

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) 玉 川 大 学	機関番号	32639
	(ふりがな(ローマ字)) OBARA YOSHIAKI (氏 名) 小 原 芳 明		

2. 大学の将来構想

本学では、「玉川学園21世紀プロジェクト」を構想し、教育・研究・組織の見直しを進め、初等中等教育一貫教育、国際教育、大学における新学部・学科編成などを進めてきた。また、特に大学・大学院レベルの研究能力を格段に高めるため、脳科学研究施設の研究成果をもとに、一研究施設の活動にとどめず、学術研究所を挙げて、全人的人間科学研究の特色を推進する研究拠点形成を計画した。21世紀が「脳の世紀」とされ、脳を理解することによって人間を理解することに通じ、本学が求めてきた「全人」のイメージを実体として私たち自身の手で摘み取れる段階に至ったからであった。

COE申請時、学術研究所はミツバチ科学、生産開発工学、脳科学、応用生命科学の4研究施設から構成されており、成立事情、学内事情によって、各学部の付属施設的に散在し、お互いに有機的なつながりをもっていなかった。そこで個々には完成しつつあるこれらの研究拠点を一元化して有機的につながりやすい組織として統合する計画をたて、21世紀COE拠点プログラムにより、それを飛躍的に推進することとした。またこのプログラムは、各大学院研究科との学際的研究も推進するものである。

- ① 生物の基礎情報処理では、植物、昆虫、動物の遺伝子からタンパク質、細胞、脳に至る情報伝達メカニズムを研究する（農学研究科との学際的研究）
- ② 記憶、学習、認知、推論といった脳の高次情報処理機能を、ニューロインフォーマティクス、脳型コンピュータ、知的ロボットの研究開発に応用する（工学研究科との学際的研究）
- ③ 脳の発達と教育の分野では、生後の経験によって学習し発達する脳の構造変化が知的情報表現にどのように反映されるかを研究する（文学研究科との学際的研究）

玉川大学学術研究所は、次に述べる3つの特徴ある研究で国内をリードし、独特な学問的地位を築いてきた。

第一は、ミツバチの社会行動に関する研究である。スズメバチを熱殺することで、外部からミツバチ社会

を守る集団的自衛行動の発見はかなりインパクトのあった研究成果であった。COE採択後、遺伝子がミツバチの脳機能にどうかかわっているかに関する研究を強化し、特にミツバチが学習をしている時に特異的に脳で発現し、記憶形成に係わる遺伝子群の系統的解析を試みることで、ミツバチの学習行動の発達を、遺伝子から神経回路の形成に至るすべてのレベルを統合して研究する計画をたてた。

第二はシステムとしての脳の理解とその工学的応用である。我々は、脳を1つの並列情報処理システムとして理解し、それを構成する神経細胞の集合のダイナミクスに知識情報が表現されているとする、ダイナミック情報表現仮説を世界に先がけて提案した。この観点に立った脳の理解が進めば、人間と同じ言葉で情報交換ができるコンピュータの開発につながり、知能ロボットや介護ロボットの開発を通じて、福祉や産業界の活性化につなげることができる。

第三は人間や他の霊長類を対象にした、認知と行動学習の心理学的・生理学的実験研究である。我々は行動決定の脳内プロセスを世界に先がけて明らかにしてきた。このような行動決定の基礎的メカニズムに関する研究の蓄積をベースに、今後、人間の発達と脳機能との関係の科学的理解へと展開させていく。最終的には、その成果を人と人との相互理解のあり方や、教育のあり方への科学的基盤作りへと進展させていく。

これらの特徴を備えた玉川大学に総合大学院としての「全人的人間科学専攻」を新設し、人間と人間社会の遺伝子から脳にわたる研究と教育において、世界的に通用する業績を生み出し人材を育成する拠点へと育てていく。

本プログラムは、本学理事長、学長を中心とした指導体制のもと、運営委員会を設置し拠点形成をすすめていく。

研究体制は、国際的共同研究ならびに国内共同研究を推進する。また本拠点形成のための特別予算を学内予算から編成する。さらに研究教育組織を改編し、農学、工学、文学を横断する学際的教育研究を推進するために、全人的人間科学専攻を新設する。施設として、学術研究所棟(研究拠点棟)を平成19年度新設する。産学協同研究(本田技研、松下電器、バンダイ)を進

め、産業界と連携して新たな有用技術を開発していく。また国内外から優秀な研究者を採用し、研究・教育レベルを一層レベルアップする。

世界的脳研究を推進することで、玉川大学のみならず、初等・中等教育にその成果を還元し科学的根拠を持った教育の基盤をつくり、脳科学の玉川をつくりあげていく。

3. 達成状況及び今後の展望

21世紀COEプログラム「全人的人間科学プログラム」では、全体としての人間をより深く理解するという目標に向けて統合的な研究を遂行してきた。我々は人間のグローバルな理解が、人間教育に対する確固たる科学的基盤を提供し、現代社会の人間が直面する問題をどのように解決できるかを示してくれると考えている。

1. 研究環境の整備

これらの目的を達成するために研究環境面では、遺伝子解析、fMRI、2光子電子顕微鏡、脳波計、マルチユニットニューロン計測装置等の最新鋭の脳科学計測技術を取り揃え、また子供の発達研究のための赤ちゃんラボ（赤ちゃんの登録数700件）を設置し、遺伝子レベルからヒトの脳機能までを1拠点ですべて研究が行えるように整備した。

2. 研究体制の整備

人間の科学的理解のために、工学的アプローチ・農学的アプローチ・人文科学的アプローチを統合して脳研究を行う研究拠点の形成を行ってきた。その結果平成19年4月に「脳科学研究所」が新設された。さらに国内の諸大学（東京大学・北海道大学・東北大学・東京医科歯科大学・日本医科大学・昭和大学等）との共同研究、外国の研究者との共同研究を精力的に実施してきた。特にカリフォルニア工科大学人文社会学部と研究協力協定を結び人文社会系との国際的学際研究を推進させてきた。さらに昭和大学医学部とも研究協力協定を結ぶ計画であり、病態脳研究教育も進めている。

3. 研究成果

玉川大学が主催する国際会議（玉川ダイナミック・ブレイン フォーラム（年1回過去10回開催）、COE国際シンポジウム（14年度、18年度）を開催した。国際シンポジウムの開催や国際共同研究を通しての国際的ネットワークの確立などが進められ、Nature、Scienceをはじめとする多くのトップジャーナルへの論文の掲載、ケンブリッジ大学・MIT・理化学研究所・生理学研究所などの世界的研究拠点への人材の輩出などにより、

世界的にも重要な脳科学研究教育拠点と位置づけられるようになってきた。

4. 教育体制の整備

教育面においては、脳科学を専攻する大学院博士課程後期「脳情報専攻」を平成19年度新たに設置し、大学院学生およびポスドク研究者を含めた体系的な脳科学の教育・研究プログラムを提供することとなった。

21世紀COEでの活動は、平成19年4月に開設予定の脳科学研究所と工学研究科脳情報専攻へと結実した。脳科学研究所は学内に分散していた研究設備と人材を一局集中させ、遺伝子研究から神経科学リテラシー研究までを、1つの研究所内で行える学際的環境を整えた。脳科学研究所の専任研究員全員が兼担する工学研究科脳情報専攻においても、研究能力の習得に必要な多くが脳科学研究所から提供されるとともに、院生・ポスドク一貫教育を実施し、学際的研究者の徹底した育成が図られた。

