

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2013年度の活動～

門田 宏¹ 繁樹 博昭² 中原 潔¹ 根岸 一平²

松崎 公紀² 吉田 真一² 岩田 誠^{1*,2}

(受領日：2014年5月7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

* 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本年度（2013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、平成24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



図1. BrainComの研究体制

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本年度(2013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、本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

2013 年度は、BrainCom 専任教員 4 名に加えて、連携教員 4 名ならびに客員教員 4 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実施した。

専任教員… 岩田誠教授、中原潔教授、門田宏講師、松崎梢学振 PD 研究員

連携教員… 繁樹博昭准教授、吉田真一准教授、松崎公紀准教授、根岸一平助教(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(ATR 脳情報研究所神経情報学研究室室長)、宮崎真博士(山口大学時間学研究所教授)、谷部好子博士(ウエスタンオンタリオ大学研究員)

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、山口大学、岡山大学等 13 大学の研究者と共同して MRI 装置を用いた研究を実施している。また、マネジメント学部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。

2013 年度は、これらの活動の結果として、原著論文 2 報、国際会議(査読付き)論文発表 16 件(うち、招待講演 2 件)、国内学会発表 14 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 運動機能に関する研究(門田)

運動機能に関わる神経機序を明らかにすることを目的とし、fMRI を始めとして、経頭蓋磁気刺激装置(TMS)や脳波(EEG)等の脳計測装置を用いて研究を行っている^{1,2)}。この研究の一環として、現在は fMRI によって計測した脳活動データを Turbo Brain Voyager を用いてリアルタイムに解析し、被験者にフィードバックを行うニューロフィードバックトレーニング³⁾に関する研究を進めている⁴⁾。

手続きとして、まず、ニューロフィードバックトレーニングを行う前に被験者に手関節の屈伸運動を行ってもらい、最も活動する脳部位を同定する。ニューロフィードバックトレーニング時には、同定した場所の脳活動状態を棒グラフとして表示する。その棒グラフをビデオカメラで撮影し、被験者にプロジェクターを通して呈示する。被験者は棒グラフを見ながら、その棒グラフのバーが大きくなるように努力する。そしてニューロフィードバックトレーニングの前後で脳の興奮性が変化したかどうか調べるために、TMS を用いて橈側手根屈筋(FCR)と橈側手根伸筋(ECR)から運動誘発電位(MEP)を記録する。MEP の記録は被験者が何も考えない安静状態及び手関節の運動をイメージしている状態の 2 条件で行っている。

ニューロフィードバックトレーニング中の脳活動を調べたところ(図 2 左、閾値 $P < 0.001$ 多重比較補正無、クラスタ $P < 0.05$ 多重比較補正有)、一次運動野が賦活しない被験者(図 2 (a))と賦活する被験者(図 2 (b))が見られた。そして、その時の賦活に応じて MEP の振幅の変化が観察されている(図 2 右)。トレーニング中に脳活動が見られなかった被験者では MEP は減少しており($P \leq 0.05$)、一方、トレーニング中に脳活動の見られた被験者ではトレーニング直後の MEP は増加していた($P < 0.05$)。これらの結果から、ニューロフィードバックトレーニングと皮質脊髄路の興奮性の変化の関係性が示唆される。

3.2 3次元知覚及び多感覚統合に関する研究(繁樹)

両眼の網膜像のずれである両眼視差は、我々が 3 次元を知覚する際に強力な手がかりとなる。しかし、この両眼視差が視覚野で検出されればそれがそのまま奥行きとして知覚されるのではなく、対象までの距離や両眼視差情報の時空間的な関係に依存して変化する。本年度は、両眼と対象のなす角度である輻輳角を変化させたことによる対象までの絶

