数学科教育

数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていく数学科学習指導の工夫
―　知識構成型ジグソー法における授業デザインの改善を通して　―

呉市立倉橋中学校　宮岡　英明

研究の要約

本研究は，知識構成型ジグソー法に着目し，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていく数学科学習指導を考察したものである。先行研究によれば，数学的な見方・考え方の育成が期待できるのは，数学科の特質から「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインとされる。本研究では，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくために「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインの改善を試みた。ここでは，「本質的な考え方の違い」を生かしたエキスパート資料を活用すること，つまり，エキスパート資料の成立要件を「問題解決における場面と関連付けられたうまくいった方法やうまくいかなかった方法の数学的な考え方の違い」であると同定し，教材を開発した。中学校第３学年「数と式」領域の「文字式の利用」での学習指導の検証結果から「本質的な考え方の違い」を生かしたエキスパート資料を活用した「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインによる知識構成型ジグソー法が，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことに有効であることが分かった。

Ⅰ　主題設定の理由

中学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編では，主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善が求められており，とりわけ，深い学びの鍵として各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせることが重要であるとされている。中学校学習指導要領（平成29年告示）解説数学編（平成30年，以下「29年解説」とする。）では，数学の学習においても，「『数学的な見方・考え方』を働かせながら，知識及び技能を習得したり，習得した知識及び技能を活用して探究したりすることにより，生きて働く知識となり，技能の習熟・熟達につながるとともに，より広い領域や複雑な事象の問題を解決するための思考力，判断力，表現力等や，自らの学びを振り返って次の学びに向かおうとする力などが育成されると考えられ，このような学習を通じて『数学的な見方・考え方』が更に確かで豊かなものになっていく」[1)]とされている。

一方，全国学力・学習状況調査の中学校数学においては，数学的な見方や考え方を評価の観点とする問題での正答率の低さや無解答率の高さの状況から，生徒の数学的な見方や考え方が十分に鍛えられているとは言えない状況があることが分かる。このことは,所属校の生徒についても同様の状況である。

上記の課題を解決していくために，本研究では，まず数学的な見方・考え方について整理し，数学的な見方・考え方を働かせる問題解決場面を意図的に設定するために,知識構成型ジグソー法に着目して，効果的な学習指導について検討する。その後，それを基に授業実践及び検証していくことにより，生徒の数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくための数学科学習指導について考察する。

Ⅱ　研究の基本的な考え方

１　数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていく学習指導について

(1)　数学的な見方・考え方とは

「29年解説」には，数学的な見方を「事象を数量や図形及びそれらの関係についての概念等に着目してその特徴や本質を捉えること」，数学的な考え方を「目的に応じて数，式，図，表，グラフ等を活用しつつ，論理的に考え，問題解決の過程を振り返るなどして既習の知識及び技能を関連付けながら，統合的・発展的に考えること」として，数学的な見方・考え方を「事象を，数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え，論理的，統合的・発展的に考えること」[2)]としている。

生徒の数学的な見方・考え方を鍛えていくためには，働かせている数学的な見方・考え方を顕在化させる必要がある。これについて，阿部ら(2019)は，「数学的な見方・考え方は問題を解決する中で数学

的活動として観察されるものである」[3]と述べているように，数学的な見方・考え方と数学的活動は不可分のものとして捉えていく必要がある。

「29年解説」においては，数学的活動を「事象を数理的に捉え，数学の問題を見いだし，問題を自立的，協働的に解決する過程を遂行すること」[4]として，図１のように，問題発見・解決の過程のイメージを示している。

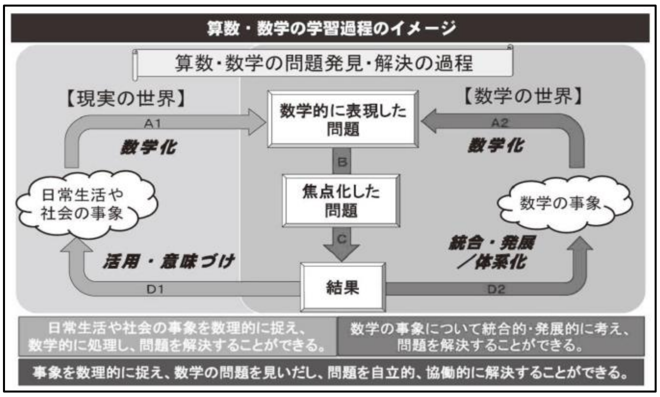

図１　算数・数学の問題発見・解決の過程

数学的活動における問題発見・解決の過程には，「現実の世界を含む過程」と「数学の世界を含む過程」の二つの過程があり，これら二つの過程は相互に関わり合って展開されるものであるとされる。

