

学校数学における ICT を活用した協働的な学びに関する研究 ー協働的な学びにおける「創発」に着目してー

自然科学系サブプログラム（算数・数学）

伏木 智彬

【指導教員】 二宮 裕之 飛田 明彦 増田 有紀

【キーワード】 ICT 活用 協働的な学び 創発 ロイロノート シンキングツール

1. はじめに

教育実習で中学校数学科の図形の授業参観をする機会があった。その際、図形の証明について自らの考えを説明することが苦手な生徒の姿が見られた。同様の課題は、令和4年度の全国学力・学習状況調査（中学校 数学）の「見いだした図形の性質を、与えられた条件を基に考察すること（四角形と正三角形）」について出題された数学9にも見られる。この問題では、証明の根拠となる三角形の合同条件について問う(1)では、73.6%が「2組の辺とその間の角」と解答できていたが、筋道を立てて考え、事柄が成り立つ理由を説明させる問いである(2)の正答率は13.3%で、無解答は38.0%であった。そのため、筋道を立てて考え、事柄が成り立つ理由を説明することに課題があることが指摘されている（文部科学省・国立教育政策研究所，2022）。また、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 数学編でも、「中学校では、「数学的な表現を用いた理由の説明」に課題」（文部科学省，2017，p. 6）があることが指摘されている。こうしたことから、数学的な表現を用いて筋道立てて説明し伝え合う活動の充実が求められていると考える。そのためには、子ども同士で考えを伝え合ったり、議論したりするなど、子どもたちに根拠を持って説明する機会を設けることが求められる。そこで、課題研究の主題を設定するにあたり、協働的な学びに着目する。令和3年の中央教育審議会答申では、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるために、ICTの新たな可能性を指導に生かすことで、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善につなげていくことが重要であると述べられている。学校教育の基盤的なツールとしてICTが必要不可欠なものとなる一方で、ICTを活用すること自体が目的化しないよう、これまでの実践と最適に組み合わせる有効に活用していくことが求められる（中央教育審議会，2021）。

本研究は、学校数学において、協働的な学びを充実させるために、ICT活用の可能性を明らかにすることを目的とする。そのために、授業支援システムであるロイロノートを活用した協働的な学びに注目する。本研究では、まず、協働的な学びの背後に位置づく理論として創発があることを示唆し、創発の仕組みについて検討する。そして、協働的な学びの実現が期待できるロイロノートの機能について考察し、それを活用した実践についてまとめる。最後に、協働的な学びにおける創発が促された実践について考察し、ICTを如何に

活用できるかを検討することを通して、ICTを活用した創発を促す数学の授業を提案する。

2. 創発についての検討

吉迫(2002)は、創発やそれに関わるネゴシエーションについて、以下のような概念規定を与えていた。

ネゴシエーション

社会的相互行為過程において、個人が自分の思考を絶えず変容させることによって相互に適応していく過程
創発

ネゴシエーションに参加している個々の学習者が寄与することにより、特定の学習者のアイデアだけでは生じないような数学的アイデアが、ネゴシエーションの最終的な所産として生じること

また、吉村他(2015)は、様々な先行研究において定義された創発についてまとめ、整理して、算数・数学教育における「創発の特性」を次のように示した。

算数・数学の教授・学習場面において、「子どもたち」あるいは「子どもたちと教師」が有していたり考えだしたりしていた個々の数学的アイデアには直接的に還元できないような、新しい価値ある数学的アイディアが社会的相互作用の所産として創造されること。

そして、令和3年の中央教育審議会答申では、協働的な学びについて以下のように示している。

集団の中で個が埋没してしまうことがないよう、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善につなげ、子供一人一人のよい点や可能性を生かすことで、異なる考え方が組み合わせり、よりよい学びを生み出していくようにすることが大切である。

これらは、どちらも他者の存在が必要であり、個人ではたどり着くことができない、価値のある考えが生み出されるという点で似た表現がなされている。

この創発はどのようにして促されるのか。そのメカニズムについて、吉迫(2002)は、以下のように考察をしている。

基盤となるアイデアから創発的なアイデアの移行には、「異なる新しい指示の文脈の導入」と「古い指示の

文脈の修正」の2つのタイプがあることが分かった。前者は、基盤となるアイデアと創発的なアイデアとの間に大きな飛躍がある場合であり、後者は、基盤となるアイデアと創発的なアイデアとの間につながりが見られる場合である。

また、創発プロセスを促す要因としては、認知的要因と社会的要因が挙げられる。社会的要因については、具体的に特定することができなかったが、認知的要因に関しては、4つの数学的な考え方（「演繹的な考え方」、「秩序性の考え」、「単位の考え」、「関数的な考え」）が特定された。

創発プロセスとそれを促す要因という観点から、創発が起こる過程を捉えると、そのメカニズムを図1のように示すことができる。

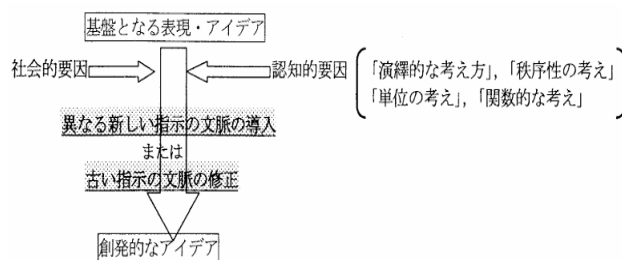


図1 創発のメカニズム (吉迫, 2002)

