

数式処理電卓が引き起こす数学教育の大革命

一関高専 梅野善雄

1 はじめに

近年の「グラフ電卓」と呼ばれる電卓の中には、マセマティカのような数式処理機能を持つものがある。それは、文字式の計算，方程式の解法，そして微積分の計算のみならず，微分方程式の解析解や曲面のグラフでさえ容易に表示する。この電卓をすべての学生に所持させて有効に活用すれば，数学教育の内容を「計算力重視」から「思考力重視」に、そして授業の進め方を「教師中心」から「学生中心」に抜本的に転換させることができる。この転換は，数学教育にとってはまさに「革命」と呼ぶべき変化である。

2 数式処理電卓が可能にする新しい数学教育

数式処理電卓は，それを学生一人一人に所持させてこそ最高の効果が期待される。学生がこの電卓を使いこなす状況になったとき，そこには数学教育のかつてない新世界が広がっているのではないかと思われる。

2.1 数式処理電卓を利用した数学教育

この電卓を個々の学生が利用できる状態になったとき，具体的にどのような授業が可能になるかを概観する。

例 1 連立方程式の解法

連立方程式 $2x + y = 3, x^2 + y^2 = 5$ を解くとき，通常は第 1 式を $y = 3 - 2x$ と変形して第 2 式に代入し，それを解いて x を求める。

数式処理電卓は，このような方程式の解法を理解させる場合にも有効である。図 1 の 2 行目以降がそれである。この過程では，第 1 式を y について解き (solve)，それを第 2 式に代入した式を x について解き，その解を y について解いた式に代入

して y の値を求めている。| は右側の値を左側の式に代入する機能である。このような形で電卓を利用すれば，学生は解法の手順を正しく理解するであろう。「何をどうするか」を電卓に明確に指示しながら解いているため，筆算だけの計算より解法のアルゴリズムに対する理解は増すと思われる。また，筆算結果と一致しないときは，どの過程で誤ったのかも容易に発見できる。

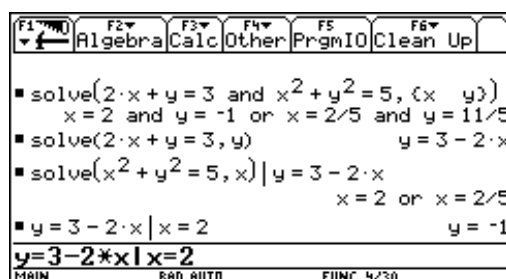


図 1: 連立方程式の解法

そして，解法の仕方について十分な理解が得られ，ある程度の筆算練習を経た後では，図 1 の 1 行目のように解くべき方程式と変数の組を指定して，直接解を表示させても何の問題もないであろう。

従来は，どちらかというところ，方程式の解法練習に比重が置かれていた。このような形で解法のアルゴリズムを理解させた後は，この電卓の機能を積極的に活用して，様々な応用問題を解かせることに多くの時間を費す方が数学本来の姿ではないかと思われる。

例 2 不定形の極限值

不定形の極限値の計算は，ロピタルの定理を学ぶまでは分数式の変形により行われる。例題や問題演習を通じて学生は一応は極限値を求めることができるようにはなるが，どの程度の学生が $\lim_{x \rightarrow a} f(x)/g(x) = k$ のとき $f(x) \doteq kg(x)$ ($x \doteq a$) であることを理解しているのだろうか。極限値を

教える際は、 $x = a$ の近くで2つの関数 $f(x), g(x)$ の挙動の違いを比較していることを理解させることが必要と思われる。

図 2,3 は、 $\lim_{x \rightarrow 0} (1 - \cos x)/x^2 = 1/2$ の場合の $f(x) = 1 - \cos x, g(x) = x^2$ のグラフと表を示したものである。図 3 では、 $y1 = 1 - \cos x, y2 = x^2, y3 = y1/y2$ としてこれらの曲線の座標データを表データに変換したものである。表の数値データから、 $x \approx 0$ のとき $1 - \cos x \approx x^2/2$ であることが予見できる。数値の刻み幅は任意に設定できるので、表だけからでも、かなりの精度で極限値の値を求めることができる。

これらの機能を利用すれば、学生は極限値の意味をグラフと数値データの両面から確認できる。逆に、極限値を式の計算から求めることができなくとも、グラフや数値データを調べてかなりの精度でそれを数値的に予想することができる。これまでは、計算方法が分からないと、学生は「分かりません」の一言を免罪符としていた。この電卓を利用すれば、計算ができない学生でもそれなりに納得できる形で極限値を求めることが可能となる。

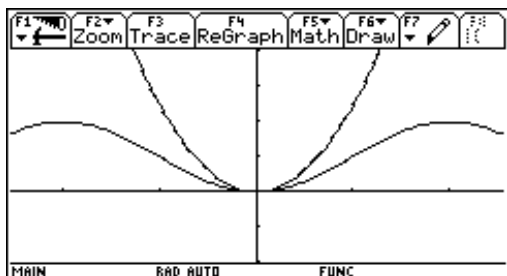


図 2: 曲線の表示

x	y1	y2	y3
.01	.00005	.0001	.5
.02	.0002	.0004	.49998
.03	.00045	.0009	.49996
.04	.0008	.0016	.49993
.05	.00125	.0025	.4999
.06	.0018	.0036	.49985
.07	.00245	.0049	.4998
.08	.0032	.0064	.49973

図 3: 表データ

2.2 数式処理電卓を利用した数学教育

「計算中心」から「思考中心」の授業

数学教育で電卓を利用することについては、「電

卓の使用は、基礎的計算力や数学的思考力の低下につながるのではないか」という懸念が出されるとされる。実際、数学の演習問題の多くは計算問題で占められる。それらの多くは、電卓を利用すれば単なるキーの押し方の問題になりかねない。かといって、基本的な計算ができなくてよいことにはならない。この電卓を使用させるにあたっては、どのような時にどのような使い方をさせるべきかを事前に検討することが不可欠となる。

そして、海外の長年の教育実践は、適切な使い方をさせた場合には、計算のアルゴリズムに対する理解や数学的思考力が大きく向上することを報告している。

数学の問題の多くは、「計算せよ」「解け」「描け」という問題で占められる。しかし、現実の問題では、問題内容を解釈して「何を計算すればよいのか」「どのような方程式を解けばよいのか」、あるいは「どのような関数を考えればよいのか」を見出すことがまず必要であり、その部分こそが最も重要な個所のはずである。電卓の利用で節約されるであろう単純計算時間は、このような数学本来の「考える問題」にあてるべきであろう。

「教師中心」から「学生中心」の授業

これまでの授業のスタイルは、教師が教壇に立って教えるを垂れ、それを学生が板書して覚えるというスタイルであった。グラフ電卓のグラフ機能や数式処理機能を活用すれば、学生に数学の探究活動を行わせることができる。

例えば、 $x^n - 1$ の因数分解をいろいろな n について電卓の数式処理機能を用いて行わせ、 n の値による因数分解の一般的な形を予想させてその証明を考えさせるという授業が可能である。あるいは、定積分を和の極限値として

$$\int_a^b f(t)dt = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \Delta x_k$$

と定義するとき、この電卓の数式処理機能を利用すれば x, x^2 以外の関数についても部分和の収束の様子や x_k の取り方の違いによる収束の違いまで、新たなプログラムを組むことなくグラフ化することができる。

このような形で数式処理電卓を利用すれば、教師が教壇で学生に教えていた主要な公式や定理を、学生自身が発見するよう導くことが可能となる。これは、教師による演繹的な授業から、学生による帰納的な発見への変化である。授業の進め方が「教師中心」から「学生中心」に大きく転換することになる。

3 具体的な実践上の問題点

数式処理電卓は、数学教育にとって画期的な機能を持つ。この電卓を利用した数学教育は従来の教育を革命的に変えるものであり、それを単なる「電卓」と捉えて見すごすことは大きな誤りである。

