

数学科における批判的思考の育成する教材開発 —「問題発見」と「定式化」に着目して—

聖ドミニコ学園中学高等学校(数学科)

太刀川 祥平

他 2 名

1. はじめに

日本は、2011年の東日本大震災に伴う福島県で発生した原子力発電所事故、2020年から流行している COVID-19 の流行において、安全性やリスクについて各方面において強調されるようになった。放射能の飛散状況や健康被害、感染状況やウイルス拡散の仕組みなど、すべて数値で表されるが、この数値の背景には数学的(あるいは数理的)な方法による導出過程がある。さらにその数値の解釈と行動制限による社会への影響、数学的な導出方法や意思決定までを振り返り、市民にとって公正な検討と合意形成上で形成されたものであると認められなければならない。次に新たな危機的な状況があれば、このモデルを適用しつつ、新たな事象に特異なことを見つけ、モデルを洗練されるであろう。こういった流れは数学的モデル化過程であり、現在の日本の数学教育では当然扱われるべきものである。この教材は「生徒が楽しくできる」ということ以上に「意思決定の際、必ず根拠は何かを考えるようになった」「事象を数学的に解決する際に、条件を変えたり、変数をとりだしたり、幾何学化したりしている様子がみられた」といった、情意面だけではなく思考・判断・表現、知識・技能も充実することが期待できる。

近年、批判的思考が教育のキーワードとして掲げられ、それをどう育成するか、何を素材にして授業を行うのか、そして、どう評価するのかといった問いが学校教育において聞かれるようになった。しかしながら、そのような問いはあっても、単なる“バズワード化”している。その理由は、批判的思考そのものについての検討が学校現場において十分になされていないということにある。批判的思考とはいわゆる“新しい教育”を示しているキーワードではなく、本来、学問や教養を獲得し、人間形成を図り、民主的な社会をつくりあげる学校教育にあるべきものである。つまり、批判的思考を“新しい教育”としてみない学校で行われてきた教育は、学問を基礎としておらず、「教師－生徒」の関係を「主－従」の関係とし、子どもたちは何も獲得していない空っぽの存在だという銀行型教育を行ってきたのではないかと疑わざるをえない。このような現状に鑑み、筆者らは、学校教育における批判的思考の具体化について、本性や起源に迫りつつ、批判的思考を育成する教材の開発を行うこととした。のちにも述べるが、批判的思考とは、相手を批判するための武器ではない。

ところで、批判的思考が日本の数学教育学研究で再度着目し始められたのは、2015年に

『The Philosophy of Mathematics Education』(Ernest.P., 1991)の翻訳本である『数学教育の哲学』が、長崎栄三、重松敬一、瀬沼花子らによって刊行されたあたりであると筆者らは記憶している。さらに、2020年に『Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education』(Skovsmose.O.,1994)の翻訳本である『批判的数学教育の哲学』が馬場卓也らによって刊行された。Ernest はイングランド、Skovsmose はデンマークを拠点に活動している研究者であるが、この二国から日本は学ぶべきことは多いであろう。当然ながら、この2冊は批判的思考の研究をする数学科教師にとっては必携の書である。数学教育において批判的思考が着目されていることの理由の解釈は多様であると推察されるが、文部科学省による学習指導要領の命であるということ以外では、当然ながら民主主義的な社会を形成するためであるであろう。体系づけられている学問の発展においても、批判的思考は常に行われている。このような背景から、本研究では、批判的思考について、「民主主義的な社会を形成すること」「学問的な体系の形成すること」の2点に軸足を置き、研究を行った。

本研究では、中学校高等学校の数学科における批判的思考の育成について、実践事例から教材の開発方法を見出すことである。

日本の数学教育学研究においては、“クリティカルシンキング”よりも“批判的思考”を用いて論じることがほとんどである。クリティカルという語源や、数学教育学として研究を行うという意図から、本研究においても「批判的思考」と表記することにした。

2. 学校教育における批判的思考

(1) 批判的思考を検討することの意義

事象を批判的に捉える活動は、学校教育において重要な視点であり、数学教育においても、数学の学習を通して批判的思考力を育成することが求められている。これらに関しては「21世紀型スキル」(グリフィン他, 2012/2014)や数学的リテラシー(長崎, 2011)などの研究から多くの示唆を得ることができる。ここでは「批判的思考」が次代を生きる生徒に必要な汎用的な力と捉えられる。

