

保存と測定

—Piaget 関連研究について—

佐伯卓也*

(1977年7月6日受理)

は し が き

人間の認知発達に関する研究に利用できるものの中で Piaget によるものが最も細やかで精巧なものの中の1つに見える。このようなことから Piaget の追試的な研究ないしは関係する研究(以後これを Piaget 関連研究ということにする)が内外で多く見られるようで、とりわけアメリカにおいては非常に多い。例えばアメリカの NCTM (アメリカ数学教師協議会)の機関誌の1つ Journal for Research in Mathematics Education に毎年アメリカの前年の数学教育関係の論文のレジメが掲載されているが、その中に Piagetian-oriented research という項目があり、Piaget 関連研究の論文がでていいる。第1表に1974年、1975年2か年の論文数を示してみた。これによっても、アメリカでは Piaget 関連研究がいかに活発であるかがわかる。次に、Piaget 関連研究はひとり算数・数学教育だけの課題ではないことを強調したい。日本でも例えば井藤氏(井藤 [14], 1971; 井藤他 [15], 1974)は理科教育の立場からこの課題にとりくんでいるし、Piaget 自身の論文も、例えば、Journal of Research in Science Teaching という理科教育の雑誌に載っていることからもうかがえる。このような見地から Piaget 関連研究は教科教育学的な課題とも考えられる。

所で、Piaget 関連研究の目標は「1人の子どもを考えたとき、学習材料をその子どもの認知発達の水準に従って適切にマッチさせる現実的かつ妥当な方法を創出することである」といわれている (Dunlop and Fazio [7], 1977), この線に沿って、この小論では、数多い Piaget 関連研究の種類の中から、保存 (conservation) と測定 (measurement) をとりあげ、先行研究を概観し、もし可能ならば、命題のいくつかを導びきたいと考える。保存と測定といっても分野は非常に多いので、特に「面積概念の保存と測定」を中心に論じたいと考える。

Piaget, Inhelder そして Szeminska ([21], 1960) は子どもの面積保存と測定を研究して、

第1表 Piaget 関連研究論文数(アメリカ)

	一般論文	学位論文	計
1974	23	21	44
1975	18	17	35
計	41	38	79

子どもの両概念の形成段階を通して順次に発達し、そして、保存概念は測定概念の前に発達する、と結論を下した。所で、Piaget の研究結果と以後の研究結果の間の「食い違い」は、かなり以前から指摘されている。Taloumis ([28], 1975) の結果もその1つで、「もし面積測定課題が前

* 岩手大学教育学部

に与えられると、次いで与えられる面積保存課題が促進される。そして逆もまた真である」という結論を得ている。筆者も同じような結論を得ているので、次にこれについてふれたい。

この研究で多大な御協力を賜ったF小学校、昭和51年度岩手大学教育学部卒業生の今松泰子、須貝洋子、高橋淑子、長谷川滋の諸氏並びに岩手大学電子計算機室の斎藤節子氏に感謝の意を表する。

§ 1 保存と測定

まず、保存の概念を考えてみよう。思考の発達段階を探る手段として各種概念の発生様相をとりあげ、Piaget (Inhelder and Piaget [13], 1958) は、概念を把握するとはさまざまな見かけの変化に抵抗して、その底にある中核的なものの不変性を認識することであり、この不変性認識が保存であるという。つまり、特別な経験的因子(重さ、体積等)が観察される状態の変化を通して子どもの心の中に不変のままに残る、ことであるとしている。ここで「経験的因子」とか「観察される状態」とは、一応対象の属性と考えてよいだろう。なぜなら Piaget は後に物質(物体)的なものの保存の属性としての、物質、重さ、体積と、空間的な変数の属性として、長さ、面積、体積、表面積をとりあげ、2種類に分けて考えているからである(Piaget and Inhelder [20], 1969)。だが、保存というとき、ほかに抽象的な、概念の保存等も考えられるので、もっと広く一般的に保存の概念を定める必要がでてくる。

