

# Web 会議システムを用いた遠隔授業における 教師シルエット配信の有用性の検証

岩本 拓巳, 三好 康夫, 岡本 竜

高知大学大学院総合人間自然科学研究科理工学専攻情報科学コース

## Considerations on the Lecturer's Silhouette Broadcasting in Distance Education Using Web Conference System

Takumi IWAMOTO, Yasuo MIYOSHI, Ryo OKAMOTO

Course of Information Science, Science and Technology Program,  
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

あらまし：先行研究では，教室間で画面共有された遠隔電子黒板を用いた遠隔合同授業のための教師シルエット描画システムを開発した．授業コンテンツが表示された電子黒板の画面上に重ねて遠隔教室の教師の姿が半透明で表示されるため，受講生は授業コンテンツの画面を注視しつつ教師の表情や振る舞いを見ることができる．コロナ禍の影響により Web 会議システムを用いた遠隔オンライン授業が多く行われるようになったが，本稿では教師シルエットの配信がこのような遠隔オンライン授業でも有用であるかを検証する．

キーワード：遠隔教育，教師シルエット，オンライン授業，電子黒板，画面共有

### 1. はじめに

高知県の中山間地域の高等学校で行われている遠隔合同授業は，配信側教室の様子を映した大型モニタと授業コンテンツを映した電子黒板の二つが受信側教室の前方に配置されることが多い．この場合，受信側教室にいる生徒は，必要に応じてそれぞれのモニタを見る必要があり，不必要な視線の切り替えが発生する．この視線の切り替えを軽減させるため，先行研究<sup>①</sup>では，教師のシルエットを授業コンテンツが表示されている電子黒板に半透明で描画するシステムの開発を行なった．教師シルエットは図1のように，デプスカメラ（Kinect V2 センサ）を用いて作成・描画を行う．類似する研究には，黒板やホワイトボードを用いた授業において板書内容が講師により隠れてしまうのを防ぐための，講師を透過表示させるシステム<sup>②</sup>等も存在する．

コロナ禍の影響により，大学でも Zoom や Teams などの Web 会議システムを用いた遠隔オンライン授

業を行うことが増えてきた．教師シルエット描画システムは，電子黒板の画面共有機能を活用し受信側教室の電子黒板に教師シルエットの配信を行なっている．そのため，Web 会議システムに搭載されている画面共有機能等を用いることで，遠隔オンライン授業でも教師シルエット描画システムが利用可能ではないかと考えた．

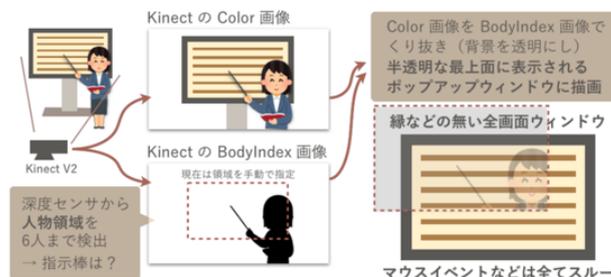


図1 教師シルエットシステムの例

そこで本研究では，教師シルエット描画システムによって生成した教師シルエットを，Web 会議システムを用いて配信する様子を分析し，遠隔オンライ

ン授業においても利用可能であるかを検証する。本稿では、一般的によく用いられている Web 会議システムにおいて、教師シルエット配信した際の遅延や画質等について比較した結果について報告する。

## 2. Web 会議システムを用いた教師シルエットの配信方法

Web 会議システムを用いた遠隔オンライン授業において、映像を配信する方法には、画面共有機能による配信とビデオ会議機能による Web カメラ映像の配信の 2 種類が存在する。対面授業であればスクリーン等に投影して提示する授業コンテンツに対し、教師シルエット描画システムは、半透明化した教師シルエットを重ね、教師シルエット付きの授業コンテンツ画面を生成する。この教師シルエット付き授業コンテンツ画面を Web 会議システムで配信する場合においても、次の 2 つのどちらかの方法で行うことになる。

### 2.1 画面共有での配信方法

画面共有機能は、配信者（教師）のコンピュータ画面を Web 会議参加者ら（受講生）に公開して見せる機能である。これにより、教師のコンピュータで教師シルエット描画システムを起動し、教師のコンピュータの画面に教師シルエットが表示されるようにした状態で Web 会議システムの画面共有機能を使用するだけで、受講生に教師シルエット付きの授業コンテンツ画面を配信することができる。

### 2.2 カメラ映像での配信方法

ビデオ会議機能により、Web 会議参加者がカメラを ON にすると、他の参加者に自分の姿を見せることができる。通常の用途では、コンピュータに内蔵されたものか USB で接続した Web カメラを用いるが、教師シルエット付きの授業コンテンツ画面を配信するためには、コンピュータ画面の映像をカメラ映像として扱えるようにする必要がある。

