

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03326

研究課題名（和文）線虫の嗅覚学習をモデルとした記憶の忘却を担う分子・神経回路機構

研究課題名（英文）Mechanisms for forgetting in olfactory learning in *C. elegans*

研究代表者

石原 健（Ishihara, Takeshi）

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：10249948

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：動物は、様々な情報を記憶として保持しているが、その一部を忘却することによって、刻々と変化する環境に適応している。私達は、線虫 *C. elegans* を用いて能動的な忘却のメカニズムを研究している。本研究では、学習した後に機能的な神経回路を可塑的に変化させることによって、忘却を制御していることを明らかにした。さらに、ジアシルグリセロールによって、記憶が神経細胞に存在しても想起できなくなることを明らかにした。この記憶の想起は、神経回路を通じて制御されていることを明らかにした。これらの成果は、高等動物での記憶を能動的に忘却するメカニズムの解明の基盤として重要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまでほとんど明らかになってこなかった動物の能動的な忘却メカニズムに関する新しいメカニズムを解明しました。まず、学習後の神経回路の可塑性が忘却を制御していることが明らかになりました。さらに、ジアシルグリセロールによって記憶の想起が阻害されることも示されました。これらの結果は、高等動物における記憶の忘却メカニズムの理解に寄与し、認知症やPTSDなどの疾患に対する将来的な医薬品の開発につながる可能性があります。また、この研究は、学習と忘却のバランスが適切に保たれることが適応性のある行動に不可欠であることを示唆しており、生物の生存戦略に関する一般的な原則を明らかにする上でも重要です。

研究成果の概要（英文）：Animals store various pieces of sensory information as memories, but they adapt to rapidly changing environments by actively forgetting some of those memories. We are studying the mechanism of active forgetting using the nematode *C. elegans*. In this study, we have revealed that forgetting is controlled by functionally changing the neural circuits after learning. Furthermore, we have demonstrated that memories can become unrecalable even if they exist in the nerve cells, through diacylglycerol. We have also revealed that the recall of these memories is regulated through neural circuits. These findings are crucial for unraveling the mechanisms of active forgetting in higher animals.

研究分野：神経科学

キーワード：学習 記憶 忘却 線虫 遺伝学 ジアシルグリセロール 可塑性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物は、様々な体内外の環境からの情報を記憶として保持し、それを利用して環境に適応している。一方で、刻々と変化する環境に適応するためには、不必要になった記憶を忘却することも重要である。これまで、記憶の形成と保持に関する研究は、行動から分子レベルまで多くのメカニズムが明らかになっている。一方で、忘却については、分子レベルや神経回路レベルのメカニズムはほとんど明らかになっていなかった。これは、忘却は受動的な過程であると長らく考えられてきたことにも起因している。近年、モデル動物において、能動的な忘却(active forgetting)に関する分子メカニズムの研究が進められるようになってきた。私達は、本研究を始めるまでに、線虫の嗅覚学習の忘却の解析から、感覚ニューロンにある記憶が、他のニューロンからの忘却促進シグナルによって、忘却していることを明らかにしていた。また、その経路に関わる複数の因子の同定も行っていった。(Inoue et al.2013 Kitazono et al. 2017)

2. 研究の目的

本研究では、線虫 *C. elegans* の嗅覚学習をモデルとして、能動的な忘却のメカニズムを明らかにすることを目指していた。そのための具体的な目的として下記のことを明らかにすることを目的とした。

(1) 能動的な記憶の忘却を促進する因子の同定。

私達は、能動的な忘却を促進するシグナルが細胞非自律的に働いていることを示した。そこで、その忘却を促進するシグナルとその受容体を同定することによって、忘却特異的に働くシグナルを同定する。

(2) 能動的な忘却を制御する神経回路の同定。

私達は、カルシウムイメージングによって、嗅覚学習の感覚記憶痕跡が嗅覚ニューロンにあることを示していた。しかし、その嗅覚ニューロンの下流の神経回路がどのように働いて忘却を制御しているかは不明である。そこで、下流の介在ニューロンがどのように忘却を制御しているかを明らかにする。