数学的な見方・考え方を鍛えていくためには，これらの二つの過程を行き来しながら，数学的活動を通して，数学的な見方・考え方を働かせるような場を設定していくことが重要となる。

⑵ 数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくために

問題解決の過程について，「29年解説」には，「一連の問題解決の過程を振り返ることで，数学を活用して問題を解決する方法を生徒が理解できるようにする」「数学を活用して問題解決する方法を理解することは，生徒の数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていく」[5]とある。数学的活動における問題解決の過程で，何をどのように捉えて考察したり，どのように表現・処理したりすれば問題がよりよく解決できるのかという問題解決の方法に着目し，整理することを通して，数学的な見方・考え方は確かで豊かなものに鍛えられていくと考える。

２　数学科における知識構成型ジグソー法について

⑴ 知識構成型ジグソー法について

ジグソー法は，1978年にアメリカの社会心理学者であるAronsonらが著書『Jigsaw Classroom』で発表した学習法である。その目的は，教室内での人間関係の改善に焦点を当てたものであった。そのような経緯をもつジグソー法は，学習科学の研究領域において，学習者の知識構成の方法として変化した。学習科学では，学習過程や教授方法，人の発達に関する理論的な研究に加えて，認知科学など人の賢さが発現される仕組みを解明する試みから知見を得ながら，それを教育現場に適用して授業改善を図る実践実証型の研究を積み重ねている。

三宅ら（2011）は，建設的相互作用[(1)]を活用しながら，概念変化や知識構成を支援する実践授業を具体化しようとして，「知識構成型ジグソー法」を提案している[(2)]。知識構成型ジグソー法は，表１に示すような学習活動から成る。

表１　知識構成型ジグソー法の学習活動

学習活動	学習内容
①個人思考	教師から提示された本時の中心となる問い（原問題）に最初の考えを書き出す。
②エキスパート活動（Exp活動）	その問いに対する答えを出すためのヒントになる「部品（エキスパート課題）」をいくつかに分かれて担当し，理解する。
③ジグソー活動（Jig活動）	それぞれ異なる「部品」を担当したメンバーが集まって問い（ジグソー課題）に対する答えを作り上げる。
④クロストーク	教室全体で出てきた答えを共有，比較吟味する。
⑤個人思考	最後に個々人が問いに対する自分の納得のいく答えを書く。

先述のとおり，人間関係の改善を目的としたジグソー法について，Aronsonは社会科以外の教科への適用困難性，系統性のある教科教材でのエキスパート課題の構成困難性を指摘している。しかし，松島(2014)は，他教科における知識構成型ジグソー法の先行研究を基に，「社会科以外での実践も可能であり，系統性の強い数学教育においても実践の可能性が見出されている」[6]として，算数科を中心に研究を進めている。

⑵ 知識構成型ジグソー法の授業デザインについて

松島（2014）は，数学科における知識構成型ジグソー法を，原問題とエキスパート課題（以下，Exp課題とする。）とジグソー課題（以下，Jig課題とする。）の関係性を，表２のような構造で捉えている。

松島（2014）は，「概念方法型」による構造が「我が国の数学教育に固有にかつ伝統的に大切にしてきた数学的な考え方の育成の重視と軌を一にする」[7]として，「概念方法型」による知識構成型ジグソー

表２　知識構成型ジグソー法の構造（松島，2014）

構造	特徴
概念同一型	原問題，Exp課題，Jig課題の学習する概念が同一であるもの **【Jig課題の思考対象は，学習内容】**
概念発展型	原問題と学習の目標とするJig課題が異なっているもの **【Jig課題の思考対象は，学習内容】**
概念方法型	原問題を分割したExp課題の解決過程に焦点を当て，その解決の際に用いた思考方法に視点を当てているもの **【Jig課題の思考対象は，思考方法】**

法の発展可能性について期待を述べ，数学的な見方・考え方を育成するために有効であるとしている。これは，先述の通り，本研究が数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくためには，問題解決の過程における問題解決の方法のより深い理解が重要であるという主張とも重なるものである。

また，松島（2014）は原問題とExp課題の関係性を，さらに，成瀬（2018）はExp課題とJig課題の関係性について，表３のように考察している。

表３　原問題とExp課題の関係性（松島，2014）

関係性	特徴
分割・統合型	原問題を分割した複数のExp課題を，包括的・発展的に統合しながら原問題で学習する概念について捉え直していくもの **【Exp課題が同質でない。】**
特殊化・一般化型	原問題で学習する概念を単なる分割ではなく，特殊化して分割したExp課題とし，それらのExp課題の結果を抽象化したり，帰納的に考えたりして一般化して，原問題で学習する概念について捉え直していくもの **【Exp課題が同質である。Exp課題が一つ欠けてもJig活動（質は下がる可能性がある）が成立する。Exp課題が代替可能である。】**

