

大学での数学学習における反転授業の導入に関する一考察

花木 良

(奈良教育大学 数学教育講座 (幾何学))

西仲則博

(奈良教育大学附属中学校)

伊藤直治・近藤 裕・舟橋友香

(奈良教育大学 数学教育講座)

吉井貴寿

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

A case study of the use of flipped classroom model in a college-level mathematics classroom

Ryo HANAKI (Department of Mathematics Education, Nara University of Education)

Norihiro NISHINAKA (Nara University of Education Junior High School)

Naoharu ITO, Yutaka KONDO, and Yuka FUNAHASHI

(Department of Mathematics Education, Nara University of Education)

Takatoshi YOSHII (Center for Education of Science and Mathematics, Nara University of Education)

要旨:近年、ブロードバンドの普及により、大容量のデータ通信が可能になっている。それを生かした授業として「反転授業」が提案されている。「反転授業」では、家で授業の動画を事前に視聴し、応用問題等を学校で行うという授業形態である。これにより、理解が深まったり、問題演習を家で行い授業中に学生に発表させることから問題解決能力が高まったり説明する力がついたりすることが期待される。本研究では、大学2年生の数学教育専修必修授業「図形と位相」において反転授業を行った結果を述べる。

キーワード: 反転授業 flipped classroom

数学の授業 mathematics classroom

数学的活動 mathematical activities

1. はじめに

近年、ブロードバンドの普及により、大容量のデータ通信が可能になっている。それを生かした授業として「反転授業」が提案されている。「反転授業」では、家で授業の動画を事前に視聴し、応用問題等を学校で行うという授業形態である。これにより、理解が深まったり、問題演習を家で行い授業中に学生に発表させることから問題解決能力が高まったり説明する力がついたりすることが期待されている。本稿では、大学2年生の数学教育専修必修授業「図形と位相」において反転授業を行い、反転授業を通じた新しい学びを考察する。

2. 反転授業とは

反転授業 (Flipped Classroom) とは、講義を授業

前に視聴し、講義では問題演習、プロジェクト学習や個別学習を行う授業形態を呼ぶ。バーグマンとサムズが始めた教育方法であり、始めは「Reverse Instruction」ともいわれていた。日本語「反転授業」は、2011年に東京大学の山内祐平氏がブログ記事で意識として使用したことが始まりとされている。更に、バーグマンとサムズが作成した動画をネット上にアップしたことにより、世界中の教師や生徒がその動画を通して学習することが可能となった。

反転授業は、オンラインと対面を組み合わせたブレンド型学習の一形態とみなすことができる。二つの類型 (完全習得学習型・高次能力学習型) に分けられる。完全習得学習型とは全員が一定基準以上理解を目指す方法であり、高次能力学習型とは高次能力 (問題解決等の活動において分析・統合・評価する力) の習得を目指す方法である。

3. 数学の学びの特質

数学の学習は問題が解けることが目的ではなく、数学の概念やその価値を知ることが大切である。数学を理解する上では、与えられた問題を解くだけでなく、その問題を発展させたり仮定を変えて考察したり出てきた解や式をよんだりすることが重要である。また、近年は数学的活動（生徒が目的意識をもって主体的に取り組む数学にかかわりのある様々な営み）の充実が学校教育において求められている。それゆえ、数学においては、どの問題も課題探究的に捉え、学習することが望まれる。

数学は公理系から演繹的推論を用いて築かれている（図1）。そのため、数学の体系的な理解を会得することも重要である。彌永昌吉は、幾何には次の4つの段階があり、この順に小中高大で教えるとよいと提案している。

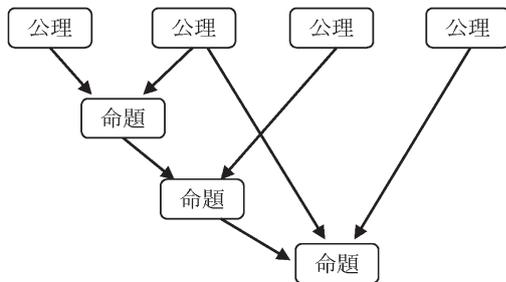


図1 数学の体系

① 直観的・経験的段階

三角形をいくつか書いて内角の和を計算したら 180° であるので、三角形の内角の和は 180° であると結論づけるような段階である。

② 局所的論証の段階（ターレスの段階）

三角形の内角の和は 180° であることを平行線の錯角が等しいことを用いて証明する段階である。

③ 体系的論証の段階（ユークリッドの段階）

三角形の内角の和は 180° であることを平行線の錯角が等しいことを用いて証明し、平行線の錯角が等しいことは平行線の公理から導かれることを知っている段階である。ここで、公理を当然成り立つと認められるものと認識している。

④ 公理的段階（ヒルベルトの段階）

公理に対する理解が体系的論証の段階とは異なり、公理は数学の体系を作り出す一つの仮設に過ぎず他にもさまざまな数学が存在しうると認識している段階である。

現行の学習指導要領では、高等学校においても体系的論証の段階に触れられていないのが現状である。したがって、公理という大前提から数学が体系づけられていると意識している学生が少ない。そこで、体系的理解を促す必要がある。

