していたデバイス研究室にもどって、本格的な研究活動を開始する。勿論、専攻内インターンシップの過程で興味を覚えた生理実験研究室に残って博士論文のための研究を実施しても構わない。

また、各部門に関連する海外の著名な研究者を毎年5名招聘し、英語コースの講義を実施し、学生達に専門性と同時に国際的なセンスも身につけさせる。

本プロジェクト終了後には、脳情報工学に関する大学院レベルの英文の教科書を編修・出版する。

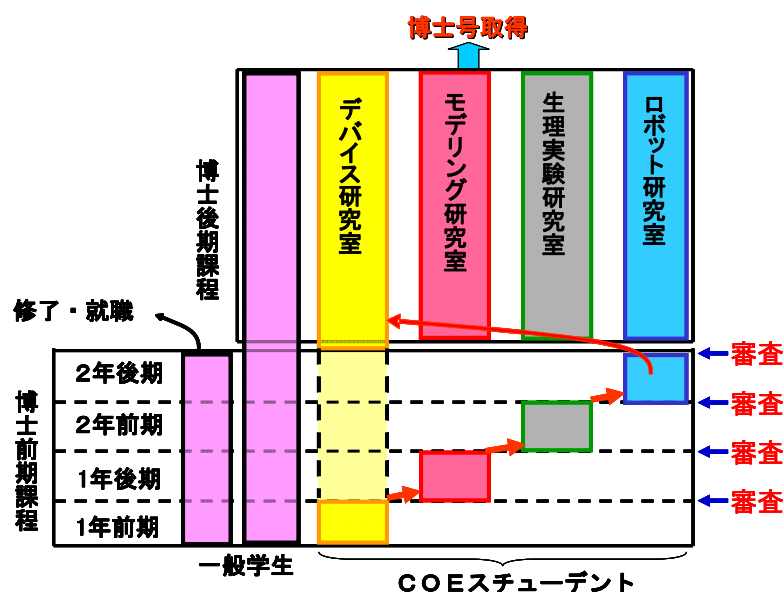


図2 本学脳情報専攻で可能なCOEスチューデント制度による視野の広い脳情報工学研究者の育成

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

世界最高水準の研究教育拠点形成のために、「脳情報工学」という新しい学問領域の創成を目指し、本学脳情報専攻一丸となって頑張ってきた。研究に関しては、脳研究の特殊性とその工学的応用という視点から、「神経生理・電気化学部門」、「心理・人類動態学部門」、「理論モデル」、「脳型集積回路部門」、「ロボティクス部門」の5つの専門分野を横断するサブプロジェクトの編成と隔週開催する教員およびポストドクによるCOEセミナーの実施により大きな進展を得た。また、教育に関しては、マルチタレント英才教育という極めてユニークな教育プログラムを実施し、予想以上の成果をあげ、国内外に大きな反響を呼んだ。以上のことから、研究教育拠点形成計画の目的は十分達成できたと判断する。

2)人材育成面での成果と拠点形成への寄与

「神経生理・電気化学部門」（神経生理）、「心理・人類動態学部門」（心理情動）、「理論モデル」（理論モデル）、「脳型集積回路部門」（デバイス）、「ロボティクス部門」（ロボティクス）の5つの専門分野のうちから4つの異なる専門分野を選択し、半年間ごとに研究室を移籍し、それぞれの専門基礎を集中的に修得する「マルチタレント英才教育」は、向学心に燃えた学生にとっては、極めて魅力的でかつハードなものであった。この教育プログラムを修了して社会に巣立っていった者は、平成17年度後期課程修了者3名、平成18年度後期課程修了者3名、平成19年度後期課程修了者4名で、現在進行中のプログラムに在籍するCOE学生は、DC3年生、DC2年生、DC1年生、MC2年生の合計26名である。COE学生の中には、マルチタレント英才教育の過程で研究レベルの成果を上げ、当該学生にとっては異分野といえる研究集会やシンポジウムで発表できるところまで成長した者も多数いた。

また、「マルチタレント英才教育」は博士前期過程2年間に実施した教育プログラムであるが、その成功を踏まえ、博士後期課程においても3ヶ月間を基準とする「出稽古修行」（大学院GP予算で実施）も実施し、成功をおさめた。

