

数学教育における評価

洲 脇 史 朗

岡山理科大学理学部応用数学科

(1998年10月5日 受理)

1. 教育評価の動き

(1) 自己評価へ

評価はその歴史の発達とともに、選抜や評定のための評価から生徒の成長を願う評価へと推移してきた。さらに現在は教師が行う評価から生徒自身が行う評価へと推移しつつある。つまり、教師が今後の指導に生かすための評価（形成的評価）から、生徒が自分の変容を把握するための評価（自己評価）へと姿を変えているのである。

アメリカでは、1995年以降教育評価を evaluation から assessment と呼び直すようになった。そこには澤野覚氏によると次のような違いがある。

○evaluation：実証主義を背景としており、子どもの能力の価値付けと、教師が指導に生かすことに重点を置いている。

○assessment：構成主義を背景とし、子どもが学習によって自分がどのように変容したのかを確認することに重点置いている。

この2つの立場には根本的な違いがみられる。つまり前者は「教師が設定した指導目標と指導による達成度とを教師が比較し、次の目標を設定する」のに対し、後者は「生徒自身が定めた自己目標と学習による達成度とを生徒が比較し、次の目標を設定する」のである。これは、「学習は生徒自らが行うものであり、教師はそれを援助するにすぎない」という新しい学力観を評価においても明示したものである。

我が国においても、学習指導要領の改訂とともに、従来までの知識・理解中心の評価から、興味・関心・態度に重点を置く評価へと考え方が転換された。しかしここでいう評価はまだ教師が行う評価であり、生徒自身が行う評価からは遠くかけ離れている。古来日本では、評価は指導者たる教師が行うものであり、教わる立場の生徒自身が自分を評価するといった発想はなかった。これは「授業は教師が授けるもの」という文化的な側面もさることながら、評価を下す生徒自身の表現能力や基準となる物差しに大きな差があり、的確な判断が得られないと考えてきたことにも由来する。しかし裏を返せば我々教師が生徒の表現力を育成してこなかったとも言えるし、教育評価にとって重要なのは「信頼性」よりも「教育性」だと言い切る勇気がなかったのかもしれない。

今後、我が国の教育で望まれるものは「新しいものを創造する能力の育成」である。青

少年による犯罪や自殺が激増している昨今、心の豊かさを目指すことがもう1つの大きな柱であるが、今日まで我が国が歩んできた繁栄を継続することも重要な柱である。そのためには今後、我が国が他国の後追いではなく、新しいものの創造を目指さなければならないことも周知の事実である。この能力の育成は教育にかかっており、教えられる教育から、自らが学ぶ教育へと転換しなければならない所以である。そこでは当然評価も教師が行う評価から生徒自身が行う評価へと転換するのが自然の流である。

考えられる究極的な教育評価とは、生徒自身が自己の現状分析から自己目標を設定し、学習活動によって生じた自らの変容をその目標と比較（狭い意味での自己評価）し、次なる自己目標を設定してそれに向かって行動していくことであろう。私はこれら全てを合わせて自己評価力と呼ぶことにする。

現実には「新たに義務づけられた興味・関心・態度の評価ですら、その評価基準が曖昧であり、これからの研究課題である。そんな時期に、生徒の自己評価といったさらに曖昧な研究は思いもよらない」というのが偽らない現場の声である。確かにどの研究会に参加しても、現場からの報告は、興味・関心・態度に関する評価の信頼度を高める研究ばかりである。

しかし指導要録の改訂で義務づけられた興味・関心・態度の評価には、生徒の行動を教師が観察するだけでなく、事後に提出させる反省文や感想文がその評価資料として有効であり、既に多くの教師が取り入れている。後は自己目標の設定にチャレンジさせ、感想文の書かせ方や自己目標との比較の仕方を指導することで、この感想文は生徒が自分自身の変容を確認する自己評価となるのである。このように、教師が行う興味・関心・態度の評価と生徒が行う自己評価とはかなり重複することから、勇気と発想の転換さえあれば生徒自身による評価の研究も可能であろう。

