

両方向ゼロ比較に基づくノイズベクトルの除去

Bi-directional Zero-comparison Based Noisy Vector Elimination

横山貴紀*

Takanori Yokoyama

渡辺俊典*

Toshinori Watanabe

1 はじめに

動きを表すベクトル、動きベクトルやオプティカルフローは、フレーム間の動きに関する情報であり、動き解析にとって有用である。しかし、平坦部や低テクスチャー、直線を含む領域で発生する動きを表すベクトルは、本来の動き情報とは無関係に発生することが多く、動画像解析にとってノイズ的な性質を持つ傾向がある。これは動きベクトルやオプティカルフローの推定処理では、領域の性質によって唯一の対応関係を定めることができないという開口問題があり、特に前述の領域上では不安定な動きベクトルを生成しやすい。

この問題について、Yokoyamaらは動き検知法であるゼロ比較法を用いた動きベクトル除去法 [1] を提案した。ゼロ比較法 [2] とは、着目領域に対して次フレーム上の領域に関する相関値マップを求め、その単峰性の判別によって動きの有無を検知するものである。移動領域や動きを表すベクトルなどに関する事前知識を必要とせず、単純な演算処理によって実現できるため、汎用性があり高速に処理が可能な動き検知法である。

本稿では、本検知手法に基づくノイズ的なベクトルの除去について、フレーム間における領域の関係に着目した除去性能の改善と、探索処理の効率化について検討する。実験を通じて得られた結果を示し、提案手法の性質や効果などについて確認する。

2 ゼロ比較法を用いたノイズベクトル除去

ゼロ比較法を用いたノイズベクトル除去の概要について説明する。オリジナルのゼロ比較法は着目領域に対して相関値マップ生成する必要があるが、オプティカルフローや動きベクトルを用いる場合、特定の領域間を対象とした処理に置き換えることができる。具体的には、動きを表すベクトルに基づく3つの領域間の比較によって動き検知が実現できる。動きを表すベクトル v から得られる復号フレーム上の着目領域 A 、着目領域と参照フレーム上で最小相関値を持つ基準領域 B 、基準領域がグローバルモーション g によって移動した地点にある復号フレーム上のゼロ領域 C である。これら3つの領域について SAD 相関値 $d(\cdot, \cdot)$ を求

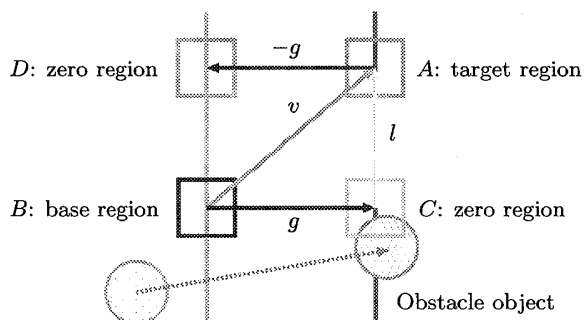


図1 両方向ゼロ比較の概要図

め、事前に設定するしきい値 t との関係が

$$d(B, C) - d(A, B) \leq t \quad (1)$$

である場合、着目領域 A 及び基準領域 B は平坦部や低テクスチャー、静止した直線を含む領域であると考えられ、動き無しと判定し、そうでない場合は動きありとする。

動きを表すベクトルのロカールモーションが $\|v\| > 0$ の場合、このゼロ比較処理によって動き検知を行い、動き解析に不要と思われる動き無しと判定されたベクトルを除去することができる。

3 両方向ゼロ比較

従来手法では、基準領域 B に対してゼロ比較法の適用を考えていた。提案手法では、着目領域 A について参照フレーム上でのゼロ領域 D に対する逆方向の処理を新たに加えることで、従来手法の誤検出を削減する。

例えば図1のように、復号フレーム上のゼロ領域 C に他の移動物体が重なった場合、 $d(B, C)$ の値は大きくなり、式1の関係を満たさないため、動きありと誤って判定されてしまう。この順方向の処理に対し、逆方向として着目領域 A に対するゼロ領域 D を考えると、 $d(A, D)$ の値は小さくなるため、式1の関係を満たし、動き無しと判定することができる。

このように、領域 D に対する SAD 相関値算出としきい値処理を新たに加えるだけで、順方向のみの従来のゼロ比較法では誤って動きありと判定する場合を回避することができる。この方法を本稿では両方向ゼロ比較 (bi-directional zero-comparison) と呼ぶ。

また、しきい値処理では、早期に処理を打ち切ることが

* 電気通信大学, UEC

表1 処理結果の内訳

	Forward		Backward		Moving
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	
Calls	51,745	45,400	39,100	36,456	-
Outputs	6,345	6,300	2,644	4,108	32,348
Output ratio to Step 1 calls	0.123	0.122	0.051	0.079	0.625
		0.245		0.130	
Output ratio to non-moving outputs	0.327	0.325	0.136	0.212	-
		0.652		0.348	

できる。動きを表すベクトルで結ばれた領域 A と領域 B は、フレーム間でのベストマッチであると考えることができ、 $0 \leq d(A, B) \leq d(B, C)$ の関係となる。この関係と、本来のしきい値処理の式から、 $d(B, C) \leq t$ を満たしている時点で動き無しと判定でき、処理を終了することができる。逆方向の処理も同様である。

以上の議論をまとめたアルゴリズムを以下に示す。

[両方向ゼロ比較アルゴリズム]

ローカルモーションを含むと考えられる各入力動きベクトルに対して、以下の処理を実行する。

- Step 1. 参照フレーム上の基準領域 B と復号フレーム上のゼロ領域 C との SAD 相関値 $d(B, C)$ を求め、設定しきい値 t 以下であれば動き無しと出力し、このベクトルに対する処理を終了する。
- Step 2. 復号フレーム上の着目領域 A と領域 B との $d(A, B)$ を求め、 $d(B, C) - d(A, B) \leq t$ であれば動き無しと出力し、処理を終了する。
- Step 3. 領域 A と参照フレーム上でのゼロ領域 D との $d(A, D)$ を求め、 t 以下であれば動き無しと出力し、処理を終了する。
- Step 4. $d(A, D) - d(A, B)$ を求め、 t 以下であれば動き無しと出力、そうでない場合は動きありと出力し、処理を終了する。

Step 1 と Step 2 は順方向の、Step 3 と Step 4 は逆方向の処理をそれぞれ表している。また、Step 1 と Step 3 は、しきい値処理での打ち切りを表している。

4 実験

ここでは、MPEG-4 カメラによって撮影されたビデオを用いて実験を行った結果を示す。MPEG ビデオの解像度は 640×480 画素、フレームレートは 30fps、MPEG-4 simple profile によって圧縮されており、ビデオのフレーム数は 713 である。ゼロ比較法におけるしきい値 t は、オリジナルのゼロ比較法 [2] と同様に 1 画素あたりの誤差を 3 とした。

両方向ゼロ比較法の処理結果の詳細を表 1 に示す。上から、呼び出し回数、出力回数、Step 1 の呼び出し回数に対する出力の比率、動き無しと出力した回数全体に対する各ステップにおける出力回数の比率を、それぞれ表している。Step 1 と Step 2 は順方向の従来手法での処理、Step

3 と Step 4 は逆方向の処理、動きありと出力される回数 (Movings) を、それぞれ表している。この表から、両方向ゼロ比較処理によって動き無しと判定される回数が増加していることから誤検出の削減効果があること、また、しきい値処理の打ち切りによるステップ処理回数の削減効果があることを読み取ることができる。

両方向ゼロ比較によるノイズベクトルの除去性能を、移動物体領域の抽出結果によって評価した詳細を表 2 に示す。真値に対する再現率、適合率、F 値と、括弧内にそれぞれの標準偏差を表している。従来の順方向の処理に逆方向を加えることで、動きがあると誤検出されていた領域を減らす目的であったが、移動領域抽出の適合率が向上していることから削減効果を確認することができる。

表2 領域抽出性能

	Forward	Bi-directional
Recall	0.833 (0.132)	0.814 (0.144)
Precision	0.661 (0.133)	0.715 (0.121)
F-measure	0.728 (0.120)	0.753 (0.115)

5 むすび

本稿では、ゼロ比較法に基づくノイズ的なベクトルの除去法について、その除去性能の向上と処理の高速化を目的とした両方向ゼロ比較アルゴリズムを提案した。実際のビデオを用いた実験によって、その性質と効果を確認した。本手法は、ノイズ的な動きを表すベクトルの早期除去の実現を目的とした、既存手法の前処理として有効であると考えられる。

謝辞

本研究は科研費 (21700100) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] T. Yokoyama, S. Ota, and T. Watanabe, "Noisy mpeg motion vector reduction for motion analysis," AVSS '09: Proceedings of the 2009 Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp.274-279, 2009.
- [2] 森田俊彦, "局所相関演算による動きの検知と追跡," 信学論 D-II, vol.J84-D2, no.2, pp.299-309, 2001.