

高等学校における仮説検証型授業が与える効果について

—理科の観察・実験における興味の深さと学習方略に着目して—

高知大学大学院総合人間自然科学研究科教職実践行動化専攻 指導教官 楠瀬 弘哲

高知県立幡多農業高等学校 教諭 徳橋 佑哉

【研究の概要】

本研究は、理科の観察・実験における興味の深さと学習方略に着目し、探究の過程を踏まえた仮説検証型授業の効果について検討することを目的とした。分析の結果、(1) 1年生では、時点間において興味の深さに関わるポジティブ感情および思考活性志向が有意に向上していたこと、(2) 1年生では、介入後において思考活性志向から意味理解方略へのパス係数が認められるようになったこと、(3) 2年生では、時点間において思考活性志向から意味理解方略へのパス係数が有意に向上していたこと、(4) ポジティブ感情が高く維持された状態で介入すれば、思考活性志向が高まること、(5) ポジティブ感情が低い状態で介入すれば、思考活性的な授業が展開されても思考活性志向は減退すること、以上5つのことが明らかとなった。

【キーワード】 高等学校、観察・実験における興味、仮説検証型授業

1 問題の所在

(1) 研究の背景

高等学校教育については、大学入学者選抜や資格の在り方等の外部要因によって、その教育の在り方が規定されてしまい、目指すべき教育改革が進めにくいと指摘されてきた(文部科学省、2019)。高等学校における授業では、従来の知識伝達型授業から脱却し、育成すべき資質・能力を主体的・対話的で深い学びを通して育成することが求められている。「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて(報告)」(中央教育審議会、2018)では、資質・能力を育成するためには、学習過程の果たす役割が極めて重要であると述べられており、とりわけ、理科においては、課題の把握(発見)・課題の探究(追究)・課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程を通して資質・能力の育成を目指すことが重要であると強調されている。

課題の把握(発見)は、自然事象に対する気付きにより促される。自然事象に対する気付きを、生徒に促すためには、教師の発問の工夫や生徒の理科に対する動機付けを高めることが有効とされ、生徒の学びの質の向上が期待される。これまで、興味の深さや学習方略との関係性について、研究がなされてきたが、探究の過程を踏まえた高等学校授業実践における介入の効果についての研究はほとんど見当たらない。

(2) 観察・実験における興味の深さと学習方略

本研究では、理科の観察・実験における動機づけとして、興味の深さに着目する。興味とは、「ある特定の対象に注意を向け、それに対して積極的に関与しようとする心理状態」(鹿毛、2013)と定義されている。ただ、興味と言っても浅い興味や深い興味など様々あり、その深さに着目することは重要である。例えば、高等学校理科化学基礎における中和滴定の実験において、「今日は、今まで扱ったことのない実験器具に触れることができ、面白かった」と記述した生徒と「座学の時間で扱った、中和反応の量的関係を立証することができ、面白かった」と記述した生徒では、興味の深さが異なるのである。つまり、前者が学習内容ではなく、環境的な要因に起因する体験的な興味であるのに対し、後者は、学習内容そのものに焦点化し、現象の規則性や法則の理解が深まること面白といった思考活性的な深い興味である。Hidi & Renninger (2006)は、浅い興味か深い興味かを決定するのは、ポジティブ感情の質と価値の認知の有無であると述べている。興味が深いと、浅い場合に比べて学習への持続性が高く、学業成績に対しても正の効果をもたらすことが報告されている(Ainly, Hidi, & Berndorff, 2002)。興味の質が高まれば、学業成績に正の効果をもたらすとされるのである。しかし、そこには学習方略等の変数が媒介しているはずである。学業成績向上のために

は、どのような学習方略をとるのが重要となる。田中（2015）によれば、興味の質が高いほど、意味理解方略のような深い処理を伴う学習方略を用いており、自発的・積極的な学習を多く行うとされる。ここで用いられた意味理解方略尺度は、「理科の勉強では、ただ暗記するのではなく理解して覚えるようにしている」や「理科の勉強では、なぜそうなるのかよく考えるようにしている」などである。また、原田他（2019）は、観察・実験に対するポジティブな感情の程度と思考活性志向は、深い学習方略（関連付け方略など）の使用を促進する効果があると報告している。島中他（2021）も思考活性志向には、問題解決方略に対する正の影響があったことを報告している。変数間の関係性を示したモデルは、理科の観察・実験における興味の深さと学習方略に着目し、島中他（2021）のモデルを参考に、右に示したモデルを作成した。

