算数課題の解決に及ぼす珠算学習の影響

—— 小・中学生の珠算上級者と非学習者との比較 ——

天岩　静子*

問　　題

珠算を学ぶことによって何が得られるであろうか？　もちろんソロバンという道具を用いての各種計算能力が上昇するが，さらに，頭の中での「ソロバンイメージ」を用いた珠算式暗算を獲得することができる。珠算上級者になれば，このソロバンイメージによって，非常に早く正確に計算の解答を出すことが可能になる。このような直接的な効果以外にも，珠算を学ぶいくつかの波及効果が明らかになっている。

まず第一に，珠算塾での 1 年程度の学習によって，学校で習う算数課題の解決が促進されることが示されている。Amaiwa & Hatano (1989) は，110 人の小学３年生を対象に，１桁加算と１桁乗算のスピードテスト，多桁加算，多桁減算，加減の文章問題，穴うめ問題（例：□－7＝27 の四角の中に数字を入れる），位取りの理解テスト（例：{10 が９個と１が９個} と {10 が８個と１が 10 個} は同じかどうか判断する）を行ない，珠算塾に通っている珠算学習者は非学習者に比べて，概念的理解を必要とする位取りテストを除くすべての算数課題で有意に高い得点を示すことを見いだした。この研究で用いられた珠算学習者の珠算レベルは 4 級以下と低い段階にあり，珠算初級者とみなすことができるが，概念的理解を除いては，各種算数課題に対して大きな効果をもたらしたのである。

この研究における珠算学習の効果が，どの側面に強く働いたかを明らかにするためにパス解析を行なった結果，珠算学習の直接効果と間接効果が明確になった。直接効果があるのは１桁加算に対してであった。１桁加算課題が早く正確に解けることによって，多桁減算の成績の上昇がもたらされ，多桁減算の成績の上昇が文章問題と穴うめ問題の成績に影響することがわかった。珠算学習によって単純な計算にかかる時間が短縮され，その時間を問題を考えるためにあてることができ，それが各種の算数問題への転移をもたらしたといえる。

天岩 (1994) は同一児童群の継続的調査を実施し，珠算学習レベルの上昇とそれに伴う波及効果を検討した。小学３年生の珠算学習群 42 名，非学習群 44 名（コントロール群）を対象に２年間に７回の縦断的調査を行った。１回目は３年生の４月，２回目は７月，３回目は 11 月，４回目は３月，５回目は４年生の７月，６回目は 11 月，７回目は３月であった。算数課題として，１桁加算と１桁乗算のスピードテスト，ゆるい時間制限のある多桁減算，多桁乗算，除算，文章題，位取りの理解のテスト，概算のスピードテストを行なった。算数課題の種類と内容は，小学校で教えられたものを順次行うようにしたので毎回変化したが，１桁加算と１桁乗算は毎回，概算テスト（４桁までの多桁減算 24 問 [例：4275－278,

*信州大学教育学部

7938－2416]，答えの一番左の数字（一番大きい桁の数字）だけをできるだけ早く書く）は2～7回まで同一内容のテストを行った。7回目の時点では，京大ＮＸ知能検査も実施した。

IQ の平均値は珠算学習群：97.69（SD: 13.74），非学習群：106.70（SD: 14.48）と群間に有意差が認められた（t=-2.96, p<.01）ので，IQ の影響を除いた調整済み平均値（adjusted means）によって各種算数課題の得点を検討した。１桁加算と１桁乗算は時間の経過とともに急速に得点が上昇した。珠算学習群の方が高い得点を示したが，７回目の調査では，１桁加算については群差がなくなった。減算，乗算，除算，文章題は，いずれも珠算学習群の方が高得点であったが，その差は１桁加算・１桁乗算の場合ほど大きくなかった。概算はこれらの課題とは逆に，すべての調査時期で非学習群の方が高い値を示した。次に IQ を共変量とする共分散分析を行った結果，特に１桁加算と１桁乗算に関して，群間の有意差が顕著になった。しかしどちらの課題も７回目では有意差がなくなり，１桁加算・１桁乗算の計算能力に及ぼす珠算学習の効果は，４年の終わりには消えることが示された。4 年生の終わりには，非珠算群の単純計算の速度や正確さが珠算群に匹敵するようになるためと解釈された。

