

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：23303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06097

研究課題名（和文）人工照明による昆虫の光拘束メカニズムの解明とそれを利用した大量移送技術の開発

研究課題名（英文）Elucidation of the behavioral mechanisms of insects' stay under artificial light and development of mass transfer technique using this mechanism

研究代表者

弘中 満太郎（Hironaka, Mantaro）

石川県立大学・生物資源環境学部・准教授

研究者番号：70456565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：正の走光性を示す昆虫が人工光に誘引された後に、どのような行動的経緯や生理的変化を経るのかは、ほとんど明らかになっていない。人工光下の昆虫を個別追跡し、行動的特徴を明らかにすることで光拘束メカニズムと離脱解発メカニズムを推定した。その結果、人工光に誘引された昆虫の時間的特徴は3タイプに分かれ、それぞれ異なった行動メカニズムで滞在させられていると推察された。薄明に光拘束が解けて飛翔するアオドウガネでは、外環境からの直接効果が光拘束を解く刺激である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義一つは、生態的光害において最重要課題とされる昆虫の光誘引という問題に対して、「誘引後の時間的な視点を与える」ことにある。より直接的な社会への貢献としては、屋外照明の適切な使用指針を具体的に提示することが挙げられる。例えば我が国では、環境省の「光害対策ガイドライン改訂版」などが存在するが、生態的光害については、その内容や対策手法について十分な検討がなされていない。本研究が進められることで、昆虫の生態的光害に関して、対象分類群毎の適切な点灯消灯スケジュールといった具体的提言が可能となる。

研究成果の概要（英文）：The behavioral history and physiological changes that positive phototactic insects undergo after being attracted to artificial light are largely unknown. We tracked individual insects under artificial light, and estimated their stay and flight mechanisms by identifying their behavioral characteristics. As a result, it was inferred that insects attracted by artificial light were divided into three types of temporal characteristics, each of which was induced to stay by a different behavioral mechanism. In the green chafer *Anomala albopilosa*, which flies away at twilight, the direct effects from the environment were suggested as possible stimulus for flight departure.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：行動学 昆虫 走光性 光行動抑制 光拘束 飛去 低誘虫 夜間の人工光

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

昆虫が光に集まる現象、すなわち正の走光性(以下、走光性)に関する膨大な研究(弘中・針山, 2014)がこれまでなされてきたが、そのほとんどが走光性現象の初期段階である「誘引」を扱っている。その一方で、「誘引後」の個体の行動や生理の変化に注目したものは、わずかな観察例(Rich and Longcore, 2006)と実験的研究(Herms, 1929; 野村ら, 1965)しかない。それらの先行研究は、誘引された昆虫が人工光下に一定時間滞在すること(以下、光拘束現象)を示唆しているが、人工光下で個体がどのような行動的経緯や生理的变化を経るのかについては、その科学的価値が不明瞭であったこと、また長時間にわたる個体追跡という調査・実験の困難さを理由として、全くと言っていいほど明らかにされていない。

