

コンシューマ・デバイス論文

# H.264/AVCにおける片方向予測を用いた 双方向動き予測の最適化技術

伊藤 浩朗<sup>1,a)</sup> 谷田部 祐介<sup>1</sup> 溝添 博樹<sup>1</sup>

受付日 2014年4月24日, 採録日 2014年10月15日

**概要:** H.264/AVC をはじめとする動画符号化では、複数のフレームを参照する双方向予測動き探索において、最適な予測方向とブロックサイズをいかに少ない処理量で求めるかが課題となる。本論文では、片方向予測の動き推定結果に基づいて双方向予測における最適なブロックサイズを推定する手法を検討する。提案手法により、わずかな符号化効率の低下で、双方向予測動き探索に要する処理増大を抑制する動き推定を実現した。

**キーワード:** 画像圧縮, H.264/AVC, 動き予測, 双方向予測

## Effective Bi-predictive Motion Estimation Considering Forward and Backward Motion Estimation for H.264/AVC

HIROAKI ITO<sup>1,a)</sup> YUSUKE YATABE<sup>1</sup> HIROKI MIZOSOE<sup>1</sup>

Received: April 24, 2014, Accepted: October 15, 2014

**Abstract:** In moving picture encoding like H.264/AVC, it is one of the big issues to calculate effective bi-predictive motion estimation in low computational complexity. In this paper we focus on the encoding cost at forward motion estimation and backward motion estimation at every block size and estimate suitable block size in bi-predictive motion estimation. The proposed method realizes effective bi-predictive motion estimation with low computational complexity with a little loss in encoding efficiency.

**Keywords:** image compression, H.264/AVC, motion estimation, bi-predictive prediction

### 1. はじめに

光ディスクへのHD (High Definition) 映像記録といった高ビットレート用途からモバイル向け地上デジタル放送のような低ビットレートの用途まで幅広く利用可能な、高品質・高圧縮率を実現する画像符号化方式として、H.264/AVC (Advanced Video Coding) が普及しつつある。H.264/AVCは2003年12月にIS (International Standard) [1]が発行した規格であり、MPEG-4 [2] や H.264 [3] と比べて同じ画質で2倍以上の圧縮率の実現が可能な符号化方式である。

H.264/AVCでは、従来の符号化方式と比較して動き補償

フレーム間予測符号化時に多数のブロックサイズが用意されており、画像の動きに応じてブロックサイズを切り替えることにより高圧縮を可能としている。またその反面、最適なブロックサイズを選択するための処理負荷が高くなっている。特に、Bピクチャでは、前方予測、後方予測、双方向予測の3種類の予測方向に対する動き予測を行う必要があり、リアルタイム符号化を実現するうえで大きな課題となる。H.264/AVCに続いて2013年1月に規格化されたH.265/HEVCにおいても、さらにブロックサイズの種類が多様化されており、上記課題はより重要度を増している。

そこで本論文では、上記の動き補償フレーム間予測符号化に関し、特に双方向予測において、圧縮率の低下をできるだけ抑制しながら、動き探索に要する処理負荷を下げることを目的として、前方予測と後方予測の各片方向予測の

<sup>1</sup> 株式会社日立製作所横浜研究所  
Yokohama Research Laboratory, Hitachi, Ltd., Yokohama,  
Kanagawa 244-0817, Japan

<sup>a)</sup> hiroaki.ito.eu@hitachi.com

動き探索結果から最適なブロックサイズを求める方法を検討する。

以下、2章では関連する研究について述べ、3章では解決すべき課題を説明する。4章では提案アルゴリズムについて詳説し、5章で提案アルゴリズムの評価結果について述べる。最後に6章でまとめる。

## 2. 関連研究

### 2.1 動き探索の判定方法について

H.264/AVC をはじめとする動き補償フレーム間予測では、図 1 に示すように符号化/復号化済みの復号画像を参照フレーム (Ref. Picture) として符号化対象フレーム (Coding Picture) を符号化する。より具体的には、符号化対象ブロック (Coding Block) と相関の高い予測ブロック (Ref. Block) を参照フレーム中から探索し、符号化対象ブロックと予測ブロックの差分である予測差分を符号化する。その際、上記の予測差分に加えて、ブロックサイズ種別の情報と、予測ブロックと符号化対象ブロックの座標値の差分で表される動きベクトル (Motion Vector) をあわせて符号化する。H.264/AVC の動き補償フレーム間予測符号化では、図 2 に示すように動き補償を行う単位として  $16 \times 16$  画素、 $16 \times 8$  画素、 $8 \times 16$  画素、 $8 \times 8$  画素の4種類のブロックサイズを選択することが可能である。また、 $8 \times 8$  画素のブロックサイズを選択した場合には、各々の  $8 \times 8$  画素のブロックに対して、 $8 \times 8$  画素、 $8 \times 4$  画素、 $4 \times 8$  画素、 $4 \times 4$  画素のブロックサイズを選択することが可能であり、合計で7種類のブロックサイズが使用可能である。

