

数学学習におけるポートフォリオ評価法を用いた メタ認知能力の育成に関する研究

— 数学学習におけるルブリックの検討 —

兵庫教育大学 加藤 久恵

(2003.2.28受理)

0. はじめに

学校教育における評価は、相対評価から絶対評価や個人内評価へと重点がうつりつつある。個人内評価への着目は、学習のプロダクトだけではなくプロセスも含めて評価しようとする意図があり、学習のプロセスを評価する手段として、学習のプロセスを表現し視覚化するポートフォリオ評価法が注目されている(村川, 2001; 加納, 2000)。我が国において、ポートフォリオ評価法を取り入れた学習は、総合的な学習の時間を中心にひろがっている(例えば, 安藤, 2001; 大隈, 2000; 小田, 1999, 2000)が、数学学習においては、海外の研究成果の報告がなされたり、実践的研究が始められつつある(小田, 1999; 二宮, 2001b, 2001c, 加納, 2000, 2001)という状況である。

ポートフォリオ評価法とは、ポートフォリオによって子どもの活動や学習過程を評価する、評価方法の一つである。ここで、ポートフォリオ評価法を用いた学習に関する先行研究を概観してみると、いくつかの先行研究においては、ポートフォリオ評価法を用いた学習に、メタ認知的活動が関わるということが指摘されている(小田, 1999; 加藤, 安藤, 1999; 加納, 2000)。ここでは、ポートフォリオ評価法を用いた学習では、子どもたちは自分の学習活動について反省的な思考を促されたり、ポートフォリオをみる他者を想定した活動を促されたりすることが指摘されている。しかし、メタ認知能力の育成を目指したポートフォリオ評価法の提案や、その実証的検討はまだみられない。したがって、メタ認知能力の育成を目指したポートフォリオ評価法の開発と、メタ認知能力の成長を同定する、メタ認知能力の測定方法の導入が必要である。つまり、今日注目されているポートフォリオ評価法によって育成される能力の1つにメタ認知能力があるならば、ポートフォリオ評価法を取り入れた学習の結果としてメタ認知能力が育ったという受身的な取り組みではなく、メタ認知能力の育成に関する先行研究を踏まえたポ

ートフォリオ評価法の実践的枠組みを確立する必要がある。また、ポートフォリオ評価法によってメタ認知能力の育成がみられたと主張する際にも、児童・生徒の発言や記述だけではなく、メタ認知能力を測定する調査用紙やアンケートを用いて、量的・質的にメタ認知を捉える必要があろう。

よって本研究の目的は、メタ認知能力育成に向けた数学学習におけるポートフォリオ評価法の開発とその実証的検討である。ポートフォリオ評価法が本来の機能を果たすためには、「対話」、「綴り」、「ルブリック(rubric)」が重要な役割を果たすという指摘がある(佐藤, 2001, pp.15-17)。よって本稿の目的は、メタ認知を評価の視点として加えた数学学習におけるルブリックを提案することである。そのことによって、子どもの記述からメタ認知的活動を同定し、メタ認知的活動を促すポートフォリオ評価法による指導プロセスの構築が可能となるからである。

なお、本稿で提案する「数学学習におけるルブリック」は、川和田ら(2002)が提案している「振り返り授業」へ活用されることも視野に入れている。

1. ポートフォリオ評価法

ポートフォリオ評価法とは、ポートフォリオによって子どもの活動や学習過程を評価する、評価方法の一つである(加納, 1999)。ポートフォリオとは本来、「画家や写真家が自分の作品を収めた折りかばんや紙はさみのこと(安藤, 2001, p.22)」を指していた。しかし教育学においては異なる意味で捉えられており、現段階では、統一された見解はまだみられないと考えられる(二宮, 2001c)。

加藤と安藤(1999, pp.43-45)はポートフォリオに関する先行研究を概観し、ポートフォリオとは、「特定の目的にそって学んだ事柄を多様な評価手段を使って長期にわたって収集したものであり、その際には学習者の自己評価だけでなく、同じ学習者同士や助言者

からの評価なども含めて、自分の次の学びに活かすことができるものである」(p.45)と述べている。

では、ポートフォリオ評価法に欠かせない特徴とはどのようなものであるのか。熊野(2000, pp.24-25)は、いくつかのポートフォリオ評価法¹⁾に共通する項目として、以下の8点を挙げている。

- ・ポートフォリオ評価法がどのようなものか、どのようになされていくのか理解されていること。(公平かつ積極的な参加)
- ・学期や学年という長期に渡って行われる。
- ・「総合的な学習の時間」における個々人の多面的な情報の収集(スケッチ・作文・レポート・豆テストなど)
- ・作品について、教師はその都度よりよい作品にするための適切な助言を与える。
- ・児童・生徒は自分の作品等に責任と誇りを持つように指導されること。
- ・教師によるアセスメントを受けるために、児童・生徒はいままでの作品等を振り返り、自ら選ぶことができる。また、ある一定の期限の中で改良・改善できる。
- ・児童・生徒がどうしてそれらの作品等を選んだか。また、どのような出来具合か等の生徒によるアセスメントを大切にする。
- ・提出された、ポートフォリオがどのようなアセスメント基準(ルブリック)で判定されるかが準備されていること。

また佐藤(2001, pp.15-17)は、ポートフォリオ評価法が本来の機能を果たすために、以下の3点が必要であると指摘している。第1は児童と教師の対等な関係による「対話」、第2は児童と教師双方によって記される詳細な「綴り」、第3は評価としての信頼性と妥当性を得るための「指標(rubric)」である。ここで、熊野(2000)と佐藤(2001)に共通して、「ルブリック(rubric)」の重要性が指摘されている。これについては、次節でさらに詳しく検討する。

このようなポートフォリオ評価法は、近年わが国では総合的な学習の時間の評価法として注目されているが、数学教育におけるポートフォリオ評価法の活用は、Lambdinら(Lambdin, D. V. and Walker, V. L., 1994)や、二宮(2001c)などがある。数学教育におけるポートフォリオ評価法の活用の実際についての詳細な検討は、他稿で行うこととする。

