

# 高等学校数学科における「オンラインによる遠隔授業」の可能性

— 同時双方向型とオンデマンド型に焦点を当てて —

数学科 三輪 直也、岩田 光弘

## 1. はじめに

文部科学省が推し進める GIGA スクール構想によって、児童・生徒向けの 1 人 1 台端末と、高速大容量の通信ネットワークを一体的に整備する計画が立てられた。内閣府が定める「Society 5.0」が象徴するように、社会のあらゆる場面で ICT (Information and Communication Technology) が日常生活の一部となった。そのため、児童・生徒の生きる力を育む学校現場においても、ICT を基盤とした先端技術の活用が必須となるのは必然的であろう。文部科学省も全国一律の ICT 環境整備を急務として、児童・生徒の 1 人 1 台端末を実現するために、1 台あたり最大で 4.5 万円を補助する方針を発表した (文部科学省, 2020)。

ICT は「情報通信技術」と和訳され、インターネットなどの情報技術を活用して人とモノが繋がる技術の総称である。さらに、ICT の活用には様々な可能性が潜んでおり、児童・生徒 1 人 1 人の個性に合わせた教育を行うだけでなく、教師の働き方改革にも一手を打つことができると期待されている。現在、学校現場が抱える様々な問題に対してアプローチすることができる意味でも、あらゆる場面における ICT の活用を合理的に運用していくことは学校現場の重要な課題の 1 つである。

また、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大に伴い、多くの学校が生徒と教師が離れた場所にいなながらも学習活動を行う手段として、試行錯誤しながらもオンライン授業に取り組んだ。新型コロナウイルスの終息時期が不透明な現在、「オンラインによる遠隔授業」の充実を図ることは喫緊の課題の 1 つである。

本研究では、不測の事態とも言えるこの状況下で活路を見出すために、「オンラインによる遠隔授業」の充実を図ることを目指す。そのために、これまでの ICT を活用した授業研究の中で、「オンラインによる遠隔授業」の位置づけを明確にし、先行研究から見出された知見を踏まえながら、新たな「オンラインによる遠隔授業」を提案し、その実践の実際を示すことを目的とする。

## 2. ICT 研究から俯瞰した「オンラインによる遠隔授業」の位置づけ

オンライン (Online) とは、コンピュータがインターネットなどのネットワークと繋がっている状態のことを意味し、オンライン授業とはインターネットを介して行う学習活動のことである。国内でインターネットが普及し始めた 1990 年代から、数学教育研究でもオンラインもしくは ICT の活用が議論されるようになり、今日までに様々な研究成果が報告されてきた。本章では、これまでの先行研究を概観した上で、「オンラインによる遠隔授業」の位置づけを明確にする。

## (1) コンピュータを活用した授業研究の変遷

「オンラインによる遠隔授業」の位置づけを明確にする前に、まずはコンピュータに関わる数学教育の研究の変遷を確認しておきたい。コンピュータという用語は広義に扱われるため、飯島（2010）はコンピュータの利用形態を以下の4つに区別した。

- ① 普通教室でのパソコン+プロジェクタ
- ② コンピュータ室などでの個別利用
- ③ グラフ電卓・PDA・携帯・ネットワーク端末
- ④ インターネットに接続されたコンピュータ・個人用端末



図1

従来、コンピュータを授業で活用すると言えば、教師に1人1台支給されたパソコンとプロジェクタを接続して授業を展開することや、コンピュータ室で生徒1人に1台のコンピュータが与えられた状態のことを意味すること

であった。「オンラインによる遠隔授業」では、生徒各自が1台以上のインターネットに接続できるパソコンを所有し、その基本的な操作は可能であることを前提としている。

コンピュータを活用した授業研究は1970年代から注目され始め、片桐（1974）は、当時身近になりつつあった電卓の使用場面を考察した。その後1990年代からは、図1のような大きなディスプレイが備わった関数電卓やグラフ電卓に注目が集まり、グラフの描画、カスタマイズしたプログラムを作成することも可能となり、複雑な計算や数式処理が能率的にできるようになった。

