

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 7 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19116

研究課題名(和文) 抵抗性メスの進化と乱婚メス出現の仕組みの解明と対策

研究課題名(英文) Evolution of resistant females and mechanisms of emergence of promiscuous females and countermeasures

研究代表者

宮竹 貴久 (Miyatake, Takahisa)

岡山大学・環境生命自然科学学域・教授

研究者番号：80332790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：コクヌストモドキを用いた10世代の進化実験で不妊オスと同居させて世代を繋いだ処理系統と、不妊オスと同居させないで世代を繋いだ対照系統を確立した。処理系統のメスは対照系統のメスに比べ、交尾回数が有意に多くなった。これは乱婚制が進化したことを意味する。一方この進化実験では不妊オスを見分けるメスの能力「交尾前性選択」は進化しなかった。次に両系統の雌が産んだ卵の孵化率を測定して「交尾後性選択」について調べたところ、処理系統のメスは不妊オスの精子を識別することが分かった。実際に不妊オスが放飼されている喜界島と放飼されていない那覇のアリモドキゾウムシでは、交尾前性選択に差はなかったが交尾回数が異なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

メスが不妊オスを識別できるかは誰も挑戦していない課題で【抵抗性メスの進化】と【多オス交尾メスの進化】のどちらになるかは探索的性質が強く芽生え期の研究計画である。実験の結果、であれば低線量や分割照射することで不妊オスに対するメスの識別(抵抗性)の進化を抑制する(低線量なのでオスの交尾行動に異常が見られずメスは外見で識別できない)技術を確立して根絶が達成できる。であればオス側の戦略として野外において進化してきた強い再交尾抑制物質を射精するオスを選抜することで乱婚性メスの進化防止につながる技術開発につながる。本課題は侵入害虫の駆除方法において野生集団の進化特性を理解する重要性を明らかにする。

研究成果の概要(英文)：In 10-generation evolutionary experiment using *Tribolium castaneum*, we established treatment lines in which generations were linked by cohabitation with infertile males and control lines in which generations were linked without cohabitation with infertile males. Females in the treatment lines mated significantly more frequently than females in the control lines. On the other hand, pre-mating sexual selection, the ability of females to distinguish infertile males, did not evolve in this evolutionary experiment. Next, we examined "post-mating sexual selection" by measuring the hatchability of eggs laid by females of both strains, and found that females of the treatment strain were able to identify the sperm of infertile males. Next, there was no difference in pre-mating sexual selection between weevils from Kikaijima Island, where infertile males were released and those from Naha, where infertile males were not released, but the number of mating attempts differed.

研究分野：昆虫科学

キーワード：不妊化法 害虫根絶 進化実験 交尾前性選択 交尾後性選択

1. 研究開始当初の背景

代表者は沖縄県で不妊化法によるミバエ根絶プロジェクトに携わり(1987-1999)、不妊オス抵抗性メスが生じるメカニズムに興味を抱いた。2000年に岡山大学に異動し「性選択と性的対立の研究」を2020年まで続け、不妊オスにさらされた野生メスに不妊オス抵抗性メスが生じれば、これは性選択と乱婚の進化という基礎研究と不妊化法の応用研究の双方の問題であると認識した。この間、南方系侵入害虫防除研究(1996-1999)、農林水産業特別試験研究費補助金事業(2011-2014)、科研費基盤研究(2002-2005)の資金を得て不妊化法の基礎研究を実施し、その後は国の専門家として南西諸島のゾウムシ類根絶事業に関わり、不妊オスを放飼しつづけても根絶が困難な地域がなぜ存在するのかに関心を抱いた。不妊化法のもとでは不妊オス抵抗性メスの進化と、乱婚メスの進化の2つの問題があると気づき、これを解決するため本研究構想の着想に至った。この場合は、メスには識別できないが、実用上十分に不妊化できる低線量照射法を確立することで抵抗性が回避でき、この場合は同じハエ目のショウジョウバエで知られている(Rice 1996 Nature)オス側の戦略として野外において進化してきた強い再交尾抑制物質を射精するオスを選抜することで多オス交尾の進化を防止する技術につながられる。どちらの場合でもより少ない数の不妊甲虫オスの放飼技術でも効率的な根絶が可能となる。アリモドキゾウムシやミバエは国の特殊害虫に指定され移動が困難かつ世代期間が長いので不妊虫抵抗性の仕組みを調べるのは困難である。そこで個体識別の上で累代飼育が容易で、全ゲノムが既知のコクヌストモドキが抵抗性と乱婚の進化実験に理想モデルという結論に至り、コクヌストモドキの不妊化に適切な照射線量を連携研究者である沖縄県研究者(仲本)と求めた。性選択理論の研究者である安井行雄(香川大)と根絶の現場で交尾行動を研究する日室千尋(琉球大)と議論を重ねた結果、現場で生じている不妊オスに対するメスの反応を、コクヌストモドキで再検証し、根絶事業にフィードバックする本研究構想に至った。

