

令和 6 年度 研究報告書

数理科学的意思決定力を育成する授業

指導教員 吉村 昇 准教授

吉井 貴寿 准教授

令和 5 年度入学

熊本大学大学院 教育学研究科

教職実践開発専攻 教科教育実践高度化コース

234A9713 田上 夢斗

目次

研究報告書要旨

第1章 はじめに

- 1.1 節 研究の背景 4
- 1.2 節 研究の目的 4

第2章 先行研究

- 2.1 節 数理科学的意思決定力の定義 5
- 2.2 節 社会的価値を含む問題 6
- 2.3 節 意思決定力の育成を目指す授業 7
- 2.4 節 先行研究のまとめと課題 9

第3章 授業実践①

- 3.1 節 授業実践①の概要 10
- 3.2 節 教材「お土産の問題」 11
- 3.3 節 授業展開 13
- 3.4 節 生徒の様子 14
- 3.5 節 分析と考察 16
- 3.6 節 成果と課題 17

第4章 授業実践②

- 4.1 節 目指す生徒の姿 18
- 4.2 節 授業実践②の概要 20
- 4.3 節 教材「代表選手を選ぶ問題」 21
- 4.4 節 授業展開 24
- 4.5 節 生徒の様子 27
- 4.6 節 事前・事後テスト 32
- 4.7 節 分析と考察 34
- 4.8 節 成果と課題 41

第5章 おわりに

- 5.1 節 研究のまとめ 43
- 5.2 節 今後の展望 44

引用・参考文献

研究報告書要旨

授業で扱われる数学の問題が数学化・理想化された状態であり、数学の問題と現実の問題との間にギャップがあること、授業の中で納得解を生み出し合意形成する機会が無いことの2つに課題意識を持ち、本研究をするに至った。本研究の目的は、「様々な価値観を含む教材を扱うこと、授業の中で合意形成する場面を設定することの2つの手立てを行うことで、数学を用いて納得解を生み出すような授業の実現方法を明らかにすること」である。納得解を生み出す授業についての先行研究として、西村らが進めている、数理科学的意思決定力の育成に関する一連の研究に注目した。西村(2013)は、数理科学的意思決定の過程を、『意思決定を要する現実世界の問題を定式化し、処理を施し、結果を得る過程を辿り、複数の選択肢を創出した上で、その中から、根拠を明確にしながら合意形成を図り、何らかの決定を行うこと。』と定義し、その過程を実行する能力を『数理科学的意思決定力』としている。本研究の目的を達成するために、数理科学的意思決定力を育成する授業を目指すことにした。

授業実践①では、様々な価値を含む「お土産の問題」という教材を開発し、授業の中で合意形成する場面を設定した。その結果、意思決定力の育成を目指す上で重視されている、価値命題の創出は見られたものの、合意形成の場面で数学的根拠を用いて納得解を見つけていく生徒の様子は見られなかった。そこで、授業実践②では、本時を通して目指す生徒の姿を明確にすることから始めた。その上で、様々な価値を含みつつ、数学的処理(データの活用)を必要とする「代表選手を選ぶ問題」という教材を開発し、授業の中で合意形成する場面を設定した。また、合意形成する必要感を持たせるために、代表選手を選ぶ監督の立場になって、選ばれなかった選手も納得できるような理由を考えるという場面設定をした。その結果、合意形成の場面で数学的根拠を用いて、価値に優先順位をつける生徒の様子が見られた。また、合意形成の前に価値と数学を結びつける活動が重要であることが示唆された。授業実践①での分析や考察を踏まえて、授業実践②では、生徒が意思決定を行うような授業をすることができた。

今後は、価値と数学を結びつける活動を意図的に設定することで、数学を用いて納得解を生み出す教材開発とその実践を行いたい。更に、生徒の振り返り、事前・事後テストをより詳細に分析することで、意思決定力の評価方法についても検討していきたい。

1 章 はじめに

1.1 節 研究の背景

勝野ら(2013)は、予測困難なこれからの時代を生きる力として、『21 世紀型能力』を提案しており、その中で、現代社会において、正解のない様々な課題に対して、納得解を出して実行し、結果を見ながら解とゴールを見直していく能力の育成が必要であると述べている。そのような能力を育成することは、数学を含めた各教科の中でも重視されるべきである。特に数学では、現実の問題解決において、数学を用いて根拠を示しながら納得解を生み出していく能力の育成が必要だと考える。しかし、「TIMSS 2023 算数・数学教育/理科教育の国際比較」(国立教育政策研究所, 2023)によると、中学校において「数学を勉強すると、日常生活に役立つ」と答えた生徒の割合は、国際平均を下回っており、現実の問題解決において、数学と現実世界を結びつけて考えている生徒が少ないという現状がある。このような現状の理由は、大きく分けて2つあると考えている。1つ目は、数学の授業で扱われる「現実世界の問題」が、最初から数理化・理想化された整った状態であることが多く、数学の問題と現実の問題との間にギャップを感じている生徒が多いからである。2つ目は、「現実世界の問題」を扱う授業において、数学的な解を出すところまでを行うことが多く、納得解を生み出し合意形成するところまで行うことがほとんど無いからである。この現状に対して、数学の授業の中で、現実の問題を数理化するところから合意形成するところまで扱うことはできないかと考え、本研究をするに至った。

1.2 節 研究の目的

数学を用いて根拠を示しながら納得解を生み出していく能力の育成を目指すにあたって、西村・山口らが進めている、数理科学的意思決定に関する一連の研究に注目した。西村らの一連の研究において、数理科学的意思決定力の育成は、予測困難なこれからの時代を生きる力として重要視されてきていることが述べられている。その一方で、山口ら(2020)によると、現行の数学の授業の中で実践を行うのは難しく、授業実践が行われた事例が少ないという課題がある。そこで本研究では、数学の授業の中で、意思決定力を育成する方法について考えることにした。そのために、本研究では一貫して2つの手立てを行う。1つ目は、様々な価値観を含む教材を扱い、より現実世界の問題に近い状態にすることである。2つ目は、授業の中で合意形成する場面を設定することである。これら2つの手立てを行うことで、数学を用いて納得解を生み

出すような授業の実現方法を明らかにしたい。また、そのような授業によって、生徒の意思決定力の育成を目指したい。

2章 先行研究

授業実践を紹介する前に、まず本章では、西村・山口らが進めている、数理科学的意思決定力に関する先行研究を紹介する。

2.1 節 数理科学的意思決定力の定義

西村(2014)は、数理科学的意思決定に関する一連の研究の中で、数理科学的意思決定の過程を、次のように定義している。

意思決定を要する現実世界の問題を定式化し、処理を施し、結果を得る過程を辿り、複数の選択肢を創出した上で、その中から、根拠を明確にしながら合意形成を図り、何らかの決定を行うこと。

また、その過程を実行する能力を『数理科学的意思決定力』と定義している。以下、数理科学的意思決定の過程を「意思決定の過程」、数理科学的意思決定力を「意思決定力」と表す。また、山口ら(2020)は、意思決定の過程について、

意思決定の過程では、まず、現実世界の問題を数理科学的問題に定式化する。次に、定式化された問題に対して数理科学的処理を施し、結果を得る。この過程を繰り返しつつ、複数の選択肢を創出した上で、その中から、根拠を明確にしながら合意形成を図り、何らかの決定を行うことになる。

と述べている。これを踏まえて、意思決定の過程の大きな特徴として、定式化すること、選択肢を創出すること、合意形成することの3点があると解釈した。意思決定力の定義と類似しているものとして、数学的モデル化が挙げられるが、山口ら(2020)は、同論文で、これらの違いについて、

一連の過程は、数学的モデル化の過程と類似しているが、数学的モデル化では、現実世界をより適切に記述する数学的モデルの構築に主眼が置かれる。それに対し、意思決定の過程では、あくまで意思決定に主眼が置かれる。つまり、幅広い選択肢の検討が質の高い意思決定につながると考え、基準や仮定、リスク等を吟味しながら、定式化から数理科学的結果までの過程を繰り返す。

返すことになる。

と述べている。以上のことから、意思決定の過程について、選択肢の創出や合意形成の場면을重視することにした。数学の授業の中で、創り出した選択肢の妥当性や合理性を話し合う時間を設定し、他者と関わりながら合意形成する場面を設定することで、意思決定力が向上するのではないかと考える。

2.2 節 社会的価値を含む問題

意思決定の過程では、様々な価値観をもとに合意形成が行われるという特徴があり、数学的結果に加えて、例えば平等性や倫理観なども含めて、話し合いが進められていく(山口他, 2020)。これまでの数学の授業において、平等性や倫理観などが授業で取り上げられることは、極めて少なかったのではないかと考えられる。しかし、実際に現実世界の問題を考えるときには、それらも考慮して判断することになる。筆者は、これらの平等性や道徳性、倫理的問題などの価値を総括して、『社会的価値』と捉えている。

また、意思決定力の育成を目指す授業においては、『価値命題』の創出が重視されている(山口他, 2020)。島田・松島ら(2019)は、『価値命題とは、子どもたちによって「～したい(wish…)」、「～がよい(better than…)」、「～すべきだ(ought…)」、「～望ましい(desire…)」などと表現される命題である。それに対して、「～である(is…)」と表現される命題を事実命題とよぶ。』としており、価値命題と事実命題を区別している。また、島田・松島ら(2019)によると、事実命題を検証することは、「あるものの探究」と表現され、事象を解明したり、事実を理論化したりすることであるのに対して、価値命題を検証することは、「あるべきものの探求」と表現され、社会においてどうあるべきか、人間のためにどうあるべきかを考えることである。後述する『数理科学的意思決定に関する基本的な授業構造』(山口他, 2020)に沿った授業では、様々な社会的価値を含む問題を扱うことで、話し合いのときに価値観が表出し、教室全体や小集団で価値命題を創出していくことになる。

山口ら(2020)は、社会的価値を含む問題を扱うことで、特定の数学的な考えの良さが浮き彫りになることを指摘している。その社会的価値を含む問題の具体例として、「メロンの問題」(飯田他, 1994)がある。

「メロンの問題」

A, B, C の 3 つのチームがゲームをしました。このゲームには 10 個のメロンが賞品になっています。このゲームの結果は次の表のようになりました。あなたならどのように賞品を分けますか。分け方をいろいろ考えてみましょう。

A チーム	B チーム	C チーム
45 点	27 点	18 点

飯田ら(1994)は、「メロンの問題」のように、社会的価値をもとにした考え方と、数学的価値をもとにした考え方の両方を含む問題が存在していることを指摘している。

「メロンの問題」では、平等性に注目した考え方と比例配分の考え方の両方が子どもから提案されている。つまり、平等性という社会的価値をもとにした考え方と、比例配分という数学的な考え方の両方が混在するような問題であると言える。これに関して、「学校教育における数理科学教育に関する開発的研究」(山口他, 2020 ; 7)では、

「各チームに $3\frac{1}{3}$ ずつ平等に分ける」といった考えや、「優勝した A チームにのみ 4 個を分けて、B チームと C チームには 3 個ずつ分ける」といった考えとの対比を通じて、「比例」という数学的な考えの合理性や一般性、妥当性が鮮明に浮かび上がっている。

