

脳コミュニケーション研究センター —脳科学をめぐる学際研究の場を目指して—

岩田 誠^{1,2} 門田 宏^{1,2} 繁柵 博昭^{1,2}
島根 大輔¹ 竹田 昂典¹ 竹田 真己^{1,2}
松崎 公紀^{1,2,3} 山中 麻央子¹ 吉田 真一^{1,2,3}
渡邊 言也¹ 王 瑞敏¹ 中原 潔^{1,2*}

(受領日：2024年5月31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

² 高知工科大学情報学群

³ 高知工科大学データ&イノベーション学群

〒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：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は、ヒト脳科学の基礎研究を推進するとともに、脳科学、情報学、心理学、実験経済学等との学際研究を通じて新しいICT関連技術の開発を目指す学際的研究拠点である。さらに学群・大学院教育にも貢献しており、本学の教育研究活動の一翼を担う存在へと成長している。本センターは2024年度に5ヶ年の設置年限の最終年度を迎える。そこで本稿では、まず2023年度から現在までの本センターの活動状況等に関して報告する。さらに2020年度から2023年度までの研究成果を総括した上で、次期設置更新へ向けた抱負について述べる。

1. はじめに

総合研究所脳コミュニケーション研究センター(BrainCom)は、公立大学として我が国唯一の脳科学研究センターである。大学からの多大なるご支援を賜り、磁気共鳴断層撮影装置(Magnetic Resonance Imaging: MRI)を中心に、脳波計測システムや非侵襲的脳刺激装置等を完備する国内最高水準のヒト脳科学研究環境が、香美の地に構築された。まさに「日本にない大学」という本学のモットーが具現化された一つと言えるのではないだろうか。知覚から高次機能まで、ヒト脳における神経基盤の解明を目指すとともに、学内外の脳科学、情報学、心理学、実験経済学等の研究者が集い、互いの

知見の融合から発想する新しいICT関連技術の開発を目指す学際的研究拠点でもある。同時に、共同研究設備としてのMRIの管理運営や、学群・大学院生の研究指導にも貢献しており、名実ともに本学の教育研究活動の一翼を担う存在へと成長している。

本センターは2012年度に岩田・初代センター長の元に発足した。2020年度に中原が第二代センター長に就任するとともに設置更新を行い、2024年度は5ヶ年の設置年限の最終年度となる。そこで本稿では、まず2023年度から現在までの本センターの活動状況等に関して報告する。さらに2020-2023年度の研究成果を総括した上で、次期設置更新へ向けた抱負について述べる。

2. 組織

2024 年度現在の人的構成は、以下のように、専任教員 7 名、連携教員 3 名、客員教員 6 名の体制である。

専任教員…岩田 誠・教授・副学長、竹田真己・教授、中原 潔・教授、門田 宏・准教授、島根大輔・助教（特別研究員）、竹田昂典・助教（大学支援研究員）、山中麻央子・特任助手

連携教員…繁榊博昭・教授、松崎公紀・教授、吉田真一・教授

客員教員…上羽哲也・高知大学教授、神谷之康・京都大学教授、榊美知子・チュービンゲン大学教授、地村弘二・群馬大学教授、近添淳一・(株)アラヤ・チームリーダー、村山航・チュービンゲン大学教授

3. 教育活動

本センターは研究活動に加えて教育活動を重視し、MRI 装置等を活用した卒業研究・修士論文研究指導を積極的に行ってきた。2023 年度は学群生 5 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 1 名（情報学コース）が修士の学位を、博士課程の 1 名（基盤工学専攻）が博士の学位を取得した。また現在、博士後期課程特待生（CSC-SSP）3 名が本センターにおいて研究を進めている。

さらに近年、情報学群の入学者の中には、脳科学を学びたい、あるいは MRI を使った研究をやってみたいという志望動機を持った学生が一定数認められる。18 歳人口の減少が問題となる現代において、本センターの存在は本学への入学希望者の獲得にも好影響を及ぼしている。

4. 共同研究設備運用実績

2017 年度から運用を開始した、本センターにおける二代目の MRI 装置（Prisma）は、これまでのところ大きなトラブルも無く、共用機器として順調に稼働している。2023 年度の利用状況はコロナ禍以前の水準にまで回復した。

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について利用申請書を本センターへ提出し、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。

また、2023 年度も例年と同じく、MRI 装置を学内外の研究者に広く安全に活用して頂けるように、以下の活動を実施した。

4.1 シーメンス社による MRI 安全講習会（対面開催）

MRI 装置は本来病院で使われる診断装置であることから分かる通り、基本的には安全なものである。しかし一方、その使用法を誤ると、超高磁場による吸着事故やクエンチに伴うヘリウム流出事故等、人身事故につながる可能性がある。したがって新たに MRI の使用を開始する研究者に対して MRI 安全講習会の受講を義務付けるとともに、その後も安全意識を新たにするため毎年の受講を奨励している。また広く安全教育を行うために、共同研究者、関連業務を担当する職員、学生に対しても安全講習会の門戸を開いている。2023 年度の安全講習会参加者数は 54 名であった。

4.2 実験参加者プールの運営

実験参加者の安定的・効率的なリクルートを可能とするために、実験参加者プールを運営している。実験参加者プールにメールアドレスを登録すると、実験参加者募集に関する情報が都度配信される仕組みである。毎年 4 月に新入生全員に対して実験参加者プールへの登録を呼びかけている。2024 年 6 月現在の登録者数は約 1520 名であり、実験実施にあたり必要数の実験参加者を適時にリクルートすることは比較的容易である。しかし実験参加者に関していくつかの問題もある。まず実験参加者を本学学生に限定しているため、試験期間や、長期休暇の時期には必然的に参加者が集まりにくい。また実験当日の遅刻や無断欠席も散見される。さらに、少数ではあるが実験課題を明らかに適当に行ったため課題成績がチャンスレベル付近である者や、途中で居眠りする者が存在する。このような参加者について特に悪質だった場合は実験参加者プールから登録抹消する等の措置をとっている。いずれにしても実験参加者プールを質・量ともに充実させることが課題である。

4.3 MRI 装置の保守管理

MRI 装置は大規模で複雑なシステムであり、日常的に軽微な障害や故障が生じることは避けられない。また香美市で頻発する瞬停によってヘリウム冷

却装置が停止する事故が毎年数回発生している。そのため冷却装置停止時に専任教員の携帯電話へ自動発報する装置、及び状況を遠隔確認する Web カメラを設置している。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・機器調整が必要不可欠である。年間保守契約は定額で定期点検や修理等のフルサポートが保証されるものであり、今後もこれに係る大学からの継続的なご支援を切にお願いする次第である。

