

## 非同期参加型仮想教室における教材・対話の同期手法

松浦 健二<sup>†</sup> 緒方 広明<sup>†</sup> 矢野 米雄<sup>†</sup>

遠隔地から非同期的に参加する個人学習者を対象として、ビデオ映像を用いたオンデマンド教材をWEB上で公開する試みが数多く見られるようになった。本研究では、ビデオ映像を中心とした初期学習教材に加え、学習者間で過去に行われたインタラク션을付加教材として用いる。後者をビデオの経過時刻に合わせて擬似的に同期提示し、そこに参加できる環境を提供することで、多人数で受講しているような仮想教室環境の構築を目指す。これにより、他の学習者との非同期インタラクシオン機会の増加を図る。ここで、このような環境をオープンなインターネット上に適用する場合には、参加者数が増加し、それにともない参加者間の対話数も増加する。このため、学習者が過去の全インタラクシオンを、ビデオ教材の時間内で同期的に参照するには限界が生じる。そこで本論文では、仮想教室に非同期的に参加する学習者の適応的な支援として、学習者の興味と各対話の状態を考慮した対話の優先順位付けおよび、それらとビデオ教材との擬似的な同期方式を提案する。最後に、実験的評価により本手法の有効性を示す。

### Synchronizing Learners' Interactions with Learning Materials in an Asynchronous Virtual Classroom

KENJI MATSUURA,<sup>†</sup> HIROAKI OGATA<sup>†</sup> and YONEO YANO<sup>†</sup>

The pedagogical attempts of nowadays can be seen throughout the networked environment using video image as a learning material. They aim at proposing anywhere/anytime learning environment. In addition to the static learning materials like on-demand video images with some slides, our system combines them with dynamic transformed materials, which are implemented as the results of asynchronous communication. This function drives at the increase of the opportunity of participants' interaction. Yet, we can easily imagine a problem under such precondition that asynchronous users may participate in the system from the Internet without spatial, time and social restriction. The problem is that it is difficult for the system to synchronize all the collaboration accumulated in the past participants' interaction with video if the number of learners on such open-ended environment gets larger and larger. Therefore, this paper describes methodologies to develop the adaptive filtering outcomes of the past collaboration and to realize the way to synchronize them with the on-demand learning materials. Finally, the paper summarizes the experimental results to show the validity of our approach.

#### 1. はじめに

大学をはじめとする従来の学校教育では、教室に受講者を集合させて、黒板(白板)とチョーク(マジック)を用いて行われる直接的対面形式(FTF: Face To Face)の講義形態が採られてきた。近年のFTF型講義では、インタラクティブ性の向上や計算機シミュレーションを目的として、コンピュータ設備を導入するケースも多くなった。たとえば、プログラム演習等コンピュータ自体が学習対象となる講義では、学習者個々にコンピュータを用意すると同時に電子ボード等

のツールを導入しているケースも少なくない<sup>1),2)</sup>。

一方で、コンピュータを遠隔地間のコミュニケーション媒体として導入するCMC(Computer Mediated Communication)型の講義形態も浸透しつつある。CMC型は、コンピュータを導入する目的により、いくつかの実装形態に分類できる。たとえば、ネットワークを介した映像の同期伝達媒体としてコンピュータを導入する遠隔講義<sup>3)</sup>や、講義映像の記録・再生による非同期伝達媒体としての利用<sup>4)</sup>も行われている。さらに、SOI(School Of Internet)のように、オンデマンド教材のダウンロード利用によるサーバ/クライアントシステムもある。なお、SOIでは前述のような同期利用も可能である<sup>5)</sup>。なかでも、CMCの特徴を活かした非同期参加型での遠隔地からの学習環境の

<sup>†</sup> 徳島大学工学部

Faculty of Engineering, The University of Tokushima

研究は、注目を集めている<sup>6)</sup>。

我々は、このような CMC 型の講義・教室形態の 1 つとして、遠隔地から学習者が非同期的に参加できる仮想教室を構築し、その中で他者とのインタラクションを支援する非同期バーチャルクラスルーム (Asynchronous Virtual Classroom, 以下 AVC) の試作とフレームワークの提案を行っている<sup>7),8)</sup>。ここで本研究では、事前に講義内容に関するビデオ教材やパワーポイント等によるスライド、およびビデオ教材に対する助言等の準備が、講師の主な役割となる。したがって、いったん講義を公開した後は、学習者からの質問等をシステムを通じて受け取る場合を除き、学習者間インタラクションに直接介入・指導するといった作業は強制されない。

AVC の学習環境は、以下の特徴を持つ。

- (1) 非同期参加者支援 (Asynchronous Learning): ネットワーク経由で非同期個人参加する学習者の支援を行う。システムは、現参加者に対しその行動をモニタすると同時に、過去の参加者の行動を時間短縮により擬似的に提示する機能 (対話アニメーション)、および非同期参加者に対する非受講中の情報通知を行う。
- (2) ビデオ映像を中心としたオンデマンド教材群の提供 (Video-based Learning): 学習者は、講義映像としてビデオ教材を参照する。ビデオ教材は、単一講義内を複数の小区間 (以後セクションと呼ぶ) に分割でき、学習者はそれと同期的に変化するスライド教材や講師の助言参照も行える。
- (3) 協動的学習環境 (Collaborative Learning): 学習者は、過去に参加した学習者間の対話アニメーションの参照だけでなく、それらの検索も行える。その中で、対話中の任意の発言に対し、新たに発言を追記したり、新しい話題で対話を開始したりできる。