2. ルブリック

前節で指摘したように、ルブリック(rubric)はポートフォリオ評価法の重要な要素である。したがって、本節では、ルブリックの捉え方について検討する。一

方、数学教育においては、授業終了後に子どもたちに学習のまとめや感想を書かせ、それを分析する枠組みについていくつかの先行研究がなされている。これは、ルブリックと類似した機能を有する箇所があるといえる。そのため、先行研究の枠組みを概観し、それを踏まえて、ルブリックに必要な要件等を考察する。

2.1. ルブリックとは

英和辞典(松田, 1999)によるとルブリックとは、「赤字, 受験心得, 説明」などと述べられているが、ポートフォリオ評価法におけるルブリックとは、ポートフォリオに含まれる学習物を評価するために用いられる枠組みである。特に、評価基準(criteria)と評価基準(standard)²⁾を組み合わせることによって、多面的に評価することを意図しているものが多い。例えば佐藤(2001)は、ルブリック³⁾は「多面的な評価基準と段階的な評価基準という二つの側面から、これを設定することが重要である」と述べている。ここで佐藤(2001)が述べている「多面的な評価基準」とは、「ポートフォリオによって学びの質を看取る場合、どのような評価項目によって、これを価値付けるのかということであらかじめ設定しておくということ」である。その例として、学び方にかかわる項目だけでなく、学びの内容にかかわる項目についても設定することの重要性が指摘されている。そして「段階的な評価基準」とは、「前者の多面的な評価基準のそれぞれの項目に従って、おおむね妥当なラインや努力を要するラインなど幾つかにランク付けをするということ」である。例えば、「課題追求場面におけるグループでの話し合い活動において、常に課題に関係のある話題を提供している、課題に関連させるように努力しながら話題を提供している、課題から逸脱した話題に終始しているなどの段階的な基準を設定」する。その際に、これら各々の基準項目を点数化したり数値化してランク付け、価値付けをすることの必要性を指摘している。

実際には、多様な場面でいくつかのルブリックが提案されている。しかし、どのような事例でも適用可能なルブリックは存在せず、何をどの程度評価するかという評価者の意図によってルブリックの内容は異なるのであろう(加納, 2002, pp.46-50)。このようなルブリックは、「包括的に評価するタイプ」と、「観点別に評価するタイプ」に分けられる。「包括的に評価するタイプ」とは、ポートフォリオに含まれる学習物を評価するために、評価基準を設定し、学習物の全体的な特徴を評価するタイプである(たとえば、二宮(2001a, p.120)に挙げられている)。「観点別に評価するタイプ」とは、ポートフォリオに含まれる学習物

を評価するために、評価規準と評価基準を組み合わせ、多元的に評価するタイプである(たとえば、加納(2002)で紹介されている)。これらのタイプの大きな違いは、ルブリックに評価基準を設けるかどうかである。他の視点からみると、「包括的に評価するタイプ」は、「観点別に評価するタイプ」における観点として「その記述全体」を設けているともいえる。さらに、ポートフォリオ評価法には多元的な評価規準と段階的な評価基準という2つの側面を設定することが重要であるという指摘もある(佐藤, 2001) ことから、特に本稿では、各々のタイプについて考察することによって、「観点別に評価するタイプ」のルブリックを提案したい。

2.2. 数学学習における児童の記述を分析する枠組み

数学教育においては、授業終了後に子どもたちに学習のまとめや感想を書かせ、それを分析する枠組みが提案されている。これは、ルブリック作成と類似した機能を有すると考えられる。そのため先行研究における児童の記述を分析する枠組みのうち、特にメタ認知的視点を取り入れ数年に渡り研究を行っている重松ら(1999, 2002など)と、わが国で早くから数学教育学におけるポートフォリオ研究に着目している二宮(2001a)を取り上げる。

① 重松らによる算数作文の分析の枠組み

重松らは、メタ認知能力育成を目指した指導方法として「算数作文」に注目している。「算数作文」とは、「算数の授業後に子供が書く短い作文」である(重松ら, 2002)。そして、小学校中学年の子どもが書いた算数作文を分析することによって、メタ認知の算数学習での働きと知識の変容のプロセスを明らかにし、算数作文の記述に表1のような5段階を設定し、表2のようにそれぞれの段階でみられるキーワードを整理している。

表1の内容は、「問題の解決」、「感想」、「方略」、「メタ認知」に関連している。そして各段階は、「～に関するメタ認知の記述」となっており、算数作文に書かれたメタ認知の段階を同定する枠組みになっているといえる。つまり、各段階には「問題の解決」や「感想」、「方略」、「メタ認知」といった多様な内容に関連しており、それらを包括的に捉えているといえる。よって、この枠組みは「包括的に評価するタイプ」である。そして評価規準には、認知的活動である問題の解決や方略、情意的活動である感想などが含まれている。次に、表1のAからEは算数作文の段階を表しており、ルブリックの評価基準に対応しているといえる。この段階の設定は、子どもの知識の特徴と対応する形で設けられていることが特徴的である。

表1 算数作文の記述にみる知識とメタ認知の発達変容(重松ら, 1999, p.375)

	算数作文の記述内容	知識の特徴
A	特定の問題の解決と感想や方略に関するメタ認知の記述の段階	特定の問題についての初期的・経験的知識や個人的知識が多くみられる。
B	特定の問題の解決と結果についての理由など他者に関するメタ認知を記述した段階	特定の問題についての修正された個人的知識や共有的知識が多い。
C	特定の問題に対する自己に関するメタ認知を記述した段階	特定の問題についての自分の知識がみられる。
D	特定の問題からの疑問や類推・一般化を図るメタ認知も記述した段階	特定の問題から派生した自分の知識がみられる。
E	より一般的な問題に対するメタ認知が記述されている段階	一般的問題に関する自分の知識がみられる。