数学教育における協働的な学びとして創発という概念があり、それらを促すためには、認知的要因と社会的要因があって、特に認知的要因に関しては、数学的な考え方を働かせることが重要であることが示唆された。数学的な考え方を働かせながら、子ども同士あるいは子どもと教師の社会的相互作用を如何に充実させるかが重要である。

この創発を生起させるために、教師は算数・数学の授業の中でどのような支援をすればよいのだろうか。瀧ヶ平(2023)は、数学的アイデア創発に関わる教師の役割(いかなる目的の下、どのような介入を行うか)をある事例を基に以下のように指摘していた。

創発連鎖に関連していると考えられる「教師の関わりの目的」は、大きく「情動的な経験を促す」「選択的知覚を促す」に大別され、その具体的な介入方法は、「話題の焦点化」「情報の補完と共有」「情報の整理」の3つに整理することができる。

これらを意識して授業構想を練ることで、創発が促されやすくなることが期待できた。

創発は、いったい何をもって算数・数学の授業の中で促されたと言えるのだろうか。吉村他(2015)は、創発の要件を次の5つに整理している。

＜創発の基本＞
 先行諸条件や既存知識への非還元性
 ＜創発の主体＞
 「子どもたち」あるいは「子どもたちと教師」
 ＜創発の方法＞

「子どもどうしの社会的相互作用」あるいは「子どもたちと教師との社会的相互作用」

＜創発された事柄＞

数学的知識・概念、数学的な見方・考え方、問題解決の方法、数学的表現等の数学的アイデア

＜創発の新規性・価値性＞

「子どもたち」あるいは「子どもたちと教師」にとって新しい価値ある数学的アイディア

図2 創発の要件 (吉村他, 2015, p. 50)

本研究では、この5つの要件を基に、ある授業実践について創発が促されたかどうかを考察する。

3. 協働的な学びの実現に役立つ ICT

ロイロノート社によると、ロイロノート・スクールは、教育1人1台デバイス時代、生徒の主体性を育む協働学習・授業支援プラットフォームと示されている。また、その特徴について、以下のように述べている。

資料の送受信や提出物管理、思考ツールを活用した考えを作り出す授業による思考力・判断力・表現力の育成、テストによる自動評価が簡単に行え、個別最適・協働的な学びの促進や教員の負担軽減にもつながる。

以上のことから、ロイロノートの活用が協働的な学びの促進に有効であることが期待できる。そのため、本研究では、ロイロノートに注目していく。さらに筆者は、協働的な学びにおける創発を目指した算数・数学の授業を行うために、ロイロノートに備わる「シンキングツール」「共有ノート」という2つの機能に注目した。

(1) シンキングツール (思考ツール) について

黒上(2017)は、シンキングツールについて、アイデアを可視化して考えを生み出したり、共有して協働的に考えたりすることを助けるツールである。と述べている。また、協働的な学びとシンキングツールについて以下のように述べている。

シンキングツールを使ってグループでアイデアを出し合い、そこから考えをつくり出すとき、自然にもともと持っていた考えとは異なる考えが生み出されたり、根拠が深く確かなものになったりする。こういう協働的な学びを、シンキングツールは生み出す。

以上のことから、協働的な学びとシンキングツールはとても関わりがあることが読み取れる。そして、協働的な学びの充実にシンキングツールは有効であることが明らかとなった。算数・数学は、考える教科であるため、算数・数学の授業での活用は、効果的であると考えられる。また、新たな考えを生み出すことを目的としていることから、協働的な学び

における創発にもシンキングツールは有効に働くことが期待できる。

関西大学初等部(2014)によると、「考える」ということには、「比較する」「分類する」「関連付ける」などいくつかパターンがあり、そうしたパターン、考える方法が「思考スキル」である。その方法を図式化したものが「シンキングツール」である。それらは対応しており、図3のように複数の種類がある。

| 思考スキル | シンキングツール | 内容 |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ① 順序付ける | 直線 ダイヤモンド ランキング | 複数の対象について、ある視点や条件に沿って対象を並び替える。 |
| ② 比較する | ベン図 マトリクス 直線 ダイヤモンド ランキング | 複数の対象について、ある視点から共通点や相違点を明らかにする。 |
| ③ 分類する | Yチャート | 複数の対象について、ある視点から共通点のあるものをまとめる。 |
| ④ 関連付ける ¹⁾ (広げる) | ラベリング (ボウリング) | 複数の対象がどのような関係にあるかを見つける。 ある対象に関連するものを見つけて増やしていく。 |
| ⑤ 多面的に見る 多角的に見る | Yチャート マトリクス フィッシュ ボーン PMI くまの チャート | 対象のもつ複数の性質に着目したり、 対象を異なる複数の角度からとらえたりする。 |
| ⑥ 理由付ける (原因や根拠を見つける) | くらげ チャート マトリクス | 対象の理由や原因、根拠を見つけたり 予想したりする。 |
| ⑦ 見通す (結果を予想する) | フィッシュ ボーン キャンディ チャート KWL 情報分析 チャート | 見通しを立てる。 物事の結果を予想する。 |
| ⑧ 具体化する (個別化する、分解する) | ビラミッド チャート (上向き) | 対象に関する上位概念・規則に当てはまる具体例をあげたり、対象を構成する下位概念や要素に分けたりする。 |
| ⑨ 抽象化する (一般化する、統合する) | ビラミッド チャート (下向き) | 対象に関する上位概念や法則をあげたり、 複数の対象を一つにまとめたりする。 |
| ⑩ 構造化する | ビラミッド チャート (上向き) ビラミッド チャート (下向き) 情報分析 チャート | 考えを構造的(網構造・層構造など)に 整理する。 |
| ⑪ 要約する | プロット図 | 必要なものにしばって、 情報を簡潔(シンプル)にする。 |
| ⑫ 変化をとらえる | 同心円 チャート | 視点を定めて変化を記述する。 |

図3 シンキングツールの種類

関西大学初等部(2014)は、これまでの実践から、シンキングツールの有用性について、次の2点を述べている。

1 思考が整理された感覚が実感できる

問題が複雑になったり情報量が多くなったりして「何を手がかりに、どのように考えたらいいのだろうか」と考えるための方法が見つからない子どもたちが、シンプルな図を使う(一つの枠組みを得る)ことで自分の頭の中が整理されるという感覚を実感できる。さらに、シンキングツールに表現する訓練を積み重ねていくことで、

実際に書かなくても頭の中に図が浮かぶという子どもも出てきた。

2 対話型学習が活性化される

伝達の道具の一つとしてシンキングツールは有効に働く。図示されたものを目の前にしながら説明することによって、相手と共通認識ができ、自分の頭の中にある情報やイメージをわかりやすく伝えることが可能になる。

ことばに頼りすぎることなく、またことばでは表現しきれない部分を補いながら、対話を活性化させ、コミュニケーションを成立させることができるようになる。

以上のことから、「自身の思考の整理」と「他者への思考の共有」の両方において、シンキングツールを活用した「可視化する」という行為は重要であり、価値のあるものである。

立石(2022)は、これまで模造紙やホワイトボードを使って行っていたシンキングツールの活用をロイロノートを使うことで、格段に使いやすくなることができたと述べていることから、ICTの活用可能性について示唆している。ロイロノート上で扱うことの利点として、考えを記入したカードに動画や写真を埋め込むことが可能になり、表現が豊かになること、そのカードをそのままに、下地となっているシンキングツールだけを瞬時に変換することもできるため、「考える」という行為が、「広げる」から「比較する」に変わった場合も、即座に対応し、「思考の連続性」を確保することができることを述べていた。余分な時間を省きながら授業を進めることが可能となり、数学において重要な考えることを重視した授業が実現できる。

(2) 共有ノートについて

ロイロノート社では、共有ノートの活用場面について、以下のように述べている。

アイデア・知識の簡単共有

- ・1枚のカードに複数の生徒がどんどん自分のアイデア、知識を共有できる。
- ・グループでの意見の共有や、ブレインストーミングなどに活用できる。

グループ・クラスの意見を共有

- ・グループ・クラス全体で簡単に意見の共有をできる。
- ・お互いの意見をみながら、自分の意見に追加・修正を加えることもできる。

共同編集

- ・壁新聞や、レポートなどを共同編集で作成することができる。
- ・複数の生徒でそれぞれの端末からカードをうごかしながら話し合いをすることができる。

共有ノートを活用することで、生徒がリアルタイムにお互いの解法や気づきを共有して学びを深めることができる。従来の授業では、グループで考えをまとめる際、代表者

がみんなの考えをまとめていたが、共有ノートの活用により全員が一人一台タブレット端末に書き込むことができるようになり、他人任せでなく自分事としてとらえ、考えやすくなった。個人個人の考えを共有する際も、ロイロノートの機能を用いてラインを引きながら、拡大させながら、あるいは操作を見せながらといった発表が可能となり、自分の考えを理解してもらうための子ども達の表現の幅が豊かになった。これらの機能を教師が意図して活用することで、子ども同士あるいは、子どもたちと教師の社会的相互作用の充実がこれまで以上に期待できる。

