

「花びらの数はフィボナッチ数」は本当か？

西 山 豊

要旨

NHK（日本放送協会）はある番組で「花びらの数はフィボナッチ数に落ち着く」という説明をした。フィボナッチ数には4と6が含まれていないが、4弁や6弁のものが多く存在する。キク科の植物で舌状花（花びら）の数は、幅をもって分布するので枚数を特定できない。また、このようなトンデモ説がどのようにして作られたか経緯をまとめた。私は植物学の根拠がなくNHKに訂正を申し入れたが、問題はないとして一年間オンデマンドで視聴を可能にした。テレビ番組ではあるが、日本の教育や研究に多大な影響を与えるので、看過できないと判断し論考にまとめることにした。

キーワード：花びら， フィボナッチ数， キク科， NHK， 偽科学

1. はじめに

NHKの科学教養番組「ヒューマニエンス」の「数字」特集（2022年11月15日放送）で、近藤滋氏は「花びらの数はフィボナッチ数列に落ち着く」（図1）という説を紹介した。フィボナッチ数列とは、最初に0, 1とおき、前の2つを足すことで生成される数列のことで、

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, …

等となる。NHKはフィボナッチ数列の1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55を採用している。

図1の花の名前は1 Calla Lily, 2 Euphorbia Milli ハナキリン, 3 Tradescantia Pallida ムラサキゴテン, 5 Rosa Canina イヌバラ, 8 Cosmos Flowers コスモス, 13 Black eyed Susan, 21 Marguerite Flower マーガレット, 34 European Michaelmas Daisy, 55 Gerbera Flower - Gerbera Daisy ガーベラ であり、Troy Hendersonの資料^[1]を参考にしたという（NHKの回答）。

Troy Hendersonの図は、西山が資料^[1]から作成した（図2）。Troy Hendersonの花の名前は1 Calla Lily, 2 Euphorbia, 3 Iris, 5 Columbine, 8 Bloodroot, 13 Black-eyed Susan, 21 African Daisy, 34 Shasta Daisy, 55 Michaelmas Daisy である。

図1と図2を比較すると、1, 2は同じ、3, 5, 8は違い、13は同じ、21, 34, 55は違う。NHKが55にガーベラを持ってきた理由は後述する。花卉をNHKは「花びら」、Troy Hendersonは“Petals”と称している。NHKの図1では、1は仏炎苞（ぶつえんほう）、2は苞（ほう）、3, 5は花卉（花びら）、8, 13, 21, 34, 55はキク科の植物であり、キク科は小花の集合花であり、中心部に筒状花、周辺部に舌状花（ぜつじょうか）がある。キク科の花は5数



図1. NHK



図2. Troy Henderson

性（5弁）であり、舌状花は5弁のうち4弁が退化して1弁だけが残ったものである。NHKとTroy Hendersonは、3種類の違うもの（苞と花弁と舌状花）を一緒くたにして「花びら」または“Petals”と称している。

欧米ではTroy Henderson以外にも、教育の現場で教材として使われている。図3はフィボナッチ数の1から34まで対応する花びらがあるが、4がフィボナッチ数に含まれないことから、四葉のクローバーがなぜ見つけにくい（Why is a four-leaf clover so difficult to find?）という頓珍漢な質問を作っている^[2]。クローバー（シロツメクサ）は3枚の小葉をもつ植物で、4枚はめずらしい。フィボナッチ論者には4枚の花びらが最初から存在しないから、こういう質問が成り立つ。後述するが4枚の花びらは多く存在する。また1から89までの花びらもある（図4）^[3]。









2. 4枚と6枚が抜けている

NHKの図1をみて、私は疑った。小中高大と、このような教育を受けたことがなかった。いつからこういうことになったのか詳細が知りたくなった。フィボナッチ数に関連し

Why is a four-leaf clover so difficult to find?

Look at this number sequence.
0,1,2,3,5,8,13,21,34...

This is the Fibonacci number sequence and these numbers are often found in nature, especially the number of petals on a flower or leaves on a plant.