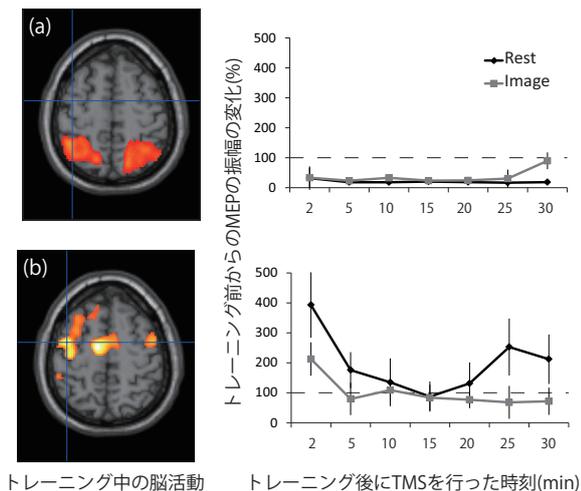


図 2. トレーニング中の脳活動とトレーニング後の MEP の変化

対距離の知覚や、対象の奥行き形状残効を検討することによって、知覚される奥行きを変化させる諸要因を心理物理学実験により明らかにした^{5,6)}。両眼視差検出以降のこれらの比較的高次な処理は、視覚野のどの部分によって担われているかについては明らかになっていない点が多く、今後 fMRI により検討を行う予定である。その準備として、被験者ごとの視覚野の位置を同定する実験をこれまでに行っている (図 3)。この視覚野の位置情報を用いて、各視覚野でどのような機能的な違いがあるかを検討する。

また、多感覚統合の研究では、視覚と触覚情報によって知覚される自己身体の定位が変化する現象を fMRI および心理物理学実験により検討し、視覚情報と触覚情報の同期の有無に依存して運動前野の賦活に変化が認められること、両眼視差による奥行きの情報の有無が自己身体の定位に影響をおよぼすことを明らかにした⁷⁾。岡山大学の呉景龍教授、楊家家准教授および本学脳コミュニケーション研究センターの中原教授、門田講師との共同研究では、視覚・聴覚・触覚による単語認知のクロスモーダルなプライミング効果の脳内処理過程について fMRI を用いて検討している。富山県立大学の唐山英明准教授との共同研究では fMRI により測定したボクセルパタンの多変量解析により視覚的イメージを可視化する研究を開始している。さらに、本学客員研究員の谷部好子博士との共同研究による眼球運動時の時間知覚の研究⁸⁾において得た経験を活かし、門田講師と眼球運動時の脳内処理過程について fMRI により検討する予定である。

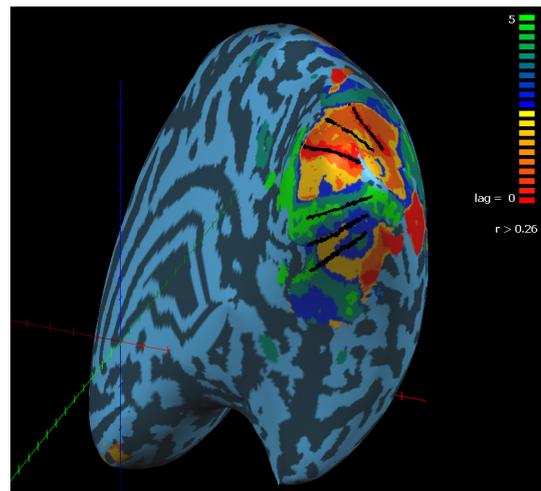


図 3. 視覚野同定実験の結果

3.3 連合記憶を表象する脳活動パターンの研究 (中原)

個々の記憶内容は、大脳皮質の特定のニューロン集団による協同的なネットワーク活動によって表象されると考えられる。我々は大脳皮質表面における脳活動の空間的パターンを記録することによって、このような集団的ニューロン活動の解析が可能となると考えた。そこで新潟大学医学部の長谷川功教授との共同研究により超薄膜の 128 チャンネル電極を開発し⁹⁾、図形のペアを記憶学習させたサルの側頭葉より皮質脳波の多点記録を行い、脳活動の空間パターンの解析を行った。その結果、皮質脳波活動の空間パターンが連合記憶を表現することを見出した¹⁰⁾。すなわち、ペアとして記憶した図形は互いに有意に類似した皮質脳波の空間パターンを生起した (図 4)。図の上段にサルが記憶した図形ペアの一例を、下段にそれぞれの図形に対する皮質脳波の応答パターンを示す。空間パターンによる連合記憶の表象をさらに検証するために、本センター客員教授でもある ATR 脳情報研究所神経情報学研究室の神谷之康室長の協力を得て、機械学習による脳活動デコーディング解析を行った。記憶した各図形ペアの片側の図形に対する皮質応答の空間パターンをコンピュータに学習させ (これをデコーダと呼ぶ)、デコーダがそれぞれの図形ペアの相手方に対する皮質応答パターンをデコードできるかどうかを検証したところ、チャンス・レベルよりも有意に高いデコーディング成績を得た。以上の結果を論文投稿準備中である。

また本センター MRI 装置を用いて、言語の分節化に関与するヒト脳活動の研究を進め¹¹⁾、同様に論文準備中である。

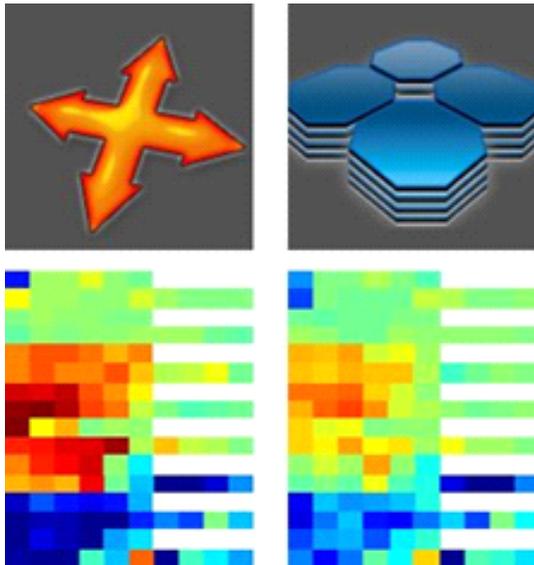


図 4. サルの皮質脳波の空間パターン

3.4 人間の色覚処理の脳内メカニズムに関する研究 (根岸)

人間の色覚処理の中でも、色の鮮やかさの指標である彩度を処理するメカニズムの解明を目的として、被験者7名について高彩度の視覚刺激と低彩度の視覚刺激を観察しているときの脳活動の比較を行った。結果として、視覚野のうちのいくつかの部位において有意 ($P < 0.001$ 多重比較補正無) な脳活動の違いがみられ、これらの脳内座標に対するMVPA (Multivariate Pattern Analysis) を用いた解析においてもその差が確認することができた。この研究成果については、2013年7月に英国で行われた International Colour Vision Science の大会 (2年毎) において発表を行った。¹²⁾

上記で得られた結果は各被験者の脳画像を標準脳に変換して集団解析を行ったものであり、被験者ごとの脳領域マッピングの個人差は考慮されていない。そこで、より詳細な視覚情報処理の過程を明らかにするため、視覚野の網膜座標依存性を用いる方法¹³⁾で、視覚領野 (一次視覚野・二次視覚野・三次視覚皮質複合体) の個人ごとの同定するための実験を行い、その結果に基づいて各被験者に対応した脳領域での解析を現在行っている。この解析方法は色覚に限らず視覚野を対象とした研究全般に用いることが可能であるため、今後のfMRIを用いた視覚実験においてもより詳細な情報を得るための基礎となることが期待される。

また、MRI装置中の被験者に正確な色の刺激を呈示するために、色彩輝度計 CS-200(コニカミノルタ製) と視覚刺激呈示装置 ViSaGe(Cambridge Research

Systems 社製) を用いた自動色度校正システムを開発した。このシステムによって、色度 x, y は 0.005、輝度に関しては 3% 未満の誤差で、通常の PC で用いられる 24bit (RGB 各 8bit) を越えた 30bit の色階調を用いて MRI 装置中で観察するスクリーンに色刺激を呈示することが可能となった。

3.5 脳科学向け並列計算基盤の研究 (松崎)

MR装置から得られるfMRI画像データにおいて、非常に微弱な脳活動の変化は画像1枚だけから取り出すことはできない。そこで一般に、多数のfMRI画像データに対して統計的な処理を行うことによって意味のある情報を取り出している。SPM (Statistical Parametric Mapping) は、そのような統計処理を行うソフトウェアとして広く用いられているものである。近年では、SPMなどの比較的単純な統計処理だけでなく、ニューロデコーディングや機能的接続性 (functional connectivity) の解析などのより複雑な解析をfMRIデータから行うようになってきた。

