

小学校算数科教育における計算指導

－電卓の利用のあり方－

西村 宏太

指導教官：溝口達也

I. 研究の動機

小学校算数科において計算指導はどうあるべきなのかという漠然としたところから研究は始まった。そこで、学習指導要領（平成10年度版）の計算領域について調べていく中で「桁数の大きい数の計算，複雑な計算をする場面で第4学年以降では，そろばんや電卓を適宜用いる」という言葉に注目した。「なぜ，第4学年以降でなければいけないのか」。これが，最初の大きな疑問であった。そして，「桁数の大きい計算」や「複雑な計算」とは何を基準としているのか。そういった疑問がある反面，鳥取大学附属小学校教員に現状の電卓指導についての疑問点を聞いたところ，「これとって無い」という答えが多く聞かれた。教科書における電卓マークによる指導示唆をそのまま利用していると考えが，果たして電卓を有効に利用できているのだろうか。また有効に利用しようとしているのかという疑問が浮かんだ。ならば「電卓を有効に利用できる計算指導」を考え提示することができれば，これらの疑問を解決でき，小学校算数科の計算指導はどうあるべきかを考えることができると考え，研究はスタートした。

II. 研究の目的と方法

我が国の学習指導要領と CURRICULUM AND EVALUATION STANDARDS FOR SCHOOL MATHEMATICS (NCTM, 1989; 以下，単に standard) を読み進めていく中で，『子どもたちに全ての計算方法が提供（指導）され，子どもたちは各問題に適した計算方法を選択できる力を養う』指導を行いたいと考えた。しかし，例えば今の学習指導要領では「第4学年以降，電卓は適宜利用する」という文言で（教科書の電卓マークでの指導示唆はあるものの），教員がその場面を作りやすい環境（カリキュラム等）には至っていないために，

教員が，どうすれば子どもたちが自由に計算方法を選択できる問題場面を作ることが可能なかがはっきりと見えてこないのが現実である。

そこで，本研究は「全ての計算方法」の中の1つで，我が国ではあまり重要視されていない「電卓」に焦点を当て「子どもたちに全ての計算方法が提供（指導）され，子どもたちは各問題に適した計算方法を選択できる力を養う」計算指導を考えていくことにした。

まず，このような計算指導をするために，現行の計算指導をどのように改善すべきなのかを明らかにする上で以下の課題を設定した。

課題1: 「子どもたちに全ての計算方法が提供される」「問題に適した計算方法を選択できる力を養う」ためには計算指導をどのようにとらえるべきか。とりわけ，電卓指導についてどうとらえるべきか。

この課題の解決のために我が国の学習指導要領と NCTM の Standard において計算指導上どのようなことが目指されているのか，またその中でも電卓に関してどのような指導目標が設定され，指導されてきたのかを比較すること，教科書における電卓の利用のあり方をみていくことで，計算（電卓）指導をどのようにとらえるべきかを明らかにし，我が国においてどのような問題があるのかを明らかにすることを目的とする。

次に，電卓とその他の計算方法（暗算，筆算，見積り）との関連を示すために以下の課題を設定した。

課題2: 各計算方法はどのように関連づけられるのか。

この課題の解決のために，我が国の教科書におけるカリキュラムを基に，各計算方法の

関連図を示し、どのように関連づけられるかを明らかにしていく。そのことで「子どもたちが自由に計算方法を選択できる場面を作る」ための計算指導課程を述べる事が可能になる。

最後に、今後の計算指導のあり方を示すために以下の課題を設定した。

課題3. 電卓を用いた計算指導の実践は、いかにあるべきか。

各計算方法の関連より明らかになった「電卓」を用いた新たな計算指導の中より、その具体的に事例を示すことでこの課題を解決することを旨とする。

以上の通り研究課題を設定することで、各計算場面における指導のあり方、各計算方法の関連を示し、小学校の計算指導において最終的に子どもたちに自由に計算方法を選択できる問題場面を提供できる計算指導を表し『子どもたちに全ての計算方法が提供(指導)され、子どもたちは各問題に適した計算方法を選択できる力を養う』指導を示すことができると考える。

