

## H.264/AVCの画面内予測の効率改善に関する検討

松尾 翔平<sup>†</sup> 高村 誠之<sup>†</sup> 八島 由幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 日本電信電話株式会社 NTT サイバー空間研究所

E-mail: †{matsuo.shohei,takamura.seishi,yashima.yoshiyuki}@lab.ntt.co.jp

**あらまし** 本稿では、H.264/AVCにおいて単一の画面内で予測を行う画面内予測方式の改善を提案する。従来の画面内予測では、予測信号の生成において、符号化対象ブロックに最近傍の復号画素しか利用できず、当該復号画素がオクルージョンなどを含む場合について、残差電力が増大する問題があった。また、予測方向に対して同一の値を用いて予測信号を生成するため、原画像がグラデーションを含む場合には、残差電力が増大する可能性があった。そこで著者らは、2つの問題に対して、それぞれ符号化対象ブロックの周辺画素も参照可能とし、また、予測方向に対して傾斜を付けて予測信号を生成可能とし、符号化効率改善の提案をこれまでに行った。これらの2つの提案方式は独立に提案しており、組み合わせることで効果向上の可能性もあるため、本稿ではその検証を行った。実験の結果、組み合わせによる符号化効率の向上を確認した。

**キーワード** H.264/AVC, 画面内予測, 複数参照ライン, 傾斜, オクルージョン, グラデーション

## A study on Improvement of Intra Prediction of H.264/AVC

Shohei MATSUO<sup>†</sup>, Seishi TAKAMURA<sup>†</sup>, and Yoshiyuki YASHIMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation

E-mail: †{matsuo.shohei,takamura.seishi,yashima.yoshiyuki}@lab.ntt.co.jp

**Abstract** This paper proposes an improved intra prediction method of H.264/AVC. The conventional prediction uses only adjoining pixels as reference pixels. The residual energy could increase if the decoded reference pixels have occlusion which would result in low coding efficiency. In addition, the conventional prediction copies the same weighted prediction value to several of the pixels lying in the prediction direction. However, if the original image has patterns like gradations, the residual energy could increase which would also result in low coding efficiency. To handle the problems, we separately proposed two improved methods. One allows not only adjoining pixels but also distant pixels to be referred. The other generates prediction signals with a spatial gradient. In this paper, we confirmed the performance of combination of two methods. The simulation results showed the combined method outperformed the single proposed method at high bit-rate.

**Key words** H.264/AVC, Intra prediction, Multiple reference lines, Gradient, Occlusion, Gradation

### 1. はじめに

ITU-TおよびISO/IEC JTC 1の両国際標準化機関によって、映像符号化標準“H.264/MPEG-4 Part 10: Advanced Video Coding” (以下、H.264/AVC) [1] は2003年3月に規格化された。本方式は、放送・通信・蓄積という幅広い範囲を包括し、非常に多種多様なアプリケーション、例えば、携帯・移動端末向けワンセグ放送や、次世代蓄積メディアなどに採用されて、幅広く普及している映像符号化標準である。

MPEG-2や“MPEG-4 Part 2: Visual” (以下、MPEG-4) [2] などの従来の映像符号化標準に比べ、H.264/AVCの符号化効

率は大幅に向上している。例えば、複数参照フレーム、可変ブロックサイズ動き補償、デブロッキングフィルタ、CAVLC・CABAC等のコンテキスト適応型エントロピー符号化など、有効な符号化ツールが数多く導入されているためである [3]。同一画面内から予測を行う画面内 (イントラ) 予測はMPEG-4にも導入されているが、MPEG-4では予測を行う対象が直交変換された変換係数の直流成分と交流成分になり、周波数領域での予測であった。これに対し、H.264/AVCでは空間画素が予測の対象となっており、直接空間領域での予測が可能であり、より柔軟な予測が可能である。参照先のブロックも符号化対象ブロックの左、左上、上の3種類から右上を加えた4種類に増

