

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560345

研究課題名（和文） 古い記録フィルム映像の修復のための映像修復システムの開発

研究課題名（英文） Development of image restoration system for old film restoration

研究代表者

阿部 正英（ABE MASAHIDE）

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90312602

研究成果の概要（和文）：本研究では、記録映画やニュース映像などの古い記録フィルム映像に固有のさまざまな劣化を除去するために、フィルム映像の修復のための高速なアルゴリズムの開発ならびに実現を行った。実現した手法により、35mmフィルムを高解像度映像（4Kサイズ）としてスキャンした約10分の映像に対して、位置ずれとフリッカ、ブロッチ、スクラッチを除去した。これらの処理にかかる時間を従来約1年程度だったものを約10日に短縮した。

研究成果の概要（英文）：We developed and implemented a fast algorithm for the restoration of old film sequences in order to remove the typical defects of the news films and documentary films. Our algorithm can remove frame displacement, intensity flicker, blotches and line scratches for a 10-minutes sequence into which 35mm film was converted at 4K (4096×2160 pixels) resolution. The computational time of our algorithm for restoring this image sequence is 10 days compared with a year of our previous algorithm.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：映像修復，映像信号処理，デジタル信号処理

1. 研究開始当初の背景

19世紀末のエディソンによる映画の発明以来、多くのフィルム映像が残されている。これらの文化的資産である古いフィルム映像をデジタルアーカイブとして保存するために、映像の修復が現在急務となっている。これについて、近年、コンピュータ技術の発展によりデジタル的な画像処理技術が飛躍的な発展を遂げている。高速なCPUや大容量記憶装置の開発により、今まで困難であった映像処理を高速に行うことが可能となっ

てきている。このようなデジタル設備の普及に伴い、古いフィルム映像をデジタルアーカイブとして保存し、かけがえのない映像資産である古いフィルム映像の劣化を防止する活動が行われ始めてきた。劣化を防止するという目的においては、単にデジタルアーカイブとして保存するだけで充分であると思われるが、映像資料として試写や利用を考えた場合には劣化を修復することが不可欠となる。現在、世界的にいくつかのプロジェクトにより古いフィルム映

像のデジタル的な修復が行われている。しかしながら、フィルムの修復に関するデジタル的な技術の確定した国際基準はできていない。現状の修復システムでは手作業を伴うため、金銭的な修復コストが高くなり長時間にわたるフィルムの修復に向いておらず、商業的に成功した映画のみがデジタル修復の恩恵を受けている。

従来のフィルム映像の計算機による修復は、娯乐的・芸術的なもので商業的にペイする映画に対して、多くの人手作業と十分な時間、高い計算機コストをかけて行われてきた。このため、たとえば、チャップリンの喜劇映画、「東京物語」(小津安二郎監督)、「ローマの休日」(ウィリアム・ワイラー監督)などのみがデジタル修復の恩恵を受けているのが現状である。

一方、過去の記録映画やニュースフィルム映像などは、歴史的・資料的な価値がきわめて高いが、商業的にペイしないため、修復・保存のために十分な時間とコストをかけられないのが現状である。

古いフィルム映像の修復について、国内では、フィルム映像修復の研究は東京大学(デジタル・オズ・プロジェクト)において、劣化が比較的小さく商業的・芸術的なフィルム映像に対して研究が行われているが、処理の実時間性は考慮されていない。海外では、いくつかのプロジェクトにより修復システムが提案されている。ヨーロッパでは、過去の芸術遺産を後世へと修復・保存していくという観点から、デジタル修復技術の研究開発に多くの人材と資金が投入されており、DIAMANT, AURORA といった国家間プロジェクトが進行している。どちらのプロジェクトもシステムの開発には至っているものの、映像修復の精度、また修復速度といった観点では十分な結果を得られていない。

古いフィルム映像には、様々な固有の劣化が生じている。劣化の代表的なものとして、カメラのフィルム送り機構の不安定性やフィルム送り穴の精度不良により生じたフレーム毎の不規則な位置ずれ、フィルムへの埃や髪の毛の付着による輝度情報の欠落であるブロッチ、上映時にフィルムと上映機の接触により生じたスクラッチ、不均一なフィルム露光時間によるフレーム毎の不規則な輝度値の変化であるフリッカなどが挙げられる。これらに対して、本研究代表者は、フレーム毎の位置ずれ補正法、フリッカ補正法、ブロッチ除去法を提案してきた。これら各手法は、それぞれの劣化に対して有効な方法であることが確認されている。

