

# 電子黒板とデジタル教科書をベースとした数学ソフトウェア等の授業教材の開発

東京理科大学科学教育研究科 清水 克彦 (Katsuhiko Shimizu)  
五十嵐 聡 (Satoshi Igarashi )  
峯下 及大 (Tomohiro Mineshita)  
吉田 朱里 (Akari Yoshida)

Graduate School of Mathematics and Science Education,  
Tokyo University of Science

## 1 はじめに

現在、新しい授業方法として、電子黒板・デジタル教科書の利用が推進されつつある。例えば、文部科学省は「教育の情報化ビジョン」[2, pp.10-11]として、21世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して、教師が電子黒板にデジタル教科書を投影して、指導をする場合と、児童・生徒が学習端末に投影して学習する場合を挙げ、様々な新しい可能性を指摘している。高等学校数学科におけるこのような数学科の新しい可能性はそれほど実現されていないのが、現状である。例えば、文部科学省のパンフレット「授業がもっとよくなる電子黒板活用」[4]ではそのような事例は含まれていない。

一方、数学教育における数学ソフトウェアやグラフ電卓の利用は、一部でその利用や研究が進められているが、その授業での普及は期待されているほどは達成されていない。例えば、OECDのPISA2012調査の結果では学校内外のICTの使用頻度に関して、「まったくか、ほとんどない」と回答した日本の生徒の割合が、平均より多かったのは17項目中15項目という現状がある。[1, 国立教育政策研究所,p.20]

### 1.1 研究の意図と目的

本研究では、推進が期待される電子黒板とデジタル教科書と、期待されるほど利用が推進しない数学ソフトウェアを両者の推進を目指し、組合わせて利用する教材を開発することを目的とした。また、下に理由を挙げるが、通常の授業展開をもとにして利用し、期待される成果を得られるような教材の開発を目指した。

### 1.2 研究の背景

筆者らは、「数学ソフトウェアとその効果的教育利用」[6]などの研究集会や講義録による数学ソフトウェアの教育利用に関する研究を約10年に渡って現在も継続している。その研究のほとんどはシステム開発であり、特殊な、つまり通常の授業ではない場面で利用の研究が多く、「いわゆる普段使い」の利用の研究やユーザウェアの研究が筆者の

見るところ少ない。このような動向が数学ソフトウェアの利用の推進を遅くしている要因の一つであると思われる。

一方、デジタル教科書の利用に関しては、文部科学省 [5, pp.5-7] によれば、紙の教科書との違い、利用できる環境の整備、学習内容の特性との関係、デジタル教科書、使い方などの問題があることが指摘されている。筆者らの後で示す分析に基づく高校の指導用デジタル教科書は紙の教科書の pdf 化 +  $\alpha$  のイメージがある。

さらに、電子黒板については清水 [7] によれば、端末の準備に時間がかかる、使用方法についての深い理解が必要である、通信エラーが発生する可能性がある、教師間の共有が難しいなどの指摘がある。さらに導入に関するコストも問題である。例えばタッチディスプレイ型の電子黒板は非常に高価であり、教室間の移動も難しいため、利用できる教室が限られてしまう。

このような点を踏まえて、本研究では、環境の設定・利用方法・授業方法までを含んで教材開発と位置づけ、通常の授業で利用でき、効果が期待される高校の教材開発を目指した。

## 2 本開発における電子黒板・デジタル教科書の選定と機能の分析

### 2.1 電子黒板の選定とその機能

本研究では、先の清水 [7] の指摘を踏まえて端末の準備に時間が掛からず、安価である。U社の「e-黒板アシスタント eB-S」システムを利用することとした。システム構成は、e-黒板アシスタントソフト・インタラクティブユニット・電子ペン・外部操作パネル・USB ケーブルであり、パソコンとプロジェクタを合わせて利用する。持ち運びもボックス一つに収納でき、筆者らの経験上短時間で使用が開始できる。「カンタン操作ガイド」に基づく主な機能としては、以下のものがある。

表 1: 電子黒板の主な機能

パソコン操作 選択した範囲の拡大 画面への書き込み・消去 画面保存と提示（2画面表示可能） ホワイトボード機能（素材機能、背景転換）
--

### 2.2 デジタル教科書の選定とその機能

本開発では、数学ソフトウェアの使用を考慮し、授業者が使用することを前提として、Windows システム用の指導用デジタル教科書を導入することとして、K社の「詳説数学

I+A)「II+B)」とS社の「Studyaid D.B)」の数学I, A, II, Bを導入した。それぞれの説明書によれば、指導用デジタル教科書には以下の主な機能がある。

表 2: デジタル教科書の主な機能

<p>K社のデジタル教科書</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・教科書の提示</li> <li>・問題文場面の独立提示, ノート</li> <li>・検索, スタンプ素材, 問題集の問題の検索</li> <li>・スクリーンショット, 解答等の表示非表示</li> </ul> <p>S社のプレゼンテーション・システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス別登録</li> <li>・ページの検索・移動, ページの領域を指定しての拡大</li> <li>・他のクラスの書き込みの比較表示, 教科書とノート等のコンテンツの同時表示</li> <li>・ペンでの書き込み, コンテンツの表示非表示</li> <li>・教具, 部品, 公式等の表示と利用</li> <li>・ブラインド機能 (解答を隠すなど)</li> </ul>
--

