

## 教科横断型学習の効果

### －空想科学読本から得た教材開発－

やまもと しゅうへい  
山本 修平

**抄録：**指数関数・対数関数の授業のまとめとして、指数関数が増加していくイメージを現実世界へモデル化し授業実践した。題材を生徒たちに身近なドラえもののひみつ道具にすることによって生徒たちの興味関心を惹いた。また、数学的な考え方をするだけでなく、10の累乗を考えることで宇宙～細胞までの大きさも視覚的にイメージさせ、さらには指数関数の複利計算から資産運用にも言及し、数学・理科・金融教育と3分野に渡って教科横断型学習を実践した記録である。

**キーワード：**数学教育，教科横断型学習，空想科学読本，金融教育

#### I. はじめに

私が「STEAM教育」という言葉を耳にしたのは本校に赴任してからである。私がSTEAM教育を知り、STEAM教育のことを意識したからか、近年さまざまな場所で聞かれるようになってきたように感じる。しかし、海外ではもっと早い段階で取り入れられていたようだ。私の学生時代はほとんどの授業が講義形式だった。それから20年近くの月日がたち授業の形態は講義形式→グループワーク→アクティブラーニング→主体的・対話的な深い学び、など次々と変化している。大学入試もセンター試験から共通テストに変わり、出題も実生活にもとづいたアウトプット中心の内容に変化してきている。私は本校での授業をする際にグループワークでお互いに教え合いをさせたり、生徒に問題を考えさせる、といったいろいろな形態を試みてきたがどの授業もうまくいかなかったと感じることが多かった。私は本校に赴任して2年目で、今年度の小中高研究部会で大阪教育大学附属天王寺小学校の先生方が1年間かけて準備された「教科横断的な学習としてのSTEAM教育」についての発表があり、小学校の先生方が取り組んだ発表内容を聞き、私もチャレンジしてみたいという気持ちが強くなった。今回の授業実践は指数関数・対数関数のまとめとして数学的モデル化をし、他の教科のことにも触れた内容になっている。手前味噌ではあるが私自身も納得のいく授業で生徒の満足度も高い授業だったように思う。

#### II. 授業構想について

##### (1) STEAM教育について

STEAM教育について調べてみると、アメリカでは2009年にオバマ大統領が、米国科学アカデミーの演説でSTEM教育の重要性を強調し、2013年にはSTEM教育5カ年計画というものが発表された。ヨーロッパではEU全体でSTEAM教育に取り組む姿勢が見受けられ、2015年にEU加盟国のSTEM戦略構築の支援を行うプラットフォームが構築された。オーストラリアでは2015年にNational STEM School Education Strategy 2016-2026という政策をローンチし、基礎スキル、数学、科学、デジタルリテラシーの開発、問題解決、批判的分析、創造的思考スキルの促進を目標としている。STEAM先進国では2010年～2015年までの間に国家戦略としてのSTEM法が確立されている。また、最近ではアメリカのようにSTEM教育から、ArtsをプラスしたSTEAM教育へと定義を拡張する動きも見受けられる。ここでのArtsとは芸術という意味だけでなく、Liberal Artsという意味も含まれている。

##### (2) 数学のモデル化について

私の授業は講義形式のものが中心で、内容も教科書に書かれていることに沿ったものであった。本校は中学生・高校生が同じ校舎で学校生活を送っているため、中学生の授業を見る機会が多い。中学校の数学の授業では、数学の問題を公式に当てはめて問題を解くという授業ではなく、数学をモデル化し、数学が実生活のこういった場面で活用されているのかというのを考えさせるような授業が頻繁に実践されている。そう

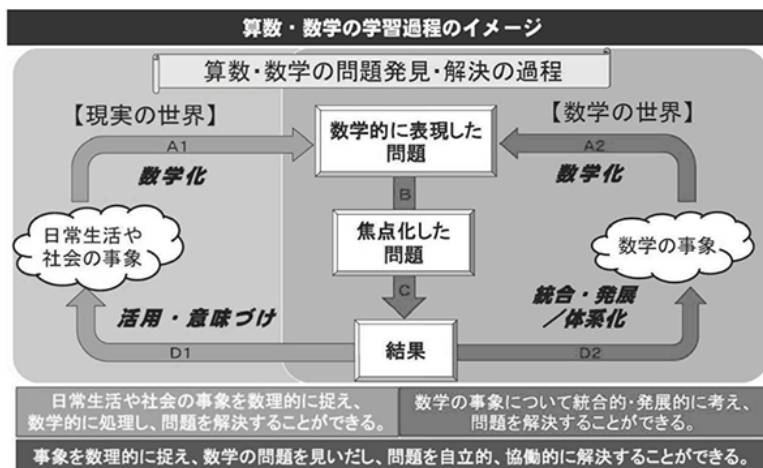
いった授業を受けている生徒も目を輝かせて取り組んでいるように感じる。生徒たちが活動するような授業をみるたびに、私もそういった授業をしたいという気持ちになっていた。しかし、高校数学の教科書には実生活で活用されているような例などはほとんどなく、数学の教科書などで数学の授業のモデリングについて話が出ることはあるが、同僚の先生と話していても「高校の数学は概念的な要素が強くなっていくため、高校の数学でモデリングのような授業をするのは難しい」という意見が出て、今の授業スタイルでも仕方ないと、自分に言い聞かせて