えており、ブロックサイズも8×8のみから、4×4, 8×8, 16×16の3種類から選択可能なブロック数が増加している。

上述した機能追加の結果として、H.264/AVCの画面内予測の性能はMPEG-4より上回り、JPEGやJPEG-2000と同等な性能を有していると報告されている[4]。しかしながら、時間方向の予測を行う画面間(インター)予測に比べると予測の効果は小さく、画面内予測にて得られるIピクチャの符号量は、画面間予測にて得られるPおよびBピクチャに比べると増大する傾向にある。したがって、画面内予測の更なる効率改善が望まれており、数多くの提案[5-8]がなされている。

空間的に離れたブロックを先に予測して、新規予測モードを用意して、予測モード数を増加させて効率を向上させる手法[5]や、予測方向に対して、順次隣り合う画素を参照可能にし、その差分を取ることで冗長性を削除して符号化効率を向上させる手法[6]がある。しかし、どちらも基準となる左上ブロックにて、予測に利用する画素が符号化対象ブロックに対して最近傍の位置に限定されており、仮に参照される領域がノイズやオクルージョンを含む場合は予測精度の低減を免れない。そこで、著者らは最近傍を含めた周辺領域の画素も参照可能にして対応する方式[9]を提案した。

また、モード決定のコスト関数修正により予測性能を改善する手法[7]や、画面内予測のブロック符号化順序を変更して改善を狙う手法[8]もある。しかし、両手法は共に、予測画素を生成した後、予測方向に対して同一の値を代入するため、原画像が空間的に変化するグラデーションを強く含む場合には残差エネルギーが増大し、符号化効率低下の恐れがある。そこで著者らは、予測方向に対して傾斜を付け、グラデーションにも対応可能な方式[10]を提案した。

各方式[9, 10]は独立して提案されているが、処理上競合はしないため、複合により高い符号化効率を期待できる。そこで本稿では、これらの複合方式を実装し、その性能を評価する。

## 2. 従来予測手法の問題点

### 2.1 H.264/AVCにおける画面内予測の特徴

H.264/AVCでは、空間画素領域で1つの画面内から予測を行う画面内予測がある。予測はサブブロック単位で行われ、輝度信号に対して3種類のブロックサイズ(4×4, 8×8, 16×16)が利用できる。4×4と8×8のブロックサイズの場合は9種類の予測モード、16×16のブロックサイズの場合は4種類の予測モードが用意されている。色差信号に対しては8×8のブロックサイズのみが利用可能であり、予測方向は輝度信号での16×16ブロックの場合と同一である。

符号化対象ブロックが輝度信号の4×4ブロックにおける3種類の具体的な予測例を図1に示す。(a)ではAからD、(b)ではBからH、(c)ではAからC、IからKおよびXの画素を用いて予測が実行される。図1以外のブロックサイズと予測モードについても、画面内予測に用いる参照画素は隣接するブロック上の、符号化対象ブロックに最近傍の復号済み画素(4×4ブロックならXおよびAからLの13画素)に限定されている。

また、これら各種ブロックサイズと予測モードにおいて、画

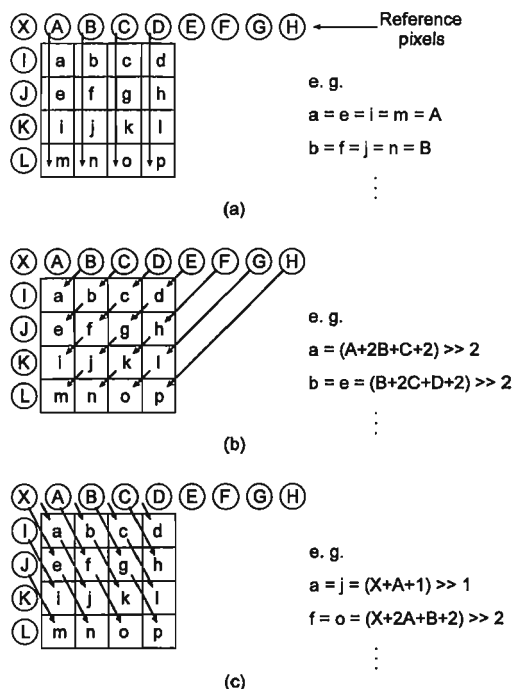


図1 Conventional intra prediction for 4×4 block (a) vertical mode, (b) diagonal down left mode and (c) vertical right mode.

