Vol.2017-AVM-96 No.1
2017/2/24

8K 映像における H.265/HEVC による動き予測に関する一検討

雑賀新太郎[†1]　原田臨太朗[†1]　竹内健[†1]　松尾康孝[†2]　甲藤二郎[†1]

概要：近年，8K 解像度を持つ映像の放送に向けた研究開発が活発に行われている．また一方で，8K 映像などの高解像度映像を高効率に圧縮可能な H.265/HEVC が規格化されている．8K 映像を符号化する場合，処理時間や符号化効率は動き予測の部分に大きく依存するという特徴がある．そこで本研究では 8K 映像における H.265/HEVC による動き予測に関する検討を行う．動きベクトルの可視化を行い，CU サイズとの相関を調査することで，処理時間の短縮や符号化効率の改善を図る．

A Study about Motion Prediction by H.265/HEVC for 8K UHDTV

SHINTARO SAIKA[†1]　RINTARO HARADA[†1]　MASARU TAKEUCHI[†1]
YASUTAKA MATSUO[†2]　JIRO KATTO[†1]

1. はじめに

近年, 8K 解像度を持つ映像の放送に向けた研究開発が活発に行われている[1]．8K 映像は空間解像度 7680x4320 の画素数を持っており，これは現在放送されている地上デジタル放送の解像度である Full HD の解像度の 16 倍にあたる．このため, 8K 映像の放送を実現するには，高効率な動画像符号化技術が必須である．

一方で 2013 年 1 月に，最新の動画像符号化規格である，H.265/HEVC（以下 HEVC と示す）が承認された[2]．HEVC は，それまで最新であった動画像符号化規格である H.264/AVC（以下 AVC と示す）に対して，約 2 倍の圧縮効率を持っており, 8K 解像度のような高解像度映像をより高効率に圧縮可能な動画像符号化規格となっている．

8K 映像のような高解像度映像を符号化する場合, 符号化の際の処理時間や符号化効率は，符号化の一部である動き予測の部分に大きく依存するという特徴がある[3]．よって，動き予測の精度向上及び処理時間短縮を図ることが，高解像度映像の符号化における符号化効率の向上や処理時間短縮に繋がる．

そこで本研究では，8K 映像における HEVC による動き予測に関する検討を行う．HEVC 内部の動き予測を可視化し，数値的解析及び考察を行うことで，処理時間の短縮や符号化効率の向上を図る．

2. 関連技術

2.1 HEVC における符号化単位

HEVC では，AVC よりも符号化処理をロバストにするために，ピクチャ分割の最小単位である CTU (Coding Tree Unit) と，符号化の最小単位である CU (Coding Unit) を区別して定義されている[4]．これにより，画像中の変化が平坦な領域は AVC よりも大きなブロックサイズで符号化を行い，画像中の変化が急峻な領域では，AVC と同程度の小さいブロックサイズで符号化を行うことが可能である．

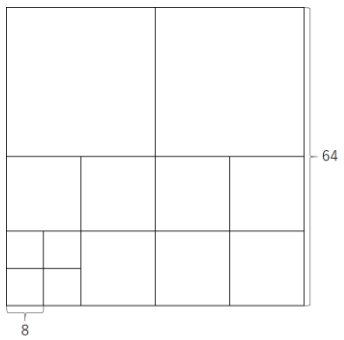
各 CTU は, 再帰的な四分木ブロック分割に基づいて可変サイズの CU に分割される．CTU を分割しない場合，CTU がそのまま CU となるため，CTU のサイズが最大 CU サイズとなる．図 1 は最大 CU サイズが 64 及び最小 CU サイズが 8 の時の，CTU の CU 分割例である．

2.2 HEVC における動き予測

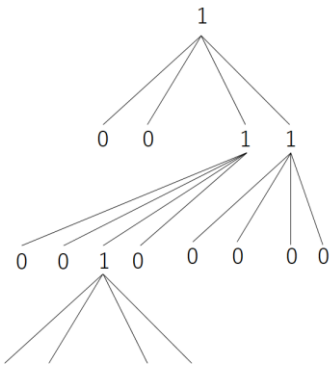
HEVC では CU サイズごとに動き予測が行われそれぞれ，

① 差分動きベクトルを伝送する適応動きベクトル予測符号化
② 差分動きベクトルを伝送しないマージ符号化

の 2 種類の動き情報符号化モードを採用し，これらのモードを切り替えることで，効率的な動き情報符号化を実現している．



（a）CU 分割例



（b）4 分木構造

図 1 CTU の CU 分割例

†1 早稲田大学
Waseda University
†2 NHK 放送技術研究所
Science & Technology Research Laboratories, NHK

