

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06775

研究課題名(和文) 不完全変態昆虫の成長に伴う性フェロモン受容・処理経路の発達

研究課題名(英文) Postembryonic development of sex-pheromone processing pathway in a hemimetabolous insect

研究代表者

渡邊 英博 (Watanabe, Hidehiro)

福岡大学・理学部・助教

研究者番号：90535139

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ワモンゴキブリ成虫オスは成虫メスの発する二種の性フェロモンを受容することで性行動を解発する。本研究では、性行動を示さないワモンゴキブリの幼虫にも性フェロモン受容のための感覚細胞が存在することを発見し、性フェロモンに対する個々の感覚細胞の応答感度が最終脱皮時に顕著に上昇することを明らかにした。また、成虫オスの触角に特異的に発現する嗅覚受容体を同定し、RNA干渉法と電気生理学実験を合わせることで、ワモンゴキブリの性フェロモン受容体を明らかにした。加えて、性フェロモン受容体の発現阻害個体を用いることでワモンゴキブリの二種の性フェロモンの行動学的な役割の違いや性行動解発のための神経基盤も明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、分子生物学と電気生理学を融合させることにより、ワモンゴキブリが用いる二種の性フェロモンの受容体を世界で初めて同定した。また、性フェロモン受容体遺伝子の発現を阻害することで、二種の性フェロモンの処理過程や行動学的役割の違いを明らかにした。特に、主成分であるペリプラノンBにより活性化される神経回路が性行動の発現に必須であり、副成分であるペリプラノンAはその神経回路を抑制することを見出した。本研究では、衛生害虫であるゴキブリの行動制御に成功しており、ゴキブリの駆除や誘引にも応用できるため、得られた研究成果は社会的にも大きなインパクトを与えるものである。

研究成果の概要(英文)：In American cockroach *Periplaneta americana*, an unmated adult female emits two sex pheromone components, periplanone-A and -B (PA and PB). These collectively attract and elicit typical sexual behaviors to adult males but not nymphs. In this study, we identified PA- and PB-sensory neurons in nymphal males, and sensitivities of them are significantly increased at final molt. Next, we identified PA and PB receptors by combining RNAi knockdown of the male adult-biased olfactory receptor genes with electrophysiological studies. Using the PA or PB receptor knockdown cockroaches, we revealed that activation of the PB-sensory neurons was critical for the sexual behavior expression, whereas activation of the PA-sensory neurons suppressed the sexual behaviors elicited by the PB. Thus, in this study, we identified the sex pheromone processing from receptors to behaviors in the cockroach.

研究分野：神経行動学

キーワード：ワモンゴキブリ 性フェロモン 嗅覚受容体 後胚発生 嗅感覚細胞 性行動 不完全変態昆虫 脳

1. 研究開始当初の背景

昆虫が同種の他個体と情報のやり取りを行うための化学物質をフェロモンといい、昆虫の性行動や社会形成に重要な役割を果たす。特定のフェロモンは特定の昆虫種に対し、特定の行動反応を解発するため、フェロモンの受容・処理機構を研究することにより、昆虫の行動を制御するための神経機構が明らかになる(Wyatt, 2014)。フェロモンにはいくつかの種類があるが、受容過程や脳内での処理機構が最もよく研究がなされているのは性フェロモンである。性フェロモン処理の神経機構はカイコガやショウジョウバエのような完全変態昆虫で研究が進んでいるが、より原始的な不完全変態昆虫ではゴキブリを除き性フェロモンの受容・処理過程の研究はほとんどなされていない。そのため、ゴキブリは不完全変態昆虫でフェロモン研究をおこなう上でのモデル系となりうる。

