

工学部物理学系講義における反転授業の実践

The practice of the flip teaching in physics lectures in the faculty of engineering

水野 貴敏*, 宮田 成紀**, 黒田 潔*

Takatoshi Mizuno*, Seiki Miyata** and Kiyoshi Kuroda*

*玉川大学工学部エンジニアリングデザイン工学科, **情報通信工学科,

194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

*Department of Engineering Design, and **Department of Information and Communication Technology,
College of Engineering, Tamagawa University,
6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

Abstract

The flip teaching has been practiced in physics lectures in the faculty of engineering since 2016. Students who take the class, has prepared for taking lectures by viewing video lessons, beforehand. As a result of trial and error, the video lesson viewing has been checked by a preliminarily imposed homework and the understanding of the lecture has been confirmed by a short test. The flip teaching was evaluated as a good lesson by about 50% to 75 % of the students who took it, but was judged the opposite evaluation by about 20 % to 30% of the students. Moreover, about 50% to 60% of the students have considered that the flip teaching can deepen their understanding of the lectures. About 20% to 30% of the students, however, have seemed that the usual teaching is better for understanding of the lectures.

Keywords: physics education, flip teaching, video lesson

1. はじめに

1999年6月にドイツのケルンで開催された第25回主要国首脳会議、いわゆる、ケルンサミットでは、21世紀に向けた教育政策が議論され、ケルン憲章が発表された¹⁾。このケルンサミット等を契機として、世界各国で「知識基盤社会化」を念頭においた教育改革が進展した²⁾。

日本でも、中央教育審議会（以下、中教審）が2005年1月にまとめた「我が国の高等教育の将来像（答申）」の中で、「教養教育や総合教育等の総合的な充実」が早急に取り組むべき重点施策の一つに挙げられた³⁾。同じく中教審が2008年12月にまとめた「学士課程教育の構築に向けて（答申）」の中では、大学に期待される取組として「一方的に知識・技能を教え込むのではなく、豊かな人間

性や課題探究能力等の育成に配慮した教育課程を編成実施する」ことや「双方向型の学習や少人数指導を推進する」こと、「教育研究上の目的等に即して情報通信技術を積極的に取り入れ、教育方法の改善を図る」ことなどが挙げられ^{4),5)}、学士課程教育の改善に向けて動き出した。

さらに、2012年8月に中教審が発表した「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）」において、「教員と学生が意思疎通を図りつつ、（中略）、学生が主体的に問題を発見し解を見出していく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要である」との提言がなされ⁶⁾、各大学で能動的学修（アクティブ・ラーニング）の導入に向けて動き始めた。その結

果、2015年には523の大学で「能動的学修（アクティブ・ラーニング）を効果的にカリキュラムに組み込むための検討」が行われている⁷⁾。

文部科学省が能動的学修（アクティブ・ラーニング）の導入を推進している理由の一つとして、日本の大学生の学修時間の短さがある。大学の卒業要件は、「学期中の一日当たりの総学修時間は8時間程度であることが想定」されているが、日本の学生の学修時間は「その約半分の一日4.6時間」にとどまっている⁴⁾。そのため、能動的学修（アクティブ・ラーニング）を実践する中で、「学生には事前学習・授業受講・事後展開を通じて主体的な学修に要する総学修時間の確保が不可欠である」とされている⁴⁾。

本学工学部の学生も例外ではなく、自学自習を十分に実施していない学生は少なからずいる。その一因として、高等学校までのような学習指導要領に基づいた科目とは異なり、大学の科目には、各々の授業に準拠した問題集などがなく何を学修すればよいのかわからないことがあるように思われた。

そこで、物理研究室では、工学部で展開する科目「物理学入門」（以下、『物理学入門』）、科目「物理学Ⅰ」（以下、『物理学Ⅰ』）、科目「物理学Ⅱ」（以下、『物理学Ⅱ』）の3科目において、2012年度より授業内容に準拠した問題集の整備を進め、各々の授業において配布してきた。さらに授業中に実施する小テストや中間試験、定期試験などは問題集に掲載された問題をそのまま、もしくはアレンジして出題することを公表し、問題集に取り組むメリットを強調して、問題集を活用した自学自習を促してきた。この問題集の導入による自学自習の促進は、一定の成果はあったものの、あくまで限定的であり、問題集に取り組む学生が受講学生の多数を占めるまでには至っていない。

このように、授業時間外の学修時間の確保は、本学工学部の物理学系講義における大命題の一つとして挙げられる。その解の一つとして、アク

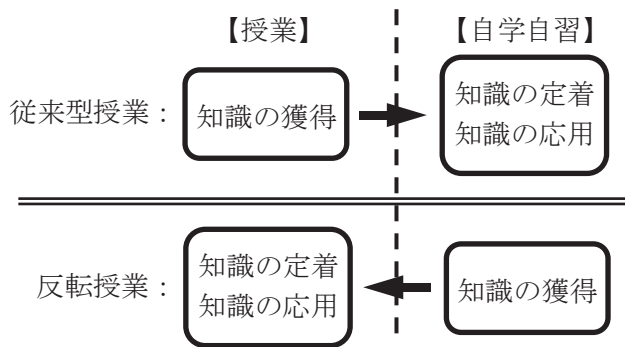


図1 従来型授業と反転授業

ティブ・ラーニングの導入を検討し、2014年12月に開催された「分野別教育におけるアクティブ・ラーニング事例研究・対話集会」や、2015年12月に開催された「分野連携によるアクティブ・ラーニング対話集会」（共に私学情報協会主催）に参加するなどしてその具体的な方法を模索してきた。そして、2016年2月に本学で開催された「大学教育力研修」の基調講演「反転授業を組み込んだアクティブ・ラーニング」（演者：山梨大学・森澤正之教授）の聴講を契機として反転授業の導入を試みることになった。