<p>0+1=1</p> <p>1+1=2</p> <p>1+2=3</p> <p>2+3=5</p> <p>3+5=8</p> <p>5+8=13</p> <p>8+13=21</p> <p>13+21=34</p>	 <p>white calla lily 1 petal</p>  <p>Euphorbia 2 petals</p>  <p>Tillium 3 petals</p>  <p>Columbine 5 petals</p>  <p>Bloodroot 3 petals</p>  <p>black-eyed susan 13 petals</p>  <p>sheeta daisy 21 petals</p>  <p>field daisies 34 petals</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Find and photograph examples of Fibonacci numbers in nature.

Email
stlawrencejersey@gmail.com

House Points will be awarded!

Closing date: Sunday 28th

PI • COLLAGE

図 3. 1 から34まで^[2]

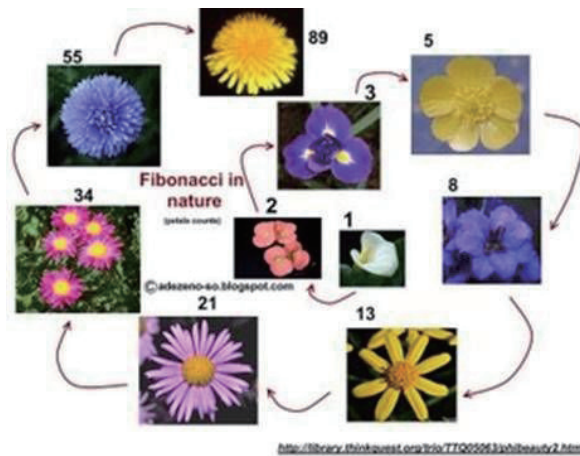


図 4. 1 から89まで^[3]

て黄金比や黄金分割に批判的な本『美の幾何学』を読んだことがあり、それを再読した^[4]。中村義作はフィボナッチ数でヒマワリとパイナップルを説明しているが、花びらの数については言及がない。安野光雅は美術の世界では黄金分割は反対派が主流という。伏見康治はキキョウやサクラがなぜ五角形なのか、ヒトデはなぜ五角形かと疑問を発している。

花は花式図(図5)により、3数性、4数性、5数性に分類される。かく片、花卉、おしべ、めしべなどが3または3の倍数からなるとき3数性といい、単子葉植物に多く、ユリ、アヤメ、ムラサキツユクサなどがある。4または4の倍数からなるとき4数性といい、アブラナ、ダイコン、アオキなどがある。5または5の倍数からなるとき5数性といい、

サクラ、ツツジ、アサガオなどがある。

花弁数を科により分類したものを表1に示す^{[5][6][9]}。ただし、キク科は小花の集合花であり、その小花は5数性なので5弁として分類した。

219科のうち、5弁が最多で84科(38.4%)あり、つぎに4弁が38科(17.4%)、6弁が24科(11%)、3弁が13科(5.9%)と続く。裸子植物は0弁として分類し38科(17.4%)ある。また、3弁~6弁で集計すると、5弁が52.8%、4弁が23.9%、6弁が15.1%、3弁が8.2%である。花びら(花弁)が最も多いのは5弁であり、4弁、6弁、3弁と続くので、フィボナッチ数に4と6が含まれていないので、NHKの図1がおかしいと気づく。

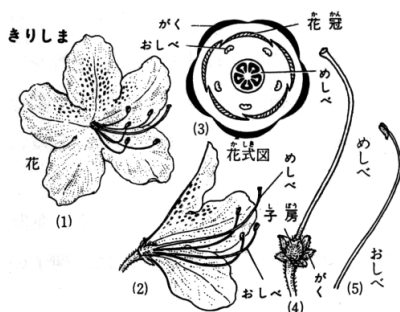


図5. 花と花式図 (『植物の図鑑』小学館)

弁数	科数	百分比
0弁	38	17.4%
1弁	2	0.9%
2弁	6	2.7%
3弁	13	5.9%
4弁	38	17.4%
5弁	84	38.4%
6弁	24	11.0%
多弁	7	3.2%
不明	7	3.2%
計	219	100.0%

