

デジタル教科書作成ツールの開発と市販教科書への応用

原 久太郎

NPO 法人地域学習センターゆーらっぷ

上原永護

群馬県渋川市立小野上小学校

概要

明治5年の学校制度の開始から使用されてきた黒板とチョーク、そして教科書とノートを使った一斉指導型教授方法がすべての教室にコンピュータとプロジェクタを導入する計画の元でようやく変わろうとしている。我々は従来から教科書をスクリーンに提示して学習箇所を指示する方法を検討してきたが、政府が進める教育の情報化政策によりコンピュータとプロジェクタによって教科書を拡大表示することが可能となったことから、コンピュータ上のデジタル教科書を開発するための要件を調査し、教科指導が効果的になるよう配慮したデジタル教科書の試作を行った。その後、これは市販デジタル教科書に採用され、一方、我々は教員自身がデジタル教科書を自作できるデジタル教科書作成ツール dbook を開発した。

本稿では、使いやすいデジタル教科書に求められる要件と、次にデジタル教科書上に展開されるコンテンツと教科指導の関連を述べる。その後、今後デジタル教科書が進むべき方向について論じる。

1. はじめに

普通教室で行われる授業形態は、黒板とチョーク、教科書とノート、鉛筆を使用する一斉指導教育である。この方式は明治5年に導入された学校制度以来変わっていない。

政府は「e-Japan 戦略」¹⁾において国のIT化を目指すなかで教育に関し2005年までにすべての普通教室にインターネット回線、コンピュータ、プロジェクタを設置する計画を立てた。この計画は教師が黒板を使って教材を提示していた教授方法に、プロジェクタでデジタルコンテンツを提示する手法を取り入れるものである。

我々は、この状況に対して、印刷物の教科書をそのまま提示教材とするとともに、容易にコンピュータによるインタラクティブな教材を組み合わせたことができるツールとして dbook²⁾を設計・開発した。本稿では最初に、教科書そのものをデジタル化する意義について述べ、次に筆者のうち1名が開発に携わった市販デジタル教科書の実例を紹介する。その後、この経験をもとに我々が開発したデジタル教科書作成ツール dbook について述べる。

最後に、dbook を全校で利用している小学校における教師と児童への意識調査の結果により、現時点での dbook の評価について述べる。

2. 教科書提示の必要性と従来の手法

教員は教科書を主たる教材として授業を行っている。従来の教室環境での授業では、児童生徒によっては授業の流れに遅れてしまい教科書のどこを見ているのか把握するのに時間がかかる場合がある。また、教科書の図の説明をされても、どの図の説明であるか分からない児童生徒もいる。これが教科書を提示する必要性である。以下に、これを行う従来から行われている方法について述べる。

2.1. 掛け図による提示

教科書の学習場面を提示する方法としては、教科書の該当部分を拡大コピーして黒板に貼る方法や、教科書会社が発行する掛図を購入

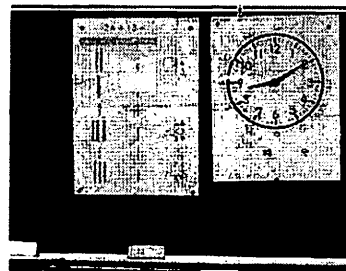


図1. 市販掛図の提示

Development of e-Textbook Construction Tool and Application for Commercial Textbooks.
K. Hara (NPO Urap) and E. Uehara (Onogami Elementary School).

して学習場面を提示する方法がある(図1)。しかし、教科書全体が見えるわけではなく、また掛図は教科書の表現と必ずしも一致しないため、子どもたちにとっては手元にある教科書との乖離がある。また、市販掛図は通常、一部の学習課題のみについての提供となっているため、すべての授業で使えないという問題がある。

2.2. 書画カメラによる提示

教科書そのものを書画カメラで撮影して投影する方法である。

この方法は教師による事前の準備が不要であること、教師の指し示す手が画面に同時に写り込むことで容易に教師の意図を生徒に伝えられるメリットがあるが、冊子を開いた状態を撮影することで生じる画像の歪みが生徒の注意力を妨げる問題や、生徒に顔を向けながら表示したい場所をカメラの位置に合わせる操作が難しいという問題がある。

