

## ブロック適応時空間予測に基づいた 動画像符号化の検討

海野 恭平<sup>†1</sup> 青森 久<sup>†1</sup>  
松田 一朗<sup>†1</sup> 伊東 晋<sup>†1</sup>

先に我々は、時間方向と空間方向の相関を同時に利用可能な、ブロック単位の適応時空間予測手法を提案した。また、フレーム毎に予測誤差電力を最小化する複数の予測器を、準ニュートン法を用いて設計する手順も示した。本稿では、DCTと算術符号を用いた予測誤差信号の符号化処理を実装し、予測係数などの付加情報も加味した最終的な符号化性能の観点から、レート・歪特性の評価を行う。

### A Study on Video Coding Based on Block-Adaptive Spatio-Temporal Prediction

KYOHEI UNNO,<sup>†1</sup> HISASHI AOMORI,<sup>†1</sup> ICHIRO MATSUDA<sup>†1</sup>  
and SUSUMU ITOH<sup>†1</sup>

We previously proposed a block-based adaptive spatio-temporal prediction method which can exploit spatial and temporal correlations of video signals at the same time. It was also shown that multiple predictors which minimize a sum of squared prediction errors can be designed using the quasi-Newton method. In this paper, we implement a coding process of the prediction errors using DCT and arithmetic code, and then evaluate the actual rate-distortion performance including all side information, such as prediction coefficients.

<sup>†1</sup> 東京理科大学 理工学部

Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

#### 1. はじめに

最新の動画像符号化国際標準である H.264/AVC<sup>1)</sup> では、時間方向の動き補償予測と空間方向のイントラ予測を適応選択することで符号化効率を向上させている。しかし、両者はブロック毎に排他的に選択されるため、その構成上同一ブロック内に時間予測と空間予測を混在することは許されていない。これに対し、時間方向と空間方向の相関を同時に利用しようという試みはいくつか存在している。文献 2) では、テンプレートマッチングに基づいて符号化済みの当該フレームや前フレームからのコピーを繰り返すことで、ブロック内の信号を段階的に予測する手法が提案されている。また、文献 3) では、ブロック内の信号を時空間双方の参照画素を用いて外挿予測する手法が提案されているが、これらの手法では、予測誤差電力最小の意味で適切な予測値が得られる保証は無い。更に、文献 4) ではブロック単位の時空間予測方式について検討しているが、空間方向の予測に使用できる画素との距離がブロック内の位置によって全て異なるため、画素毎に最適な予測係数を導出しようとすると付加情報の増大を招いてしまう。

これらに対して我々は、参照画素の位置および係数が固定された時空間予測器を、ブロック内の画素に再帰的に適用する、新しい時空間予測手法を提案している。文献 5) では、複数の予測器をブロック毎に適応的に割り当てた後、同一の予測器が割り当てられた領域全体の予測誤差電力を最小とする予測係数の組を、準ニュートン法を用いて導出する手法を示した。また、予測回数と予測性能の関係について調査し、同程度の予測回数であれば、時間方向のみの予測を適用するより、両者を同時に用いた方が有利であることを確認した。本稿では、DCT (Discrete Cosine Transform) と算術符号を用いた予測誤差信号の符号化処理を実装し、予測係数等の付加情報も加味した最終的な符号化性能の観点から、レート・歪特性の評価を行う。

#### 2. ブロック適応時空間予測<sup>5)</sup>

提案方式では、予測誤差信号に対して  $8 \times 8$  画素単位の DCT に基づいた符号化処理を適用しているため、予測処理も同サイズのブロック単位で実行する必要がある。したがって、図 1 においてブロック  $B_n$  の予測に利用可能な再生値の存在範囲は、当該フレームおよび前フレームの緑色のブロックに限定される。提案方式では、ブロック  $B_n$  内の各画素に対し、ラスタスキャン順に 3 次元予測器を再帰的に適用することで予測値を生成する。ここで、注目画素  $p_0$  の予測値を  $\hat{s}_t(p_0)$  と表記すると、その値は次式によって算出される。