図1に示すように、授業時間に知識の獲得を行い、授業時間外に知識の定着・応用を図る授業形式が従来型授業である。一方、授業時間と授業時間外の実施内容を反転させて、授業時間外に知識の獲得を行い、授業時間に知識の定着・応用を図る授業形式を反転授業という。

本稿では本学工学部で開講している『物理学Ⅰ』および『物理学Ⅱ』において実施した反転授業について報告し、授業後のアンケート等を通じて反転授業の成果について検討していく。

2. 2016年度春学期『物理学Ⅱ』

反転授業を最初に導入する科目として電磁気学の初歩を扱う『物理学Ⅱ』を選定した。その理由は以下のとおりである。『物理学Ⅱ』では、電磁場をはじめ不可視な物理量や現象を多く取り扱う。そこで、可視化するために図を多用して説明する。したがって、『物理学Ⅱ』は板書よりス

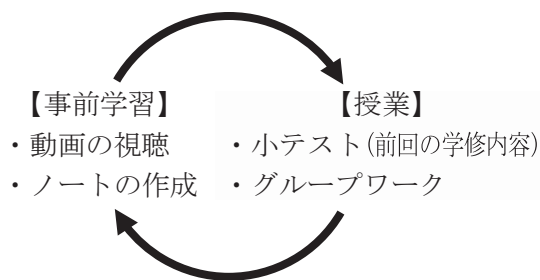


図2 授業の流れ
(2016年度春学期『物理学Ⅱ』)

ライドを用いた説明に比較的適していると考えられたためである。

2016年度春学期の『物理学Ⅱ』の授業の流れを図2に示す。今回は、準備期間が短かったこともあり、従来型授業の授業と自学自習の役割を入れ替えることだけを念頭に授業を組み立てた。もちろん、学生の事前学修への取り組みが不十分になるという懸念はあったが、このときは、事前学修用の動画資料（以下、事前学修資料）を視聴することと、事前学修資料を視聴しながらノートを作成することを口頭で促すだけに留めた。中間試験および定期試験とは別に、事前学修と授業を通して学修した内容の定着を確認するため、次の回の授業の冒頭に小テストを実施した。試験時間は、1回につき10分から15分程度とした。

また、各回の事前学修の実施状況を確認するために、毎回、小テストの後に「事前学修に費やした時間」と「事前学修時にノートを作成したか否か」についてのアンケートを実施した。加えて、15回目の授業のときに「反転授業は良かったか否か」、「反転授業の良かった点」、「反転授業の不満だった点」、「反転授業により理解は深まったか否か」、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まると思うか」などについての総合的なアンケートも実施した。これらのアンケートを実施する際には、予め、アンケート結果を成績評価には含まない旨を説明した。

授業では、通常の教室で小テスト等を行った後、物理実験室に移動して3名から4名のグループに分けて着席させた。毎回3テーマから5テーマ

程度の課題を出題し、事前学修で学んだ知識を基に、出題された課題にグループで取り組んで解答を導き、その解答をグループ毎にホワイトボードに記して、それを教員が講評するという形式で授業を進めた。グループワークの内容は出来る限り問題演習のような形式にせず、「～について説明せよ」や「～について示せ」というように事前学修の内容を基に、何か考える形式になるように出題した。

2016年春学期に開講した『物理学Ⅱ』は機械情報システム学科2年生2クラス（必修科目・受講学生47名）とエンジニアリングデザイン学科2年生1クラス（選択科目・受講学生13名）であった。機械情報システム学科2年生2クラスは、専任教員1名と非常勤教員1名がそれぞれ1クラスずつ担当し、エンジニアリングデザイン学科2年生1クラスは、前述と同一の専任教員が1名で担当した。これら3クラスとも同じ内容で反転授業を進めた。

図3に各回の事前学修資料の再生時間、事前学修資料を視聴した学生の割合およびノートを作成した学生の割合を示す。事前学修資料を視聴した学生の割合とノートを作成した学生の割合は、各回に実施したアンケートによる自己申告である。

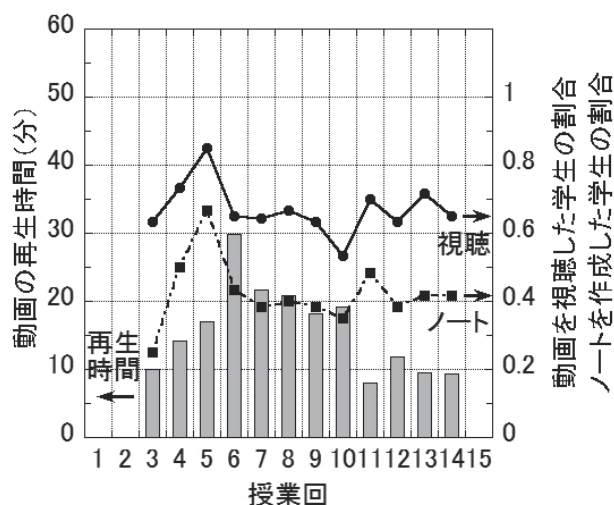


図3 動画再生時間と事前学習の状況の変遷
(2016年度春学期『物理学Ⅱ』)

表1 アンケート結果
(2016 年度春学期『物理学Ⅱ』)

I. 反転授業を受講した感想は？

選択肢	選択した割合
良かった	40.4%
どちらかという良かった	36.8%
どちらとも言えない	15.8%
どちらかという良くなかった	5.3%
良くなかった	1.8%

