

算数科における ICT 活用の研究

～自作デジタル教科書の開発と実践～

新潟大学大学院教育学研究科
教科教育専攻 数学教育専修
山田ゼミナール
U09B108A 鈴木 健一郎

はじめに

近年の情報技術の発展は著しく, インターネットを中心とした情報通信網なしには社会は成り立たなくなっている。そんな中, 「デジタル教科書」という言葉に代表されるように教育現場にも情報化の波が押し寄せている。授業における ICT 活用の効果が多くの実践研究などで実証されてきており, 文部科学省の委託調査(文部科学省 2007)においても, ICT 活用は児童の学力を向上させる上で効果があると報告しているなど, 政府も教育の情報化に向けて本格的に動き出した。また, デジタル教科書は現在, 世界的に導入が検討されており, わが国でも 2009 年度に総務省が発表した『原ロビジョン』(総務省 2009)の政府目標の中には, 「2015 年までにデジタル教科書をすべての小中学校生徒に配備する」等が盛り込まれ話題となったところである。筆者自身, デジタル教科書の導入は, 今まで教材等を自作で準備していた教員の負担軽減や子どもの学力向上に効果があるのではないかと期待している。

しかし, デジタル教科書は児童相互のコミュニケーションの機会を奪ってしまうのではないか, ICT が先行しており本当に教育現場では必要なのだろうか, そもそも学力向上に効果があるのか, 現場の教師は使いこなせるのだろうかといった懸念もあり, デジタル教科書の導入に反対する声も多くあることも事実である。これは, デジタル教科書とは何なのかという定義自体が非常に曖昧であり, 人によって捉え方が異なることに起因しているとも考えられる。

そこで, 本研究では, これまでの ICT 活用に関する先行研究や実践研究などから, ICT 活用による具体的な効果等を明らかにし, その分析を基に, 効果的なデジタル教科書とは何なのかを検討していくことにする。

1 本研究の目的および方法

本研究の目的は, 教師と児童の目線に立った上で, 効果的なデジタル教科書とは何なのかを検討し, そのデジタル教科書の開発及び実践によって, その効果を検証することである。よって, 本研究の内容は以下のように整理される。

- (1) 教育の情報化とデジタル教科書に関する基本的な考察
- (2) ICT 活用の具体的な効果についての分析
- (3) 自作デジタル教科書の開発と実践
- (4) 自作デジタル教科書の効果の検証

2 教育の情報化とデジタル教科書

(1) 教育の情報化

教育の情報化でめざすものは何なのか。文部科学省（2010a）では、これからの子供たちに求められる力として、莫大な情報から必要な情報を取捨選択する能力や表現・コミュニケーションの手段として情報手段を活用する能力が求められるとしている。その上で、教育の情報化において大事にすべき3つの柱として以下をあげている（文部科学省 2010b）。

- | |
|---|
| ① 情報教育
=子どもたちの情報活用能力の育成 |
| ② 教科指導における情報通信技術の活用
=ICTを効果的に活用した、わかりやすく深まる授業の実現 |
| ③ 校務の情報化
=情報共有による教育の質の向上や校務負担の軽減 |

特に②に関しては、普段授業を行っている教員に依るところが大きく、教員のICT活用による各教科の指導力が問われている。しかし、文部科学省の調査（文部科学省 2008b）では、教員が「授業中にICTを活用して指導する能力」の平均が約5割（55.2%）にとどまるなど、現実的にはICTを指導場面で活用できる教員の数はまだまだ少なく、負担が増えない程度での活用方法が今まさに必要となっている。このことから、教員のICT活用能力を問わないデジタル教科書を検討すべきであろう。

次に、わが国は今後どのように教育の情報化が進展していくのか、その大まかな動向を政府の施策を基に明らかにしていく。

・「i-Japan 戦略 2015」（IT 戦略本部 2009）

これは、2015年までに実現すべきデジタル社会の将来像と実現に向けた戦略が描かれている。①電子政府・電子自治体分野、②医療・健康分野、③教育・人財分野の3つの分野が三大重点分野とされ、教育分野では、子どもの学力と情報活用能力の向上を目標とした上で、「教員のデジタル活用指導力の向上」や「双方向でわかりやすい授業の実現」等あげられている。特に後者においては、電子黒板等のICT機器の教室への普及といった内容であり、電子黒板に対する期待が大きいことがわかる。テレビやプロジェクターなどでは、児童は受身になってしまうが、電子黒板では、操作することによって画像や動画など自分の求めることに対して、応答してくれるという双方向性が可能になる。この双方向性がこれからの教育の情報化の1つのキーワードであるといえるであろう。

・「フューチャースクール推進事業」

総務省は2009年末、原口元総務大臣が『原口ビジョン』（総務省 2009）を発表した。このビジョンでは、施策として2015年までにデジタル教科書を全ての小中学校全生徒に配備することが盛り込まれていた。これを具体化するための実証研究として「フューチャースクール推進事業」の実施し、実証実験ではデジタル教科書を提供するとともに、全児童1人1台にタブレットPCを配布、全普通教室に1台インタラクティブホワイトボードを配備、校内無線LANの整備等のICT環境を構築した。

・「教育の情報化ビジョン（骨子）」（文部科学省 2010b）

このビジョンでは、21世紀を生きる子どもたちに求められる力として、「情報活用能力」をあげており、これは、知識・技能を活用して行う言語活動の基盤となるもので、「生きる力」に資するものであるとしている。また、「情報通信技術の活用は、一人ひとりの能力や特性に応じた学びや、子どもたち同士が教え学び合う協働的な学びを創設することにより、基礎的・基本的な知識・技能の習得や、思考力・判断力・表現力等や主体的に学習に取り組む態度の育成に資するものである」とした上で、デジタル教科書についても具体的に述べられている（この点は後に詳しく取り扱うこととする）。

・「デジタル教科書教材協議会」

総務省の原口ビジョンがきっかけとなり、企業は、小中学校におけるデジタル教科書の実現を目指して活動する協議会「デジタル教科書教材協議会 (Digital Textbook and Teaching : 略称 DiTT)」を設立した。同協議会が発表した『DiTT アクションプラン』では、デジタル教科書を2015年度までに普及することを民間の目標（政府は2020年度を目標）と定めており、①どこに住んでいても世界中の知識に触れる機会を、②創造力、表現力、コミュニケーション力を育む最高の環境を、③友人、先生、家族とつながる手段を、の3つをデジタル教科書で実現する目標としている。

(2) デジタル教科書とは

このように、政府や企業が導入を進めている「デジタル教科書」とは、いったい何なのか。韓国の例やわが国での現段階での捉え方などから考察していくことにする。

韓国では、1996年よりデジタル教科書構想が始まり、2002年より開発に着手した。2006年より全国の小学校でデジタル教科書の実証実験が始まり、2011年よりすべての小中学校において、英語、国語、数学の3科目についてデジタル教科書導入を義務化することになっている。また、韓国の文部科学省にあたる教育科学技術部によると、デジタル教科書を「学校と家庭で時間と空間の制約なく利用でき、既存の教科書に、参考書、問題集、用語辞典などを動画、アニメーション、仮想現実などのマルチメディアで統合提供し、多様な相互作用機能と学習者の特性と能力、水準に合わせて学習できるように具現された学生向けの主な教材」と定義している。このことは、児童が学習する際に必要と考えられるほとんどの機能をデジタル教科書に含んでおり、これ1つで全部解決できてしまうわけである。

また、このことは高い参考書や問題集、塾等が必要なくなることで、教育の格差の解消にも有効であるという意見もある。(趙章恩 2010)

一方、わが国での捉え方は韓国とは多少異なっているようである。JAPET (2010b)によれば、デジタル教科書の定義は以下のように、「現時点でのデジタル教科書」と「将来的なデジタル教科書」の2つに分かれている。

○現時点でのデジタル教科書

教科書の内容に沿った副教材で、電子情報ボードや大型ディスプレイなどを利用して教師が授業中に使用する教師用ICT利用教材。現在の授業形式や教室でのICT環境を考えると、この形式での「デジタル教科書」の普及が現実的である。

○将来的なデジタル教科書

学習指導要領の内容を包含し、知識の習得、理解の促進、知識の定着、思考の推進、探求学習などを目的とした児童生徒用の総合的ICT利用教材。これは、教材内容（コンテンツ）と媒体（機器）の両方の側面がある。

さらに、紙の教科書との関係を「紙教材には、ICT利用教材では置き換えがたい機能・特長を持っているので、デジタル教科書は紙の教科書を置き換えるものではない」「通常の紙の教科書と共存するICT利用教材としてデジタル教科書を考えるべきである」ともしており、デジタル教科書は従来の紙の教科書と共存すべきであると主張している。この点、韓国との捉え方が異なっている。

また、文部科学省 (2010b)によれば、デジタル教科書とは、「指導者用デジタル教科書」と「学

習者用デジタル教科書」に大別されるとしている。以下に、2つを示す。

○指導者用デジタル教科書

指導者用デジタル教科書は、教科書の内容を引用しつつ、任意箇所拡大、任意の文章の朗読、動画など、わかりやすく深まる授業に資する機能を有している。今後は、例えばインターネットを介して用語等の説明を参照したり、教員と子どもたちの間の双方向性のある授業に活用すること等も考えられる。

○学習者用デジタル教科書

学習者用デジタル教科書については、例えば、現在の指導者用デジタル教科書が有する拡大、朗読、動画等の機能に加え、インターネットへの接続、教員と子どもたち又は子どもたち同士間の双方向性のある授業、ネットワークを介した書き込みの共有、教員による子どもたちの学習履歴の把握、子どもたちの理解度に応じた演習や家庭・地域における自学自習等に資することなどが考えられる。

以上、JAPET や文部科学省の資料を基にわが国でのデジタル教科書の考え方を明らかにした。しかし、授業でどのように活用していくのか、それによってどのような効果があるのか等、具体的なことは何もわからない。そこで、次項では ICT を活用した授業についての先行研究や ICT 活用の現状等から、どのようなデジタル教科書を開発すれば効果があるのかを探っていくことにする。

3 ICT 活用とその効果

(1) ICT と ICT 活用

ICT とは、「Information and Communication Technology」の略語であり、一般的には「情報通信技術」と訳されるが、教育における ICT は「情報通信技術」ではなく、「情報コミュニケーション技術」と訳している。では、IT と ICT では何が違うのだろうか。北海道立教育研究所付属情報処理センターによれば、「IT はコンピュータなどの情報機器の活用を意識した用語であるが、ICT は人と人とのコミュニケーションを意識した用語である。これは、インターネットなどの通信技術を用いたコミュニケーションだけでなく、人間的なコミュニケーションも含まれている」としている。一見、ICT と聞くと、インターネットを使つてのチャット機能による世界的なコミュニケーションであつたり、一人で黙々と問題を解くようなドリル型のコンテンツなどを連想してしまうが、これによると ICT とは、コンピュータを介したコミュニケーションだけではなく、近くの人同士のフェイストゥフェイスでのコミュニケーションも重視していることになる。これは、授業の中でいえば、教師と児童間、児童と児童間でのコミュニケーションであると言えよう。しかし、現在の多くのデジタル教材は、アニメーションやドリルなどの教材が圧倒的に多く、近くにいる物同士のコミュニケーションを重視しているものは少ないのが現状である。

ICT と一言では言っても実に多様なものが考えられる。本研究ではコンピュータやインターネット、プロジェクター、実物投影機（書画カメラ）、電子黒板、デジタルコンテンツ、インターネット上にある教育用コンテンツなどを指すものとする。特にコンピュータやプロジェクター、実物投影機、電子黒板などをまとめて ICT 機器と呼ぶことにする。

また、ICT 活用とは、これらの ICT を活用することを意味するのだが、ただ単に活用すればよいということではない。重松ら（2008）は ICT 活用の基本的な考え方として「主人公はコンピュータでは

なく子どもおよび授業である」「誰でも活用できること」「普段の授業の中で、無理なく自然に活用できること」「コンピュータ室だけでなく、普通教室でも活用していくこと」等を述べている。このことから、ICT はあくまでも道具（ツール）であり、普段の授業をサポートすることが授業における ICT 活用であると考えた。よって、簡単に実践できること、普通教室でもできること、普段の授業のよさと共存できること、普段の授業をより良くすることが、本研究での授業における ICT 活用とする。

