

日本産シリアゲムシ 9 種の配偶行動の比較—婚姻贈呈と関連して—

佐藤和樹¹, 藤山静雄²¹神奈川県横浜市, ²信州大学理学部

Comparison of mating behavior of nine species in Japanese scorpionfly

— special references to the behavior of nuptial gift —

Kazuki Sato & ²Shizuo Fujiyama¹Yokohama City, Kanagawa Prefecture, Japan. ²Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu University

キーワード：シリアゲムシ, 配偶行動, 交尾戦術, オスの腹部形態, 婚姻贈呈

Keywords: Scorpionfly, Mating behavior, Mating tactic, Morphology of male abdomen, nuptial gift

はじめに

シリアゲムシ属 *Panorpa* は, 交尾時にオスがメスに餌を供する婚姻贈呈が知られ, その戦術は3つに分類されている。まず, ①婚姻贈呈を伴わずに交尾する戦術。婚姻贈呈を伴う戦術には, ②オスが餌のそばでメスを待ち, 来たメスに餌を譲り与えて交尾する。③オスが口から特殊な唾液をメスに吐き与えて交尾する, の合計3通りがあり, 婚姻贈呈を伴う交尾の方が繁殖成功率が高まることが知られている (e. g., Sauer et al., 1998; Thornhill, 1981)。また, オスは潜在的に複数の代替戦術をとる (Byers & Thornhill, 1983; Thornhill, 1981)。

ここでは②の戦術を“餌交尾”, ③を“唾液交尾”, ①の婚姻贈呈を伴わない交尾を“贈呈なし”と呼称する。

本属成虫には性的二型が見られ, オスの腹部第3節~4節背面には交尾時にメスの翅を挟んで捕捉するために用いられる背器官がある (Mickoleit, 1971)。また, 腹部末端部には他のオスとの闘争およびメスの捕捉に用いられるハサミ状になった把握器 (Thornhill, 1980), およびメスを呼ぶ性フェロモンを分泌するフェロモン腺 (Thornhill, 1979) がある (図1)。

本属は Carpenter (1931) や Issiki (1933) により, 外部形態の特徴を基にした群分けがなされている。日本

産の属は, ①口吻が短くオス腹部第6節背面にトゲ状突起が見られるトゲシリアゲ群, ②オス腹部第3節背面の背器官を構成する突起が長く伸長したニッコウホシシリアゲ群, ③オス腹部の硬化が発達せず, 把握器の端子は細い, または短いプライア・キアシシリアゲ群, ④オス腹部の硬化が発達し, 把握器の端子が長く頑丈なヤマトシリアゲ群, の4群 (図2 a-d) に分けられる (Issiki, 1933; 宮本, 1988)。

日本産種シリアゲムシの配偶行動研究は, ヤマトシリアゲ (奥井ほか, 1979; Thornhill, 1992a; b), キバネシリアゲ *P. ochraceopennis* とマルバネシリアゲ *P. nipponensis* (Thornhill, 1992c) のヤマトシリアゲ群に属する3種でなされているに過ぎず, 日本に分布するシリアゲムシの群間や種間の配偶行動の違いを論ずることはできない。



図1. シリアゲムシのオス腹部形および付属器官の位置と名称
数字は腹節の番号を示す。

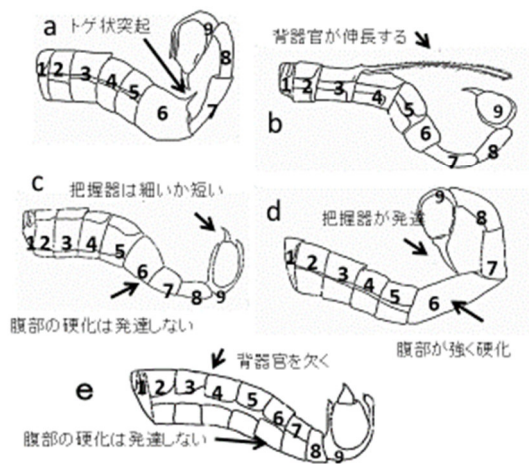


図2. 日本のシリアゲムシ属4群およびスカシシリアゲモドキのオス腹部形態とその特徴

a: トゲシリアゲ群。b: ニッコウホシシリアゲ群。c: プライア・キアシシリアゲ群。d: ヤマトシリアゲ群。e: スカシシリアゲモドキ。数字は腹部節の番号を示す

