

J-5

動き補償によるフリッカパラメータ推定を用いた
古い映画フィルムのフリッカ補正

Flicker Correction for Old Film Sequences

Using Flicker Parameter Estimation by Motion Compensation

大野 誠司[†]
Seiji Ohno阿部 正英[†]
Masahide Abe川又政征[†]
Masayuki Kawamata

1. まえがき

古い映画フィルムの経年劣化の一つとして、明るさの不自然な時間的変動であるフリッカがある。フリッカが生じている映像は、鑑賞する上で非常に不快に感じる。さらに、フリッカが生じていないことを前提とした一般的な映像処理が十分に機能しないという問題点がある。

本研究では、従来法 [1] における背景のフリッカ抑制効果を減少させずに、従来法で不十分であった移動物体のフリッカを補正する手法を提案する。提案法では、従来法における動き検出法により移動物体が存在するブロックを検出する。移動物体が存在すると判断されたブロックに対して、フリッカを考慮した手法で動きを推定する。さらに、動きを補償し、より正確に移動物体中のフリッカパラメータを求める。以上により求められたフリッカパラメータを用いて、フリッカが生じている画像を補正する。本研究では、人工的にフリッカを生じさせた映像に対し提案法と従来法を適用し、(1) 主観による比較と (2) 輝度の平均と分散の前フレームからの変化量による評価により、提案法の有効性を確認した。さらに、実際にフリッカの生じている古いフィルム映像に提案法と従来法を適用し、提案法の有効性を確認した。

2. フリッカモデルと従来のフリッカ補正法

2.1 フリッカモデル

本研究では、式 (1) をフリッカモデルとして用いる [1]。

$$Y(x, y, t) = \alpha(x, y, t) \cdot X(x, y, t) + \beta(x, y, t) \quad (1)$$

ここで $X(x, y, t)$ と $Y(x, y, t)$ は非損傷画像と損傷画像であり、 $\alpha(x, y, t)$ と $\beta(x, y, t)$ はフリッカゲイン係数とフリッカオフセット係数である。また、 x と y は画像中の座標であり、 t は時間である。

フリッカパラメータ α と β は、画像全体では空間的に値が連続に変化し、同一ブロックを時間的に見ると値が不連続に変化する。さらに、 α と β は、ある小さなブロック内では一定と仮定できる。

2.2 フリッカパラメータ推定

上述の仮定を用いると、フリッカパラメータは、対象画像をブロック Ω_{ij} に分割し、各ブロック内の輝度値の分散と平均を用いて、次式により推定が可能である。

$$\alpha_{i,j}(t) = \sqrt{\frac{\text{var}[Y(\Omega_{i,j}, t)]}{\text{var}[\hat{X}(\Omega_{i,j}, t-1)]}} \quad (2)$$

$$\beta_{i,j}(t) = \text{mean}[Y(\Omega_{i,j}, t)] - \alpha_{i,j}(t) \cdot \text{mean}[\hat{X}(\Omega_{i,j}, t-1)] \quad (3)$$

ここで $\text{mean}[\cdot]$ と $\text{var}[\cdot]$ はブロック内の輝度値の平均と分散である。また、 i と j は画像中のブロックの位置であり、 $\Omega_{i,j}$ は該当ブロック内の各画素の座標である。実際のフィルム映像では、

[†]東北大学大学院工学研究科

式 (1) における非損傷画像 $X(\Omega_{i,j}, t)$ を得ることができない。しかし、時間 t におけるフレームのフリッカ補正結果を $\hat{X}(\Omega_{i,j}, t)$ とすれば、背景については $X(\Omega_{i,j}, t) \simeq \hat{X}(\Omega_{i,j}, t-1)$ と言える。よって、前フレームの補正結果 $\hat{X}(\Omega_{i,j}, t-1)$ を参照画像とする。ただし、移動物体が存在するブロックについては、式 (2) と (3) で推定された α と β が正確でないため、別に α と β を求める必要がある。

