

令和 5 (2023)年度 理数探究報告集



長野県木曽青峰高等学校

【 目 次 】

	研究テーマ	氏名	指導
1	蜘蛛の糸の生活への応用 —造網性の蜘蛛の糸の性質から考える—	○前野 翔太郎 平尾 悠夏 北野 陽和 小山 紗於里 山本 翠陸	前田
2	氷砂糖の摩擦発光 ～接触面積と破壊する強さが及ぼす影響～	○中島 藍 井領 結愛 植原 潤子 井領 怜那 寺田 はづき	小野
3	画像認識 AI の作成および精度についての研究	○杉本 龍哉 中村 恒晴 井領 真由	永島
4	水蒸気蒸留法における加熱温度と香りの関係性の解析	○城戸 颯太 三沢 彩乃 高杉 咲季 原田 蒼伊 上ノ原 美弥 牛丸 翔暉	西澤
5	ユキノシタの葉の研究 ～木曽青峰高校のユキノシタの葉はなぜ白い!!～	○赤津 宥斗 政宗 俊祐 加藤 然 山下 知琉	浦野

【指導教員】

石澤 淳	浦野 浩子	江崎 奈緒美	小野 浩介	鈴木 朝貴
永島 侃	西澤 孝洋	前田 拓哉	丸山 友子	

蜘蛛の糸の生活への応用

— 造網性の蜘蛛の糸の性質から考える —

○前野 翔太郎・北野 陽和・小山 紗於里・平尾 悠夏・山本 翠陸
長野県木曽青峰高等学校

【 要 旨 】

本研究の目的は、造網性の蜘蛛の糸の性質を調べ、それをどのように我々の生活で利用できるかを考えることである。自作の簡易測定器を用いて、ジョロウグモ *Nephila clavata* とオニグモ *Araneus ventricosus* の牽引糸の伸び・強度と体重・体長との関係性を調べた。その結果、ジョロウグモの牽引糸の強度については、体重・体長と正の相関がみられた。ジョロウグモは自重のおよそ 2.4 倍の重さに耐える牽引糸を作っているといえる。また、この数字は他の先行研究の結果とも近く、自作の簡易測定器の正確さを支持するものだったともいえる。ここで得られた蜘蛛糸の調査結果から、我々の日常生活へ蜘蛛糸が利用できるか考え、製品の提案を試みた。

1. はじめに

蜘蛛の糸は、化石燃料由来の化学繊維の環境への悪影響が懸念される中、生物由来の新しい繊維として注目されている。本研究では、造網性の蜘蛛の糸の性質を調べ、繊維としての蜘蛛糸の可能性について考察する。

ちなみに、蜘蛛はその生活様式から大まかに造網性と徘徊性に分けることができる。造網性の蜘蛛は、糸で網や隠れ家を作り、獲物を縛ったり、卵をくるんだりして生活している。移動するときは牽引糸を出す。オニグモやジョロウグモがこれに当たる。

徘徊性の蜘蛛は、糸は出すが網を張らずに自ら這い回って獲物を狩る蜘蛛で、主にハエトリグモやカニグモなどがこの例である。予備実験では、徘徊性の蜘蛛の糸の研究も模索したが、糸が切れやすく扱いにくかったため、生活への応用も困難だと判断し、糸の性質については調べなかった。(ただし、木曽青峰高校の中庭で得られたハエトリグモについては貴重な記録であるため、付録として付した。)

本研究では、オニグモやジョロウグモなどの造網性の蜘蛛の糸の性質を調べ、繊維としての蜘蛛糸の可能性について考察する。

2. 実験方法

①材料: 2023 年の 7 月から 10 月の間にオニグモ *Araneus ventricosus* (♀ × 6 個体) (図 1) とジョロウグモ *Nephila clavata* (♀ × 約 30 個体) (図 2) を長野県木曽青峰高等学校丘の上キャンパス (標高 800m 程度) 周辺を中心に採取し、外部形態から性別を判定し、測定を行い記録した。両種において、雄では十分なデータが得られなかったため、本研究では雌個体のみを扱った。なお、データをとった個体は元の場所に放した。

②計測：得られた個体について、定規で体長(頭胸部+腹部)を、電子天秤で体重を測り、記録した。さらに、自作の測定装置「糸のび〜る」(図3)、「強度はか〜る」(図4)で牽引糸の伸びと強度についてそれぞれ計測した。「糸のび〜る」は糸の伸びを計測する装置である。20cmの糸を巻きつけて引っ張り、切れた時の伸びを記録した(本研究ではこれを「伸び」とした)。

「強度はか〜る」は糸の強度を計測する装置である。10cmの糸の両端をセロハンテープで固定し、その糸にクリップを1つずつ慎重に引っ掛けていき、糸が切れた時点でのクリップの総重量を記録した(最後にかけたクリップは重量測定からは除外した)。本研究ではこれを「糸の強度」とした。('強度はか〜る'の設計図や使い方を付録として付した。)



図1 オニグモ(♀)

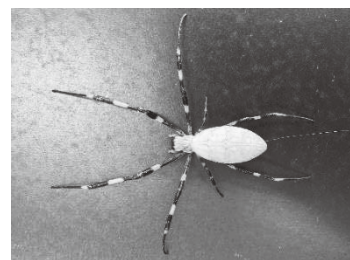


図2 ジョロウグモ(♀)

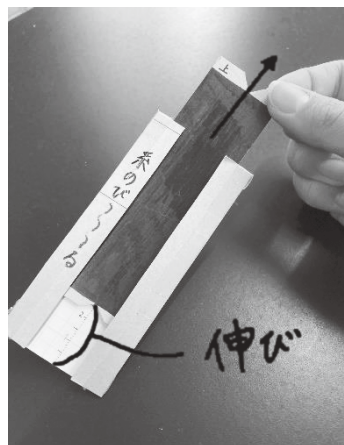


図3 糸のび〜る

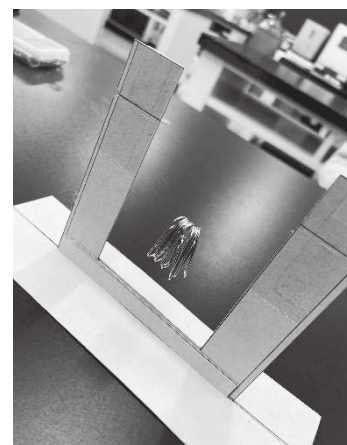


図4 強度はか〜る

③分析：グラフ作成アプリ(numbers)を用いてグラフを作成し、オニグモ(♀)、ジョロウグモ(♀)の体長や体重、糸の関係性についてまとめ、分析した。

3. 仮説

体重と体長、体重と強度、体重と伸び具合、体長と強度、体長と伸び具合、強度と伸び具合の全ての組み合わせにおいて比例関係があると考えた。それは、我々人間が幼少期から成長に伴って身長、体重、それらを支える筋肉などが増大していくことから、蜘蛛が作って利用する糸も人間の成長と同様の傾向を示すと考えたからである。

4. 結果

実験結果を散布図にしたものを図3から図11に示した。図5、図6のように、オニグモ、ジョロウグモのメスともに体長と体重には正の相関が見られる。ジョロウグモに関しては指数関数的関係が見られる。

ジョロウグモ(♀)の体長及び体重と糸の伸び具合には関係性は認められなかった(図7、図9)が、体長及び体重と糸の強度には正の相関が認められた(図8、図10)。図10のように、体重と糸の強度のグラフ中に近似直線を引いたところ(相関係数：約0.85；決定係数：約0.74)、その傾きは約2.4であった。また、図11の通り、糸の伸び具合と強度の間に相関関係を見出すのは難しそうだった。

