

**平成28年度科学研究費助成事業（特別推進研究）自己評価書**  
**〔追跡評価用〕**

平成28年3月28日現在

<b>研究代表者 氏名</b>	山元 大輔	<b>所属研究機関・ 部局・職 (研究期間終了時)</b>	東北大学・生命科学研究科・教授
<b>研究課題名</b>	ショウジョウバエ fru 遺伝子による脳神経系と行動の性決定機構に関する研究		
<b>課題番号</b>	18002012		
<b>研究組織 (研究期間終了時)</b>	研究代表者 山元 大輔（東北大学・生命科学研究科・教授） 研究分担者 小金澤 雅之（東北大学・大学院・生命科学研究科・准教授） 木村 賢一（北海道教育大学・教育学部・教授）		

**【補助金交付額】**

年度	直接経費
平成18年度	71,700 千円
平成19年度	82,500 千円
平成20年度	75,600 千円
平成21年度	56,300 千円
平成22年度	56,300 千円
総計	342,400 千円

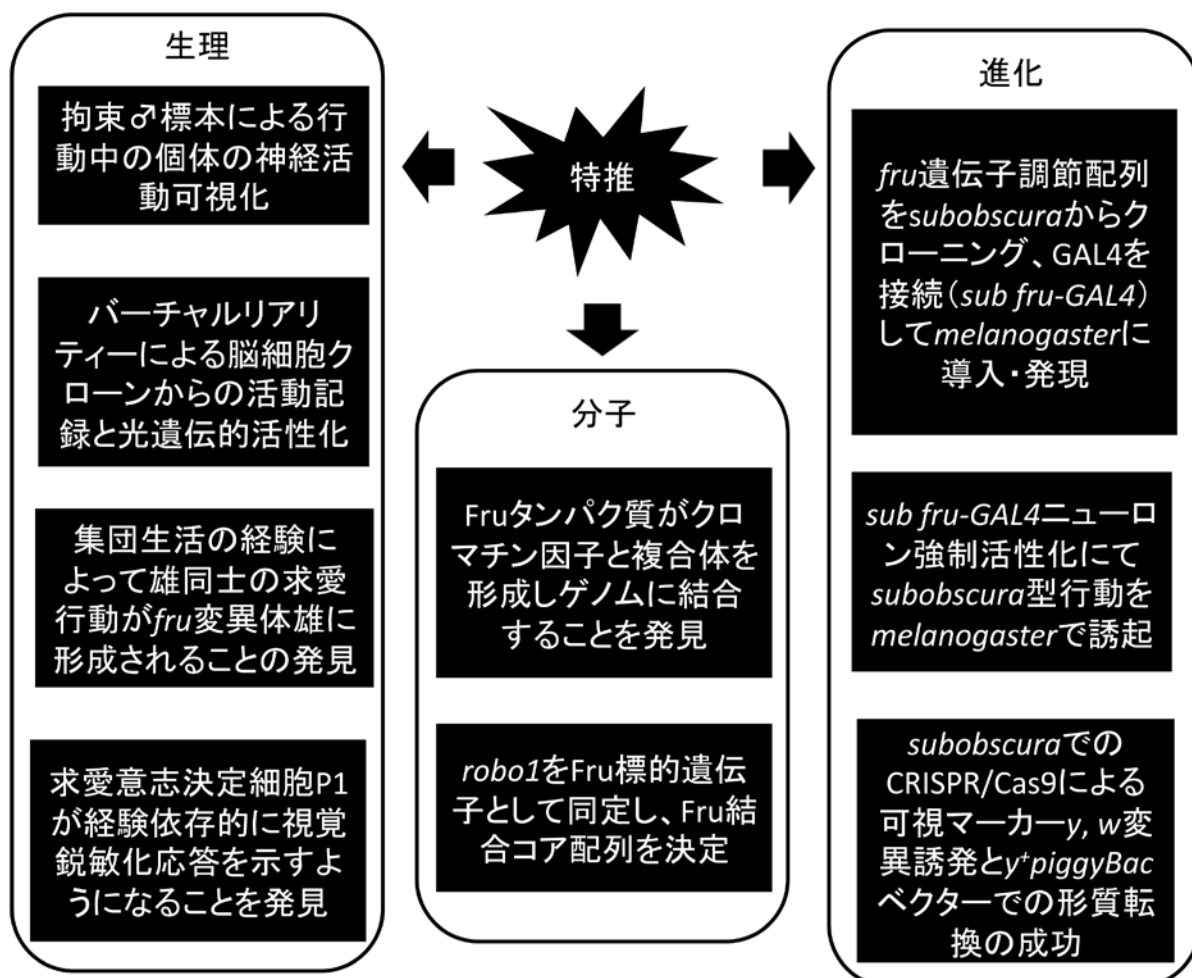
1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか

特別推進研究によってなされた研究が、どのように発展しているか、次の(1)~(4)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究の概要

(研究期間終了後における研究の実施状況及び研究の発展過程がわかるような具体的内容を記述してください。)

特別推進研究の実施期間中に、行動中の拘束雄個体からの神経活動記録法の確立や *Fruitless* タンパク質の結合パートナーの同定に向けた大きな進展があった。その成果は、特別推進研究の終了間際、及び終了後に発表され、さらにその土台の上に新たな研究が開花した。



上のフローチャートに示されているように、特別推進研究によって生理学、分子生物学、進化生物学の3つの軸で、それぞれに画期的成果が終了後に上がっている。生理学的研究では、特別推進研究で確立した拘束雄システムをさらに先鋭化させてバーチャルリアリティ実験系を構築し、コンピュータスクリーン上を動く光の点に対して雄が求愛するよう仕向けることに成功した。この手法を用いて、雄に求愛行動を開始させるニューロンを新たに同定したほか、*fruitless* 突然変異体が示す雄同士の求愛行動が、*fruitless* 遺伝子に変異が生じたことに加えて雄同士での社会生活という経験をすることによって生み出されること、その雄間求愛は求愛意志決定ニューロンの P1 が経験依存的に視覚鋭敏化を発達させる結果であること、など相次ぐ新発見がもたらされた。分子レベルでは、*Fruitless* タンパク質がクロマチン制御因子と複合体を形成することの発見に続き、軸索ガイダンス因子遺伝子 *robo1* の制御領域に直接結合してその転写を抑制することで、雄特異的神経突起の形成を導き、雄の性行動に寄与することを明らかにした。さらに、求愛行動の種差をもたらす遺伝子・細胞機構の解明という進化生物学への展開では、*subobscura* の求愛行動要素を *melanogaster* に移植する野心的試みに端緒を拓いた。

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(2) 論文発表、国際会議等への招待講演における発表など（研究の発展過程でなされた研究成果の発表状況を記述してください。）【論文と総説のリストを示す。ただし Book Chapter を除く】