そこで、シリアゲムシ科の種間で①オスの腹部形態の違いと配偶行動に関連性があるのか？また近縁の科である②シリアゲモドキ科のスカシシリアゲモドキ *Panorpodes paradoxus* の配偶行動のとの比較の2つを目的に、合計9種（2型）について配偶行動の観察を行った。

なお、スカシシリアゲモドキについては Carpentar (1953), 岡本(1969), 岩崎(1987)に簡単な記述が見られるのみで詳細な観察が必要であると考えた調査した。

材料と方法

1) 供試虫の採集と管理

研究対象の2科2属4群9種はその採集地と共に表1に示した。

スカシシリアゲモドキでは、種内変異に配慮した使用はしなかったが、高山域に分布する短翅型(岩崎, 1987)は用いなかった。プライアシリアゲは、中村(2009)による分類のグループ A, すなわち口吻と胸部背面に帯状の黄色部がある個体のみを用いた。ヤマトシリアゲは、春に出現する黒色のものを春型、晩夏に出現する橙色のものを秋型とし、両季節型を分けて使用した。ヤマトシリアゲの春型を用いての実験では、神奈川県藤沢市産の成虫が産下した卵を飼育し羽化させて得た秋型のメス2個体を使用個体に含めた。オスについては、季節型は考慮しなかった。

供試虫の飼育は、20℃13.5時間明10.5時間暗、または22℃16時間明8時間暗の条件下で行った。飼育容器は、プラスチック製の8cm×15cm×11cmまたは11cm×19cm×11cmの大きさのものを用いた。雌雄別々の容器に複数個体ずつ入れて飼育した。容器内には底面に3cmほどの深さの土を入れ、萎れないよう湿らせたティッシュペーパーでくるんだヤマブキの枝葉を入れた。餌として、シリアゲムシ属の個体にはミールワームを与え、植食性のスカシシリアゲモドキには昆虫ゼリーを与えた。

餌は十分なように1~2日ごとに交換し、常に自由に摂食できる状態とした。底面にはおよそ2cm程度の深さの土を入れ、土表面が乾燥しないよう乾燥し始めたら霧吹きで水を吹きつけた。ティッシュペーパーとヤマブキの枝葉は枯死しないように適時、新鮮なものと交換した。この際、容器の壁面も湿らせたティッシュペーパーで拭き取り清潔に保った。

容器底面には2cmで程度の土を敷き、ヤマブキの細

表1. 本研究で用いたシリアゲモドキ科およびシリアゲムシ科の種の分類学的位置と採集地

和名a)	学名	科	属または属内の群b)	本研究に用いた個体の採集地
キシタトゲシリアゲ	<i>Panorpa fulvicaudaria</i>	シリアゲムシ科	トゲシリアゲ群	長野県松本市, 同県塩尻市, 同県富士見町
ハクサンホシシリアゲ	<i>Panorpa kagamontana</i>	シリアゲムシ科	ニッコウホシシリアゲ群	長野県松本市, 山梨県北杜市
プライアシリアゲ	<i>Panorpa pryeri</i>	シリアゲムシ科	プライア・キアシシリアゲ群	長野県松本市, 同県塩尻市, 同県伊那市, 同県南牧村, 山梨県北杜市
ホソマダラシリアゲ	<i>Panorpa multifasciaria</i>	シリアゲムシ科	プライア・キアシシリアゲ群	長野県松本市, 同県塩尻市, 同県富士見町
ツマグロシリアゲ	<i>Panorpa lewisi</i>	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ群	長野県松本市
キバネシリアゲ	<i>Panorpa ochraceopennis</i>	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ群	長野県松本市, 同県伊那市, 同県南牧村
ヤマトシリアゲ(春型)c)	<i>Panorpa japonica</i>	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ群	長野県松本市, 同県伊那市
ヤマトシリアゲ(秋型)c)	<i>Panorpa japonica</i>	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ群	長野県筑北村, 同県松本市
マルバネシリアゲ	<i>Panorpa nipponensis</i>	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ群	長野県松本市, 山梨県北杜市
スカシシリアゲモドキ	<i>Panorpodes paradoxus</i>	シリアゲモドキ科	シリアゲモドキ属	長野県松本市, 同県伊那市, 同県南牧村

a)種の配列は宮本(1988)に従った。

b)対象としたシリアゲムシ科の種は、すべてシリアゲムシ属に属する。

c)ヤマトシリアゲは2化性で、2季節型を有する。

枝と葉3枚程度、水分補給用の湿らせたティッシュペーパーを入れた。餌として1cm~1.5cm程度に切断したミールワームの新鮮な死体を2つ与えた。スカシシリアゲモドキには、1cm³程度に切った昆虫ゼリーを2つ与えた。実験は、5月~6月中旬および9月~10月は20℃程度、6月下旬~8月は26℃程度の室温条件下で行った。

