

# 動画を用いた事前学習の取り組みについて

## —線形代数学における事前動画学習の効果—

間田 潤\*

日本大学生産工学部

## Using Prior Learning Videos

### —The Effect of Prior Learning Videos on Students' Grasp of Linear Algebra—

Jun MADA

College of Industrial Technology, Nihon University

Students without good study habits are often content to simply listen to lectures, unaware of their own lack of understanding of the material. Since the effectiveness of prior learning with videos has been reported in recent years, the practice was implemented with such students in linear algebra lectures. Specifically, before lectures on difficult topics, the students watched a video and tried to solve some practice problems. Having compared classes with and without the use of prior learning videos, the results appear to show that it is very effective. Therefore this practice can be presented as one way to improve education for the students without good study habits.

キーワード：事前学習，動画視聴，線形代数学

**Keywords:**

Prior Learning, Watching Videos, Linear Algebra

### はじめに

数学科目だけではなく、講義を受けるだけでは内容を理解するには不十分であり、演習問題などを自分の手で解き、解けなかったところや理解が不十分なところを把握し、その上で復習して補完するという一連の流れにより本当の理解に至る。特に、理工学系の初年次教育において理解に至るまでの経験は、その後の専門科目を修得していくためにも重要な役割を果たす。

しかしながら、再履修となるような学修習慣のない学生は、講義を受講したことにより安心感を得てしまい、達成度確認試験を受けて初めて理解不足であることを認識する。特に、理解度を確認するための演習問題が出題されても、解答例が配られることで安心したり、教員が採点したとしても解答が終わると過去のこととなり振り返りを行わなかったりと、分からない部分の確認が行われず理解には至らない。

このような問題への1つのアプローチとして、日本大学生産工学部にて開催された平成29年度FD・SD研修会のワークショップにて紹介された埜雅典先生（山梨大学教育国際化推進機構大学教育センターセンター長）の「学生の主体的・協調的な学びをもたらす反転授業～山梨大学の事例～」(同様な内容の資料（埜雅典, 2014）)の講演が参考となった。反転授業で用いられる事前動画と言うとJMOOCや放送大学のよう

\*E-mail: mada.jun@nihon-u.ac.jp

投稿：2018年4月6日 受理：2018年9月3日

な講義形式での動画をイメージしていたが、講演を通して、スライドキャストシステムを用い、PC上の画面を音声と同期して記録していき、音声付きのプレゼンテーション動画を作成する方法を知った。

埴先生の講演の中でも、反転授業に含まれる成果ではあるが、事前動画学習により、試験における低得点者減少や授業時間外の学習時間増加のデータが示されていた。また、金西計英ら（2017）の研究においても、音声付きプレゼンテーション動画だけではないが、予習段階でのeラーニングの活用について、学生の充足感（授業時間外の学習時間、受講態度、理解度、達成度、満足度）が向上したと報告されている。

そこで、埴先生の講演のほか、高橋暁子（2015）や高橋亮二ら（2017）の事例集などを参考にし、担当が決まっていた再履修者用の線形代数学において、学生が理解しづらい内容に限定して動画を作成し、動画を用いた事前学習を導入して、学修習慣のない学生に対する事前動画学習の効果の検証を行った。ただし、再履修者（学修習慣の無い学生）を対象とすることから、反転授業のように、事前学習の内容を前提とした講義ではなく、通常と同じ講義の中で事前学習において分からなかった点について理解してもらう形とした。

なお、数学科目において、高木正則ら（2013）や吉富賢太郎（2017）の先行研究があるが、高木らの研究では、リメディアル教育の中で理解不足の学生を抽出することに活用され、学修習慣のない学生が集まる線形代数学での活用とは異なる視点および内容で研究されている。また、吉富の研究では本研究と同様、線形代数学の講義を対象としているが、基礎学力が異なる学生がクラスに混在しているほか、毎回の実施であり、本研究では学修習慣のない学生にとって毎回は負担が大きいと考えていることから、第1章で述べるように学生の理解度の低い内容に限定して実施することにした点異なる（15回の講義のうち4回で実施）。

