

学際領域研究の拠点形成に向けて —脳コミュニケーション研究センターの2018年度の活動—

門田 宏^{1,2,*} 青木 隆太³ Ruedeerat Keerativittayayut² 繁樹 博昭²

竹田 真己¹ 中原 潔^{1,2} 松崎 公紀² 吉田 真一² 岩田 誠^{1,2}

(受領日：2019年2月22日)

¹ 高知工科大学総合研究所脳コミュニケーション研究センター
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 高知工科大学情報学群
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

³ 高知工科大学フューチャーデザイン研究所
〒780-8515 高知県高知市永国寺町2番22号

* E-mail: BrainCom-Info@kochi-tech.ac.jp

要約：脳コミュニケーション研究センター（BrainCom）は、脳科学と情報通信技術を核にして様々な学術領域の知見を高度に融合することによって、新しいコミュニケーション関連技術を創生するための学際的研究拠点として、2012年4月に本学総合研究所に創設された。本研究センターはまた、同時期に共同研究設備として導入された磁気共鳴断層撮影（magnetic resonance imaging: MRI）装置の運用業務も担っており、徐々に本学における研究活動の活性化に貢献しつつある。本稿では、学際領域研究の拠点形成に向けて活動してきた2018年度の成果の概要を報告すると同時に、今後の学際的研究活動の指針を述べる。

1. はじめに

脳コミュニケーション研究センター（BrainCom）は、脳科学と情報通信技術を核にして様々な学術領域の知見を高度に融合することによって、新しいコミュニケーション関連技術を創生するための学際的研究拠点として、2012年4月に本学総合研究所に創設された。本研究センターは、同時期に共同研究設備として導入された磁気共鳴断層撮影（magnetic resonance imaging: MRI）システムの運用業務も担っており、徐々に本学における研究活動の活性化に貢献しつつある。

脳コミュニケーション研究センターでは、応用脳科学（Applied neuroscience）グループ、基礎脳科学

（Basic neuroscience）グループ、脳計算論（Computational neuroscience）グループの3つの研究グループを組織し、相互の緊密な連携体制の下で研究・開発を推進している（図1）。

応用脳科学グループは、脳の情報処理機構に立脚した医工学技術の開発を目指している。例えば、脳内機序に基づいたリハビリテーション法の開発や、脳の療育の研究・開発を進めている。

基礎脳科学グループは、脳科学の知見に基づいてヒトをより深く理解するために、知覚や認知、記憶、運動など、ヒトの様々な機能における脳内の神経表象を明らかにすることを目指している。

脳計算論グループは、機能的MRI（functional MRI: fMRI）や脳波などの脳活動計測から得られる多次

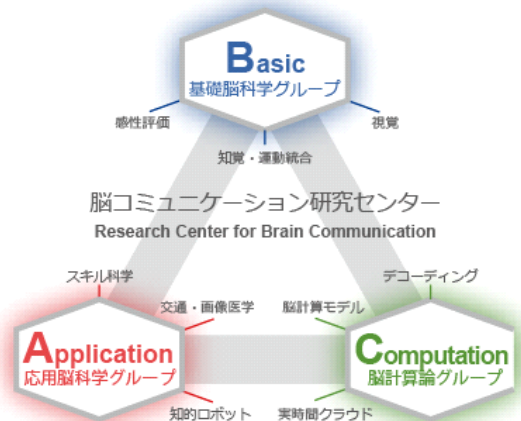


図 1. BrainCom の研究体制

元の膨大なデータを処理する手法の開発や、脳の情報処理のモデリングを行っている。また、本学に設置された高性能クラスタ計算機を活用した高速処理を実現するために、並列化アルゴリズムの実装・開発も行っている。

以下本稿では、学際領域研究の拠点形成に向けて 2018 年度に実施した活動について、BrainCom の組織、研究活動、教育活動、MRI 装置運用実績に関して報告する。さらに、2018 年度の活動を総括した上で、次年度の研究活動の指針を述べる。

2. 組織

2018 年度は、BrainCom 専任教員 4 名に加えて、連携教員 5 名ならびに客員教員 5 名にも BrainCom の運営に関して積極的なご支援やご助言を頂く体制で様々な活動を開始した。

専任教員…岩田誠教授、中原潔教授、竹田真己特任教授、門田宏准教授

連携教員…松崎公紀教授、繁榊博昭准教授、吉田真一准教授（情報学群）、青木隆太講師（フューチャーデザイン研究所）、Ruedeerat Keeratitivittayayut 助教（情報学群）

客員教員…朴啓彰 博士（高知検診クリニック脳ドックセンター長）、神谷之康 博士（京都大学 教授）、地村弘二 博士（慶應義塾大学 准教授）、木村岳裕 博士（金沢大学 准教授）、谷部好子 博士（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）

3. 研究活動

脳コミュニケーション研究センターでは、上記の教員を含めた情報学群およびシステム工学群の教員が、高知大学、高知工業高等専門学校、東京大学、

静岡大学、岡山大学等 15 大学および企業・研究所・病院等の 5 施設と共同して MRI 装置を用いた研究を実施している。また、経済・マネジメント学群の教員や他機関の研究者が業務時間後に参加できるように、毎週水曜日 18:30 から 2 時間程度の研究セミナーを開催している。この BrainCom セミナーでは、脳科学・医学・情報科学等様々な分野の研究者が持ち回りで最新の研究トピックスを提供して、相互に意見交換している。