5. 研究活動

本センターでは、情報学群、システム工学群、経済マネジメント学群等の本学教員、東京大学、新潟大学、群馬大学、山梨大学、静岡理工科大学、岡山大学、佐賀大学、高知大学、高知高専等の大学・高専、および ATR 等企業研究所・病院等との共同研究を積極的に推進している。また毎週水曜日に研究セミナーを開催している。このセミナーでは、本センター研究者に加えて学外の共同研究者が参加し、神経科学・医学・情報学等、様々な分野の研究者が持ち回りで論文紹介及び研究進捗報告を行っている。

本センターの研究者は競争的研究資金を積極的に獲得することに努めている。科学研究費助成については、2024 年度は継続を含め、挑戦的研究（開拓）1、基盤（C）3、若手研究 2、特別奨励（PD）が実施されている。

6. 人材育成

本センターには常時複数名の助教（大学支援、プロジェクト、特別研究員）が在籍し、研究推進における中心的なマンパワーとなっている。特に助教（大学支援）について継続的なサポートを頂いていることに対して、改めて感謝を申し上げたい。2020-2023 年度には、以下の 3 名の助教が他大へ昇任ポストを得て、本センターを巣立っていった。

Ruedeerat Keerativittayayut

（2020 年 4 月より Chulabhorn Royal Academy 講師）
渡邊言也

（2023 年 1 月より静岡理工科大学情報学部准教授）
王 瑞敏

（2024 年 1 月より佐賀大学理工学部助教）

7. その他

大学広報活動への貢献の一環として、来客時やオープンキャンパス等の際には、可能な限り MRI 装置の見学に応じている。特に 2023 年度からオープンキャンパスが再開され、本センターもコロナ禍以前と同じ内容の展示プログラムを再開した。

8. 2020－2023 年度の研究成果総括

以下、寄稿のあった研究グループにおける 2020-2023 年度の研究成果を総括する。なお、本研究センターにおいて実施されたヒトを対象とする全ての研究は「高知工科大学ヒトを対象とする研究倫理審査委員会」の承認を受けたものである。

8.1 「ヒトの感覚運動統合における情報処理」（門田・竹田（昂））

我々は日常生活の中で状況に合わせて様々な運動を行っている。合目的な運動を行うためには環境から種々の感覚情報を処理・統合し、それらの情報に基づいて脳は適切な運動指令を作る必要がある。この感覚・運動機能の神経機序を明らかにするために fMRI といった脳計測装置や経頭蓋磁気刺激（TMS）、経頭蓋電気刺激（tES）といった非侵襲的な脳刺激装置および心理物理実験を有機的に組み合わせることで研究を進めている。特に運動学習能力の個人差に関する研究、経頭蓋直流電気刺激（tDCS）を用いた運動学習への介入に関する研究、運動の修正に関する研究などに取り組んでおり、これらの研究とその他の共同研究について報告する。

最初に運動学習能力の個人差に関する研究への取り組みについて述べる。ヒトが新しく技能を学ぶとき、同じようにトレーニングをしてもすぐには上手くなる人もいるが、なかなか上手くならない人もいる。こ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脳の状態から予測することが可能かどうか研究を進めている。運動学習課題として到達運動課題とジャグリング課題の 2 種類を用いた。到達運動課題では実験参加者の動きに対して垂直方向に速度依存性の外力を加わり、実験参加者はその外力（力場）を学習した。ジャグリング課題では片手で 2 つのボールを投げるツーインワンハンドを用いた。また脳の状態を調べる方法として MRI による安静時脳活動および脳構造の計測と TMS によって一次運動野を刺激し、刺激によって筋で生じる運動誘発電位（MEP）から皮質脊髄路の興奮性を評価する手法を用いた。TMS に関しては山梨大学の

関口浩文教授らと研究を進めている。実験の手続きとしては、まずMRIまたはTMSにより脳の状態を調べておき、その後、運動学習課題を実験参加者に行ってもらった。そして、運動学習前に計測した脳の状態と運動学習課題の成績との関係を調べるという手順で行った。

TMSを用いた研究から皮質脊髄路入出力曲線の最大傾斜（ゲイン）と運動学習能力に関係があることが明らかになった¹⁻⁴⁾。そしてジャグリング課題の成績（総キャッチ数）とボール系球技歴との間に相関があること、球技スポーツ歴とゲインの間には負の、非球技スポーツ歴とゲインの間には正の相関関係があることを明らかにした研究が論文として掲載された²⁾。MRIを用いた研究⁵⁻¹⁰⁾から特に安静時脳活動と運動学習に相関がみられ、到達運動課題では小脳等⁵⁾の脳領域が、ジャグリング課題では頭頂⁶⁾や小脳^{7,8)}や一次運動野^{7,9)}といった脳領域が関係していることが明らかとなった。この研究で、当時学生であった横田がベストポスター賞を受賞した⁶⁾。現在は学習初期の動きからその人が将来上手くなるかならないか予測することができるか検討を進めている¹¹⁾。

次に経頭蓋直流電気刺激（tDCS）を用いた運動学習への介入に関する研究について述べる。上述の個人差に関する研究を含め、多くの運動学習の先行研究から一次運動野が運動学習に重要な役割を担っていると考えられる。実際、一次運動野を経頭蓋直流電気刺激（tDCS）で刺激すると運動学習の促進的な効果をもたらすことが示唆されているが、その効果に関与する脳活動については明らかになっていない。そこで力場環境下での到達課題と機能的磁気共鳴画像法fMRIを用いて、tDCSが運動学習に及ぼす影響についての検討を行った¹²⁻¹⁵⁾。この研究では個人差の研究でも用いたものと同様の到達運動中に力場を学習させる課題を用いた。実験参加者にMRI対応のマニピュランダムを操作することで到達運動課題を行わせて速度依存性の力場を学習させ、そのときの脳活動をfMRIで計測した。また力場を学習するときにtDCSを用いて左一次運動野を刺激した。その結果、tDCS群の方が刺激をしなかったsham群よりも学習および保持に促進的な効果がみられた。また、脳活動としてはtDCS群の方がsham群に比べ、左尾状核に有意な活動がみられた。これらのことから一次運動野へのtDCSは運動学習を促進し、左尾状核の活動が関与することが示唆された^{13,15)}。