表1 花弁数による分類

弁数	科数	百分比
3弁	13	8.2%
4弁	38	23.9%
5弁	84	52.8%
6弁	24	15.1%
計	159	100.0%

表2 花弁数による分類(3~6弁)

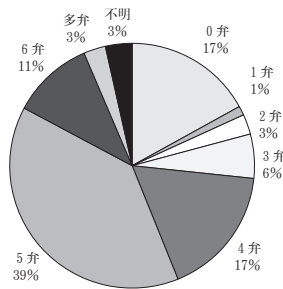


図2 花弁数による分類

表1. 花弁数による分類^[5]

ここで、3数性、4数性、5数性の代表的な花を示しておこう。

3数性(3弁または6弁)の花には次がある(図6)。ムラサキツユクサ、トキワツユクサ、ミヤマエンレイソウ(以上3弁)、スイセン、タマスダレ、ユキワリソウ、ハナニラ、カタクリ、ニワゼキショウ、コブシ、アヤメ、ハナショウブ、カキツバタ、ヤマユリ、ユリ、アマリリス、グラジオラス、アネモネ、ジャーマンアイリス、クレマチス。

4数性(4弁)の花には次がある(図7)。アブラナ、アケボノソウ、ダイコン、ドクダミ(苞)、ハナミズキ(総苞片)、アオキ、ガクアジサイ、オオイヌフグリ、ナノハナ、チシマセンブリ、ライラック、ワレモコウ(バラ科)、オオバナノエンレイソウ、コンロ



図6. 3数性（3弁または6弁）



図7. 4数性（4弁）

ンソウ, ハナイトツメクサ, アカバナ, ツクバネソウ, マユミ (ニシキギ科), クレマチス, チューリップ。

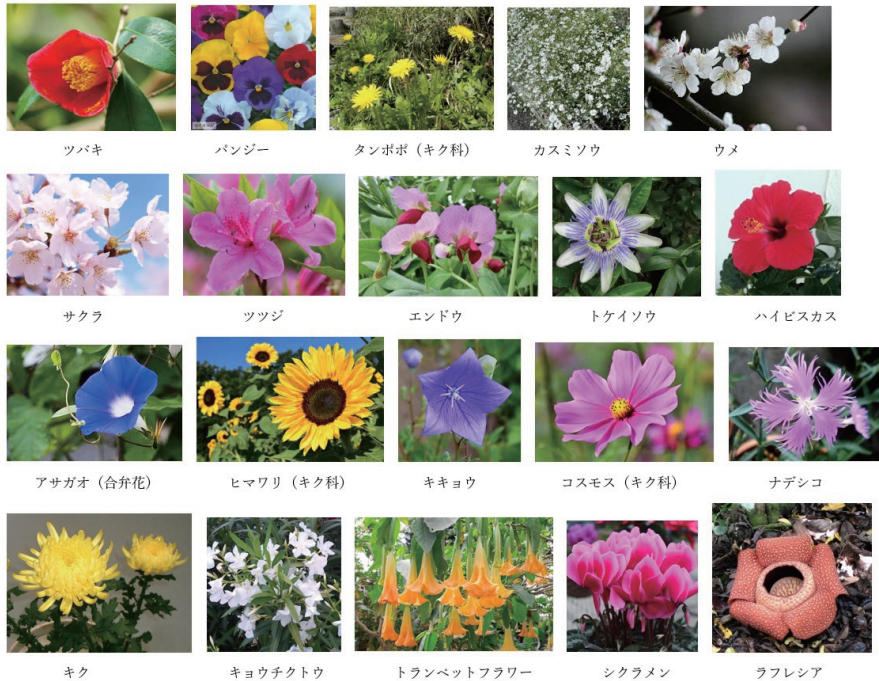


図8. 5数性（5弁または10弁，最多）

5数性（5弁または10弁）の花には次がある（図8）。ツバキ，パンジー，タンポポ（キク科），カスミソウ，ウメ，サクラ，ツツジ，エンドウ，トケイソウ，ハイビスカス，アサガオ（合弁花），ヒマワリ（キク科），キキョウ，コスモス（キク科），ナデシコ，キク，キョウチクトウ，トランペットフラワー，シクラメン，ラフレシア。