これらの機能を見ると、紙の教科書の利用と違いがいくつか見られるものの、これまでの教科書の流れを支援して、説明や問題演習の指導を想定していると言える。

### 2.3 電子黒板とデジタル教科書の機能から伺える通常の高校での授業像

これまで挙げてきた両方の機能から、想定されている授業像は電子黒板にデジタル教科書を大写しにし、従来の授業を便利に行う姿であると思われる。中学校数学科のデジタル教科書では動画・簡単なソフトなど加わり紙の教科書と違った授業展開が可能になっている。それに対して、高校ではソフトを加えることは扱う数学のレベルからそれが難しい。そこで、本開発では、デジタル教科書やグラフ電卓のエミュレータを加えることで、授業に新しい選択肢を与えることができる可能性を探ることとした。

## 3 電子黒板・デジタル教科書をベースとした数学ソフトウェア等の利用教材の開発

ICTの活用により容易となる学習場面として、「ICTを活用した教育の推進に関する懇談会」報告書(中間まとめ)[3]では、次の3つを挙げている。

- 【思考の可視化】
- 【瞬時の共有化】
- 【試行の繰り返し】

上で示した「通常の授業像」では、上記のような学習場面の導入は容易ではないと思われる。本開発においては、この3点が容易に実現できるような電子黒板とデジタル教科書をベースとした数学ソフトウェアを利用した教材開発を目指した。また、文科省[5]デジタル教科書に多くの情報を取り込むことができるという期待があるが、先の分析のように定理や練習問題についての情報が豊かにすることが中心になっているため、上記の3点に関する情報を豊かにすることを目指した。

### 3.1 電子黒板上へのデジタル教科書と数学ソフトウェア等の投影の方法

本開発では、デジタル教科書と数学ソフトウェア等を電子黒板に投影することを行う。数学ソフトウェアを複数使用する際、切り替えて提示する方法と同時に提示する方法があるが、デジタル教科書に対してよく指摘される内容の共有化を目指して、同時に投影することを検討した。その結果、ほとんどのソフトの基本ウィンドウが同時投影には大きすぎて不向きの中で、グラフ電卓のエミュレータが適していることを見出した。電子黒板上に次のような投影形態で授業を進めることを基本とすることとした。

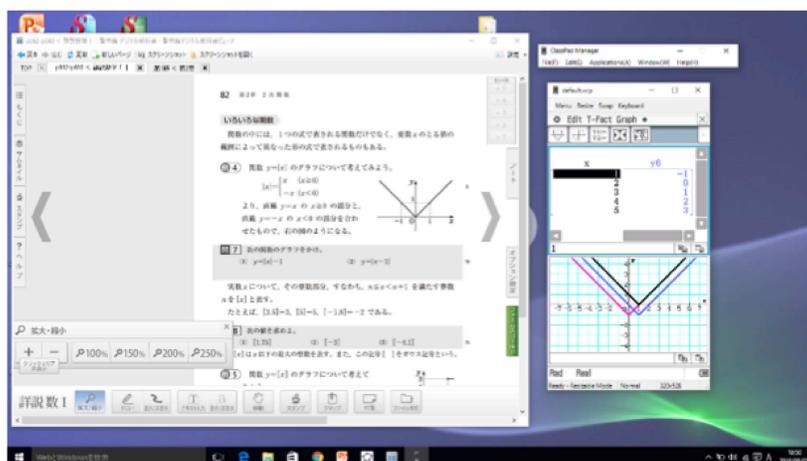


図 1: 本開発における電子黒板の基本画面

但し、e-黒板には常設型ワイド式電子黒板 eB-S があり、その場合には黒板全体を電子黒板として利用できるのであらゆる数学ソフトウェアを同時提示できる。

### 3.2 3つの学習場面を実現するための利用

デジタル教科書を投影して、教科書の展開に沿った指導を進めつつ、ICTによる3つの学習場面を実現するためにグラフ電卓を利用した教材において、エミュレータが提供できる活動を検討する前に、数学教育における3つの場面を明確に示すことにする。

【思考の可視化】 文科省 [3, p. 5] では「児童・生徒の思考の過程や結果を可視化すること」とされており、数学科では計算の過程を順次示していくこと、考えたことをグラフで示すこと、図形を動的に変化させて考えを表すこと、統計グラフと統計量を関連付けることなどがこれに当たると本開発では捉えた。

【瞬時の共有化】 文科省 [4, p. 5] では、「教室やグループでの大勢の考えを(中略)瞬時に共有すること」とされており、発見したこと、気づいたことを電子黒板やデジタル教科書で全員にすぐに示すことを行い、マーカー・付箋機能やスクリーンショット機能などを用いて記録し、共有化することと本開発では捉えた。

【試行の繰り返し】 文科省 [4, p. 5] では「観察・調査したデータなどを入力し、図やグラフ等を作成するなどを繰り返し行い試行錯誤すること」とされており、係数を変えてグラフを描いたり、教科書と異なった式や数値で計算したり、違ったデータセットで統計グラフを描くことなどを繰り返して行って観察し理解を深め、発見することと捉えた。

これら3つの場面を、グラフ電卓のエミュレータを用いて、教科書の展開に沿いつつ、取り入れていくことが、本研究の教材開発の基本展開モデルである。この展開モデルには、指導者が教科書に沿った展開のスタイルを大きく変えずにICTを導入することによって容易になる3つの学習場面を取り入れることができるとともに、数学科教師に期待される「デジタル教科書・電子黒板の利用」を行うことができるという利点と現実的な実現性を合わせ持っているという特徴がある。以下、「いろいろな関数」の絶対値記号を用いた関数のページを例に開発した教材による授業展開の一例の概略を簡単に示すことにする。

