

iPadを活用したノート作成型 オンライン理科授業の開発

加 藤 陽一郎

はじめに

2020年2月からのコロナ禍において、多くの中学や高校で、オンライン授業の需要が急激に高まった。通信システムを学校や法人が用意し、授業形態や運用を教員が個々に工夫し、試行錯誤のオンライン講義が展開された。

2020年4～8月、オンラインでの授業配信が必要とされた。多くの教員が、自宅や生徒のいない教室から授業を配信することに挑戦し、よりよい授業案を暗中模索で作成していた。2020年度後半になると対面授業の重要性が再認識され、条件や制限をつけて対面授業が再開される学校が多かった。しかし、同時に、コロナウイルスの感染拡大時に学校や地域ごとに休校や学級閉鎖の措置がとられ、緊急時のオンライン対応が求められた。

2021年4月からは対面授業を展開しつつ、同時にコロナ関連で欠席した生徒に対してオンラインでの補助が課題となった。そして、これに対応できるハイフレックス型授業が理想的な形態の1つとして取りあげられた。ハイフレックス型授業とは、同じ授業を対面とオンラインの双方で受講できる方法で、たとえば教室で対面授業をしながらその様子を撮影しPCのZOOMで自宅にいる生徒に配信する、といったスタイルである。広く小学校から大学までハイフレックス型授業が試行されたが、それぞれの年代に適したスタイルがあり、その開発と普及が求められている。

(28)

目 的

中学理科において、ZOOMを用いたハイフレックス型授業の実現化に向け、iPadを用いたノート作成型の授業を開発し、その教育効果を考察する。

開発コンセプト

本研究では、ハイフレックス型授業の新しいスタイルを開発し、有効性を高めた。対象を中学生とし、理科教育に焦点をあて新スタイルを模索した。中学生の学習で一般的な「板書→ノート作成」を基本として、教員はiPadのノートアプリで板書をし、その画面を映し出すことで対面と配信で同時展開可能な授業ができるよう、各システムを探究し構築に努めた。

開発の結果

iPad (図1左) とApple TV (図1右) を用いたシステムを段階的に開発した。表1に4つの開発システムを載せ、使用機器と用途、詳細を示した。



図1 iPad+Apple pencil (左) とApple TV (右) *AppleのHPより抜粋

表1 開発システムの特徴

開発システム	使用機器					用途	詳細
	iPad	Apple TV	Windows PC	キャプチャボード	Webカメラ		
1	○	○				対面でのiPad映写	配信無し
2	○	○	○	○HD60S+		ハイフレックス	モバイルPC向け
3	○	○	○	○Cam Link 4K		ハイフレックス	据え置きPC向け
4	○	○	○	○HD60S+	○	ハイフレックス	背景抜き演者有り

【開発システム1】

教室内の生徒に対する授業において、iPad画面をプロジェクターに映写するシステムを作成した（図2）。このシステムでは配信はしない。教室提示の基本として、ほかのシステムに先駆けて開発した。iPadを無線回線（Bluetooth）でApple TVと接続し、最終的にiPadの画面をプロジェクターにミラーリングして映写する。

特長は4つある。1つ目は、無線（Bluetooth）のため教員がiPadを自由に持ち歩けることが挙げられる（図3左）。2つ目は、Apple pencilでの描写を滑らかにテンポよく映写できる点である。これは、iPad～Apple TVの連携の良さとiPad proのPro Motionテクノロジーの優秀さに起因する。3つ目は、ノートアプリとして採用したGoodNotes5の機能によるものだが、描いたノート部分だけがプロジェクターに映写される点である。iPad内での作業、たとえばメニューウィンドウでの選択の様子などがプロジェクターには映らず、生徒に見せずにすむ（図3右）。プレゼンテーションモードで「講演者がみるページをミラーリング」を選ぶと可能となった。4つ目は、プロジェクターを備えていれどどの教室でも利用可能な点である。使用機器はコンパクトで持ち運びが容易である。