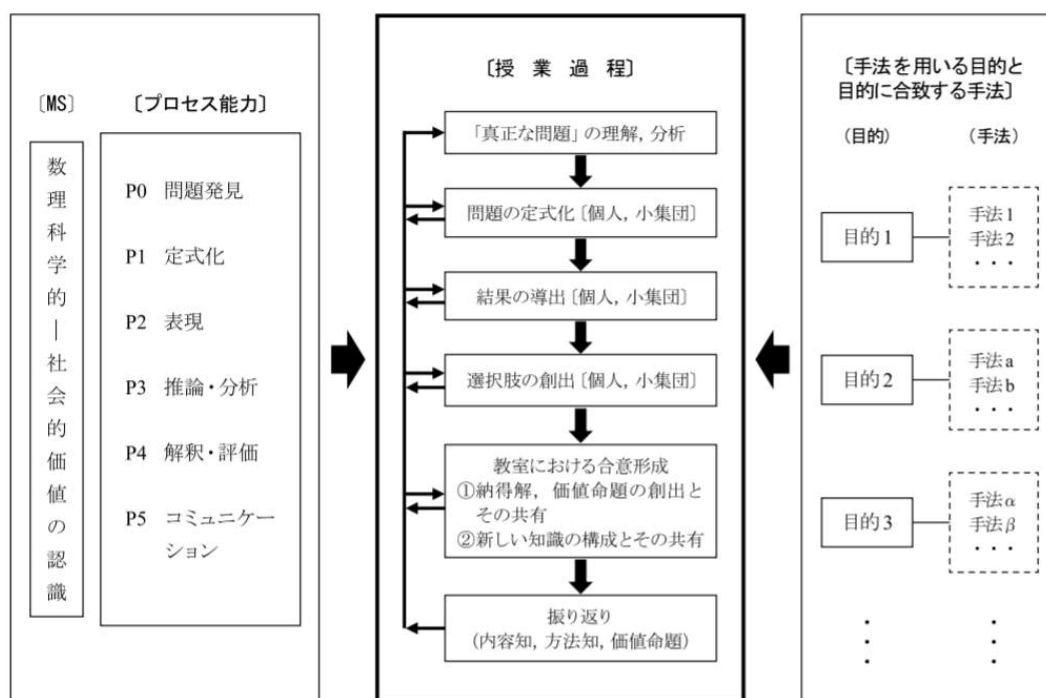
と述べられており、社会的価値を含む問題を扱う意義が主張されている。また、山口らは、真正な問題解決であればあるほど、自然に社会的価値が含まれてくるとしている。筆者も、社会的価値を含む真正な問題を考えることによって、子どもたちは数学的な考え方の良さを実感できると考えている。

2.3 節 意思決定力の育成を目指す授業

西村ら(2011)は、意思決定力の育成を目指す授業において、まずは生徒の意思決定力を把握することが重要だとしている。それを踏まえて、山口ら(2020)は、『授業デザインのためのフレームワーク』(図 15)を策定している。(報告書の末尾に引用) 次に、『学校教育における数理科学教育に関する開発的研究』(山口他, 2020)をもとに、山口らが策定したフレームワークについて、筆者の解釈を述べる。

フレームワークの縦軸は、6つのプロセス能力(P0～P5)と、数理科学的—社会的価値の認識(realizing mathematical-scientific and social value)からなっている。6つのプロセス能力とは、問題発見、定式化、推論・分析、解釈・評価、コミュニケーションのことを指しており、これらが意思決定の過程を実行する能力に対応している。また、数理科学的—社会的価値の認識(以下、MSと表す)は、数理科学的価値と社会的価値に深い関係があることを表している。つまり、数学的思考方と社会的考え方の両方があることを認識し、他者の価値観も考慮したうえで、複数の価値を取り入れながら意思決定できる能力のことを指す。フレームワークの横軸は、自己内の3つの水準(自己限定的、多様性の萌芽、社会的)と、他者との相互作用からなっている。意思決定は個人で完結するものではなく、他者と関わる中で納得解を考え、合意形成していくものであるため、他者との相互関係の水準も考える必要がある。これらのフレームワークは、意思決定力の評価をするときにも有用である。また、フレームワークをもとにルーブリックを作成することで、授業前後の生徒の意思決定力の変化を見とることができる。

また、意思決定力の育成を目指す授業において、次のような『数理科学教育に関する授業の基本構造』(山口ら, 2020)が示されている。



(図1)『数理科学教育に関する授業の基本構造』

次に、同論文(山口他, 2020)をもとに、授業モデルに関して筆者の解釈を述べる。

(図 1)は、前述した 6 つのプロセス能力や MS を踏まえて、意思決定力を育成するための 授業モデルを図式化したものである。図の中央には、「数理科学的意思決定に関する基本的な授業過程」が示されている。この授業モデルは、2.1 節の意思決定の過程の定義をなぞった構造になっている。まず、生徒は真正な問題に出会うところから始まる。そして、数学の問題に定式化し、数学的处理を行い数学的結果を得る。その後、数学的結果をもとに複数の選択肢を創出し、教室で合意形成を行う。これらの過程は、必ずしも 1 回の授業で全てを行う必要はなく、一部分だけを授業で辿ったり、必要に応じて行き来したりするという意味も含まれている。

本研究で行う授業実践①、授業実践②では、基本的にこの授業モデルに沿って授業デザインを構築していく。また、石川(2020)は、教師の舵取り役としての役割が重要となることを次のように述べている。

児童が解決に向けて必要と考える情報を選択する際に、どうしてそう考えたのかを問うことで児童に考えの背景にある価値観を意識化させることや、
(中略) 効率性や安全性などといった多様な価値観を顕在化すること、そして、創出された選択肢についてのメリットやデメリットを問い、多面的に考察させ、多様な価値観について何を重視するかや、どのように比べるかということを話し合わせたりすることを通して指標化のアイデアにつなげることなどである。

以上のことから、意思決定力の育成を目指す授業において、価値を含む問題を扱うだけでは不十分であり、教師の発問や授業デザインについても考える必要があることが指摘されている。

2.4 節 先行研究のまとめと課題

意思決定に関する一連の研究では、正解のない課題に対応できるような資質・能力の育成を目指す上で、意思決定力の重要性が示唆されている。また、「数理科学的意思決定力の育成に関する調査研究」(清水他, 2015)では、現行の算数・数学の授業だけでは子どもたちの意思決定力が十分に育成されないことや、教師調査において、意思決定力の育成に必要感を覚え、肯定的に捉える教師が多い傾向が見られていることが示されている。しかし、意思決定力の育成を目指す授業は、従来の算数・数学教育の枠組みには収まらず、授業実践に至りにくいという課題がある。(清水他, 2015) ま

た、価値観を多く含む問題を扱うほど、「これは数学の授業の中で行うべきなのか？」という議論になり、数学の授業で扱うことに賛否があることも指摘されている。(清水他, 2015) そこで、本研究では、数学の授業の中で、様々な価値観を含む問題を扱うこと、合意形成の場面を設定することの2つに焦点を絞り、意思決定力の育成を目指す教材開発・授業実践を行うことにした。

3章 授業実践①

本研究では、6月と12月の2回に分けて授業実践を行なった。以下、6月の実践を授業実践①、12月の実践を授業実践②として表す。授業実践①では、「お土産の問題」という教材を開発し、中学校2年生、3年生の複数クラスで、山口ら(2020)の示す授業モデルに沿って授業を行った。「お土産の問題」は、社会的価値を多く含む現実世界の問題で、価値観の違いによって、生徒の導き出す答えが変化するという特徴がある。このように、価値を含む問題を数学の授業で扱うことで、生徒の発言や記述にどのような変化があるのかを調べた。授業実践②では、実際に数学の授業で意思決定力を育成する授業を行う際の再現性を考慮して、『未来へ広がる数学2』(岡本他, 2023)の巻末にある、箱ひげ図の問題で示されているデータをもとに、「代表選手を選ぶ問題」を開発し、中学校3年生の複数クラスで授業を行った。授業実践①では、道徳性や平等性などの数学以外の根拠だけを使って話し合いが行われており、生徒が数学的な考え方の良さを実感できていないという課題があった。そのため、授業実践②の「代表選手を選ぶ問題」では、数学的根拠をもとに話し合いが行われるように改善した。本章では、6月に行なった授業実践①について述べる。

3.1 節 授業実践①の概要

授業実践①では、数学的処理の結果や社会的価値をもとに小集団で合意形成する授業を行う。生徒にとっても、価値観を含む問題を数学の授業で扱うのは初めての経験なので、導入の場面で、真正な問題解決では価値観によって結果が異なるということを意識させる必要がある。また、合意形成の場面では、生徒間の信頼関係やコミュニケーション能力によって意思決定の結果が変わってくると考えられる。そこで、授業実践①では、P5(コミュニケーション能力)の育成に重きを置くことにした。授業実践①では、熊本市内中学校の2年生2クラス、3年生1クラスを対象に、意思決定力の育成を目指す数学の特別授業を行なった。生徒の意思決定力の変化を見るために、合

意形成前は黄色のスライド、合意形成後は緑色のスライドに記述するように指示した。そして、そのスライドをもとに、合意形成をする前後の記述内容の変化を見る。また、全てのグループで合意形成の場面の録音を行い、価値命題の創出が行われているかを判断する。

3.2 節 教材「お土産の問題」

Aさんは、お土産代として2000円持っています。ハツ橋(1個110円)とストラップ(1個440円)を合計9個買おうと思っていますが、それぞれ何個ずつ買うか迷っています。Aさんにどんな買い方をオススメするか考えてみましょう。

お土産を渡す人の情報

- ・自分…Aさんは自分用にも1つお土産を買いたい。
- ・父…お土産代として、父が2000円をくれた。
- ・母…ハツ橋があまり好きではない。
- ・弟…Aさんの弟。小学6年生である。
- ・友達5人…5人のうち1人は幼稚園からの親友。

授業実践①で扱う「お土産の問題」は、修学旅行でお土産を買うという現実の問題に対して、数学的な処理によって選択肢を創出し、渡す相手の情報や合計金額の計算結果、社会的価値などをもとにお土産の買い方を決める教材である。教材の特徴は、大きく分けて3つある。

1つ目は、正解がなく、価値観が反映されやすい場面設定にしたことである。実際にお土産を買うとき、誰に買うか、予算はいくらか、消費期限はいつまでか等、様々な要因を考慮して選択することになる。意思決定の際に、「親友には少し値段の高いものを買おう」「ケンカにならないように平等に買おう」などの価値観が表れる問題である。つまり、問題文に加えて、「お土産を渡す人の情報」を与えることによって、社会的価値を付加することができる考えた。

2つ目は、いくつかの数学的処理が必要であることである。1個 110 円のハツ橋と 1 個 440 円のストラップを合計 9 個、予算 2000 円以内に収まるように買うときの買い方を考える。この問題を数学の問題に捉え直すと、ハツ橋の個数を x 個、ストラップの個数を y 個とすると、 $110x + 440y < 2000$ という二元一次不等式を解くことになる。

(表 1)

ハツ橋(個)	9	8	7	6	5
ストラップ(個)	0	1	2	3	4
合計金額(円)	990	1320	1650	1980	2310

(表 1)のように、それぞれの個数と合計金額を表にまとめると、2000 円以内の買い方は全部で 4 パターンであることが分かる。数学的処理を行うことで、この 4 パターンのうち、どの買い方を A さんに勧めるかという問題に置き換えることができる。ここで、4 つの買い方を、ハツ橋の個数が多い順に(左から順番に)、選択肢 1、選択肢 2、選択肢 3、選択肢 4 と表記することにする。最終的な合意形成の場面では、様々な価値観をもとに創出された複数の選択肢を二次元表を用いて整理することが狙いである。例えば、全員に平等に同じものを買いたい、お釣りを多く残したい、ストラップを少なくとも 1 個は買いたいという 3 つの価値命題をもとに意思決定する場合を考える。それぞれの価値命題の達成度を◎、○、△、×を用いて記号化して表すと(表 2)になる。ここから、数学的根拠を持って判断するために◎は 4 点、○は 3 点、△は 2 点、×は 1 点と重みづけしたものを数値化して表すと(表 3)になる。今回の例の場合、総合点で判断すると、ハツ橋 8 個—ストラップ 1 個(選択肢 2)を選択することになる。このように、価値命題の創出や記号化・数値化の段階で、価値観が意思決定に影響することを想定した。

(表 2) 価値命題の達成度を記号化したもの

	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4
平等性	◎	◎	○	○
お釣り	◎	○	△	×
ストラップ	×	○	◎	○

(表 3) 価値命題の達成度を数値化したもの

	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4
平等性	4	4	3	3
お釣り	4	3	2	1
ストラップ	1	3	4	3
合計(点)	9	10	9	7