面内予測で生成される画素は、隣接するブロック上の最近傍の画素の値(場合によっては複数画素の加重平均値)を変化させずに、予測方向に適用して予測信号を生成する。(a)ではAの値をa, e, iおよびmに、(b)ではBとCとDの加重平均値をbとeに、(c)ではXとAの加重平均値をaとjに適用する。

符号化対象ブロックの存在する位置によっては、参照すべきブロックがない場合が存在する。その場合は128の値を代入するか、もしくは隣の画素の値を代入することで予測を可能としている。例えば、画面の一番上の行に存在するブロックでは、XからHまでの9画素は常に参照することができないため、128を用いる。また、左上と上のブロックは存在するが、右上が存在しない場合は、Dの有する値をE, F, G, Hに代入して予測画素を生成する。

### 2.2 課題

従来画面内予測では、予測に利用する参照画素は全て符号化対象ブロックに隣接する位置に限定されていた。予測を行う際に、なるべく高い相関性を有する対象を利用すれば効果が上がるのは明らかであり、例えば、画面間予測では符号化対象フレームの直前フレームが時間相関性の観点から相関が高く、参照すれば効率が高いと言える。しかしながら例外として、直前よりも前のフレームを参照した方が効率が高くなる場合がある。例えば、

- オクルージョンが発生し、直前フレームではうまく参照先が見つからない場合

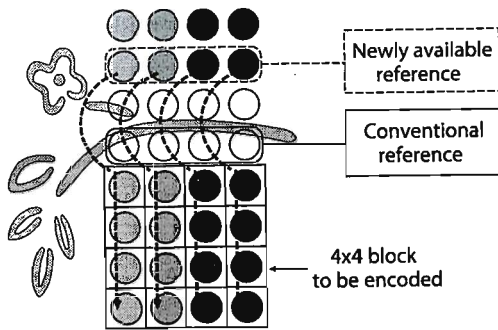


図 2 The case that the nearest pixels include occlusion.

● 物体が周期運動していて、直前以外のフレームを参照したほうが予測誤差が小さくなる場合などが挙げられる [11, 12]。このため、H.264/AVC では複数参照フレームというツールが導入されている。

これと同様の概念がイントラ予測にも適用できる。参照先の画素が符号化対象ブロックに最近傍の位置にあれば、空間相関性の観点から、相関性が最も高い(符号化対象ブロックに近ければ近いほど相関が高い)と考えられるため、予測誤差が小さくなると思われる。しかしながら例外として、下記のような場合には必ずしも符号化対象ブロックに近いほど予測誤差が小さくなると言い切れず、逆に大きくなる可能性がある。具体的なオクルージョンの例を図 2 に示す。

● オクルージョンや雑音符号化対象ブロックの最近傍の位置に存在する場合

● 参照する画素は復号画像であるため、符号化対象ブロックに接近するほど、重量雑音が大きいため、その予測誤差が非常に大きくなる場合

また、従来の画面内予測では、予測信号を生成する場合、参照画素の有する画素値もしくは加重平均値を変えずに予測方向に適用していた。原信号が予測方向に対して値が変化しない場合については、従来の画面内予測で問題はない。しかし、原信号の値が空間的に変化する場合、すなわちグラデーションが多く含まれる映像には残差信号の増加につながり、符号化効率が悪化する可能性がある。その様子を図 3 に示す。

### 3. 提案画面内予測手法

#### 3.1 概要

2.2 に示した状況において、残差エネルギー増大による符号化効率低減の解決を目的とし、効率的な画面内予測手法を紹介する。本目的を達成するための方法として、以下に示す 2 点を機能として有する画面内予測手法となる。

- 最近傍の位置の画素以外にも、既に復号済みの画素であれば全て参照画素として使用可能とする。
- 予測方向に対して、原画像に合った適切な傾斜を付けて予測値を柔軟に変更可能にする。

例えば、図 2 に示すように、符号化対象ブロックの参照画素にオクルージョンが含まれている場合、最近傍から 2 画素離れ

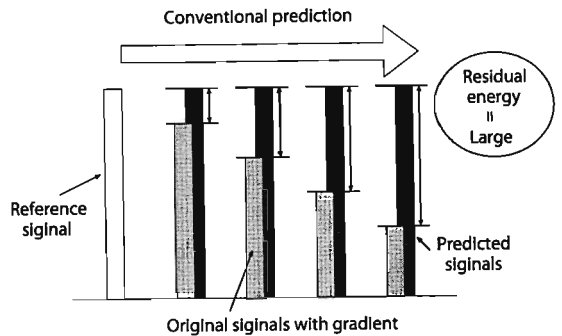


図 3 The case that the original image has gradation.

