

黒 須 俊 夫

学位の種類 教育学博士

学位記番号 教 第 27 号

学位授与年月日 昭和59年3月7日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 測定行為の形成と文字・記号操作の習得過程に関する
心理学的研究 一小学校低学年児童を中心に一

論文審査委員 (主査)
教授 宮 川 知 彰 教授 細 谷 純
助教授 寺 田 晃

論 文 内 容 の 要 旨

1. 本論文は、量の測定行為を形成させることによって、数学の学習に不可欠である文字・記号操作を入門期の児童にも習得させることが可能であることを教授実験および調査法を用いて証明しようとしたものである。
2. 論文の構成は次のとおりである。

序 論 児童の数学的諸概念の教授・学習に関する心理学的研究の諸問題

第一章 数学的諸概念の特質とその教育をめぐる諸問題

第一節 数の系統発生と個体発生

第二節 数学的諸概念の発生とその教育

第三節 数学的諸概念の形成の方法的問題

第二章 数学的諸概念の習得に関する心理学的研究

第一節 諸外国における数学的諸概念の習得に関する心理学的研究

第二節 わが国における数学的諸概念の習得に関する心理学的研究

第三章 わが国の入門期算数教育の歴史と問題

第一節 翻訳・揺籃期(明治5年～明治18年、1872年～1885年)における入門期の

算数教育

第二節 明治検定教科書（明治19年～明治35年、1886年～1905年）における入門期の算数教育

第三節 国定教科書いわゆる「黒表紙」（明治36年～昭和9年、1903年～1934年）における入門期の算数教育

第四節 国定教科書いわゆる「緑表紙」（昭和10年～昭和19年、1935年～1944年）における入門期の算数教育

第五節 第二次大戦直後（昭和20年～昭和32年、1945年～1957年）における入門期の算数教育

第六節 「系統学習」そして「現代化」から現在（昭和33年～昭和58年、1958年～1983年）に至る入門期の算数教育

第七節 入門期における算数教育の問題点

第四章 本研究の立場と課題

第一節 コトバから文字・記号操作への移行

第二節 本研究の課題

第三節 本研究における用語

第一部 「量と測定」領域における到達度に関する調査研究

第一章 児童の「量と測定」領域における到達度に関する調査（その1）

第一節 問題と目的

第二節 方法

第三節 結果と考察

第四節 要約

第二章 同上（その2）

第三章 同上（その3）

（節構成は各章とも上記第一章に同じ。）

第四章 「量と測定」領域におけるテスト課題と児童の反応について

第二部 児童の測定行為の発達

第一章 就学前児童の測定行為の発達に関する実験

第二章 児童の測定行為の発達に関する実験（その1）

第三章 同上（その2）

第四章 同上（その3）

（節構成は各章とも第一部第一章に同じ。）

第三部 文字・記号操作および数学的基礎能力の発達

第一章 文字・記号操作の発達に関する調査（その1）

第二章 同上（その2）

第三章 文字・記号操作の発達に関する実験（その1）

第四章 同上（その2）

第五章 文字・記号操作と数学的基礎能力の発達に関する調査

（上記各章の節構成は第一部第一章に同じ。）

第四部 量の測定行為の形成を基礎とした「文字・記号操作習得」の教育プログラムと低学年児童を対象とした教授実験

第一章 文字・記号操作の習得に関する教授実験

第二章 方程式の基礎の習得に関する教授実験

（各章の節構成は第一部第一章のそれとほぼ同じであるので記載を省略する。）

結論 得られた知見と今後の課題

第一節 量の測定行為の形成と文字・記号操作の習得との相互関係

第二節 入門期の児童の数学的諸概念の形成とその教育への示唆

第三節 本研究における問題点と残された課題

終言

3. 論文の内容は次のように要約できるであろう。

(1) 序論では、著者はまず就学期（入門期）の児童に対する数学（算数・算術）教育の理論的方法論的立場は「数え主義」と「量主義」の二つに分類できるとする。

著者によると、前者は歴史的に抽象された数そのもの、つまり結果から出発しようとするもので、数の発生を数えるという行為に求める立場である。この立場は、数はレディメイドなものとして児童に与えられているものであって、児童はこれを言葉を通して記憶しなければならないと主張する。したがってこの立場は、暗記主義、注入主義という形式的な教授法を主とすることになる。

これに対して後者は、量から数へという数の発生過程を念頭におきながら、数概念を教育しようとするものである。更にいうと、具体的な操作を通して数を理解させようとするのである。したがって、「量主義」は実物主義、直観主義といわれる教授法を主とするのである。

著者は、この後者の教育法に注目し、この系譜をたどってペスタロッチ、J. H. からデューイ、J. を経てダヴィドウ、B. B. に到達する。

また著者は、ビューラー、K.、やゲゼル、A. などの「記述的研究」、ピアジェ、J. の

「発生的アプローチ」よりも「形成的アプローチ」を選択し、この系列をたどってブルナー、J. S.、ディーンズ、Z. P.、エリコニン、D. B.、藤永保・齊賀久敬・細谷純を経過して、ここでも結局ダヴィドフに出会うのである。

著者がここで到達した見解は、ダヴィドフの研究結果が示すように、数概念と量概念の獲得においては、測定行為が本質的な意義をもつであろうということであった。

他方、著者がわが国におけるこの分野の心理学的研究を概観してみるところでは、それらの研究のとり方は、「記述的」あるいは「発達の」であって、現下の教育的条件の下での児童の数・量概念の獲得状態を確認するに止まっているのである。

かくて著者は、わが国においても、入門期の児童において測定行為を形成させることによって現在彼らが獲得している数学的能力よりもより高次の文字・記号操作という能力を習得させることができるであろうという仮説を提起するのである。

(2) 第一部は、上述の仮説を検証するための第一段階として児童の「量と測定」の領域における到達度をみるために3回にわたって行なわれた調査研究の結果の報告である。

第1回の調査

方法：1977年7月に告示された「小学校学習指導要領・算数科」が指示する「量と測定」の領域における全学年の指導目標と内容に即して、長さ・広さ・かさ・重さの4つの量について、17項目・38小問を作成した。この調査用テストは次の原則によって作成された。

- ① 1学年から6学年までのすべての児童に同一の課題を与えること。
- ② 各学年における基本的な学習内容を、ほぼ均等量になるように選び出す。
- ③ どの課題も原則として教科書によって学習したことのある内容であること。

手続：これらの課題は、1冊の小冊子にしてある。この小冊子を児童に配布して児童に解答させる。所要時間は各学年とも50分。

調査者：著者および国立教育研究所研究員3名。

被調査児：①仙台市荒町小学校1～6年各学年1クラス、計214名、②足立区立千寿第一小学校1～6年各学年1クラス、計216名、③足立区立青井小学校1～6年各学年1クラス、計222名。

調査期間：1981年3月中旬（3学期末）

結果：長さ、広さ、重さ、かさの4つの量に関する課題の正反応率は、これらの知識が学習相当学年よりも1～2学年以上遅れて習得されることを示した。またいずれの課題でも測定の基本となる“単位”の理解が不十分であることが明らかになった。

第2回の調査

目的：第1回の調査では、所定時間内のテスト内容が多くすぎはしなかったか。また、そのテスト項目の妥当性に問題はなかったかを検討する。

課題内容：前回のテストにおいて極端に正反応率が低い課題を中心に再検討し、また課題の配列順序にも変更を加えた。前回のテスト課題を訂正、削除し、また新たな課題を加えた。課題内容は、長さ、広さ、かさ、液量の4種類からなる。

手続：前回と同じ。なお調査者のために実施手引き書を作成した。実施時間は40分程度。

被調査児：①世田谷区立三軒茶屋小学校2～6年生各1クラス、計211名。②世田谷区立用賀小学校2～6年生各1クラス、計188名。③仙台市茂庭小学校2・3年生各1クラス、計74名。④多賀城市山王小学校4～6年生各1クラス、計105名。

調査者：各学校のクラス担任に依頼。

実施期間：1981年7月中旬（第1学期）

結果：①前回の調査にくらべて、課題の提示のしかたをわずかに変更することによって正反応率が大きく変る、②一般にその課題内容について指導要領が指示する学習学年（以後指示学年と省略する）の次の学年の第1学期末には、その課題内容がよく習得されている、③「倍関係」の理解を必要とする課題には、指示学年より1、2年経過後に習得されるものがある。