2.3 移動物体が存在するブロックの従来のフリッカ補正法

従来法では、フリッカパラメータ α と β の連続性により移動物体が存在するブロックを検出する。移動物体が存在すると判断されたブロックのフリッカパラメータを、周囲のブロックからフリッカパラメータを補間して求める。最後に、そのフリッカパラメータを用いてフリッカを補正する。しかし、周囲のブロックからフリッカパラメータを補間する従来法では、移動物体中のフリッカパラメータを正確に推定できない。このため、従来法では、移動物体中に細かいフリッカが残留する。

3. 移動物体の動き推定を用いたフリッカ補正法

提案法では、従来法と同様に移動物体が存在するブロックを検出する。次に、移動物体が存在すると判断されたブロックに対し、フリッカに強い動き推定法により動きを推定する。最後に、動き推定結果を用いて、移動物体中のフリッカパラメータを推定し、フリッカを補正する。

3.1 動き推定に対するフリッカの影響

本研究では、移動物体中のフリッカパラメータを正確に推定するために、動きを補正した画像を用いて移動物体が存在するブロックのフリッカパラメータを推定する。しかし、動きを補正するために用いる一般的な Block Matching (以降 BM) による動き推定では、輝度値を時間・空間的に大きく変化させるフリッカの影響で正確に動きを推定できない。これは、BM が輝度値に基づき動きを推定するためである。よって、フリッカに強い動き推定法が必要である。

3.2 フリッカに強い動き推定法

本研究では、フリッカに強い BM を提案する。従来法では、移動物体中の細かいフリッカは補正できない。しかし、従来法でも、大域的で前フレームとの輝度差が大きいフリッカは補正可能である。そこで、従来法により、移動物体が存在すると判断されたブロックの暫定的なフリッカパラメータを求める。求めたフリッカパラメータにより移動物体が存在すると判断されたブロックの画素値を暫定的に補正し、暫定的なフリッカ補正画像を作成する。この暫定的なフリッカ補正画像は、すでに前フレームとの輝度差が大きいフリッカを補正されている。よって、暫定的なフリッカ補正画像を用いて BM すれば、輝度差の大きいフリッカによる影響で実際に対応しない部分への動きベクトルを推定するという一般的な BM の問題を解消でき、より高精度に動きベクトル \mathbf{v} を推定できる。

3.3 動き検出されたブロックのフリッカパラメータ推定

移動物体が存在すると判断されたブロックは、推定された動きベクトル \mathbf{v} により、 $\hat{X}(\Omega_{i,j} + \mathbf{v}, t-1)$ を参照画像として式 (2) と (3) を書き換え、次式によりフリッカパラメータを推定

する。物体の動きを考慮してパラメータを推定するため、移動物体周辺や内部において従来法より高精度にパラメータが推定できる。

$$\alpha_{i,j}(t) = \sqrt{\frac{\text{var}[Y(\Omega_{i,j}, t)]}{\text{var}[\hat{X}(\Omega_{i,j} + \mathbf{v}, t - 1)]}} \quad (4)$$

$$\beta_{i,j}(t) = \text{mean}[Y(\Omega_{i,j}, t)] - \alpha_{i,j}(t) \cdot \text{mean}[\hat{X}(\Omega_{i,j} + \mathbf{v}, t - 1)] \quad (5)$$

4. 提案法と従来法によるフリッカ補正結果

ここでは、人工的にフリッカを発生させた映像と実際にフリッカが生じている古いフィルム映像に対して、提案法と従来法によりフリッカを補正し、提案法の有効性を示す。なお、本稿では、提案法と従来法ともに16×16pixelのブロックで画像を分割し、提案法のBMにおける探索範囲は-20～20pixelとした。

4.1 人工的にフリッカを発生させた映像

図1は、人工的にフリッカを発生させた映像中の連続する2フレームである。この映像に対し、提案法と従来法によりフリッカを補正した。

4.1.1 主観による比較

図2は、提案法と従来法の補正結果における移動物体の周辺を切り出した画像である。従来法では、移動物体内部の窓の部分にフリッカが残留している。一方、提案法では、フリッカの残留を確認できず、十分にフリッカを補正している。さらに、映像として評価しても、提案法は従来法に比べ十分にフリッカを補正している。

4.1.2 輝度値の平均と分散の変化量による評価

フリッカを知覚しやすい部分はコントラストが高い部分である。このため、移動物体中の図3の黒線で囲った領域の輝度値の平均と分散により、フリッカの補正効果を評価する。フリッカが存在する映像では、対象領域の輝度値の平均と分散の前フレームとの変化量が大きく、かつ、変化量の符号が不規則に変動する。輝度値の平均と分散がより滑らかに変化している補正法が、よりフリッカを補正している補正法である。

図4は、図3で示した領域における輝度値の平均と分散の時間変化を示している。平均については、提案法と従来法ともに滑らかに変化している。一方、分散については、従来法では、前フレームとの変化量が大きく、変化量の符号が不規則に変動するフレームが多数存在する。しかし、提案法では、分散は滑らかに変化しており、提案法の有効性を確認できる。

4.2 実際にフリッカが生じているフィルム映像

実際にフリッカが発生した古いフィルム映像*に対して、提案法と従来法によりフリッカを補正した。図5は、各手法による補正結果の一部を切り出したものである。従来法では、車のバンパー周辺にフリッカが残留している。一方、提案法では、フリッカの残留を確認できない。さらに、映像として評価しても、提案法は従来法に比べフリッカを十分に補正できており、古いフィルム映像に対して、提案法の有効性を確認できる。

参考文献

- [1] P. M. B. van Roosmalen, "Restoration of Archived Film and Video," Ph.D. Thesis, Delft University of Technology in Dutch, 1999.

*使用したフィルム映像は「日本ニュース No. 82 貿易再開近く」(NHK)の一部である。



(a) n フレーム (b) n+1 フレーム

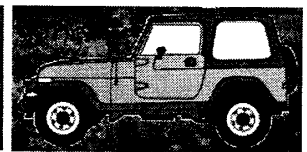
図1: 人工フリッカ画像



(a) 参照画像



(b) 従来法



(c) 提案法

図2: 人工フリッカ画像に対するフリッカ補正

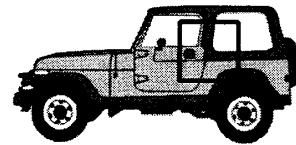


図3: 輝度値の平均と分散を求める移動物体中の領域

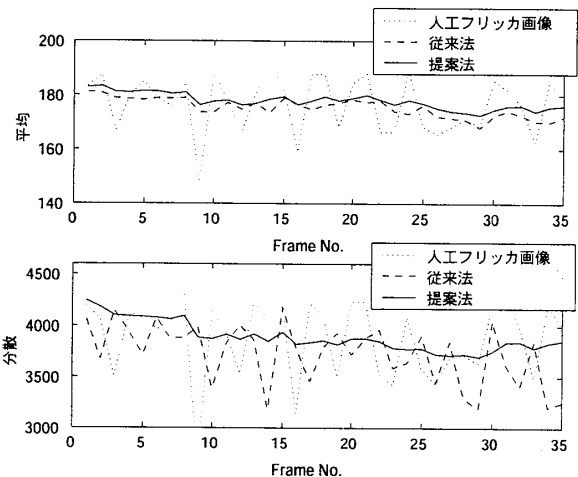
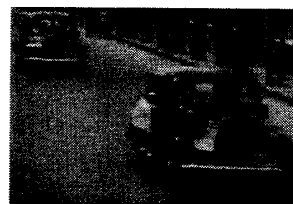


図4: 物体中の領域における輝度値の平均と分散の時間変化



(a) 従来法



(b) 提案法

図5: 実際にフリッカが生じているフィルム映像のフリッカ補正