

数学的記述表現力の向上を促す「自己評価カード」の開発と評価

—小学校算数科第5学年図形領域での実践を通して—

竹田 賢治

Kenji TAKEDA

Development and Evaluation of the “Self-evaluation Card” Encouraging Mathematical Writing

—Focused on Practices in Geometry to Fifth-grade Students in Elementary Schools—

【 要 旨 】

2008年に改訂された小学校学習指導要領では、従来重視されていた数学的な思考力に加え、数学的な表現力の育成も掲げられた。本研究の目的は、記述による表現に焦点をあて、小学校5年生段階の児童の記述表現の特徴と問題点を明らかにした上で、その問題点を克服する指導手法を開発し、その有効性を評価することである。まず、児童がどのように説明を記述するのかを、図形に関する課題を用いて調査し、ルーブリックを作成し評価を行った。その結果、既習の算数の用語を使うことができていない点、どのような操作をして考えたのかについては記述できていない点などが明らかとなった。以上の課題をもとに、自らが記述した内容についての自己モニタリングを促す「自己評価カード」を開発した。その有効性の評価を行うために、四角形の求積課題において「自己評価カード」を使用する実験群と添削指導による統制群とにわけ、調査を行った。その結果、自己評価カードによるフィードバックは、教師による添削のフィードバックと同等の効果が得られることがわかった。

【キーワード：数学的記述表現力 ルーブリック 自己評価 添削指導】

I はじめに

1 問題の所在

2008年に改訂された小学校学習指導要領では、算数科の目標として「日常の事象について見通しをもち筋道を立てて考え、表現する能力を育てる」（文部科学省、2008）¹⁾と示され、1998年告示の学習指導要領にはなかった「表現する能力」の文言を加えて示し、数学的な表現力の育成が掲げられた。数学的な表現力の育成に関して、山本(2011)は「論理を組み立てる場面では、口頭での表現以上に記述できる力が重要である。人間は、書くことを通して自らの論理を意識する存在だからである」²⁾と述べるように、数学的な表現力の中でも、記述による表現力の育成が重要であり、いかにその力を高めていくかが課題になると考えられる。

また、「児童生徒の学習評価の在り方について（報告）」（文部科学省中央教育審議会教育課程部会、2010）によると、表現力の評価はまだ検討や開発の余地があると指摘されている³⁾。つまり、数学的な表現力を伸ばしていくためには数学的な表現力の適切な評価が必要であり、どのように評価を行うかが課題である。

これらの課題を解決する糸口として、本研究では、図形領域に焦点を当て研究を進める。図形領域では、具体的な図形を対象として、「線を引く」、「計る」など、さまざまな操作を行う。したがって、図形領域では、児童が、操作したことや考えたことなど、多くの記述表現を行うことを期待できる。また、児童の発達段階を考慮し、記述表現が十分に可能であると想定される高学年を対象と

する。

2 研究の目的

小学校5年生段階の児童を対象に、図形に関する課題に対する解答にみられる記述表現に焦点をあて、児童の記述表現の特徴と問題点を明らかにする。さらに、その問題点を克服し、数学的記述表現力を育成しうる指導手法を開発し、その有効性を評価することを目的とする。

3 研究の方法

数学的記述表現力およびそれを適切に評価する方法はどのようなものかを先行研究の調査により明らかにする。それを踏まえ、図形に関する課題における児童の解答から、小学校5年生の段階ではどのような表現を用いて課題を解決するのかを分析し、数学的記述表現の特徴と問題点を明らかにする。先行研究とその実態調査から得られた問題点をもとに数学的記述表現の評価の観点を設定する。その問題点を克服し、数学的記述表現力を育成しうる指導手法として、自己評価カードを開発した。自己評価カードの有効性を検討するために、フィードバック方法として自己評価カードを用いる実験群と、答案に対し添削指導を行った統制群とに分けて、フィードバック後に事後テストを行う。テスト結果について分析することで、数学的記述表現力が向上したかを評価する。

II 数学的な表現力と数学的記述表現力

1 数学的な表現様式

中原(1995)は、数学教育で活用される表現方法を「表現様式」として「現実的表現」、「操作的表現」、「図的表現」、「言語的表現」、「記号的表現」の5つに分類・類型化している⁴⁾。

2 数学的な表現力

小島(2008)は、数学的な表現力を「言葉や数、式、図、表、グラフなどを用いて、問題の解決過程における考え方や処理の仕方や結果を分かりやすく表したり、説明したりする能力」と定義している⁵⁾。これは学習指導要領解説算数編(文部科学省, 2008)が示すものを的確に表していると考え、この定義に基づいて数学的な表現力を考えることとする。

3 数学的記述表現力

(1) 数学的記述表現力とは

二宮(2001)は、「数学的」とは「数学的内容や数学的考え方に関わるものであること」を意味し、「記述」とは、「認知、メタ認知、或いは情意に関する事柄を、言語、記号、図などの表現様式を用いて表現するもの」とした上で、「数学的記述表現」を「数学的内容や数学的な考え方についての認知、反省的活動、情意などに関する事柄を、言語、記号、図などの表現様式によって記述したもの」と規定している⁶⁾。本研究においても、この表現様式によって記述することのできる力を数学的記述表現力ととらえることとする。

