

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：37401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750092

研究課題名(和文)「動き出す黒板の図」を実現する授業支援体制の構築

研究課題名(英文) Development of a lecture support system for 'moving interactive figures' on blackboard

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：タッチパネル式電子黒板の機能を活かすことができる大学初年次の数学の単元について、撮影済みの400回程度の授業における板書写真から選定を行った。選定した複数のテーマで、板書と動的な数学ソフトウェアの双方を用いて学生に提示した。教員側から学生側端末への教材配信について、複数の方法を開発および構築し、授業中の実施が可能な方法について実際に授業で実践した。学生同士での成果物共有について、時系列sort表示が可能な電子掲示板への数式投稿による方法を実践した。

研究成果の概要(英文)：We selected the several themes of the first-year-education in mathematics using our captured writing on blackboard photographs around 400 lectures. We presented the themes using both writing on blackboard and an interactive geometry, algebra and calculus application to students.

We developed and constructed two methods for teaching material delivery from teacher pc/tablet to student ones. In addition, we practiced one method in class.

We let students share graphs among them by posting mathematical functions on electric bulletin board that can sort in time series.

研究分野：教育工学

キーワード：数学教育 電子黒板

1. 研究開始当初の背景

初等中等教育の場における電子黒板のある学校の割合は全国平均で見ると、平成23年度の69.3%から平成24年度は72.5%となり、普及が拡大している。反転学習などで提示する教材としても、通常の授業についても、静止画のみであるよりも必要に応じて動画による説明を選択するほうが学習者の理解度向上につながる。しかしながら、初等および中等教育の現場に配備が進んでいる電子黒板の特性を活かした、教員や生徒の画面に触れることによるインタラクティブな動き（図1）を実現する教材の作成は、使用するソフトウェアについての熟練を要し、一般教員自身による教材作成は困難であると推察できた。

現場の教員が教材作成に困難さを本当に抱いているのか、またそうであるならばその要因を調べるため、実際に電子黒板をすべての教室に整備した熊本市内の中学校を訪問し、活用状況を研究の前段階として予備調査した。これによりわかったことは次のとおりである。

- (1) 教師は電子黒板の有用性を理解している。しかしながら、その機能を活かした教材作成を行う時間、もしくは技術が不足している。
- (2) 一方、板書の工夫により、授業時に生徒の質問に対して、理解度を向上させるための即応性の高い対応を行うことができる。
- (3) 動きを伴う図を提示する際の板書の工夫としては、図の色分け・言葉・動作による補足を行なっている。

また、本稿作成者は大学において高等教育に携わるが、板書を用いて行った授業の分析のために、予備的に400回程度の授業について、全ての板書を写真にて記録をしていた。これを用いることで、初等・中等教育の場にとどまらず高等教育の場においても共通する、「黒板に図を描く」行為をデータとして記録するか、単純なデータに置き換えることで、インタラクティブな教材としての再利用および編集を行うことが可能ではないだろうか考えた。