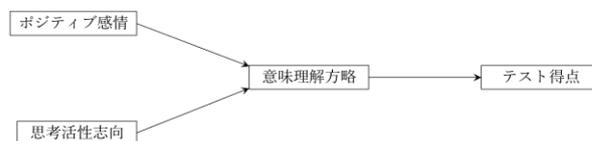


図1 島中他（2021）のモデルを参考に作成したモデル

(3) 仮説検証型授業

理科における資質・能力の例が「資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ」（文部科学省、2019）において示された。とりわけ、仮説に関連する理科の資質・能力を抜粋すると「見通しを持ち、検証できる仮説を設定する力」「仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力」「情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力」の3点である。Wenham（1993）は、仮説という言葉が理科の授業においてよく使用されるものの、理科教育の文脈においては、これといった仮説の概念が定められていないことを指摘している。学校現場においても、理科教員による「仮説」と「予想」の区別が明確でないため、生徒が無意識に混同して使用する場面も見られる。Popper（1968）は、科学的仮説は科学者の推測や自由な創造、詩的な直感力の結果にすぎないと主張しており、そこには、論理の飛躍が見られる。そのため、仮説設定をどのように行うべきかといった論理的な分析は、歴史的な経緯をみても必要ないと考えられてきた。しかし、新しい科学観へのパラダイムシフトによって、仮説を考える過程は、論理的であると考えられるようになった。中村（2018a）は、仮説設定には共通して①問題状況を理解し、②目標や方向性を定める過程を経て、あるいは、経由せずに③変数の同定へと移り、④因果関係の認識との行き来を繰り返したうえで、⑤仮説を言葉で表現する、というプロセスが存在する可能性を示した。楠瀬（2019）は、教師が意図的に児童の思考を操作に依存させることで、仮説設定を容易にしている。帰納的な理解を通して、演繹的な理解へと飛躍するための手法の1つとして、思考を操作に依存させ、論理的な記述を可能とした。理科学習における動機づけを促すうえで、生徒自身に仮説を立てさせることは重要である。本研究における介入方法として、学習指導要領に示された探究の過程のイメージ図に沿い、自然事象に対する気付きを重要視しながら、課題に対して仮説を設定し、それを検証することを目的とした仮説検証型授業を提案する。

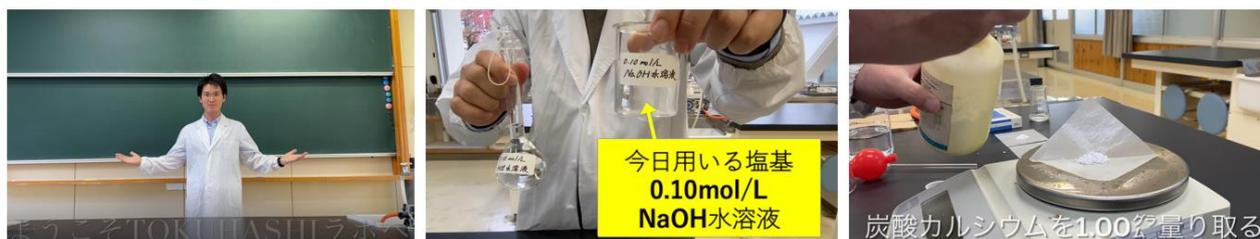


図2 TOKUHASHI ラボの実験動画

2 本研究の目的

本研究の目的は、高等学校理科授業における仮説検証型授業が与える様々な効果について検討することである。効果検証では、観察・実験における興味の深さと学習方略に着目した。最終的には、ポジティブ感情および思考活性志向を育成する学習指導法の開発を目指す。

3 方法

本研究では、探究の過程（文部科学省、2019）を踏まえた仮説検証型授業を実施した。授業実践の実施時期は、9月～10月である。開発した学習指導法が有効であったか否かを確認するため、質問紙調査を実施した。質問紙調査は、5月実施の1学期中間試験後および10月実施の2学期中間試

験後に実施した。

(1) 授業実践

授業実践は、高知県内の A 高等学校 1・2 年生 190 名、合計 8 クラスを対象とした。対象科目は、科学と人間生活（1 年生）2 時間、化学基礎（2 年生）1 時間、生物基礎（2 年生）1 時間である。仮説検証型授業については、次期学習指導要領に示されている資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージに基づく授業展開を仮説検証型授業と捉えた。授業開始直後に、教員が一方的に課題を提示するのではなく、生徒に気付きを促した上で課題を共有した。授業時間内という限られた時間の中で、気付きを得られるよう、TOKUHASHI ラボを活用した。TOKUHASHI ラボとは、言語だけでなく、視覚的にも気付きが得られるように筆者が事前に撮影・作製した実験動画のことである。本研究では、観察・実験における興味の深さに着目しているため、仮説検証をするための動機づけとなる、問題発見における気付きを重視する構成とした。結論においては、結果からの帰納的な推論では課題を補足しきれない。その時は、TOKUHASHI ラボを活用することで、演繹的推論を可能とした。実験を安全に実施するための手順においてもこれら動画（TOKUHASHI ラボ）を適宜活用した。授業資料は、パワーポイントでスライドを作成した。