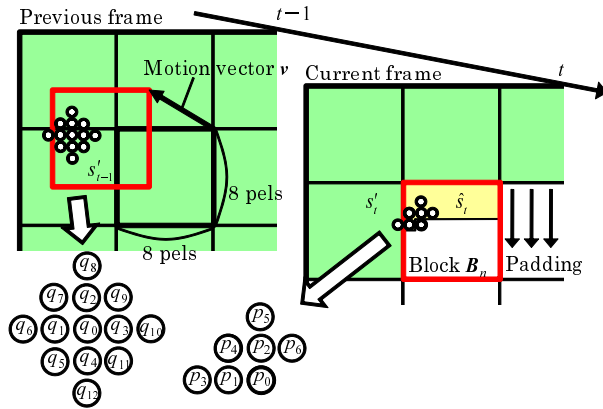


図1 ブロック適応時空間予測

Fig. 1 Block-adaptive spatio-temporal prediction.

$$\hat{s}_t(\mathbf{p}_0) = \sum_{k=1}^{K_1} a_k \cdot \tilde{s}_t(\mathbf{p}_k) + \sum_{k=1}^{K_2} b_k \cdot s'_{t-1}(\mathbf{q}_{k-1} + \mathbf{v}), \quad (1)$$

$$\tilde{s}_t(\mathbf{p}_k) = \begin{cases} \hat{s}_t(\mathbf{p}_k) & (\mathbf{p}_k \in B_n) \\ s'_t(\mathbf{p}_k) & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

上式の、 $\{\mathbf{p}_k | k = 1, 2, \dots, K_1\}$  および  $\{\mathbf{q}_k | k = 0, 1, \dots, K_2 - 1\}$  は、当該フレームおよび前フレームに配置された参照画素群の相対位置を表すベクトルであり、後者の位置は  $16 \times 16$  画素のマクロブロック単位で検出された動ベクトル  $\mathbf{v}$  によって動き補償されている。また、 $\tilde{s}_t(\mathbf{p}_k)$  は空間方向の予測に用いられる画素値を表しており、参照画素  $\mathbf{p}_k$  が当該ブロック  $B_n$  の内部に含まれる時は既に算出済みの予測値  $\hat{s}_t(\mathbf{p}_k)$  を再帰的に使用し、それ以外では時間方向の参照画素  $\mathbf{q}_k$  と同様に再生値  $s'_t(\mathbf{p}_k)$  を利用する。ただし、参照画素  $\mathbf{p}_k$  がブロック  $B_n$  の右側に位置する場合には、上方の再生値をコピー (padding) した値を  $\tilde{s}_t(\mathbf{p}_k)$  とみなす。なお、提案方式では動ベクトル  $\mathbf{v}$  の検出精度を整数画素精度としているが、前フレームに配置する参照画素数 ( $K_2$ ) が十分多い時、予測係数  $\{b_k\}$  が適応内挿フィルタ<sup>6)</sup> と同様な効果をもたらすため、非整数画素精度の動き補償を行った場合と同様な予測も可能である。

上記の予測手順において、予測係数  $\{a_k, b_k\}$  の値は任意であり、このような予測器を複数種類用意してブロック毎に適応選択することで、画像の局所的な特徴に応じた様々なタイプの時空間予測が実現できる。各予測器における  $K_1 + K_2$  個の予測係数は、同一の予測器が選択されたブロック全体の予測誤差電力 (SSE) が最小となるように最適化される。この時、上述のように提案方式では、同一ブロック内の既に算出済みの予測値を再帰的に使用するため、目的関数 (SSE) は予測係数の高次の項を含み、また、その最小化は  $\{a_1, \dots, a_{K_1}, b_1, \dots, b_{K_2}\}$  に関する非線形最適化問題に帰結する。そこで、勾配法の一つである準ニュートン法を用いて反復的に目的関数の最小化を図っている<sup>5)</sup>。