1. Koganezawa, M., Kimura, K.-i. and Yamamoto, D. (2016) The neural circuitry that functions as a switch for courtship *versus* aggression in *Drosophila* males. *Curr. Biol.* (in press)
2. Tanaka, R., Murakami, H., Ote, M. and Yamamoto, D. (2016) Clustered regulatory interspaced short palindromic repeats/Cas9-mediated mutagenesis and phenotype rescue by *piggyBac* transgenesis in a nonmodel *Drosophila* species. *Insect Mol. Biol.* doi: 10.1111/imb.12232. [Epub ahead of print]
3. Sunouchi, K. Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2016) Requirement of the Tec family tyrosine kinase Btk29A for courtship memory in *Drosophila* males. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* doi: 10.1002/arch.21316. Epub 2016 Jan 19.
4. Goto, T., Sato, K., Sone, H., Koganezawa, M., Ito, H. and Yamamoto, D. (2015) Zeste tunes the timing of ecdysone actions in triggering programmed tissue degeneration in *Drosophila*. *J. Neurogenet.* 29, 169-173.
5. Hara, Y., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2015) The *Dmca1D* channel mediates Ca<sup>2+</sup> inward currents in *Drosophila* embryonic muscles. *J. Neurogenet.* 29, 117-123.
6. Kimura, K.-i., Sato, C., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2015) *Drosophila* ovipositor extension in mating behavior and egg deposition involves distinct sets of brain interneurons. *PLoS ONE* 10, e0126445.
7. Hamada-Kawaguchi, N., Nishida, Y. and Yamamoto, D. (2015) Btk29A-mediated tyrosine phosphorylation of Armadillo/ $\beta$ -catenin promotes ring canal growth in *Drosophila* oogenesis. *PLoS ONE* 10, e012148
8. Kohatsu, S. and Yamamoto, D. (2015) Visually induced initiation of *Drosophila* innate courtship-like following pursuit is mediated by central excitatory state. *Nat. Commun.* 6, 6457.
9. Takayanagi, S., Toba, G., Lukacsovich, T., Ote, M., Sato, K. and Yamamoto, D. (2015) A *fruitless* upstream region that defines the species specificity in the male-specific muscle patterning in *Drosophila*. *J. Neurogenet.* 29, 23-29.
10. Kimura, K.-i., Sato, C., Yamamoto, K. and Yamamoto, D. (2015) From the back or front: the courtship position is a matter of smell and sight in *Drosophila melanogaster* males. *J. Neurogenet.* 29, 18-22.
11. Kimura, S., Sakakibara, Y., Sato, K., Ote, M., Ito, H., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2015) The *Drosophila* lingerer protein cooperates with Orb2 in long-term memory formation. *J. Neurogenet.* 29, 8-17.
12. Hamada-Kawaguchi, N., Nore, B. F., Kuwada, Y., Smith C. I. E., and Yamamoto, D. (2014) Btk29A promotes Wnt4 signaling in the niche to terminate germ cell proliferation in *Drosophila*. *Science* 343, 294-297.
13. Yamamoto, D., Sato, K. and Koganezawa, M. (2014) Neuroethology of male courtship in *Drosophila*: from the gene to behavior. *J. Comp. Physiol. A* 200, 251-264.
14. Yamamoto, D. and Koganezawa, M. (2013) Genes and circuits of courtship behaviour in *Drosophila* males. *Nat. Rev. Neurosci.* 14, 681-692.
15. Yamamoto, D. and Ishikawa, Y. (2013) Genetic and neural bases for species-specific behavior in *Drosophila* species. *J. Neurogenet.* 27, 130-142.
16. Ito, H., Sato, K. and Yamamoto, D. (2013) Sex-switching of the *Drosophila* brain by two antagonistic chromatin factors. *Fly* 7, 87-91.
17. Sakurai, A., Koganezawa, M., Yasunaga, K., Emoto, K. and Yamamoto, D. (2013) Select interneuron clusters determine female sexual receptivity in *Drosophila*. *Nat. Commun.* 4, 1825-1833.
18. Nawaz, H. M., Kylsten, P., Hamada, N., Yamamoto, D., Smith, C. I. E. and Lindvall J. M. (2012) Differential evolutionary wiring of the tyrosine kinase Btk. *PLoS ONE* 7, e35640.
19. Ito, H., Sato, K., Koganezawa, M., Ote, M., Matsumoto, K., Hama, C. and Yamamoto, D. (2012) Fruitless cooperates with two antagonistic chromatin factors to establish single-neuron sexual dimorphism. *Cell* 149, 1327-1338.
20. Takayanagi, S., Toba, G., Koganezawa, M., Lukacsovich, T. and Yamamoto, D. (2012) An untranslated RNA sequence encoded in the putative regulatory region of *fruitless*, a major courtship regulator gene of *Drosophila*. *Intern. J. Biol.* 4, 20-26.
21. Bousquet, F., Nojima, T., Houot, B., Chauvel, I., Chaudy, S., Dupas, S., Yamamoto, D. and Ferveur, J.-F. (2012) Expression of a desaturase gene, *desat1*, in neural and nonneural tissues separately affects perception and emission of sex pheromones in *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 249-254.
22. Watanabe, K., Toba, G., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2011) Gr39a, a highly diversified gustatory receptor in *Drosophila*, has a role in sexual behavior. *Behav. Genet.* 41, 746-753.
23. Goto, J., Mikawa, Y., Koganezawa, M., Ito, H. and Yamamoto, D. (2011) Sexually dimorphic shaping of interneuron dendrites involves the Hunchback transcription factor. *J. Neurosci.* 31, 5454-5459.