第3回の調査

目的：小学校3年までの「量と測定」領域の習得状況を確認すること。ただし、学業不振児の発生の時期と程度を明らかにしようという、より大きな目的の下で行なわれることになった。

課題内容：テスト課題の「標準性」をより保証されたもの、確実なものにするために前2回のテスト結果により、①各課題の正答率が指示学年で70%をこえており、指示学年より1年下の学年において50%以下であること、②指示学年で正答率が70%以下であっても、1年下の学年の正答率との差が大きいこと、の2つの基準にもとづき、テスト課題を前2回のそれから選択して、1冊にまとめられたテスト用紙を作成した。

被調査児：関東地方の17都市の公立学校30校の児童1～6学年の児童、5,237名。

調査者：各クラスの担任。「学力到達度テスト実施手引き」を作成し、これによって実施してもらう。

調査期間：1982年2月～同年3月

実施所要時間：1～2年生、30～40分、3～4年生、50～60分。60分をこえた場合も

あった。

結果：①本調査の多くの課題は、提示学年の時期に十分解決された。②長さにおける倍関係の理解に関する問題および「かさ」における単位の換算に関するものは、指示学年以降において解決された。量の単位の理解とそれにもとづく倍関係の理解は困難なのであろう。

3 回にわたった調査結果の総括

①低学年児童においては、課題の知覚的な条件差によって、反応（解答）が左右されるが、高学年になるとこの種の条件差には影響されなくなる。②長さ、かさなどの連続量の認識にとって不可欠である単位の概念とその意味などについての理解は、指示学年よりも1、2年遅れて一定の水準に達する。③全体的にみれば、単位の概念の習得状態はきわめて不十分な状態にある。

- (3) 第二部は、就学前児に対して1回、児童に対して3回試みられたところの、測定行為の発達状況をみようとする実験の結果についての報告および考察である。第一部では、「量と測定」の領域における到達度をみたので、次には測定行為の発達をみるための個別検査（実験）を行ったわけである。

就学前児に対する実験

目的：測定行為とは、①物の属性（パラメーター）を分離し、②分離されたパラメーターにもとづいて同種の他の量との間の等・不等関係を確定して、ついで③一つのパラメーターに同定した上で、そのパラメーターに関する任意の量（大きさ）を単位として切断し、他の量その単位をもとにして数値化することである。

この測定行為が、就学前児において、何歳ごろに、どのような順序で獲得されるかをみてみる。

材料：①数、長さ、液量を材料とする保存課題、6、②長さの比較に関する課題、2、③パラメーター分離に関する課題、5、④重さの比較に関する課題、2、⑤長さの測定（単位の同一性）の課題、1、⑥長さの測定（単位の互換性）の課題、1、⑦液量の測定（単位の同一性）の課題、1、⑧液量の測定（単位の互換性）の課題、1、総計19問を用意する。

被験児：真岡市萌丘幼稚園5、6歳児各10名。真岡市立真岡保育所5、6歳児各10名。上記5歳児の年齢は、5：02～5：10、平均5：07歳、6歳児の年齢は、5：11～6：04、平均6：02歳。

実験者：本論文の著者

手続：実験者が観察記録する。VTR、テープレコーダーも使用した。被験児1人の

所要時間は30分前後。

実験期間：萌丘幼稚園児に対しては1979年5月中旬の一週間、真岡保育所児に対して1979年8月下旬の一週間。

結果：就学前児において液量の保存が可能である場合には、長さの比較行為や数の保存などが獲得されている傾向があることが見いだされたが、彼らの量の測定行為は一般的にいて極めて未発達の状態にあることが観察された。

児童に対する第1回の実験

目的：小学校入学後の児童の測定行為の発達状況を明らかにし、あわせて保存概念と測定行為の獲得の順序を考察すること。

課題内容：①長さの保存の課題、3、②液量の保存課題、3、③長さの測定課題、6、④液量の測定課題、5。

被験児：目黒区立宮前小学校2年生1クラス、42名。実験場所は同校2年2組の教室と理科室。

実験者：本論文の著者および都内の大学生10名。実験者は、「保存」、「長さの測定」、「液量の測定」のいずれか一つを担当した。

手続：実験は個別に行なわれた。被験児は保存課題を解決した後に、測定課題を解決するよう配分された。所要時間は1人あたり40分。

実験期間：1978年12月中旬の1週間。

結果及び考察：①従来は、保存が獲得された後に測定行為が発達すると考えられていたが、測定行為の獲得が、保存の獲得に一定の役割を果しているとも考えられる結果を得た。②測定行為の獲得の過程において、単位の同一性、互換性についての理解が同時に相互に補いあって獲得されていくことを示唆する結果を得た。