(2) 数学的な表現力と数学的記述表現力

数学的な表現力は「言葉や数、式、図、表、グラフなどを用いて、問題の解決過程における考え方や処理の仕方や結果を分かりやすく表したり、説明したりする能力」と定義した。これには、説明する際の聞き手を意識した語り方や、強調したいところを指差す動作などが、数学的記述表現力に加えて求められる。本研究では、数学的な表現力の部分集合が数学的記述表現力であるととらえる。

(3) 数学的記述表現力の評価

二宮(2010)は、数学的記述表現をする際は、どのような機能をもつ記述を評価するのかについて考慮しなければならないこと、および様々な機能をもつ数学的記述表現の中でも、「認知に関する数学的記述表現」と「情意に関わる数学的記述表現」は評価の観点やその枠組みが異なることを指摘し、「認知の記述」に焦点をあてた評価を行っている⁷⁾。その評価方法として、二宮は全体論的評価法に関する先行研究を精査した上で数学的記述表現の評価の全体論的評価法を構築している。その具体的な手順は次のようなものである(二宮, 2010)。

- (1) 評価規準を設定する。
- (2) 規準に従い記述尺度を設定する(ルーブリックの作成)。
- (3) 評価規準を鮮明にするようなモデル答案を選ぶ。
- (4) いくつかの答案を評価し判断の規準をつくる。

(5) 評定を行う。判断に困るケースについては最後に再検討する。

4 数学的な表現力と数学的記述表現力のまとめ

数学的な表現力は、数学的な思考力を高めるためにも、他者と考えを伝え合い理解を深めるためにも算数科において重要な力であることが数々の研究で述べられている。その数学的な表現力において、特に数学的記述表現力の占めるウエイトは高く、数学的記述表現力を高めることの重要性が明らかになった。

二宮(2010)の数学的記述表現の評価方法では、評価規準と記述尺度を設定している。このような評価をすることで、数学的記述表現力の不十分さや不確かさが見えてくると考えられる。それをもとに指導することが、数学的記述表現力の育成につながると考えられる。

Ⅲ 数学的記述表現力と学習評価

1 学習評価の方向性

「小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善等について(通知)」(文部科学省, 2010)では、きめの細かな指導の充実や児童生徒一人一人の学習の確実な定着を図るために目標に準拠した評価の着実を実施することが重要であるとしている⁸⁾。

また、「評価方法等の工夫改善のための参考資料(小学校)」(国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2011)では、指導と評価の一体化を進めるように提言されている。さらに、評価の妥当性、信頼性を高めることが重要であり、指導の目標、評価規準を適切に設定し、評価規準に対応した評価方法を選択することが必要であるとしている⁹⁾。

2 学習評価の課題

「文部科学省委託調査報告書 学習指導と学習評価に対する意識調査報告」(財団法人日本システム開発研究所, 2010)では、「思考・判断」の観点については、学習評価の円滑な実施は十分にできているとはいえないと報告されている¹⁰⁾。また、前節で述べた目標に準拠した評価に関して田中(2011)は、①問題点を多面的、多層的に児童をとらえることができるか、②自己評価をどのように活性化させるのか、③プロセスの評価ができているのか、④質的な評価ができてきているのかの4点

を課題・疑問点として挙げている¹¹⁾。

3 ルーブリックを用いた評価

これまで「標準テスト」、「教師作成テスト」、「質問紙法」、「問答法」など様々な評価方法が開発され、現在もこれらの評価方法を取り入れながら評価を実施している(梶田, 2010)¹²⁾。しかし、思考力・判断力・表現力等の評価については、これまでの評価方法では十分に補えず、何らかの評価の工夫が必要であると考えられる。この点に関して「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」(中央教育審議会教育課程部会, 2010)では、「思考力・判断力・表現力等」を評価するための新たな手法としてパフォーマンス評価を紹介している。

パフォーマンス評価は、「ある特定の文脈のもとで、様々な知識や技能などを用いて行われる人のふるまいや作品を、直接的に評価する方法」と定義される(松下, 2007)¹³⁾。しかし、パフォーマンス評価を行う際にはいくつかの課題も考えられる。まず、誰がいつやっても同じ評価になるかということである。つまり評価の客観性・信頼性という点に課題がある。そこには明確な規準が必要であり、複数の評価者で合意をしながら評価を進める必要が出てくる。それゆえ時間がかかってしまうという課題も生じてくる。それらの課題を少しでも克服するためにルーブリックが用いられる。

松下(2007)によると、ルーブリックとは「子どものパフォーマンスの質を段階的に評価するための評価基準表であり、どんな特徴が見られればどんな数値(得点)をわりあてるかを述べたもの」である。多くの場合、ルーブリックには各尺度の特徴を示す典型的な作品事例も添付され、それによって、教師や子どもがルーブリックの記述語の意味を具体的に理解することができる(松下, 2007)。また、ルーブリックの具体的な記述語は、採点と同時平行で変更され、書き加えられていくというプロセスが含まれる。つまり、子どもたちの具体的な作品に即して再検討し、改善し続けていくことが重要になる(西岡, 2008)¹⁴⁾。さらに田中(2011)は、ルーブリックの有効性を、自己評価を促すという点から指摘している。