### 3. 符号化処理の導入

文献 5) では、提案方式において予測回数や予測器の数等のパラメータと予測性能の関係について調査した。本稿では、最終的な符号化性能を評価するため、提案方式に DCT と算術符号に基づく符号化処理を導入した。なお、算術符号化器の実装に関しては、高速な多値算術符号化器として知られているレンジコーダ<sup>7)</sup>を採用した。

提案方式において、算術符号化の対象となるパラメータは以下のとおりである。

- 予測誤差信号の DCT 係数  $y(i, j)$
- マクロブロック ( $16 \times 16$  画素) 毎に検出した整数画素精度の動ベクトル  $\mathbf{v}$
- DCT ブロック ( $8 \times 8$  画素) 毎に選択された予測器の番号  $m$
- DCT ブロック毎に選択された分散マップの番号  $l$  および各分散マップの値  $n_l(i, j)$
- 量子化ステップサイズ  $\Delta p$  で量子化された予測係数群  $\{a_1, \dots, a_{K_1}, b_1, \dots, b_{K_2}\}$

以下では、各パラメータの符号化手順について説明する。

#### 3.1 DCT 係数の符号化<sup>8)</sup>

提案方式では、予測誤差信号の DCT 係数をステップサイズ  $\Delta q$  のデッドゾーン付き量子化器で量子化した後、算術符号化する。この際、符号化対象である DCT 係数の確率密度関数 (PDF) を、次式に示す 16 種類の一般化ガウス関数を用いてモデル化している。

$$P_n(t) = \frac{c_n \cdot \eta(c_n, \sigma_n)}{2\Gamma(1/c_n)} \cdot \exp\left\{-|\eta(c_n, \sigma_n) \cdot t|^{c_n}\right\},$$

$$\eta(c_n, \sigma_n) = \frac{1}{\sigma_n} \sqrt{\frac{\Gamma(3/c_n)}{\Gamma(1/c_n)}} \quad (n = 1, 2, \dots, 16) \quad (3)$$

ただし、 $\Gamma(\cdot)$  はガンマ関数、 $\sigma_n$  は DCT 係数の標準偏差、 $c_n$  は関数  $P_n(t)$  の尖度を制御する形状パラメータである。本稿ではあらかじめ 16 通りの  $\sigma_n$  の値を用意しておき、DCT 係

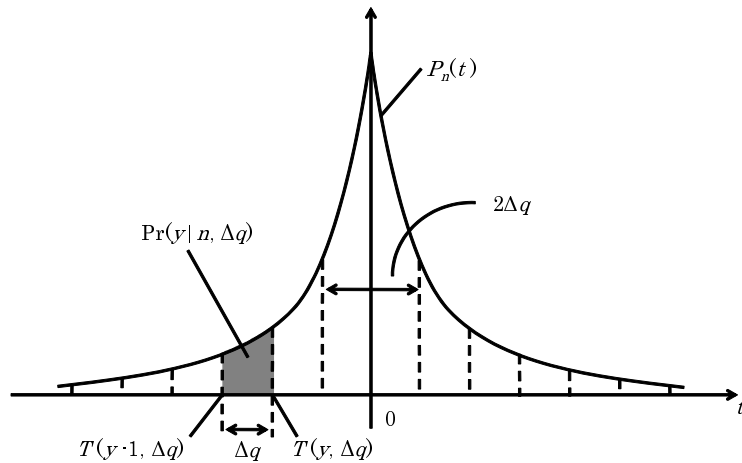


図2 量子化済み DCT 係数における PDF モデル  
Fig. 2 PDF model for quantized DCT coefficients.

数のアクティビティに応じて適切なものを割り当てている。また、形状パラメータ  $c_n$  の値は同一の分散値  $\sigma_n^2$  が割り当てられた DCT 係数毎に変動している。ここで、DCT 係数の各周波数成分  $(i, j = 0, 1, \dots, 7)$  に対する分散値の割り当てを記述した  $8 \times 8$  の要素からなるルックアップテーブル  $n_l(i, j) \in \{1, 2, \dots, 16\}$  を以後分散マップと呼ぶ。この分散マップは、フレーム毎に  $L$  種類用意するものとし、これらを DCT が適用される  $8 \times 8$  画素のブロック毎に適応選択することで、画像信号の局所的な性質に応じたエントロピー符号化を実現している。ここで分散マップ、ならびにその選択情報は、付加情報として復号側に別途伝送される。なお、上記の関数  $P_n(t)$  は、量子化前の DCT 係数の PDF をモデル化したものであり、実際に量子化後の値を算術符号化する際に必要となる各量子化レベル  $y = y(i, j) \in \mathbf{Z}$  の生起確率は次式で与えられる。

$$\Pr(y|n, \Delta q) = \int_{T(y-1, \Delta q)}^{T(y, \Delta q)} P_n(t) dt \quad (4)$$

ただし、 $n = n_l(i, j)$  は上述した分散マップの値、 $T(y, \Delta q)$  は図 2 のようなデッドゾーン付き量子化器において隣接する量子化レベル  $y$  と  $y+1$  の間のしきい値を表している。

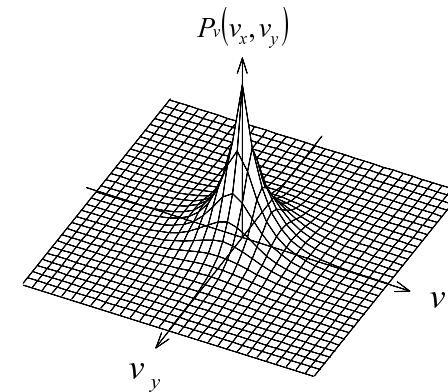


図3 動ベクトルの 2 次元形状 PDF モデル  
Fig. 3 2-dimensional PDF model for motion vectors.

### 3.2 動ベクトルの符号化<sup>9)</sup>

動ベクトルを符号化する際は、隣接ブロックからのメディアン予測<sup>1)</sup>によって求めた予測ベクトルとの差分値  $(v_x, v_y)$  を 2 次元のベクトルのまま次式の 2 次元 PDF モデルに基づいて算術符号化する。

$$P_v(v_x, v_y) = \alpha \cdot \exp\left\{-\left|\eta(c_v, \sigma_v) \cdot \sqrt{v_x^2 + v_y^2}\right|^{c_v}\right\} \quad (5)$$

但し、 $\alpha$  は確率の合計値を 1 にするための正規化係数、 $\sigma_v$  と  $c_v$  は PDF モデルの分布形を制御するパラメータである。 $\sigma_v$  と  $c_v$  の値については、フレーム毎に最適な組み合わせを求め、復号側に伝送される。なお、関数  $P_v(v_x, v_y)$  の形状は、図 3 のように動径方向で定義された一般化ガウス関数を原点周りに回転したものとなっている。

### 3.3 予測器および分散マップの番号<sup>9)</sup>

$8 \times 8$  画素の DCT ブロック毎に選択される予測器の番号  $m$  および分散マップの番号  $l$  については、その値を直接符号化するのではなく、MTF (Move-To-Front)<sup>10)</sup> と呼ばれる手法により並び替えられたテーブルの位置情報 (インデックス値) を符号化対象としている。MTF は図 4 のように、上、左、右上のブロックで選択された値がテーブルの上位に現れるよう逐次並び替える手法であり、 $m$  および  $l$  の値がブロック間で相関を有する場合、得られるインデックス値は比較的小きな値となることから、効率の良い算術符号化が期待できる。なお、インデックス値の算術符号化に必要な確率テーブルは実際の頻度に基づいたものを使

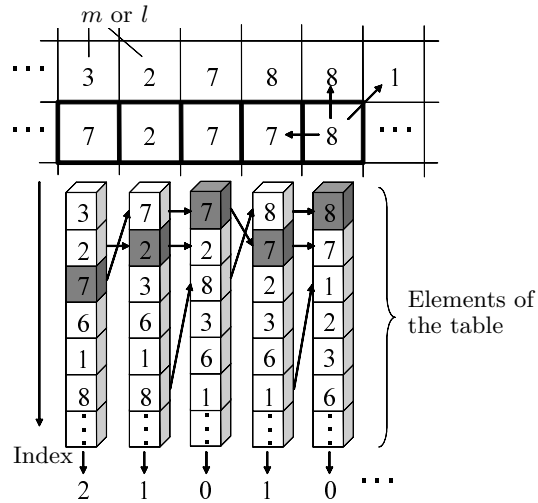


図 4 Move-To-Front 法による予測器および分散マップ番号の符号化

Fig. 4 Coding of predictor labels and variance map assignment using the Move-To-Front method.