近年、光による昆虫個体群への悪影響が生態的光害(Ecological light pollution)としてクローズアップされることで(Rich and Longcore 2006)、科学的価値に関する事態は大きく変化した。ヨーロッパの昆虫個体群が30年前に比べて、最大で75%も減少していることが示され(Dirzi, 2014; Hallmann et al., 2017)、この原因の一つとして街灯などの人工光の悪影響が指摘されている(Grubisic et al., 2018)。これを受けて、2019年2月にはドイツで、「夜間の照明を制限する」ことが盛り込まれた昆虫保護法を制定する方針が発表された。しかし、人工光に誘引された昆虫が、どのような特徴をもって、どのような行動メカニズムで、人工光下に留まるのかが明らかにされていないことから、昆虫に優しい夜間照明のデザインが困難な状況にある。一方で、このメカニズムを理解できれば、我々は昆虫を、その走光性と光拘束現象によって任意の場所に移動させ、定着させることが可能になると考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、昆虫の誘引後の光拘束現象の行動的特徴とその負の影響を定量化し、光拘束(滞在)メカニズムおよび離脱解発(飛去)メカニズムを解明することで、それらの知見を利用して、昆虫を大量移送する技術を開発することにある。しかし、新型コロナウイルス感染症の蔓延に伴い研究活動が制限されたことから、研究計画を一部見直すことで、光拘束現象の行動的特徴の解明と、光拘束にまつわる2つのメカニズムの推定に焦点を絞って研究を遂行した。(1)光拘束現象の行動的特徴については、ライトトラップに誘引される昆虫種を網羅的に行動追跡することで、その飛来時刻と飛去時刻を特定し、そこから滞在時間と滞在時間帯を明らかにすることを目指した。(2)光拘束メカニズムの推定では、日没後に飛来して日出前後に飛去する、薄明飛翔種であるアオドウガネを含めた、光拘束現象の行動的特徴を異にする5種をモデル材料として、束縛効果仮説(fixation or captivity effect)の3メカニズムのいずれによって滞在するのかを推定した。(3)離脱解発メカニズムの推定では、アオドウガネの薄明飛翔が起こる条件を明らかにするために、自然光下におけるアオドウガネの24時間の行動調査を行なった。その上で、体内時計を位相した個体を用いた人工光下からの飛去時刻を調査することでメカニズムの推定を試みた。

本研究の学術的独自性の一つは、生態的光害において最重要課題とされる昆虫の光誘引という問題(Owens and Lewis 2020)に対して、「誘引後の時間的な視点を与える」ことにある。誘引後に昆虫が人工光下で示す時間的特徴と行動には、複数のタイプが存在し、各タイプを踏まえた照明デザインが必要であることを新しく提示できる。より直接的な社会への貢献としては、屋外照明の適切な使用指針を具体的に提示することが挙げられる。例えば我が国では、環境省の「光害対策ガイドライン改訂版」が存在するが(環境省, 2006)、生態的光害については、その内容や対策手法についてほとんど検討がされていない。本研究が進められることで、昆虫の生態的光害に関して、対象分類群毎の適切な点灯消灯スケジュールといった具体的提言が可能となると考えられる。

3. 研究の方法

調査及び実験は、2020年の5月から2022年の10月にかけて、石川県立大学の附属農場を中心に行なった。

(1) 光拘束現象

ライトトラップに誘引された飛翔性昆虫を個体追跡する調査を合計13回行った。白布を2.5 m×2.5 mの枠に取り付け、これを垂直に立てて誘引面とし、それにメタルハイドランプを照射して、ライトトラップとした。白布の表面と裏面に加えて、白布から南北の両方向に5 m、東西の両方向に1 mの区域を観察範囲と

