

eラーニングを用いたアクティブラーニングの試み —LMS glexaを用いた反転授業—

竹村 亮

日本大学商学部

近年、アクティブラーニングが盛んに議論されるようになり、伝統的な講義形式による知識の伝達を眼目とした教員主体の授業から、学生が自ら考え主体的・能動的な学修を行う場としての授業へと、大学の授業も変革が求められている。以下ではまず、アクティブラーニングの定義の一つと、それを実現するためのさまざまなアクティブラーニング型授業の手法を紹介する。それを踏まえて、本論文ではeラーニングを用いたアクティブラーニングについて議論する。とくにeラーニングのメリットとデメリットについて確認し、eラーニングのメリットを最大限活かせるアクティブラーニング型授業として、1つの反転授業を提案する。また、教材作成上の工夫と、LMS (learning management system) glexa (グレкса) による学習管理を組み合わせることで、従来の反転授業の課題やeラーニングのデメリットが克服できることを議論する。さらにこれを検証するために、反転授業の実践例として、線形代数の授業の一部を紹介し、授業アンケートの分析を行う。

キーワード：アクティブラーニング、eラーニング、反転授業、LMS

1 アクティブラーニング

1.1 アクティブラーニングの定義

2012年8月の中央教育審議会答申「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて一生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ」などによって、近年日本でも、アクティブラーニングが盛んに議論されるようになってきている。本学でも、2015年7月の「教学に関する全学的な基本方針」において、「能動的な学修機会の展開」が挙げられている。日本でアクティブラーニングが盛んに議論されるようになった背景として、溝上は著書「アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換」(溝上, 2014)において、高等教育の大衆化などを詳しく説明している。それを踏まえたうえで溝上は、教員主体の教授から、学生主体の学びへと、教授学習パラダイムの移行を強調する。伝統的な講義形式による知識の伝達を眼目とした教員主体の授業から、学生が自ら考え能動的な学修を行う場としての授業へと、授業設計・カリキュラム構成に対する視点を変えていかなければならない。

アクティブラーニング(型授業)には、コメントシートや小レポート・小テストの実施などの比較的手軽なものから、演習、プレゼンテーション、グループ・ディスカッション、グループ・ワーク、さらには、発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等の綿密な計画や戦略の必要なものまで、さまざまな技法があ

る。Bonwell と Eison は、アクティブラーニングの一般的特徴として以下を挙げている (Bonwell & Eison, 1991)。(以下は松下の訳である (松下, 2015)。

- (a) 学生は、授業を聴く以上の関わりをしていること
- (b) 情報の伝達より学生のスキルの育成に重きが置かれていること
- (c) 学生は高次の思考 (分析, 総合, 評価) に関わっていること
- (d) 学生は活動 (例: 読む, 議論する, 書く) に関与していること
- (e) 学生が自分自身の態度や価値観を探求することに重きが置かれていること

その上で、(Bonwell と Eison は) アクティブラーニングを「学生にある物事を行わせ、行っている物事について考えさせること」と定義している。つまり、行為すること、行為についてリフレクションすることを通じて学ぶことが、アクティブラーニングだというわけである。

(松下, 2015, pp.1 - 2)

松下はさらに、上記の定義 (a) ~ (e) に溝上の定義 (溝上, 2014) の一部「(f) 認知プロセスの外化を伴うこと」を加えてアクティブラーニングの概念を定義している。伝統的な講義形式の授業では、知識の伝達に眼目が置かれ、与えられた知識の理解や記憶といった知識の内化が重視されてきた。それに対してアクティブラーニングでは、このような知識の内化偏重に対する反省から、話す、議論する、書くといった発表・表出活動を通して、知識を外化することに眼目が置かれる。比較的受動的な知識の内化重視の学修に対して、能動的な活動を通じた知識の外化がアクティブラーニングでは重視される。

1.2 アクティブラーニング型授業の手法

このような学生のアクティブラーニングを実現するためのアクティブラーニング型授業を、溝上はその技法と戦略の観点から以下のようなタイプに類別している (溝上, 2014)。(ただし以下では一部省略してある。)

タイプ1 : コメントシート・ミニツツペーパー, 小レポート, 小テスト, 演習の実施等。

これらは教員主導で比較的講義中心型であり、それほど綿密な計画・戦略を必要としない。

タイプ2 : ディスカッション, プレゼンテーション, 体験学習等。

これらも比較的教員主導で講義中心型であるが、ある程度の計画・戦略が必要となる。ただし、タイプ1と比べて、学生主体の学修へと視点の移行がなされている。

タイプ3 : 協同・協調学習, 調査学習, デイバート, LTD (Learning Through Discussion) 話し合い学習法, ピアインストラクション, PBL (Problem-Based Learning), PBL (Project-Based Learning), チーム基盤学習, 発見学習等。

これらは学生主導型の授業であり、教員側には綿密な計画・戦略が必要となる。

(上記に加えて溝上は、タイプ0として、授業中の話し方や板書, スライドの工夫などを挙げている。これらの技法も、やり方によってはアクティブラーニング型授業の一種と考えることもできる。)

