

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月7日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560357

研究課題名（和文）フィルム映像劣化の多次元信号処理モデルと修復アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）Development of Multi-Dimensional Signal Processing Models  
and Restoration Algorithms for Degradation of Film Movies

研究代表者

川又 政征（KAWAMATA MASAYUKI）

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70153004

研究成果の概要（和文）：

映像の位置ずれの計測のために用いる位相限定相関法の基礎的性質を解析した。位相限定相関関数において、位相変動がある場合に、これが位相限定相関のメインローブとサイドローブに与える影響を解析した。位相限定相関関数の解析と方向統計学の関係を明らかにした。方向統計学の考え方をを用いると、位相の確率的変動に起因する位相限定相関関数の平均と分散の解析結果が方向統計学における角度データの平均と分散によってきわめて自然な形で表現され、位相限定相関関数の性質の数学的基礎が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

This research analyzes fundamental properties of phase-only correlation functions for the measurement of frame displacement of old film sequences. This research also analyzes the effects of statistical phase disturbance of phase-only correlation functions on their main lobe and side lobe. The use of directional statistics for the analysis of phase-only correlation functions can show that the expectation and variance of the phase-only correlation functions due to statistical phase disturbance naturally correspond to their mean angle and circular variance in directional statistics, respectively.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000円	330,000円	1,430,000円
2011年度	1,100,000円	330,000円	1,430,000円
2012年度	900,000円	270,000円	1,170,000円
年度			
年度			
総計	3,100,000円	930,000円	4,030,000円

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，フィルム映像，多次元信号処理，雑音除去，デジタルシネマ，位相限定相関関数，位置ずれ

## 1. 研究開始当初の背景

19世紀末のエジ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。

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)、いわゆる“ハリウッド映画”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。

一方において過去の記録フィルム映像やニュースフィルム映像、博物館所蔵のフィルム映像、個人所蔵の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。このため貴重な歴史的資料が年々大量に失われている。

## 2. 研究の目的

歴史的文化的資産である古いフィルム映像が経年劣化や使用時の損傷などにより年々大量に失われつつある。このため、デジタルアーカイブとして保存するために、計算機によるフィルム映像の修復が現在急務となっている。本研究では、非商業的な記録フィルム映像等を対象とし、フィルム映像の劣化の多次元信号処理的モデルを構築するとともに、超高精細デジタルシネマ(4K, 4096 x 2048画素, 12ビット精度)として蓄積・閲覧およびネットワーク配信が可能な高精度な映像修復アルゴリズムの開発を目的とする。

## 3. 研究の方法

古いフィルム映像は、経年変化、化学変化、機械的磨耗などの原因により、位置ずれ、フリッカ、スクラッチ、ブロッチなどの劣化が発生している。本研究では、4Kフィルムスキャナによって高精度に取得されたフィルム映像を用いて上記の劣化の性質を統計的・信号処理的観点から精密に分析することで、劣化に対する多次元信号処理的モデルを初年度に考案し、これに基づいて次年度に映像劣化の修復アルゴリズムを開発し、最終年度に修復アルゴリズムを計算機上に実装し、長時間の修復映像を作成し、視覚評価を行う。

## 4. 研究成果

- (1) 映像の位置ずれの計測のために用いる位相限定相関法の基礎的性質を解析した。位相限定相関関数において、位相変動がある場合に、これが位相限定相関のメインローブとサイドローブに与える影響を解析した。位相限定相関のメインローブの位相変動 $\alpha$ に関する偏微分を求め、位

