

自分の考えを深める生徒の育成を図る中学校数学科の指導

—思考の過程を表現し振り返ることを通して—

荒木(山野)佳奈・佐藤 浩一・田村 充

群馬大学教育実践研究 別刷

第39号 183～195頁 2022

群馬大学共同教育学部 附属教育実践センター

自分の考えを深める生徒の育成を図る中学校数学科の指導 —思考の過程を表現し振り返ることを通して—

荒木(山野)佳奈¹⁾・佐藤 浩一²⁾・田村 充³⁾

- 1) 伊勢崎市立あずま中学校
- 2) 群馬大学大学院教育学研究科教職リーダー講座
- 3) 元・群馬大学大学院教育学研究科教職リーダー講座

Mathematics classes at a junior-high school to help students deepen their thinking through expressing and reflecting thinking processes.

Kana ARAKI-YAMANO¹⁾, Koichi SATO²⁾, and Mitsuru TAMURA³⁾

- 1) Azuma Junior-high School, Isesaki, Gunma
- 2) Program for Leadership in Education, Graduate School of Education, Gunma University
- 3) Formerly Program for Leadership in Education, Graduate School of Education, Gunma University

キーワード：数学、思考、表現、振り返り

Keywords: Mathematics, Thinking, Expression, Reflection

(2021年10月24日受理)

1 問題と目的

1.1 問題

中学校数学科では数学的な見方・考え方を働かせ、数学的活動に取り組む中で、①「知識及び技能」、②「思考力・判断力・表現力等」、③「学びに向かう力、人間性等」の3つを育成することを目指している。①は事象を数学的に解釈したり、数学的に表現・処理したりする技能である。②は数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力である。③は粘り強く考え、問題解決の過程を振り返って評価・改善しようとする態度である。

平成30年度全国学力・学習状況調査の結果を見ると、特に②と③について、筆者（第一著者）の勤務校でも全国的にも課題のあることが分かる。^(注1)

②の「数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力」について、勤務校の生徒は答えを求

めることで満足し、目的に応じて数学的な表現を選択したり、自分の表現をより簡潔・明瞭な表現に改めたりしようとする者は少ない。全国調査でも、様々な領域の問題解決の場面で数学的な表現を用いて説明することに課題があると指摘されている（文部科学省・国立教育政策研究所，2017）。

③の「粘り強く考える」ことについて、勤務校では応用問題で最初からあきらめてしまう生徒が多い。全国調査B問題でも、勤務校の生徒の無解答率は高く、例えばB問題③（3）は28.4%、その他に無解答率が20%近い問題が4問あった。全国でもB問題のうち5問で、無解答率が20%を超えていた。

③ではさらに、「問題解決の過程を振り返って評価・改善しようとする態度」が求められている。しかし勤務校では、自分の考えを持つことはできても、それをさらに深めようとする生徒は少ない。全国調査の「数学の授業で問題を解くとき、もっと簡単に解く方

法はないか考えますか」という問いに「当てはまる」と回答している生徒は、勤務校で36.9%、全国でも33.5%と、少ない。

1.2 目的

これらの課題を踏まえ本研究では、中学校1年生の数学科の授業において、自分なりの考えを持ち、その思考の過程を表現し、考えを振り返ることを通して、自分の考えを深める生徒の育成を目指す。具体的には、自分の考えを持ち表現する力、自分の考えを振り返りよりよい（簡潔・明瞭・的確な）表現へと改める力を育てることを目指す。またこうした学力や学習活動への取り組み方は、生徒の学習観と密接に結びついている。そこで、答えだけでなく思考過程を重視し、失敗を次に生かそうとする「認知主義的学習観」（市川ら、2009）、テストは自分の理解状況を確認し学習改善に活用するツールだという「改善的テスト観」（鈴木、2011）を育てることを目指す。

5つの手立て こうした力や学習観などを育てるため、先行研究や先行実践を参考に、次の5つの手立てを取り入れる。

第一は「問題の工夫」である。生徒が意欲的に取り組み、誰もが自分なりの方法で考えを持てるような問題を工夫する（相馬、2013）。

第二は「表現の支援」である。自分の考えを式・図・表・グラフなどを用いて表現できるよう、説明のツールを活用するなど支援する（植阪、2014）。

第三は「インフォームドアセスメント」である。授業中の説明場面やテストの返却の際に評価基準（ルーブリック）を提示し、自分の思考をどのように説明することが大事かを明示する（鈴木、2011；村山、2006）。

第四は「教訓帰納」である（市川、2013；植阪、2013）。問題を解いた後に、「何が分かったか」「なぜ間違えたか」など、次に生かせるポイントを引き出し、付箋にメモして残していく。

第五は「テストでの思考過程表現」である。授業だけでなくテストでも思考過程を表現させる（床、2012）。

「問題の工夫」により自分の考えを持つことに、「表現の支援」と「インフォームドアセスメント」でよりよい表現に、そして「教訓帰納」と「テストでの思考

過程表現」により認知主義的学習観や改善的テスト観につながると期待される。

第6の手立て—インストラクション さらに、これら5つの手立てが効果を発揮するよう、授業やテストの方法について生徒に丁寧な説明（インストラクション）を行う。石川（2013）は授業におけるインストラクションには、方法のインストラクション（授業の進め方の解説）だけでなく、意図のインストラクション（その活動に取り組む理由の説明）と価値のインストラクション（学びの価値を訴える説明）があるとし、特に価値のインストラクションの重要性を指摘している。本研究でも機会を設定して、5つの手立てやそれに対応した活動について、意図や価値を丁寧に説明する。

2 実践の方法

実践は第一著者が、第二・第三著者の指導を受けつつ勤務校で行った。調査を含む研究の実施については、学校長の同意を得た。前節で述べた6つの手立てを、2019年度の中学1年生の授業やテストに取り入れた。ここでは4月当初に行った数学科の授業のオリエンテーションと、授業の基本的なスタイルを説明する。続いて「3 実践例」で、授業等の様子をより具体的に記述する。

2.1 オリエンテーション

4月の始めに数学のオリエンテーションの時間を1時間設けて、中学校数学の授業スタイルや手立てを説明した。そこではパワーポイントを用いつつ、次のことを強調した。

- ・自分の考えを持つことが大切である。
- ・授業でもテストでも、答えが出ればよいのではなく、考え方を説明できることが大事である。友だちの説明も参考に、分かりやすい説明を考える。
- ・間違いは次に生かすチャンスである。気づいたことや、間違えないポイントを付箋にメモしていく。

