

利用者の状況に応じて画面レイアウトが変更可能な 遠隔教育支援システムの提案

野口 晃 司^{†1} 勝間 亮^{†1} 長瀬 寛 之^{†2}
山内 由紀子^{†1} 柴田 直 樹^{†3}
安本 慶 一^{†1} 伊藤 実^{†1}

本稿では、実空間における講義により近いコミュニケーションの実現を目指した遠隔教育支援システムを提案する。提案システムでは、(1) 講義中に变化する講義の形態（講義、演習など）や学習者の状況（発表、聴講など）に合わせてシステムが表示する情報および表示形式を適応させる機能、(2) 多数の学習者の学習状況の把握を支援する機能を提供する。上記 (1) を実現するため、講義形態・講義参加者の状況（モードと呼ぶ）毎に画面レイアウトを定義する機能、モード間の状態遷移を定義する機能、講義参加者間でモードの遷移を同期させる機能を実現する。また、(2) を実現するため、レイアウト中の指定したウィンドウに特定の学習者の映像を表示したり、複数の学習者の映像を周期的に切り替えて表示する機能を提供する。提案システムのプロトタイプを OpenCV および Java 言語を用いて実装し、模擬授業を通して有効性を調べた。その結果、提案システムは、学習者の講義内容の理解、臨場感の体感において一定の有効性を持つことが分かった。

Remote Lecturing Systems with Screen Layout Selection Depending on User's Situation

KOJI NOGUCHI,^{†1} RYO KATSUMA,^{†1}
HIROYUKI NAGATAKI,^{†2} YUKIKO YAMAUCHI,^{†1}
NAOKI SHIBATA,^{†3} KEIICHI YASUMOTO^{†1}
and MINORU ITO^{†1}

In this paper, aiming to realize a remote lecturing interface close to the actual

lecturing environment, we propose a new remote lecturing system. Our system (1) offers various screen layouts to support different lecturing situations and allows switching between multiple screen layouts according to the progress of the lecture, (2) helps to grasp the condition of the students more efficiently. For (1), our system provides the functionality to define and show multiple screen layouts associated with different lecture situations and the functionality to synchronize the situation changes among the participants. For (2), our system provides the interface that periodically switches the user whose video is shown in each window of the layout, contributing to a better monitoring of the lecture environment. We implemented the prototype of the proposed system with OpenCV and Java and evaluated its usefulness through user experience. As a result, we confirmed that our system helps users to understand lecture content and feel presence in the lecture to some extent.

1. はじめに

近年、時間の制約等により通学が難しい学習者への学習機会の提供や、大学単位互換協定における学校間連携講義での利用などを目的とした遠隔教育の必要性が高まっている。現在、遠隔教育において、テレビ会議システムやネットワーク仮想環境に基づいた遠隔講義システムが使用されている。しかし、これらの遠隔講義システムを使用した講義では、実空間における講義と比較すると、いくつかの問題点がある。まず、Polycom¹⁾ など既存のテレビ会議システムを使用した講義では、複数地点のユーザが、高解像度の映像、高音質の音声を用いてコミュニケーションでき、表情や仕種などのアウェアネス情報の認知が容易である一方で、グループワークなどの際に、別空間にいる他の学習者とグループを組むことが難しく、グループワークを円滑に行うことができない。そのため、講義の形態が限定されてしまう。また、テレビ会議システムをベースとして開発された、Adobe Acrobat Connect²⁾ (以下 Connect) や P4Web³⁾、i-Collabo.Live⁴⁾ では、テレビ会議システムの利点に加え、画面の共有など講義に便利なツールの提供も可能であるが、ユーザ間で同じ画面レイアウトしか使用できないため、学習者が必要とする情報を効率良く得ることが難しくかったり、特定の学習者のみを表示してモニタリングを行うことが難しいという問題点が存在する。一方、

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

^{†2} 岡山大学 教育開発センター
Center for Faculty Development, Okayama University

^{†3} 滋賀大学 経済学部 情報管理学科
Department of Information Processing and Management, Shiga University

ネットワーク仮想環境に基づいたアプリケーションを使用した講義⁵⁾⁻⁷⁾では、ユーザ間の仮想空間内での位置関係が把握しやすく、グループワークなどに向いている。また、図の共有やチャットなど、講義に役立つツールの提供が容易であるという特徴を持つ。しかし、アバター同士のコミュニケーションでは、アウェアネス情報の認知が困難であるため、教師が学習者の理解度を把握するのが難しいという問題点が存在する。

