

関数教育における数式処理電卓の 短期利用とその効果

梅野 善雄

Several Effects on Studying Functions
with the Short-term Use of Algebraic Calculators

UMENO Yoshio

日本数学教育学会高専・大学部会論文誌別刷
(Vol.10 NO.1 August 2003)

関数教育における数式処理電卓の短期利用とその効果

梅野 善雄*

Several Effects on Function Class with the Short-term Use of Algebraic Calculators

UMENO Yoshio*

Abstract:

We lent algebraic calculators to our students, for one month, in the function class. Students used the calculators for help or to confirm their answers. With the students' use of the calculators, the following was observed: (1) The class was fun. (2) Mathematical understanding was deepened. (3) Low-achieving students felt their mathematical questions were solved, so they often used the calculators. (4) The more they used the calculators, the more they grew accustomed to understand mathematics. (5) The students who were poor at operating a computer were also poor at operating calculator.

The short-term use of algebraic calculators, in the function class, was very effective, however we need to study how effective the calculator would be for other mathematics classes, in the same situation.

Keyword: algebraic calculator, function, short-term use

1 はじめに

近年, 高専の数学教育においてグラフ・数式処理電卓の活用報告が増えてきた。グラフ電卓は関数のグラフを簡単に表示でき, 数式処理機能を持つものは数学的な試行錯誤を学生に行わせることもできる。福井高専では数式処理電卓を学生に個人購入させている [1]。その電卓を利用した授業では, 教師が説明すべき 2 次関数のほとんどの主要な性質を学生 (新入生) に指摘されたことが報告されている [2]。石川高専では, 入学時から数式処理電卓を 2 年間貸与し, いろいろな探求活動を行う中で, 積分を学習前の学生に区分求積法の考え方が自然に芽生えてきたことを報告している [3]。金沢高専では, グラフ電卓を学生に個人購入させて実データを利用した特色ある授業が行われている。そこでは, 学生が実データの収集や数学的モデル化を行い, その式の妥当性の検討まで行っている [4]。著者も, 平成 12 年度の本校 2 年生に数式処理電卓を貸与し, 授業内容への理解度の高まりや, 電卓を貸与しないクラスと比べて数学の授業に対する不安感が有意に減少するなどの効果を得ている [5, 6]。

グラフ・数式処理電卓を活用した数学教育では, このような多くの効果が報告されている。しかし, このようなテクノロジーの活用が効果的なのはどのような学生に対してであるのか, その効果に成績による差はあるのか, 学生に個人購入させることができない場合は学生に貸与し

*一関工業高等専門学校, 一般教科, 岩手県

Ichinoseki National College of Technology, Ichinoseki-shi, 021-8511, Japan

て利用させることになるが，短期間の貸与ではどの程度の効果が期待できるのだろうか．そもそも，この電卓を効果的に使用させるには，どのような教材を用意すべきでなのだろうか．実際に利用しようとする，検証すべきことは山積している．したがって，このような新規の機器を使用した数学教育を行うには，その効果をもう少し詳細に検討することも必要と思われる．

著者は，このうち，短期貸与の効果を調査すべく，平成 13 年度の本校 1 年生の関数の授業で，1ヶ月間数式処理電卓を貸与した．ここでは，その実践例をもとに，この電卓を関数の授業で利用した場合の効果を，さまざまな角度から分析する．

2 数式処理電卓を貸与した授業

2.1 数式処理電卓と，その貸与目的

ここで使用する電卓は，テキサス・インスツルメント社の数式処理電卓 TI-89 である．この電卓は，関数のグラフを簡単に表示できるのみならず，高度の数式処理を行うことができる[†]．本校では，平成 13 年度当初で TI-89 を 90 台購入済みであるが，1 年生全員に貸与できるだけの台数ではない．そこで，不足分はメーカーの無償貸与制度を利用した．無償貸与が可能な期間は限られているので，貸与時期を年度末の 1ヶ月前 (1 月下旬) とし，その時期までは電卓を使用しない普通の授業を行った．