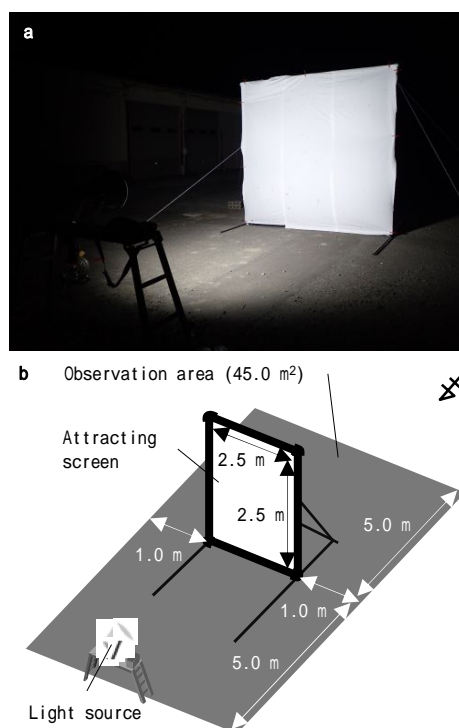


図1 調査実験で使用したライトトラップの写真(a)とその模式図(b)。

した(図1)。

調査は、日没時刻前から翌日の午前10時にかけて実施した。日没時刻直前の正時にメタルハライドランプを点灯し、観察範囲に昆虫が飛来した時点で、飛来時刻を記録した後、水性ペンで個体識別のためのマーキングを施した。その後、30分ごとにマーキングした個体が観察範囲に滞在しているかどうかを目視により確認した。翌日の午前8時にメタルハライドランプを消灯し、午前10時に調査を終了した。その時点で観察範囲に滞在している個体は、飛去なしとして記録して調査を打ち切った。観察した個体の、飛来時刻から飛去時刻まで、もしくは打ち切り時刻までを滞在時間として算出した。また、調査開始日の日没時刻から、飛来時刻および飛去時刻までのそれぞれの経過時間を求めた。5個体以上のデータが得られた27種について日没から飛来までと飛去までの平均経過時間、ライトトラップ周囲での平均滞在時間、打ち切り個体の割合、の4つの変数により階層的クラスタ分析を行った。

(2) 光拘束メカニズム

夜間のライトトラップに誘引されたケラ *Gryllotalpa orientalis*、コガムシ *Hydrochara affinis*、アオクサカメムシ *Nezara antennata*、アオドウガネ *Anomala albopilosa*、ウンモンズズメ *Callambulyx tatarinovii* の5種について、より詳細な個体追跡調査を合計18回行った。(1)光拘束現象で記述した方法で5種類の個体を追跡し、一定間隔で、滞在位置、10分間の巡回行動の回数、10分間の積算行動時間を記録した。ケラ以外の4種は、誘引されてから1時間は10分ごとに、飛来後1時間以降は、毎正時に調査を行なった。ケラについては、他の4種と比較して滞在時間が非常に短かったことから、飛来後から30秒間隔で滞在位置、30秒間の巡回行動の回数と積算行動時間を記録した。巡回行動は、個体が観察エリア内から飛翔し、直後に観察エリア内に着地する行動を1回と定義した。積算行動時間は、歩行、飛翔によって移動している時間をストップウォッチにて測定した。調査終了後、各時刻における巡回行動の平均回数と平均積算行動時間、飛去した個体の割合を計算した。

各種の個体の滞在位置がどのような明るさの環境なのかを明らかにするため、観察範囲とした誘引面の白布の両面と地面45m²をそれぞれ0.25m×0.25mの格子状に区切り、各格子内の中心照度を測定して照度マップを作成した。昆虫が空間内の明るい方向から受ける光強度を評価できるように、白布の光源側の面である表面については照度計の受光部が布の反対側を向くように、裏面については布側を向くように、地面については空側を向くようにして測定した。白布の反射率と透過率も合わせて測定した。それらの結果から、滞在位置の照度は、中心照度に反射光(中心照度×白布もしくはアスファルトの反射率)、もしくは透過光(中心照度×白布の透過率)を足し合わせることで計算した。

(3) 離脱解発メカニズム

アオドウガネの1日の活動リズムと行動レパートリーとの関係を明らかにするために、石川県立大学内の実験室において、飼育ケージに入れた個体の行動観察を行った。ライトトラップで採集した個体は、実験当日の正午前に、雌雄1個体ずつをアクリルケース(20cm×20cm×20cm)にクズと共に入れた。アクリルケース上に三脚を用いて、赤外線暗視機能付きビデオカメラを設置した。正午からビデオカメラによる撮影を開始し、翌日の正午まで24時間の撮影を行なった。撮影データから毎正時から10分間の各行動の時間を計測した。行動のレパートリーとして、歩行、静止、摂食、飛翔および飛翔準備行動、交尾関連行動の5種類を選定した。