児童に対する第2回の実験

目的：量の測定行為の獲得に密接に関連すると考えられるパラメーターの分離行為、比較行為等が、小学校低学年においてどの程度獲得されているかを明らかにすること。

課題内容：就学前児を被験児とした実験のさいに用いた課題と同一のものである。ただし、数の保存に関する課題、2、パラメーター分離(重さ)の課題、1、重さの比較の課題、2を除いた。また、測定行為に関する課題では、小学生にあうように数値を変更した。

被験児：仙台市荒町小学校2年生1クラス、42名。

実験者：著者および宮城教育大学教育心理学ピーク3年生13名。

実験期間：1979年12月中旬。

場所：荒町小学校の教室および理科教室。

手続：個別に行なう。所要時間はひとり平均45分。

結果と考察：①小学2年生の測定行為の水準はきわめて低い。②比較行為およびパラメーターの分離などは、長さに関してはかなり高い水準に達している。このことは、測定行為の獲得にとって、これらの行為の獲得が基礎的な意味をもつことを示唆するものであろう。

児童に対する第3回の実験

目的：小学校期の児童全般にわたって、測定行為の発達的变化を明らかにし、現行教育の下では、量の測定行為が何歳ごろに獲得されるかをみる。

課題内容：前回の実験に用いたものと同じ。11課題である。

被験児：仙台市八幡小学校1年生19名、2年生20名、3年生20名、4年生18名、5年生20名、6年生20名、計117名。男女ほぼ同数である。

実験者：著者および宮城教育大学心理学ピーク3年生16名。

手続：11課題が5部門に分けられているが、それぞれの部門に複数の実験者が割りあてられた。各実験者は1つの部門のみを担当し、事前に実験の目的、実施のしかたについて説明と訓練を受けた。もちろん個別に実験が行なわれる。記録は、筆記およびテープレコーダーによる。児童1人あたりの所要時間は平均40分。

実験期間等：1980年1月中旬から同年2月初旬の3週間、放課後、上記小学の図書室で実施。

結果と考察：①小学校期の児童は、長さに関しては間接比較、パラメーターの分離、保存、ものさしを使用する行為、知的レベルでの測定行為という順序で獲得する。液量の場合も同様な順序で獲得していくと考えられる。②恐らく6年生期において、それ以下の学年においてアンバランスに習得されてきた諸行為が統一されることになり、全体としての知的発達の飛躍が生じ、もはや知覚的諸要因に惑わされることのない論理的、形式的な操作が可能になるであろう。

(4) 第三部は、文字・記号操作の発達に関する調査と実験、および文字・記号操作と数学的基礎能力の関係をみる調査についての報告である。

文字・記号操作の発達に関する調査第1回

目的：現行の教育的条件の下での児童の文字・記号操作の発達の現状を明らかにすること。およびどの学年より文字・記号操作の習得が可能になるかを検討すること。

課題内容と手続：説明、練習問題、テスト問題がプリントしてある小冊子を被調査児全員に配り、板書とテキストを利用しながら、等号・不等号の使用、物の大きさの文字

(A、B、C、D)での表記について説明し、練習、答え合せ、テストという順で実施した。

被調査児：目黒区立八雲小学校、1、2、4、6年生各1クラス、計133名。

調査者：著者と国立教育研究所補助研究員1名。前者が説明を行い、後者は答え合せのさい、机間巡視をしながら児童が課題を正しく理解できるようチェックした。

実施期間：1978年7月中旬、各学年の所要時間は約60分。各学年の教室で実施。

結果と考察：①1年生でも未学習である不等号の操作をはじめとして文字の操作は困難なことではない、②文字と記号の組み合わせによる文字式の操作も、4年生で基本的な事ならについては可能である、ということが示唆された。

文字・記号操作の発達に関する調査第2回

目的：教育プログラム（第四部でこの実施について述べられている）の作成の必要上前回の調査ではみられなかった新たな内容についての理解の状態を把握し、小学2年生の文字・記号操作の発達の状況を確認すること。

課題内容：前回の調査に用いた課題を削除して、①文字データ、②文字データによる推移率、③文字式（加減）、④文字データによる二量の比、の理解をみる課題構成にした。

被調査児：目黒区立宮前小学校2年生1クラス、41名。

手続：前回と同じ。児童1人あたり所要時間は60分。

調査者：著者およびアシスタント1名。

調査期日：1978年12月中旬。

結果と考察：①小学校2年生で文字を物の大きさを表すものとして理解することが困難ではないこと、②「二量の比」の内容の操作も、適切な教育プログラムを組織することによって十分習得する可能性があること、が示唆された。

文字・記号操作の発達に関する実験第1回

目的：調査法では、一定の期間に多数のデータを回収はできるが、個々の児童の反応過程をみることができない。それで、個々の児童が未学習である文字・記号操作をどのようなレベルで遂行するかをみるために個別実験を行なうことにする。

課題内容：①部分と全体の表記、5問、②文字・記号による大きさの関係の判断、3問。

被験児：仙台市荒町小学校2年生1クラス、43名。

実験者：著者および学生13名。

実験期日等：1979年12月中旬。上記小学校の教室を使用。1人あたりの平均所要時

間は約20分。VTRとテープレコーダーおよび実験者の筆記によって実験経過を記録した。個別実験である。

結果：具体的に操作する材料が提示された場合、小学2年でも、高い水準にあることが確認された。

次に、以上のような文字・記号操作が年齢的にどの時点で確立されるかをみるために第2回の実験を行うことにする。

文字・記号操作の発達に関する実験第2回

目的：上述のとおり。

課題内容：前回の実験の場合と同じ。個別の実験である。

被験児：仙台市八幡小学校1～6年生、計117名。

実験者：著者および学生16名。

実験期日等：1980年12月中旬～1981年1月下旬の放課後。場所は上記小学校図書室。1人あたりの平均所要時間は20分。

結果と考察：①具体物の大きさの関係の文字・記号での表記は小学2年生で可能になる、②文字・記号で表記された関係の操作は小学4年生で可能になる、等の示唆を得た。

以上の結果は、現在の教育条件の下での小学生の文字・記号操作が意外に早く発達していることを示すものであろう。したがって、適切な教育プログラムの下では、さらに早い年齢において上記の能力が習得されるのではなかろうか、と推定される。

文字・記号操作と数学的基礎能力の発達に関する調査

目的：小学生児童にとって、未学習である文字・記号操作が低学年においてもかなり高水準にあることがわかったので、この発達と数学的基礎能力の発達とがどのような関係にあるかをみる。

課題内容：数学的基礎能力をみるものとして、推移率、長さの保存、クラス包摂（数、上位下位概念）および部分と全体の関係の理解、それに文章題の解決能力をみる課題を作成した。また文字・記号操作に関する課題としては、前述の2回にわたる調査のさい用いたものの中から基本的な内容をもつと考えられるものを使用し、さらに文字データによる文章題など文字と数学的演算を組み合わせた課題を設定した。なおこれらの課題はプリントして5冊の小冊子にした。

被調査児：仙台市八幡小学校1～6年生、各学年1クラス、計225名。

調査者：著者および学生11名。2名ずつ1クラスを担当し、1人は説明者、他は答え合わせ等の点検を行った。1年生に対する説明は著者が行い、担任教師にも臨席してもらった。

調査期間等：1980年12月下旬、場所は各クラスの教室、所要時間に各学年とも約90分。2回（2校時分相当）に分けて実施した。

結果と考察：本調査で数学的基礎能力をみるべく設定した諸課題は、再検討する必要があることがわかったが、文字・記号操作に関する課題の解決が小学生にとって必ずしも困難ではないことが明らかになったといつてよいであろう。このことは小学生の数学の学習過程を再編し、彼らの知的発達の可能性を高める方法を検討することに対して、新たな展望を与えるものである。

