

<学術論文>

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が 観察・実験に対する感情に及ぼす影響 — 中学2年生の「質量保存の法則」の実験を事例として —

植原俊晴 信州大学学術研究院教育学系

キーワード：演繹情報 感情 観察・実験 定量テキスト分析 質量保存の法則

1. 問題の所在

1.1 理科教育における指導法と観察・実験の結果を予想可能にする演繹情報

理科の指導法として、主に①演繹的指導法、②帰納的指導法、③仮説演繹的指導法が知られている。尾崎(1993)は、これらそれぞれの指導法に要求される推論として、①では前提を根拠に結論を導く演繹的推論、②ではいくつかの事象間の因果関係を見つけ出すときに使われる帰納的推論、③では仮説を吟味し、その仮説の妥当性を探っていく仮説演繹法があると指摘している。それぞれの推論の特徴を表1にまとめた。

表1 3つの推論の特徴

| 推論の形式 | 推論の特徴 |
|-------|---|
| 演繹的推論 | <ul style="list-style-type: none">・前提が正しければ、必ず結論も正しい。・結論が間違っていると、必ず前提のいずれかが間違っている。・結論が正しくても、前提が正しいとは限らない。・唯一の論理的に妥当な推論である。・知識が増えることはない。 |
| 帰納的推論 | <ul style="list-style-type: none">・自然界で起こる現象には規則性があることを前提にしている。・いくつかの観測された事例から、まだ観測されていない事例や普遍的法則を導く。・飛躍的に知識を増大させる。 |
| 仮説演繹法 | <ul style="list-style-type: none">・観察結果から帰納的推論により仮説を導く(発見の文脈)。・仮説から演繹的推論により観察可能な予測を導き、観察によって検証する(正当化の文脈)。・仮説はどのような過程で生み出されてもよい。・「正当化の文脈」で科学的知識が論理的に正当化される。・実際の科学研究における推論に近い方法である。 |

注) 森田(2010)を参考に著者が作成

令和3年度から全面実施された中学校学習指導要領では、観察・実験を行うことを通して、科学的に探究するための知識や技能、能力、態度を育むことが、理科の目標として重要視されており、観察・実験を行う際には、中学生がそれを何のために行うのか、どのような結果が予想されるのかなど、見通しをもつことが強調されている(文部科学省,2018)。これを踏まえ、角屋(2019)は、理科の学習指導過程において、「子どもが問題を見だし、解決方法を発想し、実行し考察したりする予想や仮説検証の活動」が必要であるとし、仮説演繹的指導法の重要性を指摘している。ここで言う仮

説とは、学習者による観察に基づいて帰納的に導かれたものであり、科学的に正しいかどうかではなく、演繹的推論により観察可能な予測を導き出すことのできる仮説かどうかの問題とされている。この点に関して、向井・村上・松本（2019）は、高校生を対象とした仮説演繹的指導法の「発見の文脈」における評価指標を作成し、実際にそれを用いて評価する中で、検証すべきことが不明瞭な状況においては、高校生であっても演繹的推論により観察可能な予測を導くことができる仮説を形成することは難しいと指摘している。

また、Dehaene（2021）は学習一般について、受動的講義よりも能動的関与、古典的な構成主義や発見学習よりも明示的な教示などが学習の基本的な仕組みであると述べている。また、「生徒が適切な情報に注目しなければ、何かを学習することはまずありえない」とも指摘している。したがって、理科の学習を効果的に進めるには、学習者を適切な情報に注目させる手段として、観察・実験の結果を演繹できる科学的に妥当な情報を教示することが重要であると思われる。

しかしながら、日本の理科教育においては、これまで、帰納的に法則を導くことが望ましいとされ、帰納的に学ぶことが求められてきたという経緯がある（奈須, 2021）。また、現在においても、学習者が発見的に問題を見いだすことが重視され、観察・実験を行う際に予めその結果を演繹できる科学的に妥当な情報を教示することは重視されていない。その理由の1つとして、観察・実験の結果を演繹できる情報を教示することにより、観察・実験に対する児童・生徒の情意に負の影響を与えるという懸念の存在が考えられる。例えば、鶴岡・井野・佐藤（2013）の理科における望ましい指導法に関する調査では、多くの教員を志望する大学生が、観察・実験の結果を演繹できる情報を教示することにより、「なんで？ どうして？ どうなんだろう？ と考えなくなる」や「自分で仮説を立てた方が、分かる喜び、達成感が大きい」のような好奇心や意欲の喚起、達成感の獲得など、観察・実験に対する児童・生徒の情意に負の影響を与えていることが示唆されている。

ところで、情意と情動はよく同じ意味で使われており（江森・飯島, 2008）、基本的な情動として「喜び」「怒り」「悲しみ」「恐れ」「嫌悪」「驚き」の6種類が知られている（Ekman, 1973）。一般的に、情動は自動的で無意識的な行動・認知反応とされ、これらの身体的、認知的変化の意識的経験が感情であるとされている（LeDoux & Damasio, 2014）。つまり、鶴岡ら（2013）が見いだした好奇心や意欲、達成感などは、学習者の「喜び」や「驚き」のようなネガティブではない情動の意識的経験を述べていると捉えられる。したがって、本研究ではネガティブではない情動による感情に焦点を合わせることにする。

1.2 理科の授業に対する感情

理科の授業に対する学習者の感情に焦点を合わせた研究として、川崎・雲財・中村・石川（2020）や齋藤・原田・草場（2020）などが挙げられる。まず、川崎ら（2020）は、

