

算数ドリル学習における訓練の個別化の効果

吉 田

甫*

問 題

学校での毎日の授業において、教師は新しい概念の説明に時間をとられて、計算問題のドリル学習を無視することが多い。計算技能は、比較的単純な学習行動であるので、訓練法によってはかなり効果的に習得されることが多い。しかし現実には、これらの訓練をほとんど学校外で市販のドリルを使って行うことが多い。そのため、各種の教材について計算技能が習得されないこともかなりあり、ひいてはこれが応用力の阻害の遠因となっていることも、よくみられるところである。

ドリル訓練のそうした重要性にもかかわらず、色々な型のドリル訓練の相対的な効果については、ほとんど知られていないのが現状である。その理由の1つとして、訓練で用いられる問題を系列化する際の基本的な考えが欠如していることがあげられる。一般的な訓練では、多くの問題を難易度に応じて易、難、およびその中間というように大雑把に分類する程度であり、こうしたやり方は系列化に関する理論的背景を全くもっていないのである。

最近、教材を系列化する際の基本的な理論が、かなり提出されてきている。例えば、Gagnéを中心とする学習階層性による教材分析 (Gagné, 1962, 1967; Gagné & Briggs, 1974), あるいは Suppes を中心にした系列化法 (Suppes, Jerman & Brian, 1968; Suppes & Morningstar, 1972), その他に Ausubel の先行オーガナイザーを用いる方法 (Ausubel, 1963; Ausubel, Stager & Gaite, 1968; Hartley & Davies, 1976), また Scandura の方法 (Scandura, 1964, 1966) などがあげられる。これらの諸理論の中で、本研究のドリル訓練で使用する計算問題の系列化に適した考えは、Suppes らのそれであろう。彼らの基本的な考えは、問題を構成している要因 (彼らはこれを構造変数とよんでいる) をとりだし、これらの要因の組合せから系列化を進めていくというも

のである。例えば、Suppes & Morningstar (1972) は 3, 4, 5 年生のたし算とひき算においては、以下のような構造変数を取りだしている。(1)合計値, (2)くり上り, (3)くり下り, (4)横書きの式の形, (5)たて書きの式の形。Suppes らは、これらの構造変数に与えられる回帰係数を求めて、どの構造変数が難易度と関連しているかを調べている。こうしたやり方は、ある問題が与えられた場合、問題そのものの難易度を前もって推定することができるという点に大きな特徴がある。難易度を予測することによって、問題を易しいものから難しいものへと段階的に系列化することも、可能になってくる。

そうした接近法を参考にして、吉田・古橋・山内 (1976) はわり算問題の系列化を試み、わり算の解決過程の点から構造変数を設定している。わり算の解決過程をみれば、まず商を決定するまでの判断の過程があり、次にかけ算をした後にひき算を行い、その後に次の位をおろすという一連の過程からできている。判断の過程において、商を決定するまでの段階の分け方にはかなり難しい面がみられるが、一応商が立つかどうかの判断 (これを J (Q) と略す。以下同じ) を行い、次に商を決定する J (W) という2過程として設定された。かけ算については、かけ算の実行 M (P) とかけ算の際のくり上り M (C) という2つの過程に区分された。ひき算は、ひき算の実行 S (P) とひき算の際のくり下り S (B) との2過程に分類された。これら6つの過程と次の位をおろす ND の計7過程を、わり算問題の難易度を構成する変数とした。いま各わり算問題についてこのアルゴリズムを適用し、問題を正しく解決した場合に各過程を何回通過するかを計算し、この7変量それぞれについてのステップ数を求めた。このようにして、各問題はそれぞれ固有の7変量をもつことになる。

小学校5年生32名に合計216の問題を解いてもらい、先述の7変量を予測変量とし正答者数を基準変量として重回帰方程式を計算した結果、以下の式が得られた。

$$\hat{Y} = -0.78 J(Q) + 3.41 J(W) - 0.48 M(P) - 0.45 M(C) - 0.99 S(P) - 0.38 S(B) - 0.97 ND +$$

* 宮崎大学教育学部

25.52

(1)

また重回帰係数は、0.755であり、正答率が極めて高いかまたは低い問題を除いて予測値と実測値はかなり一致しており、これら変量で実際の正答率をかなり予測可能であることが示された。

上の式に各問題の固有のステップ数を代入することによって得られる予測値によって、問題を例えば易しいものから難しいものへと系列化することができる。こうして並べられた問題を難易度の点からいくつかのレベルにわけ、これを用いてドリル訓練法間の効果を比較することが、本研究の目的である。