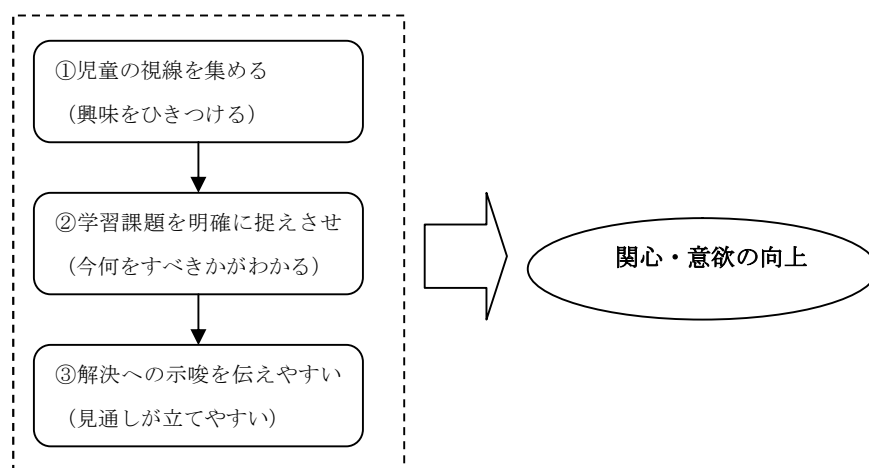
（２）ICT 活用の効果

ICT 活用に関する先行研究を分析した結果、「関心・意欲」「思考」「説明場面」の 3 つが主な効果であった。以下に示す。

・関心・意欲への効果

重松ら（2008）は、実践により「スクリーンに大きく映し出されるプレゼンテーションの映像は、子どもの興味・関心を引きつけ学習活動を活発にする。また、色鮮やかなカラーで示すことができた吹き出しもアニメーション機能で表せたりして、画面に集中させる 1 つの手段となる」と報告している。木村（2009）も「学習の導入時に、子どもの興味・関心を高める図や写真を提示したところ、子どもの視線を集中させることにつながった」としているように、拡大提示することで、児童の興味を刺激して授業に集中させる効果があると報告されている。さらに、木村は小学校算数の三角形分野での授業実践で、ICT で拡大提示されたものを指し示しながら発問する活動で「ほとんどの子どもが勢いよくまっすぐ自信をもって挙手をしている」「ほとんどの子どもがスクリーンに注目している」「指導者の姿をしっかりと見て、うなずきながら聞いている」「指導者の指示のあと、すぐに次の活動に入ろうとしている」といったような児童の姿が見られたことから、児童の関心・意欲に効果があったと報告している。その中でも、「指導者の指示のあと、すぐに次の活動に入ろうとしている」という姿は、児童に見通しをもたせることができたとしている。

このことから、ICT を使って拡大提示することは、児童の視線を集め、学習課題を明確に捉えさせ、必要となれば解決の方法が示唆しやすい。このことが児童の学習への関心・意欲を向上させることにつながると考えられる。以下は拡大提示の効果を図式したものである。

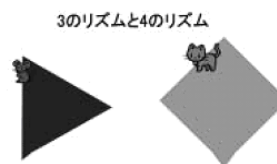


・思考への効果

重松ら（2008）は、問題解決における思考の手助けに有効なのではないかということから、授業実践を通して自作コンテンツの有効性を検証している。重松らの開発したいくつかの自作コンテンツの概要を以下に示す。

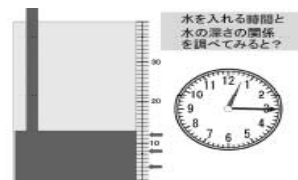
① 3のリズムと4のリズム（公倍数）

このコンテンツでは、3と4の公倍数12についてのイメージ化を図るための手立てとして、3ごとに真ん中にくるネズミと4ごとに真ん中にくる猫の規則的な動きをシミュレーションによって視覚的に表している。



② 時間と水の深さの連続性（比例）

このコンテンツでは、時間と水の深さの比例関係をシミュレーションにより、時間の流れとともに連続的な動きで子どもたちに見せることができる。



③ 「速さ」「距離」「時間」の関係（速さ）

このコンテンツでは、あえて比べる対象の車の「方向・時間・道のり」を別々に動かし、「どちらが速いか」とすることにより、自然に数値化する必然性へと導けるようになっている。



これらは、子どもに操作させるというコンテンツではなく、教師側が説明する場面で用いられる自作デジタルコンテンツである。なかなかイメージすることが難しいことでも、シミュレーションによって、視覚的に表すことで、児童の思考を支援するという方向でのICT活用の1つの有効性を示しており、デジタルコンテンツの優れた特性として、「プレゼンテーションは、繰り返し見ることでもでき、努力を要すると判断される子どもを指導するのに有効である」「子どもたちの表情を見ながらクリックしていけるので、子どもたちの理解に合わせた速度で授業が進められる」「シミュレーションにより、体験できないことが疑似体験でき、子どもの思考・判断の算数的活動や学習場面が広がり、気づきをたくさん出せたり、考えるとりかかりを与えたりできる」と述べている。さらに、文部科学省(2007)では、「特にシミュレーションやアニメーションというキーワードに反応する回答結果が得られた」とも報告しており、アニメーションの有効性は高いものであると言えるであろう。特に、概念的な要素が濃い算数科においては思考を助ける際に有効に働くと考えられる。

・説明場面での効果

稲垣ら(2008)は、ICT機器の1つである電子黒板に着目し、算数科において、児童が自分の考えを説明する場面での影響に関する研究を行った。そこでは、小学校高学年算数科「分数の掛け算と割り算」の単元の授業実践により、以下のような知見が得られたとしている。

- ①電子黒板を用いた説明では、黒板のように書いた後ではなく、書き込みながら説明する行動が観察された。
- ②その結果、本実践において聞き手は口頭での説明と比べ、より話者の考えを理解し、自分の考えと比較しやすいと回答した。
- ③画面上に配布資料ワークシートと同じものを提示することは、書き込みや説明のしやすさをもたらす。
- ④電子黒板上で字を書く場合、現状では可読性、操作トラブルなどの課題がある。

この研究では、デジタルコンテンツではなく電子黒板というICT機器そのものの有効性を検証している。プロジェクターでは、聞き手は着目点があいまいになり、画面に集中できない様子が観察され

たとしており、電子黒板の優れた特性が明らかとなった。また、実践授業では、主に児童用のワークシートと同じ内容、レイアウトを電子黒板の画面に再現し、児童に説明させるときに実際に書き込むという方式での利用のため、字を書き込む際には可読性や操作トラブルなどの問題点があることや、児童のアンケートには「もっと電子黒板の活用場面が欲しい」などの意見もあり、これらの点が課題として挙げられていた。また、内田（2009）も、ICT をコミュニケーションの道具とし、電子黒板や書画カメラを活用した表現活動の研究を行った。その結果、児童相互の円滑なコミュニケーションを助けたと報告している。木村（2009）も児童の説明場面での ICT 活用により、児童が説明する際に発表者のノートを書画カメラでスクリーンに映したり、図や写真を拡大提示することで、「子どもたちは、自分の伝えたいことを指し示したり、実演したりして示せ、聞き手に伝えやすくなった」としている。

以上のことから、電子黒板は児童の説明場面、いわゆる言語活動などのコミュニケーションを図る際に有効であるようである。

3 自作デジタル教科書の開発と実践

この項では、前項から得られた知見等を基に本研究で開発をめざすデジタル教科書の定義を明らかにする。また、どんなコンテンツが必要なのか、どのように授業で活用するのかを明らかにする。

