

# 数学における創造性の評価

佐伯卓也 (岩手大学)

は し か き

教育現場で「創造性」とか「創造性教育」ということがいわれてからすでに久しい。どこかの学校へ行くと見ても教室や校長室などに掲げられている箇条書き(教育目標)には、必ずといっていい程「創造性を養う」「創造力豊かな子どもを」となると書かれている。教育現場での創造性へのとりくみは認められるが緊迫感というか、実行と「な」と問題があるように思われる。

一方脱工業化社会ないしは情報化社会を志向する日本の産業界では、貿易が自由化され、資本取引も自由化が進んでいるとき、各企業は「存続のため、厳しい緊迫感をもって創造性ないしは創造性教育にとりこんでいる。その結果はいわゆる「創造工学」として、世界的な方法論が展開されてきている(北川, 1971)。また、反射型人間を作るとされている情報化時代を人間が生きてのびるため、さらに、「生きかべ」と見出すための創造性の役割は極めて大きいことにはすでに論じた(佐伯, 1974a)。

さて筆者は現場教師23名<sup>1)</sup>(中学校12名, 小学校11名, 男子)と入学生31名(岩手大学教育学部3年次, 4年次, 男子15名, 女子16名)にアンケートを試みた。

1. 創造性 (Creativity) とは何か。

2. 創造性の測定はどうするか。

これがアンケート項目である。学会でも未解決の問題の多い、この情報

<sup>1)</sup> この調査で御協力を賜った岩手県立教育センターの三田村幸治氏に感謝の意を表す。

の整理されている項目の、内包的な発問であったので、答が書きにくかったようである。結果は1表に示す。1に対しては、創造性を考えるとき、どこに着目してつたかを示し、2は測定の方法を問う前に、測定の可能性が問題であったことを示している。

所で、創造性を授業の中で「育てる」ということは非常にむづかしく、教師の思い通りに育てることは、まず不可能でありとは岩浅氏(1974)の発言である。

		教 師	学 生
1	生産物		5
	創造過程	5	15
	能力	11	8
	その他	7	3
2	わかりやすい	6	
	不可能	3	2
	困難	1	2
	可能	13	27

(1 表)

つまり教師が子どもへの創造性に介入しようとするときに、子どもの活動は創造的でなくなるというのである。一方現在の「画一教育」では創造性は育たないという発言と同時に拘束性の強い教育内容のスタンダードが、かえって創造性の教育を促進していたという奇妙な事実を指摘する人もいる(不原, 1974)。いろいろとも教育現場は創造性をめぐって、コンセンサスのなま論じられてきたことがわかる。

この小論では、不十分なから学校における数学(算数)の授業という観点に立って「創造性」について整理し、今後の研究に資したいと思う。

## §1 「創造性」の考え方をめぐって

教育心理学では現時点で「創造性」の明確な概念規定はない(恩田, 1974a)。従って「創造性」についての発言は、すべて発言者が定義して述べることになっている。創造性の定義ないしは概念規定をおいて内外の文献を探索すると、いろいろあり、その整理を試みている人もあることに気づく。一つの見方は専門領域からである。例えは Nunnally (1970) は

1° 経験科学における創造性

2° 先験的科学における創造性

### 3° 芸術における創造性

1°と2°の違いは、後に数学における創造性を考えるときにふれる。1°と3°ないしは2°と3°の違いは、精神分析でいう「無意識」で説明されること(思田, 野村; 1964)。すなわち同じ無意識でも1°で働くインスピレーションは「超自我<sup>2)</sup>」に関係し、3°で働くインスピレーションは「イド」に関係するといわれるが、単純には言いきれないものがある。

2°の見方は、沢山の人が規定している方法である。

1° 生産物 (product) に着目して創造性を見る,

2° 創造過程 (process) に着目して創造性を見る。

これらは説明はいいないと思うが、現時点に近づけば近づく程、2°の創造過程で規定するものが多くなる傾向があることだけ指摘しておく。

次に数学における創造性について。数学における創造性(数学的創造性と略称する)は特殊であるが、Aiken (1973)は、Romney と Laycock の定義(いずれも1970)を引用している。

(Romney の定義) 創造性は観念、事物、テクニックを組み合わせる能力で、新しい解決への道にアプローチするものである。

(Laycock の定義) 創造的数学とは、与えられた問題をいろいろな方法で分析し、パターンを観察し、その似た点、異なる点を見、類似場面では、以前にやったことを基礎にして、またなれなかった場面での解決法を見つけた方法を決める能力である。