このような環境は、比較的小規模なユーザ数を対象とする場合や、クラスメイトとしてを限定した状況では有効に機能する<sup>9)</sup>。しかし、実用に耐えるには、ネットワーク経由で「いつでも」「だれでも」参加できるオープンな環境下で適用できることが必須である。

そのためには、ビデオ映像やスライドのように時間変化をともなう初期教材に対し、参加者間のインタラクションによる付加情報は、オープンエンドであることを考慮しなければならない。これは、参加条件を限定しない場合、参加者数が増加し、それにともない仮想教室内で蓄積される対話も増大することに起因する。それゆえ、定量である前者と不定量である後者の情報を、同期的に提示しようとするのは困難である。そこで本論文ではまず、時間変化する初期教材と、

オープンエンドな付加情報の組合せ手法について考察を行う。

学習行為の中で、学習者の興味に応じた情報提供は有効である<sup>10)</sup>。そこで、次にビデオ教材内の各セクションに同期させて、学習者の興味に応じて絞り込んだ対話を提供する手法を提案する。これにより学習者は、各時間帯ごとの講義トピックとそれに関する学習者間のインタラクションを同期的に参照したり、そのインタラクション自身に参加したりできる。

以下、次章で非同期参加型の仮想教室を構築する際の、ビデオ等の初期教材と付加情報としての学習者間インタラクションの組合せ手法を最初に考察する。次に、それらを組み合わせる際に、教材内のセクションごとに学習者の興味・理解を考慮して話題を推薦する擬似的な同期手法を提案する。以後、4章で実装方法を述べた後、5章では提案システムの評価について述べ、最後にまとめと今後の展望について論じる。

## 2. 非同期仮想教室における講義手法

### 2.1 講義の進め方

従来の FTF 型における典型的な講義では、講師が講義内容に関してある程度の説明を行い、学習者の状況を見て (あるいは、授業計画時に予定したトピックの説明が終了した段階で)、演習に切り替えたりグループ作業に移行したりする。このような講義フェーズを、①学習目標となる情報の伝達を行う聴講アクティビティと、②グループワークあるいは演習により学習を深める (個人/グループ) 作業アクティビティの 2 つに分類する。本節では、それらをシステム上で実装する際の組合せ方法について考察する。

これら個々のアクティビティを、CMC 型の非同期仮想教室システムの一機能としてとらえると、①の実現例では、授業映像を撮影・配信することによるビデオ参照や、講師が事前に準備した教材の参照等が該当する。②の例では、E-mail や News-Group、あるいは掲示板を利用した他者とのインタラクションや、講義に対するノート記事 (あるいはレポートドキュメントの) 作成等が該当する。それらの組合せ方法は、従来直接的対面下で実施されてきたように直列的に実施する (一方を提示中は他方を停止する) か、両者を同時並行的に実施するかの 2 種類に分類できる (図 1 参照)。

- (1) 聴講・作業交互実装方式: 従来の FTF 型講義で一般的に実施されてきたように、①と②を交互に実施する。一斉授業後、最後に質疑応答時間を設ける形式は、本方式における最小構成と位置付けられる。

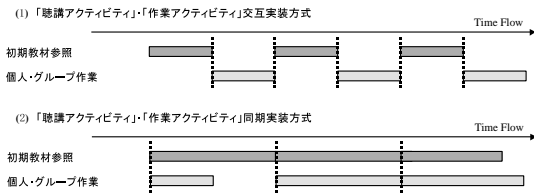


図1 講義の進め方の例

Fig. 1 Combining lecture-factors with a classroom.

(2) 聴講・作業並行実装方式：①と②を同時提示する方式である．学習者は教材参照による学習と個人の作業空間を同時に参照できるため，学習者自身でどちらの機能を利用して学習を行うか選択できる．これは特に，コンピュータを利用した支援が有効である．

AVCは，非同期個人参加を指向したシステムであるが，他の学習者の行動を蓄積し，ビデオ教材と擬似的に同期提示することで，クラスメイトが同期的に参加しているような環境を目指している．本研究では，聴講アクティビティをビデオ・スライド等の初期教材参照，作業アクティビティをその他の付加教材利用（過去の対話参照や再現された対話への追加発言，および講義に関するメモ行動）として定義する．

これらの組合せ方法は，学習者に許容される受講時間幅や，当該講義への聴講経験，作業アクティビティの内容量に依存する．たとえば，講義を初めて聴講する受講者は，講義内容の把握が優先されるため，聴講アクティビティの方が重要である．一方，講義内容を把握している再受講者にとっては，作業アクティビティによる付加情報の取得に学習の比重が移行する．このため，これらの実装方式は，受講者の経験や蓄積されている付加情報に応じて，切り替えられるような実装方式が望まれる．

