

2024 年度年次報告書

革新的な計測・解析技術による生命力の解明

2024 年度採択研究代表者

佐々木 亮

自然科学研究機構 生理学研究所
教授

VR 多次元計測による生存戦略の脳回路動態解明

主たる共同研究者:

風間 北斗 (理化学研究所 脳神経科学研究センター チームリーダー)

武石 明佳 (神戸大学 大学院理学研究科 講師)

廣川 純也 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 主任研究員)

研究成果の概要

ヴァーチャルリアリティ(VR)を駆使した生存戦略の多次元評価法の確立に着手し、いくつか成功を導いている。

佐々木 G は、VR を用いてマカサル用の採餌行動課題の開発に成功した。通常の採餌行動に必要な餌の空間配置だけではなく、経過時間や訪れた餌場の順序によって餌配置の制御を行うことで戦略性の要因抽出を可能にした。この課題を1頭目のマカサルに訓練することにも成功している。ただし、最適解には到達しておらず、もう暫く訓練が必要である。現在、最適採餌理論を用いて最適行動を導出し、サルの行動がそれらにどう近づくか解析している。開発したタスクコードは、他のグループとも共有している。

廣川 G は、視空間とトラックボールを組み合わせた視覚的 VR 空間に加えて、匂い刺激や、水報酬提示システムを組み込んだダイナミックでマルチモーダルなVR採餌課題の構築に着手した。意思決定因子の貢献を定量し、総合的最適化が行えるのか種固有の生存戦略を特定することを目指している。

風間 G は、視空間と、光遺伝学で制御する餌付随感覚因子提示系を組み合わせたショウジョウバエ用の VR の開発を進めている。餌付随感覚因子が与えられる位置、タイミング、量、そして消費スピード等、複数の意思決定因子を系統的に変えた際の行動の定量化に着手した。

武石 G は、佐々木 G がサルで確立した多次元採餌行動課題、VR 環境下での採餌行動課題および解析法の線虫への導入を開始した。非拘束条件で自由に走行する線虫を自動で追跡し、虫体を常に定点に留めることができる顕微鏡ステージ(自動追跡ステージ)を搭載した顕微鏡設備を用い、時間経過で餌の量に変化する環境、一つまたは複数の感覚因子と6次元の意思決定因子がある実験環境を自在に作り、多次元採餌行動課題で線虫の行動軌跡を解析して、これらの因子依存的な採餌行動の多様性を明らかにしようとしている。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kobayashi S, Osaki H, Kato S, Kobayashi K, Kobayashi M. Regulation of nociception by long-term potentiation of inhibitory postsynaptic currents from insular cortical parvalbumin-immunopositive neurons to pyramidal neurons. *Pain*. 2025 Jan 21. doi: 10.1097/j.pain.0000000000003518. Epub ahead of print. PMID: 39841043.2)
- 2) Neyama H, Wu Y, Nakaya Y, Kato S, Shimizu T, Tahara T, Shigeta M, Inoue M, Miyamichi K, Matsushita N, Mashimo T, Miyasaka Y, Dai Y, Noguchi K, Watanabe Y, Kobayashi M, Kobayashi K, Cui Y. Opioidergic activation of the descending pain inhibitory system underlies placebo analgesia. *Sci Adv*. 2025 Jan 17;11(3):eadp8494. doi: 10.1126/sciadv.adp8494. Epub 2025 Jan 15. PMID: 39813331; PMCID: PMC11734720.
- 3) Saito Y, Osako Y, Odagawa M, Oisi Y, Matsubara C, Kato S, Kobayashi K, Morita M, Johansen JP, Murayama M. Amygdalo-cortical dialogue underlies memory enhancement by emotional association. *Neuron*. 2025 Jan 23:S0896-6273(25)00005-4. doi: 10.1016/j.neuron.2025.01.001. Epub ahead of print. PMID: 39884277.5)