児童による自然現象を説明したり、設定した仮説を検証したりする活動が認知欲求の育成に有効かどうかを調べている。その結果、児童が上述のような活動に楽しんで取り組んだことを報告していることや事後の認知欲求得点の平均点が有意に上昇していることから、「理論」の構築過程に基づく学習指導の有効性を示唆している。次に、齋藤ら（2020）は、高校生を対象に、理科全般に対する興味を高める介入法やそれを実施する時期について調査している。その結果、観察・実験に対するポジティブ感情の強さとそれに対する価値づけの仕方が理科学習に対するポジティブな感情に影響していることを示唆している。

しかしながら、これらの研究は理科の学習全体に対する学習者のマクロな感情を調査しており、1単位時間程度の観察・実験に対する授業中におけるミクロな感情を十分に捉えているとは言えない。したがって、学習者のこの感情に焦点を合わせ、それを明らかにすることで、理科の学習活動に対する示唆が得られると考えた。

2. 研究の目的

ここまでの議論を踏まえ、本研究では実験結果を演繹的に推測できる科学的に妥当な情報の有無による学習者の実験に対する感情の差異を調査する。感情については、谷島・新井（1996）が理科の動機に関わる要因間の関係を明らかにする過程で、理科の観察・実験に特有な動機として活動志向動機を見いだしていることや、佐藤（2015）や坂本・久保（2020）が理科の学習活動において「驚き」や「楽しさ」という感情は学習者に対する意欲や知識の獲得の成果に影響を与えていると示唆していることから、学習者が示す「楽しさ」「積極性」「驚き」に着目して、観察・実験に対する授業中の学習者の感情を調べる。なお、上述の情報を教示する過程を含む指導法を演繹的指導法、これを含まない指導法を帰納的指導法とする。また、学習者の既有知識から観察・実験の結果を演繹可能な仮説を立て検証する仮説演繹的指導法については、仮説が必ずしも科学的に妥当な情報とは言えないので、本研究では取り上げない。加えて、演繹的指導法では、観察・実験の結果に関わる知識を事前に教示しており、授業の内容を観察・実験の結果に基づいて理解できているという感覚（以下、「理解の感覚」と記す）が高まると考えられる。そして、「理解の感覚」が高まることにより、学習者の観察・実験に対する感情に何らかの影響を及ぼすと推察される。

以上より、本研究の目的は、理科の学習指導過程で演繹的指導法及び帰納的指導法による授業をそれぞれ行い、①実験結果を演繹できる情報の有無により中学生の観察・実験に対する授業中の感情に与える影響は異なるのか、②観察・実験の結果を演繹できる情報を予め教示することにより、観察・実験中における「理解の感覚」が高まることで、観察・実験に対する授業中の感情にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることである。

3. 研究方法

3.1 調査の時期

調査は、2017年6月下旬から7月上旬に行われた。

3.2 調査対象者

公立中学校の2年生144名が調査対象者であった。調査は、演繹的指導法による群（以下、「情報あり群」と記す）と帰納的指導法による群（以下、「情報なし群」と記す）に分けて行った。なお、調査対象者数は情報あり群が73名（2学級）、情報なし群が71名（2学級）であった。

3.3 調査方法

中学校理科における質量保存の法則に関する学習で、演繹的指導法と帰納的指導法を、著者が2単位時間ずつそれぞれ2学級で行った。授業の概要を表2に示す。なお、これらの授業は、岡村・藤嶋ら（2016）による教科用図書に即して行っており、質量保存の法則の学習までに、原子の性質や化学反応式の学習を通して、化学変化では反応の前後で原子の種類とその数が増えないことを学習していた。したがって、情報あり群では、質量保存の法則に関する実験を「化学変化によって、原子がほかの種類

表2 演繹的指導法と帰納的指導法の概要

| 時 | 演繹的指導法（情報あり群） | 帰納的指導法（情報なし群） |
|---|---|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> 化学変化の前後で原子の種類と数は変化しないので、化学変化の前後で物質全体の質量は全体の質量は変化しないこと（質量保存の法則）を教示した。 硫酸と塩化バリウムを混合すると沈殿が生じ、炭酸水素ナトリウムと塩酸を混合すると気体（二酸化炭素）が発生することを説明した。 それぞれの化学変化で質量がどのように変化するかを「大きくなる・小さくなる・変化しない」の中から予想させ、その理由を記述させた。なお、炭酸水素ナトリウムと塩酸の化学変化については、開放系と閉鎖系とに場合分けをして予想させた。 授業でわかったことやわからなかったことを記述させ、学習活動の振り返りをさせた。 | <ul style="list-style-type: none"> 実験の目的を「化学変化によって、原子がほかの種類に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないことを調べる」と設定した。 硫酸と塩化バリウム、炭酸水素ナトリウムと塩酸が化学変化する前後の質量を調べさせた。後者については、開放系と密閉系でそれぞれ調べさせた。 実験方法と結果をまとめさせた上で、化学変化で原子がほかの種類に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないと言える理由を記述させた。 <p style="text-align: right;">（アンケートを実施）</p> |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> 実験の目的を「化学変化によって、原子がほかの種類に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないことを調べる」と設定した。 硫酸と塩化バリウム、炭酸水素ナトリウムと塩酸が化学変化する前後の質量を調べさせた。後者については、開放系と密閉系でそれぞれ調べさせた。 実験方法と結果をまとめさせた上で、化学変化で原子がほかの種類に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないと言える理由を記述させた。 | <ul style="list-style-type: none"> 硫酸と塩化バリウム、炭酸水素ナトリウムと塩酸が化学変化したときの質量の変化をまとめた表を示した。 実験結果がこの表のようになる理由を個々に考え「私の考え」としてまとめさせた。 グループで「私の考え」を出し合い議論させ、「グループの考え」としてまとめさせた。 グループの代表者（レポーター役）に「グループの考え」を説明させた。 化学変化の前後で物質全体の質量は変化しないことを教示した。 授業でわかったことやわからなかったことを記述させ、学習活動の振り返りをさせた。 <p style="text-align: right;">（アンケートを実施）</p> |

