

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

2022 年度は、これまでに実施した研究成果を国際学会において発表する段階に至ったため、Biomag (International Conference on Biomagnetism) 2022 及び AMLaP (Architectures and Mechanisms for Language Processing) 2022 において発表を行なった。また国際学会 QPOSIUM (International Symposium on Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe, Particles, and Other Applications) 2022 に招聘され、脳磁気計測研究の現状と将来展望に関する講演を実施した。これらの発表では実験参加者が 6 種類の画像を見て口頭で命名する際の神経活動を脳磁計で計測し、磁気信号から画像および発話のデコーディングを行う得ことで、従来の研究より高い精度でデコーディングが可能であること、正答率の時間的な推移を正確に捉えられることを示した。

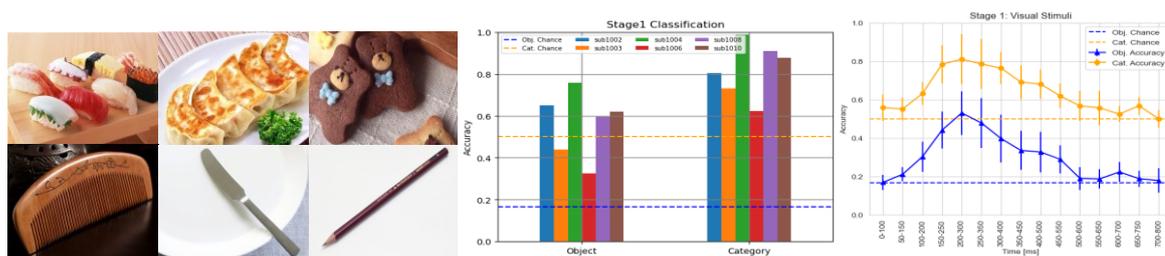


図 画像認知に対する脳情報デコーディングの結果

6 種類の写真（上の 3 つは食品、下の 3 つは道具）を呈示したときに記録した脳磁図から、どの画像を見ていたかを AI で予測させた。参加者によるバラツキが大きいですが、どの画像を見ていたか 60%~80% で推定できる（中央のグラフ左、グラフ右は食品か道具かの推定結果で、80% を超えている）。的中率の時間的変化を探ることもできる（右のグラフ）。

これらの成果に加えて、2021 年度までに実施中の fMRI を使用した脳機能計測実験の結果を、学術誌 Cerebral Cortex に投稿し、査読プロセスが進行中である（本報告書を執筆する時点で受理されたとの報告があった）。新たな研究としては、東京電機大学において住友重機械工業社製の脳磁計を使用して言語と画像の処理に共通する意味表示を探る実験及び、意味情報の想

起に文脈の及ぼす影響を探る研究を実施し、データの解析を進めている。

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

4.1 学術論文

[1] Liu, L, Patashov, D, Sakai H, and 12 others: Decoding Neural Representation of Words in Language Production from Magnetic Signals Measured by a Superconducting Self-Shield MEG. The 22nd International Conference on Biomagnetism, University of Birmingham, 2022.

[2] Nakajima, K, Patashov, D, Sakai, H, and 5 others: Dissociating Neural Bases for Predictive Processes in Language Comprehension Using MEG. The 22nd International Conference on Biomagnetism, University of Birmingham, 2022.

[3] Orita, N, Sakai, H: Noun predictability modulates speakers' choices of classifier ordering in Japanese. The 28th Annual Conference on Architectures and Mechanisms for Language Processing, University of York, 2022.

4.2 総説・著書

該当なし

4.3 招待講演

Sakai, H. Neural Decoding of Human Language Processing Using MEG. International Symposium on Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe, Particles, and Other Applications, Tsukuba International Congress Center, 2022.

4.4 受賞・表彰

該当なし

4.5 学会および社会的活動

日本言語学会学会賞選考委員会委員長として、論文賞、大会発表賞等の選出に関わった。また、同学会において日本学術会議から募集があった未来の学術構想「学術の中長期戦略」に対して日本言語学会からの提案をまとめるワーキンググループの座長を務めた。2023年9月に提案「先端的言語理論研究拠点」の採択が決定し、学術会議ホームページにおいて公開された（グランドビジョン1「言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示」及びグランドビジョン7「ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生」に掲載）。

5. 研究活動の課題と展望

2022年度には、当初の研究計画を達成し、研究成果の国際学会における発表、国際シンポジウムにおける招聘講演を実施した。学術誌への論文投稿については、一部のデータの分析方法に改善の可能性があるため、2023年度に継続することとした。研究活動の成果をまとめて発展させる計画で学術振興会科学研究費基盤研究Sに応募し、次年度以降も本研究課題に関連する研究を継続する予定である（2023年4月に採択通知を受けた）。

