

# 算数・数学のおすすめラインナップ

算数・数学のお役立ち情報を掲載しています。

## 算数のABC



算数の基本的な学習内容や指導法について分かりやすくていねいに解説しています。校内研修や初任者研修で活用していただけます。



<https://www.nichibun-g.co.jp/data/education/abc-series/abc-series017/>

## データの活用



●「データの活用」  
指導の初歩の初歩



<https://www.nichibun-g.co.jp/data/education/e-other/e-other021/>



●「データの活用」  
新教材の指導の手引き



<https://www.nichibun-g.co.jp/data/education/e-other/e-other036/>

## 機関紙『ROOT』



算数・数学にゆかりのある方々へインタビューしている「Hello Mathematics!」や連載企画「授業改善のヒント」、「数学偉人伝」などを掲載しています。



<https://www.nichibun-g.co.jp/data/education/root/>

## ROOT No.27

日文教育資料【算数・中学校数学】

令和3年(2021年)6月30日発行

編集・発行人 佐々木秀樹

発行所 日本文教出版株式会社  
〒558-0041 大阪市住吉区南住吉4-7-5  
TEL:06-6692-1261

本書の無断転載・複製を禁じます。

CD33561

## 日本文教出版 株式会社

<https://www.nichibun-g.co.jp/>

大阪本社 〒558-0041 大阪市住吉区南住吉4-7-5  
TEL:06-6692-1261 FAX:06-6606-5171  
東京本社 〒165-0026 東京都中野区新井1-2-16  
TEL:03-3389-4611 FAX:03-3389-4618  
九州支社 〒810-0022 福岡市中央区薬院3-11-14  
TEL:092-531-7696 FAX:092-521-3938  
東海支社 〒461-0004 名古屋市東区葵1-13-18-7F-B  
TEL:052-979-7260 FAX:052-979-7261  
北海道出張所 〒001-0909 札幌市北区新琴似9-12-1-1  
TEL:011-764-1201 FAX:011-764-0690

# ROOT

2021  
No.27

Hello, Mathematics!  
自然界の「美しい数学」を  
デザインに融合する  
ドレスデザイナー エマ理永



本資料は、一般社団法人教科書協会「教科書発行者行動規範」に則り、配布を許可されているものです。

※本冊子掲載QRコードのリンク先コンテンツは予告なく変更または削除する場合があります。  
※QRコードは、株式会社デンソーウェブの登録商標です。

日文の実践事例、教科情報  
詳しくはWebへ!

日文 検索



未来をにう子どもたちへ  
日本文教出版



▲ 錦帯橋 (山口県岩国市)

ロープなどの両端を持って垂らしたときにできる曲線を懸垂曲線といいます。

ミズーリ州にあるゲートウェイアーチのカーブは懸垂曲線をモチーフにつくられています。

山口県岩国市にある錦帯橋も

懸垂曲線を描いていると言われています。



▲ 懸垂曲線の例

## CONTENTS

### 2 Hello, Mathematics! 自然界の「美しい数学」を デザインに融合する



ドレスデザイナー エマ 理永

### 6 授業改善のヒント 小学校編 量分数での理解を基に異分母分数の 加法の計算の仕方を考えよう

兵庫教育大学大学院准教授 加藤 久恵

### 8 中学校編 資質・能力を育む数学指導のあり方

岡山大学大学院教授 岡崎 正和

### 10 いまこそ! おうち映画

### 12 読み解く数学偉人伝 ニュートン



帝塚山大学教授 城田 直彦

取材協力・写真提供 エマリーエ ウェディングドレスサロン (P.2~5)

取材協力 株式会社コトノネ生活 (P.2~5)

株式会社タンクフル (P.2~5)

有限会社中村編集デスク (P.10~11)

撮影 河野 豊 (P.2~5)

イラスト studio potato 福嶋 敏信 (P.10)

藤井 美智子 (P.12~13)

デザイン 株式会社京田クリエイション

# 自然の 美しい 数学」を デザインに融合する



ドレスデザイナー

**エマ理永**

(えまりえ)

スト、数学者、天文学者で構成しているアートとサイエンスの融合の会「ISACの会」というのがあり、そこで位相幾何学(トポロジー)の先生にお会いし、幾何学なのにモノの形状を見るときに、構成する線の角度や長さには捉われず、つながりに着目するという考え方を聞いて驚き、その考え方にとてもインスパイアされました。当時、私はドレスの設計にこだわり始めていた時期で、もっとサイエンスマインドでドレスが設計できなければいけないと思い、角度や長さに着目していました。

先生は紐の結び目を数学的に表現する「結び目理論」がご専門なのですが、先生にコラボレーションをお願いし、結び目理論の結び目のつながりをそのままデザインしたドレスを作って発表したことが、デザインに数学的要素を取り入れた最初です。

**自然界の数学的要素が「美しいはずがない」と思っています。**

——具体的には、どのようなかたちでデザインに数学的要素を取り入れているのでしょうか。

私のドレスはフラクタルになっています。フラクタルとは、ある形状の全体と部分が相似になっていて、同じ形状が大きさを変えながら連続している状態で自然界には多くあります。例えば、海などに生息する美しい貝をよく見てみると、対数螺旋でシンプルに角度を出していきながら同じ形状の繰り返しで形作られているものが多くあります。

