フタホシコオロギの生殖器で見つかった自動ゴミ処理システム

熊代樹彦・酒井正樹*

動物にとって、体の表面を清潔に保つことは感覚機能を正常に働かせ、体調を維持していくうえで欠かせない。そのため動物は様々な方法でクリーニングを行う。昆虫も例にもれず、肢や口で常時体の手入れを行っている。しかし、異物が付着しやすいにもかかわらず、除去が困難な部位もある。フタホシコオロギでは、生殖器を収納する生殖室は、腹部末端の肛門直下にあつて糞で汚れやすいが、この内部を清掃するのは困難である。一方、生殖室は、外部生殖器を鋳型として精子の入ったカプセルすなわち精包をつくる場所であるため、ゴミの侵入は許されない。最近、著者らは、生殖室内に特殊な膜構造が存在し、これが生殖室と精包鋳型の内部を自動的にクリーニングしていることを発見した。本稿では、この正中囊の構造と運動を紹介し、実際にゴミがどのように処理されているのかを述べる。また、モデルを用いてゴミ移動のしくみを説明する。さらに、この自動ゴミ処理システムが実際に果たしている機能を検証する。最後に、他種のコオロギについて、生殖室の形態と表面構造を比較考察する。

1. はじめに

体のクリーニングは、普段あまり注目されないが、おろそかにはできない行動である。陸上動物の体表は、泥や埃などの異物によって常に汚されている。さらに、動物自らの排泄物や食べカス、古くなった表皮や体毛、また汗や分泌物も体表に付着し残留する。これらを放置すれば皮膚や眼あるいは耳などの感覚器官の機能が低下し、正常な行動が妨げられる。また、カビや細菌や寄生虫の温床となつて体調が損なわれ、ときには致命的となることもある。

そこで多くの動物は体の手入れを欠かさない^{1, 2)}。哺乳類では、手と足、そして口を用いて毛づくろいをする。サルなどは毛づくろいが他個体とのコミュニケーションの手段にまでなっている。鳥類の多くは水浴びのあと、くちばしや肢を使って羽毛の手入れをする。大型魚類のなかには、小型魚や甲殻類の共生者によって体表や口腔や鰓にひそむ寄生虫を駆除してもらうものがある。もちろん、昆虫も暇さえあれば体表のクリーニングをやっている。ハエやカマキリは、体や眼を肢でこすり、コオロギやキリギリスは口を使って肢や触角の手入れをする³⁻¹²⁾。

本稿では、著者らが最近発見したフタホシコオロギのクリーニングを紹介する¹³⁾。ただし、この清掃行動は肢や口を使って行うのとはいささか異なつて、自動的におこなわれるゴミ処理である。以下、そのシステムがどんなものかを示し、仕組みのモデルを提案する。次に、ゴミ処理の意味について説明する。最後に、他種のコオロギと比較して、

同システムがいかに発達してきたかを考察する。

2. フタホシコオロギの生殖室

まず、本題に入る前に一般的な方のクリーニングについて述べておこう。フタホシコオロギは、常時頻繁に体の手入れをする。彼らは触角や肢の掃除に口を使い、それぞれの基部から末端へと順にしがいてゆく。口に含んだゴミは全て食べてしまう。腹部の表面や尾葉については左右の後肢でこする(図1)。一方、肢や口が届かないところは、翅を広げたり、振わせたりする。また、肛門のある腹部末端に関しては、柔らかい糞などが付着した際、同部を床にすりつける。

しかしながら、清掃が困難な部分もある。その1つは肛門真下にある生殖室である。生殖室は、腹部の最終体節すなわち生殖下板によって囲まれた部分であり、このなかに生殖器が収納されている¹⁴⁾。生殖室は、ふだんしっかりと閉じられ、しかも入り口の上下の縁には、大小さまざまな剛毛が密生しているため、糞などの異物が肛門から落ちてきても内部へ入ることはない。しかし、交尾中などに生殖口が開くと異物は生殖室に侵入する。事実、雄の腹部末端に食紅の粉を振りつけて交尾をさせ、その後に生殖室の内部を見ると、わずかではあるが食紅の粉が落ち込んでいるのが確認できる。こうして生殖室に入ってしまったゴミは、今度は入り口の毛が邪魔になって外へ排出するのが困難となる。ゴミは生殖室にどんどんたまつてゆくはずである。

