

## MPEG-2 TS トランスコーディングアルゴリズムの検討

西村 敏<sup>†</sup> 尾崎 誠司<sup>‡</sup> 花村 剛<sup>‡</sup> 富永 英義<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院理工学研究科

〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1

satoshi@tom.comm.waseda.ac.jp

<sup>‡</sup> 株式会社 メディアグルー

〒169-0072 東京都新宿区大久保2-4-12 新宿ラムダックスビル8階

本稿では、MPEG-2 トランスポートストリームを対象とし、本トランスコーダへの入出力ビットストリーム間の同期制御アルゴリズム及び可変ビットレート形式のビデオビットストリームに対する出力ビットレート変換アルゴリズムに重点を置いたMPEG-2 TS トランスコーディングアルゴリズムを提案した。また、出力MPEG-2 TS ビットレート制御の観点よりシミュレーション実験を行い、目標出力TSパケット数と同一の実出力TSパケット数が得られていることを確認した。さらに、T-STDのバッファ占有量の観点よりシミュレーション実験を行い、本トランスコーダにより出力されたMPEG-2 TSがT-STDのバッファ破綻を引き起こさないことを確認し、提案トランスコーディングアルゴリズムの有効性を示した。

キーワード MPEG-2 トランスポートストリーム, 入出力同期制御, VBR ビデオ ES レート変換,  
T-STD バッファ占有量

## A Study on MPEG-2 TS Transcoding Algorithm

Satoshi NISHIMURA<sup>†</sup> Seiji OZAKI<sup>‡</sup> Tsuyoshi HANAMURA<sup>‡</sup> Hideyoshi TOMINAGA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, WASEDA University

3-4-1 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555 JAPAN

satoshi@tom.comm.waseda.ac.jp

<sup>‡</sup> Media Glue Corporation

Ramdax Bldg. 8th floor 2-4-12 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0072 JAPAN

In this paper, we propose a MPEG-2 Transport Stream Transcoding Algorithm which gives priority to synchronization control method between input bitstream and output bitstream, and bitrate control method for variable bitrate video elementary stream .

We evaluate this Transcoding Algorithm from the viewpoints of output MPEG-2 TS bitrate and T-STD buffer fullness by simulation experiment. From estimation experiment, it is shown that number of real output TS packets is equal to number of target output TS packets , and that output bitstream of this Transcoder dose not cause T-STD buffer overflow or underflow.

keyword MPEG-2 Transport Stream, Synchronization, VBR Video ES Rate Translation,  
T-STD buffer fullness

1. はじめに

様々な回線品質が相互に接続されたネットワークへの MPEG-2 ビットストリーム配送サービスにおける、ネットワークの各ノードにおいて回線品質に応じて配送ストリームのビットレートを削減することにより QoS 制御を行なう方式として、トランスコーディングが提案されている。これまで、MPEG-2 MP@ML ビデオビットストリームを対象とした低遅延トランスコーディングアルゴリズムを確立してきた [1][2]。

ただし、実際のコンテンツ配送サービスが運用される際には、ビデオビットストリームのみのコンテンツは考えにくく、多重化マルチメディアストリームとしてサービスされる機会が多いと考えられるため、MPEG-2 システムビットストリームに対するトランスコーディング方式を確立する必要がある。

そこで本稿では、MPEG-2 トランスポートストリームを対象とし、現在までに検討してきたビデオビットストリームトランスコーディングアルゴリズムを用いた MPEG-2 TS トランスコーディングアルゴリズムを提案する。また、シミュレーション実験において本アルゴリズムの有効性を示す。

2. MPEG-2 TS トランスコーディングアルゴリズム

まず、以下に MPEG-2 ビデオトランスコーダを用いた MPEG-2 TS トランスコーダの実現形態における解決すべき課題を挙げる。

1. 入力 MPEG-2 トランスポートストリームの同期情報を用いることにより、入出力 MPEG-2 トランスポートストリーム間のオーディオ・ビデオ同期を一致させる。
2. 可変ビットレート符号化形式のビデオビットストリームの出力符号化レート変換制御方式の確立

本節では上記課題解決のための MPEG-2 TS トランスコーディングアルゴリズムについて述べる。尚、MPEG-2 TS 内においてビットレートの占有量が比較的大きいと考えられるビデオビットストリームのみをビットレート削減処理の対象とする。

本トランスコーダは、図 1 に示す処理器から構成されており、リアルタイム処理を実現させるため各処理部は同期を確保しながら並列に動作させる。

図 1 に示す実線は本トランスコーダにおける入出力ビットストリームを構成する実データ(ビット素片)の流れを示しており、破線は入出力ビットストリーム間の同期制御のための情報の流れを示している。

以下では、図 1 に示す各処理器のアルゴリズムの詳細を述べる。

この時、各処理は  $bf.time[sec]$  を時間間隔とした単位時間を処理単位として用いる。単位時間 (n) は、本 MPEG-2 TS トランスコーダへの総入力 MPEG-2 TS パケットのビット数 [bit] を入力 MPEG-2 トランスポートストリームビットレート  $TSB_{in}[bps]$  で除算することにより算出する。従って、総入力 MPEG-2 TS パケット数  $AllTS_{in}$  が式 (1) を満たした場合、単位時間 (n) が経過したと定義する。

$$AllTS_{in} = \frac{TSB_{in} \times bf.time}{188 \times 8} \times n \quad (1)$$

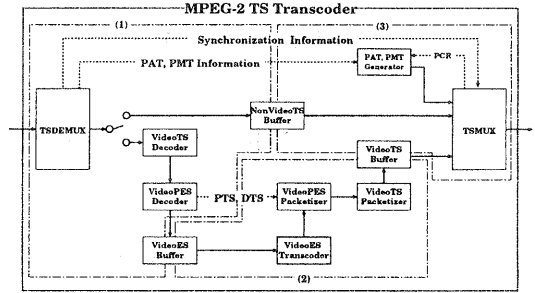


図 1: MPEG-2 TS トランスコーダ処理構成

2.1 入力 MPEG-2 TS 多重分離部

図 1:(1) に相当する処理部である。単位時間 (n) における入力 TS パケットを TS パケットヘッダの PID を識別することにより各 PID 毎に多重分離する。また、TS パケットのペイロードを識別することにより各パケットのタイプを識別し、各タイプ毎の処理を行なう。この時 TS パケットが PAT, PMT の場合は削除するが、各テーブルのデータを抽出し出力の PAT, PMT の生成に用いる。それ以外の非ビデオ TS パケットは非ビデオ TS バッファに蓄積し、入出力 MPEG-2 TS 間において非ビデオ TS パケットの T-STD への到着時刻を合わせるため、単位時間 (n) 内における非ビデオ TS パケットの出現位置を保持し、出力 MPEG-2 TS 配列多重処理部で用いる。単位時間 (n) における  $i$  番目の非ビデオパケットの出現位置は、単位時間 (n) の先頭からのパケット間距離を用いて  $NonVRun(i)$  で表す。図 2 に  $NonVRun(i)$  の概念図を示す。

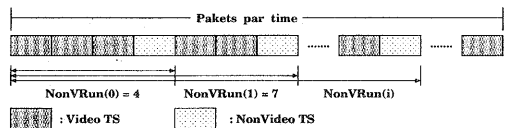


図 2:  $NonVRun(i)$  の概念図

また、ビデオ TS パケットの場合は、TS パケット、PES パケットの復号により得られるビデオ ES 及び各ピクチャの同期情報である  $PTS, DTS$  を図 1:(2) の処理器であるビデオ ES トランスコーディング及びビデオ TS パケット生成部へ出力する。