SPMを用いることにより、活動している脳部位とその活動条件を特定することができる。機能的接続性の解析では、複数の脳部位がどのように関連して活動しているかを特定することを目的とし、より高次元な脳活動の解明に有用である。しかし、機能的接続性の解析では、複数の脳部位またはボクセル間の (統計的な) 関連性を調べる必要があり、非常に大きな計算量を必要とする。そのような大規模な計算を必要とする解析に対して、並列分散計算技術を応用することが本研究の目標である。

機能的接続性の解析を行うための計算モデルとして提案されているものの1つに、Bosch-Bayardらのものがある¹⁴⁾。このモデルでは、ボクセルの値の変化を近傍のボクセルの影響と遠隔のボクセルの影響に分けて扱う。それらの計算を並列計算の文脈で言うと、近傍のボクセルの影響の計算はステンシル計算に、遠隔のボクセルの影響はペアワイズ計算にそれぞれ対応する。様々な並列分散計算モデルにおいて、それぞれの計算を効率良く実現する方法が研究されているが、それらを組み合わせて全体の計算を効率良く行うことはそれほど容易ではない。

松崎らは、2013年度に、脳科学における統計処理アルゴリズムの調査、および、関連する並列計算技術についての調査を行ってきた。今後、実際に機能的接続性解析のモデル化を行い、それに対する並列計算アルゴリズムの開発を行い、さらに、実際のプログラム開発を通して評価を行っていく予定である。

3.6 ブレインデコーディングによる BCI 画像検索 (吉田)

2005年、Kamitani ら¹⁵⁾と Haynes ら¹⁶⁾による先駆的な研究からブレインデコーディングと呼ばれる研究領域が発展しつつある。Kamitani ら、および Haynes らは、ヒトのしている視覚情報(具体的には、ある角度を持つ線分の画像)を、見ている状態での脳活動を計測するだけで、あらかじめ蓄積した脳活動のパターンから角度を推定できることを、それぞれ独立に示した。

その後、この手法を用いることで、視覚に限らず様々な脳内の情報を復元することが試みられ始め、ブレインデコーディングと呼ばれている。心の状態の推定を試みる研究もあり、しばしば、人の心を読む「マインドリーディング」との類似性の観点でブレインデコーディングが言及されることもある^{17,18)}。ブレインデコーディングのレビューは、文献¹⁹⁾に詳しい。

ブレインデコーディングの基礎となる研究は、Haxby ら²⁰⁾による、脳活動のパターンを用いた解析であり、顔と顔でない物体のどちらを見ているかを、分散する脳活動のパターンから解析した。現在では、この解析法は、MVPA と呼ばれ、ブレインデコーディングの基礎技術の一つとなっている²¹⁾。MVPA において、情報工学の一分野であるパターン認識が鍵となる技術とある。特に、多くのデータからパターンの意味を解析する機械学習アルゴリズムの精度は、ブレインデコーディングの性能に重要な影響を及ぼす。

そこで、画像中の物体を認識する画像認識から、迷惑メールのフィルタなど、広く情報工学分野で応用されているパターン認識の様々なアルゴリズムを、ブレインデコーディングへ応用することを試みた(図5)。実際に実施したブレインデコーディングの実験は、ATRの研究チームが公開している Brain Decoding Tool Box に付属するデータ²³⁾、および、同一の実験条件にて本学の fMRI 装置を用いてボランティア被験者を撮像したデータを用いて行った^{24,25)}。

結果から、線形カーネルによるサポートベクタマシン(SVM)や、スパースロジスティック回帰(SLR)の精度が高く、ニューラルネットワークやランダムフォレストの精度はそれらよりも低いものとなった。このことは、ブレインデコーディングに適用するアルゴリズムで重要なのは、強い非線形性への対応よりも、未知のデータに対する汎化性能の方が重要であることを示唆している。これは、fMRI を用いた