II. 反転授業の良かった点は？（複数回答可）

選択肢	選択した割合
自分のペースで事前学修が出来た	28.3%
自分のペースで復習が出来た	24.6%
何度でも視聴できて事前学修がし易かった	19.3%
何度でも視聴できて復習がし易かった	14.0%
グループ学修が楽しかった	36.8%
学修内容の理解がより深まった	42.1%
特になし	5.3%
その他（自由記述）	8.8%

III. 反転授業の不満な点は？（複数回答可）

選択肢	選択した割合
事前学修をしなければならなかった	19.3%
事前学修の時間の確保が難しかった	43.9%
グループ学修が苦手だった	17.5%
グループ学修の時間が無駄だと感じた	7.0%
問題演習が少なかった	17.5%
学修内容が余計に理解しにくかった	8.8%
特になし	19.3%
その他（自由記述）	10.5%

IV. 反転授業により理解が深まったか？

選択肢	選択した割合
深まった	33.3%
どちらかという深まった	43.9%
どちらとも言えない	15.8%
どちらかという深まらなかった	3.5%
深まらなかった	3.5%

V. どちらがより理解が深まるか？

選択肢	選択した割合
反転授業	28.1%
どちらかという反転授業	38.6%
どちらとも言えない	14.0%
どちらかという従来型授業	14.0%
従来型授業	5.3%

事前学修資料は、Microsoft PowerPointと音声読み上げソフトを用いて自製した。再生時間が5分から10分程度の動画を1回の授業につき2本から4本程度作成して授業用のイントラネット（以下、Blackboard@Tamagawa）に掲出した。各回の事前学修資料の再生時間は、合計で8分から30分の間で推移し、3回から14回までの総再生時間は190分程度となった。これらの事前学修資料を視聴した学生の割合は、53%から85%の間で推移し、その平均は67%であった。一方、事前学修資料を視聴した上でノートを作成した学生の割合は、25%から67%の間で推移し、その平均は42%で

あった。事前学修資料を視聴しただけでその内容を覚えることができるのであればよいが、そのような学生が多くいるとは思えない。つまり、事前学修を全うした学生とは、ノートを作成した学生であると言えるだろう。したがって、今回、事前学修を全うした学生は、平均で42%程度であったと考えられる。

表1に15回目の授業で実施したアンケート結果をまとめた。アンケートの有効回答数は57件であった。まず、「反転授業の感想」という質問に対する回答は、「良かった」と「どちらかという良かった」を合わせて77.2%となり、概ね好評であったと言える。次に、「反転授業の良かった点」として、「学修内容の理解がより深まった」を挙げた学生が42.1%と最も多く、次いで「グループワークが楽しかった」を挙げた学生が36.8%となり、反転授業のメリットが発揮されたと思われる回答が得られた。

一方、「反転授業の不満な点」として、「事前学修の時間確保が難しかった」と答えた学生が43.9%と最も多かった。続いて、「事前学修をしなければならなかった」と事前学修に対する不満を挙げる学生が19.3%もいた。また、「グループワークが苦手」と答えた学生と、「問題演習が少なかった」と答えた学生が共に17.5%であり、グループワークの実施自体もしくは実施方法について検討していく必要があると感じた。加えて、自由記述の多くは、事前学修をしてこなかった学生に対する不満が述べられており、事前学修の実施を促す方法を検討することも急務であることがわかった。

「反転授業により理解が深まったか」という質問に「深まった」もしくは「どちらかという深まった」と答えた学生が全体の77.2%であったのに対して、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まるか」という問いに、「反転授業」もしくは「どちらかという反転授業」を選んだ学生は全体の66.7%であった。つまり、「反転授業」

により理解が深まったと感じた学生の中にも「反転授業」の方がより理解が深まると考えなかった学生が10%程度いたことがわかる。また、「従来型授業」の方がより理解が深まると感じた（「どちらかというに従来型授業」を含む）学生は19.3%であった。

2016年度秋学期の『物理学Ⅱ』でも同様の内容で反転授業を実施し、アンケート等も実施したが、受講学生数が17名と少なかったため、本稿では結果を割愛する。

3. 2017年度春学期『物理学Ⅱ』

2017年度春学期の『物理学Ⅱ』の授業の流れを図4に示す。反転授業を継続実施するにあたり、準備不足だった事前学修資料の改訂、事前学修の実施を促進する方法の検討、グループワークの内容の変更を行った。事前学修資料は説明不十分な箇所を補い、総再生時間が150分程度増えた。

事前学修資料を視聴することと、事前学修資料を視聴しながらノートを作成することを口頭で促すとともに、事前学修を促進するために、小テストと並行して事前学修用のテスト（以下、事前学修テスト）を実施することにした。小テストは、各回の事前学修と授業を通して学修した内容の定着を確認するためのテストであり、事前学修テストは事前学修を実施してきたか否かを確認するためのテストである。小テストと事前学修テストは同時に配布し、合わせて20分から30分程度の試験時間の間に両方のテストに解答させるという形式で実施した。

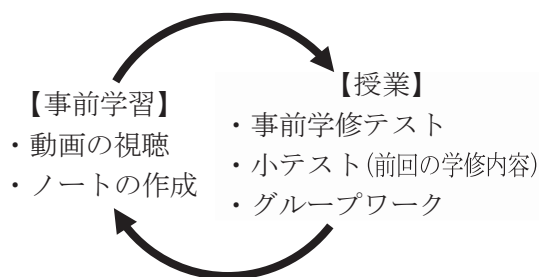


図4 授業の流れ
(2017年度春学期『物理学Ⅱ』)

2016年度春学期の『物理学Ⅱ』のときと同様に、毎回、小テストと事前学修テストの後に「事前学修に費やした時間」と「事前学修時にノートを作成したか否か」についてのアンケートを、15回目の授業のときに「反転授業は良かったか否か」、「反転授業の良かった点」、「反転授業の不満だった点」、「反転授業により理解は深まったか否か」、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まると思うか」などについての総合的なアンケートを実施した。また、これらのアンケートを実施する際には、予め、アンケート結果を成績評価には含まない旨を説明した。

