

高校数学においてアクティブラーニングを意図した異なる指導方略の比較

—練り上げとジグソー法の導入期における実践を通して—

神奈川県立川崎高等学校

島 智彦

東京理科大学 教育支援機構 教職教育センター

渡辺 雄貴

1. はじめに

1. 1. 背景

文部科学省 (2018) は、高等学校教育においては、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が課題となっていることから、主体的・対話的で深い学び (アクティブラーニング) の実現に向けた授業改善が必要であると指摘している。

このような現状の中、これまでの日本の数学教育実践では、授業中の生徒の考えを取り上げながら授業を作る練り上げの指導が多く行われてきた (例えば、長崎ほか, 2004, スティグラー・ヒーバート, 2002) 。一方、最近では、協同学習の技法の1つであるジグソー法が注目され、数学教育においても利用が拡大してきている (例えば、飯窪ほか, 2017, 芝池・中西, 2014, 吉田・南, 2016) 。

どちらの指導方略も教師からの一方向的な授業を乗り越えるアクティブラーニング型という点で共通性がある一方、教師中心で思考の外化をそれほど伴わない練り上げと、学習者の対話を中心に思考の外化を強く伴うジグソー法という異なる側面をもつ。これらの指導方略に着目して研究を行うことで、アクティブラーニング導入の観点から、実践現場に有用な知見が得られると考える。

1. 2. 練り上げとジグソー法に関する先行研究

練り上げは、少なくとも 1980 年代から、日本の数学授業の特徴としてあげられ (清水, 2010) , 個人活動の後の一斉活動において、教師が中心になって生徒の発想を分析したり比較したりしながら教材の持つ本質に迫り、より深い理解へと進んでいく場 (金子ほか, 1993) とされている。練り上げに関する先行研究として、例えば、長沢 (2015) は、練り上げにおける概念形成の様相を理論的に明らかにするため、Argumentation に着目し、練

り上げが集団で論拠や裏付けを探る意義があることを示している。また、溝口 (2010) は、指導方法の観点から、練り上げの前の自力解決の場面で適切に教師が支援を行い、本時のねらいを達成させるために、意図的に生徒に発表させ、統合発展的考察が行われることの重要性について言及し、具体的な指導事例の紹介も行っている。練り上げに関する批判としては、解法の検討が一部の生徒と教師の間で行われがちであり、その結果、決して少なくない数の生徒が数学的な考え方や内容を理解できない場合が見られること (松島, 2012) があげられる。また、練り上げは、小学校においてはよく見られるが、中学校、高等学校と校種が上がっていくにつれ途端に見られなくなっていくという指摘もある (高井, 2017) 。

ジグソー法は、アロンソン (1986) によって考案された指導法で、学習課題をいくつかに分け、それぞれの課題ごとのチームを新たに作り (エキスパートグループ)、課題に取り組みせ、終わったらもとのグループ (ジグソーグループ) に戻り、学んだことを報告し合い、テーマの解決に向けて話し合わせる授業方略で、全員が主体性を持つように構造化がされている。ジグソー法は世界的に実践がなされている指導方略であるが、最近のアクティブラーニングの潮流にのり、日本においても広がってきている。ジグソー法に関する先行研究として、松島 (2015) は学習そのものに対話が必要な要素であり、クラス全員に対話の機会を保障する指導方略としてジグソー法に焦点を当てて研究を行い、協調的問題解決を実現する学習デザインの規範を 7 点抽出している。ジグソー法に関する批判としては、課題を平等に分割することが難しく、エキスパートグループにおいて、指定された時間で終わらないグループと時間が余ってしまうグループができてしまうこと (友野, 2016) や、課題が難しい場

合に、個々の生徒が役割を達成できないこと（神戸大学附属住吉中学校・神戸大学附属中等教育学校，2009）があげられる。

1. 3. 本研究の意義

練り上げは授業中の生徒とのやりとりをもとに教師が中心となって授業が展開されるのに対し、ジグソー法は生徒に役割と責任を持たせて対話をさせながら展開していくという点で、異なる構造化がされている。それぞれの指導方略の学習効果に差異があることは想定されるが、その差異について、学習者の視点から具体的に検証した研究は見られない。先行研究で指摘されている効果や課題点も踏まえ、導入期において、両者の指導を具体的に検証することで、限定的にはあるが、教師中心の指導方略と学習者中心の指導方略の特性が明らかになる。また、背景で述べた思考の外化に関する知見も得られると考えられる。このことにより、指導方略の選択に有用であったり、それぞれの指導方略の効果的な設計につながったりすると考えられる。さらに、先行研究から、練り上げは高校の数学の授業で用いられることが少なく、この点からも実践検証を行う価値がある。

1. 4. 本研究の目的

以上より、本研究では、同一の題材における指導で、その導入期において、可能な限り条件をそろえた上で、練り上げとジグソー法の2つの指導方略を実践し、学習者の認知面と態度面に関する学習効果について検証することを目的とする。

