

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15842

研究課題名（和文）光周時計による日長・日数依存的な生殖制御機構の解析

研究課題名（英文）Analysis of mechanisms for photoperiod-dependent regulation of reproduction by photoperiodic clock

研究代表者

長谷部 政治（Hasebe, Masaharu）

大阪大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40802822

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：動物は日長変化から季節を読み取り、生殖を適切に制御している。約24時間リズムを刻む脳の概日時計細胞の一部が、日長読み取りの中核時計（光周時計）を担うと考えられているが、光周時計による生殖の光周性制御機構の詳細は不明瞭であった。本研究では、生殖に明瞭な光周性を示すホソヘリカメムシを用いた解析を行った。解析の結果、脳の一部の領域で時計タンパク質PERIOD発現に日長変化が見られることが分かった。また、時計遺伝子period依存的に脳内の神経伝達物質のグルタミン酸レベルが日長に応じて変化し、このグルタミン酸は産卵促進ニューロンの活動制御を介して、日長に応じた産卵制御を行っていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに、季節に伴う日長変化の読み取りには、体内時計（概日時計）が重要な役割を果たしていることが示唆されていた。しかし、概日時計をもとに日長変化に応じて生殖機能を適切に制御する、脳内神経機構の実体は不明瞭であった。

季節繁殖昆虫を用いた本研究により、概日時計をもとに日長変化に応じて産卵を適切に制御する脳内神経シグナル機構の一端が明らかになった。本研究で日長情報を伝える神経シグナルとして機能することが示唆されたグルタミン酸は、昆虫から哺乳類まで幅広い動物種で脳内情報伝達に使われている。そのため、本研究成果は、動物種全般における概日時計に基づいた生殖の季節性制御機構の解明に繋がることが期待される。

研究成果の概要（英文）：Animals sense seasonal changes from photoperiods and appropriately control their reproduction. Some of the circadian clock cells in the brain are thought to function as the photoperiodic clock that measures day length. However, neural mechanisms of photoperiodic reproductive control by the photoperiodic clock were unclear.

In this study, I chose the bean bug *Riptortus pedestris* as an experimental model to analyze the neural mechanism underlying photoperiodic control. It was found that the expression of clock protein PERIOD in a specific brain region changes according to photoperiodic conditions. Next, I demonstrated that brain glutamate levels photoperiodically change depending on the clock gene period expression. Additionally, I also revealed that glutamate regulates the activity of oviposition-promoting neurons, which contributes to photoperiodic control of oviposition.

研究分野：神経生理学

キーワード：光周性 概日時計 神経分泌細胞 電気生理学 RNA干渉法 生殖

1. 研究開始当初の背景

(1) 概日時計と日長・日数依存的な生殖制御

多くの動物は適切な季節に繁殖を行うために、季節を1日の日長変化とその日数から読み取り、生殖機能を制御している。このような日長に対する生理応答は光周性と呼ばれている。これまでの研究から、約24時間の自律的なリズムを刻む概日時計が、この光周性制御に関与していることが示唆されてきた(Numataら, 2015)。

脳内には複数の領域に概日時計細胞が存在している。キイロショウジョウバエを中心とした先行研究より、各時計細胞群はそれぞれ光に対する応答性・生理的役割が異なることが示唆されている(Dubowyら, 2017)。そのため、概日時計細胞の一部が日長・日数計測の中核時計:光周時計として働き、生殖制御を担う神経細胞の日長・日数依存的な調節に関与していると考えられる。しかし、Q1.脳内のどの概日時計細胞が光周時計を担い、Q2.生殖制御細胞をどのように調節することで、日長・日数依存的な生殖機能制御を行っているかについて、その詳細な神経機構は未だ不明である(図1)。