珠算学習の効果についての第二点として，珠算式暗算の上達に伴い，「ソロバンイメージ」を数系列の記憶手段として有効に使えることが明らかになっている。Hatano, G. & Osawa, K. (1983)は，珠算競技大会で優勝した経験をもつ超熟達者は，数系列を記憶する際にソロバンイメージを用いて普通の人の 2 倍を越える数唱が可能であるが，複数の果物の名前を覚える場合には普通の人と変わらないことを示した。さらに，Hatano, G., Amaiwa, S. & Shimizu, K. (1987)の研究では，初級から超熟達までの６レベルの珠算学習者と非学習者（大学生）を対象に，まず数字の順唱と逆唱課題を再生させ，その後に「聴覚－言語的」と「視覚－空間的」な干渉課題を解かせ，再び数字の再生を求めた。珠算中級（１～２級）以上の者は，短時間で数字の順唱と逆唱を再生したが，大学生は非常に長い時間がかかった。そして，高珠算レベルの者は，数字を再生するための記憶の保持が（聴覚－言語的な干渉課題によってよりも）視覚－言語的な干渉課題によって妨げられることが多かった。ソロバンイメージは視覚的なものであり，珠算上級者は，数字の記憶保持のためにこのソロバンイメージを用いたことが明確となった。既に獲得した計算手段を，自動的に記憶の再生に適用したといえる。

本研究では，上記の Amaiwa & Hatano（1989），天岩（1994）の研究におけるよりも珠算レベルの高い上級者の場合，a)数字とアルファベットの記憶，b)数の大きさの把握，c)概算，d)文章題，e)正確な計算の各種課題に対してどのような珠算学習の効果がみられるかを，同一年齢で珠算塾に通ったことのない被験者との比較に基づいて検討することを目的とする。その際に，これまで扱われなかった分数問題に対する波及効果の検討を中心とする。珠算では直接訓練されない分数課題を解く場合，分数を小数に変えることで早い処理が可能になると予想されるが，計算処理の方略や結果にどのような珠算学習の効果が見られるかを明らかにする。さらに，概算及び正確な答を出す課題に関して，珠算学習経験がこれらの解決方略に関連するか否かの検討も行う。

方　法

1. 被験者

全国珠算学校連盟が主催する1998年度競技大会に参加した小学5年生〜中学3年生152名を珠算学習群とし，長野市の公立小学校・中学校の生徒150名を非学習群とした。公立小・中学校での調査の際には珠算塾に通った経験の有無を記入させ，通ったことのない者だけを非学習群として選んだ。被験者の構成は表1の通りで，合計302人のうち，男子は139名，女子は163名であった。珠算の認定基準は検定団体により多少差があるが，小学生の場合は2級〜7段（平均は2〜3段），中学生の場合は初段〜9段（平均5〜6段）であった。

表1　被験者の構成　（単位：人）

	小5年	小6年	中1年	中2年	中3年	計
珠算学習群	35	63	24	15	15	152
非学習群	30	31	31	30	28	150

2. 課題内容と実施手続き

課題の実施は集団で行った。解答用紙を配り，問題ごとにゆるい制限時間を設けた。最初に実施した際に録音をとり，以後はその録音に従って実施したので，各群での制限時間は同一であった。課題の種類は，実施順に 1) 数と文字（アルファベット）の記憶，2) 5個の数字を大きさの順に並べる，3) 概算とその答の評価，4) 文章題，5) 正確な答とその答の評価，であった。

1) 数と文字（アルファベット）の記憶課題（各6問）

1-1) 数字の記憶課題は，6桁〜11桁の数系列を口頭で述べ（1秒に1つの数を言うようにした），言われた通りの順序で覚えている内容を記入するよう指示した。口頭で述べている間は，鉛筆を持たないように注意を与えた。

1-2) 6桁〜11桁のアルファベット系列を口頭で述べた。以下1-1)と同様。

2) 大きさの順に並べる課題　(4問)

並んでいる5つの数字を，大きい順から並べる課題。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2-1)	0.42	12	3.73	0.95	10.1
2-2)	5／10	5／12	7／12	7／15	5／15
2-3)	3／8	7／14	1.302	0.75	4／5
2-4)	0.595	61%	5／8	0.324	46.9%

