

## 高等学校数学科・情報科における反転授業による 指導法の検討

東京理科大学大学院・科学教育研究科 柴山 紗矢香 (Sayaka Shibayama)  
Graduate School of Mathematics and Science Education,  
Tokyo University of Science

東京理科大学・理学部・科学教育研究科 清水 克彦 (Katsuhiko Shimizu)  
College of Science,  
Graduate School of Mathematics and Science Education,  
Tokyo University of Science

### 1 はじめに

平成 25 年に全面実施された学習指導要領 [6] により、学習内容が大幅に増加し、教師たちの負担も増加した。様々な学習状況の生徒が入り混じった中、今までの指導方法・速度では満足に学習内容を教えることができず、新たな指導方法を模索している、という教師の声もあがっている [4]。

更に中央教育審議会は、アクティブ・ラーニングの必要性について説いている [8]。現在主流となっている「一斉授業」では、基礎基本を学んだ後に演習問題を行う流れとなっている。筆者は、この形態で更にアクティブ・ラーニングを取り入れることは難しいのではないかと考えた。

以上から、筆者は「効率的な教育」、「どんな生徒にも分かりやすい教育」、そして一斉授業とは別の授業形態が必要であると考え、反転授業の実践の研究を行うこととした。

### 2 反転授業の検討

反転授業とは、一般的に以下のような教育方法を指す [2]。なお、反転授業には定義が存在しない。理由として、「授業を行う教師、授業を受ける生徒のレベル等により授業構成が変わる」ということが考えられる。

『従来の教室で行われていた、説明型の講義等基本的な学習を授業前に行い、従来は宿題として出されていた、知識の定着や応用力の育成に必要な学習を授業中に行う教育方法』

## 2.1 反転授業の類型

Bergmann ら [2, p.8] をもとに、山内と大浦は反転授業を2つの類型に分けている。

**完全習得学習型** 早い段階で学習者の評価を行い、理解していない生徒に特別な処遇を与え、全員が一定基準以上の理解をすることを旨とする教育方法

**高次能力学習型** 従来の授業よりも高度な能力育成を旨とした教育方法

各々の特徴から、筆者は数学科において「完全習得学習型」、情報科において「高次能力学習型」が適切であると考えた。

## 3 数学・情報科における反転授業の実践研究

### 3.1 本実践の計画

#### 3.1.1 目的

学習指導要領 [6] には、以下の内容が書かれている。

- 情報科での学習が他の各教科・科目等の学習に役立つよう、他の各教科・科目等との連携を図ること。
- 公民科及び数学科などとの関連を図るとともに、教科の目標に即した調和のとれた指導が行われるよう留意すること。

以上から、数学科・情報科の連携が求められていることは明らかである。

数学科の内容は、日常生活との関連を生徒に伝えることが難しいことが非常に多い。特に「 $n$ 進法」では、どうして別の表現方法で数を表さなくてはならないのかという疑問が生まれる。内容も難しいことから、生徒が一番苦手とする単元のひとつである。

本実践の目的は、情報科の「数のデジタル表現」において、2進法の発展内容である「2の補数表現」について中心に指導することにより、2進法が日常生活のどこに役立っているかを実感させ、生徒同士が議論することで、発展内容である「2の補数表現」について理解を深めることにした。

#### 3.1.2 方法

##### i. 予習動画について

予習動画は、iPadにて“Explain Everything”というアプリを用いて作成した。3.2にて詳細を記載する。

##### ii. 動画配信について

動画配信方法は、実践校のサーバを用いて作成し、学校の担当者のホームページから配信した。これらは、学内外からも閲覧可能である。

### 3.2 本実践で用いる”Explain Everything”について

本実践では予習動画を用いるが、作製するアプリが必要である。本実践で使用したスクリーンキャストアプリは”Explain Everything”である。これはApp Storeにて300円程度で容易に購入可能である。以下のような特徴がある。

作成時間の短さ スライド作成・声入れが一度にできる

編集の容易さ 任意部分のみを切り取る等の編集が可能  
ペンタブレットのように描いて作製可能

挿入ファイルの多様さ Tex のような数式  
動画  
Geogebra の gif アニメーション  
Web ブラウザ (Geogebra Web スタート版も可能)

アップロード先の自由さ 専用サイトのみアップロード可能, のような縛りがない

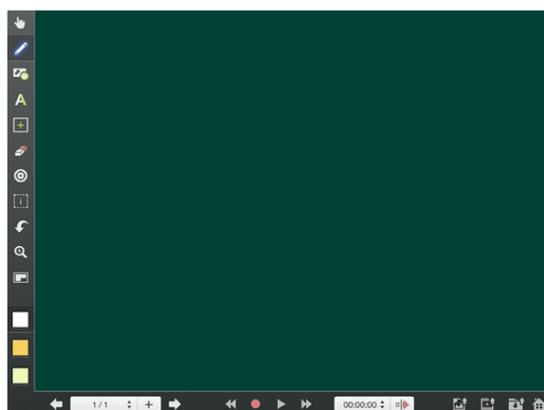


図 1: 作製画面

## 4 実践授業の概要

日時 平成 27 年 5 月 30 日 (土) (理系/1 クラス)・6 月 8 日 (月) (文系/2 クラス)

