

歴史から見る！ 人類と数理

木や骨に付けた傷で獲物の数を記録していた太古の昔から、人類は実世界の物事を抽象的な「数」として表す便利さを知っていました。そして、数を巧みに表す「数字」を発明し、数学という学問が生まれました。

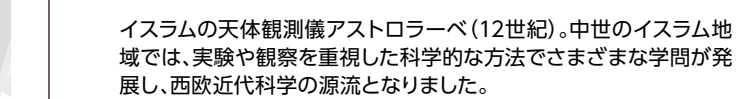


現代につながる60進法の数学

時間や角度を表す数字には、60や60の倍数がよく現れますが、これは古代バビロニアの数学がはじまりです。古代バビロニアでは60をひとまとまりに位を上げる60進法という表し方を使って、高度な数学を発展させました。60進法による計算は、暦の制定などに必要な精密な天文計算に使われ、その後も、惑星の運動に関する数式を導いたケプラーの時代まで使われていたようです。

中世・近代

数学によって数や図形のさまざまな性質が分かってくると、その性質から実世界を理解し、利用する工夫が重ねられてゆきます。世界の姿を明らかにしようとする科学と、正確さや真正さを裏付けてくれる数学は両輪のように発展し、近代の科学や技術が育ってゆきました。



現代

現代では、膨大なデータから現実世界をシミュレーションできるコンピュータの登場によって、世界の理解や新しい発見、技術開発が飛躍的に進んでいます。これからも人類は、数理を駆使して世界を切りひらいていくことでしょう。



数学の未解決問題を解くことで、乳がんやコロナウイルス構造物などの最新の検査技術が開発されました。

インターネットの安全と素数

1とその数でしか割り切れない7や13のような数を「素数」といいます。2つの大きな素数を掛け合わせることは比較的簡単ですが、掛けた値だけを見て、元の素数を割り出すには、膨大な計算が必要です。この性質を利用して、2つの大きな素数の掛け算から、ひと組の鍵を作る暗号方式（公開鍵暗号）が生まれました。元の素数が分からない限り、一方の鍵で暗号化したデータはもう一方の鍵でしか解読（復号化）できない、という性質があるため、インターネット社会の安全を守るために広く使われています。

数学の世界で活躍する日本人

伊藤 清(1915-2008)は、数学の一分野である「確率解析学」における功績により、社会の技術的発展と日常生活に対して優れた貢献をなした数学者に贈られる賞である「ガウス賞」の第1回受賞者となりました[2006]。伊藤の成果は、現代の金融工学・経済学などの発展にも大きな影響を及ぼしています。また、1936年に創設された、数学で最高権威の賞の一つとされる「フィールズ賞」も、これまでに3人の日本人(小平 邦彦[1954]、広中 平祐[1970]、森 重文[1990])が受賞しています。

「世界とつながる“数理”」について詳しくはこちら！



宇宙は138億歳

数理を使えば、重力の方程式と観測からこんなことまで分かってしまうのです！

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

量子コンピュータ

すべてを順に調べると膨大な回数が必要とする問題も、量子の「重ね合わせ」によって全体をひとまとめにして計算すると、大幅に少ない回数で答えを見つけることができます。

従来のコンピュータ

1	→ 計算	→ ×
2	→ 計算	→ ×
3	→ 計算	→ ×
100	→ 計算	→ ×

すべて計算して正解を見つける

量子コンピュータ

量子で重ね合わせで…

答えは3

少ない計算で答えを見つける

人工知能 (AI)

AIの発展に数理は深く関わっています。誰もが使いこなす時代に向け注目です。

新物質の開発

シミュレーションを使うと、膨大な実験をはぶいて新物質を探せます。

スーパーコンピュータ「富岳」を使った

地図・国土地理院

の 素数

素数の性質

素数

素数の性質

安全なカーブのカチ

安全なカーブには、曲がり具合の変化が一定の曲線が使われています。

マンホールのふたの形

穴に絶対落ちないように、どこを測っても幅が同じ「定幅図形」の円が使われています。いろいろな図形の性質を知っていると、何かをしたり作ったりするときに、よりよい方法が見つかるのです。

ポスターの背景模様について

この模様は、身近な世界の背後に広がる数やカタチの世界をイメージしたものです。ペンローズ・タイルという2種類のひし形をすき間なく並べてできた模様になっています。

祝日「春分の日」の決め方

太陽をめぐる地球がいつどの位置にいるかは運動方程式で予測できます。暦の「春分の日」が何日になるかもこうして決まります。ものの動きを数学で表すことは、予測や制御など多くの場面で使われています。