アオドウガネの薄明飛翔が、体内リズムか、外環境からの直接効果か、その両方、のいずれによって誘起されているかを明らかにするために、体内時計を位相させた個体の飛去タイミングを調べる実験を行った。採集したアオドウガネは3つの明暗条件下で雌雄を分けた状態で飼育ケース(20cm×13cm×13cm)でノブドウの葉を与えて人工気象器で飼育した。人工気象器は25°C、明暗は日長と同じ長さになるように設定した。飼育条件は、自然日長よりも明暗サイクルを3時間前進させた前進区、3時間後退させた後退区、自然日長と同様の無処理区とした。薄明を再現するために、日出時刻の45分前に10lux、15分前に100lux、日出時刻に500lux、日出時刻15分後に1000lux、30分後に1500luxと段階的に照度が上昇するように設定した。同様の方法で薄暮も再現した。実験には7~21日間、それぞれの条件で飼育した個体を用いた。十分に体内時計を位相させたと考えられた個体を野外の外灯下に放虫し、その薄明飛翔の時刻を記録した。

4. 研究成果

(1) 光拘束現象

ライトトラップに誘引された飛翔性昆虫の飛来時刻と飛去時刻、滞在時間、滞在時間帯は種によって大きく異なっていた。合計13回の調査において、一晩あたり平均28.6個体の追跡を行なった結果、10目63種372個体を観察した。そのほとんどの個体は、日没後に飛来して一定時間滞在した後に、翌日の10時までには飛去した。観察した63種のうち5個体以上のデータが得られたのは27種だった。日没から飛来までと飛去までの平均時間、平均滞在時間、飛去しなかった個体の割合、の4つの変数から、ライトトラップに誘引された昆虫の時間的傾向は3つのクラスタに分けられた。日没から飛去までの時間が短い順にタイプ1からタイプ3とした。タイプ1はコガムシやゴミムシを代表とした9種で、飛来が日没から平均で約1.3時間後、飛去が約4.1

時間後に起こり、平均滞在時間が約 2.6 時間の短時間滞在種であった。タイプ 2 はカメムシ科昆虫やアオドウガネを代表とした 13 種で、飛来が日没から平均で約 1.2 時間後、飛去が約 9.6 時間後の日出前後に起こり、滞在時間が平均 8.4 時間の薄明飛翔種と言えた。タイプ 3 はスズメガ科昆虫を代表とした 5 種で、飛来が日没から平均で約 5.4 時間後となりタイプ 1 と 2 に比べて遅い傾向があった。一方で、飛去が約 13.5 時間後の日出後に起こり、残り 2 つのタイプと比べて打ち切り割合が高い傾向があった。本タイプは滞在時間が平均 8.2 時間で日出後飛去種であった。

(2) 光拘束メカニズム

人工光源から飛去するタイミングの異なる 5 種においてライトトラップでの終夜の行動観察を行った結果、タイプ 1 のケラとコガムシは、時間経過とともに高照度の場所から逃避する傾向が観察された。タイプ 2 のアオクサカメムシは終夜中、高照度の位置で巡回行動や歩行を継続していた。その一方で、タイプ 2 のアオドウガネとタイプ 3 のウンモンズズメは、高照度の位置で静止して滞在時間の多くを過ごした(図 2)。これらのことから、ケラとコガムシは束縛効果仮説で説明されるところの光忌避、アオクサカメムシは巡回行動、アオドウガネとウンモンズズメは光行動抑制、が光拘束のメカニズムであると推定された。

これらの結果に加えて、アオドウガネの複眼が 5 lux という比較的低い照度の光環境でも 10 分以内に明順応状態に変化すること、ライトトラップに誘引されたアオドウガネは、飛翔状態の個体では暗順応状態を示す顕著なアイグローが確認される一方で、静止している全ての個体ではアイグローが消失していることを明らかにした。これらの結果は、アオドウガネの外灯下での長時間滞在が束縛効果仮説の光行動抑制によることを強く示唆している。

