

数学科における評価の観点 「関心・意欲・態度」の数量化の試み (3)

井上 芳文 河野 芳文 景山 三平 植田 敦三
松浦 武人 青谷 章弘 緒方 裕司 砂原 徹

1. はじめに

評価は、指導者が生徒の実態や自分の授業の問題点を把握し、今後の指導のあり方を模索したり生徒の自己実現を支援したりするために行われる重要な教育活動である。現行の学習指導要領のもとでは、数学科の学習状況評価の観点として、「数学への関心・意欲・態度」「数学的な見方や考え方」「数学的な表現・処理」「数量、図形などについての知識・理解」が設定されているが、特に「数学への関心・意欲・態度」が重視されたのは、平成3年の指導要録改訂においてのことである。

この動きは、とかく数学の「知識・理解」や「表現・処理」に向かいがちであった学力観への反省によるものであったが、「数学への関心・意欲・態度」の評価に関しては依然として多くの課題がある。授業における生徒の挙手や発言回数を記録するなどの観察法による評価も多くなされているが、この手法は生徒の性格や表面化する現象に依存する部分が大きいため、評価方法としての適切さについては疑問が残る。

こうした状況の中で、我々は従来からの視点を含むより客観的な評価法の開発が必要であると考へ、観点「数学への関心・意欲・態度」の数量化による評価法の開発に取り組んできた。本稿では、過去2年間の実践とその検証を通してこれらの評価法についてさらに考察を加えるとともに、この研究に関する新たな実践・思考の結果を示す。

2. 研究の概要と本稿の立場

4つの観点は数学の学力の構造的な枠組みを示すものであり、互いに有機的に結びついて数学の学力を形成していると考えられる。したがって、4つの観点は分類ではなく、数学の学力という総合体の4つの側面

であり、互いに不可分のものと捉えることができる。

こうした立場で「関心・意欲・態度」の評価の数量化の枠組みを構築する際に、

- ・授業と授業の間の活動状況から何かを測れないか
- ・通常の定期テストの中で測れる問題が作成できるか
- ・数学の話題に関するレポート作成の活動から何かを測れないか
- ・授業中の生徒の態度から何かを測れないか

という4つの問題意識を念頭において、具体的な評価指標の設定ための考察を行った。

2-1. 先行研究と我々の立場

長崎¹⁾は、数学教育における「関心・意欲・態度」の評価に関する研究を次の4つのタイプに分類している。

第1は、心理学的に「関心・意欲・態度」という構成概念を質問紙法で調査研究するもので、SD法がその中心である。SD法を用いて構成された尺度は、学力、創造性等と「関心・意欲・態度」との関係を明らかにしようとする研究を中心として活用されている。

第2は、生徒質問紙を基に研究するものである。これらは国際数学教育調査等で用いられている。最近のTIMSSやPISAがこれに該当し、「数学は好きですか」というような質問項目を多く挙げて調査する^{2,3)}。

第3は、ある種の数学の問題を解かせることを通して、「関心・意欲・態度」を評価しようとするものである。数学の問題を評価の4つの観点で分類し、「関心・意欲・態度」と分類された数学問題への反応を分析している。1990年に国立教育研究所が行った「基礎学力調査」が最初であり、現在の教育課程実施状況調査はこの流れにある^{4,5)}。

第4は、ある種の数学の学習場面で、数学的な「関

Yoshifumi Inoue, Yoshifumi Kohno, Sanpei Kageyama, Atsumi Ueda, Taketo Matsuura, Akihiro Aotani, Yuji Ogata and Toru Sunahara

: A tentative proposal for quantitative method to evaluate the attitude toward mathematics in secondary school (3)

心・意欲・態度」を観察やワークシートの分析によって評価するものである。国立教育研究所が行ってきた「オープンエンド・アプローチ」⁶⁾、「算数・数学の問題の発展的な扱い」⁷⁾、「算数・数学と社会・文化とのつながり」⁸⁾などはこれに属する。これらの研究では、数学的な考え方を育成する場面で「関心・意欲・態度」も評価できると考えられている。

本稿は、上記の分類でいえば、第3、4の考え方を同時に上げた視点に立つもので、評価の指標づくりと数量化を目指している。大野⁹⁾は記述式ペーパーテストの開発を通して数学への「関心・意欲・態度」の評価法を論じており、田中¹⁰⁾は作問活動を数量的に評価して「関心・意欲・態度」の評価にせまる研究を行っている。それぞれの研究がその有効性を主張しているが、多面的な評価が示されているとはいえない。本研究では、次に述べる4つの評価指標を設定することで、生徒の学習状況をより多様な側面から評価することを目指しており、これまでもいくつかの分野において実践を積み重ねている。

2-2. 数量化の指標

本稿では前述の4つの問題意識を同時に上げた視点に立ち、総合的な評価指標として次のような数量化を提案する。

表1 「関心・意欲・態度」の評価指標

評価指標1. アンケート	(評価点)
①復習	… 0,2,3
②予習	… 0,2,3
③数学的な思考(調べ物を含む)	… 0,2,3
評価指標2. オープンな問題の解決活動	
①条件の明確化	… 0,1,2
②数学的な思考の深さ	… 0,1,2,3
③筋道立った展開	… 0,2
④結果の(発展性を含む)有益さ	… 0,1,2,3
評価指標3. レポート形式の問題	
①レポート作成	… 0,1,2,3
②筋道立った展開	… 0,2
③自己評価	… 0,1,2,3
評価指標4. 授業への参加の度合い	… 0,1,2

