

大学専門基礎数学における反転授業に向けた動画教材開発

吉富 賢太郎

大阪府立大学 高等教育推進機構

Making of Video Lectures toward Flipped Classrooms in College Mathematics Courses

Kentaro Yoshitomi

Faculty of Liberal Arts and Sciences, Osaka Prefecture University

大学における専門基礎数学(主として微積分や線型代数)の授業において、ブレンディッドラーニング等のアクティブラーニングの取り組みはまだ少ない。特に動画教材を活用した反転授業の事例は希少である。一方、近年、ほぼ100%の学生がスマートフォンを所有しており、動画視聴環境は十分そろっていると考えられる。本稿では、線型代数の特に抽象度の高い後期授業において、概念理解の促進を目的とした反転授業利用を目標とする教材としての動画開発とその利用について実践事例を紹介する。学生へのアンケート結果を元に問題点と課題を検証、動画教材における作成のポイントについて考察する。また、Webベースの評価システムと組み合わせた反転授業教材開発に向けてスマートフォン活用の今後について検討する。

キーワード： 動画教材, 反転授業, 数学教育, eラーニング

1. はじめに

反転授業 (flipped classroom) とは、通常、講義で解説する内容を、主に動画教材を活用して事前に自学自習させ、教室で行う授業 (= 対面授業) においては、より進んだ議論や演習によってその理解を深めたり、もしくは、技能を高めたりする授業形態である。対面授業におけるディスカッションやグループワークによる活動はアクティブラーニングであり、受講者の授業参加を受動的なものから能動的なものへと転換する。

反転授業において用いられる事前学習教材は、自習教材であり、一般に解説教材とプレテスト・ポストテストによる評価を組み合わせたものである⁽¹⁾。学習者はプレテストによって、履修の必要性の判断や基礎知識の確認を行い、ポストテストによって、自分の理解状況の確認を行う。対面授業と自習教材の組み合わせは受講者のブレンディッドラーニングを提供する。教員はまた、ポストテストにオンラインテストシステムを用いることで学生の履修状況の把握や評価が可能である。

大学専門基礎数学・微積分学や線型代数において、反転授業の取り組みをしている大学・高等教育機関は、筆

者の知る限り金沢工業大学の微積分における取り組み事例しかない⁽²⁾。同大学は組織的な反転授業への取り組みを行っていることで知られる²。海外での取り組み事例も存在する⁽³⁾が、連立1次方程式の範囲やベクトルの基礎的な内容であり、抽象度の高い内容 (一般次元や抽象ベクトル空間についての一般論) についての報告は見つけることができなかった。

大学における専門基礎数学でこのように反転授業の活用例が少ないのは、教材作成の敷居が高いことやアクティブラーニングの取り組み自体がまだ大学の数学教育の現場ではそれほど積極的ではないこと、仮に公開されている講義動画をそのまま活用するとしても、一般にカリキュラムの相違等の内容上の理由や長さ等で困難があると想像される。また、自作するのは手間がかかるなどいくつかの理由が考えられる。筆者の今回の取り組みでも相当の労力を要した。

次節では、筆者が2014年度および2015年度において作成した解説動画とその活用事例について、その手

¹筆者は昨年度授業の見学をさせていただいた。この場を借りて感謝する。

²http://www.kanazawa-it.ac.jp/kit-ap/jirei/case_shikada.html

法とアンケートの分析結果を主として紹介する。また、動画作成や評価方法を含めた反転授業用教材としての問題点と課題を検証し、今後の同様の取り組みへのヒントとなることを目指す。

2. 取り組み事例と分析

2.1 経緯

筆者は、2014 年度後期から $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ +beamer を用いてスライドを作成、ドットインストール³を意識した比較的短時間の解説動画の作成を開始した。利用用途として復習用や欠席者の自習を念頭においていたが、この時期はすでに反転授業も人口に膾炙しており、反転授業も少なからず意識していた。ただし、残念ながら、反転授業用の予習教材としての活用はほとんどできなかった。動画の作成が予習用にはほぼ追いつかなかったことが主な理由である。

