

## 効果的な反転授業の提案と実験による評価

梅澤 克之\*

Proposal of effective flipped classroom and evaluation by experiment

Katsuyuki UMEZAWA

### Abstract:

Flipped classrooms have recently begun to attract attention. In a flipped classroom, the roles of a classroom and homework are reversed. Specifically, the students study on their own by using digital teaching materials or e-learning prior to a school hours and apply their learning mainly in the classroom discussions. We proposed a method for an effective flipped classroom based on the log information of the self-study. Specifically, when students study by e-learning at home, we collect learning logs. We classify students into groups on the basis of their study time and degree of understanding by analyzing the learning logs. We call this proposed method as grouped flipped classroom. In this paper, we will compare grouped flipped classroom with conventional flipped classroom without grouping, and evaluating the effectiveness of grouped flipped classroom by final test results and questionnaire. Specifically, we will show that not only the effect of bottoming up for students with low understanding but also advanced classes could be conducted for students with high understanding.

**KEY WORDS :** flipped classroom, e-learning, digital textbook, active learning, self-study, log information

### 要旨:

近年、反転授業が注目され始めた。反転授業とは、授業と宿題の役割を「反転」させ、授業時間に先立ってデジタル教材等により知識習得(自習)を済ませ、教室では知識確認や問題解決学習を行う授業形態のことを指す。我々は、学生が自宅で自習を行うときに学習ログを取得し、学習時間と理解度の関係から学生を複数のグループに分類した上で教場での授業を行うグループ分け反転授業を提案し、反転授業ではない従来の講義形式の授業との比較評価を行ってきた。本研究では、グループ化反転授業と、グループ化を行わない従来の反転授業との比較評価を行い、最終的なテストの成績とアンケートにより、グループ化反転授業の有効性を評価する。具体的には、理解度の低い学生に対して底上げの効果があるだけでなく、理解度の高い学生に対しても高度な授業を行えることを示す。

**キーワード :** 反転授業, eラーニング, 電子教科書, アクティブラーニング, 自習, ログ情報

## 1. はじめに

これまでの授業は知識を習得するために学校で講義を行い、その後、理解を深めるために家でレポートや演習を行っていた。それに対して反転授業と呼ばれる新たな授業の方法が注目され始めた。図1に示すように、まず学生は、教室における対面授業に先立ってeラーニング等のデジタル教材により知識習得（以降、自習と呼ぶ）を済ませる。その後の教室での授業ではすでに知識獲得は済んでいるので、知識確認や問題解決学習などの深い議論（以降、対面授業と呼ぶ）が可能となる。さらに、その他の教室活動に授業時間を利用することができ、講師と学生の交流が促進される。このように授業と宿題の役割を「反転」させた授業形態のことを「反転授業」と呼ぶ[1][2][3]。授業外の学習の重要性は認識されており、文部科学省からも、学生が授業外学習の時間をきちんと取れるように、大学側に指導をしてきており、また、シラバスにもその時間と内容を書くように指導している。

また、筆者らは紙ベースの「コンピュータのしくみ」[23]を出版し、その本を部分的に電子教材化し、教場で実証実験・評価を行ってきた[24][25][26]。また、大学教育のための電子教材として、インタラクティブコンテンツを含む電子教科書を試作し、評価を行ってきた[27][28][29]。

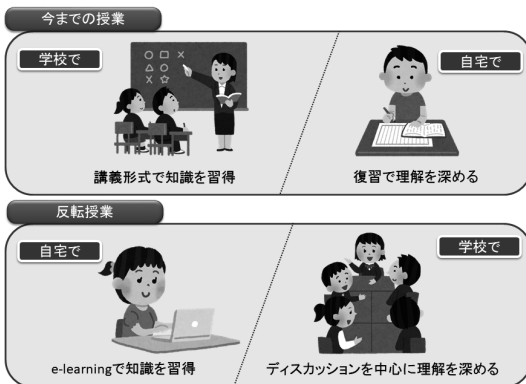


図1 反転授業の概要（[35]より引用）

また、我々は、これに引き続き電子教材の一部を用いて行う反転授業の新たな方法を提案してきた。

\*湘南工科大学 工学部 情報工学科 准教授

具体的には、反転授業の自習時のeラーニングの学習ログを取得し、自習時の理解度が高い学生のグループ、自習に時間をかけなかったために理解度が低い学生のグループ、自習に時間をかけたが理解度が低い学生のグループに分けて教場での対面授業を行う「グループ分け反転授業」を提案してきた。これにより学生の自習時における理解度別に対面授業を進めることができ、学生の理解度の向上を図ることができることを示した[31]～[37]。

本研究では、グループ分けを行わない従来の反転授業と、グループ分けを行う提案方式による反転授業を比較し、評価を行う。具体的には、理解度の低い学生に対して底上げの効果があるだけでなく、理解度の高い学生に対しても高度な授業を行えることを示す。

2章では、従来研究として、反転授業に関する狙いや効果、および、電子教材やe-learningに関する我々の従来研究について述べる。3章では、自宅でのeラーニングを用いた自習時のログの収集の技術的な方法を述べ、4章で提案方法の詳細を述べる。5章で実験の方法の詳細について述べる。具体的には、自習時のMoodleを使った学習方法、自習のコンテンツ内容、自習後の確認テストの方法について述べる。6章で実験結果を示す。7章で考察を述べ、8章で結論を示す。

## 2. 従来研究

### 2.1 反転授業

反転授業はJonathan BergmannとAaron Samsによって提唱された[1][2]。彼らは従来の講義形式の授業方法を反転させ、録画した講義ビデオを利用した反転授業を行った。彼らは教育にインターネット技術を採用した最初の教育者ではないし、“反転授業”という単語を発明したわけでもない。彼らは学習者に探求的学習を促進するために、授業を個別化する技術の導入を提唱した。従来の教育モデルでは学習する時間と場所が限られていたが、反転授業では、インターネットを使うことによって、授業の時間と空間を再定義することができた。講義ビデオをインターネットで提供することにより、学生は好きな時間に学習教材にアクセスできるようになった。BergmannとSamsは、反転授業によって、出席率を増加させ、落第率を減少させるという報告を行っている[1]。

Strayerは、学生がオンライン講義ビデオを使って自習を行い、より積極的な学習のために対面授業に

参加する必要があることを述べている[4]。Strayerは、講義ビデオを用いることが反転授業の核心ではなく、講師と学生の交流、およびより深い学習の機会が増えたことが反転授業の核心だと述べている。

また、複数の研究者(AbeysekeraとDawson[5], BishopとVerleger[6], Hwang[7]など)は、(1)対面授業時間の柔軟な利用、(2)自習時間の柔軟な利用、(3)記憶と理解を中心とした自習、(4)相互作用、問題解決、応用、分析、評価を促進することを目的とした対面授業、(5)技術(特に講義ビデオ)の利用などが、反転授業の特徴であると述べている。このように多くの研究者は、反転授業が技術を有効に活用し、教育手続きの順序を柔軟に変更することができ、より高度で深い学習を促進するものであるということに同意している。

反転授業には、構成主義と体験学習の概念が含まれている。構成主義とは、教師の知識を学習者に伝授するような従来型の教育に対して、学習者が持つそれぞれ異なる知識や概念を組み立てるような形で教育すべきであるという学習理論を指す。構成主義的な視点によれば、学習者は社会的状況において共同活動を通じて世界を理解する(WilliamsとBurden[8])。反転授業では、学生は講義ビデオや講師を介して教材を習得するだけでなく、授業への参加や同僚との交流を通じて知識を得ることもある。講義、説明、指導、議論、学生同士のフィードバックは、新しい知識の構築のための足場となる。この足場は、Vygotsky[9]が発達の最近接領域として同定したものである。

反転授業で提供される授業は、学生が状況に応じて理論的知識を適用する機会を与えるものである。講師は質問を投げかけ、ケーススタディなどの活動のシナリオを作成する。学習者は受動的に知識を受け取るのではなく、学習タスクを完了するために授業に参加し、状況を分析し、問題を解決する必要がある。学習者は、Kolb, Boyatzis, Mainemelisが行うことによって学ぶと呼んだ[10]ような経験を積み重ねるさまざまな活動に参加する。学習者は経験学習を通じて知識を養う。Diemは、経験的学習が将来のキャリアに必要なスキルの開発を促進できることを指摘している[11]。

多くの国で、反転授業が広く採用されており、学習結果を向上させることが証明されている。反転授業のアプローチを実施して成功した例は数多くある。PattenとCraigは児童リテラシー開発に関する行動研究において、iPodを使った語彙やライティングスキルが大幅に向上した例を報告している[12]。彼らは、反転授業を行う前の60%の合格率と反転授業後90%

の合格率を明らかにした。

典型的な反転授業では、講義ビデオを使って自習を行う必要がある。しかし、すべての講師がオンライン教育の講義ビデオを記録する時間と設備を持っているわけではない。いくつかの講師は部分的な反転を試し始めた。Westermannは歴史学のクラスで部分的反転を実験した[13]。Westermannは、授業に先立って、ソーシャルネットワークのウェブサイト上で学生同士あるいは学生と教師とで歴史に関する問題と質問を割り当てた。学生は自分の意見をオンラインで共有し、授業前に他の人に意見を述べなければならぬこととした。部分的反転の後、学生は教材プレビューに満足していた。5点リカー尺度に基づいて、学生は、部分的反転アプローチが学習教材の理解を高め(4.81)、対面授業を強化し(4.71)、学習を促す興味深い資料を含んでいる(4.57)という結果を得た。

Sataline[14]によると、Khosrow Ghadiriは、マサチューセッツ工科大学(MIT)のオンラインコース教材をコースに取り入れ、学生は授業の前にMITからの講義ビデオを使って自習をしなければならないこととした。Ghadiriは対面授業の時間を使って学習ポイントを明確にし、学生の質問に答えた。授業の合格率は元々の59%から91%に上がった。Bidwellは、別の工学コースでD+からCへのコース平均点の改善を報告した[15]。また、HutchingsとQuinneyは、ケースビデオを見ることで社会学と看護学の学生の思いやりが増したこと、楽しんでグループ活動を行ったこと、彼らは受動的に聞いたりするのではなく積極的に参加することを好んだことなどを見出した[16]。

LaiとHwangは、基本的な数学のコースに反転授業のアプローチを取り入れた[17]。それらの準実験的研究は、反転授業を経験した実験群が対照群よりも高い学習達成度を有することを示した。彼らの研究はまた、反転授業のアプローチが学生の学習自律性と学習戦略を増加させることも見出した。Guoは、英語学習に関しては、反転授業のアプローチが英語力を高め、学習意欲を高めることができることを示した[18]。

Tune, Sturek, Basileらは、反転授業は、また、従来の講義型授業よりも、試験の成績が高くなると報告している[19]。さらに、Chinは、学生の振り返りで「授業の効果」と「自分自身の授業への参加」に関する認識が向上していくという結果を示している[20]。

また、反転授業には2つのタイプがあるといわれている[21][22]。1つは完全習得学習型の反転授業で

ある。その目的は、落第率を下げるとか、全員が 80 点をとれるようにするとかいうように、全員が一定以上の水準に達することをめざすことである。このタイプの反転学習は、対面授業では十分理解していない学習者に個別指導していくのが基本となる。これに対して、もう 1 つが、高次能力学習型の反転授業である。空いた対面授業の時間でフォローアップの授業をするのではなく、さらに発展的な内容をするというところに目標を置いている。高次能力学習型の反転授業は、高次能力を育成していくことが目的となる。

## 2.2 電子教材とeラーニング

筆者らは、いままで、紙ベースの「コンピュータのしくみ」[23]を出版した。その本を部分的に電子教材化し、教場で実証実験・評価を行ってきた[24][25][26]。文献[24]では、大学教育用の教科書としての電子教材の試作を行い、電子教材内のマルチメディアコンテンツが内容理解に与える影響の評価を行なった。また文献[25]では、上記に加えて、電子教材の視覚効果が、授業の分かりやすさなどのように影響するのかを評価した。さらに、文献[26]では、教材作成者の要求とそれに適したコンテンツ種別を分類・整理し、その中の「板書動画」に限定して実験用コンテンツを作成し、学生による評価実験およびアンケートを実施し考察を行った。

また、大学教育のための電子教材として、インタラクティブコンテンツを含む電子教科書を試作し、評価を行ってきた[27][28][29]。文献[27]では、大学教育における電子教材に焦点を当て、特に数式表現が必要となる情報数理解向けのインタラクティブコンテンツの試作を行った。文献[28]では、大学における情報数理科目を対象とした、インタラクティブな電子教材の開発の検討を行い、実際に教材を試作して大学の授業において使用し、問題点の検討や教材の効果の評価を行った。文献[29]では、主として大学における情報数理系の基盤教育で活用される電子教材、電子教科書の位置づけや要求される機能などについてまとめ、課題について考察を行った。

本研究では、上記の研究に引き続きこれらの電子教材の一部を用いて反転授業を行う。

## 3. eラーニング時のログの収集

Web で PDF の閲覧ログを収集した場合、「PDF をダウンロードした」としか記録されず、どのページを見たかは分からない。また、Web のアクセスログ

にはユーザの Web サイト内の行動が記録されるが、ブラウザのキャッシュが使われた部分はサーバにアクセスしないために記録されず、「どの PDF を何度見たか」を正確に把握できない。