Ernest は、自身の著書の日本語版『数学教育の哲学』(2015)の刊行に向けて、数学教育において哲学を考えることの意義について次のように述べている。

…、「数学教育の哲学」の最も狭い意味は、数学指導の実践の背後にある目的や存在理由に関連します。「数学の指導と学習の目的は何か」は重要な問いであり、多分この領域の探究において最も中心的なものです。なぜならば、その回答は、私たちはなぜこれらの実践に従事し、そして何が達成されることを望むのかを決定するからです。…

(『数学教育の哲学』, pp.485)

つまり、学校教育における数学の目的・目標、学校経営者や教師が持つ数学観、数学教

育観，子ども観，教育観などの価値観を問い直すことから始めるべきであり，単に“その場しのぎ”の授業をつくるのではないことを示している．

日本の数学教育学研究においては，久保(2013／2017／2022)が Ernest を論拠とし，数学教育における「批判的思考」の検討においては，究極的な目標を「民主的能力」の育成とし，これを達成するための方法として，次の3点から検討することが重要であると考えている．この3点は，教師の指導法と，生徒の問題解決の思考法の両面から設定している．

- a. 社会的な問題の考察に数学を批判的に用いる
- b. 数学の問題の解決過程を批判的にみる
- c. 数学そのものを批判的に捉える

久保ら(2022)では，上記の「a」に焦点をあてている．

次に，上記で出ていた市民に獲得させたい批判的思考と教育のイデオロギーとの関係について考察する．

(2) 批判的思考と教育のイデオロギー

① 批判的思考の捉え方

数学教育における批判的思考の検討では，古代ギリシャから続く西洋思考に関係するもの(小柳，2003)と，批判的教育学で検討される社会における抑圧の構造や支配の関係に関するもの(黒谷，2001 など)に大別されるが，本研究ではその両面から批判的思考を捉える．

また，小柳(2003)は，批判的思考では「志向性」と「対話」が重要であるとする．「志向性」は批判的思考が事象を否定的に捉えるものではなく，正しいものは何かを精査して真実に近づいていくものであると解釈でき，「対話」については，フレイレ(1970/1979)の主張を根底に置くものであると捉えられる．道田(2001)は，批判的思考は「態度」，「知識」，「技能」といった複数の側面から捉えられるとする．批判的思考では，特に事象を批判的にみるという態度形成が重要であると考えられる．本研究では，生徒と教師，また生徒間の対話を通して正しいものは何かを精査する活動に着目するが，ここでは情意的側面も重要な着眼点であると考えている．

ところで，批判的思考は，リテラシーやキー・コンピテンシーなどでも強調されている(長崎，2011)．ここでは，公平・平等の概念を含め，「異質の集団における交流能力」などに着目する必要がある．これを数学指導に照らせば，多様な考え方や経験，そして価値観の異なる異質の他者の集団の中でなされる数学学習が想定される．本研究では特に，多様な考え方や価値観の多様性などに着目する．また，数学的リテラシー研究では，数学や数学教育を可謬主義に立って捉えることが指摘されている(長崎，2011)．この点に関しては，

批判的数学教育(Skovsmose ,1994/2020)への着目が重要であると考えている。

批判的思考の類似概念には「反省的思考」や「論理的思考」がある。これに関して久保(2013)は、批判的思考は反省的思考や論理的思考を含む概念であると捉えている。そして批判的思考は反省的思考と比べ民主的な社会をより一層志向し、批判的思考は論理的思考と比べ文脈依存型の思考であり、社会的価値や倫理観などにも目を向けることが特徴であるとする。

このような先行研究の検討から、数学教育における批判的思考を捉えるキーワードとしては、「民主的な社会」、「公平・平等」、「可謬主義」、「対話」、「精査」、「自他の考え」、「他者の立場」、「知識」、「態度」などが挙げられると考えた。

このことを踏まえ、本研究では数学教育における批判的思考を、「対話により問題が明確になり、その解決に向けて情報を精査し、自他の考えを対比しながら他者の立場に立って検討し、公平、平等といった概念を加えながら先入観にとらわれることなく真実により近づいていくものであり、ここでは、その過程において民主的な社会の構築という目的に対する態度形成が求められるとともに、可謬主義に立つ数学教育において、文脈に適切な背景となる知識やストラテジーが重要な意味を持つ」(久保, 2013, p.123)と捉えた。

可謬主義といった何らかの立場に立つことの背景には、教師が持つ知識や考え方の捉え方、あるいは学びに対する捉え方がある。本研究では、これを教師が持つイデオロギーとして捉えることとした。

