

薬物がジョロウグモの糸に及ぼす影響

静岡県立富士高等学校 自然科学部生物班
仙名大輝 伊藤大幹 杉浦福丸
渡邊雄介 與五沢開 望月亮太

1 動機

クモの糸は鋼鉄のおよそ4倍の強度とナイロン並みの伸縮性を持つ。この糸の特性はあらゆる人間生活において非常に有用であり、クモ及びクモの糸の特性を理解することが技術の向上につながると考えた。また、クモにはカフェインを摂取することにより中枢神経が麻痺し、人間で言う「酩酊した」状態になるという特徴がある。スイスの薬物学者であるピーター・ウィット博士の薬物がクモの巣に与える影響についての実験によると、カフェインを投与したクモの作る巣は、どの薬物を投与した巣よりひどく荒れていたという論文結果がある。これらの情報を総合したとき、カフェインを摂取することで、クモの糸に変化は生じるのか疑問が生じたため、これを明らかにすることを目的として研究を始めた。

2 仮説

- I : 文献より、カフェインを摂取することが中枢神経に影響を及ぼすことから、カフェイン及びアルコールを摂取したクモは、シラフ（無処理）状態のクモに比べて糸の強度が変化する。
- II : ① 与えるアルコール水溶液又はカフェイン水溶液の濃度が大きいほど、糸の強度の上昇度は大きくなる。
② 与えるアルコール水溶液又はカフェイン水溶液の濃度が大きいほど、糸の強度の上昇効果の持続期間は長くなる。

以上の2つの仮説を立てた

3 実験材料

- ・ジョロウグモ 40匹
- ・糸巻きくん（自作の糸を巻き取る道具）
- ・一円玉（100枚）
- ・一円玉を入れる器（フック付）
- ・ガラス棒
- ・カフェイン水溶液（0.5%、1.0%、2.0%濃度）
- ・アルコール水溶液（2.0%）

4 飼育方法

ジョロウグモを、横36cm/縦23cm/高さ25cmの水槽を網戸やビニールテープで半分に仕切った空間に一匹ずつ入れて飼育した。薬物を投与する際はクモを捕獲し、投与後は再度元の空間に戻し飼育した。また実験期間中は、クモに餌や水分は与えなかった。

5 実験概要

① 糸の採取方法

この操作は2人で行う。一人は手でジョロウグモの後ろ足を捕らえる。その際、ジョロウグモが逃げるために牽引糸を出したところを、もう一人がその糸を自作した糸を採る道具を用いて採取する。糸巻き君の糸をかける幅は10cmのため、このとき糸は10cmを15回巻き取り、合わせて150cm採取する。

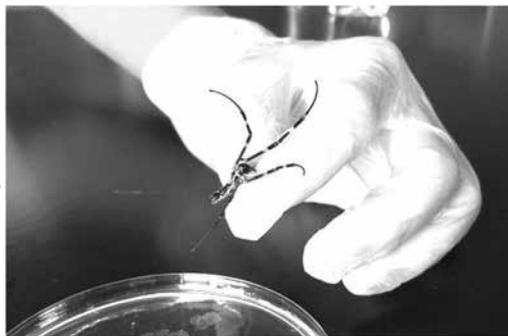


写真1 ジョロウグモを捕らえている様子

② 糸の強度の測定方法

①で採取した糸をより合わせ一本の糸としたものの中間点に、一円玉を入れる器に付いているフックをひっかけ、半分に折る。この半分に折った糸の端を指でつまみ、器に一円玉を一枚入れるごとに持ち上げ、糸が切れるまで同じ操作を続ける。

③ カフェイン及びアルコールの与え方

クモは口元についた水滴を無条件に摂取するという特性がある。その特性を利用し、ガラス棒の先端に1滴のみつけたカフェイン及びアルコール水溶液の水滴をクモの口元に持ってき直接摂取させる。

④ t 検定について

t 検定とは、統計学的に見てグラフ中の2点の間に有意の差があるかどうかを調べる方法のことである。

p 値が 0.05 以下であれば 95% 以上の確率で、p 値が 0.01 以下であれば 99% 以上の確率で、その2点間に差があると言え、これにより結果の正確性を証明できる。

7 結果のグラフ上にある ※ は t 検定によって 95% 以上の、※※ は 99% 以上の有意の差が認められたことを示している。

6 本実験の方法

〈実験Ⅰ〉クモに薬物（カフェイン・アルコール）を与え続けることによる糸の強度の変化を調べる。（薬物の短期的な影響）

- ① ジョロウグモを25匹用意し、5匹ずつ5つのグループに分ける。そのうち3つのグループをカフェイン投与群に、1つのグループをアルコール投与群に、残りの1つを水投与群（対照群）とする。
- ② 使用する薬物の濃度は、カフェイン水溶液は各濃度 0.5%、1.0%、2.0% の3つを、アルコール水溶液は 2.0% の1つの濃度をそれぞれ使用した。
- ③ シラフ状態のクモから牽引糸を採取し、糸の強度を測定する。
- ④ 同日中にクモにカフェインまたはアルコール水溶液を与え、10分後に再び牽引糸を採取し、③同様に糸の強度を測定する。対照群には水を与え、同様の操作を行う。
- ⑤ ③、④の動作を5日間行う。

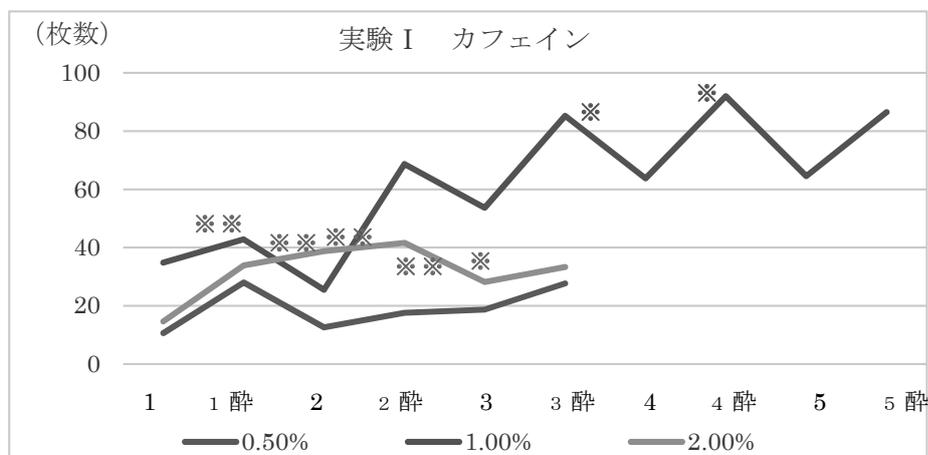
〈実験Ⅱ〉カフェインの影響の持続を調べる（薬物の長期的な影響）

- ① ジョロウグモを9匹用意し、3匹ずつ3つのグループに分ける。また、この全てのクモはカフェイン投与群とする。
- ② 使用するカフェイン水溶液の濃度は、各濃度 0.5%、1.0%、2.0% の3つをそれぞれ使用した。
- ③ シラフ状態のクモから牽引糸を採取し、糸の強度を測定する。
- ④ 同日中にクモにカフェイン水溶液のみを与え、10分間待つ。
- ⑤ ④の作業後、再び牽引糸を採取し、糸の強度を測定する。
- ⑥ 2日目以降はカフェインを与えず、毎日牽引糸の採取・測定を1度行う。

※実験Ⅰと実験Ⅱは異なる個体のジョロウグモを使用した

7 結果 〈実験Ⅰ〉

カフェインを摂取させたクモの糸の強度は、どの濃度も上昇している（グラフ1）。



グラフ1 毎日カフェインを投与群の糸の強度

特に2.0%カフェイン水溶液において、安定した強度上昇がある。1.0%カフェイン水溶液の結果は、他の濃度に比べ上昇傾向が顕著にみられる。どちらも有意の差が見られた。

