

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650530

研究課題名（和文） 拡張現実感を用いて学習者の内的状態を可視化する同期型遠隔教育システムの開発

研究課題名（英文） Visualizing learners' internal state with augmented reality technology in distance education systems

研究代表者

西原 明法 (Nishihara Akinori)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授

研究者番号：90114884

研究成果の概要（和文）：

同期型遠隔教育において、コミュニケーション情報の量・質の低下が原因で、指導者が十分な学習者情報を取得できずに授業を進めてしまい、効果的な介入を行うことが出来ず、学習者の満足感や学習効果を下げってしまうという問題が起きている。そこで本研究では、同期型遠隔教育に対する熟達度によらず、学習者への効果的な介入を行うのに十分な学習者情報を提供する同期型遠隔教育システムを開発した。

システムは（1）学習者の内的状態推定アルゴリズム、（2）学習者状態のARによる可視化、の2つのサブシステムで構成した。学習者の内的状態推定アルゴリズムの開発においては、人の頭部位置から学習状態を推定する方法を開発し、一定の精度で学習状態を推定できることを確認した。また、学習者状態のARによる可視化においては、ARを用いることで学習者状態の把握をより容易にできることを確認した。

結果として、同期型遠隔教育において、遠隔地の学習者の状態をARによって可視化して提示することにより、教員による学習者状態の把握を支援できること、また、効果的な介入を促すことを確認した。

研究成果の概要（英文）：

Previous researches reported that, in general distance education environments, novice instructors tend to fail to perform effective educational interventions to distant learners due to deterioration of the quantity and the quality of communication information. This inadequate educational interaction further results in low learners' satisfaction and poor learning outcomes. The authors addressed this issue by developing a new synchronous distance education system. The system was designed to provide instructors with enough learner's status information, to ensure better educational communications between instructors and learners at the far end.

The system consists of two subsystems, i.e. (i) learner's internal state estimation (LISE) algorithm and (ii) AR enhanced learner's state visualization (LSV) system. LISE algorithm estimates learner's learning status based on time series trajectory of their head positions. Evaluation test revealed that LISE algorithm holds satisfactory accuracy in status estimation and that LSV system supports instructors to perceive learner's status more easily than ever, with the help of AR.

As a conclusion, this study demonstrated that visualizing learner's status with AR facilitates the perception of learner's status by instructors in synchronous distance education environment and promotes effective interventions to distant learners.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2, 500, 000	750, 000	3, 250, 000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：遠隔教育・同期型、画像解析、拡張現実感、可視化

1. 研究開始当初の背景

TV 会議システムなどを用いた同期型遠隔教育環境は、距離の制約を超え、双方向の映像と音声を用いた対面教育が可能な環境と捉えられている。しかし、標準的な同期型遠隔教育環境そのものは、対面教育環境と同等のインタラクションを保証しないという指摘がなされている。Bernard ら (2004) は過去の遠隔教育研究についてのメタアナリシスを実施し、同期型遠隔教育環境は対面教育環境の複製になりえず、双方向の映像と音声を用いた疑似の対面インタラクションの効果が疑わしいと主張している。これらの研究が示唆するのは、円滑なコミュニケーションを維持するためには、何らかの追加的な支援が必要であるということである。

遠隔コミュニケーションを妨げる原因として考えられるのが、遠隔地間でやり取りされるコミュニケーション情報の量・質の低下である。例えば、標準的な TV 会議システムでは、多人数の学習者がそれぞれ自由な視点から他地点を見ることは不可能であり、このような環境を実現するためには学習者数と同数の個別に制御可能なカメラとモニタが必要である。また、特別な音響設備がない限り、スピーカーから聞こえてくる音声によって相手の位置を推し量る、音源定位ができない。このような、環境に起因する制約の結果として、ノンバーバル情報の欠落などのコミュニケーション情報の劣化がおこり、参加者間の物理的な距離よりも心理的な距離を増加させてしまう (Moore, 1974)。そのため、学習者が感じる指導者の存在感が下がる、指導者が十分に学習者の状態を把握せずに授業を進めてしまうなどの問題点が生じる。

このような問題点に対し、遠隔地の学習者に対して支援を行い、指導者の存在感を増加させる先行研究はあるが、指導者を支援対象とする研究は未だない。そのため、

現在でも同期型遠隔教育の質は指導者の技量や経験に依存する部分が大きく、同期型遠隔教育環境に慣れていないノービスの指導者は、十分な学習者情報を取得できずに授業を進めてしまい、効果的な介入を行うことが出来ず、学習者の満足感や学習効果を下げてしまうという問題が起きている。このような背景から、教育環境を改善することで、指導者に対して支援を行う必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、同期型遠隔教育に対する熟達度によらず、学習者への効果的な介入を行うのに十分な学習者情報を提供する同期型遠隔教育システムを開発することである。

より具体的には、AR (Augmented Reality: 拡張現実感) 技術により遠隔地の学習者の内的状態を可視化し、学習者の状態に即した学習環境をデザインするのに十分な学習者情報を提供するシステムを開発する。この目的を達成するための下位目標は次のとおりである。

