

# 高等学校数学科における省察による学習を支援する授業の実践的研究

## －新奇性の高い問題の解決能力向上を目指した学習指導法の開発－

中村 啓介<sup>\*1</sup>・益子 典文<sup>\*2</sup>

本研究は、高等学校の数学における学習過程の中から“振り返り”に着目し、効果的な振り返り活動が可能となる学習プログラムの開発に焦点を当てたものである。学習者には、自学自習の成果が十分に発揮できず、数学の新奇性の高い問題解決が困難な者がいる。学習者が新奇性の高い問題を解決できる状態になるために、問題解決経験を振り返る力を育むことを目指した学習プログラムの開発が本研究の目的である。数学的リテラシーに関連した問題解決経験を振り返る力を【方針立案】【知識活用】【経験一般化】の3つに分類し、これらの力を育む教材を開発し実践した。その結果、プリント教材を用いた学習を繰り返すことで、【経験一般化】が支援されたことを示唆するデータが得られた。【方針立案】【知識活用】に関しては、評価に用いた問題の吟味が十分でなかったため、今回のデータから有意差が認められなかった。本研究の成果は、新奇性の高い問題解決に向けた高校数学の少ない実践例であるとともに、問題解決経験を振り返る力と数学の問題解決能力との関連を示唆するデータを得たことである。

〈キーワード〉 振り返り, 省察, 高等学校, 数学, 問題解決

### I 研究背景

第一著者は京都府立高校で教諭として数学の授業を行ってきたが、勤務先がいわゆる進学校であったことも影響し、学習者の学力伸長、進路保障の観点から、試験において合格点をとることに力点を置いた学習指導を行ってきた。

一方、藤田(1985)は、これからの高校数学の目的は、数学的知性の涵養にあるとし、具体的な目標として「多数(majority)の生徒に、健全な、数学的リテラシー(mathematics literacy)を授ける。」ことの重要性を指摘している。提供された問題の解決ができるようになることのみが目的ではなく、問題解決能力を身につけると同時に、そこで扱われる数学の概念の価値や生活場面とのかかわりを改めて考える機会を提供することの重要性を指摘している。

清水(2008)は2006年PISAの調査の読解力と数学的リテラシーの関係について、次のように述べている。読解力の評価項目は「広く一般的な理解を形成すること」、「解釈を展開すること」、「テキストの内容について反省的に

考察し評価すること」などが設定されている。このことは、「建設的で関心を持った思慮深い市民」として「確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力」と規定される数学的リテラシーにも通じるものであり、数学的リテラシーには「自らの置かれた状況や社会の状況を反省的に捉えて、改善しようとする姿勢までが問われている」という。実際、最近の2018年PISA調査では読解力の項目には「テキストを理解、利用、熟考すること」のみならず、“評価し”という文言が加わり、自らの文脈理解の仕方や、考え方を振り返ることが求められるようになっていく(国立教育政策研究所 2019)。これらのことから、振り返る力を育むことは数学的リテラシーを育むことに相当すると考えられる。

“振り返り”に関して、平成21年告示と平成30年度告示の高等学校学習指導要領内の語句に対して振り返りに関する内容を含んだ語句を抽出・カウントしたところ、平成30年学習指導要領は振り返りに関する文言が大きく増加している(表1)。高等学校数学科の授業においても、問題解決能力は確かに重要であるが、その問題解決能力を向上させる過程において、どのように学びに力を向

\*1 京都府立鳥羽高等学校

\*2 岐阜大学教育学部

上させる過程において、どのように学びに向かう力を育成するかを考えることには意義がある。

そこで本稿では数学授業で育成すべき“学習経験を振り返る力”に着目することにする。

表 1 学習指導要領本文中の「振り返り」関連語出現頻度

検索語句	平成21年学習指導要領	平成30年学習指導要領
振り返	5件 (1件)	68件 (23件)

(カッコ内の数は学習指導要領第 4 節数学内の件数)

## II. 目的

いわゆる進学高校の数学の授業では、数学の見方・考え方のよさを学習者に伝える一方で、模擬試験や大学入試の問題を解けるように指導することが求められる。学習者は概ね真面目に授業、課題に取り組んでおり定期考査のような単元毎の評価問題は解くことができるようになる。しかし、高校 3 年生になり、入試問題に本格的に取り組むことになった時、入試問題のような設問が複数ある問題や複数の分野が融合した問題解決の場面で、既習の問題解決の方法をすぐに適用できる状態にある学習者は少ない。この原因としては、学習してきた多くの問題解決の方法からどれを適応させて良いのかの選択ができなかったり、不慣れな問題設定に混乱したりしていることが考えられる。問題解決に不慣れな新奇性 (unfamiliar) の高い問題への対応力は高校 3 年生になっても課題である。

