

# ハイブリット型授業に対応したリアルタイム配信手法の検討

## Examination of real-time online method for hybrid classes

高崎 和之<sup>1)</sup>, 高野 邦彦<sup>1)</sup>, 若林 良二<sup>1)</sup>

Kazuyuki Takasaki<sup>1)</sup>, Kunihiko Takano<sup>1)</sup>, Ryoji Wakabayashi<sup>1)</sup>

**要旨:** 2020年2月以降, COVID-19感染拡大防止を目的とした分散登校や遠隔授業が本校でも断続的に実施されている。本報告では, 筆者らがこれまでに実施した資料配布型, 双方向型などの各種遠隔授業の事例を紹介し, ハイブリット型授業にも対応可能なリアルタイム配信システムを構築した際の留意点などについて述べる。遠隔授業では, 受講者が物理的に離れた場所にいるため, 様子が分かりにくく問題点を把握しにくい, 本システム構築にあたっては, 遠隔授業やハイブリット授業を実施した際に多くの学生から貴重な意見や提案があった。本報告ではそれらのフィードバックの反映事例も紹介する。

**キーワード:** 遠隔授業, ハイブリット授業, オンライン授業, リアルタイム配信

### 1. はじめに

COVID-19 (俗称, 新型コロナウイルス) の感染者は2020年1月15日に日本国内で初めて確認され, その後急速な勢いで国内に感染が広がり, 緊急事態宣言が発令されるに至った。緊急事態宣言の発令を受けて, 本校では2020年2月29日から感染拡大防止を目的とした長期間の登校禁止措置が実施された。収束の兆しが見えない中, インターネットを活用した遠隔授業が行われることになり, 教員各々が担当する授業の性質に合わせた方法を模索した。本報告では, 筆者らがこれまでに実施した資料配布型, 双方向型などの各種遠隔授業の事例を紹介し, ハイブリット型授業にも対応可能なリアルタイム配信システムを構築した際の留意点などについて考察する。

### 2. COVID-19に対する本校の対応

COVID-19感染拡大防止が社会的に急務となった2020年2月以降, 本校では, 遠隔授業(登校禁止), 分散登校, 通常登校の3つの登校形態を感染状況に応じて使い分けている。文部科学省の規定する遠隔授業は, 複数の教室などを通信回線で接続し, 同一内容の講義を同時に受講する講義形態の授業を指すものであるが[1], 本報告では, インターネットを利用して学生と教員が会することなく実施される授業を遠隔授業と呼んでいる。分散登校は, 週1~2日の指定された日に登校し, 実習などの遠隔授業による実施が困難な授業を受講するものである。時間割の関係上, 学内で遠隔授業を受講しなければならないなどの不都合が生じるケースもあるが, 教務室の調整により, 演習室などを割り当てて対応している。分散登校はクラス単位で登校する学

生の人数を調整しながら特別時間割に従って運用されている。通常登校は, すべての授業を対面形式で実施するものであるが, 教員の事情等により一部の科目は遠隔授業で実施されている。2020年2月から2021年11月までの本校の授業形態の変化を次に示す。

#### 2020年

- 2月29日 5年生以外登校禁止
- 3月4日 全学生登校禁止
- 4月27日 遠隔授業準備  
(Google Classroomの準備)開始
- 5月11日 遠隔授業開始
- 6月1日 分散登校開始
- 7月6日~7月9日 前期中間試験  
※1クラスを2教室に分け, 時間帯をずらして実施
- 7月10日 通常登校再開
- 8月7日~9月6日 夏季休業  
※授業時間数確保のため期間を短縮
- 12月2日~12月7日 臨時学校閉鎖

#### 2021年

- 1月12日 分散登校開始
- 2月9日 通常登校再開
- 4月28日 分散登校開始
- 5月27日 一部通常登校再開
- 6月2日 通常登校再開
- 6月10日 1~3年のみ分散登校を再開
- 6月24日 通常登校再開

<sup>1)</sup>東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科, 情報通信工学コース

### 3. 遠隔授業の主な形態

遠隔授業は、講義と受講に同時性があるか否かにより、リアルタイム型とオンデマンド型に分類できる。また、講義の運用形態により、双方向型、資料配布型、演習型などに分類することができる。それぞれの特徴を次に述べる。

#### 3.1 リアルタイム型

講義と受講が同時に行われる形式のものをリアルタイム型と呼ぶ。web 会議システムを利用して行われる授業などがこれに該当する。リアルタイム型はその同時性により、受講生の規則正しい生活が保たれる反面、通信回線や機器の不具合により参加できなかった学生へのフォローが課題となるが、これまでの間で筆者が報告を受けたのは PC の故障とルータ故障の 2 件のみである。講義を一方的に配信するだけでなく、双方向通信を行ってその場で質疑応答が可能なのは同時双方向型と呼ばれている。

#### 3.2 オンデマンド型

あらかじめ収録された動画や、配布資料を用いて受講生は定められた期間内の好きな時間に受講できる形式をオンデマンド型という。受講する時間に制約がないため、効率よく学習できるメリットがある反面、生活習慣が乱れやすい欠点がある。通信容量等、通信網に制約がある場合は、登校時に学内から受講することもでき、必要な時にいつでも見直すことができるなどの利点もある。教員も時間割に束縛されないメリットがあるが、オンデマンド型は、「対面またはその他の適切な方法によって添削や質疑応答などの十分な指導を合わせて行うこと」が必要とされており[1]、対面授業やリアルタイム型に比べ教員の負荷が多くなる傾向にある。自らのペースで学習を進められることから、自学自習の習慣が身につけている学生には有効な方法である反面、そうでない学生との間で学習効果に差が出やすい点に注意が必要である。

#### 3.3 双方向型

Google Meet や Microsoft Teams, Zoom などの web 会議ツールを用いて音声や映像を教員、学生間で双方向にやり取りしながら授業を進める形式である。双方向の性質上、必然的にリアルタイム型となるが、電子メールなど即時性を要求されない手段を併用することも可能である。映像、音声を記録しておき、アーカイブ化することによりオンデマンド型にも対応できるが、その場合、双方向性は失われてしまう。

#### 3.4 資料配布型

資料やあらかじめ録画された動画などを配布する形式である。一般にオンデマンド型に分類されるが、講義部分を資料配布型とし、質疑応答をリアルタイム型にすることで通信データ量を削減する効果を期待できる。演習や練習問題を配布し受講者に解かせるだけの形式の講義は、台風の

災害や交通トラブル、教員の体調不良等による単発の遠隔授業では有効であるが、講義がないため同じ練習の繰り返しになってしまうことから長期間継続して実施することは難しい。

#### 3.5 ハイブリット型

ハイブリット型は対面授業と双方向型の遠隔授業を同時に行う形式である。ビデオカメラを用いて対面授業の様子をそのまま配信したり、スライドなどプロジェクタで投影されるパソコン画面を共有しながら授業を行うことが一般的である。遠隔授業のための技術的な操作を担当する補助員が配置できれば理想的であるが、本校では人的リソースや金銭的な関係から難しく、対面授業と遠隔授業を同時に 1 名の教員が進めなければならないのが実情である。しかし、1 名の教員で運用可能なハイブリット授業用の配信システムを構築できれば、対面授業と遠隔授業をスムーズに切り替えることができるため、非常に有益であると考えられる。

### 4. 各授業形式の施行事例

遠隔授業を実施するにあたり、筆者は資料配布型とオンデマンド型、双方向型、ハイブリット型の 4 種類を施行した。その時の具体的な方法と、学生評価、課題などを次に述べる。

#### 4.1 資料配布型による授業

2020 年 5 月から 6 月末までの間、PDF 文書と解説動画を配布する資料配布型の授業を第 5 学年の通信工学 II で実施した。この授業では、PDF 文書による説明が主（教科書代わり）とし、動画は文書による説明が難しい部分の補助的なものとして用いた。動画の作成には、書画カメラを用いることが理想的であったが、世界的な物流の停滞と工場の稼働停止により、入手が困難であったことから家庭用ビデオカメラ（SONY FDR-AX45）をブームアーム付き三脚（SLIK エイブル 300HC）に取り付けて代用した。

学習のエビデンスとして、講義内容をまとめたノートの作成を課題とした。時間割に従い、授業時間内は Google Meet で、それ以降は電子メールで質問を受け付けるようにしたが、質問は毎回 1、2 件で対面授業と差異は見られなかった。PDF 資料をダウンロードした時間のログを見ると、6 割程度の学生はリアルタイムで受講、2 割程度が当日中に受講、1 割程度が試験直前であった。教員、学生共に手探りの状態であったこともあり、内容、実施方法について学生や保護者から不満の声はなく、時間に縛られないことを歓迎する意見も多く聞かれた一方で、生活の乱れを心配する声が散見された。