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が観察・実験に対する感情に及ぼす影響

原子が変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないこと」を確かめる手段と位置づけて行った。つまり、「化学変化によって、原子がほかの種類の原子が変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないこと」を前提にすると、演繹的に「化学変化の前後で質量は変化しない」という結果が得られるであろうという仮説の下、実験が行われることを企図している。

参考までに、令和3年に改訂された梶田・真行寺・永原・西原ら（2021）の教科用図書では、岡村ら（2016）と比較しても内容の構成に変化はないが、質量保存の法則に関する実験の記述として、「化学変化が起こる前と後では、物質全体の質量はようになるだろうか」という課題に対する見通しを立てる場面で、「原子・分子のモデルで考えよう」や「原子・分子のモデルで表すと、化学変化の前後で元素と原子の数は…」という記述が見られる。つまり、梶田ら（2021）は、この実験のあり方として、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報を枠組みとして示すことにより、学習を促進させることを企図していると考えられる。

また、「楽しさ」「積極性」「驚き」といった実験に対する授業中の感情及び「理解の感覚」について調べるアンケートでは、各質問項目について5件法で回答させ、実験の感想を記述させた。なお、アンケートは、谷島・新井（1996）や佐藤（2015）の知見を参考に作成した。調査で用いたアンケートの内容を、図1に示す。ただし、理解の感覚については、「化学変化によって、原子が他の種類の原子が変わったり、なくなったり、新しくできたりすることがないことを調べる」という実験の目的を実験結果からどの程度、理解できたかを回答するように、口頭で補足説明をした。加えて、アンケートの回答内容が理科の成績に影響しないことも説明した。

| | | | | |
|---|-------------|-----------|---------|-------|
| 次の①～④の質問に答えください。 | | | | |
| ①実験は楽しかったですか。当てはまるところに○をつけてください。 | | | | |
| 楽しくなかった | あまり楽しくなかった | どちらとも言えない | 少し楽しかった | 楽しかった |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ②実験には、積極的にとり組めましたか。当てはまるところに○をつけてください。 | | | | |
| とり組めなかった | あまりとり組めなかった | どちらとも言えない | 少しとり組めた | とり組めた |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ③実験結果に驚きを感じましたか。当てはまるところに○をつけてください。 | | | | |
| 驚かなかった | あまり驚かなかった | どちらとも言えない | 少し驚いた | 驚いた |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ④実験の目的と実験結果の関係を理解できましたか。当てはまるところに○をつけてください。 | | | | |
| 理解できなかった | あまり理解できなかった | どちらとも言えない | 少し理解できた | 理解できた |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 実験の感想をかいてください。 | | | | |
| | | | | |

図1 アンケートの内容

なお、本研究の目的が指導法による理科の学習活動全体に対する感情への影響を調査することであれば、アンケートの実施時期は統一されるべきであると考えられる。しかしながら、本研究の目的はそれではなく、あくまで実験結果を演繹できる情報の有無

が当該の実験を行った授業中の感情や授業直後の「理解の感覚」に及ぼす影響を調べることにある。したがって、アンケートの実施時期は中学生が実験を行った直後が妥当であり、情報あり群と情報なし群でそれを統一させる必要はないと考えた。

4. 結果と考察

4.1 情報あり群と情報なし群の等質性に関する検討

授業直後の「理解の感覚」については、各群の理科に対する理解度の差が影響すると考えられる。そこで、情報あり群と情報なし群の理解度に係る等質性を確認するため、調査の直前に行われた定期試験の理科の平均点を調べた。その結果を、表3に示す。t検定を行ったところ、群間に有意な差は認められなかったので ($t(142)=1.31, n.s.$)、両群を等質とみなし分析を進める。

表3 調査直前の定期試験の平均点

| 情報あり群 (n=73) | | 情報なし群 (n=71) | | t 値 |
|-----------------|------|-----------------|------|------|
| Mean | SD | Mean | SD | |
| 67.8 | 16.2 | 71.2 | 14.7 | 1.31 |

4.2 アンケートの結果

アンケートの各質問項目について、群ごとの回答者数を調べた。ただし、集計する際に、「楽しさ」であれば「5楽しかった」を高群、「4少し楽しかった」を中群、「3どちらとも言えない」「2あまり楽しくなかった」「1楽しくなかった」を低群と「楽しさ」の程度ごとに区別した。また、「積極性」「驚き」「理解の感覚」についても同様に集計した。その結果を表4に示す。

表4 感情などの程度ごとに区別した群ごとの回答者数(人)

| 項目 | 群 | 高 | 中 | 低 |
|-------|------|-----------|-----------|-----------|
| 楽しさ | 情報あり | 52(71.2%) | 12(16.4%) | 9(12.3%) |
| | 情報なし | 40(56.3%) | 18(25.4%) | 13(18.3%) |
| 積極性 | 情報あり | 50(68.5%) | 12(16.4%) | 11(15.1%) |
| | 情報なし | 40(56.3%) | 16(22.5%) | 15(21.1%) |
| 驚き | 情報あり | 33(45.2%) | 29(39.7%) | 11(15.1%) |
| | 情報なし | 23(32.4%) | 30(42.3%) | 18(25.4%) |
| 理解の感覚 | 情報あり | 38(52.1%) | 25(34.2%) | 10(13.7%) |
| | 情報なし | 22(31.0%) | 20(28.2%) | 29(40.8%) |

