

生徒のつまずきの分析を通じた動的ツールの活用

石川 桃菜

上越教育大学教職大学院 2 年

1. はじめに

近年, ICT 機器の整備が進み, 数学の授業においても動的ツールを活用した実践が広がっている。中学校学習指導要領解説(平成 29 年告示)においても, 数学的な見方・考え方を働かせながら問題解決を図ることの重要性が示されており, ICT を効果的に活用することが求められている。GeoGebra のように図形やグラフを動的に操作できるツールは, 数量や図形の変化を視覚的に捉えさせることができ, 生徒の理解を支える可能性をもっている。

しかし, 動的に表現すること自体が, 直ちに生徒の理解の深化につながるとは限らない。実際の授業場面では, 動きを「見る」ことにとどまり, それを自らの既習内容や概念と結び付けて捉えられない生徒も見られる。すなわち, 教師が意図した学習効果と, 生徒の実際の思考過程との間にずれが生じる可能性がある。

生徒のつまずきは多様であり, 表面的には解けているように見えても, 概念的理解が十分でない場合もある。こうした実態を踏まえると, 動的ツールを活用すること自体を目的とするのではなく, 生徒一人一人の理解の様相を丁寧に把握した上で, どの場面で, どのような目的で用いるのかを検討する必要がある。

本研究では, 学校支援プロジェクトにおける 2 年間の実践を通して, 生徒の思考やつま

ずきを詳細に捉えることが, 動的ツールを学習支援として有効に機能させる前提であると考える。1 年目および 2 年目の実践を振り返りながら, 動的ツールの活用の在り方と今後の課題について考察する。

2. 学校支援プロジェクトの概要

本研究は, 上越市内の中学校において行われた学校支援プロジェクトを対象とする。本プロジェクトでは, 中学校数学科の授業支援および昼休み学習会への参加を通して, 生徒の学習状況を把握し, 支援の在り方を検討してきた。

通常授業においては, 教室内を巡回し, 生徒の思考過程やつまずきの様子を観察するとともに, 必要に応じて個別に学習支援を行った。

実習を通して, 生徒がどのような点でつまずき, どのように理解を形成していくのかを継続的に観察することができた。1 年目は主に動的ツールを活用した支援の可能性を探る実践を行い, 2 年目は生徒の理解の様相をより詳細に捉えることを重視した実践へと発展させた。

本研究では, これら 2 年間の実践を比較しながら, 動的ツールの活用の在り方について検討する。

3. 1 年目の実践

1 年目の実践では, 授業観察・支援で生徒が困難に感じている内容を把握し, 学習課題に生かした。また, GeoGebra を用いて生徒

が問題場面のイメージを持つことを目指した支援を行った。

(1) 合同な図形の証明

合同な図形の証明の単元では、生徒が図形の性質を文章や図だけから理解することに難しさを感じている様子が見られた。

そのため、生徒が点を動かしながら辺の長さや角度の関係を確認できる GeoGebra 教材を作成した。点を操作することで合同関係が維持される様子を示し、「条件が揃えば必ず合同になる」という性質を視覚的に確認できるようにした。(図1)

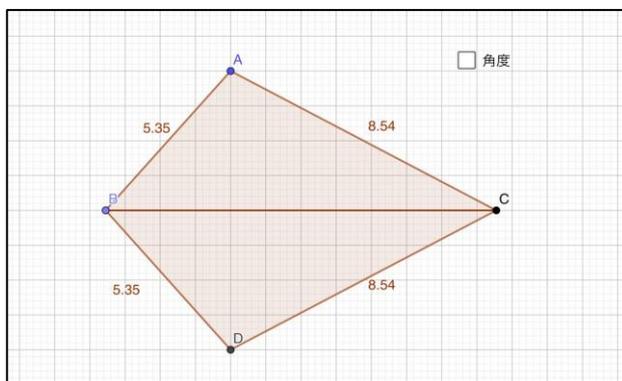


図1 合同な図形を示した GeoGebra 教材

教材を用いることで、図形の特殊な状態を確認する機会を提供し、生徒が図形の性質を捉えることにつながったと考えられる。この場面では、モニターに映して提示するだけでなく、生徒自身が点を操作できる形で教材を用いた。実際に点を動かしながら、「どの位置でも辺の長さが等しい」「角の大きさが変わらない」と確認する姿が見られた。動いている様子を見るだけでなく、自ら操作することで、条件と結果の関係を主体的に確かめる経験になったと考えられる。