これらのうちのいくつかは、誰でも多かれ少なかれ授業に、とくにゼミナール形式の授業には、取り入れられている、もしくは行ったことがあるものである。しかしながら、松下は学修には、学生の学習、理解、関与の観点から浅い学修と深い学修があり、単なるアクティブラーニングではなく、ディープ・アクティブラーニングを目指さなければならないと指摘する (松下, 2015)。松下はさらに、コンセプトマップを用いて、アクティブラーニングの深さを評価する方法について議論している。アクティブラーニングの深さの概念はまだ定まったものではないが、上記の溝上の分類についても、タイプ1よりも綿密な計画が必要なタイプ2、さらにタイプ3の方がディープ・アクティブラーニングを実現するための手法として適切であろうと考えら

れる。

2 eラーニングを用いたアクティブラーニング

2.1 eラーニングのメリットとデメリット

前節で紹介したようにアクティブラーニング型授業の手法はさまざまあるが、ここではとくに、eラーニングシステムを使ったアクティブラーニングの手法について考察する。「eラーニング白書」(日本イーラーニングコンソシアム, 2008)の個人アンケート調査(対象は企業の一般社員クラスと学生が過半数)では、eラーニングを用いるメリットとデメリットとして、以下のようなものが挙げられている。

おもなメリットは、以下のものである。

1. 学習時間・場所が自由である(好きなときに、自分のペースで受講できる)
2. 繰り返し学習をすることができる

また、おもなデメリットとしては以下のものが挙げられている。

1. 受講継続のモチベーションの維持が困難
2. 講師や他の受講生とのインタラクティブ性が少ないため、研修自体を淡白に感じる
3. 集合研修に比べて、理解度が下がる
4. 質問等のサポートがない、あるいは不十分である

一般的には「いつでも、どこでも」がeラーニングのひとつの特徴とされており、それがeラーニング白書のアンケート調査でも確認されている。上記のメリットに加えて、以下のような点もeラーニングのメリットとして考えることができる。受講者側としては、スマートフォンやタブレット等でもアクセスできれば、eラーニングの特徴である「いつでも、どこでも」を最大限に活かすことができ、書籍やプリント等に比べて取り組みやすい。とくにスマートフォンを片時も離さないという今日の学生にとっては、通常の教科書やプリントよりも取り組みやすいと考えられる。また教員側としては、教材を工夫することによって、学習の進め方や学習方法などある程度コントロールすることができる。さらに、学習管理(学習時間・成績・出席等)ができ、授業設計および学習指導に役立つ。

2.2 LMS (learning management system) glexa について

LMS (learning management system) glexa (グレクサ)は、「簡単な操作で今までにない学習体験を教育現場に提供する」「従来のLMSには無い、マルチメディアを取り込み、「人と人との対面」を強く意識したブレンデッドLMS」をコンセプトに開発されている(<http://ver2.jp/product/glexa/>)。glexaでは映像や音声を編集した問題も作成可能であり、さらには、コミュニケーションのためのチャットやフォーラム、会話シミュレート機能なども搭載されている。また、通常のパソコン環境(WindowsやMacといったOS、およびInternet ExplorerやSafari等のインターネットブラウザ)で、学習管理、教材作成、および受講が可能である。学習管理システムとしてのLMS glexaによって得られるデータは、以下のようなものである。

受講状況：全教材のうちどのくらいの教材にアクセスしたかを表す「教材受講数」、また全教材のうちどのくらいの教材の受講を完了したかを表す「教材完了数」、全教材受講完了までの「学習時間」のデータが得られる。またこれらのデータは、エクセルファイルで抽出できる。

アクセス状況：各学生が何月何日何時頃からどのくらいの時間アクセスしたかのデータを得ることができる。

出席管理：授業中の任意の時間に出欠を採ることができる。

成績データ：各教材ごと、各設問ごと、各学生ごとに別々に以下のようなデータを得ることができる。
これらのデータも部分的にエクセルファイルで抽出できる。

- 各教材の「受講完了人数」「平均点とパーセンテージ」「最高得点とパーセンテージ」「最低点とパーセンテージ」
- 各教材内の設問ごとの「平均点」「正答率」「回答人数」
- 各学生別の各教材ごとの「得点」「受講回数」「最高点」「採点日時」「完了日時」「偏差値」

glexa の最大の特徴は、Moodle 等の他の LMS と比べて、コンテンツ（教材）作成が直感的で容易なことである。以下でもその機能の一部を紹介するが、プログラミング等の知識は一切必要なく、ワードファイルを編集するような感覚でコンテンツを作成することができる。コンテンツ作成の面では、glexa では以下のような機能を用いることができる。Quiz 機能と呼ばれる問題作成機能によって、選択、入力、穴埋め、並び替え、ファイル提出、マッチング、ファイル添付等を使った問題が作成できる。また、Motion 機能と呼ばれる、おもに動画・音声問題作成機能では、動画自動形式変換（AVI, WMV, MPEG, FLV など）、選択、入力、録音、ファイル提出、字幕の自由配置等を行うことができる。今回の教材でおもに使用したのは、Quiz 機能の自由入力（数値と文字）であり、それについては、3.1 節でより詳しく紹介する。その他、たとえば動画を使った教材の例などは、「平成 26 年度日本大学理事長特別研究公開シンポジウム報告書」(竹村, 2015) を参照してほしい。

