

特集：学校における教育機器の活用をめぐって  
～その研究・開発および研修の最前線～

## ICTの活用に関する最近の動向と課題

—特に、デジタル教科書、電子黒板、TV会議システム等の活用に関して—

町田 彰一郎

(文教大学教育学部)

### Recent Trends and Problems of the Application of ICT

MACHIDA SHOICHIRO

(Faculty of Education, Bunkyo University)

#### 要旨

電子黒板、デジタル教科書、TV会議システムの実践的活用を通して得られた知見から、最近の動向と課題について、主として数学教育の立場から考察した。ICTの活用は今日の教育課題に対して一定の効果を果たすが、これに限定することなく、「情報システム社会」に対応するより広い教育理論の構築の中で考える必要がある。

#### 1 はじめに

平成22年4月、文部科学省は「学校教育の情報化に関する懇談会」を設置し、同年6月に、教育分野における「情報通信技術の活用」に関する工程表を発表した。さらに、8月には、「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—」骨子を発表した。そこでは、これから社会の情報化に対応した教育の重点項目として、i) 子ども同士が教え合い学び合うなど、双方向でわかりやすい授業の実現、ii) 教職員の負担の軽減、iii) 児童生徒の情報活用能力の向上等を挙げている。

そして、そこではデジタル教科書、電子黒板等の活用、ネットワーク技術、クラウド・コンピューティング技術の活用、E-learning等の活用による学校における教育の情報技術化が必要であると述べている。

それに伴い、平成23年には、「学びのイ

ノベーション」、「フューチャー・スクール」構想が打ち出され、教育における情報化、デジタル化のあり方について、実践的な研究指定校が決められ実質的な環境整備への取り組みがされました。また、こうした動きに呼応する形で、民間では、電子教科書教材協議会などが立ち上げられ、平成23年9月には百数十社が会員登録され活動をはじめた。さらに、新指導要領の元で始まった小学校の授業には、多くの教科書会社がデジタル教科書を手がけるようになった。

こうした動きに対して、日本数学会、情報処理学会、日本統計学会、および理科関連諸学会などの専門8学会は、「デジタル教科書」推進に際してのチェックリストの提案と要望」書を文部科学省へ提出した。そこには、次のようなものが要望されている。

\* 「手を動かして実験や観察を行う時間の縮減につながらないこと」

- \*「児童・生徒が紙と筆記用具を使って考えながら作図や計算を進める活動の縮減につながること。」
  - \*「教員の教科指導能力が軽視されないように、また教員の教材研究がより充実するように配慮すること。」
- など9項目がある。

こうした、動向は数学教育一般の立場から見ると、社会の情報化に対応した学校教育のあり方の議論を情報技術化の面をより強調した支援と捉えられかねない。その立場からすると、孫氏のいう「5年以内に児童・生徒に一人一台の電子教科書を！・・・」などの経済と効率化の流れの教育論議と社会の情報化に応ずる教育をこの面だけの議論として捉えられてしまう危険がでてくる。教育ヴィジョンが唱う「21世紀を生きる子どもたちに求められる力をはぐくむ教育とは？」ということを、真帳面から多様な視点を持って取り組むことが今必要とされる。未来を拓く学び・学校創造戦略でも、「多様な教育方法や学習を実現化するための総合的なマネジメント」や、「地域ボランティア等の協力を得た学校づくり・地域づくり」の2点が加わっている。

本論では、以上の立場から再度、社会の情報化とは何であったのか、問い合わせことから始めたい。

1971年にマイコンが発明された。それによって、電子計算機室に鎮座している汎用大型コンピュータの時代から、個人利用のコンピュータであるPC (Personal Used Computer) の時代になり、マイコン (Microprocessor) の飛躍的な進歩からあらゆる電化製品のデジタル化を生みだした。これによって、社会は工業化から情報化へのシフトが始まった。

義務教育制度の成立は、英国で始まった産業革命に触発された社会の農業化から工業化への変容の中で始まった。工業化は別様に言えば、社会の産業化であり、この意味で、70年代からの変容は、第二・第三の産業革命と

