

教材作成支援のための教材部品共有システムの提案

小西 裕[†] 大谷 英司^{††} 劉 渤江^{†††} 國島 丈生^{††} 横田 一正^{††}

[†] 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

^{†††} 岡山理科大学 総合情報学部 〒700-0005 岡山市理大町 1-1

^{††} 岡山県立大学 情報工学部 情報通信工学科 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

E-mail: {konishi,ohtani,kunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp, liu@mis.ous.ac.jp

あらまし 初等・中等教育において情報通信技術の導入が進められており，教師が Web ページや Office ツールなどを用いて教材を作り，授業に利用する事例が増加している．しかし，教材に利用する素材は各々が参考書やインターネットを駆使して収集しているのが現状である．そこで，本稿ではアルゴリズムや定理のような，単元や項目レベルの粒度の教材を共有することで，教師の教材作成を支援することを提案する．教材部品を各人が文書やスライド等の形式で取得，利用することが，教材作成において有効であることを示す．そして，それを実現するための教材部品共有システムについて述べる．

キーワード eラーニング，学習コンテンツ共有再利用，教材作成支援

A Proposal of Teaching Material Parts Share System for Authoring Support

Yutaka KONISHI[†], Eiji OOTANI^{††}, Bojiang LIU^{†††}, Takeo KUNISHIMA^{††}, and Kazumasa YOKOTA^{††}

[†] Okayama Prefectural University, Graduate School of Systems Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

^{†††} Okayama University of Science, Faculty of Informatics 1-1, Ridai-cho, Okayama, 700-0005 Japan

^{††} Okayama Prefectural University, Faculty of Computer Science and System Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

E-mail: {konishi,ohtani,kunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp, liu@mis.ous.ac.jp

Abstract The information and communication technology is introduced into elementary and secondary education. Therefore a teacher makes the teaching materials with website and office system, and they use it for a class. However, it is difficult for most of teachers to collect material to use for the teaching materials from a reference book or Internet now. In this paper, we propose to support authoring of teaching materials for teachers by sharing teaching materials whose size of particle is a unit or a item. We show that it is effective to use teaching material parts described a form of document or presentation when teachers make teaching materials. Moreover, we describe that teaching material parts share system to realize on the service.

Key words e-Learning, sharing teaching materials, authoring support

1. はじめに

近年の情報通信技術の発展に伴い，教育を取り巻く IT 環境も変化してきている．教育用コンピュータの導入や学内 LAN の整備，教員や学生に対する情報リテラシー教育の進展などがその例である．平成 10 年 12 月に文部科学省より改定告示された学習指導要領 [1] によれば，小・中学校の教育では総合的な学習の時間や，国語，算数などの各教科においてコンピュータや情報ネットワークを活かした授業を行うことが義務付けられている．こうした背景から教師が Web ページや Office ツールなどを用いてデジタル教材を作成し，それを利用した授業

を行う事例が増加している．その様子は“IT 授業”実践ナビ (<http://www.nicer.go.jp/itnavi/>) [2] 等で見ることができる．

教師が授業に利用するスライド等の教材には，画像や動画，ソフトウェア等のデジタルコンテンツが埋め込まれている場合が多い．一般的に，教師がそれらのコンテンツ素材を一から製作することは難しく，インターネット等を利用して素材収集を行っている．そうして集めた素材を組み合わせ，一連の流れを持った教材として構成している．

教育上有用でありニーズに沿ったコンテンツ素材をサーチエンジン等から検索によって得るためには相応の経験が必要であり，教員全てにその作業を強いるのは酷である．また，教材作

成にかかる手間を考えても、単元や項目でまとめられた小規模なモジュール単位の教材を再利用したほうがより効率的である。そうした需要を受けて現在、国内外において高品質な学習コンテンツを共有再利用する事を目的としたいくつかの学習コンテンツリポジトリが構築運用されている。

教師はそのリポジトリを利用することで、他人の作ったデジタル教材を検索、利用できる。しかし、実際にそこに格納されているデジタル教材の多くは、必ずしも共有再利用を行うことを想定して設計されているわけではなく、特定の学習環境に依存したものになっている。現実的に最も粒度の細かい素材レベルのコンテンツでなければ新たに構成する教材の一部として利用しにくい。また、リポジトリは単にコンテンツを集積するだけでなく、登録されている多くのコンテンツの中から利用者の目的に合致した教材を素早く検索、取得できる環境を提供しなければならない。また、教材提供者に対しても、教材の品質改善の支援のため、良い方向にフィードバックがかかるよう仕組みを考える必要がある。

本稿では、上述した課題に対するアプローチとして、Wiki 技術を応用した学習コンテンツの共有再利用システムを提案する。Web ブラウザ上で複数ユーザが共同で文書の執筆修正が簡単に行えるという特徴が、登録された学習コンテンツの品質向上やコンテンツの登録のしやすさにつながることを示す。項目、単元などでまとめられた小規模ながら流れを持った学習コンテンツを教材部品として位置づける。その部品を Office の文書、スライド形式で登録し、共有再利用することが教師の教材作成にとって有効であることを示す。

本稿では、2 章で教師による教材作成と学習コンテンツ共有再利用の現状について述べ、3 章で教材部品共有システムの概要について述べる。4 章で各機能の具体的な実現方法を述べ、5 章で結論と今後の課題について述べる。

