

自ら試行錯誤して学習する生徒の育成

—高等学校数学科を中心に問題を工夫して—

高校教育研究会議

荒井 貴文¹

祖父江 仁成²

福島 知樹³

柴山 真穂⁴

佐藤 康徳⁵

要 約

令和4年度から年次進行で実施されている高等学校学習指導要領解説数学編では、育成を目指す資質・能力が3つの柱に沿って整理され、その資質・能力を育成していくには、主体的・対話的で深い学びの視点から授業改善を推進することが求められている。一方で、本研究の調査では、「問題の解き方は先生から与えられるものだ」や「公式や定理を覚えて答えを出すのが数学だ」の項目に対して、肯定的な回答の生徒が7割近くであった。調査結果の背景として高等学校の授業は、教師の知識伝達型の授業が多く、生徒は教えられたことを暗記・再生する学習が中心であることが影響していると捉え、生徒がより主体的に学ぶような授業改善をしていく必要があると考えた。

本研究会議では、生徒が主体的に学ぶためには、生徒が自ら試行錯誤して学習することが必要と考えた。試行錯誤を「未習（まだ習っていない未知なこと）に対して、これまで身に付いている既習の知識・技能を活用しながら、試行し、失敗を繰り返しながら、解決に向けて主体的に取り組むこと」と定義することとする。本研究会議では、授業で扱う問題を、何の工夫もなく、教師から生徒への一方向の説明、問題演習のように扱ってしまうのは生徒の意欲に結び付かず、試行錯誤する姿は実現されないと捉え、問題を工夫することを手立てに研究することにした。問題の工夫の視点として、①あらかじめ誤答を提示して正しく直す問題にする、②教科の実用性を実感できる問題にする、③問題の語尾や数値を変えて多様な考えを生み出すようにすることの3つを設定した。

研究に取り組んだ結果、3つの工夫をする際には、「生徒に複数の疑問を抱かせること」、「自ら考えた疑問について取り組める機会があること」に留意することで、生徒が試行錯誤して学習することに有効であることが分かった。また、問題の工夫に取り組むことで、教師の指導観の変化につながる事が明らかになった。しかし、試行錯誤して学習しながら本時のねらいにせまっていくために教師がどのように支援していくか、問題の工夫をした授業を単元においてどのように位置付けていくかについては今後の課題である。資質・能力の育成に向けて問題を工夫して、授業改善を推進していくには、まずは、教師がその必要性に気付き、生徒が試行錯誤しながら学習する授業を目指す必要がある。

キーワード：主体的・対話的で深い学び、試行錯誤、問題の工夫

目 次

I 主題設定の理由……………76	2 授業の実際……………83
1 研究の背景……………76	III 研究のまとめ……………90
2 研究の方向性……………77	1 研究の目的に関する総括……………90
3 主題設定……………81	2 今後の課題……………92
II 研究の内容……………81	参考文献……………94
1 研究の方針……………81	助言指導者……………94

¹川崎市立川崎総合科学高等学校教諭（長期研究員）

²川崎市立橘高等学校教諭（研究員）

³川崎市立高津高等学校教諭（研究員）

⁴川崎市立幸高等学校教諭（研究員）

⁵川崎市立川崎高等学校教諭（研究員）

I 主題設定の理由

1 研究の背景

令和4年度から年次進行で実施されている高等学校学習指導要領では、育成を目指す資質・能力が3つの柱に沿って整理され、その資質・能力を育成していくには、主体的・対話的で深い学びの視点から授業改善を推進することが求められている。その一方で、現在の高等学校の授業は、小・中学校に比べ知識伝達型の授業にとどまりがちであることや、卒業後の学習や社会生活に必要な力の育成につながっていないことなどが指摘されている¹。本研究における知識伝達型の授業とは、「新しい知識や見方・考え方、思考力・判断力・表現力等を教師が生徒に伝達し、生徒は練習問題や与えられた情報を再現する機会を通して、伝達された知識や見方・考え方、思考力・判断力・表現力等の定着を図る授業」とする。本市「市立高等学校改革推進計画第2次計画²」でも、「高等学校教育において大学入学者選抜が大きな影響を与えており、知識の暗記・再生に偏りがちで、生徒の思考力・判断力・表現力や、主体性をもって多様な人々と協働する態度などを育成する教育活動が不十分な面が見られます」といった指摘がされている。

知識伝達型の授業では、生徒が自分で問題から課題を見だし解決していくといった学習が不足し、受け身的な学習が中心となる恐れが考えられる。本研究における問題とは、「身に付けさせたい資質・能力を身に付けていくためのきっかけを与えるもの」として教師が与えるものを指す。課題とは、「問題の解決過程で生じた疑問や明らかにすべき事柄」で生徒が見いだすものを指す。実際に、本研究において行った調査（数学の授業で研究員所属校にてA高校1年生106人、B高校2年生117人、C高校4年生85人、D高校1年生145人を対象に5月実施）（表1）では、「問題の解き方は先生から与えられるものだ」や「公式や

表1 研究会議で行った意識調査結果の抜粋（n=453, 研究員授業担当クラス中心）

番号	質問項目	そう思う、ややそう思うと回答した生徒の割合（四件法）
4	問題の解き方は先生から与えられるものだ。	67.55%
5	公式を覚えて答えを出すのが数学だ。	69.54%

定理を覚えて答えを出すのが数学だ」という質問に対して、肯定的な回答の生徒が7割近くとなった。この調査結果の背景として、高等学校の授業は、これまでの指摘のように知識伝達型の授業が多く、生徒は教えられたことを暗記・再生する学習が中心であることが影響していると考えた。もっとも、「問題の解き方は先生から与えられるものだ」に対してそう思うと回答したからといって、「定義や定理からの導出、目的や意義などは偉大な数学者が考えたものであり、それは先生から与えられるものだ」と考える生徒もいれば、「自分では何も考えられないからとにかく板書されたものを覚えて解こう」と考える生徒もいると推測されるから、表1のような数学観を生徒がもっているとしても一概に学習の仕方に問題があるとは言い切れない。しかし、上記の指摘や調査結果を踏まえると、資質・能力の育成に向けて生徒がより主体的に学ぶような授業改善をしていく必要があると本研究会議は考えた。本研究会議は、数学科4人、家庭科1人で構成されているため、数学の視点を中心

¹ 中央教育審議会答申「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体改革について」（平成26年12月）及び高大接続システム改革会議最終報告（平成28年3月）

² 川崎市教育委員会「市立高等学校改革推進計画 第2次計画」令和2年2月 p.12

とする。

2 研究の方向性

(1) 試行錯誤しながら学習するとは

本研究では、生徒が主体的に学ぶためには、生徒が試行錯誤しながら学習することが必要と考えた。試行錯誤することは、知識・技能の定着を図るだけではなく、思考力・判断力・表現力等の育成にも欠かせないものと捉えるからである。試行錯誤することは、「教師から伝達されたものをどのように覚えるのか」や、「課題の完成を目指しどのように見通しを立て行動していくか」等さまざまな場面で行われるが、本研究では、次の意味で用いることにする。

未習（まだ習っていない未知なこと）に対して、これまで身に付いている既習の知識・技能を活用しながら、試行し、失敗を繰り返しながら、解決に向けて主体的に取り組むこと

知識伝達型の授業では、新たな知識を獲得するような（未知なものに対する）場面は、生徒が自分たちで試行錯誤しながら知識を獲得するのではなく、教師からの説明によって知識を獲得することが多い。また、教師が生徒に伝達した後の場面で扱われる問題は、主に教師が説明した知識や技能を確認するための類題であり、生徒は直前の例題などの域を出ない範囲での数学的な知識や技能、見方・考え方を働かせることにとどまりがちが多いと予想される。したがって、知識伝達型の授業では試行錯誤して学習する機会が不足する可能性があると考えられる。