表2 着目するキーワード例(重松ら, 2002, p.11)

A段階	事実の表記	わかりました むずかしかった かんたんでした できました やりました 知りました 今まで知らなかった
B段階	事実とその理由	～から、むずかしかった ～から(ので)、かんたんでした ～なので間違っていました ～なので便利だ ～だから、わかりやすかった (前後の文章の中に理由が書いてあるもの)
C段階	自分はどうしよう	よくわかるので～しようと思います 気をつけよう 注意しよう
D段階	他の場合を考える	かけ算もあるのかな? ～もあるもですか? ～もやってみたいです 他にもないか、さがして(調べて)みたいです ～はなんというのですか? 自分でも問題を作ってみたいです (実生活の場面について書いているもの)
E段階	自分の学習や算数全体について考える	算数が好きです いろんな算数の世界へ行こうと思います 算数は新しいものを作り出せるものだ

② 二宮による数学的記述表現の分析の枠組み

二宮(2001a)は、子どもの記述のうち「数学的内容や数学的思考方についての認知、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」を「数学的記述表現」と規定し(p.7)、それを分析する枠組みとして次ページに挙げた図1を提示している(p.141)。この分析の枠組みは、数学的記述表現のうちで認知の記述を質的に評

価しようとする枠組みであり、「全体的評価」と「分析的評価」からなる。

二宮 (2001a) による分析の枠組みのうち、「I 全体的評価」は、子どもの記述を全体的に評価し、ルブリックにおける評価基準として 0 から 5 のレベルを提示しているといえる。この 6 段階は、「与えられた課題の理解」、「設問の内容や概念の重要なことがらの記述」、「適切な具体例の使用」を視点として設けられていると解釈できる。この 3 つの視点は、課題を理解できているか、重要な数学的内容を記述できているか、適切な具体例を用いているかであり、数学的内容に関する記述の良し悪しを判断する際に、妥当なものであると考える。これは、「包括的に評価するタイプ」で

あるといえる。

次に、「II 分析的評価」⁴⁾は、さらに 3 つの下位項目である、「何を」、「どのように」、「どのくらい」(「II-A 記述の様相 (何を)」、「II-B 記述レベル (どのように)」、「II-C 記述の精緻さ (どのくらい)」) からなる。この 3 つの下位項目のうち「II-A 記述の様相 (何を)」は、記述の対象を規定するものであり、ルブリックの評価規準に関わる項目といえる。一方「II-B 記述レベル (どのように)」と「II-C 記述の精緻さ (どのくらい)」は記述の程度を規定するものであり、ルブリックの評価基準に関わる項目といえる。これは、評価規準と評価基準を併せもつことから、「観点別に評価するタイプ」であるといえる。

I : 全体的評価	II-B : 記述のレベル (どのように)
<p>数学的記述表現の各項目について、例えば次のようなルブリックを用いて全体的に評価する。</p> <p>5 : 与えられた課題を十分に理解し、設問の内容や概念の重要なことがらを含め、適切な具体例を適宜使用しながら説明を進めているもの。</p> <p>4 : 課題の理解は十分に何えるが、設問の内容や概念の重要なことがら、或いは具体例などが必ずしも適切には表現されていないもの。</p> <p>3 : 設問の内容や概念について触れられているが、単に表面的に述べているに過ぎないもの。(授業での板書やノートの丸写しと判断できるもの)</p> <p>2 : 設問の内容や重要な概念をほとんど把握できないもの。</p> <p>1 : 課題の意図が理解されず、ピントの外れたことがらについての記述。</p> <p>0 : 全く何も書いていないもの。</p>	<p>II-B-1 : 具体的な記述 (具体的な数値などを伴う記述, 主観的な記述)</p> <p>B-1-1 : 手続き的な記述 (子どもの活動をもとにした記述)</p> <ul style="list-style-type: none"> 49の平方根を求めると、7になります。というのは、7を2乗すると49になるからです。 1+2+3+4+5+6+7+8を計算するときには、1と8とを取り出して足して9になります。2と7を取り出して足しても9になります。3と6、4と5も同様です。ですから、9×4で36になります。 <p>B-1-2 : 概念的な記述 (数学的概念そのものを描写する記述)</p> <ul style="list-style-type: none"> 49の平方根は7です。なぜなら、7が49となるからです。 1+2+3+4+5+6+7+8の計算は次のように考えます。最初の数1と最後の数8を取り出すと、その和は9になります。2番目の数の2と最後から2番目の数についても同様です。3と6、4と5も同様です。そこで9×4となるので、その和は36になります。
II : 分析的評価	II-B-2 : 一般的な記述
<p>II-A : 記述の様相 (何を)</p> <p>II-A-1 : 概念についての個別的な記述 (数学的概念そのものについての具体的な記述)</p> <p>(例) : 負の数とは、0よりも小さい数のことである。</p> <p>任意の実数 a, b, x に対して、$a \cdot \sin x + b \cdot \cos x = \gamma \cdot \sin(x+\phi)$ となる γ と ϕ が存在する。</p> <p>分数とは、1を何等分したうちのいくつ分を表す数である。</p> <p>II-A-2 : 方法についての個別的な記述 (操作や手続きについての具体的な記述)</p> <p>(例) : 12/18を約分するには、</p> <ol style="list-style-type: none"> 12と18の両方に対して割り切れる数を見つける。(例えば3) 分子の12、分母の18を両方とも3で割る。 もとの分数が4/6という簡単な形になる。 まだ割れる数があったらみつける。(まだ2で割れる) 分子、分母を2で割ると、2/3となる。 これ以上は割れないので、これで約分が終了。 <p>II-A-3 : 概念についての関係的な記述 (理論の扱いや理論の拡張について)</p> <p>(例) : 定理の逆は必ずしも真ではない。</p> <p>方程式を解くときには、常に両辺が等しくなるように留意すること。</p> <p>II-A-4 : 方法についての関係的な記述 (規則の手順についての一般的な説明)</p> <p>(例) : 図形の証明問題を解くための方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 問題をよく読むこと。場合によっては何回でも。 問題を図にかき表す。与えられている条件はすべて書き込むこと。十分に大きな図を描くように。 …… (以下続く) <p>分数の約分のやり方は、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 分母と分子の最大公約数を見つける。 2 分母と分子の両方を、最大公約数で割る。 <p>II-A-5 : 規約・協定 (算数・数学を学習していく際の約束事についての記述)</p> <p>(例) : 幾何では、点を表すのに大文字を用いる。</p> <p>方程式を解くときには、等号を下へ並べてかくこと。</p>	<p>II-B-2 : 一般的な記述 (数学的对象どうしの関係についての記述, 客観的な記述)</p> <p>B-2-1 : 手続き的な記述 (子どもの活動をもとにした記述)</p> <ul style="list-style-type: none"> ある数の平方根は、その数の2乗がもとの数となるような数を見つけよう。 方程式の検算をするには、出てきた解を未知数に代入して計算してみる。 <p>B-2-2 : 概念的な記述 (数学的概念そのものを描写する記述)</p> <ul style="list-style-type: none"> ある数の平方根は、その数の2乗がもとの数であるような数である。 最大公約数とは、与えられたすべての数に対して割り切れる数の最大のものである。
	II-C : 記述の精緻さ (どのくらい)
	<p>II-C-1 : 目標についての言明 (記述の主題となる概念や手順を同定するもの)</p> <p>(例) : 私はこれから正負の数について説明します。</p> <p>分数ってどんな数?</p> <p>II-C-2 : 「核」となる記述 (概念の定義や手順の概略についての一般的な表現)</p> <p>(例) : 2つの分数の積を求めるには、分子どうし、分母どうしをかければよい。</p> <p>平行四辺形の面積は、底辺×高さで求めることができる。</p> <p>II-C-3 : 具体例 (手続きの例や概念の例)</p> <p>記号的な表現, 言語的な表現, 図的な表現, 表, グラフ</p> <p>II-C-4 : メタ認知的記述 (メタ知識, メタ認知をこぼして表しているもの)</p> <p>(例) : 分数なら小数で表せない数も表せるんだ!!</p> <p>分母が同じなら分子だけで数えてみよう。</p> <p>ここは大切だからきちんと理解しよう。</p> <p>II-C-5 : 理由づけ (既習の原理との関連である事柄が正しいことを示すこと)</p> <p>(例) : この数の分母と分子は倍数になっているので、2で約分することができます。</p> <p>同位角が等しいので、2つの直線は平行です。</p> <p>II-C-6 : 既習の知識や経験との関連 (既習事項や日常での具体例との関連の説明)</p> <p>(例) : 数直線の上を歩いていると仮定すると、正の数は前進を、負の数は後退を意味します。</p> <p>長方形も平行四辺形ということができる。</p>

