

脳磁図を使用した自然発話の神経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)

(先進理工学研究科 生命医科学専攻 教授)

1. 研究課題

神経活動から発話音声を解読してコミュニケーションに使用する技術開発は、神経系の疾病で運動機能が減衰し、発話が困難になったいわゆるロックアウト状態の障害者や、音声発話の流暢な産出が困難になった失語症患者の支援といった医療分野からの社会的要請に応えるものである。ただ、現状で発話音声の合成に使用される神経活動データは硬膜下電極から計測された頭蓋内脳波が中心であり、侵襲性が高いことが将来的な実用へ向けた課題である。非侵襲性の神経活動データ計測としては、現状では fMRI が広く使用されているが、fMRI で計測する血流動態の変化と脳活動にはタイムラグがあるため、リアルタイムでの解読が難しいという課題がある。本研究計画で使用する脳磁気は、時間的解像度と空間的解像度を高いレベルで兼ね備えているため、将来的にリアルタイムでの脳情報解読に結びつく可能性を秘めている。液体ヘリウムによる冷却を必要としない光ポンプ式量子センサーを用いた脳磁計が実用化され始めたこともあり、将来的な脳磁気の使用拡大が想定される。そこで本研究では、自然発話産出時の神経活動を脳磁計によって計測して得られた脳磁図を大規模言語モデルと組み合わせることで、神経活動から発話をデコードする。具体的には、視聴した動画の内容を交互に対話相手に説明する課題遂行中の脳磁気と発話音声をデータとして収集し、大規模言語モデルから予測される発話と脳磁図から予測される発話を組み合わせることで、高精度で発話をデコードすることを目指す。

2. 主な研究成果

東京電機大学に設置された住友重機械工業社製脳磁計を使用して実施した聴性定常反応 (Auditory Steady-State Response : ASSR) に関する研究成果を学術誌に掲載した。脳情報通信融合研究センターに設置された MEGIN 社製脳磁計を使用して意味の神経表現に関する研究を実施し、International Society for the Advancement of Clinical Magnetoencephalography 2026 (ISACM 2026: <https://isacm.info>)において発表した。2025年4月17日～19日に早稲田大学121号館において、理工学術院総合研究所との共催で国際学会 International Conference on Theoretical East Asian Psycholinguistics (ICTEAP-5: <https://smartconf.jp/content/icteap5/>)を開催した。開催にあたって、NICT 国際交流プログラム国際研究集会開催支援による助成を受けた。2025年9月8日・9日には、同じく121号館において International Symposium on Brain Function and Cognition (ISBFC: <https://conf.hit.ac.il/isbfc/y2025/>)を開催した。このシンポジウムは早稲田大学とホロン工科大学 (イスラエル) と共催され、アメリカ、イスラエル、日本から約100名の研究者が参加してハイレベルな講演と研究発表、活発な質疑応答が行われた。酒井及び大須が招待講演を実施するとともに、脳磁気を使用した言語処理に関する2件の研究発表を行なった。開催にあたって、早稲田大学国際シンポジウム等開催助成の支援を受けた。

3. 共同研究者

井上貴文 早稲田大学・理工学術院・教授、理工学術院総合研究所・兼任研究員

大須理英子 早稲田大学・人間科学学術院・教授

村田昇 早稲田大学・理工学術院・教授、理工学術院総合研究所・兼任研究員

谷藤学 早稲田大学・理工学術院総合研究所・客員上級研究員

Dmitry Patashov 早稲田大学・理工学術院総合研究所・次席研究員

4. 研究業績

4.1 学術論文

1. Keita Tanaka, Reo Yamada, Manami Kanamaru, Chie Obuchi, Hidehiko Okamoto, Takanori Kato, Hiromu Sakai: Dynamic Interaction Between Structural Asymmetry and Attention in the Right-Ear Advantage Revealed by MEG-Based ASSRs, *Brain Sciences* 16(3) 286-286, 2025.
2. Itsuki Hamada, Yushi Sugimoto, Yohei Oseki, Michiru Makuuchi, Hiromu Sakai: Neural Correlates of Prediction in Language Comprehension -- An MEG Study on Japanese Classifier-Noun Processing, *International Symposium on Brain Function and Cognition*, IEICE Tech. Rep., vol. 125, no. 177, TL2025-16, 23-24, 2025.
3. Yakir Menahem, Dmitry Patashov, Kai Nakajima, Jion Tominaga, Keita Tanaka, Mana Tanifuji, Hiroki Miyanaga, Shoji Tsunematsu, Reko Osu, Hiromu Sakai, Dmitry Goldstein. "Cross-Modality and Cross-Subject Decoding of Semantic Categories: Identifying Generalizable Neural Codes with Magnetoencephalography (MEG)." *International Symposium on Brain Function and Cognition*, (IEICE Tech. Rep., vol. 125, no. 177, TL2025-12, pp. 7-8), 2025

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

Hiromu Sakai: Dynamics of Semantic Representations in the Human Brain, *International Symposium on Brain Function and Cognition*, Invited Talk, Waseda University, Tokyo, 2025.

Rieko Osu

Hand Choice and Neuro-Rehabilitation, Invited Talk, *International Symposium on Brain Function and Cognition*, Waseda University, Tokyo, 2025.

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

5. 研究活動の課題と展望

2025 年度までに、東京電機大学に設置された住友重機械工業社製脳磁計を使用して実施した研究成果については、学会発表と学術誌掲載をほぼ終えることができた（2026 年度に入って論文が掲載された）。2025 年度には脳情報通信融合研究センターに設置された MEGIN 社製脳磁計に比重を移して、自然音声聴取時の神経活動からエンコーディングモデルを構築する研究に移行し、研究成果を 2026 年夏に国際学会 Society for the Neurobiology of Language で発表を行うことが決定している。今後の展望としては、2026 年度中に脳磁気計測を進めてより多くのデータを蓄積するとともに、MEG と fMRI のデータを融合したモデル構築に取り組む。2026 年度中に学術振興会科学研究費など複数の外部資金に応募することも計画している。