侵略的外来生物の駆除は生産環境農学分野において喫緊の課題である。化学農薬を使わない環境に優しい害虫根絶法として不妊化法がある。不妊化法はウリミバエでは成功し根絶された(Koyama, Miyatake et al. 2004 Annu Rev Entomol)が、世界では失敗例も多く(Dyck et al. 2005)その科学的根拠は明らかでない。害虫根絶法の学術体系と方向を変革させるには、成功と失敗を分ける基礎的なメカニズムを解明しなくてはならない。不妊化法の問題点は性選択理論から考えれば「野生メスが不妊オスを識別できるか否かという学術的な問い」にある。

2. 研究の目的

不妊化法の問題点は性選択理論から考えれば「野生メスが不妊オスを識別できるか否かという学術的な問い」にある。もしメスが不妊オスを識別できるなら、不妊オス抵抗性という形質を持つ野生メスが進化し、不妊オスは野生メスと交尾に至らず根絶が不可能となる【抵抗性メスの進化】。一方、もしメスが不妊オスを識別できないなら、メスは乱婚(複数のオスと無差別に交尾する)により不妊オスだけではなく正常オスも交尾相手に取り込み受精を割り当てることで危険分散を図ろうとすることが理論的に予測される(Yasui and Garcia-Gonzalez 2016)。この場合、不妊オスの影響は正常オスによって希釈され根絶に到らない【乱婚メスの進化】。どちらの場合も、野外で正常オスに出会えないほど(相手を選べないあるいは複数オスと交尾しても全部不妊オス)大量の不妊オスを放飼する必要があるので手間やコスト面での影響は甚大である。実際の根絶事業でも不妊オスに対して抵抗性を持つメスのウリミバエが出現した(Hibino and Iwahashi 1989, 1991)。沖縄県の久米島で不妊化法による根絶に成功したアリモドキゾウムシ(植物防疫法で特殊害虫に指定)は現在、南西諸島の複数の離島で不妊化法による根絶事業が進められているが、長年の不妊オス放飼によっても野生虫の数が減らないケースもある。本研究では、実験的にモデル甲虫を使って室内で実験進化を行い、どのような条件で、もしくはこのメスが生じるかを探し、その結果を野外で実際に不妊化法が実施されている南西諸島地域(うるま市・喜界島)のアリモドキゾウムシにフィードバックさせる。アリモドキゾウムシのメスは、一度交尾するとフェロモン放出を止めるが、オスが近寄って来ると交尾する(Sugimoto et al. 1996)。すなわち、オス密度によってメスの乱婚性と抵抗性のどちらかが進化しうる。そこでメスの再交尾受容性を関数とし、乱婚メスと抵抗メスの進化モデルを構築し、国が実施している不妊化法の手法に学的根拠を提案する。

3. 研究の方法

(A)室内での実験進化(モデル害虫:コクヌストモドキ)【抵抗性メスの進化】コバルト60で照射したコクヌストモドキの不妊オスを準備し、不妊オスと正常オスをメスに提示し交尾機会を与えたあとメスに産卵させる。孵化した卵は正常オスと受精したメスの子孫である。このオスの提示実験を10世代繰り返し、子孫を得る。もし不妊オス抵抗性が生じていれば、この子孫のメスは正常オスと不妊オスを識別できると予測され、根絶が不可能になる。抵抗性メスの証拠が得られた場合は、オスに照射する不妊化線量や照射方法の変更によって、メスによるオスの識別程度が変化する可能性を考え、メスが照射による不妊オスの行動変化を識別できない程度の不妊オス化線量を探索する。【乱婚性メスの進化】の人為選抜実験において、メスの多オス交尾傾向(乱婚メス)が不妊化法によって進化するなら10世代後にはより再交尾を受け入れるはずである。コクヌストモドキの交尾による受精を確認するため、可視突然変異マ