4 自己評価

「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」(中央教育審議会教育課程部会, 2010)では、

自己評価を取り入れた指導が求められている。

田中(2008)は、自己肯定感をもつこと、情報社会の進展と生涯学習社会の到来で自己学習能力の形成を図ることが求められていることから、自己評価の必要性を論じている¹⁵⁾。また、梶田(2010)は、「自分自身を振り返って自分なりに吟味してみる機会を提供する」、「自己評価のために設定された項目や視点に沿って自分自身を振り返り、自分のあり方を分析的に吟味し、これまで意識していなかった面に新たに気づき、またそこに潜む問題があれば、それをはっきりさせることができる」、「自己評価の結果を生かして、自分が当面取り組むべき課題が何であるかをはっきり認識し、その方向に向かって新たにやる気をふるい起こす」という点などから、自己評価は人間形成の上で土台になる部分の教育を進めていく手だてになると論じている。

自己評価の重要性や意義から考えると、自己評価活動は学習評価にとって必要なことであり、本研究でも自己評価をとり入れることによって数学的記述表現力の向上に有効に働くと考えられる。

5 数学的記述表現力における学習評価まとめ

以上で述べてきたように、現在、目標に準拠した評価の着実な実施が求められ、評価と指導の一体化を図ることが重要となっている。評価と指導の一体化を踏まえて、数学的記述表現の力を向上させるためには、まず適切な評価を実施することから始まる。

そのための具体的な手立てとしてルーブリックを用いた評価は、数学的記述表現力のような力を評価に適すと考えられる。また、児童の記述したものからルーブリックの観点を作り、再度児童の記述をみて評価するという過程で、教師の指導が不十分だったところも明らかとなる。つまり、評価と指導の一体化を図ることが可能となる。さらに、ルーブリックで設定した観点を児童に指標として示すことで、現在求められている自己評価活動にもつなげることができると考えられる。

数学的記述表現力の向上を図るためには、記述された言葉や数、式、図などが、どの程度児童の考え方を表現できているのかをルーブリックを用いて評価し、その到達度に合わせて指導することが必要となる。さらに、その評価の観点をもとに自己評価を取り入れた活動を行うことで、数学的

記述表現力をより向上させる可能性を指摘できる。

IV 小学校第5学年における数学的記述表現力の調査

1 調査方法

出雲市にある公立小学校5年生の2学級の70名の児童を対象として、2010年7月19日と7月20日に実施した。

本調査は質問紙調査である。「算数における効力感と記述の習慣の質問紙」と「問題解決の際に児童が用いる表現を調査するための問題」を45分間の授業時間に実施した。

2 分析方法

「算数における効力感と記述の習慣についての質問紙」では、「算数における効力感」を問う4項目、「記述の習慣」を問う3項目からなり、それぞれ4件法で、「ある」を4、「少しある」を3、「あまりない」を2、「ない」を1と数値化し、平均を求めた。さらに、「算数における効力感」を問う4項目、および、「記述の習慣」を問う3項目のそれぞれについて一要因の分散分析を行い、項目間に有意な差があるのかを検討し、有意差が認められた場合、どの項目間に有意な差があるのかをTamhaneの方法による多重比較によって検討する。さらに、4件法の回答の分布の割合を検討する。また、7項目間の相関分析を行う。

「問題解決の際に児童が用いる表現を調査するための問題」では、児童の解答を類型化することで、どのような解決方法をとるのかを把握する。次にJELS2003(2004)¹⁶⁾の実践をもとに、筆者が専門家に助言を得ながらルーブリックを作成し、それを基づいて表現力を評価する。さらに、分析の結果、大多数であった五角形を三角形や四角形に分割して解いた児童の解答を対象に、そこで使われる記述の特徴を調べる。

4 質問紙と調査問題の設計

(1) 算数における効力感と記述の習慣の質問紙

算数の学習における効力感の観点として「計算すること」、「教科書を理解すること」、「問題から立式すること」、「解き方を人に説明すること」の4観点を設定した。

算数の問題を解くときの記述の習慣を問う観点として、「ノートに考えをかいているか」、「図や絵

をかいているか」,「板書をノートにかいているか」という項目を設定した。

いずれも、4件法で回答を求めた上で、各項目の回答理由の自由記述欄を設けた。

(2) 問題解決の際に児童が用いる表現を調査するための問題

「五角形の内角の和を求める問題」を用いて、どのような記述表現を用いるのかを調べる。三角形の内角の和が 180° であることを使って、演繹的に求めたり、分度器による角度の測定で求めたりと、複数の方法で児童は問題解決が図れると考えられる。

5 調査の結果と考察

(1) 算数における効力感と記述習慣の質問紙の結果

効力感について質問した設問1から設問4の平均(表1)の差が有意なのかを一要因の分散分析によって検討した結果、主効果は有意であった($F(3, 207) = 10.9, p < 0.01$)。さらに多重比較を実施したところ、設問4「算数の問題の解き方を人に説明することに自信がありますか」の平均と他の3つの設問の平均の間で有意差が認められた。児童は、計算することや教科書をよんで理解することなどに比べると、説明することに対する自信が低いことが分かる。

