

数学の授業におけるストーリー活用についての一考察 —「フェルマーの最終定理」を題材とした 授業実践開発を通して—

古林 智美

千葉大学教育学部学生

本研究は、授業におけるストーリー活用についての考察を行ったものである¹。授業においてストーリーを活用すると、興味関心・意欲の向上につながることは推測できる。しかし、未だストーリー活用に注目した研究は少ない。そこで、ストーリーの構成として、「起こり」「結末」を設定した。2回の授業実践を通して「起こり」「結末」を効果的に活用する4つのポイント、すなわち①1時間の授業内で「起こり」と「結末」が収まるようにする②「起こり」で生徒の活動を動機付け「結末」でそれらを意味づけるような解説を行う③「起こり」生徒の活動「結末」というひとまとまりのストーリーを広げ、次のひとまとまりのストーリーへと深める構成とする④内容のつながりを生徒自身が気付けるように構成する、ことが明らかになった。さらに、人物に注目したストーリーが生徒たちの興味関心をより向上させることなども明らかになった。

キーワード：ストーリー、数学史、フェルマーの最終定理、中学校、数学科

1. 問題の所在

1.1. 数学の授業の現状と課題

生徒からの「数学をなぜ勉強しなくてはいけないのか」という問いに答えることは、数学教育における一つの課題となっている。生徒がそのように問うのは、数学に対して興味を持たず、数学を学ぶ意義を見失っていることの表れだと考えることができる。OECDによる調査²では、「数学を勉強しているのは楽しいからである」に肯定的な回答をしたのは30.8%(OECD平均38.1%)、「数学で学ぶ内容に興味がある」に肯定的な回答をしたのは37.8%(OECD平均53.1%)と国内では年々上がってはきているものの、OECD全体に比べれば低い。このような、数学の学習について生徒の内発的動機付けが弱いことも、数学を学ぶ意義を見失っていることの表れと読みとることができる。

このように学ぶ意義を見失っている生徒たちに、数学へ興味をひくような授業をするには工夫が必要だろう。そこで、本研究では工夫の一つの方法として、ストーリーを活用できないかと考えた。

1.2. ストーリー活用の可能性

ストーリーには人をひきつける力がある。実際に、昔

から商品や企業の広告でストーリーが活用されている。近年では、ソフトバンクモバイル/SoftBankの「白戸家」シリーズやKDDI/auの「三太郎」シリーズと呼ばれるストーリーを活用したCMが1年で最も好感度の高いCMを表彰する「BRAND OF THE YEAR」で10年近く首位を獲得している³ことからストーリーが注目を集め、人々の心に残る効果を上げたと考えられる。

では、学習において、ストーリー活用の可能性にはどのようなことがあるのだろうか。

例えば、近年、マンガやアニメ、デジタルゲームなどのメディアを通して伝えられるストーリーをきっかけとし、題材となっている内容に興味を持ち、進路を決定したり習い事を始めたりしている人を見ることは少なくない。時には、その様子が社会現象として注目されることもある。例えば、刀剣に興味を持つ女性、通称「刀女子」が急増した、と社会現象としてメディアで取り上げられた。産経ニュースでは、「刀剣乱舞-ONLINE-」という刀剣を題材としたゲームを通して「刀女子」がモチーフとなった刀を博物館に見に行ったり、当時の刀に関連する関連書籍の購入が2~3割ほど増えたりしたことを伝えている⁴。「刀剣乱舞-ONLINE-」とは刀剣を擬人化したキャラクターの育成シミュレーションゲームである。坂本龍馬の愛刀であった「陸奥守吉行」など、実存している、もしくは実存していた刀をモチーフにし、刀工や持ち主といった史実を反映したキャラクター設定やエピソード設定が行なわれていることが特徴であ

Tomomi FURUBAYASHI : A Study on Story Utilization in Mathematics Class: Through Practical Lesson Development Based on "Fermat's Last Thesis"
Student, Faculty of Education, Chiba University

る。また、公式で舞台化、アニメ化、マンガ化などのメディアミックスや、ゲームユーザーによる二次創作も盛んである。ゲームというメディアにとどまらず、同キャラクターにまつわるストーリーを主軸とし、舞台化、アニメ化など多様なメディアミックスが見られることから、このゲームはキャラクターならびにそのキャラクターから想起されるストーリーが楽しまれているという要素が強いと考えられよう。このような社会事例の場合、ストーリーの題材が必ずしも授業で扱われるような内容とは限らないが、受け手が、題材についてストーリーで扱われている以上のことを自主的に学ぶきっかけとなるという現象は、注目すべきことであると考えられる。

このようなストーリーの効果は授業でも期待できるのではないだろうか。

1.3. 数学科の授業におけるストーリー活用研究の現状

先行文献より、ストーリーを活用している授業実践を確認することができる。例えば、道徳の授業で物語文やドラマ仕立ての映像を通して、登場人物の行動や考え方について考える授業のように、文章や映像を媒体にしてストーリーを活用する授業は珍しくない。また、ゴールベースシナリオ学習設計理論 (GBS)⁵、ストーリー中心型カリキュラム (SCC)⁶に基づいた教材を活用した授業もある。GBS、SCCは、下の図1のように示される、学習目標・使命・カバーストーリー・役割・シナリオ操作・情報源・フィードバックの7つの構成要素からなる。