衛生害虫であるワモンゴキブリ (*Periplaneta americana*) の性フェロモンは主成分のペリプラノン B (PB) と副成分であるペリプラノン A (PA) からなる(Persoons et al., 1990)。これら性フェロモンは成虫メスが分泌し、成虫オスは大気中の性フェロモンの分布よりメスの位置を正確に定位して交尾行動を行う(Seelinger and Gagel, 1985)。PA と PB は成虫オスの触角特異的に存在する *single walled-B* (*sw-B*) 感覚子に内在する PA 感覚細胞と PB 感覚細胞によってそれぞれ受容され、前者は触角葉に存在する A 系球体に、後者は B 系球体に終末する(Watanabe et al., 2012)。A 系球体、B 系球体は大系球体と呼ばれ、成虫オスで極端に肥大化している系球体である(Watanabe et al., 2010)。特に、PB 感覚細胞は触角上の *sw-B* 感覚子の位置に応じて B 系球体に終末し、系球体内に嗅感覚地図を形成する(Nishino et al., 2018)。A 系球体と B 系球体で、PA 感覚細胞と PB 感覚細胞は少数の A 投射ニューロン、B 投射ニューロンにシナプスし、これらの投射ニューロンによって、PA、PB の情報は高次中枢へと伝えられる(Nishino et al., 2012)。性フェロモンを受容する *sw-B* 感覚子は最終脱皮時にオスの触角全体で爆発的に増加する点、幼虫は性フェロモンに対して行動応答を示さない点から、フェロモンの受容能と処理能力は完全変態の昆虫のように成虫になって獲得するものであると考えられてきた。しかし、申請者らの研究より、幼虫では *sw-A* 感覚子に性フェロモン感覚細胞が内在し、最終脱皮時にこの *sw-A* 感覚子が *sw-B* 感覚子に形態変化することを示した(Watanabe et al., 2018)。この結果は、幼虫も未発達ながら性フェロモンを受容し、処理する能力を持っていることを示唆している。上記の結果から、幼虫から成虫にかけての性フェロモンの受容・処理機構の発達を明らかにすることで、ゴキブリの性行動解発のための神経機構が明らかになると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ワモンゴキブリのフェロモン受容機構を明らかにし、幼虫から成虫への後胚発生に伴う、フェロモン受容能や関連する脳内ニューロンの発達を見ることで、ゴキブリの性行動を解発する神経機構を明らかにすることである。今までの性行動を制御する神経機構の研究は、完全変態昆虫を用いて、蛹期に形成されるオス特異的な脳機構の解析や、成虫オスにおける性フェロモン応答性の神経の解析によって研究が進められてきた。一方、ワモンゴキブリのような不完全変態昆虫では後胚発生の過程を通して、フェロモン受容・処理系が発達すると考えられる。特に、ワモンゴキブリの性フェロモン系では、性フェロモン、性フェロモンを受容する感覚細胞、脳内での性フェロモン処理に関わるニューロン群が同定されている。しかし、その一方で、性フェロモン受容の根幹をなす、受容体はまだ明らかになっていない。また、性フェロモンの受容・処理機構の研究は成虫を使って、主に行われており、幼虫では研究が乏しい。本研究のように不完全変態昆虫を用い、幼虫と成虫において、末梢から中枢・行動出力までの性フェロモン処理機構を網羅的に明らかにすることを目的とした研究は他に例がなく、その研究成果から性フェロモン処理や行動発現における新たな神経機構が明らかになると期待できる。

3. 研究の方法

(1) ワモンゴキブリ性フェロモン受容体の同定

昆虫の嗅覚受容体は Odorant Receptor (OR) 型と Ionotropic Receptor (IR) 型受容体の二種類が存在する。OR 型、IR 型共にリガンド結合性の受容体タンパク質 (OR-X、IR-X) とその共受容体 (ORco、IRco) の複合体から形成され、膜貫通型のチャネルを形成している(Wicher and Miazzi, 2021)。ワモンゴキブリでは触角のトランスクリプトーム解析から、オスの成虫特異的に発現している OR 受容体遺伝子が数種類同定されている(Chen et al., 2016)。しかしながら、これらオス特異的受容体遺伝子がどのような受容体をコードしているのかはいまだ分かっていない。本研究では、これらオス特異的受容体遺伝子を性フェロモン受容体候補遺伝子としてその機能を解析する。第一に、これら性フェロモン受容体候補遺伝子の配列を特定し、RNA 干渉法を用いてその発現阻害個体作成する。さらに、RNA 干渉個体を用いて、性フェロモン感覚子である *sw-B* 感覚子より単一感覚子記録を行い、PA 感覚細胞、PB 感覚細胞の PA、PB 応答を解

