

教科書の電子化の動向とプロトタイプシステムの開発

柳 沼 良 知¹⁾・鈴木 一 史²⁾・児 玉 晴 男³⁾

Digitization of Textbooks and Development of Prototype Systems

Yoshitomo YAGINUMA, Motofumi T. SUZUKI, Haruo KODAMA

要 旨

カリフォルニア州では、公立学校での教科書配布に必要な、印刷や製本にかかる多額の費用を削減するため、教科書の電子化とオープンソース化の検討を行っている。また、日本国内でも、「すべての小中学生がデジタル教科書を持つ」という環境の実現を目指す民間主導のコンソーシアムが発足した。このような教科書の電子化は、電子化の方向性から、「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」に大別することができる。このため、本稿では、まず、これまでの教科書の電子化の試みを「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」に分類し、それぞれの動向について述べる。次に、教科書や映像、それらの検索機能などを組み合わせたプロトタイプシステムの開発について述べ、「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」の観点から議論する。

ABSTRACT

In the United States, California state government runs a program designed to evaluate open source, digital textbooks for public schools. In Japan, new consortium is launched aiming to provide digital textbooks for all elementary schools and junior high schools. Such digital textbooks are classified into two categories. One is the "Digitized textbook". The other is the "Application with textbook format". In this paper, at first, features of above two categories of digital textbooks are shown. Then, development of prototype systems combining textbooks, video clips and retrieval functions is discussed.

I. はじめに

2010年は、電子書籍元年とも呼ばれ、電子書籍の端末であるKindleの日本語表示の対応や、iPadの発売など、日本国内においても、電子書籍の利用環境が整いつつある。そして、このような電子書籍を教科書に利用する動きも各国で進んでおり、例えば、カリフォルニア州では、公立学校での教科書配布に必要な、印刷や製本にかかる多額の費用を削減するため、教科書の電子化とオープンソース化の検討を行っている。また、韓国では、既に、いくつかの小学校を対象にして電子教科書のテスト的な利用が行われており、2013年までにすべての小学校に電子教科書を普及させることが計画されている。日本国内でも、「すべての小中学生がデジタル教科書を持つ」という環境の実現を目指

す民間主導のコンソーシアムが発足している。

このような教科書の電子化は、電子化の方向性から、従来の紙の教科書を電子化した「書籍の電子化」と、テスト、シミュレータ、仮想現実等のアプリケーションを電子書籍の形態にした「アプリケーションの書籍化」に大別することができる。このため、本稿では、まず、これまで行われてきた教科書の電子化の試みを「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」に分類し、それぞれの動向について述べる。また、これまで行ってきた、教科書や映像、それらの検索機能などを組み合わせた電子教科書のプロトタイプシステムの開発について述べ、「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」の観点から議論する。

¹⁾ 放送大学准教授 (ICT活用・遠隔教育センター)

²⁾ 放送大学准教授 (ICT活用・遠隔教育センター)

³⁾ 放送大学教授 (ICT活用・遠隔教育センター)

II. 教科書の電子化の動向

1. 「書籍の電子化」

「書籍の電子化」とは、従来の紙の書籍を電子化した形式の電子書籍である。このような電子化された書籍には紙の書籍に比べていくつかの利点がある。

書籍を作成する側の利点としては、コストの軽減が挙げられる。紙の書籍は、印刷、製本、運送や在庫管理等の費用がかかり、これが紙の書籍の価格を上げる要因となっている。電子書籍の場合、書籍の電子データをサーバー上に載せておくことで書籍の配信ができることから在庫切れの心配が無く、印刷、製本等のコストも削減することができる。また、海外で書籍を販売する場合など、紙の書籍では輸送等のコストが高くなるが、電子データをオンラインで配信することで、低コストで迅速に書籍の配布を行うことができる。また、書籍の内容の修正を随時行いやすいといった利点もある。

利用者側の利点としては、紙の書籍には無かった機能を利用できる点がある。例えば、電子書籍では、小さな文字を読みにくい人のために文字を拡大したり、電子書籍端末によっては、音声合成によって書籍を聞くこともできる。また、分からない単語があった場合にその意味を表示してくれる辞書機能や、翻訳機能を持った電子書籍ビューアもあり、言葉の壁を低くすることができる。

一方、紙の書籍と電子書籍では、閲覧方法にも違いがある。紙の書籍は、書籍自体がデータを記録するとともに、同時にそのデータを見るためのビューアでもある。しかし、電子書籍では、書籍データと閲覧するためのビューアは独立であり、閲覧用の端末が必須となる。このような電子書籍を閲覧するための端末としては、電子書籍専用の端末と電子書籍以外の用途にも利用できる汎用端末がある。

専用端末の1つであるAmazonのKindleは、表示に電子ペーパーを利用しており、一旦表示を書き換えた後は、表示の維持には電力を使わないことから省電力という利点がある。電子書籍の購入の際は、専用のWebサイトから書籍を購入すると、携帯電話のネットワークを通じて、Kindleに書籍のデータをダウンロードすることができる。Kindle for PC等のソフトウェアにより、購入した書籍データをPC等で閲覧することもでき、現在では、日本語の表示にも対応している。