(2) 当面の自己評価

将来は、全てが生徒自身の手で行われ、教師はアドバイスするのみといった授業形態を夢見るのであるが、集団による一斉授業が主流をなす我が国でこのような自己評価力を育成することは容易なことではない。個々の生徒が自己目標を設定し、個々の学習活動を展開することに、少数の教員でどのように対応すればよいのだろうか。前途は多難である。そこで、ここでは現在普通に行われている一斉授業の中で考えられる自己評価力の育成を考察してみよう。

まず自己目標の設定である。生徒は教師が示す指導目標の説明を受け、「この問題を2通り以上の方法で解く」、「もう少し高度な問題にまで発展させる」、「既習事項のアドバイスを受けながら解く」と行った自己目標を設定することになる。ここでは当然指導目標と自分の現状との差を把握する訓練、並びに比較しやすい目標の記述訓練が必要である。また「自分の考えを発表する」、「ノートにきれいにまとめる」、「人の意見に耳を傾ける」といった、指導目標とは直接関連しない情意的な目標設定も可能である。

次に学習活動である。これは目標を達成すべく行った自分の行動である。具体的には「教師の説明に真剣に耳を傾ける」、「不明な点を質問する」、「友達と積極的に話し合う」、「自分一人で考える」、「先生にアドバイスしてもらう」などの行為である。ここでは、先を見通して自分の行動を決定する能力の育成と、自分の行動に後で振り替えられるだけの主体性を持たせることが必要である。

次に狭い意味での自己評価である。これは自己目標と学習で変容した自分とを比較することである。ここでは結果のみならず、「分からない箇所では手を挙げて質問をした」、「話し合いの中で自分の意見が言えた」のように学習活動を根拠に振り返ることが重要である。またその結果を文章で表現する能力を育成することも重要である。文章で振り返ることは評価を記録するだけでなく、学習を定着させる反復学習の効果が期待できるからである。

そして最後に次の自己目標の設定である。これは教師が示す次時の目標に対して現状をふまえた自己目標を設定することでもあるし、放課後もしくは家庭学習の目標を設定することでもある。後者では授業で設定した目標の下方修正や上方修正が考えられる。もし分数を理解できないことが目標未達成の原因だと評価すれば、放課後の目標は「先生に分数を教えてもらう」ことになるであろうし、授業後、学習の定着に不安が残っていれば、家庭学習の目標は「似た問題を解いてみる」かもしれない。

こうして得られた自己評価のまとめは、教師が行う評価と共に通知票に記して活用すべきである。そこでは、保護者の関心を巻き込みながら、教師と生徒はその評価のずれを互いに反省し、共に今後の評価能力を高めていく場となるからである。

2. 階層評価グラフを応用した評価の実際

1で述べた評価は、私自身のこれからの研究課題でありこれ以上紹介できないのが残念である。そこで今回は今述べてきた自己評価とは相反するものであるが、私が別の角度から取り組んできた基礎学力に関する評価の研究を紹介することにする。

(1) 基礎学力の必要性

教師の大きな目標は、生徒に授業目標を達成させることである。そのためには指導法の工夫もあるが、理解できない個人的要因を捜し出し、それを回復してやることが重要である。その個人的要因として「授業を理解するだけの前提条件がない」ことが考えられる。特に数学のような系統性の強い教科ではなおさらのことである。私はこの前提条件を基礎学力と考えており、以後その意味で使用する。なお文部省は指導要領に書かれていることすべてが基礎学力との見解をとっている。

この研究は、義務教育の最終学年である中学校3年において「式と計算」の授業を理解できるだけの基礎学力が身についているかどうか正確に診断し、もしつまずいておればそれを合理的に治療していこうというものである。また利用対象も中学の全学年で可能となるように工夫した。基本的には岡山大学の故脇本教授が開発した階層評価グラフ（私も初