また、カリキュラムについて、1年次設置の数学科目は、今回対象としている線形代数学のほか、微分積分学Ⅰが必修科目であり、4月に実施されるプレースメントテストにより基礎力不足と思われる学生に開講される基礎数学演習が選択科目である。そして、履修体系として、平成28年度は Semester制のもと

基礎力不足の学生：前期 微分積分学Ⅰ＋線形代数学＋基礎数学演習（→後期 再履修）

上記学生以外：前期 微分積分学Ⅰ＋線形代数学（→後期 再履修）

で実施していたが、平成29年はクォーター制の導入により（以降、第1クォーターを1Qで表す（2Q, 3Q, 4Qも同様））、

基礎力不足の学生：1Q 基礎数学演習 → 2Q 微分積分学Ⅰ → 3Q 線形代数学（→2年次 再履修）

上記学生以外：1Q 微分積分学Ⅰ → 2Q 線形代数学（→4Q 再履修）

と変更を行ったため、年度での単純比較ができない点をご承知おきいただきたい。

最後に本論文の構成を簡単に述べておく。第1章ではアカデミックアドバイザーに寄せられる質問をもとに事前学習の内容を「外積」、「行列の積」、「行基本操作と連立1次方程式」、「余因子展開」の4つに限定したことを説明する。第2章では実施方法について、動画の作成方法、実施対象者：

- 平成29年度3Qの基礎力不足の学生を対象とした1クラス（28名）
- 平成29年度4Qの再履修学生を対象とした2クラス（10名）
- ※ 平成28年度後期の再履修学生を対象とした2クラス（41名）を比較に用いた。

講義での運用方法：

- ① 第1章で選定した内容を扱う前の回に、動画の入手方法の説明および理解度を確認するための演習課題と事前学習を行った学生の反応を調べるためのアンケートの配布
- ② 該当回の最初に演習問題の解答例を配布し、相互採点および相互確認
- ③ 該当回の講義を通常通り実施
- ④ 該当回の最後に事前学習を行った上で講義を受けたことに対するアンケートの実施
- ※ 課題については、平成29年度3Qは試行的な実施だったので無記名で評価に含めず、平成29年度4Qでは本格的な実施だったので記名で評価に含める形にした。

について詳細を説明する。そして、第3章において、アンケートや達成度確認試験（中間試験，期末試験）の結果をもとに、動画による事前学習の効果を検証する。

## 1 事前学習の内容選定

線形代数学の講義は、表1のシラバスに示すように15回の講義（1回90分）で構成され、中間試験および期末試験と総括を除くと13回でシラバスのような内容を扱う。この中で、学修習慣のない学生に対して毎回の内容で事前学習を課すことは逆効果になることが予想されたので、学生が躓きやすい内容に限定して事前学習を実施することにし、内容の選定にはアカデミックアドバイザーに寄せられる質問数を参考にした。

本学部においては、アカデミックアドバイザー制度を導入しており、主に数学、物理、英語について授業期間に学生の学習相談に対応している。そして、相談内容についてはデータがまとめられており、学生がどこで躓いているのかを知ることでできる貴重な情報として、教育の改善に活用している。

今回対象とした線形代数学について、平成28年度前期・後期および平成29年度前期（1Q,2Q）で受けたアカデミックアドバイザールームでの質問数を講義内容ごとにまとめると図1のようになった。

表1 線形代数学のシラバスおよび事前学習の実施回

- 四角で囲った内容について、事前学習を実施した。なお、永井敏隆ら（2008）の教科書を利用し、「授業内容」では、教科書のセクション番号およびセクション名を記載している。

授業回	授業内容	事前学習
第1回	1.1 ベクトルの基本事項 (1) [ベクトルとスカラー, 2次元ベクトル]	
第2回	1.1 ベクトルの基本事項 (2) [3次元ベクトル, 3次元ベクトルの外積と3重積]	○
第3回	1.2 n次元ベクトル 1.3.1 行列の基本演算 (1) [行列の定義]	
第4回	1.3.2 行列の基本演算 (2) [和とスカラー倍, 積], 1.4 さまざまな行列 (1)	○
第5回	1.4 さまざまな行列 (2), 2.1 行基本操作と連立1次方程式 (2元連立方程式)	
第6回	2.1 行基本操作と連立1次方程式 (3元連立方程式)	○
第7回	中間試験および復習	
第8回	2.2 解が存在しない場合, 一意でない場合	
第9回	2.3 同次連立方程式, 2.4 行列のランク (1)	
第10回	2.4 行列のランク (2), 2.5 掃き出し法による逆行列計算	
第11回	3.1 3次までの行列式とその性質	
第12回	3.3 余因子展開による行列式の計算	○
第13回	3.5 余因子と逆行列 3.6 連立方程式への応用とクラメルの公式	
第14回	期末試験および復習	
第15回	総括 第1~14回の総復習	

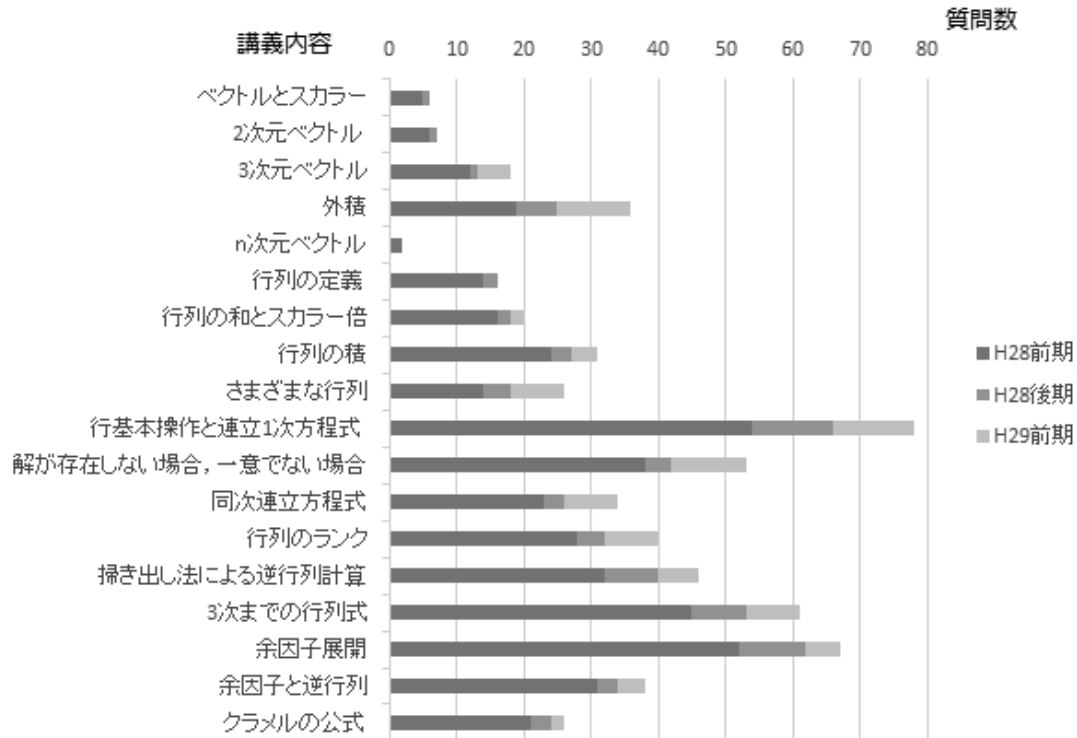


図1 アカデミックアドバイザーに対する講義内容別の質問数

- 平成28年度は semester制だったため前期に1年生全員が線形代数学を履修し、後期に再履修が行われていたが、平成29年度はクォーター制の導入により、前期は基礎学力を有する学生（基礎数学演習を履修する必要のない学生）だけの履修だったため、年度や前後期で質問数に大きな差が生じている。