一方で、試行錯誤して学習することの重要性は、算数・数学における問題解決に関わる原典と呼ばれている G. ポリヤ (Polya) によって 60 年以上前から指摘されている。ポリヤは問題解決の過程において「帰納的な手続き」と「帰納的な態度」の重要性を示唆した³。「帰納的な手続き」は、「暗示的な接触」と「支持的な接触」で構成され、「帰納的な態度」は、「知的な勇気」、「知的な正直さ」、「賢明な自制」で構成されるという。ポリヤは、ゴールドバッハの予想に至るプロセスを取り上げて「帰納的な手続き」における「暗示的な接触」と「支持的な接触」を以下のように具体的に説明している。

まず、素数を順番に挙げてそれを観察する。2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, ……

よく見ると、2 を外せばみんな奇数である。そこで、2 を除いて、次のように考える。すると、素数+素数=偶数になる。この場合、たまたま、うまく 10 の倍数になっているが、いつも 10 の倍数になるとは限らないということはすぐに気付くであろう。こうして調べていくうちに、そこから「一般に偶数 (2 を除いて) は素数+素数で表せるのではないか」という仮説が生まれてくる。2 についてはだめだから除く。4 については、1+3, 2+2 のいずれかということだめである。したがって、2 と 4 は例外とする。さらに次のように調べていく。すると、数によっては複数の表現が出てくるが、ここから最初に設定した仮説が言えそうだとする。ここに至る一連の活動が、「暗示的な接触」である。しかし、この仮説は調べた幾つかの対象については成り立つが、もっと一般的に言えるかどうかは分からない。そこで、もっと先まで調べてみようということになる。

例えば 60 だったら、 $60=3+57$ (57 は素数でない) $=5+55$ (55 は素数でない) $=7+53$ (OK)

他にもっと大きな数でも調べてみて、さらに確認をしてみる。どこまで言えるのかを突き詰めて

$3+7=10$
$13+7=20$
$13+17=30$

$6=3+3$
$8=3+5$
$10=3+7$
$12=5+7$

³ G. Polya 著 柴垣和三雄訳『数学における発見はいかになされるか 第一版 帰納と類比』丸善出版 1959 年

いく、これが支持的な接触、つまり、はじめは幾つかのことから思いつきで推測したのが、「これはいったいどこまで言えるのか」、いろいろな例を挙げて調べてみる。そんなことをしているうちに、時には、途中で仮説の修正ということもある。そんなことをしているうちに、時には、途中できちっとした証明ができる場合も出てくる。

また、清水⁴は、ポリヤの例を受け、次のように述べている。

暗示的な接触とは、「どんなことが言えるかな」や「どんなふうにしたらできるかな」といった「推測して仮説をつくること」である。暗示的な接触では、対象に対する興味や関心、試行錯誤や試行接近が重要なはたらきをするという。また、支持的な接触とは、「どこまで言えるか」や「本当にそれでよいのか」といった「最初に構成した推測や仮説を確認すること」である。また、支持的な接触では、推測をさらに確かなものにする思考実験と証明が重要なはたらきをするという。

大切なことは、思いつきでもよいから、推測をして仮説の形にまとめることであり、次いで、それをさらに確かなものにするために「どこまで広げられるか」について帰納的に調べていく、それをしながら、どんどん確かなものにしていく。

本研究においても、暗示的な接触は「推測して仮説をつくること」、支持的な接触は「最初に構成した推測や仮説を確認すること」と定義することにする。暗示的な接触には、試行錯誤することが必要であろう。試行錯誤することで、法則性が見えたり、明らかにしたい事柄が見えたりして仮説が形成されていく。また、仮説を明らかにしようと支持的な接触を図っていくときにも試行錯誤することが必要であろう。仮説を明らかにするには、明らかにしたいことを示すために何度も試すからである。そこで、暗示的な接触、支持的な接触が行われている時は、生徒が試行錯誤して学習していると考えことにし、暗示的な接触、支持的な接触を授業の中で試行錯誤して学習している具体的な姿とすることにした。一方で、清水は次のようにも述べている。

いずれにしても、算数（数学）の授業では、「暗示的な接触」や「支持的な接触」にかかる活動をもっと重視する必要があるだろう。急ぎ、早く結論にもっていこうということで先生方が頑張りすぎてしまっているようである。

本研究会議では、試行錯誤して学習する機会が、知識伝達型の授業では不足する可能性があると考えたが、清水の指摘を踏まえると「試行錯誤して学習する機会の少なさ」は、20年以上前から課題であることも見えてくる。では、どのようにすると生徒が試行錯誤して学習し、生徒が主体的に学習することにつながっていくのだろうか。

（2）授業の問題を工夫することの重要性について

試行錯誤して学習することにつながると考えられる研究や実践はさまざまあるが、「問題の解決過程⁵を重視する指導」を提案する相馬（1997）⁶が、「授業の7割は問題の良し悪しによる」と述べているこ

⁴ 清水 静海『学ぶ意欲を育てる算数授業の創造』明治図書 1996年

⁵ 本研究では、問題の解決過程と学習過程を同じ意味で捉えることにする。

⁶ 相馬 一彦『数学科「問題解決の授業」』明治図書 1997年

とから、本研究では、まずは授業で扱う問題を工夫することを授業改善するための手掛かりにした。生徒に対して「試行錯誤しなさい」と教師がいったところで、生徒が答えや考え方を簡単に導けるものであったり、意欲に結び付かないものであったりしては、試行錯誤する姿は実現されない。だからこそ、問題を「生徒が試行錯誤して学習することにつながるように」工夫することが重要と捉えるからである。

相馬は、従来の説明中心の授業⁷で扱われていた問題を少し工夫したり、予想を取り入れたりすることで生徒の必要感が生まれることから、問題の解決過程が充実していくと述べ、その問題の工夫例を表2のように示している。表 2 「説明中心の授業」と「問題解決の授業」の比較（相馬を基に作成）

2のように問題を工夫することによって、次のような試行錯誤が考えられる。まずは、暗示的な接触が生まれ、「差は2数の和に等しい」、「はじめの整数の2倍から1ひく」、「全て奇数になる」など、それぞれの生徒なりに考える。次にそ

説明中心の授業	右の図のような計算をする と、連続する2つの整数の2乗の差は、それら2数の和に等しくなることを証明しなさい。	$5^2 - 4^2 = 9$ $8^2 - 7^2 = 15$ $24^2 - 23^2 = 47$	I 問題の提示 II 自力解決 III 問題の解決
問題解決の授業	右のように、連続する2つの整数の2乗の差を計算した。この計算結果についてどんなことがいえるだろうか。	$5^2 - 4^2 = 9$ $8^2 - 7^2 = 15$ $24^2 - 23^2 = 47$	I 問題の提示 II 予想 III 課題 IV 課題の解決 V 問題の解決

れらを示そうとする過程で、「どうやったら文字で表すことができるか」、「何を示すことができれば証明したといえるのか」などを考えながら支持的な接触を行おうとするという授業の流れが想像できる。これらの試行錯誤が期待できるのは、本研究会議では、問題を工夫したことによる影響が大きいと考える。表2の問題を工夫する前では、証明すべき結論がすでに示されていることから、生徒にとっては「証明のための証明」という印象が強く、生徒の意欲に結びつきづらいように考える。工夫した後では、自分なりの予想を「明らかにしたい」、「知りたい」という意欲につながりやすいと考える。このように授業でどのような問題を扱うのかによって、生徒が試行錯誤するか、しないのかは大きく変わってくると捉える。そこで本研究会議では、問題の工夫に着目して試行錯誤して学習する姿が生みだせないかについて研究することにした。

（3）高等学校における問題を工夫することの例

成田は、数学Ⅲの「第二次導関数と曲線の凹凸」において「第二次導関数のよさ」を実感できる問題にするためには、授業の冒頭で①～③の内、どの関数を扱うことが望ましいのかについて図1のように例示・説明している⁸。授業③の関数にすることによって、次のような試行錯誤が考えられる。まずは「微分して増減表を書く」活動を行う。しかし、それだけではグラフの概形は明らかにならない。そこで「変数 x に数を代入する」活動を行う。場合によっては、「真数条件から x の定義域に見当をつける」生徒もいるかもしれない。また、「グラフが緩やか、直線的、急激の3種類の増加があることを推測する」生徒もいるかもしれない。そういった暗示的な接触によって次第にグラフに見当をつけていきながら、次