ていた。それでも附属学校で勤務している以上は、講義形式の授業だけではなく、もっと生徒同士を活動させたり工夫した授業を実践したいと思っていた。今年度の夏休み期間は 2 学期に取り扱う内容の三角関数・指数関数・対数関数で数学のモデル化をし、どのような授業であれば生徒の満足度の高い授業ができるかを考えた。また、普段の生活から身の回りのことにアンテナを張り、何か授業につかえるアイデアはないか気にしていた。指数関数については 2020 年に発生したコロナウィルスの感染者数について、大阪府の吉村知事が「このまま指数関数的に増えていくと、1 週間後には〇〇人まで増えていく」と言っていたこともあり、指数関数を取り扱うときにコロナウィルスの感染者数についての話しをしようかと考えていた。しかしそれを深く掘り下げて授業をするアイデアは思いつかなかった。指数関数や対数関数は数学Ⅲの極限を考えると、指数関数が爆発的に増える（「関数のスピード」や「関数の強さ」と表現されることが多い）ことは理解できるが、それが現実世界でどれぐらいの割合で増えるのかを理解してもらいたいという気持ちもあった。次に私のアンテナに引っかかったのが「空想科学読本」に関するインターネットの記事である。空想科学読本とは漫画、アニメ、特撮で描かれる SF ヒーロー・怪獣・各キャラクターの SF 設定から、時にはライトノベルや昔話などの作品を「科学的」に検証する本である。私自身漫画が好きなのもあり、それをきっかけに今回の授業案を思いついた。特に参考にさせていただいたのは「ドラえもんから学ぶ！指数関数の恐ろしさ」というホームページである。最後の【参考文献・サイト】に URL を載せているので、興味を持たれた方はぜひご覧になっていただきたい。後述しているように、今回の授業の最後は宇宙の広さについて考える機会もあったので、宇宙についての教材を用いることで STEAM 教育である教科横断的な学びも出来るのではないかと考えた。

図 1 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）別添資料より抜粋

### (3) 金融教育について

今回の授業では宇宙と指数関数についての関係にスポットを当てて理科と数学の教科横断型学習で完結する予定だった。しかし授業後のアンケートの「あなたが増やしたいものはなんですか？（自由記述）」という質問に対して「お金」という回答が 1 番多かったのもので、そこでもう少し踏み込んで金融教育についても触れ、理科・数学・金融の 3 分野にわたっての横断型授業が出来ればと考えた。金融教育については学習指導要領の改訂により、2022 年度から高等学校の新科目「公共」で金融経済、「家庭科」では資産形成の視点にも触れた授業が本格的にスタートするようで、すでに中学校では金融リテラシー教育が始まっており、今後はお金や投資に関する知識を学校で学ぶ時代になってくるようだ。私の今までの勤務校では高校卒業後は就職する生徒が多く、社会人としての貯金の仕方などの話はしたことはあるが、金融教育や資産運用といったことまで触れていなかった。私の持論で「自分が経験したことだからこそ、生徒が理解できるように伝えられる」というものがある。これは各教科の専門性だけでなく、クラブ活動や学校行事の取り組み方、進路の選び方、生き方なども含まれている。当然ながら私自身も小学校・中学校・高校・大学の 16 年間の教育でお金に関することは学んでいない。お金は私たちが生活していく上で欠かすことのできないものであるにもかかわらず



【図 1 数学モデル化】

ず、金融教育について正しく学んできていない私たち世代の教員がどのような金融教育をし、どのような資産運用の授業が出来るのかはとても不安である。学校教教育で金融教育を実践するのであれば、私たちも教科書やワークシートなどだけでなく、実際に自分の資産を運用し、その実体験をもとに授業をする必要があるのでは、と考えている。日本の学校教育には金融教育がなかったため、日本人の金融リテラシーは先進国の中でも低いとされている。アメリカの有力格付け会社 S&P（スタンダード・アンド・プアーズ）が、2015年に世界各国を対象に実施した「グローバル・ファイナンシャル・リテラシー調査」によると、G7の中で6位、世界では38位。特に、資産運用を考えるに上で1番基礎となる概念である「インフレ」と「複利」についての理解は、G7中最下位の水準であった。日本の金融広報中央委員会による「金融リテラシー調査（2016年）」を見ても、共通問題による正答率はアメリカよりも10%、ドイツやイギリスと比較すると7～9%下回っている。私は2014年からNISA口座を開き資産運用をスタートしていたが、自分なりの考えのもと資産運用をしていたわけではなかった。学習指導要領に記載されている金融教育は公民（公共）や家庭科で実施するようであるが、教科横断的な内容としても数学科の教員として色々な生徒に伝えられるようにということも考えて資産運用も考えていきたい。