今回の提案では、筆者ら研究成果である学習教材作成支援システム[30]の閲覧ログ収集機能を利用した。このシステムは、Web ベースの学習支援システムであり、ページを開いた時とページを閉じた（次ページを開いた、もしくは一覧画面に戻った）時に「コンテンツ ID、ページ番号、開いた日時、閉じた日時、開いていた秒数」がログとして蓄積される機能を有する。また、学習者の認証に関しては、Moodle システムと連携することにより実現した。

```
remote=219.100.xxx.xxx date=2016/06/15T09:24:01
type=viewPage contentId=S00001 userId=14a3xxx page=1
start=2016-06-15T09:23:55 end=2016-06-15T09:23:57 time=1.7
remote=219.100.xxx.xxx date=2016/06/15T09:24:08
type=viewPage contentId=S00001 userId=14a3xxx page=2
start=2016-06-15T09:23:57 end=2016-06-15T09:24:03 time=5.9
remote=219.100.xxx.xxx date=2016/06/15T09:24:15
type=viewPage contentId=S00001 userId=14a3xxx page=3
start=2016-06-15T09:24:03 end=2016-06-15T09:24:10 time=7.5
remote=219.100.xxx.xxx date=2016/06/15T09:24:30
type=viewPage contentId=S00001 userId=14a3xxx page=4
start=2016-06-15T09:24:10 end=2016-06-15T09:24:25 time=13.5
remote=219.100.xxx.xxx date=2016/06/15T09:24:39
type=viewPage contentId=S00001 userId=14a3xxx page=5
start=2016-06-15T09:24:25 end=2016-06-15T09:24:34 time=8.6
```

図 2 自習時のログ情報の例

具体的には、Moodle で学習教材作成支援システムを呼び出す際に、ユーザ情報を付与するように設定し、URL の最後に Moodle で認証を受けたユーザ名を自動的に追加できるようにした。これにより、そのユーザ名が学習時間とともにログとして出力される。ログの例を図 2 に示す。図 2 より、14a3xxx というユーザが 1 ページ目から 5 ページ目までをそれぞれ 1.7 秒、5.9 秒、7.5 秒、13.5 秒、8.6 秒、閲覧したことがわかる。

## 4. グループ分け反転授業

本章では、我々が提案したグループ分け反転授業[31]～[37]について述べる。

反転授業の自習時に Moodle と連携した学習教材作成支援システムを用いて、学生ごとの自習に費やした時間を集計する。自習の最後にその理解度を測るために自習確認テストを行う。自習確認テストの成績が良い学生は、自習時間が短くても長くても学習すべき内容は理解できていると判断できる。しかし、自習確認テストの成績が悪い学生は、自習を行わなかったために理解できていないのか、時間をか

けて自習をしたけれども学習内容を理解できていないのかの二種類に分類することができる。このように、自習時の自習時間のログ情報と自習時の理解度を用いて、(A)理解できている学生、(B)自習に時間をかけなかったために理解できていない学生、(C)自習に時間をかけたが理解できない学生の3つのグループに分けて、対面授業を行う方式を提案する。これにより学生の理解度ごとに対面授業を行うことができるので、従来（グループ分けを行わない普通の反転授業）よりさらに効果的な反転授業が行えると考えられる。

## 5. 実験の概要

まず、実験の全体の流れを図3に示す。まず学生は、学校での対面授業に先立って、eラーニングによる自宅での自習（1週間）。自習後には自習でどれだけ理解が深まったかを確認するための確認テストを行う。その後教室での対面授業を行うが、この際に従来クラスと提案クラスに無作為に分ける。対面授業の後で、最終的な理解度を確認するための最終テストとアンケートを実施する。

なお、図4に示すように、反転授業のアプローチは全体で16週を想定しているが、今回の実験はその中の1週間だけを切り出した実験という位置づけである。

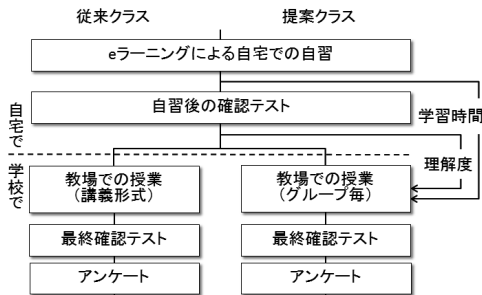


図3 実験の全体の流れ

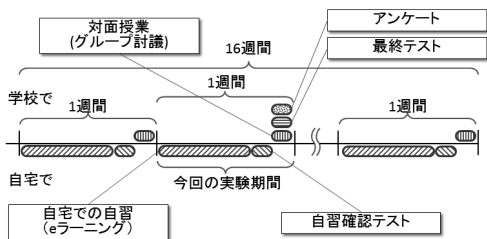


図4 反転授業アプローチの全体構成と実験期間

## 5.1 自習時の学習

湘南工科大学情報工学科の「システム工学」という科目の情報理論の授業における70名の学生を対象に実証実験を行った。図5に示すように、まず、約1週間の自習期間を設けて、大学の既存のMoodleシステム上で自習用コンテンツを配布し、これを用いて自習を行った。このときのユーザ認証に関しては、図6に示したように、Moodleで学習教材作成支援システムを呼び出す際に、ユーザ情報が付与されるようにした。

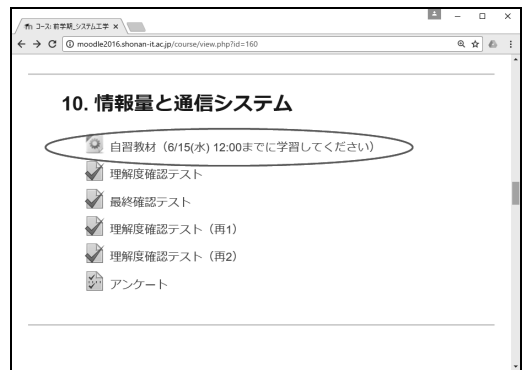


図5 Moodle システムとの連携

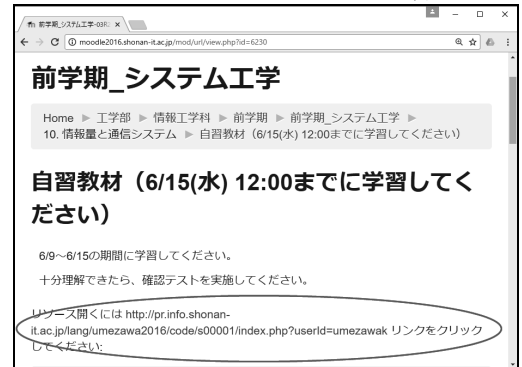


図6 Moodle システムを使ったユーザ認証

自習時には、図7～図10に示したような、情報理論に関する「語頭条件」と「ハフマン符号化」の方法を解説した合計20ページの自習用コンテンツを用いて、何ページ目を何秒間閲覧していたかというログを収集した。なお、今回の自習時間は、「語頭条件」と「ハフマン符号化」で各々10分～20分位を想定した難易度の内容とした。