各回の授業では、2016年度春学期の『物理学Ⅱ』のときと同様に、通常の教室で小テスト・事前学修テスト等を行った後、物理実験室に移動して3名から4名のグループに分けて着席させ、課題に取り組むグループワークを行い、グループ毎に課題の解答をホワイトボードに記し、それを教員が講評するという形式で実施した。ただし、グループワークの課題は、問題演習の形式を多く取り入れ、グループワークの内容が次回的小テストに極力、反映されるように考慮した。

2017年春学期に開講した『物理学Ⅱ』は機械情報システム学科2年生1クラス（選択科目・受講学生20名）とエンジニアリングデザイン学科2年

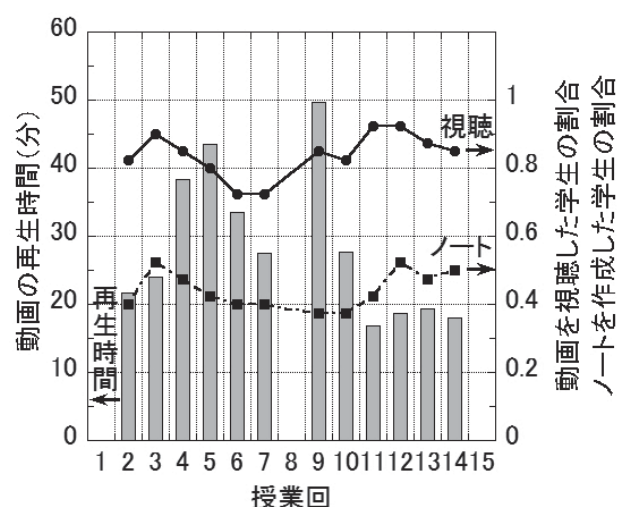


図5 動画再生時間と事前学習の状況の変遷
(2017年度春学期『物理学Ⅱ』)

生1クラス(選択科目・受講学生20名)であった。これらの2クラスを、それぞれ同一の専任教員1名で担当した。これら2クラスは同一の内容で反転授業を実施した。

図5に各回の事前学修資料の再生時間、事前学修資料を視聴した学生の割合およびノートを作成した学生の割合を示す。事前学修資料を視聴した学生の割合とノートを作成した学生の割合は、各回に実施したアンケートによる自己申告である。

事前学修資料は、今回も同様のツールを用いて改訂した。再生時間が5分から15分程度の動画を1回の授業につき2本から4本程度作成し、Blackboard@Tamagawaに掲載した。各回の事前学修資料の再生時間は、合計で17分から30分の間で推移し、2回から14回まで(8回は中間試験のため事前学修は実施せず)の総再生時間は340分程度となった。これらの事前学修資料を視聴した学生の割合は72.5%から92.5%の間で推移し、その平均は84%であった。一方、事前学修資料を視聴した上でノートを作成した学生の割合は37.5%から52.5%の間で推移し、その平均は44%であった。事前学修資料を視聴した上でノートを作成してきた学生が、事前学修を全うした学生だと考えると、その割合は全体の44%程度だということになり、2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べてあまり変化が見られないことがわかる。

表2に15回目の授業で実施したアンケート結果をまとめた。アンケートの有効回答数は38件であった。まず、「反転授業の感想」という質問に対する回答は、「良かった」と「どちらかという」と良かった」を合わせて55.3%となり、2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べると、21.9%減少した。逆に、「どちらかという」と良くなかった」と「良くなかった」のいずれかを選んだ学生は18.4%となり、2016年春学期『物理学Ⅱ』のときと比べて11.4%増加した。次に、「反転授業の良かった点」として、「自分のペースで事前学修が出

表2 アンケート結果
(2017年度春学期『物理学Ⅱ』)

I. 反転授業を受講した感想は？

選択肢	選択した割合
良かった	28.9%
どちらかという」と良かった	26.3%
どちらとも言えない	26.3%
どちらかという」と良くなかった	13.2%
良くなかった	5.3%

II. 反転授業の良かった点は？(複数回答可)

選択肢	選択した割合
自分のペースで事前学修が出来た	39.5%
自分のペースで復習が出来た	26.3%
何度でも視聴できて事前学修がし易かった	21.1%
何度でも視聴できて復習がし易かった	13.2%
グループ学修が楽しかった	21.1%
学修内容の理解がより深まった	34.2%
特になし	10.5%
その他(自由記述)	5.3%

III. 反転授業の不満な点は？(複数回答可)

選択肢	選択した割合
事前学修をしなければならなかった	28.9%
事前学修の時間の確保が難しかった	26.3%
学修に費やさなければならぬ時間が増えた	5.3%
グループ学修が苦手だった	28.9%
グループ学修の時間が無駄だと感じた	10.5%
学修内容が余計に理解しにくかった	13.2%
特になし	26.3%
その他(自由記述)	7.9%

IV. 反転授業により理解が深まったか？

選択肢	選択した割合
深まった	28.9%
どちらかという」と深まった	36.8%
どちらとも言えない	26.3%
どちらかという」と深まらなかった	5.3%
深まらなかった	2.6%

V. どちらがより理解が深まると思うか？

選択肢	選択した割合
反転授業	15.8%
どちらかという」と反転授業	36.8%
どちらとも言えない	18.4%
どちらかという」と従来型授業	10.5%
従来型授業	18.4%

来た」と答えた学生が39.5%と最も多く、次いで「学修内容の理解が深まった」と答えた学生が34.2%で続いた。理解が深まったと答えた学生は、2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べて7.9%減少した。