期からその開発プロジェクトに参加した)の信頼度をさらに高め、回復システムを確立しようとしたものである。

基礎的・基本的な内容の徹底した指導は、今日重要視されている興味・関心・態度の育成とは相反する感がないでもない。中には「基礎基本の指導も興味関心を持たせて行うべきである」との進歩的意見もあるが、「多少苦痛を伴っても基礎基本を身につけさせてやることで逆に興味関心が高まっていく」とする意見も根強い。この「階層評価グラフ」の研究は後者の立場に立ったものであるが、取り組み方によっては興味・関心・態度の育成と深く関わる内容でもある。

(2) 診断テスト

式と計算に関する中学3年までの基礎学力診断テスト(No.1)を次に示す。この診断テストは学習指導要領の分析から得た11項目を系統的に並べ、その各項目に対して教科書の例題から精選した問題を5問ずつ配したものである。そして実践を通して数度の修正を加えている。なお同レベルの診断テスト3種類(No.1~No.3)を準備しており、循環使用することで、短期間での繰り返し診断を可能にしている。

基礎学力診断テスト〈数式編〉(No.1) 40分

1. 整数の四則計算(小学校) 2分

$$(1) 123+82= \quad (2) 256-158= \quad (3) 25 \times 38=$$

$$(4) 195 \div 13= \quad (5) 1000 \div 125=$$

2. 整数の四則混合計算(小学校) 2分

$$(1) 40-7+2= \quad (2) 15 \div 5 \times 3= \quad (3) 28 \div 4 - 3 \times 2=$$

$$(4) 2 \times (8-4+2)= \quad (5) 40 \div (9-2 \times 2)=$$

3. 分数(小学校) 3分

$$(1) \frac{3}{4} - \frac{1}{2} = \quad (2) \frac{5}{6} \times \frac{3}{2} = \quad (3) \frac{2}{3} - \frac{2}{5} + \frac{1}{2} =$$

$$(4) \frac{1}{2} \div \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \quad (5) \frac{3}{2} \times \frac{11}{4} \div \left(\frac{5}{3} + \frac{1}{6} \right) =$$

4. 小数(小学校) 3分

$$(1) 0.35+1.26= \quad (2) 1.8 \div 0.6= \quad (3) 2.35-0.48+1.24=$$

$$(4) 3.5 \div 0.5 \times 0.2= \quad (5) 0.8+0.2 \times (4.3-3.6)=$$

5. 整数, 小数, 分数混合(小学校) 5分

$$(1) 2.5 + \frac{1}{2} - 2 = \quad (2) 4 \div \frac{2}{3} \times 0.2 = \quad (3) \left(\frac{1}{4} + 0.25 \right) \times 3 =$$

$$(4) 8 - 3.6 \times \frac{1}{2} \div \frac{2}{3} = \quad (5) 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \div 0.3 =$$

6. 正, 負の数(中1) 3分

$$(1) 5 - (-3) + (-4) = \quad (2) -12 \div 4 \times (-5) = \quad (3) (-6)^2 \div (-3^2) =$$

(4) $0.2 \times (-4.3 + 0.8) =$ (5) $\frac{3}{2} \div (-5) - 2 \times \left(-\frac{3}{5}\right) =$

7. 文字式 I (中1) 4分

(1) $9x - 12x =$ (2) $-5x + 2 - 6x - 7 =$ (3) $9 \left(3 + \frac{1}{6}x\right) - 2 \left(\frac{3}{4}x - 1\right) =$

(4) $x = -6, y = 3$ のとき $x^2 - 3xy =$

(5) a 時間 b 分 c 秒を分を単位として表すと () 分

8. 一次方程式 (中1) 4分

(1) $-5x = 30$ (2) $8x - 2(3x + 5) = 3x$ (3) $0.5x + 1.2 = 4.2x - 6.2$

(4) $\frac{x}{3} - \frac{4(x+1)}{5} = \frac{9-x}{15}$

(5) $4ax + 5x - a = -37$ の解が $x = -2$ のとき, a の値はいくらか。

9. 文字式 II (中2) 4分

(1) $5x - 6y - (x - 3y) =$ (2) $3a(3a - 5b) - 3b(2a - 3b) =$

(3) $(6x^2y - 9xy^2) \div (-3xy) =$ (4) $\frac{5x - 3y}{2} - \frac{8x - 4y}{3} =$