授業時間 2 コマ続きのうちの 1 コマ目 (1 コマ 50 分)

授業者 授業担当教員+実習担当教員 (TT 形式)

対象 東京都内私立女子高 第 3 学年 (96 名) 様々な能力の生徒が存在する。

### 4.1 授業の流れ

以下のような流れで実践研究を行った。

表 1: 反転授業の実践研究の流れ

時期		内容
実践授業前	-	予習動画の作成
	1週間前	予習動画公開・閲覧指示
	-	予習動画閲覧
実践授業	5分	挨拶, 課題のやり方指示
	5分~45分	課題をグループで行う
	50分	まとめ

#### 4.1.1 家庭での予習

授業の1週間前に、予習動画を閲覧するよう生徒に伝えた。作成した動画は、「数のデジタル表現(13:28)」の1本である。配信しやすいmp4形式で作成した。内容は、まず正の数による表現(数学科でも扱う)を復習したのち、負の数まで拡張するにはどうしたらよいか、といった2つの内容を扱っている。なお、ネット環境については、ほぼ全ての生徒に整っている(スマートフォン含む)ことを確認している。

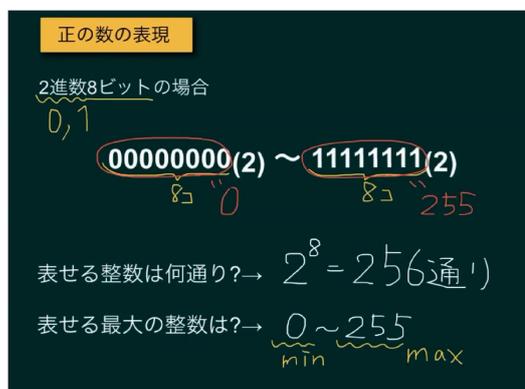


図 2: 予習動画例

#### 4.1.2 対面授業

対面授業は、最初の5分を課題説明に充て、その後45分間をグループワークの時間とした。グループワークの課題は、以下のような内容である。

- 
- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 2の補数表現の求め方を理解しよう                     | (1) $110_{(10)}$ (8ビット)               |
| 気づいたこと 班で気づいたことを記述                     | (2) $-256_{(10)}$ (最低何ビットで表せるか)       |
| 求め方 班で出た、「2の補数表現の求め方」をまとめる             | 2-2 以下の問題を工夫して解く。                     |
| 2-1 2の補数表現の計算をマスターしよう                  | (1) $01111110_{(2)} - 00000011_{(2)}$ |
| 以下の10進数を (a) 正の数の表現 (b) 2の補数表現 の2通りで表す | (2) $11110000_{(2)} - 00000010_{(2)}$ |
|  | 3 課題の感想                               |
- 

各グループ3~4人編成で行い、2~3人の教師がそれぞれのグループを見回った。

## 5 実践授業の結果

実践授業後、以下の内容の質問紙調査を行った。以下で、その結果を分析した。

表 2: 実践授業の質問内容, 結果

	内容	肯定的反応
Q1	視聴率	76%
Q2	動画の長さ	76%
Q3	動画の内容	68%
Q4	黒板/パワポ どちらのような動画がよいか	黒板/45% パワポ/45%
Q5	課題の難易度	43%
Q6	課題の量	75%
Q7	課題を班全員で取り組めたか	85%
Q8	課題を解く際に動画は役に立ったか	73%
Q9	動画とグループワークの組み合わせ	59%
Q10	グループワークを取り入れることは役に立ったか	85%
Q11	普通の授業と比べて難しかったか	56%
Q12	2の補数表現を理解できたか	70%

### 5.1 予習動画

予習動画の視聴率は約8割と、多くの生徒が閲覧した。特に理系の生徒は生徒全員が閲覧していた。この内容に関して非常に興味を持っていることが伺える。

長さについては、「適切」「やや長い」と感じる生徒が非常に多かった。[2]は、予習動画の長さは出来るだけ短いほうが良いとしており、13分という長さは生徒にとって少々長かったことが伺える。

### 5.2 対面授業

課題の難易度は、多くの生徒が難しいと感じたようである。今回扱った「2の補数表現」は、数学科では扱わない上に、情報科においても、2の補数表現の概要、求め方が教科書に載っているのみで計算までは扱わないことが大半である。このことから、生徒はやや難しめを感じたと考えられる。更に、課題の量が多いと感じた生徒も多くいた。計算量は多くはないが、1にて「2の補数表現の求め方」をグループで考えさせていることから、時間が足りなかったと考えられる。