【　】内の注釈は，松島（2014）の考察を基に，成瀬（2018）が加えたもの

成瀬(2018)は,高等学校数学科の実践(3)について,その約８割が「分割・統合型」であると分析している。これについて，そもそもジグソー法が一つの課題を分担して作業にあたるということを念頭においているためと推測している。しかし，「数学の研究や学習において，ある命題や事象について，成り立つ例や反例，仮定を満たさないが結論は満たすものなどの多くの例を見ることは深い理解をする上で強力な手段である」8)と述べ，数学の研究・学習方法の特質からすれば，「特殊化・一般化型」の実践に注目すべきであるとしている。

これらの考察を基に，本研究では，授業デザインを図２に示すような類型で捉えることとする。

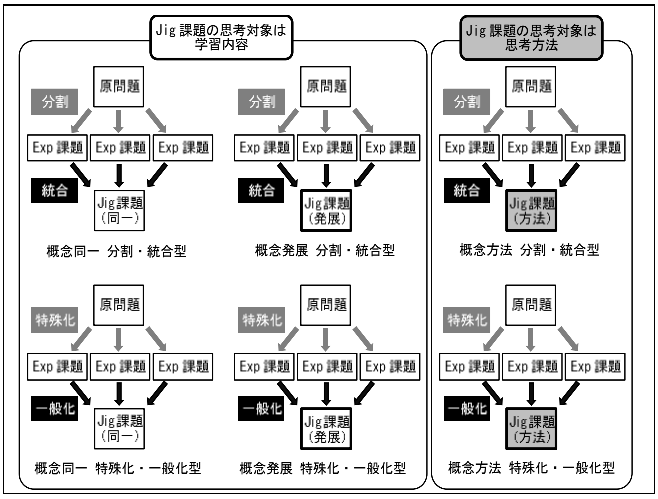

図２　本研究が捉える授業デザインの類型

表４は，東京大学CoREFが10年間蓄積している中学校数学科の実践事例を，上記の授業デザインの類型によって分析したもの(4)である。

表４　中学校数学科実践事例の分析(4)

構造／関係性	概念同一型	概念発展型	概念方法型	計
分割・統合型	59	5	3	67
特殊化・一般化型	19	1	0	20
計	78	6	3	87

分析の結果，中学校数学科の実践事例は，松島（2014）が指摘した数学的な考え方の育成に有効であると考えられる「概念方法型」の実践事例が極端に少なく，さらに，成瀬（2018）が指摘した数学の学習方法の特質から適しているとされる「特殊化・一般化型」の実践事例も少ないことが分かる。

本研究では「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインによって，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことについて考察する。

(3)　「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインの改善の視点について

知識構成型ジグソー法は，一斉授業とは異なり，Exp資料を基に，生徒たちが主体的・対話的に考えを深めていく学習形態であるので,Exp資料の適切さが特に重要である。「概念方法　特殊化・一般化型」の授業デザインにおけるExp資料は，表２に示すように，「概念方法型」であるため，問題解決過程に焦点が当てられ，Jig活動では，その問題解決の際に用いた思考方法を考察するための資料となる。また，表３に示すように，「特殊化・一般化型」であるため,Exp資料は学習する概念を単に分割したものでは

なく，特殊化して分割したExp課題によって作られ，Jig活動では，それらのExp課題の結果を抽象化したり，帰納的に考えたりして一般化して，学習する概念について捉え直していくための資料となる。

しかし，これらの特徴をもったExp資料であれば必ず知識構成型ジグソー法で引き起こしたい学びが実現されるわけではない。「概念方法 特殊化・一般化型」の授業デザインにおけるExp資料の成立要件として,その後のJig活動で対話を通して思考を深めるための「本質的な考え方の違い」が必要である。

飯窪（2017）は「エキスパート活動は，あくまでジグソー活動での問題解決において『一人ひとりが違う考えを持っている』という状況を保証するための場づくり」[9]であると述べている。「分割・統合型」のExp資料であれば，Exp課題が基本的に同質ではないので，考え方の違いは明確であるが，「特殊化・一般化型」のExp資料であっても，「本質的な考え方の違い」があるべきであろう。