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

## (3) 研究費の取得状況（研究代表者として取得したもののみ）

## 基盤研究 (S)

種特異的性行動を規定する *fru* 遺伝子と *fru* 神経回路の解明

平成 23 年度～平成 27 年度 直接経費総額：165,200 千円

## 基盤研究 (A)

Fru タンパク質によるニューロンの性的二型形成機構の解明

平成 23 年度（基盤研究 S 採択に伴い廃止） 直接経費総額：80,000 千円

## 新学術領域研究

種間雑種の行動を規定するゲノム・遺伝子相関の解明

平成 24 年度～25 年度 直接経費総額：17,400 千円

行動の種差を規定するゲノム・遺伝子相関の解明

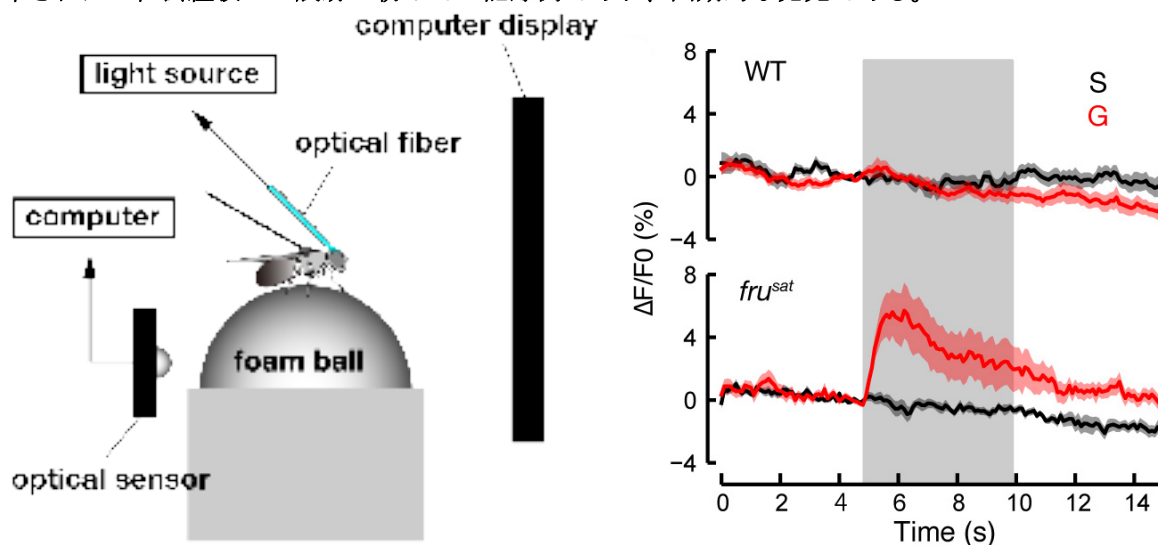
平成 26 年度～27 年度 直接経費総額：15,300 千円

生殖細胞の増殖制御に関与する Wnt-Piwi シグナル系の解明

平成 26 年度～27 年度 直接経費総額：11,400 千円

## (4) 特別推進研究の研究成果を背景に生み出された新たな発見・知見

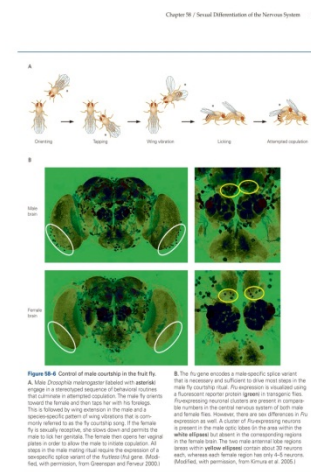
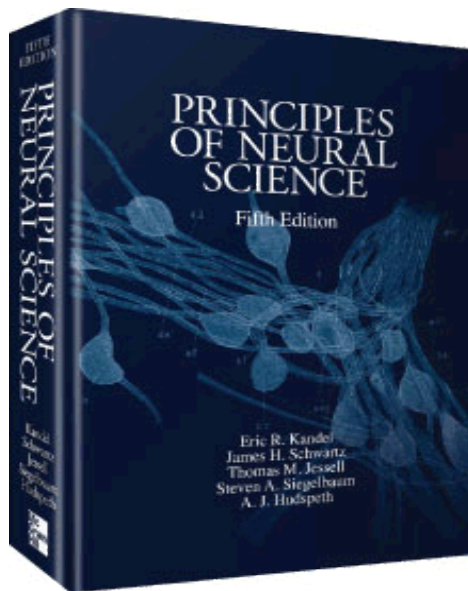
特別推進研究の成果を発展させ、バーチャルリアリティー実験システム（下図左）を構築した。このシステムでは、雄個体はその背中で金属針に固定され、脚には発泡スチロール球を抱かされてその上を歩くことが出来るようになっている。一方、雄の眼前にはコンピュータスクリーンが置かれ、そこに動く光のスポットが視覚刺激として提示される。この状態で求愛意志決定ニューロンの P1 から  $Ca^{2+}$  imaging を行って、視覚刺激に対するニューロン応答を記録した（下図右）。その結果、野生型 (WT) の雄では単独飼育 (S: single housed) か集団飼育 (G: group housed) にかかわらず視覚刺激（ハッチの部分）に対して P1 ニューロンは応答を示さないのに対し、*fru* 変異体雄は集団飼育時に限って明確な視覚応答を示すことがわかった。これは、同定された中枢ニューロンに刻印された“社会経験”の痕跡の初めての記録例であり、画期的な発見である。