(1) めざすべきデジタル教科書とは

本研究で開発をめざすデジタル教科書は JAPET のいう「現時点でのデジタル教科書」、または文部科学省のいう「指導者用デジタル教科書」に、多少児童が操作できる要素を追加したものとす。これは、「現時点でのデジタル教科書」と「将来的なデジタル教科書」の中間、または「指導者用デジタル教科書」と「学習者用デジタル教科書」の中間に位置するデジタル教科書といえるであろう。このような、デジタル教科書を開発する理由としては、「将来的なデジタル教科書」または「学習者用デジタル教科書」は、児童用のタブレット端末などハード面に依存する部分が大きく、どのような情報端末を導入するのか等の議論がまだ進んでいない。さらに、政府目標は 2020 年に設定しており、議論等も進んでいないことから現実的でないと考えた。また、文部科学省の調査（2008b）では、教師が「児童生徒の知識を定着させるため、ICT を活用」が 53.2%、「児童生徒が ICT を活用してわかりやすく発表・表現できるよう指導」が 51.2%とといったように、ICT を活用できる教師がまだまだ少ないのが現状である。ゆえに、教師の ICT 活用指導力の現状や現段階での学校の ICT 環境に合わせ、すぐに現場で実践できるよう配慮するからである。また、児童が操作できる要素を加える理由としては、文部科学省の調査（2007）で「教員と児童の両方が ICT を使う場合がより効果がある」と報告されていることと、教師や児童が自ら操作しながら説明することができるので、そこに ICT 活用の大きな可能性があるのではないかと考えたからである。よって、開発するデジタル教科書の定義は以下ようになる。

○開発するデジタル教科書の定義

- 教科書に準拠しているもの
- 原則教師が使用するが、児童も使用できるもの
- 現段階での ICT 環境で十分に可能であるもの
- 誰でも簡単に利用できるもの
- 普通授業で、無理なく活用できるもの
- 板書・ノートは従来どおり使用する

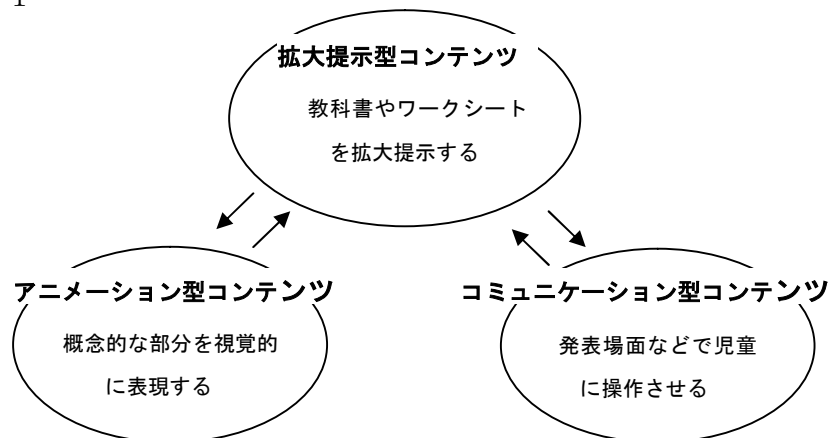
次に、デジタル教科書に必要なコンテンツはどういったものが考えられるのであろうか。1 つ目は、

児童の学習意欲向上に効果があると報告されている「拡大提示型コンテンツ」が考えられる。これは、児童の手元にある教科書やワークシート等と同じものを大きく拡大して提示するコンテンツであり、児童の視線を集中させ、また、学習課題を的確に把握させることで、児童の関心・意欲の向上をめざすものである。2 つ目は、特に算数科において有効だと報告されている「アニメーション型コンテンツ」である。これは、概念的な色合いが濃い内容をアニメーションやシミュレーション等を用いて視覚的に表すことで、思考を助けることをめざすコンテンツである。3 つ目は、電子黒板は児童の説明場面に効果があると報告されていることから「コミュニケーション型コンテンツ」が考えられる。先行研究では電子黒板等 ICT 機器のみでの使用であったが、それを前提としたコンテンツを開発することで、より充実した言語活動、より円滑なコミュニケーションが可能になるのではないかと筆者は考えた。つまり、このコンテンツではあえて自己完結しないコンテンツであり、児童が、自分の考えや意見をよりわかりやすく伝えたり、他人の考えや意見をより理解するという、いわゆる言語活動をより充実するために、そして、自分の考えと他人の考えを比較・検討し、理解をより深めることをめざすものである。全体的な機能としては、拡大提示型コンテンツを基本とし、必要となれば、アニメーション型コンテンツやコミュニケーション型コンテンツにリンクできる機能を考えた。表 3-1 は、開発する自作デジタル教科書に含むコンテンツの名称とそれぞれの目的を表にまとめたものであり、図 3-1 は自作デジタル教科書の各コンテンツの機能と形態を表したものである。

表 3-1

コンテンツの名称	目的
拡大提示型コンテンツ	児童の関心・意欲の向上
アニメーション型コンテンツ	思考の支援
コミュニケーション型コンテンツ	言語活動の充実と議論の活性化

図 3-1



※矢印は各コンテンツへのリンクを表している

(2) デジタル教科書の開発

開発を目指すデジタル教科書は、前項で述べたとおり 3 つのコンテンツ (①拡大提示型コンテンツ, ②アニメーション型コンテンツ, ③コミュニケーション型コンテンツ) から成り立っている。以下にそれぞれのコンテンツの開発方法を示す。

・拡大提示型コンテンツ

SMART Notebook10.0 を用いて開発した。基本的には、拡大提示する内容は教科書のページと児童に

配布するワークシート等である。そして、各ページや図や表の拡大ページ、他のコンテンツへのリンク機能を付けた。さらに、このソフトのあらかじめ搭載されている機能により、書き込み、マーカー、吹き出し等が可能であり、注目させたい部分を強調することも可能である。また、リンク機能によりすべてのコンテンツを統括する役割を担う。

・アニメーション型コンテンツ

Adobe 社の Flash CS4 を使って開発した。概念的な部分に効果があるとされているアニメーションのコンテンツを開発した。概念的な部分を視覚的に表現することに活用する。また、アニメーションは、Flash ソフトの強みとしている部分であり、比較的簡単に作成することができる。