た位置の画素に着目し、残差エネルギーを低減し得る画素を参照することで、画面内予測精度を向上させる。また、図 3 に示すように、画像信号の特徴として、予測方向に対して原信号が空間的に変化する場合、その変化に沿う形で予測信号を変化させて、距離が離れてるほど残差エネルギーが増大していた従来手法の問題を克服する。

#### 3.2 複数参照ラインを利用した傾斜付き画面内予測手法

最近傍画素を含めた周辺近傍画素も参照に利用し、予測値を予測方向に沿って変化させる本提案手法の処理について説明する。以下では簡単のため、符号化対象ブロックのサイズが 4x4 の場合とする。周辺近傍画素の位置を指定する処理の概念を図 4 に、また、予測信号に用いる画素が決定した後に傾斜付けて予測信号を生成する概念を図 5 に示す。

図 4 に示す通り、従来利用していた最近傍画素のうち、 $X_0$  から  $H_0$  を含む水平方向の画素集合、および  $I_0$  から  $L_0$  を含む垂直方向の画素集合を参照ライン (Reference Line) と定義し、それぞれ本稿では  $refline_x$  と  $refline_y$  と呼び、符号化対象ブロックに近いラインから順番に番号を 0, 1, 2... と振る。また、それぞれの取りうる範囲を  $0 \leq refline_x \leq s$ ,  $0 \leq refline_y \leq t$  ( $s, t$  ともに整数) とする。図 4 は  $s=t=4$  の場合を示している。 $refline_x$  と  $refline_y$  が決まれば、各予測モードに従い、参照する画素が一意に定まる。

さらに、図 5 に示す通り、2 つのパラメータ (傾斜定数  $\Delta$  と傾斜調整係数  $gradient[n]$ ) を用いて、傾斜を表現する。整数値  $n$  は取り得る傾斜の数を示す。単位距離あたりの画素値変化量を  $\alpha = \Delta \times gradient[i]$  ( $0 \leq i < n$ ) で定義する。このとき、参照画素から予測画素までのユークリッド距離  $d$ 、参照画素値  $\beta$  とすると、新予測画素値  $y$  は

$$y = \beta + \alpha \times d \quad (1)$$

で定義できる。図 5 は  $\Delta = 1$ ,  $gradient[n] = \{0, -1, 1\}$  ( $n=3$ )、垂直予測での例を示している。なお、従来の H.264/AVC の参照方法は参照画素 " $refline_x=refline_y=0$ " か傾斜 " $gradient[0]$ " を用いた場合に相当する。

また、後述する処理ステップにおいて、式 (2) に示す新規コスト関数  $J$  を用いる。

$$J = SSD + \lambda_{MODE} \times (R_{BLOCK} + R_{REF-GRAD}) \quad (2)$$

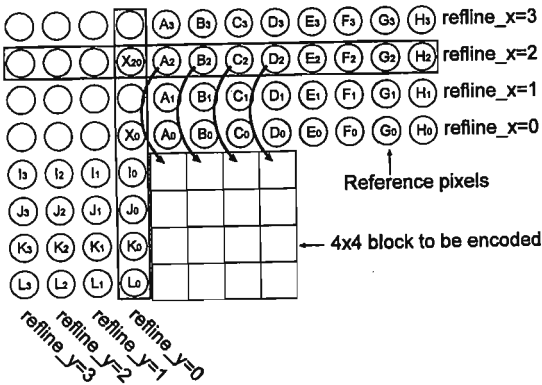


図 4 Concept of multiple reference lines for a 4x4 block (for the case of  $s=t=4$ ,  $\text{refine}_x=2$ ,  $\text{refine}_y=0$ ).

