

## 遠隔教育のための柔軟な講義検索手法

片 山 薫<sup>†1</sup> 香 川 修 見<sup>†2</sup> 神 谷 泰 宏<sup>†3</sup>  
 對 馬 英 樹<sup>†4</sup> 吉 廣 卓 哉<sup>†5</sup> 上 林 彌 彦<sup>†4</sup>

遠隔講義システムにおいて、記録された講義の検索をサポートすることは重要である。それによって学生が講義の必要な部分だけを復習したり、教師が過去の講義をより簡単に再利用したりすることができる。講義はマルチメディア教材を作成する過程であるといえることができるが、一般にマルチメディアデータの検索は困難である。画像認識技術や音声認識技術を利用して信頼性の高い索引を生成することはまだ容易ではない。我々はこれらの直接的なアプローチとは異なり、マルチメディアデータが作成される過程（講義）で同期をとって結び付けられる、より検索しやすいデータ〔スライドに含まれるテキスト、ペンやポインタ、キーボードなどの入力装置からのイベント情報（動作履歴と呼ぶ）など〕を利用する。これまでの講義システムでは、講義のビデオを結び付けられたスライド（教材）やノートの単位でしか検索することができなかった。我々のシステムでは、テキストデータに対する文字列検索や動作履歴の検索、ビデオの早送りや巻き戻しなど、これら多様なデータのそれぞれに検索機能を提供しそれを組み合わせることによってより柔軟な検索機能を実現する。また、講義中の雑談部分を検索したり、教材をスライドより詳細なブロック（教材の意味的な単位）の単位で検索できるようにするためのユーザインタフェースも提供する。

## A Method for Searching Recorded Lectures in Distance Education

KAORU KATAYAMA,<sup>†1</sup> OSAMI KAGAWA,<sup>†2</sup> YASUHIRO KAMIYA,<sup>†3</sup>  
 HIDEKI TSUSHIMA,<sup>†4</sup> TAKUYA YOSHIHIRO<sup>†5</sup>  
 and YAHIKO KAMBAYASHI<sup>†4</sup>

Support of searching recorded lectures is important in distance education systems because students review parts of lectures they need and teachers reuse their past lectures easily. We view lecturing as a process of making multimedia teaching materials. It is difficult to search multimedia data in general. Although automatic scene analysis and speech recognition are very popular among researchers, it is still not easy to form reliable index. Our approach is different from these ways of searching multimedia data directly. We use information which are connected to continuous media such as video and audio with synchronous constraints during lectures, that is, texts contained in slides, sequences of events of pens and pointers (called Action History) and so on. In conventional systems search of lectures is supported only in a unit of slides or annotations. Our system provides a flexible search mechanism by combining search functions for various recorded information, for example, string search for texts, a search function for action histories, fast forward and rewind of video and so on. User interfaces are also provided to enable users to search lectures for idle talk or search them in a unit of blocks which are semantic units of slides.

†1 京都大学大学院工学研究科情報工学専攻

Department of Information Science, Graduate School of Engineering, Kyoto University

†2 広島電機大学工学部情報工学科

Department of Computer Science, Hiroshima Denki Institute of Technology

†3 株式会社豊田自動織機製作所

Toyoda Automatic Loom Works, Ltd

†4 京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻

Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

†5 京都大学大学院情報学研究所通信情報システム専攻

Department of Communications and Computer Engineering, Graduate School of Informatics, Kyoto University

### 1. はじめに

これまでに実用化された遠隔教育は、主として郵便やTVなどを利用した非同期のものであったが、近年の高性能なパーソナルコンピュータやネットワークの普及によって、教師と学生が同期をとってリアルタイムの講義を実現できる環境が整いつつある<sup>1),2)</sup>。コンピュータ技術を利用した遠隔教育では、質問に対する自動回答<sup>3)</sup>など、従来の遠隔教育にはない教育や講義の支援を実現することができる。遠隔講義システムVIEW Classroom<sup>☆</sup>では、ネットワークで結ばれたコンピュータを利用して、教師と学生、または複数の教

師や学生同士が同期し、お互いに対話しながら講義を進められるだけではなく、出席できなかった学生や講義の復習をする教師や学生のために非同期でも学習を進められる環境の構築を目指している。VIEW Classroomでは、講義中の教師や学生の映像と声、教材（スライド）、ペンやポインタの動きなどが同期をとって記録される。本稿では、このようなマルチメディアデータである記録された講義を、柔軟に検索する手法について提案する。

VIEW Classroomでは、講義をマルチメディア教材の作成過程ととらえている。教師があらかじめ準備した教材（スライド）に、教師の様子を撮影したビデオや説明の声だけではなく、スライドの切替えなどの教材の動き、ポインタやペンの動きなど講義を構成しているすべての情報を同期をとりながら記録していくと、それが1つのマルチメディア教材として構成される。記録された講義は、授業を欠席した学生が後で自習するためや、教師の教材の改良、復習などに利用できる。このような場合、利用者が必要な部分を簡単に検索できることが重要である。本研究では特に以下のような検索を想定している。

