

小学校理科の問題解決学習における仮説の洗練化 ーデューイの「観察・推断」に関する論考を導入してー

弘中 晴久
教科領域コース

1. はじめに

理科教育において問題解決学習や探究学習は不可欠であり、そのなかでも仮説設定は重要な活動である。また、平成29年告示の小学校学習指導要領理科編（文部科学省，2017）では、解決したい問題についての予想や仮説を発想する際に、自然の事物・現象の変化とそれに関わる要因を関係づけ根拠のある予想や仮説を発想することが挙げられている。つまり、児童が自然の事物・現象の変化とそれに関わる要因を把握し、明確な根拠をもって仮説設定を行えるような指導が必要である。

本研究では、仮説設定指導法の知見として、探究学習理論の祖であるデューイの探究理論における仮説設定過程に着目する。デューイは問題状況において「観察」によって事実的条件を把握することで示唆が生起し問題解決策である観念が作り出されることを示しており（杉浦，1984）、「民主主義と教育」において、この観察の疎密が観念の質に関わることを論じている（帆足，1959）。杉浦（1984）によれば、「観念」とは、デューイの探究理論の中の仮説設定過程における仮説の前段階（idea）から仮説（hypothesis）までを指す言葉であり、「示唆」は観念が作り出される際の発想や思いつきを指し、観察に基づく「推断」の生起であるとして説明されている。「推断」とは既に観察されている事実的条件から、いまだ観察されていない事実的条件を予測し、両者の関係を観念的に決定することである（杉浦，1984）。以上より、デューイの探究理論における仮説設定は「観察」、換言すると観察や情報収集などの事実的条件の把握によって開始され、示唆・推断といった仮説（観念）の設定や洗練化が行われ、その質の程度は仮説・探究の質に関わる。本研究では仮説設定の指導法として「観察」、すなわち観察及び情報収集による事実的条件の把握に特に着目する。

山内・益田・栗原・上原・日暮・大井（2021）の中学校理科において課題設定の場面で自然現象を引き起こす要因を検討・抽出させることが探究の各過程で見通しと振り返りを行うための手立てとなったという知見をもとに、三田（2023）は小学校理科において問いに関連する複数の現象の映像を観察することで関係づけが促進され、映像の内容を仮説の根拠に活用した児童が多くみられたことを報告している。このことから、観察や自然現象の要因の検討・抽出による事実的条件の把握は仮説設定における根拠への活用に効果がある。ただし、事実的条件の把握によって得られた情報が児童の仮説設定にどのような効果を与えるかを根拠への活用以外の視点で具体的に分析した研究は管見する限りない。

2. 研究の目的及び方法

本研究では、事実的条件の把握（観察・情報収集）が児童の仮説の洗練化を促進するかを評価し、洗練化においてどのような推断が行われているかについても評価する。また、洗練化・推断の評価結果より、洗練化が行われる要因について検討する。研究の方法としては、小学校の理科授業において支援のない状態で仮説設定を行わせる（仮説Ⅰ）。その後、児童の事実的条件の把握に対する支援・介入を行い、仮説の再設定・再検討を行わせる（仮説Ⅱ）。この時、仮説Ⅰと仮説Ⅱを比較し、

どのように洗練化が促進されているかを評価・分析する。評価・分析は、「洗練化」と「推断」の2観点から行う。さらに、その結果を踏まえて事実的条件の把握が仮説の洗練化を促進する要因について検討する。

3. 授業実践

茨城県内の公立小学校第6学年2クラス（計70名）を対象に単元「体のつくりとはたらき」の仮説設定場面において、事実的条件を把握する介入を踏まえて仮説を洗練化する実践を行った。授業実践における仮説設定までの流れは表1の通りである。

表1 「事実的条件の把握」による仮説の洗練化を目的とした授業

0. (授業前) 現象の認識	給食のご飯を30回噛み、ご飯が甘くなることを認識させた（対象が味覚という客観性に欠けるデータであるため、各クラス挙手制でアンケートを取り「ご飯をかむと最初甘くなかったが甘くなった」という意見が圧倒的多数であることを示した）。
1. 問いの提示	「0. 現象の認識」のデータを踏まえて「なぜご飯をかむと甘くなるのだろう」という問いを設定する。
2. 仮説I	「0. 現象の認識」のデータと「1. 問いの提示」の問いのみで仮説を設定する。
3. 「事実的条件の把握」支援	「人がご飯を食べる」という状況に関する事実的条件iと、「ご飯やその成分」の知識に関する事実的条件iiを把握できるよう支援を行う。
4. 仮説II	「3. 『事実的条件の把握』支援」を踏まえて仮説を再設定・再検討する。

