

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00926

研究課題名(和文)スマートフォン最適化型Webベース教材による大学専門基礎数学用反転授業の開発

研究課題名(英文) Development of flipped classroom model for college mathematics with web-based materials suited for smartphone

研究代表者

吉富 賢太郎 (Yoshitomi, Kentaro)

大阪府立大学・高等教育推進機構・准教授

研究者番号：10305609

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：スマートフォンでの視聴に支障がないような大学数学(主に線形代数)用の動画教材を開発した。各動画の長さは5～10分超程度と短かくし、学ぶべきポイントをしぼった形で公開している。前期内容はWebでの公開、後期内容はWebとYouTubeで公開している。また、対応して授業支援システム(LMS/Moodle)用の小テスト問題を可能な限り開発し、課題や評価用問題として利用。これらの教材を利用して、線形代数授業において反転授業を構成することを試みた。

研究成果の概要(英文)：We developed video lectures about the linear algebra course. Each of videos has a duration of 5 to 10 minutes and uploaded to the LMS of our affiliation and/or YouTube. To check the preparation activities of the students, we set tasks online. We developed more question data for STACK or multiple choice type quiz.

We gave bonus point when the students attain the preparation online tasks. This strategy did work fine. In fact, a relatively large number of students conducted the preliminary tasks and left good results in the paper quiz conducted at the beginning of class. What is important as a method of making video teaching materials is not to explain concrete examples after describing definitions like ordinary mathematics classes, but to begin with concrete numerical examples and gradually summarize abstractly them.

研究分野：数学教育

キーワード：反転学習 動画教材 ICT活用 スマートフォン 数学教育 線形代数

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 大学専門基礎の数学科目である線形代数は理数系の課程には必須であり、重要な科目である。一方、中等教育において行列や空間図形を学ばなくなった影響も深刻であり、基礎的知識や理解が不足している。さらに後期は抽象的ベクトル空間や線型写像、表現行列のように抽象度の高い履修内容となっているのが一般的である。このような科目にあって、後期を中心に学生が十分な理解を得られた状態で履修したとは言えないケースが多くあり、より進んだ教育的取り組みが期待される段階であった。

(2) 一方、アクティブラーニングの一形態である反転授業が当時、すでに広まりつつあり、中等教育や数学以外の高等教育では取り組み事例がかなり散見されるようになっていた。また、大学数学においては、微積分学や解析系科目については、徐々に取り組み事例が報告されるようになっていた。しかし、線形代数に関しては、実施例は皆無であり、反転授業の開発と効果検証が期待されていた。

(3) 当時はすでに、学生の多くがスマートフォンを利用しており、また、その利用歴も入学以前から長く、学習ツールとしての活用の可能性は十分であった。したがって、学習環境としてPCやタブレットの支給を検討するよりも、スマートフォンを利用する方が現実的であり、実際、当時の状況としてすでにそのような事例が増えつつあった。

## 2. 研究の目的

(1) 線形代数の解説動画を、スマートフォン利用を想定して開発し、授業支援システムと併用することによって、学生の学習環境を支援する。

(2) 解説動画が整備された後は、反転授業用の予習教材として試行的に活用し、対面授業による学生のより深い理解の定着を目指す。

(3) 試行反転授業を整備し、日本の大学における多様な授業形態に対応した授業モデルを構築する。

(4) 多言語化により、グローバルな授業モデルを目指す。

## 3. 研究の方法

(1) 線形代数の動画教材用のスライドをTeX(+Beamer)により作成した。理由は以下の通りである。

- 数学の解説動画は数式を多用するので、数式記述に最適なTeXを利用することは自然である。
- スライド用のクラスとしては最もよく使われているBeamerを用いたスライドをソースレベルで公開することにより、他の数学

教員も改訂して平易に再利用することができる。

- Beamerは内部でTikzを利用しており、Tikzの利用でより動きのあるスライドを開発することができる。

(2) 動画の収録は画面収録ができかつ動画編集が可能なソフトであるCamtasia Studioを用いて行なった。時間が短く、かつ小型デバイスでも視聴しやすい動画を開発した。

(3) Moodleをベースとする所属機関の授業支援システム上で主にSTACK、補助的に多肢選択問題を用いて、教員側からの動画の視聴確認や学生側の予習時の自己点検用教材として活用した。STACKはMoodle上でCASをバックグラウンドにして動作するプラグインで、アルゴリズム(プログラム)で正解判定でき、解が無限にある場合の正答判定が可能である。

(4) 予習課題をオンライン課題として実施した場合にはボーナスポイントを与え、学生の動機を高める工夫をした。また、小テストの結果が悪い場合は繰り返し復習としてオンライン課題を実施させた。

