

Title	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
Sub Title	A longitudinal study on effects of abacus learning : domain specificity and generality of the acquired skill
Author	天岩, 静子(Amaiwa, Shizuko)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	1993
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学 (Studies in sociology, psychology and education). No.38 (1993.) ,p.1- 7
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000038-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

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—

A Longitudinal Study on Effects of Abacus Learning

—Domain Specificity and Generality of the Acquired Skill—

天 岩 静 子*

Shizuko Amaiwa

This study aimed at investigating effects of after-school abacus learning on some school-mathematics tasks during two years. Forty two abacus learners and forty four non-learners were given two speeded tests of basic calculation, power tests of multi-digit subtraction, multiplication, division, word problems, and comprehension of trade principle between columns, and a speed test of computational estimation.

The abacus learners showed more correct adjusted means consistently in basic calculation and other multi-digit calculation tests, except for computational estimation. The differences of the two subject groups in basic calculation remained significant when IQ was used as a covariate in ANCOVA. When the IQ and scores of two basic calculations were partialled out, the differences in multidigit multiplication and division became insignificant. Effects of abacus learning on calculation tasks disappeared at the end of 4th grade, but the conceptual understanding of trade principle is still related with abacus learning at this time.

珠算を学ぶことによって当然珠算技能は向上するが、学んだ珠算技能は、計算と結び付いた各種の算数課題を解く際にプラスの効果をもたらす（正の転移をする）場合と、なんら影響を及ぼさない場合とがありうる。どのような課題に対して転移効果がみられるか（または転移効果がみられないか）、それはなぜかについて、今までいくつかの検討がなされてきた。

Amaiwa and 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： $\square - 7 = 27$ ）、位取りの理解テストを行ない、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。珠算学習は概念的理解を促進しはしないが、算数課題に対して大きな効果をもたらしたわけである。

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 桁加算テストに対してであり、1 桁加算テストが早く正確にできることによって、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と結び付くと考えられる。これが、珠算技能の持つ一般性であろう。

計算の概念的理解に関して珠算学習の効果がみられないことは、珠算学習の領域固有性のあらわれと考えられる。この点は、次の研究からも裏付けられる。

天岩、波多野 (1983) は、小学 3 年生を被験者として、珠算で 3 桁の減算に正しく答えられる子ども（珠算の初心者と中級者）は、その計算過程の意味を理解しているかどうかについて検討を行った。調査は、インタビューによって、減算手続きの意味を、1) あるステップでの活動は、その前にどのような条件があったためであるかを言える、2) 表記と異なる真の属性やカテゴリーを言える

* 信州大学教育学部助教授

慶應義塾大学大学院社会学研究科訪問助教授

(1 と書いてあるが実は 10 である等), 3) 普通は行なわない手続きを用いるとしたら, どのようにしたらよいかを言える, の 3 点から調べた。

結果として, 珠算を用いて正答を出すことのできる中級者の中にも, 上の位から借りる数は本当はいくつであるのか, 100 の位から借りた数は 10 の位と 1 の位にいくつずつ分割されるのかについて, はっきりと理解されていないケースのあることを見いだした。どの様にして計算するかという計算手続きは知っていても, なぜそのような操作が必要であるのか, その意味についてははっきり分かっていないことの多いことが明らかとなった。

珠算学習が, 計算過程で行っている手続きの概念的な意味をとらえることに結び付かないことは, 筆算と珠算の計算手続き間のマッピング (対応づけ) の困難さを説明する。天岩 (1987) は, 珠算によって 3 桁の減算に正答することができるが, 筆算になると誤りを示す小学 3 年生を対象に, 誤りをした問題を珠算と筆算で交互に繰り返し解く経験をさせた。この中には, 計算の順序を筆算と一致させ, 筆算の誤りに気づき易くすることをねらった「1 の位から行なう珠算」も含まれたが, 大部分の者は, 珠算では正答をし, 筆算になると誤りをし続けた。

インタビューによると, 子どもは, 同一の問題を繰り返し解いているのだから珠算と筆算は同じ答えが出なくてはいけないこと, 正答は 1 つだけであることに気づいてはいるが, 珠算も筆算も自分で正しいと信ずる手段をとっているのだから, なぜ異なる答えがでるのかよくわからない状況にあった。珠算で正答できても, 筆算の誤りを自発的に修正することはむずかしいわけで, 2 つの計算過程で何をしているのか, その意味を理解し手続きの共通性を認識することはそれほど簡単ではない。

このように一般性と領域固有性をもつ珠算学習の効果は, 学習がすすむにつれてどのように変化するのであるか。本研究では Amaiwa and Hatano (1989) の研究をベースに, 小学 3 年生の 4 月から 2 年間にわたって同一被験者 (珠算学習者と非学習者) の各種計算能力の変化を調べ, この間にみられる珠算学習の効果について縦断的に検討することを目的とする。

方 法

1. 被験者

珠算学習群は 2 年生の 3 月または 3 年生の 4 月から珠算塾に通いはじめた長野市の小学生で, 非学習群 (コントロール群) は東京近郊の公立小学生 3 年生 2 クラスの

中から, 珠算塾に通っていない者だけを対象とした。2 年間のデータがすべて揃った被験者数は, 珠算学習群が 42 名, 非学習群が 44 名であった。

珠算学習群は, 週に 3 回, 各 1 時間程度珠算の訓練を受けた。珠算検定試験による珠算レベル (級) の進み方は, 下記に述べる調査時期の 1・2 回目ではほとんどの者が級を持つまでには至らないが, 3 回目での平均珠算級は 9 級と 8 級の中間, 4 回目では 8 級, 5 回目では 7 級, 6 回目では 6 級近くまですすみ, 7 回目では 6 級を越えるところまで上昇している。珠算塾で約 1 年学ぶと 8 級程度, 約 2 年学ぶと 6 級程度のレベルになることがわかる。8 級以上の検定試験の内容には, 多桁の加算, 減算, 乗算, 除算が含まれており, 8 級以上ではソロバンを用いてこれらの計算がほぼ正確にできるようになると考えられる。珠算式暗算が検定試験に含まれるようになるのは 3 級からである。

2. 調査時期

2 年間に 7 回の調査を行った。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。

3. 課題と手続き

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。1 桁加算と 1 桁乗算は毎回, 概算テストは 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。

◆ 1 桁加算——(時間制限: 2 分) 1 桁の数字がランダムに並んでいる用紙を被験者に与え, 隣あった数字をできるだけ早くたしていくように指示をした。

◆ 1 桁乗算——(時間制限: 2 分) 1 桁加算と同様の用紙を与え, 隣あった 1 桁の数字をできるだけ早くかけ合わせるように指示した。

◆ 多桁減算——3 桁引く 3 桁の減算。1 回目は 30 問, 2・3 回目は 20 問で, いずれも 10 問ごとに 4 分のゆるい時間制限があった。

◆ 多桁乗算——小学校での進度にあわせて, 4 回目と 5 回目では 2 桁 × 1 桁と 2 桁 × 2 桁を含む 30 問, 5 回目以降は, 3 桁 × 2 桁, 3 × 3 桁を含む 20 問であった。時間制限は, いずれも 10 問毎に 4 分であった。

◆ 除算——5 回目では割る数が 1 桁の問題 20 問, 6

回目以降は割る数が2桁の20問であった。時間制限は10問毎に5分であった。

◆文章題—2・3回目では加減算と乗算で解ける問題6問(時間制限:6分),4回目以降は乗算・除算を含む問題10問(時間制限:10分)であった。式と答えの両方を書くように指示した。

◆位取りの理解テスト—位取りのテストは、{ }でくくられた2組の数字が同じかどうか、例えば{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、{100が8個と10が2個と1が6個}と{100が7個と10が11個と1が16個}は同じかどうか等を判断させる問題であった。20問(時間制限10分)が行われた。この課題は、4回目と7回目に実施された。

