

中学生高校生の「科学」の捉え方とその変容に関する研究

三田国際科学学園中学校高等学校

渡邊 新大

他 3 名

1. はじめに

現代における諸課題に対応する力を育成するために、教科横断型や Transdisciplinary 型（松原・高阪，2017）の授業はより一層盛んに実践され、改善される必要がある。教科を「現象を捉え、理解するためのメガネ」とすると、そのメガネのさきの考察の対象となるものは、ある教科だけで実態を捉えられるものではないからである。解決しなければならない課題は、何者からか与えられるものではなく、市民一人ひとりがその課題を見出すといった能力が必要となる。これは、ブラジルの教育学者のパウロ・フレイレによる「課題提起型教育」に通じるものである。教科横断型や Transdisciplinary 型の授業は、この課題提起型教育の実現に寄与するものであると捉えられ、そして、科学の進展・深化を支える授業の理念であると考えられる。

学習者に目を向けると、生徒達は日常生活の中でも「科学」の考察の対象となる現象があふれる世界の中で生活しており、特に Social Networking Service といったアクセスしやすい媒体からの影響は大きいと考えられる。そしてこれは、生徒の「科学」の捉え方にも影響を与えていると考えられる。すでに獲得した知識や見方・考え方は、銀行型教育の下で行われる知識注入型の授業では変容しにくいものであると考えられる。それに対する課題提起型教育のもとでの問題解決型・探究型の学習は、実験などの経験をもとにして考察をしていくことは、生徒がすでに持っている「科学」に対する捉え方を変容し得ることが想定されるが、それが何を契機に、どのように捉え方を変えていくのかを明らかにすることで、授業づくりの指針が立てられることが考えられる。つまり、授業で扱う題材が科学的であっても、科学の捉え方の変容の過程が明らかにならない限り、教材と目標との関係を考察したり、教材に対する生徒の反応を想定したりすることあるいは解釈したりすることは困難であると考えられる。生徒の「科学」の捉え方を明らかにすることは、先行する概念を明らかにすることにもなり、「科学」の指導の指針を見出すことにもなる。

2. 研究の目的と方法

上記「1.」を踏まえ、本研究は、教科横断型や Transdisciplinary 型の授業を構築の指針とするための、生徒が持つ「生物」「物理」「化学」「数学」といった「科学」に対する捉

え方とその変容の様相を明らかにすることが目的である。

この目的の達成のために、以下の研究課題とそれに対する方法を設定した。

研究課題 1 インフォーマルな学習における生徒の「科学」に対する捉え方を明らかにする。

研究方法 1-1 本校生徒が小学生期に経験した学習や、「科学」が関わる時事を文献によって調査する。

研究方法 1-2 理科と数学の教科横断に関する文献（例えば、安藤，2025）や数理科教育に関する文献（例えば、西村，2020）を中心に、生徒の理数に対する捉え方に関する先行研究を調査する。

研究課題 2 フォーマルな学習における「科学」に対する捉え方を明らかにする。

研究方法 2-1 「物理」「生物」「化学」「数学」の授業で行われる、本校生徒に対するレディネス調査と彼らの授業後の「振り返り」の記述を継続的に収集する。

研究方法 2-2 研究方法 1-1 で得られた記述データを、質的研究法の SCAT 分析（大谷，2021）を援用し、「科学」に対する捉え方の傾向を分析する。

研究課題 3 生徒の「科学」に対する捉え方の変容の契機を明らかにする。

研究方法 3 研究課題 2 に取り組む中で得られたデータと、授業者による学習指導案（略案含む）や授業資料、メモ、授業記録を手がかりに、実施された授業における生徒の「科学」に対する捉え方の変容の契機を捉える。