Saltz と Medow ([24], 1971) は子どもの保存と信念体系を調べた際認知空間の概念を用いた。認知空間(cognitive space)とは子どもが内的または外的な刺激の諸特質を表すところの属性次元(例えば、物体だったら、その重さの次元とか量の次元といったもの)の集合をいう。認知空間というとき言語的な刺激も含まれると考えておく。この認知空間の概念を用いて保存を一応次のように定めておく。すなわち、子どもの認知空間におけるある特定の属性次元が、その子どもによって認知される他の1つないしは数個の属性次元が変化しても、なお不変のまま残ることを保存という、としておく。

例えば、子どもが粘土の球をソーセージに変形するとき、粘土の量が不変であることを認知するかどうかの例では、粘土の「形」という属性と「量」という属性のうち、「量」の方が、属性「形」が変化しても、不変のまま保たれる、ことが「量の保存」である。

所で子どもが、ある属性次元が変わったとき、他の特定の属性次元が保存されたと判断するのは Cathcart ([6], 1971) によれば、

- (1) 同一性(identity)
 - a) 操作的同一性(operation identity)
 - b) 実質的同一性(substantive identity)
- (2) 可逆性(reversibility)
- (3) 補償性(compensation)

によるという¹⁾。(1) a) は、もとのものに加えたり又はもとのものから取り去っても同一だという判断、b) は見かけ上いろいろ変わっても、実質的に同じだという判断、(2) は「もとにもどしたときどうなるか」のような間に関係する判断、(3) は1つの属性次元で得たも

1) これを最初に主張したのは Piaget ([19], 1960) で、それを修正して Cathcart はこの形にした。

のは他の属性次元のロスを埋めるという判断である。

次に、この保存の誘因は何か、という問に対する答えと考えられる若干の仮説についてふれておく。Piaget は、子どもの知的構造、すなわち、ジェーマにそって、同化や調節の機能によってつねに均衡 (equilibration) を求めようとしている、という。この均衡モデルの考えに立って Silverman と Geiringer ([20], 1973) は保存の説明を試みた。つまり、この均衡を求めようとする傾向が誘因となり保存という現象をひきおこすかも知れないことを暗示した。一方、人間には、呼吸欲、睡眠欲、飲欲、性欲、群集欲の 6 つの 個体維持 (保存) と種族保存の生物的欲求心があるという (時実 [29], 1962)。Piaget のいう均衡を求める傾向の、これらの個体と種族の保存との類似性も指摘される。

Carpenter と Lewis ([5], 1976) は従来なされてきた保存研究のある種のものとは本質的に測定問題として一般化することだった、と発言している。ところで測定が問題になるのは連続量の測定としてである。ある属性次元をとるとき、その属性に何等かの方法で単位 (比較のための基準となるもの) が導入され、それを利用して実数の集合に対応をつけ数値化し、普遍的な数概念として把握する操作を一応測定と呼ぶことにする。このように考えると、認知空間のすべての要素、すなわち、すべての属性次元は測定可能でなくなる。測定可能な属性次元の集合をかりに可測空間 (measurable space) と呼ぶことにする。可測空間の要素の例として、長さ、重さ、面積等の、いわゆる外延量や、密度、速度等のいわゆる内包量があるし、尺度の立場からは距離尺度や比例尺度がある。このように考えれば可測空間は認知空間の真部分集合となるので、保存問題は測定問題に帰す、ことは導びかれなくなる。

§ 2 保存と測定の先行研究

筆者の思い違いや見落とし等で不完全であるが、一応 Child Development, Journal of Experimental Child Psychology, Journal of Genetic Psychology, Journal for Research in Mathematics Education 等の 1971年から 1976年までの雑誌に掲載された保存と測定が主題と考えられる論文 49 編の分類を試みたのが第 2 表である。

表中基礎理論とは、保存の定義、均衡モデル、因子分析等を示している。保存測定の段階・順序は、段階の分け方、どの属性次元が先になるか、または、後になるか等の研究を含んでいる。保存並びに測定と他の変数の関係とは、年齢、性、IQ、言語理解、キューイング、刺戟次元、信念体系、スクリーニング、両親の社会的ステータス、算数・数学の学力等の諸変数と