(3) 離脱解発メカニズム

光拘束現象の調査から、夜間の人工光源に誘引されたアオドウガネは、その周辺で翌日まで滞在し、薄明期を迎えると飛去する(薄明飛翔)ことが明らかになった。しかし光拘束メカニズムの調査実験から、夜間のアオドウガネは、昆虫の眼が明順応するとともに活動性が著しく低下する光行動抑制により滞在していると推察された。そのため、薄明期に飛去するためには、光行動抑制が解除される必要があると考えられる。動物は一般に特定の時間的ニッチを、体内リズムか、外環境からの直接効果を知覚することで予測するとされる(Narendra et al., 2010)。体内リズムが薄明飛翔に影響を与えているかどうかを実験的に明らかにすることを試みた。

アクリルケージ内において行なった 24 時間の行動観察により、自然下では薄明飛翔は起きていないと考えられた。薄明飛翔を誘起する要因を調査するために、体内時計を前後 3 時間位相させた個体を用いて、光源下からの飛去時刻を調査した。その結果、体内時計を位相させた個体とそうではない個体間で飛去時刻に有意な差がみられなかった。このことは、光源下から離脱する薄明飛翔は、体内リズムではなく、何らかの外部刺激により誘起されていると考えられた。

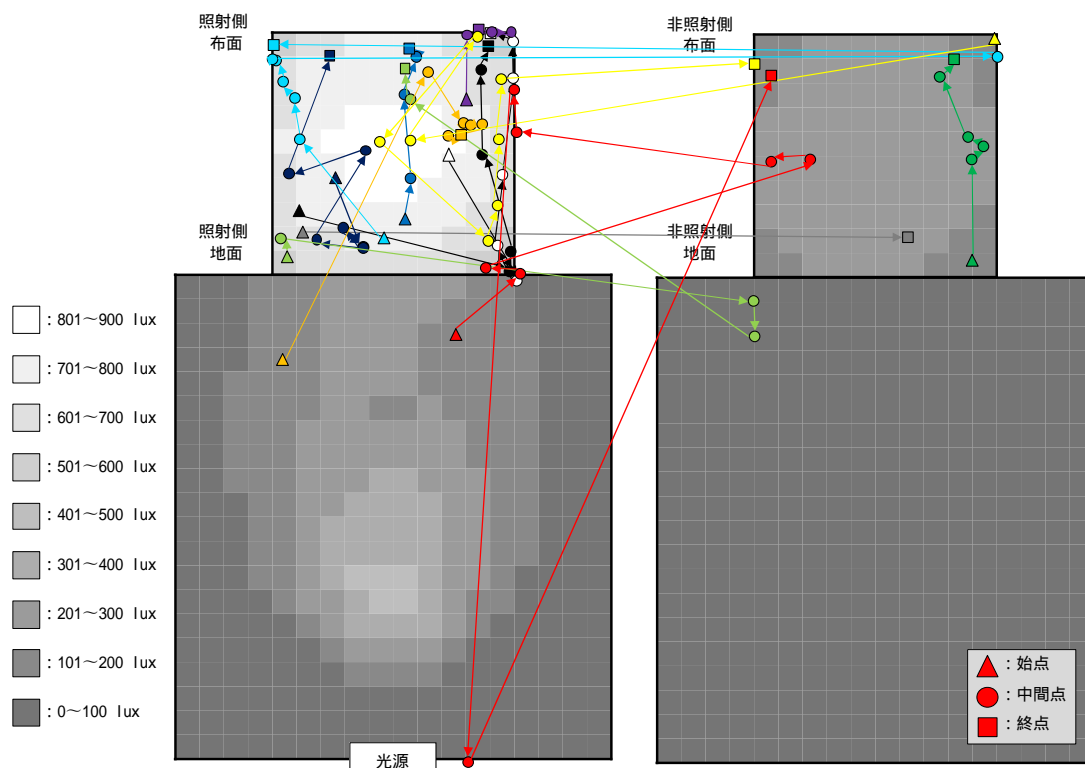


図2 アオドウガネのライトトラップでの滞在位置。ライトトラップに誘引されたアオドウガネが観察範囲から飛去するまで、1時間ごとに滞在位置を記録した。図中の三角、丸、四角は個体が飛来してから飛去するまでの滞在位置を示しており、三角が飛来した位置、四角が飛去する直前に滞在していた位置、丸はその間の滞在位置を示している。各色につき1個体の滞在位置を示している。背景の正方形と長方形は、それぞれ観察範囲である反射布、地面を示しており、グレースケールでその場所の照度を表している。