また、単位時間 (0) において、入力 MPEG-2 TS より PCR を復号し、その PCR 符号までに入力 MPEG-2 TS 多重分離部へ入力された総 MPEG-2 TS バイト数および入力 MPEG-2 TS ビットレートより、多重分離開始時のシステムクロック  $PCR_{offset}$  を算出し、出力 MPEG-2 TS の PCR の初期値として用いる。

## 2.2 ビデオ ES トランスコーディング及びビデオ TS 生成部

ビデオ ES を目標出力 MPEG-2 TS ビットレートに合わせるために、トランスコーディング処理によりビットレート削減を行う。また、得られたトランスコーディング後のビデオ ES に対し PES パケット化及び TS パケット化を行う。ビデオ ES のトランスコーディングアルゴリズムは文献<sup>[1]</sup>を基にしているためここでは課題として挙げた VBR ビデオ ES レート変換制御アルゴリズムおよび、ビデオ PES、ビデオ TS パケット生成についてのみ述べる。

### 2.2.1 VBR ビデオ ES レート変換制御アルゴリズム

本レート変換制御方式は、以下に示す 3 ステップにより行う。

- Step1: 基準入出力符号量比率の算出
- Step2: 基準量子化スケールの算出
- Step3: 再量子化レート歪み特性に基づいた量子化スケールの算出<sup>[3]</sup>

以下では Step1, Step2 についてのみ述べる。

■ Step 1: 基準入出力符号量比率の算出 単位時間 (n) 当たりの入力ビデオエレメンタリストリームの符号量及び、目標出力ビデオエレメンタリストリーム符号量の算出により、基準入出力符号量比率  $ioRatio(n)$  を導出する。基準入出力符号量比率は、単位時間 (n) という短い時間間隔で見れば、入力ビットレートと出力ビットレート比率と考えることもできる。

単位時間 (n) 当たりの入力ビデオエレメンタリストリームの符号量を  $VideoES_{in}(n)$ 、非ビデオ TS パケット数を  $NonVTS_{in}(n)$  とし、単位時間当たりの目標出力 MPEG-2 TS パケットの総数を  $tAllTS_{out}(n)$ 、目標出力ビデオ TS パケット数を  $tVideoTS_{out}(n)$ 、目標出力非ビデオ TS パケット数を  $tNonVTS_{out}(n)$  とすると、 $tAllTS_{out}(n)$  は、式 (2) により求められる。ここで、式 (2) における  $bf\_time$  は、単位時間の時間間隔 [sec] である。

$$tAllTS_{out}(n) = \frac{TSB_{out} \times bf\_time \cdot (n+1)}{188 \times 8} - \sum_{i=0}^{n-1} tAllTS_{out}(i) \quad (2)$$

式 (2) における初期値は、 $n$  が 0 の右辺第一項である。

また、 $VideoTS_{in}(n)$  および、 $NonVTS_{in}(n)$  は、単位時間当たりの入力パケットを多重分離することにより知ることができる。

ここで、本トランスコーダでは、ビデオエレメンタリストリームのみの符号化レート削減により出力 MPEG-2 TS のビットレートを制御することを方針としているため、単位時間 (n) 中に PAT、PMT の送出の必要があるかも考慮し、式 (3) を仮定できる。

$$tNonVTS_{out}(n) = NonVTS_{out}(n) + PATPMT_{out}(n) \quad (3)$$

ただし、式 (3) の  $PATPMT_{out}(n)$  は、式 (16) に示す値と同値であり、算出方法も同一である。

式 (2)、式 (3) および、過去 (n-1) 番目までの目標出力ビデオ TS パケット数に対する実出力ビデオ TS パケット数の差分を考慮し、 $tVideoTS_{out}(n)$  に関する式 (4) を導出した。

$$tVideoTS_{out}(n) = tAllTS_{out}(n) - tNonVTS_{out}(n) + dVideoTS(n) \quad (4)$$