ア 科学と人間生活

1 年生において、科学と人間生活「人間生活の中の科学」のなかの小単元「衣料と食品」における繊維の燃焼実験および、小単元「熱の性質とその利用」におけるエネルギー資源の有効活用を取り上げた。

(7) 繊維の燃焼実験

課題の把握における気付きでは、3 つの毛糸（桃色、青色、緑色）を提示した。これらの毛糸は、主成分が木綿（桃色）、羊毛（青色）、アクリル（緑色）と異なっている。これまでの学習で生徒は、木綿は酸に弱く、羊毛は塩基に弱いことを学習している。その知識を確認した後、この 3 つの毛糸に塩酸を加えると、どの主成分の毛糸が化学反応を起こすか予想させ、気付きを促すための TOKUHASHI ラボの実験動画を見せた。この動画では、蒸発皿の上に置かれた 3 つの毛糸に 1.0 mol/L の塩酸が滴下されるが、どれも反応が起こらない映像となっている。これを観察したうえで、課題「どのような化学反応を利用すれば、繊維を識別できるだろうか」を設定した。生徒たちは、化学薬品で判定が難しい以上、繊維を燃焼させて、燃え方やにおいなどで識別できるかもしれないと考え、仮説を設定した。仮説設定においては、クラスで統一見解を出すのではなく、個々の考えに基づくものとした。例えば「燃焼反応を利用すれば、繊維を識別できる」「燃焼反応を利用しても、繊維は識別できない」など。この仮説をもとに、各毛糸の燃え方、燃焼時のにおい、燃焼後の様子を予想させた。検証方法においても、教員が提示する前に、どのようにすべきか生徒に尋ねた後、作業手順を示すための TOKUHASHI ラボを見せた。そのうえで、仮説を検証するための繊維の燃焼実験を行った。実験後の結果に基づく考察では、自分で立てた仮説をもとに記述することを求めた。その後、結論の導出では、知識を深めるための TOKUHASHI ラボを見せ、繊維の主成分を識別し全体で共有した。

(4) 電力バランスゲーム

本実践では、資源エネルギー庁のホームページ内にある「電力バランスゲーム」を用いて授業を展開した。授業は、パソコン室で実施した。課題の把握における気付きは、グランドの照明やパソコンの電力に目を向けさせつつ、国内の電力需要の多くを賄っている発電方法について考えさせた。資料として、令和 3 年 7 月資源エネルギー庁発表のエネルギー基本計画を提示した。2019 年度の電源構成が 2030 年には、どのように変化していくのかも踏まえ、現在の日本のエネルギー政策についても提示した。各発電方法のメリット、デメリットを確認したあと、北海道胆振東部地震前後の街中の様子を見せ、「どうして停電したのか」と発問した。それを踏まえて、本時の課題「停電が起こらないように、どのように電力バランスを組み合わせているのだろうか」を設定した。生徒たちは、既存の知識をもとに仮説設定を行った。例えば、自然エネルギーである太陽光発電が環境に優しいと考える生徒は、ベースロード電源として太陽光発電を選んだ。また、急な電力需要に対応するためには、自然エネルギーである水力発電を選ぶ生徒もいた。太陽光発電をベースロード電源にしまうと、雨天時や夜間時での発電が難しく、安定供給には不向きである。また、水力発電は、急な発電が難しい。発電量を増やす場合、緊急放流となり、河川に多くの水を流すため、人的被害が生じる可能性がある。各自がこれらの仮説を検証するため、電力バランスゲームを実施した。電力は需要と供給のバランスが非常に重要であり、電力会社の職員になったつもりで、電力バランスを

調整させたが、大半の生徒が、停電を引き起こしていた。ここで、仮説を修正する必要を自覚させることができた。生徒は、どのようにすれば1日の電力バランスを保てるのか思考しながら再度試行し、電力バランスゲームに挑戦していた。電力バランスゲーム終了時には、点数およびコメントが結果として表示される。考察は、その結果を踏まえ、自分で立てた仮説をもとに記述することを求めた。今回の実践で使用したのは、作業手順を示すための TOKUHASHI ラボのみである。