逆に、「反転授業の不満な点」として、「事前学修をしなければならなかった」と事前学修に対する不満を挙げる学生と、「グループワークが苦手」とグループワークに対する不満を挙げる学生が最も多く28.9%であった。7.9%の学生が回答した自由記述のほぼ全てで、グループワークの内容と成果が、自分以外の学生の事前学修の実施状況に

左右されることに対する不満が述べられており、事前学修の実施を促す方法を早急に再検討する必要があると感じられた。なお、2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと「不満な点」の選択肢を一つ変更した。問題演習の形式が中心のグループワークの課題に変更したので、「問題演習が少ない」という項目を削除し、代わりに「学修に費やさなければならない時間が増えた」という項目を追加した。この項目を選ぶ学生はいないだろうと思っていたが、5.3%の学生が選択しており、非常に残念な結果となった。

「反転授業により理解が深まったか」という質問に「深まった」と「どちらかというと深まった」と答えた学生が全体の65.8%であったのに対して、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まるか」という問いに「反転授業」もしくは「どちらかという反転授業」を選んだ学生は全体の52.6%であった。すなわち、「反転授業」により理解が深まったと感じた学生の中にも「反転授業」の方がより理解が深まると考えなかった学生が13%程度いることがわかる。これは2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと同様の傾向である。また、2016年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べて、「反転授業により理解が深まった」と感じた学生は11.4%減少し、「従来型授業と比べて反転授業の方がより理解が深まる」と感じた学生は13.9%減少した。加えて、「従来型授業」の方がより理解が深まると感じた（「どちらかという従来型授業」を含む）学生は28.9%と、9.5%増加した。

この半期前の2016年度秋学期の『物理学Ⅰ』の後半6回でも同様の内容で初めて反転授業を実施したが、アンケートを実施しなかったため、本稿では詳細を割愛する。また、2017年度秋学期の『物理学Ⅱ』でも同様の内容で反転授業を実施し、こちらはアンケートも実施したが、受講学生数が8名と少なかったため、やはり本稿では詳細な報告を割愛する。

4. 2017年度秋学期『物理学Ⅰ』

2017年度秋学期以降も『物理学Ⅱ』では反転授業を継続して実施している。しかし、エンジニアリングデザイン学科2年生1クラスだけの開講となり、受講学生数が20名以下であるため、詳細な報告は割愛し、2017年度秋学期以降は、『物理学Ⅰ』で展開した反転授業の結果について報告していく。

『物理学Ⅰ』で反転授業を実施した理由としては主に二つが挙げられる。一つは、『物理学Ⅱ』で実施したアンケートの中で、『物理学Ⅰ』も反転授業にしてほしいという声が上がっていたことであり、もう一つは、従来型授業では問題演習が不足しがちであったことである。『物理学Ⅰ』で扱う内容は、『物理学入門』と同様にニュートン力学の基本的な部分であるが、『物理学入門』と異なり、微分方程式を取り扱うなど、(工学部の学生にとっては大学教養レベルではあるが) 数学的に少し高度な内容が含まれる。そこで、授業の内容に沿って自学自習により問題演習ができるように、「物理学Ⅰ問題集」を作成して配布しているが、学生があまり取り組んでいないという実情が背景にある。そこで、問題演習に取り組む時間を確保することが『物理学Ⅰ』で反転授業を実施した狙いの一つである。

2017年秋学期に開講した『物理学Ⅰ』は情報通信工学科1年生1クラス(選択科目・受講学生22名)とエンジニアリングデザイン学科1年生1クラス(選択科目・受講学生21名)であった。これらの2クラスを、2名の専任教員がそれぞれ1ク

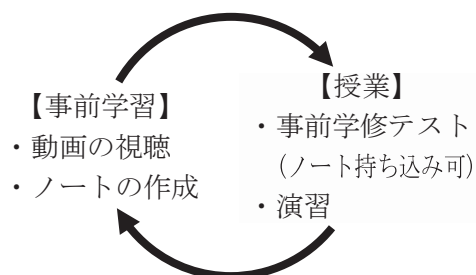


図6 授業の流れ
(2017年度秋学期『物理学Ⅰ』)

ラスずつ担当した。これら2クラスは同一の内容で反転授業を実施した。

2017年度秋学期の『物理学Ⅰ』の授業の流れを図6に示す。『物理学Ⅰ』で反転授業を実施するにあたり、『物理学Ⅱ』で実施した経験を活かし、進め方を検討した。特に、過去2年間で思うように促進できなかった学生の事前学修への取り組みの改善を第一目標として検討を行った。担当する専任教員2名で実施内容を検討する中で、「1回の授業で小テストと事前学修テストの両方を実施すると、学生にとって過負荷であること、また、学生が予習と復習を同時に行う中で少なからず混乱を招くこと」などが懸念されるという意見が上がった。そこで、今回は事前学修の実施の促進に重点を置くため、前回の学修内容の定着を確認する小テストを実施せず、事前学修の実施の有無を確認する事前学修テストのみを実施することにした。また、ノートの作成の実施を促進するために、指定のA4用紙に事前に学修してきた内容を手書きしたノートのみを、事前学修テスト受験時に持ち込み可とした上で、事前学修資料を視聴することと、事前学修資料を視聴しながらノートを作成することを口頭で促した。事前学修テストの試験時間は1回につき10分から15分程度とした。

これまでと同様に、毎回、事前学修テストの後に「事前学修に費やした時間」と「事前学修時にノートを作成したか否か」についてのアンケートを実施した。一方、「反転授業は良かったか否か」、「反転授業の良かった点」、「反転授業の不満だった点」、「反転授業により理解は深まったか否か」、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まると思うか」などについての総合的なアンケートの実施については失念してしまい、今回は実施しなかった。また、アンケートを実施する際には、予め、アンケート結果を成績評価には含まない旨を説明した。

