

ホシアサガオのつるの巻き付きはなぜ密か？～断面形状の秘密と異なる波長の光が与える影響～

熊本県立熊本西高等学校 生物部

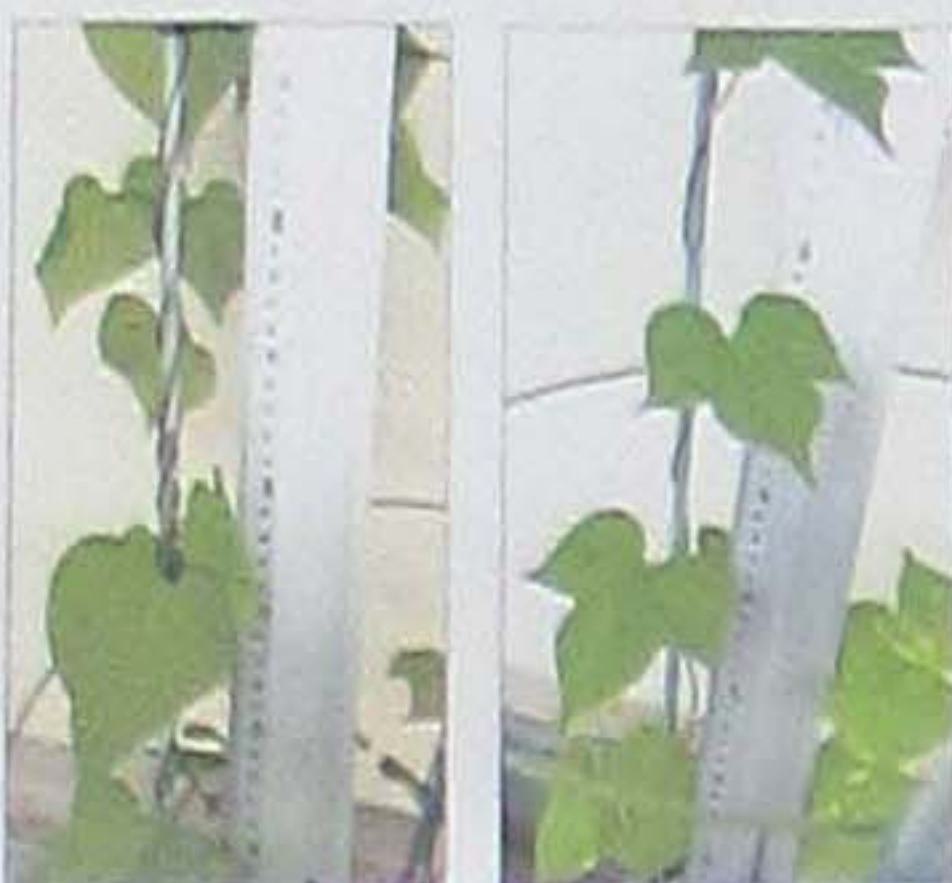
2年 寺野 旬人 菅 秀男

1年 上村 優雅 坂本 新太 小田原 巨弥

1. はじめに

本校は熊本市西区の坪井川と白川の下流域の平野部に位置しており、田畑に囲まれている。昨年、私たちは学校周辺にさまざまなヒルガオ科の外来種が生育していることを確認した。特に生育が旺盛で広範囲に見られたのはホシアサガオ (*Ipomoea triloba* L.) である。ホシアサガオは熱帯アメリカ原産の1年草であり、多くの個体が互いのつるを絡ませてネット状になりそこに隙間無く葉がつくことで一面を覆っている。ホシアサガオは大豆栽培で被害が確認されており、収穫できなくなったり、農業機械につるが巻き付いて作業が妨げられたり、収穫においては大豆にホシアサガオの種子が混入したり、つるの切断面から出た汁で汚損したりする。

実際に育ててみると右図のようにホシアサガオはアサガオと比較してつるが他のアサガオと比較して密に巻き付くしくみを明らかにすることを目的とした。



2. 研究内容

実験1 アサガオのつるの回旋運動の観察

- (1)目的
西高周辺で生育しているアサガオ類のつるの成長と回旋運動の様子を観察し、特徴を確認する。
- (2)準備
材料：アサガオ、ホシアサガオ、マルバアメリカアサガオ、マルバルコウの種子、培養土
器具：水耕栽培用水槽、プラ鉢、照明装置、タイムラプスカメラ (DVR-T1-AC)
- (3)方法
①種子を培養土を入れたプラ鉢に蒔き、発芽後、本葉が2枚になったら水耕栽培用水槽に移す。
②上部から照明を当てながら、2回/時の周期でタイムラプス撮影する。
- (4)結果



図1 回旋している様子

アサガオ、ホシアサガオ、マルバアメリカアサガオでは本葉が5枚になるとつるが急速に伸長し、盛んに回旋運動を始めた。

実験2 つるの断面形状比較

- (1)目的
ホシアサガオとアサガオでつるの断面形状にどのような違いがあるか確かめる。
- (2)準備
準備：ホシアサガオ、アサガオのつる
器具：カミソリ、シャーレ、スライドガラス、カバーガラス、顕微鏡
- (3)方法
①ホシアサガオとアサガオのつるをカミソリで薄く切り、切片をシャーレの水に浮かべる。
②切片をスライドガラスに取り、水を一滴垂らしてカバーガラスをかけ、顕微鏡で観察する。
- (4)結果



図2 つるの断面形状

アサガオのつるの断面は円形で、表面に細かい毛がある。ホシアサガオでは金平糖のような多角形で突起と突起の間に面が見られる。

実験3 ひもを用いたシミュレーションによる検証

- (1)目的
実験2より、つるの断面形状はアサガオでは円形、ホシアサガオでは多角形であり、頂点に突起があることがわかった。このような断面形状の違いが巻き付き周期と関係していると考え、次の仮説を立てた。
【仮説】断面形状が多角形の方が円形よりも短い周期で密に巻き付く。
ひもの断面形状によって、巻き付き周期に違いが出るか確かめる。
- (2)準備
材料：シリコン丸ひも (3mm, 4mm)、角ひも (3mm, 4mm)
※丸ひもをアサガオ、角ひもをホシアサガオに見立てる。
器具：ビロー軸受け、アクリル管 (直径11mm)、電動ドライバー、テープ、デジタルノギス、1mものさし
- (3)方法
①巻き付き装置のアクリル管の一端にひもをテープで固定し (起点とする)、電動ドライバーでアクリル管を回転させて、ひもを巻き付け、巻き付き周期ごとの区間の長さを測定する。この操作を20回繰り返す。



図3 巻き付き装置



図4 巻き付き区間長の変化

②デジタルノギスでアサガオとホシアサガオの茎頂から5cmのつるの直径(mm)を4カ所測定し、平均値から茎の太さの割合を求める。

	1	2	3	4	平均値	割合
アサガオ	0.80	0.99	0.95	0.91	0.91	1.0
ホシアサガオ	0.74	0.52	0.71	0.66	0.66	0.73

結果より、4mm丸ひもをアサガオ、3mm角ひもをホシアサガオの茎に見立てる。

(4)結果

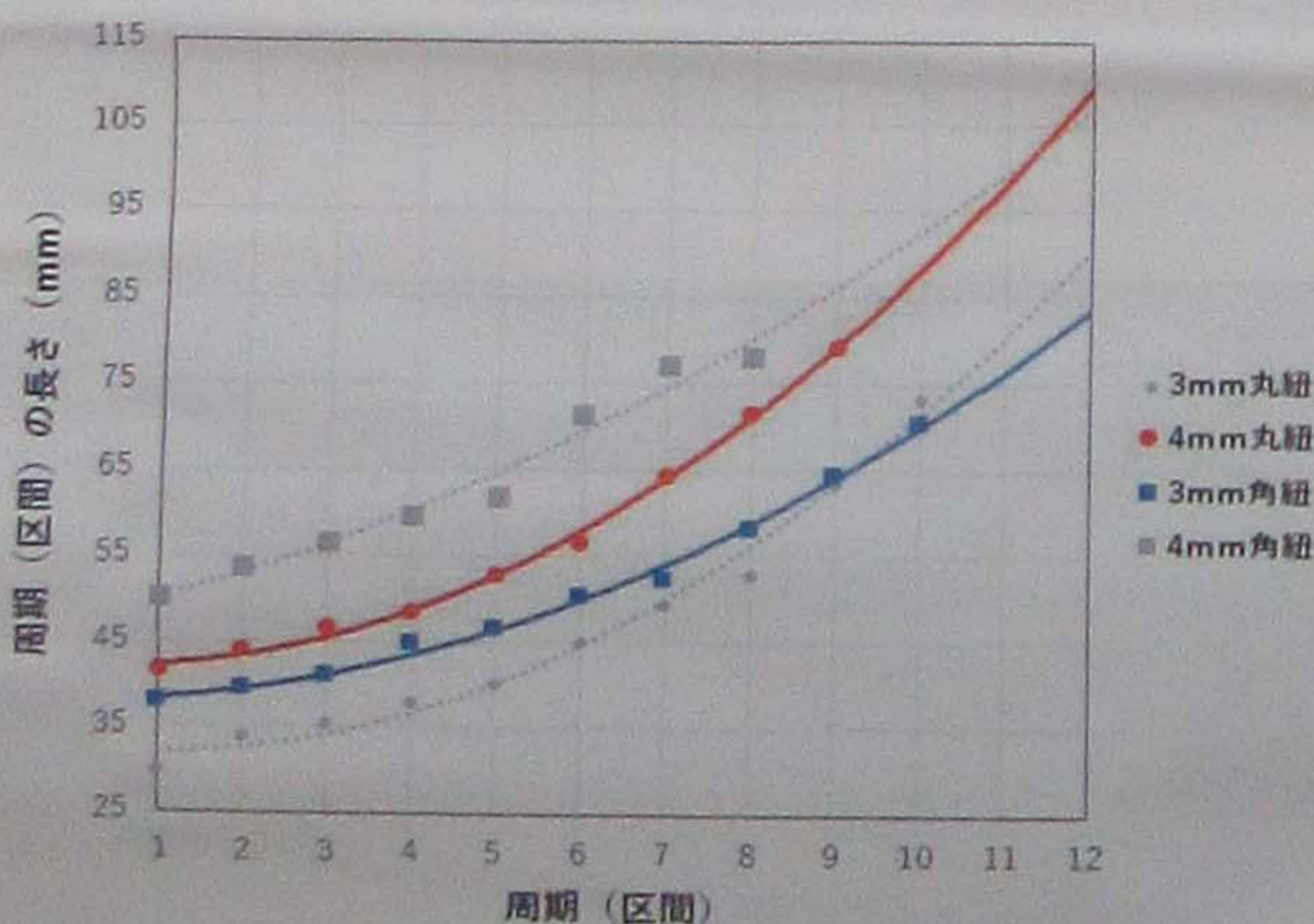


図4 巻き付き区間長の変化

ひもの断面形状に関わらず、細い方が巻き付き周期が短くなり、密に巻き付く。近似式を以下に示す。
3mm丸 $y = 0.4552x^2 - 1.4397x + 32.619$ (r^2 値=0.9883)
4mm丸 $y = 0.4984x^2 - 0.3709x + 42.073$ (r^2 値=0.9968)
3mm角 $y = 0.3034x^2 + 0.1689x + 37.835$ (r^2 値=0.9950)
4mm角 $y = 0.2685x^2 + 2.1826x + 47.186$ (r^2 値=0.9790)
xの係数が丸ひもの方が大きいことから、区間の長さの変化量が大きいことがわかる。角ひもは変化量が小さく、起点から離れても区間長があまり変化しない。アサガオに見立てた4mm丸ひもの方が、ホシアサガオに見立てた3mm角ひもよりも全周期で区間長が大きくなり、区間長の変化量が大きいことから断面形状が多角形のほうが、円形よりも密に巻き付くことが示唆された。

実験4 つるの巻き付きに異なる波長の光が与える影響

- (1)目的
八代清流高校科学部の研究 (H29-R1) によると、植物に異なる波長の光 (赤、青) を与えると茎の成長に違いが出るが示されている。異なる波長の光がアサガオのつるの成長や巻き付き周期にどのように影響するか確かめる。
- (2)準備
材料：ホシアサガオ、アサガオ苗
器具：段ボール箱、アクリル板、LED照明装置 (赤660nm, 青460nm, 白 (対象)), 丸棒 (6mm)
- (3)方法
①ホシアサガオ苗を鉢づつ、青、白、赤の照明の箱に静置し、つるの成長を観察する。
- (4)結果



図5 色箱の様子

※どの照明も光子密度を $1.0 \mu\text{mol/m}^2/\text{sec}$ とした。



図6 つるの様子

青色光では、つるが急速に伸長し、緩やかに支柱に巻き付いている。赤色光ではつるの伸長は抑制され、周期の長さが短い密な巻き付きとなった。白色光 (対照実験) では青色と赤色の中間の巻き付きを示した。

3. 考察

実験1より、マルバルコウ以外のアサガオ類では5枚目の本葉が出てから急速につるが伸び、盛んに回旋運動した。文献によると、アサガオの葉は茎を2回転する間に5枚の葉がつき、隣接する葉は144度の開きとなり、5枚の葉がついた時点で上から見ると図7のように星形になる。5枚目の葉がついた時点で中心軸のバランスがとりやすくなり、回旋運動しやすくなると考えられる。実験2より、ホシアサガオの断面形状は多角形で頂点に突起が見られた。実験3でホシアサガオに見立てた3mm角ひもはアサガオに見立てた4mm丸ひもと比べて巻き付き周期の長さが全区間で短く、また変化量が小さかった。このことから断面形状が円形よりも、四角形の方が密に巻き付くといえる。これは支柱に巻き付くとき丸ひもが常に点で接するのに対し、角ひもは図8のように支柱の表面を回転しながら巻き付いていく。頂点と面が交互に接するため、接触面積が大きくなり、摩擦力が強くなるため、ひもが滑りにくくなり密に巻き付くことが出来ると考えられる。実験4では青色光でつるの成長が促進され、巻き付きが緩くなるのに対し、赤色光ではつるの成長が強く抑制され、巻き付きが密になる。巻き付きの密度に、つるの成長速度が関係していることが示唆される。