2018 年度は、これらの活動の結果として、原著論文 8 報、国際学会 14 件、国内発表 16 件が、本研究センター関連の研究成果として公表された。以下、主要な研究成果を述べる。

3.1 ヒトの感覚運動統合における情報処理（門田）

我々は環境から種々の感覚情報を適切に処理・統合し、それらの情報に基づいて目的の運動を行うことにより日常生活を営んでいる。この感覚機能、運動機能について fMRI や経頭蓋磁気刺激（TMS）、経頭蓋直流電気刺激（tDCS）等の脳計測装置を用いてそれらの神経メカニズムを解明すべく研究を行っている。

特にヒトの持つ運動学習能力の背景に存在する神経機序について心理物理学的な実験や fMRI を用いた実験などから研究を進めている。ヒトは VR 空間等のように本来の目の位置からの視点とは異なる視点からでも適切に運動を行うことができる。通常の視点として正面視点、異なる視点として右視点の環境を作り、それぞれの視点で学習した運動記憶は別の視点になったときに残っているのかどうか、またどの脳部位がそのような異なる視点からの運動制御に関与しているのか（図 2）等について検討を進めている^{1,2)}。

また、ヒトの運動学習能力には個人差があり、初めて学ぶ運動でもすぐ上手くなる人とならない人がいる。そのような運動学習能力の個人差について、運動学習を行う前の安静時の脳活動からその後の運動学習の学習度を予測できるかについて上武大学の関口教授等と共同で研究を行っている³⁾。国際電気通信基礎技術研究所の浅井研究員らとは運動を行った時のフィードバック情報が自己または他者に帰属する過程における脳のダイナミックな変化を明らかにするために、自己の運動と他者の運動の区別に関わると考えられる脳部位を TMS または tDCS で刺激し、その刺激の影響をみることでフィードバックの自他帰属と脳の関係について検討している^{4,5)}。時間知覚に関わる脳部位について、金

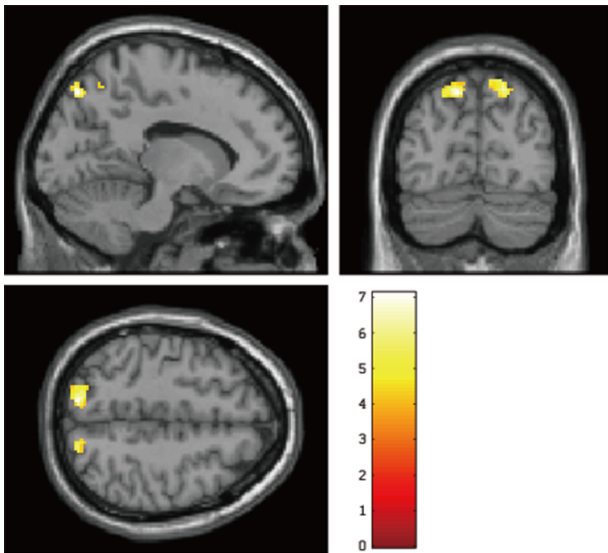


図2. 正面視点と右視点それぞれの視点で到達運動を行った時の脳活動を比較した結果、右視点のときにより活動していた脳部位。

沢大学の木村准教授（本センター客員准教授）らとともに研究を進めている。本学の中原教授、繁柵准教授および岡山大学等とは他感覚情報に基づいた言語処理に関する研究を進めている。その他、脳機能と運動学習および行動の抑制に関する講演を行った⁶⁾。

3.2 3次元知覚、多感覚統合に関する研究（繁柵）

ヒトの3次元知覚の処理過程は心理物理学や脳機能イメージングの手法により多くの検討がなされているが、対象の3次元構造の表象が視覚皮質のどのレベルで処理されているかは未だ明らかになっていない。本研究ではこの点を検討するため、MRIスキャナ内で両眼視差の情報のみから円筒状の奥行き構造が知覚できる刺激を観察者に呈示し、得られた脳機能画像から観察者が見ていた刺激の凹凸の奥行き構造を多ボクセルパターン解析（MVPA）によって判別させる分析を行った。あらかじめ同定しておいた視覚野ごとにこの分析を行い、判別の正答率を指標として各視覚野の機能を検討した結果、円筒の方位に依存せず凸面/凹面を最も高い正答率で識別できたのは視覚野のV3A野からのボクセル群であり、凹凸についての一般化された3次元構造の情報はこの領域において表現されている可能性が示唆された。この成果は国際学会にて発表し⁷⁾、現在改訂論文が再審査中である。奥行き手がかり間で共通する奥行き構造の表象や、物体に対する把持行動などの身体運動出力に対応した物体の3次元的

な方位の表象についても同様の手法を用いて検討しており、国際ワークショップにて発表し^{8,9)}、2019年の国際学会（VSS2019, APCV2019）においても発表予定である。これらの脳機能イメージング研究に関連して、両眼視による心理物理実験も行っており、両眼情報統合後の空間情報処理の順応の効果についての成果が論文として発表され¹⁰⁾、両眼情報統合過程の中心周辺視野の特性の違いについて検討した成果が改訂論文の再審査中である。