2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況

特別推進研究の研究成果が他の研究者に活用された状況について、次の(1)、(2)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 学界への貢献の状況（学術研究へのインパクト及び関連領域のその後の動向、関連領域への関わり等）



*fruitless* が求愛行動の制御に関わる神経回路の主要部の形成を一手に握るマスターレギュレーター遺伝子であるという評価は確固たるものとなり、今や特殊ショウジョウバエでの研究という枠を越え、本能行動の神経基盤の理解のための一般原理の一つとして認知が進んでいる。その証左の一つとして、山元が 2013 年に Nature Reviews Neuroscience (Impact factor for 2014/2015=31.427) から invite されて *fruitless* と脳の性差、行動の性差に関する総説を発表していることが挙げられる。掲載号の表紙は、山元らの研究を feature した図柄となっている（上図左）。また、神経科学のもっとも権威ある教科書である Eric R. Kandel らの編集になる “Principles of Neural Sciences” の最新版 (5<sup>th</sup> Edition), McGraw Hill (上図中央) には、図と共に 2 頁に亘って山元らの研究が紹介されている（上図右）。さらに最近では、Stanford University 教授の Liqun Luo の著したテキストブック、“Principles of Neurobiology”, Garland Science に山元らの成果が集中的に紹介された。この本では性行動に関する Chapter 9 の図のうち実に 4 葉までが、山元らの論文から引用されたものである。山元らの研究のインパクトは、ニューロンの性差や性行動の神経制御にとどまらず、行動の神経機構全般に及んでいる。たとえば、全生物学をカバーする評論誌で多くの書評を掲載する Quarterly Review of Biology (University of Chicago Press) からの invitation により、Josh Dubnau 編集の “Behavioral Genetics of the Fly”, Cambridge University Press の書評を発表している。神経科学や神経生物学のディシプリンを超え、High School レベルの生物学テキストブック、Mariëlle Hoefnagels (University of Oklahoma, Associate Professor) 著 Biology/Concepts and Investigations, McGraw Hill にも図と共に山元らの研究成果が紹介されている。

ショウジョウバエの性行動とその神経基盤という専門領域に注目すると、雄の求愛意志決定ニューロンとして 2008 年に初めて発表した P1 ニューロンの機能的重要性が、今日までの 8 年間に世界中の研究者による独立の検証を経てこの分野の共通認識となり、P1 ニューロンへの入力路の解明、P1 ニューロンからの出力路の解明、P1 ニューロンでの multi-modal sensory integration の解析、というように、このニューロン群を中心に研究が進む状況が生まれている。特定のニューロン群に世界の目がこれほど集まることはそうあることではなく、研究の大きなトレンドを生み出す成果であったことがわかる。