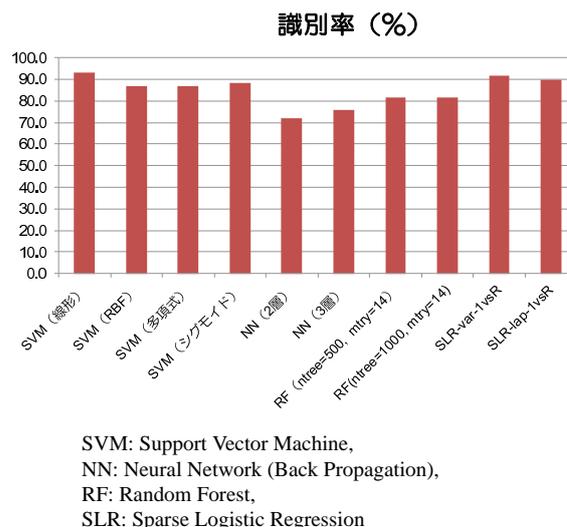


図5. ブレインデコーディングにおける学習アルゴリズムの精度

実験の特性によるものと考えている。すなわち、被験者を撮像できる時間は限られており、また fMRI 装置の撮像速度は遅いため、学習に用いるデータを多く準備することが難しいこと、そして、fMRI 装置の解像度が高いため、データをそのまま用いるとデータの次元が高くなりすぎて、パターン認識の分野でしばしば言及される、いわゆる次元の呪いから逃れられないことが挙げられる。

この結果を踏まえ、今後の研究では、データの少なさを補う特徴選択の問題に対する研究が、大きな鍵となると考えている。特徴選択の問題は、しばしば多くの計算を要する場合があり、効果的な並列計算などの適用も考える必要がある。また、本学の fMRI 装置は、Siemens 社と共同で最新撮像法を実験的に使用することが可能であり、マルチバンド撮像法と呼ばれる高速撮像法の適用も重要な検討課題となる。

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が昨年度に比して大幅に増えている。2013年度は、基盤(B)3課題、基盤(C)3課題、挑戦萌芽1課題、若手(B)3課題、特別研究奨励1課題、他機関の課題に対して分担者として参画する2課題が実施されている。これらのことから、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5名(情報学群3名、システム工学群1名、環境理工学群1名)が質の高い卒業論文を執筆し、学士の学位を取得した。次年度以降はさらに多くの卒業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

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を行っている。

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、本年度より安全教育の観点から、責任者の教員に限定せず、共同研究者及び学生の受講も推奨した(参加者のべ約60名)。
- (b) 被験者プールの立ち上げ：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100名に達し、効率良く被験者を募集できるようになった。

以上のような運用努力もあり、2013年度は、15件の研究課題でMRI装置の利用申請があり、MRI

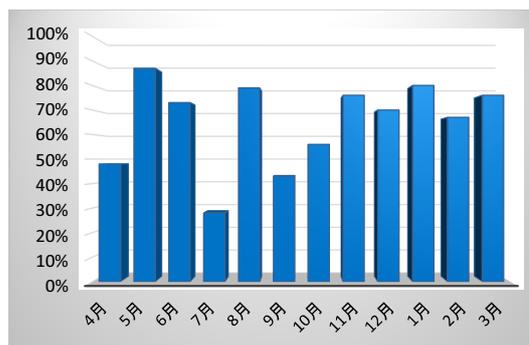


図6. MRI装置の利用率の月別推移(2013年度)

装置の利用率は平均65%に向上した。各月別の利用率の状況を図6に示す。ほとんどの月において、昨年度の平均利用率50%に比べて大幅に増えている。

6. その他

前述の様々な活動に加えて、BrainCom主催の講演会を5回実施し、国内外から著名な講師の先生方にご講演頂いた。いずれの講演会においても、最新の脳科学関連の研究成果をご紹介頂き、大きな刺激を受けると同時に、その後の研究協力にもつながっている。講師としてお越し頂いた、金井良太先生(英国University of Sussex)、狩野芳伸先生(国立情報学研究所)、森島陽介先生(スイスUniversität Bern)、呉景龍先生(岡山大学)、渡辺恭良先生(理化学研究所)、水野敬先生(理化学研究所)、野崎大地先生(東京大学)にはこの場をお借りして感謝申し上げます。

また、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トラブルを避けることが困難である。本年度も研究利用増加に伴い、次のようないくつかの障害やトラブルが発生している。

- (1) 7月7日(日)の障害：落雷による瞬停により、MRIの動力装置である冷却システム(24時間稼働)が停止していた。この日は休日であったため発見が遅れた。その後、異常時に非常時警報装置と連動して、関係者に自動的に電話を掛ける装置を導入した。
- (2) 8月29日(木)の障害：定期点検時に高周波増幅器でエラーが発生した。翌日、PA真空管を含