富山県立大学との共同研究では、対象に対する評価において他者の意見が影響を及ぼす際の脳活動について検討した研究¹¹⁾、および対象に対して評価する時の背景色の影響について脳機能イメージングで検討した研究¹²⁾をそれぞれ国際学会、ワークショップにおいて発表した。資生堂との共同研究では、視覚と触覚のクロスモーダル効果についてMRIを用いて検討する方法についての特許を出願し、その手法を用いて行った実験の結果をまとめた論文を投稿準備中である。視覚と自己受容感覚の相互作用に関する研究については、国際学会で発表を行い¹³⁾、VR関連の学会論文誌で論文を発表した¹⁴⁾。また、MRIによるデコーディングに関する章などを分担執筆した書籍¹⁵⁾が刊行され、公認心理師のテキストにおいて心理物理学的手法について解説した書籍¹⁶⁾が2019年度中に刊行予定である。

3.3 システム神経科学研究（竹田）

神経回路の動作原理を解明するためには、複数の空間スケールにおける神経回路の動作を調べ、さらに異なる空間スケールの神経回路間を接続する原理を統合的に理解する必要がある。竹田は、記憶を支える神経回路に焦点を当て、脳領域間と皮質層間といった空間スケールの動作原理を研究の対象とした。その結果、記憶関連領域間の協調的神経活動は特定の皮質層単位で認められ、かつ認知プロセス依存的に協調的神経活動が現れる皮質層が変化することを明らかにした。この研究成果は国際誌に論文掲載された¹⁷⁾。また、大脳記憶メカニズムに関する総説を執筆した¹⁸⁾。その他、2件の招待講演を行った^{19,20)}。

大学の支援を受けて Siemens Prisma 3T-scanner や当該MRI装置用の64 channel head coil等が2018年初めに導入されたことにより、世界最高水準のfMRIイメージング環境が整った。本導入により、従来よりも高い空間分解能・時間分解能・S/N比等を有した脳機能イメージングが可能となったが、その反面、脳機能イメージング中の頭部の動きがより問題

となりうる。そこで、Pearltec 社製の頭部固定補助装置（球状パールおよび加圧による固定補助）を新規に導入し、その固定補助効果を検証した。その結果、従来の固定補助装置に比べて格段の固定力を有することが明らかとなった。本頭部固定補助装置は、センター利用員が自由に使用できるように共通機器として整備した。

また、MRI 対応脳波計（Brain Products 社製）を用いた脳波計測を fMRI と同時に行う計測系の構築を行った。この計測系を検証するために、複数の課題を用いて、fMRI と脳波の同時計測を行った。一例を示すと、閉眼と開眼視覚刺激提示のブロックデザイン実験を行った。脳波計測における MRI 由来のノイズなどを除去するために Analyzer 2 を用いた。その結果、開眼視覚刺激提示に伴い、閉眼時と比べて後頭葉の有意な賦活が fMRI で同定された（図 3a）。一方、脳波データからは閉眼時により α 周波数帯域（10Hz 前後）の oscillation が後頭葉を中心に増加することが明らかとなった（図 3b）。この結果は、fMRI と脳波が神経活動の異なる側面を捉えていることを表している（fMRI はより空間的な神経活動パターンを捉え、脳波はより高速の電気的現象を捉えている）。fMRI と脳波の同時計測系が構築できたことにより、神経活動をマルチモーダルに計測することが可能となった。引き続き、本センター中原教授、慶應義塾大学理工学部の地村弘二准教授（本センター客員准教授）らと共に、fMRI・脳波同時計測による研究を推進していく予定である。

3.4 認知神経科学研究（中原・青木・Keerativittayayut）

中原、青木は大学院生の Taghizadeh Sarabi、地村弘二・慶應義塾大学理工学部准教授（本センター客員准教授）との共同研究で、視覚の知覚学習の直後に視覚関連領野とその他の領野との安静時脳機能結合が変化することを明らかにした。本研究は 2017 年度紀要において PloS One 誌に accept されたことを報告したが、正式な publish は 2018 年 5 月であったため、改めて 2018 年度紀要に記載するものである²¹⁾。

また、大学院生の Keerativittayayut（現・情報学群助教）、地村客員准教授との共同研究で、エピソード記憶の記録成績と脳全体のネットワークの結合状態との関連を明らかにした。この研究では incidental memory-encoding paradigm を用い、被験者が物体や風景の画像を記録する際の脳活動を fMRI によって計測した。この間の脳活動の時間変化を約 30 秒間