グループでの取り組みに関しては、ほとんどの生徒が「できた」と回答している。上記にもある通りグループで考える課題を設けたことから、グループでの取り組みが活発化したことが分かる。

### 5.3 授業全体

授業中にグループワークを取り入れることについては、ほとんどの生徒が「役に立つ」と答えている。生徒のコメントとしても、「グループワークが楽しかった」と答える生徒が多かった。普段の授業で行わないような授業展開だったことが生徒には目新しく、興味を抱いたことが考えられる。また、上記にある通り「課題が難しい」と考える生徒が多かったことから、グループ全員で取り組むことで内容を理解しようという生徒の意欲が伺える。

予習動画とグループワークを組み合わせた授業形態については、「効果がある」と答えた生徒は約6割に留まり、少々低い数字となった。理由として、「高校3年生という受験を強く意識する学年であること」「情報科という、受験にはあまり関わりのない科目であること」といった2つの理由から、予習動画の必要性をあまり感じられなかったのではないかと考えられる。

次に、授業全体に関してクロス分析を行った。

#### 5.3.1 2×6, 7

2と6, 2と7についてのクロス分析の結果は表3, 表4のようになった。

表 3: 授業全体に関するクロス分析 (2×6)

Q6 \ Q2	1:短すぎる	2:やや短い	3:適切	4:やや長い	5:長すぎる
1:とても少ない	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2:やや少ない	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3:適切	0.0%	0.0%	42.3%	38.5%	11.5%
4:やや多い	0.0%	0.0%	37.0%	41.3%	65.2%
5:大変多い	0.0%	0.0%	16.7%	50.0%	29.2%

表 4: 授業全体に関するクロス分析 (2×7)

Q7 \ Q2	1:短すぎる	2:やや短い	3:適切	4:やや長い	5:長すぎる
1:全くできなかった	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%
2:あまりできなかった	0.0%	0.0%	25.0%	33.3%	41.7%
3:ややできた	0.0%	0.0%	34.1%	43.9%	12.2%
4:十分にできた	0.0%	0.0%	34.1%	43.9%	7.3%

表3, 4から、「動画を長いと感じた生徒ほど、課題の量を多く感じ、さらにグループワークを全員で取り組むことが出来た」と感じたことが分かった。上記にもある通り、課題は話し合いを必要とするものが含まれていることから、グループワークを全員取り組むことになる。話し合いが活発になればなるほど、後の計算問題を解く時間が少なくなり、課題の量を多く感じたのではないかと考えられる。

Bergmann ら [2] は、予習動画の長さは短ければ短いほど良い、としている。今回は、今までの定説とは少々異なる結果となった。理由として、以下のような点が考えられる。

- 《1》 動画を長いと感じた生徒には、予習段階で2の補数表現について完全に理解できていない生徒が多く、グループワークを通して理解しようと積極的に活動した
- 《2》 ]動画を適切と感じた生徒は、予習段階である程度2の補数表現について理解してきた。これにより、グループワークも自身がリーダーとなる等して円滑に進めることが出来た。その分、話し合いの時間が少なくなり、グループワークの効果を《1》の生徒よりもあまり感じる事ができなかった。

このような理由が推測される。しかしながら、小学生等の年齢が低い児童に対しては、動画が短い方が集中力が続きやすく、内容も理解しやすい。よって今回の結果から、「集中力が持続する高校生等を対象にした反転授業ならば、動画はある程度長いほうがグループワークが活発化しやすいのではないかと考えた。しかしながらこのままでは、グループワークが活発になることに主眼を置きすることとなり、肝心の「予習動画で基本事項を理解する」といったことがないがしろになっている。今後は、「予習動画のみで基本事項をある程度理解できる、『少々長めの』動画」及び「理解できた生徒、あまり理解できなかった生徒双方が積極的にグループワークに取り組むことの出来る課題作成」が求められる。

### 5.3.2 7, 8 × 12

7と12, 8と12についてのクロス分析は表5, 表6のようになった。表5の結果から、

表 5: 授業全体に関するクロス分析 (7 × 12)

Q12 \ Q7	1:全くできなかった	2:あまりできなかった	3:ややできた	4:十分にできた
1:全くできなかった	0.0%	33.3%	22.2%	44.4%
2:あまりできなかった	0.0%	15.8%	47.4%	36.8%
3:ややできた	3.7%	11.1%	44.4%	40.7%
4:十分にできた	0.0%	0.0%	38.5%	61.5%

表 6: 授業全体に関するクロス分析 (8 × 12)

