

## MPEG-2/H.264 トランスコードにおける 符号化モード選択手法に関する検討

筑波 健史<sup>†</sup> 永吉 功<sup>††</sup> 花村 剛<sup>††</sup> 富永 英義<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-3-10  
<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  
E-mail: †{tsukuba,isao,hana,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

**あらまし** 現在, MPEG-2 ストリームを H.264 ストリームへフォーマット変換を行なうトランスコーディング技術の必要性が高まっている. 本稿では, MPEG-2/H.264 トランスコードにおける符号化モードに要する処理量が多い問題点に着目し, MPEG-2 既符号化情報 (マクロブロックタイプ, 動きベクトル, DCT 係数) を利用した符号化モード選択手法を検討する. 実験結果から, 提案方式はフルデコード・フルエンコード方式に近い符号化効率を維持し, 約 8~20 倍の処理量の高速化が可能であることが確認できた.

**キーワード** MPEG-2, H.264, トランスコーディング, 符号化モード決定, モード継承, 再動き探索, DCT, 符号化処理量削減

### Coding mode decision for MPEG-2 to H.264 video transcoding

Takeshi TSUKUBA<sup>†</sup>, Isao NAGAYOSHI<sup>††</sup>, Tsuyoshi HANAMURA<sup>††</sup>, and Hideyoshi TOMINAGA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> GITS, WASEDA University, 29-7 building 1-3-10 Nishi-Waseda, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0051 Japan  
<sup>††</sup> Media Glue Corp. Ramdax Bldg. 8th floor, 2-4-12 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0072 Japan  
E-mail: †{tsukuba,isao,hana,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

**Abstract** Today, the wide deployment of MPEG-2 video for digital video applications and the expected use of H.264 video creates a strong need for video transcoding between these formats. One of key problems in MPEG-2 to H.264 video transcoding is complexity reduction. In this paper, we propose an encoding mode decision scheme for MPEG-2 to H.264 video transcoding to enable low complexity transcoding. The proposed transcoding approach reuses the incoming motion vector information, coding mode and DCT coefficients of MPEG-2 bitstream. Experimental results show that the proposed schemes can significantly reduce the computational complexity of the transcoder while keeping the similar rate-distortion performance.

**Key words** MPEG-2, H.264, video transcoding, reusing coding mode, motion vector refinement, mode decision, DCT, computational complexity reduction

#### 1. はじめに

MPEG-2 [1] は, 現在, デジタル映像アプリケーションにおいて最も利用される動画符号化方式である. 一方, H.264 [2] は, MPEG-2 の 2 倍の符号化効率を達成を目標として ITU-T と MPEG により共同標準化された動画符号化方式であり, 今後の応用範囲の拡大が期待される. このような背景から, MPEG-2 から H.264 へフォーマット変換を行なうトランスコーディング技術 (MPEG-2/H.264 トランスコード) の必要性が高まっている [3]. MPEG-2/H.264 トランスコードにおける重要

な課題点として, 再符号化処理量が膨大である点が指摘されている [4]. そこで本研究では, MPEG-2/H.264 トランスコードの高速化を目的とし, MPEG-2 既符号化情報を利用した効率的な符号化モード選択手法について検討を行なう.

#### 2. MPEG-2/H.264 トランスコード

##### 2.1 課題点

トランスコーディングにおける重要な課題点の一つとして, 再符号化処理量が膨大である点が指摘されている [4]. そこで従来より周波数領域において変換を行なうトランスコードの構成

表 1 MPEG-2 と H.264 の符号化ツールの比較

	MPEG-2	H.264
イントラ予測	DC 予測	4x4, 16x16 空間予測
動き補償 ブロックサイズ	16x16	16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8, 4x4
参照フレーム数	1 frame	≤ 16frames
動き補償精度	半画素精度	1/4 画素精度
直交変換	8x8 DCT	4x4 整数変換
デブロッキングフィルタ	なし	あり
エントロピー符号化	2D-VLC	CAVLC/CABAC

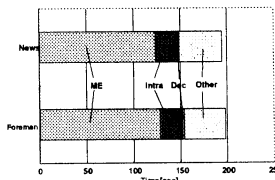


図 2 MPEG-2/H.264 トランスコードの処理量の内訳

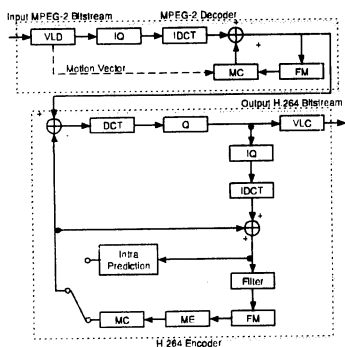


図 1 MPEG-2/H.264 トランスコードの参照アーキテクチャ

や既符号化情報を再利用による処理量低減手法が検討されてきた [3].