⁷ 本研究では、知識伝達型の授業と説明中心の授業を同じ意味で捉えることにする

⁸ 東京学芸大学高校探究プロジェクト数学科ツールキット「扱う問題の工夫」(<https://g-tanq.jp/mathematics>)
2022. 11. 04 アクセス

授業① 関数 $y = e^{-x^2}$ のグラフをかいてみよう。

この関数では、極限を理解していれば、漸近線が x 軸になることが分かり、第二次導関数を用いなくてもグラフがかけってしまう。この問題では、生徒の中で「おや？」や「あれ？」が生まれにくく、第二次導関数のよさを活動の中で実感しにくい工夫になっている。

授業② 関数 $y = \log(x^2 + 1)$ のグラフをかいてみよう。

この関数では、増減表の増加・減少がどの程度の傾きで変化するか分からず、①よりも第二次導関数の必要性が実感できるのではないか。しかし、 x が十分に大きくなった時、式から $y = \log x$ の形に近くなってしまふことが分かれば、第二次導関数が分からなくてもグラフの概形が分かってしまう可能性がある。

授業③ 関数 $y = (\log x)^2$ のグラフをかいてみよう。

このような関数にすることで、第一次導関数や極限のみでは、グラフが予測できず、「あれ？」「どれ？」となるような多様な意見を引き出し、第二次導関数の必要性にせまっていける授業ができる。

図1 「第二次導関数と曲線の凹凸」における問題の工夫例（成田 2022 の説明を筆者がまとめた）

は微分の意味と定義に戻って一般性を保証するための支持的な接触を行う。すなわち、「微分とはどんな意味や意義があったのか」、「第一次導関数だけではグラフの概形が定められないときはどのようにするとよいか」を理解しようとするという授業の流れが想像できる。成田は、図1のように問題を工夫することによって授業①では実感しづらかった「第二次導関数のよさを生徒が捉えること」を促している」と述べている。本研究会議でもこのような工夫をすることで、新しく学ぶ知識のよさを生徒が捉え、生徒の意欲が高まり、試行錯誤して学習することにつながっていくと考える。

また、学んだことが社会や生活においてどのように使われているかを生徒が理解することも生徒の意欲が高まり、試行錯誤して学習することにつながる可能性が考えられる。市川（2004）⁹は、「学ぶということの実質的な意味づけや意義がわかる」ことで学ぶ意欲が高まる可能性を指摘している。

高等学校数学科では、平成20年告示学習指導要領より数学Ⅰ・数学Aに「数学的活動¹⁰を生かした指導を一層充実するため、実生活と関連付けたり、学習した内容を発展させたりして、生徒の関心や意欲を高める課題を用いられた授業」とした課題学習が位置付けられている。今回の学習指導要領改訂¹¹では、「数学Ⅱ」、「数学Ⅲ」にも加えられたことから、課題学習が重視されているのが推測される。課題学習のように、生徒の関心や意欲を高めるような工夫をすることで、試行錯誤して学習することにつながっていく可能性があると考えられる。

（4）育成を目指す生徒の姿について

本研究会議では、生徒が主体的に学習するために、問題の工夫を取り入れた授業を行い、試行錯誤して学習する生徒の姿を目指す。具体的には、「どんなことが言えるかな」や「どんなふうにしたらできるかな」といった推測をして仮説をつくらうとする試行錯誤（暗示的な接触）と、「どこまで言えるか」や

⁹ 市川 伸一『学ぶ意欲とスキルを育てる』小学館 2004年

¹⁰ 事象を数理的に捉え、数学の問題を見だし、問題を自立的・協働的に解決する過程を遂行すること。今回の学習指導要領改訂（平成30年告示）によって「数学学習に関わる目的意識をもった主体的活動」とする従来の意味をより明確にしたものと述べられ、数学的に考える資質・能力を育成する上で、数学的な見方・考え方を働かせた数学的活動を通して学習を展開することを一層重視している。

¹¹ 文部科学省「高等学校学習指導要領解説数理解数編」平成30年7月告示

「本当にそれでよいのか」といった最初に構成した推測や仮説を確認する試行錯誤（支持的な接触）が学習の中で行われていることを目指す。これまで、数学の先行研究を用いて試行錯誤することの例を示してきたが、試行錯誤して学習することは数学に限らず各教科・科目等が目指す資質・能力を育成していく上でも欠かせないものであると考える。

また、試行錯誤して学習することを通して育成される資質・能力は、本市総合教育センターの今年度の研究主題である「自己実現を図り、持続可能な社会を創る資質・能力」にもつながると考える。未習（まだ習っていない未知なこと）に対して、これまで身に付いている既習の知識・技能を活用しながら、試行し、失敗を繰り返しながら、解決に向けて主体的に取り組むことは、まさにこれからの社会を生きていく上で必要であり、求められている姿と考えるからである。

3 主題設定

本研究会議では、以上の内容を踏まえて、授業者が授業で扱う問題を、生徒が試行錯誤することを促すように工夫をすることによって、生徒が試行錯誤する姿につながるかを検証することとした。また、本研究会議の目的を、「問題の工夫をした授業を行った結果、目指す生徒の姿の実現に寄与したか」と「生徒が試行錯誤したくなるような問題の工夫とはどのような考え方・方法で行えばよいか」を明らかにすることとし、生徒の学習過程が充実する指導への転換を目指して、研究主題を次のように設定した。

自ら試行錯誤して学習する生徒の育成 —高等学校数学科を中心に問題を工夫して—

II 研究の内容

1 研究の方針

研究は、大きく分けて問題の工夫の準備段階、生徒が試行錯誤したくなるような問題の工夫、問題の工夫を行った影響の3つに分けて進めていくことにする。また、集団の中位から上位の学力をもっているにも関わらず、「知識の暗記・再生が高等学校の学習だ」と捉えるような生徒を着目生徒とし、問題を工夫したことによって試行錯誤して学習する姿を引き出す効果があったのか検証することとした。

(1) 問題の工夫の準備段階

問題の工夫を行うまでに欠かせない教師の事前準備として、次の5つを考えることにした。

- ①問題の工夫を取り入れた本時の授業の位置付け
- ②授業で育てたい資質・能力
- ③ねらいを達成するために必要と考えた数学的活動
- ④数学的活動において、どんな数学的な見方・考え方を働かせるか
- ⑤着目生徒の特徴

①から④については、よい授業を考えていく上では必要不可欠なことと考える。生徒が試行錯誤して学習していても、資質・能力が身に付いていなかったり、見方・考え方が働いていなかったりという授業は、よい授業として十分はでないと思えるため、問題の工夫の準備段階において①から④を設定する。

⑤については、着目生徒がどのような学習を普段しているかを事前に把握しておくことで、研究を通じた着目生徒の変化が明らかになると考えた。

（２）生徒が試行錯誤したくなるような問題の工夫

⑥問題の工夫の実際

ここでは、従来よく行われていた知識伝達型の授業では、どのような問題による授業を行っていたかを踏まえながら、実際にどのような工夫をしたかをまとめる。問題の工夫を考える際には、先行研究や参考文献から次の２つの要素が重要だと考えた。

１つ目は、問題が疑問や考え方を複数生み出せるものになっているかということである。問題を与えて予想を取り入れたところで、疑問や考え方が一通りでは、学習に必要感が生まれづらい。「たしかにそれも言えそうだな」というような正解らしい多様な考えがあるからこそ、自分や仲間の課題を明らかにしたいという意欲につながっていくと考えた。

２つ目は、授業者が問題を工夫する上で、どの程度の時間や労力を要するかに留意することである。問題の工夫をした結果、目指す生徒の姿に有効に働いたとしても、工夫するのに時間が膨大にかかるのでは中々実践することができないことが予想される。相馬や成田の例は、教科書の問題の原型を崩さず、教師が問題の数値を変えたり、指導内容の順番を教科書と変えたり、語尾を変えたりするなどの変更を行っており、このような問題の工夫であれば、授業の型や教科・科目等、単元によらず、手間もそれほど掛からないことが予想される。