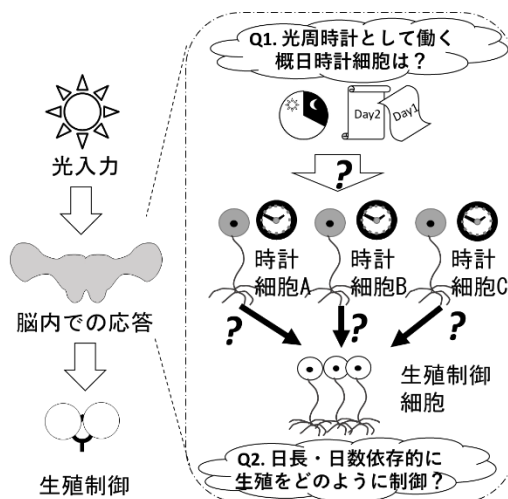


図1 概日時計に基づいた日長・日数依存的な生殖制御機構の実体は不明

(2) 昆虫の脳内の概日時計細胞と生殖制御細胞

光周時計を担う脳内の時計細胞は、外環境から入力された光情報を受容し、何らかの日長・日数に応じた応答を示すと考えられる。昆虫において、時計細胞へ入力する複眼等からの光情報は脳視葉基部の副視髄(accessory medulla, aMe)に集約される。ホソヘリカメムシにおいて、このaMeが含まれる脳視葉基部の局所除去により、生殖腺発達の光周性が消失することが報告されている(Ikenoら, 2014)。また、ルリキンバエの一部の時計細胞群において、概日時計タンパク質の日内発現変動が日長条件に応じて変化が見られることが報告されている(Mugurumaら, 2010)。これらの知見より、Q1について、時計細胞群の中で、光情報が集約され光周性に重要なaMeから神経入力を受け、概日時計タンパク質の発現に日長応答性を示す時計細胞が光周時計であると想定した。

ホソヘリカメムシでは、短日下の生殖抑制に脳側方部(pars lateralis, PL)が、長日下での産卵促進に脳間部(pars intercerebralis, PI)が重要であることが報告されていた(Shimokawaraら, 2008; 2014)。このPLとPIには神経分泌細胞が局在し、内分泌器官のアラタ体へと神経出力することで、生殖を含めた生理機能の調節を行っている。これまでに申請者は、カメムシ2種でPI細胞は、出力分子の放出に重要な神経活動を日長条件に応じて変化させることを明らかにした(Hasebe and Shiga, 2021a; 2021b)。そこでQ2について、光周時計は何らかの神経シグナルを介してPI・PL細胞の神経活動を日長・日数に応じて調節することで、日長・日数依存的な生殖制御を行うと想定した(図2)。

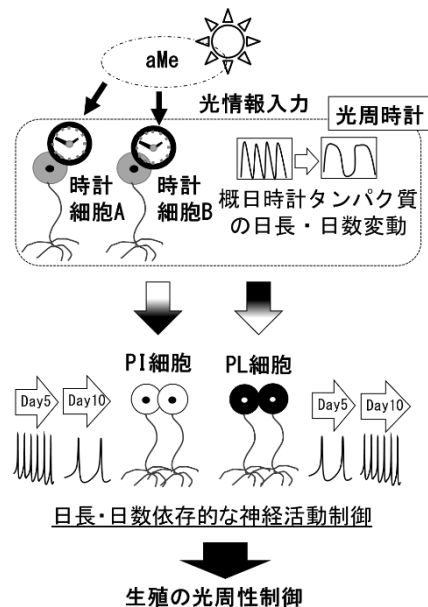


図2 光周時計による生殖制御の仮説

2. 研究の目的

本研究では、生殖機能に明瞭な光周性を示すホソヘリカメムシを用いて、①日長応答を示し光周時計を担うと考えられる脳内の時計細胞群の探索、②生殖制御細胞の活動を光周期に応じて制御する神経シグナル機構の解析を行うことで、光周時計による日長条件に応じた生殖の脳内神経制御機構の解明を目指した。

3. 研究の方法

【脳内の時計遺伝子/タンパク質発現の日長応答とその分子制御機構の解析】

(1) 脳内の時計遺伝子 mRNA 発現の日長応答性の解析

実験には、羽化前は短日条件(12h 明期(L) : 12h 暗期(D)、25°C)、羽化後は短日もしくは長日条件(16L:8D、25°C)で飼育したホソヘリカメムシのメス成虫を用いた。各飼育条件のメス成虫