飯島（2010）は、「数学教育学の対象を学校教育に限定せず、幅広く考えるならば、インターネットに接続されたコンピュータや情報端末は、新たな数学教育の場としての可能性をもっている。」と述べ、通信（Communication）する技術を備えたコンピュータが数学教育の発展に貢献することを主張している。2000年代からは、そういったインターネットを活用した授業研究が増え始め、例えば、Grapesなどの関数グラフツールや作図ツールを授業で扱う実践事例が報告されるようになった。その中で、ブラウザ上で操作するソフトなどインターネットに接続されたコンピュータの活用が盛んに研究され始めたが、基本的には、生徒と教師が同じ教室内にいて行う対面授業に焦点化されている。

その中で、海外に住む生徒とテキストファイルを相互伝達する遠隔授業の研究成果も報告されている。村上（1997）は、生徒と教師が同じ数学のソフトをインストールし、教師から送られてきたtext fileをダウンロードして解き、問題を解き終わったら教師にメールで自分の答案を送ってコメントをもらう実験を行った。インターネットを活用することでスペインなど世界中の中・高校生と遠隔授業を行うことができた。ただ、当時は大容量のデータを送受信するだけのネット環境が整っていなかったこともあり、テキストベースの教材の配信に留まっている。

その後、ICTの機能を最大限に活用することで学習効果を高めた学習形態として、eラーニング（Electronic Learning）の研究が盛んに行われ、大学の講義や企業向けの研修では実用

化まで進んでいる。さらに、近年では反転授業、ブレンド型学習と言われるものが学校現場において注目を集めている。生徒たちは、動画配信された新たな学習内容を自宅で視聴し、それを予習事項と位置づけて教室では講義は行わない。逆に、従来であれば宿題とされていた課題について、教師が個々の生徒に合わせた指導や生徒が他の生徒と協働しながら取り組む。このように、対面授業と遠隔授業を組み合わせた授業形態が反転授業である。数学に限らず、反転授業の研究は他教科でも積極的に行われ、一定の成果が報告されている（三田，2017）。ただ、対面授業を軸とした動画を作成することが基本であり、コロナ禍のような対面授業を行うことに一定のリスクを伴う環境下での実施は難しく、遠隔授業そのものを充実させるという視点での研究が必要になってくる。

## (2) 「オンラインによる遠隔授業」の位置づけ

平澤（2013）はeラーニングの学習形態を、生徒と教師の時間的な関係と空間的な関係の2つの観点から分類した。ただ、高等学校ではなく4年制大学に焦点を当てている点から、その分類した枠組みをそのまま引用するのではなく、高校生の実態や学習環境を踏まえて修正したのが表1である。

表1：オンラインによる授業形態の類型

			生徒と教師の空間的な関係	
			共有空間（対面授業）	異空間（遠隔授業）
生徒と教師の時間的な関係	同時	双方向	ICTを活用した対面授業	同時双方向型の授業
		一方向		ライブ配信型の授業
	異時	一方向	—	オンデマンド型の授業

これまでに ICT を活用した授業研究の多くは、対面授業で行うか、対面授業を行うことを前提としていた。しかし、本稿で取り上げる「オンラインによる遠隔授業」は、対面授業と遠隔授業を明確に区別し、生徒と教師が異空間にいることが前提である。コロナウイルスによって対面授業を行うことに一定のリスクを伴う現在、遠隔授業そのものを充実させることは世界的な喫緊の課題の1つである。その中で、「オンラインによる遠隔授業」を大別すると、Zoom や Google Meet などの Web 会議システムを利用して、リアルタイムな会話を可能とする同時双方向型の授業、配信時間が決められた動画の撮影と配信を、リアルタイムで行うライブ配信型の授業、配信された動画や音声、テキスト教材を、受講者の好きなタイミングで活用して学習を進めるオンデマンド型の授業の3つがある。