次に運動の修正に関する研究について述べる。こ

の研究では、到達運動課題中に視覚運動誤差が導入された際、その誤差に対して生じる修正行動に焦点を当てて研究を進めている。修正行動に関連する脳活動がいつ・どの領域で生じるのかを明らかにするため、この研究では実験参加者にMRI対応のマニピュランダムを使用した到達運動課題に従事してもらい、その時の脳活動をfMRIで記録した。まず“Go” cueの呈示時点を基準として、実際にロボットアームを動かしている際の脳活動を解析した結果、視覚運動誤差が導入された場合、運動関連領域や頭頂葉を含む広範な皮質領域、視床、小脳がより賦活することが明らかとなった（図1A）。これらの領域は付加された視覚運動誤差に対するリアルタイムでの適応行動に関与していると考えられる。また、“Go” cue呈示前のターゲットが表示された時点を基準に解析したところ、視覚運動誤差が導入された試行（VM試行）と導入されなかった試行（NE試行）における脳活動の差は認められなかった。一方、VM試行直後のNE試行であるCA試行では他の2試行条件と比較して左運動野や小脳の活動の増加および被殻の活動の低下が認められた（図1B）。これらの結果から直前の試行で導入された運動誤差に対する修正行動に関与する脳活動は実際にロボットアームを動かす前から生じており、運動関連皮質や小脳および被殻がこの修正行動の計画に関わっていることが示唆された。上記の結果については学会での発表も進めており、2024年2月に開催された第26回日本ヒト脳機能マッピング学会では演者の竹田（昂）に対して若手奨励賞が与えられた¹⁶⁾。

最後に共同研究について述べる。共同研究として、自己による運動と他者による運動の判断に関する脳機能についてATRの浅井主任研究員らと研究を進めており^{17,18)}、それらの機能を担うと考えられる脳部位を同定し、論文として発表した¹⁷⁾。そしてその脳部位をTMSやtDCSを用いて刺激すると予測誤差と自己主体間の関係が弱まることが明らかになってきた。さらに電気刺激が脳にどのような影響を与えているか調べるために、MRI内でtDCSの他に経頭蓋交流電気刺激（tACS）を脳に与えながら安静時の脳活動を計測し、脳領域間の結合の変化について解析を進めているところである¹⁸⁾。

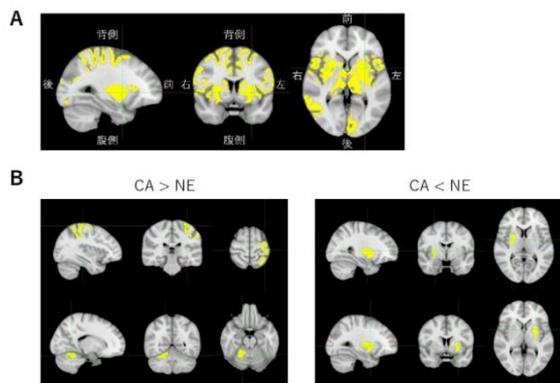


図 1. 到達運動課題中の視覚運動誤差に対する修正行動に参与する脳活動。(A) “Go” cue 呈示時点を中心とした解析。(B) ターゲット呈示時点を中心とした解析。

- 1) 関口浩文, 佐々木睦, 二橋元紀, 門田宏 左右脳機能マップと両手協調運動によるスキル学習との関連性, 日本臨床神経生理学会, 京都, 11月, 2020.
- 2) Sekiguchi, H., Yamaka, K., Takeuchi, S., Futatsubashi, G., Kadota, H., Miyazaki, M., Nakazawa, K. Acquisition of novel ball-related skills associated with sports experience. *Scientific Reports*, 11(1):12379. doi:10.1038/s41598-021-91120-7. 2021.
- 3) 関口浩文, 佐々木睦, 竹内成生, 宮崎真, 二橋元紀, 門田宏, 山中健太郎, 野崎大地, 中澤公孝 脳機能マップの筋間における重複面積が広いほど新規な運動スキル学習は速い, 日本臨床神経生理学会, 京都, 11月, 2022.
- 4) 関口浩文, 山中健太郎, 佐々木睦, 宮崎真, 竹内成生, 二橋元紀, 門田宏, 野崎大地, 中澤公孝 経頭蓋磁気刺激による皮質運動マップの重複面積は新規の運動スキル獲得に関連する *Motor Control* 研究会, 東京, 8月, 2023.
- 5) Kadota, H. Functional and structural images associated with motor learning ability, UT-TUM joint workshop: Online and offline movement corrections: from neuronal mechanisms to the practical applications, Tokyo, February, 2020.
- 6) Yokota, A. and Kadota, H. Prediction of motor learning ability using resting-state brain activity and reaching task. *International Workshop on Human-Engaged Computing*, Kochi, January, 2020. ベストポスター賞

- 7) 横田文, 平松大樹, 垂水一樹, 瀧山健, 関口浩文, 門田宏 安静時脳活動とジャグリング課題の成績との関連性の検討, 四国体育・スポーツ学会 兼 日本体育学会四国地域, 3月, 2021.
- 8) 横田文, 関口浩文, 門田宏 脳画像を用いたジャグリング課題の学習能力の予測に関する検討, 四国体育・スポーツ学会 兼 日本体育学会四国地域, 3月, 2022.
- 9) Kadota, H., Sekiguchi, H. Resting-state brain activity is related to the ability of motor skill learning. *Society for Neuroscience, America*, November, 2023.
- 10) 横田文, 門田宏, 関口浩文 脳構造画像を用いたジャグリング課題の個人差に関する検討, バイオメカニズム学会, 11月, 2021.
- 11) 野尻夏暉, 門田宏 ジャグリングの試行回数と情報量の違いによるパフォーマンス予測の比較 四国体育・スポーツ学会, 徳島, 3月, 2024.
- 12) 宮崎龍哉, 平島雅也, 野崎大地, 門田宏 力場環境の学習と想起に関する脳活動の検討, *Motor Control* 研究会, 東京, 8月, 2023.
- 13) 宮崎龍哉, 西原麗菜, 門田宏 経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) が力場環境下での運動学習に与える影響 四国体育・スポーツ学会 兼 日本体育学会四国地域, 3月, 2023.
- 14) 柴原茉那, 宮崎龍哉, 門田宏 力場学習中の経頭蓋直流電気刺激が安静時脳活動に与える影響 第26回日本ヒト脳機能マッピング学会, 宇都宮, 2月, 2024.
- 15) 宮崎龍哉, 柴原茉那, 平島雅也, 野崎大地, 門田宏 運動学習中の一次運動野への陽極経頭蓋直流電気刺激の効果 第26回日本ヒト脳機能マッピング学会, 宇都宮, 2月, 2024.
- 16) 竹田昂典, 中原潔, 平島雅也, 野崎大地, 門田宏 到達運動課題中の視覚運動誤差に対する修正行動に参与するヒト脳内神経基盤 第26回日本ヒト脳機能マッピング学会, 宇都宮, 2月, 2024. 若手奨励賞
- 17) Ohata, R., Asai, T., Kadota, H., Shigemasu, H., Ogawa, K. and Imamizu, H. Sense of agency beyond sensorimotor process: Decoding self-other action attribution in the human brain. *Cerebral Cortex*, 30(7), 4076–4091, bhaa028, doi:10.1093/cercor/bhaa028, 2020.
- 18) 弘光健太郎, 門田宏, 浅井智久, 田中大, 濱本孝仁, 今水寛 各種 tES による脳機能結合への影響, 超適応全体会議, 3月, 2021.