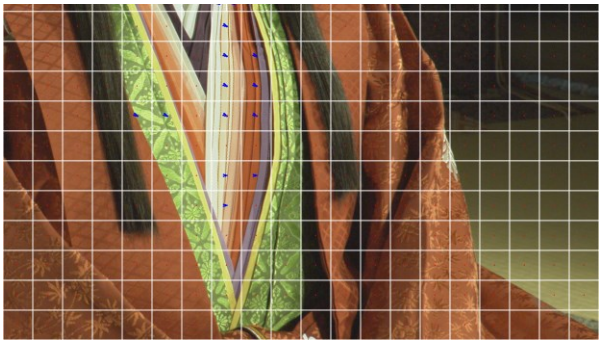
ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

（a） kimono

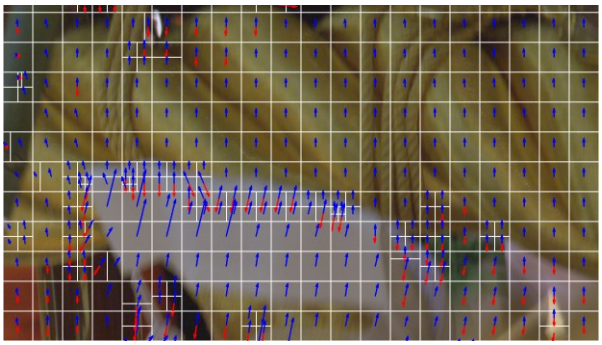
（b） festival

（c） spark

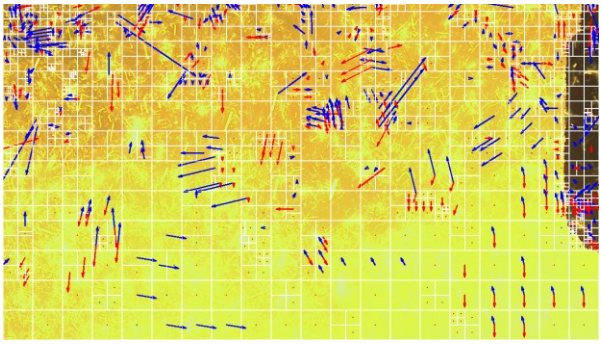
図 2 使用映像



（a） kimono



（b） festival



（c） spark

図 3 実験結果

伝送する動きベクトルの符号量を削減するために，符号化側で得られた動きベクトルは，隣接する符号化済みのブロックの動きベクトルから導出された予測動きベクトル候補の中から，差分動きベクトルが小さくなる予測動きベクトルを選択し，差分ベクトルと予測動きベクトルを示すインデックスが復号側に伝送される．これを適応動きベクトル予測符号化という．

もしくは，隣接する符号化済みブロックの動き情報から導出された動き情報候補の中から，適する動き情報を選択し，動き情報候補を示すインデックスだけを復号側に伝送する．これをマージ符号化という．

2.3 オプティカルフロー

オプティカルフロー（Optical Flow）[5]とは，画像中の物体の動きをベクトルで表したものであり，動作の解析等によく使用される．しかし，オプティカルフローを正確に求めることは困難であるため，一般的には勾配法による推定によってベクトルを求める．これをオプティカルフロー推定と呼び，その代表的な手法に Horn-Schunck 法[5]や Dual TV-L1 法[6]などが挙げられる．また，[7]のような新しいオプティカルフローを推定する研究もある．

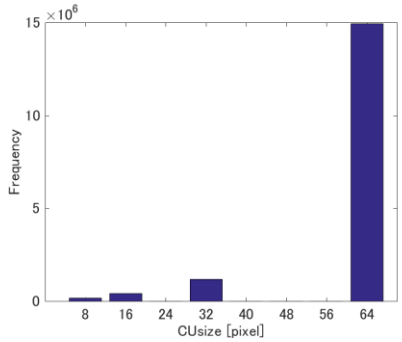
3. 関連研究

筆者らは，HEVC が採用しているブロックマッチングとは異なる動き検出方式の併用による HEVC の符号化効率改善手法に関する検討を進めている．

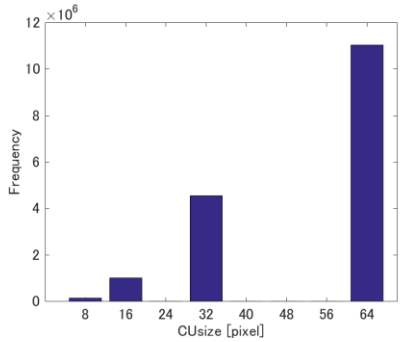
[8]では，8K 映像に対して，外部処理として SURF 特徴量によるマッチングを用いることで，符号化時の動き探索範囲を可変的に制御することで，符号化効率の向上及び処理時間の短縮を図っている．