汎用端末の1つであるiPadは、2010年4月の発売以来、約80日間で300万台販売され、急速に普及している。電子書籍の閲覧ソフトとしては、「iBooks」、「電子文庫アプリ」等がある。日本国内では入手できる電子書籍数が限られていることから、自分が所有する書籍をスキャナで読み込みPDF化してiPadで読む、いわゆる「自炊」も行われている。

また、Android端末やスレートPCも電子書籍用の汎

用端末と考えることができる。Androidは、LinuxをベースにJavaの仮想マシンを構築した携帯端末用のOSであり、アプリケーションは、その仮想マシン上で動作する。スレートPCは、物理的なキーボードの無い平板型のPCである。また、一般のPC上でも、電子書籍ビューアソフトやWebブラウザの閲覧用プラグインなどを用いて電子書籍を閲覧することができる。

電子書籍のフォーマットとしては、広く利用される形式の1つとしてPDFがある。ワープロソフトやDTPソフト等の電子データがある場合は、PDF形式で書き出すことで、既存の紙の書籍の場合は、スキャナで読み取り、読み取った画像をPDF形式で保存することで、PDF形式のデータを作成することができる。ただし、前者の場合は、PDFファイル内に文字情報が含まれているため全文検索を行えるものの、後者の場合は画像データであるため、全文検索等の処理は行うことができない。また、PDF形式は、レイアウトを崩さずに表示できるという利点がある反面、ePub形式等では可能な、ユーザに応じたレイアウト変更は難しい。

一方、Kindleは独自のAZW形式を電子書籍のフォーマットとして利用している。また、iPadやSONY Reader等では、主な形式としてePubが利用される。ePubは、Webページの記述に用いられるHTMLを拡張したフォーマットであり、表示の際に例えば文字を大きくするとページ数が増えるというような動的なレイアウトの変更を行うことができる。ただし、図のレイアウト等は、左揃え、中揃え、右揃えなどを指定できる程度で、細かいレイアウトの指定は行うことができない。日本語の縦書きやルビ等に対応したフォーマットとしては、XMDFがある。著作権保護としては、データの暗号化、改ざん検出、刻印情報の付与等に対応している。画像、音声、映像等のデータの組み込みにも対応している。

このような書籍の電子化については、従来から様々な試みが行われており、教科書の電子化についても、例えば、増永（1993）は、教科書の電子化の意義や電子化のための教科書の構造に関して、どの細項目とどの細項目が関連するかは、どのような知識を有しているかや学習の目的などにより変化することから、内容構造は検索技術により動的に生成することが必要であると述べている。

宮本ら（1997）は、「良い教科書」と言われる教科書の構造や特徴を分析し、その構造、特徴をDTD（Document Type Definition）により定義し、教育対象知識をこのDTDで定義されたテンプレートに書き込むことにより、容易に電子教材を作成できる環境を構築している。

また、電子教科書では、関連する部分をリンクしたハイパーメディア教材として実現される場合も多いが、長谷川ら（1998）は、このようなハイパーメディア教材利用の際の認知負荷を4種類に分類し、教材利

用者や作成者がハイパーメディア教材を評価するためのガイドラインを提案している。

金子ら（2008）は、弱視児童のための、拡大教科書を作成するためのソフトウェアの開発を行っている。拡大教科書は、原本教科書の文字や図、写真を拡大し、レイアウトの修正等を行った教科書であり、従来は、原本教科書をOCR等でスキャニングして電子データ化して編集されることが多かったが、原本教科書が電子化されれば、このような処理を容易化できると考えられる。

書籍を電子化した場合の問題点としては、閲覧のための端末が必須なことが挙げられる。安価であれば専用端末の使用も考えられるが、利用者数が多いPC上のビューアやWebブラウザ等で閲覧することも方法の1つと考えられる。また、電子化された書籍は、コピーされ違法に流通する恐れもある。このため、閲覧できる端末を制限したり、閲覧のためのアクセス制限等の対策が必要になる。

2. 「アプリケーションの書籍化」

電子書籍の実現方法として、ビューアと書籍データを一体化したアプリケーションとして電子書籍を実現する方法もある。これは、従来の紙のデータを電子化するというよりも、アプリケーションを書籍の形態で作成するのに近く、iPadへの電子書籍の配信の一部などでこの方式がとられている。このような「アプリケーションの書籍化」では、テスト、シミュレータ、仮想現実等を電子書籍の機能として組み込むことができる。このようなインタラクティブ性は電子書籍に特有な機能であり、豆テストに合格しなければ先を読めないような教科書や、複数の利用者の答えにより協調的に書籍の内容や難易度を変えていくようなことも可能となる。また、最近では、OpenCourseWareやiTunes U等で大学の講義映像、資料等がWeb配信される場合も多いが、このような教育コンテンツと電子教科書の内容を連携させるといった利用も可能になる。