(5) $b = a(r - c)$ ($a \neq 0$) を r について解け。

10. 連立方程式 (中2) 6分

(1) $\begin{cases} x + y = 8 \\ x - y = -2 \end{cases}$ (2) $\begin{cases} 0.5x - 0.3y = 1 \\ x = 3y + 2 \end{cases}$ (3) $\begin{cases} \frac{2}{3}x + \frac{1}{2}y = 3 \\ x - 3y + 3 = 0 \end{cases}$

(4) $\frac{x+y}{4} = \frac{x+2y}{3} = 1$

(5) $\begin{cases} ax + by = 12 \\ -2ax - by = -18 \end{cases}$ の解が $\begin{cases} x = -2 \\ y = 3 \end{cases}$ のとき a, b の値を求めよ。

11. 不等式 (中2) 4分

(1) $4x + 2 < 5x - 3$ (2) $-\frac{3}{5}x < \frac{2}{3}$ (3) $0.4x + 0.2 < 0.5x - 0.3$

(4) $\frac{x+2}{3} - \frac{x-3}{2} \geq 0$ (5) $70 - 50(x+2) \geq 40 - 15x$

(3) 評価平面

ここでは、診断テストの結果を判定する方法について述べる。

まず、診断テストのそれぞれの項目で、「どの程度の得点を得れば中学3年の授業が理解できるだけの基礎学力があると判定してよいか」という基準作りを行った。これにはある中学校の第3学年2クラス(79名)で実際に6週間の授業を行い、10個の到達目標の達成度によって、生徒を次の3つのタイプに分類することから始めた。

〈グリーンタイプ〉 十分な理解ができています。

10個の到達目標が10個とも達成できた生徒 19人 (24.1%)

〈イエロータイプ〉 おおむね理解ができている。

10個の到達目標の内、8～9個達成できた生徒 …………… 26人 (32.9%)

〈レッドタイプ〉 理解が不十分である。

10個の到達目標の内、7個以下しか達成できない生徒 …………… 34人 (43.0%)

なお10個の到達目標（下記）とは、中学3年における式と計算に関する内容で、全員がその授業で達成することを前提とした基本的な目標である。また達成できたか否かを明確にするため具体的な行動目標で示した。

〈10個の到達目標〉

- ① $(x+3)(x-5)$ が展開できる。
- ② $(3x-2)(2x-4) - (x-3)(4x+2)$ が簡単にできる。
- ③ 4で割ると3余る2つの数の積は、4で割ると1余る。このことを整数 m, n を用いて説明できる。
- ④ $(2x-3)^2, \left(3x+\frac{1}{2}\right) \left(3x-\frac{1}{2}\right)$ が公式を用いて展開できる。
- ⑤ $(x-3)(x+1) - (x-5)^2, (x+\gamma+2)(x+\gamma-5)$ が公式を用いて簡単にできる。
- ⑥ $16x^2\gamma - 20x\gamma^2, 4x^2 - 6x\gamma + 8\gamma^2, 64x^2 - 25\gamma^2$ が因数分解できる。
- ⑦ $x^2+2x+1, 25x^2-30x+9$ が因数分解できる。
- ⑧ $x^2+5x-6, x^2-9x+18$ が因数分解できる。
- ⑨ $3x^2-12\gamma^2, (x+\gamma)^2 - (x+\gamma) - 6$ が因数分解できる。
- ⑩ $\sqrt{64}, \sqrt{\frac{25}{36}}$ の根号がはずせる。また 81, 0.25, 0.09 の平方根が書ける。

