

マルチメディア教材を用いた対話的な遠隔授業のための 教授設計手法とそのための教授システム

樋口 祐紀[†] 三石 大[†] 郷 健太郎[‡]

東北大学大学院教育情報学研究所/教育部[†] 山梨大学総合情報処理センター[‡]

近年、情報技術を用いた教育手法の研究や実践が多く行われているが、利用されるツールの機能の制約や、これによる教授設計プロセスにより、生徒の理解状況や質問内容に合わせて適切な教材を提示するといった対話的な授業展開はそのままでは困難である。そこで我々は、マルチメディア教材を用いた対話的な授業展開のための教授設計手法の確立を目的とし、授業中の生徒の反応を基に授業プランの改編を行う教授設計プロセスモデル Double Loop Model と、シナリオの記述による設計手法を提案し、これによる教師の活動を支援する対話型教授システムの設計、実装を行う。実装したシステムを同期型の遠隔授業において用いた結果、参加者からの評価結果から柔軟な授業展開が可能である事を確認した。

An Instructional Design Methodology and the System for an Interactive Distance Class with Multimedia Educational Materials

YUKI HIGUCHI[†], TAKASHI MITSUISHI[†] and KENTARO GO[‡]

Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University[†]
Center for Integrated Information Processing, University of Yamanashi[‡]

Recent years, although many researches and practices of educational methodology with information technology, a teacher could not present suitable educational materials according to student's reactions because of restriction of its tools or its instructional design process. In order to overcome such a problem and operate effective instruction with multimedia educational materials, we are proposing Double Loop Model as an instructional design process model. It employs a scenario-based approach, and facilitates modification of instruction plan and evaluation of implemented instruction. Based on our model, we developed interactive instruction system, and performed distance classes with our system. As a result, we confirmed we could operate effective class with our system based on the proposing model.

1 はじめに

近年、PowerPoint 等のプレゼンテーションツールを用いた授業や、テレビ会議システムを利用した遠隔授業の実施など、教育活動への情報通信技術の導入が進み、これらによる教育効果の向上が期待されている。しかしながら、教師と生徒との対話による柔軟な授業が難しい、用いる教材や資料の作成のための教師の負担が大きといった問題が指摘されている [1]。

そこで我々は、柔軟で効果的な授業の実施のための教授設計プロセスモデルと、その支援手法の確立を目的として、新たな教授設計プロセスモデルを提案し、これに基づく授業実施のための教師の活動を支援する対話型教授システム IMPRESSION の開発を行ってきた。本稿では、我々の提案するプロセスモデルと、この支援手法について述べると共に、同期型遠隔授業における IMPRESSION の評価を行う。

2 柔軟な授業実施のための教授設計プロセスモデル 2.1 既存教授設計プロセスモデルとツール

既存プレゼンテーションツールにより作成したスライド形式の資料を用いた対面授業や、この資料を授業風景映像と共に遠隔地へ配信し、これへの描き込みや文字チャットが可能なツールによる遠隔授業の実施に関する

研究は多い [2][3]。しかしながら、これら既存ツールによる授業では、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展開を前提としているため、授業内容が固定的となり、そのままでは授業中の生徒の理解状況や質問内容等の反応に応じた教材や資料の提示が困難であるだけでなく、その作成のために教師の多大な労力を必要とする。

このような既存ツールを利用した授業における、その計画、実施、評価のプロセスは、図 1 に示す形の Plan-Do-See の反復になっていると言える。このプロセスは、ADDIE モデル [4] などで提案されている既存の教授設計プロセスモデルと同様のプロセスであり、各フェーズの反復により授業プランと資料の精緻化を行う。これに対し、いくら綿密に設計された授業プランを用いたとしても授業中には想定していなかった事態が起こる事が指摘されている [5]。しかしながら、既存教授設計プロセスモデルは元々固定的な自学自習用教材の開発や、授業実施後における授業プランへの授業評価の反映を対象としており、このプロセスに従った場合には、生徒の理解状況や質問に対応するための授業プランの変更、及びこれに応じた教材や資料の作成や編集は授業終了後に実施される。このため、授業プランにおいて想定していなかった

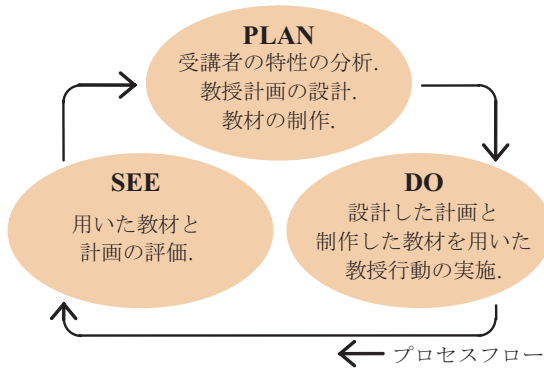


図 1: 一般的な教授設計プロセスモデル

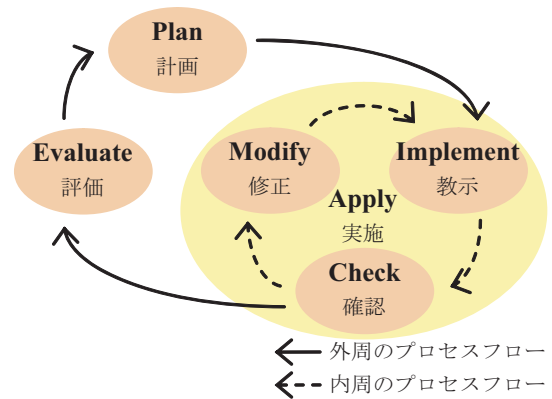


図 2: Double Loop Model

事態に対する授業実施時の対応は考慮されていない。

以上の様に、既存のツールを利用し、また既存の教授設計プロセスモデルに基づいて授業を行った場合、生徒の理解状況や質問への適切な対応が困難であり、効果的な授業の実施が難しいと言える。

2.2 授業中の教授と評価のための教授設計プロセスモデルの提案

2.2.1 Double Loop Model

我々は、授業中の教師と生徒との対話に柔軟に対応するための教授設計活動の支援を目的とした教授設計プロセスモデルとして、Double Loop Model を提案する。本モデルは、図 2 に示す様に Plan-Apply-Evaluate フェーズからなる外周と、Implement-Check-Modify フェーズからなる内周の二重構造により構成される。本モデルでは教師は、教授行動の実施と、この評価に基づく授業プランの改編を授業実施時に反復することで授業を進行する。

外周のサイクルは、一つの授業を実施する際の一連のプロセスを示す。Plan フェーズでは、実施する教授行動と利用する教材を決定し、授業プランを作成する。Apply フェーズでは、作成した授業プランを基に教授行動を実施する。Evaluate フェーズでは、作成した授業プランと実施した授業結果との差異から授業プランを評価する。

内周のサイクルは、授業中の教授行動と、この評価による授業プランの改編の反復プロセスを示す。Implement フェーズでは、授業プランに従い教授行動を実施する。Check フェーズでは、実施した教授行動を生徒の反応から評価する。Modify フェーズでは、Check フェーズでの評価結果に基づき、必要に応じて授業プランを改編する。

この様に本モデルでは、従来の Plan-Do-See モデルとは異なり、授業実施時における授業プランの改編を想定している。これにより、予め想定していなかった事態に授業中に柔軟に対応できるだけでなく、この授業後には、用いた授業プランの問題点と、これに対応するために実施した教授行動、及びこの結果をそれぞれ参照して授業

本日の講義の内容はコンピュータアーキテクチャに関するものであり、受講する学生は情報科学科の学部 1 年生である。学生はそれぞれほぼ同等の理解度、進捗度である。講義はキャンパスのコンピュータ室で実施する。コンピュータ室には講師用と、学生の机の前にそれぞれ受講者用のコンピュータが設置されている。講師用のコンピュータの画面は教室の前のスクリーンにプロジェクトにより投影される。本日の講義では、CPU によるプログラムの実行のためのデータ処理の理解を目的としている。

講義開始後には、まず講義内容を示したスライド資料を提示し今回の講義の目的を説明する。次にビデオ教材により CPU のデータ処理の動作を提示する。しかしながら、学生の中には一度見ただけでは理解できない者がいるかもしれない。この場合には、先に進むことなく、もう一度ビデオを再生して対応する。次にハードウェアとソフトウェアの関係を示したwebページを提示し、CPU によるプログラムの実行の際のデータ処理の流れを説明する。最後に講義のwebページから課題のリストを提示して説明し、講義を終える。

図 3: 教授シナリオの例

プランを評価できる。このため、Plan-Do-See モデルと比較して、より多くの評価対象を得られる。

2.2.2 教授シナリオ

Double Loop Model では、授業プランの作成時に教師の教授行動と、これに対する生徒の反応による両者の相互作用を明らかにする必要がある。そこで、Double Loop Model における教授設計手法には、シナリオに基づく設計手法 [6] を採用する [7]。このシナリオに基づく設計手法は、ソフトウェア工学分野での要求分析において用いられる手法であり、分析対象のシステムの機能と予想される利用者の行為を時系列に沿って自然言語等により記述する。これにより、単にシステムの要求を文書化するだけでなく、ユーザが取り得るシステムとの相互作用を構築前に明確化できるという利点を持つ。

我々の手法では、設計する授業における教師の教授行動と、これに対して予想される生徒の理解状況や質問等の反応を教授シナリオとして記述する。これにより、実施する教授行動を授業計画時に具体的に明らかにできる。この例として、コンピュータアーキテクチャの講義を想

表 1: 教授行動の定義

記号	教授行動の種類
h_n	手書きによる説明
p_n	写真, 絵, 図を用いた説明
s_n	PowerPoint 等によるシートを用いた説明
v_n	ビデオクリップを用いた説明
w_n	web ブラウザと web ページを用いた説明

表 2: 教授シナリオから抽出した教授行動

記号	教授行動
s_1	スライドによる授業のトピックの説明
v_1	ビデオクリップによる CPU の動作の説明
w_1	web ページによるハード/ソフトの関係の説明
w_2	web ページによる課題の説明

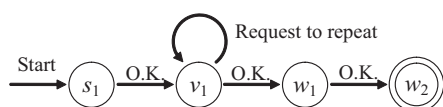


図 4: 状態遷移図の例

定して記述した教授シナリオを図 3 に示す。

また, この様にシナリオにより記述された授業プランは, 教授行動を状態とし, 教授行動に対して予想される生徒の反応を遷移条件とする状態遷移図としても表現できる。例えば, 各教授行動を表 1 の様に分類し, 記号により定式化すると, 図 3 の教授シナリオにおける教授行動を表 2 の様に表現できる。これに基づき, 状態遷移図を記述すると図 4 の様に表現できる。

以上の様に, シナリオにより授業プランを記述する事で教授行動を明確化でき, さらにこれを状態遷移図として表現する事で, 授業プランを直感的に確認できる。

2.2.3 教授シナリオを用いた Double Loop Model に基づく授業設計プロセス

我々の手法に従った教授設計プロセスの例として, 図 3 の教授シナリオを用いた際の活動の流れについて述べる。

講義前(Plan phase): 講師は講義の計画を行うために教授シナリオ(図 3)を記述し, 4 つの教授行動(表 2)を計画した。また, それぞれの教授行動に対する学生からの反応を予想し, これらを状態遷移図(図 4)として表記して授業プランを作成した。そして, それぞれの教授行動のために必要な教材を用意した。

講義中(Apply phase): 講師は授業プランに従い, 計画した教授行動を実施して授業を進めた。しかしながら, 教授行動 w_1 の後には学生から「CPU とメインメモリの記憶容量を超えるソフトウェアやデータはどの様に処理するのか」という, 授業プランでは想定していなかった質問が発生した。講師はインターネット上の教材データペー

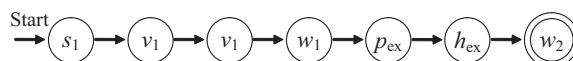


図 5: 授業中に行った教授行動の系列

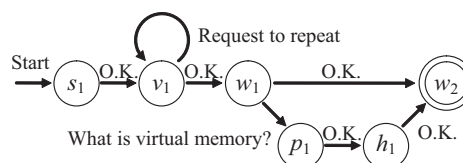


図 6: 次回授業のために作成した状態遷移図

スからメインメモリとハードディスクの構成を示した静止画教材を探し出し, これを提示して (p_{ex}), 描き込みを加えながら (h_{ex}) 仮想メモリの説明を行い, 質問に応えた。

この様に実施した教授行動の系列を図 5 に示す。なお, p_{ex} , h_{ex} は授業プランでは想定しておらず, 講義中の学生からの質問に応えるために急遽実施した教授行動を示す。

