

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 4 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26830026

研究課題名(和文) ショウジョウバエの感覚情報統合処理経路の解明

研究課題名(英文) Convergence of multimodal sensory pathways in the Drosophila brain

## 研究代表者

田中 暢明 (Nobuaki, Tanaka)

北海道大学・創成研究機構・特任助教

研究者番号：20517924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：異種の感覚情報を統合する神経機構は、いまだ解明されていない。我々は、遺伝学的手法の進んだショウジョウバエの脳において、嗅覚・味覚・視覚の1次中枢と連絡のある脳領域を調べ、キノコ体の傘部と呼ばれる領域に、その3中枢からの連絡があることを見出した。さらに、キノコ体の局所介在神経がタイプごとに異なる組み合わせの1次感覚中枢と連絡していることを明らかにした。この結果から、キノコ体の局所介在神経が、タイプごとに異なる感覚情報の統合を行っていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Dye injection and genetic labeling of neurons of multiple primary sensory centers revealed that the mushroom body, which plays critical roles in learning and memory, is directly connected with primary visual, olfactory, and gustatory centers in *Drosophila melanogaster*. Connectivity patterns between the mushroom body and primary sensory centers suggest that each mushroom body calyx can be divided into four subregions and each mushroom body lobe processes information on different combinations of multiple sensory modalities. This finding provides a novel focus of research by *Drosophila* genetics for perception of the external world by integrating multisensory signals.

研究分野：神経生物学

キーワード：感覚情報処理

## 1. 研究開始当初の背景

脳が感覚情報を処理する機構については長い間、外界から受けた感覚刺激情報から重要な情報を抽出する処理機構や、抽出した情報を並列的に処理する機構の研究が盛んに行われてきた。その一方で、並列的に処理された情報を結合する過程の研究は遅れている。

ショウジョウバエは比較的シンプルな脳を持っていながら、様々な感覚刺激に対して応答することが知られている。特に、異なる感覚器官からの刺激情報を統合して、行動を決定することが報告されている。さらに、遺伝学的手法や突然変異系統が豊富で、特定の神経に遺伝子発現を誘導したり、非侵襲的にその機能を阻害することで、様々な神経の機能を解明することが容易である。我々は、そうしたショウジョウバエをモデルに、細胞レベルで感覚情報の統合過程を明らかにしようと考えた。

## 2. 研究の目的

動物は異なる感覚器官で受容した情報を脳内で絶えず統合している。本研究では、比較的シンプルな脳をもち、様々な遺伝学的手法を用いることのできるショウジョウバエを使って、視覚・味覚・嗅覚の情報を統合する脳領域を同定し、感覚情報の統合処理過程を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

複数の感覚系1次中枢と連絡する脳内2次領域の同定

脳の感覚系1次中枢に、蛍光色素のついたdextranを注入することで、その領域に連絡する神経を網羅的に標識することができる (Tanaka et al., 2012b)。本研究では、異なる色素のついた2種類のdextranを、感覚系1次中枢にあたる視葉、触角葉、食道下神経節のうちの2領域にそれぞれ注入し、同一個体内で複数の感覚系1次中枢と連絡する2

次領域を調べた。さらに各感覚系1次中枢からの連絡が2次領域内で分離しているのか、重なりあっているのかを調べた。

### GAL4 系統のスクリーニング

任意の遺伝子を異所的に発現させる系として、ショウジョウバエにはGAL4 エンハンサートラップ法などがある。まず、で明らかにした連絡を標識できるGAL4系統をスクリーニングする。具体的には、website上に公開されたJanelia FarmのGAL4系統の発現カタログを用いてスクリーニングを行い、候補系統を見つけたらBloomingtonストックセンターから系統を取り寄せて確認をする。さらに、体細胞組換えを用いた方法で、単一神経細胞を標識し、感覚系1次中枢と2次領域を連絡する経路、並びに、細胞種を特定する。これまでに、嗅覚系の神経細胞に関しては、すでにGAL4系統は単離し、その連絡様式については詳細に記載し、発表した (Tanaka et al., 2012a)。同様の研究を、視覚系、味覚系においても行う。

