

シリアゲムシ属およびスカシシリアゲモドキ (シリアゲモドキ科) の 日周活動と交尾戦術の関係

黒川剛年¹, 佐藤和樹¹, 藤山静雄¹

¹信州大学理学部

Daily photoperiod and mating tactics of *Panorpa* (Panorpidae) species and *Panorpodes paradoxus* (Panorpodidae)

Taketoshi Kurokawa¹, Kazuki Sato¹ & Shizuo Fujiyama¹

¹Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto, 390-8621, Japan

キーワード：婚姻贈呈；交尾戦術；日周活動；シリアゲムシ属；シリアゲモドキ科
Keywords: nuptial offering; mating tactics; daily activity; *Panorpa*; Panorpodidae

はじめに

シリアゲムシ属 *Panorpa* (シリアゲムシ科 Panorpidae) の雄の交尾戦術は一般的に、得た餌を雌に与える婚姻贈呈, 自分の唾液を雌に与える婚姻贈呈, 婚姻贈呈をしない交尾, の3つに分けられることが知られている (Byers and Thornhill, 1983). Engqvist and Sauer(2003) は, *P. cognata* は時間帯によって用いる交尾戦術が異なり, 夜間は探索行動をとらないため餌を見つけられず, 餌を用いる婚姻贈呈がほとんど起きなかったのではないかと考察している. このように交尾戦術と日周活動性は関連している可能性があるが, ほとんど研究は行われていない.

そこで本研究では日本産のシリアゲムシを使って, 雄の交尾戦術, 雄による雌の探し方, 婚姻贈呈などの, 交尾に関係する行動と日周活動性の関係を探ろうとした. 日本に生息するシリアゲムシ目は4科があるが, そのうち本州で容易に採集でき, 成虫の飼育が比較的容易なシリアゲムシ科の3種, およびシリアゲモドキ科 Panorpodidae のスカシシリアゲモドキを調査対象として選んだ.

なお, シリアゲモドキ科はシリアゲムシ科と姉妹群と考えられており (Byer & Thornhill, 1983), 配偶行動に関する研究はほとんど行われ

ていない. 日周活動性についても, スカシシリアゲモドキ *Panorpodes paradoxus* の短翅型において交尾活動は夜間に行う (岩崎, 1987)と, 言及されているにすぎない.

本研究では, シリアゲムシ属のヤマトシリアゲ *P. japonica* (以後ヤマトと略称), プライアシリアゲ *P. pryeri* (同プライアと略称), キシタトゲシリアゲ *P. fulvicaudaria* (同キシタと略称), およびスカシシリアゲモドキ (同スカシと略称) の, 計2科2属4種の行動を比較した. なお, ヤマトは餌を用いた婚姻贈呈とそれを行わない交尾を行うことが分かっている (Thornhill, 1992). また, 著者の予備観察から, プライアとスカシは主に唾液を用いた婚姻贈呈を行い, キシタは3つの全ての交尾戦術をとることが分かっている.

本文に先立ち, 研究に関して様々な御意見をいただいた, 信州大学理学部生物科学科藤山研究室の諸氏に心より御礼を申し上げる.

材料と方法

2011年5~7月にかけて松本市内で採集されたヤマト春型 (6ペア), プライア (10ペア), キシタ (10ペア), およびシリアゲモドキ科のスカシ長翅型 (12ペア) を実験に用いた. 供試虫は, 実験前の1日間, 13.5L10.5D (暗期の前後に30

分の薄明薄暮期を入れた) 条件下で, 十分量の餌を与え管理された. この際に明期には部屋の蛍光灯をつけて環境を 1000 ルクス以上に保ち, 薄明薄暮期にはそれを 300 ルクス程度に保った.

実験は, 円形のプラスチックケース (直径 11.5cm, 高さ 8cm) の底に, よく湿らせた土を約 1 cm の深さで敷き, これに葉の付いたヤマブキの枝, 餌としてシリアゲムシ属には 1 cm 以上のミルワーム 2 匹, スカシには 1 cm³ 程度にちぎった昆虫ゼリー 2 つを入れ, 同種の個体を各 1 ペア入れて行った. 室温は約 26°C, 前述の日長に設定した. 後述する場合を除き, 30 分毎に 10 分間観察し, それを 48 時間継続した. 暗期には, 虫の活動に影響を与えないよう, 赤いセロファンで覆った懐中電灯を用いて観察した. 餌は実験開始 24 時間後に補充した. 1 回の実験は 48 時間とした. なお, 実験中に死亡した個体がプライアとキシタで見られた. これらについては, 死亡前 30 分までの行動には異常が見られなかったもので, その記録は資料として用いた.

行動要素は交尾行動 (雌雄の生殖器が結合している状態), 雄のフェロモン放出姿勢 (雄が腹部を持ち上げフェロモン腺を露出させている状態), 雌雄それぞれについて, 歩行活動と, 摂食活動に分類し記録した. 交尾様式は, 餌の婚姻贈呈, 唾液の婚姻贈呈, 婚姻贈呈なし, に分類された. なお, 1 分以上継続しない交尾は交尾失敗とみなし, 交尾したとはしなかった.

なお, 観察中に交尾が見られた場合は, 交尾の終了まで観察し, その交尾継続時間, 唾液が吐かれた時は一つ目の唾液が吐かれるまでの時間, 吐かれた唾液の個数, を記録した. また交尾観察でヤマトでは雄が交尾中もしくは交尾前に雌に餌を与えなかった場合, プライアとスカシでは雄が交尾中に雌に唾液を与えなかった場合, キシタでは交尾前に雄が雌に餌または唾液を与えなかった場合, をそれぞれ婚姻贈呈なしの交尾と定義した. 今回, 交尾中に雌が偶然餌を見つけ摂食を始めた場合が 1 例見られたが, 婚姻贈呈とは見なさなかった.

結果

日周期と交尾, フェロモン放出姿勢, 雄の歩行活動, 雌の歩行活動, 雄の摂食活動, 雌の摂食活

動の関係について, 順に図 1-6 に示した. 図 1 より交尾は昼夜ともに見られたが, 交尾延べ個体数は実験個体数を考慮すると比較的少なかった. そのため, 特に交尾活動が活発になる時間帯を検出することはできなかった.

フェロモン放出姿勢は明期に多く観察された (図 2). 特にヤマトでは明期中, 30% 以上の比較的高い頻度で見られた. しかし, 3 種とも明期の後半から終わりにかけて急激に減少してゆき, プライアを除き, 暗期前半にはほとんど見られなくなった. その後, 暗期後半に活発になり始めた. プライアでは明期前半にピークがあり, 明期中程から徐々に不活発になり, 暗期の終わりから再び活発になり始めた. キシタでは, 前 2 種に比べフェロモン放出姿勢を示す個体の比率が低く, ピークは明期の始めから中程にかけて見られた. スカシではフェロモン放出姿勢は観察されなかった.

フェロモン放出姿勢の 1 日あたりの平均割合を種毎に見ると, ヤマトで 26.4% (延べサンプル数 (以後, 述べと記述) :n=576), プライア 15.1% (延べ:n=960) で, キシタ 8.56% (延べ:n=960) だった. 種間比較では, キシタトゲとヤマトとでのみ, 有意差 (U 検定, $p<0.01$) があった.

図 3, 4 は雌雄の歩行活動を示すが, 全体的に見ると, 明期に暗期より活動個体の割合が高く, 明期の時間帯により活発であることが分かる. スカシでは, 雄は明期暗期に関わらず, ほぼ一様に見られた. 雌では明期後半に活動割合がピークを示し, 明期の終わりになると徐々に不活発になった. 歩行 1 日あたりの平均割合は, 雄では, ヤマトで 10.8% (延べ:n=576), プライアで 34.4% (延べ:n=960) で, キシタで 20.0% (延べ:n=960), スカシ 33.7% (延べ:n=1152) だった. プライアとスカシがヤマトより有意に多く (U 検定, 両者とも $p<0.01$), またキシタより有意に多かった (両者とも $p<0.01$). 雌において, ヤマトで 11.5% (延べ:n=576), プライアで 19.7% (延べ:n=960) で, キシタで 11.6% (延べ:n=960), スカシで 28.9% (延べ:n=1152) だった. スカシが, 他の 3 種より有意に多く歩行していた (他の 3 種に対し U 検定, $p<0.05$). 雌雄間では, プライアとキシタにおいて, 雄が雌より有意に多い頻度で歩行していた (U 検定, 両者とも検定, $p<0.05$).

図 5, 6 より, どの種も摂食活動は行っている個体の割合が比較的低い (5-10%) ことが分かる.

そして、キシタ雌の暗期後半から明期初めを除き、昼夜を通してほぼ一定しており、摂食活動の明確な日周性は認められなかった。

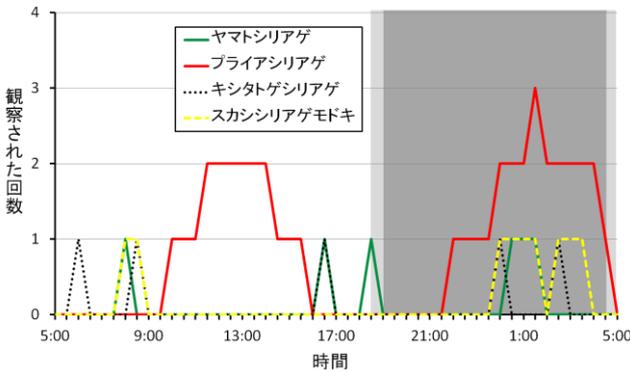


図 1 光の日周期と交尾行動発現時間との関係。図の暗色部、灰色部、白色部は順に暗期、薄明薄暮期、明期を示す。

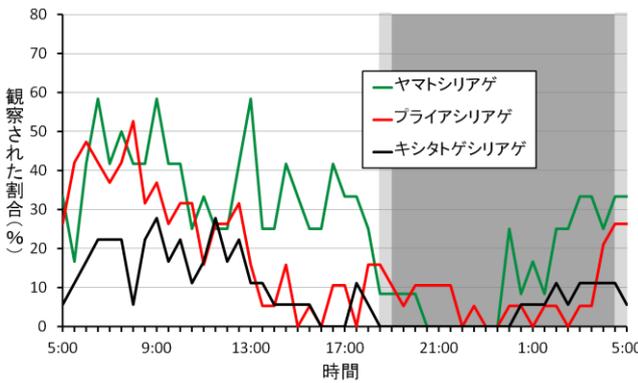


図 2 光の日周期と雄のフェロモン放出姿勢発現との関係。図中の表記は図 1 参照。スカシでは本行動は観察されなかったため、図中には記載されていない。

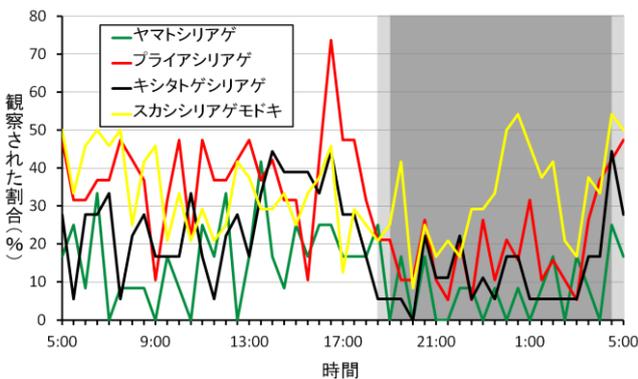


図 3 光の日周期と雄の歩行活動の時間との関係。図中の表記は図 1 参照。

交尾行動

図 7 のようにヤマトでは 3 ペア中 2 ペア、プライアでは 4 ペア中 1 ペア、キシタでは 3 ペア中 1 ペアで複数回の交尾が見られた。スカシでは複数

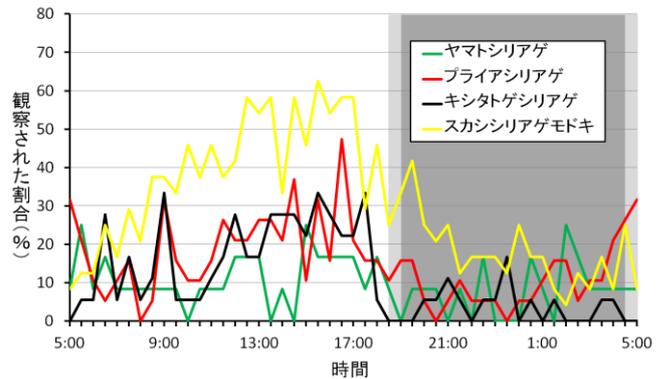


図 4 光の日周期と雌の歩行活動。図中の表記は図 1 参照。

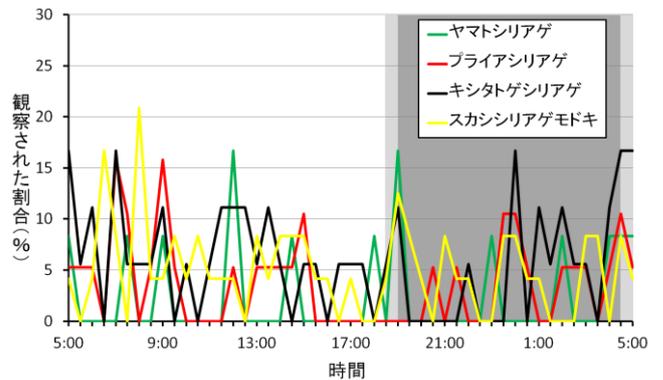


図 5 光の日周期と雄の摂食活動との関係。図中の表記は図 1 参照。

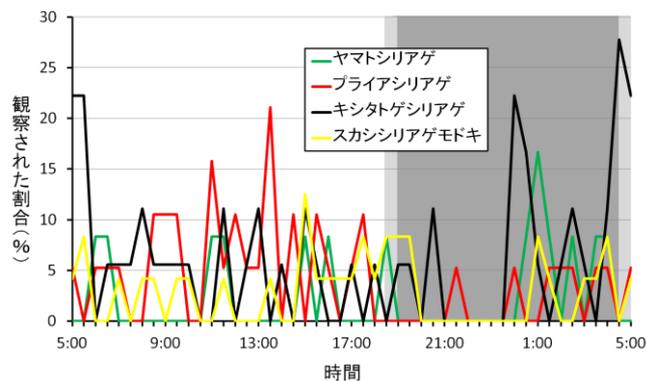


図 6 光の日周期と雌の摂食活動との関係。図中の表記は図 1 参照。

回の交尾は見られなかったが、著者の予備観察で、同一個体で複数回の交尾が確認されているので、個体が複数回交尾をするといえる。また、スカシでは 4 ペア全てが、ヤマトでは 3 ペア中 1 ペアが、

プライアでは 4 ペア中 3 ペアが、キシタでは 3 ペア中 2 ペアが 1 日目だけに交尾していた。また、スカシを除き全ての交尾個体で、一度交尾した後再びフェロモン放出姿勢をとった。特に、ヤマトでは交尾が終わった個体と、短時間後に再びフェロモン放出姿勢をとった個体が 3 個体中の全てで見られたことは注目に値する。