この二つの定義は、「創造過程」に注目している。さて筆者は一般「数学における創造性とは、数学的な問題解決のために、種々の異なる(必ずしも数学に限らぬ)諸要素を分析し、さらに新しく組み合わせることである」としておく。

小論において「数学的創造性」は上の意味で用い、主として中学校、高校、大学における創造性に限って述べていくことにする。子どもの「創造性」は発達心理学の知見によると、中学生以上は成人とほぼ同質の因子が安定的

<sup>2)</sup> 例えは宮城音弥(1959)参照。

に ~~は~~測れるが、大抵利歯の子でも必ずしも大うは ~~い~~かな ~~い~~ことから、  
このように考えた。

一般創造性の特性については Guilford が因子分析で析出した結果が  
有名である。特に集中思考と拡散思考が有名で、Guilford は「もつとも  
目を創造的能力は拡散思考カテゴリに集中してゐる」(Guilford, 1959)  
としてゐる。Guilford は因子分析の結果、数個の安定した因子を析出して、  
後に創造性検査問題、Torrance (1966) のミネソタ創造的思考テスト  
などの理論的根拠となった。我が国でも、これらの理論にもとづいて数種の  
「創造性検査問題」が実用化されてゐる(思田, 1974b)。

次に「数学的創造性」について考える。Guilford やその他の人が、一般  
創造性を考えたときは、「知能」に対して、大々を補うものとして考えてゐる。  
だが、一方には Butcher (1973) や Chase (1974) やその他の人が指  
摘するように、一般創造性は「知能」のサブカテゴリではないが、とゞきこと  
ある。我が国の学者でも同じようであつて、両者がある。また、創造性研究  
にとりくむ学者達は「知能」と「一般創造性」は別のものとしてゐる。所で  
数学では、とゞきと話しは違つてくる。Крутецкий (1968) によつて  
論理的に分析された「数学的能力因子」の中には、一般創造性の因子が  
重複してゐることや、数学において「知能」対「創造性」の関係は、一般の  
「知能」対「創造性」の間の関係程明確になつてゐないよう思われる。  
一般筆者は数学の問題解決は大体数学的創造性能力によつてなされる  
と考へてゐる。つまり、「数学的創造能力」とは大体、数学の問題解  
決能力のことであるといつてもよつたこと、と考へてゐる。このように考へると  
Крутецкий の「数学的能力因子」のサブカテゴリになる。さて、「数学問  
題解決」は二つの段階、すなわち、「問題を発見、または、作る」段階と、  
次は、その「問題を解決する」段階に分れる。

## §2 数学的創造性の評価

数学科での評価について改善を望む声がある(島田, 1974; 和田,  
1974)。だが、これらの所論では問題が必ずしも明らかになつてゐないで、

ここでは、少し一般的な評価について考え、問題を提起したいと思う。

教育の授業に用いる「評価」の定義は、駒林氏の指摘するごとく、Cronbach (1965) のものが、今の所、使われる形に思われる。Cronbach によれば「評価とは一つの教育について決定を下すための情報の収集とこの使用である」といって、過去の評価の原理が妥当性や信頼性などに問題についてとは対立している。以前の評価は、例えば「Stima」の「評価」の要素の一つ「観察も評価する人の価値の尺度」というあいまいな語が入っていたが、Cronbach のものは、一方、評価の定義から排除した形になっている。

Cronbach の評価を「教育教育」に移して考えよう。教育における評価は、「教育の授業が正しくめざすべき能力に関する証拠集め」となる。ここでいう「教育の授業が正しくめざす」とは、教育という教科で当然必要とされている教授の効果、すなわち、子ども達の定着度の測定が入っている。教授の効果は直接には目に見える行動の変化としてとらえられるものの、それが実際に目標としているものは行動の背後にあるプロセスの形成であるといわれる(駒林, 1974)。さらに「当然必要とされている」教育には、教師がそのカリキュラムで子どもにも教えているものまで、テストするべきと信じている。少なくともこのようにあつてほしいというスタンダードとしての教育の知識・技能をテストすることにより、その結果とノルムの差をみて、そのカリキュラムの持つ欠点のわかり、改善されるというのが、Cronbach の考えである。

