

教科の学習における子どもが推論する場面の指導法の検討

—子どもが推論する過程の検討を通して—

Examination of the orientation procedure of the scene where a child
in the learning of the school subject reasons.

石井 雅幸¹, 高木 正之², 阪本 秀典³, 河合 智史⁴, 浅島 千恵⁴, 高井 淳史⁴, 笠原 秀浩⁵,
細谷 夏実⁶, 伊藤 知子⁷, 小島 章宏⁸, 三柴 祐子⁹, 塚本 麻美¹

Masayuki Ishii¹, Masayuki Takagi², Hidenori Sakamoto³, Tomohumi Kawai⁴, Chie Asashima⁴, Atushi Takai⁴,
Hidenori Kasahara⁵, Natsumi Hosoya⁶, Tomoko Ito⁷, Akihiro Kozima⁸,
Yuuko Mishiba⁹, and Asami Tsukamoto¹

¹大妻女子大学家政学部児童学科, ²岐阜聖徳学園大学教育学部, ³江戸川区立下小岩小学校,
⁴国立市立国立第三小学校, ⁵東京都教育委員会教育庁都立学校教育部高等学校教育課,
⁶大妻女子大学社会情報学部社会情報学科環境情報学専攻,
⁷杉並区立桃井第五小学校, ⁸福生市立福生第六小学校, ⁹港区立御成門小学校

キーワード : アブダクション, 帰納, 演繹, 小学校理科, 問題解決

Key words : Abduction, Induction, Deduction, Elementary science education, Problem solving

1. 研究目的

2014年11月に中央教育審議会から出された初等中等教育における教育課程の基準等の在り方についての諮問においては, 教育目標・内容と学習, 学習評価の在り方について, 必要な教育内容を系統的に示すのみならず, 育成すべき資質・能力を子どもたちに確実に育む観点から考える必要性が強く示された。また, 世界の学校教育界の動向を見てもこれからの学校教育においてはリテラシーやキーコンピテンシーといった能力の育成の必要性が出されている。こうした中で国立教育政策研究所では21世紀型学力の育成の定義づけやその必要性について論じている。これらを踏まえると今後の学校教育においては, 各教科の学びを通して能力の育成を図ることが必要であると言える。

先にも述べた国立教育政策研究所が提案した21世紀型学力では, 思考力を中核とした基礎力と実践力をあげている。とりわけ思考力については, 『「思考力」は, 問題の解決や発見, 新しいアイデアの生成に関わる問題解決・発見力・創造力, その過程で発揮され続ける論理的・批判的思考力, 自分の問題の解き方や学び方を振り返るメタ認知,

そこから次に学ぶべきことを探す適応的

(adaptive) な学習力などから構成される。』(国立教育政策研究所 2016) をあげている。

ここで小学生の学びを考えると21世紀学力の中でも小学校段階で特に育成が求められるのは問題解決力並びにその過程で発揮される論理的・批判的思考力が求められる。とりわけ問題解決における問題発見力については理科教育では仮説設定の重要性としてあげられている。仮説は問題との整合性, 根拠性, 実証性をあげることができる。その中でも理科教育においては根拠を子どもがあげることの難しさが指摘されている。そこで, これまでも多くの指導法では問題づくりの場面として, いかなるものを提示すれば子どもが問題意識をもつのかという視点の研究がなされてきている。また, 最近では問題解決過程を大切にしたい研究がなされ, その中において子どもが推論を行う過程を重視した研究が小林(2013)によって行われている。小林(2006)や山口ら(2015)は, Cothron, J.H.etal.が提唱する4QS(The 4 Question Strategy)の学習過程を取り入れて推論の能力の育成の可能性を論じている。また, 教科を超えて社会科や数学科において推論の能力を視野に入れた研究が見