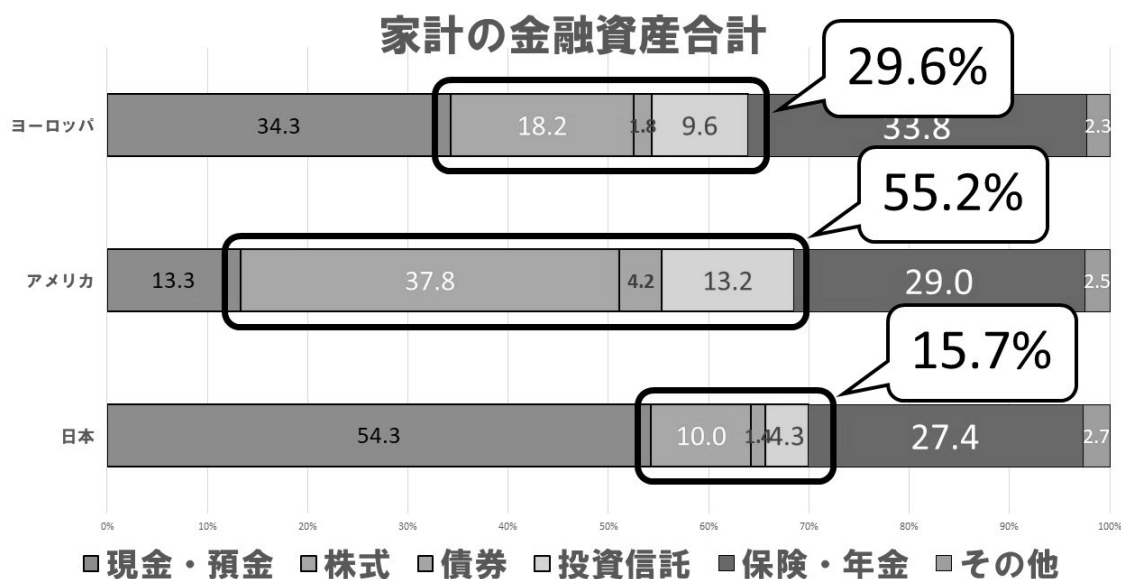
### Ⅲ. 授業内容について

#### (1) 指数関数のモデル化授業

この実践報告の前半はドラえもののひみつ道具の1つ「バイバイン」を題材にした内容であった。バイバインは薬品でこの薬を1滴、対象のものにかけると5分間で2倍に増えていくという道具である。ドラえものの「バイバイン」の回では、のび太くんが栗まんじゅうを「食べたいけど、食べるとなくなってしまう。食べてもなくなる方法はないかな…」というお約束の無理難題からスタートしている。栗まんじゅうにバイバインをふりかけ、栗まんじゅうを増やしてから食べようとしたのび太くんは増えた栗まんじゅうを完食しないうちにお腹いっぱいになりゴミ箱に捨ててしまう。その後もゴミ箱の中で増えていく栗まんじゅう…膨大な数に増えた栗まんじゅうを見て驚いたドラえもんは、小型のロケットで栗まんじゅうを宇宙に送り処分するのであった。というオチで話は終わっている。では、架空の話であるバイバインが現実であり、バイバインを栗まんじゅうにふりかけたとすると栗まんじゅうが体育館（メインアリーナ）を埋めつくす時間を求めようという問題が今回のテーマである。また、ドラえもんの話では増えすぎた栗まんじゅうを宇宙に送ることで処分しているが、当然栗まんじゅうは宇宙でも増え続けている。現在の科学では宇宙は無限の空間ではなく有限（Wikipedia: 観測可能な宇宙<sup>\*1</sup>）だといわれており、その大きさは $3 \times 10^{80} \text{m}^3$ の球体に相当すると考えられている。生徒には $10^{80}$ をイメージしてもらうために、授業の導入として Powers of Ten という動画をみせた。Powers of Ten では $10^0$ からスタートして10の乗数を増やしていくと世界（地球や宇宙）はどのように見えるのか、という内容で最大 $10^{24}$ まで進んでいく。（そのあとはだんだん小さくなっていき $10^{-16}$ の人間の体内の炭素原子の中の陽子が画面一杯に広がるまで進んでいく。） $10^{24}$ は地球、太陽系、銀河系などがあまりにも小さく感じられる動画になっている。前述したように今回の授業では宇宙は $3 \times 10^{80} \text{m}^3$ の球体に相当するので宇宙空間が有限であったとしても、とてつもない大きさであることは容易に想像できる。

#### (2) 金融教育の授業

金融教育についてでもあったように、本来であれば宇宙と指数関数についての2分野での教科横断型学習を考えていたが、授業後のアンケートで自由記述で「あなたが増やしたいものはなんですか？」という質問に対してお金という回答が1番多かったこともあり、この分野にも話を広げて授業をしようと考えた。では指数関数的にお金を増やすのはどうすればよいかと考えた結果、たどりついた答えは複利運用であった。あのアインシュタインも「複利は人類史上最高の発明だ」という言葉を残している。本校で取り扱っている問題集にも複利計算は載っており、私も複利計算の問題は解いたことがあったが、複利計算と資産運用が繋がっていることには気づいていなかった。問題が解ける＝実生活で活用できている、という図式は成り立っていないことを私自身の経験であらためて気づくことが出来た。この授業での目的は「少額からでいいので投資をしてみよう」という内容のものである。日・米・欧の家計の金融資産構成【図2（日本銀行調査統計局「資金循環の日米欧を比較」を元に作成）】をみると、日本人がいかに金融資産のほとんどを預金に回っていて、投資をしていないかがよくわかる。これは日本人の「損をしたくない」と考える日本人気質もあるが、それ以上に金融教育を受けていないことによる金融リテラシーの低さが原因ではないかと考えた。



【図2】

この授業では、単利・複利の違いから S&P500 に連動するようなものに関連する投資信託，積立 NISA，ドルコスト平均法を紹介し，なぜアメリカなのか？ということにも言及している。