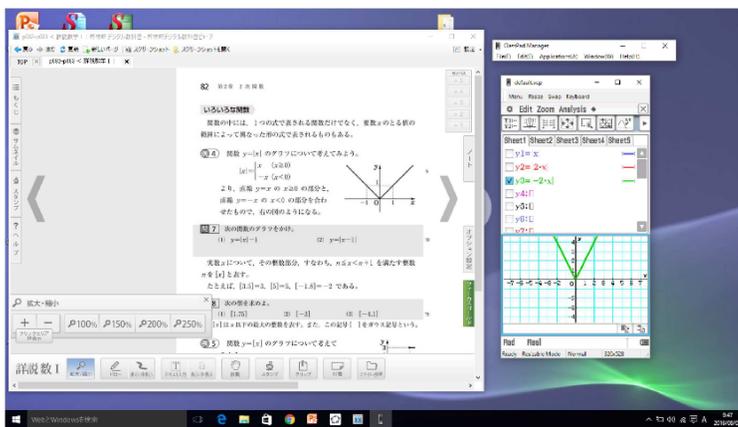


図 2: 施行の繰り返しの学習場面の実現

まず、 $y = |x|$  のグラフの例から絶対値記号を用いた関数のグラフの指導が始まっている。この例の後に右側のエミュレータにおいて、 $y = |2x|$  と  $y = |-1x|$  のグラフを描く活動を教師が電子黒板上で行い、生徒に結果について考えさせる活動を導入すれば、

グラフがとがったり、マイナスがついたりしてもグラフ変わらないなどの観察ができる。これは、「試行の繰り返し」という学習場面を実現しており、絶対値記号を用いた関数のグラフの理解を深めることにつながる。また、気づいたことを全員に示し、他の係数で行ったり、画面に書き込んでスクリーンショットを撮ることで「瞬時の共有化」が可能となる。

次の問7で、 $y = |x| - 1$ と $y = |x - 1|$ のグラフを描く問題に取り組んでいる。そこで、さらに、 $y = |x - 1| - 1$ のグラフを描くことを行い、3つのグラフを同時に提示する活動を教師が電子黒板上で行ってみる。図1で3つのグラフ（実際は色つき）に見られるように、 $y = |x|$ のグラフについて、最初の式がグラフを下に1だけ下げ、第2の式が右に1だけ移動することから、目的とした式のグラフが描かれることが示されている。生徒たちにとって、グラフの移動の理由が実際にエミュレータ上で視覚的に示されているため、これは「思考の可視化」を実現している。ここでもテキスト入力機能や付箋機能を利用すれば「瞬時の共有化」を導入することができる。このように、ICTで容易になる学習場面を有効であるところに導入して、授業を教科書の展開に沿いながら展開することが本研究開発の基本展開モデルである。

(本研究開発ではこのような教材開発をすでに次の3つの単元の一部で開発している。)

表 3: 各単元の開発方針

数学 A「整数の性質」
ユークリッドの互除法を、エミュレータで教科書では扱わない大きな数で実行してみる。互除法と除法の原理を結びつける提示等を行う。
数学 II「二次関数」「いろいろな関数」
係数の変化や、教科書では扱われない場合をエミュレータで実行し、例で示したような学習場面を導入する。
数学 I「データの活用」相関係数
教科書に扱われているデータをもとに、その一部のデータを変化させることで、相関係数がどのようになるかを観察し、相関係数の理解を深める。

以降は T<sup>3</sup>JAPAN 第 20 回年会発表を基に記述する。

## 4 数学 A「整数の性質」における事例の提案—ユークリッドの互除法を中心に—

平成 25 年度の高等学校における学習指導要領改訂で数学 A の内容が再編され、「整数の性質」が新たに設けられた。これにより、整数自体を学習して見つめ直す機会が設けられた。本稿では「整数の性質」の中からユークリッドの互除法に焦点を当て、電子黒板とグラフ電卓とデジタル教科書を用いた指導法の検討を行う。

## 4.1 教科書の問題点

1. 具体例か一般式での説明のどちらかしかなく、導入が不十分である点
2. 扱われている数が小さく、互除法の利点が伝わりきらない可能性がある点

以上の問題点を踏まえ、デジタル教科書とグラフ電卓を用いたユークリッドの互除法の指導を提案する。

## 4.2 活用の具体例

K社の教科書のユークリッドの互除法の導入を例として考えていく。

1. K社の教科書では一般性のある説明で導入を行っているので、グラフ電卓を併用することで以下のように具体例を補う。教科書の例11を用いて除法の原理の式で最大公約数が保存されることを確認する。

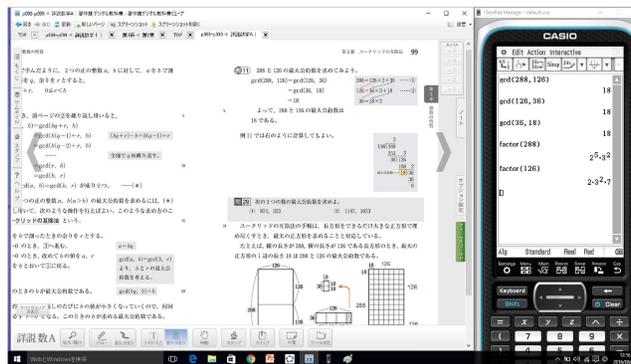


図 3: 公約数の性質の確認

2. グラフ電卓を用いて余りだけを計算し、計算過程を以下のように簡便に表記していく。ユークリッドの互除法では新しい式に前の式の商を使わないのでこのような提示が可能である。

