

「脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出」
平成22年度採択研究代表者

H26 年度
実績報告書

伊藤啓

東京大学分子細胞生物学研究所脳神経回路研究分野・准教授

感覚情報を統合する高次神経の回路構造と機能のシステム解析

§ 1. 研究実施体制

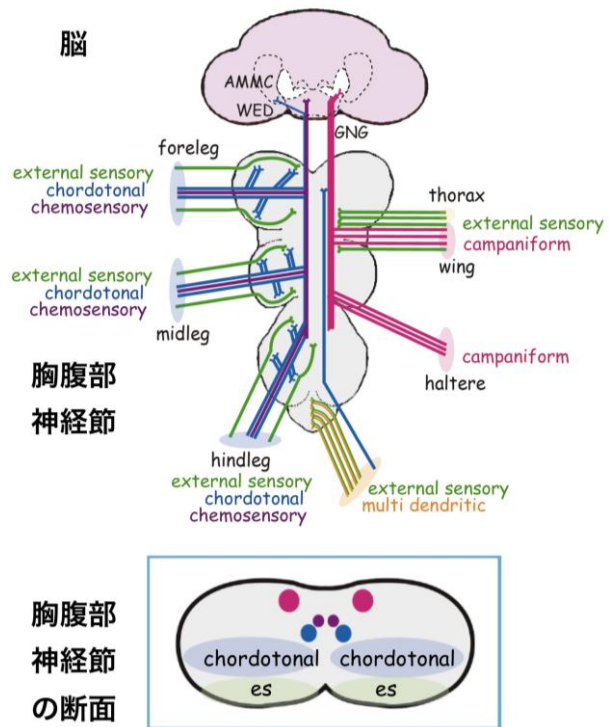
(1) 伊藤グループ

- ① 研究分担グループ長: 伊藤啓 (東京大学分子細胞生物学研究所、准教授) (研究代表者)
- ・視覚・嗅覚・聴覚・味覚の低次感覚中枢からの投射神経経路と機能の解析
 - ・体性感覚中枢の同定と投射マップの構造機能解析
 - ・脳全体の神経回路のプロジェクトーム解析
 - ・行動制御神経の同定とその入力領域に投射する感覚情報の解析
 - ・新規の遺伝子発現誘導システムの構築

§2. 研究実施の概要

本年度は、特に体性感覚中枢への情報伝達経路を網羅的に明らかにするために、胸腹部に存在するすべての種類の体性感覚細胞から中枢神経系への投射構造を詳しく解析した。昆虫の体性感覚器官には、体表に存在する外部感覚子（external sensilla・機械的接触等を検知）、化学感覚子（chemosensilla・味覚を検知）、鐘状感覚子（campaniform sensilla・振動圧覚等を検知）、関節部に存在する弦音器官（chordotonal organ・関節の伸展を検知）、体表直下に存在する多樹状突起神経（multidendritic neuron・痛み等を検知）がある。

発現誘導系統をスクリーニングして、これらそれぞれの細胞をラベルする発現誘導系統を見だし、中枢神経系への投射先を解析した結果、翅と平均棍にあるほとんどの鐘状感覚子、脚部にある弦音器官神経の一部、脚先端にある味覚感覚子、の3つだけが、それぞれ脳下部の異なる領域に直接投射していた。一方、脚部の鐘状感覚子や外部感覚子、多くの弦音器官、胸部表面の外部感覚子、さらに腹部表面の外部感覚子や多樹状突起神経は、すべて胸腹部神経節の内部で終末していた。異なる種類の体性感覚神経は異なった場所に終末しており、さらにそれぞれの中に、体表の部位に対応した細かい終末場所の違いが見いだされた。以上より、体性感覚神経は脳と胸腹部神経節において、感覚種特異的かつ部位特異的な体性感覚マップを作っていることが分かった。さらに、脳に直接投射する3ヶ所の体性感覚神経群の終末部位に樹状突起を持つような脳内の二次神経は、それぞれ大きく異なる場所に投射していた。また胸腹部神経節から脳に投射する二次神経には、各種類の一次神経の軸索末端領域とちょうど重なるものもあれば、複数の領域をまたぐように広がるものが見いだされた。後者は異種体性感覚情報の統合に重要な役割を果たすと推定される。



さらに、昨年度開発した神経活動のイメージング観察システムと体表の機械的刺激システムを用いて、脳に直接投射する翅・平均棍・脚からの体性感覚神経のライブイメージングを行った。翅と平均棍の神経は、空気流による微細な刺激や、熱刺激には応答せず、圧覚や振動に応答し、特に静止時に比べて飛行時にはるかに大きな活動を示した。また、脚関節部からの弦音器官神経は、脚先への単純な接触刺激には応答せず、歩行時などに脚の関節を大きく動かす際のみ活動が見られた。

脚からの情報は、接地時と飛行時で変化する行動の制御に重要だと推定される。上記の

イメージング観察システムでは、同じ空気流刺激を頭部に加えても、脚先がトラックボールに接地している時は踏ん張る姿勢を取り、脚先が空中に浮いた状態では羽ばたきを開始する。また、口吻を伸ばし、餌を吸引するという一連の摂食行動は、脚が対象物に触れているときに生じる。しかし脚から脳に直接投射する前述の神経は、接地させた状態で歩行運動を行うときも脚先が空中に浮いた状態で脚をばたつかせるときも、同じような応答を示した。今後は、胸腹部神経節で終末する脚先の外部感覚子からの情報を脳に伝える二次神経の機能を解析する。

さらに、昨年度完成させた細胞系譜にもとづく全脳神経ネットワークの解析を進めた結果、大多数の脳領域は多くの経路で互いに接続しあっているのに対し、中心複合体とキノコ体という昆虫脳で古くから高次制御機能の中核と目されている領域だけは、他のごく一部の脳領域としか接続を持たないことが分かった。多種の情報の統合という高次機能を担うはずの中核群が非常に限局された神経接続しか持たないのは、相矛盾するように見える。そこでこれらの中核群が接続を持つ領域群のネットワーク解析を行った結果、キノコ体のみ、中心複合体のみ、それら両方とつながりをもつ領域が、それぞれ脳の異なった部位と多様な接続を持つことが明らかになった。