#### IV. 生徒の実態について

本校の生徒は小学校入学生徒・中学校入学生徒・高校入学生徒が混じっており，学力差もとても幅広い。また塾に通っている生徒が7割以上おり，数学が得意で既に数学Ⅲの内容までの知識もあり，大学入試に向けた演習をしている生徒もいれば，数学が苦手な授業の復習として塾に通っている生徒，また塾に通わずに学校の進度に合わせて勉強している生徒もいる。通常は教科書を中心に授業を進めているが，多くの生徒は教科書の内容は塾で学習済みである。そのため各単元の導入時は退屈そうに授業を受けている生徒も多い。これまでも何度か問題演習をグループ形式で教え合いをさせる授業も試みたことがあるが自分は問題を解くことが出来てもそれを友達に教えるということは苦手としている生徒が多かった。また数学が苦手な生徒は自分がどこがわかっていないかを説明出来ない生徒も多い。その結果，ただ机をグループにしているだけで個々に問題を解いている状態になってしまい，問題は解けたがどのようにしていいかが分からない生徒・自分がどこでつまづいているかがわからず1人でずっと考え続けてしまう生徒などがいて授業として上手く機能していなかった。これは私の授業運営が未熟なこともあるが，数学が得意な生徒が苦手な生徒に“分かるように”教える，数学が苦手な生徒が得意な生徒に“自分がつまづいているところを”聞ける，これが本校の生徒に対する課題だと考えるが，これはまた別の機会に取り組みたい内容である。

#### V. 授業実践からみえた課題

##### (1) 指数関数のモデル化授業

今回生徒に問いかけた問題は大きく2問である。(1) 栗まんじゅうが体育館（メインアリーナ）を埋め尽くすのは何時間後かを求めよ。(2) 栗まんじゅうが宇宙空間を埋め尽くすのは何時間後かを求めよ。(1)と(2)の違いは体育館（メインアリーナ）と宇宙の大きさだけで解き方は同じである。当初の授業計画では(1)は半分の生徒が解ける予定だったので，(2)は(1)を解けた生徒が解けなかった生徒にペアワークやグループワーク形式で教えるという授業案を考えていた。しかし，(1)が解けたのは1クラスあたり3～5人程度であまりの少なさに驚いた。(1)は常用対数表を用いるがそこまで難しい問題ではない。常用対数表から読み取った数値が小数第4位までであり四則計算程度の計算力が必要な問題というレベルである。最初にクラスにはスマートフォンの電卓機能の使用を禁止したが，あまりの正答率の低さに次のクラスからはスマートフォンの電卓機能の使用を許可した。しかし，電卓機能を使用したからといって正答率が上がっている様子は見られなかった。机間指導でどのように考えているのかを確認すると，計算ミスで正解出来ていないというよりも，そもそもどのように立式していいかがわからないという生徒が多かった。また立式したものの常用対

数表の使い方がわかってなくて（当然それまでの授業で常用対数表を用いる問題にも触れている）解けない生徒もいた。この問題の難易度は4STEP といえばB問題が妥当だと思う。4STEPのB問題であればクラスの7～8割の生徒は正答し、さらには発展問題、演習問題なども難なくこなす生徒も複数いる。しかし、こういった出題のされ方だと一気に正答率が落ちてしまうとは想像もしなかった。2年前からスタートした共通テストで、数学の平均点がセンター試験の時に比べると低い、今回の授業で「問題が解ける＝数学を理解している」という図式は成り立っていないということを改めて実感した。

## (2) 金融教育の授業

指数関数のモデル化授業の授業案を考えている段階で、私はバイバインで指数関数的にお金を増やすことが出来ればいいなど、あり得ないことを考えていた。また今の高校生なら何を増やしたいのだろう？と気になったので興味本位からアンケートを実施した。アンケート前は多くの生徒がお金と答えるだろうと考えていたが、アンケート用紙を見てみると「チョコレート」や「いちご」、「テスト前の時間」などがあり、高校生の純粋さに驚いた。1番素晴らしかった回答は「きれいなトイレと安全な水を増やして貧しい国に届けたい」というものである。「増やしたいもの＝お金」と考えていた自分が恥ずかしくなったが、アンケートの集計結果はお金という回答が1番多く、生徒たちも私と同じことを考えていたことがわかり少し安心した。この金融教育の授業は指数関数のモデル化授業のアンケート結果をもとに急遽考えたため、生徒に何かを調べさせたり、話し合わせたりといった活動的なことは全くできていない。また投資は怖い（損をする）ものと考えている人も多く、【金融教育（スライド1～3）】にあるようにしっかり勉強してみよう、という啓発の意味を込めた内容になっている。授業では、単利と複利の違いから始まり、なぜアメリカなのか？ということの説明もしている。【金融教育（スライド4～6）】にもあるように私たちの生活の周りにはアメリカのものであふれていて、次々と出てくるものもアメリカである。現在の投資の王道はインデックス投資といわれていて、さらにアメリカのインデックス指数「S&P500」は過去の大暴落といわれたリーマンショックやコロナショックからも見事に回復している。2020

### 投資 → 寝ている間にお金に働いてもらう なぜ日本人の8割の人は投資をしないのか？

1. 損をしたくない（リスク）
2. 貯金は裏切らない
3. 難しそう
4. 知識がない
5. そもそもよくわからない
6. お金がない
7. どこに投資したらいいかわからない
8. パソコンに張り付いていないといけない