2.3 反転授業

前述したように、eラーニングの1つのメリットとして、「いつでも、どこでも」学習できるという点が挙げられる。このメリットを最大限に活かすためには、eラーニング教材は授業中の使用よりも、授業外の学習での使用が効率的である。さらに、このようなeラーニングをアクティブラーニング型授業に応用するためには、反転授業がもっとも自然な手法だと考えられる。

反転授業とは、伝統的に講義形式で行われてきた知識教授を、おもにeラーニング教材（一般的には講義動画）を通して学習者が事前に学習し、対面授業ではその知識を前提とした授業を行うという授業形態である（Lage, Platt & Treglia, 2000; Talbert, 2012; 溝上, 2014）。対面授業では、伝統的な講義形式で発展的な内容を教授するなどの形態もありうるため、反転授業の概念それ自体は、アクティブラーニングとは独立である。しかし、反転授業の1つのメリットとして、通常はおもに学習者の主体性に任されている授業外の学習も、教員側が比較的明確にコントロールすることができ、事前学習の成果を対面授業の計画に組み込むことができる。したがって、溝上（溝上, 2014）や森（松下, 2015）が指摘しているように、eラーニングによる事前学習を前提することにより、対面授業でアクティブラーニングの技法を適用しやすく、より効果的なアクティブラーニング型授業を行うことができる。

重田は、反転授業の課題として、家庭や大学における動画視聴のための十分な帯域のインターネット回線の整備、オープン教材の不足、十分な授業外学習時間の確保、教員のスキルの向上を挙げている（重田, 2014）。溝上はさらに、教員による授業外学習の把握の重要性を指摘している。しかしながら、これらの反転授業の課題は、eラーニングコンテンツの工夫、およびLMS glexaを利用することによって克服することができる。本研究での教材は、一般的な講義動画ではなく、練習問題を通して線形変換の概念を学ぶものであり、またglexaによって作成されたコンテンツは、基本的にタブレットやスマートフォンでもアクセスすることができる。したがって、インターネット環境や学習時間の点でも通常の反転授業よりも柔軟である。また、glexaの学習管理機能によって、学生の授業外学習の状況を的確に把握することができる。また、反転授業における対面授業を工夫することで、受講者のモチベーションの維持や、教員と受講者との間のインタラクション、質問のサポートなど、2.1 節でとりあげたeラーニングのデメリットも克服することがで

きる。これらについては、授業アンケートの結果を踏まえて、4.1節で詳しく検証する。

本研究では、eラーニングを用いたアクティブラーニング手法の開発を目指して、とくに反転授業の手法について考察する。以下では、LMS glexaを用いた反転授業型アクティブラーニングの1手法について検討する。実践例として、線形代数における線形変換のeラーニング教材と、それをもとにした対面授業の試みを紹介し、授業アンケートの分析を行う。とくに、ビデオ講義を基にした反転授業の実践例は多々あるが、練習問題ベースのテキスト形式のeラーニングに基づく反転授業の実践例は少ない。紹介する授業は、日本大学商学部2015年度前期「総合科目特殊講義(線形代数)」(2年生以上の自由科目)の第12回目(7月15日)の授業であり、受講者は5名(2年生3名, 4年生2名)である。

3 線形変換の反転授業

3.1 eラーニング教材「線形変換」

ここでの線形変換についてのeラーニング教材は、一般的な講義動画ではなく、練習問題形式の教材である。コンセプトは、練習問題を解きながら進めていくeラーニング型教科書である。ただし、書籍の教科書と異なる点は、教材作成者側が、ある程度読み進め方をコントロールできる点である。たとえば、解説文中には、選択肢が実質一つだけしかないような簡単な選択問題を設定することで、文章を読み飛ばすことを防いだり、単に文章を読むよりも読み手の記憶に残りやすくすることができる。また、glexaでは「正答必須」問題を設定することができ、設問に正解しない限り先に進めないように設定することができる。(ただし、あまり難しい問題を正答必須問題に設定してしまうと、なかなか先に進めずに、受講者のやる気を削いでしまうことにもなりかねないため注意が必要である。)これにより、でたらめに問題に回答したりすることを避けることができる。また通常の書籍であれば、解答を盗み見ることも可能であるが、eラーニング教材では通常、なんらかの回答をしないと正解が確認できない。したがって、ある程度考えてからでない解答は確認できない。正答必須問題はまた、まじめに取り組まないと先に進めないため、ある程度学習時間を制御するためにも役立つ。このように、本教材は、通常の書籍とは異なるeラーニング型の教科書となっている。

今回の線形変換の教材は、すべてglexaを用いて作成され、全8ページ、大問全20問(小問全50問)からなる。設問は、「はい」か「いいえ」の選択形式(同意形成)、空欄への数値入力形式(行列の積の計算)、自由記述形式(行列が表す図形変換に関する考察と質問・意見・コメント等)の設問からなる。

小問全50問に対する学生の正答率(%)は以下のとおりである。

正答率 (%)	学生 a	学生 b	学生 c	学生 d	学生 e
選択形式	100	100	100	100	100
数値入力	100	100	100	100	100
自由記述	100	80	100	0	100
全体	100	98	100	92	100

数値入力問題については、学生全員が全問正解である。学生dの自由記述問題の正答率0%は無回答を表す。とくに数値入力形式の問題の正答率(全員100%)から、でたらめに回答したわけではないことが確認できる。以下では、本教材の内容、および自由記述形式の問題に対する学生の回答を、教材の各ページごとに詳しく紹介する。

< 1 ページ >

問 1 (2 択) : 同意形成

まず最初に、成績データや授業アンケートデータの研究利用のために、受講者の同意を確認した。

< 2 ページ >

受講の仕方 (PDF ファイル) glexa の使用法は、直感的でわかりやすいものであるが、念のためその使用法を解説した PDF ファイルをダウンロードできるようにした。

< 3 ページ >

問 2 ~ 8 (小問全 14 問 : 数値入力) : 行列の積の計算を通じた図形変換

まず最初に、座標平面上の各点が行列で表現できること、その点を表す行列と他の行列との積の結果が、元の点の移動を表すことを具体例によって簡単に説明した。その上で、具体的な行列と図形 (図 1) を与え、その行列による各点の移動をトレースすることにより、元の図形がどのように変換されるか検討することを、練習問題として課した。(本問の傘の形の図形 (図 1) は、(中井, 2004) を参考にした。)

< 4 ページ >

問 9 ~ 12 (小問全 8 問 : 数値入力) : 行列 A (x 軸に関する対称変換) 計算

行列 A として、x 軸に関する対称変換を表す行列を与え、また具体的な図形の一つを示し (図 2)、行列 A によって与えられた図形がどのように変換されるかを行列の積を計算することで確かめる練習問題を出題した。

線形変換
ページ: 3 / 8 ✖ 受講をやめる

xy座標上の各点は、通常(x,y)というように表現されるが、これを以下のような行列とみなす。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

このとき、たとえば $A =$

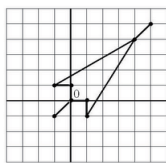
$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$$

という行列が与えられたとき、座標上の(0,1)を表す行列との掛算を計算すると以下ようになる。

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

このことは、座標上の点(0,1)が、行列Aによって、新しい点(-1,2)に移動する、とみなすことができる。

上の行列Aによって下の図の各点が移動する先の座標を求め、もとの図形がどのように変換されるかを調べてください。



1

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{ } \\ \text{ } \end{pmatrix}$$

10点

2

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{ } \\ \text{ } \end{pmatrix}$$

10点

3

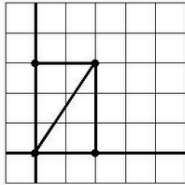
図 1

線形変換
ページ: 4 / 8

以下を計算して、行列 A=

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

がどのような変換かを調べてください。



1

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

10点

2

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

3

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

10点

4

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \end{pmatrix}$$

10点

5 上の行列Aは、どのような変換かと思う?
5点

解答の送信

次のページへ進む(解答を送信します)

ページの移動: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | (解答を送信します)

図 2

問 13 (自由記述) : 行列 A はどのような変換か? (回答率 4/5)

前問の具体的な計算をもとにそれを一般化するために、行列 A がどのような図形変換を表すと思うか、自由記述形式の問題で聞いた。各学生の回答は以下のとおりである。

- a 「A の二行目を -1 倍して一行目に足す」
- b 「x に変化はなく, y にマイナス符号がつく変換」
- c 「座標軸がそのままである」
- d (無回答)
- e 「行列 A は点 (x, y) を点 (x, -y) に対応させる変換」

以下、7 ページまでは、同様の設問である。全部で 4 つの基本的な図形変換 (A, B, C, I) について、具体的な計算を通して一般化し、予想する練習問題を課した。

< 5 ページ >

問 14 (小問全 8 問: 数値入力) : 行列 B (x 軸方向 3 倍拡大) 計算

先の行列 A とは異なる行列 B (与えられた図形を x 軸方向に 3 倍拡大する変換を表す) と図形を与え、同様の練習問題を課した。

問 15 (自由記述) : 行列 B はどのような変換か? (回答率 4/5)

- a 「B の二行目を三倍したものを一行目に足す。」
- b 「x は 3 倍され, y は変化しない変換」
- c 「座標軸がそのまま転換」
- d (無回答)
- e 「点 (x, y) を点 (3x, y) に対応させる変換」

< 6 ページ >

問 16 (小問全 6 問: 数値入力) : 行列 C (x 軸方向 1/2 せん断) 計算

問 17 (自由記述) : 行列 C はどのような変換か? (回答率 3/5)

- a 「C の一行目を二倍したものを二行目からひく」
- b (無回答)
- c 「座標軸そのまま転換」
- d (無回答)
- e 「点 (x, y) を点 (x+1/2y, y) に対応させる変換」

< 7 ページ >

問 18 (小問全 8 問: 数値入力) : 行列 I (原点の周り 180 度回転) 計算

問 19 (自由記述) : 行列 I はどのような変換か? (回答率 4/5)

- a 「2 つの行どうしを入れ替える」
- b 「x, y ともにマイナス符号のつく変換」
- c 「座標軸そのまま転換」
- d (無回答)
- e 「点 (x, y) を点 (-x, -y) に対応させる変換」

< 8 ページ >

問 20 (自由記述) : 対面授業への導入・質問・コメント・意見等 (回答率 4/5)

最後により一般に, 行列によって, どのような図形変換が可能か, またどのような図形変換が行列で表せるか, を考えるように誘導し (これらの問題を対面授業で議論する), 本 e ラーニング教材に関する質問, コメント, 意見等を自由記述形式で聞いた。

a 「計算の結果を元に変形法則を見つけ出すのが楽しかった。」 b 「行列を計算としてだけでなく, 図形との関係やその意味を考えてみるのは十分な理解が必要と感じました。その点で私は今回の課題を通じて, (正誤問わず) 実際に行列を図形に表すことで, 行列と図形にはどのような関係があるのか考え, 少しばかりですが理解することもできました。」 c 「図形変換の意味が分かりませんでしたがありますがとうございました。」 d (無回答) e 「半期の間でしたが, 線形代数の授業を行ってくださいますと有難うございました。この授業をきっかけにより深く線形代・関連する領域を勉強していきたいと感じました。」

3.2 対面授業

前節の e ラーニング課題を事前学習とし, その内容に基づいて対面授業を行った。

まずは, e ラーニング教材と同じ問題 (x 軸に関する対称移動を表す行列) を 1 つ演習として, 学生全員に黒板で解かせた。その上で, 元の図形 (座標軸上の長方形) が, 行列によってどのような図形に変換されるかを各自説明させた。ある学生から出た意見は, 「点 (x, y) を点 $(x, -y)$ に移動する変換」というものであり, これは変換行列を関数とみなしたときの, 関数の言葉での説明である。さらに図形という言葉での説明を導き出すために, 図形的にはどのような変換かを聞いた。すると, 「x 軸に関する対称移動」という回答が得られた。

次に, 他にどのような図形変換がありうるか, また, その変換を行列で表すとどうなるかを聞いた。ある学生から「y 軸に関する対称移動」という回答が出たため, まずは全員でそれについて検討した。すなわち, 「y 軸に関する対称移動は, どのような行列で表現できるか?」という問をたて, 各自で検討させた。その間に対する学生の解法には, 2 種類の考え方があった。1 つは, 最初に演習で扱った「x 軸に関する対称移動」の行列を変形して, 予測を立て, それが求める行列「y 軸に関する対称移動」になっていることを確かめるという方法である。またもう 1 つは, 「y 軸に関する対称移動」によって, 元の図形がどのように変換されるかを先に具体例で図示し, 求める行列を変項として, 方程式を立てて解く, という方法である。全員が y 軸に関する対称移動を表す行列を求めた終えた後に, これら 2 つの解法について解説した。

さらにこの過程で, 元の図形を「90 度回転」という, 意図しない変換が学生から提案された。当初の予定では, この次に, 拡大・縮小, せん断, 回転, と続く予定であったが, ここで「回転移動」の具体例が出たため, 先に回転移動を表す行列の検討に進んだ。さらに 90 度回転以外にも, 180 度回転, 270 度回転, 45 度回転について各自検討させた。270 度回転を検討する段階で, -90 度回転を表す行列にたどり着く学生もいた。これらのいくつかの回転移動を検討した上で, 「原点の周りに θ 度回転する」変換を表す行列の一般公式を紹介した。

さらに, これらの x 軸対称移動, y 軸対称移動, 原点周りの回転以外に, どのような図形変換がありうるかを検討した。学生からは, 「特定の点の周りの回転」, 「拡大変換」, 「縮小変換」, 「長方形の平行四辺形への変形 (せん断)」, 「図形を潰す (一点に集約)」という意見が出た。その後, それぞれ自分の挙げた図形変換について, それが行列でどのように表現できるかを検討した。時間がなかったため, 変換の合成については, ひとこと言及する程度にとどまった。

3.3 授業アンケート

対面授業の後日、eラーニングと講義・演習を組み合わせた授業に関するアンケートを実施した。以下ではその結果を、「eラーニング白書」のアンケート結果等とも比較しながら紹介する。

問題番号	設問	選択肢	人数
問1 (自由記述)	だいたいどのくらい時間がかかりましたか?	10分	1名
		50~60分	4名

事前学習は概ね1時間程度であった。

問2 (自由記述)	このeラーニング教材にどこでアクセスしましたか? (学校、家、電車の中等 複数回答可)	学校	2名
		家	3名

本eラーニング教材は、スマートフォンやタブレットでもアクセスできるが、今回は図形を紙に描いて対面授業時に提出することを求めたため、自宅や学校等の机の前での事前学習となったものと考えられる。

