

# 小学校理科授業における自由試行と描画法の効果を探る

## —子どもの深い概念理解を促すために—

### Effectiveness of Students' Free Exploration and Drawings in Elementary Science Lessons: To Promote Their Deep Conceptual Understanding

土佐 幸子, 源川 優希\*, 坂上 晴基\*\*, 加藤 聡\*\*\*

Sachiko TOSA, Yuki MINAGAWA\*, Haruki SAKAUE\*\*, Satoshi KATO\*\*\*

This study examines the effectiveness of students' free exploration and the use of drawings in elementary science lessons to promote students having perspectives toward solving the scientific problem. Free exploration was included in one of the 3rd grade lessons of sound (N=65). Students were asked to record their observations and thinking about sound-making materials on their work sheet using verbal expressions and drawings. The results indicate that free exploration helped students have perspectives toward problem solving based on evidence. The use of drawings also is shown to be useful in accessing student thinking.

Key words: Free exploration, drawings, elementary science lessons, deep conceptual understanding

#### 1. 問題の所在

平成29年告示の小学校学習指導要領<sup>1)</sup>によって、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善（アクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善）を推進することが強く求められた。中でも、小学校理科では「見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力」を育成することが目標として掲げられており、「主体的・対話的で深い学び」が、科学的に問題解決を行うことができる資質・能力の育成のための指導アプローチと位置付けられた。さらに「見通しをもって観察、実験を行う」ことを通して問題解決の資質・

能力の育成を行うことが唱えられており、観察や実験を行う前に、児童が根拠のある予想や仮説を発想することが、深い学びを実現するための重要な要素として捉えられている。

しかし、現場からは「予想の理由が分からない。なんとなくそう思っただけ。」のように、既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想することが難しい児童が多くいることが指摘されている<sup>2)</sup>。また、児童が見通しをもって主体的に問題解決を行う活動を指導するにあたり、特に問題の把握・設定の場面において困難を感じている教師が多いことも報告されている<sup>3)</sup>。問題の把握・設定にあたり、教科書にある学習課題を持ち出すだけでは子どもたちの「解決したい」という問題意識を高めることができず、指導が難しいと感じる教師が多くいるのではないかと著者は述べている。子どもたちが難しさを感じることなく、問題意識をもって、根拠を基に予想や仮説を発想し、見通しをもって観察、

2022.6.27 受理

\*村上市立神納小学校

\*\*新潟市立新津第一小学校

\*\*\*新潟大学附属新潟小学校

実験することを助けるにはどうしたらよいだろうか。一方、子どもの主体的・対話的で深い学びを支援するためには、教師が子どもの考えを注意深く捉え、「子供の思考に即して授業展開を考える」や「子供の考えを生かしてまとめる」のような確かな働きかけを行うことが何にも増して重要である<sup>4)</sup>。そのためには、子どもの考えをモニターし、学びを評価することが重要となるが、表現することが上手な子どもも上手でない子どももいる中で、授業時間内に教師一人でそれらを行うには困難が伴う<sup>5)</sup>。子どもの考えを捉える方法について、工夫が求められていると考えられる。

本研究では、小学校理科授業において、子どもが根拠をもって仮説や予想を発想し、見通しをもつことを助ける手立てとして、自由試行を導入する。授業中の子どもの思考を促す手立てとして、子どもに自由に試行させる効果は古くから議論されている。代表的なのは、Hawkinsの「Messing about」で、探究学習の中で主体的に概念構築の手がかりを見いだすことを目的として1965年に唱えられた<sup>6)</sup>。日本では、児童が自分で課題をつかむことを助ける活動として、丸本が1983年に「自由な試行活動」を挙げている<sup>7)</sup>。このように試行活動は探究過程の1要素として学びを促す働きが挙げられていることから、自由試行の導入によって、児童が見通しをもつことを助けることができるのではないかという着想を得た。本稿では自由試行を「子どもが物とじっくり向き合い、繰り返し関わり、それまでの体験や信念に照らし合わせて、自ら発した問いについて探究する活動」と定義する。

