

Functional Nanometry of Biological Macromolecules

生体高分子超精密計測学

I ショウジョウバエの性行動に対する 社会経験の作用機構の解明

Social experience-dependent neurobehavioral plasticity
in *Drosophila* males

山元大輔・佐藤耕世
Yamamoto, D., Sato, K.

キイロショウジョウバエ野生型の雄成虫が、羽化後の集団生活経験に依存して雌への求愛活性を低下させる現象に着目して、その背後にある神経機構を分子および細胞レベルで明らかにすることを目的としている。雄の求愛行動をトリガーする脳の介在ニューロン P1 が、羽化後の集団生活経験に依存して膜電流プロファイルを変化させる現象に着目して、その現象を制御する遺伝子を、リボソーム親和性精製 (TRAP) の高感度化とそれによる RNA-seq 解析によって調べた。これまでに、50 余りの遺伝子が、雄成虫を集団生活させた場合に高発現することを明らかにした。これらが雄の求愛行動を制御する可能性を検討するため、RNA 干渉法によってひとつ一つの遺伝子を細胞特異的にノックダウンし、その雄が集団生活後に雌に対してどのくらい活発に求愛するかを調べた。その結果、特定された遺伝子の中に雄の求愛行動を制御する遺伝子が複数含まれることが示唆された。その進展を手がかりとして、どのような分子機序が司令ニューロンの神経活動を変化させ、それが延いては求愛活性の低下を導くかについて調べている。

II キイロショウジョウバエにおける 季節適応的な食性変化と低温耐性の関係

Contribution of seasonal dietary changes to cold tolerance
in *Drosophila melanogaster*

原 佑介・山元大輔・佐藤耕世
Hara, Y., Yamamoto, D., Sato, K.

キイロショウジョウバエの雌成虫が示す温度依存的な食性の変化が脳を始めとする体の機能をどのように変化させ、季節適応に寄与するのか、そのメカニズムの解明を目指している。これまでに、新たに構築した低温耐性評価の実験系を用いて、食餌に含まれる脂肪酸のうち低温耐性の強化に作用する脂肪酸種の同定を試みた。その結果、特定の脂肪酸を摂取して育った成虫は雌雄共に顕著な低温耐性を示すことが明らかとなった。GAL4/UAS システムを用いた遺伝学的手法によりこの脂肪酸の体内合成を促進したところ、同様に低温耐性が向上することが明らかとなった。続いて、どの発育時期にその特定脂肪酸を摂取すると成虫の低温耐性が強化されるのかを調べたところ、幼虫期の摂取が重要であることが分かった。成虫の細胞膜を構成する脂肪酸の組成をリピドーム解析により調べたところ、その組成は確かに幼虫期に摂取した餌の脂肪酸組成を反映していた。これらの結果は、幼若期の食性の変化が成虫の低温ストレス耐性を劇的に変化させることを通じて季節的な環境変化への適応に寄与することを示すものであり、その細胞機構の解明に関して今後更なる発展が期待される成果である。

Ⅲ 単一分子観察・測定技術によるタンパク質モータの運動機構の解析

Single-molecule enzymology and nanometry of protein motors

大岩和弘・古田健也
Oiwa, K., Furuta, K.

光ピンセットや全反射励起蛍光顕微鏡システムなどの単一分子計測技術を駆使して、タンパク質モータ・ダイニンやキネシンの運動発生機構の解明を目指している。従来、タンパク質モータの研究は試験管内再構成系を使って行われてきたが、実際の細胞内環境とはイオン組成やイオン強度、粘度などが大きく異なっている。この違いが、タンパク質モータの運動の本質を理解することを妨げている可能性がある。そこで試験管内で細胞内環境を実現することにより、運動機能に差異が生まれるかを比較する実験を行なっている。また、試験管内再構成系において、タンパク質フィラメントの濃度を上昇させたときに生じる集団運動の創発構造の解析を進めている。集団運動の基本モデルであるVicsekモデルに新たなパラメーターを加えることで、この集団運動の再現を目指している。