(1) 学習者を撮影した映像から、学習者の内的状態を推定するアルゴリズムを開発する。

(2) 学習者の内的な状態を、AR 技術を用いて可視化する。

これらの機能を備えた同期型遠隔教育専用のシステムを構築し、その総括的評価までを実施する。

なお、当初の計画では、遠隔地の学習者の映像は 3D で指導者に提示する予定であったが、採択額の減額により一般的な 2D 映像での開発とした。

3. 研究の方法

本研究は 2 段階で実施した。第一段階として、学習者の内的状態を推定するアルゴリズムを開発した。その有効性を検証したのち、第二段階として学習者の内的状態の

可視化を行う表示系の開発を行った。

第一段階においては、まず、複数の学習者の様々な状態における学習映像を撮影・録画して蓄積した。これらの映像に対して、画像解析技術を用いて学習者映像の分析を行い、学習者の動作をもとにした学習者状態の推定アルゴリズムのプロトタイプを開発した。さらに、開発したアルゴリズムに対して随時形成的評価を実施し、アルゴリズムの正確性、頑健性を向上させた。

第二段階では、推定された学習状態を、AR技術を用いて効果S的に提示する方法を開発し、評価を行った。

4. 研究成果

2章の研究の目的で示した2つの下位目標それぞれについて、研究成果を報告する。

(1) 学習者の内的状態推定アルゴリズムの開発

このアルゴリズムは、(a) 学習者の映像から画像解析によって頭部位置を推定する頭部位置推定モジュール、(b) 推定された頭部位置から学習者の状態を推定する学習者状態推定モジュール、の2モジュールで構成した。

内部状態推定アルゴリズムにおいて、姿勢及び動作認識の手掛かりとしたのは、頭部の位置である。一般的な同期型遠隔教育システムにおいて、遠隔地の学習者は机に着席した状態で授業に参加する。この状態で、学習者が動かすのは主に頭部と腕部であるが、同期型遠隔会議システムの粗い画像では腕部の解析は困難であるため、本システムでは頭部を解析のターゲットとした。この頭部推定モジュールでは、遠隔地の学習者映像を解析し、個別の学習者について頭部の位置を捕捉し、時系列データとして記録する。頭部の位置判定には、顔検出プログラムと特徴検出・推定プログラムを用いた。学習者状態推定モジュールでは、頭部位置推定モジュールの結果を用い、学習者の状態推定を行う。あらかじめ学習済みの隠れマルコフモデルを用い、頭部位置の時系列データから学習者の状態推定を行う。学習者の状態は下記の4状態を定義した。

- 1) モニタを視聴している状態
- 2) ノートに筆記している状態
- 3) 周囲と会話している状態
- 4) 机に伏せて寝ている状態

これら4種類の状態のどの状態に当てはまるかを、隠れマルコフモデルを用いて推定する。

それぞれのモジュールの精度を確認するため、モジュールごとに検証実験を行ったところ、頭部位置推定モジュールの正解率は78%、学習者状態推定モジュールの正解率は88%となった(頭部位置データは正解データ

を使用)。頭部位置推定モジュールと学習者状態推定モジュールを連結してリアルタイムに学習者の内的状態推定を行ったところ、正解率は71%となった。

上記の結果は、まだまだ十分な精度とは言えないものの、精度を向上させる余地はまだ残されており、今後の改善が期待できる。また、頭部位置から人の状態を推定する研究は、画像解析の分野でも未だなされておらず、新規性が高く、意義の高い結果を得られたと言える。

(2) 学習者状態のARによる可視化

推定された学習者状態を、教員にどのように提示するかも重要な課題である。一般的に、授業中の教員は認知負荷が高い状態で授業を進めている。そのため、認知負荷を高めるような方法で学習者状態の情報提供を行なうと、適切なタイミングで情報を取得するのが困難になり、授業の進行に役立てにくくなってしまう。特に本研究においては、学習者への介入頻度を増やし、介入の質を高めるような方向で学習者情報を提供することが目標であるため、できるだけ学習者映像から目を離すことなく、学習者の状態をより把握しやすくするため、ARによって学習者状態を提示することとした。

まず、4つの学習者状態が一目で把握できるように、それぞれの状態をアイコン化した。これらのアイコンは、それぞれの学習者の頭の上に表示され、一目見るだけでその学習者がどのような状態なのかを把握できる。特に遠隔教育においては、遠隔地の学習者映像が鮮明でないことも多いため、分かりやすいアイコンで学習者の状態を表示することは有用である。さらに、特に教員が気づかなければならないと考えられる、周囲と会話している状態、机に伏せて寝ている状態の2つの状態については、より気づきやすくするためにアイコンを色付けし、点滅するようにした。また、音によるアラームを鳴らせるようにした。これにより、学習者が授業に従事できていない状態に早く気づくことができ、改善することができるように考えた。

これらの機能を実装し、実際の遠隔地の学習者映像を用いて、学習者状態の把握が容易になるかどうかの検証実験を行った。結果として、学習者状態の可視化機能がある場合は、ない場合に比べて早く、正確に学習者状態を把握できることが判明した。ただし、音によるアラームは教員の注意を奪ってしまい、授業の進行に支障をきたす可能性があることが示唆された。

これらの成果から、学習者状態をARによって可視化して提示することにより、教員による学習者状態の把握を支援できることが

確認された。今後の課題としては、それぞれのモジュールの精度の向上が求められるとともに、実践現場への投入、及び実践を通してのシステムの改善が必要であり、引き続き取り組んでいく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

①荒優，西原明法，同期型遠隔教育における学習者動作把握支援システム，日本教育工学会第28回全国大会講演論文集，査読無，2012，pp. 711-712

②荒優，西原明法，画像解析と拡張現実感を用いて学習者状態の把握を支援する遠隔教

育システムの提案，日本教育工学会第27回全国大会講演論文集，査読無，2011，pp. 887-888

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西原 明法 (Nishihara Akinori)
東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授
研究者番号：90114884

(2) 研究分担者

荒 優 (Ara Yu)
東京大学・大学院情報学環・特任助教
研究者番号：60612439