の関係の研究である。4 の社会心理学的研究では、分配問題、つまり、量の分配が公平に行なわれるかどうかを社会心理学的に研究した例が含まれている。5 は説明の用はないと思う。6 では、1 対 1 対応の訓練、可逆性訓練、補償訓練、刺戟次元訓練、知覚的キュー訓練、スクリーニング訓練等多肢にわたるいわゆる保存概念獲得促進法の諸研究を含んでいる。

第 2 表からわかることは、3 の保存と他の変数の研究、6 の保存・測定の促進の研究が圧倒

第 2 表 保存・測定研究論文の分類

区 分	論文数
1 基礎理論	3
2 保存・測定の段階と順序	9
3 保存・測定と他の変数	16
4 社会心理学的研究	2
5 盲人・遅進児の保存・測定	2
6 保存・測定の促進の研究	17
計	49

第3表 保存・測定の関係ある先行研究

研究者名	研究年次	保 存	測 定
Beilin & Franklin	1962		面積・長さ(小1, 3)
Kingsley & Hall	1967	重さ・長さ・面積(5才以上)	
Cathcart	1971	液量(小2, 3)	
井藤	1971	面積・液量・長さ(4才~9才)	
Brainerd & Brainerd	1972	数・液量(5才, 小1, 2)	
Figurelli & Keller	1972	面積・重さ・長さ(6才~8才)	
Duncan & Eliot	1973	空間(5才~6才)	
Miller & Grobowski 他	1973	長さ・物質(5才)	
Silverman & Geiringer	1973	重さ・長さ・物質(小1)	
Winkelman	1974	物質・数(5才~8才)	
Larsen & Kellogg	1974	液量(5才~8才)	
井藤, 岩成, 加本	1974	重さ(5才~10才)	
Taloumis	1975	面積(小1~3)	面積(小1~3)
Carpenter & Lewis	1976	長さ(小1, 2)	長さ(小1・2)

的に多く、2つあわせると約67%となることである。これに3の保存・測定の段階順序を加えると約86%になる。これはこの種のアメリカにおける研究の動向を示しているといえるだろう。

次にこれらの先行諸研究のうち、この小論で後にふれる調査(佐伯〔22〕, 1977)で何らかの関係をもったものをあげておく。それらは第3表にある。この中で特に測定に関係している若干の論文をレビューしておこう

Beilin と Franklin (〔3〕, 1962) は New York 市の小学校児童1年(N=27, 平均暦年齢6-6)と3年(N=33, 平均暦年齢8-11)を用いて研究した。面積テストと長さテストの材料を色紙でつくり、間接比較のための可動な白いボール紙片をいくつか準備して、重ねさせるようにしている。実験は練習効果の実験である(第2表の分類からは6に入る)。そこでは、子どもが保存できること、つまり、2つの形が違っていても面積が等しいことがいえること、又、細長い紙ぎれの長さが、置き方が違っていても長さが等しいことがいえることの認識をさせることが目的であった。結果は、まず、教える前では、1年と3年では差があり、1年では3人だけが長さの測定の段階Ⅲ(測定の単位構築の段階)に達しただけで、あとの子どもは達していなかった。また面積の測定では1人も段階Ⅲには達していなかった。反面3年では、ほぼ全員が長さを測定し、9人が面積を測定していた。教授の効果は見られ、特に3年ではかなり大きいことがわかった。だが、特筆すべき事実として、1年では教えても操作測定の域に到達しない例があったことである。この種の技能ではある程度の成熟を待たなければならぬものがあることを暗示しているようだ。

この論文の、長さの測定ならびに面積の測定研究のパターンは、モデルになり後の研究にかなりの影響を与えたようである。

Taloumis (〔28〕, 1975) は保存と測定の順序の研究をしている(第2表の区分2の研究)。ここでは3つの面積測定課題C₁, C₂, C₃と2つの面積測定課題M₁, M₂の材料が与えられている。子どもに提示する順序として2つの系列(1)CM系列:C₁, C₂, C₃, M₁, M₂(2)MC系