数学ではインタラクティブなゼミやセミナーが重要であり、研究の場でも重要視されている。そこでは、発表者自身が理解を深めたり、聞いている側の助言や疑問から数学が発展したりよりよい証明に洗練されたりする。

本研究では、上述の問題意識に基づき、反転授業という手法を取り入れることで、学生同士によるインタラクティブな議論を通じた個の理解の深化や数学が洗練されるプロセスの表出を目指す

4. 反転授業の実践方法

4.1. 授業科目と内容

大学2年生の数学教育専修必修授業「図形と位相」で反転授業を行うための動画を撮影し、反転授業を行った。また、反転授業に合うように説明と演習をバランスよく配置したテキストの作成も行った。授業内容は、集合と命題、距離空間、連続写像、オイラーの多面体公式、閉曲面の分類定理である。授業内でできるだけセルフコンテインドとなるように配慮をした。公理から体系を作ることに配慮し、集合と命題では対偶ともとの命題が恒真命題であることや背理法による証明の正当性の証明も行った。

4.2. 授業科目と内容

本研究では、学生の受講モデルとして、表1のようなものを考えた。反転授業は、従来の授業の講義の部分をビデオにして、学生が予習をし、授業ではその学んだことを基にした授業を行うのが一般的である。本研究では、動画視聴で与えられた問題を授業で学生が発表するという形態にした。問題を解くだけでなく説明することを大切に、次の点の育成をねらった。

- ・学生が説明を考える中で、何がわかっていて、何がわかっていないかを明確に自覚すること
- ・自分なりの解決を数学の言葉を使って再表現することの大切さや難しさを知ること
- ・他の受講者や教員からのフィードバックを基に更に問題について深めたり、広めたりすることができることを実感すること

そのため、授業全体を演習の時間とした。なお、学生が解く問題はこちらから指定せず、解きたい問題を授業が始まるまでに板書して表明する形とした。

表1 学習の流れ

	学生の行動	内容
授業前	動画視聴	定義や定理とその証明、問題の提示等
動画視聴後	問題に取り組む	問題を解き、説明できるようにする
授業	問題の説明	問題について受講者の前で説明する

授業	説明に対する応答	受講者からの説明に対する疑問や質問等
授業後	授業の復習	問題や授業で学習したことについて復習

4.3. 授業科目と内容

動画は、机の上に授業プリントやノート、幾何学における具体物等を置き、書いたり話したりしながら手を映す形で撮影した(図2, 3)。半期の授業全体を7回分の動画にまとめ、毎回およそ1時間になった。

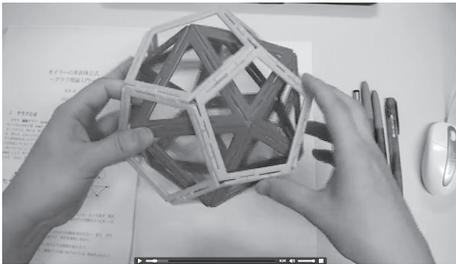


図2 多面体を用いて説明する

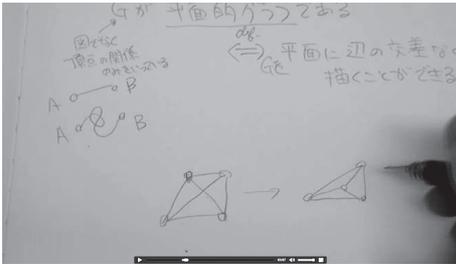


図3 ノートを映して説明する

4.4. 動画の加工と設置

動画は「Any Video Converter」のフリー版を用いて圧縮し(図4)、大学のVODサーバーに置いた。VODサーバーにあるため、ストリーミング再生が可能である。そこに対して、e-learning上からリンクを貼った(図5)。Any Video Converterの設定としては、出力形式を「mp4」、画面サイズを「720×480」、動画エンコーダを「x264」、ビットレートを「2000」、フレームレートを「25」とした。細かい文字もあるため、画質を落として大幅な容量カットをすることはできなかった。そのため、1時間で1GB程度の容量を取ってしまった。今後、動画の圧縮技術が向上することが望まれる。



図4 動画を圧縮する

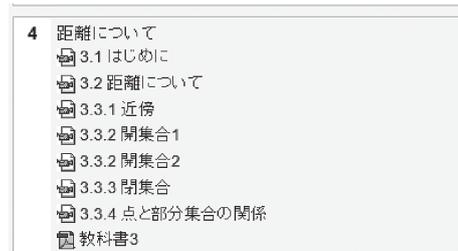


図5 e-ラーニング画面

5. 反転授業による結果

5.1. 学生アンケート調査

最後の講義に参加した27名がアンケートに回答し、結果は以下であった。

「どれくらいの動画を見たか」という設問では、平均61.5%であり、4名が100%視聴を行ったと回答した。

「最もよく動画をみるのに使ったものは何か」という設問に対しては、18名が大学のPC、6名が自宅のPC、3名がスマートフォンと回答した。

「動画をみる環境は充分であったか」という設問(複数回答可)に対しては、10名が「ケータイの通信量が増加してしまう」、11名が「大学のPCが使いたいときに使えない」、8名が「自宅のネット環境がよくない」、4名がその他を回答した。

