Japanese Journal of Digital Textbook ISSN 2188-7748

デジタル教科書研究

日本デジタル教科書学会　学会誌

Vol. 8 September 2021

報告（実践）

1　高等学校数学科におけるオンライン授業の実践研究－数学演習授業におけるオンデマンド授業と対面授業での学習効果比較－
：半田真

i　投稿・審査規定
vi　編集委員会報告

半田真（2021）．高等学校数学科におけるオンライン授業の実践研究－数学演習授業におけるオンデマンド授業と対面授業での学習効果比較－　デジタル教科書研究，*8*，1-17.

＜報告（実践）＞

高等学校数学科における オンライン授業の実践研究

－　数学演習授業におけるオンデマンド授業と対面授業での学習効果比較　－

半田 真 (東京女学館中学校・高等学校)

概要

2020 年度は新型コロナウイルスによるパンデミックを受け，年度初めからオンライン授業を余儀なくされた中，高等学校数学科におけるオンライン授業とはどうあるべきか検討し，課題配信型の非同期オンライン授業による実践を行った．18 の単元に対して，確認問題の得点率を対面授業が行われた年度と比較した結果，単元によっては対面授業よりもオンライン授業の方が効果的であった．同様に定期試験を年度間で比較したところ明確な差はなかったが，非同期オンライン授業の確認問題と定期試験の相関が高く，定期試験にも効果的であったことが示唆された．ただし，非同期オンライン授業では記述答案の指導に改善の余地があることも分かった．

キーワード：コロナ禍，課題配信型，非同期型，オンライン授業

1　研究目的

2020 年 2 月 28 日文部科学省 (2020) から「新型コロナウイルス感染症対策のための小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校等における一斉臨時休業について」という通知が出された．筆者の勤務校である中高一貫校（以下，本校）でもその通知を受け，翌 29 日までをもって休校となり，そのまま 4 月から生徒・学生が登校することなく新年度が始まった．そこで注目されたのがオンライン授業である．本校でも「生徒の学びを止めてはならない」との意見から「オンライン授業を開始すべき」といった方向に傾倒していった．

本校では2018年度から新入生（中学1年生と高校1年生）に対しiPad（Apple社製，第6世代Wi-Fiモデル A1893）を配布，学習支援システム（Learning Management System；以下，LMS）も導入して授業などに活用してきた．2020年度をもって全校生徒がiPadを活用することとなった．しかし，生徒指導部等からの要請もあり，配布されたiPadには様々な制約があった．メールはできなかった．さらにMicrosoft Office 365（以下，Office）のアカウントは取得しているもののそれを知らせず，Officeの各種サービスも 十分には使用できなかった．唯一，利用できたのがLMSであった．しかし本校が導入したLMSは4月末からシステムに不具合などが出て思うように使えなくなった．そこで，Officeのアカウントを知らせ，Microsoft Teams（以下，Teams）等各種サービスを利用させることでオンライン授業の準備を進めていった．

こうした準備が慌ただしく進められる一方で，学校側からの「高校三年生には早く授業を開始してほしい」という要請のもと，オンライン授業が始まっていった．筆者の担当する「数学Ⅲ演習（以下，数学演習）」では4月19日から課題配信型の非同期オンライン授業として開始した．

本稿では以下，オンライン授業とは遠隔授業の一部（部分集合）として考える．本研究では，課題配信型の非同期オンライン授業でも通常の対面授業と同等の学習効果があることを定量的に検証していくことが目的である．その検証を通じて，オンライン授業＝リアルタイム（同期）型授業，と考えがちな教員が多いといわれる中，オンライン授業の一種である「課題配信型の非同期オンライン授業」でも通常の対面授業と同等の学習効果があることを示すことで，オンライン授業をリアルタイム（同期）型に限定する必要がないことを明らかにする．

2　オンライン授業とは何か

江口（2020）は「2020年4月16日時点で双方向のオンライン授業を実施した公立の小中高等学校は5%にとどまった.（中略）コロナ禍により，教育現場におけるICT化の遅れが如実に表れた格好だ.」(p.17) と述べている.「生徒の学びを止めてはならない」といいつつもそれを実現できた環境はとても少なかったことが分かる．むしろ4月16日の時点では「生徒の学びを止めない」ためにどのような方法があるか検討すべき時期であったと筆者は考えている．都内周辺の大学でもこの時期に5月からの遠隔授業開始を表明しており，そのための準備・教材開発などを行っていた．もちろん評価をどのようにすべ

きかの検討も含めてこの時期をいかに費やしたかが大切だったはずである．慌ててオンライン授業を開始した学校は評価をどうするかといった課題を後回しにしただけである．

2.1　オンライン授業の形態

そもそもオンライン授業とは何かを検討する．江口（2020）はオンライン授業とは遠隔教育のインターネットを利用したものの一種だとし「オンライン授業はさらに 2 つのタイプに分かれる．教員が時間割通りに授業をして，その様子を動画で配信するオンライン学習をリアルタイム型や同期型，ライブ型と呼ぶ．(中略) こうしたリアルタイム型こそがオンライン授業だという認識の人は多い.」(p.18) と指摘する.「しかし，実際にはオンデマンド（非同期）型のオンライン授業も多い．学習者は LMS や学校・教育委員会の Web サイトに掲載された教材や動画コンテンツなどにアクセスして好きなときに取り組む．学習者は時間割にとらわれず授業が受けられ，理解できるまで繰り返し学ぶことができるため，オンデマンド型と呼ばれる.」(p.18) とも指摘している．

赤堀（2013）は「e-learning の学習は，ブラウザをインターフェースにして，つまりブラウザから WWW サーバに蓄積してある教材にアクセスし，登録し，議論し，コメントをもらい，テストを行い，学習進度をチェックし，単位を認定してもらうという学習形態」(p.108) と紹介している．この中に「動画コンテンツ」を必須として取り上げてはいない．こうした学習形態 で赤堀は,「コンテンツの良さが問われる」(p.108) としており，学習内容の良さが求められるということが分かる．筆者は，2020 年現在のコロナ禍で注目されているオンライン授業も赤堀のいう e-learning と同様に，学習内容の良さが求められると考えた．