そこで、次年度の 2015 年度後期において、前年度の改良版を作成することで教材の開発が前進し、反転授業を試みることができた。前年度のスライドを細分化して修正し、各内容について動画を再録、予習用教材としての活用を開始した。また、反転授業における評価方法として、講義支援システム (Moodle) の小テスト機能を用いた。問題タイプとしては、多肢選択問題の他、Maxima をバックエンドにもつ STACK⁴を用いた問題を作成した。STACK は 2014 年の後期から本学で使用可能で、依然から運用していた MATH ON WEB⁴ と並んで数学におけるブレンディッドラーニングを支える ICT である。また、システムの機能を利用したアンケートを随時実施、その結果に基づいて動画の改良や評価方法・対面授業設計の修正を行いつつ授業を進めた。このように、リソースの要件は整いつつあったのである。

2.2 動画教材の作成について

動画教材の作成は画面のキャプチャと音声入力により動画作成する機能を備えた「Camtasia Studio⁵」を用いて行った。本ソフトは有償であるが、Web カメラの画面をワイプでとりいれることもでき、編集も比較的容易で咳払いなどのノイズが入った場合のカットや部



図 1 Camtasia Studio 操作パネル



図 2 使用した機材 (USB 機器とマイク)

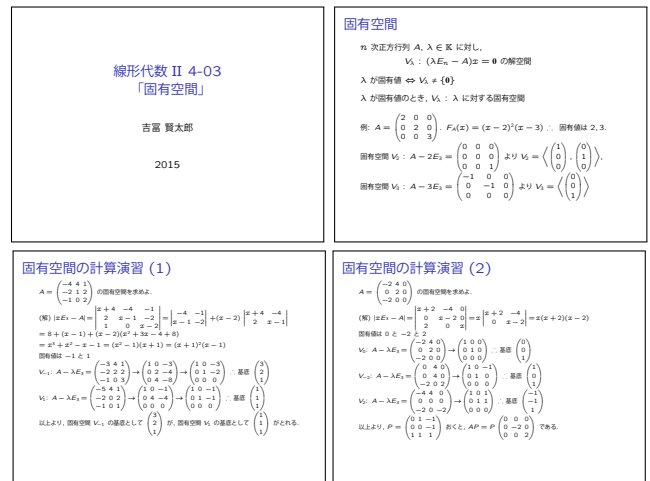


図 3 スライドの例

分的な撮り直しによる修正なども直感的な操作で可能である。図 1 は、Camtasia Studio on Mac の場合の操作パネルである。キャプチャーする領域は自由な枠指定・定型枠・アプリケーションウィンドウ指定・全画面指定ができ、前回使用した領域がデフォルトなので、同じ環境で録画するときは録画ボタンを押すだけで録画を開始することができる。マイク選択ボタンでは、内蔵マイクや外部マイクを選択できる。本研究では、USB 機器 (PODCAST FACTORY M-AUDIO⁶) を使用した (図 2)。学生の聞きとりやすさを考慮して、高価なマイクの購入も検討したが、すでに所有していた本機器で結果的には問題はなかったと考えられる。注意点として、YouTube にアップロードする前に、“Mix to Mono” チェックボタンをチェックしておく必要がある。さもないと、

³<http://dotinstall.com/> : 3 分前後の短い動画で IT 関係のさまざまな技術や言語の初歩を 10~20 回程度にわけて解説している。その種類は非常に広範囲であり、短い動画は達成感がある。