記述の習慣について質問した3項目の平均を比べ各項目の平均の差が有意なのかを一要因の分散分析によって検討した。その結果、主効果は有意($F(3, 207) = 20.5, p < 0.01$)であったので、多重比較を行った。その結果、設問7「算数の時間、

表1 算数における効力感と記述の習慣の質問紙の平均と標準偏差

設問	平均	標準偏差
設問1 計算に自信がありますか	2.66	0.98
設問2 算数の文章の問題をよんで式を立てる自信がありますか	2.63	0.80
設問3 算数の教科書にかかれていることをよんで理解する自信がありますか	2.74	0.79
設問4 算数の問題の解き方を人に説明することに自信がありますか	2.16	0.93
設問5 算数の問題を解くとき、ノートに自分の考えをかきながら(メモしながら)進めますか	2.66	0.95
設問6 算数で問題を解くとき、図や絵などをかいていますか	2.64	0.90
設問7 算数の時間、黒板にかかれているものをノートにかいていますか	3.34	0.87

黒板にかかれているものをノートにかいていますか」の平均は他の2つの設問の平均に対して有意に高かった。このことから算数の時間に黒板にかかれるものをノートにかく習慣は、考えをノートにかくことや図や絵をかくことに比べると身に付いていることが分かる。

相関分析の結果(表2)をみると、設問4「算数の問題の解き方を人に説明することに自信がありますか」と設問1「計算に自信がありますか」との相関係数は0.51, 設問2「算数の文章の問題をよんで式を立てる自信がありますか」との相関係数は0.37, 設問3「算数の教科書にかかれていることをよんで理解する自信がありますか」との相関係数は0.33と、いずれもやや高い正の相関がみられる。このことから、説明することに対する自信は、計算することや文章問題を解くことへの自信と深く関わっていることがうかがえ、他者に説明をするような表現力と、知識・技能の習得とは関連しているといえる。

記述の習慣の項目をみると、設問5「算数の問題を解くとき、ノートに自分の考えをかきながら(メモしながら)進めますか」と設問6「算数で問題を解くとき、図や絵などをかいていますか」の相関係数は0.48で、正の相関がみられる。ノートに考えをかくことと、図や絵を思考の道具として使いながらノートに記述することは関連していると考えられる。

設問5「算数の問題を解くとき、ノートに自分の考えをかきながら(メモしながら)進めますか」

表2 設問間の相関係数

	計算すること	問題から立式すること	教科書を理解すること	人に説明すること	ノートに考えをかく	図や絵をかく	板書をかく
計算すること	1.00						
問題から立式すること	0.58	1.00					
教科書を理解すること	0.39	0.33	1.00				
人に説明すること	0.51	0.37	0.33	1.00			
ノートに考えをかく	0.18	0.23	0.33	0.33	1.00		
図や絵をかく	-0.11	-0.09	0.17	-0.07	0.48	1.00	
板書をかく	0.07	-0.09	0.30	-0.03	0.25	0.25	1.00

と設問4「算数の問題の解き方を人に説明することに自信がありますか」の相関係数は0.33で、やや正の相関がみられる。考えを記述することと説明する自信とは関連があると考えられる。

以上のことから、人に説明する自信と基本的なスキルについて相関が高いことが分かった。一方、説明を行う自信と、ただノートに板書を写すような記述の習慣との相関関係はなく、考えをノートにかくことと関わっており、メタ認知やモニタリングとの関係が示唆された。

(2) ルーブリックによる評価

JELS2003 (2004) の先行実践を参考に、「問題理解」、「思考力」、「計算・技能」、「表現力」の4つの観点でルーブリックを作成し、評価を行った。

表現力の観点に焦点を絞ってみると、評価1と評価3がついた児童がそれぞれ14名、評価2がつく児童が42名であった。評価2の児童のうち38名の記述は、答えだけ見ると正答であるが、「対角線を引いて五角形を3つの三角形に分けて」という操作したことを記述しない例や、「三角形の内角の和は 180° だから」という理由の説明を書かないまま「 $180^\circ \times 3$ 」と立式してしまう例などがあった。

(3) 解答の記述分析

記述が答えに至るまでの思考や操作の過程をどの程度説明できているのか、その達成度を調べるために、解答の半数以上をしめた「分割333型」（五角形を2本の対角線で3つの三角形に分割して求めた方法）、「分割34型」（五角形を1本の対角線で三角形と四角形に分割して求めた方法）の40名の解答を対象に分析する。

まず、ルーブリックを用いて評価をする作業の中で、説明の記述として必要であると認められたAからFの6つの条件項目を表3のように設定し

表3 記述の分析に用いた条件項目

A	問題にかかっている図に線を引いて、五角形を分割している。
B	「線(対角線)を引いて」という操作したことを説明する記述がある。
C	「3つ(三角形)に分けて」と、解決するためにどのように考えたか説明する記述がある。
D	「角A」、「頂点B」などの記号を説明の中に取り入れている。
E	「三角形の内角の和は 180° だから」という演繹的な考えの根拠を説明する記述がある。
F	式をかいている。