上記のべた「正しくめざす」とか「当然必要とされている」というあいまいな語について次にふれる。これらは「志のある人」または「志のあるクリテリオン」が問題になる。筆者は一方、その人が意識的または無意識的に個人、もしくは、その個人を含む集団(地球社会、部族、国民などの比較的大きな集団)のもつ、overtな、または、covertな文化が、具体的な選択の状況で、その人に行動決定を迫るところの準拠枠(frame of reference) (価値体系といつてもよい)に照らしてみることであると考えている。所で、準拠枠=価値体系は、考えられた個人や集団によって異なる(この準拠枠の同定には、文化人類学的にKJ法の方法が有効とされている)。この異なる所へ「あいまいさ」が移って来ると考えられる。だが

「教科」という比較的せまい領域にありまゝさが移つてゐるので、より共通理解が得られ易い状態だと考える。しかし、このあいまいさを全くなくすることは困難であるから、今の所、細谷氏(1972)の指摘するごとく、「多義的な価値空間からなせその特定の価値が選択されたか」ということの *Criterion* を明示しあつて述べることを「最低必要である」ということで満足せざるを得ない。

次に「測定」(measurement)について述べる。測定は「一定の規則に従つて観察された事象に対して、数値を、一定の尺度を用いて付値する操作」として解される。ゆゑに測定はできる限り客観的なデータを得るのが目的で、他の科学の測定と変わりはない。また「評定」(rating)は、測定より目盛りのあらい事象の大きさを数値化として理解される。例えば、70点~100点を5とすれば、測定していく「数学的態度」の数値化などがこれに入る。これにより、測定と評定は、評価を構成している下位概念として位置づけられることになる。

実際の教育場面での評価領域が問題になる。堀氏(1974)は、創造過程、創造活動の要因として次の三つをあげてゐる。

- 1° 思考能力の側面
- 2° 性格・情意・態度的側面
- 3° 環境的側面

これらの結果をうけて改善されるべきカリキュラムも次のように分けて考えよう。

- 1° 顕在的カリキュラム (overt curriculum)
- 2° 潜在的カリキュラム (hidden curriculum)

こゝで、顕在的カリキュラムとは、学習指導要領に基づく教育課程・教科書等を意味し、潜在的カリキュラムとは子どもの学習に影響を及ぼす顕在的カリキュラム以外のすべての要因を包括した概念であるという。例えば「教師とか親とかが入るから、これは「抽象的な教師」ではなく、特定の教声、身長、性格、知識、技術、考え方などをわたした「人間としての教師」を考へてゐる。他の要因についても同じである。このよりのインフォーマルなものを包括する潜在的カリキュラムなのである。

数学における創造性の評価もこのように考へる。これについて文献にあらわれたのは「数学的創造性の「測定」である。これをまとめたのが2表である。

研究者	研究 年次	流暢性		独創性		柔軟性	感受性	その他 (行動 評定)	研究対象
		1	2	1	2				
Meyer	1970							○	小学校
Foster	1970	○					○		小学校
Evans	1965	○		○		○			小学校高学年 中学校
Spraker	1960					○			中学1年
Prouse	1967		○		○				中学1年
佐伯・朴沢	1974		○		○				中学1,2,3年
Buckeye	1968	○							大学
Mainville	1972	○							大学

(2 表)

表中の Prouse (1967), 佐伯・朴沢 (1974) 以外は Aiken (1973) による。  
次に表中の用語を説明しておく。一般創造性における用語 (恩田, 1974 a, b)  
と数学的創造性における用語は同じであつても, 用いてゐるテストデザインはかなり  
違つてゐる。

## (1) 流暢性 (fluency)

1. 解のついた数をかきこめて測定
2. Крутецкий の「問のない課題」を与えて, 適切な問題をつくらせた数  
をかきこめて測定 (作問数)

## (2) 独創性 (originality) または新奇性 (novelty)

1. 解の usual からのずれを測定
2. (1) の「問のない課題」を与えて, 得られた適切な解をかきこめて測定  
( (1) の 2 の作問に対する解答数 )

## (3) 柔軟性 (flexibility)

得られた解のカテゴリの違った解の数をかきこめて測定

## (4) 感受性 (sensitivity)

新しい概念の形成をみて測定

恩田氏によれば一般創造性では, このほか具体性 (elaboration) が入つてゐるが, 感受性も「結合」を考へてゐる。数学的創造性の場合はこの点で多少異なる。筆者は数学的問題解決の二段階, すなわち「作問」段階と「作問地

た問題の解決」段階でとらえた。

以上は思考能力の測定であったが、性格・情意・態度 さらに環境的側面の測定が問題になる。これについてはここでは詳述しないが、行動科学という測定(数量化)の理論に従って、数量化がなされる。その中には日本では問題になるのが、例えば「教師のパーソナリティ」と「創造性」のスケール化なども入るであろう。