列： M_1 , M_2 , C_1 , C_2 , C_3 を用い、後の方のMまたは課題の結果を調べている。被験者は小学校1年から3年まで各学年56人の児童で、その半分がMC系列に、割りあてられた結果は各変数の相関係数、学年と性と系列の $3 \times 2 \times 2$ の分散分析(ANOVA)、各学年ごとの重回帰分析(MRG)等で分析され、面積保存課題が先行した群(CM系列群)では後の面積測定が促進され、逆に、面積測定課題が先行した群(MC系列)では後の面積保存が促進されることが証明されている。

Carpenter と Lewis ([5], 1976) は測定課題に関係して、同じ長さのものを測るとき、単位が目盛が大きくなれば、その単位の何倍か、の倍数の数は減り、逆に単位が目盛が小さくなれば、その単位の何倍か、の倍数の数が増加する、いわゆる、「単位の大きさ」と「測られた単位の数の間の相補関係の理解についての研究をした(第2表の分類からは3に入る)。この結果子どもの違った大きさの単位で測ることが、必ずしもこの相補関係の理解を助けず、具体的材料に関して否定的な見解を示している。

以上先行諸研究についてふれた。この小論ではこれらの諸研究のうち特に Taloumis の研究に着目し、その追試的研究が筆者によってなされたので、次にそれを述べてみたい。

§ 3 保存と測定の順序の研究例

まず次の仮説を準備する。

仮説 面積測定の訓練は面積保存課題遂行を促進する、逆に、面積保存の訓練は面積測定課題遂行を促進する。

3.1.手順 被験者はF小学校の児童で第4表のように1年、2年、3年から1学級づつ選び、それを第5表のようにCM系列、MC系列に割りあてた。割りあて方は、まず、各学年1クラスを暦年齢順に並べ、1年、3年の男子は奇数番をCM系列、偶数番をMC系列とし、1年、3年の女子は奇数番はMC系列、偶数番はCM系列とした。2年はこの逆の組みあわせにした。この結果が第5表である。

用いた課題は4題あり、1人ずつ面接して子どもに与えた。それは1つの教室で、協力者4人がテスターになり、2年が実施され別の日に1年と3年が実施された。4人はなるべく離れた位置にいて、もう1人が児童の誘導にあたった。児童1人あたり所要時間は約10分ないし15分であった。1クラスにおよそ1時間半ぐらいかかった。3年は最も短い時間で終了した。記録のために、個人別カードを準備し、所定の記入の仕方ではテスターが記録した。記入の仕方は正答のときは○印、誤答のときは√印を記入し、後に計算のときに、○印は10点、√印は0

第4表 被験児童数

	男	女	計
1年	17	19	36
2年	19	20	39
3年	18	19	37
計	54	58	112

第5表 系列割りあて人数

	CM系列	MC系列
1年	17	19
2年	19	19
3年	20	18

点としてスコアとした。

3.2. テスト用具 ボール紙などで課題C₁, C₂, 課題M₁, M₂を設けた。面積保存課題C₁は次のようなものであった²⁾。

2つの合同な牧草地(緑色のフェルトをはりつけた18cm×20cmの長方形のボール紙)A, Bと第1図のような6組の合同な石(茶色の紙をはりつけたボール紙)がある。牧草地Aには6この石を1列に並べ、Bにはランダムに置く。また、紙で作った羊を牧草地A, Bに立てて置き、子どもには用具に手を触れさせずに答えさせた。質問は「同じ広さの2つの牧草地があります。2つの牧草地には石がこのようにおいてあります。どちらの牧草地にも一頭の羊がいます。どちらの羊が多く草を食べることが出来ますか。それとも同じですか」というようなものだった。