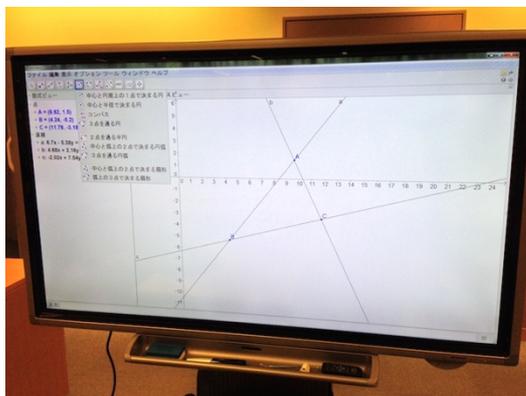


図1 タッチパネル機能を持つ電子黒板における数学教材の表示例

2. 研究の目的

本研究では、プログラミングの知識量やプレゼンテーションソフトウェアの操作経験の熟練度に依存せず、初等から高等教育の現場の一般教員が教育内容に関連して黒板に描いた図や板書内容について、授業中であってもその場でアニメーションを伴う「動き出す黒板の図」となった教材として電子黒板・プロジェクター・授業受講者の端末で再生が可能で、かつ、タブレット端末もしくは電子黒板上で図に「触れて」動かすこともできる教材生成が可能な、オーサリングツールの新規開発もしくは既存のアプリケーションの活用と、その授業での活用例の研究を目的としている。Webアプリケーション及びスマートフォンアプリケーションの開発および既存のもの利用を中心として、標準化技術を活用しつつ、授業支援体制の実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) 「動き出す図」と親和性の高い単元の調査

大学初年次の数学科目である微分積分学60単元、線形代数学30単元において、板書を行う場合に、図に動きがあることで理解の助けとなる単元についての選定を行う。選定の際は、平成23年度から平成25年度における黒板を用いた申請者の授業（400回程度）についての板書の写真（図2）を用いる。



図2 動きを伴う図との親和性の高い単元の調査のための授業の板書写真の一部

(2) 「動き出す図」を実現するシステムの開発および検証

板書の図の写真から特徴を抽出することで、自動もしくは手動の手順を経由して「動き出す図」へと加工し、教員側端末や学生側端末へ送信する環境を構築する。

自動で行う環境の開発と、手動で行う環境の構築の双方を実施する。

両方の環境について、授業中で実施可能なものであるかについて所要時間を含めて検討し、可能なものについてはそれを実際の授業の場で使用する。

研究期間内において、授業実践までに社会に既に市場に提供されているアプリケーションに十分な機能を有したものが存在した場合は、それを積極的に採用する。

(3) 「動き出す図」を操作する学生たちの成果物の相互利用による影響の評価

学生側端末で表示された「動き出す図」を操作させ、教員が指定する条件を満たしたものを投稿させる。その投稿を元にして宿題としてのレポート作成を課す。次回の授業時に持参したレポートについて相互レビューを実施する。

4. 研究成果

(1) 「動き出す図」と親和性の高い単元の調査

微分積分学について、以下の単元を選び、板書と GeoGebra における授業での表示の双方を学生に提示 (図 3) した。

- 1 変関数の Taylor 展開
- 定積分の性質
- 広義積分
- 2 変関数の導入部分
- 2 変関数の極値

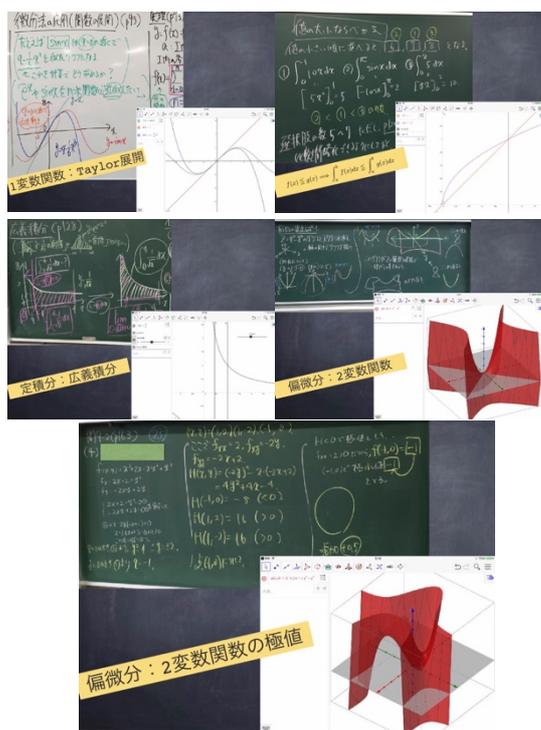


図 3 学生に提示した板書および GeoGebra を用いた表示

上記の実践については、主に教員側端末でのみの操作を実施した。必要に応じて学生に教員側端末を渡して操作させた。

授業で実践した時点では、GeoGebra のスマートフォン版が提供されていなかった。そのため学生側端末としてはノート PC を持参、もしくは用意したタブレット PC を使用する方法で対応した。2 変関数のグラフ表示などについてスマートフォン利用を希望した学生には、他のアプリケーションを利用させた。