筆者は前年度からこの授業を担当しており、講義ノートも作成済みであったが、PDF 資料と動画の作成にそれぞれ 1~2 日程度の時間を要するなど、準備に膨大な時間がかかり大きな負担となった。5 年担任で担当科目数が少なかったこと、学校行事や部活などの校務が停止となったこと、在

宅勤務により通勤時間を準備時間に充てられたことなどの理由により辛うじて準備ができたが、平常時に同様の準備を行うことは難しく、準備の簡略化が課題として残った。

#### 4.2 双方向型による授業

筆者は専攻科のエンジニアリングデザイン（ED）も担当しており、こちらの授業は2020年5月から6月末までの間、web会議ツールのzoomを用いて双方向型で実施した。この科目は、3名の教員が担当するグループワークを中心とした授業であり、スライドを提示して説明をしてからグループ毎に討論等を行うものである。web会議ツールの操作に不慣れな点を除けば、資料提示や説明に大きな支障はなかったものの、グループディスカッションはやりにくさを感じるが多かった。最も不便を感じた点は、全体が見えないことである。対面授業であれば、全チームの様子を見渡し、話している内容を聞くことができるのに対し、遠隔授業では切換操作を必要とし特定のグループの会話しか聞くことができない。また、切換操作にも数秒の時間を要し、進行状況の把握が行いにくかった。また、自分の意見を付箋紙に書いて貼るという対面授業では何気ない作業も、遠隔授業では何倍もの手間と時間がかかるうえ、表示範囲が狭く、全体を眺めにくいという欠点があった。それに加え、タイムラグによって話始めのタイミングがつかみにくく、ディスカッションがぎこちないものになってしまうことが多々あった。一方で、録画を簡単に残すことができるので、後から確認することができる点は非常に便利であると感じた。さらに、web会議ツールが教員、学生だけでなく、学外でも一般化したことにより、学外関係者を交えた授業を計画しやすくなったことは教員、学生双方にとって大きなメリットであったと考えられる。

#### 4.3 対面と遠隔を併用したハイブリット型の授業

2020年7月から通常登校が再開されたが、5年生は時間割上、通信工学Ⅱの開講される日に他の選択科目と通信工学Ⅱの2科目しか授業がなかった。そのため、1科目のみの受講となる学生も複数存在し、受講時間の倍以上の時間をかけて通学する学生もいた。人流抑制が求められていた社会状況を鑑み、通信工学Ⅱでは、通常登校再開後も遠隔授業を継続することにした。一方で、選択科目を受講している学生は登校している状況であることから、対面授業と遠隔授業を同時に行う、ハイブリット型の授業運営を試行することとした。

対面授業は従来通り黒板を使って行うものとし、遠隔授業は図1に示すように、教室後方中央付近にカメラを設置し、その映像をGoogle Meetでリアルタイム配信する手法をとった。

この時の配信システムの構成図を図2に示す。操作・配信用ノートPC、カメラ、マイクはそれぞれ、EPSON NY-2300S、SONY PXW-Z90、Fostex MC10STを用いた。

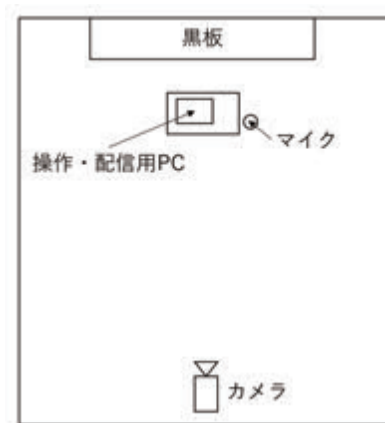


図1 機器配置図



図2 配信システムの構成

有志の学生の協力を得て事前にテスト配信を行ったところ、スマートフォンで視聴する場合、図3に示すような黒板全体の映像では文字が小さすぎて読みにくくなることが判明した。講義中に教員がカメラを操作することは難しいため、フリーソフトのOBS Studioと仮想webカメラプラグインを用いて配信する映像の拡大処理を行い対応した。拡大して配信した映像の例を図4に示す。これにより、黒板の文字の大きさを2倍程度にすることができ、スマートフォンでも閲覧しやすくなった。さらに、黒板を3分割して左側、中央、右側のエリアをそれぞれ拡大する設定と、2分割して左右をそれぞれ拡大する設定にキーボードショートカットを割り当てることによって、キーを1つ押すだけで切り替えができるようにした。その結果、対面授業を行いながら配信される映像を随時切り替えられるようになり、教員1名でもハイブリット型の遠隔授業をスムーズに進めることが可能となった。この方式のメリットは、配信に必要な機器類を設置してしまえば、対面授業とはほぼ同じ感覚で授業を進めることができることである。学生の視点から撮影した映像を配信しているため、プロジェクタによる資料提示も対面授業と同じ方法で行うことができ、これまでに蓄積した講義ノートやスライドなどの資産をそのまま使うことができる。したがって教員側の負担は対面授業の場合と変わらない。特別な準備が不要であるため、突発的に遠隔授業が必要となった場合にも、柔軟に対応可能である。また、録画を残し、後から視聴できるようにすることも可能である。この場合、黒板の映像があるため、シーク操作を行いやすく、目的の場所を探しやすいメリットがある。ただし、2020年度に開講した通信工学Ⅱでは、学生の姿が写り込むことや、会話が録音されることから記録した映像は教員が管理し、Classroom上では公開しなかった。



一方、学生の立場では、これまでの講義形式に近い形式であるため違和感なく受講できる点が好評であった。しかし、板書をノートに書き写す時間の個人差に対する配慮が難しく、説明を始めるまでの待ち時間（以下、待機時間）が長すぎるといった意見と短すぎるといった意見がほぼ同数となった。これに対しては、待機時間中に黒板を写真撮影し、Classroom に随時アップロードすることで、画面を切り替えても見直すことができるように配慮した。後日、「ノートを書いている間は拡大している映像の方が見やすいが、説明を聞いている時間は黒板全体が映っている方が良い」との意見があり、その方式を取り入れた。また、声が反響して聞き取りにくい、マイクに風が当たる音が耳障りなどの報告があり、前者に対しては教卓にマイクを設置し、後者に対しては遮断周波数 70Hz の高域フィルタを挿入して風音を低減させる対策を行った。映像に関しては、ピント調整を自動にしていると手前の人物にピントが合って黒板が見えなくなる時があることや、黒板表面にピントを合わせると黒板表面の粗雑さの情報も含まれてしまい、映像圧縮によってかえって映像が荒くなりみにくくなってしまいうという指摘を受け、マニュアルで黒板よりも 3 割ほど先の位置に合焦するように調整するようにして対策した。



図3 黒板全体を写した映像

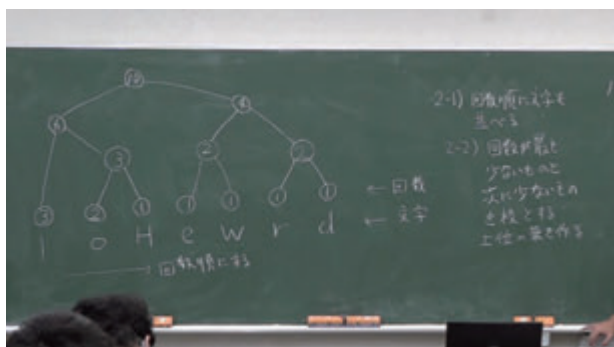


図4 拡大して配信した映像

試行にあたり、ハイブリット型授業や映像配信に関する経験が全くない状態からのスタートであったため、受講形式は自由選択とし、事前申請等の手続きは不要としたが、密集を避けるために卒研室で受講する学生も多く見られた。対面授業の出席者が 3 名の日もあり、学習効果が心配であ

ったが、試験の結果には前年度（対面授業のみ）のものとの大きな差異が見られなかったことから、十分な品質で遠隔授業を提供できたものと考えている。

#### 4.4 遠隔授業のみに特化した授業

2021 年 1 月には感染者数の増加により、再び遠隔授業となったが、この頃には、教員間の情報共有が進み、ペンタブレットや書画カメラを活用する方法などが校内で共有され、遠隔授業も質の向上が求められるようになった。4.3 節のハイブリット型の授業も 8~9 割の学生が常に遠隔で受講していたため、そのままの形式で講義を続けることも可能であったが、長時間画面を注視し続けることによる疲労が問題となっていたことから、講義内容を変えずに時間だけを短縮する方法を検討した。