また、「シンキングツール」と「共有ノート」を併用して活用することで、子どもたちの活動がさらに活性化し、創発も促されやすくなることが期待できる。

4. ロイロノートを活用した授業実践

柳 (2022) は、第5学年、図形の面積の単元を題材にロイロノートを活用した授業実践を行った。台形の面積について、分割したり、等積変形や倍積変形等を用いたりして、既習の図形として考えることを通し、求積することができることを本時のねらいとした授業であった。柳 (2022) によれば、算数の授業において、ロイロノートを介して個々の解決方法を共有することで、児童一人一人が教室全員の考え方にアクセスすることができるようになるなど、ロイロノート活用の可能性を示している。そして、子ども達がそれらを自由に個々の視点で分類することは、自分の考えと比較をしたり、新しい考え方や方法を取り入れたりする際に有効に機能した。実際に振り返りで類題を解く際に、本時での解法と異なる解法を選択している子どもが多く見られたことから、子どもの中でより良い解決の選択肢を増やすことにつながった。とも考察していた。また、ロイロノートの機能を用いてラインを引きながら、拡大させながら、あるいは操作を見せながらといった発表が可能となり、自分の考えを理解してもらうための子ども達の表現の幅が豊かになった。と述べている。そして、この授業では多様な考え方に触れることができ、授業の終盤では、生徒全員の考えを分類し、まとめる活動を行っていた。その活動の際に、シンキングツールの一つである「Yチャート」を活用することにより、どのように分類したのか分かりやすくまとめることができる。そうすることでそれぞれがどのように分類したのかを伝え合う活動もできると考えた。

(1) シンキングツールを活用した実践

実践①

ロイロノート社の提案する実践事例について、考察していく。

美山は、岡山県の新庄村立新庄小中学校、第2学年、合同な三角形の単元を題材にロイロノートを活用した授業実践を行った。この実践で扱うシンキングツールは、「ピラミッドチャート」である。ピラミッドチャートには、思考スキル「構造化する」が対応している。2つの図形が合同であるこ

とを証明するために、辺の長さや角の大きさに着目し根拠を交え、結論に導く必要がある。そこで、美山は、シンキングツールの一つである「ピラミッドチャート」を活用していた。ピラミッドチャートの下段に等しい箇所を記述し、その根拠を選択、中段に合同条件を選択、上段にその証明の結論を記す活動を行い、図4のように証明の流れを構造化する授業を行っていた。

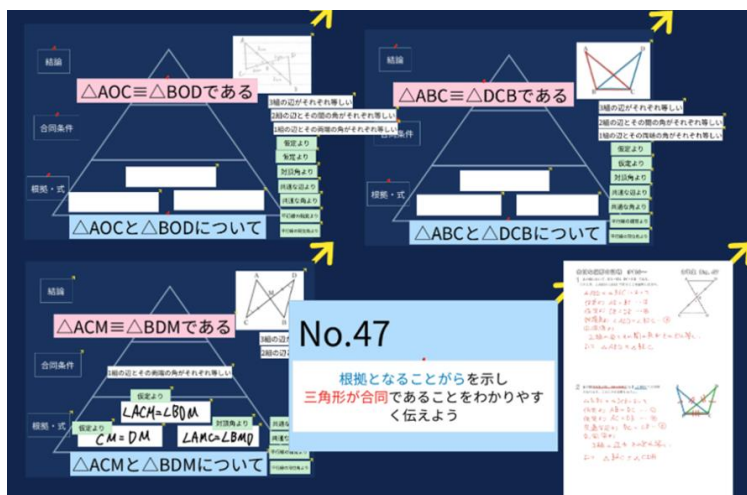


図4 ピラミッドチャートを活用した実践

ピラミッドチャートを活用して証明を伝えることで、どのような問題も構造化することで同じような解答になることに気づくことができる。最後に、ピラミッドチャートの下から順にノートに書くことで、三角形の合同を文章で表すことができることを伝え、練習問題を行う。美山は、いくつかの問題でも同様に証明することで、結論までの流れを構造化することができた。と述べている。ピラミッドチャートに証明の流れを構造化することで他の問題もポイントをおさえて同じように証明すればよいことに気づけるため、とても有効的な活用であった。生徒たちが、証明を苦手とする要因としてあるのは、長い文章を覚えなければならない、解くのに時間がかかるなどが挙げられる。ピラミッドチャートによって証明の流れを構造化できるようになれば、それらの要因を和らげることができると考える。また、ピラミッドチャートを用い、指定された枠組みにそって視覚化されたものにするすることで、証明の流れに対する捉え方を他者にも自分自身にもわかりやすくすることができる。それにより多くの生徒が自らの考えを伝えやすくなり、根拠を持って説明することが可能になる。この実践により、数学的な表現を用いて筋道立てて説明し伝え合う活動の充実が期待できた。

実践②

筆者が非常勤先である新座市立第二中学校で実際に行ったシンキングツールを活用した実践について、考察していく。

新座市立第二中学校第2学年、データの比較を題材に協働的な学びの手立てとして「ジグソー法」を取り入れ、ロイ

ロノートを活用した授業実践を行った。単元は、データの比較で本授業では、四分位範囲や箱ひげ図を用いて、複数の集団のデータの分布の傾向を比較して読み取り、批判的に考察したり判断したことを説明したりすることができるようにすることを目標としていた。花見の時期に花見スポット近くのコンビニの四種類の商品（スナック菓子、茶系飲料、炭酸飲料、チョコ）の過去の売り上げ傾向を比較し、自分が店長であつたら花見期間にどの商品を多く仕入れるかを考え、根拠をもとに説明する活動を行った。シンキングツールの一つであるクラゲチャート「理由づける」を活用し、四種類の商品の売り上げ傾向を一人ひとり役割を設けて調べ、それをもとにグループの結論やその根拠をまとめるよう促した。