しかし、MPEG-2 と H.264 は共に変換符号化と動き補償を用いたハイブリッド符号化方式であるが、表 1 より両方式間の多数の符号化ツールの差異があるために、MPEG-2/MPEG-4 トランスコードと比べ、MPEG-2/H.264 トランスコードの処理量はさらに複雑になると報告されている [4].

図 1 は、MPEG-2 デコーダと H.264 エンコーダを単純結合したもので、MPEG-2/H.264 トランスコードの参照アーキテクチャを示している。参照アーキテクチャは、MPEG-2 のフルデコード、H.264 のフルエンコードを行なうため処理量が膨大となる。

上記の参照アーキテクチャの処理量の内訳を調べた。図 2 に 512kbps で符号化された MPEG-2 ストリームを H.264, 256kbps へ再符号化したときの処理量の内訳を示す。使用画像は、Foreman(QCIF), News(QCIF) である。GOP 構造は N=15/M=3、フレーム数は 150 枚、フレームレートは 30[fps]、動き補償ブロックサイズは 16x16, 16x8, 8x16, 8x8 の 4 種類、参照フレーム数は 5 枚、動き探索範囲は ±16[pel]、イントラ予測モード決定はレート歪最適化手法 (RDO) [5] による全探索を使用し、エントロピー符号化は CAVLC である。

図 2 から、処理量全体に対して動き探索の処理量は約 60%、イントラ予測モード決定の処理量は約 10%、MPEG-2 のデコードの処理量は約 1%、他の処理は約 29% 占めることがわかる。この結果から、トランスコードにおける処理量の約 70% を占める符号化モード決定の処理量を低減する必要があると考えられる。

## 2.2 先行研究

MPEG-2/H.264 トランスコードにおける処理量削減のために、様々なアルゴリズムが検討されている [6], [7].

文献 [6] では、周波数領域において空間解像度変換を行なうトランスコードについて検討されている。周波数領域において再符号化を行なう場合、MPEG-2 既符号化情報における動きベクトルを H.264 の動きベクトルとして利用し動き探索を省略するため高速であるが、ドリフト誤差の蓄積による画質劣化を招く。文献 [7] では、画素領域において H.263 から H.264 への再符号化手法について検討されている。同手法では単純に、入力ビットストリームの動きベクトルを探索中心点として再動き探索 (±0.25[pel]) を行なっているが、動きベクトルの検出もれによる画質の低下が起きている。

## 2.3 研究方針

2.2 節の先行研究では、入力ビットストリームの動きベクトルに利用によりインターフレーム符号化の高速化を行なっているが、イントラフレーム/インターフレームの両者に対する総合的な符号化モード決定の高速化に関する検討ではない。そこで、MPEG-2/H.264 トランスコードにおける以下の 3 点の符号化モード決定の処理を高速化する手法について検討する必要がある。

- (1) イントラ予測モード決定の高速化
- (2) 再動き探索の高速化
- (3) 符号化モード決定

(1) に関して、筆者らは過去に MPEG-2 ストリームの DCT 係数情報を利用した H.264 イントラ予測モード決定手法 [8]~[10] を提案している。

また (2) に関して、筆者らは MPEG-2/H.264 トランスコードを対象にした再動き探索手法 [11] を提案している。

そこで本稿では、(3) に関して、MPEG-2 の符号化モード情報 (マクロブロックタイプ)、動きベクトル情報、DCT 係数情報を利用した効率的な符号化モード決定手法を提案する。ただし、今回は簡単のためフレーム/フィールド構造については議論しない。