図 7 語頭条件の説明 1



図 10 ハフマン符号化の説明 2



図 8 語頭条件の説明 2

## 5.2 自習後の確認テスト

その後、自習期間の後半には、図 11 および図 12 に示すように、同じ Moodle 上で自習確認テストを実施した。

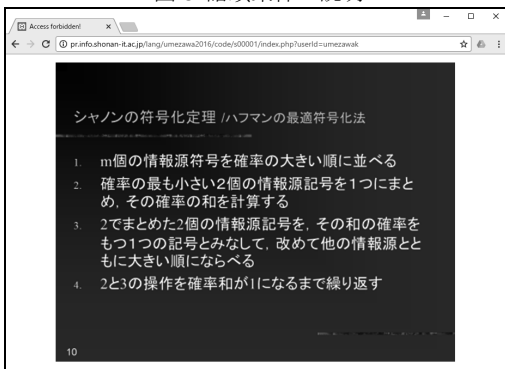


図 9 ハフマン符号化の説明 1



図 11 自習確認テストの例 1

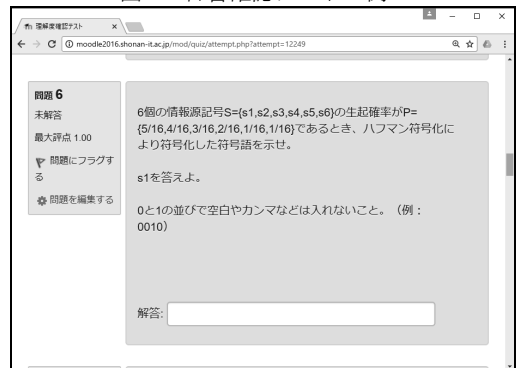


図 12 自習確認テストの例 2

具体的には、5点満点の語頭条件に関する問題と、6点満点のハフマン符号に関する問題を実施した。

### 5.3 対面授業

1週間後の教室での対面授業のときには、総自習時間と自習確認テストの結果に基づいてグループ分けを行った。そして、下記に示すように、グループ毎に学習方法を変えて授業を行った。なお、教室での対面授業に参加した学生は、70名中の58名であった。この58名を従来のようにグループ分けを行わないクラス（従来方法クラス）に28名、グループ分けを行うクラス（提案方法クラス）に30名に無作為に分割した。

従来方法クラスでは、教員が講義形式の授業で、語頭条件およびハフマン符号について解説を行った。また、提案方法クラスでは、グループ分けを行った後（グループ分けの結果、およびグループ毎の人数については次章参照）に下記のようにグループごとに異なる方法で授業を行った。

グループ A: 学生自らが問題を作成し、グループ内の別の学生に出題させる。

グループ B: もう一度自習用のコンテンツで学習してもらい、その後理解度を測るために自習確認テストを実施する。テスト結果によって A あるいは C グループに再編した。

グループ C: 教員が丁寧に学習内容を解説した。

### 5.4 最終テスト

授業の最後に、最終的な理解度を測るために、提案方法クラスと従来方法クラスで同じ内容のテストを実施した。

### 5.5 アンケートの回収

最後に、反転授業の実験後にアンケートを回収した。アンケートの設問は図 13 に示す通りである。

## 6. 実験結果

### 6.1 自習時の理解度によるグループ分け

4章で提案した自習時の理解度によるグループ分けは、授業前半の内容である語頭条件に関する理解度に基づくものと、後半のハフマン符号の理解度に基づくものと2回実施した。これらのグループ分けは、図 14 および図 15 に示すように総自習時間と自習確認テストの点数の散布図に基づいて行った。なお、図 15 のハフマン符号に関して、グループ B と C の人数のバランスを考慮して自習時間が 200 秒～400 秒の想定時間(10分～20分)に比べて少ない被験者もグループ C に割り当てた。このようなグループ分けの境界線をどこに設定するのが良いのかは今後の課題である。

アンケート

- 従来の講義形式と比べて
  1. 反転授業のほうが理解できる
  2. 反転授業のほうがどちらかというと理解できる
  3. どちらも同じくらい
  4. 従来の講義形式のほうがどちらかというと理解できる
  5. 従来の講義形式のほうが理解できる
- 理解度ごとのグループ分け反転授業の効果について
  1. 理解度ごとにグループ分けした方が理解できる
  2. 理解度ごとにグループ分けした方がどちらかというと理解できる
  3. グループ分けしてもなくても理解度は変わらない
  4. グループ分けしないほうがどちらかというと理解できる
  5. グループ分けしないほうが理解できる
- 教室での授業について
  1. わかっている内容だったのでひまだった。
  2. わかっている内容だったので、どちらかというとひまだった。
  3. ちょうど良かった。
  4. わかっていない内容だったので、どちらかというと難しかった。
  5. わかっていない内容だったので、難しかった。
- 自由記述（なんでも良いので思ったことを書いてください）

図 13 アンケート

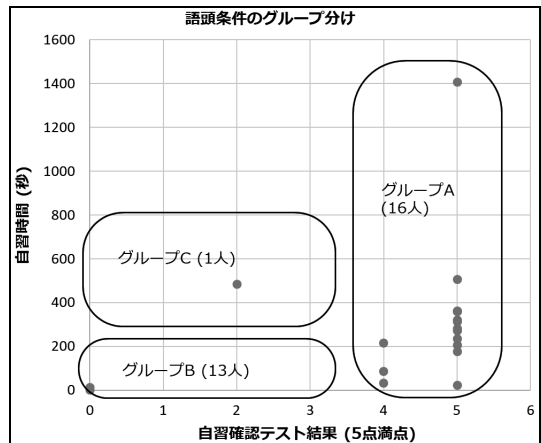


図 14 語頭条件に関する自習時間と理解度の関係

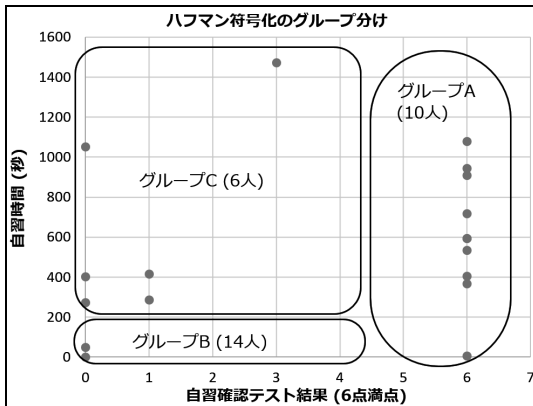


図 15 ハフマン符号に関する自習時間と理解度の関係

6.2 対面授業後の理解度の評価

授業の最後に、最終的な理解度を測るために、最終確認テストを実施した。語頭条件に関する結果を表 1 に、ハフマン符号に関する結果を表 2 に示す。なお、自習確認テストに関しては、語頭条件のテストは 5 点満点、ハフマン符号のテストは 6 点満点、最終テストに関しては、語頭条件のテストは 8 点満点、ハフマン符号のテストは 6 点満点であり、表 1 および表 2 に示したものは、それぞれ 100 点満点になるように補正している。

表 1 最終的な理解度 (語頭条件)