『物理学Ⅱ』とは異なり、各回の授業中に出題

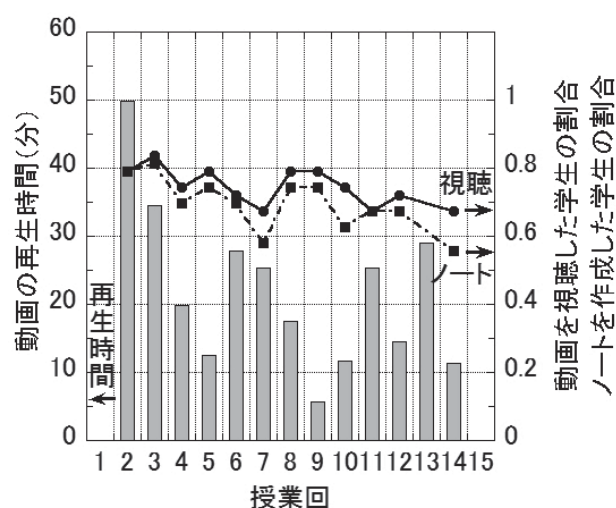


図7 動画再生時間と事前学習の状況の変遷
(2017年度秋学期『物理学Ⅰ』)

した課題は、全て問題演習の形式とした。ただし、通常の教室で事前学修テスト等を実施した後、物理実験室に移動して3名から4名のグループに分けて着席させて問題演習に取り組ませた。授業の後半で1グループを指名し、問題の解答をホワイトボードに記させ、それを教員が講評するという形式で実施した。ただし、問題演習形式であったためか、一人で黙々と取り組む学生が多く、グループ内で話し合ったり教え合ったりする姿があまり見られなかった。そこで、小テスト後に教室を移動せず、小テストのときの座席のままで、問題演習に取り組ませ、問題演習中は席を自由に移動して教え合ってよいという形式を試みたりしたがあまり改善が見られなかった。

図7に各回の事前学修資料の再生時間、事前学修資料を視聴した学生の割合およびノートを作成した学生の割合を示す。事前学修資料を視聴した学生の割合とノートを作成した学生の割合は、各回に実施したアンケートによる自己申告である。今回、13回目の授業時に実施したアンケート結果を誤って破棄してしまったため、13回目の「動画を視聴した学生の割合」と「ノートを作成した学生の割合」のデータが欠落している。

事前学修資料は、『物理学Ⅱ』の事前学修資料と同様のツールを用いて自製した。再生時間が5

分から15分程度の動画を1回の授業につき2本から4本程度作成し、Blackboard@Tamagawaに掲載した。各回の事前学習資料の再生時間は、合計で5分から50分の間で推移し、2回から14回までの総再生時間は285分程度となった。これらの事前学修資料を視聴した学生の割合は67.4%から87.3%の間で推移し、その平均は74.6%であった。また、事前学修資料を視聴した上でノートを作成した学生の割合は55.8%から81.4%の間で推移し、その平均は69.4%であった。事前学修資料を視聴した上でノートを作成してきた学生が、事前学修を全うした学生だと考えると、その割合は全体の69%程度であり、過去2年間の『物理学Ⅱ』のときと比べて1.5倍程度増加し、事前学修に対する取り組み方が改善されたことがわかる。

15回目の総合的なアンケートを実施しなかったため、学生が反転授業をどう感じたのか、理解が深まったと感じたのか否か等はわからないが、授業中に感じたこととして、小テストを実施しなかったことの弊害が二つあったように思われる。一つは、学生の授業内容の定着の度合いが確認できなかったことであり、もう一つは、各回の授業で実施した問題演習に対する学生の取り組みが回を追うごとにとおざなりになっていったように思われたことである。事前学修の促進には成功した一方で、授業中の問題演習ならびに授業後の復習が不十分となってしまったのであれば、『物理学Ⅰ』で反転授業を実施した狙いの一つが達成できていないことになる。このように、事前学修の実施の促進と授業内容の定着の促進の二つを同

時に達成する方法を検討することが今後の課題として残された。

5. 2018年度秋学期『物理学Ⅰ』

図8に、2018年度秋学期の『物理学Ⅰ』の授業の流れを示す。2017年度秋学期の『物理学Ⅰ』のときの反省に基づいて、事前学修の実施の促進と授業内容の定着の促進の二つを同時に達成する方法を検討した結果、事前学修の実施については課題で確認し、授業内容の定着についてはテストで確認することにした。

事前学修用の課題（以下、事前学修課題）は、事前学修資料を視聴して、そこで説明された用語や数式などを穴埋めする形式で出題した。事前学修課題をそのような形式にしたのは、穴埋めされた事前学修課題がノート代わりとなることを期待してのことである。また、事前学修課題の提出の締め切りを、原則、授業の2日前とした。これには、学生が予習をするタイミングと復習をするタイミングをずらす、事前学修課題を採点して授業時に返却することで授業中の問題演習時にノート代わりに参照できるようにするという二つの意図があった。一方で、授業を受ける際はノートを作成するという習慣は守るべきであると考え、事前学修資料を視聴する際にはノートを作成するように口頭で促した。

また、前回の授業内容の定着を確認するための小テストは各回の授業の冒頭で実施し、その試験時間は1回につき10分から20分程度とした。

2018年秋学期に開講した『物理学Ⅰ』は情報通信工学科1年生1クラス（選択科目・受講学生28名）とエンジニアリングデザイン学科1年生1クラス（選択科目・受講学生27名）であった。これらのクラスを、2名の専任教員がそれぞれ1クラスずつ担当した。これら2クラスは同一の内容で反転授業を実施した。