宇宙

宇宙の広さ

地球

地球の広さ

人形をおく

安定させるのに、どんな工夫をする？

足を開かせたり、座らせたりする人が多いのではないのでしょうか？

私たちは、経験から立体図形の性質を想像して、倒れにくい形や角度を考えています。

やまびこ

やまびこが返ってくるのが遅い時、どう感じる？

「遠くの手で届いた」とうれしくありませんか。私たちは、山との距離が大きいと声が届いてくる時間がかかるという経験から、比例の性質を無意識に使っているのです。

山との距離

距離 = 速度 × 時間

比例

$$d = b \times c$$

“数理”とは数学を道具として使うこと

積み木でできた○や□の世界。シンプルな数やカタチをあやつって、想像やひらめきを楽しむ子どもたち。それは、数理へのパスポートです。広い世界へとつながる数理へ、ようこそ！

現実世界のものを数や図形の関係で表すと、その数学的な性質を利用して、理解したり答えを出したりすることができます。

私たちは、“数理”という考え方を自然に生活しています。

まずは3つの身近な経験を例に見てみましょう。

「オススメ」のしくみ

この好みや前に見たサイトなどの情報から、統計的に選ばれています。

次の一手をどうするか

おたがいの選択肢や損得を数値化して分析できる「ゲーム理論」。有利な手の発見や、社会のルールづくりに役立てられています。数理は、こうした複雑な対象も数学であつたことができます。

ゲーム理論で分析すると…

自分の選択	相手の選択	分け合う
ひとりめする	ひとりめする	自分 20点 相手 20点
ひとりめする	分け合う	自分 0点 相手 100点
分け合う	ひとりめする	自分 100点 相手 0点
分け合う	分け合う	自分 50点 相手 50点

ミニクイズ

背景のタイルには、グレーに塗られた3つ組のタイルがたくさんあります。決まったルールで塗られていますが、1か所だけ間違っていて塗られているところがあります。それはどこでしょう？

台風の進路予測

気温や風など条件を少しずつ変えた計算を何度もして予測しています。そのばらつきで予想の範囲も分かれます。

宇宙

宇宙の広さ

地球

地球の広さ

人形をおく

安定させるのに、どんな工夫をする？

足を開かせたり、座らせたりする人が多いのではないのでしょうか？

私たちは、経験から立体図形の性質を想像して、倒れにくい形や角度を考えています。

やまびこ

やまびこが返ってくるのが遅い時、どう感じる？

「遠くの手で届いた」とうれしくありませんか。私たちは、山との距離が大きいと声が届いてくる時間がかかるという経験から、比例の性質を無意識に使っているのです。

山との距離

距離 = 速度 × 時間

比例

$$d = b \times c$$

“数理”とは数学を道具として使うこと

積み木でできた○や□の世界。シンプルな数やカタチをあやつって、想像やひらめきを楽しむ子どもたち。それは、数理へのパスポートです。広い世界へとつながる数理へ、ようこそ！

現実世界のものを数や図形の関係で表すと、その数学的な性質を利用して、理解したり答えを出したりすることができます。

私たちは、“数理”という考え方を自然に生活しています。

まずは3つの身近な経験を例に見てみましょう。

「オススメ」のしくみ

この好みや前に見たサイトなどの情報から、統計的に選ばれています。

次の一手をどうするか

おたがいの選択肢や損得を数値化して分析できる「ゲーム理論」。有利な手の発見や、社会のルールづくりに役立てられています。数理は、こうした複雑な対象も数学であつたことができます。

ゲーム理論で分析すると…

自分の選択	相手の選択	分け合う
ひとりめする	ひとりめする	自分 20点 相手 20点
ひとりめする	分け合う	自分 0点 相手 100点
分け合う	ひとりめする	自分 100点 相手 0点
分け合う	分け合う	自分 50点 相手 50点

ミニクイズ

背景のタイルには、グレーに塗られた3つ組のタイルがたくさんあります。決まったルールで塗られていますが、1か所だけ間違っていて塗られているところがあります。それはどこでしょう？

年代測定のマストアイテム

放射性炭素は、すべての生き物の中にあって、死ぬと一定の割合で減っていくので、その量ははかると生きていた年代を知ることができます。変化の仕方が分かっているものは、数理を使うとモノサシになるのです。

湖の魚の数え方

一部の魚に目印を付けておけば、とれた魚の数と、その中の目印の付いた魚の数から、湖全体の魚の数を推測できます。一部から全体を知りたいとき、数理はとても便利に使えるのです。

ウイルスが広まる条件

二次感染で社会に広まるかどうかを数式で判定できます。

$$R_0 \geq 1$$

脳のひらめきの数式

ある環境における生物の個体数を予測したいとき、毎年同じ割合で増えれば、予測は簡単ですが、実際にはさまざまな条件が関係し、適度に増加や減少をしています。こうしたことを考えて、ある生物の個体数が時間の経過とともにどのように変化するかを二次関数で表す数理モデルが得られています。このモデルに関連して現れる、二次関数が描き出す美しいパターンの模様がドレスのデザインに用いられています。

薬の量と飲む回数

飲んだ薬が時間とともに分解されてどれくらい減るのか分れば、薬が適切に効き続けるために1回の量と飲む回数をどうすべきか分かります。変化のしかたを数学で表せると、予測したり制御したりできるようになります。