学習者が行っている数学の学習方法は、問題集や参考書を用いた問題演習が中心だろう。演習後に回収した数学の問題演習ノートからは、問題解決を試みた後に、模範解答を用いて正誤判断を行い、誤っていたら赤色のペンで訂正をするといった学習行動が観察できる。このような問題解決、正誤判断、訂正の順で行われる学習方略を【現状の学習モデル】と呼ぶことにする (図 1)。しかし、

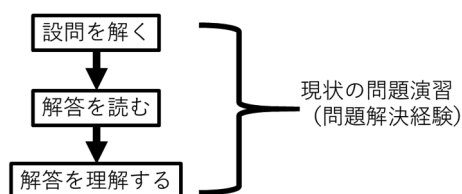


図 1 現状の学習者の学習モデル

現状の学習モデルは、演習する個別の問題解決だけで完結しており、既習の学習内容とは独立した知識しか獲得できていないと考えられる。したがって、問題解決活動の後に、模範解答を見て方針と結果を確認することや、問題が解けない場合は模範解答の式変形を追従することに学習方法が留まっている傾向が高く、個別の問題解決経験を、次なる問題解決場面に接続する学習方法になっていない。

寺尾・楠見 (1998) は、この学習方法を「例題アプローチ」とし、例題アプローチのみで学習が進展した場合、多くの解法を詳細に記憶することの学習者の負担と、一問に多くの要素が含まれているレベルの高い問題では問題カテゴリを決定することが困難であることを指摘している。既知の問題の数値を変えただけのような問題の解決ならば、例題アプローチによる学習方法で十分であるが、新奇性の高い問題の解決に対応できるようになるためには、解法の暗記だけでは不十分である。

そこで現状の学習過程に次の 3 つの振り返り活動を加えることで、問題解決経験がより豊かになり、新奇性の高い問題の解決に生かすことのできる能力が獲得できるのではないかと考えた。

- (1) 問題解決に至る見通しを考える。
- (2) 問題の内容と既習事項との多様な関連づけを考える。
- (3) 問題解決経験を通して、理解が不十分な箇所への対策や、学習内容を次なる機会に生かそうとすべく一般化や抽象化をするなどして汎用的な理解をする。

(1)は「どのようにすれば解答の解決方針を選択できるようになるか」を考える活動である。問題の文脈から、解決方針を選択するに至る“条件”や、微分・積分、平面図形などの“問題分野”，最大値・最小値を求めるのか、証明するのかといった“出題内容”などを問題から読み解くことで、学習したどの解決方針が利用できるかの見通しを立てることができる。本研究では、この活動で養われる能力を【方針立案】と呼ぶことにする。(2)は「現在解決している問題と既習事項との多様な関連づけ」を考える活動である。例えば、数学 I で学習する余弦定理を数学 B で学習するベクトルを用いて表現すると、ベクトルの内積の定義を導くことができる。一方、ベクトルの問題を図

形的に捉えて余弦定理を利用する解決方針を選択する学習者がいる。この解決方針を否定するわけではないが、余弦定理とベクトルの内積の関連づけができていれば、余弦定理に持ち込む必要はなくベクトルを用いて解決できる。このように、問題構造を読み解く際に、どの既習事項と関連しているかを判断するためには、既知の多様な知識間の関連性を理解しておく必要がある。既習事項相互の関連性が整理されることにより、問題の表面的な構造にとらわれない文脈理解ができることを期待している。この活動で養われる能力を【知識活用】と呼ぶことにする。(3)は「解決経験を一般化する」ことを考える活動である。解答を読む中で、自分にとっては発想することが難しい式変形や解決方針があるだろう。そのときに、どのような思考過程を経ればその式変形や方針に至ることができるのかを考えることが、新奇性の高い問題を解決できる状態になるためには重要である。また、自分の解決方針と模範解答が異なる場合もあるだろう。そのときに、自分の解答の良し悪しを評価したり、どちらの解決方針がより汎用的かを検討したりすることも重要である。さらに【方針立案】【知識活用】を発揮して、学習した問題の解決方針を一般化することにより、類題や初出の問題へ適応させる手がかりを得ることも期待する。この活動で養われる能力を【経験一般化】と呼ぶことにする。

3つの振り返り活動を現状の学習モデル(図1)に加えることで、一つ一つの問題演習の学習経験が豊かになり、新奇性の高い問題にも対応できるようになるのではないかと考える(図2)。