2. 研究の目的

本研究では、記録映画やニュース映像などの古い記録フィルム映像に固有のさまざまな

劣化を除去し、フィルム映像の修復のための実時間処理システムを開発することを目的としている。

本研究では、自動的に高精度かつ高効率にデジタル修復を行う手法を開発する。大容量記憶装置と高速CPUを実装した計算機クラスタを用いた並列計算を行う事により、映像修復システムの超高速コンピューティング実現をおこない、リアルタイム処理を目指している。

これらについて、現在世界標準となるようなフィルム映像の自動修復方法は確立していない。そこで、CineGridプロジェクト(高速ネットワークおよび高速計算機クラスタを用いた映像処理のためのグリッドコンピューティングプロジェクト)に参加し、CineGridプロジェクトの協力を得ながら、本研究による修復アルゴリズムを開発・実装する。

本研究では、対象として劣化が大きく非商業的な記録フィルム映像に着目し、方法として多次元デジタル信号処理の技術をもちいることで、高精度かつ実時間の修復アルゴリズムとシステムの開発を目指している。記録映画やニュース映画などのように保存状態が必ずしもよくないために、劣化が大きいフィルム映像を対象とする点で学術的な特色がある。本研究の成果として、商業目的ではない記録フィルム映画等の歴史的資料価値の高い映像が修復・アーカイブ可能となることの文化的意義は大きい。これによって、博物館や図書館などの非商業施設において、視聴しやすい状態で古い記録映画やニュース映画の閲覧が可能となる。

3. 研究の方法

本研究代表者は、古いフィルム映像の修復アルゴリズムの段階的な処理として以下のような手法を提案してきた。高精度な位置ずれ補正法、フリッカ補正法、ブロッチ除去のための動き推定法である。位置ずれ補正法では、位置ずれの検出に位相限定相関という方法を用いた。この相関法を理論的に解析することにより、サブピクセルレベルの高精度な位置ずれ検出を可能としてきた。また、位置ずれ補正法では、カメラワークの推定法を組み込むことにより、ほとんどすべての映像に対して位置ずれ補正が可能となっている。フリッカ補正法では、既存の手法にみられた不自然なちらつきの残存を低減することにより、自然な映像に近い修復を可能にしてきた。また、ブロッチ除去のための動き推定法では、移動物体上のブロッチを除去するために重要な動き推定を高精度に行う方法を提案してきた。

本研究代表者がこれまでに提案している位置ずれ補正法とフリッカ補正法、ブロッチ

除去法を統合し、総合的な映像修復システムの構築を行う。システム構築の際に、アルゴリズムの統合や計算機クラスタを用いた演算の並列化を行うことによりシステム全体の効率化を図り、修復システムの超高速コンピューティング実現を行う。実現の際には、各段階における処理の最適化を行い、かつ各処理における共通部分の処理を同時に行うことにより、処理の効率化を図り高速なシステム実現を行う。最終的には、高速計算機クラスタを構築し、処理のリアルタイム実現を目指す。

高解像度フィルムスキャンならびに 4K プロジェクタによる映写・評価においては、研究協力者 太田直久（慶應義塾大学デジタルメディア・コンテンツ統合研究機構、教授）と協力して実施する。その際、フィルムスキャンならびに修復の画質評価において、研究協力者 遠藤浩平（ムーンビームス シネアーツ アンド サイエンス）と協力して実施する。

4. 研究成果

本研究では、記録映画やニュース映像などの古い記録フィルム映像に固有のさまざまな劣化を除去し、フィルム映像の修復のための実時間処理システムを開発することを目的としている。古いフィルム映像に固有のさまざまな劣化の代表的なものとして、カメラのフィルム送り機構の不安定性やフィルム送り穴の精度不良により生じたフレーム毎の不規則な位置ずれ、フィルムへの埃や髪の毛の付着による輝度情報の欠落であるブロッチ、上映時にフィルムと上映機の接触により生じたスクラッチ、不均一なフィルム露光時間によるフレーム毎の不規則な輝度値の変化であるフリッカなどが挙げられる。本研究では、これらの劣化を自動的に高精度かつ高効率にデジタル修復を行う手法を開発する。

本研究代表者らは、位置ずれ補正法とフリッカ除去法やブロッチ除去法、スクラッチ除去法を実現してきた。さらに、これらのプログラムにおいて、高解像度映像（4K サイズ）での映像修復性能について評価した。その上で、それぞれの処理システムの統合のため、画像データのフォーマット統一ならびに修復パラメータのフォーマットを策定した。これらにより、処理時間の短縮ならびに処理過程でのデータの劣化を防ぐ手法を検討した。

上記のシステムのプロトタイプシステムを構築し、実際の超高速コンピューティングシステムによる実時間での古いフィルム映像の修復システムの実現可能性について評価した。これらにより、高解像度映像において、これまでの手法と比較して処理結果の映像を劣化させることなく 1 フレームあたりの処理時間を 11.4%に減少させることが出来