このようなアプリケーション型の電子教科書として、高橋ら（1998）は、電子教科書の参照機能や学習管理機能、コミュニケーション機能を有する電子ノートによるプログラミング教育を実現している。この電子教科書では、サンプルプログラムの実行や、気づいたことや分からない点をメモするための学習メモの付与等を行うことができる。

石田ら（2002）は、対話型電子白板とペン入力PC端末をLANで接続した電子黒板・電子ノートシステムを開発している。教師が電子黒板上の電子教材を利用した問題を電子ノートに配信したり、生徒が電子ノートに書いた解答を返信する機能、生徒の解答の一覧表示機能等を実現している。

吉田ら（1996）は、テキストや講義用のフリップをイントラネットを通じて読めるようにし、そのアクセスログの中でハイパーリンクの参照回数が多いページは個人にとって必要な情報が記載されているとして、

学習者ごとの参照ページを自動生成するシステムを提案している。これにより、テキストの再参照が行ないやすくなるとともに、講師は、学習者がどこに興味を持ち、何を問題にしているかを知ることができる。

坂東ら（2002）は、手書きによる配線を可能とした教育用電気回路シミュレータの試作を行っている。このシミュレータは電子白板上で動作するもので、電池、豆電球、スイッチなどの回路部品を配線し、簡単な電気回路のシミュレーション実験を行うことができる。

また、三浦ら（2004）は、計算機ハードウェアの動作原理と高水準プログラミング言語で記述されたプログラムの実行原理を学習することができる計算機シミュレータの開発、宮武ら（2003）は、Webを利用した力学シミュレータの開発を行っている。

一方、拡張現実のための開発ツールとして、ARToolKit（加藤2002）がある。ARToolKitは、識別用のパターンが描かれたマーカーをカメラで撮影し、その位置や傾きをリアルタイムで計測し、そのマーカー上に3次元仮想物体を描画することで拡張現実を構築する。竹田ら（2007）は、カメラで撮影した絵本上にCGが表示される仮想立体絵本を実現している。吉永ら（2008）は、実際の患者の映像上に診断情報を3次元的に重畳表示するシステムを開発している。また、川島ら（2001）は、ブロックの組み立て工程で必要となる部品の表示や組み立て作業のアニメーションを実世界のマーカー上に表示する3次元部品組み立てマニュアルの開発を行っている。ARToolKitは、iPhoneやAndroid端末等にも移植されており、電子書籍と拡張現実との連携に利用することができる。

アプリケーション型の電子書籍では、音声認識技術や音声合成技術を語学教育等に利用することもできる。音声認識技術の語学教育への利用に関しては、曹ら（1998）は、母音や子音の発音の識別による発音学習支援システムを開発しており、熊谷ら（1999）は、アクセント型を判別することで日本語音声教育を支援するシステムを開発している。峯松ら（1999）は、日本人によって発声された英単語音声から強勢音節検出を行い、強勢/弱勢の音響的適切さの評定の自動化手法を提案している。

音声合成技術の語学教育への利用に関しては、康ら（2006）は、英語と中国語の初級レベルの単語を対象として、合成音声をリスニング練習に用いるシステムを開発し、自然音声を用いたプレテストとポストテストの結果、合成音声が発音者のリスニング能力を改善する効果があることを明らかにしている。

特に語学教育の場合、繰り返しの学習が必要であることから、携行性の高い電子教科書の有効性は高いと考えられる。

Ⅲ. プロトタイプシステムの開発

教科書の電子化に関して、2009年度学長裁量経費 I

「放送大学教材のアーカイブ化とカスタマイズ化に対応した教材開発に関する研究」および、2010年度学長裁量経費Ⅰ「印刷教材制作の改善による放送大学教材の標準化とアーカイブ化のための教材制作手法の研究」では、教科書や映像、検索機能などを組み合わせた電子教科書のプロトタイプの開発を行ってきた。ここでは、このプロトタイプシステムの開発について、「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」の観点から議論する。

1. 「書籍の電子化」プロトタイプ

「書籍の電子化」のためのツールとして、テキスト作成ツールの開発を行った(図1)。テキスト作成ツールでは、画面左側の部分で章や節の作成や管理を行い、画面中央の部分で作成した節に段落単位で文章を記述することができる。また、各段落では、画面右側の「参照」ボタンをクリックすることで必要に応じて画像等の添付資料を貼り付けることができる。

テキスト作成ツールの文書データは、XML形式で管理されており、Webブラウザ上で閲覧するためのHTML形式や、書籍組版用のLaTeXデータへデータを書き出すことができる。このLaTeXデータは、電子書籍上で、文章のレイアウトを変えずに表示するためのPDF形式のデータを作成するために用いるもので、レイアウトとしては、一般的な書籍を模した形式、および、表示画面を文章と関連する図の2つのコラムに分けて並列して表示する台本形式で、作成した文章を書き出すことができる。