一般に小さいブロックサイズを用いるほど予測差分は小さくなるものの、ブロックごとに動きベクトルを付加する必要があるため、動きベクトルの情報量が増加する。また予測差分情報は周波数変換 (DCT) された後、量子化パラメータ (QP) により量子化されるため画質劣化の要因となる。そのため、予測差分と動きベクトルの双方の情報量を考慮して最適な動きベクトルとブロックサイズを決定する必要がある。

上記の課題に対し、H.264/AVC ではマクロブロック (MB) を単位として最適な符号化モードを選択するため式 (1) に示す符号化コストをもうけている。式 (1) 右辺の第1項は符号化対象ブロックと予測ブロックとの予測差分をアダマール変換し、変換後の各係数の絶対値和を算出したSATD (Sum of Absolute Transformed Difference) であり、第2項は符号化モードごとに定められるバイアス値 (Bias) である。バイアス値はQPによって決定される。

$$Cost = SATD + Bias \tag{1}$$

本論文においても、上記の符号化コストを指針とし、本符号化コストが最小となるモードを選択する。

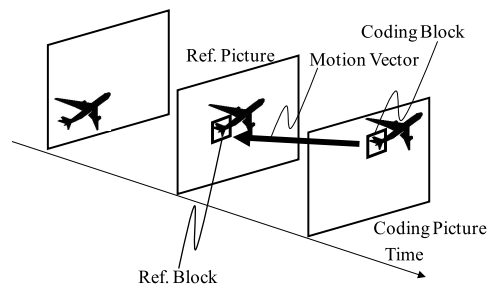


図 1 動画像符号化における画面間予測の概要

Fig. 1 Inter-frame coding method in moving picture coding.

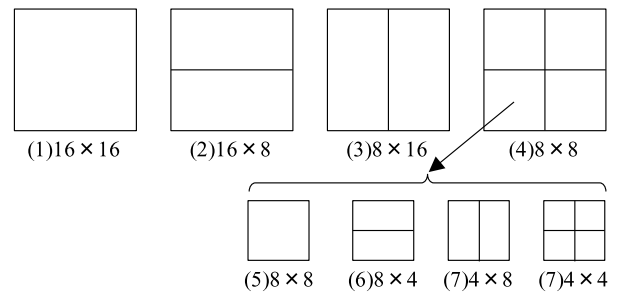


図 2 H.264/AVC におけるブロックサイズ種別

Fig. 2 Block sizes in H.264/AVC.

### 2.2 動き探索の処理量低減に向けた関連研究

動画像符号化における動き探索の処理量低減に向けては、これまで様々な手法が研究されている。

1つ目には、限定された領域について動き探索を行い、その結果から次の探索範囲を決定して徐々に細かい探索を行うステップサーチに関する研究があげられる。探索開始点を中心に上下左右の探索を行うダイヤモンドサーチ [4], [5] や、探索開始点を中心として六角形となる点の探索を行うヘキサゴンサーチ [6] では、探索範囲内の全点に対して探索を行う全探索 (Full Search) [7] と比べて探索箇所を限定したまま、PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) の劣化を抑制する取り組みが研究されている。また、動き探索の途中であらかじめ定めた符号化コストを下回る動きベクトルが見つかった時点で動き探索の打ち切り (Early termination) を行う手法を併用する取り組みも検討されている。

次に、すべてのブロックサイズについて動き探索を行うのではなく、あるブロックでの探索結果を用いてブロックを統合/分割する手法についての研究があげられる。文献 [8], [9] では最初に  $4 \times 4$  や  $8 \times 8$  など小さいブロックサイズで動き探索を行い、その結果、動きベクトルの大きさと向きが類似したブロックを統合することで処理量を低減させる手法が提案されている。また文献 [10], [11] では最初に  $8 \times 8$  画素単位で動き探索を行い、その後ブロックを統合/分割する手法が提案されている。

## 3. 解決すべき課題

本章では、本論文で解決すべき課題を整理する。動画像

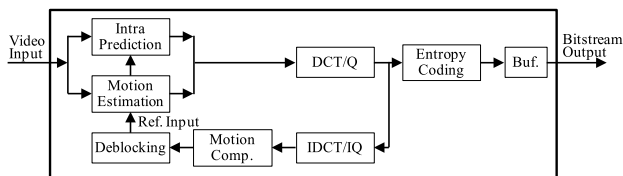


図 3 符号化処理部ブロック図  
Fig. 3 Encoder block diagram.

表 1 ブロックサイズごとの動きベクトル算出回数

Table 1 Motion estimation calc. times for each block size.

Block Size	Forward-pred	Backwad-pred	Bi-pred
16×16	1	1	1
16×8	2	2	2
8×16	2	2	2
8×8	4	4	4

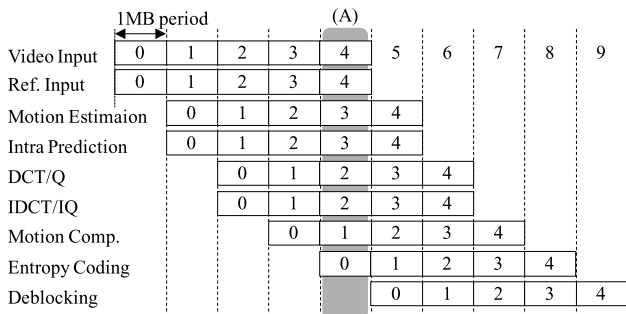


図 4 符号化処理パイプライン処理例  
Fig. 4 Encoder pipeline example.

