

ネットワーク上の共有教材の対話的提示が可能な インストラクションシステム

樋口 祐紀[†] 三石 大[†] 鈴木 克明[‡]

東北大学大学院教育情報学教育部・研究部[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部[‡]

本研究では、ネットワーク上で共有される多様なマルチメディア教材データを用いた柔軟で効果的な授業の実施と、この遠隔教育への適応を目的として、ネットワーク上の共有教材の対話的提示が可能なインストラクションシステムを設計、実装する。本システムにより教師は、授業中の生徒とのインタラクションに沿ってネットワーク上の共有教材データを対話的に提示することができる。また、このように実施された授業は、ネットワークを介して配信することにより、遠隔教育や復習に利用することができる。この結果、教師は柔軟で効果的な授業を実現できるだけでなく、他の教師との教材の共有や次回授業への再利用が可能となり、授業に用いる教材や資料の作成にかかる労力を軽減できる。

An Instruction System for Interactive Presentation with Teaching Material Shared on the Networks

YUKI HIGUCHI,[†] TAKASHI MITSUISHI[†] and KATSUAKI SUZUKI[‡]

Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University[†]

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University[‡]

In order to facilitate teachers to reduce the cost of preparing teaching materials in various multimedia and do flexible and effective lecture using these materials in a distance education, we propose an interactive presentation system. With this system, teachers are able to share the materials on the network, present them interactively responding to questions and interests of students. In addition, it records these presentations in XML data, provide them via the networks, and students are able to attend the classes from distance or review the lectures afterwards. Teachers are also able to reuse them for instructional designing of next lectures.

1 はじめに

近年のコンピュータ技術、ネットワーク技術の発展に伴い、教育現場における情報技術の活用が注目されている [1]。例えば、授業内で用いられる資料をインターネット上で公開し、生徒の予復習等に役立てる試みや [2]、授業時に用いた PowerPoint 等で作成されるスライド形式の電子資料に授業風景などの動画像を合わせて蓄積、配信し、遠隔地等で授業を再現する教育方法が実践されている [3]。また、このような電子資料への利用を目的とした静止画や動画による教材データの製作や、そのインターネット上での提供も行われている [4]。

このような情報技術を活用した教育は、表現力豊かな教材による直感的な理解の促進や、場所や時間を問わない学習など、多くの可能性を有し、これによ

る教育効果の向上が期待される。その反面、黒板と配布資料を用いた従来の教育現場のような教師と生徒との対話による柔軟な授業が難しい、教材データ、および授業に用いる資料作成のための教師の負担が大きい、等といった問題が指摘されている [3]。

そこで本稿では、対話的な教材提示や説明による柔軟かつ効果的な授業の実施、および教師にかかる労力の軽減を目的として、ネットワーク上で共有されている多様な教材データを必要に応じて選択、提示しながら授業を実施でき、実施した授業を遠隔教育にも適応できるインストラクションシステムを提案し、その設計、実装を行う。

本稿は4章から構成される。2章では先ず、既存遠隔教育システムの問題点を指摘し、共有教材の対話的提示が可能なインストラクションシステムの提

案を行う。3章では、2章で提案したインストラクションシステムの設計、実装を行う。最後に、4章で本稿のまとめを行う。

2 対話的な授業のためのインストラクションシステム

2.1 既存遠隔教育システム

現在、教育現場では、情報技術の様々な活用方法や、そのための遠隔教育システムなどが提案されている。例えば、授業中に用いる資料や授業風景の映像をインターネットを介して配信するだけでなく、授業中の教師と生徒との対話に含まれる様々なイベントを取得し、これを配信することで、遠隔地等の生徒に実際の授業の疑似体験を行わせるシステム [5] や、同期型の遠隔授業を受講中に、生徒が用いる端末上で非同期にメモなどを作成できるシステムが提案されている [6]。

しかしながらこのような既存システムでは、予め用意したスライド形式の資料を順番に提示して進行する授業を前提としているため、授業内容は固定的となり、授業中の教師と生徒との対話に柔軟に対応した資料提示を行うことが困難であり、教材データや資料作成のために教師の多大な労力を必要とする。