研究課題 4 生徒の「科学」に対する捉え方を変容させる指導を提案する。

研究方法 4 上記研究課題 1, 2 から得られた知見をもとに、生徒の「科学」に対する捉え方を変容させる授業を学習指導案の形で提案をする。

3. インフォーマルな学習における生徒の「科学」の捉え方に関する先行研究

インフォーマルな学習における生徒の「科学」に対する捉え方について、先行研究では様々な指摘がされている。

理科で育てる「量的感覚」に焦点をあてた久保・安藤・太刀川（2022）は、小中高段階では「長さ」「広さ」「角度」「重さ」の感覚が学年進行とともに身につけているとは言い難いこと、「量の感覚」の育成は数学教育と理科教育の両面からの育成が必要であることを指摘した。久保らは、質問紙調査において「小学校の 25m のプールの容積は、およそどれくらいですか。次のア～オの中からもっともふさわしいものを選びましょう」とい

う質問を設定した。選択肢は「ア. 約 500 万 L イ. 約 50 万 L ウ. 約 5 万 L エ. 約 5000L オ. 約 500L」であった。この正答は「イ」であるが、これに正答するためには、「1m²は 1000L」という小学生で学習した知識が必要である。久保らの調査では、中学 1 年生は正答率が 28%であった。ところで、プールだけでなく、池や湖等、容積が関わるものは日常生活にあるものである。他にも社会科では、例えば琵琶湖や近隣の池や湖の容積について学習する機会があると考えられる。しかし、久保らが指摘するように、この調査結果からは、それに対する量感覚が学年進行と共に育っているとは言い難い。このように、理科の学習だけでは育っていない感覚があるため、「科学」に対する捉え方も学年進行とともに身につけているとは言い難いと考えられる。

「科学」に対する捉え方には、漫画やアニメ、小説、SNS なども影響していることが考えられる。林（2022）は、大学生が、ファンタジー世界のファイヤーボールの説明に、現実世界と同じ原理の「投射」「燃焼」および「魔法」の説明を適用するのかを調査している。その結果、「燃焼」についての説明がなされない傾向にあること、一方で「魔法」についての説明はされる傾向にあることを明らかにした。これは、ファンタジー世界の現象を「科学」の視点では捉えているとは言い難いことを示唆している。

SNS は久保ら（2022）や林（2022）の研究から、生徒は、日常のものを自ら「科学」の視点で学習しているとは言い難いこと、さらにマンガやアニメなどのファンタジー世界についても「科学」の視点では解釈していないと想定される。つまり、「科学」の捉え方は、学校教育で獲得、変容できる独自のものであると考えられる。

4. 生徒の「科学」の捉え方

本研究では生徒の「科学」の捉え方を明らかにするが、特に、高校生の「科学」の捉え方について着目する。

（1）調査の方法

調査対象者、調査方法、質問項目は次の通りである。

①調査対象者

都内私立中高一貫校 高校 1 年生 理系クラス 41 名（男子 16 名・女子 25 名）

②調査方法

- ・タブレット端末を用いて、Google Form にて回答を収集。
- ・初回調査は、初回の授業前に調査を行い、授業終了後にも調査を行った。それ以降は、毎授業終了後に調査を行った。

③質問項目

質問項目は次の通りである。

【質問 A】今のあなたの「物理」に対する考えやイメージ、印象を教えてください。

【質問 B】（回答 A に対して）それはなぜですか？きっかけなどがあればそれを教えてください。

【質問 C】今日の授業で一番大事だと感じたこと・一番印象に残っていることを教えてください。

【質問 D】授業前と授業後で、あなたの「物理」に対する考えやイメージ、印象はどのように変化しましたか？

【質問 E】そのように変化したのはなぜですか？（授業中の経験、行われた対話、受け取ったメッセージなどがあればそれを教えてください）

（2）調査結果の分析

先行研究から、生徒の学びが、学校の授業ではない場で得られた何らかの事柄の影響を受けていることを示唆している。しかし、それは「科学的」に捉えられていなかったり、誤った「科学」の見方をしていたりする可能性もある。生徒は見聞きしたことをすべて記憶しているわけでもなければ、それをすべて正確に語ることは困難がある。しかし、筆者らは、哲学者ヴィトゲンシュタインの立場に立ち、授業後の振り返りの記述で語られたことの中でインフォーマルな場面を垣間見る語りを「生徒のインフォーマルな学び」と位置づけ、それを抽出することにした。

なお、「#数字」と表記されているものは、授業の通し番号を示している。

①「イメージ」「印象」とその「契機」との関係性を分析するコード

質問 A に対する回答 A を以下のように分類した。これをコード A とした。

表 1 コード A の分類

コード	名称	説明（定義）
A1	数学との関係の理解	物理が数学（数式・関数・比例・計算など）と密接に関係していることへの気づき。「物理は数学に似ている」「数式や計算が重要だと分かった」など。
A2	数学以外の他教科との関係の発見	物理と、数学以外の他教科（化学・技術・情報・音楽・美術・社会など）とのつながりへの気づき。
A3	内容理解の深化	単元内容・現象の仕組み・概念（例：音の性質、波の特徴など）の理解が深まったことを、物理についての見方の変化として述べている場合。「音の性質がはっきり理解できた」など。

A4	モデル化の理解	現象を数式・図・モデルとして抽象化・理想化して表現するという、物理の“モデル化の考え方”への理解。現象は数式で表せる、構造化して考える、といった気づき。
A5	観察・実験可能性の理解	物理は「観察・実験によって確かめられる学問」であるという理解。現象を実際に見て・確かめて・再現できることに言及している場合。
A6	身近さの発見	物理が日常生活・身の回りの現象と深くつながっているという気づき。「思っていたより身近」「普段の生活と関係している」など。
A7	興味・楽しさの変化	面白い・楽しい・もっと知りたいと感じた、あるいは逆に興味を失ったなど、情意的側面の変化。
A8	難易度や自信の変化	難しい／簡単、自信がついた／なくなったなど、学習のハードル感や自己効力感に関する変化。
A9	その他	上記のどれにも当てはまらない、または情報不足で判断が難しい回答。

質問 B に対する回答 B のコードを以下のように分類した。これをコード B とした。

表 2 コード B の分類

コード	名称	説明（定義）
B1	数学的説明・公式理解の影響	公式の意味、数式の使い方、数学的推論など、数学的説明が変化のきっかけとなった場合。
B2	数学以外の他教科との関連の影響	化学・技術・情報・音楽・美術・社会など、他科目との関連づけが理解を促した場合。
B3	説明・対話の影響	教員の説明・語り、授業中の対話や議論、質問応答など、言語的なやりとりによる影響。
B4	演示実験・教材の影響	教員が提示した実験・デモンストレーション・教材（物理現象そのもの）を「見たこと」が理解のきっかけになった場合。
B5	生徒実験・操作経験の影響	生徒自身が器具を操作したり測定したりするなど、実際に手を動かした経験が理解を促した場合。
B6	身近な例・日常的话题の影響	日常生活の現象・身近な具体例（ノイズキャンセリング、スマホ、炎など）が理解のきっかけになった場合。
B7	受験への関連の気づき	入試や受験への有用性が、理解や意識の変化の理由となっている場合。
B8	将来・進路との関連の気づき	将来の仕事・職業・キャリア・人生設計との結びつきが、理解や意識の変化の理由となっている場合。
B9	その他	上記のどれにも当てはまらない、または情報不足で判断が難しい回答。

②生徒の記述とその考察

②-1 実施した授業 #22「摩擦係数測定実験」

本授業では摩擦に関する基礎事項の解説や演習を終えた段階で、生徒に「Mission：静止摩擦係数を特定し、物体の滑り出しについて考察せよ」という課題を提示した。数種類のやすりやホチキスの針の箱などの道具を用意し、あえて具体的な実験方法は説明せずに実施した。生徒は生徒同士の対話を通じ、理論の確認や、実験方法の検討、実験の実施をしていた。