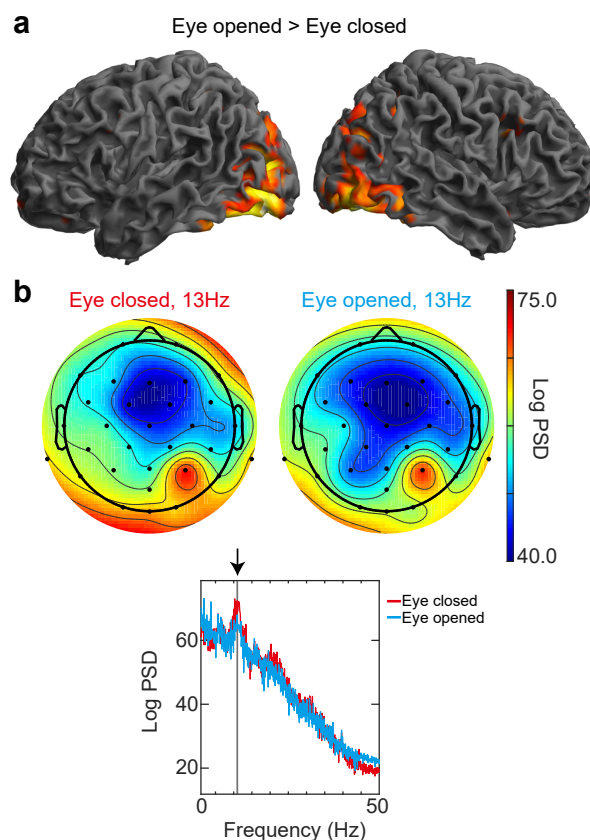


図 3. fMRI と脳波の同時計測により明らかになった脳活動。開眼視覚刺激提示と閉眼をそれぞれ 15 秒間、30 秒間行い、このブロックを計 6 回繰り返した一人の被験者の結果を示す。(a) fMRI によって同定された、開眼時により賦活した脳機能マッピング。後頭葉に顕著な賦活を認めた。(b) 脳波の結果。開眼時に比べて閉眼時により α oscillation が後頭葉を中心に認められた。

の時間窓に分け、さらに記録成績が高かった時間窓（High-encoding state: H）、低かった時間窓（Low-encoding state: L）に分類した。そして H と L との間で脳全体のネットワークの結合状態に有意な差があることを見出した（図 4）。この研究は 2017 年度紀要において under revision であると報告したが、2018 年 6 月に eLife 誌に publish された²²⁾。また、この研究に関連して新聞社より取材を受け、毎日新聞（地方版）、朝日新聞（四国版）に記事が掲載された^{23, 24)}。

また中原は、新潟大学医学部生理学講座の長谷川功教授らとの共同研究で、ラット視覚野において、チャンネル・ロドプシンによって局所的に生じさせた local field potential (LFP) が皮質を伝播する動態を多チャンネル皮質脳波記録 (ECoG) によって解析

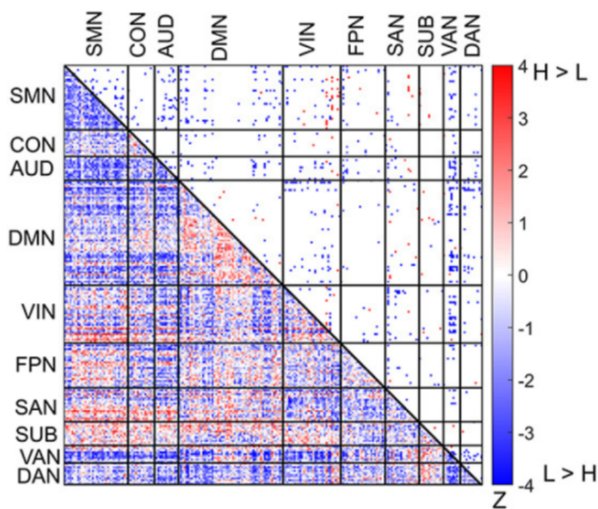


図 4. エピソード記憶の記録成績が高い状態 (H) と低い状態 (L) との間の機能的結合のパターンの統計的な差を示すマトリックス。カースケールは Wilcoxon signed-rank test における z-value を示す。統計的有意 ($P < 0.05$, FDR corrected) な差を示す ROI のペアを対角線右上部に示す。全 224 個の ROI は 10 個のサブネットワークに分類されている。SMN, sensorimotor networks; CON, cingulo-opercular network; AUD, auditory network; DMN, default mode network; VIN, visual network; FPN, fronto-parietal network; SAN, salience network; SUB, subcortical nodes; VAN, ventral attention network; DAN, dorsal attention network.

した。本研究は Scientific Reports 誌に論文発表された²⁵⁾。

その他、国際学会発表、国内研究会発表を、それぞれ一件行った^{26, 27)}。

現在進行中の共同研究先としては、慶應大、新潟大、京都大、CiNet、高知大、及び長谷川香料 (株) がある。

今年度にはグループのメンバーの異動があった。まず、Keerativittayayut が SSP 博士課程を修了し、2018 年 4 月に本学・助教 (プロジェクト) に就任し、本研究センター連携教員に加わった。一方、2019 年 3 月に青木は本学を離れ、同年 4 月に首都大学東京・特任准教授に就任した。

2018 年度初頭に導入された Prisma は特にトラブルなく順調に稼働を続けており、2019 年度は Prisma を使用した研究をさらに加速し、論文発表へとつなげていきたい。また脳波 (EEG)、TMS、経頭蓋交

流電気刺激 (tACS) を使った研究を開始し、研究の幅を広げていきたい。

3.5 SRCNN による MRI 画像の超解像化 (松崎)

一般に医用画像において、解像度と信号雑音比が高いことが望まれる。しかし MRI では、使用する装置の物理的制約などにより解像度が制限されるだけでなく、解像度・信号雑音比・撮像時間がトレードオフの関係にあるため、臨床における制約から解像度と信号雑音比が制限されてしまうことも多い。医用画像処理に深層学習 (ディープラーニング) を適用する研究が、世界中でこの数年活発に進められてきている。特に、本研究に関連する、深層学習の技術によって実現した MRI 画像の超解像処理は、2018 年に複数報告されている。