(5) 対面授業ではそれまでの授業より、より進んだ演習を可能ならばとりいれ、反転授業の形式を目指した。特に最低限の予習項目を指定し、それに対するオンライン課題を実施してくれば授業内演習がスムーズにできるような工夫を可能な限り行った。

## 4. 研究成果

(1) 復習用として動画教材

本課題採択前に準備として、いくつかの動画をすでに開発していたが、復習用としては有効であることが学生へのアンケートからある程度判明していた。採択後においても、学生への質問票の結果から、特に初年度においては予習よりも復習に利用している様子が確認できる。

(2) 動画教材の開発ポイント

初年度および二年目は極一部の学生を除き、学生の数学的な基礎学力の不足、課題プリントに最低限のことは記入して忘れずに持って来る本来あるべき能力の不足、前期が別担当者で楽勝科目だった事に起因する低調な授業への取り組み姿勢、など、多くの面において問題があったため、反転授業としての展開には著しい困難があった。しかし、逆に動画教材開発における教訓は多く、究極に優しくわかりやすく動画を開発するにはどのような点に注意すればよいか、開眼的な取り組みであった。動画教材の開発における重要なポイントとして以下の点があげられる。

- 当初から予想されたことであるが、5~10分程度が1本の動画の長さとしては適切で

ある。長時間であっても分けて見ればいいかもしれないが、動画の保守や視聴確認等の理解度の管理の観点からも短い方がやはり適切であることがわかった。また、実際長さを2倍にすると多くの苦情が発生した(表1)。

- 動画が長すぎる。長くするなら授業でやってください。
- 動画だと集中力があまりもちません。また、毎回の課題が多すぎてついていけなくなると、全くついていけず、次の授業の内容も入ってこなくなり、授業中もよくわからない負のスパイラルに陥ります。
- 動画が分かれていると集中が切れてしまうので、内容が同じものは一つにしてほしい。
- 私は長い動画だと集中力が続かないので短い方が良いです。もともと数学が苦手なので、動画を繰り返し見て理解に努めても、自分の力だけでは理解しきれない部分があり、結局は動画を見るより、分かっている友達や先生方に聞きに行く方が手取り早いと最近では考えてしまい、動画視聴に対するモチベーションが下がってきてしまっています。

- 動画の最初の段階でつまずくと全く視聴しなくなる学生が相当数いた。最初が抽象的な内容だと学生は当初から見る気力を失ってしまうようであった。最初は最大限に具体的に、そして具体例を重ねてやや抽象的にまとめる、というような段階を慎重に踏むことが肝要である(表2)。

- 最近の動画には沢山登場していると思いますが、数値例つきの例題がもう少し多ければ助かります。
- 記号だけでなく、具体的な数字をもっと使って説明してほしい
- 例題をもっと用いてほしい。
- もう少し例題の数を増やしてほしいです
- 専門用語で固めて解説するのではなく具体的な例題を多く取り扱ってほしい。
- スライド内に誤字が時々あるのを改善してほしいです。
- 自分はまず手を動かして問題を解いて単元のイメージをつけてから定義などを理解してきたので、最初に抽象的な定義の話から入ると理解に時間がかかるようです。
- 動画内の証明などで口で言っていることを聴きとって考えるのが難しいので、目で見えるように書いてほしい。
- もう少し問題の解法の手順に焦点を当てた解説があると助かります。

- 適度に動きのある動画は重要であり、問い掛けも有効と考えられるが、動画の中での課題を提示や、動画スライドの穴埋め等の方法はほぼ効果がなかった。
- 動画のスタイルとして、スライドと音声、タブレット(iPad等)で例題を解く様子の撮影、垂直に支持が可能な三脚とビデオカメラによるノート解説の録画、ホワイトボードでの解説の撮影、教室での講義の収録を試みたが、労力と学生の声を総合すると、スライドと音声、もしくはiPad Pro+Apple

Pencilのスクリーン録画(2017秋以降)が最も適切であったと考えられる。また、音量や不具合がないかは必ず自分で確認する

- 支援システムにアップされるファイルが多すぎてなにをやればいいのかわからなくなります。というより、優先順位をつけて頂きたいです。
- どうしても時間のないときがやはりあるので、その点は考慮して頂きたいです。
- 一週間の途中で、メールで宿題が来ると結局何が提出なのか混乱するのでやめてほしいです。来週は忙しいから早めに宿題をやっておこう、とかしても、次の週になって増えたり減ったりすると対応しきれません
- 動画を何度も見ると言うが、課題や確認テストをしっかりとこなしかつ動画も2.3回見るとなれば1週間に7,8時間以上要するので、割に合わない。
- 課題が多すぎる。
- ポータル上の確認テストですが、スマホでできるをうたっているにもかかわらず、スマホでやると問題が欠けて表示されない(解空間のテストなど)ので、どうかしてほしいです。あと、ポータル上での確認テストかと思いきや、紙での確認テストになり、そしてまた今回はポータル上での確認テストでどれをやればいいのか混乱することがあります。
- 私自身は真面目に動画を見てしっかりとやりたいのですが、時間がありません。その結果、半分以上わかりません。