- (5) 以上第一部では「量と測定」領域における児童の到達度を、第二部で児童の測定行為の発達、第三部、文字・記号操作と数学の基礎能力の発達、とみてきたのであるが、第四部で著者は、上記の一連の研究結果をふまえて、いよいよその窮極の研究目的である「量の測定行為の形成を基盤とした『文字・記号操作習得』の教育プログラムと低学年児童を対象とした教授実験」に迫るわけで、二つの教授実験についての叙述と実験結果の考察がその主要内容となっている。

文字・記号操作の習得に関する教授実験

問題と目的：①文字・記号操作を入門期の児童に習得させるための教育プログラムの作成、②その教育プログラムによる教授学習の組織、③児童の学習過程における心理的諸変化の記録、④児童の学習効果の検討。

方法：実験は統制群法によって行われ、種々の評価テスト（事前テスト）の結果にもとづいて実験群と統制群の児童が抽出された。実験群の児童には、所定の教育プログラムによる教授がなされたが、統制群の児童にはその間特別な教育はなされず、評価テストのみが課された。

1. 教育プログラム：教育プログラムの最終目標を「量の倍関係（数の一般形式）を表す文字・記号操作を知的次元において遂行できる能力を形成すること」におき、ダヴィドフらの知見を参考にして以下の原理によって教育プログラムを作成した。
 - 1) 数概念のもっとも一般的な形式（数概念の発生的原緒的形式として、“二量の比”の関係を $A/C = N$ とモデル化したもの、A：測定対象、C：単位、任意の量、N：数）を習得させる。
 - 2) この一般的形式の発生的条件を児童に検討させるために連続量についての測定行為を形成する。
 - 3) 文字・記号を、これらの測定行為から発生する内容（関係）を定着させるものとして早期に導入する。
 - 4) 児童において未形成、未発達であり、かつ発達させることが必要である諸行為、

操作を意図的に形成する。

- 5) これらの行為、操作を、事物的物質的レベルにおいて形成し、漸次、内的知的レベルに移行（内面化）させる。
- 6) この移行を確実なものにするために1)に述べた一般的形式の獲得の方法を、①大人による行為の見本の提示（DEMO）、②大人と児童との共同での当該行為の遂行（EXC）、③児童の独力での当該行為の遂行（TASK）という3つの階梯を設定する。

教育プログラムの最終目標に至る過程は、4つの単元（ブロック）によって構成され、それぞれのブロックは約10個の小単元（ステップ）に細分化されている。各ブロックのテーマとステップの数は次のとおりである。

ブロック1：パラメーター（量の属性）の分離（12ステップ）

ブロック2：文字式とその性質（10ステップ）

ブロック3：加減操作と文字式（11ステップ）

ブロック4：分数の基礎（9ステップ）

児童はこれら43個のステップそれぞれについて、TASKの独力での解決が基準を満たさないと次のステップの学習に移ることはできない。また、各ブロックの学習終了後に評価テストが課され、一定の基準を越えた場合にのみ次のブロック学習へと移ることができた。

2. 教育材料：長さ、広さ、かさ、重さ、などの量をもつ紙テープ、粟、ひえ、粘土、水など、および等・不等号、加減記号、A～Fのアルファベット文字がプリントされたカード。
3. 評価テスト：次の3種類が課された。

- 1) 事前（事後）テスト：教育プログラムの教育効果を評価、分析する。（量の保存、量の測定、文字・記号操作についての課題）
- 2) 学習チェックテスト：各ブロックの学習内容の習得状態を明らかにし、次のブロックの学習への移行の可否を判定する。（各ブロックの学習内容のうちの基本的な内容より構成）
- 3) ブロック間テスト：教育プログラムの全体の効果の中での各ブロックの寄与を分析する。（長さ、広さの測定行為、文字表記、文字式の4種類の課題）

被験児：目黒区宮前小学校2年1クラス（42名）のなかから、第1回の事前テストの結果、測定行為および文字・記号操作の習得状態が不完全もしくは未形成の児童12名。彼らはランダムに実験群、統制群（それぞれ男女各3名）に分けられた。