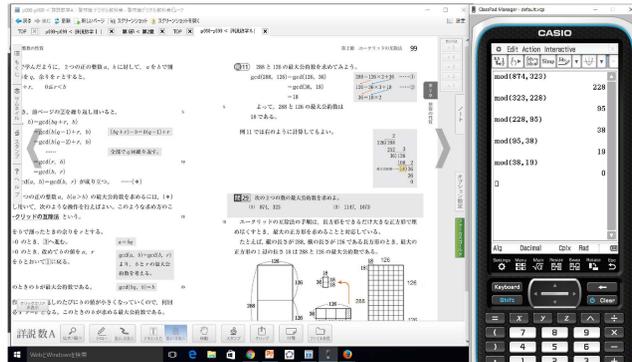


図 4: 教科書の例題の確認

3. 最後に、より大きな数の最大公約数の計算を行う。グラフ電卓を用いることで、生徒は連除法では計算が難しい数でも容易に最大公約数を求めることができ、ラムの定理の主張通り、数が大きくなったとしても計算式の数はそれほど多くならないことを実感することができる。

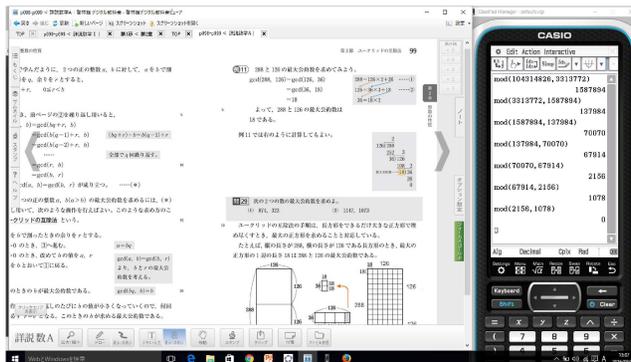


図 5: 大きな数でのユークリッドの互除法

グラフ電卓の利点として画面内で複数のソフトウェアを展開しやすいことが挙げられる。グラフ電卓であれば画面が細いことからデジタル教科書などの横に置くことができ、生徒が2つの画面を同時に見比べることができる。これは大きな利点である。

また、グラフ電卓では数値計算を縦に連ねるので、複数の式の流れに沿って自然に表示できる。そのため、整数分野においてグラフ電卓は非常に扱いやすい数学ソフトウェアであると考えられる。

## 5 絶対値関数・二次関数における事例の提案—グラフ機能の活用を中心に—

### 5.1 教科書の例を確かめる実験

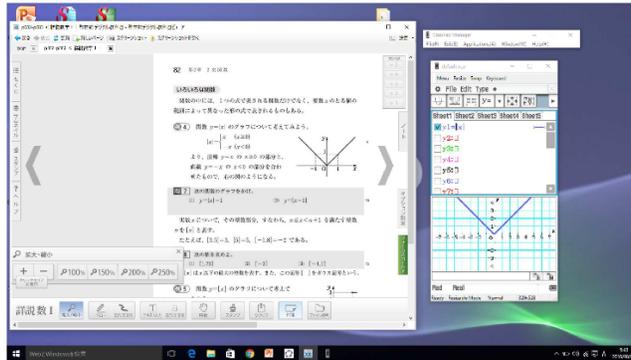


図 6: 教科書の例の提示

・グラフ電卓を用いて  $y = |x|$  のグラフを表示し、一次関数が第一象限では  $y = x$ ，第二象限では  $y = -x$  となっていることが確認できる。

### 5.2 教科書の事例の数値を変えた事例実験

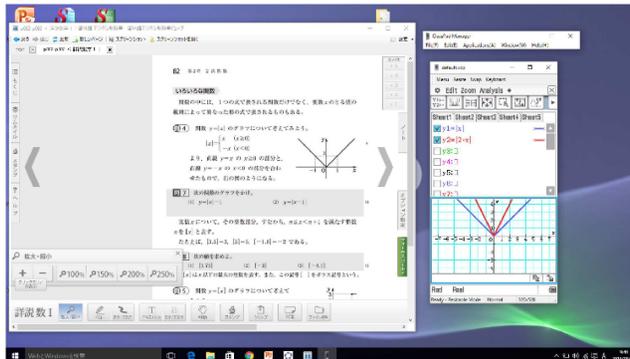


図 7: 教科書の事例の数値を変えたケース

・先の例を  $y = |2x|$  に数値を変えただけの実験であるが、絶対値つき関数でも一次関数の場合と同じように係数が増えると傾きが急になることを確認できる。

### 5.3 教科書の事例の数値や条件を変えての事例実験

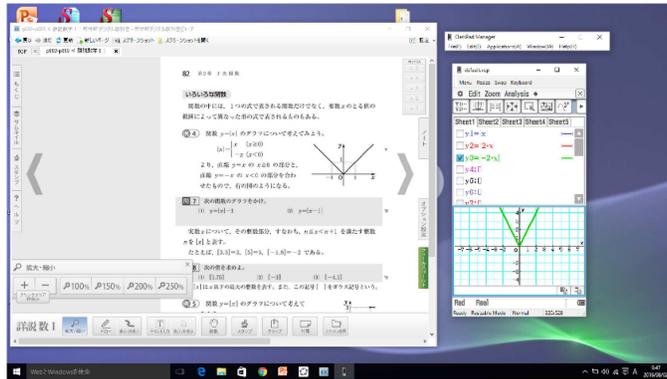


図 8: 教科書の事例の数値や条件を変えたケース

・先の  $y = |2x|$  の例を更に変化させて、 $y = |-2x|$  のグラフを描かせて見る。このようなケースでは、まず、どのようなグラフになるかを予想させてから描画させたい。