【金融教育（スライド1）】

#### 1. 損をしたくない（リスク）

- わかります… ・やらないというリスクもある  
→ 「リターン」>g（グロース経済成長）  
・貯金は現金に集中投資をしている（インフレ）  
・元本保証なんかそもそもない  
→ 貯金ですら元本保証ではない

#### 2. 貯金は裏切らない

- わかります… ・現金で持っていてもお金の価値は下がる  
・年金も勝手に株で運用されている

#### 3. 難しそう

- わかります… ・簡単ではないかもしれない  
・そもそも学校では投資という授業がない  
・勉強する価値はある

【金融教育（スライド2）】

#### 4. 知識がない

- わかります… ・勉強してみましょう！（数年後に）  
・受験勉強や資格の勉強は一生懸命する

#### 5. そもそもよくわからない

- わかります… ・勉強しましょう！（数年後に）

#### 6. お金がない

- わかります… ・毎月少しずつOKです。  
・具体的には月33333円を目安に

#### 7. どこに投資すればいいかわからない

- わかります… ・教えます！（今日のポイントはここ！）

#### 8. パソコンに張り付いている時間がない

- わかります… ・やっているのは一部の人（アクティブ投資）

【金融教育（スライド3）】

#### ・多くの人が持っているスマホ、どこのスマホ？

- iPhone (apple), android (google)

#### ・スマホで何をしますか？

- Instagram (facebook), YouTube (google)

#### ・家のパソコンは何ですか？

- Mac (apple)、それ以外はwindows (microsoft)

#### ・ユニバ好きですか？

- UNIVERSAL STUDIOS

#### ・私、ディズニーランド派です！

- Walt Disney

【金融教育（スライド4）】

年、2021年の米国株式市場は好調だったため、書籍やYouTube、SNSでも米国株をすすめる人は多い。2021年9月の日本経済新聞のコラム<sup>\*2</sup>に「つみたてNISA対象投信、すべてが含み益に」という記事があった。2018年1月に始まった積み立て型の少額投資非課税制度（つみたてNISA）。そこから3年半の間に何度かの世界的な株安に見舞われ、含み損を抱える時期もあった。それでも元本割れを気にせず、淡々と積み立て投資を続けた人は一定の成果を手している。というものである。また、一般的に株式投資は20年以上投資を続けているとマイナスにはならないというデータもある。2020年、2021年の株価は好調であったが2022年以降も同じような株式市場になるかは誰にもわからない。生徒たちが今考えるべきことは、将来の資産形成ではなく、自分の興味関心のある分野に関して一生懸命努力をするということである。社会人として働きだしたときに今回の授業を思い出し、資産運用をはじめるときかけになれば嬉しい。さらに、この授業の最後には株価の伸び率を計算で求めるときとそれをグラフにしたときの違いについても触れており、そこで対数をとることについて説明した。

※金融教育の授業スライドはページ数が膨大になるため、【巻末資料】ではなく、【金融教育（スライド1～6）】として示している。

### (3) 授業の評価

この実践報告の指数関数のモデル化授業では各クラスの正答率は今までの授業で1番低かったと思う。しかし、問題を考えているときや授業を受けている生徒の表情はとても生き生きしているように感じた。授業後に実施したアンケートでも授業の満足度は92.7%の生徒が満足度は高かったと肯定的な回答【図3】だった。また、今回のような数学のモデル化を授業でも取り扱ってほしいと肯定的な回答をした生徒は92.8%もいた。生徒たちは数式や数学の演習問題は塾や参考書などで十分に演習しているので、今回のような身近なものを題材にした授業を望んでいることも明らかになった【図4】。本来は理科と数学の2分野の教科横断型学習であったが生徒のアンケートを受けて急遽、金融教育にも内容を広げた。金融教育の授業後のアンケート結果でも86.7%の生徒が金融教育（投資に）興味をもったと肯定的な回答だった【図5】。今回の2つの授業の満足度はいつもの授業よりも高く、私自身も授業をしていて楽しかった。だからこそ、もっと事前に準備をし、生徒の協同学習や調べ学習などが出来ていれば、生徒にとってもっと実りのある授業になっていたのではないかと感じている。生徒の興味関心をくすぐることは出来たが、深い学びに出来なかったことは反省である。

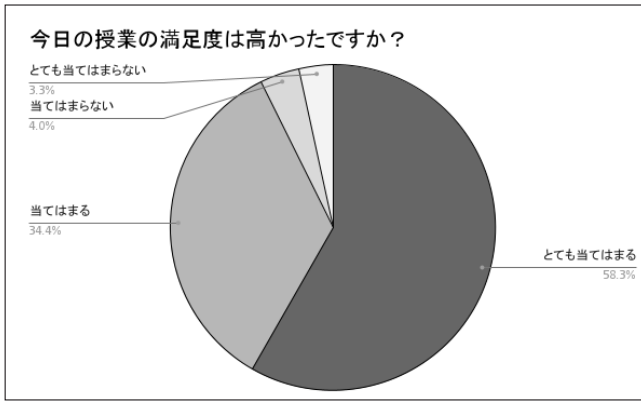
- ・コロナのワクチンはどこ製のやつ？  
→ Pfizer, Moderna
- ・〇〇有志の人は休校中何を使って会議をしましたか？  
→ ZOOM
- ・ネットで何かを頼んだことありますか？  
→ amazon
- ・そのときのカード決済の人（保護者のカード）  
→ VISA, Mastercard, American Express
- ・動画のサブスクはどこかのやつを見えますか？  
→ Netflix, amazon Prime Video, YouTube Premium