## 2.2 ビデオ教材と対話の同期設定

本節では，前述の実装方式の具体例として，ビデオと対話の同期化方式について3種類を定義する．実際の講義は，UNIX コマンドの説明のように，それぞれ単独のトピックをいくつか組み合わせて1つの講義が構成される場合や，数学のように，あるトピックがそれに続くトピックの前提となっている場合，つまりトピック間に順序性が存在する講義等多岐にわたる．このように，講義がいくつかのトピックを単位とするセクションに区切られる場合，セクション内のトピックに合致した対話内容のみ，同期的に提示する必要がある．その実装例として，本研究では図2の3種類を取り上げる．図では，1つの講義がいくつかのセクションに分かれており，そのセクション内に，過去において発生した作業スレッド（たとえば対話） $A_1, A_2, \dots, A_7$

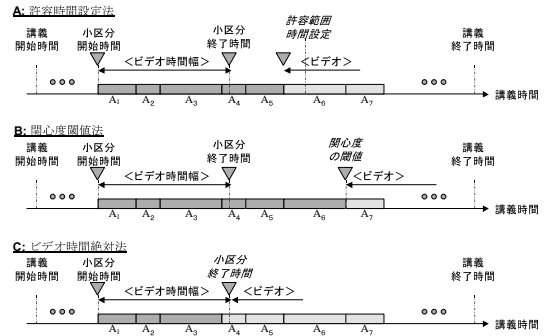


図2 講義の小区分内で提示する対話

Fig. 2 Arguments displayed in one section.

が存在する．

(1) 許容時間設定法：各セクション内のビデオ映像時間幅に対し，作業用の時間が超過して確保できる方式であり，講師がその許容時間幅を設定する．ビデオの時間幅を経過した後は，ビデオ映像を停止させる必要がある．

(2) 関心度閾値法：区間のビデオ時間幅に関係なく，区間内のトピックに対する学習者の関心や重要度を抽出し，それらを提示するための閾値を設定しておく．この方式では，閾値以上の数値を持つトピックは必ず表示する．これは他の方法とは異なり，作業アクティビティのコンテンツに依存する方式である．

(3) ビデオ時間絶対法：他の2方式と異なり，区間内の作業アクティビティの提示に必要な総時間がビデオの時間幅以上であっても，それを超える作業スレッドは提示しない．このため，ビデオ映像がシステムによって停止されることはない．

本研究では，講義の性質や参加者数を考慮して，これらの方法および許容値を講師が自由に設定できるようにする．たとえば，初回受講者は交互方式でビデオ時間絶対法を用い，再受講者については，講師が並行方式で，許容時間設定法・関心度閾値法のいずれかを選択・設定できるように実装する．次章では，関心度の抽出方法について詳述する．

## 3. ビデオ教材と対話の同期制御

### 3.1 発言属性

本研究では，ビデオ教材の時間帯に同期させて，その時間帯に発生した学習者間の対話作業を再現する．2.2節の(1)や(3)のように，対話を再現する時間の幅が一定範囲で決められる場合，提示コンテンツを絞り込む必要がある．そのため本研究では，学習者の興味・理解度に応じて対話トピックを優先順位付ける（なお，本手法は同(2)においても利用できる）．その

表 1 発言意図分類

Table 1 Types of intentions.

意図	属性名	発言例
主題	direction	スレッドって何？
結論	conclusion	“light weight process” と呼ばれるように、プロセス中のシーケンシャルな小片と考えればいいと思いますよ。
質問	question	スレッドとプロセスの違いって？
回答	answer	スレッドはシーケンシャルな動きしかできないけど、プロセスは其中でマルチスレッドとかを動かせるよ。
同意	agreement	そのとおり。
反意	disagreement	OS レベルだと話は違ってくるよ。
補足	comment	プロセスフォークとかって聞くよね。
雑談	idle talk	難しい話だな。

表 2 発言意図ごとの重み

Table 2 Weight of each intention.

興味行動 ( $w_x$ )	重み	理解行動 ( $w_y$ )
主題	4	結論
質問	3	回答
雑談	2	補足
(参照のみ)	1	同意・反意

際、学習者の興味・理解度をシステムが把握するために、学習者に発言意図属性を入力させる方法をとる。

我々は、事前に講義形式のシステムを利用して、数回にわたり行ったブレテキストによる対話例を収集し、各発言の意図を分析した。この意図分析は、Sollerらの討論支援に関する研究<sup>11)</sup>および、稲葉らのネゴシエーションプロセスに関する研究<sup>12)</sup>を基に、共通項を抽出して独自に整理したものである。

その結果、表 1 に示す 8 種類 (①対話のテーマ設定, ②テーマに対する結論, ③質問, ④質問に対する回答, ⑤ある発言に対する同意, ⑥反意, ⑦補足的発言, ⑧文脈に直接関係のない雑談) に分類した。表中の発言例は, “Java” に関する講義の中で収集した発言群である。個々の発言入力時に、発言内容とともにこれらの属性を選択することで、入力負荷は増加するが、その主旨を学習者自身で明示的に認識できる場合もある。