ーカー系統（黒色型：茶色の野生型に対し劣性遺伝）を使用する。人為選抜した黒色型の処女メスに第1オス（茶色または黒色）を与え一定期間同居させ、ふ化率を調査する。また第2オスの子を産むメスの比率、すなわち再交尾率が増加したかを検定する。

(B)野外での実証（害虫：アリモドキゾウムシ）沖縄県うるま市と鹿児島県の喜界島では本種の根絶に向けて、数年間、不妊虫が放飼され続けている。不妊オスが効力を発揮していれば野生メスに抵抗性もしくは乱婚性の進化反応が見られるはずだ。不妊虫放飼が行われていない那覇市と放飼地区のうるま市（と喜界島）より本種を採集し両集団でメスの不妊オス識別能力と再交尾受入率に差があるか調べる。

(C)モデルでのシミュレーションと根絶の現場へのフィードバック：ゾウムシで得られたデータを考察するため、コクヌストモドキに戻って不妊オスと正常オスに対して再交尾を許す期間を可変的な関数として再び操作実験し、シミュレーションによる理論的検討と並行して、効率的なアリモドキゾウムシ不妊化法を探索する。すでに我々はメスに時間無制限で再交尾を許すとわずか5世代の実験進化でも乱婚性のメスが進化することを突き止めており、萌芽的とは言え実験系の確立は万全である。

4. 研究成果

2021年度の研究成果は、次の通りである。実験材料としてコクヌストモドキ *Tribolium castaneum* を用いた。餌として5%ビール酵母を含んだグラハム粉を与えた。雄の不妊化は、コバルト60を線量80Gyで照射することにより行った。未交尾の雄を実験室集団から無作為に取り出し、照射処理を行った。実験室飼育集団から無作為に10個体の未交尾雌を取り出し、ろ紙を敷いたシャーレ（直径65mm、高さ15mm）に入れた。処理系統では、実験室飼育集団から無作為に取り出した5個体の未交尾雄と、未交尾の照射雄5個体をそのシャーレに入れた。対照系統では、実験室飼育集団から無作為に取り出した10個体の未交尾雄をそのシャーレに入れた。処理の繰り返しとしてそれぞれ5系統ずつ作成された（処理系統×5系統+対照系統×5系統=10系統）。各シャーレに餌を投入し、28度のインキュベーター内で自由に交尾させた。24時間後、シャーレから雌だけを取り出し、プラスチック容器（直径100mm、高さ50mm）に餌と共に投入して、自由に産卵させた。約30日後に、現れた蛹を取り出して雌雄分けを行い、性別に管理して羽化させた。各個体が十分に性成熟した（14-28日齢）のを確認した後、同様の作業を繰り返して行った。この育種作業を8世代、継代で行い、処理系統（不妊オス同居系統）と対照系統（不妊オス非同居系統）をそれぞれ作成した。それぞれの系統で作成した繰り返しラインは5個作った。2021年度は確立した両系統で、交尾行動の観察を開始した。処理系統と対照系統のそれぞれから取り出した未交尾雌を、濾紙を敷いた直径15mmの円形のプラスチック製の容器に入れた。3分後、未交尾の照射雄もしくは対照雄のどちらか1個体を投入して、15分間にわたって交尾行動を観察した。記録対象は、最初に交尾するまでの時間、交尾回数、平均交尾持続時間とした。

2022年度の成果は、次のとおりである。確立した処理系統と対照系統において、交尾行動の調査（8世代目）では、交尾回数の結果において、雄の処理で統計的有意差はないものの照射雄の方が対照雄よりも交尾回数が多い傾向が見られた。これは世代を経て不妊オスにさらされ続けた系統のメスでは、乱婚制が進化することを示している。

