

# 共有マルチメディア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<sup>†</sup> 三石 大<sup>†</sup> 鈴木 克明<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 東北大学大学院教育情報学教育部・研究部 〒980-8576 宮城県仙台市青葉区川内  
<sup>††</sup> 岩手県立大学ソフトウェア情報学部 〒020-0193 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字巣子 152 番地 52  
E-mail: <sup>†</sup>{a2fm1006,takashi}@ei.tohoku.ac.jp, <sup>††</sup>ksuzuki@soft.iwate-pu.ac.jp

あらまし 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な授業展開の実現と、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できる。また、このように実施された授業を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できる。この結果、教師は柔軟な授業展開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。

キーワード 教育支援, 遠隔教育, 対話型インストラクション

## An Instruction System for Interactive Presentation with Multimedia Teaching Materials Shared on the Networks

Yuki HIGUCHI<sup>†</sup>, Takashi MITSUISHI<sup>†</sup>, and Katsuaki SUZUKI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University  
Kawauchi, Aoba, Sendai 980-8576, Japan

<sup>††</sup> Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University  
152-52 Takizawa-aza-sugo, Takizawa, Iwate 020-0193, Japan

E-mail: <sup>†</sup>{a2fm1006,takashi}@ei.tohoku.ac.jp, <sup>††</sup>ksuzuki@soft.iwate-pu.ac.jp

**Abstract** 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.

**Key words** education aid, distance education, interactive instruction

### 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目まぐるしく注目されている [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等の映像を合わせて蓄積、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、及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、授業中の教師と生徒とのコミュニケーションに応じた、対話的な教材提示や説明による柔軟な授業展開の

実現，及び教師にかかる授業設計以外の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，及び実装を行う。

本稿は6章から構成される。2章では先ず，既存インストラクション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を行い，プロトタイプシステムの実装を行う。4章では，3章で実装したプロトタイプシステムの有用性の確認のために実証実験，及びこの評価を行う。5章では，本システムと関連する他の研究との比較を行い，最後に，6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 既存インストラクションシステム

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等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，実施した授業内容を自動的にWBT(Web Based Training)用の教材として生成す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。しかしながら既存システムでは，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るため，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込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応じた柔軟な授業展開の実現と，教師にかかる授業設計以外の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，及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リアルタイム型遠隔授業，及びオンデマンド型遠隔授業を対象とする。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等を撮影した映像データが送信され，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，授業後に遠隔地等の生徒用の端末で授業を再現できる。

本システムでは，授業中に提示する教材データとして，既にネットワーク上で共有されているデータを利用でき，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の活用が可能となり，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柔軟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無いため，教師にかかる授業設計以外の労力を軽減できる。

## 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 システムが提供する機能

我々の提案するシステムでは，以下に示す機能を提供する。

- (1) 教材データの登録機能
- (2) 共有黒板機能
  - 教材操作機能
  - 描き込み機能
  - テキストボックス機能
  - 背景スライド機能
  - ポインタ機能
- (3) 操作内容の配信機能
- (4) 授業内容の記録・蓄積・再現機能

本システムでは先ず，ネットワーク上の共有教材を授業中に教師が用いるために(1)教材データの登録機能により，webサーバにより提供されている教材データの位置情報を登録する機能を提供する。

授業中には，教師と生徒は(2)共有黒板機能により実現される黒板画面を共有し，これへ操作を加えることで授業を進行する。共有黒板では，教材操作機能，描き込み機能，テキストボックス機能，背景スライド機能，ポインタ機能を提供する。

教材操作機能は(1)機能により登録された教材データを選

択提示が可能な教材として教師に提示する。加えて、提示された教材の提示位置や大きさの変更、動画による教材の再生操作等を提供する。

描き込み機能は、黒板画面や提示された教材へペン入力による描き込みや、この内容を消去する消しゴム機能を提供する。

テキストボックス機能は、文字列の提示、及び提示された文字列を編集する機能を提供する。

背景スライド機能は、(1)機能により背景スライドとして登録した静止画を切り替えながら提示する機能を提供する。加えて、背景スライドを切り替える際には、その時黒板画面へ提示されていた教材や描き込み内容、及びテキストボックスによる文字列を一旦退避し、再度提示した際にそれらを再提示する。