相変動とメインローブの変動に関する評価式を導出した。この評価式の上限を求め、シミュレーションと比較することで、評価式が妥当であることを確認した。

- (2) 同様に、位相限定相関のサイドローブの位相変動 $\alpha$ に関する偏微分を求め、位相変動とサイドローブの変動に関する評価式を導出した。この評価式の上限を求め、シミュレーションと比較することで、評価式が妥当であることを確認した。
- (3) 2次元位相限定相関法に基づく古いフィルム映像の位置ずれ推定のための計算コストの削減法を考案した。この方法では、位置ずれ推定精度をそれほど減少させることなく、ほぼ1次元位相限定相関関数法程度の計算コストで位置ずれを推定することができる。
- (4) 映像の位置ずれの計測のために用いる位相限定相関法の基礎的性質を解析した。位相限定相関関数において、位相変動がある場合に、これが位相限定相関のメインローブとサイドローブに与える影響を解析した。位相変動が確率的であると仮定し、位相限定相関の期待値と分散を解析した。本年度は特に位相変動の確率的仮定をより現実的にするために、信号が実数値の場合の位相変動による位相相関関数の解析を行った。この結果、位相変動の分散が大きくなると、位相限定相関のメインローブは減少し、サイドローブは増加することを明らかにした。この結果は、これまで経験的に用いていた位相限定相関の理論的根拠を与えるものである。
- (5) 上記の位相限定相関関数の解析と方向統計学の関係を明らかにした。方向統計学の考え方をを用いると、位相の確率変動に起因する位相限定相関関数の平均と分散の解析結果が方向統計学にける角度データの平均と分散によってきわめて自然な形で表現され、位相限定相関関数の性質の数学的基礎が明らかになった。
- (6) 位相限定相関法に基づく古いフィルム映像の位置ずれ推定のためのサブピクセル精度のいくつかの推定法の精度の比較を行った。

## 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 Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, E94-A, 2011, 1497~1504, DOI: 10.1587/transfun.E94.A.1497.

- (2) Xiaoyong ZHANG, Masahide, ABE, Masayuki KAWAMATA, Flicker Parameters Estimation in Old Film Sequences Containing Moving Objects, IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, E94-A, 2011, 2836~2844, DOI: 10.1587/transfun.E94.A.2836.

〔学会発表〕(計 23 件)

- (1) 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 方向統計学に基づく実信号の位相限定相関関数の統計的解析, 2013 年電子情報通信学会総合大会, 岐阜県岐阜市岐阜大学, 2013 年 03 月 19 日.
- (2) 松本 圭右, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相限定相関を用いた平行移動量推定における加法性雑音の影響の評価, 2013 年電子情報通信学会総合大会, 岐阜県岐阜市岐阜大学, 2013 年 03 月 19 日.
- (3) 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 方向統計学を用いた位相限定相関関数の統計的解析, 電子情報通信学会技術研究報告, 山形県鶴岡市慶應大学鶴岡キャンパス, 2013 年 03 月 14 日.
- (4) 伊藤 理人, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 2 次位相スペクトル差を持つ信号間の位相限定相関関数, 情報処理学会第 75 回全国大会, 宮城県仙台市東北大学川内北キャンパス, 2013 年 03 月 06 日.
- (5) 坂本 脩平, 阿部 正英, 川又 政征, ミッシングデータが存在する圧縮映像の時空間処理による修復手法の検討, 情報処理学会第 75 回全国大会, 宮城県仙台市東北大学川内北キャンパス, 2013 年 03 月 06 日.
- (6) 伊藤 理人, 小山 祐光, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 2 次位相差をもつ信号の位相限定相関関数の解析, 第 27 回信号処理シンポジウム, 沖縄県石垣島 ANA インターコンチネンタル石垣リゾート, 2012 年 11 月 28 日.
- (7) Rihito Ito, Shunsuke Yamaki, Masahide Abe, Masayuki Kawamata, Effects of Stochastic Phase Spectrum Differences on Phase-Only Correlation Functions - Part II: Statistically Proportional Phase Spectrum Differences to Frequency Indices -, Conference: Proceedings of IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, BUPT, Beijing, China, 2012 年 09 月 21 日.
- (8) Shunsuke Yamaki, Jun Odagiri, Masahide Abe, Masayuki Kawamata, Effects of Stochastic Phase Spectrum Differences on Phase-Only Correlation Functions - Part I: Statistically Constant Phase Spectrum Differences for Frequency Indices -, Conference: Proceedings of IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, BUPT, Beijing, China, 2012 年 09 月 21 日.
- (9) 伊藤 理人, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 実数信号の位相スペクトルの差の確率的変動に対する位相限定相関関数の解析, 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会, 秋田県本庄市秋田県立大学本庄キャンパス, 2012 年 08 月 30 日.
- (10) 坂本 脩平, 阿部 正英, 川又 政征, 画像内の正方形ミッシングデータの除去手法の性能評価, 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会, 秋田県本庄市秋田県立大学本庄キャンパス, 2012 年 08 月 30 日.
- (11) 松本 圭右, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相限定相関関数による幾何変換パラメータのサブピクセル精度推定, 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会, 秋田県本庄市秋田県立大学本庄キャンパス, 2012 年 08 月 30 日.
- (12) 伊藤 理人, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差の確率的変動の位相限定相関関数に対する影響の解析, 第 25 回回路とシステムワークショップ, 兵庫県淡路市淡路夢舞台国際会議場, 2012 年 07 月 30 日.
- (13) 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 実信号の位相スペクトルの差の確率的変