以上より本研究は、数学の授業のもと、省察活動を促

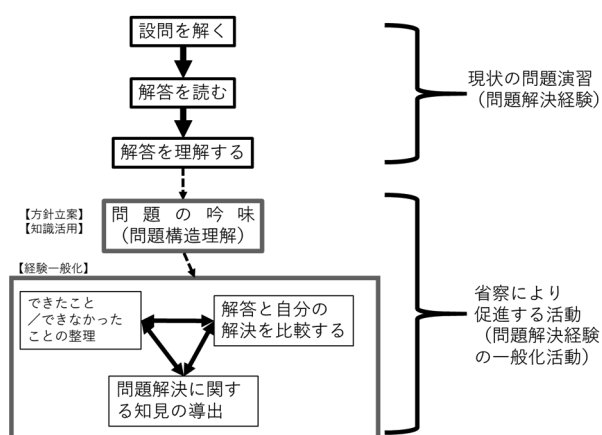


図2 省察活動を促進した学習モデル

進した学習モデルに沿って指導することで、数学の新奇性の高い問題が解けるようになるかを検討することを目的とする。

### III. 方法

京都府立 X 高等学校 3 年生普通科理系 1 クラス (41 名) を対象に、平成 30 年 10 月 2 日～12 月 19 日まで週 5 単位の数学Ⅲの授業内で、開発した教材の授業実践を行う。対象クラスは、約 7 割の学習者が国公立大学の理系学部への進学を希望しており、課題もまじめに取り組む。10 月に数学Ⅲの教科書内容の学習が終了し、その後の数学Ⅲの授業では入試のための演習を行うが、この教科書内容学習終了後の演習の授業において本研究の実践を行う。

なお、実践を始めるにあたって学習者には、授業や課題で扱う課題プリントの意図や、目的の説明を行い、その効果は客観的に評価するつもりであることを伝える。加えて、本実践に関する評価は成績に関係がないことと、得られた成果は学会等で発表するかもしれないことを伝えた理解を得る。また、学習者には、回収したノートやプリント教材は個人が特定されないように十分に配慮するので、資料として研究に活用することを依頼し理解を得る。学習者にとって取り組みがよいある授業、課題にしたいと思うので気が付いたことがあれば遠慮せずに伝えて欲しいと依頼する。

#### 1. 事前調査

学習者が数学の問題解決に取り組む際に、どのような学習行動をとっているのかを調べるため、開発教材の授業実践前に対象クラスの学習者に次の質問項目からなる調査を行う。

##### 【質問項目 1】問題解決経験の省察

「問題を解いた後(解けずに解答を見た後)に、模範解答の解答方針を理解し、自分の解答と比較している。」という質問に、「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」「どちらかといえば当てはまらない」「当てはまらない」の 4 件法で回答を求める。

##### 【質問項目 2】問題解決経験の一般化

「問題を解いた後(解けずに解答を見た後)に、次に新

たな問題を解決するときに備え、わからなかった学習内容や方針のポイントをまとめている。」という質問に、質問項目 1 と同様の 4 件法で回答を求める。

#### 【質問項目 3】問題解決経験の活用

「問題を解いた後（解けずに解答を見た後）に、まとめた学習内容や方針のポイントを、別の問題を解くときに活用できている。」という質問に、質問項目 1 と同様の 4 件法で回答を求める。

## 2. 省察活動促進のための教材開発

問題解決後の省察活動を促進するため、教材としての課題プリントを開発した。この課題プリントは、横向き B4 用紙左面に、授業テキストから抜粋した大学入試問題を 1 題配置し、右面に“省察活動を促進した学習モデル”に則して問題解決経験を振り返る活動が展開できるように、3 つの質問項目を配置する。

家庭学習として各自問題演習と振り返り活動を行い、次の授業に持参する。3 つの質問項目と質問意図は次の通りである。

【質問項目 1：方針立案：解決過程の枠組みの理解】  
「設問毎に計算するまでに考えること（問題解決の方針）を記してください。設問に関連性がある場合は、その関連

を含めた方針を考えて記してください。」との質問に、自由記述で回答を求める。数学の模擬試験や入試問題は、幾つかの設問から構成されている。そして、その設問は最後の設問のヒントになっている場合が多く、お互いに設問が関連しあって大問を構成している。これら各設問の関係を理解した上で全体の解法を設計することは、最後の設問の問題解決過程を理解することと等しいと考えた。複数の設問の解決方針を整理し、各設問の関連を振り返る機会とする。

【質問項目 2：知識活用：解決過程に関連した学習内容の省察】「設問毎に問われている数学の内容を記してください。」との質問に、自由記述で回答を求める。問題で問われている内容を、既知の多様な知識から振り返って、教科書や参考書の問題に対応付ける機会を作った。既知の多様な知識が、どのような問われ方で問題として表れているかを知ること、本問題と有機的な関連を作ること意図している。