5. 研究成果の還元

玉川学園は幼稚園から高校までの一貫教育(K-12)を開始した。そこで学術研究所内にK-12児童生徒ならびに父母を対象に脳科学の研究成果を活かした、脳科学への理解と啓蒙を行える体制を整備した。

6. 今後の展望

ヒトの脳機能、すなわち心を理解するために、これまで整備してきた学際的教育研究環境を基に、人文社会科学をも含めた融合的学際教育研究を行う。この活動を通して、心に関係する伝統的学問分野の再構築を推し進めることができる人材を育成することを目標とする。様々な伝統的学問分野を脳機能的視点から見る事ができる人材が、それぞれの分野に戻り、あるいは関係を持ち教育研究を行うことにより、その学問分野の科学的根拠に基づく再編成・再構築が可能となる。これは、科学的根拠を背景に合理的教育を行おうとする玉川大学の方針とも一致し、大学の全面的支援を受けてこの事業を推進する。そのために、哲学、心理学、社会科学、医学、生物学、工学を融合した学際的脳研究の教育研究拠点を形成するため、現在は工学研究科博士課程後期にある脳情報専攻を脳科学研究所に移し、学際的な脳教育を行う。また脳と社会科学の分野ではカリフォルニア工科大学、病態脳の領域では昭和大学と研究協力協定によって連携を一層強化し、国際性と学際性を強化する。さらに脳科学研究所が中心となって、初等・中等教育、一般社会にその成果を還元し役立てていく。

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	玉 川 大 学	学長名	小原 芳明	拠点番号	E22	
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)	全人的人間科学プログラム ― 脳の学習・記憶・推論・思考のメカニズムの究明とその教育技術への応用 ― (Zenjin Human Science Program) ※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：神経科学と教育>(発達と教育)(ゲノム発見と脳の構造)(学習と記憶)(認知神経科学)(推論知能情報処理)					
3. 専攻等名	学術研究所					
4. 事業推進担当者	計 32 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)						
Taukoda Mironu 塚田 稔	学術研究所、工学研究科(生産開発専攻)・教授、学術研究所副所長	脳情報学 工博・医博	プログラムの統括 記憶、学習の実験とモデル研究 前頭葉における理論推論のダイナミック情報表現の理論的研究			
Salonami Masamichi 坂上 雅道	学術研究所、工学研究科(生産開発専攻)・教授	心理生理学 医博	大脳における行動発現機構の細胞レベルの解明 推論のダイナミック情報表現に関する理論的研究			
Tanji Jun 丹治 順	学術研究所・教授 (平成17年4月追加)	大脳生理学 医博	神経系遺伝子の発現の情報伝達機構の研究			
Tsuda Ichiro 津田 一郎	学術研究所・客員教授、北海道大学大学院理学研究科・教授 (平成15年9月辞退)	理論神経科学 理博	言語発達認知心理的研究 乳幼児・児童の言語発達の行動的研究と脳活動およびそのモデル化の融合研究			
Sasaki Masami 佐々木 正巳	学術研究所、農学研究科(資源生物学専攻)・教授、農学研究科長	昆虫生理学 農博	ミツバチの生理行動生態学の研究			
Sato Kumiko 佐藤 久美子	学術研究所、文学研究科・教授	言語心理学 文学修士	海馬神経ネットワークにおける学習の分子メカニズムの研究			
Omori Takashi 大森 隆司	学術研究所・教授 (平成18年4月追加)	生体情報工学 工博	神経系遺伝子の発現の情報伝達機構の研究			
Matsuka Mitsuo 松香 光夫	学術研究所、農学研究科(資源生物学専攻)・教授	ミツバチ科学 理博	記憶と認知神経情報表現の関係の研究			
Aihara Takeshi 相原 威	工学研究科・教授	脳情報工学 工博	遺伝子―タンパク―細胞情報伝達機構の研究			
Ono Masato 小野 正人	学術研究所、農学研究科(資源生物学専攻)・教授	昆虫学 農博	高次脳機能の基礎としての脳のダイナミック情報表現の理論的研究			
Saito Hideo 斉藤 秀昭	学術研究所、工学研究科(生産開発専攻)・教授 (平成17年3月31日辞退)	脳情報科学 医博	パイオ細胞のマニピュレーションの研究			
Hidaka Mironu 芳賀 実	学術研究所、農学研究科(資源生物学専攻)・教授	生化学 農博	神経細胞間情報伝達機構の分子メカニズムの研究			
Hida Eiki 樋田 英揮	工学研究科・教授	脳情報科学 工博	学習能力の発達に関わる遺伝子発現とマイクロアレイ法の導入			
Fukui Tomoki 深井 朋樹	学術研究所・特別研究員、理化学研究所グループリーダー (平成17年4月1日所属、職名変更)	理論神経科学 理博	推論のダイナミック情報表現に関する実験的研究			
Takenuchi Masao 竹内 正男	学術研究所・工学研究科(生産開発工学専攻)・教授 工学研究科長	医用工学 工博	思考・認知を実現するニューロンネットワークにおける動機付け情報の役割			
Kojima Hiroshi 小島 比呂志	学術研究所、工学研究科・教授(平成17年4月1日職名変更)	生物物理学 医博	環境認知の心理特性と工学的認知システムの研究開発			
Sasaki Tetsuhiro 佐々木 哲彦	学術研究所・助教授 (平成17年4月追加)	遺伝学 理博	言語発達認知心理的研究			
Hikosaka Okihide 彦坂 興秀	学術研究所・客員教授、NIH主任研究員	神経生理学 医博	脳の発達と教育			
Uosurumaru Shizumitsu Walfram Schultz	学術研究所・客員教授、ケンブリッジ大学Welcome Department・主幹研究員	神経生理学 医博	脳の発達と運動能力の関係の研究			
Mori Tenunori 森 晃徳	学術研究所、工学研究科(生産開発工学専攻)・教授	心理物理学 工博	高次脳機能の基礎としての脳のダイナミック情報表現の理論的研究			
Otake Nobuko 大竹 信子	文学研究科・教授	発達心理学 教育学修士	脳のダイナミック情報表現			
Takahira Sayuri 高平 小百合	学術研究所・教授	発達心理学 Ph.D.	哲学と生命倫理の研究			
Noda Yuji 野田 雄二	学術研究所、体育スポーツ科学センター・教授	運動生理学 体育学士	脳科学と生命観・倫理観の研究			
Sakai Yutaka 酒井 裕	学術研究所・工学研究科・助教授 (平成17年4月1日追加)	理論神経科学 理博	脳科学と生命観・倫理観の研究			
Fujii Hiroshi 藤井 宏	学術研究所・特別研究員、京都産業大学工学部・教授	理論神経科学 工博	脳活動におけるマンマシンシステムの研究とその応用			
Mitsui Zenji 三井 善止	文学研究科・教授、文学研究科長	哲学 文学修士	記憶の整理の脳内過程の解析			
Nakayama Tsuyoshi 中山 剛史	学術研究所・助教授	現代哲学 文学修士	脳領域間相互作用解析を用いた情報統合に関わる動的神経回路の解明			
Takeda Sumio 竹田 純郎	学術研究所・特別研究員、金城学院大学文学部・教授	生の哲学・価値哲学 Ph.D				
Doi Kenji 土井 健司	学術研究所・特別研究員、関西学院大学・助教授 (平成17年4月1日職名、所属変更)	キリスト教思想 文博				
Okada Hiroyuki 岡田 浩之	学術研究所・工学研究科(生産開発工学専攻)・教授 (平成18年4月1日追加)	認知発達 工博				
Sasaki Hiroshi 佐々木 寛	学術研究所・助教授(平成17年4月1日追加)	神経科学 工博				
Matsuda Tetsuya 松田 哲也	学術研究所・講師(平成17年4月1日追加)	精神医学 医博				
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)	218, 000	175, 000	140, 000	128, 000 (12, 800)	118, 500 (11, 850)	779, 500 (24, 650)

