

つるの研究～正確な測定と解析～

藤枝市立高洲中学校 1年 大川果奈実

1 研究を始めたきっかけ

静岡科学館る・く・るのサイエンスアドベンチャーや、エコパアリーナが実施している自然教室、各種イベントなどに参加していくうちに、植物のつるがとてもきれいに巻いているのを見つけました。そのつるが、どうやってまくのか不思議に思い、小学校3年生から、研究を始めました。

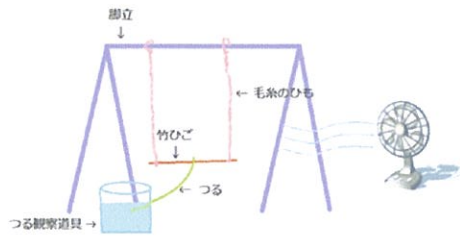
2 昨年までの研究

昨年までの研究では、つるは、

- ① 風で引っ張ったり引っ張られたりすると、巻き付いてバネのようになること。
 - ② つるは茎から切っても切った部分が水についていると動き続けていること。
 - ③ つるは右巻きと左巻きが、同じ数だけ丸くなること。
 - ④ バネの形になると約PETボトル1本(500g)をぶら下げることができること。
 - ⑤ つるによって耐えられる重さが違う。
 - ⑥ つるが耐えられる重さや、花の大きさ、葉の大きさで、どんな大きさの実が成るのか推測できる。
- など6つの発見をしました。

研究の中で、家の外では風の影響で観察がむづかしいため観察道具を作りました。

<つるの観察道具>



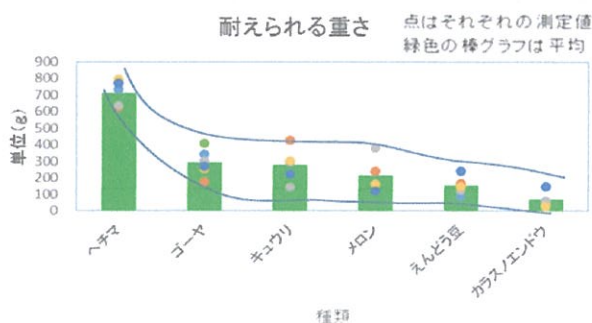
<人工つる>



研究の結果をもとに、つるを人工的に作ることに一昨年から挑戦し、2年目でやっと成功しました。

昨年の研究では、色々な植物のつるの、耐えられる重さに違いはあるのかを調べました。

<耐えられる重さの順で並べた図>



耐えられる重さ(単位g)	ヘチマ	ゴーヤ	キュウリ	メロン	えんどう豆	カラスノエンドウ
1	734	343	293	169	89	62
2	628	175	427	239	166	53
3	634	302	143	379	126	62
4	793	254	303	164	150	29
5	771	271	222	119	240	150
6		408				
平均	712.0	292.2	277.6	214.0	154.2	71.2

4.6倍

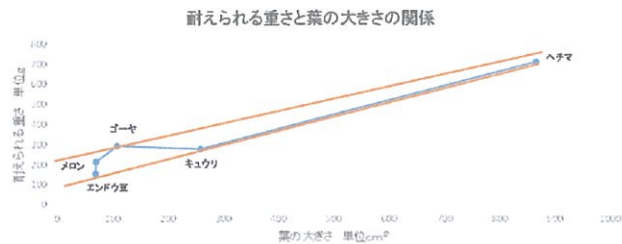
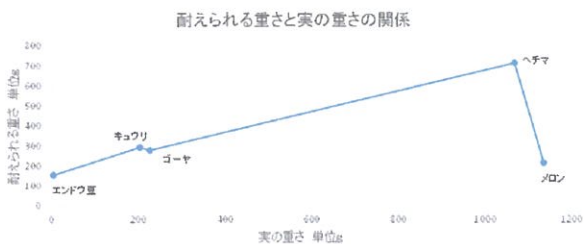
結果は上の図表のようになり、中でもヘチマが一番耐えられる重さが重くなりました。

平均で比較すると、ヘチマのつるはエンドウ豆のつるに比べて耐えられる重さが 4.6 倍になり、ヘチマのつるはゴーヤのつるに比べて、約 2.4 倍になることがわかりました。