続けて考えを説明する練習を行った。小学校6年生のやや簡単な問題を用い、かつ「算数の苦手な小6に説明する」という場面を設定した。これにより、答えを求めることなく、説明を考えることに意識を向けやすいようにした。また、教訓帰納に用いる赤色と

黄色の付箋（25mm×75mm）を一人に1束（90枚）ずつ配布し、付箋やノートを使い方（詳しくは2.2参照）を説明した。

2.2 授業の基本的な流れ

問題の提示 生徒にとって身近で考えやすく、かつ全員が何らかの予想を持てるような問題を提示した（問題の工夫）。それにより、どの生徒も問題に対する考えを持って意欲的に取り組めるようにした。

説明活動 次に自分の考えを説明する場面を設けた。説明で用いることのできるようなツール（表、式、グラフ、線分図、数直線、用語等）をカードの形で常に黒板に掲示し（写真1）、その都度使いそうなものを全体で確認した（表現の支援）。その後ペアやグループで説明し合う時間を設けた。その際、必要に応じてミニホワイトボードにかき込みながら相手に説明した（表現の支援）。さらに、ペアやグループでの説明を全体で共有した。上手な説明の例を取り上げてよい点を解説したり、ある生徒の説明を他の生徒に説明し直させたりした（表現の支援）。

グループ内で説明し合う際には、ループリックを用

いて生徒同士で互いに評価し合った。ループリックでは次のように「答えの基準」と「考え方の基準」を示した（インフォームドアセスメント）。生徒の意欲に配慮し、完璧でなくても何かしらの答えや考えがかけられていればB基準となるよう設定した。

[答えの基準]

- C：何も解答していない
- B：答えが間違っている
- A：答えが正解である

[考え方の基準]

- C：考え方の説明がかけていない。
- B：考え方の説明がかけている。
- A：考え方の説明がよりよくかけている。

「よりよく」とは例えば、

- ・説明した相手が納得してくれた。
- ・いくつかの考え方でかけている。
- ・質問にきちんと答えられていた。

教訓帰納と付箋・ノートの活用 問題解決の過程や結果から次に生かせるポイントを引き出し（教訓帰納）、各自がノートに蓄積していけるように、次のような工夫をした。ポイントはなるべく生徒から引き出し、まとめるようにした。例えば $(-1) \div (+3)$ の答えを「 $-0.333\cdots$ 」や「約 -0.3 」と書く生徒がいた。その際、『 \cdots 』や『約』を使わずに表すにはどうすればよいだろう？と全体に問いかけ、生徒から「割り切れないときは分数で表す」というポイントを引き出した。

ポイントはオリエンテーションの時間に配布した付箋にかき込ませた。赤の付箋には上で述べたようにクラス全体で共有したポイントをかき込んだ。黄色の付箋にはそれ以外に、自分で大切だと思ったポイントをかくようにした。ノートは毎頁の下側1/4に線を引き、その下を付箋を貼るスペースとした（写真2）。

生徒にとってこうした付箋やノートの使い方は初めてのことであった。そこで5月に生徒の優れたノート例を示しながら、次のようにノートの使い方のポイントと理由を説明した。

- ・行間を空けると後で見やすく、かき込みやすい。
- ・問題の説明は、問題の近くにかき込むと、対応が分かりやすい。
- ・一つの問題でもいろいろな考え方や説明ができる。



写真1 黒板に掲示されたツールのカードとそれらを使って生徒が考えを説明した様子



写真2 付箋にメモし、ノートの下スペースに貼る様子

自分で考えた説明だけでなく、他の人の説明もメモすると、考えが広がる。

- ・間違いは消さずに残しておく。そこから自分なりのポイントを付箋にメモして残しておく、同じ間違いを繰り返さない。

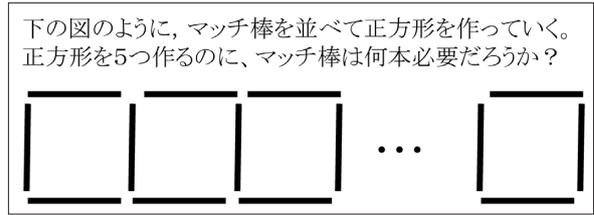


図1 マッチ棒の問題

3 実践例

「文字と式」（6月）の導入場面、「1次方程式」を利用して問題を解決する場面（9月）、1学期の期末テスト（7月）を例に、5つの手立てを具体的に説明する。

3.1 「文字と式」（6月実施）

文字と式の導入場面では、マッチ棒を使って正方形を並べていく問題を扱った（図1）。正方形の増え方の規則に気づいて考えた生徒、規則は考えられないが正方形を実際に描いた生徒など、全員が自分なりの方法で考えを持つことができる問題であった（問題の工夫）。さらに黒板に掲示した「式」「表」などのカードを参照し（表現の支援）、式と表や図と言葉など複数の表現で説明している生徒もいて（写真3）、全員が答えを求めることができた。

その後、正方形の個数がいくつであってもマッチ棒の本数が求められるよう、公式を考えた。生徒はまず個人で考え、その後に3～4人のグループで交流した。ミニホワイトボードを用いたところ（表現の支援）、これまではノートを読み上げるだけだった生徒も、ホワイトボードに図や表などをかき込みつつ、思考の過程をたどりながら、相手に伝わりやすい説明ができていた（写真4）。最終的には、ほとんどの生徒が式・図・表などを用いて自分の考えを説明できた。グループでの説明活動の後、黄色の付箋に他の生徒の考えをメモする生徒もいた（写真5）。また生徒にはループリックを示し、互いの説明を評価し合うことも求めた（インフォームドアセスメント）。ループリックの記述が生徒にも分かりやすい表現だったこともあり、よりよい説明を意識しつつ取り組み、評価し合っていた。