クロス集計の結果に基づき χ^2 検定を行ったところ、「楽しさ」「積極性」「驚き」については、分布に有意な偏りは認められなかった（「楽しさ」： $\chi^2(2)=3.47, n.s.$ ；「積極性」： $\chi^2(2)=2.27, n.s.$ ；「驚き」： $\chi^2(2)=3.47, n.s.$ ）。このことから、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報の有無による中学生の実験に対する感情に及ぼす影響に違いはないと考えられる。

一方、「理解の感覚」については分布の偏りが有意であった ($\chi^2(2)=14.1, p<.01, Cramer's V=0.312$)。残差分析によると、情報あり群で有意に「理解の感覚」が高い者が

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が観察・実験に対する感情に及ぼす影響

多く（調整された残差=2.56, $p<.05$ ），低い者が少なかった（同上, -3.67, $p<.01$ ）。これは、情報あり群で実験結果を演繹できる知識を予め教示していたので、当然の結果と言え、情報あり群と情報なし群で「理解の感覚」に差が認められたことは問題ではない。むしろ、情報なし群で約 4 割の中学生が実験の内容を理解しているという感覚を持ってないまま、1 単位時間の授業が終了していることが問題であると言える。

4.3 実験に対する中学生の捉え方

前節の議論から、当該の実験を行う前に、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報を教示するかどうかには拘わらず、当該実験に対する授業中の感情には違いがないと示唆された。その要因を探索するために、KH Coder でアンケートに記述してもらった実験の感想を対象に計量テキスト分析を行った。なお、KH Coder とは計量テキスト分析を行うフリーソフトウェアである。また、中学生が記述した感想の一部を表 5 に示す。

表 5 中学生が記述した感想例

| | |
|-------|--|
| 情報あり群 | <ul style="list-style-type: none"> ・ペットボトルのふたを開けると、発生した気体が容器から出ていって軽くなることとか、「なるほど」と思う実験だった。楽しかったです。 ・うすい硫酸にうすい塩化バリウム水溶液を混ぜる前は、どちらも無色透明だったのに、混ぜた途端にうすい塩化バリウム水溶液が白くなったことに驚いた。うすい塩酸に炭酸水素ナトリウム入れたら、まるで炭酸水のように音が出たことに驚いた。楽しかった。 ・炭酸水素ナトリウムとうすい塩酸を混ぜると、音が出てとてもおもしろく、その化学変化が起きているところを触ってみると、ちょっと振るえていて気持ちよかった。 |
| 情報なし群 | <ul style="list-style-type: none"> ・うすい塩酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜて音が出たことに驚いた。その音が出ているときに気体のできたのにも驚いた。 ・今回の実験は今までより結構楽しかった。泡が出たのは少し驚いたし、今までの実験よりも積極的に取り組めたと思う。今回の実験は楽しかった。 ・混ぜると白くなったり、音が出たりして驚いた。何でこうなるのだろうと思いました。 |

まず、計量テキスト分析を行うため、中学生が記述した実験の感想を電子テキスト化した。その際、著者の判断で明らかな誤字や脱字、方言を修正し、物質名については表記を統一した（例えば、「塩化バリウム」と記述されている場合には、「塩化バリウム水溶液」に統一した）。また、計量テキスト分析を行う際、複合語については、複数の語に分解されないよう強制抽出する語とし、接頭語や接続詞などについては使用しない語に設定した。表 6 に強制抽出した語と使用しなかった語をそれぞれ示す。このように前処理を行った上で、KH Coder による分析を行った。対象とした記述の群ごとの記述統計量を表 7 に、群ごとの頻出語上位 35 語を表 8 にそれぞれ示す。

表 6 強制抽出した語と使用しなかった語

| 強制抽出した語 | 使用しなかった語 |
|-----------|----------|
| 化学変化 | うすい |
| 炭酸水素ナトリウム | 今回 |
| 炭酸みたい | 今日 |
| 塩化バリウム水溶液 | 今 |
| 無色透明 | とても |
| ペットボトルのふた | と |
| | とう |

表 7 群ごとの記述統計量

| 統計量の項目 | 情報あり群 | 情報なし群 |
|-----------|------------|------------|
| 総抽出語数（使用） | 1862 (752) | 1166 (473) |
| 異なり語数（使用） | 267 (192) | 197 (136) |
| 文 | 111 | 88 |
| 段落 | 73 | 71 |