例えば、事前に提示しておいた課題に対し、授業中に質疑応答を行うといった形式の授業では、生徒から任意に発生する質問や意見に応じて、適切な教材データを選択、提示し、解説することが必要となる。しかし既存システムでは、提示できる教材データは予め資料中に用意したものに限られ、授業中に生徒から寄せられる意見や質問へ対応し、適切な教材を提示することは困難である。また、このような意見や質問の全てを予想することは難しく、予め生徒の反応を予想した資料を作成するには多大な労力を要し、そのための十分な資料を作りこんでおくことは不可能といえる。

加えて既存システムでは、授業中に使用する各種教材データを1つの電子資料中に全て含むため、遠隔授業や資料配信等を試みた場合、その配信用サーバに負荷が集中するといった問題がある。

2.2 共有教材の対話的提示が可能なインストラクションシステムの提案

我々は、授業中の教師と生徒との対話による柔軟で効果的な授業の実施と、教師にかかる労力の軽減を目的として、ネットワーク上の共有教材の対話的提示による授業の実施、およびその遠隔への配信が可能なインストラクションシステムを提案する。

本システムは、同一教室内で行う対面授業、ネットワークを介した遠隔授業の双方を対象とする。本システムで教師は、教師用の端末を利用してネットワーク上の web サーバで提供、共有される任意のマルチメディア教材データをシステムに登録し、授業中の生徒との対話に応じて選択、提示し、ペン入力による注釈等の描き込みや、提示した教材の操作を行うことで授業を進行する。この際、教室内の端末へは、教師が行った操作の内容が送信され、遠隔地の端末へはこれに加えて授業風景を撮影した動画像が送信され、生徒はそれぞれの端末上で再現される授業内容により授業を受講する。また生徒も、生徒用の端末から教材の操作や描き込みを行うことができる。この様に実施された授業内容は記録、蓄積され、授業後に再現することができる。

本システムでは、授業中に提示する教材データとして、すでにネットワーク上で共有されているデータを利用することができ、これにより美術館や博物館で提供される静止画や動画、音声、その他専門機関によって提供されるグラフやアニメーション等の各種マルチメディアデータを活用することが可能となり、表現力豊かな教材データによる直感的な理解を促進する授業を実施でき、さらに、個々のデータを作成する労力の削減が可能となる。加えて、教材の対話的提示による授業進行により、教師と生徒との対話に重点を置いた効果的な授業を展開できるだけでなく、予め資料を作り込んでおく必要がなく、教師にかかる授業設計以外の負担を削減できる。

3 共有教材の対話的提示が可能なインストラクションシステムの設計

3.1 システム構成

我々の提案するシステムでは、1) web サーバに

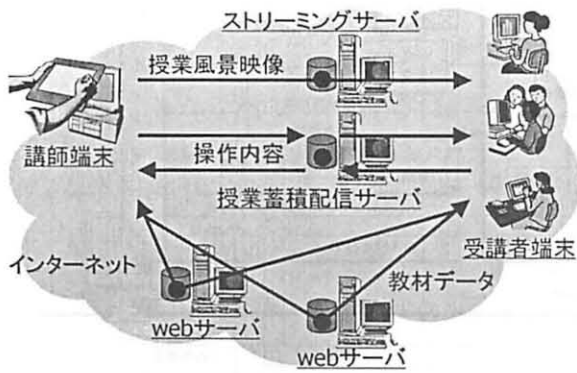


図 1: システム構成

より提供、共有される静止画、動画、web ページなどのマルチメディア教材の対話的な提示、それらへの注釈等の描き込みの追加、2) 教室内や遠隔地等の端末からのリアルタイム形式による授業への参加、3) 実施した授業を時間軸に沿って再現可能な形で保存、配信し、遠隔地等の端末でオンデマンド形式により授業を再現する機能を提供する。そこで今回、提案システムの構成を図 1 に示す形で設計した。本システムは、講師端末、ストリーミングサーバ、授業蓄積配信サーバ、および複数の受講者端末からなる。また、教材データの提供、共有にインターネット上の web サーバを利用する。