	提案クラス	従来クラス
全員の平均点		
自習確認テスト	53	22
最終テスト	93	78
グループ A の平均点		
自習確認テスト	96	93
最終テスト	95	96
グループ B の平均点		
自習確認テスト	0	0
最終テスト	90	71
グループ C の平均点		
自習確認テスト	40	60
最終テスト	100	100
グループ B と C の平均点		
自習確認テスト	3	3
最終テスト	91	73

表 2 最終的な理解度 (ハフマン符号化)

	提案クラス	従来クラス
全員の平均点		
自習確認テスト	36	24
最終テスト	78	45
グループ A の平均点		
自習確認テスト	100	98
最終テスト	80	79
グループ B の平均点		
自習確認テスト	0	0
最終テスト	67	34
グループ C の平均点		
自習確認テスト	14	—
最終テスト	100	—
グループ B と C の平均点		
自習確認テスト	4	0
最終テスト	77	34

また、従来方式クラスは、グループ分けをせずクラス全体で対面授業を行ったが、自習時の総自習時間と自習確認テストの点数を取得しているため、仮想的に提案クラスと同様に自習時間に関わらず理解できている学生をグループ A、自習に時間をかけなかったために理解できていない学生をグループ B(自習を全く行わなかった学生を含む)、自習に時間をかけたが理解できない学生をグループ C に分類して比較した。なお、従来クラスのハフマン符号に関してグループ C に分類できる学生がいなかったため表 2 では「—」で表示している。

7. 考察

7.1 自習時の理解度によるグループ分け

図 14 および図 15 に示したように、今回の実験では、自習に時間をかけてもかけなくても理解できている学生のグループ A、自習に時間をかけなかったために理解が進まなかった学生のグループ B、時間をかけたが理解できない学生のグループ C に分けられることが判明した。ただし何点以上を理解できているグループとすべきなのか、あるいは何秒以上の自習時間が時間をかけて自習を行ったことになるのかは、明確な基準があるわけではないが、対面授業のやりやすさという視点でグループ分けされた人数が一つの指標になると考えられる。その際、対面授業で丁寧に解説する必要のあるグループ C の人数の上限を基準するべきであると考えられる。



## 7.2 対面授業後の理解度の評価

表1および表2の両方ともグループAに関してはほぼ満点ということもあり提案クラスと従来クラスで平均点に差は認められなかった（表2で自習確認テストより最終テストの点数が下がっているのはテストの難易度の違いによると考えられる）。それ以外の対面授業に参加した全員の平均、グループBの平均、およびグループBとCの平均に関しては、提案方式クラスの方が従来方式クラスよりも最終テストの平均値が高くなった（グループCのみに関しては人数が0人や1人のため対象外）。本データに対して $t$ -検定を行った結果も平均値の差に有意な差を認めることができた。表3に示す通り、#1,3,4,5,7,8の $p$ 値は0.05より小さな値になっている（検定の詳細は付録参照）。これにより、グループAを除いて、提案クラスと従来クラスの最終的な理解度の平均値は統計的に優位な差があるということが出来る。

表3  $t$ -検定の結果

#	学習内容	グループ	$p$ 値
#1	語頭条件	全員	0.001977
#2	語頭条件	グループA	0.910647
#3	語頭条件	グループB	0.005357
#4	語頭条件	グループBとC	0.005296
#5	ハフマン符号化	全員	0.002986
#6	ハフマン符号化	グループA	0.934019
#7	ハフマン符号化	グループB	0.029828
#8	ハフマン符号化	グループBとC	0.001457

このように本提案方法を用いれば、教室での対面授業を学生の理解度によってグループ化できるので、きめ細かな対応が行える。特に理解度の低い学生や事前に予習をしてこない学生に対して底上げの効果を期待できることが示せた。

## 7.3 アンケート結果の分析

### 7.3.1 従来の講義形式の授業との比較

従来の講義形式の授業と比べたアンケート結果を表4に示す。表4より、講義形式よりも反転授業のほうが理解できると多くの学生が回答していることがわかる。なお、グループによる違いを見るためにグループごとの内訳を表5と表6に示す。これらを見ると前半も後半もグループBに割り当てられた被験者が従来の講義形式の方が良いと答えている傾向が読み取れる。

表4 講義形式の授業との比較（単位は人数）

	提案	従来
従来の講義形式の方が理解できる	0	0
従来の講義形式の方がどちらかという と理解できる	3	5
どちらも同じくらい	7	8
反転授業の方がどちらかという と理解できる	13	4
反転授業の方が理解できる	6	6

### 7.3.2 グループ分けの効果についての比較

グループ分けの効果に関するアンケートを行った。グループCのように教員が丁寧に学習内容の解説を行った学生だけでなく、表7に示したように、理解度の高いグループAに配属された半数、また、表8に示したように最終テストで14点満点中10点以上取った57%以上が、グループを分けた方が理解できると回答した。

### 7.3.3 授業内容の難易度についての比較

授業内容の難易度に関するアンケートを行った。表9および表10に示したように、理解度の高いグループAに配属された40%、最終テストで10点以上取った約33%が退屈だったと答えるにとどまった。理解度の高い学生は、理解度の低い学生対応のために退屈だと感じる傾向が高くなると予想されるが、今回は、理解度の高い学生同士でより高度な問題を考えさせ、学生同士で出題させることを行った。グループを分けたことにより、理解度の高い学生に対して、より高度な授業を行えたといえる。

## 8. 結論

本研究では、反転授業の自習時のeラーニングの学習ログを取得し、その学習ログに基づいて学校における授業時に学生をグループ化することで学生の理解度別に授業を進めることができ、学生の理解度の向上を図ることができることを示した。今回の評価では、自習時のログによるグループ分け等を行わない従来の反転授業と提案方式による反転授業を比較し有効性を示した。具体的には、理解度の低い学生に対して底上げの効果があるだけでなく、理解度の高い学生に対しても高度な授業を行えたことが確認できた。

今後は、自習時のログ情報から自動的にグループ分けできるようなツールを開発することで講師の負担を軽減できると考える。

**謝辞**

本研究の実施にあたり、早稲田大学理工学研究所特別研究「次世代 e-learning に関する研究」のメンバより貴重なコメントをいただき感謝いたします。本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会学術

研究助成基金助成金基盤研究(C) 26350299, 16K00491,早稲田理工研特別勘定 1010000175806 NTT 包括協定共同研究, および, 経営情報学会「ICT と教育」研究部会の助成による。

表 5 表 4 の提案方式に関する内訳 (グループによる違い)

	提案	AA*	BA	CA	AB	BB	CB	AC	BC	CC
従来の講義形式の方が理解できる	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
従来の講義形式の方がどちらかという理解できる	3	0	1	1	0	1	0	0	0	0
どちらも同じくらい	7	3	0	0	0	4	0	0	0	0
反転授業の方がどちらかという理解できる	13	4	0	3	0	5	0	0	0	1
反転授業の方が理解できる	6	3	0	1	0	2	0	0	0	0

