

蜘蛛の糸に人はぶら下がれるのか

～カンダタプロジェクト～

3614 真田 樹 3625 伴 丈志郎 3501 阿部 楽冬 3508 大嶽 来輝

要旨

テレビでクモの糸の強度が高いことを知り、インターネットでクモの糸の強度について調べたところ、クモの糸の強度が高いと分かり生活に取り入れることはできないかと考えた。実験1は蜘蛛の糸を割り箸で作った枠に巻き付けていき、水平に張った糸の上に一円玉を乗せ強度を調べた。実験2は枠に巻き付けた蜘蛛の糸を一本の束にし、その糸を垂直に垂らして、一円玉や重りをどれだけ吊るせるかという方法で強度を測定した。その結果、ヒメグモよりジョロウグモの糸のほうが強度が高いことが分かった。人間(60kg)がぶら下がるために必要なクモの糸はヒメグモの場合約50万本、ジョロウグモの場合約3万本となり、実用化には本数を増やし、より高い強度が必要であると分かった。

1. 目的

以下のことを明らかにする。

- ・蜘蛛の糸がどれくらいの重さを支えるか。
- ・どれだけの負荷に耐えることができるか。
- ・オス、メスどちらの蜘蛛が強度の高い糸を持っているか。
- ・人間がぶら下がるには何本の糸が必要か。

2. 仮説

- ・蜘蛛の種類で糸の強度が異なる。
- ・全長の大きな蜘蛛ほど糸の強度は強い。
理由：全長の大きな蜘蛛ほど、自重を支えるために強度の高い糸を作るはずだから。
- ・オスよりもメスの糸のほうが強度が高い。
理由：メスのほうがオスよりも体が大きいから。
- ・約10000本で人間(60kg)が吊るせる。
- ・カーボンナノチューブをかけると強度が増す。

3. 使用した器具

- ・割りばしで作った枠
- ・セロハンテープ
- ・試験管バサミ
- ・はかり
- ・ナノコロオイルスプレー
(成分：鉱油/防錆剤/カーボンナノチューブ)



図1 ヒメグモ♀ 図2 ジョロウグモ♂×3

- ・一円玉
- ・おもり (5g, 10g, 50g)

4. 実験の手順

<実験1>

1. 蜘蛛の糸を、割りばしの枠(縦18cm×横9cm)に巻き付ける。(図3)
2. 縦方向にクモの糸を巻く。
3. 横方向にクモの糸を巻く。
4. できた糸束に一円玉を一枚ずつ乗せていく。

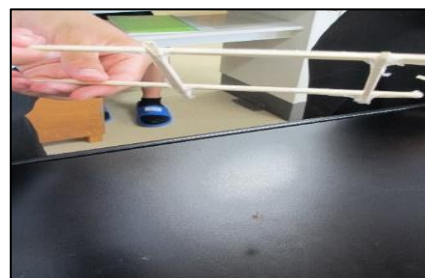


図3 糸の採取

5. 蜘蛛の糸が切れたときの一円玉の数から重さを計測する。(図4)

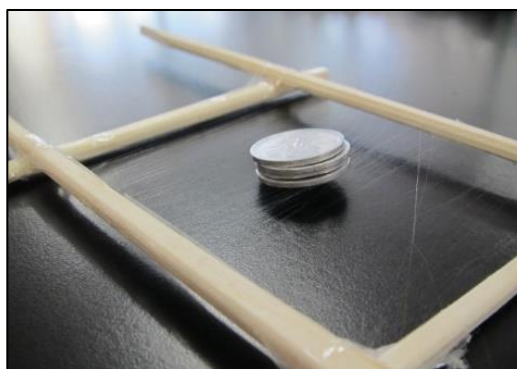


図4 一円玉を乗せたところ

<実験2>

1. 実験1と同じ方法で縦方向のみでクモの糸を枠に巻き付ける。
 2. できた糸束を一本の糸にまとめる(図5)
 3. 糸束の両端をセロハンテープでとめ、試験管バサミから鉛直垂らす。
- ※表3, 4, 5で示す実験で使用した糸の長さは8cmとした。
4. 糸束の下端にセロハンテープをつけ、そこに一円玉または、おもりを貼り付けていく。
 5. 糸が切れたら切れた部分の重さを量る。