松崎らは、MRI 画像の撮像における特徴のひとつである、複数の撮像法による画像を入力とする超解像処理について研究を進めている。臨床や研究の現場において MRI 画像を撮像する際に、T1 強調画像は空間解像度を高く、T2 強調画像などは空間解像度を低く撮像することがある。そのような場合に、適切に位置合わせを行うことにより、T2 強調画像の超解像により高解像度の T1 強調画像を利用するというアイデアである。

現在、修士学生の Liao Fangyuan とともにこのアイデアを実現するプログラムを作成し、その超解像結果について既存手法との比較実験を行っている段階である。

3.6 MRI 信号の機械学習による解釈 (吉田)

MRI 信号に対する機械学習を用いた解釈のアプローチは、fMRI に対する一般線形モデルの適用と同様、1 スキャン分の fMRI 信号を学習の入力データ、出力ラベル (目的変数) に被験者の知覚している刺激などとするものが主流であるが、脳波を使った研究と同じような、複数の連続スキャンの変化の時系列パターンとして fMRI 信号を取り扱うアプローチも存在する。ただ、fMRI の時間解像度が低いという問題 (1 スキャンあたり 2-3 秒) があり、一般的ではない。ヒューマンコネクトームプロジェクトの成果であるマルチバンド撮像法 (多断面同時励起) は、fMRI の時間解像度性能を数倍に高めることができ、2010 年代の fMRI の性能を大きく向上させた。一方で、信号雑音比 (S/N 比) の悪化が避けられず従来の fMRI ではマルチバンド撮像法の適用に躊躇する場面も多かったが、本研究で用いた Siemens Prisma の特徴として、64 チャンネルヘッド

ネック受信コイルを用いた場合の S/N 比が大きく向上し、マルチバンド撮像法がより実用的となる。

本研究では、S/N 比の向上した fMRI の特長を活かせる後者の時系列アプローチを採っている。具体的には、スキャン間隔を 1 秒とする 3 倍速マルチバンド撮像法のデータを取り扱う。時系列を解析する方法として、ノイズ低減のための平滑化、動き補償、標準脳へのノーマライズの前処理のみを行った、ボクセルデータの直接使用 (Raw)、脳波の時系列処理向けに提案されている位相データ解析 (TDA: Topological Data Analysis) の 2 種の特徴量を使用し、機械学習にはサポートベクトルマシン (SVM) を用いた。TDA の適用にあたっては、単一ボクセル値 $x(t)$ の間隔 τ の N 系列 $x(t - n\tau), n = 0, 1, \dots, N$ を N 次元ベクトル $\mathbf{x}(t)$ として、 N 次元ベクトル空間での軌跡 (カオスでの疑似アトラクタ) として構成し、この図形の Persistent Homology、ベッチ数 (位相不変量) を計算し、特徴ベクトルとした。指のタッピングタスクに対して、Raw 時系列判別で被験者にもよるが、正答率が 0.75 から 0.9 となった。時系列を用いない単変量解析 (GLM) では、0.71 から 0.87 であった。これらの正答率は交差検証法により求めた。ジャンケン拳の形のタスクでは、被験者により GLM で 0.66 から 0.84 だったものが、提案法で 0.77 から 0.96 となった。また、視覚刺激として 45 度と 135 度の 2 種の斜線が横に連続的にスクロールする動画視聴では、0.62 から 0.73 であったものが、0.88 から 0.96 となった。なお、1 次元畳み込みニューラルネットワーク (1DCNN) を判別に用いる予備実験も行ったが、SVM と精度の差はなかった。

MRI データの次元の高さに加えて、時系列による次元の上昇もあり、更なる検証が必要であるが、本研究の結果は、fMRI データへの時系列解析の有用性を示唆するものとも考えられる。本研究の詳細は、2018 年 11 月国際会議 ISCHIA 2018 において本学修士 (2019 年 3 月修了) の中山梨奈氏により発表されているほか²⁸⁾、修士論文にて実験内容が詳述されている。

紙面の都合で、本研究センターの共用研究設備である MRI 装置を活用した全ての研究プロジェクトを詳細に紹介できない点をご寛恕願いたい。他方、関連する科学研究費助成について、2018 年度は継続を含め、基盤 (A) 1 課題²⁹⁾、挑戦的研究 (開拓) 1 課題³⁰⁾、基盤 (C) 5 課題^{31, 32, 33, 34, 35)}、新学術領域 2 課題^{36, 37)} が実施されている。継続的に外部資金が獲得されており、BrainCom の活動が本学における研

究活性化の一翼を担いつつあることが判る。

4. 教育活動

本センター教員により、脳科学関連の講義を学内のみならず近隣の諸大学においても開講した。また、MRI 装置を活用した卒業研究指導が本格的に実施され、学部学生 6 名が学位論文を執筆し、それぞれ学士の学位を取得した。さらに、修士課程の学生 9 名 (情報学コース 6 名、知能機械工学コース 1 名、電子・光工学コース 2 名) が修士の学位を取得した。次年度以降はさらに多くの研究指導に活用されることを期待したい。

5. 共同研究設備運用実績

2012 年 7 月から運用を開始した磁気共鳴断層撮影装置 (Verio) は、2017 年 1 月に運用を終了し、同メーカーであるシーメンス社の Prisma へとリプレースを行っていただいた。また Prisma へのリプレースにあわせて一部周辺機器システムも拡充が図られ、より精密で高度な研究が可能となった。