ライブ配信型の授業の利点は、大人数の受講者を相手にリアルタイムで動画を配信できることや、映像の編集をする必要がないことである。その利点をいかして、100人以上の視聴者に対し、Youtube や Instagram などのアプリケーションからライブ配信する有名人も多い。ただ、「オンラインによる遠隔授業」におけるライブ配信型の授業は、40人（1クラス

分)を対象とした授業を念頭に置いているため、こういった利点をいかしづらい。そこで、ライブ配信型の授業を除いた2つの授業形態に焦点を当てて考察していきたい。

オンライン授業を行う上で基盤となるのが、LMS (Learning Management System) という学習管理システムである。近年では、G Suite for Education, ロイロノート・スクール, Classi, Office 365 Education, などが代表的で国内のシェア率が高い。



図2: LMS のロゴ

生徒と教師のみが接続できるプラットフォームとして、LMS を通して遠隔授業に関する諸連絡を行うものとする。例えば、オンデマンド型の授業の一部として、授業動画を視聴したいときは、その URL を伝えることができる。さらに、視聴した後に生徒が動画の感想を提出することもできる。LMS を活用すれば、一方向になりがちなオンデマンド型の授業も配信したコンテンツに関する感想や質問を記入する場所を設定することができるので、オンデマンド型の授業を補完するものとして機能する。

### 3. 2つの授業形態とその教授方法

本章では、新たな「オンラインによる遠隔授業」として、以下の2つの授業形態を提案する。①, ②の両者ともに、前章で示した「オンラインによる遠隔授業」の3つの類型にもとづいた授業形態であり、遠隔授業そのものを充実させることを目指して指導方法に工夫を加えたものである。ここでの留意点は、1つの授業形態に固定するのではなく、授業で扱う題材や生徒の実態に合わせて授業形態を取捨選択することである。①, ②の授業形態を柔軟に組み合わせて行う学習指導が望まれる。

- ① Zoom を活用した同時双方向型の授業
- ② Youtube を活用した動画配信型の授業

①, ②それぞれについて使用するアプリケーションの種類や、インターネット通信の安定性などの設備面と、情報漏洩やコンピュータウイルスの感染を防止する安全面については、特に考慮すべき事項として説明を加える。

#### (1) Zoom を活用した同時双方向型の授業

前章で示した「同時双方向型の授業」の代表的な方法として、Zoom を活用した遠隔授業を考える。遠隔授業しかできない環境下では、同時双方向型の授業が唯一、生徒同士や生徒と教師のリアルタイムな対話が可能となる授業である。Web 会議システムの中には、Zoom 以外にも Google Meet や Teams といったアプリケーションも存在するが、起動したときのデータ通信量が比較的に低いことが Zoom の特徴である。また、Zoom の有償版の教育プランを契約すれば、3人以上が参加する会議の時間を無制限にできたり、会議のレコーディングをクラウド上に保存できたりするため、有償プランに契約して活用することが望ましい。

セキュリティに関しては、Zoom の教育プランに「ユーザー登録」という機能があり、ミ

ーティングの参加者をユーザー登録した人に限定することができる。図3のようにユーザー登録されていない参加者は待機室に送られるため、部外者がミーティングに参加することはない。「ユーザー登録」以外にも「登録」機能も使用することができ、会議終了後に参加者の参加時間がわかるレポートを出力することができる。