さらに、脳情報工学が脳科学の研究成果を工学に結びつける学問であることを踏まえ、実生活に役立つためのビジネス・マネジメント教育にも力を入れた。その結果、ベンチャースピリットやビジネス・マインドを持った学生が多く現れるようになった。その一例として、本学COE発のロボット関連のベンチャービジネスが、博士後期課程学生の手によって創出された。以下にその概略を示す。

- (1) 会社名 RoboPlusひびきの株式会社
- (2) 社長名 博士課程3年 石塚誠
- (3) 設立年月日 平成18年11月21日

- (4) 設立場所 北九州市若松区ひびきの
- (5) 資本金 150万円
- (6) 従業員数 常勤1名、非常勤4名
- (7) 主な事業内容

1. メカトロニクス製品の設計・製造及び販売
2. メカトロニクス製品のコンサルタント業
3. メカトロニクス製品の輸入及び輸出
4. 上記に附帯又は関連する一切の事業

なお、現時点でも、数名の博士後期課程の学生で起業を志す者がいる。

このように、複数の専門分野に通じる若手マルチタレント研究者・技術者の育成に成功した。

- 3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等脳の機能を「感覚」、「記憶・学習」、「行動発現」の三つに分け、それぞれに2～3のサブプロジェクト、さらにそれらの研究成果をロボットに搭載し、検証するために共通のサブプロジェクトを追加し、合計8つのサブプロジェクトを編成し、研究活動を行ってきた。それによって新たな学術的知見が得られたので、サブプロジェクトごとにその概略を以下に述べる。

「感覚」に関するサブプロジェクト

- (1) ネットワーク型化学センサの構造とデバイス化（リーダー：吉井教授）

味蓄の構造や応答特性から得た「閃き」を基にセンサ情報処理システムを創出した。このシステムは、アルコール気体濃度をリアルタイムで測定できる。

- (2) 視覚処理システムの構造とデバイス化（リーダー：森江教授）

視覚心理学・神経心理学の知見にヒントを得て、脳型視覚処理アルゴリズムを開発し、膨大な計算を超並列処理により、高性能・低消費電力で実行できる専用集積回路を開発した。これにより、従来の画像処理の枠を超えた、人に近い視覚機能を実現することが出来た。

「記憶・学習」に関するサブプロジェクト

- (3) 時系列情報処理システムの構築とデバイス化（リーダー：林教授）

空間認知や場所の時系列学習機能を持つ海馬にヒントを得て、①リアルタイム動き検出システムと②ローカルナビゲーションシステムを実現した。

- (4) 生理学的実験によるsequence learningの解明（リーダー：林教授）

内嗅領皮質から海馬歯状回を通り、内嗅領皮質に戻ってくる内嗅領皮質・海馬ループに注目し、シナプス可塑的変化の一つであるスパイクタイミング依存性可塑的変化について実験的研究を行い、時系列学習モデルの構築を行った。

「行動発現」に関するサブプロジェクト

(5) mnSOMを用いた内部モデルの生成とデバイス化（リーダー：古川教授）

大脳皮質のコラム構造にヒントを得た自己組織化アーキテクチャであるmnSOM、立体的なデータ表現を自己組織化するSOMn、mnSOMおよびSOMnに事故進化的な発展能力を付与したSEEMを考案した。

(6) 心理情動ベースの行動発現モデルの構築とデバイス化（リーダー：山川教授）

認知心理学、認知神経科学、ソフトコンピューティング、集積回路工学といった幅広い分野の研究メンバーによって、拡散的好奇心および特殊的好奇心の学習に及ぼす効果を明らかにし、情動をつかさどる扁桃体のモデルを構築し、情動発現機構をハードウェア化した。

(7) 移動ロボットへの行動発現チップの実装と自己組織的行動獲得の検証（リーダー：石川教授）

学習や発達に寄与する重要な因子として、生存価値、特殊的好奇心、拡散的好奇心、新奇性を取り上げ、内部報酬と外部報酬を反映する知的な行動を創発した。

他のサブプロジェクトに共通の検証サブプロジェクト

(8) 実現したチップの動作検証に共通して用いるロボットの製作（リーダー：石井准教授）

2次元平面内において全方位移動可能な車

輪型移動ロボット「WITH」を開発した。これは、他のサブプロジェクトで開発した脳型情報処理アルゴリズムをハードウェア化し、それをこのロボットに搭載して、その妥当性を検証しようとするものである。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