符号化処理をハードウェアで実現する場合、画像入力、画面内予測、画面間予測、DCT 変換、量子化、エントロピー符号化、デブロッキングフィルタ処理など、動画像符号化処理を構成する各処理ブロックを単位としたパイプライン処理構造での設計が広く用いられる。図 3 は符号化処理のブロック図を示しており、入力画像 (Video Input) は、画面内予測 (Intra Prediction) または画面間動き予測 (Motion Estimation) のいずれかで予測処理が行われる。入力信号と予測信号との差分である予測差分信号は DCT/Q で離散コサイン変換 (Discrete Cosine Transform) および量子化 (Quantization) の処理を施された後、エントロピー符号化 (Entropy Coding) され、バッファリング (Buf) された後にビットストリームとして出力される。一方、上記の予測差分信号は逆離散コサイン変換 (Inverse Discrete Cosine Transform) および逆量子化 (Inverse Quantization) の後、動き補償 (Motion Comp.) により復号画像が生成される。復号画像はデブロッキングフィルタ (Deblocking) によりブロックノイズの軽減化処理が行われた後、次の入力画像に対する参照画像 (Ref. Input) として用いられる。

図 4 はパイプラインの一例を示したものである。図 4 中の数字は MB 番号を示し、たとえば (A) のタイミングでは、MB 番号 = 4 の入力処理 (Video Input)、MB 番号 = 4 に対応する参照画像取得 (Ref Input)、MB 番号 = 3 に対する動き探索 (Motion Estimation) などが並列して処理されることを示す。入力画像がフル HD 画像 (1,920 × 1,080)、フレームレートが 30 [frame/sec] の場合、1 フレームを構成する 8,160 個の各 MB を 33 [msec] で処理する必要があることから、1 MB 期間は約 [4 μsec] となる。すなわち、図 4 に示す各処理は [4 μsec] 以内に終了する必要がある。この

ような設計条件下においては、従来取り組みのステップサーチに示した打ち切り処理のように処理時間が変動するアーキテクチャではワーストケースを想定して設計を行う必要があり、処理時間の短縮を図ることが難しい。

加えて、H.264/AVC の動き補償フレーム間予測符号化では、前述の図 2 で示したように動き補償を行う単位として 16 × 16 画素 ~ 4 × 4 画素の計 7 種類のブロックサイズが使用可能である。そのため、動き補償予測のうち、前方予測のみでなく、後方予測、双方向予測と参照画像の選択枝が増える B ピクチャにおいては、最適な動き予測の算出に多くの処理量が必要となる。一例として、図 2 に示したブロックサイズのうち (1) 16 × 16 ~ (4) 8 × 8 の 4 パターンのブロックサイズのみを用いた場合、各ブロックに対して前方予測、後方予測、双方向予測で最適な動きベクトルを算出する回数は表 1 のようになる。P ピクチャでは動きベクトル算出回数が 9 回 (表 1 中の Forward-pred 列合計値) であるのに対し、B ピクチャでは 27 回 (表 1 中の Forward-pred, Backward-pred, Bi-pred 列の合計値) と算出回数が 3 倍になることが分かる。

従来の研究では、1 つの予測方向に対してあるブロックサイズでの探索結果を用いてブロックを統合/分割する研究は多く行われていたが、双方向予測での最適なブロックサイズを推定する技術については報告されていない。そこで、本論文では、片方向予測での動き探索結果から双方向予測での最適なブロックサイズを推定することにより、双方向予測の符号化コスト算出の処理簡略化を目的とする。具体的には、B ピクチャの符号化処理時間に関して従来比 2/3 (66.7%) 以下および、双方向予測による符号量削減率に関して従来比 50 [%] 以上を目標とする。

#### 4. 提案アルゴリズム

本章では、提案アルゴリズムの詳細について示す。

##### 4.1 片方向予測と双方向予測の相関について

最初に、片方向予測において符号化コストが最小となるブロックサイズと、双方向予測において符号化コストが最小となるブロックサイズとの相関について予備検証を行った。入力画像には、図 5 に示す標準動画像「Walk through the Square (以下 Square)」、 「StreetCar」、 「Driving」 [12] の 3 種類を使用した。「Square」は少女が花壇の周りを水

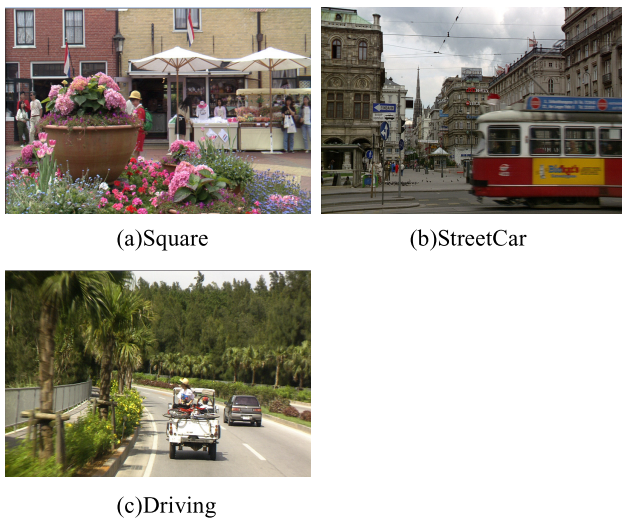


図 5 評価画像  
Fig. 5 Test sequences.