◆概算—(時間制限:2分)4桁までの多桁減算(例:4275-278, 7938-2416)24問。被験者には、計算をして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ように指示した。

1桁加算, 1桁乗算, 多桁減算, 位取りの理解テスト, 概算は, あらかじめ練習問題をやって答え方を理解させた。得点は, 各テストの正答数, 文章題の場合は立式の正しさをカウントした。

結 果

珠算学習の効果を確認するために、京大NX知能検査によって両群の知的レベルを測定したところ、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 ($t = -2.96, p < .01$)。そこで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することにした。

図1は、1桁加算と1桁乗算の調整済み平均値の変化を示したものである。どちらの課題についても時間の経過とともに急速に得点が上がっている。群間の差をみると各調査時点で珠算学習群の方が高い得点を示しているが、1桁加算については7回目で差がなくなっている。

図2は、減算、多桁乗算、除算、位取りテスト、図3は文章題、図4は概算の変化を示している。減算、多桁乗算、文章題は調査時期によって実施した問題数が異なるので、途中でカーブが切れている。減算、乗算、除算、文章題は、いずれも珠算学習群の方が得点の高い傾向があるが、その差は1桁加算・1桁乗算の場合に比べて小さい。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。概算に関しては珠算学習の経験が妨げとなっていると思われる。