(3) 能動的な忘却を制御するシグナル経路の同定。

忘却促進シグナルは、条件付け後の回復時の餌の有無が分泌を制御していることを明らかにしていた。そこで、能動的な忘却の制御機構を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 忘却促進シグナルの同定のためには、まずその忘却促進シグナルが低分子であるか神経ペプチドであるかを、変異体の解析から区別する。さらに、その忘却シグナルを同定するために、候補となる遺伝子の変異体をゲノム編集によって作成し、その行動表現型を解析する。

(2) 嗅覚ニューロンがシナプスを形成している下流のインターニューロンについて、それを持たない線虫株の忘却表現型を解析する。忘却に異常がある場合には、嗅覚ニューロンにおける感覚記憶痕跡をカルシウムイメージングによって、解析する。

(3) 忘却促進シグナルの制御に関わる経路を解析するため、忘却促進シグナルの上流で働いている TIR-1 変異体の忘却が起きにくい変異体の抑圧変異体を探索する。この抑圧変異体の原因遺伝子を全ゲノム解析などにより同定する。さらに、その遺伝子が働くニューロンを同定するとともに、その機能に応じた解析を行う。

4. 研究成果

(1) 能動的な記憶の忘却を促進する因子の同定。

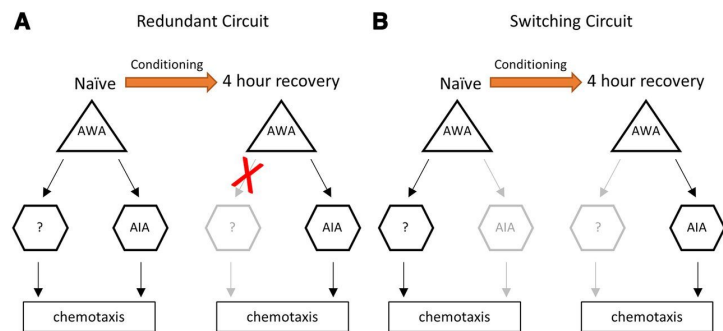
まず、忘却を促進するシグナルが神経ペプチドである可能性を検討した。そのために、神経ペプチドのプロセッシング酵素の変異体を用いて、嗅覚学習の忘却の行動表現型を解析したところ、複数のプロセッシング酵素の変異体で、忘却が起きにくいことが分かった。このことは、神経ペプチドが忘却に関与していることを示唆している。そこで、忘却を促進するシグナルを分泌している AWC ニューロンで発現している神経ペプチドを、線虫の神経系の scRNAseq データベースから探索し、十数遺伝子があることが分かった。すでに変異体があるものについては、それを取り寄せ、それ以外のものは CRISPR/CAS9 を使ったゲノム編集により変異体を作成し、その忘却表現型を解析することにした。その結果、一つの神経ペプチド遺伝子の変異体で忘却が起きにくいことが分かった。また、このとき、カルシウムイメージングによる記憶痕跡の解析から、記憶痕跡も残っていることが分かった。このことは、このペプチド遺伝子がコードしているペプチドが、忘却を促進していることを示唆している。さらに、そのペプチドの受容体を同定することにも成功した。また、これらについて、Cre/loxP を使った細胞特異的な遺伝子欠損株の作成と行動表現型の解析からどの細胞で働いているかを明らかにすることを目指している。

(2) 能動的な忘却を制御する神経回路の同定。

私達は、カルシウムイメージングと分子遺伝学的解析によって、AWC ニューロンから分泌される忘却促進シグナルが、AWA 嗅覚ニューロンの感覚記憶痕跡があることが示されていた。し

かし、AWC ニューロンと AWA ニューロンとは直接のシナプス結合がないことから、下流の介在ニューロンが忘却に働いていることを示唆していた。そこで、これらのニューロンがシナプスを形成している一次介在ニューロンにおいて細胞死を引き起こすカスパーゼを発現させた線虫株を用いて、忘却における機能を解析した。AIB 介在ニューロンと AIY 介在ニューロンを持たない線虫株では、嗅覚学習やその後の忘却は野生型と違いがなかったことから、これらのニューロンは正常な忘却には必要がないことが分かった。続いて、AIA 介在ニューロンをカスパーゼの発現により欠損させた線虫株を解析したところ、忘却が起きにくいことが分かった。そこで、AIA 介在ニューロンにおいて、機能亢進型カリウムチャンネル(UNC-103(gf))を発現させ、AIA 介在ニューロンを過分極させ活動できない線虫株を作成し解析したところ、同様に忘却が起きにくいことを見出した。このことは、AIA 介在ニューロンが活動することが適切な忘却に必要であることを示している。