表 2 双方向予測の推定ブロックサイズと合致率

Table 2 Estimated block size in bi-precision and accuracy rate.

(a) Square					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	438	253	249	410	1350
Accuracy	79.5%	32.4%	35.3%	18.5%	44.0%

(b) StreetCar					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	695	207	220	228	1350
Accuracy	90.6%	30.9%	39.1%	30.7%	63.0%

(c) Driving					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	328	242	228	552	1350
Accuracy	68.3%	32.6%	41.2%	21.2%	38.1%

平に動くとともに、カメラが水平にドローするシーンであり、建物のレンガの壁や花壇の瓶および人物の顔にひずみが生じやすい [13]. 「StreetCar」は建物の前を走る路面電車を撮影したシーンであり、動き検出など動き適応処理の評価に適した画像である [13]. 「Driving」は緩くカーブした道路を走る自動車を撮影した画像であり、動きによる解像度劣化と動き適応処理の評価に適している [13]. これを JM18.6 [14] で符号化し、片方向予測（前方予測および後方予測）で符号化コストが最小となるブロックサイズについて、双方向予測でどのブロックサイズで符号化コストが最小となるかを評価した. JM (Joint Model) は標準化委員会から提供される標準ソフトウェアである. なお本検証においてはブロックサイズを 16 × 16, 16 × 8, 8 × 16, 8 × 8 の 4 通りとする. 結果を表 2 に示す.

表 2(a) では、たとえば片方向予測でブロックサイズ = 16 × 16 が符号化コスト最小となる場合は計 438 MB あり、これを双方向予測での最適ブロックサイズと推定した

表 3 双方向予測におけるブロックサイズ選択割合 (Square)

Table 3 Block size ratio in bi-prediction (Square).

(a) 片方向予測での選択ブロックサイズ=16 × 16 の時

(a) Block Size in Single-direction prediction=16 × 16				
Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	79.5%	8.9%	8.2%	3.4%

(b) 片方向予測での選択ブロックサイズ=16 × 8 の時

(b) Block Size in Single-direction prediction=16 × 8				
Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	47.0%	32.4%	13.4%	7.2%

(c) 片方向予測での選択ブロックサイズ=8 × 16 の時

(c) Block Size in Single-direction prediction=8 × 16				
Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	45.4%	12.0%	35.3%	7.3%

(d) 片方向予測での選択ブロックサイズ=8 × 8 の時

(d) Block Size in Single-direction prediction=8 × 8				
Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	34.8%	21.2%	25.5%	18.5%

場合の合致率 (実際に双方向動き予測を行った結果、ブロックサイズ = 16 × 16 の符号化コストが最小となる割合) は 79.5 [%] であることを示す. 表 2 の結果より、片方向予測で符号化コストが最小となるブロックサイズをそのまま双方向予測での最適ブロックサイズと推定するアプローチでは、ブロックサイズ = 16 × 16 を除いて合致率が低いことが判明した. そこで、片方向予測で各ブロックサイズの符号化コストが最小となった場合に、双方向予測で符号化コストが最小となるブロックサイズの割合を調査した. 表 3 は Square についての調査結果を示す.

調査の結果、双方向予測では片方向予測で選択されたブロックサイズよりも大きいブロックサイズで符号化コストが最小となる傾向であることが分かった. そのため、片方向予測の動き探索結果から双方向予測のブロックサイズを以下の式 (2) で求めることとした.

$$Bi\_pred\_blocksize = Blocksel(MVCost_{16 \times 16}, MVCost_{16 \times 8} * W_0, MVCost_{8 \times 16} * W_0, MVCost_{8 \times 8} * W_1) \quad (2)$$

関数 Blocksel() は片方向予測の符号化コスト (MVCost<sub>16 × 16</sub>, MVCost<sub>16 × 8</sub>, MVCost<sub>8 × 16</sub>, MVCost<sub>8 × 8</sub>) の中から最小となるブロックサイズを選択する. なお, W<sub>0</sub>, W<sub>1</sub> は重み付け係数であり本検討では W<sub>0</sub> = 1.02, W<sub>1</sub> = 1.05 としている.

上記の式 (2) に基づき再度、本節冒頭と同一の評価を行った. 結果を表 4, 表 5 に示す.

表 4 の結果より、提案手法では「Square」「StreetCar」「Driving」のいずれの評価画像においても表 2 と比べて合致率が向上 (Square: 44.0 [%] → 58.4 [%], StreetCar: 63.0 [%])

表 4 双方向予測の推定ブロックサイズと合致率 (提案手法)

Table 4 Estimated block size in bi-precision and accuracy rate (Proposed).