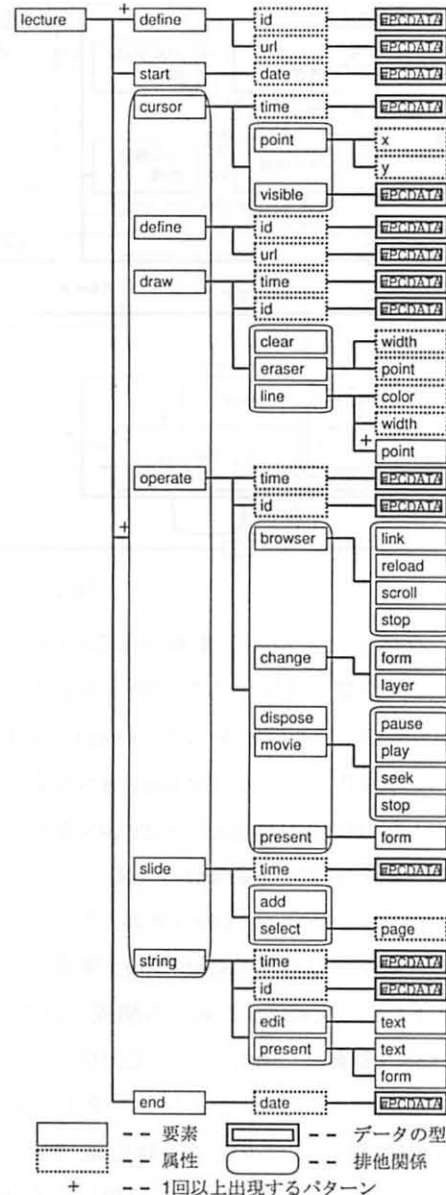
講師端末は、授業中にビデオカメラを接続し授業風景等の撮影を行うとともに、教師に仮想黒板画面と、これへの操作を行うための機能を提供する。

ストリーミングサーバは、遠隔地等の端末に授業風景等の動画の配信、蓄積を行う。

授業蓄積配信サーバは、仮想黒板への操作内容を各端末へ配信すると同時に、その経路の制御を行う。加えて、この操作内容を、後に授業を再現するための授業データとして記録、蓄積する。

受講者端末は、教室内や遠隔地等から授業に参加し、講師端末から許可を得ることで仮想黒板への操作を行う。また授業後には、ストリーミングサーバから授業映像データを、授業蓄積配信サーバからは授業データをそれぞれ取得し、時間軸に沿って授業内容を再現する。

この授業内容の再現に必要な授業データには、授業内で使用する各種教材データそのものは含まず、これら教材データの web サーバ上の位置を



注: 4層以下の要素、属性、およびその型の記述を省略

図 2: 授業データの DTD の木構造

URL により指定し、受講を行う各々受講者端末が直接 web サーバからデータを参照する。これにより本システムでは、授業内容を配信する授業蓄積配信サーバへの負荷の集中を抑えることができる。

3.2 データ構造

本システムでは、複数の異なる形式による教材データとその操作内容を扱う必要がある。そこで本システムでは、半構造による柔軟なデータ構造を定義可能な XML 形式により授業データを定義する。本システムで扱う授業データの DTD(Document Type Definition) の木構造を図 2 に示す。