公式としては、

- ・「始めの正方形（4本）+1つ分の数（3本）×最初以外の個数」（言葉による表現）

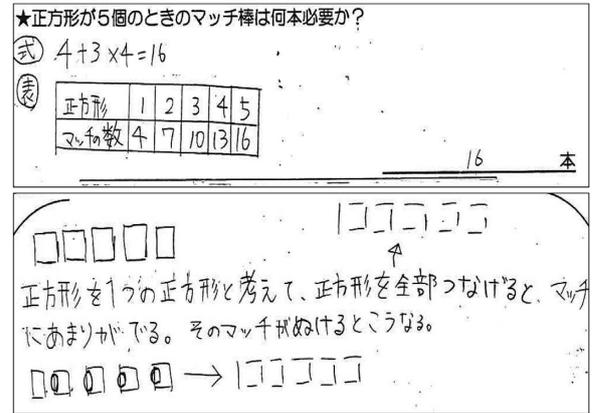


写真3 複数の表現で説明した生徒の例（上：式と表、下：図と言葉）



写真4 ホワイトボードを使った説明の様子

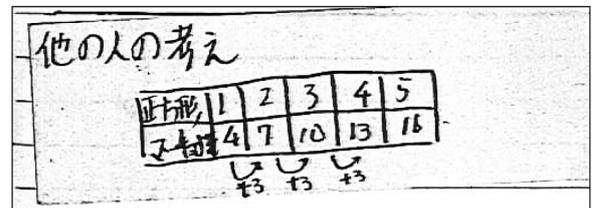


写真5 他の生徒の考えをメモした付箋

- ・「 $4 + 3 \times (x - 1)$ 」（文字による表現）

という2通りの考えが出されたが、グループで検討し合う中で、表現は違うけれども考え方は同じであることに気づいた様子であった。クラス全体でも両方の表現を取り上げたが、「文字を使った方が簡単」という意見が出て、文字の有用性に気づくことができた。

3.2 1次方程式（9月実施）

本時は、1次方程式の解き方を一通り学習した後、道のり・速さ・時間に関する問題を1次方程式を用いて解く時間であった。提示した問題は次のものである。

ウサイン・ボルト選手は毎分600m、チーターは毎分1800mで走る。ボルト選手がスタートしてから10分後にチーターがスタートする。チーターは何分後にボルトに追いつくかを求めなさい。

この種の問題は教科書では「Aさん、Bさん」という設定が多い。しかし生徒が関心を持てるように、「ウサイン・ボルト選手とチーターの対決」という設定にした。さらにその様子をパワーポイントのライドショーで示した（図2）。これによりスタート時刻の違いや、走った距離が等しいことなどを確認した。この説明により生徒は問題状況を捉えることができ、「〇分後じゃないかな？」と反応するなど、関心

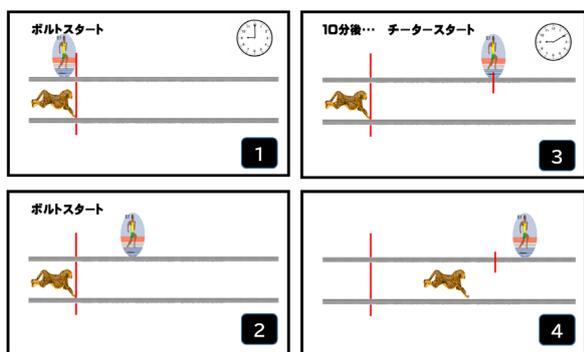


図2 問題の状況を説明するライドショー（一部）

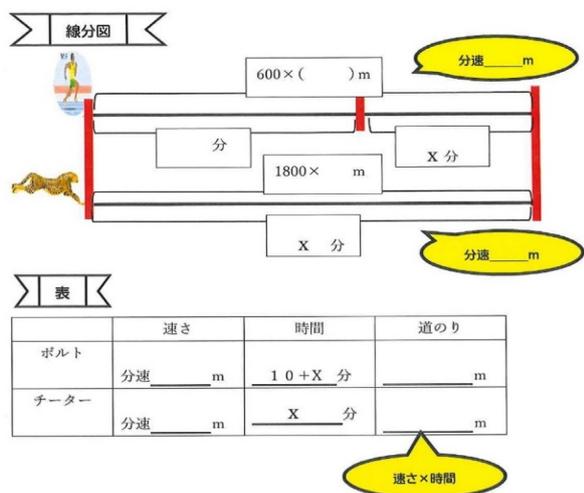


図3 線分図や表で考えるためのヒントカード

を持って取り組む様子がうかがわれた（問題の工夫）。

また数学が苦手な生徒の場合、立式の前の段階で線分図や表で考えることが難しいと予想された。そこで図3のヒントカードを作成し、つまづいている生徒に提示した。これによりつまづいている生徒の思考や表現も促進された（表現の支援）。

個々人で考えた後、グループでお互いに自分の考え方を説明し合った。1学期から説明活動を重ねてきたために生徒は慣れた様子であり、ホワイトボードに線分図や表をかき込みながら説明できていた。またルーブリックを参考に（インフォームドアセスメント）、互いの説明を評価する活動にも慣れ、評価を意識しながら発表できていた。

さらに、下位の生徒が自分の考えをうまく表現できない場面では、上位の生徒が言い換えてあげるなど説明の補助をしている様子が見られた。このように、グループ内で互いに補い合うことで、よりよい表現につながる様子が見られた。

3.3 1学期の期末テスト

テスト前（6月） 1学期期末テストの前にテスト勉強の方法について、次のことを説明した。

- ・これまでまとめたポイント（付箋）が重要である。
 - ・授業で考えた説明問題が必ず出題される。
 - ・説明問題では授業と同じルーブリックで採点する。
- そのうえで、単元テスト前に適切に取り組んでいた生徒のノート例を示しつつ、次のような方法を推奨した。

- ・これまでのポイント（付箋）を確認し、それを参考に問題を解く。
- ・教科書の練習問題などで理解度確かめる。
- ・練習問題で間違えたら、なぜ間違えたかを考えて、間違えないようにするためのポイントをまとめる。
- ・授業で扱った説明問題を復習し、もう一度自分で説明を考えてみる。

生徒の取り組みをノートで確認したところ、テスト前に、ほとんどの生徒が授業中にまとめたポイントを確認したり、授業で扱った説明問題を復習したりしていた。ワークなどの練習問題に取り組み、そこから新たなポイントをまとめた生徒もいた。

テストの返却（7月） 期末テストを返却したときには1時間をかけて次の活動に取り組んだ。

まず、これまで授業中に用いてきたルーブリックをあらためて示して、評価基準を確認した。授業中に用いたルーブリックと同じ表現を用い、「B：考え方の説明がかけている（3点）」、「A：考え方の説明がよりよくかけている＝相手が納得できるような説明ができていたり、いくつかの考え方でかけている（6点）」などと点数も示した。

続いて、間違いの多かった問題を取り上げて、何に気をつけるか、どう考えるかを確認した。

例えば $\left(\frac{3}{2}-\frac{4}{5}\right)\times 10$ という問題では、分配法則を使わずに（ ）の中から先に計算して通分を間違え、誤答になった生徒が多かった。そこで教師が分配法則を使って解いてみせ、通分で間違えなくなることを示した。そしてクラス全体のポイントとして、「分配法則を使うと、通分せずに計算できる」ことを付箋にメモした。