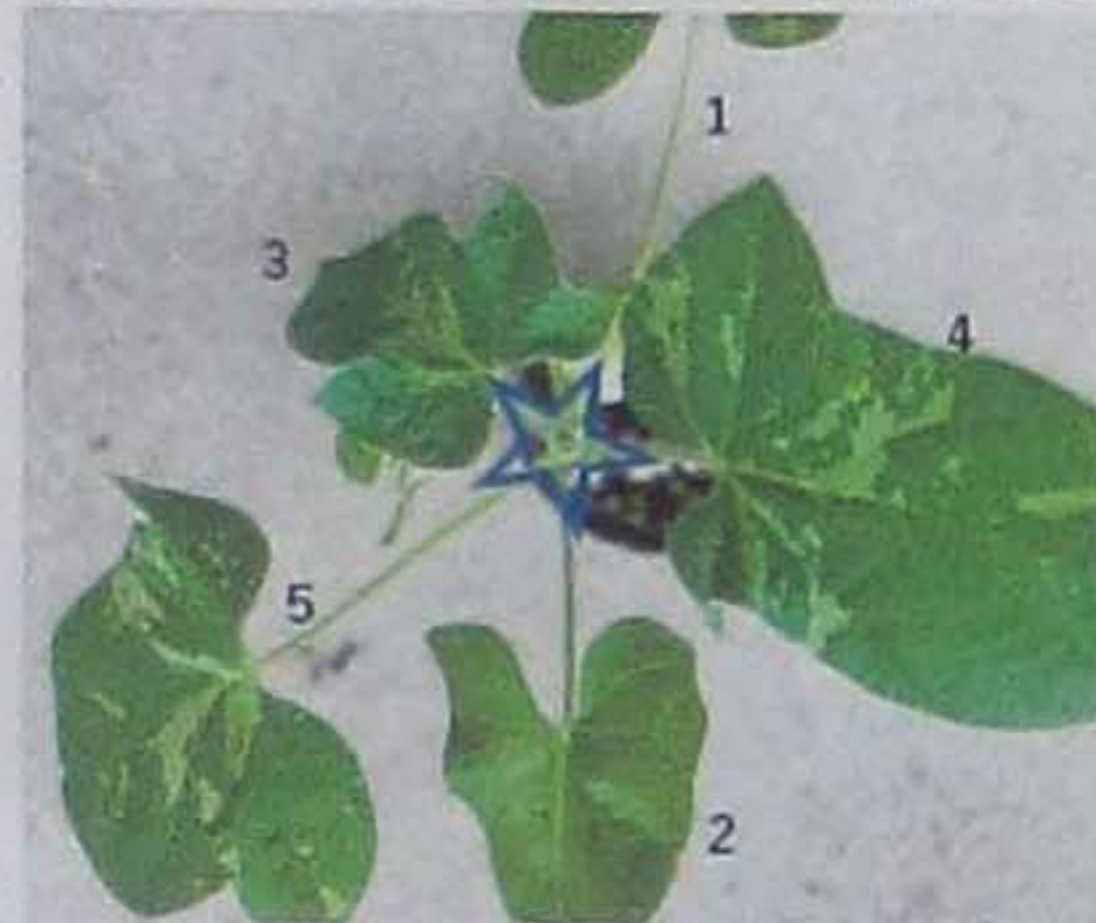


図7

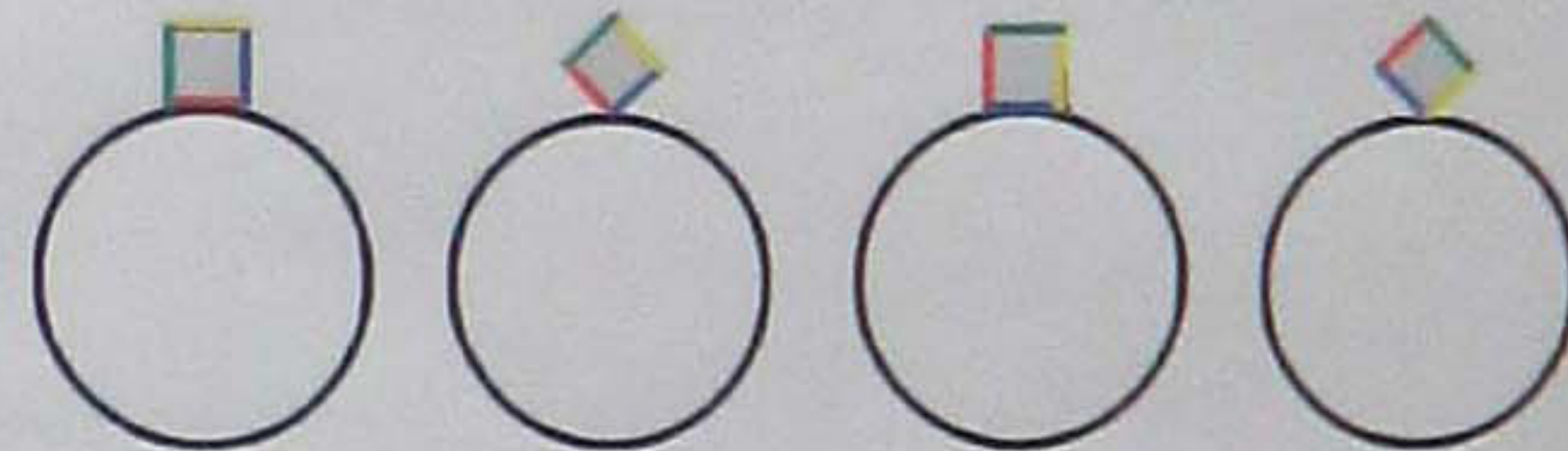


図8 角ひもの巻き付き

4. 今後の課題

- ①異なる波長の光を与えることで、つるの成長と回旋運動にどのような違いが生じるのか。
②その結果、巻き付き周期にどのような違いが生じるのか

5. 参考文献

- 京都大学HP最新の研究結果を知る2024.2.5公開
柔らかいひもの巻き付きのしくみを解明ーひもはどのように他の物体に巻き付くのか？ー 谷茉莉著
- 熊本生物 (H29-R1)
- 日本植物生理学会みんなのひろば植物Q&A

6. 謝辞

本研究にあたり、
崇城大学大学院工学研究科機械システム/機械工学専攻専攻長
ものづくり創造センター長 里永憲昭 様
熊本県農林水産部農業技術課 三ツ川 様
に多大なるご助言をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

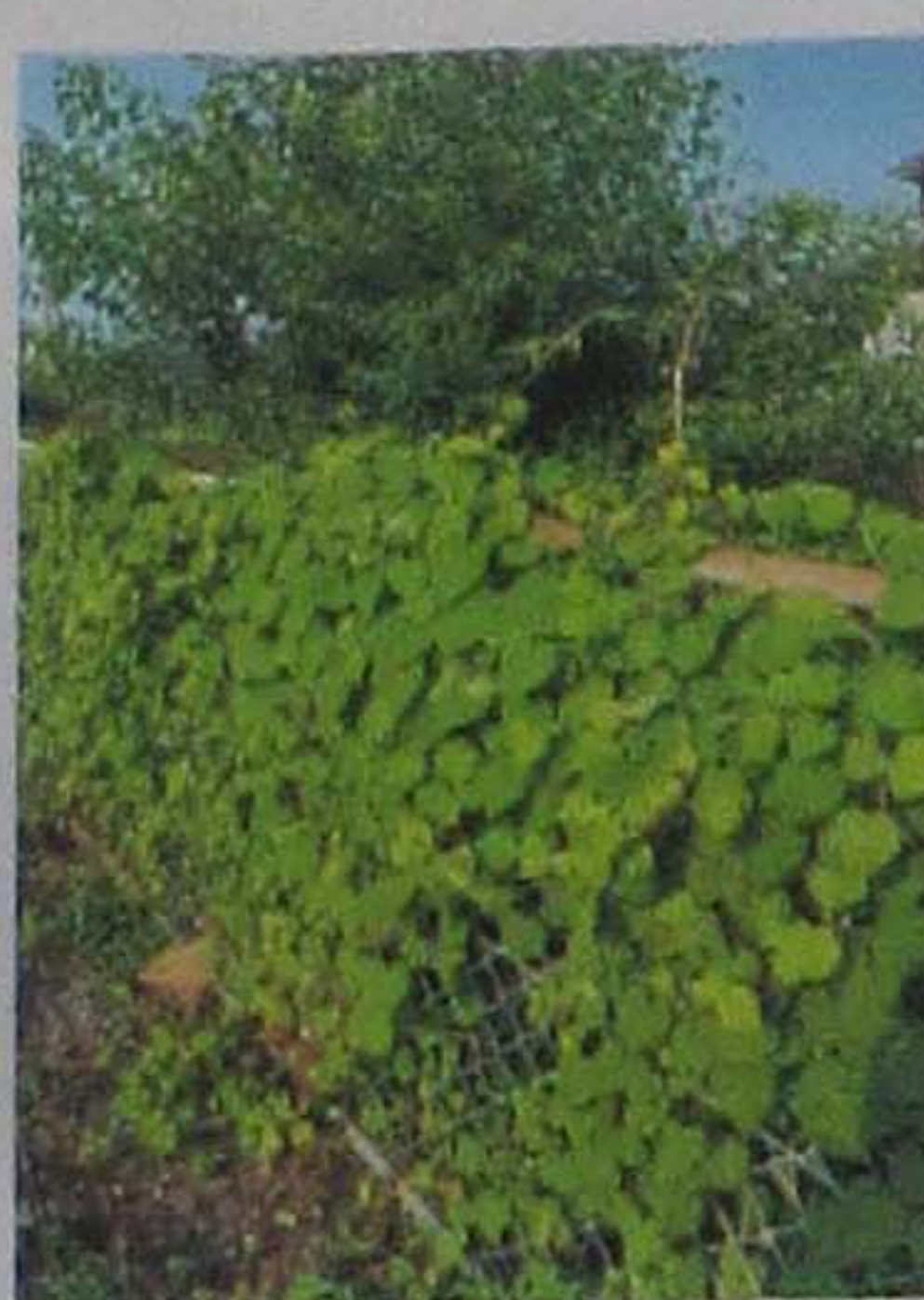
★ホシアサガオギャラリー★

一面をおおうホシアサガオー人の手が入らない場所で広がっている

線路沿いのフェンス

水路沿い

藪の中



大豆畑に進入

密な巻き付き

ホシアサガオの花