「3.『事実的条件の把握』支援」について具体的に説明する。介入では主に「人がご飯を食べる」という状況に関する事実的条件iと、「ご飯やその成分」の知識に関する事実的条件iiの2つを児童が把握できるよう介入を行う。「人がご飯を食べる」という状況に関する事実的条件iは実際に起きている状況の把握及び言語化を目的とし、教師の問いかけ（「ご飯を食べている時口の中では何が起きているのか」など）を起点に児童との対話を通して確認していく。ご飯やその成分の知識に関する事実的条件iiは状況把握に必要なだが児童が知らないと考えられる情報を与えることを目的とし、こちらも教師の問いかけ（「ご飯は何でできているか」など）を起点とするが、児童が知らないと思われる知識を扱うため児童から発言がない場合は教師から情報を与えた。介入によって与える事実的条件は表2の通りである。

表2 「事実的条件の把握」支援の内容

事実的条件i 「人がご飯を食べる」という状況に関する事実的条件	①「歯はご飯をかんで細かくしている」
	②「舌は味を感じている」
	③「だ液はご飯とまざっている」
	④「ご飯は口内で細かくなってだ液と混ざっている」
事実的条件ii ご飯やその成分に関する知識に関する事実的条件	⑤「ご飯はデンプンでできている」
	⑥「デンプンは甘くない・味がしない」

4. 洗練化の評価及び推断の分析

洗練化の評価は、高垣（2004）の相互作用のある対話（TD: transactive discussion）の質的分析カテゴリーを参考に、仮説Iから仮説IIへの「(a) 拡張」（例えば、「ご飯の中に甘いものが出てくるから甘くなる」→「ご飯がだ液によって甘くなる」）、仮説Iから仮説IIへの「(b) 矛盾・比較的批判」（矛盾・比較的批判をした結果、仮説Iで扱われていた仮説が仮説IIで扱われなくなる等）、仮説Iから仮説IIへの「(c) 精緻化」（例えば、「何かによってご飯が甘いものになる」→「だ

液によってご飯は甘いものになる」), 仮説 I から仮説 II への「(d) 統合」(例えば, 「ご飯が甘くなる」と⑤「ご飯はデンプンでできている」を統合して「デンプンが甘くなる」)の4つで評価する。

一方で, 推論の視点からの分析については, 杉浦 (1984) がデューイの記述から抽出した5種類の推論 (i)ある1つの事例から, 他の諸事例への推論, (ii)ある1つの組の特性から, 他の1つの組への推論, (iii)ある1つの種類から, 他の1つの種類への推論, (iv)材料的与件から, 一般化への推論, (v)ある1つの事例が, ある1つの種類に属することの推論) を活用する。本研究では児童の仮説 I・仮説 II の記述から, どのような推論が行われたかを評価し, 同時にどの事実的条件を活用して推論を行ったかを読み取ることで分析を行う。

5. 結果及び考察

仮説 I の時点で「だ液」と「味の変化」を関連付けていた児童 11 名などを除いた 59 名の洗練化の評価を集計した結果, 事実的条件の把握支援によって 59 人中 51 人 (86.4%) の洗練化が行われていた (表 3)。また, その洗練化のカテゴリーとしては「(a) 拡張」が 37 人 (62.7%) と特に多くみられた。また, 「(c) 精緻化」が 28 人 (47.4%) と次に多くみられた (表 3)。以上より, 事実的条件把握の支援は新たな仮説の生起や根拠の追加を促進した。

次は推論の視点からの分析である。仮説 I から仮説 II の洗練化において「実験結果『ご飯をかむことで甘くなる』+事実的条件③・④『だ液はご飯とまざっている』という材料的与件から, 「ご飯はだ液とまざることによって甘くなる」という一般化への推論 (iv)」と現象の要因がだ液であると断定する推論が 51 人中 31 人 (60.8%) と非常に多くみられた。この推論においては③「だ液はご飯とまざっている」・④「ご飯は口内で細かくなってだ液と混ざっている」といった『だ液』との関わりに着目できる事実的条件が関わっていると読みとった。また, 『「ご飯がそもそも甘いものである」または, 『「ご飯の中に甘いものがある」』とした児童が「味のしないご飯 (デンプン) がだ液によって甘くなった」と推論した場合, ⑤「ご飯はデンプンでできている」・⑥「デンプンは甘くない・味がしない」といった事実的条件も関わっていると読み取れる。また, 「ご飯 (デンプン) の味が「無味」から「甘味」に変化する」という組から, ご飯 (デンプン) が「別のもの」に変化する」という組への推論 (ii)」と物質の変化を推論する児童が 51 人中 11 人 (21.6%) でみられた。これは⑤+⑥「ご飯はデンプンでできており, デンプンは味がしない」という事実的条件から, 「ご飯が甘くなっている, すなわち別の物質に変化している」という推論が行われていると読み取れる。この推論をした人数は少ないが, 事実的条件から対象の状況をより詳細に認識した仮説につながる点で質の高い推論であると言える。