また本研究では、子どもの考えを捉える方法として、描画法を取り入れる<sup>8)</sup>。描画法は古くから自然現象を捉えるために用いられてきた方法であるが、近年ではWhite & Gunstone<sup>9)</sup>が「描画法は最もオープンエンドな方法であり、だからこそ思いもよらない理解をすることができる。そして生徒が保持している考え方を教師にも、生徒自らにも明らかにする」と述べているように、子どもの考えを捉える方法として、教育現場における有用性が高いと考えられる。本研究では、児童の問題解決能力を育むため、児童が根拠を基に見通しをもつことを促す手立てとして、自由試行がどのように有効かを明らかにすることを目的の1つとする。また、自由試行によって、子どもがどのような着想を得たのかを描画法を用いて探ることの有用性を明らかにすることをもう1つの目的とする。本研究を導く研究課題は次の2点で

ある。

1. 自由試行は、児童が根拠を基に見通しをもつことをどのように助けることができるか

2. 児童の考えを描画法によってどのように捉えることができるか

問題解決の過程において、観察・実験について、その活動を行う前に見通しをもつということは、子どもが問題を自分事として捉え、主体的に関わることを促すと考えられる。また、仮説や予想を発想して見通しをもつということは、高次の思考過程である<sup>10)</sup>。本研究の重要性は、そのような重要な思考活動を促すために、自由試行という活動を具体的に提唱するところにある。もし本研究によって、自由試行の有効性を示すことができれば、小学校理科授業において、自由試行を取り入れることが有力な手掛かりとなり、子どもが苦手とする見通しをもつことを助けることができると期待される。また、子どもの考えを捉えるための方法として、描画法の有効性を示すことができれば、「絵を描く」という簡単な方略を用いることにより、教師も子ども自身も自分と他者の考えを捉えることができ、子どもの深い学びを促す可能性が高められると期待される。

## 2. 理論的枠組み

### 2.1 構成主義的な学習観

本研究では構成主義的な学習観を、理論的枠組みとして用いる。構成主義的な学習観に則ると、学習は教師から情報を一方的に伝達されるだけでは成立せず、学習者が自ら対象に積極的に働きかけ、概念を構築しなければならない<sup>11)</sup>。理科学習においては、自然現象に対する疑問について、学習者自身がもつ素朴概念を出発点として、新たな情報に対して混乱や葛藤を抱きながら、同化や調整を経て、概念構築がなされると考えられる。そのときに重要な役割を果たすのが、他者との関りである<sup>12)</sup>。言葉を通して、自分の考えを他者に伝え、他者の考えを自分の中に取り入れることにより、学習者は自然現象に関する妥当な解釈を構築する。その過程において、教師とのやり取りや、子ども同士のやり取りが重要になる。また、その「妥当な解釈」は、自分で考えれば何でもよいというわけではなく、人類が今まで築いてきた社会的に認められた考えと整合性が図られなければならない<sup>13)</sup>。ここでも教師は、学習者の概念構築を支援する重要な役割をもつ。

本研究では、見通しをもつことに焦点を当てるが、これは構成主義的な学習過程において、妥当な解釈

を構築する前段階として、「～なんじゃない?」と解釈の大枠を推量することだと考えられる。表1に学習指導要領に記載された探究(問題解決)の過程を示す<sup>1)</sup>。②仮説の設定、及び③検証計画の立案が「見通しをもつ」段階にあたる。他の段階が現在目の前にして

表1 問題解決の過程

①問題の把握
②仮説の設定
③検証計画の立案
④観察・実験
⑤結果の処理
⑥考察
⑦新たな問題

いる事物や事象についての活動にあることに比べ、「見通しをもつ」活動は、まだわからない未来の事柄に対して推量することである。子どもが乏しい経験や不確かな既習事項を根拠に未来の事柄を推量することに、見通しをもつことの基本的な難しさがあると考えられる。

## 2.2 自由試行を通しての概念構築

自由な試行活動が学習を促す効果があることについては古くから議論されており、代表的なものとしてHawkinsが提唱したMessing Aboutが挙げられる<sup>6)</sup>。Hawkinsは振り子の原理について、ただ振り子を触らせているだけで、指示や発問がなくても子どもたちがどんどん自分から問題を見つけ、追究していくことに気づき、無駄のない整備された道をまっすぐゴールまで運ばれるのではなく、ぶらぶらといういろいろなところをじっくり見ていくことが教育の本質であると主張した<sup>14)</sup>。しかし、一方、子どもの自由な活動は子どもの関心が発散しすぎてしまい、概念獲得に結び付かない危険性があり、ガイダンスが必要であることをHawkins自身が指摘している。日本では、丸本らが自由な試行活動を取り入れるにあたり、生活経験や既習事項を明示し、子どもの考えを焦点化する働きかけを含めることにより、子どもたちが根拠のある予想を立てることが促されたと報告している<sup>7)</sup>。近年でも理科授業に自由試行を取り入れることにより、子どもの概念変化や問題発見・設定能力を促すことが示唆されている<sup>15-16)</sup>。