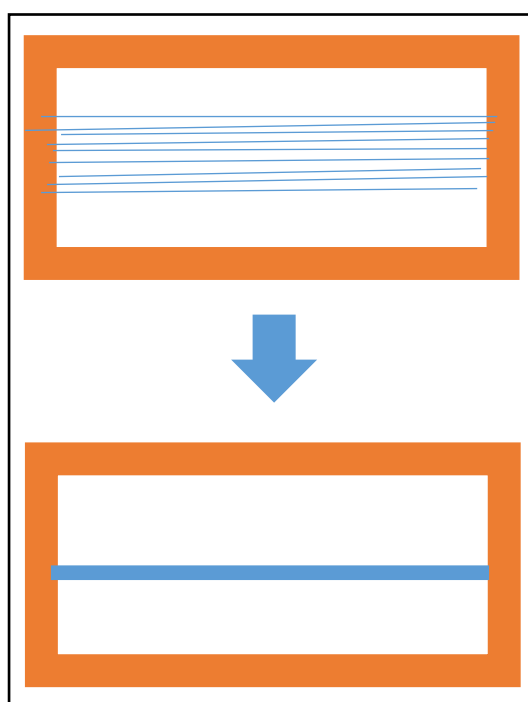


図5 糸のまとめ方

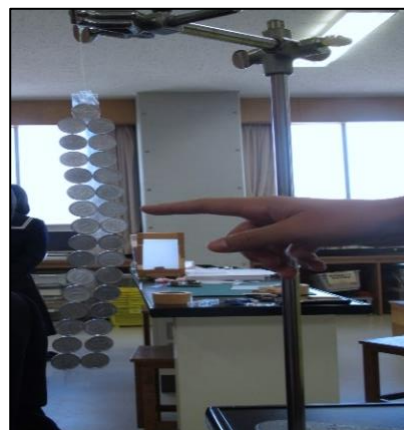


図6 一円玉を貼り付けた様子

<実験3>

1. 実験2の3までと同様に糸を採集する。
2. 採集した糸にカーボンナノチューブを吹きかける。
3. 実験2の4, 5と同様に計測する。

5. 結果

表1 実験1 (ヒメグモ) ♀

	糸(本)	一円玉(個)	重さ(g)
一回目	60	7	/
二回目	60	10	/

※この実験では測定が難しいため、今後は、実験1は行わず、実験2のみ行うことにした。

表2 実験2 (ヒメグモ) ♀

	糸(本)	重さ(g)
一回目	100	4.25
二回目	150	9.25

表3 実験2 (ジョロウグモ) ♀ (死亡)

	糸(本)	重さ(g)
一回目	20	277.93
二回目	20	100

※死んでしまったため、蜘蛛の巣から採取した糸を使用した。

※二回目は一回目に使用した糸の一日置いたものを使用した。

表4 実験2 (ジョロウグモ 小) ♀

	糸(本)	重さ (g)
一回目	20	40.20
二回目	20	40.21
平均		40.205

表5 実験2 (ジョロウグモ 大) ♀

	糸(本)	重さ (g)
一回目	20	40.11
二回目	20	63.26
三回目	20	49.20
平均		50.86
四回目	40	105.87
五回目	40	92.91
平均		99.39

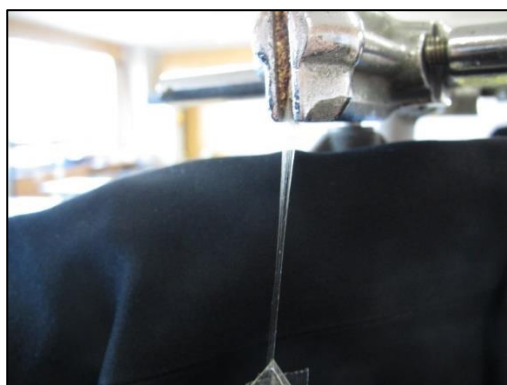


図7 40本分の蜘蛛の糸

表6 実験3(オオヒメグモ)

カーボンナノチューブあり

	糸 (本)	重さ (g)
一回目	50	16
二回目	100	21.2
三回目	100	34.1

表3 実験3(オオヒメグモ)

カーボンナノチューブなし

	糸 (本)	重さ (g)
一回目	50	6
二回目	100	37.3
三回目	100	37.1



図8 カーボンナノチューブをかけた糸

6. 考察

- ・実験1, 2から糸には糸の強度強い方向, 弱い方向があり, 縦方向の強度は, 横方向の強度より強い。
- ・表3, 4より, 表3の糸が表4の糸より強度が高かったのは, 表3で使用した糸は蜘蛛の巣から採取し, 実際に蜘蛛から一本ずつ出ているのを確認していないため, 採取した糸が目視では20本にみえたが, 実際には20本以上の糸になっていたからだと考える。
- ・表2, 4より, ヒメグモよりもジョロウグモの糸の方が強度は高い。ここから, 仮説通り, 蜘蛛の種類によって糸の強度が異なる。
- ・表4と表5より, 身体が大きい蜘蛛ほど糸の強度が高くなるとは考えにくい。
- ・表3の糸で考えると, 人間(60kg)がぶら下がるには4318本だと分かった。

[計算]表3の結果より

$$277.93(\text{g}) \div 20(\text{本}) = 13.8965(\text{一本の重さ})$$

$$60000(\text{g}) \div 13.8965(\text{一本の重さ}) \approx 4318(\text{本})$$

- ・表4の糸で考えると, 人間(60kg)がぶら下がるには約3万本だと分かった。

[計算]表4の結果より

$$40.205(\text{g}) \div 20(\text{本}) = 2.01025(\text{一本の重さ})$$

$$60000(\text{g}) \div 2.01025(\text{一本の重さ}) = 29,847(\text{本})$$

- ・表5の糸で考えると、人間(60kg)がぶら下がるには約3万本だと分かった。

[計算]表5の結果より

$$50.86(\text{g}) \div 20(\text{本})$$

$$=2.543(\text{一本の重さ})$$

$$60000(\text{g}) \div 2.543(\text{一本の重さ})$$

$$=29847(\text{本})$$

- ・表5で、同じジョロウグモでここまで強度に差ができたのは、蜘蛛の糸の本数が正確ではなかったためだと考える。
- ・ジョロウグモの糸一本で実験したところ、2gを支えることができなかった。そのため、蜘蛛の糸は束になることによって強度が増す。
- ・表3より、蜘蛛の糸は一日置くと強度が下がることが分かった。
- ・クモの巣はさわるとネバネバしていることや、たくさんの糸を集めるコストを踏まえると実用化は難しい。
- ・実験3より、カーボンナノチューブをかけても強度が高くなる本数と強度が高くない本数があった。
- ・実験3より、本数が多いほうが強度が低くなったのは、スプレーの噴出する勢が強すぎて糸が切れたか、成分によって糸が溶けたためだと考える。

7. 今後の展望

- ・実験回数を増やして測定し、ヤング率(弾性範囲における応力とひずみの比例関係を表す比例係数)を用いて蜘蛛の糸の強度を定量化する。
- ・ジョロウグモよりも強い糸を持つクモがいるのか調べる。(日本のクモ)
- ・今いるジョロウグモは二匹ともメスなので、オスのジョロウグモを捕まえ、オスとメスで糸の強度に違いがあるのかを調べる。
- ・ジョロウグモの巣から糸を採取し、その糸の強度は表3のように高いのかを調べ、表5と比較する。
- ・ヒメグモの巣から糸を採取し、その糸の強度は表2のように高いのかを調べ、ジョロウグモの

巣から採取した糸と強度を比較する。

- ・一日置くと強度が下がるため、一日置いても強度が落ちない方法を調べる。

8. 謝辞

実験の指示をしてくださった佐々木先生、成瀬先生、一円玉を貸してくださった生徒の皆さん、原田先生、蜘蛛を提供してくださった方、本当にありがとうございました。

9. 参考文献・引用文献

<クモの糸と向き合ってみよう>

<http://www.natural-science.or.jp/article/20090510181144.php>

<蜘蛛の糸の秘密>

<https://www.iwanami.co.jp/smp/book/b223643.html>

<柔らかくて強いクモの糸の神秘>

https://www.athome-academy.jp/archive/biology/0000001043_all.html

<クモの糸の成分と特徴>

<https://animalbattles.wealthyblogs.com/?p=13414>

<地球屈指の万能素材クモの糸がすごすぎる>

https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/19/091700536/?ST=m_news

<鋼鉄の4倍の強度を誇る驚異のクモの糸がすごい>

<https://matome.never.jp/m/odai/21446471523331901>