### 3.2 関心度に応じた対話の選択

学習者ごとに適応的な優先順位付けを行うため、各対話に対し学習者がどの程度の関心を持つか、行動履歴を基に関心度を抽出する。各対話に対する学習者の立場を、その行動履歴から、①対話オーナー (主題提起者), ②対話参加者 (①以外の発言者), ③参照者 (発言していないが、1 度以上参照している学習者), ④未行動者 (発言も参照もしていない学習者) と分類する。②の学習者は、発言意図属性を基に、さらに細分する。①~③の学習者のように、ある対話に対して何らかの行動を明示的に行っている場合は、その対話に対する学習者の関心度 ( $\vec{D}$ ) を規定する。この関心度 ( $\vec{D}$ ) は、学習者の受講時に、蓄積されたすべての対話ごとに計算される。①~③に該当する学習者の、各対話に対する関心度は、その対話に対する“興味行動値”  $D_x$  成分と、“理解行動値”  $D_y$  成分を持つ関心度空間で表現

する。

$$\vec{D} = (D_x, D_y) \tag{1}$$

ここで、各発言の発言意図属性に表 2 のように重みを規定し、次式のように各値を計算する。

$$D_x = \sum_{i=1}^N \varepsilon(i)w_x \quad , \quad D_y = \sum_{i=1}^N \varepsilon(i)w_y \tag{2}$$

$N$  は全学習者の対話内の行動総数である。また  $\varepsilon(i)$  は、対話内の  $i$  番目の行動が当該学習者のものであれば “1” をとり、そうでなければ “0” をとる。式 (2) では、学習者の発言が多いほど、その対話への関心が高くなる。興味行動値への重み  $w_x$  として、“主題”、“質問”、“雑談”、“参照行動のみ” の順に、最高値 4 から最小値 1 までを割り当てる。同様に、理解行動値への重み  $w_y$  として、“結論”、“回答”、“補足”、“同意・反意” の順に、最高値 4 から最小値 1 までを割り当てる。明示的な関心が示される場合は、そのスカラ値で各対話を比較し、提示する優先順位を決定する。同じスカラ値を持つ対話が複数存在する場合には、興味行動値は高いが理解行動値の低いものを優先する。

たとえば、ある対話に対して、質問を 1 回、補足を 2 回している学習者の当該対話に対する明示的関心度は、

$$\vec{D} = (3, 4)$$

のように表現される。この場合、その対話への関心度は、興味値よりも理解値が高くなる。これと、(4,3) 成分を持つ対話を比較すると、スカラ値は同値であるが、興味値の高い後者を優先する。

また、④の学習者は、その講義の初回受講者であるか、その対話に対して何ら明示的な行動をとっていない学習者であるため、システムが自動的に優先対話を抽出する。抽出の際には、学習者が登録した興味キーワードの出現頻度を調べてソートする。興味キーワードとは、学習者がユーザ登録時を含め、任意のタイミングで登録できる個々の興味を示すキーワードである。

なお、優先度が低く講義時間内に表示されない対話については、学習者のマニュアル操作による検索で各

表 3 対話の状態遷移過程  
Table 3 A definition of arguments' status.

状態	説明
提案	対話テーマが提案されている状態
検討	学習者間で非同期対話が行われている状態
結論	最初の結論案が出た状態
洗練	出された結論に対して、結論を洗練化する状態

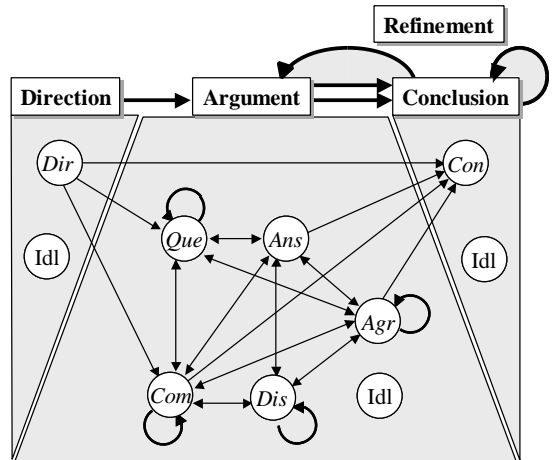
対話スレッドを表示し、テキストによる参照が可能な環境を提供する。また、上記指針において、優先度が決められない場合には、対話が発生した絶対時刻の早いものから提示する。

3.3 対話の状態遷移過程

前節では、マクロ的な視点から話題の提示支援方法として、学習者の関心度を考慮した優先順位付けについて述べた。本節では、ミクロ的な視点から、対話内の個々の発言について、発言意図属性を利用した入力支援方法を述べる。

一般に、複数人でコミュニケーションを図る際には、そのコミュニケーションタスクを明示的に設定する場合もあれば、それが自然発生的に生じる場合もあり、さらには雑談のように、コミュニケーションの成果を求めるのではなく、コミュニケーション自体が目的タスクとなる場合も存在する。コミュニケーションの場を仮想教室に限定した場合、そのタスクは、教材や他者の発言に対し、学習者のいだいた疑問点の解消や興味をいだいたトピックに関する他者との合意形成ととらえることができる。この場合、各対話は目的タスクを明示的に持ち、その達成過程を表1および表3に基づく図3のようなプロセスモデルとして記述した。なお本記述は、討論過程の視覚化に関する先行研究gIBIS<sup>13)</sup>や発言意図記述によるユーザの知識蓄積環境CSILE<sup>14)</sup>、およびそれをActivity Theory<sup>15)</sup>を用いて拡張し、認知的分析を行ったBarrosらの研究<sup>16)</sup>を参考にして、独自に作成した。

本システムでは、図3に示すように、ある発言に対する次の発言は、その属性を制限し、結論までの議論を間接的にコーディネートする。たとえば、“Dir”(主題)に対しては、“Con”(結論)、“Que”(質問)、“Com”(補足)しか提示しない(ただし、雑談属性は対話のコンテキストに直接関係ないため、つねに提示するものとする)。本研究では、後から参加した学習者も過去の対話に発言を加えていくことで結論の洗練化が図れるものととらえている。そのため、いったん結論属性を持つ発言がなされた結論状態でも、検討状態に遷移できる。



Dir:Direction Agr:Agreement  
Con:Conclusion Dis:Disagreement  
Que: Question Com:Comment  
Ans:Answer Idl:Idle talk

図3 発言意図に基づく対話構造  
Fig. 3 Argument structure based on intentions.

3.4 発言意図属性を利用した手動フィルタ機能

図3の検討状態もしくは洗練化状態においては、対話内のコンテキストが自然につながるように、ある程度自由に発言させる必要があり、そのため属性もできる限り提示する。その場合、学習者にとって、結論の不鮮明化や、質問的発言がなされても回答が返ってこないといった問題が生じる場合がある。このため本研究では、学習者のマニュアル操作により、発言意図属性を利用したフィルタリング機能を用いる。すなわち、直接的に当該対話のコンテキストに影響しない発言を、レベルに応じて除去することで、冗長性が減少するため、対話を簡潔に参照できる。これは、クリティカルな発言のみ提示することで、議論内容を克明にしようとする目的も持つ。具体的には、“雑談”属性の発言を除去するレベル、“雑談”に加え、“同意”・“反意”発言を除去するレベル、さらに“補足”まで除去するレベルの3種類が設定できるようにする。

4. システムの実装

4.1 システム構成

本システムは、Java1.2.2, Tomcat3.2.1, MS-SQL Server7, とXMLのライブラリ群を用いて、WindowsNTサーバ上で開発した。図4に、本システムのモジュール構成を示す。本システムは、クライアントPCに対し、WWW/DBサーバとMediaサーバから構成され、クライアントのインターフェースには、汎用ブラウザを利用する。以下に各モジュールの機能に

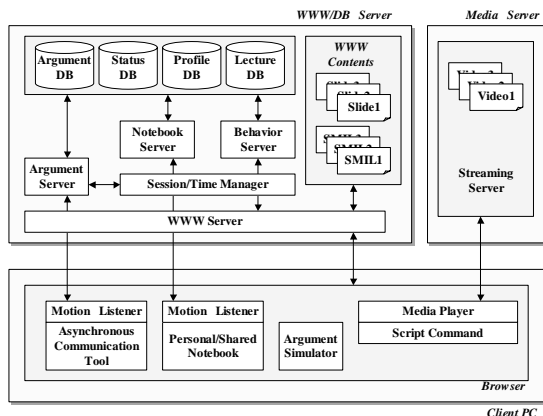


図 4 システム構成図  
Fig. 4 System configuration.

ついて述べる。(1)~(5)はサーバ側モジュールであり、それ以降はクライアント側である。

(1) WWWServer: HTTP サーバとして機能し、SMIL スクリプトや、スライド等のコンテンツを出力する WWW サーバである。バックグラウンドで Servlet のエンジンと連携する。

(2) Session/Time Manager: セッション管理機能を有し、学習者のアクセス時にセッションオブジェクトを生成・管理する。セッション変数として、受講クラス ID、学習者 ID、パスワード等のほかに、受講開始時刻、ビデオ映像の相対的経過時間や、ビデオの停止時間等を持つ。

(3) ArgumentServer: 対話に関する学習者の行動を DB に蓄積・管理すると同時に、対話がどの状態にあるのかを抽出し、学習者の発言入力時に提示する発言意図属性を制御する。また、学習者の関心度に関する値を計算し、提示する対話の優先度を保存する。発言は、受講開始時からの相対経過時間で登録する。

(4) NotebookServer: 学習者が聴講中に作成したメモ記事を、ドローオブジェクトごとの操作順にサーバ登録し、クライアントの要求に応じて、メモ記事の情報を検索・応答する。登録は、非同期対話における発言と同様に、受講開始時からの相対経過時間で保存する。

(5) DB 群: 対話履歴(各発言属性、発言内容等)、状態管理(学習者の関心度、対話状態)、学習者プロフィール(個人情報、受講講義管理等)、講義管理(登録日時、参加者数、コンテンツの URL や index 等)のデータベースを管理する。対話履歴における学習者の発言は、表 4 に示す属性を持って保存される(表 4 では、XML 言語の DTD 形式で記述した)。学習者の

表 4 発言に関する記述定義  
Table 4 Description of intentions.