Prisma および周辺機器は、4 月から 8 月までの 4ヶ月間に複数回の使用説明会や講習会、メーカーやセンター教員との機器詳細設定や実際に撮影をしながらの調整等の事前準備を行い、9 月から本格的な運用を開始しているが、現在のところ大きなトラブルも無く、共用機器として問題なく順調に稼働している。各月別の利用率の状況を図 5 に示す。

本格的に稼働してからの利用頻度は例年並みの高水準を維持し共用研究機器として有効に活用されている。ご利用予定の先生方におかれましては、このような利用状況をご配慮頂いて、ご予約願いたい。平日日中は授業の関係で被験者が集まりにくい場合ため実験を行い難い場合もあり、土日祝日の使用許可の要望も多い。今後話し合いを重ねて、安全に実験ができる範囲内で柔軟な利用が可能ないように改善していきたい。

MRI 装置を利用する際には、ヒトを対象とする研究倫理審査委員会において承認された研究課題を記載した利用申請書¹⁾を BrainCom へ提出し、その後、Web サイト上で予約状況を確認してから利用希望時間を電子メールで申請することとしている。現状では、MRI 装置の利用申請は本学教員に限定している。学外の研究者に関しては、本学教員と共同研究を実施する場合に限って、本学教員が利用申請を提出すれば利用を承認するという暫定的運用

¹⁾<http://www.souken.kochi-tech.ac.jp/BrainCom/internal/> 参照

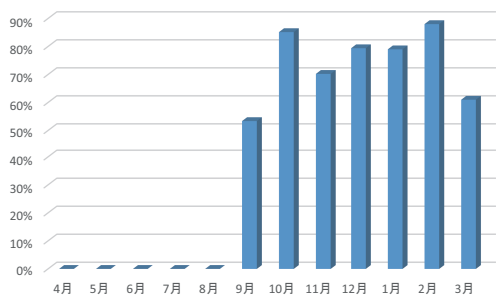


図 5. MRI 装置の利用率の月別推移 (2018 年度)
4 月～8 月は各種機器のセットアップおよび試用期間のため学内開放は行っていない。9 月より本格稼働。

を行っている。

また、今年度は、MRI 装置を学内外の研究者に広く活用して頂けるように、以下の活動を実施した。

- (a) シーメンス社による MRI 講習会：MRI 装置の使用については、ヒトを対象とする研究が主になること、使用方法を誤ると重大事故につながる可能性があるため、使用する教員はシーメンス社の技術研修 (MRI 利用安全講習会) の受講を必須と定めている。また、安全教育の観点から、責任者の教員に限定せずに、共同研究者及び学生の受講も推奨した (参加者 47 名)。
- (b) 機器操作説明講習会：MRI 装置のリプレイスとともに周辺機器についても拡充が図られており、より精密で高度な研究ができる環境となった。新しく導入された音声・聴覚刺激装置、生体信号モニタ、高速プロジェクタおよび生体信号計測器の導入および使用説明会を計 4 回行った。
- (c) 被験者プールの増強：研究課題毎に毎回個別に被験者を募集すると非効率である。このため、本センターで予め被験者を募集して登録しておき、MRI 装置による実験日時や被験者の条件 (視力矯正の有無や利き腕など) を登録者全員に電子メールで連絡する体制を整えて、MRI 利用研究者の利便性を向上した。本年度末時点で、被験者プールへの登録者が約 770 名に達し、効率良く被験者を募集できるようになった。しかし、本学学生に限定している為授業や試験、長期休暇のタイミングで被験者が集まりにくく実験が行えない状況も発生しており、沢山の被験者を要する大規模実験で被験者が集まらず実験が行えない事例もおきている。また実験日の遅刻や当日キャンセルも頻発しており

苦慮している。掲示板での告知の他に、授業での告知やサークル、ホームページを通じて募集を行っているが、今後もより多くの学生に周知される為の活動を模索し沢山の学生に参加していただきたいと考えている。

6. その他

大学広報の一環としても貢献するために、来客時やオープンキャンパス等の際には、可能な限り MRI 装置の見学にも応じている。教員が実験を実施している場合は実験の特性上見学できない場合もあるので、見学を希望される方は可能な限り事前にお知らせ頂きたい。

一方、MRI 装置は大型精密機器の為、研究者側で細心の注意を払っていても障害や軽微な故障を避けることが困難である。そのため装置停止時に事前登録済の携帯電話へ自動的に発呼する装置、ならびに、その際に停止状況を遠隔確認する Web カメラを設置している。今後関係者全てが出張などで復旧に駆けつけられない事態も想定して、より広い範囲でご協力を仰げるよう話し合いを重ねていきたい。また、安定して信号雑音比の高いデータを取得するためにはシーメンスとの年間保守契約による定期点検が必要不可欠である。年間保守契約は定額で定期点検等のサポートが保障されるものであり、今後もこれに係る大学からの継続的な支援を切に願う次第である。

7. おわりに

脳コミュニケーション研究センターが開設されて 7 年が経過して、徐々に、学際的な研究の拠点として成果が実りつつある。本報告では、これらの活動の成果の概要を述べた。