【質問項目 3：経験一般化：学習内容の一般化・抽象化】  
「模範解答の式変形や、発想について難しいと感じた箇所を書いてください。また、次に同じような場面に出会った時に、自力で解決できるように要点をまとめてください。」との質問に、自由記述で回答を求める。授業は板書

宿題プリント No.5	
<p>この箇所には、授業で用いるテキスト(文芸春秋編集部(2014))から抜粋した問題が印刷されている。問題は大学の入試問題の大問1つ分に相当する。</p>	<p>【左ページの学習後記入すること】3年( )組( )番 氏名( )</p> <p>1. 設問毎に計算するまでに考えること(問題解決の方針)を記してください。設問に関連性がある場合は、その関連を含めた方針を考えて記してください。</p> <p>2. 設問毎に問われている数学の内容を記してください。</p> <p>3. 模範解答の式変形や、発想について難しいと感じた箇所を書いてください。また、次に同じような場面に出会った時に、自力で解決できるように要点をまとめてください。</p>

図 3 省察活動を促進させることを意図した家庭学習用のプリント教材

するのみで、課題提出のために問題を解くだけに終始している学習者は少なくない。問題を次々に解くだけでなく、自ら学びを作る態度は数学に限らず必要である。また、問題解決経験を一般化・抽象化することなしに、新奇性の高い問題に対応する力を育むことができるとは考えられない。それゆえ、自分にとって難しいと感じた個所の対策を講じたり、一般化して汎用性を持たせたりする機会とする。

以上のほか、適宜、課題プリントの3つの質問項目以外に自由記述欄を設けて、学習者自身で学習習慣や取り組み方の変化を振り返ったり、授業や問題の感想を書いたりする機会を作る。

本研究の調査対象は高校3年生である。大学入試の対策を考えると、現役生は既卒生にくらべて、数学Ⅲの問題演習量が足りないことが課題である。そのため数学Ⅲの教科書の教授活動が終わって間もない本研究の調査では、今後数学Ⅲの演習を自学自習できるように、数学Ⅲの内容の入試問題を優先的に演習した後、数学Ⅰ・A・Ⅱ・Bの入試頻出分野の入試問題を演習するように計画する。この計画に従って、授業の副読本であるZ会出版編集部(2014)から抜粋し課題プリントを作成する。したがって、学習者は課題プリントの演習にあたっては、演習問題の模範解答を常に参照できる状態にある(図3)。

### 3. 授業計画

本研究の調査で行う通常の授業の計画を表2に示す。家庭学習で記述済みの課題プリントを全員が授業に持ち

寄り、授業最初の10分間のグループによる対話活動を行う。これにより、【方針立案】【知識活用】と【経験一般化】の視点の共有化と改善を図る点に特徴がある。

### 4. 事後調査

事前調査で用いた質問紙に、演習効果の主観的評価項目を追加し、全6項目からなるアンケート調査を行う。新しく追加する演習効果に関する2つの質問項目の内容を次に示す。これらも事前調査と同様の4件法で回答を求める。

【質問項目1】新奇性の高い問題解決に対する肯定感

「問題演習の取り組みで、初見の問題を解く力がついてきたと思う。」という質問に、「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」「どちらかといえば当てはまらない」「当てはまらない」の4件法で回答を求める。

【質問項目2】本授業実践に対する感想

「問題演習に対する取り組み方について変化はあったでしょうか。気付くことを記入してください。また、2学期の授業の感想を記入してください。」という質問に、自由記述で回答を求める。

### 5. 演習効果の評価:新奇性の高い問題に対する解決能力の評価

実践開始から10週後の授業時に、授業で新奇性の高い問題の演習を行い、解答を個別に見ることで【方針立案】【知識活用】の能力と、新奇性の高い問題への対応力が養われたかを調査する。

表2 プリント教材を活用した授業計画

時間	内容	学習者の活動	留意点
10分	<b>課題プリントの振り返り</b> 他者の問題に対する考えを聞いたり、自ら発信し対話活動を行うことで、多角的に問題について考える機会を作る。また、対話によってそれぞれでは気づかなかった内容や理解の仕方を得ることも期待する。	<b>グループによる対話活動</b> 事前に記入した課題プリント右面の1,2,3の項目について、4名～5名のグループで記入内容を共有し、理解を深める。	設問毎の関連の仕方や、問われている内容の解釈の仕方は学習者によって異なる。自分の考えを伝えたり、他者の意見が聞けるように、机間巡視しながら適宜指導する。
5分	<b>教師による模範解答</b> の要点を解説したり、既知の学習内容との関連の説明を行う。	<b>一斉指導</b>	グループでの対話活動の内容で、クラス全体で共有したいものがあれば、ここで取り上げている。
38分	<b>問題演習と解説</b> 模範の方針と異なっても最後まで解ききることを目的とする。その後に模範解答を検討する。	<b>一斉指導</b> テキストの問題解決の方針について考えた後、問題を解く。	問題を解き始める前に、発問により、問題解決の方針について考える時間をつくる。模範解答と異なる方針でも、そのまま解答を進めることに留意する。
2分	課題プリントの回収と次回課題プリントの配付。		