全脳から mRNA を抽出・逆転写し、定量的 PCR により時計遺伝子の mRNA 発現を解析した。

#### (2) 脳内の各領域の時計タンパク質 PERIOD 発現の日長応答解析

短日もしくは長日条件で飼育したメス成虫の全脳を固定液で固定後、ホソヘリカメムシの時計タンパク質 PERIOD (PER) に対する抗体(Koide et al., 2021)を用いて、免疫組織化学法により脳内の PER 免疫陽性シグナルの標識を行い、各日長条件間でシグナル強度を比較した。

#### (3) 時計遺伝子/タンパク質の発現を日長に応じて制御する分子機構の探索

短日・長日飼育メス成虫から抽出した全脳 mRNA を用いて、定量的 PCR 法によって他種で時計タンパク質制御への関与が示唆されていた制御因子群の発現を日長間で比較した。

また、日長間で発現変動が見られた制御因子について、標的遺伝子に対する 2 本鎖 RNA を抽入することで RNA 干渉による遺伝子ノックダウンを行い、生殖腺発達の日長応答への影響を解析した。ネガティブコントロール群では、非ホソヘリカメムシ遺伝子 *b-lactamase(bla)* に対する 2 本鎖 RNA を抽入した。

### 【概日時計に基づいた日長情報を PI の生殖制御細胞に伝える神経シグナルの解析】

#### (4) 各日長条件で飼育された個体の全脳細胞外グルタミン酸濃度の測定

実験には、短日条件もしくは長日条件で飼育したホソヘリカメムシのメス成虫を用いた。各日長条件での飼育個体の全脳を摘出し、培養液中において 30°C で 24 時間培養した後に、培養液中へと放出されたグルタミン酸をグルタミン酸測定キットを用いて測定した。

また、脳細胞外グルタミン酸濃度の日長変化への概日時計の関与を調べるために、2 本鎖 RNA 注入-RNA 干渉による時計遺伝子 *period(per)* の遺伝子ノックダウンの影響を解析した。

#### (5) 脳グルタミン酸レベルの人工的な操作による生殖の光周性への影響解析

生殖の光周性へのグルタミン酸の関与を調べるために、グルタミン酸代謝酵素の遺伝子ノックダウンを行い、脳グルタミン酸レベルを人工的に操作した。方法として、グルタミン酸代謝酵素のグルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT) とグルタミン合成酵素 (GS) を標的に、RNA 干渉法による遺伝子ノックダウンを行った際の生殖の光周性への影響を解析した。

#### (6) 大型 PI 細胞の産卵制御への関与についての解析

単一細胞回収した大型 PI 細胞の RNA を逆転写して得た cDNA を用いて、Single cell PCR 法により PI 細胞に発現する神経ペプチドを探索した。また、発現が確認された神経ペプチドを RNA 干渉により遺伝子ノックダウンし、産卵への影響を解析した。

#### (7) グルタミン酸による日長依存的な PI 細胞の神経活動制御の電気生理学的な解析

メス成虫の全脳 *in vitro* 標本を用いて、PI 領域に局在する大型神経細胞から Patch clamp 法により神経活動記録を行った。グルタミン酸による大型 PI 細胞の神経活動制御を解析するために、灌流装置を用いて L-グルタミン酸を全脳標本に投与し、神経活動への影響を解析した。また、グルタミン酸合成酵素 GOT, GS の遺伝子ノックダウン個体を用いて、PI 神経活動への影響を解析した。

#### (8) PI 細胞に発現するグルタミン酸受容体の同定と遺伝子ノックダウン解析

Single cell PCR 法により PI 細胞に発現するグルタミン酸受容体の発現を確認した。また、発現が確認された受容体を RNA 干渉により遺伝子ノックダウンし、生殖腺発達・産卵や PI 細胞の神経活動で見られる日長応答への影響を解析した。

### 【睡眠誘導に関与する PL 細胞の遺伝子プロファイルの解析と神経活動記録系の確立】

#### (9) 背側 PL 細胞の遺伝子プロファイル解析

背側 PL 領域に局在する大型 PL 細胞を単一細胞回収し、逆転写して得た cDNA を用いて Single cell PCR 法により神経伝達物質や時計遺伝子の発現を解析した。