「評価指標1. アンケート」では、授業の開始時において3分程度の時間を設定し、生徒の復習や予習の状況、あるいは数学的な事柄について考えた内容を定期的に調査する。この調査によって、生徒の学習習慣

や数学に対する取り組みの姿勢に関する情報を得る。

「評価指標2. オープンな問題の解決活動」では、単に覚えた事実の適用や決まりきった方法では解決できないような問題を設定し、葛藤を伴いながら課題を解決する過程を見ることによって、生徒の思考の幅を評価する。この評価は、各単元で1回、あるいは各学期末に1回程度、授業時間内に実施する。この評価活動を通して生徒の創造性を測ることも可能である。ここで用いるオープンな問題には、その問題を解決するにあたってのアプローチが複数設定できる問題だけではなく、結論が1つに固定されない問題も含める。この評価活動によって、生徒の記述内容から思考の深まりや論理的な思考展開の様相を数値化する。なお、評価指標2でオープンな問題を用いる理由は、生徒が思考し葛藤する姿を見出しやすいこと、さらにはそのような問題に取り組みせることで、その後の生徒の変容も期待されるためである。

「評価指標3. レポート形式の問題」では、数学的思考の対象となりうるテーマを与えて、それを糸口にした探究活動をレポートさせ、その探究過程を評価する。学期に1回程度の実施とし、その実施にあたっては、生徒にレポート用紙を自宅に持ち帰って思考させ、各自に数日間の期間を与えた後に提出させる。これにより、限られた時間内の活動では現れにくい思考の発展性や多様性を評価することができる。

評価指標2、3で重要なことは、発展性のある問題に対して記述式での数学的葛藤を要求している点である。また、指導者側からの評価だけでなく、生徒自身による個人内評価の視点も取り入れる必要がある。

「評価指標4. 授業への参加の度合い」では、特に生徒の課題への取り組みや発言などを、授業への貢献という視点から評価する。なお、生徒の授業態度と数学に対する態度は異なることも考えられる。評価指標4は指導者が生徒の授業態度を評価するものであるが、授業は基本的には生徒が数学と葛藤している場面であるから、この目線での評価も「関心・意欲・態度」を測る上で必要である。

これらの評価活動による評価点の合計は、0～29の範囲で分布することになるが、その合計得点によって各生徒に表2のように評点を与える。

表2 合計得点によって与えられる評点

	(以上)	(未満)
評価1	: 0	～ 6
評価2	: 6	～ 10
評価3	: 10	～ 14
評価4	: 14	～ 22
評価5	: 22	～ 29

この評価の結果をふまえて、評価5、4をA、評価3、2をB、評価1をCに対応づけることも1つの方法であるが、実際には、この対応づけは学校・学級の実態に応じて変わってくる。

各評価指標の設定の意図や、その評価指標を用いた実践とその分析に関する詳細は第1論文¹¹⁾、第2論文¹²⁾において考察しているが、我々はこうして作成した評価法が実際的なものであり、定期テストでは測ることのできない生徒の側面を知る有益な手段であると捉えている。

3. 評価指標を用いた評価活動の実践

これまでの研究においては、中学2年生を対象に確率分野や図形分野において実践を行った^{11,12)}。そこで得られたデータを分析することによって、この評価手法の有効性がある程度明らかとなった。その一方でこの手法による評価はまだ実践例も少なく、特定分野での利用にとどまっているのが現実である。この評価手法をより利用可能なものに改善していくために、さらにいくつかの実践を積み重ねる必要がある。

そのために、今回は中学3年の関数分野と中学2年の図形分野において実践を行った。なお、中学2年生に対する実践については、前回¹²⁾と同様の問題で行ったため実施問題等の掲載は省略する。

3-1. 評価問題と評価の実施

(1) 対象

- 広島市内の中学校3年生 1クラス
 男子 20名、女子 19名 (合計39名)
 広島市内の中学校2年生 1クラス
 男子 20名、女子 19名 (合計39名)

(2) 評価活動の実際

中学3年生については、2007年の1学期の後半から2学期のはじめ(7月～9月)にかけて、単元「関数 $y=ax^2$ 」の授業を実施し、単元の終わり(10月上旬)に評価問題の解決の時間を設定した。評価に用いた「オープンな問題」と「レポート問題」は図1、図2の通りである。ただし、それぞれの問題については、紙面の都合上、その一部のみを掲載した。

また、中学2年生については前回と同様に、2007年2学期の単元「三角形と四角形」が終了した11月下旬にオープン問題とレポート活動を設定した。

いずれの学年においても、評価指標2のオープンな問題については50分の授業時間内に実施し、評価指標3のレポートについては3日間の期間を設けて生徒に自宅へ持ち帰って考察させ、その後提出させた。また、それらに並行して「評価指標1. アンケート」に