2. 関連研究

2.1 教師による教材作成の現状

教師が Web ページや Office ツールを用いてスライド、配布資料等の教材を作成する際、その内容はテキストだけではなく、図やアニメーションなどの動画、ソフトウェア等のマルチメディアコンテンツを利用することが考えられる。授業に用いるそれらコンテンツは教授法的、技術的に高品質であり、授業の目的や形態等のニーズに沿った物であれば、なお理想的である。しかし、そういったコンテンツを個人で作成することは容易ではなく、個々にインターネットの検索エンジン等を利用して収集するのが一般的である。しかしながら、それらコンテンツ素材を検索エンジン等から検索によって得るためには相應の経験が必要であり、現実的に全ての教師が行えるとは言い難い。また、教材作成の手間を考えても素材収集から構成までを各々が行うよりも、単元や項目の粒度の学習コンテンツを共有再利用したほうがより効率的である。

そのようなコンテンツの共有再利用を行うためには、作成者や内容に関するメタデータを持ったデジタル教材を蓄積し、容易に検索、取得、利用できる環境を整える必要がある。さらに

蓄積されている教材に対して、客観的な評価情報の付加されている事、より良い方向へ改良されていくような仕組みが取り入れられている事が望ましい。

2.2 学習コンテンツの共有再利用

前節で述べたように、高品質なデジタル学習コンテンツの共有再利用は以前から望まれてきた事であり、学習オブジェクトはその典型である [3]

学習オブジェクト

学習オブジェクト(以下、LO)とは IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., <http://www.ieee.org/>) では “any entity, digital or non-digital, which can be used, re-used or referenced during technology supported learning.” と定義されている。一般的には次のような特徴を持つものを指す。学習に利用できるデジタルあるいは非デジタルのコンテンツであること。共有再利用を目的とした独立のコンテンツであること。様々な学習環境で再利用できること。ある程度の小さな単位(粒度)に分解されていること。メタデータを付加し検索を容易にしていること。

LO の利用のイメージは、ひとまとまりの目的と内容をもった単位にわけて素材型の教材を作成しておき、個々の学習の状況に応じて最適な構成要素を選択し、柔軟なコースを開発するというものである。LO のこのような特色は、科目やコースが多様な高等教育や生涯学習における学習コンテンツの開発に適したものと見える。

LO のメタデータの標準化規格

LO のメタデータについて、国際標準として IEEE により LOM(Learning Object Metadata) 規格 [4] が策定されている。LOM とは LO の属性や特徴を共通の方法で記述することを目的としたものであり、主に以下のカテゴリから構成される。

- 一般: LO を総括して記述する一般的な情報
- ライフサイクル: LO のバージョン等の情報
- 技術的事項: LO の技術的要求や特徴
- 教育的事項: LO の教育的な特徴
- 権利: LO の所有者や利用条件
- 他の LO との関連: 関連のある他 LO の情報
- 注釈: LO の利用におけるコメント等の情報
- 分類体系: 特定の分類体系のどこに属するかの情報

一般カテゴリには LO のタイトルや概要、キーワードを記述し、教育的事項では想定学習者や教育分野等を記述する。LO 間での関連とは前提や部分、派生の関係を指している。以上のようなメタデータを LO に付加することで、学習コンテンツの検索、取得に利用することができる。

学習コンテンツの共有再利用コンソーシアム

前述した LO などの学習コンテンツの共有再利用を行うことを目的としたコンソーシアムが、既に複数が国内外において形成されている。それらのコンソーシアムは Web 上で学習コンテンツの蓄積流通を目的としたリポジトリを公開運用している。海外の代表的なコンソーシアムとして、北米の MERLOT(The Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) [5], EU の ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Eu-

rope), <http://www.ariadne-eu.org/>. [6]. また, 国内では NICER (National Information Center for Educational Resources, 教育情報ナショナルセンター), <http://www.nicer.go.jp/>. [7] や, NIME (National Institute of Multimedia Education, メディア教育開発センター), <http://www.nime.ac.jp/>. [8] などが挙げられる.

これらのコンソーシアムが公開しているリポジトリには, 学習コンテンツやそのメタデータが格納されており, 利用者はリポジトリに対して目的とする教材の単元やキーワードで検索を行うことで, 条件に合う学習コンテンツの物理的な位置とアクセス手段を取得することができる.

また, 複数のリポジトリ間で連携をとり, 学習コンテンツの国際的な共有を実現するという目的で, NIME や ARIADNE, MERLOT, オーストラリアの education.au limited.EdNA Online, カナダの eduSourceCanada 等の各コンソーシアムより GLOBE (Global Learning Object Brokered Exchange) という国際組織が結成されている. これは複数のリポジトリで横断的な検索を行い, 結果を一つにまとめて表示する Federated Search という機能を実現するものである.