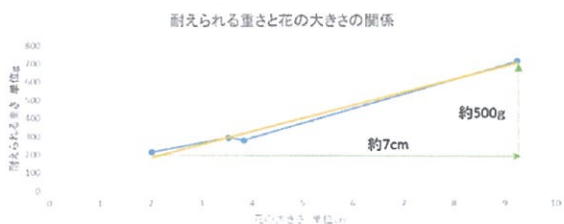
そして、実の大きさが関係していると考えたので、実験しました。その結果、つるが耐えられる重さや、花の大きさ、葉の大きさを、どんな大きさの実が成るのかグラフから推測できることがわかりました。

<実の重さと耐えられる重さの関係>

<葉の大きさと耐えられる重さの関係>



<花の大きさと耐えられる重さの関係>

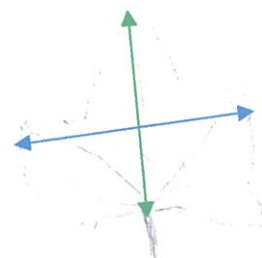


3 今年の研究

昨年の実験で、葉の大きさと、つるの耐えられる重さは、関係していることがわかりました。しかし、面積の出し方を葉の大きさ（面積）＝縦の長さ×横の長さで出していた

ので、葉の正確な面積との関係を調べることができませんでした。

そこで、昨年の実験方法を見直し、葉の大きさととの関係を調べるために、横の長さではなくて、より正確な面積でつるの重さとの関係を調べました。



正確さが欠けることで、研究の精度が研究の結果に大きな影響を与えるため、今年は、データの正確さを重視して研究を行うことにしました。また、昨年の実験で分かった、「植物によってつるの耐えられる重さが違う」理由を追求するために、つるの断面の細胞に秘密があると思ったので違いを調べました。

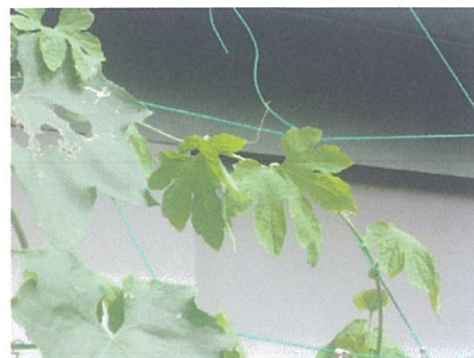
3-1 実験の計画

2月にエンドウ豆の植えから
右の表のように進めました。

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
エンドウ豆植える		→							
葉とつる冷凍保存			→						
カラス/エンドウ採取				→					
葉とつる冷凍保存					→				
メロン苗を買う					→				
キュウリ苗を買う					→				
ゴーヤ苗を買う					→				
ヘチマ植える					→				
面積測定方法を考える						→			
面積を測る							→		
つるの細胞を顕微鏡で観察								→	
まとめ									→

4 研究して、知りたい事

- 複雑な形の葉の面積を正確に測るためにはどうすればよいか？
⇒ 葉の面積の測定する方法を見つける。
- 葉の面積は実の重さと関係しているのか？
- 植物によって“つる”の断面には違いはあるのか？



5 実験の準備

- ① 調査するつる植物を決め、購入する。
- ② 肥料をまいて、毎日水やりをする。

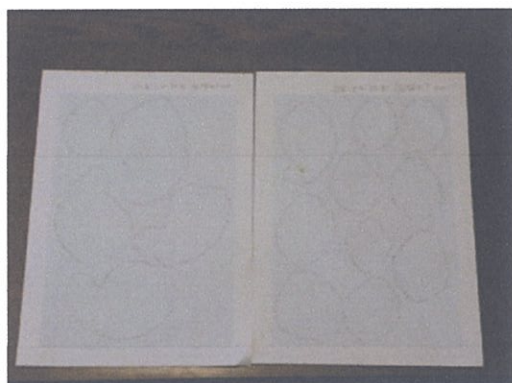
6 複雑な形の葉の面積を正確に測るためにはどうすればよいか？

まず、葉の面積を測る方法を検討しました。

○ **<アイデア1>** 方眼紙（5mmマス目）に葉の形をとり、葉の面積に入ったマスの数を数える。

【使用するもの】

- 5mm方眼用紙、葉、筆記用具



5mmの方眼用紙に葉の形を書き写す

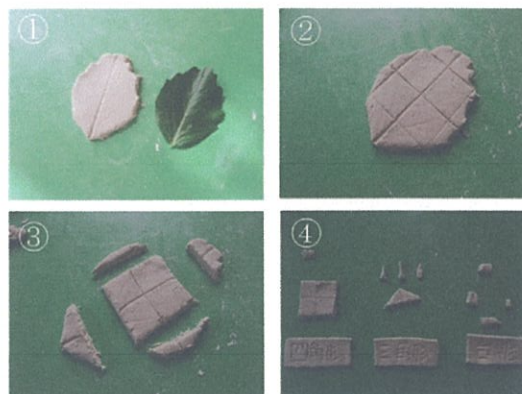


葉の形に入ったマスの数を数え、葉の面積を調べる

○ **<アイデア2>** 薄く伸ばした粘土に葉の跡を付け、面積を求める公式がある図形に分け、求める。

【使用するもの】

- 粘土、葉
- ① 一定の厚みの粘土を葉の形に切り取る
 - ② その粘土に面積を公式で求められる図形を書く
 - ③ 書いた線に沿って切り取る
 - ④ 図形ごと長さを測り、計算し、合計を求める



面積を公式で求められる図形とは、小学校6年生までに授業で習った、正方形、長方形、三角形、台形、ひし形、平行四辺形の6種類の図形を表しています。上の写真では、四角形、三角形、台形を使って葉の面積を求めています。

<アイデア3> 粘土を葉の大きさに切り重さを測り、重さから面積を出す。(下の写真は、四角形のプラスチックでの検討です。)

【事前準備】

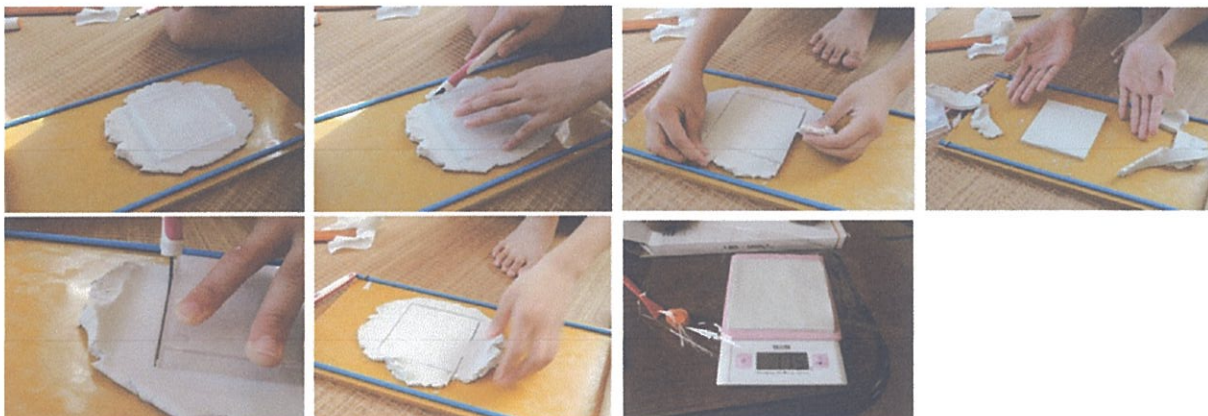
使用するもの

- 板に6mmの筒を固定したもの,葉(6種類),
粘土、粘土ヘラ、麺棒(粘土を伸ばすため)

【1cm²当たりの粘土の測定方法】

- ① 一定の6mmの厚さで、9.7cm×9.7cmプラスチック片の粘土を切る。
- ② 重さを測る。

この作業を約20回繰り返し行い、誤差が少ないかの確認もします。



【葉の計測方法】

- ① 6mmの一定の厚さの粘土に葉を乗せ、形に添って粘土を切る。
- ② 重さを測る。

このデータから、

$$\begin{aligned} & [9.7\text{ cm} \times 9.7\text{ cmの正方形 } 94.09\text{ cm}^2\text{の重さの平均} \div \text{面積}] \\ & = 1\text{ cm}^2\text{あたりの重さ} \end{aligned}$$