訓練者：著者および心理学専攻の大学生（女子）2名。

実施期間等：1978年12月～1979年3月下旬の約4カ月間。児童は原則として週2回、放課後に教室もしくは理科室で個別に学習した。1回の学習所要時間は約50分。

結果と考察：実験群の児童は1人の脱落者もなく、所定の教育プログラムのすべての課程を終了した（もちろん、個々のステップの学習回数、各ブロックの学習に要した時間などは、さまざまに異なるにしても）。

このことは、本教育プログラムが小学2年生に受容され、その内容が彼らによって習得されたことを示しているとみてよいであろう。また、各種の評価テストによっても、実験群の児童の測定行為、文字・記号操作の能力はともに、統制群の児童より高い水準に達していることが示された。

このことが生じたのは、測定行為を形成する過程の中で、この行為とその結果を文字・記号で表現する能力が獲得され、同時にまた、この文字・記号操作がしだいに内面化され、形式的次元へと移行したからであろう。

また、以上の結果は、この実験においてとられた教授原理が、小学校低学年の児童の文字・記号操作の形成にとって有効であったこと、さらに児童の知識習得の可能性が、従来一般に推測され信じられていた程度よりも遥かに大きいことを示唆するものではなからうか。したがって、知識習得の過程は、児童と彼らの内的変化をひきおこす教育的処置との相互関係において成立し、その習得の成否は教授原則に強く左右されるといってよいであろう。

ともかくこの実験では、文字・記号操作の習得過程、その習得の可能性を明らかにすることが主な課題であったので、代数的な諸概念の習得については考察することができなかった。この問題については次の実験で検討することになる。

方程式の基礎の習得に関する教授実験

目的：数学的基礎概念の習得にとって不可欠である代数概念に直結する未知数（量）を表記するものとしての文字・記号（ x 、 y 、 $+$ 、 $-$ 、 0 など）の操作を形成することを目的とした。そして、この目的達成をめざして、①方程式の基礎の習得の教育プログラムを作成し、②それによる教授、学習を組織し、小学2年生の知識習得の可能性を明らかにする、という下位目標を設定した。

方法：おおよそ、前回の実験で用いた方法を踏襲している。教育プログラムの一部を手直して、新たに1つのブロックを追加した。

1. 教育プログラム：教育プログラムの構成原理には変更はないが、前回の実験で用いたブロック3と4との間に、新たに「方程式の基礎」を挿入した。したがって今回の

ブロックのテーマおよびステップ数は次のとおりである。

ブロック 1：パラメーターの分離（11ステップ）

ブロック 2：文字式とその性質（8ステップ）

ブロック 3：加減操作と文字式（10ステップ）

ブロック 4：方程式の基礎（11ステップ）

ブロック 5：分数の基礎（7ステップ）

以上の5ブロック、47ステップからなる教育プログラムは、前回の実験の場合と同じ手順で児童に与えられた。なお、新しく追加されたブロック4の学習内容は、①未知量を x 、 y で表記すること、②移項、③0（ゼロ）、+（プラス）、-（マイナス）の意味、の学習が中心となっている。

2. 教育材料：前回用いたものとはほぼ同じ。ただし、 x 、 y 、0などの文字・記号カードが追加された。

3. 評価テスト：事前・事後テスト、学習チェックテスト、ブロック間テストを課した。

ただしテストの内容は、前回のものを変更したものである。

被験児：仙台市荒町小学校2年生1クラス（43名）の中から、最初の事前テストの結果にもとづき、前回と同一基準によって12名（男女各6名）を抽出し、さらに事前テストの得点がクラスの上位に位置する児童2名（女）を抽出した。これら14名の児童は、ランダムに、ただし男女の構成が同じになるように、実験群と統制群（各群とも男3、女4）に分けられた。

訓練者：大学の学生7名（男2名、女5名）。著者は全体の監督にあたる。

実施期間等：1979年11月～1980年4月初旬の約5ヶ月間。学習は週3回、月・水・金曜日の放課後。教室または理科教室で個別に行われた。各児童は原則として同一の訓練者によって教育された。

結果と考察：本実験においても、実験群の児童はステップの学習のくり返しなどを要した者がみられたが、1人の脱落者もなく所定の教育プログラムの全課程を終了することができ、この実験的教育プログラムが受容された。

特筆すべき結果は、事前テストの成績が上位であった児童は、すべてのブロック（ステップ）の学習をほとんど誤りなく、所要時間も他の児童よりはるかに短く、すべての学習を終了したことである。