各系統のメスの孵化率を比較したところ、いずれの系統の雌も、2回目に対照雄と交尾したときと比較して照射雄と交尾したときに孵化率が有意に低くなった。2回目に照射雄と交尾したときの孵化率において、雌の系統、雄の処理と雌の系統の交互作用は見られなかった。この結果は、世代を経て不妊オスにさらされ続けたメスでは、精子を選別して、正常オスの精子を選び好んで受精に使用していることを示しており、不妊オス（=はずれオス）存在下では、交尾後性選択、つまり隠れたメスによる選択が進化することを示している。2022年度には実際に不妊虫の放飼が続けられている喜界島のアリモドキゾウムシと、不妊化法が実施されていない那覇市のアリモドキゾウムシを採集し、それぞれの個体群を飼育維持することに成功した。

2023年度には、モデルのコクヌストモドキにおける調査（15世代目）では、交尾回数の結果において雌の系統の有意な効果が見られ、処理系統の方が対照系統よりも有意に交尾回数が多かった。交尾回数にその他の要因の有意な効果は見られなかった。平均交尾持続時間の結果において、雄の処理と雌の系統の交互作用の有意な効果が見られ、対照系統の雌は照射雄と長い時間交尾したが、処理系統の雌は照射雄と短時間しか交尾をしなかった。その他の要因に有意な効果は見られなかった。交尾開始までの時間において、雄の処理に有意な効果は見られなかったが、雌の系統および、雄の処理と雌の系統の交互作用の有意な効果が見られた。理論モデルからの視点を加えて議論を積み重ねた結果、メスの多数回交尾の進化だけでは、両がけ戦略（bet hedging）を証明したことになることが明らかになったため、メスの多オス交尾が進化しているのが調べるための実験設定を完了できた。系統間での多オス交尾の比較については、継続して調査する課題となっている。また系統間でクリプトクローム解析を行うためのRNA抽出と事前解析を行った。これについては解析を進めているところである。アリモドキゾウムシの比較試験では、交尾行動の観察結果より、不妊雄は野生雌に避けられていないこと、那覇の野生オスが沖縄増殖メス