## 2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況（続き）

(2) 論文引用状況（上位10報程度を記述してください。）

## 【研究期間中に発表した論文】

No	論文名・著者名・発行年・ページ数等	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Drosophila 12 genomes consortium (2007) Evolution of genes and genomes on the <i>Drosophila</i> phylogeny. Nature 450, 203-218.	ショウジョウバエ属の12種について全ゲノム配列決定を行い、個々の遺伝子レベルとゲノム構造の両面から系統的に比較した。	879
2	Kimura, K.-i., Hachiya, T., Koganezawa, M., Tazawa, T. and Yamamoto, D. (2008) Fruitless and Doublesex coordinate to generate male-specific neurons that can initiate courtship. Neuron 59, 759-769.	雄の求愛行動を開始させる介在ニューロン群、P1を同定し、P1がFruitlessとDoublesexの二つの性決定タンパク質に依存して雄特異的に形成されることを示した。	107
3	Koganezawa, M., Haba, D., Matsuo, T. and Yamamoto, D. (2010) The shaping of male courtship posture by lateralized gustatory inputs to male-specific interneurons. Curr. Biol. 20, 1-8.	Gr32aを発現する感覚ニューロンは雄のフェロモンを感知し、その情報を性的二型介在ニューロンのmALに直接入力することで、雄の性行動を制御する。	56
4	Yamamoto, D. (2007) The neural and genetic substrates of sexual behavior in <i>Drosophila</i> . Adv. Genet. 59, 39-66.	雄の性行動を制御する神経回路の形成が <i>fruitless</i> 遺伝子によってどのように制御されるかを論じた。	30
5	Takeuchi, K., Nakano, Y., Kato, U., Kaneda, M., Aizu, M., Awano, W., Yonemura, S., Kiyonaka, S., Mori, Y., Yamamoto, D. and Umeda, M. (2009) Changes in temperature preferences and energy homeostasis in Dystroglycan mutants. Science 323, 1740-1743.	幼虫の温度選好性を計測して、低温を好む変異体、 <i>atsugari</i> を分離、その解析からジストログリカンの機能欠損が温度選好性と脂質代謝を同時に変化されることを明らかにした。	22
6	Edwards, K. A., Doescher, L. T., Kaneshiro, K. and Yamamoto, D. (2007) A database of wing diversity in the Hawaiian <i>Drosophila</i> . PLoS ONE 2, e487.	ハワイ固有種ショウジョウバエの多様性を示すモノグラフを発表した。	19
7	Yamamoto, D. (2008) Brain sex differences and function of the <i>fruitless</i> gene in <i>Drosophila</i> . J. Neurogenet. 22, 309-332.	雄の性行動回路の形成を <i>fruitless</i> 遺伝子がどのように制御するかを論じた。	12
8	Alves, H., Rouault, J. D., Kondoh, Y., Nakano, Y., Yamamoto, D., Kim, Y. K. and Jallon, J.-M. (2010) Evolution of cuticular hydrocarbons in Hawaiian Drosophilidae. Behav. Genet. 40, 694-705.	ハワイ固有種ショウジョウバエのフェロモンの多様性をガスマスによる分析によって明らかにした。	11
9	Nojima, T., Kimura, K.-I., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2010) Neuronal synaptic outputs determine the sexual fate of postsynaptic targets. Curr. Biol. 20, 836-840.	Fruitlessを発現し、かつ雄特異的筋肉のローレンス筋の誘導に必要な運動ニューロン、Mindを同定した。	10
10	Juni, N and Yamamoto, D. (2009) Genetic analysis of chaste, a new mutation of <i>Drosophila melanogaster</i> characterized by extremely low female sexual receptivity. J. Neurogenet. 23, 329-340.	雌が交尾拒否をする変異体 <i>chaste</i> の原因遺伝子として <i>muscleblind</i> を特定した。	10