ポインタ機能は、説明している黒板上の任意の場所を明確化するためにポインタを提示する機能を提供する。

(3)操作内容の配信機能は、対面授業、若しくはリアルタイム型遠隔授業へ参加できるようにするため、教室内や遠隔地等の端末へ(2)機能での共有黒板への各操作内容や授業風景等の映像を配信する。

(4)授業内容の記録・蓄積・再現機能は、オンデマンド型遠隔授業を実施するために(3)機能により配信される共有黒板への操作内容、及び授業風景等の映像を記録、蓄積する。これを遠隔地等の端末へ配信し、操作内容と授業風景映像を時間軸に沿ってそれぞれ再生することで、授業内容の再現を行う。

### 3.2 システム構成

以上の機能を実現するため、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、授業管理端末、講師端末、授業蓄積配信サーバ、ストリーミングサーバ、及び複数の受講者端末からなる。また、教材データの提供や共有にインターネット上のwebサーバを利用する。

授業管理端末は、授業を実施するに際し、授業蓄積配信サーバへ授業に参加する教師や生徒のユーザ情報の登録や、授業実施の予約を行う。

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共に、教師に共有黒板画面と、これへの操作を行うための機能を提供する。

授業蓄積配信サーバは、仮想黒板への操作内容を、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。加えて、この操作内容を他の端末への配信すると共に配信経路の制御を行う。

ストリーミングサーバは、授業風景等の映像の記録、蓄積、及び遠隔地等の端末への配信を行う。

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共有黒板への操作を行う。また授業後には、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は授業映像データをそれぞれ取得し、これらを基に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