また、 $\frac{3^2}{2}$ や $\left(-\frac{3}{5}\right)^2$ のように、一見すると似ている累乗の大小を比較する問題も、誤答が多かった。そこで「2乗がどこにあるのか、何と何を2回かけるのかが大切」と説明した。すると生徒から「じゃあ $\frac{3}{5}$ を2乗させるときの書き方は?」「見分けるにはどうした

らよいか?」などの疑問があがった。それらを考える中で生徒から「指数の位置に着目する」というポイントが出され、これもクラス共通のポイントとして付箋にメモした。

さらに間違いの多かった問題について、類題を教科書から提示した。間違いを直すだけでなく、類題を解くことで、自分の理解度を確認し、ポイントを生かすことのよさを感じることができた。類題は教科書から抜粋したが、これにより生徒が家庭学習でも、自分で類題を探すことができた。

4 検証

以上のような実践を4月から半年間継続した。その成果を、テストでの解答状況や質問紙調査で検証する。また数学が苦手な生徒2名を抽出して、実践の有効性を検証する。

4.1 テストで自分の考えを説明する問題

テストでは必ず、答えだけでなく自分の考えを説明する問題を出題した。それに対する解答状況を表1

表1 考えを説明する問題の結果

テスト	内容		A評価	B評価	C評価
単元テスト (2019年6月)	正の数、負の数	問4～問6 総計	37.4	57.0	5.6
		問4	34.4	60.0	5.6
		問5	62.2	35.6	2.2
		問6	15.6	75.6	8.9
1学期期末 (2019年6月)	正の数、負の数	問9・問10の総計	58.9	37.2	3.9
		問9	42.2	57.8	0.0
		問10	75.6	16.7	7.8
単元テスト (2019年7月)	文字と式	問7・問8の総計	61.1	29.4	9.4
		問7	50.0	38.9	11.1
		問8	72.2	20.0	7.8
単元テスト (2019年9月)	一次方程式	問8	67.8	26.7	5.6
2学期中間 (2019年10月)	一次方程式	問5(1)(2)・問7の総計	57.0	37.4	5.6
		問5(1)	57.8	36.7	5.6
		問5(2)	75.6	21.1	3.3
		問7	37.8	54.4	7.8
2学期期末 (2019年11月)	量の変化と比例、 反比例	問6・問7・問8の総計	49.6	48.5	1.9
		問6	50.0	47.8	2.2
		問7	70.0	26.7	3.3
		問8	28.9	71.1	0.0

数値は解答のうちA・B・Cの各評価に該当するものの%を示す

に示す。評価基準はAが「十分説明がかけている」、Bが「説明がかけているが不足する点がある」、Cが「まったく（ほとんど）かけていない」である。

単元テスト「正の数、負の数」（6月中旬）から1学期期末テスト（6月末）にかけて、A評価が増えた。これは授業で説明活動を繰り返したことと、ルーブリックを使ったテスト解説により、テストで何が求められているかについて、生徒の理解が進んだことによるのであろう。その後も2学期中間テストまで、ほぼ同じ水準が維持されていた。

また、「正の数、負の数」の単元テスト（6月）の間4と「文字と式」の単元テスト（7月）の間8は、いずれも分配法則の考え方を図で説明することを求める問題であった（写真6参照）。これら2問を照合すると、A評価が34.4%から72.2%へと大幅に増えていた。

一方で、2学期中間テストまでであっても、問題によっては正答率が低かった。また2学期中間テストまでは60%前後だったA評価が、2学期期末テストになると49.6%に減少していた。これらはC評価（無解答）よりもB評価が多かったことによる。授業中に目の前の相手と口頭でやりとりをしつつ、ときには相手から支援してもらい、図や表などを指し示しながらの説明はできても、第三者に向けて適切な説明をすることは不十分であると言える。

4.2 全国学力・学習状況調査

全国学力・学習状況調査の問題から、中学1年生で

も解答でき、かつ説明の記述を求める問題を抽出し、2019年10月に解かせた。用いたのは平成19年度数学BⅠ（3）（数と式）と平成23年度数学BⅠ（2）（関数）である。

平成19年度の問題は正答率80.0%、無解答率は0%であり、全国の正答率53.9%、無解答率2.4%と比べて優れた成績を示していた。平成23年度は東日本大震災のために全国調査が実施されておらず、全国水準との比較はできない。生徒たちの正答率は70.0%であり、低くはなかった。しかし無解答率が23.3%と高かった。この問題は比例の考え方をを用いるものであり、単元テスト・2学期期末テストの結果（表1）からも、苦手な生徒が多いと言える。

4.3 質問紙調査

認知主義的学習観（思考過程重視志向、失敗活用志向）や改善的テスト観などの尺度（犬塚, 2016; 鈴木, 2012; 西村ら, 2017）を参考に、10の質問項目を作成し、1「あてはまらない（そう思わない）」～5「あてはまる（そう思う）」の5段階で評定させた。調査は6月と10月の2回行った。

結果を表2に示す。全体的に1回目・2回目ともに高い水準が維持されていた。これは4月当初から教師が思考過程や失敗活用などの大切さを繰り返し説いてきたこと、ポイントを付箋でノートに整理したり、考え方を説明したりする学習活動が定着したためと思われる。

ただし「数学の授業で問題を解くとき、もっと簡単

表2 質問紙調査の結果

項目	内容	1回目		2回目	
		平均	SD	平均	SD
思考過程重視	数学の問題の解き方が分からないときは、あきらめずにいろいろな方法を考えている。	3.93	1.04	3.84	1.00
思考過程重視	数学の授業で問題を解くとき、もっと簡単に解く方法がないか考えている。	3.78	1.07	3.66	1.06
思考過程重視	数学の授業で問題の解き方や考え方が分かるようにノートに書いている。	4.04	1.09	4.16	0.98
思考過程重視	数学では答えだけでなく途中の考え方が重要だ。	4.43	0.78	4.31	0.88
思考過程重視	授業では自分の考え方以外に、他の人の考え方も知りたい。	4.34	0.85	4.34	0.93
失敗活用	授業やテストでの失敗は自分の学習態度の見直しにつながるものだ。	4.11	1.07	4.19	0.85
失敗活用	授業やテストでの失敗はそのことがなぜ起こったのかを考えるよい機会だ。	4.40	0.99	4.26	0.93
改善的テスト観	テストは自分がどれくらい理解できているかを確認するためのものだ。	4.54	0.91	4.43	0.75
改善的テスト観	テストは自分の苦手なところを知るためのものだ。	4.48	0.95	4.43	0.86
改善的テスト観	テストの結果は、その後の自分の勉強に活用するためのものだ。	4.58	0.73	4.31	0.84