より、奄美増殖メスに対して求愛率が高いこと、喜界島野生系統のメスは鹿児島県飼育褐色系統のオスを忌避していないことが分かったが、興味深いことに喜界島系統は産卵するメスの割合が与那国島個体群よりもそもそも低いという結果が明らかとなり、これが不妊オスを野外で放し続けた結果か、そもそもの個体群の特性による違いかを明らかにする必要が認められた。以上の結果より、不妊オスを放し続けている地域と不妊化法が実施されていない場所で採集したアリモドキゾウムシでは、繁殖形質に違いが認められることがわかった。これは効率的な不妊化法の改良（放飼地域の野生ゾウムシの特性を判断して適切な不妊虫放飼を考慮する）において、考えるべき視点を与えるものとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 Matsumura Kentarou, Miyatake Takahisa	4. 巻 151
2. 論文標題 Dominance and inheritance patterns of mobility and death feigning in beetle strains selected for moving activity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Genetica	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10709-022-00174-6	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 Matsumura Kentarou, Wakabayashi Kyosuke, Kawakami Renya, Miyatake Takahisa	4. 巻 77
2. 論文標題 Latitudinal cline in reproductive traits in the red flour beetle <i>Tribolium castaneum</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Behavioral Ecology and Sociobiology	6. 最初と最後の頁 85-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00265-023-03359-x	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 Urasaki Kimiko, Matsumura Kentarou, Miyatake Takahisa	4. 巻 59
2. 論文標題 Spatio-temporal distribution of adults and eggs of the West Indian sweetpotato weevil <i>Euscepes postfasciatus</i> (Coleoptera: Curculionidae) on sweet potato stems	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Applied Entomology and Zoology	6. 最初と最後の頁 117-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13355-024-00861-0	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 Nishitani Toshiki, Matsumura Kentarou, Postma Erik, Sharma Manmohan Dev, Hosken David J, Miyatake Takahisa	4. 巻 78
2. 論文標題 Experimental quantification of genetic and ontogenetic effects on fighting behavior in the broad-horned flour beetle	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Behavioral Ecology and Sociobiology	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) 10.1007/s00265-024-03451-w	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 Asakura Masaya, Matsumura Kentarou, Ishihara Ryo, Miyatake Takahisa	4. 巻 12
2. 論文標題 Freezing or death feigning? Beetles selected for long death feigning showed different tactics against different predators	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	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) 10.1002/ece3.8533	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 Matsumura Kentarou, Miyatake Takahisa	4. 巻 128
2. 論文標題 Effects of individual differences in the locomotor activity of assassin bugs on predator-prey interactions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 395 ~ 401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eth.13272	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 Miyatake Takahisa, Abe Masato S., Matsumura Kentarou, Yoshii Taishi	4. 巻 128
2. 論文標題 Artificial selections for death feigning behavior in beetles show correlated responses in amplitude of circadian rhythms, but the period of the rhythm does not	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 453 ~ 460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eth.13279	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 Matsumura Kentarou, Sasaki Ken, Miyatake Takahisa	4. 巻 35
2. 論文標題 Responses to artificial selection for locomotor activity: A focus on death feigning in red flour beetle	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Evolutionary Biology	6. 最初と最後の頁 855 ~ 867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jeb.14012	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 Ishihara Ryo, Miyatake Takahisa	4. 巻 40
2. 論文標題 Differences in mating tactics performed by males of two local populations of the Japanese scorpionfly <i>Panorpa japonica</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 237 ~ 244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-022-00753-2	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 Matsumura Kentarou, Abe Masato S., Miyatake Takahisa	4. 巻 40
2. 論文標題 Responses to artificial selection of dispersal activity in the circadian rhythm of the red flour beetle <i>Tribolium castaneum</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 285 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-022-00757-y	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 Yasui Yukio	4. 巻 37
2. 論文標題 Life history traits of the fairy shrimp <i>Branchinella kugenumaensis</i> are highly variable between neighboring rice paddies in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 344 ~ 354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12296	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 Yasui Yukio	4. 巻 37
2. 論文標題 Evolutionary bet hedging reconsidered: What is the mean? variance trade off of fitness?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 406 ~ 420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12303	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 Matsumura Kentarou, Yasui Yukio	4. 巻 188
2. 論文標題 Genetic link between mobility and sexual attractiveness in male <i>Tribolium castaneum</i> beetles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Animal Behaviour	6. 最初と最後の頁 111 ~ 117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anbehav.2022.04.010	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 Yasui Yukio, Hasegawa Eisuke	4. 巻 40
2. 論文標題 The origination events of gametic sexual reproduction and anisogamy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 273 ~ 284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-022-00760-3	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 Yasui Yukio	4. 巻 41
2. 論文標題 Mite dilemma: molting to acquire sexual maturity or not molting to ensure durability and dispersal ability in <i>Phorytocarpais fimetorum</i> (Parasitiformes; Gamasida; Parasitidae)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 177 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-023-00783-4	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 Himuro Chihiro, Honma Atsushi, Ikegawa Yusuke, Kumano Norikuni	4. 巻 142
2. 論文標題 The female <i>Euscepes postfasciatus</i> refractory period is induced by the male but length is determined by the female	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 104427 ~ 104427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinsphys.2022.104427	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 Himuro Chihiro, Kohama Tsuguo, Matsuyama Takashi, Sadoyama Yasutsune, Kawamura Futoshi, Honma Atsushi, Ikegawa Yusuke, Haraguchi Dai	4. 巻 17
2. 論文標題 First case of successful eradication of the sweet potato weevil, <i>Cylas formicarius</i> (Fabricius), using the sterile insect technique	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 267728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0267728	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 Yasui Yukio	4. 巻 2022
2. 論文標題 Evolutionary bet hedging reconsidered: What is the mean? variance trade off of fitness?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 406-420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12303	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 Matsumura Kentarou, Miyatake Takahisa, Yasui Yukio	4. 巻 11
2. 論文標題 An empirical test of the bet hedging polyandry hypothesis: Female red flour beetles avoid extinction via multiple mating	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 5295 ~ 5304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.7418	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 Ishihara Ryo, Miyatake Takahisa	4. 巻 39
2. 論文標題 Wing-waving behaviors are used for conspecific display in the Japanese scorpionfly, <i>Panorpa japonica</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 267 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-021-00709-y	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 Miyatake Takahisa	4. 巻 169
2. 論文標題 Selection for age at reproduction changes pre mating period and mating frequency in <i>Zeugodacus cucurbitae</i> : impacts on insect quality control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entomologia Experimentalis et Applicata	6. 最初と最後の頁 959 ~ 965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eea.13084	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 Miyatake Takahisa, Suge Taichi, Suzaki Shunsuke, Tanabe Shintaro, Ishihara Ryo, Matsumura Kentarou	4. 巻 24
2. 論文標題 Swarming and mating behavior in <i>Ephemera orientalis</i> Mclachlan, 1875 (Ephemeroptera: Ephemeridae) with morphological analyses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Asia-Pacific Entomology	6. 最初と最後の頁 376 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aspen.2021.01.012	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 Matsumura Kentarou, Yumise Kota, Fujii Yui, Hayashi Toma, Miyatake Takahisa	4. 巻 16
2. 論文標題 Anti-predator behaviour depends on male weapon size	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biology Letters	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) 10.1098/rsbl.2020.0601	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 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 宮竹 貴久
2. 発表標題 人為選択実験：ミバエと甲虫での研究事例紹介
3. 学会等名 日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会大会合同大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

