221 ザトウムシのセンサとしての歩脚

Harvestmen's Legs Used as Sensors(The Second Report)

○学 門脇 廉 (東京工業大学学生) 学 野原 拓也 (小山高専専攻科学生)

◎正 菊地吉郎 (小山高専)

Ren KADOWAKI, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1

Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, Student

Takuya NOHARA, Oyama National College of Technology Advanced
Course, StudentKichiro KIKUCHI, Oyama National College of
Technology, 771 Nakakuki, Oyama, Tochigi

1. 結言

ザトウムシとは、8本の歩脚をもった、クモやダニに近縁な節足動物の一群である。この仲間のうち、胴体に比べて著しく長い歩脚をもつものは、その長い歩脚を巧みに用いて林内の草木の上を自在に歩き回っている。⁽¹⁾ また、ザトウムシは昆虫のように触角をもっておらず、歩行器官である歩脚、特に前から2番目の一對を触覚センサとして用いることでその行動を可能にしているとされている。前報「ザトウムシの八脚歩行」⁽²⁾ ではザトウムシの歩行及びセンシングの特徴について、その一端を明らかにした。本報では、このうちのセンシング動作に注目して実験・解析を行ったので報告する。

2. 実験装置及び実験方法

今回実験に供したザトウムシは、前報と同様にアカサビザトウムシ(*Gagrellula ferruginea*)である。また、ザトウムシの歩脚に前報と同様に、前から順に第一脚から第四脚まで番号を割り振った。

次に、ザトウムシの歩行及びセンシングの様子をデジタルカメラの動画機能を用いて撮影し、これを動画画像解析ソフトウェア「Move-tr32」(ライブラリー)を用いて解析した。

Fig.4、Fig.5、Fig.6に撮影で用いた実験台を示す。Fig.4、Fig.5は前報と同様で、Fig.4が歩行を撮影するための実験台、Fig.5がセンシングを撮影するための実験台である。また、Fig.6はザトウムシが足場を失ったときに離れたところにある別の足場を触ることができる実験台である。厚手のボール紙をCの字形にくりぬいてあり、内側の円の直径は55mm、外側の円の直径は180mmで、内側の足場と外側の足場をつないでいる通路は幅25mmである。内側の足場にザトウムシを置き、その後の行動を上から撮影した。

Fig4

Fig5

Fig6

Experimental plate(walk) Experimental plate(sensing) Experimental plate(C-type)

本報ではこれらに加えて、より生息環境に近い条件でザトウムシの行動を把握するためにFig.7、Fig.8、Fig.9に示す観察ケージを用いて観察を行った。Fig.7はポリプロピレン製の衣装ケースに林床の土を入れたもの、Fig.8は120cm水槽に草ごと林床の土を入れたもの、Fig.9は林内に蚊帳を張ったものである。

Fig.7 Cage①

Fig.8 Cage②

Fig.9 Cage③

3. 実験結果と考察

前報では、ザトウムシは触覚センサとして重要であるとされている第二脚が前方の足場を失ってもしばらく前進し続け、第一脚が足場を失ってからようやく停止することが明らかになった。このことを示すグラフをFig.10に示す。内容としては、Fig.5の実験台を用い、足場の縁付近でのザトウムシを横から撮影し、時間と第一、第二脚の先端及び胴体の水平方向の移動距離との関係を示してある。なお、グラフ中の各矢印は、各歩脚が足場を失った、又は胴体が前進を停止した時刻を示している。

Fig.10 Horizontal displacement

これを踏まえて、Fig.6の実験台で、ザトウムシが一度足場を失ってから行動を撮影した。Fig.11(a)、(b)、(c)にその行動を示す。なお、実験台と穴から見える紙との間は約300mm離れている。Fig.11(a)は、内側の足場に乘っているザトウムシが第二脚を伸ばして外側に触った場面である。Fig.11(b)ではザトウムシは第二脚を外側に、第四脚を内側にかけた状態で胴体を支えている。そしてFig.11(c)では、第四脚を内側に残したまま、第一、第二、第三脚が外側に到達している。これから、ザトウムシの第二脚はセンサ機能だけでなく、歩脚としての機能も有しており、ザトウムシは第二脚の先端が触れる距離であれば、ひとつの足場から別の足場に渡ることができるものと考えられる。よって、Fig.10に示されているグラフ上で、第二脚が足場を失っても胴体が前進を続け