私は、もともとはデザインではなくアートを手がけていましたので、絵を描くときなどに自然界

でのフラクタルな美しい形状、つまり、同じ形状が繰り返されている自然界の様子からものすごく影響を受けていました。

数学の専門家の方からは笑われてしまうかもしれませんが、私は数学というのは、「知覚できない宇宙」と、「人間の意識」の関係性を見出す純粋な思考であり、脳そのものの探求の形だと思っています。だから、自然界にある数学的な要素を取り込めば、それが「美しいはずがない」というのが私の考え方なんです。

**ドレスは身にまとわれることでその人自身となっていて一緒に輝き、人を喜ばせることができるものです。**

——もともとはアートを志望されていたとのことでしたが、アートからデザインの世界へと転身された動機は何でしたか。

たまたまなのですが、アメリカのシカゴに行くことになり、そこで、地元のカレッジで開かれていたアートの講座を受講しました。あるとき、友達の女性2人が、そのカレッジのデザイン科のファッションデザイン部門の面接があるから一緒に行こうと言うのです。ほんとに偶然ですが、それがきっかけで、シカゴのカレッジでファッションデザインに出会いました。

そこでドレスを創り始めたら、アメリカ人の女の子たちが「あなたのドレスを着たい」と言い始めたのです。気難しいような子までが「どうしても着たい」と。そのときに「服って、アートと全

然違う」と思ったんです。服は身にまとわれたときにその人自身になるんですよ。白鳥なら白い羽であったり、ヒョウならヒョウ柄の毛皮、猫なら縞々模様といったものと同じで、生命体の外殻になるんです。

だから、女の子にとって、ドレスや洋服はとても大切なものなのです。それまではアートを志していましたが、そういった経験をしてデザインをしようと思い始めました。今では、女の子に喜んでもらうためにあらゆる私の力を駆使してそれに向かっていきたいと思っています。



▲TBSドラマ「花より男子」の映画版で使用されたウェディングドレス



**AIは発想の飛躍が苦手なので、そこをサポートするのが人の仕事だと思います。**

——理化学研究所とのコラボレーションでAIファッションを発表されていますが、ファッションデザインにAIを取り入れた取り組みでどのようなことを思われましたか。

AIファッションは「共創」がテーマでした。東京大学特別教授/名誉教授の合原一幸先生や理化学研究所の方々などとのコラボレーションで、AIとHI、つまり「ヒューマンインテリジェンス」との

共創をテーマに、「最新のテクノロジーが人を、女の子を幸せにするものであって欲しい」というビジョンのもとに取り組みました。

具体的には、これまで手がけた500体ぐらいのドレスをAIに機械学習させて、そこからAIがデザインの原形ともなる画像を導き出すのですが、最初はAIが作り出した画像が、あまりクリエイティブではなかったのです。前に私がしてきたことの繰り返しでした。

そこで、「次は貝を学習させたらどうですか？」と提案しました。というのは、私のクリエイトの中には、自然界のものがいつも入っているので「私を超えようと思ったら、それを取り入れないと無理に決まっている」と思ったのです。すると、理研の方たちは、最初は難しいとおっしゃっていましたが、さすが科学者ですね、「やってみよ！」と立ち上がってくださったんですよ。

私は、自然界の創造物の中でも貝をとて美しいと感じていますが、その貝を学習した後にAIの



出してきた画像は、すごく良くなっていたのです。私のデザインの本質を捉えている感じでした。AIの画像を立体的に起こして形にしたらすごく良かったです。

◀ AIが作り出した画像から生まれたドレス

このAIファッションではAIとHIの共創がテーマでしたが、実際にやってみるとAIは発想の飛躍が苦手なのかなと感じました。だから、ドレスのデザインなのに貝の形状を学ばせるといった取り組みをさせることで、発想が飛躍するように人間がサポートしてあげる。そういう作業を人間たちに残すべきかなと思いました。

体形にぴったりと合わせながら美しいドレスを

作るという設計の場面でもAIを使って少しずつやっていきたいと思っています。大量生産のために決められた規格のサイズが先にあって、それに合っている自分が美しいと思い込まされていて、それに合わせなきゃいけないと思う子もいて、痩せると綺麗になれる自分というのがあれば幸せなのかもしれないけれど、できればそのままで綺麗になれるドレスを用意したいなと思います。

**定義を明確にして揺るがない数学的な感覚は大切にしていきたいと思います。**

——今後は数学のどのようなところをデザインに活かしていきたいですか。

まずは、自然界を抽象化した図形や、抽象化する考え方そのものを、ちゃんとデザインに反映させてドレスを作っていきたいと考えています。フラクタルや対数螺旋などを取り入れたデザインです。