「授業で解答を聞く前に自力で取り組んだ問題はどれくらいか」に対しては、100%はおらず、80%が1名のみ、60%が9名、40%が12名、20%が5名であった。

プリントをみて理解ができれば動画を必ずしも見る必要はないが、視聴率はよいとはいえない。こちらの想定と異なり、大学のPCの率がとても高かった。自由記述には、「自宅でPCを開くことが面倒である」というものもあり、自宅でPCを使って学習する習慣があまりないことがわかった。自力で取り組んだ問題がかなり低く、基本的な問題の充実が必要であるといえる。

自由記述の反転授業のメリットには、「いつでも何度でも見直せること」「発表するので、理解度が深まる」「予習するきっかけになる」「自分たちで意見を出し合って考えることができた」という意見があった。本質的に、演習時間が増えたことのメリットと何度も見返せるという点である。後者は普段の授業を撮影することが大切であるともいえる。

デメリットには「学生の反応を見ながらの説明になっていない」「わからないところをその場で質問できない」「時間がかかる」「(反転授業より通常の)授業のがよい」「知識が浅はかになりやすい」「(前に出て発表する形式で課題を解答するより)レポート提出の形式のがよかった」「一方通行になってしまい、ビデオで観て理解したことが正しいか確認できない」「実

6. おわりに

際の授業で聞き取れたはずの細かい点が頭に入ってこない」などの意見（丸括弧内は著者が補った部分である）があった。昨年度の数学の授業におけるレポート提出の形式のときには解答をe-ラーニングにアップしていたため、解答を即時に見ることができた。しかし、今回の場合は、誰かが解答をしないと解答がわからないため、タイムラグが生じ、その点においても待てないという実態がわかった。学生の反応もダイレクトに見ることができない上に、手元だけを映す動画だったため、授業者の表情からの読み取りも行えないという問題があることがわかった

5. 2. 反転の授業の効用

反転授業により、演習の時間を充実させることができた。これにより、じっくりと考えてから解答することができるため、今まで以上に深く問題を考察することが可能となったといえる。

実際、講義動画の中で、丁寧に公理からの証明を説明したので、和集合に関する問題 $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$ に対して、論理和の証明を加えて解説を行う学生がいた（図6）。また、学生自らメビウスの帯を作成して考察して、授業中作成した実物を使って解説する学生がいた。

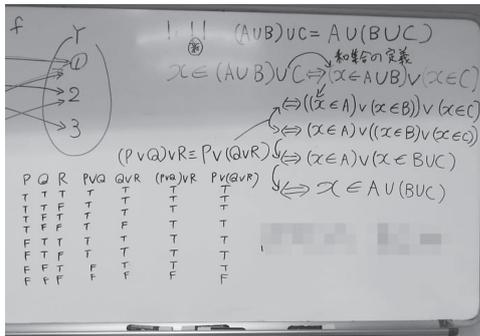


図1 数学の体系

しかし、問題を発展させたり仮定を変えて考察したりする学生はみられなかった。この点に関しては、このような経験が不足していることや基礎的な理解が乏しいことが原因として考えられる。

演習の中で、教員や他の学生による指摘から、発表者の理解が不十分であることが顕在化する場面が多くあった。このような演習という形式をとることで、プレゼンテーション能力も育成されたと言えるだろう。

反転授業という形式を用いることで、演習の時間の充実をはかることができた。これにより、これまでの講義形式とは異なる学生の学びへの積極的な関わりを引き出すことが出来た。

一方で、事前に講義動画を全く見ずに参加したいため、理解不足となった学生も確認された。昨年度までは、毎授業で課題の提出を課していたが、今年はそれを演習の問題に回したため、提出を義務付けられた課題は大きく減った形になる。それゆえ、学ぶ習慣のない学生はより理解不足につながったと考えられる。最低限の内容は宿題とする必要性も感じたが、自主性を育てることとのジレンマがある。

改善案としては、反転授業の動画の中を、基礎的な確認問題と演習問題を分けることも挙げられる。また、動画は一方通行になりがちなので、院生等を出演させ、理解が不十分であったり疑問をもったりする学生を演じる院生と対話して振り返るという改善策も考えられる。

後期の「幾何基礎」の授業では、90分の授業内で演習と講義の時間を2対1程度に切り分け、演習も講義も動画を撮影している。

今後、学生の実態に関する分析を行い、新たな授業形態を構築し、高次能力を有する次世代型の教員の養成に寄与していきたい

謝 辞

本次世代教員養成センターICT支援員の藤田慎太郎氏からは Any Video Converter 及び使い方に関するアドバイスを頂き、情報館の森本弘充氏には VOD の設定等をして頂きましたことを感謝致します。

参考文献

- (1) ジョナサン・バーグマン、アロン・サムズ著、山内祐平、大浦弘樹、上原裕美子翻訳、「反転授業」、オデッセイコミュニケーションズ、2014.
- (2) 彌永昌吉著、「数学のまなび方」、筑摩書房、2008