

顔映像非開示でもオンライン受講生の注視状況を把握できるスマートカメラシステムの開発 Smart Camera for Monitoring Status of Students without Sharing Their Face Images

石山 一聡¹⁾
Isso Ishiyama

満上 育久¹⁾
Ikuhisa Mitugami

1. はじめに

近年、コロナウイルス感染症予防をきっかけに、オンライン授業は我々にとってより身近なものになった。オンライン授業の自宅から受講できる点は非常に便利だが、その一方で、授業内容の理解の点において、オンライン授業は対面授業と比較して劣ることが報告されている [1]。その理由として考えられるのは、プライバシーや肖像権の保護のために受講生側のカメラは非開示なことが多く、そのため講師は受講生が講義を聞いているか、あるいは理解できているかを推察することが難しい点が挙がる。実際に、オンライン授業を実施した教員等に向けた、オンライン授業の課題点についてのアンケート調査にて、「学生の反応や理解度が分からない」と回答した人の割合は全体の半数以上に上った [2]。

そこで本研究ではこの問題を解決するために、Zoom などのオンラインツールを利用時の、受講生のカメラ映像の開示状態に関わらず、常に映像から受講生の存在や注視状況を認識し講師に伝送する機能を有する、新たなスマートカメラシステムの実現を提案する。このスマートカメラは、受講生がオンライン授業で使用する PC から通常の Web カメラとして認識され、受講生の意思でカメラ映像の開示・非開示の切り替えが可能である。

2. スマートカメラシステム

2.1. 撮影画像の表示

図 1 スマートカメラ (破線内) に、本研究で開発したスマートカメラの外観を示す。このカメラの内部で映像処理を行うためのモジュールとして、Jetson Nano を用いている。Jetson Nano には Web カメラが接続され、その Web カメラによる撮影画像は Jetson Nano のディスプレイに全画面表示される。その画面を USB キャプチャユニットで出力する。これを、オンライン授業を受けるためのノート PC に接続するとその PC からはこのディスプレイの様子が Web カメラの撮影画像として取得されるため、PC にとっては一般的な Web カメラとして認識される。この手法により、Zoom 上でカメラ映像が非開示でも撮影画像を Jetson Nano に取得することができる。

2.2. 注視状況の推定

図 2 に、注視状況の推定方法の概要を示す。本手法では、まずスマートカメラ内部 (すなわち Jetson Nano) で、オープンソースの顔認識器である OpenFace [3] を撮影画像に適用することで、カメラ座標系における、目の位置ベクトルと注視方向ベクトルを推定する。その後、これらの 2 つのベクトルによって定まる角度 (θ) を算出し、この角度 (θ) が事前に設定した閾値 (θ_{TH}) より小さい場合に、受講生は授業画面内を注視していると推定し、大きい場合には画面外を注視していると推定する。また画像から顔検出できない場合は受講生が画面の前には不在であると推定する。

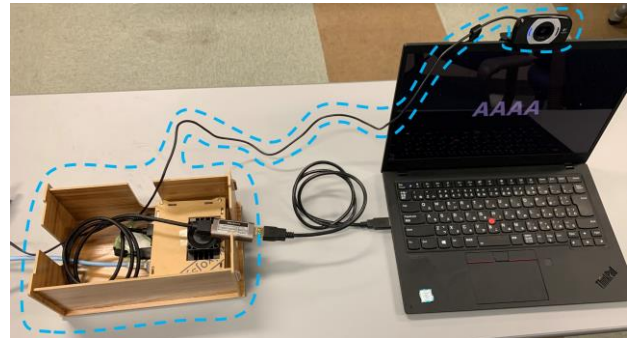


図 1 スマートカメラ (破線内)

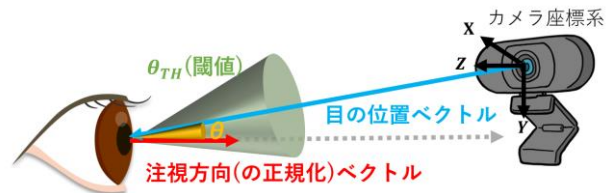


図 2 注視状況の推定方法

2.3. 推定結果の伝送

スマートカメラで推定した受講生の注視状況を、スマートカメラ自身の Web サーバを介して、講師の PC へ伝送する。具体的な処理としては、各スマートカメラが自身の Web サーバ上に受講生の注視状況の推定結果を保存し、一方講師の PC で、すべてのスマートカメラの Web サーバから注視状況の推定結果を収集することにより、受講生側のスマートカメラから講師の PC へ、注視状況の伝達を可能としている。