録画された講義を見ながら時間の配分を調べると、黒板を書いている時間と、学生がノートを取り終わるのを待っている時間、説明している時間がほぼ 1/3 ずつであることが分かった。そこで、板書の内容をあらかじめスライドにまとめておき、説明をしながら液晶ペンタブレットで追記する講義形式を試行した。この場合、板書を書く時間が不要になるため、従来と同じ内容でも、講義時間を 2/3 程度に短縮することができた。さらにスライドをあらかじめ配布しておき、必要な部分だけメモを取らせて待機時間を省くことで、講義時間を従来の 1/3 程度まで短縮することができた。従来と同様の教育効果を担保するため、ノートの作成を課題とし、講義後の残りの時間を使ってノートを作成するように指示したが、自分のペースでノートをまとめられてよいと好評であった。

OBS Studio の機能を利用すると、図 5 に示すようなカメラで撮影した映像とスライドを合成した画面を容易に生成し配信することができる。スライドの作成に時間がかかる回路図などはその場で手書きとすることで、資料作成の時間を大幅に削減することが可能である。また、質問対応もその場で黒板を使って行うことができるため、メールによる対応に比べ、大幅に時間を削減できた。学生、教員共に遠隔授業に慣れてきたこともあり、対面授業と同じような感覚で授業運営ができるようになり、年度当初の資料配布型の授業形式に比べ、負担を大幅に減らしつつ同時双方向型の授業が実現できるようになった。

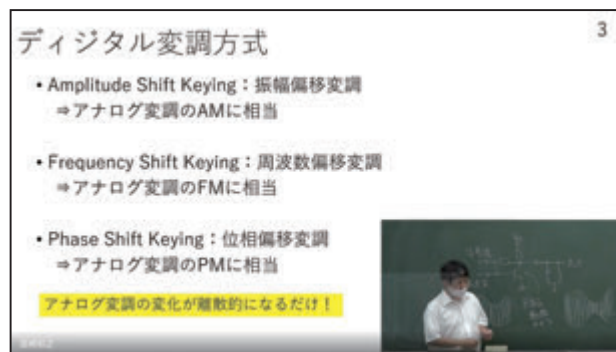


図5 スライドとカメラの映像を合成して配信した様子

しかし、合成等の複雑な処理を行うには PC に高い処理能力が要求される。図 2 に示した配信システムでは処理能力が不足したことから、PC をさらに処理能力の高いものへ変更し、スライドだけでなく、書画カメラなどを用いて、手書きの資料や教科書を使った説明もできるよう図 6 に示すようにした。配信用 PC とカメラ映像のキャプチャボードに、DELL Vostro 3471 (i5 9400 モデル)、Blackmagic Deck Link Mini Recorder 4k を追加している。資料提示用ノート PC の代わりに書画カメラなどの機器を用いれば、紙媒体の資料などを示すことも可能である。

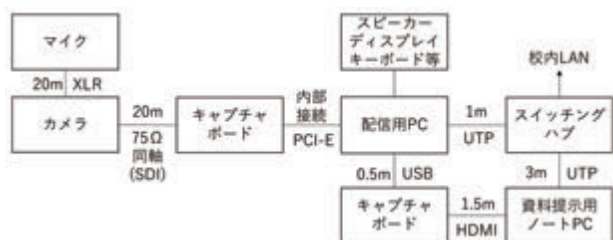


図 6 改良後の配信システム

#### 4.5 他教員の科目による利用

リアルタイム配信システムは本報告で挙げた通信工学 II 以外にも次の科目で利用した。

2020 年度

- T2 電磁気学 I
- T3 電子回路 I
- T5 アンテナ工学（補講時のみ）
- T5 通信工学 I
- T5 電波伝搬工学

2021 年度

- T3 電子回路 I
- T4 電磁気学 III
- T4 コンピュータネットワーク I
- 専攻科 応用電磁気学
- 専攻科 デジタル信号処理特論

特に電子回路 I、通信工学 I、電波伝搬工学は、非常勤講師が担当する授業であったが、30 分程度の説明でスムーズに使用することができた。本システム導入後は講義ノートやスライドなどのこれまでに蓄積した資産をそのまま利用できる点が高く評価され、積極的に利用していただいた。