8.2 「システム神経科学研究室」(竹田・渡邊・島根)

この4年間での本研究グループの成果を総括的に報告する。

「視覚カテゴリ神経デコーディングに関する研究」(図2)

周囲の状況を把握するためには、物体の知覚と分類が不可欠である。しかし、空間的に分散する各脳領域が、どのようにして視覚対象のカテゴリやサブカテゴリを時間的に表現しているのかについては、不明な点が多い。この研究では、高空間分解能のfMRIと高時間分解能の脳波の同時計測と、深層ニューラルネットワーク(DNN)を用いた神経デコーディングを組み合わせ、視覚的物体表現の空間的・時間的構成を探索した。fMRI+EEG同時計測データのDNNは、fMRIまたはEEG単独のDNNと比較して、視覚カテゴリと視覚サブカテゴリの両方で分類性能が向上することが明らかとなった。また、従来の機械学習による分類性と比べて高い分類性能を示した。Guided Grad-CAMによるDNN可視化を行うと、空間的・時間的に脳活動が視覚カテゴリ・サブカテゴリを表象している新規特徴を同定した。本研究の成果はNeuroimage誌に掲載された。

「ストレスレジリエンスに関する研究」

逆境を克服する能力である“心理的レジリエンス”の神経生理学的メカニズムは不明な点が多かった。この研究では急性ストレス曝露後のマルチモーダル生体反応を経時的に記録した。得られた同時計測データを機械学習により解析してレジリエンスに対する各指標の影響度を評価すると、個人のレジリエンスの大きさは、ストレス暴露1時間後の時点での、1) fMRIのサリエンスネットワークの機能的結合、2) fMRIのデフォルトモードネットワークの機能的結合、3) EEGの β ・ γ パワー、4) fMRIの海馬活動の順で予測可能性が高いことが明らかとなった。本研究の成果は、プレプリントとしてbioRxivに掲載された。

「睡眠慣性に関する研究」

起床直後にパフォーマンスが低下する“寝ぼけ”は睡眠慣性と呼ばれ、多くの人が日常的に体験する事象であるが、起床後の記憶想起における影響は不明な点が多い。本研究では、睡眠中の睡眠深度を深層ニューラルネットワークによって推定し、深睡眠中に起床させた群と浅睡眠中に起床させた群の記憶想起成績を比較した。実験の結果、深睡眠群の方が

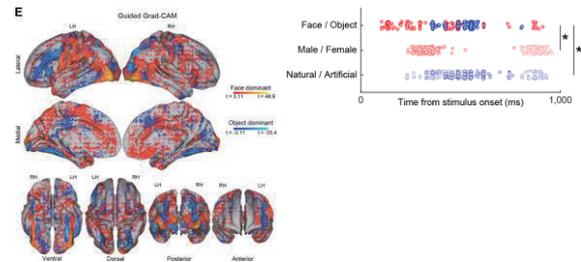


図2. fMRIと脳波の同時計測と、深層ニューラルネットワーク(DNN)を用いた神経デコーディング。Guided Grad-CAMによるfMRIモデル(左)とEEGモデル(右)の可視化により、空間的に全脳にわたった情報処理がなされていて、かつ時間的にはカテゴリ分類→サブカテゴリ分類の順になされることが示された。

浅睡眠群に比べて、起床後の記憶想起成績が低下していることを見つけた。睡眠慣性過程における特徴的な脳波パターンも同定し、現在論文執筆中である。

「記憶固定における睡眠徐波の因果的役割に関する研究」

記憶の固定には、睡眠時の睡眠徐波が大きな影響を与えることが示唆されているが、ヒトにおける因果的役割は完全には解明されていない。本研究では、睡眠中の脳波をリアルタイムに計測し、前頭葉の睡眠徐波を検出したタイミングで、徐波位相依存的に交流電流をフィードバックするシステムを開発した。このシステムを用いて、睡眠徐波の同位相刺激群と逆位相刺激群の起床後の記憶想起成績を比較した。実験の結果、対連合記憶成績は同位相刺激群の方が逆位相刺激群に比べて高いことが分かった。現在、両群における脳波パターンの違いについて検証を進めている。

論文

- 1) Watanabe, N., Miyoshi, K., Jimura, K., Shimane, D., Keeratitivattayut, R., Nakahara, K., & Takeda, M.* (2023) Multimodal deep neural decoding of visual object representation in humans. *Neuroimage*, 275, 120164.
- 2) Okayasu, M., Inukai, T., Tanaka, D., Tsumura, K., Hosono, M., Shintaki, R., Takeda, M., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2023) The Stroop effect involves an excitatory-inhibitory fronto-cerebellar loop. *Nature communications*, 14, 27.