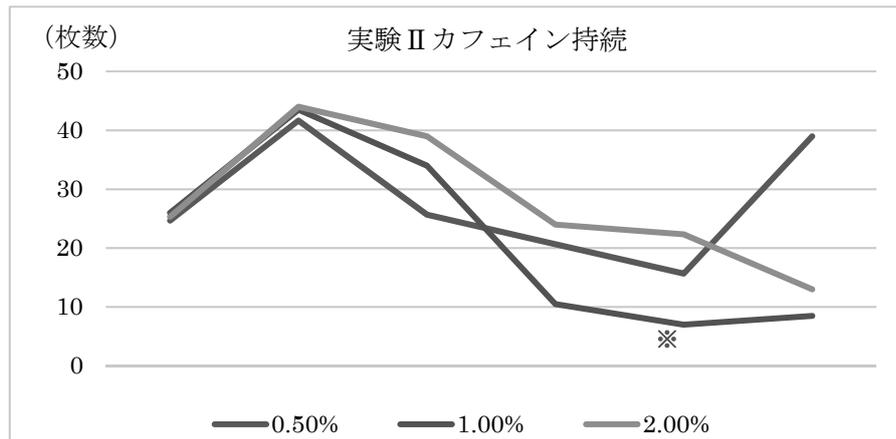


グラフ2 毎日アルコールを投与群の糸の強度

2.0%アルコール水溶液において、グラフの数値上では大きな変化があるが、t検定によりその数値に有意の差がないという結果になった（グラフ2）。

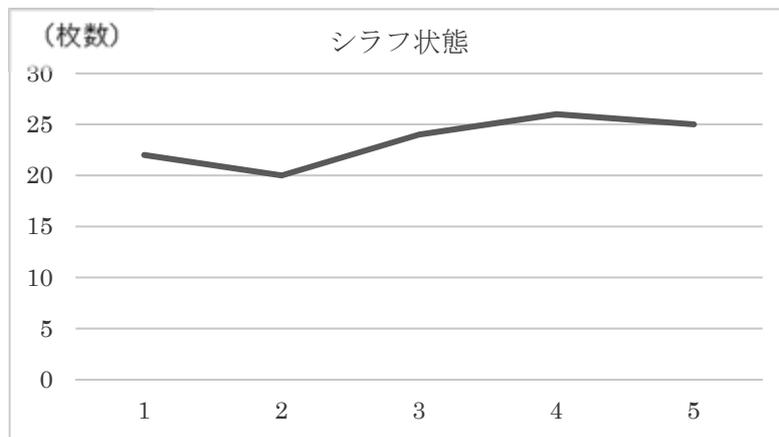
〈実験Ⅱ〉

大抵のクモの糸に、カフェイン投与による一時的な強度の変化が見られたが、投与から2日目以降はその強度が低下し、3日目を過ぎるとシラフ状態より下がる傾向がある（グラフ3）。4日目の1.0%で有意の差が見られた。



グラフ 3 1 日目のみカフェイン投与群の糸の強度

対照実験のためシラフ状態のクモの糸を採取して実験 I と同様の作業を行った結果、その強度に大きな変化は見られなかった (グラフ 4)。



グラフ 4 薬物を与えない対照群の糸の強度

8 考察

カフェインを与えたことにより、糸がより重いものを支えられるようになった。つまり糸の強度が増した。その理由として以下の 3 つの考察が考えられる。

- ① カフェインによって、糸を構成している繊維の構造が**化学的**に変化し、強度が上昇した。
- ② カフェインによって、**物理的**にクモが放出する繊維の数が増えたことにより強度が上昇した (図 1、a)。もしくは繊維が太くなったことにより、強度が上昇した (図 1、b)。
- ③ ①、②のその両方が同時に発生した。

物理的な変化は、クモは普段糸の出す量を緻密に制御しているが、カフェイン摂取で中枢神経が麻痺し、制御が狂うことにより生じたと考えた。

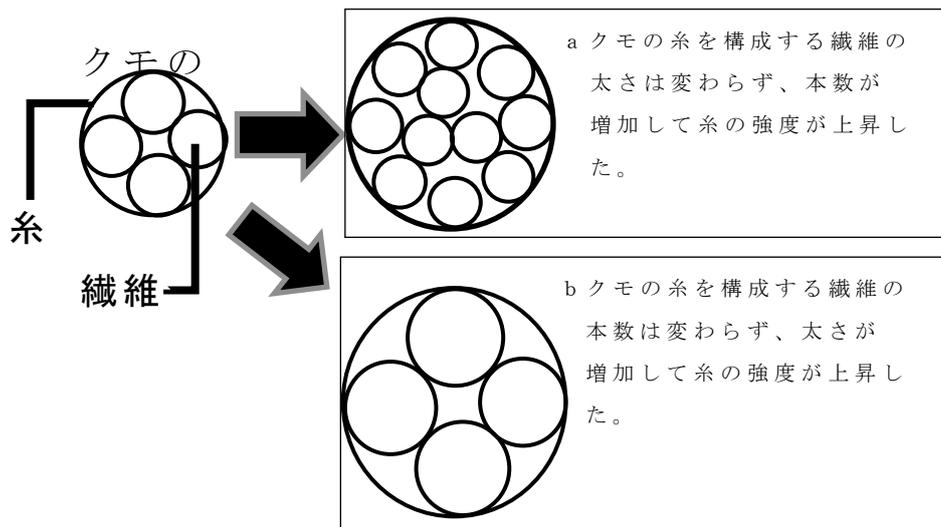


図 1 クモの糸の物理的な変化

残念ながら、これらの考察を電子顕微鏡で確認することはできなかったが、糸の強度が増すことは明らかに確認できた。

また、カフェインを与えたクモは死にやすくなり、カフェインの濃度が大きくなるほど死ぬまでの期間が短くなる傾向があった。このことから、クモに対しカフェインは悪影響があると考えられる。また、与えたカフェインの濃度が大きいほどそのような悪影響は大きくなった。実験Ⅱにおいてカフェイン投与直後に強度が上がり、数日後シラフ状態より糸の強度が下がったことから、カフェインによる悪影響は持続し、強度上昇効果は持続しないといえる。

つまり、カフェインは短期的に糸の強度を増加させるが、持続的に強度を高めることはない、ということが分かった。これは、カフェインが人体に影響を及ぼすのも短期的であることと一致し、興味ある結果となった。つまり、毎日カフェインを与え続けることで強度は増加する、と考えられる。

9 仮説の検証

- ・本実験において、カフェインを摂取したことにより、クモの糸がより重いものを支えられるようになったことから、仮説Ⅰは検証された。
- ・アルコール水溶液を与えたクモには糸の強度に変化が見られなかったことから、アルコールにおける仮説Ⅱの①と②は否定された。
- ・カフェイン水溶液を与えた際、水溶液の濃度が高いほど強度が上昇したことが、t検定において証明されたことから、カフェイン水溶液の濃度が大きいほど糸の強度の上昇度は大きくなるという仮説は検証された。
- ・本実験Ⅱの結果から、与えたカフェインの濃度が大きいほど糸の強度の上昇効果の持続期間は長くなる。

以上のことから、アルコール水溶液において仮説Ⅰ、Ⅱは否定されたが、カフェイン水溶液に仮説Ⅰ、Ⅱは検証された。

10 今後の課題

糸がより重いものを支えられるようになったのは構成する繊維の数が増加したのか、繊維が太くなったのか、またカフェインを与えることによって糸自体の成分に化学的変化は起こるのかということの追究をしていきたい。

また、クモの死亡率が低く糸の強度が増す濃度を追究したい。

11 参考文献

新・私の古生物資 (3) —クモの進化古生物学—

キャンベル生物 丸善出版

酸と塩基の影響によるクモ糸の強度の増加 富士高校自然科学部生物班

2014年論文