この式で1cm²あたりの重さを出します。そして、

$$[1\text{ cm}^2\text{あたりの重さ} \times \text{葉の粘土の重さ} = \text{葉の面積}]$$

この式で、葉の面積を出すことができます。

このような3つの方法を一通り実験してみました。そして、5つの正確といえる条件に合っているかを○、×、△の三段階で評価してみました。

○は1点、△は2点、×は3点とし、最も少ない点の方法を選びます。

【条件】 効率は良いか、結果は正確か、誤差は少ないか、大きさが異なっても同じ時間で実験できるか、一枚にかかる時間はどれくらいかかるか。



〔評価方法〕
 (1)の方法→方眼用紙
 (2)の方法→粘土A
 (3)の方法→粘土B

※時間の項目は3段階ではなく時間で表示してあります。

6-1 結果

表に表すと、このようになりました。

粘土 B は、評価がすべて○となり、一枚の葉にかかる測定時間も、約 5 分と、一番短いと分かりました。

アイデア 評価項目	方眼用紙	粘土A	粘土B
効率	✖ ³	△ ²	○ ¹
正確さ	○ ¹	△ ²	○ ¹
誤差	○ ¹	○ ¹	○ ¹
大きさが異なる場合でも時間は同じか	✖ ³	△ ²	○ ¹
時間(1枚)	約20分 ³	約15分 ²	約5分 ¹
評価	11	9	5

評価結果：効率の良いといえる実験方法は、方法(3)の「粘土を葉の大きさに切り重さを測り、重さから面積を出す」粘土 B が5点で、最も良いと分かりました。(点数が低い方が良い) この結果から、葉の面積を早く正確に測れる (3)の方法を使って、葉の面積を出していきたいと思います。

6-2 葉の面積の測定

畑に植えたつる植物の葉がたくさん出てくるのを待ち、葉がたくさん出たことを確認し、少し枯れてきた葉をとる。このとき、葉をたくさん採りすぎると、光合成ができず植物が枯れてしまうので、一気に大量の葉を採るのではなく、枯れてきた少量の葉を採ることを注意しました)

7 標準板(基準板)の面積を測る

6-1 で説明した粘土 B の方法で、9.7cm×9.7 cm の正方形の粘土の重さを測り、この実験のデータの精度を、22 回測定して確かめました。

測定は、1 g 単位のはかりで、粘土の重さを測りました。

7-1 結果

結果を右の表にしました。

9.7×9.7の正方形 1g単位のはかり(g)	重さ(g)	差 (平均-重さ)	絶対値	平均偏差
1	115	-4.0	4.0	2.959
2	120	-9.0	9.0	
3	105	6.0	6.0	
4	108	3.0	3.0	
5	107	4.0	4.0	
6	114	-3.0	3.0	
7	115	-4.0	4.0	
8	107	4.0	4.0	
9	105	6.0	6.0	
10	108	3.0	3.0	
11	110	1.0	1.0	
12	112	-1.0	1.0	
13	108	3.0	3.0	
14	112	-1.0	1.0	
15	112	-1.0	1.0	
16	112	-1.0	1.0	
17	112	-1.0	1.0	
18	109	2.0	2.0	
19	112	-1.0	1.0	
20	116	-5.0	5.0	
21	110	1.0	1.0	
22	112	-1.0	1.0	
平均	111.0	0.0	3.0	

表にある、「差」という列は、重さの平均-重さの差を表します。「絶対値」は「差」で表記している数値の絶対値を表します。「平均偏差」は、平均値に対するばらつきを表したもので、平均値から平均でどのくらいばらついているかを表します。この1g単位のはかりでは、1㎡あたりの面積は、平均の111g÷94.09㎡で計算すると、1.179g/㎡ということが分かりました。平均偏差は、2.959gでした。2.959g÷111g×100で、2.7%となり、平均値から約2.7%もずれてしまっていることがわかります。そこで、1g単位で計測したはかりが、ばらつきの原因となったと考え、はかりの表示に0.1g単位まであるはかりを使うことにしました。

7-2 実験 2

お店で 0.1 g 単位のあるはかりを買って、測定方法は変えず、はかりの精度を変えて、再度実験しました。（計測回数は 11 回）

7-5 結果

結果を表にしました。

はかりを 0.1 g 単位のはかりに変えた結果、1 cm² 当たり

の面積は、重さの平均の

105.44 g ÷ 94.09 cm² で、1.121 g/cm²

と分かりました。そして、平均偏差が

1.658 ÷ 105.44 × 100 の、約 1.8% に減りました。

2.7% から、1.8% と、0.9% 減らすことができました。

この結果から、1 g の表示を 0.1 g 表示にすると、さらに正確なデータが測定できることがわかりました。

9.7×9.7の正方形1g単位のはかり(g)	重さ(g)	差	絶対値	平均偏差
1	104.7	0.7	0.7	1.658
2	105.8	-0.4	0.4	
3	104.1	1.3	1.3	
4	107.6	-2.2	2.2	
5	105.6	-0.2	0.2	
6	109.8	-4.4	4.4	
7	105.4	0.0	0.0	
8	103	2.4	2.4	
9	107.5	-2.1	2.1	
10	102	3.4	3.4	
11	104.3	1.1	1.1	
平均	105.44	0.0	1.7	

7-6 考察

この結果の表を見て、いくつかのずれが

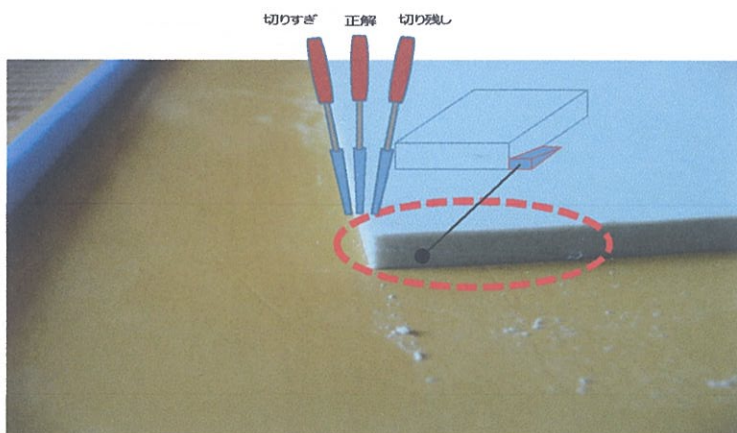
あったことに気が付きました。そこで、

ずれが出てしまった（ばらついてしまった）

原因を考えました。写真や、粘土の

側面などを見直したところ、粘土を

切り取るときにずれが出たと考えました。



赤い点線の中に、粘土の切り忘れがあります。

この少量の粘土でも、1g、0.1g と、重さが変わってしまっていたようです。この反対で、粘土の切りすぎも、重さのずれが出る原因があったと考えました。

この切り忘れは、粘土ヘラの入れる角度に問題があったと思い、粘土ヘラをしっかりと 90 度で形に沿って入れられるよう、ヘラにひとつ工夫をしました。

粘土ヘラに、スポンジ両面テープを切って張り付けたものです。

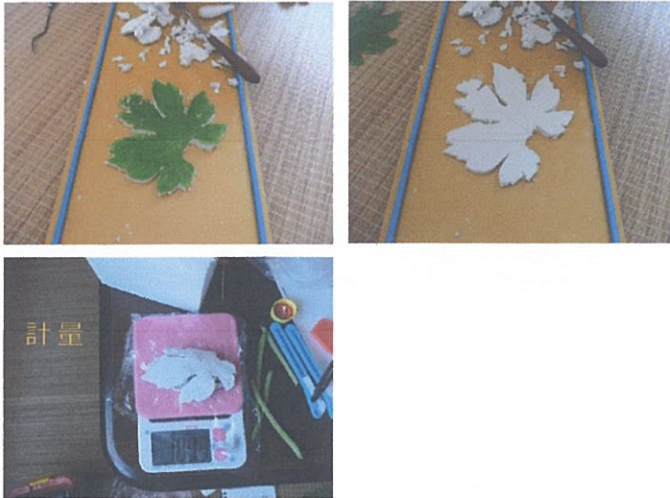
こうすることで、しっかりと 90 度で入ることができ、切り残しや切りすぎを回避することができます。



7-7 葉の面積を測る

今年は、ゴーヤ、メロン、キュウリ、ひょうたん、ヘチマ、エンドウ豆の 6 種類の植物を使って実験しました。

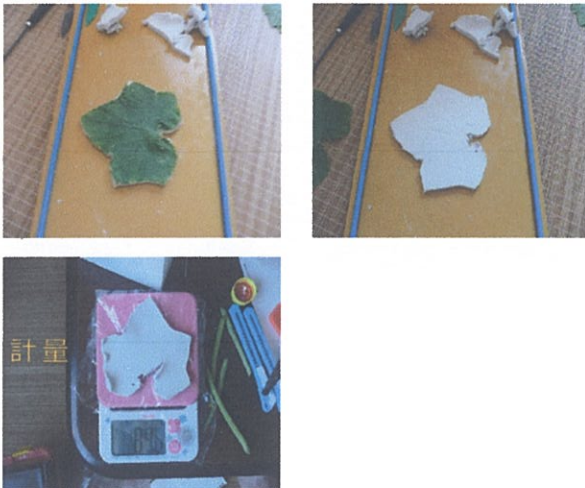
(1) ゴーヤの葉



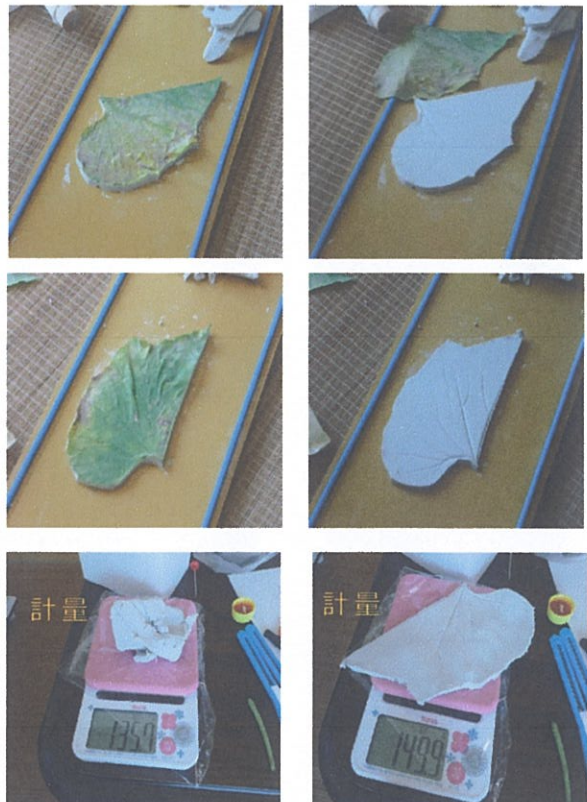
(2) メロンの葉



(3) キュウリの葉



(4) ひょうたんの葉



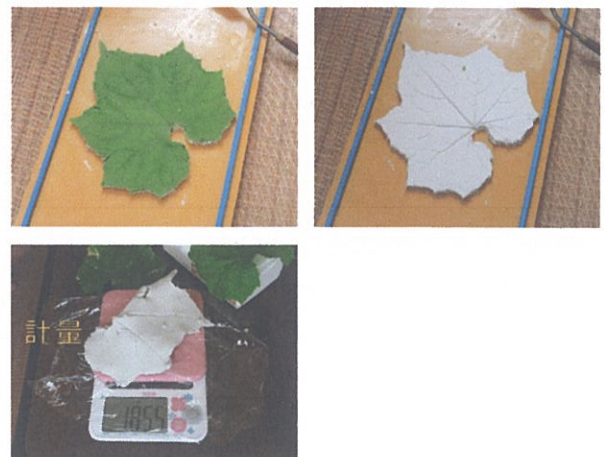
ひょうたんの葉は、他の種類より葉が大きく、粘土にすべて入りきらなかったため、半分に切って、その合計の面積を出すことにしました。



(5) えんどう豆の葉



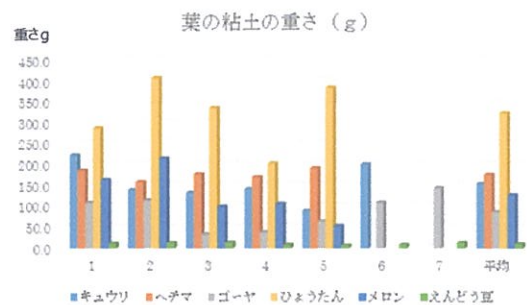
(6) ヘチマの葉



7-8 結果

まず、粘土測定の結果の表とグラフを作りました。

葉の粘土の重さ(g)	キュウリ	ヘチマ	ゴーヤ	ひょうたん	メロン	えんどう豆
1	221.5	185.5	108.8	285.5	163.4	10.9
2	138.5	157.5	114.7	407.0	214.0	12.7
3	132.7	176.7	33.8	334.7	98.8	13.4
4	141.1	169.8	38.7	201.7	105.6	7.8
5	89.6	191.2	64.6	383.7	52.7	6.6
6	200.0		109.3			8.1
7			144.0			13.0
平均	153.9	176.1	87.7	322.5	126.9	10.4