⁴<http://www.las.osakafu-u.ac.jp/lecture/math/MathOnWeb/>

⁵<https://www.techsmith.com.jp/camtasia.html>

⁶<http://www.m-audio.com/> すでに生産は終了している

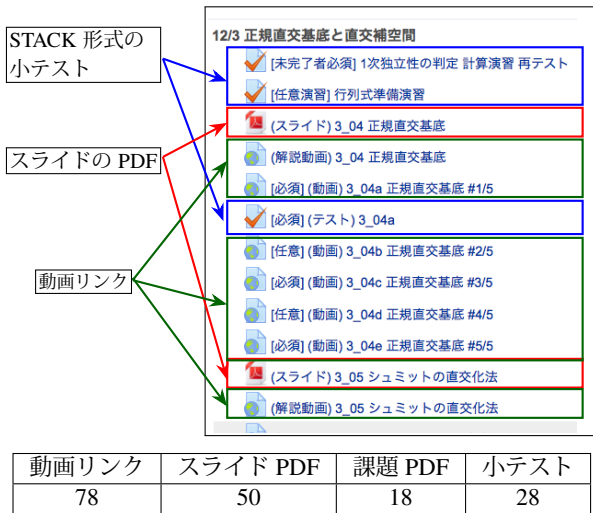


図4 授業支援システムでの利用例

YouTubeでの再生でイヤホンでの視聴で音声片方しか聞こえないという現象が発生した(後述のアンケート結果参照)。これは、一般的なUSBマイクや使用機器のSTEREO/MONO切替の如何に依らず発生した。

画面は、スライドをMac上で動作するPDFビューワSkim⁷を用いて全画面表示し、スライド部分を枠指定して行った。図3は2015年度のスライドの例(配布用形式)である。2014年度はページ数が多く、動画作成時に分割する方法をとっていたが、2015年度はできるだけ学習目標を細かく設定し、目標毎にファイルを作成するようにしたため、タイトルを除いておおよそ2~3ページの構成である。このようなスライドを2014年度は28個、2015年度は2014年度のファイルをベースに55個作成した。図3のスライドの場合でも動画は3つに分割して作成し、個々の時間は約5~10分となる⁸。作成した動画は全部で約80あり、すべてCamtasia Studioの機能を使ってYouTubeにアップロードし、自由に閲覧可能な状態になっている⁹。

2.3 動画の利用目的と方法について

2015年度において動画を利用した講義科目は本学現代システム学域の知識情報システム学類の2回生を対象とする「線形代数II」である。従来、線形代数の授業は工学域1回生を対象とする「線形数学I/II」、生命環境科学域自然科学類1回生を対象とする「線形代数I/II」であったが、当該学域学類2回生以上を対象とし

問題1
未解答
最大得点 1.00
問題にフラグ付けする
問題を編集する

K 上のベクトル空間の定義について正しいものをすべて選びなさい。
1つまたはそれ以上選択してください。
ベクトル空間におけるスカラー倍について $1x = x$ という条件が必要である。
ベクトル空間においては2つの要素 x, y に対して V の要素である $x + y$ と K の要素である積 xy が定まり後者はスカラー積と呼ばれる。
ベクトル空間において $5(3x + 2y) = 30xy$ が成り立つ。
ベクトル空間には逆元 y が存在してどんな V の要素(ベクトル) x に対しても $x + y = 0$ (零元)となる。
ベクトルとは矢印のことである。
ベクトル空間 V の零元 0 は V にただ一つ含まれる。
ベクトルの集合をベクトル空間という。
ベクトル空間における和は結合法則や交換法則を満たす他、零元や逆元と言われる要素が存在する。
ベクトル空間の3つの要素 x, y, z について $x + y + z$ は足す順序によって答が違うので注意が必要である。
ベクトル空間の要素をベクトルとよぶ。
ベクトル空間には和とスカラー倍の2つの演算が定義されている。

問題1
未解答
最大得点 1.00
問題にフラグ付けする
問題を編集する

次の \mathbb{R}^3 のベクトル v_1, v_2, v_3 の1次独立性を判定しなさい。
1次従属ならば、 $c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 = 0$ となる自明でない c_1, c_2, c_3 を一組答え、1次独立ならば $(0,0,0)$ と答えよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -2 & 1 & 1 \\ -8 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$
 $(c_1, c_2, c_3) = (\quad, \quad, \quad)$

問題2
未解答
最大得点 1.00
問題にフラグ付けする
問題を編集する

次の \mathbb{R}^3 のベクトル v_1, v_2, v_3 の1次独立性を判定しなさい。
1次従属ならば、 $c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 = 0$ となる自明でない c_1, c_2, c_3 を一組答え、1次独立ならば $(0,0,0)$ と答えよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \\ 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$
 $(c_1, c_2, c_3) = (\quad, \quad, \quad)$

