

中学校における最適化問題を題材とした授業開発

—「最長片道切符」を事例として—

Development of Teaching about an Optimization Problem in Junior High School

-On a Case Study of “The Longest One-way Ticket” -

太田 貴之

小池 翔太

千葉大学教育学部中学校教員養成課程 千葉大学教育学部小学校教員養成課程

近年、コンピュータの処理能力の発達によって、情報工学は発展した。情報工学の一つに位置づけられる最適化問題は、巡回セールスマン問題やスポーツスケジューリング問題など、社会の諸問題を解決することに役立っている。中学生や高校生にとって、最適化問題が社会の諸問題に応用されていることを学習することは意義があると考えられる。そこで本研究では、最適化問題である「最長片道切符」を事例として取り上げ、中学生にタブレット端末 (iPad2) を用いて問題などに取り組みせる授業プランを作成した。そして、その授業を中学校の選択数学「社会を読み解く数学」の中で実践し、その有効性と課題を明らかにした。その結果、本授業が生徒に情報工学の発展や最適化問題の社会での応用について興味を持たせたり、理解させたりすることに寄与したことが明らかになった。

キーワード：授業づくり、情報工学、最適化問題、最長片道切符、選択数学、試行錯誤

1. はじめに

千葉大学教育学部授業実践開発研究室（以下、授業実践開発研究室）では、2011年度後期、千葉大学教育学部附属中学校での3年生選択教科で「社会を読み解く数学」¹という数学の講座を開設した。この講座では、現代の社会問題や文化について、数学を使って考える題材を扱っている。授業実践開発研究室の藤川大祐教授、大学院生、学部学生がチームとなって、教員養成課程としての研究の一環として、授業を開発、実践している。

筆者は鉄道に興味があり、最長片道切符を授業の題材として取り上げようと考えついた。また最長片道切符は生徒たちの興味・関心を引くことができるのではないかと考えた。最長片道切符の経路を求めることは、コンピュータの発達したここ最近で発展したものであり、「社会を読み解く数学」の授業で取り上げたいと思った。

教材研究を通して、2000年に葛西隆也²らが最長片道切符の経路を厳密に求めることに成功したことが分かった。そこで筆者は葛西に直接取材を行おうと考えた。直接取材に至った理由は3つある。一つ目は、最長片道切符の経路を求めることは、個人の一般的なコンピュータでは性能が追いつかないと考えたため、葛西に技術的な話を伺いたかったからである。二つ目は、中学生に

行う授業として、どの部分を扱うことがよいか、葛西の話を通して検討したかったためである。特に最長片道切符の経路を求めることは数学としてどう扱われるのかの話を伺いたかった。三つ目は、最長片道切符の経路を求めた専門家に直接会い、実際に話を聞くことで、「生きた教材」として生徒の関心を引くことができると考えたからである。

以上の経緯から、本研究である授業実践開発を行った。

2. 問題の所在

2.1. 最適化問題を中学生に教える意義

情報工学はコンピュータとその応用について考え、情報を工学的に利用する学問分野である。情報工学の一領域として最適化問題がある。最適化問題とは、日本オペレーションズ・リサーチ学会の定義によると、「与えられた制約条件の下で目的を最適に達成するための数理モデル」³のことである。

最適化問題は社会の諸問題を解決するのに役立っている。例えば、巡回セールスマン問題⁴、スポーツスケジューリング問題⁵などがあげられる。巡回セールスマン問題は、都市の数と都市間の距離が与えられたときに、全ての都市をちょうど一つずつ回り、出発地に戻る巡回

路の総移動距離の最小を求める問題である。スポーツスケジューリング問題は、Jリーグやプロ野球など試合数が多かったり、移動が含まれたりする場合について試合日程を決める問題である。日時、移動距離、ホーム・アウェイ、天候などの要因が勝敗を左右するため、公平なスケジューリングをすることが求められる。

巡回セールスマン問題やスポーツスケジューリング問題は社会にとって重要な問題であるが、都市の数やチーム数が多くなると、考えられる組合せが膨大になってしまい、人間が短い時間で計算するのは不可能である。だが、コンピュータの処理能力や情報工学の学問の発展によって、短い時間で最適解や近似解が求められるようになった。