3) 概算とその答の評価（4問）

まず，およその答を選択肢の中から選び，次に，自分の出したおよその答が正しいかどうかを考え，その評価を4つの中から選択させた。

3-1) 315円＋1953円＋49円＋5221円 1: 8000 2: 7500 3: 7000 4: 6500

1: 答は正しい 2: たぶん正しい 3: 分からない 4: 違っているかもしれない

3-2) 1026.95 ÷ 103.1 1: 8.5 2: 9.0 3: 9.5 4: 10.0

1: 答は正しい 2: たぶん正しい 3: 分からない 4: 違っているかもしれない

3-3) 1940円 の 23／45 1: 1000 2: 950 3: 900 4: 850

1: 答は正しい 2: たぶん正しい 3: 分からない 4: 違っているかもしれない

3-4) 5960円 の 5% 1: 200 2: 250 3: 300 4: 350

1: 答は正しい 2: たぶん正しい 3: 分からない 4: 違っているかもしれない

上の4問の解き方を下の中から選ばせた。

( ) 1) 正確な答を出してから，およその答を考えた。

( ) 2) 問題に書いてある数字を，およその数に直してから計算した。

( ) 3) 計算がめんどうなものだけ，およその数に直してから計算した。

4) 文章題 （2問）

文章問題を読んで，式だけを書くように指示した（答は不要）。

4-1) 風邪(かぜ)がはやって，ある日のクラスの欠席者は 28 人でした。この人数はクラス全員の 2／3にあたります。このクラスの全部の人数は，何人ですか？

4-2) 太郎のこずかいは，1週間に 250 円です。太郎が1週間に使うお金は 140 円です。そうすると，太郎が 3300 円貯金するには，何週間かかりますか？

5) 正確な答とその評価（4問）

口頭で読み上げる問題の正しい答を書き，各問ごとに，答が正しいかどうかの評価を概算問題と同様，4つの選択肢から選ばせた。

5-1) 0.98 ＋ 6.0 － 0.5

5-2) 6524 ÷ 0.7

5-3) 2／5 × 2／3

5-4) 3／8 ＋ 1／4

これまでに出た分数の問題を解いたやり方について，以下の 4 つの中からあてはまるものを選ばせた。

( ) 全部小数に直して考えた

( ) かなり小数に直して考えた

( ) 少しだけ小数に直して考えた

( ) 分数のまま考えた

3. 得点化

数とアルファベット系列の記憶課題については，それぞれ記憶できた最大桁数を得点とした。それ以外の課題は，正答に対して 1 点を与えた。自分の答についての評価の正しさは得点に加えなかった。

結　　果

1. 珠算学習の効果について

珠算学習の有無と小学5年～中学3年の学年差の効果のいずれが大きいかを見るために，2×5の分散分析を行い，次に示す表2の結果を得た。

表2　　珠算学習及び学年の効果に関する分散分析結果

要因	珠算学習の有無			学年		
	F	有意水準		F	有意水準	
数字の記憶	77.39	0.00	**	9.95	0.00	**
文字の記憶	2.60	0.11		10.15	0.00	**
大きさ順・小数	16.14	0.00	**	1.47	0.21	
大きさ順・分数	20.92	0.00	**	4.00	0.00	**
大きさ順・混合1	42.38	0.00	**	9.42	0.00	**
大きさ順・混合2	35.32	0.00	**	12.10	0.00	**
概算・整数＋	13.63	0.00	**	2.27	0.06	
概算・小数÷	33.05	0.00	**	1.22	0.30	
概算・分数×	46.49	0.00	**	1.55	0.19	
概算・%	42.25	0.00	**	2.46	0.05	*
文章題・分数	5.96	0.02	*	2.30	0.06	
文章題・整数	33.31	0.00	**	4.77	0.00	**
正確な答・小数+-	38.21	0.00	**	8.95	0.00	**
正確な答・小数÷	49.59	0.00	**	3.16	0.02	*
正確な答・分数×	3.36	0.07		27.07	0.00	**
正確な答・分数＋	3.31	0.07		37.54	0.00	**