本稿では、講義中の様々な状況において、利用者が実空間における講義により近いコミュニケーションを取れることを目指した遠隔教育支援システムを提案する。遠隔講義システムのインターフェイスである、各ユーザのディスプレイ上に表示される画面レイアウトに着目する。提案システムでは、(1) 講義、演習、グループワークといった様々な講義形態や、発表、質問、聴講などのユーザの状況の変化にあわせて、システムが表示する情報や表示形式を適応させる機能、(2) 多数の学習者の学習状況の把握を支援する機能を実現する。提案システムでは、上記(1)を実現するために、講義設計者が、各講義形態(講義、演習など)および各学習者の状況(質問、発表、聴講など)に対応した画面レイアウトの定義を行うことができるレイアウト設定機能を提供する。本機能は、教師、学習者毎に、取得したい情報を効率よく得られる画面レイアウトの作成を可能とし、より詳細に知りたい情報は大きく表示するなど、フレキシブルな画面レイアウト設定を可能にする。また、各講義形態とユーザ状況で構成される状態をモードとして定義し、モード間の状態遷移を定義し、講義参加者のシステム間でモードを同期させる講義形態間遷移機能を提供する。本機能は、講義の形態やユーザの状況の変化に伴う画面レイアウト変更を半自動化することで、既存システムにおけるレイアウト切替の手間を削減する。上記(2)を実現するために、学習者毎の映像の表示・非表示を設定することで、それら学習者の映像を周期的に1つまたは複数のウィンドウ上に切り替えながら表示するモニタリング機能を提供する。この機能により、例えば、ある学習者の学習状況の把握に注力したいという教師の希望に応じて、学習者の映像を手動または自動により、必要に応じた画面サイズでモニタリングできる。

OpenCV および Java 言語を使用して、ユーザの映像および音声を制御するキャプチャ部、ユーザからの入力、ユーザへの出力を制御する入出力部、ユーザ間の情報を制御する通信制御部、ボタン押下などによるレイアウトの変更情報を制御するシチュエーション認識部、モード間の状態遷移図や定義したレイアウトを管理する状態遷移管理部の5つのモジュールから構成されるシステムを試作した。試作したシステムを利用して、提案システムの各機能が実空間における講義に近いコミュニケーションを可能とするために有効であるかを検証するための評価実験を行った。その結果、レイアウト設定機能を付加した提案システ

ムは、約64%の学習者から講義内容の理解の助けになる、全ての学習者から臨場感が得られるという評価を得た。また、モニタリング機能を付加した提案システムは、モニタリング機能がないConnectと比較して、画質は劣っているものの、人数が多いほど映像の切り替えが学習者の状況把握において有効であるという評価を得た。

2. 関連研究

ネットワークを経由してリアルタイムに講義を展開、配信する遠隔講義システムを使用した講義において、実空間における講義により近いコミュニケーションを可能とするには、次の3つの機能を提供できることが望ましい。

- (1) 講義、演習、グループワークといった様々な講義の形態に応じて、教師、学習者にとって、画面レイアウトが使いやすい機能
- (2) 教師が学習者の学習状況を容易に把握し、また、各学習者が他の学習者の学習状況を把握することを支援する機能
- (3) 講義資料の配布や表示、板書、チャットなどの講義に役立つ様々なツールを提供する機能以上、3つの要求機能を踏まえて、既存の遠隔講義システムの概要およびこれら機能への対応状況を述べる。既存の遠隔講義システムは、大きく分けて、テレビ会議システムをベースにしたもの、ネットワーク仮想環境をベースにしたものに大別される。

テレビ会議システムを用いた遠隔講義は、複数地点の学習者に対して臨場感のある講義を行うため、遠隔地間をリアルタイムで接続し、教師の講義風景、表情、音声を学習者に、また、学習者の表情や質問を教師に相互配信するシステムである。テレビ会議システムの例としてPolycomなどが挙げられる。テレビ会議システムを用いた遠隔教育では、次に挙げる問題点が存在する。まず、学習者が複数の拠点に分散している遠隔講義の場合、別空間に存在する学習者同士ではグループを組むことが難しく、グループワークを行うことが困難であるという問題点がある。そのため、利用可能な講義の形態が限定されてしまう。また、別の問題点として、元々は映像・音声のみの会議を目的として利用されるシステムであるため、チャットや画面共有などの講義に役立つツールが提供されないことが挙げられる。

近年、幾つかのメーカーがテレビ会議システムをベースとした遠隔講義システムを開発している。その一例として、Connectがあり、以下の特徴・利点がある。

- 講義の形態に応じて複数の画面レイアウトの設定・利用が可能
- アウェアネス情報(表情・仕種)の認知が容易
- チャットや画面共有などのツールが提供可能

Connect では、テレビ会議システムと比べ、講義の形態が限定されてしまうこと、チャットや画面共有などの講義に役立つツールの提供が難しいことといった問題点は解消されているが、次のような問題点が存在する。