6. 拠点形成の目的

21世紀の私たちの社会を実り多きものにするためには、私たち自身およびその人間としての本質を科学的かつ学際的な方法でよりよく理解する必要がある。人間を理解するためには、脳の機能を理解することが必須である。そのためにはどのように私たちの脳が働き、新しい情報を創生するか、そのメカニズムを明らかにするための共通基盤を見いだすことが必要である。

そこで“全人的人間科学プログラム”では、本学の理念である「全人的」という語を、知性だけでなく情緒的・感情的な側面を含め多面的に脳を研究していく姿勢の象徴と位置づけ、21世紀に必要とされる新しい教育と未来技術の開拓に寄与するため、人間の心(情報処理と情報創成)の原理の解明を目指した脳研究を学際的・有機的に行うとともに、学際若手研究者を育成するための永続的拠点を作ることを目的とする。

脳の理解、ひいては人間の心の理解というものは、従来の一元的なアプローチでは達成し得ない。そこで“全人的人間科学プログラム”では、異なる分野の脳研究者を集め、学際的な融合研究・教育を行うことにより、21世紀に産業を活性化させる科学技術の基礎となる原理を明らかにし、それを担う研究者を養成する。さらに、本プログラムで整備した統合的研究基盤を使って、新たな脳機能の解明の拠点となる場を提供する。

全体としての人間をより深く理解するという最終目標に向けて次の3つのステップにより統合的な研究を遂行する。

ステップ1

本学脳科学研究施設における脳機能に関する独創的かつ優れた研究の強化と促進を通じて、学習、記憶、推論、意思決定に関わる脳内神経ネットワークの機能を実験的ならびに理論的に明らかにする。

ステップ2

動物から人間まで、遺伝子・分子レベルから神経システムレベルまで、科学的なアプローチから人文科学的なアプローチまでを網羅する比較・統合研究の共通基盤を打ち立てる。

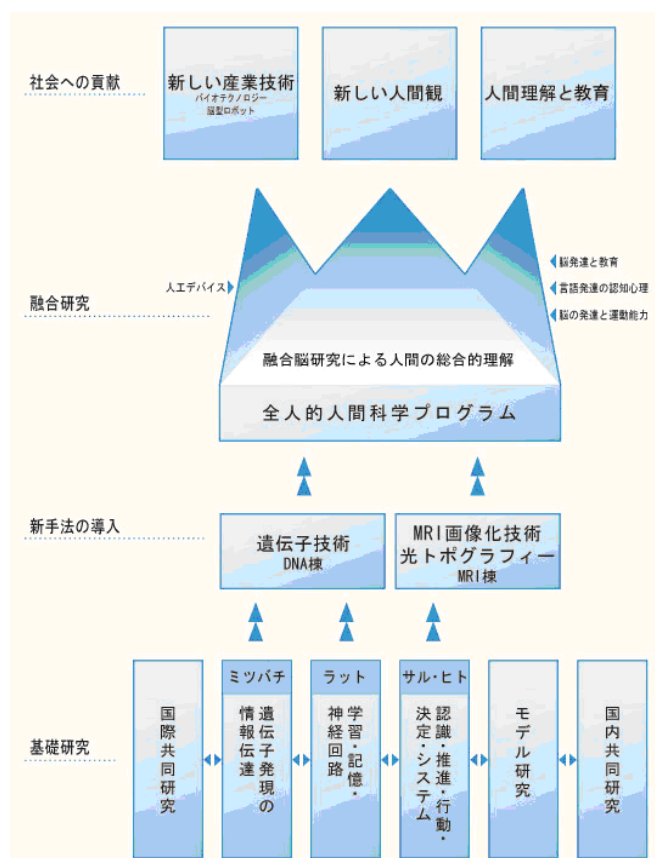
ステップ3

統合的脳研究からバイオテクノロジー、知能ロボット、その他の産業分野における未来技術にブレークスルーをもたらす。

広く哲学、心理学、言語学、教育学、脳科学、遺伝

子、神経回路網、システム、脳発達にわたる脳の融合的研究・教育を行う拠点を作り、人間のグローバルな理解が人間教育に対する確固たる科学的基盤を提供することは、これからの日本が、知的財産を創造蓄積し、バイオテクノロジー、知能ロボットなど付加価値の高い未来産業の開拓を活性化し、さらには現在多くの心の問題をかかえる教育界に新たな視点を与えるだけではなく、実践的教育においてもその科学的基盤を与えることにある。

国内にも遺伝子レベルでの脳回路形成の制御から行動レベルでの神経回路機能の研究まで、世界の第一線級の研究を行っている研究所、大学などが存在する。しかし、そこで行われている研究は、そのほとんどが生物学的方法論を欠く工学的脳研究や、逆に情報数理的発想を欠く生物学的脳研究の段階に留まっており、本来必要と考えられている計算論と生物学的方法を融合した総合的脳研究を実践できていない。玉川大学ではそのような総合的脳研究を目指してきた伝統があり、すでに国内外で特異的な地位を得ている。



全人的人間科学プログラム概念図

7. 研究実施計画

21世紀COEプログラム「全人的人間科学プログラム」では、全体としての人間をより深く理解するという目標に向けて統合的な研究を遂行するために、まず1) 本学脳科学研究施設における脳機能に関する独創的かつ優れた研究の強化と促進を通じて、学習、記憶、推論、意思決定に関わる脳内神経ネットワークの機能を実験的ならびに理論的に明らかにし、さらに2) 動物から人間まで、遺伝子・分子レベルから神経システムレベルまで、科学的なアプローチから人文社会学的なアプローチまでを網羅する比較・統合研究の共通基盤を打ち立てる。我々は人間のグローバルな理解が、人間教育に対する確固たる科学的基盤を提供し、現代社会の人間が直面する問題をどのように解決できるかを示してくれると考えている。

全人的人間科学プログラムでは、3つの研究部門とそれぞれのグループから構成される。

① 生物の基礎情報処理部門

ミツバチの行動解析グループ

ミツバチの遺伝解析グループ

② 脳の高次情報処理研究部門

思考・推論研究グループ

記憶・学習研究グループ

神経計算論・工学応用研究グループ

③ こころのしくみ研究部門

生命観研究グループ

発達研究グループ

病態脳研究グループ

生物の基礎情報処理部門では、ミツバチが、記憶・学習能力、その加齢や社会経験に伴う発達、脳構造、記憶テンプレートの更新過程、その点について、おもに行動解析の面から取り組む。視点としては、1) ミツバチはどこまでの能力をもっているのか、2) ミツバチも社会性をもつが、それらの能力、あるいはシステムはどこまでヒトと共通するのかを考察し、さらに3) 基礎過程を明らかにする役割から、「社会と脳」を研究するためのモデル動物化に必要な分子生物学的手法を開発し、社会刺激が脳の発達に及ぼす影響を分子レベルで明らかにすることを目指す。本部門では動物の遺伝子からタンパク、細胞、脳に至る情報伝達メカニズムを研究し、バイオインフォマティクス、バイオテクノロジーへと展開する。