についても数回にわたって実施した。

次の①～⑤の関数を自分で観点をひとつ決めて分析してみたとき、関数 $y=\frac{2}{3}x^2$ と同じ性質をもっているものを選びなさい。

また、その観点と、その観点について考察した内容をそれぞれ記述しなさい。

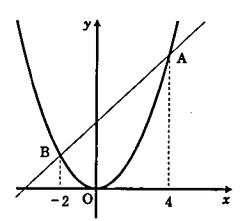
① $y=\frac{2}{3}x$ ② $y=-\frac{1}{2}x+3$ ③ $y=\frac{2}{3x}$

④ $y=-2x^2$ ⑤ $y=x^3$

観点	同じ性質をもっているもの
考察	

図1 オープンな問題 (2007年 中学3年)

右の図のように、関数 $y=\frac{1}{2}x^2$ のグラフと直線が2点A、Bで交わっていて、それぞれの点のx座標は4と-2である。



(1) この直線の式を求めなさい。
 (2) この問題を発展させると、どのようなことが考えられるだろうか。

- ・問題の条件を変えてみる
- ・文字を使って一般的に考察してみる
- ・関連する問いをつくって考えてみる

などの工夫を各自で行って、考えたことを詳しく記述しなさい。

図2 レポート問題 (2007年 中学3年)

3-2. 結果の分析と考察

評価指標のそれぞれの項目に対応する評価基準を設定し、それに従って採点を行い評価点を与える。評価指標1から評価指標4では、それぞれ0～9、0～10、0～8、0～2の範囲で評価点を与えられ、評価指標ごとの平均点は表3の通りとなった。

表3 各評価指標における得点の平均

	指標 1	指標 2	指標 3	指標 4
中 3 (関数) N=39	1.87	4.08	4.35	1.18
中 2 (図形) N=39	2.43	6.35	4.82	1.21

そして各評価指標による得点の合計により評点を与えたところ、各評価段階ごとの人数の分布は表4の通りとなった。

表4 評点の分布状況

[2007年 中学3年]	
評価 1	・・・ 1人
評価 2	・・・ 15人
評価 3	・・・ 11人
評価 4	・・・ 12人
評価 5	・・・ 0人
[2007年 中学2年]	
評価 1	・・・ 1人
評価 2	・・・ 3人
評価 3	・・・ 10人
評価 4	・・・ 24人
評価 5	・・・ 1人

どの評価指標においても中学2年生の得点の平均が高く(表3)、各評価指標の合計得点によって与えられた最終的な評点も、中学2年生の学習集団のほうが全体的に高くなっている。

さらに、各評価指標の間の相関係数を表5に示す。中学3年生の実践においては、評価指標2(オープンな問題)と評価指標3(レポート)の得点の間に有意な相関が見られた。この結果は、前回行った中学2年生(2006年、N=78)での実践結果と同じ傾向を示しているが、今回の中学2年生(2007年、N=39)の実践ではこれら2つの評価指標の得点について有意な相関は見られなかった。このことは、評価指標2と評価指標3とを独立して実施することの妥当性を示している。

これまでの3度の実践を総合的に見てみると、学習集団、学習領域の枠を越えて常に有意な相関をもつ傾向にある評価指標は見受けられない。この事実を、提案する4つの評価指標が、生徒を様々な側面から評価している可能性を示唆しており、これらの4つの指標を独立して設定することの有用性を示していると判断できる。

また、表3から明らかなように、各評価指標においては、学習分野によって、そして評価対象の学年によって評価得点に変動が見られる。さらに、評価指標1

表5 各評価指標得点間の相関係数

[5-1] 2007年 中学3年(関数分野) N=39

	指標 1	指標 2	指標 3	指標 4
指標 1	1			
指標 2	0.101	1		
指標 3	0.112	0.369*	1	
指標 4	0.277	0.086	0.070	1

[5-2] 2007年 中学2年(図形分野) N=39

	指標 1	指標 2	指標 3	指標 4
指標 1	1			
指標 2	0.044	1		
指標 3	0.308	0.298	1	
指標 4	-0.060	0.101	0.053	1

[5-3] 2006年 中学2年(図形分野) N=78

	指標 1	指標 2	指標 3	指標 4
指標 1	1			
指標 2	0.182	1		
指標 3	0.155	0.434*	1	
指標 4	-0.004	0.298*	0.291*	1

(*は無相関検定において $\alpha = 0.05$ で有意)

の得点に関しては全般的に低くなっている。この結果は、授業場面での深い考察をより重視した、このクラスの学習指導を反映しているが、その一方で、家庭学習の定着という面で学習指導に配慮が必要であることも示唆している。

また、それぞれの評価指標における得点状況の変動については、次の2つの要因が関わっていると考えられる。

第1の要因は、評価対象とする集団の違いによるものである。学年が進行するにつれて学習経験も豊富になり、自分の意見を整理して論理的に主張する能力は高まってくる。形式的な証明を導入する以前の中学1年生の段階などでは、「筋道だった展開」などの評価項目において得点化が困難な場合も想定される。このことから、評価基準の設定においては、発達段階に応じて表現の未熟さを許容するなどの配慮を行う必要がある。また、その学習集団が通常の教育活動の中で、数学学習に対してどのような習慣づけが行われているかという点も評価得点に影響を与える場合がある。復