用し、復号側ではこれをフレーム毎にダウンロードしている。

### 3.4 予測係数の符号化

動画において隣接フレーム間には高い相関があるため、2章で述べた手法で最適化された予測器も、隣接フレーム間で互いに似たものとなる可能性が高い。そこで、本稿では予測係数を直接符号化するのではなく、前フレームで用いた予測係数との差分値を符号化対象とする<sup>11)</sup>。具体的には、予測係数  $a_k^{(m)}$  または  $b_k^{(m)}$  の値と前フレームの予測器  $m'$  の係数  $a_k^{(m')}$ ,  $b_k^{(m')}$  との差分値  $a_k^{(m)} - a_k^{(m')}$ ,  $b_k^{(m)} - b_k^{(m')}$  の確率密度関数を一般化ガウス関数でモデル化するものとし、量子化後の符号量が最小となる前フレームの予測器  $m'$  を選択する。そして、得られた差分値  $a_k^{(m)} - a_k^{(m')}$ ,  $b_k^{(m)} - b_k^{(m')}$  と選択された前フレームの予測器番号  $m'$  を算術符号化する。なお、予測係数の差分値に対する量子化ステップサイズ  $\Delta p$  の値は、 $\{2^i \mid i = 1, 2, \dots, 9\}$  の中から後述する手法でフレーム毎に適応的に決定している。

## 4. 符号化パラメータの最適化手順

提案方式では、以下に示す 2 つの最適化手順 (First optimization, Second optimization)

を順に実行することで、コスト関数が最小となるよう各パラメータを反復的に最適化している。First optimization では、動ベクトルや予測器等、2章で述べた時空間予測に用いるパラメータの最適化を行う。Second optimization では、3.1 節で述べた DCT 係数の符号化に関するパラメータの最適化を行う。以下では、それぞれの具体的な処理手順について述べる。

### 4.1 First optimization

First optimization では、次式のコスト関数  $J_1$  がフレーム全体で最小となるように各パラメータを最適化する。

$$J_1 = D_p + \lambda (R_v + R_m + R_p) \quad (6)$$

ここで、 $D_p$  は予測誤差の二乗和、 $R_v, R_m, R_p$  は、それぞれ動ベクトル、予測器番号、予測係数の符号量である。また、 $\lambda$  はラグランジュ乗数であり、提案方式では符号化レートおよび再生品質を制御する統一的なパラメータの役割を果たしている。本最適化手順では、空間方向の予測において隣接ブロックの再生済みの画素を参照するため、予測処理の終わったブロックから随時 DCT と量子化処理を施す必要があるが、その際の量子化ステップサイズの値は、 $\Delta q = 2\sqrt{\lambda}/0.85$  と設定している。

パラメータの最適化手順は以下の通りである。

- (1) ブロックマッチング法を用いて、マクロブロック毎に整数画素精度の動ベクトル  $\{v\}$  を検出する。
- (2) 初期値として、 $M = \min(40, 2M')$  種類の予測器を用意する。ただし、 $M'$  は前フレームの符号化に使用した予測器の数である。この時、前フレームで使用した  $M'$  種類の予測器はそのまま初期値として利用し、更にランダムに選んだ 2 組の予測器の係数を平均したもの ( $M - M'$  組) を新たな初期値とする。なお、前フレームがイントラフレームの場合は、上記のブロックマッチングによって得られるブロック毎の予測誤差電力を、 $M = 40$  レベルに量子化した値を仮の予測器番号 ( $m$ ) とし、同一の予測器番号が割り当てられたブロックの集合  $\{B_n \mid n \in \Omega(m)\}$  毎に、近傍画素の原画像の値が利用可能であると仮定して MMSE 予測器を設計する。
- (3) DCT ブロック毎に  $J_1$  を最小とする予測器を選択し直し、予測器番号  $m$  を更新する。
- (4)  $m$  番目の予測器を削除すると仮定した場合のコスト関数  $J_1^{(m)}$  ( $m = 1 \sim M$ ) を算出し、それらの最小値が予測器を削減する場合に比べて減少する場合は、実際にその予測器を削除し、 $M \leftarrow M - 1$  とおく。この処理を、削除対象となる予測器が存在しなくなるまで繰り返す。

- (5)  $\pm 1$  画素の範囲で整数画素精度の動ベクトル  $\{v\}$  を更新する .
- (6) それぞれの 3 次元予測器の係数  $\{a_1, \dots, a_{K_1}, b_1, \dots, b_{K_2}\}$  を準ニュートン法を用いて最適化する .
- (7) 予測係数の差分値に対する量子化ステップサイズ  $\Delta p$  を最適化する .
- (8) すべてのパラメータが収束するまで, (3) 以降の手順を反復的に実行する .

#### 4.2 Second optimization

Second optimization では, 次式のコスト関数  $J_2$  がフレーム全体で最小となるように各パラメータを最適化する .

$$J_2 = D_q + \lambda (R_d + R_n + R_l + R_m) \quad (7)$$

ここで,  $D_q$  は DCT 係数の量子化誤差の二乗和,  $R_d, R_n, R_l, R_m$  は, それぞれ DCT 係数, 分散マップ, 分散マップ番号, 予測器番号の符号量である . パラメータの最適化手順は以下の通りである .

- (1) 初期値として, 4.1 節 (2) と同様な方法で,  $L = \min(16, 2L')$  種類の分散マップを用意し, DCT ブロック毎にコスト関数  $J_2$  を最小とする分散マップ  $n_l(i, j)$  を選択する . ただし,  $L'$  は前フレームの符号化に使用した分散マップの数である . なお, 前フレームがイントラフレームの場合は, 各 DCT ブロックをブロック毎の予測誤差電力によって  $L = 16$  種類に分類する .
- (2) 同一の分散マップが選択されたブロック全体のコスト関数  $J_2$  が最小となるよう, 分散マップを最適化する .
- (3) 分散マップに用いる分散  $\sigma_n^2 (n = 1, 2, \dots, 16)$  毎に, 形状パラメータ  $c_n$  を最適化する .
- (4) DCT ブロック毎に  $J_2$  を最小とする分散マップを選択し直し, 分散マップ番号  $l$  を更新する .
- (5) 4.1 節 (4) と同様な方法で, 削除対象となる分散マップが無くなるまで, 分散マップの削除を行う .
- (6) DCT 係数の量子化ステップサイズ  $\Delta q$  を一定の範囲内で変化させ, 量子化後の DCT 係数に関してコスト関数  $J_2$  を求め, これを最小とする  $\Delta q$  の値を決定する .
- (7) (6) において  $\Delta q$  の最適化を行うことで, First optimization の時とは DCT 係数ならびに再生画像の輝度値が変化するため, DCT ブロック毎の最適な予測器番号が変化する可能性がある . そこでコスト関数  $J_2$  を前提に, 予測器の再選択を行う .
- (8) 全てのパラメータが収束するまで (2) 以降の手順を反復的に実行する .

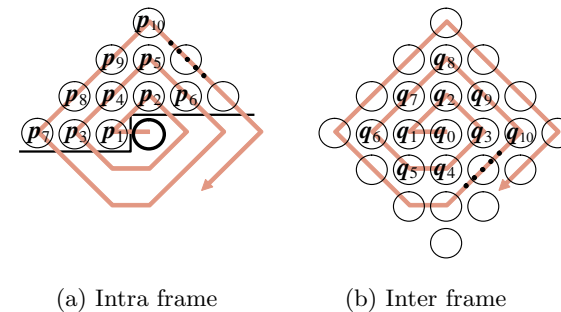


図 5 参照画素配置  
Fig. 5 Disposition of reference pels.

