

葉脈の研究

－葉脈と植物の形の関連性－

新潟市立白新中学校 2年 野口 拓哉



① はじめに

7年前に家に「コナラ」「ハウチカエデ」「ヤマボウシ」などの木を植えました。木々は、年月が経つほどに成長し、枝は3階に届くまでになりました。

葉には成長途中の小さい葉もあれば、成長しきった大きな葉もあります。葉には1年のとき学習した「葉脈」の模様があり、大小比較してみるとその模様は同じように見えました。葉脈の数は葉の成長によって変わるのか疑問に思ったので、これを研究してみることにしました。

② 研究の内容

図鑑で調べる1「コナラ」

(1) 目的

観察対象の「コナラ」がどのような植物なのか知らなかった。図鑑で調べることによって基本的な情報を得る。

(2) 方法

図鑑のコナラの内容を読み、ポイントと思うことを整理する。

(3) 結果

結果は次のとおりだった。

① 分布地域

- ・北海道、本州、四国、九州や中国大陸、朝鮮半島で生育している。
- ・日本では雑木林に多く見られる。

② 特徴

- ・落葉樹。
- ・葉は長楕円形で、とがった部分がある。
- ・樹皮は灰色で縦に裂け目ができる。
- ・網状脈の双子葉植物。

③ その他

落葉樹だが、秋には葉が枯れた時点で、葉柄の付け根に離層が形成されないため、葉が落ちず、いつまでも茶色の樹冠を見せる。春に新緑になるころ、枯れた葉の基部の組織で離層が形成され、落葉が起こる。



写真1 家の庭のコナラ

観察2 大きい葉と小さい葉で葉脈の数に違いがあるか。

(1) 目的

私の予想「成長した大きな葉ほど葉脈の数は多く、未成熟の小さな葉ほど葉脈の数は少ない」が正しいかを確認する。

(2) 方法

次の手順で観察を行う。

- ① 成長した大きい葉は、15cm～17cmの葉をちぎり、50枚用意する。
- ② 未成長の小さい葉は、8cm～10cmの葉をちぎり、50枚用意する。
- ③ 図2-1、2-2のように葉脈の数を数える。

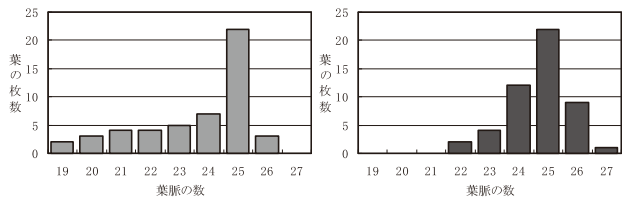


図2-1 成長した大きなコナラの葉脈の数を数える

図2-2 未成長の小さなコナラの葉

(3) 結果

それぞれ50枚ずつ葉脈の数を調べると表2-3のグラフのようになった。



未成長の小さい葉の葉脈の数 成長した大きい葉の葉脈の数
表2-3

- ① 葉脈の本数は、成長・未成長に関わらず25本が最も多い。
- ② 未成長の葉脈の本数のほうが、成長した葉脈より少ない方に「ばらつき」が大きい。

(4) 考察

- ① 私の予想に反して、成長・未成長に関わらず葉脈の数に違いはなかった。
- ② 成長の過程で葉脈は増えず、葉脈と葉脈の間隔が広がるだけである。

- ③ 小さい葉は葉脈が短すぎて、数えることができなかつただけで、葉脈自体は、あるのかもしれない。
- ④ 葉脈と葉脈の間はどうなっているかに興味を持った。

観察3 葉脈から出ている「小葉脈」の数にも規則性はあるか。

(1) 目的

葉の成長は、葉脈と葉脈の間隔が広がるだけということが観察2からわかった。それでは、葉脈から出ている「小葉脈」の数にも規則性があるのだろうか。私は「小葉脈の数も葉脈の数25に関連がある」と予想した。その正誤を調べる。

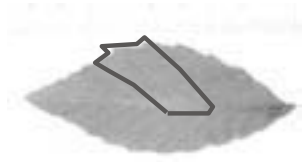


図3-1 小葉脈を調べる部分

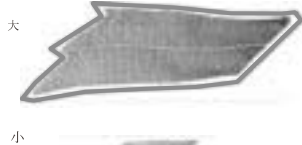


図3-2 囲みを切り取ったところ



図3-3 葉脈1本からでる小葉脈を数える。

(2) 方法

次の手順で観察をした。

- ① コナラの大きい葉と小さい葉を高解像度にしたデジカメで撮影する。
- ② 大・小の葉の図3-1の赤で囲んだ部分を切り取り、図3-2の小葉脈を調べる小片大10枚、小10枚、計20枚をつくる。
- ③ 図3-3の赤点線内のように小葉脈の数をかぞえる。

(3) 結果

図3-3の上下の小葉脈の本数は表3-4のグラフのようになった。

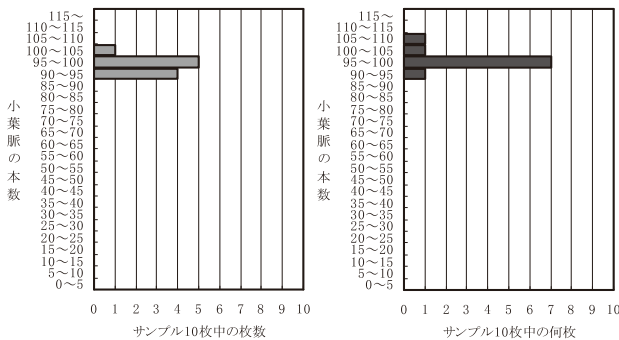


表3-4 1本の葉脈から出る小葉脈の数

(3) 結果の続き

- ① 葉脈から上下に出ている小葉脈の数は、小さい葉、大きな葉ともに100本に近い数になった。
- ② 小さい葉は100本より小さい数にばらつき、大きい葉は100本より大きい数にばらつく。

(4) 考察

- ① 葉脈は大小共通に25本だった。小葉脈は、25本の倍数の100本になっている。片側だけだと2倍の50本である。
- ② 観察2の25本と同じ本数ではなかったが、その倍数というのとはとても面白い。
- ③ 小葉脈を調べたので、次は枝と葉を調べてみる。やはり規則性はあるのだろうか。

実験4 木の枝につく葉の数を調べる。

(1) 目的

木についている葉の数を調べる。私の予想「小葉脈の本数は25の倍数だったので、枝の数は約数になるのではないか。」が正しいかを確認する。

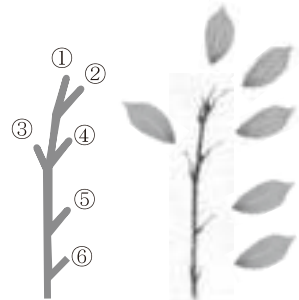


図4-1 枝についている葉の数を数える。

(2) 方法

- ① コナラの木から20本の枝をとる。
- ② 図4-1のように、枝についている葉の数を調べる。
- ③ 図4-2は調べた20本の枝。



図4-2 調べた20本の枝

(3) 結果

結果は表4-3のようになった。1本の枝には5枚の葉が付いているものが一番多かった。

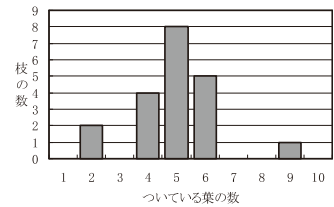


表4-3 枝についている葉の数のグラフ

(4) 考察

- ① 枝についている葉の数は、葉脈の数25本の約数の5本になり、私の予想は正しかった。
- ② 植物の葉や葉脈等の数が5の倍数になっている。とても面白い。
- ③ 太い枝からでている小枝の数を調べてみるとやはり5の倍数になっているかもしれない。

観察5 太い枝につく小枝の数を調べる。

(1) 目的

太い枝についている小枝の数を調べる。私の予想「観察4までの結果が5の倍数だったので、太い枝についている小枝の数は5の倍数になるのではないか。」が正しいかを確認する。

(2) 方法

- ① 図5-2のようなコナラの木から5本の枝をとる。
- ② 図5-1のように小枝の数を調べる。

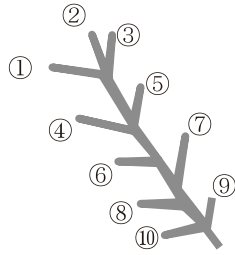


図5-1 太い枝からでた小枝を数える

(3) 結果

表5-3のような結果になった。

太い枝	小枝の本数
A	24
B	15
C	10
D	10
E	10

表5-3 太い枝につく小枝の数

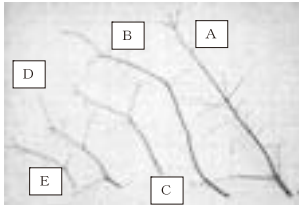


図5-2 太い5本の枝

(4) 考察

- ① 多くの枝を調べることができなかつたため、調査本数が5本と少ないが、太い枝からでている小枝の数は、5の倍数に近い数字となった。
- ② コナラの枝や葉脈の本数は、5の倍数であるといえるかもしれない。
- ③ 小枝は太い枝からある角度でついている。この角度は葉脈の角度と似ている気がする。角度の共通性も調べてみたい。

観察6 葉脈の角度と枝から葉がつく角度を比較する。

(1) 目的

枝から葉が付け根の枝を葉柄という。葉脈の角度と葉柄の角度を比較し、私の予想「角度も、植物の大・小の部分が共通の数になる。」が正しいかを確認する。

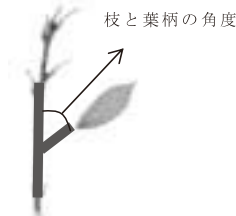


図6-1 枝と葉柄の角度

(2) 方法

- ① コナラの枝50本について、図6-1のように、枝と葉柄の角度を測る。
- ② コナラの葉50枚について、図6-2のように、葉脈の角度を測る。

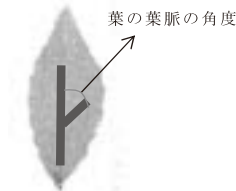


図6-2 枝と葉柄の角度

(3) 結果

表6-3のような結果になった。

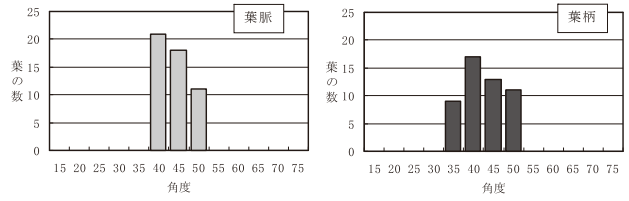


表6-3 葉脈と葉柄の角度

・葉脈、葉柄ともに40°が一番多い。

(4) 考察

- ① 葉脈と葉柄の角度が同じであるという私の予想は正しかった。
- ② 40°という角度はどのような意味があるのだろうか。
- ③ 枝を横から見ての角度を調べたので、枝を上から見たときの角度も調べてみたくなった。

観察7 枝を真上から見たときの小枝の角度を調べる。

(1) 目的

太い枝を上から観察し、小枝と小枝の角度を調べる。

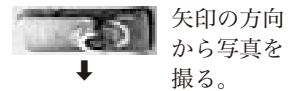


図7-1

太い枝を上から写真でとる。

(2) 方法

- ① 図7-1のように矢印の方向から写真を撮る。
- ② 小枝が太い枝についている様子をトレーシングペーパーに写し取る。
- ③ 軸のずれや枝の曲がりなどを修正する。



図7-2 枝を上から撮った写真。

(3) 結果

結果はつぎのようになった。



図7-3

トレーシングペーパーで枝を書き写す。軸のずれや枝の曲がり修正

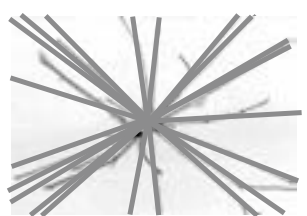


図7-4

- ① 枝の真上から写真を撮ると、図7-2のように、一部が重なり見えにくい枝もあるが24本の枝が見えた。
- ② 図7-3のようにあらゆる方向にほぼ均等に小枝がついている。「特定の方向のみについている」ということ

はない。

(4) 考察

- ① 太い枝からでる小枝は、あらゆる方向にほぼ均等についている。枝が重ならないようになっている。
- ② 枝と枝の角度は平均で $360^\circ \div 24本 = 15^\circ$ となる。

図鑑で調べる8「ハウチワカエデ」

(1) 目的

コナラで見つけることができた規則性や法則が、別の植物でも見つけることができるか興味を持った。庭に写真8のようなハウチワカエデが植えてあったので、これを調べてみることにした。



写真8 家の庭のハウチワカエデ

(2) 方法

図鑑のハウチワカエデの内容を読み、ポイントと思うことを整理する。

(3) 結果

結果は次のとおりだった。

- ① 分布地域
 - ・福島県以南の山野に自生。
 - ・古くから園芸種として栽培されている。
- ② 特徴
 - ・落葉樹。
 - ・葉の形は掌状に切れ込んだものが多い。
 - ・一般的に高い木になる。
- ③ その他
 - ・花は風媒花で花弁は目立たず小さい。
 - ・果実は2つの種子が密着した状態でそれぞれに翼が伸びる翼果である。

観察9 ハウチワカエデの葉脈も大小同じか。

(1) 目的

コナラで確認した「成長した大きな葉と未成熟の小さな葉の葉脈の数は同じ」がハウチワカエデに当てはまるのかを確かめる。



図9-1 成長した大きな葉



図9-2 未成長の小さい葉

(2) 方法

次の手順で観察を行う。

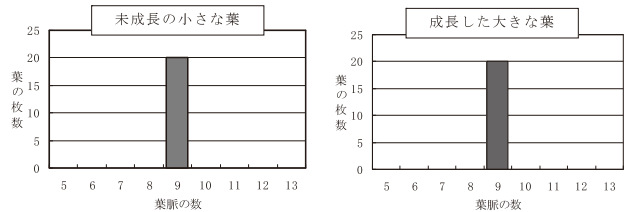
- ④ 成長した大きい葉は、

7 cm ~ 8 cm の葉をちぎり、20枚用意する。

- ⑤ 未成長の小さい葉は、3 cm ~ 5 cm の葉をちぎり、20枚用意する。
- ⑥ 図9-1、9-2のようにして、葉脈の数を数える。

(3) 結果

それぞれ20枚ずつ葉脈の数を調べると表9-3のグラフのようになった。



未成長の小さい葉の葉脈の数 成長した大きな葉の葉脈の数
表9-3

- ① 葉脈の本数は、成長・未成長ともに9本だった。
- ② コナラのとぎのような「ばらつき」は全くなかった。

(4) 考察

- ① 葉脈の数がばらつきなく9本だったのは、ハウチワカエデは葉の形と葉脈の形が一致していることが関係しているかもしれない。
- ② コナラと同じように、葉の成長は、葉脈の数が増えるのではなく、葉脈と葉脈の間隔が広がるだけである。

観察10 ハウチワカエデの葉の数を調べる。

(1) 目的

コナラは葉脈の数25の約数だった。ハウチワカエデの枝にはえる葉の数は、「葉脈の数9本の約数になる」という私の予想が正しいかを確かめる。

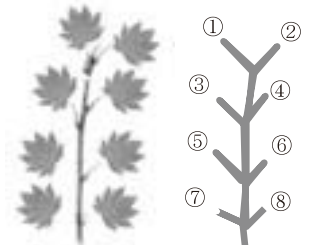


図10-1 枝についている葉の数を数える。

(2) 方法

- ① ハウチワカエデの木から5本の枝をとる。
- ② 図10-1のように、枝についている葉の数を調べる。

表10-2 枝につく葉の枚数

枝	葉の数
A	28
B	16
C	14
D	8
E	6

(3) 結果

結果は表10-2のようになった。

(4) 考察

- ① 葉は図10-1のように2枚が対になって枝についているので、予想とは違い、すべて偶数になった。

② コナラのような葉脈との関連性は見られなかった。

観察 11 ハウチワカエデの太い枝にはえる小枝の数を調べる。

(1) 目的

ハウチワカエデの枝にはえる葉の数は偶数だった。枝にはえる小枝の数は、「偶数になる」という私の予想が正しいかを確かめる。

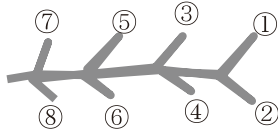


図11-1 はえている小枝の数を数える

(2) 方法

- ① ハウチワカエデの木から5本の太い枝をとる。
- ② 図11-1のように、太い枝にはえている小枝の数を調べる。

表11-2 太い枝にはえている小枝の本数

太い枝	小枝の本数
A	12
B	6
C	8
D	6
E	6

(3) 結果

結果は表11-2のようになった。

(4) 考察

- ① 小枝は図11-1のように2枚が対になって枝についているので、予想どおりすべて偶数になった。観察10の葉の付き方とコピーのような関係になっている。
- ② コナラのような葉脈との関連性はない。

観察 12 ハウチワカエデの葉脈の角度と枝のつき方を比較する。

(1) 目的

観察9と観察10、11から、葉脈と枝は関連がなかった。このことから「葉脈の角度と枝のつく角度は、コナラのように関連はないだろう。」という私の予想が正しいかを確かめる。

葉脈と葉脈の角度

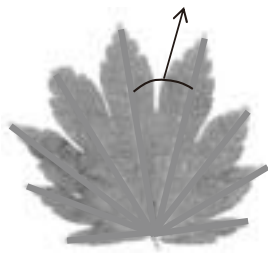


図12-1 葉脈と葉脈の間の角度を測る。

(2) 方法

- ① 20枚の葉と20本の枝を準備する。
- ② 図12-1のように、ハウチワカエデの葉の葉脈と葉脈の間の角度を調べる。
- ③ 図12-2のように、太い枝につく小枝の角度を調べる。

小枝の角度



図12-2 枝についた小枝の角度を測る。

(3) 結果

結果は表12-3、表12-4のようになった。

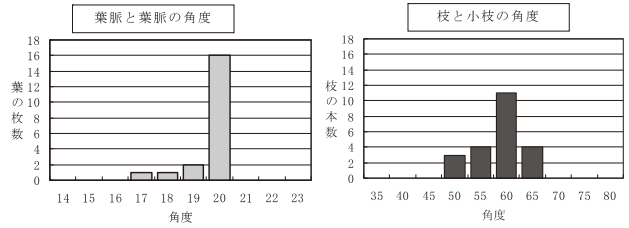


表12-3 葉脈と葉脈の角度と葉の枚数

表12-4 枝と小枝の角度と枝の本数

- ① 葉脈と葉脈の角度は20°の葉がもっとも多い。
- ② 枝と小枝の角度は60°の枝がもっとも多い。
- ③ 葉脈間の角度の3倍が、枝の角度になっている。

(4) 考察

- ① コナラのように、同じではなかった。
- ② 葉脈と葉脈の角度の倍数が、枝と小枝の角度になっているといえる。

図鑑で調べる13「イヌワラビ」

(1) 目的

コナラやハウチワカエデの葉脈と植物の形の関連性を追究していくうちに、原始的な植物でも同じようなことがいえるのか調べてみたくなった。



写真13 家の庭のイヌワラビ

自宅で育てているイヌワラビを調べてみることにした。

(2) 方法

図鑑のイヌワラビの内容を読み、ポイントと思うことを整理する。

(3) 結果

結果は次のとおりだった。

- ① 分布地域
 - ・日本、中国、朝鮮半島に自生している。
 - ・都会の林縁にもよく見られる。
- ② 特徴
 - ・葉身は形と大きさの変異が激しい。
 - ・春夏に葉を出し、冬に枯れる。
- ③ その他
 - ・胞子によって受粉する原始的な植物。
 - ・葉の裏に胞子嚢群がある。

観察14 イヌワラビの葉脈の数にも、規則性はあるか。

(1) 目的

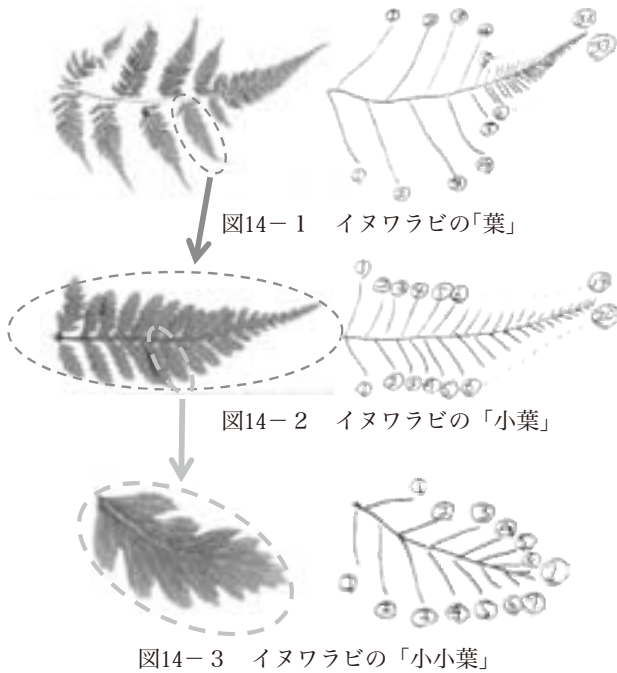
イヌワラビの葉脈の数に、コナラの観察2～観察5で見

つけたような規則性があるかを調べる。

(2) 方法

次の手順で観察を行う。

- ① 図14-1のようにイヌワラビの「葉」の葉脈の数を数える。
- ② 図14-2のように、枝分かれした葉の一部分「小葉」の葉脈の数を数える。
- ③ 図14-3のように、更に小さな葉の一部分「小小葉」の葉脈の数を数える。



(3) 結果

「葉」「小葉」「小小葉」の葉脈の数は表14-4のようになった。

	左	右	計	
「葉」の葉脈の数	32	33	65	} 差26本
「小葉」の葉脈の数	19	20	39	
「小小葉」の葉脈の数	7	7	14	} 差25本

(4) 考察

- ① 「葉」「小葉」「小小葉」の付き方や形は、全て似ている。
- ② 小さくなるにしたがって、葉脈の数は片側13本ずつ、両方で26本ずつ少なくなっていくという規則性がある。

本やインターネットで調べる15「フラクタル」

(1) 目的

今まで調べたコナラ、ハウチワカエデ、イヌワラビには、葉脈の数や角度などの特徴が、小さい部分を観察したり、

逆に、大きい部分を観察したりしても、同じような性質を繰り返す規則性があり、とても不思議に感じた。先生に質問したり、インターネットや図書館で調べたりしたところ、こうした性質を「フラクタル」ということがわかった。

「フラクタル」の性質をもつ現象について調べたことをまとめてみる。

(2) 方法

下の文献を参考に調べた。

- ① 「フラクタルってなんだろう」ダイヤモンド社
- ② 「フラクタル?カオス?」海文堂
- ③ 「自然にひそむ科学のミステリー」別冊 Newton
- ④ 「私編 雑科学ノート ～フラクタルの話～」

<http://hr-inoue.net/zscience/home.html>

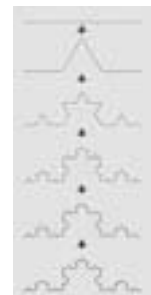
(3) 結果

フラクタルとは

- ある形がどの部分を拡大・縮小しても、元の形と同じ形となる性質（自己相似性）を持っていること。
- 簡単にいうと、全体とその部分が似ている形だということ。
- フラクタルには次元という性質を持っていて、平面の「2次元」、立体の「3次元」という整数の次元でなく、小数などの半端な数値の次元になる。
 - ・樹木の枝分かれ・・・1.5次元
 - ・川の流れる分岐・・・1.6次元
 - ・稲妻や墨流し・・・1.3次元