日本の教育では、イデオロギーについての議論は避けられる傾向にあると筆者は捉えている。筆者が各地での授業研究会の研究協議会に参加した研究会を振り返ると、特に、教科教育に至っては、その授業や教師がどのようなイデオロギーをもとに授業しているのかということを明言したり、指摘することは避けられてきていたりした。これには、その学校の風土も影響しているのであろうが、これだけ批判的思考がクローズアップされ、さらに授業改善の必要性が迫られているのであるから、教師のもつイデオロギーを明確にしたうえで、その教師の力量を形成しつつ、教材開発や教材研究、そして評価を行うことのほうが、良いであろう。

Ernest は、教育のイデオロギーを次のように整理している(表 1)。

表1 5つの教育的イデオロギー(アーネスト, 2015)

社会集団	産業訓練士	科学技術 実用主義者	古典的 人間主義者	進歩主義的 教育者	国民 教育者
政治的 イデオロギー	急進的右派, 「新右派」	能力主義, 保守主義	保守主義, 自由主義	自由主義	民主社会主義者
数学の見方	真理と規約の 集まり	有用な知識の疑問 の余地のない体系	構造化された純 粋な知識の体系	過程的な見方. 個人かされた数 学	社会構成主義的
道徳の価値	権威主義的, 「ビクトリア 時代」の価値, 選択, 努力, 自 助, 仕事, 道徳 的弱点, 「私た ちは良く, 彼ら は悪い」	功利主義的, 実用 主義, 便宜, 「富 の創造」, 科学技術の 発展	「目隠しされ た」公正, 客観 性, 規約中心の 構造, 階層, 父性 的「古典的」見方	人間中心, 思い やり, 共感, 人間 の価値, 養育, 母 性的, 「ロマンチ ックな」見方	社会的公正, 自 由, 平等, 友愛, 社会意識, 参加 と公民性
社会の理論	硬直した階層	能力主義的な階層	エリート主義, 層化された階級	柔軟な階層, 福 祉国家	改革を必要とす る不公平な階層
子どもの理論	小学校の伝統. 子供は「墮落し た天使」や「空 の容器」	子どもは「空の容 器」と「なまくら な道具」, 将来の労働 者や管理者	小学校の見方を 薄めたもの, 性 格形成, 文化が 飼いならず	子ども中心, 進 歩主義的見方. 子どもは「成長 する花」や「無邪 気な未開人」	社会的表見の見 方. 「環境によっ て型が作られる 粘土」や「眠れる 巨人」
能力の理論	固定され, 遺伝 された, 努力に よって実現さ れる	遺伝された能力	遺伝された精神 の鑄型	様々であるが, 世話をする必要 がある	文化的所産. 固 定していない.
数学の目的	「基礎に戻 れ」. ニューメ ラシーと従順 さの社会的訓 練	適切な水準と資格 への有用な数学(産 業中心)	数学の知識の体 系の伝達	創造性, 数学に よる自己実現 (子ども中心)	数学を通じた批 判的意識と民主 的公民性
学習の理論	勤勉, 努力, 練 習, 機械的続 き	技能獲得, 実際 的経験	理解と応用	活動, 遊び, 探究	質問, 意思決定, 交渉
数学指導の理 論	権威主義者, 伝 達, ドリル, 「ぜ いたく」なし	技能指導者, 仕事 の関連による動機 付け	説明, 動機付け, 構造の上を通る	個人的な探究の 促進, 失敗を防 ぐ	話し合い, 対立, 内容や教授法へ の質問
資源の理論	チョークと話 だけ, 反電卓	ハンズオンとコン ピュータ	動機付けのため の視覚教具	探究するための 豊かな環境	社会的に適切 な, 真正の
数学の評価の 理論	簡単な基本の 外部試験	カンニングを避け る, 外部試験と資 格, 技能のプロフ アイリング	階層に基づいた 外部試験	教師が先導する 内部評価, 失敗 を防ぐ	多様な様相, 社 会的な論点や内 容の使用
社会的多様性 の理論	階層によって 分化された学 校教育, 隠れた 人種差別主義 者, 単一文化主 義者	将来の職業によ ってカリキュラム を変える	能力のみによ ってカリキュラム を変える(数学 は中立的)	中立的な数学を すべての人のた めに人間化する. 地方の文化を 使う	社会的, 文化的 多様性を一つの 必要性への調節

なお, 本研究グループは, 「国民教育者」としてのイデオロギーのもと, 研究を進めてきた. 紙幅の都合上, 詳細な説明は省略するが, 表1のイデオロギーは, 教師の信念や教師の知識の獲得, そして授業目標の設定, 生徒への対応等, 学校教育のありとあらゆる場面に表出すると考えられる. また, 表1をもとに授業評価を行い, 授業研究に活かすこともできるであろう.