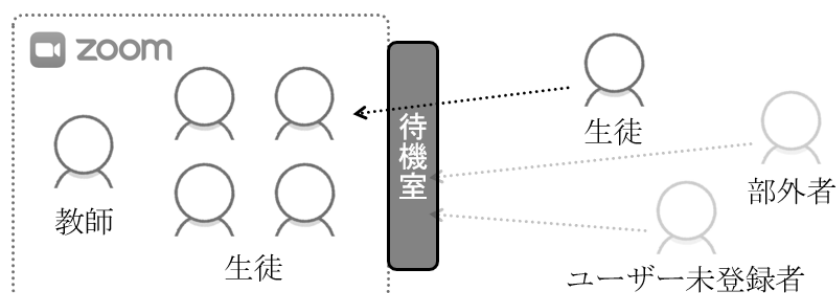


図3：「ユーザー登録」の機能

リアルタイムな対話を活性化させるために、Zoomの「ブレイクアウトルーム」という機能を活用する。「ブレイクアウトルーム」は、グループ活動が可能になるツールであり、人数やグループ数を設定でき、事前にグループ構成を割り振っておくこともできるので、生徒の習熟度別にグループを構成することも可能である。少人数のグループ活動を設けることで、その後の全体交流の際にも意見を発言しやすく、同時双方向型の授業の特徴であるリアルタイムの対話が活性化されやすい。また、「ブレイクアウトルーム」で交流した考えなどを「ホワイトボード」に書き込むこともできるので、その画像データを生徒に提出させるか、教師が回収すれば、全体交流の際にクラス全員と共有することもできる。

また、「ブレイクアウトルーム」以外にも、「投票」機能や「チャット」機能なども有効に活用することができる。例えば、賛成、反対かを問うときに「投票」機能を活用すれば、簡単な操作を行うだけで賛成と反対の投票数を集計することができる。さらに、「チャット」機能などを活用すれば、教師へのプライベートチャットやクラス全体に向けて文字言葉で発言することができる。Zoomの操作方法や突然の動作不良に関する質問などは、マイクを通して発言しづらいこともあるので、「チャット」機能を活用することが有効である。この他にも、様々なZoomの機能を活用することができるので、対面授業を補完する形で活用することも望まれる。

これらを踏まえて、本稿でいうZoomを活用した同時双方向型の授業とは、こういったZoomの様々な機能を活用して行う授業を意味するものとする。ただし、Zoomを含めた複数のWeb会議システムに関するアプリケーションもバージョンアップを繰り返すため、どのアプリケーションを使用するかについては定期的に検討することが重要である。

## (2) Youtube を活用した動画配信型の授業

前章で示した「オンデマンド型の授業」の代表的な方法として、Youtubeを活用した動画

配信の授業を考える。テキストベースの資料や音声による教材よりも、動画の方が視聴しやすく生徒にも馴染みやすいと考えたため、世界最大の動画共有サービス **Youtube** を活用した動画配信を考えた。ただ、動画を視聴するだけでは教師から生徒への一方的な伝達になってしまう可能性が高く、生徒役と先生役の2名の教師で動画を作成した。生徒役の教師は先生役の教師が投げかける質問に答えたり、実際に生徒がつまづくことが予想されるようなポイントに関して生徒役の教師から質問をする。生徒が動画を視聴していて、実際に授業に参加していると感じられるように作成方法を工夫した。

また、教師2人で1コマ50分の相当する授業動画を作成するため、2人の教師による分担作業が可能になる。例えば、先生役の教師は授業の内容や展開方法を組み立て、生徒役の教師が、動画の収録後に編集、**Youtube** に公開するというように作業を分担することができる。その他にも、動画内で空白の時間をつくらないためにも、先生役の教師が黒板を消している間に生徒役の教師がそこまでの内容を総括したまとめを述べることもできる。1本の動画で1コマ50分の授業を想定しているため、生徒が途中停止してノートをまとめたり、問題演習を行う時間を考えて動画時間は約25分になるように作成した。動画や授業内容に関する質問は、**LMS** や **Google** フォームなどの調査管理ソフトウェアを利用して回収することで、教師からの一方通行だけで終わらせない工夫も可能である。実際に、生徒へのフィードバックとして、毎回の動画を視聴後、感想や質問などを **Google-classroom** 上の限定コメントに書き込み、担当教員がそれに返信をすることで生徒の理解度把握と次回の内容改善にいかすことができる。途中からは「毎回のコメントを考えるのが負担」という生徒側からの意見や、「すべてのコメントを返すことが負担」という教員側からの意見が挙がったため、「これまで通りに感想や質問をかく」、「動画で挙げられたキーワードや演習問題の答えをかく」の少なくとも一方に取り組む、という形式に変更した。