ただし，電卓を貸与後に電卓を利用させる十分な時間を確保するため，学生には板書をノートを取らせない授業を心掛けた [7]．つまり，その時間の授業内容をあらかじめプリントに作成して配布し，板書を写すことよりも説明を聴くことに集中させた．このプリント主体の授業は学生からも好評で，授業はきわめて効率的に進んだ．そして，電卓を貸与予定の 1 月下旬には教科書の内容を終えることができた．

著者の平成 12 年度の実践 [5] では，この電卓を学生にできるだけ活用させる方向の授業を試みた．この電卓の活用法を考えながら，日々の教材を新規に作成するのは容易なことではなかったが，それに見合うだけの効果は得られたと考えている．そして，そのときの学生の反応から，新たな教材を作成して教師側が電卓利用を働きかけなくとも，単純な「答え合わせ」として学生に使用させるだけでも十分大きな効果が得られるのではないかと思われた．

そこで，平成 13 年度は，1ヶ月間単純な「答え合わせ」として使用させた場合の効果の検証を目的として電卓を貸与した．また，平成 12 年度の実践では，電卓の操作に最後までなじめない学生もいた．そのような学生は，コンピューター操作も苦手とする学生ではないかと推測されるので，そのことの調査も併せて行うこととした．

2.2 高専 1 年の「関数」の内容

本校の 1 年生の数学 (6 単位) は，基礎数学 I と基礎数学 II の 3 単位ずつに分割され，関数は基礎数学 II で扱っている．著者は平成 13 年度の本校 1 年生の基礎数学 II を担当し，全 4 クラスで授業を行った．使用教科書は，森北出版の「新編高専の数学 1 (第 2 版)」である．関数の内容は，2 次関数，べき関数，無理関数，分数関数，逆関数，指数関数，対数関数，そして三角

[†]機能の詳細は，メーカーの HP を参照されたい． <http://www.naoco.co.jp/>

関数である．高専の専門科目の学習で必要となる初等関数の大半は 1 年で学ぶことになる．ここでは，これらの関数の基本的な性質やグラフ，そして一般の関数 $y = f(x)$ のグラフの平行移動や対称移動などについて学ぶ． x 軸との交点の座標を求めるときは，いろいろな方程式の解法についても触れることになる．なお，自然対数，逆三角関数，そして双曲線関数については，2 年以降の微積分の学習の中で現れる．

2.3 数式処理電卓を利用した授業の内容

学生に電卓を貸与しても，学年末試験までは 1 ヶ月（12 時間）しかない．貸与期間が短いこともあり，数学の理解度に電卓操作の習熟度による差が出ることは好ましくない．そこで，電卓貸与中の時間は既習の関数の総復習の時間として位置付け，必ずしも電卓を必要としない問題内容を心掛けた．問題の作成では，米国の教科書も参考にした [8]．学生には，特に，以下の理解を得させようとした．

- 基本的な関数のグラフや，その特徴に対する理解
- グラフの平行移動や対称移動に対する理解
- グラフと座標軸との交点の求め方に対する理解
- 関数記号 $f(x)$ に対する理解
- 関数と，その座標データを示した表に対する理解

図 1 は学年末試験の問題である．電卓貸与中の授業内容は，この問題を解けるようになるため

《関数》後期期末試験問題

1 次の空欄を埋めよ。

(1) $y = \sqrt{2x}$ のグラフを y 軸に関して対称移動すると $y = \underline{\hspace{2cm}}$ となる。これを、さらに x 軸方向に 1、 y 軸方向に -1 だけ平行移動すると $y = \underline{\hspace{2cm}}$ のグラフになる。

(2) $y = 2^{2-x} + 3$ のグラフを x 軸に関して対称移動すると $y = \underline{\hspace{2cm}}$ となる。これを、さらに x 軸方向に -3 、 y 軸方向に 4 だけ平行移動すると $y = \underline{\hspace{2cm}}$ のグラフになる。

2 次の条件をみたす関数 $y = f(x)$ を、具体的に一つ上げよ。

(1) 点 $(2, 1)$ を通り、つねに $x \leq 2$ 、 $y \geq 1$ (2) 直線 $x = 1$ だけを漸近線にもち、原点を通る

(3) $x = 2$ 、 $y = -1$ を漸近線にもち、原点を通る (4) $-1 \leq y \leq 3$ で、 x が 4 変化するごとに同じ値を繰り返す