試運転では、iPadもApple TVも学内の公共無線LANに接続したが、Apple TVは無線（Bluetooth）だけでiPadとミラーリングできる製品であり、

(30)

WiFiがない環境下でもミラーリングは可能であった。また、使用教室のAV機器のビデオ入力がVGAであったため、アダプターを追加し、Apple TV側HDMI→VGA+3.5mmオーディオへ変換した。すべてのシステムでこの変換が必要となるが、これ以降、変換に関することはすべて省略しHDMI接続として説明および図示する。

- ☆使用機器
- ・ iPad …Apple iPad pro 10.5インチ 2017年
Apple iPad pro 11インチ 2020年
 - ・ 電子ペン …Apple pencil 第一世代、Apple pencil
第二世代
 - ・ ノートアプリ …GoodNotes5
 - ・ Apple TV …Apple TV 4K 2017年、Apple TV 4K
2021年
 - ・ 変換アダプター …UGREEN製 HDMI→VGA+3.5mmオ
ディオ (以後記載を省略)
 - ・ 教室の設備 …AVセレクター、スピーカー、プロジェクター

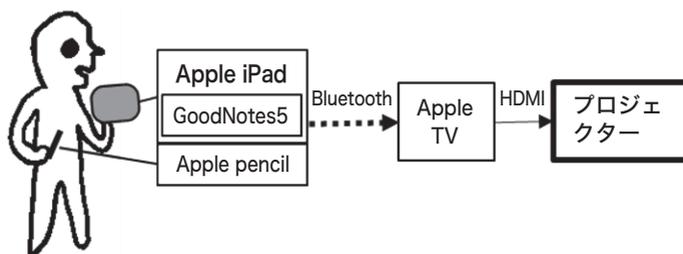


図2 開発システム1

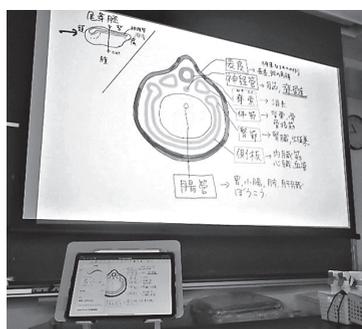
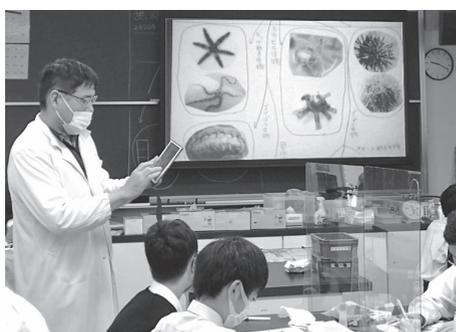


図3 iPad画面をプロジェクターに映写する様子（左）、両者の画面の比較（右）

(32)

【開発システム2】

システム1を対面授業で展開しながら、そのiPad画面をZOOMで配信可能にした。システム1の機器にノートPCとキャプチャーボードを組み入れた(図4)。

キャプチャーボードとはTVゲーム機の画面をPCに取り込むための装置である。高性能なキャプチャーボードでは、ゲーム画面をPCに取り込むと同時にパススルーでモニターに出力できる(図5)。ここでは、ゲーム機をApple TVに、モニターをプロジェクターに置き換えた。結果、キャプチャーボード経由で、Apple TVにミラーリングしたiPad画面をPCに取り込み、同時にプロジェクターに出力できた。

ZOOMでの外部映像取り込みは、「画面の共有」から行うことが一般的だが、演者のカメラ画面から行った。具体的には「設定」→「ビデオ」→「キャプチャーボード名」の手順を踏む。先生のカメラの映像は全く映らない状態での配信となる。さらに、ZOOMでの配信に音声の取り込みが必須となり、ワイヤレスマイクを導入した。マイクも無線(Bluetooth)でつながるものを選んだ(図6)。