に解く方法がないか考えている」（思考過程重視志向）は相対的に評定が低く、より簡潔・明瞭・的確に表現する力を育成するという点で、課題が残った。

4.4 数学が苦手な生徒の変容

ここでは数学が苦手な二人の生徒を取り上げ、半年間の実践でどう変容したか、どういう課題が残ったかを検討する。二人とも4月当初は、小学校段階の計算が十分定着していない様子であった。

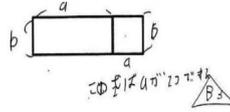
生徒A 生徒Aは4月当初から、自分がかかる問題では積極的に挙手・発言する様子が見られた。また、自分の考え方を友だちに説明することは好きで、授業内での説明活動では毎回A評価を受けていた。

説明をかくことには消極的で、当初は乏しい表現しかできなかった。しかしテスト解説で提示されたルーブリックを見て、「いくつかの考え方でかけていればA基準なんですよ？」と質問するなど、ルーブリックを意識して説明に取り組んでいた。その後は徐々に、テストの説明問題でも記述が増えてきた。説明が不十分でB評価も多かったが、最初のテスト以降はC評価を受けることはなかった。全国学力・学習状況調査の問題に取り組んだときには、「先生、『説明』ってことは、数学が苦手な子に（対して）ですよ」と質問してきた。解答を見るとその通りに、図を用い、文章で思考の過程を追って説明ができていた。11月に入ってA本人に説明で気をつけていることを聞くと、「相手を意識するようにしている」とのことであった。なぜそう変化したのかを尋ねると、「これまでは自分のことしか考えていなかったけれど、友だちの説明を聞いて変わった」とのことだった。ペアやグループで説明活動を取り入れたり、クラス全体でもよい説明を取り上げ共有したりした効果であろう。

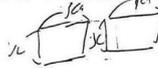
Aは質問紙調査の全ての項目で、6月に比べて10月には2ポイント以上高く評定していた。特に「数学の授業で問題の解き方や考え方が分かるようにノートに書いている」（思考過程重視志向）と「テストの結果は、その後の自分の勉強に活用するためのものだ」（改善的テスト観）の2項目はいずれも、1から5へ評定が変化しており、認知主義的学習観や改善的テスト観が育ったことがうかがわれる。

生徒B 生徒Bは授業中の説明活動では、1学期はB評価を4回、C評価を1回受けていた。2学期には

正の数、負の数では分配法則 $a \times (b+c) = a \times b + a \times c$ が成り立つ。このことを下の長方形を用いて説明しなさい。



$3x+7x$ は分配法則を使って $10x$ と計算できる。そのことを長方形を使って、数学が苦手な生徒にも分かるように説明しなさい。



10x + 10x = 20x と計算できる。そのことを長方形を使って、数学が苦手な生徒にも分かるように説明しなさい。

写真6 分配法則を説明する問題への生徒Bの解答
(上：6月、下：7月)

B評価が4回、A評価が2回であり、説明する力がついてきたことが分かる。

6月の単元テストでは説明はまったくかけていなかったが、その後は少しずつ説明できるようになってきた。6月の単元テストと7月の単元テストにはいずれも、分配法則を長方形の面積図を用いて説明する問題が含まれており、これらの解答を比べると、生徒Bの変容が明らかである（写真6）。2学期以降のテストではA評価も受けるようになってきた。テストの解説を聞いたり、普段の授業で説明し合う機会を取り入れたりしていくことで、説明を求められたときにどのようなことをかけばよいのか、徐々につかめてきたと思われる。しかし、2学期以降のテストでも、説明に対してC評価（無解答）となることがあった。また基本の計算問題などでつまづく様子も見られた。

Bのノートを見ると、1学期の最初は行間を詰めてかいており、見返したときに分かりやすいノートではなかった。それが1学期の中盤から行間を空けてかくようになってきた。しかし黄色の付箋に自分なりのポイントをまとめる様子はほとんど見られなかった。

Bの質問紙調査の結果を見ると、「授業やテストでの失敗は自分の学習態度の見直しにつながるものだ」（失敗活用志向）で、6月の評定2から10月の評定5へと高まっていた。また改善的テスト観の3項目はいずれも第1回、第2回ともに4以上であり、改善的テスト観が身につけていたことが分かる。しかし、思考

過程重視志向の「数学の問題の解き方が分からないときは、あきらめずにいろいろな方法を考えている」と「数学の授業で問題を解くとき、もっと簡単に解く方法がないか考えている」は6月・10月ともに1か2であり、変化がなかった。

4.5 2020年度の実践から

本稿で記述した実践は2019年度のものであった。2020年度に筆者は再度、第1学年を担当し、継続して実践を行った。新型コロナウイルスにより時数が減少したり授業中の交流活動に制限がかかったりするなど、2019年度と同様の実践を行うのは難しい状況であった。しかし、問題の工夫やルーブリックの提示、ポイントを付箋に残すなどの手立てを継続して行い、それぞれの手立てが有効であることを実感した。

その中でも、問題演習の際のルーブリックの提示は有効で、どの生徒もA基準達成に向けて意欲的に取り組む様子が見られた。授業やテスト等に制限がかかる状況下であっても、学習目標としてルーブリックを提示することは容易であり、かつ有効な手立てであった。

4.6 検証のまとめ

本研究では、問題の工夫、表現の支援、インフォームドアセスメント、教訓帰納、テストでの思考過程表現、という5つの手立てを授業実践に取り入れていくことにより、自分の考えを持ち表現する力、考えを振り返りより簡潔・明瞭・的確な表現へと改める力、認知主義的学習観、改善的テスト観を育てることを目指した。検証の結果は、次のようにまとめられる。

第一に、単元テストや定期テスト、全国学力・学習状況調査の問題を用いた検証から、自分の考えを持ち表現する力が育ってきたと言える。しかし領域や問題によっては不十分な点も見られる。

第二に、質問紙調査の結果から、1学期の段階から認知主義的学習観（思考過程重視志向、失敗活用志向）や改善的テスト観が高い水準であった。これは生徒がもともとそういう意識を持っていたというより、4月からの取り組みの成果が1学期の中旬には現れたと思われる。ただし、より簡潔・明瞭・的確な表現へと改める力という点では、課題が残った。