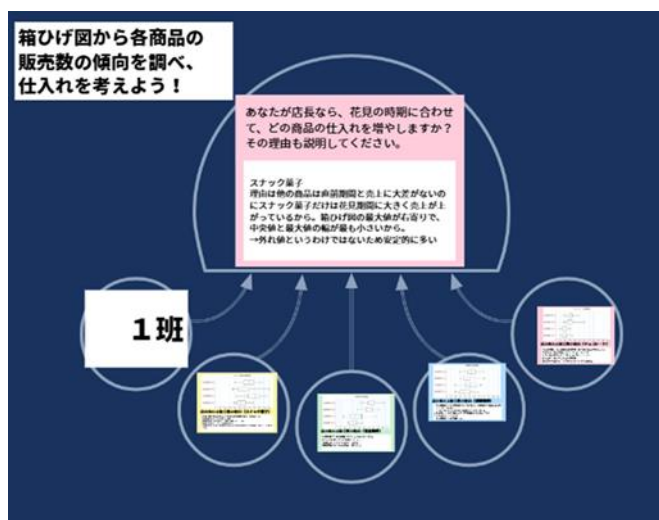


図5 クラゲチャートを活用した実践

生徒に個々の役割を設けることで責任をもって調べ学習を行うことができ、自分事として考え、取り組むことができた。また、なかなか進まない生徒に対し、同じ種類の商品を調べた生徒が書き込みを入れたり、拡大縮小させたりしながら教える姿も見受けられた。そして、それぞれのグループ発表では、他のグループのまとめと比較してシンキングツールに書き込み、その思考の過程を授業記録として残すことができた。花見期間と直前期間の箱の位置や中央値を比較すると平日休日ともに花見期間の方が売り上げが明らかに多い傾向にあったため、スナック菓子の仕入れを増やすグループが多かった。他にも、炭酸飲料や茶系飲料もスナック菓子ほどではないが花見期間の方が売れていることが読み取れたため、仕入れを増やしてもいいのではないかという意見も生まれた。また、茶系飲料に関してはそこまで差はなかったものの、メモリの幅が違うため売り上げ額を比較したらお茶も仕入れを増やした方がいいのではという考えも生まれた。ジグソー法によってそれぞれが調べた情報をグループで持ち寄って検討することで、それぞれが注目していた視点とは違った視点からの考えが出てきて、そこから俯瞰して結論を導いていた。このように答えの定まらない題材を扱う際に、シンキングツールを活用すると様々な

数学的な見方が働き、新たな考えが生み出されやすくなると感じた。

(2) 共有ノートを活用した実践

関西大学初等部のA教諭¹⁾は、ふきだし法のエッセンスを取り入れた21世紀型の協働学習（①問題理解の仕方を学び合う全員発表②みんなが関わる全体交流）を組み込んだ授業デザインを行っていた。関西大学初等部、小学校5年生の「単位量あたりの大きさ」についての授業であった。「問題理解の仕方を学び合う全員発表」を通して、カーペットの枚数も人数も異なることに着目し、こみぐあいを比べる方法として単位量あたりの考え方をういよう²⁾と解決の計画を立てることができること、「みんなが関わる全体交流」を通して、こみぐあいを比べる方法を説明したり、友達の説明を読み取ったりすることができることを本時の目標としていた。授業の前半では、ふきだし法を使って思考内容をテキストに記入させ、学習者に自らによる課題発見を促していた。問題に対して気づいたことをふきだしに記入し、提出させて全体に共有していた。ロイロノートの機能がふきだし法に有効的に働いていた。A教諭¹⁾は、全員発表することで問題に対する見方・考え方をお互いから学び合えるという点において、ロイロノートが有効であると述べていた。子どもたちの意見を基にめあてをつくることで主体的な学びを実現できる。そして授業後半では、グループで共有ノートを活用しながら協働編集を行い、レポートづくりをした。ロイロノートの機能の一つである共有ノートは、一斉指導においてお客さんになってしまう可能性が高い集団解決の時間をできるだけ自分事として関われる時間にする可能性が高い学び方であると述べていた。互いに指摘し合いながらよりよいものにしていこうという姿が見られた。友達の考えに対しコメントをしたり、修正したりすることで、もともと個人が持っていた考えがグループ全員が納得のいく考えになり、よりよいレポートとなった。まさに、協働的な学びがなされていた。このような活動により、グループの社会的相互作用が活性化し、創発が促されやすくなることが期待できた。

5. シンキングツールを活用した創発を促す授業実践について

関西大学初等部（2012）では、ロイロノートが普及される前からアナログ式のシンキングツール（思考ツール）を活用した実践がなされていた。本節では、シンキングツールを活用した実践で創発が促されたかどうかの考察をする。