え始めているがそれらに関わる研究はまだ多くは見られない。

そこで、本研究においては小学校における理科を通して育てる推論の能力を育てる指導法開発のための基礎的な研究を行うことを目的とした。

具体的には以下の2点になる。

①子どもが推論する過程を理科の学習過程から抽出し、教師の働きかけとの関係を明らかにする。

②子どもの推論を促す教師の働きかけを行うことが具体的な授業の中でいかに現れてくるのかを明らかにする。

2. 研究実施内容

目的1 子どもが推論する過程を理科の学習過程から抽出し、教師の働きかけとの関係を明らかにする

理科の学習活動の中にどれだけアブダクションといった推論を子どもが使っているのかを授業の学習過程を検討する中で考察していく。

具体的には、理科の学習活動の中でどの学習内容のどの場面で子どもは、アブダクションを使っているのかを教科書内に記載されている指導過程をもとに検討を行う。

目的2 具体的な授業の中で、子どものアブダクションを促す教師の働きかけを行うことが授業の中でいかに現れてくるのかを明らかにする。

授業を観察し、想定した通りに子どもがアブダクションを使っているのかを検討する。

授業を参観した学生の授業観察記録、子どもの書いたノートを基にして、想定した推論を子どもが使っているのか。教師の働きかけは有効であったのかを検証していく。

なお、本研究におけるアブダクションは、パースの提案をもとに以下の考えに基づいて検討することにした。

アブダクションの定義と比較するために、「アブダクション」(米盛 2007)では、アメリカの数学者 G・ポリア (G. Polya) が、「発見的三段階論法」の構造を以下のように挙げている。

「われわれは陸地に近づくと鳥を見かける、いまわれわれは鳥を見た、だから、たぶん陸地が近いだろうと考えることは確からしいことである。」この推論の構造を一般的な形式で書くと、「もし A が正しいければ、B もまた正しい、いま B が正しいことがわかった、だから、A が正しいことは確からしい。」となります。もっと簡単

に書くと、つぎのようになります。「A ならば B である、B である、だから、A は確からしい。」(米盛 2007 p190-191)

この G・ポリアの考えを米盛は、「鳥が飛んでいることを手掛かりにして、『われわれは陸地に近づくと鳥を見かける』ということの思いつき、だから『たぶん陸地が近いだろう』と推論しているのです。」と述べている。(米盛 2007 p191)

この考えを C.S.パースのアブダクションの推論に当てはめてみると以下のようなになる。

「いまわれわれは鳥を見た、しかしもし陸地が近いとしたら、鳥を見かけるのは当然の事柄であろう、よって、陸地が近いと考えるべき理由がある」(米盛 2007 p193)

米盛は、C.S.パースのアブダクションに当てはめた内容について、「航海中に思わぬところで鳥を見かけて、この意外な事実を説明するために、たぶん陸地が近いのではないかと推測しているものになります。」(米盛 2007 p193)と述べている。さらに米盛は、陸地が近いということだけが意外な事実を説明する仮説ではなく、他にも仮説を立てることができるが、その中でも、最も理にかなった仮説を解釈していると付け加えて述べている。

これらのことを踏まえると、G・ポリアと C.S.パースの考え方は一見同じように思えるが、G・ポリアの考え方は、「昔、鳥を見たことがあり、ついて行ってみるとその先には陸地があったから、今回もきっと陸地が近い」という中で仮説が作りだされる。一方で、C.S.パースのアブダクションは、「鳥が飛んでいた、なぜだろうか、魚がたくさんいるのか、いや、陸地が近いのかも知れない」というような内容で仮説が生み出されるのではないかと考える。

つまり、G・ポリアは、経験から導きだされる正しい仮説であるため、帰納的な仮説であると考えられる。帰納的な考えに至るまでには、C.S.パースのアブダクションのような直観的な考えが必要ではないかと考える。