ヤマトでは、雄は餌を見つけると摂食を始めた。それが終わると餌のそばでフェロモン放出姿勢をとった。雌が雄のそばに来ると、雄は翅をゆっくりと震わせ雌に接近し、把握器で雌の腹部末端を掴み、背器官（雄腹部背面第 3 節後縁と第 4 節前縁で構成される器官）に雌の翅をはさむと交尾にいたった。交尾が始まると雌は餌を食べ始めた。大野（1958）の観察結果と同様に、交尾中雄は餌を食べなかった。平均交尾継続時間は 28 ± 2.1 分 ($n=5$) だった。

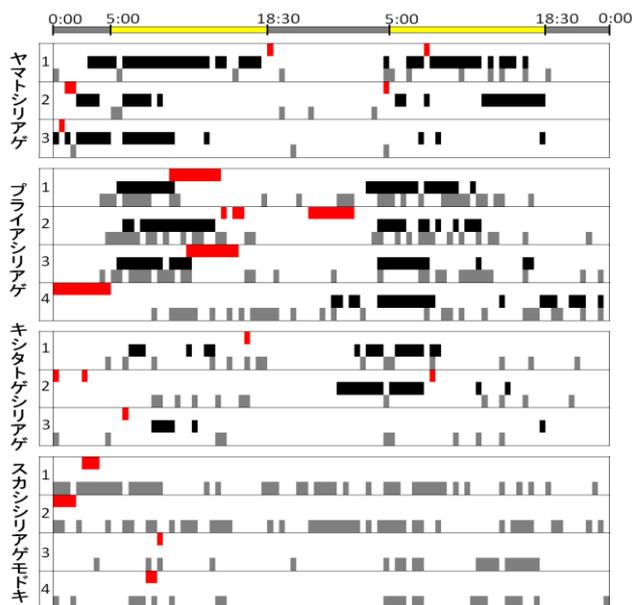


図 7 交尾した個体のフェロモン放出姿勢、歩行活動と光の日周期との関係。ヤマトが 12 ペア中 3 ペア、プライアが 19 ペア中 4 ペア、キシタが 18 ペア中 3 ペア、スカシが 24 ペア中 4 ペアで交尾が確認された。図中の個体番号中の上より、赤色部が交尾、黒色部がフェロモン放出姿勢、灰色部が雄の歩行活動を示す。各バーの長さは、それぞれの継続時間を示す。連続する 20 分毎の観察で同じ行動が見られた場合には、行動は継続していたものと判断され、バーは連続で示されている。時間を表すバーの灰色部が暗期（薄明薄暮期を含む）、黄色部分が明期を示す。

プライアでは、静止もしくは歩行しながらフェロモン放出姿勢をとった。雄は雌と遭遇すると翅を震わせ、把握器で雌の腹部末端をはさみ、背器官で雌の翅をはさむと交尾にいたった。交尾開始から平均 52.8 ± 11 分 ($n=5$) 経過後に雄が一つ目の唾液を吐き、それを雌が摂食した。交尾中、雌が餌のそばにきて、交尾を続けながら、摂食を始めことはなかった。一つの唾液を雌が摂食し終わると雄が新たな唾液を吐くことが多く、平均の唾液の個数は 3 ± 2 個 ($n=5$) だった。唾液を用いた婚姻贈呈の平均交尾継続時間は 230 ± 43 ($n=5$) 分、婚姻贈呈なしの交尾は 19 分と 23 分で、他の 3 種より交尾継続時間が長かったが、これがなぜかには興味もたれるが、現在のところは不明である。