- あるキーワードを含む教材とそれに対する説明を検索する。
- 図を含んでいる教材とそれに対する説明を検索する。
- 教師が長い時間かけて説明した教材とそれに対する説明を検索する。
- 教師がポインタを使って教材のある位置を指している部分の説明を検索する。
- 教師とある学生が議論している部分の講義を検索する。

画像認識技術や音声認識技術を利用して信頼性の高い索引を生成することはまだ容易ではなく、一般にマルチメディアデータの検索は困難である。我々はこれらの直接的なアプローチとは異なり、マルチメディアデータが作成される過程（講義）で結び付けられる、より検索しやすいデータ（スライドに含まれるテキスト、ペンやポインタ、キーボードなどの入力装置からのイベント情報など）を利用する。これら多様なデータのそれぞれに検索機能を提供しそれらを組み合わせることによって、講義を復習するときや教材を再利用するときに求められる検索機能を実現することができる<sup>4)</sup>。

遠隔講義システムはCSCW（Computer Supported Cooperative Work）システムの特徴的な形と考えられる。本稿で述べる講義の検索再生機能のアイデアは、CSCWシステムの1つである電子会議システムにおいても、会議内容を後で議事録としてまとめるときなどにも有効であると思われる。

以下の構成は次のとおりである。2章で本研究と関連研究との違いについて述べる。3章で、VIEW Classroomの概要と動作履歴、動作履歴ビューと呼ぶ概念について簡単に説明する。4章では、開発中のプロトタイプを設計するにあって考慮した点について述べる。5章では、VIEW Classroomのユーザインタフェースと、それを用いた講義によって生成されるマルチメディア教材のデータ構造について説明する。6章では、講義中に記録されたデータに基づき、どのように問合せが処理されるかを述べる。7章では、開発したプロトタイプについて評価、考察する。8章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

遠隔教育システムにおける講義は、CSCWを用いた協調作業の特殊な場合と考えられる。記録された講義は、教師や学生の映像音声、教材（スライド）やペン、ポインタの動きなどの利用者の操作などと同期をとって結び付けられている、特殊な構造を持つマルチメディアデータである。マルチメディアデータの検索については、画像認識技術や音声認識技術に基づく多くの研究が行われている<sup>5)~7)</sup>。

海谷ら<sup>8)</sup>は会議の議事録作成などを支援するため、電子会議システムを使って行われた会議の映像と文書とを関連付けて記録できるシステムを開発し、その有効性を検証している。映像とテキストとが動的に結び付けられ、テキストについて文字列検索をすることで求める映像が選択できる点は我々の研究と同じである。Zettsuら<sup>9)</sup>は動画検索の観点から、time-stamped authoring graphと呼ばれるビデオ内容の記述モデルを提案している。このモデルでは、ノードはタイムスタンプと注釈（その時点の動画の内容や著者の印象などを自由に記述できる）、エッジはノード間の関連を表し、向きがなく、そのラベルはノード間の関連のタイプを表す。映像とテキストとの関連を、海谷ら<sup>8)</sup>や我々の研究よりもより詳細に定義することができる。The Classroom 2000 Project<sup>10)</sup>は、説明の声や講義中に記述されたもの、投影された図などの講義情報が現状の教室ではほとんど記録されずに失われている点を問題とし、それらを記録しアクセスするためのツール

\* VIEWは、Virtual Interactive Environment for Workgroupsの略。

を提供することで、学習効果が高められることを確かめようとするものである。ここでは、自動または手作業によって動画と関連付けられた個々のスライド（教材）にキーワードを割り当て、検索を行っている。

本稿で提案する検索手法においても、動画（教師や学生の映像）と関連付けられたテキスト（スライドに含まれるもの）を利用する点は、上記の研究と同じである。我々の研究では、The Classroom 2000 Projectとは異なり、個々のスライドにキーワードを割り当てるのではなく、スライドに含まれるテキストを直接検索する。これらの研究と我々の研究との大きな違いは、動作履歴を動画に対する索引として利用する点にある。CSCW 環境では、利用者の映像と同時に、それと同期をとってペンやポインタの動き、マイクのオンオフなどの利用者のコンピュータに対する操作（動作履歴）を容易に記録することができる。動作履歴に対し、ポインタが指し示す位置は教師がそのときに説明している内容に関連する、ペンで下線を引いた部分は重要である、マイクがオンになっている人同士が話をしているなどの仮定をおくことで、それを利用した講義の検索が可能となる。また VIEW Classroom では、講義中の雑談を部分を教師が容易に明示できるよう、Coffee Break ボタンを用意している。雑談ボタンが選択されている間の説明（動画）は雑談という属性が与えられ、後で学生が復習するときにその部分を飛ばして再生することができるようになっている。