(2)日本の学校数学

数学教育における「批判的思考」の検討では, これを数学指導でどのように具体化して

いくのかが数学教育研究の課題である。

社会的文脈に関する教材では、題材が現実的、社会的事象であり数学化や数学的検証といった活動があっても、生徒の考察の対象は数学の指導内容に重点が置かれがちである。

一方、これからの社会を生き抜く生徒像を考えると、「社会の問題の考察に数学を批判的に用いる」ことに着目した活動では、その背景にあるものや数学の舞台にあげるうえで捨象されがちな事柄にも生徒の目を向けさせることが必要となる。これは、PISAの「読解力」や「数学的リテラシー」などに関係し、数学教育の文脈でより積極的に検討し、具体化すべきものであると捉えている(澤田, 2022)。この捨象されがちな事柄に関して、たとえば馬場(2009)や島田(2017)の研究では、社会的オープンエンドな題材において社会的価値観などを児童・生徒の考察の対象としている。

「社会の問題の考察に数学を批判的に用いる」教材の具体化について、新聞記事を批判的に捉えることを軸として開発された授業がある。例えば、久保(2001)の、公共交通手段として開通したモノレールに対して、「急カーブのちょっとしたジェットコースター気分」と記述された新聞記事について検討するものなどがある。このモノレールの授業では、「新聞記事に間違いはない」という意見に対し、「このような公共の乗り物があってよいのか」とする社会的価値観にも目を向けた議論がなされたうえで、新聞記事が急カーブであると指摘する場所について、円弧の中心を求める作図から検証させた。ここには、本研究で検討する数学教育における「批判的思考」に関して、その素地となる生徒の考察があると捉えた。

久保(2022)では、このような先行事例を踏まえ、平成27年9月7日の新聞(朝日)に掲載された、ヤクルトの山田哲人選手のトリプルスリー達成の可能性について、「ほぼ確実にした」と報じた新聞記事に着目した。ここには、モノレールの授業と同様に、新聞記事の記述が適切であるかが生徒の考察の対象となる。ただし、モノレールの授業と異なり、後に示す「リスク」にも着目して「批判的思考」を検討する点に特徴がある。

しかしながら、このような事例を開発するまでのプロセスについては、明確に示されておらず、これが批判的思考を育成する教材の開発が行き詰まる要因であると、本研究では捉えている。

4. 批判的思考の育成を目指した教材開発

(1) 数学的モデル化過程

前述のように、社会の問題の考察をする題材を用いることが批判的思考を育成することになる。そこで、社会の問題の解決では、事象を数学化することとといった、数学的モデル化のプロセスが行われる。

数学教育学研究において、数学的モデル化過程を授業において具体化する研究は数多くなされている。本研究では、数学的モデル化過程を「社会の問題」「数学の問題」「数学的

結論」の循環において、問題の翻訳、定式化、といった数学的問題解決の要素を関連付けて論理立て、実践例を示した西村圭一氏の研究を基盤として研究を行った。

西村(2012)は次のような数学的モデル化過程を示している。

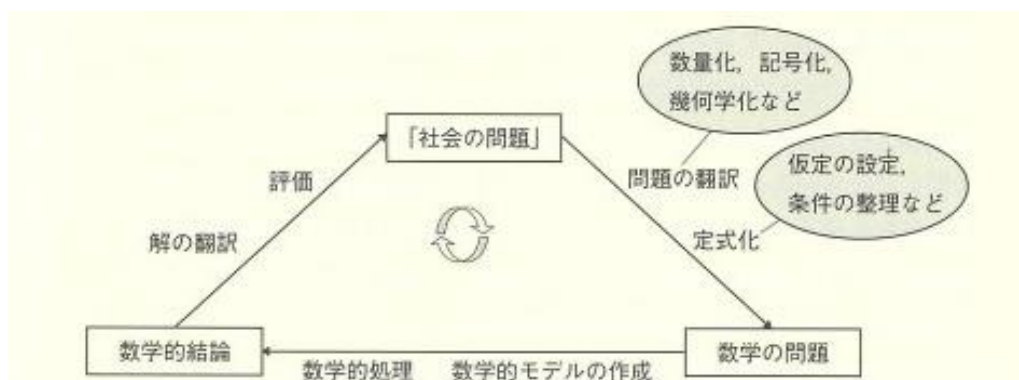


図1 数学的モデル化過程(西村, 2012)

本研究では、上記モデルの定式化に焦点をあてて教材開発を行った。

(2)本授業の内容と生徒の反応

教材の開発に至っては、国際バカロレア一条校などの探究を重視した教材を開発している学校において実践されている授業を参考にした。特に、本研究では、東京学芸大学附属国際中等教育学校数学教育研究会が作成したテキスト『TGUISS 数学』シリーズを参考にした。