(1) シンキングツールを活用した授業実践

関西大学初等部（2012）では、小学校第3学年の四角形の確かめの単元で思考スキル「比較する」を活用した授業実践を行っていた。本時では、長方形と正方形を比べるために、図形の構成要素に着目して比較し、図形の包摂関係を理解することをねらいとしていた。図6のようなベン図に表さ

れた様子をもとに、四角形、正方形、長方形それぞれの図形を別々のものと捉えていた子どもたちに、定義を根拠にすると同じとみることができる考え方に気づかせ、長方形と正方形の関係に目を向けさせた。

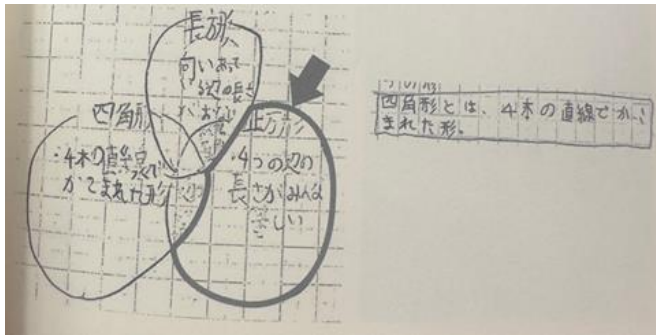


図6 児童のノート記述(1) (関西大学初等部, 2012, p. 130)

図7は、その時の教師と児童のやりとりの様子である。

「T: 重なりがある仲間分けや、重なりがない仲間分けなどいろいろと出てきました。ところで、ベン図の重なっているところは、どんな仲間を表していますか。」
「C: 同じ仲間です。」
「T: そうですね。ところで、四角形とはどんな形のことでしたか。」
「C: 4本の直線で囲まれた形です。」
「T: その通りです。それでは、ベン図を見てください。この部分(矢印の部分)はどんな仲間をあらわしていると言えますか。」
「C: ……」
「T: ここは、四角形の枠の外にあるので、「正方形だけ四角形ではない仲間」ということになりますね。」
「C: 正方形だけど、四角形じゃない?」
「C: 四角形じゃない正方形なんてないよ。」
「T: そうですね。四角形じゃない正方形はありませんね。だったら、正方形の仲間は、四角形の仲間からはみ出ているのですか。」
「C: はみ出はいけません。だから、正方形の仲間は四角形の仲間に全部入ります。」

図7 児童と教師のやりとり(1) (関西大学初等部, 2012, p. 130)

こうした社会的相互作用の後、「C: それなら、四角形じゃない長方形もないから長方形も四角形の仲間に全部入るんじゃないかな。」「C: そうだ。正方形も長方形も四角形だ。」「C: だから四角形の枠は、長方形と正方形を全部囲んだ枠になる。」という意見が発せられ、新しい見方を得ていた。最初は、正方形、長方形、四角形それぞれの図形を別々のものと捉えていた子どもたちから、『正方形も長方形も四角形である(i)』という新しい見方が生み出された。また、ここでの教師による発言における関わりは、数学的アイデアを引き出す直接的な関わりではなく、子どもたちの考

えを整理する発言であったと捉えることができる。

さらにその後、ベン図を使用して長方形と正方形という二つの図形はどのような関係にあるのかを比較して考えさせていた。どんな視点で比べればよいか投げかけると、辺の長さや角で比べるという発言が出た。その後は、ノートにベン図をかき、視点を決めて比べる活動を行った。そこでは次のような話し合いがなされた。

「C: 長方形も正方形も角を視点として比べるとどちらも「すべての角が直角」になります。」
「C: 辺の長さはすべて等しければ正方形だけど、長方形は短い辺と長い辺があります。」
「C: 角は同じで、辺の長さが違うんだ。」

図8 児童と教師のやりとり(2) (関西大学初等部, 2012, p. 132)

この場面で子どもたちは正方形と長方形について図9のように比較をしていた。

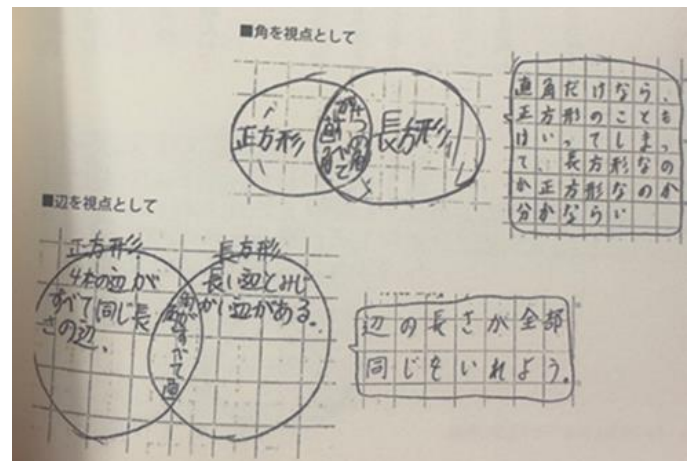


図9 児童のノート記述(2) (関西大学初等部, 2012, p. 132)