調査の結果、生徒からは「物理がよりリアルに感じられるようになった（A6：身近さの発見）」といった回答や、「現実では思ったような数値が出ないなどのハプニングがある（B5：生徒実験の影響）」といった理論と実体験のギャップに関する記述が見られた。また、「やっぱり実験は楽しい。私は圧倒的実験屋さんだなと思ってしまった。でもそれは理論屋さん（先生）との話し合い（授業）を何度も行うことで運動の想像ができたからではないかと考えている」といった、ミッション形式やレポート作成を通じ、教員との対話によって自身の得意・不得意といった自己理解を深める様子も確認された。

さらに授業#22「摩擦係数測定実験（生徒実験形式）」と#23「連結バネ定数の導出と体験（対話形式）」の2つの授業後の調査結果を表3のヒートマップにまとめた。多くの回答でB3：説明・対話やB5：実験がきっかけとなり、内容理解につながったことが読み取れ、授業の狙いが達成できていることがわかる。

表3 授業#22, 23の回答集計結果（※回答数29, 表では割合に換算）

22,23	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	計
A1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
A2	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
A3	3.4	0.0	17.2	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0
A4	0.0	0.0	3.4	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
A5	0.0	0.0	3.4	0.0	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.1
A6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
A7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
A8	0.0	3.4	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	13.8
A9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
計	3.4	6.9	31.0	0.0	55.2	0.0	0.0	0.0	3.4	100.0

②-2 実施した授業（#24, 25「物質を特徴づける量」）

本授業では「燃えない紙コップ」の演示実験から開始した。その後、グループでクイズの答えを考えさせた。クイズでは「水を入れた紙コップが燃えない理由」や「100℃の

サウナには入れる理由」, 「硬貨の種類による氷の切れ方の違い」など, 日常生活における熱力学に関連する題材とした。生徒は様々な仮説をグループ内で共有し, 議論が白熱していた。答え合わせ時には, 紙鍋やダウンジャケットなどが同じ原理であると紹介した。

調査の結果, 「物理は想像以上に化学と関わりがあるものだということを知りました。特に熱力学では, 状態変化が密接に関係していると感じました。」といった教科横断的な視点を持つ生徒が多く見られた。また, 「中学受験では学んで終わりだったものが, さらに深掘られていって, そういえばあの現象はなんで起こるんだろう, という疑問が毎授業浮かんできたから。」といった回答も見られ, 教材の工夫が「問い」を生み出し, 探究を加速させる可能性が示唆された。

②-3 実施した授業 (#17, 18, 19「世界を数式で表現する」)

「世界は数式で表現できる」というテーマのもと, デマの拡散や SNS の炎上, 詐欺のテクニックといった社会現象も数理モデルで説明可能であることを紹介した。そして, 「その中でも非常に現象をよく説明できているモデルが運動方程式である」と運動方程式を導入した。さらに夏季課題として, 生徒自身の研究分野における数理モデルをまとめさせた。課題を知った直後の生徒からは, 自身の研究に数理モデルが現れるとは考えていなかったといった反応が見られた。

調査の結果, 「これまでは物理は数学のみしかあまり密接に関わっていないかと思っていたが, 今回の授業で物理は生物と化学の基盤を担っているように感じるようになった」や「初め課題の内容を聞いた時よくわからないと感じたけれど自分の研究を1つ1つ分解して物理の視点から考えたことでどのようなことがおきているのかより理解できるようになった。」といった記述が得られた。数理モデルというテーマを用いることで, 物理学や数学のみならず, 生物学, 心理学, 社会学など, 教科の枠を超えた多角的な視点で「科学」を捉えることができる可能性が示唆された。

5. 生徒の「科学」の捉え方を変容させる授業の提案

以上の実践から, 生徒の「科学」の捉え方を変容させるためには, 以下の要素が重要であると考えらえる。

- ・対話と実験の組み合わせ: 「4. (2) ②-1」から, 教員や周囲の生徒との対話, および内容理解の後の生徒実験により, 内容理解の深化や物理の身近さの認識が達成される。
- ・教科横断的な題材の選定: 「4. (2) ②-2, 3」から, 比熱(化学との関連)や数理モデル(生物・社会との関連)など, 分野に捉われない多角的な視点を授業に取り入れることで, 生徒の教科横断的な

