

I-017

高解像度の古いフィルム映像の高速で効果的な劣化検出と除去の手順 Fast and Efficient Procedure for Detection and Removal in Old Film Sequences With High Resolution

阿部 正英[†]
Masahide ABE

五十嵐 勇[†]
Isamu IGARASHI

川又 政征[†]
Masayuki KAWAMATA

1. まえがき

古いフィルム映像には貴重で歴史的価値が高いものが多い。一方、その多くは素材の経年劣化などにより画質の劣化や損傷を受けている。このような状況において、フィルム映像のデジタル的な保存および修復が求められている。著者らの研究グループではこれまで、フレームごとの位置ずれやフリッカ、ブロッチなどの古いフィルム映像特有の劣化の修復に取り組んできている [1-11]。

本稿では、古いフィルム映像に存在する劣化である位置ずれやフリッカ、ブロッチを含む高解像度でデジタルスキャンした映像に対して、著者らが提案する各劣化の検出法と除去法を適切な順序で組み合わせることで映像を修復する手順を提案する。ここで、高解像度の映像とは、デジタルシネマの4Kサイズの映像を想定しており、35mm ネガフィルムをフィルムスキャナによって1024階調で4096×3112の解像度でスキャンした映像である。著者らがこれまでに提案してきた手法では、位置ずれとフリッカ、ブロッチの各劣化それぞれについて順に検出と除去を行っていた。これに対して、提案法では、各劣化を先に検出し、その後、各検出で求めたパラメータを用いて順に劣化を修復している。これにより、従来よりも高速に精度高くフィルム映像を修復できることを示す。

2. フィルム映像の劣化と修復手法

本節では、古いフィルム映像の劣化の性質を示し、著者らがこれまでに提案してきた修復手法について概説する。

古いフィルム映像におけるフレームごとの位置ずれは、カメラパーフォーレーションの精度不足やカメラ内部のフィルム送り機構の不安定性、手ぶれにより生じる [12]。また、フィルムから映像をスキャンする段階やテレシネの段階により生じることもある。

これに対して著者らは、位相限定相関を用いて画像の位置ずれ量をサブピクセル精度で検出し、それを基に映像の位置ずれを補正する手法を提案している [1]。この手法は、互いに平行移動の関係にある2枚の画像間における位相限定相関がその平行移動量に対応する位置にピークを持つという性質を利用したものである。この手法は映像中のフリッカやブロッチに影響されにくく、古いフィルム映像でも位置ずれを検出できるという利点を持つ [1]。また、推定されたフレーム間の位置ずれ量には、映像の劣化として発生している位置ずれの成分だけでなくカメラワークによる移動の成分も含まれている。このカメラワークによる移動は、劣化である位置ずれとフィルタリングにより分離できる。このカメラワーク成

分を推定された位置ずれ量から差し引けば、補正すべき位置ずれ量となる。映像の各フレームを補正すべき位置ずれ量の分だけ平行移動することにより、位置ずれが補正された映像が得られる。

古いフィルム映像におけるフリッカは、撮影対象には存在しない輝度の不規則な時間的変動として定義される。その原因はフィルムの経年劣化やシャッター時間の変動、化学的処理や複製の不完全性など多岐にわたる [13]。

これに対して著者らは、映像の各フレームに対して作成した参照画像を用い、M推定によってフリッカパラメータを推定する手法を提案している [5, 6]。この手法はM推定を用いているため、パラメータ推定時に移動物体やブロッチの影響を受けにくいという性質を持つ。

古いフィルム映像におけるブロッチはフィルム保管時や上映時に生じるフィルム表面の剥離や、埃や髪の毛がフィルムに付着することにより生じる輝度情報の欠落である。これらの個々の要因に基づくブロッチのモデル化は困難であり、修復においてブロッチはミッシングデータとして扱われる。

これに対して著者らは、マルコフ確率場モデルを用いて映像中のブロッチを検出し、時間領域と空間領域両方の情報を用いてブロッチ領域を補間する手法を提案している [9-11]。この手法は、マルコフ確率場モデルを用いることによりブロッチ検出精度を向上させている。さらに、移動物体が存在する領域に発生したブロッチを除去する際に空間方向補間を用いることでより良い除去結果を得ることができている。

3. 提案する劣化検出と除去の手順

著者らはこれまでに、ここまで述べてきた各劣化の修復手法により、位置ずれとフリッカ、ブロッチの各劣化それぞれについて順に検出と除去を行っていた。これは、位置ずれの検出がフリッカとブロッチに影響されにくい手法であり、さらに、フリッカとブロッチの検出のためには位置ずれ補正が必要となるためである。ブロッチの検出においても、位置ずれとフリッカが除去されている状態を前提としている。このことから、位置ずれ、フリッカ、ブロッチの順に劣化検出と除去を行ってきた。

しかし、はじめに行うサブピクセルレベルでの位置ずれ補正後の画像は補間処理のため画質の劣化が避けられず、以降の劣化検出の精度を低下させる原因となる。一方、著者らが提案している修復手法は、劣化の検出と除去を分けて行うことが可能である。さらに、ある劣化の検出において求められた情報を他の劣化検出に利用することにより、高精度な劣化検出が可能となる。これにより、各修復処理の間で劣化の情報を共有することが容易になる。また、劣化の情報を得るための処理を先に行