- ユーザの状況・役割毎の画面レイアウト設定が不可能
- 単一の画面レイアウトを全てのユーザで使用するため、各ユーザが望む情報を効率良く得ることが困難
- ユーザ全員を一度に表示するため、1人当たりの映像サイズが小さくなり、特に教師による学習者のモニタリングが困難

このように、テレビ会議システムをベースとした遠隔講義システムは、本研究の要求機能(3)は提供するが、(1)、(2)については部分的にしか提供されない。

一方、ネットワーク仮想環境をベースとした遠隔講義システムでは、教師と学習者がそれぞれリアリティのあるアバタ(自分の分身となるキャラクタ)を使用し、ネットワーク上に構築された仮想空間に参入することにより、全員が同じ時間と空間を共有できる。このシステムを用いた遠隔講義では、仮想空間の自由度を生かし、様々な設定が可能となるため、様々な講義の形態に対応しやすく、講義に役立つツールの提供も容易である。近年では、Second Life⁵⁾を用いて、大学の仮想キャンパスを開設し、遠隔教育を行う試み⁸⁾⁻¹⁰⁾がある。しかし、ネットワーク仮想環境でのアバタ同士のコミュニケーションでは、アウェアネス情報(表情・仕種)の認知が困難であるため、上記の要求機能(2)を満足できない。

以下に、要求機能(1)-(3)への既存システムの対応状況と望ましい対処法をまとめる。要求機能(1)に関して、講義の形態毎にレイアウトの設定を可能とするシステムは存在するが、利用者の状況に関係なく全てのユーザで同じレイアウトを用いるため、ユーザ毎に望む情報を効率良く得ることは難しい。さらに、レイアウトを複数用意した場合、用意した数によっては、変更したい目的のレイアウトを探して切り替えるまでに手間がかかることが考えられる。よって、ユーザの状況に応じて異なる画面レイアウトを用意し、一つのレイアウトから遷移できるレイアウトを限定できることが望ましい。要求機能(2)に関して、教師によるモニタリングは、テレビ会議システムでのアウェアネス情報の伝達は容易ではあるが、特定の学習者に注目してモニタリングを行うことは難しい。よって、学習者毎に教師の要求に応じたモニタリングを実現できることが望ましい。要求機能(3)に関して、講義におけるコミュニケーションや指示の伝達を効率良く行うために、チャットや画面共有などのツールの提供は提供できることが望ましい。既存システムの要求機能群への対応状況をまとめると、表1のようになる。遠隔教育において、実空間における講義により近いコミュニケー

表1 遠隔講義システムに対する要求の対応表

	要求機能(1): 様々な講義形態への対応	要求機能(2): モニタリングへの対応	要求機能(3): ツールの提供
Polycom Connect 仮想環境	×	×	×

ションを可能とするためには、既存の遠隔講義システムでは対応できない点が存在することがわかる。

本稿ではこれらの要求を考慮し、各利用者の状況に応じて画面レイアウトの変更を可能とし、遠隔教育における講義の進行をサポートする新たな遠隔教育支援システムを提案する。

3. 提案する遠隔教育支援システム

本章では、提案システムが対象とする環境、目的と、それを実現する機能について述べる。

3.1 想定環境

本節では、まず、提案する遠隔教育システムの運用環境、想定する講義内容について説明し、提案システムの運用方法を述べる。

運用環境

教師は、1人もしくは複数人であり、教師は学習者の情報が表示されるディスプレイを参照しつつ、ビデオカメラの前に置かれた黒板あるいはスクリーンの前で講義を行う。教師は入力デバイスとして、カメラ、キーボード、マウス、マイクを使用する。

学習者は、ネットワークに接続されたコンピュータを使用し、入力デバイスとして、カメラ、キーボード、マウス、マイクを使用しながら自宅などで遠隔で講義を受講する

講義の形態

一般的に講義は、教師による講義、演習、グループワークなどのいくつかの場面から構成されている。これらの場面を講義形態と呼び、講義形態の間を推移しながら講義が進行する。各講義形態とユーザの役割(教師、学習者など)に対応した提案システム内の状態をモード(講義モード、演習モードなど)と呼ぶ。

提案システムの運用方法

本システムでは、各講義形態に応じて、講義中に画面レイアウトを切り替えることができる機能を提供する。

講義設計時に教師は講義で扱う講義形態、講義形態間の関係、講義形態に対応する画面レイアウトなどを提案システムに入力する。これらの入力は、1度入力すれば他の講義でも利

用ができるよう、データベースを作成して管理する。

講義中、画面レイアウトの切り替えは、講義形態の遷移に伴い、基本的に教師が主導して行う。ただし、学習者が主導的に進めるグループワーク形態、全体への発表形態などの講義形態における画面レイアウトの切り替えは、それぞれの学習者が画面レイアウトの切り替えを行う。

3.2 システムの概要

提案するシステムは、(1) レイアウト設定機能、(2) 講義形態間遷移機能、(3) モニタリング機能を提供する。以下に各機能を説明する。

3.2.1 レイアウト設定機能

レイアウト設定機能は、講義の準備時に教師が利用する機能である。教師はレイアウト設定機能を用いて、各講義形態対応するモードの新規定義、定義したモードで使用するユーザの役割集合の定義、各役割で使用する画面レイアウトを設定する。

画面レイアウトは、幾つかの枠で構成する。各枠は、用途に応じた大きさや位置に教師が自由に設定する。各枠にどのような情報を表示するかもこの時教師が設定する。例えば、講義参加者のライブ映像、課題のテキスト等が挙げられる。

3.2.2 講義形態間遷移機能

講義形態間遷移機能は、設定した複数の画面レイアウトのスムーズな切り替えを実現するため、定義したモード間の状態遷移を設定、管理する機能である。提案システムでは各モードに対応するモード切替ボタンを表示し、開始したいモードのモード切替ボタンの押下によってモードの切り替えを行う。しかし、講義で使用するモードが多数ある場合、表示するモード切替ボタンが多数になり、目的のモード切替ボタンを講義中に素早く見つけ出すことが難しくなる。一般的な講義において、講義設計時に、ある講義形態から遷移する講義形態は、幾つかに絞られていることが多い。提案システムは現在の講義形態から遷移できる講義形態に対応するモードのモード切替ボタンのみを表示する。表示するモード切替ボタンを限定することにより、ユーザは目的のモードが素早く発見でき、講義のスムーズな進行をサポートする。

3.2.3 モニタリング機能

モニタリング機能は、一部の学習者のみを注意深く監視するために、学習者毎に監視映像の表示・非表示を設定できる機能である。モニタリング対象の学習者が多数いる場合、全ての学習者をディスプレイ上に同時に表示すると、個々の学習者の状況の把握が困難となる。提案システムでは、表示するユーザの数を限定することにより、一人当たりの表示ウィンド

ウのサイズを調整するモニタリング機能を提供する。モニタリング機能は以下の2つの表示方法を提供する。

(i) レイアウト中の任意の枠に対し、表示するユーザの映像を手動で切り替えたり、複数のユーザを指定し、同じ枠に指定した時間間隔で交互に表示する。これにより、全ての学習者のモニタリングを効率良く行うことができる。

(ii) 学習者の学習状況の把握を効率良く行うため、学習者毎に映像の表示・非表示を設定する。学習者が実際の講義を受けているときと同等の臨場感を得られることを可能にするため、本機能は教師だけでなく、学習者も使用する。

3.3 システム利用の一例

ここでは、提案するシステムを用いて、1つの講義を対象としたモード、モードに対応するレイアウトの設計例を示す。講義中に5つの講義形態、講義、演習、グループワーク(以下GW)、質問指導、発表聴講が起こるとする。これに対し、教師、学習者それぞれの講義モード、演習モード、GWモード、質問・指導モード、発表・聴講モードの5つのモードを用意する。以下では、それぞれのモードでの教師用、学習者用の画面レイアウトの設計例を一部示す。

モード間の状態遷移

講義形態間遷移機能を使って、5つのモードとモード間の状態遷移を定義する。定義したモード遷移図を図1に示す。モード間の遷移は教師や学習者のモード切替ボタンの押下により起こる。提案システムでは、学習者と教師のモードで同期をとる機能も提供する。例えば、図1で教師が教師講義モードに遷移した場合、全ての学習者も学習者講義モードに遷移する。図1に従い、グループワークモードにおいて教師、学習者それぞれのディスプレイに表示されるモード切替ボタンを図2に示す。グループワークモードからは演習モードに遷移できないため、講義モード、質問・指導モードのモード切替ボタンのみが表示されている。