本校では、昨年の年度末に数式処理電卓 TI-89 を1クラス分(45台)用意することができた。4月から2年の微積分で利用し始めたが、数ヶ月の使用経験からみると実践上乗り越えなければならない幾つかの問題がある。

3.1 教室だけでの利用の限界

数式処理電卓を利用して「思考力の強化」を図るには、学生に十分な時間が必要である。その思考の過程では電卓のいろいろな機能を使いこなすことが必要であり、教室だけの利用で学生にそれを求めるのは、実際には難しいものがある。スムーズな操作をさせるには使い方を説明した資料が必要であるが、説明が細すぎると説明通りに電卓を操作すること自体が目的になり、肝心の数学部分への関心がおろそかになりかねない。また、教室の中だけの利用では授業が終わると電卓は回収されてしまう。やり残したプリントを家に持ち帰っても価値はない。電卓使用を前提とするプリントは時間内に終えることが必要となる。しかし、全員が時間内に終えるようにするのは、現実には至難の技である。

その意味でも、数式処理電卓は学生一人一人に所持(または貸与)させて自宅でも使える環境にすることが望ましい。

3.2 教授学年

微積分の授業では、基本的な関数の性質は熟知していることを前提とする。しかし、必ずしも

それを前提にできないのが実状であろう。微積分を理解させようとしても、学生は、それ以前の関数そのものの理解でつまづいている場合がある。基本的な関数の知識を前提にできないことは微積分を教える際はかなり根源的な問題である。

また、数式処理電卓でいろいろな探究をさせるには、教師側は適切なテーマを学生に与えることが必要となる。微積分のテーマは、グラフを描いたり極値を求める等、総合的な考察を必要とするものが多い。微積分でこの電卓を有効利用するには電卓の機能に習熟していることが必要であるが、その習熟をかねながら授業をするのはなかなか大変なものがある。

その意味でも、1年から少しずつ習熟させながら使用させることが望ましいと思われる。

3.3 使用教科書

日本には、数式処理電卓の利用を前提とした教科書は存在しない。この電卓を利用した授業を行うには、既存の教科書に沿いながら利用するか、あるいは教科書の内容と関係なく独自の教材にもとづいて行うことになる。しかも、電卓を使用しない他クラスとある程度進度をそろえることが必要となる。

電卓を利用するには、「操作説明の時間」+「学生が操作する時間」+「教師がまとめる時間」が必要である。これらの時間を既存の内容をこなしながら捻出するのは、実際には相当に厳しい。既存の教授内容について思い切った取捨選択が必要であるが、同じ学年の特定のクラスだけでそれを行うのは現実にはなかなか難しいものがある。教師は、電卓を利用して学生に伝えたい数学知識と、ある程度の進度を保たねばならない焦燥感との板ばさみに会うことになる。場合によっては、両方が中途半端なものになりかねない。

その意味でも、電卓の使用を前提とした新しい教科書の作成が望まれる。

3.4 学生の能力差

学力差の大きい2クラスで試行しているが、同じ内容のプリント教材で電卓を使わせても、操作の仕方やそれによる内容理解の程度において差が

現れる。理解力のある学生は、電卓の使用によりさらに上のレベルの理解を得ることが容易に可能になるが、そうでない者にとっては電卓の操作自体が難儀なことであり、そこで理解させようとしている教師側の意図がなかなか伝わらない傾向がある。それは、電卓の操作自体に対する理解力と、既習の数学自体への理解力の違いによるものではないかと思われる。

クラス間の学力差が大きい場合には、電卓の使わせ方にも配慮が必要である。学力レベルが低いクラスでは、探究活動よりも内容理解を確実にさせる方向の使わせ方が望ましいのではないかと思われる。

3.5 単純計算時間の省略

数式処理電卓を利用すれば単純計算はキー操作だけ解が表示される。しかし、自力である程度の計算ができることは必要であり、そのための練習時間はどうしても必要である。つまり、単純計算時間に費やしていた時間を省略することは、実際にはそう簡単にはできない。結局は、思い切った内容の取捨選択しかないのではないかと思われる。