以上の定義に基づき、教科書分析を以下のように行った。

本研究は、これまで述べてきた C.S.パースのアブダクションの定義に基づき分析し、アブダクションが表出した時を教科書の記述から以下のように判断する。

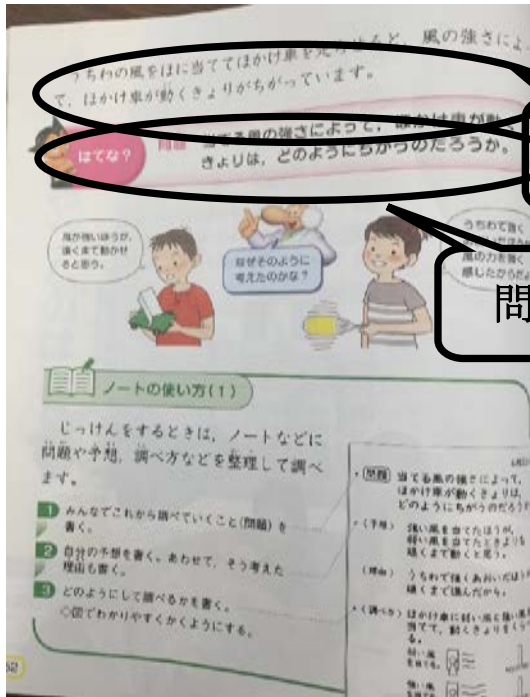


図1 Ky 社 未来をひらく 3年理科教科書 (PP.50-52)

例えば、図1のように C.S.パースのアブダクションの定義に当てはめ、教科書の記述内容を「B」, 「A」, 「問」に分ける。

やってみよう： 風力で動くほかけ車を作って走らせてみよう (意外な事実との出会い)。
B： 2種類の似たような車の走る距離が違う (意外な事実への気付き)

A： 風の強さが違うと走る距離が変わる
問： 当てる風の強さによって、ほかけ車が動く距離はどのように違うのだろうか。

「やってみよう」の活動の様子の写真から、同じほかけ車なのに、男児と女児の進む距離が違うという点から、Bの気付きが出てくる。さらに、次のページには、「やってみよう」からの子どもの気付きのまとめとして、風の強さによってほかけ車の進む距離が違うということが記述されている。このことから、同じようなほかけ車の走る距離が違うのは、風の強さが違うというAが検出される。そして、このことをたしかめるための、「はてな」すなわち「問」に結びつく。この状況をアブダクションが検出されたととらえることができる。

以上の手続きに基づいて、日本の小学校で使われている理科の教科書全6社の小学校第3学年から第6学年までのすべての学習単元について分析を行った。

前述してきたC.S.パースのアブダクションの定義に基づき、教科書の記述内容を分析し、教科書に記載されている全問題に対するアブダクションが表出している問題解決過程の数の割合を表1に示した。

教科書全体に占めるアブダクションの出現割合は、一番高い割合でもKy社の37.5%であり、全6社とも50%に満たないことがわかる。

また、学年ごとの割合を見てみると、第 5 学年でのアブダクションの表出が多く見られた。

表 1 教科書全体のアブダクションの割合 (%)

会社	Ky社	T社	G社	D社	S社	Ke社	平均値
第3学年	53.8	15.8	3.2	10.5	14.3	11.5	18.2
第4学年	37.0	26.7	9.7	4.8	7.5	16.0	17.0
第5学年	40.9	44.0	0.0	12.0	5.4	12.5	19.1
第6学年	18.2	9.4	5.7	4.5	8.5	5.6	8.7
平均値	37.5	24.0	4.7	8.0	8.9	11.4	

アブダクションが多くみられた単元としては、アブダクションが表出した単元が、3社以上あるものをあげたそれが、以下のものである。

第3学年では、「風やゴムのはたらき」「日なたと日かげ」「かげと太陽」「じしゃく」の4単元、第4学年では、「電気のはたらき」「もののあたまり方」「ものの温度と体積」「水のすがた」の4単元、第5学年では、「流れる水のはたらき」「もののとけ方」の2単元、第6学年では、「ものの燃え方と空気」「水溶液」が、3社以上の教科書でアブダクションが表出していることが確認できた。

一方、全ての教科書会社でアブダクションの表出がなかった単元は、「生き物をさがそう」、「体のつくりと運動」であった。

(1) アブダクションの見られる単元の傾向

アブダクションの考えを取り入れた理科授業の有効性を検討するため、アブダクションが検出された問題解決過程の傾向を表2に示した。

表2 アブダクションが検出された単元の授業構成の分類

授業構成	問題数
1. やってみよう→やってみようのまとめ→問	7
2. やってみよう→ふきだしによる予想→問	27
3. 前回のまとめ→ふきだしによる予想→問	15
4. 写真→ふきだしによる予想→問	10
5. 写真(予想付きのもの)→問	2
6. 写真、記述→問	2
7. 記述→問	2
8. 写真→問	1
9. 記述→ふきだし予想→問	1
	67