植原

表 8 群ごとの頻出語上位 35 語

| 情報あり群 | | | | 情報なし群 | | | |
|-----------|------|-----------|------|-------|------|-----------|------|
| 抽出語 | 出現回数 | 抽出語 | 出現回数 | 抽出語 | 出現回数 | 抽出語 | 出現回数 |
| する | 45 | すごい | 10 | する | 25 | ある | 6 |
| 実験 | 36 | 開ける | 10 | 出る | 24 | 塩酸 | 6 |
| 出る | 34 | ある | 9 | 実験 | 23 | 行う | 6 |
| 驚く | 31 | 泡 | 9 | 音 | 21 | 炭酸水素ナトリウム | 6 |
| 音 | 30 | 塩化バリウム水溶液 | 8 | 驚く | 21 | 関係 | 5 |
| 混ぜる | 29 | 結果 | 7 | 楽しい | 20 | 質量 | 5 |
| なる | 28 | 予想 | 7 | なる | 15 | 分かる | 5 |
| 楽しい | 24 | すう | 6 | ない | 13 | ない | 4 |
| 化学変化 | 19 | 分かる | 6 | 混ぜる | 13 | やすい | 4 |
| 思う | 18 | 硫酸 | 6 | おもしろい | 12 | 実際 | 4 |
| 白い | 17 | 良い | 6 | できる | 12 | 少し | 4 |
| おもしろい | 16 | いろいろ | 5 | 化学変化 | 9 | 炭酸みたい | 4 |
| 塩酸 | 15 | 物質 | 5 | 思う | 9 | 泡 | 4 |
| 炭酸水素ナトリウム | 15 | 理解 | 5 | すごい | 8 | よい | 3 |
| ペットボトルのふた | 13 | 液体 | 4 | 結果 | 8 | 液体 | 3 |
| できる | 12 | 空気 | 4 | 理解 | 8 | 考える | 3 |
| 少し | 12 | 見る | 4 | あまり | 7 | 炭酸 | 3 |
| 炭酸みたい | 12 | 無色透明 | 4 | 見る | 7 | 知る | 3 |
| ない | 11 | | | 白い | 7 | 難しい | 3 |
| 炭酸 | 11 | | | 変化 | 7 | 目的 | 3 |

注) 情報あり群、情報なし群ともに 35 語目が同数であったので、それぞれ 38 語と 40 語を示した。

次に、情報あり群と情報なし群における実験の感想の特徴を比較するため、頻出語の共起ネットワーク分析を行った。共起ネットワークとは、「出現パターンの似通った語、すなわち共起の程度が強い語を線で結んだネットワーク」である（樋口, 2020）。なお、1つのセルに入力したテキストを1単位として分析するために、集計単位を H5 とし、最小出現数による語の取捨選択をした（情報あり群：4 語、情報なし群：3 語）。また、描画する共起関係については、係数を標準化した上で、係数が 0.2 以上の共起関係にある語についてサブグラフ（modularity）を描画した。その結果を、図 2 及び図 3 に示す。

情報あり群では、(ア) 炭酸水素ナトリウムに塩酸を加える操作、(イ) 音が出る現象が見られるとき、(ウ) 塩化バリウム水溶液と硫酸を混合したときに起こる現象、(エ) 実験に対する感情と「理解の感覚」、(オ) 物質と化学変化、(カ) 並列に記述された現象の 6 つのカテゴリーに分類された。一方、情報なし群では、(サ) 炭酸水素ナトリウムに塩酸を加える操作、(シ) 音が出る現象に対する「驚き」、(ス) 実験における「理解の感覚」、(セ) 実験する意味、(ソ) 化学変化と質量の変化、(タ) 液体が白くなる変化、(チ) 実験の意味や現象の理由を考えることの困難の 7 つのカテゴリーに分けられた。

ここでは、情報あり群で実験に対する授業中の中学生の感情に影響を与える要因を探索していることから情報なし群と比較して、情報あり群の特徴的なカテゴリーにつ

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が観察・実験に対する感情に及ぼす影響

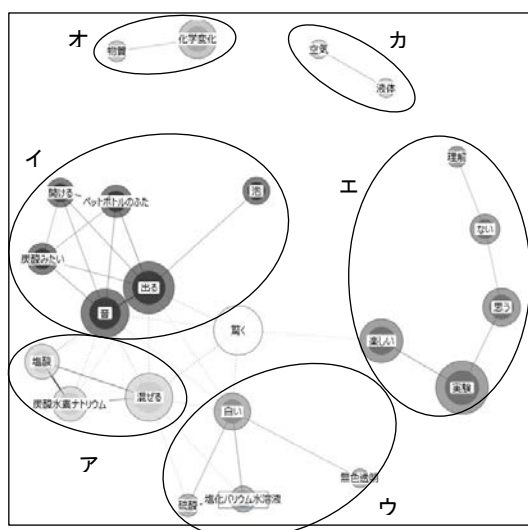


図 2 情報あり群の共起ネットワーク (modularity)

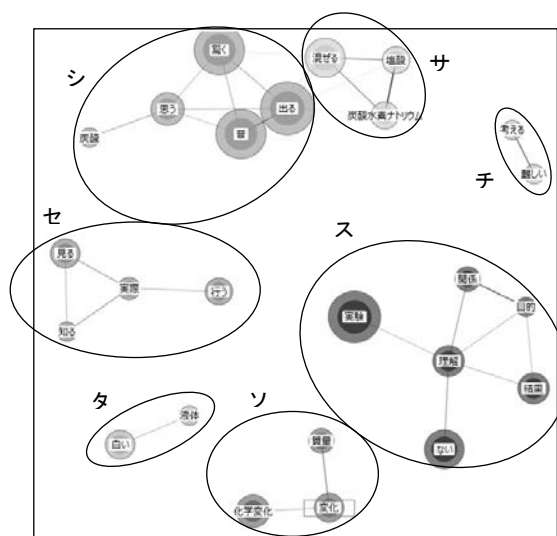


図 3 情報なし群の共起ネットワーク (modularity)