ことが大切である。またスライドの誤植にクレームをつける学生もおり、教材は丁寧に設計する必要があると感じた。

- 動画とスライドは自分で時間のあるときに見直せるのでとてもよい仕組みだとおもいます
- 問題の例題を動画でしてくれるのは嬉しい。
- ひとつひとつ動画を作ってくれたり先生が講義のため頑張ってくれているのが伝わります。動画もかなりの手間だと思います。なので、上のようなことを改善していけばよりよい講義になるのではないかと自分は思いました。

### (3) 問題教材について

動画の視聴確認として、簡単な問題つきのチェックシートを配布(2015)、授業支援システムの課題実施(2016, 2017)、予習課題として実施した場合はポイントを2倍にする(2017)、などを試行した。

紙のチェックシートは学生が自分のすべきことを把握するには向いているが、残念ながら実施した2015年度の学生は「書いてこない」ケースと「忘れる」ケースを合わせると半数以上で、継続して実施はしたが、成果は芳しくなかった。

最も効果があったのは予習課題としてオンライン課題を実施した場合(2017年度)で、この場合には、比較的多くの学生が課題に取り組み、小テストや期末試験の成績は良好であった。これにより、脱落しかけた学生にある程度注力することもできた。反転授業として

は完成しなかったが、一定の学習効果は出たものと考えられる。

#### 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)

[雑誌論文](計 4件)

1 吉富 賢太郎, “線形代数の自作解説動画の授業利用と効果検証”, 日本数学教育学会誌, 査読無, 第 97 巻臨時増刊, 2015, 584-585

2 Kentaro YOSHITOMI, “On a flipped class /learning trial conducted for the linear algebra course.”, Proceedings of the International Workshop on Mathematical Education for Non-Mathematics Students Developing Advanced Mathematical Literacy, 査読無, 2018, 87-90

3 亀田 真澄, 宇田川 暢, “Moodle による e-Learning における数学ソフトウェアの活用事例について”, RIMS 講究録, 査読無, 1951, 2015, 112-121

4 川添 充, 吉富 賢太郎, “webMathematica による数学学習支援サイト MATH ON WEB の構築と運用”, Bulletin of JSSAC, 査読無, 22, 2015, 1-16

[学会発表](計 5件)

1 吉富 賢太郎, “線形代数の自作解説動画の授業利用と効果検証”, 日本数学教育学会, 第 97 回全国算数・数学教育研究(北海道)大会, 2015.8, 北海道札幌市

2 川添 充, 吉富 賢太郎, “webMathematica による数学学習システムと数学到達度評価システムの構築と運用”, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XXI, 2015.9, 京都産業大学

3 川添 充, “問題と記述式答案の自動生成による学習支援教材”, 日本数学教育学会, 第 97 回全国算数・数学教育研究(北海道)大会, 2015.8, 北海道札幌市

4 吉富 賢太郎, “問題共有に向けた仕様策定”, 2015 CIEC PC Conference, 2015.8, 富山大学

5 江見 圭司, “電子教科書を用いた教室内システム”, 日本情報科教育学会第 8 回全国大会, 2015.6, 山口大学

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.las.osakafu-u.ac.jp/~yositori/LinearAlgebra.html>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

吉富 賢太郎 (YOSHITOMI, Kentaro)  
大阪府立大学・高等教育推進機構・准教授  
研究者番号: 10305609

##### (2)研究分担者

川添 充 (KAWAZOE, Mitsuru)  
大阪府立大学・高等教育推進機構・教授  
研究者番号: 10295735

##### (3)研究分担者

高橋 哲也 (TAKAHASHI, Tetsuya)  
大阪府立大学・高等教育推進機構・教授  
研究者番号: 20212011

##### (4)研究分担者

江見 圭司 (EMI, Keiji)  
京都情報大学院大学・応用情報学研究所・准教授  
研究者番号: 10339989

##### (5)研究分担者

亀田 真澄 (KAMEDA, Masumi)  
山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・准教授  
研究者番号: 10194995