講義モードの画面レイアウト

教師は、講義開始前に、一つのモードに対して、レイアウト設定機能、講義形態間遷移機能を用いて、図3の通り、教師用、学習者用の画面レイアウトをそれぞれ用意する。

教師用の画面レイアウトでは、モニタリング機能を用いて、学習者毎のモニタリングを行える。また、モード切替ボタンの押下により、他のモードへの切り替えができる。

学習者用の画面レイアウトでは、メイン画面に教師の映像を表示させ、サブ画面に他の学習者を表示する。

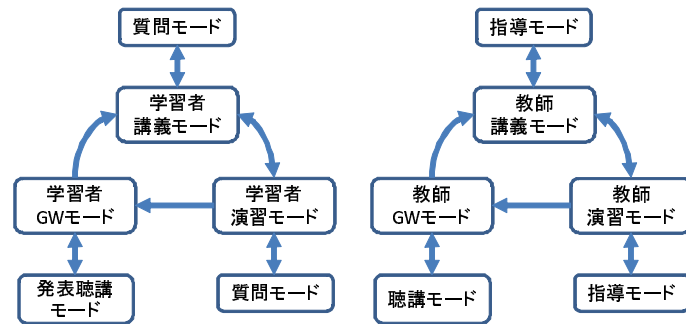


図 1 状態遷移図

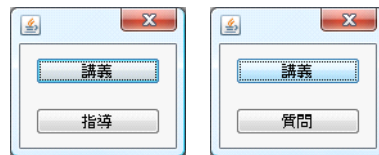


図 2 グループワークモードでのモード切替ボタン (左: 教師用, 右: 学習者用)

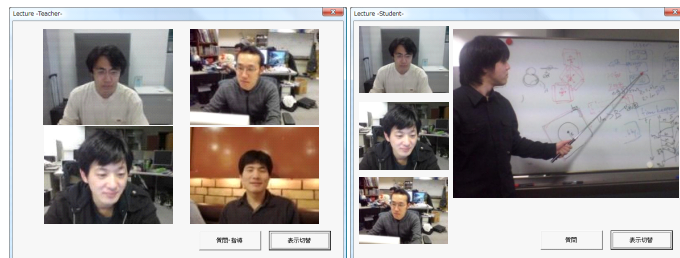


図 3 講義モードの画面レイアウト (左: 教師用, 右: 学習者用)

演習モードの画面レイアウト

演習モードでは、図 4 の通り、教師用、学習者用の画面レイアウトをそれぞれ用意する。

教師用の画面レイアウトでは、モニタリング機能を用いて、学習者毎のモニタリングができる。表示する学習者の映像は教師が自由に選択できる。また、モード切替ボタンの押下により、他のモードへの切り替えられる。

学習者用の画面レイアウトでは、学習者はメイン画面に演習課題を表示し、表示している画面内に解答を行う。また、サブ画面に板書の映像や他の参加者の映像を表示する。

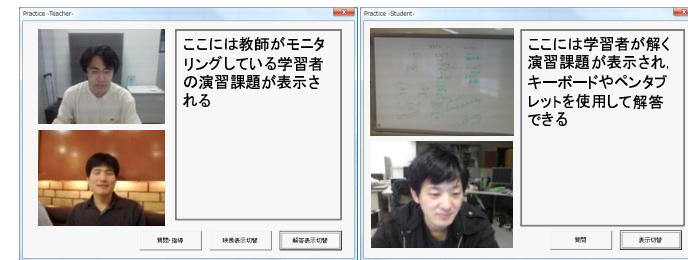


図 4 演習モードの画面レイアウト (左: 教師用, 右: 学習者用)

4. 提案システムの実現方法

本章では、第 3 章で提案する機能を実現するためのシステムの内部構成及び実装の詳細について述べる。今回、Java 言語、OpenCV (Open Source Computer Vision Library)¹¹⁾ などを使用し、提案システムを試作した。

システムは、図 5 に示すように (1) キャプチャ部、(2) 入出力部、(3) 通信制御部、(4) シチュエーション認識部、(5) 状態遷移管理部の 5 つのモジュールから構成した。

キャプチャ部は、ユーザの映像および音声の情報といった入力を制御する。入出力部は、ユーザからの入力、ユーザへの出力を制御する。通信制御部は、映像や音声、その他の制御情報のユーザ間の通信を制御する。シチュエーション認識部は、モード切替ボタンの押下による画面レイアウトの変更情報を制御する。状態遷移管理部では、モード間の状態遷移図や定義した画面レイアウトを管理する。

各モジュールが、図 5 に示すように通信することで、提案システムの機能を実現する。この図において、教師と学習者の端末がユーザノードに対応し、上記 (1)–(4) のモジュールを含むプログラムを実行する。(5) の状態遷移管理部は、ユーザノードのいずれか、あるいは、別に用意したサーバで実行する。各々のモジュールの実現方法について、以下で詳しく説明する。

4.1 キャプチャ部

キャプチャ部は、Web カメラを用いて利用したユーザの映像、ユーザ間で音声による会話を行う際のマイクからの音声を制御する。

映像については、キャプチャ部は OpenCV を使用して Web カメラからキャプチャし、キャプチャしたデータをバッファリングし、JPG 形式に変換した後、入出力部と通信制御部に送信する。音声については、キャプチャ部は Skype API¹²⁾ を用いてマイクからの音声