(2) 「動き出す図」を実現するシステムの開発および検証

自動で行う環境の構築の準備段階として、サーバに写真がアップロードされたタイミングをトリガーとして、写真をアップロードした端末とは別端末上に数式を想定したテキストデータが表示される Web アプリケーションを構築した。

実際には PaaS サービスである heroku 上に Web サーバを構築した。その Web サーバを端末で表示し続ける状態にすることで動的に画像やテキストデータを表示および差し替えを行うことができた。しかしながら、その表示にあたっては、写真アップロードを開始時間とするときの所要時間について、数分もしくは数十分と、実運用が不能なほどの遅れが出ることがあった。

手動で行う環境については、教員側端末で LMS 上にアップロードしたファイルを学生側端末でダウンロードさせるか、TodayMeet などの Web サービスに教員側で数式を書き込んだものについて学生側端末でコピーして GeoGebra 等のグラフ表示アプリケーションに貼り付けていく、という方式を取った。

当初、こういった LMS へのアクセス集中を誘発することや、無料の外部 Web サービスへの一斉アクセスを誘導することについては、遅延が発生することでの授業運営への支障を懸念していた。しかしながら、そもそも自動での環境構築について、実運用に耐えない状況であったため、研究期間内での授業実践を優先して、手動で行う環境を選択して実践していくこととした。

例えば、iPad および iPhone の間であっても、iOS 搭載のファイル共有機能である AirDrop を用いる (図 4) ことにより、GeoGebra のファイルについてサーバ経由を必要とせず、教室内で共有することが可能となる。これにより、教員端末と少人数の学生側端末での式のやり取りが実現できる。また、学生の端末がいずれも iPhone であったとしても、学生間で同様のことが可能である。

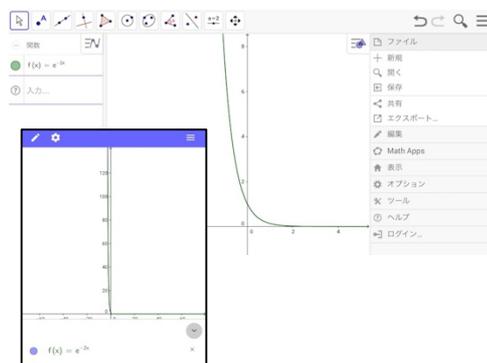


図 4 iPad から iPhone へ AirDrop 機能を用いることによるグラフの端末間共有

教室内の学生数が60名を超えてくる場合は、上記のような共有方法は手間もかかり、またインターネット接続についても無線LAN基地局あたりのユーザー数の仕様上の制約もあり、困難となってくる。

本稿作成者は、今のところ60名以上の授業においては、教室内で教員から基本的な数式を板書などで示して、学生にて入力させることにしている。この場合、入力に手間のかかる複雑な式の提示を行った場合の学生側の手元の端末での正確な再現についての不確実性が課題となる。

この問題の解決方法として、現在、本稿作成者は、iOSやAndroidのCustom URL Scheme、いわゆるディープリンクの仕組みとQRコード等を組み合わせた方法を検討中である。特定の式を変換したコードを電子黒板やプロジェクターに表示、もしくは予め印刷した紙を用意して、学生側端末でそれを認識させて特定のアプリケーションを起動させる方法である。

(3) 「動き出す図」を操作する学生たちの成果物の相互利用による影響の評価



図5 TodaysMeetを用いた学生間の創作グラフの共有実践例

学生側端末に同一の図を表示させる場合は問題とならないが、多種多様な図を試行錯誤させて、その結果を共有する場合、以下の2点が課題となる。

- 授業のある時点での複数ある学生側端末の画面について、学生へフィードバックするための一覧表示をどのように行うか。
- 学生の試行錯誤の結果について、どのようにエビデンスを残すか。またどのように評価を行うか。