**Youtube** の動画の公開方法は、図4のように非公開、限定公開、公開の3種類があり、配信した動画を生徒のみが視聴するには、非公開か限定公開を選択すればよい。非公開は、指定した一部のユーザーしか動画を視聴することができず、図4の赤枠を選択すれば視聴できるユーザーのメールアドレスを入力することができる。限定公開は、限定公開用のURLを知っている一部のユーザーしか動画を見ることができないので、**LMS** を使ってURLを配布することもできる。

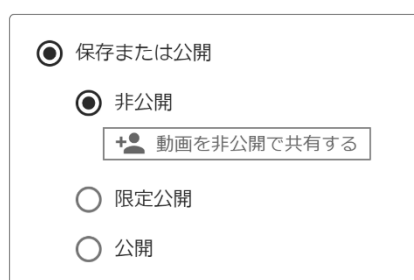


図4: 3種類の公開方法

#### 4. Zoom を活用した同時双方向型の授業の実際

本章では、**Zoom** による同時双方向型の授業における実際の活動の様相を示す。同時双方向型の授業は、生徒と教師のリアルタイムな対話ができることにメリットとして、そういったメリットを最大限活かすように授業を行った。

まず第1時間目は、「知って得する「Zoom」攻略のあれこれ！」というタイトルのもと、授業で使える Zoom の機能や授業のルールを確認することを意図して行った。簡単な数学のクイズを適宜取り入れ、生徒に問いかけながら授業を進めていった。

例えば、ハウリングを避けるために全員がミュートの状態しておくことや、何かトラブルが生じたときにはチャット機能を使って知らせることも実際に操作させた。また、図5のようなお題を出して、実際にブレイクアウトルームでのグループ活動を行い、ホワイトボードを使って意見をまとめさせた。

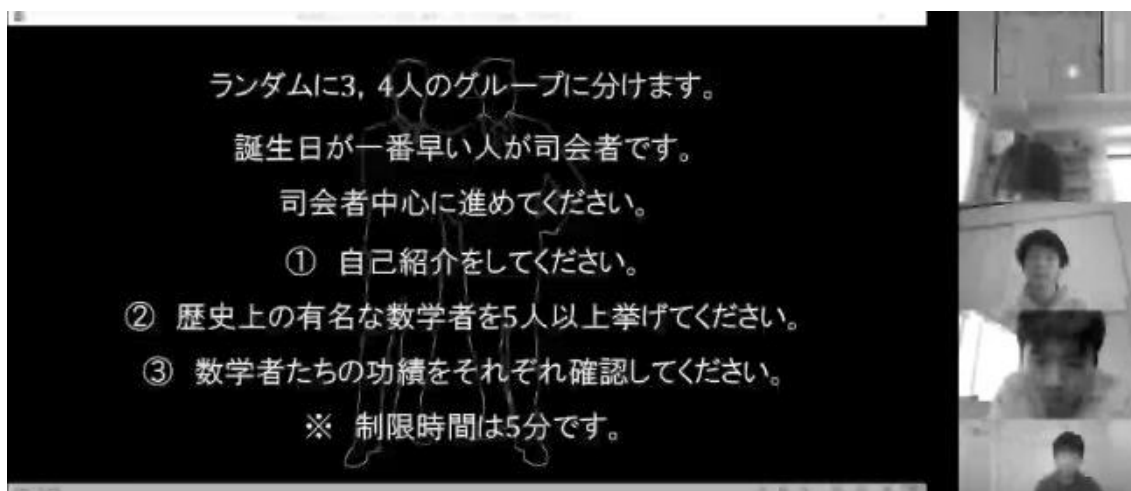


図5

まとめた意見を教員へ送ることで、全体交流も可能になった。ブレイクアウトルームを利用して少人数のグループを編成することで、全員の前では発言しにくいと感じている生徒も、積極的に意見が述べられるようになっていたのは特徴的な点である。