III. 章構成

第1章 研究の目的と方法

- 1.1. 研究の動機
- 1.2. 研究の目的と方法

第2章 現行の計算指導とその課題

- 2.1.我が国の計算指導の現状について
 - 2.1.1.学習指導要領における計算指導の課程について
 - 2.1.2.学習指導要領及び教科書における電卓の扱いについて
- 2.2.Standardについて
 - 2.2.1.計算指導の課程はどのようなものが目指されているか
 - 2.2.2.電卓の扱いはどのようなものか
 - 2.2.3.学習指導要領とStandardとの比較
- 2.3.我が国の計算指導の問題点と課題

第3章 今後の計算指導のあり方

- 3.1.電卓指導に当たって
 - 3.1.1.計算の意味(CalculationとComputation)
 - 3.1.2.筆算・暗算・見積りと電卓の関連性について
 - 3.2.小学校算数科における計算指導のあり方
 - 3.2.1.「筆算」「暗算」「見積り」と「電卓」の指導課程
 - 3.2.2.具体的事例における電卓指導のあり方

3.2.2-1アルキメデスの円周率の求め方

3.2.2-2具体的事例の実践

第4章 本研究の結果と今後の課題

- 4.1.本研究の結果・成果
- 4.2.今後に残された課題

引用・参考文献

資料

(1 ページ 35 字× 35 行, 75 ページ)

IV. 教科書における電卓マーク

算数において「かたち調べ」として身の回りに長方形を探すといった活動があるが、こういった場面ではおおよそ計算というものは問題とならない。しかし、ほとんどの場合なにがしかの格好で計算は関係してくる。そのときに、計算そのものが学習の問題・目標となるときとそうでないときがある。そうでない場面について、電卓の利用が促されることがあり得、積極的にそこでの計算の複雑さの負担を軽減してでも学習の目標を達成するにあたって、電卓の利用を促進しなければならないような状況がある。つまり、計算の複雑な処理が目標とされるのではなく、複雑さを処理するための新しいアイデアを生み出すことが目標とされ、そのために複雑な計算の負担を積極的に軽減する必要がある。そういった学習場面で電卓は使われる必要が出てくる。そこで、K社(平成14年度版)の教科書における電卓マークの場所をピックアップし教科書の電卓マークの意味を考察した。

教科書の電卓マークは3つの種類に分類された。

A; 計算過程が学習上の目的になっていない場合の電卓の利用

B; 計算負担を軽減することで目的の実現を促進するための電卓の利用

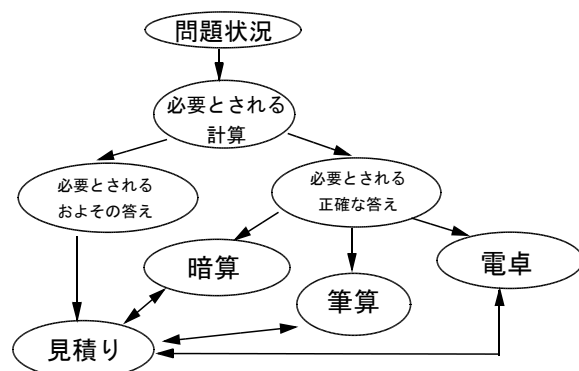
C; 電卓の計算結果と見積りとの比較場面における利用

以上のことから、タイプCはカリキュラム上、単元の中のものなのでこれ以上の発展は考えにくい。よってタイプA・Bをどのようにすれば、より積極的な電卓の利用が考えられるのかを考えることに至った。

V. 筆算・暗算・見積りと電卓の関連性について

Standard には、下図のようなモデルが示される。Standard では「コンピュータ」の選択項目があったが、我が国の小学校算数科の学習指導課程を考えると、コンピュータを利用する場面はほとんど見あたらない。よって、その項目を削除し、「見積り」「暗算（念頭で計算する）」「筆算（紙と鉛筆で計算する）」「電卓」の4つの計算方法が関連しあっていると考える。