イ 化学基礎

2年生において、化学基礎「物質の変化とその利用」のなかの小単元「化学反応式」における化学反応の量的な関係を取り上げた。

(7) 化学反応の量的な関係

高等学校で学習する物質量という概念に多くの生徒が学習の困難さを示す。それを解決するためにも、本実践では、身近な質量の比で仮説を立て、仮説を検証する中で、質量の比ではなく、物質量の比であることの重要性を認識させたいと考えた。課題の把握における気付きは、大きな石（サンゴの化石）を提示し、気付きを促すための TOKUHASHI ラボの動画を見せた。動画では、電子天秤の上に塩酸の入ったビーカーを置き、その中にサンゴの化石を入れ化学反応を提示した。動画は、化学反応に伴って、発生した気体や電子天秤に表示された値が減少していく様子を読み取れるようにした。中学校で質量保存の法則や化学反応と質量を関連付けて学習したことを振り返ったあと、炭酸カルシウムと塩酸の化学反応式を示し、化学式の前に付けるべき、係数を確認した。このあと、課題として「化学反応式の係数の比は、何の比だろうか」を設定した。生徒は、仮説として「化学反応式の係数の比は、質量の比と等しい関係になる」を設定し、それをもとに具体的な数値を予想した。例えば、炭酸カルシウムと二酸化炭素の係数の比が1:1であれば、炭酸カルシウム1gに対して、二酸化炭素は何g発生するだろうかと問い、具体的な数値を考えさせた。このあと、検証実験を行うために必要な器具について話し合い、実験を実施した。その結果から考察し、算出された二酸化炭素の質量が比例関係ではないことを確認した。考察は、今回も結果を踏まえ、自分で立てた仮説をもとに記述することを求めた。その際、高等学校で新しく学んだ、物質量という概念を再認識させ、結果として算出された二酸化炭素の質量を物質量に変換してみることを提案した。

ウ 生物基礎

2年生において、生物基礎「生物の特徴」のなかの小単元「生物の共通性と多様性」におけるDNAの構造を取り上げた。

(7) DNA抽出実験

ブロッコリーのDNA抽出実験を通して、生命の共通性を理解するとともに、温度の違いによるDNA抽出量の違いに着目した。課題の把握における気付きの場面では、DNAとはどのようなものか確認し、ブロッコリーにもDNAが存在するか尋ねた。ブロッコリーの中にも、DNA分解酵素が存在していること及び酵素の働きについて確認した。そのうえで、課題「温度の違いによって、DNA抽出量はどのように変化するだろうか」を設定した。仮説として「温度が高いほど、DNAを多く抽出することができる」や「温度が低いほど、DNAを多く抽出することができる」などの仮説が立てられた。その仮説をもとに、どのような実験方法が考えられるか一連の流れを尋ねた後、確認のため作業手順を示すための TOKUHASHI ラボの動画を見せた。生徒は、仮説を検証するため、各班で低温か常温のブロッコリーを選択し、実験をおこなった。DNA抽出までの時間にDNA抽出における原理を説明し、実験操作を価値づけた。温度によるDNA抽出量の違いを確認するため、各班の結果を全体で共有し、考察した。考察は、結果を踏まえ、自分で立てた仮説をもとに記述することを求めた。

(2) 質問紙調査

ア 調査対象者

質問紙調査は、授業実践を実施した高知県内のA高等学校1・2年生合計8クラス、190名を対象とした。

イ 測定変数

観察・実験における興味尺度については、原田他(2019)が作成した理科の観察・実験に対する興味測定尺度(16項目)を使用した。6件法にて測定し、ポジティブ感情、体験志向、知識獲得志向、思考活性志向の4群に分類した。尺度得点の算出方法については、ポジティブ感情は16項目の平均値、体験志向と知識獲得志向及び思考活性志向はそれぞれに対応する項目の平均値からポジティブ感情得点の差得点(-4.00~4.00)を求め尺度得点を算出した。

意味理解方略については、田中（2015）が作成した「理科の勉強では、ただ暗記するのではなく、理解して覚えるようにしている」「理科の勉強では、習ったことどうしの関係を考えるようにしている」「理科の勉強では、なぜそうなるのかよく考えるようにしている」「理科の勉強では、自分で解き方をいろいろ考えるようにしている」の4項目を使用した。