3.6 教師側の負担

この電卓を利用した授業では、どのようなときに、どのように使用させるかをあらかじめ検討することが必要となる。これを日常の校務の合間に一人で行うのは実際には非常に大変である。

特に、プリント教材では、電卓の操作説明に関する部分をあらかじめ書き込んでおくことが必要である。プリント作成が間に合わず教室で口頭で説明しても、なかなか全員に伝わるものではない。数式の扱い (\LaTeX が望ましい) や電卓の液晶画面 (tiff, eps 画像) のプリントへの貼りつけができることが理想である。

いずれにしても、共同の教材研究が望まれるゆえである。

4 学生の発見・反応

実践上はいろいろな問題がありながらも、数式処理電卓が数学教育にとって革命的なツールであることに変わりはない。学生達も、この電卓のすごさは十分に感じている。

微分の導入段階なので、まだ本格的な探究活動は行っていないが、この電卓の数式処理機能を利用して合成関数の微分公式を発見させることを試みたところ、約半数の学生がその公式を発見することができた。また、3次関数 $y = x^3 + ax^2 + bx + c$ のグラフと係数 a, b, c との関係とについて考察させたところ、 a が増加するとグラフが「山なりになる」こと、 b が増加するとグラフは「直線的になる」こと、あるいは b が山が現れるかどうかに関わっていることなどに一部の学生は気づいた。この電卓がなければ、これらのことは教師が説明する箇所である。

7月最後の授業での調査によれば、「この電卓はおもしろい」という者は54.1%、「この電卓を使うと数学の理解がさらに深められる」者は45.9%、そして「この電卓のおかげで数学が前よりも分かるようになった」者は40.5%である。概ね、学生には好評であると思ってよいであろう。

しかし、その反面では、この電卓の機能の豊かさから「操作が面倒くさい」という声が少なからずあるのも事実である。また、数は少ないが、電卓の操作になかなかなじめず、授業ではできるだけ使わないで欲しいという者もいる。いずれも学力の低いクラスにおいて多く見られる声である。

この電卓を学生に使いこなさせるためには、相当の習熟期間が必要である。しかし、その期間をいかに十分にとっても、おそらく全員に同じ効果を期待するわけにはいかないであろう。この電卓になじめない者が必ず幾人かは現れる。それらの学生への配慮も必要になってくるとと思われる。

5 おわりに

この電卓を利用すれば、従来の手法では教授できなかつた内容を伝えることが可能になる。電卓の使用法を手探りで探し求めながらの授業は決して容易なものではないが、そこには数学教師ならではの感動も含まれている。

学生にとっても教師にとっても、この電卓は多くの感動を与えることのできるツールである。多くの先生方が、困難を恐れず挑戦されることを望みたい。

数式処理電卓を使用した学生(一関高専 2年)の感想

以下は、数式処理電卓(TI-89)(「数ナビ」)を2年の微分法で約3ヶ月使用した学生の感想である。

A クラスの学生の感想(クラス平均 68点)