### 5.4 例題の条件を組み合わせての実験

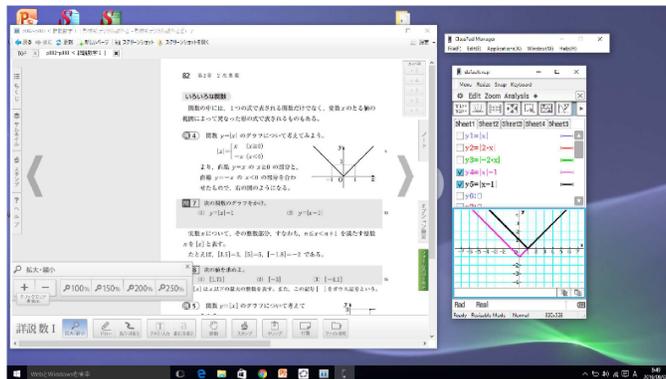


図 9: 教科書の数値をそのままにした事例

・ $y = |x| - 1$  と  $y = |x - 1|$  のグラフを同時に示したものである。そこで、筆者らはこの絶対値のなかで  $-1$  する場合と、絶対値のそとで  $-1$  する場合の両方の条件変化を組み合わせることを試みた。

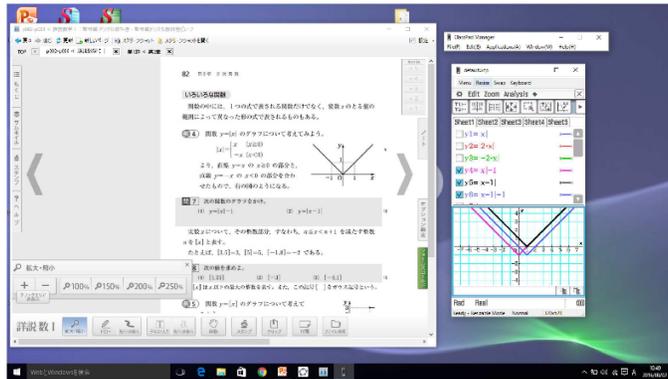


図 10: 2つの条件変化を組み合わせたグラフ

・左の図を見ると、ピンクが下に1つ下がるグラフであり、黒が右に1つ移動するグラフとなっており、2つの条件を組合わせた青のグラフは、右に1つ移動し、下に1つ移動したグラフになっていることが、視覚的に捉えることができる。

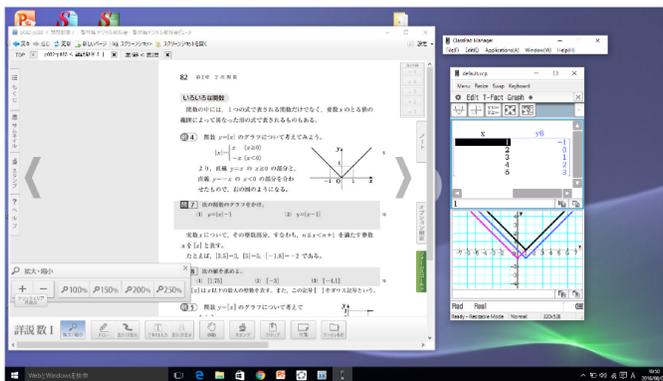


図 11: 数表を提示した場合の投影画面

・また、数表を用いることも有効な手段である。

### 5.4.1 自分で条件を変えて、実験的な活動をする

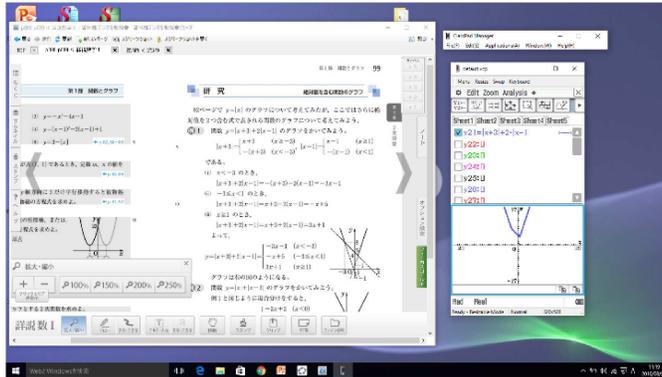


図 12: 教科書の発展的な問題を実験的に扱うケース

・この場合、場合分けなどが生徒にとって難しいが、実験によって逆に結果が分かっているのので、演繹的ではなく帰納的にアプローチしていくことを可能にするという利点がある。

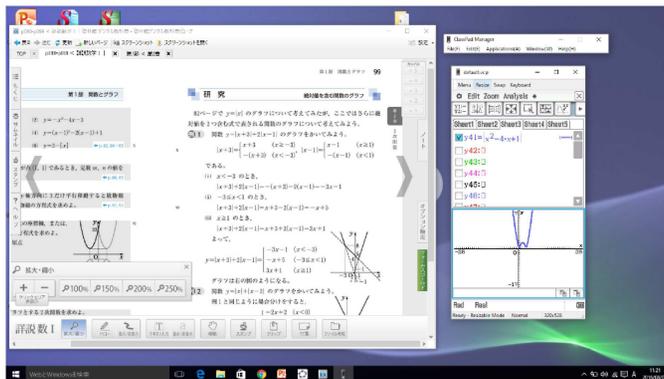


図 13: 二次関数の絶対値のグラフ

・これを見ると、 $x$  軸に関する折り返しになっていることが視覚的に理解され、数表を用いてもそれが確認できると思われる。

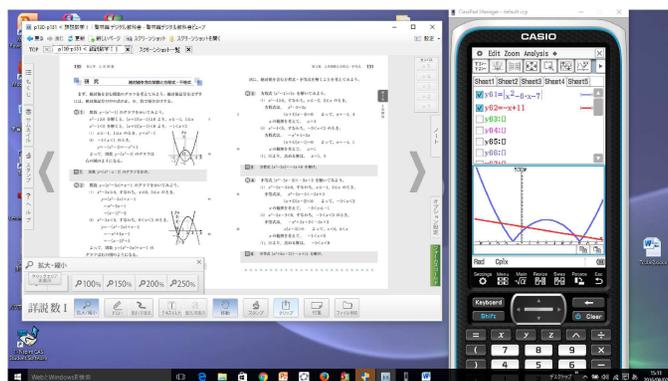


図 14: 絶対値の方程式・不等式への利用

・教科書の左側のページは絶対値付き二次関数を場合分けを利用して、代数的に解き、描画するといった内容である。一方、右側のページでは、絶対値付きの方程式や不等式を代数的に解くことのみで終始している。