も言われた。この流れからすると21世紀情報社会を生きる子どもたちに、どのような教育を施すかという新たな教育の見直し、「学びのイノベーション」が当然求められる。

社会の情報化は90年代米国で起ったインターネット（スーパーハイウェイ）の出現を経由してさらに進み、高度情報通信社会（ICTによって支えられる社会）の段階に進んだ。さらに、今日、情報化はさらに進んで、社会の隅々までが情報システムによって張り巡らされた社会、「情報システム社会」とも呼ぶべき社会へと変容してきている。

システムとは、一つのシステムが、他のシステムと複合し、さらに大きなシステムとなり、さらに他の多くのシステムと結びついて行く特徴を持っている。工業化社会における機械では、新しい機械と古い機械とは見た目にはつきりと区別できたが、情報システムは、携帯端末を考えればわかるように、電話のシステムと、ネットワークシステム、カメラのシステム、メモ帳、ゲームのシステム等々が複合し連動してより複雑なシステムとなる。おそらく、それを開発した人間ですら、その一部については理解していても、全体を把握することは出来ないであろう。情報システム社会とは、このようなある意味で便利な社会である一方「仕組みが目に見えない」、誰もがこれを自分が作ったといえないで責任の持てない社会であるともいえる。「知識基盤社会」、「Global社会」と言うときには、こうした側面が内包されていると捉えるべきである。

今求められているのは、「こうした社会に生きる子ども達に求められる力とは？」、「それをどのようにして育む教育システムを作り上げていくか」ということである。

1970年代、数学教育は現代化学習指導要領の元にあった。40年前であるが、内容的には今日に比べ遙かに「現代的」で「抽象度の高い」ものであった。今から思えば、この時代は、工業化社会の最終段階で情報化への

黎明期であったといえる。これだけの内容を教えることが出来たのは、当時は構造主義の時代であり、問題解決力の育成というよりも、概念学習に重きを置いた時代であった。さらに、今から見れば、「詰め込み主義の教育」の時代であったとも言える。

その後、日本の教育は、現代化を捨てて基礎基本の定着、新しい学力観、総合的学習の時間の設定と、社会の情報化に対応するために、主体的で自律的な個に応じた教育、「学び方を学ぶ」教育へ舵を切っていった。しかしながら、社会の情報化はさらに進んで、家庭や地域のあり方を大きく変えていった。工業化への変容が、黒船という蒸気船の出現で語られるのとは裏腹に、情報システム化された社会の変容は一般の市民には「見えない」変容である。知識基盤社会に応ずる教育とは、この見えない仕組みを捉える目を養う教育であると筆者は捉える。

とりあえず、教育の目標を上記のようなものと捉えた後、話を教室の情報技術化に戻することにする。

フューチャー・スクールにおける教室が、エコな黒板とチョーク、紙の教科書とノート、模造紙などから、情報システム化された電子黒板、デジタル教科書、ペン・タブレット、クラウド・コンピューティング技術などに変ると単純に考えて良いのだろうか？ 福島原発での事故の教訓として出された、技術（この場合は情報技術）に対する安易な依存だけでなく、また、いたずらに拒絶するだけでなく、その負の側面についても検証し、求めるべき姿を模索することが必要であると思われる。

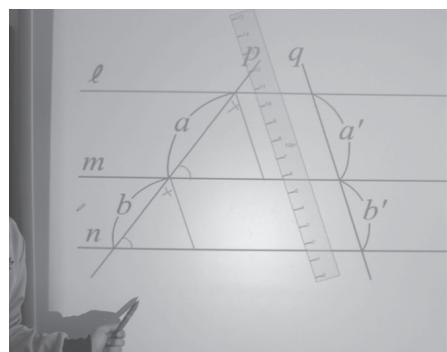
この意味で、本論では情報技術の活用の観点というよりも、情報システム化された社会における学校教育、数学教育はどうあるべきかという観点から、情報メディアと教育の問