脳の高次情報処理研究部門では、行動・運動の情報

処理の階層性を調べることにより、思考や推論の基礎メカニズムを明らかにする。さらにこのような処理に報酬や価値判断・動機付けの情報がどのように取り込まれるかを調べる意思決定の研究につなげる。また、学習法則の基礎メカニズムをシナプスの可塑性に求め、さまざまな生理学的手法を用い時空間学習則のモデル化と実験的検証を行う。神経回路の数理モデルとそれに基づくシミュレーションにより、学習の神経科学的基礎の研究を行う。本部門では、認知、記憶と学習、注意、推論、行動決定といった高次脳機能について、理論と実験的神経科学の研究者が同一テーマのもと、連携しながら研究を展開する。

こころのしくみ研究部門では、人間および心の全体的な理解のプロセスのうちの前段階、すなわち脳のより直接的な研究のための仮説の形成に研究の軸足を置く。そして心の現象を科学的に解明するための人間システムの概念の確立を、(1) 生命観に関わる哲学的議論の展開と、(2) 幼児の言語獲得能力の発達過程の解明、(3) 脳障害の行動的調査、を通じて行う。そして本部門で得られた成果は、脳における心の原理についての仮説として定式化される。この仮説は遺伝子や脳の生理学的な研究や非侵襲脳計測による直接的な脳メカニズムの理解へ実験パラダイムを提供すると同時に、教育現場をはじめとする多様な社会フィールドでの「心の原理」に基づく問題解決の指針を与えることを目指す。

部門内でのグループ間交流（部門セミナー）、さらに部門間交流（COEセミナー）を通じ、グループ間、部門間共同研究へとつなげ、さらに学内を越えた国内外の学外共同研究（融合研究）へと発展させ、国際的学際研究教育拠点の形成を目指す。特に人文科学系との交流と教育への応用については、従来の医学的・工学的脳研究に人文科学的視点をより一層取り入れるために、新たに研究者を採用する。研究成果の安易な応用の前に十分な理論化とその検討が必要であり、その可能性をさぐるため、学内レベルのプロジェクト委員会の設置を予定している。また、学習・記憶・推論の情報処理を総合的理解につなげるため、プロジェクト委員会を設置し、各グループがプロジェクトに参加することで相互連携を進める。

8. 教育実施計画

人間自身を良く理解するための人間学や脳科学、発展する情報技術を身につけるための情報科学や情報処理技術を学部を横断するコア科目に設定し、知識や技術の教育をしてきた。また、ISO14001を取得し、環境問題の理解と教育に全学で取り組んでいる。このような基礎教育の上に、農学研究科資源生物学専攻では生理学、生化学、昆虫学、応用動物学などの教育を通して、遺伝子から情報処理にわたる生物の基礎情報処理やバイオテクノロジーの教育を実施してきた。工学研究科生産開発工学専攻では21世紀の知識産業の発展を視野に入れ、脳情報コース、知能メディアコース、知能デバイスコース、ロボティクスコースを設置し、脳情報の並列情報処理の原理、脳型コンピュータの原理、人間と機械のインターフェイスなどの教育を実施してきた。文学研究科教育学専攻では、幼児教育・教育心理学、発達言語学などを通じて、幼児から高等教育にわたる実践教育を実施してきた。

「全人的人間科学プログラム」では、①学際的脳科学教育、②大学院からポスドクを含めた若手研究者教育、③国際教育、という3つの柱をもって教育を行っていく。

①学際的脳科学教育

「全人的人間科学プログラム」開始前に研究活動面では、脳科学研究施設を設立して、3つの分野を統合し、有機的共同研究を推進しているが、教育活動はこの3つの研究科に分散的に存在していた。本プログラムの目標は、この教育の現状を改革し、学部の障壁を取り除き、教育と研究を一貫して学際的に行う拠点を作ることである。特に遺伝子から脳にわたる研究成果の応用であるバイオインフォマティクス、ニューロインフォマティクスという新分野で活躍できる人材を育成することは、近未来に産業界を発展させるために欠かすことができない。このような観点から、本拠点では、脳科学研究施設を中心に農学研究科、工学研究科、文学研究科を横断する大学院「全人的人間科学専攻」を平成16年に新設し、人間の総合的理解のために遺伝子から脳情報処理にわたる一貫した研究・教育を通じ、既成の学問分野の垣根を超えた学際的教育を実施する。カリキュラムの特色は次の3つの基礎とその応用分野からなる。

- ・ 生命情報基礎としての遺伝子、分子、タンパク質、細胞内情報伝達を理解し、バイオ技術、バイオインフォマティクスへ応用する。

- ・ 脳の高次機能である記憶学習、認知や認識、計画や行動決定のしくみを理解し、知能ロボットや脳型コンピュータなどに応用する。
- ・ 人間の言語獲得・発達過程、知能のしくみ、心の働きを理解し、脳発達支援と教育へ応用する。

このため現有スタッフに加え、遺伝子技術や学習、発達に関する教育、研究を一層充実させるための人材を新たに採用し、神経生物学、認知・運動神経科学、システム神経科学、理論神経科学、認知神経科学、臨床神経科学の一貫した教育を実施する。また国内外の第一線の研究者による集中講義を（16単位）春、秋セメスタに設置し、学生の国際性を養成するとともに、世界の第一線の研究者、技術者を目指す教育を目指す。また、本プロジェクトが目指す学際領域の人材育成は、従来の専門分野を単に接合したり、共同させたりすることで解決されるものではない。学際分野そのものを押し上げ、進化させなければならない。本拠点は広い視野と学際的分野の人材育成を進めるため、学際研究組織を充実させることと人材育成とを一体的に進めていく。

②大学院からポスドクを含めた若手研究者教育

人間の心の原理の理解をめざした脳研究を推進する学際分野の人材を育てるため、ポスドクを中心とする若手研究者プログラムを実施している。若手研究者プログラムでは、計算論の実験的検証をするための最新の計測技術を修得している若手研究者や、実験結果とモデルを融合させるシミュレーション技術を習得している若手研究者を採用して、これまで実験を中心に行ってきた若手研究者に計算論やシミュレーション技術を教えることで研究の幅を持たせ、研究手法を広げることで理解を深めることを目指す。さらに心理学や生化学といった、他の学問的知識を加えることで、解釈の広がりを持たせることを目指す。またポスドクを中心とする若手研究者向けの学際交流プログラムを開始し、遺伝子・脳科学・認知科学など諸分野の若手研究者が一堂に集まり、発表・意見交換を行う。さらに学内外から講師を招いて遺伝子から行動解析まで、脳研究全般にわたる学際チュートリアルを開催する。