2.3 各コンソーシアムにおける諸課題

技術標準の共有

学習コンテンツの共有再利用を行うためには, 統一的な標準を共有する必要がある. リポジトリに登録されているデジタル教材の多くは, 特定の学習環境に依存したコースであったり, 実際の大学で行われている講義のシラバスや講義ノートをコースウェアとして公開したもの (OCW, Open Course Ware, <http://ocw.mit.edu/>) で, 必ずしも共有再利用を行うことを最初から想定して設計されているわけではない. 実際, リポジトリに登録されているコンテンツの共有再利用は最も粒度の細かい素材レベルのコンテンツでなければ, 新たに構成する教材の一部として利用しにくい. ある程度のまとまりを持ったモジュール単位の LO を組み合わせ一つの大きな教材とし, その動作が異なるプラットフォームにおいても保障されるためには, LO の構造について標準化された規格を用いることが望ましい. 現在では ADL (Advanced Distributed Learning, <http://www.adlnet.org/>) によって SCORM2004 が提唱され, 標準化が進められている. 品質保証問題

また, リポジトリに要求される重要な役割として, 品質保証の問題がある. 利用者側にとっては登録されている数多くのコンテンツの中からそれぞれの授業の形態や目的などのニーズに応じた, 効果的な利用が可能な教材を素早く検索, 取得できれば理想的である. そのためにはその教材の有効な利用法や評価などの客観的な保障が付随している必要がある. コンテンツ開発者側にとっては自身の作成した教材をより良く改善するために, 利用者の評価等からポジティブなフィードバックを受け, コンテンツ開発の意欲が促進される仕組みがあると良い.

こういった要件に対して, MERLOT では, 登録されている学習コンテンツの品質保証のために研究論文の査読のプロセスをモデルにしたシステムを導入している. 会議において査読すべき教材を決定し, その教材の分野の専門家を 2 名, 査読者として選出し教材の評価を行う. こうすることで MERLOT の教

材は文脈的, 教授法的に優れた教材であることが保障される. NICER や NIME については登録されている学習コンテンツへの評価は考慮されていない.

2.4 適応型 e ラーニングシステム ADEL

我々は, これまで先行研究として教科書の章や節などの階層構造を木構造で表現し, 自由な粒度での学習資源の再利用を可能にする教材記述言語 X-TDL (XHTML-based Teaching-material Description Language) [9] を提案してきた. そして X-TDL を教材として利用し, 教材の提示順序をルールベースの制御方式を用いることで, 学習者の状態を逐次把握, 適応的に提示教材を切り替える e ラーニングシステム ADEL (Adaptive e-Learning Sequencing Control System) [10] の研究開発を行ってきた.

X-TDL は部品単位での教材の再利用を行うには優れた言語である. しかしながら, 現状 X-TDL で記述された教材が動作するプラットフォームは ADEL しか存在せず, また, X-TDL のオーサリング環境は未だ整備されていない.

3. 教材部品共有システムの概要

3.1 教材部品共有システムとは

前節で述べた学習コンテンツの共有再利用における, LO の再利用性や品質保証の課題を解決するため, 学習コンテンツの共有再利用システムを提案する. これは, 単元や項目の粒度でまとめられた学習コンテンツを共有し, それにメタデータを付加することで, 教師のニーズに沿った教材を素早く検索, 取得できる環境を提供するものである. これにより教師の教材作成の支援を実現する. また, システムに Wiki の特徴を取り入れることにより, 複数のユーザによる共同編集を可能にする. これにより, 教材の品質向上という観点において, 単純に利用者からの評価を作成者がフィードバックとして受け取るより高い効果が期待できる. さらに, 誰でも簡単にコンテンツの作成編集が行える環境を提供することにより, システムが保有する学習コンテンツの充実が図れる.

教材部品の定義

本システムで扱う, 単元や項目でまとめられた小規模な流れを持った学習コンテンツ, あるいはその素材等の LO を教材部品として位置づける. 特定の学習環境に依存する大きなまとまりのコース, あるいは OCW で公開されている LO は, 共有再利用を行う上で汎用性が低いいため, 本システムでは扱わない. 部品利用による教材の作成

教材部品を利用することによる教材作成の概要について述べる. 図 1 にその概念図を示す. 部品共有システムには部品単位の教材が格納されており, 教師のその時の授業の目的や形態等のニーズに沿った教材部品を検索する. そして取得した複数の部品を組み合わせ, 目的とする大きなまとまりを持ったコース型の教材や講義に用いるスライド, 配布資料等の教材を作成する.

3.2 アプローチ

教材部品共有システムを実現するためのアプローチとして, Wiki 技術を応用する事と OpenDocumentFormat (以下, ODF) [11] を利用すること, メタデータとして LOM 規格を採用すること

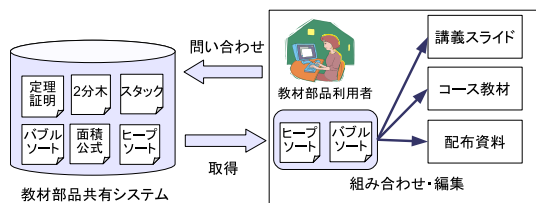


図1 部品利用による教材作成の概念図

を提案する。以下、その詳細を述べる。

Wiki 技術の応用

最初の方針として、Wiki 一般に備わるコンテンツの作成、共有の特徴を取り入れる。Wiki とは Web ブラウザ上で複数のユーザによる文書の共同執筆が簡単に行える、Web コンテンツ管理システムであり、有名な Wiki サイトとして Wikipedia [12] がある。Wikipedia とは、現在 Web 上で公開されているフリーの百科事典であり、ユーザはアカウントを取得しなくても誰でも新しく記事を立ち上げたり既存の記事の編集が出来る。この参加のしやすさや、多くの一般人が作ることで既存の百科事典にはない項目が見られ、何かについて調べたいときに Wikipedia は有用な情報源として活用される。そのため、一つの記事に対して多くのユーザからの助言や意見といった多数のフィードバックを反映することができ、コンテンツの情報の確かさや品質が自然に向上していくことが期待できるシステムである。また、ハイパーリンクを設置することでコンテンツ間の情報連結が可能となり、高度に関連しあった文書群「ハイパーテキスト」を作りやすい。このような特徴から教材作成の目的のために、文章の引用など素材集めに利用される事も多い。