前者については、多端末の画面共有デバイス、例えばMultiPresenterといった製品を利用することで一定数(概ね12台)までについては解決できる。このためには、予め授業担当教員が用意した複数のタブレット端末について設定を終えておく必要と、学生が操作を誤った場合の再設定についての教員の知識が要求される。

後者については、本稿作成者は単純な機能を持つ投稿が時系列に並ぶ機能だけを持つ掲

示板を授業中に用いることで解決した。学生側の投稿への操作の手間を簡素化するため、TodaysMeetを用いて、投稿内容として、2変数関数の数式を記載させることとした。しかしながら、このままでは同一の投稿が複数人から行われてしまう可能性があるため、同一の投稿があった場合は先着1名のみに加点する、というルールを事前に提示した。

2016年10月24日の授業において、2変数関数について上記の説明を行った上で学生へTodaysMeetへの投稿を促した(図5)。投稿された2変数関数について、各学生が選んだものについてグラフを描いてくるレポートを課し、次の授業でのレポートの学生間での相互レビューを実施し、その後教員側コメントをフィードバックした。

(4) 今後の取り組み

本研究では、主に授業内でのアプリケーション活用、およびそこからはじまる学生間の対話による理解度の向上に注目している。本研究のために利用したウェブサービスの中から、TodaysMeetなど時系列に回答を表示するものを選び、回答の早い遅いに難度が依存しない知識確認テスト手法を開発し、数学教育の場で実際に活用している。

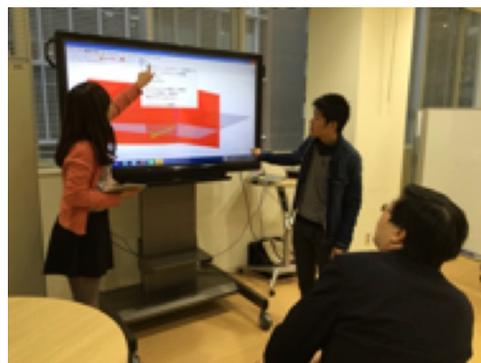


図6 電子黒板とタブレット端末の併用による学生の発表の例(イメージ)

また、本研究期間では、学生側端末での試行錯誤の結果を電子黒板で共有して表示の上で学生発表を行う取り組みは、授業においては実践できなかったため、その効果についても今後行っていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計5件)

- ① 大嶋康裕, 入学前指導から院試対策までをフォローする数学教育体制の構築, 九州地域大学教育改善FD・SDネットワークQ-conference 2016, 2016年12月10日, 中村学園大学(福岡県福岡市)
- ② 大嶋康裕, 大学初年次数学教育におけるGeoGebraの活用, 平成28年度統計数理

研究所共同研究集会(28-共研-5008)「動的幾何学ソフトウェア GeoGebra の整備と普及」, 2016年11月1日, 統計数理研究所(東京都立川市)

- ③ 藤本元啓, 加利川友子, 大嶋康裕, 初年次教育における職員の役割について - 職員主体と教職協働第4報-, 初年次教育学会第9回大会, 2016年9月11日, 四国大学(徳島県徳島市)
- ④ 大嶋康裕, 初年次学部横断型授業を通じた教職員連携の現状, 九州地域大学教育改善 FD・SD ネットワーク Q-conference 2015, 2015年12月5日, 福岡教育大学(福岡県宗像市)
- ⑤ 大嶋康裕, 入学前指導から初年次までをフォローする数学教育体制の運用, 第64回九州地区大学教育研究協議会系列別部会, 2015年09月12日, 熊本学園大学(熊本県熊本市)

[その他]

産学連携講演

- [1] 大嶋康裕, 上手な e ラーニングの活用, 熊本市産業振興課「第35回事業化マッチングのためのラウンドテーブル」, 2016年10月20日, 熊本市役所(熊本県熊本市)

6. 研究組織

(1) 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