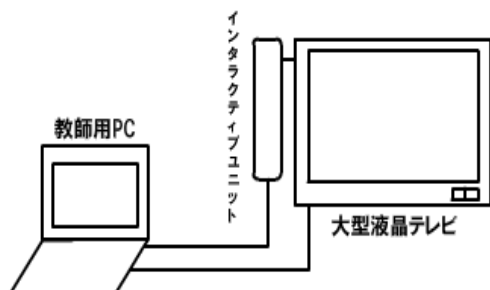
・コミュニケーション型コンテンツ

Adobe 社の Flash CS4 を使って開発した。電子黒板やインタラクティブホワイトボード等との連携から、児童や教師が実際に操作できるコンテンツを作成した。主に、児童が表や図を使っての説明場面でのツールとして活用する。教師や児童が操作することを前提としたコンテンツなので、操作に対応するためのプログラムが多少複雑になってしまった。

(3) ICT 環境

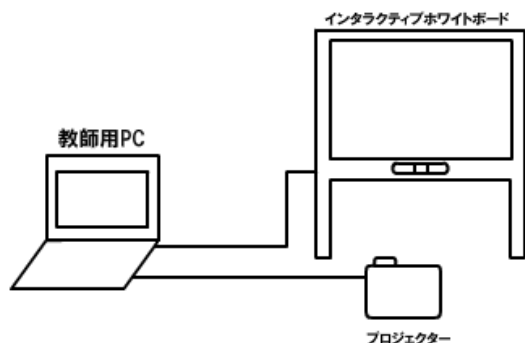
実際に授業でデジタル教科書を活用する場合、どのような環境が考えられるであろうか。平成 21 年度の文部科学省による「学校 ICT 環境整備事業」により、現在の小中学校における ICT 環境は、50 インチ以上のデジタルテレビが各教室 1 台、電子黒板（インタラクティブホワイトボード）が各学校に 1 台配備されていることになる。このことを考慮すると、以下の 2 つのタイプでの活用が考えられる。

<タイプ 1>



このタイプは、教師用 PC に入れたデジタル教科書を大型デジタルテレビに映すタイプである。しかし、このままでは教師用 PC からでしか操作ができない。そこで、インタラクティブユニットと併用して、直接画面から操作ができるようにしたタイプである。

<タイプ 2>



このタイプは、教師用 PC に入れたデジタル教科書を、プロジェクターを通してインタラクティブホワイトボードに映すタイプである。インタラクティブユニットが必要だったタイプ 1 とは違い、これは指などを使って直接画面から操作ができるタイプである。

(4) 授業実践

本授業実践の目的は、自作デジタル教科書を活用したクラス（以後、ICT クラス）と、活用しないクラス（以後、ICT なしクラス）とで、同じ単元の授業を実践し、比較することで開発したデジタル

教科書の効果を検証することである。

・授業の時期

平成 22 年 12 月 16 日, 17 日, 18 日, 19 日

・授業の対象と授業者

新潟市内の公立小学校 6 年生 (73 名) を対象に行った。クラスは普段の成績が均等になるように 3 クラスに分け, 1 つを ICT クラス (24 名), 残りを ICT なしクラス 1 (25 名), ICT なしクラス 2 (24 名) とした。授業者は 3 名で, いずれも 30 代の同小学校教員である。

・効果の分析方法

本授業実践は, 授業, 児童対象のアンケート調査, 客観テスト, という流れで行った。アンケート調査は, 児童の授業への意識を把握する目的で全てのクラスで実施した。この結果を ICT クラスと ICT なしクラスとで比較し, 自作デジタル教科書の効果を把握することを目的とする。客観テストは, 業者の単元テストを使用し, 全クラスで実施した。これも, ICT クラスと ICT なしクラスとで成績を比較することで, 自作デジタル教科書の学力への効果を検証する目的で実施した。

・授業の概要

本実践では, 自作デジタル教科書の効果を分析することを目的とすることから, 授業の内容は 3 クラスとも共通の内容になるように留意した。各クラスの授業者と教科書を基本にして, 入念に打ち合わせをした結果, 以下のような授業内容となった。

①単元名

小学校第 6 学年「ならべ方と組み合わせ方」

②単元の目標

- ・起こりうる場合について, 落ちや重なりがないように工夫して考えようとしている。
- ・起こりうる場合について, 落ちや重なりがないように, 条件にしたがって工夫して考えている。
- ・起こりうる場合について, 落ちや重なりがないように調べることができる。
- ・起こりうる場合について, ならべ方や組み合わせ方の意味や, 調べる方法を理解している。

③指導計画

小単元	時間	学習内容
並べ方	第 1 時	・4 人のリレー選手の走る順番を考える。 ・3 枚のカードでできる整数を考える。
	第 2 時	・4 人の車の座り方を考える。 ・4 枚のカードでできる整数を考える。
組み合わせ	第 3 時	・5 種類のアイスクリームから 2 種類を選ぶ組み合わせを考える。
	第 4 時	・6 チームの総当たり戦の試合数を考える。

・自作デジタル教科書の概要

① 1時間目

1時間目の自作デジタル教科書を簡単に図式したものを資料(p5)に示す。本時では、拡大提示型コンテンツとコミュニケーション型コンテンツの2種類のコンテンツを含んでいる。基本的には、教科書を拡大して画面に映す拡大提示型コンテンツがメインとなり、教科書の見開きのページから、各課題や図、表などを拡大したものへリンクできるようにした。この拡大提示型コンテンツで期待することは、児童が今やっている課題を把握しやすくなることである。このことが、児童の視線が1つに集まり、1つ1つの課題に集中させることにつながるのではないだろうか。また、ペンツールや吹き出し等の機能により、注目させたい箇所にアンダーラインを引くなどということも可能である。本時では、並べ方を表と樹形図の2種類の表と図を扱うことから、拡大提示は有効に働くと考えられる。

コミュニケーション型コンテンツは、①と②の2種類を開発した。①は、3人のキャラクターをドラッグ(実際には、電子黒板を使うので、指やペンを使う)して、走る順番を試行錯誤できるコンテンツである。キャラクターをドラッグして、任意の場所にもっていくと、簡単に吸い付くようになっている。また、やり直す際には任意の場所から少しずつ戻すだけで、元の位置に瞬時に戻るようになっている。このコンテンツで期待することは、児童にとって本時が単元の最初ということもあり、いろいろと直感的に並べるといふ行為を実感させてあげたいということと、児童の意見や考えを出し合う説明場面を多く設けて、落ちや重なりが出ないように「先頭をそろえて考えればよい」という発想につながりやすいと思われる点である。実際に児童がみんなの前で操作しながら発表できることで、クラス全員で共通理解が進むと考えられる。②は、カードを並べて3桁の整数を作るといふ問題で、実際に操作が可能になることで2回使ってもよいのか等なかなか题意をつかめない児童でも直感的に課題を把握できるのではないかと期待して作ったコンテンツである