析する。これらの実験結果を正常個体と比較することで、PA、PB 受容体を明らかにする。加えて、これら性フェロモン受容体候補遺伝子と複合体を形成する、ワモンゴキブリの *ORco* (*PameORco*)の機能解析も同時に進めることで、ワモンゴキブリ性フェロモン受容体の完全な同定を目指す。

(2) ワモンゴキブリの幼虫と成虫の性フェロモン受容能の違いの解析

ワモンゴキブリの最終脱皮時に触角上の *sw-A* 感覚子は約 2 倍以上長さが伸長し、*sw-B* 感覚子に形態変化する(Watanabe et al., 2018)。この感覚子の形態変化に伴い、内在する性フェロモン感覚細胞の樹状突起が伸長する。現在までに、成虫の *sw-B* 感覚子においては性フェロモン感覚細胞の応答特性が明らかになっている(Sass, 1983)が、幼虫の *sw-A* 感覚子の応答特性は明らかになっていない。第一に感覚子記録法を用いて、幼虫の *sw-A* 感覚子に内在する嗅感覚細胞の性フェロモンを含めた匂い応答特性を明らかにする。続いて、終齢幼虫の *sw-A* 感覚子と成虫の *sw-B* 感覚子のフェロモン応答特性と応答感度の違いを明らかにする。また、幼虫から成虫にかけての性フェロモン受容体遺伝子の発現量を解析することで、受容体発現量と性フェロモン応答の関係性を解析する。

(3) ワモンゴキブリの成長に伴い、脳内で新規に発生するニューロンの同定

ワモンゴキブリの B 系球体では感覚地図が存在し、PB 感覚細胞の軸索終末が触角上での感覚子の位置に応じて整然と並んでいる。すなわち、触角基部に位置する *sw-B* 感覚子由来のフェロモン感覚細胞は大系球体の側方部に終末し、触角末梢部に位置する感覚子由来の感覚細胞は大系球体の内側部に終末する(Nishino and Mizunami, 2007) (Nishino et al., 2018)。この、感覚地図は脱皮時に触角基部に新たに発生したフェロモン感覚細胞の軸索終末が系球体の外側に付加されることにより、形成される(Watanabe et al., 2018)。また、中枢でこの感覚地図は、異なる触角上の局所受容野を持つ 8 本の投射ニューロンによって実際に利用される(Nishino et al., 2018)。それでは、この投射ニューロン群もゴキブリの後胚発生時に形成されるのだろうか？この問いを明らかにする、2 つの形態学実験を行う。

各齢の幼虫で投射ニューロンを染色し、その数を計数し、投射ニューロンの増加パターンを明らかにする。

増殖細胞の検出ツールである EdU を用いて、各齢の幼虫で新規に形成された投射ニューロンを検出し、その分布と形態を調べる。

(4) ワモンゴキブリの性行動解発のための神経機構の解析

ワモンゴキブリの脳内には「PA 感覚細胞-A 系球体-A 投射ニューロン」からなる PA 処理経路と「PB 感覚細胞-B 系球体-B 投射ニューロン」からなる PB 処理経路が存在する(Burrows et al., 1982; Nishino et al., 2012)。雌の発する PB と PA の混合物に対して、これらの処理経路が協調的に働き、性行動を解発していると考えられている。しかしながら、PA、PB 共に単体でも十分に性行動を解発できるため、PA 処理経路と PB 処理経路の性行動に対する役割の違いは明らかになっていない。(1) の実験で PA 受容体、PB 受容体が明らかになった場合、これら遺伝子の発現を、RNA 干渉法を用いて阻害することで、PA 処理経路もしくは PB 処理経路が機能しないゴキブリを作成することが可能であると考えられる。このゴキブリを用いて、PA、PB に対する行動実験や A 投射ニューロン、B 投射ニューロンからの神経応答の記録を行うことで、PA と PB の行動学的な役割の違いを明らかにする。