しかし、扱うコンテンツの対象を教材とした場合に Wikipedia には次の問題があると考えられる。Wikipedia に投稿されている記事は基本的に誰でも編集が可能であるが、教材作成者によっては編集が可能な人物に制限をかけたいという要求があると考えられる。また、同じ内容の教材でも説明の仕方や構成などは、作成者によって多種多様であり、教材の設計方針で作成者同士が対立することが考えられる。そもそも作成者の立場や考え方の違いから起こった対立は作成者同士が議論を重ねても必ずしも意見が収束するとは限らず、Wikipedia では編集合戦に発展することがしばしばある。以上のことから、本システムでは、同一項目でも複数の教材部品が登録可能であるとし、それぞれのコンテンツの編集権限等の管理は、作成者に任せるとする。

また、Wikipedia は簡潔な記述でリストや目次生成など多彩な文章表現が可能であるが、Flash 動画やアプレット等のマルチメディアコンテンツを扱うことができない。一般的に教材はテキストや静止画だけでなく、動きのあるコンテンツも含んだものの方が学習効果が高いといえる。よって、本システムで扱う教材部品はマルチメディアコンテンツにも対応できる仕様であるとする。

ODF の利用

2 番目の方針として、教材部品のフォーマットとして ODF を利用する。ODF とは様々なコンピュータ環境や Office ソフト間

でも、共通して同じ文書ファイル等を扱うことを目的に策定された Office ドキュメントの国際標準規格である。ODF を利用することで教材部品のオーサリング環境として Office ソフトを利用することが可能になる。また、Flash や Java アプレットなどのプログラムを埋め込むこともできるため、学習者とのインタラクティブ性をもった教材を作ることも可能である。さらに、OpenOffice.org 等の一般的な Office ソフトは図形描画のための機能も付属しており、それを利用することで図やアニメーションを用いた教材作成も容易である。教育現場の教師に対して IT 活用のための情報リテラシ教育が進められているとはいえ、実際に HTML 等に精通している教師の絶対数はまだ少ない。そのため、特別な知識を必要とせず教材作成を行えるよう配慮することは重要である。実際の教育現場において、文書作成等に Office ツールが使われることは多く、それとほぼ同様のユーザーインターフェースで教材作成が行えることは大きな利点である。また、ODF は StarSuite 8 SDK [13] に代表される、Office コンポーネントの開発環境等も充実しており、この点から現状においては、同じオープンな文書フォーマットの規格である、マイクロソフト社の Office Open XML [14] に比べて有効であると言える。

LOM 規格の採用

3 番目の方針として、教材部品のメタデータを LOM 規格に基づいて定義する。2.2 節で述べたように LOM 規格は学習コンテンツに付加することを目的としたメタデータであり、既存の教材共有のためのリポジトリにおいても検索のために利用されている。本システムにて用いるメタデータは、教材部品の作成者によって付されるものと、システムにとって必要なものに分かれる。実際の項目については、次節以降で本システムの詳細な機能構成を述べた後、4. 章にて示すこととする。

3.3 要件

前節で述べたアプローチから、教材部品共有システムの要件をまとめる。

- 容易な教材部品の作成，編集が可能である。
- 複数のユーザによる教材部品の作成，編集を可能にする。
- 教材部品に対してユーザが評価できる。
- ユーザが教材部品同士の関連付けを行える。
- ニーズに沿った教材部品を素早く検索できる。
- 教材部品の作成，閲覧は Web ブラウザ上で行える。
- 同一項目でも複数の教材部品を登録できる。
- 教材作成者による教材部品の管理ができる。

次節において、これら要件を満たすための具体的な機能について述べる。

3.4 本システムにおける各機能の詳細

ここでは、教材部品共有システムに必要とされる各機能について詳細を説明する。主な機能として、教材部品のオーサリング、教材部品の提示および検索、そして教材部品の管理である。教材部品のオーサリング

教材部品は Office ソフトを利用してオーサリングを行う場合と、本システムで行える Web ブラウザを利用する場合がある。

Web ブラウザによるオーサリング機能は、見出しやリストなどの簡単な文章表現程度で表される教材部品を、クライアント側で Office ソフトを起動するという手間を経ることなく手軽に作りたいという要求に答えるものである。マルチメディアコンテンツの埋め込みや、複雑な図を用いた教材部品は Office ソフトを用いて作成するものとする。図 2 に Web ブラウザによる教材作成画面のイメージを示す。教材の内容を記述するフォームにおいて、簡単なルールを持った表記法に従って書くことによって様々な文章表現が可能である。ここで作成された教材部品は全て文書形式として扱う。なお、Office ソフトによりオーサリングされた教材部品から、表記法を含んだ記述に復号することは実質不可能である。よって、Office ソフトで作成された教材の Web ブラウザによるオーサリングはシステムとして禁止する。その情報はメタデータに記述される。