3つ目は、選択肢が最大4つになるように数値設定をしたことである。前述したように、二元一次不等式を解くと選択肢が最大4つになる。これは、価値観を含む問題を授業で扱うときに、ある程度、意思決定の結果が収束していく必要があると考えたからである。ハツ橋0個—ストラップ0個の場合も許すなど、選択肢が無数に存在する場合、合意形成の場面で目的が共有されず、話し合いにはならない。そこで、「お土産の問題」では、選択肢の総数を減らすことによって、意思決定の結果を収束させようと考えた。

3.3 節 授業展開

授業は、2.3 節で述べた『数理科学的意思決定に関する基本的な授業過程』（山口，2020）の授業モデルに沿って行った。授業の導入では、「京都に修学旅行に行き、お土産を買おうとしている」という場面設定を共有し、「お土産を買うときに、どんなことを考えて選ぶか」を発問した。これは、現実でお土産を買うときに、誰に買うか、予算はいくらか、何個買うかなどの要素が深く関係していることを意識させる狙いがある。その後、「お土産の問題」を提示して、個人で定式化・結果の導出をする時間を設定した。そこで、表を描いて整理していた生徒の意見を取り上げ、選択肢が4パターンであることを教室全体で共有した。次に、導入で確認したことを振り返り、社会的価値を付与する狙いで「お土産を渡す人の情報」を提示した。個人の意見をロイロノートのスライド(黄)にまとめた後で、4～5人のグループで話し合い、小集団での合意形成を行うように指示した。最後に、小集団で合意形成した結果をスライド(緑)にまとめて、教室全体で納得解、価値命題を共有した。

3.4 節 生徒の様子

まずは、合意形成前後の意思決定の結果を紹介する。意思決定の結果は、(表 4)で示すように、合意形成前後の両方で、ハツ橋 6 個—ストラップ 3 個(以下、6 個—3 個と表す)という結果が大多数を占めていた。(前：人/人、後：班/班) 6 個—3 個を選んだ生徒の多くは、「ストラップは最大 3 個まで買えるから、その 3 個を誰に渡すか」と考えていた。逆に、「お釣りを多く残したいから」という理由で 8 個—1 個や 9 個—0 個を選択する生徒は極めて少なかったと言える。合意形成前後の変化に注目すると、合意形成前には、8 個—1 個や 9 個—0 個という意見が合計 6%程度見られたが、合意形成後には、8 個—1 個や 9 個—0 個という意見は全く見られなかった。授業中の様子を見ても、合意形成のときに、多数決が採用される様子が見られ、少数意見の生徒が発言しにくい雰囲気があるように感じた。

(表 4) 合意形成前後の意思決定の結果(%：小数第 2 位を四捨五入)

	前	後
6 個—3 個	79.7% (63/79)	93.0% (26/28)
7 個—2 個	12.7% (10/79)	7.1% (2/28)
8 個—3 個	5.1% (4/79)	0% (0/28)
9 個—0 個	1.3% (1/79)	0% (0/28)

次に、グループでどのような話し合いが行われたかを紹介する。ロイロノート(黄)の記述内容から、2 つの論点を読み取れた。1 つ目は、お土産に使う合計金額をなるべく安く抑えるか、2000 円を使い切るかという論点である。実際の記述内容は次の通りである。

生徒 A : ハツ橋 8 個—ストラップ 1 個

ハツ橋が苦手な母のみストラップで、残りの人はハツ橋にし、なるべく安くなるようにするため。

生徒 B : ハツ橋 6 個—ストラップ 3 個

お釣りが 1 番少ないし、ハツ橋を 9 個買ってしまうと、ハツ橋があまり好きじゃないお母さんにはあげられないし、ストラップ 1 個ハツ橋 8 個や、ストラップ 2 個ハツ橋 7 個だとお釣りが多く出てしまうから。

生徒 A と生徒 B の主張では、「ハツ橋が苦手な母にはストラップを買いたい」という価値観は共通しているが、「手元にお釣りを残したい」「お土産代として貰った 2000 円だから、できるだけお土産に使いたい」という価値観が対立している。2 つ目は、親友には形の残るものを渡すか、友達には平等に同じものを渡すかという論点である。実際の記述内容は次の通りである。

生徒 C : ハツ橋 6 個—ストラップ 3 個

お母さんはあまりハツ橋が好きではないからストラップにして、幼稚園からの親友は形の残るストラップをあげて、その友達とお揃いになるために自分もストラップを買うから、ストラップ 3 個で、残りの人たちにはハツ橋を買う。

生徒 D : ハツ橋 8 個—ストラップ 1 個

まず、母にハツ橋を渡すわけにはいかないのでも母はストラップ、そして、家族で他にハツ橋嫌いはいないので自分含め全員ハツ橋。友達は、違いがあると揉め事の原因になりかねないので全部ストラップか全部ハツ橋にどちらか。でもストラップは 5 つ買った時点で足りないのでも、友達も全員ハツ橋。よって、ハツ橋 8 個—ストラップ 1 個になる。

生徒 C の主張と生徒 D の主張では、「親友には特別にストラップをあげたい」「友達に

は全員同じものをあげたい」という価値観が対立している。次節でも取り上げるが、授業実践①の話し合いでは、数学的根拠をもとに話し合う様子が見られず、それぞれの価値観を共有するだけに留まっていた。

3.5 節 分析と考察

録音データの分析から、次の3つのことを読み取った。1つ目は、価値観を表出させている発言が多く見られたことである。2つ目は、今までなかった新しい価値観に触れて、納得している発言が見られたことである。3つ目は、どうやってグループで意見を1つに決めるか悩む様子が見られたことである。

1つ目、2つ目に関して、まず、合意形成の場面の録音データを示す。いくつかのグループでは、合意形成の場面で、新しい価値観に触れる様子や、価値命題が創出される様子を読み取れた。その様子を読み取れる録音データの一部を次に示す。ただし、発言のあった3人の生徒をS1, S2, S3と表し、補足が必要な部分は()で追記している。

〈前略〉

S1：だからハツ橋6個、ストラップ3個にした

S2：おー、なるほど。他全員ハツ橋なのは(自分と)同じ

S3：しかも値段もピッタリだけね

S2：え！そうなん

S3：ほぼピッタリ

〈中略〉

S2：でもさ、(お釣りが)余って悪いことくない？自分の手元に残るけん

S3：お父さんから返せって言われるかもしれん

S2：返しても良くない？

S3：えー

S2：友達関係を優先したい

〈中略〉

S3：でもハツ橋は安い方ばい

S1：じゃあ全員にハツ橋買うとか？

〈後略〉

この録音データでは、合意形成の場面で、生徒が新しい価値観に触れる様子が読み取れる。具体的には、S3「しかも値段もピッタリだね」という発言で、お釣りを残すべきかどうかということに論点が転換している場面である。これは、授業実践①の目標にも据えていた、「数理学—社会的価値の認識(MS)」の「他者との相互作用」と深く関わる場面であると捉えた。他者がどのような価値観のもと意思決定を行なったのかを理解しようとする、そして、新しく得た価値観を自分の意思決定に取り入れていくことが、意思決定力の育成において重要であるとする。また、この録音データから、価値命題の創出が行われたことが読み取れる。具体的には、S2「友達関係を優先したい」やS1「じゃあ全員にハツ橋買うとか？」という発言である。これらの発言は、どうあるべきかを考え、新たな仮説を提案している段階であると考えられる。島田・松島らの言う「あるべきものの探求」という特性と重ねて、価値命題の創出が行われたと判断した。

3つ目に関して、最終的な意思決定の方法に注目した。最終的には1つに決定するように指示していたため、その方法を悩む様子が多く見られた。実際に、録音を行なった6つのグループのうち、4グループが多数決で意思決定を行っていた。(そのうち1グループは全員が6個—3個で一致していた。)その他のグループも、最終的に1つに決めきれていない、または、場合分けして2つとも記述していた。次節で取り上げるが、このことは、意思決定に関する問題において、全員が目的を共有し、全員で考える必要感のある課題である必要があることを示唆している。

3.6 節 成果と課題

授業実践①では、意思決定力(特にコミュニケーション能力)の育成を目標として、「お土産を渡す人の情報」を追加することで様々な価値観を含む問題を扱い、授業の最後に小集団で合意形成する場面を設定した。まずは、研究方法に関する課題を述べる。授業実践①では、研究方法として、録音データの分析と合意形成前後の記述内容の変化の2つを採用した。録音データからは価値命題の創出を見取ることができたものの、合意形成前後の記述内容の変化からは、意思決定力の向上を見取ることができなかった。その原因は「お土産の問題」の教材では、合意形成する必要感が無く、数学的な根拠を用いて話し合いが行われなかったことにあると考える。次に、成果と課題について述べる。授業実践①の成果は、正解がなく価値観が反映されるような課題設定を行うことで、合意形成の場面で新しい価値命題の創出が行われたことである。また、録音データからは、価値命題の創出の際に、他者から新しい価値観を得る様子が見られた。つまり、価値観を多く含む問題を扱い、小集団での合意形成を設定する

ことで、生徒の価値観が表出するような活動にするという狙いは達成できたと言える。また、意思決定力の育成を目指す授業において、教師や他の生徒など他者の存在が重要であることが示唆された。対して、授業実践①では、「お土産の問題」の2つの課題が浮き彫りになった。

1つ目は、数学を使う必要感が無かったことである。「お土産の問題」では、お土産の買い方が4パターンであることを示すときや選択肢の中から1つを選ぶときに、数学的处理が行われることを想定していたものの、中学校2年生、3年生にとって容易すぎる内容であった。また、意思決定の際には数学的根拠が用いられず、社会的価値だけによって話し合いが進められていた。その結果、生徒は他者の価値観に触れたとしても、どの考え方が妥当かを話し合うことは無かった。飯田ら(1994)の示す「メロンの問題」を振り返ると、「比例配分」という生徒に身につけて欲しい数学的な考え方が前提にあることが分かる。つまり、「お土産の問題」では、価値観を含む問題を扱うことに考えが寄りすぎてしまい、生徒にどんな数学を使って、何ができるようになって欲しいかを十分に考えることができていなかったことが課題である。

2つ目は、意思決定が個人で完結する内容であったことである。本来、意思決定の過程では他者と関わりながら決めていくことが求められている。しかし、「お土産の問題」は、自分なら誰に何を買うかを問う問題であり、複数人で考えることを前提としていない。例えば、「クラス全員で担任の先生に買うお土産を決めよう」のような場面設定であれば、そこには共通の目的が存在し、他者と関わりながら決めていく必要感がある。つまり、「お土産の問題」では、3.2節で述べたように、選択肢の総数を減らすことによって、意思決定の結果を収束させようと考えていたが、選択肢の総数を減らすだけでは不十分であり、意思決定における共通の目的が存在していなかったことが課題である。

授業実践①を通して、意思決定力を育成する授業では、意思決定の際に数学的根拠が用いられること、共通の目的が存在し、合意形成する必要感のある問題であることの2つを満たす問題を扱うことが重要であると考えた。次章では、これら2つを改善した教材案を紹介する。

4章 授業実践②

4.1節 目指す生徒の姿

3.6節で課題として挙げたように、まずは目指す生徒の姿を明確にすることが重要

である。「中学校学習指導要領解説(数学編)」(文部科学省, 2021)では、データの活用
の領域・内容に関して、

[第1学年] D データの活用

(1) データの分布について、数学的活動を通して、次の事項を身に付けること
ができるように指導する。

イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。

(ア) 目的に応じてデータを収集して分析し、そのデータの分布の傾向を読み取
り、批判的に考察し判断すること。

とされている。このことを踏まえて、「令和4年度 全国学力・学習状況調査 中学校数
学」(国立教育政策研究所 教育過程研究センター, 2022)では、大問7で「データの傾
向を読み取り、批判的に考察し判断すること(コマ回し)」の問題(以下、コマ回しの問
題)が出題された。「令和4年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 中学校数学」(国
立教育政策研究所 教育過程研究センター, 2022)では、コマ回しの問題の出題の趣旨に
関して、

データに基づいて不確定な事象を考察する場面において、次のことができる
かどうかを見る。

- ・ 解決の過程や結果を批判的に考察し判断すること
- ・ 事象を数学的に解釈し、その根拠を数学的な表現を用いて説明すること
- ・ 数学的に表現したことを事象に即して解釈すること

日常生活や社会の事象を考察する場面では、データやグラフなどを適切に読
みとり、データの傾向を捉え、批判的に考察し判断することが求められる場
合がある。その際、判断の理由を数学的に説明することが大切である。

と述べられており、学習指導にあたっては、「判断の理由を数学的な表現を用いて説明
すること」と「多面的に吟味すること」が重要だとされている。以上のことを踏まえ
て、授業実践②では、授業後に目指す生徒の姿を、「数学的根拠を持って説明し、多面
的に吟味して判断することができる」とした。

4.2 節 授業実践②の概要

授業実践②では、数学的根拠の優先順位を考えながら、小集団で合意形成する授業を行う。対象は中学校3年生として、これまで学習してきた、平均値、中央値、四分位範囲、ヒストグラム、箱ひげ図等をもとに判断し、文脈に合わせて多面的に吟味することを目指した。授業実践②では、特に、数学の授業の中で合意形成する場面を設定することに焦点を当てて、数学的根拠をもとに話し合いが行われるようにした。また、合意形成の場면을数学の授業で取り入れるときの再現性を考慮して、『未来へ広がる数学2』（岡本他, 2023）の巻末にある問題をもとに「代表選手を選ぶ問題」の教材を開発した。

次に、授業実践②の研究方法与評価方法について述べる。授業後に目指す生徒の姿を、「数学的根拠を持って説明し、多面的に吟味して判断することができる」としたため、対象の生徒に対して、事前・事後テストとアンケートを実施した。事前・事後テストの詳細は次節で述べるが、社会的価値を含みつつ、複数の数学的根拠に優先順位を付けて意思決定する問題を用いた。そして、複数の数学的根拠を用いることができるか、文脈に合わせて数学的根拠に優先順位を付けることができるかの2点について、5つの水準を設けて、ルーブリック評価を行った。アンケートに関して、事前・事後の2回実施して、優位な差が見られるかを確かめた。また、山口らは、『数理科学教育の「評価」に関する考察』（山口他, 2020 ; 14）の中で、

数理科学的意思決定力の評価については、このプロセスでの個または集団の様相が評価材料となる、と考えられる。また、その評価は、フレームワークに基づいて、各々の教材や授業に沿って具体的にルーブリックを策定し、子どもたちの能力を見取ることになる。（中略）価値命題の評価では、教室内の子どもによって合意形成された価値命題が評価材料となる。プロダクトとしての質を評価するのではなく、創出のプロセスの質を評価する。

と主張している。これを踏まえて、授業実践②では、合意形成された成果物と、生徒の振り返りも評価材料とした。振り返りについては、「1人で考えたときの意見と、班で話し合っただけの意見を見比べて、授業で学んだことを振り返ろう」と提示することで、生徒自身が創出のプロセスに注目できるようにした。

4.3 節 教材「代表選手を選ぶ問題」

「代表選手を選ぶ問題」(前半)

A, B, C の 3 人の中から、50m 走の代表選手を 1 人選ぶことになりました。

大会では予選、準決勝、決勝と勝ち進んでいく必要があります。

決勝まで進み、上位入賞をねらうとき、誰を代表選手に選びますか？

50m 走の記録 (秒)

A	B	C
8.56, 8.45,	8.23, 8.11,	9.00, 7.89,
8.84, 8.19,	8.35, 8.01,	7.78, 8.03,
7.98, 8.45,	8.45, 8.33,	8.10, 8.04,
7.54, 7.59,	8.28, 8.19,	8.22, 8.34,
7.68, 8.79	8.01, 7.97	8.56, 8.46

※表は『未来へ広がる数学 2』(岡本他, 2023)より引用

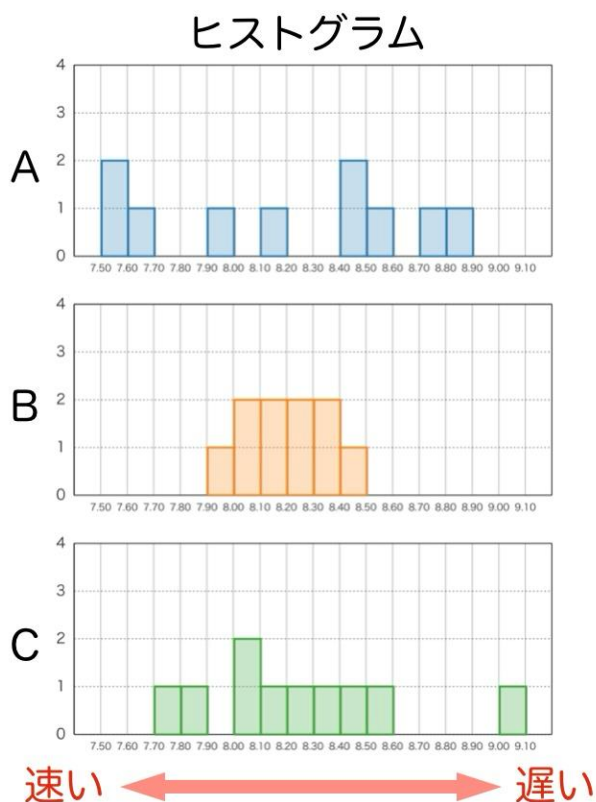
「代表選手を選ぶ問題」(後半)

A, B, C の誰を選ぶのか、班で話し合っ、代表選手 1 人を決めてください。

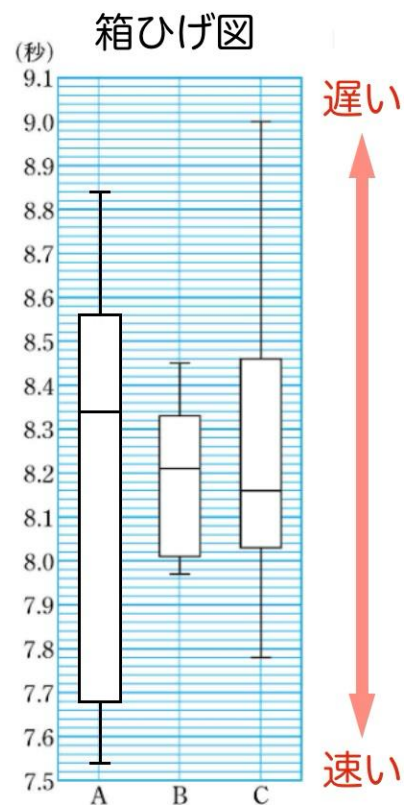
また、A, B, C が納得できるように、選んだ理由だけでなく、選ばなかった 2 人に何と伝えるかも考えてください。

授業実践②で扱う「代表選手を選ぶ問題」は、『未来へ広がる数学 2』(岡本他, 2023)の『自分から学ぼう編 力をつけよう 7 章 箱ひげ図とデータの活用 19～20』にあるデータ(上に示す表)を用いて、場面設定をした。「代表選手を選ぶ問題」では、A, B, C の中から 50m 走の代表選手を選ぶという現実の問題を設定した。導入場面で課題を把握したあと、授業の前半では、複数の数学的根拠をもとに代表選手を選ぶ活動を通して、A, B, C の特徴をそれぞれ把握する。その後、授業の後半では、A, B, C が

納得できるように、代表選手の選び方を合意形成するという展開を想定している。



(図 2)



(図 3)

「50m 走の記録」のデータをヒストグラム、箱ひげ図に表すと(図 2), (図 3)のようになる。ヒストグラムは、生徒がデータの散らばりを読み取りやすいように階級の幅を設定した。また、混乱を防ぐために。速い、遅いの両矢印を採用している。授業中のヒストグラム、箱ひげ図を出すタイミングに関しては、授業展開とあわせて次節で述べる。この教材の特徴は、大きく分けて3つある。

1つ目は、「お土産の問題」と同様に、正解がなく価値観が反映されやすい問題にしたことである。「代表選手を選ぶ問題」では、代表選手を選ぶときに、タイムの安定性や最速タイム、タイムの平均値などを総合的に判断することが求められる。つまり、代表選手の選び方に正解はなく、それぞれの価値観によって結論が変化する問題であると言える。

2つ目は、数学的处理を行い、数学的根拠の優先順位を考える問題にしたことであ

る。これは、授業後に目指す生徒の姿である、「数学的根拠を持って説明し、多面的に吟味して判断することができる」を踏まえたものである。そのような姿を目指すためには、数学を使う必要感がある問題であること、文脈をもとに妥当な判断をしていく問題であることの両方が必要だと考えた。まず、数学を使う必要感がある問題にするために、データから読み取ったことをもとに話し合い、合意形成していくことにした。「代表選手を選ぶ問題」では、合意形成の前に、データからA, B, Cの特徴を読み取るという数学的処理が必要となる。そうすることで、データの読み取りという数学的処理の結果をもとに、より妥当な選び方を考えていく活動になると考えた。また、文脈をもとに妥当な判断をしていく問題にするために、意思決定の結果がある程度収束するようにした。「お土産の問題」での課題を踏まえると、文脈に合わせて意思決定をするためには、合意形成の方向性が定まっている必要がある。つまり、どんな考え方でも良いとするのではなく、ある程度多くの人が納得できる納得解が存在している必要がある。そこで、今回は、「予選、準決勝、決勝と勝ち進み、上位入賞をねらっている」という一文を追加した。予選、準決勝、決勝と3回走る必要がある場合、最小値(ベストタイム)や平均値よりも、四分位範囲やデータのばらつき(安定性)が重視されることを想定している。その結果、数学的根拠の優先順位を考えると、ある程度多くの人が納得できるような優先順位が存在していることになる。

3つ目は、共通の目的が存在し、合意形成する必要感がある問題にしたことである。「お土産の問題」の課題では、意思決定における共通の目的が存在していなかったことを挙げた。そこで、今回は、「代表選手を選ぶ問題」(後半)で、「A, B, Cが納得できるように、選んだ理由だけでなく、選ばなかった2人に何と伝えるかも考える」という一文を追加した。A, B, Cの全員が納得できるような選び方について話し合うことで、より妥当で合理的な選び方にしていくという共通の目的が生じると考えた。また、選ばなかった2人に対して何と伝えるかを考えることによって、より説得力のある根拠は何かを考えることをねらっている。データから読み取ったことをもとに、より説得力のある説明を考えることで、生徒が数学的根拠を用いる良さを実感できると考えた。「代表選手を選ぶ問題」は、合意形成する必要感がある問題であると言える。代表を1人に決めるという課題は、現実世界でも身近なものである。生徒にとっても、学級委員や行事のリーダー決めなど、具体的に現実世界との繋がりを想像しやすい。そのため、1つの正解がない中でも、多くの人が納得できるような納得解を1つに決めなければならないという、合意形成する必要感を感じる問題である。このような問題を数学の授業で扱うことで、1.1節で述べたような、予測困難なこれからの時代を生きる力の育成につながると考えている。

4.4 節 授業展開

次に、授業展開を紹介する。4.1 節で示した、目指す生徒の姿に沿って、本時の目標は、「数学的根拠の優先順位を考えながら代表選手を選び、合意形成する活動を通して、問題の文脈に合わせて多面的に吟味し、意思決定することができる。」と設定した。今回は、定式化(グラフ化)よりも合意形成を重視した。そこで、定式化は事前に教師が行い、小集団で合意形成する場면을、本時の主な活動とした。次に、合意形成までの流れを簡単に述べる。まずは、何を重視して代表選手を選ぶかという価値を出すところから始まる。例えば、「安定性がある」や「タイムが速い」などである。その後、解決の見通しを共有することで、「安定性はヒストグラムから読み取る」や「タイムの速さは最小値から読み取る」のように、価値と数学を結びつける活動を行う。そして、数学を使って優先順位を付けながら、合意形成を目指していく。具体的な板書計画、学習活動については、次の(図4)、(本時の展開)に示す。

めあて：どのように代表選手を選んだのか理由を説明しよう。

Q. どんな人を選ぶ？

- ・ タイムが速い
- ・ メンタルが強い
- ・ 安定している

Q. 使えそうなアイデア

- ・ 平均値
- ・ 箱ひげ図
- ・ ヒストグラム

A さんの良いところ

- ・ 最速タイムを出している

B さんの良いところ

- ・ 平均値が最も速い

C さんの良いところ

- ・ 中央値が最も小さい

(実際の板書は 4.5 節に表記)