問題3
未解答
最大得点 1.00
問題にフラグ付けする
問題を編集する

次の \mathbb{R}^3 のベクトル v_1, v_2, v_3 の1次独立性を判定しなさい。
1次従属ならば、 $c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 = 0$ となる自明でない c_1, c_2, c_3 を一組答え、1次独立ならば $(0,0,0)$ と答えよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

図5 小テストの問題例~多肢選択(上)とSTACK(下)~

で新設された。筆者は2014年度まで工学域の授業のみを担当してきたが、2015年度に初めて後期から当該クラスの授業を反転授業形式で担当したことになる。対象科目の履修者数は51名で、2回生39名、3回生9名、4回生3名であった¹⁰。

抽象的ベクトル空間や1次独立性の定義などから始まって非数学専攻の学生を対象とする授業内容としては、後期の線型代数は抽象度が高く最初の壁となる学習項目が多い。筆者の考えとして、このような壁の主要な原因として、「初めて遭遇する数学概念に対する脆弱性」があると考えている。動画利用による事前学習は、例えば動画で完全に理解できなくても少なくともこの「脆弱性」を弱める効果はあると考えている。

反転授業の典型的な利用例としては、語学学習等技能的履修への利用がある。このような事例においては、事前学習で動画教材により技能を学習し、対面授業でそれを使って利用することによって技能を高めるという効果が期待される。線型代数も前期の内容であれば、連立1次方程式の行列による解法(基本変形)、行列式の計算、逆行列の計算など、技能的な側面が強く反転授業を適用しやすいものと考えられる。

一方、筆者は教務上の都合で前年度に続き2年連続で

⁷ <http://skim-app.sourceforge.net/>

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=C85jitpppHc>

<https://www.youtube.com/watch?v=7IINaiCXoRU>

<https://www.youtube.com/watch?v=kZ7poCIRScA>

⁹筆者の名前でYouTube上で検索すると表示される

¹⁰3,4回生は再履修生である

後期の線形代数のみの担当となった¹¹。これはつまり、前期に通常の授業を他の教員の元で受講した履修者が後期から「反転して受講する」ということになる。

本取り組み事例では事前学習によって内容が概念的に理解されない、つまり、「解説が理解できない」可能性もあり、授業内容を事前にある程度学習した上で対面でも同じ内容を解説するいわゆる「ダブルティーチング」の必要性も想定する必要がある。実際には、動画視聴と簡単な確認テストの結果が良好であれば、例年授業の後半に解説後に行っているプリントによる演習を授業冒頭から行って、時間をかけて演習することも可能であると考えていた。

動画活用の利点の1つに繰り返し利用できるという点がある。一回だけではわからない説明も複数回視聴することにより理解できたり理解が深まる可能性があるからである。問題はそのような複数回の視聴を1回の授業で4~5本の動画に求めていくと予習時間が非常に長くなる恐れがあるということである。そのような観点からも短時間で動画を作成する必要性は高い。

実際の授業での利用は、Moodle ベースの本学授業支援システム上に YouTube の URL へのリンクとスライド PDF を設置して行った(図4)。スライド PDF は、当初は動画作成時に使用している PDF でアニメーション動作のためにページ数が多い構成になっていた。だが、アンケート結果で不評であったため、配布用形式¹²で別途作成したものを掲載するように改めた。

また、簡単な視聴確認やより深い理解・前期内容の復習等を目的として、Moodle の小テスト機能を利用した。問題タイプとしては、多肢選択問題や STACK による問題を開発した(図5)。

多肢選択問題は、概念の確認を簡潔に行うことができ、細分化された学習目標の視聴確認には適している。一方で実際に計算して確かめる問題には、STACK のような CAS に基づく評価システムが必要であり、オンライン小テストとしても有効である。