キシタでは、餌または吐いた唾液のそばで、もしくは歩行しながらフェロモン放出姿勢をとった。雄は雌に遭遇すると翅を震わせ、把握器で雌の腹部末端を、背器官で翅をはさみ、腹部第 6 節のトゲに雌の腹部を絡めるようにして交尾にいたった。交尾が始まると、雌は餌または唾液を食べ始めた。1 例のみ、雌が何も食べずに交尾した。交尾中、雄が新たな唾液を吐くことはなかった。餌を用いた婚姻贈呈の平均交尾継続時間は 5 ± 2.5 分 ($n=3$)、唾液を用いた婚姻贈呈の交尾は 2 分、婚姻贈呈無しの交尾は 5 分だった。

スカシでは、雄が激しく翅を震わせ、雌に接近し、交尾にいたった。フェロモン放出姿勢はとらなかった。交尾中、雄が唾液を吐き、雌がそれを食べた。また 1 例のみ、交尾中に餌に行きつき、雌が摂食を始める光景が見られたが、その交尾の継続時間は約 2 分と短かった。初めの唾液を吐くまでの平均の時間は 48 ± 5.6 分 ($n=3$) だった。唾液を用いた婚姻贈呈の平均交尾継続時間は 78 ± 23 分 ($n=3$) だった。

考察

3 種のシリアゲムシの間で、幾つかの共通した性質が認められた。1 日目に交尾する個体が多かったのは、実験を始める前に雄雌を隔離していたためと考えられる。一度交尾した個体でもフェロモン放出姿勢をとったことから、これら 3 種にお

いて、複数回交尾を行う可能性が強い。どの種も、基本的に明期に活動しており、暗期にはあまり活動していない。また、フェロモン放出姿勢（図2）や雄の歩行活動（図3）の結果から、実験で使った3種は、野外では、明け方から歩行やフェロモン放出姿勢などを活発化させていると思われる。また3種とも歩行活動を見ると暗期に不活発である。摂食は個体が歩行し餌に遭遇する必要があるため、実際の野外では明期に多く摂食活動がみられると推測される。

ヤマトの雄が他の種の雄より歩行活動が少なかったのは、雄は餌を持って移動できないので、婚姻贈呈のためには餌の前で雌を待たなければならず、歩行活動ができないからだろう。彼らが、他種より早い時間帯からフェロモンを放出しているのは、0時に投入した新しい餌をすぐに獲得できたためと考えられる。

プライアの雄はフェロモンを放出しながら活発に歩行していた（図7）。本種は交尾中に唾液を吐く性質をもつので、雄が歩行中に雌と遭遇した場合も婚姻贈呈が可能である。また、歩行活動を行うことで、雌との遭遇の機会が増すと考えられるので、そのことも歩行活動の割合を高くすることに寄与しているに違いない。また、フェロモン放出姿勢をとる個体の割合は明期前半に高く（図2, 7）、この時にプライアの雄は主にフェロモンを放出して嗅覚的に雌を呼び寄せているのだろう。

キシタのフェロモン放出姿勢はプライアと似た日周活動性であったが、明期の歩行活動はプライアより不活発だった。キシタではプライアと違い、餌による婚姻贈呈よりもしく唾液を用意して交尾するが、前者の場合、餌を発見した後は雄は雌が来るのを待たなければならない。このことがプライアに比べ、歩行活動が少なく見える理由ではないだろうか。また、キシタの雄には腹部第6節にトゲ状の突起があり、交尾の際にはこれで雌の腹部をはさむように交尾する。この器官の役割は指摘されていないが、雌を捕捉するための器官であるのかもしれない。

スカシは交尾中に唾液を吐くため、あらかじめ餌や唾液を用意する必要はない。野外での観察では、シリアゲムシ属の種に比べ、よく飛び回り、動きも活発である。このことから、スカシの雄は飛翔や歩行を活発にすることで、積極的に雌を探

して交尾をする戦術を取っているのだろう。交尾中に雌が餌を食べた1例はと交尾時間が極端に短かったことから例外事象と考えられる。

また、プライアとスカシは、交尾してから雄が雌に唾液を吐き与える点が共通しているが、初めの唾液を吐くまでの時間は、両種ともに交尾開始から約50分後であった。この時間は長いので、交尾時間を延長するように機能しているのかもしれない。

スカシの雄の特徴として、他のシリアゲムシ属3種に比べ、暗期に歩行している個体の割合が高かった。一方、雌では、明期後半にピークが見られたが、シリアゲムシ属と異なり、暗期に入ると徐々に不活発になった。スカシの短翅型の交尾は夜間に行われることが報告(岩崎, 1987)されている。また、スカシの長翅型は、シリアゲムシ属に比べ、夜間光に集まる性質が強いという報告(岩崎・井原, 1992)もある。今回の実験では、スカシの交尾と雄の歩行活動が暗期にも多く見られたことから、交尾は明期暗期に関わらず起こると考えられる。

摘要

日本のシリアゲムシについて日周期と交尾戦術の関連性を明らかにするため、シリアゲムシ属3種、ヤマトシリアゲ、プライア、シリガゲ、キシタシリアゲとシリアゲモドキ科のスカシシリアゲモドキを用いて13.5L10.5Dの光周期下で配偶行動を中心に行動観察を2日間行った。

全体として、餌を用いた婚姻贈呈、唾液を用いた婚姻贈呈、婚姻贈呈なしの3種類の交尾が見られたが、種によりどの種類の交尾を行うかは異なっていた。交尾は昼夜を問わずみられた。交尾中に雄が雌に唾液を与える種では、交尾時間が長く、雄の歩行が活発だった。シリアゲムシ属3種では明期に歩行が活発になったが、スカシの雄は、特徴的で、フェロモン放出姿勢をとることは無かったが、歩行活動は暗期にも活発に見られた。

引用文献

- Byers, G.W. and Thornhill, R. (1983) Biology of Mecoptera. *Ann. Rev. Entomol.* **28**: 203-228.
Engels, S. and Sauer, K.P. (2006) Resource-

- dependent nuptial feeding in *Panorpa vulgaris*: an honest signal for male quality. *Behavioral Ecology*. **17**(4) : 628-632.
- Engqvist. L. (2007) Nuptial food gifts influence female egg production in the scorpionfly *Panorpa cognate*. *Ecological Entomology*. **32**: 327-332.
- Engqvist. L. and Sauer. K.P. (2003) Influence of nutrition on courtship and mating in the scorpionfly *Panorpa cognate* (Mecoptera, Insecta). *Ethology*. **109**: 911-928.
- 岩崎 靖 (1987) 本州中部山岳に生息する短翅型スカシシリアゲモドキの分布と生態. 菅平研報, **8**: 73-82.
- 岩崎靖・井原道夫 (1992) 灯火に集まるシリアゲムシ. *Panorpodes*. 12/13: 64-66.
- 奥井一満・中越元子・采川正昭 (1976) シリアゲ *Panorpa japonica* Thunberg の配偶行動. 生理生態. **17**: 125-132.
- 大野正男 (1958) シリアゲムシ類の交尾習性について. 生態昆虫, **7**(1): 47-48.
- Sauer, K.P., Lubjuhn, T., Sindern, J., Kullmann, H. and Kurtz, J. (1998) Mating system and sexual selection in the scorpionfly *Panorpa vulgaris* (Mecoptera: Panorpidae). *Journal of Zoological and Evolutionary Research*, **34**: 235-249.
- Thornhill. R. (1973) The morphology and histology of new sex pheromone glands in male scorpionflies, *Panorpa* and *Brachypanorpa* (Mecoptera: Panorpidae and Panorpididae). *The Great Lakes Entomologist*. **6**: 47-55.
- Thornhill, R. (1992) Fluctuating asymmetry and the mating system of the Japanese scorpionfly, *Panorpa japonica*. *Anim. Behav.* **44**(5): 867-879.
- Thornhill. R. and Alcock. J. (1983) The evolution of insect mating systems. Harvard University Press.

(原稿受付 2012.4.18)