発表論文 List of Publications

- I-1 K. Sato* and D. Yamamoto* : Molecular and Cellular Origins of Behavioral Sex Differences: A Tiny Little Fly Tells a Lot. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 16: 128437 (2023) (*co-corresponding authors) <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1284367>
- I-2 佐藤耕世・Rindner D. J. (東北大)・原 佑介 (NICT)・富原健太 (NICT)・山元大輔 (NICT) : 雄との同棲経験に依存したショウジョウバエ突然変異体サトリの雄-雄求愛は遺伝子発現変化を随伴する 第46回日本分子生物学会年会 (神戸) 2023
- I-3 樺澤朱里・Rindner D. J. (東北大)・富原健太 (NICT)・原 佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世 : ショウジョウバエ雄成虫の社会経験依存的な求愛行動可塑性を規定する分子神経機構の探索 第46回日本分子生物学会年会 サイエンスピッチ (神戸) 2023
- I-4 樺澤朱里・Rindner D. J. (東北大)・富原健太 (NICT)・原 佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世 : ショウジョウバエ雄成虫の社会経験依存的な求愛行動可塑性を規定する分子神経機構の探索 第46回日本分子生物学会年会 ポスター発表 (神戸) 2023
- II-1 原 佑介 (NICT)・佐藤耕世・郷康弘 (兵庫県立大)・山元大輔 (NICT) : Lipid-dependent physiological changes in brain insulin-producing cells as a climate acclimatization. 第45回日本比較生理生化学会大会 (大阪) 2023
- II-2 森岡穂乃花・原佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世 : Intake of linoleate in the larval stage enhances adult cold tolerance in *Drosophila melanogaster*. 第45回日本比較生理生化学会大会 (大阪) 2023
- II-3 原佑介 (NICT)・佐藤耕世・郷康弘 (兵庫県立大)・山元大輔 (NICT) : 脂質依存的な脳内インスリン産生細胞の機能変化とその環境ストレス応答への寄与 第46回日本神経科学大会 (仙台) 2023
- III-1 H. Sakuta (Tokyo Univ.), N. Nakatani, T. Torisawa (NIG), Y. Sumino (Tokyo Sci. Univ), K. Tsumoto (Mie Univ), K. Oiwa, K. Yoshikawa (Doshisha Univ.): Self-emergent vortex flow of microtubule and kinesin in cell-sized droplets under water/water phase separation. *Communications Chemistry*, 6(1), 80-88, doi: 10.1038/s42004-023-00879-5
- III-2 K. Oiwa, S. Tamai, K. Sato : The extremely long flagellum of *Drosophila melanogaster* spermatozoon beats with small helical waves superimposed on large helical waves. 第61回日本生物物理学会年会 2023
- III-3 S. Tamai, K. Sato, K. Oiwa : Helical bending waves superimposed on large helical waves

of an extremely long flagellum of *Drosophila melanogaster* spermatozoon. The 49th Naito Conference on Frontiers of Microtubule and Its-Related Motors: Atomic Structures, Cellular Functions, Development and Diseases (札幌) 2023

- III-4 Y. Harada, K. Oiwa : Emergence of polar streams and swirling patterns in microtubule ensembles driven by surface-granted cytoplasmic dynein constructs. Biophysical Society Annual Meeting, BPS2024, (アメリカ、フィラデルフィア) 2024

生命科学専攻

博士後期課程

佐川美咲：タンパク質モーターの協同的運動特性の創出メカニズム

博士前期課程

原田洋祐：細胞質ダイニンによる微小管滑り運動が創出する動的渦構造の創出原理

樺澤朱里：ショウジョウバエの性行動に対する社会経験の作用機構の解明

森岡穂乃花：寒冷耐性を制御する脳神経内分泌機構の解明

科学研究費補助金等

- 1 科学研究費補助金(令和4年度～令和6年度) 基盤研究(B) 課題番号 22H02726
研究課題名 行動発現のポテンシャルを作り出すニューロン操作技術の創出
研究代表者 佐藤耕世
- 2 科学研究費補助金(令和2年度～令和5年度) 挑戦的研究(開拓) 課題番号 20K20583
研究課題名 クシクラゲ櫛板の分子構造の解明と運動性フォトニック結晶開発に向けた基盤研究
研究代表者 稲葉一男(筑波大学)
研究分担者 大岩和弘
- 3 科学研究費補助金(令和3年度～令和6年度) 基盤研究(B) 課題番号 21H02455
研究課題名 昆虫精子鞭毛の運動解析から明らかにする鞭毛波形成・伝播の普遍的メカニズム
研究代表者 大岩和弘