5つの全く異なる専門分野からなる研究プロジェクトは、往々にして縦割構造になり、有機的連携がとりにくいものであるが、本拠点では、これを避けるために、図3に示すような、脳の機能に着目した分野横断的なサブプロジェクトを編成し、教員およびポスドクの28名で隔週に実施するCOEセミナーで成果報告を行った。その結果、他分野の専門内容が良く理解でき、実質的な異分野間共同研究が可能となり、研究室間の「垣根」が低下し、教員・学生の研究室意識に大きな変化が生まれた。その結果、予想以上の研究成果をあげることが出来、また、マルチタレント英才教育の成功にも繋がった。さらに、このことが、同一目的意識による相乗効果によって、専攻内の運営円滑化にも効果を奏することになった。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

本拠点形成による国際競争力を発揮するために、ドイツ・フランクフルトAIIS研究所と平成20年3月に第一回合同ワークショップを開催し、次のステップでの国際拠点形成実現のための相補的な共同研究を模索した。その結果、



()内はサブプロジェクトリーダー

図3 脳の機能に着目した分野横断的サブプロジェクトの編成

6つの共同研究プロジェクトが平成20年度からスタートした。平成20年5月から双方に共同研究室を置き、本拠点から先方に助教を長期に渡り駐在させ、同研究所との情報交換、共同研究推進、EU諸国との連携窓口としての機能を果たしている。

また、韓国KAIST（科学技術院）との年次合同ワークショップの開催計画も策定され、本年度から実現の運びとなった。このことにより、韓国とは、浦項工科大学およびKAISTの2組織と定例ワークショップを行うことになる。

6) 国内外に向けた情報発信

毎年、本拠点主催による国際会議（Brain IT: Brain-inspired Information Technology）を開催し、多くの国内外の研究者の参加を得て、研究成果の発表および討論を行った。その成果を、さらにまとめなおして、査読を行い、Edited Book “Brain IT”として編集・出版し、国内外の組織及び個人研究者あてに毎年およそ400部配送した。

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

本拠点形成に当たっては、研究教育の戦略上重要なポストクの雇用、博士後期課程学生によるRA経費などの人件費や、国際会議の開催経費、各サブプロジェクトの研究目標達成およびその成果発表のための経費に、精査して効果的に使用した。それでも、補助金だけでは不十分で、その不足分は、学内の戦略的資金から補填することにより、本拠点本来の目的を達成することが出来た。

② 今後の展望

21世紀COEによって、脳情報工学の基盤技術、すなわち脳の機能である「感覚」、「記憶・学習」、「行動発現」における情報処理原理とその工学的実現法を確立することが出来たので、今後は、それらの統合を目指したBrain-IS (Brain-inspired Systems)の新しい拠点形成に挑む。具体的には、これまでの基盤技術に立脚する中枢の視点での統合技術、身体性の視点からの感覚機能と運動機能の統合、さらには人間と機械、機械と機械、人間と人間のかかわりという視点からの統合、そして最後にこれら全てを実システム（ロボット）に統合する。

この一連の戦略を通して、産学連携を強化し、コンソーシアムを形成することを計画している。また、国際共同研究や国際的専門教育を支援・強化するために、国際脳情報工学センターの設置も計画している。これらコンソーシアムおよび国際脳情報工学センターは、新しい国際的研究教育拠点が自ら走るために極めて重要な役割を果たすものと期待できる。

③ その他（世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度）

マルチタレント英才教育に関しては、中国、韓国、ドイツ、ニュージーランド等の多くの大

学から視察要請があったので、これを受け入れ、その実体を説明したところ、自国で同様のシステムの形成が可能か否かを検討し、是非取り入れたいとの感想を述べられた。また、学内においては、マルチタレント英才教育を基盤とした異分野専門教育は出稽古修行プログラムとして発展し、現在実施中である。