また、面積測定課題M₁は次のようなものであった。

2つの非合同な領域(第2図, Aは赤, Bは黄色のボール紙)を正方形の単位カード6枚, その2倍の面積をもつ長方形単位カード8枚を準備する。AとBは等しい面積をもっている。単位カードを用いて領域AとBを覆い間接的に面積を比べさせる。子どもにやり方を理解させるために, 子どもの前で2, 3枚カードを領域において覆って見せる。質問は次のようなものだった。「赤い紙と黄色の紙のひろさを比べたいと思います。比べるには, ま4角な紙や長4角の紙を使って, このようにおいて, 使った数をかぞえて比べます。長4角のカードは, ま4角なカード2つ分のひろさをもっています。赤い紙と黄色の紙は同じ大きさですか。それともどちらが大きいですか」

このほかの課題C₂, M₂や, くわしい提示の手順については, 拙論(佐伯[22], 1977), 協力者の諸論文(今松[12], 1977; 須貝[26], 1977; 高橋[27], 1977; 長谷川[11], 1977)にある。また被験児童の感想は, 「楽しかった」「面白かった」というのが多かったこともつけ加えておく。

図1 課題C₁

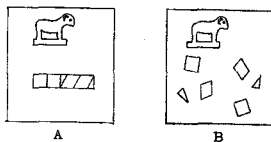
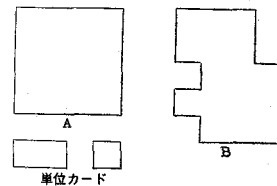


図2 課題M₁



3.3. 結果と判定 先ず, C(保存)スコアとM(測定)スコア, およびその合計スコアのそれぞれの平均と標準偏差(SDと略記)を示す(第6表)。

これらの平均の差の検定をしたのが第7表である。表中*は5%危険率で有意差のあることを示している。

第8表はCM系列とMC系列の学年別のCとMの平均とSDである。これによると, Cスコ

2) この準備をした後にコーブランド([8], 1976)の訳本を見ることができた。この中にも同じような課題の写真がのっていたが, 筆者のとは大きさが異なっている。筆者の用具は携帯には便利であった。

第6表 学年, 性別, 系列別C, M及び全スコア平均と標準偏差

	n	全スコア平均 (S.D.)	Cスコア平均 (S.D.)	Mスコア平均 (S.D.)
1 年	36	25.83 (7.59)	8.61 (7.13)	17.22 (4.48)
2 年	39	29.74 (9.20)	13.33 (7.28)	16.41 (5.77)
3 年	37	32.16 (9.90)	15.14 (6.42)	17.03 (5.13)
男	54	27.22 (9.89)	11.48 (7.80)	15.74 (5.96)
女	58	31.21 (8.32)	13.28 (7.04)	17.93 (4.05)
CM	55	27.64 (9.90)	10.91 (7.20)	16.73 (5.06)
MC	57	30.88 (8.44)	13.86 (7.44)	17.02 (5.29)

第7表 CとMのスコアの平均の差の検定 (tの値)

	性差	判定	系列差	判定
Cスコア	1.27	差なし	2.11*	CM<MC
Mスコア	2.27*	男<女	0.29	差なし

第8表 CM系列, MC系列の学年別CとMの平均と標準偏差

	C M 系列		M C 系列	
	Cスコア平均(S.D.)	Mスコア平均(S.D.)	Cスコア平均(S.D.)	Mスコア平均(S.D.)
1 年	5.29 (4.99)	14.12 (10.60)	11.58 (7.44)	17.37 (4.40)
2 年	13.16 (6.53)	16.84 (4.65)	13.50 (7.92)	16.00 (6.63)
3 年	13.68 (6.66)	16.32 (5.81)	16.67 (5.77)	17.78 (4.16)

第9表 系列間のCとMの平均の差の検定 (tの値)

	1 年	2 年	3 年	全サンプル
Cスコア (判定)	2.86** (CM<MC)	0.18 (差なし)	1.41 (差なし)	2.11* (CM<MC)
Mスコア (判定)	1.19 (差なし)	0.45 (差なし)	0.85 (差なし)	0.29 (差なし)

