

# テレ-immersion技術を用いた遠隔授業システムの構築

## Construction of Distance Learning System using Tele-immersion Technology

正 小木哲朗 (筑波大)    〇学 左近浩章 (筑波大)

Tetsuro OGI, University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

Hiroaki SAKON, University of Tsukuba

Distance education using video chat has become popular according to the expansion of broadband networks. However, conventional distance education using video images lacks the feeling of presence and have difficulty in the case of using the three dimensional information. This paper proposes high-presence distance learning system using immersive projection technology and video avatar.

*Key Words*: Virtual Reality, Distance Learning, Human Interface

### 1. はじめに

近年、広帯域通信網の普及に伴い、高解像度のビデオ映像を用いた遠隔授業が大学や予備校で行われている。大きなスクリーンに教師の姿と講義資料を映すことで、生徒は遠隔地にいながら臨場感のある授業を受けることができる。しかし、ビデオ映像を用いた遠隔授業システムにはいくつかの欠点がある。1つは、教師と講義資料を同時に映すことの難しさである。教師の全身を映せば教師の身振りが良く伝わり臨場感が増すが、板書や講義資料のスライドが小さくしか映らず、文字が見にくくなってしまふ。2台のカメラを用意し、教師の姿と講義資料をそれぞれ別々に撮影し、2つのスクリーンに表示するというシステムも考えられる。しかし、その場合生徒はどちらのスクリーンに注目してよいかわからず、集中力を欠く可能性がある。もう1つの欠点は、ビデオ映像では3次元的な形状の情報を伝えられないということである。模型などを用いた講義では、模型の形状をビデオ映像で正確に把握するのは難しく、また教師が指差した位置を正確に伝えることも困難である。

そこで本研究では、筑波大学の3面没入型ディスプレイCS Gallery (図1)を用いて、教師の姿や講義資料の立体映像を原寸大で映し、あたかもそこに教師がいるかのような高臨場感の遠隔授業システムを開発した。



Fig.1 CS Gallery

### 2. システム構成

**2・1 システム概要** 2つの没入型ディスプレイをネットワークで結び、一方に教師が、もう一方に生徒が入る。教師は、あらかじめデータベースに保存した画像データや3Dモデルデータなどの講義資料を用いて授業を行う。生徒側の没入型ディスプレイでは、教師の全身のビデオアバター・現在開いている講義資料・講義資料に描かれたマーカー・差し棒の動きなどが立体映像となってリアルタイムに再生される。

**2・2 操作インターフェース** 教師が授業を行う際、講義資料の選択・マーカーの描写・差し棒の操作などを行うために、位置センサを取り付けたゲームコントローラを用いる。位置センサはゲームコントローラの位置・姿勢を約60Hzで測定し、その測定値は各ディスプレイに伝達される。

**2・3 ビデオアバター** 教師の姿はIEEE1394ビデオカメラで撮影し、1フレームごとに背景差分法によって人物のみを切り出し、リアルタイムで立体映像に合成する。撮影フレームレートは15fps、撮影解像度は640×480となっている<sup>(1)</sup>。

**2・4 立体講義資料** 講義資料はあらかじめ画像データや3Dモデルデータに加工してデータベースに保存しておく。教師が講義資料を選ぶと、そのデータが教師側・生徒側双方のディスプレイにOpenGLを用いて描写される。3Dモデルデータならばそのまま再生され、画像データならば板状の3Dモデルにテクスチャとして貼り付けられ再生される。

**2・5 仮想キーボード** 教師は講義資料をデータベースから検索するために、ポリゴンで描かれた仮想キーボードを用いる。仮想キーボードはゲームコントローラのボタンを押すことによって、没入型ディスプレイ内の任意の位置に出現させることができる。位置センサで測定されたゲームコントローラの位置によってキーを選択し、文字を入力する。

**2・6 3Dマーカー** 教師は授業の途中、講義資料の任意の位置にマーカーで印を描くことができる。ゲームコントローラのボタンを押すと、位置センサで測定されたそのコントローラの位置

に一辺 1cm の小さな立方体が描写される。ボタンを押しながら空中でコントローラを動かすことによって、3次元空間の任意の位置に線を引くことができる。画像データに対してだけでなく、3Dモデルデータに対してもマーカーで印を描くことが可能である。

**2・7 仮想差し棒** ビデオアバタは2次元の映像であるため、教師が指差した位置が生徒側に正確に伝わらない。そこで、位置センサーで測定されたゲームコントローラの位置にポリゴンで構成された差し棒を描写する。仮想差し棒はゲームコントローラの位置・姿勢に合わせて動き、その動きはリアルタイムで生徒側のディスプレイに伝わる。