3. 舌状花（キク科）の数は特定できない

NHKはマーガレットの花びらは21枚としているが（図9左上端），ネットの画像から23例について調べた。花びら（舌状花）の数は13枚から25枚に分布し，平均が20枚だった。フィボナッチ論者にとってマーガレットの花びらは21枚前後でもなく平均が21枚でもなく，21枚に特定する。

NHKの13（図1）はBlack eyed Susanであるが，この種は日本にないので，花びらの枚数が13枚といわれているツブキについて調べた。福岡教育大のWEBサイトでは，28頭花で数えたところ，筒状花は35個～70個に分布し，舌状花は8枚～13枚に分布している（図10）^[10]。私はツブキの頭花75個で調べると花びら（舌状花）は，8枚が圧倒的に多く，7枚～13枚に分布していた（図11）。

55枚のガーベラについて6例を調べた。花びらは，54，51，54，53，57，51枚で51～57枚で分布し，平均が53枚だった（図12）。これについてはデータ数を増やして再調査の必要あり。



図9. マーガレットの花びらは21枚に特定できない

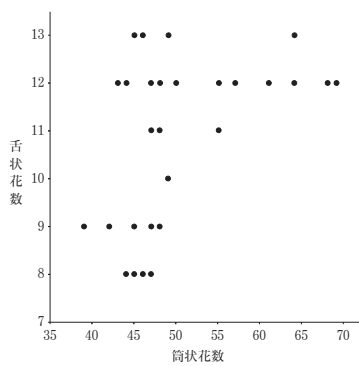


図10. ツワブキ13枚の調査 (福岡教育大)^[10]

ツワブキ

舌状花	個数
7	2
8	48
9	13
10	5
11	4
12	1
13	2
計	75

Yutaka Nishiyama
2022.11

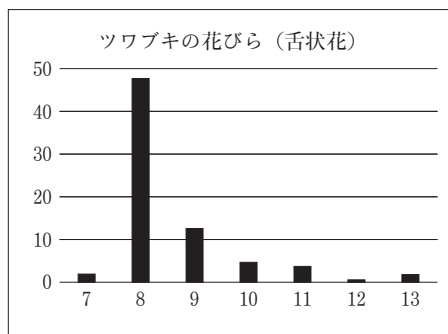


図11. ツワブキの調査 (西山)



図12. ガーベラ55枚の調査 (西山)

NHKの図1において、フィボナッチ数の1, 2, 3, 5, 8, 13, 21までは花びらの数と一致しているが、34と55については花びらの数がない(図13)。34は European Michaelmas daisyで、55は gerbera Flower - gerbera Daisy ガーベラである。NHKは、花びらの枚数を確認せず掲載している。



図13. 34と55の枚数があわない

4. PNAS 論文を誤引用

近藤滋氏は2021年公開のPNASの論文^[22]を引用し、数百年の未解決問題が、この論文で完全に証明されたという。PNASのFig. 4Aを引用しているが間違った引用であり、図を改変しているので著作権法の同一性保持権違反であり、原著者が訴えれば国際問題にもなりかねない。

図14に示すように、ガーベラは茎頂(Stem)に花托(Receptacle)と苞葉(Bracts, 緑色)があり、苞葉は小花(Florets)を囲んでいる。小花は舌状花(Ray)とトランス(Trans)と筒状花(Disk)の3種類がある。PNASは苞葉の原基が発生する過程を調べたもので舌状花の原基ではない。

図15は、苞葉の原基をオーキシシで発光させたものである。また、フィボナッチ数1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34に対応する代表的な画像を並べただけで、同一個体ではない^[22]。また、数字は出現の正確な順序を示すものではないとある。つまり、シンパー・ブラウンの法則にあわせて数字がつけられている^[20]。

近藤滋氏は、オーキシシの発光を舌状花(Ray Florets)として説明しているのは間違い、



図14. ガーベラの花の構成 (PNAS, Fig. 1)^[22]