そのためには、HDMI 映像を Web カメラ映像として USB で取り込むことができる HDMI キャプチャアダプタ等が必要となる。HDMI キャプチャアダプタを使用することで、図 2 に示すように、Web 会議

システムを別の配信用 PC 上で起動し、コンピュータの負荷を分散させることもできる。あるいは、教師シルエット描画システムを動かしながら画面を HDMI 出力しているコンピュータに、HDMI キャプチャアダプタを USB 接続して自身が出力した画面映像を（Web カメラの入力映像として）戻せば、コンピュータ 1 台で配信することも可能である。

図 2 のような複雑な機材の構成を避けてカメラ映像による配信を行いたい場合は、OBS (Open Broadcast Software, <https://obsproject.com>) 等に含まれる仮想 Web カメラ機能と併用する方法もある。

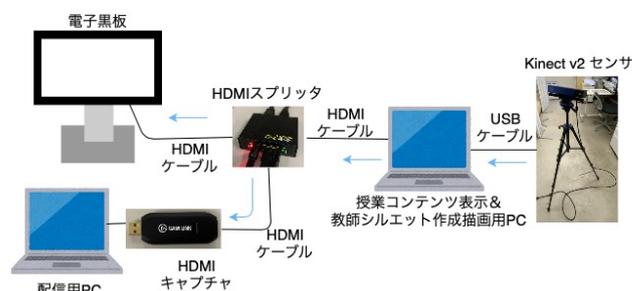


図 2 カメラ映像で教師シルエットを配信するための機材の構成

## 3. Web 会議システムを用いた教師シルエット付き授業コンテンツ画面の配信

先行研究<sup>(1)</sup>の遠隔合同授業で教師シルエット描画システムを用いた際には、受信側教室の電子黒板にシルエットが描画されるのに約 2 秒の遅延が発生してしまっており、教師シルエットは受講生にポジティブな印象を与えることができなかった。これは、教師シルエットを受信側教室に配信する際に電子黒板の画面共有機能を用いたが、この時のシステムは教師や生徒の音声の通信を優先するようチューニングされており、画面共有機能の通信優先度が低くなっていたことが原因と考えている。

そこで、一般的に利用されている Web 会議システムを用いて教師シルエットを配信した際に、映像配信の遅延により授業に支障をきたすようなことがないかどうかを検証したい。

また、前章で 2 種類の配信方法について述べたが、それぞれ得意不得意な点に違いがあるのではないかと考えた。例えば、画面共有による映像配信は、映像

の大きな変化に素早く追従するのは不得意であるが、細かい文字が読みやすいように画質の面では優れていて、逆に、カメラ映像の配信は、細かい文字を読みやすくするより動きや変化への追従性を重視しているのではないかと予想した。

以上のことから、一般的によく利用されている Web 会議システムのうち、表 1 のシステムを用い、2.1 と 2.2 で述べたそれぞれの配信方法で、①シルエット配信による生じる遅延時間、②配信された教師シルエット付き授業コンテンツ画面映像の画質について、検証実験により確認や比較を行う。

表 1 使用する Web 会議システムのバージョン

|        | 配信側 PC<br>(Windows 10) | 受信側 PC<br>(macOS 11.5) |
|--------|------------------------|------------------------|
| Zoom†  | 5.7.5 (1020)           | 5.7.4 (898)            |
| Teams‡ | 1.4.00.19572           | 1.4.00.16567           |
| Webex* | 41.2.3.17              | 41.8.5.6               |

† <https://zoom.us>

‡ <https://teams.microsoft.com>

\* <https://webex.com>

### 3.1 検証実験の手順

#### ① シルエット配信による生じる遅延時間

遅延時間については、教師シルエット配信状況をビデオカメラで 9 分間撮影し、6 秒間隔で 90 箇所の特定点における遅延時間を調べ、その平均値や標準偏差で評価する。各時点のフレーム画像には、図 3 のように 2 つのストップウォッチが写っており、片方はストップウォッチをそのまま撮影したもの、もう片方は教師シルエットの一部として配信され受信 PC 上に表示されたストップウォッチを撮影したものである。したがって、この 2 つのストップウォッチが示している時間の差が、その時点におけるシルエット配信の遅延時間（図 3 の場合は 15.38 - 14.75 = 0.63 秒）である。

#### ② 配信された授業コンテンツ画面映像の画質

配信映像の画質の確認のため、Web 会議システムで教師シルエット付き授業コンテンツ画面を配信している間、Web 会議システムのレコーディング機能を使用する。それぞれの条件ごとに記録された動画の画質を見比べることにより主観による評価を行う。