より一般的に、非同期の協調処理のための利用者とアプリケーションとのインタラクションの再生機構を扱ったものとして、Manohar<sup>11)</sup>の研究がある。利用者とアプリケーションとのインタラクション、オーディオによる注釈、リソースデータへの参照などのストリームデータが session object と呼ばれるオブジェクトに記録され、このオブジェクトのデータを利用して再生が行われる。Session object は、再生に必要なすべての情報をカプセル化している。この研究の目標の1つとして、特定のコマンドがタイプされたのはいつか、マウスがドラッグされたのはいつかといった、利用者が興味を持つイベントだけを参照することができるようにすることがあげられている。しかし、session object に記録されたイベントの検索とその応用については、その可能性を示唆する程度にしか触られていない。本研究では、記録されたイベントシーケンス（動作履歴）を、同期して記録されたビデオやオーディオなどの連続メディアへの索引として位置付け、講義の再生における具体的な検索例によってその有用性を示している。

### 3. 背 景

#### 3.1 VIEW Classroom の概要

図1は VIEW Classroom の概念図を表している。教師と各々の学生は別々の場所において、コンピュータネットワークを介して仮想的な教室（VIEW Classroom）と結ばれている。教師と学生はそれぞれ、ビデオカメラとマイクが利用できるパーソナルコンピュータやワークステーションを所有している。講義にはその目的などによって、教師があらかじめ教材を準備して行われるプレゼンテーション、特に教材はなく講義中の議論によって進められるディスカッション、教師のサポートのもとで学生が自習するなどの形態が考えられるが、現在のプロトタイプはプレゼンテーションの形態を想定している。

図2は、プロトタイプの教師用ユーザインタフェースである。教師は学生に教材を提示し、ポインタで教材の一部を指し示したり、ペンを使って教材に含まれていない情報（図や文）を書き込んだり、アンダーラ

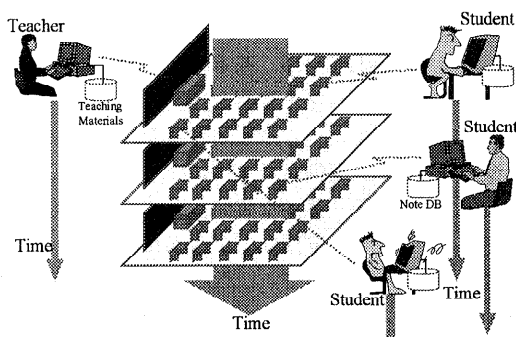


図1 VIEW Classroom の概念図  
Fig. 1 Concept of VIEW Classroom.

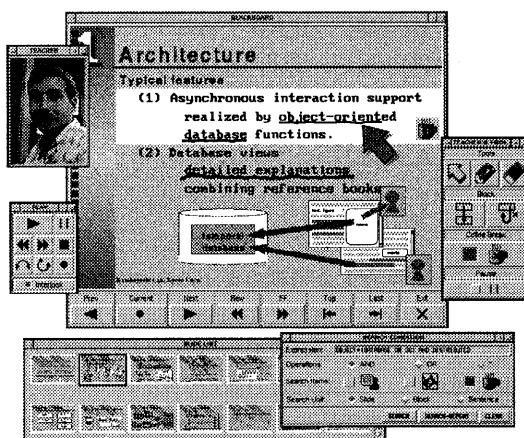


図2 プロトタイプのユーザインタフェース  
Fig. 2 User interface of the prototype.

インを引いたりしながら講義を進めていく。教師と学生の間や学生同士の間で対話する場合には、教材を共有しながら各自のポインタやペンを使って議論をすることができる。学生は講義を聞きながら教材にメモを加えたり、講義資料の他の場所を参照したりすることができる。また、学生は途中から講義に参加したり、途中で講義を抜けたりすることも可能である。このような講義環境を支援するため、VIEW Classroom は上記のような基本的な機能と本論文で紹介する講義の記録と検索、再生機能<sup>12)</sup>に加え、以下の機能を提供している。

#### 質問回答機能<sup>3)</sup>

教師が講義中から質問を受け、それに回答することは講義の重要な要素の1つであるが、(1) 講義に参加する学生の数が多くなるにつれて、教師がすべての学生の質問に答えることは難しくなる、(2) 学生は自分に必要なときに質問を出して回答を得たい、(3) 教師は良い質問を選んで回答したいと考えているが、学生を指名して質問内容を聞くまでその判断ができない、などの問題がある。VIEW Classroom ではこのような問題に対処するため、教師と学生に対し質問回答機能を提供している。基本的な質問は、まず教材の中からキーフレーズを選択し、次にそれによって表示された質問メニューから質問内容を選択することによって行われる。質問メニューには、選択されたキーフレーズに対する一般的な質問や過去の講義で出された質問、予想される質問などが含まれている。学生から出された質問は集計され、教師が指定した基準に合わせて優先度を高いものから教師に提示される。さらに、質問に対する教師の回答はすべて記録され、類似した質問が出されたときにはそれを利用して学生に自動的に回答を提供する。質問の類似度は、キーフレーズ文字列の包含関係、類義語であるかどうか、キーフレーズの位置の近さ、質問内容が同じかどうかなどによって判定する。