項目説明	記述
要素名	<!ELEMENT Utterance (#PCDATA) >
属性名	<!ATTLIST Utterance
発言 ID	id ID #REQUIRED
関連発言	ref IDREF #IMPLIED
発言者	utterer IDREF #REQUIRED
発言順序	order NMTOKEN #REQUIRED
相対時刻	relativeTime NMTOKEN #REQUIRED
発言意図	intention CDATA (direction   conclusion   question   answer   agreement   disagreement   comment   idle talk) >

個々の発言には、その発言をするに至った関連発言へのポインタ、8 種類からなる発言意図属性、発言した相対時刻等でデータを管理する。

(6) Argument Simulator: 対話シミュレータでは、ビデオの経過時間に合わせて、セクション内の話題に沿った対話を、優先順位順に提示していく。セクション内の時間帯を超える対話については、提示しない。対話内の各発言は、発言者の静止画とともに、発言文字数に適度な定数をかけて発言時間を計算し、一定時間提示するようにした。

(7) Asynchronous Communication Tool: 非同期対話ツールでは、学習者にツリー構造でテキスト形式の対話スレッドを提示する。学習者は、そのツリー上の任意の発言に対する発言追加ができる。発言入力時には、発言属性を制限し、対話の円滑な進行を促す。さらに、提示された既存の対話の文脈に対し、新規対話スレッドを起こせる。その際には、入力ボタンを押したアクションが属するセクションに、その対話が属するものとして蓄積される。なお、これらはビデオを停止させて行うことも、停止させずに行うこともできる。

(8) Personal/Shared Notebook: 個人・共有のノート機能であり、直線、矩形等が指定できる。また、背景に講師の用意したスライド画像を付け、その上にメモをとることも可能である。さらに、学習者は時系列に沿って操作系列を参照したり、操作を遡って削除・追加したりできる。

(9) MediaPlayer: ストリーミング映像のプレイヤーである。講義がセクションに分けられる場合は、ストリーミングサーバのインデクサ機能を利用して、セクションごとに提示する対話シミュレーションの URL を指定できる。この機能を利用して、学習者は講義内の任意のセクションから受講を開始することが可能である。



図5 インタフェース

Fig. 5 User interface.

## 4.2 インタフェース

図5にクライアントのユーザインタフェースを示し、動作例を説明する。学習者は、本システムの最初の利用時に、ユーザ登録等を行い、学習者のプロフィールに、興味キーワード等を登録する。興味キーワードは、学習者の受講を通じて更新される。学習者は、受講クラスに入ると、(A)上のビデオ教材により聴講する。学習者が一度受講した講義に対する再受講者の場合、Player下部のメニューから、任意の講義セクションを選択し、自由に受講することができる。講義区間のインデックスに同期させて、(B)の対話再現環境や(C)のノート環境および、講義で用いるPowerPoint等のスライド教材もその内容が更新される。(B)では、学習者が選択したセクション内の対話について、優先度の高いものから順に再現され、セクション内で再現できない対話は、講義終了後、テキスト形式の対話環境(D)で参照することもできる。(B)における各対話の再現時には、発言者順にその登録写真と発言内容が順次表示される。提示された対話に対して、学習者が発言を追加したい場合は、(D)内の任意の発言を選択す

ることで、入力インタフェース(E)が表示され、発言意図属性とともに、内容を入力することができる。入力された内容は、過去の対話参加者にメールにより通知され、非同期学習者に対し、その発言の参照や応答を促す。(D)では、キーワードによる対話の検索機能や、学習者の興味キーワード登録機能も備えており、関心度の抽出に利用する。(C)ノート環境では、テキスト形式のノート機能のほかに、背景に講義スライドも表示できるドロークャンバスを持つ。その内容はサーバ側に保存でき、検索・再現できる。

## 5. 実験的評価

### 5.1 評価方法

我々は、本システムを用いて実験的試用評価を行った。講義コンテンツは「携帯用のJavaアプリケーション開発」を題材に、スライド18枚、5セクションからなり、ビデオ全体で約30分間の内容を、独自作成したものを使用した。また被験者は、情報系大学生14名が参加し、評価期間4日間で実施した。被験者は、実験前にプレテストと討論システムを受けさせ、学力

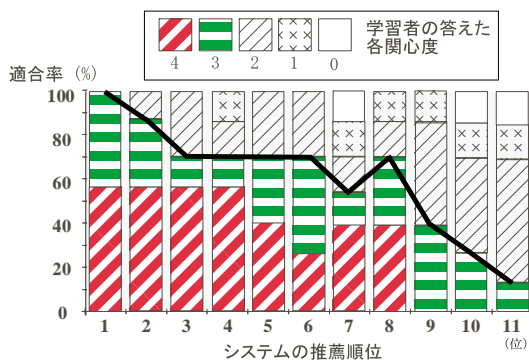


図6 学習者自身による評価とシステムの推薦順位の適合率  
Fig. 6 Conformity of each dialogue priority between system's and learners'.