3 与えられた関数 $f(x)$ に対して、指定されたものを求めよ。

(1) $f(x) = x^2 - 2x$ のとき、 $f(x+h) - f(x-h)$ (2) $f(x) = \frac{x}{x-1}$ のとき、 $f\left(\frac{1}{x+1}\right)$

4 次の関数 $y = f(x)$ の $0 \leq x \leq 1$ の値を、幾つかの x に対して表にしたものである。この関数のグラフは切れ目なくつながっているものとして、次の問に答えよ。

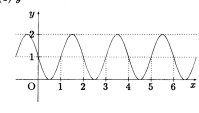
x	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
y	1.00	0.80	0.60	0.40	-0.60	-1.40

(1) この関数を $0 \leq x \leq 1$ で考えたときの逆関数 (2) 関数 $y = f(1-x)$ についての表をつくれ。

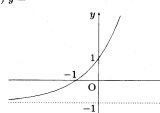
x	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
y						

5 次のグラフは、どのような関数のグラフか。その関数の式をかけ。

(1) $y =$



(2) $y =$



6 次の関数のグラフをかけ。 x 、 y 軸との交点があるときは、その座標も求めること。漸近線を持つときは、漸近線も書き込むこと。

(1) $y = x^2 + 2x - 1$

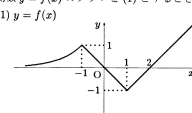
(3) $y = -\sqrt{x+3} + 2$

(2) $y = \frac{1}{x+2} + 1$

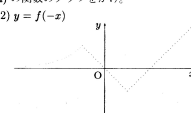
(4) $y = 2 \cos x - \sqrt{3}$

7 関数 $y = f(x)$ のグラフを (1) とするとき、(2)～(4) の関数のグラフをかけ。

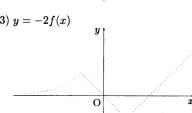
(1) $y = f(x)$



(2) $y = f(-x)$



(3) $y = -2f(x)$



(4) $y = \frac{1}{f(x)}$

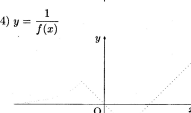


図 1: 学年末試験の問題

の問題演習を行ったことになる。いずれも、電卓がなければ解けないような問題ではない。学生は、このタイプの問題を考える中で、答えあわせや思考の補助として電卓を利用した。

3 数式処理電卓の利用効果

3.1 数式処理電卓の利用に対する学生の反応

数学の学習に数式処理電卓を利用したことに対する学生の感想や、使用頻度による学習上の効果などを調べるため、最後の授業時間に質問紙調査を行った。有効回答は 160 名である。以下に、その主な項目への反応を示す。なお、学生には、この電卓を「数ナビ」と呼ばせている[‡]。

表 1: 電卓使用に関する学生の感想

質 問 項 目	は い	中 間	いいえ
(1) 数ナビを使う授業はおもしろい	79.4	18.8	1.9
(4) 数ナビを家や寮で勉強するときも使った	53.1	20.0	26.9
(9) 数ナビを使って新しく発見したことがある	37.5	43.1	19.4
(12) 数ナビを利用すると数学の理解がさらに深められる	57.5	40.0	2.5
(13) 数ナビのおかげで数学が前よりおもしろくなった	43.8	50.6	5.6
(15) 数ナビを使って数学が前より分かるようになった	51.3	45.6	3.1
(17) 数ナビを使うと難しい内容も簡単に見えてくる	51.9	32.5	15.6
(19) 数ナビは、数学上の疑問をすぐに解決してくれる	30.6	53.8	15.6
(20) 数ナビがあると、自分で考えなくなる	25.0	46.3	28.8
(22) 数ナビが近くにあると、問題を解くとき安心だ	73.1	21.3	5.6

有効回答は 160 名。「どちらともいえない」は「中間」とした。(%)

これを見ると、多くの学生はこの電卓の使用を好意的に受けとめていることが分かる。否定的な回答が極めて少いことが特徴としてあげられるであろう。特に、「(1) 授業がおもしろい (79.4%)」「(12) 数学の理解がさらに深められる (57.5%)」「(15) 数学が前よりも分かるようになった (51.3%)」など、「分かる」という方向に強い反応が現れている。その反面、「(20) 自分で考えなくなる (25.0%)」という声もあり、使用のさせ方には注意が必要と思われる。以上の傾向は、平成 12 年度の調査でも同様であった [5]。