また、iPadやSony Reader等の電子書籍端末上で閲覧するためのデータとして、ePub形式での出力にも対応している。ePub形式は、欧米ではデファクト的に利用されている電子書籍のフォーマットの1つであり、XHTML形式の文書データや、CSSで記述されたレイアウト情報等をzipアーカイブした形式であり、XMLとの親和性も高い。この形式で書き出すことで、電子書籍端末側で文字を大きくするなど、利用者が動的にレイアウトの変更を行うことができる。

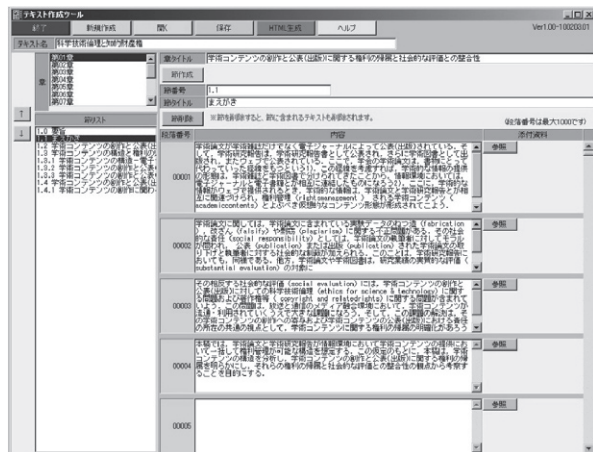


図1 テキスト作成ツール

このように、文書データをXMLで管理することにより印刷用のLaTeX (PDF) 形式、Web上で利用するためのHTML形式、電子書籍端末上で利用するePub形式など多様な文書データを作成することができる。また、あらかじめ書き出しの際のレイアウト等を規定しているため、改訂等の際には、文書データの変更のみを行えば良く、改訂等の作業を簡略化することができる。

2. 「アプリケーションの書籍化」プロトタイプ

「アプリケーションの書籍化」とは、電子書籍端末上で動作する書籍形式のアプリケーションであり、テスト、シミュレータ、仮想現実等を電子書籍の機能として取り込むことができる。このような「アプリケーションの書籍化」の例として、「テキストと映像の同期教材」、および、「検索機能」の開発を行った。

(1) テキストと映像の同期教材

講義映像のデータベース化やWeb配信を行う場合、関連する資料、スライド等を講義映像と同時に配信すれば、関連する詳細な情報の参照が容易になるとともに、映像に合わせて資料のページをめくったり、映像と資料の交互に視線を移すといった手間が不要になるなど、学習者の利便性は向上する。

このような同期教材の作成に関しては、講義映像と書画カメラの映像を合成して作成する方法(渡邊ほか2001)、PC画面を撮影した映像と講師の音声を合成して作成する方法(山本2004)、講義映像と同期してスライド等の補助資料を表示する方法(阿倍ほか2006)などが提案されている。また、講義映像から抜き出したフレーム画像とスライド画像との類似度により対応付けを行い、講義映像とスライドの同期教材を作成する手法(柳沼2008)も提案されている。

また、児玉ら(2010)は、このようなテキストと講義映像の同期教材として、映像とテキスト、学習の補助となる説明資料、参考資料などを組み合わせて、連動して表示を行うことができる教材の開発を行っている。この同期教材は、映像を見ていて必要になれば対応するテキストに移動し、また、逆に、テキストから関連する講義映像へとシームレスに移動できるインタフェースを有する教材である。

同期教材の作成は、図2のオーサリングツールにより以下の4つのコンテンツ定義ファイルを作成することで行う。

「[1] シラバス設定」タブでは、学習コンテンツのタイトルと全体のねらいを設定し、また、それぞれの章のテーマと内容を設定する。

「[2] コンテンツ構成設定」タブでは、用意したテキスト、映像等の学習コンテンツ素材をどのように組み合わせるかを設定する。

「[3] テキスト権利管理」タブでは、テキストの権利管理画面、「[4] 動画権利管理」タブでは、動画の権利管理画面が表示され、用意した学習コンテンツ素

材の著作権や肖像権の設定が必要な場合に記述を行う。

図3が作成した教材の再生ツールである。電子書籍をアプリケーションとして作成する場合、Android端末の場合はJava、iPadの場合はObjective-Cなど、固有の開発環境でアプリケーションを作成することもできるが、1つのプログラムから複数のプラットフォーム用の実行ファイルを作成できる開発環境もあり、ここでは、そのような開発環境として、Adobe Airを用いて開発を行った。この例では、テキストに対応するものとして、講義で使用されたスライドのPDFファイルを利用している。画面上部には、「同期再生」、「テキスト」、「映像」、「検索」、「Visual検索」のタブがあり、「同期再生」画面では、背景にスライド、その前面に映像を配置し、それらを同期して再生することができる。また、映像位置は、左上や右下等に変更することができる。「テキスト」画面では、テキストのみが表示され、「進む」、「戻る」ボタンで前後にページを移動し、スライダーによりページを飛ばして閲覧することができる。このスライドの表示画面は、通常の電子書籍に対応する画面となる。また、「テキスト」画面から「映像」画面へ変更すると、テキストに対応する映像部分を拡大して表示することができ、映像表示とテキスト表示を同期させながら相互にシームレスに切り替えることができる。