図1 認知に関わる数学的記述表現の質を分析する枠組み (二宮, 2001a, p.141)

3. 数学学習におけるルブリックとメタ認知

前節で指摘したように、ルブリックには評価規準と評価基準を盛り込んだものがある。ここでは、前節での先行研究からの示唆を踏まえて、数学学習におけるルブリックの一つを提案する。

3.1. ルブリックにおける評価規準の検討

ルブリックにおける評価規準としては、学ぶ内容・学び方の双方に関する視点を設ける必要があることが指摘されていた(佐藤, 2001)。したがって、数学的な内容だけでなく、数学的な考え方、さらには数学に対する関心や態度についても考慮する必要がある。また、重松ら(1999)の「算数作文の記述内容」にも、「問題の解決」、「感想」、「方略」、「メタ認知」といった視点が含まれている。

よって本稿では、ルブリックの評価規準構築の第一歩として、実際に算数科での評価の観点として用いられている算数科における評価の4観点(「算数への関心・意欲・態度」(以下では「関心・意欲・態度」と略記)、「数学的な考え方」、「数量や図形についての表現・処理」(以下では「表現・処理」と略記)、「数量や図形についての知識・理解」(以下では「知識・理解」と略記))を用いることとする。この4観点は、数学教育において育成すべき能力であるが、評価規準として採用する際、子どもの記述を明確に4観点に分類することは容易ではなく、その境界線上にあるものや複合的な記述もあると考えられる。したがって本稿では、子どもたちの記述内容が学習の振り返り(川和田ら, 2002)であることを視野に入れているために「知識・理解」に関わるものが多いと想定すると、それ以外の観点については特にその観点の特徴を示す記述を抽出できるように設定することとした。

① 「関心・意欲・態度」に関わる評価規準

これは、「数理的な事象に関心をもつとともに、活動の楽しさや数理的な処理のよさに気づき、日常の事象の考察に進んで生かそうとする」ことである。このうち特に本稿では、学習内容を日常の事象へ活かそうとすること、数理的な事象の関連に関心をもつことについて評価規準を設ける。したがって、「学習内容の生活への応用やつながり及び他教科との関連の記述」(数学的関連)と「学習内容に関する発展的な課題の記述」(課題の発展)という規準を設定した。

② 「数学的な考え方」に関わる評価規準

これは、「算数的な活動を通して、数学的な考え方の基礎を身に付け、見通しをもち筋道を立てて考える」ことである。片桐(1988)は、数学的な考え方には「方法に関係した数学的な考え方」と「数学の内容に

関係した数学的な考え方」があるとしている。しかし、「数学の内容に関係した数学的な考え方」は、片桐自身も指摘しているように、数学の内容を直接支えている考えである(片桐, 1988, p.124)。したがって、「数学の内容に関係した数学的な考え方」は、「知識・理解」の記述と厳密に区別することが困難であるといえる。よってここでは、「方法に関係した数学的な考え方」という規準を設定した。

