

課題番号 2

## 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

(東北大学大学院情報科学研究科)

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)

金子 格 (東北大学大学院情報科学研究科)

吉田 豊 (東北大学大学院情報科学研究科)

研究費：物件費6万5千円

### [2] 研究経過

研究の目的・概要

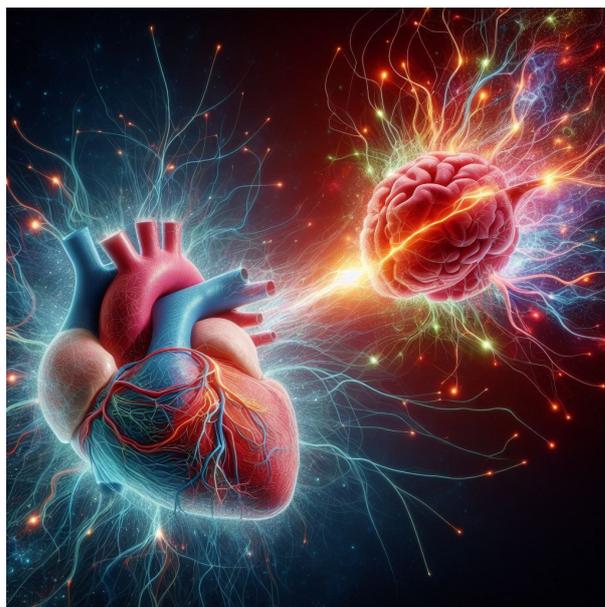
本研究は、**Brain-heart axis** (脳心軸) として知られる脳と心拍の交信に関する基礎的研究を行い、その相互作用の信号の解釈から身体と精神の健康に及ぼす影響を理解する。

脳と心拍は、自律神経系の調節、情動とストレス、心臓反応に対する脳へのフィードバックなどの密接な相互作用を有している。不随意的な身体機能を制御する複雑な信号と反応の網である自律神経系を通じたコミュニケーションを有しており、神経伝達物質が脳と心拍の交信に極めて重要な役割を果たしていることは、**Thayer & Lane (2009) [1]**において指摘されていた。しかし、心拍ゆらぎに着目した研究は多くはない。そこで、**Allostatic State Mapping by Ambulatory ECG Repository (ALLSTAR, <https://allstar.jpn.org/>)**を解析することで、心拍変動のパターンや相関を解析し、その関連性とメカニズムに迫る。本研究は身体と精神の健康に深く関わる重要なテーマであり、その理解は医学や心理学の分野において大きな意義を持つ。ストレスや感情、睡眠などの心理的・生理的状态が脳と心臓の活動にどのように反映されるかを理解して、健康管理や疾患予防の観点から新たな知見を得ることが本研究の目的である。

### 研究経過

研究の進捗状況は順調であり、データベースシステムに新しく追加された **ALLSTAR** データの前処理を終えている。さらに、関連研究の文献レビュー

や専門家との議論を通じて、解析手法や研究の方向性についての検討を深めている。全体として概ね順調に進行しており、従来の非線形システムの解析やノイズ除去に特化した非線形信号処理手法、高い精度でのパターン認識や異常検知が可能なディープラーニングを応用した時系列データ解析、グラフ理論を基盤とした解析、複雑ネットワークのモデリングによる生体系ダイナミクス理解といった新しい解析手法の検討に関する議論を重ね、適切なアプローチを確立するための準備を進めた。さらに、最新の関連研究の文献レビューや専門家との意見交換を通じて、研究の方向性や方法論について考察した。



### 研究打ち合わせ等の開催状況:

研究チームは定期的な打ち合わせを実施し、進捗状況や課題について共有した。また、他の研究グループや専門家とのワークショップやセミナーに参加して、主に **Brain-gut interaction** (脳腸相関) に関する研究動向や技術革新について情報交換を行った。

**Brain-heart axis** に関する研究は多くはないが、同様に自律神経やホルモンを介してお互いに交信する **Brain-gut interaction** については研究が進んでおり、脳が緊張や不安などのストレスを受けると、その情報が腸に伝えられることで、過敏性腸症候群などの疾患につながるということが指摘されている。腸内環境の悪化は、その情報が脳に伝わって自律神経が乱れ、

様々な心身の不調が起りやすくなる。これらは衛生状態が整った先進諸国に多い疾患であり、欧米型の食生活が影響しているとする研究もある。そこで、生活習慣が原因で起こる心臓病（狭心症、心筋梗塞など）が虚血性心疾患に分類されることにも着目して、抑うつや睡眠障害を合併する点に着目し、Heart rate variability (HRV)指標を用いたスクリーニングの課題についても議論を行った。虚血性心疾患は心臓突然死などの生命予後にかかわるため、早期スクリーニングが望ましい。

打ち合わせの開催状況

- ① 2023年7月19日(水) 14:00～15:30
- ② 2023年9月4日(月) 15:00～16:30
- ③ 2023年12月12日(火) 9:30～11:00
- ④ 2024年2月19日(月) 14:00～15:30

[3] 成果

(3-1) 研究成果

虚血性心疾患が睡眠障害を合併する傾向にあることから、SASの早期スクリーニングに関するアルゴリズムの開発を行なった (*Sleep Breathing Physiology and Disorders* にて論文を発表)。

本研究は、合併症の一部のスクリーニング手法を示すものであり、特定の心理的状态や認知プロセスと心臓の反応との間の理解を深める上で重要な研究である。

第2に、情動解析において、特定の感情状態と心拍変動の関連性を確認した (Hirayama H, Yuda E et al., *IEEE EMBS 2024*, in press)。本研究は、感情と心臓の活動との関係をより詳細に理解する上で重要な知見である。

これらの研究成果は、脳と心拍の交信に理解を深めるための一部のパーツとして、将来的にはストレス管理といった健康管理や臨床的アプリケーションに貢献することが期待されるものである。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究によって、学外研究者との交流が活性化し、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO) 官民による若手研究者発掘支援事業の採択につながった。今後も発展が期待される。

[4] 成果資料

論文

Hayano J, Yuda E, et al. Piezoelectric rubber sheet sensor: a promising tool for home sleep apnea testing. *Sleep Breathing Physiology and*

*Disorders*. 2024.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11325-024-02991-9>

招待講演

Method for objectively evaluation of human-robot interactions using emotion measurement. ICIPRoB 2024 - International Conference on Image Processing and Robotics. 2024年3月9日 (湯田 恵美)

心身バランスの可視化:リアルタイム生体信号処理の最新進展. ウェアラブル EXPO 2024 2024年1月24日 (湯田 恵美)

Association between Earthquake Damage and Cardiac Disease Risk: Fewer Arrhythmias Live Longer? IEEE Region 10 Technical Conference (TENCON) 2023 2023年10月31日 (湯田 恵美)

参考文献

- (1) Thayer, J.F., & Lane, R.D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(2), 81-88.
- (2) Sgoifo, A., Carnevali, L., Pico Alfonso M., & Amore, M. (2015). Autonomic dysfunction and heart rate variability in depression. *Stress*, 18(3), 343-352.
- (3) Kemp, A.H., Quintana, D.S., Gray, M.A., Felmingham, K.L., Brown, K., & Gatt, J.M. (2017). Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: a review and meta-analysis. *Biological Psychiatry*, 67(11), 1067-1074.
- (4) Hare, D.L., Toukhsati, S.R., Johansson, P., & Jaarsma, T. (2014). Depression and cardiovascular disease: a clinical review. *European Heart Journal*, 35(21), 1365-1372.
- (5) Lehrer, P.M., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5, 756.