③国際教育

若手研究者が国際的に活躍できるよう、外国人研究者を採用し、英語プレゼンテーション能力や英語論文作成指導をおこなう。

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

「全人的人間科学プログラム」では平成18年11月28日(火)・29日(水)に甘利俊一先生(理化学研究所脳科学総合研究センター センター長)が委員長の外務評価委員会を開催した。委員はBiological Cybernetics元編集長、Journal of Neurophysiology元編集長を含めた外国人研究者3名と国内研究者3名から構成されている。外部評価の結果、以下の評価・コメントをいただいた。「研究内容とその実績については、各部門に渡って世界の第一線で活躍する成果を挙げている。優れた指導的な複数の人材と将来第一線に立って活躍する若手研究者をかなりの数結集することでこれが可能になった。もちろん、こうした人材はそれぞれこれまでの研究テーマをもっているため、そのまま融合的な研究が出来るわけではない。しかし、研究者が独自の高い研究理念と方法をもつことが、世界的な研究拠点を築くための第一条件である。また、日本の各大学から大学院生、およびポスドクをここに集めて人材を育成するという、人材育成の拠点としての役割を果たしつつある。これには、一流の研究陣と最新鋭の大型共有研究装置の存在が欠かせない。その上で、大学院博士課程後期脳情報専攻の新設、脳科学研究所の創設、建物や機器に対する大学の手厚い支持がこれを可能にした。」「全人的人間科学プログラム」は、拠点リーダーの塚田稔教授を中心とする新しい理念を構想し、中心となる指導者層をそろえ、国内外の共同研究を進め、新たな人材を多数獲得、養成したことにより、当初の期待を超える成果を挙げたといえる。しかし、これで人の理解を目指す融合的研究拠点が完成したわけではない。遺伝子、高次脳機能、心の理解は、人を理解するために三つの違ったレベルでの点に過ぎない。これを密接に結びつけ、融合的研究により面としての広がりを持つことを期待したい。玉川大学COEは、第一期でその準備を十分に整えたと見るべきである。その理念、人材、設備、大学の支持を活かし、日本国内での共同研究を人材育成の拠点となるだけでなく、さらに進んで世界に打って出て、世界的な研究と人材育成のネットワークを築いていく準備ができたいま、これからさらにしっかりした構想を打ち立ててこの成果を活かしていくことを期待したい。」

外部評価委員会のコメントにもあるように、各専門分野の研究は、若手研究者を中心にNature, Science,

Neuron, Biol. Cybern., Hippocampus, Psychiatry Res. など国際一流誌に掲載され高く評価されている。

各分野間の融合研究は十分に達成されたとは言えないが、本プログラムの成果である動物実験による脳の高次機能の学習、記憶、推論、行動決定は、人文社会系の倫理学や経済学等と密接に関係するため、この分野の世界的トップレベルにあるカリフォルニア工科大学人文社会学部・大学院計算神経科学プログラムと教育研究協力協定を締結し、この融合分野を共同で開拓することになったことは融合的研究の基盤形成ができた」と評価できる。

また、動物実験による記憶・学習・推論・行動決定の研究は、人間の赤ちゃんの言語獲得や情報創成の脳発達過程との過程と密接に関連している。この学際的融合領域基盤を形成するため、赤ちゃんラボ(700名の登録)を設立し、脳波計測や行動観察によって、言語獲得に関する脳機能の発達を明らかにしている。また、幼稚園から大学までの一貫した脳発達のデータを蓄積し、玉川学園独自の研究を展開している。まだ動物実験による脳の高次機能の研究と赤ちゃんの脳発達研究を融合するための基盤は整ったと評価している。

自己点検、外部評価の結果を踏まえ、本事業は想定以上の成果をあげることができたと評価している。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

「全人的人間科学プログラム」で、玉川大学は大学院に日本で初めて脳科学を専攻する大学院博士課程後期を設けた。しかし、私学で大学院教育を大規模に展開することは難しいが、慶応義塾大学、東京大学、北海道大学など多くの大学からの研修生が常駐し、ここで実質的な研究を行っている。脳科学研究には広い学際性が必要であるが、それにみあう施設と人材が他大学では分断され整っていない。玉川大学は、この分断化を断ち切り、広い人材を集めて融合的な研究を可能にした。これはまさにCOEの名にふさわしい教育拠点であることを意味する。さらにCOE発足以来、世界に名を知られた大物の指導的研究者、中堅の研究者、若手の研究者をここに終結し、拠点の名にふさわしい陣容を整えた。

「全人的人間科学プログラム」では、脳科学の学際的若手研究者の育成を推進してきた。本拠点では、21世紀COEプログラムが採択された平成14年以降、26名

(このうち21名がCOEによる)のポスドク研究者を採用し、現在、英国ケンブリッジ大学、米国MIT、理化学研究所、生理学研究所等で世界的に活躍している研究者

を輩出している。若手研究者のおもな成果として、**星英司**（学術研究所COE助教授）は、行動の決定（思考）から実際の行動（アクション）を発現するという過程が、前頭前野—運動前野—1次運動野という階層構造によって処理されていることを一連の動物実験により実証している（*J Neurophysiol.* 2006, 2005, 2004）。**鮫島和行**（学術研究所COE講師）は、報酬が意思決定にどのようにかわるかを動物実験と数理モデルを組みあわせることで明らかにした（*Science*, 2005）。また、**松田哲也**（学術研究所講師）は、脳の基礎研究と臨床を繋げる学際分野の研究から、病態脳（統合失調症）の注意機能の障害と神経回路異常について明らかにした（日本生物学的神経医学・日本精神薬理学会・日本神経化学学会合同年会 **優秀演題賞受賞** 2006）。

大学院教育では、本学大学院生、他大学からの受託大学院生（博士課程については、平成15年度2名、16年度3名、17年度2名、18年度5名）、これにポスドク等の若手研究者からなる「**若手の会**」を立ち上げ、幅広い基礎知識を互いに学び、活発な研究活動を行う環境づくりに成功した。このような環境のもと、平成16年度より大学院学際領域プログラム「**人間情報科学**」を設置し、平成19年度からは、大学院博士課程後期として「**脳情報専攻**」を開設するに至った。また、博士課程の大学院生が研究活動に専念できるための支援として、リサーチアシスタント制を導入し、延べ26名の大学院生に、1人当り年平均150万円の支援を行った。

3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等

本拠点は、遺伝子から神経細胞・回路網、システム、脳発達と心のしくみまでを統合的に研究してきており、さらにミツバチ、ラット、サル、ヒトを対象に系統的に研究を進めてきた。それにより、日本では難しかった学際領域研究を着実に実行してきた。その結果として、脳科学研究所の開設（平成19年4月）に至っている。

具体的な研究成果として、**生物の基本情報処理部門**では、集団から隔離して育てたミツバチを用いて社会刺激による連合学習能力の発達と脳構造の変化について調べた。その結果、各種入力情報を統合する機能をもつキノコ体ケニオン細胞群、そのニューロピル部分、触覚葉において、隔離個体が非隔離個体と比較し7～10%小さいことが判明した。この結果は個体間のコミュニケーションが脳の発達に影響を与えることを明らかにし、さらにこの結果をもとに遺伝解析グループや**脳の高次情報処理研究部門**の記憶学習グループとの

共同研究に結びついている。脳の高次情報処理研究部門の思考・推論研究グループでは行動・運動の情報処理の階層性を調べ(Shima & Tanji, *Nature*, 2006)、さらに報酬や価値判断、動機づけの情報との関連性(Kobayashi et al, *Neuron*, 2006) (Kobayashi et al, *Exp. Brain. Res.*, 2007)を動物実験により明らかにした。その成果をもとにfMRIによるヒトへの応用研究に結びついている。記憶・学習研究グループは、学習法則の基礎メカニズムをシナプスの可塑性に求め、パッチクランプからマルチ電極記録・光計測まで幅広い手法を使って時空間学習則のモデル化とその実験的検証を行った(Tsukada & Pan, *Biol. Cybern.*, 2005、Tsukada et al, *Hippocampus.* 2005)。神経計算論・工学応用研究グループは、神経回路の数理モデルとそれに基づくシミュレーションにより、シナプスの可塑性による局所回路のダイナミックな挙動変化をモデル化

