

J-78

符号化効率を考慮した高速グローバル動き推定

Fast Global Motion Estimation considering Coding Efficiency Improvement

木本 崇博†
Takahiro Kimoto

宮本 義弘†
Yoshihiro Miyamoto

1. はじめに

画面の様な変化を幾何変換によって一括補償するグローバル動き補償予測(GMC)は、ブロック動き補償に比べて符号化時に膨大な演算量を要する一方、カメラのパンやズームを有する画像で高い符号化効率を得られる。本報告では高速かつ高精度なグローバル動き推定方式を検討する。

2. グローバル動き補償とパラメータ推定

アフィン変換によって各画素の動き補償が行われる場合、現フレーム上の画素位置 $p_i = (x_i, y_i)$ とそれに対応する参照フレーム上の点 $p_i' = (x_i', y_i')$ について次式が成り立つ。ここで $a = \{a_i\}$ はアフィンパラメータである。

$$x_i' = a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i, \quad y_i' = a_3 + a_4 x_i + a_5 y_i \quad (1)$$

p_i の画素値を $I_1(p_i)$ 、 p_i' の画素値を $I_0(p_i')$ とすると、GMC による予測誤差を最大にするアフィンパラメータは、対象となる全画素の予測誤差 $e_i = I_1(p_i) - I_0(p_i')$ のパワーの総和を最小にする。MPEG-4 の GMC を用いる符号化器は、グローバル動き推定(GME)とブロック動き推定(BME)を行った後、マクロブロック毎に GMC とブロック動き補償(BMC)とを切り替えて予測符号化を行う。

従来の GME ではブロック毎の動きベクトルを参照する推定方式が用いられた[1]。近年、画素毎の輝度値勾配を用いた高精度な推定方式の検討が行われている。[2]は逆ヘッセ法に基づいて予測誤差パワーを最小とするパラメータ推定法を示し、[3]はその高速化手法について提案している。逆ヘッセ法によるパラメータ推定において高速化に影響するのは次の3点である。

・ロバスト性

参照点の統計的ゆらぎが大きいほど、真値収束に時間を要するだけでなく推定値の精度が低下する。[3]ではM推定法に従いモデルから外れたサンプル点の影響を統計的に除去している。しかし、その除去判定は簡易である一方、妥当性は保証されていない。

・初期値設定

逆ヘッセ法は、初期パラメータが真値から遠くはざれると最急降下法よりも収束速度が遅くなってしまふ。そのため初期値を真値の十分近くに設定する必要がある。[3]では初期値設定について考慮されていない。

・推定精度への影響を考慮した参照点限定

近傍画素値との変化量が小さくパラメータ収束への影響が小さい画素を、推定処理における参照点から除外する。[3]では画素毎にエッジ成分を算出しており、多大な演算量を必要とする。

3. 高速グローバル動き推定方法

提案するグローバル動き推定方法のフローチャートを図1

に示す。動き推定は粗い解像度から細かい解像度へと階層的に行う。原画像および参照画像の縮小画像をもとに、予測誤差パワーが最小になるまでパラメータ更新処理を繰り返す。図において二重線で囲んだステップが提案する改善手法である。以下に2節に列記した項目と対応づけて各方法の概略を説明する。

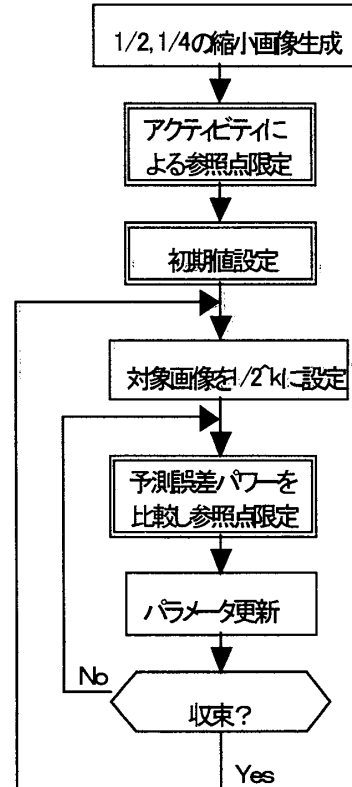


図1：グローバル動き推定処理の流れ

3.1 ロバスト性

勾配法によるパラメータ更新の直前に、ブロック毎に GMC の予測誤差パワーと BMC の予測誤差パワーとを比較し、後者が前者より十分小さい場合には該当ブロックを局所的な動きを持つ領域とみなしパラメータ更新時に参照しない。提案手法によってパラメータは GMC によって符号化されるブロックにマッチするよう調整される。

3.2 初期値設定

グローバル動き推定の冒頭で、動きベクトルをもとにした従来予測方法を用い、得られたパラメータを初期値とする。その際、直前フレームでのパラメータを参照し、グローバル動きから外れた動きベクトルを除去する。

† NEC マルチメディア研究所

3.3 参照点限定

グローバル動き推定の冒頭で、マクロブロック毎にアクティビティを計算し、ある閾値より小さいブロック内画素を全てパラメータ更新処理に用いる参照点から除外する。アクティビティは、例えば MPEG-2 TM5 に記される符号量制御部で算出したものを用いる。