この後、教師は長方形の定義について確認をし、比較した際の発言を振り返った。そこで、「T: 「辺は長い辺と短い辺がある。」とありますが、これはどうですか。」と投げかけた後、「C: たまたまそうになっているのだと思います。」
「C: ということは、短い辺と長い辺がたまたま同じ長さになった時が正方形だと思います。」という意見が発せられ、新しい見方を得ていた。そして最後に、これまでの話し合いを踏まえて、もう一度仲間分けのベン図をかいて、学習をまとめていった。この後の振り返りでは「正方形は長方形の特別な形だとわかりました。」「今日ベン図で仲間分けをして、四角形の中に長方形があって、長方形の中に正方形があることがわかりました。」「正方形と長方形は別々と思っていたけれど、正方形は長方形の仲間ということを初めて知りました。」という発言がなされ、子どもたちのノートでは図10のように図形の関係がまとめられていて、図形を包摂的に捉えて理解していることが読みとれた。

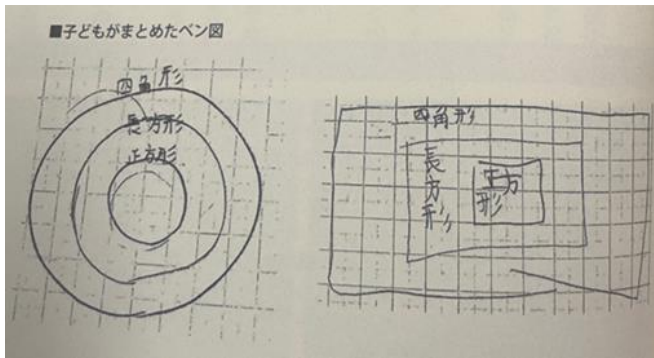


図10 児童のノート記述(3) (関西大学初等部, 2012, p. 133)

(2) 実践についての考察

これまでの実践での社会的相互作用で生み出された考え方 (i) が先の創発の要件を満たしているかどうかを考察していく。

まず、前時の活動で複数の四角形をベン図を活用し仲間分けをした。その時点では多くの児童がそれぞれの図形を別々のものと捉えていたが、「四角形じゃない正方形なんてないよ。」という発言をきっかけに「正方形も長方形も四角形である」という新しい見方が生まれ、それぞれ別々のものであるという考えから図形を包摂的に見ようとする新しいものの見方となっていった。その意味で、この (i) は非還元的なものであり、創発の要件 (E1) 「創発の基本」を満たしていると考えられる。教師は予めこのような見方を子どもたちがするようになることを期待してベン図を活用した。教師にとっては (i) は想定内の見方であり、この場面において教師は創発の主体ではなく、その主体は子どもたちである。以上のことから、(i) は子どもたちにとってということで、創発の要件 (E2) を満たしている。他方で、こうした新しい見方は、先に示したように子どもたちと教師との社会的相互作用を通して発生しており、要件 (E3) を満たしている。また、(i) は、要件 (E4) で言えば、統合的な考え方が働いており、それは数学的アイデアである。加えて、教師はその後、もう一度仲間分けのベン図をかくよう促し、頭の中にあるイメージを分かりやすく図に表すようにしている。その結果、この授業のねらいである「長方形と正方形を比べるために、図形の構成要素に着目して比較し、図形の包摂関係を理解する」にも十分迫ることができていた。その意味からも、この授業で生まれた (i) は、教師が目指していた新しい見方であり、その参画者たちにとって価値あるものであったため、要件 (E5) も満たしている。以上の考察から、(i) は創発の要件を満たしており、重要な見方・考え方の創発として捉えることができる。

6. ロイロノートを活用した授業提案

瀧ヶ平 (2023) によれば、数学的アイデア創発に関係していると考えられる「教師の関わりの目的」は、大きく「情動的な経験を促す」「選択的知覚を促す」に大別され、その具

体的な介入方法は、「話題の焦点化」「情報の補完と共有」「情報の整理」の3つであった。黒上 (2017) によれば、「考えるためには、一定の制限が有効にはたらく。シンキングツール上の図式や視点がその制限となる。」と述べられており、この制限によって話題の焦点化が促されると考える。また、情報の可視化、整理においてはシンキングツールの活用が、情報の補完と共有においては共有ノートの活用が有効に働くことが期待できる。創発を促すための教師の支援としてロイロノートの活用可能性が示された。この実践では、シンキングツールの一つであるベン図を活用していた。今回は、「シンキングツール」と「共有ノート」を活用した授業提案を行う。

子どもたちは四角形、長方形、正方形それぞれの定義を学んでいたにもかかわらず、はじめの仲間分けではそれぞれ別のものでとらえていた。関西大学初等部 (2012) によると、「別のものでとらえるということは、「違い」に着目していた。しかし、今回の学習を通して、定義の確認によって「同じ」と見られる部分があることに気づくことができた。「違うこと」だけでなく「同じこと」にも目を向けるという比較思考スキルが発揮された。」と述べていた。ベン図によって「違うこと」「同じこと」に着目するよう制限がなされ、子どもたちの活動が焦点化されていった。同じことに目を向けた結果、「正方形も長方形も四角形である」という新しい見方が生まれ、図形の包摂関係への理解につながる創発が促された。この図形の包摂関係への理解につながる創発をより多くの子どもに促しやすくするために、共有ノートを活用したグループ活動をこの全体思考の前に取り入れたい。共有ノートを活用して図6の考えを各グループに共有し、どのような経緯でこのような考えになったのか話し合い、グループの考えを共同編集でまとめる時間を設ける。共有ノートによって、表現の幅が豊かになったり、グループとしての考えが可視化しやすくなったりと話し合いが活性化されることで各グループでの創発が期待できる。