ここで、SSD(Sum of Squared Difference) は原画像と予測画像との二乗誤差和、 $\lambda_{\text{MODE}}$  はモードに関するラグランジュ乗数、 $R_{\text{BLOCK}}$  は符号化対象ブロックを符号化した際の発生符号量、 $R_{\text{REF-GRAD}}$  は参照ラインと傾斜番号の符号量をそれぞれ示す。使用した参照ラインと傾斜情報は復号に必要であるため、符号化して送信する必要がある。 $R_{\text{REF-GRAD}}$  が従来のモード決定のコスト関数に新たに加えられた。

以上を踏まえ、提案手法の処理は以下の Step で構成される。

**Step 1:** 最小コスト関数  $J_{\text{min}}$  を十分大きな値で初期化する。  
**Step 2:** (mode, refine\_x, refine\_y, gradient) のそれぞれに初期値を代入して、ループを開始する。

**Step 3:** refine\_x および refine\_y から一意に定まる 13 の参照画素 (A から L および X) を取得する。さらに、mode と gradient に従って予測信号を生成して符号化を行い、コスト関数  $J$  を計算する。例えば、図 4 に示されるように  $\text{refine}_x=2$  と  $\text{refine}_y=0$  の場合は、 $A=A_2$ ,  $B=B_2$ , ...  $L=L_0$ 、そして  $X=X_0$  を参照画素として利用する。さらに図 5 に示されるように  $\text{mode}=0$  (垂直予測) と  $\text{gradient}=1$  の場合は、 $A_2$  の値を順番に 1 ずつ引いて予測信号を生成する。

**Step 4:** もしも  $J < J_{\text{min}}$  を満たす場合は、(best\_mode, best\_refine\_x, best\_refine\_y, best\_gradient,  $J_{\text{min}}$ ) をそれぞれ当該 (mode, refine\_x, refine\_y, gradient,  $J$ ) に更新する。満たさない場合は、更新処理を行わない。

**Step 5:** Step 2 における 4 つのループを、取り得る全ての (mode, refine\_x, refine\_y, gradient) に関して繰り返す。本処理により、最小コストを実現する (best\_mode, best\_refine\_x, best\_refine\_y, best\_gradient) の組み合わせを取得できる。

**Step 6:** 4 つの最良パラメータを符号化し、そのパラメータを利用して符号化対象ブロックの符号化を実行する。

Step 1 から 6 の処理により、符号化対象ブロックに最近接の画素を含めた周辺近傍画素も参照可能とし、予測方向に対して傾斜を付けて予測信号を生成し、より柔軟な画面内予測が実現できる。参照可能な画素数は従来の 13 画素に限定された状態から、本提案手法により  $8s+4t+st$  画素に増加する。結果として、2.2 に示された状況に対応可能となり、予測残差エネルギー

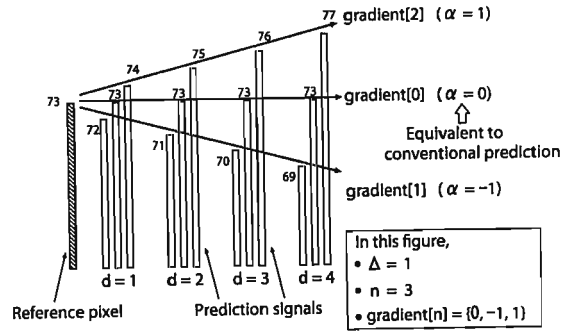


図 5 Proposed weighted intra prediction method.

を低減させ、符号化効率を向上できる。ここでは、輝度信号の 4x4 ブロックについての処理を述べたが、言うまでもなく、本提案手法は輝度信号の 8x8, 16x16 ブロックサイズや色差信号についても同様に適用可能である。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験条件

H.264/AVC 参照ソフトウェア JM (Joint Model) 11.0 [13] をベースとした次世代符号化向け参照ソフトウェア KTA (Key Technical Area) 2.0 [14] に本提案手法を実装して、そのレート歪み性能を評価した。標準化作業で推奨されている実験条件 [15] に準拠して、実験を行った。具体的な条件を表 1 に示す。比較する手法は以下の 4 種類である。