2) 観察

実験には、高さ8cm×直径11.5cmの円筒形のプラスチック容器を用いた。前述の容器に1つがい、2つがい、またはオス1個体にメス2個体を入れて観察した。

供試個体については、野外採集の成虫から活動的な個体を、交尾履歴を考慮することなく選んで使用した。

観察は5時間から8時間かけて行い、オスのとった交尾戦術、交尾継続時間、求愛行動、オス同士の闘争、およびフェロモン放出行動などを記録した。

なお、結果には本研究とは別に行われた日周性の観察実験（日長13.5時間明10.5時間暗、用いた容器と餌条件は他と同じ、30分毎に10分間観察を48時間継続）の4例のプライアシリアゲの交尾観察データに加えた。

配偶行動の分類基準は、オスが粘着性の分泌物を吐き、メスが交尾中にそれを摂食した場合、“唾液交尾”。

餌の付近にいるオスにメスが近づき交尾し、かつメスが交尾中に餌を摂食した場合を“餌交尾”，これらと異なり婚姻贈呈をせずに交尾した事例を“贈呈なし”とした。そして、 χ^2 検定により用いた交尾戦術の頻度を検定し、Mann-WhitneyのU検定により交尾戦術ごとの交尾継続時間の違いを検定した。

“フェロモン放出行動”とはオスがフェロモン腺を露出させ腹部を持ち上げる行動を始めた時を示し、以後この状況をそう呼ぶことにした。なお、フェロモン放出行動を始めた場所を、①唾液のそば、②餌の側、③餌も唾液もない所に区分した。各状況間でのフェロモン放出行動の頻度の違いの有無を χ^2 検定した。

結果

観察された交尾回数、および交尾戦術の評価結果を表2に、フェロモン放出行動の観察結果は表3に順に示した。

メスに翅を被せる際に、左右非対称に翅を開く種と、翅を左右対称の屋根型に開く種が見られた(図3)。前者はヤマトシリアゲ群に属する4種のみ該当した。

表2のとおり、ホソマダラシリアゲを除き交尾が観察された。以下具体的に述べる。

(1) 種の配偶行動

種名a)	実験観察回数b)			用いた交尾戦術c)		交尾観察回数		平均交尾継続時間(分)	継続時間測定に用いた交尾回数d)	頻度の有意差検定e)	継続時間の有意差検定f)
	1つがい	2つがい	1♂2♀	各戦術ごと	合計	各戦術ごと	合計				
キシタゲシリアゲ	29	0	0	贈呈なし	2	5	3.5±2.1	2	—	—	
				餌交尾	1		1				
				唾液交尾	2		10.5±13.4	2			
ハクサンホシシリアゲ	7	0	1	贈呈なし	4	4	197.5±110.3	4	—	—	
プライアシリアゲ	47	5	0	贈呈なし	3	9	21.0±2.9	2	—	—	
				唾液交尾	6		247.8±101.7	5			
ホソマダラシリアゲa)	4	0	0	観察されず	0	0	0	0	—	—	
ツマグロシリアゲ	9	4	0	贈呈なし	3	6	47.5±55.9	2	—	—	
				餌交尾	3		294.3±309.2	3			
キバネシリアゲ	33	7	0	贈呈なし	2	12	4.0±4.2	2	—	—	
				餌交尾	10		17.5±19.1	10			
ヤマトシリアゲ(春型)	16	8	0	贈呈なし	18	49	10.7±11.4	18	—	—	
				餌交尾	31		19.3±15.4	28			
ヤマトシリアゲ(秋型)	8	0	0	贈呈なし	1	7	129	1	—	—	
				餌交尾	6		55.7±76.1	6			
マルバネシリアゲ	9	3	0	餌交尾	15	15	22.5±18.9	13	—	—	
スカシシリアゲモドキ	15	30	0	贈呈なし	6	28	31.0±24.5	6	p<0.05	—	
				唾液交尾	22		44.7±24.5	22			

a)ホソマダラシリアゲの観察は行ったが、交尾は観察されなかった。
b)“1つがい”、“2つがい”は順に実験容器に“1つがい”、“2つがい”を投入して観察した場合、“♂2♀”は同様に実験容器に1オス、2メスを投入して観察した場合を示す。
c)“贈呈なし”、“餌交尾”、“唾液交尾”は、順に婚姻贈呈をせず交尾した場合、餌付近にいるオスとそこを訪れたメスが交尾した場合、オスがメスに唾液を吐き与え交尾した場合を示す。
d)交尾開始または終了の瞬間を見逃した場合と他個体の妨害により交尾を終了させられた場合にはデータを除外した。
e)用いた交尾戦術の頻度の有意差の有無は χ^2 検定により行われた。“—”は有意差なしを示す。
f)交尾戦略ごとに交尾継続時間に有意な差があるかはMann-WhitneyのU検定により調べられた。

表3.観察された種毎のフェロモン放出行動時の姿勢^{a)}, その位置, 各行動の回数の比較

種 ^{b)}	フェロモン放出姿勢 ^{c)}	フェロモン放出行動開始時の位置 ^{d)}	各ケースの観察回数	ランダム頻度からの有意性 ^{e)}
キシタトゲシリアゲ	腹部をあまり上げない	唾液のそば	6	—
		餌のそば	2	
		餌も唾液もない状態	8	
ハクサンホシシリアゲ	腹部をあまり上げない	餌のそば	2	—
		餌も唾液もない状態	1	
プライアシリアゲ	腹部をあまり上げない	餌のそば	1	p<0.01
		餌も唾液もない状態	23	
ホソマダラシリアゲ	腹部を高く上げる	唾液のそば	2	—
		餌のそば	3	
		餌も唾液もない状態	9	
ツマグロシリアゲ	腹部を高く上げる	餌のそば	3	—
キバネシリアゲ	腹部を高く上げる	餌のそば	17	p<0.01
		餌も唾液もない状態	2	
ヤマトシリアゲ(春型)	腹部を高く上げる	餌のそば	32	p<0.01
		餌も唾液もない状態	5	
ヤマトシリアゲ(秋型)	腹部を高く上げる	餌のそば	14	p<0.01
		餌も唾液もない状態	2	
マルバネシリアゲ	腹部を高く上げる	餌のそば	24	p<0.01
		餌も唾液もない状態	1	

a) オスが腹部を持ち上げつつ、フェロモン腺を露出する行動をとった時、フェロモン放出と推定した。

b) スカシリアゲモドキでは、観察は行ったがフェロモン放出行動は見られなかった。

c) "唾液のそば", "餌のそば", "餌も唾液もない状態"とはフェロモン放出行動開始時のオスが、吐いた唾液付近、餌付近、にいた、婚姻贈呈自体をしなかった、ことを示す。

d) フェロモン放出時、オス腹部末端部が翅の上から出る程度に腹部を上げた場合を"腹部をあまり上げない", 腹部の大部分が翅上に出るように上げた場合、"腹部を高く上げる"とした。

e) フェロモン放出行動開始時の3つの異なる状況行動の出現頻度をX²検定で有意差検定した。有意差なし、は"—"で示した。

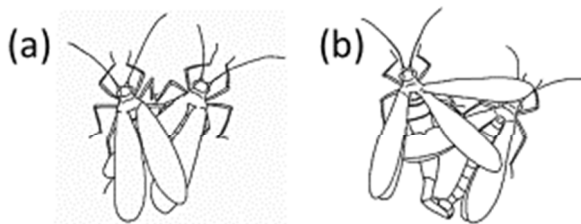


図3. 本研究で観察された、シリアゲムシ科の交尾時のオスの翅の開き方の二型

A: オスは翅を左右対称に開く。

B: オスは翅を左右非対称に開き、メスが位置する側の前翅と後翅が重ならないように広げている。

1) キシタトゲシリアゲ *Panorpa fulvicaudaria*

29回の観察実験中、5回の交尾が観察された。

贈呈なしの交尾は、2回でオスが出くわしたメスに直接交尾をすることで行われた。餌交尾は、1回のみ観察であったが、オスが餌のそばにいるところにメスが訪れ、メスが餌を食べ始めると、オスが交尾をしかけ行われた。唾液交尾は、2回観察され、オスが唾液を葉や壁面に吐いた後、唾液のそばに留まり、そこを訪れたメスと交尾することで行われた。