以下に本原稿の構成を示す。3 章では MPEG-2/H.264 トランスコードの構成に関する議論をし、4 章では提案する符号化モード選択手法を示し、5 章では実験により提案手法の有効性を示す。6 章は結論となる。

## 3. MPEG-2/H.264 トランスコードの構成

一般的にトランスコードの構成として、以下の 4 種類が挙げ

表2 トランスコーダの構成別の符号化器の内訳

構成	1	2	3	4
VLD, レート制御	○	○	○	○
量子化, 逆量子化, VLC, DCT		○	○	○
ループ構造 (復号・符号化) フレームメモリ, 動き補償モード決定			○	○
動き検出				○

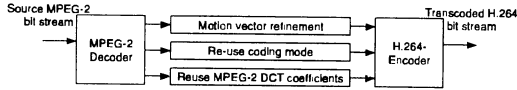


図3 提案する MPEG-2/H.264 トランスコーダ

られる [12].

構成1 高周波係数打ち切り方式

構成2 DCT 係数領域内再量子化方式

構成3 既符号化の再利用による再符号化方式

構成4 フルデコード/フルエンコード方式

それぞれの構成に含まれる符号化処理は表2に示す通りであり、構成番号の小さい順に符号化処理量が少ない。しかし、MPEG-2とH.264間の符号化アルゴリズムの差異から、構成1と構成2の構成では、画質低下のペナルティが大きいと考えられる。一方、構成4は2章で挙げた参照アーキテクチャであり、処理量の面でペナルティが大きい。以上のことから、画質と処理量のバランスの面で、MPEG-2/H.264 トランスコーダの構成として考えられるのは構成3となる。そこで我々は構成3を基本としたMPEG-2/H.264 トランスコーダを検討する。提案方式と構成3との相違点は、DCT 係数情報を符号化モード決定に利用する点である。つまり、提案方式では次の3種類の情報を再利用する。

- 符号化モード情報
- 動きベクトル
- DCT 係数

また提案する MPEG-2/H.264 トランスコーダの基本的な構成は図3となる。

#### 4. 符号化モード選択手法

MPEG-2/H.264 トランスコーダにおいて、入力ビットストリームの符号化モード情報を H.264 の符号化モード決定に利用することが考えられる。符号化モードを継承することによる利点は以下の2点の利点が挙げられる。

- イントラ・インター符号化モード決定処理の省略
- インター予測における予測方向決定の省略

そこで MPEG-2 の符号化モードから H.264 の符号化モードへの継承する方法を提案する。

また入力ビットストリームの動きベクトルが信頼できるのであれば、そのまま利用することで動き探索を省略することが可能である [13].

しかし、MPEG-2 と H.264 間では、動き補償精度、参照フレーム数、動き補償ブロックサイズが異なるため、両者で検出

される動きベクトルが一致するとは限らない。そのため、再符号化においても動きベクトルを再検出する必要がある。また、入力ビットストリームの動きベクトルだけではなく、再動き探索後に検出された動きベクトルも予測ベクトルとすることで、動きベクトルの検出もれの低減が期待される。

また H.264 のインターフレームで選択される符号化モードの傾向を調べると、シーケンスによらず約3~4割がスキップ/ダイレクトモードが選択され、また、約4~5割が16x16ブロックサイズ動き補償が選択される。もしこれらのモードのコストを求めた時点で、最適なモードであると明らかになれば、最大で約7~9割のMBではそれ以上の符号化モードの評価を省略することが可能であると考えられる。また、再動き探索において、予測動きベクトルのコストを求めた時点で最適であると分かれば、それ以上の動き探索を省略することが可能である。そこでゼロブロック判定による打ち切り制御と動き補償ブロックサイズの打ち切り制御を提案する。以下に着眼した点について列挙する。