- 3) Tsumura, K., Shintaki, R., Takeda, M., Chikazoe, J., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2022) Perceptual uncertainty alternates top-down and bottom-up fronto-temporal network signaling during response inhibition. *The Journal of Neuroscience*, 42(22), 4567-4579.
- 4) Tsumura, K., Kosugi, K., Hattori, Y., Aoki, R., Takeda, M., Chikazoe, J., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2022) Reversible Fronto-occipitotemporal Signaling Complements Task Encoding and Switching under Ambiguous Cues. *Cerebral Cortex*, 32(9), 1911-1931.
- 5) Matsui, T., Hattori, Y., Tsumura, K., Aoki, R., Takeda, M., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2022) Executive control by fronto-parietal activity explains counterintuitive decision behavior in complex value-based decision-making. *Neuroimage*, 249, 118892.
- 6) Watanabe, N.*, & Takeda, M. (2022) Neurophysiological dynamics for psychological resilience: A view from the temporal axis. *Neuroscience Research*, 175, 53-61.
- 7) Tsumura, K., Aoki, R., Takeda, M., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2021) Cross-hemispheric complementary prefrontal mechanisms during task switching under perceptual uncertainty. *The Journal of Neuroscience*, 41(10), 2197-2213.
- 8) Tanaka, D., Aoki, R., Suzuki, S., Takeda, M., Nakahara, K., & Jimura, K.* (2020) Self-controlled choice arises from dynamic prefrontal signals that enable future anticipation. *The Journal of Neuroscience*, 40(50), 9736-9750.
- 4) Watanabe, N., Miyoshi, K., Jimura, K., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., & Takeda, M. (2022) Spatial profile of representation of visual categories revealed by fMRI-deep neural decoding. *OHBM2022*, Glasgow, UK.
- 5) Watanabe, N., Miyoshi, K., Jimura, K., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., & Takeda, M. (2022) Deep neural decoding in fMRI reveals visual categorical representation in humans. *Neuro2022*, Okinawa, Japan.
- 6) Watanabe, N., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., & Takeda, M. (2022) Individual differences in psychological resilience are revealed by the dynamics of the resting-state functional network driven by an acute stress experience. *Neuro2022*, Okinawa, Japan.
- 7) Takeda, M., Miyoshi, K., Jimura, K., Shimane, D., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., & Watanabe, N. (2022) Deep neural decoding of concurrent fMRI-EEG reveals visual categorical representation in humans. *JHBI2022*, Kanagawa, Japan.
- 8) Watanabe, N., Miyoshi, K., Jimura, K., Shimane, D., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., & Takeda, M. (2022) Spatiotemporal profile of representation of visual categories revealed by concurrent fMRI-EEG deep neural decoding in humans. *Neuroscience 2022*, CA, USA.
- 9) Okayasu, M., Tanaka, D., Takeda, M., Nakahara, K., & Jimura, K. (2021) Distinct lateralization of cortical involvements during Stroop and non-verbal interference task. *Neuro2021*, Hyogo, Japan.
- 10) Watanabe, N., Furutani, R., Osaka, T., Matsushita, S., Keeratavittayayut, R., Nakahara, K., Takeda, M. Psychological resilience to acute stress affects dynamics in both cardiac beats and resting-state fMRI in humans. *Neuro2021*, Hyogo, Japan.

学会発表など

- 1) Watanabe, N., Yoshida, S., Keeratavittayayut, R., Takeda, M. (2023) Spatiotemporal neural characteristics of human psychological resilience measured by simultaneous fMRI-EEG recordings. *Neuroscience 2023*, DC, USA.
- 2) Takeda, A., Shimane, D., Hu, C., Kadota, H., Takeda, M., Nakahara, K. (2023) Intrinsic neural timescales in frontotemporal regions do not alter in the lighter sleep stages. *Neuro2023*, Miyagi, Japan.
- 3) Zhang, Z., Takeda, M., Iwata, M. (2023) Multi-pooling 3D convolutional neural network for fMRI classification of visual brain states. *IEEE CAI*, CA, USA.
- 11) 渡邊言也, 竹田真己 新型コロナウイルス感染症流行下におけるストレスとレジリエンスの時間的変化—コロナ禍以前から感染拡大期の縦断調査—, 日本心理学会第85回大会, 2021, Online
- 12) 竹田真己 ヒト長期記憶メカニズムの解明に向けた革新的技術の開発, 高知発達神経科学研究会, 2020, Online

8.3 「3次元知覚、多感覚統合に関する研究」(繁樹)

本研究では、空間知覚に関わる脳内の情報処理について、視覚皮質の各領野の機能をfMRIを用いて詳細に検討してきた。以下に、対象の3次元構造の一般的な表象の処理について検討した研究や、視覚以外の情報による視覚皮質の処理について検討した研究について報告する。

対象の凹面や凸面の知覚は、対象の物体の方位に依存せず、同じ奥行き構造として知覚される。このような一般化された3次元の表象が視覚皮質のどのレベルで処理されているかを検討するため、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え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)によって判別する分析を行った。判別の正答率を指標として各領野の機能を検討した結果、円筒の方位に依存せず凸面/凹面を高精度で識別できたのは視覚皮質のV3A野であり、凹凸について一般化された3次元構造の情報はV3A野において表現されていることが示された¹⁾。

奥行き手がかりに依存しない物体の表象が視覚野のどの領野で処理されているかを検討した研究では、両眼網膜像差と線遠近法の手がかりによって定義された凸面、凹面の刺激を呈示し、各領野の処理が奥行き手がかり間で異なるのか、共通するのかについて、MVPAの手法により検討した。3次元情報の処理が奥行き手がかり間で共通している場合は、各手がかり呈示時の脳機能画像で機械学習した凸面/凹面の判別器で別の手がかりによる脳機能画像の凹凸の判別が可能となるはずである。実験の結果、頭頂間溝(IPS)の領野において判別精度が高く、奥行き手がかりの情報によらない一般的な3次元の表象はIPS野において処理されていることが示唆された²⁾。

視覚以外の感覚情報による対象の空間特性の情報は視覚皮質で処理されているのか、また処理されている場合、どのように関わっているかは明らかではない。そのため、視覚入力がない場合に、体性感覚や身体運動によって得られる対象物の方位の情報が視覚皮質の各領野においてどのように処理されているか検討した。実物の棒状のオブジェクトを遮蔽されて見えない状態で把持したとき、その方位がfMRIによる視覚皮質の脳活動から判別した結果、視覚入力による処理は行われていないにも関わらず、左右の方位の差は判別できることを明らかにした。さらに、視覚皮質内の領野ごとの検討から、空間的処理や運動出力の処理に関わる背側経路にあた