これらの生徒の反応から、ICT は単に一斉提示の道具として用いるだけでなく、生徒一人一人の理解段階に応じて活用できる可能性をもっていると考えられる。例えば、理解に不安がある生徒が個別に操作しながら確認することもできるし、特別な位置関係や場合を自ら試しながら考察を深めることもできる。

常に「分からないときに使う補助」として提示するのではなく、理解が進んでいる生徒にとっても、新たな気づきや一般化につながる場面で活用することも可能であろう。

このように、ツールそのものだけでなく、「どのように提示するのか」「誰にどのような場面で操作させるのか」という設計が重要であり、提示方法の在り方についても今後さらに検討する必要があると考える。

(2) 平行な直線とグラフ

$y = -2x - 3$ のグラフと平行で、点 $(3, -2)$ を通る直線の式を求め、グラフをかきましょう。

授業観察・支援の中で、生徒が問題文から直線のイメージを持つことに困難を示す様子が見られた。一方で、傾きと切片が与えられた問題では解答できる生徒も存在したことから、平行な直線の概念理解にズレがある可能性が考えられた。そこで GeoGebra 教材を作成し、条件を満たしたまま直線が動く様子を提示した(図2)。昼休み学習会では、モニターに教材を映し続け、生徒が直線の変化を観察できる環境を設定した。

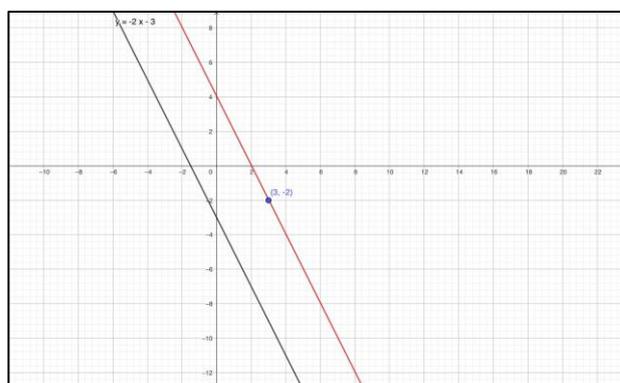


図2 平行な直線を示した GeoGebra 教材

教材の提示により、平行な直線は傾きが同じであるという関係を理解し、問題を言い換えて取り組む様子も見られた。

しかし、多くの生徒は教材を観察することにとどまり、教材の提示が支援として十分に機能しない場面も見られた。このことから、動的ツールを用いること自体が目的となり、生徒がどのように問題に向き合い、どこでつまづいてい

るのかを十分に把握できていなかった可能性があると考えられる。

(3) 1年目の考察

1年目の実践では、生徒が問題場面のイメージを持つことを支援の中心とし、動的ツールを活用した教材を作成した。例えば、平行な直線の単元においては、傾きと切片が指定された問題では多くの生徒が解答できていたことから、「平行であることは傾きが等しいと言い換えるだけである」と捉えていた。しかし、実際に何が分からないのかを尋ねても具体的な応答は少なく、問題をどのように認識すればよいのかが曖昧な様子が見られた。

そこで「平行な直線とはどのような直線か」と問いかけると、手振りで示したり図に描いたりする生徒はいたものの、「傾き」という語はほとんど出てこなかった。すなわち、視覚的な平行のイメージは有している一方で、それを式の構造と結び付けて理解する段階には至っていない可能性が示唆された。このような実態を踏まえ、条件を満たしたまま直線が動く様子を示す教材を作成し提示したが、多くの生徒はそれを観察するにとどまり、思考が停滞した場面においても積極的にツールを参照する様子は限定的であった。

