

VVCにおける幾何学的分割モードの符号化処理量削減に関する一検討 A study of the encoding runtime reduction for geometric partitioning mode in VVC

齋藤 雄太[†] 木谷 佳隆[†] 海野 恭平[†] 河村 圭[†]
Yuta Saito Yoshitaka Kidani Kyohei Unno Kei Kawamura

1. はじめに

最新の映像符号化方式である VVC (Versatile Video Coding) [1]では HEVC (High Efficiency Video Coding) にはなかった幾何学的分割形状のインター双予測 (幾何学的分割モード [2]) が導入されている。幾何学的分割モードは、離散的な角度と距離からなる幾何学的分割形状と、異なる 2 つの動き情報から構成されるため、すべての組み合わせを探索する場合符号化処理量が膨大になる。そこで本研究では、ブロックサイズに応じた幾何学的分割形状の削減方式を提案する。

2. 従来手法

幾何学的分割モードは、図 1 のように、直線で二分された矩形の符号化ブロック内の領域に対し、異なる動き情報を用いて予測画素を生成し、分割線からの変位に応じてこれらを加重平均することにより対象ブロックの予測画素を算出する。この特徴により、幾何学的分割モードは対象ブロック内の異なる動きを有する前景と背景や物体の境界近傍領域が分割線 (幾何学的分割形状) と一致する場合に、高精度に予測できる。幾何学的分割形状は、図 2 に示すように、離散的な角度 20 通りと距離 4 通り (本研究ではブロックの中心に近い順に $\rho_0, \rho_1, \rho_2, \rho_3$ と定義) の組み合わせから、矩形のブロック分割との重複を除いた 64 通りで定義される。また異なる 2 つの動き情報は近傍ブロックの動き情報から構成される最大 30 通りの組み合わせがある。これらの組み合わせは 1920 (= 64 × 30) 通りあり、エンコーダから伝送される制御情報で一意に選択される。

VVC の参照ソフトウェアである VTM (VVC Test Model) [3]のエンコーダは、幾何学的分割形状と動き情報の組み合わせの探索に必要な符号化処理量を削減するために、図 3 に示すような段階的なコスト比較による早期打ち切り手法を導入している。具体的には、探索数が多い場合には SAD (Sum of Absolute Difference) や SATD (Sum of Absolute Transformed Difference) を用い、探索数が 8 候補に抽出できた時点で RD (Rate Distortion) コストを用いコスト最小の組み合わせを決定する。

VVC 準拠のオープンソースソフトウェアである VVenC [4]は、VTM エンコーダの幾何学的分割モードの探索手法をさらに改良しており、コンフィグ上から切り替え可能である。具体的には、 $m_Geo=1$ (VVenC 上の最低速設定) は VTM エンコーダ相当である。また $m_Geo=2$ は、図 3 の SAD による打ち切りの前に、予測対象フレームと参照フレームの距離に応じた幾何学的分割モードの打ち切り方式が導入されている。さらに、 $m_Geo=3$ (VVenC 上の最高速設