そこで、雄コオロギの腹部末端を見てみると、生殖室の

図1 体表クリーニング行動 フタホシコオロギは、触角、前肢、後肢については、口でしがくように、尾葉は後肢でこするようにして行う。

*Mikihiko KUMASHIRO and Masaki SAKAI, 岡山大学大学院自然科学研究科(〒700-8530 岡山市津島中3丁目1-1)

図2 生殖室の入り口に付着しているゴミ A：生殖室の入り口には多くの異物が見られる(矢印)。B：生殖室の床には全く異物が見られない。スケールは1 mm。

入り口には予想を超えて多くの異物が付着していた(図2 A)。ところが、生殖室の床にはほとんどそのようなものは見つからない(図2 B)。このことは、生殖室において何らかのゴミ処理が行われていることを示唆している。調査の結果、正中囊と側方囊という特殊な膜構造に秘密のあることがわかった。

3. 正中囊の構造

正中囊は、生殖室の床をつくる膜の中央部が袋状になった構造である¹⁵⁾。この部分は普段は収縮して床の下に納まっているが、交尾により精包がなくなってから、精包準備までの間、体液が入って風船のように大きく膨らみ、背側囊内部を占拠する。この正中囊の膨大部および、それを取りまく生殖室の床を電子顕微鏡で観察したところ、それらの表面をうろこ状の構造が覆っていた(図3)。うろこの形状と大きさは、部位によって多少の違いはあったが、直径約10 μm のプレートに、長さ10 μm のとげが10～20個ついていた。うろこは、正中線をはさんで左右対称に配置しており、場所によってその向きは少しずつ異なるが、とげ方向にうろこをたどってゆくと、生殖室の両わきにある側方囊の入り口に行き着くことがわかった(図4 A)。

正中囊膜には横紋筋繊維(正中囊膜筋, MP2)が網のように広がっている(図5 A)¹⁵⁾。また、正中囊の根元部分前方には、左右の体壁と正中部をつなぐ一対の筋肉(MP1)がある(図5 A)。これら MP1と MP2は、バックフィル染色とニューロン活動の記録から、最終腹部神経節(TAG)の神経束9vの分枝を通る遠心性ニューロンの支配を受けてい

図3 正中囊と側方囊の構造 A：正中囊と側方囊の位置関係。腹部末端の肛門直下にある生殖室の床中央部の袋状の膜(正中囊)が体液でふくらみ、背側囊に収まっている。生殖室の左右の隅にはポケット状の側方囊がある。B：生殖室の電子顕微鏡写真。正中囊の膜が風船のように膨らんでいる。正中囊の根元にスリット状をした側方囊の入り口(黒い矢印)が見える。スケールは500 μm 。C：正中囊膜表面のうろこ状構造。一定方向に重なって並んでいる。スケールは10 μm 。

図4 うろこの配列方向とゴミの移動ルート A: 正中囊膜上のうろこの配列方向。左右の側方囊の入り口(黒い楕円形)に向かうように並んでいる。B: 正中囊膜上のゴミ移動ルート。ほぼ正中線上に置かれたゴミ(白丸)は、全て左右の側方囊の入り口(灰色の楕円形)に向かって移動する(白いひし形)。黒い丸は1分ごとの位置を示す。スケールは500 μm 。

図5 正中囊の筋肉と神経支配 A: 正中囊の筋肉の模式図。根元部分の前方には、左右の体壁と正中部をつなぐ一対の筋肉(MP1)がある。また、正中囊膜には網のように横紋筋繊維(正中囊膜筋, MP2)が広がっている。B: 正中囊膜を支配する遠心性ニューロン。2個の細胞体はTAGの側方中央部に見られる。スケールは100 μm 。C: 正中囊膜上の軸索分布。正中囊膜の右半分を示す。太い黒線(膨大部), 点線(床), 破線はそれぞれ挿入図に対応する。黒い矢印は遠心性神経の主軸索。側方囊(LP)の入り口は黒い楕円形で示す。スケールは200 μm 。