**; p<0.01　　*; p<0.05

一般に，各種の課題解決は学年の上昇につれて促進されると考えられるが，アルファベットの記憶，正確な答・分数（かけ算とたし算）を除くすべての課題の成績は，学年差よりも珠算学習の有無の方が大きく影響していることが明らかとなった。この3問題を除いては有意な珠算学習差が認められ，珠算学習者は非学習者よりも高い得点を示した。数系列の記憶には顕著な珠算学習の差があり，平均記憶桁数は，珠算学習群が 7.2（SD:2.13），非学習群が 5.7（SD:1.54）であった。大きさ順に数を並べる課題，概算課題，文章題においては，分数に対しても珠算学習効果のあることが示された。各課題の群別平均値を示したものが図1～図4である。

大きさ順に並べる課題，概算課題，文章題では，分数問題の平均値が整数や小数の場合よりも低く，どちらの群にとっても分数は難しい課題であったことがわかる。課題が難しい場

合には珠算学習経験が有効に働くが，正確な答を出す場合のように解決が易しい分数問題においては，珠算学習の影響は見られない。

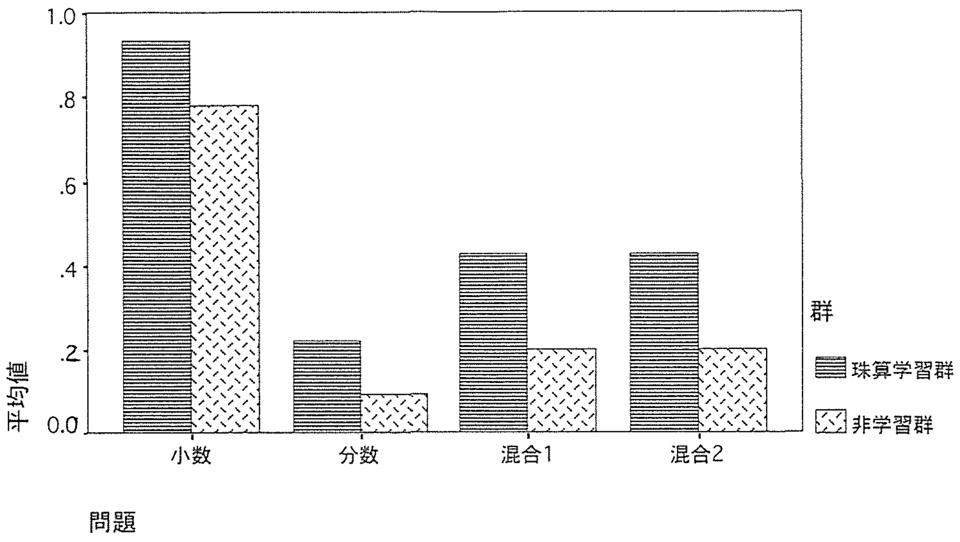

図１　大きさ順に並べる課題（４問）の平均値

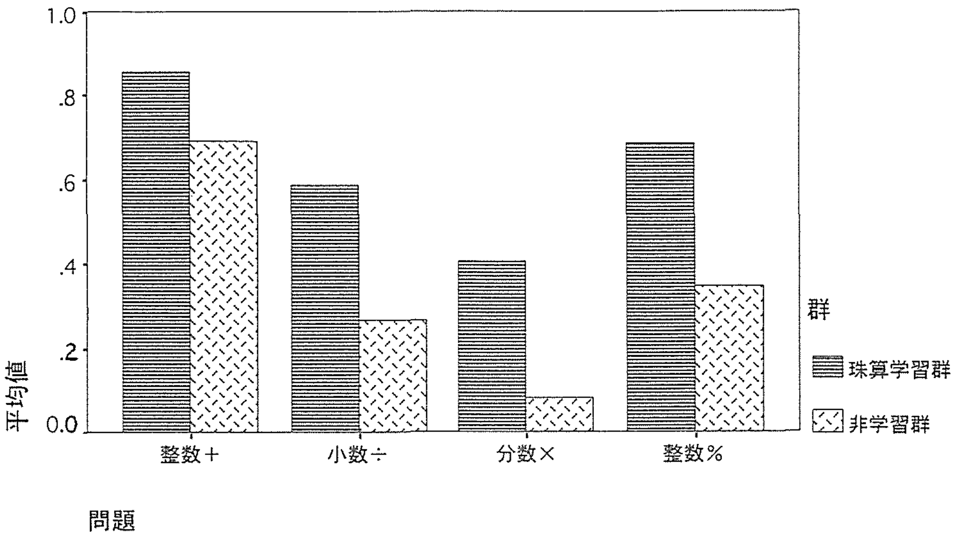

図２　概算課題（４問）の平均値

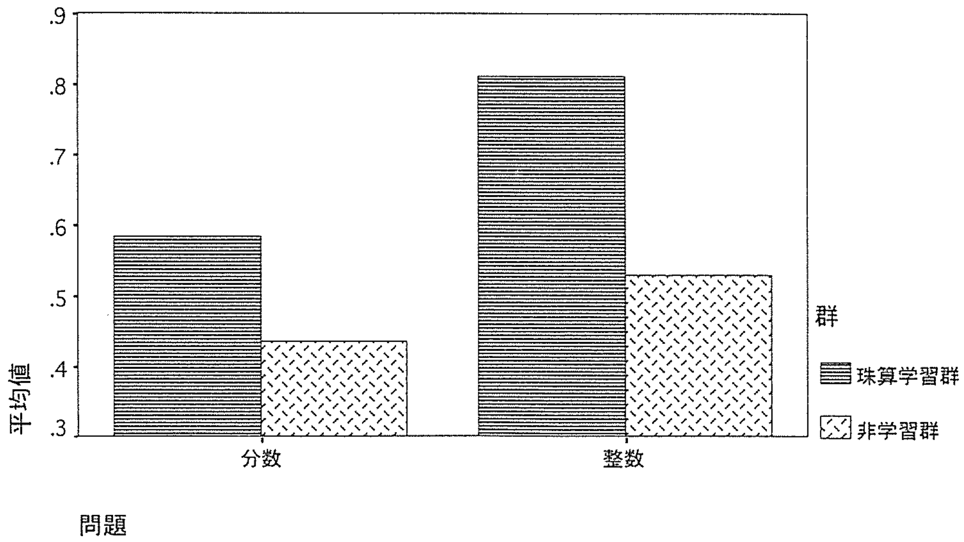

図３　文章題（２問）の平均値

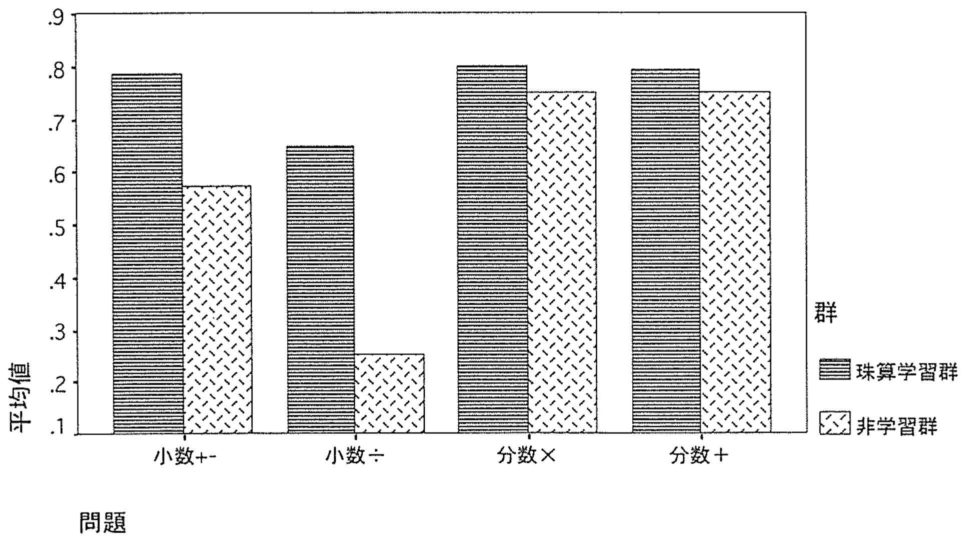

図４　正確な答を出す課題（４問）の平均値

珠算学習の効果が見られなかった3課題については学年の違いが影響し，学年の上昇につれて高得点となることが明らかになった。多重比較の結果によれば，アルファベットの記憶桁数に関しては，小学5年〜中学1年生と中学3年との間で有意差が認められた。正確な答（分数かけ算）については，小学5年と中学3年の間，正確な答（分数たし算）については，小学5〜6年生と中学3年の間に有意な差があった。

