

K-003

反転授業のための動画配信サービス導入に向けたシステムの開発  
- 配信手法の評価 -

Development of System for Video Streaming Services Introduction for Flipped Classroom  
- Evaluation of Distribution Methods -

岡田 浩希†  
Hiroki Okada

鈴木 孝幸†  
Takayuki Suzuki

納富 一宏†  
Kazuhiro Notomi

## 1. はじめに

近年、教育業界では「反転授業」と呼ばれる授業形態が注目されている。従来の授業では、教室で授業を受けて自宅で課題に取り組んでいるが、反転授業とは、自宅で授業の内容を講義映像などのデジタル教材を使って予習し教室で演習を行う形態の授業である。反転授業の導入による教育効果の向上が期待されている[1]。

反転授業を導入するためには動画配信を行う環境が必要である。一般に動画配信環境を整えるには高いコストがかかると言われていた。大量アクセスによる配信サーバに掛かる負荷の対策や、PC やスマートフォンのようなデバイス毎に対応が異なる配信フォーマットを考慮する必要がある。

本研究の目的は、反転授業のための動画配信サービス導入に向けたシステムを開発し、配信手法を評価することである。動画視聴の敷居を下げるため、視聴者側に専用のソフトウェアを導入させることなく PC およびスマートフォンのモダンブラウザを利用して視聴できるようにする。動画配信にはダウンロード方式、ストリーミング方式、プログレッシブ・ダウンロード方式、HTTP ストリーミング方式が存在する。本研究では専用のサーバやクライアントを用いず技術的にまたは費用的に実装が容易な HTTP ストリーミング方式の HTTP Live Streaming を利用する。

## 2. HTTP Live Streaming

HTTP Live Streaming (以下、HLS) は Apple 社の提案した動画配信技術である。同社の製品で主に用いられる。特別なサーバを必要とせず、Web サーバから HTTP を用いて動画ストリーミング配信を行うことができる。

HLS は動画や音声を MPEG-TS 形式のファイルに分割したメディアセグメントファイルと呼ばれるファイルと、セグメントファイルの場所などのメタデータが記載されたインデックスファイル (プレイリスト) で構成される。利用されるコーデックは H.264 と AAC が標準である。HLS は通信速度や視聴者の環境に応じてビットレートや画面サイズを動的に切り替えるアダプティブ・ストリーミングの機能を持っている。HLS のアダプティブ・ストリーミングは各ビットレートの HLS の動画 (セグメントファイルとインデックスファイル) と、それらをまとめるマスタインデックスファイルで構成される。HLS の構成を図 1 に示す。また 2016 年 6 月現在、HLS はスマートフォンでは Apple 社の iOS、Google 社の Android、PC では Apple 社の Safari、Microsoft 社の Microsoft Edge が対応しており、Google 社の Google Chrome や Microsoft 社の Internet Explorer、Mozilla Foundation の Firefox では対応していないため通常は動画の再生ができない。

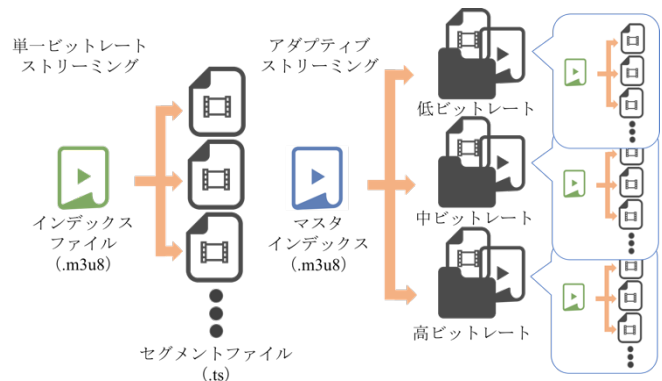


図 1 HTTP Live Streaming のデータ構成

## 3. 実験

### 3.1 実験準備

HLS の技術を利用し JavaScript と HTML5 の video タグを用いて、動画配信アプリケーションを作成した。HTML5 の video タグから、クライアント側による再生や停止、シークバーの操作などのイベントを取得し、JavaScript によりサーバ側へログを送信してデータの収集を可能にした。HLS の動画を上記で述べた対応環境以外でも再生させるために、オープンソースの HTML5 動画プレイヤー JavaScript ライブラリの「video.js」とそのプラグインを利用して、Google Chrome や Internet Explorer などでも再生ができるようにした。HLS の対応状況を表 1 に示す。再生実験にはクリエイティブコモンズライセンスの動画の「Big buck Bunny」を利用し、この動画をオープンソースソフトウェアの FFmpeg で HLS 形式にエンコードした。実験に利用した動画情報を表 2 に示す。

表 1 HLS 対応表

iOS	対応済み
Android	対応済み
Internet Explorer	ライブラリを用いて対応
Firefox	ライブラリを用いて対応
Google Chrome	ライブラリを用いて対応
Safari (on Mac)	対応済み

表 2 実験に利用した動画情報

サイズ	118.3 MB
大きさ	1280 x 720
長さ	09:56
コーデック	H.264, AAC

† 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology

次に、アダプティブ・ストリーミング機能を用いた再生を行うための動画を作成した。表 2 の動画をエンコードし、同コーデック、同アスペクト比で動画の大きさを小さくしたもの新たに 2 種類用意した。実験に利用した動画を表 3 に示す。アダプティブ・ストリーミングに必要なマスタインデックスファイルの生成は FFmpeg で生成することができなかつたため Apple 社製の CUI ツールの mediafilesegmenter と variantplaylistcreator を利用した。