(a) Square					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	860	189	216	85	1350
Accuracy	67.0%	41.8%	46.3%	40.0%	58.4%

(b) StreetCar					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	1054	109	117	70	1350
Accuracy	83.6%	45.9%	59.0%	65.7%	77.5%

(c) Driving					
Block Size	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8	Total
Estimated MBs	689	217	264	180	1350
Accuracy	58.3%	34.6%	42.4%	32.2%	47.9%

表 5 双方向予測におけるブロックサイズの選択割合 (提案手法) (Square)

Table 5 Block size ratio in bi-prediction (Proposed) (Square).

(a)片方向予測での選択ブロックサイズ=16×16の時

(a)Block Size in Single-direction prediction=16×16

Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	67.0%	14.5%	13.5%	5.0%

(b) 片方向予測での選択ブロックサイズ=16×8の時

(b)Block Size in Single-direction prediction=16×8

Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	35.4%	41.8%	13.2%	9.6%

(c) 片方向予測での選択ブロックサイズ=8×16の時

(c)Block Size in Single-direction prediction=8×16

Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	28.7%	10.6%	46.3%	14.4%

(d) 片方向予測での選択ブロックサイズ=8×8の時

(d)Block Size in Single-direction prediction=8×8

Block Size in Bi-prediction	16 × 16	16 × 8	8 × 16	8 × 8
Selected Ratio	21.2%	12.9%	25.9%	40.0%

→ 77.5 [%], Driving: 38.1 [%] → 47.9 [%]) していることが分かる. また, 表 5 に示す各ブロックサイズ別の合致率においても 16 × 16 を除いて合致率が向上していることが分かる.

一方, ブロックサイズ = 16 × 16 で合致率が減少している原因について, 表 3 (b) でブロックサイズ = 16 × 8 が最適と判定された MB のうち, 13.4 [%] がブロックサイズ = 8 × 16 で, 7.2 [%] がブロックサイズ = 8 × 8 で双方向予測の符号化コストが最小となっているが, 式 (2) によりブロックサイズ = 16 × 8, 8 × 16, 8 × 8 の符号化コストに重み付け係数を付与することによりブロックサイズ = 16 × 16 がより選択されやすくなっており, 上記への合致率改善が考慮されていない. そのため, ブロックサイズ = 16 × 16

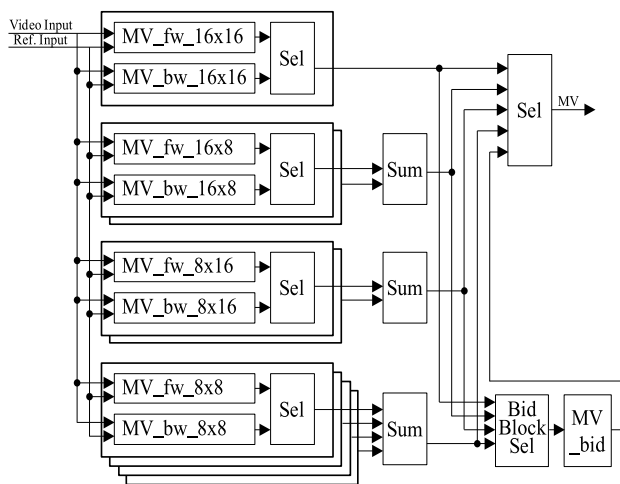


図 6 提案手法における動き探索処理

Fig. 6 Proposed motion estimation block diagram.

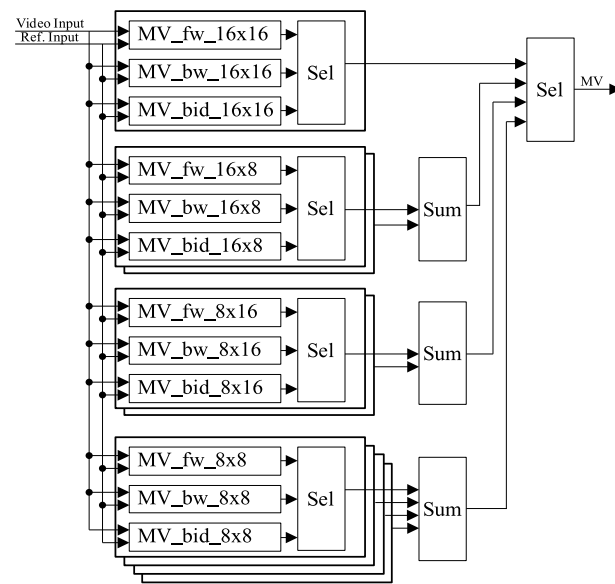


図 7 従来手法における動き探索処理

Fig. 7 Conventional motion estimation block diagram.

においては合致率が減少しているものと考えられ, 本課題については今後さらなる検討が必要である.