るV3野の背側部(V3d)では、賦活のパターンが棒状の刺激の把持の仕方に依存し、身体運動の違いに依存した処理を行っていること、頭頂間溝(IPS)の領野は視覚入力自体よりも体性感覚や運動出力に関わる方位の処理をおこなっていることを示した³⁾。遮蔽された物体の把持運動には、力触覚、自己受容感覚、運動計画、視覚的ワーキングメモリなどの多くの要因が関わっていると考えられるため、視覚皮質の方位の処理にどの要因が影響するかについて詳細に検討した。その結果、V1野、V2野は把持運動の準備に関わる処理に関連し、V3野は背側側のV3dでは把持運動における力触覚フィードバックを統合する処理に関わり、腹側側のV3vでは不足している視覚情報をイメージする処理に関連することが示された。網膜像の視野が再現されているV3野の領野内で腹側、背側間で差が見られたことは、V3野では上下視野の処理に機能的な違いがあることを示唆している⁴⁾。

視覚情報の脳内処理過程について検討した共同研究も進めてきた。岡山大学との共同研究では、クロスモーダルな処理に関わると考えられる左半球の後部頭頂皮質の特性について、視覚と触覚の知覚をマッチングする課題を行っているときの脳活動をfMRIで検討し、この領野の下位領域の機能的特性を明らかにした⁵⁾。資生堂との共同研究では、肌に塗るローションの触覚の処理が視覚刺激によってどのように影響を受けるかをfMRIにより検討した⁶⁾。

fMRI以外の手法を用いて検討した空間知覚研究についても報告する。視覚の現象として検討されてきたアモーダル補完について、触覚情報が視覚的補完に貢献するかを検討した。遮蔽により部分的に欠落した単語の認識課題を行った結果、アモーダル補完が3次元的な視覚的奥行き知覚や触覚的奥行き知覚によらず、文字のsegmentationの情報のみに基づく可能性があること、触覚情報自体による促進的な効果は見られず、アモーダル補完がモダリティに特異的に処理されることが示唆された⁷⁾。眼球運動計測により両眼視野闘争時の輻輳角について検討した研究では、輻輳眼球運動によってV1野における視覚的注意と両眼性の神経細胞の特性を検討できることを示した⁸⁾。

- 1) Li, Z. and Shigemasu, H. Generalized representation of stereoscopic surface shape and orientation in the human visual cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 13, doi:10.3389/fnhum.2019.00283, 2019.
- 2) Li, Z. and Shigemasu, H. Unique Neural Activity Patterns Among Lower Order Cortices and Shared Patterns Among Higher Order Cortices During Processing of Similar Shapes With Different Stimulus Types. *i-Perception*, Vol. 12, No. 3, doi:10.1177/20416695211018222, 2021.
- 3) Threethipthikoon, T., Li, Z. and Shigemasu, H. Visually occluded grasp modulates orientation representation in human early visual cortex. *Journal of Vision*. 23(9):5253, doi:10.1167/jov.23.9.5253, 2023.
- 4) Threethipthikoon, T., Li, Z. and Shigemasu, H. Orientation Representation in Human Visual Cortices: Contributions of Non-Visual Information and Action-Related Process. *Frontiers in Psychology*, Vol. 14, doi:10.3389/fpsyg.2023.1231109, 2023.
- 5) Yang, J., Yu, Y., Shigemasu, H., Kadota, H., Nakahara, K., Kochiyama, T., Ejima, Y., and Wu, J. Functional heterogeneity in the left lateral posterior parietal cortex during visual and haptic crossmodal dot-surface matching. *Brain and Behavior*, Vol. 11, No. 3, e02033, doi:10.1002/brb3.2033, 2021.
- 6) Kawabata Duncan, K. J., Nagashima, M., Saheki, Y., Tagai, K., Shigemasu, H., Kanayama, N.: Neuroscientific evidence that texture is multimodal and why that's important for cosmetics. The 31st IFSCC Congress, 2020.
- 7) Takeichi, H., Taniguchi, K., and Shigemasu, H. Visual and haptic cues in processing occlusion. *Frontiers in Psychology*, Vol. 14, doi:10.3389/fpsyg.2023.1082557, 2023.
- 8) He, S., Dai, C., and Shigemasu, H. Role of vergence eye movements in the visual recognition of long time duration. *Optics Express*, Vol. 28, No. 5, pp. 6594-6608, doi:10.1364/OE.380606, 2020.

8.4「MRI 脳構造画像に対する深層学習の適用と説明性」(吉田)

MRI 画像に対して機械学習・深層学習を適用する手法には、数多くのアプローチがあり、対象とする画像は大きく、脳構造画像 (structural MRI) と脳機能画像 (functional MRI) に分かれる。前者は医用画像認識など医学的応用が多く、後者には resting-state fMRI (rs-fMRI) を用いた医用画像的な目的を持つものと、神経科学的な目的を持つ脳情報デコーディングがある。本研究グループでは、構造画像、機能画像双方についての機械学習による予測モデルの構築とともに、それらの説明性 (解釈性) の研究を行っている。説明性については、クラス活性化マップ (Grad-CAM 等) と、研究グループで提案している CycleGAN による画像変換を用いるものの研究開発を行っている。加えて、画像復元的な応用として低解像度画像から高解像度画像を推定する超解像手法、また、神経科学とも関連する内容として錯視図形を見たときの深層学習モデルの認識と人間の心理物理的な結果との類似性についての研究も行った。前者は、本来であれば失われている、若しくは計測できなかった情報の推定を行う研究であり、MRI による脳計測は限られた時間で得たい情報量と被験者の拘束時間のトレードオフを常に考える必要があるため、超解像のような技術の精度が向上することはそれらの問題解決の一助になる。また、後者は深層学習モデルが、人間の視覚系からインスパイアされた計算法であり、これらの特性を調べていくことは、まだ未解明のことが多い深層学習モデルの解明の一助になり、説明性の向上にも資するものと考えている。

参考文献

- 1) Song, B. & Yoshida, S. (2024) Explainability of Three-dimensional Convolutional Neural Networks for Functional Magnetic Resonance Imaging of Alzheimer's Disease Classification based on Gradient-weighted Class Activation Mapping, *PLOS ONE*, 19(5), e0303278.
- 2) Zhang, H., Yoshida, S., & Li, Z. (2024) Brain-like illusion produced by Skye's Oblique Grating in deep neural networks, *PLOS ONE*, 19(2), e0299083.
- 3) Zhang, H. & Yoshida, S. (2024) Exploring Deep Neural Networks in Simulating Human Vision through Five Optical Illusions, *Applied Sciences*, 14(8), p. 3429.