2. 方法

2. 1. 実践の概要

本研究では、私立女子高校1年生の2つのクラス（Xクラス、Yクラス）を対象に、同一題材を用いて、練り上げとジグソー法という異なる指導方略で授業を行い、生徒の学習に及ぼす影響を調査する。研究を行った高校1年生の数学の授業は、定期テストの点数をもとにして習熟度別にクラスを分けており、Xクラス（23人）とYクラス（36人）は人数が異なるものの同程度の学力の生徒が在籍している。習熟度を分けた際に用いたテストの平均点は、Xクラスが70.2点、Yクラスが71.6点であった。対応のないt検定により比較した結果 $t(57) = -0.41, n.s.$ で有意な差がないことを確認した。Xクラスでは第一著者（36歳、指導歴14年）が練り上げを用いた

指導、Yクラスでは研究協力教員（27歳、指導歴4年）がジグソー法を用いた指導を行う。練り上げの授業は授業内における生徒とのやりとりがやや必要とされるため、経験の長い第一著者が担当する。

また、Xクラス、Yクラスともに、通常は一斉講義型の授業を基本としているが、その中で、答や途中過程などを隣どうしのペアで確認する活動を宜取り入れている。生徒は定型的な話し合いはできるが、本研究で採用した練り上げとジグソー法はこれまでほとんど経験がなく、それぞれの指導方略の導入期に該当すると考えられる。

2. 2. 本時の授業内容とねらい

授業では、以下の問題1の角の二等分線と比の定理の多様な証明を扱う。この問題は授業後に再生課題として扱う。教科書では一般的に表1の証明1-1の補助線を用いた説明がされている（大島ほか，2017）。また、他にも表1のような補助線や補助円を元にした様々な証明方法が考えられる題材である。さらに、本題材は過去に、練り上げに近い、補助線を生徒に自由に考えさせ、数学的な見方・考え方を高める指導としての実践（鈴木，1992）やジグソー法による実践（鈴木，2015）が行われており、肯定的な報告もされていることから、題材として相応しいと考えた。

問題1 角の二等分線と比の定理の証明

$\triangle ABC$ の $\angle A$ の二等分線と辺 BC の交点を D とすると、 $AB : AC = BD : DC$ であることを証明しなさい（図1）。

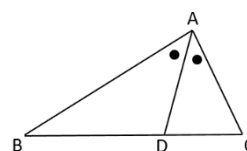


図1 角の二等分線と比の定理

また、両指導とも、本授業のねらいを、角の二等分線と比の定理を複数の証明方法をもとに理解し、解けるようになること、と定めた。なお、指導方略の特性に関わる副次的なねらいとして、練り上げは多様な見方をしながらそれらに共通する性質や関連性について考察すること、ジグソー法は自分たちの担当した問題に責任を持ち、他者に説明できるようになること、があげられる。

2. 3. 授業設計

本実践は、高校1年生（Xクラス：23名、Yクラス36名）を対象に2017年9月に1時限（50分）の授業内で

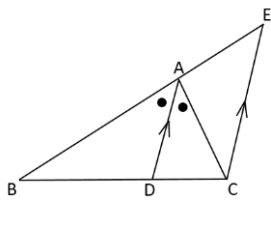
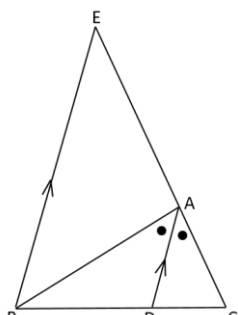
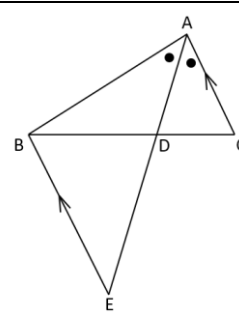
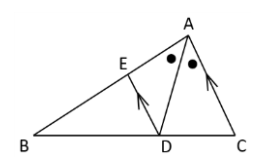
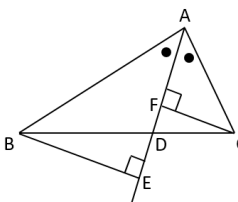
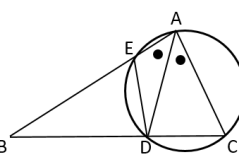
高校数学においてアクティブラーニングを意図した異なる指導方略の比較

実施した。1時間の授業の流れを表2に示す。研究協力
 教員と協議し、どちらの指導においても、授業後すぐに
 練り上げとジグソー法の指導に入るのは難しいと判断し
 たため、前述の鈴木（2015）を参考に、まず、教師が証

明1-1について解説を行う。

ジグソー法では、表1の証明2～5の4つをエキス
 パート活動で分担して行う。これら4つの証明を選択した
 第一の理由は、証明2, 3は二等辺三角形を見つけて辺

表1 角の二等分線と比の定理の証明における補助線の例

 <p>証明 1-1</p>	 <p>証明 1-2</p>	 <p>証明 2</p>
 <p>証明 3</p>	 <p>証明 4</p>	 <p>証明 5</p>

鈴木（2015）をもとに作成

表2 練り上げとジグソー法の指導の1時間（50分）の指導の流れ

練り上げの指導 (n=23)		ジグソー法の指導 (n=36)	
時間(分)	学習内容	時間(分)	学習内容
10	導入 T：本日の授業の流れを説明する。証明1の解説を行い、相似な三角形を作ることがポイントであることを確認する。	12	導入 T：本日の授業の流れを説明する。証明1の解説を行い、相似な三角形を作ることがポイントであることを確認する。
13	個人思考 S：個人で、問題解決を行う。 T：補助線が思いつかない生徒もいることが想定されるため、補助線が引けている生徒の発想を全体に共有する。	11 12	エキスパート活動 S：与えられた問題をまず個人で考える。 S：同じ課題を担当する生徒どうし集まり協力して解決する。 T：グループで協力しても解決できていないグループにヒントを出す。
10	S：上記の発想をもとに個人で考える。		
12	練り上げ S, T：教師が、生徒の解法を簡単なものから順に取り上げ、生徒に黒板で説明させる。それぞれの解答を比較しながら、本問題を解決するためのポイントは、相似な三角形を作るような平行線を引くことであることを練り上げていく。	12	ジグソー活動 S, T：エキスパート活動で確認した内容を順番に説明する。十分に説明ができない生徒はグループ全員で協力して考えるよう伝える。説明し終わったグループには、問題を解決するためにはどのように補助線を引けばよいのか考えさせる。
5 [計50分]	まとめ S：どの証明も相似な三角形を作るように補助線を引くことを確認する。	3 [計50分]	まとめ S：どの証明も相似な三角形を作るように補助線を引くことを確認する。

を移す，証明4は直角三角形の相似，証明5は円周角や内接四角形の性質の利用をするという異なる側面もあるものの，相似な三角形を利用して証明するという共通性があり，本研究のねらいである，角の二等分線と比の定理を複数の証明方法をもとに理解し，解けるようになること，につながると考えたためである．第二の理由は，ジグソー法は自分たちの担当した問題に責任を持ち，他者に説明できるようになるという副次的なねらいがあり，これら4つの証明であれば，生徒実態からもエキスパートグループで十分に解決ができると判断したためである．

練り上げでは，個人思考の中で，補助線が思いつかない生徒もいると想定されるため，補助線の引き方は途中の段階でクラス一斉で共有を行う．その後，簡単な証明から順に生徒の発想を取り上げながら，問題を解決していくためには相似な三角形を利用すること，相似な三角形を作るために基本的には平行線を利用していくことを全体で練り上げていく．練り上げでは，実際に授業を行わないと生徒からどの発想が出されるかわからないため，この点については結果に記す．

なお，ジグソー法が指導方略の特性上，補助線が引かれた図をもとに証明を分担するところから活動をはじめのに対し，練り上げは，本実践においては，あくまで日常的な授業をもとに設計を行い，証明の補助線を引くところから活動をはじめ．統制の観点から不十分さは残るものの，練り上げにおいても，個人で補助線の引き方について考える時間を一定とった後，生徒が考えた補助線について全体で共有し，ジグソー法と同様に，補助線の引かれた図をもとに証明を行う活動に重点を置く．

2. 4. 調査項目

認知面については，問題1（再生課題）とそれを転用して解く以下の問題2（転移課題）をパフォーマンステストにより測定する．転移課題は外角の二等分線と比の定理であり，授業で扱った課題（再生課題）と同様に複数の補助線の引き方があるものの，応用問題としての位置づけが強い．なお，両クラスとも授業や課題として転移課題は扱っていない．

問題2 外角の二等分線と比の定理の証明

$\triangle ABC$ の $\angle A$ の外角の二等分線と辺 BC の延長との交点を D とすると， $AB : AC = BD : DC$ であることを証明しなさい（図2）．

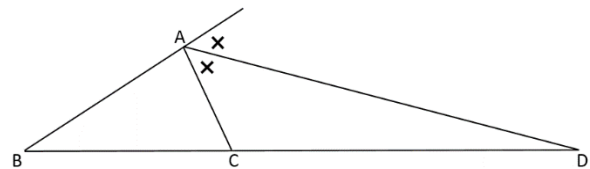


図2 外角の二等分線と比の定理

態度面については，下記の2つの質問紙調査を行う．数学の国際学力調査などで，日本の中高生の学習意欲についてはいまだに課題が見られること（国立教育政策研究所，2015，文部科学省，2016）や，アクティブラーニングの根幹が主体性であるため，質問紙調査1として，学習意欲について ARCS モデルの概念を用いたものを行う．ケラー（2010）の動機づけ ARCS モデルは，「Attention（注意）」，「Relevance（関連性）」，「Confidence（自信）」，「Satisfaction（満足感）」の4つの要因で学習意欲を捉えるモデルであり，授業における学習者の分析などに用いることができることで知られている．これらの頭文字をとり，ARCSモデルと呼ぶ．本研究では，鈴木（2012）の質問紙を原文のまま用いて，4要因16項目について9段階（1：否定的評価～9：肯定的評価）で評価させた．具体的には，Aには「つまらなかった⇔おもしろかった」，「好奇心をそそられなかった⇔好奇心をそそられた」などの4項目，Rには「やりがいなかった⇔やりがいがあった」，「途中の過程が楽しくなかった⇔途中の過程が楽しかった」などの4項目，Cには「自信がなかった⇔自信がついた」，「学習を着実に進められなかった⇔学習を着実に進められた」などの4項目，Sには「不満が残りそうだった⇔やってよかった」，「すぐには使えそうもない⇔すぐに使えそうだった」などの4項目が含まれている．質問紙調査2は，それぞれの指導法の特性に関する調査であり，「問題について，自分で自由に発想することができましたか」，「問題に責任をもって取り組むことができましたか」，「自分の考えを説明する場はありましたか」など7項目について，5段階（5：とてもそう思う～1：全くそう思わない）で評価させた．