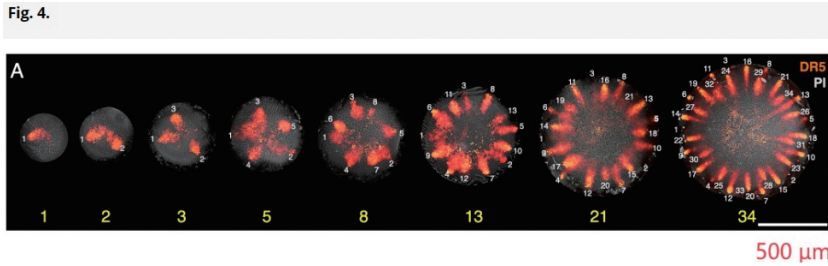


図15. 苞葉をオーキシンで発光 (PNAS, Fig. 4A)^[22]

同一個体の成長として説明しているのも間違いである (図16(1)(2))。また、34の図を別の花 (European Michaelmas daisy) に置き換え改変している (図16(3))。これは著作権の同一性保持権違反にあたる。森進一が「おふくろさん」の冒頭で「いつも心配かけてばかり いけない息子の僕でした」を入れて歌ったところ、作詞家の川内康範氏から著作権の侵害で訴えられたことがある (2007)。近藤滋氏は森進一と同じ過ちをおかしている。

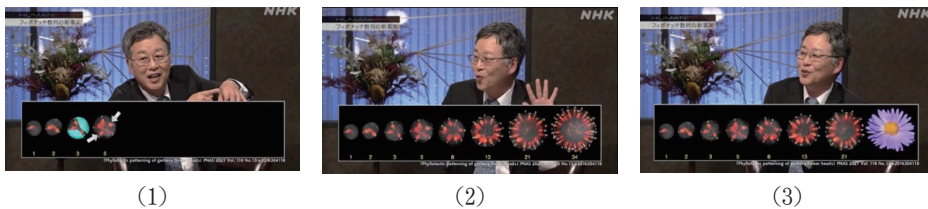


図16. PNAS の図を改変 (著作権法違反)

以上、フィボナッチ数には4と6が含まれていないこと、キク科の舌状花は特定の数にならず幅をもつことを示した。3数性、4数性、5数性に分類すると3, 4, 5, 6, 8, 9, 10弁があり、キク科はほぼすべての数に分布するので「花びらの数はフィボナッチ数に落ち着く」のではなく「花びらの数は自然数に落ち着く」とした方がいい。

5. その他の間違い

近藤滋氏は「ひとりの日本人研究者が世界で初めて読み解いた」と紹介されるが (図17左), Nature の論文は単著ではなく, Rihito Asai (浅井理人) 氏との共著論文である (図17



図17. Nature 論文は単著ではなく共著

右)^[15]。

チューリングの方程式が12か所出てくるが、反応拡散方程式は、2変数の連立偏微分方程式である。微分は常微分でなく偏微分となるので、微分記号はdでなく∂（ラウンドディ、デル）でなければならない（図18）。記号はすべて訂正しなければならない。理工系大学生の常識である。



図18. 偏微分方程式なのに常微分の記号dが使われている

「たとえば指が5本あるというのもチューリングの波が関係しているということも、その後わかってきた」と説明があるが、2012年にスペインでおこなわれた実験では^[21]、マウスの5本指が遺伝子操作で7本、9本、11本に増えるというだけで、マウスの指がなぜ5本かの根本問題についてはチューリングの波は答えていない（図19）。



図19. チューリングの波はマウスの5本指を説明していない^[21]

6. トンデモ説誕生の経緯

私は、花びらとフィボナッチ数（図1）の教育を受けたことが一度もなかった。どうして、このようなトンデモ説が誕生したのか、その経過を探ってみた。

山本幸一（1977）の「フィボナッチ数物語」では、数学の話題が中心で「花びら」の話はない^[11]。佐藤修一（1998）は、高山植物の花びらの数は3, 5, 8のようなフィボナッチ数になっているものが多いが、菜の花などのアブラナ科の花弁の数は4枚としている^[12]。中村滋（2002）は、コスモスの花びらは8枚、ツワブキは13枚、梅や桜の花は5枚、マーガレットは多く21枚としている^[13]。近藤滋（2013）は、一般に花の花弁の数は3, 5, 8が多いとされており、不思議なことにすべてフィボナッチ数であるとしている^{[16][17]}。根岸利一郎（2016）は、ムラサキツクサは3枚、ソメイヨシノが5枚、コスモスが8枚、矢車草が13枚前後、ゴールドコインが21枚前後、マツバギクが34枚前後、ガーベラが55枚前後（50～60枚）としている^[14]。天才を育てた女房（読売TV, 2018）は、スマイレの5枚、コスモスの8枚、キク科の13, 21, 34枚とつづく（図20）^[24]。