最後に, 「だ液」・「ご飯 (でんぷん) の味の変化」について仮説設定を行うことができた要因について活用された事実的条件の視点から考察を行う。③「だ液はご飯とまざっている」, ④「ご飯は口内で細かくなってだ液と混ざっている」の2つの事実的条件は「ご飯が細かくなっている」という要素を除くと同じ内容であり, かつこの2つの事実的条件をどちらも活用したと分析された児童は

表 3 洗練化評価 (洗練化評価の全組み合わせ)

洗練化評価の全組み合わせ	人数
(a) 拡張+(b) 矛盾・比較的批判+(c) 精緻化	1
(a) 拡張+(c) 精緻化+(d) 統合	9
(a) 拡張+(b) 矛盾・比較的批判+(d) 統合	3
(a) 拡張+(b) 矛盾・比較的批判	15
(a) 拡張+(c) 精緻化	6
(c) 精緻化+(d) 統合	5
(a) 拡張	3
(c) 精緻化	7
(d) 統合	1
その他 (複数の解釈可能)	1
洗練化なし・評価不能	8

いないため合算して集計する。この③・④の事実的条件を活用した児童は59人中38人(64.4%)と多いことが分かる。次に、⑤「ご飯はデンプンでできている」、⑥「デンプンは甘くない・味がしない」、⑤+⑥「ご飯はデンプンでできており、デンプンは味がしない」の事実的条件は⑤と⑥をそれぞれ単独で活用した児童と両方を活用した児童で重なりがないため合算して集計すると、これらの事実的条件を活用した児童が59人中40人(67.8%)と多いことが分かる。これらの事実的条件は先に示した推断で活用された事実的条件と同じであり、これらの事実的条件が主に推断、ひいては洗練化を促進したとみられる。これらの事実的条件が推断を促進した要因としては、事実的条件把握の支援による「言語化」(以下、言語化)と「前提条件の確定」が考えられる。「言語化」は、実際に言語化することで要因として捉えていなかった要素(だ液など)に気付き仮説に取り入れることを支援する。「前提条件の確定」は、例えば⑤+⑥「ご飯はデンプンでできており、デンプンは味がしない」によって「ご飯に味が無いはずなのに甘くなった」という前提条件が確立し、「ご飯が何かによって甘くなった」という仮説設定を促進させると考えられる。

また、本実践においては「歯」や「舌で味を感じる」などの表現や要素を過剰に取り入れた仮説も見られた(例えば、「ご飯をかむと歯で細くなる。舌は味わっている。だ液とまざってふやかしている。細かくなってだ液とまざっている。」「口の中のすべてを使っている。」)。以上のことから、本指導法では「主体的な情報選択」に課題があると考えられる。これは情報が教師から与えられたことによって、授業の中で活用しなければならないというバイアスが発生したことが原因として挙げられる。

6. おわりに

本研究の結果から、児童の事実的条件の把握に対する介入を行い、支援前後の仮説を比較することで洗練化を促し、事実的条件把握の支援は児童の仮説設定に効果があることが示された。洗練化・推断の評価結果をみると、仮説を拡張する「(a)拡張」と根拠を加える「(c)精緻化」が多くみられ、「ご飯が甘くなった要因は『だ液』である」と現象の要因を断定する推断や『ご飯(デンプン)』が『別のもの(糖)』に変化する」と物質の変化の推断が行われる中で③、④、⑤、⑥の事実的条件が効果を与えていたことが分かった。また、事実的条件の把握が仮説の洗練化を促進する要因として「言語化」、「前提条件の確定」があることが示唆された。しかしながら、結果から「児童の主体的な情報選択」に課題があった。これらは情報を教師が与えたことにより情報が正しいものであることや取り入れなければいけないものであるというバイアスが発生したことが要因であると考えられる。

附記

本抄録は、2023年教育実践学会第31回大会発表資料を大幅に加筆・修正したものである。

引用文献

- 帆足理一郎(訳)(1959)『民主主義と教育—教育哲学概論—』春秋社、192-202。Dewey, J. (1916). Democracy and Education. The Middle Works Vol.9, Southern Illinois University Press.
- 三田眞広(2023)「小学校理科授業における根拠のある仮説を設定させる指導の実践と実践—一人一台端末を活用した協働的な学習を取り入れて—」『群馬大学令和4年度課題研究報告書要旨集』, 1-4.
- 文部科学省(2017)『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』東洋館出版社、14, 17.
- 杉浦美朗(1984)『デューイにおける探究の研究』風間書房、279-296.
- 高垣マユミ(2004)「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」『教育心理学研究』, 52, 472-484.
- 山内宗治・益田裕充・栗原淳一・上原永次・日暮利明・大井俊和(2021)「探究の過程の重点化に関する研究—導入で要因を抽出し課題を設定することが『見通し』と『振り返り』に与える影響に着目して—」『群馬大学共同教育学部紀要, 自然科学編』, 第69巻, 27-3.