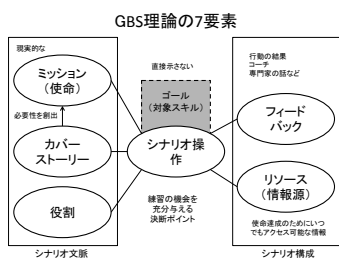


図1 ゴールベースシナリオ (GBS) 理論の構成要素⁷

このような理論に従って作り出されたカリキュラムは、「学習全体にひとつのストーリー性のあるシナリオを導入し、そのストーリーに沿って学習を進め課題をこなしていく」⁸ようになっている。

例で見えてきたように活用のされ方の種類も様々確認することができる一方で、活用したことのみが述べられているだけで、ストーリーに注目した授業の研究はほとんどなされていない。特に算数・数学の分野においては、授業実践の数も少ない。また、阿部ら(2012)⁹は、アニメーションに登場したキャラクターデザインについて記述している。その一方で、課題として「教材デザイン

についてのさらなる検討が必要である」と述べられている。このようにストーリーで登場したキャラクターのデザインなど、部分的に多少の記述はあるものの、より生徒たちをひきつけるようなストーリーの面白さについて検討、考察した研究は少ない。

2. 研究の目的と方法

数学の授業においてストーリーを活用した授業の可能性について探り、明らかにする。今回、特に授業で扱う際にはどのように構成すべきかを明らかにする。

そのために、筆者が実際に行った「フェルマーの最終定理」を題材とした中学校での授業実践を参考にし、注目する観点について提案、検討を行う。

3. 考察する授業実践について

3.1. 授業実践の概要

本研究では、2回の授業実践をもとに考察している。第1弾の授業は、千葉大学教育学部附属中学校(以下、附属中学校)の選択教科にて2015年度後期に開講された「ドラマチック数学～ハーモニーと方程式の物語～」のカリキュラムの中で実践することとした。第2弾は、同じく選択教科にて2016年度前期に開講された「ドラマチック数学～音作りと方程式の物語～」のカリキュラムの中で実践することとした。附属中学校では、2・3年が履修する授業において週1時間の選択教科が設定されている。複数ある講座の中から、生徒が希望する講座を調査し、人数が上限を上回った場合には人数調整を行い、講座が決定される。生徒は前期・後期でそれぞれ1つずつの講座を選択している。

3.2. 扱うストーリーの題材について

第1弾の授業、第2弾の授業、ともに有名な数学上の未解決問題であった「フェルマーの最終定理」を題材として授業を行った。なお、「フェルマーの最終定理」は1995年にアンドリュー・ワイルズによって解決され、現在は未解決問題ではない。「フェルマーの最終定理」の証明には約360年もの年月がかかった。その一方で、「フェルマーの最終定理」の問題そのものの意味について理解することは、中学生にとっても難しいことではないと考えられる。問題¹⁰を以下に示す。

$$x^n + y^n = z^n$$

この方程式は自然数 n が 2 より大きい場合には整数解をもたない。

また、実際「フェルマーの最終定理」を証明したワイ

ルズは10歳の時に「フェルマーの最終定理」に出会っており、その当時を振り返り「その問題はとても簡単そうなのに、歴史上の偉大な数学者たちが誰も解けていなかったというのです。十歳の私にも理解出来る問題でした」¹¹と述べている。

では、中学校の数学の授業で、「フェルマーの最終定理」を題材として扱うことは適切だろうか。

まず「フェルマーの最終定理」を題材として扱う授業は学校の教育過程上に位置づけることができる。文部科学省によると、中学校数学科で取り上げる内容の体系のとらえ方の根底には大きく分けて3つのことを感じ取ってもらいたいという。そのうちの一つが「数学は閉じた学問ではなく、創り上げていく学問、そして今も発展しつつある学問だということ」¹²だ。「フェルマーの最終定理」は、数学の歴史を扱う。それは同時に数学の発展の歴史を扱うことにつながる。「フェルマーの最終定理」を証明するために、数学が発展する様子についてストーリーを通して扱っていくことで、数学が完成された学問ではなく創り上げていき、今も発展しつつある学問だということを感じることができよう。

また、「フェルマーの最終定理」を題材として扱うことで、面白いストーリーをつくることができると考えられる。解決の過程には、様々な数学者が関わり、その数学者たちが時に人生を変えるような輝かしい発見したり、時に死に追い込まれるほど挫折をしたりと人間味あふれるストーリーがある。数学に興味があってもなくても多くの人が興味を引きつけられ楽しむことのできるだろう。根拠として、「フェルマーの最終定理」がすでにエンタテインメントとして楽しまれていることを確認できるからだ。例えば、「フェルマーの最終定理」を解決するまでの過程の数学者たちのドラマを中心においた数学ノンフィクションである、サイモン・シンの『フェルマーの最終定理』¹³はベストセラーとなっている。同じ趣旨の書籍は他にも複数確認することができる¹⁴。さらに、「フェルマーの最終定理」を題材としてシリーズの小説があったり、マンガ化されたりもしている¹⁵。このほかにも、桜井進の『面白くて眠れなくなる数学者たち』¹⁶のように、一つのトピックとしても広く扱われていることを確認できる。このように、「フェルマーの最終定理」に関するストーリーはすでにエンタテインメントとして楽しまれている。このことから、この題材は、筆者の主観ではなく、一般的に面白いと感じられるストーリーであり、授業のテーマとして選択することは妥当だと考えられるだろう。

さらに、授業の中で扱う内容を吟味し、難しい部分について何かしらの方法で補助を行えば、学習内容も中学生にとって妥当となる。「フェルマーの最終定理」の完全な証明そのものは難しく、中学生はもちろん、数学者