表2から、最も多くアブダクションが検出された教科書の流れは、「やってみよう」からBが検出され、ふきだしでの予想によりAが生じ、問題へとつながる過程が多かった。この例を以下の図1に挙げる。

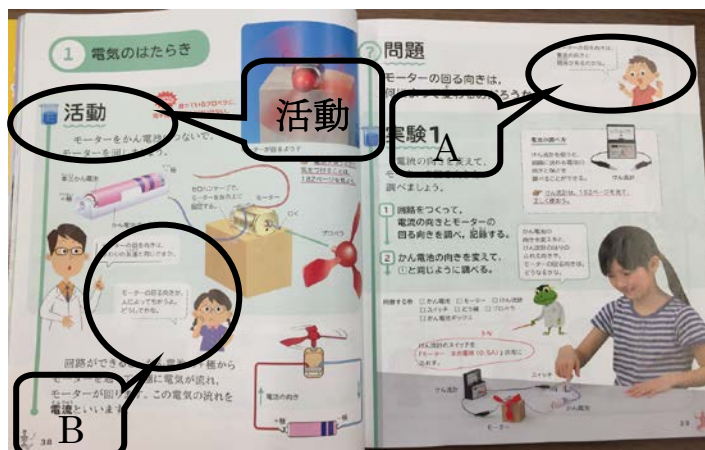


図2 アブダクションが見いだされた教科書紙面例 (T社第4学年「電気のはたらき」)

図2の教科書の記載内容をアブダクションの定義に当てはめると以下ようになる。なお、図2中に貼り付けた吹き出しが以下「活動」、「B」、「A」を示す。

活動： モーターをかん電池につないで、モーターを回しましょう。

B： 人によってモーターの回る向きが違う

A： 電流の向きと関係がある

問： モーターの回る向きは、何によって変わるのだろうか。

T社の教科書では、「活動」(表2では「やってみよう」と示している。)を通じて、左ページの女児の吹き出しから、「人によってモーターの回る向きが違う」というアブダクションの定義Bを検出することができる。さらに、右ページの上部の男児の吹き出しから、「電流の向きが関係しているために、「人によってモーターの回る向きが違った」というAが生じる。このAを確かめるために、「モーターの回る向きは、何によって変わるのだろうか。」という問題へと展開していく。

Bが検出された要因として、「活動」が影響していることが分かり、アブダクションの有効性には、教科書Tの「活動」や教科書Kyの「やってみよう」の導入が関係しているのではないかと考える。

一方、同じ単元でありながらアブダクションが表出されなかった例は以下のような展開となっている。



図3 アブダクションが見いだせなかった教科書誌面例 (D社 たのしい理科 4年 PP.24-25)

上記を C.S. パースのアブダクションの定義に当てはめると以下のようにあらわすことができる。

B: モーターに乾電池をつなぐと、モーターが回る

A: (抽出できなかった)

問: モーターの回る向きをかえるには、どうすればよいのだろう。

モーターが回るという B が、写真により検出される。しかし、この B から問題である「?」にはつながらない。すなわち、これまで述べてきたような流れにならず、A に当たる記述も見いだせなかった。

(2) 授業観察による検証

教科書分析では、アブダクションの取り扱いが少ないことを指摘し、さらにアブダクションの有効的な授業構成について述べた。このことを実際の小学校の理科授業で取り入れた場合に、同じように有効なのか調査するため、都内 F 小学校第 5 学年「ふりこ」の単元において授業観察を行った。

この学級の教師は、理科を重点的に研究している。教師の授業は、Ky 社の教科書の構成と類似しているため、アブダクションの教科書分析結果の Ky 社の教科書に該当すると考え観察・分析した。