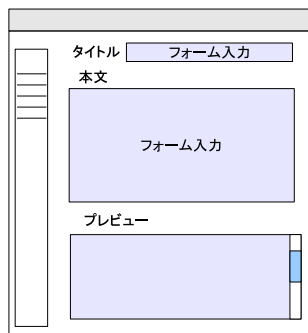


図 2 オーサリング画面のイメージ

教材部品の提示

本システムでは Web ブラウザ上で教材部品の提示を行う。提示する内容は教材部品である ODF ファイルと、タイトルや作成者などのメタデータの一部である。提示のイメージを図 3 に示す。提示画面の下部には関連付けられた教材部品のリンクのリストと投稿欄、そして提示している教材部品への評価を書き込むコメント欄がある。また、提示部の右側には過去のバージョンを選択するためのリストボックスがある。利用者はこの画面から教材部品の取得や編集、過去のバージョンの教材の閲覧を行うことができる。さらに、現在閲覧している教材部品が、他の教材と何らかの関連があると利用者が判断した場合、関連教材の提示部分に設置してあるフォームから、該当する教材部品の識別子と、“前提知識”や“ある項目の部分である”等の、関連の種類を入力する。それによって、教材部品同士の関連付けを行うことができる。この機能は教材作成者の意向により、実行できるユーザに制限を設けることができる。そしてその情報はメタデータに記述される。

教材部品の検索

教材部品を取得するための検索機能について述べる。検索画面のイメージを図 4 に示す。利用者はフォームにキーワード等を入力することで、本システムが持つ教材部品データベースに対して検索を行うことが出来る。キーワードをスペースで区切ることで AND 検索、パイプ (|) で区切ることで OR 検索を意味している。また、検索の対象をメタデータの各項目に限った、詳細な条件による検索も可能である。これは各項目ごとに

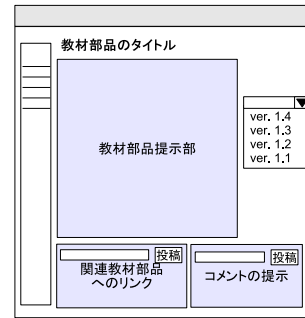


図 3 提示画面のイメージ

チェックボックスを設けてあり、検索対象の項目にチェックを入れた上で隣のフォームにキーワード入力することで行える。この検索は部分一致もしくは完全一致どちらかの一致条件を選択することができる。

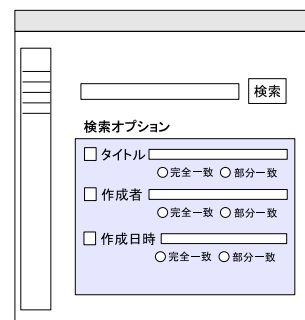


図 4 検索画面のイメージ

教材部品の管理

本システムでは個々の教材部品は登録した作成者自身が管理する。具体的には編集権限の管理と共著者の指定、バージョンの差し戻しである。教材部品のメタデータに作成者のみが書き換えることの出来る、編集権限レベルと共著者の項目を定義する。作成者が任意にその項目の値を変更することによって編集権限、並びに共著者を指定する。また、悪意ある利用者による悪質な編集に対する対処としてバージョンの差し戻し機能を備える。これを実行できるのは作成者のみである。

3.5 本システムの構成

教材部品共有システムの構成を図 5 に示す。本システムは大きく分けて、教材部品データベース部、ユーザインタフェース制御部、システム制御部、ユーザ管理 DB から構成される。教材部品データベース部は具体的には ODF とメタデータのリポジトリであり、各教材部品の全てのバージョンが保存されている。次に、本システムの利用の流れについて述べる。まず、教材作成者は Web ブラウザ、ないしは Office ソフトを用いて教材部品を作成し登録を行う。その際にメタデータの入力も行う。そこで入力された内容が制御部を通してデータベースへと格納される。Web ブラウザを用いてオーサリングを行っていた場合、制御部内の変換機能によって記述内容から ODF が生成される。また、教材部品の利用者は先に示した検索画面よりキーワード等を入力し、提示された検索結果の中から自分のニーズに適した教材部品を選択し、取得する。入力されたキーワード

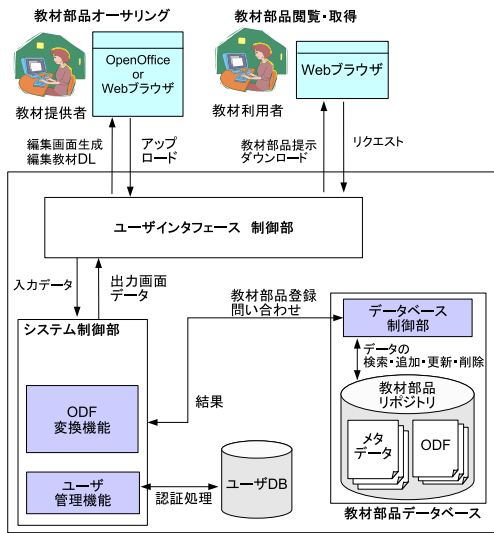


図5 システムの構成図

は、データベース制御部へと渡され、そこで検索用のクエリを生成し、データベースへの問い合わせを実行する。

4. 教材部品共有システムの実現

4.1 教材部品のメタデータ

本システムにて用いるメタデータを表1に示す。なお、表中において*がつけられている項目はシステム側で自動で値を付加することを表す。それ以外の項目については作成者が教材の登録、ないし更新を行うときに編集ができる。