図 3 遅延時間の計測方法

### 3.2 結果と考察

#### ① シルエット配信による生じる遅延時間

表 1 の Web 会議システムを用い、それぞれの方法で教師シルエットを配信した際の遅延時間の計測結果は表 2 のようになった。表 2 にあるように、配信方法や使用する Web 会議システムにより遅延時間が大きく異なるようなことは確認されなかった。

ただし、図 3 のような遅延時間計測のためのビデオ撮影を行うために、配信 PC と受信 PC が同じ LAN ネットワーク内にある理想的な状況で実験が実施されたことは考慮しておく必要がある。

表 2 シルエット配信の遅延時間(秒)の比較

|       |       | 画面共有        |             | カメラ映像       |             |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|       |       | Mean        | SD          | Mean        | SD          |
| Zoom  | 0~3 分 | 0.84        | 0.15        | 0.52        | 0.07        |
|       | 3~6 分 | 0.82        | 0.21        | 0.52        | 0.07        |
|       | 6~9 分 | 0.74        | 0.22        | 0.53        | 0.05        |
|       | 全体    | <b>0.80</b> | <b>0.20</b> | <b>0.52</b> | <b>0.06</b> |
| Teams | 0~3 分 | 0.59        | 0.16        | 0.64        | 0.08        |
|       | 3~6 分 | 0.51        | 0.09        | 0.60        | 0.07        |
|       | 6~9 分 | 0.57        | 0.27        | 0.61        | 0.17        |
|       | 全体    | <b>0.56</b> | <b>0.19</b> | <b>0.62</b> | <b>0.12</b> |
| Webex | 0~3 分 | 0.59        | 0.10        | 0.57        | 0.08        |
|       | 3~6 分 | 0.60        | 0.07        | 0.56        | 0.06        |
|       | 6~9 分 | 1.37        | 0.69        | 0.54        | 0.07        |
|       | 全体    | <b>0.85</b> | <b>0.54</b> | <b>0.55</b> | <b>0.07</b> |

#### ② 配信された授業コンテンツ画面映像の画質

表 1 のいずれの Web 会議システムも、画面共有による配信とカメラ映像による配信との間で、画質に

明確な違いは見られなかった。

図4は、Teamsの画面共有で教師シルエットを配信している際の配信画面のワンシーンを切り抜いたものである。ここでは、教師が電子黒板（授業資料）の前を横切ったために画面上の教師シルエットに大きな動きが見られる。図4下部は、図4上部において赤枠で囲まれた部分を1フレームずつ進めた4フレーム分をまとめた画像である。図4下部の「国東市」などの文字を見てわかるように、教師シルエットに大きな変化が起きていても、文字はぼやけることなく表示されていた。



図4 教師シルエットの描画状況(Teamsの場合)

#### 4. おわりに

本稿では、教室間をネットワーク接続して実施する遠隔合同授業を支援するために作成された教師シルエットシステムが、Web会議システムを用いた遠隔オンライン授業においても十分に利用可能であることを確認した。また、使用するWeb会議システムや教師シルエットの配信方法により、配信にかかる遅延時間や描画される教師シルエットの画質に差は見られなかった。

このことから、教師シルエットをWeb会議システムで配信したい場合は、使い慣れたWeb会議システムを使えば良く、配信方法についても、追加の機材やソフトウェアが不要な画面共有機能を用いるのが良いということがわかった。

遠隔オンライン授業の際に教師シルエット描画シ

ステムを使用することで、教師の映像を授業コンテンツと共に大きく描画をすることが可能である。このことは、通常の遠隔オンライン授業では提供することが難しかった対面授業のような臨場感を出しやすいという利点につながると考えている。また、教師が対面授業の際に、受講生に注目させる目的や気を引くために無意識または意識的に行う動作や行動が、遠隔オンライン授業においても受講生から見えやすくなる。

Web会議システムで配信された教師シルエットの見え方が、これらの利点を損なうことがないほど十分にクリアであることは、検証実験を行うことで確認できた。したがって、遠隔オンライン授業において教師シルエットを配信することは十分に有用であると考えている。

今後の課題は、実際に受講生がいる遠隔オンライン授業で教師シルエット描画システムを使用した場合に、期待した通りの結果が得られるかについての検証を行うことが挙げられる。

#### 参考文献

- (1) S. Komatsu, Y. Miyoshi, Y. Mori & R. Okamoto: "Lecturer's Silhouette Display System for Distance Education Using Screen Sharing between Interactive Whiteboards", Yang, J. C. et al. (Eds.): Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education, pp.482-487 (2018)
- (2) 奥本隼, 山根恵和, 吉田光男, 岡部正幸, 梅村恭司: "講師のシルエットを透過表示した板書映像の生成とライブビューシステム", 日本教育工学会論文誌 41 巻 2 号, pp.177-186(2017)