2. 計算結果の正誤と自己評価の関連性

表3　概算課題の得点とその自己評価　（単位：%）

	珠算学習群		非学習群	
	得点1→正と評価	得点0→誤と評価	得点1→正と評価	得点0→誤と評価
整数+	95.2	11.5	70.8	46.5
小数÷	69.0	55.9	42.1	78.4
分数×	62.0	83.8	58.3	75.0
整数%	70.2	66.7	50.0	81.7

表4　正確な答を出す課題の得点とその自己評価　（単位：%）

	珠算学習群		非学習群	
	得点1→正と評価	得点0→誤と評価	得点1→正と評価	得点0→誤と評価
小数+-	94.0	18.2	82.5	40.3
小数÷	89.2	43.1	82.6	67.6
分数×	92.5	54.8	90.5	54.5
分数＋	91.4	50.0	90.9	50.0

概算課題の得点とその自己評価，正確な答えを出す課題の得点とその自己評価を群別に示したものが，表3と表4である。得点1の者が自分の解答を正答とみなし（正しい，たぶん正しい），得点0の者が自分の解答を誤答とみなせば（違っている，分からない），正しく評価したことになる。両課題のいずれの問題においても，正答を正答とみなす割合は珠算学習群の方が高かった。誤答を誤答とみなす割合は，全体的傾向としては非学習群の方が正確であったが，概算課題の分数かけ算（難しい問題，図1を参照）では，珠算学習群の方が正しい評価を下した。さらに珠算学習群に特徴的なこととして，特に易しい課題（概算・整数たし算，正確な答を出す課題・小数加減算）で誤答した者は，自分が誤答をしたと認識することが少なかったことがあげられる。これは，珠算学習群は，易しい課題の場合は自分の解答に自信をもっていることを示すものであると解釈できる。従って，これら2問と同程度の高い成績であった正確な答を出す課題の分数かけ算・たし算（図4参照）においては，誤答を誤答とみなす割合が50%近くに上がっていたことから，分数の解答に対してはあまり自信を持てなかったと推定できる。

3. 珠算経験と解決方略との関連性

概算に対する群別の解決方略は，図５の通りであった。珠算学習群は正確な答を出してからおよその答えを探し，非学習群は数字を丸めてから概算をした者が多かった。概算の問題内容は，珠算のできない者にとっては正確な答え出すこと自体かなり困難であるが，珠算学習群にとっては，正確な答を出す方が楽であったことがわかる。

