

「食と農」の博物館

展示案内 No.87

展示期間 ■ 2020.10.09 ~ 2021.04.11

東京農業大学「食と農」の博物館

〒158-0098 東京都世田谷区上用賀2-4-28

TEL.03-5477-4033

FAX.03-3439-6528

(URL) <http://www.nodai.ac.jp/syokutonou/>

開館時間 午前10時～午後5時 (4月～11月)
午前10時～午後4時30分 (12月～3月)

休館日 月曜日(月曜が祝日の場合は火曜)・毎月最終火曜日
(通常時) 大学が定めた日(臨時休業がありますのでご注意ください)



農

東京農業大学「食と農」の博物館

〒158-0098 東京都世田谷区上用賀2-4-28 TEL.03-5477-4033 FAX.03-3439-6528



Mathematics
in Nature

自然の中の数学展

2020年
10月9日[金] ~ 2021年
4月11日[日]

入館無料

開催時間 午前10時～午後5時(12月・3月は午後4時30分まで、入館は開館時間の30分前まで)
休館日 毎月最終月曜日の場合は火曜・毎月最終火曜日(大学定めた日)
※新型コロナウイルス感染症の状況に伴い、開催日時等は「食と農」の博物館ホームページを事前にご確認ください
〔企画〕東京農業大学地域環境科学部森林経営学専攻教授 上原 敏
〔主催〕東京農業大学「食と農」の博物館館長 江口文嗣 企画展「自然の中の数学」実行委員会
〔其他〕東京農業大学学術情報課
委員長 上原 敏 副委員長 東京農業大学「食と農」の博物館館長 上岡美保
委員 木村孝佳子 黒川孝明 西崎 優 大石康代 中山 玲

$$F_n(Z) = a^n$$
$$F_n(Z) = (nd^2 - Td^2 + 4da^2)$$

However, $a = \frac{1 + \sqrt{3}}{2}$

ごあいさつ

数学とは、数や図形について学ぶことであると、初めて数学を学ぶ際に恩師から言葉として教示されたことを記憶しています。

しかしヒトと数学は、精子と卵子が受精した時から出会っているのです。無数の精子の一つが卵子に入り込んで受精して、生命の起源を迎える確率論やその事象が最初の一步ではないでしょうか。精子や卵子の形状も流線型や球体として意味ある物質理論の中で作り出された数的結論でしょう。

また、森で目にする樹木は、四季の変化によって春には芽吹きます。葉は成長して樹幹の組織から注がれた水を貯えるのです。この質量は、枝に^{たわ}も^{もたら}みを齎すのです。その重みや風雨による外圧を受けても枝が折れないような緻密な強度と枝の細胞壁を構成する有機物質の産生を数的に導き出すことを、樹々は進化の時空を経て数的に導き出したのかもしれない。

私たちの生体内にも身の回りの環境にも、数学的理論が渦巻いて世界が作り出されている気がしませんか。展示する多くの植物資源や森林という自然は、単純に定義できないものであり、「自然の中の数学とは何か」という問いの答を皆様に見出していただくものなのです。身近な出来事の中には是非数学的な考えを巡らせてみませんか・・・今までとは違う新たな角度から物事を解き明かす空間が生まれるはずですよ。

末筆ではございますが、本展示に際してご協力・ご支援いただきました関係各位に心からご挨拶申し上げます。

Mathematics in Nature

東京農業大学「食と農」の博物館
館長 江口文陽

はじめに

私たちは、自然を眺めるときに「美しい」と感じる場合があります。それは、身のまわりの樹木や石などをふと眺めるときも同様です。

なぜ私たちは、自然や自然のものを見て美しいと感じるのでしょうか？

その理由の一つに、実は数学があります。自然界の中には、実に様々な数学の法則やしぐみが隠れているのです。逆にいうと、私たち人間は、有形、無形の自然の中から、数学を生んできたともいえます。

数学は、本学で取り組んでいる農学の各分野をはじめ、自然科学に携わる上で、欠かすことができないものです。得手、不得手にかかわらず、栽培面積、収穫量、経営面での収益、複利計算、そして実験実習での統計計算など、とかく農学と数学・数字には切っても切れない縁があります。私は森林科学、林学を学ぶ者ですが、森林に目を向けた場合、数学は文字通りその森羅万象のすべてに存在しています。

そこで、本展では、身近な自然の中に存在する数学を紹介し、数学が苦手という方にとっても、「へえー、そうなんだー」とトリビア的に魅かれるような展示を心掛け、自然の中から数学を再発見することを目的としました。

今回は、フィボナッチ数列、フラクタル図形、対称性、コンストラクタル法則、樹形モデル、円周率、ベクトル、パターン、素数、自然界のもの、計10のテーマをご紹介します。