4.2 教材部品の閲覧

教材部品の閲覧機能とは、具体的にはODFファイルをWebブラウザ上で閲覧することである。本システムでは、多様なブラウザでの教材の閲覧を可能にするために、システム上でODFファイルをPDFへと変換し利用者へ提示する。変換の処理はStarSuite 8 SDKより提供されるAPIの機能を用いて実現する。

4.3 Webブラウザによる教材部品オーサリング

Webブラウザによる教材部品のオーサリングとは、3.4節で示したオーサリング画面より教材を記述し、その内容からODFファイルを生成することで実現する。ODF生成の処理は前節と同様、StarSuite 8 SDKのAPIの機能を用いる。

利用者が教材の作成に用いるための表記法を表2に示す。ここで示した表記法はWikipediaの表記法を参考に定義している。なお、表中では“文字列”を“~”と、教材部品のIDを“ID”と表記している。表2で示した表記法に従いODFファイルを生成する。Webブラウザ上で記述した内容は教材部品のメタデータの一部として保存される。ブラウザ上での教材部品の更新は、この記述内容を編集しそこからODFファイルを新たに生成し直すことで実現する。

4.4 教材部品データベースの設計

教材部品リポジトリの構成

教材部品データベースは、ODFのリポジトリとメタデータのリポジトリから構成されている。教材部品であるODFファイルと、そのメタデータをリポジトリに格納するための構造を図6に示す。格納される教材部品は最新の状態のみならず、これ

表1 教材部品のメタデータ

カテゴリ	項目名	説明
	教材部品の ID *	各教材部品に割り当てられる固有の識別子。
一般	タイトル	教材部品のタイトル。
	概要	教材部品の概要。
	キーワード	教材部品の検索語句。複数登録可。
	粒度	教材部品の粒度。“素材”もしくは“単元”の2択である。
ライフサイクル	バージョン *	教材部品の現在のバージョンを表す。
	状態	教材部品の状態を表す。“書きかけ”もしくは“完成”の2択である。
権利	作成者の ID *	教材作成者の識別子。
	作成日時 *	教材が登録された日時。
	共著者の ID	作成者が指定した共著者の識別子。
	編集権限レベル	教材部品の編集、および関連教材項目の追加が可能な権限の設定。“制限無し”、“登録ユーザのみ可能”、“作成者、及び共著者のみ可能”、“作成者のみ可能”の4段階がある。
技術的事項	教材部品の形式 *	スライド形式と文書形式の分類。
	サイズ *	ファイルのサイズ。
	動作環境	教材部品閲覧のために必要なプラグイン等の情報。“Java”や“Flash”など。
	Webブラウザ上での編集の可否 *	Webブラウザでの編集を認めるか否か。編集者がローカルで行った場合、“不可”にする。
	Webブラウザによるオーサリングの表記	Webブラウザにて記述した内容。
	ODFの全テキスト *	ODFファイル中のテキスト成分のみを抽出し格納。全文検索に用いる。
教育的事項	想定学習者	想定される学習者の分類。
	作成者のコメント	作成者による、利用上でのコメント。
分類体系	教材部品の分類	特定の分類体系の中で属する位置を記述。
注釈	ユーザの ID *	コメントを投稿したユーザID
	コメント投稿日時 *	コメントを投稿した日時を表す。
	コメントの内容	コメントの記述内容を表す。
他教材への関連	関連教材部品の ID	関連付けられた教材部品の ID
	関連付けした日時 *	関連付けした日時
	関連の種類	関連付けられた教材の種類を表す。“前提知識”、“部分”、“参考文献”、“相補的”から選択。

までの全てのバージョンの情報を保持する構造になっている。具体的にそれらはXMLのツリー構造で表現され、XMLデータベースに格納される。本システムにおいて実際に利用するXML型データベースエンジンは、富士通のInterstage Shunsaku Data Manager(以下、Shunsaku)[15]である。ShunsakuはXML形式のデータを直接の検索対象にし、インデックスレスで高速

表2 教材作成のための表記法

表記	意味	説明
==~==	見出し	節の見出し(セクション)を指定.
===~===	見出し	節の見出し(サブセクション)を指定.
====~====	見出し	節の見出し(サブサブセクション)を指定.
[[URL or ID]]	ハイパーリンク	指定した内容へのハイパーリンクを生成.
[[~ : URL or ID]]	ハイパーリンク	ハイパーリンクを指定した文字列で表す.
“~”	ボールド体	指定した文字列をボールド体で表す.
““~””	斜体	指定した文字列を斜体で表す.
“““~”””	斜体+ボールド体	指定した文字列を斜体+ボールド体で表す.
*~	リスト	番号無しリストを生成.
#~	リスト	番号付きリストを生成.
[[IMG :: URL]]	画像リンク	指定した URL の画像を貼り付ける.