#### 【金融教育（スライド5）】

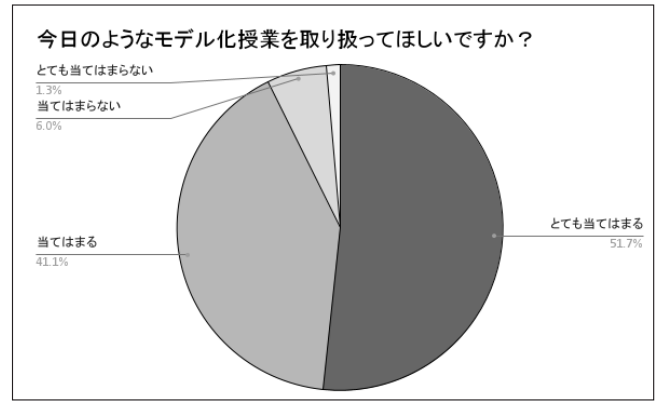
- ・友達との昼ごはんは何を食べますか？  
→ McDonalds
- ・その後、どこに行きますか？  
→ starbucks

**僕たちの周りには  
アメリカのものであふれている！  
次々に出てくるのもアメリカ！**

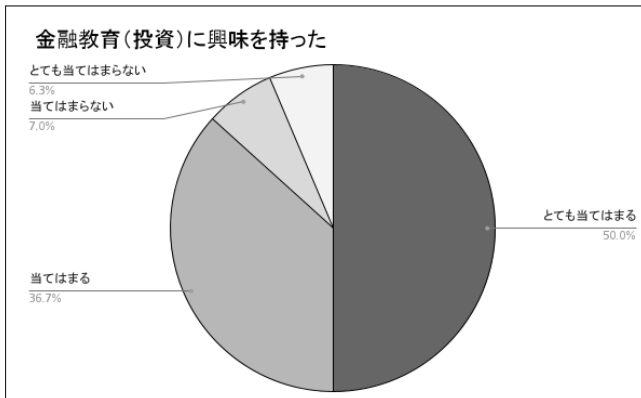
#### 【金融教育（スライド6）】



【図3】



【図4】



【図5】

## VI. 授業を終えて

指数関数のモデル化授業では宇宙の大きさは  $3 \times 10^{80} \text{m}^3$  と紹介した。Powers of Ten の動画では最大  $10^{24}$  までが限界であったので生徒が  $10^{24}$  から  $10^{80}$  に至るまでの大きさを想像することは難しいように感じた。そこで  $10^{80}$  の規模をイメージしてもらうために、数字の単位（一・十・百・千・万・億・兆・京・垓・…）を紹介した。私が調べた結果では（【巻末資料2】授業で使用したスライド13枚目）のように書かれており、それを紹介し授業を進めていた。授業後にあるクラスの生徒が私の側に来て「那由多・不可思議・無量大数はその時代によって定義が異なります。今の時代は那由多・不可思議・無量大数は  $10^{60}$ ,  $10^{64}$ ,  $10^{68}$  になって定義されているんですよ」と授業での数値が間違っていることを教えてくれた。さすが大阪教育大学附属高校の生徒だなと感心したが、私ももっと数学の教養を高めていかないといけないと考えさせられた。

## VII. 主な参考文献・サイト

『読んで学ぶ数学の本質』啓林館

『ドラえもんから学ぶ！指数関数の恐ろしさ』[https://www.sekkachi.com/entry-bibin\\_consideration/](https://www.sekkachi.com/entry-bibin_consideration/)

『Powers of Ten』<https://www.youtube.com/watch?v=paCGES4xpro>

\*1 『Wikipedia: 観測可能な宇宙』<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A6%B3%E6%B8%AC%E5%8F%AF%E8%83%BD%E3%81%AA%E5%AE%87%E5%AE%99>

\*2 『日本経済新聞のコラム』

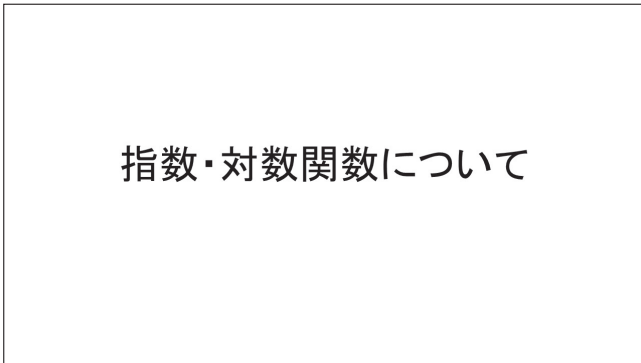
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOFL240YD0U1A820C2000000/>