最適化問題は本来、試行錯誤の計算をコンピュータに行わせ、最適解を求める問題であり、数学の一分野であるといえる。しかし、現在の数学の教育課程では子どもたちが試行錯誤して計算することが少ない。池田他(2011)は、数学において試行錯誤することについて、以下のように述べている。

数学は、課題解決に向けて公式やコツを教え、早く解けるようにすることが学習の目的ではない。ああでもない、こうでもない、自分で試行錯誤してコツをつかんだり、「なぜそうなのか」「他に解決方法はないのか」と考えたりすることが目的である。⁶

以上からも、数学において実際に試行錯誤して考えることは大切なことであるといえる。よって、中学生が試行錯誤の計算をコンピュータに行わせ、最適解を求めるような最適化問題を学習することにも、意義のあることだと考えられる。

ここで、実際に最適化問題を授業で扱った事例について検討を行う。徳島大学AWAサポートセンター⁷が高校生に「ニューラルネットワーク ～最適化問題への応用～」の授業を行った。授業は徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部計算機システム工学助教の上手洋子が、高校生向けにニューラルネットワーク⁸を用いた最適化問題への応用についての講義を行った。この授業は最適化問題を扱った例であるが、説明や講義中心で試行錯誤の計算を生徒は行っていない。以上のような、中学生や高校生を対象として、最適化問題を授業で扱った例の報告は、ほとんどみられていないのが現状である。

2.2. 最長片道切符とは

最適化問題に関する事例として、最長片道切符の経路に関する問題がある。最長片道切符とは、鉄道会社が発売する片道乗車券のうち、発駅から着駅までの距離が最も長いものことである⁹。あらゆる鉄道会社で最長片道切符が存在するが、日本では一般的にJRグループの

最長片道切符を指す。

なお、「片道」とは片道1周を超えないこと、途中で折り返さないことの2つの条件を満たす任意の経路ことである¹⁰。その条件を満たし、発駅から着駅までの距離が最も長いものがJRの最長片道切符である。最長片道切符による旅行は全国のJR路線を最大限に活用することから、鉄道ファンの間で人気になっている。2004年5月6日から6月23日にかけて、NHKにより最長片道切符を使った旅番組¹¹が制作された。

2.3. 数学としての最長片道切符

1961年に初めて最長片道切符の経路が求められてから50年もの間¹²、多くの人が試行錯誤の計算によって最長片道切符の経路を求めることを行ってきた。だが、厳密に最も長い距離を求めたり、求めた経路が最も長いのか確かめたりする手段がなかった。これは前述の巡回セールスマン問題、スポーツスケジュール問題と同様に人間の手計算で解決するのは極めて困難であったためである。

しかし、2000年に葛西隆也らが最長片道切符の経路を厳密に求めることに成功した¹³。葛西に直接取材を行ったところ¹⁴、葛西は中高生時代から最長片道切符に関心を持っていたが、経路を求めることは計算方法が分からなかったためあきらめていたという。だが、大学院生時代に研究の一環で解くことに成功した。このように、最適化問題である最長片道切符の経路を厳密に求めることは、コンピュータの処理能力や計算速度が上がったことによってできるようになった。この解決にあたっては、様々な苦悩があったと葛西は述べている。このような話は、中学生にとっても、興味を惹き付ける題材であると考えられる。

2.4. 「社会を読み解く数学」について

以上を踏まえて、本研究は2011年度後期の千葉大学教育学部附属中学校の3年生選択教科「社会を読み解く数学」という数学の授業の中で、実践を行う。授業実践開発研究室が中心となって、実践されている。本授業では、現代の社会問題や文化について、数学を使って考える題材を扱っている。更に、iPad2¹⁵を活用した授業開発も行っている。「社会を読み解く数学」の具体的な実践内容は、以下の表1に示す。

表1 「社会を読み解く数学」実践内容

時数	内容
3	ギャンブルと数学
2	鉄道路線図と最適化問題
2	犯罪統計と数学
2	デザインと数学

3. 研究の目的と方法

本研究では、中学校における最適化問題を題材とした授業プランを作成する。そして、その授業を中学校の選択数学「社会を読み解く数学」の中で実践し、生徒の様子やアンケートから、その有効性と課題を明らかにすることが目的である。