4. 研究成果

(1) ワモンゴキブリ性フェロモン受容体の同定

ワモンゴキブリの OR 型受容体に注目し研究を行った。OR 型受容体はリガンド結合性の OR-X とその共受容体の *ORco* の複合体として形成され、そのうち *ORco* は昆虫間で高度の保存されていることが知られている。そこで、明らかになっているワモンゴキブリのゲノム情報から、他種の *ORco* 配列と比較することで、候補 *Orco* 遺伝子を推定し、RNA 干渉法と単一感覚子記録法を用いて、ワモンゴキブリ *ORco* (*PameORco*) の機能解析をおこなった。その結果、触角上に存在する棒状感覚子、毛状感覚子での嗅覚受容が OR 型受容体によって行われている事が明らかになった。また、*ORco* 発現阻害個体を用いて、*sw-B* 感覚子の性フェロモン応答を解析したところ、PA、PB 共に、OR 型受容体で受容されることも明らかになった。実際に、抗 *Orco* 抗体を作成し、OR 型受容体が確かに *sw-B* 感覚子に内在するすべての感覚細胞で発現していることも明らかにした。この研究成果について、発表論文として報告した(Tateishi et al., 2022)。

上記の研究により、性フェロモンである PA と PB はそれぞれ PA 感覚細胞と PB 感覚細胞に発現している OR 型受容体によって受容されることが明らかになった。そこで、成虫オス特異的に発現している 4 種類の性フェロモン受容体候補遺伝子に対して、RNA 干渉個体を作成し PA 感覚細胞の PA 応答と PB 感覚細胞の PB 応答を記録した。その結果、*PameOR1* 遺伝子の発現阻害個体で PA 感覚細胞による PA 受容が、*PameOR2* 遺伝子の発現阻害個体で PB 感覚細胞による PB 受容が顕著に減衰することが明らかになった。この結果より、ワモンゴキブリの PA 受容体は「*PameOR1/PameORco*」の複合体であり、PB 受容体は「*PameOR2/PameORco*」の複

合体であることが明らかになった。このように、本研究課題によって世界で初めてゴキブリの性フェロモン受容体を明らかにした。また、*PameOR1* と *PameOR2* の RNA 干渉個体を用いて、PA 感覚細胞と PB 感覚細胞の神経応答を精査することにより、PA 感覚細胞の PA 受容体は PA のみを選択的に受容するのに対し、PB 感覚細胞の PB 受容体は PB だけでなく、PA の受容能もあることが明らかになった（図参照）。

(2) ワモンゴキブリの幼虫と成虫の性フェロモン受容能の違いの解析

ワモンゴキブリ終齢幼虫オスの触角に存在する *sw-A* 感覚子の一部は最終脱皮時に伸長し、*sw-B* 感覚子に形態変化する。本研究では幼虫の *sw-A* 感覚子から網羅的な単一感覚子記録を行うことにより、幼虫の *sw-A* 感覚子の一部が PA 感覚細胞、PB 感覚細胞を持つ性フェロモン感覚子であることを明らかにした。特に、性フェロモン応答性の *sw-A* 感覚子は感覚子表面に分布する嗅孔の形状が性フェロモン非応答性の *sw-A* 感覚子とは異なることを電子顕微鏡観察によって明らかにし、新たに *sw-A2* 感覚子と命名した。また、終齢脱皮時にこの *sw-A2* 感覚子が *sw-B* 感覚子に形態変化を起こすことも直接的な電子顕微鏡観察によって明らかにした。これらの研究成果については研究論文として報告した(Tateishi et al., 2020)。

