
東京クモゼミ報告 第 244 号 加藤家 2016 年 3 月 5 日

参加者 安藤昭久・池田博明・市川武明・加藤輝代子・輿石紗葉子・新海明・谷川明男・
長野宏紀・本間李花

+++++

Dalton, 2008. Spider. Firefly Books. 池田報告 . ハエトリグモに関する記述のなかに「自分自身の体長の 20 倍以上のジャンプができる」や「頭胸部の血リンパを脚へ押し出すことで歩脚を伸展する」というものがある .

[コメント] NHK の「ダーウィンが来た！」でオーストラリアの peacock spider の番組が取材・製作中である . ディレクターからハエトリグモの生理生態に関するいくつかの質問を受けた . そのなかに「ハエトリのジャンプ力は？」「クモは最大何mぐらい糸が出せるのか？」「ジャンプ力を生み出す特殊なシステムとは何か？」といったものがあつた . 即答できない質問ばかりで文献を調査して答えることになった . ハエトリグモのジャンプ力については , 上記 Dalton の他 , 吉倉真『クモの生物学』(学会出版センター , 1987) にも記述がある . p.52 に「砂丘にいるハエトリグモの *Attulus saltator* は 25cm も跳ぶという」. 「オーストラリアにいるムササビハエトリ (*Saitis volans*) はきれいなクモであるが , まだオスしか見つかっていない . 腹部の両側に垂れひだがあり , それに長い毛のふさを生じている . 静止しているときはそれを腹面につけているが , 跳ぶときにはそれをあたかもムササビの飛膜のように広げて空中を滑走する . クモの体長は 4 ~ 5mm に過ぎないが , 滑空距離は 17cm にも及ぶ」と紹介されている . *Attulus saltator* の現在の学名は *Sitticus saltator* (コゲチャハエトリの一種) で体長は 3-4mm . 3mm とすると 25cm は体長の 83 倍 . また , *Saitis volans* の現在は , *Maratus volans* で 20 種いる peacock spider のうちの一種 . Foelix の『Biology of Spider』には「自身の体長の 25 倍以上」という記載がある(池田) .

+++++

Julianne M. Waldock ,2007 . a poster presented at the International Congress of Arachnology, Brazil, Waldock は Western Australian Museum 所属 . Reference は Australasian Arachnological Society の online: http://www.australasianarachnology.org/myths/maratus_cannot_fly/

Saitis volans は Cambridge の記載時に採集者がムササビのように飛ぶと話したことが信じられてきたが、それは都市伝説 (urban myth) だった . 「Maratus は飛べない」.

+++++

Kropf, 2013. Hydraulic System of Locomotion. IN Nentwig ed., Spider Ecophysiology. Pp.43-56.
池田報告 . クモの脚の動きは関節にある伸筋と屈筋で制御されているが , 伸筋を欠いている関節 (joint) がある . それは femur-patella 間と tibia-metatarsus 間である . これらの関節が伸びる際には , 頭胸部の二種類の筋肉 (側方筋と胸板内懸垂筋) がひとつ , あるいはふたつ同時に収縮して背腹方向に圧力がかかり , 血液 (体液) を一気に脚の方へ押し出す . その液圧で脚は即座に伸展する . このような液圧による運動のしくみは比較的大形のクモやウデムシ等で研究されていて , ハエトリグモに特有なしくみではない . 頭胸部が硬くて , 筋肉では動かない種類もいる . その場合には腹部に血圧を変化させる構造がある . 腹柄は細いので脚に影響が及ぶにはラグがある .