さらに自由記述として，それぞれの指導方略のメリット，デメリット，学習の工夫の3項目について調査した．

授業実践を行った次の授業で質問紙調査1，質問紙調査2，自由記述についての調査を行った．さらに2週間後に再生課題，転移課題についてのパフォーマンスステ

トを行った。研究の流れを図3に示す。

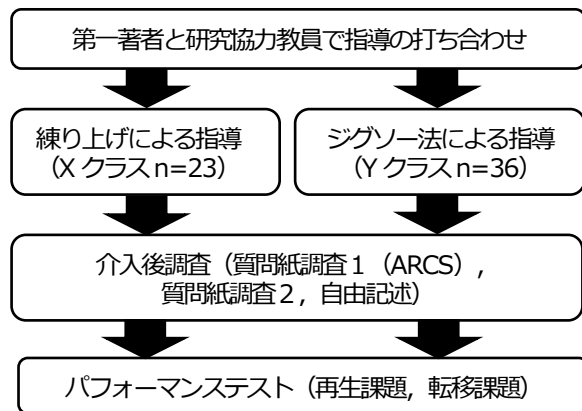


図3 研究の流れ

2. 5. 分析の指針

問題1 (再生課題), 問題2 (転移課題) については次のようにパフォーマンステストの得点を定義する。「3点: 正しく証明が書けている」, 「2点: 正しい証明につながる補助線が引けていて相似な三角形も見つけられている」, 「1点: 正しい証明につながる補助線だけが引けている」, 「0点: 記述がないか, 正解につながらない補助線が記述されている」。点数はあくまで形式的につけたものであり, 質的な側面が強いと考えられる。以上より, 練り上げとジグソー法の指導によるパフォーマンステストの結果に差があるかについて, 上記で定義した各得点の人数の比率について χ^2 検定を行う。

質問紙調査1 (ARCS) については, それぞれの要因に含まれる項目の平均点を下位尺度得点とし, 2つのクラスの指導法の違いによって差があるかどうかを検証するために, 対応のないt検定を行う。また, 質問紙調査2については, 各項目について, 同様に, 対応のないt検定を行う。自由記述については, 3件以上の同一内容のものを記す。

3. 結果

3. 1. 指導の実際

練り上げの指導で, 生徒が実際に描いた補助線は表1における証明1-2, 2, 3の3種類, および点Cを通りABと平行な直線とADの交点をEとおく証明2と同じ流れになるものであった。手が動いていない生徒もいたため, 証明1-2を描いていた生徒に補助線のみを板書させ, 全員が証明1-2の補助線をもとに証明できる状態を確認し, 証明1-2は証明1-1の左右を変えたもので実質

同じ流れになることを全体で共有した。その後, 証明2, 3の補助線を描いている生徒に補助線のみを板書させ, 全体で継続して個人思考を行った。証明2は多くの生徒が解けていたため, 解けている生徒に証明を板書, 解説してもらい, ちょうちょ型などと呼ばれる相似を利用するものであることを全体で共有した。証明3は解けている生徒がやや少なかったため, 証明1-1, 1-2, 2において, 図形のどのような性質が利用されているか発問し, 二等辺三角形を見つけて辺を移し, 相似な三角形の辺の比を利用して解くという生徒の発言を取り上げ, 証明3ではどれが相似の三角形の関係になっているか確認した上で再度個人で解く時間を設けた。証明3が解けている生徒が一定数出てきたため, 生徒に証明を板書, 解説してもらった。この後, 証明をAB:ACから始めた場合, 証明1-1, 1-2, 2では最初に二等辺三角形の辺を移した後相似な三角形の比を利用するが, 証明3では相似な三角形の比を利用した後に二等辺三角形の辺を移すことを生徒の板書を活かしながら, 教師が方向付け, まとめた。さらに, 本問題で生徒から出された補助線の引き方の共通性や関連性について考察するため, 黒板に証明1-2, 2, 3を残した状態で, どのように補助線を引けばよいか発問した。生徒の様子を見ながら, 「相似な三角形ができるように平行線を引く」という先ほどと同じ発言に加えて「証明1-1と証明1-2はADと平行な線を引き, 証明2と証明3はACと平行な線を引いている」という発言を取り上げた。さらに, 最初の段階では取り上げなかった, 点Dを通り線分ABに平行な線を描く実質的に証明2と同じ流れになる生徒の補助線を取り上げ, どの解法に関連しているか考えさせ, 証明2と同じであることが生徒の発言から得られた(証明2'とする)。最後にやや誘導的ではあるが, もう1パターンどのような補助線が考えられるか発問し, 近くの人と確認させることで, 点Cを通り線分ABに平行な補助線の発想を生徒から引き出し(証明3'とする), これが証明3と同じ流れであることも生徒からすぐに引き出せた。ここまでで平行線の引き方と解法の種類が生徒とやりとりをする中で行えた。最後にまとめとして, 黒板上に残った板書をもとに, 教師が問題を解決するための補助線としてAB, AD, ACと平行な線分がそれぞれ2本ずつ引けること, 解法の種類として証明1-1と1-2, 証明2と証明2', 証明3と証明3'が同様の流れになることを再確認した。上述した通