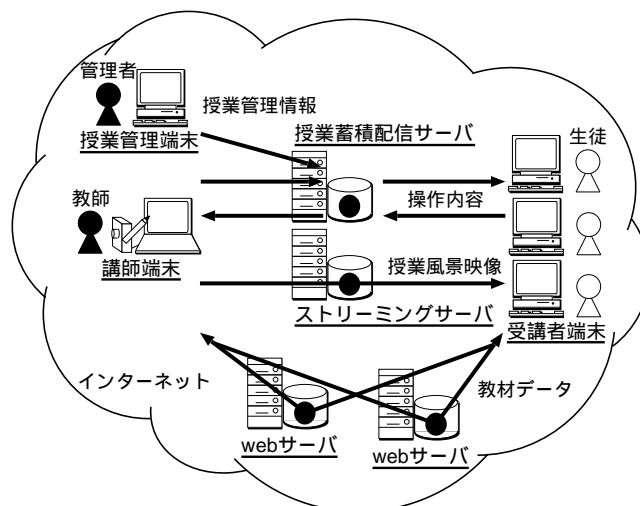


図1 システム構成

Fig. 1 The system structure

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。

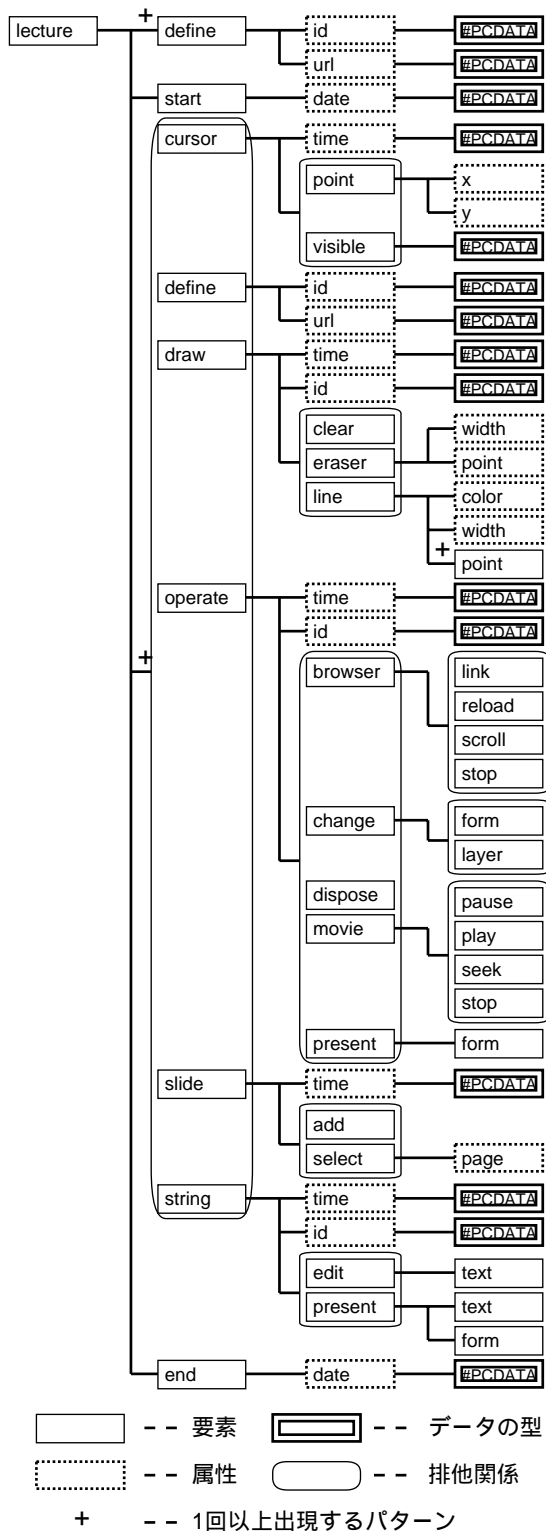
### 3.3 データ構造

本システムでは、授業時には、共有黒板上の操作対象として複数種類の異なる形式による教材データを用いる。加えて、オンデマンド型遠隔授業を実現するために授業中の共有黒板への操作内容を授業後に再利用できる必要がある。このため、各操作内容毎に操作内容と操作対象をそれぞれ一意に抽出できる必要がある。そこで、本システムで用いる操作内容、及び授業データの記述には、半構造による柔軟なデータ構造を定義可能なXML形式を用いている。これにより、授業中に用いる教材を定義し、操作対象の教材を一意に指定し、これに対して時間軸に沿って教材データへの操作内容を記述する。そこで、本システムで扱う操作内容、及び授業データの構造を図2に示す形で定義した。図2は授業後に生成される授業データのDTD (Document Type Definition) の木構造を示している。

本データ構造は、ルート要素である<lecture>要素以下に、授業中に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、ポインタの操作内容を示す<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、背景スライドへの操作内容を示す<slide>要素、テキストボックスへの操作内容を示す<string>要素、並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。この際、静止画、動画、webページなど、各データを形式毎に分類し、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、及び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



注：4層以下の要素，属性，及びその型の記述を省略

図2 授業データの DTD の木構造

Fig. 2 The tree structure of the lecture data

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に 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，消去などの操作を定義できる．

授業中の，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．

### 3.4 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．

授業管理端末は，管理者が授業蓄積配信サーバへユーザ情報の登録や，授業実施の予約等を行うために用いる．

講師端末は，教材管理機構，XML生成機構，提示機構，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 やインスタンスの ID と共に 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授業風景等の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，授業管理機構，オンデマンド教材管理機構，配信経路管理機構の3つの機構からなる．配信経路管理機構は，共有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，受講者端末から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，講師端末からの承認結果に基づき，操作内容の配信経路を変更し，受講者端末からの操作内容の配信を行う．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．授業管理機構では，授業管理情報やユーザ管理情報を保持し，開講予定の対面授業，及びリアルタイム型遠隔授業や，配信可能なオンデマンド型遠隔授業の情報の提供，及び本サーバへ接続を行うユーザの認証を行う．