①題材「震央の揺れ始めの時間を求めよう」

本授業は、2022年11月に本校中学校第1学年にて実施した教材である。

2011年3月11日に三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生した。いくつかの観測地点で得られたデータをもとに地震の発生時刻を求めてみよう。震源の深さは24kmですが、観測地点までの、震央からの距離と震源からの距離はほぼ同じと考えてよい。

さらに、観測地点と北緯、東経、震央距離、揺れ始めの時刻をまとめた表と、日本地図を提示した(東京学芸大学附属国際中等教育学校数学教育研究会, 2019)。

番号	観測地点	北緯	東経	震央距離 (km)	揺れ始めの時刻
1	宮城県仙台	38.27	140.93	170	14:46:49
2	福島県相馬	37.79	140.92	174	14:46:50
3	宮城県古川	38.58	140.97	174	14:46:50
4	岩手県遠野	39.34	141.54	179	14:46:51
5	岩手県水沢	39.15	141.15	188	14:46:51
6	山形県山形	38.26	140.35	221	14:46:59
7	福島県郡山	37.40	140.36	234	14:47:01
8	岩手県川尻	39.32	140.78	226	14:47:00
9	福島県古殿	37.09	140.56	232	14:47:01
10	山形県新庄	38.77	140.30	236	14:47:01
11	岩手県大志田	39.52	140.83	236	14:47:01
12	青森県八戸	40.51	141.48	293	14:47:10
13	山形県酒田	38.91	139.81	281	14:47:10
14	栃木県黒磯	36.94	140.08	277	14:47:09
15	茨城県笠間	36.39	140.24	301	14:47:11
16	福島県下郷	37.31	139.90	275	14:47:09
17	秋田県玉川	39.77	140.67	266	14:47:09
0	震央	38.06	142.51	0	

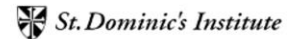


授業は、「比例・反比例」の導入として実施した。

授業は、ビデオカメラで撮影した。なお、現実的な事象を扱った問題の解決の経験は、中学校に入学して初めて経験し、7カ月が経過している。なお、当時は、理科の授業で地震について学習をしていた。

以下、日本学校教育実践学会で発表した授業当時の教師の主な発問、生徒の反応、板書の一部をまとめたパワーポイントのスライドを掲載する。

1.本授業の内容と生徒の反応 (2)生徒の反応



2011年3月11日に三陸沖でマグニチュード 9.0の地震が発生した。いくつかの観測地点で得られたデータをもとに地震の発生時刻を求めてみよう。震源の深さは24kmですが、観測地点までの、震央からの距離と震源からの距離はほぼ同じと考えてよい。



確認ですが、何を求めるのですか？

地震の発生時刻です！



求めたいこと
地震の発生時刻

番号	観測地点	北緯	東経	震央距離 (km)	揺れ始めの時刻
1	宮城県仙台	38.27	140.93	170	14:46:49
2	福島県相馬	37.79	140.92	174	14:46:50
3	宮城県古川	38.58	140.97	174	14:46:50
4	岩手県遠野	39.34	141.54	179	14:46:51
5	岩手県水沢	39.15	141.15	188	14:46:51
6	山形県山形	38.26	140.35	221	14:46:59
7	福島県郡山	37.40	140.36	234	14:47:01
8	岩手県川尻	39.32	140.78	226	14:47:00
9	福島県古殿	37.09	140.56	232	14:47:01
10	山形県新庄	38.77	140.30	236	14:47:01
11	岩手県大志田	39.52	140.83	236	14:47:01
12	青森県八戸	40.51	141.48	293	14:47:10
13	山形県酒田	38.91	139.81	281	14:47:10
14	栃木県黒磯	36.94	140.08	277	14:47:09
15	茨城県笠間	36.39	140.24	301	14:47:11
16	福島県下郷	37.31	139.90	275	14:47:09
17	秋田県玉川	39.77	140.67	266	14:47:09
0	震央	38.06	142.51	0	

(防災科学技術研究所資料より)

何がわかれば発生時刻がわかる？

時刻？時間？

“き（距離）・は（速さ）・じ（時間）”
を使えばいいよ！

“き”はわかっているよ！

時刻？時間？何が違うの？

距離以外には、どんなことがわかっているかな？

番号	観測地点	北緯	東経	震央距離 (km)	揺れ始めの時刻
0	震央	38.06	142.51	0	

(防災科学技術研究所資料より)

