

小村 豊

京都大学こころの未来研究センター
教授

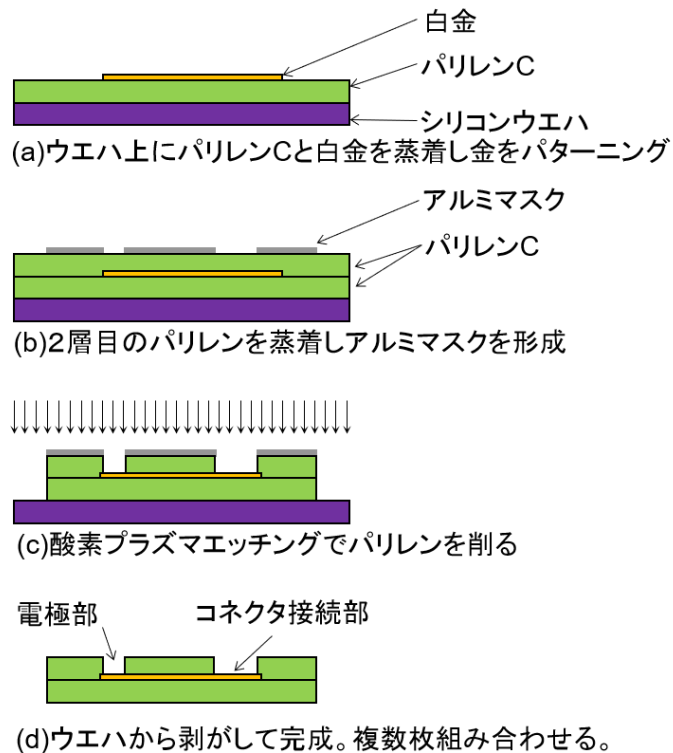
情報網に潜む因果構造解析と高次元脳計測による意識メータの創出

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、霊長類の動物モデルを対象に、高次元脳計測による意識レベルの客観的な定量化を目指すプロジェクトである。その遂行のために、研究代表者の小村(意識計測グループ)は、全脳計測を可能とする電極などを開発するグループ(計測基盤・鈴木グループ)と、統合情報理論による意識を定量化するグループ(情報数理・大泉グループ)と、連携して、以下の研究を行っている。

2018 年度は、プロジェクト 1 年目として、次年度以降、高密度・全脳信号を収集するための準備を進めた。まず、多点電極から微小電位を、SN 比の高い状態で記録できるように、計測環境を、ノイズを徹底的に軽減させた。また高精度の電極も開発した。

具体的には、MEMS 用 CAD ソフトを用いて、電極の配置を設計した上で、設計図に基づいたクロムマスクを作成し、右図のような工程で、電極作成を行った。個々の計測点はφ1.0mm の円盤状である。電極と配線用の金属



としては白金をもちいており、図の上方で中継基板に接続され、ステンレスワイヤによりコネクタ基板に接続されている。電極の柔軟基板は $20\mu\text{m}$ の厚さのパリレン C (ポリクロロパラキシレン、 $10\mu\text{m}\times 2$ 層) を用いた。このような形状の工夫によって、侵襲度を極力低く抑えながら、広範囲の脳領域から、SN 比の高い脳信号を記録できる。

また、本研究では、意識レベルの定量化のために、情報ネットワーク解析を用いて、情報統合の数学指標 (統合情報量 Φ) を算出する。統合情報量とはネットワークを部分系に分割した際に失われる情報の量である。部分系間の情報のやりとりが大きい時は、統合情報量が大きくなり、部分系間に情報のやりとりが無い時は、統合情報量は 0 となる。すなわち、部分系間の因果的影響の大きさを反映している。情報数理グループは、統合情報量が局所的に最大になるネットワーク (情報のコア) をオーダー N^4 の計算量で探索するアルゴリズムの開発を行った。ここで N はネットワークの素子の数である。また、ネットワークをグラフで近似した時に、グラフカットの重みを最大化する目的関数として、情報のコアを求めることが、同じアルゴリズムを用いて可能であることを示した。

§ 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・こころの未来研究センター・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 ((株)アラヤ・基礎研究グループ・マネージャー)
- ② 研究項目
 - ・統合情報量の数理解析の整備