受講者端末は，XML生成機構，XML解析機構，提示機構の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共有黒板へ行える．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．

### 3.5 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

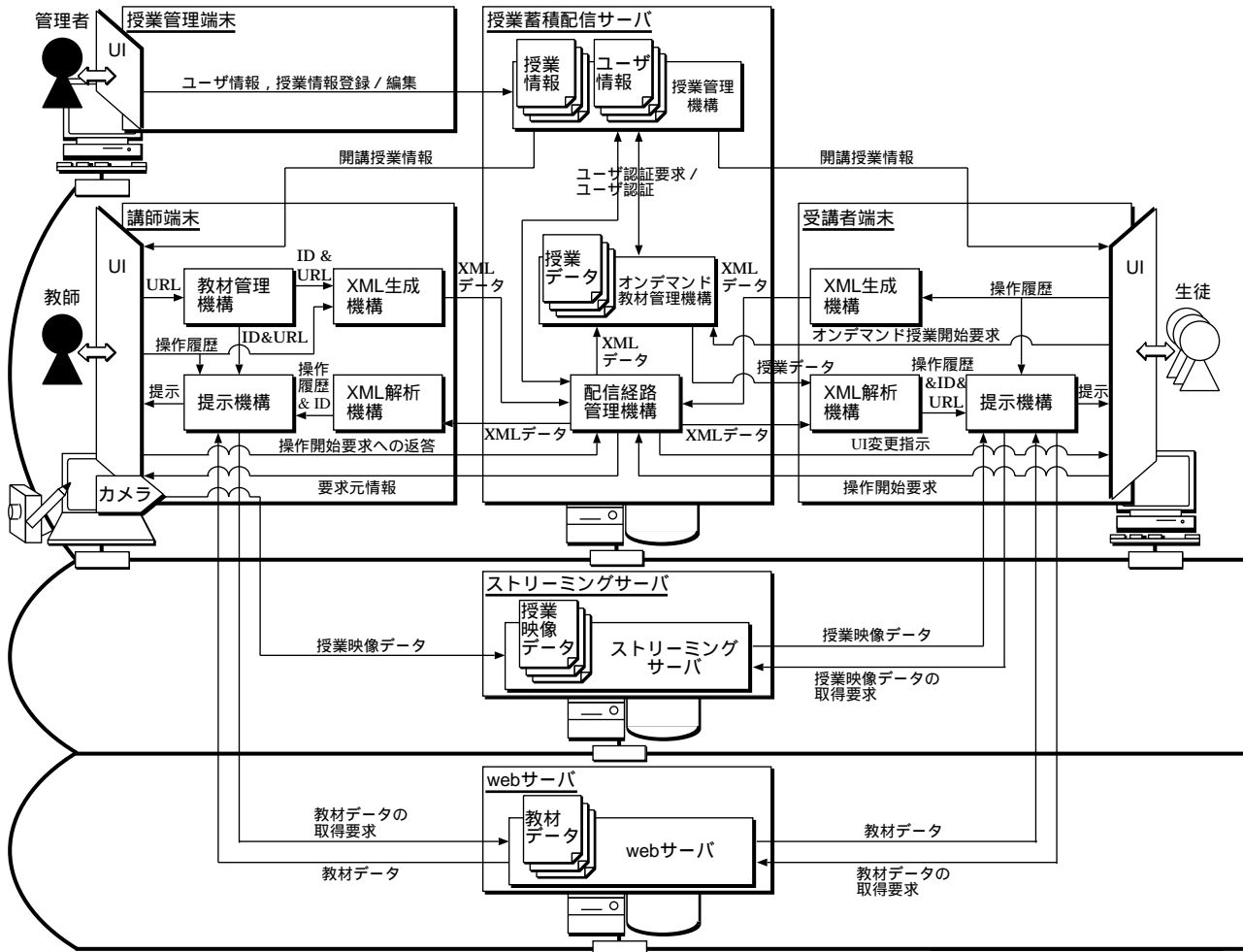


図3 システムアーキテクチャ  
Fig.3 The system architecture

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の実行例を図4、及び図5に示し、受講者端末の実行例を図6に示す。今回は授業蓄積配信サーバを実装していないため、授業蓄積配信サーバの配信経路管理機構とオンデマンド授業管理機構のそれぞれの機能の一部を講師端末上に実装した。授業内容の送受信に際してはユーザー情報の管理や認証等は行わず、講師端末と受講者端末をピア・ツー・ピアで接続した。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は授業中に用いる教材の登録作業を行う際の講師端末の実行例である。本システムでは、webサーバにより提供されている教材データを利用する。このため教師は登録時に図4下部に示すwebブラウザにより教材の様子を確認すると共に、このwebページから参照されている、若しくはリンクを指定されている教材データを抽出し、図4上部のようにサムネイル表示を行う。教師はこれを基に教材の登録作業を行う。図5は授業時の講師端末の実行例である。ここでは、先の実行例で静止画データ、動画データ、並びにwebページによる教材データをそれぞれ登録した後、授業の開始作業を行った。授業中には背景スライドへのペンツールによる注

釈等の描き込みや背景スライドの変更を行った後、サムネイル表示された教材データをそれぞれ共有黒板上へ提示し、動画教材の再生開始操作、webページ教材への描き込みを行っている。図6では、図5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を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7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共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. 実証実験

今回実装したプロトタイプシステムの有用性の確認のために実証実験を行った。実験の概要を表1に示す。今回行った実証実験は高校生を対象としたものであり、イオン加速器を用いた物理実験課外授業[7]において、本システムを対面授業での教材提示システムとして利用した。実験後に授業に参加した生徒と教師へ質問紙を配布し、プロトタイプシステムの挙動や教材の表示、及び各機能について、それぞれ評価項目への回答を求めた。