ここで、 $dVideoTS(n)$  は、式 (5) の通りであり、初期値は 0 である。

$$dVideoTS(n) = \sum_{i=0}^{n-1} tVideoTS_{out}(i) - \sum_{i=0}^{n'} VideoTS_{out}(i) \quad (5)$$

式 (5) における  $VideoTS_{out}(i)$  は、単位時間 (i) 当たりの実生成 TS パケット数である。また、右辺第 2 項の  $n'$  は、過去 (n-1) 時間分の入力ビデオエレメンタリストリームが入力バッファから消費され、入力バッファが空となった時点における出力ビデオエレメンタリストリームの符号量を仮想的な時間に換算した値である。

以上により、単位時間 (n) 当たりの入力ビデオエレメンタリストリームに対する目標出力ビデオエレメンタリストリームの符号量比率  $ioRatio(n)$  は、式 (6) により算出される。

$$ioRatio(n) = \frac{VideoES_{in}(n)}{\frac{tVideoTS_{out}(n) \times 188}{outputTERatio(n)}} \quad (6)$$

ここで、式 (6) における  $outputTERatio(n)$  は、実出力ビデオ TS パケットの符号量に対する実出力ビデオエレメンタリストリームの符号量の比率であり、式 (7) により導出する。 $outputTERatio(n)$  は、過去 (n-1) 時間までのビデオエレメンタリストリームを PES パケット化、TS パケット化する際のオーバーヘッドの比率を表している。

$$outputTERatio(n) = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} VideoTS_{out}(i) \times 188}{\sum_{i=0}^{n-1} VideoES_{out}(i)} \quad (7)$$

この値を用いることにより単位時間当たりの目標出力ビデオエレメンタリストリームの符号量  $tVideoES_{out}(n)$  は、同様に式 (8) により求める。

$$tVideoES_{out} = \frac{tVideoTS_{out}(n) \times 188}{outputTERatio(n)} \quad (8)$$

次に、得られた値を用いて単位時間基準閾値を式 (9) により求める。

$$TH_{out}(n) = \sum_{j=0}^n [tVideoES_{out}(j) - \sum_{i=0}^{j-1} \{tVideoES_{out}(i) - VideoES_{out}(i)\}] \quad (9)$$

本値は、単位時間 (n) までの出力ビデオエレメンタリストリームの総出力バイト数の期待値である。

■ Step 2: 基準量子化スケールの算出 各単位時間に含まれる MB を順次符号化していきながら基準量子化ス

ケールを算出する。具体的には単位時間において、単位時間総復号済  $MB$  の入力復号符号量の累積値 (入力バッファ状態値) を式 (6) により算出した  $ioRatio(n)$  で除算することにより得られるバッファ状態値と、単位時間総符号化済  $MB$  の出力符号量の累積値 (出力バッファ状態値) との差分をフィードバックすることにより基準量子化スケールを算出する。

まず、単位時間 (n) 内  $j$  番目の  $MB$  のトランスコードに先立ち、仮想バッファの占有量  $b(j)$  を式 (10) により算出する。

$$b(j) = b(0) + rc \times \sum_{k=1}^{j-1} \{ B_{MB_{out}}(k) - \frac{B_{MB_{in}}(k)}{ioRatio(n)} \} \quad (10)$$

式 (10) において、 $B_{MB_{out}}$  は出力ビットストリームの単位時間における  $k$  番目の  $MB$  の発生符号量、 $B_{MB_{in}}$  は入力ビットストリームの単位時間における  $k$  番目の  $MB$  の発生符号量を示す。また  $rc$  は遅延量を制御するパラメータ [2] である。式 (10) から算出した仮想バッファ占有量を用いて基準量子化スケールは式 (11) により算出する。