ウ 手続

学校長の承諾を得て、理科の授業中、授業担当の理科教員が理科の観察・実験に関する興味と意味理解方略の質問紙を配布し、回答を求めた。回答結果は、理科の成績評価と関係ないことを生徒に教示した。

(3) 学業成績

1学期中間試験（5月）および、2学期中間試験（10月）の素点をテスト得点とした。

(4) 統計的分析

本研究の目的は、ポジティブ感情および思考活性志向を育成する学習指導法の開発を目指すことである。そのため、開発した学習指導法が有効であったか否かは、ポジティブ感情や思考活性志向の向上を確認することで判断することとした。ただし、これだけでは、開発した学習指導法が有効であると結論付けるには、不十分である。これまでの先行研究で得られた知見から導出された図1のように、動機づけは、意味理解方略やテスト得点と結びつきうる。教師の介入によって、介入後のこれらの関係性が介入前の関係性より高いことが予想される。そこで、ポジティブ感情や思考活性志向から意味理解方略へのパス係数および意味理解方略からテスト得点へのパス係数の向上を確認することで介入効果を判断する。具体的な分析では、図1のモデルにおける多母集団同時分析を行い、介入前後の変数間の関係性の差を確認する。

4 結果

統計分析には、回答が得られた1・2年生合計187名を対象とした。なお、記述統計量、相関分析、分散分析はHAD（ver17:清水、2016）を使用した。欠損値については、ペアワイズ削除の処理を施した。多母集団同時分析は、Mplus（Ver.8.6,Muthén & Muthén, 2012-2021）を使用した。欠損値については、完全情報最尤法による欠損値推定を行った。なおT1は5月、T2は10月を指す。

(1) ポジティブ感情、思考活性志向の変容

学年ごとで理科の観察・実験における興味の2時点間の比較をおこなうため、対応のあるt検定を行った（表1、表2）。1年生では、ポジティブ感情、体験志向、思考活性志向において有意な差が認められた。2年生では、有意な差が認められなかった。

思考活性志向低群・高群における5月および10月テスト得点の記述統計量を表3および表4に示した。テスト得点を目的変数とした、時点（5月、10月）×グループ（思考活性志向低群・高群）の2要因分散分析を行った（表3、表4）。なお、思考活性志向における変数は、平均値以上を高群、平均値未満を低群として群分けした。1・2年生ともに交互作用は有意ではなかったが、時点間における主効果は、有意であった。

表1 理科の観察・実験における興味尺度の分析（1年生2時点間の比較）

	平均値T1(標準偏差)	平均値T2(標準偏差)	t値	自由度	p値	効果量Δ
ポジティブ感情	4.756(0.937)	4.956(0.969)	2.290	99	0.024	0.213
体験志向	0.271(0.349)	0.202(0.286)	2.035	99	0.045	0.199
知識獲得志向	0.006(0.186)	0.007(0.205)	0.023	99	0.982	0.003
思考活性志向	-0.341(0.376)	-0.243(0.316)	2.334	99	0.022	0.261

表2 理科の観察・実験における興味尺度の分析（2年生2時点間の比較）

	平均値T1(標準偏差)	平均値T2(標準偏差)	t値	自由度	p値	効果量Δ
ポジティブ感情	4.241(1.088)	4.311(1.168)	0.824	84	0.412	0.064
体験志向	0.247(0.380)	0.204(0.347)	1.108	84	0.271	0.114
知識獲得志向	-0.015(0.207)	0.045(0.297)	1.557	84	0.123	0.288
思考活性志向	-0.241(0.389)	-0.290(0.408)	1.035	84	0.304	0.127

表3 記述統計量及び分散分析結果 (1年生)

変数名	思考活性低群(n=44)		思考活性高群(n=58)		分散分析		
	5月	10月	5月	10月	思考活性志向	時点	交互作用
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	F 値(η_p^2) (df1,df2)	F 値(η_p^2) (df1,df2)	F 値(η_p^2) (df1,df2)
テスト得点	65.250 (16.632)	67.295 (16.414)	65.810 (17.194)	68.879 (18.984)	0.108(.001) (1, 100)	4.371*(.039) (1, 100)	.175(.002) (1, 100)

* $p < .05$, ** $p < .01$

表4 記述統計量及び分散分析結果 (2年生)

変数名	思考活性低群(n=29)		思考活性高群(n=56)		分散分析		
	5月	10月	5月	10月	思考活性志向	時点	交互作用
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	F 値(η_p^2) (df1,df2)	F 値(η_p^2) (df1,df2)	F 値(η_p^2) (df1,df2)
テスト得点	62.000 (18.857)	66.828 (16.948)	67.429 (18.476)	69.107 (17.023)	0.002(.000) (1, 83)	5.205*(.059) (1, 83)	1.185(.014) (1, 83)