講義後(Evaluate phase): 次の日には同じ内容の講義を他のクラスでも行う必要があった。そこで, 講師は前回作成した教授シナリオ(図 3), 状態遷移図(図 4), 及び講義中に実施した教授行動の系列(図 5)をそれぞれ比較して検討した結果, 他のクラスにおいても同様の反応が起こり得る事を予想し, 新たな授業プランを作成した。設計した新規授業プランの状態遷移図を図 6 に示す。

以上の様に, Double Loop Model に基づいた教授設計プロセスでは, 教師は授業前に想定される教授行動と生徒の反応を授業プランとして作成し, これに従い授業を実施する。また, 生徒の反応から教授行動に対する評価を授業中に即座に実施し, 必要に応じて授業プランを改編しながら授業を進行する。実施した教授行動の系列は, 授業後の評価により, 想定した授業プランと比較され, 次回授業プランの改善のための指標となる。

また, 教授シナリオによる教授設計手法により, 教師と生徒との相互作用を考慮し, どの様な生徒を対象として何を実施するかを記述するため, 授業中に実施する具体的な教授行動を明確にでき, 授業の流れを状態遷移図とした授業プランを作成できる。これにより, 授業中に生徒の反応に基づく授業プランの変更が生じた場合でも, 追加, または変更するべき教授行動を明確にできる。

3 Double Loop Model のための教授システム

提案手法では, 授業中の授業プランの変更に対応するための柔軟な教授行動の実施や, 授業後の評価のために授業中の教授行動を記録できる必要がある。そこで, これまで我々は Double Loop Model に基づく授業の実施 (Apply フェーズ), 及び授業後の評価 (Evaluate フェーズ) のためのツールとして, 対話型教授システム IMPRESSION を提

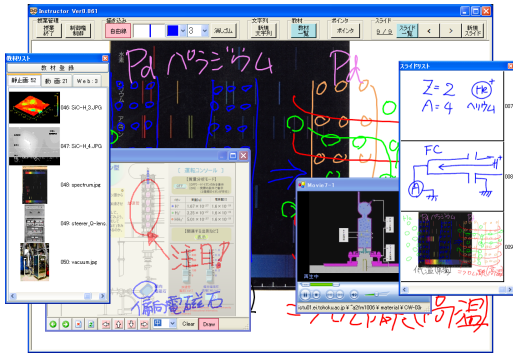


図 7: 講師端末の実行例

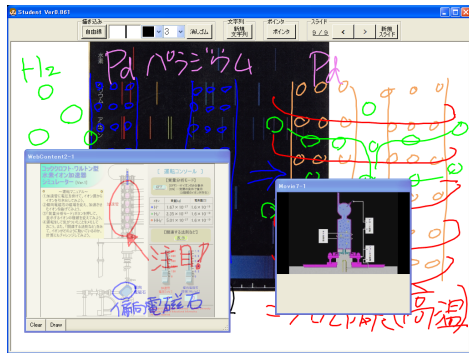


図 8: 受講者端末の実行例

案し、これを設計、実装してきた [8]。今回、授業中の教師による教授活動への支援の有効性評価のために、同期型遠隔授業 [9] において本システムを利用し、この評価を行った。

3.1 対話型教授システム：IMPRESSION

IMPRESSION は、同一教室内で行う対面授業とネットワークを介した同期型遠隔授業の双方を対象とした対話型教授システムである。本システムは我々が提案する Double Loop Model の Apply フェーズにおいて、生徒の反応に応じた柔軟な授業展開を可能とし、またその内容を記録し、Evaluate フェーズでの評価に利用できる。

教師は、図 7 に示す講師端末を利用し、授業前、授業中を問わずインターネット上の web サーバで提供される任意のマルチメディア教材データを選択、登録できる。授業中には登録した教材の選択、提示、ペン入力による注釈等の描き込み、スライドの切り替えやポインタの提示の各教示機能を利用して、生徒との対話に応じて授業を進行する。この際、利用した教材の URL と、教師が行った操作内容のデータが生徒が利用する図 8 に示す受講者端末へ送信される。受講者端末では、受信した URL に基づき web サーバから教材を取得し、同様に受信した操作内容に基づき教材への操作を実施する事で、講師端末と同様の画面を実現できる。また受講者端末上での生徒による操作内容も同様に講師端末の画面上に反映される。こ

```
<?xml version="1.0" encoding="euc-jp" ?>
<lecture>
  <material>
    <define id="Image1" url="http://www.istu.jp/spectrum.jpg" />
    <define id="Movie1" url="http://www.istu.jp/CW-03.mpg" />
    <define id="Web1" url="http://www.istu.jp/simulator.html" />
    ...
  </material>
  <start date="2005/05/04/16:13:16" />
  ...
  <operate time="1162">
    <present id="Image1-1" x="192" y="-108" />
  </operate>
  ...
  <operate time="1680">
    <movie id="Movie1-1">
      <seek time="36.2179832" />
    </movie>
  </operate>
  ...
  <draw time="1837">
    <line id="Web1-1" color="#FFFF0000" width="3">
      <point x="332" y="411" />
    </line>
  </draw>
  ...
  <end date="2005/05/04/17:16:27" />
</lecture>
```

図 9: 授業データの例

の様に実施した教授行動は記録、蓄積され、図 9 に示す授業データとして生成される。それぞれの端末では、過去に生成された授業データを取得し、記録された教授行動を再生する事で授業内容を時間軸に沿って再現できる。

本システムでは、授業中に提示する教材データとして、美術館、博物館等の各種専門機関からインターネットを介して提供されるマルチメディアデータや、ニュース記事等の即時性のあるコンテンツを活用できる上、これらを必要に応じて web サーバから取得し、対話的に提示して授業を進行できる。これにより、生徒の反応に基づき授業中に授業プランを変更した場合でも、教材の追加提示や注釈文の描き込み等により臨機応変に対応できる。さらに、教授行動が記録された授業データによる授業内容の再現により、教師は実施した授業の評価や次回授業の設計のための指標として、また、生徒は授業の復習用教材として利用できる。

3.2 実験

教師の教授行動に対する支援の有効性を確認するために、IMPRESSION を同期型の遠隔授業において利用した実証実験を行った。

3.2.1 実験の概要

岩手県盛岡市の高校 2 年生 15 名を対象に同期型の遠隔授業を実施した。本授業は、東北大学に設置されている大型実験装置の遠隔見学、遠隔運転や小実験を行い、実験装置の構造や原理を学習する内容である。この内容は、本来は大学の学部 3 年生を対象としたものであり、これを高校生向けに再構成して実施した試験的な授業であった。このため、今後定期的なこのような授業を行うために