- 4) Park, K., Putra, H. A., Yoshida, S., Yamashita, F., & Kawaguchi, A. (2024) Uniformly positive or negative correlation of cerebral gray matter regions with driving safety behaviors of healthy older drivers, *Scientific Reports*, 14(1), p. 206.
- 5) Zhang, H., Shinomiya, Y., & Yoshida, S. (2021) 3D MRI Reconstruction Based on 2D Generative Adversarial Network Super-Resolution, *Sensors*, 21(9), pp. 1-20.
- 6) Cao, L., Liang, Y., Lv, W., Park, K., Miura, Y., Shinomiya, Y., & Yoshida, S. (2021) Relating brain structure images to personality characteristics using 3D convolution neural network, *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 6(3), pp. 338-346.
- 7) Tsutsui, Y., Shinomiya, Y., & Yoshida, S. (2021) Analysis of Trained Convolutional Neural Network Using Generative Adversarial Network, *The 7th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2021)*.
- 8) Nakajima, T. & Yoshida, S. (2023) A Study on Explainability of Deep Learning Model for Image Classification Using CycleGAN, *The 8th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2023)*.
- 9) 安岡 薫, 四宮友貴, 吉田真一 機械学習による MRI 脳画像からの回帰モデルの説明性に関する研究, 第 50 回知能システムシンポジウム, 計測自動制御学会, 2023, 松江
- 10) 藤沢 元, 四宮 友貴, 吉田 真一 深層学習による 3 次元 MRI 脳画像分類モデルの説明可能性に関する研究, 第 50 回知能システムシンポジウム, 計測自動制御学会, 2023, 松江
- 11) Nitta, Y., Shinomiya, Y., Park, K., & Yoshida, S. (2020) A 3D-CNN Classifier for Gender Discrimination from Diffusion Tensor Imaging of Human Brain, 2020 Joint 11th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 21st International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS-ISIS).
- 12) Zhang, H., Shinomiya, Y., & Yoshida, S. (2020) 3D Brain MRI Reconstruction based on 2D Super-Resolution Technology, 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC).
- 13) Zhang, H., Yoshida, S., & Li, Z. (2023) Decoding Illusion Perception: A Comparative Analysis of Deep Neural Networks in the Müller-Lyer Illusion, 2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC).
- 14) Zhang, H., Li, Z., & Yoshida, S. (2022) Müller-Lyer illusion is Replicated by Higher Layer of Pre-trained Deep Neural Network for Object Recognition, *The 10th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2022)*.
- 15) Song, B. & Yoshida, S. (2022) Image Classification of MRI for Alzheimer's Disease Using Two Deep Neural Networks and their Explainability, *The 10th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2022)*.

8.5 「記憶の認知神経科学研究」(中原・王)

本グループの2020–2023年度の研究を総括すると、長期記憶に関する2つの重要問題、すなわち遠隔記憶の固定化、およびエピソード記憶における時間・場所文脈の神経表象の解明に取り組み、それぞれについて、その神経基盤の一端を明らかにしたことに集約される。

1) 遠隔記憶の固定化

ヒトにおいて、記録された後およそ数年から10年以上を経過した記憶を遠隔記憶、それよりも新しい記憶を近時記憶と呼ぶ。内側側頭葉を損傷した患者の症例研究等に基づいて、近時記憶がどのように遠隔記憶として脳内に固定化されるのか、そのプロセスに関して、大きく2つのモデルが提唱されている。まず、近時記憶は記録当初に海馬と周辺の内側側頭皮質に貯蔵され、その後大脳連合野へと転送され遠隔記憶として固定化されるというモデルが提唱された。これは記憶固定化の標準モデルと呼ばれている。この標準モデルに対して、遠隔記憶は大脳連合野に転送されるが、海馬の関与は継続するとした *multiple trace theory* (MTT) が、より最近になって提出されている。したがって現在、近時記憶と遠隔記憶の神経表象、殊に海馬の関与の有無については、記憶の認知神経科学研究における最重要問題の一つとなっている。私たちはこの問題に取り組むため、長年にわたるシリーズ物として若い世代に人気の高いポケモンゲームに着目し、ポケモンの顔と名前の遠隔・近時記憶課題を考案した。被験者がこの課題を行う間の脳活動を fMRI によって計測する2日間に渡る実験を行った。得られた画像データに対して *multi-voxel pattern analysis* (MVPA) による顔・名前のクロス・デコーディングを全脳探索的に行い、デコーディング成績を近時記憶と遠隔記憶それぞれの神経表象の指標とした。

結果として、まず海馬に注目すると、遠隔記憶の神経表象は、左海馬前部および後部、右海馬後部に、近時記憶の神経表象は右海馬後部に認められた。右海馬後部における遠隔・近時記憶の神経表象は、それぞれオーバーラップしていた。大脳皮質全体を見ると、遠隔記憶の神経表象は、右角回、右側頭極、左島皮質、両側下前頭回などの、意味記憶に関与する脳領域に広く分布していた。一方、近時記憶の神経表象は、両側 V1/V2、左後頭葉の顔領域、左紡錘野、左前側頭葉の顔領域など、腹側視覚経路に沿って広がっていた¹⁾。

以上の結果は、遠隔記憶の固定化プロセスとして

標準モデルではなく、MTT をより強く支持するものである。また、近時記憶は主に高次視覚認知領域において表象されるのに対して、遠隔記憶は、より抽象化された意味記憶として表象されることを示唆している。

2) エピソード記憶における時間・場所文脈の神経表象

エピソード記憶には必然的に、「いつ」・「どこで」といった時間と場所の文脈が含まれ、このことがエピソード記憶の一つの定義となる。脳がこれらの文脈をどのように表象し、統合しているのかという問いは、エピソード記憶における本質的な問題の一つであるにも関わらず、依然として不明な点が多い。そこで私たちは、ヒトのエピソード記憶における時間と場所の神経表象を探るため、2日間に渡る fMRI 実験を行った。得られた画像データに対して表現類似度分析 (*Representation Similarity Analysis: RSA*) を全脳探索的に行い、時間、場所、時間・場所統合それぞれについて、脳活動の表現類似度マトリクスと概念モデルのマトリクス間の相関係数を算出し、神経表象の指標とした。

その結果、両側後頭葉皮質 (OC)、両側後小脳、右上前頭回 (FG)、両側後頭回、両側縁上回 (SMG) に時間の神経表象が認められた。場所の表象は、両側 OC、左楔前部 (PCUN)、左海馬傍回、左下頭頂葉皮質 (PC) に認められた。最後に、時間・場所を統合すると考えられる神経表象が、左 SMG、右上 PC、左下 FG、右中側頭回、両側 PCUN において認められた。