図20. 天才を育てた女房（読売TV, 2018）^[24]

Troy Henderson（年度不詳）は、1, 2を加え、3, 5, 8, 13, 21, 34, 55とフィボナッチ数のすべてを入れている^[1]。PNAS論文（2021）は、キク科ガーベラの苞葉（Bracts）原基に関する調査研究であり、花びらの数とフィボナッチ数には言及していない^[22]。近藤滋（2022）は、ヒューマニエンス「数字」で「花びらの数はフィボナッチ数に落ち着く」がPNAS論文で証明されたと説明^[27]。

以上をまとめると表2になる。

Wikipediaは自由に書き込める百科事典であるが、フィボナッチ数を一方的に支持する書き込みが見られ、閲覧者がそのまま引用するという危険性があった^[25]。Wikipediaの編集履歴をまとめた^[26]。2003年に「フィボナッチ数」の項目が新しく追加される。2007年に「その他の話題」が追加される。2011年に「花びらの数はフィボナッチ数であることが多い」が追加される。2019年に『聖なる幾何学』より引用として、3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89枚の花びらの花の名前が追加される。

2023年に「統計データでは、4枚の花は3枚と同程度に存在します。キク科の舌状花はある範囲で分布し、このように枚数は固定されません」「アブラナやダイコンの花びらは4枚であり、植物学では花式図より3数性、4数性、5数性で分類される」「らせん葉序

におけるシンパー・ブラウンの法則はフィボナッチ数列と関連するが、近似値を示すにすぎず、またこれにあてはまらない例もある（岩波生物学辞典）」が追加される。

岩波『数学辞典』「フィボナッチ数」の説明は、フィボナッチ数の定義だけのわずか3行である^[19]。岩波『生物学辞典』「シンパー・ブラウンの法則」の説明は、「これは古典的に有名な葉序の法則ではあるが、近似値を示すにすぎず、またこれにあてはまらない例もある」としている^[20]。両辞典とも「花びらの数はフィボナッチ数列に落ち着く」という説明はどこにもない。

		1	2	3	5	8	13	21	34	55	文献等
佐藤修一	1998			○	○	○					自然にひそむ数字
											「すべての高山植物の花びらの数が、フィボナッチ数になっているわけではありません」
中村滋	2002			○	○	○	○				フィボナッチ数の小宇宙
近藤滋	2013			○	○	○					波紋と螺旋とフィボナッチ
根岸利一郎	2016			○	○	○	○	○	○	○	ひまわりの黄金比
											13枚前後, 21枚前後, 34枚前後, 55枚前後 (50~60枚)
天才を育てた女房	2018			○	○	○	○	○			読売 TV
											http://www.ytv.co.jp/tensai/
Troy Henderson		○	○	○	○	○	○	○	○	○	Golden Ratio, Fibonacci Numbers, and the Golden Spiral
											http://thiv.org/tmp/goldenratio.pdf
PNAS	2021									○	Phyllotactic patterning of gerbera flower heads
											キク科ガーベラの調査
											http://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2016304118
近藤滋	2022	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ヒューマニエンス (2022年11月15日)
											https://www.nhk-ondemand.jp/goods/G2022124010SA000/

表2. トンデモ説誕生の経緯

近藤滋氏の新説は、ヒューマニエンス（2022年11月15日）で本邦初公開だろうか？

CiNii Research より『みすず』に掲載された近藤滋氏の連載記事がある。これはヒューマニエンスと同期している^[18]。p17の図6に「小花の発生のタイミング。ほとんどの場合、フィボナッチ数個の原基が出現する（文献(4)）」とあるが（図21）^[18]、これはPNASの補助資料 Fig. S3 A からの引用である（図22）^[23]。