り、証明3の解法や最後の解法の分類について、生徒の発言や板書をもとにしながらも教師が再確認を行っている。時間的な制約はあるものの、これらの場面でも生徒とやりとりを行うことができれば、練り上げとしてさらに効果的であったと考えられる。以上のような改善点も考えられるものの、練り上げは、複数の解法を取り上げた上で、それらの関連性と共通性について全体で考察して深め、概ね授業のねらいは達成できたと考えられる。

また、ジグソー法もエキスパートグループでの活動に想定より時間がかかってしまった面があるものの、ほぼ設計した通りに進み、概ね授業のねらいを達成できたと考えられる。

3. 2. パフォーマンステストの結果

授業の約2週間後に授業内でテストを行い、問題1(再生課題)、問題2(転移課題)について調査を行った。なお、テスト当日、ジグソー法のクラスの生徒は2名が欠席であった。再生課題については、分割表に5未満のセルが存在したため、練り上げとジグソー法の指導の各得点の人数の比率について、フィッシャーの直接確率検定を行った結果(表3)、有意差は認められなかった($p=0.14, n.s.$)。正答数(3点)はそれぞれ50%程度であり、半数程度の生徒が正解しており、正しい補助線が描けている生徒も含めると、70%程度になる。転移課題についても、分割表に5未満のセルが存在したため、同様

の検定を行った結果(表4)、有意差は認められなかった($p=0.58, n.s.$)。正答数(3点)はそれぞれ10%程度で、多くの生徒が正解できていなかった。

3. 3. 質問紙調査1 (ARCS) の結果

質問紙調査1 (ARCS) それぞれに含まれる項目の平均値を要因として、対応のないt検定を行った(表5)ところ、「S(満足感)の要因(練り上げ:7.01, ジグソー法:6.19, $t(68)=2.80, p<.01$)」に関してのみ、練り上げの方が有意に高い結果となった。Sの要因に含まれる質問項目には「不満が残りそうだった⇔やってよかった」、「すぐには使えそうにない⇔すぐに使えそうだった」などの4項目が含まれていることから、練り上げの方が生徒は授業への満足度を高く感じていたことが分かる。また、それ以外の要因もそれぞれの平均値が6~7程度に集まっていることから、肯定的評価に近いことが推測できる。

3. 4. 質問紙調査2の結果

質問紙調査2の結果を表6に示す。それぞれの項目の平均値および、t検定の結果を見ると、「問題に責任をもって取り組むことができましたか(練り上げ:3.61, ジグソー法:4.03, $t(57)=-2.02, p<0.05$)」、「自分の考えを説明する場はありましたか(練り上げ:3.30, ジグソー法:4.44, $t(57)=-4.07, p<0.001$)」、の各項目は、ジグソー法が練り上げより責任感をもって取り組

表3 パフォーマンステスト(再生課題)の結果

	練り上げ	ジグソー法	合計
3点	13 (57%)	15 (44%)	28
2点	2 (9%)	2 (6%)	4
1点	4 (17%)	2 (6%)	6
0点	4 (17%)	15 (44%)	19
合計	23 (100%)	34 (100%)	57

表4 パフォーマンステスト(転移課題)の結果

	練り上げ	ジグソー法	合計
3点	2 (9%)	4 (12%)	6
2点	4 (17%)	2 (6%)	6
1点	7 (30%)	10 (29%)	17
0点	10 (43%)	18 (53%)	28
合計	23 (99%)	34 (100%)	57

表5 質問紙調査1 (ARCS) の結果

		練り上げ (n=23)		ジグソー法 (n=36)		t値
		M	SD	M	SD	
Attention	(注意)	7.09	1.38	6.78	1.64	0.75
Relevance	(関連性)	7.12	1.09	6.61	1.43	1.46
Confidence	(自信)	6.61	1.18	6.46	1.58	0.39
Satisfaction	(満足感)	7.01	0.94	6.19	1.19	2.80 **

9件法

** $p<.01$

み、自分の考えを説明していることから、思考の外化が行えていることがわかる。また、「教員の介入はあったと思いますか（練り上げ：3.48、ジグソー法：3.03、 $t(57)=1.79, p<0.1$ ）」の項目は、練り上げの方が有意傾向ではあるが高く、練り上げの方が教師の介入を多く生徒が感じ、ジグソー法の方が教師の介入を生徒があまり感じていなかったと考えられる。他の項目においては、有意な差は検出されず、どの項目についても平均値が3.5以上であることから、どちらの指導方略も肯定的に捉えていることが推測できる。特に「自ら進んで学習に向かうことができましたか」と「他の人の説明を聞いて、説明の内容を理解することができましたか」については

どちらも平均値が4を超えていることから、主体性と他者からの説明理解に関しては特に高く評価している。

3. 5. 自由記述調査の結果

質問紙調査に付随して、自由記述による質問を3項目で行った。具体的には「みんなの発想を取り上げながら行う今回の授業について（今回の授業をジグソー法でやったことについて）あなたが感じる良い点を書いて下さい」、「みんなの発想を取り上げながら行う今回の授業について（今回の授業をジグソー法でやったことについて）、あなたが感じる悪い点を書いて下さい」、「今回の授業で、学び方を工夫した点があれば、教えて下さい」である。その結果を要約し、まとめたものを表7に示す。