AIA 介在ニューロンが嗅覚の情報処理にどのような働きをしているのかを明らかにするために、AIA 介在ニューロンのカルシウムイメージングを行った。その結果、条件付け前には嗅覚刺激によって AIA は活動するが、条件付け後にはその活動が観察できなくなること、餌の上で回復後にはその応答が回復することが分かった。さらに、AWA 感覚ニューロンの応答から、餌の上での回復後には、感覚記憶痕跡も回復することがわかった。これらのことは、匂い物質への応答は、学習前には AIA 介在ニューロンを含まない回路で十分であるが、学習後には AIA 介在ニューロンが必要であることを示している。したがって、機能的な神経回路の可塑性が、記憶を適切に忘れることに必要であることを示唆している。(右モデル図 Teo et al. 2022 より引用)

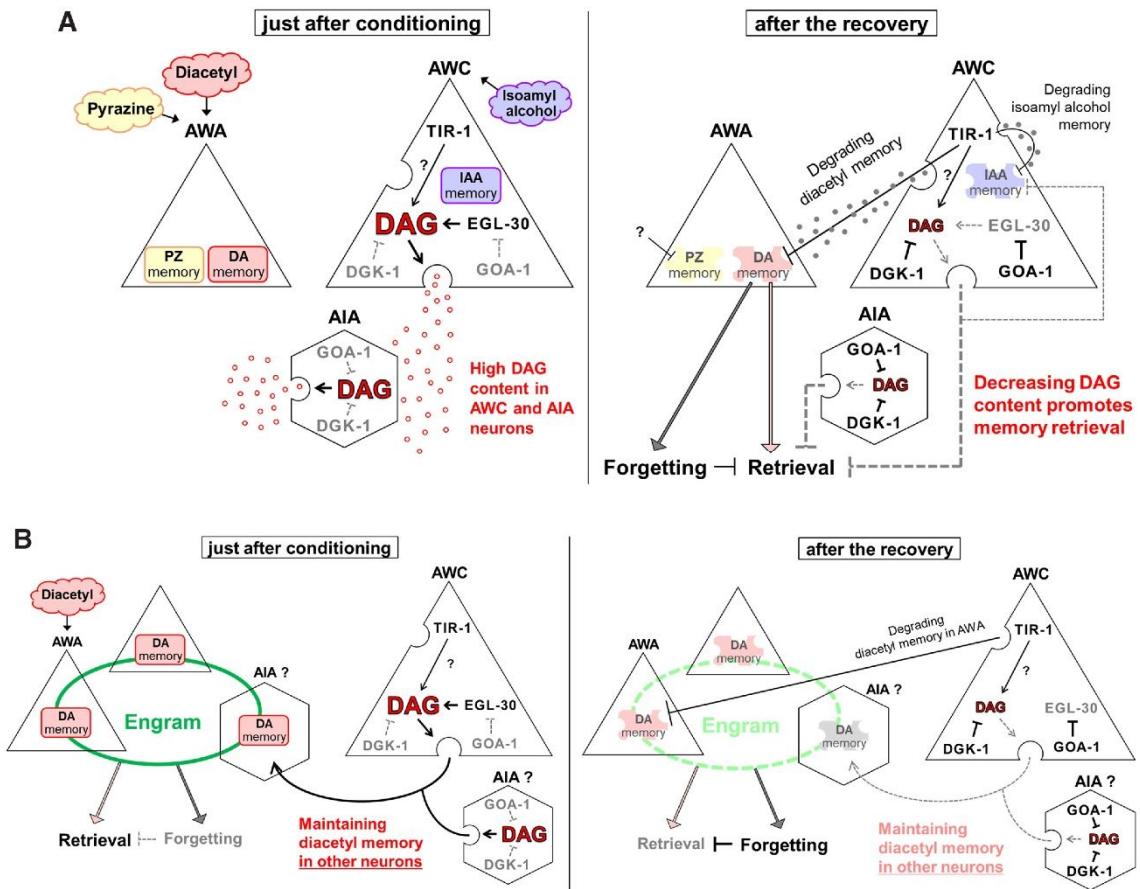


(3) 能動的な忘却を制御するシグナル経路の同定。

私達は、AWC ニューロンからの忘却促進シグナルの分泌が、条件付け後の餌の有無で制御されていることを示していた。忘却が起きにくい *tir-1* 変異体においても、条件後に餌がないと野生型と同様に忘却促進シグナルが分泌されている。そこで、*tir-1* 変異体においても、条件付け後に餌がある条件で忘却が野生型と同様に起きるサプレッサー変異体のスクリーニングを行い、約 10 株を得た。これらについて、全ゲノムシーケンスと SNP マッピングにより原因遺伝子の同定をすすめた。その結果、変異体の一つで原因遺伝子がジアシルグリセロールキナーゼをコードする *dgk-1* であることが分かった。DGK-1 がどの神経細胞で機能しているかを、細胞特異的な回復実験によって解析したところ、AWC ニューロンで主に働いていることもわかった。これらのことは、DGK-1 は、セカンドメッセンジャーであるジアシルグリセロールをリン酸化することによって負に制御していることから、AWC ニューロンのジアシルグリセロールが多いことによって、忘却が促進されていることが推定された。そこで、ジアシルグリセロール類似物質のホルボルエステルを添加したところ、*tir-1* 変異体においても忘却が野生型と同様に起きることがわかった。