3.2 電卓の使用状況からみた学生の意識

ここでは、成績、電卓操作への習熟度、そして電卓の使用頻度を軸に、電卓の利用はどのような学生にどのような効果があるかをみてみたい。

まず、成績は、関数の学年末試験の成績により全体を「上位 (40 名)」「中の上 (42 名)」「中の下 (38 名)」「下位 (41 名)」に区分した。なお、学年末試験の問題は、電卓を貸与後に行った

[‡]数式処理電卓のような高度の数式処理が可能なハンドヘルドテクノロジーは、数学の問題を考える場合の思考のツールとして利用できることから、このような機器を数学ナビゲーター（略称「数ナビ」）と呼ぶことを石川高専の阿蘇和寿教授は提唱している。

「関数の総復習」としての問題である(図1)。

電卓操作の習熟度は、貸与した電卓に関して具体的な操作項目を上げ、その各項目の操作ができるかどうかを「はい」「いいえ」の2件法で回答させた。そして、「はい」の数が多いほど、電卓の操作に習熟しているとみなした。具体的な操作項目としては、たとえば「私は、 $y = \sin x$ のような関数を定義して、そのグラフを表示させることができる」「私は、グラフ画面の x , y の範囲を、自由に変更することができる」などの、計16項目である。これらの項目に対する回答から、個々の学生ごとに「はい」の数の合計を求めた。その数は0~16の範囲に分布し、平均は11.76、標準偏差は3.060であった。そして、その数をもとに、全体を「良好(37)」「やや良好(37)」「やや不良(47)」「不良(39)」の4つに区分した。

一方、この電卓をどの程度利用したかは、次の3つの質問項目への反応からみようとした。

- (4) 数ナビを家や寮で勉強するときも使った。
- (10) 数ナビを私は授業で使うときしか使用しない。
- (24) 数ナビはできるだけ使わないようにしてきた。

(4)は「はい」「どちらでもない」「いいえ」の回答にそれぞれ2点、1点、0点を与え、(10)(24)では逆に0点、1点、2点を与えた。そして、3項目への回答の合計値を求めた。その値は0~6の範囲で分布し、値が大きいほど電卓の使用頻度が高いと判断することにした。全体の平均値は3.68、標準偏差は1.824である。この合計値をもとに、0~1を「低い(28名)」、2~4を「中間(63名)」そして5~6を「高い(69名)」として区分した。

図2は、成績と電卓の習熟度との関係をみたものである。成績上位の者は、電卓の操作によく習熟している者が多いといえるだろう。70.0%が「良好」または「やや良好」である。それ以外の成績区分では、「良好」「やや良好」を合わせても40%以下である。特に、成績「下位」の者では、電卓操作の習熟度が「不良」に区分される者が34.1%もいる。

図3は、同様のことを電卓の使用頻度との間でみたものである。これをみると、電卓操作の習熟度が良好とはいいがたい成績下位の者ほど、使用頻度が高いことが分かる。成績下位に区分される学生の56.1%は、この電卓をかなりの頻度で使用している。一方、この成績下位の者は、使用頻度が低い者の割合も他の成績区分と比べると多い。中間に位置する者が少ないことから、成績下位の学生の電卓使用のあり方は、両極端に分離していることがうかがわれる。

図2と図3の結果は一見すると矛盾しているように見えるが、これを電卓使用に関する学生の感想と重ね合わせてみるとその理由が浮かび上がってくる。図4と図5を見ると、成績が下