[†]東北大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tohoku University

表 1: 全編処理に実際に要した時間

	所要時間 [day]	並列数
位置ずれ	1.8	3 台 × 1 並列
フリッカ	2.9	3 台 × 1 並列
ブロッチ	5.2	3 台 × 2 並列

い、その後、修復映像を作成する処理を一度に行うことによって、修復処理の途中で輝度値のビット深度を保ったまま処理することが容易になる。

以上のことから、まず、位置ずれに関する処理について考える。位置ずれ補正法は映像中のフリッカやブロッチに対してロバストであるという性質を持つ。また、位置ずれやカメラワークが存在する映像を修復する場合、文献 [5,6] のフリッカ除去法と文献 [9-11] のブロッチ除去法では各フレームの位置ずれとカメラワークに関する情報を用いて画像の位置合わせをする必要がある。これらの理由から、フリッカとブロッチを検出する前に位置ずれを検出する必要があることが分かる。ここで、各劣化の検出において、位置ずれ量の情報のみがあればよく、位置ずれを修復した画像は必要ではない点が重要である。

次に、文献 [9-11] のブロッチ除去法は劣化映像にフリッカが存在しないことを前提としている。これらの理由から、劣化映像のフリッカを先に除去し、その後ブロッチを除去することになる。

以上より、本稿では、修復処理の手順として、位置ずれ検出、フリッカ検出、フリッカ除去、ブロッチ検出、ブロッチ除去、位置ずれ補正の順で処理することとする。

本稿では、実際の古いフィルムをデジタルスキャナを用いてスキャンし、デジタルデータに変換することで作成した映像「観光仙台」を用いて、古いフィルム映像の修復実験を行った。実験では、輝度値のビット深度が 16 ビット、フレーム数が 13223 フレーム、画像のサイズが 3816 × 2752 ピクセルとした画像を用いた。処理に用いた計算機にはプロセッサとして Intel Xeon X5460 3.16GHz を 2 基、メモリが 16GB 搭載されている。この計算機において処理に用いたプログラミング言語は MATLAB R2008b である。この計算機を 3 台用いて「観光仙台」の全編を並列処理で修復した。この時に要した日数を表 1 に示す。10 日程度で全ての処理を完了することができた。

参考文献

- [1] M. Hagiwara, M. Abe and M. Kawamata, "Estimation method of frame displacement for old films using phase-only correlation," *Journal of Signal Processing*, vol. 8, no. 5, pp. 421-429, Sept. 2004.
- [2] 阿部正英, 目黒洋一, 川又政征, "移動物体検出と時間領域メディアフィルタリングを用いた古いフィルム映像のブロッチ除去," *電子情報通信学会論文誌*, vol. J88-A, no. 1, pp. 11-22, Jan. 2005.
- [3] 阿部正英, 川又僚太, 庄子弘毅, 川又政征, 太田直久, 小野定康, "古い映画フィルムの高解像度デジタルスキャン," *映像情報メディア学会技術報告*, vol. 30, no. 32, pp. 1-4, June 2006.
- [4] 萩原瑞木, 阿部正英, 川又政征, "位相限定相関を用いた映像劣化に対してロバストなショットチェンジ検出法," *映像情報メディア学会学会誌*, vol. 60, no. 8, pp. 1271-1280, Aug. 2006.
- [5] 阿部正英, 川又僚太, 庄子弘毅, 川又政征, "高解像度の古いフィルム映像のデジタル修復処理," *電子情報通信学会技術研究報告*, no. SIS2006-68, pp. 57-62, Nov. 2006.
- [6] 阿部正英, 川又僚太, 川又政征, "フリッカとブロッチの影響を考慮して作成した参照画像を用いた M 推定による高速なフリッカパラメータ推定," 第 20 回回路とシステム軽井沢ワークショップ論文集, pp. 155-160, April 2007.
- [7] 庄子弘毅, 阿部正英, 川又政征, "フィルム映像におけるフリッカとブロッチを考慮した背景画像差分法によるブロッチ検出," 第 20 回回路とシステム軽井沢ワークショップ論文集, pp. 221-226, April 2007.
- [8] 庄子弘毅, 阿部正英, 川又政征, "ブロッチ検出のための平行移動を含むフィルム映像における参照画像の作成," 第 22 回信号処理シンポジウム講演論文集, pp. 77-82, Nov. 2007.
- [9] S.-C. Nam, M. Abe and M. Kawamata, "Fast blotch detection algorithm for degraded film sequences based on MRF models," *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 565-568, Sept. 2007.
- [10] S.-C. Nam, M. Abe and M. Kawamata, "Fast and efficient MRF-based blotch detection algorithm for degraded film sequences," *Proceedings of International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, pp. 261-264, Nov. 2007.
- [11] S.-C. Nam, M. Abe and M. Kawamata, "Fast and efficient MRF-based detection algorithm of missing data in degraded image sequences," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer*, vol. E91-A, no. 8, pp. 1898-1906, Aug. 2008.
- [12] P. M. B. van Roosmalen, "Restoration of Archived Film and Video," PhD thesis, Delft University of Technology in Dutch, 1999.
- [13] 齊藤隆弘, "デジタル画像処理によるフィルム映像の復元 (2)," *映像情報メディア学会誌*, vol. 56, no. 1, pp. 85-92, Jan. 2002.