子どもたちにとって難しいとされる日常生活の中から課題を捉え、自分たちの問題として自力解決することを助けるために、丸本は自由試行という形で、意図的・計画的に子どもの課題意識に働きかける事象を提示しようと考えた<sup>17)</sup>。子どもが教師に指示されたからではなく、自らの意思によって事物や自然現象に働きかけることによって、学習課題をつかみ取ってくるのが期待された。本研究では丸本の論拠に基づき、意図的・計画的に子どもの課題設定、

予想・仮説の発想、及び検証計画の立案を促すために自由試行を取り入れる(図1)。

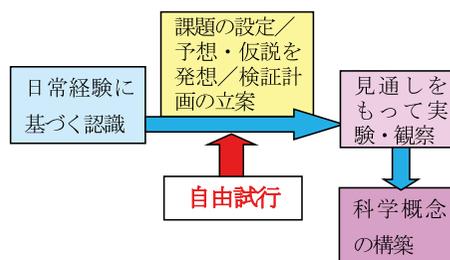


図1 科学概念構築における自由試行の役割

## 2.3 描画法による子どもの思考把握

前述のように、本研究では自由試行を取り入れることが、問題解決の過程において子どもが見通しをもつことをどのように助けるのかを調査する。そこで大事になるのが、子どもの思考を的確に捉える方法である。理科授業において描画法が有効であることは、以前から強く言われている<sup>18)</sup>。描画法は、「他の調査手続きではわからない理解の質を、教師は知ることができるし、生徒は示すことができる。(p128)<sup>9)</sup>」といわれており、子どもの考えを教師にも子ども自身にも可視化する。例えば、虫めがねを通った後の光について、図2に示された子どもは、1本の線になると考えていたことが分かる。

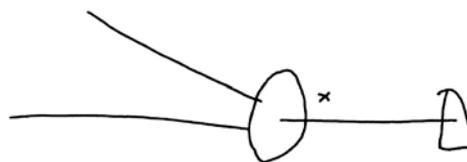


図2 虫めがねを用いた実験における描画<sup>19)</sup>

ホワイトとガンストンが「描画法は非常にオープンであって、生徒がどう回答するかに関してはほとんど限定をしない。(p128)<sup>9)</sup>」と述べているように、描画法による回答には無限の選択肢がある。回答の自由度の大きさも描画法のメリットである。

また、言葉では表現が難しいことや言語表現が苦手な子どもにとって、描画法は1つの救いとなるだろう。絵を描くことが好きな子どもにとって、絵を描くことが楽しい活動になり得る。

一方、描画から考えを読み取ることが難しい場合も多い。例えば、図2の描画が子どもの誤概念を表

していることは、1本しか線を描いていないことで明らかであろう。虫めがねを通った光は集まると考えていけば、複数の線を描くと考えられるからである。そこで本研究では描画を解釈するにあたり、比較を行うことによって妥当な解釈を構築することとする。

### 3. 小学校理科における自由試行と描画法を取り入れた授業開発と実践

#### 3.1 対象とデータ収集期間

本研究では、ある小学校の第3学年2クラス計65名（1組33名、2組32名）を対象とした。2クラスのうち、1組は自由試行を取り入れる実験群とし、2組は取り入れない対照群とする。全6時間の「音を伝えよう」の単元の1時間目に、自由試行を含める授業実践を行った。実施時期は2021年10月である。実践は研究者が行った。データとしては、児童のワークシートと、班ごとのホワイトボード、及びビデオ録画を収集した。

#### 3.2 授業実践方法

授業では、「ものは音を出すとき、どうなっているのだろうか」を学習課題とし、耳、目、手を使って、

音が出るもの（トライアングル、ハンドベル、輪ゴム、大太鼓、ギター）を班ごとに観察して調べる活動を行った。1組（実験群）では、ワークシートに記録することだけを指示し、児童は自分たちの思うように音が出るものを試した。2組（対照群）では、教師の指示の下に、児童は音の出るものを1つずつ試した。どちらもワークシートに絵と言葉を用いて観察結果を記録した。児童が使用したワークシートを図3に示す。