さらに、ジアシルグリセロール濃度感受性蛍光タンパク質 DownwardDAG2 を AWC ニューロンにおいて発現させて解析したところ、忘却が起きにくい *tir-1* 変異体では、AWC ニューロンのジアシルグリセロール濃度が低いことがわかった。

このジアシルグリセロールを制御する経路を明らかにするため、その上流で働いている可能性がある三量体 G タンパク質 サブユニットの GOA-1 と EGL-30 について、その *tir-1* との二重変異体の機能を解析したところ、GOA-1 はジアシルグリセロール濃度を減少させ、EGL-30 はジアシルグリセロール濃度を上昇させることによって、能動的な忘却を制御していることが示唆された。

次に、カルシウムイメージングによって、AWA ニューロンにおける記憶痕跡の有無を解析した。忘却が起こりにくい *tir-1* 変異体においては、条件付け後に形成される感覚記憶痕跡が、餌の上で回復後も維持されて、その結果記憶が忘却されにくい。しかし、ジアシルグリセロール濃度が高い *goa-1* との二重変異体では、行動としては忘却しているにも関わらず、記憶痕跡は餌の上での回復後も維持されていることがわかった。このことは、ジアシルグリセロール濃度が高いことによって、記憶を想起できなくなることを示している(下図 Arai et al. 2022 より引用)。



引用文献

Arai M, Kurokawa I, Arakane H, Kitazono T, Ishihara T.
J. Neurosci 42, 8039-8053 (2022)

Inoue A, Sawatari E, Hisamoto N, Kitazono T, Fujiwara M, Matusmoto K., Ishihara T.
Cell Rep. 3, 808-819 (2013)

Kitazono T, Hara-Kuge S, Matsuda O, Inoue A, Fujiwara M, Ishihara T.
J. Neurosci 37, 10240-10251 (2017)