た。そして、40名の解答がどの条件項目をどの程度達成しているかを調べた。

分割して考えたことを示すことは全員ができていたが、対角線を引くという操作をしているにもかかわらず、条件項目Bの「線を引いて」等の記述による説明をしている児童は表4に示すように3割程度である。

条件項目Cの「3つの三角形(三角形と四角形)に分けて」の記述がかけている児童は73%であった。一方、何のために線を引いたのかの理由にあたる記述を記述しない児童が27%いた。

対角線(線)をどこからどこへ引いたかという説明において、条件項目Dの「角A」、「頂点B」などの記号(アルファベット)を使う児童は8%と非常に少なく、9割以上が使わなかった。図形にかかっている記号が何を意味するのかの理解ができていても、説明で活用するまでにはいたっていないことが分かる。

条件項目Eの「三(四)角形の内角の和が 180° (360°) を根拠として考えた」ということを記述しなかった児童が24%いた。式を見れば「 180 (360)」は書いてあるので、必要ないと判断したと考えられるが、演繹的に考えて解いたのであれば、一番大切な根拠の部分である。そこを記述しないのは問題である。また、正確には「三角形の3つの角の和は 180° だから」と記述するべきところを「三角形は 180° だから」とする記述が37.5%あった。「3つの角の和が 180° 」の意味を理解していても、説明で使う際には正確な表現で記述することができない実態が明らかになった。

表4 条件項目とその記述表現が見られる解答の割合

条件項目	記述あり	記述なし
A 図を線で分割	100%	0%
B 「線を引いて」操作の説明	35% (うち適切でない記述5%)	65%
C 「三角形にわけて」等	73%	27%
D 「角A」、「頂点B」等を使っている	8%	92%
E 「三角形の内角の和は 180° だから」	76% (うち適切でない記述38%)	24%
F 式がある	80%	20%

(5) 調査の結果と考察

効力感に関する質問紙から、「人に説明すること」に対する自信がもてておらず、その自信は、「計算すること」や「問題から立式すること」の自信と深く関わっていることが明らかになった。

それは、説明することに自信をつける場合には、計算力や文章題を解くことへの自信もあわせてつけていく必要があることでもある。つまり、表現力と、知識・技能の習得とは関連しており、切り離して考えることはできないと言える。

記述の習慣の質問紙から、板書をほとんどの児童が書き写していることがわかった。また、ノートに考えをかくことのできている児童は、図や絵も思考の道具として使いながらかいていることが分かった。しかし、考えをノートにかくことは、まだ十分な習慣になっていない。

解法に用いられる記述の分析を通して、三つの問題点が挙げられる。

1点目は、既習の算数の用語を使うことができていないことである。「対角線」、「頂点(角)」など既習の用語や、「三角形ABC」などの図形領域で使用する表現方法を用いて説明することがほとんどできていない。

2点目は、自分が課題を解くために行った思考(操作)をもれなく説明することができていないことである。線をどのように引いたのか、その結果どのようなになったのか、根拠となるものは何なのかなどを記述することができていない。「図や式を見ればわかるだろう」、「自分が理解しているから読み手もこれぐらい理解できるだろう」と考え、しっかりとした相手意識を持っていないことが考えられる。

3点目は、既習の学習内容を正確に表現できていないことである。三角形の3つの角の大きさをたせば 180° になることは理解していても、「三角形の3つの角の和は 180° だから」とせず、「三角形は 180° だから」という省略した表現で説明している。

この現状をうけて、図形の求積課題の記述説明において、ルーブリックの評価の観点を活用し、児童が記述活動を行う際に意識すべきポイントを自己モニタリングできる自己評価カードを開発し、その手立てが数学的記述表現力の向上に有効かを検討する。

V 記述表現力の向上のための「自己評価カード」の開発と評価

1 事前テスト

(1) 事前テストの作成

IVの調査では、五角形の内角の和を求める問題

課題を用いた。IVの調査の結果によれば、7割前後の児童が三角形の内角の和や四角形の内角の和を既知のこととして利用し、五角形の内角の和を求めた。このように既習事項を利用して新たな問題解決を行う課題であり、なおかつ、調査対象の児童が、実施時期に学習する内容を踏まえて、出題内容について検討した結果、平行四辺形の面積を求める問題とした。問題解決の方法が類似していることから、IVの調査で明らかとなった記述表現の特徴や問題点が、再度現れる可能性が高いと考えられる。

作成した事前テストを、2010年11月9日に島根県内の公立小学校第5学年の2学級71名を対象に45分間で実施した。それを専門家の助言をもらいながら、筆者がルーブリックによって一人一人観点ごとに評価を出した。

(2) ルーブリックの作成と評価結果

実態調査では、JELS2003(2004)の評価の観点に合わせたルーブリックで評価をしたが、ここでは実態の調査で明らかになった記述表現の問題点をもとに、事前テストの解答と照らし合わせ修正しながらルーブリックの観点を表5に示すように6つ設定した。