#### 4.2 動き探索の提案アルゴリズム

提案手法における動き探索処理を図 6 に示す. また比較のため, 従来手法における動き探索処理を図 7 に示す. 従来手法では, ブロックサイズごとに, 前方予測 (MV\_fw\_blksize), 後方予測 (MV\_bw\_blksize), 双方向予測 (MV\_bid\_blksize) の各符号化コストを算出し, その中で符号化コストが最小となる予測方向を選択 (Sel) する. blksize は 16 × 16, 16 × 8, 8 × 16, 8 × 8 のいずれかのブロックサイズを示す. またブロックサイズが 16 × 8, 8 × 16, 8 × 8 の際には各ブロックの符号化コストを合算 (Sum) して 1 MB の符号化コストを求める. 最後に, 16 × 16, 16 × 8, 8 × 16, 8 × 8 の各ブロックサイズの中から符号化

コストが最小となる符号化モードを選択 (Sel) する。これに対し提案手法では、前方予測、後方予測の符号化コストを算出する過程は従来手法と同じものの、 $16 \times 16$ ,  $16 \times 8$ ,  $8 \times 16$ ,  $8 \times 8$  の各ブロックサイズの片方向予測の中から前述の式 (2) に基づいて双方向予測のブロックサイズを選択 (Bid Block Sel) し、そのブロックサイズでの符号化コストを算出 (MV\_bid) する。最後に、各ブロックでの符号化コスト 4 候補と双方向予測の符号化コスト 1 候補の中から符号化コストが最小となる符号化モードを選択 (Sel) する。

### 5. 評価

提案手法の評価を行うにあたり、そのベースモデルとして JM18.6 を使用した。評価実験における基本的な符号化条件を表 6 に示す。また、評価実験に使用する入力画像として、図 8 に示す「Square」「Whale Show」, 「Green Leaves」, 「Crowded Crosswalk」[12] の 4 種類を使用した。「Square」の画像特徴は 4.1 節に記載のためここでは記載を割愛する。「Whale Show」はシャチのジャンプに合わせてカメラが上下左右にパンするシーンであり、背景の観客席には、ブロック歪などが生じやすい [13]。「Green Leaves」は葉の生い茂った並木道をカメラでゆっくりズームインするシーンであり、カメラのズームにより画面の中心部ではほぼ固定だが周辺では速く移動し、ブロック歪などの妨害が木の葉、道路に生じやすい [13]。

「Crowded Crosswalk」は横断歩道をわたる人々をフルショットで撮影したシーンであり、ブロック歪などの妨害が背景の自動車などに生じやすい [13]。

本評価実験では、上記のようにそれぞれ動きの特徴の異なる 4 種類のシーケンスを用いることで提案手法の汎用性を評価することとした。

#### 5.1 処理速度に関する評価

最初に提案手法の処理時間について評価を行った。本評価では、JM18.6 において encode\_one\_fame() 関数の前後に clock() 関数を挿入して B ピクチャの処理時間を計測した。結果を表 7 にまとめる。評価の結果、提案手法は従来手法と比べて 58.6~59.2 [%] の処理時間で実行可能であることが確認され、目標としていた従来比 2/3 (66.7 [%]) 以下を満たすことができた。

#### 5.2 符号化効率に関する評価

次に提案手法に関して各 QP での発生符号量と PSNR を取得し、符号化効率の評価を行った。結果を図 9 および表 8 に示す。本評価では、JM18.6 を用いて図 7 の処理に基づいて動き探索を行う場合 (図 9 中の「Original JM」), JM18.6 において強制的に双方向予測の処理をマスクし、前方予測および後方予測のみを有効として動き探索を行う場合 (図 9 中の「Original JM (no Bi-pred.)」), および提案手法 (図 9

表 6 符号化条件

Table 6 Encoding configurations.

JM Version	Ver.18.6
Profile	Main Profile
Input Picture Format	720×480
Frame Rate	60fps
Frame Number	140
Frame Structure	M=2,N=14
QP	25~32
Reference Frame Numer	2
Search Range	32
Optimization	RD-Optimization off

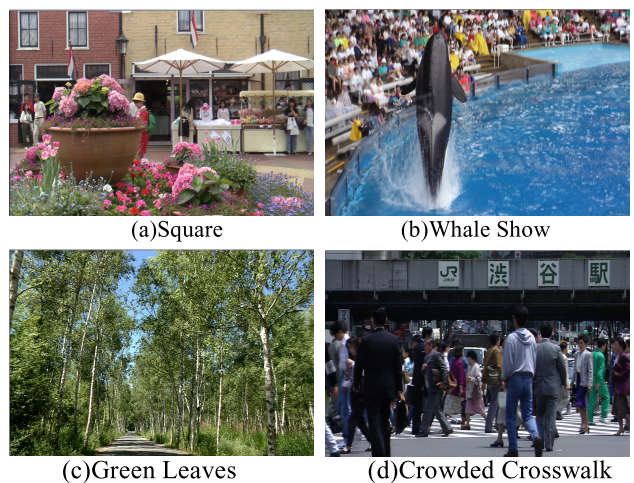


図 8 評価画像

Fig. 8 Test sequences.

表 7 符号化処理時間

Table 7 Encoding time.