- 数ナビはとてもおもしろい。ただ、機能がなくて全てを使えるようになるのはいつの日か。全てを使う必要はないのだろうが、授業はとてもたのしかった。数ナビを使うとめんどろな計算や作業に頭を使わなくてすみ問題に集中できる。数ナビはとても便利だ。
- 数ナビの使い方が難しい。
- 簡単なものも分からないまま、数ナビで深く勉強すると何をやっているのかわからなくなるときがある。前より数ナビを使いこなせるようになってきてよかった。
- 数ナビの説明をスクリーン上でやるときは、もう少しゆっくりやってらわないとついていくことができないです。
- 数ナビが使い易い点は、一度作った式を少しだけ変えて別の式をすぐに作れることです。いろいろなキーの使い方をもって教えてほしい。
- 数ナビはグラフや問題をするのが簡単にできるので、過去にやった問題の復習がやりやすい。
- 数ナビはとても便利だが、まだまだ使いこなせないなので、はやく使えるようになって復習予習などに役立てたい。
- 数ナビは便利です。
- 数ナビはいろいろな機能があるけど、それを使いこなすのは1年だけだとみじかい気がします。できれば自分も1つほしいけど値段が値段なので…。来年も数ナビを使いたいです。
- 数ナビは高性能で使いやすいし、授業も分かりやすくてよいと思った。
- 便利だとは思うけど使いこなすのが難しい。授業で使うくらいのは頭に入った気がするけど、これ以上を覚えるのはちょっとつらいかも。でも自分でできない計算をしてくれるのはいいと思います。
- 数ナビは普通の関数電卓ではできないこと(例えばグラフをかく、 $f(x)$ の値を代入できるなど)ができて面倒だった計算などがとても簡単にしかも間違いなくできるので、とても素てきな電卓だと思った。これからもどんどん利用していきたいなと思う。
- 数ナビがもっと安くなったら購入したいと思う。数ナビを使うことにより、数学が倍以上もたのしくなった。数ナビを使った授業をこれからも続けてほしい。
- なかなかつかみにくかったグラフが簡単に表示できるようになって、より理解が深められた。
- ペンで書かない分、楽だと思った。使わないよりは使った方が絶対分かりやすいと思う(操作法はともかく)。
- 数ナビをつかった授業は、はじめのうちは嫌でした。テストで使えるわけじゃないのに、使い方ばかりやって、かんじんの計算が自分の頭でわからなくなってたからです。でも最近は数ナビ→頭→数ナビなので、頭で考えて理解できなかったことが数ナビをつかうことで解けたりするので、それなりによかったです。
- 使い方を覚えれば本当に勉強の役に立ちそうです。授業の時も理解すれば楽しく使えそうです。
- スクリーンを使うとよく見えないことがある。むずかしいというイメージがあるのでおもしろい機能を教えてほしい。
- 計算プリントの答え合わせの時に役立ちました。
- グラフがすぐ簡単にらせるので便利である。操作の説明が前よりわかりやすくなった。
- 難しかった。
- これは使える!!と思った。使い方さえ覚えればかなり役に立つでしょう。わざわざ計算とか面倒なのを書かなくてすむし、グラフも概形が分かるのでとっても楽です。いろいろ活用したいです。

- 数ナビは数値を入れるだけで計算されたり、グラフが表示されて便利なものだと思う。数ナビを使った授業ではプリントでだいたい分かるので、これからも少しずつ使えるといい。
- 数ナビはけっこう便利でいい。授業で使ってもなかなか分かりやすく理解できる。
- 数ナビを使うと良く分かるような気がする。
- 数ナビのいろいろな使い方が分かれば、いろいろなことに利用できると思うので、少しはマニュアルを読んで使い方を覚えたいと思う。
- 分からない問題が出たとき、数ナビに頼るくせがついてきたように思う。
- やはり数ナビはグラフを表示させることができるので便利だ。あと、問などの答えあわせなどにも利用できるのでもけっこう使えると思う。
- 問題の答え合わせとかに利用すると便利で助かる。授業を進めて行く中で、たまに数ナビを使う授業をしてほしい。
- 数ナビを使うことは嫌ではないが、いいとも思わない。でもプリントに説明がかいてあると分かりやすくおもしろい。
- 数ナビは簡単にグラフを描いたりできるのでかなり便利だと思う。しかし数ナビに頼りすぎて自分では何もできなくなるのではないかと心配だ。数ナビを使用するところと、しないところをきちんと分けたほうがいいと思った。
- 数ナビをまだ自分には使いこなすことができなかった。グラフがボンと出てくるのはうれしいことである。授業についていけないこともあった。
- 普通に考えると考えにくいグラフなどがあつたときに便利だと思う。
- 数ナビを使うと、細かい値での計算やグラフの表示が可能になるのでとても便利である。もう少し数ナビの使い方を理解したいと思います。
- 1台あればなんでもできるので便利です。数値を入力するときにちょっとした違いで全く違う解がでてくるので、授業でミスするとみんなに遅れをとってしまいます。気をつけたいです。

