

# 強化学習を用いた MPEG-DASH における映像品質制御手法の設計

生出 真人<sup>†1</sup> 阿部 亨<sup>†1,†2</sup> 菅沼 拓夫<sup>†1,†2</sup>

<sup>†1</sup> 東北大学大学院情報科学研究科 <sup>†2</sup> 東北大学サイバーサイエンスセンター

## 1 はじめに

ライブストリーミングサービスの利用は、PC やスマートフォン等の携帯端末だけでなく、家電等の低資源端末にも広がっている。高品質なライブストリーミングのためには、豊富なネットワーク資源と計算機資源が必要となる。しかし、既存のライブストリーミングはネットワーク資源とストリーミングデータの特性を考慮したサービス提供であるため、低資源端末に適応したサービス提供は困難である。

そこで本研究では、端末が利用可能なネットワークと計算機の両資源、ストリーミングデータの特性を強化学習することで、多様な端末に適応した品質でサービス提供を行う映像品質制御手法を提案する。本稿では、ライブストリーミング手法である MPEG-DASH を対象とした映像品質制御手法の設計を行い、実験により提案手法の動作を確認する。

## 2 関連研究と課題

本研究で対象とする MPEG-DASH は、ストリーミングデータを数秒のセグメントに分割して受信端末に配信する。このとき、DASH サーバは受信端末がセグメントのダウンロードに要する時間から利用可能な帯域を推定する。これにより、利用可能な帯域の変化に応じた映像品質制御を実現している。

MPEG-DASH を対象とした研究として、文献 [1] では、再生バッファの占有率に応じて提供するセグメントの品質を制御している。また、文献 [2] では、セグメントが可変ビットレートで圧縮符号化されていることに着目し、帯域とビットレートの変動を考慮したセグメントを提供している。

このように既存手法では、ネットワーク資源であるバッファ占有率やストリーミングデータの特性としてセグメントのビットレートを考慮することで、ネットワーク資源とストリーミングデータに適応したサービス提供を実現している。しかし、計算機資源の考慮がなされていないため、ネットワーク資源に余裕がある場合においてもストリーミングデータの再生が中断する可能性がある。したがって、資源（計算機資源、ネットワーク資源）の変動とストリーミングデータの特性を総合的に考慮した手法が求められるが、これらの組合せは膨大であ

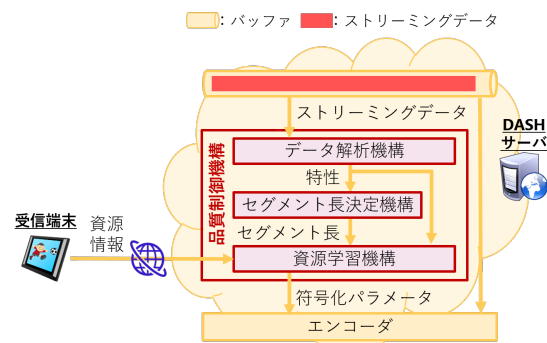


図1 品質制御機構の概要

るため、受信端末の多様な状態を考慮したストリーミングデータの品質制御は困難となる課題がある。

## 3 強化学習を用いた MPEG-DASH における映像品質制御手法

### 3.1 概要

前章で述べた課題を解決するため本稿では、受信端末で利用可能な資源とストリーミングデータの特性を総合的に考慮することで、受信端末に適応した映像品質を提供するための映像品質制御手法を提案する。具体的には、資源とストリーミングデータの特性を強化学習することで、受信端末の状態に応じて符号化パラメータを導出する資源適応型ストリーミングデータ品質制御機構（以降、品質制御機構）を提案する。

図1に、品質制御機構の概要を示す。品質制御機構はDASHサーバ内に配置し、ストリーミングデータの特性を解析するデータ解析機構、ストリーミングデータの特性からセグメント長を決定するセグメント長決定機構、資源とストリーミングデータの特性を学習して符号化パラメータを選択する資源学習機構から構成される。

### 3.2 品質制御機構の設計

動画解析機構は、端末から送信されるストリーミングデータの特性  $char$  を判定する。本研究では既存研究 [2] に基づき、ストリーミングデータの特性  $char$  はビットレートとする。このため、ストリーミングデータが MPEG 形式で圧縮符号化されていることを前提とし、ストリーミングデータが Group Of Pictures (GOP) で構成されているものとする。GOP は固定フレーム数または動画内のシーンの切り替え時に存在する。したがって、GOP を構成す

A Design of Video Quality Control Method for MPEG-DASH Using Reinforcement Learning

Makoto OIDE<sup>†1</sup>, Toru ABE<sup>†1,†2</sup>, and Takuo SUGANUMA<sup>†1,†2</sup>

<sup>†1</sup> Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

<sup>†2</sup> Cyberscience Center, Tohoku University

るフレームのビットレートを  $char$  とする。

セグメント長決定機構は、動画解析機構で判定したストリーミングデータの特性  $char$  に基づき、セグメント長  $len_{seg}$  を決定する。具体的には、連続して類似する  $char$  を持つ GOP を結合してセグメントを構成する。このようにして構成したセグメントのフレーム数から  $len_{seg}$  を決定する。