### 3. 遠隔授業実験

**3・1 実験概要** 筑波大学つくば JGN2 リサーチセンター間を高速回線 JGN2 で結び、遠隔授業の評価実験を行った。リサーチセンター側で教師が1面没入型ディスプレイ AR View に入って講義を行い、筑波大学側で CS Gallery にその講義を映し、9名の生徒が講義を受けた。講義の内容は、バーチャルリアリティと OpenGL プログラミングに関するものであり、約40分間の講義だった。13枚のスライドによる講義で、講義資料としては画像データのみで3Dモデルデータは使用しなかった。双方の没入型ディスプレイには音声の出力機能が無いため、音声のやりとりは市販のテレビ会議システムを用いて行った。授業後、講義を受けた生徒にアンケートに回答してもらった。アンケートの内容は、①講義の内容はわかりやすいか ②教師の身振り手振りは見やすいか ③仮想差し棒で差された位置がわかるか ④講義資料に描かれた3Dマーカーがどこをマークしたかわかるか の4つの項目をそれぞれ5段階評価(1:悪い ~ 5:良い)で回答するというものと自由記述による感想である。

**3・2 実験結果** 図2は実験時の筑波大学側の様子を撮影した写真である。実験時の生徒達の態度は対面授業とさほど変わらず、集中して講義を聴いているようだった。教師の音声は明確に聞こえていたが、ビデオアバタは人物切り出し処理が不完全で、教師のつけている液晶シャッターメガネや黒いズボンが透けてしまっていた。図3は、アンケートの回答結果の評価を質問項目ごとに平均、標準偏差で示したものである。この結果からまず、①講義の内容はわかりやすいか の評価は3.4点となり、わかりやすいと答えた生徒が多かった。②教師の身振り手振りは見やすいか の評価は2.0点となり、4項目中もっとも低かった。アンケートの自由記述の内容を見ると、約半数の生徒が教師の人物切り出し処理がうまくいっていないことを指摘しており、それが集中の妨げとなったと回答した生徒もいた。③仮想差し棒で差された位置がわかるか の評価は2.4点であった。仮想差し棒は衝突判定をしていないため、教師は講義資料のスライドに差し棒の先端をちょうど当てるのが難しい。そのため差し棒の先端の位置がスライドより手前寄りになってしまい、それが原因で位置がわかりづらかったのだと考えられる。④講義資料に描かれたマーカーがどこをマークしたかわかるかの評価は3.1点であった。アンケートを見ると、ほとんどの生徒が仮想差し棒よりはマーカーのほうが位置が見やすいと回答している。

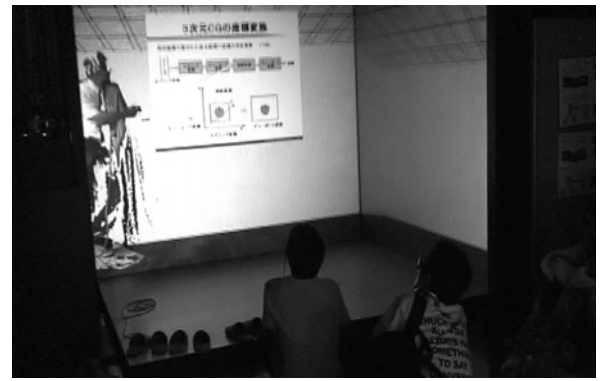


Fig.2 Distance learning in Tsukuba Univ.

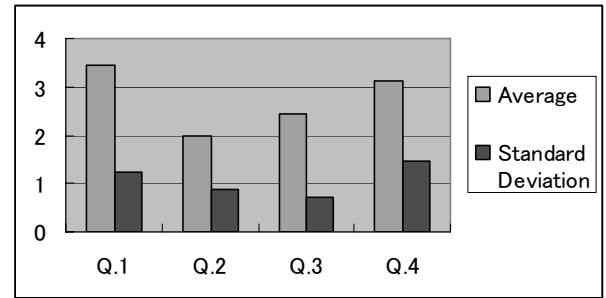


Fig.3 Result of the questionnaire

### 4. まとめ

本研究では、没入型ディスプレイを用いて、教師の姿や講義資料の立体映像を原寸大で表示する高臨場感の遠隔授業システムを構築した。実際に遠隔授業を行った結果、以下のことがわかった。

- 没入型ディスプレイを用いた講義でも生徒は講義に長時間集中でき、内容の理解度も良い。
- 遠隔授業においてビデオアバタの画質は重要であり、不完全な描写では生徒の集中の妨げとなる。
- 教師が仮想差し棒で位置を示すことは、衝突判定が無い場合難しい。
- 3Dマーカーは位置を示すのに有効である。

今後の課題としては、ビデオアバタの画質向上と、仮想差し棒の操作性の改善が挙げられる。また、今回の実験では講義資料として3Dモデルデータを用いなかったが、用いた場合の生徒の理解度や仮想差し棒・マーカーの有効性についても検証する必要がある。

### 謝辞

本研究は、情報通信研究機構の民間基盤技術研究促進制度に係る研究開発の一部として行われた。また実験を行うにあたり、つくば JGN2 リサーチセンター、つくば WAN ネットワークを利用させていただいたことに感謝する。

### 参考文献

- (1) 酒井満隆、小木哲朗、立山義祐、江原康生、宮地英生：ビデオアバタを用いた多地点間 CAVE コミュニケーション、ヒューマンインタフェース学会研究報告集、Vol. 8, No. 3, pp. 65-68, 2006.