Sequence	Time[sec]		$\Delta T$ ((b)/(a)×100[%])
	(a)Original JM	(b)Proposed	
Square	8.67	5.11	58.9
Whale Show	8.69	5.14	59.2
Green Leaves	8.66	5.07	58.6
Crowded Crosswalk	8.68	5.11	58.9

中の「Proposed」) の 3 手法について比較を行った。なお本提案手法は B ピクチャのみに影響を及ぼすため、図 9 では B ピクチャのみを評価対象として B ピクチャ 1 フレームあたりの発生符号量と PSNR をそれぞれ横軸、縦軸に示す。

また表 8 は、各シーケンスにおける平均符号量を (a)~(c) に、Original JM (no Bi-pred.) に対する Original JM の削減符号量と、Original JM (no Bi-pred.) に対する提案手法の削減符号量の比を (d) に示している。評価の結果、図 8 のいずれの評価画像においても提案手法は Original JM における削減符号量に対して 60.3~84.8 [%] の削減効果を実現しており、目標としていた符号量削減率 50 [%] 以上を満たすことができた。また、表 8 (e) に示すように、提案手法における B ピクチャの発生符号量と Original JM に

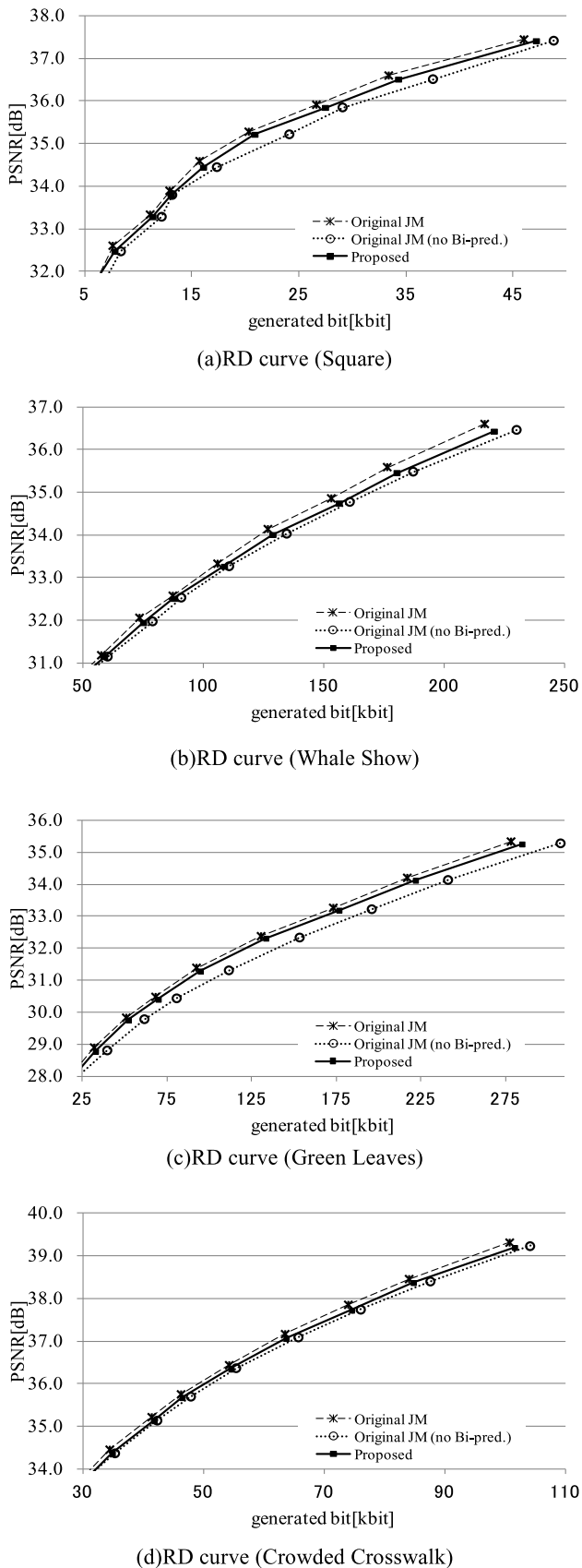


図 9 レート歪特性

Fig. 9 Rate-distortion characteristics.

おける B ピクチャの発生符号量の比は 97.7~98.8 [%] と、ほぼ遜色ない符号化効率となっていることが分かる。

表 8 発生符号量

Table 8 Bit rate.

Sequence	Ave. bit rate[kbit]			(d) = ((b)-(c))/((b)-(a)) × 100[%]	(e) = (a)/(c) × 100[%]
	(a) Original JM	(b) Original JM (no Bi-pred.)	(c) Proposed		
Square	21.75	23.85	22.27	75.2	97.7
Whale Show	124.79	131.76	127.56	60.3	97.8
Green Leaves	130.11	148.69	132.93	84.8	97.9
Crowded Crosswalk	62.37	64.33	63.13	61.2	98.8

表 9 回路実装結果

Table 9 Circuit implementation.

Item	Specifications
Video Format	1920 × 1080i
Video Compression Format	H.264/AVC (HP@L4.1)
LSI process	90nm
System clock	162MHz



図 10 H.264/AVC 実機検証の試験環境

Fig. 10 H.264/AVC testing.