一方、映像教材の評価を学習に利用する試みも多数行われている。例えば、会話映像に対して教師が添削を行った情報を用いて語学学習が行えるシステム（葉田ほか2001）、面接官や被面接者の訓練のためにマルチアングルで撮影した面接映像を評価するツール（古川ほか2004）、WebアンケートシステムREASを映像評価用に拡張したもの（芝崎ほか2007）、FD活動支援のための授業観察アノテーションシステム（實理ほか2009）等が提案されている。

このような映像記述機能を「映像」画面上に実装した。図4が「映像」画面であり、映像再生用の「play」、「stop」等のボタンや、映像を飛ばしながら頭出しするためのスライダーが用意されている。「記述を追加」ボタンをクリックすると、対応するスライド番号が表示され、それに対する記述を追加することができる。1枚1枚のスライドが意味的なまとまりになることから、映像の時間情報ではなく、スライド番号ごとに記述を追加できるようにした。これらの映像記述は、面接のような体験型のシミュレーション教育等に利用できるとともに、映像の視聴履歴や反応がとれることから授業評価や、映像の改訂や再編集などの基礎データとして利用することができる。

(2) 検索機能

紙の書籍に無い、電子書籍の機能の1つとして高度な検索機能が挙げられる。紙の書籍でも索引等が充実していれば本の中から必要な内容を探し出すことができるが、電子書籍では、全文検索を行うことで、索引

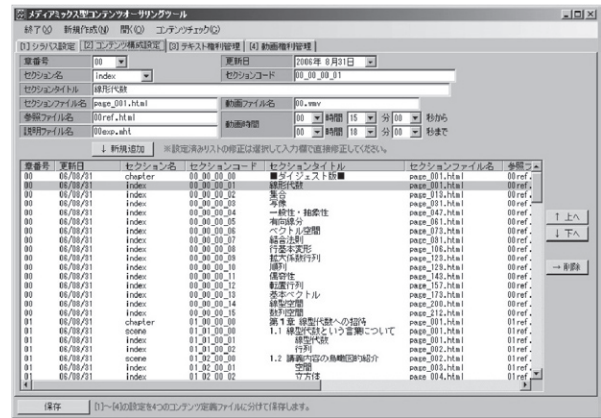


図2 同期教材のオーサリング

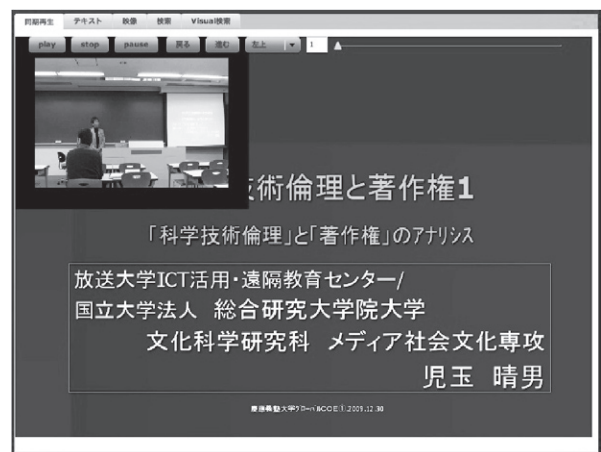


図3 再生ツール



図4 映像記述機能

に無い用語や、利用者の必要とする単語での検索を行うことができる。また、検索結果を単純なリスト表示するだけでなく、出てくる用語が類似するページを近くに配置し、視覚的に検索結果を提示するといったことも実現できる。

このような検索は、ユーザの検索意図にもとづき、大きく2つに分類することができる。1つは、「検索対象のイメージを明確に表現できる場合」であり、ユーザがこんな画像、映像といった検索要求を明示的に与えることができる場合である。もう1つは、「検索対象のイメージを明確に表現できない場合」であり、検索内容を抽象的に表現することが難しい場合や、画像や映像を連想的に検索する場合に対応する。前者は、「こんな検索」、後者は、「あんな検索」とも呼ばれ(坂内ほか1996)、様々な手法が提案されている。

教育コンテンツを対象とした「こんな検索」を実現するためには、教育コンテンツに対するメタデータ付けが必要になるが、特に、講義映像の検索を行う場合、映像全体に対して、映像の概要のような1つのメタデータだけが付与されているのであれば、映像中の必要な部分だけを検索し、頭出しして部分的に再生することができない。このため、映像の必要な部分のみを選び出し、視聴するためには、メタデータを映像中の時間情報とともに付与する必要がある。