(\*: AA や AB はグループの組み合わせを示す。例えば AC の場合は、前半の語頭条件の際のグループが A で、後半のハフマン符号の際のグループが C だったことを示す。表 7 も同様の意味である。)

表 6 表 4 の従来方式に関する内訳 (グループによる違い)

	従来	AA	BA	CA	AB	BB	CB	AC	BC	CC
従来の講義形式の方が理解できる	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
従来の講義形式の方がどちらかという理解できる	5	1	0	0	0	4	0	0	0	0
どちらも同じくらい	8	0	0	0	0	7	0	1	0	0
反転授業の方がどちらかという理解できる	4	1	0	0	0	3	0	0	0	0
反転授業の方が理解できる	6	3	0	0	0	3	0	0	0	0

表 7 グループ分けの効果 (グループ分けごとの比較)

	全体	AA	BA	CA	AB	BB	CB	AC	BC	CC
グループ分けしないほうが理解できる	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
グループ分けしないほうがどちらかという理解できる	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0
どちらも同じくらい	13	5	0	0	0	6	0	2	0	0
理解度毎にグループ分けした方がどちらかという理解できる	5	1	0	0	0	3	0	1	0	0
理解度毎にグループ分けした方が理解できる	14	5	0	0	0	6	0	2	0	1

表 8 グループ分けの効果 (最終テストの点数ごとの比較)

	0	< 2	< 4	< 6	< 8	< 10	< 12	< 14	14
グループ分けしないほうが理解できる	0	0	1	0	0	0	0	0	0
グループ分けしないほうがどちらかという理解できる	1	0	0	0	0	1	1	0	0
どちらも同じくらい	1	0	0	0	0	2	2	3	5
理解度毎にグループ分けした方がどちらかという理解できる	0	0	0	0	1	0	1	2	1
理解度毎にグループ分けした方が理解できる	0	0	1	1	0	1	1	4	6

表 9 授業の難易度について（グループ分けごとの比較）

	全体	AA	BA	CA	AB	BB	CB	AC	BC	CC
わかっていない内容だったので、難しかった	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0
わかっていない内容だったので、どちらかという と難しかった	11	0	0	0	0	4	0	2	0	0
ちょうど良かった	22	6	0	0	0	6	0	2	0	0
わかっている内容だったので、どちらかという とひまだった	11	<b>2</b>	0	0	1	0	0	1	0	1
わかっている内容だったのでひまだった	4	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

表 10 授業の難易度について（最終テストの点数ごとの比較）

	0	< 2	< 4	< 6	< 8	< 10	< 12	< 14	14
わかっていない内容だったので、難しかった	0	0	1	0	1	0	0	0	2
わかっていない内容だったので、どちらかという と難しかった	1	0	0	2	1	2	1	2	2
ちょうど良かった	1	0	0	1	0	5	4	4	7
わかっている内容だったので、どちらかという とひまだった	0	0	1	0	2	1	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
わかっている内容だったのでひまだった	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

### 参考文献

- [1] Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. Washington, DC: International Society for Technology in Education.
- [2] Sams, A., & Bergmann, J. (2013). Flip your students' learning. Educational Leadership, 70(6), 16-20.
- [3] Katsusuke Shigeta, "Flipped Classroom: Educational reform utilizing information technology," [in Japanese], Journal of Information Processing and Management vol.56, no.10, pp.677-683, 2014.
- [4] Strayer, J. F. (2011). Flipped classroom infographic. Knewton infographics. Retrieved from <https://www.knewton.com/infographics/flipped-classroom>
- [5] Abeysekera, L., & Dawson, P. (2014). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. Higher Education Research & Development, 34(1), 1-14.
- [6] Bishop, J. L., & Verleger, M.A. (2013, June). The flipped classroom: A survey of the research. Paper presented at 120th ASEE National Conference Proceedings, Atlanta, GA.
- [7] Hwang, G. J. (2016). The definition, objectives, and development of flipped classroom. In the Hwang, G. J. (Ed.), Flipped classroom: Theories, Strategies, and Application (pp. 2-20). Taipei: Higher Education Publishing.
- [8] Williams, M., & Burden, R. L. (1997). Psychology for language teachers: A social constructive approach. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [9] Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [10] Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., Mainemelis, C. (2000). Experiential learning theory: Previous research and new directions. In R. J. Sternberg and L. F. Zhang (Eds.), Perspectives on cognitive, learning, and thinking styles. NJ: Lawrence Erlbaum, 2000. Retrieved from <http://learningfromexperience.com/media/2010/08/experiential-learning-theory.pdf>
- [11] Diem, K.G. (2001). Learn by doing the 4-H way: Putting a slogan into practice; using the experiential learning process. Leader Training Series, Rutgers Cooperative Extension, New Jersey Agricultural Experiment Station. Retrieved from <https://njaes.rutgers.edu/pubs/pdfs/4h/e148/447-454.pdf>
- [12] Patten, K. B., & Craig, D. V. (2007). iPods and English-language learners: a great combination. Teacher Librarian, 34(5), 40-44.
- [13] Westermann, E. B. (2014). A half-flipped

- classroom or an alternative approach?: Primary sources and blended learning. *Educational Research Quarterly*, 38(2), 43-57.
- [14] Sataline, S. (2013). 3 Ways colleges are adapting to online learning. U.S. News & World Report. Retrieved from <http://www.usnews.com/education/online-education/articles/2013/09/18/3-ways-colleges-are-adapting-to-online-learning>
- [15] Bidwell, A. (2014). Flipped classroom may help weaker STEM students. U.S. News & World Report. Retrieved from <http://www.usnews.com/news/stem-solutions/articles/2014/08/05/taking-a-page-from-humanities-college-engineering-gets-flipped>
- [16] Hutchings, M., & Quinney, A. (2015). The flipped classroom, disruptive pedagogies, enabling technologies and wicked problems: Responding to “the bomb in the basement”. *The Electronic Journal of e-learning*, 13(2), 106-119.
- [17] Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students’ learning performance in a mathematics course. *Computer & Education*, 100, 126-140.
- [18] Guo, M. S., Investigating the Effect of the Flipped Classroom using E-learning on Language Proficiency, Learner’s Autonomy, and Class Participation of English Language Learners, 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, 346-350.
- [19] Tune, D. J., Sturek, M., Basile, D. P., Flipped classroom model improves graduate student performance in cardiovascular, respiratory, and renal physiology. *Advan in Physiol. Edu.* 37: 316-320, 2013.
- [20] Chin, C. A, Evaluation of a Flipped Classroom Implementation of Data Communications Course: Challenges, Insights and Suggestions. SOTL 2014 Proceedings, 2014.
- [21] Yuhei Yamauchi, Hiroki Oura, Yuki Anzai, Wakako Fushikida, “Kotokyoiku ni okeru hantenjugyo no kenkyu doko,” [in Japanese], 30th National Convention of Japan Society for Educational Technology, pp.741-742, 2014.
- [22] Ryohei Ikejiri, “Hantenjugyo to burendogata gakushu,” [in Japanese], Tokyo Gakugei University Senior High School, Public conference of Information education, Oct. 2014.
- [23] 梅澤克之, 石田崇, 平澤茂一, “コンピュータのしくみ,” ブレアデス出版, 2013
- [24] 梅澤克之, 小林学, 石田崇, 平澤茂一, “大学教育のための電子教材の試作 ～ マルチメディアコンテンツの活用 ～,” 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集 Vol.4, pp.469-470, Mar. 2013.
- [25] 梅澤克之, 石田崇, 小林学, 平澤茂一, “大学教育のための電子教材の試作と授業への活用方法の評価,” 経営情報学会 2013 年秋季研究発表大会予稿集, 神戸, 2013 年 10 月.
- [26] 梅澤克之, 石田崇, 小林学, 平澤茂一, “大学教育のための電子教材の開発方針の検討,” 第 76 回情報処理学会全国大会予稿集 Vol.4, pp.355-356, Mar. 2014.
- [27] 小林学, 石田崇, 梅澤克之, 平澤茂一, “大学教育のための電子教材の試作 ～ 情報数理教育向けインタラクティブコンテンツ ～,” 第 75 回情報処理学会全国大会予稿集, Vol. 4, pp. 471-472, Mar 2013.
- [28] 石田崇, 小林学, 梅澤克之, 平澤茂一, “大学授業におけるインタラクティブ教材の活用,” 経営情報学会 2013 年春季全国研究発表大会, 東京, June 2013.
- [29] 石田崇, 小林学, 梅澤克之, 平澤茂一, “e-learning における学習スタイルー電子教材の活用,” 日本経営工学会 平成 25 年度秋季研究大会, Nov. 2013.
- [30] 荒本道隆, 小泉大城, 須子統太, 平澤茂一, “PDF ファイルをベースとした電子教材作成支援システム,” 情報処理学会第 76 回全国大会, 講演論文集, pp.4-359-4-360, 2014 年 3 月.
- [31] 梅澤克之, 小林学, 石田崇, 中澤真, 荒本道隆, 平澤茂一, “自習時のログ情報に基づく効率的な反転授業について,” 情報処理学会第 77 回全国大会, 京都, pp.4-599-600, Mar. 2015.
- [32] Katsuyuki Umezawa, Michitaka Aramoto, Manabu Kobayashi, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “An Effective Flipped Classroom based on the Log Information of the Self-study,” Proceeding of the 3rd International Conference on Applied Computing & Information Technology (ACIT 2015), pp.263-268, July 2015.
- [33] Katsuyuki Umezawa, Takashi Ishida, Michitaka Aramoto, Manabu Kobayashi, Makoto Nakazawa, Shigeichi Hirasawa, “A Method based on Self-study Log Information for Improving Effectiveness of Classroom Component in Flipped Classroom Approach,” International Journal of Software Innovation (IJSI), Volume 4, Issue 2, pp.17-32, April 2016.

効果的な反転授業の提案と実験による評価（梅澤）

- [34] 梅澤克之, 小林学, 石田崇, 中澤真, 荒本道隆, 平澤茂一, “自習時のログ情報に基づく効果的な反転授業に関する考察,” 情報処理学会第78回全国大会, 横浜市, pp.4-535-536, Mar. 2016.
- [35] 梅澤克之, 小林学, 石田崇, 中澤真, 平澤茂一, “自習時のログ情報に基づく効果的な反転授業の評価,” 電子情報通信学会 教育工学研究会(ET), 技術報告, pp.1-6, Jan. 2017.
- [36] 梅澤克之, 小林学, 石田崇, 中澤真, 平澤茂一, “グループ分け反転授業のアンケートによる評価,” 電子情報通信学会 2017 年度総合大会, 情報・システム講演論文集 1, p.191, Mar. 2017.
- [37] Ktsuyuki Umezawa, Manabu Kobayashi, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “Experiment and Evaluation of Effective Grouped Flipped Classroom,” Proceeding of the 5th International Conference on Applied Computing & Information Technology (ACIT 2017), pp.71-76, July 2017.

A. 付録

A.1 最終テスト結果データ

語頭条件に関する最終テストの結果を表 A.1 に示す。また、ハフマン符号化に関する最終テストの結果を表 A.2 に示す。

表 A.1.1 語頭条件に関する最終テスト結果

#1		#2		#3		#4	
全体		Aのみ		Bのみ		BCのみ	
提案	従来	提案	従来	提案	従来	提案	従来
7	8	7	8	5	2	5	2
8	8	8	8	6	5	6	5
8	8	8	8	7	7	7	7
8	8	8	8	8	7	8	7
7	6	7	6	5	8	5	8
8	8	8	8	8	3	8	3
7	2	7		8	4	8	4
7	5	7		8	4	8	4
8	7	8		7	4	7	4
7	7	7		8	7	8	7
7	8	7		8	5	8	5
8	3	8		8	8	8	8
8	4	8		8	5	8	5
8	4	8			8	8	8
8	4	8			8		8
8	7	8			7		7
5	5				4		4
6	8				5		5

7	5				6		6
8	8				6		6
5	8				7		7
8	7						8
8	4						
8	5						
7	6						
8	6						
8	7						
8	8						
8							
8							

表 A.1.2 ハフマン符号化に関する最終テスト結果

#5		#6		#7		#8	
全体		Aのみ		Bのみ		BCのみ	
提案	従来	提案	従来	提案	従来	提案	従来
6	6	6	6	0	0	0	0
4	6	4	6	5	0	5	0
5	0	5	0	6	2	6	2
2	6	2	6	0	2	0	2
6	6	6	6	6	0	6	0
6	6	6	6	6	0	6	0
6	3	6	3	6	0	6	0
4	0	4		6	2	6	2
6	0	6		5	6	5	6
3	2	3		2	6	2	6
0	2			6	1	6	1
5	0			6	0	6	0
6	0			0	0	0	0
0	0			2	6	2	6
6	2				6	6	6
6	6				6	6	6
6	6				3	6	3
6	1				0	6	0
5	0				0	6	0
2	0				1	6	1
6	6				2		2
6	6						
0	6						
2	3						
6	0						
6	0						
6	1						
6	2						
6							
6							

**A.2 等分散の検定**

まず、等分散性の検定（有意水準両側 20%（片側 10%））を行う。分散比が境界値より大きければ有意、 $p$  値が 0.1 より小さければ有意、つまり等分散ではないとすることができる。

表 A.2.1 語頭条件(全体)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	6.214286	7.466667
分散	3.285714	0.74023
観測数	28	30
自由度	27	29
観測された分散比	4.438776	
P(F<=f) 片側*	7.83E-05	
F 境界値 片側	1.629525	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない。

表 A.2.2 語頭条件(Aのみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	7.666667	7.625
分散	0.666667	0.25
観測数	6	16
自由度	5	15
観測された分散比	2.666667	
P(F<=f) 片側*	0.064422	
F 境界値 片側	2.273022	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない

表 A.2.3 語頭条件(Bのみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	5.714286	7.230769
分散	3.214286	1.358974
観測数	21	13
自由度	20	12
観測された分散比	2.365229	
P(F<=f) 片側*	0.064125	
F 境界値 片側	2.059677	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない

表 A.2.4 語頭条件(BCのみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	5.818182	7.285714
分散	3.298701	1.296703
観測数	22	14
自由度	21	13
観測された分散比	2.543914	
P(F<=f) 片側*	0.04338	
F 境界値 片側	2.000134	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない

表 A.2.5 ハフマン符号化(全体)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	2.714286	4.666667
分散	7.026455	4.229885
観測数	28	30
自由度	27	29
観測された分散比	1.661146	
P(F<=f) 片側*	0.091521	
F 境界値 片側	1.629525	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない

表 A.2.6 ハフマン符号化(Aのみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	4.714286	4.8
分散	5.571429	2.177778
観測数	7	10
自由度	6	9
観測された分散比	2.558309	
P(F<=f) 片側*	0.099331	
F 境界値 片側	2.550855	

\* $p$  値<0.1 より有意、つまり等分散ではない

表 A.2.7 ハフマン符号化(Bのみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	4	2.047619
分散	6.615385	5.947619
観測数	14	21
自由度	13	20
観測された分散比	1.112274	
P(F<=f) 片側*	<b>0.40337</b>	
F 境界値 片側	1.874512	

\* $p$  値>0.1 より有意ではない、つまり等分散である

表 A.2.8 ハフマン符号化(BC のみ)に関する F-検定: 2 標本を使った分散の検定

	変数 1	変数 2
平均	2.047619	4.6
分散	5.947619	5.410526
観測数	21	20
自由度	20	19
観測された分散比	1.099268	
P(F<=f) 片側*	<b>0.41987</b>	
F 境界値 片側	1.814155	

\*p 値>0.1 より有意ではない、つまり等分散である

等分散性の検定結果をまとめると表 A.2.9 のようになる。

表 A.2.9 等分散検定結果のまとめ

#	学習内容	グループ	検定結果
#1	語頭条件	全体	等分散ではない
#2	語頭条件	A のみ	等分散ではない
#3	語頭条件	B のみ	等分散ではない
#4	語頭条件	B と C	等分散ではない
#5	ハフマン符号化	全体	等分散ではない
#6	ハフマン符号化	A のみ	等分散ではない
#7	ハフマン符号化	B のみ	等分散である
#8	ハフマン符号化	B と C	等分散である

### A.3 t 検定

前節の結果に基づいて t 検定（有意水準両側 5%）を行う。t 値が両側境界値より大きければ有意、または、p 値（両側）が 0.05 より小さければ有意、つまり平均値に差があるということが出来る。

表 A.3.1 語頭条件(全体)に関する t-検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	7.466667	6.214286
分散	0.74023	3.285714
観測数	30	28
仮説平均との差異	0	
自由度	38	
t	3.323225	
P(T<=t) 片側	0.000988	
t 境界値 片側	1.685954	
P(T<=t) 両側*	<b>0.001977</b>	
t 境界値 両側	2.024394	

\* p 値（両側）<0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.2 語頭条件(A のみ)に関する t-検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	7.625	7.666667
分散	0.25	0.666667
観測数	16	6
仮説平均との差異	0	
自由度	6	
t	-0.11704	
P(T<=t) 片側	0.455323	
t 境界値 片側	1.94318	
P(T<=t) 両側*	<b>0.910647</b>	
t 境界値 両側	2.446912	

\* p 値（両側）>0.05 より、平均値に差があるとは言えない

表 A.3.3 語頭条件(B のみ)に関する t-検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	7.230769	5.714286
分散	1.358974	3.214286
観測数	13	21
仮説平均との差異	0	
自由度	32	
t	2.987904	
P(T<=t) 片側	0.002679	
t 境界値 片側	1.693889	
P(T<=t) 両側*	<b>0.005357</b>	
t 境界値 両側	2.036933	

\* p 値（両側）<0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.4 語頭条件(BC のみ)に関する t-検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	7.285714	5.818182
分散	1.296703	3.298701
観測数	14	22
仮説平均との差異	0	
自由度	34	
t	2.979722	
P(T<=t) 片側	0.002648	
t 境界値 片側	1.690924	
P(T<=t) 両側*	<b>0.005296</b>	
t 境界値 両側	2.032245	

\* p 値（両側）<0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.5 ハフマン符号化(全体)に関する  $t$ -検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	4.666667	2.714286
分散	4.229885	7.026455
観測数	30	28
仮説平均との差異	0	
自由度	51	
t	3.118561	
P(T<=t) 片側	0.001493	
t 境界値 片側	1.675285	
P(T<=t) 両側*	<b>0.002986</b>	
t 境界値 両側	2.007584	

\*  $p$  値 (両側) <0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.6 ハフマン符号化(A のみ)に関する  $t$ -検定:分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	4.8	4.714286
分散	2.177778	5.571429
観測数	10	7
仮説平均との差異	0	
自由度	9	
t	0.085133	
P(T<=t) 片側	0.46701	
t 境界値 片側	1.833113	
P(T<=t) 両側*	<b>0.934019</b>	
t 境界値 両側	2.262157	

\*  $p$  値 (両側) >0.05 より、平均値に差があるとは言えない

表 A.3.7 ハフマン符号化(B のみ)に関する  $t$ -検定:等分散を仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	4	2.047619
分散	6.615385	5.947619
観測数	14	21
プールされた分散	6.210678	
仮説平均との差異	0	
自由度	33	
t	2.270569	
P(T<=t) 片側	0.014914	
t 境界値 片側	1.69236	
P(T<=t) 両側*	<b>0.029828</b>	
t 境界値 両側	2.034515	

\*  $p$  値 (両側) <0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.8 ハフマン符号化(BC のみ)に関する  $t$ -検定:等分散を仮定した 2 標本による検定

	変数 1	変数 2
平均	4.6	2.047619
分散	5.410526	5.947619
観測数	20	21
プールされた分散	5.685958	
仮説平均との差異	0	
自由度	39	
t	3.425913	
P(T<=t) 片側	0.000728	
t 境界値 片側	1.684875	
P(T<=t) 両側*	<b>0.001457</b>	
t 境界値 両側	2.022691	

\*  $p$  値 (両側) <0.05 より、平均値に差がある

表 A.3.9  $t$ -検定の結果のまとめ

#	学習内容	グループ	検定結果
#1	語頭条件	全体	平均値に差がある
#2	語頭条件	A のみ	平均値に差がある とは言えない
#3	語頭条件	B のみ	平均値に差がある
#4	語頭条件	B と C	平均値に差がある
#5	ハフマン符号化	全体	平均値に差がある
#6	ハフマン符号化	A のみ	平均値に差がある とは言えない
#7	ハフマン符号化	B のみ	平均値に差がある
#8	ハフマン符号化	B と C	平均値に差がある