品質制御機構は、動画解析機構で解析したストリーミングデータの特性  $char$  とセグメント長決定機構で決定したセグメント長  $len_{seg}$ 、受信端末が利用可能な資源情報  $R$  に基づき、符号化パラメータを選択する。具体的には、 $char$ ,  $len_{seg}$ ,  $R$  を入力として強化学習し、ストリーミングデータの品質となる映像解像度、フレームレート、画質の組み合わせを選択する。本稿では、強化学習アルゴリズムとして Q 学習を用いる。Q 学習は、受信端末のある状態に対して選択される符号化パラメータの期待値となる Q 値を更新していくアルゴリズムであり、学習の流れを以下に示す。

1. 時刻  $t$  における  $char_t$ ,  $len_{seg_t}$ ,  $R_t$  から受信端末の状態  $s_t$  を観測
2. 観測した状態  $s_t$  に対応する Q 値  $Q_t$  に基づき、符号化パラメータ  $a_t$  を選択
3.  $a_t$  に基づき圧縮符号化されたセグメントを受信端末が再生したことで変動した受信端末の資源情報  $R_{t+1}$  から次の状態  $s_{t+1}$  を観測
4.  $s_t$  から  $s_{t+1}$  に遷移した際に受信端末へ与えた影響  $rdw_{t+1}$  を、資源の増分  $\Delta R$  とストリーミングデータの品質の劣化程度から導出
5. 学習率  $\alpha$ , 割引率  $\gamma$  を用いて Q 値  $Q_{t+1}$  を以下の式で更新

$$Q_{t+1} \leftarrow Q_t + \alpha \{rdw_{t+1} + \gamma \max_a Q_{t+1} - Q_t\}$$

6.  $t$  をインクリメントし、1. から 5. までをサービス提供が終了するまで繰り返す

なお本稿では、確率  $\varepsilon$  でランダムに、それ以外は最大の Q 値である符号化パラメータ  $a_t$  を選択する。

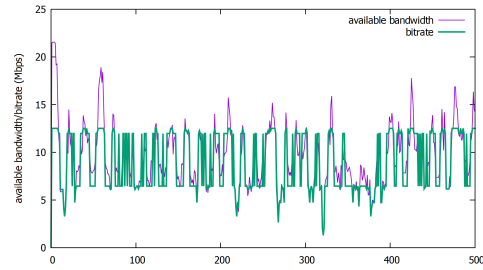
## 4 実験と評価

品質制御機構が受信端末で利用可能な資源に適応した符号化パラメータを選択可能かどうかを確認する実験を行った。実験では、あらかじめすべての符号化パラメータの品質で圧縮符号化したセグメントを用意し、そのセグメントを受信端末で再生した際の受信端末の資源情報を獲得した。その後、獲得した資源情報を資源学習機構に入力しその動作を確認した。学習率  $\alpha$  は 0.1, 割引率  $\gamma$  は 0.9, 確率  $\varepsilon$  は 0.1 とした。また、資源のみを考慮した単純手法と品質制御機構を用いた提案手法において、サービス提供中の平均画質評価、平均 CPU 使用率、累計フレームドロップ数を比較した。

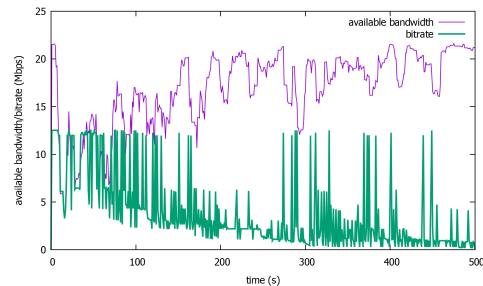
表 1 に示す実験結果より、提案手法は単純手法と比較して、平均画質評価はほぼ同等であり、平均 CPU 使用率を 34.9%, 累計フレームドロップ数を

表 1 実験結果

	単純手法	提案手法
平均画質評価	0.992	0.989
平均 CPU 使用率 (%)	95.3	62.0
累計ドロップ数 (frames)	7787	3385



(a) 単純手法



(b) 提案手法

図 2 実験結果

56.5% 削減した。また、図 2 に示す実験結果より、学習が進むことで資源に影響が少ない高品質な符号化パラメータを選択していることを確認した。

以上の実験結果より、提案手法を用いることで利用可能な資源に適応した符号化パラメータを決定したことを確認した。

## 5 おわりに

本稿では、MPEG-DASH を対象とし、多様な端末に適応した品質でサービス提供を行うための映像品質制御手法を提案した。さらに、実験により提案手法を用いることで利用可能な資源に適応した符号化パラメータを決定したことを確認した。

今後は、受信端末で利用可能な資源を限定した状況下で実験を行い、提案手法の有効性を確認する。

## 参考文献

- [1] Juluri, P., Tamarapalli, V. and Medhi, D.: QoE Management in DASH Systems Using the Segment Aware Rate Adaptation Algorithm, *IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*, pp. 129–136 (2016).
- [2] Lee, S., Lee, E. and Lee, H.: Quality adaptation scheme for improving QoE of MPEG DASH, *International Conference on Information and Communication Technology Convergence*, pp. 368–370 (2016).