③ 「表現・処理」に関わる評価規準

これは、「数量や図形についての表現や処理にかかわる技能を身に付けている」ことである。つまり、グラフや表などの「数学的な表現」と、解法などの手続きおよび手順といった「数学的な処理」に分けて考えられる。しかし、「数学的な表現」はそれ自身を用いることによって数学的内容を記述することから、「知識・理解」の記述と分離することは難しい。よってここでは、「数学的な処理」に関わる「手続き・手順」という規準を設定した

④ 「知識・理解」に関わる評価規準

これは、「数量や図形についての豊かな感覚をもち、それらの意味、性質などについて理解している」ことである。

前節で検討した二宮(2001a)による「II分析的評価」の下位項目の1つである「II-A記述の様相(何を)」は、ルブリックの評価規準に関わる項目であると述べた。したがって、氏の研究を検討することによって、ここでの捉え方をより強固なものとしたい。二宮(2001)は、「算数・数学のどのような側面(数学的内容)」についての記述であるかを評価するために、「II-A記述の様相(何を)」を設けている(p.136)。そして氏は、van Dormolen(1985)とShield & Galbraith(1998)の研究を踏まえて、「記述の様相」をさらに5つの下位項目に分けて捉えている(図1を参照のこと)。その内容を詳細にみると、以下のように4観点に対応させて捉えることができる。

まず、「方法についての個別的な記述(操作や手続きについての具体的記述)」、「方法についての関係的な記述(規則の手順についての一般的な説明)」は、上の③で検討した「表現・処理」における「手続き・手順」に対応すると捉えられる。なお、氏が提案している「方法についての個別的な記述」と「方法についての関係的な記述」の違いは、方法について個別に記述しているか、関連づけて記述しているかであるから、等しい評価規準内の異なる評価基準として、本稿では扱うこととした。

次に、「概念についての個別的な記述(数学的概念そのものについての具体的記述)」、「規約・協定(算

数・数学を学習していく際の約束事について)」は、「知識・理解」に対応すると捉えられる。よってここでは氏の主張を踏まえて、「知識・理解」を学習内容の意味や性質に関する記述及び概念についての記述である「概念」と算数・数学を学習していく際の約束事に関する記述である「規約・協定」という規準を設定した。

3.2. ルブリックにおける評価基準の検討

ルブリックにおける評価基準は、多元的な評価規準のそれぞれの項目に従って、幾つかにランク付けをするということである。ここで、前節で検討した二宮(2001a)による「II分析の評価」の下位項目の1つである「II-B記述レベル(どのように)」は記述の程度を規定するものであり、ルブリックの評価基準に関わる項目であると述べた。したがって、氏の研究を検討することによって、ここでの捉え方を設定したい。

氏は、「記述レベル」をさらに2つの下位項目(「具体的記述」と「一般的な記述」)に分けて捉えている(図1を参照のこと)。しかし氏も指摘しているように、これら2つの下位項目に優劣は設けていない。以上のことから、ここでの評価基準のレベルと各レベルでのキーワードを概ね以下のように設定した。

レベル1：記述なし。単なる感想。

レベル2：不十分な記述。

レベル3：適切な具体例、または、適切な一般的表現による記述

レベル4：適切な具体例、かつ、適切な一般的表現による記述

レベル5：適切な具体例、かつ、適切な一般的表現による記述。

加えて、表現の工夫(既知知識との関連など)

3.3. ルブリックにおけるメタ認知的記述の検討

先に指摘したように、本稿では、ルブリックにメタ認知を評価する視点を盛り込むこととした。よってここでは、その具体的方法を、先行研究を手がかりに検討する。なお、本研究ではメタ認知を以下の表2のように捉えている。

表3 問題解決におけるメタ認知の類型化(岩合ら, 1990, p.38)

- | |
|------------------|
| a. メタ認知的知識 |
| (a-1) 人 |
| (a-2) 課題 |
| (a-3) 方略 |
| b. メタ認知的技能 |
| (b-1) モニター(監視) |
| (b-2) 自己評価 |
| (b-3) 制御(コントロール) |

さて、子どもたちが学習を振り返って記述を行った内容の中から、どのような記述をメタ認知的記述として同定するかを検討する。

まず、メタ認知を評価する視点は、評価の規準の一つとして設けるべきなのか、あるいは、評価の基準のレベルとして設けるべきなのか検討する。ここで、メタ認知という概念を最初に用いた Flavell (1976) による以下の記述を参照する。

「“メタ認知”とは、その人自身の認知過程と所産、あるいは、それらに関連したことすべて、例えば学習に直接関係する情報やデータの属性に関する知識を指している。例えば(中略)といった場合に、人はメタ認知(メタ記憶、メタ学習、メタ注意、メタ言語もしくはその他のあらゆるメタ)にかかわっているのである。」(Flavell, 1976, p.232)

メタ認知は認知的活動の一種ではあるが、ここでの Flavell の指摘からもわかるように、「ある認知的活動を対象とした認知的活動」である。例えばある数学的な内容を学習した際、そのときの認知的活動を対象としてメタ認知的活動が起こるのである。したがって本稿では、各々の評価規準を対象として起こる活動としてメタ認知を捉え、評価規準の程度を同定するものと考え、評価基準のオプション的なレベルとして設けることとした。

次に、メタ認知的活動のうち、メタ認知的技能とメタ認知的知識という分類にしたがって検討する。子どもたちが学習を振り返って記述する際には、メタ認知的技能の内容まで記述されることは難しい。それに比べて、多くのメタ認知的活動の結果、知識として形成されるメタ認知的知識は、記述される可能性が高いと考えられる。したがって、数学学習での振り返りを分析する際のルブリックには、メタ認知的知識の記述を評価する視点を設ける必要がある。その際、メタ認知的知識のカテゴリーである、「人に関するメタ認知的知識、課題に関するメタ認知的知識、方略に関するメタ認知的知識」を採用する(表2)。それに該当する記述がある場合、それに関わるメタ認知的活動が想定できるものをメタ認知的記述と同定する。具体的には、Flavell (1979) によると、メタ認知的知識とは、主として、どのような要因や変数が作用したり、相互作用したりして認知的営みの過程や結果に影響を及ぼすのかということについての知識や見解である。さらに、岩合ら(1990)は、Flavell などの先行研究を踏まえて、メタ認知的知識を次頁のように詳細に捉えている。