当センター設立以来、MRI 装置運用に関する様々な準備やノウハウの蓄積、広報活動を通して共同研究の可能性を模索してきた。MRI 装置が Verio から Prisma へとリプレイスが行われ、国内最高レベルの脳イメージング研究環境が実現されている。2018 年度は Verio で行われたこれまでの成果が精力的に発表されただけでなく、Prisma における実験環境の構築が進められ、新たな研究テーマへの取り組みが行われた。さらに MRI だけでなく TMS や tDCS など脳刺激法を組み合わせることでより因果関係に迫る研究や脳波と組み合わせることでより詳細な時空間情報に基づく研究が進められている。2019 年度は総合研究所の研究センターとして、5 年目の

最終年度である。各構成員の個別の研究課題や共同研究課題に関して、継続して推進することは言うまでもなく、新型MRI装置を活用して、新たな次元の研究テーマへ積極的に挑戦しつつ、脳コミュニケーション研究センターとしての全体研究プロジェクトを一層強力に推進し、学会等での研究業績の発信や原著論文投稿を積極的に実施する。

異分野の研究者が学際的な領域で協力するためには、まず、真理探究や技術の実用化に対する個々人の情熱があり、お互いに共感することが重要であることは言うまでもない。それに加えて、本センターの講演会、共同研究の打合せ、および毎週の研究セミナーを通して明白になったことの一つに、同じ内容でも研究分野毎に異なる専門用語を使っているという事実がある。このことから、学際的な共同研究においては、お互いに深い理解が得られる共通語を作り上げられる場（機会や場所）の提供が重要になることを実感した。共同研究設備であるMRI装置の単なる運用業務に留まらず、このような場を垣根なく提供することこそが、まさに本センターの真の役割ではないかと考えている。この趣旨に共感される諸先生方は、是非BrainComの活動にご参画願いたい。

謝辞

脳コミュニケーション研究センターに多大なるご尽力とご指導を頂いている磯部雅彦学長にこの場を借りて深謝申し上げます。また、本センター運営に関して多大なるご支援を頂いている研究支援課武内章浩部長を始め同課の皆様へ感謝申し上げます。最後に、日頃よりMRI装置を活用した実験に必須となるスケジュール管理や被験者着衣、消耗品類の補充等、細やかな配慮でご支援頂いている山中麻央子氏に感謝申し上げます。

文献

- 1) Kadota, H., and Sawada, S. “Effect of the viewpoint on motor learning and brain activity”, Society for Neuroscience, America, November, 2018.
- 2) 澤田 悟, 門田 宏, “視点変換に伴うリーチング課題時の脳活動の相違に関するfMRI研究”, 信学技報, 118, HIP2018-81, pp. 1-4, 2019.
- 3) 坂谷 大輔, 関口 浩文, 宮崎 真, 平島 雅也, 門田 宏, “運動学習能力に関連した安静時脳活動の検討”, 信学技報, 118, HIP2018-81, pp. 5-8, 2019.
- 4) Hiromitsu, K., Asai, T., Imaizumi, S., Tanaka, M., Kadota, H., and Imamizu, H., “Right inferior parietal lobe mediates the relation between the prediction error and the sense of agency — tDCS and TMS study —”, The 2nd International Symposium on Embodied-Brain Systems Science. Senri Life Science Center, December, 2018.
- 5) 今水 寛, 浅井 智久, 弘光 健太郎, 門田 宏, 今泉 修, 田中 大, 濱本 孝仁, 大畑 龍, “感覚予測誤差と運動の自他帰属を結びつける右下頭頂小葉”, 第7回身体性システム領域全体会議, 花巻, 2月, 2019.
- 6) 門田 宏, “脳機能と運動行動の制御”, 第13回臨床精神科リハビリテーション研究会, 土佐リハビリテーションカレッジ, 12月, 2018.
- 7) Li, Z., and Shigemasu, H. “Generalized Representation of Stereoscopic Surfaces in V3A”, Journal of Vision 18(10):120, Vision Sciences Society (VSS), St. Pete Beach, Florida, May 2018.
- 8) Li, Z. and Shigemasu, H. “Generalized Representation of Shapes from Different Cues”, International Workshop on Human-Engaged Computing (IWHEC), Kochi, Japan, January 2019.
- 9) Threethipthikoon, T., Li, Z. and Shigemasu, H. “Generalized Representation of 3D Object related to action in visual cortex: an fMRI Study”, International Workshop on Human-Engaged Computing (IWHEC), Kochi, Japan, January 2018.
- 10) He, S. and Shigemasu, H. “Relationship of depth adaptation between disparity specified plaids and their components”, i-Perception, 9(5), 2018.
- 11) Fan, J., Sato, A., Shigemasu, H. and Touyama, H. “An fMRI Study of Effects of Background Colors on Human Emotions”, Intelligent Systems Workshop 2018 (ISWS2018), Toyama, December 2018.
- 12) Fan, J., Yamada, T., Shigemasu, H. and Touyama, H. “An fMRI Study of Authoritative Effects of Group Opinions in Product Evaluation”, 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2018), Miyazaki, October 2018.
- 13) Shigemasu, H. and Uchida, Y. “Effects of the direction of hand motion and the perspective cue on proprioceptive drift”, Perception. 47 (supplement), European Conference on Visual Perception (ECVP), Trieste, Italy, August 2018.
- 14) 内田 裕基, 繁榊 博昭, “バーチャルな身体の運動方向, 偏位方向およびサイズが自己受容感覚ドリフトに及ぼす影響”, 日本バーチャルリアリ