まず、児童は問題状況に遭遇する。その問題が「おおよその答え」でいいのか「正確な答え」が必要になっているのかを判断する。おおよその答えでよければ「見積り」を選択し、正確な答えならば「暗算」「筆算」「電卓」のいずれかを選択し答えを導き出す。しかし、正確な答えを出す場合、その答えが見積りによって確認されるべきである。



VI. 「筆算」「暗算」「見積」と「電卓」の指導の課程

計算指導の課程を全学年の全単元において関連を示してきた（資料参照）。電卓指導においては以下のものが挙げられる。

- 電卓の表示される「数」、 $+$ $-$ \times \div を理解・計算できる
- 電卓でも同様に繰り上がりがないこと気づける
- 電卓でも同様に繰り下がりがないこと気づける
- 電卓では0を押して計算しても何も変わらないことがわかる
- 電卓においての0のかけ算について考えることができる。
- 電卓には括弧がないことに気づき、どのように**

すれば計算できるかを考えることができる

- 乗法の結合法則を考えて電卓でも計算できる
- 電卓では入力方法を考えなければ正しい答えが出ないことに気付く**

- 電卓では余りのある計算が小数で表され、計算できないことが理解できる
- 概数処理するために大きな数を計算をする
- 電卓で正確な答えを求められる
- 電卓を用いて円周率を求めたり面積を求めたりできる

- 電卓では分数計算ができないことに気づき、小数との関係に気付ける**

- 分数が計算できないが、小数との関係を電卓を用いて考えることができる**

- 電卓でも同様に計算（確認）ができることに気づく

とりわけ、

- ・計算順序における電卓の指導
- ・分数と小数との関連における電卓の指導
- ・円周率を求めるための電卓の指導

など、新たな指導法が考えられた。

まず、計算順序における電卓の指導では、筆算の計算時よりもより順序性を考えて計算しなければ答えが違ってくる場合があることに気付かせ、順序性の大切さを知り、さらに電卓の「メモリー」機能などにも絡ませて指導ができるであろう。

次に、分数と小数との関連において、電卓が安価で誰にでも手にすることができるようになってはいるが、関数電卓や分数計算ができる電卓などを持っている児童は極めて少ない。つまり、電卓において分数の計算はそのままではできない。しかし、分数は小数に表すことができ、小数の計算ならば電卓はできる。そこで分数と小数の四則計算の関係を深めるための電卓の利用が考えられるであろう。

最後に、円周率を求めるための電卓の指導が考えられる。これについては、次節で述べる。

VII. 具体的事例における電卓指導のあり方

本研究における「電卓の利用のあり方」のための具体的事例として、以下のものを準備した。これは、教科書の分類における「B.計算負担を軽減することで目的の実現を促進するための電卓の利用」場面に当てはまる問題となる。円周率と円周・面積の関係を求める

ものに電卓を関連づける例を挙げる。

今回、円とその円に内接／外接する正方形、正六角形、正十二角形から面積の関係・円周の関係そして円周率の関係を見つけ出していくという課題を提示し、その計算過程を電卓を利用して求めていくというものである。

円に内接・外接する正多角形から円周および面積を求めようとし、そこから円周率というものへの存在に気付くというものを目指している。そこで、コンパスで直径 10 cm（半径 5 cm）の円をかき、それに内接・外接する①正方形、②正六角形、③正十二角形を作図し、それぞれ 1 辺の長さ・周の長さ・面積を求め、円のそれぞれは内接・外接多角形の値の間にあるということから、円周率の存在に気がつくという流れを考えている。まず、なぜ直径 10 cm の円にするかという、はじめは 1 cm の円を考え、円周率がおおよそ 3.14 程度という関係性を求めさせようと考えたが、正十二角形を作図することが極めて困難になる。そこで 10 倍の 10 cm にすれば、作図が（直径 1 cm の場合より）容易になり、かつ直径 1 cm に変換するのも 1/10 をかければすむからである。そしてなぜ内接・外接多角形を「正方形」「正六角形」「正十二角形」にしたかという、アルキメデスの考え方を利用したこと、正十二角形が実測の限界になったからである。次のページの実測結果に示されるように、児童は定規でその長さを測る。つまり小数第 1 位はおおよその値となる。そう考えれば、正十二角形の一辺の長さの差がおおよそ 0.1cm となり、この図形が実測の限界になるということがわかる。