「1日3回飲むくすりの場合」

薬の量を分けて飲む場合

「オススメ」のしくみ

この好みや前に見たサイトなどの情報から、統計的に選ばれています。

次の一手をどうするか

おたがいの選択肢や損得を数値化して分析できる「ゲーム理論」。有利な手の発見や、社会のルールづくりに役立てられています。数理は、こうした複雑な対象も数学であつたことができます。

ゲーム理論で分析すると…

自分の選択	相手の選択	分け合う
ひとりめする	ひとりめする	自分 20点 相手 20点
ひとりめする	分け合う	自分 0点 相手 100点
分け合う	ひとりめする	自分 100点 相手 0点
分け合う	分け合う	自分 50点 相手 50点

ミニクイズ

背景のタイルには、グレーに塗られた3つ組のタイルがたくさんあります。決まったルールで塗られていますが、1か所だけ間違っていて塗られているところがあります。それはどこでしょう？

「オススメ」のしくみ

この好みや前に見たサイトなどの情報から、統計的に選ばれています。

次の一手をどうするか

おたがいの選択肢や損得を数値化して分析できる「ゲーム理論」。有利な手の発見や、社会のルールづくりに役立てられています。数理は、こうした複雑な対象も数学であつたことができます。

ゲーム理論で分析すると…

自分の選択	相手の選択	分け合う
ひとりめする	ひとりめする	自分 20点 相手 20点
ひとりめする	分け合う	自分 0点 相手 100点
分け合う	ひとりめする	自分 100点 相手 0点
分け合う	分け合う	自分 50点 相手 50点

ミニクイズ

背景のタイルには、グレーに塗られた3つ組のタイルがたくさんあります。決まったルールで塗られていますが、1か所だけ間違っていて塗られているところがあります。それはどこでしょう？

表現と数理

人間が最も美しいと感じる比率といわれる黄金比(1:1.618 …)。自然界や建築物に黄金比が見いだされるといわれ、様々な立場から議論が続いています。

【図形の性質によるデザイン】

数学の世界を表現している切り絵アーティストの作品は、「ピタゴラスツリー」と呼ばれる図形をベースに制作されています。



三平方の定理を使ったデザイン(岡本健太郎 制作)

ピタゴラスツリーは、正方形の一边に直角三角形の斜辺が合わさっている構造の繰り返しになっています。三平方の定理(ピタゴラスの定理)という、直角三角形において、斜辺の長さの二乗が他の二辺の長さの二乗の和に等しいという定理から、赤い正方形の面積が2つの青い正方形の面積の和に等しくなります。青の正方形の面積もそれぞれ接している黄色い正方形の面積の和に等しいので、赤の正方形の面積と4つの黄色い正方形の面積の和も等しくなります。この定理を考えて先ほどのデザインを見てみると、各色の面積の和はすべて等しくなります。

また、ピタゴラスツリーのように、部分と全体の形が相似となるような構造を「フラクタル」と呼びます。

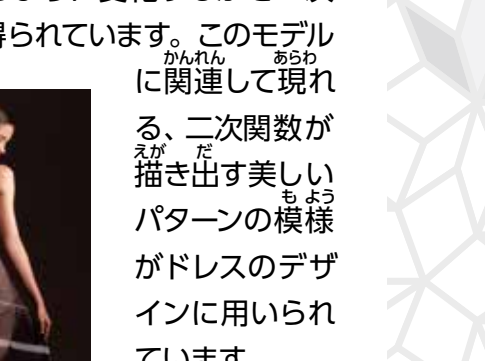


ピタゴラスツリーの構造

【数理モデルが作るデザイン】

現象の特徴や性質を見つけ、それを数式で表したものを「数理モデル」といいます。数理モデルを洋服のデザインに活かしたドレスがあります。

ある環境における生物の個体数を予測したいとき、毎年同じ割合で増えれば、予測は簡単ですが、実際にはさまざまな条件が関係し、適度に増加や減少をしています。こうしたことを考えて、ある生物の個体数が時間の経過とともにどのように変化するかを二次関数で表す数理モデルが得られています。このモデルに関連して現れる、二次関数が描き出す美しいパターンの模様がドレスのデザインに用いられています。



数理モデルが描き出す模様をデザインしたドレス(エマ・理永・木本主子、合原一幸 作成)



学習資料「一家に1枚」世界とつながる“数理”

制作・著作 文部科学省
企画・監修 国立研究開発法人理化学研究所数理創造プログラム(iTHEMS)
監修協力 宮内省(さいたま市立美園南中学校)
制作 iTHEMS「一家に1枚」“数理”制作チーム
井上智哉、金子美穂子、熊倉大輔、入谷亮介(iTHEMS)
篠崎英樹子(フリーアナウンサー/数学コミュニケーション)
佐田卓也(プランナー/科学コミュニケーション)
佐久間弘子(広報室)
西山朋子(脳神経科学研究所センター)
矢野みどり(iTHEMS 推進室)
編集・デザイン ヤマノ印刷株式会社