

Functional Nanometry of Biological Macromolecules

生体高分子超精密計測学

I ショウジョウバエ雄成虫が示す求愛行動の 社会経験依存的な変容機構の解析

Social experience modulates courtship-command neurons by altering K⁺
channel activity 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の雄成虫を羽化後に他の雄と集団生活させると、その後雌と出会った際に示す求愛行動が顕著に抑制される。一方、同じ期間を単独で生活した雄は、雌に対し高い活性で求愛行動を示す。この行動可塑性を生み出す神経基盤を明らかにするため、求愛行動を制御する脳の最上位介在ニューロンに着目した。*in vivo* ホールセル・パッチクランプ法による膜電流解析の結果、雄同士の集団飼育により、当該ニューロンにおけるカリウムイオン電流の一部に顕著な変化が生じ、それに伴い神経機能が変化することが示唆された。前年度までに確立した少数細胞特異的な遺伝子発現解析法を用いて、この変化の分子基盤を探索した結果、カルモジュリン依存性プロテインキナーゼ (CaMK) ファミリーの一種が、集団飼育下で特異的に発現上昇することが示唆された。これらの結果は、社会経験の有無がイオンチャネルの物理化学的な性質に変化を与え、それが神経機能や行動に長期的影響を及ぼす可能性を示唆している。

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は室温では飽和脂肪酸を多く含む栄養価の高い酵母を主成分とする培地を栄養源および産卵場所として好むが、低温下では不飽和脂肪酸を多く含む植物性成分を主とする培地へとその選好性をシフトする。この植物性の餌を摂取して育った成虫は高い低温耐性を示すことが知られている。しかし、どの脂肪酸が低温耐性の上昇に寄与するのかはこれまで不明であった。そこで、低温耐性評価系を新たに構築し、この実験系を用いて脂肪酸組成のみが異なる合成培地で飼育した個体の低温耐性を評価することで、本課題の解決を試みた。その結果、ある特定の脂肪酸にのみ低温耐性を顕著に向上させる効果があることが明らかとなった。また、どの発育段階における特定脂肪酸の摂取が成虫の低温耐性強化に寄与す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。成虫の膜リン脂質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。一方、幼虫自体の低温耐性は特定脂肪酸を摂取しても変化が認められなかった。これらの結果から、幼虫期に特定脂肪酸を摂取した個体は、蛹期から羽化直後までの期間に低温耐性を獲得するものと推察される。

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。

発表論文 List of Publications

- I-1 佐藤耕世・山元大輔 (NICT): ショウジョウバエの雄・雄求愛行動を引き起こす遺伝・環境相互作用の分子神経基盤 超階層生物学合同シンポジウム (岡崎) 2025
- I-2 樺澤朱里: 孤独脳と社会脳: ショウジョウバエの雄成虫が示す求愛行動の社会経験依存的な変容機構の解析 日本蚕糸学会・若手の会 (オンライン) 2025
- I-3 佐藤耕世・Rindner D. J. (東北大)・原 佑介 (NICT)・富原健太 (NICT)・樺澤朱里・山元大輔 (NICT): トランスレイトーム・ダイナミクスから探るショウジョウバエ求愛行動の社会経験依存的な変容機構 第 47 回日本日本分子生物学会年会シンポジウム「孤独と連帯の分子神経生物学」 (福岡) 2024
- 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同棲経験に依存した求愛行動神経可塑性に随伴するトランスレイトーム応答 第 47 回日本日本分子生物学会年会 (福岡) 2024
- I-5 永松虎之介・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 *fruitless* 変異体の同性愛行動形質の獲得に寄与する社会経験依存的な遺伝子の探索 第 47 回日本日本分子生物学会年会 (福岡) 2024
- I-6 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: Social experience-dependent translational changes: implications in neurobehavioral plasticity in *Drosophila* males. 第 16 回日本ショウジョウバエ研究集会 (仙台) 2024
- II-1 森岡穂乃花: 脂肪酸の経口摂取によるキイロショウジョウバエの低温耐性獲得 日本蚕糸学会・若手の会 (オンライン) 2025
- II-2 森岡穂乃花・原 佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世: Elucidating the mechanism whereby larval intake of specific fatty acids enhances adult cold tolerance in *Drosophila melanogaster*. 第 15 回日本女性科学者の会学術大会 (神戸) 2024
- II-3 森岡穂乃花・原 佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世: Elucidating the mechanism whereby larval intake of specific fatty acids enhances adult cold tolerance in *Drosophila melanogaster*. 第 46 回日本比較生理生化学会大会 (名古屋) 2024
- II-4 森岡穂乃花・原 佑介 (NICT)・山元大輔 (NICT)・佐藤耕世: Contribution of dietary fatty acids to cold tolerance in *Drosophila melanogaster*. 第 16 回日本ショウジョウバエ研究集会 (仙台) 2024
- II-5 原 佑介 (NICT)・田中良弥 (名古屋大)・古波津創 (NICT)・佐藤耕世・山元大輔 (NICT): 一遺伝子の発現変化が引き起こす新規シナプス形成と種特異的求愛行動様式の転換 第 47 回日

本神経科学大会 (福岡) 2024

- III-1 Sagawa,M., Oiwa,K., Kojima,H.(NICT), Furuta,K.(NICT), Shibata, K.(NICT): Impact of physiological ionic strength and crowding on kinesin-1 motility, *Cell Structure and Function*, 24074, <https://doi.org/10.1247/csf.24074>,
- III-2 玉井将・佐藤耕世・大岩和弘 : Structural and Functional Insights into *Drosophila melanogaster* Sperm Flagella: A Focus on Axonemal Architecture and Beating Patterns. 第 21 回国際生物物理会議 (京都) 2024

生命科学専攻

博士後期課程

佐川美咲：細胞内環境におけるタンパク質モーターの運動特性に関する生物物理学的研究

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