表6 質問紙調査2の結果

	練り上げ (n=23)		ジグソー法 (n=36)		t値
	M	SD	M	SD	
1 問題について、自分で自由に発想することができましたか	3.74	1.05	3.67	1.10	0.25
2 自ら進んで学習に向かうことができましたか	4.00	0.88	4.06	0.86	-0.43
3 問題に責任をもって取り組むことができましたか	3.61	0.66	4.03	0.84	-2.02 *
4 自分の考えをもって学ぶことができましたか	3.83	0.65	3.75	1.00	0.36
5 自分の考えを説明する場はありましたか	3.30	1.06	4.44	0.81	-4.67 ***
6 教員の介入はあったと思いますか	3.48	0.73	3.03	1.06	1.79 †
7 他の人の説明を聞いて、説明の内容を理解することができましたか	4.35	0.71	4.28	0.94	0.30
5件法					† $p<.10$, * $p<.05$, *** $p<.001$

表7 自由記述による回答の要約

練り上げ (n=23)	ジグソー法 (n=36)
質問項目 a (メリット) : みんなの発想を取り上げながら行う今回の授業について、あなたが感じる良い点を書いて下さい	質問項目 a (メリット) : 今回の授業をジグソー法でやったことについて、あなたが感じる良い点を書いて下さい
(a1) 多様な考えを知る (14件, 61%)	(a1) 責任をもって問題に取り組むことができる (8件, 22%) (a2) 交流, 協力ができる (7件, 19%) (a3) 多様な考え方を知る (5件, 14%)
質問項目 b (デメリット) : みんなの発想を取り上げながら行う今回の授業について、あなたが感じる悪い点を書いて下さい	質問項目 b (デメリット) : 今回の授業をジグソー法でやったことについて、あなたが感じる悪い点を書いて下さい
(b1) 自分ではよい発想が思い浮かばない (3件, 13%)	(b1) 知らない人と話しにくい (6件, 17%) (b2) 時間が足りない面がある (4件, 11%) (b3) 十分に説明ができない (3件, 8%)
質問項目 c (学習の工夫) : 今回の授業で、学び方を工夫した点があれば、教えて下さい	質問項目 c (学習の工夫) : 今回の授業で、学び方を工夫した点があれば、教えて下さい
(c1) 補助線を積極的に引いて考えることができた (3件, 13%)	(c1) 解く段階から、説明できるように意識して取り組む (3件, 8%)

表の中では、便宜上、質問項目をa~cとして、それぞれの項目の回答を頻度順に並べている。また、回答が3件以上の同一内容のものを記している。a(メリット)において、練り上げでは「(a1)多様な考えを知る」とあり、ジグソー法では「(a1)責任をもって問題に取り組むことができる」「(a2)交流、協力ができる」「(a3)多様な考え方を知る」との回答があった。b(デメリット)において、練り上げでは「(b1)自分でよい発想が浮かばない」とあり、ジグソー法では「(b1)知らない人と話しにくい」「(b2)時間が足りない面がある」「(b3)十分に説明ができない」との回答があった。c(学習の工夫)において、練り上げでは「(c1)補助線を積極的に引いて考えることができた」とあり、ジグソー法では「(c1)解く段階から、説明できるように意識して取り組む」との回答があった。

4. 考察

本研究では、同一題材について、導入期において、練り上げとジグソー法という2つの異なる指導方略を用いて授業を実践し、それらの学習効果について、認知面、態度面の側面から調査を行った。

その結果、パフォーマンステストでは、再生課題についてはどちらの指導方略にも差異は見られなかった。半数程度の生徒が正解しており、正しい補助線が描けている生徒も含めると、70%近くになり、それぞれの授業方略の一定の成果と捉えることができる。一方、それでも半数程度の生徒が正解できなかった原因として、2つの指導方略いずれにおいても、相似な三角形を作るように補助線を引くという統合的なまとめは行ったものの、その後、授業内容を定着させるための指示が徹底できていなかったことが考えられる。より再生課題の正答率を高めるためには教師のまとめに加え、自分が行った以外の方法による証明をレポートで提出させること(鈴木, 2005)や授業直後の確認テストを取り入れること(ジェイコブズほか, 2005)、などの工夫も必要であったと考えられる。転移課題についてもどちらの指導も10%程度の正答率で差異はみられなかった。転移課題は再生課題よりも補助線を引いた後の相似の三角形が見つけにくいいため、再生課題への理解が不十分では正解することは難しい。この点からも、上述した再生課題の正答率をあげるような工夫が必要であった。