2.4 アンケートの結果について

本取り組みの授業においては、授業支援システム(Moodle)のアンケート機能を用いてアンケートを実施した(2014年度の授業でも実施した⁽⁵⁾)。

¹¹2016年度も同じ状況であり、自然科学類の「線形代数II」で反転授業に取り組む予定である

¹²beamer のオプションに handout を指定した

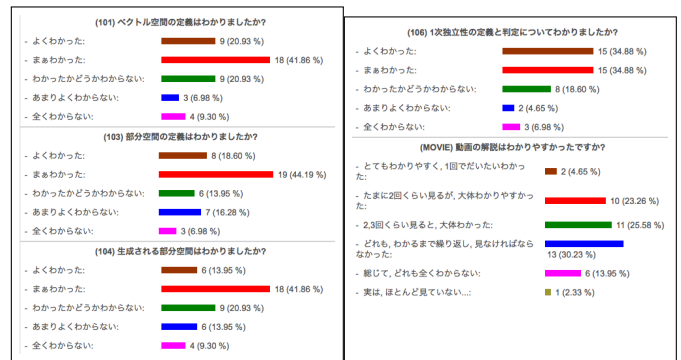


図6 アンケート結果 [10/8 回答数:43]

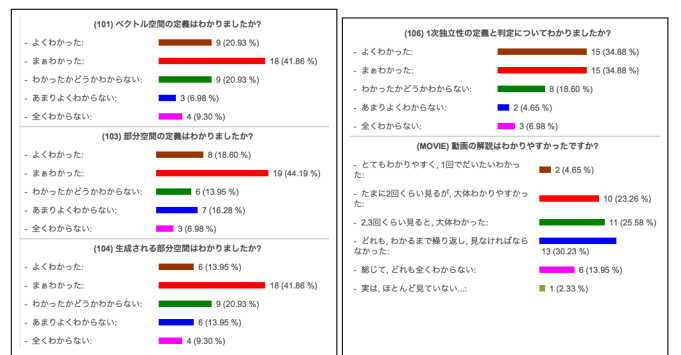


図7 アンケート結果 [11/05 回答数:8]

図6は授業開始2回目(10/8)に実施したアンケート結果である。主として「動画の内容が理解できているかどうか」、「スマートフォンでの利用において音質や画質に問題がないか」を確認する目的で実施した。

回答数が少なかったものの、概ね理解とできていると考えられたが、音質に問題があり、片方からしか聞こえない問題が発生して解決に時間を要した(前述)。

また、この段階で記号の参照に対して不便があったと思われるが、筆者はこの時点では見落としていた。

また、図7は11/5に行ったものであるが、内容の理解度の自己評価のみに留めた。回答数は少ないものの内容の理解について大きな問題はないと考えられた。ただし、繰り返し見ている様子は推察される。

後期中盤になって「プリント演習で学生の手が動かない」「授業後に想定外の基本的質問が来る」など状況が良くなってきたため、11/26に大規模アンケートを[必須]指定して行い47名からの回答を得た(図8,9,10)。

まず、動画の視聴時間であるが、図8に示すように、1時間から2時間が多く、それほど時間をかけていない。

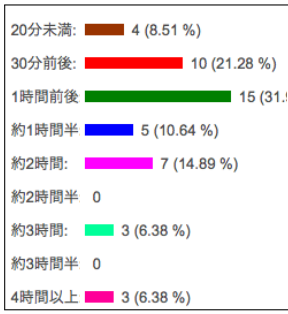


図8 動画の視聴時間と回数 [11/26 回答数:47]

頻度	II-01	II-02	II-03
0回	4.3%	12.8%	21.3%
1回	63.8%	72.3%	66.0%
2-3回	31.9%	17.0%	14.9%
4回以上	0%	0%	0%

