

01	名古屋	名古屋市立左京山中学校	ハシモト イツケイ 橋 本 一 慶
分科会番号	4	分科会名	数学教育（数学）

研究題目

連立方程式におけるメタ認知能力の育成と基礎学力の定着 ～「アクティブリコール」を取り入れた授業実践を通して～

1 研究の背景と主題設定の理由

(1) 数学科における現状と課題

中央教育審議会の答申等では、自らの学習状況を客観的に把握し調整するメタ認知能力を基盤とした「主体的に学習に取り組む態度」の育成が強く求められている。しかし、文部科学省の各種調査結果でも、自ら学びを振り返り、方法を改善する生徒の割合は十分とは言えず、問題解決の過程で自身のつまずきを客観視し軌道修正を図るメタ認知能力の育成には多くの課題が残されている。

一方、教科の指導における基礎学力の定着に関しても課題が存在する。現行の中学校学習指導要領において、数学科の目標の第一には「数量や図形などについての基礎的・基本的な概念や性質などを理解するとともに、日常の事象を数学的に処理する技能を身に付けるようにする」ことが掲げられている。「全国学力・学習状況調査」の継続的な分析結果によれば、生徒は手続き的な計算技能は有しているものの、深い理解を伴う知識の習得や、その活用に慢性的な課題を抱えていることが指摘されている。

これら2つの課題は密接に結びついている。授業で「分かった」と感じて、メタ認知が十分に働かなければ、学習内容は長期記憶として定着しにくい。また、知識を必要な場面で自ら引き出して活用できる真の基礎学力へと結び付かない。そのため、これら二つの課題を一体的に解決していく視点が不可欠である。

(2) 本単元（連立方程式）における実践の意義

上述した課題は、第2学年「連立方程式」において特に顕著である。そこで本単元では、メタ認知の育成と基礎学力の定着を同時に図るために「アクティブリコール（能動的想起学習）」を導入する。アクティブリコールとは、教科書や板書を見たり、聞いたりするだけの受動的な復習ではなく、記憶から学習内容を意識的に引き出す学習法である。この過程で生じる適度な負荷が、記憶や手順の定着を飛躍的に高めることが認知科学的にも支持されている。本単元においてアクティブリコールを実践することには、大きく以下の2点の意義がある。

第一に、『「分かったつもり」を打破するメタ認知能力の育成』である。教師の

板書を追うことで理解した錯覚に陥りやすい本単元において、何も見ずに解法を想起させる訓練は、生徒が自らの理解の欠落に直接気付くきっかけとなる。この過程を経ることで、自身の学習状況を客観的に把握し、必要な自己調整を図るメタ認知能力が養われる。

第二に、「計算手順の自動化と、積み上げ型学習を支える基礎学力の定着」である。係数を揃える等のアルゴリズムを繰り返し想起することで、計算手順の定着と自動化が促され、正確かつ迅速に処理する力が身に付く。さらに、本単元は「加減法→代入法→いろいろな連立方程式→利用」と段階的に発展する構造をもつ。そのため、前時の学習内容を能動的に想起する習慣は、既習事項の確実な定着を促し、新たな学習内容への円滑な接続を支える役割を果たす。

(3) 主題の設定

本校の生徒にも、授業直後には「分かった」と感じていても、後日の確認問題や復習テストでは「分からない」「手が止まる」といった状況が多く見られる。これは、自らの理解度を適切に把握・調整するメタ認知能力が十分に働いておらず、学習内容が真の基礎学力として定着していないことを示している。こうした課題を解決するためには、受動的な反復練習だけでなく、学習者自身が理解の状態を振り返り、自覚できる学習活動が必要である。そこで本研究では、記憶の定着メカニズムに着目したアクティブリコールを連立方程式の学習に取り入れ、メタ認知能力の育成と基礎学力の定着を一体的に図る指導の在り方について検証することとした。

2 研究の目的と仮説

本研究は、第2学年数学科「連立方程式」にアクティブリコールを導入し、メタ認知能力の育成と基礎学力の定着に対する効果を検証することを目的とする。実践に当たっては、分散学習の視点を取り入れる。分散学習とは、一定の間隔を空けながら繰り返し想起することで、学習内容の理解を深め、長期的な記憶の定着を促す学習方法である。学習直後の想起だけではその場の確認に留まりやすく、反対に間隔を空けすぎると再学習の負担が大きくなる。そのため、「前時の学習内容を次時の授業の冒頭で想起する」というサイクルは、学習内容の定着を図る上で効果的な間隔であると考えられる。