授業中の進め方は、原則、2017年度秋学期の『物理学Ⅰ』と同様であった。すなわち、まず、通常

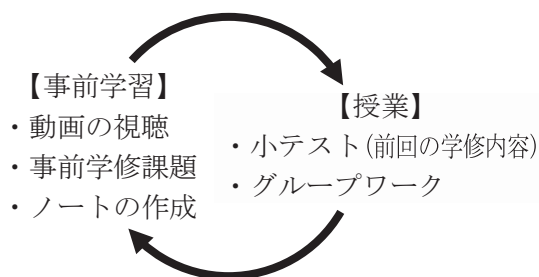


図8 授業の流れ
(2018年度秋学期『物理学Ⅰ』)

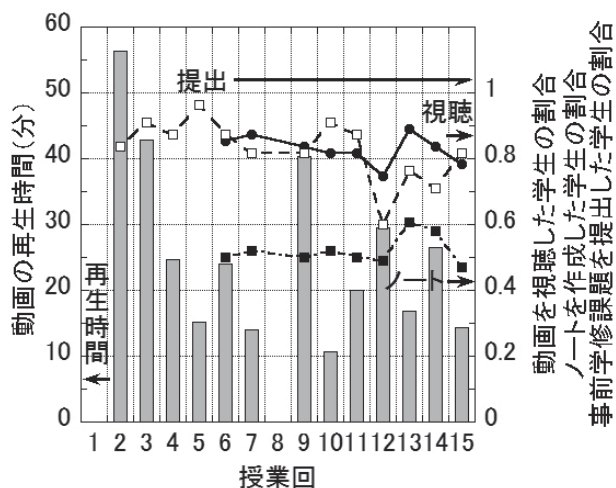


図9 動画再生時間と事前学習の状況の変遷
(2018年度秋学期『物理学Ⅰ』)

の教室で小テスト等を実施し、小テスト後は、3名から4名のグループに分けて問題演習を実施したり、小テストのときの座席のままで問題演習を開始し、問題演習中に席を自由に移動して教え合うことを許可したりした。そして、授業の後半で1グループを指名し、問題の解答をホワイトボードに記させ、それを教員が講評するという形式で授業を進めた。

今までと同様に、毎回、小テストの後に「事前学修に費やした時間」と「事前学修時にノートを作成したか否か」についてのアンケートを実施した。ただし、2回目から5回目までの計4回分については、アンケートの実施を失念してしまったため、アンケート結果が欠落している。また、定期試験のときに、「反転授業は良かったか否か」、「反転授業の良かった点」、「反転授業の不満だった点」、「反転授業により理解は深まったか否か」、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まると思うか」などについての総合的なアンケートを実施した。これらのアンケートを実施する際には、予め、アンケート結果を成績評価には含まない旨を説明した。

図9に各回の事前学修資料の再生時間、事前学修資料を視聴した学生の割合およびノートを作成した学生の割合を示す。事前学修資料を視聴し

表3 アンケート結果
(2018年度秋学期『物理学Ⅰ』)

I. 反転授業を受講した感想は？

選択肢	選択した割合
良かった	32.1%
どちらかという良かった	41.5%
どちらとも言えない	11.3%
どちらかという良くなかった	13.2%
良くなかった	1.9%

II. 反転授業の良かった点は？（複数回答可）

選択肢	選択した割合
自分のペースで事前学修が出来た	60.4%
自分のペースで復習が出来た	24.5%
何度でも視聴できて事前学修がし易かった	30.2%
何度でも視聴ができて復習がし易かった	28.3%
演習が十分にできた	17.0%
学修内容の理解がより深まった	20.8%
特になし	9.4%
その他（自由記述）	5.7%

III. 反転授業の不満な点は？（複数回答可）

選択肢	選択した割合
事前学修をしなければならなかった	15.1%
事前学修の時間の確保が難しかった	24.5%
学修に費やさなければならぬ時間が増えた	15.1%
演習の時間が無駄だと感じた	11.3%
学修内容が余計に理解しにくかった	11.3%
特になし	37.7%
その他（自由記述）	3.8%

IV. 反転授業により理解が深まったか？

選択肢	選択した割合
深まった	15.1%
どちらかという深まった	52.8%
どちらとも言えない	20.8%
どちらかという深まらなかった	9.4%
深まらなかった	1.9%

V. どちらがより理解が深まると思うか？

選択肢	選択した割合
反転授業	18.9%
どちらかという反転授業	32.1%
どちらとも言えない	28.3%
どちらかという従来型授業	17.0%
従来型授業	3.8%

VI. 事前学修課題の感想は？

選択肢	選択した割合
良かった	35.8%
どちらかという良かった	43.4%
どちらとも言えない	15.1%
どちらかという良くなかった	3.8%
良くなかった	1.9%

た学生の割合とノートを作成した学生の割合は、各回の冒頭実施したアンケートによる自己申告である。また、各回の事前学修課題を提出した学生の割合も図9に合わせて示した。

事前学修資料は、今回も同様のツールを用いて改訂した。再生時間が5分から15分程度の動画を1回の授業につき2本から6本程度作成してBlackboard@Tamagawaに掲出した。各回の事前学

修資料の再生時間は、合計で11分から56分の間で推移し、2回から15回まで（8回は中間試験のため事前学修は実施せず）の総再生時間は335分程度となった。これらの事前学修資料を視聴した学生の割合は74.5%から89.1%の間で推移し、その平均は82.8%であった。また、事前学修資料を視聴した上でノートを作成した学生の割合は47.1%から60.8%の間で推移し、その平均は52.1%であった。事前学修資料を視聴した上でノートを作成してきた学生が、事前学修を全うした学生だと考えると、その割合は全体の52%程度であり、2017年度秋学期『物理学Ⅰ』のときと比べて17%も減少したことになる。一方、事前学修課題を提出した学生の割合は60.0%から96.4%の間で推移し、その平均は82.8%であった。事前学修課題に取り組んだ学生が、事前学修課題を全うした学生だと考えると、その割合は83%程度であり、2017年度秋学期『物理学Ⅰ』のときと比べて14%増加したことになる。このことから、事前学修課題は、事前学修時のノート作成を阻害したが、事前学修に対する取り組みの改善には効果があったと考えられる。