題として具体的な事例に絞って考察していくこととする。

## 2 数学教育における電子黒板の活用

筆者が使っている電子黒板は、NARIKAから販売されているものである。その他数社から様々な利用を目的としたものが発売されている。電子黒板としては、以下の特徴を持つ。

- (1) コンピュータ・ディスプレイがそのまま大型のホワイトボードとなり、その上に、マウスの代わりにペンで板書し、それを記録・再生できる。
- (2) (1)により、Net上の様々なサイトの情報が活用でき、自作のソフト、画像、デジタル教科書等を画面に映してそこに書き込むことが出来る。
- (3) (2)で移された画像に、学生や生徒の考えを書き込んだものを、何枚も保存し、再生できる。
- (4) こうした、一連の操作をうまく活用すれば、授業記録のデジタル書籍が自動的に作り出せる。
- (5) 黒板に通常付随している、定木、分度器、グラフ黒板、模造紙、電卓などは、すでに、電子黒板にツールとして付属している。従来では、あらかじめ、模造紙で課題を提示し、生徒の作品は、模造紙で保存していたが、これらはすべてデジタル画像として何枚でも保存し、再生できる。



学生による電子黒板模擬授業

(1) で述べたホワイトボード上への出力だけでなく、最近では、大型ディスプレーとペンタブレットとを組み合わせるものもある。

以下に電子黒板の活用事例を示す。

#### Google Earth との連携

ガリバー旅行記を教材に数学者である Freudenthalは、小学生に比の授業を行った。そこで、旅行記の著者ジョナサン・スヴィフトが、如何に数学的に正確な比の尺度を使ってこの小説を書いたかを彼は述べている。この資料を渡された学生Aは、自分なりのお話作りとして、越谷の大学キャンパスから鎌倉の大仏に出会う物語を作ることにした。彼の座高と大仏の座高の比で、お互いが直線上を歩くとすると、どの場所で出会うか、お話しのデータとするためにGoogle Earth上で作図した。大仏の座高は12.38m、Aの座高は0.952mその比は、1: 13となった。このデータを元に電子黒板に映されたGoogle Earth上で作図し場所を確認した。



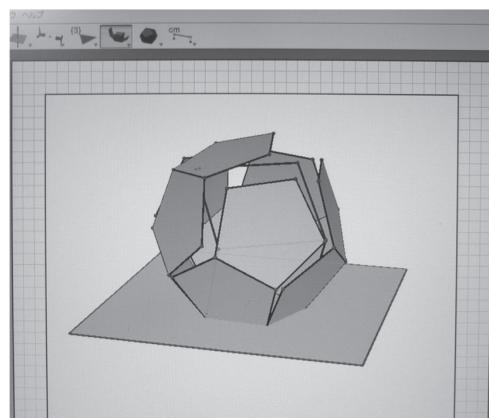
鎌倉と越谷間を13等分する作図事例

電子黒板とは、コンピュータの大型ディスプレー上に手書き文字が書き込めて、それを保存できるということがあるので、画像に最

初に映し出すものは、何でも良い。従来では、黒板に模造紙を張り、マーカーで書き込んでいて、授業終了後に、職員室の片隅に保存しておいたことが、電子黒板によって、この過程がすべてデジタル化したことになる。

#### 作図ツールとの連携

Google Earth以外に、GeogebraやCabri-Geometryであっても良い。電子黒板上に図をこれらのソフトで描き、アニメーションで動かし、教師や生徒の書き込みの後、途中経過も含めて、カメラ機能を使って逐次保存しておき、後の授業に再度活用することが容易に出来る。以下の事例は、Cabriの3D画像をとり、それを切り開いた図である。