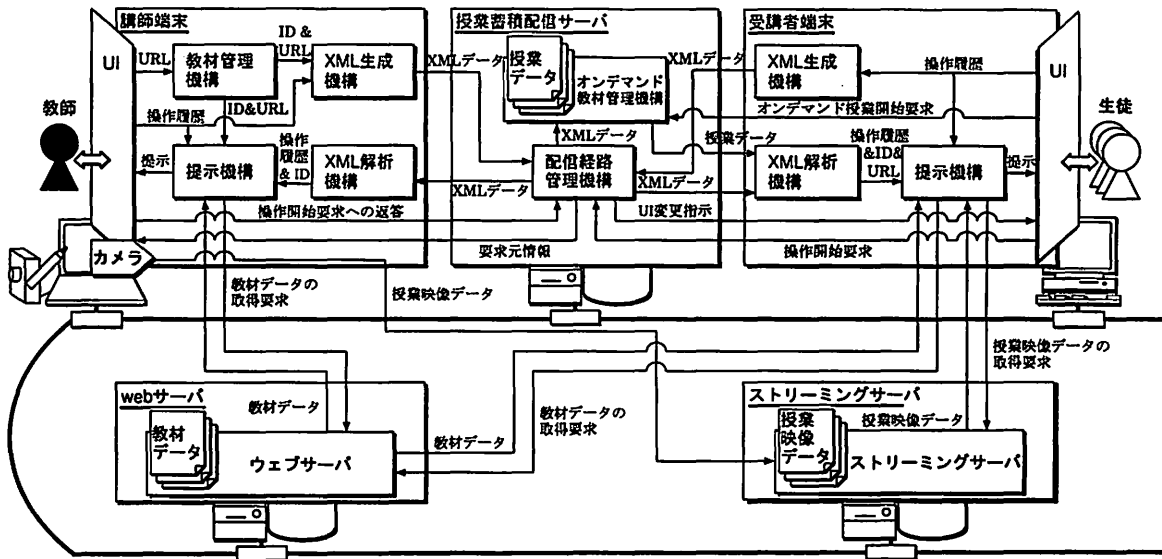


図 3: システムアーキテクチャ

本データ構造は、ルート要素である<lecture>要素以下に、授業で使用する教材データを指定する<define>要素、授業開始を示す<start>要素、共有カーソルの操作内容を示す<cursor>要素、注釈等の描き込みの操作内容を示す<draw>要素、教材への操作内容を示す<operate>要素、スライド資料への操作内容を示す<slide>要素、テキストボックス機能の操作内容を示す<string>要素、ならびに授業終了を示す<end>要素から構成される。

<define>要素は、webサーバで提供され、授業で使用する教材データのネットワーク上の位置をURLにより定義する。このとき、静止画、動画、webページなど、各データの形式毎に分類し、それぞれのデータを一意に識別するためのIDを付与する。

<operate>要素は、<define>要素により定義した教材データに対する操作内容、およびtime属性による授業開始日時からの相対時間を定義する。なお、同一の教材データを授業内で複数のインスタンスとして提示できるようにするために、教材データの新規提示を示す<present>要素により各インスタンス毎のIDを付与し、提示された教材データに対する各種操作では、その操作対象としてインスタンスのIDを指定する。これにより提示した教材データのインスタンスを一意に指定し、位置や大きさの変更、再生、消去などを定義することができる。

授業中での、サーバを介した端末間での操作内容

の送受信時には、個々の操作内容を記述する要素ごとのブロックがやり取りされる。授業後に授業を再現する際には、授業データ中の各要素のtime属性の値に基づき、時間軸に沿って各要素により記述される操作を実現することで授業内容を再現する。

3.3 システムアーキテクチャ

以上のシステム構成、データ構造に基づき、本システムのアーキテクチャを図3に示す形で設計した。

講師端末は、教材管理機構、提示機構、XML生成機構、XML解析機構の4つの機構からなる。教師は、提示する予定の教材データのURLを教材管理機構に登録する。授業実施時に、この講師端末を操作し、教材の提示や注釈などの描き込みを行う。これらの操作は提示機構によって実現される。また、各操作内容はXML生成機構によって、操作された教材のURL、インスタンスのIDとともにXML形式のデータとして出力され、授業蓄積配信サーバへ送信される。カメラにより撮影された映像データはストリーミングサーバへ送信される。

授業蓄積配信サーバは、配信経路管理機構、オンデマンド教材管理機構の2つの機構からなる。配信経路管理機構は、仮想黒板への操作を行う端末から送信される操作内容を他の端末へ配信する。また、操作の開始要求が送られた場合にはこれを講師端末へ通知し、講師端末からの結果に基づき、操作内容