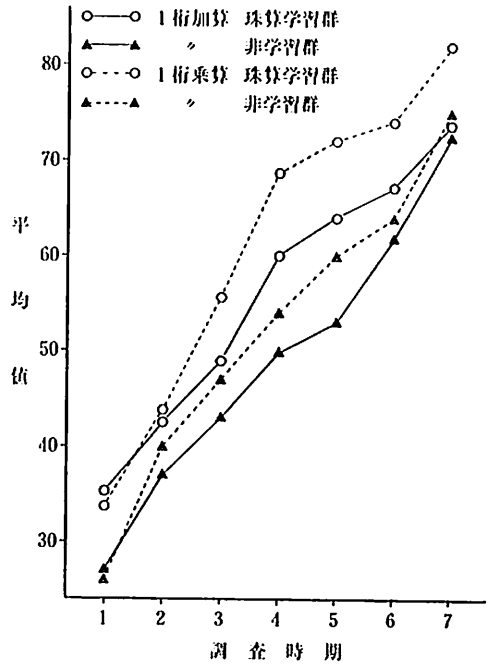


図1 1桁加算, 1桁乗算の調整済み平均値

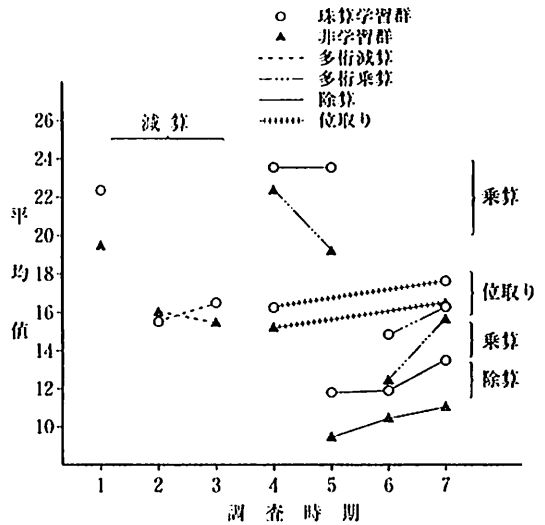


図2 多桁減算, 乗算, 除算, 位取りテストの調整済み平均値

次に、各テストにおける群差を明らかにするために、IQを共変量とした共分散分析を行った(表1)。

特に1桁加算と1桁乗算に関して、群間に有意差のあることが目だっている。1桁加算では1回目から5回目まで、1桁乗算では2回目を除いて1回目から6回目ま

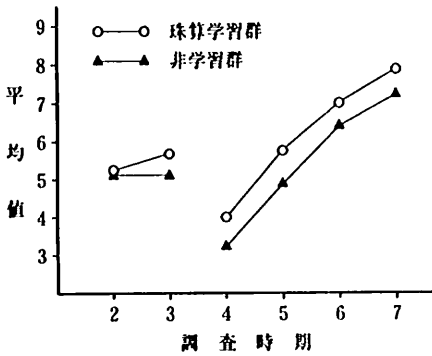


図 3 文章題の調整済み平均値

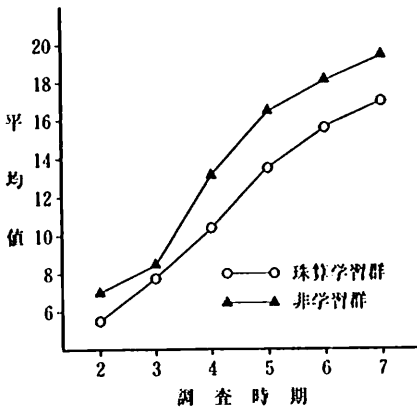


図 4 概算の調整済み平均値

で、連続して有意差が認められる。どちらの課題も7回目では有意差がなくなっている。つまり4年生のころまでは、珠算学習によって1桁加算や1桁乗算のスピードテストの得点が大きく促進されるが、4年の終わりには珠算学習の効果が見られなくなるのである。多桁乗算、除算、文章題、概算については、3、5、6回の調査時点で1箇所ないし2箇所群間に有意差が認められる。位取りテストは、4回目では現れなかった有意差が7回目に出ている。

これらの課題にみられる有意差が、単純な1桁加算や1桁乗算の影響であるかどうかを確かめるために、IQに加えて1桁加算と1桁乗算の影響を除いて分析すると、乗算や除算に見られた有意差はなくなった。しかし文章題の3回目に現れていた有意差はそのまま存在し(表2)位取りの理解(7回目)の有意差も見られる($F=5.25, p<.05$)。概算に関しては、IQのみを共変量とした場合は5回目だけに現れていた有意差が、2~6回の実施時期にも見られるようになった(表3)。この現象は、単純な計算に加えて多桁乗算や除算の影響を除いても、依然として現れている。

多桁乗算や除算における群間の有意差は、1桁加算や1桁乗算を解く力によってもたらされるのであるが、文章題の3回目や概算に見られる有意差に関しては、基礎的な計算能力ではなく、珠算経験の有無が関係していると考えられる。

表 1 各課題についての共分散分析結果 (共変量: IQ)

課題 \ 回	1	2	3	4	5	6	7
	F	F	F	F	F	F	F
1 桁 加 算	15.12**	4.90*	4.09*	12.07**	10.52**	1.41	0.01
1 桁 乗 算	8.46**	1.39	6.24*	20.66**	15.82**	6.78*	3.86
3 桁 減 算	2.00	0.29	1.00	—	—	—	—
多 桁 乗 算	—	—	—	0.83	6.22*	7.17**	0.13
除 算	—	—	—	—	4.07*	1.31	3.10
文 章 題	—	0.02	8.32**	1.91	1.60	1.29	2.24
位 取 り	—	—	—	1.15	—	—	4.72*
概 算	—	1.80	0.23	3.11	4.21*	3.49	2.38

注) F; F 値

**; $P<0.01$ *; $P<0.05$

表 2 文章題と位取りテストの共分散分析結果

共 変 量	文 章 題						位取り
	2	3	4	5	6	7	7
	F	F	F	F	F	F	F
IQ, 1桁加算	0.32	6.01*	0.02	0.02	0.47	2.28	4.84*
IQ, 1桁乗算	0.00	4.31*	0.03	0.03	0.24	1.63	3.62
IQ, 1桁加算, 1桁乗算	0.31	5.41*	0.00	0.00	0.70	3.01	5.25*
IQ, 1桁加算, 1桁乗算, 減算, 多桁乗算	0.39	5.00*	0.00	0.04	0.42	3.02	5.53*