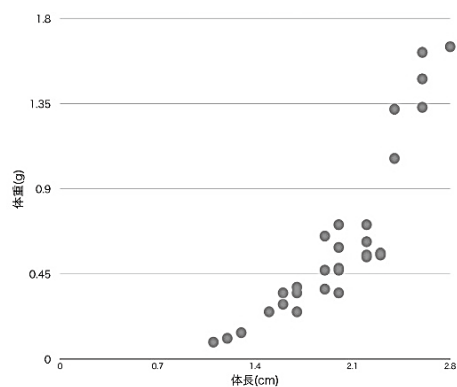


図 5 ジョロウグモ(♀)の体重と体長の関係

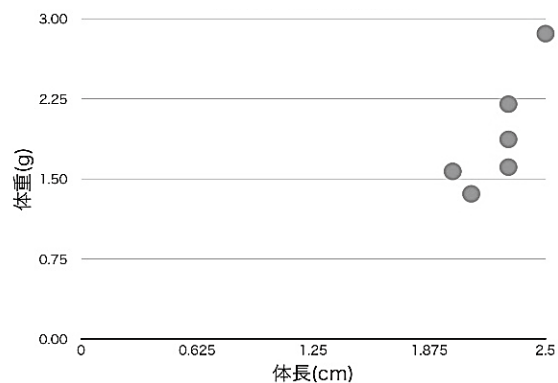


図 6 オニグモ(♀)の体重と体長の関係

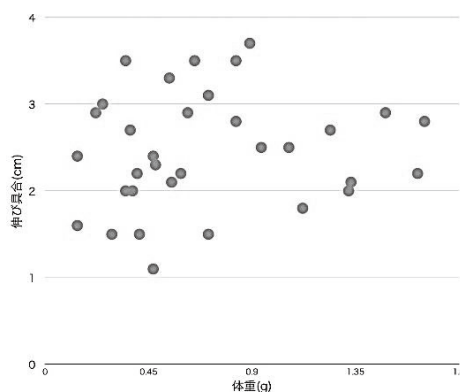


図 7 ジョロウグモ(♀)の糸の伸びと体重の関係

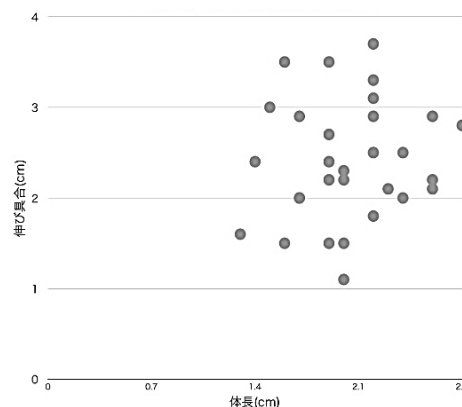


図 8 ジョロウグモ(♀)の糸の伸びと体長の関係

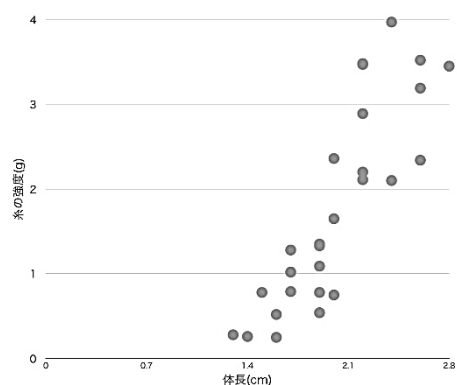


図 9 ジョロウグモ(♀)の糸の強度と体長の関係

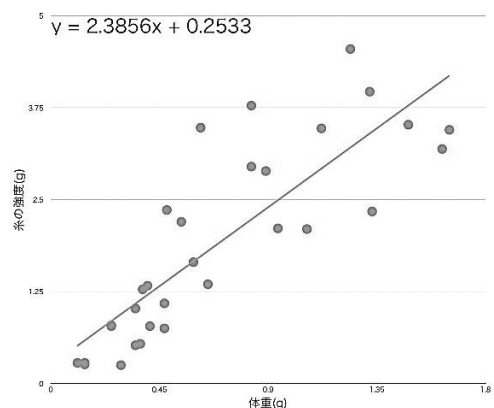


図 10 ジョロウグモ(♀)の糸の強度と体重の関係

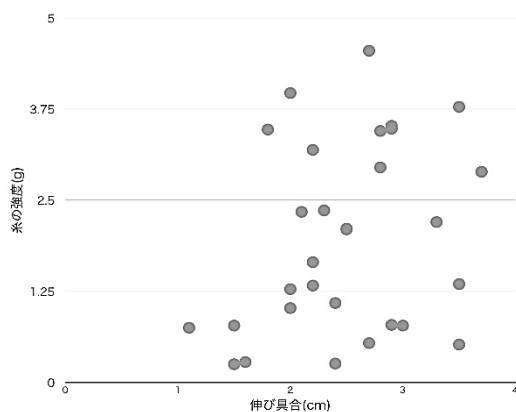


図 11 ジョロウグモ(♀)の糸の伸びと強度の関係

5. 考察

5-1. 体長と体重の関係

体長と体重についてはオニグモのメス, ジョロウグモのメス, 双方ともに正の相関関係が見られたことから, 体長が大きいほど体重も重いことが分かる(図 5)。指数関数的な上がり方をしているが, これは意外なことではない。吉原ら(1999)の魚類の例のように, 他の生物にも見られる傾向である。

5-2. 糸と体重(または体長)

オニグモについては十分なデータが得られなかったため、オニグモの糸の性質については割愛する。

ジョロウグモの体重(または体長)と糸の伸びについては相関関係はみられなかった(図 7, 8)。本研究で用いた自作の「糸のび〜る」に不具合があった可能性も考えられ、改良を検討する必要がある。

一方、強度については体重(または体長)との間に正の相関が見られた。図 10 の近似直線から、一本の牽引糸の強度は自重の約 2.4 倍の重さを支えられることが分かった。この数字は同じジョロウグモの牽引糸を用いた大崎(2006)の研究結果の「約 2」と近い数値であり(図 12)、今回自作した「強度はか〜る」の装置の精度を支持する結果であったといえる。ただ

し、傾きに 0.4 の差があった点は、地域個体群によって、わずかながら牽引糸の強度に差がある可能性を示している。例えば、気温等の環境条件によって強度に違いが生じているのかもしれないが、本研究ではその調査までは着手できなかった。

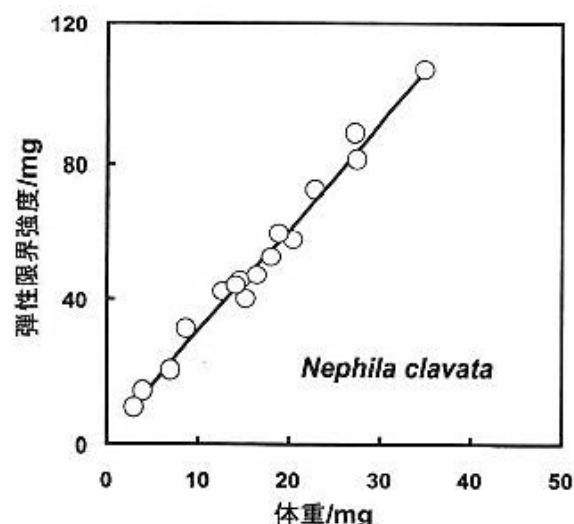


図 12 ジョロウグモの体重と牽引糸の弾性限界強度の関係。大崎(2006)より引用。

5-3. 蜘蛛糸の生活への利用

蜘蛛の糸を繊維として生活に利用する場合、量産し難いというデメリットがあるが、この点は度外視してここでは、製品化について考えてみた(表 1)。蜘蛛の糸のメリットは丈夫で弾性があり、そして自然に還るという三点である。表 1 の農業防虫ネット以外は前例が見つかったのでそれらについてまとめたい。

表 1 製品の提案

	メリット	不明な点
釣り糸	・使用後そのまま自然に還せる(生分解性が高い) ・マイクロプラスチック対策ができる	・水中 → 強度, 伸び具合がどうなるか ・耐久性
ハンモック	・伸縮性に優れているため体にフィットしやすい	・日光に多く当たる → 劣化速度 ・耐久性
農業用防虫ネット	・生分解性が高い ・マイクロプラスチック対策ができる	・基本野晒し → 強度, 伸び具合がどうなるか ・耐久性

【釣り糸】

個人ブログ「無職主夫の暮らし」では、実際に魚を釣っている例が紹介されている。しかし、水に浸けることで、粘着性が蘇って使えなくなるという問題点が指摘されており、解決策として、粘着性のない糸を使うことが提案されていた。

本研究で用いたジョロウグモの牽引糸は粘着球がない糸なので、水に浸しても粘着性が出ないと考えられる。試みに以下のような簡易実験を行った(図13)。

採取から約4カ月経過したジョロウグモの牽引糸を用意し(季節的にジョロウグモがいない冬の時期で、新鮮な糸が採取できなかった)、水に入れる前に指で触り、粘着性がないことを確認した。その糸を5分間水に浸し、水から取り出した後に再び感触を確認したところ、水に入れる前後で大きな違いはなく、粘着性は生まれなかった。このことから、牽引糸は釣り糸に利用できそうだと考えた。ただし、糸を採取してから時間が経過していたことも関係するかもしれないので、新鮮な糸でも実験すべきである。



図13 蜘蛛糸の粘着性についての簡易実験の様子。

【ハンモック】

大崎(2015)には、著者自身がハンモックにのっている写真とともに「13cm程度の長さで19万本のクモの糸を集めることにより、我が家のウッドデッキで体重65kgの私がクモの糸にぶら下がることに成功した。」という記述がある。ただし、この実験ではハンモック本体ではなく、木とハンモックの留め金に結んだロープを牽引糸の束で繋いでいた。ハンモック本体の材料として蜘蛛の糸を使ったという前例は見つからなかった。ハンモック本体を蜘蛛糸で作ることは興味深い。

6. 課題と展望

最初に研究対象としたオニグモは採集できた個体数が少なく、また出現時期も比較的早かったため、糸の測定方法の確立が間に合わず、十分なデータをとることができなかった。出現時期や網の形や活動時間帯や隠れ場所など、オニグモの生態を熟知した上で、効率的に採集を行う必要がある。

自作の簡易測定器「強度はか〜る」で、それなりによりデータが集められた点は大きな成果である。この測定器は厚紙とクリップとセロハンテープがあれば小学生(高学年)でも作ることが可能であり、自由研究などで活用が期待できる(電子天秤がなくても、同じ規格のクリップを使い、その個数で比較するなどすれば研究が可能)。付録として「強度はか〜る」の設計図を付したので、身近な蜘蛛の糸の研究に活用してほしい。

また、ジョロウグモの地域個体群間で、糸の強度に違いがみられる可能性が示唆されたが「強度はか〜る」のような簡単な装置を活用することで、様々な地域からのデータが集まれば、比較検討ができるはずである。

体重などと糸の伸びには、相関関係が認められなかったが、「糸のび〜る」の改良によってよりよい結果が得られるものと思われる。今回自作した「糸のび〜る」は、構造上、糸が紙製の台紙の角に直接触れるよ

うになっていた。この部分に、摩擦の少ないセロハンテープを貼るなど工夫をすることで改善できるかもしれない。

今後は、現在よく使われている繊維（例えば、綿、麻、ポリエステル、ナイロン等）と太さを同じにして、強度や伸びについて実験を行い、蜘蛛の糸と比較してみたい。しかし蜘蛛の糸はかなり細いので、同じ太さのものを作るのは簡単ではないだろう。いずれにせよ、より精度の高い研究を行うことで、提案した製品に説得力を持たせていきたい。

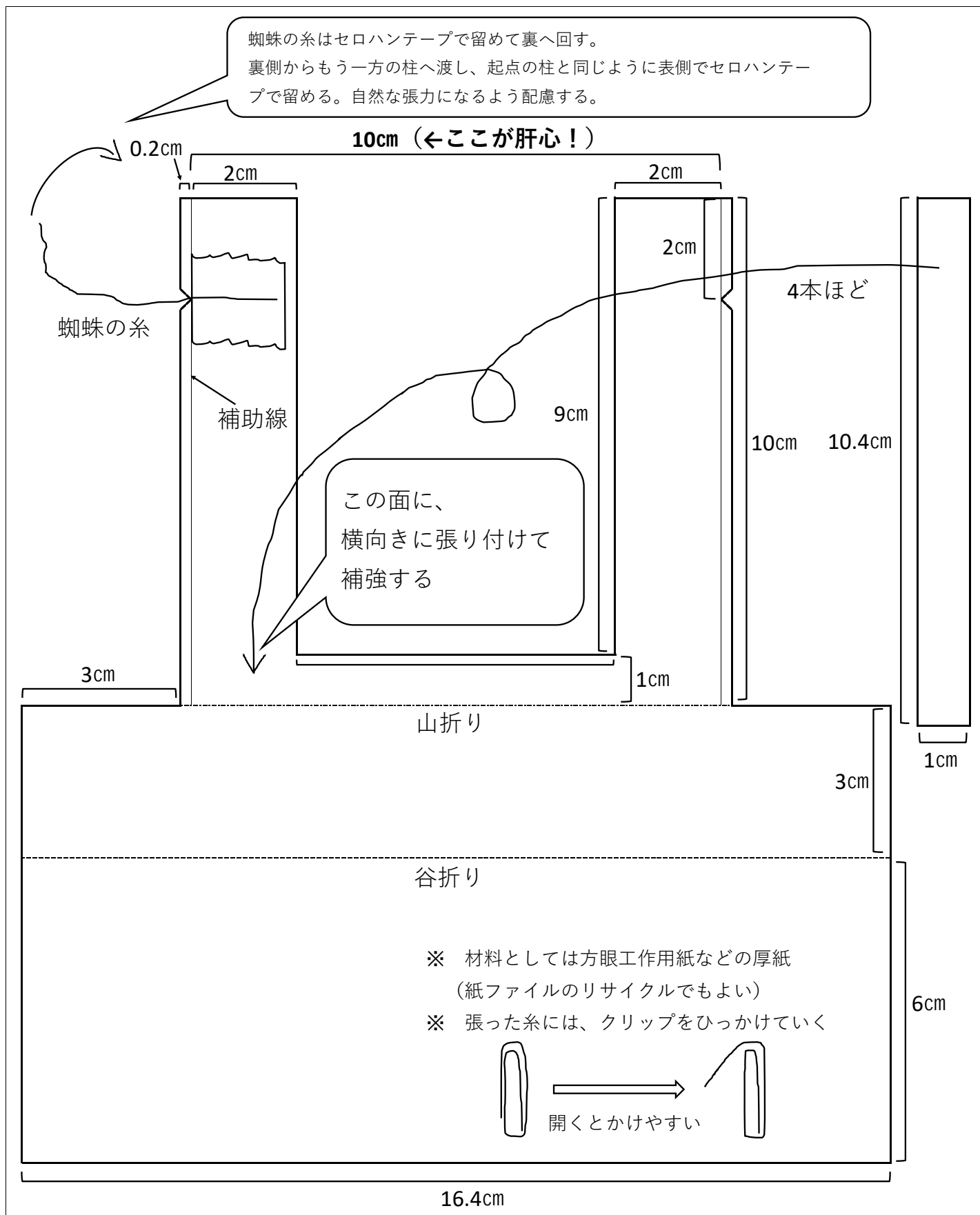
7. 引用文献・引用サイト

- ・大崎茂芳(2006): クモの糸 Spider Silks. 繊維製品消費科学 47 (9), 511-519.
- ・大崎茂芳(2015): シリーズ暮らしの最前線 96 クモ糸の不思議. 日本家政学会誌, 66 (10), 521-528.
- ・吉原喜好・岡本英能・片岡大作(1999): 沿岸域におけるメジナ稚仔魚の体長—体重関係について. 水産増殖, 47(3), 343-348.
- ・無職主夫, 2021, 「クモ(ジョロウグモ)の糸から作った釣り糸で魚を釣ってみた | 作り方の解説付き」, 2019年7月11日, (2023年1月19日取得, <https://hermit01.com/spiderweb-fishingline/>)

8. 謝辞

前田拓哉先生, 奥原さん, 原田さん, 研究に携わっていただいた蜘蛛の皆様, ならびに蠅の皆様, ありがとうございました。

付録1 簡易式蜘蛛糸強度測定装置「強度はか〜る」の設計図と作り方.



付録2 木曽青峰高校の中庭にみられるハエトリグモ類の記録

蜘蛛系の研究の第一段階として、造網性の蜘蛛がいない春から夏にかけては、徘徊性の蜘蛛であるハエトリグモを中心に調査を行なった。しかし糸の強度などの観点から生活への応用は困難だと判断した。

ここでは、木曽青峰高校の中庭にみられたハエトリグモ 2 種について記録を残すこととする(表 1)。中庭にある岩の表面にはシラホシコゲチャハエトリ *Sitticus penicillatus*(図 1)とイナズマハエトリ *Pseudicius vulpes*(図 2)の 2 種が多く生息していた。調査は 4 月から 5 月に行ったが、幼体が多かったため性別不明なものが多かった。どちらも見晴らしの良いところへ出てくる習性があるようだった。この 2 種類は同じハエトリグモ科でありながら、同じ生息場所にいる点が興味深い。餌をめぐる種間競争が起きているか否かを調査してみるものいいかもしれない。

表 1 木曽青峰高校の中庭で得られたハエトリグモの個体数. 調査は
2023 年の 4 月から 5 月に行った.

	雄	雌	性別 不明	合計
シラホシコゲチャハエトリ	1	5	6	12
イナズマハエトリ	1	1	3	5



図 1 シラホシコゲチャハエトリ

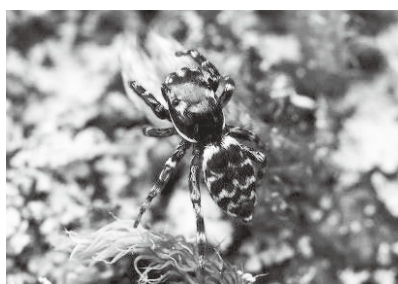


図 2 イナズマハエトリ

氷砂糖の摩擦発光 ～接触面積と破壊する強さが及ぼす影響～

物理班 ○中島 藍 井領 結愛 井領 怜那 植原 潤子 寺田はづき

【要約】

氷砂糖を勢よく砕くと摩擦発光という現象が見られるが、原理や条件などは未解明なことが多い。そこで、氷砂糖の摩擦発光が起きる条件、異なる条件下での発光強度のちがいについて研究することにした。氷砂糖と氷砂糖を砕く物との接触面積の大きさの違いや氷砂糖を破壊する強さの違いが発光強度に影響を及ぼすのではないかと考え、実験を進めたところ、破壊する強さが大きいほど発光強度が大きくなること、接触面積が小さいほど発光強度が大きくなることが分かった。質量と発光強度の間に相関関係はみられなかった。また、摩擦発光が起きる条件の解明には至らなかった。

1. 動機・目的

ガムテープの粘着面同士を貼り付けて勢よく剥がすと青白い光が発生する、摩擦発光という現象がある。この現象について先行研究を調べてみると、ガムテープについて「粘着強度が発光強度に影響を与える(注1)」ということがわかっていた。そこで、同じく摩擦発光が発生するという氷砂糖で「摩擦発光が起きる条件」、「異なる条件下での発光強度の違い」を研究しようと考えた。

摩擦発光が発生する原理は未解明な点が多いが、有力な説として氷砂糖に衝撃が与えられることによって氷砂糖の粒子が破壊され、静電気が溜まった状態になり、静電気の溜まっていない元の安定した状態に戻ろうとする際に出されるエネルギーが発行として確認できるのではないかと考えられる。

衝撃を与えられることで
氷砂糖の結合が破壊される

静電気が溜まった不安定な状態

元の安定した状態に戻ろうとする際に
放出されるエネルギーが発光となる



2. 仮説

上述した研究目的について、氷砂糖と、氷砂糖を砕く物(本実験ではハンマーを使用する)の接触面積の大きさの違いや、氷砂糖を破壊する強さの違いが発光強度に影響を及ぼすのではないかと、という仮説を立てた。本実験において、接触面積は「氷砂糖のハンマーと接触する面を平らに研磨し、画像解析ソフト(注2)を用いて算出した値」、破壊する強さは「ハンマーの当たる速度×ハンマーの質量」と規定する。

3. 実験方法

＜実験の流れ＞

- ①氷砂糖を約3g、4g、5g、6gの4段階の質量別に分ける。例)3g = 2.50～3.49g
氷砂糖のハンマーと接触する面を研磨し、表面積を出す。なお、使用する氷砂糖の面積はハンマーの接触面積よりも小さいものとする。
- ②図1の氷砂糖破壊装置に氷砂糖を設置し、破壊する。このとき、ハンマーの高さは0.35m、0.70m、1.05mの3段階である。
- ③破壊する際の発光の様子を録画する。このとき、実験データの条件を揃える為に使用機器、カメラの設定、録画位置は統一する。



図1 氷砂糖破壊装置

④画像解析ソフトを使って、図2のようにデータをグラフ化し、Maxの値を発光強度として使用する。(図2において、発光強度は96となる。)

<補足>

・データの平均値をとるために、一つの条件において5個データをとる。つまり、質量4段階×ハンマーの高さ3段階×5個の計60個のデータを取る。(発光が確認できたもののみをデータとして数え、記録する。)

・破壊する強さは、高さ0.35mのとき1.2[N・s]、高さ0.70mのとき1.8[N・s]、高さ1.05mのとき2.2[N・s]であった。

→高さが高くなるほど破壊する強さは大きくなる。

・氷砂糖には凹凸があり、形・大きさが不規則なロックタイプと、16面体で、形・大きさが均一なクリスタルタイプがある。(図3)本実験ではロックタイプを使用し、追加実験のみクリスタルタイプを使用した。

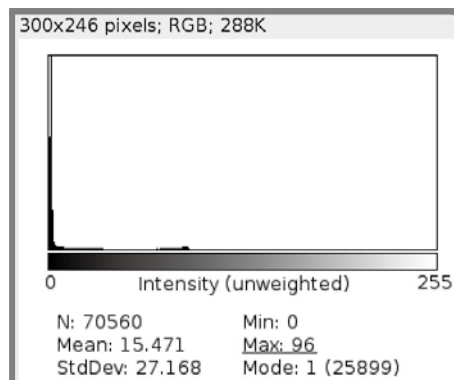


図2 グラフ化した発光強度



図3 氷砂糖の種類

4, 結果

発光強度と質量のグラフ(破壊する強さ別)の関係を図4に示す。相関関係は見られなかった。

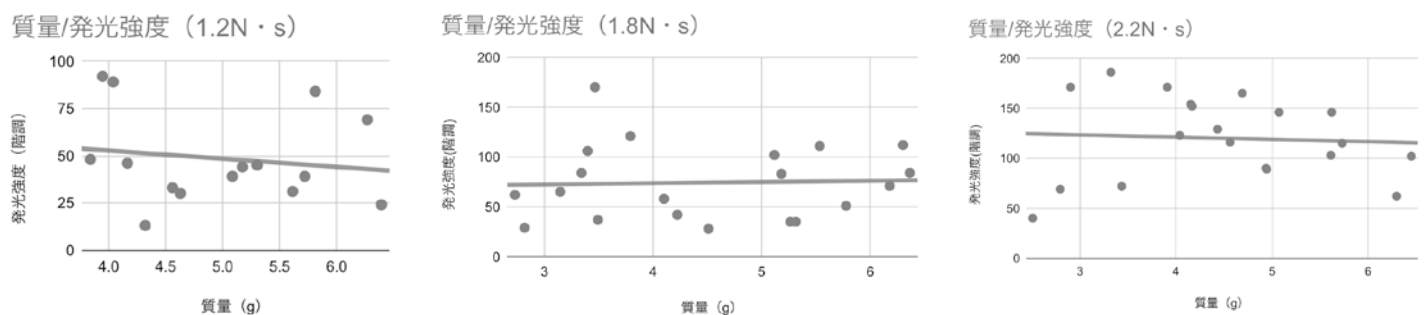


図4 (1.2[N・s] 相関係数:-0.152

1.8[N・s] 相関係数:0.040

2.2[N・s] 相関係数:-0.061)

次に、発光強度と破壊する強さの関係を図5に示す。正の相関関係が見られた。

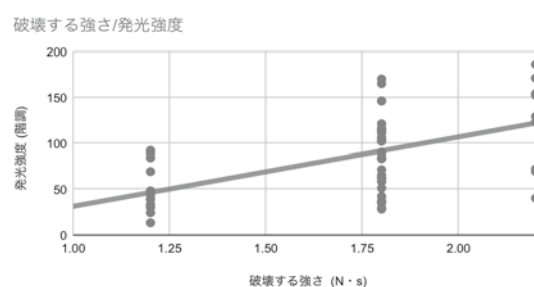


図5(相関係数:0.568)

そして、発光強度と接触面積(破壊する強さ別)の関係を図6に示す。一定の相関関係は見られなかった。

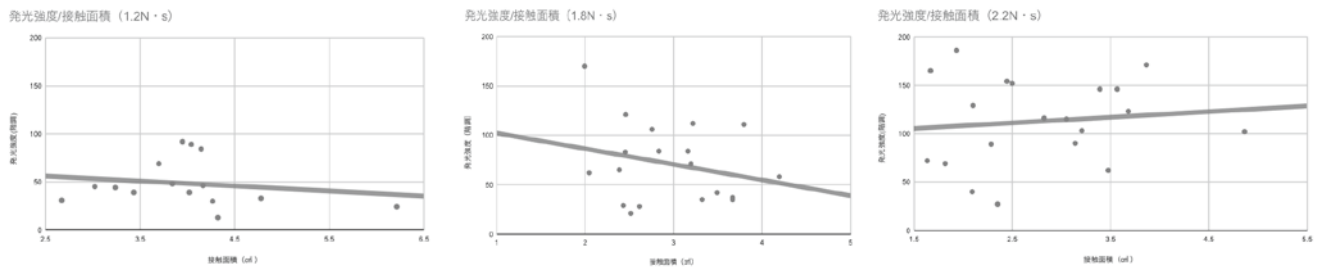


図6(1.2[N・s] 相関係数:-0.177

1.8[N・s] 相関係数:-0.250

2.2[N・s] 相関係数:0.112)

図6の実験において、使用しているのがロックタイプの氷砂糖であり、台に設置するとき氷砂糖の角度がずれて、表面積が変わってしまっているのではないかと考えた。そこで、誤差をより小さくするために、クリスタルタイプの氷砂糖を使い同様の実験を行った。その発光強度と接触面積の関係を図7に示す。負の相関関係が見られた。

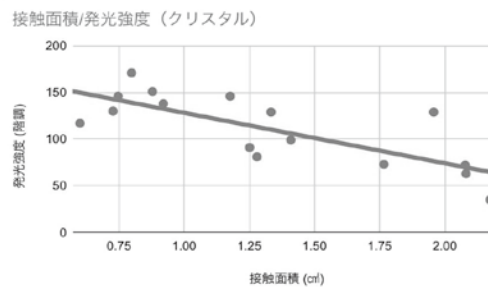


図7 追加実験(相関係数:-0.761)

5. 考察

- ・図4の結果において発光強度と質量には相関関係がみられなかったことから、質量は発光強度に影響しないと考えられる。
- ・図5の結果において発光強度と破壊する強さには正の相関がみられたことから、破壊する強さが大きいほど、発光強度は大きくなると考えられる。
- ・発光強度と接触面積について、図6のロックタイプの氷砂糖を使った実験においては相関関係は見られなかったが、図7のクリスタルタイプの氷砂糖を使った実験において負の相関が見られた。このことから、接触面積が小さいほど、発光強度は大きくなると考えられる。

6. 今後の課題

- ・今回の実験ではグループ分けは質量で行っていたが今後の実験では接触面積で大まかなグループ分けをし、より多くのデータを取ることで考察の信頼性を高めていく。
- ・また、接触面積以外の条件をできるだけ揃えるために、クリスタルの氷砂糖を使っていく。
- ・本実験を踏まえて、摩擦発光が起きる条件・原理について、より考察を深めていく。

注

- 1)岡崎高校, 澤田 純弥, 榊原 和哉, 中尾 大我, 森下 琳加『摩擦ルミネッセンスの研究』応用物理学会SC東海学術講演会 (JSAP SCTS 2014) より
 - 2) 画像解析ソフト「imagej」
-

7, 参考文献・サイト

- [1]岡崎高校, 澤田 純弥, 榊原 和哉, 中尾 大我, 森下 琳加『摩擦ルミネッセンスの研究』応用物理学会SC東海学術講演会 (JSAP SCTS 2014)
- [2]立井佑果, 中村真也『トライボルミネッセンス』
<http://www.chem.es.osaka-u.ac.jp/laser/images/lecture/tribo.pdf> 最終アクセス 11/24
- [3]独立行政法人農畜産業振興機構 岸原士郎『砂糖類情報』(2008年11月)
- [4]横井 健, 松岡 駿介, 今宿 晋, 河合 潤「氷砂糖とイオン結晶の破壊におけるX線と可視光の発生」『X線分析の進歩』45巻 227~232ページ 2014年
- [5]中央大学 (iii) 画像表示用ソフトの基本操作
http://www.bio.chuo-u.ac.jp/nano/LM/ImageJ_ex2.pdf 最終アクセス11/24
- [6]とある理系博士学生ブログ『ImageJで画像中の葉や物の面積を測定する方法』
<https://arabitom.com/imagej-area-leaf-measurement/> 最終アクセス 11/24
- [7]科学技術・学術政策研究所ライブラリ『トライボルミネッセンスにともなうエックス線の発生』12月号 2008年

8, 謝辞

最後に、本研究を進めるにあたって的確な助言、支援をしてくださった小野先生、江崎先生、丸山先生ありがとうございました。

【要約】

画像認識AIの作成および精度を高めることを目的とした。インターネット上にある数字認識AIを改良し、認識可能な画像の種類の拡張と、学習回数の変更やドロップアウトの導入、中間層の変更を行い精度の向上を目指した。仮説としてライブラリを変更すれば、認識できる画像の種類を拡張できる点と学習回数の変更、ドロップアウトの導入、中間層の変更をすれば精度が向上する点の2つを考えた。結果として、認識可能な文字の種類が拡張され、精度についても向上させることができた。

1. 動機・目的、着目した点

近年、AI技術が発達してきており、その中で画像認識AIがどのようにして作成されているのかが気になった。また、画像認識AIの精度はどのようにして高められているのかに興味をもった。そこでインターネット上にある数字認識AIをもとに画像認識AIの作成ならびに精度を高めることを研究の目的とした。そのために、本研究ではライブラリ、過学習、ドロップアウト、中間層に着目した。

ライブラリとは、AIが学習をする際に使用する画像のデータの集まりのことである。「学習用」と「テスト用」の2種類のデータがある。本研究ではGregory Cohenらが作成したライブラリを使用した。

過学習とは、AIが学習をしすぎること、学習元のデータに適応しすぎてしまった状態のことをいう。この状態では、未知のデータに対して、正しい判断をすることが難しくなる。

ドロップアウトとはAIの過学習を防ぐために、意図的に使用するデータの数を減らすためのものである。使用されないデータは毎回ランダムに決定される(図1)。

中間層とは、入力層から複雑なデータを選別し様々なパターンを計算して出力層に引き継ぐ層のことである。中間層の縦の数をノード数、横の数を層の数という(図2)。

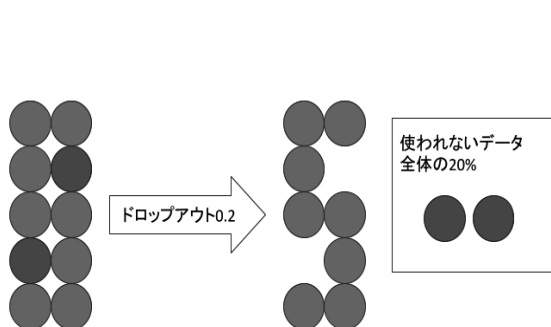


図1 ドロップアウトの説明

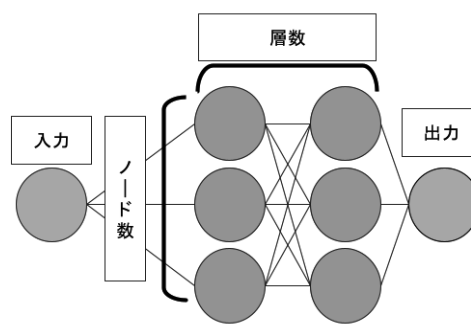


図2 中間層の説明

2. 仮説

AIはライブラリを元に学習をおこなっているため、ライブラリを変更すれば、認識可能な画像の種類を増やすことができると考えた。

また、学習回数を増やす、ドロップアウトを導入し、データの減らす割合を変更する、中間層のノード数および層数を増やすといったことを行えば、AIの精度を向上させることができるのではないかと考えた。

3. 方法

インターネット上の数字を認識することが可能なAIを改良し、AIが認識することのできる画像の種類を増やすことが可能なのかを確かめた。次に、AIの学習回数、ドロップアウト、中間層それぞれを変更し、変更前のAIの精度と比較をした。また、これら3つの組み合わせにより、精度の変化を調べることも行なった。なお、精

度について「数字」は数字が認識可能なAI、「アルファベット混在」はアルファベットの大文字・小文字の区別なく判別するAI、「大文字・小文字判別」はアルファベットの大文字・小文字を区別して判別するAIの精度を表す。

4. 結果と考察

まずは認識できる文字の種類を増やした。参考にした数字認識AIでは、学習に手書きの数字のみがまとめられた「mnist」というライブラリを使用していた。そこで、数字に加えアルファベットの「大文字・小文字」もまとめられた「emnist」というライブラリに変更し、アルファベットの「大文字・小文字」の認識が可能になった(図3)。さらに文字以外の認識を行うためにTシャツやズボンなどの画像がまとめられたライブラリ「fashion-mnist」に変更した。これにより、ファッション関連の画像のみではあるが文字以外の認識が可能になった(図4)。



図3 AIが判別している様子

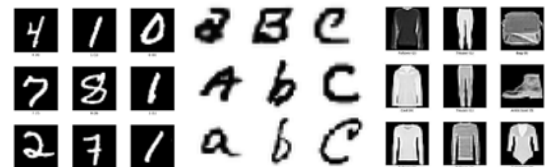


図4 ライブラリの例

次に、学習回数を変更した。結果としては、それぞれのAIの精度を比較すると数字のAI、アルファベット混在のAI、大文字・小文字判別のAIの順に精度が下がった。また、学習回数を増やすと、数字のAIの精度は変化しなかったが、アルファベット混在、大文字・小文字判別のAIの精度は低下した。さらに、大文字・小文字判別のAIのほうが精度の下がり幅が大きいなどの差がみられた。理由として、数字、アルファベット混在、大文字・小文字判別の順で一度の学習で使用されるデータ量が多いため、過学習が進行しやすかったためだと考えられる。なお、図5では、ドロップアウトを導入せず、中間層は1層で、ノード数は128、学習回数は50回としている。

学習回数の変更により、過学習が生じている可能性があるため、ドロップアウトの値を変更した。結果として、ドロップアウト0.3までは精度が上昇したが、0.5になると精度は減少した。理由としては、ドロップアウトの値が大きすぎたことで、学習に使われるデータが除外されすぎたためだと考えられる。なお、図6では、中間層は1層でノード数はすべて128、学習回数は50回としている。

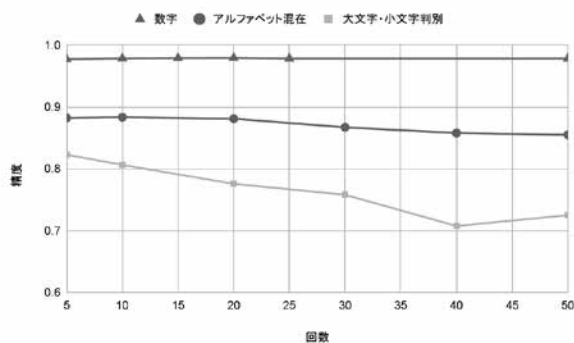


図5 学習回数と精度の関係

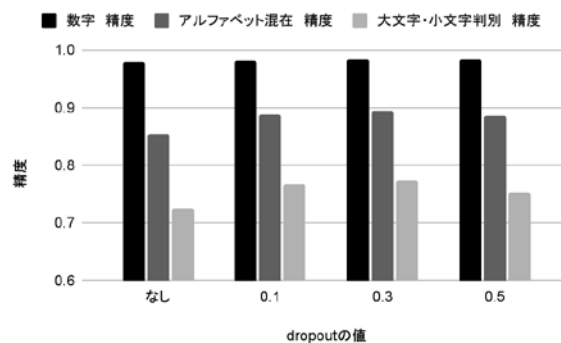


図6 ドロップアウトと精度の関係

次に、中間層のノード数を変更した。結果としては、すべてのAIでノード数が多いほど精度が高くなった。また、精度の上がり幅はアルファベット混在、大文字・小文字判別のAIは大きくなったが数字のAIは変化が見られなかった。理由として数字のAIは中間層の変更前の精度が高かったため、向上につながらなかったと考えられる。なお、図7は、ドロップアウトを導入せず、中間層のノード数のみ変更している。また、中間層は1層で学習回数は50回としている。

更なる精度の向上のために中間層とドロップアウトを組み合わせた精度を考えた。比較すると、数字のAIに関してはあまり変化が見られないが、それ以外のAIではドロップアウトを導入していないものよりも精度が高くなり、精度の上がり幅も大きく向上した。このことより、中間層とドロップアウトの組み合わせにより更に精度を向上させることができた。なお、図8は同じ中間層のノード数において、ドロップアウトを導入していない精度と導入した精度を比較したものである。また、中間層は1層で学習回数を50回としている。凡例の横にある数字はそれぞれのドロップアウトの値を示している。ここではドロップアウトを変更した際に最も精度の高くなったときのドロップアウトの値を使用している。

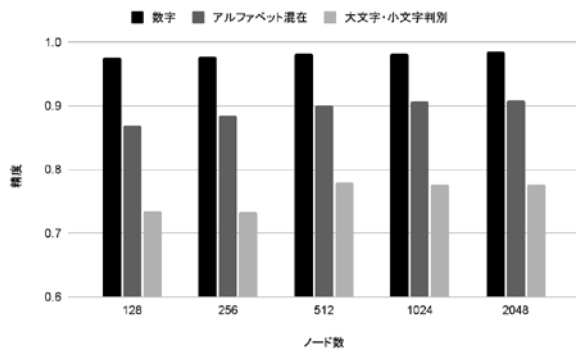


図7 中間層のノード数と精度の関係

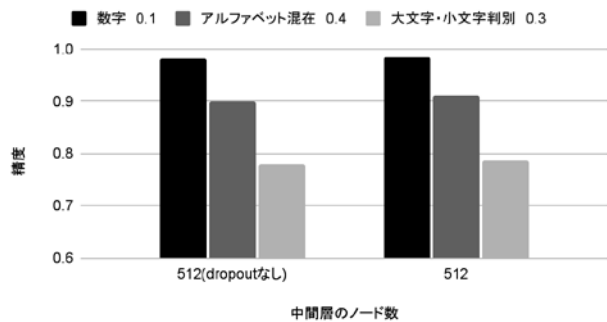


図8 ノード数・ドロップアウトと精度の関係

最後に中間層の層数を変更した結果である。より精度を高めるため、中間層の層数を2層にした。グラフ横軸のハイフンの前の数字を1層目のノード数、後ろの数字を2層目のノード数としている。また、出力するデータを絞っていくため、2層目の方のノード数を少なくした。結果として、アルファベット混在、大文字・小文字判別のAIどちらに対してもわずかに精度の向上が見られた。1層の中間層のノード数を変更した場合に比べて大きな変化は見られなかった。なお、図9ではドロップアウトは1層目が0.3、2層目が0.1、学習回数はアルファベット混在が10回、大文字・小文字判別が5回となっている。

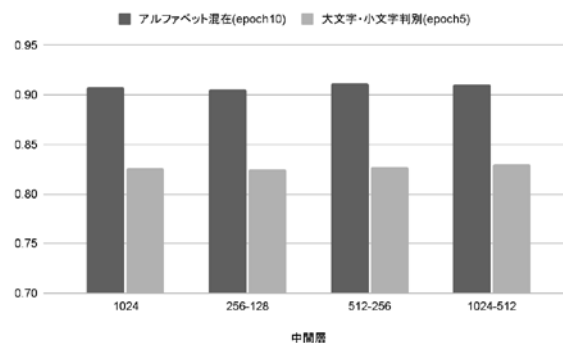


図9 中間層の層数と精度の関係

5. まとめ

ライブラリを変更したことにより、AIが認識可能な文字の種類及び画像の種類が増え、認識対象を広げることができた。また、学習回数、ドロップアウト、中間層の3つ全てが、AIの精度に大きく関わっているものだということがわかった。研究を通して、ライブラリのみを変更したAIと上記の値を変更したAIを比較すると、アルファベット混在では3.07%、大文字・小文字判別では2.90%精度を向上させることができた(図10)。図11はアルファベット混在の改良前と改良後の認識の違いを比較したものである。左が改良前、右が改良後となっている。ここでは、マウスの動きを記録するソフトを使用し、両方とも全く同じように、アルファベットの「O」を書いている。比較すると、改良前は「Q」と誤認識しているが、改良後は正しく「O」と認識できている。

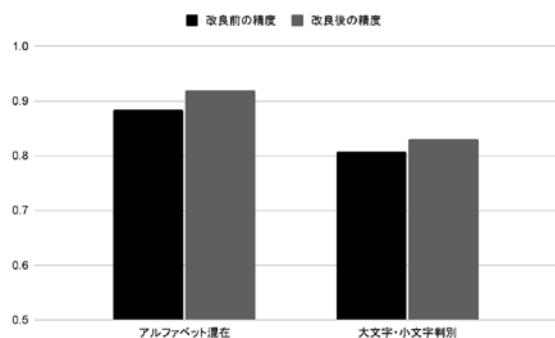


図10 改良前と改良後の精度の差



図11 改良前と改良後の認識の違い

ただし、AIの精度の向上に関係する要素には、精度は上がるもののほとんど違いがないものも存在した。また、ライブラリの学習に使うデータ数や、認識を行う対象の違いにより、精度の向上に違いが生じた(表1)。また、学習回数を増やしすぎることによって過学習が起こったり、ドロップアウトの値を増やしすぎることによって学習用データの量が少なくなり、AIの精度を逆に下げようになってしまう点には注意しなくてはならない。

表1 最も精度の高かった条件

	精度	ノード数	層数	学習回数	ドロップアウト
①	0.986	1024	1	50	0.1
②	0.919	1024-512	2	50	0.3-0.1
③	0.830	1024-512	2	5	なし

①…数字の精度 ②…アルファベット混在の精度 ③…大文字・小文字判別の精度

6. 反省

中間層の層数を2層に増やしたもので、ノード数を増やした際に精度があまり向上しなかった理由を断定することができなかった。大文字・小文字判別のような認識の対象が多いものに対して、精度を向上させることが難しかった。

7. 参考サイト

- ・Google. 初心者のためのTensorFlow2.0入門. 2021/11/1更新.
<https://www.tensorflow.org/tutorials/quickstart/beginner?hl=ja> (2023/1/25閲覧)
- ・コンピュータシステム株式会社. Pythonで数字認識AIを作成してみた.
 2021/8/13更新. https://www.icsc.co.jp/tech_blog/archives/52 (2023/1/25閲覧)
- ・ITmedia. Fashion-MNIST: ファッション商品(写真)の画像データセット
<https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/2005/28/news016.html> (2023/10/12閲覧)

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導担当の永島先生には多くの助言、ご指導をいただきました。ここに感謝を表します。本当にありがとうございました。

水蒸気蒸留法における 加熱温度と香りの関係性の解析

長野県木曽青峰高等学校
2年 ○城戸颯太 上ノ原美弥
牛丸翔暉 高杉咲季
原田蒼伊 三沢彩乃

【要約】

本研究では、水蒸気蒸留で発生する香りの変化、またその香りの感じ方の違いについて研究を行った。香りの違いを明らかにするため、2年1組18人に加熱温度の異なる2つの香りを嗅ぎ比べてもらい、アンケートに回答してもらった。その結果、ラベンダーでは低温で抽出した香りが、ヒノキでは高温で抽出した香りが好感を持たれる結果になった。

1.動機および目的

先行研究である『木曽の植物から香りを集める』課題研究論文 2018年によると、水蒸気蒸留における蒸留時の加熱温度の変化によって抽出された香りが増えるとの記述があった。そのため、本研究は加熱温度によって香りがどのように変化するのか調査した。

水蒸気蒸留とは、沸点の高い物質を水を用いて蒸留することで、物質の沸点よりも低い温度で物質を取り出せる蒸留法である。ラベンダーオイルなどの精油の採取などで用いられることが多い。

2.仮説

低温で抽出した場合には揮発性の高い香り、高温で抽出した場合には揮発性の低い香りが得られると考えられる。揮発性とは、液体の蒸発しやすい性質のことである。加えて、2018年の本校の課題研究より、木曽五木を用いて水蒸気蒸留を行った場合、「蒸留するときの温度が低い方がよい香りのフローラルウォーターを抽出できた。」という記述があった。このことから、他の植物を用いた水蒸気蒸留においても低温で蒸留した揮発性の高い香りの方が好まれるという仮説を立てた。

3.方法

3-1水蒸気蒸留による香り成分の抽出

水蒸気蒸留は、以下の手順に従って行った。

- ①精製水をホットスターラーで加熱し、水蒸気を発生させる。
- ②ネットに試料を入れ、発生した蒸気を当てる。
- ③リービッヒ冷却器を用い、気体のフローラルウォーターを冷却し、液体として取り出す。
- ④液体を回収する。

本実験では図1で示した蒸留装置を使用し、ラベンダー、ヒノキの水蒸気蒸留を行った。試料はラベンダー20g、ヒノキのかんなくず8gを使用し、精製水200mlを用いた。ホットスターラーの設定温度は、予備試験において芳香蒸留水が抽出できることが確認された300℃、250℃とした。蒸留時間は沸騰してから時間を計測し、ラベンダーは90分、ヒノキは100分行った。