このようなメタデータの付与方式としては、講義映像の音声認識結果と書き起こしテキストとを時間的に同期することによりメタデータ付与を実現する方法(森本ほか2005)、スライドを使った講義映像を対象とし、講義映像中から読み取った文字と、スライド中の文字との位置関係の類似度により講義映像とスライドの同期をとる手法(小澤ほか2002)等が提案されている。また、講義映像とスライドとの同期を、文字が箇条書きされていたり、図が等間隔で配置されているといったスライドの空間的な周波数特徴の類似度を用いて行い、講義映像の検索を実現する手法(柳沼ほか2010)も提案されている。講義映像とスライド画像との対応付けを行うことで、それぞれのスライド画像が、講義映像の何フレーム目から何フレーム目に対応するかが分かり、この結果により、スライドファイル中のテキスト情報を映像検索用のメタデータとして利用することができる。

一方で、教育コンテンツを対象とした「あんな検索」に対応する検索システムとして、先修科目、後修科目といったシラバスの前後関係や、習得項目等の共通キーワードによりシラバスの関係を線で結ぶことでシラバスを可視化するシステム(木下ほか2007)が提案されている。また、東京大学で開講されている授業科目のシラバスや教材などを公開するためのWebサイトであるUT OpenCourseWareでは、シラバスの検索結果を「点」と「線」によるグラフ構造により表現し、俯瞰的に可視化できるMIMA Search(Mima2006)を実装している。また、講義映像の要約のため、映像から離散コサイン変換により抽出した画像特徴と、提示資料のタイトルに含まれる用語の頻度を要素とするベクトルを用いて自己組織化マップを作成し、類似する映像を近くに配置することで映像の要約を行うシステム(中山ほか2005)も提案されている。

このような講義映像の検索システムとして、スライ

ド検索による講義映像の頭出しシステムの開発を行っている(柳沼2010)。このシステムは、スライドと講義映像との同期を行い、スライド中のテキスト情報を用いた講義映像検索を実現するとともに、検索結果のスライドの関連性を視覚的に表示することで、必要な検索を行いやすくすることを目的としている。

図5は、「検索」タブをクリックして現れる講義映像の「こんな検索」画面であり、画面上側には、検索対象となる講義映像を選択するメニューや、検索キーワードを入力するためのテキストエリア等があり、「検索」ボタンをクリックすることで、画面下側に検索キーワードを含むスライドが表示される。検索されたスライドをクリックすることで、「映像」画面に切り替わり、対応する映像部分が再生される。

一方で、「あんな検索」を実現する場合、検索結果の個々の関係性の表示方法が重要となる。このような、類似するものを近くに配置するような表示手法としては、自己組織化マップによる方法、項目間が仮想的なバネで繋がれているとして項目間の距離を決める方法、対応分析による方法等がある。ここでは、検索結果のスライドの関連性を視覚化する手法として、対応分析を用いている。具体的には、検索対象となるスライドのテキスト情報を、形態素解析プログラムである「茶筌」を用いて品詞ごとに分けて出現頻度の高いキーワードを選び出し、その出現頻度のベクトルを対応分析により2次元空間上に配置し、同時に、関連するキーワードを重畳表示している。

「Visual検索」タブをクリックすることで、図6のような、「あんな検索」用のインターフェースが表示される。この画面を見ると、大きく分けて、画面左側には、「倫理」や、「学会」、「学術」、「論文」等のキーワードがあり、この部分には、主に学会や学術論文の倫理に関するスライドが配置されている。画面右側には、「著作」、「条」、「項」等のキーワードが配置されており、この部分には、著作権の条項に関して述べているスライドが主に配置されている。このように、対応分析を用いることで、内容の類似度に従ってキーワードと関連付けながらスライドを配置することができる。なお、対応分析結果は、「検索」画面と連動しており、対象となる講義映像をメニューで選択したり、キーワードを指定することで、「Visual検索」画面で対象となるスライドを絞り込むことができる。

対応分析結果を表示するウィンドウの左上の、「+」、「-」ボタンは、画面の拡大縮小を行うボタンである。また、矢印ボタンは、表示されている画面を上下左右に移動させるボタンである。これらのボタンにより、興味がある部分を拡大し、スライドの内容を確認しながら、必要なスライドを探すことができる。この場合、スライド画像はある程度以上は大きく拡大しないようにしてあり、拡大を続けると、次第にスライド同士の重なりがなくなり、スライドが選択しやすくなる。図7は、キーワードとして「著作権」を含むスライドのみを検索し、その一部を拡大表示したものであ