次に、この3タイプの生徒が属する領域を、(図1) で示すような統計処理で定めた。

同様の領域決定を各項目ごとに行ってできたのが(図2) に示す評価平面である。

以上のことから、診断テストの結果をこの評価平面上にプロットしたとき、グリーンゾーンに入った項目は基礎学力として十分な理解ができていると判断してよいであろう。またレッドゾーンに入った項目は早めに治療しておかなければ、今後の学習に障害となると判断できる。

ただし各項目とも実施時間の制限から5問ずつの出題であり、その分誤差が大きくなる

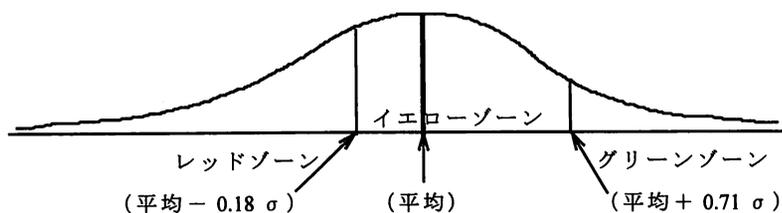


図1 3タイプの生徒が属する領域

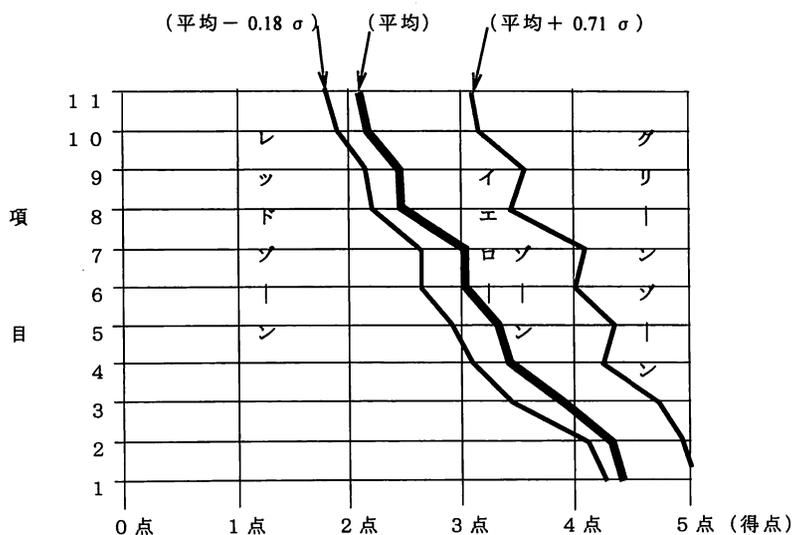


図2 評価平面

のは止む終えない。従って大きな目で（パターン化して）診断し、それに応じた治療をほどこすことが有効であると考えている。

(4) 基礎学力の回復指導

今回実施した基礎学力の回復指導は、授業内で全員を対象として一斉に行った「授業内集団回復指導」と、家庭学習や早朝を利用して個別に行った「授業外個別回復指導」の2とおりである。

授業内集団回復指導で取り扱った内容は、その授業目標を達成する上で必要な基礎学力に止めており、あまり低いレベルには触れていない。またその方法は、この授業に関連した既習事項（基礎学力）をプリントで示し予習させるとともに、授業の中でも授業展開に取り入れて解説した。この指導期間は6週間である。

授業外個別回復指導は、授業内集団回復指導で回復しなかった生徒に対して、次の3ステップで個別に5週間行った。

〈第1ステップ〉 第2回診断テストを実施し、グリーンゾーンに入った項目は合格とし、それ以外の項目を回復指導の対象とした。

〈第2ステップ〉 不合格の項目ごとに自主学習教材（自作）を手渡し、家庭学習を中心に自主学習をさせた。そして早朝の再テストでグリーンゾーンに入れば合格とし、イエローゾーンの場合は再度自主学習を指示した。