2.3. プレゼンテーションソフトによる提示

パワーポイントなどのプレゼンテーションソフトを使って、スキャンした教科書ページを取り込んで提示するという方法である。

しかし、多くのプレゼンテーションソフトでは、表示の一部を拡大縮小することは容易でなく、また画面への書き込みもマーカ程度の利用にしか使えない貧弱なものであることから、授業の進行に合わせて柔軟にプレゼンテーションを変更して行うことは困難である。

3. デジタル教科書に求められる要件

デジタル教科書では、従来の方法では困難であった、子どもの手元にある教科書そのものが画像の歪みなどなく提示され、授業の流

れに沿って教師の思い通りに提示箇所を変更したり、学習を補助する情報を表示させたりすることが必要である。以下、それを実現するために必要となる基本的な機能について述べる。

3.1. 拡大機能・マーカ機能

児童生徒が教科書のどこを指し示して授業が行われているのかをつねに把握できるように、デジタル教科書では最初、授業で扱う単元の最初の見開きページ全体が表示されている必要がある。その後、教科書を詳細に見るにあたって、ページ全体から注視すべき部分へと任意の範囲を指定して拡大表示し、その後、別の場所へ移動する前に縮小表示により再びページ全体の表示に戻ることができるなど、柔軟に拡大縮小ができる必要がある。また、注目すべき項目の指示や補足説明を行うためのマーカ機能も、一般のドローソフトに相当する豊富な機能が必要である(図2)。このことで、児童は学習する課題を早くつかむことができ、その結果、考え、理解する時間を確保できるようになる。

教科書には、授業の流れに沿って導入課題、課題、ヒント、解説、まとめなどが記述されているが、教師は授業の流れに沿ってそれらを順次生徒に提示したいことが多い。従来の授業では、教科書を閉じた状態で、課題の内容を板書したり、児童生徒に発問したりする展開をとるが、教科書の一部だけを拡大し、不要な部分をマスキングする機能があれば、こうした不自然さは解消され、つねに教科書のイメージを見ながら児童生徒は課題について考えることができる。

また、最近の教科書は書き込み式になっている課題が増えており、解答をマスキングしておき後から表示する操作の有用性は高い。

3.2. 動く教材

学習の理解を支援するアニメーションや実験を行うシミュレーションなどを利用した学習は教育におけるコンピュータ利用の代表的なものであるが、従来は専用のソフトウェアを起動することが通常の利用形態であった

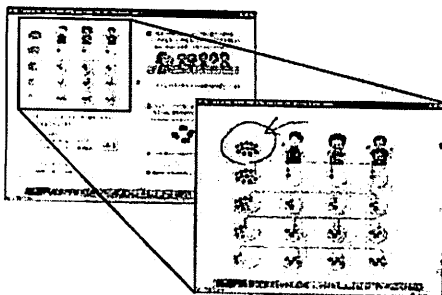


図2. 教科書の拡大表示とマーカ機能の利用

が、提示された教科書の上にこうした教材が添付されていれば、児童生徒の注意をアプリケーションの起動や画面切り替えなどによって損なうことなく授業をスムーズに行うことができる。この際、教科書に掲載されている図や写真がそのまま動く、あるいはマウスにより操作できることが望ましい。

例えば、理科の教科書では実験場面のイラストが動いて実験経過が示されれば、実験を行うときのイメージがつかみやすい。算数では三角定規の使い方などをアニメーションで示すとより分かりやすい授業が行える。数学では空間図形を回転させたり、自動車の停止距離を求める実験をしたりするシミュレーションなどが有用である。

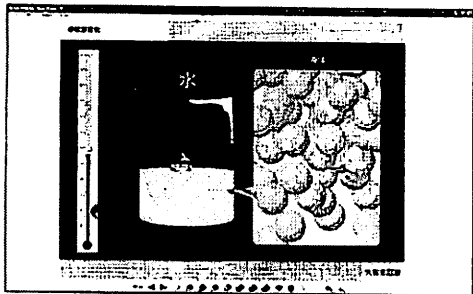


図 3. 理科のアニメーション教材の例

図 3 は理科において温度による水分子の運動の変化を説明する教材の例である。

3.3. 参考資料へのリンク

授業のなかで示す参考資料がデジタル化されたものであれば、リンク機能によってクリックひとつで参考資料を提示させることができる。同じ教科書の別のページへのリンクのみならず、外部ソフトウェアの呼び出し機能があれば、より多くの教材が活用できる。