- 符号化モードの継承
- 予測ベクトル
- ゼロブロック判定による打ち切り制御
- 動き補償ブロックサイズの打ち切り制御

#### 4.1 符号化モードの継承

MPEG-2 のインターフレーム (P-,B-frame) における符号化モードは表3より主に5種類ある。一方、H.264 のインターフレームにおける符号化モードは表3より主に6種類ある。H.264 のスキップモードは、MPEG-2 のスキップモードのゼロ動きベクトルによる予測ではなく、メディアン予測によって得られた動きベクトルによる予測となり、両者の動きベクトルが一致するとは限らない。またダイレクトモードには、さらに時間ダイレクトモードと空間ダイレクトモードの2種類ある。H.264 の符号化モードを MPEG-2 の符号化モードに応じて表4に示す候補の中から選択する。例えば、MPEG-2 の符号化モードが順方向予測であった場合は、H.264 の符号化モードを L0 予測、スキップモード、ダイレクトモードを候補に評価を行なう。

表3 インターフレームにおける符号化モード

符号化モード	MPEG-2		H.264	
	P-frame	B-frame	P-frame	B-frame
イントラ予測	○	○	○	○
順方向予測 (L0 予測)	○	○	○	○
後方向予測 (L1 予測)	×	○	×	○
双方向予測	×	○	×	○
スキップモード	○	×	○	×
ダイレクトモード	×	×	×	○

表4 インターフレームのモード継承

MPEG-2 符号化モード	H.264 符号化モード
イントラ予測	イントラ予測
順方向予測	L0 予測, スキップモード, ダイレクトモード
後方向予測	L1 予測, ダイレクトモード
双方向予測	L0 予測, L1 予測, 双方向予測, ダイレクトモード
スキップモード	L0 予測, スキップモード

## 4.2 再動き探索

提案方式では、複数の予測ベクトルを探索の中心点の候補とし、各候補ベクトル毎に中心点と隣接する4点を探索し、その中から最もコストが最小となるベクトルを再探索の出発点として動き探索を行なう。

### 4.2.1 予測動きベクトル

提案方式では、予測ベクトルとして以下の4つの予測動きベクトルを利用する。

- P<sub>1</sub> MPEG-2 動きベクトル
- P<sub>2</sub> メディアン予測動きベクトル
- P<sub>3</sub> 前参照フレームの動きベクトル
- P<sub>4</sub> 上位階層の動きベクトル
  - a) MPEG-2 動きベクトル

対象ブロックと入力 MPEG-2 ストリームにおける同一ブロックの動きベクトル  $\mathbf{P}_{mpeg2}$  を予測動きベクトルとする。入力 MPEG-2 動きベクトルに対して、対象ブロックが等速運動すると仮定して、図4(a)に示すように探索する参照フレーム  $ref_{idx} = n, (n = 0, \dots, L)$  毎にスケールリングし予測ベクトル ( $\mathbf{P}_1$ ) とする。

$$\mathbf{P}_1 = (n+1) \times \mathbf{P}_{mpeg2} \quad (1)$$

#### b) メディアン予測動きベクトル

対象ブロックと隣接するブロック間では動きベクトルの相関が強い。対象ブロックの左(A)、上(B)、右上(C)に位置するブロックの動きベクトルを用いて、水平方向、垂直方向について式(2)に示すメディアン予測によって動きベクトル ( $\mathbf{P}_{median}$ ) を求める。ここで、 $mvA_{x,y}, mvB_{x,y}, mvC_{x,y}$  は、A、B、Cの動きベクトルの各々の成分を表す。

$$pmv_x = \text{Median}(mvA_x, mvB_x, mvC_x) \quad (2)$$

$$pmv_y = \text{Median}(mvA_y, mvB_y, mvC_y) \quad (3)$$

$$\mathbf{P}_{median} = (pmv_x, pmv_y) \quad (4)$$

求めた動きベクトルを、参照フレーム  $ref_{idx} = n$  に合わせて、スケールリングし予測動きベクトル ( $\mathbf{P}_2$ ) とする。

$$\mathbf{P}_2 = (n+1) \times \mathbf{P}_{median} \quad (5)$$

#### c) 前参照フレームの動きベクトル

$ref_{idx} = n > 0$  のとき、対象ブロックの1つ前の参照フレーム ( $ref_{idx} = n-1$ ) の動きベクトル ( $\mathbf{P}_{p_r_m}$ ) を式(6)のようにスケールリングし予測ベクトルとする。