1. 発表者名 宮竹貴久
2. 発表標題 抵抗性メスの進化と乱婚メスの出現
3. 学会等名 日本動物行動学会第42回大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 曽根蒼太・宮竹貴久
2. 発表標題 コクヌストモドキを用いた累代飼育系統と野外系統の飛翔行動の比較
3. 学会等名 日本動物行動学会第42回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井行雄・長谷川英祐
2. 発表標題 性の進化の謎を解く：配偶子生殖と異型配偶子の進化に関する新仮説
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西流偉，松村健太郎，安井行雄
2. 発表標題 コクヌストモドキとオオツノコクヌストモドキの二種間の繁殖における相互作用の検証
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 日室千尋、本間淳、池川雄亮、熊野了州
2. 発表標題 大量増殖環境下におけるアリモドキゾウムシの形質進化
3. 学会等名 第82回日本昆虫学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松浦輝尚、宮竹貴久
2. 発表標題 ツヤケシオオゴミムシダマシのオス間闘争：敗者のリスク
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松村健太郎、若林恭輔、宮竹貴久
2. 発表標題 コクヌストモドキの繁殖形質に地理的変異は見られるか？
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井結、浅野佑衣、松村健太郎、安井行雄、仲本寛、祖慶良尚、宮竹貴久
2. 発表標題 不妊雄に対する雌の対抗進化：コクヌストモドキで見られた乱婚雌の進化
3. 学会等名 日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦輝尚、宮竹貴久
2. 発表標題 ツヤケシオオゴミムシダマシZophobas atratusに見られた性的二型
3. 学会等名 日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 宮竹 貴久	4. 発行年 2022年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 142
3. 書名 「死んだふり」で生きのびる	

1. 著者名 湊和雄、宮竹貴久	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝日新聞出版	5. 総ページ数 192
3. 書名 世界自然遺産やんばる 希少生物の宝庫・沖縄島北部	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>リサーチマップ https://researchmap.jp/read0074488 宮竹貴久website https://sites.google.com/view/miyatake/home/publication リサーチマップ https://researchmap.jp/read0074488 宮竹貴久website https://sites.google.com/view/miyatake/home/publication</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	安井 行雄 (Yasui Yukio) (30325328)	香川大学・農学部・准教授 (16201)	
研究分担者	日室 千尋 (Himuro Chihiro) (60726016)	琉球大学・農学部・協力研究員 (18001)	
研究分担者	矢嶋 俊介 (Yajima Shunsuke) (90301548)	東京農業大学・生命科学部・教授 (32658)	

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			
英国	エクセター大学			
英国	エクセター大学			
英国	エクセター大学			