表 3 教材の効果を評価するための質問紙内容

調査項目	質問内容
知識活用	過去の学習経験から、関連する問題の解法のポイントをできるだけ書いてください。
方針立案	各設問の関連について考えたことを書いてください。
方針立案・知識活用	問題解決の方針を書いてください。

問題文を読んだ後に、実践において個人課題解決と授業冒頭での交流活動による共有・改善を促してきた設問と同様、表 3 に示す設問への回答を求める。新奇性の高い問題の文脈から問題解決に役立つ知識を想起【知識活用】できるかを問い、次に設問間の関連性を予想して、問題解決過程を想起する【方針立案】ができるかを問うものである。

#### IV. 結果

##### 1. 課題プリントの評価

10 週間にわたって実施した問題解決演習の授業実践で用いた課題プリントは 34 枚になった。34 枚目の課題プリントを用いた授業後に、演習効果を評価するための問題解決演習を実施したことになる。

##### (1) 課題プリントの記述内容評価

課題プリントは、学習者が自己学習用としてファインリグして利用することから、特定回の課題プリントをいったん回収・複写した後返却することとした。回収・複写を行った課題と人数はそれぞれ、第 1 回 33 人、第 7 回 35 人、第 14 回 38 人、第 19 回 35 人、第 21 回 36 人、第 26 回 34 人、第 30 回 37 人、第 34 回 29 人である。

分析にあたってまず、回収・複写した課題プリントの記述内容を分類し、評価基準を作成した(表 4、表 5、表 6)。水準 1 が最も望ましい記述内容であり、水準が増加するに従って望ましくない記述内容となっている。各学習者の各課題プリントの項目の記述内容を、この評価基準に照らし合わせ、記述内容の変容を追跡した。

##### (2) 課題プリントの評価結果

設定した評価基準に従って、各課題プリントの記述内容の評価を行った。【方針立案】は 1 の評価を望ましい反応の群、2~4 を望ましくない反応の群とした。同様に、

表 4 望ましい反応の割合【方針立案】

水準	水準名	水準の説明
1	問題解決過程の枠組み理解	問題解決過程の枠組み（設問間の順序構造）に基づいて全体の解決見通しを得て、設問毎の解決方針の立案ができる
2	問題解決の断片的な下位過程のみ理解	問題解決過程の下位過程の断片的な見通しは得ることができるが、設問間の順序構造（問題解決過程の枠組み）がないため部分的である
3	問題解決の枠組みに対する不十分な考え方	問題解決の下位過程の断片的な見通しを得ようとしているが、具体的に計算した結果を書いたり、試行錯誤の状況を記述したりして、見通しではない方針に関する誤った考え方が反映している
4	無回答	

表 5 望ましい反応の割合【知識活用】

水準	水準名	水準の説明
1	解決経験を省察する際に統合可能な例題と解法を類推（問題と解法との関連あり）	問題解決過程全体を理解し、問題解決に役立つ経験を、問題集の演習経験などから類推している。
2	想起した適用可能な問題解決方略（問題との関連なし、解法の関連あり）	問題解決過程の一部だけを理解しており、その一部の解決に役立つ方略、公式、定理を書いている。
3	想起した問題解決知識（問題との関連なし、解法の関連なし）	問題解決過程の一部だけを理解しており、その一部に関連した公式、定理を書いている。
4	関連知識（問題との関連なし、解法の関連なし）	問題解決過程を理解しようとしているが、解決過程とは無関係な関連知識を書いている。
5	無回答	

表 6 望ましい反応の割合【経験一般化】

水準	水準名	水準の説明
1	改善策の立案と深化	問題解決過程の方針立案、解導出（計算など）に困難を感じた部分を分析し、次の問題解決のための対策を述べるとともに、困難を感じた部分の関連事項を調べたり、整理することで経験からより豊に学んでいる
2	改善策の立案	問題解決過程の方針立案、解導出（計算など）に困難を感じた部分を分析し、次の問題解決のための対策を述べている
3	未定着部分の認知と理解	問題解決過程の方針立案、解導出（計算など）に困難を感じた部分の模範回答が理解できている。
4	未定着部分の認知	問題解決過程の方針立案、解導出（計算など）に困難を感じた部分を認知しているが、模範解答は理解できていない
5	無回答	