〈第3ステップ〉 再テストでレッドゾーンの場合は、その項目の精密診断テスト（誤答分析テスト）を実施し、その結果に応じて個別指導を行った。

(5) 実践結果とその考察

期間中に行った診断テストは、回復指導前の第1回、授業内集団回復指導（6週間）後

の第2回、授業外個別回復指導（5週間）後の第3回であり、分析の結果次の5パターンに分類できた。

〈パターンⅠ〉（図3）指導前（第1回テスト）のグラフがレッドゾーンの左端を走る。

このパターンの生徒には集団指導の効果はほとんど見られず、個別指導でいくらかの回復が見られることから、徹底した個別指導が望まれる。

〈パターンⅡ〉（図4）指導前のグラフがレッドゾーンの右端を走る。

このパターンの生徒には集団指導でもある程度の効果が認められるが、基本的には個別指導をする必要がある。

〈パターンⅢ〉（図5）指導前のグラフがほぼイエローゾーンを走る。

このパターンの生徒には集団指導だけで十分な効果が認められる。したがって、授業の中で意識的に関連する基礎学力の復習を行うだけでよい。

〈パターンⅣ〉（図6）指導前のグラフがイエローゾーンを中心に左右に変動する。

このパターンの生徒はまず集中力に欠けると見てよい。したがって集団指導の効果はあまり期待できないが、精神面を加味した個別指導で回復することが多い。

〈パターンⅤ〉（図7）指導前からグリーンゾーンを走る。

このパターンの生徒は基礎学力が十分身に付いており、授業の中で基礎学力の集団指導を行う時間帯では、逆に高度な課題を与えるなどの配慮が必要である。

以上の分析結果から、早い時期にレッドゾーンの項目を個別指導でイエローゾーンにまで回復させておけば、授業で行う集団指導が生きてくるといえそうである。

(6) 授業内集団回復指導による授業理解の効果

またこの研究では、授業の中で行った基礎学力の集団回復指導が生徒の授業理解にどれほど効果があるのかも調査した。

回復指導前の診断テスト結果がほぼ同じ2クラス（5% t検定で全項目において有意差がない）を選び、一方のクラス（実験クラス）で基礎学力の集団回復指導を行った。他方のクラス（統制クラス）では通常の授業のみを行った。その効果を集団指導が修了した一学期中間考査で比較したのが下の（表1）である。

この表から明らかなように、授業内で行った基礎学力の集団回復指導だけでも生徒の授業理解に大きな効果をもたらしている。やはり基礎学力の向上が好循環を生むと言ってよさそうである。

表1 回復指導後の定期考査（数学）による比較

| | 平 均 | 標 準 偏 差 |
|-------------|-----------------|---------|
| 実 験 ク ラ ス | 87.6 | 21.0 |
| 統 制 ク ラ ス | 76.3 | 24.7 |
| t の 値（危険率P） | 2.20 (P < 0.05) | |