【巻末資料 1】 指数関数のモデル化授業の指導案

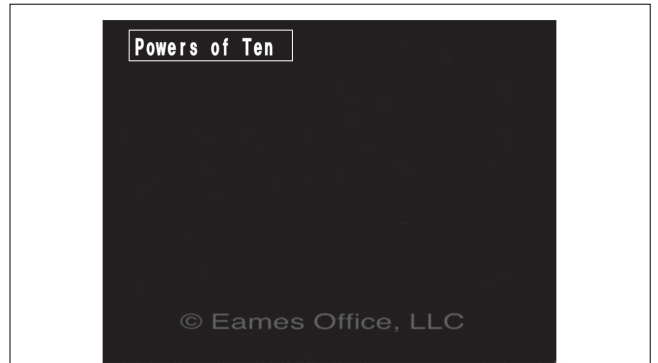
段階	学習活動	指導上の留意点
導入	Powers of Ten の動画を見せて 10 の累乗の世界観を視覚的にイメージしてもらおう。	・画面の移動スピードは一定に見えるが、実際には 10 倍になっていることを伝える。
		・累乗を大きくしていった宇宙空間の最後が $10^{24}$ であることを意識づける。
展開 1	ドラえもののバイバインを紹介する。	・生徒になじみのある題材なので、生徒とのやりとりを中心とする。
	バイバインを使った時の増え方の規則の説明をする。	・漫画やアニメの画像を使い、架空の世界ではあるが一気に増えていることを意識づける。
	問．栗まんじゅうは 1 時間で何個になるか求めよ。	・バイバインの増え方の規則を確認する。
展開 2	問．栗まんじゅうがメインアリーナを埋め尽くす時間を求めよ。	
	メインアリーナの大きさを伝える。	
	(1) 栗まんじゅうの $n$ 時間後の体積を求めよ	
	(2) 栗まんじゅうがメインアリーナを埋め尽くす時間を求めよ。	・単位をそろえることに注意させる。
	グループワークにしてグループで考えさせる。	・時間の経過を見て、常用対数表の使い方の確認をする。
展開 3	グループワークにしてグループで考えさせる。	・解けた生徒は答えではなく考え方を教える。
		・解けていない生徒は自分がどこでつまづいているかを伝える。
	ドラえもんの話に戻し、バイバインの回でのオチを紹介する。	・生徒とのやりとりをする。
	実際に宇宙空間でもバイバインは増えていくはず。	
	観測可能な宇宙 (wiki) にあるように、宇宙は有限の空間であることを伝える。	・宇宙空間が有限だと知っている生徒を挙手させてもよい。
	導入で見せた Powers of Ten の宇宙空間の最後が $10^{24}$ だったことを確認する。	・その場合、どれぐらいの広さかも答えさせてもよい。
	$3 \times 10^{80} \text{m}^3$ の球体に相当すると考えられているので $10^{80}$ がどれぐらいの大きさかを考えさせる。	・ $10^{80}$ の大きさを想像するのは難しいので数の単位を紹介して、那由多に該当することを伝える。
直感で宇宙が埋め尽くされる時間を挙手してもらおう。	・宇宙空間が有限であってもとてつもなく大きい単位であることを確認する。	
問．栗まんじゅうが宇宙を埋め尽くす時間を求めよ。		
まとめ	指数関数は爆発的に増える関数であることを改めて確認する。	