$$\mathbf{P}_3 = \frac{n+1}{n} \mathbf{P}_{p_r_m} \quad (6)$$

#### d) 上位階層の動きベクトル

ブロックサイズが  $16 \times 16$  より小さいとき、図4(b)のように上位階層にあるブロックサイズの動きベクトルを予測ベクトルとする。例えば、 $8 \times 8$  であれば、上位の  $16 \times 8$ 、 $8 \times 16$  の動きベクトルとする。

$$\mathbf{P}_4 = \mathbf{P}_{uplayer} \quad (7)$$

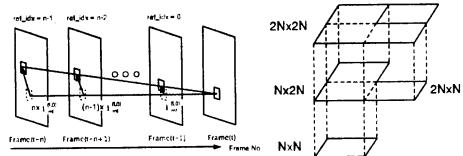


図4 予測ベクトル

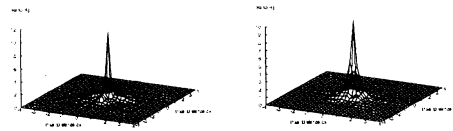


図5 予測ベクトルに対する H.264 動きベクトルの分布

### 4.2.2 ゼロブロック判定による動き探索の打ち切り

差分信号の絶対値和と量子化パラメータから符号化対象ブロックが、符号化すべきブロックであるか判定することができる。 $N \times N$  ブロックの量子化代表値が全てゼロになる条件(ゼロブロック)は式(8)で与えられる[14]。

$$SAD_{N \times N} < \frac{N}{2 \cos^2(\pi/2N)} \times Q(qp) \quad (8)$$

ここで、 $Q(\cdot)$  は量子化パラメータ  $qp$  に対応する量子化ステップサイズを返す関数である。H.264 では  $4 \times 4$  ブロック毎に符号化するの、 $N = 4$ 、また  $\cos^2(\pi/8) = 2/5$  と近似して式(9)を得る。

$$SAD_{4 \times 4} < 5/2 \times Q(qp) \quad (9)$$

式9より、 $B_x \times B_y$  ブロックがゼロブロックになる条件は式(10)となる。

$$SAD_{B_x \times B_y} < \alpha \cdot 5/2 \cdot Q(qp) \times B_x \cdot B_y / 16 \quad (10)$$

ただし、 $B_x, B_y$  は横、縦のブロックサイズを表し、 $\alpha$  はスケールリングパラメータである。また  $SAD_{N \times N}$  は、予測残差信号の絶対値和を表す。

### 4.2.3 探索範囲について

図5は、予測ベクトル(探索中心点)に対する検出された動きベクトルの分布図を表している。図5より、動きベクトルは探索中心点近傍において検出され、 $\pm 1[\text{pel}]$  の範囲内で約65%、 $\pm 2[\text{pel}]$  の範囲内で約85%、 $\pm 3[\text{pel}]$  の範囲内で約93%、 $\pm 4[\text{pel}]$  の範囲内で約98%以上が分布する。この傾向に基づき、探索範囲を最大で  $\pm 4[\text{pel}]$  とし、周辺ブロックの動きベクトルの傾向に応じて、探索パターンを適応的に変えて動き探索を行なう。

### 4.2.4 動き補償ブロックサイズにおける打ち切り制御

スキップ/ダイレクトモードのコストを  $Cost_{skip}(b)$ 、 $16 \times 16$  ブロックのコストを  $Cost_{16 \times 16}(b)$  とすると、式(12)を満たすとき、それ以上のブロック分割は行なわない。 $2N \times 2N$  ブ

ロック、 $2N \times N$  ブロック、 $N \times 2N$  ブロックのコストをそれぞれ  $Cost_{2N \times 2N}(b)$ ,  $Cost_{2N \times N}(b)$ ,  $Cost_{N \times 2N}(b)$  としたとき、次の式 (13)、式 (14) の両方を満たす場合は、それ以上のブロック分割は行なわない。ここで、コストは式 (14) で定義され、また“ $b$ ”はブロック番号を表す。

$$Cost_{skip}(0) \leq Cost_{16 \times 16}(0) \quad (11)$$

$$Cost_{2N \times 2N}(0) \leq Cost_{2N \times N}(0) + Cost_{2N \times N}(1) \quad (12)$$

$$Cost_{2N \times 2N}(0) \leq Cost_{N \times 2N}(0) + Cost_{N \times 2N}(1) \quad (13)$$

$$J_{mv}(\mathbf{A}) = SAD(\mathbf{A}) + \lambda_{mv} \times mv\_bit(\mathbf{A}) \quad (14)$$

