

2018年度 委託研究

課題 209

BMIオープンイノベーションのための
脳活動マルチモーダル計測データの解析と
その応用技術の研究開発

研究計画書



1. 研究開発課題

『BMIオープンイノベーションのための脳活動マルチモーダル計測データの解析とその応用技術の研究開発』

2. 本課題が含まれる研究開発の全体像

はじめに

国立研究開発法人情報通信研究機構（以下「機構」という。）は、機構自ら行う研究や委託研究などを効果的に連携させながら、機構に与えられた中長期目標の達成を目指している。本課題はこのような連携の一部となる研究であるため、研究開発プロジェクト（以下、「プロジェクト」という。）の全体像について十分に理解したうえでの研究提案や実施が求められる。プロジェクトは、プロジェクトオフィサー及び機構職員で構成されるプロジェクトチームによりマネジメントされる。

2. 1 プロジェクトの目的・ビジョン

初期のブレインマシンインタフェース（BMI）研究は、主に米国を中心として動物やヒトを対象に進められてきたが、その方法は、主に皮質内神経信号（脳内部に刺入した神経電極から計測される神経信号）を利用したものであった^[1]。この方法で、麻痺患者がコンピュータカーソルやロボットハンドをある程度自在に操作できることが示されてきたが、一方で、計測手法の安全面での課題が臨床応用を阻んできた。

そこで、特に臨床用のBMIに関しては、脳の表面から計測される皮質脳波が注目され、皮質脳波の完全埋込型計測システム等の開発が日米欧で進められている。皮質脳波が注目される理由は、皮質内信号に比べて侵襲性が低いことと、頭皮脳波（Electroencephalogram; EEG）に比べて情報が多いことである。しかしながら皮質脳波は計測する機会が限られ、また長時間のデータ収集が現状では困難であることなどからデコーディング精度向上の研究が十分に進んでおらず、また、健常者への応用に直接結びつけにくい点も課題である。

これらの課題を解決するため、つまり皮質脳波BMIのデコーディング精度向上と、BMIの健常者への応用を進めるため、EEGや脳磁図（Magnetoencephalography; MEG）等の脳活動マルチモーダル計測データに着目し、その統合的解析技術の高度化を推進する。

また、計測した脳活動データのオープンデータ化等を通じて、オープンイノベーションを実現し、BMI技術を格段に発展させることにより、ニューロリハビリテーション、運動補綴、ニューロフィードバックによる認知療法、ニューロエンハンスメントなど、更なる社会実装に貢献することも目的とする。

2. 2 社会的な背景・国内外の状況

これまでは麻痺患者等を対象として、臨床応用を目指したBMIシステムの研究開発が主に進め

られていたが、最近では、健常者を対象とし、より広く社会で活用されるニューロフィードバックを始めとしたBMI関連技術の実用化も国内外で注目されつつある^[1]。

国外では、複数の米国企業が健常者を対象としたBMIシステムの構想を発表しており、国内でも、これらの構想を受けて新聞等でBMIシステムの技術解説が行われているなど、社会的な注目度は高い。

政府会合においても、総合科学技術・イノベーション会議「科学技術イノベーション総合戦略2017」においては、「脳科学（BMI等含む。）、ロボット技術等の研究・技術開発及び応用研究を推進し、心身機能の回復等のための機器、自立行動支援のための機器等の開発への展開を行い、支援を必要とする者等の心身機能の回復、自立支援を促進すると共に、個々のライフスタイルに応じた快適で活動的な生活を支援するために、心身の負荷の解消を図る取組も積極的に推進することが必要である」とあり^[2]、BMIシステム等の研究開発を積極的に進めることとしている。

また、技術的には、近年のコンピュータビジョン、音声認識、ボードゲーム分野における人工知能技術の急速な発展は、ビッグデータと深層ニューラルネットワークを用いた教師付き学習法（深層学習法）によるところが大きいですが、深層学習法により、今まで人手で行っていた特徴表現を自動学習することができるようになってきている。

しかし、脳科学やロボティクスなど多くの分野ではラベル付きのビッグデータを得ることはコスト的に難しく、深層学習法のダイレクトな適用は難しい。この少数ラベル付きデータ問題の解決策の1つとして、人工知能分野で注目を浴びているデータ生成技術が挙げられる。