図1 実験で用いた蒸留装置

	蒸留時間	質量	蒸留水
ラベンダー	90分	20g	200ml
ヒノキ	100分	8g	

図2 蒸留で設定した条件について

3-2抽出した香りの評価方法

2年1組18人に芳香蒸留水の香りを嗅いでもらい、グーグルフォームで作成したアンケートに回答してもらった。内容は高温で蒸留した香り(A)と低温で蒸留した香り(B)で香りにどのような違いが生まれるかを検証するため以下の7項目について記入してもらった。

- ・快適
- ・不快
- ・苦い
- ・フローラル(ラベンダーのみ)
- ・フルーティー (ラベンダーのみ)
- ・柔らかい(ヒノキのみ)
- ・アニス(ヒノキのみ)

アンケートを実施した

4.結果

【ラベンダー】

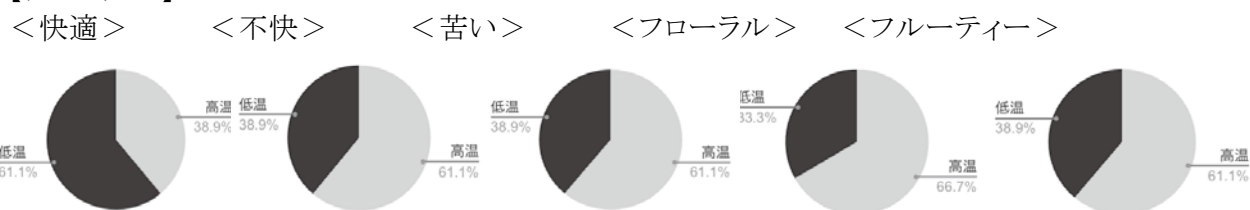


図2 得られたラベンダーの香りのアンケート結果

すべての項目において、低温よりも高温で蒸留した香りが選択される傾向が見られた。

【ヒノキ】

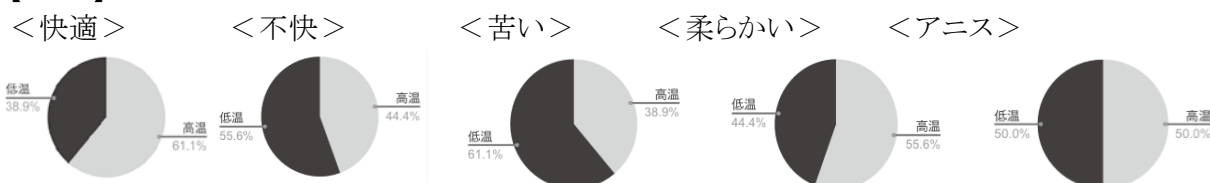


図3 得られたヒノキの香りのアンケート結果

ラベンダーと類似しているが、「苦い」の項目のみ差異が見られた。

5.考察

図4より、高温で蒸留したラベンダーの香りは多くの成分を含んでいるため、雑味を感じ、不快と感じる傾向がみられたと考えられる。また、高温で抽出した芳香成分が、分解、変性し、不快と感じる可能性も考えられる。

一方でヒノキは低温で抽出できる香りが少なく、高温で蒸留した際に芳香成分が多く得られ、好感をもたれやすいと考えられる。

また、先行研究では、低温で抽出した香りの方が好ましい香りになったとの記載があり、本研究の結果とは相違があった。しかし、先行研究では加熱温度の記載がなかったため、本研究と先行研究で高温の定義が異なり、結果に違いが生まれたと考えている。



図4 ラベンダー、ヒノキから抽出される代表的な香り

また、本実験では発生した蒸気の温度が測定できなかったため、測定が可能になればさらに細かな考察ができるようになると考えられる。

6.参考文献

長野県木曽青峰高等学校『木曽の植物から香りを集める』課題研究論文 2018年

平山令明『「香り」の化学』講談社 2017年9月1日

吉儀英記『匂料入門』フレグランスジャーナル社 2003年1月30日

久保亮五 ほか編『岩波 理化学辞典 第四版』岩波書店 1988年 p.642

山口県産業技術センター『ヒノキを利用した精油の製造と製造技術』研究報告 2020

日本アロマセラピー学会『アロマセラピーのための精油ハンドブック』丸善出版株式会社 平成28年11月5日

指田 豊 『自然が生み出した化学の知恵 身近な「匂いと香り」の植物事典』2023年8月30日

ユキノシタの葉の研究
～木曽青峰高校のユキノシタの葉はなぜ白い!?～

○赤津宥斗 政宗俊祐 加藤然 山下知琉

【要旨】

木曽青峰高校校内の自販機横通路および第2グラウンドにはユキノシタが自生している。通常みられるユキノシタの葉の裏面は赤紫色のみを呈しているが、校内に自生しているユキノシタは、1株中に葉の裏面が赤紫色を呈しているもの、白色を呈しているもの、薄赤紫色を呈しているものが混在しており、通常のユキノシタとは異なるので、なぜ葉の裏側が白色や薄赤紫色を呈したものが混在するのか解明したいと考えた。

日本には現在6種類のユキノシタが確認されている。校内に自生するユキノシタの種を同定するために、図書館の植物図鑑・文献・インターネット等で調査した結果、校内に自生する株は形態学的アプローチより「ユキノシタ」であることが最も有力であると考えた。しかし本校に自生しているユキノシタは、葉の形・葉脈などの形態学的特徴が通常みられるユキノシタの葉の裏面の特徴と異なっていたため、次に遺伝学的アプローチとして染色体数をカウントすることで校内に自生するユキノシタの種を同定しようと実験を進めていたが、校内に自生しているユキノシタは根の木化が進んでいるため、染色体を観察することができなかった。他にもいくつかの実験・観察・調査を行ったが、校内に自生するユキノシタの葉の裏面が白色や薄赤紫色を呈するメカニズムの明確な解明には至らなかった。しかし、本研究によりユキノシタの葉の裏面の色の違いについて着目するきっかけとなった。

1. 動機及び目的

木曽青峰高校第2グラウンドへ植物観察に行った際、先生から「ユキノシタの葉の裏には赤紫色の色素『アントシアニン』が含まれているが1つのユキノシタの株の中に葉の裏が赤紫色の葉と白色の葉の2種類がある」と聞いたので、第2グラウンドに自生していたユキノシタを観察したところ、葉の裏面が赤紫色を呈する葉と白色を呈する葉が観察され、興味をもった。木曽青峰高校丘の上キャンパス校内にもユキノシタが自生しており、その群生においても、第2グラウンドで観察したユキノシタ同様、図1のような赤紫色の葉の株と白色の葉の株が観察された。

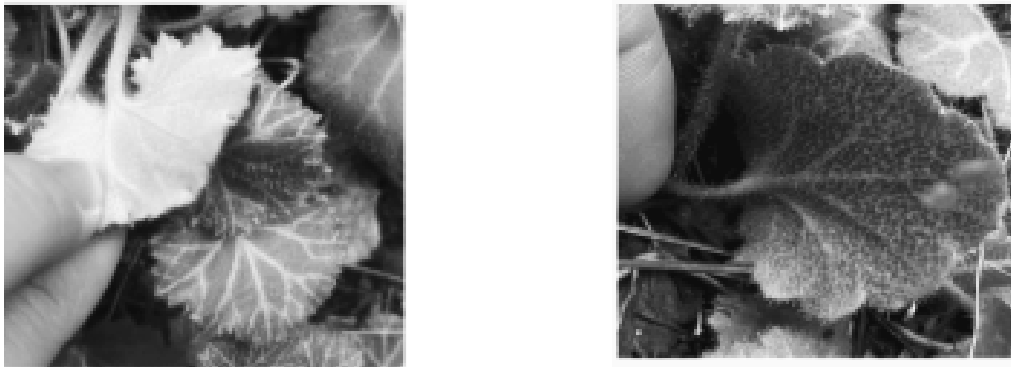


図1 葉の裏が白色のユキノシタ(左)と赤紫色のユキノシタ(右)

ユキノシタの葉の裏面の表皮細胞の液胞中にはアントシアニンを含み、赤紫色を呈することが知られている。これを基に、葉の裏面が赤紫色のものと白色を呈したものが混在するメカニズムを解明したいと考えた。

2. 仮説

仮説①

図2のように、ユキノシタの一生で、アントシアニンの含有量は一定であるが、葉および液胞は生長するので、液胞中のアントシアニンの赤色が薄くなると考えた。

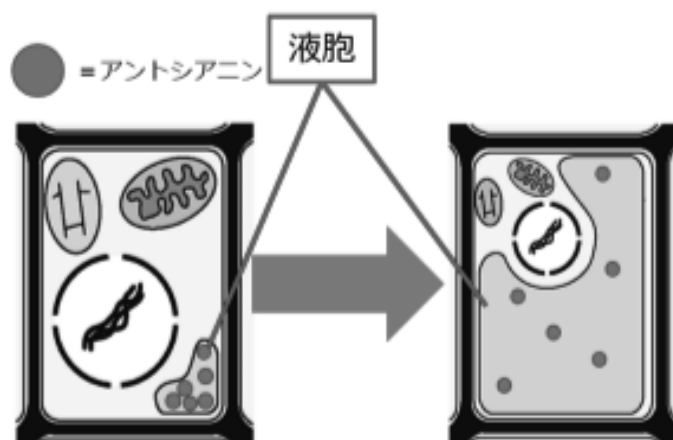


図2 液胞の中のアントシアニンのイメージ

仮説②

葉の裏面が赤紫色の葉より白色の葉の方が葉の形が大きく、多くの花をつけていることが観察されたので、アントシアニンが生長の過程で、特に花卉の色素に使われると考えた。

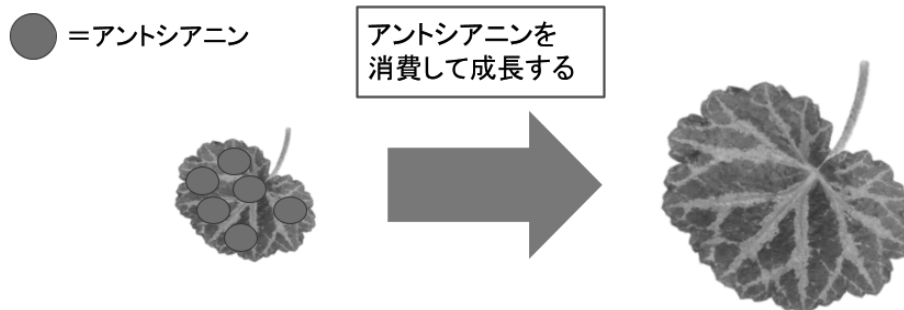


図3 生長に使われるアントシアニンのイメージ

3. 方法

○実験①「校内に自生するユキノシタの種の同定」

現在、日本で確認されているユキノシタは全部で6種類である。そこで校内に自生しているユキノシタの種を同定するために、日本に自生している6種類のユキノシタと校内に自生するユキノシタを、葉の形状・ランナー・開花時期を、図書館の植物図鑑・文献・インターネット等を用いて形態学的に比較調査した。

○実験②「葉の裏面の表皮細胞の液胞中のアントシアニン含有量の違いの観察」

葉の裏面が赤紫色の葉と白色の葉の表皮細胞の液胞中に含まれるアントシアニンを『スクエア 最新図説生物』の実験方法に従って光学顕微鏡下で観察し、比較検討した。

○実験③「葉の裏面が赤紫色の葉と白色の葉の大きさと個体数の比較調査」

校内の群生を観察したところ、大型の葉ほど葉の裏面が白色であるという傾向があったので、群生の任意の範囲から4株のユキノシタの採集を行い、葉の裏面の色を目視で「白」「うす赤」「赤」の3段階に分類した。さらに色で分類した葉の長径を計測し平均値を測定することで、葉の裏面の色の違いと葉の大きさの関係を比較調査した。

4. 結果及び考察

結果①「校内に自生するユキノシタの種の同定」

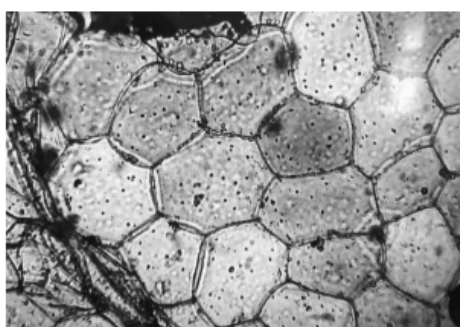
校内に自生しているユキノシタ科の植物は、ランナーが観察され、開花時期が6月であった。また校内のユキノシタ科の植物と葉の形状が似ているものは、「ユキノシタ」「ハルユキノシタ」「フキユキノシタ」の3種類である。このうち「ユキノシタ」はランナーを有し、開花時期は6月であり、「ハルユキノシタ」は開花時期は6月であるが、ランナーが無いので別種と考えた。「フキユキノシタ」はランナーが無く、開花時期が一致しないため別種と考えた。以上より、表1のようになるため、校内に自生するのは、「ユキノシタ」の可能性が最も高いと考えられる。

	ランナー	開花時期
本校に自生する株	有	6月
ユキノシタ	有	6月
ハルユキノシタ	無	6月
フキユキノシタ	無	7～8月

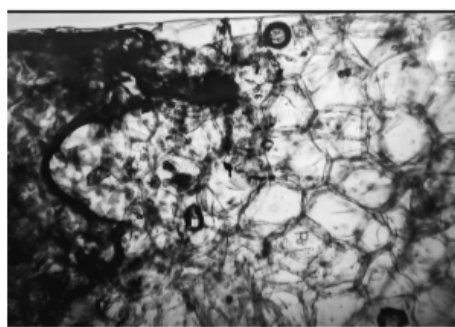
表1 それぞれのユキノシタのランナーの有無と開花時期の様子

結果②「葉の裏面の表皮細胞の液胞中のアントシアニン含有量の違いの観察」

図3に示す様に、裏面が白色の葉の表皮細胞の液胞は無色透明で、アントシアニンは観察されなかったが、裏面が赤紫色の葉の表皮細胞の液胞は濃い赤色を呈しており、アントシアニンが観察された。さらに葉の裏面の赤紫色が濃いほど、液胞中のアントシアニンが濃い赤色を呈していた。そのため、葉の裏面の表皮細胞の液胞中のアントシアニン含有量とユキノシタの葉の裏面の色には強い関係があることが考えられる。



裏面が赤色の葉



裏面が白色の葉

図4 葉の裏面の表皮細胞にある液胞中のアントシアニンの様子

結果③「葉の裏面が赤色の葉と白色の葉の大きさと個体数の比較調査」

実験③で採集した4株のユキノシタの葉、合計27枚の葉の裏面の色を目視で「白」「うす赤」「赤」の3段階に分類した葉の長径を測り、各色ごとに長径の平均を計算した結果、「赤」「うす赤」「白」と葉の裏面の色が薄くなるごとに長径が大きくなったので、仮説②が成立すると考えられる。

採集した葉の枚数：27枚

白色の葉	：枚数 = 15枚
	直径平均 = <u>4.51cm</u>
うす赤色の葉	：枚数 = 8枚
	直径平均 = <u>3.23cm</u>
赤色の葉	：枚数 = 4枚
	直径平均 = <u>2.03cm</u>

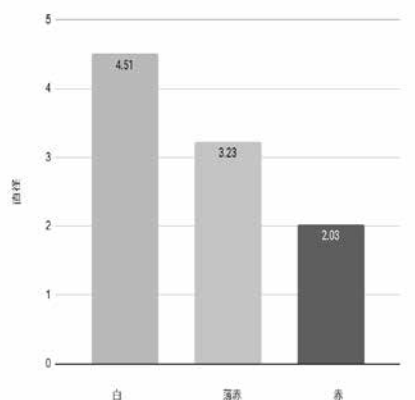


図5 3色ごとのそれぞれの葉の長径の調査結果

5. 今後の予定と課題

- ① 校内に自生するユキノシタの観察を続け、形態学的に正確な種の同定を行う。
- ② 校内に自生するユキノシタの根端組織より体細胞分裂の観察のため使用する、新根の発根させることはできたが、その後の実験操作において、本校では使用出来ない薬品を用いた処理や実験方法があるので、大学や研究所などの研究機関の指導の下、染色体数を解析することができれば、正確な種の同定が可能であるので、連携先を探し実験を行う。
- ③ 葉の色の分類については、色彩見本を用い、より精度の高い解析を行う。
- ④ 葉の生長にともない葉の裏面が赤紫色から白色になると考えているが、逆に葉の裏面が白い葉が赤紫色を呈することがあるのかを調査する。

6. 参考文献

- 1) 北村四郎 村田源『原色日本植物図鑑草(中)』p153 株式会社 保育社 昭和36年6月10日
- 2) 林 弥栄『三溪カラー名鑑 日本野草』P417 山と溪谷社 2000年11月15日
- 3) 北村四郎 村田源『原色日本植物図鑑草本編(中)』p156株式会社 保育社 昭和51年1月10日
- 4) 林 弥 栄『日本の野草』p416 株式会社山と溪谷社 2000年11月15日
- 5) 著者:永田芳男 発行者:川崎吉光『春の野草』p200 出版社:株式会社山と溪谷社
- 6) 北村四郎 村田源『原色日本植物図鑑草本編(中)』p156 株式会社 保育社 昭和36年6月10日
- 7) 林 弥 栄『三溪ハンディ図鑑1 野に咲く花』P302 山と溪谷社 1990年1月20日

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導担当の浦野先生には多くの助言、ご指導をいただきました。
ここに感謝を表します。本当にありがとうございました

令和 5（2023）年度 理数探究報告集

発行 令和 6 年 3 月 15 日

編集 長野県木曽青峰高等学校 理数科運営委員会
〒397-8571 長野県木曽郡木曽町福島 1827-2
TEL 0264-22-2119 FAX 0264-21-1056

印刷 木曽オールプリント株式会社
〒397-0001 長野県木曽郡木曽町福島 6916
TEL 0264-21-3166 FAX 0264-22-2635