にとっても理解することは難しいという。しかし、「フェルマーの最終定理」が生まれる過程や、最終的な解決までの過程の一部は中学生にも十分に理解できることであり、学習内容としても適切と言える。例えば、「フェルマーの最終定理」の生まれと深く関わりのある、三平方の定理¹⁷は、数学の中学校学習指導要領で学習することが定められている。また、「フェルマーの最終定理」の一部の証明は、証明のテクニック部分や使用する定理や証明方法について何かしらの方法で補助を与えれば、中学生にとって適切な教材となり得るだろう¹⁸。

3.3. 授業の全体

2回の授業実践では、生徒たちの様子や学習到達度、ストーリーの構成ポイントを踏まえ、同一の題材であるが扱い方や扱う内容を変えている。

紙面の都合から、すべての時間の授業展開を示すことができないため、¹⁹第1弾、第2弾の授業の全体を表1、表2に示す。

表1 第1弾 授業の全体

時数	「扱うストーリー」 学習内容 (>文化・技能)	主な生徒の活動
1	「ピタゴラス数とフェルマーの最終定理」 >ピタゴラス教団から数学の捉え方の一面を知る ・ピタゴラス数を知り、三平方の定理についての理解を深める	・映像を見て数の規則性を考える ・ピタゴラス数を探す ・「フェルマーの最終定理」の内容について考える
2	「 $n=4$ の時のフェルマーの最終定理を証明しよう」 >古代の数学を知り、公式の有用性について学ぶ ・背理法について学ぶ ・課題を論理的に解決することを体験する	・ $n=4$ の時、フェルマーの最終定理が成り立つことを考える
3	「フェルマーの最終定理の解決まで」 >どのような過程を経て解決されたかを知ること、数学が時代を超えてつながっていることを知る >「数学の大統一」という近年の数学事情について知る ・無限降下法についてその方法の意味を理解する	・無限降下法を用いて「マトリョーシカは無限に続かない」ことを証明する

表 2 第 2 弾 授業の全体

時数	「扱うストーリー」 学習内容 (>文化・技能)	主な生徒の活動
1	「ピタゴラス教団と悪魔の数」 >数学が悪魔と呼ばれていた時代とその背景を知る ・1 cm×1 cmの正方形の対角線の長さについて、根拠を持って考える（無理数であることを学ぶ） ・三平方の定理を学ぶ	・1 cm×1 cmの正方形の対角線の長さについて、数学的思考を用いて考える ・石の床の模様から発見された、三角形と四角形の関係式について考える
2	「原始ピタゴラス数のひみつ」 >三平方の定理などが時代や場所を超えて、調べられたり活用されたりしたことを知り、数学の普遍性を実感する ・エジプトひも、ピタゴラス数を通して、三平方の定理について理解を深める ・数の性質について論理的に考える	・「エジプトひも」を用いて直角三角形を作る ・ピタゴラス数、原始ピタゴラス数を探す ・原始ピタゴラス数の性質について考える
3	「原始ピタゴラス数のひみつ 2」 ・数の性質について論理的に考え、言葉で表す ・背理法について学ぶ	・原始ピタゴラス数の性質について、 x と y がともに偶数の時と奇数の時を考え発表する ・背理法を用い証明する
4	「数学者フェルマーとフェルマーの最終定理」 >数学史に大きな影響を与えた難問の一部を体験し、数の証明についての見方を変えるきっかけとなる ・今まで学習したことを活用することを体験する	・フェルマーの最終定理の一部にあたる $n=4$ の時を証明する

して示しながら、本論文内での「起こり」と「結末」について説明する。

例とするのは、第 1 弾の 2 時間目の授業で扱うストーリーの「起こり」と「結末」である。「起こり」を四角、「結末」を二重四角で囲み、順番をストーリーの流れの通りにし、以下のように示す。

2500 年前に存在したピタゴラス教団は、全ての数が整数と分数で表せると考えていた宗教団体である。そんな彼らはある数を「口に出してはいけない悪魔の数」と呼んでいた。

活動目標

「口に出してはいけない悪魔の数」を発見しよう

「口に出してはいけない悪魔の数」は現在、平方根を使って表される 1 cm×1 cmの正方形の対角線のことであった。すべてのものが整数、分数であらわせることができるということ信じていた彼らは分数で表せない数があることを認められず、その存在を流布しようとしたヒッパソスという青年を暗殺してしまうほどだった。

ピタゴラス教団は現代でも使用される有名な定理を発見したことで有名である。その定理は寺院の石の床の模様から発見された。

活動目標

石の床の模様から発見された、三角形と四角形の関係式とは何か考えよう

ピタゴラス教団は、石の床の模様から三平方の定理（ピタゴラスの定理）を発見した。この定理は現代でも使用されており、中学 3 年生の授業でも習う。

さらにここから、新しい「悪魔の数」が生み出されることとなった。

次回予告

三平方の定理（ピタゴラスの定理）から生まれた、新しい「悪魔の数」について扱っていく

四角で示した「起こり」とは、ストーリーの冒頭にあたる内容であり、新たな登場人物や内容を提示している。学習内容との結びつきとしては、活動の動機付けになるようにしている。そのため、四角の中に『口に出してはいけない悪魔の数』を発見しようというような「活動目標」も記述してある。

二重四角で示した「結末」とは、「起こり」の結末に

3.4. ストーリーの構成のポイント

授業には「導入」「まとめ」があることが一般的である。しかし、授業で活用するストーリーは「導入」「まとめ」とは異なる。さらに様々なあり方が考えられるが、そのあり方について今まで論じられていなかった。そこで、授業で活用するストーリーのあり方の一つとして、本論文内では「起こり」と「結末」という呼び方の構成で、仮に設定することにした。実践した授業を具体例と