表3に定期試験のときに実施したアンケート結果をまとめた。アンケートの有効回答数は53件であった。まず、「反転授業の感想」という質問に対する回答は、「良かった」と「どちらかというと良かった」を合わせて73.6%となり、2017年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べて18.3%増加し、大幅に回復した。一方で、「良かった」を選択した学生の割合は32.1%に留まり、これは今まで一番低い結果となった。次に、「反転授業の良かった点」として、「自分のペースで事前学修が出来た」と答えた学生の割合が60.4%と最も多く、次いで「何度でも視聴できて事前学修がし易かった」と答えた学生の割合が30.2%で続いた。「学修内容の理解が深まった」と答えた学生の割合は20.8%に留まり、これも残念ながら今まで一番低い結果となった。

逆に、「反転授業の不満な点」として、「特にな

し」と答えた学生の割合が37.7%と最も多く、次いで、「事前学修の時間の確保が難しかった」を選んだ学生の割合が24.5%で続いた。また、「学修に費やさなければならない時間が増えた」という項目を選択した学生が15.1%もあり、学修させられることに不満を持っている学生が少なからずいることを表している。しかも、2017年度春学期『物理学Ⅱ』のときと比べてほぼ3倍に増加していることは非常に残念な結果である。

「反転授業により理解が深まったか」という質問には、「深まった」と「どちらかというと深まった」と答えた学生が全体の67.9%であるのに対して、「反転授業と従来型授業のどちらがより理解が深まるか」という問いに、「反転授業」もしくは「どちらかというと反転授業」を選んだ学生の割合は50.9%であった。これは「反転授業」により理解が深まったと感じた学生の中にも「反転授業」の方がより理解が深まると考えなかった学生が17%程度いることを示している。これまでと同様の傾向であるが、その割合はやや増加している。また、「反転授業により理解が深まったか」という質問に「深まった」と答えた学生の割合は15.1%であり、今まで最も低い結果となった。逆に、「従来型授業」の方がより理解が深まると感じた（「どちらかというと従来型授業」を含む）学生の割合は20.8%であった。

最後に、「事前学修課題の感想」として「良かった」と「どちらかというと良かった」を選んだ学生の割合は、合わせて79.2%であり、事前学修課題については概ね好評だったと言える。

6. まとめ

2016年春学期から2018年秋学期までの間に物理研究室で取り組んできた『物理学Ⅱ』および『物理学Ⅰ』における反転授業の実施内容とアンケートの結果をまとめた。

反転授業を実施する際は、学生の復習の管理に加えて、学生の事前学修の管理も同時にする必要

がある。今回、事前学修には課題を課し、復習には小テストを課すことでそれらの管理に一定の成果が得られたように思われる。ただし、この成果が必然の結果なのか偶然の産物なのかは、同じ取り組みを数回繰り返してみなければ判断が難しい。

反転授業を受講した学生の反応は、好意的に受け止めた学生が50%から75%程度であり、逆に不満を感じた学生が10%から20%であった。不満である理由として、事前学修の実施自体や事前学修の時間確保の難しさなどが挙げられた。また、反転授業と従来型授業の比較においては、反転授業の方がより理解が深まると考える学生が50%から65%程度いる一方で、従来型授業の方がより理解が深まると考える学生も20%から30%程度いることがわかった。どのような形式の授業を実施しても不満を感じる学生は少なからずいるものであり、それは反転授業、延いてはアクティブ・ラーニングでも例外ではないということである。特に、今まで受講した経験が少ないアクティブ・ラーニングの場合、新しい授業形式に対する拒否反応が強く生じても不思議ではない。したがって、アクティブ・ラーニングを推進していくのであれば、その授業形式に対する学生の理解を深めていくことも必要であると考えられる。

最後に「学修に費やさなければならない時間が増えた」ことに不満を感じた学生がいたことは、非常に残念である。このような学生は、どのような手法を用いても学修をさせられていると感じるのではないだろうか。もし、そうなのであれば、このような学生はどのようなアクティブ・ラーニングを実施しても能動的に学ぶことはないではないか。それとも、このような学生さえも能動的に学修するようなアクティブ・ラーニングの方法があるのだろうか。「能動的に学ぶか学ばないかは、方法に依らず、学生個々の心がけ次第」という当たり前の結論が、アクティブ・ラーニングの終着点ではないことを祈りつつ、今後も反転授業

のより良い方法を模索しながら継続していきたいと思う。

参考文献

- 1) 文部省：平成11年度 我が国の文教施策一進む「教育改革」一、第1篇第1部第4章(1999).
- 2) 中央教育審議会：我が国の高等教育の将来像（答申）、はじめに（2005）.
- 3) 中央教育審議会：我が国の高等教育の将来像（答申）、第5章第1節（2005）.
- 4) 中央教育審議会：学士課程教育の構築に向けて（答申）、第2章第2節の1（2008）.
- 5) 中央教育審議会：学士課程教育の構築に向けて（答申）、第2章第2節の3（2008）.
- 6) 中央教育審議会：新たな未来を築くための大学教育の質点転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）、4（2012）.
- 7) 文部科学省：平成27年度の大学における教育内容等の改革状況について（概要）、（2017）.

2019年2月28日原稿受付、2019年3月15日採録決定
Received, February 28, 2019; accepted, March 15, 2019