#### 3.2 動作履歴と動作履歴ビュー

マウスやペンの動きやキーボードからの入力、コンピュータに付属するカメラやマイクのオン/オフなど利用者とコンピュータとの間のすべてのインタラクションを、それが発生した時刻のタイムスタンプとともに記録したものを動作履歴 (Action History) と呼んでいる。また、動作履歴とその一部分をマップする関数を動作履歴ビュー (Action History View) と呼ぶ。このアイデアはCSCWにおける一般的なシナリオから生まれている。複数の人が別々の時間を使って協調しながら仕事を進めるような場合、他の人の仕事の結果

だけではなくその過程を知りたい場合がある。また、他の人の仕事の過程の一部分だけを知りたい場合も考えられる。動作履歴や動作履歴ビューを用いることによって、このような要求を満たすことができる。

#### 4. プロトタイプ設計上の考慮点

VIEW Classroom では学生が講義を復習したり、教師が記録された講義の編集をしたりするのを支援するための検索再生機能を提供している。講義の復習をする場合には、教材と教師の映像音声だけではなく、ペンやポインタの動きなど、多くの情報がある方が内容を理解しやすい。そのためには、教師や学生の映像や声だけでなく、ペンやポインタの動きなども含んだ講義に関するデータをできるだけ記録することが求められる。既存のアプリケーションを利用してこの目的を実現するには、その内部を詳細に理解したうえでシステムを開発しなければならず、多くの労力を必要とする。それを避けるために、教師と学生に我々が提供するシステム上ですべての講義を行ってもらうこととした。また、講義システムは、数学や外国語、美術、物理、歴史など非常に多様な内容に関する教材を教師の希望どおり正確に学生に示す必要がある。教師は通常、自分の要求を満たす様々な既製のアプリケーションを使って教材を作成すると考えられるが、そのような多様な教材データに対応できるビューワー (教材を再現するシステム) を作成することは大変難しい。また、教材が手書きの紙である場合もしばしばある。逆に、表示可能な教材を作成できるアプリケーションを制限すると、既存の教材で再利用できなくなるものがでてくるうえに、それは多くの教師の要求を満たす機能を持たなければならない。さらに、それまで別のアプリケーションを利用していた教師にはその使い方を覚えてもらう必要もあり、あまり現実的な解決策とはいえない。我々は現実的な対処として、教材はすべてイメージデータとすることとした。たいていのWSやPCにはディスプレイ内容をイメージにダンプするツールがあり、これを利用すれば、それぞれのアプリケーションで作成された教材をあるフォーマットのイメージデータに変換することは容易である。またイメージデータであれば、ある学生のPCに必要なフォントがないために、その学生が教材を正確に見ることができないといった心配もない。

この選択にはいくつかの問題がある。1つは、教材に含まれるテキストを対象としたキーワード検索が使えなくなるということである。この問題は教材がイメージではなく、あるアプリケーション独自のフォーマット

トのデータとしてある場合も同様であり、その内部を検索することは難しい。教材のキーワードを使って検索できることは大変重要なので、教師には教材に含まれるテキストデータをそのイメージデータとは別に準備してもらうこととした。たいていのアプリケーションは、テキストだけを抽出する機能を持っている。2つ目は、マウスを使って教材中のテキストの一部を指定することができないことである。コピー、ペースト機能などを利用することができない。3つ目は PowerPoint などを実現されているアニメーション効果を利用できないことである。

### 5. 講義によるマルチメディア教材の生成

我々は講義をマルチメディア教材生成の過程ととらえている。マルチメディア教材を作成することは通常大変な労力を必要とし、忙しい教師がこのような教材を準備することは容易ではない。普段行われる講義がそのままマルチメディア教材として再利用できるようになると、学生がより効率的に復習できるだけでなく、教師もそれを次の講義で利用したり、欠席した学生に配布したりすることができるようになる。この章では、このようなマルチメディア教材が、VIEW Classroom をにおいて講義からどのように生成されるかについて述べる。

講義前に教師は教材としてスライド（イメージデータと含まれるテキストデータ）を作成し、システムに登録しておく。講義が始まると、教師や学生がコンピュータを操作したことによって生成される動作履歴と、映像や音声タイムスタンプとともに記録される。図3では、教師と学生の映像、音声（Teacher, Student1, Student2）、スライド（Slide）、動作履歴（Action History）がタイムスタンプによって同期がとられる様子を示している。教師と学生の映像、音声

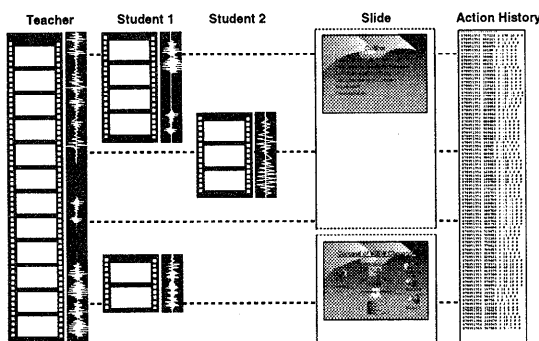


図3 講義に含まれるデータ間の同期制約

Fig. 3 Synchronous constraints between data contained in lectures.