質問紙調査1からは、練り上げの方がジグソー法より、S(満足感)の因子において有意に高い結果となった。自由記述欄の練り上げの質問項目a(メリット)からは、多様な考えを知る、が多くあがり、質問項目b(デメリット)からは、自分ではよい発想が思い浮かばない、があがっている。練り上げは、自分ではよい発想が思い浮かばないというデメリットがあっても、教師が意図的に指名して生徒の発想を取り上げることで、最終的に多様な考えを知ることができ、満足度が高くなったと推察される。なお、質問項目bの記述は、授業設計で述べた、ジグソー法が補助線が引かれた図をもとに証明を分担するところから活動を始めているのに対し、練り上げは証明を行う指導に重点を置いたものの、補助線を引くところからはじめていることが影響している可能性もある。一方、自由記述欄のジグソー法の質問項目a(メリット)からは、責任をもって問題に取り組む、交流、協力、多様な考え方を知るが多くあがり、質問項目b(デメリット)からは、人間関係、制限時間、説明する能力に関する課題があがっている。ジグソー法は、生徒一人ひとりが説明する責任をもち、思考の外化が強く求められるため、それが可能な生徒にとっては学習効果が高いと考えられるが、特に導入期においては、デメリットにあがっている、人間関係、制限時間、説明する能力において課題を抱える生徒にとっては、学習効果が高いとは考えにくく、授業に満足できないという実感につながった可能性がある。思考の外化を強く求めながらも、生徒に不満を抱かせないためには、次のような対策が考えられる。先行研究でも同様にあげられていた制限時間については、話し合いが終わった人(グループ)に追加の課題を与えながら、各グループが十分に内容を深められるように、制限時間を適宜延長するなどの柔軟な対応を行うことで改善が見込める可能性がある。なお、制限時間に関する記述に関して、本研究では、結果的に、練り上げは表1の証明1-2, 2, 3の3通り、ジグソー法は証明2, 3, 4, 5の4通りの証明を扱っており、これらの質的および量的な差異が制限時間などに関する生徒の実感に影響した可能性もある。また、本研究の結果からは、人間関係と説明する能力に関する課題も浮き彫りになった。これらはすぐに改善することは難しいと考えられるが、日常の一斉講義型授業の中でもペアで説明し合う活動を取り入れたり、協同することの価値提示を行ったりして

いくことが有効だと考えられる。また、単元の中で1回など、単発で行うジグソー法においては、授業方略に否定的な実感を持たないようにするため、事前や事後にジグソー法を行う意味を生徒に説明すること、また、理解が十分にできていない生徒状況を適切に把握し、十分に理解が深まらなかったグループの意見を聞きだして全体での振り返りにつなげたりしていくことなども重要だと考えられる。

質問紙調査2からは、練り上げもジグソー法も主体性と他者の説明理解の項目に関して特に高く評価していた。一方、ジグソー法が練り上げより、問題に責任をもって取り組むことができましたかという項目、自分の考えを説明する場はありましたかという項目において有意に高い結果となり、ジグソー法の自由記述の質問項目 a (メリット)からも、責任をもって問題に取り組む姿勢や交流、協力できるという意見が散見され、ジグソー法に埋め込まれた個人の責任や説明の機会を、導入期においても生徒が実感として認識していたことが推測できる。また、教員の介入があったと思いますか、という項目においてはジグソー法が練り上げより有意傾向ではあるが低い結果であった。本実践では、練り上げの方がジグソー法より生徒の人数が少ないため、教員が目をかけやすかったという可能性もあるが、練り上げの授業法に起因する部分も大きいと考えられる。

5. おわりに

本研究では、同一題材について、導入期において、練り上げとジグソー法という2つの異なる指導方略を用いて授業を実践し、それらの学習効果について認知面、態度面の側面から調査を行い、以下の知見を得た。

練り上げは、質問紙調査1の結果から、生徒の不満を生みにくい指導方略であることが確認された。また、質問紙調査2の結果から、多くの生徒の主体性も担保される可能性が伺えた。先行研究では高校における練り上げの指導はほとんど見られないという指摘があるが、本研究の結果からは、多様な見方のできる問題について、授業設計を一定行った上で、練り上げを用いることは、アクティブラーニングの観点からも十分可能であると考えられる。一方、練り上げは、全員が個人の責任を意識したり説明をしたりする機会が十分とはなりにくい指導方略である。特に、アクティブラーニングの対話的な学び

の観点からは、教師の個別指導に加え、状況に応じて、個人思考の後にペアで発想を共有した後で全体に報告する機会を設けるなどの思考を外化する機会を持たせる工夫も有効だと考えられる。

ジグソー法は、導入期においても、個人の責任や説明の機会を全員に提供できる指導方略であることが質問紙調査2の結果から確認された。アクティブラーニングの観点から、ジグソー法は近年利用が拡大してきている指導方略であり、今まで受け身であった生徒が積極的に活動するようになったという報告も多く行われている。メリットも大きい一方で、質問紙調査1や自由記述の結果から、特に導入期においては、一定数の生徒が人間関係、制限時間、説明する能力の点において困難を感じていることが明らかになった。個人の責任や説明活動は重要ではあるが、思考の外化を強く求める場合、生徒が授業方略自体に不満をもつ可能性があり、学習効果そのものに影響をしてしまう懸念がある。例えば、日常の一斉講義型授業の中でもペアで説明し合う活動を取り入れたり、ジグソー法など他者と関わる活動を取り入れる際に協同の価値提示を行ったりすることが有効だと考えられる。