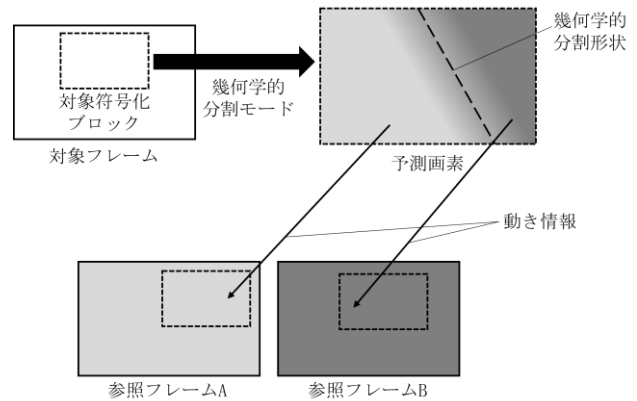


図 1 幾何学的分割モードによる予測画素生成の一例。

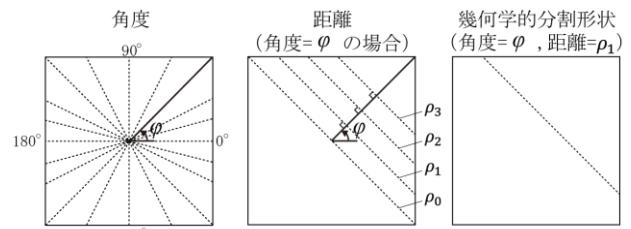


図 2 角度と距離の組み合わせによる幾何学的分割形状の表現。

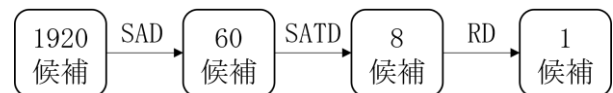


図 3 VTM エンコーダの段階的なコスト比較による幾何学的分割形状と動き情報の探索 (早期打ち切り) 手法。

定) では、図 4 (a) に示す分割モードの削減が導入されている。

しかしながら、VVenC の幾何学的分割形状の削減方式には改良余地がある。具体的には、物体境界に幾何学的分割形状を一致させるのは、大サイズブロックほど難しいと予想されるが、VVenC では幾何学的分割モードが適用可能な全てのブロックサイズ ($8 \times 8 \sim 64 \times 64$ 画素) で均一に幾何学的分割形状を削減している。さらに、削減対象の幾何学的分割形状には規則性が見受けられない。

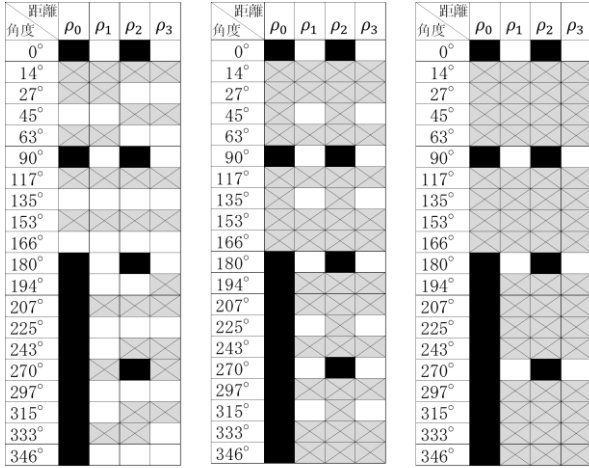
3. 提案手法

本研究では、ブロックサイズに応じた幾何学的分割形状の削減方式を提案する。さらに、規則的な幾何学的分割形状の削減方式を提案する。具体的には、大サイズブロックで幾何学的分割形状を削減する。大サイズブロックでは、

[†] 株式会社 KDDI 総合研究所 (KDDI Research, Inc.)

表 1 VVenC と提案手法の符号化性能 (BD-rate) と符号化処理量 (EncT) のトレードオフ評価指標 (θ) の比較結果

評価対象	削減方法	削減範囲	BD-rate	EncT	θ
VVenC (m Geo=1) ※ VTM 相当			-1.58%	141.3%	-0.038
VVenC (m Geo=3) ※最高速設定	図 4 (a)	8 × 8~64 × 64	-0.70%	110.1%	-0.069
8 方向分割方式 (全サイズ)	図 4 (b)	8 × 8~64 × 64	-0.57%	108.0%	-0.072
4 方向分割方式 (全サイズ)	図 4 (c)	8 × 8~64 × 64	-0.34%	105.4%	-0.063
VVenC (m Geo=3) (32 × 32 画素以上)	図 4 (a)	32 × 32~64 × 64	-0.82%	113.7%	-0.060
8 方向分割方式 (32 × 32 画素以上)	図 4 (b)	32 × 32~64 × 64	-0.82%	110.1%	-0.081
4 方向分割方式 (32 × 32 画素以上)	図 4 (c)	32 × 32~64 × 64	-0.77%	108.4%	-0.091



(a) VVenCの削減方式 (b) 8方向分割方式 (c) 4方向分割方式

図 4 VVenC および提案手法の幾何学的分割形状削減の内訳

物体境界が小サイズブロックよりも複数の直線で構成されやすいため、単一の直線で構成される幾何学的分割形状は物体境界に一致させにくい。よって幾何学的分割形状を一定数削減しても著しく符号化効率は低下しないと考えられる。