この２つの要素を踏まえながら、参考文献や先行研究を手掛かりに次の３つを本研究における問題の工夫とし、目指す姿を引き出すことに有効であったかについて検証することにした。

- | | |
|---|---|
| ア | あらかじめ提示された、誤答や条件不足の答えを正しく直す問題にする工夫（条件や場合分けが不足している答案などを提示し、誤っていたり、足りなかったりする部分を正しくするなど） |
| イ | 教科の実用性を実感できる問題にする工夫
（大部分が欠けた丸い土器を外心の作図を用いて復元するような問題など） |
| ウ | 「問題解決の授業」で扱われるような、問題を提示することから始め、その問題の解決過程で新たな知識や技能、見方や考え方を働かせていくことに適した問題にする工夫（成田のように解決過程で新しい知識を必要とし、必要感を生み出す問題など） |

アについては、「なぜ誤っているかの根拠」を問われるため、学習がある程度進んだ中で、学んだ知識・技能や思考力・判断力・表現力等が身に付いているか確認することや、理解を深めることに向いていると考える。イについては、学んだ知識・技能を事象に活用することで、学ぶ意義をさらに実感し、学習意欲が高まることで、試行錯誤して学習することにつながっていくと考える。ウについては、単元の冒頭のような、新たな知識や技能、思考力・判断力・表現力等を獲得する場面向いていると考える。

（３）問題の工夫を行った影響

⑦実際のやりとり

⑧検証授業についての分析

⑦については、着目生徒のやりとりを中心に観察しながらも、授業に影響を与えたと考えられる他の生徒の発言や、教師が発問やどのような指示を出していたかなど、検証授業がどのように展開していっ

たかについてまとめる。また、教師が授業中に心がけていた部分を教師の注意点として、今後の授業で生かすべきポイントをまとめる。

⑧については、着目した生徒の検証授業の様子や授業の振り返りの記述、ワークシート、授業後のインタビュー調査から「生徒が試行錯誤して学習していたか」を分析する。

2 授業の実際

(1) 検証授業A 数学I「図形と計量」三角形の面積と内接円の関係【新学習指導要領対応】

①問題の工夫を取り入れた本時の授業の位置付け(第3章 図形と計量 全22時間のうち一部抜粋)

	評価の観点と評価方法	ねらい
15 16	【知】テスト	三角比を用いた三角形の面積公式を理解する。
17 本時	【思】プリント	図形の構成要素間の関係を三角比を用いて表現するとともに、定理や公式として導くことができる。
18 19	【知】【思】テスト	正弦定理、余弦定理を空間図形の計量に応用し、角や辺を求めることができる。

②授業で育てたい資質・能力

図形の構成要素間の関係を三角比を用いて表現するとともに、定理や公式として導くことができる。

③ねらいを達成するために必要と考えた数学的活動

本時では、生徒の反応が複数考えられるように工夫した問題を提示する場面において、予想する活動を取り入れる。また、指導したいことを教師から説明せずに、生徒の気づき、発言の中から結び付けていくことで、自分たちで合意形成したものを考えることによって、意欲を高め、試行錯誤する姿につなげていく。

④数学的活動において、どんな数学的な見方・考え方を働かせるか

本時の公式の証明は、内接円の概念を振り返り、特徴や性質を捉えるといった数学的な見方・考え方が働くことによって導くことができる。また、三角形の面積と内接円の半径の関係式を導き出すことが本時のねらいではあるが、数学Aの図形の性質に係る予想だったり、教科書には載っていない外接円の半径と面積の関係を予測したりと、統合的・発展的に考えていくことも考えられる。

⑤着目生徒の特徴

着目生徒は、意識調査で暗記・再生型の学習観であることが推測される解答をしているが、普段の授業の演習、問題集の取り組み状況は良好で定期考査の結果も中位程度である。本時の前に行った正弦定理や余弦定理の証明は、教師からの「証明してみよう」という発問に対して、なかなか手が付かず説明を待っているが、その後の教師の板書は細かくメモしていたことから、言われたことを覚えたり、理解したりしようとする様子は見られる。事前のインタビュー調査では、「証明は先生が説明してくれたり、教科書を見たりしないとできない」と述べていた。

⑥問題の工夫の実際 <本研究ウ(p.81)の工夫>

教師の説明中心の授業では、「三角形と内接円の関係は〇〇のようになります」と、「三角形の面積と内接円の関係は〇〇であることを示そう」というように展開されていくことが多いと考えられるが、本時は、「三角形と内接円の関係はどのようなものがあるのでしょうか?」と問題を提示することから授

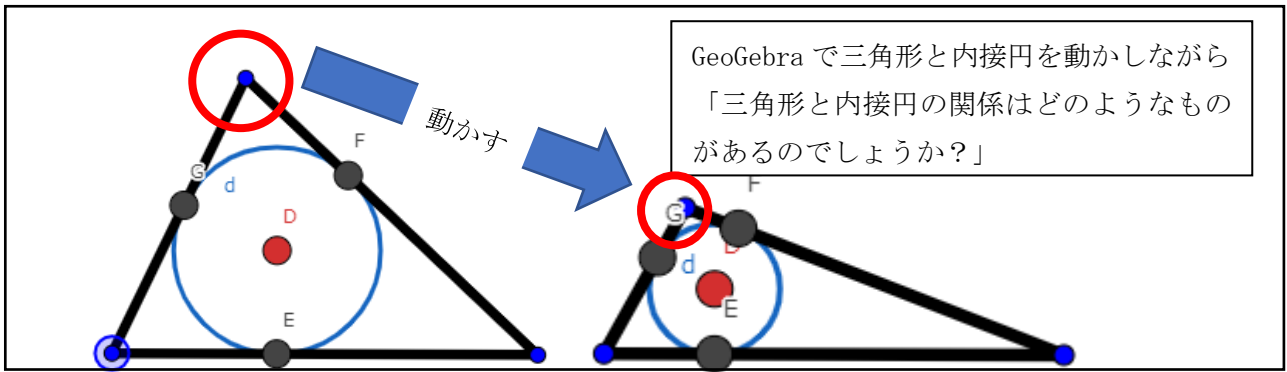


図2 検証授業 A において用いた問題

業を始めた。その際に、図形ソフトを用いながら問題を提示して、視覚的にわかりやすくすることによって生徒の複数の考えを促す工夫をした。示したいものを教師から提示するのではなく、新たな指導内容を身に付けさせることに適している問題にすることが本時で行った工夫である。

⑦実際のやりとり

	教師の発言、発問	生徒の発言 (下線は暗示的な接触、支持的な接触)	教師の注意点
問題	GeoGebra で三角形と内接円を動かしながら 「三角形と内接円の関係はどのようなものがあるのでしょうか？」		問題・提示の工夫 生徒から考え方が出るために、複数の疑問を抱かせるような工夫をした
予想		<u>意欲喚起</u> 発言しやすいよう班で <u>もっとないの？</u> など声かけ	
共有		<u>三角形と内接円の接点の2点を結ぶと相似に見える。</u> <u>半径を r とすると面積が、$\frac{r}{2}(a+b+c)$ で求められる。</u>	発言の生かし方 発言が授業のねらいにせまるか。数学的な価値がある考えかを判断
課題		本当に求められるかな？ $s = \frac{r}{2}(a+b+c)$ を示そう。	
自力解決		指名された生徒による板書 (他)本当にいえるか示そう	生徒へのゆさぶり 生徒の考えに「本当？」 「もっといい方法は？」 といった声かけで試行錯誤することを促す。
集団解決		説明でみんな分かった？足りていないところないの？補足は？ では公式化しよう。 $s = \frac{r}{2}(a+b+c)$ だね。 これによって何が分かりそうかな？	
まとめ		<u>面積が分かれば内接円の半径が分かりそう。</u> <u>外接円と三角形の面積も関係がありそう。</u>	さらなる探究の可能性 授業で得られた考え方がどのように応用可能か
確認問題		では、教科書のこの問題できるかな？	ポイントが生徒から 指導したかったことが生徒から出てくる授業に
演習		終わった人は、Classi で答えを確認してプリントをやる	