アンケートの設問は以下の4項目である。

- (1) 前回の授業から今日の授業まで、予習・復習などはできましたか？（復習にかけた時間も記入する）
- (2) 今日の授業について理解できましたか？
- (3) 今日の授業で、「数学が社会とつながっている！」と思いましたか？
- (4) 感想を自由に書いてください

今回は千葉大学教育学部附属中学校の3年生選択教科「社会を読み解く数学」を受講している20名を対象に行った。

4. 授業・教材の開発

本研究では生徒に最長片道切符の経路を求めるという事例から、中学生にも理解できるような形で最適化問題について考える授業・教材の開発を行った。その際に、これまでの「社会を読み解く数学」の実践内容に沿った形で授業を構成する。更に、以下の3つの点を特に工夫して開発を行った。

第一に、これまでの授業に参加していなかったゲストが、キャラクター設定¹⁶をした上で、登場したことである。このゲストである太田は、実際に鉄道に興味を持っていて趣味としているが、本授業で登場する際も、鉄道が趣味の研究者というキャラクター設定をしている。表1で述べた通り、「社会を読み解く数学」では、4つの単元について扱う。よって1単元あたり2〜3時間で扱うため、授業で盛り上がるタイミングが少ない。そこでゲストを登場させることで、場を盛り上げ、演出する効果を持たせた。また、鉄道の研究者という位置づけにすることで、鉄道に関する授業に興味を惹きつけるような動機づけを行った。他にも、自己紹介のときには鉄道旅行に行ったときの写真を提示し、生徒が興味を引くように工夫した。

第二に、グループで試行錯誤して北海道内の最長片道切符の経路を求めさせたことである。1時間目では、コンピュータのシステムに頼らず、自分の力で北海道に限定して最長片道切符の経路を考えさせた。前述のように、現在の数学では、子どもたちが試行錯誤して答えを求めることが少なくなっている。生徒がより試行錯誤をして考えてもらうために、iPad2を活用した。iPad2は、4人1組のグループに1台ずつ貸与した。iPad2のNumbers¹⁷に、北海道地方のJRの駅と路線が示されて

おり、路線上のセルに「1」と入れるとその路線は通る、「0」のままだとその路線は通らないというルールを作った。また、「1」を入れると合計距離が自動的にNumbersで算出されるように設定したため、紙でいちいち手計算をすることなく距離を求められるように配慮した。これらを利用すると、経路を変更することによって計算をし直すことも、自動で簡単に行うことができる。限られた授業時間内で試行錯誤して考えさせるためには、上記のようにiPad2を活用することで、自動的に距離が算出されたり、訂正が手軽に行えたりすることは、大きなメリットとなる。必要に応じて紙でも計算できるように、ワークシートや白紙の紙も用意した。

第三に、本州の最長片道切符を求めるのに必要な有限要素解析ソフト（以下、ソルバー）を、中学生の生徒に疑似体験をさせることである。最長片道切符を、整数計画問題を使って解く際の、ソルバーのシステムの仕組みを理解させることは、専門領域のため中学生に理解させることは困難であると判断した。生徒全員にソルバーを体験させるPCの環境もとれなかったため、今回は授業者がPCを使ってソルバーの計算過程をスクリーンに表示し、生徒には同じ計算過程をプリントで配布することで、疑似体験をさせるようにした¹⁸。本州の最長片道切符を、現在のPCの技術を用いて整数計画問題を解かせても、8分以上は必要となる。こうした膨大な計算を生徒に実感させるためにも、上記のような疑似体験は必要であると考えた。

5. 授業の実際と考察

授業の概要は以下の通りである。

- 実施校：千葉大学教育学部附属中学校
- 教科：数学（選択教科）
- 学年：中学3年生20名
- 時間：45分×2
- 実施日：1時間目 平成23年12月16日（金）
- 2時間目 平成24年1月11日（水）
- 授業者：1時間目 小池、太田
- 2時間目 藤川、小池