動にともなう位相限定相関関数のふるまい, 第 25 回回路とシステムワークショップ, 兵庫県淡路市淡路夢舞台国際会議場, 2012 年 07 月 30 日.

- (14) 小田切 潤, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差の確率的変動に対する位相限定相関関数の挙動, 第 26 回信号処理シンポジウム, Nov, 札幌コンベンションセンター, 2011 年 11 月 16 日.
- (15) 八巻 俊輔, 小田切 潤, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差の確率的変動に対する 2 次元位相限定相関関数の挙動, 第 26 回信号処理シンポジウム, 札幌コンベンションセンター, Nov, 2011 年 11 月 16 日.
- (16) 八巻 俊輔, 小田切 潤, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差が確率的に変動する場合の 2 次元位相限定相関関数の性質, 2011 年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, 北海道大学, 2011 年 9 月 15 日.
- (17) 小田切 潤, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差が確率的に変動する場合の位相限定相関関数の性質, 2011 年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, 北海道大学, 2011 年 9 月 15 日.
- (18) 八巻 俊輔, 小田切 潤, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差の白色ガウス性変動に対する 2 次元位相限定相関関数のふるまい, 平成 23 年度電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2011 年 8 月 25 日.
- (19) 栗田 雄太朗, 阿部 正英, 川又 政征, フィルム映像における投影処理信号のフィルタリングによるスクラッチ検出手法の改善, 平成 23 年度電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2011 年 8 月 25 日.
- (20) 庄子 弘毅, 阿部 正英, 川又 政征, 古いフィルム映像修復のためのフリッカとブロッチの統計的性質を利用した参照画像作成, 平成 23 年度電気関係学会東北支部連合大会, 東北学院大学, 2011 年 8 月 25 日 .
- (21) 小田切 潤, 八巻 俊輔, 阿部 正英, 川又 政征, 位相スペクトルの差の確率的な変動に対する位相限定相関関数の解析, 平成 23 年度電気関係学会東北支部

連合大会, 東北学院大学 2011 年 8 月 25 日.

- (22) 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, 電子情報通信学会 信号処理シンポジウム, 奈良, 2010 年 11 月 25 日.
- (23) 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, 八戸, 2010 年 8 月 27 日.

#### [その他]

東北大学大学院工学研究科電子工学専攻  
川又研究室  
[http://www.mk.ecei.tohoku.ac.jp/home\\_page\\_j.html](http://www.mk.ecei.tohoku.ac.jp/home_page_j.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川又 政征 (KAWAMATA MASAYUKI)  
東北大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 70153004

### (2) 研究分担者

八巻 俊輔 (YAMAKI SHUNSUKE)  
東北大学・国際高等研究教育機構  
学際科学フロンティア研究所・助教  
研究者番号: 10534076

### (3) 連携研究者

太田 直久 (OHTA NAOHISA)  
慶応義塾大学・大学院メディア  
デザイン研究科・教授  
研究者番号: 20458938