

# 蜘蛛は糸をどう掴むか

宮城県仙台第三高等学校

地球上には多種多様な造網性のクモが存在し、その全種のクモが糸を利用する。彼らの体長や体格といった形質は種や個体により大きく異なるのにも関わらず、細い糸の上を素早く移動する点は共通している。この点に私達は興味を持ち研究を行った。私達はジョロウグモ (*Nephila clavata*)から取り出した牽引糸をスダンドとガラス棒の間に貼り合わせ、そこにジョロウグモを登る様子をレンズを装着したスマートフォンで撮影し、考察を行った。撮影した映像から、クモは「肢を糸に向かって振る」「肢が糸に当たる」「肢を体側へ引き付け糸を掴む」の3つの手順によって糸を掴んでいることが明らかになった。この結果より「中爪を体側へ向け中爪と櫛爪の間に挟む」という仮説が最も妥当であると結論付けた。今回の観察の結果からは糸を掴んでいる爪の方向が明らかになったが、研究としてはこの段階では不十分であり、具体的に爪が糸を掴むためにどの様に利用されているか糸の掴み方を更に詳しく調べる必要がある。今後の展望として、爪の関節の有無や可動域について調べていきたい。

## 1 背景

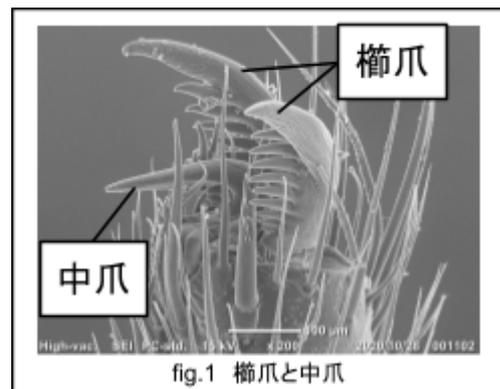
クモは動物界節足動物門クモガタ綱クモ目に属する生物である。クモには巣を張る造網性のクモと巣を張らず地上を歩き、生活する徘徊性のクモが存在する。私達は造網性のクモについて研究を行った。地球上には多様な形質を持つクモが存在している。そして、そのほとんどが体の大きさや特徴の違いがあるのにも関わらず、自身の巣上を高速で移動することが可能である。私達はこの「体長の大きさがあるにも関わらず、高速で巣上を移動できる」点について疑問、関心を持ち、彼らの間に共通した効率の高い巣上の歩行方法があると考え研究を行った。

先行研究からは、クモは前肢を振り回すことによって糸の有無を把握すること、単眼を8つ持ち、視野が広いが視界がはっきりしていない<sup>1)</sup>と考えられていることが分かっている。これらの点から私達は、クモは視界に頼らない効率的な糸の探知や掴み方を持って、素早く巣上を移動しているのではないかと考えた。また、クモ

が肢の先端にある爪を利用して糸を掴んでいることが同じ先行研究で分かっている。

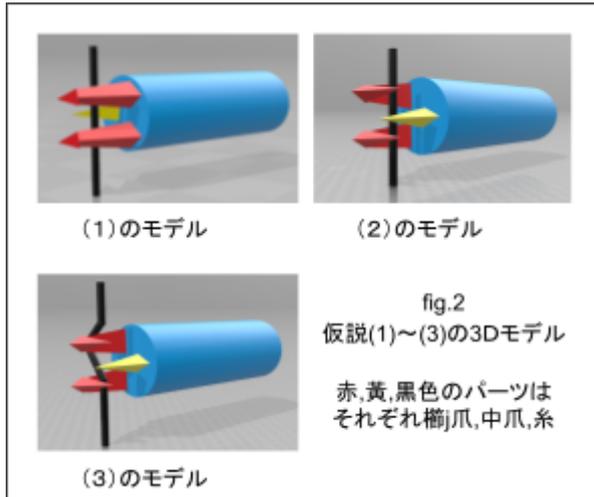
しかし、どのように爪で糸を掴んでいるかは分かっていない。そのため私達はクモの糸の掴み方について、爪をどのように使用しているのかという視点で研究を行った。

