

課題番号 6

脳と心拍の交信に関する基礎的研究

[1] 組織

代表者：湯田 恵美（東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター）

対応者：杉浦 元亮
（東北大学加齢医学研究所）

分担者：三浦 直樹（東北工業大学工学部）
吉田 豊（東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター）
金子 格（東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター）

研究費：物件費 6 万 5 千円

[2] 研究経過

本研究の目的は、脳と心拍の間の相互作用と交信に関する基礎的な理解を深めることである。脳と心拍は密接に関連しており、脳の活動は心拍に影響を与えることが示唆されている（脳心軸）。しかし、この相互作用のメカニズムや特徴についてはまだ詳細に解明されていない部分があり、例えば心拍ゆらぎを派生させ、送信機的な役割を果たす機能は脳にあり、心臓自律神経を介して変調信号を伝送していると考えられているものの、詳細な機序は不明である。

本研究では、非侵襲的な心電図計測と心拍変動解析を組み合わせ、脳と心拍の交信パターンをデータ駆動型研究から明らかにすることを目指している。具体的には、100 万例のホルター心電計データ（ALLSTAR データ <https://allstar.jpn.org/>）を解析して、特定の周波数帯域の増幅など特定の心拍パターンの変動と脳疾患との関連性を検証する（図1）。

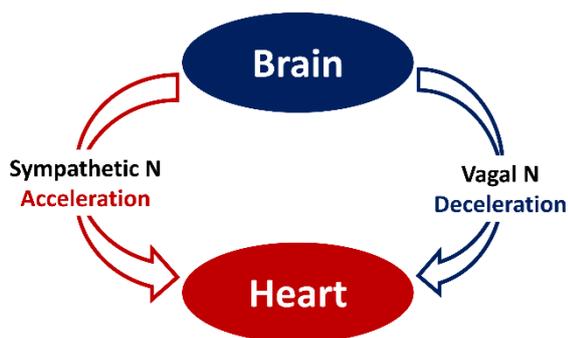


図1 心臓自律神経を介した脳と心拍の交信

研究打合せは対面およびメールベースで 1~2 か月に 1 回程度実施した。進捗報告のほか、外部資金の取得に向けた相談等を行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本研究では、2022 年度は多くの先行研究の調査を行った。結果、認知タスクや特定の情報処理課題において、脳波と心拍の交信パターンが異なるとする論文が散見された。そこで、本研究では ALLSTAR データから検証するための手法について検討を行った。心拍データを活用して脳の状態や認知負荷を推定する指標を開発することができた場合、心身の健康状態の評価や疾患の早期検出に役立つ可能性がある。他方で、人間の状態推定については、特徴の線形結合の値に基づいて分類を行う確率的分類器（線形分類器）を用いた分類が困難である。自律神経状態によって健康・疾患の分類を試みた場合の一例を下図に示す（図2）。

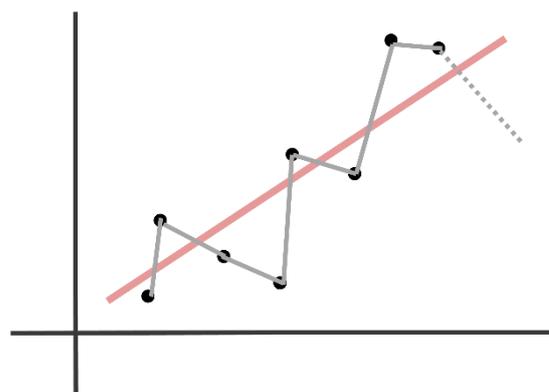


図2 自律神経指標による健康・疾患の分類
実際に観測されたデータを黒点で示している。

分類モデル (classification model) は、過去のデータから抽出された工学的特徴の特定のセットに基づいて、項目を離散的なグループまたはクラスに割り当てるが、実際は高次元関数での分類が可能のため、データ解析は慎重に行う必要がある。この点について、著書にとりまとめた点が 1 つの成果である（文献1）。

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究の結果は、脳と心拍の相互作用に関する基本的な理解を提供するだけでなく、将来的な応用のための基盤となる可能性を示唆する。脳腸軸 (brain-gut axis) に関する研究が増えていくなかで、脳心軸については未だ研究数が少ない。脳と腸は、自律神経系やホルモンやサイトカインなど液性因子を介して密に関連していることが知られおり、双方向的関連に注目が集まっている。しかし、脳と心拍に関しては大きなデータベースを扱うことから、データ駆動型でのアプローチが望ましい。

本共同研究は、学外研究者を入れての打合せを行った成果もあり、MIRAI 2.0 seed funding of Japan-Sweden collaborative projects (2023年1月 - 2024年1月, 研究課題名: Autogeneration of HRV data for subarachnoid hemorrhage) としてスウェーデンとの国際共同発展することができた。

また、2022年度に本共同研究で検討した研究成果については、「Communication between brain and heart: estimation and computability of brain states using heart rate variability analysis.」として月刊バイオインダストリー (シーエムシー出版) より出版準備中である (2023年6月を予定, 文献1.)。

今後は大型プロジェクトへの発展や国際会議での発表に向けて積極的に取り組んでいく。

[4] 成果資料

著書

1. 湯田恵美, 杉浦元亮. Communication between brain and heart: estimation and computability of brain states using heart rate variability analysis. 月刊バイオインダストリー (シーエムシー出版), in press, 2023

招待講演

2. The Frontier Research of Human Biological Measurement and Biomedical Big Data Analysis. 8th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR2023) 2023年5月18日 (湯田)
3. Creating technologies to enrich human society using human bio-signals and huge signal database. The 7th International Conference on Information Technology Research (ICITR 2022) 2022年12月8日 (湯田)
4. Time series transition of the human heart rate variability using ALLSTAR database

International Symposium on Human Welfare Engineering for Smart-Aging 2022年12月8日 (湯田)

5. Bio-Medical Big Data Analysis: Technology and Science utilizing 1 Million 24 Hours Holter ECG Data in Human. IEEE Day 2022 EMBS Chapters Torch Relay Public Webinar 2022年10月4日 (湯田)

以上