続いて、幼虫の *sw-A2* に内在する性フェロモン感覚細胞の応答感度を成虫の *sw-B* 感覚子に内在する性フェロモン感覚細胞の応答感度と比較した。その結果、終齢脱皮時に性フェロモン感覚細胞の応答感度は約 10 倍上昇していることが明らかになった。この感度上昇の要因として、終齢脱皮時の *sw-A2* 感覚子から *sw-B* 感覚子への形態変化によって、内在感覚細胞の感覚繊毛が伸長し、その結果、感覚繊毛に発現する性フェロモン受容体の量が変わるためではないかと推測した。この仮説を検証するために、同定した性フェロモン受容体遺伝子 (*PameOR1* と *PameOR2*) の発現量を rt-qPCR 法で解析した。その結果、確かに、感覚子の形態変化に伴い、受容体発現量の上昇が起きていることが明らかになった。このように、終齢脱皮時の性フェロモン感覚子の形態変化とそれに伴う、性フェロモン受容体の増加、受容感度の上昇は、成虫オスのみで開発される性フェロモンに対する性行動のトリガーになるのではと考えている。

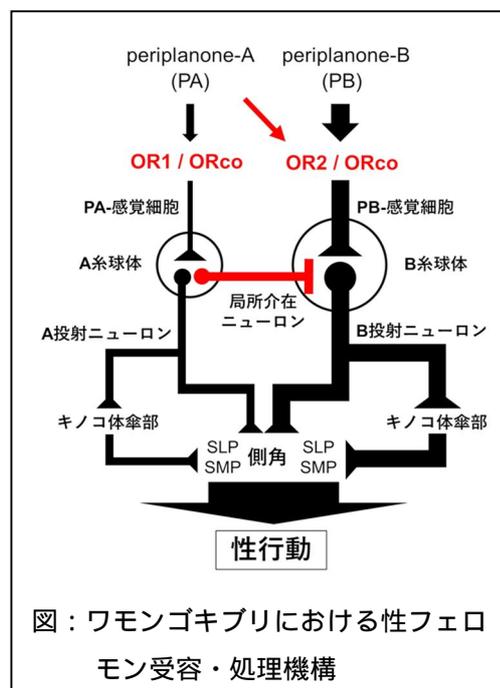
(3) ワモンゴキブリの成長に伴い、脳内で新規に発生するニューロンの同定

ワモンゴキブリの成長過程で新規に形成される投射ニューロンがないか形態学的解析を行った。若齢と終齢、さらに成虫のオスワモンゴキブリの投射ニューロンを抗チューブリン抗体で染色し、その数を計測した。また、細胞分裂時に取り込まれ、新生した細胞核を染色することができる EdU によって、成長過程で新生する投射ニューロンの探索を行った。その結果、全ての投射ニューロンは初期発生時に形成されており、成長過程では投射ニューロンの新規の発生はなく、個々の投射ニューロンが肥大成長するだけであることが明らかになった。この結果は、ワモンゴキブリにおいておおよその神経機構は初期発生時に形成され、後胚発生期は存在するニューロンの形態変化しか起こらないことが示唆された。特に、大系球体の感覚地図に対応する投射ニューロンの樹状突起の分布パターンは成長段階依存的に変化することが示唆されたため、現在さらなる実験と解析を進めている。

(4) ワモンゴキブリの性行動解発のための神経機構の解析

本研究よりワモンゴキブリの PA 受容体は「*PameOR1/PameORco*」の複合体であり、PB 受容体は「*PameOR2/PameORco*」の複合体であることが明らかになった。そのため *PameOR1* および *PameOR2* の発現阻害個体を用いて行動実験を行うことで、PA と PB の行動学的な役割の違いを明らかにした。*PameOR2* 発現阻害個体は PB 感覚細胞での PB 受容が出来なくなっていると考えられる。そのため、通常個体に比べ、*PameOR2* 発現阻害個体では PB に対する性行動活性が著しく減少した。PB は PB 感覚細胞のみを活性化するため、*PameOR2* 発現阻害個体での PB による性行動活性の著しい減衰は、PB 感覚細胞とそれに続く PB 処理経路の活性化が性行動の解発には必須であることを示している。