フィボナッチ論者にとっては好都合な資料だが、近藤滋氏はここでも引用を間違っている。小花 (Florets) の発生としているが、オーキシンで発光しているのは苞葉 (Bracts) の原基である。また、この補助資料は56の画像をランダムに選んだとあるが、フィボナッチ数にあわせて並べている可能性もあり、PNASの本論文には掲載されていない^[22]。

7. おわりに

ヒューマニエンス「数字」（2022年11月15日）が放映される前に予告映像が流れた。花びらはなぜ5枚、ヒトの指はなぜ5本かの予告だったので、私はNHKに著作権侵害のおそれがあると抗議した。実際に流れたのは花びらの数とフィボナッチ数に変わっていた。

私は図1に誤りがあるのでNHKに削除、訂正を依頼した。そして、『数学文化』（2023.3）に「花びらの数はフィボナッチ数列に落ち着くか？」という記事にまとめた^[7]。2023

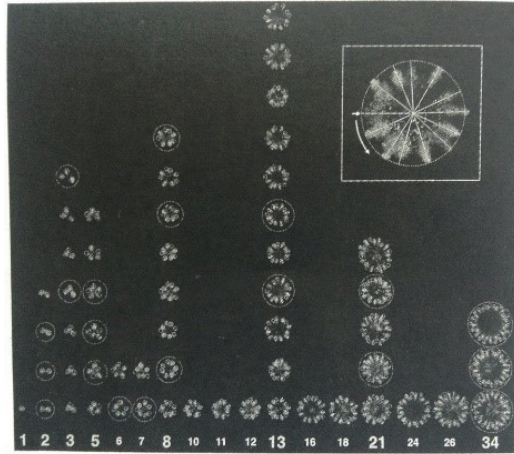


図6 小花の発生のタイミング。ほとんどの場合、フィボナッチ数個の原基が出現する（文献〔4〕）。

図21. 小花の発生（近藤）^[18]

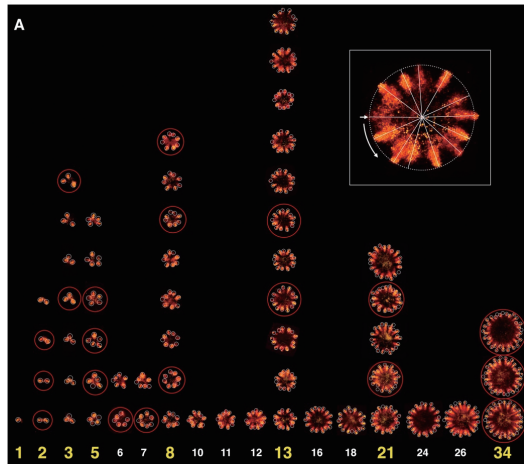


Fig. S3. The data set for early patterning of bracts. (A) top view of 56 randomly sampled head meristems with up to 34 auxin maxima, visualized by confocal microscopy. The images of heads marked by the red circles have been reflected to match the chirality of the remaining heads. The inset shows how the angular distances between DR5 maxima have been estimated in Fig. 4 B, counterclockwise from initium 1 (arrows). (B) Superimposed images of multiple heads with the same number of DR5 maxima show that the pattern progression is stereotypical. Scale bars: 500 μm (A), 200 μm (B).

図22. 苞葉の原基（PNAS 補助資料）^[23]

年 9 月に、ある数学雑誌から巻頭言の依頼があり、テーマを検討する中で「花びらとフィボナッチ数」を思い出し、再調査したところ、つぎつぎと誤りを発見した次第です。NHK には何度も問い合わせや意見をあげてきましたが、9 月 11 日の回答「“多くのものが” この枚数に落ち着く“という”を最後に、まったく回答がありません。参考までに、NHK への意見と回答履歴を示しておきます^[8]。