次に、第2時間目は、「なぜ数学を学ぶのか？」というテーマのもとディスカッションを取り入れた授業を行った。「なぜ数学を学ぶのか？」という議題に対して1人では考えが出ない生徒も、グループ活動を行ったことで考えを膨らませることができた。全体交流した後には、数学を学ぶ意義に関する研究者の様々な見解を取り上げながら生徒の考えを深めていった。最後のアンケートでは、98%の生徒が「なぜ数学を学ぶのか？」について考えが明確になったと答えており、今後の数学の授業へ前向きな意気込みを述べる生徒が多数見られた。

## 5. Youtube を活用した動画配信型の授業の実際

本章では2020年5～7月に高校1年生6クラス（約250名）を対象に週3コマ分の動画の配信を継続して行ったのでその実践報告を行う。内容は数学Ⅰ「数と式」から始まり、数学Ⅱの「式と証明」までの動画を作成した。筑波大学附属高等学校では、例年1年次に数学Ⅱの第1章までの内容を扱っている。新型コロナウイルス（COVID-19）の影響で校内の勤

務形態が変化するにつれ、動画の作成方法も変化してきたのでそれに関して順を追って報告したい。

### ① Zoom を用いた動画作成

在宅勤務が推奨された期間は、2名の教員が自宅等にしながら同時に Zoom を用いて撮影を行った。教員役は A2 版のホワイトボードを複数枚（1コマ辺り 7~8 枚）使い、授業を進めていく。授業が円滑に進むように事前に必要事項を書き込むなどしておき、「紙芝居」のようにホワイトボードを使用した。教員役の教員とホワイトボードが大きく映り、生徒役の教員は画面端にワイプのような形で参加している。

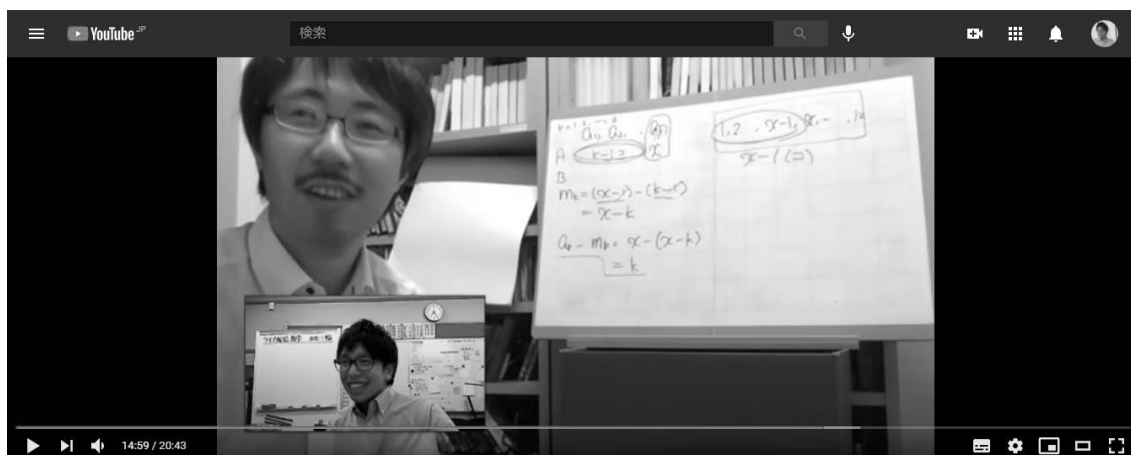


図 6

### ② 教室での動画作成

分散登校が開始されてからは、実際に教室で黒板を用いて授業を行い、それをビデオカメラを用いて撮影した。2名で同時に黒板前に立ち協力しながら行う形態と、生徒役が座席に座り、ワイプのような形で参加する形態の両方を試してみた。