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	九州工業大学	拠点番号	J19
拠点のプログラム名称	生物とロボットが織りなす脳情報工学の世界		
<p>1. 研究活動実績</p> <p>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; margin: 5px 0;"> <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>Hakaru Tamukoh, Keiichi Horio and Takeshi Yamakawa, "A bit-shifting-based fuzzy inference for self-organizing relationship (SOR) network," IEEICE Electronics Express, Vol. 4, No. 2, pp. 60-65, 2006.</p> <p><u>Naoki Shimo</u>, Shaoning Pang, Nikola Kasabov and Takeshi Yamakawa, "Curiosity-driven Multi-agent Competitive and Cooperative LDA Learning," International Journal of Innovative Computing, Information & Control, in press, 2007.</p> <p><u>Masaaki Iwasaki</u> and Takeshi Yamakawa, "Insect vision inspired visual sensor employing new collision avoidance algorithm based on collision possibility of approaching object," International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems, Vol. 10, pp. 67-81, 2006.</p> <p><u>前野 仁</u>, 山川 烈, "ファジィ理論を用いた小型船舶用適応型オートパイロット," Vol. 17, No. 6, pp. 719-734, 2005.</p> <p><u>Takashi Aso</u>, Noriaki Suetake and Takeshi Yamakawa, "A Code-reduction Technique for SOM-based Image Enlargement Employing Fuzzy Inference," IEEE Trans. on Electronics, Information and Systems, Vol. 123, No. 6, pp. 1182-1183, 2003.</p> <p><u>Keiji Kamei</u> and Masumi Ishikawa, "Dependency of values of parameters in reinforcement learning for navigation of a mobile robot on the environment," Neural Information Processing ---Letters and Reviews, Vol. 10, No.7~9, pp. 219-226, 2006.</p> <p><u>Alireza Ahrary</u>, Li Tian, Sei-ichiro Kamata and Masumi Ishikawa, "Navigation of an autonomous sewer inspection robots based on stereo camera images and laser scanner data," International Journal on Artificial Intelligence, Vol. 16, No. 4, pp. 611-625, 2007.</p> <p><u>Fredrik Linaker</u> and Masumi Ishikawa, "Real-Time Appearance-Based Monte Carlo Localization," Robotics and Autonomous Systems, Vol. 54, No. 3, pp. 205-220, 2006.</p> <p><u>Frederik Linaker</u> and Masumi Ishikawa, "Robot Localization Using Vision," Trends in Neural Computation, No.35, pp. 483-512, 2007.</p> <p><u>Muhammad Aziz Muslim</u>, Masumi Ishikawa and Tetsuo Furukawa, "Task Segmentation in a Mobile Robot by mnSOM: A New Approach to Training Expert Modules," Neural Computing and Applications, Vol. 16, No. 6, pp. 571-580, 2007.</p> <p><u>Motoharu Yoshida</u> and Hatsuo Hayashi, "Emergence of sequence sensitivity in a hippocampal CA3-CA1 model," Neural Networks, Vol. 20, No. 6, pp. 653-667, 2007.</p> <p><u>Motoharu Yoshida</u> and Hatsuo Hayashi, "Regulation of spontaneous rhythmic activity and organization of pacemakers as memory traces by STDP in the hippocampal CA3 model," Phys. Rev. E, Vol. 69, No. 1, 011910: pp.1-15, 2004.</p> <p><u>Jun Igarashi</u>, Hatsuo Hayashi and Katsumi Tateno, "Theta phase coding in a network model of the entorhinal cortex layer II with entorhinal-hippocampal loop connections," Cognitive Neurodynamics, Vol. 1, No. 2, pp.169-184, 2007.</p> <p><u>Kazuki Nakada</u>, Keiji Miura and Hatsuo Hayashi, "Burst synchronization and chaotic phenomena in two strong coupled resonate-and-fire neurons," Int. J. Bifurcation and Chaos, in press, 2008.</p> <p><u>K. Takeuchi</u> and K. Yoshii, "Effect of superoxide derived from Lucifer Yellow CH on voltage-gated currents of mouse taste bud cells," Chemical Senses, in press, 2008.</p> <p><u>R. Hayato</u>, Y. Ohtubo and K. Yoshii, "Functional expression of ionotropic purinergic receptors on mouse taste bud cells," J. Physiol., Vol. 584, No. 2, pp. 473-488, 2007.</p> <p><u>K. Eguchi</u>, Y. Ohtubo and K. Yoshii, "Functional expression of M3, a muscarinic acetylcholine receptor subtype, in taste bud cells of mouse fungiform papillae," Chem Senses, Vol. 33, No. 1, pp. 47-55, 2008.</p> <p><u>Y. Higure</u>, Y. Katayama, K. Takeuchi, Y. Ohtubo and K. Yoshii, "Lucifer Yellow slows voltage-gated Na+ current inactivation in a light-dependent manner in mice," J. Physiol., Vol. 550, No. 1, pp. 159-167, 2003.</p> <p><u>T. Noguchi</u>, Y. Ikeda, M. Miyajima and K. Yoshii, "Voltage-gated channels involved in taste responses and characterizing taste bud cells in mouse soft palates," Brain Res, Vol. 982, No. 2, pp. 241-259, 2003.</p> <p><u>S. Aou</u>, K. Tateno, <u>H. Matuura</u>, M. Mizuno, <u>T. Fujimoto</u>, O. Hangodi, K. Horio and T. Yamakawa, "Brain-inspired adaptive models based on motivational and emotional processes," International Congress Series 1301.Brain-Inspired IT , Vol. 1301, pp. 56-59, 2007.</p> <p><u>S. Aou</u>, Li AJ, Li XL, Y. Oomura, T. Shiraishi, K. Sasaki, T. Imamura and Wayner MJ, "Orexin-A (Hypocretin-1) impairs Morris water maze performance and CA1-schaffer collateral long-term potentiation in rats," Neurosci, Vol.119, No. 4, pp. 1221-1228, 2003.</p> <p><u>Y. Oomura</u>, S. Aou, I. Matsumoto and T. Sakata, "Physiological significance of 2-buten-4-olide (2-B4O), an endogenous satiety substance increased in the fasted state," Exp Biol Med (Maywood), Vol. 228, No. 10, pp.1146-1155, 2003.</p>			