$$Q(j) = 31 \times b(j) / r \quad (11)$$

式 (10) において  $b(0)$  は仮想バッファの初期占有量を示す。また、 $MB_{cnt}$  を単位時間当たりの  $MB$  の総数とすると、 $b(MB_{cnt})$  は、次の単位時間に対する仮想バッファ占有量の初期値  $b(0)$  として用いる。  $r$  は、式 (12) に示す値とする。

$$r = 2 \times tVideoES_{out}(n) \quad (12)$$

また、 $b(0)$  の初期値は、TM5<sup>[4]</sup> と同様とする。

### 2.2.2 ビデオ PES 生成器、ビデオ TS パケット生成器

ビデオトランスコーディング部において、1TS 分のビデオ ES が生成され次第、PES パケット化及び TS パケット化を行ない、ビデオ TS バッファに蓄積する。その際、1 つの PES パケットは、1 ピクチャ分のビデオ ES より構成する。また、PES ヘッダに付加される同期情報  $PTS$ 、 $DTS$  は、ビデオ PES パケット復号器から入力した  $DTS(i)$ 、 $PTS(i)$ 、 $PTS\_DTS\_flags(i)$  を該当するピクチャ  $i$  の PES ヘッダのそのまま用いる。これにより、入出力 MPEG-2 TS 間においてビデオビットストリームの同期は確保できる。

ここで、単位時間 (n) までに生成されたビデオ TS パケット中のビデオ ES の符号量が次式を満たす場合、ビデオトランスコーディング部において単位時間 (n) における時間間隔  $bf\_time$  分のビデオ TS パケットのパケット化が終了したとみなす。

$$VES_{out} + \sum_{i=0}^{n-1} VideoES_{out}(i) \geq TH_{out}(n) \quad (13)$$

式 (13) の  $VES_{out}$  は、単位時間 (n) における現在までの出力ビデオ ES の符号量である。また、式 (13) を満たした時の  $VES_{out}$  を  $VideoES_{out}(n)$  とする。

### 2.3 出力 MPEG-2 TS パケット配列多重部

図 1:(3) の処理部である。

単位時間 (n) における入力ビデオ TS パケット数を、 $VideoTS_{out}(n)$ 、非ビデオ TS パケット数を  $NonVTS_{out}(n)$  とする。また、式 (14) を満たす場合、PAT、PMT 送出数  $PATPMT_{out}(n)$  を 2 に、そうでない場合は  $PATPMT_{out}(n)$  を 0 とする。

$$188 \times 8 \times \sum_{i=0}^n tAllTS_{out}(i) \geq freq \times TSB_{out} \times S_{out} \quad (14)$$

ただし式 (14) の  $freq$  は PAT、PMT 送出周期であり、 $S_{out}$  は PAT、PMT の送出回数である。式 (14) は、現単位時間において、PAT、PMT を出力する必要があるかどうかを示している。

これらの値を用いることにより、単位時間 (n) 当たりのバッファ内ビデオ TS パケット数  $VideoTS_{buff}(n)$  は、式 (15) となり、単位時間 (n) 当たりのバッファ内非ビデオ TS パケット数  $NonVTS_{buff}(n)$  は、式 (16) となる。

$$VideoTS_{buff}(n) = VideoTS_{out}(n) + diffVTS_{out}(n) \quad (15)$$

$$NonVTS_{buff}(n) = NonVTS_{out}(n) + PATPMT_{out}(n) \quad (16)$$

ただし、 $diffVTS_{out}(n)$  については後述する。

TS パケットの配列多重は、入力 MPEG-2 TS 多重分離器より入力した入出力同期制御のための情報  $NonVRun(i)$  を用いて以下のように行なう。

1. 過去の目標出力 TS パケット数と実出力 TS パケット数との差分を考慮した現単位時間当たりの目標出力 TS パケット数  $targetTS_{out}$  は、式 (17) により求められる。

$$targetTS_{out} = \sum_{i=0}^n tAllTS_{out}(i) - \sum_{i=0}^{n-1} AllTS_{out}(i) \quad (17)$$