アは大体学年進行に従ってスコアが高くなっているがMスコアは必ずしもそうになっていない。この原因はテスターの提示の仕方にあつたと思われる。第9表は系列間のCとMの平均の差のtの値とその判定である。表中*は5%危険率で,**は1%危険率でそれぞれ差なしとはいえないことを示している。第10表は各変数の相関係数と $H_0: r = 0$ に対する有意性の検定を示している。(*印は前と同じ)

第10表 相関係数とその有意性

	C ₁	C ₂	M ₁	M ₂	C	M
C ₁	1.00	.27**	.08	.00	.82***	.05
C ₂		1.00	.10	-.04	.76***	.04
M ₁			1.00	-.04	.12	.59***
M ₂				1.00	-.05	.97***
C					1.00	.06
M						1.00

第11表 Cスコア分散分析表

変動因	SS	df	MS	F
性 (A)	10.30	1	10.30	0.88
学年(B)	106.19	2	53.10	4.52
系列(C)	30.78	1	30.78	2.62
A B	16.23	2	8.11	0.70
A C	1.04	1	1.04	0.09
B C	16.36	2	8.18	0.70
A B C	23.49	2	11.75	
全変動	204.41	11		

第12表 Mスコア分散分析表

変動因	SS	df	MS	F
性 (A)	13.48	1	13.48	2.01
学年(B)	1.50	2	0.75	0.11
系列(C)	0.39	1	0.39	0.58
A B	7.26	2	3.63	0.54
A C	2.52	1	2.52	0.38
B C	2.32	2	1.16	0.17
A B C	13.44	2	6.72	
全変動	40.92	11		

次に変動因として性 (A), 学年 (B), 系列 (C) をとり 3 元配置の分散分析を, C スコアと M スコアについて計算した³⁾。第 11 表が C スコアの, また第 12 表が M スコアの分散分析表である。C スコアの分散分析表で F はどれも有意にならなかったが, 学年と系列で比較の値が大きかったので, それらの平均の間に差があるかどうかを分散分析表にもとづいた多重比較の t 検定をした。その結果は

学年 1年と2年 $t = 5.21^{***}$ (df=34)

1年と3年 $t = 5.56^{***}$ (df=34)

2年と3年 $t = 0.36$ (df=36)

系列 CMとMC $t = 5.96^{***}$ (df=110)

であった。1年と2年, 1年と3年に0.1%危険率で有意差が見られる。又系列でも0.1%危険率の有意差が見られる。M スコアの分散分析表からも, 性 (A) が比較的 F の値が大きいので, 前と同じように検定すると $t = 5.76^{***}$ (df=110) となりやはり有意差が見られた。

以上の分散分析では, 3変数 A, B, C の交互作用の F の値が小さいので, ほぼ独立とみなし重回帰分析を試みた³⁾。第 13 表は 1 年の, 第 14 表は 2 年の, 第 15 表は 3 年の C と M の重回帰分析表である。

第13表 1年CとMの重回帰分析表

	係 数	t の 値	偏相関係数	D W 比
C 定数	-2.83			
性	5.31	2.67*	.427	
系列	6.42	3.23**	.496	2.057
M	-0.38	-1.70	-.287	
M 定数	14.31			
性	1.45	0.87	.153	
系列	1.69	0.98	.171	1.775
C	-0.22	-1.70	-.287	

第14表 2年CとMの重回帰分析表

	係 数	t の 値	偏相関係数	D W 比
C 定数	13.89			
性	-0.67	-0.25	-.042	
系列	0.32	0.13	.022	1.595
M	-0.002	-0.01	.002	
M 定数	-8.91			
性	4.74	1.70	.275	
系列	6.07	2.53*	.393	1.765
C	0.68	6.02***	.713	

3) この計算は岩手大学設置の電子計算機 HITAC8250を使用した。

第15表 3年CとMの重回帰分析表

	係 数	t の 値	偏相関係数	D W 比
C 定 数	2.31			
性	0.19	0.10	.017	
系 列	2.17	1.10	.188	2.445
M	0.55	2.82**	.441	
M 定 数	9.27			
性	1.28	0.81	.140	
系 列	0.30	0.19	.032	2.331
C	0.35	2.82**	.441	