問3 (自由記述)	このeラーニング教材にいつアクセスしましたか? (授業の合間、通学中、帰宅中等 複数回答可)	授業の合間	1名
		自宅・休日	4名

問2と同様の理由で、自宅にいるときにeラーニング教材にアクセスした学生が多かったが、授業の合間という学生もいた。eラーニング教材自体は、「いつでも、どこでも」アクセスが可能であるが、それに付随する課題によっては、場所はある程度制限される。

問4 (選択)	教材の難易度は? (難しすぎる/難しい/ちょうどいい/易しい/易しすぎる/その他)	難しい	1名
		ちょうどいい	4名

教材の難易度は概ね適当であったと考えられる。

問5 (選択)	他の授業と比べてこのような授業は (やる気のでる/やる気にならない/学習意欲に変わりはない/その他)	やる気のでる	4名
		学習意欲に変わりはない	1名

「eラーニング白書」のアンケートでは「学習意欲が高まる」という意見は少ないという結果が出ているが、今回のアンケートでは「やる気のでる」という意見が多かった。eラーニングのみの場合と、対面授業と組み合わせた反転授業の場合では、受講者の学習意欲にある程度違いが出るとも考えられる。

問6 (選択)	他の授業と比べてこのような授業は (理解しやすい/理解しにくい/理解のしやすさに変わりはない/その他)	理解しやすい	3名
		理解のしやすさに変わりはない	2名

「eラーニング白書」のアンケートでは、「集合研修に比べて、理解度が下がる」という意見が挙げられているが、今回の反転授業では、理解度が下がるという結果は出ていない。

問7 (選択)	他の授業と比べてこのような授業は (負担が増えるのは当然ですが) (負担が多すぎる/この程度の負担なら大丈夫/負担は気にならない/その他)	この程度の負担なら大丈夫	5名
---------	---	--------------	----

1時間程度の事前学習であれば、全員が「この程度の負担なら大丈夫」と答えている。

問8 (選択)	他の授業と比べてこのような授業は (効率が悪い/効率は変わらない/わからない/その他)	効率が悪い	5名
---------	---	-------	----

「eラーニング白書」のアンケート調査でも、企業や大学がeラーニングを導入する目的の中心的なものとして「効率化 (時間短縮・受講場所自由・コスト削減)」を挙げているが、受講者側の観点からも、学習効率がよいことが確認できる。

問9 (選択)	このような授業は (増やした方がいい/必要ない/どうでもいい/その他)	増やした方がいい	5名
---------	-------------------------------------	----------	----

全員が「増やした方がいい」と答えており、アクティブラーニング型授業は、学生に肯定的に受け入れられていることがわかる。ただし一部コメントとして、「一度の授業の内容によっては時間がかかり、生活の負担になってしまうのではないかと思う」という意見も寄せられている。

筆者の数学・論理学の授業では、通常の講義のみの授業とは異なり、講義と演習を半々に行っている。そのため、問10での今回の反転授業と通常の講義のみの授業との比較に加えて、問11で講義・演習形式の筆者の数学・論理学の授業との比較を聞いた。ところが、その意図がうまく伝わらなかったらしく、問10、11ともに同様の回答が寄せられたため、以下では問10、11をまとめて紹介する。

問10 (自由記述) いつもの講義・演習の数学・論理学の授業と比べてどうですか？(どちらがいいか・良い点・悪い点など)

a「普通の講義は、教員が主体なのに対してこちらは半分以上、学生が主体で大いに授業に参加できて良かった。」b「講義演習では先生がそばにいてくれたため、わからなかったらすぐ質問できたがインターネットだと、どうしてもすぐの解決はできません。しかし、その分いつもの講義でより理解しようとする意欲が湧くのではないかと考えます。」c「こっちの方が良い」e「講義と比べて、受けやすいと感じた。ただ、先生のアドバイスを受けられないところが課題だと感じました。」d「講義でやった演習と同じような問題をどこでもできるので復習としても良いと思った。」

問11 (自由記述) 通常の講義のみの授業と比べてどうですか？(どちらがいいか・良い点・悪い点など)

a「数々の問題を解くことによって、90分の授業の中で自分の頭を存分に使うことができたので、良かったです。」b「講義のみだとどうしても復習を後回しにしてしまうこともあるので、eラーニングシステムを通じて復習できるのは良いと思います。」c「こっちの方が良い」d「講義とは異なり、一人で解かなければならないので他の人の解き方や解説を聞くことをすぐできないのが悪い点であると思った。いつでもどこでもできるという点は良いと思う。」e「通常の講義と比べて、復習をきちんとできると感じました。」

「学生主体で大いに授業に参加できてよかった」「講義でより理解しようとする意欲がわく」「講義と比べて受けやすい」「90分の授業の中で自分の頭を存分に使うことができた」といったアクティブラーニングに対する肯定的な意見が聞かれた。また、「いつでもどこでもできる」「eラーニングシステムを通じて復習できる」というeラーニングの利点も挙げられた。一方で、「すぐには質問等ができない」「他の人の解き方や解説をすぐには聞くことができない」「アドバイスを受けられない」といったeラーニングの難点も挙げられた。