### 5.3 回路実装結果

Full-HD (1920 × 1080i, 4 : 2 : 0, 8 bit) 画像の符号化対応に向け、本回路を含めた動画符号化処理の回路実装を行った。結果を表 9 にまとめる。システム LSI に実装し、リアルタイム動作することを確認した。LSI の評価ではフル HD 画像 (1,920 × 1,080), フレームレート 30 [frame/sec] の動画をを入力し、LSI 内部でこれを符号化・復号化した動画をモニタ出力してリアルタイム動作を確認するとともに、符号化データおよび復号画像をシミュレーション値と比較して一致することを試験環境 (図 10) で確認した。図 10 において、左側の基板は符号化処理を、右側の基板が復号化処理を行っており、基板背面のモニタは左側が入力画像 (原画像) を、右側が復号画像を表示している。

提案手法では従来手法と比べて双方向予測の動き探索に必要なロジック, SRAM などの回路規模低減が可能になるとともに、左記の回路規模削減にとともに、消費電力の削減を図ることが可能になると考える。

## 5.4 考察

従来手法ではブロックサイズごとに双方向予測の符号化コストを算出し、片方向予測での符号化コストと比較を行っていたが、本提案手法では、片方向予測の符号化コスト値から双方向予測で最適なブロックサイズを推定することにより、符号化効率を大きく損なうことなく処理負荷の軽減が可能になると考える。

## 6. 結論

H.264/AVCにおける双方向予測動き探索について、片方向予測の符号化コスト値を用いることで双方向予測のブロックサイズを推測する手法を提案した。提案手法により、双方向予測による削減符号量に関して従来比 60.3~84.8 [%], Bピクチャ全体の符号化効率を従来比 97.7~98.8 [%] に維持しつつ、符号化処理時間を従来比 58.6~59.2 [%] に削減できることが確認できた。今回の検討は H.264/AVC を対象としているが、2013 年 1 月に規格化された H.265/HEVC ではブロックサイズ、ブロック分割モードの選択肢がさらに増大しており、本提案手法の適用検討は今後の課題と考える。

## 参考文献

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Text of International Standard of Joint Video Specification", ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 Advanced Video Coding (Dec. 2003).
- [2] ISO/IEC 14496-2, "Information technology Coding of audio-visual objects Part2: Visual" (2001).
- [3] ITU-T Rec. H.263, "Video coding for low bitrate communication" (1996).
- [4] Zhu, S. and Kuang, K.: A new diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation, *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.9, No.2, pp.287-290 (2000).
- [5] Tourapis, A., Au, O. and Liou, M.: New results on zonal based motion estimation algorithms-advanced predictive diamond zonal search, *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vol.5, No.5, pp.183-186 (2001).
- [6] Zhu, C., Lin, X. and Chau, L.P.: Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation, *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.12, No.5, pp.349-355 (2002).
- [7] Dufaux, F. and Moscheni, F.: Motion estimation techniques for digital TV: A review and a new contribution, *Proc. IEEE*, Vol.83, pp.858-876 (June 1995).
- [8] Tu, Y.K., Yang, J.F., Shen, Y.N. and Sun, M.T.: Fast Variable-Size Block Motion Estimation Using Merging Procedure With an Adaptive Threshold, *Proc. IEEE International Conference on Multimedia & Expo*, Baltimore, MD, USA (July 2003).
- [9] Kucukgoz, M. and Sun, M.T.: Early-stop and Motion Vector Reusing for MPEG-2 to H.264 Transcoding, *SPIE Proc. Visual Comm. Image*, San Jose, CA, USA (Jan. 2004).
- [10] Zhou, Z., Sun, M.-T. and Hsu, Y.-F.: Fast Variable Block-Size Motion Estimation Algorithms Based On Merge And Split Procedures For H.264/mpeg-4 Avc,

*IEEE ISCAS2004* (2004).

- [11] Li, X. and Wu, G.: Fast Integer Pixel Motion Estimation, *JVT F011, 6th Meeting*, Awaji Island, Japan (Dec. 2002).
- [12] 標準テレビジョン方式・システム評価用標準動画像, 一般社団法人映像情報メディア学会.
- [13] 標準テレビジョン方式・システム評価用標準動画像解説書, 一般社団法人映像情報メディア学会.
- [14] H.264/AVC JM Reference Software, available from (<http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>).



伊藤 浩朗

1990 年横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業。1992 年同大学大学院修士課程修了。2004 年(株)日立製作所に入社。画像圧縮伸張技術, 画像高質化技術の研究開発に従事。映像メディア学会会員。



谷田部 祐介 (正会員)

1999 年東京理科大学理工学部電気工学科卒業。2001 年同大学大学院修士課程修了。同年(株)日立製作所に入社。画像圧縮伸張技術, 画像高質化技術の研究開発に従事。映像メディア学会会員。



溝添 博樹

1991 年京都大学理学部卒業。同年(株)日立製作所に入社。1999 年ワシントン大学大学院修士課程修了。2013 年東京工業大学大学院博士課程修了。画像圧縮伸張技術, 画像処理技術の研究開発に従事。博士(工学)。映像情報

メディア学会会員。