それでは，「概念方法 特殊化・一般化型」の授業デザインにおけるExp資料の成立要件としての「本質的な考え方の違い」とは何であろうか。「29年解説」には，問題解決の過程を振り返り，各場面における方法に着目し，うまくいったことやうまくいかなかったことを場面と関連付けて整理することを通して，問題解決の方法を理解することが数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことにつながるとある。このことからも，「概念方法 特殊化・一般化型」の授業デザインにおけるExp資料の成立要件としての「本質的な考え方の違い」とは，「問題解決における場面と関連付けられたうまくいった方法やうまくいかなかった方法の数学的な考え方の違い」と考える。これらの数学的な考え方の違いをもったExp資料がJig活動に持ち寄られることで，対話を通して数学を活用しながら問題解決する方法の理解が一層深まり，数学的な見方・考え方が確かで豊かなものに鍛えられると考える。

本研究では，「本質的な考え方の違い（the Difference in the Fundamental ways of Thinking）」を生かしたExp資料を活用した「概念方法 特殊化・一般化型」の授業デザイン（以下，「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」とする。）によって，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていく学習指導について検証していく。

Ⅲ　研究の仮説及び検証の視点と方法

１　研究の仮説

「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法の授業を行えば，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことができるであろう。

２　検証の視点と方法

第３学年「数と式」領域の「式の計算」の単元において，「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法の授業を行う。

本単元の指導において，数学的な見方・考え方が確かで豊かなものに鍛えられた姿とはどのような姿であろうか。「29年解説」には「『数学的な見方・考え方』は，数学の学習において，どのような視点で物事を捉え，どのような考え方で思考をしていくのかという，物事の特徴や本質を捉える視点や，思考の進め方や方向性を意味することと考えられる」[10]とある。つまり，本単元の指導においては，これまでの文字式を用いて数量の関係や法則などを考察してきたことを基に，文字式の特徴や本質をより深く捉え，そうした見方を基に，文字式を使って思考を進められることと言える。

大塚（2004）は「一般的に，生徒たちは文字式を苦手としており，文字式を用いることに消極的である。文字式を積極的に用いるようになるためには，その意義を理解していることが必要であろう」[11]と指摘しており，文字式のよさや有用性を理解していなければ，文字式を使って思考を進めるという数学的な見方・考え方にはつながらないと考える。つまり，本単元の学習を通して文字式の有用性を理解させることが，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えることと捉えることができる。

文字式の有用性について，山口（2014）を基に，表５のように整理した。

表５ 文字式の有用性（山口,2014）(5) を基に筆者が作成

	有用性	具体例
一般性	文字式を用いると,一般的に説明することができる。	・一般的に表現することができる。 ・式の統合や拡張が可能になる。
形式性	文字式を用いると,簡単に解けたり速く解けたりする。	・形式的な思考や操作の対象とすることが可能となる。 ・思考を節約することができる。
構造性	文字式を用いると,なぜそうなるか分かりやすくなる。	・本質的特徴を簡潔・明瞭に表現することができる。 ・思考過程，問題解決過程を表現することができ，それを他者に的確に伝えることができる。

そこで，第３学年「数と式」領域の「式の計算」の単元においては，表５に示した文字式の有用性についての理解を深めることが，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことであると捉え，検証の視点と方法を表６のように設定する。

表６　検証の視点と方法

検証の視点	検証の方法
「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法の授業が，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことに有効であったか。	事前・事後アンケート プレ・ポストテスト 生徒の発話内容

Ⅳ　授業実践について

１　実施単元及び目標

○　期　間　令和２年６月24日～令和２年７月１日
○　対　象　所属校第３学年（１学級17人）
○　単元名　式の計算（文字式の利用）
○　目　標

数や図形の性質が成り立つことを説明するために，文字式を使って説明する方法やそれ以外の方法を比較検討することを通して，文字式の有用性についての理解を深める。

２　単元計画

本研究に関わる単元計画を表７に示し，研究授業で実施した「知識構成型ジグソー法」による授業の詳細については，図３に示す。

表７　本研究に関わる単元計画

時	授業形態	学習内容
1 2	一斉	・整数の性質を調べ，その性質を文字式を使って説明する。
3	知識構成型ジグソー法による授業	【問題提示・個人思考】 ・図形の性質が成り立つことを説明する方法を考える。
4		【Exp活動・Jig活動・クロストーク】 ・図形の性質が成り立つことを説明するために，文字式を使って説明する方法やそれ以外の方法と比較検討しながら，文字式を使えば一般的に成り立つことを説明できることを理解する。
5	一斉	【まとめ・振り返り】 ・図形の性質を，文字式を使って説明できることを確認し，文字式の有用性について考えを深める。