また、*PameOR1* 発現阻害個体は PA 感覚細胞での PA 受容が出来なくなっていると考えられる。しかしながら、*PameOR1* 発現阻害個体は PA に対して、通常個体よりも強い性行動活性を示した。PA は PB 感覚細胞によっても受容できるため、*PameOR1* 発現阻害個体でも PA によって PB 感覚細胞とそれに続く PB 処理経路も活性化できる。PB 処理経路



図：ワモンゴキブリにおける性フェロモン受容・処理機構

は性行動の解発に必須であるため、PA による PB 処理経路の活性化により *PameOR1* 発現阻害個体でも性行動が解発されたと考えられる。また、*PameOR1* 発現阻害個体は PA に対して、通常個体よりも有意に性行動活性が上昇したことから、通常個体でみられる PA 感覚細胞とそれに続く PA 処理経路の活性化は、性行動の解発に必要な PB 処理経路を抑制していると考えられる。このように、PA 処理経路と PB 処理経路は性行動の解発において相反的な役割を持つことが示唆された。

それでは、PA による PB 処理経路の抑制は脳内のどこで起こっているのでしょうか？その神経機構を明らかにするため、PB 処理経路の中核をなす B 投射ニューロンの応答を記録した。その結果、B 投射ニューロンは PB に対して強い興奮応答を示すが、PB による B 投射ニューロンの興奮応答は PA の同時刺激によって抑制されることが分かった。この結果から、PB 処理経路の抑制は、A 系球体と B 系球体を接続する触角葉局所介在ニューロンを介して行われていることが示唆された。実際に触角葉の局所介在ニューロンは GABA 作動性であることが知られている。

上記の結果から、ワモンゴキブリにおける性フェロモン受容・処理機構と性フェロモンによる行動発現機構が図のように明らかになった。これらの研究成果は投稿論文として現在準備中である。