このことから、動的ツールは提示するだけでは思考支援として十分に機能するとは限らず、生徒のつまずきの構造をより丁寧に把握し、そのつまずきに応答する設計がなされて初めて有効に働く可能性があると考えられる。1年目の実践は、生徒の理解の様子を一定程度把握した上で教材を作成したものの、そのつまずきがどの段階で生じているのかを十分に整理しきれなかった点に課題があったといえる。

4. 2年目の実践と生徒のつまずきの特徴

実践を通して見られた生徒のつまずきの特徴を整理する。1年目の実践では、動的ツールを用いてイメージを持たせることを支援の中心としていたが、生徒によって問題解決の

手順や思考方法に差があることが明らかになった。2年目の実践では、生徒の理解の特徴をより詳細に把握することを重視し、学習支援を行った。

(1) 問題の目的理解

生徒の中には、問題が何を求めているのかを把握できず、解答の方針が曖昧なまま問題に取り組む様子が見られた。特に、答えの形式を意識できないことが思考開始の遅れにつながる場合があった。

例えば、直線と x 軸との交点を求める問題において、 x 軸上の点は $y=0$ となる点であるという理解が曖昧なまま、 y に 0 を代入する発想に至らず手が止まる生徒が見られた。また、方程式の学習場面では、生徒は最終的に「 $x=\square$ 」の形に整理するという目的を意識しやすい一方で、文字式の学習場面では式をどのように整理すればよいのかという目的が曖昧になり、解答に困難を示す生徒が存在した。このことから、式操作の技能だけでなく、操作の目的を理解することが重要であると考えられる。

さらに、問題の終着点を具体的にイメージできるかどうかは、思考の出発点に大きく影響していると考えられる。答えの形式や求める対象が明確な場合には手が動きやすい一方で、「何をもちて解決とするのか」が曖昧な場合には、既習内容をどのように活用すればよいのか判断できず、思考が停滞する様子が見られた。このことから、学習支援においては、解答に至る過程だけでなく、「何を目指しているのか」という見通しをもたせる働きかけが重要であると考えられる。

(2) 操作手続きの意味理解

式の変形や計算処理において、形式的な操作に頼り、その意味を意識できないまま解答を進める生徒が存在した。

文字式と方程式の比較課題では、式の形を揃えて問題を提示した(図3)。

<p>【文字式】</p> $2x \times 10$ $6x - 7 - 4x + 11$ $\frac{x+3}{2} + \frac{x-3}{5}$	<p>【方程式】</p> $2x = 10$ $6x - 7 = 4x + 11$ $\frac{x+3}{2} = \frac{x-3}{5}$
--	---

図3 文字式と方程式の比較問題

文字式の問題では、方程式における「分母を払う」という操作意識との混同が見られた。具体的には、両辺に10を掛けるなどの操作が行われる様子が見られ、計算結果が $7x+9$ となる誤りも確認された(図4)。

$$\begin{aligned} & \frac{x+3}{2} + \frac{x-3}{5} \\ &= \frac{5x+15}{10} + \frac{2x-6}{10} \\ &= 5x+15+2x-6 \\ &= 5x+2x+15-6 \\ &= 7x+9 \end{aligned}$$

図4 誤答例

このことから、計算処理は形式的に理解しているものの、操作の目的理解が不十分である可能性が示唆された。

これらの誤りは、単なる計算技能の不足というよりも、「同じ形にそろえる」「両側に同じ操作をする」といった手続き的な知識が強く残っていることによるものと考えられる。実際の支援場面では、「なぜ10を掛けたのか」と問い返すと、明確に説明できない生徒も見られた。これは、操作の意味が言語化されないうまま手続きだけが定着している状態を示していると考えられる。したがって、式変形の場面では、計算結果だけでなく、その操作の根拠を問い直す活動を取り入れることが必要である。

(3) 理解段階の差

生徒によって理解の違いや理解の仕方の違

いが存在することも確認された。既習知識を形式的に処理できる生徒がいる一方で、イメージを補助としながら理解を整理する生徒も存在した。このことから、同一の内容であっても、生徒が依拠している理解の枠組みには差があることがうかがえた。