### 4.3 アルゴリズム

以下に MPEG-2/H.264 トランスコーダの符号化モード選択手法の手順を示す。

**Step1** 表 4 に従い符号化モードの候補を絞り込む。イントラ MB ならば、Step2 へ。インター MB ならば、Step3 へ。

**Step2** DCT 係数情報を利用した高速イントラ予測モード決定手法 [9] を行ない終了。

**Step3** スキップ/ダイレクトモードのコスト ( $SAD_{skip}$ ) を求めてゼロブロックを判定。ゼロブロックならば、現在のモードを最適とし終了。それ以外は、Step4 へ。

**loop1-start**  $B_x \times B_y$  ブロックサイズ動き補償 ( $mode = 1, 2, 3, \dots$ )

**loop2-start** 参照フレーム  $ref$  について Step4~Step9 を繰り返す。

**Step4**  $ref_{idx} = n$  における予測ベクトル  $\mathbf{P}_k$ , ( $k = 1, 2, 3, 4$ ) を生成する。

**Step5** 各予測ベクトル  $\mathbf{P}_k$ , ( $k = 1, 2, 3, 4$ ) それぞれについて、の周辺 4 近傍 ( $\pm 0.25[\text{pel}]$ ) の範囲で修正。修正後のベクトルの中で最小コストを与えるベクトルを  $\mathbf{B}_Q$  とし、そのときの SAD を  $SAD_Q$  とする。

**Step6**  $\mathbf{B}_Q$  の  $SAD_Q$  についてゼロブロック判定。ゼロブロックならば  $\mathbf{B}_Q$  を最適ベクトル  $\mathbf{B}_{best}$  として探索を終了し、Step9 へ。

**Step7** 動き探索範囲の制御。

**Step8**  $\mathbf{B}_Q$  を中心に動き探索を行ない、コスト関数  $J_{mv}$  を最小化する動きベクトルを最適ベクトル  $\mathbf{B}_{best}$  とする。

**Step9**  $ref_{idx} > 0$  のとき、式 (15) の参照フレーム探索の打ち切り判定を行なう。満たすならば探索を終了し、loop2 を抜ける。満たさないならば、次の参照フレームへ。

$$Cost_{ref_{idx}} \leq Cost_{ref_{idx}-1} \quad (15)$$

**loop2-end**

**Step10** ブロックサイズが  $16 \times 16$  のとき、ゼロブロック判定。ゼロブロックならば終了。それ以外は、Step11 へ。

**Step11** ブロック分割判定。分割するならば次のブロックサイズへ。分割しないならば終了。

**loop1-end**

表 5 比較方式

方式	RCM	MVR	FI	備考
1	×	×	×	JM, 構成 4
2	×	○	×	構成 3
3	○	○	×	構成 3
4	○	○	○	提案方式

表 6 実験条件

共通条件	テストシーケンス	Foreman(QCIF), News(QCIF), Mobile(CIF), Tempete(CIF)
	フレーム数	150
	フレームレート	30[fps]
	GOP 構造	N=15, M=3
MPEG-2 符号化条件	プロファイル	MP@LL
	レート制御方式	TM5 方式
	符号化レート	512kbps(QCIF), 3.0Mbps(CIF)
H.264 符号化条件	プロファイル	Main Profile
	MC ブロックサイズ	16x16, 16x8, 8x16, 8x8
	参照フレーム	5
	探索範囲	$\pm 16$
	量子化パラメータ	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32(1.P) 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34(B)
	RDOptimization	on
	エントロピー符号化	CAVLC

## 5. 実験

### 5.1 実験方法

提案方式の有効性を確認するために、H.264 エンコーダ [15] に実装し、実験を行なった。実験条件を表 6 に示す。比較方式を、表 5 に示す。ただし、RCM はモード継承、MVR は再動き探索、FI は高速イントラ予測モード決定手法を表す。実験では、QCIF は符号化レートを 512kbps、CIF は 3.0Mbps にして MPEG-2 符号化したビットストリームを QP 固定にして H.264 再符号化した。ただし、PSNR の比較については、入力ビットストリームの復号画像と出力ビットストリームの復号画像との比較を行う。