現在、論文作成に向けて追加の解析を進めている²⁾。

3) 共同研究

2020–23 年度は共同研究においても実り多いものがあつた。とりわけ長谷川功・新潟大学医学部教授らとの、色の想起情報が前頭前野に表象されることをサル皮質脳波法によって明らかにした長年の研究が *Cell Reports* 誌に発表されたこと⁷⁾、そして地村弘二・客員教授 (群馬大学情報学部教授) らとの、実行機能における前頭・小脳ループのダイナミクスを明らかにした fMRI 研究が *Nature Communications* 誌に発表されたことは⁴⁾、特筆すべき研究成果である。

- 1) Wang R, Keeratitivattayayut R, Morioka S, Takeda M, Jimura K, Nakahara K (in preparation).
- 2) Hu C, Wang R, Imamura T, Takeda M, Jimura K, Nakahara K (in preparation).
- 3) Watanabe N, Miyoshi K, Jimura K, Shimane D, Keeratitivattayayut R, Nakahara K, Takeda M (2023) Multimodal deep neural decoding reveals highly resolved spatiotemporal profile of visual object representation in humans. *NeuroImage* 275: 120164.
- 4) Okayasu M, Inukai T, Tanaka D, Tsumura K, Shintaki R, Takeda M, Nakahara K, Jimura K (2023) The Stroop effect involves an excitatory-inhibitory fronto-cerebellar loop. *Nature Communications* 14(27).
- 5) Tsumura K, Shintaki R, Takeda M, Chikazoe J, Nakahara K, Jimura K (2022) Perceptual uncertainty alternates top-down and bottom-up fronto-temporal network signaling during response inhibition. *The Journal of Neuroscience* 42(22): 4567–4579.
- 6) Tsumura K, Kosugi K, Hattori Y, Aoki R, Takeda M, Chikazoe J, Nakahara K, Jimura K (2022) Reversible fronto-occipitotemporal signaling complements task encoding and switching under ambiguous cues. *Cerebral Cortex* 32(9): 1911–1931.
- 7) Tanigawa H, Majima K, Takei R, Kawasaki K, Sawahata H, Nakahara K, Iijima A, Suzuki T, Kamitani Y, Hasegawa I (2022) Decoding distributed oscillatory signals driven by memory and perception in the prefrontal cortex. *Cell Reports* 39:110676.
- 8) Matsui T, Hattori Y, Tsumura K, Aoki R, Takeda M, Nakahara K, Jimura K (2022) Executive control by fronto-parietal activity explains counterintuitive decision behavior in complex value-based decision-making. *NeuroImage* 249: 118892.
- 9) Tsumura K, Aoki R, Takeda M, Nakahara K, Jimura K. (2021) Cross-hemispheric complementary prefrontal mechanisms during task switching under perceptual uncertainty. *J Neurosci* 41(10): 2197–2213.
- 10) Yang J, Yu Y, Shigemasu H, Kadota H, Nakahara K, Kochiyama T, Ejima Y, Wu J. (2021) Functional heterogeneity in the left lateral posterior parietal cortex during visual and haptic crossmodal dot-surface matching. *Brain and Behavior* e02033.
- 11) Kasedo R, Iijima A, Nakahara K, Adachi Y, Hasegawa I. (2021) Development of a self-paced sequential letterstring reading task to capture the temporal dynamics of reading a natural language. *Advanced Biomedical Engineering* 10: 26–31.
- 12) Tanaka D, Aoki R, Suzuki S, Takeda M, Nakahara K, Jimura K (2020) Self-controlled choice arises from dynamic prefrontal signals that enable future anticipation. *J Neurosci* 40: 9736–9750.

9. おわりに

2023年度は5月8日の新型コロナウイルス感染症の5類移行をもって、いわゆるコロナが明けた年であり、本センターの活動もほぼコロナ禍以前の水準に復帰することができた。しかし2020–2022年度を振り返ると、大学全体がコロナ感染拡大に翻弄された、「失われた3年」であったことは言うまでもない。当初は本学でも対面授業が全面的に停止され、リモート授業のみが実施された。しかしヒト脳科学研究にとって、対面での実験実施は生命線である。本センターでは適切な措置を講ずることで、2020–2022年度においても、感染者数が爆発的に増加した時期を除いて、対面による実験実施を継続した。結果として、本センターでの実験参加に起因すると考えられる一人の感染者も発生することはなかった。そして何より、第8章に示されるように各研究グループの研究パフォーマンスも殆ど落ちることはなかった。これらはひとえに大学当局のご理解とご協力の賜であり、改めて深く感謝を申し上げます。

2024年度は5ヶ年設置期間の最終年度であり、2025年度の設置更新へ向けて、本センターの大学に対する教育研究面での貢献をより一層高めていくとともに、本学の目標である「大学のあるべき姿を常に追求し、世界一流の大学を目指す」ために、世界最先端のヒト脳科学研究および学際研究を推進していきたい。

謝辞

脳コミュニケーション研究センターに日頃よりご尽力とご指導を頂いている蝶野成臣学長、そして本センター運営に関してご支援を頂いている武内章浩部長を始めとする研究連携部・研究支援課の皆様、この場を借りて深く感謝申し上げます。

Research Center for Brain Communication -Toward a Place for Interdisciplinary Research on Brain Science-

Makoto Iwata^{1,2} **Hiroshi Kadota**^{1,2} **Hiroaki Shigemasu**^{1,2}
Daisuke Shimane¹ **Akinori Takeda**¹ **Masaki Takeda**^{1,2}
Kiminori Matsuzaki^{1,2,3} **Maoko Yamanaka**¹
Shinichi Yoshida^{1,2,3} **Noriya Watanabe**¹
Ruimin Wang¹ **Kiyoshi Nakahara**^{1,2*}

(Received: May 31st, 2024)

¹ Research Center for Brain Communication, Research Institute,
Kochi University of Technology,

² School of Informatics, Kochi University of Technology,

³ School of Data & Innovation, Kochi University of Technology,
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

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

Abstract: The Research Center for Brain Communication at the Kochi University of Technology Research Institute is an interdisciplinary research center that promotes basic research in human brain science and aims to develop new ICT-related technologies through interdisciplinary research with brain science, informatics, psychology, and experimental economics. It also contributes to undergraduate and graduate education and has grown to play an essential role in the university's educational and research activities. The center will reach the end of its five-year term in 2024. Therefore, in this paper, we first report on the center's activities from 2023 to the present. We also summarize the research activities from 2020 to 2023 and discuss our aspirations for the subsequent renewal of the center.