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

む高周波増幅部と電源及び制御部を一式（およそ 2500 万円相当）交換した。

幸いにも、本学では MRI 装置のフルメンテナンス保守契約を締結しているため、3ヶ月に 1 回定期メンテナンスを受けていることに加えて、上記のような突発的な障害時の対応や部品交換に対しても追加料金は発生していない。

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 2 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。

2 年間の試用準備期間において、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。2014 年度は、2013 年度の活動をさらに活発化して継続するだけではなく、これまでの準備の成果が少しずつ実を結び始める予定であり、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。

これまでは、どちらかという基礎的な研究が主であったが、今後は応用脳科学の観点にも注力していきたい。例えば、共同研究に関しては、現在研究打合せを重ねている高知大学医学部脳神経外科、精神科、耳鼻咽喉科、生理学教室との共同研究を軌道に乗せるべく進めている²⁶⁾。また、当研究センター開設当初よりの目標である世界初全脳リアルタイムニューロフィードバックシステムの開発を進め、共同研究の実験ツールとして活用する方法を模索する予定である。

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の創設以来多大なるご尽力とご指導を頂いている岡村甫理事長、佐久間健人学長、木村良研究本部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尾上晃弘課長、武内章浩課長補佐、森下真都主査を始め同課の皆様にご感謝申し上げます¹⁾。最後に、日頃より MRI 装置を活用した実験に必須となる被験者着衣や消耗品類の補充等、細やかな配慮でご支援頂いている山中麻央子氏にご感謝申し上げます。

文献

- 1) H. Kadota and K. Matsuzaki, "Neural correlates of selective visual and auditory attention for directional movement." Society for Neuroscience Abstract, 456.15, 2013.
- 2) K. Yamanaka, H. Kadota and D. Nozaki, "Long-latency TMS-evoked potentials during motor execution and inhibition." Frontiers in Human Neuroscience, Vol. 7, 751, DOI: 10.3389/fnhum.2013.00751, 2013.
- 3) R. C. deCharms, K. Christoff, G. H. Glover, J. M. Pauly, S. Whitfield and J. D. E. Gabrieli, "Learned regulation of spatially localized brain activation using real-time fMRI." NeuroImage, Vol. 21, pp. 436–443, 2004.
- 4) 門田宏, "複数の運動学習をもたらす神経機序に関する研究.", カシオ科学振興財団成果論文, (in press).
- 5) K. Hoji and H. Shigemasu, "Perceived depth position of transparent autostereogram." Proceeding of 3DSA (Three Dimensional Systems and Applications), S2–3, 2013.
- 6) P. Yan and H. Shigemasu, "Retinal-position dependency on stereo-curvature aftereffects." 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 19, No. VRpsy01, pp. 39–43, 2013.
- 7) H. Shigemasu, T. Kawamura and H. Kadota, "Effects of depth position of virtual hand on perceived position of one's own hand." Perception, 43, ECVP Abstract Supplement, 2014, (submitted).
- 8) Y. Yabe, M. A. Goodale and H. Shigemasu, "Temporal order judgments are disrupted more by reflexive than by voluntary saccades." Journal of Neurophysi-