習のノートを定期的に提出させ、学習内容の定着を確認するような取り組みの有無によっては、評価指標1の得点状況が大きく変動することも考えられる。

第2の要因は、学習分野の特性による影響が考えられる。図形分野では、生徒は論理的に証明を進めていく方法について学習する。しかし、この論証は学年によってはどうしても図形に関する問題が中心になりがちで、関数分野において自分の主張を論理的に展開してゆく経験を生徒は十分に有していないことも考えられる。この学習経験の不足が評価結果に影響を与えることも考えられるので、図形分野以外の問題の準備にあたっては、より具体的な指示を行ったり小さな段階に分けて問題を設定するなどの工夫も必要となる。考えたことを自由に記述させるスタイルでは、生徒を評価するための材料が表面に十分に現れない危険性もあるので、課題の備えるオープンという特質を損なわない範囲で、具体的な指示を準備することも重要な配慮である。その一方で、我々は日々の授業展開の中で、図形以外の分野においても、文字や図を利用しながら自分の考えを論理的に展開してゆく能力の育成を、今まで以上に意識的に行う必要がある。

4. 評価指標を用いた評価の実施のための準備

学習指導の計画は、教材を学習指導要領の理念と照らし合わせて検討した上で、大きくは学期単位で設計される。さらに、それを單元ごとに分けて学習内容と進度を調整し、目標に照らし合わせながら評価規準を設定することで学習指導の全体像を把握することになる。

まず、従来から行われている教育活動の中に今回提案する評価手法を位置づけるための視点について述べる。

4-1. 評価計画の中での位置づけ

提案してきた評価手法は、生徒の情意的側面を4つの視点から分析することで、生徒を多様な側面から評価しようとするものである。それと同時に、この評価手法には継続可能で実用的な機能を備えることも求めているため、現実には学期に1回程度の実施を想定している。つまり、学期の終わりの時期に評価問題を実施する時間を確保し、オープンな課題とレポートを課すことで、その学期の学習内容に関する生徒の情動的な側面の評価を行うものである。そこでの評価に用いられる問題は、授業ですでに扱ったものと全く同一のものであってもならない。したがって、通常、中期的に立案される学習指導計画には評価計画（定期テストの実

施時期や評価規準の設定など）が含まれるが、この計画の中に評価指標3と評価指標4の問題について「どの問題を」「どの時期に」実施するかを位置づけておくことが重要である。「どのような問題で生徒のどのような側面を評価するのか」を検討することは、すなわち「生徒にどのような資質を身につけさせたいのか」を明確にすることにほかならず、この点での議論は、学習指導が始まる前に指導者が整理しておくべき視点として欠かせないものである。

4-2. 課題の設定

この評価手法で最も重要なポイントの1つは適切な課題の準備である。

評価指標2では、オープンな問題を設定し、単に覚えた事実の適用や決まりきった方法では解決が困難であるような問題の解決過程を見ることによって生徒の思考活動を評価する。そもそも、オープンな問題には、問題に対する解決のアプローチやその問題に対する答えが、問題設定により複数存在するように許容することで、生徒の活動をより豊かにしようとする意図が根底にある。そうした環境では、生徒がより積極的に数学に働きかけ、意欲的に思考活動を行うことが可能になることから、この種の問題は数学への「関心・意欲・態度」の評価問題としても適していると考えられる。しかしその一方で、その意図に沿った問題を準備することは容易ではなく、その問題の良し悪しが生徒の思考活動の多様さの可能性を左右するともいえる。

評価用の問題としてオープンな問題を準備するには多くの労力を要することもあるが、次のような視点で評価問題を作成することでその準備を比較的効率よく行うことが可能となる。

(1) 原問題から発展させる（発展型）

授業で使用する教科書には多くの問題が準備されている。それらの問題の設定を工夫することで、評価問題として扱うことが可能となる。その1つとして原問題を発展させる手法が考えられる。

この手法は、教科書にある既存の問題を、条件を緩めるなどしてオープンな課題として設定するものである。その際、「気づいたことを挙げてみよう」「その理由を考えてみよう」などという設問によって積極的に生徒の記述を促すことで、多様な思考を表現させることができるであろう。また、原問題を提示した中で、生徒自身がその一部を変更しながら思考を深めていくという設定も、オープンな問題設定となりうる。

今回（2007年、中学3年）のレポート問題（図2）は、教科書に準備されていた問題（図3）を利用して、直線ABの式を求めさせた後で生徒自身に思考を発展

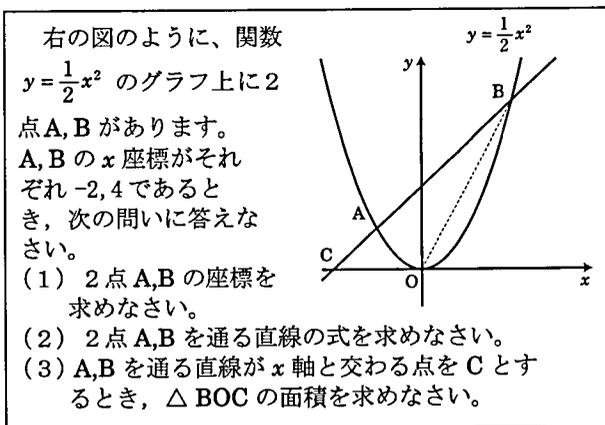


図3 教科書の問題

させることを要求するものである。「この問題を発展させると、どのようなことが考えられるだろうか」という課題にすることで、この課題に対するアプローチをオープンにしておき、考察によって導かれる「結果」も様々なものが想定される。ただし、「発展させて考える」という要求だけではあまりに漠然としていて、どのようなことを要求されているのかが分からない生徒もいると考えられるので、対象生徒の発達段階や学習経験に応じて