11/4 地震はいつ起きたのかわかる？

求めたいこと
地震の発生時刻

わかっていること

- 観測地点の位置
- 震央距離
- 揺れはじめの時刻
- マグニチュード

き
は
じ

き
は
じ

何がわかれば発生時刻がわかるんでしょう？

速さがわかればいいです。

時間は、2つの観測地点の揺れ始めの時刻の差からわかります。

～個人追究～

比例っばい・・・。

計算しにくいから、四捨五入して簡単な数にしてもいいですか？

大体のことがわかればいいもんね！

番号	観測地点	北緯	東経	震央距離 (km)	揺れ始めの時刻
1	宮城県仙台	38.27	140.93	170	14:46:49
2	福島県相馬	37.79	140.92	174	14:46:50
3	宮城県古川	38.58	140.97	174	14:46:50
4	岩手県遠野	39.34	141.54	179	14:46:51
5	岩手県水沢	39.15	141.15	188	14:46:51
6	山形県山形	38.26	140.35	221	14:46:59
7	福島県郡山	37.40	140.36	234	14:47:01
8	岩手県川尻	39.32	140.78	226	14:47:00
9	福島県古殿	37.09	140.56	232	14:47:01
10	山形県新庄	38.77	140.30	236	14:47:01
11	岩手県大志田	39.52	140.83	236	14:47:01
12	青森県八戸	40.51	141.68	293	14:47:10
13	山形県酒田	38.91	139.81	281	14:47:10
14	栃木県黒磯	36.94	140.08	277	14:47:09
15	茨城県笠間	36.39	140.24	301	14:47:11
16	福島県下郷	37.31	139.90	275	14:47:09
17	秋田県玉川	39.77	140.67	266	14:47:09
0	震央	38.06	142.51	0	

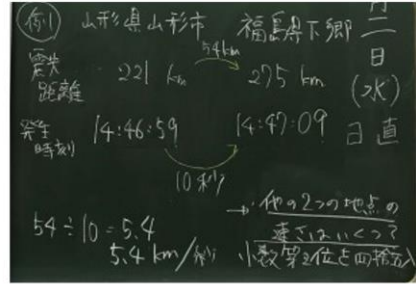
(防災科学技術研究所資料より)

震央の距離が離れるほど時刻が遅くなるという見方はされていなかった。

～集団討論（第2時）～

速さを求めることができました。
5.4km/秒でした。

山形県山形 221km 14:46:59
福島県下郷 275km 14:47:09

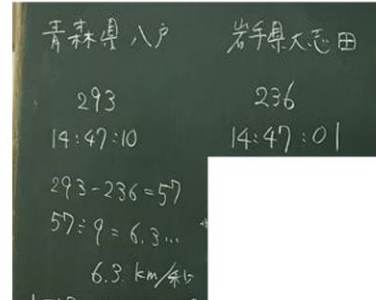


あれ？私は6.3km/秒だったよ。

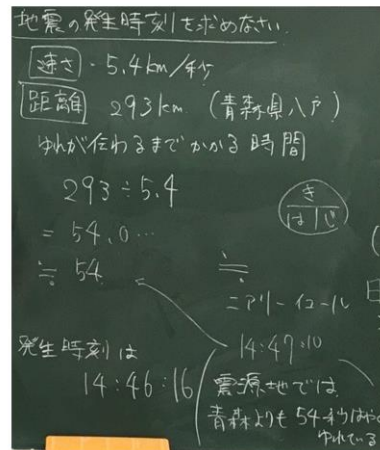
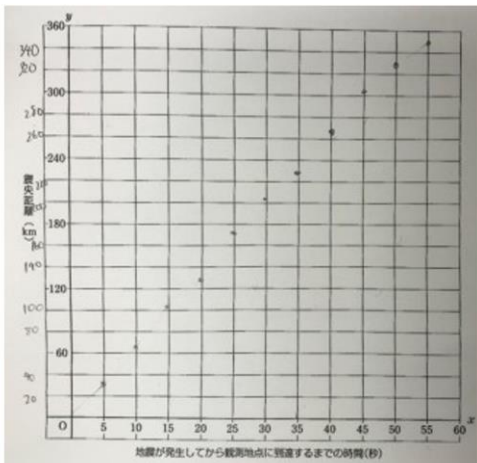
青森県八戸 293km 14:47:10
岩手県大志田 236km 14:47:01