造網性のクモの爪は中央に一本のフック状の中爪とその左右に存在する1対の櫛状爪から成り、側部には剛毛が爪を囲むように生えている。また、中爪と櫛爪の前には複数の、突起がある剛毛が存在している。(fig.1)中爪は造網性のクモの爪にのみ存在するものである。



この爪の構造から私達は爪の使い方のついて3通りの仮説を作成した。(fig.2)

- (1)中爪を体側に向け、中爪と櫛爪の間に糸を挟んで掴む。
- (2)中爪を体側に向け、櫛爪同士と糸を交差させることによって糸を引っ掛けて掴む。
- (3)中爪を体の外側に向け、中爪と櫛爪の間に糸を挟んで掴む。

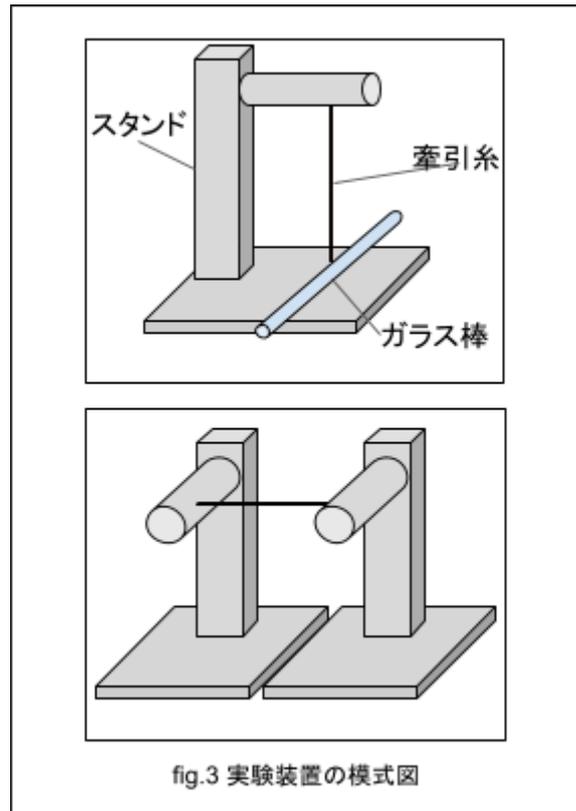


この3つの仮説の他に「中爪を糸に引っ掛ける様にして掴む」という仮説も考えられたが、糸を登る場合に体を支えることができない点から除外した。

## 2 材料と方法

クモの糸の掴み方について立てた3つの仮説についてどの仮説が適切であるか考察するために実際にクモが糸を渡る様子を撮影した。観察には仙台第三高等学校周辺(北緯38.3度・東経141.0度)で採取したジョロウグモ *Nephia clavata* を用いた。

(1)採集、飼育した<sup>2)</sup>ジョロウグモに机上を歩かせ、牽引糸を出させる。その後、その糸を30cmの長さで切り取り、スタンドとガラス棒に下図の様に巻きつけ糸を張る。(fig.3)



(2)スタンドの底にジョロウグモを乗せ、張り付けた牽引糸を下から登らせる。そして、ジョロウグモが牽引糸を登る様子を拡大レンズを付けたスマートフォンで撮影、観察を行った。

観察には大きさの異なる3匹の個体を使い、1個体につき2回ずつ観察した。また、縦方向に糸を登らせるだけでなく、スタンド2つの間に牽引糸を張り付け、横方向、斜めに移動させての観察も行った。(fig.3)

## 3 結果と考察

ジョロウグモが糸を掴む様子を撮影した映像から、ジョロウグモは直接糸を掴みにいっているのではなく、糸を掴むまでを大きく分けて3ステップの手順を踏んでいることが判明した。手順を以下に表す。下図(fig.4)は撮影した映像を0.04秒ごとのコマ送りにして表示したものであり、ジョロウグモの右前肢を右側から撮影したものである。