図1を見ると分かるように、前半のベクトルでは「外積」で、中盤の行列では「行基本操作と連立1次方程式」で、後半の行列式では「余因子展開」で学生が躓いている。そこで、これら3つの内容を事前学習の内容として選ぶこととした。なお、「余因子展開」については、躓きの見られる「3次までの行列式」の復習も含んだ内容とし、実際の講義で理解不足が感じられた「行列の積」を追加した。事前学習を行う講義回については表1をご覧ください。

## 2 事前学習の実施

### 2.1 動画の作成

事前学習用の動画については、画面をプレゼンテーションソフト「PowerPoint」（マイクロソフト社）で、説明文を音声ソフト「かんたん！ AI-Talk3」（株式会社エーアイ）で作成し、これらを画面録画ソフト「B's 動画レコーダー2」（ソースネクスト株式会社）により合成してMP4ファイルとして完成させた。図2が実際の画面の一例であるが、PowerPointの特徴であるアニメーションを利用し、どの部分を見ればよいのかなど、実際の講義の板書と同じようにリアルタイムで画面が展開するように工夫した。

また、視聴時間は「外積」8分31秒、「行列の積」4分40秒、「行基本操作と連立1次方程式」10分20秒、「余因子展開」11分29秒となっており、パソコンやスマートフォンに動画をダウンロードした後は、再生ソフトの機能で一時停止や巻き戻しなども行えるので、いつでもどこでもちょっとした時間を見つけて学習できる。各動画の構成については、簡単に表2にまとめる。

## 2.2 対象

平成29年度開講の線形代数学において、試験導入としてプレースメントテストで基礎力不足と思われた学生が履修する1クラス（28名、3Qにて実施）で事前学習を実施し、その後に本格導入として2Qに履修したが不可もしくは未修となり再履修が必要となった学生が履修する2クラス（10名、4Qにて実施）で実施した。なお、4Q実施の再履修クラスに、学生の手続きミスで初履修の学生が数名紛れてしまったため、

**例)** 
$$\begin{cases} x+y+z=1 \\ x+2y+2z=3 \\ x+3y+5z=1 \end{cases}$$

**【解】** 
$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 5 & 1 \end{array} \right) \xrightarrow[\text{③-①}]{\text{②-①}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 4 & 0 \end{array} \right)$$

$$\xrightarrow{\text{③-②} \times 2} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -4 \end{array} \right) \xrightarrow{\text{③} \div 2} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{array} \right)$$

**例)** 
$$\begin{cases} x+y+z=1 \\ x+2y+2z=3 \\ x+3y+5z=1 \end{cases}$$

POINT: 左下から順に0にし、次に右上を0にする。

**【解】** 
$$\left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 5 & 1 \end{array} \right) \xrightarrow[\text{③-①}]{\text{②-①}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 4 & 0 \end{array} \right)$$

$$\xrightarrow{\text{③-②} \times 2} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -4 \end{array} \right) \xrightarrow{\text{③} \div 2} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{array} \right)$$

$$\xrightarrow[\text{②-③}]{\text{①-③}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{array} \right) \xrightarrow{\text{①-②}} \left( \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{array} \right) \therefore \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 4 \\ -2 \end{pmatrix}$$