- T. Fujimoto, K. Kubo and S. Aou, "Prenatal exposure to bisphenol A impairs sexual differentiation of exploratory behavior and increases depression-like behavior in rats," *Brain Res*, Vol. 1068, No. 1, pp. 49-55, 2006.
- T. Inoue, T. Hasegawa, S. Takara, B. Lukáts, M. Mizuno and S. Aou, "Categorization of biologically significant objects, food and gender, in rhesus monkeys I. Behavioral study," *Neurosci Res*, Vol. 61, No. 1, pp. 70-78, 2008.
- 森江隆, "アナログ・デジタル融合方式LSI技術による脳型視覚システム," *IEICE Fundamentals Review*, Vol. 1, No. 1, pp. 19-29, 2007.
- K. Korekado, T. Morie, O. Nomura, H. Ando, T. Nakano, M. Matsugu and A. Iwata, "A VLSI Convolutional Neural Network for Image Recognition Using Merged/Mixed Analog-Digital Architecture," *J. Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol. 15, No. 3/4, pp. 173-179, 2004.
- O. Nomura, T. Morie, K. Korekado, T. Nakano, M. Matsugu and A. Iwata, "An Image-Filtering LSI Processor Architecture for Face/Object Recognition Using a Sorted Projection-Field Model based on a Merged/Mixed Analog-Digital Architecture," *IEICE Transactions on Electronics*, Vol. E89-C, No. 6, pp. 781-791, 2006.
- T. Morie, J. Umezawa and A. Iwata, "Gabor-Type Filtering Using Transient States of Cellular Neural Networks," *Intelligent Automation and Soft Computing*, Vol. 10, No. 2, pp. 95-104, 2004.
- T. Morie, K. Murakoshi, M. Nagata and A. Iwata, "Pulse Modulation Techniques for Nonlinear Dynamical Systems and a CMOS Chaos Circuit with Arbitrary 1-D Maps," *IEICE Transactions on Electronics*, Vol. E87-C, No.11, pp. 1856-1862, 2004.
- T. Yamazaki and S. Tanaka, "A spiking network model for passage-of-time representation in the cerebellum," *European J. Neurosci*. Vol.26 pp.2279-2292, 2007.
- K. O'Hashi, M. Miyashita and S. Tanaka, "Experience-dependent orientation plasticity in the visual cortex of rats chronically exposed to a single orientation," *Neurosci. Research*, Vol.58 pp.86-90, 2007.
- S. Tanaka, J. Ribot, K. Imamura and T. Tani, "Orientation-restricted continuous visual exposure induces marked reorganization of orientation maps in early life," *NeuroImage* Vol.30 pp.462-477, 2006.
- T. Yamazaki and S. Tanaka, "Neural modeling of an internal clock," *Neural Computation* 17: 1032-1058, 2005.
- H. Nakagawa and S. Tanaka, "Self-organization model of cytochrome oxidase blobs and ocular dominance columns in the primary visual cortex," *Cerebral Cortex* Vol.14 pp.376-386, 2004.
- S. Ishizuka and H. Hayashi, "Chaotic mossy fiber stimulation efficiently increases the frequency of epileptiform bursts in rat CA3 hippocampal slices," *International Congress Series (Brain-Inspired IT II)*, No. 1291, pp.93-96, 2006.
- S. Jinno, S. Ishizuka and T. Kosaka, "Ionic currents underlying rhythmic bursting of ventral mossy cells in the developing mouse dentate gyrus," *European Journal of Neuroscience*, Vol. 17, pp. 1338-1354, 2003.