[9]では，8K 映像に対して，符号化時の動きベクトルからグローバルズームを検出し，ズーム変換処理を施すことで，符号化効率の向上を図っている．

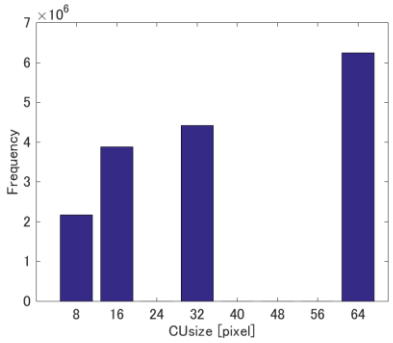
ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan



（a） kimono



（b） festival



（c） spark

図 4 CU サイズのヒストグラム

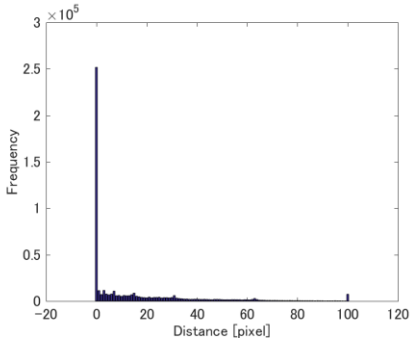
表 1 実験パラメータ

映像パラメータ		符号化パラメータ	
色差形式	YUV420	ソフトウェア	HM-14.0
空間解像度	7680x4320	I フレーム間隔	32
時間解像度	60 fps	探索範囲	64
色深度	8 bit	最大 CU サイズ	64
フレーム数	8	QP	32

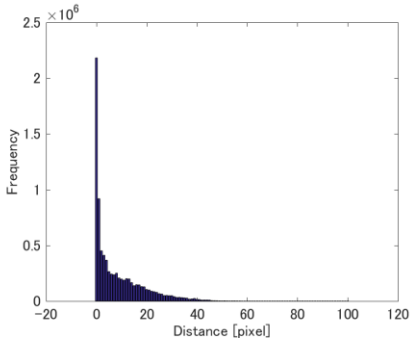
4. 実験

4.1 HEVC における動き予測の可視化

8K 映像に対する HEVC における動き予測の内部処理を調査するため，図 2 に示す 3 種類の映像に対し，HEVC のテストモデルである HM-14.0[10]を用いて符号化を行い，



（a） HM 内部



（b） 外部処理

図 5 動きベクトルにおける距離のヒストグラム

符号化時の動き予測の処理を可視化する実験を行った．この時の符号化条件は，JCT-VC の定める共通実験条件に基づいて行い，動き予測として画面間予測を用いる Random Access を使用した．実験時のパラメータを表 1 に示す．

実験により得られた，動き予測を可視化した結果を図 3 にそれぞれ示す．図 3 はどれも，符号化した 2 フレーム目に対して，動き予測を可視化した結果の一部分を拡大した画像である．白色の矩形は CU 分割を示し，赤色と青色の直線は動きベクトルの前方向予測と後方向予測を示している．

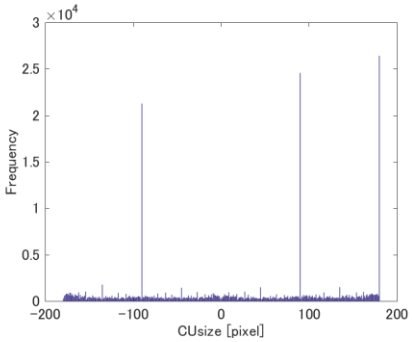
4.2 動き予測の数値的解析

4.1 節では, HEVC における動き予測の可視化を行ったが, 本項ではその数値的解析を行う．表 1 の実験パラメータにおいて映像を符号化した際の，CU サイズの分割状況をヒストグラムで表したものを図 4 として示す. CU サイズは, 4 層の四分木構造で構成されているため，最大 CU サイズを 64 とすると，CU は 64，32，16，8 のいずれかで分割される．

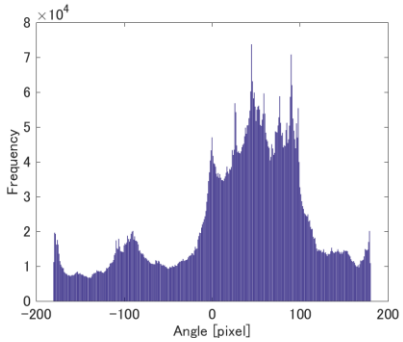
5. 考察

5.1 kimono

kimono は，カメラのゆっくりとしたドリー撮影による，動き量の非常に小さな映像である．さらに被写界深度も浅く背景がぼやけているため，図 4（a）より，映像内のほとんどの部分が, 最大 CU サイズである 64 で分割されていることが分かる．これより，最大 CU サイズを 64 よりもさら