ることがわかった。ニューロンの細胞体(大3~4個, 小3~5個)は, TAGの側方中央部にあり, このうちMP2を支配するものは大型の2~3個である(図5B)。それらの軸索分布を見ると, 膜の膨大部には主軸索から2次, 3次側枝が, 周囲の床部分には細い2次軸索がくまなく広がっていた(図5C)。

4. 正中囊の運動とゴミ移動

正中囊の膨大部は, 常時6秒に1回の割合で左右に動いている(図6C)¹⁶⁾。この運動を詳しく見ると, 一方の側に傾いたとき, 傾いた側の半球面表面にいくつものしわ状の小さな収縮が起こっていた(図6B)。この運動は当初, さざ波のように膜表面を移動していくと思われたが, 実際には多くの収縮がほぼ同時的に起こっているだけである。前者の大きな左右運動は筋肉MP1, 後者のしわ状運動は筋肉MP2の収縮と対応する(図6A)。正中囊支配神経束を切断し, その中枢側断端から左右同時に神経活動を記録したところ, 遠心性ニューロンは, 約6秒に1回の頻度(0.16 Hz)で左右交互にバースト発火していた(図6D)。

正中囊の運動は, 同部にワセリンをつめて人為的に膨大させた解剖標本においても観察できる。そこで, 運動中の正中囊膜面上に人工ゴミ(0.08mm四方のゴム片)を乗せて観察してみた。すると, ゴミは正中囊の運動につれて中央部から徐々に側方へ移動して行き, 側方囊入り口に達し, ついにはその内部へ入って行った(図7)。これに要した時間は平均12.2分(最小8.2分, 最大14.8分, $n=7$)であった。そのときのゴミ移動ルートを記録したものが図4Bである。これから, ゴミが生殖室の膨大部と床のどこにあってもすべて側方囊へ向かって移動する様子がわかる。この移動ルートは, うろこの配列方向とほぼ一致していた(図4A, B)。

そこで, さらにゴミ移動の仕組みを詳しく知るため, 上記2種類の膜運動(左右運動としわ状収縮)のうち, どちらが重要であるかを調べることにした。TAGと正中囊膜との神経束のつながりはそのままにして, 正中囊の膜のみを体壁から切り離し, 正中囊膨大部の正中線に沿って切れ込みを入れて平面化させ, リンガー液に浮かせた標本作製した。この処置によって, MP1による左右への大きな運動はなくなり, しわ状収縮のみが残った。そこで先の実験のようにゴミを正中付近に置いたところ, インタクトの場合と同様, ゴミ

図6 正中囊の収縮運動と神経活動 A: 正中囊の2種類の収縮運動。MP1の収縮によって大きな左右運動が生じる。またMP2の収縮によってしわ状収縮が生じる。B: 平面化させた膜にしわ状収縮が生じたところを横から見た写真。C: 正中囊左右運動のストレインゲージ記録。大きな左右運動としわ状収縮がほぼ同時に左右交互に生じる。まれに大きな左右運動のみが生じる場合もある(*)。スケールは5秒。D: 正中囊支配神経の左右同時記録。記録は細胞外ガラス吸引電極で行った。左右交互にバースト発火が見られる。スケールは10秒。

の移動が観察された。このことから、MP2によるしわ状収縮だけで十分であることがわかった(ただしMP1による運動も、正中囊が背側囊の内部にあるときには、ゴミ移動に関与していると思われる)。このしわ状収縮は、TAGから伸びる神経束を切断しても一部残ることから、正中囊の筋繊維は、神経原性の他に筋原性の性質をもち合わせているようである。また、しわ状収縮の起こり方には、正中囊膨大部と生殖室の床部分でタイミングにズレが見られたが、これは両者における軸索の分布様式の違いを反映したものであろう。この機能については今後の解析が必要である。

5. ゴミを移動させる仕組み

ここで膜表面のうろこ状構造としわ状収縮によるゴミ移動のしくみをモデルによって考えてみたい(図8)。まず収縮が起こる前、うろこの先端部とゴミはaで接している(1)。膜に「しわ」収縮が生じると、うろこが持ち上がり、おそらくうろこのとげ部分が曲がり、ゴミとの接点がaからbへ移動する(2)。そして、「しわ」収縮が弛緩すると、新たな接点bでゴミを押すような形となり(3)、一連の「しわ」収縮が終了すると、とげ部分の先端がaからbへずれた分だけゴミの位置がaからbへ移動するのである(4)。うろこから離れたゴミは逆方向へ移動することはない(5)。こうした「しわ」収縮

が繰り返されることにより、ゴミはうろこのとげ方向へ移動するのである。ただし、これはあくまでモデルである。膜に「しわ」収縮をおこさせ、それを高倍率で観察することは難しいため、実際に「しわ」によってうろこが逆立ち、なおかつゴミの下の方のうろこのとげが曲がるかどうかは未確認である。

生体内の異物の輸送は、他の動物の諸器官においても見られる。代表的なものとして、哺乳類の気管内の繊毛による異物の排出がある¹⁷⁾。この場合は、繊毛がATPを使いアクティブにその上にある粘液を動かす。二枚貝類では、カキの鰓表面の水流による物質移送がある¹⁷⁾。この場合も繊毛の鞭打ち運動が液体を動かし、餌となる微小な食物を一定方向に運ぶ。これらと比べると、コオロギ生殖器のゴミ移送では、液体は介在しておらず、うろこも繊毛のように自ら動くわけではない。また繊毛のように全体が少しずつタイミングをずらして波打つわけでもない。しかし、物質を動かす力学的メカニズムという観点からは、繊毛システムと共通の原理があるように思われる。うろこによる方式と似た物質移送は、雌の昆虫の産卵管内部における卵輸送で見られている¹⁸⁾。

6. 側方囊内部の異物

ここで、正中囊によって送られてきたゴミを貯蔵する側

図7 正中囊膜上のゴミ移動の連続写真 矢印で示したゴミは徐々に側方囊入り口に向かって移動している。スケールは500 μ m。

方囊について述べておく。側方囊は生殖室の左右の隅に陥没した一対のポケット状の膜構造である。これは正中囊と連続した膜ではあるが、そのポケットの内部表面にはうろこ状構造は見られない。また、これを裏打ちする筋肉繊維も存在しない。側方囊は、成虫脱皮直後は空っぽであるが、日ごとに内容物が増え、大きくなってゆく(図9A)。そして約30日で最大(入り口からワセリンを注入して、あふれるまで膨大させたものとはほぼ同じ)となる(図9B)。この約30日の側方囊の中には、入り口から異物があふれ出しているものも見られた。多くの雄について、約30日目の側方囊を調べてみたところ、内容物が極端に少ないものは1匹

図8 うろこの上下運動によるゴミ移動のモデル

1：正中囊膜(M)上のうろこ(Sc)の先端は、異物(L)とaで接している。2：膜にしわが生じると、うろこの先端はaからbへ移動する。3：しわが元に戻る際、異物は新たな接点bで押される形となる。4. 膜が元に戻ると、aからbの距離の分だけ移動する。5. 動かされた異物は逆方向に動かされることはない。

図9 日令による側方囊の大きさの変化 A：通常の側方囊の大きさ変化。写真は30日の側方囊(乾燥、スケールは1 mm)。B：ワセリンで最大膨大させた側方囊と入り口からゴミがあふれた側方囊。写真はワセリンで最大膨大させた側方囊(非乾燥、スケールは1 mm)。横軸は成虫脱皮後の日数。縦軸は正中囊の大きさ(縦×横で近似)。