やってみよう: ふりこのゆれが一定の時間で繰り返すかどうかを調べてみよう。

B ふりこが 1 往復する時間は、つくった振り子によって違う。

A ふりこの長さ、重りの重さ、振れ幅のどれかによって変わるだろう。

問 ふりこが 1 往復する時間は何によって変わるのだろうか。

以上を踏まえ、子どもが出してくる考えに従って、問題をつくることができていることをもって有効な展開であったとし、アブダクションを授業展開の中に取り上げた際の授業の観察及び分析から、アブダクションの有効性について検討することにした。

ふりこの単元の初めの授業のため、最初にふりこへの知識を問い、見るべき視点や振れ幅などの知識を身につけさせた。

その後、事象提示の活動を行った (やってみように該当する)。

表 3 事象提示場面での教師 (T) と子どもの発言内容

発話者	発話内容(発話者の T:教師 S:児童 それぞれ示す)
T	大体わかってきた?
	重くて短くて振れ幅が小さい, 軽くて長くて振れ幅が大きい 一緒に離してみましよう
	何が違いましたか? そのあと.
S	スピード
T	速さが違った. じゃあ見てよう
S	なんか重い方が速いかも
T	じゃあこっちだけ離すね
S	遅い
T	こっち
S	わーこっち速い
T	スピードが違う なるほど どのスピード? このスピード. 他にも違いありましたか?
	同時に離しましたよー ここから せーの. 何が違う?
S	戻ってくるまでの時間
T	あー, 戻ってくるまでの時間が違いましたよー 違う?

事象提示では, A (重りは重い, 振り子の長さは短い, 振れ幅は小さい) と B (重りは軽い, 振り子の長さは長い, 振れ幅は大きい) での比較実験をした. この 2 つを比較すると, 「スピードが違う」や「戻ってくる時間が違う」というように, 子どもらは 1 往復する時間に差があることに気が付く. 表 3 はその場面である.

表 4 では, 教師がさらに深めていき, 子どもらは, A と B は条件がそれぞれ異なるため, 1 往復する時間が違うことに何が影響しているのか疑問をもつ. 授業は, 問題設定の場面へとなることを示している.

以上の場面から, 児童の中で振り子の 1 往復する時間は, 重りの重さ, 振り子の長さ, 振れ幅のどれかによって変わっているのだろうという問題意識が生まれていることが分かる.

この後, クラス全体で, 「振り子の周期は, どの条件に関係して変化するのだろうか.」という問題になっていった.

表 4 問題づくり場面での教師 (T) と子どもの発言内容

発話者	発話内容(発話者の T:教師 S:児童 それぞれ示す)
S	振り子の周期の時間は, 3 つのうち何を変えれば変わるのだろうか.
T	これが違うているんだから, これは何が関係しているんですかってことを調べればいい.
	そのために〇〇さんが言っていることとか, 〇〇さんが言っていることがあるんじゃないんですかってこと?
S	はい!
T	ということですね. 振り子のこの周期が違うよっていうのは, 今見て, 違ったんだよね.
	それは何に関係しているのかってことを, 全部条件がバラバラです. 先生が作った振り子は. A も B も.
	このばらばらを何とかしましょうっていうのが 3 人が言ってくれた意見で.
	その前に〇〇さんが言ってくれた大きな問題があるでしょう. この問題から実験方法考えましよう.
	まずは問題が一番大切なので. じゃあ, この周期の謎は何だった?
S	振り子が は 周期は んーと 周期は...
T	君ひとりに任せるのはかわいそうだな, 振り子の周期からなんか問題作れる?
S	振り子の周期は重り, 長さ, 振り子の幅, どの条件に関係しているのか
T	あー これ, これ, これ どの条件に関係しているのだろうか. いいですね.

予想を立てる場面で, さらに児童からは, 「試しの実験を見て, おもりの重さが関係していると思う.」など, 子どもが自分の考えを確立している姿を多く見ることができた.