オスのフェロモン放出行動時に、Kock *et al.* (2007) の *P. germanica* の観察例で報告したのと同様に、フェロモン放出時に前翅と後翅が重ならない程度に翅を半開きにする様子も見られた。

2) ハクサンホシシリアゲ *Panorpa kagamontana*

本種で実験に用いたオス個体は2個体のみであるが、8回実験され贈呈なし交尾が4回観察された。

オスはメスに交尾をする際、翅や腹部を震わすことなく把握器をかざした。メスの体を把握器で挟んだ後、背器官でメスの前翅を捕捉した。その後、把握器でメスの体を挟むのをやめ、メスと交尾始めた。オスがメスに交尾を始める様子は4例観察されたが、すべて上述の方法がとられた。交尾中にはつがい歩行することが見られ、主にメスが中心になって歩行していたが、オスの発達した背器官で翅を抑えられており交尾が解消することはなかった。オスが主導的に歩行する場合も見られた。

3) プライアシリアゲ *Panorpa pryeri*

52回の実験が行われ、贈呈なし交尾3回、唾液交尾6回、合計9回の交尾が観察され。本種は交尾後しばらくの間、雌雄共に能動的に歩行した。交尾後34～51分に歩行を止め、オスが褐色で粘着性のある唾液をメスに吐き与えた。交尾後唾液を吐き始めた時間を観察できた例数は3例である。唾液を吐き与える前に交尾が終了した例も見られ、それをここでは贈呈なしの交尾とした。交尾前から唾液を壁面に吐き、フェロモン放出行動をしながらしばらくそこに留まる場合も1

例観察されたが、回数から判断して主に唾液の吐き与えは交尾後に行っていると考えられる。

贈呈なしと唾液交尾の平均交尾時間は、前者が平均21分、後者が247分で大きな時間差が見られた。フェロモン放出行動は、餌も唾液もない状態で始められた場合が23回、唾液のある状態ではじめられた場合が1回で、前者の頻度が有意に高かった($p < 0.01$)。

4) ホソマダラシリアゲ *Panorpa multifasciaria*

4回の実験が行われたが、実験に用いたオス個体は1個体である。

交尾は観察されなかったが、オスが褐色または青白色の唾液を葉や壁面に吐きつけ、フェロモン放出行動をしつつその場に留まる行動が見られた。これらから、本種は交尾前に唾液を吐き唾液交尾を行うことが示唆された。

5) ツマグロシリアゲ *Panorpa lewisi*

13回の実験が行われ、贈呈なし交尾3回、餌交尾3回、合計6回の交尾が観察された。

贈呈なし交尾は、オスが出会った後メスに直接交尾した。餌交尾は、オスが餌の上に陣取っているところにメスが訪れ、その餌を食べ始めると、オスが交尾をしかけた。フェロモン放出行動はすべて餌のそばで始められたことから、餌交尾は戦略上重要な位置を占めていると考えられた。

6) キバネシリアゲ *Panorpa ochraceopennis*

40回の実験が行われ、贈呈なし2回、餌交尾10回、合計12回の交尾が観察された。

贈呈なしの交尾は、オスが遭遇したメスに直接交尾することで行われた。餌交尾は、オスが餌の上にとどまっているところにメスが訪れ、メスが餌を食べ始めると、オスがメスと交尾をした。

オスはフェロモン放出行動時、腹部を高く上げた。放出行動は餌のそばで始める頻度が有意に高く($p < 0.01$)、餌交尾が9割を占めたことから、餌交尾が重要な戦略であると考えられた。

7) i) ヤマトシリアゲ (春型) *Panorpa japonica*

24回の実験が行われ、18回の贈呈なし交尾、31回の餌交尾、合計49回の交尾が観察された。

贈呈なしの交尾は、オスが偶然出会ったメスに交尾を仕掛けることで行われた。餌交尾は、オスが餌の上にいるところにメスが訪れて餌を食べ始めると、オスが交尾を始めた。

オス同士の闘争行動が5例観察された。また、交尾中のつがいに他のオスが攻撃をしかけた場合が5例観察され、うち3例では妨害により交尾は解消した。

フェロモン放出行動は、餌のそばで始める頻度が有意に高かった($p < 0.01$)。

ii) 同 (秋型)

秋型を用いた実験は8回行われ、贈呈なし交尾1回、餌交尾6回、合計7回の交尾が観察された。

贈呈なし交尾は、春型と同様に行われた。餌交尾も春型と同様であった。

フェロモン放出行動についても春型と同様で、餌のそばで始める頻度が有意に高かった($p < 0.01$)。以上より、春型と秋型には交尾行動等に関して有意な違いはなく両型を一と扱ってよいことが分かった。