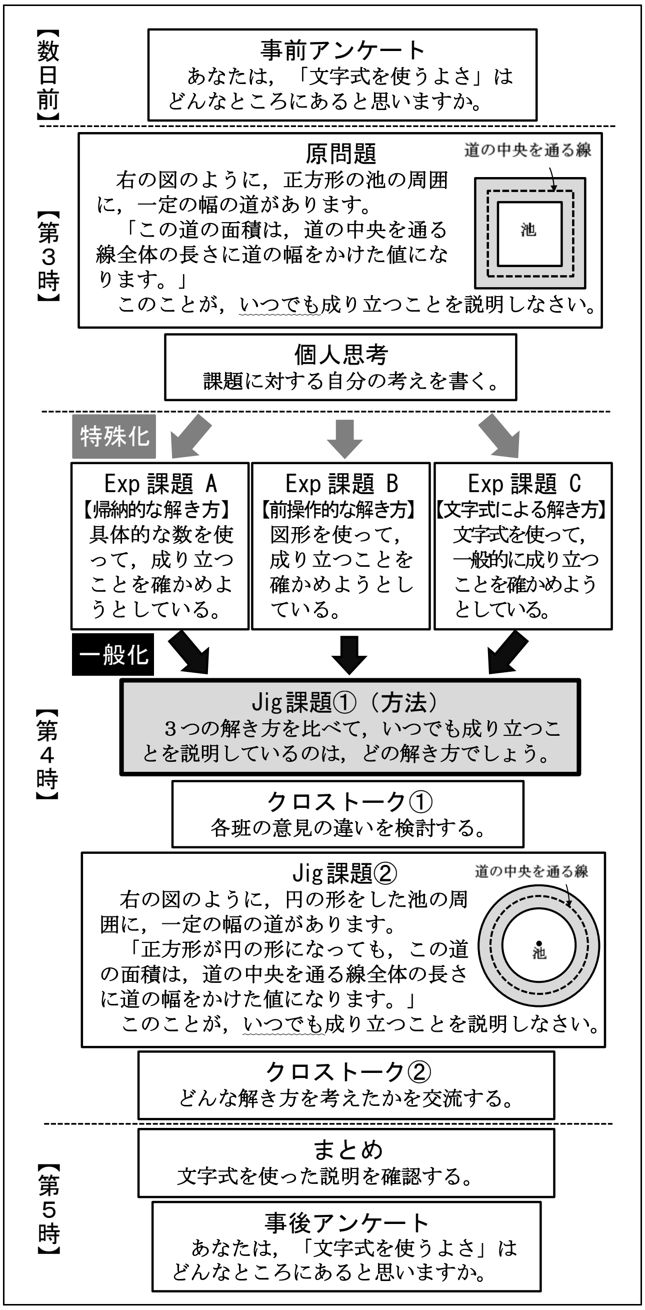

図３　「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による「文字式の利用」の学習指導

第３時に，原問題を提示し，本問題に取り組む前の個人の考えを書かせておく。Exp資料には，原問題を解くために必要な考え方を単に分割したものではなく，「概念方法 特殊化・一般化型」となるよう，数学的な考え方の違いが明確で，原問題を解く際に生徒が考えることが想定されるような３種類の考え方を資料として用意した。それは，文字式を使って説明することを知っていても，なぜそれ以外の方法では説明したことにならないのかという，問題解決の方法への深い理解に至っていない生徒が，それら

の資料を基に対話を通して考えを深めることができるようにするためである。

第４時のExp活動では，第３時の個人思考で記述させた各生徒の考えに近いExp資料を渡し，主体的に活動に取り組むことができるようにさせる。

Jig活動①では，それぞれの考え方が「いつでも成り立つことを説明していると言えるか」について，検討させる。集まった３人の考え方は意図的に異なるものなので，その考え方の違いを比較しながら，問題解決における文字式の有用性への理解を促そうと考えた。

クロストーク①では，各班の意見を共有し，「具体的な数字ではいつでも成り立つことを説明しているとは言えないが，文字式を使えば一般的に説明することができる」ことを確認する。一方，「文字式だけでなく，図形をつなぎ合わせても一般的に説明することができる」という意見が共有された場合には，Jig活動②で，「原問題の図形を変えても，文字式による説明は，広く一般的に説明することができる」という文字式の有用性への深い理解へつなげようと考えた。