(図4)板書計画

(本時の展開)

時間	学習活動	○主な発問 ・予想される子どもの反応	○教師の支援 ◎評価
10	1 本時の課題を把握する	○どんな人を代表選手に選ぶ？ ・ベストタイムが速い ・安定したタイムを出せる	○数値を示す(電子黒板) ○数値を配布(ロイロ)
	めあて：どのように代表選手を選んだのか、理由を説明しよう		
		○使えそうなアイデアある？ ・平均値、中央値、四分位範囲 ・ヒストグラム、箱ひげ図	○箇条書きで板書(黒板) ○グラフを配布(ロイロ)
10	2 個人で考え、各データの特徴を把握する	○1人で考えよう ○A(又はB,C)を選んだ理由は？ ・1番速いタイムを出したから ・平均が1番速いから	○自分の考え方をノートにメモするように指示する ○A(又はB,C)の良いところを箇条書きで板書(黒板)
25	3 班で合意形成を行い、各班の決定を全体で共有する	○班で話し合って、代表選手1人を決めよう。選んだ理由だけでなく、選ばなかった2人に何と伝えるか考えよう ○班で決めたことを発表しよう	○各班に1枚ワークシートを配り、班の意見をまとめるように指示する ◎問題の文脈に合わせて、多面的に意思決定することができる ○生徒が説明するときに、グラフを示す(電子黒板)
5	4 本時を振り返る	○1人で考えた説明と班で考えた説明を見比べて、授業で学んだことを振り返ろう	○多面的な考え方を価値づけする

まずは、授業全体の流れについて述べる。(学習活動 1)で課題の把握と既習事項の振り返りを行い、(学習活動 2)でデータから読み取ったことをもとに、A, B, C それぞれの良さを明確にする。(学習活動 3)で数学的根拠に優先順位をつける活動を行い、小集団で合意形成する。最後に、(学習活動 4)で本時の学びを振り返る。以上の 4 つの学習活動を設けた。

(学習活動 1)では、数値やグラフを与える前に、「監督の立場なら、どんな人を代表選手に選ぶか」を発問する。これは、代表選手を選ぶときに、ベストタイムが速い、メンタルが強い、安定して記録を残せるなど、様々な項目を総合的に判断することを意識づける目的がある。その後、A, B, C の過去 10 回の 50m 走の記録を示し、ロイロノートで、生徒全員に数値データを共有する。その後、「使えそうなアイデアをたくさん出して共有しておこう」と発問し、教室全体で、アイデアを共有する。生徒が出したアイデアを黒板に箇条書きしておくことで、次の活動につなげることができる。アイデアの共有では、平均値を使う、ヒストグラムを使う、箱ひげ図を使うなどの、解決に使えるような既習事項を、生徒自身が選び出すことを目的としている。また、ヒストグラムや箱ひげ図などの既習事項について、ペアで確認する時間を設け、これまでの学びを振り返るという目的もある。既習事項の確認後、(図 2), (図 3)のヒストグラム、箱ひげ図をロイロノートで共有する。

(学習活動 2)では、データから読み取ったことをもとに、A, B, C それぞれの良さを確認する。まずは、板書されているアイデアや数値データ、ヒストグラム、箱ひげ図をもとに、個人で 5 分考える時間を設ける。そのとき、A, B, C のうち誰を代表選手にするかと、選んだ理由をノートにメモするように指示しておく。ノートに残しておくことで、(学習活動 4)で、合意形成前の説明と合意形成後の説明を見比べて振り返ることができる。その後、A を選んだ生徒に理由を尋ねて、「A の良いところ」として板書する。同様に、B, C についても板書する。個人で考えたときに、自分が選んだ選手の良いところだけに注目して説明していた生徒が、他の選手の良いところに触れることで、複数の根拠の中で何を重視するかという新しい視点を得ることを見据えている。その後、生徒から出た価値と数学を結びつける時間を設定した。それが、代表選手を選んだ理由を生徒数人が発表して、選手候補 3 人の良いところを教室全体で共有する活動である。生徒から出た価値とは、(学習活動 1)で扱った、「足が速い」「タイムが安定している」などを指す。生徒に、「どの部分を見て、足が速いと思ったのか」を問い直すことで、「最小値が小さい→足が速い」「四分位範囲が小さい→タイムが安定している」など、複数の「数学→価値」の関係を明らかにした。

(学習活動 3)では、「代表選手を選ぶ問題」(後半)を示し、4～5 人の班ごとに合意形成を行い、班ごとに代表選手 1 人を選ぶ。このとき、班に 1 枚ワークシートを配布する。ワークシートの項目は以下の通りである。

・班全員の氏名 ・誰を代表選手に選ぶか

・A さんに何と伝えるか ・B さんに何と伝えるか ・C さんに何と伝えるか

ワークシートの特徴は、選んだ理由だけでなく、選ばなかった残りの 2 人に対して何と説明するかを記述させる点である。これは、現実世界の問題として意識させることと、数学的根拠の優先順位を深く考えさせることをねらっている。選ばなかった 2 人に対する説明を考える中で、より説得力があるのはどの根拠かという論点になることが考えられる。小集団での合意形成とワークシート記入の時間を合わせて、15 分程度に設定した。その後、合意形成したものを、班の代表者が教室全体に向けて発表する。このとき、生徒が数学的根拠を明確にしながら発表するための手立てとして、電子黒板に数値データ、ヒストグラム、箱ひげ図を映しておく。そして、電子黒板上の数値データやグラフを指差しながら説明するように指示する。また、複数の数学的根拠を組み合わせて説明している部分や、文脈に合わせて優先順位を付けている部分を価値づけし、教室全体で共有する。

最後に、(学習活動 4)では、本時の振り返りを行う。ロイロノートのスライドを配り、合意形成前の説明と合意形成後の説明を見比べながら、学んだことを記述するように指示する。

4.5 節 生徒の様子

ここからは、授業中の生徒の様子を具体的に示す。始めに、4.4 節で示した(本時の展開)について、授業実践②の途中で一部変更したことを断っておく。授業実践②では、1 回目が A 組、2 回目が B 組、3 回目が C 組と 3 回授業を行なった。1 回目の授業では入れていなかったが、2, 3 回目の授業では、(学習活動 2)の教師の支援にある、「A(又は B, C)の良いところを箇条書きで板書」する部分を追加した。これは、1 回目の A 組の授業を踏まえて、B, C 組の授業までの間に改善した部分である。その結果、それぞれのクラスで、生徒の発言や話し合いの様子に違いが見られた。最初に実践を行なった A 組と、それ以外の B 組、C 組では合意形成のときの話し合う内容の質に差があった。内容の差とは、具体的には、数学的根拠の優先順位について話し合いが行われているかどうかである。筆者(授業者)の見取りだけでなく、合意形成した後の成

果物や生徒の振り返りにも差が見られた。この差については、4.7 節でも述べるが、生徒が出した価値と数学を結びつける活動の有無によって生じたものだと考えている。本節では、A 組, B 組, C 組の生徒の差には注目せず、授業実践②で見られた生徒の発言、合意形成後の成果物、生徒の振り返りを紹介する。

まずは、授業中の生徒の発言と合意形成後の成果物を示す。(学習活動 1)の「監督の立場なら、どんな人を代表選手に選ぶか」という発問に対しては、「足が速い人」「本番に強い人」「体力が多い人」「人間性が良い人」などの発言があった。代表選手を選ぶときに、様々な価値が背景にあることを意識づけることができたと考える。また、「使えそうなアイデアをたくさん出して共有しておこう」という発問に対しては、「平均値」「中央値」「最小値」「最大値と最小値の差」「ヒストグラム」「箱ひげ図」などの発言があった。どのクラスも平均値が最初に出てきたが、「ヒストグラム」や「箱ひげ図」などの既習事項を振り返りながら発言する様子が見られた。(学習活動 2)の個人で考える時間では、どのクラスもほとんどの生徒が、「平均値が小さいから」「安定しているから」など 1 つの根拠を用いて説明していた。また、約半数の生徒が、数学的根拠を用いずに説明していた。その後、A, B, C の良いところを整理する活動では、次のような意見があった。

A の良いところ

- ・ (箱ひげ図より)最速タイムを出している
- ・ (ヒストグラムより)7.70 秒より速いタイムを 3 回出している

B の良いところ

- ・ (ヒストグラムより)タイムが安定している
- ・ 平均値が 8.19 秒で最も速い

C の良いところ

- ・ 9.00 秒を除くと、平均値が 8.15 秒で最も速い/タイムが安定している
- ・ 中央値が最も小さい

生徒は他者の説明に触れることで、これまで持っていなかった新たな視点を得るこ

とができていた。複数の価値があることを共有したことで、選択肢が多い状態にできたと考えている。また、A, B, C の特徴を共有したことによって、次の(学習活動 3)で、複数の根拠の中で何を重視するかという話し合いに発展している班もあった。(学習活動 3)では、生徒がそれぞれの意見を共有したあと、どうやって 1 人に決めるかを話し合う様子が見られた。授業実践①のように、多数決で決める様子は見られず、文脈を踏まえて、どの根拠が相応しいのかを話し合っていた。ここで、合意形成後の成果物をいくつか紹介する。ただし、合意形成のワークシートは、手書きで記入するように指示したため、生徒の記述内容をそのままテキスト化したものを示す。ワークシートには、代表選手に A, B, C の誰を選んだかに加えて、A, B, C にそれぞれ何と説明するかが記述されている。また、補足が必要な部分は、筆者が()で補足している。

C を選ぶ

A…最小値が 1 番よい、中央値が 1 番悪い、1 番安定性に欠ける

B…安定して高い、1 番最小(最小値)が悪い

C…最大値が 1 番悪いが、中央値が 1 番高く、とても低い記録は 1 度だけ

B を選ぶ

A…タイムが安定していないから、本番心配だから出さない

B…安定してタイムを出していて、平均(平均値)が No. 1 だから出す

C…9.00(秒)を出す可能性があるから出さない。平均も 1 番低い

B を選ぶ

A…タイムにばらつきがあって、走るときに遅いタイムが出るかもしれないから

B…平均が A や C に比べて速く、
タイムが安定していて本番でも変化が大きくなさそうだから

C…箱ひげ図とヒストグラムの範囲が 1 番大きいから

これらの記述内容や(学習活動 3)の全体に向けた発表から、生徒は複数の数学的根拠を用いて説明できていたことが読み取れる。「予選、準決勝、決勝と3回走るから、平均値よりも安定性を重視すべき」など、数学を使いながら優先順位について話し合う様子は見られたものの、その優先順位を明確にしながら発表する様子は見られなかった。最後に、(学習活動 4)の生徒の振り返りをいくつか紹介する。

1人で考えた時には、AやCが調子の悪い時のタイムを出してしまうかもしれないと考えてタイムが安定しているBを選びました。
でも班で話し合った時にBだったら遅いタイムは出ないかもしれないけど速いタイムも出るかもしれないとなって最速タイムがいちばん多く出ているAを選ぶことにしました。
いろんな視点があるから様々なグラフなどで見比べてみて考えることが大切だなと考えることができました。

(図 5) 生徒の振り返り 1

(図 5)に示す生徒は、様々なグラフを見比べることで、うまく合意形成ができたことを振り返っている。数学を使って意思決定することの良さを実感できる授業として、成果があったと捉えている。また、本時の目標と照らし合わせても、問題の文脈に合わせて多面的に意思決定することができたと評価できる。

- 速さなら最小値、安定性なら平均値など必要な条件に当てはまる値を比較して考えることが大切だと思った。

(図 6) 生徒の振り返り 2

(図 6)に示す生徒は、速さを「最小値」、安定性を「平均値」で考えることで比較できたことを振り返っている。これは、「安定性」という価値と「平均値」という数学を結びつけて考えていることが分かる。価値と数学を結びつける活動を設定したこと