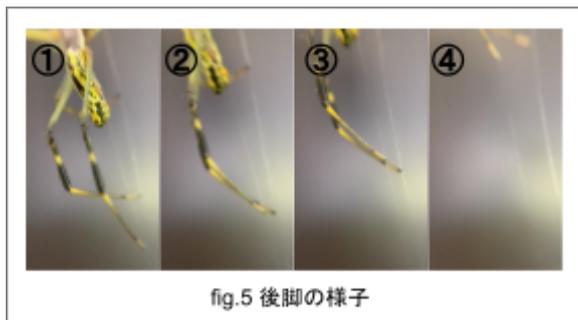
(1)糸に向かって肢を大きく横に振る(fig.4 ①②)。ジョロウグモの肢の先端部が糸を通り過

ぎていることから糸をそのまま掴んではないことがわかる (fig.4 ②)。

(2) 振った肢の側部が糸に接する (fig.4③)。

(3) 肢が糸に接した瞬間に肢を体がある方向に引き付け、肢の先端が糸の位置に移動し、糸を掴む (fig.4 ④～⑥)。

この動作は大きさの異なる3個体全てで共通しており、横方向、斜めに移動させた場合も同様であった。2番目の前肢についても同様の動きをしており、1番目の前肢の右足と2番目の前肢の左足、あるいは、1番目の前肢の左足と2番目の前肢の右足の2本の互い違いの肢で糸を掴むことによって体を支え糸を渡っている。また、このとき、後肢の2対は殆ど動かず、糸に沿って滑る様に移動するのみであった。(fig.5)



撮影した映像から得られた結果の(3)「肢が糸に接した瞬間に肢を体がある方向に引き付け、肢の先端が糸の位置に移動し、糸を掴む」から考察すると仮説1の場合には肢を体の方へ引き付ける際に爪の後部が当たってしまう。また、仮説3においては左右の爪を挟むように掴む

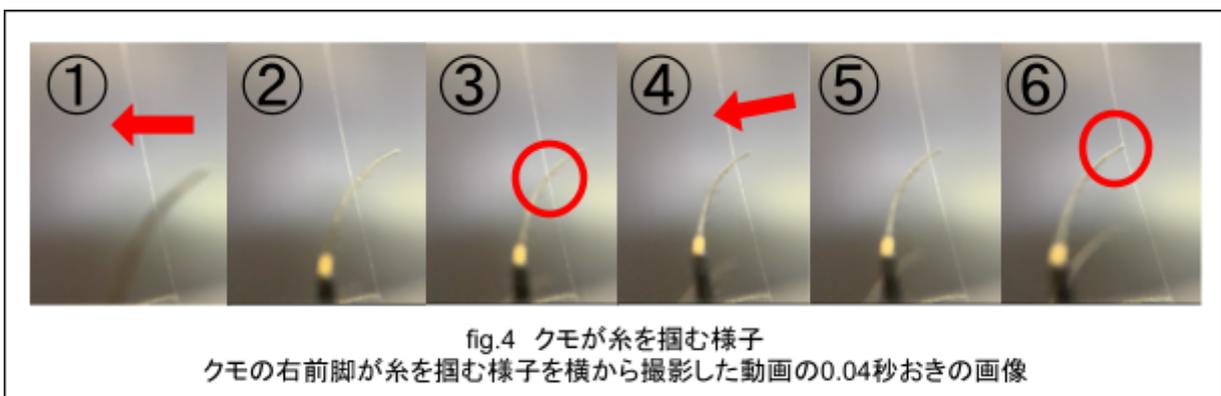
ためには、肢を左右へ動かす必要がある。そのため、私達は仮説1、仮説3は非効率的であると考え、仮説2が最も妥当性のある仮説であると結論づけた。