【知識活用】【経験一般化】の項目は 1、2 の評価を望ましい反応の群、3~5 を望ましくない反応の群とした。3 つの項目について、望ましい反応の群の割合の変化を時系列に表したものが図 4 である。

各回の各項目について、望ましい反応の群と望ましくない反応の群の人数に有意な差があるかを調べるために、WEB サイト js-STAR を利用して正確二項検定をおこなった。その結果を表 7 に示す。

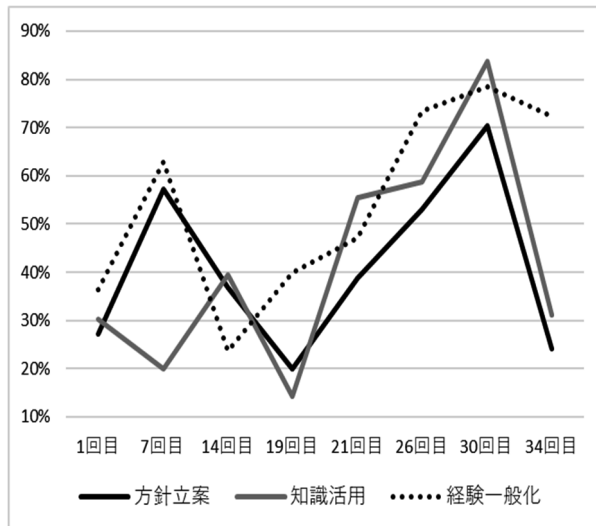


図4 課題プリントの評価 (望ましい反応の割合)

表7 望ましい反応をした学習者人数の検定結果

課題プリント		望ましい群	望ましく ない群	両側検定
方針立案	1回目	9	24	$p=0.0135$ *
	7回目	20	15	$p=0.4996$
	14回目	14	24	$p=0.1433$
	19回目	7	28	$p=0.0005$ **
	21回目	14	22	$p=0.2430$
	26回目	18	16	$p=0.8642$
	30回目	26	11	$p=0.0201$ *
	34回目	7	22	$p=0.0081$ **
知識活用	1回目	10	23	$p=0.0351$ *
	7回目	7	28	$p=0.0005$ **
	14回目	15	23	$p=0.2559$
	19回目	5	30	$p=0.0000$ **
	21回目	20	16	$p=0.6177$
	26回目	20	14	$p=0.3915$
	30回目	31	6	$p=0.0001$ **
	34回目	9	20	$p=0.0614$ +
経験一般化	1回目	12	21	$p=0.1628$
	7回目	22	13	$p=0.1755$
	14回目	9	29	$p=0.0017$ **
	19回目	14	21	$p=0.3105$
	21回目	17	19	$p=0.8679$
	26回目	25	9	$p=0.0090$ **
	30回目	29	8	$p=0.0008$ **
	34回目	21	8	$p=0.0241$ *

\*\*  $p<0.01$ , \* $0.01<p<0.05$ , + $0.05<p<0.10$ 

## 2. 新奇性の高い問題の演習結果

実践開始から10週後の授業時に、35名の学習者に対して、新奇性の高い問題の演習をおこなった。解答状況を3段階の水準(表8)に分類し、集計した。演習を行った直近の課題プリント(21回, 26回, 30回)の記述内容との

表8 新奇性の高い問題の演習結果

水準	水準の説明	人数
完答, 表象理解	完答している, もしくは, 完答には至らないが, 設問の関連を理解し, 問題解決の過程を見通すことができてい	8人
基礎事項の理解	設問の関連が理解できていないが, 問題の前半部分を解決することができて	19人
誤概念	問題解決に関連のない方略で考えている, もしくは, 無回答。	8人

(単位 人)

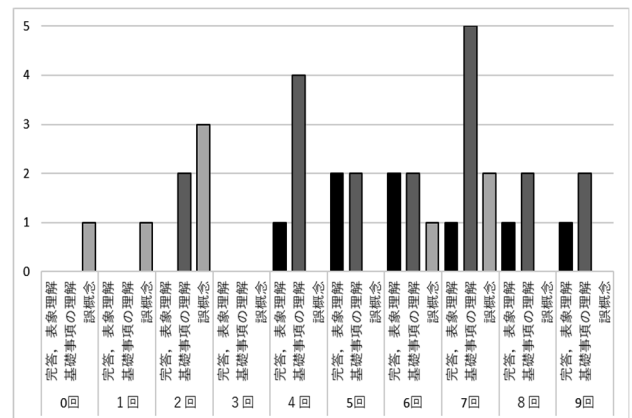


図5 望ましい反応の回数別の, 演習問題の評価

関連を調べるために, 【方針立案】【知識理解】【経験一般化】において望ましい反応を示した回数を学習者別に集計した。この集計の望ましい反応の回数の最大値は, 課題プリント1回につき3項目を数えるので, プリント3回分×3項目で9回となる。表8で定めた水準を用いて, 望ましい反応の回数ごとの人数を集計した(図5)。なお, 各回の課題において, 欠席等の理由で課題プリントを回収できていない学習者がいる。そのため, 集計の結果, 望ましい反応の回数が低い学習者に関しては個別に考察する必要がある。