## 【研究期間終了後に発表した論文】

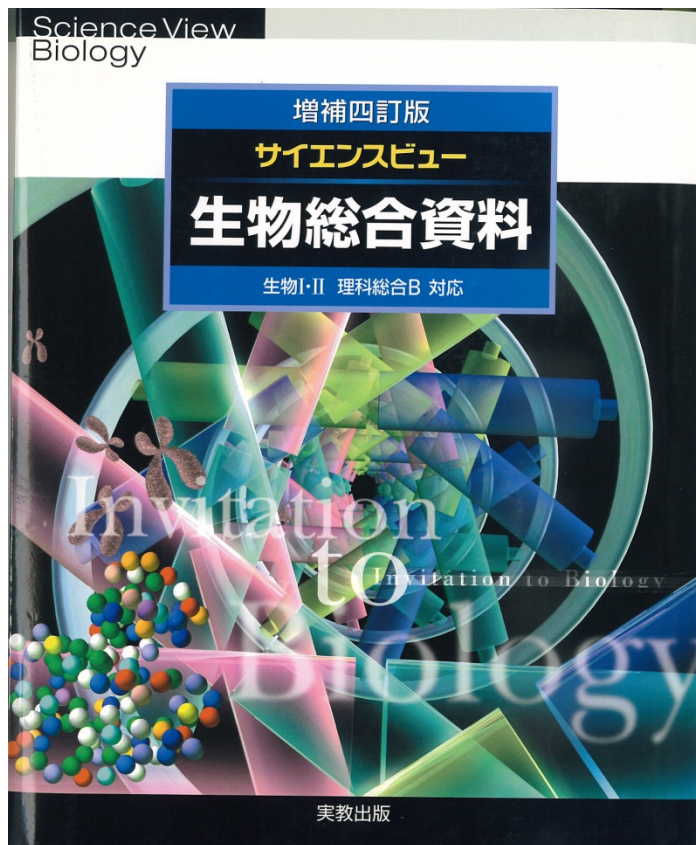
No	論文名	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Kohatsu, S., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2011) Female contact activates male-specific interneurons that trigger stereotypic courtship behavior in <i>Drosophila</i> . <i>Neuron</i> 69, 498-508.	雄を背中でワイヤーに固定し、発泡ステロール球を抱かせてその上を定位置で歩かせる系を確立、この系で行動中の雄から脳のニューロン活動を $Ca^{2+}$ imaging で記録することにより、P1 ニューロンが求愛開始センターであることを立証した。	69
2	Yamamoto, D. and Koganezawa, M. (2013) Genes and circuits of courtship behaviour in <i>Drosophila</i> males. <i>Nature Rev. Neurosci.</i> 14, 681-692.	<i>fruitless</i> 遺伝子の働きを中心に、雄の求愛制御システムの構造と機能を俯瞰した。	29
3	Watanabe, K., Toba, G., Koganezawa, M. and Yamamoto, D. (2011) Gr39a, a highly diversified gustatory receptor in <i>Drosophila</i> , has a role in sexual behavior. <i>Behav. Genet.</i> 41, 746-753.	<i>Gr39a</i> 発現感覚ニューロンの機能が損なわれると、雄の求愛が寸断されることを報告した。	29
4	Ito, H., Sato, K., Koganezawa, M., Ote, M., Matsumoto, K., Hama, C. and Yamamoto, D. (2012) Fruitless recruits two antagonistic chromatin factors to establish single-neurons sexual dimorphism. <i>Cell</i> 149, 1327-1338.	Fruitless タンパク質が Bon, HDAC1, HP1a と複合体を形成し、染色体の標的サイトに結合すること、それによって mAL ニューロンの性的二型が全か無的に切り替わることを立証した。	23
5	Bousquet, F., Nojima, T., Houot, B., Chauvel, I., Chaudy, S., Dupas, S., Yamamoto, D. and Ferveur, J.-F. (2012) Expression of a desaturase gene, <i>desat1</i> , in neural and nonneural tissues separately affects perception and emission of sex pheromones in <i>Drosophila</i> . <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> 109, 249-254.	炭化水素の脱飽和を触媒する酵素、 <i>desat1</i> の遺伝子の制御領域に <i>GAL4</i> を接続して発現解析を行い、ニューロンでの発現がフェロモンの受容に、一方エノサイトでの発現がフェロモン合成に独立に寄与することを立証した。	22
6	Hamada-Kawaguchi, N., Nore, B., Kuwada, Y., Smith, E. and Yamamoto, D. (2014) Btk29A promotes Wnt4 signaling in the niche to terminate germ cell proliferation in <i>Drosophila</i> . <i>Science</i> 343, 294-297.	非受容体型チロシンキナーゼ、Btk29A がニッチで $\beta$ カテニンをリン酸化し、その結果 <i>piwi</i> の転写が亢進して、生殖細胞の増殖を止めるシグナルがニッチから出されることを示す結果を得た。	8
7	Sakurai, A., Koganezawa, M., Yasunaga, K., Emoto, K. and Yamamoto, D. (2013) Select interneuron clusters determine female sexual receptivity in <i>Drosophila</i> . <i>Nature Commun.</i> 4, 1825.	<i>spinster</i> 変異体雌が強い拒否行動を示すことを利用し、 <i>spinster</i> ホモ接合となったニューロンのクローン脳内に作り出すことで、雌の性的受容性を決定する二つの介在ニューロン集団を同定した。	7
8	Goto, J., Mikawa, Y., Koganezawa, M., Ito, H. and Yamamoto, D. (2011) Sexually dimorphic shaping of interneuron dendrites involves the Hunchback transcription factor. <i>J. Neurosci.</i> 31, 5454-5459.	mAL ニューロンの性的二型のうち、反対側突起の樹状突起に見られる構造の性差が、Hunchback 転写因子の機能によって形成されることを示した。	7
9	Kohatsu, S. and Yamamoto, D. (2015) Visually induced initiation of <i>Drosophila</i> innate courtship-like following pursuits is mediated by central excitatory state. <i>Nature Commun.</i> 6, 6457.	コンピュータディスプレイに映し出したダミー視覚刺激を拘束雄に提示し、同時に脳のニューロンをチャンネルロドプシンにより刺激することで求愛行動を惹起させた。この手法で、求愛開始ニューロンから社会経験依存的な応答変化を記録できた。	3
10	Yamamoto, D. and Ishikawa, Y. (2013) Genetic and neural bases for species-specific behavior in <i>Drosophila</i> species. <i>J. Neurogenet.</i> 27, 130-142.	種による行動の違いがどのようなゲノム・神経機構によって生まれるのかを論議した。	3



3. その他、効果・効用等の評価に関する情報

次の(1)、(2)の項目ごとに、該当する内容について具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究成果の社会への還元状況（社会への還元の程度、内容、実用化の有無は問いません。）