・そこでグラフ電卓を用いることで、代数のみで行われがちな指導に幾何的な意味を与えることが容易に可能となることも、この指導法の利点の1つといえるだろう。

このように既存の教科書の内容をもとに、ごく簡単な実験的な活動を導入することで、ここまで強調してきているように、これまでの教科書を基本に授業を進めるというスタイルを大きく変えることなく、新しい学習を持ち込むことが可能になることがわかる。

## 6 数学I「データの分析」における事案の提案—教科書のデータを活用して—

### 6.1 個別データの変化を取り入れる通常型の統計授業の実現

統計の学習においては、PPDACサイクルのような統計的プロセス全般を取り入れる指導のトレンドがあるが、それ以前から公式・計算の指導を中心にするのではなく、データを中心として学習を進める Data-Driven-Statistics の流れがある。データやグラフを実際に見ることで統計の概念の理解を深めていこうという立場である。

このような立場に立つと、コンピュータ処理を用いて数多くの実データから統計量を算出したり、グラフを描画したりしながら、統計の学習を進めることが一つの理想像となる。たしかに、このようなデータ起動型の統計学習は豊かな成果をもたらす可能性が高いと思われる。しかし、現実をみると教科書ならびにデータの処理に関しては、次のような大きな問題点がある。

1. 教科書に挙げられているデータは、コンピュータの利用を前提としないために、少ないデータ数のデータセットとなっている。これは手計算でも授業が可能であるが、実際のデータを多数上げるためには、紙面を多く割かなければならないということである。
2. 多量のデータによる散布図を傾向や点がわかるように、図示するには鮮明で大きなグラフが必要である。
3. 多量のデータをコンピュータソフトに入力するためには、時間がかかり、さらには図を描かせるためには複雑なコマンドの学習が必要なソフトウェアが多い。
4. よく、外部のデータセットをコンバートして利用することで、実データで多量なデータを用いた統計の学習が可能になるとの主張があるが、実際にはファイル形式、データの途中欠損、データ自体の桁数管理などの多くの知識と技能が必要となる。

このような問題点を見ると、PPDACサイクルの授業と Data-Driven Statistics 型の授業のどちらにしても、その実現のためには通常の数学Iの「データの分析」に割り当てられた時間数と教師の準備は、非現実的であると言わざるを得ないであろう。

そこで、本研究では、教科書に挙げられているデータセット（とても少ないことは承知の上で）と問題を用いることを前提とし、電子黒板、デジタル教科書、グラフ電卓のエミュレータもしくは数学用ソフトウェア（統計的操作がすでにビルドインしたもの）を用いて、次のような授業展開を提案する。

## 6.2 電子黒板上のグラフ電卓で数学用ソフトのグラフ機能を少数データで活用する利点

実際には、グラフ電卓上で表示できる散布図のデータをデジタル教科書と並列して表示したときに明確に見える範囲は限られており、レゾリューションの観点からも、データは少数の方がよく、結果が見やすくなる。

少数のデータに対して、変化を加えることで、どのようなことが起こるかについては、筆者らのアイデアではなく、NSFの援助を受けて開発された Fathom というソフトウェアの中に、Object oriented 型プログラムの概念をもとに組み込まれている機能である。

このような操作は主として、教員が行うことになるが、実際にはグラフ電卓においてはビルドインで備わっており、geogebraのようなソフトウェアではスプレッドシート上の操作で簡単に実現できる。電子黒板上で、実際の教科書の問題をもとにデータセットの変化を観察する活動は、再試行の可能性や瞬時の共有化という電子黒板の学習上の特徴を十分に引き出せると思われる。

### 6.3 活用の具体例

1. 教科書にある問題を理解し，教師がデータを入力して散布図を描き，相関係数を算出し，傾向を把握する

まず，S社の例題を用いて，散布図と相関係数の算出方法を確認する．電子黒板上に，デジタル教科書とグラフ電卓を並列して置き，解説を行う．この例題のデータ数が5つと少ないため，入力に時間を取られずに済むという利点がある．