Teo J H-M, Kurokawa I, Onishi Y, Sato N, Kitazono T, Tokunaga T, Fujiwara M, Ishihara T.
eNeuro 9, ENEURO.0084-22.2022 (2022)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Arai Mary, Kurokawa Itsuki, Arakane Hoshinosuke, Kitazono Tomohiro, Ishihara Takeshi	4. 巻 42
2. 論文標題 Regulation of Diacylglycerol Content in Olfactory Neurons Determines Forgetting or Retrieval of Olfactory Memory in <i>Caenorhabditis elegans</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 8039 ~ 8053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0090-22.2022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Teo Jamine Hooi-Min, Kurokawa Itsuki, Onishi Yuuki, Sato Noriko, Kitazono Tomohiro, Tokunaga Terumasa, Fujiwara Manabi, Ishihara Takeshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Behavioral Forgetting of Olfactory Learning Is Mediated by Interneuron-Regulated Network Plasticity in <i>Caenorhabditis elegans</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 eneuro	6. 最初と最後の頁 ENEURO.0084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0084-22.2022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wen Chentao, Miura Takuya, Voleti Venkatakaushik, Yamaguchi Kazushi, Tsutsumi Motosuke, Yamamoto Kei, Otomo Kohei, Fujie Yukako, Teramoto Takayuki, Ishihara Takeshi, Aoki Kazuhiro, Nemoto Tomomi, Hillman Elizabeth MC, Kimura Koutarou D	4. 巻 10
2. 論文標題 3DeeCellTracker, a deep learning-based pipeline for segmenting and tracking cells in 3D time lapse images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.59187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hino Takahiro, Hirai Shota, Ishihara Takeshi, Fujiwara Manabi	4. 巻 26
2. 論文標題 EGL 4/PKG regulates the role of an interneuron in a chemotaxis circuit of <i>C. elegans</i> through mediating integration of sensory signals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 411 ~ 425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12849	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wen Chentao, Miura Takuya, Voleti Venkatakaushik, Yamaguchi Kazushi, Tsutsumi Motosuke, Yamamoto Kei, Otomo Kohei, Fujie Yukako, Teramoto Takayuki, Ishihara Takeshi, Aoki Kazuhiro, Nemoto Tomomi, Hillman Elizabeth MC, Kimura Koutarou D	4. 巻 10
2. 論文標題 3DeeCellTracker, a deep learning-based pipeline for segmenting and tracking cells in 3D time lapse images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.59187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Harada Kazuki, Chihara Takami, Hayasaka Yuki, Mita Marie, Takizawa Mai, Ishida Kentaro, Arai Mary, Tsuno Saki, Matsumoto Mitsuharu, Ishihara Takeshi, Ueda Hiroshi, Kitaguchi Tetsuya, Tsuboi Takashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Green fluorescent protein-based lactate and pyruvate indicators suitable for biochemical assays and live cell imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76440-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toyoshima Y, Wu S, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Oe S, Murakami Y, Teramoto T, Park C, Iwasaki Y, Ishihara T, Yoshida R, Iino Y.	4. 巻 18
2. 論文標題 Neuron ID dataset facilitates neuronal annotation for whole-brain activity imaging of <i>C. elegans</i> .	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Biol	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12915-020-0745-2.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Yuuki Onishi, Jamine Teo, Takeshi Ishihara
2. 発表標題 Neuropeptide NLP-47 and its receptor GNRR-1 promote forgetting of olfactory memory in <i>C. elegans</i>
3. 学会等名 CeNeuro2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuuki Onishi, Takeshi Ishihara
2. 発表標題 Analyses of neuropeptides and receptors required for forgetting
3. 学会等名 記憶研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mary Arai, Takeshi Ishihara
2. 発表標題 Regulation of diacylglycerol content in olfactory neurons determines forgetting or retrieval of olfactory memory in <i>Caenorhabditis elegans</i>
3. 学会等名 記憶研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西 湧己 ジャミン テオ 石原 健