ただし、 $AllTS_{out}(i)$  は、単位時間 (i) の実出力 TS パケット数である。

2. 単位時間 (n) における現在までの総出力 TS パケット数  $TS_{out}$  が、式 (18) を満たす場合、PAT、PMT を生成出力し、 $TS_{out}$  に 2 を加算する。

$$188 \times 8 (TS_{out} + \sum_{i=0}^{n-1} AllTS_{out}(i)) \geq freq \times TSB_{out} \times S_{out} \quad (18)$$

また、PMT に PCR を付与する。その際の PCR の初期値を入力 MPEG-2 TS 多重分離部により得た  $PCR_{offset}$  とする。

3. 式 (19) を満たす場合、ビデオ TS パケットを 1 パケット出力する。満たされない場合は、非ビデオ TS パケットを 1 パケット出力し、 $i$  を加算する。ただし、 $i$  は、単位時間における非ビデオ TS パケットの出力数を示す。

$$TS_{out} \leq \frac{NonVRun(i) \times TSB_{out}}{TSB_{in}} - 1 \quad (19)$$

また、TS パケットが出力される度  $TS_{out}$  は加算される。

4. 処理 2 に戻り、処理 2,3 を繰り返す。終了条件は  $VideoTS_{buff} + NonVTS_{buff}$  が  $targetTS_{out}$  より大きい場合は、 $TS_{out} = targetTS_{out}$  とし、それ以外の場合は、 $TS_{out} = VideoTS_{buff} + NonVTS_{buff}$  とする。

上記処理終了後、 $targetTS_{out} < VideoTS_{buff} + NonVTS_{buff}$  の場合、式 (20) により  $diffVTS_{out}(n+1)$  を求める。

$$diffVTS_{out}(n+1) = VideoTS_{buff}(n) + NonVTS_{buff} - targetTS_{out} \quad (20)$$

$diffVTS_{out}(n+1)$  は、単位時間 (n) までの目標出力 TS パケット数に対する、単位時間 (n) までに出力 MPEG-2 配列多重部へ入力された総パケット数の超過分であり、それは、そのまま単位時間 (n) までの目標出力ビデオ TS パケット数に対する、実出力ビデオ TS パケット数の超過分であると言える。従って  $diffVTS_{out}(n+1)$  として次の単位時間に出力を繰り越されるパケットは全てビデオ TS パケットである。さらに、式 (21) を満たす場合、出力 MPEG-2 TS に NULL パケットを出力し、出力ビットレートに近づける処理を行なう。

$$\sum_{i=0}^n tAllTS_{out}(i) - (targetTS_{out} + \sum_{i=0}^{n-1} AllTS_{out}(i)) > STUFF_{TH} \quad (21)$$

$STUFF_{TH}$  は目標出力 TS パケット数に対し実出力パケット数がどれだけ少なかった場合にスタッフィング処理を行なうかの閾値を示す値である。

### 3. シミュレーション実験

上記アルゴリズムに基づいた MPEG-2 TS トランスコーダのレート削減機能を以下の観点よりシミュレーション実験を行う。

1. 出力 MPEG-2 TS ビットレートの観点
2. トランスポートストリームシステムターゲットデコーダ (T-STD) のビデオ / オーディオの各バッファ占有量の観点

本実験におけるトランスコーダへの入力 MPEG-2 トランスポートストリームの構成を表 1 に示す。

表 1: 入力 MPEG-2 TS の構成

MPEG-2 TS		
多重化条件	多重化レート	10.56[Mbps]
	ストリーム時間	約 143 [sec]
パケット数	総 TS パケット数	1003480
	PAT/PMT パケット数	1430
	ビデオ TS パケット数	973709
	オーディオ TS パケット数	23791
	NULL パケット数	3120

また、トランスコーダにおける単位時間間隔 [sec] は、 $bf\_time = 0.02$  とし、 $STUFF_{TH}$  を 1 とした。

### 3.1 出力 MPEG-2 TS ビットレートの観点からの評価

本トランスコーダのアルゴリズムにより、出力 MPEG-2 TS ビットレートの制御が行えることを確認するため、目標出力 MPEG-2 TS ビットレートに対する実出力 MPEG-2 TS ビットレートを測定した。

本実験では、目標出力ビットレートを 4[Mbps] から 9[Mbps] とした場合の実出力 TS パケット数を測定した。表 2 に、各出力ビットレートにおける目標出力 TS パケット数と、各ストリームタイプ毎の実出力 TS パケット数の関係を示す。

表 2 より、全ての出力ビットレートにおいて、目標出力 TS パケット数と一致した総 TS パケット数が得られていることが分かる。

また、表 1 と表 2 を見比べてみると、オーディオパケット数が一致していることが分かる。これにより、入力ビットストリームと出力ビットストリームにおいて、同一のオーディオ TS パケットを出力できていることが分かる。また、NULL パケットを見てみると、各ビットレートにおいて入出力ビットストリームにおいて NULL パケット数が一致する。これにより、各単位時間において、目標出力 TS パケット数に対する実出力 TS パケット数の差分が、 $STUFF_{TH}$  を越えていないことを示している。

以上の結果より、本トランスコーディングアルゴリズムがレート制御の観点から有効であることが確認できる。

### 3.2 T-STD バッファ占有量の観点からの評価および考察

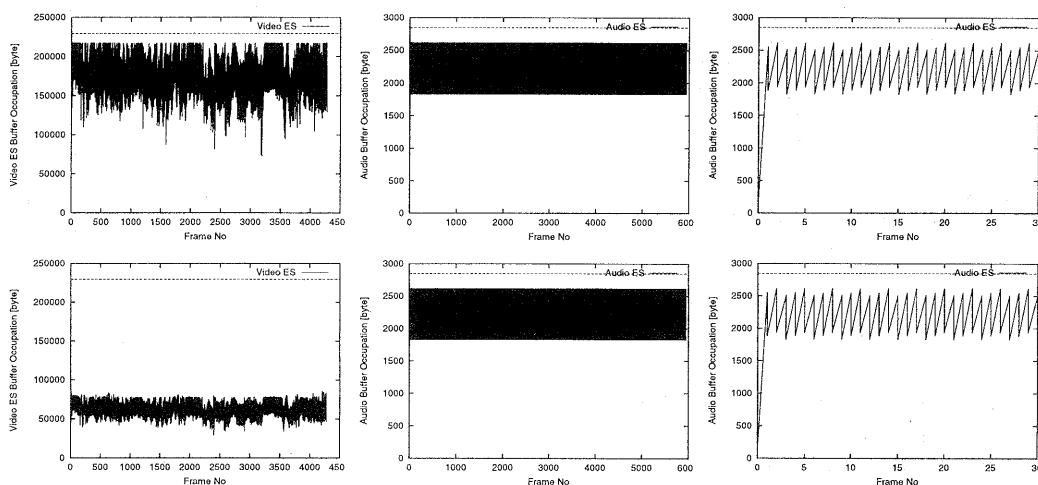
本トランスコーダより得られる出力 MPEG-2 TS を T-STD へ入力した時の T-STD のビデオ / オーディオの各バッファの占有量を測定し、各バッファが破綻していないことを確認する。トランスコーディングにより得られた出力 MPEG-2 TS の T-STD のビデオエレメンタリバッファ、オーディオ主バッファ占有量を測定し、トランスコーダへの入力ビットストリームを直接 T-STD へ入力した場合の各バッファの占有量と比較した。

各バッファは、各バッファにビットストリームを入力し、その際に PCR と、ビットレートおよび入力符号量から現在時刻を算出し、算出された時刻とバッファ内が一番長く滞留した 1 フレームの DTS が一致した場合にその 1 フレーム分のデータをバッファから取り除く処理を行う。その際の、各バッファから 1 フレームのビット素片を取り除く前後の測定値をバッファ占有量とした。

図 3 左図の上下に、T-STD ビデオエレメンタリバッファの占有量の遷移を示す。図 3 左図の横軸は復号順のフレーム番号であり、縦軸はビデオエレメンタリバッファの占有量である。また、点線は、ビデオエレメンタリバッファのバッファサイズを示している。図 3 中央図の上下に、T-STD オーディオ主バッファの占有量の遷移を示す。図 3 中央図の横軸はオーディオフレーム番号、縦軸は主バッファの占有量を示しており、点線は、主バッファにおけるオーディオエレメンタリストリームおよび PES パケットヘッダのバッファリングに割り当てられるバッファサイズである。さらに図 3 右図は図

表 2: 目標出力 TS パケット数と実出力 TS パケット数の関係

	出力ビットレート [Mbps]					
	4	5	6	7	8	9
総 TS パケット数	380106	475132	570159	665186	760212	855239
PAT/PMT パケット数	1430	1430	1430	1430	1430	1430
ビデオパケット数	350335	445361	540388	635415	730441	825468
オーディオパケット数	23791	23791	23791	23791	23791	23791
NULL パケット数	3120	3120	3120	3120	3120	3120
目標出力 TS パケット数	380106	475132	570159	665186	760212	855239



ビデオエレメンタリバッファ占有量の遷移    オーディオ主バッファ占有量の遷移    オーディオ主バッファ (0 ~ 30 フレーム)

図 3: T-STD ビデオエレメンタリバッファ / オーディオ主バッファの占有量の遷移 (上段: 入力, 下段: 出力)

3中央図の0 ~ 30 オーディオフレームの部分を拡大した図である。図3左図の上図に対し下図はほぼビットレート比率の占有量で遷移していることが分かる。これは、入力ビットストリームのビデオESの1フレームの符号量に対し出力ビデオESの同一フレームの符号量が比例しているためであると考えられる。また、図3中央図、図3右図を見ると、上図と下図が同一の遷移をしていることが分かる。これは、各オーディオフレームがトランスコーダへの入出力ビットストリーム間において、同一時刻にオーディオ主バッファに到着していることを示す。

以上により、本MPEG-2 TS トランスコーダにより出力されたMPEG-2 TSがT-STDの各バッファの破綻を引き起こさないことが分かり、T-STDバッファ占有量の観点から本トランスコーディングアルゴリズムの有効性が確認できた。

#### 4. まとめ

本稿では、MPEG-2 トランスポートストリームを対象としたトランスコーディングアルゴリズムを提案した。また、出力MPEG-2 TS ビットレート制御の観点よ

りシミュレーション実験を行い、目標出力パケット数と同一の実出力TSパケット数が得られていることを確認した。さらに、T-STDのバッファ占有量の観点よりシミュレーション実験を行い、本トランスコーダにより出力されたMPEG-2 TSがT-STDのバッファ破綻を引き起こさないことを確認することにより、本トランスコーディングアルゴリズムの有効性を示した。

#### 参考文献

- [1] 西村, 笠井, 高屋, 亀山, 榊, 花村, 富永: “リアルタイムMPEG-2ビデオトランスコーダソフトウェアの開発”, 情処研報, AVM25-5 (1999).
- [2] 笠井, 花村, 西村, 亀山, 富永: “低遅延MPEG-2ビデオトランスコーダ符号量制御方式の検討”, 情処研報, AVM26-8, pp. 45-50 (1999).
- [3] 永吉, 笠井, 花村, 亀山, 富永: “再量子化特性を利用したMPEG-2トランスコーダ量子化制御方式の検討”, 信学技報, IE99-75 (1999).
- [4] ISO-IEC JTC1, MPEG 93/N225b: “Test Model 5 /draft” (1993).