- R. Yoshida, N. Shigemura, K. Sanematsu, K. Yasumatsu, S. Ishizuka and Y. Ninomiya, "Taste responsiveness of fungiform taste cells with action potentials," *Journal of Neurophysiology*, Vol. 96, No. 6, pp. 3088-3095, 2006.
- Ken-ichi Morishige, Rieko Osu, Naoki Kamimura, Hiroshi Iwasaki, Hiroyuki Miyamoto, Yasuhiro Wada and Mitsuo Kawato, "Feedforward Impedance Control Improve Accuracy in Rapid Reaching Movement," *Systems and Computers in Japan*, in press, 2007.
- H. Miyamoto, J. Morimoto, K. Doya and M. Kawato, "Reinforcement Learning with Via-point Representation," *Neural Networks*, Vol. 17, pp. 299-305, 2004.
- H. Miyamoto, E. Nakano, DM. Wolpert and M. Kawato, "TOPS(Task Optimization in the Presence of Signal-Dependent Noise) Model," *Systems and Computers in Japan*, Vol. 35, No. 11, pp. 48-58, 2004.
- 吉塚 武治, 庄野 逸, 宮本弘之, 岡田真人, 福島邦彦, "ネオコグニトロンによる視覚腹側経路のモデル化," *日本神経回路学会論文誌*, Vol. 14, No. 4, pp. 266-272, 2007.
- 森重健一, 宮本弘之, 大須理英子, 川人光男, "經由点到達運動の位置分散は軌道計画・実行の逐次モデルを支持する," *電子情報通信学会論文誌DII*, Vol. J87-D-II, No. 2, pp. 716-725, 2004.
- Akitoshi Hanazawa, "Coding of texture and shading in monkey area V4," *Brain-Inspired IT*, Vol. 1, pp. 89-92, 2004.
- PE. Roland, A. Hanazawa, C. Undeman, D. Eriksson, T. Tompa, H. Nakamura, S. Valentiniene, B. Ahmed, "Cortical feedback depolarization waves: A mechanism of top-down influence on early visual areas," *Proc Natl Acad Sci USA*, Vol.103, No. 33, pp. 12586-12591, 2006.
- Kazuyuki Takahashi and Akitoshi Hanazawa, "Effect of spatial distance on perceptual motion grouping," *Brain-Inspired IT*, Vol. 3, pp. 102-105, 2007.
- Yoshihide Ido and Akitoshi Hanazawa, "Effect of transparency and induction on color constancy," *Brain-Inspired IT*, Vol. 2, pp. 65-68, 2006.
- Koshi Makino and Akitoshi Hanazawa, "Spatial assimilation of structure-from-motion perception," *Brain-Inspired IT*, Vol. 3, pp. 106-109, 2007.
- A.A.F Nassiraei and K. Ishii, "Concept of Intelligent Mechanical Design for Autonomous Mobile Robots," *Journal of Bionic Engineering*, Vol. 4, No. 4, pp. 281-289, 2007.
- Masanori Sato, Atushi Kanda and Kazuo Ishii, "Environment Recognition Controller System for a Rough Terrain Movement Wheel Type Mobile Robot," *Journal of Bionic Engineering*, Vol. 4, No. 4, pp. 217-226, 2007.
- 西田周平, 石井和男, 古川徹生, "水中ロボットにおける自己組織的行動獲得システム -第一報:自己組織化マップを用いた運動制御システムの提案-", *日本船舶海洋工学学会論文集*, Vol. 3, pp. 205-213, 2006.
- A.A. Nassiraei, K. Ishii, S. Masakado, T. Matsuo, K. Ichikawa, H. Fukushima, M. Murata, T. Sonoda, I. Takahira and T. Miki, "Realization of Rapid Movement for Legged Entertainment Robots Using Two New Actuators the Inertia Actuator and the Cam Charger," *Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics*, Vol.11, No. 8, pp. 979-988, 2007.
- 石塚誠, 石井和男, 大畑智海, "浅水域探査を目的とした小型水中ロボットおよびマニピュレータの開発," *日本設計学会*, Vol. 43, No. 3, pp. 7-15, 2008.
- <http://www.brain.kyutech.ac.jp/coe21/index.html>