そして、長方形と正方形を比較する際には、図形の構成要素である辺や角を視点として比較をした。このシンキングツールによって、子どもたちの活動は焦点化され、「構成要素に着目する」という図形の大切な見方を引き出すことができていた。ロイロノート上でこの活動を行うことで、もとの図6を残したまま、瞬時に別のベン図で活動することができるため、「思考の連続性」を確保することができる。

7. 研究のまとめ

本研究では、まず、協働的な学びの背後に位置づく理論として創発があることを示唆した。次に、創発が促されるメカニズムについて考察し、創発を促すための要因として数学的な考え方を働かせることが重要であることが分かった。そして、創発を生起させるための教師の支援として「話題の焦点化」「情報の補完と共有」「情報の整理」が重要であることが示された。その後、協働的な学びにおける創発が期待できるロイロノートの機能について検討してきた。そこで、

ロイロノートに備わる「シンキングツール」「共有ノート」を算数・数学の授業の中で有効に活用することが重要であることが明らかとなった。そして、ロイロノートに備わるシンキングツールや共有ノートを活用したいいくつかの実践について考察してきた。実際に、非常勤先で行った実践についても考察をし、それらの機能の有効性を示すことができた。そして最後に、模造紙のシンキングツールを活用した実践について考察し、そこで促された創発について検討した。その後、ロイロノートを実践に如何に活用できるかを検討した。その結果、創発を生起させるための教師の3つの支援にロイロノートの機能が有効に働くことが期待できた。また、ロイロノートを活用したグループ活動を取り入れることで、集団としての考えが可視化しやすくなったり、子どもたちの表現の幅が豊かになったりとグループ活動が充実し、その創発がより多くの子どもたちから促されやすくなることも期待できた。ただし、生徒の実態に応じてこれらの機能を効果的に活用していく必要がある。算数・数学の授業でICTを活用し、協働的な学びにおける創発が促される授業をこれからも検討していきたい。

今後は、実際の学校現場でロイロノートを活用した実践を行い、如何にして創発がなされるのかを検証し、本当にICTが有効的に機能しているのかを検討する。

注

- (1) 2023 年 11 月 30 日、関西大学初等部における研究授業

主な参考文献

- 関西大学初等部 (2012) . 関大初等部式思考力育成法. 株式会社さくら社.
- 関西大学初等部 (2014) . 思考ツールを使う授業 関大初等部式思考力育成法〈教科活用編〉. 株式会社さくら社.
- 黒上晴夫 (2017) . 初等中等教育におけるシンキングツールの活用. 情報の科学と技術. 67 巻 10 号 p. 521-526.
- 黒上晴夫 (2022) . ロイロノート・スクール シンキングツールを学ぶ
[LNS_ThinkingTool. pdf \(loilo. tv\)](https://loilo.tv/LNS/ThinkingTool.pdf)
- 瀧ヶ平悠史 (2023) . 数学的コミュニケーションにおける数学的アイデアの創発過程に関わる研究—創発連鎖と教師の関わりとの関連に着目して—, 数学教育学研究. 4, 3-13.
- 立石俊夫 (2022) . ロイロノート版 シンキングツールで授業をかえる! わくわくパフォーマンス課題づくり. 株式会社アイデスク.
- 中央教育審議会 (2021) . 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して (答申) 【総論解説】.
- 文部科学省 (2017) . 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 数学編.

文部科学省, 国立教育政策研究所 (2022) . 令和 4 年度 全国学力・学習状況調査報告書 中学校 数学.

柳健 (2022) . 算数科における従来型指導から ICT を活用した指導への転換についての考察. 子ども教育研究. 14, 43-52.

ロイロノート・スクールサポート授業実践事例. 中 2 数学 合同な三角形 ピラミッドチャートを利用し, 三角形の合同を証明【実践事例】 (岡山県新庄村立新庄小中学校)

[ロイロノート・スクール サポート - 中 2 数学 合同な三角形 ピラミッドチャートを利用し, 三角形の合同を証明【実践事例】 \(岡山県新庄村立新庄小中学校\) \(loilonote. app\)](https://loilonote.app/)

吉迫のぞみ (2002) . 数学教育における創発的ネゴシエーションに関する研究 (V) —創発のメカニズムについて—, 数学教育学研究. 8, 31-38.

[https://doi. org/10. 24529/jasme. 8. 0_31](https://doi.org/10.24529/jasme.8.0_31)

吉村・他 (2015) . 算数・数学教育における創発の捉え方に関する解釈的研究—創発を生み出す授業の活性化を目指して—. 日本教科教育学会誌, 38 (2) , 47-56.