オンライン授業とは e-learning も含めた遠隔教育の一部であり，大きく分けて「同期型」と「非同期型」があることが分かる．さらに「非同期型」の場合でも動画コンテンツが必須ではない．優れた教材を用意し，きちんとした評価法を検討した非同期型授業であれば LMS を通じて指示を出し，取り組ませることで従来の対面授業と同等かそれ以上の学習効果が得られると考える．本研究では，高校三年生に向けた数学演習の授業において，LMS を活用した教材配信型非同期授業を実践した結果の分析及びその報告である．

2.2　同期型と非同期型の長所と短所

江口（2020）は「リアルタイム型は教員が楽」(p.25) なのだと指摘する．今まで通りの授業をビデオで録画し配信するだけで特別な準備は決して多くないからだ．そのため，オンライン授業＝リアルタイム（同期）型授業と勘違いする人（教員も含め）が多いのであろう．しかし，江口（2020）は「40 人の児童・生徒全員の顔を見ながら授業をするのは，システム上の制約もあり困難だ．たとえ学習者全員の顔を見られたとしても，教室とは違って全員の目配りするのは難しい.」(p.22) とも指摘している．加えて，生徒側の通信トラブルなどで見逃し聞き逃しも考えられる．講義動画を録画しておいて後から見せることも可能だが，それならオンデマンド型授業と同様と考えられる．

赤堀（2013）は，e-learning におけるコンテンツの重要性を指摘しているが，その際の課題として

- 教員の（コンテンツ作成に対する）労力の大きさ
- 教員の学生への指導方法の労力の大きさ
- 学習の継続の難しさ

をあげている (p.110)．オンデマンド型授業でもこれらはそのまま当てはまると筆者は考えている．特に「非同期型」の場合でも動画コンテンツが必須でない場合，負担が増える．赤堀（2013）は「教材は書き言葉であるテキストで記述しなければならない．(中略) 話し言葉で伝える内容を，すべて書き言葉にすることは不可能だから，中心となるべき内容をテキストにすることになるが，それは単純なテキストでは難しい.」(p.110) とも指摘している．

江口（2020）はオンデマンド型授業では「見るに堪える録画コンテンツやそれに合わせた教材を作るには，普通の授業に比べて準備に何倍も時間がとられることがある.」(p.25) と指摘し,「これまでと違った内容や構成を考えて準備する必要があり簡単ではない.」(p.25) と述べている．そのため，早くオンラインで授業再開を望む教員からは敬遠されるのであろう．しかし学習者側からすれば，オンデマンド型授業の方が自分のペースで学習を進められる．講義動画も何度か見返しながら学習を進めることができる．また，時間割に拘束されることもない，といった利点も多い．江口（2020）は，川崎北高等学校校長の柴田功が「授業を受ける生徒を主体に考えれば，ライブで授業を配信するのが良いとは限らない」(p.25) との指摘を紹介している．

「同期型」と「非同期型」のどちらにしても長所・短所があるため，本実践では，できるだけ短期間で準備を行い授業を再開するために，対面授業用としてすでに用意してあるコンテンツを利用しながら動画コンテンツにこだわらない「非同期型」を取り入れた実践を行うこととした．

2.3　数学演習授業にとって有効なオンライン授業

数学という教科の特性を考えると問題演習を行った場合，計算結果などだけを見て評価するのではなく，生徒がどの様に考え，計算や式変形をしようとしているかなど途中の過程を見て評価することは欠かせない．また，教材提示も数式や図形などをわかりやすく提示する方法も検討する必要がある．赤間（2020）は「遠隔授業において問題となるのは，数式や図形をどの様に提示するか」(p.41) ということから検討の結果，LaTeX とそのスライド作成クラスの Beamer を用いた教材作成で実践を行っている．その結果，赤間（2020）も「教材作成には大きな労力が必要であったことは否めない．配信にあたって ①教材作成 ②動画作成 ③課題作成 ④動画配信 の手順で作業を行った」(p.42) としている．ここで注目したいのが ③課題作成 だが，その詳細についての報告はなされていない．

林・奥村（2020）は「全国の学校休校措置で生じた学習機会の損失について，デジタル教材を用いることで，一定量の学習保証を行うことができた」(p.39) と報告している．LMS の一種である「すらら」を用いて生徒の学習管理を行う一方，Zoom などを使った同期型授業を併用することで林ら（2020）は「ある程度学習時間を保証したと考えられる.」(p.40) と述べている．しかし，課題などの結果の定量的な分析は行っていない．

3　研究方法

筆者が担当する「数学演習」は本校高三理系生徒の必修選択授業であり，週 5 時間（内，2 時間続きの授業日が週 2 回，1 時間のみの授業日が週 1 回）で実施している．取り扱う単元は，三角関数・微分法・積分法・図形と式・数列・ベクトルといった問題演習授業である．筆者はこの授業を 2016 年度より担当しており，年度を重ねながら問題選びから解説プリント作成を続けてきた．主な授業展開は，2 時間続きの場合予習教材プリントで単元ごとに「基本事項」を確認し，予習問題の解説を 10 分ほど行った後，演習問題に取り組ませる．2 時間続きの授業 1 回につき 2〜3 問，大学入試問題などに取り組ませる．

まずは30分ほど自分の力で考えさせた後，他の生徒と相談したり，教科書や参考書などで調べながらさらに30分ほど時間を取って解答を考えさせる．その後，模範解答プリントを配布，補足説明を20分ほど加える．最後に10分ほどでその日の学習内容の「確認問題」に取り組ませ提出させる．その確認問題を筆者が採点して次の授業にて返却，解説する．といった授業スタイルである．週1回1時間のみの授業日は上記の内容で説明しきれなかった箇所などの説明や追加演習に当てている．

この授業展開すべてを4月半ばからリアルタイム（同期）型授業で実施するのは，準備する時間も不足していて無理だと判断した．とにかく早く授業を始めるためには，前年度末までに用意していた教材プリントを配信し，各自で取り組ませるという選択肢しかなかった．ただし，評価をつけるにはどうするかだけは次のように教材配信型授業開始当初から決めていた．対面授業で実施していた「確認問題」をLMSから配信し取り組ませる．その結果を採点し返却することで評価としていく．ただし，数学の演習で答えだけを書かせるような演習は学習者にとって有益なものとはいえない．問題を解く途中の過程をどの様に考えたのか記述させ，それを提出させることが大切である．途中の考察過程を大切にしながら指導することが「数学の学びを止めない」ということにつながると筆者は考えた．そこで「確認問題」のPDFを配信し，それを生徒各自がプリントアウトして途中の思考過程も記しながら解答したものをPDFにしてLMSから提出させることにした．生徒にはLMSを通して「この確認問題の提出および取り組み結果が評価に関わる」ことを事前に伝え，教員側で提出時間帯を決め，提出させた．PDFにして提出できない者は写真でもよしとした．またプリントアウトできない場合はノートに問題を写し，そこに解答を記述してPDFまたは写真で提出することも可とした．

「課題配信型の非同期オンライン授業も通常の対面授業と同等の学習効果がある」ことをLMSから提出させた確認問題の採点結果から確認することが，本研究の目的である．比較対象として，2019年度に実施した同じ授業の確認問題の結果で検証していく．そのため課題配信型の非同期オンライン授業で課した確認問題はすべて2019年度の授業で用いた確認問題と同じとした．この結果を比較し，課題配信型の非同期オンライン授業で実施した確認問題の平均得点率と2019年度対面授業で実施した確認問題の平均得点率との間に有意な差がある ($p < .05$) か否かを検証する．また，6月半ばからは対面授業が再開されたため期末試験が7月末に学内にて実施された．その期末試験も2019年度の

問題と同じ問題で実施することで，期末試験の結果を比較し，課題配信型の非同期オンライン授業を受講してきた生徒の平均得点率と2019年度対面授業を受けてきた生徒の平均得点率との間に有意な差がある ($p < .05$) か否かを検証する．さらに中間試験は実施できなかったが，6月半ばに対面授業が再開されてから間もなく「復習テスト」ということで2019年度中間試験問題を用いたテストを実施した．この結果も同様に比較，検証する．

本研究では，オンライン授業の中でも「非同期型」を採用した．さらに動画コンテンツも必須としない形で実践した．ただし，LMSを通じて毎回「確認問題」と称した課題の配信を行った．PDFで「確認問題」をLMSから配信し，2日以内にLMSから手書きの答案をPDFまたは写真で提出させる形をとった．結果，20回分用意した「確認問題」の内，18回まではオンラインでの配信・提出の形をとった．これにより，学校休業中でも生徒の学習状況・内容の理解度を見ることが可能になった．また，評価はその「確認問題」の結果だけでも可能なように行ったが，6月半ばからは対面授業が可能になり，期末試験も実施できたため，試験の結果と「確認問題」の結果を 1 : 1 の割合で評価することとした．利用したLMSは当初ベネッセのClassiを想定していたが，5月半ばにClassiのシステム障害が起こり，利用できない時期があったため適宜Teamsも併用していった．ただし，課題の配信・提出はClassiを利用した．

4　実践の様子

第2章2.2節の後半で述べたとおり「課題配信型」の「非同期型」オンライン授業を実施した．事前に「予習教材」を配信し，その目次から扱う内容が一覧できるようにした．また，ひとつの章が1回分の演習授業という形をとった．週5時間（1時間 =50分）の授業であるが，月曜日と水曜日に配信する形をとった．その1回の配信分が125分と考え実施した．

4.1　対象生徒

対象生徒は高校3年生の理系選択者のうち，数学IIBまでを受験で利用する者であった．そのため年度によって人数に変動があったが，進路希望が毎年同じような生徒が選択していた．学習意欲に関しては例年，大きな差は見られなかった．生徒の主な希望進路としては，私大薬学部，看護系，家政系，等であった．

授業の教材は筆者による自作教材を用いた．対象クラスは，都内私立校普通科の高校3年 理系選択者19名（2020年度），29名（2019年度）であった．オンライン授業の期間は，2020年4月18日(土)〜7月25日(土)で行った．これと比較する対面授業の期間は，2019年4月15日(月)〜7月6日(土)であった．

4.2　授業の流れ

生徒にはまず「予習教材」でその日の授業の内容や基本事項を確認し，予習教材の章末に掲載した予習問題（教科書レベルの問題）を1〜2題解いて自己採点させた．解答のみは掲載しておいたので，教科書や参考書などを見ながら学習し，予習問題に取り組ませた．その後，LMSから配信した「演習問題」に取り組ませた．演習問題は各回2〜3題を課し，日曜日と火曜日に配信した．私大の入試過去問を中心に選んで演習させた．ここまでで約60分の授業を想定した．こうした対面授業とオンライン授業の流れの対応を示したのが表1である．

表 1: 対面授業とオンライン授業の対応表

対面授業　（2時間続きの場合）		オンライン授業	
10分：	前回の確認問題解説		−
10分：	予習プリント「基本事項」の確認・解説及び「予習問題」の解説	事前に配信．各自随時，自学・自習.「予習問題」は解答のみ掲載.「予習問題」の解説は無し．	約15分
30分：	演習問題を自分の力で解答	確認問題配信前日に演習問題を配信．翌日までに各自で解かせる．教科書・参考書の参照可．	約45分
30分：	演習問題を友人と相談したり教科書などで調べながら解答	演習問題の模範解答，及び確認問題の配信．翌日までに確認問題を解いて提出．	約45分
20分：	模範解答配布，演習問題の自己採点，補足説明	確認問題答案の提出．	−
10分：	確認問題	提出を締め切った後，模範解答配信．提出された確認問題を回収，採点返却．	約20分

翌日の月曜日と水曜日に演習問題の模範解答をLMSに掲載し，自己採点させた．自己

採点しながら不明な点等を調べながら学習する様にLMSから生徒に指示した．この学習が評価の材料となる「確認問題」でも活かせるような教材を演習問題として選び，準備していった．生徒は，一定の理解ができた段階でLMSから配信した「確認問題」に取り組んだ．LMSから配信したPDFデータのプリントを各自プリントアウトし，そこに手書きで答案を作成させた．それをPDFにするかまたは写真にしてLMSから提出させた．提出期限は課題配信した翌日までとした．提出させた課題を回収後，採点し，それをLMSからPDFにしたものを各自に返却した．こうした一連の流れで2020年4月18日から6月18日までオンライン授業を実践していった．

5　結果の分析

今回のオンライン授業における評価は「確認問題」の結果で行うこととしていた．しかし，6月半ばからは対面授業が再開された．そこで，本校の方針として期末試験も実施して評価することになった．

本章では，課題配信型の非同期オンライン授業で実施した確認問題の平均得点率と2019年度対面授業で実施した確認問題の平均得点率との間に有意な差がある ($p < .05$) か否かを検証する．また，定期試験の結果についても課題配信型の非同期オンライン授業を受講してきた生徒の平均得点率と2019年度対面授業を受けてきた生徒の平均得点率との間に有意な差がある ($p < .05$) か否かを検証する．

5.1　前年度生徒との「確認問題」比較

今年度，教材配信型の非同期オンライン授業で受講した生徒（以下，2020年度生徒）の確認問題の平均得点率は，前年度の対面授業を受講した生徒（以下，2019年度生徒）の確認問題の平均得点率と比較した場合，有意な差があると仮定した ($p < .05$)．その根拠として，教材配信型の非同期オンライン授業は学習時間にとらわれず生徒の都合の良い時間帯で学習できること，確認問題に提出期限はあるものの解答時間に制限が無い状態で取り組めること，等である．もちろん，教科書や参考書で調べながらの取り組みもあり得る．制限としては「確認問題を配信してから2日以内にLMSから提出しなくてはならない」という点である．

一方，通常の対面授業では教員からの助言や生徒同士での教え合いの機会が考えられる．特に自分ひとりで考えながら学習する習慣が身についていない者にとって非同期オ

ンライン授業では学習効果が高いとは限らないことも予想できる．だが，本実践の対象は高三の理系進学希望者であるため，ある程度自学自習する習慣を身に付けているものと考えている．

2020 年度オンラインで実施した第 1 回から 18 回までの確認問題の平均得点率を 2019 年度生徒のものと比較した．その平均得点率の推移を表したグラフが図 1 である．

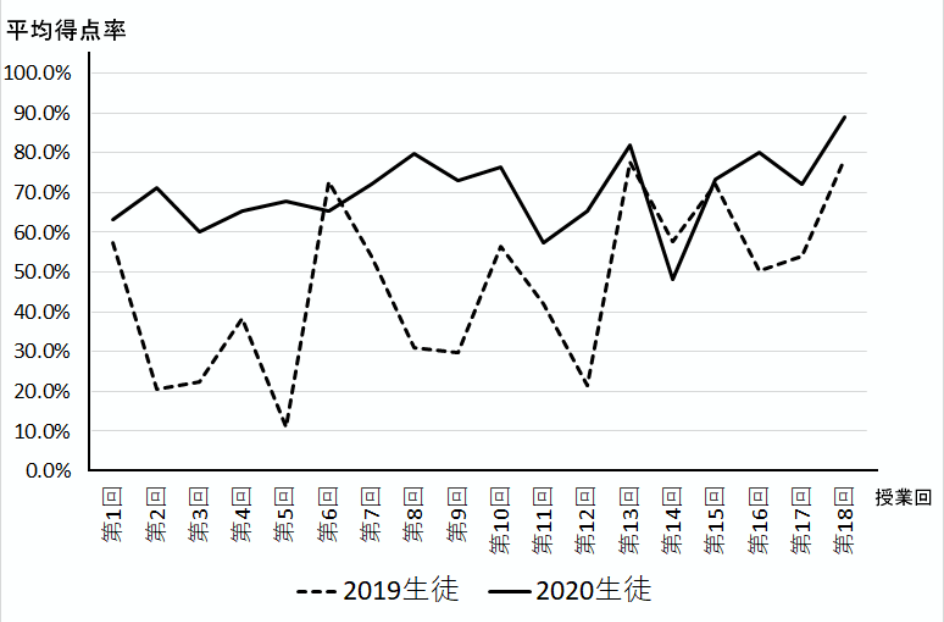

図 1: 確認問題の平均得点率

また，前述の仮定のもと，両側 t-検定を行った結果が表 2 である．なお，表 2 の m_{19} は 2019 年度生徒の各回確認問題の平均得点率（単位は%），m_{20} は 2020 年度生徒の各回確認問題の平均得点率（単位は%），n_{19} は 2019 年度生徒の各回確認問題受験者数，n_{20} は 2020 年度生徒の各回確認問題受験者数である．確認問題受験者数が 4.1 節に記した受講生徒数と異なる回があるが，欠席者（2020 年度生徒は未提出者）がいたためである．欠席者・未提出者のデータは除外して分析を行った．

確認問題の平均得点率比較では，18 回中 11 回と半分以上で 2019 年度生徒の確認問題平均得点率と 2020 年度生徒の確認問題平均得点率の間に有意な差が見られた ($p < .05$)．18 回の点数を合計した平均得点率でも同様に有意な差が見られた ($p < .05$)．

逆に有意な差が見られなかった ($p > .05$) 回は，第 1 回目の指数関数，第 6 回目の不定積分，第 11 回目の数列の和，第 13-15 回の漸化式と第 17 回 位置ベクトルであった．

表 2: 2019 年度と 2020 年度の「確認問題」の平均得点率

回数 学習内容	m_{19}	m_{20}	n_{19}	n_{20}	t-値	p-値	95%信頼区間
1. 指数関数	57.5	63.2	29	19	$t(42.05) = 0.61$	.543	$[-13.01, 24.38]$
2. 対数関数	20.7	71.1	29	19	$t(36.19) = 5.61$	$<.001$	$[32.17, 68.56]$
3. 微分の定義	22.4	60.2	29	18	$t(29.71) = 3.97$	$<.001$	$[18.34, 57.20]$
4. 関数の増減	38.3	65.3	29	19	$t(37.52) = 2.92$	.006	$[8.24, 45.74]$
5. 微分の応用	11.0	67.8	29	18	$t(45.00) = 7.21$	$<.001$	$[40.89, 72.60]$
6. 不定積分	72.8	65.3	29	15	$t(38.25) = -1.04$	.306	$[-21.91, 7.06]$
7. 定積分	53.9	72.1	29	17	$t(42.05) = 2.17$	.036	$[1.28, 35.08]$
8. 定積分	31.0	79.8	29	14	$t(21.20) = 5.31$	$<.001$	$[29.64, 67.81]$
9. 面積	29.7	72.9	29	17	$t(31.85) = 4.38$	$<.001$	$[23.15, 63.42]$
10. 数列の和	56.4	76.5	28	17	$t(41.24) = 2.30$	.027	$[2.41, 37.67]$
11. 数列の和	42.0	57.4	29	18	$t(37.43) = 1.51$	.138	$[-5.23, 36.14]$
12. 階差数列	21.4	65.4	28	17	$t(43.00) = 4.46$	$<.001$	$[24.06, 63.80]$
13. 漸化式	77.6	81.8	29	11	$t(24.66) = 0.45$	.657	$[-15.20, 23.66]$
14. 漸化式	57.6	48.2	29	16	$t(32.31) = -0.94$	.355	$[-29.85, 11.01]$
15. 漸化式	72.0	73.3	28	15	$t(26.43) = 0.12$	.902	$[-20.22, 22.84]$
16. 数学的帰納法	50.2	80.2	29	13	$t(40.00) = 4.61$	$<.001$	$[16.84, 43.11]$
17. 位置ベクトル	54.0	72.2	29	12	$t(24.77) = 1.34$	.193	$[-9.80, 46.19]$
18. 内積	78.6	88.9	28	12	$t(38.00) = 1.20$	$<.001$	$[-7.03, 27.66]$

5.2　前年度生徒との「定期試験」比較

定期試験の結果も，2020 年度生徒の平均得点率と 2019 年度生徒の平均得点率を比較した場合，有意な差があると仮定した ($p < .05$)．それぞれの年度の生徒の定期試験結果の平均得点率を，両側 t-検定した結果が表 3 である．

中間試験の範囲は，第 1 回から第 9 回までの微積分を中心とした内容で出題した．期末試験の範囲は残りの第 10 回から第 20 回までの数列・ベクトルを中心に出題した．なお，第 19 回と第 20 回は 2020 年度生徒も対面授業で実施した．第 19 回と第 20 回で扱った内容は「図形と式」である．

検定の結果，定期試験の成績では 2020 年度生徒と 2019 年度生徒との間に有意な差はみられなかった ($p > .05$)．なお，表 3 の M_{19} は 2019 年度生徒の各定期試験の平均得点率（単位は%），M_{20} は 2020 年度生徒の各定期試験の平均得点率（単位は%），N_{19} は 2019 年度生徒の各定期試験の受験者数，N_{20} は 2020 年度生徒の各定期試験の受験者数である．

表 3: 2019 年度と 2020 年度の「定期試験」の平均得点率

試験	M_{19}	M_{20}	N_{19}	N_{20}	t-値	p-値	95%信頼区間
中間試験	74.9	66.3	29	19	$t(33.64) = -1.32$	.197	$[-21.97, 4.70]$
期末試験	70.5	70.7	29	19	$t(35.76) = 0.03$	.978	$[-15.15, 15.56]$

5.3　「確認問題」と「定期試験」との比較

最後に，2020 年度生徒の確認問題の成績と定期試験結果を比較してみた．確認問題は教科書や参考書などで調べながら解くため，定期試験の結果と有意な差がある ($p < .05$) のではないかと考え，その確認のための検証として行った．確認問題全 20 回分の合計得点の平均得点率と定期試験 2 回分の合計点の平均得点率との間に有意な差がある ($p < .05$) か否か，両側 t-検定を実施して調べた．その結果 $t(35.09) = -1.32$, $p = 0.195$, 95%信頼区間 $[-24.89, 5.27]$ で，有意な違いは見られなかった ($p > .05$).

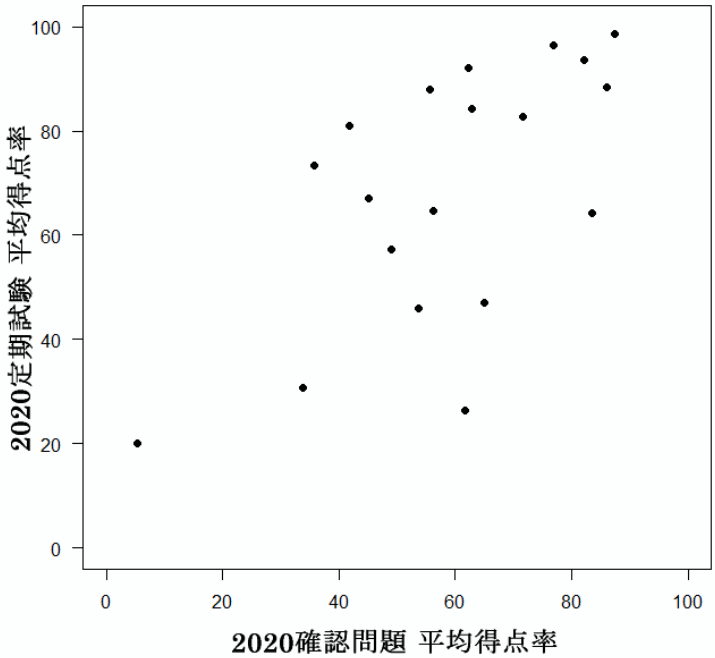

図 2: 2020 年度確認問題と定期試験 平均得点率の散布図

また，2020 年度生徒 19 名の対応あるデータなので，2020 年度生徒の確認問題の成績と定期試験結果の相関も調べたところ相関係数が 0.631 であり，正の相関が見られた．なお，相関を調べるにあたり確認問題の成績は 20 回分（19・20 回目は対面授業内で実

施）の合計点の平均得点率，定期試験結果は中間試験と期末試験の合計点の平均得点率，で比較した．確認問題を提出していなかった回の生徒の点数は0点として集計した．定期試験は未受験者はいなかった．

6　実践結果からの考察

今回の検証では対象生徒の人数が少ないので信頼性は低いと思われるが，コロナ禍での緊急事態的な対応であるためこれ以上のデータは集められなかった．以下，限られたデータの範囲で考察する．

6.1　「確認問題」比較からの考察

表2に示したとおり課題配信型の非同期オンライン授業で実施した確認問題では，18回中11回と半分以上で2019年度生徒と2020年度生徒の確認問題平均得点率に有意な差が見られた ($p < .05$)．2019年度生徒が対面授業の限られた時間内で解いたのに対し，2020年度生徒は自宅で調べながら時間制限無しに解くことができた．この時間制限がないことが，学習内容を適切に理解し，学習内容を定着させることに役立ったと考えれば，課題配信型の非同期オンライン授業も通常の対面授業と同等かそれ以上の学習効果があったといえる.「生徒の学びを止めてはならない」という意見に応えることができたものと考えている．