図2 事前課題動画の一画面  
左図から右図のようにアニメーションで式が展開される。

表2 事前学習動画の内容および構成

取り扱い内容	動画の構成
外積	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 3次元ベクトルおよび和とスカラー倍、大きさ、内積を説明</li> <li>② 外積の成分表示を提示</li> <li>③ 計算方法を説明</li> <li>④ 具体例を提示して計算方法を確認</li> <li>⑤ 外積が持つ性質を説明</li> </ul>
行列の積	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 行列の積の計算方法を説明</li> <li>② 具体例を提示して計算方法を確認</li> <li>③ 計算の出来ない具体例を提示</li> </ul>
行基本操作と連立1次方程式	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 連立方程式と行列との対応を説明</li> <li>② 行基本変形を説明</li> <li>③ 連立方程式の解法と行基本変形との対応を説明</li> <li>④ 具体例を提示して計算方法を確認</li> </ul>
余因子展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 2次および3次正方行列の計算方法を復習</li> <li>② 余因子を説明</li> <li>③ 余因子展開の計算方法を説明</li> <li>④ 3次正方行列で具体例を提示して計算方法を確認</li> <li>⑤ 4次正方行列で具体例を提示して計算方法を確認</li> <li>⑥ 具体例にて計算を簡単にするための手法を説明</li> </ul>

調査対象からは除外したことを報告する。また、履修体系の変更で単純比較はできないが、平成28年度の再履修の2クラス（41名、後期にて実施）を比較対象として用いる。

### 2.3 実施方法

動画については、共有フォルダに保存しておき、事前課題を与える際に、対象となるフォルダのリンク先を学生にポータルサイト経由で通知し、動画をダウンロードしてパソコンやスマートフォンで視聴できるようにした。なお、復習のときにも活用できるように、課題実施後もフォルダにアクセスできるようにした。

事前課題による効果を計るため、図3に示す演習課題とアンケートを課題前の講義時に配布し、動画視聴直後に実施してもらうことにした。なお、表3に示すように、事前学習導入前から各回の内容確認のために演習課題を課している。また、事前学習導入前は、講義内容のまとめりごとに演習課題を課して理解度の確認を促していた。したがって、事前学習導入による学生の負担は大きく変わらないと考える。

そして、該当回の最初に演習課題の解答例を配布し、相互採点および相互確認をしてもらってから、通常通りの講義を行った。講義の終わりには、簡単な演習問題に取り組んでもらいつつ（表3に示すように、平成28年度以前も実施）、配布済みのアンケートの後半にある事前学習の効果を検証する質問に回答してもらい、事前学習課題およびアンケートを提出してもらった。提出された課題については表3に示すように、試験試行となる3Qの基礎力不足クラスでは無記名で任意提出として成績評価に含めず、4Qの再履修クラスでは記名で任意提出として成績評価に含む形とした。



図3 事前課題プリントの一例  
左図が演習問題、右図がアンケートで、学生には両面印刷にて配布

表3 課題の実施について

	事前学習課題の提出	事前学習課題実施の確認	毎回の事後課題	事後まとめ課題
H28 後期 再履修	実施無し	実施無し	○	○
H29 3Q 基礎力不足	無記名・評価外	自己申請（試験時にアンケート）	○	×
H29 4Q 再履修	記名・評価に含む	課題の提出により確認	○	×

### 3 効果の検証

提出されたアンケートや達成度確認試験（中間試験，期末試験）の結果をもとに，今回実施した事前学習の効果を検証する。

まず，講義全体としての成績評価の分布割合は図4となっており，平成28年度後期，平成29年度3Q，平成29年度4Qと低得点者が減り，全体の平均が上がっていることが分かる。さらに，図5に示す事前学習の実施率と合わせて見ると事前学習の効果が出ていると思われる。なお，実施率については，表3で示した事前学習課題を評価に含める（4Q）か含めない（3Q）かに大きく影響を受けていると考える。

次に，表4のように項目別に細かく見る。表3に示したように，平成28年度は事前学習を実施していないクラスであり，平成29年度の3Qは事前学習の実施は任意として，自己申請によって実施を確認しており，平成29年度の4Qは記名式で課題を提出してもらい評価対象としている。対象人数の差はあるが，事前学習の実施によって，各内容で低得点への裾野の拡がりが小さくなっていることが確認されることから，事前学習について効果があったと推測される。

また，表5では，再履修となる4Qの履修者10名について，単位が取れなかった2Qとの達成度確認試験との比較を行った。試験については各担当教員に任せられているので単純比較はできないが（シラバスは共通になっており，達成度確認試験で扱われる内容は共通である），事前学習が基礎知識の定着に役立っていると思われる。

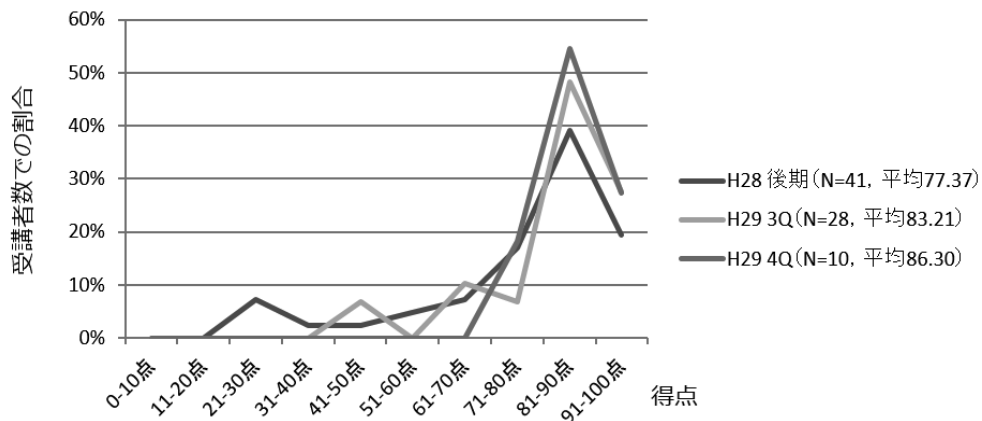
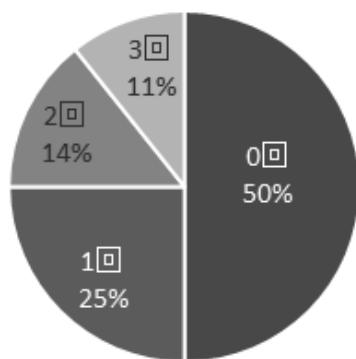


図4 達成度確認試験における得点  
人数差が大きいのので，割合による比較を行った。得点は中間試験50点，期末試験50点で扱っている。

事前学習の実施回数(H29 3Q)



事前学習の実施回数(H29 4Q)

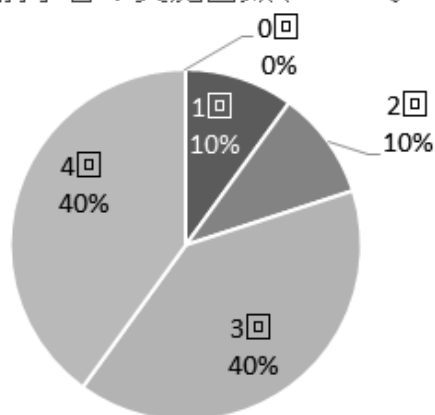


図5 事前学習の実施回数

平成28年度は実施していない。平成29年度3Qでは「行列の積」を実施していないので全3回である。

表4 試験における事前学習内容の得点分布（事前学習実施による効果）

- 受講者全体には事前課題実施者を含んでいる。また、年度およびクォーターで人数が異なるので、データバーは年度およびクォーターごとで最大値を揃えている。

外積	H28	H29 3Q		H29 4Q	
		受講者全体	事前課題実施者	受講者全体	事前課題実施者
0	6	2	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	3	1	0	0	0
3	3	4	0	1	1
4	4	2	1	0	0
5	24	19	10	9	8