いて述べる。まず、KHCoder で情報あり群と情報なし群の特徴語を調べた。その結果を表 9 に示す。

情報あり群のカテゴリー (イ)・(ウ)・(エ) に含まれる語が情報あり群の特徴語に表れていることから、これらのカテゴリーが情報あり群の特徴的なカテゴリーとして挙げられよう。(イ) の音が出る現象が見られるときについては、情報なし群にも似たカテゴリーとして (シ) がある。情報なし群では、音が出る現象が驚きと結びついているが、情報あり群では具体的な実験操作と結びついており、情報あり群における実験の内容に関する記述の厚さを指摘できる。このことは、(ウ) の塩化バリウム水溶液と硫酸を混合したときに起こる現象に対応する情報なし群のカテゴリーである (タ) と比較すると、情報あり群では具体的な物質名や無色透明から白く変化すると詳細に記述されているのに対し、情報なし群では液体が白くなるという簡単な記述に留まっていることから同様に指摘されよう。

また、(エ) の実験に対する感情と「理解の感覚」については、一見すると実験を通して学習内容を理解していないように解釈できるが、情報あり群のテキストを確認したところ、「理解はできなかったけれど、この実験は楽しかった」のような記述もある

表 9 群ごとの特徴語

| 情報あり群 | | 情報なし群 | |
|-------|------|-------|------|
| 実験 | .312 | 結果 | .103 |
| 驚く | .304 | 変化 | .099 |
| 出る | .302 | 見る | .093 |
| 混ぜる | .291 | 理解 | .092 |
| 音 | .280 | 行う | .083 |
| 楽しい | .264 | 質量 | .069 |
| 思う | .220 | 分かる | .066 |
| 白い | .213 | 関係 | .056 |
| 化学変化 | .207 | 実際 | .056 |
| 塩酸 | .190 | 目的 | .042 |

注) 数値は、Jaccard 係数である。

が、「実験をすることで、しないより、理解が深まり良かったと思います」や「白くなつたときは沈殿するところがあまり見えなかったけど、色が濃いところを見つけれられて理解できました」などの記述も見られることから、「理解の感覚」の高まりを指摘することができる。

さらに、情報あり群における実験の感想に関する記述の特徴を捉えるため、前述のサブグラフ (modularity) を描画した条件と同じ条件で、KH Coder により媒介 (中心性) について、共起ネットワークを描画した。その結果を、図 4 及び図 5 に示す。

情報あり群では、「驚く」という語を媒介として、(ア)・(イ)・(ウ)・(エ) のカテゴリーが結びついており、語の共起関係の広がりが見られた。一方、情報なし群では、「出る」という語を媒介にして、(サ) と (シ) のカテゴリーが結びつくに留まった。

以上のことから、情報あり群では情報なし群と比較し、実験に対する記述が詳細になされていたり、実験に関する様々なことを関連づけて実験の感想が述べられたりしていると言える。

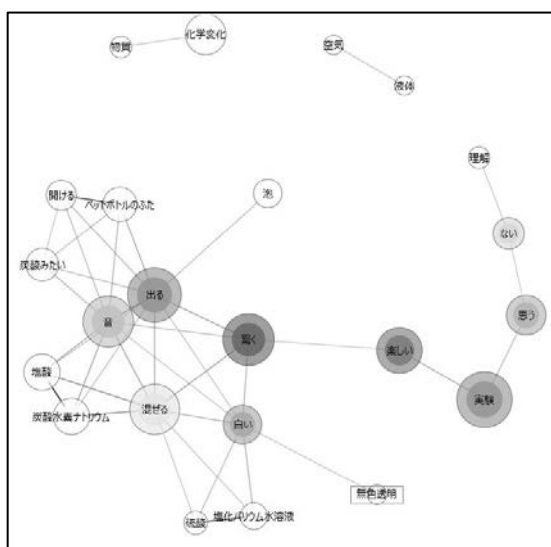


図 4 情報あり群の共起ネットワーク
(中心性)

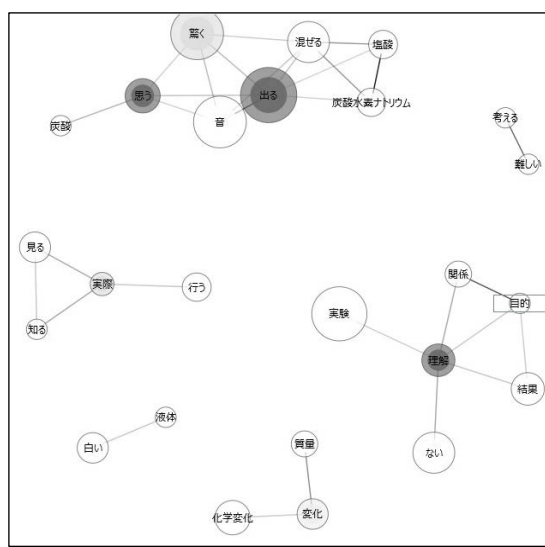


図 5 情報なし群の共起ネットワーク
(中心性)

4.4 「理解の感覚」と「楽しさ・積極性・驚き」の関連

最後に、中学生の実験に対する「理解の感覚」と「楽しさ」「積極性」「驚き」の関連をそれぞれ調べた。具体的には、図 1 のアンケートにおける回答で、「5 理解できた」を高群、「4 少し理解できた」を中群、「3 どちらとも言えない」「2 あまり理解できなかった」「1 理解できなかった」を低群と「理解の感覚」の程度ごとに区別した。そして、各指導法について、「理解の感覚」の程度ごとに「楽しさ」「積極性」「驚き」に対する評価の平均点と標準偏差をそれぞれ調べた。その結果を表 10 に示す。