* $p < .05$, ** $p < .01$

(2) 介入効果による変数間の関係性の変容

介入効果による変数間の関係性の変容を検討する前に、以下の2点を行った。第1に図1におけるポジティブ感情、思考活性志向、意味理解方略の信頼性係数を算出した。第2に、各測定変数の相関分析を行った。 ω 係数は、1年生ポジティブ感情.975、意味理解方略.926、2年生ポジティブ感情.982、意味理解方略.935であり、すべて $\omega_s > .900$ であったことから、十分な水準であると判断し、高い内的整合性を確認した。各測定変数の相関係数の結果は、表5および表6に示した。1・2年生ともに5月時点では、思考活性志向と意味理解方略の相関がなかったが、介入後の10月では思考活性志向と意味理解方略の相関が確認された。

表5 各測定変数の相関係数 (1年生)

	1	2	3	4
1 ポジティブ感情	-	.119	.682 **	.299 **
2 思考活性志向	.133	-	.303 **	.065
3 意味理解方略	.669 **	.179	-	.332 **
4 テスト得点	.159	.109	.271 **	-

* $p < .05$, ** $p < .01$

5月：左下, 10月右上

表6 各測定変数の相関係数 (2年生)

	1	2	3	4
1 ポジティブ感情	-	.038	.591 **	.240 *
2 思考活性志向	.048	-	.328 **	.069
3 意味理解方略	.687 **	.042	-	.450 **
4 テスト得点	.300 **	.144	.559 **	-

* $p < .05$, ** $p < .01$

5月：左下, 10月右上

表7 各モデルの主な適合度指標 (1年生)

モデル	CFI	TLI	RMSEA	90%CI	SRMR	AIC	BIC
モデル1	0.993	0.982	0.051	[.000, .165]	0.045	2165.943	2212.396
モデル2	0.995	0.992	0.033	[.000, .129]	0.053	2162.739	2199.238
モデル3	0.994	0.994	0.028	[.000, .112]	0.074	2913.750	2973.825

表8 各モデルの主な適合度指標 (2年生)

モデル	CFI	TLI	RMSEA	90%CI	AIC	BIC	
モデル1	0.995	0.987	0.039	[.000, .172]	0.040	1840.862	1884.845
モデル2	0.944	0.920	0.096	[.000, .180]	0.092	1844.117	1878.675
モデル3	0.989	0.989	0.036	[.000, .126]	0.077	2561.301	2617.956

時点間における介入の効果を検討するため、多母集団同時分析を行った。比較したモデルは、図1におけるパス係数が5月と10月で異なるモデル(モデル1)、図1におけるパス係数が5月と10月で等しいモデル(モデル2)、モデル2に加えて誤差分散も等しいモデル(モデル3)である。各モデルの主な適合度指標を表7および表8に示した。表7では、モデル2のAIC、BICの値が最も低い値を示したが、モデル1と近似であり、より儉約的なモデルであるモデル1を採択した。表8においても、モデル1およびモデル2のAIC、BICが近似しており、より儉約的なモデルであるモデル1を採択した。

各測定変数間のパス係数を図2および図3に示した。2年生のみ、思考活性志向から意味理解方略へのパス係数に時点間の差が認められた($z = 2.585$, $p = 0.010$)。