る。これらのスライドをクリックすることで、「映像」画面に切り替わり、対応する映像部分を再生することができる。



図5 スライドの「こんな検索」インタフェース

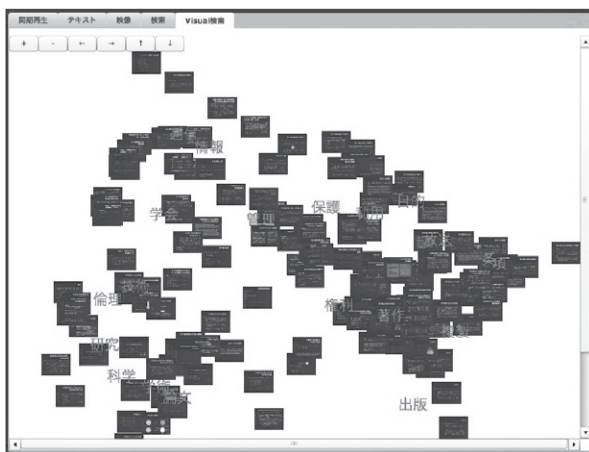


図6 スライドの「あんな検索」インタフェース

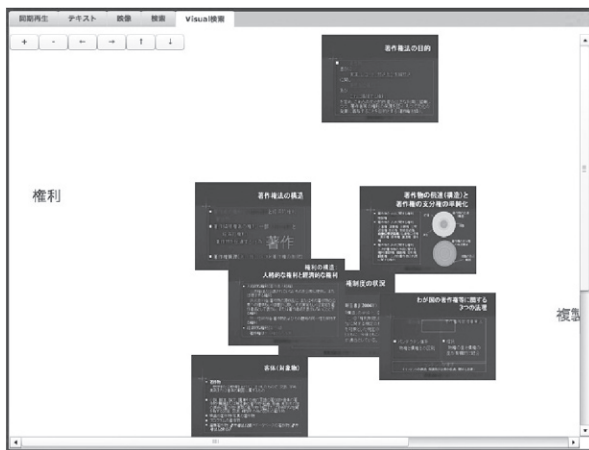


図7 スライドの絞り込み

IV. まとめと考察

本稿では、これまでの教科書の電子化の試みを「書籍の電子化」と「アプリケーションの書籍化」に分類し、それぞれの動向について述べた。また、教科書や映像、それらの検索機能などを統合した教育コンテンツを提案し、実装を行った。

電子書籍の利点としては、コストや利便性があるが、一方で、紙の書籍では専用端末や電源が不要であるといった利点もある。このため、電子書籍と紙の書籍の役割を分け、共存させていくことが現実的な利用方法の1つとなる。具体的には、電子書籍導入の有効性が高いと思われる、小さな文字を読みにくい人などに向けた教科書の提供や、海外展開のための教科書の配布などの場面で利用していくことが考えられる。このためには、紙の書籍を作成する場合の制作過程の電子化を徹底することや、電子書籍形式のデータ書き出しに対応した編集ソフトの利用などの対策が必要になる。

一方、感想、質問、評価や学習履歴を収集し、教科書の迅速な修正や再編集に活かすようなインタラクティブ性も、教科書を電子化する利点の1つになる。単に教科書にテスト等を埋め込むだけでなく、ネットを通じて集計、分析することで学習者の全体的な理解度を把握したり、理解度に応じて問題を動的に変えるなど、よりきめの細かい学習環境の実現も期待できる。

1つの書籍内の検索にとどまらず、複数の電子書籍を言わば横断的に検索できる点も電子書籍の利点となる。例えば、大学内のすべての科目間や、更にその下の階層である各回の授業ごと、教科書の単元ごとといった様々な階層での関連性を視覚的に提示することで、ある科目の内容を学習する場合、他の科目のどの部分を参照して学習すれば良いかを知ることができる。電子書籍を販売するオンラインショップと科目間の横断検索機能とを組み合わせることで、検索した結果から関連科目の概要を閲覧し、その場で必要な教科書を購入できるといった環境も実現できると考えられる。

参考文献

阿倍博信・濱谷英次 (2006) 映像アノテーションモデルに基づく講義映像を用いたマルチメディア教材オーサリングシステム 教育システム情報学会誌 23(3) 141-147
 坂東宏和・澤田伸一・中川正樹 (2002) 手書きによる配線を可能とした教育用電気回路シミュレータの設計と試作 情報処理学会研究報告 2002(62) 1-8
 古川雅子・柳沼良知・山田恒夫 (2004) 観察者属性によるマルチアングル映像観察傾向の相違 日本教育工学会論文誌 28(Suppl.) 161-164
 葉田善章・緒方広明・矢野米雄 (2001) Viclle: 会話映像の添削による語学学習支援システム 情報処理学会論文誌 42(6) 1412-1423