なるように設定しており、提示した登場人物や内容がどうなったかなど種明しなどを提示している。学習内容との結びつきとしては、活動の解説またや活動からさらにストーリーを広げるようになっていく。また、1時間の授業の終わりにあたる場合は、次の「起り」につながるような「次回予告」を行うことにした。

第1弾の2時間目の授業を例とし、具体的に示す。1つ目の「起り」の内容である「ピタゴラス教団という宗教団体が『口に出してはいけない悪魔の数』と呼んでいる数があった」を伝え、「『悪魔の数』を発見しよう」という活動を行う。そして「結末」として、「『悪魔の数』とは、無理数のことであった」という活動に関する解説を行う。同時に、「なぜ無理数を『悪魔の数』と呼んでいたのかについての背景」も説明をし、「起り」と活動内容で扱ったストーリーを深めている。

原則的に「起り」、生徒の活動、「結末」でひとまとまりとなっている。さらに、前の内容を受けて次のひとまとまりのストーリーを展開させるようになっていく。具体的に示す。2つ目の「起り」の内容は、「ピタゴラス教団は現代でも使用される有名な定理を発見したことでも有名である。その定理は寺院の石の床の模様から発見された」というものである。これは、前のストーリーの「ピタゴラス教団」を受けて展開している。2つ目の「起り」に対し「結末」は1時間の終わりにあたる。そのため、「三平方の定理(ピタゴラスの定理)から生まれた、新しい『悪魔の数』について扱っていく」という「次回予告」を行っているが、これは次の「起り」につながるようにしている。

構成には例外もあった。例えば「起り」1つに対して「結末」が2つある場合、逆に「起り」2つに対して「結末」がある場合である。また、第1弾1時間目では、「起り」はないが「結末」がある、という構成もあった。これは、ストーリー以外の方法(いきなり数式が描かれる動画を見せる)で活動の動機付けを行ったためである。なお、「結末」の内容は、活動に対しての説明並びに活動に対するストーリーを展開した。

本論文では、「起り」「結末」を基本として構成を考え、これらをどのように構成するのが妥当か検討することを考察のポイントの一つとする。

また、3.1.でエンターテイメントとして扱われるストーリーを挙げた。このような、エンターテイメントとして扱われているストーリーを参考にしたところ、「フェルマーの最終定理」に関する、ストーリーの構成形式は大きく分けて2つあると考えている。

1つ目は、数学者という人物に焦点を当てたストーリー形式である。数学者がどのような性格だったのかなど、数学者の背景も丁寧に説明される形式である。

2つ目は、「フェルマーの最終定理」に関する数式な

ど数学の事項に焦点を当てたストーリー形式である。一体どのような発展の中で「フェルマーの最終定理」が生まれ、どんな数学事項と関係があり、どのような証明方法によって証明されたかということについて追っていく形式である。

もちろん、どちらかだけでは授業は成り立つことはない。しかし、焦点の当て方により、ストーリー・授業展開は異なると考えている。

そこで、今回の2回の実践では、それぞれに特色をつけることにした。第1弾の授業は数学者という人物に焦点を当てたストーリー形式を採用した。第2弾の授業は数式など数学の事項に焦点を当てたストーリー形式を採用した。それぞれの授業でどのような違いがあるのかを検討することもポイントである。

4. 授業実践の考察

4.1. 第1弾の授業実践の考察

第1弾の授業の概要を以下に示す。

実施校	千葉大学教育学部附属中学校
教科	数学(選択教科)
対象	中学3年生 男子8名 女子6名
時間	45分×3時間
実施日時	
1時間目	2016年1月13日(水) 13:00~13:45
2時間目	2016年1月27日(水) 13:00~13:45
3時間目	2016年2月3日(水) 13:00~13:45

本授業は、選択講座の授業であるため、通常の授業とは異なり、講座を選択した生徒のみが授業を受けることになる。本講座の説明を行った際は「悪魔と呼ばれ恐れられた数学、フェルマーの最終定理とそれに関わる数学者について扱う」と説明をし、普段授業で扱う数学とは異なることを説明した。そのため、単純に数学が好きな生徒だけではなく、数学が特段好きでないが、授業とは異なる面から数学を考えてみたい生徒、数学者について知りたい生徒、方程式にどのような物語があるのか知りたい生徒、というような理由から選択する生徒が多く集まった。なお、生徒は実名が出せないため、以下ではS1~S14と表すこととする。

第1弾の授業は数学者という人物に焦点を当てたストーリー形式を採用している。授業全体としては、活動の少なさ、教師が一方的に喋ってしまうなど、課題も多くあった。実際、事後アンケートで「(S6)最後のワイルズさんのところがもっと知りたかったです。周りの人と、もうすこし考えたりしたかったかも。」「(S8)話を聞くことが多かったです…。」「(S13)授業のペースを

よくする。」というような指摘が生徒から入った。

一方で、ストーリーを活用したことにより、生徒の活動の意欲の向上だけでなく、数学そのものに対するの興味関心の向上が見られた。例えば、2 時間目は $n=4$ の時に「フェルマーの最終定理」が成り立つことをパズル形式で、証明することを最終目標とし、証明のために必要な公式や証明方法を学ぶことを学習内容とした。しかし、いきなり「フェルマーの最終定理」を証明すると言っても活動意欲は低くなってしまふ。そこで、活動のための「起り」として、フェルマーの人物の紹介を設定していた。ただの小話ではなく、その後控えている証明という難しい問題に取り組んでみたいと思わせることを意図し、その効果は活動中にも見る事ができた。事後アンケートでも、「(S7) フェルマーの最終定理に、興味が持てたし、自分でも簡単に証明することができたから。」「(S13) 難しい内容だったが楽しかった。」など、その効果を見ることが出来る。また、事後アンケートでは、全ての生徒が数学者、数学史、数学そのものについて一層の興味が喚起されたことがわかった。(表 3)