ドリル訓練の基礎的な型として、どのようなものを設定できるだろうか。その場合の必要な要素として、以下の3つが考えられる。すなわち、どのような教材をどのような能力の学習者にどのようにして与えたらよいかという3要素である。本研究では、この3要素の内教材については吉田ら(1976)の研究によって系列化が可能となった。また学習者の選択に関しては、一般的な能力よりもその課題に特殊な能力が教授法による影響を受けやすいという研究(Egan & Greeno, 1973)から示唆される。つまり本研究では、数学の総合力よりもわり算の計算技能の個人差に基づいて、学習者の能力を決定することにする。ドリル訓練の型としては、まず最も日常的に使用されているものとして、個人の能力を全く無視したあらゆるレベルの問題から構成されている問題を与える固定的なドリル訓練法が、あげられる。この方法は、訓練の個別化という観点からみれば、個別化が全く考えられていないやり方である。この固定的な方法と全く反対に、個人の能力に一致させたレベルの問題のみを与える最も個別化された枝分れの訓練法が考えられる。Suppesらの用いた訓練法がこの代表であり、本研究でも枝分れ型は彼らの方法に準拠することにする。彼らは、かなり広範囲の教材について訓練を行い、一定の成果をあげている。しかし彼らは、訓練プログラムの作成を主に意図していたので、枝分れ型以外の他の訓練法を実施していない。そのため、本研究には彼らの枝分れの訓練手続が意味をもつにすぎない。本研究では、個別化の点から両極端にあるこれらの方法の中間的な訓練法をも設定する。それは、訓練で用いる問題に個人の能力に一致したレベルの問題を多く含めるが、他のレベルの問題も含める混合的方法である。

これら3種の方法を用いた場合、どのような訓練効果が期待できるだろうか。Atkinson(1972)によれば、個別化された教授方略で学習した群ほど学習効果が高くなるという結果が示されているので、このことから訓練効

果は、個別化の程度に即応することが考えられる。つまり、枝分れ型に最大の訓練効果があり次いで混合型、最後に固定型になると予想される。本研究ではこの点を中心にするが、そうした効果が能力レベルのちがう学習者にも等しく有効であるかどうかを吟味することも目的の1つである。

方 法

被験者 宮崎県内の郡部の小学4年生128名が、被験者として参加した。1つのドリル訓練は、クラス単位で一斉に行われた。固定型のクラスでは43名、混合型のクラスには43名、枝分れ型のクラスでは42名が在席し、全員が対象者となった。これらの被験者は、9月中にわり算を習い終っていて、実験は10月中旬から開始された。

材料の構成法 訓練で使用する問題がなるべく多くの桁数の組合せから構成されるように、わられる数の桁数については2～5桁の範囲で、またわる数については1～3桁の範囲で、計9種類の桁数の組合せを設定した。各々の桁数の組合せごとに35問から80問の範囲でわり算問題をそれぞれ作成し、全体で571の問題を準備した。これら全ての問題について、先の変量を適用して各変量ごとのステップ数を求め、1つずつの問題についての予測値を求めた。その1例が表1に示されている。全問題における予測値は、14.1から27.8までの範囲にはいった。

この予測値を参考にして、問題を5つのレベルに分類したが、その基準は表2に示すとおりである。この分類を、問題のレベルとよんでおく。先の571の全問題から、わられる数とわる数の桁数の組合せがなるべく混合されるようにして、問題のレベル毎に68問の問題をランダムに選択した。これらの問題が、事前テストと事後テストおよび訓練用の問題を構成することになる*。

事前および事後テストでは同一の問題が使用されたが、その内訳は、問題レベル1, 2, 3から各5問ずつ、レベル4から7問、レベル5から8問の計30問で構成されている。このように難しい問題を多くしたのは、学力の高い生徒における天井効果をなくすことを意図したためによる。さて1日のドリル訓練に含められる問題数は、どの訓練群でも全て13問である。だがどの問題レベル

問題の難易度を決定するのに、吉田ら(1976)で得られた実測値を使うこともできる。しかし、その研究で使用された問題数は216問と少なく、これだけでは今回の研究に必要な問題を供給できないので、予測値をもって難易度とした。

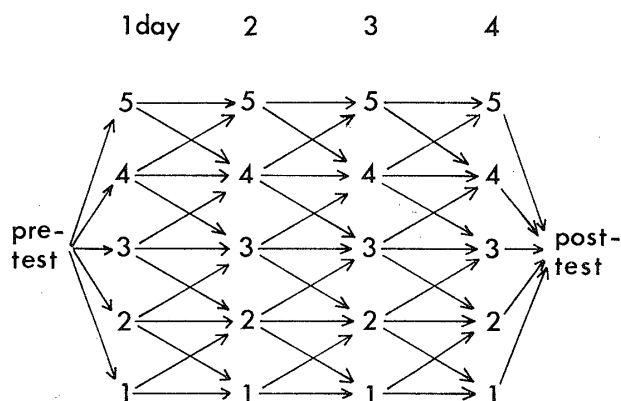


FIG. 1 Criteria to determine the level of difficulty for branching type.