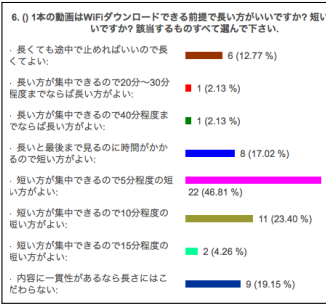
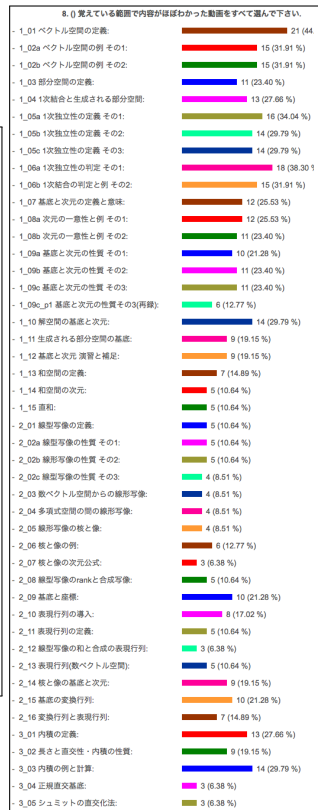


図9 動画の長さや視聴手段 [11/26 回答数:47]

視聴デバイス	比率
PC or Mac	80.9%
タブレット (Win)	10.6%
iPhone6(s)plus	4.3%
Android4.4 スマホ	4.3%
計	100%



図10 わからなかった単位(左)とほぼわかった動画(右)



一方で、3~4時間かけている学生が10%強いることからやや時間をかけてやっと理解、もしくは、時間をかけてもわからないという状況の学生が少なからずいと推察される。実際には、個別に結果を考察すると、わからないにもかかわらず1回しか見ていない学生もおり、「動画を見てわからない」と「あきらめ状態」の学生が相当数いたことが懸念される。

図9は動画の長さや視聴デバイスについてのアンケート結果である。動画の長さについては、短い方が良いと回答した学生が多かった。一貫性があれば長さにこだわらないという回答も20%ほどいるが、時間としては「5分がよい」が46.8%、「10分よい」が23.4%となっており、5~10分程度の動画がよいと回答した学生が多かった。また、多くが理由として、「集中できる時間が5分から10分程度である」としていた。このような短時間で視聴できる動画であればスマホで電車の中で繰り返し見る学生の姿が想像されるが、視聴デバイスのアンケートによれば実際にはPCやMacで見ている学生が圧倒的で、じっくり取り組もうと構えている様子が伺える。また、スマートフォンでの視聴が多くない理由として、学内ネットワークにはスマートフォンから接続できないというネットワーク環境の問題も少なからず影響していると思われる。この問題については、データ通信の負担軽減の問題に対処するため、WiFi経由でダウンロードできるWiFiデバイスサーバ¹³を講義棟の質問受付室に設置している。

また、図10は「わからなかったと思う単位」と「わかったと思う動画」のアンケート結果である。「覚えている範囲で回答して下さい」としたので正確ではないが、単元毎・動画毎の難易度を表す指標としては参考になると考えられる。わからなかったと思う単元の割り合いが後になるにつれて増加しており、その中で一部減少しているのは、内積の計算に関連する項目である。逆にわかったと思うと答えた動画の方でもその割合は同じところで増加していることがわかる。このように、具体的な計算手続き中心の内容では、当然ではあるが、動画も理解しやすかったことがわかる。また、「直和」と「線形写像の核と像」と「表現行列」がわからないと答えている学生が多い。一方で「解空間の基底と次元」がわかっていないという学生がそれほど多くないことや「基底と座標」の動画がわかったと答えている学生が比較的多いことから、後一步で抽象概念の前につまづいている様子が推察される。

図11にアンケートの自由記述の抜粋を示した。かなり辛辣な評価があるが、ネガティブな評価は一定数は覚悟しなければ反転授業には取り組めないものと考えている。

¹³加賀ハイテック, MeoBankSD MBS-D-SUR01/W を利用

例題を動画で解説はうれしい	動画とスライドは自分で時間をとってで	きるのでよい	小テストに不備・スマホ対応が不十分	テストのタイミングがおかしい	役に立つ事例を知りたい	スライドが見にくい・問題番号がわかり	づらい	課題が多過ぎる、ファイルが多過ぎる、時間が足りない	づらい	スライドが見にくい・問題番号がわかり	づらい	動画を授業で、解説を動画で??	もっと具体的な数値例を!	動画が長い	ダブルתייננגをしてほしい	普通に講義をしてほしい
1	2	2	2	2	1	0	6	2	4	6	2	6	2	1	1	1