授業の流れを、以下表 2 に示す。

表 2 授業の流れ

時間	内容 (1 時間目)
10 分	(1) 最長片道切符の歴史と数学
25 分	(2) 北海道内の最長片道切符の経路を求める
7 分	(3) 求めた経路の共有
3 分	(4) まとめとアンケート記入
時間	内容 (2 時間目)
4 分	(1) 北海道内の最長片道切符の確認
4 分	(2) 北海道内と本州の最長片道切符の比較
3 分	(3) 学問としての最長片道切符
5 分	(4) 最適化問題の例
9 分	(5) 最長片道切符の条件づけ
17 分	(6) ソルバーを使用した本州の最長片道切符の計算の疑似体験
3 分	(7) まとめとアンケート記入

5.1. 1 時間目

5.1.1. 1 時間目の授業の実際と考察

(1) 最長片道切符の歴史と数学

はじめに、普段授業に参加していない授業者である太田が自己紹介をした。その際、鉄道そのものや最長片道切符に興味を持ってもらうために、事前に用意した PowerPoint¹⁹のスライドを使用して進行した。スライドの内容は、主に 3 つある。

1 つ目として、ゲスト授業者として参加している太田がキャラクターを特徴づけるような自己紹介をした。その際、鉄道旅行で撮影した写真 (図 1) を提示した。また、鉄道旅行で実際に使用した「青春 18 きっぷ」²⁰を生徒に回し、閲覧する時間を設けた。授業後のアンケートでは「熊本駅の写真で 0 番線があるのは 4 番線の 4 という数字をなくすためだと思ったのに、4 番線も存在してて不思議だなと思いました。」や「青春 18 切符ほしいです!」という記述が見られ、鉄道に対する興味を持たせることができたと考えられる。



図 1 授業で提示した画像

スライドの 2 つ目の内容の前に、最長片道切符の定義や経路に関するルール (片道の定義) について太田が説明し、小池が板書した。また、なぜ最短ではなくあえて最長の経路で旅行するのかという説明を、小池がゲストの太田に問いかけるように行った。鉄道研究家のキャラクター設定である太田は、1 枚の切符で長旅ができることが旅の醍醐味である、と堂々と回答した。その際、最長片道切符の使用前の画像と下車印が押された使用済みの画像を順番に提示した。使用前の画像から使用済みの画像に変わるとき、生徒から「おー!」という驚きの声がかえ、最長片道切符に対して興味を持たせることができたといえる。

スライドの内容の 2 つ目として、授業のメインテーマである JR の最長片道切符について、主にその歴史と数学を活用した経路の解明について簡単に説明した。1961 年に東京大学旅行研究会が初めて最長片道切符の経路を求め、旅行を行ったが厳密に正しい経路ではなかったこと、2000 年に葛西が整数計画法と全探索という数学を活用して厳密に経路を求め、旅行したことに触れた。

3 つ目として、葛西が実際に旅行した時の最長片道切符の距離と、2004 年に俳優の関口宏が NHK の番組で最長片道切符の旅行したことについて紹介した。葛西が旅行したときの距離に関しては、鹿児島県の佐多岬から北海道の宗谷岬まで直線距離で 1888km だというヒントを出したうえで、生徒に予想させた。生徒からは、3000km、5000km、10000km、30000km など様々な回答があった。正解の 12145.3km (図 2) が東京からニューヨークまでの直線距離とほぼ同じであることを伝えると「ええー」という驚きの声がかえ、予想以上に長い距離だと感じた人がいたと考えられる。

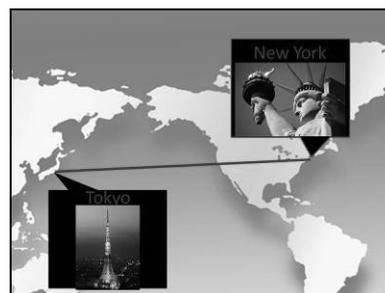


図 2 授業で提示した画像

(2) 北海道内の最長片道切符の経路を求める

北海道内における最長片道切符の経路を 4 人ごとのグループに分かれて求めさせた。グループには 1 台 iPad2 が貸与されたときの Numbers のデータは、図 3 に示した。iPad2 以外には、iPad2 の Numbers のデータを紙に印刷したワークシート、北海道地方の路線図、白紙の紙をそれぞれ配布した。配付後、小池が前に画像を提示して Numbers の使い方を説明した。また、北海道内では木古内駅がゴールであり、スタートはどこでもよいと伝えた。その後、グループごとに試行錯誤の計算を行った。小池と太田は机間指導を行い、グループの様子を把握した。