図 4 講師端末の実行例 1

Fig. 4 The snapshot of instructor's terminal 1

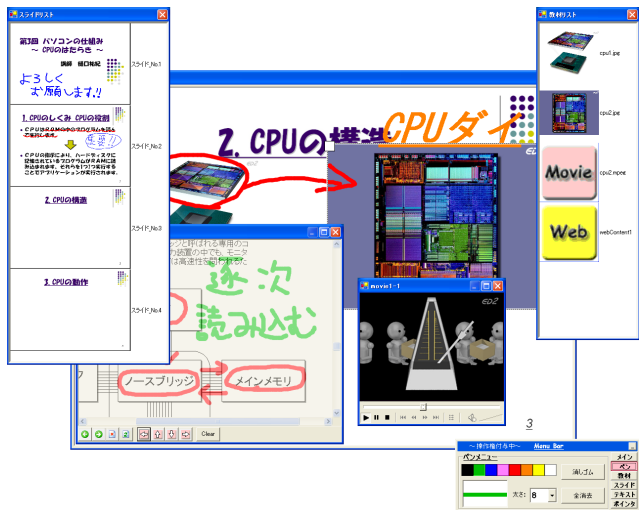


図 5 講師端末の実行例 2

Fig. 5 The snapshot of instructor's terminal 2

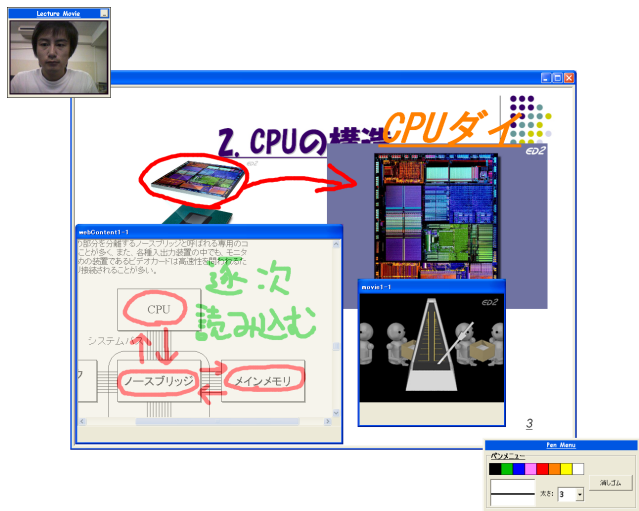


図 6 受講者端末の実行例

Fig. 6 The snapshot of student's terminal

実験時の本システムを実行するコンピュータ、教師、及び生徒との位置関係などの環境を図 8 に示す。今回は講師端末と受講者端末を同一 PC 上で実行し、講師端末の画面は、教師が従来の授業での黒板のように説明を行いながら黒板を操作できるようにペン入力機能付き大型ディスプレイへ出力し、受講者端

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_jis"?>
<lecture>
  <start date="2003/10/27/21:46:25" />

  <define id="image1" url="http://www.istu.ac.jp/~material/cpu1.jpg" />
  <define id="image2" url="http://www.istu.ac.jp/~material/cpu2.jpg" />
  <define id="movie1" url="http://www.istu.ac.jp/~material/cpu2.mpeg" />
  <define id="webContent1" url="http://www.istu.ac.jp/~material/pc.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 7 生成された授業データの例

Fig. 7 The example of generated lecture data

表 1 実証実験の概要

Table 1 The outline of the experiment

日時	2003 年 10 月 18 日 (土) 13:40 ~ 16:00
場所	東北大学文科系総合棟内教室
対象者	教師 (大学教官 1 名, 大学院生 2 名) 生徒 (仙台市内の高校 2 年生 28 名)
対象授業	イオン加速器を用いた物理実験課外授業
実験内容	授業中に教材提示システムとして利用し, 質問紙によりプロトタイプシステムを評価

末の画面は、教室後方の生徒へも黒板内容を明瞭に示すためにプロジェクタにより大型スクリーンへ投影した。

この実験時の様子を図 9、図 10 に示す。今回の授業の位置付けは、実際にイオン加速器を用いた実験を行うにあたり、前提となる知識を座学による授業で学ぶ内容であり、授業中はイオン加速器の構造や原理を学ぶための静止画や動画による教材を生徒に示し、この結果、生徒から発生する質問や意見に合わせて別の教材を提示したり、描き込みにより補足説明を付け加えるといった質疑応答が中心の内容であった。図 9 は、講師がペン入力機能付き大型ディスプレイにより講師端末上の黒板画面へ描き込みを行い、説明を行っている場面である。図 10 は、生徒に加速器の原理を学ぶための動画像による教材を示している場面である。