もいなかった。このことは、側方囊にはゴミを排出する機能がないことを示唆している。

ところで、側方囊の内容物は何であろうか。調べてみると、大きな茶色い粒と、半透明の細かい粒の2種類があった。これらの正体を明らかにするため、通常とは異なる条件下において側方囊に貯まる異物を調べた。着色した昆虫用飼料を与えたところ、側方囊内にその色が確認されたことから、内容物に餌由来のものが含まれることは確かである。次に、餌を昆虫用飼料からゼリー餌にし、加えて生殖室内に落ちる体外からの異物を極力なくするため、肛門周辺に異物ができるだけ付着しないよう清潔な環境で飼育した。すると、大きな茶色い粒は見られなくなった。このことから大きな粒は餌由来であると考えられた。一方、付属腺を切除して精包材料を分泌できなくさせた個体を通常で飼育したところ、今度は半透明の細かい粒が見られなくなった。このことから細かい粒は精包由来であることがわかった。つまり側方囊の内容物は、主に餌由来と精包由来の2種類からなっているということである。

7. ゴミ処理システムの意味

これまで正中囊の運動と、それによるゴミ移動の仕組みについて述べてきたが、実はこのゴミ処理システムは生殖室を単に清潔に保っておくということのためにあるのではない。これがないとどういうことになるかを考えてみよう。フタホシコオロギの交尾では、雌への精子の受け渡しは、精包(図10)というカプセルを介して行われる^{14, 19, 20)}。このカプセルは交尾中に雌の産室へ受け渡されるが、精子を送り込むためのチューブ(精子管)は雌の受精囊管へ挿入される。精包チューブは、外径7 μm 、長さ2 mmと、とても細くかつ長い。このチューブはどのようにしてつくられるのであろうか。精包の形成は、交尾後5~10分で内部生殖器の付属腺から分泌される精包材料が外部生殖器の中で固化してできる¹⁵⁾。最初は、1つの柔らかいゲル状の塊となって射精管を移動し、外部生殖器の背側囊と腹葉^{14, 15)}へ流れ込み、約40分で固化し、完成する。このとき精包チューブの鋳型となるのは、背側囊というドーム型の軟クチクラ構造であり、この内部表面の正中線上にある狭い溝(深さ200 μm 、幅30 μm)にチューブ材料が流れ込んでできる。

さて、雄が交尾をすると精包の入っていた背側囊はカラッポとなるが、内部表面をよく観察すると精包材料の残りカスらしきものがあちこちに付着している(12標本中全て)。もしもそのままの状態、次の精包材料が背側囊内に流れ込んだとすると、残留物のため正常な形の精包ができなくなる恐れがある。とくに正中部の溝に残った異物は精子管を形成するうえで大きな障害となる。ところが、交尾の約5分後、次の精包材料が流れ込む直前に背側囊内部を見てみると、そのような異物は全くといっていいほどなくなっている(12標本中5標本で1、2個のわずかな異物が見られただけ)。実は、先に述べたように、交尾による精包の放出から精包準備行動までの数分間、正中囊がふくらんで背側囊に入り込んでいるのだが、このとき清掃が行われると考えられる(図3B)。

これを立証するため、まずインタクトの標本を用い、精包放出後の背側囊内に人為的にゴミを入れ、再び正中囊膨大部を背側囊内部に戻し、一定時間後にゴミがどこにある

図10 フタホシコオロギの精包 卵形体、付着板、精子管(チューブ)から構成される。卵形体内には精子の塊と、それを押し出す装置である圧力体が存在する。チューブに付随して、柔らかいゼリー状物質が見られ、これは精包形成の際にチューブの材料伸展の補助をすると考えられる。スケールは1 mm。(文献16より改訂)

かをチェックした。その結果、ゴミ投入から4分台以前の標本では、ゴミが正中囊膜上に留まっているのが見られたが、5分台で初めて側方囊内に(14.3%)、10分台でゴミはほとんどの個体で側方にまで運ばれていた(87.5%)。つまり、背側囊内のゴミは5~10分で側方囊内に達することがわかった。

一方、正中囊の有無が精包形成に与える影響を調べるため、成虫脱皮後5日以内に正中囊を切除(図11A)して普通に集団飼育した。そして成虫脱皮後2週間以上経過した個体で交尾を行わせ、その精包を調べた。その結果、形成される精包は形に不完全なもの(図11E)が多かった(85%、コントロールとして正中囊非切断個体では7.7%、図11D)。それらの雄の生殖器を調べてみると、彼らの背側囊内にはゴミがいっぱい詰まっていることが確認できた(図11C)。