- H.264/AVC (JM11.0)
- MRL (Multiple Reference Lines, 傾斜なしの複数参照ラインによる画面内予測)
  - MRL with gradient ( $\Delta = 3$ , 傾斜付き MRL)
  - MRL with gradient ( $\Delta = 1$ , 傾斜付き MRL)

本実験では参照ラインの設定を  $s=t=4$  とし、 $1 \leq \text{refine}_x$  かつ  $1 \leq \text{refine}_y$  は常に非選択とした。これは予備実験から上記範囲の選択される確率が 1 割未満となっており、本提案手法の性能に対して影響をほとんど与えないと判断したためである。傾斜に関する設定は、ブロックサイズによって取り得る傾斜数  $n$  を変化させた。4x4 は  $\text{gradient}[n] = \{0, -1, 1, -2, 2\}$  ( $n=5$ )、8x8 は  $\text{gradient}[n] = \{0, -1, 1\}$  ( $n=3$ )、16x16 は  $\text{gradient}[n] = \{0\}$  ( $n=1$ 、すなわち傾斜なし) とした。これは予備実験から、ブロックサイズが大きくなると複数参照ラインを用いてかつ傾斜を付ける場合がほぼ選択されないと確認されたからである。

付加情報 (best\_refine\_x, best\_refine\_y, best\_gradient) の符号化にあたり、図 6 に示される対応付けを行い、3 つのパラメータを 1 つのパラメータ ref\_grad に変換して、CABAC で符号化した。図 6 より、例えば 8x8 で、(best\_refine\_x, best\_refine\_y, best\_gradient) = (2, 0, 2) と選ばれた場合、 $\text{ref\_grad} = 14$  として、この値を符号化する。2 値化には UEGO (Concatenated Unary / 0-th Order Exponential Golomb Binarization) を使用し、コンテキストは与えていない。

表 1 Simulation conditions.

Sequence	QCIF: 3 types CIF: 4 types HD(720p): 5 types
Frame number	QCIF: 15 CIF: 3 HD: 1
Profile	High
GOP	All-intra
Entropy coding	CABAC
RD optimization	On
Intra block size	4 × 4, 8 × 8, 16 × 16
QP	8 points (7, 12, 17, ..., 42)

4 × 4 gradient = 0	refine_x = 0 refine_x = 1 refine_x = 2 refine_x = 3	8 × 8	16 × 16
	refine_y = 0 refine_y = 1 refine_y = 2 refine_y = 3		
gradient = 1			N/A
gradient = 2			N/A
gradient = 3			N/A
gradient = 4			N/A

図 6 Definition of ref\_grad.

#### 4.2 実験結果と考察

レート歪み曲線の結果の例を図 7 および図 8 に示す。まず、複数参照ラインのみを用いる手法が高ビットレートに向かうほど従来手法 (H.264/AVC) を上回ると確認できた。QP 値が 20 以下の範囲になると曲線間の差が視認できるようになる。傾斜を付けた複合手法の場合、レート歪み曲線が MRL 単体よりもさらに向上しているのが確認できた。同様の結果が、他の画像でもほぼ共通して観察された。2 曲線間の平均的な画質向上 ( $\Delta$  PSNR) と符号量削減率 ( $\Delta$  Bitrate) [16] を表 2 に示す。それぞれ H.264/AVC の曲線との差分を示す。曲線からも判断できるように、複数参照ライン予測に傾斜を付ける機能を付加することで、より符号化効率が上昇していることを確認した。画質向上の最大値は CIF サイズの Mobile で約 0.447[dB] ( $\Delta = 3$ ) であり、符号量削減率の最大値は CIF サイズの Tempete で約 2.91[%] ( $\Delta = 1$ ) であった。画像サイズごとの平均値を比較すると、HD サイズよりも QCIF/CIF サイズで効果が高いとわかった。 $\Delta$  は平均すると 3 の場合が 1 よりも高くなっていた

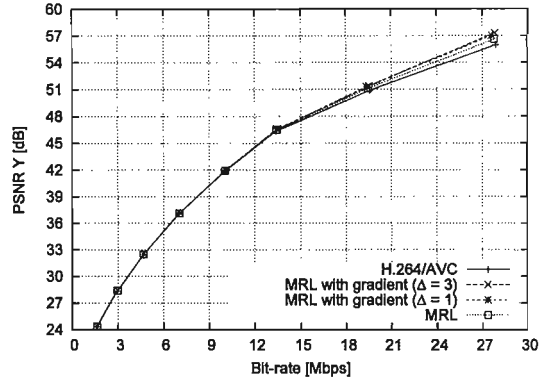


図 7 Rate distortion curves for Mobile sequence (CIF size).