た理由は、渡ることのできる別の足場を探していたからであると
考えられる。

Fig.11(a) Crossing① Fig.11(b) Crossing② Fig.11(c) Crossing③

また、観察ケージを用いて行った観察から、ザトウムシは歩行中に後退をしない傾向が強いことが明らかになった。このことから、ザトウムシが第二脚を用いて前方を主にセンシングしていることが推測できる。

これを踏まえて、ザトウムシが第二脚を用いて前方をセンシングしている場面を、第二脚の上下動一往復を1サイクルとして分割し、上下に振られている第二脚の形態によって各サイクルを3つのフェーズに分類した。Fig.12、Fig.13、Fig.14にそれぞれのフェーズの代表的な解析画面を示す。いずれも1サイクル中の右の第二脚の軌跡を、重ねて示したものである。これらのフェーズの分類基準は、水平な足場を前進しながら第二脚で前方をセンシングしている場合をFig.12のような歩行フェーズ、足場の縁で立ち止まって第二脚を下向きに振っている場合をFig.13のような下向きフェーズ、同様に立ち止まって第二脚を水平から上向きに振っている場合をFig.14のような上向きフェーズとする、というものである。今回の動画像では、第二脚を用いたセンシング動作すべてを、これら3種のフェーズのいずれかにあてはめることができる。

Fig.12 Walk phase

Fig.13 Sense phase (downward)

Fig.14 Sense phase (upward)

Fig.15 Walk (over view)

更にこれら3種のフェーズにおける、第二脚の付け根-先端間の距離を測定し、歩行フェーズでの値に対する下向きフェーズ及び上向きフェーズでの値の割合をTable.1にまとめた。なお、これらの値は、解析に耐え得る動画像を得られた各個体で、左右の第二脚について別々に平均をとったものである。

Table.1 Ratio of reach in each phase

		downward/walk	upward/walk
Harvestman A	Left leg	0.86	0.94
	Right leg	0.75	0.70
Harvestman B	Left leg	0.79	0.82
	Right leg	0.77	0.81

Table.1より、まず歩行フェーズにおける第二脚の付け根-先端間の距離が3種のフェーズの中で最も長いことがわかる。このことは歩行時がもっともセンシングできる領域が広いことを意味する。その理由としては、歩行することで前方の情報が常に自身に近づいてくるためにより遠くの情報を得る必要があるから、というものが考えられる。また、Fig.15に示すように、ザトウムシは歩行時に常に第二脚をある程度左右に開いている。このような、ザトウムシがセンシングしている範囲についてのデータをさらに得ることができれば、ザトウムシのセンシングの範囲と歩行速度とを関連付けることが可能になると思われる。

次にTable.1から、ザトウムシは歩行時に全体的に上向きフェーズの方が下向きフェーズに比べて、第二脚の付け根-先端間の距離が長い、すなわち、第二脚を伸ばしていることがわかる。これは下向きよりも上向きをセンシングする場合の方がセンシングできる範囲が広いことを意味する。その理由としては、今回実験に供したアカサビザトウムシの生息環境が森林であることが挙げられる。もし森林の葉や枝を足場としていれば、縁に来たときにも自分のいる側の裏側に足場がある。今回撮影された下向きフェーズは、このような、今の足場の裏側をセンシングする動作に相当すると考えられ、そのため下向きに広範囲をセンシングする必要はなかったと考えられるのである。これに対して上向きフェーズは、今の足場とは完全に離れた足場をセンシングする動作に相当し、より広範囲にセンシングできることが重要であると考えられる。

4. 結論

今回の研究の範囲内で、

- (1) 前報で推測した、第二脚が足場を失ってから行動を観察し、撮影することができた。
- (2) センシングにおけるザトウムシの第二脚の形態を3つのフェーズに分類し、それらの関係を数値化することができた。
- (3) ザトウムシの歩行時におけるセンシング範囲と歩行速度についてより多くのデータを集めて解析する必要がある。
- (4) 今回実験で見られた行動が、アカサビザトウムシ以外の種類のザトウムシにも当てはまるかどうかを明らかにする必要がある。

参考文献

- (1) St. Martin's Press,a Golden Guide:Spiders and Their Kin,pp.128-133
- (2) 門脇、野原、菊地、関東学生会第46回学生員卒業研究発表講演会 講演前刷集(2007),pp.257-258