TABLE 1 The step number of problem and observed and predicted value

Problem	Steps							Observed	Predicted
	J (Q)	J (W)	M (P)	M (C)	S (P)	S (B)	N (D)		
4372 ÷ 18	3	3	6	3	4	2	2	25	22.6
812 ÷ 22	2	2	4	1	4	1	1	23	23.1
79732 ÷ 2	5	5	5	0	5	0	4	29	27.6

から何問ずつとりだすかという内訳は、訓練群により異なっており、これについては手続の項で一括して述べる。

手続 各被験者は、各クラス毎に一齐に事前テストを与えられた。問題は2枚の用紙に印刷され、40分の解答時間が与えられた。このテストの正答率によって、各訓練群における被験者を5つのレベルに分類するが、その基準は表3のとおりである。先の問題レベルという用語と区別するため、ここでの分類を学習者の能力レベルと呼ぶことにする。

事前テスト後の4日間が、ドリル訓練の期間である。訓練問題は各群とも13問で1枚の用紙に印刷された。ドリル訓練は、各群とも集団的に放課後の20分間行われた。1日の訓練が終るとただちに採点し、採点した結果を習日に生徒に返却した。各群の訓練方法は、以下に述べる手順で行われた。

1. 枝分れ型 この型では、事前テストによる被験者の能力レベルは、まず第1日目に適用され各被験者の能力レベルに一致したレベルの問題が与えられる。2日目以後の訓練では、前日の訓練での成績によってレベルのちがうかもしくは同一の問題が与えられる。その手順は図1に示されているが、高いレベルの問題が与えられるのは、前日での成績が10点以上をとった被験者についてである。6—9点の正答数をとった被験者は、習日には前日と同じレベルの問題が与えられる。5点以下の成

TABLE 2 Criteria for classifying the problems into difficulty levels based on predicted value.

Level	Predicted Value
5	14.1 - 19.4
4	19.5 - 21.4
3	21.5 - 23.4
2	23.5 - 25.4
1	25.5 - 27.8

TABLE 3 Criteria for classifying the subjects into ability levels based on the pretest

Level	Correct Number of Problems
5	24 - 30
4	18 - 23
3	12 - 17
2	6 - 11
1	0 - 5

TABLE 4 Number of problems in each level for Mixed type

Ability Level	Problem Level				
	1	2	3	4	5
5	1	1	2	3	6
4	1	1	2	6	3
3	1	1	6	3	2
2	1	6	3	2	1
1	6	3	2	1	1

績をとった場合には、前日より一段低いレベルの問題が与えられた。ただし、問題レベルが5にきた被験者で10点以上をとった場合と、問題レベルが1にきて5点以下の成績になった被験者では、前日と同じレベルの問題がわりあてられた。

2. 混合型 この型では、事前にテストで分類された能力レベルが、訓練期間中一貫して適用される。1日目の能力レベルによる問題のわりふりは、表4にみられるとおりである。例えば、事前テストで能力レベルが2と判定された被験者は、問題レベル2から6問、レベル3から3問、レベル4から2問、レベル1と5から各1問の計13問に与えられるのである。2日目以後の訓練問題の構成も、表4をくり返していく。

3. 固定型 この型では、各被験者の能力レベルを無視して、それぞれの問題レベルから2問または3問の計13問題が与えられる。訓練問題数が13問であるので、各

TABLE 5 Number of problems in each level for Fixed type

Day	Problem Level				
	1	2	3	4	5
1	3	3	3	2	2
2	2	3	3	3	2
3	2	2	3	3	3
4	3	2	2	3	3

TABLE 6 Number of subjects in each level for three drill types

Ability Level	Drill type		
	Branching	Mixed	Fixed
5	4	8	3
4	13	2	6
3	10	10	16
2	6	14	12
1	9	9	5

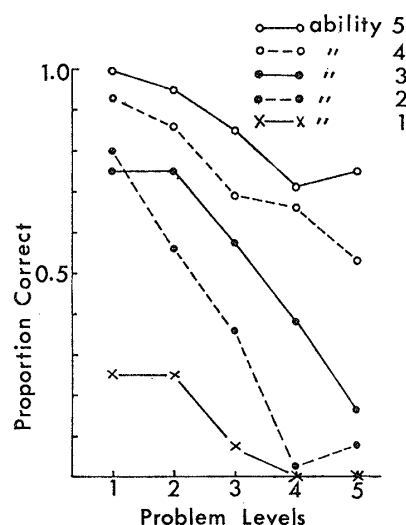


FIG. 2 Mean proportion of correct response in pretest for branching type.

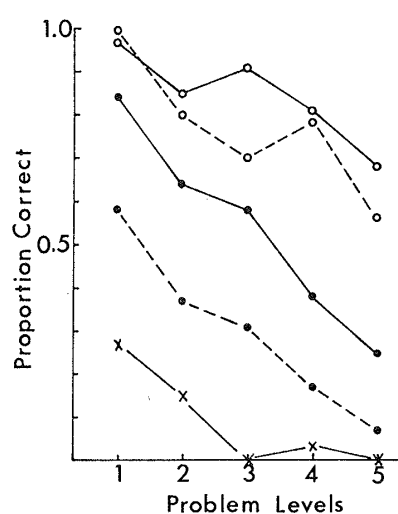


FIG. 3 Mean proportion of correct response in pretest for mixed type.

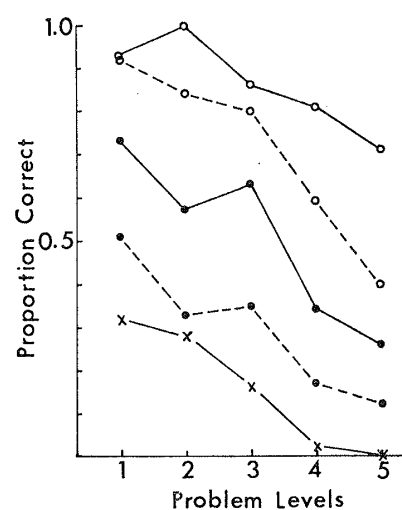


FIG. 4 Mean proportion of correct response in pretest for fixed type.

レベルからの問題は訓練日ごとにランダムにされ、その内訳は表5に示すとおりである。

4日間のドリル訓練を行った習日、各群の被験者全員に対して、事前テストと同一の問題を事後テストとして実施した。

結 果

被験者の分類 実験は事前テストも含めて6日間行われたが、1日でも欠席した生徒は最終的な資料から除外された。各訓練群において、被験者を先述の基準に従って5つの能力レベルに分類した結果が、表6に記されている。

事前テスト 枝分れ型における各能力レベルでの平均正答率が、問題のレベル毎に図2に図示されている。同じく混合型と固型における各能力レベルでの平均正答率

が、図3と図4に示されている。各訓練群の能力の等質をみるため、訓練群の平均成績間を比較したところ有意差がなかった、 $F(2, 118) = 0.872$ 。また各能力レベルにおいても、訓練群間の平均成績には有意差がみられなかった（能力レベル1では、 $F(4, 18) = 0.804$ 、レベル2では、 $F(4, 27) = 2.106$ 、レベル3では、 $F(4, 31) = 1.416$ 、レベル4では、 $F(4, 16) = 0.947$ 、レベル5では、 $F(4, 10) = 0.724$ ）。このことから、それぞれの能力レベルにおいて3群間の能力は等質であると考えられる。

事後テスト 事後テストの結果も、能力レベルにおける平均正答率が問題のレベル毎に求められ、枝分れ型の結果が図5に、混合型の結果が図6に、固定型のが図7に示してある。事前・事後テスト全体について、2要因をくり返しの測定とする分散分析を行った。その結果は、表7に記されている。有意な主効果があったのは、能力

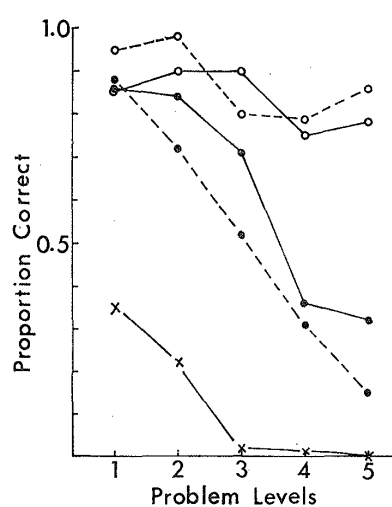


FIG. 5 Mean proportion of correct response in posttest for Branching type.

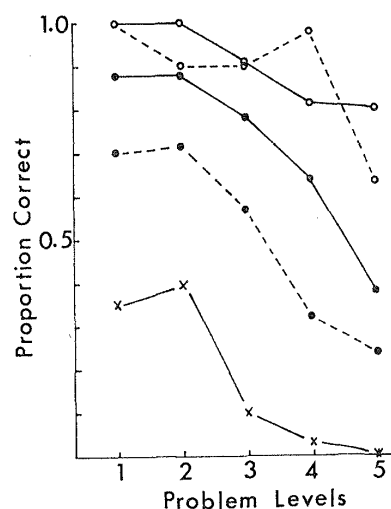


FIG. 6 Mean proportion of correct response in posttest for Mixed type.

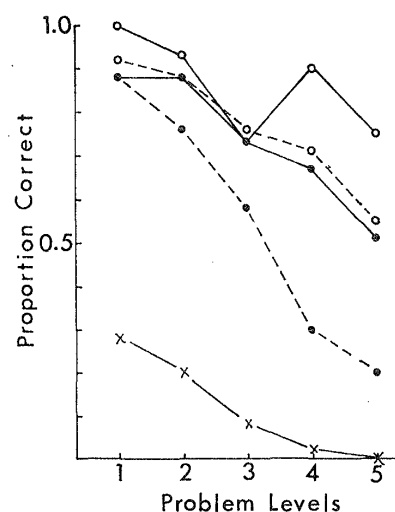


FIG. 7 Mean proportion of correct response in posttest for Fixed type.

TABLE 7 Analysis of variance of overall design

Variance	df	MS	F	
Between Ss	120			
Ability level (A)	4	152258.95	179.752	$P < .001$
Drill-practice (C)	2	204.66	—	
A × C	8	581.17	—	
Error	106	847.05		
Within Ss	484			
Problem level (B)	4	46670.70	160.156	$P < .001$
A × B	16	1771.10	6.085	$P < .01$
B × C	8	405.16	1.394	
A × B × C	32	242.47	—	
Error	424	291.41		
Test (D)	1	18861.82	34.026	$P < .001$
A × D	4	2712.47	4.892	$P < .01$
C × D	2	1730.04	3.124	$P < .05$
A × C × D	8	400.34	—	
Error	106	554.50		
B × D	4	352.45	4.881	$P < .01$
A × B × D	16	181.46	2.517	$P < .01$
B × C × D	8	283.45	3.927	$P < .01$
A × B × C × D	32	206.26	2.854	$P < .01$
Error	424	72.26		

レベル, 問題レベル, それに事前・事後テスト間であり, ドリル訓練法間には有意差がみられなかった。だが, ドリル訓練とテスト間に有意な交互作用があるという興味ある結果が得られている。このことは, 訓練法によって事前・事後テスト間の正答率に差があることを示唆して

TABLE 8 Analysis of variance in Branching type

Variance	df	MS	F	
Between Ss	38			
Ability level (A)	4	55525.78	93.872	$P < .001$
Error	34	591.53		
Within Ss	351			
Problem level (B)	4	22317.51	77.048	$P < .001$
A × B	16	1356.99	4.684	$P < .01$
Error	136	289.70		
Test (C)	1	3448.97	7.512	$P < .01$
A × C	4	761.49	1.569	
Error	34	459.12		
B × C	4	79.03	—	
A × B × C	16	179.53	1.002	
Error	136	179.50		

いるので, 各訓練群ごとに事前テストから事後テストにかけての正答率の増加の程度を求めた。その結果, 枝分れ型が最小であり (0.070), 次いで混合群 (0.125), そして固定型に最大の増加がみられた (0.163)。

この表を全体的にみても, 含まれている要因が多くて結果の解釈が困難であるので, 少し細かくわけて分析を行う必要がある。その際, ドリル訓練を含む交互作用にあまり有意性が得られていないので, この要因別に統計的分析を行うことにする。

まず枝分れ型における事前と事後テストとの結果を, 2 要因をくり返しの測定とする分散分析にかけたところ, 表 8 のようになった。有意差のみられた学習者の能力レ

TABLE 9 Analysis of variance in Mixed type

Variance	df	MS	F	
Between Ss	40			
Ability level (A)	4	52044.35	60.614	$P < .001$
Error	36	858.71		
Within Ss	369			
Problem level (B)	4	12385.21	42.384	$P < .001$
A × B	16	566.64	1.939	$P < .05$
Error	144	292.23		
Test (C)	1	8998.30	16.294	$P < .001$
A × C	4	1502.61	2.724	$P < .05$
Error	36	552.43		
B × C	4	476.79	2.193	
A × B × C	16	136.58	—	
Error	144	217.40		

ベルについて平均正答率を求めてみると、レベルの低い方から 0.139, 0.505, 0.692, 0.826, 0.870 となった。同じく問題レベルでは、易しい問題の方からの正答率は、0.783, 0.745, 0.601, 0.510, 0.393 であった。またテスト間にも有意差があったが、事前テストの正答率は 0.526 で事後テストが 0.596 であった。能力レベルと問題レベルとの交互作用に有意性がみられた。これは、能力レベルの低い学習者の場合にはレベルの低い易しい問題はある程度できるが、レベル 4 や 5 といった難しい問題は全くできていない、しかし能力レベルの高い学習者では問題レベルの難易度にかかわらず、ほとんど解決できることによるものである。

混合型における事前・事後テストの結果についての分散分析が、表 9 に示されている。有意な主効果があった能力レベルについては、低い方から平均正答率が、0.134, 0.377, 0.627, 0.828, 0.878 となり、問題レベルでは易しい方から、0.698, 0.615, 0.505, 0.394, 0.279 であった。また事前テストでの正答率は 0.436 であり、事後テストは 0.561 であった。能力レベルと問題レベルとの有意な交互作用については、枝分れ型でのそれとほぼ同じ傾向が得られている。また能力レベルとテスト間にも有意な交互作用があるという興味ある結果が得られた。これは、能力レベルの相違によって増加率に差があることを示すもので、いま事後テストの正答率から事前テストのそれを減じた値を測度としてみた。その結果、最も能力の低いレベル 1 の学習者では増加率が 0.031 であるが、レベル 2 の者は 0.202 と大巾に増えている。レベル 3 の学習者も 0.181 とレベル 2 に続いて高く、レベル 4 では 0.108 で、能力の最も高いレベル 5 の学習者では

TABLE 10 Analysis of variance in Fixed type

Variance	df	MS	F	
Between Ss	40			
Ability level (A)	4	46349.63	43.548	$P < .001$
Error	36	1064.45		
Within Ss	369			
Problem level (B)	4	13866.49	46.648	$P < .001$
A × B	16	425.46	1.431	
Error	144	297.29		
Test (C)	1	6819.69	9.714	$P < .001$
A × C	4	322.70	3.530	$P < .05$
Error	36	702.03		
B × C	4	322.70	1.505	
A × B × C	16	278.79	1.300	
Error	144	214.44		

0.021 となった。

次に、固定型における事前・事後テストについての結果を分析したものが、表 10 である。主効果のみられた能力レベルについては、低い段階からの正答率は 0.138, 0.425, 0.626, 0.739, 0.865 となった。問題レベルでは、易しい方から 0.742, 0.681, 0.573, 0.415, 0.313 であった。また事前テストの正答率は 0.457, 事後テストは 0.620 であった。この訓練法でも、能力レベルとテスト間の有意な交互作用が得られたので、混合型と同一の指標を測度としてみた。その結果、能力の最も低いレベル 1 の学習者での増加率は -0.062 となった。能力レベル 2 の者においては 0.247 と最高の増加を示し、レベル 3 の者においても 0.228 と高い値が得られた。レベル 4 の学習者では 0.053 と少なくなり、最も能力レベルの高い者は 0.001 と増加が全くみられなかった。

訓練中の正答率 ドリル訓練は 4 日間行われたが、この期間での各訓練群における能力レベル毎の正答率を求めた。枝分れ型での平均正答率が図 8 に示され、混合型での正答率が図 9 に、固定型での結果が図 10 に、それぞれ図示されている。枝分れ型においては、ある日に与えられる問題レベルは習日のそれと違うことが多く、また混合型においても能力レベルによって異なる問題の配列がなされているので、これらの結果を直接に比較することはあまり意味がないと思われる。そのため、これらの結果については統計的分析を省略する。

枝分れ型においては、前日の成績によってより高いまたは低いレベルの問題が与えられたりするので、正答率は各能力レベルで訓練日によって変動している。混合型では、能力にあった問題が多く含まれているので、能力

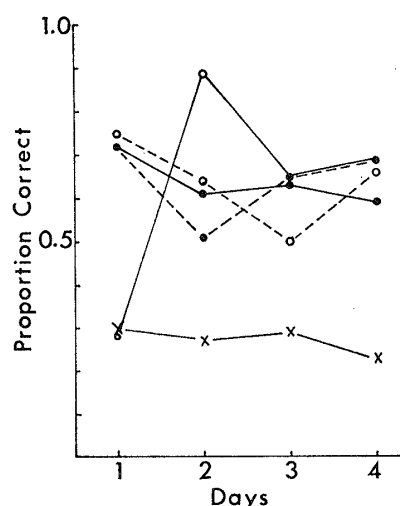


FIG. 8 Mean proportion of correct response in drill-practice period for Branching type.

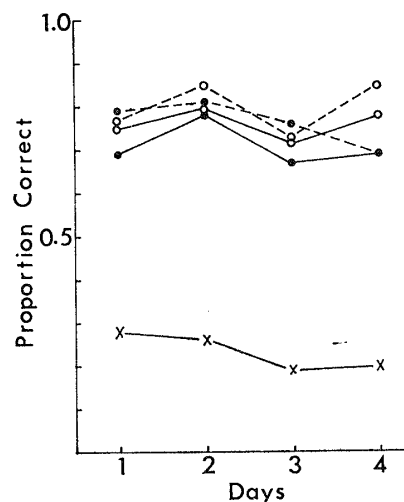


FIG. 9 Mean proportion of correct response in drill-practice period for Mixed type.

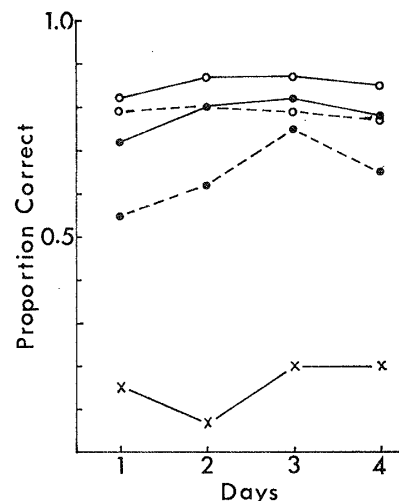


FIG. 10 Mean proportion of correct response in drill-practice period for Fixed type.