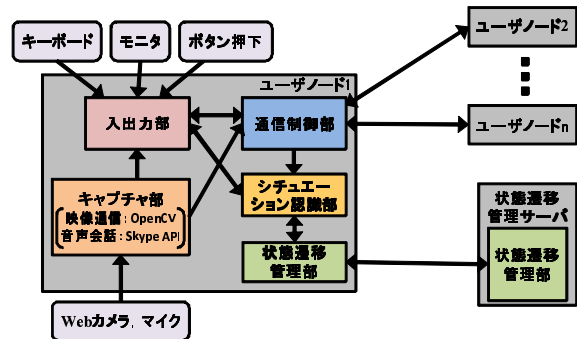


図5 アーキテクチャの概要

の検出を行い、キャプチャしたデータをバッファリングし、ユーザ間での音声データの通信を行うため、通信制御部に送信する。現在、音声制御は実装が完了していないが、Skype¹³⁾を本システムと併用し、映像と同期した音声通信を実現している。

4.2 入出力部

入出力部は、ユーザからの入力に対する処理を行う入力部と、ユーザへの出力を制御を行う出力部から成る。

入力部は、キーボードやマウスからの入力などを通信制御部に送信する。さらに、モード切替のためのモード切替ボタンの押下など、モードの切り替え情報をシチュエーション認識部に送信する。出力部は、キャプチャ部より与えられるユーザ自信の映像と音声、通信制御部より与えられる他のユーザの映像と音声などの情報を、シチュエーション認識部から取得した画面レイアウト情報に従ってディスプレイに表示し、音声データをスピーカに出力する。

4.3 通信制御部

通信制御部は、ユーザ間の映像・音声、シチュエーション変更情報の交換を制御する。

送信側のユーザノードにおいては、キャプチャ部より与えられた映像データと音声データ、入出力部より与えられたモード切替ボタンの操作情報、回答入力フォーム等のツールに入力された情報などを、これらの入力を受信すべきユーザノードに送信する。受信側のユーザノードについては、他のユーザノードから受信した上記の情報を入出力部やシチュエーション認識部に送信する。

ユーザノード間のデータの通信は、TCPコネクションを確立して行う(図5)。

4.4 シチュエーション認識部

シチュエーション認識部は、画面レイアウトの変更情報を管理する。入出力部より与えら

れたモード切替ボタンへの入力、通信制御部より与えられた他のユーザによるモード切替の命令を、状態遷移管理部に送信する。

また、モード切替に応じて画面レイアウトを変更するために、変更する画面レイアウト情報と遷移できるモードの情報を入出力部に送信する。これらの情報は状態遷移管理部より与えられる。

4.5 状態遷移管理部

状態遷移管理部は、各モードの画面レイアウト、モード間の状態遷移図の管理を行う。モードに対応する画面レイアウト、モード間の状態遷移は、教師が講義準備時に提案システムに入力するものとする。

状態遷移管理部は、保持しているモード間の状態遷移図をもとに、表示されるモード切替ボタンの種類を現在のモードから遷移可能なモードのボタンのみに限定し、この情報を入出力部に送信する。状態遷移は状態遷移管理サーバを置き、クライアントサーバ方式で管理する。これは、ユーザノード間に完全ネットワークを構築することなくモード切替の情報を全ユーザノードに伝搬するためである。

現在、状態遷移管理部は未実装である。そのため、次章の評価実験では、すべてのモードに対応するモード切替ボタンが表示され、各ユーザが一斉に次に遷移するモードのボタンを押すことで、モード切り替えを行うようにしている。

5. 評価

システムの提案機能の検証を目的として、模擬授業を通じた評価実験を行った。本節では評価実験の概要、その結果と考察について述べる。

5.1 実験概要

評価実験は3種類行った。まず実験1では、教師役に1人、学習者役として各グループ6人の2組の学習者グループ(A,B)が参加し、各グループ毎に、講義10分、演習5分、グループワーク5分、発表10分の順で状況が変化する30分の授業を実施した。授業は2種類(授業1、授業2)用意し、グループAは授業1を提案システムで、授業2をConnectで行い、グループBは逆の組み合わせで実施した。授業終了後、都合で途中退席した1人を除く学習者11人に、システムの提供機能に対する評価をアンケート形式で回答してもらった。

実験2では、被験者として教師役3人と学習者役9人が参加し、1回10分、計6回の模擬演習を実施した。各回とも学習者には10分程度で解答可能な計算問題を提示して解答させ、教師役はその様子を提案システムもしくはConnect上の映像で観察した。そのうち提