8) マルバネシリアゲ *Panorpa nipponensis*

12回の実験が行われ、餌交尾のみ15回観察された。

見られた交尾戦術は餌交尾のみであったが、著者の一人佐藤は2008年に行った飼育観察(未発表)で、婚姻贈呈なしの交尾を観察しているので、餌なし交尾もある。餌交尾は、オスが餌の上にいるところにメスが訪れて餌を食べ始めると、オスが交尾をした。

フェロモン放出行動は、餌のそばで始める頻度が有意に高い($p < 0.01$)なので餌交尾が重要と考えられる

9) スカシシリアゲモドキ *Panorpodes paradoxus*

シリアゲモドキ科の婚姻贈呈行動は報告されていない(e.g., Byers & Thornhill, 1983; 岩崎, 1987; 岡本, 1969)が、本研究では婚姻贈呈が見られた。45回実験が行われ、贈呈なし交尾6回、唾液交尾22回、計28回の交尾が観察された。

交尾後6~26分の間、交尾つがいは雌雄共にゆっくりと歩行した。その際はV字型の交尾体位が崩れることがあった。つがいは歩行を止め、オスが口から乳白色で粘着性のある唾液をメスに吐き与えた。交尾後唾液を吐いた時間を記録できた例数は13であった。しかし、唾液を吐き与えずに交尾が終了した事例があり、それは贈呈なし交尾とした。四国の2未記載種のシリアゲモドキを対象とした岡本(1969)の観察結果では、オスがメスの翅や肢を把握器で挟み、メスと交尾しようとする行動をすると指摘されているが、この行動は観察されなかった。なお、1回の交尾で唾液を複数個吐き与える場合もあった。

本種は唾液交尾の頻度が、餌なし交尾の頻度に比べて有意に高い($p < 0.05$)が、唾液交尾と贈呈なしの交尾継続時間に前者が44.7分であるのに対し、後者が31.0分でその差は小さく、有意差はなかった($p > 0.05$)。

交尾中にオスは、触角、中肢、および翅を素早く小刻みに動かしメスを軽く叩く行動をしたが、これはメスを交尾に誘導する行動と推測される。

オス同士が翅と腹部を震わせつつ、お互いに把握器で相手の腹端部を接触させあう、闘争と見られる行動が7例観察された。また、交尾中のオスに、別のオスが腹部を接触させる行動も12例見られたが、それによって交尾解消に至ることはなかった。

シリアゲムシ属との配偶行動の違いとしては、本主ではフェロモン放出行動が見られ、他、オスが交尾中に背器官でメスの前翅を挟む行動がなかったことが挙げられる。この指摘は、岡本(1969)や、*Brachypanorpa* 属の報告(Carpenter, 1953; Thornhill, 1973)とも同様であり、シリアゲモドキ科に共通すると考えられる。

(2) . フェロモン放出行動

表3に交尾行動時のフェロモン放出行動の有無と、有りの場合、その行動がどこで、どのような放出姿勢がとられたかを示した。

オスがフェロモン放出行動を示した状況を、①唾液のそば、②餌のそば、③餌も唾液もない場所、の3つに分類した。フェロモン放出開始場所の頻度は、ヤマトシリアゲ群に属するキバネシリアゲ、ヤマトシリアゲ、マルバネシリアゲ、ツマグロシリアゲの4種では、フェロモン放出を始める頻度が、②の場合が①③の場合に比べ有意に高かった($p < 0.01$)。特に、ツマグロシリアゲのフェロモン放出は、6例中すべてが②であった。ヤマトシリアゲ群のこの結果は、婚姻贈呈を餌交尾に強く依存していると考えられる。

一方、キシタトゲシリアゲとプライアシリアゲでは、③の頻度が、①②に比べ有意に高かった($p < 0.01$)。また、ホソマダラシリアゲでは、③の頻度が14例中9例(64%)と、有意差はないが高い割合だった。以上の結果は、これらの種では配偶行動が、婚姻贈呈に強く依存してないためと考えられる。

フェロモン放出姿勢は、腹部末端部が翅の上から少し出る程度しか腹部を上げないもの、腹部の大部分が翅より上に出るものの2通りが見られた(図4)。前者は、キシタトゲシリアゲ、ハクサンホシシリアゲ、プライアシリアゲに該当し、ホソマダラシリアゲとヤマトシリアゲ群の4種は後者に該当した。

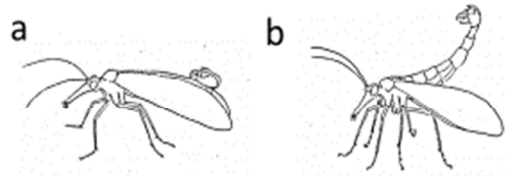


図4. 本研究で観察された、シリアゲムシ科のオスのフェロモン放出姿勢の2型

A: 腹部はあまり上げず、腹部末端部が翅から上に出る程度。
B: 腹部を高く上げ、腹部の大部分が翅より上に出る。

考察

本研究の観察結果から日本のシリアゲムシ属内および近縁のシリアゲモドキ属において、種により交尾戦術に大きな違いがあることがわかった。

すなわち、婚姻贈呈をしないで普通の交尾をすると思われる種としてはハクサンホシシリアゲ、婚姻贈呈をする種は、これ以外の8種であった。その中で餌交尾を主にする種はツマグロシリアゲ、キバネシリアゲ、ヤマトシリアゲ、マルバシリアゲの4種、唾液交尾を主とする種はプライアシリアゲとスカシシリアゲモドキの2種、餌交尾と唾液交尾の両方が観察された種としてはキシタトゲシリアゲ、交尾は確認されていないが、餌交尾、唾液交尾ともすると思われるホソマダラシリアゲの合計2種となる。

一般に昆虫の中では婚姻贈呈をする種は少ない。しかし、婚姻贈呈をする方が、繁殖成功率が高まることが知られている(e.g., Sauer *et al.*, 1998; Thornhill, 1981)が、婚姻贈呈にはオスにとって比較的大きなコストがかかるために多くの種では採用されていないのだろう。このシリアゲムシ属と近縁の属で2タイプの婚姻贈呈が発達しているのは特徴的だろう。

シリアゲムシ属では、交尾継続時間が長いオスほど精子競争で有利になることが知られる(Engqvist *et al.*, 2007; Kock *et al.*, 2006; Sauer *et al.*, 1998)一方、Engqvist *et al.* (2007)およびKock *et al.* (2006)では、後に交尾したオスの方が精子競争に有利なことも示されており、仮に本群の精子交尾も同様であれば、他のオスからメスを奪い交尾した場合もある程度自分の精子を受精させることができると思われる。また、ヤマトシリアゲ群に属する種のオス同士の闘争について記述のあるThornhill (1992b; 1992c)では、先に餌を占有したオスが闘争上有利となる先駆者効果は見られていない。本調査でも、先駆者効果のないことを示

唆するような例がヤマトシリアゲなどで観察されている。

同じ婚姻贈呈の範疇には入るが、餌交尾と唾液交尾では後者のほうがより特殊化していると考えられる。なぜなら、餌交尾では、オスが餌を探す通常の行動をより強化することで済むが、唾液交尾の場合、唾液腺の発達を伴う特化した唾液の生産が必要になり、生理面や形態的な機能変化を伴う発生学的な変化を伴うことが予想されるからである。そのように考えると、通常の交尾から、餌交尾、唾液交尾への進化経路が考えられるが、原状ではその点は不明である。

今回の研究でこのように多様な交尾戦術が採用されていることが明らかになったので、今後これらの違いの意味やその進化について研究することにつながると考えられ今後の研究の発展が期待される。

摘要

シリアゲムシ属では婚姻贈呈行動が知られており、①婚姻贈呈を行わずに交尾、②オスが餌のそばでメスを待ち、来たメスに餌を譲り与えて交尾、③オスが口から特殊な唾液をメスに吐き与えて交尾、の3つの交尾戦術の存在が知られている。また、本属のオスの腹部には、闘争に用いる把握器などの配偶行動に関連した器官がある。

日本産シリアゲムシ科8種、近縁のシリアゲモドキ科1種の計9種の配偶行動を婚姻贈呈の有無や形式に注目して調査した。結果は婚姻贈呈なし1種、餌を与える交尾4種、唾液を与える交尾2種、餌と唾液を併用する交尾2種であった。今回、シリアゲモドキ科では初めて婚姻贈呈行動が確認された。