行列の積	H28	H29 3Q		H29 4Q	
		受講者全体	事前課題実施者	受講者全体	事前課題実施者
0	3	1	-	0	0
1	0	0	-	0	0
2	1	1	-	0	0
3	0	0	-	0	0
4	0	0	-	0	0
5	2	2	-	0	0
6	0	0	-	0	0
7	0	0	-	0	0
8	2	5	-	0	0
9	1	3	-	0	0
10	32	16	-	10	10

連立方程式	H28	H29 3Q		H29 4Q	
		受講者全体	事前課題実施者	受講者全体	事前課題実施者
0-5	1	1	0	0	0
6-10	0	1	0	0	0
11-15	1	1	0	0	0
16-20	1	1	0	0	0
21-25	4	4	0	1	0
26-30	8	7	1	3	2
30-35	26	13	5	6	5

行列式	H28	H29 3Q		H29 4Q	
		受講者全体	事前課題実施者	受講者全体	事前課題実施者
0-5	0	0	0	0	0
6-10	0	0	0	0	0
11-15	0	0	0	0	0
16-20	1	0	0	0	0
21-25	1	0	0	0	0
26-30	6	3	1	2	1
30-35	10	4	0	0	0
36-40	18	20	6	8	7

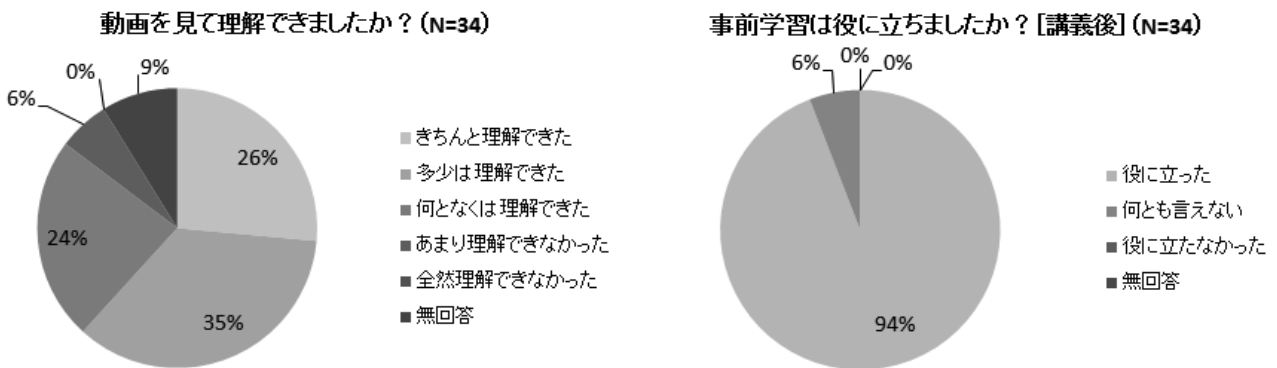
成績の他に、理解度や役立ち度をアンケートにより確認したところ図6のような結果を得た。内容によっては分かりづらいところもあったようだが、講義内容について分からないところが事前に分かったことで、講義での学習に役立ったことが伺える。この他、動画による学習で良かった点については、「自分のペースで学習ができる」、「事前に授業の内容が把握できる」、「内容が分かりやすかった」などの意見が多く得られた。一方で、「例題がもっとほしい」、「直ぐに質問できない」、「進み方が早い」など問題点や改善点も少なからず出てきているので、動画そのものの改善や利用方法の解説などの工夫を行う必要があると考える。



表5 再履修者の得点の伸び

	4Q 成績		2Q 成績		得点差	
	中間	期末	中間	期末	中間	期末
学生 1	100	99	40	40	60	59
学生 2	78	80	60	20	18	60
学生 3	86	74	64	20	22	54
学生 4	99	81	60	48	39	33
学生 5	92	97	56	28	36	69
学生 6	100	76	—	—	—	—
学生 7	94	70	68	12	26	58
学生 8	81	92	—	—	—	—
学生 9	87	55	5	10	82	45
学生 10	100	98	—	—	—	—