主な特長が2つ生まれた。1つ目は、配信される映像が高画質を保つ点である。黒板の板書を撮影し配信するよりもiPadのノート画面を配信する方が、高い解像度になる。2つ目は、マイクにより高音質な音声を得られ、かつ無線(Bluetooth)接続により教員が自由に歩ける点である。

☆使用機器(システム1への追加分)

- ・ワイヤレスマイク …Rode製 Wireless Go (マイク付送信機と受信機のセット)
- ・キャプチャーボード …Elgato製 HD60S+、I-O data製GV-USB3 HD/E
- ・Windows PC…NEC製 LAVIE Direct HZ

(Intel Core i7-7500U, 8GB, windows10)

Lenovo製 ThinkPad L580 (Intel Core i5-8250U, 8GB, windows10)

Mouse Computer製 DAIV 4N/H (Intel Core i7-1165G, 32GB, NVIDIA GeForce GTX1650Ti/ Intel Iris Xeグラフィックス, windows10)

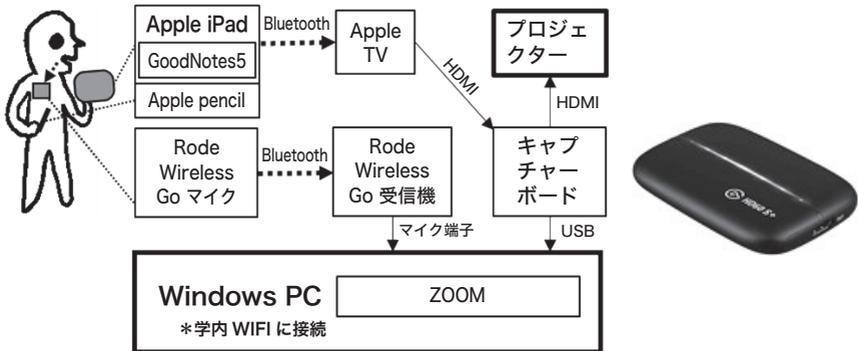


図4 開発システム2とキャプチャーボードHD60S+



図5 キャプチャーボードの接続イメージ *I-O data GV-USB3 HD/E製品HPより

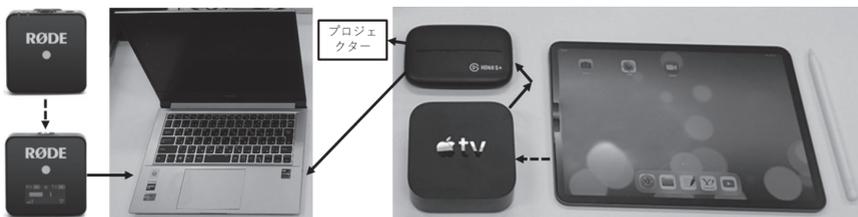


図6 Wireless Go (左)、windows PC (中央)、HD60S+とapple TVとiPadとApple pencil (右)

(34)

【開発システム3】

システム2を少しアレンジし、プロジェクター出力元をPCに変更した(図7)。システム2からの変更点は1つだけである。それは、キャプチャーボードをパススルーのない単純なタイプ(Elgato製 Cam Link 4K)に取り換えたことである。これにより、ZOOMがプロジェクターにも映写される。

特長は、PC～プロジェクターの接続が簡易でかつ汎用的なものになり、使い慣れていてわかりやすい点である。特に、教室に備え付けられたPCがある場合には設定がより簡易になると考えられる。さらに、教室にもZOOM画面が映写されるため、配信先の生徒たちのカメラや音声も取り入れられ、教室の生徒とのコミュニケーションも生まれる。この点も特長として挙げられる。

その反面、プロジェクターに映るiPad画面の幅が20%程度狭くなり、ZOOMの操作メニューも映り込む。対面で授業を受けている生徒には、iPad画面だけ見えるというシンプルさが損なわれる欠点も生じている(図8)。