上で述べた2点を踏まえると、例えば評価規準「手続き・処理」のレベル3の記述に加えて、それにかかわるメタ認知的記述がなければ、「手続き・処理 レ

ベル3」と判断する。一方、評価規準「手続き・処理」のレベル3の記述に加えて、人カテゴリーに属するメタ認知的知識の記述がある場合は、「手続き・処理レベル3-a」と判断する。これは、以下の図2（加藤，1999）において示したように、メタ認知的活動が関与しない認知的活動も想定していることと整合する。

以上を踏まえて本稿では、数学学習におけるルブリックを、評価規準と評価基準をマトリックスに表わし、それにメタ認知的知識の3つのカテゴリーを加えたものとして提案する（表4）。さらに、川和田（2002）において、表4の部分的な実証的検討を行っている。

(a-1) 人カテゴリー：“認知的な処理をする者としての自分自身と他の人々の性質について抱く考え”すべてを含む。
例

- ・計算にどれだけ熟達しているかは、どれだけ計算練習をしたかに依存する。
- ・計算や文章題がよりよくできるようになるために、教師が練習の機会をより多く与えてくれることが唯一のやり方だ。
- ・急いでやると計算間違いをしやすいため、1つの問題に時間をかけることは必要なことだ。

(a-2) 課題カテゴリー：“その課題の本質がその課題の遂行にどのように影響するか、についての知識”を意味している。また、“課題の内容、文脈、構造、構文などの特色が、課題の難しさに与える影響についての意識”も同じに含んでいる。

例

- ・文章題における数の大きさや数の個数が、問題の難しさを表す重要な指標であり、また、文章題は計算問題よりも難しい。
- ・文章題は、1つないしそれ以上の算術的演算を直接適用することで解ける。
- ・利用すべき演算は、単にキー・ワードを確かめることで決定できる。つまり、全体の計画を立てたり、意味を探ったりすることはほとんど必要ない。

(a-3) 方略カテゴリー：アルゴリズムや発見法に関する知識が含まれるが、“問題を理解したり、情報やデータを組織化したり、解決するための計画を立てたり、そして、計画を実行し、結果を検証したりするときに利用されるストラテジーについての人の意識”も含まれている。

例

- ・文章題を解くときには、“キー・ワード”を探せばよい。（つまり、子どもたちはキーワード方略をかなりよく知っている。）
- ・2つの数のたし算、あるいは、ひき算のときには、逆算をすればチェックできる。
- ・かけ算やわり算、あるいは、3つ以上の数のたし算では、もう一度計算することでチェックできる。

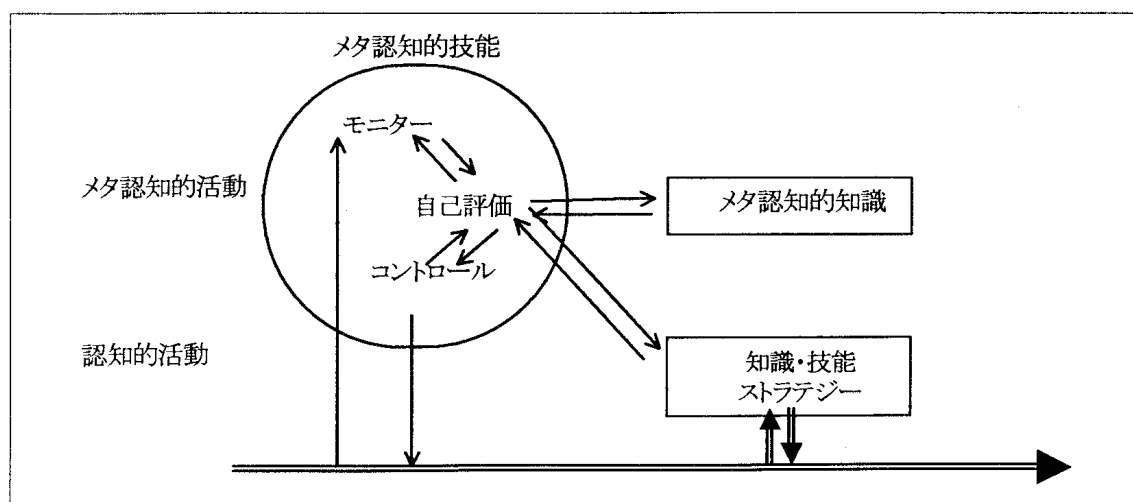


図2 数学的問題解決における認知とメタ認知との関係（加藤，1999）

表4 数学学習におけるルブリック

評価基準 評価規準	評価基準	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	+レベルa	+レベルb	+レベルc
		課題把握ができていない	努力を要する	概ね達成している	達成している	充分達成している	メタ認知的知識		
							人 カテゴリー	課題 カテゴリー	方略 カテゴリー
関心・意欲・態度	数学的 関連	学習内容に関する生活への応用やつながり、他教科との関連の記述がない。	学習内容に関する生活への応用やつながり、他教科との関連の記述はあるが、数学的な内容で関連づけていない。あるいは適切に表現していなかったり、説明が不十分である。	学習内容に関する生活への応用やつながり、他教科との関連の記述はあるが、授業で扱った内容と同じレベル（文脈の違い等）の関連付けである。	学習内容に関する生活への応用やつながり、他教科との関連の記述があり、授業で扱った内容に留まらず、自分で工夫して関連付けている。	学習内容に関する生活への応用やつながり、他教科との関連の記述があり、授業で扱った内容に留まらず、自分で工夫して関連付けている。			
	課題の 発展	学習内容に関する発展的な課題の記述がない。	学習内容に関する発展的な課題の記述はあるが、適切に表現してなかったり、説明が不十分である。	学習内容に関する発展的な課題の記述はあるが、授業で扱った内容と同じレベル（文脈の違い等）の課題設定である。	学習内容に関する発展的な課題の記述があり、授業で扱った内容に留まらず、発展的な課題を設定している。	学習内容に関する発展的な課題の記述があり、授業で扱った内容に留まらず、発展的な課題を設定し、さらにその課題を設定した理由や意義が述べられている。	“認知的な処理をする者としての自分自身と他の人々の性質について抱く考え”すべてを含む。	“その課題の本質がその課題の遂行にどのように影響するか、についての知識”を意味している。また、“課題の内容、文脈、構造、構文などの特色が、課題の難しさに与える影響についての意識”も同じに含んでいる。	アルゴリズムや発見法に関する知識が含まれるが、“問題を理解したり、情報やデータを組織化したり、解決するための計画を立てたり、そして、計画を実行し、結果を検証したりするとき利用される戦略性”についての人の意識”も含まれている。
数学的な考え方	方法に 関係した 数学的な 考え方	数学的な考え方に関する記述がない。	数学的な考え方に関する記述はあるが、適切に表現してなかったり、説明が不十分である。	数学的な考え方に関して、具体的説明、または一般的説明のいずれかを行っている。	数学的な考え方に関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。	数学的な考え方に関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。さらに、表現に工夫を加えて、わかりやすくまとめている。			
	表現・ 処理	問題解決の手順や、操作の手續きに関する記述がない。	問題解決の手順や、操作の手續きに関する記述はあるが、適切に表現してなかったり、説明が不十分である。	問題解決の手順や、操作の手續きに関して、具体的説明、または一般的説明のいずれかを行っている。	問題解決の手順や、操作の手續きに関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。	問題解決の手順や、操作の手續きに関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。さらに、表現に工夫を加えて、わかりやすくまとめている。			
知識・理解	概念 規約・ 協定	概念の記述や算数の学習における約束事に関する記述がない。	概念の記述や算数の学習における約束事に関する記述はあるが、適切に表現してなかったり、説明が不十分である。	概念の記述や算数の学習における約束事に関して、具体的説明、または一般的説明のいずれかを行っている。	概念の記述や算数の学習における約束事に関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。	概念の記述や算数の学習における約束事に関して、具体的説明、かつ一般的説明を包括的に行っている。さらに、表現に工夫を加えて、わかりやすくまとめている。			

4. おわりに

以上のように本稿では、評価規準と評価基準、そしてメタ認知を評価する視点を盛り込んだ、「数学学習におけるルブリック」を提案した。それを用いて教師が子どもたちの記述を分析することによって、評価規準ごとに、子どもたちが行った認知的活動とメタ認知的活動のレベルを同定することが可能となる。さらに、その評価を子どもたちとともに行うことによって、各評価規準でより高次な認知的・メタ認知的活動を促す指導へ活かすことができる。

そのためには、子どもたちが数学学習を振り返って記述する際に、子どもたちに提示される質問項目にメタ認知的活動を振り返るよう促す内容を含める必要がある。たとえば、「概念、規約・協定」の内容を書くように問いかけるのに加えて「そのときに気をつけたことや工夫したことは何ですか?」（これは、加藤(1999)の、数学的問題解決で働いたメタ認知的活動を捉えるために用いた刺激再生質問紙の質問項目を参考にしていう）という質問項目も想定できる。

もちろん、子どもたちの記述内容だけからメタ認知

的記述を同定するのは難しいことも考えられる。その際は、子どもへのインタビューなどが必要である。これは、佐藤（2001）が指摘している、児童と教師の対等な関係による「対話」であり、それはポートフォリオ評価法の重要な特徴の1つである。つまり、このようなインタビューは研究的機能と教育的機能を併せもつたものとなり得る。

このような考察をもとに今後は、数学学習におけるポートフォリオ評価法の詳細の検討と実施によって、ルブリックの検証を行っていきたい。

注

本研究は、平成14年度科学研究費（若手研究(B) 課題番号14780144）補助金を受けて行っている「数学学習におけるポートフォリオ評価法を用いたメタ認知能力の育成に関する研究」の研究成果の一部である。

- 1) 熊野（2001）は、「ポートフォリオ評価法」を「ポートフォリオアセスメント」と表現しているが、本稿では「ポートフォリオ評価法」で統一した。
- 2) 新明解国語事典(第5版)によると、規準とは、「それによって行動することが社会的に求められるよりどころ」であり、基準とは、「①何かを比べるときによりどころになる、一定のもの。②最低それだけは満たされていなければならないとされる決まり。」である。
- 3) rubric を佐藤（2001）は、「指標」と表記しているが、本稿では「ルブリック」で統一した。
- 4) 二宮（2001a）では、「分析的評価」についてルブリックという用語を用いていない。

引用・参考文献

- 安藤輝次（2001），『ポートフォリオで総合的な学習を創る—学習ファイルからポートフォリオへ—』，図書文化社。
- 岩合一男，石田忠男他（1990），『数学教育におけるメタ認知にかかわる認識過程の総合的研究』，平成元年度科学研究費補助金（一般研究C，課題番号63580233）研究成果報告書。
- 大隈紀和（2000），『総合学習のポートフォリオ評価』，黎明書房。
- 岡本真彦（1998），『算数文章題の解決におけるメタ認知の影響と機能』，広島大学学位論文。
- 小田勝己（1999），『総合的な学習に適したポートフォリオ学習と評価』，学事出版。
- 小田勝己（2000），『総合的な学習に活かすポートフォリオがよくわかる本』，学事出版。
- 片桐重男（1988），『数学的な考え方・態度とその指導