つまり、正中囊は生殖室内に落ちてくる外部からのゴミだけでなく、内部で生じる精包の残りカスも鋳型から取り除いているのである。結局、この自動クリーニング機構が働かないと正常な精包はつくれないのである。

8. 他種のコオロギ

以上、フタホシコオロギにおける正中囊および側方囊による生殖室内のクリーニングを見てきたが、他種のコオロギ類においても、同様の清掃システムが見られるかどうかを調べてみた(図12)。その結果、スズムシ、ミツカドコオロギ、エンマコオロギでは、正中囊、うろこ状構造、そして側方囊の存在が確認された。これら3種で大きく異なるのは、精包チューブの長さである。スズムシでは太く短く、ミツカドコオロギではフタホシコオロギと同じくらい、そしてエンマコオロギでは非常に細くかつ長い。このような精包チューブの長さは、交尾様式と密接な関係があると考えられる。

スズムシでは、交尾の際、雄は後ろ向きで雌の前方から体の下にもぐり込み、雌と腹部末端の生殖器を結合させた後、180度回転し、約8分後に離れる。ところが精包は雌に受け渡されず、雄が持ったままである。このような交尾は珍しく、単純な形をした精包の付着板や太く硬いチュー

図11 正中囊切除個体の背側囊内部と精包 A：正中囊切除の模式図。正中囊膨大部の根元で切断した。B：背側囊の展開方法。背側囊の内部を観察するため、曲がった背側囊を図のように展開させた。C：正中囊切除後2週間以上通常飼育した個体の背側囊内部。白く柔らかい異物(黒矢印)が、チューブの鋳型となる溝の部分に多く見られる。スケールは500 μ m。D：通常個体の精包。通常の長さのチューブが見られる(白い矢印はチューブ先端)。スケールは1 mm。E：正中囊切除個体の精包。卵形体は通常と変わらないが、付着板とチューブは不完全なものとなっている。スケールは1 mm。

図12 4種の雄コオロギの精包および正中囊と側方囊 A：スズムシ。B：ミツカドコオロギ。C：フタホシコオロギ。D：エンマコオロギ。上の図の灰色部分は精包。精包は卵形体とフックとチューブ(精子管)からなる。各下の正中囊(点描部分)がそれぞれ上の図の正中囊の内部に入り込んで掃除をする。

ブは、スズムシの交尾様式に即したものである(図12A上)。鋳型となる背側嚢を含む生殖器の構造も単純な構造をしており、鋳型を掃除する正中嚢もシンプルなドーム型であった(図12A下)。

一方、エンマコオロギでは、交尾の際にフタホシコオロギと同様に雄が雌の下にもぐりこんで雌へ精包を受け渡すが、その際、細長いチューブを雌の受精嚢管の奥深くへ挿入しなければならない。このため生殖器が結合してから離れるまでの時間は、フタホシコオロギでは約20秒であるのに対し、エンマコオロギでは約130秒間もかかる。おそらくこのような長いチューブは、雄間の競争により、精子をより確実に雌の受精嚢へ送り込むために進化したものである。その鋳型となる背側嚢は、折れ曲がった長い楕円形をしており、これに合わせて正中嚢も折れ曲がった長い風船のような形をしている(図12D下)²¹⁾。

以上、数種類の雄コオロギの生殖器と精包の形態および交尾様式をみてきたが、それらはスズムシからフタホシコオロギ、ミツカドコオロギを経てエンマコオロギへと進化したことをうかがわせる。

9. おわりに

筆者らが最近発見したフタホシコオロギの自動クリーニングシステムを紹介した。行動学や生理学の実験材料としてポピュラーな昆虫であるコオロギにおいて、彼らの生殖行動にきわめて重要な生殖器の清掃という現象が、これまで全く知られていなかったのは驚きに値する。4億年の歴史をもつ昆虫は奥が深い。細部を調べれば調べるほど、そこに新しい構造が、そして未知の機能が見つかる。これからもコオロギから学ぶことはまだまだあると思う。