図3 検証授業 A における生徒と教師のやりとり

⑧検証授業についての分析

GeoGebra¹²を用いて問題を提示した。その問題に対する予想を最初は教師からクラス全体に聞いたが、反応が鈍かったので4人の班を作り、班で共有する時間をとった。班で活動したことにより、「こう思う」、「これも言えるんじゃないか」というように疑問が教室全体から湧き出てきた。このように疑問を出すこと自体が暗示的な接触であり、試行錯誤している様子と捉える。このように疑問が出てくるというのは、問題が疑問を抱きやすいものになっており、試行錯誤することを促すのに工夫が効果的だったからこそと考える。

着目生徒は、「三角形と内接円の関係はどのようなものがあるのでしょうか？」の問題に対して、「円の大きさが同じであっても接点間の距離が異なる」ことを班の中で発言した。これは授業のねらいとは異なるものの、数学Ⅱの「図形と方程式」の中で学習する内容である。その後、全体で共有された課題を解決しようとする場面では、普段の証明問題とは異なり、自分から公式を示していこうとする姿勢が見えた。これは、問題の工夫によって、まず自分自身の考えをもったことや、全体で考えたい課題が生徒の発言の中から出てきたこと等から、与えられた学習ではなく、自分たちで見いだしたものを証明しようとすることによって意欲が高まり、試行錯誤する姿につながったと捉える。着目生徒は授業後のインタビューでは、次のようにコメントした。

全部与えられる授業では、なかなか疑問をもちにくいし、疑問をいうタイミングもない。今日みたいに「ああじゃないか」「こうじゃないか」と言い合いながら考えを出し合うのは久しぶりだった。疑問がたくさんでてきてみんなで考えた課題に取り組むのは、全部シナリオ通りに進んでいくよりも、記憶にはのこりやすいと感じた。

このインタビューからも、問題を工夫することによって試行錯誤して学習する姿を引き出すことにつながったと考えている。

(2) 検証授業B 数学A「図形の性質」丸い土器を復元しよう【旧学習指導要領対応】

①問題の工夫を取り入れた本時の授業の位置付け(第1節平面図形 全16時間のうち一部抜粋)

時数	評価の観点と評価方法	ねらい
3	【知】 考査 【関】 記述(振り返り)	角の二等分線と線分の比の定理を理解し、それを用いて辺の長さを求めることができる。 定理が成り立つことに興味を持つ。
4, 5, 6	【技】【知】 小テスト	三角形の外心、内心、重心の性質を理解する。
7 本時	【見】 記述(プリント)	三角形の外心を現実事象に活用する過程で、これまで学んだ性質について論理的に考察できる。
8, 9	【知】 小テスト 【見】 考査	円周角の定理を理解し、角の大きさを求めることができる。 円周角の定理の逆を理解し、等しい角に着目して考察できる。

¹² 数学学習・数学教育用の無料のデジタルツール。図形やグラフを図示したり、動かしたり、変形したりといったことが可能。また、授業ですぐに扱える他者が作成した教材集も豊富。

②授業で育てたい資質・能力

外心・内心・重心の性質に気が付き、それぞれをどういった場面で活用するかについて考えることができる。

③ねらいを達成するために必要と考えた数学的活動

生徒が「内心を使うのかな?」「外心を使うかな?」と試行錯誤して、それぞれの性質について振り返る活動を取り入れる。

④数学的活動で、どんな数学的な見方・考え方を働かせるか

本時のポイントは「円を一つに定めるには中心と半径が分かること」という円における理解を活用し、三角形と円の関係に対して図形の性質を用いていくことである。これは、一方が定めれば一方も定まるという関数的な考え方や、そもそもの概念を考えようとする抽象的な考え方などと捉えることができる。また、最初に具体を用いてから一般化していくという一般化の考えを示すことも今後の学習の上で生徒に大切にしてほしい部分である。

⑤着目生徒の特徴

着目生徒は、日頃は授業において自分からあまり考えようとししない生徒であるが、公式を覚えて値を求めたり、教師から示された考え方をういて計算したりというのは得意な生徒である。言われたことを覚えて当てはめたり、計算したりといった力はそれなりにあるが、検証授業前のインタビューでは、「数学は暗記科目の一つで、いかにして公式に当てはめて正確に計算するかが大事だと思う」ということを述べていた。

⑥問題の工夫の実際 <本研究イ (p. 81) の工夫>

本時は、三角形の作図を一通り学習し定着を図る授業である。従来の説明中心の授業では、教科書の節末問題で学習したことを反復練習したり、入試対策の難しい問題に取り組んだりという学習が中心であったと考えるが、本時は実用性を実感できるような問題に工夫した。獲得した知識・技能を事象の中で活用することを通して、これまで学んだ性質について論理的に考察することをねらいとした。

授業の冒頭に「どちらの円の方が大きくなりそうか?」という問題1を出し、自ら考えてから問題2に取り組むことによって、問題2へのハードルを下げ、取り組みやすくなるように配慮したことも工夫の一つである。

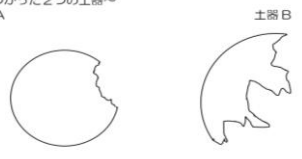
土器を復元できるか?!

年()組()番名前()

【今日の課題】
見つけた2つの土器が円だとした場合、元の円を復元してみよう。

【今日の目標】
・自分なりに考えてみたことを表現してみよう。
・今までに習ったことを活用して、課題を解決してみよう。

～見つけた2つの土器～
土器A 土器B



【予想】
見つけた土器はAとBどちらのほうが大きい円になるだろう?

(土器A ・ 土器B) のほうが大きくなりそう!
～理由～

【やってみよう】
コンパスと定規を使って、土器Aと土器Bを復元してみよう。

図4 C 高校検証授業問題

⑦実際のやりとり

問題 1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">土器Aと土器Bでは、復元したときどちらの方が大きくなりそう?</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">土器Bの方が大きい。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">なぜそのように考えましたか?</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block; margin-right: 20px;">見た感じそうかな</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">残っている部分での最大の長さから</div>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>問題・提示の工夫</p> <p>現実事象と関連させることで生徒の意欲を促す。</p> </div>
---------	---	---

問題2	では、この問題はどうでしょう？ 「土器が元々丸い形だったとした場合、元の形に復元せよ」	
自力解決	最近やった内心とかは関係あるのかな？ 円の作図はどうやったっけ？ 半径と中心が分かればOK？	机間指導 生徒の困り感、考え方を すいあげる
課題	半径と中心が分かれば解けそうですね。では、どのようにすれば 中心の位置を見付けることができるのでしょうか？ (生徒の様子) さまざまな作図を試すもなかなかうまくいかない	課題の確認 何が出来れば問題が解 けるかを全体で確認
自力解決	では、円周上にこんな3点をとって見たらどうでしょうか？ 三角形の外接円ならかけるぞ ということだったのか (生徒の様子) 既習の作図を思い出し、活用してみる	ヒントの準備 考えを与えすぎず足り なすぎないもの ねらいが達成されたか
まとめ	みなさん外接円を用いて復元できましたね。では、次回にそれぞ れの性質についてもう一度確認し、まとめましょう。	何を身に付けてほしかっ たのかに立ち返る