例えば、1次関数で x 軸との交点を求める場面では、問題文から直線のイメージを持つことが困難な生徒が見られた。一方で、傾きと切片が与えられた問題では解答できる生徒も存在したことから、平行な直線概念理解にズレがある可能性が示唆された。すなわち、視覚的な理解と代数的な操作とが必ずしも統合されていない状況が存在していたと考えられる。

このような実態を踏まえると、動的ツールの活用においても、単に直線が条件を満たしたまま動く様子を提示するだけでは不十分であり、イメージと式の関係に意識を向けさせる設計が求められる。実際にGeoGebra教材を提示した場面では、直線が条件を満たしたまま動く様子を観察するにとどまり、教材の提示が思考支援として十分に機能しない場合も見られた。このことは、動的ツールの提示だけでは生徒の理解を支援することが難しい場面があることを示唆している。

(4) つまずき分析のまとめ

以上のことから、生徒のつまずきには理解の段階や特徴が存在することが明らかとなった。特に、問題の目的理解、操作手続きの意味理解、理解段階の差が生徒の学習過程に影響を与えている可能性が示唆された。

生徒は、既習知識を形式的に処理できる場合がある一方で、その操作がどのような意味をもつのかを十分に理解できない場合も見られた。問題解決においては、技能の習得だけでなく、操作の目的や数学的関係性を意識することが重要であると考えられる。

また、生徒の理解様相は一様ではなく、イメージを補助としながら理解を整理する生徒

も存在した。これらのことから、生徒のつまずきを丁寧に把握し、理解の特徴に応じて支援を検討することが学習支援の質を高める上で重要であると考えられる。

特に、誤答は単なる誤りとして処理するのではなく、生徒の理解状態を示す重要な手がかりとして捉える視点が必要である。誤答の背景にある思考過程を推測し、どの段階で認識のずれが生じているのかを整理することが、適切な支援につながると考えられる。

5. 生徒の理解特徴と動的ツールの活用

本研究では、2年間の実践を通して生徒のつまずきの特徴を分析した。その結果、問題の目的理解、操作手続きの意味理解、理解段階の差が、学習過程に影響を与えている可能性が示唆された。本章では、これらの分析を踏まえ、動的ツールを活用する際の視点について整理する。

(1) 動的ツールの位置付け

動的ツールは、図形や数量の変化を視覚的に示すことができるという特性をもつ。しかし、本研究の実践を通して明らかになったのは、動的ツールを提示するだけでは、必ずしも生徒の思考が深まるとは限らないという点である。実際に、GeoGebra 教材を提示した場面では、直線の変化を観察する様子は見られたものの、その観察が必ずしも概念理解の深化に結び付いていない場合も確認された。

このことから、動的ツールは単なる視覚的提示の手段ではなく、生徒の思考を支えるための手段として位置付ける必要があると考えられる。

(2) 理解特徴を踏まえた活用の視点

整理した生徒のつまずきの特徴を踏まえると、動的ツールの活用にあたっては、次のような視点が重要であると考えられる。

まず、問題の目的理解を支える設計である。生徒が何を求める問題であるのかを明確に意識できるよう、どの点に着目すべきか、不変な関係は何かを明示する必要がある。動

的な変化を示す際にも、単に動きを見せるのではなく、「何が変わるのか・変わらないのか」という目的に焦点を当てることが重要である。例えば、直線の問題では、傾きが一定であることを強調しながら切片だけが変化する様子を示すなど、目的に限定した提示が有効であると考えられる。すべてを同時に示すのではなく、数学的に意味のある変化に焦点化することで、生徒の思考を方向付けることができる可能性がある。

次に、操作の意味理解を支える工夫である。誤答分析から、生徒は、傾きを求めるための式変形や、直線を条件に合わせて動かす操作自体は行うことができても、その操作が「何を明らかにするためのものなのか」という目的を十分に意識できていない場合があることが示唆された。したがって、動的ツールを活用する際には、操作の結果だけでなく、「なぜその操作が必要なのか」を言語化する場面を設定することが求められる。例えば、平行と傾きの関係を言い換えられない生徒に対しては、直線を動的に操作させ、不変な関係に着目させる提示が有効であると考えられる。一方の直線を固定し、他方をドラッグしても傾きの値が変化しない様子を観察させることで、「傾きが等しいこと」が平行の条件であることを視覚的に確認させることができる。このように、「何を確かめているのか」を意識させることが、概念理解の支援につながると考えられる。