問12 (自由記述) このようなeラーニングシステムは、他にどのような使い方が可能だと思いますか？もしなにか思いつくことがあれば教えてください。

a「授業が休講になった時に、その日学ぶ予定だった内容を受講できるようにする。」b「小テストや課題提出などに使うことで、授業に出てる学生、出ない学生をチェックすることが可能であると考えます。」c「わかりません」d(無回答) e「アンケート調査、授業小テスト」

今後の参考のために、eラーニングシステムの利用方法について聞いた。「小テストやアンケート調査、課題提出、出席チェック、休講時の補講」などが挙げられた。

問13 (自由記述) 感想、コメント、意見等あれば書いてください。

a「約4ヶ月間ありがとうございました。」b「私個人としては、eラーニングシステムによる授業に賛成ですが、ネット環境や個人の生活によっては受講可能時間に差があると思うので、頻繁にあるとさえって苦になってしまうのではないかと思います。」c「楽しかったです」d(無回答) e「家で授業の復習・確認が出来るので良いと感じた。しかし、アクセス障害や問題がきちんと反映されない時があったので改善が必要だと感じました。」

最後に自由に感想を聞いた。「家で授業の復習・確認ができる」というeラーニングの利点が挙げられた一方で、「ネットや個人の生活環境によっては頻繁にあるとかえって苦になる可能性がある」「アクセス障害や、問題がきちんと反映されない場合があった」といった課題も挙げられた。

4 反転授業の分析と今後の課題

4.1 分析

まず、1.1節で紹介したアクティブラーニングの定義に照らして、今回の反転授業が実際にアクティブラーニングとみなせるかどうかを検証する。「どのような図形変換が行列で表せるか」という問について、具体例の検討から始めてその一般化を予測・検証し、一般的な解法を探求して、自身の意見を表明している点で、定義(a)「学生は、授業を聴く以上の関わりをしている」(c)「学生は高次の思考に関わっていること」(d)「学生は活動に関与していること」(f)「認知プロセスの外化を伴うこと」は満たしていると考えられる。また、本授業では、論理的思考、問題解決スキルの育成に重点を置いていることから、(b)「情報の伝達より学生のスキルの育成に重きが置かれていること」も満たしている。(e)「学生が自分自身の態度や価値観を探求することに重きが置かれていること」については、自分自身で開発した解法に基づいて問題を考えることから、ある程度は満たしていると考えられる。したがって、今回の反転授業は、アクティブラーニング型授業の一つであると考えられる。

また、溝上の分類(溝上, 2014)に即して検討してみると、今回の反転授業は、単純にはタイプ1の「演習」をメインとした授業であるが、学生の意見・回答・解法に応じて授業内容・順序を変更しているため、学生主体の授業であり、そのことは授業アンケートでも確かめられている。したがって、学生主体であるという意味では、タイプ2に分類される。また、「どのような図形変換が行列で表せるか」という問に対して、具体例を基に、その一般化、予測・検証、解法の探求、自身の意見の表出、必要に応じた授業の変更という流れを考慮すると、単純な演習型の授業とは言い切れない。

次に、授業アンケートをもとに、今回の反転授業において(1)eラーニングのメリット(2.1節)が活かされているか、(2)eラーニングのデメリット(2.1節)が克服できているか、(3)反転授業のデメリット(2.3節)が克服できているか、の3点について検討する。

(1)については、授業アンケートの問2, 3, 10, 11に対して、「問題をどこでもできるので復習として良い」「いつでもどこでもできる」「eラーニングシステムを通じて復習できる」という回答があり、確かにeラーニングのメリットが活かされていることが確認できる。

また、(2)について、「モチベーションの維持」については問5に対する回答(「やる気がでる」4名、「学習意欲に変わりはない」1名)から、反転授業によって克服できていると考えられる。また「理解度の低下」については問6に対する回答(「理解しやすい」3名、「理解のしやすさに変わりはない」2名)から、理解度は低下していないことが確認できる。「インタラクション」や「質問等のサポート」については、問10, 11で「分からなかった場合にインターネットだとすぐの解決はできない」「先生のアドバイスを受けられない」「他の人の解き方や解説をすぐにはできない」という回答がある。一見否定的な意見に見えるが、ここで注意して欲しいのは、「すぐには」という点である。アンケート中に明確には記されていないが、「すぐにはできない」ということは、事前学習では無理だが対面授業中にはできる、ということと考えられる。したがって、(2)のeラーニングのデメリットについても、反転授業によって概ね克服できているものと考えられる。

(3)については、先にも述べたように、「インターネット回線の整備」については、講義動画ではなく、

練習問題をもとにした教科書型教材の工夫で解決し、「教材不足」については広く glexa を利用していくことで今後ある程度解決できるものと考えられる。また、「十分な学習時間の確保」については、授業アンケートの問 1, 7 に対して、「1 時間程度の授業外学習であれば大きな負担にはならない」という回答が得られている。問 13 に対する「ネットや個人の生活環境によっては頻繁にあるとかえって苦になる可能性がある」というコメントもあるが、今回の授業は 7 月の期末テスト直前だったことも考慮すると、やはり 1 時間程度の授業外学習であれば問題ないと考えられる。また「授業外学習の把握」については、LMS を用いて、計算問題（数値入力問題）に関しては全員が正答率 100%であることを事前に確認し、まじめに e ラーニング課題に取り組んだことを確認でき、それに基づいた対面授業を行うことができた。「教員のスキルの向上」については、glexa の使いやすさと合わせて、今後普及活動をしていくことで解決されるものと思われる。したがって、(3) の反転授業のデメリットについても、概ね克服できていると考えられる。