注) F; F 値

*; $P < 0.05$

表 3 概算の共分散分析結果

共 変 量	2	3	4	5	6	7
	F	F	F	F	F	F
IQ, 1桁加算	5.06*	2.08	15.42**	1.62	6.50*	2.61
IQ, 1桁乗算	2.47	6.21*	9.36**	7.99**	6.36*	3.85
IQ, 1桁加算, 1桁乗算	5.02*	2.82	2.63	12.03**	5.64*	2.63
IQ, 1桁加算, 1桁乗算, 減算, 多桁乗算	5.09*	2.93	12.84**	12.20**	5.91*	2.45

注) F; F 値

**; $P < 0.01$ *; $P < 0.05$

考 察

本研究によって、珠算技能の領域固有性と一般性が、縦断的な調査の中でどのように現れるかが明確になってきた。

明らかになったことの第1は、珠算学習の一般的効果は、まず1桁の加算・1桁乗算を早く正しく解くような基本的計算力に対して現れること、そして、この影響は早くも1回目の調査時点(3年生の4月下旬)でみられ、影響が著しいのは4・5回目(3年生の3月と4年生の7月)で、4年生の3月になると珠算学習の効果は消滅することである。

珠算学習が基本的な計算力を促すことは、Amaiwa and Hatano においても示されたが、この効果は、なぜ珠算を始めたばかりの1回目の調査時点であらわれ、4・5回目で最大となり、7回目では消えるのであろうか。

1桁の加算・乗算は内容的には簡単な計算であり、小学校3年生は問題をゆっくり解けば必ず正答できる。そこで得点の差には計算の速度が大きく影響すると考えられる。1回目の調査時点で、珠算塾で学んだ効果が出て

いるのは、早く計算することに対する構えや慣れが関係するのではなかろうか。珠算塾では、短時間で正確に答えを出す訓練を行っているので、日頃ストップウォッチで時間を測ったり、制限時間を設けて計算をすることを繰り返している。珠算学習者は、2分という短い制限時間内で早く計算をすることに対する構えができており、これが高い得点と結びつくと考えられる。

珠算学習の効果が4・5回目で最大となるのは、1年近く行ってきた珠算学習の影響であろう。珠算検定試験科目に珠算式暗算が入ってくるのは3級からであるが、早くから珠算式暗算の訓練は行われており、3年の終わり頃には、ソロバンを使わなくても、かなり早い速度で1桁の加算に正答できるまで達している。またこの時期には、8級を目指して乗算の訓練が行われ、1桁の乗算を使う頻度も多く、ほぼ正確にできるようになっている。

7回目で珠算学習の効果が消えるのは、4年生の終わりには、特に珠算を学んでいない子どもも1桁加算・乗算が早く正確にできるようになったためと考えられる。計算の途中で考えこむことが少なくなり、問題を見てか

ら答えるまでがとても早くなっている。

本研究で明らかになったことの第 2 は、IQ に加えて 1 桁加算、1 桁乗算を共変量とした共分散分析の結果から、多桁乗算や除算に見られた珠算学習の効果は、1 桁加算や 1 桁乗算を解く力によってもたらされたと考えられることである。この点は、前述の Amaiwa and Hatano の結果とも一致する。これも珠算学習の一般的効果といえる。3 桁減算に珠算学習の効果が現れていないことについては理由がはっきりしないが、多桁の計算の基礎に 1 桁加算・1 桁乗算を早く正確に解く基礎的計算力があることは当然と考えられる。

第 3 には、本研究では、文章題に珠算学習の影響が出ているのは 3 回目だけで、他の調査時期では、文章題を解くことは珠算学習と結びついていないことがあげられる。そして 3 回目の時点で現れている影響は、1 桁加算・1 桁乗算を早く正確に解く力や、多桁の減算や乗算に正答できることとは結び付いていない。