☆使用機器 (システム2との変更点)

キャプチャーボード …Elgato製Cam Link 4K

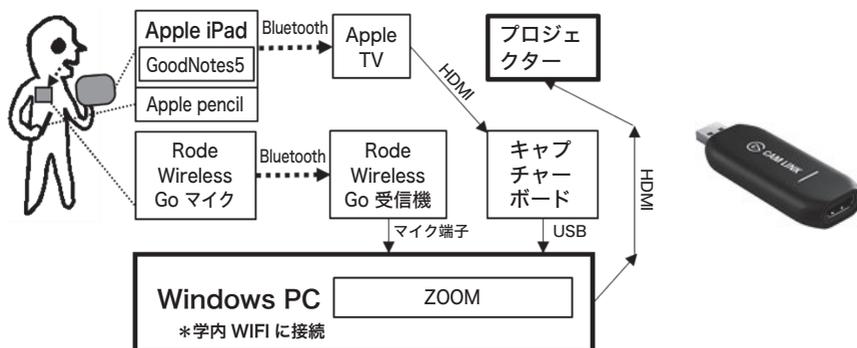


図7 開発システム3とキャプチャーボードCam Link 4K



図8 iPad (左) とプロジェクターでのZOOM画面 (右)

【開発システム4】

システム2の発展形がシステム4である。最大の特長は、ZOOMで配信するiPad画面内に演者である先生を登場させる点にある。先生が大きく入り込み、臨場感あふれる授業をライブ配信できる。

WEBカメラで撮影した先生の映像を背景抜きをして、iPad画面と合成する。通常のZOOMでは演者はワイプ（四角の枠内）で登場するが、この方法では合成画面となり、あたかも先生がiPad画面の前で演じているように見える（図9左）。それに対して、教室でのプロジェクターではiPad画面のみを映写している（図9右）。

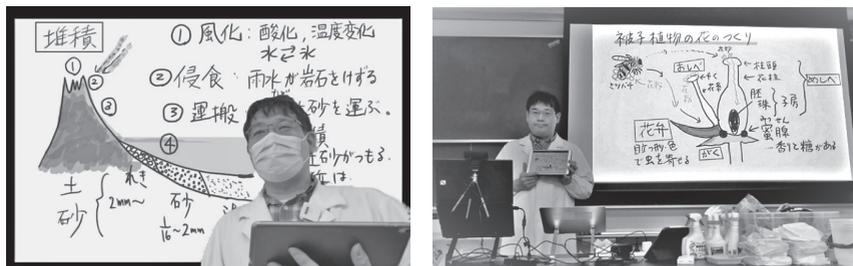


図9 ZOOMでの同時配信 (左) と教室での映写 (右)

(36)