な検索機能を実現したものである。データベースを操作するための API 等も充実しており、本システムを開発する上で有用だと言える。データベースに格納するデータ構造について述べる。

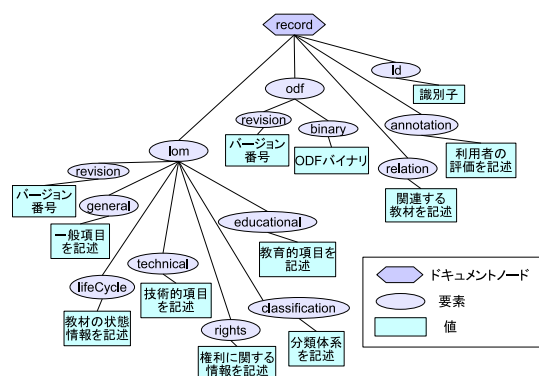


図6 データベースに格納する教材部品のデータ構造

Shunsaku ではこのツリー構造を一つのレコードとして扱う。まずは検索の際に対象となる要素として lom 要素がある。この要素の下には表1に示した、各バージョンごとのメタデータの値が格納されている。バージョンは各 lom 要素が持つ revision 要素の値によって区別される。次に ODF ファイルのバイナリ情報を格納する要素として odf 要素がある。odf 要素も lom 要素と同様、各バージョンは revision 要素の値によって区別される。最初のバージョン以外の odf 要素の値は前バージョンとの差分の情報が格納されている。その次に、関連する教材部品の情報を持つ relation 要素と教材部品への評価の情報を持つ annotation 要素がある。これらの要素が持つ情報は、バージョンで区別するのではなく、教材部品が持つ共通の情報として扱う。

メタデータに対する検索

ここでは教材部品のメタデータに対して行われる具体的な検索の手法について述べる。まず、図4で示した検索画面よ

り、キーワード等を入力し、その内容から Shunsaku の仕様に従い、検索のための条件式を生成する。生成した条件式により、Shunsaku の API が提供するクエリ関数を実行し、条件が一致するレコードのインスタンスを受け取ることで検索を実現する。キーワード検索と詳細検索について、それぞれの条件式の生成例を示す。これらの検索の対象となるのは全てのバージョンのメタデータの内容である。

キーワード検索では、検索のキーとメタデータの一致判定は部分一致のみ行う。表3に入力したキーワードとそれに対応する検索条件式の例を示す。表中の式は“ルート要素下の record 要素下の lom 要素下の、任意の階層に存在するテキストノード中に「パブルソート」と「スライド」が共に含まれていれば真である”ということを意味している。

表3 キーワード検索における条件式の生成例

検索条件例	“パブルソート スライド”
生成条件式	/record/lom// = “パブルソート” AND /record/lom// = “スライド”

次に詳細検索について述べる。詳細検索ではメタデータの内、検索に利用可能な特定の項目について、それぞれキーワードを指定することで検索を行うことができる。なお、検索の条件として部分一致と完全一致の二つを選択することができる。表4に詳細検索の条件と、それに対応する条件式を示す。表中の条件式は“general 要素下の title 要素下のテキストノードの内容が「パブルソート」と完全一致し、かつ description 要素下のテキストノード中に「アニメーション」が含まれていれば真である”ということを意味している。

表4 詳細検索における条件式の生成例

検索条件例	教材のタイトルが“パブルソート”で完全一致 かつ 概要に“アニメーション”が含まれている
生成条件式	/record/lom/general/title == “パブルソート” AND /record/lom/general/description = “アニメーション”

以上の手法により、検索結果であるレコードを取得する。しかし、この方法では結果として得た各レコードについて提示の順序を定義することができない。よって、取得した各レコードと検索キーワードとの類似度をベクトル空間法 [16] を用いて導出し、その結果から検索結果の順序付けを行う。本システムではレコード中の、revision 要素の値が最も大きな lom 要素の内容から各レコードの特徴ベクトルを求める。ベクトルの重みは tf/idf 値を用い、以下の式で与えられる。

$$w_j^i = tf_j^i \cdot \log \frac{N}{df_j} \quad (1)$$

tf_j^i はレコード R_i における単語 t_j の出現頻度であり、 $\log \frac{N}{df_j}$ は単語 t_j が出現するレコード数を、検索によって得たレコードの総数 N によって正規化したものである。この値から一つのレコードは次に示す特徴ベクトルで表される。

$$R_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}) \quad (2)$$

また、検索に用いたキーワードから次に示すクエリベクトルを生成する。本システムでは簡単のため単語 t_j が含まれれば 1, 含まれなければ 0 としている。

$$Q = (w_{q1}, w_{q2}, \dots, w_{qn}) \quad (3)$$

クエリベクトルと各レコードの特徴ベクトルから内積を求め類似度を導出する。そうして求めた値より、検索結果をソートし提示順に反映させる。類似度を求める関数 $\text{sim}(Q, R_i)$ を次に示す。

$$\text{sim}(Q, R_i) = \sum_{j=1}^n w_{qj} w_{ij} \quad (4)$$

教材部品の登録と更新

教材部品を新たに登録する際の手順について述べる。新たに教材部品を登録する際、まず ODF ファイルをバイナリ変換し、ユーザの入力したメタデータの内容から、図 6 に示した構造に従い XML 形式として出力する。その際に odf 要素と lom 要素の revision 要素の値は同期をとっておく。そして出力した XML 形式の教材部品をリポジトリに格納する。