#### (10) 背側 PL 細胞の神経活動の記録実験系の確立

メス成虫の全脳 *in vitro* 標本を用いて、背側 PL 領域の大型神経細胞から Patch clamp 法により安定した神経活動記録を行える実験系の確立に取り組んだ。

## 4. 研究成果

### 【脳内の時計遺伝子/タンパク質発現の日長応答とその分子制御機構の解析】

#### (1) 脳内の時計遺伝子 mRNA 発現の日長応答

全脳で発現する時計遺伝子の発現を、短日もしくは長日条件で飼育したホソヘリカメムシのメス成虫と比較した。その結果、概日時計の分子機構のコアループを形成する複数の時計遺伝子の中で、一部の時計遺伝子でのみ mRNA 発現が日長に応じて変化することが分かった。

#### (2) 脳内の各領域の時計タンパク質 PER 発現の日長応答

ホソヘリカメムシの脳内では、複数の領域に PER 免疫陽性細胞が局在することが報告されていた(Koide et al., 2021)。その中で、安定して PER 免疫陽性シグナルが標識される 3 つの細胞群に関して、PER 免疫陽性シグナルを短日・長日間で比較した。その結果、脳領域 a においてのみ、PER 免疫陽性シグナルの日内発現が日長条件に応じて変化していることが分かった。

#### (3) 時計遺伝子/タンパク質の発現を日長に応じて制御する分子機構の探索

脳内の時計遺伝子/タンパク質の発現に日長変化が見られたため、続いて日長に応じて時計時

計遺伝子/タンパク質の発現を制御する分子機構の探索を行った。定量的 PCR 法による解析の結果、他種で時計タンパク質制御に関与することが示唆されていた遺伝子 *x*, *y*, *z* について、全脳レベルで mRNA 発現量が日長に応じて変化することが分かった。

そこで、これらの遺伝子を RNA 干渉法により遺伝子ノックダウンしたところ、遺伝子 *x* のノックダウン個体で生殖腺発達の光周期性が減衰した。そのため、遺伝子 *x* が時計タンパク質の制御を介して、生殖の光周期性に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。一方で、遺伝子 *y*, *z* の遺伝子ノックダウン個体では日長条件によらず死亡率が高く、遺伝子 *y*, *z* は個体の生育自体に必須な遺伝子であり、ノックダウン法によっては光周期性への関与は検証できなかった。

#### 【概日時計に基づいた日長情報を PI の生殖制御細胞に伝える神経シグナルの解析】

##### (4) 各日長条件で飼育された個体の全脳の細胞外グルタミン酸濃度の測定

概日時計に基づいて測定された日長情報は、何らかの神経シグナルを介して生殖制御細胞へと伝えられ、生殖の光周期性制御が行われていると考えられる。今回、昆虫から哺乳類まで広く中枢神経系の情報伝達に使われているグルタミン酸に注目し、解析を行った。

まず全脳培養実験により、脳神経細胞から放出されるグルタミン酸量を各日長飼育個体で測定した (図 3A)。その結果、卵巣発達が抑制されている短日飼育メスの方が長日飼育メスよりも、脳細胞外グルタミン酸濃度が高いことが分かった (図 3B, C)。

続いて、この脳グルタミン酸レベルの日長変化が、概日時計依存的によるものかどうかを、時計遺伝子 *per* の遺伝子ノックダウンにより検証した。*per* 遺伝子ノックダウン個体では、短日条件でも卵巣が発達し、卵巣発達の光周期性が消失した (図 3D)。更に、脳細胞外グルタミン酸濃度についても、*per* ノックダウン群では日長変化が減衰していた (図 3E)。以上の結果から、脳の細胞外グルタミン酸レベルが時計遺伝子 *per* 依存的に、日長条件に応じて変化することが分かった。