重回帰分析の結果、1年ではCスコアが説明変数「性」と「系列」に関係していること、2年では係数は小さいがMスコアが変数「系列」、特にCに大きく関係していること、3年ではCスコアが変数Mに、Mスコアが変数Cに関係していることがわかる。また、Durbin-Watson比から、危険率2.5%で2年Cスコアが、残りは全部危険率1%で説明変数(性, 系列, MまたはC)の間に有意の自己相関は認められないことがわかる。

§ 4 考 察

前節で得た結果を仮説および先行研究との関係の観点から考察してみよう。

第7表、第9表から各学年と全サンプルのCとMの平均をみると、1年と全サンプルで仮説の一部「MC系列の方がCスコアが高い」が支持されたことがわかる。Mスコアは支持されていない。さらに重回帰分析の結果から、2年のMは変数Cに、3年のCは変数Mに、Mは変数Cに、それぞれ相関していて、ここでは仮説は部分的に支持されている。特に3年では完全に仮説が支持されているといえるだろう。Taloumis ([28], 1975)も重回帰分析をして、各学年ともCは変数Mに、Mは変数Cに相関している(1年, 2年は0.1%の危険率, 3年は5%の危険率)結果を出しているが、筆者の場合もある程度仮説が支持された(少なくとも反例はでない)とすると、次のような教育への含意がいえよう。すなわち、面積保存の訓練が後にくる面積測定 of 遂行改善に役に立ち、また、面積測定の訓練も面積保存の遂行改善に役に立つ、といえるのかも知れない。この点阿部氏 ([1], 1971)の「保存がないと単位をきめて測定することそのものが無意味に近い」という発言と食い違っていることが指摘される。

以上から、Taloumis がいうように、面積保存遂行と面積測定遂行のどちらか一方のスコアを知れば、他方が予知できる、こともある程度いえそうである。また、このように保存と測定の2つの遂行が平行して現れるので、測定は「自然に起る」というPiagetの発言とも食い違うようである。

Mスコアについては性差がでて女子が高い。このことはTaloumisの結果になかったことであり、男子の測定の指導は注意深くやる必要がある、という命題が導びかれるのかも知れない。これは筆者の前の結果(佐伯・小田島 [23], 1976)の、論理検査問題(非言語的)の離接問題遂行が小学校2年から6年まで男子が約1年女子に比べて遅れる、という結果と関係するのかも知れないが、今のところ何ともいえない。

第10表の相関係数で、 C_1 、 C_2 、 C が高い相関を示すことは当然だが、 M と M_1 、 M と M_2 が高い相関がある反面、 M_1 と M_2 の相関は有意にならなかった(むしろ負の値)。これは課題の上から、単位として正方形と長方形を使用することと(M_1)、正方形を対角線にそって切った3角形を測定した課題(M_2)の間には、かなりの距離があることを暗示しているのかも知れない。

本研究の結果は、Piagetと食い違うものであった。Aiken ([2], 1973)は「発達の段階には個人的差異の幅広さのため Piaget の理論は十分に実証され得ないものがある。従って、Piaget の発達段階による算数・数学のカリキュラムをくむことは、疑いもなく、時期尚早であり危険も多い」と発言している。このこととあわせて、今後の Piaget 関連研究が期待される。