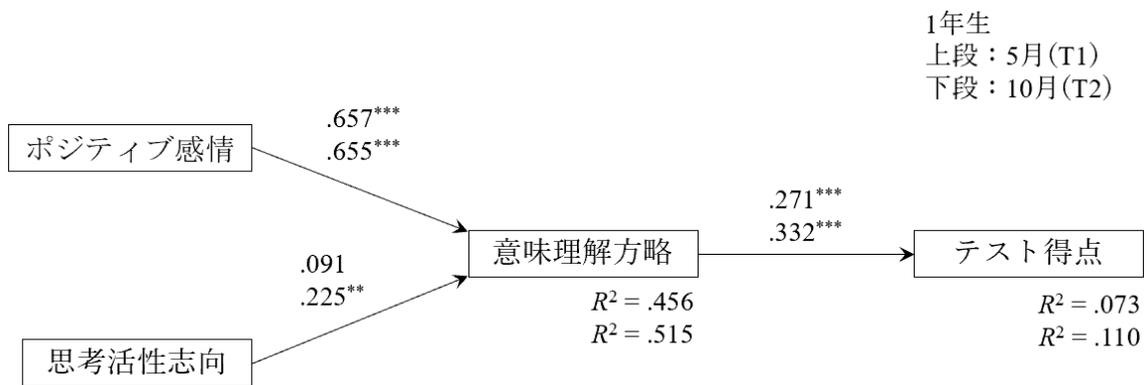


図3 多母集団同時分析の結果（1年生）

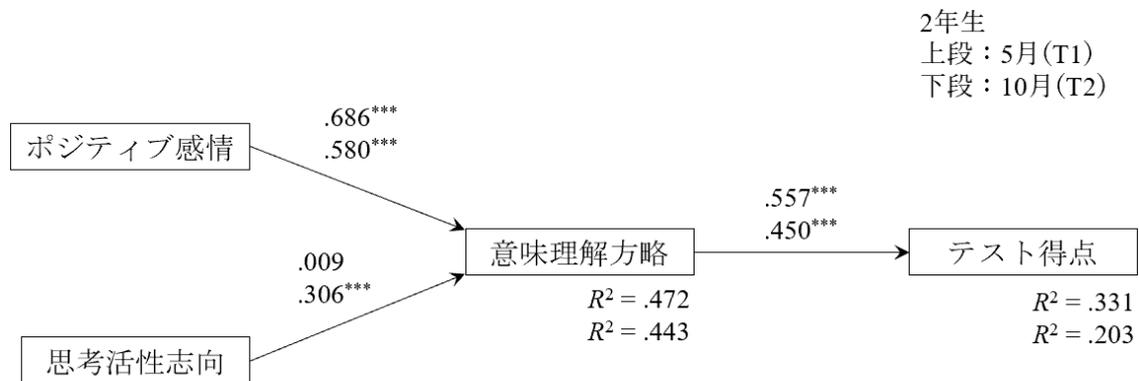


図4 多母集団同時分析の結果（2年生）

5 考察

探究の過程を踏まえた仮説検証型授業を実施し、生徒のポジティブ感情、思考活性志向および介入効果による変数間の関係性についての変容について考察を行った。

(1) ポジティブ感情、思考活性志向の変容

探究の過程を踏まえた仮説検証型授業を実施した場合、1年生では、実施前後において思考活性志向および興味の深さに関わるポジティブ感情が有意に向上していた。探究の過程を踏まえた仮説検証型授業は、深い思考を求めるため、1年生のようにポジティブ感情が高い状態であれば、価値の認知に影響を与え、より深い興味を誘発し、思考活性志向になると考えられる。一方、2年生のようにポジティブ感情が低い状態で探究の過程を踏まえた仮説検証型授業を実施した場合、思考活性志向が向上するどころか、その減退を招いた。これについては、先行研究で齋藤他（2020）も指摘している。いきなり深い思考に介入するのではなく、浅い興味を喚起するためにも、体験的な活動を通して、ポジティブ感情を十分高めたうえで、深い興味に介入することが重要であると考えられる。

(2) 介入効果による変数間の関係性の変容

多母集団同時分析の結果、1・2年生ともにすべてのパス係数で有意な差が見られた。注目すべき点は、思考活性志向から意味理解方略へのパス係数である。介入前の段階では、ポジティブ感情から意味理解方略へのパスは確認されていたが、思考活性志向から意味理解方略へのパスは、確認されていなかった。しかし、介入後には、1・2年生ともに思考活性志向から意味理解方略へのパス係数に有意な差が確認された。また、2年生においては、2時点間における思考活性志向から意味理解方略へのパス係数に有意な差が見られた。本実践における介入では、問題発見における気付きを重視した。それは、課題に対して仮説を立て検証を行うとき、その課題に向かうための動機づけが最も重要であるとの考えからである。授業開始直後に教師から課題を提示してしまうと、その時点で生徒の主体性が奪われてしまうことになる。あくまで、授業進行における主体は、教師であるとはいえ、学習の主体は生徒である。自然事象に対する気付きの中で課題を設定し、仮説を立てるが、