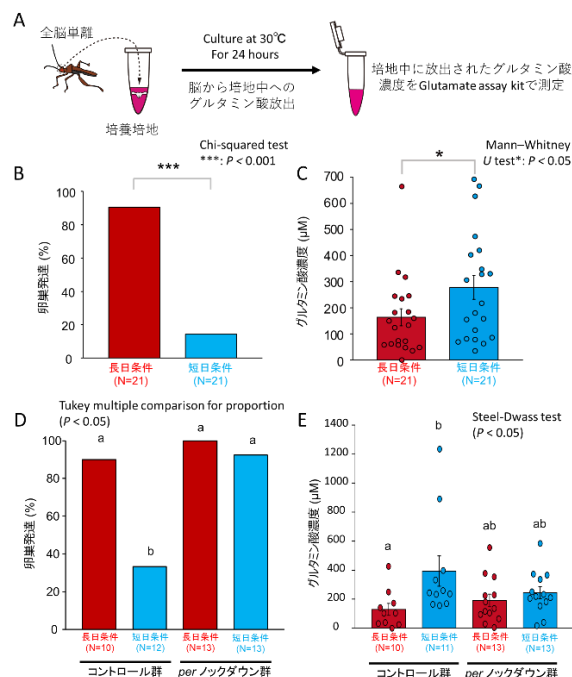


図 3 各日長条件における卵巣発達と脳細胞外グルタミン酸濃度(Hasebe and Shiga, 2022 改変)

##### (5) グルタミン酸レベルの人工操作による光周期性への影響

続いて、グルタミン酸代謝酵素の GOT と GS の遺伝子ノックダウンによりグルタミン酸レベルを人為的に操作し、グルタミン酸が生殖の光周期性に関与しているのかを検証した。グルタミン酸合成酵素である *got* ノックダウン個体では、脳細胞外グルタミン酸濃度が長日・短日下どちらでも低く、日長変化が消失した。一方で、グルタミン酸からグルタミンを合成する *gs* ノックダウン個体では、脳グルタミン酸濃度が長日・短日下どちらでも高く、こちらも日長変化が消失した。

続いて卵巣発達への影響を解析した所、*got* ノックダウン個体では短日条件でも卵巣が発達するようになり、逆に *gs* ノックダウン個体では長日下での卵巣発達が抑制され、どちらも光周期性が減衰することが分かった。これらの結果から、グルタミン酸レベルの日長変化は生殖の光周期性制御に寄与していることが示唆された。

##### (6) 大型 PI 細胞の産卵制御への関与

グルタミン酸シグナルを受容する生殖制御細胞として、産卵促進に寄与する脳領域 PI に局在する大型神経細胞に注目した。研究代表者は、この大型 PI 細胞が日長条件に応じて神経活動を変化させることを明らかにしていた(Hasebe and Shiga, 2021a)。そこで、日長応答を示す大型 PI 細胞が産卵制御に寄与しているかを、Single cell PCR と RNA 干渉による遺伝子ノックダウンにより検証した。その結果、大型 PI 細胞はインスリン様ペプチドと Diuretic hormone 44 を発現し、これらの神経ペプチドは長日下で産卵を促進する作用を持つことが明らかになった。

##### (7) グルタミン酸による日長依存的な PI 細胞の神経活動制御

産卵促進に寄与することが分かった大型 PI 細胞への、グルタミン酸シグナル入力について電気生理学的に解析した。灌流投与実験より、L-グルタミン酸は PI 細胞の神経活動を強力に抑制することが分かった。続いて、グルタミン酸代謝酵素の遺伝子ノックダウンによる影響を解析した所、*got*, *gs* ノックダウン個体では PI 細胞の神経活動の日長応答が消失することが分かった。

##### (8) PI 細胞に発現するグルタミン酸受容体の同定と遺伝子ノックダウン解析

グルタミン酸は PI 細胞の神経活動を抑制する作用を持つことが分かった。抑制性のグルタミン酸受容体として、グルタミン酸作動性塩化物イオンチャネル (GluCl) が知られていたため、GluCl の PI 細胞における発現を Single cell PCR により検証した。その結果、90%の PI 細胞で

*glucl* の発現が確認された(図 4A)。続いて、GluCl の光周性制御への寄与を遺伝子ノックダウンにより検証した所、*glucl* ノックダウン個体では卵巣発達(図 4B)と PI 細胞の神経活動(図 4C)の日長応答が消失することが分かった。