Ⅴ　分析及び考察

表６で設定した検証の視点について，以下の三つの方法により分析，考察する。

１　事前・事後アンケートの結果から

文字式の有用性について，どのように理解しているかを調べるため，本単元に入る数日前に「『文字式を使うよさ」は，どんなところにあると思いますか。」というアンケートを取った。授業実践後，再度，同じアンケートを取り，生徒の記述内容から，表５に示す文字式の有用性についての理解にどのような変容が見られたかについて，表８のように集約した。

表８　文字式の有用性に対する理解の変容

一般性		形式性		構造性	
事前	事後	事前	事後	事前	事後
２人	11人	７人	９人	２人	４人

欠席の生徒もいたため16人で集計。

図４に示すように，生徒なりに工夫し，そう読み取れる記述が見られた。特に「一般性」に対して多くの生徒が記述することができたことから，文字式の有用性への理解が深まったと考える。

〔生徒ａ〕
【事前アンケート（一般性へ理解×）】
求めるのが簡単になる。
【事後アンケート（一般性へ理解◎）】
文字式を使えば，どんな大きな数になっても成り立つことが説明できる

〔生徒ｂ〕
【事前アンケート（一般性へ理解×）】
具体的な数の計算をするまでの，ステップ，段階をふむことができる
【事後アンケート（一般性へ理解◎）】
文字式は，何パターンもの解き方を一つの式で表すことができるから，文字式を使うことによって，数では証明できないことが証明できる。

図４　生徒ａ・ｂの事前・事後アンケートの記述の変容

２　プレテスト・ポストテストの結果から

図５に示すように，数の性質を説明する問題をプレテスト・ポストテストとして設定した。その解答類型を表９，その結果を表10に示す。

【プレテスト（第２学年の学習内容）】
連続する３つの整数の和は，中央の整数の３倍になります。このことが，いつでも成り立つことを説明しなさい。
【ポストテスト（第３学年の学習内容）】
連続する３つの整数で，もっとも大きい数の２乗からもっとも小さい数の２乗をひいた差は，中央の数の４倍になります。このことが，いつでも成り立つことを説明しなさい。

図５　プレテスト・ポストテスト

表９　解答類型

段階	解答類型
Ⅵ（◎）	nを使って，いつでも成り立つことを証明している。
Ⅴ（○）	nを使って，自分なりに説明している。
Ⅳ（×）	nを使って説明しようとしているが，不十分である。
Ⅲ（×）	nを使って計算した後，具体的な数を代入して説明しようとしている。
Ⅱ（×）	上記以外の解答をしている。
Ⅰ（×）	無解答

表10　プレテストとポストテストのクロス集計

ポストテスト／プレテスト	Ⅵ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	計（人）
Ⅵ(◎)	4	0	0	0	0	0	4
Ⅴ(○)	①	0	0	0	0	0	1
Ⅳ(×)	0	0	1	0	0	0	1
Ⅲ(×)	0	①	0	0	0	0	1
Ⅱ(×)	0	0	0	0	0	1	1
Ⅰ(×)	0	①	②	0	0	4	7
計（人）	5	2	3	0	0	5	15

（第４時の授業を欠席した生徒１名，プレテスト実施日に欠席した生徒１名は対象外としたため，15人で集計している。）

表10から，○印を付けた生徒はこの単元の学習を通して，記述の段階が上がっていることが分かる。特に理解を深めたと思われる生徒ｃのプレテスト・ポストテストの記述を図６に示す。

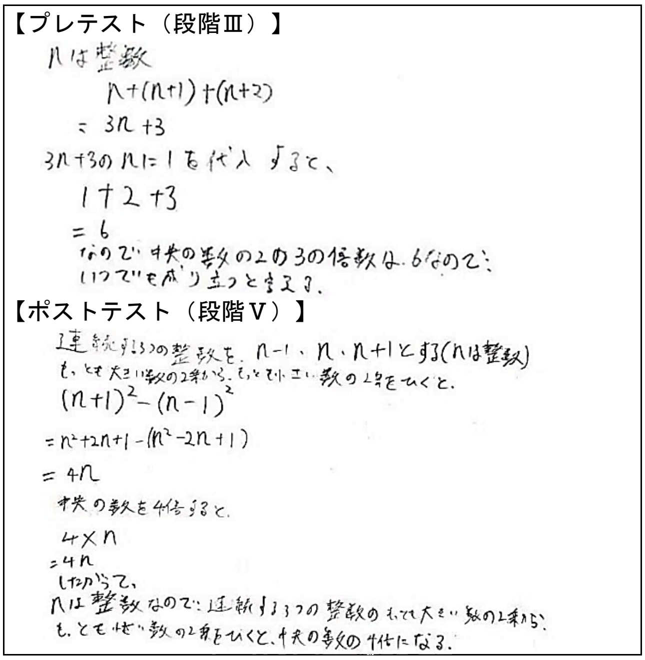

図６　生徒ｃのプレテスト・ポストテストの記述の変容

生徒ｃは，プレテストでは n を使って計算した後，$3n+3$ や $n+(n+1)+(n+2)$ に $n=1$ を代入して,中央の数２の３倍である６になることを説明しようとしている。このときは，文字式は使っているが，なぜ文字式を使って説明しなければならないのかが理解できていないと思われる。しかし，ポストテストでは，文字式を使って自分なりに説明できるようになっていることが分かる。