## 5. シミュレーション実験

提案手法の最終的な符号化性能を評価するため, CIF サイズのモノクローム動画 (352 × 288 画素, 10Hz) を対象にシミュレーション実験を実施した . また, 時空間予測に用いる参照画素  $\{p_k\}$  および  $\{q_k\}$  は, 図 5 のようにらせん状に配置するものとした<sup>5)</sup> . 図 6 は, 提案方式および H.264/AVC によって符号化を行った場合について, 最終的な符号化レートと SN 比の関係を調査した結果である . ここで, 「時間予測のみ」とは提案方式において空間方向の参照画素数  $K_1 = 0$ , 時間方向の参照画素数  $K_2 = 25$  と設定した場合, 「時空間予測」は,  $K_1 = 6, K_2 = 13$  と設定した場合をそれぞれ示している . また, 「H.264」とは, 参照ソフトウェア JM13.1 (GOP 構造は IPPPP...) を用いて符号化を行った場合, 「H.264 (条件近似)」とは, JM13.1 において提案手法と符号化条件を可能な限り近付けるため, MC ブロックサイズを  $16 \times 16$  画素, DCT のブロックサイズを  $8 \times 8$  画素, 参照候補フレーム数を 1, デブロッキングフィルタをオフにそれぞれ限定して符号化を行った場合を示している . 同図より, 「時空間予測」は「時間予測のみ」と比較して最大 0.5 dB 程度高い符号化性能を達成しており, 最終的な符号化レートの観点からも, 提案手法の有効性が確認できた . また, 「時空間予測」は「H.264」と比較すると多くの画像で符号化性能は劣っているが, 符号化条件をほぼ同等にした「H.264 (条件近似)」との性能差は小さく, 画像によっては高レートにおいて「H.264」を上回る符号化性能を達成する場合があることがわかる .