一方，表2では，有意な差の見られなかった ($p > .05$) 回も8回あった．その内漸化式は3回に分けて演習を行ったが，2019年度生徒との間に有意な差はみられなかった ($p > .05$)．不定積分や数列の和についても同様であった．これらの回では例年，答案の書き方について教科書以上に詳しく指導していたが，課題配信型の非同期オンライン授業では答案を書く際の注意点など十分には指導しきれなかったことが原因であると考える．そこで，今後のオンラインにおける指導で課題と思われる「第6回 不定積分」,「第11回 数列の和」,「第13-15回 漸化式」について詳しく考察しておく．

漸化式については，隣接2項間や隣接3項間漸化式を解く際，特性方程式を用いた解法を指導する．しかしこの扱いについては板書などでの解説を加えるべきであった．

数列の和については2度にわたって学習させた．2回目の第11回では $\displaystyle\sum_{k=1}^{n} k \cdot 2^{k-1}$ といった応用問題を出題した．この問は計算ミスが多い事に加え，その考え方にも特徴がある．課題配信型の非同期オンライン授業ではそうした注意点が上手く伝わず，図3の

ような積を和に変えてしまうといった誤答も見られた．この問は，等比数列の和の公式を導くのと同様の方法を用いた解法を習得させたかったが，課題配信型の非同期オンライン授業では説明が十分ではなかったようだ．

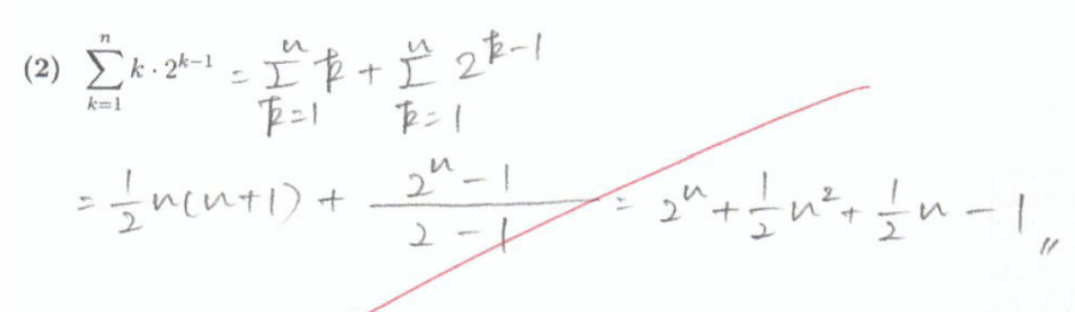

図 3: 数列の和の誤答例

不定積分については，$\displaystyle\int (ax+b)^n\,dx = \frac{1}{a(n+1)}(ax+b)^{n+1} + C$ を用いる計算について指導が不十分であった．特に，

$$\int (x-5)^6(x+3)\,dx = \int (x-5)^6\{(x-5)+8\}\,dx$$

といった式変形を習得させる指導が不十分であった．この問の生徒の誤答例を図 4 として挙げる．6 乗や 7 乗などの整式を展開して不定積分を求めるのは考え方として間違えではないが，どうしても図 4 のような計算ミスにつながる．それを防ぐための指導が課題配信型の非同期オンライン授業では十分とは言えなかった．

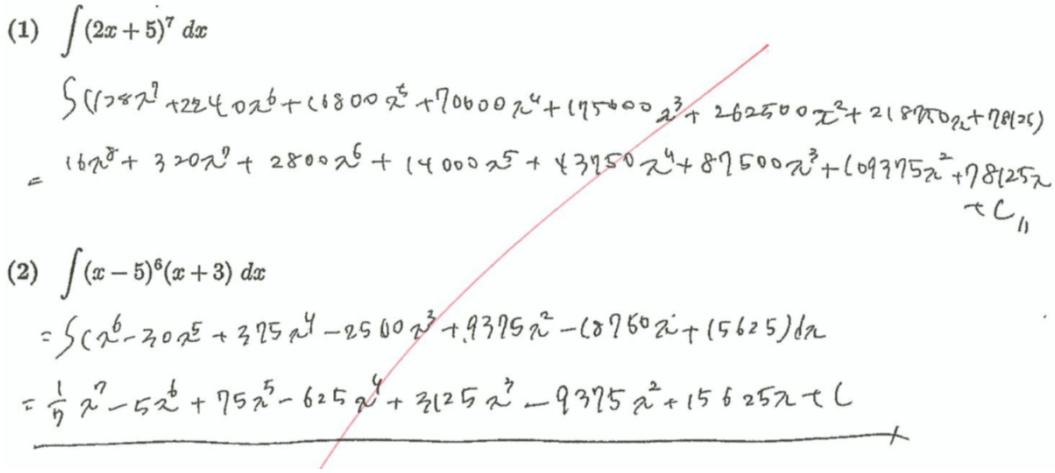

図 4: 不定積分の誤答例

6.2　「定期試験」比較からの考察

表 3 に示したとおり，2019 年度と 2020 年度の平均得点率の間に有意な差は見られなかった ($p > .05$)．課題配信型の非同期オンライン授業で学習した場合でも対面授業で学習した場合でも定期試験に臨む生徒たちの姿勢に違いはなかった．教科書や参考書などを見ながら解くわけではない分，公平な比較が可能な定期試験で違いがみられないということは，生徒たちの試験に臨む姿勢はオンライン授業で学習してきた生徒にとっても対面授業で学習してきた生徒にとっても同じであり，しっかり学習して取り組んでいたのだと考えられる．

6.3　「確認問題」と「定期試験」の比較からの考察

課題配信型の非同期オンライン授業を受けてきた 2020 年度生徒の確認問題と定期試験の平均得点率では有意な差は見られなかった ($p > .05$) が，正の相関が見られた．

確認問題は，生徒が教科書や参考書等で調べながらある程度時間をかけて解答してくることが考えられる．この時間制限がないことが，学習内容を適切に理解し，学習内容を定着させることに役立ったと考えれば，生徒が自ら学習し，その学習内容を深めていくことが期待できるため「生徒の学びを止めない」ということにつながる．一方，定期試験は教科書や参考書等で調べながら受験するわけではないため公平な比較が可能であろう．今回の実践では，2020 年度生徒の確認問題と定期試験の平均得点率では有意な差は見られなかった ($p > .05$) が，正の相関が見られたことから，確認問題の結果が良いのであれば公平な条件で受験する定期試験でも点数上昇が期待できると考えられる．このことから，対面での試験が実施できなくても，課題配信で評価することを検討することには意味があるといえる．毎回の授業での課題配信は，生徒にとっては「課題が増えて学習が大変になる」との意見もあるが「生徒の学びを止めてはならない」という意見に応えるためには必要なことであると考える．