の配信経路を変更する。このように操作内容の中継を行いながら、オンデマンド教材管理機構では授業データを生成する。

受講者端末は、提示機構、XML生成機構、XML解析機構の3つの機構からなる。それぞれの機構は講師端末のものと同様のものである。授業中には、授業蓄積配信サーバから送信されるXMLデータをXML解析機構が解析し、その内容に基づき、提示機構がURLで指定されるwebサーバ上の教材データを参照し、インスタンスのIDで指定される教材データの画面への提示や、注釈などの描き込みの再現を行う。また、仮想黒板への操作の許可を得ることにより、授業の終了処理、教材の取り込み、提示した教材の消去などの、主に教師が行う操作は行えないものの、講師端末とほぼ同じ操作を仮想黒板へ行うことができる。この受講者端末側での操作もXML生成機構によりXMLデータとして出力され、授業蓄積配信サーバに送信され、他の端末へ配信される。授業後に授業を再現する際には、授業蓄積配信サーバから授業データを、ストリーミングサーバから授業映像データをそれぞれ取得し、授業映像データの再生時間と同期して、授業データに記述された各操作内容を実現し、授業内容を時間軸に沿って再現する。

3.4 プロトタイプシステムの実装

以上の設計に基づき、今回、プロトタイプシステムとして、講師端末、受講者端末をそれぞれWindowsシステム上にVisualBasic.NETを用いて実装した。

実装したプロトタイプシステムの講師端末、および受講者端末の実行例をそれぞれ図4、図5に示す。ここでは、授業蓄積配信サーバの機能の一部を講師端末上に実装し、授業内容の送受信は講師端末と受講者端末をピア・ツー・ピアで接続し、授業映像の送受信には既存のストリーミングサーバを用いた。図4では、講師端末上でwebサーバにより提供されている静止画データ、動画データ、webページのURLを教材データとしてそれぞれ登録した後、サムネイル表示された教材データの仮想黒板領域上への提示、動画の再生開始の操作、ペンツールによる注釈等の描き込み操作を行っている。図5では、図

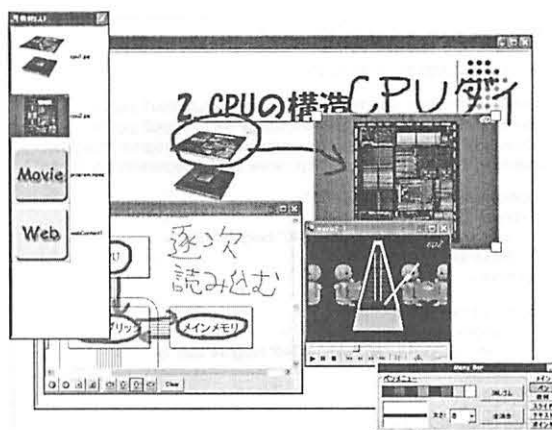


図4: 講師端末のシステム実行例

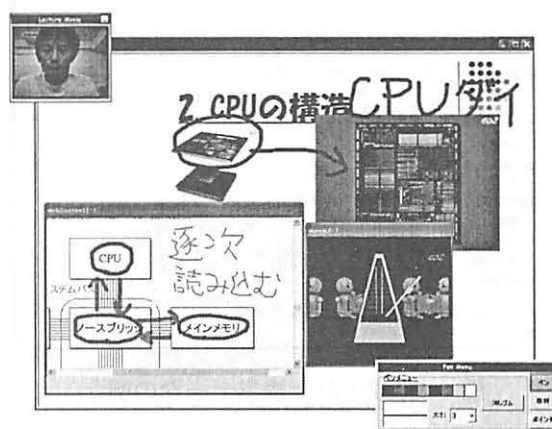


図5: 受講者端末のシステム実行例

4に示す講師端末上での操作に基づき、受講者端末上に正しく操作結果が表示できることを確認した。

これらの操作により講師端末上で生成した授業データを図6に示す。ここでは、各種操作内容の記録が時間軸に沿って正しく生成されていることが確認できる。また、生成された授業データを授業映像データとともに授業後に受講者端末上で再生した結果、授業時の操作内容を授業映像データと同期して時間軸に沿って再現できることを確認した。

4 まとめ

本稿では、教師と生徒との対話に重点を置いた柔軟な授業の実施、教師にかかる労力の軽減を目的として、ネットワーク上の共有教材の対話的提示が可能で、遠隔教育への適応も可能なインストラクションシステムを提案し、その設計および実装を行った。