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))

本COEプログラムが事業実施期間中に開催した主な国際会議は以下のとおりである。

- (1) 開催時期・場所：2004年3月7日～9日・北九州市
 会議等の名称：International Symposium on Bio-Inspired Systems
 Part IV Brain-Inspired Information Technology (BrainIT 2004)
 参加人数：約100(2)
 主な招待講演者：Shun-ichi Amari (RIKEN), Ted Maddess (Australian National University, Australia), Charles E. Connor (Johns Hopkins University, USA), Zoltán Karádi (Pécs University, Hungary)
 脳情報工学という新分野に関連した研究成果に関する議論と脳情報工学の基盤技術の確立に向けた意見交換を目的として開催した。有益な意見交換がなされ、脳情報工学基盤技術を目指す本COEプログラムの進展に弾みをつけた。
- (2) 開催時期・場所：2005年10月7日～9日・北九州市
 会議等の名称：International Conference on Brain-Inspired Information Technology (BrainIT 2005)
 参加人数：176(33)
 主な招待講演者：Edmund T. Rolls (University of Oxford, UK), Walter J. Freeman (University of California, Berkeley, USA), Rolf Pfeifer (University of Zurich, Switzerland), Mandyan V. Srinivasan (Australian National University, Australia)
 脳情報工学の基盤技術確立を目指し、「脳と脳型システムによる意思決定と行動」をテーマとして特別セッション(6件)と招待講演セッション(3件)を企画した。また、一般講演論文も公募し、72件の発表がなされた。
- (3) 開催時期・場所：2006年9月27日～29日、北九州市
 会議等の名称：International Conference on Brain-Inspired Information Technology (BrainIT 2006)
 参加人数：186(19)
 主な招待講演者：Andreas G. Andreou (Johns Hopkins University, USA), Rodney Douglas (University of Zurich, Switzerland), Mitsuo Kawato (ATR, Japan), Helge Ritter (Bielefeld University, Germany)
 本COEプログラムの成果を国内外に広く発表するためにCOEセッション(8件)を企画し、さらに特別講演(1件)と招待講演(5件)を企画した。また、一般講演論文も公募し、64件の発表がなされた。
- (4) 開催時期・場所：2007年11月14日～16日・北九州市
 会議等の名称：International Conference on Brain-Inspired Information Technology (BrainIT 2007)
 参加人数：412(124)(ICONIP 2007と共催)
 主な招待講演者：Alan A. Stocker (New York University, USA), Sandor M. Veres (University of Southampton, UK), Nikola Kasabov (Auckland University of Technology, New Zealand), László Lénárd (Pécs University Medical School, Hungary)
 本COEプログラムの最終成果を国内外に広く発表するために、神経回路学に関する大きな国際会議であるICONIP2007と共催で開催した。COEセッション(9件)と実現した脳型システムを発表するためのデモセッション(11件)を企画し、他に特別講演(5件)と招待講演(2件)を企画した。
- (5) 開催時期・場所：2008年3月6日～7日・Sankt Augustin(ドイツ)
 会議等の名称：KIT-Fraunhofer IAIS Joint Workshop
 参加人数：24(14)
 主な招待講演者：Thomas Christaller (IAIS, Germany), Frank Pasemann (IAIS, Germany), Pedro Marron (IAIS, Germany)
 本COEプログラムをさらに展開するための一歩として、九工大とフラウンホーファーIAISでワークショップを開いた。本COEプログラムの成果である脳情報工学の基盤技術とISISの応用技術による国際的連携の基盤を作ることができた。
- (1)～(3)で発表された論文については、3冊の本「Brain-Inspired IT (I～III)」を編集し、Elsevier社から出版した。
 (4)で発表された論文については、Springerから出版予定で「Brain-Inspired IT (IV)」を編集集中である。

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

本拠点は、神経生理、心理・情動、数理モデル（理論）、半導体デバイス、ロボティクスの5つの専門分野の教員が揃っているという点が大きな特長であり、そのような大学は国内外何処を見ても見当たらない。この特長を生かして、上記5つの専門分野から4つの専門分野を選び、半年間ずつ2年間、異なる分野の研究室に所属し、その分野の基礎教育を徹底して受ける「マルチタレント英才教育」を実施した。実施期間は、本拠点が採択された平成15年度の後期から、終了年度の平成19年度まで、9期にわたって実施した。