および発言頻度が均等になるように、7名ずつの2つのグループに分けた。評価は、以下に示す本手法の実装グループ A と実装しないグループ B による比較評価として実施した。

- (1) グループ A：優先順位を付けて対話提示するシステム (A) を利用した。
- (2) グループ B：対話の発生時刻になると、各対話ごとに対話シミュレータのウィンドウが重複起動できるシステム (B) を利用した。

システム内で行われる対話は、グループ内での共有はできるが、グループ間での共有はできないように設定した。また被験者は、評価期間中は任意の時間に受講できるものとし、プレテストのほか、3日間の試用後のポストテストにより、合計4回のテストを受けた。試験問題は、ビデオおよびスライドの内容を含む初期教材に関する内容のほか、初期教材には含まれない内容まで含め、それぞれ50問(50点満点)作成した。なお評価中は、各試験問題について口外しないことを徹底させた。

### 5.2 評価結果

#### (1) 優先順位の適合度

結果として、グループ A、B 全体で46の対話が蓄積された。この内半数がグループ A により蓄積されたものである。まずシステムによる各対話の優先順位付けについて、実際の学習者の興味の適合度がどの程度になるかを検証した(図6参照)。図の横軸は、各学習者に対し、5つのセクション内でそれぞれシステムが推薦した各対話の優先順位を示す。7名の被験者には、蓄積された対話ごとに、実際はどの程度興味があったか、全実験後に0~4の5段階でチェックさせ、それが全体の何%になるかを縦軸にしてプロットした。たとえば、システムの優先順位1位の各対話に対する学習者の関心度は、3または4を付けた被験者が100%を

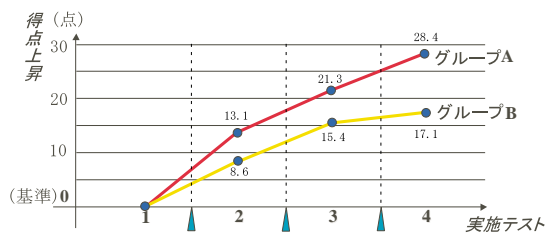


図7 各グループのテストの上昇線  
Fig. 7 A graph of rising trend for each group's academic examination.

示し、優先順位11位の各対話に強い関心を示した被験者は、12%程度であった。なお、図6では、上位11番目までの優先順位での対話を比較しており、以降の対話に関心度3以上の学習者からの回答はほとんど含まれなかった。このグラフで、3または4の比較的高い関心度を示す対話と、システムの優先順位は、グラフ中の折線に示すように右下がりの傾向を示す。このことは、発言属性に基づく学習者の関心度の抽出が、高い割合で一致していたことを意味する。

(2) ペーパーテストによる評価  
同じ講義内容を合計3回受講させたため、実得点結果よりも各被験者の得点の上昇率による相対的得点評価を用いる。すなわち図7は、システムが抽出した関心度による対話の優先順位付けが、学習効果の向上につながる指標として実施したペーパーテストの比較結果である。図7は、各被験者の初回得点を基準に、各グループ平均で何点上昇したか、4回の試験について示す。プレテスト(図7中の1)と第1回目のテスト(図7中の2)の間に、最も顕著に上昇傾向に差が見られた(平均して約5点)。また、最終的な得点上昇を見てもグループ Aの方が10点以上向上している。総じて、グループ Bよりもグループ A(対話の優先順位付け機能を持つ)の方が高い上昇率を示した。このことは、本手法が、実際に学習に効果的であることを示す。

(3) アンケートによる主観評価  
前項までの客観的データのほか、システム全体および特徴的な機能に対し、5を最高値とする5段階アンケート結果を、主観評価として表5に示す。これによると、Q1の操作性評価等は高い結果が得られたが、Q3では継続使用に対する希望は比較的低い結果となった。この理由として、自由記述による評価の中で「今回の実験コンテンツを単一講義に絞ったことによる」という意見や「メモ機能の充実化等が必要である」ことを提言する意見があった。したがって、



表5 システム全体の5段階アンケート結果  
Table 5 A questionnaire survey.

番号	項目	A 平均	B 平均	全体
Q1	全体的に操作は簡単でしたか?	4.1	4.0	4.1
Q2	本システムが学習に役立つと感じましたか?	4.0	4.1	4.1
Q3	本システムを継続使用したいと思いましたか?	3.8	3.7	3.8
Q4	本システムを使用して、何か新たに興味を持つトピックがありましたか?	4.3	4.0	4.2

今後のシステム改善と継続的の評価が必要である。Q4は全体的に高い値を示しているが、グループAの方がBよりも比較的高い評価を得ており、これも本アプローチの有効性を示すデータといえる。さらに、「ビデオを停止した状態で新規対話作成できたり、過去の対話の途中で新しく意見を挿入できたりするのが良い」のような前向きな意見も得られた。

## 6. おわりに

従来のFTF講義では、講師が受講者の学習状況を見ながら講義の流れをコントロールするが、CMCによる非同期遠隔講義では、オンデマンド映像の再生機能を学習者自身で操作することで、講義の流れを制御する。つまり、講義進行の制御主体は、講師が行う場合と、学習者が行う場合という形で対比できる。前者の場合、参加者間の協調作業や討論時のアジェンダが統一されるメリットがある反面、講義進行が聴講者全体で強制的に統一される制約を受ける。本研究のような非同期参加型の場合、このような制約は存在せず、何度でも再受講できるメリットを持つ。しかし、オープンエンドな環境下での実現には、ビデオ映像等の経過時間ごとのトピックと、学習者間の討論で取り上げられる話題を同期提示させる際の工夫が必要である。