最後に、理解段階の差を踏まえた提示方法の検討である。既習知識を形式的に処理できる生徒と、イメージを補助として理解を整理する生徒では、支援の在り方が異なる可能性がある。動的ツールは特にイメージ補助型の生徒に有効である一方で、形式的処理が可能な生徒に対しては、関係性の一般化を促す問いかけが重要となる。

さらに、本実践で見られた誤りは、既習知識の転移の在り方とも関係していると考えら

れる。生徒は過去に成功した手続きを新しい課題にも適用しようとするが、その転移が適切に機能する場合と、過剰適用となる場合がある。文字式において両辺に同じ数を掛ける誤りは、方程式学習での成功経験が無自覚に適用された例と捉えることができる。このような観点からも、動的ツールは単なる視覚的補助ではなく、概念の違いや構造の違いを明確に比較させるための媒介として活用することが重要である。

以上のことから、動的ツールは一律に提示すればよいものではなく、学習内容や生徒のつまずきの性質に応じて、提示方法を検討する必要があると考えられる。不変な関係に着目させたい場面と、条件の成立を体験的に確かめさせたい場面とでは、支援の在り方は異なる。動的ツールの活用は、「使うかどうか」ではなく、「どの場面で、どのような目的で、どのように提示するか」という設計の問題として捉えることが重要である。

(3) 今後の課題

本研究は限られた実践事例に基づく分析であり、すべての学習場面に一般化できるものではない。今後は、より多様な学習内容や学年において実践を重ね、動的ツールの活用がどのような場面で有効に機能するのかを検討する必要がある。

また、生徒の理解の様子を、より丁寧に見取るための工夫も必要である。動的ツールの活用と併せて、生徒の発言や記述の分析を通して理解の過程を捉えていくことが求められる。そのためには、生徒の思考過程に応じた支援の在り方を、継続的に検討していくことが必要である。

6. おわりに

本研究では、学校支援プロジェクトの授業支援や昼休み学習会での実践を通して、生徒の理解の様子を捉えながら、動的ツールの活用の在り方について検討してきた。

誤答分析からは、問題の目的理解の曖昧さ

や、操作の意味理解の不十分さが、つまずきにつながっている様子が見られた。例えば、文字式の処理において、方程式の「分母を払う」という考えと混同し、両方の項に同じ数を掛ける生徒が多く見られた。このことは、計算手続きの形式的な理解にとどまり、その操作の意味が十分に整理されていない可能性を示している。

こうした実態を踏まえると、動的ツールは単に変化を視覚的に示すためのものではなく、生徒が「何に着目し、どのように考えているのか」を捉え、その理解を支えるための手段として活用することが重要であると考えられる。

今後は、生徒の理解の様子をより丁寧に見取るための工夫も必要である。動的ツールの活用と併せて、生徒の発言や記述をもとに理解の過程を捉え、その都度支援を見直していくことが課題である。

本研究を通して、動的ツールは数学学習の「答えを示す道具」ではなく、生徒の思考に寄り添い、理解を支える存在になると考えられる。今後も、生徒の理解の実態に目を向けながら、よりよい活用の在り方を探っていきたい。また、一斉提示と個別操作の在り方を整理し、学習内容や生徒の理解段階に応じて使い分ける視点が必要であると考えられる。例えば、新しい概念導入時には全体で共有し、理解を深める段階では個別に操作させるなど、段階的な活用も考えられる。ICTの特性を最大限に生かすためには、「使うかどうか」ではなく、「どの場面で、どのように使うか」をより具体的に検討していく必要がある。

7. 引用文献・参考文献

- 1) 文部科学省(2018). 中学校学習指導要領(平成29年告示)解説総則編.