- 長谷川忍・柏原昭博・豊田順一（1998）認知負荷を考慮したハイパーメディア教材の評価ガイドライン 電子情報通信学会技術研究報告 98(35) 17-24
- 寶理翔太郎・加藤由香里・江木啓訓・塚原渉・寺田達也・中川正樹（2009）授業観察アノテーションシステムFD Commonsの設計と開発 教育システム情報学会2008年度第5回研究会 24-27
- 石田準・坂東宏和・加藤直樹・中川正樹（2002）手書き筆記と電子教材の交換を可能とした電子黒板・電子ノートシステム 情報処理学会研究報告 2002(119) 25-32
- 曹哲鎬・河原達也・堂下修司・壇辻正剛（1998）調音位置・発音方式の識別に基づく発音学習支援システム 電子情報通信学会技術研究報告 98(32) 47-54
- 金子健・渡辺哲也・大旗慎一（2008）拡大教科書作成の効率化・質の向上と作成支援ソフトウェアの開発 国立特別支援教育総合研究所研究紀要 35 15-32
- 康敏・柏木治美・大月一弘・楠木誠（2006）合成音声を利用したリスニング練習の効果 日本教育工学会第22回全国大会 533-534
- 加藤博一（2002）拡張現実感システム構築ツールARTool-Kitの開発 電子情報通信学会技術研究報告 101(652) 79-86
- 川島高志・加藤博一・橘啓八郎（2001）拡張現実感を用いた3次元部品組み立てマニュアルとその評価 電子情報通信学会技術研究報告 101(389) 1-6
- 木下聡・刈谷悠・妻島貴彦（2007）シラバス可視化システムの構築 電子情報通信学会技術研究報告 106(583) 99-104
- 児玉晴男・柳沼良知・鈴木一史（2010）電子書籍のコンテンツの制作・流通システム-放送大学教材を例として- FIT2010（第9回情報科学技術フォーラム）講演論文集 0-009
- 熊谷有香・吉田奏子・三輪譲二（1999）日本語音声教育のための日本語アクセント型判別法 電子情報通信学会技術研究報告 98(611) 23-30
- 増永良文（1993）マルチメディア電子教科書の開発研究 情報処理学会研究報告 93(65) 175-184
- Mima,H.（2006）MIMA search : a structuring knowledge system towards innovation for engineering education, Proceedings of the COLING/ACL on Interactive presentation sessions 21-24
- 峯松信明・藤澤友紀子・中川聖一（1999）HMMを用いた英単語音声からの強勢音節の自動検出とそれに基づく発音能力の韻律的評定 電子情報通信学会誌 J82-D-II (11) 1865-1876
- 三浦義之・金子敬一・中川正樹（2004）教育用計算機システムシミュレータED21の設計と評価 メディア教育研究 1(1) 115-122
- 宮本貴朗・田村武志・廣石敏雄（1997）インタラクティブな学習空間の構築を指向する次世代型電子教材の試作：SGMLによるマルチメディア電子教科書の開発を例にして 電子情報通信学会技術研究報告 97(291) 1-5
- 宮武明義・河田進・矢野米雄（2003）Webを利用した共同学習支援環境-力学シミュレータと共同学習支援ツールの提供- 電子情報通信学会技術研究報告 102(697) 31-36
- 森本容介・室田真男・清水康敬（2005）教育用動画検索システムと時間情報同期方法の開発 電子情報通信学会論文誌 J88-D-I(10) 1515-1524
- 中山実・米川孝宏・清水康敬（2005）自己組織化マップを用いた講義映像要約の検討 電子情報通信学会技術研究報告 104(643) 7-12
- 小澤憲秋・武部浩明・勝山裕・直井聡・横田治夫（2002）文字認識を利用した講義動画中のスライド同定 FIT2002（第1回情報科学技術フォーラム）講演論文集 133-134
- 坂内正夫・柳沼良知（1996）画像の内容検索技術 ビット別冊マルチメディアコンピューティング 共立出版 111-119
- 芝崎順司・近藤智嗣（2007）WebアンケートシステムREASの開発とその機能拡張-「デジタルコンテンツ評価支援システムの研究開発」プロジェクト- NIME 研究報告 26
- 高橋参吉・渡邊耕平・松永公廣（1998）電子教科書を用いたプログラミング教育 電子情報通信学会技術研究報告 98(259) 21-26
- 竹田信子・加藤博一・西田正吾（2007）拡張現実感技術を利用した仮想立体絵本 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 12(4) 595-602
- 渡邊晶・矢吹道郎・藤村直美（2001）簡便な方法で作成可能なオンラインビデオによる復習・自習支援システム 教育システム情報学会誌 18(2) 179-188
- 柳沼良知（2008）講義映像とスライドの同期教材の作成手法の開発 教育システム情報学会誌 25(2) 226-231
- 柳沼良知（2010）講義映像のデータベース化と検索手法の動向 メディア教育研究 7(1) S35-S43
- 柳沼良知・鈴木一史・児玉晴男（2010）講義映像とスライドの空間的な周波数特徴を用いた同期による検索手法 教育システム情報学会誌 27(1) 118-127
- 山本芳人（2004）ビデオカメラを使わないVOD講義コンテンツの作成とその教育利用 教育システム情報学会誌 21(2) 117-121
- 吉田幸二・前田雅之・小泉寿男（1996）履歴情報を利用した教育支援：アクセス履歴情報を利用したイントラネット上の教育システム 電子情報通信学会技術研究報告 96(431) 95-102
- 吉永崇・今井崇雄・酒井太郎・片川伸行・梶田晃司（2008）AR技術を用いた実映像への診断情報の3次元重畳インターフェースの開発 超音波医学 35 299

（平成22年10月29日受理）