- テイ学会論文誌, 24(1), pp. 61–67, 2019.
- 15) 「実験心理学ハンドブック」, 坂上 貴之, 河原 純一郎, 木村 英司, 三浦 佳世, 行場 次朗, 石金 浩史 (編), 朝倉書店 (分担執筆), 2018.
 - 16) 「公認心理師 基礎と実践 ⑥心理学実験」, 山口 真美, 金沢 創, 河原 純一郎 (編), 遠見書房 (分担執筆), 2019 (刊行予定).
 - 17) Takeda, M., Hirabayashi, T., Adachi, Y. Miyashita, Y. “Dynamic laminar rerouting of inter-areal mnemonic signal by cognitive operations in primate temporal cortex”, *Nat Commun* 9, 4629, 2018.
 - 18) Takeda, M. “Brain mechanisms of visual long-term memory retrieval in primates”, *Neurosci Res*, in press.
 - 19) 竹田 真己, “霊長類における脳内視覚記憶システムの多階層性にせまる”, 玉川大学 脳科学研究所 社会神経科学共同研究拠点研究会「世界や社会と相互作用して生きるヒトや動物の視覚・生理学、心理物理学、計算論」, 2018.
 - 20) 竹田 真己, “視覚記憶のマルチスケール神経回路”, ヒューマン情報処理研究会, 2019.
 - 21) Sarabi, MT, Aoki, R, Tsumura, K, Keerativittayayut, R, Jimura, K, Nakahara, K. “Visual perceptual training reconfigures post-task resting-state functional connectivity with a feature-representation region”, *PLoS One* 13(5):e0196866. doi: 10.1371/journal.pone.0196866, 2018.
 - 22) Keerativittayayut, R., Aoki, R., Sarabi, MT., Jimura, K., Nakahara, K. “Large-scale network integration in the human brain tracks temporal fluctuations in memory encoding performance”, *eLife* 7:e32696, doi: 10.7554/eLife.32696, 2018.
 - 23) 研究の現場から「エピソード記憶のメカニズム 高知工科大脳コミュニケーション研究センター 中原潔教授ら」, 毎日新聞 (地方版), 2018年8月28日.
 - 24) キャンパス探訪 高知工科大「脳コミュニケーション研究センター」 記憶の濃淡のぞいて分析, 朝日新聞 (四国版), 2018年12月9日.
 - 25) Toda, H., Kawasaki, K., Sato, S., Horie, M., Nakahara, K., Bepari, AK., Sawahata, H., Suzuki, T., Okado, H., Takebayashi, H., Hasegawa, I. “Locally induced neuronal synchrony precisely propagates to specific cortical areas without rhythm distortion”, *Sci Rep* 8(1):7678, doi: 10.1038/s41598-018-26054-8, 2018.
 - 26) Keerativittayayut, R., Aoki, R., Jimura, K., Nakahara, K. “Dynamic integration of large-scale brain network predicts incidental memory encoding performance”, 24th Annual meeting of the organization for human brain mapping. Singapore, June, 2018.
 - 27) Keerativittayayut, R., Aoki, R., Jimura, K., Nakahara, K. “Dynamic reconfiguration of default-mode submodules associates with memory-encoding performance”, The 2nd Japanese Meeting of Human Brain Imaging. Tamagawa University, September, 2018.
 - 28) Nakayama, R., Yoshida, S., “Topological Data Analysis for Time Series of Functional Magnetic Resonance Imaging”, The 8th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications, Tengzhou, China, November, 2018.
 - 29) JSPS KAKENHI Grant Number 17H00891
 - 30) JSPS KAKENHI Grant Number 17H06268
 - 31) JSPS KAKENHI Grant Number 16K00082
 - 32) JSPS KAKENHI Grant Number 17K01618
 - 33) JSPS KAKENHI Grant Number 16K00211
 - 34) JSPS KAKENHI Grant Number 17K00108
 - 35) JSPS KAKENHI Grant Number 17K00312
 - 36) JSPS KAKENHI Grant Number 18H04953
 - 37) JSPS KAKENHI Grant Number 18H05140

Toward Center for Interdisciplinary Research

— Activities on Research Center for Brain Communication in 2018 —

Hiroshi Kadota^{1,2,*} Ryuta Aoki³ Ruedeerat Keerativittayayut²

Hiroaki Shigemasu² Masaki Takeda¹ Kiyoshi Nakahara^{1,2}

Kiminori Matsuzaki² Shinichi Yoshida² Makoto Iwata^{1,2}

(Received: February 22th, 2019)

¹ Research Center for Brain Communication, Research Institute, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

² School of Information, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

³ Research Institute for Future Design, Kochi University of Technology
2–22 Eikokuji, Kochi City, Kochi 780–8515, JAPAN

* E-mail: BrainCom-Info@kochi-tech.ac.jp

Abstract: The Research Center for Brain Communication (BrainCom) was established in the Research Institute of KUT in April 2012 as an interdisciplinary research hub of novel communication related to technology and science. Although BrainCom was mainly initiated by researchers in neuroscience and information communication technology, we intend to integrate essential knowledge from various academic fields as well as to operate and maintain our magnetic resonance imaging (MRI) system as shared research equipment.

This report summarizes the advanced activities of BrainCom in 2018 and discusses the research plans for 2019.