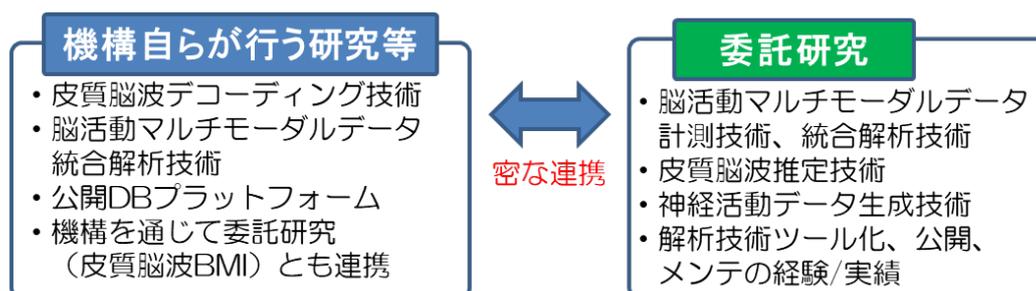
例えば、2016年に発表された囲碁人工知能ソフトは、人間の残した膨大な棋譜をベースに深層学習法を用いてヒトのチャンピオンレベルに達したが、その1年後に発表された囲碁人工知能ソフトは、棋譜を全く使わずに自己対戦による大量データ生成と深層学習により、1年前の囲碁人工知能ソフトをはるかに超える性能を達成した。

BMI分野においても、このように神経活動データのデータ生成技術を開発することが出来れば、デコーディング技術の格段の精度向上が見込まれる。また、神経活動データ生成技術により、さまざまな外乱にロバストなBMI技術に繋がると期待される。

2. 3 プロジェクトの概要

機構が自ら行う研究等と連携して、EEGやMEG等の脳活動マルチモーダル計測データの統合的解析技術の高度化を推進する。

また、脳活動マルチモーダル計測データのオープンデータベース化とともに、開発した統合的解析技術のオープンソース化を行う。



2. 4 プロジェクトオフィサー

脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室 鈴木隆文

3. 本委託研究

3. 1 概要及び位置付け

前述の課題の解決を図るため、つまり皮質脳波BMIのデコーディング精度向上と、BMIの健常者への応用を進めるため、本委託研究では、まず、健常者に適用可能な、脳活動マルチモーダル計測データによる皮質脳波推定技術（ここでいう皮質脳波推定とは、実際に脳表からの皮質脳波が計測できないケースであっても、EEGやMEGなどの他モーダルの計測データから皮質脳波を推定することを意味している。）の研究開発を行う。

次いで、神経活動データを人工的に生成する技術を開発して、大量の教師データを生成することによって、皮質脳波BMIのデコーディングの精度向上を図る。

さらに、計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化を行うことにより、脳情報通信分野のオープンイノベーションを推進する。

研究の対象はヒトの神経活動データであることが望ましいが、サルも神経活動データも可とする。また、受託者自らがマルチモーダル計測データを用意することが望ましいが、一部国内外の公開データ等を利用することも可とする。

3. 2 到達目標

● 第1期（2018年度～2020年度）

1) 皮質脳波推定技術の研究開発

健常者のEEGやMEG等のマルチモーダル計測データを用いて、皮質脳波を推定する方法を開発する。高精度な推定を行うために、fMRI（functional Magnetic Resonance Imaging）、EEG、MEGなどのマルチモーダルな計測データに基づいた手法開発を行う。推定結果の評価方法については、公開されている皮質脳波と頭皮脳波の同時計測データ等を用いる、あるいはシミュレーションデータと比較するなど、具体的に提案すること。

2) 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の研究開発

推定した皮質脳波をもとに、BMIに適用可能な高精度な神経活動データ（皮質脳波等）を人工的に生成する技術の開発を行う。複数種類のタスク（手指運動、安静（レストイング）等）中の神経活動データを人工的に大量に生成し、機械学習に利用することにより、従来の手法に比べて神経情報のデコーディング（解読）性能が向上することを実証する。T1-MRIや拡散MRIなどの脳構造の情報を用いるなどして、脳情報処理メカニズム解明に役立つ神経活動データ生成技術を開発する。従来の解読手法（線形回帰手法等）に比べて5%以上の精度向上を目標とする。さらに本手法の特長を生かした評価手法を提案することが望ましい。