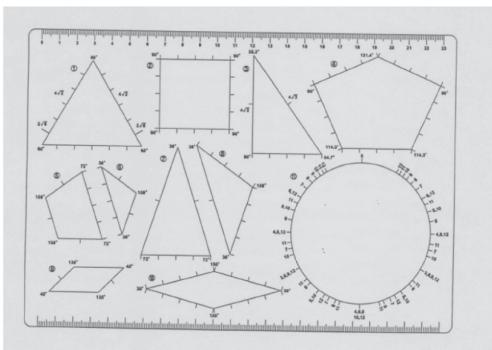


正12面体を切り開いた図例

—正12面体の展開図を考える補助として—

こうした図は、さらに線分などを書き入れ、正十二面体の体積や正十二面体を裏返すと立方体が現れるなどの模型作りへと進めることができる。

これらを実現するためには、画像だけでは不十分で、筆者の教科教育法の授業などでは、画像の提示だけでなく、次頁のようなテンプレートを作成しこれを学生に持たせコンパスや定規では難しい図形を紙に書かせる作業もさせている。この意味で、デジタルなメディアは有効であるが、万能であるとは言えない。



数学的活動用 テンプレート

### 3 デジタル教科書の活用事例

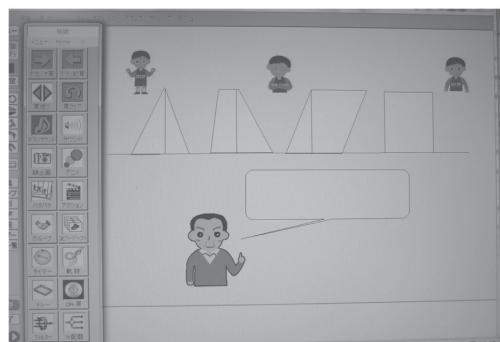
デジタル教科書には、2種類あり、一つは児童・生徒の使用を目的としているもの、他の一つは教師用指導書の一つとして教師が利用するものである。筆者は以前、中学校のデジタル教科書の開発に携わった経験があるが、今回上記のそれぞれを代表する2社の算数用デジタル教科書を取り寄せ、検討してみた。

中学校のデジタル教科書では図形や関数の動的な指導に重きを置き、図形を動かすことにより、変る性質、不变な性質を調べながら、課題の構造に迫る発展的な指導の出来る教科書というイメージが強かったが、今回の小学校の教科書では、指導書の一巻として使う場では、黒板に映しながら教師が説明する過程で、教科書ではとかくすると、吹き出し等で、児童・生徒が考える前にヒントが与えられてしまうことを防ぐように、TV等でよく行われている付箋が貼ってあって、それを説明する途中ではがしていくような機能とか、文章の□の中に文字を入れて文を完成させるなどの機能が付け加えられていたりした。また、教師がデジタル教科書上に、コンパスや定木で書き込みが出来る機能などもついていた。これらは、教師の側に慣れが必要であるが、学生などに操作させるとかなり速い段階で操作を習得していくことが分かる。しかしながら、得意不得意観が学生の中にも残り、それが今後の課題となると思われる。

児童に使わせるデジタル教科書では、単なる答え合わせ機になってしまう恐れを感じた。デジタル教科書を使った授業研究だけでなく、デジタル教科書自体の開発研究の必要性を強く感じた。

教師用デジタル教科書では、デジタル化された教科書以外に、教師がデジタル教科書上に書き足したり、新しい解説画面、や問題画面などを作成するためのツールが多数用意されている。

以下の画像は三角形、台形、平行四辺形、長方形を並べて、面積を考え、台形の面積は、 $(\text{上底} + \text{下底}) \times \text{高さ} \div 2$ なのに、平行四辺形の面積はどうして、底辺×高さだけで求まるのか？という素朴な疑問に答えながら、三角形、四角形の面積公式の関連を導く指導画面である。



デジタル教科書上の自作問題提示画面

こうした画面を教師自身がツールを使って容易に作ることが出来るが、こうしたことでも教師自身の教材研究や共同の授業研究が不可欠である。新しい教育を作り上げようとする教師の意欲や学校・地域の支援なども必要となるだろう。ここでは、今までの体験から生まれたデジタル教科書の活用事例のいくつかを特に以下の2点に絞って紹介する。

- (1) 概念的一般化を生み出す、図形の動的な提示事例
- (2) 電子黒板との連携事例による小中の連携

今回の改訂では小中高を通じて、算数的活動、数学的活動が内容領域として設定された。その概要は、以下の中学校の記述に代表されている。

- ア 既習の数学を基にして、数や図形の性質などを見いだし、発展させる活動
- イ 日常生活や社会で数学を利用する活動
- ウ 数学的な表現を用いて、根拠を明らかにし筋道を立てて説明し伝え合う活動