< 引用文献 >

- Burrows M, Boeckh J, Esslen J. 1982. *J Comp Physiol A* 145(4):447-457.
Chen Y, He M, Li ZQ, Zhang YN, He P. 2016. *Sci Rep* 6:27495.
Nishino H, Iwasaki M, Kamimura I, Mizunami M. 2012. *J Comp Neurol* 520(15):3428-3445.
Nishino H, Iwasaki M, Paoli M, Kamimura I, Yoritsune A, Mizunami M. 2018. *Curr Biol* 28(4):600-608 e603.
Nishino H, Mizunami M. 2007. *Neuroreport* 18(17):1765-1769.
Persoons CJ, Ritter FJ, Verwiel PEJ, Hauptmann H, Mori K. 1990. *Tetrahedron Letters* 31(12):1747-1750.
Sass H. 1983. *J Comp Physiol A* 152(3):309-317.
Seelinger G, Gagel S. 1985. *Physiol Entom* 10(2):221-234.
Tateishi K, Nishimura Y, Sakuma M, Yokohari F, Watanabe H. 2020. *Sci Rep* 10(1):1995.
Tateishi K, Watanabe T, Nishino H, Mizunami M, Watanabe H. 2022. *iScience* 25(5):104272.
Watanabe H, Haupt SS, Nishino H, Nishikawa M, Yokohari F. 2012. *J Comp Neurol* 520(8):1687-1701.
Watanabe H, Koike Y, Tateishi K, Domae M, Nishino H, Yokohari F. 2018. *J Comp Neurol* 526(16):2683-2705.
Watanabe H, Nishino H, Nishikawa M, Mizunami M, Yokohari F. 2010. *J Comp Neurol* 518(19):3907-3930.
Wicher D, Miazzi F. 2021. *Cell Tissue Res*.
Wyatt TD. 2014. *Pheromones and Animal Behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tateishi Kosuke, Watanabe Takayuki, Nishino Hiroshi, Mizunami Makoto, Watanabe Hidehiro	4. 巻 25
2. 論文標題 Silencing the odorant receptor co-receptor impairs olfactory reception in a sensillum-specific manner in the cockroach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 104272 ~ 104272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2022.104272	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 Tateishi Kosuke, Watanabe Hidehiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Single Sensillum Recording: An electrophysiological recording that directly reveal olfactory transduction mechanisms in insects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Hikaku seiri seikagaku(Comparative Physiology and Biochemistry)	6. 最初と最後の頁 150 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3330/hikakuseiriseika.39.150	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 Watanabe Hidehiro, Ogata Shoji, Nodomi Nonoka, Tateishi Kosuke, Nishino Hiroshi, Matsubara Ryosuke, Ozaki Mamiko, Yokohari Fumio	4. 巻 17
2. 論文標題 Cuticular hydrocarbon reception by sensory neurons in basiconic sensilla of the Japanese carpenter ant	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1084803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncel.2023.1084803	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 Taniguchi Ryo, Nishino Hiroshi, Watanabe Hidehiro, Yamamoto Shuhei, Iba Yasuhiro	4. 巻 108
2. 論文標題 Reconstructing the ecology of a Cretaceous cockroach: destructive and high-resolution imaging of its micro sensory organs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Science of Nature	6. 最初と最後の頁 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00114-021-01755-9	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 Ezaki Kota, Yamashita Takashi, Carle Thomas, Watanabe Hidehiro, Yokohari Fumio, Yamawaki Yoshifumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Aldehyde-specific responses of olfactory sensory neurons in the praying mantis	5. 発行年 2021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/s41598-021-81359-5	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 Fujiki Kentaro, Nagase Mihoko, Takaki Keigo, Watanabe Hidehiro, Yamawaki Yoshifumi	4. 巻 528
2. 論文標題 Three dimensional atlas of thoracic ganglia in the praying mantis, Tenodera aridifolia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Comparative Neurology	6. 最初と最後の頁 1599-1615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cne.24841	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 Tateishi Kosuke, Nishimura Yukihiro, Sakuma Masayuki, Yokohari Fumio, Watanabe Hidehiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Sensory neurons that respond to sex and aggregation pheromones in the nymphal cockroach	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/s41598-020-58816-8	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 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 TATEISHI Kosuke, WATANABE Takayuki, DOMAE Mana, NISHINO Hiroshi, MIZUNAMI Makoto, WATANABE Hidehiro
2. 発表標題 Two distinct sex pheromone processing pathways in the American cockroach, from receptions to behaviors
3. 学会等名 第44回日本比較生理生化学会高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 AIZAWA Yuri, TATEISHI Kosuke, WATANABE Takayuki, WATANABE Hidehiro