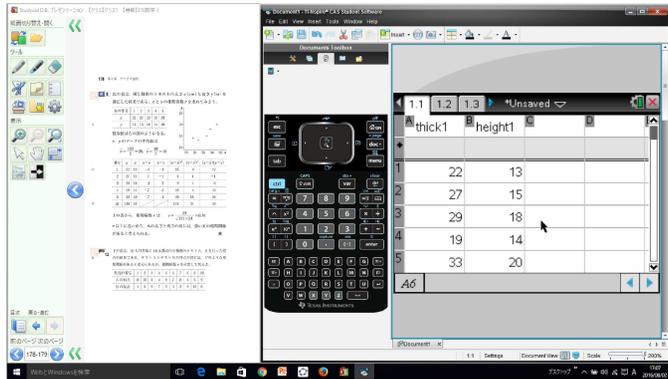


図 15: 教科書の例題の提示

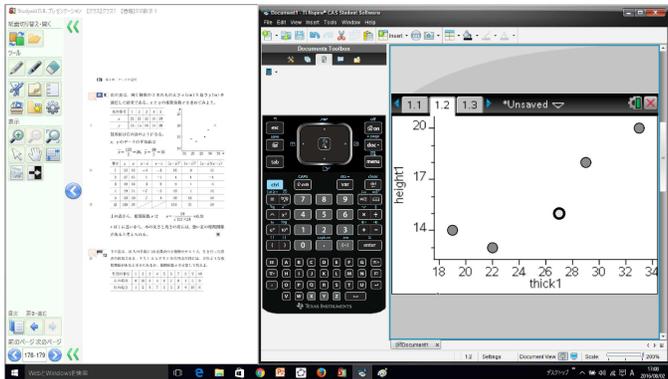


図 16: 教科書の例題をもとにした散布図

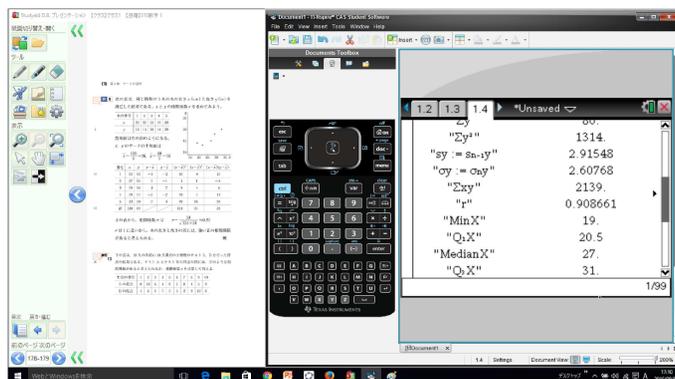


図 17: 相関係数を算出した画面

図 17 より，この例題における相関係数  $r$  は， $r = 0.908661 \approx 0.91$  となり，相関係数  $r$  が 1 に近いことより，2 つの変数の間には，強い正の相関関係があることが考えられる。

この例題は相関係数の用語の意味と計算方法に関して説明した後に出題されているものである。ここで散布図も提示することによって，データの散らばりをより理解しやすくする効果と前の項の確認を行うことができると考える。

2. 教師と生徒であるデータ (1 つもしくは複数個) を変化させることで相関係数や散布図の形状がどうなるか予想して実行し，傾向の把握はどうなるかを検討する

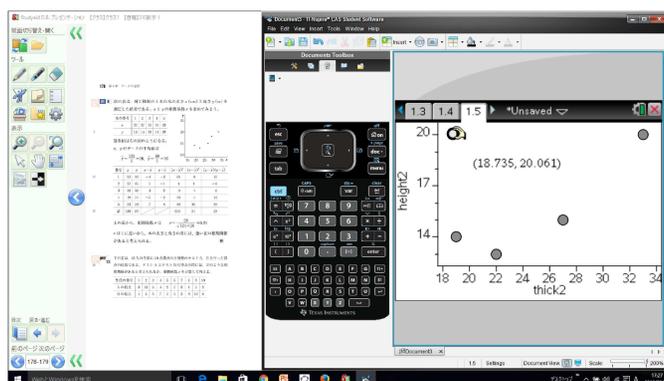


図 18: 教科書の例題の数値を変えたケース

図 15 のグラフにおいて，1 点を移動し，散布図を変更する。この操作によって，相関係数がどのように変化するかを観察する。今回は，左上に移動させたが，生

徒によってさまざまな動かし方や発見があるので、授業内で議論の活性化が見込める。

図 18 のように散布図を変更した際に、図 15 に戻り、スプレッドシートを見ると、連動して数値が変わっており、移動先の点の座標を確認することができる。

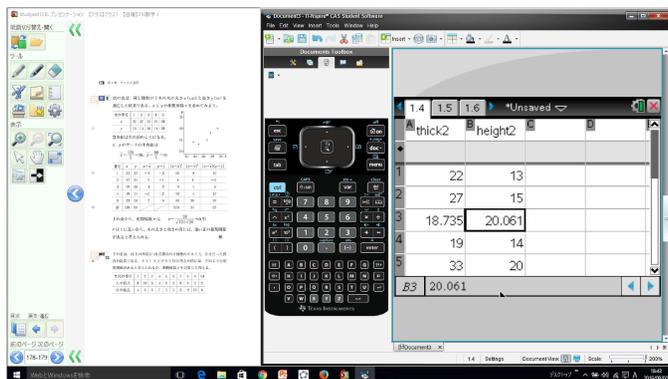


図 19: 散布図を変えた際のスプレッドシート

図 19 のデータをもとに、相関係数  $r$  を算出してみると、 $r = 0.338854 \approx 0.34$  となり、もとの例題よりも相関係数の絶対値が 0 になくなり、相関関係がなくなっていることがわかる。

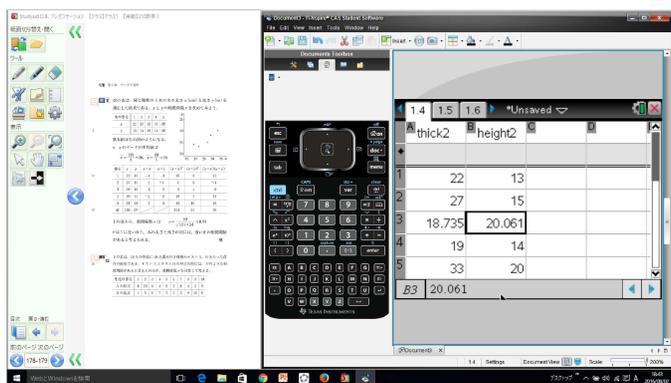


図 20: 新しく相関係数を算出した画面

3. データ全体 (1 変量だけ, 2 変量とも) が上下左右したときには散布図や相関係数がどのようになるか予想して実行し, 傾向の把握はどのようになるか検討する
4. 上記の結果について, 公式と照らし合わせて, 結果の正しさを考える

教科書等によく掲載されている相関係数の値の読み方を示した図は, あくまでも2つの変数のばらつきが線形関係を示した場合の解釈である. 相関係数の値から散布図の形状が1つに決まるわけではないので, 相関係数の値を解釈する際には, 散布図上で分布の様子を確認することが大切になる. 初学者に対しては, 手作業もちろん重要であるが, このようにテクノロジーを活用することによって, 生徒間で議論する時間を設けることができ, 言語活動の充実にも効果が見込める.