実際に小学生が実測する場合どのような値をとりうるかを考えるための実測をした。

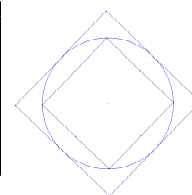
定規で実測する場合、小数第 1 位の値が目測であり、個人差が生じる。今回は、『Cabri Geometry II』の実測機能を利用し、小数第 2 位を四捨五入し、実測の理想値で計算をした。また、実測に当たっては、始めに直径 10 cm の円をかき、それに内接・外接する正 n 角形を作図する。それらの 1 辺の長さを測り、周の長さは「1 辺×n」、面積はそれぞれ 1 辺の値を利用して求めている。その後、直径を 1 cm にするために辺・周の長さは 1/10 倍、面積は 1/100 倍している。

○内接・外接が正方形の場合

| | 1 辺 | 周 | 面積 |
|----|--------|--------|----------------------|
| 内接 | 7.1cm | 28.4cm | 50.41cm ² |
| 外接 | 10cm | 40cm | 100cm ² |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 内接 | 0.71cm | 2.84cm | 0.541cm ² |
| 外接 | 1cm | 4cm | 1cm ² |

上段；直径 10 cm

下段；直径 1 cm に変換したもの

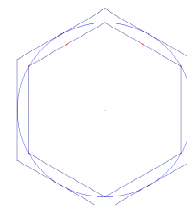


○内接・外接が正六角形の場合

| | 1 辺 | 周 | 面積 |
|----|--------|--------|----------------------|
| 内接 | 5cm | 30cm | 64.5cm ² |
| 外接 | 5.8cm | 34.8cm | 87cm ² |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 内接 | 0.5cm | 3cm | 0.645cm ² |
| 外接 | 0.58cm | 3.48cm | 0.87cm ² |

上段；直径 10 cm

下段；直径 1 cm に変換したもの



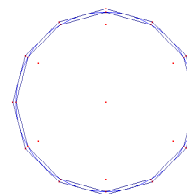
直径 10 cm の場合の面積を求める場合、中心と円との接点とを結ぶ三角形の高さが内接の場合 4.3 cm、外接の場合 5.0 cm であった。

○内接・外接が正十二角形の場合（実測の限界）

| | 1 辺 | 周 | 面積 |
|----|--------|--------|-----------------------|
| 内接 | 2.6cm | 31.2cm | 74.88cm ² |
| 外接 | 2.7cm | 32.4cm | 81cm ² |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 内接 | 0.26cm | 3.12cm | 0.7488cm ² |
| 外接 | 0.27cm | 3.24cm | 0.81cm ² |

上段；直径 10 cm

下段；直径 1 cm に変換したもの



直径 10 cm の場合の面積を求める場合、中心と円との接点とを結ぶ三角形の高さが内接の場合 4.8 cm、外接の場合 5.0 cm であった。

では、実際に授業にする場合、どのような問題提示を考え、どのようなことができるかを考えていく。

始めは「児童に直径 10 cm の円をかかせる」としていたが、電卓の積極的利用を促すことを考え、任意の円をかかせることにした。

この問題は、実測して円周率を求めることで興味関心を深めることができるであろう。また、任意の直径なので綺麗な整数値になっていない。それでも定規を使ってそれぞれの内／外接正多角形の長さを目測し、小数計算をする。それぞれが任意の直径で描いた円なので誰もが円周に関して同じ答えにならない。その中でおおよその円周をその直径でわるとクラス全体の値が「おおよそ 3」に収束する

ことに気づき、算数のおもしろさや一般性を感じる機会につながるであろう。

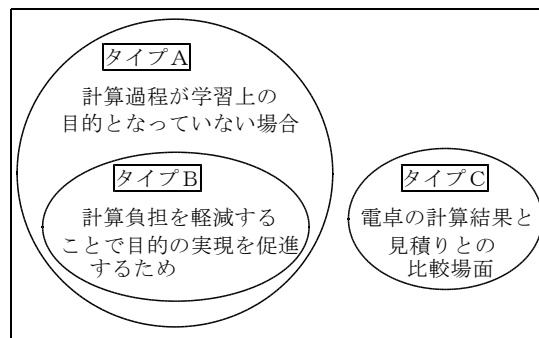
そもそも、任意の直径の円を描かせることは、児童個人にとって特殊なものになる。しかし、クラス全体（30～40人程度）が、それぞれ特殊な円を作図し、それぞれ円周を求めてみても当然それぞれの値は異なってくる。しかし、その値を直径でわると特殊であった数値がおよそ一般性をもってくることが感じること算数・数学の「特殊から一般へ」の考えを養う第一歩である。もちろんクラスの人数で30～40ケースのパターンの値がでてくるが、どれだけのパターンがあれば一般になるのかという議論は今回の場合は当てはまらない。それは、真の「特殊から一般へ」の考えではなく、あくまで「特殊から一般への考えを養う第一歩」の授業ととらえているからである。それに加え、アルキメデスの正96角形まで数値を求めたことを知ることはより「特殊から一般」の考えを印象づけるものになるであろう。

また、今回の具体的事例は電卓3分類のタイプB「計算負担を軽減することで目的の実現を促進するための電卓の利用」を基に考えてきたものである。任意の直径を設定し、それらの内/外接する正 n 角形の周の長さは小数で現れる。それらの計算を電卓によって求めることで、筆算での退屈な計算を避け、それによって生まれた時間を今回の目的となる「規則性を求める時間」に当てはめることができる一例となる。しかし、この問題をみると、タイプA「計算過程が学習上の目的となっていない場合の電卓の利用」にもあてはまるのである。内/外接する正 n 角形の周の長さを求める計算過程はもちろん学習上の目的ではない。しかし、電卓を利用して計算を求めて「円周率は3」という目的を得ようとしているのである。つまり、タイプBはタイプAに含まれることがわかる。

このことから、電卓の利用において下のような関係がいえる。

つまり、電卓が用いられる計算場面においては「計算過程が学習上の目的となっていない場合」または「電卓の計算結果と見積りとの比較場面」のどちらかの場合で、前者の場合「計算負担を軽減することで目的の実現を促進するための利用」の場合が含まれることとなる。

<電卓が用いられる計算場面のタイプ>



VIII. 本研究の結果と今後の課題

本研究「小学校算数科教育における計算指導～電卓の利用のあり方～」として電卓の有効な指導の仕方を考えてきた。その中で「子どもたちに全ての計算方法が提供（指導）され、子どもたちは各問題に適した計算方法を選択できる力を養う」ことを目標に研究を進めてきた。

まず、

課題1 『子どもたちに全ての計算方法が提供される』『問題に適した計算方法を選択できる力を養う』ためには計算指導をどのようにとらえるべきか。とりわけ、電卓指導についてどうとらえるべきか。』

という課題に対して、計算指導において、「児童はいつ計算する必要がある、そして正確な答えを要求されているのか、近似的な回答を要求されているのかを決定できる」ようになり、「最も適当な道具を選び使うことができる」「適当な手順を選び解答を見つけ、その答えの妥当性を判断できる」ようになるべきであるととらえ、とりわけ電卓指導について「電卓はいつでも全ての児童・生徒が利用できるように準備されるべきで、退屈な筆算をするよりか電卓を用いてそれによって生まれた時間を考える時間に充てるということ」ととらえるべきであることに至った。また、電卓を利用する問題は3つに分類でき、それらは「A. 計算過程が学習上の目的となっていない場合の電卓の利用」「B. 計算負担を軽減することで目的を促進するための電卓の利用」「C. 電卓の計算結果と見積りとの比較場面における利用」という分類ができ、「B. 計算負担を軽減することで目的を促進するための電卓の利用」は「A. 計算過程が学習上の目的となっていない場合の電卓の利用」に