### 5.2 実験結果と考察

図 6 に Foreman, News, Mobile, および Tempete を再符号化した場合の R-D 曲線を示す。また表 7 に各方式の平均符号化処理時間を示す。ただし、表中の“Total”, “MF”, “Intra”, “Dec”はそれぞれ、総合符号化処理時間、動き探索処理時間、イントラ予測モード決定処理時間、復号処理時間を表す。

符号化効率に関して、図 6 より、シーケンスによらず出力ビットストリームのビットレートが入力ビットストリームの符号化レート付近程、方式 2、方式 3、方式 4 は方式 1 の R-D 曲線に対して各方式の R-D 曲線に接近していることが分かる。これは入力ビットレートに近い程、入力ビットストリームの動きベクトル中心付近に再符号化時の最適動きベクトルが多く分布するため、探索範囲が最大  $\pm 4[\text{pel}]$  内での中するためであると考えられる。しかし、低ビットレートに行く程、各方式は方式 1 の R-D 曲線から若干距離が生じる。これは提案方式において、ゼロブロック判定と簡易なコスト比較 (Step3, Step6, Step10, Step11) による符号化モードの早期打ち切り判定の誤検出確率が量子化

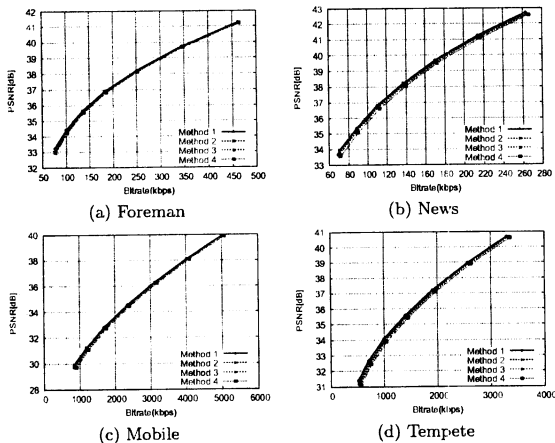


図 6 R-D 曲線

表 7 各方式の平均処理時間の比較

シーケンス	方式	Total [sec]	ME[sec]	Intra[sec]	Dec[sec]
Foreman (176x144)	方式 1	198.58	128.68	23.96	1.385
	方式 2	75.61	10.32	23.88	1.385
	方式 3	24.13	10.33	1.72	1.385
	方式 4	21.19	10.22	0.72	1.385
News (176x144)	方式 1	194.95	123.82	23.89	1.225
	方式 2	67.90	3.77	23.87	1.225
	方式 3	14.50	3.72	1.64	1.225
	方式 4	11.70	3.73	0.65	1.225
Mobile (352x288)	方式 1	945.24	495.16	111.28	5.18
	方式 2	436.30	69.31	108.39	5.18
	方式 3	144.30	68.61	8.41	5.18
	方式 4	127.03	68.26	2.78	5.18
Tempete (352x288)	方式 1	844.00	503.28	107.06	5.15
	方式 2	376.37	54.69	105.98	5.15
	方式 3	119.66	52.86	8.92	5.15
	方式 4	102.84	52.79	3.17	5.15

パラメータが大きいく、増加するためではないかと考えられる。平均 PSNR の低下は、0.05[dB]~0.15[dB] である。方式 4 が他の 3 方式よりも符号化効率が低下している原因は、DCT 係数情報を用いた FI による I-frame の画質低下の影響が後続の P、B-frame に伝搬するためであると考えられる。しかし、これはレート制御方式によって改善される可能性がある。

符号化処理量時間について、RCM を利用する方式 3、方式 4 は、方式 1 に対して、Foreman、Mobile、Tempete では、85~90%、News で 95% の処理量が削減された。また動き探索時間については、方式 2、方式 3、方式 4 共に Foreman、Mobile、Tempete では、85~90%、News では 97% 削減された。これらは提案方式における符号化モードの早期打ち切り、動き探索範囲の絞り込み、参照フレームの早期打ち切りの効果があることを示している。Step3 では全体の MB で約 2 割程度が打ち切られる。また、Step6 では約 1 割程度、Step10、Step11 では、合わせて 1 割程度の頻度で打ち切りが発生する。またイントラ予測モード決定処理時間は、RCM との併用により、95% の削減が可能である。また RCM を利用する条件下では、60% の削減が可能である。以上から提案方式の有効性が確認された。