そこで、まずあらかじめ作成される初期教材と学習者間インタラクションによって蓄積される付加教材の組合せ手法の考察を行った。次に、その実現手法として、学習者の理解・興味に応じた対話の優先順位付けを導入し、実際にシステム実装を行った。本手法は、他の討論支援システムのように、認知的アプローチを重視するのではなく、教材の時間経過にともなうトピックの遷移に対し、発生した対話を擬似的に同期させることに主眼を置いた。また、学習者はいつでも非同期参加できるため、ある対話に結論節が導出されたとしても、その後の追加発言による議論の展開が期待できる環境となっている。最後に述べた実験の評価では、システム全体の機能改善に対する要望も上がっており、継続的な開発・評価が必要であるが、本手法自体には良好な結果が得られた。

謝辞 本研究は、科研費、奨励研究(A)13780121、基盤研究(B)2)12558011、13480047の援助を受けた。また、同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクト「知能情報科学とその応用」研究の一環として行った。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) Hoppe, H.U., Luther, W., Muhlenbrock, M., Otten, W. and Tewissen, F.: Interactive Presentation Support for an Electronic Lecture Hall—A practical report, *Proc. ICCE99*, Vol.1, pp.923–930 (1999).
- 2) Sonka, M., Dove, E.L. and Collins, S.M.: Image Systems Engineering Education in an Electronic Classroom, *IEEE Trans. Education*, Vol.41, No.4, pp.263–272 (1998).
- 3) 前田香織, 相原玲二, 大槻説乎: 遠隔講義のためのマルチメディア教材提示システム, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.161–167 (1999).
- 4) 海尻賢二, 海谷治彦: WWWを利用した記録・再生型遠隔講義システム, 人工知能学会研究会資料, SIG-IES-9902, pp.25–30 (1999).
- 5) 大川恵子, 伊集院百合, 村井 純: School of Internet —インターネット上での「インターネット学科」の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.10, pp.3801–3810 (1999).
- 6) Hiltz, S.R. and Wellman, B.: Asynchronous Learning Networks as a VIRTUAL CLASSROOM, *Comm. ACM*, Vol.40, No.9, pp.44–49 (1997).
- 7) Matsuura, K., Ogata, H. and Yano, Y.: Agent-based Asynchronous Virtual Classroom, *Proc. ICCE99*, Japan, Vol.1, pp.133–140 (1999).
- 8) Matsuura, K., Ogata, H. and Yano, Y.: Agent's contribution for an asynchronous virtual classroom, *Proc. ITS2000*, Canada, pp.344–353 (2000).
- 9) 松浦健二, 緒方広明, 矢野米雄: 講義・教室型の非同期バーチャルクラスルームの試作, 教育システム情報学会誌, Vol.17, No.4, pp.319–328 (2000).
- 10) 波多野諄余夫, 稲垣佳世子: 知的好奇心, 中公新書 (1995).
- 11) Soller, A.L. and Lesgold, A.: Analyzing Peer Dialogue from an Active Learning Perspective, *Proc. AI-ED 99 Workshop*, France, pp.63–71

(1999).

- 12) 稲葉晶子, 岡本敏雄: 協調学習における議論支援のための Negotiation Process Model, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J80-D-II, No.4, pp.844-854 (1997).
- 13) Conklin, J. and Begeman, M.L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, *Proc. CSCW88*, pp.140-152 (1988).
- 14) Scardamalia, M. and Bereiter, C.: Technologies for knowledge-building discourse, *Comm. ACM*, Vol.36, No.5, pp.37-41 (1993).
- 15) Nardi, B. (Ed.): *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press (1996).
- 16) Barros, B. and Verdejo, M.F.: Analysing student interaction process in order to improve collaboration—The DEGREE approach, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, pp.221-241 (2000).

(平成 13 年 3 月 26 日受付)

(平成 13 年 6 月 19 日採録)



松浦 健二

1994 年徳島大学工学部知能情報工学科卒業, 1996 年同大学院工学研究科博士前期課程修了. 同年旧 NTT 入社, 通信放送機構委託研究員として電子現金システムの開発に従事.

1999 年退社後, 徳島大学大学院工学研究科博士後期課程入学, 在学中. CSCL, CMC, セキュリティマネージメント, 知識マネージメントに興味を持ち, 現在グループ学習支援の研究に従事. 教育システム情報学会, AACE 各会員. e-mail: matsuura@is.tokushima-u.ac.jp



緒方 広明 (正会員)

1992 年徳島大学工学部卒業, 1994 年同大学院博士前期課程修了. 1995 年同博士後期課程退学. 同年, 同大学工学部助手. 現在, 同助教授. 博士 (工学). CSCW, CSCL に興味を持つ. 教育システム情報学会論文賞. WebNet 99 論文賞受賞. 電子情報通信学会, 教育システム情報学会, ACM, IEEE, AAAI, AIED, AACE 各会員. e-mail: ogata@is.tokushima-u.ac.jp



矢野 米雄 (正会員)

1969 年大阪大学工学部通信工学科卒業, 1974 年同大学院工学研究科博士課程修了. 工学博士. 同年徳島大学工学部助手. 1990 年同教授. 1979~1980 年米国イリノイ大学 Computer-based Education Research Laboratory 客員研究員. 著書「ソーティングノート」(ソフトバンク)等. 教育システム情報学会論文賞 (平成 10 年度). WebNet99 論文賞. 教育システム情報学会副会長. 論文誌編集委員長, 電子情報通信学会, 日本教育工学会, IEEE, AACE 各会員. e-mail: yano@is.tokushima-u.ac.jp