4. 実験

MPEG-4 に記載のグローバル動き補償に則って試作したエンコーダを用いて符号化を行い、演算量および画質を比較する。対象画像には、SIF サイズの“Flower”および“Stefan”を用いた。またグローバル動き補償の効果を確かめるため、両画像の第1フレームをもとに水平垂直方向ともに2倍の解像度まで30フレームでズームする動画画像を制作し(それぞれ“Flower(zoom)”, “Stefan(zoom)”とする)、実験に用いた。ピクチャ構造は、グローバル動き補償を用いて符号化するフレームの間に2枚のBピクチャが挿入される形をとる。目標レートは1.5Mbpsである。

図2は、1フレームの平均サイクル数を、GMCを用いない場合、従来法によるGME[2]を行った場合、提案法によるGMEを行った場合について計測した結果を示すグラフである。平均サイクル数は5回計測し中央値3つの平均をとって得たものである。実験にはPentium4 1.7GHzのPCを用いた。従来法では、GMCを用いることで1.6倍前後に演算量が増加しているのに対し、提案法を用いることにより増大分はおよそ1/6に低減している。符号化処理全体の演算量はGMCを用いない場合の約1.1倍前後に抑えられている。GMCにより符号化時に新たに必要となる処理には、GMEの他に予測符号化処理がある。プロファイラで確認したところ、GMEに要する演算量は予測符号化処理の数分の一にまで抑えられていた。

表1は、図2に示した各手法について復号画像の平均SN比を計測した結果である。グローバルな動きの少ない“Flower”や“Stefan”では、GMCの効果そのものが小さく、従来法と提案法との差異もわずかである。一方、ズーム画像ではGMCによる画質向上がみられ、提案法は従来法よりもさらに画質が向上している。これはGMCの有効なブロックおよびテクスチャの複雑なブロックに注目して最適パラメータを導出しているためである。

図3では、“Flower”のあるフレームにおいてグローバル動き推定時に参照したブロックを黒くマスクして表している。提案法は、背景のうちテクスチャの複雑な花畑を中心に参照してパラメータ推定を行っている。

5. まとめ

本報告では、ブロック動き推定および符号量制御部で得られる情報を用いたグローバル動き推定の高速化について検討した。推定アルゴリズムの改善により、画質を損なうことなく、符号化処理においてグローバル動き補償に関する演算量を約1/6に低減した。符号化処理全体に対する演算量増大はおよそ10%となり、実時間動作の要求される動画画像符号化システムに適用できる程度まで抑えることができた。

参考文献

- [1] 上倉ら, 信学会論文誌 B Vol. J82-B No.9, pp. 1676-1688
- [2] F. Dufaux et. al. IEEE Trans on IP., vol.9, No.3, 2000.
- [3] Y. H. He et.al., ISCAS 2001, vol.2, pp.233-236.

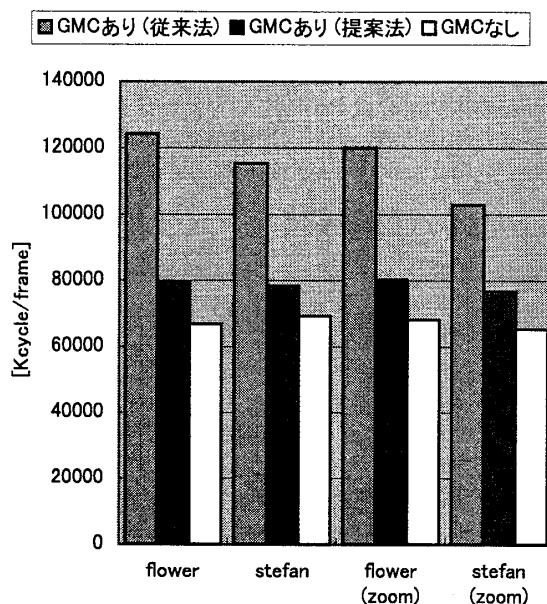


図2: GMCの有無による平均サイクル数の変化

表1: GMCの有無による平均SN比の変化[dB]

	Flower	Stefan	Flower (zoom)	Stefan (zoom)
従来法	30.022	32.389	35.878	43.215
提案法	30.027	32.273	36.140	43.391
GMCなし	29.984	32.217	35.417	42.489

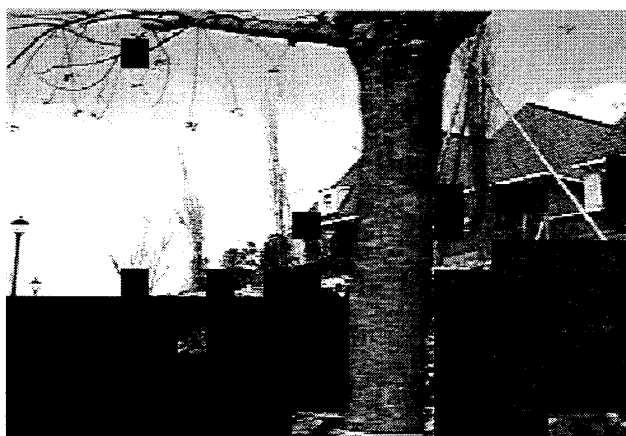


図3: 画像“Flower”におけるグローバル動き推定対象画素(黒くマスクされた領域)