表 3 興味関心についての質問項目

5. 数学者について興味を持ちましたか？
①興味を持った・・・8名
②まあ興味を持った・・・4名
③あまり興味を持たなかった・・・0名
④興味を持たなかった・・・0名
6. 数学史について興味を持ちましたか？
①興味を持った・・・7名
②まあ興味を持った・・・4名
③あまり興味を持たなかった・・・0名
④興味を持たなかった・・・0名
7. フェルマーの最終定理を知ること、 数学についてより関心を持つようになりましたか？
①興味を持った・・・11名
②まあ興味を持った・・・1名
③あまり興味を持たなかった・・・0名
④興味を持たなかった・・・0名
8. 数学者や数学史を知ること、数学についてより 関心を持つようになりましたか？
①興味を持った・・・11名
②まあ興味を持った・・・1名
③あまり興味を持たなかった・・・0名
④興味を持たなかった・・・0名

特に注目したいのは、アンケート項目 7、8 で問うた数学者・数学史についてよりも、アンケート項目 9、10 で問うた数学について、「①興味を持った」と回答して

いる人数が多いということである。ここから、数学者を扱ったストーリーを活用した授業を通して、数学者・数学史についての興味の喚起はほどほどの者でも、数学について強い興味の喚起を促すことがわかる。

ストーリー構成については、「(S14) 授業が途中で終わってしまい、次の週の記憶が曖昧なことがあるので、一時期でピッタリと追われるようにしてほしいです。」と生徒から指摘があったように、授業が途中で終わるような印象を与えてしまったことが課題である。原因としては、授業展開からも明らかなようにストーリーの「起り」と「結末」が授業をまたぐことが多く、1 つのストーリーのまとまりが 1 時間内で収まっていないことがある。1 時間内ですべて「起り」「結末」が収まるようにする必要があるだろう。

4.2. 第 2 弾の授業実践の考察

第 2 弾の授業の概要を以下に示す。

実施校：千葉大学教育学部附属中学校
教科：数学（選択教科）
対象：中学 3 年生 女子 4 名
時間：45 分×4 時間
実施日時：
1 時間目 2016 年 6 月 15 日（水）13:00～13:45
2 時間目 2016 年 6 月 22 日（水）13:00～13:45
3 時間目 2016 年 6 月 29 日（水）13:00～13:45
4 時間目 2016 年 7 月 6 日（水）13:00～13:45

第 1 弾と同様、講座を選択した生徒のみが授業を受けることになる。講座の説明を行った際は「悪魔と呼ばれ恐れられた数学について扱う」と説明をし、普段授業で扱う数学とは異なることを説明した。なお、第 1 弾ときの講座の説明の時には、「フェルマーの最終定理」についてと「数学者」について扱うということを強調したが、今回は「悪魔と呼ばれ恐れられた数学」と曖昧にして伝えた。単純に数学が好きな生徒だけではなく、数学が特段好きでないが、授業とは異なる面から数学を考えてみたい、数学者について知りたい、というような理由から選択する生徒が多く集まった。一方で、「フェルマーの最終定理」にも数学者にもあまり興味がなく、調べたこともないと考えられる生徒たちであった。なお、生徒は実名が出せないため、以下では Sa～Sd と表す。

第 2 弾の授業は数式など数学の事項に焦点を当てたストーリー形式を採用している。第 2 弾の授業では第 1 弾の授業の反省を生かし、生徒の活動が多くなるように努めた。また、生徒の人数が 4 人と少人数で発言しやすい雰囲気もあり、授業内での発言が第 1 弾と比べて多く見る事ができた。

第2弾で注目したいことは、ストーリーで扱う内容のつながりを授業者が全て説明するのではなく、生徒自身が気付けるように構成することで、生徒が面白さを感じる様子が見られたことである。具体的に1時間目の授業記録を引用し、その場面を示す。1時間目は、単元の導入である。これまで「悪魔」と呼ばれてきた数学の事項があり、そのうちの一つ、「口に出してはいけない悪魔の数」を中心にして扱っていった。「悪魔の数」と呼ばれていた数学があったことを伝えた上で、対角線を引いた1辺が1センチの正方形を白紙に作図させた。そして、作図した正方形の中に「悪魔の数」が隠れている、と伝え、どのような人々がそう呼んでいたかを紹介した。なお、対角線の長さである無理数が「悪魔の数」にあたるが、活動をしている生徒には伝えていない。

以下に示すのは、対角線の長さを調べている時の生徒と教師の会話の一部である。

Sa 「(Sbの紙を見ながら) これ、ルートの問題?」
『平方根?』
Sa 「平方根だ。平方根」
Sb 「〜? 2500年前から?」
『おっ、いいこといってくれたね。2500年前』
Sb 「だからこれ(悪魔の数)なの?」
Sa 「あーそうじゃない?」