表 3 アダプティブストリーミング用の動画の大きさ

Low	640 x 360
Middle	960 x 540
High	1280 x 720

### 3.2 再生実験

#### 3.2.1 通常ストリーミング

実験は、大学の講義時間の一部を借りて実施した。学生に協力をお願いして実際に動画を再生してもらい、アンケートを実施した結果、全体で 21 人分の有効な回答を得られた。学内の講義室で実験を行い、18 人が予め用意されている学内無線 LAN を利用していた。視聴者の利用しているブラウザは Google Chrome が 11 人、Firefox が 5 人、残り様々であったが、動画および音声の再生は全員が再生できたと答えた。動画の読み込みについて「動画の読み込みが少し遅く感じた」のは 8 人で「動画の読み込みが遅いと感じた」と答えたのは 1 人だった。動画の再生について「動画が途中で止まった」と答えたのは 2 人だった。また「動画の映像が乱れた」と答えたのが 1 人、「動画の映像が少し乱れた」と答えたのが 1 人だった。集計したアンケート結果を図 2 に示す。

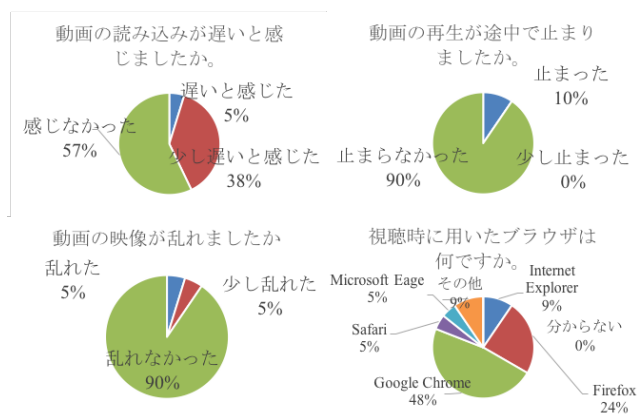


図 2 アンケート結果 1

#### 3.2.1 アダプティブ・ストリーミング

前回の実験の 1 週間後、同講義時間の一部を借りて実施した。同様のアンケートを実施した結果、全体で 10 人分の有効な回答が得られた。前回の実験とはアンケート数の母数が異なるが、「動画の読み込みが（少し）遅いと感じた」、「動画の再生が（少し）止まった」、「動画の映像が（少し）乱れた」と答えた割合が多かった。集計したアンケート結果を図 3 に示す。

### 4. 考察

今回行った 2 回の再生実験では、アンケートの母数が違

うため信頼性は高くないが、通常ストリーミングよりアダプティブ・ストリーミングのほうが不安定だった。配信サーバのシステムログを確認したが、特にボトルネックとなっている部分は見つからなかった。

今回の実験では、講義室の学内無線 LAN で行ったため、学内 LAN および無線環境に原因がある可能性が考えられる。または本来 HLS が対応していないブラウザにライブラリを用いて対応しているため、ライブラリに原因がある可能性が考えられる。

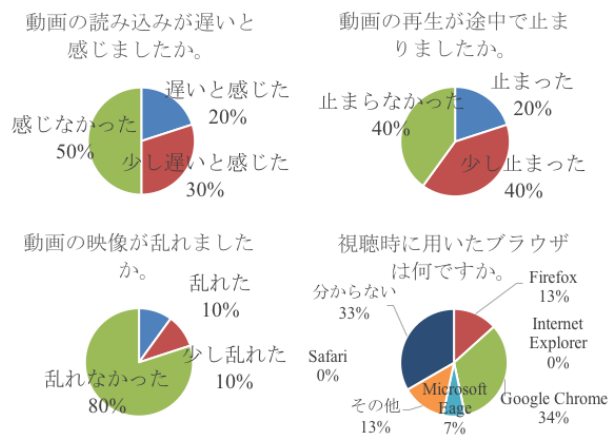


図 3 アンケート結果 2

### 5. まとめ

本稿では、反転授業のための動画配信サービスの開発における HLS の利用について評価した。ライブラリを用いて、視聴者側に専用のソフトウェアを導入させることなく HLS の動画を視聴させることができた。

実験を通して、HLS の通常のストリーミングはアンケートから配信方式として利用可能であると思われるが、アダプティブ・ストリーミングの利用は今後もデータを集めて安定性を確認し、検討する必要がある。またアダプティブ・ストリーミング用のインデックスファイルの生成に用いた Apple 社製の CUI ツールは Mac でのみ動作するので、動画配信システムの開発にあたって他の生成手段を用意する必要がある。

今回の実験では、講義室での同時視聴による再生実験を行った。実験の結果から同時に 20 人程度の同時視聴に対しては動画の再生および視聴は可能であった。したがって、決まった時間に同時視聴を行わない反転授業の際の動画の視聴は可能であると考えられる。今後は動画配信サービスの動画管理部分の開発や、視聴者の動画視聴の動き（イベントログ）の可視化を検討する。本稿で触れなかった反転授業を行う際に配信をする動画コンテンツ作成方法についても検討する。

#### 参考文献

- [1] 重田 勝介, 反転授業 ICT による教育改革の進展, 北海道大学 基盤情報センター, 情報管理, Vol.56 No.10 (2013)
- [2] Apple inc. HTTP ライブストリーミングの概要 <https://developer.apple.com/jp/documentation/StreamingMediaGuide.pdf> (参照: 2016 年 5 月 21 日)
- [3] 川口 雄一, 目時光紀, 非アップル端末による HLS ストリーミング動画の再生, 天使大学 紀要, Vol. 14, No. 2 (2014)