2. 発表標題 Ionotropic receptors for hygrosensation in the American cockroach
3. 学会等名 第44回日本比較生理生化学会高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 WATANABE Takayuki, NISHINO Hiroshi, WATANABE Hidehiro, TATEISHI Kosuke, MIZUNAMI Makoto
2. 発表標題 Transcriptome analyses of chemosensory receptor genes in the antennae of cockroaches and a cricket
3. 学会等名 第44回日本比較生理生化学会高知大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 立石康介、渡邊崇之、西野浩史、水波誠、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの2種の性フェロモンの受容機構と行動的役割の違い
3. 学会等名 第93回日本動物学会早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉山妃奈、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリ触角感覚系の再生様式
3. 学会等名 第93回日本動物学会早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Tateishi, Takayuki Watanabe, Hiroshi Nishino, Makoto Mizunami, Hiroyuki Ai, Hidehiro Watanabe
2. 発表標題 Functional and developmental analyses of the sex pheromone reception system in the American cockroach during the nymphal-adult transition
3. 学会等名 International Congress Neuroethology 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藍澤優李、立石康介、渡邊崇之、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリ湿度受容体の探索
3. 学会等名 九州沖縄植物学会 (第71回)・日本動物学会九州支部 (第74回)・日本生態学会九州地区会 (第66回)三学会合同佐賀大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Tateishi, Takayuki Watanabe, Hiroshi Nishino, Makoto Mizunami, Hidehiro Watanabe
2. 発表標題 Functional analysis of odorant receptor co-receptor (ORco) in the antennae of the American cockroach
3. 学会等名 Insect olfaction and taste in 24 hours around the globe (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Tateishi, Hidehiro Watanabe
2. 発表標題 Postembryonic development of sex pheromone reception in the American cockroach
3. 学会等名 Insect olfaction and taste in 24 hours around the globe (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの性フェロモン受容機構の解明に向けて
3. 学会等名 日本動物学会第92回米子大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立石康介、渡邊崇之、西野浩史、水波誠、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの性フェロモン受容体の同定
3. 学会等名 日本動物学会第92回米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Tateishi、Takayuki Watanabe、Hiroshi Nishino、Makoto Mizunami、Hidehiro Watanabe
2. 発表標題 Sex pheromone receptors in the American cockroach
3. 学会等名 本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立石康介、渡邊崇之、西野浩史、水波誠、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリのOR型嗅覚受容体の分布と匂い応答特性
3. 学会等名 4.九州沖繩植物学会（第70回）・日本動物学会九州支部大会（第73回）・日本生態学会九州地区会（第65回）三学会合同福岡大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 立石 康介・渡邊 崇之・西野 浩史・水波 誠・渡邊 英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの嗅覚共受容体(Orco)の同定と機能解析
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 立石康介、佐久間正幸、横張文男、 渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリ幼虫の性および集合フェロモン応答性嗅感覚細胞の同定
3. 学会等名 第72回日本動物学会九州支部会他三学会合同長崎大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 善有紗、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの性フェロモン処理に関わる新規脳内ニューロン群の探索
3. 学会等名 第72回日本動物学会九州支部会他三学会合同長崎大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 立石康介、横張文男、 渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの後胚発生に伴う嗅感覚細胞のフェロモン応答特性の変化
3. 学会等名 日本動物学会第90回大阪大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 善有紗、渡邊英博
2. 発表標題 ワモンゴキブリの高位嗅覚中枢における性フェロモン応答性のニューロン群の同定
3. 学会等名 日本動物学会第90回大阪大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 立石康介、八代恵、藍浩之、渡邊英博
2. 発表標題 Postembryonic development of sex pheromone-responsive sensilla in the cockroach
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第41回東京大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊英博、大塚裕太、堂前愛、藍浩之、西野浩史
2. 発表標題 Postembryonic development of projection neurons in the cockroach antennal lobe
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第41回東京大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>福岡大学研究者情報 https://kenkyusha-db.fukuoka-u.ac.jp/search/detail?systemId=45b34d26efa8587d520e17560c007669&lang=ja</p> <p>プレスリリース： 「幼虫ゴキブリのフェロモンに反応する感覚神経の存在を世界で初めて発見」2020年6月19日 「ゴキブリが匂いを感じる仕組みを解明し、匂いを感じられないゴキブリを作成」2022年5月24日 「クロオオアリはどのように巣の仲間の匂いを感じるのか？ クロオオアリの巣仲間識別に関わる体表炭化水素の受容機構を解明」2023年2月21日</p> <p>報道関連情報： 「麻薬探知ゴキブリ」も 幼虫のフェロモン感知メカニズム解明、広がる応用法（産経新聞九州・2020年3月12日・https://www.sankei.com/article/20200312-MUMLNYUPYJ02VEF22QLWU6ZND/） ゴキブリがにおいを感じる仕組み解明～受容体阻害で感じない個体作製にも成功～（科学新聞・2022年6月10日・https://sci-news.co.jp/topics/6541/）</p>
--

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
研究 分 担 者	西野 浩史 (Nishino Hiroshi) (80332477)	北海道大学・電子科学研究所・助教 (10101)	

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