7　まとめと今後の課題

課題配信型の非同期オンライン授業でも，単元によっては対面授業よりもより学習効果が見られるものがあることが分かった．それをさらに向上させるためには，記述答案の指導についてさらなる検討が必要があることも分かった．配信した課題を教科書などで調べながら自学自習していく形の課題配信型の非同期オンライン授業では限界がある．

これを改善する方法としては，対面授業がよいのはもちろんだが，非同期オンライン授業としては動画を配信するオンデマンド型授業も考えられる．今後また休校宣言でオンライン授業が求められるような事態になった際は，オンデマンド型の非同期動画配信で今回明らかになった課題を克服していきたい．

一方で，課題配信型の非同期オンライン授業でも毎回の課題提出による学習で，生徒の学習状況を評価することも可能であることが分かった．本実践では当初，毎回課す確認問題から評価することも検討していたが，それで評価しても生徒の学力を適切に評価できたと考える．オンライン授業＝リアルタイム型授業といった考え方でオンライン授業を捉えるのではなく，課題配信型の非同期オンライン授業でも学習効果があることからオンライン授業を広く捉え，学習者に適した形での指導や課題配信型の非同期オンライン授業も含めた検討が必要である．

引用文献

赤堀侃司 (2013)

「教育工学への招待」 Jam House pp.108-112

赤間祐也 (2020)

「中高数学科における Beamer を用いた教材作成と遠隔授業実践の報告」 日本デジタル教科書学会 発表予稿集 第 9 号 2020 年度年次大会 pp.41-42

江口悦弘 (2020)

「学校休業中も学びをつなぐオンライン授業」 日経パソコン 教育と ICT 第 13 号 pp.16-31

林俊信，奥村理子 (2020)

「コロナ禍における個別最適化学習システムの実績」 日本デジタル教科書学会 発表予稿集 第 9 号 2020 年度年次大会 pp.39-40

文部科学省 (2020)

「新型コロナウイルス感染症対策のための小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校等における一斉臨時休業について（通知）」

https://www.mext.go.jp/content/202002228-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf?fbclid=IwAR1vWfiavEHXywp1mpRWXgn8XApGV5b44i-Hgo9WUwCGEScfJ4T_7VZ4fsg

(2021.3.5. 確認)

半田真（2021）．高等学校数学科におけるオンライン授業の実践研究－数学演習授業におけるオンデマンド授業と対面授業での学習効果比較－　デジタル教科書研究，*8*，1-17.

Handa,M.（2021）．Research on Online Lessons for High School Mathematics: Comparison of Learning Effects of On-demand and Face-to-face Mathematics Practice Lessons．*Japanese Journal of Digital Textbook*, *8*, 1-17.

（2020 年 10 月 19 日受稿・2021 年 9 月 13 日受理・2021 年 9 月 30 日発行）

「デジタル教科書研究」投稿・審査規定

日本デジタル教科書学会　編集委員会

1　編集方針

1.1　デジタル教科書の発展に寄与する研究論文を掲載する。

1.2　「デジタル教科書」は広い意味で考える。研究内容とデジタル教科書の関係について、著者の定義や考えに基づき、論文の冒頭で論じることを求める。

1.3　デジタル教科書に批判的な内容の論文であっても、以下に述べる掲載基準を満たしていれば、積極的に掲載する。

1.4　学際的な学会の論文誌であるので、様々な領域の研究者・実践者にとって理解できる記述を求める。

2　論文の種類と掲載基準

2.1　受理できる論文の種類は、以下の６種とする。

原著（一般）、原著（実践）、原著（展望）

報告（一般）、報告（実践）、報告（展望）

2.2　原著論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性を十分に備えた論文とする。

2.3　報告論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性をある程度備えつつ、速報性や資料的価値を備えた論文とする。

2.4　一般カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、理論的、実証的、開発的な方法論によりその目的に合致した結果が得られ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。

2.5　実践カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、その目的に合致した教育実践がなされ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。

2.6　展望カテゴリーの論文は、理論的、実証的、開発的、実践的な先行研究を十分に参照しながら、オリジナルな視点から将来的展望について言及した論文である。

2.7　いずれの論文も、目的、方法、結果、考察等が学術論文として十分に記述されていることを求める。

2.8　上記によらず、編集委員会の判断により、編集委員会企画論文、特集論文等を掲載することがある。掲載基準、審査の有無等は、その都度編集委員会が定める。

3　投稿資格

3.1　筆頭著者は、日本デジタル教科書学会の会員であることを求める。第 2 著者以降は、非会員でも投稿、掲載が可能である。

3.2　上記は、日本デジタル教科書学会に入会手続き中であってもよい。

4　審査手続き

4.1　原著論文、報告論文のいずれも、投稿された個々の論文に対して担当編集委員が割り振られ、担当編集委員が著者との連絡・調整を行う。

4.2　原著論文、報告論文のいずれも、担当編集委員が 2 名の査読者を割り振る。著者に査読者名は伝えられない。また、査読者に著者名は伝えられない。ただし、報告論文の場合に限り、査読者のうち 1 名を編集委員の中から選ぶ。編集委員には著者名が伝えられる。

4.3　査読者は、以下の 4 カテゴリーの中から 1 つを選び、判定する。

- A：採択…そのまま掲載可能（誤字脱字等の微修正は除く）
- B：修正後採択…採録条件を明示した上で、採録条件に沿った修正あるいは採録条件に従わない妥当な理由が認められれば掲載可能。
- C：修正後再審査…疑問点、不明点、詳しい説明が必要な点等を明示した上で、著者修正後に再審査を行い、掲載の可否を判断。
- D：掲載不可…掲載は不可能。掲載不可の理由を明示する。

4.4　初回審査の結果、2 名の査読者のうち少なくとも一方がＣの場合、再審査とする。

4.4.1 2 名ともＣの場合、修正後に再審査を行う。

4.4.2 2 名の査読者の一方がＣ、一方がＡ、Ｂ、Ｄの場合、再審査は原則としてＣと判定した査読者のみに対して行う。ただし、再審査の過程で内容の大幅な改編がある場合は、編集委員会の判断で、Ａ、Ｂ、Ｄと判定した査読者に照会することがある。

