

脳磁気信号を手掛かりとした言語の脳情報デコーディング

研究代表者 酒井 弘
(創造理工学部 英語教育センター 教授)

1. 研究課題

脳情報デコーディングとは、神経活動を計測したデータから活動のもととなる感覚入力や行動出力を解読する手法である。デコーディングの精度は、感覚入力や行動出力がどこまで正確に神経活動に反映されているかを示すとされ、感覚や行動がいつ、どこで、どのように神経活動として表現されているかを探る有力な手がかりとなる。脳情報デコーディングは、これまで知覚、運動などの分野を中心に研究が進んできたが、言語のデコーディングはまだほとんど成功していない。本研究では、脳の神経活動によって生じる磁気信号を世界に先駆けて日本で開発された高温超伝導自己シールド脳磁計を使って計測し、機械学習・深層学習の手法を用いて信号源となった言語の入力および出力をデコードする。

2. 主な研究成果

2021年度は、7月及び8月に共同研究者の所属する東京電機大学鳩山キャンパスを訪問し、同キャンパスに設置されている住友重機械工業社製の高温超伝導自己シールド脳磁計を使用して脳磁気計測実験を実施した。実験課題としては、脳磁計内の実験参加者に「すし」「くし」など6種類のオブジェクトの写真を呈示し、視覚入力からオブジェクトを認知し、言語化して音声発話する課題を課して、課題遂行中の脳磁気信号を記録した。取得したデータは、まず解析パッケージ (MNE-Python, <https://mne.tools/stable/index.html>) によってノイズ除去などの下処理を行い、機械学習 (scikit-learn, <https://scikit-learn.org/stable/>) を用いた神経活動デコーディングに神経活動からオブジェクトないし音声をデコードする分析を行った。結果として、刺激呈示から 0 ms ~ 800 ms の神経活動によって、画像または音声は 40% ~ 60% の確率で予測できることがわかった。この結果は、チャンスレベル (1/6 = 16.6%) と比較して大幅に有意 ($p < 0.01$, permutation test) であった。この結果は、0 ms ~ 800 ms の神経活動には個々のオブジェクトを弁別できる情報および個々の単語音声を弁別できる情報が含まれていることを示すものであり、プロジェクトの目的である「言語がどのように脳内で神経活動として表現されているか」を探るための重要な一歩であると考えられる。研究成果は、2022年2月に第7回坂本記念神経科学研究会において報告した。さらに、同年9月にイギリスで開催される国際学会 Biomag 2022 において発表することが決まっている。

3. 共同研究者

村田昇 (先進理工学部・教授)
大須理英子 (人間科学学術院・教授)
田中慶太 (東京電機大学・教授)
加藤隆典 (住友重機械工業・技術本部技術研究所技術企画部長)

4. 研究業績

1. 学会および社会的活動

酒井弘、劉栗、中島海、富永慈音、森一（早稲田大学）、田中慶太、塚原彰彦（東京電機大学）、水谷昌平、宮永裕樹、恒松正二、加藤隆典（住友重機械工業）、脳磁気を使用した心内辞書のニューロデコーディング，第7回坂本記念神経科学研究会（オンライン開催），2022年2月19日。

5. 研究活動の課題と展望

2021年度中に実施した解析はノイズ除去のアルゴリズム、機械学習のための特徴量抽出という解析の重要な2側面においていずれも暫定的なものであり、機械学習（Support Vector Machine を使用）による予測の正答率は、先行研究と比較して高いとは言えなかった。また実験課題の点でも、画像呈示から音声産出までの間に、オブジェクトに関連する場面をイメージするタスクおよび音声を発話しないでイメージするタスクを遂行させたが、これらのタスク遂行中に計測した神経活動からは、有意に高い正答率が得られていない。これらの課題の解決に向けた取り組みは、既に部分的に実施中であり、後者については、タスクを改善した脳磁気計測実験を2022年3月に実施した。前者については、脳磁気データの下処理の段階でノイズを除去するアルゴリズムを開発し、新たなアルゴリズムによる再分析を開始している。特徴量の抽出については、2021年度に使用した特徴である磁気信号強度に加えて、ウェーブレット変換を行なって周波数ごとに分離した信号強度を抽出して使用することを検討している。これらの取り組みを継続することで、課題の解決に繋がると考えている。