## 6. まとめと今後の課題

MPEG-2/H.264 トランスコーダにおける符号化モードに要する処理量が多い問題点に着目した。処理量を削減するために、MPEG-2 既符号化情報 (マクロブロックタイプ、動きベクトル、DCT 係数) を利用した符号化モード選択手法を検討した。実験結果から、提案方式はフルデコード・フルエンコード方式に近い符号化効率を維持し、約 8~20 倍の高速化が可能であることが確認できた。

また本手法に対して、文献 [16] の複数参照フレーム選択手法および文献 [17] の動き補償ブロックサイズ高速決定手法を適用することで更なる高速化が期待できる。

今後の課題として以下の 3 点について検討していく。

- 提案方式の符号化効率の改善および高速化
- フレーム/フィールド符号化への拡張
- 空間解像度変換・フレームレート変換への拡張

### 文献

- [1] ITU-T Rec. H.262 IS, "Information technology- Generic coding of moving pictures and associated audio information : Video," 2000
- [2] ITU-T Rec. H.264 IS, "Advanced video coding for generic audiovisual services," 2003
- [3] J. Xin, C. Lin, M. Sun, "Digital Video Transcoding," Proceedings of the IEEE, Vol. 93, No. 1, Jan. 2005
- [4] H. Kalva, "Issues in H.264/MPEG-2 Video Transcoding," Proceedings of the IEEE Consumer Communication and Networking Conference, Jan. 2004, pp.657-659
- [5] G. Sullivan, T. Wiegand, "Rate-distortion optimization for video compression," IEEE Signal Proc. Magazine, 1998
- [6] C. Chen, P.-H. Wu, H. Chen, "MPEG-2 To H.264 Transcoding," Picture Coding Symposium, 15-17 Dec, 2004
- [7] J. Bialkowski, M. Menden, M. Barkowsky, K. Illner, A. Kaup, "A Fast H.263 to H.264 Inter-Frame Transcoder with Motion Vector Refinement," Picture Coding Symposium 2004
- [8] 筑波, 永吉, 花村, 富永, "周波数特性に基づく H.264/AVC イントラ予測モード決定手法に関する検討," 情処研報 2004-AVM-47, pp.161-166, Dec. 2004
- [9] 筑波, 永吉, 花村, 富永, "MPEG-2 から H.264 への再符号化におけるイントラ予測モード決定手法に関する検討," 情処研報 2005-AVM-49, pp.37-42, Jun. 2005
- [10] T. Tsukuba, I. Nagayoshi, T. Hanamura, H. Tominaga, "H.264 Fast Intra-prediction mode decision based on Frequency characteristic," European Signal Processing Conference 2005(EUSIPCO2005), Antalya, Sep. 2005
- [11] 筑波, 永吉, 花村, 富永, "MPEG-2/H.264 トランスコーダにおける再動き探索に関する検討," 第 4 回情報科学技術フォーラム (FIT2005), pp.341-342, Sep. 2005
- [12] H. Sun, X. Chen, T. Chiang, "Digital Video Transcoding for Transmission and Storage", CRC PRESS, 2004
- [13] J. Youn, M. Sun, C. Lin, "Motion Vector Refinement for High-Performance Transcoding," IEEE Trans. On Multimedia, Vol.1, No.1, Mar. 1999
- [14] L. A. Sousa, "General method for eliminating redundant computations in video coding," IEEE 2000
- [15] Joint Video Team(JVT), "Reference Software JM8.6", <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>
- [16] 松尾, 永吉, 花村, 富永, "複数参照フレームを用いた効率的な動き探索に関する検討," 情処研報 2005-AVM-50, pp.23-28, Oct. 2005
- [17] 常松, 渡辺, "H.264 Inter 予測における動き補償ブロックサイズ高速決定手法", 情処研報 2005-AVM-50, pp.11-16, Oct. 2005