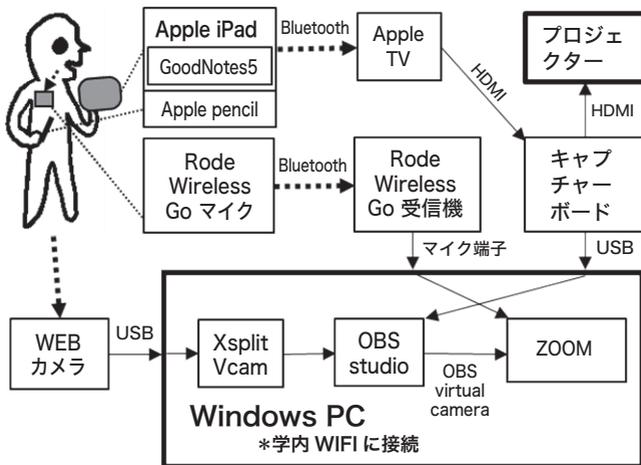


図10 開発システム4

ここでは、機器やアプリが増えた（図10）。まず、演者の先生を撮影するためのWEBカメラを用意した。ノートPCのカメラでも可能だが、PCモニターで自分の映像を確認しながら位置を調整するため、画角調整が難しい。別途WEBカメラを用意し、やや遠めに設置した方が映り込みが良い。次に、PCのアプリを2つインストールした。アプリの1つはソースネクスト製XSplit VCamである。WEBカメラで撮影した人物に対してバーチャル背景を施すアプリである。緑のカーテンをバックにおいてクロマキーという処理で緑抜きをして、演者の背景を抜くのが一般的である。しかし、このアプリは緑のカーテン無しでそれを行う。このバーチャル背景という機能はZOOMにも備わっているが、ZOOMではiPad画面との合成はできない。そのため、XSplit VCamが必要となった。アプリのもう1つはOBS Studioである。ゲームのライブ配信や実況配信をするアプリである。iPad画面とXSplit VCamでバーチャル背景抜きした演者の映像をそれぞれ取り込み、OBS Studioで合成した（図11）。最後に、合成画面をZOOMへと流し込む。2020年9月にOBS Studio v26.0で新機能が追加され、メニューに「仮想カメラ開始」という項目が加わった。

これをONにすると、ZOOMのビデオ設定で「OBS virtual camera」としてOBS Studioの合成画面をZOOMに取り入れられる。これで、「先生のバーチャル背景にiPad画面を映し出す」ことが可能になる。

欠点もいくつか生じた。機器と操作が増え授業前後に時間がかかる点と、スムーズに運用するために機器の調子に気を取られる点が挙げられる。トラブルが起これば授業そのものに集中できない要因になりえる。また、PCでZOOMとOBS Studioという2つの動画関連アプリを立ち上げ、さらにWEBカメラの映像も加わり、PCの負荷が大きくなる点も挙げられる。ZOOMでは、オンデマンド用に配信動画を録画することも可能だが、これも含めすべてをやるには、高スペックなPCが必要となる。

さらに、高機能な配信を求め、更なる改良を加えた。演者がiPad画面の上にかぶさってiPad画面が見えにくい場合があるが、この解消を行った(図12)。OBS Studioにて、iPad画面が上、演者が下に来るようにレイヤーを逆転させ、iPad画面に対して背景抜きを施した。具体的には、「オプション」→「クロマキー」→キーの色を白 (HTML:#ffffff) に設定する。iPad画面のノートアプリで描いた文字が演者の上に描かれるようになった。黒色だけは透明になり使用できない点と、PDF資料が表示できない点は留意が必要である。この改良で、先生が画面での立ち位置を気にせずに授業を行えるという特長が追加された。授業中に、OBS Studioでこまめに設定を変更して、レイヤーの前後を入れ替え、クロマキーの有無も変更すれば、実用性は増すと思われる。

☆使用機器 (システム3への追加分)

- ・WEBカメラ …ロジクール製 C922N Pro Stream Webcam
ロジクール製 Stream Cam C980GR
- ・アプリ …ソースネクスト製 XSplit VCam
…Open Broadcaster Software OBS Studio v25.0～v27.0

自由に持ち歩ける。

- ・Apple pencilでの滑らかで画質の良い描写を映写および配信ができる。
- ・GoodNotes5の機能により描いたノート部分だけを映写および配信ができる。

(2) 特長と欠点

各システムを比較して、特長と欠点を挙げると、それぞれ表2・表3のようになった。

表2 特長

開発システム	使用機器		特長
	キャプチャボード	Webカメラ	
2	HD60S+		<ul style="list-style-type: none"> ・教室にはシンプルにiPad画面だけが映る。 ・モバイルPC向け。 ・自前のPCであらかじめ、ZOOMへのログインなどを完了させておける。
3	Cam Link 4K		<ul style="list-style-type: none"> ・教室にもZOOM画面が映写される。 ・配信先の生徒と教室の生徒とのコミュニケーションが生まれる。 ・接続が簡易でかつ汎用的で、理解しやすい。 ・据え置きPC向け。
4	HD60S+	○	<ul style="list-style-type: none"> ・教室にはシンプルにiPad画面だけが映る。 ・ZOOMで配信するiPad画面に演者である先生を組み込める。 ・先生が大きく入り込み、臨場感あふれる授業を配信できる。 ・ノートが前面に表れ、先生の映像で隠れない配信も可能。