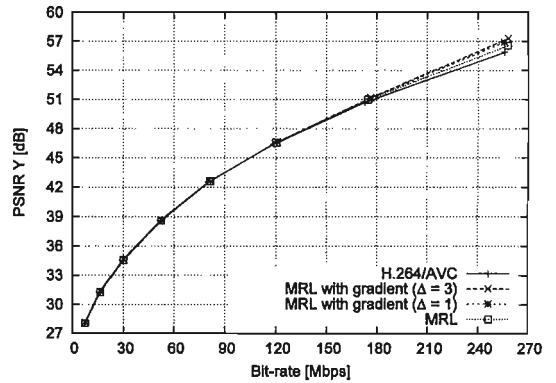


図 8 Rate distortion curves for City sequence (HD size).

が、画像によっては逆転している。今回は 2 種類でのみの評価となったが、画像の性質に依存して、 $\Delta$  の値は調整する必要があると考えられる。

表 2 には、処理時間についての結果も記載した。Enc. Time の列が従来手法と比べて、提案手法の処理時間が何倍に増加したかを示している。MRL では用意した参照ラインの本数、すなわちループの本数に比例して処理時間が増加する。 $s=t=4$  ( $1 \leq \text{refine}_x$ かつ $1 \leq \text{refine}_y$ は処理スキップ) の場合、参照ラインのループだけでも最低 7 倍は処理時間が増加すると考えられる。実際の結果は全画像平均で約 12.3 倍となっていた。傾斜付きの予測画像を生成する場合、前述に加えてさらに gradient のループも計算する必要があるため、さらにその用意した傾斜数倍増加すると考えられる。4 × 4 ブロックの場合は MRL 単体時に比べて 5 倍、8 × 8 ブロックの場合は 3 倍、16 × 16 ブロックの場合は MRL 単体時と同程度になると予想される。結果では総合的に見て約 39 倍となっており、符号化効率の向上と引き換えに、計算負荷が増大した。

#### 5. まとめ

画内予測手法において、参照画素にオクルージョンが含まれる場合に、より残差エネルギーを低減させる画素を周辺近傍

表 2 Coding efficiency ( $\Delta$ PSNR,  $\Delta$ Bitrate) and computational efficiency (QP = {7, 12, 17, 22}).

Sequence		MRL			MRL with gradient ( $\Delta = 1$ )			MRL with gradient ( $\Delta = 3$ )		
		$\Delta$ PSNR [dB]	$\Delta$ Bitrate [%]	Enc. Time [times]	$\Delta$ PSNR [dB]	$\Delta$ Bitrate [%]	Enc. Time [times]	$\Delta$ PSNR [dB]	$\Delta$ Bitrate [%]	Enc. Time [times]
QCIF (176×144)	Container	+0.150	-1.15	×11.73	+0.201	-1.51	×37.99	+0.252	-1.81	×37.01
	Foreman	+0.185	-1.40	×12.04	+0.342	-2.56	×38.54	+0.368	-2.58	×37.82
	Silent	+0.120	-0.86	×11.83	+0.302	-2.12	×37.73	+0.298	-1.96	×37.16
CIF (352×288)	Foreman	+0.137	-1.23	×12.62	+0.201	-1.80	×40.38	+0.249	-2.14	×39.14
	Mobile	+0.254	-1.72	×10.61	+0.439	-2.88	×34.54	+0.447	-2.82	×34.10
	Paris	+0.203	-1.52	×11.22	+0.332	-2.42	×36.22	+0.390	-2.70	×35.56
	Tempete	+0.189	-1.34	×11.07	+0.417	-2.91	×35.56	+0.418	-2.76	×35.11
QCIF/CIF average		+0.177	-1.32	×11.59	+0.319	-2.31	×37.28	+0.346	-2.39	×36.56
HD (1280×720)	Bigships	+0.069	-0.56	×12.53	+0.104	-0.87	×40.11	+0.142	-1.12	×38.88
	City	+0.120	-0.93	×12.14	+0.211	-1.53	×38.77	+0.261	-1.82	×38.02
	Crew	+0.134	-1.61	×13.81	+0.118	-1.43	×44.50	+0.153	-1.76	×42.63
	Night	+0.102	-0.83	×12.63	+0.169	-1.37	×40.42	+0.189	-1.44	×39.26
	Shuttle	+0.079	-1.19	×15.16	+0.063	-0.95	×49.33	+0.062	-0.85	×45.67
HD average		+0.101	-1.03	×13.25	+0.133	-1.23	×42.63	+0.161	-1.40	×40.89
Total average		+0.145	-1.20	×12.28	+0.242	-1.86	×39.51	+0.269	-1.98	×38.36