- ・問題の条件を変えてみる
- ・文字を使って一般的に考察してみる
- ・関連する問いをつくって考えてみる

といったある程度の具体的な指示が必要である。

(2) 他の対象と比較する活動を通して、その概念についての理解を振り返らせる (分類型)

その単元で学習した概念と、既習の概念(あるいは未知の数学的対象)とを比較する活動を通して、その数学的対象に積極的に働きかけようとする資質を評価する問題であり、2007年に実施した中学3年の評価実践でのオープンな問題(図1)がこのタイプに属する。このタイプの問題は、「仲間分け」の問題として多くの実践例があり、教科書でも同様の設定が多く見られる。教科書では単元の導入に用いられることが多く、そこでは新しい概念の構成につながる場面としてこの種の問題が設定される。しかし、その数学的概念に関する学習を終え、それらを振り返って様々な面から考察することができるようになった段階においても、他の概念との関係を再度まとめるという活動は、情意的側面の評価問題として利用することが可能である。

(3) 具体的活動の結果得られたものについて思考を深めさせる (探求型)

問題へのアプローチに際して生徒に具体的活動を要求し、その結果得られたもの(あるいはその活動の過程に含まれるもの)の中から数学的な内容を抽出して

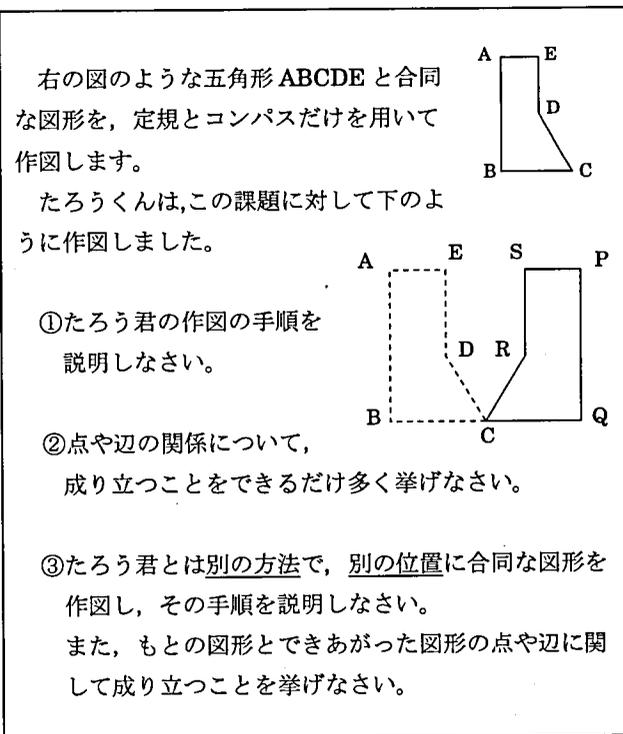


図4 評価問題(探求型)の事例

- ① 身の回りを見渡すと、様々な数量があることに気づきます。2つの数量をx, yとしたときに、yがxの関数になっている例をいろいろ探してみましょう。
- ② ①の中で、xとyの関係が $y=ax^2$ で表されるものを1つ取り上げ、本やインターネットを利用してその事柄についていろいろと調べ、分かったことをレポートにまとめてみましょう。

図5 評価問題(調査型)の事例

考察させる問題である。この課題に対して生徒は、自らの活動を振り返り、それらの活動がもつ数学的な意味について考察を行い、そこに含まれている性質を見つけ出すことを要求される。その思考活動を生徒の記述内容から読み取ることで、生徒の数学に対する意欲や態度に関して評価を行う。

(4) 調べ学習を中心とした考察(調査型)

数学的概念の有用性や実用性への関心、あるいは事象の中に数学を見出す意欲や態度を評価するために、インターネットや書籍などを利用して調べ学習を行わせる課題である。十分な調査と思考に要する時間的な余裕を考慮すると、この種の課題設定はレポート問題により適している。

いずれのタイプの問題であっても、「考えたことを自由に記述しなさい」という設定では、生徒が自分の意見を十分に記述できないことがある。発達段階や扱

う分野に応じて、小さなステップに分けてできるだけ生徒の記述を引き出す工夫をすることも必要である。また、評価問題の備えるべき重要な性質として、様々なレベルにある生徒がそのレベルに応じて記述できるようにすることが求められる。つまり、「全く何も書けない」という事態は、生徒の側の問題というよりも、問題を設定する側の問題として捉えられるべきであり、そのような事態が起こらないように設問が工夫されなければならない。

4-3. 評価基準の設定

課題を実施した後、そこで得られた記述内容に対して、設定された評価指標の項目に沿って評価点を与えていく作業を行う。そこで必要になるのが、どのような記述に対してどの程度の評価を与えるかという判断の基準である。この基準は、学習目標とそれに対応する評価基準に沿ったものでなければならない。ここでは評価指標の中でそれぞれの項目がもつ意味をふまえながら、基準設定の視点を整理する。なお、例は中学3年生に対して実施した評価問題（図1、図2）に対応したものである。