電灯照明の普及により，地球上の夜の光環境は光強度と波長を中心として劇的に変化した（Cinzano et al., 2001）．このことによって昆虫を含めた野生動植物に対して様々な悪影響があることが報告されており，これは生態的光害と呼ばれる（Longcore and Rich, 2004; Owens and Lewis, 2018; Owens et al., 2020）．すでに，昆虫の生態的光害に対する様々な対策が議論されており，例えば Gaston et al. (2012) は，点灯時間を制限する，意図されていない空間への照明を減らす，照明の強度やスペクトル組成を変える，といった提案をしている．しかし，こうした提案やこれまでの取り組みでは，人工光下での昆虫の光拘束については考慮されてこなかった．本研究では，人工光に誘引された昆虫が，複数のタイプの光拘束の時間的傾向を示し，一部の種類は，人工光下で極めて長時間の滞在を強いられていることを明らかにした．加えて，この滞在をもたらすのは種によって異なった行動メカニズムであることが明らかにした．このことは，人工光下での昆虫の光拘束で起こる生態的光害を解消するために，そのメカニズムに合わせた対策が必要であることを示している．一方で，本研究では，そのメカニズムの1つである光行動抑制を上書きする強い外部刺激の存在が示唆され，人工光下に滞在してしまう昆虫を飛去させる全く新しい技術開発の端緒を見出したと考えられた．