図5 検証授業Bにおける生徒と教師のやりとり

⑧検証授業についての分析

問題1、問題2で共通していることとして、「どのように考えたら問題が解けるか」を指導せずに、問題にまず取り組んでみることから始めた。これは、「問題を提示することから授業をはじめる」本研究ウ(p.81)と重なる部分もあるが、すでに指導した内容を活用することができれば新たな知識・技能、見方・考え方を必要としないため、本研究イ(p.81)の工夫とすることにした。問題1では、大きさが明確であったため、考えが一通りしか出ず、試行錯誤することに結び付いていなかった。試行錯誤することを促すには、もう少し意見が割れるような課題に工夫することも必要だったかもしれない。意見が割れることによって、明らかにしたいという試行錯誤につながっていくと考えるからである。問題2では、暗示的な接触による様々な試行錯誤が見られた。失敗しながらも自分なりに思考を繰り返している様子が多く見られ、多様な考えを引き出すことができたが、外接円の作図で終了時間になってしまい、本時のねらいとしていた性質に気が付き、論理的に考える力については、深めることができなかった。本来のねらいとしては、試行錯誤する中で、「内心の性質は〇〇だったね」、「外心と三角形の頂点の距離はどれも等しい」といった性質や定義を振り返ることで理解を深めてほしいと考えていた。

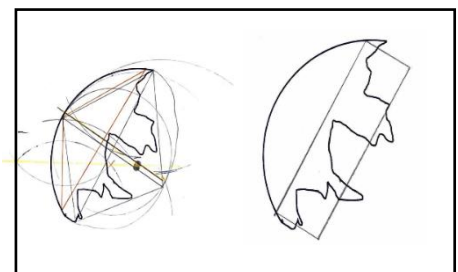


図6 C 高校着目生徒の記述

着目生徒は、問題2に対して「どうやったら答えが出るの」と発言をしながらも、図6のようにとにかく既習の知識・技能を試している様子が見られた。用いていた既習事項とは、「垂直二等分線をかきこ

と」や「角の二等分線を用いて内接円をかくこと」等である。教師の発問の前は、着目生徒は外心を見つけれられていなかったが、全体で「円周上に3点をとる」という教師の発言から三角形の外接円を作図すればいいことに気が付き、その後は「こうやったら中心が分かるよ」と他者に教えている様子もあった。授業後のインタビューでは、次のようにコメントした。

いつもは、問題に対してこうやってやればいいという説明を聞いてから取り組むため、どのように解けばいいかを困ることも少ないが、今日は何が分かれば解けるかということ自分で一生懸命考え、非常に苦労した。自力で見つけることはできなかったが、よく取り組んだと思う。

これらのことから、未知のものに対して今まで獲得した既習を活用するような問題の工夫によって試行錯誤することを促せたと考えている。一方で、「実用性を実感する→学習の意欲が高まる→試行錯誤して学習する」というサイクルを考えていたが、本時の工夫によって、実用性を実感できるようになったとは言い難い状況だった。生徒は、現実事象と関連させたからといって、教科の学習に価値を見いだすわけではない。その学習が本当に価値があると実感したときに実用性を実感すると捉えるが、授業後の対象クラスの振り返りからそこまでには至らなかったと考えた。生徒が実用性を実感するような工夫が難しいことが課題として見えてきた。

（3）検証授業C 家庭基礎「衣食住の生活の自立と設計」栄養価を満たす献立づくり【旧学習指導要領対応】

①問題の工夫を取り入れた本時の授業の位置付け （1）食生活と健康 全7時間の内一部抜粋

時数	評価の観点と評価方法	ねらい
3 4	【知】プリント 【工・創】プリント	食品の生産や流通、販売の多様化、輸入食品の増大、食料自給率の低下などの食を取り巻く環境の変化や食の安全について考えることができる。
5 本時	【工・創】 プリント	自己の食生活についての問題を見だし、健康、安全などの視点から食生活に関わる情報を適切に判断し、工夫することができる。
6 7	【技】動画	おいしさの構成要素や食品の調理上の性質、食品衛生について理解し、目的に応じた調理に必要な技能を身に付けることができる。

②授業で育てたい資質・能力

自己の食生活についての問題を見だし、健康、安全などの視点から食生活に関わる情報を適切に判断し、工夫することができる力

③ねらいを達成するために必要と考えた家庭的活動

調理経験が乏しい場合、家庭での調理課題を通して調理をすることに対する苦手意識をより強くさせてしまうのではという懸念があったため、「日常生活における実践を継続してほしい」という思いから、調理例を挙げて「自分だったらどうするか」という改善策を考えることによって学習を自分事として捉えやすくなるような活動を取り入れた。

④活動において、どんな生活の営みに係る見方・考え方を働かせるか

衣食住などに係る生活事象を健康・快適・安全の視点で捉えることによって、栄養と嗜好、費用、調理の効率、環境、安全などに考慮した食生活の計画・管理ができるようにしたい。また、自立した生活

者として必要な衣食住の生活や、生活における経済の計画等の実践力をつけることが自らに必要であることを本時以外でも生徒が意識するような授業にしたい。

⑤着目生徒の特徴

着目生徒は、普通の授業では、自己の生活を踏まえて記述することは少なく、「その場だけの学び」になっている様子が見受けられる。検証授業前のインタビューでは、「家庭科は、受験にも使わないし、テストもないので考えをより深めていこうと学習することは少ない」と述べていた。

⑥問題の工夫の実際 <本研究ア (p. 81) の工夫>

右の献立は、今までの先輩たちが調理実習の予習を兼ねて冬休みに作ってきたものの一例（再現）です。家での食事作りを「特別なイベント」としないで、「週に1回はお家で作ることでできる献立を」と思っていたのですが、続きませんでした…。理由はなぜだと思いますか？




図7 検証授業Cの実際の問題

家庭科の問題の工夫とは、学ぶ分野そのものを検討したり¹³、教材（題材）そのものを工夫したりというものが多く考えられるが、本研究では、「問題や授業の流れは大きく変えずに」学習に必要感が生まれるような「誤答の提示」から授業を展開した。図7であげたものは、誤答と言いつけるわけではないが、「誤答の提示」を広義に捉えることで、数学以外の教科への発展の可能性があると考えた。「自分だったらここが課題になるかな」と暗示的な接触を通して、自分の立場だったらどのように改善する必要があるかを考え、学習への必要感を促し、意欲を高めることに効果があると捉え問題を工夫した。本時で求める試行錯誤とは、「献立を自分の環境や目的に合わせてさらなる改善を目指して考えること」である。

⑦実際のやり取り

問題	家で自炊をしようという課題を毎年やっているが、その後なかなか作ってくれないようです。写真を見てなぜだと思いますか？	問題・提示の工夫	失敗例の提示。手間と栄養、時間などを考える。
予想	<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">おかず5品は多すぎる</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">揚げ物は作るの大変じゃない</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">1つ1つ手が込みすぎ</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block;">部活で疲れてて作れないよ</div>		意欲喚起
課題	この献立は大変そうかな？では、今日の課題です。 週に1回は作れそうな食品群別摂取量を満たす献立を考えて、実際に作ろう。		
自力解決	<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">簡単に作れて栄養価の高い献立ってなんだろう</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block;">好きなものじゃないと作るやる気が起きないと思うな</div>	行動観察、考え吸い上げ	授業のねらいにせまったり、考えを広げたりするものを机間指導で探す

¹³ 例えば、植田 真理子・小澤 紀美子「中学校・高等学校における住まいの教育に関する研究：家庭科教師の意識と授業実践を中心として」東京学芸大学紀要 2006年 pp. 367-373

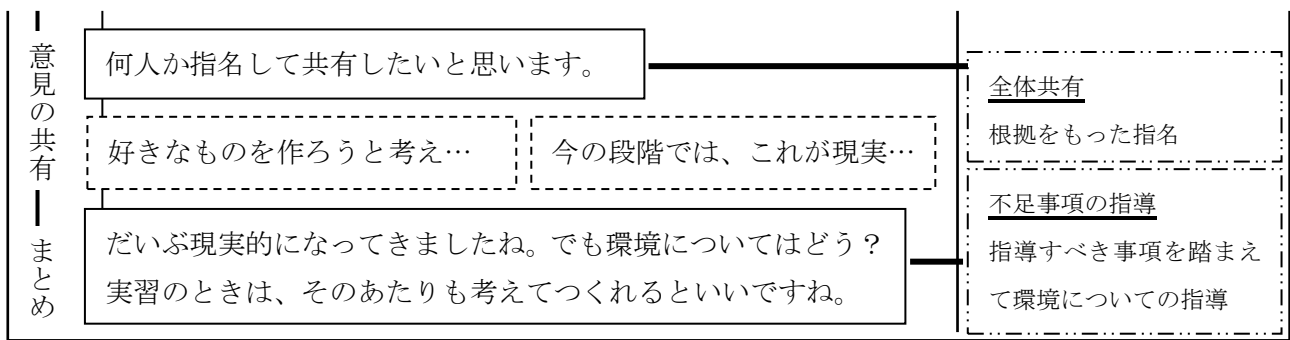


図8 検証授業Cにおける生徒と教師のやりとり

⑧検証授業についての分析

多くの生徒にとって作ることが難しいであろう調理例を提示してから献立を考えることによって、「自分に合っているのはこれだ」や「これならつくるのが出来そうだ」という暗示的な接触を引き出すことができた。着目生徒は、普通の授業では、ほとんど見られなかった図9のような記述をした。