また表11は，ポストテストと事後アンケートの関連を表したものであるが，ポストテストで段階Ⅵ，Ⅴの生徒については，事後アンケートの記述からも一般性への理解を深めていることが分かる。

表11　ポストテストと事後アンケートの関連

ポストテスト	Ⅵ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	計
事後アンケートでの一般性の理解に関する十分な記述	4人／5人	2人／2人	2人／3人	0人／0人	0人／0人	0人／5人	8人／15人

これらのことから，「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法は，生徒の文字式の有用性への理解，特に一般性についての理解を深めていくものと考える。

一方，表10において，ポストテストで段階Ⅰに留まり，表11において，一般性へ十分な理解も得られなかった生徒がいた。これらの生徒は，ポストテストの結果から「文字式の減法」や「乗法公式を使った展開」，「因数分解」などの基本的な知識・技能の習熟が十分には図られていなかった。しかし，Exp活動では資料を基に検討を進め，Jig活動においても自分なりにExp資料の説明を進めようとしていた。

３　生徒の発話内容から

先述のとおり，「概念方法 特殊化・一般化型」の授業デザインにおけるExp資料の成立要件は，「問題解決における場面と関連付けられたうまくいった方法やうまくいかなかった方法の数学的な考え方の違い」であることとした。本単元の指導では，図形の性質を証明する場面において，文字式による考え方と数字や図形による考え方を比較検討しながら，文字式を使えば一般的に説明できるということの深い理解へと導くようなExp資料になっていたかについて，生徒ｄの発話を次頁図７に示し，考察する。

生徒ｄは，プレテストでも表８で示す段階Ⅵの記述をし，第３時に原問題が提示された後の個人思考でも，文字式を使って考えようとしていた生徒である。文字式を使って説明することを，ある程度，理解しているように思われた。しかし，実際は「なぜ文字式を使えば，いつでも説明できるのか」についての深い理解には至っていない様子であった。

第４時は，文字式による解き方が書かれているExp資料Ｃが配布され，それを基に３人でExp活動に取り組んだ。このときは，自分の考えに近い，文字式を使った説明に関する資料だったので，単純にこれが正解であると思っている（生徒ｄ１～３）。

しかし，Jig活動で，同じ班のメンバーからの数字や図形を使った考え方に触れ，それらについてもいつでも成り立つと言っていいのではないかと悩んでいる様子が見てとれる（生徒ｄ４～５）。

生徒ｄが，文字式を使った解き方を説明する前や説明した後でも，文字式と数字を比べながら，数字による説明が,いつでも成り立つと言えるかどうか,悩んでいる（生徒ｄ６～７）。しかし，Jig活動の最後には「数字は変わるから」という理由で，数字による説明はいつでも説明しているとは言えないと判断した（生徒ｄ８）。

クロストークにおいても,数字による説明が×(いつでも説明しているとは言えない）になるのは「どの数字に対しても成り立つといっているわけじゃな

〔エキスパート活動のとき〕
【Exp資料（資料Ｃ）が配付され，資料を見たとき】
生徒ｄ１：答えに，めっちゃ，近いよね。
【Exp資料（資料Ｃ）の解き方を一通り理解した後】
生徒ｄ２：これ成り立っとるよね？
生徒ｅ１：これ正解じゃない？
生徒ｄ３：これ正解よね？ これ，あっとると思う。

〔ジグソー活動のとき〕
【数字を使った解き方（資料Ａ）の説明を聞いた後】
生徒ｄ４：これがいつでも成り立っとるかどうかよね。うーん，どうなんだろう。普通に見たらいつでも成り立っとるように見えるけど…。
【図形を使った解き方（資料Ｂ）の説明を聞いた後】
生徒ｆ１：この（図形を使った）考え方は，いつでも成り立つと僕たちは考えました。成り立つよね？
生徒ｄ５：いつでも…。正方形じゃけぇ，いつでも成り立つ？たぶん，成り立つはず…。
【文字式を使った解き方（資料Ｃ）の説明をする前】
生徒ｄ６：資料Ｃ（文字式を使った考え方）は，資料Ａ（数字を使った考え方）のやつを，文字式で表したみたいな感じで…。
【文字式を使った解き方の説明をした後】
生徒ｄ７：文字式じゃけぇ，いつでも成り立つ。数字のやつがどうかなんよ。いつでも？ うーん…。
【それぞれの考え方の○×の理由を考えるとき】
生徒ｄ８：数字のやつなんよ，問題は…。数字は変わるけぇさあ，いつでもとは言えんよね，たぶん。