▲対数螺旋を取り入れたドレス  
着ることにより動きが出て、生命が宿っているような印象を与える

数学をされる方はどちらかというと数学的なグラフの美しさなどを好まれるようで、それらをプリントしたり、形にしたりしたデザインをとて喜んでくださいます。抽象的なものが現実に表現されて出てくることを喜んでもらえるのですが、私は数学的な見方・考え方そのものをドレスの構造にも取り入れていきたいと考えています。例えば、貝殻を数学者の目で見ると「拡張と回転とねじれ」なのですが、拡張とねじれでドレスの構造を考えるようなそのような見方・考え方でデザインを考えられると楽しいのかなと思います。あと、折り紙の要素もデザインに取り入れてみたいですね。



▲数学的要素がちりばめられたデザインスケッチ

もうひとつ、数学的な考え方で大切だなと思うのは、定義や前提条件が曖昧だと議論が不毛なものになるということです。数学では「点」はこういうもの、「面」はこういうものと定義がしっかりとある上で話が展開していきますよね。定義が曖昧だと思考もできません。デザインをするときにも、例えば、ウエストの位置をどこにするかと議論になったときに、「そもそもウエストとは、人の身体の部分を指すのか、服の部分を指すのか」など、どういうものと定義したのかを見失わないことが大切です。「僕はこうだ」と熱弁していても、その言葉の定義自体にブレがあると議論にならず、定義がかみ合っていないことで論争することになっては不毛だと思います。

定義を明確にして、揺るがないようにすることは一番大事なことだと思います。

**子どもたちには「私ならできると自分を信じる気持ちを持って欲しい**

——今の子どもたちに伝えたいことはどのようなことでしょうか。

今の子どもたちに伝えたいことは、どんなときでも「私ならできる」「僕ならできる」とつぶやいてもらいたいということですね。自分を信じるということです。問題解決をするときなどにはこれは本当に効きます。私の経験からすると、「私ならできる」とつぶやいていると、本当にできるんです。脳科学の先生に教えてもらったことですが、できないと思うと、脳はできない言い訳をいっぱい考え始めます。だから、「できる」と思うことです。

それを小さいときから練習しておくこと。そして、できないと思われることでもできるようにする「火のような思い」を持つことが大事で、その一步として「私ならできる」「僕ならできる」とつぶやくことが大事です。

また、「ピンチはチャンス」と思うことです。絶対にピンチはチャンスです。新しい発想が出てくるチャンスなのです。これも間違いありません。ピンチのときこそチャンスと強く思って、目的をしっかりと見据えて向かっていくことです。

また、その事象の根源を見て欲しいとも思います。数学でもただ公式を覚えるのではなく、何のためにこの公式があるのだろう、と原点に戻って考えていると、何か突破口が見えてくることがあります。

そして、何か自分の意見や考えに対して、「それは違うよ」と周囲から言われたときでも、がっかりするんじゃなくて、「これは、『違う』という一つのアドバンテージ」もしくは「ディスアドバンテージ」を言われているだけだと思って欲しいですね。ようするに違う考え方を示されているだけなのです。そういったいくつかの考え方があることを理解し、そこできちんと議論できる子どもになって欲しいと思います。すぐに自分が間違っていたと思ってあきらめないで、そこから立ち上がって欲しいなというのも私のこれまでの経験から伝えたいことです。



エマ理永 (えまりえ)

愛知県生まれ、武蔵野美術短期大学工芸デザイン科卒業。アメリカでファッションデザインを学び、ドレスデザイナーとして活躍。数学的要素を取り入れたデザインが注目され、2002年7月には雑誌『nature』、2006年5月には『The New York Times』で取り上げられた。2019年には理化学研究所とのコラボレーションで「AIファッション」を発表。2021年3月にはアメリカ・スタンフォード大学のBEST OF WiDS (Women in Data Science) に選出。

# 量分数での理解を基に 異分母分数の加法の 計算の仕方を考えよう



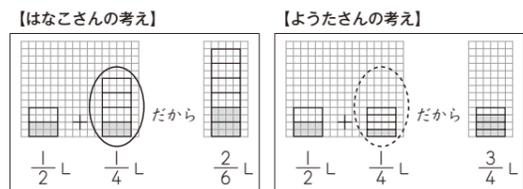
●兵庫教育大学大学院  
准教授  
加藤 久恵

## 1: 分数学習の難しさ

分数の意味理解は、難しい学習内容の一つです。分数の計算の仕方を学習する際にも、児童の分数概念の理解を深めることで、計算の仕方の理解をはかることが重要です。ここでは、分数の計算について扱っている令和2年度全国学力・学習状況調査算数[3](2)を見てみましょう(図1)。この調査は実施されていないため、実際の正答率はわかりません。そこで、関連する過去の調査問題とその正答率を見てみます。

(2) ようたさんたちは、 $\frac{1}{2}$ Lと $\frac{1}{4}$ Lを合わせると何Lになるのかを考えています。  
式は、 $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ になることがわかりました。

はなこさんは、【はなこさんの考え】と【ようたさんの考え】を見て、【はなこさんの考え】の中の○を、【ようたさんの考え】の中の○のように直す必要があることに気付きました。



1Lの大きさを と表すとき、【はなこさんの考え】の中の○は、【ようたさんの考え】の中の○のように直すなければいけません。  
【はなこさんの考え】の中の○を直すなければいけないわけを、次のようにまとめます。

▲図1 令和2年度全国学力・学習状況調査算数[3](2)