評価指標2. オープンな問題の解決活動

①条件の明確化

設定された思考活動を行うにあたって、提示された問題に含まれる必要な条件を的確に整理し、自らが必要な条件設定を行いながら積極的に数学的思考を行うとする資質を評価する。

- 例) ・分類可能な観点を挙げている
- ・その観点に従って正しく分類されている

など

②数学的な思考の深さ

記述内容から数学的な内容に関する思考の深まりを評価する。表面的な議論にとどまらず、そこからさらに問題意識を持ったり、既習の内容と結びつけながら議論を発展させたりする活動内容を、その思考の深さという点から評価を与える項目である。

- 例) ・表面的な類似性以上のものを認めている

など

③筋道立った展開

自分の主張を展開する際の論理性について評価する。このとき、部分的な誤りに注目するのではなく、全体的な傾向を評価することを心がける。また、生徒の発達段階や学習経験によっては、厳密な根拠になっていなくても、ある事柄を主張する際に理由づけをしながら論を進めようとする姿勢について積極的に評価することが重要である。

- 例) ・図や文字の利用などによって、理由づけの部分の表現を整理しようとしている
- ・論理展開に大きな飛躍がない

など

④結果の（発展性を含む）有益さ

課題に対する取り組みや自己評価の欄の記述によって評価する。記述内容から数学的な発展性について評価するとともに、自らの思考過程を反省的に振り返る記述を通して、数学に対する関心や態度も評価する。

- 例) ・数学的な発展性を含んでいる
- ・発展的に考察する中で、新たな興味や疑問を感じている

など

評価指標3. レポート形式の問題

「①レポート作成」については、課題に対する取り組みの積極性や思考の深まりに応じて評価を加えていく。このレポート形式の問題も、生徒がそのレベルに応じてそれぞれに思考を深めていけるように設定が工夫されているので、その生徒の思考の深まりや多様性に応じて加点できるような基準を設定する。

- 例) ・自分で必要な条件設定を行い問題を発展させようとしている
- ・単なる数値の変更以上の発展性が見られる
- ・得られた結果に関して分析を行い思考を深めている

など

また、「②筋道立った展開」「③自己評価」については、評価指標2と同様の視点から評価する。

評価指標4. 授業への参加の度合い

この指標は、授業中の学習活動を観察によって評価するものである。授業の中のすべての場面が評価の対象となるわけであるから、「授業への貢献」としては様々なものが想定されるが、次のような行動指標をあらかじめ掲げておくことで、観察による記録も容易になり、授業と並行して行われる評価にかかる負担も軽減されると思われる。

- ・問題の解決に不可欠なアイデアに関する発言
- ・クラスで共有した解法とは別の方法に関する発言
- ・解法の説明等に対する疑問点や不明瞭、不十分、不正確な点の指摘

など

5. 効果的な利用に向けて

教師が日々の教育活動の中で生徒を評価するための資料を得る1つの手段に定期テスト（ペーパーテスト）

の実施が挙げられる。これらのテストは、指導目標をもとに設定された評価規準によって分析され、それらのデータをもとにして観点別に評価を与えることになる。数学科において設定されている4つの観点の中でも、特に「関心・意欲・態度」については、ペーパーテストには馴染まないという声が根強いように思われる。その背景には、この観点が生徒の内面あるいは傾向性を評価しようとするものである以上、表面的な分析ではその生徒を正しく評価できないのではないかという不安があると考えられる。注意深い分析の必要性和時間的な制約という面から、この観点「関心・意欲・態度」の評価については、ペーパーテストとは別に設定する場面での実施が適切であると考えられる。

我々はこのような立場から、定期テストとは別に時間を確保した中での評価手法を提案してきたが、この評価を学習指導に十分に活かすためには次の点に留意する必要がある。

(1) 評価基準の共有

オープンな問題を設定することの意義は、解決のアプローチや結果の多様性を認めることにあるので、当然のことながら、生徒の記述内容は多岐にわたる。これらの内容に対して評価規準に照らした採点の基準をつくっていく作業は、この評価手法の中でも特に重要な場面である。生徒の記述内容が授業の内容（扱った問題や活動の経験など）に依存することもあるので、学年内のクラスによって授業担当者が異なる場合には、学習指導を振り返りながら評価のための基準作成を共同で行う必要がある。

(2) 総合的な評価

中学校段階では、学習習慣の定着のために宿題を課したり授業ノートを提出させたりする指導も頻繁に行われる。これらの実施から得られたデータは「関心・意欲・態度」を評価するのに重要な材料となりうるものである。これらのデータを4つの評価指標から得られた評価とあわせることで、より生徒の状況を反映した評価となることが期待される。

(3) フィードバック

オープンな課題の場合、「決定的に誤った解答」が存在することは考えにくい。生徒の取り組みを認めた上で、さらに深く思考することを動機づけるようなコメントをつけて返却することで、生徒のこれからの学習活動への励みとなるように心がける。また、すばらしいアイデアを授業の中で紹介し、クラス全体で議論を深める実践も効果的であろう。さらに、評価項目ごとの得点の状況を整理することで、生徒の学習に対する傾向を把握することもできる。指導と評価の一体化という観点から、評価活動で得られたものをその後の