Q12 \ Q8	1:全く役に立たなかった	2:あまり役に立たなかった	3:やや役に立った	4:非常に役に立った
1:全くできなかった	33.3%	22.2%	33.3%	11.1%
2:あまりできなかった	0.0%	31.6%	68.4%	0.0%
3:ややできた	1.9%	16.7%	53.7%	24.1%
4:十分にできた	0.0%	0.0%	46.2%	38.5%

「グループワークが活発であればあるほど、2の補数表現の理解をすることができる」ということが分かった。グループで活発に話し合うことで色々な意見が出され、様々な意見を吸収することで、2の補数表現の理解に繋がったと考えられる。

表6の結果からは、「課題を解く際に動画の内容が役に立ったと感じた生徒は、2の補数表現を理解できた」ということが分かった。

以上2つの結果は当然の結果ではあるが、「動画の内容が役に立たなかった」と感じる生徒もおり、動画の内容の改善が求められる。まず、動画の内容が役に立たなかったと感じた理由として以下が考えられる。

《1》 課題の内容が応用的であり、基本的な内容があまり含まれていなかったため

《2》 動画の重要な部分に分からなかったことから、課題を解く際に活かせなかった

《1》については、課題の冒頭に「基本事項の確認」を目的とした問題を数題設けることで、改善可能であると考えられる。

《2》は、動画を作製する際、「ここが重要ポイント」といった指示を適宜入れる必要がある。また、解決策として「授業冒頭に基本事項の確認を行う」時間を設けることが考えられるが、これは予習動画視聴という面からあまり適さない。授業冒頭に基本事項の確認を行うことで、生徒に「予習動画を閲覧せずとも授業についていける」といった考えを抱かせてしまう恐れがあるからである。予習動画を閲覧する習慣を身に付けさせるためにも、あえて基本事項の確認をしない授業展開が求められる。

## 6 まとめと今後の課題

予習動画は、以下の点を考慮して作製することが良い。

- 予習動画は短すぎず、やや長めに作る
- 重要ポイントでは、適宜口頭での指示を行う
- 基本事項をある程度理解できる内容にする

また、対面授業における課題は以下の点を考慮して作製することが良い。

- グループ全員で「考える・話し合う」問題を含めた応用課題にする
- 「考える・話し合う」問題の時間を加味し、課題作成を行う
- 基本事項の確認を目的とした問題を数題設ける

対面授業での授業構成については、机間指導を行う教師が適宜ヒントを与えることが重要である。グループワークを中心とした授業において、生徒が間違った方向に課題を進めて言った場合、修正を行わなければ間違った内容を覚えてしまう恐れがあるからである。そのためにも、今回の実践のようにTT形式で指導することが望ましい。

今回は2の補数表現にて反転授業を実践し、「予習動画が長いと感じれば感じるほどグループワークが活発になり、グループワークが活発であればあるほど2の補数表現の理解をすることができる」という結果となった。つまり、上記の点を満たした予習動画及び課題を作成し、反転授業を行うことで、学習内容の理解がより深まることが分かった。今後は、数学科の授業にて効果の検証を行いたい。

## 参考文献

- [1] Amanda J. Moore, Matthew R. Gillet, Michael D. Steele: *FOSTERING STUDENT ENGAGEMENT WITH THE FLIP*, MATHEMATICS TEACHER, Vol.107, No.6, 2014.
- [2] Jonathan Bergmann, Aaron Sams: *Flip YOUR Classroom; Reach Every Student in Every Class Every Day*, International Society for Technology in Education, 2012.
- [3] Jonathan Bergamnn, Aaron Sams(山内 祐平, 大浦弘樹 序文・監修, 上原 裕美子 訳):『反転授業-基本を宿題で学んでから, 授業で応用力を身につける』, オデッセイコミュニケーションズ, 2014.
- [4] 朝日新聞 朝刊:「教育 どの子も分かる 追求」, 2013年3月20日.
- [5] 稲垣 忠, 高松 歩未, 佐藤 靖泰:「反転授業における映像視聴ログの分析 (教師教育と授業研究/一般)」, 日本教育工学会研究報告集 14(1), pp.251-256, 2014.
- [6] 文部科学省:『高等学校学習指導要領』, 実教出版, 2009.
- [7] 田丸 恵理子 他4名:「反転授業の取り組みが対面授業場面での学生行動へ及ぼす影響」, 日本教育工学会 第30回全国大会(岐阜大学)発表論文集, pp.751-752, 2014.
- [8] 中央教育審議会「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について(諮問)」, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1353440.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1353440.htm)(2015年12月1日確認), 2014.
- [9] 埴 雅典 他3名:「反転授業における対面授業の設計と運営の重要性」, 日本教育工学会 第30回全国大会(岐阜大学)発表論文集, pp.753-754, 2014.