次に既存の教材部品の更新の手順について述べる。既存の教材部品を更新する際、リポジトリから現在のバージョンの ODF を取り出す。ODF 要素下にあるバイナリ情報を、revision 要素の値の小さい方から順次取得、結合していく。次に更新する ODF とリポジトリから取得した ODF とでバイナリ差分アルゴリズムを用いて、その差分情報を生成し、リポジトリの所定の場所へ格納する。メタデータについては登録時と同様、更新された内容から XML ツリー構造を生成し、新しく revision 要素の値を割り当て所定の場所へ格納する。

任意のバージョンの教材部品の取得

ここでは、任意のバージョンの教材部品の取得の方法について述べる。利用者から指定された、提示している教材部品の特定のバージョン番号から ODF 並びにメタデータの抽出を行う。ODF については、ODF リポジトリの最初のバージョンから指定されたバージョンまでの差分情報を順次結合し、目的の ODF ファイルを生成する。メタデータについては指定されたバージョンの lom 要素の内容を取り出す。その上で教材部品の提示機能により利用者に向けて提示を行う。

教材部品の差し戻しについては、利用者から指定のあったバージョンの教材部品を生成し、教材部品の更新の処理を行うことで実現する。

5. おわりに

本研究では、単元や項目などでまとめられた小規模の流れを持つ学習コンテンツを教材部品として位置づけ、その共有再利用を行うためのシステムモデルとその実現手法について提案を行った。Wikipedia 等の Wiki 一般に見られるコンテンツ管理システムの特徴を取り入れることで、登録教材の品質向上やコンテンツの登録のしやすさに繋がる事を示した。さらに、Wiki に Office ドキュメントやマルチメディアコンテンツを扱えるよう拡張を行うことで、より教育に有効な教材の共有が可能となる。

今後の課題としては、プロトタイプシステムを実装することが挙げられる。さらに本稿で提案したシステム同士を Web サービスを用いて連携することにより、複数の教材部品共有システム間を横断的に検索できるよう拡張することも考えられる。また、扱うコンテンツとして教材を扱う場合、教材を提供する作成者の知的所有権に対して配慮することは、教材管理システムとして重要な課題である。しかし、本稿にて示した教材部品の管理機能では、作成者の著作物たる教材を完全に保護できているとは言えない。そのため、本システムで扱う教材部品を利用者はどのように利用できるのか、どのような行為が禁止なのかといった、きちんとしたライセンスの方針を固めた上でそれを実現できる仕組みをシステムに取り入れなければならない。また、本稿において提案したシステムは主に教材作成の支援を行うことを目的としたが、応用の仕方によっては e ラーニングの学習システムとしての利用法も考えられる。一般に e ラーニングの学習システムでは、単元クラスの粒度を持ったモジュール型の LO を、順序を定義することで大きなまとまりを持つコース型の教材としている。本システムの現状の機能では、各教材部品間で順序を定義しコースとして扱うことはできない。よって、今後はこれらの課題に対して研究開発を進めていく。

文 献

- [1] 新学習指導要領, 文部科学省, http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm.
- [2] “IT 授業” 実践ナビ - 授業で IT を使ってみませんか -, <http://www.nicer.go.jp/itnavi/>.
- [3] 山田恒夫, “学習コンテンツ共有再利用の国際連携における諸問題,” Journal of Multimedia Aided Education Research 2005, Vol.2, No.1, 55-70.
- [4] IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata Version 1.3 Final Specification, <http://www.imslobal.org/metadata/mdv1p3/imsmd.bestv1p3.html>.
- [5] MERLOT (The Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching), <http://www.merlot.org/>.
- [6] ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe), <http://www.ariadne-eu.org/>.
- [7] NICER (National Information Center for Educational Resources, 教育情報ナショナルセンター), <http://www.nicer.go.jp/>.
- [8] NIME (National Institute of Multimedia Education, メディア教育開発センター), <http://www.nime.ac.jp/>.
- [9] 庄司成臣, 小山嘉紀, 延原哲也, 劉渤海, 國島文生, 横田一正, “e ラーニングのための教材流通アーキテクチャの提案,” DEWS2005.
- [10] 延原哲也, 劉渤海, 横田一正, “ECA ルールによる適応型 e ラーニング・シーケンシング制御モデル,” DBWS2006.
- [11] OpenDocument Format for Office Applications (OpenDocument) v1.0, <http://www.oasis-open.org/home/>, May 2005.
- [12] Wikipedia, <http://ja.wikipedia.org/wiki/>.
- [13] StarSuite 8 Software Development Kit (SDK), <http://www.sun.com/software/star/starsuite/sdk/index.jsp>.
- [14] TC45 - Office Open XML Formats, <http://www.ecma-international.org/memento/TC45-M.htm>.
- [15] Interstage Shunsaku Data Manager, <http://interstage.fujitsu.com/jp/shunsaku/>.
- [16] 長尾 真, “自然言語処理,” 岩波書店, pp.421-424, 1996 年.