3. まとめと今後の課題

教科書分析から, 全ての教科書会社では, アブダクションを意識した記述は多くはなかった. 教科書全体におけるアブダクションの割合では, Ky

社が高い数値を出していた。Ky 社と次に高い数値になった T 社とを比較すると、Ky 社は「やってみよう」のまとめを行ったり、ふきだしの疑問や予想が多かったりした。一方、T 社は、アブダクションの定義の B は多く検出されるが、A へとつながる記述が少なかった。このことから、Ky 社では意図的な事象提示を行い、問題設定へとつなげているが、T 社では、事象提示により興味・関心を持たせることのみで、問題設定へとつながっていないことが要因であると考えられる。

さらに、アブダクションが検出される授業の傾向として多かったのが、「やってみよう」を取り上げた構成だった。つまり、アブダクションを取り入れた授業を行うためには、「やってみよう」などの事象提示を取り入れ、子どもに興味・関心をもたせるだけではなく、なぜそのことが起こったのか疑問を持たせるような働きかけをすることが求められる。

教科書分析から見られたアブダクションの傾向が、実際の理科授業でも有効であるか検討するため授業観察を行った。授業では、事象提示にあたる活動であるやってみようを行い、子どもに興味・関心をもたせるだけではなく、A と B のふりこの違いに着目させた。このことにより、子どもにふりこの重さ、長さ、振れ幅の何かが関係しているのではないかという疑問を想起させることにつながった。この授業の流れから「ふりこの 1 往復する時間に何が関係しているのだろうか」という問題が形成されるのは必然的である。さらに、授業が進むにつれ、子どもが予想をもち始める様子が見られた。このことは、事象提示の活動の振り返りや、教師や子ども間での話し合いにより、子ども自身の中で見て考え、事象への説明が構築されたのではないかと考える。

一方、これらのことを捉えられていない場合、教師の一方的な働きかけによる事象提示や突然の問題提示は、子どもにとって飛躍して考えていくことを強要される授業になると捉えられる。つまり、教師は、事象提示に興味・関心として取り上げるだけではなく、疑問を想起させるように働きかけることが必要であり、そのための方略としてアブダクションの考えを取り入れた授業づくりを考えることは有意義があるといえる。

理科教育における問題解決能力の育成のためには、アブダクションを取り入れることが有効であったとしたが、教科書への記載は多くなかった。ま

た、アブダクションの考えを取り入れることで、子どもの考えに従って問題をつくることができ、アブダクションを取り入れた理科授業は有効であるといえる。

今後の課題として、子どもが教師のどんな働きかけによって、アブダクションの定義である B から A へ至るのか検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 国立教育政策研究所「国研ライブラリー 資質・能力[理論編]」東洋館出版社, p191, 2016.
- 2) 小林寛子「理科の観察・実験を通じた問題解決活動における教師の指導と有効性の認知の影響」日本教育工学会論文誌, 37(1), pp.57-66, 2013.
- 3) 山口真人, 田中保樹, 小林辰至「科学的な問題解決において児童・生徒に仮説を設定させる指導の方略—The Four Question Strategy (4QS) における推論の過程に関する一考察—」理科教育学研究 Vol.55 No.4, p438, 2015.
- 4) 柚木朋也「アブダクションに関する一考察 — 探求のための推論の分類—」理科教育学研究, Vol.48 No.2, p103, 2007.
- 5) 米盛裕二「アブダクション」勁草書房 2007
- 6) 小林辰至, 永益泰彦「社会的ニーズとしての科学的要素のある小学校教員養成のための課題と展望—小学校教員志望学生の子どもの頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導の開発と評価—」科学教育研究, Vol.30 No.3, pp.185-193, 2006.

4. この助成による発表論文等

学会発表

○小島章宏, 高木正之, 阪本秀典, 石井雅幸, 「結論後の考察の指導による児童の記述の変容」, 日本理科教育学会全国大会, 2016.8.6, 信州大学, 長野県長野市.

○小林 隼, 阪本秀典, 矢野博之, 石井雅幸, 「理科の考察場面における論理的思考力の変容をとらえるために」, 日本理科教育学会全国大会, 2016.8.6, 信州大学, 長野県長野市.

本研究は大妻女子大学人間生活文化研究所の研究助成 共同研究プロジェクト (K2802) を受けたものです。