〔クロストークのとき〕
【文字式を使った説明が，○になる理由を聞かれたとき】
生徒ｄ９：文字式で表しているので，どんな数字を入れても，答えが一緒になると思ったからです。
【数字を使った説明が，×になる理由を聞かれたとき】
生徒ｄ10：数字を勝手に自分たちで当てはめているけど，どの数字に対しても絶対成り立つと言っているわけじゃないので，いつでもとは言えないんじゃないかなと思ったんで，×にしました。

図７ 生徒ｄのExp活動・Jig活動・クロストークでの発話

い」と発表している（生徒ｄ10）。

これらの発話から生徒ｄの考え方の変容を見ると，図形の性質を説明する際に，文字式で説明する方法以外の考え方に触れ，それらと比較検討することを通して，文字式による説明の理解の深まりにつながったと判断できる。

以上のことから，「概念方法 特殊化・一般化型」のExp資料の成立要件としての「本質的な考え方の違い」が数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことに効果的に機能するものと考える。

Ⅵ 研究のまとめ

１ 研究の成果

中学校第３学年「数と式」領域の「文字式の利用」での学習指導の検証結果から，「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法が数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことに有効であることが分かった。その改善の視点としては，「問題解決における場面と関連付けられたうまくいった方法やうまくいかなかった方法の数学的な考え方の違い」を生かしたExp資料を活用することが重要であることが明らかになった。

２ 今後の課題

「DFT-Exp資料を活用した『概念方法 特殊化・一般化型』の授業デザイン」による知識構成型ジグソー法が，他領域においても，数学的な見方・考え方を確かで豊かなものに鍛えていくことに有効であるのか，実践・検証を行っていく必要がある。

また，今回の実践では数学的な見方・考え方を十分に鍛えることにつなげられない生徒もいた。本授業デザインで単元を計画する際，あわせて支援の仕方についても引き続き検討していく必要がある。

【注】
(1) 三宅なほみ（2011）：「概念変化のための協調過程―教室で学習者同士が話し合うことの意味―」『心理学評論第54巻』pp. 328-341に詳しい。
(2) 三宅なほみ，齊藤萌木，飯窪真也，利根川太郎（2011）：「学習者中心型授業へのアプローチ―知識構成型ジグソー法を軸に―」『東京大学大学院教育学研究科紀要第51巻』pp. 441-458に詳しい。
(3) 東京大学CoREF（2017）：『自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 授業デザインハンドブック第２版』の付属のDVDに収録されている高等学校数学科に関する実践事例156件ついて分析している。
(4) 東京大学CoREF（2020）：『自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 令和元年度活動報告書 協調が生む学びの多様性第10集』の付属のDVDに収録されている実践事例2,556件の中から，中学校数学科の事例87件について，筆者の示した類型を基に分析した。
(5) 山口武志（2014）：「中学校『数と式』領域の学習指導」小山正孝『中等数学教育』協同出版pp. 137-138に示されている。

【引用文献】

1) 文部科学省（平成30年）：『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説数学編』日本文教出版株式会社p. 7
2) 文部科学省（平成30年）：前掲書p. 21
3) 阿部好貴・早田透・石井英真（2019）：「数学的な見方・考え方と評価」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p. 45
4) 文部科学省（平成30年）：前掲書p. 23
5) 文部科学省（平成30年）：前掲書p. 173
6) 松島充（2014）：「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」『愛知教育大学・静岡大学 博士論文』p. 105
7) 松島充（2014）：前掲書p. 104
8) 成瀬政光（2018）：「高校数学における「事例収集型ジグソー法」（ECJ法）―数学学習に関する学習過程モデルを用いた理論的裏付けとしたジグソー法の一提案―」『早稲田大学本庄高等学院研究紀要第36巻』p. 52
9) 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p. 30
10) 文部科学省（平成30年）：前掲書p. 21
11) 大塚高央（2004）：「文字式の『よさ』の指導に関する基礎的研究―中学２・３年生を対象にした調査を手がかりにして―」『上越数学教育研究第19号』p. 37