森林、樹木、植物をはじめ、自然の様々な事象の数学をどうぞお楽しみください。

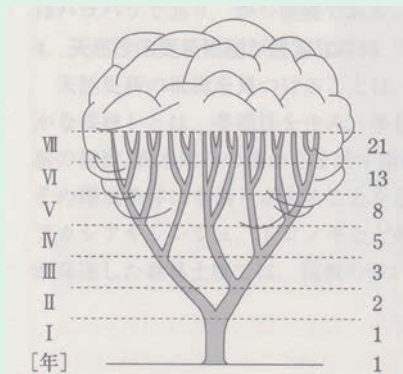
東京農業大学 地域環境科学部 森林総合科学科 教授
教職・学術情報課程 主任 上原 巖

フィボナッチ数列

フィボナッチ数 (Fibonacci number) とは、イタリアのレオナルド・ダ・ピサ (Leonardo da Pisa 1170-1250? : 愛称“フィボナッチ”) が発見した数列のことで、はじめの二つの項は 1、そのあとの項は、前の二つの項の和となる数列です。

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, …と続いていく数列で、樹木の枝のつき方をはじめ、ひまわりの種子や松ぼっくり、牛や羊の角にみられるらせん、またハヤブサが獲物に徐々に接近していく飛び方や、台風の目、銀河系の渦巻きなどもこの数列で近似することができます。

研究面での応用例では、樹種別にその分枝 (枝分かれ) の測定を行い、各樹木の分枝特性を把握することによって、植栽時の樹木同士がお互いの成長をさまたげないように配慮をすることができます。



フィボナッチの数列を表した木



植栽樹木の分枝の測定 (造林学研究室)

フラクタル図形

フラクタル (fractal) とは、ヨーロッパの数学者ブノワ・マンデブロー (Benoit B. Mandelbrot : 1924-2010) が考案した幾何学の概念です。部分と全体が自己相似であることを意味します。

スギ、ヒノキなどの枝葉をはじめ、落葉広葉樹の樹形、海岸線、霜の形、植物の根系、血管・神経系、菌の形態に至るまで、自然界の様々な形象にフラクタルはみられます。



ケヤキの枝条のシルエットに見られるフラクタル (自己相似形) の形状
部分的な分枝の形と樹形全体が相似形です



スギもフラクタルの樹形です

対称性

対称性 (symmetry) とは、図形を折り返して、左右がぴったりと重なる場合や、回転してもとの形とぴったりと重なる場合のことです。

自然の中には、ミクロからマクロまで無数の対称形があります。また、同時に、対称形に近い非対称形も無数にあります。



ネムノキの葉
左右の葉がぴったりと重なる対称形です



風景の中にも対称形はあります
水面を境にした対称移動です

コンストラクタル法則

コンストラクタル (Constructal law) とは、自然界の様々なところで見られる枝分かれの法則、流れの法則のことです。

樹木の枝条、葉の葉脈、河川、動物の血管・神経系、落雷、植物の根系、アリの巣などにも、コンストラクタル法則はみられます。

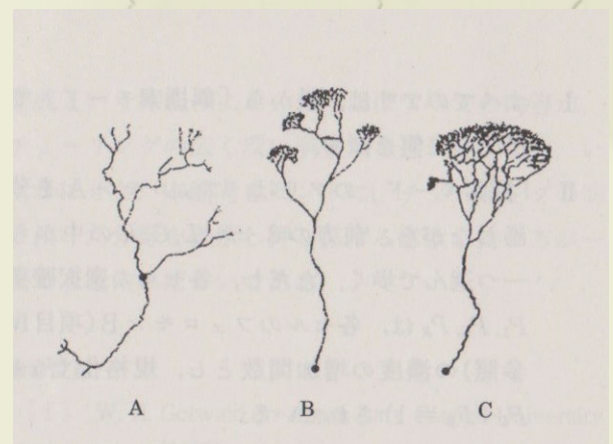
また、先に紹介したフラクタルの造形とも重なっています。

枝条や河川、血管などの形状などはそれぞれ本当によく似ており、「流れ」の法則があることがうかがえます。

私たちの生活の中では、電車やバスの路線図、電話の連絡網などにもやはり「流れ」の法則があります。



冬のケヤキの枝条の形状
血管や河川の形にもみえますね



アリの巣の様々な形状
河川や血管、樹形にも似ています

樹形モデル

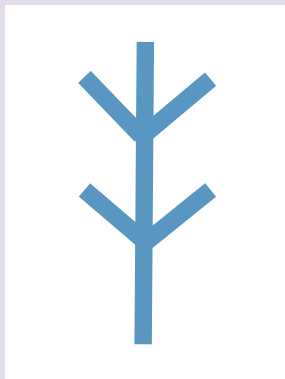
樹木を形成する枝や葉などを構築単位 (Architecture Unit, AU) といいます。