② 2時間目

2時間目の自作デジタル教科書を簡単に図式したものを資料(p6)に示す。本時では、児童一人ひとりがコンピュータを使ってできるようにコンピュータ室で行うことを前提に開発した。コミュニケーション型コンテンツ①と③はweb上にアップして、児童はそれぞれアクセスし、コンテンツを操作できるようになっている。①、③の2つともカードやキャラクターをドラッグして、任意の場所にもっていくと、簡単に吸い付くようになっている。また、やり直す際には任意の場所から少しずつ戻すだけで、元の位置に瞬時に戻るようになっている。①は、4枚のカードを並び替えて4桁の整数を作るといふものなのだが、図や表を使って考える前時とは違い、本時では小さい順に並べるといふのが教科書のねらいであった。児童にとって、いきなりノートに書き出すのはハードルが高いと考えられる。そこで、このコンテンツでは試行錯誤しながら直接動かすことで、どのカードとどのカードが入れ替わるのか等理解しやすいのではないかと期待して作成した。また、このコンテンツによって説明場面を多く取り入れることができ、児童はお互いに考えや意見が出し合うのではないかと期待して開発した。②は、4人が車の座席に座る方法は何通りあるか、といふ問題であり、教科書では発展的な問題という扱いであった。これまでのような横並びでなく車の座席になっている点と条件がある点(子どもは運転できない)がこれまでの並び替えとは異なる点である。教科書では、「おはじき」を使ってやるよう指示されていた。しかし、おはじきでは自分の考えを発表することはできず、他人の考えを知ることができない。そこで、このようなコンテンツを開発し、簡単に発表できることで考えが深まると期待して作ったものである。なお、②は課題に取り掛かる前に、課題把握を支援する目的で開発した。

③ 3 時間目

3 時間目の自作デジタル教科書を簡単に図式したものを資料 (p 6) に示す。本時では, 拡大提示型コンテンツ, アニメーション型コンテンツ, コミュニケーション型コンテンツの 3 種類のコンテンツを含んでいる。拡大提示型コンテンツはこれまで同様, 教科書の拡大と図や表が拡大されたものへのリンク機能を有している。特に, 本時では多くの図や表が登場する。そこで, 学習の最後に登場した図や表などを 1 画面にまとめて表示することで, 授業で学んだことを復習できたり整理できたりと有効であると考えられる。さらに, それぞれの表や図のよさを実感できるのではないかと考えた。また, 本時では新しく「組み合わせ」という概念が登場する。そこで, アニメーション型コンテンツでは 2 つの袋の絵をクリックすると, 袋が透けストロベリーアイスとチョコレートアイス, チョコレートアイスとストロベリーアイスという順番が異なった組み合わせの絵が出てくるというアニメーションにした。これによって, 2 つの袋の中身の並び方は違うが, 組み合わせは同じであるということに気づかせる目的がある。言葉ではなかなか説明するのが難しいが, このようにアニメーションによって視覚的に表現して見せることで児童の思考を支援できるのではないかと考えた。本時でのコミュニケーション型コンテンツは, 表を使って組み合わせ方を考えるものである。ここでは, 表の各マスをクリックすることで簡単に丸が付いたり, 消えたりする。児童が発表する際に, 実際に操作しながら説明できることで, 発表者は説明しやすく, 聞き手はより理解しやすくなることに期待して開発した。

④ 4 時間目

4 時間目の自作デジタル教科書を簡単に図式したものを資料 (p 7) に示す。本時でのコンテンツは拡大提示型コンテンツのみである。これも, 前時までと同様に教科書を拡大し, 課題や表が拡大されたものへのリンクできるようになっている。本時でも, 新たに表を扱うことになるが, 拡大提示によって, そのよさに気づかせたい。

4 調査の分析結果とデジタル教科書の評価

(1) アンケートの結果から

アンケートの対象は各クラスの児童であり, 3 クラス (ICT あり・ICT なし 1・ICT なし 2) 共通で全 10 項目からなる設問の回答を求めた。その内訳は, 関心・意欲に関する設問が 3 項目 (資料 p 8, 上段 1, 2, 3), 説明場面に関する設問が 2 項目 (資料 p 8, 上段 5, 6), 比較と検討に関する設問が 2 項目 (資料 p 8, 上段 7, 8), 理解に関する設問が 2 項目 (資料 p 8, 上段 9, 10), 教師の説明のわかりやすさに関する設問が 1 項目 (資料 p 8, 上段 4) である。また, ICT 活用クラスにのみ, ICT 関連の設問をさらに 3~5 項目求めた。回答は 4 段階で, 「とてもそう思う」を 4 点, 「どちらかというと思う」を 3 点, 「あまりそう思わない」を 2 点, 「まったくそう思わない」を 1 点として集計した。

・第 1 時

第 1 時のアンケート調査の分析結果は右のような結果となった。t 検定により, 「関心・意欲」と「教師の説明」で, 5%水準での有意性が認められ, 「説明場面」と「比較・検討」で, 1%水準での有意性が認められた。この結果から, 児童の関心や意欲を引き出すことができたといえる。拡大提示によって, 今何をしているのか, しなければならないのか等, 教師の指示や発問が明確に伝わり, 学習課題が把握しやすくなるため, 考える時間や作業

第 1 時アンケート結果の比較 (平均値)		
観点	ICT 活用 (24 人)	ICT なし (47 人)
関心・意欲	3.79 *	3.63
説明場面	3.57**	3.13
比較・検討	3.85**	3.41
教師の説明	3.96*	3.77
理解	3.90	3.85

(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

する時間が増えることにもつながった。また、ICT活用クラスのみには回答を求めたアンケート項目「教科書が大きく映されるとわかりやすいですか」に対しても、平均値 3.83 という高い評価を得た。さらに、自由記述欄においても「コンピュータなどを使うとわかりやすい」「パソコンを使った授業は字が大きくなってわかりやすかった」「映像で説明していたのでわかりやすかった」「絵が動いたり縮小や拡大を使えたりしておもしろかった」「苦手な算数が楽しく感じられた」等の感想が多くあった。これらのことから、拡大提示型コンテンツは児童の関心や意欲を高めたといえる。また、授業では児童が積極的に発表する姿が見られ、図や表が大きく拡大提示されていることや、児童が発表する際に説明しやすくなったことが、「説明場面」の結果に表れたと考えられる。発表する際にも、児童は何の戸惑いもなくコンテンツを使いこなしていることから、コンピュータやゲームなどに日ごろから慣れ親しんでいることが伺えた。よって、本時において、拡大提示型コンテンツおよびコミュニケーション型コンテンツは効果があったといえる。