スタートは稚内であるが、多くのグループが、開始早々から稚内がスタートということに目をつけられていた。Numbers に記されている稚内・新旭川間の距離や路線図から考えることができたと考えられる。

途中で小池が iPad2 だけではなくプリントに記入しないと、片道のルールを守っているか分からなくなるといような旨の助言を教室全体にした。Numbers を印刷したワークシートに通過する区間をなぞって記録する生徒や、通過する番号を順番に記録する生徒などがいた。

木古内がゴールと分かっているのに、逆からルートを求めようとしている班があった。この班は 4 人で話し合いをしながらルートを求めようとしていた。他の班では男女 2 人ずつで考えている班や、個人個人で考えている班があった。

アンケートの記述では「オイラーの一筆書きをほうぼうさせる問題で面白かった」や「今回は、いろいろ考えて最長距離を求めるのが楽しかったです」といった記述が見られた。興味を持たせることや、楽しみながら学習させることができたと考えられる。

また、「すごく面白い内容だなと思いました！ 北海道だけでも考えるのは大変だなと思いました」という記述があり、試行錯誤の計算が楽しいと感じられたようである。「色々あって頭が痛いですが、でも実際に求めようとすると方法までは出すことができた」という記述からは試行錯誤が難しいながらも、達成感を感じることができたということが読み取れる。だが、「難しい…というかめんどくさかった」というマイナスの意見もあり、難しい、大変ということだけが印象に残ってしまった生徒もいたようである。



図 3 Numbers のデータ画像

(3) 求めた経路の共有

最長片道切符の経路を求められたグループから、片道のルールを守っているか確認させた。そして、求めた経路を黒板に書いた。その際は、通る区間に割り振られた数字を順番に書いてもらい、距離も書いてもらった。黒板に書かれた経路について、太田が片道のルールに沿っているか確認した。

(4) まとめとアンケート記入

北海道内の最長片道切符の経路は、次回の授業時に正解を発表することを伝えた。また、アンケートの記入をした。アンケートには、自由記述欄で葛西へのメッセージも書いてもらった。これは 12 月 30 日に藤川、小池、太田の 3 人が葛西に直接会うためである。最後に読み物教材を配付して終了した。

5.1.2. 1 時間目の授業のアンケート結果

アンケートの (2) (3) の結果を表 2、表 3 に示す。

表 3 今日の授業について理解できましたか

	人数	割合
①とてもよく理解できた	4 人	20%
②だいたい理解できた	14 人	70%
③あまり理解できなかった	2 人	10%
④まったく理解できなかった	0 人	0%

表 4 今日の授業で、「数学が社会とつながっている！」と思いましたか？

	人数	割合
①とても思った	9 人	45%
②そう思った	8 人	40%
③あまり思わなかった	3 人	15%
④まったく思わなかった	0 人	0%

表 3 の「今日の授業は理解できましたか」について考察していく。

この問いに対しては 90%の生徒が、とても理解できた/だいたい理解できたと回答しており、最長片道切符の経路のルールを理解し、試行錯誤の計算で答えを導き

出すことに対して、分かったという実感を得ることができたようである。ただ、10%の生徒はあまり理解できなかったと回答している。その生徒の一人は「最大の数を決められたルールで出すのは思ったよりも難しかったです」と回答しており、普段行わない試行錯誤の計算を行うことが難しかったと感じたようである。

次に表4の「今日の授業で、「数学が社会とつながっている！」と思いましたか？」について考察していく。

この問いに対しては85%の生徒がとても思った／そう思ったと回答しており、今回の最長片道切符の経路を試行錯誤して求めることについて、数学が社会とつながっていると実感したようである。一方で15%の生徒はあまり思わなかったと回答しており、最長片道切符自体が鉄道好きだけのものであり、社会とつながっていると実感できなかったと考えられる。