が、生徒の振り返りに影響したのではないかと考えている。

わたしはAさんが最も早く走れているし、いいと思っていました。しかし、班の人の意見を聞いて違う視点で見emたら、BさんやCさんにもいいところがあったことに気づき、新しい意見を得ることができました。
最大値，最小値だけにとらわれず、平均値や四分位範囲にも注目していこうと思います。

(図 7) 生徒の振り返り 3

(図 7)に示す生徒は、1つの数学的根拠をもとに説明していたが、他者の新しい価値に触れたことで、複数の数学的根拠をもとに説明するできたことを振り返っている。これは、(学習活動 2)で A, B, C のそれぞれの良いところを全体で共有したことが影響していると考えられる。生徒の振り返りから、多くの生徒が「複数の根拠を示して総合的に判断することの良さ」を実感できたことが読み取れた。しかし、「価値に優先順位を付けるときに数学が有用である」と振り返りで記述する生徒は少なかった。生徒の振り返り全体を通しての分析は、4.7 節で述べる。本時の目標が達成できたと言えるのかを明らかにするために、事前・事後テストとアンケートを実施した。次節では、事前・事後テストの詳細を示す。

4.6 節 事前・事後テスト「大縄跳びの問題」

体育大会でクラス対抗の大縄跳びが行われます。どのクラスも、体育大会の前日まで毎日練習を行い、回数を記録してきました。次の表は、練習を始めてから5日目までの記録をまとめたものです。

	記録(回)			
	1 組	2 組	3 組	4 組
1 日目	24	17	15	19
2 日目	26	12	17	19
3 日目	10	16	17	18
4 日目	26	28	20	19
5 日目	14	17	21	20
平均	20	18	18	19

大会当日は、2 回跳ぶチャンスがあり、回数が多かった方の記録で順位が決まります。このとき、優勝するのはどのクラスかを予想し、そう考えた理由を説明してください。

事前テスト、事後テストの両方で、「大縄跳びの問題」を用いた。「大縄跳びの問題」は、『新しい数学 2』（藤井他, 2023）のデータの比較にある、章の問題 B（p. 189）をもとに作成した。この問題では、「複数の数学的根拠を用いて説明できるか」と「問題の文脈に合わせて、複数の数学的根拠に優先順位を付けることができるか」の 2 つを見取することを狙っている。事後テストの実際の問題を上を示す。この問題は、1 日から 5 日目までの記録をもとに、平均値や最大値（最高記録）、データのばらつき（安定性）、増加量（練習の成果が表れているか）などをもとに、意思決定することを想定している。事前テストと事後テストでは、記録の数値や配置は全く同じであるが、問題の設定にいくつか異なる部分がある。事前テストでは、平均値を与えていなかったが、事後テストでは、平均値を与えている。事前テストで、多くの生徒が平均値を根拠にしていたという結果を踏まえて、事後テストでは平均値の計算過程を省略した。また、事前テストでは、大会当日に何回跳ぶチャンスがあるのか明記していなかったが、事後テストでは、「2 回跳ぶチャンスがある」と明記した。これは、問題の文脈の変化に合わせて、数学的根拠の優先順位を考えなおすことができるかを見取るためである。2 回跳ぶチャンスがあることで、安定性よりも平均値や最大値などを重視する

ことを想定している。「複数の数学的根拠を用いて説明できるか」と「問題の文脈に合わせて、複数の数学的根拠に優先順位を付けることができるか」の2つを評価するために、次の(表5)に示すように、水準Ⅰから水準Ⅴまでの5つの水準を設けた。

(表5) 事前・事後テスト評価基準

水準Ⅰ	根拠なし、または適切ではない
水準Ⅱ	数学的根拠1個、または数学的でない根拠を含めて1個のみ
水準Ⅲ	数学的根拠2個、または数学的でない根拠を含めて2個以上
水準Ⅳ	数学的根拠2個以上、かつ文脈に合わせて根拠を示す
水準Ⅴ	数学的根拠2個以上、かつ文脈に合わせて数学的根拠に優先順位を付ける

水準Ⅰは「根拠が全くない、または適切ではない」、水準Ⅱは「数学的根拠が1個、または数学的でない根拠を含めて1個のみ」、水準Ⅲは「数学的根拠が2個、または数学的でない根拠を含めて2個以上」、水準Ⅳは「数学的根拠が2個以上、かつ問題の文脈に合わせて根拠を示している」、水準Ⅴは「数学的根拠が2個以上、かつ問題の文脈に合わせて複数の数学的根拠に優先順位を付けている」とした。数学的根拠とは、平均値、最大値、中央値などの代表値やヒストグラム、箱ひげ図から読み取ったことなどを総称している。また、数学的でない根拠とは、例えば、「調子が上がっているから」や「安定しているから」など、数学的根拠が含まれていないものを総称している。事前・事後テストでは、「安定しているから」のように数学的でない根拠をもとに説明していた生徒が、「四分位範囲が小さく、安定しているから」のように、数学的根拠を用いて、より説得力のある説明ができるようになることを期待している。そのため、水準Ⅱと水準Ⅲでは、数学的でない根拠を含めて見取ることにした。また、より高度な水準として、問題の文脈に合わせて数学的根拠に優先順位を付けられるようになることも期待している。具体例は、「本番が一発勝負なので、平均値や最大値が高いことよりも、四分位範囲が小さく安定している方が重要である」のように、いくつかの数学的根拠に優先順位をつけて説明することである。そこで、水準Ⅳと水準Ⅴでは、文脈に合わせて説明することができているかを含めて見取ることにした。この水準をもとに、「大縄跳びの問題」の評価を行い、授業の前後でどのような変化があるかを見取る。事前テスト、事後テストを評価したものと、アンケートは次節で述べる。

4.7 節 分析と考察

まずは、事前・事後アンケートについて述べる。事前・事後テストと同じタイミングで、アンケートも授業実践前後の2回実施した。対象は、授業実践したクラスのうち、B組とC組の2クラスである。

(質問1) 日常生活で数学は役に立つと思いますか？

思う 1 — 2 — 3 — 4 思わない

(質問2) 自分の考えを説明することは得意ですか？

得意 1 — 2 — 3 — 4 得意ではない

(質問3) 自分の考えを説明するときに、数学は役に立つと思いますか？

思う 1 — 2 — 3 — 4 思わない

(質問4) 数学で学んだことは、将来役に立つと思いますか？

思う 1 — 2 — 3 — 4 思わない

このアンケートは、授業実践②が、1章で示す研究の目的と本時の目標を達成できたかを明らかにする目的で実施した。(質問1)と(質問4)では、本時を通して、1.1節で述べた「数学を勉強すると、日常生活に役立つ」と生徒が直接実感できたのかを調べる。(質問2)では、説明することに関する自己評価の変化を調べ、(質問3)では、本時を通して、生徒が数学的根拠を用いることの良さを実感できたのかを明らかにする。アンケートの結果は次の通りである。(表6)で、平均値(合計/回答者数)を示す。

(表6) 事前・事後アンケート結果(平均値：小数第2位を四捨五入)

	事前	事後
質問1	1.75 (77/44)	1.75 (77/44)
質問2	2.39 (105/44)	2.30 (101/44)
質問3	2.02 (89/44)	1.89 (83/44)
質問4	1.66 (73/44)	1.66 (73/44)

アンケートの結果から、(質問 1)と(質問 4)に関しては、差が見られなかった。これは、本時での学びが、直接的に日常生活に役立つと実感した生徒が少ないことを表している。本時の目標を、「数学的根拠の優先順位を考えながら代表選手を選び、合意形成する活動を通して、問題の文脈に合わせて多面的に吟味し、意思決定することができる。」と設定していたが、本時の目標を生徒と共有していなかったことが起因していると推測される。意思決定力を育成することと、「数学が日常生活で役立つ」ことの認識の差を埋めるためには、生徒が意思決定力を育成する必要性を感じることも重要だと考えられる。(質問 2)と(質問 3)に関しては、どちらも事後の方が数値が小さくなっている。これは、意思決定の際に数学的根拠が用いられて、その有用性を実感する生徒が一定数いたことを表している。3.6 節で述べた「意思決定の際に数学的根拠が用いられていない」という課題を、授業実践②では改善することができたと考える。

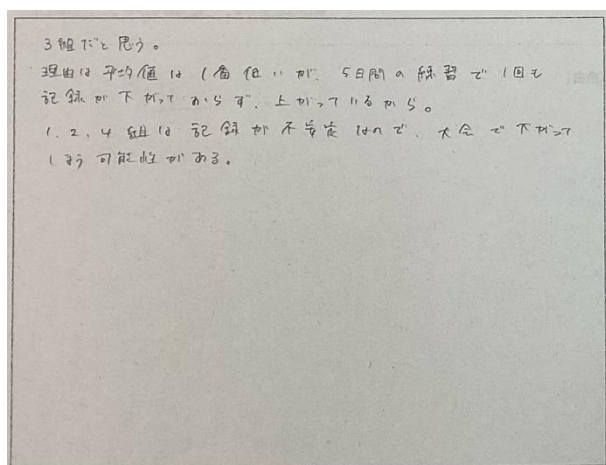
次に、事前・事後テストの分析と考察を述べる。事前・事後テストの対象は、アンケートと同様、B 組と C 組の 2 クラスである。4.6 節で示した水準について、水準Ⅰは 1 点、水準Ⅱは 2 点、水準Ⅲは 3 点、水準Ⅳは 4 点、水準Ⅴは 5 点と点数化して、授業実践の前後で点数の比較を行なった。B 組と C 組の点数の平均値は、次の(表 7)ようになった。点数の平均値(合計/回答者数)を表している。

(表 7) 事前・事後テスト結果(平均値：小数第 2 位を四捨五入)

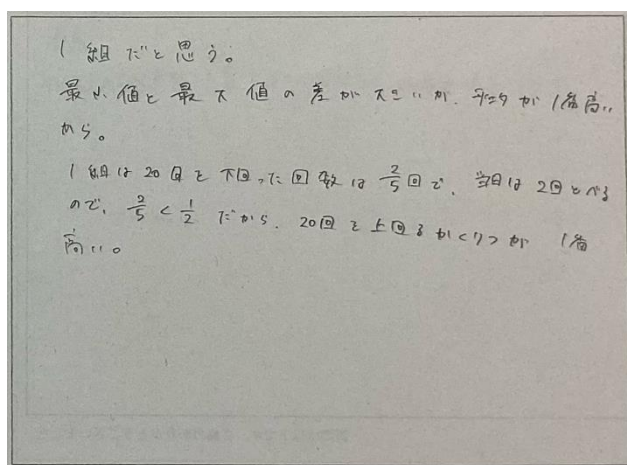
	事前	事後
B 組	2.52 (53/21)	2.86 (60/21)
C 組	2.26 (61/27)	2.56 (69/27)
合計	2.38 (114/48)	2.69 (129/48)

(表 7)の平均値の変化からは、授業実践②を通して、B 組も C 組も水準が高くなっていることが読み取れる。また、事前テストから事後テストにかけて水準が高くなっているのは全体の約 33.3%(16 人/48 人)、変化していないのは全体の約 56.3%(27 人/48 人)、低くなっているのは全体の約 10.4%(5 人/48 人)であった。具体的に、水準

が高くなっていた生徒の記述を示す。(図8：事前テスト，図9：事後テスト)



(図 8)



(図 9)