課題が多すぎる。満点を取るまでテストを受ける…略…意味がわからない。…略…具体的な例題を多く取り扱ってほしい。…略…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。

動画を授業の代わりにしてテストさせるのをやめてほしい。何回動画をみても、同じことしか言わないのだからわからないところは理解できないし、…略…正しい解答はわからない。それにテストの問題数が多すぎて、…略…時間がかかかすぎるし負担が大きい。

最近難しくなって全然理解できていません…略…動画視聴そのものが追いつかず、課題が提出できない状況で…略…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。…略…解法の手順に焦点を当てた解説があると助かります。

動画予習後の課題、テストを採点の対象にするのは、おかしいわからないところがあれば減点され、そもそも忙しくて動画が見られない人は単位すら危ういのですか?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。…略…

…略…スマホでできるをうたっているのにもかかわらず、スマホでやると問題が欠けて表示されない。…略…ポータル上のテストかと思いきや、紙でのテストになり、…略…混乱することがあります。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。…略…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。

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、…略…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。

図 11 自由記述コメントの要約と抜粋 (11/26)

2.5 反省点

今回の取り組みは、かなり挑戦的な試みである。さらに、通常受けもっているクラスと違い、学生の理解力や基礎となる学力の把握が困難であったこと、前期を担当していないため、前期の内容に対する理解度を把握しきれなかったこと、などの要因もあって、かなり厳しい授業展開であったと反省せざるを得ない。

また、理解度をはかるテスト問題や課題の分量に調整不足があったことも大きい。小テストの問題を多数準備しすぎた上にスマホでの動作確認が不十分であった点も反省される。自由記述を見るかぎり、選択式アンケート結果の分析よりも実際は深刻な状態であったと思われる。

従来、一般的には学力の差がある場合こそ、反転授業

による効果が高いとされる。しかし、今回実施したクラスでは学力の差が非常に大きいということも特徴であった。データとしては本稿では示していないが、小テストの結果には成績にかなりばらつきがあり、また、進んだ理解を示すが学生も一部では見られる反面、2次元の数ベクトルの内積の計算にとまどう学生がいるなど、想定外であった点は否めない。

この初期学力の差を埋めるには、前期の内容を含めた広範囲の教材を予め用意しておく(その為には前期授業を反転授業で担当することが望ましいが)、後期はスロースタートで進め、前提となる基礎知識をプレテストにより初期の段階で履修させる工夫が必要である。つまり、フィードバックを持たせた教材の構成が求められる。反転授業によって埋められる学力差にも当然限界はある。授業の進行や適切なフィードバックによってサポートしながら進めて行くことは理論的には十分可能であると考えているが、それにはより細かな個々の学生に対する学習分析と洞察が必要であり、その結果に随時対応できるような綿密な授業設計が要求される。

3. まとめと今後の課題・方針

大学における専門基礎数学(線形代数や微積分学)における反転授業形式による授業展開は、抽象度が高い内容においては難易度の高いものではあるが、木目細かい教材設計と注意深い学生観察に基づいて実施すれば十分可能なものではあると期待できる。特に学生毎の学習目標別達成状況を把握できるようにすることが肝要であり、教材の対応範囲を越える場合には十分なケアが求められる。また、効果検証できるようになるまでには、教材や対面授業設計の格段の改善が必要であるが、学習分析により検証可能となるようなアンケートおよび評価方法の緻密な設計が求められる。

3.1 教材作成と利用のポイント

以下に本取り組みにおいて得られた教材設計と教材の授業活用の改善ポイントについてまとめておきたい。

1. 動画は内容として一貫性はあるが可能な限り短いもの(5~10分)とする。
2. 解説はまず具体的な数値例から入り、抽象的定義はその後に簡潔に行う。
3. 抽象論理解の準備となる具体数値例は必須動画と