「〜」は動画から聞き取れなかった箇所であるが、以下に示す授業者の発言からSbの発言の内容がうかがえる。

『で、さらに、Sbちゃん、ルート使っているの、って、2500年前ルートあるの、みたいなことをいっていたんですが。(中略)』

上記で示したように、Sbが「起こり」の内容である、ピタゴラス教団の信仰と「悪魔の数」そして、自分たちの活動との関連を探し、つなげている様子が見ることができる。ここからも「起こり」の内容が生徒にとって活動の動機付けになっていることがうかがえる。

一方で、事後アンケートの結果から、生徒が数学者、数学史、数学そのものについてある程度の興味を喚起されたことを確認できたが、第1弾で見られたほどではなく、第1弾の方が効果的な授業であったと考えられる。また、授業に対しての自由記述を見ると、そもそも記述はとても少なく、第1弾より印象に残ることがなかったのではないかと考えられる。(表4)

このような、第1弾で見ることができた効果が、第2弾で見ることができなくなった原因としては、第2弾では数式など数学の事項に焦点を当てたストーリー一形

式を採用したことがあるだろう。同じ「フェルマーの最終定理」という同一の題材を扱うのであれば、数学の事項に注目したストーリーの方が直接的に数学についての興味を高めることにつながりそうであるが、今回の研究では、人物に焦点を当てた方が、生徒たちの興味関心を高めることに成功している。つまり、一見遠回りに見えるが、数学者に注目したストーリーを活用することで、結果的に数学そのものにも高い関心を喚起する、ということが考えられよう。

表4 興味関心についての質問項目

3. 数学者について興味を持ちましたか?	
②興味を持った	3名
①とても興味を持った③どちらかといえば興味を持った④どちらかといえば興味を持たなかった⑤興味を持たなかった⑥全然興味を持たなかった	各0名
4. 数学の歴史について興味を持ちましたか?	
②興味を持った	3名
①とても興味を持った③どちらかといえば興味を持った④どちらかといえば興味を持たなかった⑤興味を持たなかった⑥全然興味を持たなかった	各0名
5. 数学の歴史や数学者について知ること、普段扱う数学にも興味を持てましたか?	
②興味を持った	3名
④どちらかといえば興味を持たなかった	1名
①とても興味を持った③どちらかといえば興味を持った⑤興味を持たなかった⑥全然興味を持たなかった	各0名
6. 普段の数学の授業の中で数学の歴史や数学者について知ったら、数学が好きに、またはより好きになると思えますか。そう思う理由も教えてください。	
②そう思う	3名
③どちらかといえばそう思う	1名
①とてもそう思う④どちらかといえばそう思わない⑤そう思わない⑥全然そう思わない	各0名
8. 4回にわたり、数学の歴史や数学者について扱いました。この4回の授業を通して印象に残ったこと、感想など自由に書いてください。	
(Sa)	ピタゴラス数
(Sb)	(無記入)
(Sc)	(無記入)
(Sd)	数学にも社会にみたいに歴史があって、成り立っているのが面白いと感じました

5. 本研究の成果と課題

今回、意識的に「起こり」「結末」と設定し、その間に生徒の活動が挟まるように授業を構成した。他の構成

のパターンとして、ストーリー以外の方法で活動の動機付けを行い、「結末」のストーリーを説明する構成や授業の時数をまたぐ形で「起り」と「結末」を設定した構成などがあつた。本授業実践の考察をまとめると、以下の4つが大きなポイントになると考えられる。

- ①1時間内で「起り」、生徒の活動、「結末」が収まる方が、生徒の混乱も少なく活動に対して意欲的に行うことが可能である。
- ②「起り」で生徒の活動の動機付けを行い、「結末」で「起り」や生徒の活動について意味づけるような解説を行うことが有効である。
- ③「起り」、生徒の活動、「結末」というひとまとまりのストーリーを広げ、次のひとまとまりのストーリーへとつながっていく構成が有効である。
- ④ストーリーで扱う内容のつながりを授業者が全て説明するのではなく、生徒自身が気付けるように構成することで、生徒が面白さを感じる。

また、ストーリーの方向性については、数学者に焦点を当てたストーリーを授業で活用する方が最終的に数学への関心を喚起する効果を表す、ということが考えられる。本研究では、第1弾で数学者について焦点を当てたストーリーを、第2弾で数学の事項について焦点を当てたストーリーを活用し授業を行った。その結果、アンケートの結果を比べると第1弾の方が、筆者がねらいとしていたような記述も多く、全体的な評価も高かった。授業そのものは、活動時間が少なかったり授業者は話しすぎたりし、第1弾の方が第2弾よりも授業の質が低いものであつたのに関わらず、である。ここから、一見遠回りと考えられる、数学者という人物に注目して展開するストーリーの方が、結果的に数学そのものへの興味関心を喚起する効果が高かった。

また、ストーリーを活用する中で、伝え方というのは重要な要素の一つだろう。どのように伝えるべきか考える上で参考になりうる特記すべき事項としては、第1弾、第2弾ともに、17世紀に「フェルマーの最終定理」を生み出したフェルマーをデフォルメしたイラスト²⁰ (図2)を提示した時に、授業の雰囲気はよくなった様子がみられたことがある。