ルーブリックを用いて評価を出し、数値化したものの平均を求めた。相対的に高いのは、「図の利用」と「全体の流れ」である。図に解くために必要な線や数字、矢印などを書き込むこと、また、式とその説明、答えを記述することは、概ねできていると言える。「算数の記号」の観点が低いことから、図形領域で使用する記号の使い方(三角形ABC等)は、児童にとっては馴染みがなく、使いこなせていないことが明らかになった。さらに「算数の用語」と「順序」の観点も高くないことから、児童は、「算数の記号・用語」、「順序を表すようなことば」を使わずに説明の記述をしていると言える。

2 自己評価カードの開発

図形領域における記述表現の問題点を自己評価の観点にすることが記述表現の向上につながると考えられる。

「既習の算数の用語を使うことができていない」という問題点から、自己評価の観点に既習の算数の用語を使えるかという観点を設けた。ここ

表5 求積の説明記述におけるルーブリック

	算数の記号	算数の用語	図の利用
観点の説明	「点 A」,「辺 AB」,「三角形 ABC」などを使ったり, 必要な点 E など設定したりして説明できる。	習った算数の用語「対角線」,「底辺」,「高さ」,「合同」などを使って説明できる。	図に, 線や矢印, ことば, 数字などを書き込んで, 自分がしたことや考えたことが見てわかるようにできる。
4	必要な部分に適切に使っている。	説明の中で必要な用語を適切に使っている。	十分な書き込みがしてあり, 見てわかる。
3	必要な部分に使っているが, 一部足りない。または, 一部表現が正しくない。	説明の中で使っているが, 一部足りない。または一部正しく使っていない。	書き込みはあるが, いくつか不足するものもある。
2	ほとんど使っていない。正しく使っていない。	ほとんど使っていない。正しく使っていない。	書き込みはしてあるが情報量として不足している。あるいは, 書き込みの意図が全くわからない。
1	全く使っていない。	全く使っていない。	図に書き込みがない。
	式と理由	順序	全体の流れ
観点の説明	式と, その立式した理由を「～だから…」, 「～なので…」, 「～と考えると…」等のことばを使って説明できる。	「まず」, 「次に」など, 順序を表すことばを使ったり, 「したがって」など結論を表すことば等を使ったりして, 自分がしたこと, 考えたことを区切りながら説明できる。	・図のかきこみ ・式 ・式の説明 ・答え という構成で説明できる。
4	必要な式と, その式にした根拠や理由が正しく説明されている。	答えを導くためにおこなった思考や操作を, 順序をあらわすことばや番号を使ってわかりやすく説明している。	書き込み, 式, 説明, 答えがあり, 考え方や求め方がよくわかるようになっている。
3	式はあるが, 十分な説明にはなっていない。	順序を表すことばを使っているが, だらとした説明になっている(使わなくてもいいような記述になっている)。番号だけで, 説明の記述がない。	書き込み, 式, 説明, 答えはあるが, 一部わかりにくいところがある。
2	式はあるが, その説明がない。	説明があるが, 番号や順序などを表すことばを全く使っていない。	図の書き込み, 式, 説明, 答えのいずれか一つがない。
1	式も説明の記述もない。	説明の記述がない。記述があるが, 意図が全く伝わらない。	図の書き込み, 式, 説明, 答えの2つ以上ない。

では, アルファベットなどの記号を使うことと, 対角線などの用語を使うこととにわけ, 「算数のことば(算数の記号)」, 「算数のことば(算数の用語)」という観点とした。どのような表記すればよいのかが分かるように, 正しい表記例や前時までに学んだ用語の例を示すようにした。

また, 「立式はできていても説明が十分でない」という問題点から, 根拠をもとに説明の記述ができるかということを見る「式と理由」という観点を設けた。立式をしてあるか, さらにその式を立てた根拠や理由を述べているかを確認する。

さらに, 事前テストの解答では, 説明を記述していても一文が長く, 分かりにくいものが多く見られたことから, 手順を踏んで端的に説明が進められるように, 順序を表す言葉や番号などを使って自分がした操作や考えたことを記述できるかという「順序」という観点を設けた。

IV で挙げた「既習事項の定義を曖昧なまま使っている」という問題点は, 「算数の用語」や「式と理由」の観点を設定して確認することとした。

式による表現, 文字による表現だけでなく, 視覚的にも解法を説明することが必要と考え, 図を使って考えを表現しているかを判断する「図の利用」の観点を設けた。さらに, 部分的なチェックではなく, 自分の解答を俯瞰する機会を設け, 式だけで終わったり, 図に何も書き込まないまま終わったりしないように「全体の流れ」という観点を設定した。

すべての観点で具体的な例を示し, 児童が独りでカードの質問を呼んでも判断しやすいようにした。また, 児童が読んで判断ができるように具体的な言葉を使った表記で示した(表6)。

多肢選択の形式, あるいは振り返りの記述欄を設けることは記入に時間がかかると考え, 6観点に対してできるだけ単純に判断できるように「はい」と「いいえ」で答える形式とした。

梶田(2010)らの考えを参考に用紙の下部には, 次に自分が気をつけなければならない点や, 目標となることを書く欄を設けた。

いずれの観点も, どの程度記述していれば「はい」なのかが明確ではなく, 児童によって判断が異なる部分ではあるが, ここでは「はい」か「いいえ」のどちらかを判断よりもどのような点に気を付けて説明を記述すべきなのかを意識することをねらいとする。