まず、平成20年度全国学力・学習状況調査算数A[1](6)では、「2÷3の商を分数で表す」問題が出題されており、正答率は73.8%です。一方、平成22年度全国学力・学習状況調査算数A[2](2)は次のような問題(図2)で、正答率は40.6%です。

(2) 2Lのジュースを3等分すると、1つ分の量は何Lですか。答えを分数で書きましょう。

▲図2 平成22年度全国学力・学習状況調査算数A[2](2)

図2の問題に関連する分数( $\frac{2}{3}$ )の意味として、以下の3つがあります(該当調査の報告書p.152参照)。①は分割分数、②は量分数、③は商分数と呼ばれています。

- ①  $\frac{1}{3}$  は、具体物を3等分したものの1つ分の大きさを表し、 $\frac{2}{3}$  は2つ分の大きさを表す。
- ②  $\frac{2}{3}$  は、 $\frac{2}{3}$ Lのように測定したときの量の大きさを表す。
- ③  $\frac{2}{3}$  は、整数の除法「2÷3」の結果(商)を表す。

前者の調査問題(2÷3の商を分数で表す)に対しては、約7割の児童が $\frac{2}{3}$ と答えられているにもかかわらず、後者の調査問題に対しては約4割の児童しか $\frac{2}{3}$ と答えられていません。つまり、2÷3の商を分数 $\frac{2}{3}$ で表せるが、「2Lのジュースを3等分した1つ分の量」の解決に戸惑う児童がいるということが推測されます。したがって後者の調査問題の難しさは、3点目の商分数の理解の難しさだけでなく、分割分数と量分数の理解の難しさがかかわっていると考えられます。

ここでは、最初に取り上げた令和2年度全国学力・学習状況調査算数[3](2)を用いて、分割分数と量分数の理解を促す授業づくりについて考えてみましょう。

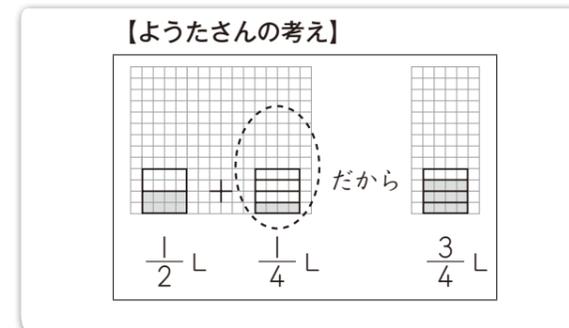
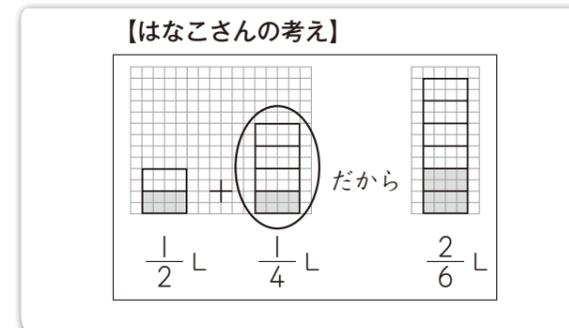
## 2: 分数の意味の理解を深めるために

令和2年度の調査問題[3](2)は、 $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ の計算の仕方を考える問題です。 $\frac{1}{4}$ をみて、児童は何をイメージするでしょうか?たとえば、「ケーキを4等分した1つ分」などをイメージするかもしれません。これは、分割分数のイメージです。児童が日常生活で出会う分数は、分割分数が多いのでは

ないでしょうか。

一方、量分数とは $\frac{1}{4}$ Lのように、測定したときの量の大きさを表す分数です。しかし、日常生活において $\frac{1}{4}$ L(量分数)という分数表記にふれる機会よりも、0.25Lという小数表記にふれる機会の方が多いでしょう。したがって、量分数は、児童にとって比較的馴染みがない分数だといえます。けれども、分数の四則計算や数としての分数の理解を深めるためには、量分数の学習が必要です。そこで、この問題を用いて、分割分数と量分数という見方の違いについて学習する授業を考えてみましょう。

ところで、算数では、図をかくことによって、児童がどのように考えているかを可視化させ、数量関係を把握するよう促します。しかし、図をかくだけで数量関係が把握できるとは限りません。そこで大切なのは、かいた図を見比べ、図から数量関係を読み取る力を育てることです。この調査問題でも、2人の児童の考え方が図で表されています。これらの図を提示し、「はなこさんの考え」と「ようたさんの考え」を児童に説明させます。



この調査問題で提示されている「はなこさんの考え」の図は分割分数の観点から、「ようたさんの考え」の図は量分数の観点からかかれた図です。図を説明する際には、「この図の色の部分が $\frac{1}{2}$ を表しています」「そして、こっちは図は色の部分が

$\frac{1}{4}$ を表しています」のように、その図を見て児童が気付いたことを言語化させます。児童は、言語化することによって、はっきりと意識してはなかったことに目を向ける可能性があります。つまり、自分の思考を対象化できるのです。そうすると、そこから新たな気付きがうまれます。

たとえば、「はなこさんの考え」と「ようたさんの考え」が表している $\frac{1}{4}$ Lの違いに目を向けてみます。どちらも、それぞれの長方形を4等分しており、分割分数としては $\frac{1}{4}$ を表していますし、それぞれの全体を1Lと見れば正しい図だと言えます。しかし、 $\frac{1}{2}$ Lの図と比較したときに、1Lが揃っていないかを考える必要があります。

次に、説明を聞いていた他の児童が、説明の矛盾に気付いたり疑問を発言したりするよう、促すことも大切です。たとえば、「はなこさんの考え」の図について、「 $\frac{1}{2}$ Lと $\frac{1}{4}$ Lが同じ大きさだよ」という発言が出るかもしれません。「2つの図の1Lの大きさが違うよね」という発言も出るかもしれません。しかし、図には1Lという数値が記載されていません。そこで、「どこが1Lなんだろう?」という発言を児童から引き出せれば、図の中に1Lをかき込む活動が促されます。特に、何を1とみるかは、ここでは大切な数学的な見方・考え方ですから、教師がその発言を価値づけ、教室で共有していくことが重要です。「何を1とみるか」について児童から発言がないときは、教師から問うことも必要です。このように、図の中に数値をかき込むことは、図を用いて数量関係を考える際には重要です。そこで、授業の最初に提示する図には、数値がすべてかき込まれていないものを用いる工夫も必要になってきます。

以上のようにして、図に児童が働きかけながら、図の特徴を読み取ることで、「はなこさんの考え」の図と「ようたさんの考え」の図から数量関係を読み取る力を育てることになります。それらの学習場面は、児童が分数をどのように理解しているかを教師がみとり、児童たちの分数の理解をより豊かにする学習を行うチャンスでもあります。

●参考・引用文献  
文部科学省・国立教育政策研究所(2008, 2010, 2020)『全国学力・学習状況調査: 小学校算数』



●岡山大学大学院教授  
岡崎 正和

## 1: 資質・能力を育む学習過程の重要性

教育を通して、豊かな創造性を備え持続可能な社会の創り手となることが期待される生徒に、知識及び技能の習得、思考力、判断力、表現力等の育成、学びに向かう力、人間性等の涵養を基本とした資質・能力の形成が目指されている。これを実現する上で、学習過程そのものの影響は大きく、このため生徒が目的意識を持って問題発見・解決を行う過程が重視されている。本稿は令和2年度全国学力・学習状況調査の中から、「事象の数学的な解釈と問題解決の方法（紙パック）」を採り上げて、資質・能力を育む授業改善のためにあるべき授業観について述べてみたい。

問題の文脈は、1か月で集めた紙パックの枚数を、最初の4日間で集めた紙パックの枚数をもとに予想するものである。まず、厚さをもとに紙の枚数を予想する大輝さんの求め方と重さをもとにして予想する菜月さんの求め方が紹介される。

理解できるかどうかを問うている。関数の考えの発想の原点は、理解するのが難しいまたは面倒な事柄 ( $y$ ) を、直接捉えようとするのではなく、よく分かったまたは扱いやすい事柄 ( $x$ ) を探し、それをもとに間接的、関係的に捉えようとするところにある。このとき、 $x$  (厚さ) を用いれば  $y$  (枚数) を本当に捉えることができているのか、対応関係は保証されているか、表や式やグラフで簡潔・明瞭に表現できそうかといった思考を巡らせることとなる。この関数の考えは、日常と数学を結ぶ上での重要な結節点になっている。従って、日々の授業では、 $x$  に当たる事柄を最初から与えた形で学習させるだけでなく、関数の考え自体を重要な探究と考えて、むしろ  $x$  に当たる事柄を見出させることにも重点をおく必要がある。

次に、「1か月間で集まった紙パックの合計の重さが何gであっても、集まった紙パックの枚数を求められるようにしたい」という発想から、式で表現したことが述べられている。

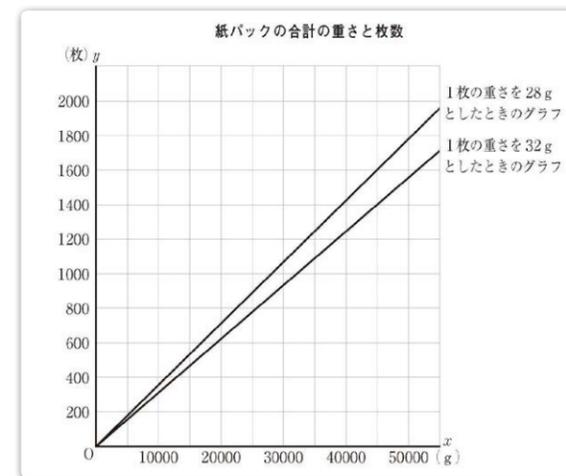
$$\left( \begin{array}{c} \text{紙パックの} \\ \text{枚数} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{紙パックの} \\ \text{合計の重さ} \end{array} \right) \div \left( \begin{array}{c} \text{紙パック} \\ \text{1枚の重さ} \end{array} \right)$$

この場面については何らかの解答を求めているが、この式表現を行う意味について考えたい。問題の文脈が4日間で集まった紙パックの枚数をもとに1か月で集まった紙の枚数を予想することであり、式表現（言葉の式を含む）は未来予想の道具として位置づけられていることになる。事象から式を作る学習を行う際には、生徒に、式を用いれば未知の世界を探究できるというよさの感覚を同時に身につけさせたいと思う。

しかし、文字に数値を代入して結果を評価する問題の正答率は、過去の学力調査の結果を見ると芳しくない。式に当てはめて実際の数値を求めるとともに、式の意味や有用性を感じるとる活動は、

単元を通して重視したいことであり、こうした有用性を日々感じる学習によって、学びに向かう力や人間性が育まれていくように思う。

式の提示に続いて、菜月さんが紙パック1枚の重さに違いがあることに気づいたことから、1枚の重さが28gのときと32gのときでグラフに表し、重さが45000gのとき、差がどれくらい生じるかについて求める「方法」を問うている。



直線のグラフは事象を直観的かつ全体的に理解するのに役立つが、生徒のグラフの理解には課題が多い。平成30年度調査で座標を書き入れる基本問題の正答率が70.6%であり、平成31年度調査でグラフ上の直線に関して  $y$  座標の差が表す事象を選ぶ問題の正答率は39.5%であった。そうした状況で、差を視点を2本の直線に関係づける読みは、生徒にとって容易くはないであろう。難しいと言っても、こうした学習は不要どころか、むしろ積極的に採り上げられるべきであろう。数学と日常とを繋ぐ上で重要な考えに相当するからである。

この読みが成立するには、グラフに表された関数関係が事象の何に当たるかを生徒が意識できるよう、指導に当たる必要がある。具体的には次のようなことである。グラフの傾きは1gで何枚かという「単位量あたりの大きさ」を示していること、紙のg数と枚数とがこのペースで増えていると仮定し、その増える様子を想像できること、 $x$  軸上の数値と  $y$  軸上の数値は直線のグラフを境に直角に対応すること、 $y$  座標には線分(棒グラフ的)やベクトルで表現しうる量が存在し、 $y$  座標の差は2つの量の差を表現していること、等々。

## 2: 資質・能力の育成のための授業のあり方

最後に、資質・能力の育成のための数学授業について基本となる考え方を述べてみたい。

まず、資質・能力としての知識・技能の捉え方である。この場合の知識・技能とは頭のどこかに存在するだけのものを意味せず、社会や生活の中で生きて働いてはじめて知識と言いうものになると捉えられる。知っている知識から「実践的に有用な知識」への転換である。指導においては、例えば「 $x$ の増加量分の  $y$ の増加量」という知識がどんな場面で役立つかを、生徒はどのようにして知ることができるかを考えることになる。

このことは知識・技能と思考力・判断力・表現力との関係性を再考することにもなる。基礎的な知識・技能を習得しなければ応用問題が解けないという発想から、知識・技能の確実な習得と練習を優先する傾向がある。しかし学力調査等の結果を見れば、知識や技能の問題が解けても、活用問題において知識や技能が使えていないことも明白になっている。「知識はそれが意味をなす場面の中で形成されてこそ生きて働くものとなる」ということを再確認し、知識の有用性を実感できる指導のあり方を考えていきたい。

二つ目に、変化の激しい時代に身につけるべき資質や能力として、学びに向かう力、人間性の面はこれまで以上に真剣に考えられねばならないと思う。問題場面に積極的に関わる態度、特に現象に対して「疑問」や「問い」を持つとすること、やり方を知ること留まらず「なぜ」「どうして」と問い続けること、結論を見直して次の学びに繋げる態度は、重要な資質・能力である。こうした資質や能力は決まりきった解法パターンの習熟だけでは身につかないし、将来困難に遭遇したときそれに立ち向かうだけの力にもつながらない。数学を理解することがよりよい生活につながるということを生徒が意識しつつ、学びを連続させていけるような数学授業の開発が望まれている。

●参考・引用文献  
文部科学省・国立教育政策研究所(2020)『令和2年度全国学力・学習状況調査：中学校数学』  
<https://www.nier.go.jp/20chousa/20chousa.htm>



# いまこそ！ おうち映画

気軽に出かけない日が増えた昨今、名画にどっぷりつかるチャンスです。そこでいまこそおうちで観たい、数学者や数式がでてくる映画をご紹介します。



## 国際数学オリンピックを目指す、若者たちの葛藤 僕と世界の方程式



【僕と世界の方程式】  
DVD：4,180円(税込)  
発売元：ミッドシップ  
販売元：TCエンタテインメント  
©ORIGIN PICTURES (X&Y PROD) LIMITED / THE BRITISH FILM INSTITUTE / BRITISH BROADCASTING CORPORATION 2014

国際数学オリンピックに国の代表として出場するのはどんな人物で、どのように選ばれるのか。英国のドキュメンタリーをドラマ映画化した本作。人付き合いが苦手な数字と図形だけが友達だった少年が、過酷な選抜合宿を通じて人との関わり目覚めてゆく。原題「X+Y」の意味に考えさせられる。



## 天体運動の謎に迫る数学者 アレクサンドリア



【アレクサンドリア】  
DVD 発売中  
価格：1,257円(税込)  
発売・販売元：ギャガ  
© 2009 MOD Productions, S.L. ALL Rights Reserved.

舞台は4世紀のエジプトの都市アレクサンドリア。数学者で天文学者のヒュパティアは、生徒たちに天体の運動について教え、対話を重ねながら、彼女自身も観測と研究を怠らない。当時のアレクサンドリアを再現した映像、アポロニウス（紀元前3～2世紀）の円すい曲線理論模型や天体模型がどれも美しい。



## 物理学者と数学者の息詰まる思考対決 容疑者Xの献身



【容疑者Xの献身】  
Blu-ray：7,370円(税込) /  
DVD：4,180円(税込)  
発売元：アミューズソフトエンタテインメント  
販売元：ポニーキャニオン  
©2008 フジテレビジョン アミューズ S・D・P FNS27社

東野圭吾の人気推理小説「ガリレオシリーズ」の第3弾で直木賞受賞作である同名小説を映画化。天才物理学者の湯川が挑む難事件の相手は、友人で湯川に匹敵する頭脳をもつ数学者であり高校教師。四色問題（定理）、リーマン予想などが語られる。論理的思考のぶつかり合い、結末やいかに？



## 博士が見せてくれた、美しい数の世界 博士の愛した数式



【博士の愛した数式】  
DVD & Blu-ray 発売中  
DVD：3,080円(税込) /  
Blu-ray：4,180円(税込)  
発売元：アスミック・エース  
販売元：TCエンタテインメント  
©2006「博士の愛した数式」製作委員会

小川洋子による同名小説の映画化。事故の後遺症で記憶が80分しかもたない博士が、数の世界の不思議さや美しさを、お世話に通う家政婦とその息子にたんと語りかける。映画を観終わるころ、この母子のように計算で用いる記号や数字たちが、まるで親しい隣人のように暖かく血の通った存在に感じられるだろう。



## ロケット打ち上げの陰の立役者たち ドリーム



【ドリーム】  
フルレー発売中 /  
デジタル配信  
©2018 Twentieth Century Fox Home Entertainment LLC.  
発売元：ウォルト・ディズニー・ジャパン

アメリカ・ソ連の宇宙開発競争が激しい時代、NASAで活躍した黒人女性たちの実話をもとにした映画。天才数学者のキャサリン、反骨精神あふれるエンジニア志望のメアリー、時代の流れを読み、プログラミング言語の習得と人材育成を始めるドロシー。人種差別と性差別の壁にぶつかりながらも笑顔で働く3人の姿が頼もしい。



## 夢の軌道は宇宙へと続く 遠い空の向こうに

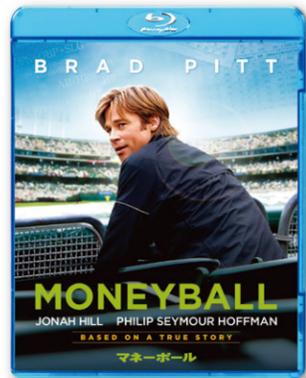


【遠い空の向こうに】  
Blu-ray：2,075円(税込) /  
DVD：1,571円(税込)  
発売元：NBCユニバーサル・エンターテイメント  
※2021年6月の情報です。

原作はNASAのエンジニアによる自伝。ごく普通の少年たちが、人類初の人工衛星の光に魅せられた日からロケット・ボーイズに変身。周囲の人たちの協力を得て全米科学展に出場し、自作ロケットの研究発表で優勝と奨学金を手に入れようとする。主人公が物理公式を独学し、そのよさを披露するシーンは必見。



## データ分析が球界を変える？ マネーボール



【マネーボール】  
デジタル配信  
Blu-ray 2,619円(税込) /  
DVD 1,551円(税込)  
発売・販売元：ソニー・ピクチャーズエンタテインメント

資金不足で優秀な選手が集まらないプロ野球チーム、アスレチックス。ゼネラル・マネージャーのピリー・ビーンは起死回生をねらい、徹底的なデータ分析に基づき最小限の予算で最強のチームを組む。負傷中の選手や打率の低い選手の起用にスタッフたちは大反対。データ vs. 経験の闘いも見どころ。



## ノーベル経済学賞を受賞した数学者 ビューティフル・マインド



【ビューティフル・マインド】  
Blu-ray：2,075円(税込) /  
DVD：1,571円(税込)  
発売元：NBCユニバーサル・エンターテイメント  
※2021年6月の情報です。

天才数学者のジョン・ナッシュは「ゲーム理論（ナッシュ均衡）」で過去の理論をくつがえす画期的な発表が認められ、未来は順風満帆にみえた。しかし仕事にのめりこむ中、ある困難が立ちふさがり、ジョンと彼を支える家族の絆が試される。本作は第74回アカデミー賞で作品賞など4冠に輝いた。

これまで、名作といわれながらも製作年が古く視聴が困難になっていた作品も、データ配信サービスによる幅広い作品ラインナップの充実や、名作復刻版の販売のおかげで、再び観られる環境がかなり整っています。ぜひ、お気に入りの一作を見つけてください。