が時間的に重なる部分是对話していると考えられる。講義において記録される動作履歴には以下のようなものがある。

- 準備されたスライドが表示された順番
- 教師の様子を撮影した映像と説明の声
- 質問などのために発言している学生の映像と音声
- ペンとポインタの動き
- その他、教師や学生が行った操作  
話題が雑談であることを示したり、マイクやビデオのオン/オフなど、講義に関連して発生するすべてのイベント。

このような講義の記録と検索を支援するため、以下の機能が用意されている。

**Change Block** 従来のシステムでは一般にスライドを単位としていたが、スライドは複数のトピックを含んでいることが多い。我々のプロトタイプでは、スライドよりも詳細な意味的単位としてブロックを用いることもできる。この場合は、各ブロックごとに、その部分が強調されたスライド（のイメージ）とそれに対応するテキストデータをあらかじめ準備する必要がある。教師が次のブロックに進むときは、Change Block ボタンを選択することにより、強調されるブロックが次へ移動する。

**Replace** 教師の説明は講義中つねに記録されている。もし説明を間違ったりした場合は、その部分に戻って説明をやり直したいことがある。Replace ボタンを選択することによって、説明中のブロックについてのすべての記録が消去され、そのブロックに関する教師の新しい説明が記録され始める。

**Pause** 教師が何かの理由で講義を中断したいときには、Pause ボタンを選択する。このとき、講義の記録は次に Pause ボタンが選択されるまで中断される。

**Coffee Break** 効率的に勉強したい学生にとって雑談はそれほど重要ではないかもしれない。一方、ある学生は教師の雑談から面白い内容を見つけようとするかもしれない。このような検索を実現するために、それが雑談かどうかを教師が Coffee Break ボタンを選択することによって明示的に与える。

記録された講義は以下のような構造となる。

**定義 1** 記録された講義 **LECTURES** は、以下のように定義される。簡単のため、講義の検索と再生で利用する属性だけを記述する。

**LECTURES** = { Slides, Actions, Movies },  
 $\text{sort}(\text{Slides}) = \{ L_{id}, S_{id}, S_{img}, S_{txt}, S_{att}, S_{val} \},$   
 $\text{sort}(\text{Actions}) = \{ L_{id}, S_{id}, A_{name}, A_{time}, A_{type},$

表 1 動作履歴の例

Table 1 Example of an action history.

| $L_{id}$ | $S_{id}$ | $A_{name}$ | $A_{time}$ | $A_{type}$            | $A_{att}$ | $A_{val}$ |
|----------|----------|------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|
| L1       | S1       | Kaoru      | 09:10:11   | mouse.button1_down    | (x,y)     | (123,456) |
| L1       | S1       | Kaoru      | 09:10:12   | mouse.button1_move    | (x,y)     | (200,456) |
| L1       | S1       | Kaoru      | 09:10:13   | mouse.button1_release | (x,y)     | (300,456) |
| L1       | S1       | Kaoru      | 09:15:20   | next_slide            | slide_id  | S2        |
| L1       | S2       | Kaoru      | 09:22:30   | mouse.button2_down    | (x,y)     | (456,100) |
| L1       | S2       | Kaoru      | 09:22:31   | mouse.button2_move    | (x,y)     | (456,150) |
| L1       | S2       | Kaoru      | 09:22:32   | mouse.button2_move    | (x,y)     | (456,240) |
| L1       | S2       | Kaoru      | 09:22:33   | mouse.button2_release | (x,y)     | (456,350) |
| L1       | S2       | Kaoru      | 09:27:20   | select_slide          | slide_id  | S5        |

$A_{att}, A_{val}$  } ,

$\text{sort}(\text{Movies}) = \{ L_{id}, M_{name}, M_{data}, M_{start}, M_{end} \}$

ここで、 $L_{id}$  は講義 ID,  $S_{id}$  はスライド ID,  $S_{img}$  はスライドのイメージデータ,  $S_{txt}$  はスライドに含まれるテキスト,  $S_{att}$  はスライドに対する属性 (雑誌が含まれるかどうかなど, 複数可),  $S_{val}$  はスライドに対する属性の値,  $A_{name}$  はアクションを起こした人の名前,  $A_{time}$  はアクションが起こった時刻,  $A_{type}$  はアクションのタイプ (マウスの右ボタンが押されたなど),  $A_{att}$  はアクションに関する属性 (マウスが押された場所の座標など, 複数可),  $A_{val}$  はアクションに関する属性の値,  $M_{name}$  は動画に主として出てくる人の名前,  $M_{data}$  は動画のデータ,  $M_{start}$  は動画の記録開始時刻,  $M_{end}$  は動画の記録終了時刻である。

例 1 表 1 に関係 Actions のインスタンスの例を示す。この例では、Kaoru がスライド ID が 1 のスライド上でマウスボタン 1 を押しながらマウスを操作し、その後次のスライドに移動して、マウスボタン 2 を押しながらマウスを操作している様子を示している。最後にスライド 5 を選択している (次のスライドは S5)。