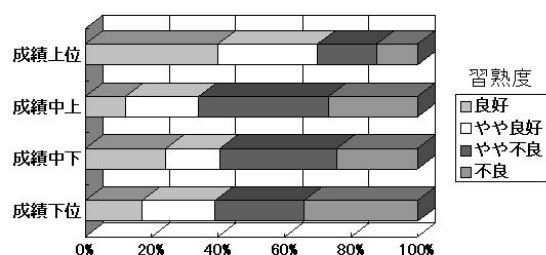


図 2: 成績区分と電卓の習熟度

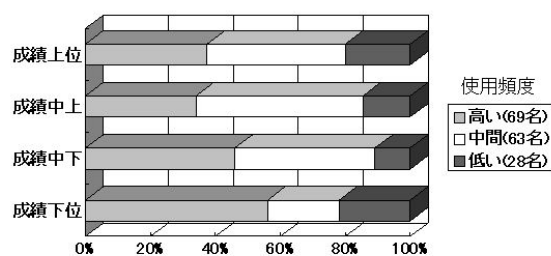


図 3: 成績区分と電卓の使用頻度

位にある者ほど「数ナビを使って数学が前より分かるようになった」「数ナビは数学上の疑問をすぐに解決してくれる」と答える者が多い．成績下位の学生は，他の成績区分にある学生と比べて分からない部分を多く抱えていると思われるが，下位にある学生ほど自力で解決することは困難であろう．そして，下位にある学生ほど，教師に質問に来る学生は少数である．成績が下位にある多くの学生は，分からないまま放置してしまうのが実状ではないだろうか．

学生に貸与した電卓は，関数を定義すれば即座にグラフが表示される．必要があれば拡大・縮小も容易で， x 軸との交点の座標や最大値・最小値を求めることもできる．つまり，学生は，この電卓を利用することにより，自分の分からない部分を自分で調べることが可能になる．そのことが，図 3 のような結果として現れたのではないかと推測される．

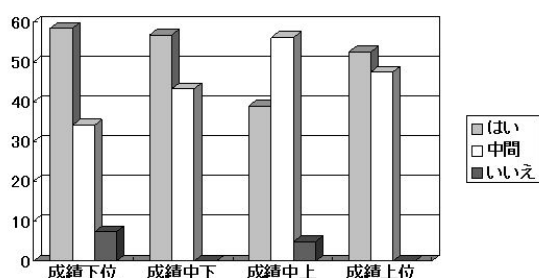


図 4: 前より分かるようになった

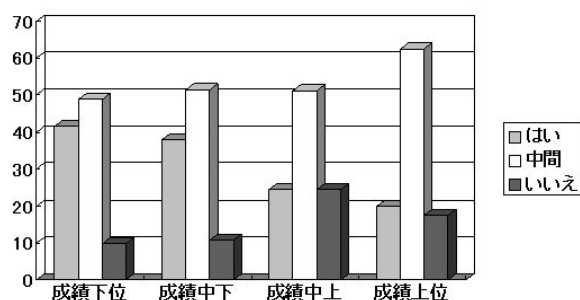


図 5: 数学上の疑問を解決してくれる

一方，図 6 は，図 4 と同じ質問項目に対する回答を電卓の使用頻度別にみたものである．使用頻度が高まるにつれ，「数学が前よりも分かるようになった」と答える割合が増加している．電卓の使用頻度の高い者の 63.8% は「数学が前よりも分かるようになった」と答えているのに対して，使用頻度の低い者では 28.6% にしかすぎない．電卓の使用頻度が高まるにつれ，この電卓を利用すると分からなかった部分が分かるようになることを，使用した学生自身が実感してきたのではないかとと思われる．

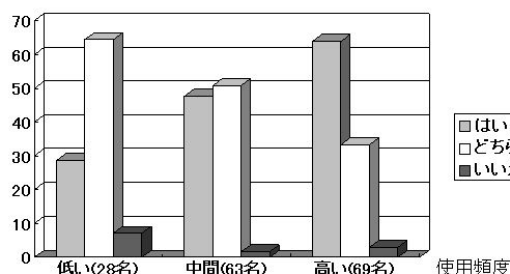


図 6: 前より分かるようになった

このように見てくると，数式処理電卓を関数の学習で短期貸与して利用させたときの効果は，成績が下位にある学生にほど強く現れているように思われる．そこで，成績下位の学生が実際にどのように感じたのかを，質問紙調査の自由記入欄に記載された学生の生の感想でみてみたい．以下は，学年末の成績が平均以下の学生の主な感想である．特に恣意的に選択した感想ではないことを付記する．いずれも，電卓を利用することで「分かるようになった」ことが述べられている．