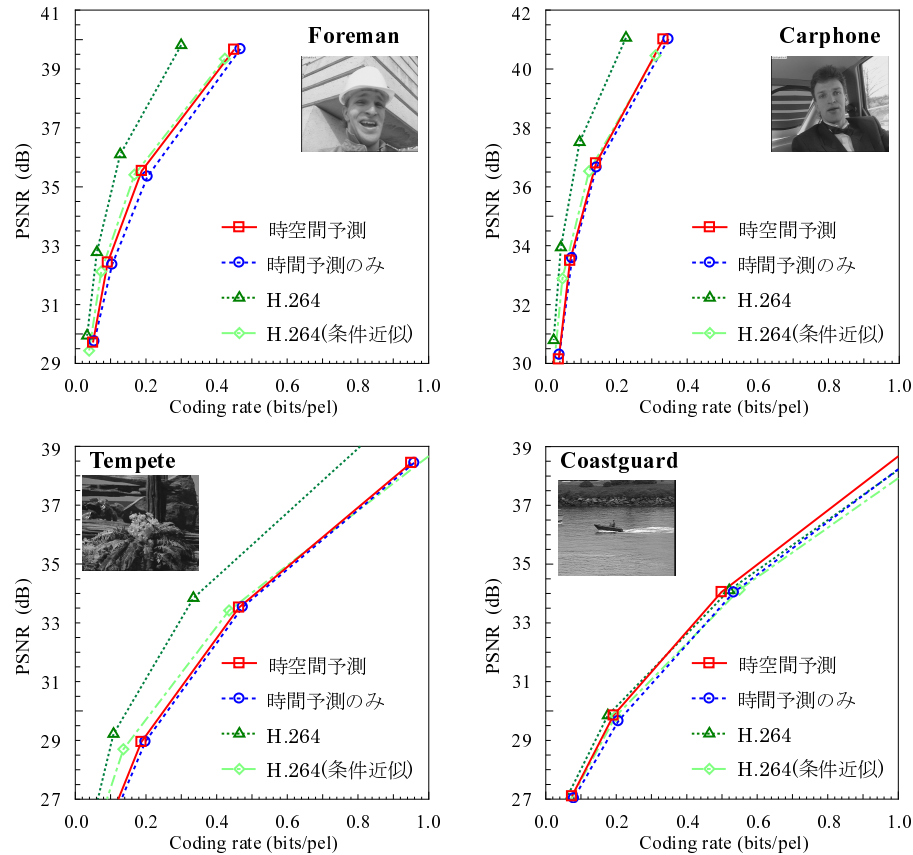


図 6 符号化特性  
Fig. 6 Coding performance.

## 6. む す び

本稿では、時間方向と空間方向の相関を同時に利用可能なブロック適応時空間予測手法に、DCT と算術符号に基づいた符号化処理を実装し、符号化性能の評価を行った。シミュレーション実験の結果、提案手法において空間方向の参照画素数を 0 とし、時間予測のみを

行った場合より、時空間予測を行った場合の方が最終的な符号化性能の点でも優れた特性を示すことを確認した。また、最新の動画画像符号化標準である H.264 を用いて符号化を行った場合との比較も行い、提案手法と符号化条件をほぼ同一にした場合では符号化性能に大きな差は無く、一部の条件下では H.264 を上回る性能を達成可能であることを確認した。今後の課題としては、最適化手順におけるコスト関数の改良、可変ブロックサイズ動き補償やデブロッキングフィルタなどの H.264 と同等な符号化ツールの導入等が挙げられる。

## 参 考 文 献

- 1) ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC: Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services (2003).
- 2) K.Sugimoto, M.Kobayashi, Y.Suzuki, S.Kato and C.S.Boon: Inter Frame Coding with Template Matching Spatio-Temporal Prediction, Proc. of 2004 IEEE International Conf. on Image Processing (ICIP 2004), pp.465-468 (2004).
- 3) J.Seiler and A.Kaup: Spatio-Temporal Prediction in Video Coding by Spatially Refined Motion Compensation, Proc. of 2008 IEEE International Conf. on Image Processing (ICIP 2008), pp.2788-2791 (2008).
- 4) 小豆沢陽一, 松田一朗, 伊東晋: 適応イントラ予測と動き補償予測を混合した動画画像符号化, 電子情報通信学会総合大会, No.D-11-37 (2005).
- 5) 海野恭平, 青森久, 松田一朗, 伊東晋: 動画画像符号化のためのブロック適応時空間予測器の最適化, 信学技報, Vol.110, No.148, pp.71-76 (2010).
- 6) 長島新一, 松田一朗, 伊東晋: 適応内挿フィルタを用いた非整数画素精度動き補償方式, 信学技報, Vol.104, No.752, pp.43-48 (2005).
- 7) 奥村晴彦: データ圧縮の基礎から応用まで, C MAGAZINE, Vol.14, No.7, pp.13-35 (2002).
- 8) 池田悠, 若林慧, 青森久, 松田一朗, 伊東晋: 算術符号を用いた MPEG-1 動画画像のロスレス再符号化, 信学技報, Vol.109, No.148, pp.19-24 (2009).
- 9) 塩寺太一郎, 梅津有司, 前田弘樹, 松田一朗, 森岡一幸, 伊東晋: フレーム毎に MC と 3 次元予測を最適化する動画画像の可逆符号化方式, 映情学誌, Vol.60, No.7, pp.1051-1058 (2006).
- 10) J.L.Bentley *et al.*: A Locally Adaptive Data Compression Scheme, Communications of ACM, Vol.29, No.4, pp.320-330 (1986).
- 11) 峯澤彰, 前田弘樹, 松田一朗, 森岡一幸, 伊東晋: 動き補償と適応 3 次元予測に基づいた動画画像の可逆符号化 ~ フレーム間相関を利用した付加情報の削減 ~, 第 20 回画像符号化シンポジウム (PCSJ2005), No.P-5.05, pp.65-66 (2005).