最後に、問 8, 9, 10, 11 に対する「このような授業は効率がいい」「このような授業は増やした方がいい」「学生主体で大いに授業に参加できてよかった」「より理解しようとする意欲が湧く」「講義と比べて受けやすい」「90 分の授業の中で自分の頭を十分に使うことができた」という回答から、アクティブラーニング型授業は、学生にも肯定的に受け入れられていることがわかる。

4.2 今後の課題

今回の授業は、受講者が 5 名という少人数の授業であったが、2, 30 人規模の授業であれば、今回の方法を適用できると考えられる。しかし、100 人、200 人規模の授業では、今回の方法をそのまま適用するのは難しい。大人数の授業におけるアクティブラーニング手法の開発が今後の課題である。この点については、LMS による学習管理が大きな役割を果たすものと考えられる。比較的小規模な授業であれば、事前学習の成果を LMS によって把握することで、対面授業において、学習の不十分な学生等に対する個別のケアが可能である。また、大規模授業においては、事前学習成果に応じてグループ分けをしたり、どのグループに教員がおもに介入するか等の判断が可能となる。

また、教員と学生間のコミュニケーションは、反転授業における対面授業パートでとることができるが、対面授業においても、また e ラーニング事前学習においても、今回の授業では、学生間のコミュニケーションは考慮されていない。対面授業において学生間のコミュニケーションを図るためには、グループ・ワークやグループ・ディスカッションの導入など、より綿密な授業設計が必要となる。また e ラーニング事前学習における学生間コミュニケーションについては、glexa のチャットやフォーラム機能を積極的に利用することで、改善が図られるものと考えられる。

なお本研究は、日本大学理事長特別研究「自主創造型パーソン」の育成を目標とした全学共通教育における効果的なアクティブ・ラーニング開発に関する研究—学部横断型教育の実現と中途退学者防止対策を含む学修支援体制の構築について—の一環として行われた研究である。

参考・引用文献

- Bonwell, C.C., & Eison, J.A. 1991. Active learning: Creating excitement in the classroom. ASHE-ERIC Higher Education Report. No. 1.
- 京都大学高等教育研究開発推進センター編. 2012. 生成する大学教育学. 第1版. ナカニシヤ出版. 東京.
- Lage, M.J., Platt, G.J., & Treglia, M. 2000. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *Journal of Economic Education*. 31 (1). 30-43.
- 松下佳代. 京都大学高等教育研究開発推進センター編著. 2015. ディープ・アクティブラーニング：大学授業を深化させるために. 第1版. 勁草書房. 東京.
- 溝上慎一. 2014. アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換. 第1版. 東信堂. 東京.
- 中井孝. 2004. 目に見える数学入門—図形の変形を通して数学を学ぼう—. 第1版. 日本評論社. 東京.
- 日本イーラーニングコンソシアム編. 2007. eラーニング活用ガイド. 第1版. 東京電機大学出版局. 東京.
- 日本イーラーニングコンソシアム編. 2008. eラーニング白書. 2008/2009年版. 東京電機大学出版局. 東京.
- Prince, M. 2004. Does active learning work?: A review of the research. *Journal of Engineering Education*. 93 (3). 223-231.
- 重田勝介. 2014. 反転授業—ICTによる教育改革の進展—. *情報管理*, 56 (10), 677-684.
- 竹村亮. 2015. 商学・経済学を学ぶための数学 (2). 平成26年度日本大学理事長特別研究公開シンポジウム報告書「日本大学におけるeラーニングの戦略的活用の研究—高大連携, 入学前教育, 学部教育そして大学院教育におけるeラーニング導入の必要性和パイロットプログラムによる実証的研究—. 日本大学通信教育部. 36-43.
- Talbert, R. 2012. Inverted classroom. *Colleagues*. 9 (1). 18-19.

Active learning using e-learning

—An inverted classroom using LMS glexa

Recently in Japan, active learning has received much attention, and it is required that faculty should change their view on their classroom: from the traditional classroom, where students passively receive information from the instructor, to one, where students actively learn on their own and think for themselves. In this article, we investigate active learning using e-learning. We first review a definition of active learning and various methods to realize students' active learning. Then we discuss active learning using e-learning. By examining advantages and disadvantages of e-learning, we propose active learning based on inverted classroom, where we can effectively apply advantages of e-learning. We also discuss disadvantages of e-learning, as well as of inverted classroom, can be overcome by combining a well-designed e-learning contents and the learning management system, called "glexa." To verify our proposal, we give an inverted classroom dealing with a part of linear algebra, and investigate questionnaire on the class.

Keywords:

active learning, e-learning, inverted classroom, LMS