クモの平均的な糸の太さが3~5 $\mu\text{m}$ であるのに対し、櫛爪の突起と突起の間の幅が6~7 $\mu\text{m}$ であることから櫛爪を使い突起に引っ掛け糸を掴んでいる可能性が十分考えられる。また、肢の側部が糸に接触した直後に肢を体側へ引き付けた点から、クモの肢側部に存在する剛毛が感覚毛であり、感覚器官として糸の存在、位置を把握するための働きをしているのではないかと考えられる。(fig.6)



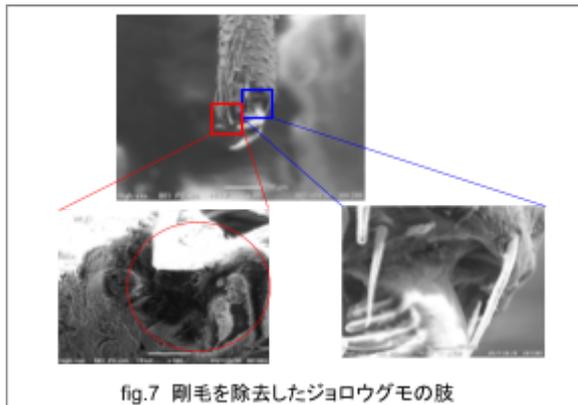
#### 4 展望

今回の研究で判明したことは糸の掴み方についてクモは爪をどの方向へ向けているかという点のみである。研究としてはこれだけでは不十分であるため、今後は糸を掴むために爪のどの箇所を利用しているのかを調べることを目的



とし研究を深めていきたい。そのための展望として、各爪の関節の有無やその可動域を調べ、仮説の妥当性をあげようと考えている。

そして、実際に熱して伸ばし細くしたガラス棒を用いて爪周辺の剛毛を除去し、電子顕微鏡で撮影して爪の関節の有無を確認を試みた。しかし、爪の根本は組織で埋まっていたために関節の有無は確認できなかった。(fig.7)



よって、今後の研究ではクモの糸に塗料を塗りその上を歩かせて塗料を爪に付着させ、その後爪を電子顕微鏡で観察することによって糸を掴むために利用している爪の具体的箇所を明らかにしていきたい。

また、今回の研究ではジョロウグモについて糸の歩き方を調べたが、今後はジョロウグモだけでなく、他種のクモでも今回の研究と

同様の結果が得られるのか調べていきたい。さらに、実際に仮説が正しいと証明するためには、実際にクモが仮説通りに糸を掴んでいる証拠になる写真や動画が必要であるが、クモの爪は非常に小さく電子顕微鏡でしか観察することができないため実際に糸を掴んでいる様子は撮影することは困難である。この問題も今後解決すべき課題であるので解決方法を模索していく。

最後に、近年、クモはその糸が伸縮性が高く太さに対して強靱であることから、工業的に注目されている<sup>3)4)</sup>。しかし、他の生態については糸ほど注目されていない。私達の研究がこれから更に発展していけば、糸上を歩行するメカニズムを救助ロボット等に導入することや、今後のマイクロ化する繊維工業の糸の複雑な糸の扱いのためのロボットアームなどの効率化への応用によって、社会へ貢献できる可能性が十分にある。

それによって糸だけでなく、他のクモの生態も注目を集めていくようになるようお願いしている。

#### 【参考文献】

- 1) William Eberhard How orb-weavers find and grasp silk lines 2017 Journal of Arachnology [https://stri-apps.si.edu/docs/publications/pdfs/2017\\_%20JoA\\_grasp\\_lines.pdf](https://stri-apps.si.edu/docs/publications/pdfs/2017_%20JoA_grasp_lines.pdf)
- 2) クモの飼育容器 相模原市立博物館の職員ブログ <https://www.sagami-portal.com/city/scmblog/archives/18205>
- 3) 大崎 茂芳 奈良県立医科大学医学部 蜘蛛の糸の不思議 日本家政学会誌 2015年 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhej/66/10/66\\_521/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhej/66/10/66_521/_pdf)
- 4) 関山 和秀 究極の繊維”クモ糸”の人工合成 スパイバー株式会社 <https://www.nistep.go.jp/conference/nt110630/pdf/sekiyama.pdf>