レベルの違う学習者間に正答率の差がほとんどみられない。固定型のみ各レベルからの問題が均等に配分されているので、訓練期間中の正答率が学習者の能力レベルに対応した結果になっている。この3種の訓練群における共通した傾向は、能力レベルが最も低い学習者にみられる。つまり、他の能力レベルの者に比べてはるかに正答率が低く、ほとんどドリル訓練の効果が低いことが特徴的に示されているのである。

考 察

ドリル訓練の効果 本研究では、訓練の個別化の程度を軸として、ドリル訓練法間の比較をすることを目的とした。表7での分散分析ドリル訓練とテスト間に有意な交互作用があったことから、事後テストの正答率から事前テストのそれを減じた値を測度にしてみると、明確な差があらわれた。つまり、個人の能力レベルを全く無視した固定型での成績の増加率が最も高く、能力レベルを考慮した混合型がこれに続いた。個人の能力レベルに一致させた問題を使用した枝分れの訓練群での増加率が、最低であった。

これは予想と全く反対の結果である。すなわち、最近の教授—学習に関する研究の目的の1つは、学習の個別化である。これが前提となっているのは、Cronbach (1966) が示唆するように、教授を学習者1人1人の能力にあわせて行えば、最大の教育効果が得られるという暗黙裡の仮定があることによるものであろう。実際、Atkinson (1972) や Atkinson & Paulson (1972) の研究においては、個別化された教授方略を用いると学習の成

績が高いという結果が得られており、先述の仮定は実証的な根拠をもっているのである。

Atkinson らの研究では、第2外国語の学習という新しい事実を教授する場面が用いられている。またそこでの個別化された方略とは、確率的なモデルを用いて学習者の反応に応じて次に提示すべき単語を選択するというものである。一方本実験では、既に学習者が所有している計算技能をさらに訓練するという課題であり、個別化への方策も学習者の能力をいくつかの段階にわけるということによってなされている。こうした点で、本実験の結果を Atkinson らの研究から直接に考慮することには少し無理があるかもしれないと考えられる。

それでは、固定型の訓練法で成績の伸びが最も良いということ、どのように考えたらよいだろうか、3種の訓練法間の相違点は、先述したように、訓練の個別化の程度である。これが、成績の上昇に差をもたらした主な原因であると思われる。そこでこうした点から、各訓練法に対する考察を行ってみる。枝分れ型においては、個人の能力に一致した問題のみが与えられ、たしかに個別化された訓練法であり、個人の学習効果も最大になると予想はできる。しかし逆にみれば、そのことによって、ある能力レベルであると判断された学習者には彼のレベルにあった問題のみ与えられることになり、自己の能力以上の課題にとりくむことを制限した場面になっているのである。一方固定型では、そうした制限がない自由な問題の配分がなされているので、どの能力レベルの学習者もあらゆる種類の困難に挑戦できる自由をもっているのである。このことから、能力にあわせて教授を個別化

することは、かえって個人の可能性を制限する面をもってくることを示唆しているのである。本実験のドリル訓練のような学習事態では、個別学習のもつそういった禁止的な側面が反映されたと考察できよう。

学習者の能力レベルによる効果 学習者の能力レベルによって訓練効果がちがってくるかどうか、本研究の1つの焦点であった。興味ある結果が、固定型と混合型における分散分析の能力レベルとテスト間の交互作用にみられている。つまり、事前テストから事後テストにかけての正答率が最も増加したのは、能力レベル2と3に分類された学習者であった。能力レベルが4と高くなると訓練効果は小さくなり、最も能力レベルの高い者ではほとんど効果がないという結果であった。さらに重要な結果は、最も能力レベルの低い学習者にみられており、特に固定型の場合には、事前テストから事後テストにかけて逆に成績が低下していたのである。

こうした傾向は、どのように考察できるだろうか。まず能力の高い学習者で学習効果がなかったことだが、こうした学習者は通常の授業のみでかなり問題の解法を理解しているはずである。実際、彼らのまちがいの多くは、単純ないわゆるうっかりミスによるものが多かった。そのため、こうした学習者ではドリル訓練が彼らの能力をほとんど増加させなかったのだろう。一方、能力が中位かそれよりやや低いレベルの者に訓練効果があったことを考えてみれば、これらの学習者は教師から解法の手順を説明されても、それだけでは計算技能を十分に理解できない段階にあったと思われる。それゆえこの段階の者には、本実験で用いたような訓練法によってその技能を身につけることができたのだろう。しかし能力レベルの非常に低い者は、ほとんどわり算の意味を理解しておらず、中には何か書いておかねばならぬという気持ちの現われからか、わり算の解法形で数字を無意味に並べたりする者もいて、ドリル訓練によってくる段階に達していないのである。そうした場合には、ドリル訓練が有効であるというよりもかえって有害であると示唆される。このような学習者に対しては、わるという行為を分析的に説明していく段階からの教育プログラムがまず必要であり、本実験のようなドリル訓練はその後に与えられるべきものであらうと思われる。