## 5. 配信環境構築、運用時に配慮すべき点

リアルタイム配信システムの構築や運用時に特に配慮した点を次に述べる。

### 5.1 映像の解像度と伝送方法

黒板の横幅（T5 教室の場合 5.6m）を画面の横幅と一致させた場合、チョークで書いた線（太さ 4mm）を識別する

ためには水平解像度が 1400 本（1400 ピクセル）以上必要である。したがって、1920×1080 ピクセルのフルハイデンシティ（以下、FHD）以上の解像度を持ったカメラで撮影し配信用 PC へ取り込む必要がある。システムの構築にあたり、当初は安価で小型な web カメラを使う方法を検討したが、web カメラの場合、撮像素子自体は FHD の画素数を有していてもレンズなどの光学系の解像度が低いものや、デジタル信号処理によって歪みや手振れ補正が行われていて十分な解像度が得られなかった。そのため、HDMI キャプチャ装置を用いて、ビデオカメラの映像を PC へ取り込む方式とした。

ハイブリット授業を行う場合や、カメラを教室に常設することを考えた場合、カメラは教室の後方の壁際に置かざるを得ない。本校のホームルーム教室は、教室により若干の違いはあるものの、黒板から後方壁面までの距離が約 7m なので、映像を伝送するケーブルの長さは 15～20m 程度必要である。近年、映像伝送に一般的に用いられている HDMI のケーブルは、規格上 5m が最長であり、そのままでは映像信号を教室後方から教卓付近まで伝送することができない。そこで、本システムでは、長距離伝送に適した SDI に信号変換し伝送する方法をとった。SDI は 75Ω の同軸ケーブルを用い、3G-SDI と呼ばれる FHD 解像度の映像を伝送する規格の場合、100m までの伝送に対応できるとされている。当初のシステムでは、教卓付近まで SDI で伝送した信号を SDI-HDMI 変換器によって HDMI 信号に変換し PC へ取り込んだが、改良後のシステムでは直接 SDI 信号を取り込むことのできるキャプチャボードを用いた。

なお、入力映像の画素数を 4k（3960×2160 ピクセル）とした場合と FHD とした場合について、見やすさの違いを調査した結果、パソコン、タブレット、スマートフォンいずれで視聴した場合でも「注意して見比べなければわからない」との回答が多かったことから映像の解像度は FHD で十分であることが確認された。

### 5.2 設営・撤去時間

ハイブリット型の授業を行う場合、前後の時間で他の授業が行われるため、準備と片付けが容易であることが求められる。配信システムは図 7 に示すようにカメラとそれを固定する三脚以外を 1 つの台車に乗せた状態で移動、運用できるようにし、移動、設置を含め 10 分程度で配信を開始できるように工夫した。最も時間がかかるのは、カメラの画角（映る範囲）の調整であるが、ガイドフレーム機能（画面上に格子状の枠線を表示する機能）を用いて基準を定めることで、再現性を確保し OBS Studio の拡大範囲の再調整を不要とした。

### 5.3 講義のペースと量の調整

4.3 節で述べたように、板書の代わりにスライドを用いる場合、あらかじめスライドを配布しておけば対面授業の 1/3 程度の時間で対面授業と同等の講義を行うことができる。しかし、説明なく講義を 1/3 の時間で終わるような運用を

した場合、学生や保護者の理解が得られず、授業への満足度が低下する恐れがあることから、事前に十分な説明をしておくなどの配慮が必要である。



図7 台車に載せた状態の配信システム

#### 5.4 色使い

遠隔授業では、視聴環境により色の見え方が異なる点に注意する必要がある。特にオレンジや黄色は白色との区別が付きにくいとの意見が多く寄せられた。そのため、遠隔授業やハイブリット授業では、色ではなく、線種や傍記によるアクセントを行うなどの配慮が必要である。

### 6. まとめと今後の課題

教室後方にカメラを設置してハイブリット授業を行う方法を提案し、教員1名で運用が行えるように工夫したリアルタイム配信システムを提案、学生の意見を取り入れ改良した。パソコンや映像機器の高性能化に伴い、現実的な費用で十分に実用的なシステムを構築し運用できることが確認されたが、より質の高い授業を行うためにハードウェア・ソフトウェアの両面から更なる改良が必要である。また、遠隔授業によって得られた知識や授業運営の工夫は、自習用教材の拡充や反転授業などへも応用が可能であると考えられる。今後は、利用者である学生からのフィードバックを集め、それらを反映した改良が必要であると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 文部科学省、大学における多様なメディアを高度に利用した授業について（資料6）、  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo/4/043/siryo/\\_icsFiles/afiedfile/2018/09/10/1409011\\_6.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo/4/043/siryo/_icsFiles/afiedfile/2018/09/10/1409011_6.pdf)  
(2021年10月30日閲覧)