山元らによる *fruitless(satori)* 突然変異体に関する研究は、遺伝子と脳、行動との因果的関連性について、明確な概念的枠組みを提供するものとなり、結果、遺伝要因と環境要因が行動の特性をどのように規定するのかと言う、学問の世界だけにとどまらない世界観に関わる問題に一石を投ずることとなった。それは、社会の思潮にまで波及効果を持つ科学的成果である。そのため、科学教育に対するインパクトも大きい。たとえば、『高等学校 生物』の『資料集』への掲載である(左図)。異なる3社(実教出版、三省堂、第一出版社)の発行する資料集に山元らの成果がいずれも図版入りで紹介されている(下図)。

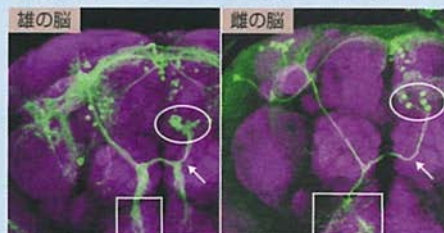
さらに平成30年発行予定の教科書『高等学校 生物 改訂版』(数研出版)に、山元らの成果が1ページを費やし、図入りで掲載されることが決まっている。掲載されるのは、“動物の反応と行動”の章であり、行動学、神経科学の領域でこの研究が如何に先導的役割を担ってきたかを如実に物語っている。高等学校の生徒たちに科学の面白さを伝え、生物の不思議を解き明かす科学への興味を喚起することに多少とも寄与できる成果となったことは、科学者冥利に尽きる。

Advance

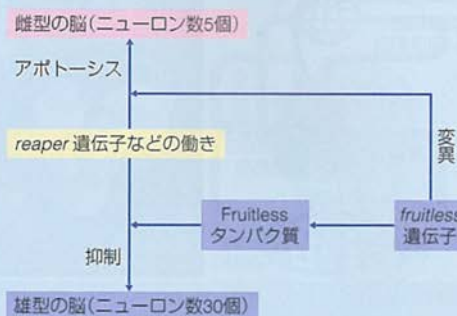
**ショウジョウバエの行動遺伝学** ゲノムの解析が進み、各遺伝子が動物の行動にどのような影響を与えているのかを調べる研究が進んでいる。東北大学の山元大輔教授は、同性愛行動を示す雄のショウジョウバエの突然変異体(*satori*)を分析し、性によって異なるニューロンが脳内に生じることを明らかにした。*satori* 突然変異体で変異を起こしているのは *fruitless* 遺伝子である。この遺伝子の産物である Fruitless タンパク質は、雄の脳のニューロンで働いており、雌の脳では働いていない。山元教授は、Fruitless タンパク質の有無によって雌雄のニューロンの集団に差が生じることを発見した。雌ではアポトーシス(⇒ p.81)を引き起こす *reaper* 遺伝子などの働きにより該当する集団の細胞体の数が5個になるのに対し、雄では Fruitless タンパク質が *reaper* 遺伝子などの働きを抑制するため集団の細胞体の数が30個になる。そのほかに、軸索の伸び方や樹状突起の分かれ方にも雌雄で違いが生じている。*satori* 突然変異体では、Fruitless タンパク質が失われたため、脳が雌化し、同性愛行動を示すようになったと考えられている。



同性愛行動を示す *satori* 突然変異体



雄の脳 雌の脳  
細胞体の数(○囲み)、軸索の伸び方(←矢印)、樹状突起の分かれ方(□囲み)が雌雄で異なる。





### 3. その他、効果・効用等の評価に関する情報（続き）

#### (2) 研究計画に関与した若手研究者の成長の状況（助教やポストク等の研究終了後の動向を記述してください。）

特推に参加当時は東北大学大学院生命科学研究科の助教であった者が、特推での成果が認められ、現在は同研究科の准教授に昇任し、活躍している。

特推に参加当時はポストクであった者が、その後東北大学大学院生命科学研究科の助教を経て、現在は筑波大学 URA の生命科学担当者として活躍している。

特推にはポストクとして参加した者が、現在は東北大学大学院生命科学研究科の助教として活躍中である。

特推にはポストクとして参加した者が、その後、東北大学大学院薬学研究科の特任助教となり、2016年4月からは慈恵会医科大学で特任助教を務めることとなっている。

特推では技術支援を行っていたがその間の成果により東北大学より博士（生命科学）を授与され、その後、日本学術振興会の特別研究員（RPD）に採用されて活躍している。