なお，括弧内の数値は，平均 50，標準偏差 10 の偏差値に変換したときの学年末の成績である．

- 数ナビはグラフの変化とか交点とかも分かるし，想像しにくかったり分かりにくいグラフ

もすぐ分かるし、ちょっと使い方が分からないところもあるけど、私にしたら結構「いいもの」です (32)

- 数ナビを使ったことにより、グラフの移動がとてもよく分かった (37)
- 今まであいまいだったグラフが、数ナビのおかげで減ったと思う (38)
- 数ナビは座標や交点などを求めるのが便利で、数ナビを使った授業は、理解や復習に役立ちました (39)
- 数ナビがあると、自分で答え合わせができるので便利 (40)
- 数ナビを使って、分からないところが分かるようになってきた (43)
- 数ナビを使うことで、関数の理解度が高まったと思う (45)
- 数ナビは使いこなすまでに少し時間がかかるが、使いこなせるようになれば数学の能力が上がるので、もっと授業で取り入れるようにしてほしい (47)
- 数ナビを使うことで、普通の授業のときよりもよく理解できました (48)

3.3 電卓の習熟度とコンピューターへの苦手意識

この電卓を使いこなすには、電卓に何をさせたいかを学生は明確に意識することが必要である。自分の意図することを実行させるには、電卓のどのキーを押せば良いかを学生は自分で判断しなければならない。たとえば、関数の x 座標と y 座標とをテーブル表示するには、まず $\blacklozenge$ [F1] を押して関数を定義し、次に $\blacklozenge$ [F5] を押すことになる。このとき、必要に応じて $\blacklozenge$ [F4] を押して表示を開始する x の値や刻み幅を変更しなければならない。[ESC] や [ENTER] など、貸与した電卓のキーにはコンピューターのキーボードと重複するものも多い。このようなキー操作を不得手とする学生にとっては、数学の理解以前に、電卓を操作すること自体が一つの関門になっている可能性がある。

そこで、質問紙調査の中では、コンピューター操作への苦手意識を問う項目も設けた。「私はコンピューターは苦手だ」という項目に対して、「全くそうではない」「あまりそうではない」「どちらともいえない」「まあそうである」「全くそうである」の5件法で回答を求めた。ただし、学生の回答は「そうではない」「どちらともいえない」「そう

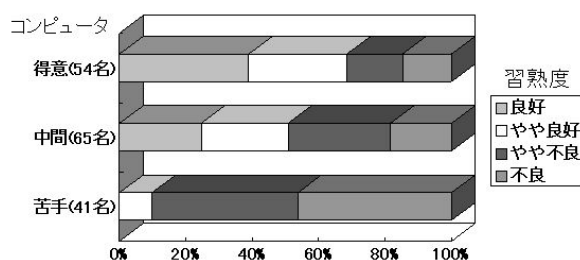


図 7: コンピューター操作と電卓習熟度

である」の3つに分け、それぞれ「得意 (54 名)」「中間 (65 名)」「苦手 (41 名)」として区分した。

図7は、この項目への反応別に電卓の習熟度をみたものである。図7をみると、コンピューター操作を苦手とする学生の90.2%は電卓の操作も「不良」または「やや不良」であり、「良好」の者は皆無である。コンピューター操作を苦手とする学生の多くは、電卓の操作にも非常に苦労していることがうかがわれる。

しかしながら、コンピューターを苦手とする学生であっても、図8で電卓の使用頻度をみると、それなりに電卓を使用していることが分かる。電卓の操作に習熟できていないとはいつて

も，関数を定義して単純にグラフを表示させる程度の操作はできている．そして，図 9 をみると，コンピューター操作を苦手とする学生でも，その半数は，この電卓を使って「数学が前よりも分かるようになった」と答えている．電卓をうまく使いこなせないでいるとしても，単純な機能だけの使用でも，十分学生の理解に寄与していることがうかがわれる．