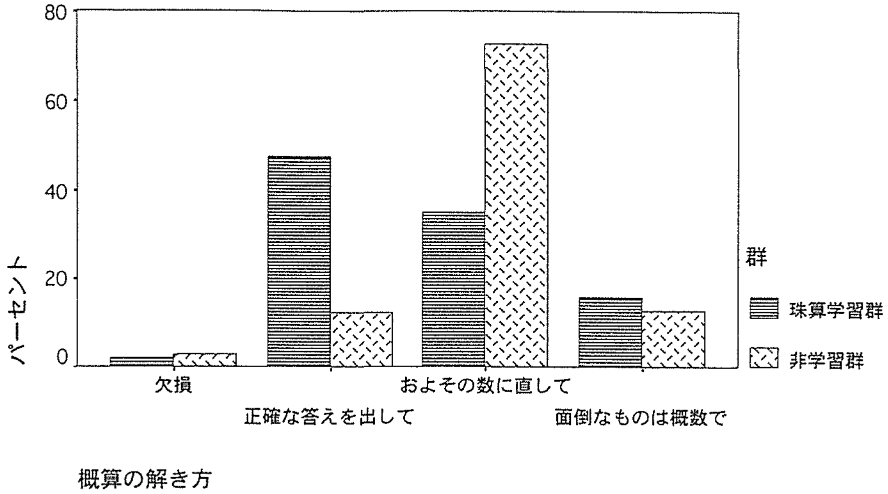

図５　概算課題の解決方略

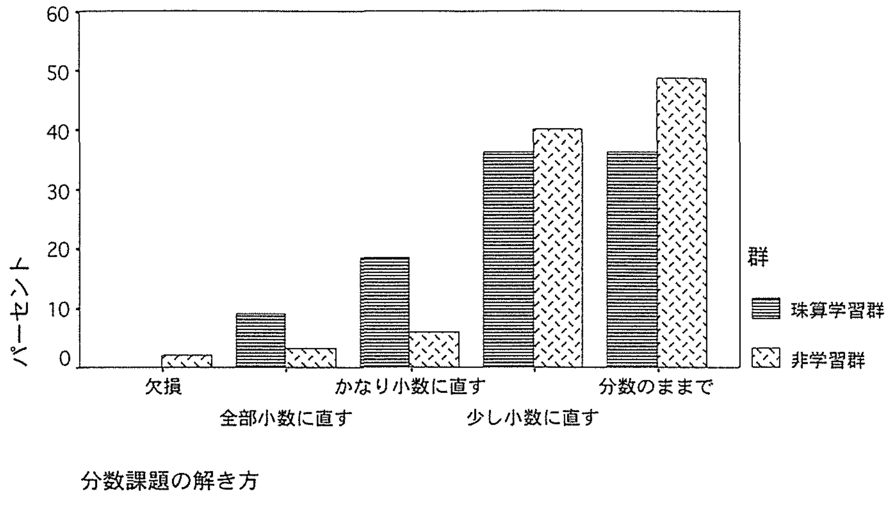

図６　分数問題に対する解決方略

図6は，各課題に含まれていた分数の問題について，その解決方略を群別に示したものである。珠算学習群は全部小数に直したり，かなり小数に直してから判断を下し，非学習群は逆に分数のままで処理した者の多いことが伺える。珠算では分数自体の訓練は行わないので，珠算学習者は分数を小数に直して解答を出したと思われる。分数のままで処理した方が早いと思われる問題に対してすらも，珠算学習者は慣れている小数計算に依存したことがわかる。

考　　察

珠算初級者や中級者を対象としたこれまでの研究結果では，珠算学習の効果は概念的理解や概算の成績には結びつかなかったが，珠算上級者の場合は，「数の大きさの理解」「概算」「文章題」の課題解決に影響し，整数や小数問題だけではなく，分数に対してもその解決が難しい場合には大きな効果をもたらすことが明らかになった。珠算学習は「数字系列の記憶」にも大きく貢献していることが示された。しかし，「アルファベットの記憶」「分数の簡単なかけ算やわり算」に影響を及ぼすのは珠算学習の経験ではなく，学年の変化であった。

珠算上級者が分数を含む「数の大きさの理解」「概算」「文章題」の課題解決に対して解決が容易であったのは，これまでの訓練によって得られた計算の速さと，用いた解決方略によるところが大きいと考えられる。本研究の結果で示されたように，分数問題を解く場合，珠算学習者の用いた方略の多くは小数に直すことであった。速い速度で小数に直すことができれば，その後の数の比較や計算はかなり容易になる。珠算学習者は，既に持っている計算能力を発揮できるような形に短時間で修正することによって，成績を上昇させたといえる。答が割り切れない分数までも小数に変えたケースが認められた。また，珠算学習者が概算を行う場合の方略は，正確な答を出してからおよその答を探すということが多かった。これらの事から，珠算学習者はどのような課題に対しても，珠算能力を発揮できる形に修正して解決しようとする傾向があるといえる。

概算課題の答を出す場合，使い慣れた解決方略や確実な方略を使おうとする傾向のあることは，これまでにも報告されている。天岩（1992）は，継続的な調査の中で，引き算の概算結果として「答の一番左の数字（一番大きい位の数字）はいくつになるか」だけを書くように求めているにもかかわらず，第1回目の調査で珠算初級の小学3年生が採用した概算方略の90%は，正確な答を出してから一番大きい位の数字を書くというものであり，2回目，3回目の調査でも，この方略は50%前後も用いられたことを報告している。これに比べ，珠算塾に通っていない生徒の場合は，40%程度であった。Bestgen, et al.,（1980）も，概算で答を出すように求められた（一般の）生徒は，まず筆算をして答を出してからその答を丸めて解答を出したという結果を報告している。珠算学習者が正確な答を出してからおよその答を書く傾向が強いのは，簡単に速く正答が出せる力を持っていることに依存するが，その珠算のメリットは，計算の工夫という側面ではマイナスに働く場合もあり得る。