※ 一部の先生からは試験結果の報告を受けることができなかったため「—」と表記した。



動画による学習について (N=45)  
※無回答可・複数回答可

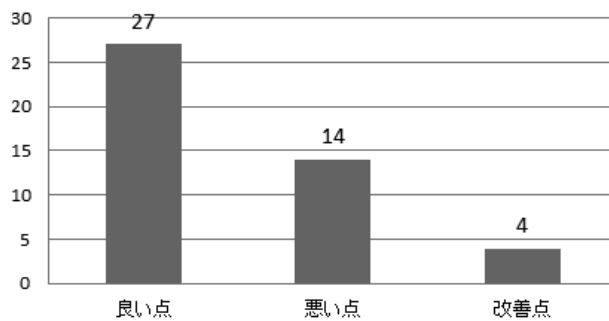


図6 事前課題の理解度・役立ち度・満足度  
平成 29 年度 3Q および 4Q で実施したアンケートを合わせて集計した結果である。

## むすびに

事前学習により、講義内容を確認してから講義に望むことで、講義内での理解に役立つことは明らかであるが、ただ単に事前学習と言っても学生が反応しないことは皆さんも経験済みのことと考える。そこで、本研究では線形代数学を対象として、学生が躓く内容に焦点を当て、1つの手法として動画を利用した事前学習を実施し、その効果の検証を行った。パソコンやスマートフォンの普及により、動画がいつでもどこでも視聴できるようになったこと、短めの動画にすれば繰り返し見てもらえることなど、学生の意見として聞いたことは、今回の事前学習の有効性を示していると考ええる。

そして、学修習慣がなく基礎力が足りないと思われる再履修者を主な対象として実施したが、事前学習による学修改善として、基礎の定着、さらに学力の向上につながったと考えられる。また、講義形式の動画だけでなく、躓きの原因と思われる内容に絞った動画で十分に効果があったと思われる。講義形式の動画であれば作成が大きな負担となるが、今回のようにパソコン上で気軽に編集できる動画であれば作成の負担も軽減されることになるので、学修改善・教育改善の一つの方法として導入しやすいのではと期待する。

今回は導入段階であったが、学生から寄せられた問題点を基に分かりやすい動画への改善を行うこと、他の科目でも実施できるように動画を作成していくこと、更なる実施データの蓄積による効果的な事前学習を模索していくことなど、継続的に教育改善を行っていきたい。

## 引用・参考文献

- 埜雅典 (2014), 「反転授業について—山梨大学での取り組みを中心に—」, JABEE 一日工教共催反転授業に関するワークショップ, <https://jabee.org/doc/3866.pdf>
- 金西計英, 高橋暁子, 戸川聡 (2017), 「反転授業における学習デザインの影響についての分析」, 教育システム情報学会第42回全国大会講演論文集, 167-168.
- 高橋暁子 (2015), 「徳島大学 反転授業支援サイト」, <http://uls01.ulc.tokushima-u.ac.jp/info/Flipped/pre/index.html>
- 高橋亮治, 佐藤康, 尾國新一, 前原常弘, 小原敬士, 座古保, 森寛志 (2017), 「反転授業の実施方法と事例集」, 愛媛大学理学部反転授業ワーキンググループ, [http://www.sci.ehime-u.ac.jp/EL\\_HP/files/2017-flip-class-manual.pdf](http://www.sci.ehime-u.ac.jp/EL_HP/files/2017-flip-class-manual.pdf)
- 高木正則, 関口直紀, 河合直樹, 木村寛明 (2013), 「数学リメディアル教育における重点指導学生抽出手法の提案と評価」, 情報教育シンポジウム2013論文集, 63-68.
- 吉富賢太郎 (2017), 「大学専門基礎数学における反転学習用動画教材の開発とLMSの活用」, 教育システム情報学会第42回全国大会講演論文集, 221-222.
- 永井敏隆, 永井敦 (2008), 理工系の数理 線形代数, 裳華房.