表 2 実験 2: 教師役への同時モニタリング人数の割振り

演習回	利用システム	教師 1	教師 2	教師 3
1 回目	提案システム	3 人	6 人	9 人
2 回目		9 人	3 人	6 人
3 回目		6 人	9 人	3 人
4 回目	Connect		6 人	
5 回目			3 人	
6 回目			9 人	

表 3 実験 1: 学習者役による提案システムの比較評価結果

		提案システム	Connect	(無回答)
使いやすさ	(グループ A)	3	3	
	(グループ B)	2	3	
授業内容の理解	(グループ A)	2	4	
	(グループ B)	1	3	1
学習状況の確認 (4 段階評価の平均)	(グループ A)	1.7	2.3	
	(グループ B)	2.0	1.2	

案システムでは、一度に観察対象とする学習者の人数を、各回毎に教師 3 人それぞれ異なるように割り振った(表 2)。各回の演習では、事前に予め著者らより指示を受けた一部の学習者が、居眠りや携帯電話操作など演習以外の作業を意図的に行った。教師役は誰が演習以外の作業を行っているかを知らない状態で、カメラ映像の観察からその学習者を発見し、氏名を書き取る作業を行った。演習終了後、教師役に学習者の表情や仕種、作業状況のモニタリングに対する印象についてアンケートを行った。

実験 3 では、実験 2 に参加した学習者のうち 6 人が続けて参加し、演習で解答した設問毎に教師役が学習者 1 名を指名し、指名を受けた学習者は発表を、その他の学習者は発表の様子を聴講するという模擬授業を行った。その際、発表者と聴講者では異なる画面レイアウトを提示し、発表者が変わる毎にそのレイアウトを切り替えるという方法をとった。終了後、学習者役の被験者に対して、学習者のレイアウト機能に関するアンケートを行った。

いずれの実験でも、比較対象として Connect を用いて同じ模擬授業・演習を行い、被験者へのアンケートでは、Connect との比較検討という視点から提案システムが提供する機能の効果を評価してもらった。Connect では、学習者と教師で同一のレイアウトを共有する形式のみサポートしており、また各参加者のカメラ映像は、教師学習者を問わず同サイズでタイル状に並べて表示するレイアウトのみサポートされている。一方、パソコン画面を共有できる機能を有しており、実験 1 では教師の画面を共有して講義を行った。

5.2 実験結果

実験 1 のアンケート結果の概略を表 3 に示す。表 3 より、グループ A,B とも、使いやすさや授業内容の理解において、提案システムが Connect と比較して有用であるという評価が得られなかった。ただし、授業中における他の学習者状況の確認しやすさという点では、グループ A とグループ B で 4 段階評価の平均が逆転した。提案システムの評価が低い理由として挙げられたものとしては、提案システムにはない機能である Connect の PC 画面共有機能に対する評価や、カメラ映像の解像度の低さや動作の不安定さなど、実装上の不具合に対する不満が大半を占めた。一方、提案システムに高い評価をつけた被験者からは、状況

表 4 実験 2: 教師レイアウトによる学習者モニタリング機能の評価結果(数字は 4 段階評価)

評価項目	教師	3 人		6 人		9 人	
		提案	Connect	提案	Connect	提案	Connect
表情 / 仕種	A	2	3	3	3	2	3
	B	4	4	2	4	3	4
	C	4	4	3	3	3	3
	平均	3.33	3.67	2.67	3.33	2.67	3.33
作業状況	A	3	4	3	4	2	3
	B	3	4	3	4	4	4
	C	4	4	2	3	3	3
	平均	3.33	4	2.67	3.67	3	3.33

に応じたレイアウトの変化や、特定のカメラ映像を大写しにできる等、システムの提案機能がその優位性として挙げられた。

実験 2 のアンケート結果を、表 4 に示す。被験者毎に回答結果の明確な違いはなく、Connect との比較でも観察人数の違いで有意に異なる結果は得られなかった。自由記述コメントからは、提案システムの安定性を重視して調整したカメラ映像の解像度の低さが、提案システムを用いたモニタリングにおいてマイナス要因となっていることが確認された。一方で、各カメラ映像のサイズ変更や、表示するカメラ映像の切り替え機能については、多くの学習者をモニタリングするのに適切であるとの意見が得られた。

実験 3 でのアンケートの回答結果は、表 5 にまとめた。実験 2 で教師役の被験者からカメラの解像度の低さが指摘されたにもかかわらず、実験 3 では 6 人中 5 人が、提案システムでの表情や仕種の確認のしやすさが Connect と同等かそれ以上と回答し、また臨場感という点では全員から提案システムが Connect より優位である(4 段階評価の 4 または 3)との回答を得た。また発表担当となった被験者のアンケート回答(表 5 A,E,F)からも、聴講者の様子を確認する点で提案システムが有効であるとの結果が得られた。いずれの肯定的な回答においてもその理由として、各学習者のカメラ映像の表示やサイズが切り替えられる機能が寄与したことが挙げられた。