第三に、数学が苦手な生徒の変容から、こうした生

徒においても自分の考えを持ち表現する力や、認知主義的学習観などが育ってきたことが認められた。しかし表現力や基礎的な知識技能の不足など、解決しきれない課題もある。

最後に、以上の成果は2019年度に限定されるものではなかった。2020年度にコロナ禍により様々な制約がある中でも、一定の成果があげられた。2020年度については厳密な量的・質的検証を行ったわけではないが、コロナ禍のもとでの一つの記録として残しておく。

5. 考察

ここでは6つの手立ての有効性と課題について検討し、さらに本研究の成果を学年や教科をまたいで生かすことを提案する。

5.1 問題の工夫

本研究では、生徒が関心を持って取り組むことができるよう問題を工夫した。例えば3節（3.2）で示したように、「Aさん・Bさん」ではなく「ウサイン・ボルトとチーターの対決」とした。これ以外にも、「正の数、負の数」でバレーボール日本代表選手を登場させたりした。

さらに、誰もが自分なりの見通しや予想を持てるように工夫した。3節（3.1）で示したように、生徒のレベルに応じて複数の解き方ができる問題を設定したり、「ウサイン・ボルトとチーターの対決」の様子をスライドショーで提示して時間経過の様子を捉えさせたりした。これ以外にも「量の変化と比例、反比例」では、シュレッダーのゴミを実際に準備しその重さを量って予想させたりした。こうした手立てにより、苦手な生徒も関心を持って考えたり予想を立てたりする様子が見られた。

数学文章題の解決は、変換（文の理解）—統合（問題状況の把握）—計画（解決のプランニング）—実行（計算）という4ステップで捉えられる（Mayer, 2008）。スライドショーの利用は4ステップのうち、問題の状況を把握し問題解決への見通しを持つのに有効であったと思われる。問題解決に粘り強く取り組み、その思考過程を説明する前段階として、こうした手立ては必要である。

5.2 表現の支援

これまでの実践では、ペアやグループで互いに説明し合う時間を設けても、ノートを読み上げるだけで、考えが深まることが少なかった。そこで本研究では以下の手立てを用いて、生徒が思考過程を説明したり、他者と説明し合ったりすることを支援した。第一に、説明に用いることのできそうなツール（表、式、グラフ、線分図、数直線、用語等）をカードの形で常に黒板に掲示し、説明に先だって、見えそうなものを全体で確認した。第二に、説明し合う際にルーブリックを提示した。第三に、説明の際にミニホワイトボードを用いた。第四に、上手な説明の例を取り上げクラス全体で共有した。

第一の「ツールカード」により生徒は、様々な説明方法があること、どれを用いてもよいことを理解した。またこれを掲示し問題解決の前に確認しておくことで、解決への見通しを持つことができた。一つの方法で解決できなかった生徒が他の方法を試みたり、解決できた生徒も他の方法をさらに試みたりする様子も見られた。これは自分の考えを広げたり、よりよい表現に改めるのにも寄与したであろう。しかし全てのツールが有効に使いこなされたわけではない。特に線分図は関係を表すには有効であるが、自発的に用いる生徒は多くなかった。線分図に数量をかき込むには、数量の関係性がある程度考えられていないといけないなど、線分図独自の難しさがあるのだろう。こうした点にも配慮しながら生徒が説明に生かせるツールの幅を広げたい。そのことは、より簡潔・明瞭で伝わりやすい説明を考えたり、表現方法は様々でも背景の考え方は同じであることに気づいたりすること、すなわち考えを深めることにもつながるだろう。

第二の「ルーブリック」では、生徒に伝わる表現で基準を示し、かつ、何かしら説明できていたらB評価という、やや低めの基準に設定した。そのことで、完全に分からなくとも説明してみようという意欲につながった。自分の考えを言葉にしてみることは理解を促進させる（望月，2019）。こうした自己説明活動に取り組むためにも、まず説明をしてみようという意識を持つことは重要である。またA基準の中に「複数の考え方で説明ができる」という項目を取り入れた。それにより複数の考え方を試みる生徒も出てきた。

第三の「ホワイトボード」により、説明の方法や質

が変化した。それまでは自分のノートを読み上げたり、せいぜいノートを相手に見せることにとどまっていた。これらは思考の「結果」を説明していた状態と言える。しかしホワイトボードを用いることで、思考の「過程」を再現しながらかき込んでいく方法に変化した。このことで説明された側は思考の過程を追いやすくなった。同時に、分かりにくい箇所ですら説明を求めたり、どこが分からないかを的確に示すことができた。生徒もこの有効性を実感したようで、「今日もホワイトボードを使いたいです」という声も聞かれた。

第四の「上手な説明の例」では、授業中に上手に説明できた生徒を取り上げ、どこがよいかを全体で共有したり、それを真似て説明を練習する機会を設けたりした。それにより他者の工夫を取り入れて説明する生徒が増え、説明の質が高まった。また授業以外にテスト勉強やテスト解説でも、上手な説明を取り上げて共有した。このことはテストにおける説明の質の向上につながった。しかしこうしたモデルを提示することで、反対に、ハードルの高さを感じて意欲を低下させる生徒もいたようだ。こうした生徒の場合は完璧なモデルを示すのではなく、ある程度説明できているという現状を評価し、そこを足場に、説明を少しでもよくするような工夫を教えることが必要だろう。

5.3 インフォームドアセスメント

本研究では説明の評価基準を示すルーブリックを作成した。その際に留意したのは、生徒が理解できる表現にすること、意欲を持てるよう全員がB基準を達成できる設定にすることであった。

こうして作成したルーブリックを、授業で提示し互いの説明を評価し合うのに参照させた。ルーブリックは黒板に掲示すると共に生徒一人一人にも配布し、ルーブリックを意識しやすいようにした。またテストでもルーブリックをつけて返却した。6月の単元テストの段階から、こうした取り組みを行い、テストの解説やテスト直しも丁寧に行った。これにより、どのような説明が求められているか生徒が理解し、テストにおけるA基準の増加につながったと思われる。

さらに問題演習の場面でもルーブリックを提示した。これまでではただ「教科書○ページから○ページまで全問正解できるように頑張ろう」や「プリントを仕

上げよう」と示すだけであったが、「○ページまでできればA基準達成」というように基準を示した。すると「今回も絶対A基準達成を目指すぞ」と発言する生徒もいるなど、生徒の意欲につながっていた。