事前テスト(図8)は水準Ⅲ、事後テスト(図9)は水準Ⅳに位置している。事前テストでは、平均値・記録の増減・安定性を根拠にしているが、事後テストでは、平均値・相対度数(確率)・範囲(最大値と最小値の差)を根拠にしている。具体的に変化が見られたのは、安定性の示し方である。事前テストで、「不安定」と記述していた部分が、「最大値と最小値の差が大きい」と数学的な表現に変化している。また、事後テストの「2回跳ぶチャンスがある」という文脈に合わせて、相対度数をもとに期待値を調べている。数学的根拠が増えて、文脈に合わせて根拠を示すことができているため、水準Ⅳに位置すると評価した。水準が高くなった生徒の記述内容を見てみると、水準Ⅱから水準Ⅲに変化している生徒が多かった。具体的には、事前テストで平均値のみを根拠にして選んでいた生徒が、平均値と最大値など複数の根拠をもとに選ぶようになっていた。この記述内容の変化が一定数見られたことから、本時の目標は達成できたと捉えている。しかし、水準に変化がなかった生徒が全体の約56.3%いたことも事実である。水準に変化がなかった、あるいは下がった生徒がいた原因は2つ考えられる。1つ目は、事前テストと事後テストで同じ数値データを用いたことである。同じ数値データだったことで、問題の文脈を読まずに、表や数値データだけを見て回答した可能性がある。2つ目は、水準Ⅳや水準Ⅴに到達する生徒が極めて少なかったことである。水準Ⅳ、水準Ⅴでは、文脈をもとに根拠を選んだり、優先順位を付けたりすることが求められる。しかし、生徒の振り返りを見ても、数学を用いて優先順位を付けることの良さに気付いている生徒は少なかった。そのため、事前テストで水準Ⅲだった生徒が、事後テストで水準Ⅳ以上となるケースが少なかったと言える。

次に、生徒の振り返りについて分析と考察を行う。A組, B組, C組の全てのクラスで授業後の振り返りを行なったが、A組とB組, C組との間では、記述内容の質に差が見られた。4.5節でも述べたように、生徒が出した価値と数学を結びつける活動の有無によって、差が生じたと考えている。振り返りの分析にあたって、意思決定の過程について振り返っている記述内容と、それ以外を振り返っている記述内容を分けた。具体的には、生徒の振り返りを、「定式化、数学的处理に関する記述」「合意形成の場面で優先順位をつけたことに関する記述」「数学を使って意思決定したことに関する記述」「上記3つのどれにも当てはまらない記述」の4つに分類した。(以後、順に分類Ⅰ、分類Ⅱ、分類Ⅲ、分類Ⅳと表す。) 分類Ⅰは、意思決定の過程の「定式化し、処理を施し、結果を得る過程を辿る」部分に対応し、分類Ⅱは「複数の選択肢を創出し、合意形成する」部分に対応している。分類Ⅲは、生徒が本時を通して「数学を使って意思決定した」と実感している振り返りである。分類Ⅳは、数学そのものの良さや話し合うことの良さなど、本研究のねらいとは直接関係がない振り返りである。

(表 8) 振り返りの分類

分類Ⅰ	定式化、数学的处理に関する記述
分類Ⅱ	合意形成の場面で優先順位をつけたことに関する記述
分類Ⅲ	数学を使って意思決定したことに関する記述
分類Ⅳ	分類Ⅰ、分類Ⅱ、分類Ⅲ以外の記述

ただ単にデータを見るだけではなく、ヒストグラムや箱ひげ図にまとめることで、それぞれの良いところ、悪いところがわかった。

(図 10) 分類Ⅰに属する振り返り

(図 10)に示す生徒は、ヒストグラムや箱ひげ図にまとめることで、特徴をうまく整理できたと振り返っている。これは、定式化から数学的处理までを記述しているため、分類Ⅰに属する。

- ・ヒストグラムと箱ひげ図などの図から記録を読み取り判断することができた。平均値を優先するべきか最頻値を優先するべきかですごく悩んだ。問題の文書もちゃんと読んで判断するのはすごかった。持久力がある人が選ばれるべきだと思う。

(図 11)分類Ⅱに属する振り返り

(図 11)に示す生徒は、合意形成の場面で、問題の文脈に合わせて「平均値」と「最頻値」のどちらを優先すべきかを考えたと振り返っている。これは、数学を用いて価値に優先順位を付けたことに関する記述であるため、分類Ⅱに属する。

- 様々な観点を見て総合的に判断することが大切だとわかった。
今までだったら即一番速いタイムを出しているAさんを選んでしたが、今回は平均の速さ、タイムの安定性、最小値、最大値を見てBさんにした。

(図 12)分類Ⅲに属する振り返り

(図 12)に示す生徒は、本時において「平均値」「最小値」「最大値」などの数学を使うことで、総合的に判断し、意思決定できたことを振り返っている。これは、数学を使って意思決定したことを記述しているため、分類Ⅲに属する。

- 自分で選んだのはAで、一番Cが無理だと思っていたけど、Cの9秒台のところを除くと、一番速さと持久力のバランスが取れていることに気づいた。代表値を見ることも大切だけど、分布の仕方を見るのも大切だと思った。ヒストグラムはそのためにあるのかなと思った。

(図 13)分類Ⅳに属する振り返り 1

(図 13)に示す生徒は、代表値だけでは納得解が得られないことに気づき、ヒストグラムの良さを振り返っている。これは、意思決定の過程を辿ったことに関してではなく、数学そのものの良さを実感しているので、分類Ⅳに属する。

自分だけの説明だと根拠とかなぜそのようにしたのかの説明を表現したり書いたりすることができなかったけど班の人たちの考えを聞いてまとめたりすることができました。

(図 14)分類Ⅳに属する振り返り 2

(図 14)に示す生徒は、他者の考えを聞くことで、自分も説明することができたと振り返っている。このように、他者と関わることで学びがあったと振り返る生徒は多かった。「他者との相互作用」を示すような振り返りが多かったことは、意思決定の過程を辿る授業において、他者と関わりながら合意形成していく必要性があることを示唆している。しかし、本実践では「数学が意思決定に役立つと実感すること」を目指しているため、今回の分類では、本研究のねらいと直接関係がない振り返りであると判断した。

ここから、分類した振り返りをもとに分析・考察したことを述べる。4.5 節で述べたように、2,3 回目(B 組,C 組)の授業では、(学習活動 2)の教師の支援にある、「A(又は B,C)の良いところを箇条書きで板書」する部分を追加した。A 組の授業では、合意形成のときに、数学を使って価値の優先順位について話し合っている班が少ないという課題が見られた。そこで、B 組,C 組の授業では、生徒から出た価値と数学を結びつける時間を設定した。4.4 節でも述べたが、価値と数学を結びつける活動というのは、「最小値が小さい→足が速い」のように、「数学→価値」の関係を明らかにすることを指す。教室で共有した具体的な内容は、4.5 節で紹介したので、本節では、その活動を入れたことで、A 組の生徒と B 組,C 組の生徒の振り返りに差があったのかを分析する。分類Ⅰから分類Ⅳに属する振り返りの割合を、次の(表 9)に示す。

(表 9) 振り返り分類の結果(%：小数第 2 位を四捨五入)

	A 組	B 組, C 組
分類Ⅰ	17.4% (4/23)	22.2% (12/54)
分類Ⅱ	17.4% (4/23)	14.8% (8/54)
分類Ⅲ	4.3% (1/23)	13.0% (7/54)
分類Ⅳ	60.9% (14/23)	50.0% (27/54)

各分類の割合を見ると、A 組と B 組, C 組では、分類Ⅲに大きな差があるのが分かる。A 組よりも B 組, C 組の方が「数学を使って意思決定した」と振り返っている生徒の割合が多いと言える。授業実践②は、「数学的根拠を持って説明し、多面的に吟味して判断することができる」ような生徒の育成を目指す授業の中で、意思決定力を育成することを目的としている。分類Ⅲの差から、B 組, C 組の方が、「数学を使いながら意思決定した授業だった」と捉えている生徒が多いことが分かる。つまり、B 組, C 組で実践した授業の方が、授業実践②の目的である、意思決定力の育成が達成できた授業であったと分析できる。授業実践における A 組と B 組, C 組の違いは、(学習活動 2)の価値と数学を結びつける活動だけであったので、この活動の有無が生徒の振り返りの差に影響したと考えている。価値と数学が結びついたことで、合意形成の場面で、価値の妥当性や優先順位など、より高い水準での話し合いが行われたと考察する。

最後に、合意形成後の成果物について分析・考察を行う。合意形成の場面で、各班が記述した成果物について、基準Ⅰ「複数の数学的根拠を用いて説明している」、基準Ⅱ「価値に優先順位をつけている」の 2 つの評価基準をもとに分析を行なった。この 2 つの基準は、4.4 節で述べた(本時の展開)の評価「問題の文脈に合わせて、多面的に意思決定することができる」を達成できたかを判断するためのものである。複数の数学的根拠を用いて説明できている成果物を、基準Ⅰとしている。また、複数の数学的根拠を用いた上で、その価値に優先順位をつけている成果物を、基準Ⅱとしている。つまり、目指す生徒の姿は基準Ⅱに相当し、基準Ⅰはその途中段階にある。基準Ⅰ、基準Ⅱにあたる成果物の割合を、次の(表 10)に示す。

(表 10) 合意形成後の成果物の分析結果(%：小数第 2 位を四捨五入)

	A 組	B 組	C 組	B 組, C 組
基準Ⅰ	71.4% (5/7)	50.0% (4/8)	50.0% (4/8)	50.0% (8/16)
基準Ⅱ	14.3% (1/7)	37.5% (3/8)	37.5% (3/8)	37.5% (6/16)
その他	14.3% (1/7)	12.5% (1/8)	12.5% (1/8)	12.5% (2/16)

A 組は全部で 7 班、B 組は全部で 8 班、C 組は全部で 8 班に分かれて合意形成を行なった。妥当な理由や数学的根拠を記述していない班は、基準Ⅰ、基準Ⅱのどちらにも該当しないため、その他と表している。(表 10)に示すように、目指す生徒の姿(基準Ⅱ)に相当している班は、A 組が 1 班、B 組が 3 班、C 組が 3 班であった。B 組, C 組では、A 組と比べて、基準Ⅱに相当する班が多く、本時の目標を達成できた班が多いと言える。振り返りの分析と同様に、価値と数学を結びつける時間が本時の目標の達成度に影響していると考えられる。授業者(筆者)の見取りでも、合意形成の場面での話し合いの内容に差があると感じた。A 組では、複数の数学的根拠を使って説明しようとする様子が多く見られたのに対して、B 組, C 組では、どの数学的根拠が相応しいかや、それらの優先順位について話し合う様子が多く見られた。具体的には、安定性と最速タイムのどちらを採用するかなどの話し合いが行われる班が多かった。

以上のことから、価値と数学を結びつける活動をした上で合意形成が行われると、数学を用いて納得解を生み出すような授業が実現可能であるという示唆を得ることができた。このことより、数学の授業の中でも、意思決定力を育成する授業が実現できるのではないかと考察する。

4.8 節 成果と課題

1.2 節で述べたように、研究全体の目的は、「様々な価値観を含む教材を扱い、合意形成する場面を設定するという 2 つの手立てを、数学の授業に取り入れることで、数学を用いて納得解を生み出すような授業の実現方法を明らかにすること」である。このことを明らかにするために、授業実践②では、本時の授業で目指す生徒の姿を明確にした。具体的には、「数学的根拠を持って説明し、多面的に吟味して判断することができる」ような生徒の育成を目指して、西村らの示す「意思決定の過程」に沿った

授業開発を行なった。授業実践②の成果と課題を述べる前に、まずは、本時の振り返りを行う。2.1 節で述べた、「意思決定の過程」の定義を分割して、本時の授業展開と比較していく。定義の「意思決定を要する現実世界の問題を定式化」の部分は、本時においては、数値データをグラフ化する部分と対応している。つまり、本時は、教師が定式化の過程を行なっている。これは、筆者が「意思決定の過程」に沿った授業を行うにあたって、定式化よりも合意形成の場면을重視したためである。合意形成を行う授業では、本時の主な学習活動が合意形成に充てられる。そこで、定式化の過程を教師が行うことで、授業中の合意形成の時間を十分に確保できるようにした。次に、定義の「処理を施し、結果を得る過程を辿り、複数の選択肢を創出」の部分は、本時においては、グラフから読み取ったことをもとに、A, B, C の特徴を把握する部分と対応している。複数の選択肢とは、数学的根拠と価値をセットにして選ばれた代表選手を指している。具体的には、「四分位範囲が小さいから、安定していると言える。よって、B さんを選ぶ」などである。最後に、定義の「根拠を明確にしながら合意形成を図り、何らかの決定を行う」の部分は、小集団で合意形成し、全体で共有する部分と対応している。このように、「意思決定の過程」の定式化の後から合意形成するまでを、1 授業の中で行なったことになる。