児童は音が出るものについて調べた後、「ものは音を出すとき、どうなっているのか」という学習課題について、観察を基に班ごとに一言でまとめてホワイトボードに絵と言葉で表した。授業の終末では、各班から一言を発表した。各班から挙げられたことを、教師が黒板にまとめて授業を終了した。

#### 3.3 ワークシートによるデータの分析方法

児童は、ワークシートに図と言葉によって観察記録を表現した。ワークシートの分析にあたり、記述について、それぞれのクラスでコード付けを行うと共に、表2の基準に従いA、B、Cの3段階で評価を行った。

表2 記述の評価基準

評価	基準
A	Bに加え、「声を出すときのもののどの震えも同じ」のように他の事象に適用する
B	Cに加え、「ものを押さえると音が止まる」のように気づきがある
C	「音を出すとき、ものは震えている」という記述がある

C評価は「音を出すとき、ものは震えている」という本時に獲得してほしい概念を見出していることを示している。B評価は、「震えている」だけでなく、「ものを押さえると音が止まる」のように「押さえるとどうなるか」という新たな疑問について試し、その結果を得たことを示している。すなわち、児童は探究のミニサイクルを行っていることを示していると考えられる。さらにA評価は、声もののどの震えであることを見つけるなど、児童が概念の転移を行っていることを示す。児童のワークシートを段階別に分類し、人数を調べて実験群と対照群を比較した。

さらにワークシートの記述について、それぞれのクラスの言葉にコード付けを行い、特徴的な傾向があるかどうかを調べた。描画についても特徴的な傾向を調べた。

ワークシート

年 組 番 名 前

---

調べてわかったこと

---

図でかいてみよう

言葉で書いてみよう

---

まとめ

図3 授業実践で用いたワークシート

## 4. 授業実践の結果

### 4.1 ワークシートの記述の分析結果

ワークシートの記述について、A～Cの評価別人数を組別に比較したものを表3に示す<sup>20)</sup>。

表3 ワークシートの記述の評価別人数の比較

	A	B	C
実験群 (N = 33)	4	19	10
対照群 (N = 32)	0	14	18

表3からわかるように、自由試行を取り入れた実験群の方が、A評価やB評価を得た児童数が多い。A評価とB評価の例を表4に示す。

表4 A評価とB評価の記述例

	記述例
A	楽器は、声と同じだと思います、なぜなら、声を出すとのどはふるえるし、楽器も音を出すと震えるからです
B	振動のところを触ると音は止まる 大太鼓はたたいているほうをさわってみると揺れているのがわかる

ワークシートの記述について、各クラスの上位3つのコードと人数を表5に示す。

表5 ワークシートの記述の上位3コードと人数

実験群のコード	人数	対照群のコード	人数
触る	30	もの様子	20
共通点を挙げる	25	根拠となる気づきや発想	14
根拠となる気づきや発想	23	触る	10

### 4.2 描画の分析結果

描画について、画像を撮ってエクセルシートに並べ、全体を見通して特徴を見つけやすくした。その結果、音が出している人物が描かれているかどうかで分けられることが分かった。人物が描かれている描画と、見たもののみ書かれている描画、描画のないものの3つに分類して、表6に人数をまとめた。人物の描画の例を図4に示す。

表6 人物が描かれているかどうかの分類と人数

	人物	もの	なし
実験群 (N = 33)	8	23	2
対照群 (N = 32)	0	30	2

表6からわかるように、音を出す人物を含めて描画した児童は実験群のみに8名いた。対象群の児童の描画は物の表現に終始した。

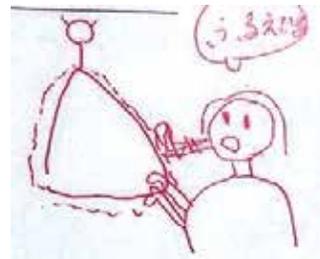


図4 人物を含む実験群の描画例

## 5. 考察

表3の結果からわかるように、自由試行を取り入れた実験群の児童は対照群に比べ、気づき (B評価) や他の事象への適用 (A評価) が多く見られ、学びが深まる傾向にあったことが分かる。その傾向は、表4の結果からも分かる。実験群では対照群よりも多くの児童が、複数の楽器の共通点を挙げたり、根拠となる気づきや発想をしたりしていた。さらに描画の傾向を見ると (図4)、実験群では8名の児童が自分を含めた絵を描いていたのに対し、対照群で自分を含めた絵は皆無であった。これらの結果から、自由試行は児童の気づきとより主体的な活動を促し、描画法は子どもの考えを捉えることに有用性が高いことが明らかになった。