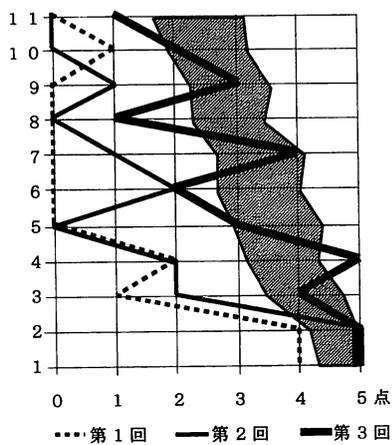


図3 パターンI

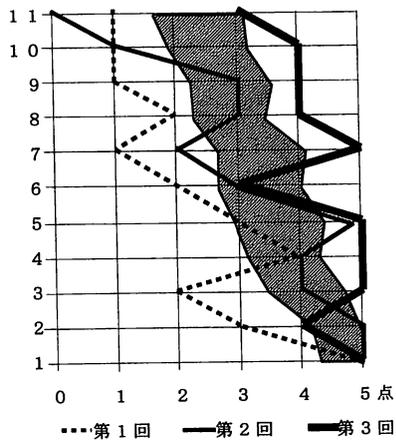


図4 パターンII

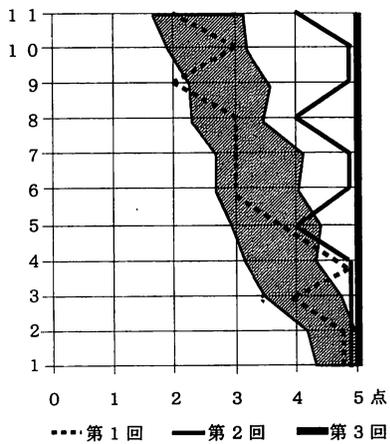


図5 パターンIII

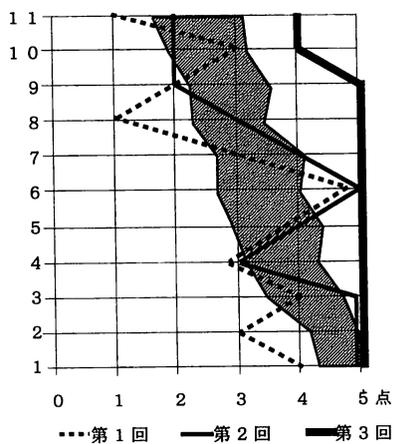


図6 パターンIV

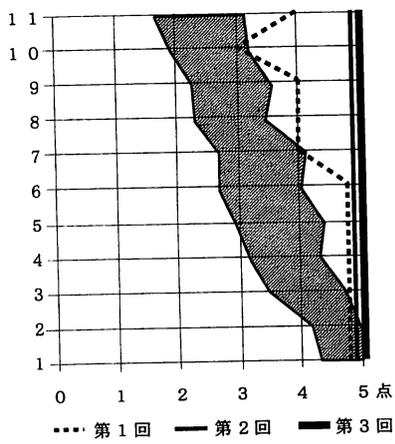


図7 パターンV

3. 今後の課題

既習事項である基礎学力の充実は授業理解に深く関わっており、基礎学力のつまずきを回復させてやることに誰しも異論はないはずである。しかしこの基礎学力の回復について、本文中でも述べたように、「基本は無理にでもたたき込むべきだ」という意見と「基本といえども興味・関心を持たせて自主的に回復さすべきだ」との対立が起こっているのも事実である。確かに興味・関心を持って取り組めたら最高であろうが、基礎学力の回復指導は長期に渡るため、興味・関心を持続することは困難であろうし、苦痛を乗り越える忍耐力の養成も人生では必要であろう。興味・関心・態度を重視する現在、そして自己評価へと傾く大きな流の中で、授業展開からやや離れた感のある基礎学力のつまずきをどう回復していくかは今後の大きな課題である。

参考文献

- 1) 澤野 覚：「新しい子供観に基づいた評価法に関する実践的研究」日本科学教育学会誌，1998，第22号
- 2) 矢部敏昭：「学校数学における自己評価能力の形成に関する研究」日本数学教育学会誌，1998，第80巻第8号
- 3) 梶田敏一：「教育における評価の理論 I」金子書房，1994
- 4) 能田伸彦：「オープンアプローチによる指導の研究」東洋館出版社，1991
- 5) 拙 著：「学習不振児の指導について」西日本数学教育学会，1983，第1号
- 6) 拙 著：「階層評価グラフを応用した評価の実際」啓林館理数中数編，1984，No.349

Assessment in Mathematics Education

Shiro SUWAKI

Department of Applied Mathematics,

Faculty of Science

Okayama University of Science

(Received October 5, 1998)

The evaluation changed from evaluation for the selection to evaluation prayed for growth of pupils with the development of the history. And evaluation changes currently from the evaluation that a teacher does to the assessment that pupils do. In other words evaluation changes a figure from evaluation for a teacher to make use in a lesson afuter now to assessment for pupils to grasp transfiguration fo oneself.

And on the other hand the evaluation that stumbling point of fundamental scholarship learned previously was checked and was treated has been studied. I engaged in the study for many years and introduced one part of the study here.

It is that my subject after now will study relation with fundamental scholarship and recent popular interest, and relation with foundamental scholarship and self assessment to go around in future.