## 6. マルチメディア教材の検索

一般にマルチメディアデータから必要な部分を検索することは難しい。画像認識や音声認識の研究が進められているが、信頼性の高い索引を生成することはまだ容易ではない。本研究では、これら直接的なアプローチとは別の方法によるマルチメディアデータの検索を提案する。我々のアイデアは、ビデオとオーディオの内容を直接検索するのではなく、マルチメディアデータ (教材) が生成されたときに、それらと同期をとって記録されるより検索の容易な情報 (スライドに含まれるテキストデータやペンやポインタなどの動作履歴など) を利用するということである。これらの情報を利用することで、高速に実用的な精度でマルチメディア教材を検索することができる。本研究では、以

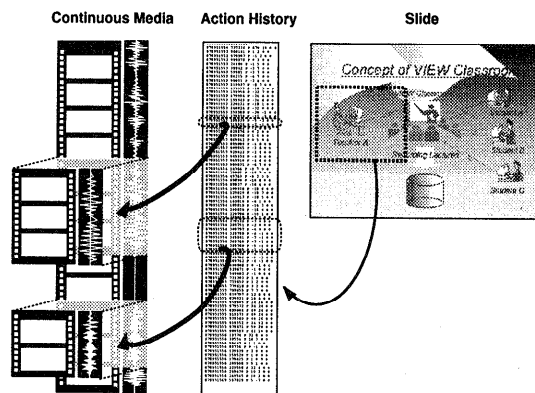


図 4 動作履歴を用いた検索

Fig. 4 Search using an action history.

下のような個所の検索を想定している。

- (1) あるキーワードを含む教材とそれに対する説明
  - (2) 図を含んでいる教材とそれに対する説明
  - (3) 教師が長い時間かけて説明した教材とそれに対する説明
  - (4) 教師がポインタを使って教材のある位置を指している部分の説明
  - (5) 教師とある学生が議論している部分
  - (6) 教師がペンを使ってスライドに何か書き込んでいる箇所
  - (7) 教師が一度以上説明したスライドに関する個所
- 問合せ処理は、その内容によって様々である。講義の再生のためには、以下のデータが必要となる。

- スライドのイメージデータ
- 動作履歴 (必要な補完が行われたもの, 例 2 参照)
- 動画データとその再生開始終了時刻

ここでは問合せ処理を、例によって説明する。

例 2 図 4 は、上記の想定質問の 4 つ目「教師がポインタを使って教材のある位置を指している部分の説明」の検索処理を示している。検索対象となる教材の ID を  $S1$ , その検索対象範囲を  $(x_1, y_1)$  から  $(x_2, y_2)$

まで、教師の名前を“kaoru”，ポインタはマウスのボタン1を押しながら操作するものとする。

- (1) 関係 Slides から、 $S_{id} = S1$  であるタプルの  $S_{img}$  の値を取得する。これにより、スライドのイメージデータを得る。次に、必要な動作履歴を取得する。
- (2) 関係 Actions のインスタンスから、 $S_{id} = S1$ 、 $A_{name} = kaoru$  で、 $A_{type} = mouse.button1.down$  または、 $mouse.button1.move$  または、 $mouse.button1.release$  であるタプルを選択する。
- (3) 選択されたタプルのうち、 $A_{att} = (x,y)$  でかつ、属性  $A_{val}$  の値が  $(x_1, y_1)$  から  $(x_2, y_2)$  までの範囲に含まれるものを選択する。この選択によって一連のマウスの動きの中の一部が抽出された場合、再生のためにマウスの軌跡と  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  との交点で  $mouse.button1.down$  と、 $mouse.button1.release$  の動作を補完する必要がある。これで必要な動作履歴が選択された。次に教師や学生の動画を選択する。
- (4) 選択されたタプルの  $A_{time}$  の値から、開始時刻と終了時刻（複数の場合もありうる）を得る。
- (5) 関係 Movies のインスタンス中のすべてのタプルについて、 $L_{id}$  が (3) で選択されたものと一致し、さらに (4) で得られた開始時刻と終了時刻（の一部）が属性  $M_{start}$  と  $M_{end}$  の間に含まれるものを検索する。
- (6) 含まれるタプルの属性  $M_{data}$  の値を得る。

検索機能を強化するため、以下の機能を提供している。

#### 文字列検索と検索の単位

問合せによってはスライドに含まれるテキスト  $S_{text}$  の値に対して、文字列のマッチング処理が必要となる。ブロックや文など、スライドよりも意味的に詳細な単位で教材が準備されていれば、それらを単位とする検索が可能である。検索対象となる文字列は、“and”、“or”、“\*”を利用して表現することができる。これらの機能を例で説明する。

例3 「distributed and database」では、distributed と database の両方の単語を含むスライドが選択される。「distributed or database」では、distributed か database のどちらかの単語を含むスライドが選択される。「distributed \* database」では、distributed と database の両方がこの順番で含まれるスライドが検索される。