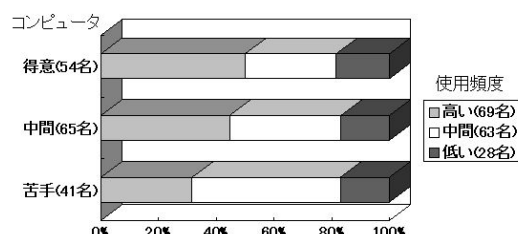


図 8: 電卓の使用頻度

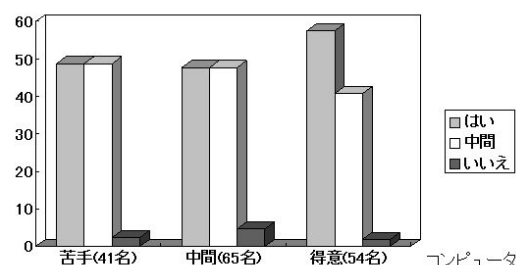


図 9: 前より分かるようになった

3.4 電卓利用に懸念を示す学生

グラフ表示や数式処理が可能な電卓を数学教育で利用することに対しては，「学生が考えなくなる」等の批判的な意見が寄せられることがある．確かに，この電卓の示す結果をそのまま丸写しするような使い方をすれば，学生は考えなくなり思考力は低下するであろう．そして，表 1 の項目「(20) 数ナビを利用すると，自分で考えなくなる。」に対する回答をみると，学生自身もそのような危険性のある程度感じているように思われる．

しかし，これを電卓の使用頻度別にみると，異なる様相が見えてくる．図 10 を見ると，電卓の使用頻度の高い学生ほど「数ナビがあると，自分で考えなくなる」ことを否定している．反対に，使用頻度が低いほどこの項目を肯定する学生が多い．図 6 によれば，電卓の使用頻度が高い学生ほど「数学が前よりも分かるようになった」と答える学生が多い．使用頻度が高まるにつれ，この電卓は，単に「解答を表示させるツール」としてではなく，「数学を分かるためのツール」として利用すべきであることを，学生自身が理解し始めてきたのではないかとと思われる．

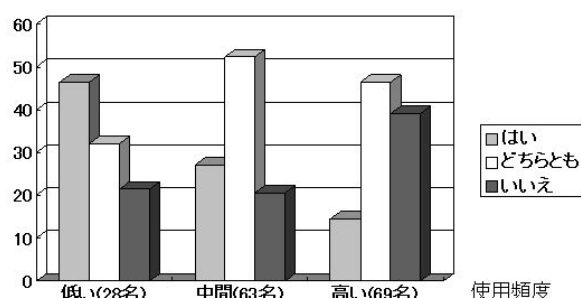


図 10: 電卓利用は，自分で考えなくなる

一方，使用頻度の低い学生は，「どちらともいえない」という中間回答が他の区分の学生より少なく，「自分で考えなくなる」ということを 45% は「はい」と肯定している．使用頻度が低いのは，この電卓を使用すると自分で考えなくなってしまうことを恐れるがゆえに，意図的に使用しないでいたとも考えられる．あるいは，答え合わせとしてではなく，最初から答えを表示させる使い方をしていたのかもしれない．使用頻度が低い場合は，どのような電卓の使い方をしていたのか，また，どのような理由で使用しないのかを，今後さらに検証する必要がある．

4 まとめと考察

数式処理電卓 TI-89 を学年末試験の直前に学生 (1 年生) に貸与し、関数の通常の問題演習の中で、単純な「答え合わせ」として利用させた。学生は、主にグラフを描く問題の答え合わせとして、あるいは自分の考えた関数が、問題が要求している条件を満たすことを確認するために利用した。1ヶ月間の短期貸与ではあったが、この電卓を貸与した効果は十分にあったと判断される。

たとえば、この電卓を利用することにより、半数以上が「(15) 数学が前より分かるようになった」「(12) 数学の理解が深められる」と答えている (表 1)。特に、8 割近くが「(1) 電卓を使う授業はおもしろい」と答えている。通常の数学の授業形態でこのような反応を得るためには、一体どのような授業を行えばよいのだろうか。貸与期間中に何か特別な教材を用意したわけではない。既習の関数のグラフやその性質を復習させる問題演習をさせただけであり、しかもその問題は、電卓がなくともすべて解答可能な問題ばかりである。1ヶ月の短期貸与、しかも単純な使用のさせ方でこのような反応が得られたことには著者としても驚きを禁じ得ない。