### §3 数学における創造性テストを用いた研究例

[1] Prouse (1967) の例。

7年生を対象。教育的創造性テストのスコアと他の能力との関係の研究である。

(手順) アメリカ、アイオワ州東部の学校から Iowa Test of Basic Skills を用いて 312名の生徒を選んだ。テスト問題は5問、うち2問は創造性テスト、のこり3問は集中思考問題で SMSC の問題を使用した。創造性テスト問題作製の根拠は Carlton の14人の有名数学者の分析から得た特性と Guilford (1959) の発言による。

(主なる結果)

(i) 知能テストと一般創造性テストの相関は 0.48 であった。これは創造性テストが実は一般知能を測っているのではないか、という疑問を主張するために十分大きくなると解する。

(ii) 拡散思考項目と一般創造性項目の間の相関は 0.10 ~ 0.64、集中思考項目との間の相関は 0.01 ~ 0.23 であった。

(iii) 流暢性と新奇性の相関は 0.77 ~ 0.97 で、よく調べると、拡散思考全体は流暢性スコアに近々。

(iv) 教師の評定との相関は 0.30。

(v) 性差をみると女子が有意で高々。

(vi) 拡散思考は他の教科との間に有意の差がある。

(vii) 拡散思考項目の弁別度は集中思考項目のそれより小さい。

[2] 佐伯・朴沢 (1974) の例。



中学生の Крутецкий の「問のない課題」に対する応答の性差を調べることが目的であった(佐伯, 1974 a, b 参照)。1.の結果のうち創造性に関係する部分だけをあげる)

(手順) 中学生1, 2, 3年, 238名を選び(盛岡市内4中学校)。テスト問題は2問, 「問のない課題」であるが, Prouseの問題のうち1題がこれと殆んど同じであることを確かめて作った。問題作製の根拠は, Guilfordの拡散思考に対する考案と, 数学的能力因子ないしは能力特性の性差についての仮説を立てるために, Prouseの問題と Крутецкий の能力因子の共通部分からこの研究を始めるように作製した。

(主な結果<関係分>)

- (i) アチーブメントスコア(集中思考カテゴリと思われる)との相関は  $0.3 \sim 0.49$  (男子は小さく, 特に1年男子は流暢性との相関は負であった。これに反して, 女子は非常に高く殆んど1に近かった)。
- (ii) 流暢性と独創性の相関は  $0.09 \sim 0.79$  (男子は小さく, 女子が大きい)。
- (iii) 創造性スコア全体では, 各学年とも女子がわずかながら男子より高い。これはProuseの結果と同じであり, 交差文化的(cross-cultural)に興味がある。

#### §4 数学的創造性の研究方向

数学的創造性の研究課題について, その主なものを述べてみる。

##### (1) 創造性の基礎理論。

「数学的創造性」とは何か, ということを研究する。一般創造性と比べて, 数学的創造性の特性は何か, とか, 「知能と数学的創造性」などこの中に入る。

##### (2) 創造過程。

創造過程のメカニズムとその動機, 出現条件を研究する。特に「啓示」(illumination)の解明, 創造過程の超心理学的研究などがこの中に入る。

##### (3) 創造性の測定。

この小論がこの中に入る。

(4) 創造性の発達、

(5) 創造性の開発の方法、促進・阻害条件の研究。

これは、教育において特に大切になる。わが国で創始された創造工学の諸技法の数学教育への適用の問題がこの中に入る。

(6) 創造性の性差。

この問題は、心理学よりむしろ教育ということから課題としてここにあげた。理由の一つは、数学の「学力」の性差について現場教師へアンケートを試みた所、男性の教師はあまり目立たないが、女教師はかぶり「女子は数学的能力が男子より劣る」とか「性差を認めるが、教育によって性差をなくした」と発言しているのが多い<sup>3)</sup>。これは女教師の偏見と考えられるので教育上好ましくない。性差についてのいろいろの「証拠集め」の一つとして、これを考えた。第二の理由は、「動機づけ」の問題である。それは「芸術や科学に関する最も高尚な創造にいたる人間の業績を試みのインスピレーションや推進力となし性」(Lang, 1971)や、もう一つは、精神分析では「ローライコンプレックス」<sup>4)</sup>や「臆恐怖」が創造性における性差の源である(Horney, 1967)という発言が注目されるからである。