1 数学的な考え方の具体化』，明治図書。

- 加藤幸次，安藤輝次（1999），『総合学習のためのポートフォリオ評価』，黎明書房。
- 加藤久恵（1999），『数学的問題解決におけるメタ認知の機能とその育成に関する研究』，広島大学学位論文。
- 加納寛子（1999），「ポートフォリオ法」，天野正輝編，『教育過程重要用語300の基礎知識』，明治図書，p.217。
- 加納寛子（2000），「数学学習でのポートフォリオ」，『指導と評価』，2000年7月号～11月号，図書文化社。
- 加納寛子（2001），「数学でのポートフォリオを評価するためのルブリックの分類」，全日本教育工学研究協議会全国大会 論文集，pp.465-468。
- 川和田亨，生田浩隆（2001），「算数・数学学習における反省的活動に関する考察」，全国数学教育学会第15回研究発表会発表資料。
- 川和田亨，生田浩隆（2002），「算数・数学の学習指導における反省的活動に関する考察(2)」，全国数学教育学会第16回研究発表会発表資料。
- 熊野善介（2000），「“テーマ”ポートフォリオ」，『総合的な学習を創る』，No.121，明治図書，pp.24-27。
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター（2002），『評価規準の作成，評価方法の工夫改善のための参考資料（小学校）—評価規準，評価方法等の研究開発（報告）—』（<http://www.nier.go.jp/kaihatsu/houkoku/ssyougaku.htm>）。
- 佐藤真（2001），『基礎からわかるポートフォリオのつくり方・すすめ方』，東洋館出版社。
- 重松敬一（1994），『児童・生徒の数学的問題解決に影響する「メタ認知」を測定するアンケートの開発研究』，平成4，5年度科学研究費補助金（一般研究（C），課題番号04680311）研究成果報告書。
- 重松敬一，勝美芳雄，勝井ひろみ，生駒有喜子（1999），「数学教育におけるメタ認知の研究(4)——算数作文に見る中学年2年間の児童のメタ認知の発達と教師の指導——」，日本数学教育学会，『第32回 数学教育論文発表会論文集』，pp.373-378。
- 重松敬一，勝美芳雄，勝井ひろみ，生駒有喜子（2000），「数学教育におけるメタ認知の研究(5)——「算数作文」によるメタ認知発達変容モデルの検証——」，日本数学教育学会，『第33回 数学教育論文発表会論文集』，pp.385-390。
- 重松敬一，勝美芳雄，勝井ひろみ，生駒有喜子（2002），「算数作文の指導による中学年児童へのメタ認知的支援」，日本数学教育学会，『日本数学教育学会誌』，第84巻第4号，pp.10-18。
- 清水紀宏（1996），『数学的問題解決における方略的能力に関する研究』，広島大学学位論文。

- 清水紀宏, 山田篤史 (1997), 「数学的問題解決における自己参照的活動に関する研究 (I) —— 自己参照的活動の捉え方について ——」, 全国数学教育学会, 『数学教育学研究』, 第3巻, pp.47-58.
- 清水美憲 (1988), 『数学的問題解決におけるメタ認知に関する研究』, 筑波大学大学院教育学研究科修士論文.
- 二宮裕之 (2001a), 『数学教育における内省的記述表現活動に関する研究』, 広島大学学位論文.
- 二宮裕之 (2001b), 「算数・数学教育における「ポートフォリオ」の活用事例」, 『新しい算数研究』, No.369, pp.35-37.
- 二宮裕之 (2001c), 「高等学校数学におけるポートフォリオ学習の試み — 微積分の導入を事例として —」, 日本数学教育学会第83回全国算数・数学教育研究(埼玉)大会発表資料.
- 村川雅弘 (2001), 『「生きる力」を育むポートフォリオ評価』, ぎょうせい.
- 松田徳一郎 (1999), 『リーダーズ英和辞典 第2版』, 研究社.
- 山口武志 (1990), 『算数・数学教育におけるメタ認知に関する基礎的研究』, 広島大学大学院教育学研究科修士論文.
- Flavell, J. H. (1976), Metacognitive Aspects of Problem Solving. In Resnick, L. B. (Ed.), *The Nature of Intelligence*, pp.231-235, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979), Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, pp.906-911.
- Kuhs, T. M. (1994), Portfolio Assessment: Making it Work for the First Time, *Mathematics Teacher*, Vol.87, No.5, pp.332-335.
- Lambdin, D. V. and Walker, V. L. (1994), Portfolio Assessment, *Arithmetic Teacher*, February, pp.318-324.
- Moon, C. J. & Schulman, L. (1995), Portfolio Assessment: a Tool for Building Reflective Learners, *Finding the Connections: Linking Assessment, Instruction, and Curriculum in Elementary Mathematics*, pp.87-103.

Study on the Development of Metacognitive Ability
Using the Portfolio Assessment on Mathematical Learning:
A Rubric on Mathematical Learning

Hisae KATO
Hyogo University of Teacher Education

Abstract

Recently, learning with the portfolio assessment is paid attention to in Japan, because it focuses on the processes of children's learning. The portfolio assessment is one of the way of assessing children's activities and learning processes with their portfolios.

The purpose of this study is to discuss the portfolio assessment on mathematical learning to develop the metacognitive ability. For the purpose of this study, this article proposed the framework of a rubric on mathematical learning with metacognitive perspectives. The rubric of portfolios refers to the scale of assessment of portfolios. Using this framework, you will be able to identify children's metacognitive activities, and use the portfolio assessment to develop the metacognitive ability. The characteristics of this framework are the followings;

- (1) it is two dimensions which are criteria and standards.
- (2) its criteria include four aspects.
- (3) its standards include the metacognitive aspects, and 5 levels.

: Metacognition requires targets because of its definition (Flavell, 1976). So metacognitive aspects refer to its standers on this framework.

After this article, I will use this framework to the portfolio assessment on mathematical learning, and analyze the characteristics of their metacognition. It will be related to development of children's metacognitive activities