したがって、提案手法では図 4 (b) (c) に示すように、水平・垂直とその中間の角度 (以後、8 方向分割方式)、もしくは水平・垂直 (以後、4 方向分割方式) の幾何学的分割形状のみを用い、その他は削減する。水平・垂直を優先的に維持する理由は以下の通りである。まず、一般的な映像の撮影では、カメラを地面に対して水平に保たれる。また、物体は地面に対して多くの場合、水平・垂直方向に静止あるいは運動するため、同方向の物体境界が多くなりやすい。したがって、水平・垂直方向の幾何学的分割形状のみを残すことで、符号化効率を一定程度維持しつつも符号化処理量を大幅に削減できる。

4. 実験

提案手法の有効性を確認するために、符号化効率と符号化処理量の評価実験を行った。提案手法を VVenC v1.4.0 [4] の faster プリセットに実装し、m_Geo=1 及び 3 と比較した。幾何学的分割形状の削減是非を分岐させるブロックサイズの閾値を 32 × 32 画素に設定した。また、削減対象の際による影響評価のために、大サイズブロックに限定した VVenC の幾何学的分割形状の削減方式についても実験した。実験条件は VTM Common Test Condition (CTC) [5] の

Random Access 構成に準拠し、異なる 3 種類の解像度で分類されたカメラ撮影映像 15 点を使用し、量子化パラメータ 4 点 (QP=22, 27, 32, 37) で評価した。符号化効率および符号化処理量は、幾何学的分割モードを適用しないエンコーダを基準とした、BD-rate およびエンコードにかかる計算時間の比率 (EncT) で評価した。なお、BD-rate は異なる 2 つの符号化手法を同一客観画質で比較した符号量の削減割合を示す指標であり、負値が符号化効率の改善を示す。符号化効率と符号化処理量のトレードオフの評価には、以下に定義される評価指標 θ を用いた。

$$\theta = \arctan\left(\frac{b}{t-1}\right) \quad (1)$$

ここで、 b および t は、BD-rate および EncT である。この評価指標 θ は負のとき、符号化効率と符号化処理量のトレードオフが改善しているといえ、さらにその絶対値が大きいくほど改善量が大いことを示す。

実験結果を表 1 に示す。全ブロックサイズで幾何学的分割形状を削減する場合、VVenC (m_Geo=3)、8 方向分割方式、4 方向分割方式を比較すると 8 方向分割方式が最良トレードオフである。これは規則的な幾何学的分割形状の削減方式の有効性を示している。また 32 × 32 画素以上のブロックで幾何学的分割形状を削減する場合、8 方向分割方式、4 方向分割方式ともに VVenC (m_Geo=3) の θ を上回り、さらに 4 方向分割方式が全ての実験条件の中で θ が最良である。これはブロックサイズに応じた幾何学的分割形状の削減の有効性を立証している。また、4 方向分割方式が 8 方向分割方式よりも θ が良いことは水平・垂直方向の幾何学的分割形状のみを残すことの有効性を示している。

5. おわりに

本研究では、幾何学的分割モードの符号化処理量削減を目的として、ブロックサイズに応じた幾何学的分割形状の削減方式を提案した。シミュレーション実験により、提案手法は VVenC の符号化効率と符号化処理量のトレードオフを上回ることが確認された。

参考文献

- [1] ITU-T, "Recommendation H.266: Versatile video coding," Aug. 2020.
- [2] H. Gao, S. Esenlik, E. Alshina and E. Steinbach, "Geometric Partitioning Mode in Versatile Video Coding: Algorithm Review and Analysis," in IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 31, no. 9, pp. 3603-3617, Sept. 2021.
- [3] J. Chen, Y. Ye, and S.H. Kim, "Algorithm description for versatile video coding and test model 10 (VTM 10)," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, JVET-S2002, June 2020.
- [4] <https://github.com/fraunhoferhhi/vvenc>
- [5] F. Bossen, J. Boyce, X. Li, V. SerEGIN, and K. Sühning, "JVET common test conditions and software reference configurations for SDR video," ISO/IEC JTC 1/SC 29, JVET-T2010, Oct. 2020.