こうした活動は「新しい学力観」に基づく評価、「総合的学習の時間」における活動では達成されなかった、「学ぶことに意味を感じ、それを学習への自信や動機へ繋げ、ひいては将来への進路選択へ、現在の学習が結びつくようにする。」ための布石であったといえる。現在、こうした活動を実現するための教育のあり方が模索されているが、電子黒板、デジタル教科書、TV会議システム等のICTの活用は、そうした解決の道の一つを示してくれる。

デジタル教科書では、学年を超えて、教科を超えて、行きつ戻りつすることが容易となる。電子黒板も授業での毎時間の板書記録がそのまま保存でき、それを必要なときに振り返ることが出来るので、数学的活動のアの目標の実現のためにかなり有効であるといえる。たとえば、小学校では円の面積を様々な事例を数多くあげ、半径×半径×3.14を導いている。ところが、中学校になると、簡単に「円の面積は  $\pi r^2$  と書きます。」で終わっている。実際、この関係を算数、数学の教科書で見てみると、小学校 6 年の左の説明が、中学校 1 年では、以下のように、単に、円の面積公式を  $\pi r^2$  といいますとしてしか出ていない。

① 下の写真のように、半径 5 cm になるように、ひもをぐるぐると巻いて、円のような形にしたものを作りました。  
● ひもを使って、円の面積の求め方を考えることができます。

② 上で作ったものを、半径で切って広げました。このとき、AB, CD の長さは、上の円のどの長さと同じといえるでしょうか。

③ まなみさんは、①の形を見て、円の面積を求める公式を考えました。下の□にあてはまることばや数を書いて、まなみさんがどのように考えたのか、友だちに説明しましょう。

三角形の面積 =  $\boxed{\quad} \times \boxed{\quad} \div \boxed{\quad}$

円の面積 =  $\boxed{\quad} \times 3.14 \times \boxed{\quad} \div \boxed{\quad}$

$= \boxed{\quad} \times 2 \times 3.14 \times \boxed{\quad} \div \boxed{\quad}$

$= \boxed{\quad} \times \boxed{\quad} \times 3.14$

### 小学校の円の面積のまとめのページ

● 円周の長さと円の面積

円周率を 3.14 として、半径 4 cm の円の円周の長さと面積を求めてみましょう。

円周率は、円周の直径に対する割合である。  
その値は、  
 $3.141592653589793238462643383279\dots$   
と限りなく続く数となり、この値をギリシャ文字  $\pi$  で表す。

(円周率) =  $\frac{(\text{円周})}{(\text{直径})}$

π を使って、円周の長さや円の面積を求めてみよう。

### 中学校 1 年の円周率の導入ページ

これを受けた形で、以下のページで、円周の長さと、円の面積の公式が導き出される。

**●** 今後、特にことわらない限り、円周率には $\pi$ を用いるものとする。また、 $\pi$ は、積の中では数のあと、その他の文字の前に書く。

**問1** 半径 $r$  cm の円の面積を、 $\pi$ を使って表しなさい。

一般に、半径 $r$  cm の円の円周の長さを $\ell$  cm。  
面積を $S$  cm<sup>2</sup> とする。

$$\ell = 2\pi r, S = \pi r^2$$

と表すことができる。

**問2** 半径 7 cm の円の円周の長さと面積を求めなさい。

\*  $r$  は radius (半径)、 $\ell$  は length (長さ)、 $S$  は surface area (表面積) の頭文字である。

### 中学1年での求積公式のまとめ

ここで課題は、小学校では、日本語という言語で円の面積の公式を導き出しているが、中学校では、文字式を含んだ、global languageとしての数学言語で学ぶ。このギャップがこの時期の子どもたちに大きな影響を与えていいのではないかという疑問が学力調査の結果に示されている。6年時で行った円の面積の求積で正当率が73.2%であった問題を、3年後の中学3年時で、底面が同じ円で高さが15cmの円柱の体積として出した問題の正答率が43.2%であったという。