Amaiwa and Hatano の研究では、文章題の解決には 1 桁加算や 3 桁減算の計算力が関係していたが、本研究ではこれとは異なる結果が得られた。文章題を解く際には、文章で書かれている内容の理解、関係の理解、式への置き換え等、概念的な理解を必要とする側面が多く直接計算能力が反映しないことは充分ありうる。また、珠算学習によって計算に要する時間を短縮させることができるので、余裕のできた時間と問題を考えるために使うことも予測できる。このどちらの場合もありうると思われる。どのような要因によって 3 回目だけに珠算学習の効果が現れたのかは定かではないが、被験者にとっての問題の難易度なども影響しているのではないだろうか。

第 4 には、位取りの意味を理解しているかどうかを調べる位取りのテストが、4 回目の時点では珠算学習と関係しないが、7 回目には効果が見られることである。4 回目と 7 回目の間で平均正答数はそれほど増加していないが、珠算学習群の方が伸びが多い。4 回目と 7 回目の間の相違は、4 回目では正確に計算するよりも見当をつけて同じかどうか判断することが多かったのに対し、7 回目になると珠算学習がかなりすすむので、例えば {100 が 8 個と 10 が 2 個と 1 が 6 個} と {100 が 7 個と 10 が 11 個と 1 が 16 個} は同じかどうかを判断する場合、すばやく乗算・加算をするようになり、計算過程での位取りの誤りが少なくなるためではないかと思われる。共分散分析によれば、この位取りの理解には 1 桁の乗算が影響している。

第 5 には、概算を解く場合に見られる、珠算学習の負の影響があげられる。概算を解く際には、珠算学習が妨害的に働くことが示された。非学習者の方が一貫して高得点を獲得している。共分散分析の結果によれば、IQ を共変量にしたときの 5 回目だけに見られた有意差は、IQ に加えて 1 桁加算または 1 桁乗算を共変量にすると 2~6 回の調査時点で現れるようになり、さらに 3 桁減算、多桁乗算を共変量とした場合にも 2 回目、4~7 回目に有意差が現れている。つまりこの有意差には、1 桁や多桁の計算力ではなく珠算学習の経験を持つかどうかに関係するのである。

これは、珠算学習のどのような側面に基づくのであろうか。珠算学習群と非学習群について、主にどのような概算方略を採用したかを調べたところ (天岩, 1990, 1992), 「普通の筆算をしてから答えの一番左の数を書き入れた」者は、3 年の 7 月では珠算学習群: 93.56%, 非学習群: 38.0%, 3 年の 11 月では珠算学習群: 58.0%, 非学習群: 26.9% であった。珠算学習者は、はじめは正確に答えを出すことに非常にこだわり、このこだわりが効率的な概算方略の工夫を妨げ、珠算学習群での正答数の低さを導く 1 つの要素になったと考えられる。もう 1 つの要素としては、珠算学習群で、3 年生の 3 月頃から珠算式暗算を概算の方略として採用する者の増えることがあげられる。筆算のほかに珠算式暗算ができることは強みであるが、まだ十分に習熟していない珠算式暗算を使おうとするので、あまり成績は上昇しない。さらに、珠算習熟群は、個別または小グループでテストを行ったのに対し、非学習群ではクラス単位で実施したことも概算の成績に影響している。というのは、小学校では「もうできた」とかなり早くに終了を宣言する子どもが目立ったり、テスト終了後に、一部の子どもが「全部を計算しないでいいんだよ」といった説明をしていたからである。概算以外の課題については、大きな集団で実施しても個別に実施してもそれほど影響はないと思われるが、概算の場合はこのようなヒントや情報を得れば今までの方略を捨てて、より効率的な方略を採用しやすくなる。より効率的な方略の採用が、非学習群の成績の上昇につながったと考えられる。

文 献

- 天岩静子・波多野館余夫 1983 減算手続きと意味理解の関連性, 日本心理学会第 47 回大会発表論文集, 570.
 天岩静子 1987 珠算・筆算間の減算手続の転移, 教育心理学研究, 35 卷 1 号 41-48.

Shizuko Amaiwa & Giyoo Hatano 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.

天岩静子 1990 概算(減算)の解決方略の変化, 日本教育心理学会第32回大会発表論文集, 336.

天岩静子 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, 第39巻1号2-14.