

計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェンス計測・解析手法の
開発と応用

2018 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

小村 豊

京都大学 大学院人間・環境学研究科
教授

情報網に潜む因果構造解析と高次元脳計測による意識メータの創出

§ 1. 研究成果の概要

我々の意識は、日常生活のなかで、たえず変化しているが、それを可視化することはできていない。そこで本研究では、高次元計測と情報理論を融合させた、新たな手法を用いて、これまで捉え難かった意識を可視化する道筋をつけることをめざしている。

まず計測系に関しては、小村グループと鈴木グループの密な連携のもと、広範囲皮質脳波電極の改良を繰り返し、刺入型電極と併用かつ ECoG 計測が可能な新たな多点電極を開発した。次に、無線計測系開発の一環として、小型かつ省電力型の神経信号無線通信装置を開発した。開発にあたっては意識研究用に最適化した設計を行った。バッテリー込みの本体重量は約6g、本体サイズは約 25mm×16mm×11mm と小型軽量であり、動物の自然な行動を妨げないことが期待できる。さらに、低消費電力化の追求により 3 グラムの小型バッテリー使用時でも完全に計測可能な約9時間の連続計測が可能となり、25 グラムの大容量バッテリー使用時には約 120 時間の連続計測を可能とした。遠隔制御可能な低電力スリープ機能を搭載している点も特徴である。

また本研究では、意識レベルは、情報統合の程度を反映しているという仮説を置いているが、昨年度に引き続いて神経ネットワークの中で統合情報量が最大となる「情報のコア」を効率的に探索するアルゴリズムの開発を進めた。統合情報量とは、ネットワークの中で情報のやりとり・情報の統合の大きさの程度を測った指標である。統合情報理論によれば情報のコアは意識の場所に対応すると考えられている。今年度は、意識の生成に重要と考えられている、双方向的(再帰的)な情報のやりとりの大きさを考慮して、情報のコアを探索するアルゴリズムを論文化した。さらに確率的な神経系の中で、脳状態遷移のコストを定量化する理論的な枠組みを作り上げた。この枠組みを用いて、今後、意識レベルと状態遷移がどのように関連するかどうか検証していく。

§ 2. 研究実施体制

(1) 小村グループ

- ① 研究代表者: 小村 豊 (京都大学 大学院人間・環境学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・意識を支える脳ダイナミクスの可視化

(2) 鈴木グループ

- ① 主たる共同研究者: 鈴木 隆文 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 室長)
- ② 研究項目
 - ・高次元脳計測系の構築

(3) 大泉グループ

- ① 主たる共同研究者: 大泉 匡史 (東京大学 大学院総合文化研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・統合情報量の数理解析の整備

【代表的な原著論文情報】

- 1) Genji Kawakita, Shunsuke Kamiya, Shuntaro Sasai, Jun Kitazono, Masafumi Oizumi,
Quantifying brain state transition cost via Schrödinger Bridge, *Network Neuroscience*, 6 (1):
118-134, 2022
- 2) Jun Kitazono, Yuma Aoki, Masafumi Oizumi, Bidirectionally connected cores in a mouse
connectome: Towards extracting the brain subnetworks essential for consciousness, *Cerebral
Cortex* in press (March in 2022).
- 3) 田川翔大朗、海住太郎、鈴木隆文, ”ラットバレル野における高密度多点皮質脳波電極の評価”, *電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌)*, vol. 141, No. 5, 2021