また、実験群の児童の事後テストの結果は、このテストと同一の内容、手続によって仙台市内の他の小学校1～6年生に対して行われたテストの成績に比較して、多くの課題で後者の6年生に匹敵しうる高い水準に達していたのである。

これらのことから「方程式の基礎」というテーマのもとに構成されたブロック4の学習内容も容易に習得されること、また、本教育プログラムに内包された教授原理が有効であること、が検証されたといえるであろう。

(6) 結論：

“形成的方法”の立場に立って、小学校児童の測定行為および文字・記号操作能力の発達について検討してきたが、すでにみたように、適切な教育プログラムによる教授学習課程を組織するなら、小学校低学年の児童においても、方程式の基礎を含む文字・記号操作を習得することが可能であることが証明されたとみてよいであろう。

かかる高次の習得を可能にした最大の要因は、すでに述べた教育プログラムの構成原理に求められねばならないのではなかろうか。

以上の知見から、現実の教育とくに入門期の児童に対する数学学習の教授法に対して、次の諸点を提言できよう。

1) 数概念と量概念は異なるものであるという前提に立ちながらも、2) 数の発生的根拠としての量(連続量)に対する測定行為を形成し、3) 同時に数の言語としての文字・記号操作を早期に導入して、4) これらの行為、操作を具体的事物的次元において遂行させ、漸次に知的内的次元に移行できるように教育プログラムを組織すること。

以上が本論文の内容の要旨である。

論文審査結果の要旨

本論文の内容の要旨も示唆するであろうが、本研究はその最終的な研究課題である「量の測定行為の形成を基礎とした『文字・記号操作習得』の教育プログラムと低学年児童を対象とした教育実験」に到達するまでに必要と考えられる限りの調査・実験研究を丹念かつエネルギーに積み重ねてきた正に労作であり、その得た成果も教育心理学界ならびに数学教育の領域に貢献するところ大きいものがあると考えられる。したがって結論から先に言えば本論文は、教育学博士の学位に十分に相当するものと判定できる。

しかし、それでもなお次のような問題点があることを指摘せざるをえない。

1) 著者は、かなり広範に数学教育の歴史と理論を展望するのであるが、展望の構成と内容それへのアプローチが、著者の展開した実験的調査的研究とどう対応するかが明確ではない。その展望の内容が羅列的であるという印象を与える原因はそこにあるのであろう。また、日本の数学教育史に大きな足跡を残した小倉金之助の業績を検討する必要はなかったであろうか。

2) 著者は、児童に個別に行う教授実験の段階では、低学年児にも文字・記号操作の能力ないし代数的操作の基礎能力を習得させることに成功している。しかし、それはあくまでも個別の指導によってであったことを反省しなければなるまい。集団的な学級に対する授業ということになると、果して個別指導の場合のような成果をあげることができるであろうか。本研究の教授学習の過程においてさえも、速く習得する児童と、いくたびかブロック学習ないしステップ学習をくり返さざるをえなかった児童という個人差がみられたのである。さすれば集団的な授業において、基本的な代数的操作を児童に「落ちこぼれ」なく習得させるためには、よほどの教育技術が必要とされるのではなからうか。

3) 文字・記号操作の教授実験を受けた児童たちは、いったいその内容からいかなる印象を受けたのであろうか。この教授内容は、おおよそ、学校における日常の算数の授業とは異なった印象を児童に与えたはずである。このことが被験児の学習意欲、動機づけにいかに関与したかについての省察が必要ではなかつたらうか。

4) 外的な具体的な操作が、文字・記号化し内面化していくプロセスについての叙述ないし理論に今少し補足するところがなければならぬであろう。

本論文にはなお以上のような問題、ないし今後検討されるべき問題点はあるにしても、すでに述べたように大きなエネルギーを丹念に注いで、教育プログラムのいかんによっては、少なくとも個別指導では、文字・記号操作、基本的な代数的操作を低学年の児童にも習得させることができることを示唆する研究成果を得たことは、教育心理学と数学教育の分野に対する大きなかつ清新な貢献であるといえるのではなからうか。

よって、本研究は教育学博士の学位に十分に相当するものと認定する。