引用文献

- [1] 阿部浩一(1971):「量と測定」の指導について, 日数教会誌, 53(算数教育20—2), pp. 39-42.
- [2] Aiken, L. R. (1973): *Ability and creativity in mathematics*, Review of Educational Research, 43, pp. 405-432.
- [3] Beilin, H. and Franklin, I. C. (1962): Logical operation in area and length measurement: Age and training effects, Child Development, 33, pp. 607-618.
- [4] Brainerd, C. J. and Brainerd, S. H. (1972): Order of acquisition of number and quantity conservation, Child Development, 43, pp. 1401-1406.
- [5] Carpenter, T. P. and Lewis, R. (1976): The development of the concept of a standard unit of measure in young children, Jour. for Research in Mathematics Education, 7, pp. 53-58.
- [6] Cathcart, W. G. (1971): The relationship between primary students' rationalization of conservation and mathematical achievement, Child Development, 42, pp. 755-765.
- [7] Dunlop, D. L. and Fazio, F. (1977): Piagetian theory and abstract preferences of secondary science students, School Science and Mathematics, 77, pp. 21-26.
- [8] コーブランド R. W. (佐藤俊太郎訳, 1976): ピアジェを算数教育にどう生かすか, 明治図書, 東京。
- [9] Duncan, B. and Eliot, J. (1973): Some variables affecting children's spatial conservation, Child Development, 44, pp. 828-830.
- [10] Figurelli, J. C. and Keller, H. R. (1972): The effect of training and socioeconomic class upon the acquisition of conservation concepts, Child Development, 43, pp. 293-298.
- [11] 長谷川滋(1977):面積の保存と測定の実証的研究——電子計算機による——, 岩手大学教育学部昭和51年度卒業論文。
- [12] 今松泰子(1977):面積の保存と測定の実証的研究——電子計算機による——, 岩手大学教育学部昭和51年度卒業論文。
- [13] Inhelder, B. and Piaget, J. (1958): The growth of logical thinking from childhood to adolescence, Basic Book, Inc. New York.
- [14] 井藤芳喜(1971):子どもの量概念の形成と比較能力の発達, 島根大学教育学部紀要, 5, pp. 109-129.
- [15] 井藤芳喜, 岩成信子, 加本淳夫(1974):子どもの重量概念の形成について(その2)——種々の重量の考え方——, 島根大学教育学部紀要, 8, pp. 27-36.

- [16] Kingsley, R. C. and Hall, V. C. (1967): Training conservation through the use of learning sets, *Child Development*, 38, pp. 1111-1126.
- [17] Larsen, G. Y. and Kellogg, J. (1974): A development study of the relation between conservation and sharing behavior, *Child Development*, 45, pp. 849-851.
- [18] Miller, P. H., Grabowski, T. L. and Heldmeyer, K. H. (1973): The role of stimulus dimension in the conservation of substance, *Child Development*, 44, pp. 646-650.
- [19] Piaget, J. (1960): *Psychology of intelligence*, Littlefield, Adams Patterson.
- [20] Piaget, J. and Inhelder, B. (1969): *The psychology of the child*, Basic Books, Inc. New York.
- [21] Piaget, J., Inhelder, B. and Szeminska, A. (1960): *The child's conception of geometry*, Routledge and Kegan Paule. London.
- [22] 佐伯卓也 (1977): 低学年児童における面積の保存と測定について, 東北数学教育学会年報 8, pp. 43-57.
- [23] 佐伯卓也, 小田島茂 (1976): 児童の算数創造性検査と論理検査について, 岩手大学教育学部研究年報36, pp. 369-380.
- [24] Saltz, E. and Medow, M. L. (1971): Concept conservation in children: The dependence of belief systems on semantic representation, *Child Development*, 42, 1533-1542.
- [25] Silverman, I. W. and Geiringer, E. (1973): Dyadic interaction and conservation induction: A test of Piaget's equilibration model, *Child Development*, 44, pp. 815-820.
- [26] 須貝洋子 (1977): 面積の保存と測定の実証的研究——電子計算機による——, 岩手大学教育学部昭和51年度卒業論文。
- [27] 高橋淑子 (1977): 面積の保存と測定の実証的研究——電子計算機による——, 岩手大学教育学部昭和51年度卒業論文。
- [28] Taloumis, T. (1975): The relationship of area conservation to area measurement as affected by sequence of presentation of Piagetian area tasks to boys and girls in grades one through three, *Jour. for Research in Mathematics Education*, 6, pp. 202-220.
- [29] 時実利彦 (1962): *脳の話*, 岩波書店, 東京。
- [30] Winkelman, W. (1974): Factorial analysis of children's conservation task performance, *Child Development*, 45, pp. 843-848.