(Cateau & Fukai, *Neural Computation*, 2003)した。さらに意思決定の神経メカニズムのモデル化にもとりくみ、実験研究とモデル研究を結びつけている。**心のしくみ研究部門**では、生命観研究グループは、実験研究者とのワークショップを開催し脳の哲学的見方と実験研究の成果との融合に取り組んだ。発達研究グループは、脳がいかなる過程をたどって言語能力や問題解決能力を獲得していくかについて、赤ちゃんラボ、玉川学園（幼小中高）と連携をとり実験的に解明できる体制を整備し、成果をあげつつある。病態脳グループでは、東京医科歯科大学との共同研究を推進し統合失調症患者の眼球運動異常と脳神経回路異常との関係をfMRIで明らかにした(Matsuda et al, *Psychiatry Res. Neuroimaging*, 2004)。人文科学系との交流と教育応用については、佐藤事業担当推進者を中心とするグループは、玉川学園の幼稚園・小学校において母語・第二言語の獲得に関する応用的研究を行い、また高平事業担当推進者と中心として、小学生から大学生にわたり数学問題解決や空間思考の情報処理過程の研究を行い、その結果を将来教育に活かすことを目指している。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

部門内でのグループ間交流（部門セミナー）、さらに部門間交流（COEセミナー）を通じ、グループ間、部門間共同研究へとつなげ、さらに学内を越えた国内外の学外共同研究（融合研究）へと発展させた。

また、学習・記憶・推論の情報処理を総合的理解につなげるためプロジェクト委員会を設置し、各グループがプロジェクトに参加することで相互連携を進めた。

具体的プロジェクトテーマは、①言語発達と推論の神経機構、②価値と動機付けの神経機構、③連合学習の脳機能、④社会行動の脳内分子基盤、⑤空間認知と数理的処理、⑥視覚的認知と自律ロボットの6つとした。

グループ間連携をプロジェクトの設置により可能にした。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

「全人的人間科学プログラム」は、NIH、ケンブリッジ大学、カリフォルニア工科大学、昭和大学といった、世界の神経科学研究で中心的役割を果たす拠点と共同研究を実施している。その他にも、ユニットで行っている共同研究を通して、ボストン大学、ルーバン大学、オックスフォード大学、ヴィクトリア大学、ルイ パスツール大学、理化学研究所、東京大学、都立神経研、東北大学、北海道大学、大阪大学などとも交流がある。この国際的ネットワークを通して、最先端の研究に関する情報やポストクを含む研究者情報の交換を行っている。

6) 国内外に向けた情報発信

玉川大学21世紀COE主催の国際会議（玉川ダイナミックブレインフォーラム（18年度：参加者180名・内海外80名）（毎年世界各地で開催、計10回）・COE国際シンポジウム：Tamagawa-COE International Symposium Attention and Decision（講演者国内19名・海外13名 参加者200名）等を開催したことで世界的情報発信基地の役割を担える研究拠点と認められるようになった。また国内においては、九州工業大学21世紀COE「脳とロボットが織りなす脳情報工学の世界」とのジョイントシンポジウムを2回開催した。また心のしくみ研究部門は、毎年1回玉川大学において、世界の言語研究者を招いて「Tamagawa inForum」を年1回行うとともに、お茶の水女子大学21世紀COE「誕生から死までの人間発達科学」との合同セミナーを年6回開催してきた。また、脳と心のメカニズムワークショップを毎年2回夏と冬に主催し、神経情報科学サマースクールを日本神経回路学会および日本神経科学学会と協力して毎年開催し若手研究者の育成も行ってきた。

一般向け啓蒙活動として、「触れてみよう！ 脳とロボット」を毎年夏休みに実施してきた。

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）

拠点形成費等補助金により、遺伝子からヒトまでの

学際的脳科学研究を行えるための、大型機器を取り揃えた。内容は遺伝子解析装置、機能的MRI装置、2光子電子顕微鏡、脳波計、マルチユニットニューロン計測装置といった最新鋭の脳科学計測技術を取り揃え、また子供の発達研究のための赤ちゃんラボ（赤ちゃんの登録数700件）を設置し、遺伝子レベルからヒトの脳機能までを1拠点ですべて研究が行えるように整備した。

またポストク給与、COEセミナーの講師謝金等支払に使用した。

②今後の展望

脳科学の成果をよりよい教育や生活に活かしていくことは、多くの人が期待していることである。しかし、安易な応用は危険ですらある。我々は、教育や生活に活かすことを念頭においた脳と心の基礎科学を推進する。脳科学の成果を応用することが難しいのは、これまでの脳科学が方法論的制約もあり「個の脳科学」に重点を置いてきたためだと考える。教育や生活に関する問題は、人間間の相互作用にその本質がある。今後、応用を目指すためには、「個の脳科学」との連続性を持った「社会（集団）の脳科学」の研究が必要である。遺伝子分子レベルから高次機能にいたる脳科学の基礎を維持した社会的機能の脳科学研究を学際的に行っていくことは、教育や生活の科学的理解に必要不可欠のものであり、次世代の教育や社会の改革を支えていくことのできる研究者の育成を目指していく。応用そのものより応用につながる基礎科学の発展をめざし、その先には玉川学園全体をあげた教育応用への取り組みに発展させる計画がある。

③その他（世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度）

玉川大学では、COE採択により脳科学を全学的に取り入れるようになった。例えば、大学学部的一般教養科目（コア科目）、専門科目群に脳の講義を設置した。また玉川学園中学生に事業推進担当者による脳科学の講義の実施、父母会等での脳科学セミナーを実施してきた。COEによる研究、教育の成果から脳科学研究所新設、工学研究科脳情報専攻の設置につながった。

学外へは、COE採択により大学間交流へとつながり、特に脳科学でも世界的トップクラスの実績のあるカリフォルニア工科大学との教育研究協力協定（大学院単位互換、学生交流、共通セミナー、研究指導委託）の締結へとつながっている。また同様の研究協定を昭和大学医学部との間でも締結予定となっている。