私は BPO（放送倫理・番組向上機構）、新聞 7 社、日本植物学会にも問い合わせましたが回答がありません。

NHK が誤情報を 1 年にわたって拡散してきたことは放送法第一条に違反します。表現、

報道の自由があるでしょうが、誤情報を拡散するのとは別問題です。オンデマンドの配信期限が2023年11月15日で切れましたが、NHKが「花びらとフィボナッチ数」を削除、訂正して番組を撮りなおすまで要求することにします。

参考文献

- [1] Troy Henderson, Golden Ratio, Fibonacci Numbers, and the Golden Spiral, University of Mobil
<http://tlhiv.org/tmp/goldenratio.pdf>
- [2] St Lawrence Primary School, Jersey
<https://www.facebook.com/468760076633006/photos/number-patterns-are-everywhere-and-especially-in-nature-look-outside-and-try-to-/1646647688844233/>
- [3] Crochet by Numbers: Applications of Math to Fiber Arts, The Fibonacci Sequence
<https://math.la.asu.edu/%7Enbrewer/fall2008/mat170/footnote18/paper.htm>
- [4] 伏見康治, 安野光雅, 中村義作『美の幾何学』中公新書, 1979
- [5] 西山豊『自然界にひそむ「5」の謎』筑摩書房, 1999.12
- [6] 西山豊「研究室の窓：花びらの数理」『数理科学』2004.8
- [7] 西山豊「花びらの数はフィボナッチ数に落ち着くか?」『数学文化』2023.3
- [8] 西山豊「NHKへの意見と回答」2023.9
- [9] Yutaka Nishiyama, Five Petals: The Mysterious Number “5” Hidden In Nature, *Int. J. Pure and Appl. Math.*, Vol. 78, No. 3, 349-362, 2012.
<http://ijpam.eu/contents/2012-78-3/6/6.pdf>
- [10] 福岡教育大「ツワブキとキク科の頭花」
- [11] 山本幸一「フィボナッチ数物語」『数学セミナー』1977.10, 2-9
- [12] 佐藤修一『自然にひそむ数学』講談社ブルーバックス, 1998.1
- [13] 中村滋「ヒマワリの花に隠された秘密」『フィボナッチ数の小宇宙 (改訂版)』日本評論社, 2008.1
- [14] 根岸利一郎「らせんのある風景」『ひまわりの黄金比』日本評論社, 2016
- [15] Shigeru Kondo and Rihito Asai, A reaction-diffusion wave on the skin of the marine angelfish *Pomacanthus*, *Nature* 376: 765-768, 1995.
- [16] 近藤滋「すべての植物をフィボナッチの呪いから救い出す」『波紋と螺旋とフィボナッチ』学研メディカル秀潤社, 2013.9
- [17] 近藤滋「すべての植物をフィボナッチの呪いから救い出す」『数学セミナー』2018.8
- [18] 近藤滋「フィボナッチの呪いを祓う4800年の謎の答えは意外な場所に…」『みすず』2023.3
- [19] 岩波『数学辞典』「フィボナッチ数」
- [20] 岩波『生物学辞典』「シンパー・ブラウンの法則」
- [21] Luciano Marcon, et al, Hox Genes Regulate Digit Patterning by Controlling the Wavelength of a Turing-Type Mechanism, *Science*, Vol. 338, Issue 6113, 1476-1480, 2012.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1226804>
- [22] Teng Zhang, et al., Phyllotactic patterning of gerbera flower heads, *PNAS*, Vol. 118, No. 13, 2021.

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2016304118>

- [23] Teng Zhang, et al., Supplementary Information for Phyllotactic patterning of gerbera flower heads.

<https://www.pnas.org/action/downloadSupplement?doi=10.1073%2Fpnas.2016304118&file=pnas.2016304118.sapp.pdf>

- [24] 「天才を育てた女房」読売 TV, 2018

- [25] Wikipedia 「フィボナッチ数」

- [26] Wikipedia 「フィボナッチ数」編集履歴

- [27] NHK オンデマンド, ヒューマニエンス 「“数字” 世界の秘密を読み解くチカラ」

配信期限（2023年11月15日）により現在は視聴不可

（上記 URL の最終閲覧日：2024年1月5日）