誤差だよ！誤差！四捨五入しなければ、
同じになったはずだよ！



速さが異なることがわかったものの、数学的处理以外の要因には目が向けられなかった。



地震発生時刻を予測したが、実際の地震発生時刻（14:46:18）との差が生じる要因を追及するに至らなかった。

5. 考察

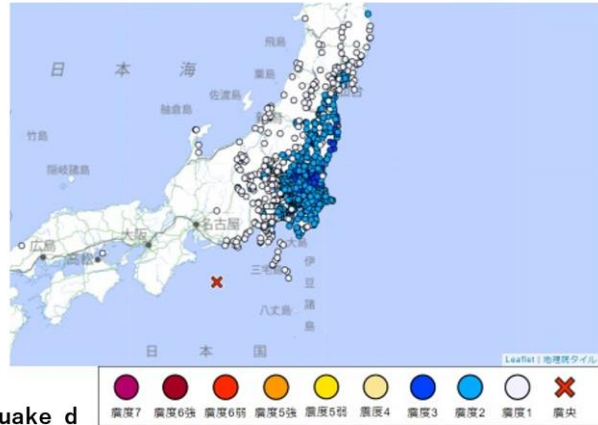
本実践では、西村(2019)が示したモデルにおける、「解の解釈」「評価の段階」で数学的処理に目が向けられた。一方で、生活上の経験や他教科の知識、特に理科の知識が捨象されることが明らかになった。批判的思考を育成するためには、定式化段階にも目が向けられる必要があると筆者らは考える。

本研究では、この定式化段階、特に仮定の設定、条件の整理を促す題材の開発を行った。以下、日本学校教育実践学会にて示したスライドを示す。

数量化、仮定や条件に目が向けられるようになるためには？

・問題設定の変更

【案】 次の表は、2011年3月11日に発生した東日本大震災のデータである。このとき、三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生した。右の図は、2022年11月14日に発生した三重県南東沖（M6.1、震源の深さ350km）の震度を表したものである。2つの地震から**どのようなことがいえるだろうか。**



気象庁
https://www.data.jma.go.jp/multi/quake/quake_detail.html?eventID=20221114171426&lang=jp

上記の問題では、2011年の東日本大震災の地震データと、2022年の三重県沖の地震データを同時に提示する。

この2つのデータを比較することで、条件や仮定(異常震域、震源の深さ、など)に着目し、震度がほぼ同心円状に並んでいること、遠くなればなるほど揺れが小さくなるということ、を発見するようになることが期待される。同心円状に並んでいることは幾何的な考察、揺れの大小と震央からの距離の関係は、関数的な考え方であるが、日本において地震は日常的に発生していることでありその経験との関係が期待される。

6. まとめと今後の課題

本研究で見出した批判的思考を育成する教材の開発の視点が次の通りである。

- ①題材に関する実際のデータの提示すること。
- ②他教科の知識や考え方をつかう場面を設定すること。
- ③数学的モデル化過程を志向して作成された題材の利用すること。
- ④オープンな問題設定をし、問題解決のプロセス上で数学を発見するような授業を構築すること。

また、批判的思考そのものの理解が教師に必要であるだけでなく、数学的な見方や考え方を教師自身が獲得することあるいは想起することも必要であると考えられる。つまり、教師教育や教員養成からの視点でも、数学授業における批判的思考の育成を目指した教材開発の方法を検討する必要があるとの考えである。以下がその視点からのまとめである。

- ・提示するデータ，題材に潜む他教科の知識や考え方，題材の背景の理解
- ・オープンな問題を扱うことに対する寛容さ
- ・生徒に任せる教育観 生徒が思考できるようによいタイミングで問いかける技術