表 5 実験 3: 学習者レイアウトによるモニタリング機能の評価結果 (英字は学習者, 数字は 4 段階評価)

質問項目	A	B	C	D	E	F	平均
他の学習者の表情・仕種 (Connect)	3	2	3	4	4	3	3.2
他の学習者の表情・仕種 (提案)	3	3	3	3	4	4	3.3
提案システムの臨場感の優位性	3	4	3	4	3	4	3.5
発表用レイアウトの存在の有効性	3				3	4	3.3

5.3 考 察

実験 1-3 いずれにおいても, 本システムの提供する参加者の役割毎のレイアウト切替機能や, 表示カメラ映像の自動あるいは手動切替機能が, 学習状況の理解や臨場感に寄与するという意見が被験者より得られた. このことから, 提案システムの狙いである, 参加者毎のレイアウト適応がもたらす授業状況の把握への有効性が, 被験者にも確認されたことが示唆される.

一方で, 提案システムが Connect と比較して数値上の優位性を確認できなかったが, 主にシステム上の不具合や未実装機能など, 本研究が直接狙いとする部分以外への不満が主な要因であったと言える. ただしカメラ映像の解像度については, 実験 2 の学習者モニタリングの評価に影響を及ぼしたことが指摘されており, 改善を要する課題と言える. カメラ映像の安定した送受信と解像度の高さはトレードオフの関係にあるため容易には解決しにくい, 被験者の役割が異なる実験 3 では同じ解像度のカメラ映像でも肯定的な評価を得られたことから, 一律に解像度を上げるのではなく, 役割や観察したい対象に応じて自由に解像度の高低を調整できる手法を検討すべきと考えられる.

6. ま と め

本稿では, 遠隔教育において, 実空間における講義により近いコミュニケーションを可能とする遠隔教育支援システムの提案を行った. 提案システムでは各ユーザのディスプレイ上に表示される画面レイアウトに着目し, レイアウト設定機能, 講義形態間遷移機能, モニタリング機能を提供した.

提案システムの各機能が実空間における講義により近いコミュニケーションを行うために有効であるかを検証するため, 評価実験を行った. 結果, レイアウト設定機能を付加した提案システムは, 約 64 % の学習者から講義内容の理解の助けになる, 全ての学習者から臨場感が得られるという評価を得た. また, モニタリング機能を付加した提案システムは, Connect と比較して, 画質は劣っているものの, 人数が多いほど学習者の状況把握において有効であるという評価を得た. このことから, 遠隔教育において, 提案するレイアウト設

定機能とモニタリング機能が実空間における講義により近いコミュニケーションを行うために有効であることが分かった.

参 考 文 献

- 1) ポリコムジャパン株式会社: Polycom Japan, <http://www.polycom.co.jp/>.
- 2) アドビ システムズ 株式会社: Web 会議、オンライン会議 Adobe Acrobat Connect Pro, <http://www.adobe.com/jp/products/acrobatconnectpro/>.
- 3) 株式会社 アーネット: ICT をナビゲートする株式会社アーネット - P4Web とは - , <http://www.earnnet.co.jp/jp/p4web.html>.
- 4) 日本電気株式会社: 双方向型ライブ遠隔授業システム i-Collabo.Live, http://www.i-collabo.jp/live_1.html.
- 5) Virtual worlds, avatars, 3D chat, online meetings - Second Life Official Site, <http://secondlife.com/>.
- 6) Bouras, C., Giannaka, E. and Tsiatsos, T.: "Virtual Collaboration Spaces: The EVE Community," *Proc. of the 2003 Symp. on Application and the Internet (SAINT03)*, pp. 48-55 (2003).
- 7) Bouras, C., Panagopoulos, A., Theoxaris, N. and Tsiatsos, T.: "EVE - II: An Integrated Platform for Networked Virtual Environments," *Proc. of The 10th Int'l Conf. on Distributed Multimedia Systems (DMS 2004)*, pp. 81-85 (2004).
- 8) A second look at school life — Education — Education Guardian, <http://www.guardian.co.uk/education/2007/apr/06/schools.uk>.
- 9) SLurl: Location-Based Linking in Second Life : Waseda University SIM, <http://slurl.com/secondlife/Waseda%20University/>.
- 10) SLurl: Location-Based Linking in Second Life : 人間総合科学大学 仮想キャンパス, <http://slurl.com/secondlife/University%20of%20HAS/>.
- 11) opencv.jp, <http://opencv.jp/>.
- 12) Skype API For Java, <http://skype.sourceforge.jp/>.
- 13) Skype, <http://www.skype.com/>.