<p>私は今まで小・中学校の家庭科の授業で献立を作る課題が出たとき、栄養バランスや見た目と重視した献立に していましたが、「作り続けられる献立」を考へることも大事 なんだと今日の授業を通して気づかされました。 実際、私は今まで経験して家で料理を作ったことが無いので 「時短」「簡単」という観点から献立を考えていきたいです。</p>	<p>「献立を作る課題が出たとき、栄養バランスや見た目を重視した献立にしていたが、『作り続けられる献立』を考へることも大事であると気づいた。」 (記述抜粋)</p>
---	--

図9 検証授業Cにおける着目生徒の記述

日常生活における実践を続けていく視点が無かったことに気づき改善していこうとしている。グループワークでは、「もう少し簡単に作れて栄養価の高い食べ物はないかな」と発言をしており、これらは生徒が「日常生活における実践を継続していくために必要なこと」を栄養を踏まえながらより実践的に考え、試行錯誤をしている様子だと考えられる。授業後のインタビューでは、次のように述べており、これらのことから問題の工夫が試行錯誤することに寄与したと考えている。

<p>いつもは、学習が自分にすぐに関係ないと思っていたが、調理実習が近いこともあり、作れそうで栄養価が高いものを考えた。せっかくなら調理実習でつくったものを今後も作れるようにしたかったから楽に作れるメニューを考えました。</p>
--

Ⅲ 研究のまとめ

1 研究の目的に関する総括

高等学校では、依然として知識伝達型の授業が多い現状も見られるため、目指す資質・能力の育成をしていくためには、生徒がより主体的に学ぶような授業改善をしていく必要があると考えた。また、授業改善の手掛かりとして、授業の問題を工夫することで課題を解決する手掛かりになると考えた。研究の目的を「問題の工夫をした授業を行った結果、目指す生徒の姿の実現に寄与したか」と「生徒が試行錯誤したくなるような問題の工夫とはどのような考え方・方法で行えばよいか」を明らかにすることとした。

まず、「問題の工夫をした授業を行った結果、目指す生徒の姿の実現に寄与したか」については、これまで示したように問題の工夫をしたことによって、生徒の試行錯誤する場面を創出し、着目生徒の試行錯誤する姿が見られたことから、問題の工夫が目指す生徒像を引き出すことに寄与したと考えている。検証授業では、問題の工夫をしたことによって、生徒が「どんなことが言えるかな」や「どんなふうにしたらできるかな」といった「推測して仮説をつくること」が行われた後に、その推測を「どこまで言えるか」や「本当にそれでよいのか」といった確認をしようとする姿が見られた。これはまさに本研究会が目指してきた試行錯誤する姿であり、知識伝達型の授業では、あまり見られない姿であったと捉えている。検証授業後のインタビューでは、「説明中心の授業では、教科書や先生の説明は分かりやすいから、そもそも疑問をもつ機会がない。自分に主体性がないだけかも知れないが」と述べていた生徒もいた。知識伝達型の授業は、さまざまなメリットもあるかもしれないが、「分かりやすい説明」や「失敗させないようにする指導」の影響で、知らぬ間に生徒の試行錯誤する場面を奪っている可能性があることを検証授業を通して実感できた。

次に、「生徒が試行錯誤したくなるような問題の工夫とはどのような考え方・方法で行えばよいか」について整理する。本研究では、手立てとして3つの工夫（ア あらかじめ提示された、誤答や条件不足の答えを正しく直す問題にする工夫、イ 教科の実用性を実感できる問題にする工夫、ウ「問題解決の授業」で扱われるような、問題を提示することから始め、その問題の解決過程で新たな知識や技能、見方や考え方などを身に付けさせていくことに適した問題にする工夫）を取り入れた授業を行った。これらの工夫は、問題によってはアかつイであったり、3つ全てを含んだりという場合もあった。3つの手立てを行った結果、見えてきた部分をまとめる。

アについては、単なる一問一答形式の問題にならないように注意が必要である。誤答を示したところで、単なる計算ミス直す問題や知識の量を問うような問題では試行錯誤したくてもなかなかできないだろう。検証授業でもこういった問題では、目指す姿には結びついていないことが見られた。イについては、検証授業の分析で述べたように現実事象を扱ったからといって生徒の意欲が高まると限らないことに注意が必要である。本研究では、生徒が「問題の工夫をしたことによって実用性を実感し、意欲が高まったから試行錯誤した」といえるような検証授業はできなかった。実用性を実感するには、生徒の興味・関心、数学観、レリバンズ¹⁴などさまざまなことが影響するため、さまざまな検証が必要である。ウについては、「新しい知識を獲得しようとする場面」で、数値を変えたり、語尾を変えたり、順番を変えたりといった問題の工夫をすることによって、生徒の「やりたい」、「知りたい」、「明らかにしたい」といった意欲を引き出し、試行錯誤する姿に結び付いていた。

目指す姿に効果的に働いたと考えられる授業の特徴としては、「生徒に複数の疑問を抱かせる問題であること」、「自ら考えた疑問について取り組める機会があること」に留意することが重要であることが見えてきた。複数の疑問を抱かせるとは、生徒の「おや？」や「どれ？」を引き起こし、「たしかにそれもいえるかも」、「そういった考えもあるね」と、正答らしい疑問を複数引き出すことである。検証授業では、生徒にとってあまりに易しすぎたり、難しすぎたりする問題では試行錯誤する姿には結び付かないことも見られた。

問題に対して考えることを自分で選ぶ機会があるとは、検証授業 A「図形が動くことから何が示せる

¹⁴ 本田 由紀 (2004) 「高校教育・大学教育のレリバンズ」 JGSS 研究論文集によるとレリバンズは、「有意性、関連性などと訳すことができ、学校教育が様々な側面についてどのような意義をもちうるかを表す概念」と述べている。

かを個人や集団で選べる機会」、検証授業B「現実事象に対してどんな知識・技能を活用するかを選べる機会」、検証授業C「示された調理例からどのように工夫すれば適切となるかを選べる機会」のように複数の選択肢から選ぶ場面を指す。問題が教師から与えられるだけではなく、自分たちで考えたいことを選べることによって、学習を自分事として捉えやすくなり、意欲が高まることで、試行錯誤する姿につながっているように見えた。検証を通してこの2つの条件を問題の工夫として取り入れることが「試行錯誤したくなるような問題」になる可能性が見えてきたことを成果の一つとする。

また、試行錯誤する姿につながる問題の工夫は、授業の導入に対する場面と、展開（維持）に対する場面の二場面で分けて考えることが重要なのではないかという新たな知見も見えてきた。研究を通じた結果、同じ試行錯誤を促す工夫といっても、導入と展開（維持）のそれぞれの場面で工夫の仕方が変わってくるのが推測できると考えたからである。

導入に対する問題の工夫とは「いかにすると問題に対して最初の一步を踏み出すか」についてである。これには、本研究が一例を示した実用性を実感するような工夫や、陶冶的な意義¹⁵を実感できるような工夫等が考えられる。展開（維持）に対する問題の工夫とは、「いかにすると問題を解き始めた後に試行錯誤し続けるか」についてである。これには、問題を解いていく中で、途中まで明らかになるものの既習のみでは手詰まりになるようにあらかじめ教師が予測して工夫すること（先行研究の成田や相馬の例）や、答えが複数あってどれも学習内容の良さを捉えることのできる工夫等が考えられる。