本研究の限界として、次の3点が考えられる。第1は、指導方略に関わるもので、練り上げは補助線を引くという証明を構成する指導からはじめているのに対し、ジグソー法は補助線が引かれた証明を読む指導からはじめていること、また、補助線の引き方において、練り上げが3通りの方法をもとに授業を展開したのに対し、ジグソー法は4通りの方法を分担して展開しており、統制の不十分さが残る点である。第2は、本実践は異なる2名の教師が実践を行っているため、一定の教師要因が働いている点である。第3は、本研究は導入期の1回の実践であり、練り上げとジグソー法を一般化したものではない。今後、より詳細な調査や導入期だけではなく継続的な調査を行い、それぞれの指導方略の特性や指導上の留意点をさらに検証し、実践現場に有用な知見を蓄積していきたい。

付記

本研究は、日本科学教育学会研究会のポスター発表(島、渡辺、2018)に新たな分析を追加し、内容を再検討し、大幅に加筆修正したものである。

参考文献

- アロンソン, E. (1986) ジグソー学級-生徒と教師の心を開く協同学習法の教え方と学び方- (松山安雄訳), 原書房.
- 飯窪真也, 齊藤萌木, 白水始 (2017) 「主体的・対話的で深い学び」を実現する 知識構成型ジグソー法による数学授業, 明治図書.
- ジェイコブズ, J.M., パワー, M.A., イン, L.W. (2005) 先生のためのアイデアブック-協同学習の基本原則とテクニック- (伏野久美子訳・木村春美訳・関田一彦監訳), 日本協同教育学会.
- 金子隆司, 新井喜久蔵, 猪鼻幸正, 桂川恭一, 宮井俊充, 長澤和明, 野田昭, 小野沢一宏, 庄子泰男, 杉田竜之, 田中貴, 山川和康 (1993) 互いに学びあい, 高めあう授業を目指して: 「練り上げ」の場を生かした学習指導, 日本数学教育学会誌, 75, 11, 294-300.
- ケラー, J. M. (2010) 学習意欲をデザインする ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン (鈴木克明監訳), 北大路書房.
- 神戸大学附属住吉中学校・神戸大学附属中等教育学校 (2009) 生徒と創る協同学習-授業が変わる・学びが変わる, 明治図書.
- 国立教育政策研究所 (2015) OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2015) のポイント, http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/01_point.pdf (2020. 8. 24. 確認)
- 松島充 (2012) 算数教育におけるすべての子どもの概念変容を目指したジグソー学習法の成立条件-教師の実践力向上への取り組みとともに-, 教育実践高度化専攻成果報告書抄録集, 2, 83-90, 静岡大学大学院教育学研究科教育実践高度化専攻.
- 松島充 (2015) 算数・数学教育における協調的問題解決を実現する学習に関する研究, 博士論文(教育学), 静岡大学.
- 溝口達也 (2010) 指導方法, 数学教育研究会編, 算数教育の指導と実際, 172-197, 聖文新社.
- 文部科学省 (2016) 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2015) のポイント, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931_1_1.pdf (2020. 8. 24. 確認)
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領の全部を改正する告示等の公示について (通知), http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/11/1384661_1_2_1_1.pdf (2020. 8. 24. 確認)
- 長崎栄三, 吉田明史, 一楽重雄, 国宗進, 渡辺公夫, 長尾篤志 (2004) 授業研究に学ぶ高校新数学科の在り方, 明治図書.
- 長沢圭祐 (2015) Argumentation を視点とした算数教育における練り上げに関する研究, 日本数学教育学会誌. 数学教育学論究, 97, 137-144.
- 大島利雄, 榎本博人, 深谷賢治, 服部哲弥, 箕三郎, 官野達博, 加藤文元, 川中宣明, 松永学, 宗重徹, 大西俊弘, 坂江正, 坪井俊 (2017) 数学A改訂版[104/数研/数A/327], 文部科学省検定済教科書, 数研出版.
- 芝池宗克, 中西洋介, 反転授業研究会 (2014) 反転授業が変える教育の未来-生徒の主体性を引き出す授業への取り組み-, 赤石書店.
- 島智彦, 渡辺雄貴 (2018) 高校数学において「練り上げ」と「ジグソー法」が生徒の学習に与える影響, 科学教育研究, 33(3), 203-208.
- 清水美憲 (2010) 授業を科学する-数学の授業への新しいアプローチ-, 学文社.
- スティグラ, J.W., ヒーバート, J. (2002) 日本の算数・数学教育に学べ-米国が注目する jugyou kenkyuu- (湊三郎訳), 教育出版.
- 鈴木誠 (2015) 角の二等分線の性質の多様な証明方法の共有. 数学教育 8月号, 76-79, 明治図書.
- 鈴木康志 (1992) 数学的な見方・考え方と指導法. 日本数学教育学会誌, 74, 7, 206-213.
- 鈴木雄清 (2012) ARCS 動機づけモデルに基づいた授業評価と改善方略提案システム的设计, 熊本大学大学院社会文化科学研究科教授システム学専攻博士前期課程 修士論文.
- 高井吾朗 (2017) 数学教育における練り上げについての一考察, イブシロン, 59, 37-43, 愛知教育大学数学教育講座.
- 友野清文 (2016) ジグソー法を考える-協同・共感・責任への学び, 丸善プラネット.
- 吉田卓司, 南学 (2016) ジグソー法を用いた高校数学の授業実践およびその効果, 三重大学教育学部研究紀要, 自然科学・人文科学・社会科学・教育学部・教育実践, 67, 237-244, 三重大学教育学部.