“( ”と “)” を利用して複雑な検索条件を表現す

ることもできる。

#### スライドに付加された属性を利用した検索

教師が講義中に Coffee Break ボタンを選択して、それが雑談であることを示していれば、それを検索条件として利用し、雑談の部分を省略して講義を再生したり、逆に雑談部分だけを再生したりすることができる。また、図が含まれるスライドを検索することもできる。この場合、教師があらかじめどのスライドに図が含まれているかを、スライドの属性として与えておく必要がある。

#### VCR ライクな機能

動画に対する FF (fast forward)、Rew などの機能を提供する。

### 7. プロトタイプの評価と考察

プロトタイプは SGI Indigo2 上で、C 言語をベースに開発を行っている。ユーザインタフェース部分の実装には Tcl/Tk を使い、ビデオとオーディオのデジタル処理には IRIX MediaLibrary を用いている。できるだけ多くのプラットフォームで利用できるようにするため、これとは別に Java への移植も進めている。現在のプロトタイプにおいて、検索機能の一部は実現されている。しかし、次のような課題が明らかとなった。

#### 文字や図の書き込み

準備した教材に図や文を加えたり、学生がノートをとったりするためには、教材（スライド）に書き込みができなければならない。現在のプロトタイプでは、マウスを使ってスライド上への書き込みを行っている。ある文章に下線を引いたり、ある単語を囲んだりする程度であればマウスで十分であるが、文字や図を書くことは大変難しい。このような目的には、ペン入力できるコンピュータが便利であるが、現在のパーソナルコンピュータは必ずしも標準でペン入力をサポートしていないという問題がある。

#### ペンで書き込まれた個所の検索

現在のプロトタイプでは、ペンで書き込まれた個所だけを検索し再生する。しかし、ペンでの書き込みがそれより少し前に書き込んだ部分についてのコメントであるような場合、その部分を同時に表示しないと意味が通じない。書き込み個所を再生するとき、そのスライドのそれまでの書き込みをすべて表示する必要がある。

#### マルチメディアデータの検索

以下のような検索は、本論文で提案した検索手法では対象外となっているが、実現への要求は高い。

- 教師が教材に含まれない内容について声だけで説

明した部分を検索する。

- 対応するテキストデータの無いスライドに含まれる文字列に対して、キーワード検索を行う。

Shahraray ら<sup>5)</sup>、金出<sup>6)</sup>、有木<sup>7)</sup>は、ニュース映像などのビデオの検索に音声認識技術と画像認識技術を応用しているが、上記のような要求に対して有効なアプローチである。検索の前処理として、音声や画像をテキストデータに変換しておけば、文字列のマッチングによって高速に検索することができる。また、完全に正確に変換できなくても、ある程度の正確さがあれば十分実用に耐えると思われる。

#### 質問回答機能のサポート

VIEW Classroom における質問は、(1) 教材からキーフレーズを選択する(その際、キーフレーズの位置も取得する)、(2) キーフレーズに対する質問内容を質問メニューから選択する、という手順で行う。質問とそれに対する自動回答は重要な機能であるが、プロトタイプでは教材を画像データとしたため、マウスなどでキーフレーズを直接スライド中から選択することが難しくなった。

#### 8. ま と め

本稿では、遠隔講義システムで記録された講義に対する検索手法を提案した。講義はマルチメディア教材の作成過程ととらえることができる。画像認識技術や音声認識技術を利用して信頼性の高い索引を生成することはまだ容易ではなく、一般にマルチメディアデータの検索は困難である。我々はこれらの直接的なアプローチとは別に、マルチメディアデータが作成される過程(講義)で結び付けられる、より検索しやすいデータ(スライドに含まれるテキストや動作履歴など)を利用する。これら多様なデータのそれぞれに検索機能を提供しそれを組み合わせることによって、講義を復習するときや教材を再利用するときに求められる検索機能を実現することができる。特に動作履歴を用いた検索については、これまでも利用者の動作履歴を検索するというアイデアはあったが、それをマルチメディアデータの索引として利用し、実際的な検索例によってその有効性を示した。

現在のプロトタイプでは、スタンドアローンの状態で講義の記録と検索機能が実現されている(一部実装が残っている個所や拡張している個所がある)。他の計算機とネットワークで結び、教材やビデオ、オーディオ、教師や学生の動作などを配信できるよう拡張する必要がある。さらにそのうえで実際に講義を行い、(1) 講義はやりやすいか、(2) 教材の準備や講義の記録の

ための負荷はどの程度か、(3) 記録された講義について必要な検索が行えるか、(4) 講義の再利用性はどの程度かなど様々な評価を行い、ユーザインタフェースやシステム内部の改良を行う予定である。