## 3. 事前調査・事後調査結果

学習者が数学の問題解決に取り組む際に, どのような学習行動をとっているかの事前調査・事後調査の結果を図6に示す。

## V. 考察

本研究は, 省察活動を促進した学習モデル(図2)に則した学習活動を展開することで, 数学の新奇性の高い問題

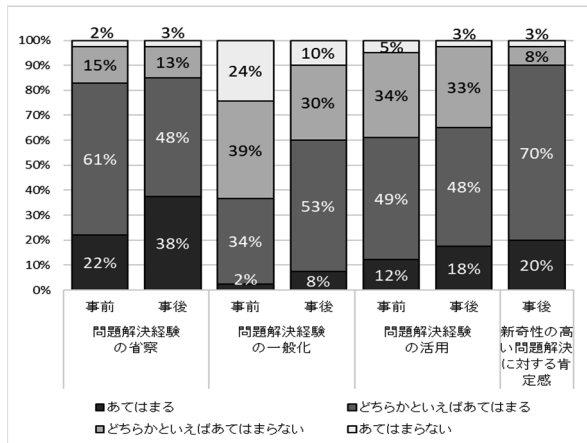


図6 事前・事後の学習者の学習行動に関する調査結果

を解決するための能力を向上させることができるかを検討することを目的とした。学習者が新奇性の高い問題が解けるようになるために、問題解決経験を振り返る能力を【方針立案】【知識活用】【経験一般化】の3つに分類し、この力を育むためそれぞれの活動を促進する教材を開発し実践した。計画当初は実践の回数を経るごとに、学習者は問題解決経験を振り返る能力を向上させ、新奇性の高い問題を解決することができるようになって考えていた。しかし34回の実践の結果、19回目までの課題プリントの取り組みでは、想定した能力の向上が全体に見られなかった(図4)。その後、26回目、30回目まで「理想的な反応」を示す学習者は漸次増加しており、理想的な反応を示す学習者数に有意差が認められた(表7)。この時点までは、今回の教材によって育成を試みた新奇性の高い問題を解決するために必要な3つの能力は全体に定着していったと言える。しかし、最後の34回では【方針立案】【知識活用】【経験一般化】の3項目の割合は下降し、とりわけ【方針立案】【知識活用】が大きく下降した。したがって、今回の試みにより、最終的に新奇性の高い問題が確実に解決できる状態に確実に変容したとは言えない結果となった。

その原因としては、今回の学習プログラムの構成が考えられる。具体的には、前半の第19回目までは数学Ⅲの問題演習であったことである。今回の調査対象は、数学Ⅲの内容を学習したばかりの高校3年生であり、基本例題の問題解決経験が乏しいため、方針立案、知識理解、経験一般化の3項目に対して望ましい反応をする学習者に偏りがあると考えられる。さらに、第21回目からはどの項

目も概ね増加の傾向を示しているが、これは学習プログラムの内容が数学Ⅲから数学Ⅰ、Ⅱ、A、Bに変化したことにより、既習知識の定着の度合いや、問題の取り組みやすさが変わったことが要因の一つと考えられる。また同時に、内容が変化したことにより望ましい反応をする学習者数が増加した背景には、19回目までの数学Ⅲの取り組みによって、問題解決経験の振り返りの習慣が形成されていたことも影響していると考えられる。本来ならば、数学Ⅰ、Ⅱ、A、Bの後に数学Ⅲを演習する学習プログラム構成であった方が、学習内容と【方針立案】【知識理解】【経験一般化】の力が段階を経て養うことができたかもしれない。しかし、数学Ⅲの演習を早期に開始することは、受験学年の指導としては適切だと考えているので、このことに留意して改善を試みなければならない。

今回の実践の結果では、30回目にすべての項目で有意差があったこと、34回目は【方針立案】【知識理解】で低下の方向に有意差があること、【経験一般化】は26回目以降に有意差が認められた。この結果は、第34回の問題が複数の変数を含むことに加え、模範解答がシンプルに書かれていたこととも関連があると思われる。すなわち、【方針立案】【知識理解】は、問題固有の内容に大きく左右される能力であると考えられる。一方、【方針立案】【知識理解】と比較し、【経験一般化】は、自分の苦手、不得意箇所を認知して、模範解答等から学びを作る力であるゆえ、既習事項や問題固有の特徴に影響されない能力と考えることができる。つまり、新奇性の高い問題解決経験から何らかの教訓を導きだそうとする【経験一般化】は、トレーニング回数に比例して向上するような能力であると考えられる(図4)。