4.4.3 再審査の判定は、Ａ、Ｂ、Ｄのいずれかとする。

4.5　初回審査または再審査の結果、2 名の査読者ともＡまたはＢの場合、原則として採択とする。また、ともにＤの場合、原則として不採択とする。

4.6　初回審査または再審査の結果、2 名の査読者の一方がＡまたはＢ、一方がＤの場合、次のように対処する。

4.6.1 原著の場合、担当編集者がもう 1 名の査読者を割り振る。ＡまたはＢの場合採択、Ｃの場合再審査、Ｄの場合不採択と判定する。

4.6.2 報告の場合、編集委員会が掲載の可否を決定する。

4.7　審査の過程は原則として上記に従うが、編集委員会が上記によらずに判断することがある。

4.8　著者が論文を取り下げる場合、担当編集委員が決まるまでは編集委員会に、担当編集委員が決まってからは担当編集委員に随時連絡する。

4.9　不採択または取り下げされた原稿は、原則として再投稿できない。ただし、内容の大幅な改編をした場合には、その改編内容を明示した上で、投稿前に編集委員会に問い合わせる。編集委員会の判断によって、再投稿を認めることがある。

5　出版形態

5.1　原則として電子出版とする。

5.2　紙の論文誌は発行しないが、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.3　抜き刷りは、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.4　出版費用は無料である。ただし、特別な要求がある場合には、著者負担を求めることがある。

6　著作権と論文公開

6.1　著作権は、日本デジタル教科書学会に帰属する。

6.2　著者は、論文がインターネットを通じて公開されることを了承する。

6.3　著者は、自身の論文を自由に公開し、利用することができる。

7　原稿の書き方

7.1　執筆要領に従う。

7.2　氏名、所属先、謝辞等、執筆者を明示あるいは推測できる情報を排除した原稿を作成し、投稿する。

7.3　刷り上がり 20 ページを上限とする。ただし、編集委員会が認める場合、その限りではない。

7.4　図等にカラーを用いてもよい。ただし、モノクロ印刷時に判別ができるものが望ましい。

7.5　言語は原則として日本語とする。他言語で執筆の原稿の場合、著者が投稿前に編集委員会に問い合わせ、その都度編集委員会が判断する。

8　投稿手順

8.1　以下の日本デジタル教科書学会編集委員会のメールアドレスに投稿する。
edit@js-dt.jp

8.2　氏名と所属先等を除いた原稿と、除かれていない原稿ともに、オリジナル版とpdf版の両方を提出する。

8.3　別途定める投稿票に記入し、提出する。

8.4　提出は，原則として編集委員会宛の電子メールに添付して行う。ファイルサイズが大きい場合は、事前に編集委員会に問い合わせる。

9　倫理的事項

9.1　アンケート調査や実験実施、学習履歴の閲覧等、研究協力者からデータを得る研究の倫理的配慮について、協力者（あるいはそれに代わる者）の同意の手続きとその内容、倫理審査等、各領域の慣例に従う。また、必要に応じて、具体的な倫理的事項とその対応について論文中に明記する。

9.2　企業との共同研究等、利益相反の可能性がある場合には、論文中に明記する。

9.3　二重投稿は禁止する。すなわち、デジタル教科書研究に投稿される論文は、他の雑誌等に掲載されている論文、他の雑誌等で審査中の論文であってはならない。また、デジタル教科書研究で審査中の論文は、他の雑誌等に投稿してはならない。ただし、学会における口頭発表、学位論文等は、二重投稿にあたらない。投稿しようとしている論文が二重投稿にあたるかどうかは、各領域の慣例に従う。

9.4　掲載にあたって著作権者の了承が必要な内容を含む場合、著者の責任で解決しておく。

9.5　その他、研究に必要な倫理的事項について、各領域の慣例に従う。また、必要に応じて、具体的な倫理的事項とその対応について論文中に明記する。

10　その他

10.1　論文誌には、学会のお知らせ、会員動向等、会員にとって有用な情報を含めることがある。

2013年3月30日　制定

2016 年 4 月 1 日　一部改訂

2019 年 7 月 20 日　一部改訂

2021 年 1 月 1 日　一部改訂

編集委員会報告

審査報告

2020 年 8 月 1 日から 2021 年 8 月 31 日の間、新規投稿論文 1 編の審査を行った。原著については審査論文がなかった。報告については、1 編新規投稿論文に対して、1 編採択であった。本報告期間に審査結果が確定した論文の採択率は、報告 100%であった。

審査協力のお礼

無償ボランティアとして審査にご協力いただいた先生方に感謝いたします。

第 8 巻以降の論文募集

デジタル教科書学会ホームページにおいて、随時論文を募集している。

http://js-dt.jp/

編集後記

新型コロナウイルス感染症の影響で、学校へのICT導入が急速に進んでいます。2年前の今頃は、このようになるなんて、考えられませんでした。本格導入となると、さまざまな問題が現場からボトムアップ的に浮かび上がってきます。それに伴い、基礎研究の必要性も高まっています。時代的にも教育にエビデンスとロジックが求められています。こんな中、学会誌が研究を蓄積する場所として機能すればよいのではないかと思います。みなさまのご投稿、お待ちしています。

編集委員長　　島田英昭

デジタル教科書学会編集委員会（編集担当）
委員長　坂田陽子（愛知淑徳大学）　（2021年8月より副編集委員長）
副委員長　島田英昭（信州大学）　（2021年8月より編集委員長）
委員　市原靖士（大分大学）
委員　寺尾敦　（青山学院大学）
委員　森下孟　（信州大学）
デジタル教科書学会事務局（公開担当）
事務局長　久富望　（京都大学）
副事務局長　杉山一郎（十日町市立馬場小学校）
事務局員　上田昌史（京都産業大学）
事務局員　大滝徳久（新潟市立総合教育センター）
事務局員　後藤正樹（早稲田大学教育学研究科）
表紙デザイン　水越綾　（杉野服飾大学）

日本デジタル教科書学会
学会誌「デジタル教科書研究」 Vol.8
2021 年 9 月 30 日発行　 ISSN 2188-7748

編集・発行：日本デジタル教科書学会 http://js-dt.jp/
問い合わせ：日本デジタル教科書学会 事務局 office@js-dt.jp