2. 発表標題 神経ペプチドNLP-47とその受容体GNRR-1は、線虫 <i>C. elegans</i> の嗅覚学習の忘却を促進する
3. 学会等名 日本神経科学学会大会 (Neuro2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Arai, M., Ishihara, T.
2. 発表標題 Diacylglycerol content controls proper memory utilization through switching between forgetting and retrieving
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hino, T., Hirai, S., Ishihara, T. Fujiwara, M.
2. 発表標題 The regulation of olfactory circuit by EGL-4/PKG
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Onishi, Y. Teo, J., Kitazono, T., Ishihara, T.
2. 発表標題 Identification of Neuropeptides accelerating forgetting in <i>C. elegans</i> with a reverse genetic approach
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teo, J. Ishihara, T.
2. 発表標題 線虫の嗅覚記憶の忘却におけるAIA介在神経の関与
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西湧己、Teo, J., 石原 健
2. 発表標題 神経ペプチドNLP-47は線虫の <i>C. elegans</i> の嗅覚学習の忘却を促進する
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原学 平井祥太 石原健
2. 発表標題 線虫の脳における複数の情報処理の実行機構
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 白井洸充 大江紗 村上悠子 豊島有 飯野雄一 他 石原健
2. 発表標題 線虫 <i>C. elegans</i> を用いて高精度な神経回路解析を行うことを目指し た実験系の改良
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Arai, M., Ishihara, T.
2. 発表標題 Diacylglycerol content controls proper memory utilization through switching between forgetting and retrieving
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hino, T., Hirai, S., Ishihara, T. Fujiwara, M.
2. 発表標題 The regulation of olfactory circuit by EGL-4/PKG
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Onishi, Y. Teo, J., Kitazono, T., Ishihara, T.
2. 発表標題 Identification of Neuropeptides accelerating forgetting in <i>C. elegans</i> with a reverse genetic approach
3. 学会等名 International worm meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤 雄人, Chentao Wen, 三浦 拓也, 熊谷 里加子, 石原 健, 木村 幸太郎
2. 発表標題 全脳イメージングを用いた線虫の機能的神経回路の同定に向けて
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 *木村 幸太郎, 三浦 拓也, Venkatakaushik Voleti, 藤江 由香子, 寺本 孝行, 石原 健, Elizabeth M.C. Hillman, Chentao Wen
2. 発表標題 3DeeCellTracker: 三次元時系列画像データから細胞活動を追跡・抽出する深層学習を用いたソフトウェア
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Teo, J. Ishihara, T.
2. 発表標題 線虫の嗅覚記憶の忘却におけるAIA介在神経の関与
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西湧己、Teo, J., 石原 健
2. 発表標題 神経ペプチドNLP-47は線虫のC. elegansの嗅覚学習の忘却を促進する
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原学 平井祥太 石原健
2. 発表標題 線虫の脳における複数の情報処理の実行機構
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西 湧己、Jamine Teo、北園 智弘、石原 健
2. 発表標題 線虫C. elegansにおける忘却促進を担うシグナルの解析
3. 学会等名 次世代脳プロジェクト2019年度冬のシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一ノ瀬 元成、村上 悠子、豊島 有、大江 紗、Stephen Wu、金森 真奈実、寺本 孝行、Moon-Sun Jang、佐藤 博文、吉田 亮、飯野 雄一、石原 健
2. 発表標題 嗅覚応答にかかわる機能的神経回路の可塑性はいかにして行動を制御するのか
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuuki Onishi, Jamine H. Teo, Tomohiro Kitazono, Takeshi Ishihara
2. 発表標題 Identification of Signaling Factors Accelerating Memory Erasing in <i>C. elegans</i>
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Onishi, J. Teo, T. Kitazono, T. Ishihara
2. 発表標題 Genetic Analyses of Neuropeptides Regulating Forgetting of Olfactory Adaptation in <i>C. elegans</i> .
3. 学会等名 22nd International <i>C.elegans</i> Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J.Hooi Min. Teo, Tomohiro Kitazono, Takeshi Ishihara
2. 発表標題 Cellular analysis in forgetting of an olfactory memory in <i>Caenorhabditis elegans</i> .
3. 学会等名 22nd International <i>C.elegans</i> Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Arai, A. Inoue, T. Ishihara
2. 発表標題 Serotonin and DAG signals regulate active forgetting of olfactory adaptation.
3. 学会等名 22nd International <i>C.elegans</i> Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Fujiwara, H. Wada, T. Ishihara
2. 発表標題 Gonadal maturation changes chemotaxis to a food-associated odorant through a guanylyl cyclase GCY-28.
3. 学会等名 22nd International C.elegans Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

分子遺伝学研究室へようこそ http://www.biology.kyushu-u.ac.jp/~bunsiide/
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------