5.2. 2時間目

5.2.1. 2時間目の授業の実際と考察

(1) 北海道内の最長片道切符の確認

前時の予告通り、北海道の最長片道切符の経路の正解について、考えさせた。5グループのうち、3つの案が出ていたため、それらのデータをシートで分けたNumbersのファイルを、iPad2を見ながら確認させた。図4のように、実際の案であると、どのような経路を辿るかを地図上で色を塗ったものと対比ができるように工夫した。2つの案の違いがほとんど見られなかったため、「おんなじじゃん」などと発言する生徒もいたが、iPad2のピンチアウト操作で拡大することによって、「これか！」と解決する生徒の様子が見られた。3つの案のうち、正解があったが、2つの案の間違った原因として、Numbersの操作性が原因とみられたものがあった。これらのソフト自体の改善は、授業の進行上必要であった。しかし、この活動により、前時に行った最長片道切符がどのようなルールの下で成立しているかの復習となった。

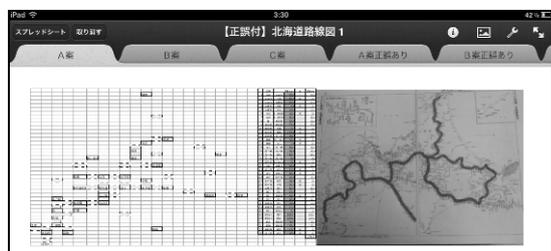


図4 Numbersのデータ画像

(2) 北海道内と本州の最長片道切符の比較

前時までの北海道内の最長片道切符に続き、今回は本州の最長片道切符を取り上げた。今回は、専門家として教授である藤川が解説役を行い、小池が司会進行を行う立場であった。このような掛け合い型の授業を行うこと

で、メリハリをつける意図があった。小池が「北海道と来たら、本州をやりたくなるよね」と言ったところ、生徒から「やりたーい」という声が挙がった。そこで、北海道と本州との比較をクイズ形式で紹介した(図5)。授業者がPowerPointを使い、「北海道の区間が38区間に対し、本州は何区間？」と問い、「260区間」と言ったところ、2人の生徒から「意外と少ない」という声が挙がった。次に、経路が何通りあるかを比較した。「本州はこれだけ。80桁」と話したところ、「本当に？」という生徒の声が挙がった。解説役にあたる藤川が「若いころ手計算したが、手作業ではムリと実感をもってわかった」と紹介し、「今日で本州の最長片道切符の出し方の決着をつけよう」とテーマを口頭で取り上げた。

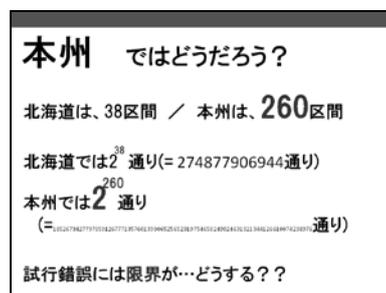


図5 北海道と本州の最長片道切符を比べたスライド

(3) 学問としての最長片道切符

このような最長片道切符は、20世紀には研究されていない、新しい話題であることを紹介した。前時に、整数計画法と全探索という数学を活用して厳密に経路を求め、旅行した葛西と実際に会ってきたことも報告をした。葛西のプロフィールから、情報工学と最適化問題という学問の説明を行った。CPUの性能も数年で何倍もの速度で技術が進化していることを伝えた。

(4) 最適化問題の例

最長片道切符が最適化問題という学問分野に位置することに関連して、他にも最適化問題の例があることを紹介した。ここでは、巡回セールスマン問題、スポーツスケジューリング問題、最長しりとり問題である「ポケモンつなげるもん♪」²¹⁾の3点を紹介した。その際に、独立変数・従属変数・条件付けを中学生にもわかるような形式で紹介した。中学校数学のx,yといった文字として置き、関数のように表すことで、生徒の理解を促すようにした。アンケートを分析すると、上記のような身近な社会問題を、最適化問題という数学で解決されたことに、強い印象を受けたようだった。20人中9人の生徒が、この最適化問題に関わる感想を持っていた。例えば、「セールスマンの移動など、社会で実際に行われている行動にも数学が利用されていたので、社会と数学とつながりを意識できた」というテーマ通りの内容を実感できた内容や、「ポケモンのしりとり」の件で疑問に思ってい