以上の理論的背景を踏まえ、本研究では次の仮説を設定する。

【仮説】 毎時間の授業冒頭に、前時の学習内容をノーヒントで想起させるアクティブリコールを継続的に実施することで、従来の受動的な復習と比べて、自己の学習を調整するメタ認知能力が向上する。また、その結果として、学習内容が長期記憶として保持されることで、基礎学力の定着につながるであろう。

3 研究の方法

本章では、指導の手立てと効果を実証するための検証方法について記述する。

(1) 研究の手立て

分散学習の考え方を取り入れ、毎時間の授業冒頭の約3分間を活用して、前時の学習内容を想起するアクティブリコールを実施する。あえて一定の時間間隔を設けて想起させることで適度な認知負荷を生み出し、記憶の再構築と定着を促すことをねらいとする。また、本実践をメタ認知能力の育成と基礎学力の定着に確実につなげるため、実施に当たっては以下の2点を手立てとして取り入れた。

① プロセスの評価の即時フィードバック 手立て1

アクティブリコールの主な目的は、最終的な正答を導くことではなく、解法手順を自ら引き出すことである。そのため、単なる正誤判定に終始するのではなく、立式や計算方法などのプロセスが適切に想起できているかを評価し、即時にフィードバックを行う。さらに、リコール直後に解説を加え、理解が不十分な箇所やつまずきの要因を明確にすることで、生徒が自身の理解状況や課題を把握し、メタ認知能力を働かせながら学習を改善できるようにする。

② 重要問題の提示による想起の支援 手立て2

中学生の発達段階や数学学習の特性を踏まえると、完全に白紙の状態から学習内容を想起させることは認知的負荷が大きい。そのため、本実践では、前時に学習した内容の中から重要な問題を1問取り上げ、それを解かせる形でアクティブリコールを行った。具体的な問題を手がかりとすることで解法手順を想起しやすくなり、数学に苦手意識をもつ生徒の負担や挫折感を軽減できる。また、適切な負荷を保ちながら想起を繰り返すことで、基礎学力の定着を効果的に図ることができるようにする。

(2) 研究の検証

実践の効果を客観的かつ信頼性の高いデータによって実証するため、以下の2つのアプローチでデータを収集・検証する。

① 事前・事後アンケート（メタ認知能力）

生徒の心理的変化や学習姿勢の変容を把握するため、「計算ミスをした際に自分で原因を見つけられるか」「自分がどの部分を理解していないかを把握しているか」などの同一項目について事前・事後で測定し、その変化を比較する。これにより、アクティブリコールの継続的な実施が、自らの理解状況を客観的に捉え、学習を調整するメタ認知能力の育成にどのように寄与したかを分析する。

② 事前・直後・遅延の3段階テスト（基礎学力）

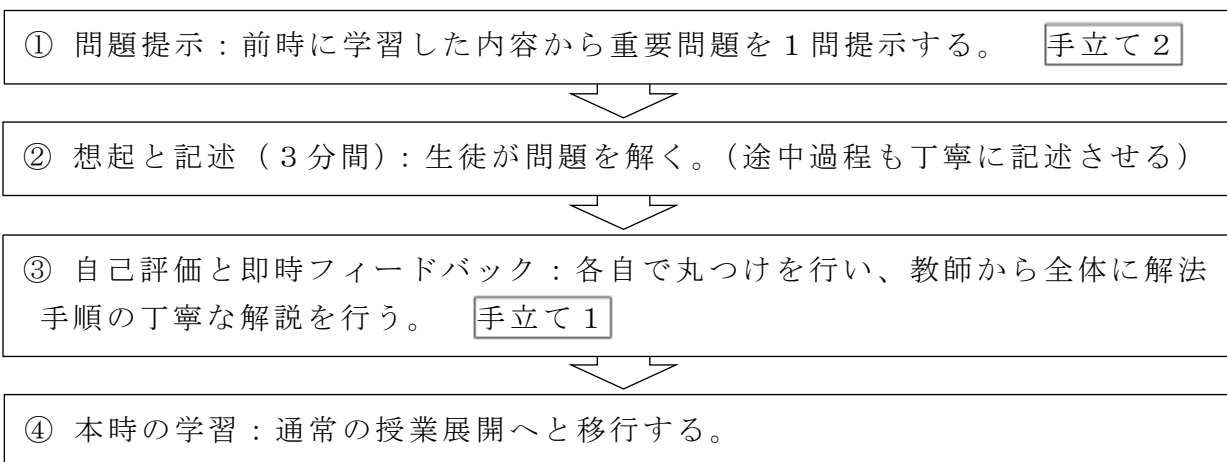
学力の伸びと学習内容の定着度を測定するため、各15分のテストを3段階で実施する。単元終了から2～3週間後に実施する「遅延テスト」の結果に着目し、得点の変化を分析することで、本手立てが長期記憶の保持にどの程度寄与したかを検証する。また、採点に当たっては最終的な正答のみを評価するのではなく、立式などの解法手順についても評価対象として、概念や解法の忘却と単なる計算ミスを区別しながら、学習内容の定着度をより多面的に把握する。