< 引用文献 >

- Cinzano, P., F. Falchi and C. D. Elvidge (2001) The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328(3): 689-707.
- Dirzo, R., H. S. Young, M. Galetti, G. Ceballos, N. J. Isaac and B. Collen (2014) Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(6195): 401-406.
- Gaston, K. J., T. W. Davies, J. Bennie and J. Hopkins (2012) Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *J. Appl. Ecol.* 49(6): 1256-1266.
- Grubisic, M., R. H. A. van Grunsven, C. C. M. Kyba, A. Manfrin and F. Holker (2018) Insect declines and agroecosystem: does light pollution matter? *Ann. Appl. Biol.* 173: 180-189.
- Hallmann, C. A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörren, D. Goulson and H. de Kroon (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12(19), e0185809.
- Hermes, W. B. (1929) A field test of the effect of artificial light on the behavior of the codling moth *Carpocapsa pomonella* Linn. *J. Econ. Entomol.* 22: 78-88.
- 弘中満太郎・針山孝彦 (2014) 昆虫が光に集まる多様なメカニズム. *応動昆* 58(2): 93-109.
- 環境省 (2006) 光害対策ガイドライン. http://www.env.go.jp/air/life/hikari_g_h18/full.pdf (2023 年 6 月 15 日閲覧)
- Longcore, T. and C. Rich (2004) Ecological light pollution. *Front. Ecol. Environ.* 2(4): 191-198.
- Narendra, A., S. F. Reid and J. M. Hemmi (2010) The twilight zone: ambient light levels trigger activity in primitive ants. *Proc. Royal Soc. B.* 277(1687): 1531-1538.
- 野村健一・大矢慎吾・渡部一郎・河村広巳 (1965) 電燈照明による吸蛾類の防除 第1報 照明の効果解析とそれに及ぼす各種光条件の影響について. *応動昆* 9(3): 179-186.
- Owens, A. C. and S. M. Lewis (2018) The impact of artificial light at night on nocturnal insects: a review and synthesis. *Ecol. Evol.* 8(22): 11337-11358.
- Owens, A. C., P. Cochar, J. Durrant, B. Farnworth, E. K. Perkin and B. Seymoure (2020) Light pollution is a driver of insect declines. *Biol. Conserv.* 241: 108259.
- Rich, C. and T. Longcore (2006) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press, Washington DC. 480 pp.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Endo Nobuyuki, Hironaka Mantaro, Honda Yoshiyuki, Iwamoto Tetsuhiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Combination of UV and green light synergistically enhances the attractiveness of light to green stink bugs <i>Nezara</i> spp	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12279
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-16295-z	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 Yu Nishijima, Mantaro Hironaka	4. 巻 36
2. 論文標題 Egg cocoon-carrying behavior in female water scavenger beetle, <i>Helochares nipponicus</i> (Coleoptera: Hydrophilidae), functions to increase offspring fitness and survivability	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Insect Behavior	6. 最初と最後の頁 133-141
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10905-023-09828-5	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 弘中満太郎	4. 巻 61
2. 論文標題 光を用いて昆虫生態系を管理する	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 36-40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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13件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Mika Murata, Mantaro Hironaka, Junya Yase, Takahiko Hariyama
2. 発表標題 Biomimetics and optical control for pest management
3. 学会等名 9th Nagoya Biomimetics International Symposium（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牛島健輔, 南里空慶, 笠井証希, 西嶋優, 弘中満太郎
2. 発表標題 なぜハネナガイナゴは轢死するのか: 道路反射光が誘起する背光反応
3. 学会等名 第34回日本環境動物昆虫学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井証希, 弘中満太郎
2. 発表標題 留まる理由は虫それぞれ: 終夜観察による外灯下での滞在メカニズムの推定
3. 学会等名 日本動物行動学会第41回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田未果, 弘中満太郎, 八瀬順也
2. 発表標題 光を用いた昆虫の行動制御と害虫防除への応用
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井証希, 弘中満太郎
2. 発表標題 長時間の個体追跡により明らかにしたアオドウガネの外灯下での光害とその生起メカニズム
3. 学会等名 第74回北陸病害虫研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松下雄馬, 西嶋優, 弘中満太郎
2. 発表標題 イヨシロオビアブの捕獲効果向上を目的とした直射光トラップ技術の検討
3. 学会等名 第74回北陸病害虫研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井証希, 弘中満太郎
2. 発表標題 動けなくなるアオドウガネ：光行動抑制によって引き起こされる外灯下での光害
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤信幸, 竹内博昭, 渋谷和樹, 弘中満太郎
2. 発表標題 青色光の混合は紫外光のアオクサカメムシに対する誘引性を増強する
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 弘中満太郎, 藤原昌敬, 笠井証希, 島田真彦
2. 発表標題 個体の連続観察から明らかになった街灯下でのタガメの光行動抑制
3. 学会等名 2020年度信越昆虫研究会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井 証希, 弘中 満太郎
2. 発表標題 光源周辺での拘束防止を目的とした走光性昆虫の飛去タイミングの特定
3. 学会等名 第73回北陸病害虫研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南里空慶, 笠井 証希, 西嶋 優, 牛島 健輔, 弘中 満太郎
2. 発表標題 道路の反射光が引き起こすハネナガイナゴの失速ターンと轢死
3. 学会等名 第73回北陸病害虫研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤 信幸, 本田 善之, 岩本 哲弥, 弘中 満太郎
2. 発表標題 紫外光と緑色光の混色光源の各種昆虫に対する誘引性
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠井 証希, 弘中 満太郎
2. 発表標題 個体識別観察による人工光源に誘引された昆虫の飛去タイミングの特定
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 下村政嗣	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 350
3. 書名 バイオメティクス・エコメティクス	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------