

J-050

経年劣化映像の損傷修復アルゴリズムの定量的評価

Quantitative Evaluations of Defect Repair Algorithms for Degraded Aging Images

飯高 一郎 小松 隆 齊藤 隆弘
 Ichiro Iitaka Takashi Komatsu Takahiro Saito
 神奈川大学 工学部
 Faculty of Engineering, Kanagawa University

1. はじめに

フィルム媒体は経年劣化を免れず、その劣化は視覚的に大きな問題である。劣化には、ブロッチ、スクラッチ、フリッカなどのさまざまものがある。本稿では、画像特徴量から素早くブロッチを検出し、修復する手法について、実験的検討を加えている。

2. ブロッチ検出法

ブロッチは、フィルムに埃などが付着したり、感光面が剥離したりして生じる経年劣化ひずみであり、同一の場所に時間的に連続して生じる事は、ほとんど無いという性質を持つ。

本稿では、まず両方向のフレーム間差分の大きさに基づいてブロッチ候補領域を抽出する。その後各々の抽出候補領域について輝度値や形状などに関するさまざまな属性を表すパラメータを算出し、それらのパラメータに基づいて候補領域をふるいにかける手法⁽¹⁾について実験的検討を加えている。

[ブロッチ検出アルゴリズム]

(1) 各着目画素 $z(i, t)$ において次式の $\alpha(i, t)$ を計算し、

$$\alpha(i, t) = \min \left[|z(i, t) - z(i, t+1)|, |z(i, t) - z(i, t-1)| \right] \quad (1)$$

その値が閾値 T_1 以上である画素の単連結領域をラベリングし、初期ブロッチ候補領域とする。ただし、 i は画素の空間的位置、 t はフレーム番号を表す。

(2) 各初期ブロッチ候補領域について、式(1)の α 値の平均 $M\alpha$ を求める。また、式(2)で定義される $\beta(i, t)$ 値⁽²⁾の平均 $M\beta$ も求める。

$$\beta(i, t) = \begin{cases} \min(p_k) - z(i, t) & \text{if } \min(p_k) - z(i, t) > 0 \\ z(i, t) - \max(p_k) & \text{if } z(i, t) - \max(p_k) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $\min(p_k)$, $\max(p_k)$ は、各々、前後フレームにおける画素 $z(i, t)$ の近傍画素領域中の最小輝度値, 最大輝度値を意味する。ここで、 $M\alpha$, $M\beta$ が式(3)の条件を満たす領域はブロッチ候補領域から除外する。

$$(M\beta \approx 0) \vee ((M\alpha - M\beta > TH1) \wedge (M\alpha/M\beta > TH2)) \quad (3)$$

式(3)中の処理パラメータ $TH1$, $TH2$ を適当に調整することで、ブロッチ候補領域を絞り込む。さらに、式(4)に示すように、各ブロッチ候補領域の縦方向の長さ(画素数) L と横方向の長さ(画素数) W の比 R が閾値 T_2 よりも大きい候補領域は、線状のスクラッチ領域あるいは“雨”などの画像固有の領域である可能性が高いので、ブロッチ候補領域から除外する。

$$R = \begin{cases} L/W & \text{if } L > W \\ W/L & \text{if otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

(3) ブロッチ内の隣接した画素は似たような輝度値を有するので、この性質を利用して上記(2)で求めたブロッチ候補領域をさらに絞り込む。具体的な処理を以下に示す。

上記(2)で残ったブロッチ候補領域に単連結ラベル付け処理を施す。

求めた各ラベル領域における補正対象画像の輝度値のヒストグラムを算出する。

同じ輝度値の頻度が閾値 T_3 以上である輝度値に注目し、仮ブロッチ候補領域とする。

これに単連結ラベル付け処理を再度施し、各ラベル領域の画素数を算出する。

各画素数が閾値 T_4 以上ならそのラベル領域は、ブロッチ候補領域と見なし、他の領域は除外する。

3. ブロッチ修復法

本稿では、2通りの補正法で輝度値を修復した。

(1) 修復法 # 1: ブロッチ領域の周囲の画像領域について、前後フレームにおける対応領域との間で輝度差の2乗和を算出し、前後フレームからその値の小さな方のフレームを選択し、その輝度値によってブロッチ領域の輝度値を置換する。すなわち、ブロッチ領域毎に異なるフレームが置換フレームとして選択される。

(2) 修復法 # 2: # 1の修復法の後に、更にブロッチ領域の境界に式(5)の繰り返し拡散フィルタを用いる事で境界の輝度値の大きな変動を抑える。

$$f_{x,y}^{m+1} \leftarrow (1 - 4\epsilon) f_{x,y}^m + \epsilon [f_{x+1,y}^m + f_{x,y+1}^m + f_{x-1,y}^m + f_{x,y-1}^m] \quad (5)$$