学習指導に効果的に活用することが重要である。

(4) 自己評価の活用

自己評価は、基本的には生徒自身に自らの活動内容を振り返らせ反省的に思考させることが目的であるが、ときにその部分に生徒の「つぶやき」が現れる場合がある。「実は図形のところは苦手なんだ…」「授業内容が理解できてなかったから、レポートがうまくまとまらなかった…」といった生徒の声は、それ以降も続く学習指導にとって非常に重要な情報となる。指導者はその生徒への対応だけに限らず、クラス全体に対する学習指導を再検討する上でそれらを重要な材料としなければならない。

6. 学習指導上の期待される効果

(1) 生徒の多様な思考の様相が顕在化されること

これまでの評価実践によって得られたデータを分析すると、オープンな問題やレポート課題に対する生徒の反応は、幅広い段階に分布することが分かる。例えば、中学3年の関数分野のレポート問題(図2)では、単に数値の一部を変更しただけの生徒から、新たな変量に注目して関数関係を見出し、さらに分析を行った生徒までいる。生徒の記述内容を分類すると以下のようになる。

- ・数値の一部を変更する(文字にしたものも含む)(5)
- ・面積を求める(18)
- ・新たな変量に注目する(4)
- ・放物線と直線の交点の個数の変化に注目する(2)
- ・図形の合同や相似を示す(2)
- ・特別に追加した図形の式や頂点の座標を求める(5)
- ・その他

面積に関する問題は授業で扱っていたこともあり、反応数も多くなった。さらに詳しく見ると、単にそこに存在する三角形の面積を求めるものから、等積変形を利用するものや、ひし形を考えるものまで様々であった。中には、座標の一部を連続的に変化させる中で新たな変量に注目し、その変化の様子について分析を行った生徒も存在した(図6)。

このように、記述の内容については生徒の学習経験に大きく依存することが考えられるが、その発展の方向性と深まりは実に様々であり、この多様性こそがオープン問題によって生徒の情意的側面を評価するという評価手法の意義でもある。

表6 A群の生徒の評点の分布状況

[2007年]		
評価1	・・・	1人
評価2	・・・	15人
評価3	・・・	11人
評価4	・・・	12人
評価5	・・・	0人
[2006年]		
評価1	・・・	0人
評価2	・・・	10人
評価3	・・・	13人
評価4	・・・	16人
評価5	・・・	0人

△ABCの面積を求める。 A(4, 8), B(-2, 2)
 △ABO = 12

A, Bのx座標を, AとBの間のx座標上の長さを6のままに
 変えてみる。

Aの座標	$(1, \frac{1}{2})$	(2, 2)	$(3, \frac{9}{2})$	(4, 8)	$(5, \frac{25}{2})$
Bの座標	$(-5, \frac{25}{2})$	(-4, 8)	$(-3, \frac{9}{2})$	(-2, 2)	$(-1, \frac{1}{2})$
△ABO	7.5	12	13.5	12	7.5

A, Bのx座標上での間の長さを変えずに, x座標を変えたとき, △ABOの面積は二等辺三角形のときが一番大きかった。

(自己評価)
 とりあえず△ABOの面積を調べてみて, 次にxの値をかえて面積の値を比べてみたら, x上のAB間の長さは6でかわらないのに, 面積がけっこう違っておどろいた。それに, この面積の値には, どんな風になっているかは分からないけれど, 何か関係がありそうだから, どういう関係になっているか知りたいと思った。

(※表現の一部を修正している)

図6 レポートにおける生徒の記述例

(2) 評価問題の解決の経験が情意的な側面の変容を促すこと

今回の調査対象のうち, 中学3年生39名(この集団をA群とする)については同様の評価活動を昨年度も実施している。

学習の対象となる分野が異なるので一概に比較はできないが, 表2の段階によって最終的に与えられる評点(1~5点)の平均は3.15から2.87に減少した。その中で, 昨年度の評価において評点として「1」が与えられた生徒は存在せず, 「2」が与えられた生徒が10名存在した(表6)。

これら10名の生徒の, 今回の評価実践による評点の平均は2.6点であった(内訳は, 「1」が1名, 「2」が5名, 「3」が1名, 「4」が3名, 「5」が0名である)。全体的に得点が下がる傾向にある中で, 前回の調査で低い評価であった層の生徒の得点が上昇した要因を, 個別の事例を分析することで考察してみる。

評価指標ごとに, この10名の平均得点を見てみると, 評価指標2と評価指標3において得点の上昇が見られる。そこで, これらの生徒の前回実施の評価(中学2年, 図形分野)における記述を見てみると, 当たり前の事実だけを記述してあきらめたり, 記述の分量自体が少ない傾向にあったことが分かる。これらの生徒は, オープンな問題に対する学習経験も乏しく, こうした課題に対するとまどいも多かったことが記述の様子から分かる。また, 自己評価の欄に極端に消極的な記述

が見受けられるものもあった。これらの生徒の今回のオープン課題やレポートの解決過程を見てみると, 記述内容が全体的に深まっており, 自己評価の欄に自らの思考を積極的に掲げてゆくことに対する充実感を挙げている生徒も存在した。この事実は, 評価問題としてオープンな性質を備えた課題に取り組むという経験そのものが, 数学に対する関心や意欲の極端に低い生徒に対して有効な刺激を与える可能性を示している。