授業実践②では、前述した研究全体の目的に対して、2 つの成果が得られた。まず、手立ての 1 つ目である、「様々な価値観を含む教材を扱うこと」に関する成果を述べる。授業実践①では、教材に単に価値を入れるだけでは、意思決定力の育成に繋がらないことが明らかになった。その課題に対して、授業実践②では、価値に優先順位をつけるときに数学を使うという、1 つの具体的な方法を提案した。本実践では、意思決定の過程を辿る授業を行うときに、数学を使いながら価値の優先順位をつけるような教材を扱うことで、合意形成の場面で数学的な考え方の良さを実感させることができた。数学を用いて根拠を示しながら納得解を生み出していく能力(意思決定力)の育成を目指す教材の 1 例を提案することができたと考えている。

次に、手立ての 2 つ目である、「合意形成の場面を設定すること」に関する成果を述べる。授業実践②を実施する過程で、単に合意形成する場面を設定するだけでは、意図するような話し合いが行われないという課題が明らかになった。それに対して、2、3 回目の授業実践では、合意形成の前に価値と数学を結びつける活動を設定したことで、合意形成の際に数学を使って価値の優先順位を話し合う様子が見られ、成果物や振り返りの質の向上が見られた。このように、単に合意形成の活動を設定するだけでなく、合意形成の前に選択肢を整理・共有する活動が必要であることが示唆された。以上の 2 つが授業実践②の成果であると考えている。

授業実践②の課題は2つある。1つ目は、班で深い議論が行われるように、合意形成の場面で授業者がどのように介入していくかである。班で合意形成する場面では、「Bさんはタイムが安定している」という話が出て、それで全員が納得する様子が見られた。発言した生徒の多くは、価値と数学を結びつけて考えて、安定していると判断していた。しかし、発言者以外の生徒が価値と数学を結びつけて考えていたかどうかを見取することはできない。また、仮に結びつけて考えていたとしても、安定しているという判断に疑問を抱く生徒がいるかもしれない。これらの生徒が、班の中で積極的に発言し、共有することでより深い議論が行われると考えられる。しかし、合意形成の場面では一部の生徒の意見が通ると、他の生徒が思考を止めてしまう側面もあると考えている。そこで、授業者が班に介入し、必要に応じて新たな価値を入れることも重要である。授業後の検討会で、安定していると聞いて納得している班に対して、「本当に安定しているのか」「本当に安定している方が良いのか」を問い直したらどうかという指摘があった。このように問い直し、ゆさぶることで、問題の文脈に戻って考えたり、価値の優先順位を考えたりする班が増える可能性がある。このように、合意形成の場面において、授業者がどのように介入していくかを検討することが課題である。

2つ目は、意思決定力の評価方法である。成果物や振り返りについて、評価基準を設定し比較することで、クラスごとの差を見取ることができた。しかし、生徒1人1人の意思決定力の向上を見取るためには、より詳細に分析する必要がある。今後の研究で、個人の振り返りや事前・事後テスト、アンケートについても分析していきたい。

5章 おわりに

5.1 節 研究のまとめ

授業実践①と授業実践②を振り返り、本研究のまとめを述べる。授業実践①では、「お土産の問題」で様々な価値を含む問題を扱い、お土産の買い方を合意形成する授業を実施した。山口らの示す『数理科学教育に関する授業の基本構造』に沿って授業を行い、価値命題を創出する姿が見られた。しかし、合意形成の場面で数学的根拠を用いて納得解を見つけていく生徒の様子は見られなかった。授業実践①には、数学を使う必要感がなかったこと、意思決定が個人で完結する内容であったことの2つの課題があると考察した。そこで、授業実践②では、意思決定の際に数学的根拠が用いら

れること、共通の目的が存在し、合意形成する必要感のある問題であることの両方を満たす授業を目指した。授業実践②の「代表選手を選ぶ問題」では、様々な価値を含む教材を扱い、データから読みとったことをもとに、問題の文脈に合わせて価値に優先順位をつけて、合意形成する授業を実施した。西村らの示す『意思決定の過程』に沿って学習活動を設定し、数学的根拠を用いて合意形成の様子を見取ることができた。また、合意形成の前に価値と数学を結びつける活動を設定する重要性が示唆された。本研究では、授業実践①で見えた課題に対して、授業実践②では具体的な方法を提案し、実践を行うことで、生徒が意思決定するような授業をすることができたと考えている。授業実践①、授業実践②を通して見えた課題と今後の展望を次節で述べる。

5.2 節 今後の展望

本研究の目的は、「2つの手立てを行うことで、数学を用いて納得解を生み出すような授業の実現方法を明らかにすること」としていた。その中でも特に、意思決定力の育成を目指す授業を開発し、実践することに焦点を当てて研究を行なった。本研究では、研究全体を通して行なっていた2つの手立ての内容が不十分であったことが明らかになった。授業実践を行う前は、「様々な価値を含む教材を扱うこと」「合意形成する場面を設定すること」の2つを手立てとしていた。今後は、本実践の成果と課題を踏まえて、「様々な価値観を含みつつ、価値の優先順位をつけるときに数学を使う教材を扱うこと」「合意形成の前に、価値と数学を結びつける場面を設定すること」「合意形成する場面を設定すること」の3つを手立てとして、数学を用いて納得解を生み出していく教材開発とその実践を行なっていきたい。更に、生徒の振り返り、事前・事後テストをより詳細に分析することで、生徒1人1人の意思決定力の評価方法を検討し、意思決定力の育成を目指していきたい。

	定 義	自己内			他者との相互作用 相 $\alpha \sim \gamma$
		相1 自己限定的	相2 多様性の萌芽	相3 社会的	
P0 : 問題発見 finding problem	現実世界を考察し、問題を発見する能力	特定の視点から、現実世界を考察し、問題を発見する。	異なる視点から、現実世界を考察し、問題を発見する。	多様な視点から、現実世界を考察し、問題を発見する。	他者がどのような視点から現実世界を考察し、問題を発見しているかを理解する。
P1 : 定式化 formulating	現実世界の問題を「数理解科学的問題」に翻訳する(直す)能力	特定の視点に沿って、現実世界の問題を「数理解科学的問題」に翻訳する。	異なる視点を設定し、その視点から、現実世界の問題を「数理解科学的問題」に翻訳する。	多様な視点を設定し、それぞれの視点から、現実世界の問題を「数理解科学的問題」に翻訳する。	他者がどのような視点を設定し、現実世界の問題を「数理解科学的問題」に翻訳したかを理解する。
P2 : 表現 representing	数理解科学的表現方法によって、意思決定の過程や方法、結果を表現する能力	特定の数理解科学的表現方法によって、意思決定の過程や方法、結果を表現する。	異なる数理解科学的表現方法も検討しながら、意思決定の過程や方法、結果を表現する。	問題や目的に応じて、適切な数理解科学的表現方法を工夫・洗練し、意思決定の過程や方法、結果を表現する。	他者の数理解科学的な表現方法を通じて、相手の意思決定の過程や方法、結果を理解する。
P3 : 推論・分析 reasoning & analyzing	数理解科学的手続きや考え方に基いて、推論をしたり、問題の構造を分析したりする能力	特定の数理解科学的手続きや考え方に沿って、推論をしたり、問題の構造を分析したりする。	異なる視座から、自分なり数理解科学的手続きや考え方を吟味しながら、推論をしたり、問題の構造を分析したりする。	数理解科学的手続きや考え方を自分で工夫したり、推論をしたり、問題の構造を分析したりする。	他者の数理解科学的手続きや考え方を理解し、その視点に沿って推論をしたり、問題の構造を分析したりする。
P4 : 解釈・評価 interpreting & validating	もとの現実世界の問題に照らし合わせて、意思決定の過程や方法、結果を解釈し、それらの妥当性を評価する能力	もとの現実世界の問題に照らし合わせて、自分自身の意思決定の過程や方法、結果を解釈する。	もとの現実世界の問題に照らし合わせて、自分自身の意思決定の過程や方法、結果を解釈し、それらの妥当性を評価する。	もとの現実世界の問題に照らし合わせて、自分自身の意思決定の過程や方法、結果を解釈し、必要があれば、より妥当性を高めるための修正を行う。	別のアプローチによる意思決定の過程や方法、結果とも対比しながら、類似点や相違点を比較・検討し、評価する。
P5 : コミュニケーション communicating	意思決定の過程や方法、結果を伝え合う能力	意思決定の過程や方法、結果を自己限定的な言語・表現で伝え合う。	意思決定の過程や方法、結果について、他者(一般)を意識した言語・表現で伝え合う。	意思決定の過程や方法、結果を相手(特定)の理解状況に伝え合う。	他者の意思決定の過程や方法、結果を理解し、自己のそれと比較・検討し、練り上げる。
MS : 数理解科学的 - 社会的価値の認識 realizing mathematical-scientific and social value	数理解科学的 - 社会的価値を認識する能力	特定の数理解科学的 - 社会的価値観に沿って、意思決定を行う。	異なる数理解科学的 - 社会的価値観を踏まえて、意思決定を行う。	複数の数理解科学的 - 社会的価値観を取り入れて、意思決定を行う。	他者による新規の数理解科学的 - 社会的価値観に基づいて意思決定を受け入れ、それらと比較・検討し、適切な意思決定を行う。

(図 15) 『授業デザインのためのフレームワーク』

引用・参考文献

- 1) 勝野頼彦(研究代表)(2013)：社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育過程編成の基本原則(教育課程編成に関する基礎的研究 報告書 5)，国立教育政策研究所平成 24 年度プロジェクト研究調査研究報告書。
- 2) 国立教育政策研究所(2023)：TIMSS 2023 算数・数学教育/理科教育の国際比較，(<https://www.nier.go.jp/timss/index.html#TIMSS2023>)。
- 3) 国立教育政策研究所(2022)：全国学力・学習状況調査，報告書・調査結果資料，(<https://www.nier.go.jp/kaihatsu/zenkokugakuryoku.html>)。
- 4) 西村圭一(2013)：社会的文脈における数学的判力の育成に関する総合的研究(平成 25～27 年度科学研究費補助金・研究成果報告書)。
- 5) 西村圭一(2014)：数理科学的意思決定力を育む数学教育の展望，「日本数学教育学会第 2 回春期研究大会論文集」。
- 6) 櫻井順矢(2015)：数理科学的意思決定の過程を重視した授業に関する研究—「バスケットボールの選手を選ぼう」を例にして—，日本数学教育学会誌・数学教育。
- 7) 清水宏幸，久保良宏，清野辰彦，長尾篤志，西村圭一(2015)：数理科学的意思決定力の育成に関する調査研究，日本数学教育学会誌・数学教育。
- 8) 清水宏幸，成田慎之介，櫻井順矢，鈴木侑(2018)：設計科学的視座に基づく数理科学教育における教材と授業モデルの開発，「日本数学教育学会・第 6 回春期研究大会論文集」。
- 9) 島田功，松島充(2018)：設計科学的視座に基づく新たな学術としての数理科学教育の創造—価値・価値観・価値命題，対話に焦点を当てて—，「日本数学教育学会・第 6 回春季研究大会論文集」。
- 10) 山口武志，西村圭一，島田功，松島充，松寄昭雄(2020)：学校教育における数理科学教育に関する開発的研究—数理科学教育の基本的枠組みについて—，科学教育研究，44(2)，104-122。
- 11) 石川大輔(2020)：数理科学的意思決定を意図する授業における教師の役割に関する一考察「社会科見学の経路決め」の授業を例に，日本数学教育学会誌。
- 12) 飯田慎司，山下昭，隅正幸，小森晃(1994)：算数学習におけるオープンエンドの問題による価値認識に関する研究—研究の概略と第 1 次報告—，九州数学教育学研究
- 13) 文部科学省(2017)：中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 数学編，日本文教出版。
- 14) 岡本和夫，森杉馨，根本博，永田潤一郎ほか 129 名(2023)：『未来へ広がる数学 2』，株式会社新興出版社啓林館。
- 15) 藤井齊亮，真島秀行ほか 94 名(2023)：『新しい数学 2』，東京書籍株式会社。