もちろんこの二つの場面に対する工夫は、独立しているわけではなく、それぞれに作用していることが予想されるが、本研究ではこの二つを区別せずに考えてきた。しかし、研究をまとめるにあたって、導入の場面、展開の場面の二つにおいて、問題の工夫がどちらの場面に対してより試行錯誤を促す工夫になっているかが異なっていることに気が付き、新たな知見になり得ると考えた。二つの場面で分けることによって試行錯誤を促す問題の工夫の有効性が異なるという新たな推測も成果の一つとする。

また、問題の工夫に取り組むことで、教師の指導観の変化につながるものが明らかになった。研究員の一人は、「今までいかにして分かりやすく説明するか」という点を授業改善のポイントとしていたが、「授業改善に向けた新たな視点が加わり、少しずつ実践することができるようになった」と述べていた。まずは「ねらいの達成にむけてそもそも扱うべき問題をかえる」という必要性に気付くことが授業改善の第一歩になることが見えてきた。

2 今後の課題

(1) ねらいの達成に向けた試行錯誤について

本研究では、「どんなことが言えるかな」や「どんなふうにしたらできるかな」等の「推測して仮説をつくる」暗示的な接触と、「どこまで言えるか」や「本当にそれでよいのか」等の「最初に構成した推測や仮説を確認する」支持的な接触の試行錯誤を目指した。こういった試行錯誤が、学習過程の充実には必要と考えたが、試行錯誤して学習しているにも関わらず、学習過程が充実しているといえない生徒もいた。これは、試行錯誤しているにも関わらず授業のねらいが達成されていないことが主たる要因である。

暗示的な接触では、試行錯誤が授業のねらいとは違う方向で行われてしまったことが見られた。支持

¹⁵ 小原 豊 (2017) は、陶冶的な意義を、生徒が社会の一員として生きていく上で、その実生活に直接役立つ数学的な知識や技能を習得することとしている。

的な接触では、既習の知識・技能を用いようとしているものの獲得していたものが誤っていたり、既習の知識・技能の学びなおしに留まったりといったことが見られた。改善するための一例として、検証授業 A で、「三角形と内接円の関係はどのようなものがあるのでしょうか？」と発問したが、「三角形の面積と内接円の半径の関係はどのようになっているのでしょうか？」とより焦点化して問うことも考えられる。ねらいの達成に近づくような試行錯誤にするために、問題をいかにして工夫していくかについては引き続き課題であり、研究を続けていきたい。

(2) 試行錯誤することによって考えられる影響について

生徒が試行錯誤すると多様な考えが出てくる。教師はそれをできる限り事前に想定して授業の中で価値付けたり、方向性を決めたりすることが求められるが、本研究では、問題の工夫の部分に着目するにとどまり、多様な考えを生かすためにどのような手立てを行うとよいか明らかになっていない。問題解決型授業における「練り上げ¹⁶⁾」の視点、生徒の発言をどのように黒板に板書して生かしていくか¹⁷⁾という視点、問題の工夫をした授業を単元においてどのように位置付けていくかについての視点等を今後考える必要がある。川崎市においては、高橋 (2021)¹⁸⁾が、授業中の生徒の問いに対する支援の方法について研究するなど、授業をいかに生徒とともに作り上げていくかについて小学校・中学校ではさかんに行われており、高等学校でも参考になると考えられる。

また、本研究は、数学科を中心に研究・実践してきており、家庭科での例は示したものの他教科への汎用性は不透明であることも課題である。どのような問題を扱うかは教科によらず授業において極めて重要なものであると考えられるが、他教科における本研究のような工夫を見つけることができなかった。問題の工夫によって生徒が試行錯誤していくことを促したが、教科によっては、問題はそのままでも、「問うこと」自体の指導をして生徒の問いをどのように促していくかといった研究もあり、検証できていない部分は多い。

試行錯誤することによって主体的に学習していくとすると、その効果は「知識・技能の定着度があがった」、「思考力・判断力・表現力等が高まった」など様々に考えられるが、本研究では、生徒が試行錯誤して学習する姿を着目生徒の変容という点で示すことしかできなかった。主体的に学習することを通して、資質・能力をいかにして育成していくかということも小学校・中学校ではすでに広く実践しているが、高等学校における現状を踏まえるとまだまだ目指す資質・能力という視点での授業改善が足りていない。本研究の手立てや小学校・中学校の研究を参考に、授業改善を続け、目指す資質・能力の育成に取り組んでいくことは引き続き課題である。本研究のような授業改善を推進していくには、まずは、教師がその必要性に気付き、生徒が試行錯誤しながら学習する授業を目指す必要がある。今後も研究を重ねていきたい。

¹⁶⁾ 高井 吾朗(2017)は「練り上げ」を「一般に問題解決型授業の中で行われる集団活動。自分の考えを発表したり、他者の意見を聞いたりすることで、自分の考えを修正したり、価値付けしたりすることがねらい」と説明している。

¹⁷⁾ 谷・小原 (2016)「算数数学科の問題解決授業における板書の機能」、新井仁 (2012)『中学校数学科授業を変える「板書」の工夫 45』などがある。

¹⁸⁾ 高橋 友也『「問い」をもち、解決に向かって学ぶ児童生徒の育成—『問い』を大切に授業づくりを通して—』令和2年度研究紀要第34号 川崎市総合教育センター pp. 33-52

最後に、研究を進めるにあたり、ご支援、ご助言くださいました講師の先生、また校長先生をはじめ学校教職員の皆様に、心より感謝し厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- G. ポリヤ著柿内賢信訳『いかにして問題を解くか』丸善出版 1954年
- G. ポリヤ著柴垣和三雄訳『数学における発見はいかになされるか第一版帰納と類比』丸善出版 1959年
- 松原原一『数学的見方考え方』国土社 1990年
- 森田俊雄『算数・数学教育の新展開—局所的な数学と思考実験—』東洋館出版社 1991年
- 島田茂『算数・数学科のオープンエンドアプローチ』東洋館出版社 1995年
- 相馬一彦『数学科「問題解決の授業」』明治図書 1997年
- 磯田正美・原田耕平『生徒の考えを活かす問題解決授業の創造』明治図書 1999年
- 片桐重男『数学的な考え方とその指導 第1巻 数学的な考え方の具体化と指導』明治図書 2004年
- 磯田正美・笠一生『思考・判断・表現による「学び直し」を求める数学の授業改善』明治図書 2008年
- 岡本光司・土屋史人『生徒の「問い」を軸とした数学授業』明治図書 2014年
- 榊原知美『算数・理科を学ぶ子どもの発達心理学』ミネルヴァ書房 2014年
- 斎藤昇・秋田美代・小原豊『深い学びを支える数学教科書の数学的背景』東洋館出版社 2017年
- 吉田信夫『ほぼ計算不要の思考力・判断力・表現力トレーニング数学ⅠA』東京出版 2018年
- 吉田信夫『ちょっと計算も必要な思考力・判断力・表現力トレーニング数学Ⅱ』東京出版 2019年
- 岩崎秀樹・溝口達也『新しい数学教育の理論と実践』ミネルヴァ書房 2019年
- 竹内英人他『授業力を磨く—高校数学編—』新興出版社啓林館 2020年
- 西岡加名恵『高等学校教科と探究の新しい学習評価』学事出版 2020年
- 白井俊『OECD Education2030 プロジェクトが描く教育の未来』ミネルヴァ書房 2020年
- 島田茂『数学教師のための問題集』共立出版 2021年
- 酒井淳平『高等学校 新学習指導要領 数学の授業づくり』明治図書 2022年

【指導助言者】

学習院大学大学院人文科学研究科教育学部教授
川崎市総合教育センター指導主事
川崎市総合教育センター指導主事

小原 豊
山中 美奈子
望月 隆