最終的に新奇性の高い問題を解決した“完答・表象理解”の水準に達した学習者は、直近の課題プリントの回答で、望ましい反応が4回以上であった(図5)。4回の項目に“完答・表象理解”が1人だけ存在が認められるが、この学習者は欠席により30回目の課題プリントが未提出である。加えて、この学習者は数学の学力が高く、普段の質問や会話からも学習経験を振り返る力が高いと考えている。以上より、望ましい反応の回数が5回以上の学習者の中に、新奇性の高い問題を解く水準に達したものがいると言える。つまり、この結果は、学習経験を振り返る力と新奇性の高い問題解決との間に関連があることを



示唆している。

次に、事前事後の学習者の自己評価の変容を見ると、【問題解決経験を省察】する項目に関しては最も肯定的な“あてはまる”を選択した学習者の割合が16%増加していた。また【問題解決経験を一般化】する項目に関しては同様に“あてはまる”を選択した学習者の割合が6%の微増であるが、“どちらかといえばあてはまる”の項目まで含めれば25%の増加があった(図6)。これにより本研究の実践を経て、問題解決経験を振り返ることができるようになったと感じる学習者が増加したことがわかった。しかし、【問題解決経験の活用】の項目に変化がなかったことから、新奇性の高い問題が解けるようになったという実感を得る学習者の割合に変化はなかったと言える。最後に、【新奇性の高い問題解決に関する肯定感】が“どちらかといえばあてはまる”の項目まで含めて90%の回答を得たことから、学習者は本研究の実践に関しては肯定的にとらえているようである。

本研究は問題解決経験を振り返る力を育むことを目標に、高校3年生が新奇性の高い問題を解決できるようになることを目指した。その結果、【経験一般化】は訓練回数に比例して向上することがわかり、学習経験を振り返る力と、新奇性の高い問題解決との関連を示すデータを得ることが出来た。本調査で検討した資質・能力を養うために高校1年生や高校2年生の段階でどのような資質・能力の育成を目指し教科指導を行うべきかについては未検討である。これらについての検討を課題として残す。

## 引用・参考文献

- 藤田宏 (1985) 国際的視野における日本の数学教育 : ICME 5 での印象. 科学教育研究, 9(1) : 6-12
- 藤田宏 (1989) 新数学指導要領の背景 : 未来型数学教育の目的 (学習指導要領改訂特集). 科学教育研究, 13(2) : 26-28
- 福井順也 (2013) 定時制高校における数学化を踏まえた授業実践の考察(モデリング研究は数学授業の実践で本当にいかされているか,課題研究,学びの原点への帰帰-学習の質を高める科学教育研究-). 日本科学教育学会年会論文集, 37:222-223
- 稲葉芳成, 河崎哲嗣, 黄瀬正敏, 柳本哲 (2016) 高等学校における数学的モデリングに関する実践事例ーモデリング・チャレンジプログラムの記録ー. 科学教育研究, 40(2):186-197
- 市川伸一 (1993) 学習を支える認知カウンセリングー心理学と教育の新たな接点ー.ブレーン出版, pp36-61
- 川上貴 (2019) わが国の算数・数学の学習指導における「現実世界の文脈」の役割についての一考察. 日本科学教育学会研究会報告, 34(3) : 103-108
- 国立教育政策研究所 (2019) OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) ~2018 年調査国際結果の要約~. [https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/03\\_result.pdf](https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/03_result.pdf) (参照日 2019.12.30)
- Kolb,D.A (1984) Experiential learning:experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs,NJ:Prentice Hall
- 文部科学省 (2009) 高等学校学習指導要領 (平成 21 年告示) . [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427_002.pdf) (参照日 2019.12.29)
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) . [https://www.mext.go.jp/content/1384661\\_6\\_1\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1384661_6_1_3.pdf) (参照日 2019.12.29)
- 佐々木隆宏 (2015) 数学教育における段階的教訓帰納の効果についての検討. 學苑, 893:86-97
- 清水美憲 (2008) 今日の数学的リテラシー論からみた学校数学の現状と課題. 科学教育研究, 32(4) : 321-329
- 寺尾敦・楠見孝 (1998) 数学的問題解決における転移を促進する知識の獲得について. 教育心理学研究, 46:461-472
- Z 会出版編集部 (2014) 理系数学入試の核心標準編改訂版.Z 会