ここで、 m は繰り返し回数、 σ は繰り返し拡散係数である。

4. 定量的評価実験

ここでは、図1(a)の人工的に生成したプロッチを加えた図1(b)の画像をテスト動画として用い、検出精度、修復精度を定量的に評価した。すなわち、検出結果から、プロッチ画素であるが見逃された画素の数(以下、miss画素数と呼ぶ)、非プロッチ画素であるが誤ってプロッチ画素と判定された画素の数(以下、false画素数)を算出し、検出精度を定量的に評価した。また修復結果からプロッチが付加されていない画像とのSN比で補正能力を客観的に評価した。

図2には、最終的な検出結果画像を示す。各検出パラメータを操作して良好な検出結果が得られた。この時の各パラメータは、 $T_1 = 5$, $TH1 = 20$, $TH2 = 2.4$, $T_2 = 4$, $T_3 = 4$, $T_4 = 4$ と設定した。また、プロッチ検出法で述べた各検出過程におけるmiss画素数とfalse画素数を表1に示す。

図3には、各修復結果とSN比を示す。この時、式(5)の m は5回とし、 σ は0.125とした。

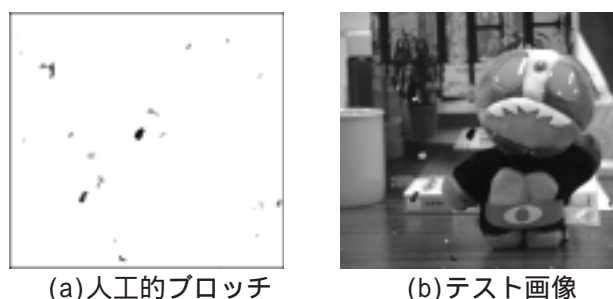


図1 人工的プロッチを加えたテスト動画像

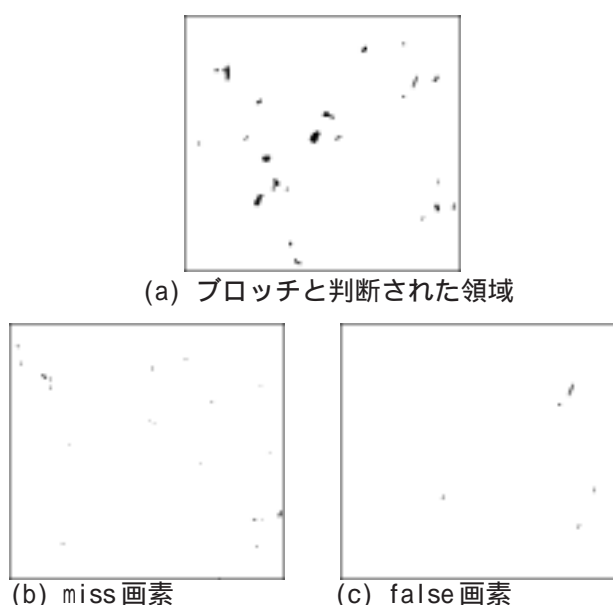


図2 プロッチ領域とmiss画素数、false画素数の画面上の分布

表1 各検出過程におけるmiss, false画素数

	miss画素数	false画素数
(1)までの検出過程	19	7495
(2)までの検出過程	22	5922
(3)までの検出過程	61	33



(a) 修復法#1による修復画像 SN比 = 36.84 [dB]
(b) 修復法#2による修復画像 SN比 = 36.55 [dB]

図3 修復画像

図2(c)、表1からプロッチ候補領域を絞り込む事によりfalse画素の検出を抑える事ができた。また、図3の修復画像からプロッチ領域の境界は、ほとんど目立たないので境界に繰り返し拡散フィルタをかけない修復法、すなわち(a)のSN比の方が良い事がわかる。

5. むすび

プロッチの検出法としては、miss画素とfalse画素との総和が最小となる方式が望ましい。しかし、false画素は修復処理でほぼ正しい値に修復される可能性があるのに対して、miss画素のプロッチはそのまま残ってしまう。よってmiss画素を極力増加させないふり分けが必要である。表1の結果から、処理(3)ではfalse画素の数は大幅に減少しているが、miss画素数もかなり増加している。今後、miss画素数の増加を抑制する為の検討が必要である。

【参考文献】

- (1)飯高, 小松, 齊藤, “高速なフィルムプロッチ検出についての実験的検討”, 2003電子情報通信学会総合大会, D-11-102, 2003年3月.
- (2)P.M.B. van Roosmalen, “Restoration of Archived Film and Video”, Thesis Delft University of Technology, 1999.