## 7 実践結果

3つを組合わせた本研究開発ではICTの導入によって容易になる学習場面の導入の可能性を示せた. 本教材開発の一部を10月2日に行われる理科大GSC(高校向け講座)で実践を行った. 生徒の感想としては以下のようなものが得られた.

### 生徒の感想

- 自分で値を変えて変化を調べると, 公式や考え方に対する理解が深まり, 規則性を自ら見出すことが出来るようになる. 私はこれが学習において最も基礎的かつ重要な力だと考えている. 従って, そのような学習を行いやすくするために, 電子黒板・デジタル教科書・グラフ電卓等を用いてみることも一つの手段である. 今回の講義でも先生は, 実際に電子黒板などを用いて説明を行っていた.
- 今回はまずひとつ, 絶対値を含む様々な関数のグラフの形状について考えましたが, そのときに電子黒板を用いて考えたのがとても新鮮でした. 既に学校ではその範囲を学習していましたが, 紙の上で何となく理解して終わってしまっていました. しかし電子黒板を用いて少しずつ値を変えてみたりすることで, そのいくつかの関数の間に関連性を見つけることができ, 絶対値を含んだ一見難しそうな関数も実は単純であったことなどに気付いて理解が大幅に深まりました.
- 数学ソフトを用いて, グラフやマークなどで視覚的に整理することは, 法則や定理を理解し活用することにとっても役に立つと思った. なぜなら, 公式や定理はそのままだと, ぱっと見て, なにがどうなっているのか分かり辛いですが, グラフや図で表すことにより, 視覚的に捉えられて, どのようなことなのか理解しやすいほか, 変数の値や, 係数を変えてみるなどの試行錯誤も容易にでき, 自分で独自の公式を導くことなどにつながると思ったからだ.

上記のように、本研究の意図と目的が生徒に理解されていることがわかった。今後も日常の授業で展開できるこのような授業教材を開発する予定である。

## 8 まとめ

授業でテクノロジーを用いることはさまざまな利点があり、各特性を十分に理解した上で、有効的な活用方法を考えていくことが必要になる。本研究では、電子黒板上にデジタル教科書を投影させながら、グラフ電卓を用いることによって、更なる数学教育の充実を目指した指導法を提案した。テクノロジーを併用して用いることで、教科書の例題を用いてさまざまな実験を容易に行うことができ、教科書の内容を発展させた学習が格段に行いやすくなると考えられる。

諸外国と比較すると、日本の「通常の講義型」授業におけるテクノロジーの活用はまだまだ発展途上である。統計分野に限らず、数学教育においてテクノロジーを活用することは、現状の教育効果をより強固なものにすることができると考え、今後も更なる研究と実践が必要である。

(本研究開発は、カシオ科学振興財団の研究開発助成を受けて行われている。)

## 参考文献

- [1] 国立教育政策研究所 (2013) : 『OECD 生徒の学習到達度調査—2012 調査国際結果の要約』, [http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012\\_result\\_outline.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_result_outline.pdf) (2016. 9. 19 確認).
- [2] 文部科学省 (2011) : 『教育の情報化ビジョン—21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して—』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/23/04/\\_icsFiles/afiefieldfile/2011/04/28/1305484\\_01\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/_icsFiles/afiefieldfile/2011/04/28/1305484_01_1.pdf) (2016. 9. 19 確認).
- [3] 文部科学省 (2014) : 『「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会」報告書 (中間まとめ)』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/26/08/1351684.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/1351684.htm)(2016. 9. 20 確認).
- [4] 文部科学省 (2015) : 『授業がもっとよくなる電子黒板活用』, [http://jouhouka.mext.go.jp/school/denshi\\_kokuban\\_katsuyo/pdf/katsuyobamensyu.pdf](http://jouhouka.mext.go.jp/school/denshi_kokuban_katsuyo/pdf/katsuyobamensyu.pdf)(2016. 9. 19 確認).
- [5] 文部科学省 (2016) : 『「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議中間まとめ』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkou/\\_icsFiles/afiefieldfile/2016/06/17/1372596\\_01\\_3.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkou/_icsFiles/afiefieldfile/2016/06/17/1372596_01_3.pdf)(2016. 9. 19 確認).
- [6] 清水克彦他研究代表 : 「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 数理解析講究録 1901, 2014.

- [7] 清水康敬：『電子黒板で授業が変わる』，高陵社書店，2006.
- [8] 清水克彦，五十嵐聡：「電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案 1—数学 A「整数の性質」における数値計算機能の活用—」，*T<sup>3</sup>JAPAN* 第 20 回年会，pp. 46–51，2016.
- [9] 清水克彦，峯下及大：「電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案 2—二次関数，絶対値関数におけるグラフ機能の活用—」，*T<sup>3</sup>JAPAN* 第 20 回年会，pp. 74–79，2016.
- [10] 清水克彦，吉田朱里：「電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案 3—数学 I「データの分析」に関する統計機能の活用—」，*T<sup>3</sup>JAPAN* 第 20 回年会，pp. 122–127，2016.