B クラスの学生の感想 (クラス平均 59 点)

- プリントと合わせて授業をするので、とても分かりやすいです。使い方さえマスターすれば、今よりいっそう分かりやすくおもしろい授業ができると思います。
- だんだん使い方がわかってきたのでよかったと思う。Plot とは何なのかが不思議である。今の通りでうまくすすめられれば、これからも簡単に理解できるのではないだろうか。ただ、ほとんどグラフにせよ数ナビにまかせすぎるので、 \sin や \log の微分ができなくなるのではないかと不安である。
- 数ナビはいろいろな機能がありすごいと思った。しかし、使い方はかなりややこしいので、エラーが何回も発生し嫌になってくるが、間違いに気付くとケアレスミスが多いので、すこし自分に反省する。グラフなどをみるとどういうふうになっているのか分かるので、数学をもっと理解できたと思う。
- 数ナビを使うとグラフを考えると数ナビに頼って自分がかかなくなって考えなくなるのでグラフがかけなくなる。計算やグラフの確認には便利だが、数ナビを使わなければ解けない問題はなしにしてほしい。
- 数ナビを使うことにより理解できた事が少ない。理解力にける私にとっては必需品といっても過言ではないと思われる。これからもよく活用すると思う。 (最低点の学生)
- 数ナビ便利。
- けっこう使いやすい反面、難しい操作が多いような気がする。
- $= 0$ の方程式を解けるのは化学の宿題で役立ったのでとても便利だと思った。また、代入の式も簡単にできるので良かった。
- 使い方が難しくても機能も多いので、覚えるのに時間がかかるけど、何度か使って覚えると、とても便利で良いと思う。数ナビを使うと、グラフについて特によく理解できるのでいいと思う。

- 数ナビはよく分からない。数ナビ授業は少々だけ理解可能。
- 面倒臭い。
- 数ナビでよけい分からなくなることがあるので、混乱するしあると頼りすぎてしまうこともあるし、授業とごっちゃになって分かりにくい。
- 計算機というより、1つのコンピューターを持っている感じで、いろいろな機能に優れているし、入力行に数式を入れ ENTER を押すと基本画面に式が出て答えが出るので助かる。教科書や問題の答え合わせのヒントになる。
- 使い方がややこしい。
- 分かりやすくなった
- グラフを描いたり計算するのは楽にできるのでよい。まだうまく使えないので時々分からなくなる。
- 最初、数ナビの授業はよけい意味がわからなくなって嫌だったけど、今は少しずつだけ分かってきたのでよかった。
- もっと使ってみないとまだまだ分からないところがたくさんある。
- 数ナビは使い方をすっかり覚えれば使いやすいのかもしれませんが、まだ覚えていないのでよく分かりません。使い方が分からないのでどんなときにどの部分を使えばいいのかが分かりません。
- 他にもいろいろな使い方を教えて欲しいと思います。
- 使い方にまだ慣れないのでうまく使えない。1度の説明だけではすぐに忘れてしまい、使い方がわからない。数ナビを使う授業では操作の仕方をもっとくわしく書いてもらえると助かる。数ナビを使うことで分かる内容も多いので、授業でやったことをプリントや数ナビを使って復習するのとはとてもよいことだと思うので、これからも続けてほしい。
- 数ナビはとても便利で寮でも時々使っています。グラフが描けるのがとてもよく、最大最小がすぐ求められることや、イメージだけではよくわからないグラフもすぐに描けるので、理解するのに助かりました。
- グラフを簡単に描けるのでよい。
- めんどくさい。自分で使う時はいいけど、授業にはあまり取り入れないでほしい。
(成績上位の学生)
- もっと使い方を説明してくれ。プリントに書いている説明文はわかりにくい。
- 授業で使うとき何をしているのか、特にプリントで何をしているのか分からないので困る。
(成績上位の学生)
- 確かに便利だけど、まだ体に染みついていないので、使い方さえ分かれば便利なのは確かだと思う。
- 復習するとき(プリントなどで)に数ナビを使うと理解がさらに深まると思う。
- 面倒臭い。
- 数ナビはグラフの表示やめんどろな計算のときつい使って、自分で数ナビを使わないで計算する時分からなくなってしまうことがあります。依存のしすぎに注意。
- 数ナビはさっぱり分からない。でも、教科書の計算だけではグラフなどについて深くふれることができないから難しくても分からなくても、これからも数ナビをがんばって使いこなせるようにしたい。
(成績上位の学生)
- 数ナビはすごいものだと思いますが、まだ使いこなせていないので大変です。
- これからも数ナビを授業に取り入れてほしい。ただ、数ナビを使いこなすためには説明がもっとほしい。
- だんだん使い方がわかってきたので、授業でやっていることもだいたい分かるようになってきた。