から用意して参照可能にする手法と原信号がグラデーションのように空間的に変化する場合に対応するため、予測参照信号の値に傾斜を付けて予測信号を生成する手法を組み合わせた複合手法の実装を行い、その性能を評価した。実験の結果、全画像平均で約 0.27dB の画質向上と約 2% の符号量削減を達成し、高ビットレートほど効果が高く、組み合わせにより効率が上昇することを確認した。今後は処理高速化に向けた検討や画像に適した最適なパラメータ (参照ラインや傾斜の個数) 設定手法の検討を行う予定である。

## 文 献

- [1] ISO/IEC 14496-10:2003, *Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 10: Advanced Video Coding*, Dec. 2003.
- [2] ISO/IEC 14496-2:2004, *Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 2: Visual*, May 2004.
- [3] A. Tamhankar et al., "An overview of H.264/MPEG-4 Part 10," in *Proceedings of EURASIP*, July 2003, vol. 1, pp. 1-51.
- [4] A. Aravind et al., "Quality and complexity comparison of H.264 intra mode with JPEG2000 and JPEG," in *Proceedings of ICIP*, Oct. 2004, vol. 1, pp. 525-528.
- [5] 塩寺 他, "ブロックベース外挿/内挿予測に基づくイントラ符号化," in *画像符号化シンポジウム PCSJ2006*, Nov. 2006, vol. 1, pp. 123-124.
- [6] 高橋 他, "原画像を利用した新しい画面内予測による H.264/AVC 拡張方式," in *画像符号化シンポジウム PCSJ2007*, Oct. 2007, vol. 1, pp. 43-44.
- [7] C. H. Tseng et al., "Improved and fast algorithms for intra 4×4 mode decision in H.264/AVC," in *Proceedings of ISCAS*, May 2005, vol. 1, pp. 2128-2131.
- [8] Z. Gang et al., "The intra prediction based on sub block," in *Proceedings of ICSP*, Aug. 2004, vol. 1, pp. 467-469.
- [9] S. Matsuo et al., "Improved intra prediction using multiple reference lines," in *Proceedings of IWAIT2008*, Jan. 2008, vol. 1, p. 86.
- [10] 松尾 他, "傾斜付きイントラ予測の基礎検討," in *画像符号化シンポジウム PCSJ2007*, Oct. 2007, vol. 1, pp. 33-34.
- [11] Y. Su et al., "Fast multiple reference frame motion estima-

- tion for H.264," in *Proceedings of ICME*, June 2004, vol. 1, pp. 695-698.
- [12] A. Chang et al., "A novel approach to fast multi-frame selection for H.264 video coding," in *Proceedings of ICASSP*, Apr. 2003, vol. 3, pp. 413-416.
- [13] "JM reference software ver. 11.0," Aug. 2006, [http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old\\_jm](http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm).
- [14] "KTA reference software ver. 2.0," July 2008, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA/>.
- [15] TK Tan et al., "Recommended simulation common conditions for coding efficiency experiments revision 3," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-A110, July 2008.
- [16] G. Bjøntegaard, "Calculation of average psnr differences between rd-curves," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-M33, Apr. 2001.