今後の研究課題は，次の3点である．

- ①批判的思考が育成される様相を，質的研究の手法を用いて分析を行う．
- ②教材開発の方法のさらなる追究
- ③教師教育用のモジュールの開発

【引用参考文献一覧】

- 馬場卓也(2009). 算数・数学教育における社会的オープンな問題の価値観からの考察. 全国数学教育学会誌数学教育学研究, 15(2), 51-57. https://doi.org/10.24529/jasme.15.2_51
- ベック,U. (1998). 危険社会：新しい近代への道(東廉・伊藤美登里訳). 法政大学出版局. (原著出版 1986 年)
- 久保良宏・菅原大・太刀川祥平(2022). 数学教育における「批判的思考」の社会的文脈からの具体化—プロ野球のトリプルスリー達成におけるリスクに着目して—. 日本数学教育学会誌, 第 104 巻, 第 9 号, 2-13.
- グリフィン,P., マクゴー,B., ケア,E.(2014). 21 世紀型スキル：学びの評価の新たなかたち(三宅なほみ監訳). 北大路書店. (原著出版 2012 年)
- フレイレ,P. (1979). 被抑圧者の教育学(小沢勇作・楠原彰・柿沢秀雄・伊藤周訳). 亜紀書房. (原著出版 1970 年)
- 平山るみ(2015). 批判的思考の態度. 楠見孝・道田泰司編, 批判的思考：21 世紀を生きぬくリテラシーの基盤(pp.38-41). 新曜社.
- 一之瀬正樹(2013). 放射線問題に立ち向かう哲学. 筑摩選書.
- 久保良宏(2001). ジェットコースター気分のモノレールについて. 長崎榮三編, 算数・数学と社会・文化のつながり(pp.134-141). 明治図書.
- 久保良宏(2013). 批判的思考における対話の重要性と数学的コミュニケーション：パウロ・フレイレに焦点をあてて. 日本数学教育学会誌数学教育学論究臨時増刊, 95, 121-128. https://doi.org/10.32296/jjsme.95.RS_121
- 久保良宏(2016). 批判的思考とその具体化にみるリスクに関する一考察. 北海道教育大学旭川実践教育研究, 20, 1-10.
- 久保良宏(2017). 数学教育における民主的能力と批判的思考. 日本数学教育学会第 5 回春期研究大会論文集, 201-208.
- 久保良宏・久永靖史・谷口千佳・太刀川祥平(2017a). 社会的文脈に着目した数学教育にお

- ける批判的思考の具体例と学習者の考え方の傾向. 日本数学教育学会誌数学教育, 99(5), 2-9. https://doi.org/10.32296/jjsme.99.5_2
- 久保良宏・菅原大・松田遥(2017b). 「批判的思考」とその背景にある「リスク」の具体例：プロ野球「トリプルスリー」の新聞記事を批判的にみる授業から. 日本数学教育学会第 50 回秋期研究大会研究集録, 59-62.
- 楠見孝(2015). 心理学と批判的思考. 楠見孝・道田泰司編, 批判的思考：21 世紀を生きぬくリテラシーの基盤(pp.18-23). 新曜社.
- 黒谷和志(2001). 教育実践における批判的リテラシーの形成：パウロ・フレイレの再評価をめぐって. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 50, 253-255. <http://doi.org/10.15027/18415>
- 気象庁
(https://www.data.jma.go.jp/multi/quake/quake_detail.html?eventID=20221114171426&lang=jp)(2022 年 12 月 3 日確認)
- 道田泰司(2001). 批判的思考の諸概念：人はそれを何だと考えているか？. 琉球大学教育学部紀要, 59, 109-127.
- 村越真・長岡健一(2015). 山のリスクとつきあうために. 東京新聞出版局.
- 長崎榮三(2001). 算数・数学と社会・文化のつながり. 明治図書出版.
- 長崎榮三・重松敬一・瀬沼花子(監訳)(2015). 数学教育の哲学. 東洋館出版.
- 長崎榮三(2011). 数学教育におけるリテラシーについてのシステミック・アプローチによる総合的研究. 科研・基盤(B)研究成果報告書.
- 中谷内一也(2008). 安全. でも, 安心できない・・・: 信頼をめぐる心理学. ちくま新書.
- 西村圭一(2016). 真の問題解決能力を育てる数学授業: 資質・能力の育成を目指して. 明治図書出版.
- 西村圭一(2012). 数学的モデル化を遂行する力を育成する教材開発とその実践に関する研究. 東洋館出版社.
- 西村圭一(2010). 中学校新数学科 活用型学習の実践的事例集 豊かに生きる力をはぐくむ数学授業. 明治図書.
- 小柳和喜雄(2003). 批判的思考と批判的教育学の「批判」概念の検討. 奈良教育大学紀要, 12, 11-20. <http://hdl.handle.net/10105/71>
- Paul Ernest(1991). The Philosophy of Mathematics Education, Routledge, Falmer.
- 澤田利夫(2022). 国際調査からみた日本の学力. 科学振興新社/フォーラム・A.
- 島田功(2017). 算数・数学教育と多様な価値観: 社会的オープンな問題による取り組み. 東洋館出版社.
- Skovsemose.O.(馬場卓也監訳)(2020). 批判的数学教育の哲学 数学教育学の新しい地平. 丸善プラネット. (原著出版 1994 年)
- 竹内啓(2010). 偶然とは何か: その積極的意味. 岩波新書.

田中優子・楠見孝(2007).批判的思考の使用判断に及ぼす目標の文脈の効果. 教育心理学研究, 55, 514-525. https://doi.org/10.5926/jjep1953.55.4_514

東京学芸大学附属国際中等教育学校数学教育研究会(2019). TGUISS 数学 2. 株式会社正進社.

共同研究者

(代表)太刀川祥平

名越康裕

小林真千