図2 フェルマーをデフォルメしたイラスト

フェルマーをデフォルメしたイラストを提示した意図は、PCなどの生徒たちにとって身近なものの提示をし、受け入れやすいようなビジュアルにすることで、生徒たちがイメージを膨らませやすいようにすることであつた。もちろん、フェルマーが生きた17世紀にPCはなかつた。しかしフェルマーの人柄の特徴として、自分の定理をつけ海外の数学者へからかいの手紙を送りつける癖があること、海外の数学者から悪態をつかれていたこと、普段は物静かなタイプだつたこと、豹変する様が現代のインターネット事情と似ていること、がある²¹。自分の定理をつけ海外の数学者へからかいの手紙を送りつける癖があること、をからかいのメールを送ることにたとえた。さらに、普段は物静かでそこから豹変する様が現在のインターネット事情と似ているということで、17世紀にはパソコンはないがフェルマーにPCを持たせた。また、肖像画から髪型や服装を参考にして、見た目のデフォルメも行った。性格・見た目の情報をデフォルメし、現代であつたらこんな感じの人だつたかもしれない、と生徒たちがイメージを膨らませやすいようにした。第1弾、第2弾ともにその意図の効果が現れたことを確認することができた。

このように、フェルマーの肖像画などの資料を提示することはもちろん大切であるが、生徒たちの興味を喚起し、理解した上でイメージを膨らませるには、情報のデフォルメを行ったイラストも有効であることがわかつた。今後、どのように伝えるべきか検討していくことも必要であろう。

一方で、ストーリーを活用した今回の授業には、大きな課題が3点見られた。

1点目は、第1弾、第2弾ともにストーリーは授業者が口頭で時にパワーポイントを用いながら説明した。その結果、ストーリーの内容を誤って認識している生徒がみられたり、授業者が一方向的に話し、活動時間が減り、テンボも悪い授業になつたりしていることもあつた。生徒の活動を確保しつつ、生徒にわかりやすく正確にストーリーを伝える方法について今後検討する必要がある。

2点目は、数学の事項について生徒が理解しきれず「わかつた気になる」ことが、はたして数学の授業として妥当であるかである。だが、今回授業で扱った数学の事項はすべて完全に生徒に理解させる必要があつたのであろうか。例えば、第1弾と第2弾で扱った「ピタゴラス数」については、数学の事項としてもストーリーとしても学習する必要性があつた。数学の事項として学習する理由は、「ピタゴラス数」「原始ピタゴラス数」という言葉こそ使用されないが、同じような内容を生徒たちが学ぶ機会が多いことがある。ストーリーとして学習する理由は、その後の展開である「フェルマーの最終定理」に深く関わりがあるからだ。「フェルマーの最終定

理」の問題を理解するためには、最低限「ピタゴラス数」と「原始ピタゴラス数」の理解が必要不可欠であり、「フェルマーの最終定理」の問題を理解できなければストーリーの面白さを損なってしまう。一方でストーリーとしては扱うべきだが、学習単元の関係から、数学の事項の学習として適切でない場面もあった。

ここから、ストーリーを数学の授業で扱う場合、ストーリーとして扱えばいい数学の事項と学習すべき数学の事項を区別し、それぞれに適した程度を理解を生徒に促すことが重要となるだろう。ストーリーとして扱えばいい数学の事項は、必ずしも生徒が理解する必要がないのではない。そう区別することで、中学生というようなまだ数学という学問について初歩的なことしか学習していない生徒へも、「フェルマーの最終定理」のような高度な数学をテーマとしたストーリーを扱うことが可能になると考えられる。しかし、ストーリーと扱うべき数学の事項の分量のバランスを考えなければ、「数学」の授業ではなく「数学史」の授業となってしまう可能性についても留意が必要である。筆者は本研究でそのことを明確に意識せずに実践を行っていた。今後はこのような視点から授業を設計し、検討していくことが必要であろう。

3点目は、授業で活用する「ストーリー」と「物語論」がどのような関係性にあるか検討するという課題がある。1.1.で示したように、今回は「物語論」における物語内容(story)の構造や物語行為(narrative)についての議論を扱わずに本論を進めてしまった。今後、物語論を踏まえて、授業でストーリーを活用するということがどのようなことであるのか検討する必要があると考えられる。

今後の展望として、ストーリーを活用した授業では、マンガや映像、ゲームなどメディアの工夫について検討することが大切になると考えられる。そうすることで、課題の一部が解消されるだろう。例えば、授業者が話しすぎる、という課題はマンガや映像などにストーリーを組み込むことができれば解消される。また、重要な内容を話し忘れる、いい回しがうまくいかず生徒に伝わりづらい、なども防ぐことができるだろう。なぜなら、マンガや映像などにストーリーを組み込むことができれば、事前に文言について十分な検討をすることができ、授業の時もイレギュラーが起こりづらい。一方で、生徒の発言に対してフィードバックをするときには、事前に決められたことしか示すことのできないマンガや映像などのメディアは不適であると考えられる。このように、どの場面で、どのメディアが有効であるか検討することが今後必要になってくるだろう。

¹ 本稿は、筆者の平成28年度千葉大学教育学部卒業論文「数学の授業におけるストーリー活用についての一考察-「フェルマーの最終定理」を題材とした授業実践開発を通して-」の特にストーリー構成に注目し、内容を抜粋し再構成したものである。

² 文部科学省国立教育政策研究所(2013)「OECD 生徒の学習到達度調査～2012年調査分析資料集」p.38、https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_reference_material.pdf (最終閲覧2017年1月8日)

³ CM総合研究所「2014年度 ヒットCM動向」<http://www.cmdb.jp/release/20141204.html>、「2015年度 ヒットCM動向」<http://www.cmdb.jp/release/20151210.html> (共に最終閲覧2017年1月8日)

⁴ 『産経ニュース』2015年5月10日「日本刀に萌える“刀女子”が増殖中…持ち主の移り変わり知りたい、「歴女」の進化形」

<http://www.sankei.com/premium/news/150510/prm150510029-n1.html> (最終閲覧2017年1月8日)