本システムは、共有教材の対話的提示による授業を実施できると同時に、その授業内容の通信、保存にXML形式による柔軟なデータ構造を利用するこ

```

<?xml version="1.0" encoding="shift_jis"?>
<lecture>
  <start date="2003/10/27/21:46:25" />
  <define id="image1" url="http://www.istu.jp/~lecture/cpu1.jpg" />
  <define id="image2" url="http://www.istu.jp/~lecture/cpu2.jpg" />
  <define id="movie1" url="http://www.istu.jp/~lecture/program.mpeg" />
  <define id="webContent1" url="http://www.istu.jp/~lecture/lecture-B.htm" />
  <operate time="29" id="image1-1">
    <present>
      <form x="80" y="60" width="640" height="480" />
    </present>
  </operate>
  <operate time="40" id="image1-1">
    <change>
      <form x="380" y="60" width="340" height="255" />
    </change>
  </operate>
  <draw time="427" id="blackboard">
    <line color="#FF0033" width="13">
      <point x="499" y="148" />
    </line>
  </draw>
  <draw time="863" id="webContent1-1">
    <line color="#009900" width="21">
      <point x="128" y="28" />
    </line>
  </draw>
  <operate time="1386" id="movie1-1">
    <movie>
      <play />
    </movie>
  </operate>
  <end date="2003/10/27/21:59:18" />
</lecture>

```

図 6: 生成された授業データの例

とで、多様な教材データやその操作内容を扱うことを可能とし、自由度の高い授業の実施を実現する。また、webサーバにより提供される教材データを利用することにより、教材用として流通しているデータや、他の教師が作成したデータの再利用が可能となり、教師にかかる教材や資料作成のための労力を軽減できる。加えて、授業を再現する際に用いる授業データには静止画や動画などのマルチメディア教材データへのリンク情報のみを扱い、これに基づき教材毎にwebサーバからデータの取得を行うため、授業データおよび教材データを配信する各サーバに対する負荷の集中を抑えることができる。

しかしながら今回実装したプロトタイプシステムでは、教材データを利用する際に、そのURLをシステムに直接入力し、登録する必要がある。このため、インターネット上で共有されている教材データの簡便な利用ができているとは言いがたい面があり、ユーザインタフェースの改良を行うとともに、LOM(Learning Object Model)などのメタデータと連係し、効率よく検索し、選択するための機構の実

現が必要である。

今後、これらの問題を解決し、実装を進め、本システムを実際の教育場面において利用し、教師と生徒の両視点から評価を行っていく予定である。

謝辞

本システムの開発にあたって使用した「情報機器と情報社会のしくみ素材集」は、文部省平成12年度ネットワーク提供型コンテンツ開発事業で開発・公開されているものから、その普及の目的で、主査(永野和男 聖心女子大学教授)の了解を得て、利用したものである。この場を借りて謝意を表す。

参考文献

- [1] 先進学習基盤協議会 (ALIC): eラーニング白書 2002/2003 年度版, オーム社 (2002).
- [2] スティーブン・R. ラーマン, 宮川繁: MIT オープン・コースウェア・プロジェクトにおける決断とチャレンジ, IDE2002 年 7 月号, pp.55-62(2002).
- [3] 熊井正之, 三石大, 渡部信一: 東北大学インターネットスクールの実践, 信学技報, ET-2003-28, pp. 53-58 (2003).
- [4] 情報機器と情報社会のしくみ素材集, <http://www.kayoo.org/home/mext/joho-kiki/>
- [5] 重野寛, 間下直晃, 楢原常宣, 松下温: 講義イベントに着目したXMLベース遠隔教育システム, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No. 9, pp. 2319-2327 (2001).
- [6] Aiguo He, 加藤淳, 程子学, 郷健太郎, 小山明夫, 程同軍, 今宮淳美: RIDEE-SPS リアルタイム双方向遠隔教育環境のプレゼンテーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No. 3, pp. 700-708 (2003).
- [7] 樋口祐紀, 三石大, 鈴木克明: 対話的な教材提示が可能な電子黒板によるインストラクションシステムの提案, 信学技報 ET-2003-23, pp.23-28(2003).
- [8] Yuki Higuchi, Takashi Mitsuishi, Katsuaki Suzuki: A Proposal of an Interactive Presentation System for a Lecture, *Adjunct Proc. of HCI International 2003*, pp. 221-222 (2003).