（a）HM 内部



（b）外部処理

図 6 動きベクトルにおける角度のヒストグラム

に拡大することで，符号化効率の向上を図ることが可能だと考えられる．

5.2 festival

festival は，カメラのパンによる，比較的動き量の大きい映像である．図 4（b）より，この映像においても，多くの部分が最大 CU サイズである 64 で分割されていることが確認できる．よって，kimono の場合と同様に，最大 CU サイズを 64 よりもさらに拡大することで, 符号化効率を向上させることが可能だと考えられる．

5.3 spark

spark は, 火花が飛び散る, 動きがランダムな映像である．図 4（c）より，最大 CU サイズである 64 で分割されている部分が最も多いが，それよりも小さい CU サイズである 32 や 16 でも分割されていることが確認できる. この場合，単純に最大 CU サイズを拡大すると，符号化効率が悪化してしまうことが考えられる．また動き予測精度や確度が低いと考えられるため，その対策が必要となる．以上より，6 章では外部処理のオプティカルフローとの比較を行うことで，さらなる考察を進める．

6. オプティカルフローとの比較

本章では，外部処理であるオプティカルフローとの比較を行う．オプティカルフローの推定法には，Dual TV-L1 法を用いる．表 1 の実験パラメータで spark を符号化した際の HM 内部の動きベクトルと，外部処理であるオプティカルフローによって算出した動きベクトルをヒストグラムとして比較する．図 5 に長さのヒストグラムを，図 6 に角度のヒストグラムを示す．

図 5 より，動きベクトルの長さにおいては，2 つのヒストグラムは非常に近い形状を示している．これより，動きベクトルの距離に関しては，正しい情報を持って映像を符号化できていることが分かる．

一方，動きベクトルの角度に関する図 6 を見ると，2 つのヒストグラムは全く異なる形状を示していることが分かる．これより，動きベクトルの角度に関しては，誤った情報を持って映像を符号化していることになる．

以上の考察より，spark に関しては，動き予測として画面間予測を用いる Random Access よりも，動き予測として画面内予測のみを用いる Intra Only で符号化を行った方が，高効率で低負荷な符号化になることが考えられる．

7. まとめと今後の課題

本研究では，8K 映像における HEVC による動き予測に関する検討を行った．HEVC 内部の動き予測を可視化し，数値的解析を行うことで，処理時間の短縮や符号化効率の向上を考察した．結果として，kimono や festival のような映像に対しては，最大 CU サイズを拡大することで，符号化効率を悪化させることなく, 処理時間の短縮が見込める．また，spark のような映像に対しては，画面間予測を用いるよりも画面内予測を用いる方が，高効率で低負荷な符号化になることが見込める．

今後は，実際に最大 CU サイズを拡大した場合や，画面間予測のみを用いた場合について実験を行い，符号化効率や処理時間の確認を行う予定である．

参考文献

[1] “8K スーパーハイビジョン”, http://www.nhk.or.jp/8k/.
[2] B. Bross, W.J. Han, J.R. Ohm, G.J. Sullivan, Y.K. Wang, and T. Wiegand, “High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10,” JCTVC-L1003, Jan. 2013.
[3] H.R. Tohidypour, M.T. Pourazad, and P. Nasiopoulos, “Adaptive Search Range Method for Spatial Scalable HEVC,” IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.191-192, Jan. 2014.
[4] 大久保榮 他, ”H.265/HEVC 教科書”, インプレスジャパン, 2013, p108, p136
[5] B.K.P. Horn, et al.: “Determining Optical Flow”, Artificial Intelligence, Vol. 17, pp. 185-203, Nov. 1981.
[6] C. Zach, et al.: “A Duality Based Approach for Realtime TV-L1 Optical Flow”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4713, pp. 214-223, Sep. 2007
[7] “Flow accuracy and interpolation evaluation”, http://vision.middlebury.edu/flow/eval/
[8] S. Orihashi, et al.: “Improvement of H.265/HEVC Encoding for 8K UHDTV by Detecting Motion Complexity”, IEEE, International Conference on Consumer Electronics, Jan. 2016.
[9] R. Takada, et al.: “Improvement of 8K UHDTV Picture Quality for H.265/HEVC by Global Zoom Estimation”, IEEE, International Conference on Consumer Electronics, Jan. 2015
[10] “HM-14.0”, http://hevc.info/.

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan