

45度方向輝度投影相関を用いた動き推定

Motion Estimation using 45 Degree Direction Luminance-Projection

猪野 裕司†

青木 恭太†

Yuji Ino

Kyota Aoki

1. はじめに

家庭用のDVカメラを含めてデジタルビデオカメラ等では画像は圧縮され、伝送あるいは保存される。このDVカメラの圧縮雑音で劣化した動画像に対し既存の方式で動き推定を行った場合、圧縮の影響により精度良い動き推定は困難である。異なった特性を持つ動き推定法を用いて動き推定を行い、それらの推定結果を総合して信頼できる動き推定を行おうとする方式も提案されている。

本研究では、従来の0度方向の輝度投影とその特性が最も異なると予想される45度方向輝度投影相関を用いて動き推定を行い、その動き推定精度・特性を明らかにする。

2. 動き推定方式

2.1 動き推定の基本方針

本研究で用いる動き推定方式は、既存の動き推定法である輝度投影相関を改良した方式である[1]。輝度投影相関を利用するにあたり、既存方式で広く用いられている0度方向と90度方向の輝度投影分布の組(0度方向輝度投影)と最も方向の異なる45度方向と-45度方向の輝度投影分布の組(45度方向輝度投影)を用いる。

本研究で使用する輝度投影相関は対象画像の任意の対応可能領域に対して輝度投影分布を求め、基本画像での基準ブロックの輝度投影分布と比較する。この方式は、ブロックマッチングと同様に大動き量においても精度の低下がない。以下、0度方向と90度方向、±45度方向の輝度投影分布を用いて照合する方式をそれぞれ0度方向輝度投影相関、45度方向輝度投影相関と記す。45度方向輝度投影相関を用いた動き推定は既存の0度方向輝度投影相関を用いた動き推定と比較して低速であるが、ブロックマッチングと比較すると高速である。45度方向輝度投影相関は0度方向輝度投影相関とは輝度投影分布を作成する範囲及び方向が異なることより、動き推定特性が異なると期待される。

2.2 0度方向輝度投影相関を用いた動き推定

動き推定を行う基準領域をSとする。このときSの大きさを(W,H)として、投影した分布をPX(S,j)と表し、式(1)を用いて水平方向の輝度投影を求める。基準領域S中の座標(i,j)の輝度値はGとする。対象とする画像Iでは、可能な各座標位置に対して投影した分布をPX_I(I,i,j)として表し、式(2)のように輝度投影を求める。垂直方向も同様に行う。

求めた基準画像領域の輝度投影を1ピクセルずつシフトさせながら、対象画像領域の輝度投影と比較し誤差値が最小となる領域を探して照合することで、式(3)により推定対象位置(i₁, j₁)を得る。argminは中括弧内を最小とする(i₁, j₁)を与える関数である。MSEは平均二乗誤差、nmlは正規化関数である。

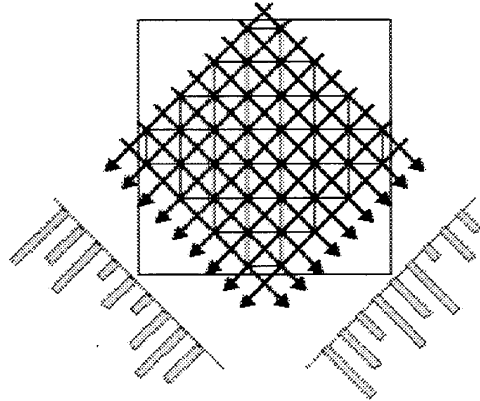


図1 45度方向輝度投影

$$PX(S, j) = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W G(S, i, j) \quad (1)$$

$$PX_I(I, i_1, j_1, j) = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W G(I, i_1 + i - 1, j_1 + j - 1) \quad (2)$$

$$\arg \min(i_1, j_1) \{nml(MSE(PX(S, j), PX_I(I, i_1, j_1, j))) + nml(MSE(PY(S, i), PY_I(I, i_1, j_1, i)))\} \quad (3)$$

2.3 45度方向輝度投影相関を用いた動き推定

0度方向輝度投影相関とは違い基準領域Sに対して同一重心で面積50%の45度回転正方領域に±45度方向から輝度投影分布を作成する。基準領域Sについて+45度方向から作成した輝度投影分布をP1(S,j)と表し、式(4)、(5)を用いて求める。このときSの大きさを(W,H)とし、基準領域S中の座標(i,j)の輝度値はGとする。-45度方向も同様に行う。

対象とする画像Iでは、可能な各座標位置に対して投影した分布をP1I(I, i1, j1, j), P2I(I, i2, j1, j)と表し、式(6)、(7)のように輝度投影を求める。作成された2組の輝度投影を0度方向輝度投影相関と同様の操作でそれぞれ照合することで推定対象位置を得る。45度方向輝度投影相関から得られる推定対象位置の間隔が、0度方向輝度投影相関から求めた推定対象位置と比べて、1/√2になるので、動き推定の精度が向上すると考えられる。

$$P1(S, j) = \frac{2}{W} \sum_{i=1}^{\frac{W-2}{2}} \frac{1}{2} \left\{ G\left(S, \frac{j}{2}, \frac{W-j}{2}\right) + G\left(S, \frac{W+j}{2}, \frac{2W-j}{2}\right) \right\} \quad (4)$$

$$P1(S, j) = \frac{2}{W} \sum_{i=0}^{\frac{W-2}{2}} G\left(S, i + \frac{j-1}{2}, i + \frac{W-j-1}{2} + 1\right) \quad (5)$$

† 宇都宮大学 Utsunomiya University

$$Pl_I(I, i_l, j_l, j) = \frac{2}{W} \sum_{i=1}^{W-2} \frac{1}{2} \{ G(I, i + \frac{j}{2}, i + j_l - \frac{j}{2} - 1) + G(I, i, j_l - \frac{j}{2} - 1) + G(I, i + \frac{j}{2} - 1, 2j_l - \frac{j}{2} - 1) \} \quad (6)$$

$$Pl_I(I, i_l, j_l, j) = \frac{2}{W} \sum_{i=0}^{W-2} G(I, i + \frac{j-1}{2}, i + j_l - \frac{j-1}{2} + 1) \quad (7)$$

3. 動き推定実験と結果

3.1 動き推定実験

実験にはグレイスケール画像を使用した。動き推定法としてブロックマッチング、0度方向輝度投影相関、45度方向輝度投影相関を用いてピクセル推定を行った。なお、45度方向輝度投影相関は、基準領域に対して同一重心で面積50%の45度回転正方領域に±45度方向から輝度投影を作成している。そのため、45度輝度投影相関は同じブロックサイズにおいてブロックマッチング、0度方向輝度投影相関と比べブロックを構成する画素数が1/2となる。45度方向輝度投影相関の動き推定ブロックの画素数別4種類(8, 32, 128, 512), JPEG圧縮率別6種類(無圧縮, CJPEGクオリティー90, 80, 70, 60, 50)の基準画像に対してピクセル精度で水平・垂直方向それぞれ0~10までずらした画像を組み合わせたもの121種類の対象画像に対して動き推定を行った。実験はすべて最大動き推定範囲±15ピクセルで約20000箇所動き推定領域に対して行った。なおブロックマッチング、0度方向輝度投影相関で用いたブロックサイズは45度方向輝度投影相関の動き推定ブロックの画素数に近い数種類で動き推定を行いブロックの重心は合わせた。

45度方向輝度投影相関においては、推定動き量と真の動き量の誤差が±0.5以内であるとき正解と見なした場合と誤差が0であった時を正解と見なした場合の正解率を平均したものとした。また、ブロックマッチング、0度方向輝度投影相関の場合は推定動き量が真の値と一致したとき正解とした。45度方向輝度投影相関では、0.5画素単位に動き推定が行われるので、この調整が必要である。

3.2 実験結果

提案方式である45度方向輝度投影相関と0度方向輝度投影相関、ブロックマッチングによる動き推定実験結果を示す。図2には45度方向輝度投影相関の推定ブロックの画素数別での正解率の変化を示す。また、表1にはCJPEGクオリティーQ50とQ90のときの提案方式及び既存方式の正解率を示す。なお、既存方式は提案方式の画素数に近い画素数で数種類実験したが表の数値はその正解率の平均を表している。図2の縦軸は正解率を表し、横軸はCJPEGクオリティー別の圧縮率を表している。表1の行は画素数別、列はクオリティーと方式別になっている。

図2より、圧縮雑音による影響があっても画素数が512あればQ50でも80%程度の正解率であることがわかり、画素数が8でもQ100のときは正解率がほぼ100%であることがわかる。表1より提案方式の正解率は、全ての画素数のときに既存方式の0度方向輝度投影相関間の正解率よりも若干低いことがわかる。また、表にはないが圧縮雑音の影響が

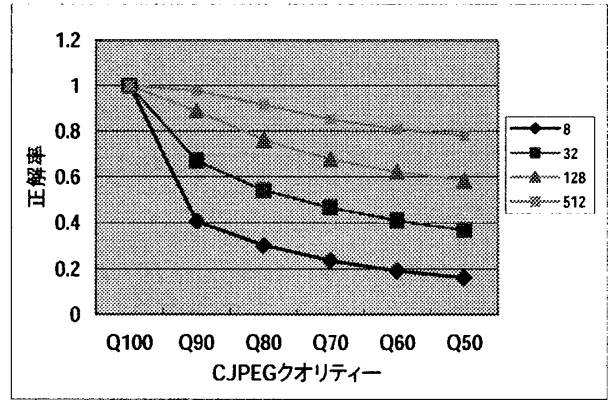


図2 45度方向輝度投影相関の画素数別正解率

表1 Q50, 90での画素数別正解率

	q50			q90		
	45度	0度	BM	45度	0度	BM
8	0.1624	0.1634	0.1779	0.4054	0.4196	0.4361
32	0.3687	0.3929	0.4091	0.6714	0.7253	0.7537
128	0.5845	0.5911	0.6219	0.8905	0.9241	0.971
512	0.7807	0.7886	0.8371	0.9783	0.9937	0.9999

ないときに、提案方式はブロックマッチングとほぼ同程度の精度であることが確認できた。さらに、提案方式と0度方向輝度投影相関の推定結果で水平、垂直方向のどちらかが圧縮雑音による影響がない場所から少し移動した場合は0度方向輝度投影相関のほうが正解率が高く、どちらも動いている場合には提案方式の正解率のほうが高い。

動き推定実験の結果、任意のブロックサイズとCJPEGクオリティーの組み合わせにおいて、画素単位の動きの圧縮画像を対象に動き推定をした場合、提案方式はサブピクセル精度で動き推定が可能のため、既存方式である0度方向輝度投影相関より若干信頼性が低い。また、圧縮雑音の影響が出ていない部分では画素数別に見てもブロックマッチングの正解率と同程度の精度である。以上のことより提案方式は画素単位動き推定においては、既存方式にくらべ雑音に弱いといえる。

4. むすび

本研究では、既存方式で広く用いられている0度方向と90度方向の輝度投影分布の組と最も方向の異なる45度方向と-45度方向の輝度投影分布の組を用いて、圧縮画像について動き推定特性を明らかにした。画素単位の動き推定では、45度方向輝度投影相関は、0度方向輝度投影相関と比べ若干正確性に欠ける。圧縮の影響がない場合にはブロックマッチングと同等の正確さである。45度方向輝度投影相関は0度方向輝度投影相関と比較して動きベクトルによっては正解率が高かったことから、0度方向輝度投影相関とは異なる動き推定特性をもつ。したがって、45度方向輝度投影相関を既存方式と組み合わせることで動き推定の信頼度を向上させることが可能である。

参考文献

[1] 小林孝弘, 青木恭太, “圧縮動画像を対象とする高精度動き推定”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2004年_情報システム(2), pp103, 2004