生徒への質問紙では、選択式の質問項目と、自由記述による

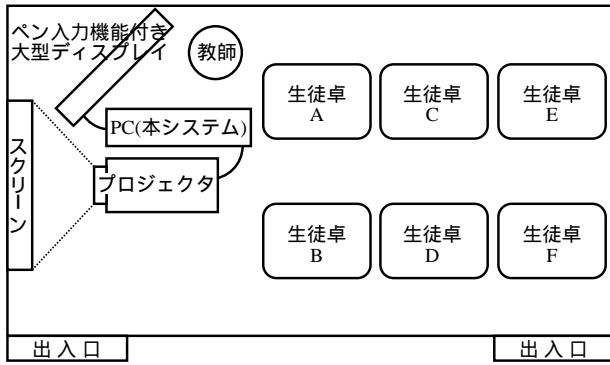


図 8 実証実験での環境環境  
Fig. 8 The environment of the experiment

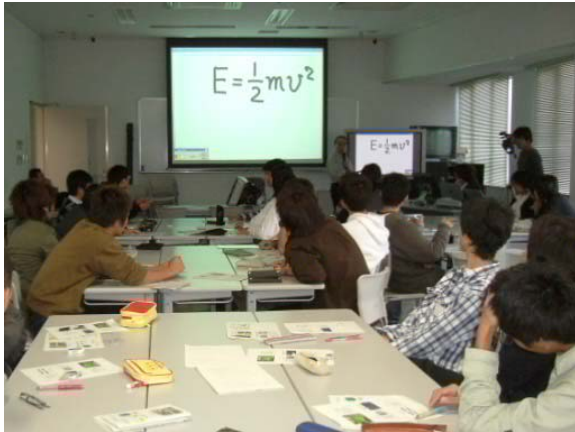


図 9 実証実験の様子 1  
Fig. 9 The scene of the experiment 1



図 10 実証実験の様子 2  
Fig. 10 The scene of the experiment 2

質問項目により評価を求めた。選択式の質問項目では、「まったくそう思わない」、「あまりそう思わない」、「どちらともいえない」、「ややそう思う」、「とてもそう思う」の 5 段階の尺度を用いた。質問紙は 28 部配布し、有効回答者数は 24 であった。質問項目と、その結果を図 11 に示す。

教師への質問紙では、共有黒板の各機能の有用性について、自由記述により回答を求めた。質問紙は 3 部配布し、有効回答者数は 3 であった。質問項目と、その結果を表 2 に示す。

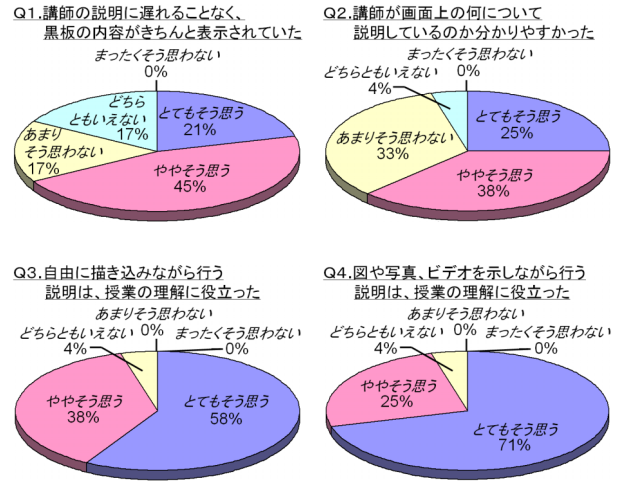


図 11 生徒による評価結果  
Fig. 11 The evaluations by students

表 2 教師による評価結果  
Table 2 The evaluations by instructors

質問項目	回答結果
教材操作機能	「取り立てて使おうと思っていたものでない教材も、話の流れによって適切に提示できた」 「多様なメディアを臨機応変に用いることができるのが良い」
描き込み機能	「直接書き込めるので、生徒に強く教示できた」 「提示したものをその場で強調したりして加工できるので非常にやりやすい」
テキスト ボックス機能	「再編集操作が分かり辛いが、長い文字を書く時などは文字をきれいに表示することができ、打ち込みも早くできるので、機能として有効」
スライド機能	「ある程度のストーリーが作れるので便利」
ポインタ機能	「ポインタに切り替える動作を意識せずに行えると、よりスムーズに用いることができる」 「サイズ変更ができると便利」

生徒からの Q1 と Q2 への回答結果 (図 11), 及び自由記述による項目への「描き込んだり消したりする時間が短いので、隙間の時間が少なかった」、「描き込みと静止画、動画、共に一つの黒板の上で見ることができ、わかりやすかった」という回答結果から、授業を行うにあたりプロトタイプシステムの挙動、及び共有黒板による教材や注釈文などの表示に問題が無いことを確認した。また、Q3 と Q4 の結果からは、教師による教材の選択提示に問題の無いことを確認し、本システムを用いた授業展開が有用であることを示唆する内容であったと考えている。

教師からの回答結果 (表 2) では、授業を行うにあたり、教師が予め作成したスライドにより授業の流れをコントロールすると共に、授業中の生徒の反応や質疑応答に合わせて、その時々適切な教材データを提示し、それらに注釈等を加えながら授業を展開できることを確認できた。本システムの教材の対話的提示による授業展開の効果を期待できる内容であったと考えている。