## 6. 本研究の成果と今後の展望

本研究によって、自由試行が児童の学びを深めることが示唆された。教師が指示するのではなく、子どもに「自由にやってみよう」というだけで、子どもが自分の考えをもって活動し、根拠となる気づきや発想を促すことが分かった。これは画期的なことである。今後の研究では、自由試行が子どもの思考過程にどのように関わっているのか、インタビューなどを併用してさらに研究を進めたい。

## 引用文献

- 1) 文部科学省:小学校学習指導要領解説【理科編】、2017年
- 2) 小倉啓史:見通しをもって、主体的に問題解決ができる理科学習指導の在り方～「学びのキーワード」を活用して～ Retrieved on 3/21/2021 from <https://www.nisimino.com/bunkyo/pdf/ronbun/h24-11.pdf>
- 3) 古田洋里:児童が問題意識をもち、見通しをもって問題解決に取り組む小学校理科の授業に関する

- 研究～「なぜ？」から「わかった！」へ思考をつなぐ理科授業～ Retrieved on 6/12/2022 from <http://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshusho/04kiyou/kenshusei/furuta01.pdf>
- 4) 国立教育政策研究所：学習指導要領を理解するためのヒント Retrieved on 6/12/2022 from [https://www.nier.go.jp/05\\_kenkyu\\_seika/pdf\\_seika/r02/r020603-01.pdf](https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/r02/r020603-01.pdf)
  - 5) 高木展郎：学習評価の現状と課題 Retrieved on 6/12/2022 from [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/080/siryo/\\_icsFiles/fieldfile/2017/12/15/1399427\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/080/siryo/_icsFiles/fieldfile/2017/12/15/1399427_1.pdf)
  - 6) Hawkins, D. : Messing about in science, Science and Children, 6-9, 1965年
  - 7) 丸本喜一：自由な試行活動の意義, 初等理科教育, 初教出版, 18(13), 8-11, 1984年
  - 8) 坂上晴基：小学校理科授業において描画法は児童の概念変化をどのように助けるのか, 新潟大学教育学部理科教育学研究室, 令和3年度卒業論文集, 2022年
  - 9) White, R. & Gunstone, R. : 子どもの学びを探る, 東洋館出版, 1995年
  - 10) Biggs, J., & Tang, C.: Teaching for quality learning at university, Open University Press, 2011年.
  - 11) Fosnot, C. T. (Ed.): Constructivism-Theory perspectives, and practice, Teachers College Press, 2005年
  - 12) Vygotsky, L. S.: Mind in society: The development of higher psychological processes, Harvard University Press, 1978年
  - 13) Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P.: Constructing scientific knowledge in the classroom, Educational Researcher, 23(7), 5-12, 1994年
  - 14) 石井恭子：科学教育における科学的探究の意味－D. Hawkins による Messing About 論をてがかりに－, 教育方法学研究, 39, 59-69, 2014年
  - 15) 藤本浩平：自由試行に基づく学習活動と科学概念構築の関係についての研究－小学校第3学年「物の重さをくらべよう」を対象にして－, Retrieved on 6/26/2022 from [10496a69e35bc683957dcb02e6187f29-2.pdf](http://10496a69e35bc683957dcb02e6187f29-2.pdf) ([yamanashi.ac.jp](http://yamanashi.ac.jp))
  - 16) 小暮建宏・小倉康：単元の導入で自由な試行活動を行うことが問題発見・設定する力の育成に及ぼす効果, 理科教育学研究, 59(1), 49-57, 2018年
  - 17) 辻井満雄・松山友之：子どもの自由な試行活動を中心とした初等理科教育—丸本喜一の理論と実践に関する研究—, 富山国際大学子ども育成学部紀要, 7, 103-113, 2016年
  - 18) 中山迅・稲垣成哲：理科授業で使う思考と表現の道具, 明治図書, 1998年
  - 19) Driver, R., Tiberghien, A., & Guesne, E. (Eds.): Children's ideas and the learning of science, Open University Press, 1985年
  - 20) 源川優希：自由試行と児童の学習の見通しとの関連に関する研究—小学校3年生の理科授業を通して—, 新潟大学教育学部理科教育学研究室, 令和3年度卒業論文集, 2022年



図5 楽器を囲んで自由試行をする児童の様子