学びが促進される。

6. 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

現代社会の諸課題に対応する力を養うため、教科横断型や Transdisciplinary 型の授業実践が求められている。本研究では、教科を「現象を捉え、理解するためのメガネ」と定義し、現実の課題は複数の教科で捉えられるものであると考えている。また、パウロ・フレイレが提唱した「課題提起型教育」の理念に基づき、従来の知識注入型教育から脱却し、生徒自らが課題を見出す能力の育成を目指している。本研究は、課題提起型教育のもとの問題解決型・探究型の学習において、「科学」に対する捉え方が何を契機に、どのように変えていくのかを明らかにし、授業づくりの指針が立てられるようになることが目的である。

本研究では、高校生の「科学」特に「物理」に対する捉え方の傾向と、授業を通じたその変容過程を調査した。一連の実践と分析を通じて、以下の知見が得られた。

- ・対話と実験による認識の変化：教師や生徒間の対話、実験の試行錯誤を促した結果、物理現象を身近なものとして捉え、内容理解が深化される姿が確認された。
- ・教師の多角的な視点と教科横断的学び：比熱や数理モデルといった、多分野に跨る題材を扱う際、教師自身が専門分野に捉われずに多角的な視点を持って授業を構成することが、生徒の教科横断的な学びが促進される可能性が示唆された。
- ・課題提起型教育の有効性：実験を通じた探究や他教科との結びつきを意識させる授業が、生徒の「問い」を生み出し、探究を加速させる要因となる可能性が示唆された。

(2) 今後の課題

本研究の成果を踏まえ、今後は以下の課題に取り組む必要がある。

- ・「難易度」に依拠する生徒への指導法：物理を「難しい」「計算が大変」といった学習のハードル感（コード A8）で捉え続けている生徒に対し、その変容を促すための具体的な指導アプローチを検討する必要がある。
- ・調査手法と分類の妥当性の再検討：本研究で用いた記述回答の分類コードの妥当性を精査するとともに、生徒の変容をより正確に捉えるためのアンケート質問項目の再構築を図る。

- ・他教科・他段階への応用：本研究で得られた知見を物理以外の教科や，小学校・中学校段階での学習内容に応用し，一貫した「科学」の捉え方を育む授業開発を進める．
- ・教員の専門的能力の拡張：生徒に多角的な視点を与えるためには，教師自身が特定の専門分野に捉われず，教科横断的な視点を持って教材を構成・解釈し続ける必要があり，そのための教師の学びのあり方についても実践的な研究を継続していく．

【参考文献】

- 林敏浩（2022）．ファンタジー世界における魔法現象の科学的解釈—大学生を対象とした一次調査—．日本科学教育学会研究報告，36，6，69-72．https://doi.org/10.14935/js-ser.36.6_69．
- 久保良宏，安藤秀俊，太刀川祥平（2022）．数学教育と理科教育との関係についての一考察（8）—「量の感覚」（長さ・広さ・角・重さなど）に焦点をあてて—．日本科学教育学会第46回年会論文集，46，173-176．https://doi.org/10.14935/jssep.46.0_173
- L. ヴィトゲンシュタイン（藤本隆志，坂井秀寿訳）（2004）．叢書・ユニベルシタス 6 論理哲学論考 第29刷，法政大学出版社．
- 松原憲治，高阪将人（2017）．資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い．科学教育研究，41，2，150-160．
- 安藤秀俊（編著）（2025）．理数教育の充実に向けて：理科と数学の関連はどうあるべきか，東洋館出版．西村圭一（2020）学校教育における設計科学的視座に基づく数理科学教育の構築に関する総合的研究，平成28年度～令和元年度科学研究費補助金基盤研究(B)．課題番号16H03054．
- 大谷尚（2019／2021）．質的研究の考え方，名古屋大学出版会．

共同研究者
 （代表）渡邊 新大
 黒木 薫
 田村 ニナ
 太刀川 祥平