特に、成績下位の学生の理解に寄与していることが重要であろう (図 4, 図 5)。平成 12 年度の長期貸与でも、成績下位学生への効果が認められており、数学について前より考えるようになる、難しい計算を恐れなくなるなどの結果が出ている [6]。

グラフ電卓を利用すると、学生が分からないで悩んでいる関数のグラフも簡単に表示される。しかも、誰の手をわずらわすことなく、自分で電卓を操作することで理解が進むことは、気軽に質問できないでいる学生にとって朗報といえるのではないだろうか。そのことが、図 3 や図 5 のような形で現れているのではないかと推察される。

一方、電卓操作の習熟度が良好な学生は成績上位の学生に大きく偏っており、成績下位の学生には習熟度が不良の学生が多い (図 2)。このような極端な結果になっているのは、貸与期間が 1ヶ月という短期間であることによるのかもしれない。いずれにしろ、長期貸与の場合でも電卓操作の習熟度と成績との間には明確な関連性がみられるので [6]、これらの間に関連性があることは明らかと思われる。操作方法の説明時には特に留意する必要があるだろう。

そして、さらに留意すべきことは、電卓操作に対する習熟度とコンピューターに対する苦手意識との関連である (図 7)。コンピューター操作に苦手意識を持つ学生は、電卓の操作でも相当苦労していることがうかがわれる。電卓を貸与する前に、あらかじめコンピューターに対する苦手意識を調べておいて、そのような学生を事前に把握しておくことが必要であろう。そして、それらの学生には、机間巡視などで個別に配慮することが必要と思われる。

僅か 1ヶ月の単純な利用のさせ方ではあったが、関数の授業では、この電卓を単に持たせておくだけでも十分大きな効果があることを学生の感想は示している。主にグラフ機能だけの利用ではあったが、電卓による「グラフ表示」の威力を改めて垣間見た思いがする。特に、成績下位の学生に対しては、単なる「答え合わせ」以上の効果があるのではないだろうか。それは、分からない問題の解法を考えるヒントにもなる。教師に質問できないでいる簡単な事柄でも、自分で電卓を操作すれば容易に確かめることができる。それは、「数学が分かるようになる」ための一つのツールとして位置づけることができるだろう。

5 おわりに

多忙な公務の傍で「電卓の活用」を目指して新たな教材を開発しようとする、教師側には大きな負担がかかる。今回のような単純な利用法による短期貸与でも効果が得られたことは、この電卓の活用の幅をさらに広げることになるだろう。ただし、このような単純利用で効果があるのは、どのような学習内容のときであるのかは今後さらに検討が必要と思われる。

参考文献

- [1] 長水壽寛他 6 名：テクノロジーを用いた数学教育の理論と実践，論文集「高専教育」，第 26 号，pp.339–344，2003
- [2] 井之上和代：TI-89 を利用した 2 次関数の学習から見る高専の数学教育，福井工業高等専門学校研究紀要 自然科学・工学，第 34 巻，pp.95–105，2000
- [3] 阿蘇和寿：数学の授業における学生の探究活動—テクノロジーの効果的な活用に向けて—，日本数学教育学会高専・大学部会論文誌，第 9 巻，第 1 号，pp.31–50，2002
- [4] 佐伯昭彦・氏家亮子：数学的モデル化過程における学習者の実データ解析法，日本数学教育学会誌，数学教育 57–2，第 85 巻，第 3 号，pp.12–21，2003
- [5] 梅野善雄：数式処理電卓を用いた微積分教育の改善，日本数学教育学会高専・大学部会論文誌，第 8 巻，第 1 号，pp.13–30，2001
- [6] 梅野善雄：数式処理電卓の利用による数学に対する学生の意識変化，論文集「高専教育」，第 25 号，pp.175–180，2002
- [7] 梅野善雄：大容量・高速ネットワーク時代の授業像—板書をノートに取らせない授業—，平成 14 年度高等専門学校教育教員研究集会講演論文集，pp.65–66，2002
- [8] F. Demana, B. K. Waits, S. R. Clements, and G. D. Foley: *Precalculus, Functions and Graphs, Third Edition*, Adison-Wesley, 1999