4 研究の実践

本章では、連立方程式の単元において、毎時間の授業冒頭にアクティブリコールをどのように位置付けたか、生徒の取り組みの様子も含め、実践記録を記述する。

(1) 授業冒頭における展開のルーティン

本研究では、毎時間の授業冒頭において、以下のような流れでアクティブリコールを継続的に実施した。



(2) 授業実施計画

本研究で取り上げた「重要問題」を、表1に一部抜粋した。

時	問 題
4	次の連立方程式を、加減法で解きなさい。 $\begin{cases} x + 4y = 16 \\ x + y = 13 \end{cases}$
7	次の連立方程式を解きなさい。 $\begin{cases} x + 2(y - 1) = 3 \\ x - 3y = 0 \end{cases}$
9	1個100円のりんごと、1個150円のももをあわせて10個買うと、代金は1200円になりました。りんごとももをそれぞれ何個買ったか求めなさい。

表1 授業実施計画（一部抜粋）

(3) 実践を通した生徒の様子と考察

毎時間の授業冒頭に継続して実施したアクティブリコールに対し、大多数の生徒が前向きかつ真剣に取り組んだ。特に、普段は解答の途中過程を省略しがちな生徒も、立式や計算の過程を丁寧に記述しようとする様子が見られた（資料1）。これは、正誤だけでなく立式等のプロセスを評価対象とすることを事前に伝えていたことが、生徒の学習行動の変容につながったためと考えられる。

$$\begin{cases} x + 4y = 16 \dots \textcircled{1} \\ x + y = 13 \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2} \text{ をすると、 } \begin{array}{r} x + 4y = 16 \\ -) x + y = 13 \\ \hline 3y = 3 \\ y = 1 \end{array}$$

$$y = 1 \text{ を } \textcircled{2} \text{ に代入すると、 } x + 1 = 13$$

$$x = 12$$
 以上から、 $(x, y) = (12, 1)$ となる。

資料1 生徒の丁寧な記述

また、想起中には、手が止まった生徒が「プリントを確認してもよいですか」と尋ねるなど、自ら課題を解決しようとする姿も見られた。さらに、多くの場面で「そうだった」という発言が聞かれ、自身の理解の不足に気付いたり、既習事項を再想起したりする姿が見られた。これらの様子から、アクティブリコールがメタ認知能力の働きを促し、知識の再構築に寄与していたことが考えられる。

5 結果と考察

本章では、収集したアンケートのデータおよびテスト結果に基づき、本実践がメタ認知能力の育成と基礎学力の定着に及ぼした効果について検証・考察する。

(1) メタ認知能力の育成に関する検証

① 自己の理解度と課題に対する客観視

事前アンケートと事後アンケートを比較した結果、メタ認知能力の向上を示す顕著な変容が確認された。「自分の計算ミスを見つけられる」と回答した生徒は、事前の 96 人から事後には 104 人へと増加した。これは、自ら途中式を書き、誤りに直面しながら学習を進めた経験が、自身の思考過程を客観的に捉え、分析する力の向上につながったと考えられる。また、「授業で習った計算のやり方を、数日後でもノートを見ずに説明できる」と回答した生徒は、事前の 45 人から事後には 82 人へと大幅に増加した。これは、生徒が学習内容の定着度をより正確に把握できるようになり、「分かったつもり」の状態から脱却しつつあったことを示す結果である。