3) オープンイノベーション推進のためのオープンデータ化・オープンソース化

脳情報通信分野のオープンイノベーションを推進するために、計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化を行う。具体的には、脳活動データに関しては、複数（2名以上）被験者における複数タスク時の複数日にわたるデータ（可能な限り同時計測した、脳活動マルチモーダル計測データ）の公開を目標とする。また、解析ソフトに関しては、マルチモーダル計測データから皮質脳波の推定を行うソフトウェアの公開を目標とする。

● 第2期（2021年度～2022年度）

1) 皮質脳波推定技術の高度化

皮質脳波推定技術の高度化を行う。課題遂行中、安静時（レストイング中）、誘発活動時などさまざまなケースに対応可能な方法を開発する。

2) 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の高度化

BMIに適用可能なデータ生成技術を高度化する。ラベルデータが十分でないとき、または外乱など不確定要因があるときなど、実際のBMIアプリケーションで想定される問題を考慮し、頑健でロバストなデコーディング技術の開発を行う。

3) オープンイノベーション推進のための更なるオープンデータ化・オープンソース化

脳情報通信分野のオープンイノベーションを推進するために、計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化を行う。最終的には機構のもつプラットフォームへ登録することを目標とする。

3. 3 マイルストーン

● 第1期（2018年度～2020年度）

1) 皮質脳波推定技術の研究開発

| | |
|--------|---|
| 2018年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 皮質脳波推定技術のためのマルチモーダルデータ計測 ● 皮質脳波推定技術の基礎研究 |
| 2019年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 皮質脳波推定技術のためのマルチモーダルデータ計測 ● 皮質脳波推定技術の応用研究 |
| 2020年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 皮質脳波推定技術の改良 |

2) 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の研究開発

| | |
|--------|---|
| 2018年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術開発のための問題抽出 |
| 2019年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の基礎研究 |
| 2020年度 | <ul style="list-style-type: none"> ● 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の応用研究 |

3) オープンイノベーション推進のためのオープンデータ化・オープンソース化

| | |
|--------|--|
| 2020年度 | ● 計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化 |
|--------|--|

● 第2期（2021年度～2022年度）

1) 皮質脳波推定技術の高度化

| | |
|--------|-------------------|
| 2021年度 | ● 皮質脳波推定技術の高度化 |
| 2022年度 | ● 皮質脳波推定技術の高度化と検証 |

2) 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の高度化

| | |
|--------|--------------------------------------|
| 2021年度 | ● 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の高度化 |
| 2022年度 | ● 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の高度化と検証 |

3) オープンイノベーション推進のための更なるオープンデータ化・オープンソース化

| | |
|---------|---|
| ～2022年度 | ● 計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化。最終的には機構のプラットフォームへ登録する。 |
|---------|---|

3. 4 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採択件数 : 1件

研究開発期間：契約締結日から2020年度までの3年間（第1期）

なお、2021年度から2022年度までの2年間（第2期）については、次期中長期目標の状況等も踏まえ、継続について検討する。

研究開発予算：各年度、50百万円（税込）を上限とする。

（提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。）

研究開発体制：単独の提案も、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制による提案も可能とする。

3. 5 提案に当たっての留意点

- 計測した脳活動データのオープンデータ化や開発した解析ソフトのオープンソース化にあたっては、最終的には機構のプラットフォームへ登録すること。
- 3. 2の到達目標を踏まえ、第2期までの研究計画を記載した上で、第1期における目標設定を明確に記載すること。採択評価は、それらの記載内容全体を対象に実施する。
- 具体的目標に関しては、定量的に提案書に記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、3. 3に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、方策等を記載すること。
- 本研究開発の遂行過程で得られる科学的なデータがあれば、広くオープンにするのが望ましい。公開できるであろう科学的なデータの有無、および、もし有る場合には公開計画（例：

公開するデータの種類、公開先、公開方法)を提案書に記載すること。

3. 6 運営管理

- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、プロジェクトオフィサーの指示に基づき定期的に連絡調整会議を開催すること。
- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、プロジェクトオフィサーが研究計画書を変更する場合があるので、留意すること。

3. 7 評価

- 機構は、2020年度に評価を実施する。また、本委託研究終了後に追跡評価（成果展開等状況調査を含む）を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

3. 8 成果の社会実装に向けた取組

- 本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）を行う等、成果の社会実装に向けて必要な取組を行うこと。

4. 参考

- [1] 鈴木, 運動出力型ブレインマシンインタフェース, 日本神経回路学会誌, Vol. 19, No. 3, pp.112-118, 2012
- [2] 科学技術イノベーション総合戦略2017, p49
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2017/honbun2017.pdf>