3 自己評価カードの有効性の評価方法

(1) 実験デザイン

自己評価カードの有効性を検証するために, 島根県内の公立小学校第5学年の2学級 71名を対象に比較対照実験で評価を行った。2学級のうち1組を事前テストで取り組んだ課題について, 自己評価カードによるフィードバックを行う実験群とした。2組を児童が記述した内容についてのフィードバック方法としてよく用いられる添削指導によるフィードバックを行う統制群とした。実験

群は2011年11月14日、統制群は2011年11月15日に事後テストを行った。

どちらの学級においても、フィードバックをする際に、筆者による事前テストの望ましい記述例の紹介を5分間、実験群では自己評価を10分間、統制群では添削された箇所を確認を10分間行った。両学級の事前テストと事後テストの解答をもとに、実験群（自己評価カード）の学級と統制群（添削指導）の学級との違いを分析した。

表6 自己評価カードの観点と留意点

観点	ことば	留意点
観点1 算数のことば (算数の記号)	記号…「点A」「辺AB」「三角形ABC」新しく必要な「点E」などを使って説明していますか？	アルファベットに傍点をつけ、強調した。「点」「辺」「三角形」などの単語の後にアルファベットをつけて表記することも見てわかるように例示した。
観点2 算数のことば (算数の用語)	習った算数のことば…『対角線』『底辺』『高さ』『合同』などを使って説明していますか？	図形や面積に関する用語の例を挙げ、既習の用語を使うことを意識できるようにした。
観点3 見てわかる工夫 (図の利用)	図に線や矢印、ことば、数字などをかきこんで、自分がしたこと・考えたことが友達に見てわかるようにしていますか？	ただ書き込むのではなく、相手意識をもった表記になっているかを意識させるようにした。
観点4 式と理由 (式と理由)	式と、その式の説明(理由)をことばで書いていますか？ (例)『～なので $\bigcirc + \Delta$ 』～だから $\bigcirc \times \Delta$ 』～と考えると $\bigcirc \div \Delta$ 』	記述の仕方の例を挙げることで、「説明と式」という書き方を意識できるようにした。
観点5 順序 (順序)	『まず』、『次に』、など順序を表すことばを使って、自分がしたこと、考えたことを一文で区切りながら説明していますか？	順序を表すことばを使っているかという点では評価の判断がしやすいと考えられる。
観点6 全体の流れ (全体の流れ)	①図にかきこみ ②式③ことば(文章)で説明 ④答えという流れで説明ができていますか？	児童が解答を記述していく道筋と思われる順で番号をうっている。自分の解答を振り返る時に、整理して考える手だてになると考えられる。

(2) 事後テスト

事後テストは、自己評価カードの有効性を確かめるために事前テストの時と同じループリックで数値化して比較することが必要である。そこで、事後テストは平行四辺形の面積の求め方と手続きが似ているひし形の求積の問題にした。

(3) 分析方法

作成したループリックをもとに事前テストと事後テストのそれぞれ6観点を4段階で評価し数値

化する。数値化したものから平均と標準偏差を求め、事前テストと事後テストの2水準からなる事前・事後の要因、実験群（自己評価カード）と統制群（添削指導）の2水準からなるフィードバック方法の要因について二元配置の分散分析を行い、要因の効果および交互作用について検討する。

4 自己評価カードの有効性の評価の結果と考察

表7に示すように、実験群（自己評価カード）も統制群（添削指導）とも、ループリックによる評価の事後テストの平均は、事前テストの平均よりも上がっている。フィードバック後の上がり方は異なるのかどうかを検討するために、事前・事後の要因とフィードバック方法の違いの要因を考慮した二要因分散分析により検討した。

分散分析の結果、全ての観点について、事前・事後の要因の主効果が有意であった。これは、事前テストと事後テストの答えの導き方はほぼ共通しているため、事後テストでは、事前テストの反省を生かして的確な記述表現ができるようになったこと、および本指導にかかわる様々な指導の効果が現れたといえる。さらに、「算数の記号」の観点を除く4つの観点で交互作用が有意となり、1つの観点は有意傾向がみられた。このことは、これら5つの観点について、添削指導に比べて自己評価カードを用いる方がより大きい効果が得られたことが示唆される。ただし、事後テストでは、天井効果も考えられることから、今後より精密な測定で検証する必要があると考えられるが、少なくとも自己評価カードによるフィードバックは添削指導にフィードバックと同等の効果が得られると結論付けられる。

表7 ループリックの評定の平均とF値

		事前テスト 平均	事後テスト 平均	F値		
				主効果		交互作用
				事前・事後の要因	フィードバック方法の要因	
算数の記号	実験群 統制群	1.53 1.69	2.92 3.09	85.8**	0.79	0.00
算数の用語	実験群 統制群	2.03 2.57	3.47 3.51	70.7**	2.10	3.21 [†]
図の利用	実験群 統制群	2.83 3.09	3.61 3.40	27.2**	0.19	4.89*
式と理由	実験群 統制群	2.17 2.74	3.53 3.49	60.9**	1.77	5.26*
順序	実験群 統制群	1.69 2.57	3.53 3.54	141.7**	5.54	13.4*
全体の流れ	実験群 統制群	2.64 3.06	3.64 3.60	59.9**	1.09	5.26*