謝辞 本研究について、熱心なご討論と有益なコメントをいただいた上林研究室の皆様へ感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) Pea, R.D.: The Collaborative Visualization Project, *Comm. ACM*, Vol.36, No.5, pp.60-63 (1993).
- 2) Neal, L.: Virtual Classroom and Communities, *Proc. International Conference on Supporting Group Work (GROUP '97)*, Phoenix, Arizona, pp.81-90, ACM (1997).
- 3) 香川修見, 片山 薫, 上林彌彦: 遠隔教育システムにおける回答支援のための質問選択機構, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.7, pp.1878-1886 (1997).
- 4) Kambayashi, Y., Katayama, K., Kamiya, Y. and Kagawa, O.: Index Generation and Advanced Search Functions for Multimedia Presentation Materials, *Proc. ER '97 Workshop on Conceptual Modeling in Multimedia Information Seeking*, Los Angeles, California, USA, ACM (1997).
- 5) Shahraray, B. and Gibbon, D.C.: Automated authoring of hypermedia documents of video programs, *Proc. 3rd ACM International Multimedia Conference (ACM MULTIMEDIA95)*, San Francisco, California, pp.401-409 (1995).
- 6) 金出武雄, 佐藤真一: Informedia: CMU デジタルビデオライブラリプロジェクト, 情報処理, Vol.37, No.9, pp.841-847 (1996).
- 7) 有木康雄, 杉山善明, 石川則之, 寺西俊裕, 櫻井光康: ニュース映像中の記事に対する音声・文字・映像を用いた索引付けと分類, 電子情報通信学会技術報告, PRMU96-97, pp.31-38 (1996).
- 8) 海谷治彦, 三浦信幸, 穴井 豪, 江幡 剛, 永岡洋樹, 佐伯元司: 対面式会議を支援する計算機システムの評価実験, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J79-D-I, No.6, pp.341-352 (1996).
- 9) Zettsu, K., Uehara, K., Tanaka, K. and Kimura, N.: A Time-Stamped Authoring Graph for Video Databases, *Proc. 8th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA '97)*, Toulouse, France, pp.192-201, Springer-Verlag (1997).
- 10) Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Feinstein, A., Hmelo, C., Kooper, R., Long, S., Sawhney, N.N. and Tani, M.: Teaching and Learning as Multimedia Authoring: The Classroom 2000 Project, *Proc. 4th ACM International*

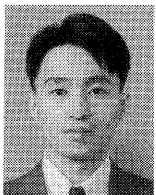


*Multimedia Conference (MULTIMEDIA '96)*, Phoenix, Arizona, ACM, pp.187-198, Addison-Wesley (1996).

- 11) Manohar, N.R. and Prakash, A.: The Session Capture and Replay Paradigm for Asynchronous Collaboration, *Proc. 4th ECSCW Conference*, Stockholm, Sweden, pp.149-164 (1995).
- 12) Katayama, K., Kagawa, O., Kamiya, Y. and Kambayashi, Y.: Flexible Play Back Facilities for Distance Education, *Proc. International Symposium on Digital Media Information Base (DMIB '97)* Nara, Japan, Yoshikawa, M. and Uemura, S. (Eds.), pp.74-78 (1997).

(平成 10 年 3 月 5 日受付)

(平成 10 年 9 月 7 日採録)



片山 薫 (学生会員)

平成 3 年, 京都大学工学部土木工学科卒業. 同年 (株) リクルート入社. 平成 9 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士課程修了. 現在, 京都大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程在学中. データベース, 遠隔教育システムに関する研究に従事.



香川 修見 (正会員)

昭和 45 年, 広島大学理学部物理学科卒業. 同年 (株) 日立製作所入社. システムプログラム, オンラインシステム開発に従事. 昭和 57 年, 広島電機大学. 平成 9 年, 京都大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了. 現在, 広島電機大助教授. 工学博士. 遠隔教育システムの研究に従事. 日本物理学会, 電子情報通信学会, 教育システム情報学会, ACM, IEEE, AACE 各会員.



神谷 泰宏

平成 8 年, 京都大学工学部情報工学科卒業. 平成 10 年, 同大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了. 現在, (株) 豊田自動織機製作所勤務.



對馬 英樹 (学生会員)

平成 10 年, 京都大学工学部情報工学科卒業. 現在, 同大学大学院情報学研究科社会情報学専攻修士課程在学中.



吉廣 卓哉 (学生会員)

平成 10 年, 京都大学工学部情報工学科卒業. 現在, 同大学大学院情報学研究科通信情報システム専攻修士課程在学中.



上林 彌彦 (正会員)

昭和 40 年, 京都大学工学部電子工学科卒業. 昭和 45 年, 同大学大学院博士課程修了. 同大学助手, イリノイ大学リサーチアソシエイト, 京都大学助教授, 九州大学教授. 現在, 京都大学大学院情報学研究科教授. 工学博士. 論理回路, オートマトン, データベースの研究に従事. 著書「Database-A Bibliography」(Computer Science Press), 「データベース」(昭見堂), 「情報科学の基礎理論」(昭見堂) など. 昭和 55 年米沢賞, 昭和 58 年丹羽賞, 昭和 61 年電子情報通信学会著述賞, 平成 7 年 ACM SIGMOD Contribution Award 受賞. 電子情報通信学会, 日本ソフトウェア学会, ACM 各会員, IEEE シニア会員.