

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：37401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02880

研究課題名（和文）「浮かび出る黒板の図」を実現する授業支援体制の構築

研究課題名（英文）Establishment of a class support system to realize the "floating blackboard diagram"

研究代表者

大嶋 康裕 (Ohshima, Yasuhiro)

崇城大学・総合教育センター・准教授

研究者番号：00535677

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、プログラミングの知識が無い一般の高校・大学の数学教員が、黒板や配布資料などにARマーカーやQRコードを配置することで、授業中にアニメーションを伴う「浮かび出る黒板の図」の教材を活用できる授業支援体制に関する授業での実践を行なった。LMSでの情報提供を基本として、教員が事前にもしくは授業中に作成したグラフ教材をオンラインで共有するURLを発行する機能を持つサービスを利用し、紙媒体の問題演習においてもQRコードを用いたLMS掲載のレベル別解説教材を参照させ、初年次から2年次にかけて8科目でこのシステムを300名以上の学生に使用し、教育効果を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ICTを活用した教育現場における授業支援体制の構築を目指した。教員が容易にインタラクティブな教材を使用でき、学習者の理解度向上に役立つよう、動的幾何学ソフトウェアやグラフ計算機などを活用し、スライドや授業動画を提供する仕組みを開発した。また、学習者の学力差に対応するため、問題の難易度に応じた得点が設定された「演習紙面版」を導入し、学習者が自身の実力に合った問題を選択できるようにした。本研究の成果は、教員の負担を軽減しつつ、学習者の学習効果を高める授業支援体制の構築に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we executed practical lessons using a teaching support system that allows general high school and university mathematics teachers, without programming knowledge, to use teaching materials with "floating blackboard diagrams" accompanied by animations during classes by placing AR markers or QR codes on blackboards and handouts. Based on information provided through the LMS, we used a service that creates URLs for sharing graph teaching materials made by teachers before or during the lesson. Additionally, we used QR codes in paper-based exercises to guide students to level-specific explanatory materials posted on the LMS. This system was used for over 300 students across 8 subjects from the first to the second year, and its educational effectiveness was confirmed.

研究分野：教育工学

キーワード：数学教育 黒板 AR QRコード

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 初等中等教育の場における「デジタル教科書」内での拡張現実 (AR) 技術の活用は既に教科書に URL が書かれていることから全国的に普及が進むのは時間の問題と認識されていた (文部科学省[1])。一方、2010年代前半においては、AR とスマートフォンを活用したサービスは 2008 年ごろから話題になってはいたものの、技術的課題も多く一般普及は未だ先といったところであった。このような背景のもと、申請者は、まずは AR 技術で表示させるための数学コンテンツの作成の簡素化を志向し、研究を進めていた。

(2) 他方で、ICT 技術の活用で、インタラクティブに操作可能な教材、色鮮やかに表示されるグラフ、などを授業で併用することはできるものの、色覚に関する合理的配慮を踏まえた教材開発やその提供方法については、各教材作成者、つまり授業担当教員の努力に任されている現状である。

(3) 授業において静止画よりも動画による説明の方が学習者の理解度は高いという報告[2]がある。色鮮やかなグラフを用いた動画教材を作成する方法については、2024 年現在であれば、無償のソフトウェアを用いる選択肢が増えている。多くの教育動画作成の実績があるものとして、プログラミング言語 python の manim ライブラリ[3]というものがある。このライブラリを使用したプログラムを教材ごとに作成することで、動画作成の技術的な蓄積がない場合でも代わりにある程度 python でのプログラム作成に慣れていれば、動画教材を生成することが可能となっている。ただし、研究開始当初の 2018 年の段階では、このような環境は整っていなかったというのが実情である。

(4) 授業担当教員の負担を減らすためには、あらかじめ作り込んだ教材を用意しておくことが通常に対応となるだろう。つまり教材コンテンツの制作を誰かが集中して行い、それを各授業担当教員が再利用する、という授業支援体制をつくれれば良い。しかし、教室のプロジェクターの性能や投影画面の視認性の差異によっては、グラフの線の太さの調整がその場で行う場合や、色を変更するなどの調整を行うこともあるだろう。

(5) さて、上記のような再設定可能な教材を事前に準備するとして、無償で教室の場で利用できるソフトウェアサービス基盤は存在したのか、というと、現在ほど機能は豊富ではなかったが研究開始当初の 2018 年段階でも存在していた。当時の日本でも知名度が高かったものを挙げると、動的幾何学ソフトウェアの GeoGebra と、グラフ計算機 Desmos である。ただし、後者については研究開始当初、座標平面つまり 2 次元の平面上のグラフ表示にのみ対応しており、3 次元空間上のグラフ表示に対応していなかった。

(6) 当時の日本の大学生のスマートフォンはほぼ全てカメラを搭載しており、AR 技術対応にはなっていないものがほとんどであったものの、QR コードの認識には対応していた。このため、学生はカメラを何か対象物に向けて、目的とするインターネット上のコンテンツを表示する、という行為自体には慣れているという状況であった。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究は、教育現場における ICT を活用した図の提示に関する授業支援体制の構築を目的としている。具体的には、教員のプログラミングやプレゼンテーションソフトウェアの習熟度に関わらず、黒板の図や板書内容に注釈や解説を付与できる授業を実践できる支援体制を開発するものである。これにより、教員は教育内容に関連しインタラクティブに操作可能な教材を容易に使用し、生徒・学生の理解度を向上させることができる。

(2) また、拡張現実 (AR) 技術を用いるなどして、教員から学習者の端末に教材を配信することで、学習者は自身の端末上で、アニメーションを伴う「浮かび出る黒板の図」を見ることができる。これにより、従来の静的な教材よりも興味を引き付け、学習意欲を高める効果が期待できるものである。ここで、ハイフレックス方式やオンデマンド動画方式による授業実施の形態の差異、教室環境や学習者の特性に合わせられるよう、教材で使われている色・線の太さ・形状などを事後的に再設定可能な教材を準備するものとする。

(3) 本研究の成果は、教員の負担を軽減しつつ、生徒・学生の学習効果を高める授業支援体制の構築に貢献するものである。

## 3. 研究の方法

(1) 実際の教室における授業の中で、教員が提示した QR コードを学生が持つスマートフォンのカメラアプリケーションで認識させ、課題プリントを撮影し画像ファイルの補正と提出を専用アプリケーションのインストールを行うことなくワンストップで実施できる Web サービスを試用してトライアルを行なった。教員からの Web サービス URL の伝達方法に QR コードを選定した理由は、多種多様な端末が存在するスマートフォンに搭載されるカメラが軒並み高性能になったことにより、暗い教室内でプロジェクターを利用している状況でも QR コードを読み取ることができるようになったためである。

(2) 研究期間中に Covid-19 の流行が発生し、多くの教育機関と同じく大学でもオンライン授業が開始された。本研究を実践する大学においては、授業形態が全てオンデマンド動画による配信となったため、授業内での教材 URL の伝達を履修者全員が活用することとなった学習管理システム (LMS) 経由で行うこととした。動的幾何学ソフトウェアや数式処理ソフトウェアを活用し教材ページに遷移できるようなスライドや授業動画の提供を行なった。

(3) LMS 経由での教材提供の方式を利用して、「演習紙面版」の仕組みを構築した。「演習紙面版」とは、対面授業において紙媒体の演習プリントを活用する演習方式である。プリントの表には解答欄と問題番号記入欄、QR コードが掲載され、裏面には問題番号と問題の難易に応じた得点の一覧が記載されている。演習プリントに掲載した QR コードにより、LMS 上に掲載された問題・解説および難易度情報を確認することができる。これにより、学習者自身が自身の実力にあった演習問題を選択して解答する仕組みを、対面授業において実施した。

#### 4. 研究成果

(1) 上記の Web サービスの活用実践の中で、アプリ内ブラウザ (in-app browser) と通常のスマートフォンのブラウザでの仕様上の挙動の差異による意図しない動作の不具合が確認された。特に特定の国で用いられているあるメッセージングアプリケーションにおいては、前述の仕様差に起因すると考えられるトライアル Web サービスの機能が全く動作しない不具合があり、多様な端末への対応について再検討することとした。このため、学習者の端末への教材 URL の伝達段階までは、安定的に伝えられる方法として、中継場所として LMS を利用する上記の研究手法 (2) の計画を構築することとした。

(2) Covid-19 が流行した令和 2 年度以降は、大学生の LMS 活用が日々の授業の受講に欠かせないものとなった。このため、それ以前では実施しにくかった対面授業が再開された令和 3 年度からもスライドや授業動画の提供を続け、令和 5 年度まで 4 年間、毎年 8 科目 300 名以上の学生に対して実施した。参考であるが、令和 2 年度の学生による授業アンケート結果においては、そのうち 1 科目が大学内での遠隔授業の好事例 2 科目のうち 1 科目に取り上げられ、学内表彰された。

(3) 理工系大学の入試方式の違いによる初年次学生の数学の学力差については、特に初年次前期前半の時期に課題となる。履修者に一律の問題を提示した場合は、どの学力層に合わせた難度の問題を選定するかの判断が必要となる。「演習紙面版」の仕組みに、問題の難易による選択の幅と、獲得得点の差を LMS と絡めて実施する演習を導入したことで、履修者の演習による成績区分上の獲得点数は、それ以前より向上した。対面授業が実施できなかった令和 2 年度を除き、毎年 2 科目 100 名以上の学生に対して実施した。

#### <引用文献>

- [1] 文部科学省, 「「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議(第6回)議事録」, (2015)
- [2] 新井加受子, 衣笠治子, 伊藤剛和, 「学生が実験を自主的に進めるためのマルチメディア教材の開発と評価」, 日本教育工学会論文誌, 28(3), 245-252, (2005)
- [3] Manim, <https://www.manim.community/> (2024年6月11日閲覧)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 大嶋 康裕	4. 巻 48
2. 論文標題 学部学生への数学の発展的学修支援に関する実践報告	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 崇城大学紀要	6. 最初と最後の頁 85-90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大嶋 康裕	4. 巻 49
2. 論文標題 入学前から初年次に繋がる崇城大学の数学教育制度と学修支援環境に関する実践報告	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 崇城大学紀要	6. 最初と最後の頁 171-178
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 垣花 涉, 大嶋康裕, 渡邊 淳子, 西村 秀雄
2. 発表標題 「双方向型の授業」を問い直す コロナ禍での遠隔授業の経験をきっかけとして
3. 学会等名 初年次教育学会第15回大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------