## 5. 関連研究

本システムのようなリアルタイム型遠隔授業を行うインストラクションシステムとして RemoteWadamanII [8] と RIDEE [9] がある。

まず、RemoteWadamanII は参加者全員が 1 人 1 台の PC を用い、2 点間を結んだ遠隔ゼミナールを支援する分散型遠隔ゼミナール支援システムである。容量の大きい資料データや、接続先 IP アドレス等のやり取りには、専用サーバによる非同期通信を用い、応答速度が重要な共有カーソルや共有画面の同期等にはメッシュ型ネットワークによる直接通信を用いている。これにより、ゼミナールへの途中参加や途中退席、サーバ上の資料の変更等を柔軟に行える。

次に、RIDEE はリアルタイム双方向遠隔講義や遠隔ゼミナールにおいて、静止画像スライドによるプレゼンテーションを行うシステムである。プレゼンターは、スライドの切り替えや、これへの描き込み、文字列の入力、及びポインタによる指示を行える。RIDEE の参加者端末では、スライドを同期状態と非同期状態を選択して閲覧できる。同期状態では、プレゼンターが操作するスライドを閲覧でき、非同期状態では、参加者各自のコンピュータ上でスライドに対してメモ取り等の作業を行える。プレゼンターから黑板画面への操作権を得た場合には、参加者端末のスライドの内容が他の端末で反映される。このため、プレゼン中でも資料の先読みや、質問内容を資料に描き込んでおき、操作権を得た時に即座にその説明を行えるというように、資料を柔軟に使用できる。

このようにそれぞれ遠隔講義を行うための特徴を有している。しかしながら、ネットワーク上の共有教材を教師と生徒との対話に合わせて対話的に提示することによる柔軟な授業展開や、実施した授業内容をオンデマンド授業へ適応するといった再利用は行えない。また、それぞれ授業中に用いる教材データは専用サーバにより配信する。このため、1 つのサーバに負荷が集中するといった問題がある。

## 6. 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展開の実現、及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、及びプロトタイプシステムの実装を行った。

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現を実現する。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、及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、講師端末と受講者端末の一対一の双方向、若しくは一対多の単方向の接続形態には対応しているが、複数端末が参加し、双方向に授業を実施する形態には対応していない。このような授業を実施するためには、今後、複数端末間での共有黑板上の教材提示の整合性を保つための操作の排他制御を行う通信プロトコルの開発、及び複数端末を収容し、端末間をやり取りされる操作内容から授業データを生成するためのサーバ機構の開発を行う必要がある。また現在、共有教材データの簡便な利用ができていたとは言い難い面があり、ユーザインタフェースの改良や教師への提示教材のリコメンド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、本システムを複数端末が参加するリアルタイム形式の遠隔教育場面等において利用し、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る。

### 文 献

- [1] 先進学習基盤協議会 (ALIC), “e ラーニング白書 2003/2004 年度版,” オーム社, 2003.
- [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, 間下直見, 檜原常宣, 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] 田村武志, 傍島邦穂, 久國正吉, 土並弘明, 近藤寿子, “感性情報を重視した WBT オーサリングシステムの開発,” 信学技報 ET2001-79, 2001.
- [7] 岩崎信, 最上忠雄, 長谷川晃, 安部直之, 小山田誠, 馬場舞子, “高校大学連携 IT 活用課外物理実験授業計画,” 日本教育工学会第 19 回全国大会 講演論文集 2a-109-9 pp.745-746, 2003.
- [8] 吉野孝, 宗森純, “分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadamanII の 2 年間の適用と評価,” 情報処理学会論文誌 Vol.43 No.2 pp.555-565, 2002.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 樋口祐紀, 三石大, 鈴木克明, “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,” マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ論文集 Vol.2003 No.19 pp.227-232, 2003.