た。さらに、約 10 分の高解像度映像の処理にかかる時間を従来約 1 年程度だったものを約 10 日に短縮できた。

さらに、スクラッチの検出において、フィルムとスクラッチの特徴を考慮して、映像データをフィルムと同じように連続したデータとして扱い、スクラッチの発生箇所を繰り返して検出することで検出精度を向上させた。また、フリッカの検出精度の向上のために、検出と修復の基準となる参照画像の作成方法について検討した。

また、位置ずれ補正で使用する位相限定相関法についてその相関の性質について検討し、実現において位置ずれ量の推定精度を劣化させずに位置ずれ量を高速に得る手法を実現した。さらに、画像の回転を含めた位置ずれ量の推定を実現し、位置ずれ量推定性能を向上させた。その上で、映像内の移動物体を考慮した画像の位置ずれ量検出・フリッカ除去のための参照画像の作成について検討した。また、スクラッチの除去において、フィルムとスクラッチの特徴を考慮して、スクラッチ部分のデータを補間する方法について検討した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

1. Xiaoyong Zhang, Masahide Abe, Masayuki Kawamata, Reduction of Computational Cost of POC-Based Methods for Displacement Estimation in Old Film Sequences, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, Vol. E94-A, No. 7, 2011 年, 印刷中
2. 川又 僚太, 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除去, Journal of Signal Processing, 査読有, Vol. 14, No. 1, pp. 61-72, 2010 年

〔学会発表〕（計 14 件）

1. 小田切 潤, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 2 つの信号の位相スペクトルの差の微小変動が位相限定相関関数に与える影響, 信号処理シンポジウム, 2010 年 11 月 24 日, 奈良
2. Xiaoyong Zhang, Masahide Abe, Masayuki Kawamata, An Efficient Subpixel Image Registration Based on the Phase-Only Correlations of Image

- Projections, IEEE International Symposium on Communications and Information Technologies, 2010年10月29日, 東京
3. 小田切 潤, 阿部 正英, 川又 政征, 2つの信号の位相スペクトルの差の変動が位相限定相関関数に与える影響, 電気関係学会東北支部連合大会, 2010年8月27日, 八戸
 4. Xiaoyong Zhang, Masahide Abe, Masayuki Kawamata, A Fast Method of Subpixel Image Registration Based on Phase-Only Correlations of Image Projections, 電子情報通信学会総合大会, 2010年3月17日, 仙台
 5. 風間 泰宏, 阿部 正英, 川又 政征, 高解像度の古いフィルム映像における繰り返し検出によるスクラッチ検出性能の向上, 電子情報通信学会総合大会, 2010年3月16日, 仙台
 6. 森 賢史, 阿部 正英, 川又 政征, 高解像度の古いフィルム映像におけるフリッカとグレイノイズの影響を考慮した位相限定相関に基づく動き推定, 電子情報通信学会総合大会, 2010年3月16日, 仙台
 7. 庄子 弘毅, 阿部 正英, 川又 政征, 古いフィルム映像の映像修復システムにおけるフリッカ検出とブロッチ検出のための参照画像の推定法, 情報科学技術フォーラム, 2009年9月2日, 仙台
 8. 阿部 正英, 五十嵐 勇, 川又 政征, 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, 情報科学技術フォーラム, 2009年9月2日, 仙台
 9. 風間 泰宏, 阿部 正英, 川又 政征, フィルム映像の劣化領域に残存する原映像の輝度情報を用いたスクラッチの検出と除去, 2009年9月2日, 仙台
 10. 庄子 弘毅, 阿部 正英, 川又 政征, 輝度値の時間変化を保存する古いフィルム映像のフリッカ検出法の検討, 電気関係学会東北支部連合大会, 2009年8月21日, 仙台
 11. Xiaoyong ZHANG, Masahide ABE, Masayuki KAWAMATA, A Fast Approach for Decreasing Computational Time of Frame Displacement Estimation in Old Film Restoration, 電気関係学会東北支部連合大会, 2009年8月20日, 仙台
 12. 風間 泰宏, 阿部 正英, 川又 政征, 空間フィルタリングによるフィルム映像の残存情報を用いたスクラッチの検出と除去, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2009年5月28日, 岐阜
 13. 風間 泰宏, 阿部 正英, 川又 政征, フ

ィルム映像における投影処理を用いたスクラッチの検出と除去, 第22回 回路とシステム軽井沢ワークショップ, 2009年4月21日, 軽井沢

14. 風間 泰宏, 阿部 正英, 川又 政征, 映像フィルムにおけるフレーム配置に基づく直線状のスクラッチ検出, 電気関係学会東北支部連合大会, 2008年8月22日, 郡山

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 正英 (ABE MASAHIDE)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 90312602

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし