黄金比と植物

２年Ａ組　出水明日香
２年Ａ組　冨永　夕鼓
２年Ｃ組　山田　莉彩
２年Ｃ組　古川　紗帆
指導教員　櫻井　　昭

１．要約

黄金比と植物との関係性を調べようと、２種類の植物について検証実験をすることにした。１つ目はキク科の植物とフィボナッチ数列との関係性を調べる実験である。この実験では花の並びとフィボナッチ数列の関連性が確認できた。２つ目の実験ではセイタカアワダチソウと黄金角の関係について調べた。この実験よりセイタカアワダチソウの葉と葉の間の角度が黄金角に近似していることが確認できた。これらの２つの実験により黄金比と植物に幾つかの関連性があることが分かった。

キーワード　　頭状花序、キク科、フィボナッチ数列、黄金比、黄金角、
セイタカアワダチソウ

２．研究背景

私たちは、黄金比やフィボナッチ数列という値が、植物に利用されているということを本で読んで知り、興味を抱いた。そこで、植物に対して実際にどのように利用されているのか、自分たちの手で確認することとした。

黄金比とは、１：（１＋√５）／２という比のことである（１：φとも表すことがある）。この黄金比は自然界に多く使われ、人類が最も美しいと感じる比率であるとされている。例として、パルテノン神殿や、様々な絵画などの長方形の比率に使われている。黄金角は、360°を黄金比で分割した時の「１」に当たる部分のことを指し、約137.5°である(図１)。

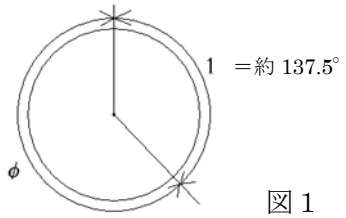

図１

また黄金比に関連性の深いフィボナッチ数列という数列があり、それは次のような数列のことである。

0，1，1，2，3，5，8，13，21，34，55，89，144…

この数列には、数列上のある数の直前の２つを足すとその数になるという規則性がある。この数列のある項を１つ前の項で割ると、次のようになる。

1/1 = 1
2/1 = 2
3/2 = 1.5
5/3 = 1.6666…

8/5 = 1.6
13/8 = 1.625
21/13 = 1.6153846…
233/144 = 1.618055…
黄金比（1+√5）/2　=1.6180339887…
上記のように数が大きくなるにつれて黄金比の値にだんだん近づいてくるという性質がある。

３．研究内容

3.1　花の並びとフィボナッチ数列

3.1.1　実験目的

美しい生物の形状は、数学に関係することが多い。私たちは頭状花序であるヒマワリが、フィボナッチ数列を用いた螺旋を描いていることを知った。そこで、生物がどのようにその数学を応用して生きているのか、なぜそれを使っているのかということを解明するため、まずは身近な数列といえるフィボナッチ数列と、頭状花序の植物の関連性を調べることにした。

頭状花序とは、キク科などに見られる、複数の花が集まって、１つの花に見えるつくりのことである。

3.1.2　実験仮説

頭状花序の植物は、ひとつひとつの花がフィボナッチ数列に関係して並んでいる。

3.1.3　実験方法

材料

①シロツメクサ、②ヒメジョオン、③カントウタンポポ、④セイヨウタンポポ、⑤ドクダミ

方法

頭状花序の植物と、そうでない植物をそれぞれ採取する。そして、一つずつの花を抜いて、花の付け根を観察し、花の並びがフィボナッチ数列を満たしているかどうか調べる(図２)。

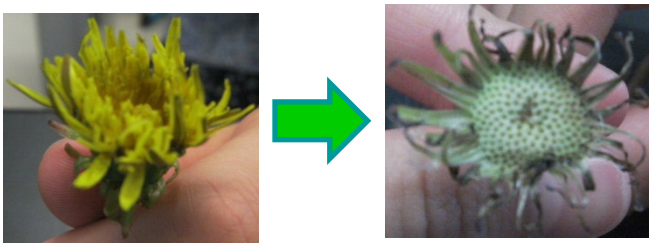

図２

フィボナッチ数列を満たしているという定義は、花の付け根の並びが右回りと左回りの螺旋状に並んでいて、どちらの螺旋の本数もフィボナッチ数列に出現する数になっていることである(図３)。

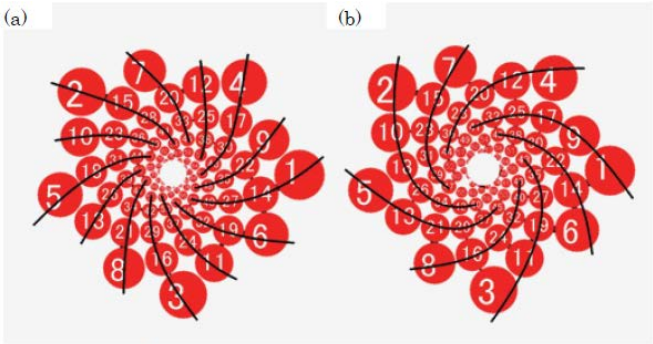

図３　(a)の図が、右回りの螺旋を示し、(b) の図が、左回りの螺旋を示している。(a)は螺旋が 13 本、(b)は 8 本見られる。どちらも、フィボナッチ数列に出現する値である。

3.1.4　実験結果

①シロツメクサ

関係はなさそうだった。

花の付け根が螺旋状に並んでいなかった。ランダムに並んでいるようであり規則性がなかった。

②ヒメジョオン

花の毛らしきものを抜くとつるつるになり、双眼実体顕微鏡で見ると無数の点が並んでいた。その点の並びは螺旋状であった。よって、数列の並びに関係がありそうだと推測できる。

③カントウタンポポ

花の付け根が大きいため、並びをきれいに肉眼で見ることができた。ひとつひとつの点や、螺旋がはっきりと見えたため、数えることも可能であった(図４)。

図４

④セイヨウタンポポ

花の付け根が小さい。これも、花の付け根が螺旋状だった。

⑤ドクダミ

頭状花序ではなく、花弁が 4 枚しかなかったため、フィボナッチ数列を満たしているとは言えなかった。

3.1.5　実験考察

結果より、頭状花序のものでキク科のものは、花のつき方がフィボナッチ数列の螺旋のようだと考えられる。フィボナッチ数列を満たしていると、少ない面積により多く花をつけることができるのではないだろうか。その結果、子孫を残す確率を高められ、フィボナッチ数列を用いた螺旋を使ったものが、進化の過程でも生き残ってきたのではないかと考えられる。

3.2　黄金角とセイタカアワダチソウの葉のつき方

3.2.1　実験目的

黄金角と植物の葉のつき方について調べた。

3.2.2 実験仮説

セイタカアワダチソウの葉のつき方は、黄金角に従っている。

3.2.3　実験方法

材料

セイタカアワダチソウ

方法

セイタカアワダチソウを採取し、葉の付け根を残して葉を切る。その後、１つ目と２つ目の付け根に、針を葉の中心に沿うように刺す。 次に、茎の真上から写真撮影を行う。以上の操作を、全ての葉の付け根に対して繰り返す(図 5)。撮影した写真を使って、葉と葉の間の角を計測する。

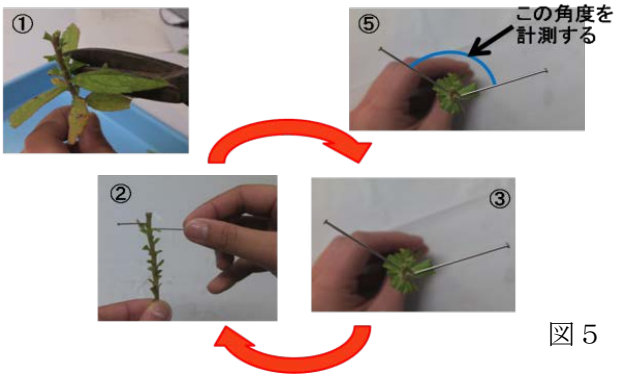

図５

第1回	166	153	143	143	142	150	150				
	136	93	160	118	129	134	135	146	137		
第2回	127	151	135	167	131	134	112				
	127	119	166	117	133	144	140	142	137		
	137	119	158	94	130	175	113				
第3回	139	121	149	146	145	167	143	130	137	133	134
	143	138	134	126	134	157	143	136	157	144	120
	131	132	139	148	143	123	120	144	130	114	144
	124	142	131	113	143	143	157	111	165	145	149
	146	135	124	133	134	146	132	122	121	120	112
	113	140	137	156	147	143	170	126	117	130	122
	135	142	137	136	124	131	154	98	138	133	138

表１　数値は、角度(°)を表している。それぞれの平均値は、第 1 回 139.7°　、第 2 回 135.1°、第 3 回 138.5°、全体平均は、136.2°であった。

3.2.4　実験結果

結果は、表１のようになった。

第１、２回は、採集場所が本校テニスコート横と、柵が近い場所だった。そのため、柵の影響を受けて数値にばらつきが生じてしまった。第３回は、採集場所を平城宮跡に移した。そのため数値のばらつきが小さくなった。平均値としては、ほとんど変化が表れなかった。しかし、第３回の方が、第１、２回よりも、全体的に黄金角の近似値である 137.5°に近づいているといえる。

3.2.4　実験考察

結果より全体的に葉と葉の間の角度は黄金角に近いと言えた。よって、セイタカアワダチソウの葉のつき方に、黄金角を見つけることができた。今回採集したセイタカアワダチソウは、生息していたもののなかでも、よく成長したものを選んだ。従って、よく成長しているセイタカアワダチソウには黄金角が見られることが分かった。枯れかけていたものや、あまり成長できていないものについては調べられていないが、よく成長しているものにのみ利用されているのであれば、セイタカアワダチソウの中でも黄金角をうまく利用したものだけが、生き残っているのではないかと考えられる。

４．考察

キク科の植物は頭状花序であり、花の並び方はフィボナッチ数列を用いた螺旋を描いており、その理由としてより多くの花を効率よく並べ、子孫をより多く残すためだと考えられる。

図 6

セイタカアワダチソウの葉のつき方は黄金角に従っており、その理由として日光をより効率よく受けるため(図６)だと考えられる。

５．今後の課題

セイタカアワダチソウの研究がまだ途中段階であるため、セイタカアワダチソウの葉の並び方について成長良好なものと成長不良なもので比べ、調べなおす必要がある。また、これまでの研究ではキク科の植物、セイタカアワダチソウに限ったものしか標本として用いていない。よって今後の研究ではさらに様々な植物について黄金比が用いられているのか検証していきたい。

６．参考文献

「黄金比　自然と芸術にひそむもっとも不思議な数の話」,スコット・オルセン　著　藤田優里子　訳,創元社,　2009

「不思議な数列　フィボナッチの秘密」, アルフレッド・S・ポザマンティエ, イングルマル・レーマン　著　松浦俊輔　訳, 日経 PB 社, 2010

７．謝辞

これまで私達を指導してくださった櫻井先生、数学的な面において相談にのってくださった河合先生に、感謝の意を示します。