2.4. 講師用ページ

講師の PC では講師が全受講生の注視状況を一目で把握するために、それらを視覚的に分かりやすく表形式に整理した、講師用ページ (図 3 講師用ページ) を表示する。この講師用ページについては、ローカル Web サーバを立ち上げ、全受講生の注視状況を表示する箇所が動的な Web ページである。受講生が画面内を注視している場合には表の左のセルに青色をつけ、受講生が画面外を注視している場合には真ん中のセルに黄色をつけ、受講生が不在の場合には右のセルに赤色をつける。

1) 広島市立大学情報科学研究科

Student's Attention

Name	Looking inside	Looking outside	No one here!
AAAA			
BBBB			
CCCC			
DDDD			

図 3 講師用ページ

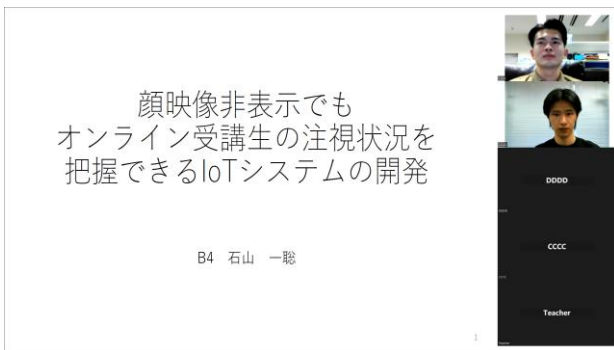


図 4 カメラ映像を開示している受講生と非開示の受講生が混在している場面

3. 実験

3.1. 実験方法

オンライン受講生を想定した 4 名の実験参加者に、提案したスマートカメラシステムを使用させて模擬的なオンライン授業を行う実験をした。各実験参加者は自身のノートパソコンにスマートカメラを接続して Zoom ミーティングに参加し、すべての受講生がカメラ映像を開示している場面と、カメラ映像を開示している受講生と非開示の受講生が混在している場面（図 4 カメラ映像を開示している受講生と非開示の受講生が混在している場面）、すべての受講生がカメラ映像を非開示にしている場面の 3 通りで、指定したシナリオに従って注視行動をとってもらった。このとき、講師用ページ（図 3 講師用ページ）における推定された受講生の注視状況と、指定した注視行動のシナリオを比較して、各実験参加者のカメラの開示状態に関わらず、注視状況を正確に判定できるか、また判定結果が講師の PC を想定したデスクトップ PC の講師用ページにリアルタイムで反映されるかを確認する。

3.2. 実験結果

各実験参加者のカメラ映像の開示状態に関わらず注視状況がほぼ正確に推定でき、推定結果が持続的に講師用ページに反映されることを確認した。ただし、講師用ページの表示がシナリオに対して約 2 秒の遅延を発生させることも確認した。この遅延は、主に画像に対し OpenFace を適用し顔特徴を出力するまでの時間が一定して約 2 秒かかることが原因だと考えられる。

4. おわりに

本研究では、Zoom などのオンラインツールを利用時の、受講生のカメラ映像の開示状態に関わらず、常に映像から受講生の存在や注視状況を認識し講師に伝送する機能を有する、新たなスマートカメラシステムの実現を提案した。提案システムでは、受講生の顔の撮影画像に対し OpenFace を適用して注視状況を推定した。その推定結果をスマートカメラ自身の Web サーバ上に提示し、講師の PC への通信を可能とした。一方、講師側の PC では全受講生のスマートカメラからの判定結果を収集し、それらを視覚的に分かりやすく整理し表示した。実際に複数の受講生に提案システムを使用させて模擬的なオンライン授業を行う実験をし、このシステムが適切に動作し、カメラ映像の開示状態に関わらず、各受講生の注視状況をリアルタイムでモニターできることを確認した。

本研究は、オンライン授業時に受講生がカメラ映像を非開示でもよい点と、講師へ伝送する情報は受講生の顔画像ではなく、あくまで受講生の注視状況の判定結果といったメタ情報のみを扱うため、プライバシーや肖像権の保護の面で優位性があると言える。

本研究では、受講生の存在、また受講生が画面内を見ているか否かを推定した。今後は講義動画視聴時の注視行動と理解度の関係 [4] に基づいて、受講生の授業内容に対する理解度をリアルタイムで推定し講師へ伝送するシステムの開発が課題となる。その課題は、本研究をそのプロトタイプシステムとしてアプローチしていく。

参考文献

- [1] 京都産業大学, 「オンライン授業等に関するアンケート (秋学期) 調査結果[概要版]」, p.6, 2021 年.
- [2] 国立情報学研究所, 「遠隔授業に関するアンケート調査の概要」, p.3, 2020 年.
- [3] Tadas, Baltrušaitis, Peter, Robinson, Louis-Philippe, and Morency, "OpenFace: An Open Source Facial Behavior Analysis Toolkit", pp1-10, 2016.
- [4] 胡間舞子, 黒田明日香, 満上育久, 「VR 講義動画視聴時の注視行動に基づく理解度推定」, 画像の認識・理解シンポジウム, 2021 年.