[コメント] 吉倉真『クモの生物学』 p.48 + p.111 にはつぎの記述がある (池田) . “ 触肢 , 歩脚の固有

筋で特に注意したいことは、各肢節において拳筋が少なく、下制筋が圧倒的に多いことである。このことは、脚を曲げることはもっぱら筋によって行われるが、脚を伸ばすことは血体腔の血リンパ圧-物理的には静水圧 (hydrostatic pressure) によって行われ、筋によることが少ないことを示すものである。・・・血液が流体静力学的骨格 (hydrostatic skelton) として働いていることについて述べよう。クモの触肢や歩脚の屈曲は屈筋の働きによる。しかし、伸張には、伸筋があまり発達していないので、別な方法によらなければならない。頭胸部諸筋の収縮によって血体腔を圧縮し、それによって生じた内圧の増加を利用するのである。ハエトリグモが跳ぶときに使う脚は、もっぱら第四歩脚である。跳躍に踏み切るとき、脚の先の方の血圧は瞬間的に非常に高くなる。*Sitticus pubescens* では、ふつう 500mmHg 以上で、ときに 1000mmHg を超えることさえある (Parry & Brown 1959b)。跳んでいるときには血圧が上がっているので、脚の刺毛はみな起立している。タナグモ *Tegenaria atrica* では、平常の血圧は、静止時約 50mmHg である。ところが、クモに空気を吹きかけたり、筆の穂先などで触って刺激すると、400mmHg にもなる (Parry & Brown 1959a)。カヤシマグモでは脚における血圧は静止時平均 38mmHg、活動時 195mmHg、刺激して驚かすと 460mmHg にもなる。”

+++++

Parry, D. A. and R. H. Brown. 1959. The jumping mechanism of the salticid spiders. *J. exp. boil*, 36: 654-664. plate 13-14. 池田報告。ハエトリグモがジャンプするときの体の支点の動きをトレースして示している。この論文は free で読めるが、体内のリンパ圧などのしくみには触れていない。

+++++

Foelix, 2011. *Biology of spider*. <Jumping>. Pp.195-197. 池田報告。跳躍はハエトリグモでもっとも際立っている。他の狩猟性クモ (コモリグモ、フクログモ、ササグモ) が短い跳躍能力しかないのに比べて、そのハエトリグモのジャンプのしくみに接近してみよう。かつて信じられていたのは、強い前脚を跳ぶ際にはプロペラのように回すということだった。しかし、実際のところ、前脚はクモが離陸する前には地面から上に持ち上げられるにすぎない (fig.6.7)。前脚は着地の際に獲物を捕えるときには役割を果たす。離陸のひと押しは後脚 (第 3 脚か第 4 脚、ときにはその両方) のすることである。どんなテクニックが使われているかは種によりけりで、マミジロハエトリグモ属 *Evarcha* のジャンプ・オフでは第 3 脚が、ゼブラハエトリグモ属 *Salticus* では第 3 脚と第 4 脚が、コゲチャハエトリグモ属 *Sitticus* ではたいてい第 4 脚だった。離陸直前に、クモは地面に命綱 (safety thread) を付ける。それから、脚を体の近くにひきつける (fig.6.2b)。第 4 脚一対の非常に速い伸展 (extension)、第 3 脚一対のねじれ (torsion) と伸展が跳躍を開始させる。脚の伸びは大部分は血リンパ圧の増加とそれに伴う屈筋の急なし緩に原因がある。

ハエトリグモの跳躍を技術的な観点から見ると印象深いことがある。距離が 5-10cm のふつうの水平面のジャンプでは、離陸速度は秒速 80 - 90cm で加速度は 50m/s^2 そこらである (fig.6.8)。着地前には、はっきりと後ろ向きのピッチをスロー・モーション・フィルムから見てとることが出来る。これは獲物をつかむのに好適なポジションを保証する (fig.6.9)。それに加えて、跳んでいる間に常にうしろに引かれている命綱がある程度ジャンプの終点でブレーキをかける効果、それと同時に体を上方へ傾ける (tilt) 効果を発揮している。このような標的に合わせたジャンプに必要な正確な制御はバスケットボールの選手がボールを投げる際に正確に向きと速度を注意深く定めるのに比べられる。上下逆方向のジャンプでさえ (すなわち葉の下面からの)、水平面での通常のジャンプと同様の正確さである。

さらに獲物をつかむときには、ハエトリグモはジャンプ離脱力を用いる。通常ではハエトリグモは 2, 3cm しかジャンプしない。しかし、ある例では自分の体長の 25 倍も跳ぶ (Ehlers, 1939)。数種の昆虫 (例えばバッタやノミなど) のジャンプと比べた時、これは穏当なパフォーマンスと思われるものの、ハエトリグモは過長な跳躍脚を持っていないのである。そして、さらに重要と思われることだが、バッタには大きなジャンプ・レンジがあるのに対して、ハエトリグモには正確性がある: ハエトリグモのジャンプは「標的に対する」ものである (Hill, 2006)。短い跳躍は植生に優占的に生活する他の徘徊性クモにも見られる。再びであるが、離陸は第 2・第 3・第 4 各一對の脚の活動に原因がある。第 1 脚はジャンプの前には上に振り上げられている (Ehlers 1939)。徘徊性のブラジルドクシボグモ属 *Cupiennius* では、記録された例では 40cm 以内の距離と秒速 1m 以内の速度に制御されている (Karner, 1999)。

<Figure 6.8> は、ハエトリグモの一種 *Phidippus* の 6cm のすきまの水平面のジャンプで 15 ミリ秒毎の記録。注目は離陸後の後ろ向きのピッチ (左矢印) と着地直前のやや前向きのピッチ (右矢印)。これはしおり糸のブレーキ効果によるものである。

<Figure 6.9> は、縦方向の跳び。(a)注意すべきは全部の脚を開いていることでやや着地前に後ろ向きのピッチがある。(b)繫留されたハエに垂直面から跳んだところ。注意すべきは離陸後の後ろ向きのピッチと餌に達した時に脚を閉じていること。

+++++

Chen, Y.-K., C.-P. Liao, F.-Y. Tsai and K.-J. Chi, 2013. More than a safety line: jump-stabilizing silk of salticids. *J.R.Sco. Interface* 10: 20130572. 池田報告。<1.Introduction> ハエトリグモは跳躍に当たってしおり糸を引くことが知られている。しおり糸のスタビライザー機能を調べるために、私達は (1) ジャンプの間の通常の動きと糸が無い場合の動きを高速度撮影して分析した。(2) 運動エネルギーのデータから瞬間的な糸の力を見つかった。(3) 糸の力のマグニチュード (大きさ) と向きと体の動きを関連させた。(4) 糸の物性と糸生産の生理学的制御の状況に関する発見を要約した。

<4.結論> しおり糸は、その優れた特性で名高いが、クモの生態学と進化を形作る多面的な機能を提供した。この論文で、私達が提示したのは、ハエトリグモのしおり糸が減速の命綱として働いているだけでなく、より重要なことだが、ジャンプしているときの体の安定器 (スタビライザー) として働いていることである。鋭い視覚とともに、特筆すべき捕食戦略とジャンプ能力、ダイナミックな安定性はハエトリグモのようなハンターの餌捕獲効率を高めている。付属肢をスイングするときの慣性とフラップする翼からの空気力学的力を使うことに加えて、私たちが提案したのは、新たに発見された三番目のしくみ、自然界で発見された大気中での (in-air) 安定性の制御である。しおり糸は逆向きのピッチに対して適切に力を変更することでジャンプのあいだじゅう体を安定にしている。調整可能な糸の張力を打ち消すトルクは、将来の操作性にすぐれたロボット・デザインに対する生物学的なインスピレーションを提供する。[工学的な言い回しがよく理解できない]

<2.Material and Methods> で実験に用いられた *Hasarius adansonii* アダンソンハエトリの通常個体の体重は 19.95 ± 4.71 mg, 体長は 6.1 ± 0.3 mm。糸無し個体の体重は 21.14 ± 2.83 mg, 体長は 6.0 ± 0.2 mm。しおり糸があるときの着地姿勢は Figure3.の(a)だが、しおり糸が無いと着地姿勢は(b)や(c)のように体が立ってしまい、脚先が着いた直後に腹部から床に着いてしまう。Table2 の結果にも、離陸の際には糸があっても無くても c は変わらないのに、着地のときの c は大きく (57 度), 頭が上を向いている (体が立っていること) ことが示されている。このような姿勢制御が可能な理論を考察すると、ジャン

プしたとき、しおり糸がない場合には大気の無い理想的な条件では慣性によって離陸時の速度と着地時の速度は等しいのだろう。しかし、実際に大気のなかでは図の(a)のように次第に減速していく。しかし、このような速度の場合には体が回転してしまい[重心に対して体を回転させるようなモーメントが働くので]、重い腹部が下がってしまう(結果的に頭が上を向いてしまう)ということなのだろう。

しおり糸はそれを防ぐために後方へ腹部を引っ張って速度を減速している。しおり糸の後方へ引っ張る力は一定ではなく、クモの速度が減るにつれて変えざるをえない。Figure 5 の緑色の線が表す Silk force を見ると、引っ張る力は次第に減ることになっている。

[コメント] David Hill にしおり糸とジャンプの制御に関係について問い合わせをしてみました。ジャンプの時、しおり糸にブレーキをかけることを「ジャンプ中に判断」することは基本的にしないものの(ジャンプが早すぎて間に合わない)ジャンプする前に、目標の獲物までの距離を測定し、そこに着地できるように、(飛距離を制限するために)しおり糸のブレーキを使うことを判断し、ジャンプ中にそのブレーキを実行する、とされています。つまり、獲物に飛びかかるとき、第三脚の伸縮に加えて、しおり糸にブレーキをかけることで、着地点を調整しているということのようです(NHK 浜崎)。

+++++

チナリー, 1997 (訳書)。クモの不思議な生活。晶文社。池田報告。「ある熱帯地域でジョロウグモ属の一種の糸が魚捕りに使われていて・・・クモの一個体から 700m以上の糸を引き出すことができます」と書かれている。

[コメント] この熱帯地域というのはニュー・ギニアのことで魚捕り用のクモ網の図は英国の大英博物館の広報官ヒルヤードの『クモ・ウォッチング』(平凡社)に出ています。網に使われた糸を出すクモはジョロウグモ属 *Nephila* の一種だそうです。この本には「ニワオニグモ 1 匹が網を造るのに 20~60m の糸」とも書かれている。オニグモ 19mm 雌成体が作った直径 80cm の円網の糸は全部で約 81m と算出された(池田)。円網に使う糸の総延長については、「しのびぐも」(30): 35-36 に発表した(新海)。

+++++

Hill, D. E. and D. B. Richman, 2009. The evolution of jumping spiders (Araneae: Salticidae): a review. *Peckamia*, 75.1, 1-7. 池田報告。ハエトリグモの起原は中生代白亜紀と推測される。鋭い視覚と昼行性、それに伴う色覚の発達などが特徴である。

[コメント] Bond ら(2014)の分子系統分析の論文には分岐の地質年代が示されている。中生代白亜紀には多くのクモの進化が起こった。ハエトリグモはワシグモと分かれたが、これは空間的には地上方向(ワシグモは地表方向)、時間的には昼行性(ワシグモは薄明・薄暮か? 偏光を識別できる眼をもつ)への進出である。白亜紀に被子植物が進化していることをふまえると、花の進化が送粉昆虫の進化をもたらし、それに伴ってハエトリグモも進化したと予想できる(池田)。

+++++

池田博明, 2016。早春に造網するクモ幼体。池田報告。2月21日の観察会でシロカネグモ幼体・ムツボシオニグモ幼体・ヘリジロサラグモ幼体・メガネドヨウグモ雌成体が造網していた。中井町の厳島湿性公園の欄干では2月26日~3月4日にオニグモ幼体2~3頭やアシナガグモ幼体多数の造網が観察された。

[コメント] クミスアラグモが草本層で雪の間に造網している(安藤)。冬に活動するクモの報告を、*Kishidaia*, (88): 50-51 に寄稿している(新海)。

+++++

輿石紗葉子, 2016. タイ旅行記. 輿石報告. 2016年2月17日~29日までタイのクモ採集. アシダカグモ・キシダグモ・ジョロウグモ・コモリグモ・ゲホウグモ・メダマグモなどのタイ産のクモを観察.

+++++

谷川明男, 2016. タイ王国クモ物見遊山の旅. 谷川報告. タイ南部地域をポッパの案内で回った. 50種以上の多くの科のクモを観察, 生態を撮影した. 同定は現在, 進行中.

+++++

長野宏紀, 2016. トタテグモ下目(クモ目)における胸部・脚の形態と捕食方法の関係. 長野報告. 東京農業大学卒業研究である.(A)ジグモ科(ジグモ・ワスレナグモ),(B)トタテグモ類(カネコトタテ・キノボリトタテ・キシノウエトタテ),(C)ジョウゴグモ類(オオクロケブカジョウゴグモ・クメジマイボブトグモ)で,それぞれの触肢の刺の有無や大小が捕食方法に与える影響を考察した,(A)は短い触肢に刺がない,(B)は刺あり,(C)は刺あり・少なからず,内突起の形態は(A)板状,(B)Y字状,(C)板状.

+++++

安藤昭久, 2016. 夢の島のケムリダニグモはじわじわ広がっていく. 安藤報告. 東京都内の埋め立て地からは本州に通常は生息しないクモが発見されている.「夢の島」では記載以来,一度1930年代に姿を見せた(植村による)ケムリダニグモ(体長1.7mm)を発見した.沖縄に住むヤマネコウラシマグモも夢の島公園でも発見.両種とも公園内で次第に勢力を拡大している.

+++++