たことを思い出した。このような仕掛けがあったのか〜」という内容がみられた。

(5) 最長片道切符の条件づけ

「最適化問題を解くには、数学的にしっかりと条件を書かなければならない」という問いかけの下、最長片道切符の時に、コンピュータに命令するときどのように従属変数、独立変数、条件付けを行うかを考えさせた。既に解説をした「ポケモンつなげるもん♪」が参考となるように、図 6 のスライドを表示した。しかし、生徒は独立変数がどのようになるかを考えるのが難しかったようだ。発表の際に、「 x が駅の順序で」、「 x が距離」、「 x が回る距離」などの回答があった。コンピュータに命令することも踏まえ、「区間が 0 か 1」と答えられた生徒が唯一 1 人いた。よって、中学生には難しい問いであったと考えられる。

	x	y	どうなる	条件
最長片道切符			長く!	・同じポケモンは1回 ・前のポケモンの最後の字と、次のポケモンの最初の字を一緒に

図 6 最長片道切符の条件づけを考えさせるスライド

(6) ソルバーを使用した本州の最長片道切符の計算の疑似体験

ソルバーの言葉の説明を行った後、今回行う本州の最長片道切符の計算自体が、「10 年以上前は、PCでやっても何時間もかかった。現代のPCは数分で終わる」と説明を行った。ここで教室がざわついたが、生徒は驚いて話をしていた様子であった。実際に、PCを使ってスクリーンに映してソルバーの計算の様子を見せた²²。「2 の 260 乗通りの可能性を効率よく計算をして、探っている所です」と実況を加えながら、PCが時間をかけて計算をしていることを紹介した。ソルバーで計算された結果は、Postscript²³形式の地図に自動変換されたため、この地図を生徒に配ることで、計算の疑似体験とした。

全部で 8 回の計算過程に分けて、その都度地図も配布した。実際に「孤立ループ」が存在していることを生徒に気付かせ、計算をしていくにつれ、「孤立ループ」が徐々に変化していき、やがて無くなることを体験した。生徒はアンケートにて、「コンピュータって凄い!と思った」、「コンピュータが目で見えないような速さで計算するところを見て、すごいと思いました」など、20 人中 15 人がソルバーの実演に関する感想を記述していた。一方で、「それにしても、この最長片道切符を求めるためのプログラミングはどうやるのだろう」という疑問を

持つ生徒もいた。確かに、今回は「疑似体験」に留まり、実際に体験をするまでに至らなかった。これは本授業の反省として挙げられる。

(7) まとめとアンケート記入

2 時間の中で、最長片道切符を題材にして、数学の理論が応用されている情報工学の話をしてきたことを伝えた。併せて、葛西の最長片道切符の旅を知りたい人は、ホームページで検索をするように伝えた。

最後にアンケートを記入させて、2 時間目の授業は終了した。

5.2.2. 2 時間目の授業のアンケート結果

アンケートの (2) (3) の結果を表 5、表 6 に示す。

表 5 今日の授業について理解できましたか

	人数	割合
①とてもよく理解できた	7 人	35%
②だいたい理解できた	13 人	65%
③あまり理解できなかった	0 人	0%
④まったく理解できなかった	0 人	0%

表 6 今日の授業で、「数学が社会とつながっている!」と思いましたか?

	人数	割合
①とても思った	14 人	70%
②そう思った	6 人	30%
③あまり思わなかった	0 人	0%
④まったく思わなかった	0 人	0%

表 5 の「今日の授業は理解できましたか」について考察していく。

この問いに対しては全生徒が、とても理解できた/だいたい理解できたと回答した。計算問題などよりも話の紹介が多かったことから、このような肯定的な結果が多く得られたのでは、と考える。

次に表 6 の「今日の授業で、「数学が社会とつながっている!」と思いましたか?」について考察していく。

この問いに対しても、全生徒が肯定的な回答である。前時では、15%の生徒はあまり思わなかったと回答しており、最長片道切符自体が鉄道好きだけのものではないか、と考察を行った。しかし、最長片道切符のような最適化問題には、巡回セールスマン問題などより現実的な社会問題の解決に役だっていることを紹介したことから、否定的な意見が見られなくなったのでは、と考える。

6. 成果と課題

本研究では、最長片道切符の経路を求めることを題材

とし、iPad2を活用した試行錯誤の計算を取り入れるなど、教育方法を工夫した授業を開発することで、生徒に情報工学の発展や最適化問題の社会での応用について興味を持たせたり、理解させたりすることに寄与したことが成果として挙げられる。