また、これまで我々が明らかにしてきた、2次領域で感覚情報を受け取ると考えられる神経に遺伝子発現を誘導できる系統を用いて (Tanaka et al., 2008)、2次領域内の内部構造を明らかにし、感覚情報の統合処理過程を解剖学的に明らかにする。

## 4. 研究成果

我々は、視覚・味覚・嗅覚の各1次感覚中枢に、神経を標識できる色素を注入し、それぞれの連絡する脳領域を調べ、そのうちキノコ体の傘部と呼ばれる領域が、3中枢と連絡があることを明らかにした。その上で、上述の遺伝学的手法を用いて、各中枢と傘部を連絡する神経経路には、既知の2経路を含めて8経路存在し、かつ、各神経の形態から計12種類の神経細胞がその連絡に寄与していることを見出した。さら

に、各 1 次中枢との連絡様式から、キノコ体傘部が 4 領域に分割され、その 4 領域がそれぞれ異なる組み合わせの 1 次感覚中枢と連絡していることを発見した。

一方、キノコ体傘部には、ケニオン細胞と呼ばれる内因性の神経細胞が連絡していて、1 次中枢から感覚情報をうけとっていることが知られている。ケニオン細胞には、その投射先から大きく 3 群あることが知られているが、その 3 群のケニオン細胞の傘部での連絡様式を調べると、群ごとに異なる 2 領域に連絡していることがわかった。以上の結果から、異なる感覚器官で受容された感覚刺激情報は、その組み合わせごとに異なる群のケニオン細胞に伝えられ、ケニオン細胞の投射先であるキノコ体葉部で、特定の異種感覚の情報統合を行っていることが解剖学的に示唆された。

#### <引用文献>

Tanaka NK, Tanimoto H, Ito K. (2008) Neuronal assemblies of the *Drosophila* mushroom body. *J Comp Neurol* 508:711-755. (査読有).

Tanaka NK, Endo K, Ito K. (2012a) The organization of antennal lobe-associated neurons in the adult *Drosophila melanogaster* brain. *J Comp Neurol* 520:4067-4130. (査読有).

Tanaka NK, Suzuki E, Dye L, Ejima A, Stopfer M. (2012b) Dye-fills reveal additional olfactory tracts in the protocerebrum of wild-type *Drosophila*. *J Comp Neurol* 520:4131-4140. (査読有).

5 . 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Yagi R, Mabuchi Y, Mizunami M, Tanaka NK. Convergence of multimodal sensory pathways to the mushroom body calyx in *Drosophila melanogaster*. *Scientific Reports*, 6 : 29481. 2016 年 7 月

[学会発表](計 4 件)

八木亮輔, 田中暢明. ショウジョウバエ脳の異種感覚統合に關与する神経経路の同定. 日本動物学会. 新潟 2015/9/19

Yagi R, Tanaka N. The brain regions connected with multiple primary sensory centers in *Drosophila*. *European Symposium for Insect Olfaction and Taste*. Sardinia, Italy. 2015/9/23

Tanaka N. Olfactory system of *Drosophila* & Cephalopod nervous system. *Hyderabad Neuroscience Symposium*, Hyderabad. 2015/2/12 招待講演

Yagi R, Tanaka N. Convergence of putative multimodal sensory inputs to the protocerebral areas in *Drosophila*. *International Congress of Neuroethology*, Sapporo. 2014/7/29

[図書](計 1 件)

八木亮輔, 田中暢明 (2014) 「ショウジョウバエの匂い情報処理機構」*実験医学* 32:2923-2926.

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 暢明 (TANAKA, Nobuaki)

北海道大学・創成研究機構・特任助教

研究者番号：20517924

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )