

# 昆虫は何故6本脚か

## 1. はじめに

蝶の撮影についてくる孫達に「昆虫はなぜ6本脚なの？」と聞かれたことがあります。色々説明はしましたが結局質問にはぜんぜん答えていないことに気が付きました。

脚は6本なのに、「翅は4枚なのは何故だろう」という疑問で頭が一杯だったので、そのもう一歩手前の、「脚は何故6本なのだろう」ということは自明の理として素通りしている自分に気が付きました。

このまま放っておくのも落ち着かないので、少し考えてみることにしました。しかし、考えるといっても現在の昆虫の姿しか知らずに、すでに失われてしまった原因を探ろうというのですから、いろいろな状況証拠を並べて推測する以外に方法はありません。

今の生物学では、「こんなことはないだろうという仮説は捨てて、可能性の高い仮説の線を残していくと、どうも、昆虫類は、我々の周りにはいるムカデやヤスデのような多足類に翅が生えて生じたものらしい」ということになったようです。ここを出発点にすることにしましょう。なお、「あし」は、普通哺乳動物の場合には「肢」、昆虫の場合には「脚」、人の場合は「脚」あるいは「足」が使われるようなので、昆虫の「あし」は、ここでは「脚」を用いることにします。

## 2. 虫が棲んでいる環境



プールや海で泳いでいて、水が手足にまとわり付いて泳ぎにくいと感じた人はいないはずですが、ところどころ、水の中に棲む生き物で水が水飴のように体にまとわり付いて困るという虫たちがいるのです。微生物のアメーバやゾウリムシたちです。つまり、細胞サイズの生き物にとって水の粘性は大きく、環境がべたべたと粘りついてくる厄介な世界なのです。

具体的な例を挙げれば、アメンボの幼虫達をおそう悲劇です。アメンボの雌は交尾後、水中の茎などに産卵します。孵化の段階で、小さい幼虫達は水の粘性のために、もがきながら水面まで上がってこようとしますがそれが出来ません。距離にすればせいぜい10~20cm程度ですが、この深さでも水面までたどり着くのは2割程度だそうです。

また、我々が道路を歩く場合、普通の道であればほぼ平面の2次元空間と考えられ、「3点支持が最も安定している」などとカメラの三脚などを例に挙げて能天気なことをいっていますが、余り飛ばない、歩くのが専門の昆虫達にとっては普通の道路でも、平面どころか山あり谷ありの3次元空間の大変な環境なのです。しかし、昆虫たち

は脚の長さを調節して3点支持は勿論のこと、4点や6点支持をなんなく実現させることが出来るのです。

昆虫のことを考える場合、私たちはどうしても人間のレベルでものを考えがちですが、地面はともかく葉の上などでは止まっている場所そのものが動くわけですから、人間の世界に比べれば、周りの力学的条件が大きく異なります。観察事例を人間世界から解釈して本当に分かったことになるのだろうかという疑問が常に残ります。

棲んでいる空間は上に挙げた通りですが、時間はどうでしょう。

昆虫の1世代の寿命が短いことから、「かわいそうだ」と人は思いがちですが、むしろ寿命が短いほうがメリットが多いことだってあるのです。

1年に1化より、2化や3化のほうが、生物としてはより有利な面があります。というのは、人間は1世代大体30年ですが、100万年経過すれば、約3万世代になります。年1化の昆虫であれば100万世代にも達し、2化、3化となると200万、300万世代にもなるからです。

誤解のないように補足しておきますと、「人間は1世代30年」というのは、大体30歳ぐらいに子供が生まれ、その後、親と子が一緒に生活することをいっています。人間は70~80歳ぐらいまで生きてるじゃないかと反論されそうですが、この時期はもう子育ては終わっており、余生を送っているからです。それに比べると、昆虫は卵を産んだ後、死が待っているわけですから1世代何年とはっきりしています。

つまり、昆虫達は人間の約30倍以上のものスピードで世代交代が行われますから、「適応や分化」という点では非常に有利になり、生き残る確率も高くなるはずで

す。昆虫達がこれほど多様化し、3億年以上も生き続け、今なおあらゆる環境に適応して生活できるのも、人間とは桁の違う「生きる力」を持っているからだと考えられます。

つまり、昆虫の世界では「人間のスケールでものを考える」ことに、十分注意を払わなければなりません。

### 3. 頭・胸・腹へ

昆虫の祖先は、足の沢山あるムカデやヤスデの仲間の多足類といわれています。このムカデやヤスデの第二、第三胴節に翅を生やしているところを想像しましょう。想像しただけでもこういう昆虫を見たことがないだけに滑稽ですが、翅のある体節は翅の揚力に支えられるでしょうが、残りの長い胴は垂れ下がってしまわないでしょうか。

翅を胴の真ん中に持ってきても結果は同じです。いづれにしても、胴が長すぎるため、節の数を減らさなければなりません。

とにかく、生物は基本的にはエネルギー消費の少ない動きを選択しますから、脚の数を減らし、不要な節の数を減らす方向に進んだと思われ

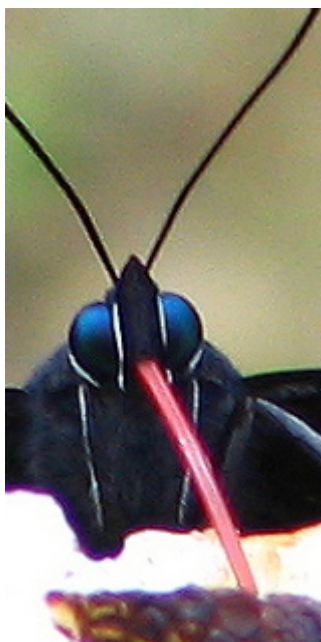
何時頃、どうなったかはよく分かりませんが、昆虫は体の前端の5つの体節をくっつけて、1つの体節にしたようです。これが頭ですが、これらの体節にはそれぞれ一対の脚が付いています。昆虫はこれらの脚を上手く細工して、頭を完成させたわけです。すなわち

- ①第1番目の脚は触角になりました。
- ②第2番目の脚は複眼になったといわれています。
- ③そして、第3、第4、第5の三対の脚は口の周囲に配置されて口器となりました。

これらは一見大きな変化のようですが、新しく加わったものはなく、脚をほんのわずかに改良したに過ぎません。



ミヤマカラスアゲハの口吻



スミナガシの口吻



ウラギンスジヒョウモンの口吻

口吻は2本の脚が合わさって出来た様子が判ります。

脚は左右に対をなしていた訳ですから、人間の口のように上下に対をなすことはありません。したがって、昆虫はこの左右に動くあごを使って、巧みにものを食べるのです。

胸部は、基本的に独立した3つの節のつながりで、それぞれ1つの体節に1対の発達した脚を持っています。昆虫が飛ぶようになると、胸部は大きく、長くなり、もはや他の胴節とは違った形になります。つまり、これまでほとんど長さが均等だった胴節のバランスが崩れてきます。こうして、胸が出来るわけです。効率よく羽ばたくためには、翅の付け根がしっかりしていなければなりません。翅になった部分には「こぶ」があり、

それが翅に変化したとありますが、何故そんなところに「こぶ」があったと考えると、いまだに納得できません。このように、頭の次に、胸が分化します。残りの部分を動物学者は「腹」と呼んでいます。

さて、頭と胸と腹が出来上がりますが、これらががっちりとかっついていれば動きが取れません。そこで昆虫はどうしたかという、自由に動くことができる関節を介してこれら三つを明確に区別してしまったわけです。



例えば、ミミズの頭部

昆虫もこれで脳がもう少し進化していれば、2足歩行も可能だったかもしれませんし、鳥などの捕食者からももっとうまく逃れる術を身に付けていたかも知れません。

昆虫やクモ、エビといった生き物の脳だけは進化の試みの失敗作であるといわれています。

というのも、脳の真ん中を食道が貫いていて、そこを食べ物が通るように出来ているのです。脳が発達して大きくなれば、必然的に食道は締め付けられて細くなり、やせ衰えてしまうという致命的な欠陥のために脳の進化が進まないというわけです（左図ミミズの頭部のポンチ絵参照）。この構造は蝶やバッタやその幼虫達も同じで、ミミズなどを含めた多足類が昆虫の祖先であるというのも頷けます。

昆虫以外で、体が頭、胸、腹にくびれたものはいませんね。鳥は飛びますが、彼らは胴全体を胸にしています。鳥の祖先だといわれる恐竜は長い頸を持っていましたが、このことがこういうやり方を可能にしたのでしょう。

#### 4. 3点支持は安定か

虫が歩いて前進するためには地面についている脚を支点にして、次の支点とするためには脚を前方に移動しておく必要があります。昆虫の脚は普通は6本ですから、地面に付けている脚は2本では倒れてしまうので、3本以上が必要で、前に進む為には地面についていない脚を前方に伸ばし、これらの脚を交互に動かせばうまく歩くことが出来るわけです。

私たちは、4本脚の机や椅子は見慣れていますが、5本脚以上の机や椅子はあまり見たことがありませんね。上記「平面は3点の座標で決まる」というように、机の場合脚が4本では、4本全部の脚の長さを揃えるのは難しいので、1本は浮いてしまいます。

子供時代に四本脚の台を作っていて、脚の長さを合わせようと切っているうちにどんどん短くなってしまったたという経験はありませんか。5本であれば、5本の脚の長

さを全部揃えるのは難しいので2本は浮いてしまって不安定になります。結局、3点支持がもっとも安定しているといういわれる所以です。しかし、これは人間の世界のことで、昆虫達には当てはまりません。というのも、昆虫は4本なり、6本の脚の長さを自在に調節でき、4点支持や6点支持など楽々実現させるからです。



その昔、オート三輪という四輪ならぬ三輪の自動車がありました。かなりの期間走っていたようですが、いつの間にか姿を消してしまいました。実は、このオート三輪には致命的な欠陥があったのです。

それは構造上の理由からですが、カーブでよく横転したからです。私も、少年時代にこのオート三輪が横転している現場を良く見かけました。いずれも、カーブを曲がりきれずに横転しています。

理由は簡単です。

①動いていない場合でも、3点支持(3つのタイヤ)では車輪からの三つの反力の向きと自動車の自重や載っている荷物によって生じる下向きの荷物も含めた重心の位置が問題になります。3つの反力の重心と下向きの重心が一致する場合は問題ありませんが、この重心が大きくずれると問題が起きてくるわけです。すなわち、転倒モーメント(倒れようとする力)が働いて、転倒してしまいます。動いていない時でも転倒しないためには、もう1本の踏ん張る足が必要なのです。

オート三輪の設計では、両者の重心の位置がうまく一致するように設計しているために、静止している場合は転倒の心配はありません。

②問題は、動いている場合です。静止している場合は、反力と自重によるベクトル(力の向き)の方向は上下のみですから、重心が一致しあるいはそれに近ければ転倒することはまずありません。ところが、動いている場合には慣性力が働きます。

皆さんご存知のように、電車に乗っていて急ブレーキを踏まれると転倒しますね。これが慣性力です。物理学の世界では「自然は変化を嫌う」といわれるように、運動しているものはずっと運動をし続けようとし、止まっているものはそのままずっと止まっていようとします。

そこで、ブレーキを踏むと、電車は止まりますが乗ってる人たちはそのまま運動し続けようとして、進行方向に倒れてしまいます。また、急に発車されると、電車は動きますが人はそのまま止まり続けようとして、この場合は後方へ倒れてしまうのは皆さんも経験済みですね。

これは、カーブを曲がる場合も同じです。オート三輪がカーブを曲がる場合、ハンドルで方向を変えますが、車体のほうは変化を嫌いますから、そのまま真っ直ぐ進もうとします。ここで、オート三輪の荷物と車体の重心の位置で半径方向に大きな力を受

け、これが転倒モーメントとして働き、転倒するわけです。

この様子は、子供用の三輪車でもよく起こります。猛スピードで直進してきた三輪車が急に方向を変えようとする時に起こる現象で、転倒した後、子供達のびっくりしてる様子が目に見えるようです。中には泣き出す子供もいますね。

このように、静止している場合でも重心の位置によっては転倒することがあるし、動いている場合にはその危険性は倍増します。オート三輪が消えてしまったのは、このような構造上の理由があるからです。カメラの三脚でも、風の強い日などは転倒しますね。これは、横風を受けてカメラの重心の位置が大きすぎて、3本の脚では支えられないくらいの転倒モーメントが働くからです。この場合も、転倒しないように踏ん張るもう1本の足が必要なわけです。

この間の事情は、昆虫にとっても全く同じです。すなわち、3点支持は不安定なのです。これだけの前準備をしておいて、次に進みましょう。

## 5. 3本脚の昆虫はいるか

3本脚の昆虫はいるかどうかですが、なんとなくギリシャ神話にでも出てきそうですね。クラゲやイソギンチャクのような腔腸動物を除けば、大半の動物は左右対称の形をしています。したがって、昆虫の脚も左右対称なので偶数本になります。このような左右対称の動物で1個しかない口などを作る場合は左右の部品(つまり脚)を組み合わせて作ります。蚊の口や蝶の口吻も勿論左右の部品で作られています。その他、蜂の針やバッタの産卵管なども同じ構造です。

つまり、昆虫の体はいくつもの節に分かれています。それぞれの節に「脚のような付属物」がついていて、それが

- ①歩くための「脚」になったり、
- ②退化してなくなったり、
- ③管を作ったり

しているわけです。普通これらを「付属肢」といっています。したがって、ムカデは「付属肢」の大半を「脚」として使っているわけです。

左右対称の脚の構造から考えると、3本脚の昆虫を考える場合、対称でない1本は上記③の管を作る方式になります。でも、3本脚では3点確保は出来ませんが移動ができません。何故なら、2足歩行が可能ならともかく、移動しようと1本の脚を上げた瞬間、転倒してしまうからです。

左右対称の体のつくりは、移動の場合に非常に便利であることを考えれば、この利便性を捨ててまで、移動も出来ず、方向も定まらない3本脚の昆虫の存在は考えられ

ないようですね。

## 6. 4本か6本か

昆虫の祖先であるムカデやヤスデの仲間のように、でこぼこの場所、土の中、石の間のようなところを移動するには、足が沢山あると便利なようです。それは、オートバイより四輪駆動、四輪駆動より月面走行車のような多輪駆動の乗り物のほうが悪路に強いことから分かりますね。確かに、ムカデやヤスデは自分の体高の数十倍の高さのデコボコした場所でも自由自在に動き回っています。

我々の周りにいるムカデやヤスデはご存知のように物陰のじめじめしているところに住んでいます。これは何故かというと、彼らの気門は開きっぱなしなので、こういうところにしか住めないわけです。

普通の昆虫は気門を閉じることが可能ですから、乾燥した環境にも進出できるわけです。乾燥した環境に出てくれば、細長い体と多足は存在意義をなくしてしまいます。

昆虫の祖先である多足類が乾燥した環境に進出してくると、多くの足が邪魔になります。2本減らしてもさほど支障がない。4本、6本、8本・・・と減らしていったら、残りが6本にたどり着いた時に、その有利さでストップしたのではないのでしょうか。

すなわち、昆虫は多足類の足の大部分を捨てて、胸の6本の脚に歩行のすべてを委ねたようです。そのために、

- ①体が軽くなり
- ②動きが速くなり
- ③行動の自由が拡大された

訳です。

このように昆虫は

- ①頭は情報収集と体全体の司令塔と食事のための口。つまり、感覚と接触活動の中心。
- ②胸は強力な筋肉で脚や翅を動かす運動を受け持つ。すなわち移動用である。
- ③腹は呼吸、消化、吸収、排泄、生殖の機能を受け持つ生理活動の中心。

というように、多足類から高度の分業化を遂げて現代に至っています。



6本脚の昆虫が普通に歩く場合、それぞれの脚はそれぞれの役割を演じています。すなわち、前脚は先に進むために、後ろ脚は体を押すために、中脚は支点になるのに使われるといった具合です。

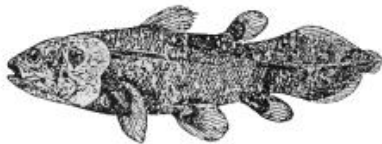
すなわち、昆虫は同時に1, 2本以上の脚を上げないし、上げた足のすぐ後ろの足は地面に付けているので、歩き方が波状形になっています。

蝶の一部は、歩行を4本脚で行っています。その例は「蝶百態」でも述べましたが、カマキリにしても、2本の前脚を鎌(かま)に変えてしまったために、歩行は4本足です(左写真)。しかし、彼らを見ていると、鎌を脚代わりに使うこともなく、特に支障はないようです。したがって、4本足までは行き着くかも知れず、6本脚の昆虫は後の2本を未だに捨てきれないでいるのかも知れません。

## 7. 動物は

魚類の骨格系は、人の骨格系の原型と考えられています。頭骨、下顎骨、脊椎や四肢の骨になったヒレの骨、肋骨になるべき部分など、人の骨格系の主要なものは、魚がすべて備えています。

ところが、彼らがすべて魚らしい魚になっていたなら、脊椎動物は魚類で終わっていたはずですが。したがって、人間などは存在しなかったかも知れません。つまり、魚になりにくくなかった魚がいたからこそ、我々人間が存在するのです。



進化というのは、どうもダーウィンが言うほど完全にある方向に進んだのではなく、どこかに中途半端でいい加減な生き物(この場合魚)がいて、これが違った方向への道を開くパイオニアになったようですね。

最初に陸に上がった勇氣ある魚類といえばユーステノプテロンという60cmほどの両生類だといわれています。動物を考える場合、シーラカンスやイザリウオのような、海底をのそのそ動く魚のようなものを考えればよいでしょうか。1838年に見つかったシーラカンスは胸びれ、腹びれや尻びれが肉質で腕のような形です。しかも背と腹には、ひれが2つも余分にあり、現在の生きた化石はえら呼吸ですが、3億6千万年以上も前の祖先は肺呼吸が出来たといわれています。

魚類の泳ぎの主力は尾びれと胸びれです。背びれ、腹びれ、尻びれなどは、複雑で微妙な動きをするための補助的なものと考えられます。

これらが、陸上に上がった時に前肢となったのが胸びれで、後肢になったのが腹びれといわれています。前にも記したように、左右対称動物の場合肢は偶数本しか考えられず、しかも魚類の尻びれや尾びれはそれぞれ一つしかありませんが、これらは左



右からの部品が貼り合わさったものと考えられるので、これらが肢になる可能性もなかったわけではありません。

つまり、脊椎動物も6本足や8本足になる可能性は十分考えられたわけです。しかし、4本で3点支持が決まってしまうので、わざわざ6本肢になる必要はなかったのでしょうか。

## 8. おわりに



沢山の足をどんどん減らしていけば、6本脚あるいは4本脚で止まり、魚のような肢の数ゼロから出発しても、4本肢あるいは人間、恐竜、鳥のように2本肢まで行って止まったものもあります。

人間の場合は手を使うようになってから、脳が極端に進化し、2本足のように不安定な構造でも、脳のフィードバック機構が完全であったために2本足歩行が可能になりました。

ところが、人間は2足歩行をするようになって犠牲にしているものが沢山あります。それは、

- ①高血圧に悩むようになりました。4足歩行では心臓の位置と頭の位置の高低差はほとんどありませんでしたが、2足歩行になることによって、脳の位置が心臓よりも40～50cm高くなってしまいました。
- ②扁平足に悩むようになりました。というのも、自分の全体重を2本の足で支えるようになったからです。
- ③腰痛で悩むようになりました。これは、4つ足の動物は体重が背骨に平均してかかるように出来ていますが、直立歩行をするようになって、背骨を縦にしたために、胴体はこれまで重たいものを支えたことのない骨盤の上に直接かかることになり、椎間板がずれて大変な負担を強いられるようになりました。
- ④ヘルニア(脱腸)に悩むようになりました。4足歩行では内臓は水平な背骨にぶら下がっていましたが、そんな悩みはなかったはずですが。
- ⑤痔に悩むようになりました。直立歩行をするようになったため、肛門部の鬱血が頻繁に起こるようになりました。

それにしても、歩いている時間の4分の3は、1本の足だけでバランスをとっており、

走ったりすればその時間はますます小さくなります。人間の足ってすごいですね。

人間が歩き始めて500万年にもなるというのに、まだ、ちゃんと体の各部分がうまく機能していないというもおかしな話ですが、人間は他の動物に比べ長寿であることが、2. でも述べたように「適応や分化」という点で不利なのかもしれません。

一方で、同じ時間経過の中で、脳のサイズだけはかつての3~4倍にもなり、言語や、文化、文明を発達させてきました。これは、両手で物を操作することが出来るようになり、それが脳の信じられないような進化を促したと考えられます。

直立歩行は両手を自由にするという、進化の過程での数ある選択肢の中のの一つを選んだ結果であるというのは重要です。もっとも、人間は、歩いているんじゃないで、倒れているんだという説もあります。

恐竜の場合は、ティラノサウルスのように、前傾姿勢で横から見るとヤジロベエのようで、それで前後のバランスを保ち2本足歩行つまり水平歩行型で、これだと体の揺れも少なく、無駄のない動きになっているようです。また、鳥は恐竜の前肢が羽になったといわれるように、昆虫のような翅ではありません。

- ・昆虫も脊椎動物も結局4本足に落ち着いたのでしょうか。
- ・6本脚や2本肢はそのバリエーションなのでしょうか。
- ・地球上の生物は、まだ進化の途上にあるのでしょうか。

昆虫の祖先といわれる虫たち(たとえば、カギムシなど)が、何億年も進化しないまま、今でも立派に生きているという現実は、それで十分やっていけるから今日まで残っている訳です。こういう生き物を前にすると、今度は変わり続ける方の意味が分からなくなってしまいますね。