このほか、一般創造性でみられる課題も数学的創造性で問題になるが、特に「数学的創造性」と価値、意思、教育学などは重要な問題となるのである。思田氏(1969)は、東京都内の中学生に、知能テストと(一般)創造性テストをほどこした結果、知能テストが高い創造性テストが高い群(高創造型といふ)に属する子どもは、かいて自覚心と協調性に欠け、非行に走り易く、逆に、知能テストが高く創造性テストが低い群(高知能型といふ)に属する子どもは、創意と意欲に乏しいといふ<sup>5)</sup>と発言している。また、岩波氏は「創造性といふものは極めて危険なものである」「新しいものをくり出すとは現在の価値体系を否定する」点を

3) これについては朴沢(1974)参照。

4) 男性が女性に対して抱く「あこがれ」と「恐怖心」のアンビヴァレンスにもとづくコンプレックスのことである。

指摘している、さらに馬淵邦男は「原子爆弾も創造性の結果つくられたものである」という。数学の授業における創造性を考えるとき、以上の各点にも注意をしなければいけないであろう。

## 引用文献

- Aiken, L. R. Ability and creativity in mathematics, *Review of Educational Research*, 1973, 43, 405-432.
- Butcher, H. J. Intelligence and creativity, In P. Kline (Ed.), *New approaches in psychological measurement*, 1973, 43-64.
- Chase, C. I. *Measurement for educational evaluation*, 1974.
- Cronbach, L. J. 授業改善のための評価, R. W. Heath 編, 東洋訳新カリキュラム, 1965, 257-277.
- Guilford, J. P. Traits of creativity, In H. H. Anderson (Ed.), *Creativity and its cultivation*, 1959.
- 林沢晶子, 数学の learning achievement における性差について, 岩手大学教育学部, 昭和48年度専攻科修了論文, 1974.
- Horney, K. *Feminine psychology*, 1967.
- 堀 洋道, 創造性の評価と診断, *児童心理*, 1974, 28, 2150-2155.
- 細谷 純, 教育科学とその方法としての実験, *教育学研究*, 1972, 39, 120-128.
- 岩浅農也, イメージを豊かにする授業の条件, *児童心理*, 1974, 28, 2150-2155.
- 木原健太郎, 創造性教育のカリキュラム, *児童心理*, 1974, 28, 2102-2109.
- 馬淵邦男, 「制御」としての教育過程 — ソビエトの教育サイバネティクス教育展望(11月号), 1974, 217, 74-79.
- Кругацкий, В. А. Психология математических способностей школьников, 1968. (馬淵邦男訳, 数学的能力の構造, 上, 下, 1969) . . .
- 北川敏男, *創造工学*, 1971.
- Lang, T. *The difference between a man and woman*, 1971.
- 宮城音弥, *精神分析入門*, 1959.

- Nunnally, J.C. Introduction to psychological measurement, 1970.
- 恩田 彰, 創造性のとらえ方, 牛島義友他編, 教育評価の課題,  
1969, 103-120.
- 恩田 彰, 創造的思考, 佐藤三郎編, フルーナー理論と授業改造,  
1974, 70-86 (a).
- 恩田 彰, 創造心理学, 1974 (b).
- 恩田 彰, 野村健二, 創造性の開発, 1964.
- Prouse, H.L. Creativity in school mathematics, Math. Teacher,  
1967, 60, 876-879.
- 佐伯卓也, 脱工業化社会と教師の創造性, 数学教育学会研究  
紀要, 1974, 印刷中 (a).
- 佐伯卓也, 数学的能力と創造性の性差について, 日本教育大協  
会第二部会研究発表要旨, 1974, 印刷中 (b).
- 佐伯卓也, 林沢晶子, 数学的能力と創造性の性差について, 数  
学教育学会研究紀要, 1974, 印刷中.
- 島田 茂, 数学科での評価のしかたの改善について, 日教協会誌,  
1974, 56 (No. 9), 182-186.
- Torrance, P. Torrance test of creative thinking, 1966.
- 相田義信他, 教科教育学の成立をめぐって, 日本教育大学協会第二部会  
研究発表要旨, 1974, 印刷中.

The evaluation of creativity in mathematics

Takuya            Saeki  
(Abstracted)

The definition of creativity in mathematics is a more complicated question than that of (general) creativity. Here, to consider "creativity in mathematics" we adopt the definition of "creative engineering", which is similar to the definition in L. R. Aiken (1973).

We have studied the evaluation of creativity in mathematics using the measurement which is one of sub-categories of the evaluation. In Japan there are no many psychological researches of creativity in mathematics.

We prepared some test items of creativity in mathematics similar to items of Prouse (1967), and some of our findings are stated. It is interesting cross-culturally that one of our results is similar to that of Prouse.