Web上のコンテンツを表示することができれば、NICER が提供する教科書目次に合わせてストックされたデジタルコンテンツを容易に利用できることになる。

4. 市販デジタル教科書

デジタル教科書の必要性は各教科書会社ともに理解の一致するところであり、2005 年 4 月における小学校の教科書改訂に合わせ、各

社は最初のデジタル教科書を発行した。国語、算数、理科、社会などの主要教科で出そろっている。また、2006 年 4 月には中学校の教科書が改訂され、同様に各社は主要教科向けのデジタル教科書を発行した。

以下、筆者のうち 1 名が学校図書編集部とともに開発した中学校数学教師用指導書の一部である「デジ MATH」を通して、現在のデジタル教科書の実例を紹介する。

4.1. 教科書本文ビューワ

教科書のイメージは印刷・製本された教科書を裁断しイメージスキャナによって読み込んだものを使用している。画像のフォーマットは JPEG 形式で、解像度は 144 dpi である。これは一般的な PC のディスプレイでは 72 dpi で表示されることと、教科書を拡大するときは 2 倍のサイズが通常使用されることから求められた最適解像度である。

「デジ MATH」は、表示したい部分をマウス操作により範囲指定して、その部分だけを表示する拡大機能を持つ。この機能の特徴として、範囲外の部分をトリミングにより除外する。このことで、生徒にとって必要な部分だけを簡単に表示できる。

表示画面上に、ペンやマーカ機能を使ってフリーハンドでメモを入れることができるほか、矩形、円等の描画も可能である。描いたフリーハンドの線や図形はドラッグによる移動、回転移動・線対称移動、拡大・縮小が可能である。中心点の移動もできる (図 4)。

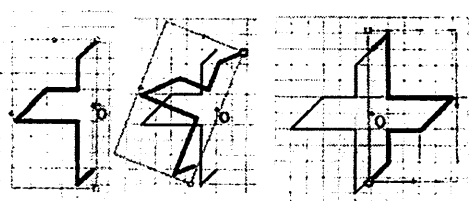


図 4. 図形をトレースし回転移動する様子

4.2. 動くコンテンツ

「デジ MATH」では、アニメーション教材と、教科書の図をマウスにより直接操作可能なインタラクティブな教材の両方が「動くコ

ンテンツ」として含まれている。

4.2.1. 導入課題のアニメーション

単元の導入課題の部分にアニメーションを取り入れている。これは、生徒がより明確に課題をとらえ、興味・関心を高めることを目的としている。

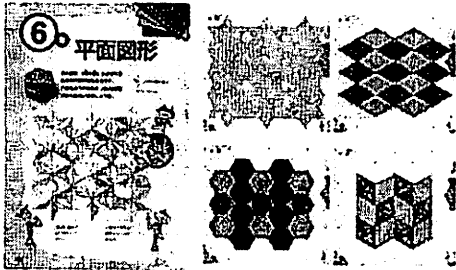


図 5. 導入課題のアニメーション表示

図 5 に示す課題は、しきつめ図形のなかから三角形や四角形などの図形を見つけ出すものである。教科書では図の左側にあるページがあるのみだが、ここに、彩色を行うアニメーションが重ね合わせて表示されることによって、生徒はひとつのしきつめ図形のなかにさまざまな図形があることを容易に理解でき、図形に対する興味関心を強く持つこととなる。

4.2.2. 教科書の図の直接操作

図形の移動などは従来の教科書では移動前・移動後の状態を示した図から移動する状況を想像する必要があったが、教科書の図を直接ドラッグにより平行、対称、回転移動する操作を実現することで、より生徒に具体的なイメージを喚起させる学習が実現できる。

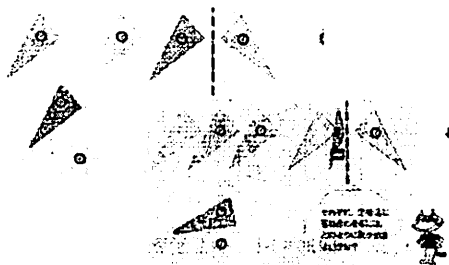


図 6. 教科書の図の直接操作

図 6 左上の部分が発来の教科書の図であり、それぞれ三角形の平行移動・対称移動・回転移動を表したものである。「デジ MATH」で

は、この図における(ア)の図形をマウスの操作で(イ)に向かって移動させ、再び逆向きに戻すことも可能である。この操作を繰り返して見せることで、生徒は移動のイメージをより明確にとらえることができる。