・第2時

第2時のアンケート調査の分析結果は右のような結果となった。t検定により、すべての観点で1%水準での有意性が認められた。本時はコンピュータ室で行い、児童一人ひとりがコンピュータを使って授業をした。本時で扱った課題は2つである。1つ目の課題は、「1, 2, 3, 4の4枚のカードを使って4桁の整数をつくと、何通りできるか」であり、2つ目の課題は「4人の車の座り方は何通りあるか」である。それぞれ、資料(p6)

第2時アンケート結果の比較(平均値)		
観点	ICTあり(23人)	ICTなし(45人)
関心・意欲	3.94**	3.65
説明場面	3.81**	3.30
比較・検討	4.00**	3.31
教師の説明	4.00**	3.73
理解	3.93**	3.62

(* : p<0.05, ** : p<0.01)

で示したとおりコミュニケーション型コンテンツ①と③

を使って、各自楽しそうに課題に取り掛かっていた。児童一人ひとりがコンテンツを操作して課題に取り組んだことが児童の関心・意欲を引き出した大きな要因であろう。

1つ目の課題では、コミュニケーション型コンテンツ①を使いながら小さい順に4桁の整数を作っていく。前時とは違い、並べる対象が3つから4つに増えている。予想していたとおり、いきなりノートに書き出せる児童は少なかったため、このコンテンツは考える上でのツールとなり、良い支援になったと考えられる。落ちや重なりがないようにするには、どんな決まりで並べればよいのかをコンテンツ①を使って試行錯誤する中で、先頭1つ固定ではなく2つ固定することを発見する。例えば、1, 2を固定すれば、後は3, 4になり、その後4, 3に変えればよいという具合である。その後、コツをつかんだ児童はノートにどんどん書き出していた。また、1を固定すると6通りあるから、全部で6×4だというように考えた児童も何人かいた。

2つ目の課題では、コンテンツ③を使いコンテンツ①と同様に児童一人ひとりがコンテンツを操作する。今までと違ったパターンだったこともあり、初めはでたらめに作っていく児童が何人かいた。しかし、すぐに無理だと気づき何か工夫がないか模索しだした。児童から出た考え方は、大きく分けて2種類である。1つは、1人を固定して考えていく方法(例えば、運転手を固定し、あとの3人のローテーションなど)、もう1つは、2人を固定して考える方法(例えば、運転手と助手席を固定し、あとの2人を入れ替えるなど)である。また、発表する際には前にあるインタラクティブホワイトボードにその児童の画面を映し出し、そこで発表させた。

本時では、説明場面も多く取り入れることができ、児童は他者の考え方に多く触れることができたことから、「説明場面」と「比較・検討」の平均値が高く、ICTなしクラスに比べて有意な結果が出たと考えることができる。

・第 3 時

第 3 時のアンケート調査の分析結果は右下のような結果となった。t 検定により, すべての観点で 1%水準での有意性が認められた。コンテンツは, 拡大提示型コンテンツ, コミュニケーション型コンテンツ, アニメーション型コンテンツである。拡大提示型コンテンツは, 前時と同様, 児童の関心・意欲に効果があったといえる。特に本時では, 組み合わせを考える際に, 図や表が多く登場することから特に効果があったと考えられる。

設問	ICT あり(24 人)	ICT なし(46 人)
関心・意欲	3.94**	3.65
説明場面	3.82**	3.36
比較・検討	3.98**	3.55
教師の説明	3.96**	3.72
理解	3.96**	3.75

(* : p<0.05, ** : p<0.01)

また, アニメーション型コンテンツは 2 つの袋があり, そこを押すと中身のアイスクリームが透けて見えるようになっていくというコンテンツである(資料 p 7)。並べ方と組み合わせの違いを言葉で児童に説明することはなかなか難しいと思われるが, アニメーションで視覚的に表わしたことで, 「中身は一緒だ」という反応がすぐに返ってきて, 組み合わせという概念をクラス全体で理解したことでスムーズに次の課題に移ることができ, 授業に余裕が生まれた。なお, ICT 活用クラスのみ回答を求めた「アイスクリームのアニメーションはわかりやすかったか」という設問に対しては全員が 4 と回答(24 人全員がとてもわかりやすいと回答)した。このことからアニメーションは児童にとってわかりやすいものだということがわかる。よって, アニメーション型コンテンツは効果があったといえる。

本時では, 組み合わせを考える際に, 4 つの考え方を扱った。1 つ目は, それぞれの組み合わせを線で結び, その線の本数を数える方法, 2 つ目は, 考えられる組み合わせをすべて書き出してから重複しているものを消す方法, 3 つ目は, 表を使って組み合わせに丸をつけていく方法, 4 つ目は樹形図を使う方法であり, 全部で 4 種類もの図や表が登場する。よって, 拡大提示の良さを出し, これらの図や表のそれぞれの良い部分や悪い部分などを比較しやすいように, 1 画面にすべて映し出せるようにもした。「比較・検討」の結果からわかるように, 比較しやすくなったことで, 混乱することなく, 考え方を整理することができたのではないだろうか。アンケートの自由記述欄には, 「いろいろなやり方があることがわかった」, 「わかりやすいペンタゴン作戦がいい」, 「さくらんぼ作戦を使うと簡単に求められる」, 「文字作戦が好きです」など書かれており, 児童は自分のやりやすい考え方や好きな考え方を見つけれられていることがわかる。なお, 「ペンタゴン作戦」「さくらんぼ作戦」「文字作戦」というのは, それぞれ, 上述した 1 つ目, 4 つ目, 2 つ目の考え方を指しており, 児童が名づけたものである。ワークシートでの練習問題を見ても, 自分の好きな考え方はもちろん, 他の考え方も使いこなし, それぞれの考え方の良し悪しを理解しているようだった。拡大提示型コンテンツやコミュニケーション型コンテンツにより, 図や表が大きく映し出され, そこに書き込みもできることから, 児童は説明等がしやすく, また聞き手側も理解しやすくなったことが, 「説明場面」「比較・検討」の結果に表れたといえる。

・第 4 時

第 4 時のアンケート調査の分析結果は右下のような結果となった。t 検定により, すべての観点で 1%水準での有意性が認められた。本時では, 前時までの考え方にさらに, 新しく試合表が増える。これほど多くの考え方が登場し, 児童は混乱しないかどうか心配なところではあったが, 前時でしっかりと整理できていたことで問題なかった。また, これまでと同様に表を大きく拡大したことで, 児童の説明場面も取り入れることができ, 「説明場面」の結果に表れたといえる。また, 試合表を使った考え方では, 階段状になっていることから, 計算で求まること(5 + 4 + 3 + 2 + 1)を発見し, クラ