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	玉 川 大 学	拠点番号	E22
拠点のプログラム名称	全人的人間科学プログラム —脳の学習・記憶・推論・思考のメカニズムの究明とその教育技術への応用—		
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			
・ Ichikawa, N. and M. Sasaki. Importance of social stimuli for the development of learning capability in honeybees. Appl. Entomol. Zool. 38:203-209, 2003. ・ Ikeda T., Ishikawa H. and Sasaki T. Infection density of Wolbachia and level of cytoplasmic incompatibility in the Mediterranean flour moth, <i>Ephestia kuehniella</i>. J. Invertebr. Pathol. 84, 1-5, 2003. ・ Fiorillo CD, Tobler PN and Schultz W. Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. Science 299(5614), 1898-1902, 2003. ・ Ikeda T and Hikosaka O. Reward-dependent gain and bias of visual responses in primate superior colliculus. Neuron 14:39(4), 693-700, 2003. ・ Nomura M, Fukai T and Aoyagi T. Synchrony of fast-spiking interneurons interconnected by GABAergic and electrical synapses. Neural Computation 15: 2179-2198, 2003. ・ Kitano K, Okamoto H, Fukai T. Time representing cortical activities: two models inspired by prefrontal persistent activity. Biological Cybernetics 88, 387-394, 2003. ・ Cateau H and Fukai T. A stochastic method to predict the consequence of arbitrary forms of spike-timing-dependent plasticity. Neural Computation 15(3), 597-620, 2003. ・ Philippe N. Tobler, Anthony Dickinson, and Wolfram Schultz. Coding of predicted reward omission by dopamine neurons in a conditioned inhibition paradigm. J Neurosci. 12:23(32), 10402-10410, 2003. ・ Ono M, H Terabe, H Hori and M Sasaki. Components of giant hornet alarm pheromone. Nature 424, 637-638, 2003. ・ Fujiyuki T, Takeuchi H, Ono M, Ohka S, Sasaki T, Nomoto A and Kubo T. Novel insect picorna-like virus identified in the brains of aggressive worker honeybees. J. Virology 78(3), 1093-1100, 2004. ・ Ayabe, T, Hoshiba H and Ono M. Cytological evidence for triploid males and females in the bumblebee, <i>Bombus terrestris</i>. Chromosome Research, 12(3), 215-223, 2004. ・ Sakai Y, Nakano K and Yoshizawa S. Synaptic regulation on various STDP rules, Neurocomputing 58-60: 351-357, 2004. ・ Urakubo H, Aihara T, Kuroda S, Watanabe M and Kondo S. Spatial localization of synapses required for supralinear summation of action potentials and EPSPs. J. Computational Neuroscience 16(3) 251-65, 2004. ・ Shao, Z, Mao H, Fu W, Ono M, Wang D, Bonizzoni M and Zhang Y-P. Genetic structure of Asian populations of <i>Bombus ignitus</i> (Hymenoptera, Apidae). J. Heredity, 95(1), 47-53, 2004. ・ Nakahara H, Itoh H, Kawagoe R, Takikawa Y and Hikosaka O. Dopamine neurons can represent context-dependent prediction error. Neuron. 22:41(2), 269-280, 2004. ・ Okamoto H, Fukai T. Propagation of quasi-stable activation in a chain of recurrent neural networks. Neurocomputing 58-60, 235-238, 2004. ・ Harano K, Sasaki K, Nagao T. Depression of brain dopamine and its metabolite after mating in European honeybee (<i>Apis mellifera</i>)			

- queens. **Naturwissenschaften** 92, 310–313, 2005.
- Aihara T, Kobayashi Y and Tsukada M. Spatiotemporal visualization of long-term potentiation and depression in the hippocampal CA1 area. **Hippocampus** 15, 68–78, 2005.
 - Tsukada M, Aihara T, Kobayashi Y and Shimazaki H. Spatial analysis of spike-timing-dependent LTP and LTD in the CA1 area of hippocampal slices using optical imaging. **Hippocampus** 15:104–109, 2005.
 - Imai M, Haryu E, and Okada H. Mapping novel nouns and verbs onto dynamic action events: Are verb meanings easier to learn than noun meanings for Japanese children?, **Child Development** 76, 340–355, 2005.
 - Tsukada M, Pan X: The Spatiotemporal Learning Rule and Its Efficiency in separating spatiotemporal patterns. **Biological Cybernetics** 92, 139–146, 2005.
 - Tobler PN, Fiorillo CD and Schultz W. Adaptive coding of reward value by dopamine neurons. **Science** 11, 1642–1645, 2005.
 - Hoshi E and Tanji J. Differential Involvement of Neurons in the Dorsal and Ventral Premotor Cortex During Processing of Visual Signals for Action Planning. **J Neurophysiol.** 95, 3596–3616, 2006.
 - Kobayashi S, Nomoto K, Watanabe M, Hikosaka O and Schultz W, and Sakagami M. Influences of rewarding and aversive outcomes on activity in macaque lateral prefrontal cortex. **Neuron** 21, 861–870, 2006.
 - Sakagami M, Pan X and Uttl B. Behavioral inhibition and prefrontal cortex in decision-making. **Neural Networks.** 19, 1255–1265, 2006.
 - Harano K, Sasaki M. Renewal process of nestmate recognition template in European honeybee *Apis mellifera* L. **Applied Entomology and Zoology** 41, 325–330, 2006.
 - Nakamura K and Hikosaka O. Facilitation of saccadic eye movements by postsaccadic electrical stimulation in the primate caudate. **J Neurosci.** 13:26(50), 12885–12895, 2006.
 - Shima K and Tanji J. Binary-coded monitoring of a behavioral sequence by cells in the pre-supplementary motor area. **J Neurosci.** 26(9), 2579–2582, 2006.
 - Mushiaki H, Saito N, Sakamoto K, Itoyama Y and Tanji J. Activity in the lateral prefrontal cortex reflects multiple steps of future events in action plans. **Neuron** 50, 631–641, 2006.
 - Pan X and Tsukada M. A model of the hippocampal-cortical memory system. **Biological Cybernetics** 95(2), 159–167, 2006.
 - Sakagami M and Pan X. Functional role of the ventrolateral prefrontal cortex in decision making. **Curr Opin Neurobiol.** 17, 228–233, 2007.
 - Watanabe M, Hikosaka K, Sakagami M and Shirakawa S. Reward expectancy-related prefrontal neuronal activities: are they neural substrates of “affective” working memory? **Cortex**, 43, 53–64, 2007.
 - Kobayashi S, Kawagoe R, Takikawa Y, Koizumi M, Sakagami M and Hikosaka O. Functional differences between macaque prefrontal cortex and caudate nucleus during eye movements with and without reward. **Exp. Brain Res.** 167, 341–355, 2007
 - Aihara T, Yamazaki Y, Watanabe H, Fukushima Y and Tsukada M. The relation between spike-timing dependent plasticity and Ca^{2+} mobility in the hippocampal CA1 network. **Neuroscience** 145, 80–87, 2007.
 - Shima K, Isoda M, Mushiaki H and Tanji J. Categorization of behavioral sequences in the prefrontal cortex. **Nature** 445, 3415–3418, 2007.
 - Isoda M & Hikosaka O. Switching from automatic to controlled action by monkey medial frontal cortex. **Nature Neuroscience** 10, 240–248, 2007.
 - Tobler P, Fletcher P, Bullmore E and Schultz W. Learning-related human brain activations reflecting individual finances. **Neuron** 54(1), 167–75. 2007.
 - Matsumoto M and Hikosaka O. Lateral habenula as a source of negative reward signals in dopamine neurons. **Nature** 23, accepted.