表3 欠点

開発システム	使用機器		欠点
	キャプチャーボード	Webカメラ	
2	HD60S+		<ul style="list-style-type: none"> ・ ZOOMでのやり取りが教室の生徒に伝わらない。 ・ 配信先の生徒の発言を教室の生徒と共有できない。
3	Cam Link 4K		<ul style="list-style-type: none"> ・ 教室にもZOOMが映り、その中でiPadが見られる。 ・ 教室で映るiPad画面の幅が狭く、操作メニューも映り込み、見えにくくなる。
4	HD60S+	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ 接続や設定が煩雑で、機器トラブルや通信トラブルが発生しやすい。 ・ 配信画面で、演者の立ち位置を常に気にする必要がある。 ・ 高スペックなモバイルPC向け。

(3) 実用性

表2と表3から各システムの実用性について考察する。あらゆる機能を詰め込んだシステム4が最も優れているのは間違いないが、事前の設定や授業中に留意する点も多く、先生が授業そのものに集中できない状態に陥りやすい。ネットワークの環境が良好で、先生がPCに明るく授業に慣れているという条件を満たした場合のみ、運用できる。総合的には、システム4の実用性は低い。

システム2と3の実用性はともに高く同等であると考えている。使用機器やケーブルの少なさから設定が簡単なのはシステム3であるが、一方で、システム2には対面授業での映写がシンプルという特長がある。実は、システム2と3のどちらを使うかは、対面とZOOMのどちらの生徒を中心に授業を展開するかによって決まる。教室に多くの生徒がいてZOOMでの参加者が少ない条件下、たとえば基本が対面で配信は欠席者対応だけの場合はシステム2が良い。逆に、半数以上の生徒がZOOMで参加する条件下ではシステム3が良く、対面でもZOOMを映すことで、時間のかかる出席確認でも全生徒で共有することで連帯感が生まれる。

実は、教室にてシステム2をシステム3に変更できる。プロジェクターへのHDMIケーブルの元をキャプチャーボードから抜き、PCにつなぎかえればよい。これで、PC→プロジェクターへの接続が簡単にできる。従って、システム2と3を使い分ける条件下では、システム2の実用性が高いといえる。

(4) ZOOMに新機能が追加される可能性 (2021年8月時点での考察)

今後、ZOOMで新機能が追加されることを期待している。理想的なシステム4では機器や設定が煩雑であったが、もし、システムを支える新機能がZOOM自体に追加されれば、簡単に実現できると期待している。新機能とは、背景抜き人物映像を外部映像に重ねられる機能のことである。現在、ZOOMの画面共有には「バーチャル背景としてのPowerPoint」という開発中のベータ版がある。この機能を使用すると、本研究のiPadの代わりにPowerPoint画面で同様なことができる。ただし、スライドが順次送られるだけで、PowerPointの中で電子ペンを使った描写はできない。多くの人が使用するPowerPointでも開発中と表示されるため、使用する人が少ない「バーチャル背景としてのiPad画面」というZOOMでの機能が追加される可能性は今後も低いだろう。

また、システム3と同じことはすでに可能である。ZOOMの画面共有には「iPhone/iPad」があり、Apple TVおよびキャプチャーボードも不要である。しかし、使用条件が厳しく設定されている。具体的には、PCとiPadが同じネットワークに接続している必要がある。自宅のネットワークで試行したところ、簡単に接続できた。しかし、学内の公共ネットワークだとこの機能は使用できなかった。学校という場では、WIFIがないことや、あっても公共ネットワークであるなどして、ZOOMのこの機能は使用できないことが多いのではないかと。なお、本研究では、ZOOMのためにPCはネットワークに入る必要があるが、iPadもApple TVもネットワークに入らなくて良い。両者がBluetoothでつながっていれば、ミラーリング可能である。

(42)

(5) Macでの試行

本研究にはApple製品が多いため、windows PCではなくApple製のMac Bookを使用した方が良いとふつうは考える。実は本研究でも開発当初はMacで開発を行っていた。連携の良さは抜群であったが、一部重要な機能が不足していたため、最終的にwindows PCに移った経緯がある。

Mac版でのシステム3では、MacとiPadを直接、有線で接続できる。Apple TVは不要である。しかし、有線ケーブルでの接続だと、iPadを自由に持って歩けるという特長は失われる(図13左)。もちろん、Apple TVを使って無線(Bluetooth)化できるが、それではwindows PCとの差別化がない。有線ケーブルでの接続の方がApple製品同士の特性を生かしている。

Mac版のシステム3は、別の方法でも可能である。iPadとMacとともにGoodNotes5をインストールし、両デバイス間での同期機能を利用する。ZOOMの画面共有でGoodNotes5のウィンドウを取り込んだ状態で、iPadのGoodNotes5で描写をすると、Macで再現できるというものである。ただし、1度試行したところ、同期に10秒程度かかった。MacとiPadとApple pencilの機器だけで実現できる特長がある反面、同期に時間がかかりすぎて現状では使いにくく、実用性は低いと考えている。

Mac版でのシステム4も試みたが、バーチャル背景を行うXsplit VcamというアプリがMacになく、同じように再現できなかった。同機能のものはプラグインなどで発見できたが、公式に流通しているものでなく、安全性やインストールの難しさなどの問題があり、利用は見送った。その代わりに、OBS studioのクロマキーというフィルターを用いて背景抜きを行った。ただし、授業で黒板に緑カーテンを貼らなければならないという条件がついた(図13右)。windows版のシステム4では、プロジェクター用のスクリーンに近い位置に立てたが、このMac版では、スクリーンからやや離れて、緑カーテンの前限定で立たなくてならない。黒板に緑カーテンがあることに違和感を覚える生徒も多い。緑カーテンを貼る手間が増え、さらに対面授業でのインパクトが減るのが欠点であった。この欠点がわかったため、本研究でMacに関して

OBS studioの取り込みの段階まで試行したが、それ以降の開発は中断した。



図13 MacとiPadの有線接続（左）、Mac使用時に緑カーテンの前に立つ演者（右）

さいごに

2021年8月にコロナウイルスの変異型のデルタ株が日本でも猛威をふるい、9月からの2学期に再びオンライン授業の必要性が唱えられている。そのため、対面授業とリアルタイム配信を同時に行うハイフレックス型授業行う機会も増えていくと予想される。

この環境下で本研究を生かすべきと考えている。そのためには、まずシステム2・3でハイフレックスを実践し、先生や生徒が慣れてきたところで、試行的にシステム4を手掛けるのが最善の策である。回数を重ね、先生が経験を積むことで各システムも調整され、洗練されたものになっていくものと期待している。(2021年8月記載)

(44)

参考文献

- 里 浩彰「ポストコロナを見据えて進める授業改善」理科の教育7月号 通巻828号
2021年6月発行 一般社団法人 日本理科教育学会
- 岩間 世界「ポストコロナの理科教育を考える」理科の教育7月号 通巻828号
2021年6月発行 一般社団法人 日本理科教育学会
- 水野 安伸「怒涛の1年からポストコロナの理科授業を考える」理科の教育7月号
通巻828号 2021年6月発行 一般社団法人 日本理科教育学会

*本研究は 令和3年度 科学研究費助成事業 奨励研究（課題番号21H03955）及び令和3年度 早稲田大学 特定課題研究助成費（課題番号2021C-358）の助成を受け、実施したものである。