「実験結果を演繹できる情報の有無」及び「理解の感覚」の程度の違いによって、「楽しさ」「積極性」「驚き」のそれぞれの平均点に差があるか検討するために、対応

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が観察・実験に対する感情に及ぼす影響

表 10 理解の感覚ごとの平均点と標準偏差

| 理解の感覚 | 群 | 情報あり群 | | | 情報なし群 | | |
|-------|-----------|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 高 | 中 | 低 | 高 | 中 | 低 |
| | | N=38 | N=25 | N=10 | N=22 | N=20 | N=29 |
| 楽しさ | <i>M</i> | 4.79 | 4.32 | 3.80 | 4.59 | 4.70 | 3.79 |
| | <i>SD</i> | 0.58 | 1.07 | 1.48 | 0.67 | 0.66 | 1.18 |
| 積極性 | <i>M</i> | 4.66 | 4.32 | 4.00 | 4.77 | 4.40 | 3.90 |
| | <i>SD</i> | 0.91 | 0.95 | 1.05 | 0.53 | 0.75 | 1.05 |
| 驚き | <i>M</i> | 4.16 | 4.28 | 4.10 | 4.05 | 4.10 | 3.59 |
| | <i>SD</i> | 1.15 | 0.68 | 0.88 | 1.00 | 0.85 | 1.35 |

のない2要因分散分析を行った。独立変数を「情報の有無」及び「理解の感覚」、従属変数を「楽しさ」「積極性」「驚き」のそれぞれの得点とした。その結果、実験に対する「楽しさ」と「積極性」については、「理解の感覚」の主効果のみが認められた（「楽しさ」： $F(2, 138)=9.54, p<.001$ ；「積極性」： $F(2, 138)=7.34, p<.001$ ）。「驚き」については、いずれの主効果も交互作用も認められなかった。また、多重比較（Sidak法、5%水準）を行ったところ、「楽しさ」については、低群よりも高群、低群よりも中群で平均点が有意に高く、「積極性」については、低群よりも高群で平均点が有意に高かった。

これらのことより、中学生では、実験で確かめることをその結果に基づいて理解できたという感覚の高さが、実験を楽しく感じさせたり、積極的に取り組めたと思えたりすることに影響していると考えられる。

5. 総合考察

本研究の目的は、理科の学習指導過程で演繹的指導法及び帰納的指導法による授業をそれぞれ行い、①実験結果を演繹できる情報の有無により中学生の観察・実験に対する授業中の感情に与える影響は異なるのか、②観察・実験の結果を演繹できる情報を予め教示することにより、観察・実験中における「理解の感覚」が高まることで、観察・実験に対する授業中の感情にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることであった。

まず、上記①については、本研究で感情とした「楽しさ」「積極性」「驚き」について、実験結果を演繹できる情報の有無による回答者数の分布を調べたところ、有意な差は認められなかった。つまり、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報の有無により実験に対する中学生の授業中の感情に及ぼす影響には違いはないと考えられる。したがって、中学生に実験結果を予想し得る知識を教示することが、実験に対する授業中の感情に負の影響を及ぼすという危惧は杞憂であると思われる。また、本研究における計量テキスト分析の結果は、情報あり群で実験に対する記述がより詳細になされていたり、実験に関する様々なことを関連づけてその感想が述べられたりしていたことから、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報が教示されたことにより、「どんなときに何が起こるのか」や「予想と照らし合わせて、どのような結果になるのか」などが焦点化され、実験の操作や起こる現象について、深く意味を理解したり、細かく観

察したりすることが可能になったと考えられる。また、それに伴って化学変化における小さな変化にも「驚き」を感じていると思われる。

次に、上記②については、情報なし群と比べ情報あり群において「理解の感覚」の平均点が有意に高く、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報を教示することは、実験中の「理解の感覚」を高めていると言える。これは、情報あり群で「化学変化の前後で原子の種類と数が変化しない」のであれば、「化学変化の前後で質量は変化しない」と考えられることを予め予想していたためであり当然の結果と言える。一方、群に拘わらず「理解の感覚」の高さは実験を楽しく感じたり、積極的に取り組めたと思えたりすることと関係していた。

これらより、観察・実験に至るまでの学習過程が演繹的であるか帰納的であるかに拘わらず、授業中の感情に与える影響には、当該の観察・実験を通して学習内容を理解できたという感覚が大きく関わっていると思われる。つまり、「理解の感覚」が高まることにより、学習者の観察・実験に対する感情は肯定的になると考えられる。したがって、どのような指導法に基づいて観察・実験を行うのかが問題なのではなく、学習者の「理解の感覚」を伴った観察・実験を行うことが重要であると言える。また、本研究では観察・実験の結果を演繹できる情報を教示し、学習者に一定の枠組みを示して観察・実験を行わせた。Dehaene (2021) が学習者の注意は学習を間違った回路に向かわせると指摘しているように、観察・実験の結果を演繹できる情報を提示するなど、一定の枠組みを示すようなことがなければ、それは学習がうまくなされない要因の1つとなり得ると思われる。

最後に、今後の課題について2つ述べる。1つめは、観察・実験の結果を演繹できる科学的に妥当な情報の有無が、科学的知識の獲得に対する影響の違いを明らかにすることである。清水・山浦 (2007) や栗原・益田 (2010) は、それぞれの実践において、演繹的とした学習活動により科学的概念の獲得や保持に効果があったことを示唆している。しかしながら、上記の効果はいずれも、獲得したと考えられる科学的概念を想起したり、適用したりするような、知識の一側面を評価した結果に過ぎない。したがって、例えば、工藤 (2008) による知識の3水準を枠組みにするなど、多面的に上述の情報の有無による科学的知識の獲得に対する影響の違いを検討する必要がある。