# ニュートン

ベスト禍の中、「ほんの少し」をじっくり考えた天才数学者



●帝塚山大学教授  
城田 直彦

## それでも、草は伸びる！

イタリアの科学者ガリレオが亡くなったのが、1642年の1月。同じ年の12月、イングランドのウールズソープという小さな村に、とても小さな男の子、アイザック・ニュートンが生まれました。まずは、次の問題をご覧ください。

**問題** ある放牧地では、1日に同じ割合で草が伸びて、牛が1頭ずつ同じ割合で草を食べます。60頭の牛では10日で草を食べつくし、70頭の牛では8日で草を食べつくします。では、100頭の牛では、何日で草がなくなりますか？

手強い問題ですね。牛が草を食べる間にも、草が伸びるのです。つまり、「減る」と「増える」が同時に起こっている。このようなタイプの問題は、一般に「ニュートン算」と呼ばれています。

「数学の問題に、ニュートン？ ニュートンって、リンゴが落ちるのを見て、万有引力の法則を発見した人でしょう？」

——と、不思議に思われるかもしれません。物理学や天文学の業績が有名なニュートンですが、実は、「世界三大数学者」の一人\*1に数えられるくらい、数学での業績がすごいのです。

## ニュートンの三大業績

1665年から翌年まで、ロンドンでベストが大流行します。ロンドンの人口の4分の1にあたる10万人が死亡しました。ケンブリッジ大学で学士号を取得したばかりのニュートンでしたが、大学の閉鎖に伴い、故郷のウールズソープに戻ります。

この間、ニュートンは研究と実験に没頭します。彼の「三大業績」と呼ばれる「流率法」(のちの「微

分積分法))、プリズムを使った分光の実験、「万有引力」の着想は、すべて『創造的休暇』と呼ばれるこの期間になされています。

では、ニュートンの微分について、ほんの少しだけ話しましょう。

## 微分——瞬間を切り取る

中学数学で「変化の割合」を学習します。一般的に  $y = f(x)$  において、 $x$  の値が  $p$  から  $q$  まで変化するときの  $y$  の変化の割合は、次のように求められます。

$$(\text{変化の割合}) = \frac{(y \text{ の増加量})}{(x \text{ の増加量})} = \frac{f(q) - f(p)}{q - p}$$

ニュートンはこれを、「 $p$  から  $q$  まで」ではなく、「 $p$  からほんの少しだけ増えたら」と考えました。

中学3年で学習する  $y = f(x) = ax^2$  を例にして考えましょう。ここでは、「ほんの少し」を  $d$  と表します。 $y$  の増加量は、以下のとおりです。

$$\begin{aligned} f(p+d) - f(p) &= a(p+d)^2 - ap^2 \\ &= a(p^2 + 2pd + d^2) - ap^2 \\ &= ap^2 + 2apd + ad^2 - ap^2 \\ &= 2apd + ad^2 \end{aligned}$$

これを  $x$  の増加量の  $d$  で割ると、 $2ap + ad$  が得られます。ところが、 $d$  は無視していいくらいの「ほんの少し」ですから、ゼロと考えてかまいません。したがって、変化の割合は  $2ap$  です。これは、放物線上の点  $(p, f(p))$  における接線の傾きと捉えることができます。

これが、ニュートンが考えた「微分」です。こうして、彼は、曲線の一瞬を捉えることに成功しました。さらに、彼は、接線を求める計算(微分)と面積や体積を求める計算(積分)が、互いに逆の関係にあるという理解にたどり着きます。



## ニュートンは「道具」を作った！

ニュートンの数学の業績をもう一つ紹介します。次のいくつかの式を見てください。

$$\begin{aligned} (x+y)^2 &= x^2 + 2xy + y^2 \\ (x+y)^3 &= x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3 \\ (x+y)^4 &= x^4 + 4x^3y + 6x^2y^2 + 4xy^3 + y^4 \end{aligned}$$

これらは、2つの項の和の累乗の展開です。この調子で指数が大きくなれば、「計算が大変だなあ」と想像できますよね。これを、ポンと一般的に表してしまうのが「二項定理」です。

ニュートンは、それまでに知られていた指数が整数の場合の二項定理を超えて、有理数の場合でも成り立つ「一般二項定理」を導き出します。

ニュートンが二項定理や微分積分法を考案したのは、それが目的だったからではありません。そ

れらを道具として使って、自然を(たとえば、惑星の軌道を)数学で説明したかったのです。「必要だったから作った」というわけです。

こうして得られた研究結果の集大成が、『プリンキピア(自然哲学の数学的諸原理)』(1687)です。この第3巻「世界の体系について」の中で、「万有引力の法則」が発表されました。

さて、みなさん、冒頭の問題はいかがですか？  
このような問題が「ニュートン算」と呼ばれるのは、ニュートンが著書『Arithmetica Universalis(普遍算術)』(1707)の中で、「牛が草を食べる問題」を扱っているからです。彼は、この問題を文字を使って一般的に解いています。

答えは、5日です。解法は載せません。みなさん、ほんの少し……ではなく、リンゴでも食べながら、じっくりと取り組んでください。

参考文献 『アイザック・ニュートン』著:フィリップ・スティール 訳:赤尾秀子(BL出版, 2008)