し、抽象度が高い内容についての解説動画は補助的に用意、後者は対面授業で補足する。

4. 動画の視聴確認は、紙媒体利用もしくはシステム利用のいずれかで一貫性を持たせ、目標を可能な限り単純化して個々が短時間で完結するようにする。
5. 課題の解答や解説も動画か対面授業で補足する、もしくは、グループワークで考えさせる。
6. スマートフォンを活用する場合は、動画の視聴およびシステムを用いた小テストは表示や再生品質の確認を注意深く行う。
7. 動画の配信には、WiFi 環境が学内で利用できない場合には USB メモリや WiFi デバイスサーバ等による配布方法も用意する。
8. アンケートは毎回全員必須でとり、個人別に考察して、常時教材の点検を行う。

1, 2, 7 についてはすでに述べた通りである。

3 については、教材が多数になる為、学生が予習できなかったときの不安を感じないように、重要度もしくは必須か任意かを指定して、優先順位をつけて提示することが肝要である。講義 1 回分の内容が細かい達成目標を多く包含する場合には、特に注意する必要がある。

4 については、3 とも関連するが、小テストはあまり負担にならないようまた、過度に課題を出し過ぎないように注意する。成績評価対象とするテストの場合は、殊更に注意する必要がある。

5 については、課題を採点して返却するだけでなく、動画や対面授業で補足したり学生に考えさせるなどしてケアすることが重要である。

6 は 8 とも関連するが、学生のアンケート結果に毎回注視する他、可能ならば TA を利用してチェックしてもらう方法も検討したい。

8 については、今回システムを用いたアンケートでは、任意回答にした場合に回答数が著しく少なくなった。アンケートをシステムでとる場合はなかなか強制しにくい事ではあるが、「必須」指定して回収することが重要であると感じた。紙媒体での課題を出した場合には同時にアンケートを配布して授業時に一緒に回収する方法も検討すべきである¹⁴。なお、11/26 のアンケートは授業時間内に時間をとって回答してもらったので回

答率が高かった。システムを使った場合でもアンケート回答程度ならば授業時間内でも問題なくできるので、授業内実施も一つの方法である。

3.2 今後の予定

2016 年度も後期の「線形代数 II」を担当する。今回もまた異なるクラスであるが、これまでの経験を元に効果的な反転授業を目指していきたいと考えている。

これまでの反転授業では対面授業はもっぱら、従来型授業で行っていた演習問題に取り組むことであったが、作問演習やグループワークによる証明問題への取り組みなど事前学習の内容を活用することによって、モチベーションを高めるような対面授業設計を検討したい。

また、学習目標を細分化し、目標間の関連性（通常はカリキュラムや学生のレベルに強く依存する）に応じて組み合わせ可能な教材開発を目指したい。技術的にはスマートフォンでの利用を想定したアプリ開発や Moodle と連携できる電子書籍（iBooks の開発事例がある⁶⁾）の利用によるパッケージ化を目指して反転授業用教材を開発していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K00926 「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」の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 鈴木克明, “教材設計マニュアル—独学を支援するために—”, 北大路書房, 2002
- (2) 西 誠, “数理基礎科目における反転授業の実施とその教育効果”, 日本教育工学会研究報告集, 15(1), 237–240, 2015-02-28
- (3) E.S.Vejar, “Evaluation of Flipped Classrooms in Undergraduate Mathematics courses”, eLearning, 2015
- (4) 谷口哲也, 中村泰之, 中原敬広, “STACK を用いた数学 eラーニングの実践例と STACK 用の問題バンクの構築”, 数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」1909, 165–175, 2014
- (5) 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 高専・大学部会 (2015.8.7)
- (6) 中原 敬広, 曾我 聡起, 中村泰之, 三谷正信, 川名典人, “iBook と Moodle による本当にインタラクティブなデジタル教科書”, CIEC PC カンファレンス, 2013

¹⁴ 見学した金沢工業大学の反転授業では、このような方法でアンケートを回収していた。