表で見ると、ひょうたんの葉の平均が、322.52 gと、一番大きいことが分かりました。

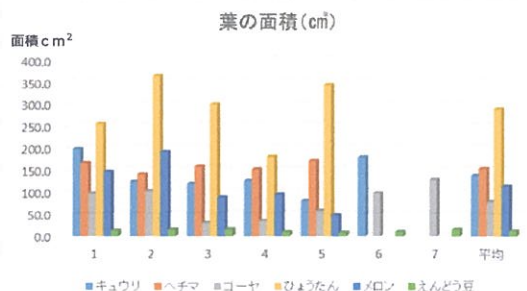
そして、次に大きいのは、176.1 gのヘチマでした。一番小さかった葉は、10.4 gのえんどう豆でした。

棒グラフでも、黄色のひょうたんの棒が一番長く、大きいことが分かりました。

重さが分かったので、次は、葉の面積を出しました。

7-5の結果で、1 cm²あたりの重さが、1.121 gだと分かったので、葉の粘土の重さとかけて計算しました。

葉の面積 (cm ²)	キュウリ	ヘチマ	ゴーヤ	ひょうたん	メロン	えんどう豆
1	197.7	165.5	97.1	254.8	145.8	12.2
2	123.6	140.6	102.4	363.2	191.0	14.2
3	118.4	157.6	30.2	298.7	88.2	15.0
4	125.9	151.4	34.5	180.0	94.2	8.7
5	80.0	170.5	57.6	342.4	47.0	7.4
6	178.5		97.5			9.1
7			128.5			14.6
平均	137.34	153.04	78.26	287.81	113.24	11.61



葉の面積が正確に求められました。

グラフを見ると、すべて同じ数をかけたので、重さのグラフと同じようになりました。

昨年の葉の面積のデータです。

昨年は、少数第一位まで求められていない、縦×横で求めていた、四角形と

同じ面積の出し方だったりして、

正確な面積とは言えない結果でした。

しかし、今年の研究で、葉の面積の

正確なデータを作ることに成功しました

さらに、昨年のデータと今年のデータを比較

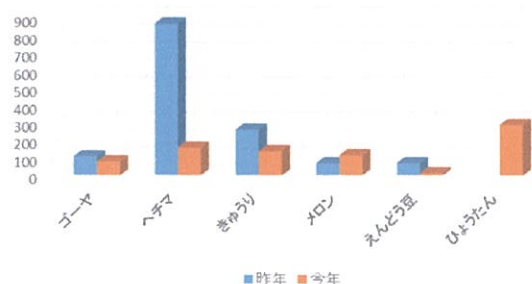
してみました。

昨年よりも、葉の面積が小さくなっていることがわかりました。

葉の横の長さ (単位cm)	ヘチマ	キュウリ	ゴーヤ	メロン	えんどう豆
1	28	17	9	10	19
2	32	17	11	9	29
3	34	18	11	9	21
4	35	18	13.5	9	22
5	29	17	12	10	25
平均	31.6	17.4	11.3	9.4	23.2

葉の縦の長さ (単位cm)	ヘチマ	キュウリ	ゴーヤ	メロン	えんどう豆
1	23	14	8	8	2.8
2	26	15	9.5	8	3
3	28	15.5	9	6.5	3.1
4	34	15	11.5	7	3
5	26	14.5	11	8	2.9
平均	27.4	14.875	9.5	7.375	2.96
葉の大きさ 縦×横	866	259	107	69	69

昨年と今年の結果の比較



7-9 仮説

そこで、この結果から、仮説を立てました。

- 実が大きい方が、葉の面積が大きい。➡ 実の重さは、葉の大きさと関係しているのではないか？

8 葉の面積と実の重さの関係調査

仮説をもとに、実験を進めました。まず、実の重さを測りました。（測定精度 0.1 g 単位）

8-1 結果

今年、植物によって、実の成る数

や、実の大きさが異なりました。

メロンの実については、昨年と同じく、

暑すぎたせいか、芽は出ましたが、実が

実の重さ(g)	キュウリ	ヘチマ	ゴーヤ	ひょうたん	メロン	えんどう豆
1	283.0	1373.0	150.0	166.3	87.6	7.2
2	412.5	763.0	190.1	149.3	91.2	8.1
3	422.5		85.5	100.6		6.7
4	305.5		97.8	143.0		6.6
5	663.5		184.6	154.2		7.8
6	124.3		71.0	149.1		9.5
7	100.0					9.7
8	86.0					6.9
9	148.0					7.8
10	143.0					9.0
平均	268.8	1068.0	129.8	77.7	87.6	7.9

大きく育ちませんでした。表から分かる、一番大きい実は、平均で見ると 1068.0 g と、一番重い、ヘチマだと分かりました。反対に、一番小さい実は、7.9 g の、えんどう豆でした。

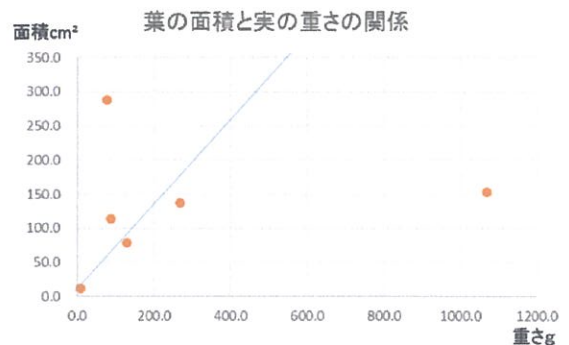
次に、葉の面積と実の重さの関係を表すグラフを

作りました。散布図のオレンジ色の丸の位置は、

縦軸の葉の面積、横軸の実の重さを表しています。

このグラフから、実の重さと、葉の面積は、関係性

は少ないことがわかります。



関係が、どのようになっているのかを予想して、

青い線を書いてみました。

葉の面積と実の重さの関係があるかを

調べるために、葉の面積と実の重さの

比較表を作りしました。散布図のグラフだけ

を見ると、関係がないと考えられますが、

この比較表を見ると、10ケ/15ケ

67%の確率で、葉の面積が大きくなると、実が重くなり、葉の面積が小さいと、実が軽くなる傾向があることが分かりました。

重さ×面積 の関係	えんどう豆		ひょうたん		メロン		ゴーヤ		キュウリ		ヘチマ	
	重さ	面積	重さ	面積	重さ	面積	重さ	面積	重さ	面積	重さ	面積
えんどう豆			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ひょうたん	●	●			×	○	×	○	×	○	×	○
メロン	●	●	○	×			×	○	×	×	×	×
ゴーヤ	●	●	○	×	○	×			×	×	×	×
キュウリ	●	●	○	×	●	●	●	●				
ヘチマ	●	●	○	×	●	●	●	●	●	●		
評価方法	縦と横を比較して“大きい”、“重い”方に○印を付ける											
結果	重さが重いと面積も大きくなったものが10ケ/15ケです 67%の確率で実が重いと葉の面積も大きい傾向があります											

8-2 考察

この結果から、葉の面積と実の重さは、直接は、関係がないと考えました。それは、植物によって、実の成る数や葉のできる数は、異なります。葉が一度にたくさん光合成をする必要がある植物であったり、少量でいい植物があったり、種類は様々です。葉の面積は、実の重さと直接は関係がないと考えられますが、一本の苗に成る実の数や、葉の数によって、面積が変わると考えました。

9 今後の課題

今年は、「正確な計測と解析」をテーマに、葉の面積を正確に測るにはどの方法がいいのか？など

データの正確性を重視した研究を進められました。

植物という生物の研究なので、実が夏休みまでに実らなかったり、例年より小さい葉や、実ができてしまったりしました。昨年から実験する植物として、メロンを使用してきましたのですが、気温や、周りの環境が品種と合わず、実が上手に育ちませんでした。その点も、今後、上手に実が成るよう、育て方を模索しようと思います。そのほかにも、ゴーヤは、昨年の実の重さのデータと比べると、明らかに今年の実の方が軽いことがわかりました。これは、連作障害が関係していると思うので、育てている畑の土を少し変えてみたり、育てる場所や他の植物との間隔を変えたりして、少し考えていきたいと思っています。

来年は、一苗あたりの茎の数や、実の数を重さから、つるの耐えられる力や葉の大きさの関係について調べていきたいと思っています。

12 感想

この研究で、研究結果を、誰が見ても分かりやすく、正確なデータにすることの大切さを学びました。結果の正確さを重視することで、(実験方法を考えるにあたって、)今まで以上に時間がかかり、とても大変でした。しかし、時間をかけて出した方法の案の中で、効率が良く、正確に結果が出せるもので選んだところ、とてもいい結果、データを出せたと思います。ばらつきの考え方も勉強できてよかったです。来年も、今年よりもさらに、正確なデータを基礎とした研究をしていきたいと思っています。