4.2.3. 作図方法のアニメーション解説

作図方法をアニメーションで解説することによって、より生徒の理解を高めることができる。また、作図の作業中に教師がアニメーションを繰り返して表示することによって、図だけでは理解が難しい生徒に対する支援を行うことができる。

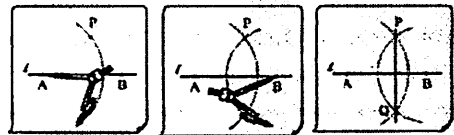


図 7. 作図方法のアニメーション表示

図 7 は、教科書の図の上にコンパスが表示されて、直線 AB に対する垂線 PQ を引くまでの作図方法をアニメーションで示すものである。

4.2.4. 空間図形の回転

空間図形をドラッグにより回転させて、様々な角度から観察することによって、空間図形の特徴を理解させることができる。



図 8. 空間図形の回転操作

図 8 は、六角柱をマウスにより縦に回転させている様子である。ここで空間図形はポリゴンにより 3 次元の図形として表現されており、マウス操作によって任意の方向に回転させることができる。教師は教科書の図でありながらあたかも実物の立体を生徒に見せているかのように生徒と対話して、生徒に空間図形の特徴を気付かせることができる。

4.2.5. 図形教材 GCL コンテンツの張り込み

作図ツール³⁾用図形記述言語 GCL (Geometric Construction Language)⁴⁾で作

成したコンテンツを数多く掲載している。GCL は愛知教育大学飯島康之教授の指導のもとに筆者らが開発を進めている、XML に基づく記述言語である。

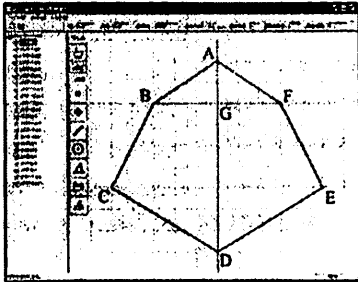


図 9. GCL による図形の定義とその描画

図 9 は、マウスにより作図を行い GCL の出力を行うことができるエディタ GCL Editor の画面である。「デジ MATH」ではこのようにして作成した GCL コンテンツを Macromedia Flash (以下 Flash と記述する) によって実装したビューワによって表示する。Flash の機能を利用して、色の重ね合わせや線の太さ、Flash ムービーの組み込みなどビジュアル表現に優れたコンテンツとなっている。ビューワは作図ツールとしての一通りの機能を持ち、描かれた図形の頂点をマウス操作で移動させ、このことで変化する図形の形状に応じて各頂点の内角・外角の角度や図形の面積のリアルタイム表示、補助線の追加などが可能である。

4.3. デジタル教科書内でのリンク

「デジ MATH」は教科書内の特定の項目から関連する既習事項や関連教材へのリンクをつけているが、外部ソフトウェア等へのリンク機能は提供していない。その理由は、算数・数学教科書は、社会や理科と異なり、教科書に表現された内容が学習材となっており、基礎から発展まで教材の一貫性が求められているためである。

5. dbook によるデジタル教科書の自作

我々は、上述した市販デジタル教科書作成の経験を踏まえて、教師自身がデジタル教科書を容易に作成することができるツール

dbook を開発した。以下、開発の動機と dbook の基本的な操作方法について述べる。

5.1. dbook 開発の動機

多くの教科書会社がデジタル教科書の開発を行っているが、すべての会社がすべての教科書をデジタル教科書として提供することは不可能なのが現状である。その最大の理由は教科書会社の経営規模に対して大きな開発費がかかることである。なかでも教科書が収録する図版等に関する著作権処理の問題が大きい。また、冊子としての教科書には著作物の利用が認められていても、デジタル化に際して許諾が得られないものもある。

しかし、著作権法の特例によって教師が自身の授業に使う範囲においては著作物を複製できる。つまり、教師が自身の授業のために作成するデジタル教科書には著作権処理の問題が発生しないことになる。そこで、コンピュータの操作に不得手な教員でも簡単にデジタル教科書が作成できるツールを提供することの意義は大きいと考えた。これが dbook 開発の動機である。

5.2. デジタル教科書の作成手順

まず、授業で使用する教科書などのページをイメージスキャナにより画像ファイルとして取り込む。次に、それらのファイルをページごとに連番のファイル名の JPEG 画像とする。その後、dbook から画像を連番の最初と最後を指定して読み込み、メニューから「デジタル教材書き出し」を行えば、Flash 形式(拡張子 .swf) のファイルが得られる。これが dbook で作成したデジタル教科書となる。このように操作はシンプルであるため、100 ページ程度の冊子であれば、20 分程度で全体をデジタル教科書化することが可能である。