この教育プログラムを受ける学生は、毎年、前年度の後期に、全国に向けて公募し、この試験と本学大学院生命体工学研究科の入学試験に合格した学生だけを対象として、実施した。当該学生を「COE学生」と呼び、他の一般学生と区別して、この教育プログラムを実施した。このCOE学生は、博士後期課程に進学することを条件に採用される。

その具体的方法について以下に述べる。COE学生は、定められたシラバスに基づいて、上記の5つの専門分野から、4つの専門分野を選択する。さらに、受け入れ教員（これを「マルチタレント研究室」指導教員と呼ぶ）の都合も考慮し、2年間の受講スケジュールを決める。学生は、昼間はマルチタレント研究室でマルチタレント英才教育を受けるが、夜は、本来、自分が研究をするべき研究室（これを「ホームグラウンド研究室」と呼ぶ）に帰って、ゼミに参加したり、研究を実施したり、ホームグラウンド研究室指導教員との研究打合せを行ったりする。COE学生は、半年間の締めくくりとして、レポート（A4版30～50ページ）を提出し、公開審査会でプレゼンテーションを行う。この審査は、プレゼンテーション終了後に教員全員で行い、日ごろのマルチタレント研究室での受講態度、レポート内容、プレゼンテーションの内容等を吟味して合否判定がなされる。この審査に合格したCOE学生のみが次の半年間、別の研究室に移動して、更なるマルチタレント英才教育を受講することになる。このようにして、4期2年間の教育プログラムを受講したCOE学生は、修士論文を提出する必要はなく、修士号を授与される。途中で不合格になった学生は、博士前期課程終了時に修士学位論文を提出しなければならないので、夜のホームグラウンド研究室での研究活動も手を抜くことが出来ない。

マルチタレント英才教育を終わって博士後期課程に進学したCOE学生は、幅広い専門知識に立脚して研究活動を行うので、そのテーマに関しても広がり期待でき、脳情報工学の研究を行うには、極めて都合が良かった。

COE学生として、2年間の厳しいマルチタレント英才教育に絶えられるか否かの判断は、30分程度の面接試験だけでは到底出来ない。したがって、博士前期課程1年生の前期には、学生の研究能力・企画能力等を垣間見るために10名程度を合格者として採用する。最初の半年間が終わり、レポート内容、公開プレゼンテーション内容を教員全員で注意深く評価し、5名以内を合格者とし、以降のマルチタレント英才教育を進めた。

COE学生は、1日のほとんどをマルチタレント英才教育とホームグラウンドでの研究に費やすので、アルバイトをする時間もない。従って、その生活を保証する意味で、博士前期課程の学生に対しては毎月手取り8万円を、また博士後期課程の学生に対しては毎月手取り10万円を、それぞれ支給した。

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)

設定された目的は概ね達成された

(コメント)

拠点形成計画全体の目的については、概ね達成されたと評価できる。

人材育成面については、社会に必要な人材の育成に有効と思われる、広く分散した専門性を生かした英才教育の試みは、必ずしも目標に達した学生数が十分とは言えないが、一面では内容が濃かったとも言え、また、更なる改良を試みている姿勢も評価できる。

研究活動面については、個別には、面白い研究成果も出ており、また、国際会議なども適切に開催されており、評価できる。しかしながら、脳科学の知見がまだ不十分で、世界的にもあまり進展していない難しいテーマであるだけに、脳情報工学という新しい学問分野の確立という当初目標からは程遠い。人間や動物の情報処理の特徴としては、様々な雑多な体験を積み重ね、その記憶が構造化され汎化することにより、知性が発現し、その汎化特性は、抽象化を含み、驚くほど多様で多元的であることが知られている。それに対して、現在までに工学的に実現されたシステムの汎化特性は、生物とは比べようもなく、脳情報工学の真髄に迫るためには、提案しているシステムの汎化特性を検証し、従来から発展させることが必要である。

今後の持続的な展開については、様々な計画を予定しているが、計画実現のためには、まず、研究面で際立った成果をあげる必要があると思われる。そのためには、人間や動物の情報処理と、工学的に実現されたシステムとの差を正確に把握し、グローバルでシビアな視点をしっかり確立することと思いついたリクルートを含む研究陣の一層の充実が必要である。工夫次第では大きく育つ可能性があると思われる。