¹⁾ 役職等は 2013 年度時点のもの。

- ology, DOI: 10.1152/jn.00767, 2014, (in press).
- 9) T. Matsuo, K. Kawasaki, T. Osada, H. Sawahata, T. Suzuki, M. Shibata, N. Miyakawa, K. Nakahara, A. Iijima, N. Sato, K. Kawai, N. Saito and I. Hasegawa, "Intrasulcal electrocorticography in macaque monkeys with minimally invasive neurosurgical protocols." *Frontiers in Systems Neuroscience*, Vol. 5, 34, DOI: 10.3389/fnsys.2011.00034, 2011.
 - 10) K. Adachi, K. Kawasaki, H. Sawahata, T. Matsuo, T. Suzuki, H. Tanigawa, A. Iijima, I. Hasegawa and K. Nakahara, "Cortical theta waves associated with a visual long-term memory task in the monkey medial temporal lobe." *Neuroscience 2013*, San Diego, 2013.
 - 11) T. Ohtake, A. Iijima, K. Miyata, K. Nakahara, S. Kameyama, H. Masuda and I. Hasegawa, "Functions of the visual word form area for the segmentation processing of Japanese sentences: an fMRI study." *Life Engineering Symposium*, Yokohama, 2013.
 - 12) I. Negishi, H. Shigemasu, H. Kadota and K. Shinomori, "Activation of the temporo-parietal junction depending on saturation of target colour." *ICVS Abstract Book*, p. 102, 2013.
 - 13) B. A. Wandell, S. O. Dumoulin and A. A. Brewer, "Visual Field Maps in Human Cortex." *Neuron*, Vol. 56, pp. 366–383, 2007.
 - 14) J. Bosch-Bayard, J. Riera-Diaz, R. Biscay-Lirio, K. F. K. Wong, A. Galka, O. Yamashita, N. Sadato, R. Kawashima, E. Aubert-Vazquez, R. Rodriguez-Rojas, P. Valdes-Sosa, F. Miwakeichi and T. Ozaki, "Spatio-temporal correlations from fMRI time series based on the NN-ARx model." *Journal of Integrative Neuroscience*, Vol. 9, No. 4, pp. 381–406, 2010.
 - 15) Y. Kamitani and F. Tong, "Decoding the visual and subjective contents of the human brain." *Nature Neuroscience* Vol. 8, No. 5, pp. 679–685, 2005.
 - 16) J.-D. Haynes and G. Rees, "Predicting the orientation of invisible stimuli from activity in human primary visual cortex." *Nature Neuroscience*, Vol. 8, No. 5, pp. 686–691, 2005.
 - 17) J.-D. Haynes and G. Rees, "Decoding mental states from brain activity in humans." *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 7, No. 7, pp. 523–534, 2006.
 - 18) F. Tong, *et al.*, "Decoding Patterns of Human Brain Activity." *Annual Review of Psychology*, Vol. 63, pp. 483–509, 2012.
 - 19) K. Smith, "Brain decoding: Reading minds." *Nature* 502, pp. 428–430, 2013.
 - 20) J. V. Haxby, *et al.*, "Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex." *Science*, Vol. 293, pp. 2425–2430, 2001.
 - 21) J. V. Haxby, "Multivariate pattern analysis of fMRI: The early beginnings." *NeuroImage*, Vol. 62, pp. 852–855, 2012.
 - 22) T. Horikawa, M. Tamaki, Y. Miyawaki and Y. Kamitani, "Neural Decoding of Visual Imagery During Sleep." *Science*, Vol. 340, No. 3, pp. 639–642, 2013.
 - 23) "Brain Decoder Toolbox." (URL = <http://www.cns.atr.jp/dni/>), 国際電気通信基礎技術研究所.
 - 24) N. Koike, Y. Hatakeyama and S. Yoshida, "Machine Learning of functional Magnetic Resonance Imaging Data for Brain Decoding." *The 3rd International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII)*, China, 2013.
 - 25) N. Koike, Y. Hatakeyama and S. Yoshida, "Supervised Learning of functional Magnetic Resonance Imaging Data for Brain Decoding." *The 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, Korea, 2013.
 - 26) 岩田誠, 中原潔, "【特別講演】脳機能画像による脳科学研究の動向と精神機能評価の可能性." 第195回高知県精神科医会, Feb. 2014.

Toward Center for Interdisciplinary Research —Activities on Brain Communication Research Center in 2013—

Hiroshi Kadota¹ Hiroaki Shigemasu² Kiyoshi Nakahara¹

Ippei Negishi² Kiminori Matsuzaki² Shinichi Yoshida²

Makoto Iwata^{1*,2}

(Received: May 7th, 2014)

¹ Brain Communication Research Center, Research Institute, Kochi University of Technology
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

² School of Information, Kochi University of Technology
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, 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 technology and science. Although BrainCom was mainly initiated by researchers in neuroscience and information communication technology, we will intend to integrate essential knowledge from various academic fields as well as to operate and maintain the magnetic resonance imaging (MRI) system as a shared research equipment.

This report summarizes advanced activities of BrainCom in 2013 and discusses the research plans in 2014.