[†]p<0.1 *p<0.05, **p<0.01 実験群(n=36) 統制群(n=35)

自己評価カードを用いることにより「説明するためのポイントはどこか」を、自己評価カードを通して児童が意識して問題を解くことができたことがその結果につながったと考えられる。

5 記述表現力の向上のための「自己評価カード」の開発と有効性の評価のまとめ

自己評価カードによる効果が得られた背景には、事前の調査と事前テストの児童の答案から、図形領域の記述による説明のポイントとなるところが抽出できたことがある。児童の解答と向かい合い、丁寧に記述を分析することが、的確に次の指導のポイントを見つけ出すことにつながった。また、評価を指導にいかすということの重要性が確認できた。

添削指導は書き込める余白の関係で、誤答や不十分な点の指導となるのに対して、自己評価カードはいくつもの観点からモニタリングできる。添削指導と自己評価カードはそれぞれのよさがあるが、「この単元で身につけたいことは何か」を明示して児童が意識して学習に取り組めるという点から、自己評価カードのよさがあると考えられる。

VI 本研究のまとめと課題

自己評価カードを作るまでの過程で、「五角形の内角の和を求める問題」、「平行四辺形の面積を求める問題」の児童の解答用紙を一つ一つ丁寧に分析した。児童の解答を分析することで、ルーブリックに必要な評価の観点とその評定を判断する基準を設定することができた。数学的な表現力を育成するのであれば、何をどのように高めたいのかを教師だけでなく、児童も意識することが不可欠である。つまり、今回のルーブリックの評価の観点と評価基準が、ここで育成したい記述表現の具体的な目標となった訳である。

それを教師が一方的に教え込むのではなく、示された具体例に照らし合わせながら児童が自己評価を行うことで、どの観点が十分でどの観点が不十分なのかを確認し、何をどう改善すればよいか自覚できたのではないかと考えられる。どこに数学的記述表現の課題があるのかを実際の児童の解答から丁寧に見つけ出し、的確なフィードバックを促す指導ができれば、数学的記述表現力の向上を図ることができると考えられる。

本研究は小学校第5学年の図形領域という限定

された範囲での実践だった。今後は他の学年、他の領域での自己評価カードの有効性を検討する必要がある。さまざまな単元で求められる数学的記述表現は何であるのかを明らかにして、単元に応じたルーブリックと自己評価の観点を設定する必要がある。その積み上げられたものを活用して指導の改善を図っていかねばならない。

また、低学年・中学年の児童は、発達段階から考えて自己を振り返ることは難しく、自己評価しにくいと考えられる。したがって、自己評価カードの形式や内容の検討、あるいは自己評価カードに代わる手立ての開発が必要となる。

本研究で明らかになったことをもとに学校での実践に取り組んでいきたい。

【謝辞】

本論文の作成にあたり、熱心に御指導いただいた御園真史先生をはじめ、島根大学の関係者の皆様には、研修の場として最善の環境を整えていただきました。また、調査対象学校の皆様には本研究の趣旨を理解し快く協力いただきました。皆様へ心から感謝の気持ちとお礼を申し上げます。

<参考・引用文献>

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説算数編，東洋館出版（2008）
- 2) 山本良和：評価の観点から、表現力の育成について考える，現代教育科学1 No.652，明治図書（2011）
- 3) 文部科学省中央教育審議会教育課程部会：児童生徒の学習評価の在り方について（報告）（2010）
- 4) 中原忠男：算数・数学教育における構成的アプローチの研究，聖文社（1995）
- 5) 小島宏：算数科の思考力・表現力・活用力<新しい学習指導要領の表現>，文芸社（2008）
- 6) 二宮裕之：数学教育における内省的記述表現活動に関する研究，日本数学教育学会誌 数学教育学論究 77, pp. 34-41（2001）
- 7) 二宮裕之：数学学習における記述表現の分析—ルーブリックによる全体論的評価法を用いて—，埼玉大学教育学部紀要 59（1），pp. 1-19（2010）
- 8) 文部科学省中央教育審議会：幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（答申）（2008）
- 9) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：評価方法等の工夫改善のための参考資料（小学校）（2011）
- 10) 財団法人日本システム開発研究所：学習指導と学習評価に対する意識調査報告書（平成21年度文部科学省委託調査報告書）（2010）
- 11) 田中耕治：パフォーマンス評価 思考力・判断力・表現力を育む授業づくり，ぎょうせい（2011）
- 12) 梶田敏一：教育評価 第2版補訂2版，有斐閣（2010）
- 13) 松下佳代：パフォーマンス評価 子どもの思考と表現を評価する，日本標準ブックレット（2007）
- 14) 西岡加名恵：「逆向き設計」で確かな学力を保障する，明治図書（2008）
- 15) 田中耕治：教育評価，岩波書店（2008）
- 16) JELS2003：Japan Education Longitudinal Study 2003 お茶の水女子大学21世紀COEプログラムのプロジェクトⅢのサブ・プロジェクト第3集，（2004）お茶の水女子大学大学院人間文化研究科人間発達科学専攻COE事務局