② 自由記述から見られる自律的学習者への変容

単元終了後の自由記述では、回答した 116 人中 110 人(約 94.0%) から肯定的な意見が得られた。「自分がどこで間違いやすいのか、自分の課題を見つけやすくなった」というメタ認知の深まりや、「家でも復習する癖がついた」といった自学自習への態度の変容、「前回のおさらいをすることで、今回の授業の理解にもつながった」という既習事項と新たな学習内容との円滑な接続を実感する意見も多数見られた。

(2) 基礎学力の定着に関する検証（事後テストと遅延テストの比較）

両テストを受験した 116 人のデータを対象に分析を行った。最終的な正答数のみを集計した値（以下、「見かけ」とする）に加え、不正解であっても解法手順が適切に記述されている解答を加算し、解法が不明瞭なまま答えのみを記述して正解した解答を減算した値（以下、「考慮」とする）を算出し、両者を比較した。

	事後テスト		遅延テスト	
	見かけ	考慮	見かけ	考慮
1（加減法）	100(86%)	102(88%)	103(89%)	105(90%)
2（代入法）	90(77%)	98(84%)	90(77%)	99(85%)
3（加減法の応用）	99(85%)	102(88%)	102(88%)	104(89%)
4（文章題の立式）	102(88%)	102(88%)	106(91%)	107(92%)
5（文章題の計算）	97(83%)	96(82%)	107(92%)	103(89%)

表 2：事後テスト及び遅延テストの正解者比較（単位：人）

「見かけ」と「考慮」の数値を比較すると、プロセス評価の有用性が明確に表れている。特に問 2（代入法）においては、事後・遅延ともに「見かけ」の正解者数は 90 人に留まるが、「考慮」では 98 人、99 人と大きく増加した。これは、代入法の概念や手順は定着しているものの、符号等の単純な計算ミスで失点している生徒が一定数存在することを示している。

さらに、事後テストと比較して遅延テストの成績がほぼ全問において向上し

ていたことは、特徴的な結果であった。通常は時間の経過とともに忘却が進むことが想定されるが、この結果は、授業冒頭でのアクティブリコールを繰り返したことで、知識が整理・体系化され、より強固なネットワークとして再構築されたためであると考えられる。また、メタ認知能力の向上によって、自らが質の高い学習を行うようになったことも、その要因の一つであると考えられる。

以上の結果から、授業冒頭におけるアクティブリコールは、単なる知識の定着を促すだけでなく、生徒が自己の理解状況を正確に把握し、課題に応じて主体的に学習を進める力の育成にも有効であったことが考えられる。

6 成果と今後の課題

(1) 研究の成果

本研究では、第2学年数学科「連立方程式」の授業冒頭において、前時の学習内容をノーヒントで想起させるアクティブリコールを継続的に実践した。その結果、以下の2点において顕著な成果が確認された。

① メタ認知能力の向上と自律的学習者への変容

アンケート結果から、計算ミスの原因の自己分析や、自身の記憶の定着度を把握する能力の向上が確認された。また、「分かったつもり」の状態から脱却し、9割以上の生徒が本実践を肯定的に捉えていたことから、生徒が主体的に学習を進める態度を身に付けることができるようになったと考えられる。

② 長期的な基礎学力の定着と知識の体系化

事後テストと遅延テストの比較では、通常であれば見られる忘却が抑制され、遅延テストにおいて成績が向上するという特徴的な結果が得られた。これは、断続的な想起を繰り返すことで知識が整理・体系化され、より強固な知識ネットワークとして再構築されたためであると考えられる。また、プロセス評価の結果からは、計算手順そのものが高い水準で定着していたことも確認された。

(2) 今後の課題

本研究を通してアクティブリコールの有効性が実証された一方で、実践上の制約や今後の展開に向けて以下の課題が挙げられる。

① 分散学習における最適な間隔（インターバル）の検討

本実践では毎時間の授業冒頭に前時の内容を想起させたが、時間割の都合により授業間の時間間隔に差が生じた。学習効果を最大化するためには、忘却曲線を踏まえた適切な想起のタイミングを設定することが重要である。今後は、学校の教育課程や時間割の制約の中で、効果的なインターバルをどのように確保するかを検討する必要がある。

② 他単元への応用と汎用性の検証

「連立方程式」は計算手順が明確であり、想起による定着効果が表れやすい単元であった。今後は、「図形の証明」や「一次関数」など、論理的思考力や概念的理解が求められる単元においても同様の手立てが有効に機能するかを検証し、中学校数学科全体におけるアクティブリコールの汎用的な指導モデルの構築につなげていきたい。