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) Tamagawa Dynamic Brain Forumの開催

2002年 「Neural Rhythms: Generation, Control and Functional Roles」 Sept. 8th~11th, 2002

場所: Visegrad, Hungary 参加者: 60名(外国人50名)

主な招待講演者: Prof. H. Haken (Univ. Stuttgart, Germany)

Prof. C. Schreiner (Univ. San Francisco, USA)

Prof. G. Orban (Hungary Academy of Science)

2003年 「Dynamic Approaches to Brain Function」 Aug. 13th, 2003

場所: 玉川大学 参加者26名(外国人2名)

主な招待講演者: Prof. Guy Sandner (Univ. of Louis Pasteur, INSERM)

Dr. Antonio Carlos Roque (Univ. of Sao Paulo, Brazil)

2004年 「In Search of a new paradigm for approaching the brain as a complex system」 Sept. 19th~24th, 2004

場所: Ribeirao Preto, Brazil 参加者: 70名(外国人60名)

主な招待講演者: Walter Freeman (Univ. California at Berkeley, USA)

Ad Aertsen (Albert-Ludwigs Univ, Germany)

Allen Selverston (Univ. California at San Diego, USA)

2005年 「In Search of a new paradigm for approaching the brain as a complex system」 Nov. 7th~9th, 2005

場所: Auckland, Nz 参加者: 65名(外国人50名)

主な招待講演者: Jan Lauwereyns (Victoria Univ. of Wellington, NZ)

Stefan Rotter (Univ. of Freiburg, Germany)

P. A. Robinson (Univ. of Sydney, Australia)

2006年 「Cortical Dynamics: Physiology, Theory and Applications」

場所: Nagano, Japan 参加者: 180名(外国人80名) Mar. 7th~9th, 2007

主な招待講演者: Barry J. Richmond (NIH, USA)

Okihide Hikosaka (NIH, USA)

Hugh Robinson (Univ. Cambridge)

2) Tamagawa COE International Symposium 「International Symposium on Attention and Decision」の開催

場所: 玉川大学 時期: May. 19th~21th, 2004 参加者: 200名(外国人30名)

主な招待講演者: John Duncan (Medical Research Council, Cambridge)

Wolfram Schultz (Cambridge Univ., Cambridge)

Daeyeol Lee (University of Rochester, Rochester)

(講演者合計: 外国人10名 国内21名)

3) Tamagawa-Caltech joint Symposium 「Neuroeconomics」の開催

場所: California Institute of Tech. 時期: Feb. 23th, 2007 参加者: 50名(外国人40名)

主な講演者: Peter Bossaerts (California Institute of Tech.)

Jun Tanji (Tamagawa Univ.)

Masamichi Sakagami (Tamagawa Univ.)

Hackjin Kim (California Institute of Tech.)

Alan Hampton (California Institute of Tech.)

Jiro Okuda (Tamagawa Univ.)

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 大学院学際領域プログラム「人間情報科学」平成16年度開設
大学院教育プログラムとして、脳研究を軸に、文・農・工学研究科の横断的・学際的プログラムを開設し、人間の総合的理解の研究・教育の実施。
- ② 大学院工学研究科博士課程後期 脳情報専攻 平成19年度開設
大学院博士課程後期に脳を専攻する専攻を新設した。
- ③ 工学部知能情報システム学科「人間情報科学コース」平成16年度開設
新学科は、「遺伝子から脳の高次機能まで、人間の総合的理解を目指す」という理念のもと、既成の学問分野の垣根を超えた学際的教育を実施する。カリキュラムの特色は次の3つの基礎とその応用分野からなる。
 - 1) 生命情報基礎としての遺伝子、分子、タンパク質、細胞内情報伝達を理解し、バイオ技術、バイオインフォマティクスへ応用する。
 - 2) 脳の高次機能である記憶や学習、認知や認識、計画や行動決定のしくみを理解し、知能ロボットや脳型コンピュータなどに応用する。
 - 3) 人間の言語発達・発達の過程、心理学的性質、知能のしくみ、心の働きを理解し、脳発達を教育の分野に応用する。
- ④ 若手研究者教育プログラム
 - 1) 脳と心のメカニズムワークショップ
選考方法：自由応募 支給額：旅費・宿泊費等 100万円
対象：計算論と生物実験の学際若手研究者
夏 第4回 「意識と統括機能」（2003年8月23～25日）
第5回 「意思決定：心の物質基盤」（2004年8月24～25日）
第6回 「記憶・学習のフロンティア」（2005年8月20～21日）
第7回 「感覚認知の計算理論とダイナミクス」（2006年8月23～24日）
冬 第4回 「下頭頂葉機能の新視点」（2004年1月7～9日）
第5回 「Statistical Model of the Brain」（2005年1月11～13日）
第6回 「Brain Machine Interface」（2006年1月10～12日）
第7回 「Neuroeconomics」（2007年1月9～11日）
 - 2) 神経情報科学サマースクールの企画と運営
(計算論と生物実験の学際プログラムとしてCOE拠点リーダー塚田稔が創設し、校長を務めてきた)
対象：計算論と生物実験の学際若手研究者
支給額：旅費・宿泊費等100万円
選考方法：自由応募による論文選考（定員50名 倍率2～2.5倍）
平成14年度「脳の情報表現—スパイクの意味するもの」（2002年8月6～11日）
平成15年度「脳の局所回路の計算機構」（2003年8月2～6日）
Okinawa Computational Neuroscience Course （対象・支給額・選考方法は上記と同様）
神経情報科学サマースクールを国際的に広げ、世界的に著名な講師をそろえ、参加者も世界各国から募集。
平成16年度「Bayesian Brain: Probabilistic Approaches to Neural Coding and Learning」
November 9th to 19th, 2004
平成17年度「Predictions and Decisions」July 1st to 10th, 2005
平成18年度「Computing Neurons」June 26th to July 7th, 2006
- ⑤ 大学院工学研究科 生産開発専攻特別講義の外国人招聘プログラム
対象：専攻の博士課程後期・修士課程の大学院生およびポスドク
内容：脳の高次機能に関する計算論と動物実験の研究およびチュートリアル
支給額：毎年150万円
- ⑥ 玉川大学COE若手の会
対象：専攻の博士課程後期、ポスドク
内容：毎月1回、ポスドク、大学院生が企画する学際脳科学セミナー、若手研究者間交流
玉川大学COE若手研究者の研究紹介と外部講師によるセミナー
支給額：外部講師への謝金、交通費の支給

21世紀COEプログラム委員会における事後評価結果

(総括評価)

設定された目的は十分達成され、期待以上の成果があった

(コメント)

本提案は、脳と心の問題を中核に、基礎的な脳科学、工学と文系の人間科学、教育科学を融合する新しい拠点を形成する意図で構想され、学長の指揮の下、大学の手厚い支援と関係者の強い意欲により、当初の予想を大きく上回る成功を収めたものとして、高く評価できる。

学問の面から見れば、分子生物学、システム脳科学、理論脳科学の個別分野で著しい成果を挙げ、その融合が進んだ。これは若手級から指導者級までの優れた一連の人材のリクルートに成功したことによる。また、心と教育の問題に関しては、「赤ちゃんラボ」の構築、哲学者との対話など、活動は積極的であった。しかし、脳科学と人間科学の融合は始まったばかりであり、その足掛かりを築いた努力は高く評価できるものの、これからの課題としてさらなる発展を期待したい。

教育の面では、比較的小規模な大学であることもあって、世界一流の大学院教育機関となるにはまだ障害が多々あるが、しっかりとした中核技術基盤の形成に成功し、他大学の大学院生とポスドクを多く受け入れ、わが国の脳科学の広がりや若手育成を支えてきたものとして、その活躍は高く評価できる。国際交流、国際シンポジウム、サマースクールなど、国際的な活動にも矚目すべきものがある。

貴学の自らの特色をここに活かそうという積極性は高く評価できる。脳科学研究所の設立など、大学の理解と支援をもとに基盤整備をさらに進め、文系理系の壁を越えて人間を理解するための人間科学を構築する研究教育拠点を形成するというユニークな目標を、今後もさらに積極的に追求していただきたい。