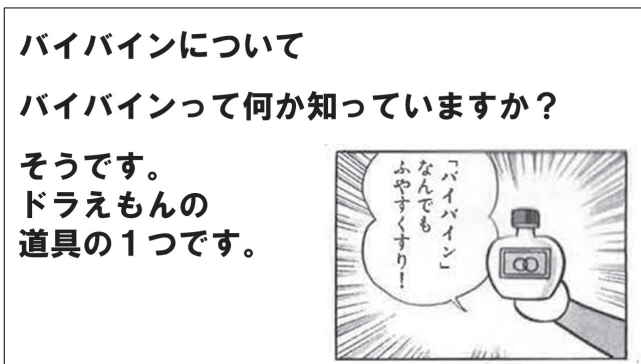
【巻末資料2】指数関数のモデル化授業で用いたスライド



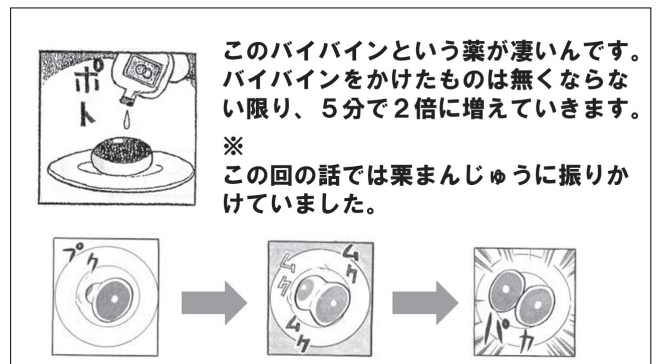
【モデル化授業スライド1】



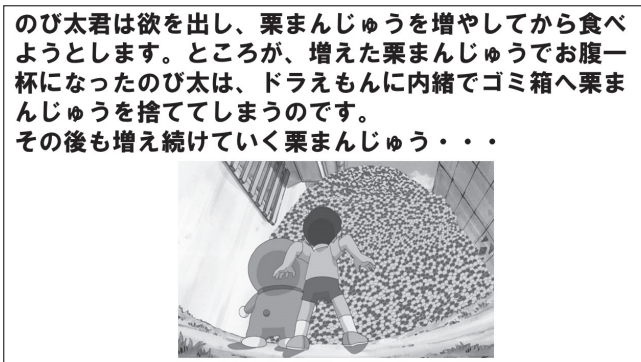
【モデル化授業スライド2】



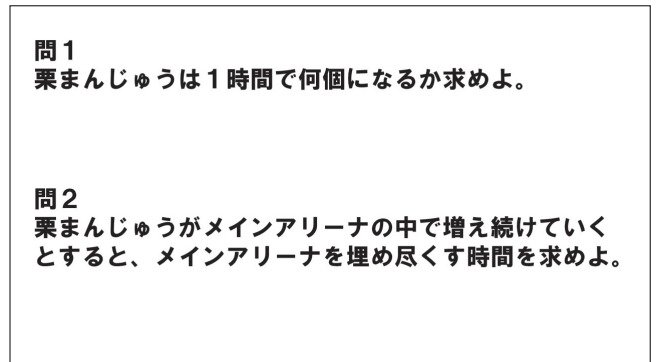
【モデル化授業スライド3】



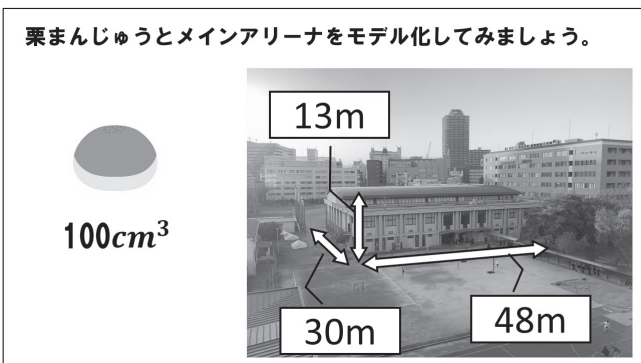
【モデル化授業スライド4】



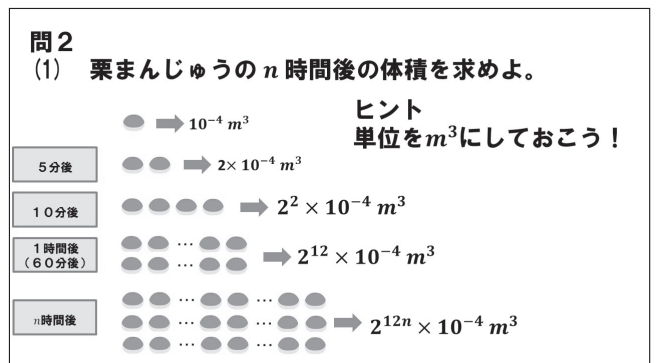
【モデル化授業スライド5】



【モデル化授業スライド6】



【モデル化授業スライド7】



【モデル化授業スライド8】

では、改めてメインアリーナが栗まんじゅうで埋め尽くされるまでの時間を計算してみましょう。

問2 (2)

栗まんじゅうがメインアリーナを埋め尽くす時間を求めよ。

【モデル化授業スライド9】

ドラえもののこの話では増え続ける栗まんじゅうを見つけてビックリしたドラえもんは、宇宙の彼方へと栗まんじゅうを送ることで栗まんじゅうを処分するのです。



【モデル化授業スライド10】

この話ではドラえもんが栗まんじゅうを宇宙の彼方へ送って事なきを得た話となっています。

しかし、wikipedia（観測可能な宇宙）で現在の科学によって宇宙は広がり続けてはいるものの有限な空間であることが知られています。  
つまり、増え続ける栗まんじゅうでいつか宇宙は埋め尽くされてしまうのです。

果たして、それはいつでしょうか？

【モデル化授業スライド11】

直感で考えてみましょう！

宇宙が栗まんじゅうで埋め尽くされる時間はどれくらいでしょうか？

- |         |        |
|---------|--------|
| ① 12時間後 | ⑤ 10日後 |
| ② 24時間後 | ⑥ 1か月後 |
| ③ 3日後   | ⑦ 6か月後 |
| ④ 7日後   | ⑧ 半年以上 |

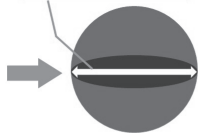
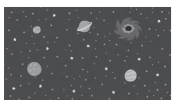
【モデル化授業スライド12】

問3

栗まんじゅうが宇宙を埋め尽くす時間を求めよ。

宇宙のモデル化

直径：930億光年



$$3 \times 10^{80} m^3$$

$$1 \text{ 億} = 10^8$$

$$1 \text{ 京} = 10^{15}$$

$$1 \text{ 垓} = 10^{20}$$

⋮

$$1 \text{ 那由多} = 10^{72}$$

$$1 \text{ 不可思議} = 10^{80}$$

$$1 \text{ 無量大数} = 10^{88}$$

【モデル化授業スライド13】

※スライドでの画像はVII. 主な参考文献・サイトの『ドラえもんから学ぶ！指数関数の恐ろしさ』

[https://www.sekkachi.com/entry-bibin\\_consideration/](https://www.sekkachi.com/entry-bibin_consideration/) より引用

## The Effect of Cross-curricular Learning

— Development of teaching materials form the Imaginary Science Readers —

YAMAMOTO Shuhei

**Abstract:** After the classes on exponential and logarithmic functions, we modeled the image of exponential function increase into the real world. By using Doraemon's secret tools, which are familiar to the students, it got the students' interest. In addition to mathematical thinking, by thinking of powers of ten, the students were able to visualize the size of the universe to a cell, and by referring to asset management from the compound interest calculation of the exponential function, this is a study of a cross-curricular class in three fields: mathematics, science, and financial education.

**Key Words:** Mathematics Education, Cross-curricular Learning, Dream Science Reading Book, Financial Education