ルーブリックについて北尾（2011）は「分かりやすく書き直して示せば、子どもたちの学習の羅針盤にもなり、自ら学ぶ子どもに育てることができます」と述べている（北尾，2011，p.117）。本研究のルーブリックも羅針盤として機能したと言える。しかし授業中の相互評価の場合、相手に配慮してA評価にしたり、数学が得意な生徒の説明であれば自分には難しくともA評価にしたりするといった場面も見られた。反対に、周囲がA評価なのに自分だけB評価だったために意欲の低下につながったケースも見られた。個人内評価を取り入れて自分の説明を厳しく評価したり、個人内での成長を評価したりするといった工夫も必要だろう。

5.4 教訓帰納

授業での大切な内容や、自分が間違えた原因、間違えないための方法などを付箋にメモし、ノートの下1/4のスペースに貼って、後から生かせるようにした。クラス全体で共有し板書したポイントを赤色の付箋にメモするだけでなく、自分が大事だと考えたことは黄色の付箋にメモして貼っていくよう促した。テスト勉強やテスト直しでも同様に付箋を用いることを促した。

目新しさもあってか、生徒は4月当初から積極的にこの活動に取り組んでいた。また授業、テスト勉強、テスト解説といった様々な場面で同じ方法を用いたことで、生徒にとって取り組みやすさが高まった。

しかし自主的にかき込んだ付箋に着目すると、生徒の間の差は大きい。ある生徒は写真7に示すように、4月から5月にかけてポイントの質が向上した。こうした変化は、教訓帰納を中学2年生への個別指導で取り入れた実践でも報告されている（植阪，2010）。その一方で、ポイントをどうまとめれば分からない生徒や、まとめてはいるが後々見返したときにヒントにならないようなまとめ方をしている生徒もいる。例えば写真7の下端は分かりやすく、見直したときに生かせるメモになっている。しかしこれが例えば「指数とかけない」だけであれば、見直したときに何のことか分からない。適切にかけている例を示したり、授業中に

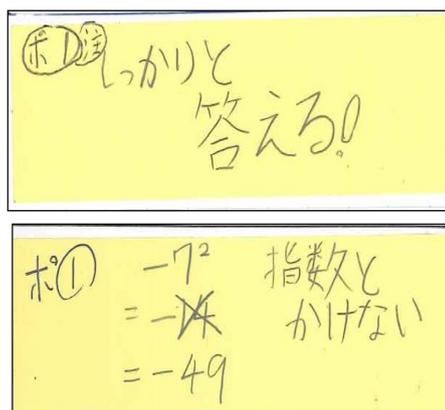


写真7 同じ生徒による付箋の例
(上：4月、下：5月)

個別にアドバイスをしたりする必要がある。また教訓帰納だけに焦点を当てて、自分のメモが「分かりやすくかけているか」考えたり、適切にかけている例とそうでない例を比較して違いを考えたりすることも必要であろう。

5.5 テストでの思考過程表現

授業だけでなくテストでも思考過程を表現させる問題を出題した。これは授業で思考過程を説明することを強調しても、テストで答えのみを求めたら、結局は思考過程よりも結果だけを重視する学習観になると考えられたからである。

テストは生徒に対する暗黙のメッセージになる（村山，2003）。本研究では「授業でもテストでも説明が重要」ということを一つのメッセージとして伝えるために、授業で説明を求めた問題をテストでも出題し（まったく同じあるいは数値のみ変えた問題）、同様に説明を求めた。それにより、授業中に真剣に説明に取り組む様子が見られた。またテストの説明問題でA評価にならなかった生徒は、テストを返却された際にノートを見返して説明を確認する様子も見られた。

しかし検証で明らかになったように、領域によっては十分な説明ができていないわけではない。B評価の解答を見ると、問題をよく読まずに説明をしたり、説明が途中で終わったりしているものがある。説明以前に、何を問われているかが分からないという生徒もいる。こうした課題のそれぞれに対応が必要である。

5.6 インストラクション

ここまで5つの手立てについて、その有効性と課題

を検討してきた。本研究ではこれら5つの手立てが効果を発揮するよう、生徒に対する丁寧な説明（インストラクション）を行った。具体的には、4月当初、テストの前、テスト返却時に1時間を使って、数学の学習の仕方、テストの直し方や生かし方などを説明した。また授業中も随時、適切に取り組みている事例を紹介した。こうした機会には極力、「～～しなさい」と指示するだけでなく（例「間違いは消さない」）、なぜそれが重要なのかという理由や価値を合わせて説明し（例「どこが自分の間違いやすいポイントか分かる」）、生徒の理解や納得が得られるようにした。

植阪（2014）は、中学2年生を対象に、数学の問題を考える際に図表を用いるという方略を教えた。その際に、図表をかく練習をするだけでは不十分であり、その必要性や有効性を授業者が説明することで初めて、自発的に図表をかく量が増えたことを報告している。

このように方法を教えるだけでなく、その意図や価値を丁寧に解説したことが、手立ての有効性を高める「縁の下の力持ち」的な機能を果たしたと思われる。

5.7 他の教科や学年につなげる

本研究で用いた手立ては、決して「数学」に限定されるわけではない。

ポイントを自分の言葉で付箋にまとめて残しておく、後で参照するという教訓帰納は、簡便で、どの教科でも有効と思われる。例えば英語の単語練習の際、自分が間違いやすい単語をポイントとしてまとめることで、間違いを減らすことにもつながる。その有用性を感じた生徒は、英語の自主学習でも付箋を活用していた（写真8）。

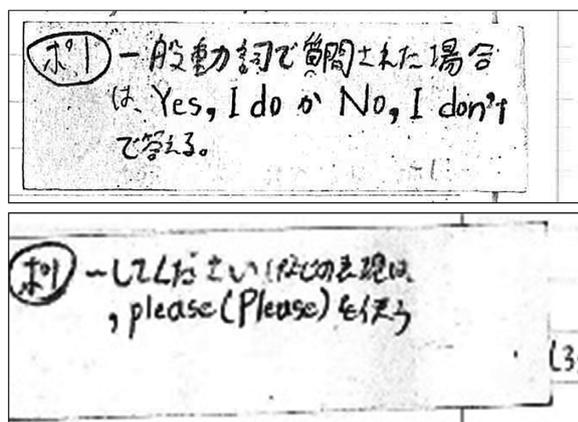


写真8 英語のポイントを付箋にまとめた例

また、ループリックを授業の冒頭で提示することも、他の教科でも生かせる。例えば、英語で会話する際には、ジェスチャーやアイコンタクトなども重要である。それらをループリックとして提示することで、生徒が意識して取り組むことができると考えられる。