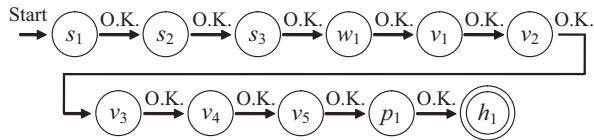


図 10: 1 日目の授業プラン

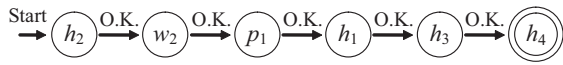


図 11: 2 日目の授業プラン

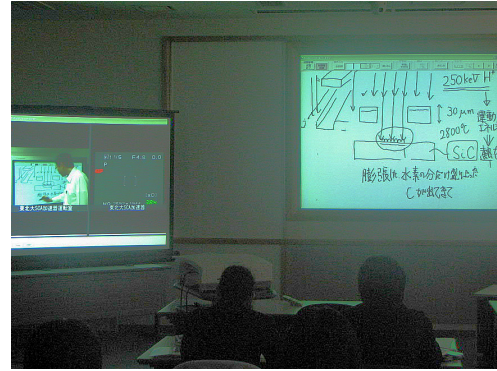


図 13: 実施した授業の様子

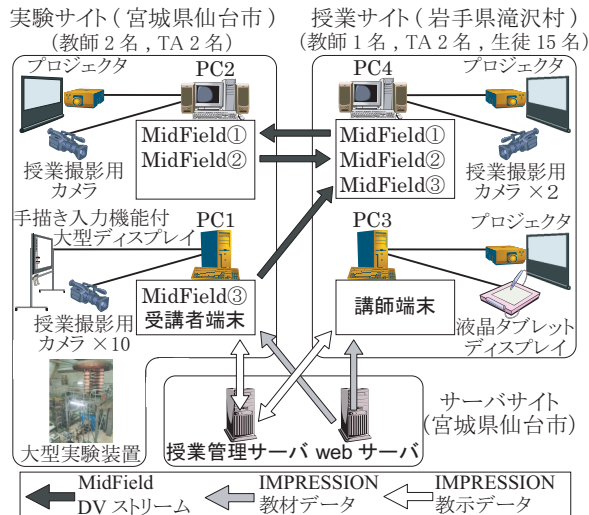


図 12: 遠隔授業で用いたシステムの構成

授業プランの模索を行っていた段階であり、授業の実施に必要な教授行動と、このための教材を授業の評価により決定したいという考えの下、質疑応答を中心とする授業展開を想定して実施された。両日の授業プランとして作成した状態遷移図をそれぞれ図 10, 11 に示す。

3.2.2 システム構成

本授業で利用したシステムの構成を図 12 に示す。本授業では、大型実験装置が設置されている実験サイトと、生徒が受講する授業サイトを JGN-II 回線 (JapanGigabit Network 2: 1Gbps 中、700Mbps を予約して利用) により接続し、授業進行役の教師がいる授業サイトで講師端末を利用し、大型実験装置の運転を行う教師がいる実験サイトで受講者端末を利用した。また、両サイト間の音声と映像の相互通信のために、DV(Digital Video) ストリームの送受信が可能なマルチメディア通信システム MidField[10] を利用した。

3.2.3 実験結果

実施した授業の様子を図 13 に示す。これは実験サイトでの装置の運転結果の映像と、これを解説する教師の映像が MidField により授業サイトへ配信され、その際に実験サイトの教師が IMPRESSION により行った描き込み

表 3: 1 日目の教材利用状況

	静止画	動画	web	スライド	合計
準備した教材	50	21	10	3	84
追加した教材	0	0	0	0	0
利用した教材	2	5	2	3	12

表 4: 2 日目の教材利用状況

	静止画	動画	web	スライド	合計
準備した教材	50	21	10	3	84
追加した教材	9	0	0	6	15
利用した教材	7	0	3	9	19

の内容が併せて授業サイトで提示されている様子である。

また、両日の授業前に準備した教材、授業中に追加した教材、及び利用した教材の数をそれぞれ表 3, 4 に示す。今回は試験的な授業であったため、利用予定以外の教材も予め多数用意していた。しかしながら、2 日目には、授業中に新たな教材を追加登録したことが確認できる。

最後に、授業前に設計した授業プラン (図 10, 11) に基づき、両日の授業中に実施した教授行動の系列をそれぞれ図 14, 15 に示す。なお、両日の教授行動のノードの添え字が ex となっているものについては、授業設計時に想定していなかった教授行動であり、授業中に追加して実施したものを示す。

3.3 評価

IMPRESSION の教示機能の有効性の確認のため、授業終了後に複数選択形式の質問により生徒から評価を求めた。質問用紙は 15 名に配布し、14 名から回答を得た。この回答結果から、PC の誤操作による映像配信の停止等のアクシデントが起こったものの、MidField の映像配信による声と身振り手振りの説明に合わせて IMPRESSION の描き込みによる教示が問題無く実施されていた事を確認した。また、IMPRESSION がその特徴とする教材の対話的提示による教示については、授業中に実験サイトからの説明に合わせて、授業サイトにおいて教材提示により補足説明を行った事が高く評価された。しかしながら、