画像の鮮明さや動くコンテンツの有無などの点で教科書会社が販売するデジタル教科書には及ばないが、教師の自作プリントやワークブックなどがデジタル教材にできることによる授業改善の効果は大きいと考えられる。

5.3. デジタル教科書へのコンテンツの追加

dbook は取り込んだ画像からなる各ページ

に、画像ファイルや Flash ファイル、他ページへのリンクや外部の Web ページにリンクを貼ることができる。また、Web ブラウザの画面上に表示された画像をドラッグアンドドロップでページに貼ると同時にリンクを張ることができる。これらのなかで、教材としての Flash ファイルを自作するには Macromedia Flash の購入や操作といった難しさがあり、誰もができるものではないが、アニメーションを始めとする多様な swf 形式のファイル (dbook の動作に悪影響を及ぼさない範囲のもの) を貼ることができるため、他の力のある教員が作成したものや、ネット上に存在する有用な Flash ファイルを教材として利用することも可能である。また、GCL Editor で作図した図形教材 (GCL コンテンツ) も利用することができる。

6. 授業での活用

筆者のうち 1 人が勤務する小学校では、dbook の利用を始めて 2 年が経過している。教員の平均年齢が 40 代後半であり、情報機器の操作スキルは教員の平均以下であるという実態があるほか、この 2 年の間に教員の 3 分の 1 が入れ替わっている。そのような状況にも関わらず、年々 dbook を利用した授業が定着している。人事異動で始めて触れた教員でさえ、数週間で dbook 利用のノウハウを習得し、自然に使いこなすことができている。

dbook は全学年で教科を限定しないで利用しているが 5・6 年生の児童 (合計 38 名) を対象に全学年で利用頻度の高い算数について、dbook を利用した場合と利用しなかった場合における意識調査を行ったところ、図 10 のような結果が得られた。なお、調査は平成 17 年 12 月に行ったものである。

すべての項目で dbook 利用の優位性示されている。また、児童に対するアンケートからも「算数の授業では dbook を使用した方がよい」という質問に対して、「強く思う」と答えた児童が 87%いた。さらに、dbook を使った授業のよいところを自由記述させたところ、授業がわかりやすい、説明がよくわかるなど

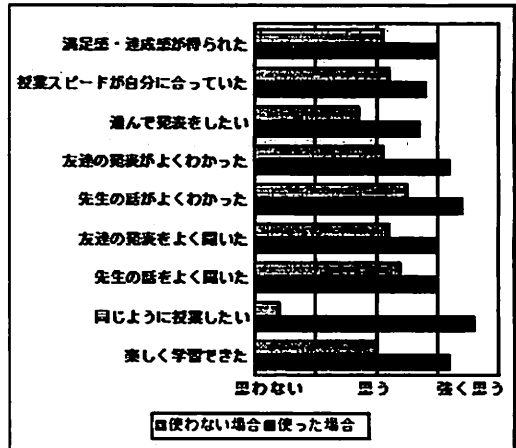


図 10. 算数における dbook 利用に関する意識の回答があった。

7. おわりに

政府の進める教育の情報化によって教師による提示型教材としてのデジタル教科書活用の道が開かれた。筆者らは市販デジタル教科書の開発に携わるなかで児童生徒の授業の理解を高めるために有用な機能について検討を進めてきた。しかし、資金的な問題からデジタル教科書の普及が阻害されていることに問題意識を持ち、教師自らが簡便にデジタル教科書を作成できるツールとして dbook を開発した。dbook を利用した教師・児童への意識調査から dbook の有用性が確かめられた。今後は児童生徒がひとり 1 台の PC を使う環境を見据え、自宅からの学習などを含めたデジタル教科書のさらなる活用方法について検討を進めるつもりである。

参考文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：「e-Japan 戦略」, 2001。
http://www.kantei.go.jp/jp/it/network/dai/1siryou05_2.html
- 2) dbook
<http://www.urap.org/dBook/index.htm>
- 3) 飯島康之：「作図ツール GC/Java を利用した多様な学習環境の開発」, 科学教育研究, vol.29 (2005), No.2, pp.110-119.
- 4) GCL
<http://www.urap.org/gc/index.html>