観察された交尾戦術は、餌をめぐるオス同士の闘争に用いる把握器の発達したヤマトシリアゲ群では餌交尾と贈呈なしの交尾、逆に把握器の発達の弱いプライアシリアゲおよびスカシシリアゲモドキでは唾液交尾と贈呈なしの交尾が見られた。これらはシリアゲムシの交尾戦術と関連でオスの腹部形態と、婚姻贈呈の有無や餌交尾、唾液交尾との関連性が注目された。

謝辞

本研究を行うにあたり、信州大学理学部生物科学科旧藤山研究室の皆様より、研究に関する議論や採集への同行を頂くなど多くのご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Byers, G.W. & Thornhill, R. (1983): Biology of the Mecoptera. *Annual Review of Entomology*, 28: 203-228.
- Carpenter, F.M. (1931): Revision of the Nearctic Mecoptera. *Bulletin of The Musium of Comparative Zoology*, 72: 205-277.
- Carpenter, F.M. (1953): The biology of *Brachypanorpa* (Mecoptera). *Psyche*, 60: 28-36.
- Engqvist, L., Dekomien, G., Lippmann, T., Epplen, J.P. & Sauer, K.P. (2007): Sperm transfer and paternity in the scorpionfly *Panorpa cognata*: large variance in traits favoured by post-copulatory episodes of sexual selection. *Evolutionary Ecology*, 21: 801-806.
- Issiki, S. (1933): Morphological studies on the Panorpidae of Japan and adjoining countries and comparison with American and European forms. *Japanese Journal of Zoology*, 4:325-416.
- 岩崎 靖(1987): 本州中部山地に生息する短翅型スカシシリアゲモドキの分布と生態. 筑波大学菅平高原実験センター研究報告, 8: 73-82.
- Kock, D., Hardt, C., Epplen, J.T. & Sauer, K.P. (2006): Patterns of sperm use in the scorpionfly *Panorpa germanica* L. (Mecoptera: Panirpidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60(4): 528-535.
- Kock, D., Ruther, J. & Sauer, K.P. (2007): A male sex pheromone in a scorpionfly. *Journal Chemical Ecology*, 33: 1249-1256.
- Mickoleit, G. (1971): Zur phylogenetischen und funktionellen Bedeutung der sogenannten Notalorgane der Mecoptera (Insecta, Mecoptera). *Zoomorphology*, 69(1): 1-8.
- 宮本正一(1988): シリアゲムシ科昆虫の検索表. *Panorpodes*, 8/9: 39-46.
- 中村剛之(2009): 石川県能登半島の長翅目. *Panorpodes*, 21: 116-119.
- 岡本 啓(1969): シリアゲモドキの交尾行動について. *げんせい*, 20: 18-20.
- 奥井一満・中越元子・采川正昭(1979): シリアゲ *Panorpa japonica* Thunberg の配偶行動. *生理生態*, 17: 125-132.
- Sauer, K. P., Lubjuhn, T., Sintern, J., Kullmann, H., Kurtz, J., Epplen, C. & Epplen, J. T. 1998 Mating system and sexual selection in the scorpionfly *Panorpa vulgaris* (Mecoptera: Panorpidae). *Naturwissenschaften* 85, 219-228.

- Thornhill, R. (1973): The morphology and histology of new sex pheromone gland in male scorpionfly, *Panorpa* and *Brachypanorpa* (Mecoptera, Panorpidae and Panorpididae). *The Great Lakes Entomologist*, 6: 47-55.
- Thornhill, R. (1979): Male pair-formation pheromones in *Panorpa* scorpionflies (Mecoptera: Panorpidae). *Environmental Entomology*, 8: 886-888.
- Thornhill, R. (1980): Rape in *Panorpa* scorpionfly and a general rape hypothesis. *Animal Behavior*, 28: 52-59.
- Thornhill, R. (1981): *Panorpa* (Mecoptera Panorpidae) scorpionflies: systems for understanding resource defence polygyny and alternative male reproductive effect. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 12: 355-386.
- Thornhill, R. (1992a): Female preference for the pheromone of males with low fluctuating asymmetry (*Panorpa japonica*: Mecoptera). *Behavioral Ecology*, 44: 867-879.
- Thornhill, R. (1992b): Fluctuating asymmetry and the mating system of the Japanese scorpionfly, *Panorpa japonica*. *Animal Behavior*, 44: 867-879.
- Thornhill, R. (1992c): Fluctuating asymmetry, interspecific aggression and male mating tactics in two species of Japanese scorpionflies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 30: 357-363.

(原稿受付 2018. 3. 30)