このようにデータを蓄積することによって, 生徒の短期的な変容ではなく, 長期的な成長にも目を向けることが可能となる。

(3) 従来の評価手法で見逃していた可能性のある側面を評価できること

4つの評価指標による評価と, 従来の評価手法で与えられた評価とが一致しない生徒が複数存在する。これは, 実際の教育活動においてそれぞれの方法を互いに補完的に利用することの重要性を示していると捉えるべきである。しかし, 中でも特に注目すべき点は, 4つの評価指標による評価からは, その学習状況が十分に満足できる状態にあると判断されるにもかかわらず, 従来の評価方法では十分に評価されていない生徒が存在するという点である。数学に対して積極的に思考するという内的な活動は, ときには従来の方法では十分に把握することが困難なことも考えられるため, 4つの評価指標を用いた多面的な評価がより効果的である。

7. おわりに

評価が様々な方面から盛んに研究される背景には, 「生徒のよさ, あるいは, 生徒が学習に対して困難を感じている状況を見逃すことなく評価したい」「常に学習指導を改善しながら生徒のよりよい理解を促したい」という指導者の側の強い思いがある。実際, 授業

場面で活発に発言することは少なくとも、数学に対して大変意欲的な生徒に出会うこともあり、指導者がそうした生徒の本質を正しく評価できているのかという不安がある。本来、数学教育の目標の大きな柱の1つに数学的コミュニケーション能力の育成が挙げられるが、この能力は自分の考えを表現して相手に分かりやすく伝えることが基盤となる能力である。その育成にあたっては、まず思ったこと考えたことを理由をつけながら記述するという活動が重要となる。もちろん、口に出して言葉で表現する能力が重要であることは否定しないが、中学校段階の多くの生徒にとっては、「自分の考えを積極的に発展させてみよう」という投げかけに対して、失敗をおそれずに取り組むことができるのは「紙に鉛筆でかいてみる」ことではないだろうか。その意味で、観察による従来の方法に加えて評価指標2や評価指標3での記述による表現も重視したこの評価手法は、数学に働きかけようとする生徒の内面を多様な側面から評価するものであり、生徒の数学に対する情意的側面を捉えるのに適したものといえる。

これまでの評価実践の分析の結果、本稿で提案する4つの評価指標による評価手法の有効性がある程度確認することができた。これまでに教育現場で様々な工夫され実施されている評価に加える形で導入することで、生徒のより多様な側面を評価することができる。また、この評価問題を解決する活動そのものが、情意的な側面の低いとされる生徒に対して、よい影響を与える可能性もある。さらに、今後は高等学校数学においても、数学を積極的に活用する態度や創造性の育成が一層重視される中で、本稿に示した評価手法が有意義な教育活動として位置づくものと考えている。

数学的に思考することの楽しさを伝えたいという強い思いを持ち、表面に現れたものだけでなく生徒の発する様々な信号を懸命に捉えようとする熱心な教師にとって、この評価手法がその教育活動の一助となることを期待している。

参考文献

- 1) 長崎栄三 (2006), 個人的情報交換。
- 2) 国立教育研究所編 (1996), 「小中学生の算数・数学, 理科の成績—第3回国際数学, 理科教育調査国内中間報告書—」, 東洋館出版社。
- 3) 国立教育研究所編 (2004), 「生きるための知識と技能2 OECD生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003年調査国際結果報告書」, ぎょうせい。
- 4) 長崎栄三・瀬沼花子・島崎 晃・島田 功・山田正樹・久保良宏・中島健三 (1992), 「算数・数学科における基礎学力についての3次元の枠組みによる分析」, 第25回数学教育論文発表会論文集, 日本数学教育学会, pp. 499-504。
- 5) 国立教育研究所教育課程研究センター (2003), 「平成13年度小中学校実施状況調査報告書—中学校数学—」, ぎょうせい。
- 6) 島田 茂編著 (1996), 「新訂 算数・数学科のオープンエンドアプローチ」, 東洋館出版社。
- 7) 竹内芳男・沢田利夫編著 (1984), 「問題から問題へ—問題の発展的な扱いによる算数・数学科の授業改善—」, 東洋館出版社。
- 8) 長崎栄三編著 (2001), 「算数・数学と社会・文化のつながり—小・中・高校の算数・数学教育の改善を目指して—」, 明治図書出版。
- 9) 大野寛武 (1999), 「数学への関心・意欲・態度を評価する評価問題の開発—記述式ペーパーテストの開発と評価規準の設定を通して—」, 第25回数学教育論文発表会論文集, 日本数学教育学会, pp. 441-446。
- 10) 田中 勲 (2005), 「数学への関心・意欲・態度の評価に関する研究—中学校数学科における問題づくりを通して—」, 研究報告書, 広島県立教育センター。
- 11) 吉田浩一・河野芳文・景山三平・植田敦三 (2006), 「数学科における評価の観点「関心・意欲・態度」の数量化の試み」, 広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要, pp. 317-326。
- 12) 井上芳文・河野芳文・景山三平・植田敦三・緒方裕司・砂原徹・吉田浩一 (2007), 「数学科における評価の観点「関心・意欲・態度」の数量化の試み(2)」, 広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要, pp. 221-230。
- 13) 岡本和夫ほか (2006), 「楽しさひろがる数学3」, 新興出版社啓林館。
- 14) 岡本和夫ほか (2006), 「楽しさひろがる数学1」, 新興出版社啓林館。