文 献

- Atkinson, R. C. 1972 Optimizing the learning of a second language vocabulary. *Journal of Experimental Psychology*, 96, 124-129,
- Atkinson, R. C., & Paulson, J. A. 1972 An approach to the psychology of instruction. *Psychological Bulletin*, 78, 49-61.
- Ausubel, D. P. 1963 *The Psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. 1968 *Educational Psychology: A cognitive View*. New York: Holt.
- Cronbach, L. J. 1966 How can instruction be adapted to individual differences? In R. M. Gagne (Ed.), *Learning and individual differences*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Egan, D. E., & Greeno, J. G. 1973 Acquiring cognitive structure by discovery and rule learning. *Journal of Educational Psychology*, 64, 85-97.
- Gagné, R. M. 1962 The acquisition of knowledge. *Psychological Review*, 69, 355-365.
- Gagné, R. M. 1967 Curriculum research and the promotion of learning. *Monographs on curriculum research and evaluation*. Chicago: Rand-McNally, American Educational Research Association.
- Gagné, R. M., & Briggs, L. J. 1974 *Principles of instructional design*. New York: Holt.
- Hartley, J., Davies, I. K. 1976 Preinstructional strategies: The role of pretests, behavioral objectives, overviews and advance organizers. *Review of Educational Research*, 46, 239-265
- Scandura, J. M. 1964 An analysis of exposition and discovery modes of problem solving instruction, *Journal of Experimental Education*, 33, 149-159
- Scandura, J. M. 1966 Precision in research on mathematics learning: The emerging field of psycho-mathematics. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 253-274
- Suppes, P., Jerman, M., & Brian, D. 1968 *Computer-assisted instruction: The 1965-66 Stanford arithmetic program*. New York: Academic Press.
- Suppes, P., & Morningstar, M. 1972 *Computer-assisted instruction at Stanford, 1966-68: Data, models, and evaluation of the arithmetic programs*. New York: Academic Press.
- 吉田甫・古橋啓介・山内光哉 1976 わり算問題の難易度に及ぼす要因の分析 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門) 20, 73-78

付 記

本実験をまとめるにあたり御示唆をいただいた九州大

学教育学部の山内光哉先生, および実験実施と資料整理
に協力をいただいた東千恵氏と東美智子氏とに深く感謝
します。

(1978年7月3日受稿)

ABSTRACT

EFFECT OF INDIVIDUALIZATION IN PRACTICE ON DRILL LEARNING

Hajime Yoshida

Three types of drill were proposed to test the effectiveness of individualization on drill practice. The division problems to be practiced in the experiment were sequenced according to difficulty level of problems (called problem's level) by predicted value estimated from equation 1. The subjects were divided into one of five ability levels by pretest. In a drill of branching type the drill problems of the 1st day were matched in learner's ability level. During subsequent practice days problem's level assigned to him depended on his last result (FIG. 1). In a drill of mixedtype an ability level decided by pretest was applied to learner throughout drill practice period. Half of the drill problems in this type were composed of problems which were coincident with learner's ability level. The remaining were formed from other problem's level (TABLE 2). In a fixed type learner was given the problems made from all problem's difficulty level (TABLE 3). After four drill practice days the posttest was performed.

The main results were as follows:

1. In analysis of variance of TABLE 5, the difference of total score was insignificant among three drill practice types. However, as can be seen in a significant drill practice tests interaction, there's

obviously difference in gains from pretest to posttest: A fixed type is best with proportion correct of gains of 0.163 (number of correct answers, 4.88), a mixed type is next with 0.125 (number of correct answers, 3.64), and a branching type is lowest at 0.070 (number of correct answers, 2.10).

2. Proportion correct was higher as the learner's ability level increased and problem's difficulty level decreased in all drill practice types (TABLE 6, 7, 8).

3. Gains from pretest to posttest depended on learner's ability level in both fixed and mixed type. Learner with higher ability obtained a little gains (ability 4 and 5). Learner with moderate ability showed the greatest gains (ability level 2 and 3). But learner of low ability reversely indicated the decrease especially in a fixed type from pretest to posttest. Such interaction was not found in a branching type.

These results were distinctly opposed to the prediction that practice effect was higher as drill practice was individualized to learner's ability. Then, it was suggested that individualization of drill practice resulted in restricting learner's potentiality because of missing the opportunity to challenge harder problems.