デジタル教科書が使用できる環境にあれば、中学生が6年の教科書に戻り、 $\pi$  (perimetron)、や $r$  (radius)、 $S$  (surface area) 等の意味づけとともに、6年生での円の求積のページを使い、関係を文字で置き換えて学び直しができる。これは、数学的活動のアの「行きつ戻りつする学習」にもなり、かなりの効果を上げると思われる。

これ以外にも、数と計算領域を学年を超えて系統的に並び替え、閲覧することによって、デジタル教科書ならではの授業が構成出来る。しかしながら、こうした試みは、教科書会社のサイトに立てば、教科書を自由に取り込み改変し新しい書籍を作ることにもなり、新型の情報モラルの問題が生ずることになる。

数学的活動のイについては、先の電子黒板との併用によって、現実の事象と数学との間の関連性をより簡単に結びつける授業が可能となる。

次の例は、古代エジプトのピラミッドに関するものである。今から4500年も前に、東京ドームのグラウンドの4倍もある巨石を積み上げた建造物が、多くの数学的性質を持っていることを、実際、Google Earthで現地へ飛んで検証する授業を考える。次の写真は、その一つで、クフ王とカフラー王の2つのピラミッドを上空から見ると、対角線を引いた2個の正方形として見える。この対角線を延長すると他の正方形の対角線と一致していることを示している。すなわち同じ方向を向いて立てられているということである。これは、現実のピラミッドの画像で、生徒自身が確かめるという行為であり、学習に対する関心意欲を生むことになる。



学生によるピラミッドの検証

この他、現実の生活や社会と数学との関わりを様々なネット情報や自作資料・画像を駆使して電子黒板やデジタル教科書、デジタル書籍で提示すれば、数学的活動のイに関する意欲的な授業を作り出すことが出来る。教科書内で使われる統計資料は時間の経過とともに古くなっていくが、この更新も、デジタル教科書では、デジタルな差し替え資料をネット上で送付し、差し替えることで紙の印刷物

より遙かに容易に更新できる。

最後に、数学的活動のウになるが、単に見せるだけでなく、先ほどのテンプレートなどの手を使った活動と連動することによって、様々な意見の交流が可能となる。数学はグローバルな言語なので、net上で、他の国の児童・生徒との意見や作品交流も可能である。ウに関して言えば、たんに1時間の授業での教室内コミュニケーションだけでなく、小集団で一定の期間、協働して問題解決するという活動を通して、新しい協働学習の場を作っていくことが考えられる。これは、まったくの空想ではなく、平成23年の8月に埼玉県の高数研が主催した数学コンクール、数学フェアで行われていたことである。ここでは、1校5人程度の生徒のチームがコンピュータを使いながら、事前課題、当日課題をチームとして解き合い、発表し合った。こうした試みは、ICTを活用するとより効率的に出来るが、注意することは、ICTだけで進められることではない。

重要なのは、これから的情報システム社会を尊厳ある市民として生きるに必要な能力を養うのに、どのような学びの場を作るかということで、より深い教育理論の構築の中にICTの活用が生かされることが大切である。

#### 4 遠隔教育としてのTV会議システム

筆者が行ってきた事例の中に、TV会議システムによる遠隔地との交流授業がある。かつて埼玉大学のSCS（Space Collaboration System）で埼玉大学と群馬大学などと交流授業を行ってきた。本学での活用事例としては、大学院での篠原君の論文作成に関連した事例がある。



SCSによる実験授業

文教大学の付属高校の生徒と、立命館大学の附属高校の生徒との間のTV会議システムによる授業交流は以下と同じ型のシステムを使って行われた。これは、数学的活動のウに該当する効果があった。



これと同型の旗の台のTV会議システム

教育学研究科におけるTV会議システム等の活用実践は、今後の現職教員の大学院受け入れ、研修を意図していたものである。これからの大院教育としては不可欠のものであり、ぜひ、実現の方向で取り組んでいただきたい。