一方、2時間目の考察で触れた通り、「擬似体験」を持って本当に中学生が体験できたかどうかには、疑問が残る結果となった。条件付けも、PCに入力して試行錯誤が行えれば、より体験的な学習になったと振り返る。そのためには、時間数の確保・PCなどの環境が必要となってくる。

試行錯誤をねらいとした授業を行うことにより、中学生が学問に対する興味を持つこともアンケート調査から明らかとなった。このような授業開発は、今後も求められるであろう。

1 詳細な実践内容や授業通信は、下記「社会を読み解く数学」webサイトを参照

<http://ace-npo.org/fujikawa-lab/other/math1.html> (2012年2月1日確認)

2 当時、東京大学大学院生

3 社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会 OR 辞典 wiki より

<http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/index.php/> (2012年2月5日確認)

4 坂上知英、吉沢慎、太田義勝、大山口通夫 (2000)「巡回セールスマン問題近似アルゴリズムについて」、『三重大学工学部研究報告』25、pp.81-96

5 宮代隆平、松井知己 (2005)「スポーツスケジューリング—未解決問題を中心に—」、『オペレーションズ・リサーチ:経営の科学』、50(2)、pp.119-124

今回はスポーツのスケジューリング問題を取り上げたが、その他にもナースのスケジューリングなどの問題がある

6 池田宏、北村俊 (2009)「実験や操作を基にした教材開発と授業設計—生徒が試行錯誤ができる実験を目指して—」、『滋賀大学教育学部附属中学校研究紀要』(51)、pp.42-47

7 徳島大学 AWA サポートセンターの活動報告より
http://www.awasapo.tokushima-u.ac.jp/business_journey.html (2012年2月1日確認)

8 脳機能に見られるいくつかの特性を計算機上のシミュレーションによって表現することを目指した数学モデル

9 宮代隆平、葛西隆也 (2000)「最長片道切符」、『オペレーションズ・リサーチ:経営の科学』、49(1)、pp.15-20

10 JR 東日本 旅客営業規則より
<http://www.jreast.co.jp/ryokaku/index.html> (2012年2月1日確認)

11 「列島縦断 鉄道 12000 キロの旅 —最長片道切符でゆく 42 日—」

12 1961年、最初に最長片道切符の経路を求め、旅行したのは東京大学旅行研究会

13 前掲論文、宮代、葛西 (2000)

14 筆者によるインタビュー、2011年12月30日

15 Apple 社が開発、販売しているタブレット型コンピュータ

16 キャラクター設定は、以下のような「ゲームニクス」を参考にしたものである

サイトウ・アキヒロ (2007)『ニンテンドーDS が売れる理由—ゲームニクスでインターフェースが変わる』、秀和システム

17 Apple 社が開発した表計算ソフト

18 ソルバーを使った最長片道切符の計算の仕方は、以下の葛西による Web サイト「最長片道きつぷの経路を求め」

[付録 3-2] 2005 年 4 月版 (普及編) を参照
http://www.swa.gr.jp/lop/lop_a032.html (2012年2月1日確認)

認)

19 Microsoft 社のプレゼンテーションソフト

20 主に学生の長期休暇を利用期間として発売され、JR 各社の普通・快速列車の普通車自由席と JR 西日本宮島フェリーに乗車することができる切符

21 ポケットモンスターの最長しりとり問題は、同じモンスターを1度のみ使い、最長のしりとりを作る問題である。詳しくは、以下を参照

佐藤一生 (2011)「ポケモンつなげるもん♪—最長しりとり問題を整数計画法で解く—」、『愛知教育大学卒業論文』

22 路線データを入力すると制約式を出力し、ここで出力した制約式 (= 整数計画問題) をソルバーに解かせ、「孤立ループ」が出現した場合、それを除去するための制約式を自動的に追加する、というプロセスであった。詳細は、以下 Web サイト参照「最長片道きつぷの経路を求め」[付録 3-2] 2005 年 4 月版 (普及編) http://www.swa.gr.jp/lop/lop_a032.html (2012年2月1日確認)

23 本授業では、Ghostscript (+GSView) を使用した。詳細は、以下 Web サイト参照 <http://pages.cs.wisc.edu/~ghost/gsview/> (2012年2月1日確認)

謝辞

本研究を進めるにあたり、葛西隆也様に協力していただきました。ここに感謝の意を表します。