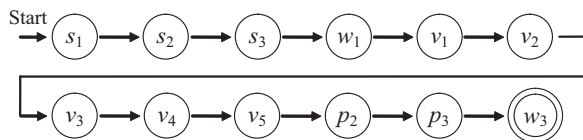


図 14: 1 日目に実施した教授行動の系列

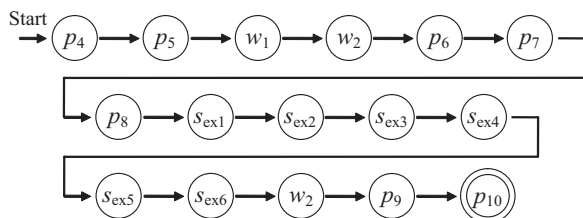


図 15: 2 日目に実施した教授行動の系列

この対話的提示に対して、授業進行の妨げとなるほど時間がかかるわけではないが、教師が提示する教材を探す際に多少の時間がかかっていた事が確認された。

また、IMPRESSION の教示機能の操作性の確認のため、自由記述形式の質問により、教師と TA から評価を求めた。質問用紙は 7 名に配布し、全員から回答を得た。回答結果からは、「静止画、動画、web ページによる教材を容易に提示でき、これに描き込みを加えられる教示方法は有効」や「説明箇所に合わせてポイントを意識的に使うなど、遠隔授業ならではの教示方法が必要」といった回答を得られた。これらの結果から、IMPRESSION により、遠隔授業においても十分な教示が可能であるが、遠隔授業を意識した利用を行う事で、さらに効果的な教授を期待できると考えられる。

加えて、用いた授業プラン (図 10, 11) と、教材の利用状況 (表 3, 4)、及び実施した教授行動の系列 (図 14, 15) から、実施した教授行動が授業プランで計画した教授行動と異なるだけでなく、新たに教材を追加して教授行動を行えている事が確認できる。これらの結果から、生徒の反応を基に、実施した教授行動の評価を授業中に行い、これに基づく教授行動を IMPRESSION により柔軟に実施可能であると言える。

4 まとめ

本稿では、授業プランの作成と評価に教授シナリオの記述を利用し、授業中の評価に基づく授業プランの変更と、これに対する柔軟な教授行動のための教授設計プロセスモデルとして Double Loop Model を提案した。また、提案モデルに基づいた教師の活動を支援する対話型教授システム IMPRESSION の有効性評価を行った。

IMPRESSION を利用することで、Double Loop Model の Apply フェーズでは、ネットワーク上の教材の対話的提示により、授業プランで想定していなかった事態へも

柔軟に対応できる。また、授業時に実施した教授行動とその結果を記録する事で、Evaluate フェーズでは、授業プランの改善方法も含めて、実施した教授行動を確認でき、これらの評価を行える。

現在、IMPRESSION では Double Loop Model に対する支援として、Apply フェーズと、Evaluation フェーズの支援のみに留まっている。今後、教授シナリオの利用をシステムに組み込み、教師による授業プランの作成を支援する等の他のフェーズの支援を行うためにシステムの実装を進める予定である。

謝 辞

本評価実験の機会を御提供頂きました東北大学大学院教育情報学研究部教授 岩崎信先生、本遠隔授業に御協力頂きました岩手県立盛岡第一高等学校教諭 互野恭治先生、参加して頂きました生徒の皆さんにこの場を借りて御礼を申し上げます。

なお、本研究の一部は、平成 16~18 年度文部科学省科学研究補助金 若手研究“ Web 上の共有教材による双方向対話型インストラクションシステムの開発に関する研究 ”(研究代表者: 東北大学大学院教育情報学研究部 助教授 三石大 [16700550]) による。

参 考 文 献

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 宗森純, 重信智宏, 丸野普治, 尾崎裕史, 大野純佳, 吉野孝: 異文化コラボレーションへのマルチメディア電子会議システムの適用とその効果, 情報処理学会論文誌 Vol. 46, No. 1, pp. 26-37 (2005).
- [4] Gagne, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C. & Keller, J. M.: Principles of Instructional Design(5th ed.), Thomson Wadsworth, pp. 21-37 (2004).
- [5] 吉崎静夫: 授業における教師の意思決定モデルの開発, 日本教育工学雑誌, Vol. 12, No. 2, pp. 51-59 (1988).
- [6] Go, K., & Carroll, J. M.: Scenario-Based Task Analysis, *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*, pp. 117-134 (2003).
- [7] 郷健太郎, 三石大, 樋口祐紀: 遠隔教育におけるシナリオに基づく授業設計支援に関する研究, 情報学ワークショップ 2004 論文集, pp. 87-92 (2004).
- [8] 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ワークショップ論文集 Vol. 2003, No. 19, pp. 227-232 (2003).
- [9] 樋口祐紀, 小山田誠, 橋本浩二, 三石大, 岩崎信, 最上忠雄, 長谷川晃, 中島平, 柴田義孝: 高精細動画通信と対話型教授システムによる遠隔物理実験授業の実践, 信学技法 MoMoC2004-106, IA2004-37, pp. 111-116 (2005).
- [10] 橋本浩二, 柴田義孝: 利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌 Vol. 46, No. 2, pp. 403-417 (2005).