⁵ GBSはSchankらが提唱した問題解決型アプローチの一つである。国内では熊本大学の鈴木克明らを中心に研究が進められており、GBSに基づいた教材も複数開発されている。

⁶ SCCはGBSの精神を継承しながらも、GBSよりも安価に作ることを目的としている。GBSとの違いは、人間教師を使うことで開発コストを減らし実施コストに回すこと、既存のコンテンツを進んで使用しコンテンツ開発コストを抑えること、チーム学習をさせることで教員の負担を軽減すること、など主にコスト削減を行い、実施可能性を高めることを目的としている。構成要素などの理論などはGBSと同じである。

⁷ 根本淳子、鈴木克明(編)、根本淳子、鈴木克明、竹岡篤永、高橋暁子、柴田喜幸(著)(2014)『ストーリー中心型カリキュラムの理論と実践 オンライン大学院の挑戦とその舞台裏』東信堂、pp.6-7より、図を抜粋した。

⁸ 同著 p.25

⁹ 阿部ら(2012)「アニメーション教材を活用した数学史の授業開発-中学校数学「図形の証明」における試み-」CIEC研究論文誌 vol.3、pp.23-27

¹⁰ これは原文参考にし、わかりやすく示したものである。原文は『P・ド・フェルマーによる所見を含むディオファントスの算術』に記されている。なお、これは無料で書籍、映画などを扱っている『Internet Archive』の「Arithmeticon libri sex et de numeris multangulis liber vnvs」の145/484のページで確認することができる。URLを次に示す。

https://archive.org/details/bub_gb_AyG_AAAAaAAJ (2017年1月8日最終確認)

¹¹ サイモン・シン、訳：青木薫 (2006)『フェルマーの最終定理』新潮社、p.37

¹² 文部科学省(2008)『中学校学習指導要領解説 数学編』p.30

¹³ 筆者の授業づくりでは次の書籍を多く参考にした。サイモン・シン、訳：青木薫 (2006)『フェルマーの最終定理』新潮社。この書籍は文庫だが、同じ新潮社から単行本でも出版されている。

¹⁴ フェルマーの最終定理を解決するまでの過程の数学者たちのドラマを中心においた書籍の例として、飲茶 (2009)『哲学的な何か、あと数学とか』二見書房、日沖桜皮 (2010)『小説フェルマーの最終定理』PHP研究所、などがある。

¹⁵ シリーズものの数学小説の題材となった例としては、結城浩 (2008)『数学ガール フェルマーの最終定理』ソフトバンククリエイティブ株式会社の小説「数学ガールシリーズ」、青柳碧人 (2012)『浜村渚の計算ノート 3と1/2 さつめ ふえるま島の最終定理』講談社の小説「浜村渚の計算ノート」がある。また、マンガ化されたものとしては著：中村亭、漫画：三嶋くるみ、シナリオ：木戸実験 (2009)『フェルマーの最終定理 萌えて愉しむ数学最大の難問』PHP研究所がある。

¹⁶ 桜井進 (2014)『面白くて眠れなくなる数学者たち PHP エンターズ・グループ、p.161「第6章フェルマー・谷山豊 超難問の完全証明にとり憑かれた数学者たち」で扱われている。

¹⁷ 三平方の定理とは、直角三角形の縦の辺を x 、横の辺を y 、斜辺を z と置いた時、 $x^2+y^2=z^2$ が必ず成り立つ、という定理である。フェルマーは三平方の定理の姉妹方程式から「フェルマーの最終定理」を生み出した。

¹⁸ 実際に授業で扱った内容や、工夫についての詳細は、本論文のもとに当たる稚拙の「3.5 授業で扱う内容」にて確認することができる。

¹⁹ 第1弾、第2弾についての各時の展開の詳細は、本論文のもとに当たる稚拙の「3.6 授業の全体と展開」にて確認することができる。

²⁰ イラストは筆者が作成した。

²¹ 人柄については、サイモン・シン、訳：青木薫（2006）『フェルマーの最終定理』新潮社、p.86 に記載されている「フェルマーにとっては、証明を公表して世に認められたところで何の意味もなく、一人静かに新しい定理を創り出すという純粋な喜びだけで満足していたのである。とはいえ、猜疑心が強くてつきあいの悪いこの天才には、人を困らせて喜ぶようなところがあった。そんな性格と秘密主義とがあいまって、彼がいざほかの数学者とやりとりをするとなると、ただ相手をからかうことだけがその目的となるのだった。フェルマーは、自分の証明をつけずに最新の定理を送り付け、できるものなら証明してみると相手を挑発したのである。フェルマーが証明を決して明かさないので、数学者たちはイライラを募らせた。ルネ・デカルトはフェルマーを「大法螺吹き」と呼び、イギリス人のジョン・ウォリスは「あの忌々しいフランス人」といっている。このイギリス人には気の毒なことだが、海峡の向うの同業者をからかうのはフェルマーにとって格別の楽しみだったようである。」と、飲茶（2009）『哲学的な何か、あと数学とか』二見書房、p.14 に記載されている「ちなみに、普段のフェルマーは、もめごとや目立つことが嫌いで、植物のような平穏で静かな人生を好むタイプの人間であった。それが、海ひとつ挟んで遠く離れた国の、顔が見えない相手に対しては、いきなり性格が豹変して、からかって楽しむ……というのは、今のインターネット事情とよく似ているかもしれない。」を参考にした。

謝辞

本研究において、千葉大学教育学部附属中学校の生徒、教員の方に授業の実施、アンケートのなど多くのご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。