次に，自分の出した解答に対する自己評価について，珠算学習者と非学習間に違いが認められた。「概算」と「正確な答を出す」課題において，正答を正答とみなす程度は珠算学習

者で高く，誤答を誤答とみなす割合は非学習者に高いという傾向があった。珠算学習者は，特に解決が容易な課題（概算・整数たし算，正確な答を出す課題・小数加減算）では，誤答に気づかないが，同程度の成績を示す分数問題については誤答を誤答と半数近くが評価した。

誤答をした場合にその誤りに気づくことが，計算エラーを減少させる。このモニタリング（監視）の機能は，計算をしながらその過程をチェックしたり，必要によっては自分で答えの検算を行うことによって有効に働く。珠算学習者の場合は，計算能力の自信に支えられて，易しい課題では誤答であっても正答とみなす傾向が出たものと考えられる。珠算学習者はどのように珠算過程をモニタリングするかについては十分明らかになっていないが，今後の興味深い研究点であろう。

モニタリングの一般的な訓練方法の一つは，概算の導入である。天岩（1995）は概算をすることによる利点を次のようにまとめている。

1) 速やかに求める答（およその答）を出すことができる。
2) 数の大きさの見当をつけることができ，位取りの誤りを防ぐ。
3) 計算結果の誤りをチェックできる（電卓を使った場合においても）。
4) 日常生活のさまざまな場面で，紙や鉛筆を用いて計算することなしにおよその数がわかり，適切な行動がとれる（持っている金額の範囲で買物をする，釣銭のおよその額を確かめられる等）。

我々は日常生活ではそれほど正確な数値を用いているわけではなく，概数や概算を適宜用いている。計算場面においても，わり算の商をたてる場合には概算を適用していることが多い。しかし，概算についての系統だった教育は充分になされていない。概算の教育においては，概算が出来ることは非常に価値があり，いろいろな面で便利なものであることを子どもに認識させることが必要であろう。

本研究における珠算学習の効果について，珠算レベルの違いに基づく分析を行う必要があるが，紙面の都合上，ここでは珠算学習者と非学習者の差のみについて報告を行った。

文　献

Amaiwa, S. & Hatano, G. (1989)
Effects of Abacus Learning on 3rd-graders' Performance in Paper-and-pencil Tests of Calculation. *Japanese Psychological Research*, Vol. 31, No. 4, 161-168.

天岩靜子（1992）
小学生の概算解決方略 ---珠算経験との関係を中心に--- 珠算春秋　39, 1, 122-134.

天岩靜子（1994）
珠算学習の効果に関する縦断的研究　---習得技能の領域固有性と一般性---
慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要　第38号　1-7.

天岩静子（1995）
概算（吉田甫・多鹿秀継編　認知心理学からみた数の理解　第2章　34-54）　北大路書房

Bestgen, B.J., Reys, R.E., Rybolt, J.F. & Wyatt, J.W. (1980)
Effectiveness of Systematic Instruction on Attitudes and Computational Estimation Skills of Preservice Elementally Teachers. *Journal for Reserch in Mathematics Education*, 11, 124-136.

Hatano,G. & Osawa, K. (1983)
Digit Memory of Grand Experts in Abacus-derived Mental Calculation. *Cognition*,15, 95-110.

Hatano, G., Amaiwa, S. & Shimizu, K. (1987)
Formation of a Mental Abacus for Computation and Its Use as a Memory Device for Digits: A Developmental Study. *Developmental Psychology*, Vol. 23, No. 6, 832-838.

謝辞

調査にご協力下さった生徒の皆様，社団法人全国珠算学校連盟及び長野市の小学校・中学校の先生方に，厚く御礼申し上げます。

（1998年11月30日　受理）