含まれることが明らかになった。次に

課題2 「各計算方法はどのように関連づけられるのか。」

という課題に対しては、必要とされている解答において「見積り」か「暗算、筆算、電卓のいずれか」が選択され、後者の場合は見積りで解答の妥当性を確認すべきであり、また現行の教科書カリキュラムより計算指導の課程を作成することができた（本稿 P,34 及び P,37 ~ P,51 参照）。そのことにより「この計算方法をどこまで学習していれば電卓ではこのような指導が可能になる」「電卓でここまで学習できていれば、他の計算方法ではこのようなことができる」といった関係が示せた。最後に

課題3 「電卓を用いた具体的事例はどのようなものがあるのか。」

という課題に対して、課題2で明らかになった新たな電卓指導「計算順序における電卓の指導」「分数と小数との関係における電卓の指導」「円周率を求めるための電卓の指導」より、本研究では「円周率を求めるための電卓の指導」を具体的事例の実践として示すことができた。

残された課題としては、今回は計算指導課程を K 社の教科書のカリキュラムを基に作

成したが、今度はより電卓の利用を促進できる新たなカリキュラムを基にしたがらの指導の課程を考えていくべきと考える。

次に、今回は「円周率を求めるための電卓の指導」として簡略した指導案を作成したが、より実態に即した（例えば内接/外接正多角形のかき方も踏まえた）指導案や新たな電卓指導の残りの2つも具体的事例を用いて示していかなければならない。

IX. 論文における引用参考文献

小学校学習指導要領解説 算数編/文部科学省/ 1999
 中学校学習指導要領解説 数学編/文部科学省/ 1999
 CURRICULUM AND EVALUATION STANDARDS FOR SCHOOL MATHEMATICS
 / National Council of Teachers of Mathematics / 1989
 21世紀への学校数学の創造「数の問題における計算手続きについての決定」/筑波出版会/ 1997
 これからの学校数学を考える/日本数学教育学会/ 2004
 アルキメデスを読む /上垣 渉/ 1999
 K社 平成14年度版算数教科書(第1学年~第6学年)
 本当の学力がつく「新しい算数」/吉川 成夫/ 2002
 IEA 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査 国際調査結果報告(速報)/国立教育政策研究所/ 2004

(資料)「筆算」「暗算」「見積り」と「電卓」の指導課程(抜粋)

| | | | | |
|------------|--|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 分数 | <ul style="list-style-type: none"> 同分母分数の加減計算 商を表す分数の意味(分数の第二義) 小数と分数の関係 等しい分数 | 数値が妥当であるか判断できる | 同分母の分数の加減ができる。小数との関係に気づける | 電卓では分数計算ができないことに気づき、小数との関係に気づける |
| 割合 | <ul style="list-style-type: none"> 割合の意味とその計算 全体と部分、部分と部分の割合を求める問題 百分率の意味 百分率を使った問題 帯グラフ、円グラフのよみ方とかき方 | どのくらいの割合になるかを見積もることができる。 | 割合を示すための計算ができる | |
| 円 | <ul style="list-style-type: none"> 円周と直径の関係と円周率の意味 円の面積の求め方と公式 | 数値のおおよその見当が立てられる | 円の面積を求めることができる | 電卓を用いて円周率を求めたり面積を求めたりできる |
| 6 整数 | <ul style="list-style-type: none"> 倍数、公倍数、最小公倍数の意味とその求め方 約数、公約数、最大公約数の意味とその求め方 公倍数、公約数の問題 | | 倍数、公倍数、公約数を求めるための計算ができる | |
| 分数のたし算・ひき算 | <ul style="list-style-type: none"> 分数の性質と等しい分数 約分の意味とその仕方 通分の意味とその仕方 異分母分数の加減計算 | 数値が妥当であるか判断できる | 異分母の分数の加減ができる。小数との関係に気づける | 電卓では分数計算ができないことに気づき、小数との関係に気づける |
| 立体 | <ul style="list-style-type: none"> 直方体、立方体の概念 | | | |