#### 【休眠誘導に関与する PL 細胞の解析】

##### (9) 背側 PL 細胞の遺伝子プロファイル解析

産卵促進に寄与する PI 領域に続いて、生殖休眠誘導に寄与する PL 領域の大型神経細胞について、遺伝子プロファイルを Single cell PCR 法により解析した。その結果、背側 PL 細胞は sNPF やコラズニンといった神経ペプチドを発現していることが分かった。一方、複数ある時計遺伝子群を一通り発現する背側 PL 細胞は無く、背側 PL 細胞は時計細胞ではないことが示唆された。

##### (10) 背側 PL 細胞の神経活動記録系の確立

PI 細胞での神経活動記録の方法を応用し、Patch clamp 法を用いて、背側 PL 領域の大型神経細胞から長時間安定した神経活動を記録することができる実験系の確立に成功した。

#### 【研究成果のまとめと今後の展望】

本研究により、脳内の概日時計細胞の一部が日長変化に対する応答性を示し、光周性制御に重要となる光周時計として機能している可能性が示唆された。また、グルタミン酸が概日時計に基づいた日長情報を伝える神経シグナルとして働き、産卵促進 PI 細胞の活動性を日長に応じて制御することで、産卵の光周性制御を行っていることを明らかにし、国際科学雑誌 PNAS と PLOS Biology で論文発表を行った(Hasebe and Shiga, 2021a;2022)。更に、休眠誘導に関わる PL 細胞群の遺伝子プロファイルの一部も明らかにした。これらの研究成果は、ブラックボックスになっている、脳内の概日時計に基づいた生殖の光周性制御機構の解明に大きく貢献するものである。

今後、光周性への関与が示唆された時計タンパク質の制御遺伝子や、解析手法を確立した PL 細胞に着目した研究を進め、光周時計による生殖の光周性制御機構の全貌を明らかにしたい。

#### <引用文献>

- ① Numata H, Miyazaki Y, & Ikeno T (2015) Common features in diverse insect clocks. *Zoological Lett* 1:10.
- ② Dubowy C & Sehgal A (2017) Circadian Rhythms and Sleep in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 205(4):1373-1397.
- ③ Ikeno T, Numata H, Goto SG, & Shiga S (2014) Involvement of the brain region containing pigment-dispersing factor-immunoreactive neurons in the photoperiodic response of the bean bug, *Riptortus pedestris*. *J Exp Biol* 217(3):453-462.
- ④ Muguruma F, Goto SG, Numata H, & Shiga S (2010) Effect of photoperiod on clock gene expression and subcellular distribution of PERIOD in the circadian clock neurons of the blow fly *Protophormia terraenovae*. *Cell Tissue Res* 340(3):497-507.
- ⑤ Shimokawa K, Numata H, & Shiga S (2008) Neurons important for the photoperiodic control of diapause in the bean bug, *Riptortus pedestris*. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 194(8):751-762.
- ⑥ Shimokawa K, Numata H, & Shiga S (2014) Pars intercerebralis promotes oviposition in the bean bug, *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae). *Appl Entomol Zool* 49(4):525-528.
- ⑦ Hasebe M & Shiga S (2021a) Oviposition-promoting pars intercerebralis neurons show *period*-dependent photoperiodic changes in their firing activity in the bean bug. *Proc Natl Acad Sci USA* 118(9): e2018823118.
- ⑧ Hasebe M & Shiga S (2021b) Photoperiodic Response in the Pars Intercerebralis Neurons, Including Plast-MIP Neurons, in the Brown-Winged Green Bug, *Plautia stali*. *Zool Sci* 38(4) :317-325.
- ⑨ Koide R, Xi J, Hamanaka Y, & Shiga S (2021) Mapping PERIOD-immunoreactive cells with neurons relevant to photoperiodic response in the bean bug *Riptortus pedestris*. *Cell Tissue Res* 385(3):571-583.
- ⑩ Hasebe M & Shiga S (2022) Clock gene-dependent glutamate dynamics in the bean bug brain regulate photoperiodic reproduction. *PLoS Biol* 20(9):e3001734.