ス全員でそれについての共通理解ができた。

第 4 時アンケート結果の比較(平均値)		
設問	ICT あり(24 人)	ICT なし(47 人)
関心・意欲	3.97**	3.77
説明場面	3.86**	3.39
比較・検討	3.98**	3.56
教師の説明	4.00**	3.66
理解	4.00**	3.83

(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

(2) 客観テストの結果から

客観テストでは、日本標準の単元テスト(学校図書版)を用いた。知識・理解に関する問題が 12 問、数学的思考に関する問題が 4 問であり、計 16 問である。なお、参加した授業時数が半分未満の児童や支援を必要とする児童等、それぞれのクラスのみが抱える特別な事情等は集計に入れないものとする。その結果、「知識・理解」に関する問題では ICT 活用クラスで平均値 11.65 点、ICT 活用なしクラスで平均値 11.50 点であり、ICT 活用クラスの平均値が上回る結果となった。「数学的思考」に関する問題では ICT 活用クラスで平均値 3.65 点、ICT 活用なしクラスで平均値 3.21 点であり、t 検定により 5%水準での有意性が認められた。合計では、ICT 活用クラスで平均値 15.30 点、ICT 活用なしクラスで平均値 14.71 点であり、ICT 活用クラスの平均値が上回る結果となった。テスト結果を以下に示す。

問題	ICT あり(23 人)	ICT なし(48 人)
知識・理解(12 問)	11.65	11.50
数学的思考(4 問)	3.65*	3.21
合計(16 問)	15.30	14.71

(* : $p < 0.05$)

(3) 総合的評価

アンケート結果から、3 種類のコンテンツを含んだ自作デジタル教科書は、児童にとって関心・意欲、理解、言語活動の充実に効果があったといえる。また、客観テストの結果から、学力に関しては「数学的思考」において、効果があったといえる。これは、拡大提示や教師と児童間、児童と児童間のコミュニケーションが充実により、多様な考え方に触れ、理解が深まったといえる。よって、開発した自作デジタル教科書は児童の意識及び学力向上に効果があったといえる。

また、授業実践時に ICT 活用クラスのみ回答を求めたアンケート「これからも授業で ICT を使ってほしいと思いますか」という設問に対して、各時間の合計 95 の回答数で平均値 3.94 点という高い結果となり、すべての回答が、「これからも ICT を授業で使ってほしい(とてもそう思う: 回答数 90, どちらかというそう思う: 回答数 5)」と答えている結果となった。このことは、児童は授業での積極的な ICT 活用を求めていることになる。さらに、アンケートの自由記述欄にも、「ICT を使った授業は、おもしろかったです」「ニガテな算数が楽しく感じられました」「とても楽しかった」等の感想も多くあり、児童にとって算数は楽しいと思わせることもできたのではないだろうか。

3 おわりに

(1) 本研究の成果

本研究は、効果的なデジタル教科書とは何なのかを検討し、そのデジタル教科書の開発及び実践によって、その効果を検証することを目的とするものであった。本研究での成果は、主に以下の3つである。

1. デジタル教科書に含む機能を明らかにしたこと

政府の調査資料や先行研究等で、ICT 活用において有効であると報告されていることを基に、デジタル教科書に含むべきと考える3種類のデジタルコンテンツを考案した。以下は、そのコンテンツである。

- ・拡大提示型コンテンツ⇒教科書やワークシート類を大きく提示する
- ・アニメーション型コンテンツ⇒概念的な要素が濃い部分を視覚的に表現する
- ・コミュニケーション型コンテンツ⇒教師や児童が操作しながらの説明ができる

2. デジタル教科書を開発したこと

小学校第6学年「ならべ方と組み合わせ方」の単元において、AdobeFlashCS 4 と SMARTNotebook10.0 のソフトウェアを使い、実際にデジタル教科書を開発した。

3. 開発したデジタル教科書を客観的に検証したこと

アンケート調査の分析結果と客観テストの分析結果から、開発したデジタル教科書の有効性を示すことができた。アンケート調査では、「関心・意欲」「説明場面」「比較検討」「理解」において、効果があることが明らかになった。客観テストでは、「数学的思考」の問題において、効果があることが明らかになった。

(2) 今後の課題

本研究の今後の課題としては、主に以下の2つである。

1. 他の単元による実践と検証

本研究では、小学校第6学年「ならべ方と組み合わせ方」の単元においてのみの実践と検証であった。算数科における他の単元においても、有効性があるのかどうかの実践的検証が必要である。特に、本研究で考案した、「拡大提示型コンテンツ」「アニメーション型コンテンツ」「コミュニケーション型コンテンツ」の3つの各コンテンツは、他の単元でも通用するのか、また、どのような形態になるのかを検討する必要がある。

2. 長期的な実践と検証

本研究では、1つの単元(全4時間)の授業実践からの検証であった。ゆえに、児童にとって、デジタル教科書を使う目新しさがあったということも考えられる。よって、長期的に実践し、その効果を検証する必要がある。

主な参考・引用文献

- ・文部科学省 (2007) 『教育の情報化の推進に資する研究 (ICT を活用した指導の効果の調査)』
独立行政法人メディア教育開発センター
- ・文部科学省 (2008b) 『学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果』 文部科学省
- ・文部科学省 (2008 d) 『小学校学習指導要領解説 算数編』 東洋館出版社
- ・文部科学省 (2010a) 『教育の情報化の手引き』 文部科学省
- ・文部科学省 (2010b) 『教育の情報化ビジョン (骨子) ～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～』 文部科学省
- ・総務省 (2009) 『原口ビジョン』 総務省
- ・IT 戦略本部 (2006) 『IT 新改革戦略～いつでも, どこでも, 誰でも IT の恩恵を実感できる社会の実現～』 IT 戦略本部
- ・IT 戦略本部 (2009) 『i-Japan 戦略 2015 (案) ～国民主役の「デジタル安心・活力社会」の実現を目指して』 IT 戦略本部
- ・『小学校算数 6 年上』 文部科学省検定済教科書 学校図書
- ・JAPET (2010a) 『韓国のデジタル教科書モデル事業について』 JAPET vol.162
- ・JAPET (2010b) 『デジタル教科書に対する JAPET の考え方』 JAPET 2010.6.8
- ・重松ら (2008) 『算数・数学教育における問題解決学習の研究(11)』
教育実践総合センター研究紀要 17, 305-313, 2008-03-31
- ・木村 (2009) 『ICT を活用した学力向上のための方策』
京都市総合教育センター 平成 21 年度研究紀要
- ・稲垣ら (2008) 『算数科授業での児童の説明場面における電子黒板の影響』
日本教育工学論文誌 32 2008
- ・内田 (2009) 『学習意欲を高め, 理解を深める ICT 活用のあり方』
佐賀県教育委員会 教育論文