謝 辞

電子顕微鏡写真および神経軸索の投射は同じ研究グループの辻陽平君によるものである。

文 献

- 1) Spruijt, B.M., van Hooff, J.R.A.M., Gispen, W.H.: *Physiol. Rev.*, 72, 825-852 (1992)
- 2) Stein, P.: *Symp. Soc. Exp. Biol.*, 37, 383-403 (1983)
- 3) Berkowitz, A., Laurent, G.: *J. Neurosci.*, 16 (24), 8067-8078 (1996)
- 4) Eaton, R.C., Farley, R.: *J. Insect. Physiol.*, 15, 1047-1065 (1969)
- 5) Honegger, H-W., Reif, H., Muller, W.: *J. Comp. Physiol.*, 129, 247-256 (1979)
- 6) Huber, F.: *Z. Tierpsychol.*, 12, 12-48 (1955)
- 7) Hustert, R.: *J. Exp. Biol.*, 118, 209-227 (1985)
- 8) Jander, von U.: *Z. Tierpsychol.*, 23, 799-844 (1966)
- 9) Matheson, T.: *J. Exp. Biol.*, 200, 93-100 (1997)
- 10) Otte, D., Cade, W.: *Anim. Behav.*, 24, 1-6 (1976)
- 11) Pflüger, H-J., Burrows, M.: *J. Exp. Biol.*, 75, 95-100 (1978)
- 12) Zack, S.: *Anim. Behav.*, 26, 1107-1119 (1978)
- 13) Kumashiro, M., Tsuji, Y., Sakai, M.: *Naturwissenschaften*, 93, 92-96 (2006)
- 14) Sakai, M., Taoda, Y., Mori, K., Fujino, M., Ohta, C.: *J. Insect. Physiol.*, 37, 599-615 (1991)
- 15) Kumashiro, M., Sakai, M.: *J. Exp. Biol.*, 204, 1123-1137 (2001a)
- 16) Kumashiro, M., Sakai, M.: *J. Exp. Biol.*, 204, 1139-1152 (2001b)
- 17) Randall, D., Burggren, W., French, K.: *Eckert animal physiology*, pp644-646, Freeman, New York, USA (1997)
- 18) Austin, A.D., Browning, T.O.: *Int. J. Insect. Morphol Embryol.*, 10(2), 93-108 (1981)
- 19) Sakai, M., Kumashiro, M.: *Zool. Sci.*, 21, 705-718 (2004)
- 20) Snodgrass, R.E.: *Smithson. Misc. Collect.*, 96, 76-80 (1937)
- 21) Alexander, R.D., Otte, D.: *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich.*, 133, 12-18 (1967)

Abstract

Genitalic auto-grooming in the male cricket, *Gryllus bimaculatus* DeGeer

Mikihiko Kumashiro and Masaki Sakai
Division of Bioscience, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Okayama, Japan

Grooming the body surface is indispensable for animals to survive. If foreign substance is not removed from the body, sensory organs such as eyes and skin cannot function properly and even physical condition is ruined when bacteria, mold or parasite proliferates. Insects are known to groom frequently every part of the body with the mouth and legs. However, there are some parts which are difficult to reach. In the cricket, *Gryllus bimaculatus*, the genital chamber housing the external genitalia is located in the terminal abdominal segment and seems to be easily soiled with feces since the anus is situated just above the genital chamber. Foreign substance may cause serious problems in producing the spermatophore, if it remains inside the genitalia, because the genitalia serves as a template for the spermatophore. Recently, we have found that there is a special membrane complex consisting of the median pouch and genital chamber floor which makes clean inside the dorsal pouch. In this review, we described the structure and function of the membrane complex in the genital chamber, its muscle and nerve innervation and the effect of its ablation. Finally, we compared the genital structures plausibly involved in grooming among several species of crickets, and discussed their evolutionary aspects.

Key words; Cricket, Genitalia, Grooming, Cleaning, Spermatophore, Membrane, Scale, Translocation