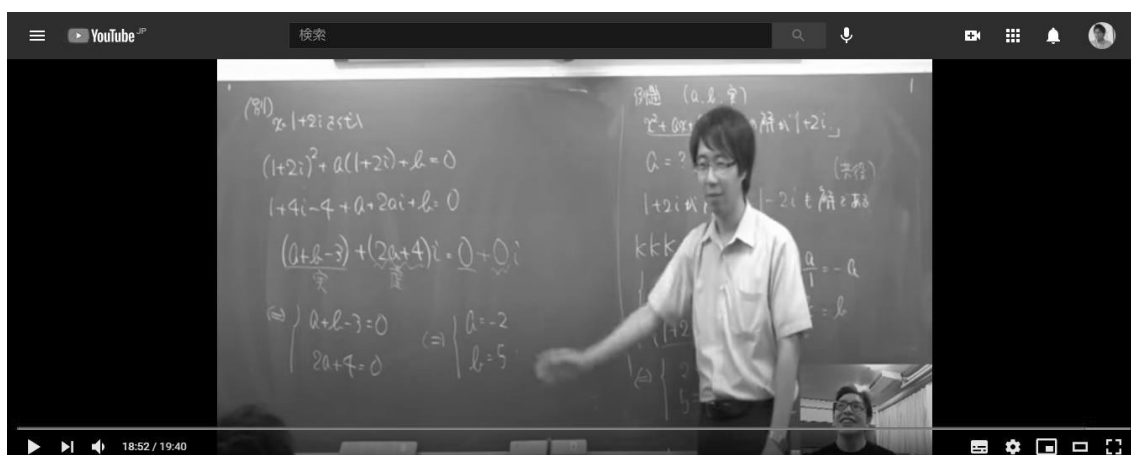


図 7



2形態による大きな成果の違いは考察できていないが、時々形態が変わることで生徒も飽きずに動画を視聴することができたようである。また、教室になってから広がったことで音が響き、聞き取りにくくなったという意見があったため、ピンマイクを使用するようにしたところ、音質が大きく改善された。

## 5. おわりに

本稿では、これまでのICTを活用した授業研究の中で、「オンラインによる遠隔授業」の位置づけを明確にし、先行研究から見出された知見を踏まえながら、新たな「オンラインによる遠隔授業」を提案し、その実践の実際を示すことを目的とした。今後も、不測の事態とも言える状況下でも活路を見出すために、「オンラインによる遠隔授業」の充実を図ることを目指していきたい。そのためには、まず授業実践から得られた知見を明確にし、どういった「オンラインによる遠隔授業」が学校現場において合理的なのかを示していきたい。また、「オンラインによる遠隔授業」に関する研究は、世界的に見ても喫緊の課題の1つであり、これらの知見をもとにして対面授業とどういった形で融合してカリキュラムの位置づけなどについても考察していきたい。

## 引用・参考文献

- 平澤茂一 (2013). e-learning における学習スタイルに関する一考察. 経営情報学会 2013 年秋季全国研究発表大会要旨集. pp.41-44.
- 飯島康之 (2010). コンピュータ活用. 日本数学教育学会編, 数学教育学ハンドブック (Kindle 版). 東洋館出版社.
- 片桐重男 (1974). 算数科における計算機. 日本数学教育学会誌. 56(4). pp.50-55.
- 三田満男 (2017). 反転授業の実践とその課題. 日本科学教育学会研究会研究報告. Vol.31 No.5. pp.43-46.
- 文部科学省 (2020). GIGA スクール構想の実現について.  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/index\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm)
- 村上温夫・松本茂樹 (1997). インターネット時代の数学教育—遠隔教育, 特に ICME8/TG4 での実験を中心として—. 日本数学教育学会誌. 79(3). pp.2-8
- 筑波大学附属高等学校 (2020). 休校時の生徒の学習保障に向けた本校の取り組み (2020 年 5 月 11 日)  
<http://www.gakko.otsuka.tsukuba.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2020/05/21006a1e9ae1b4bbedec23293585ff47.pdf> (2020.7.22 最終確認)