つまり、樹形はこのAUの反復による発達造形であるとも言えます。フラクタル (自己相似形) とも共通しています。



構築単位 (AU)

また、樹木を通導組織と考える「パイプ理論」もあります。



パイプ理論



メタセコイア (円すい形)



ケヤキ (円形)

樹形そのものをタイプ分けすることもできます

円周率

円周率とは、円周の直径に対する比率のことです。円周率は π (パイ) で表します。

$\pi = 3,141592653589793246264338327950288\dots$
現在、22.5兆桁まで計算されていますが、 π は無理数 (割りきれない数) です。

自然界では、いたるところに円周率 π がみられます。



水面の波紋は円形です



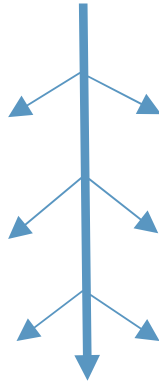
里山の林冠にも円弧がみられます

ベクトル

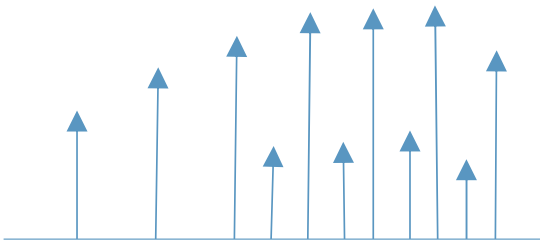
ベクトル (vector) とは、方向と大きさを持つ量のことです。速さや力などの表現によく使われますね。



ベクトルは、樹木や森林の成長の把握や予想にも使えます。



対生の樹木のベクトル表現



森林の各樹木の成長のベクトル表現

パターン

自然界には、波や、月の満ち欠け、季節などの周期や、くりかえしなど、様々なパターンがあります。



シラカシの樹皮にみられる横縞のパターン



降雨のあと、芝地にみられる草の波紋
雨の強弱や周期がわかります



木目は不定形のパターンです

素数

素数 (primary number) とは、1 とその数自身以外に約数を持たない数のことです。

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83... と続き、現在までに確認されている最大の素数は $2^{82,589,933} - 1$ です。実に 24,862,048桁もある巨大数です。

素数は、銀行口座やキャッシュカードの暗号などにも利用されています。

素数は、自然界でも無数にみられます。

葉形、葉のつき方、花卉、種子などにも素数のものも多く、生き物では、素数の年毎に発生する「素数ゼミ」がよく知られています。



ハリギリの葉
裂片が素数の7です



ニガキの葉
小葉が11または13枚の羽状複葉です

自然界の様々な造形・理論

自然界には、実に様々な造形があります。雪や塩の結晶をはじめ、流線形や渦巻き、らせん状の構造などもあります。

そして、森林、自然の中には様々な理論があり、また未発見の数多くの理論も同時に存在しています。



らせん：つる植物、DNA



六角形：蜂の巣のハニカム構造



直線：木漏れ日の光線



まつぼっくり
(フィボナッチ数)



カエデの種子
(対称性)



樹冠
(フラクタル、コンストラクタル法則)



タンポポの種子
(球形)



ホオノキの枝
(らせん)



シダ植物
(フラクタル)

令和2年度の企画展

■企画展「自然の中の数学」展 Mathematics in Nature

- 【会 期】 2020年10月9日(金)～2021年4月11日(日)
 【場 所】 東京農業大学「食と農」の博物館 1階 企画展示室B
 Food and Agriculture Museum, Tokyo University of Agriculture
 【企 画】 東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科 教授 上原 巖
 【主 催】 東京農業大学「食と農」の博物館 館長 江口文陽
 企画展「自然の中の数学」実行委員会
 【共 催】 東京農業大学学術情報課程
 委 員 長：上原 巖
 副 委 員 長：東京農業大学「食と農」の博物館 副館長 上岡美保
 委 員：木村李花子 黒川孝明 西嶋 優 大石康代 中山 玲
 【開館時間】 午前10時～午後5時 (4月～11月)
 午前10時～午後4時30分 (12月～3月)
 【休 館 日】 月曜日(月曜日が休日の場合は火曜日)・毎月最終火曜日・大学が定めた休日
 (通常時) ※臨時休館日
 新型コロナウイルス感染状況に伴い、開館日及び入館方法については
 「食と農」の博物館ホームページ等を事前にご確認下さい
 【入 場 料】 無料
 【ホームページ】 <https://www.nodai.ac.jp/syokutonou/>



講演会、トークショー、ワークショップなどを企画しております。
 博物館のHPで告知いたしますので開催日時等は、ホームページでご確認ください。