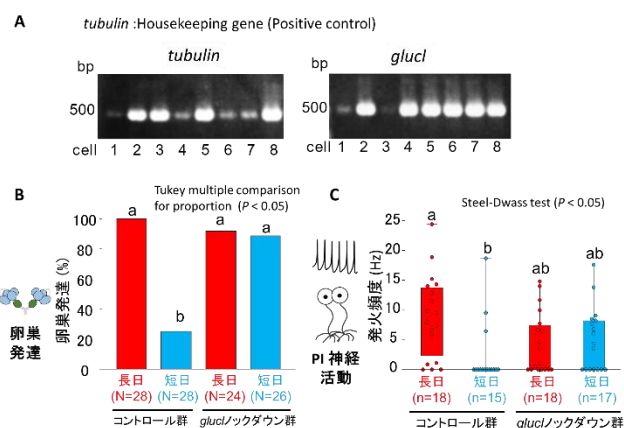


図 4 PI 細胞における *glucl* の発現解析と *glucl* ノックダウンによる光周性への影響解析(Hasebe and Shiga, 2022 改変)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Hasebe Masaharu, Shiga Sakiko	4. 巻 118
2. 論文標題 Oviposition-promoting pars intercerebralis neurons show period-dependent photoperiodic changes in their firing activity in the bean bug	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2018823118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2018823118	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 Hasebe Masaharu, Shiga Sakiko	4. 巻 38
2. 論文標題 Immunoreactive Response of Plast-MIPs to Fasting and Their Functional Role in the Reduction of Hemolymph Reducing Sugars in the Brown-Winged Green Bug, <i>Plautia stali</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 332 ~ 342
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2108/zs200162	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 Hasebe Masaharu, Shiga Sakiko	4. 巻 38
2. 論文標題 Photoperiodic Response in the Pars Intercerebralis Neurons, Including Plast-MIP Neurons, in the Brown-Winged Green Bug, <i>Plautia stali</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 317 ~ 325
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2108/zs210005	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 Hasebe Masaharu, Shiga Sakiko	4. 巻 20
2. 論文標題 Clock gene-dependent glutamate dynamics in the bean bug brain regulate photoperiodic reproduction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS Biology	6. 最初と最後の頁 e3001734
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pbio.3001734	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 Hasebe Masaharu, Kotaki Toyomi, Shiga Sakiko	4. 巻 137
2. 論文標題 Pigment-dispersing factor is involved in photoperiodic control of reproduction in the brown-winged green bug, <i>Plautia stali</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 104359 ~ 104359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinsphys.2022.104359	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5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Masaharu Hasebe, Sakiko Shiga
2. 発表標題 RNA interference of the clock gene period diminishes photoperiodic response of the pars intercerebralis neurons in the bean bug <i>Riptortus pedestris</i>
3. 学会等名 日本比較生理生化学会 第 42回山形大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷部 政治, 志賀 向子
2. 発表標題 カメムシ二種間で異なる日長応答を示す脳間部細胞における出力分子の発現プロファイリングとノックダウン解析
3. 学会等名 日本動物学会 第91回 オンライン大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷部政治、志賀向子
2. 発表標題 Nutritional status-dependent regulation of hemolymph sugar and ovarian development by myoinhibitory peptide in <i>Plautia stali</i>
3. 学会等名 第92回日本動物学会オンライン 米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷部 政治, 志賀 向子
2. 発表標題 ホソヘリカメムシの光周性応答における時計遺伝子依存的なグルタミン酸ダイナミクスの役割
3. 学会等名 日本動物学会 第93回早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaharu Hasebe, Sakiko Shiga
2. 発表標題 Inhibitory glutamatergic signals regulate photoperiodic responses of oviposition-promoting pars intercerebralis neurons in the bean bug Riptortus pedestris
3. 学会等名 日本比較生理生化学会 第 44回高知大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>司令塔は体内時計！季節情報をグルタミン酸が伝達  <a href="https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20220907_1">https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20220907_1</a></p> <p>"Mysterious memory: pursuing the secrets of memory in the brain"  <a href="https://www.osaka-u.ac.jp/en/news/global_outlook/research_highlights/rh_02_202104">https://www.osaka-u.ac.jp/en/news/global_outlook/research_highlights/rh_02_202104</a></p> <p>体内時計を用いて季節に応答する脳神経細胞を発見 季節に伴う日の長さの変化を細胞レベルで感知  <a href="https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210224_1">https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210224_1</a></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

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