しかしこのように教科を横断して学習方法を生かすことが、中学校では難しい。教科担任がそれぞれの教科ごとに学習の方法を伝えるため、生徒の側でも「数学の学習は〇〇で、理科の学習は～～」というように、教科の特性に応じて学習方法を変えなくてはならないと考えがちだからである（三橋，2015）。本実践でも「数学以外では付箋は使ってはダメなんじゃない?」と尋ねてくる生徒がいた。

さらに同じ教科であっても、担当教員が変わると学習方法が変わることも起こる。2019年度に筆者が実践を行った学年の生徒たちは、2020年度に2年に進級し、数学は別の教員が担当した。すると、付箋を活用してポイントを残す生徒が減ってしまった。理由としては、担当教員が生徒に付箋を配布しなかったこと、教訓帰納は板書をノートにかき写すよりも手間がかかることが考えられる。しかしそうした中でも、自分で付箋を用意して教訓帰納を活用している生徒もいた。その生徒に話を聞くと、「ポイントをまとめることで、頭の中が整理されたり、後から読み返したときにポイントが押さええられたりするから」と答えた。その生徒は、昨年1年間を通して、教訓帰納の有用性を感じたのだろう。

近年、自己調整学習の重要性が指摘されている。これは、予見（見通しを持つ）—遂行（課題に取り組む）—省察（取り組みを振り返る）という3つのフェーズを自ら循環させつつ、能動的・主体的に取り組む学習である（塚野，2012）。学習活動を省察し、次の活動の予見と遂行につなげるには、教訓帰納が有効である。本研究でも、テストの間違いからポイントを引き出し、そのうえで類題に取り組むという活動を行った。このように実際にポイントを生かすという活動をこれまで以上に取り入れていけば、教訓帰納の有効性や必要性を生徒が実感し、継続しやすくなるのではないだろうか。

担当教員が替わることで、授業の展開や課題の出し方が変わることは多くあり、生徒もそれに順応していく。しかし有効な手立てであれば、教科や担当教員の

枠を超えて、継続して生かされることが望ましい。そのことが生徒を自己調整学習者に成長させることにつながるだろう。そのためには、教員同士で情報交換をしていくことや、生徒に有用性を実感できるようにしていくことが重要である。教科や教員あるいは学年の枠を越えて有効な手立てを、今後も実践し検証していきたい。

(注1) 第一著者は令和3年(2021年)4月に現任校に異動になった。本論文での「勤務校」は、研究と実践を行った前任校を指す。

引用文献

- 市川伸一 (2013). 心理学において失敗はどのように扱われてきたか 主催シンポジウム2 失敗を教育に活かす 東京大学大学院教育学研究科附属学校教育高度化センター2013年度年報, pp.43-49.
- 市川伸一・南風原朝和・杉澤武俊・瀬尾美紀子・清河幸子・犬塚美和・村山航・植阪友理・小林寛子・篠ヶ谷圭太 (2009). 数学の学力・学習力診断テストCOMPASSの開発 認知科学, 16, 333-347.
- 犬塚美輪 (2016). 大学初年次生の数学信念の構造—関連要因の探索的検討— 教育心理学研究, 64, 13-25.
- 石川晋 (2013). 学習者が学びやすい教授行為とは「説明」を「再定義」する〜「価値のインストラクション」の重要性 授業づくりネットワーク, 317, 4-9.
- 北尾倫彦 (2011). 「本物の学力」を伸ばす 授業の創造 図書文化
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and instruction. 2nd. ed.* Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- 三橋和博 (2015). 教科における「知の総合化ノート」の活用 村川雅弘・三橋和博(編著)「知の総合化ノート」で具体化する21世紀型能力 学事出版 pp.49-54.
- 望月俊男 (2019). 自己説明 大島純・千代西尾祐司(編)主体的・対話的で深い学びに導く 学習科学ガイドブック 北大路書房 pp.25-28.
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2017). 平成29年度全国学力・学習状況調査報告書—一人一人の生徒の学力・学習状況に応じた学習指導の改善・充実に向けて— 中学校数学科
- 村山航 (2003). テスト形式が学習方略に与える影響 教育心理学研究, 51, 1-12.
- 村山航 (2006). テスト形式スキーマへの介入が空所補充型テストと学習方略との関係に及ぼす影響 教育心理学研究, 54, 63-74.
- 西村多久磨・瀬尾美紀子・植阪友理・マナロ エマニュエル・田中瑛津子・市川伸一 (2017). 学業場面に対する失敗観尺度の作成 教育心理学研究, 65, 197-210.
- 相馬一彦 (2013). 「予想」を取り入れた数学の授業 相馬一彦(編著)「予想」で変わる数学の授業 明治図書 pp.7-63.
- 鈴木雅之 (2011). ループリックの提示による評価基準—評価目的の教示が学習者に及ぼす影響—テスト観・動機づけ・学習方略に着目して— 教育心理学研究, 59, 131-143.
- 鈴木雅之 (2012). 教師のテスト運用方法と学習者のテスト観の関連—インフォームドアセスメントとテスト内容に着目して— 教育心理学研究, 60, 272-284.
- 床勝信 (2012). 指導と評価を連動させる定期テストの改善—数学における取り組みから 市川伸一(編) 新学習指導要領対応 教えて考えさせる授業 中学校 図書文化社 pp.119-128.
- 塚野州一 (2012). 自己調整学習理論の概観 自己調整学習研究会(編)自己調整学習—理論と実践の新たな展開へ 北大路書房 pp.3-29.
- 植阪友理 (2010). 学習方略は教科間でいかに転移するか—「教訓帰納」の自発的な利用を促す事例研究から— 教育心理学研究, 58, 80-94.
- 植阪友理 (2013). 失敗を活かした学び方の工夫 主催シンポジウム2 失敗を教育に活かす 東京大学大学院教育学研究科附属学校教育高度化センター2013年度年報, pp.59-71.
- 植阪友理 (2014). 数学的問題解決における図表活用の支援—理論と実践を結ぶ「REALアプローチ」の展開 風間書房

付記

本研究は第一著者による令和元年度群馬大学大学院教育学研究科専門職学位課程教職リーダー専攻(教職大学院)課題研究報告書『自分の考えを深める生徒の育成を図る中学校数学科の指導の工夫—思考の過程を表現し振り返ることを通して—』ならびに、『令和元年度群馬大学大学院教育学研究科専門職学位課程(教職大学院)課題研究報告会資料集』所収の要旨に基づくものである。研究の実施にご協力いただいた学校関係者、授業に熱心に取り組んだ生徒の皆さんに、感謝申し上げます。

(あらき (やまの) かな・さとう こういち・たむら みつる)