実は、課題を設定する思考の中で、生徒たちは無意識のうちに、同時並行的に仮説と検証計画を立案していることにもつながっている。検証することのできない課題は、設定することができず、仮説を立てることが難しいのである。仮説検証型授業により、先を見通すことが、結果として生徒の深い思考への動機づけ（思考活性志向）を促すことにつながると考えられる。さらに、これに留まらず、意味を理解することを重視する学習方略を生徒が使用したことで、パス係数が強まったと考えられる。意味理解方略からテスト得点へのパス係数において、1年生では有意な差が見られなかった。これは、学業成績として用いたテスト得点において、知識・技能や思考力・判断力・表現力等を弁別して分析に投入していなかったことが要因として考えられる。意味理解方略のような深い方略（質問項目:理科の勉強では、なぜそのようになるのか考えるようにしている）で育成された資質・能力は、項目例のような思考力を問う問題で測定されうる。そのため、定期テストのような問題では、思考力以外にも測定した側面があるため、時点間での差が認められなかった可能性がある。2年生では、意味理解方略からテスト得点のパス係数において、有意ではなかったが減退していた。これは、2年生は10月実施のテスト得点あまり分散していないため、テストの困難度に偏りがあったと考えられる。つまり、テスト得点あまり分散していないため、相関が小さくなり、1時点目に比べて、パス係数が低下してしまっただと考えられる。

6 今後の課題

仮説検証型授業といっても仮説設定における推論の形式として帰納的、演繹的、アブダクション的推論の3通りが考えられる。このうち、本研究で実践したのはアブダクション的推論による仮説検証型授業である。高等学校であれば、教科書の中で多くの法則性や規則性について触れるため、演繹的な仮説設定も可能となる。今後は演繹的な仮説検証型授業についても、どの程度の効果があるのか検討する必要がある。他方、ポジティブ感情がどの程度あれば思考活性的な課題を提示することができるかについては、本研究の成果からは明確に判断することができない。今回の実践においても、2年生のポジティブ感情が極めて低いというわけではない。縦断データを用いた分析においても、現在の2年生における1年次のポジティブ感情は、介入前4.35から介入後4.64であった。学業への興味は、学年が上がるにつれて低下する傾向がある（Dotterer, McHale, & Crouter, 2009）ので今後の研究においては、1年生で培った高い興味を持続させる手法の確立を目指す。

註

1) 統計的分析では、主にポジティブ感情と思考活性志向に着目して行う。しかし、思考活性志向の算出において観察・実験における興味のすべての項目（16項目）を測定するため、知識獲得志向や体験志向を算出することが可能である。指導法の有効性の判断にはしないが、研究結果として提示することとした。

文献

- Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94, 3, 545-561.
- 中央教育審議会（2018）「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて（報告）」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf (accessed 2021.11.27)
- Dotterer, A.M., McHale, S. M., & Crouter, A. C. (2009). The development and correlates of academic interests from childhood through adolescence. *Journal of Educational Psychology*, 101, 509-519.
- 原田勇希・中尾友紀・鈴木達也・草場実（2019）「観察・実験に対する興味と学習方略との関連の検討—因子分析による興味の構造分析を基礎として—」『理科教育学研究』第60巻、第2号、409-424.
- 畠中俊暉・原田勇希・草場実（2021）「観察・実験に対する興味が「技能に関する知識」の習得に及ぼす影響—全国学力・学習状況調査を手掛かりとした学習方略による媒介効果の検討—」『科学教育研究』第45巻、第4号、393-405.
- Hidi, S., & Renninger, K.A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational psychologist*, 41(2), 111-127.
- 楠瀬弘哲・国沢亜矢・中城満・浦生啓司（2019）「思考を操作に依存させる—児童に自己の思考の自覚を促すための仮説検証型理科問題解決学習の構成—」『高知大学学校教育研究』創刊号、115-122.
- 文部科学省(2019)『高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編』実教出版株式会社。
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2017): *Mplus user's guide: Statistical analysis with latent variables, eighth edition*, Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- 中村 大輝・松浦 拓也(2018a)「仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究」『理科教育学研究』第58巻、第3号、279-292.
- 中村 大輝・雲財寛・松浦 拓也(2018b)「理科の問題解決における仮説設定の研究動向」『理科教育学研究』第59巻、第2号、183-196.
- Popper, K.R. (1968). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson, 31-192.
- 鹿毛雅治（2013）『学習意欲の理論 動機づけの教育心理学』, 金子書房.
- 清水裕士（2016）: フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案, メディア・情報・コミュニケーション研究, 1, 59-73.
- 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情勢を見据えて—」『理科教育学研究』第61巻、第1号、107-117
- 田中瑛津子（2013）「興味の深化を促す授業方略の検討—ポジティブ感情と価値の認知に着目して—」『教授学習心理学研究』第9巻、第1号、12-28.
- 田中瑛津子（2015）「理科に対する興味の分類—意味理解方略と学習行動との関連に着目して—」『教育心理学研究』第63巻、第1号、23-36.
- Wenham, M. (1993). The nature and role of hypotheses in school investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.