2つめは、観察・実験結果を演繹できる情報の有無による中学生の観察・実験に対する授業中の感情に及ぼす影響の違いが認められなかった要因についてである。本研究による授業では、質量保存の法則に関わる化学変化として、炭酸水素ナトリウムと塩酸や硫酸と塩化バリウム水溶液を混ぜ合わせたときの変化を取り上げた。前者をペットボトルの中で行うと、激しく気体が発生する様子やペットボトルのふたを開けると音を立てて気体が抜ける様子などを見ることができる。また、後者では混ぜ合わせるとすぐに白濁が生じる。これらの現象は、実験結果を演繹できる科学的に妥当な情報を教示されることにより、その結果をある程度まで予想できる状態にあった中学生に

観察・実験の結果を演繹できる情報の有無が観察・実験に対する感情に及ぼす影響

とつても、予想の範囲外の現象として受け止められている可能性がある。つまり、本研究の結果は、授業で行った実験の特性による要因を否定できないことに留意しなければならない。したがって、本研究で取り上げた実験以外でも、その結果を演繹できる情報の有無により、観察・実験中の理解の感覚が高まったり、それにより観察・実験に対してポジティブな感情を持ったりするかどうかを検討する余地が残されている。

謝 辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17H00170, JP21K20263 の助成を受けて実施されました。また、本研究にご協力とご支援をいただいた関係者各位に感謝申し上げます。

文 献

- Dehaene, S. (2021) : 「脳はこうして学ぶ 学習の神経科学と教育の未来」, 森北出版.
- Ekman, P. (1973) : Cross-Cultural Studies of Facial Expression, Ekman, P DARWIN and FACIAL EXPRESSION A CENTURY OF RESEARCH IN REVIEW, 169-222, Malor Books.
- 江森英世・飯島智隆 (2008) : 数学の問題解決における情動的な経験に関する基本モデル, 群馬大学教育学部紀要 自然科学編, 56, 17-26.
- 樋口耕一 (2020) : 社会調査のための計量テキスト分析【第2版】-内容分析の継承と発展を目指して-, ナカニシヤ出版.
- 角屋重樹 (2019) : 「改訂版 なぜ, 理科を教えるのか 理科教育がわかる教科書」, 文溪堂.
- 梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛ほか 131 名 (2021) : 新しい科学 2, 東京書籍.
- 川崎弘作・雲財寛・中村大輝・石川雄大 (2020) : 小学校理科における認知欲求の育成に関する研究-「理論」の構築過程に基づく学習指導に着目して-, 理科教育学研究, 61, 2, 241-249.
- 工藤与志文 (2008) : 「誤前提課題」を評価課題として用いた教授学習実験の概観と展望, 教授学習心理学研究, 4, 1, 40-49.
- 栗原淳一・益田裕充 (2010) : 演繹的推論に基づく課題解決学習が質量保存の科学的な概念の形成に与える影響, 教材学研究, 21, 49-56.
- LeDoux, J.E. & Domasio, A.R. (2014) : 情動と感情, Kandel, E.R. 「カandel神経科学」, 1056-1070, メディカル・サイエンス・インターナショナル.
- 文部科学省 (2018) : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編, 学校図書.
- 森田邦久 (2010) : 「理系人に役立つ科学哲学」, 化学同人.
- 向井大喜・村上忠幸・松本伸示 (2019) : 高校生による科学的問題解決における仮説形成過程の評価に関する研究, 理科教育学研究, 60, 2, 455-464.

植原

- 奈須正裕 (2021) : 個別最適な学びと協働的な学び, 東洋館出版.
- 岡村定矩・藤嶋昭ほか 49 名 (2016) : 新編 新しい科学 2, 東京書籍.
- 尾崎浩巳 (1993) : 学習理論と教授理論, 日本理科教育学会「理科教育学講座 3 理科の授業と学習の成立」, 16-31, 東洋館出版社.
- 坂本昌弥・久保幸貴 (2020) : 理科教育における楽しい授業に関する考察, 紀要 visio : research reports, 50, 87-92.
- 齋藤恵介・原田勇希・草場実 (2020) : いつ, 生徒の観察・実験に対する興味の“深さ”に介入するべきか? —理科全般に対するポジティブ感情の醸成を見据えて—, 理科教育学研究, 61, 1, 107-117.
- 佐藤邦政 (2015) : 合理性の育成における認知的情動としての驚きの意義, Contemporary and Applied Philosophy, 7, 1-19.
- 清水誠・山浦麻紀 (2007) : 観察時に生徒が演繹的に学習に取り組む効果—花のつくりの学習を事例に—, 理科教育学研究, 47, 3, 9-14.
- 鶴岡義彦・井野真奈美・佐藤将大 (2013) : 理科教育における帰納的・発見的アプローチに対立する諸見解について—理科教育方法論に関する問題提起—, 千葉大学教育学部研究紀要, 61, 271-282.
- 谷島弘仁・新井邦二郎 (1996) : 理科の動機づけの因果モデルの検討—生物教材を通して—, 教育心理学研究, 44, 1, 1-10.

付 記

本論文は日本教育実践学会第 20 回研究大会で発表した内容に新たな分析を加え, 大幅に加筆・修正したものである。

(2022年 6月15日 受付)

(2022年 7月27日 受理)