コッホ曲線

- ① ひとつの線分を3等分し、中央の線分を削除し、同じ長さの3分の1の線で正三角形をつくる。
- ② ①でできた4つの線分について、①の操作を行う。
- ③ この操作を繰り返す。



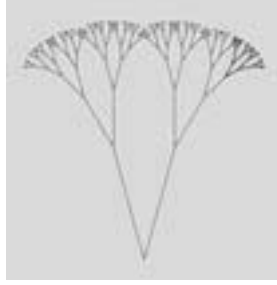
コッホ雪片

- ・コッホ曲線を三角形にしたもの



フラクタルの木

- ・分岐の角度、分岐後の枝の長さの割合などを設定してできたもの。
- ・青で示した部分を繰り返す。
- ・自然の木にこの性質があるが、気候や日光の影響で変動する。



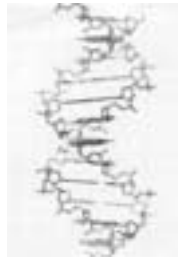
ジェルピンスキーのギャスケット

- ・三角形の真ん中を逆三角形にくり抜き、その残りを更に逆三角形にくり抜く。この操作を繰り返す。



DNA

- ・DNAの分岐もフラクタルの構造になっている。



雪の結晶

- ・コッホ雪片のように、決まった図形が繰り返されてできたフラクタル構造になっている。



植物

- ・樹木の最初の分岐とその後の分岐が同じフラクタル構造になっている。



植物

- ・同じ分岐を何回も繰り返してできたフラクタル構造になっている。



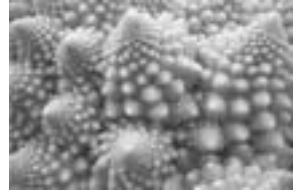
雷

- ・先端部分と本体部分の様子がフラクタル構造になっている。



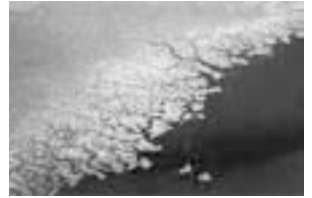
ブロッコリー科の植物

- ・大きな突起部とそこから出ている突起部の形がフラクタル構造になっている。



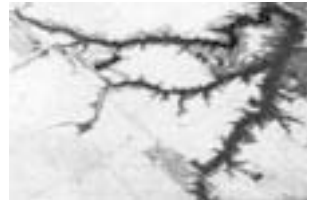
リアス式海岸

- ・地表の全体図の様子と拡大図がほぼ同じで、フラクタル構造になっている。分岐の仕方もフラクタル。



川

- ・川の本体と、そこから出ている小さな分岐の様子が同じでフラクタル構造になっている。



孔雀

- ・後ろの羽の模様は、同じ分岐が繰り返されてできている。



植物

- ・シダ植物（今回の研究で使った）本体と、それから分岐している葉の様子が同じフラクタル構造。



巻貝の断面

- ・仕切りが小さくなっても、同じ形のフラクタル構造。



模型作り16 ハウチワカエデの立体フラクタル模型を作る。

(1) 目的

ハウチワカエデの木の立体フラクタル模型をつくり、本物の木と比較する。

(2) 方法

① 材料

- ・針金 (枝)
- ・金属パイプ (主枝)
- ・プラスチック止め具

② 手順

- ・金属パイプの主枝から針金の枝が出す。
- ・上に行くにしたがい1 cm ずつ短くする。
- ・1つの枝から2つに分岐する。
- ・分岐の角度は60°にする。

(3) 結果

結果は図15-2のようになった。

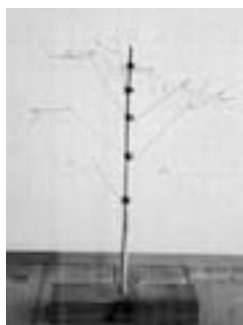


図15-1 庭のハウチワカエデ 図15-2 立体フラクタル模型

- ① 立体フラクタル模型を作ることができた。
- ② 自然の木とは違い葉はついていないが、形はよく似ている。

(4) 考察

- ① 模型が実際のハウチワカエデの木の形に似ていたことから、ハウチワカエデは、フラクタル構造でできているといえる。
- ② 枝の数を増やしたり、実際に葉をつけたりしてみると、もっと本物の植物らしくなるかもしれない。

③ 研究のまとめ

今回の研究ではっきりしたこと

■コナラ■

〈観察2〉

- ・葉脈の数は、成長・未成長に関わりなく約25本になること。
- ・葉の成長は、葉脈と葉脈の間隔が広がることであること。

〈観察3〉

- ・小葉脈 (葉脈からでていいる小さな葉脈) は約100本であること。
- ・小葉脈の数は、葉脈の数の4倍で、倍数の関係になっていること。

〈観察4〉

- ・枝についている葉の数は約5本であること。
- ・葉脈の数25本の1/5で、約数の関係になっていること。

〈観察5〉

- ・太い枝からでていいる小枝は、5の倍数の数になっていること。(ただし、サンプル数が5本のため、確実に正しいとはいいきれない。)

〈観察6〉

- ・葉脈の角度 (葉の太い葉脈から細かい葉脈に分かれる角度) と葉柄の角度 (枝と葉の太い葉脈との角度) は約40°で等しいこと。

〈観察7〉

- ・枝を真上から観察すると、あらゆる方向にほぼ均等に枝がついていること。

■ハウチワカエデ■

〈観察9〉

- ・葉脈の数は、成長・未成長に関わりなく常に9本であること。
- ・葉の成長は、葉脈と葉脈の間隔が広がることであること。

〈観察10〉

- ・葉は枝から対になってついているので、枝につく葉の数は偶数になること。(コナラで見られた5の倍数のような関係はない。)

〈観察11〉

- ・太い枝からでる小枝も対になっているので、太い枝からでる小枝の数は偶数になる。(コナラで見られた5の倍数のような関係はない。)

〈観察12〉

- ・枝につく葉の角度は約60°であるのに対して、葉の葉脈間の角度は約20°になっていること。
- ・葉脈間の角度の3倍が、枝の角度になっていること。

■イヌワラビ■

〈観察14〉

- ・「葉」「小葉」「小小葉」の付き方や形は、全て似ていること。
- ・小さくなるにしたがって、片側が約13本ずつ、両側で約26本ずつ減っていくこと。

■立体フラクタル模型づくり■

〈模型作り16〉

- ・いくつかの規則を守って模型をつくと、ハウチワカエデととても似た姿になったこと。したがって、ハウチワカエデはフラクタル構造であること。

残った疑問

- ・種子の様子も調べようと思ったが、茶色だけでよくわからなかった。
- ・新潟市の発表会で、審査員から維管束との関係も調べてみてはとの指摘を受けた。維管束との関連性も、調べるようその一つに加えてみたい。
- ・立体フラクタル模型は、分岐の数が少なかった。もっと増やすと本物の木に近づくと思う。
- ・他の植物にも、フラクタルの特徴が当てはまるか調べたい。また、動物でも当てはまるかも調べたい。
- ・コッホ曲線などフラクタル図形にとっても興味を持った。もっと複雑なフラクタル図形を作りたい。

④ 研究を終えて

この研究でわかったことは、自然の中のあやふやで、何の規則性もないように見えるものにも、「フラクタル」というきまりがあるということです。また、フラクタル図形を作るための計算は、何回でも繰り返すことができ終わりが無いことを知り、奥が深いと思いました。

植物の規則性とフラクタルの性質を調べていくうちに、「なぜ？」というような新しい疑問が次々に出てきました。これからも、木や川の分岐、生物などの規則性について調べていきたいです。