数式処理電卓の使用に関する学生の意識調査の結果

以下は、夏休み前の最後の授業で、4月から数式処理電卓（「数ナビ」）を使用した2年生に調査したものである。2クラスで74名の回答である。

数ナビに関する意識	はい	どちらでも	いいえ
(1) 数ナビはおもしろい	54.1%(40)	36.5%(27)	9.5%(7)
(2) 数ナビはグラフが簡単に描けるのでよい	94.6%(70)	2.7%(2)	2.7%(2)
(3) 数ナビは微分の計算ができるのでよい	87.8%(65)	12.2%(9)	0.0%(0)
(4) 数ナビは極限値の計算ができるのでよい	78.4%(58)	18.9%(14)	2.7%(2)
(5) 数ナビを使うと数学がよけい分からなくなる	9.5%(7)	44.6%(33)	45.9%(34)
(6) 数ナビを家や寮でも使っている	44.6%(33)	18.9%(14)	36.5%(27)
(7) 数ナビを使う授業はおもしろい	39.2%(29)	48.6%(36)	12.2%(9)
(8) 数ナビは復習するとき便利だ	63.5%(47)	31.1%(23)	5.4%(4)
(9) 数ナビのマニュアルを少しは読んだ	44.6%(33)	10.8%(8)	44.6%(33)
(10) 数ナビを使って数学が嫌いになった	4.1%(3)	36.5%(27)	59.5%(44)
(11) 数ナビを使って新しい発見があった	37.8%(28)	41.9%(31)	20.3%(15)
(12) 数ナビを前より使えるようになった	94.6%(70)	2.7%(2)	2.7%(2)
(13) 数ナビで説明されていない使い方を知っている	12.2%(9)	14.9%(11)	73.0%(54)
(14) 数ナビを私は授業のときしか使用しない	35.1%(26)	16.2%(12)	48.6%(36)
(15) 数ナビを使わないで普通の授業をしてほしい	8.1%(6)	45.9%(34)	45.9%(34)
(16) 数ナビを利用して数学の理解がさらに深められる	45.9%(34)	50.0%(37)	4.1%(3)
(17) 数ナビのおかげで数学が前よりおもしろくなった	28.4%(21)	62.2%(46)	9.5%(7)
(18) 数ナビを使う時間をもっと作ってほしい	29.7%(22)	52.7%(39)	17.6%(13)
(19) 数ナビを使って数学が前より分かるようになった	40.5%(30)	48.6%(36)	10.8%(8)
(20) 数ナビを使うときのプリントは分かりやすい	51.5%(38)	36.5%(27)	12.2%(9)
(21) 数ナビを使うと難しい内容も簡単に見えてくる	35.1%(26)	47.3%(35)	17.6%(13)
(22) 数ナビを使って説明されると逆に分からなくなる	20.3%(15)	35.1%(26)	44.6%(33)
(23) 数ナビの使い方をもっと説明してほしい	73.0%(54)	21.6%(16)	5.4%(4)
(24) 数ナビを使うといろいろなことが分かる	68.9%(51)	31.8%(23)	0.0%(0)
(25) 数ナビをそのうち個人でも購入したい	14.9%(11)	41.9%(31)	43.2%(32)