

修士学位論文要約（平成29年3月）

## 風景のタイムラプス映像における 時空間周波数特性を考慮したフリッカの除去に関する研究

田中 麗子

指導教員：川又 政征， 研究指導教員：阿部 正英

### Removal of Flicker in Scenery Timelapse Movies in Consideration of Space-Time Frequency

Reiko Tanaka

Supervisor: Masayuki KAWAMATA, Research Advisor: Masahide ABE

In this paper, we propose the method of flicker removal based on visual sensitivity of human. This method takes account to color changes and space-time frequency using xyY color space. First, we detect color changes using the Euclid distance in xy chromaticity diagram. Then, we use temporal median filter and bilateral filter to chromaticity xy to reduce color changes. Next, we extract the spatiotemporal domain M where the contrast sensitivity function is high with 3D discrete fourier transform. At this time, we use temporal median filter as a pre-filter to remove impulsive changes of intensity. This temporal median filter applied to the all of luminance Y channel. Only if M is equal to 1, we use the temporal low pass filter to the luminance Y to reduce the remaining Gaussian noise. Finally, we examine the accuracy of flicker removal in scenery timelapse movies. Experimental result shows that the proposed method reduced both color changes and intensity changes. In the proposed method, the effect of the color changes reduction was higher than a previous method using median filtering to each R, G, and B.

#### 1. はじめに

私たちの周りには、建物が建築される様子、芽が出て花が咲くまでの様子など、何日も何か月も、あるいは何年もの時間を費やす変化があふれている。このような長時間の変化を驚くほどの速さで観察可能にするため、実時間の時間経過を速めた映像のことをタイムラプス映像と呼ぶ。タイムラプス映像は、映像作品や生物学的記録、歴史的記録などさまざまな場面で応用されている。

タイムラプス映像はフレームごとの撮影間隔が通常のビデオ映像（1/30秒）よりも長いので、前後のフレームを比較した際に見た目の変化が大きい。特に、風景を対象としたタイムラプス映像の場合には天候変化や移動物体、外乱の影響が映像中に顕著に現れる。その結果、映像が上下左右に揺れて見える位置ずれや、映像がチカチカとちらついて見えるフリッカという現象が生じる。タイムラプス映像中にこのような現象が生じていると、観察者が不快感を感じるのみならず、小さな変化に気づきにくくなるという欠点がある。観察者がより集中してタイムラプス映像を観察できるようにするためには、映像中の位置ずれは補正し、フリッカは除去しなくてはならない。

本稿では位置ずれ補正済みの風景のタイムラプス映像に生じるフリッカの除去に焦点を当てる。

#### 2. フリッカに関する基礎的考察

タイムラプス映像には、天候変化や移動物体の有無が原因で時間方向へ不規則な輝度変化が生じる。人間はこの不規則な輝度変化をフリッカとして知覚する<sup>1)</sup>。先行研究では、時間方向への輝度変化を低減するフリッカ除去手法がいくつか提案されている。代表的なものとして、RGBカラー映像をグレースケールに変換したのち、輝度のみに対して補正をかける手法<sup>1)</sup>やRGB値それぞれに対して補正をかける手法<sup>2)</sup>が提案されている。従来法では、輝度やR,G,B値に対する1ピクセルごとの時間方向の変化量を低減している。

しかしながら、時間方向への輝度変化以外にもフリッカの知覚に影響を及ぼす要因として、Kelly<sup>3)</sup>は有色性と輝度の時空間周波数特性を挙げている。従来法で用いられているRGB色空間は輝度と相関が高い色空間であるため、輝度の変化に左右されない色みの変化を低減することが難しい。また、従来法では輝度の空間周波数特性について特筆されていない。

風景のタイムラプス映像はカラー映像であったり、

同一フレーム内において局所的に空間周波数が異なる場合が多い。したがって、風景のタイムラプス映像におけるフリッカ除去に関して色変化と輝度の時空間周波数特性は無視できない情報であると考えられる。

### 3. 色空間に関する検討

本稿では、2章で述べた特徴を用いた人間の視覚特性に基づくフリッカ除去手法を提案する。従来法で用いられているRGB色空間は、その等色関数が負になることから人間が知覚するすべての色を表現することができない。xyY色空間はRGB色空間の問題点を解消するために提案された色空間である。xとyは人間の色の知覚に敏感なL錐体とM錐体の反応と類似しているため色度とみなせる。また、Yは標準分光視感効率曲線と一致するため輝度とみなせる。本稿で提案するフリッカ除去手法では、人間の視覚特性と相関が高いxyY色空間を用いて色度xyと輝度Yに対して別々の処理を施す。

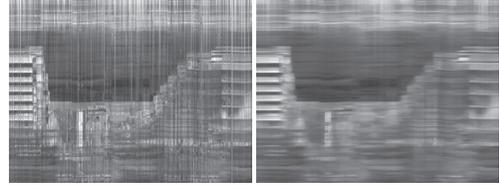
### 4. 色変化と輝度の時空間周波数特性を考慮したフリッカ除去

提案法ではまず色度xyを用いてフレーム内の各座標におけるxy色度図上のユークリッド距離を算出し、各座標に対する時間方向色変化を検出した。そして、インパルス性雑音とガウス性雑音の両方が含まれる色変化に対してメディアンフィルタとパイラテラルフィルタを用いることで、エッジ保存かつ色変化の低減を達成した。

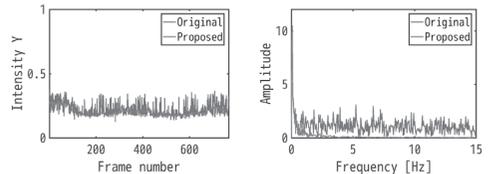
次に、輝度Yをブロック分割した各ブロックに対して、3次元離散フーリエ変換を用いて時空間周波数領域に変換した。その中から、人間がフリッカを知覚する際の感度がピークとなる特定時空間周波数領域 $F_b$ を抽出した。 $F_b$ の周波数帯域は、時間方向には8~10[Hz]、空間方向には3~5[cpd]である。さらに、 $F_b$ における周波数振幅特性の総和が閾値以上ならば1、閾値より小さいならば0を示すバイナリマスクを作成することで人間がフリッカをより強く知覚する領域を検出した。あるブロックのマスクが1ならばその領域における輝度変化は人間のフリッカ知覚に強い影響を及ぼす。そのため、マスクが1であるブロックに対しては時間方向低域通過フィルタを用いることで、フリッカ感度が高い領域における輝度変化の低減を達成した。

### 5. フリッカ除去の性能評価

提案法を用いて風景のタイムラプス中に生じるフリッカを除去する。フリッカ除去前後のタイムラプス映像の各フレームにおける推移を図1に示す。これより、フレームごとの見た目の変化がなめらかになったことを確認した。また、各フレームの平均輝度変化とその周波数振幅特性を図2に示す。これよ



(a) フリッカ除去前 (b) フリッカ除去後  
図1 タイムラプス映像の見た目の変化



(a) 平均輝度変化 (b) 平均輝度の周波数振幅特性  
図2 輝度変化量の低減に対する性能評価

図2 輝度変化量の低減に対する性能評価

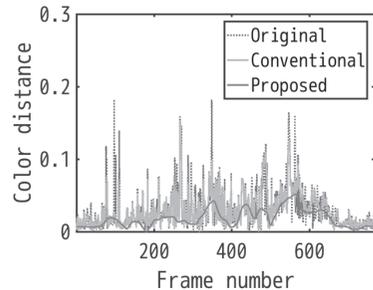


図3 色変化量の低減に対する性能評価

り、提案法を用いてタイムラプス映像中の輝度変化量とその高周波成分を低減できたことを確認した。最後に、従来法としてRGB値それぞれにメディアンフィルタを用いた場合と提案法による色変化量の低減に対する性能を比較する。座標(300,425)におけるxy色度図上のユークリッド距離の変化を図3に示す。これより、従来法よりも提案法の方が色の変化量を低減できたことを確認した。本提案手法は人間の視覚特性に基づくフリッカ除去手法であるといえる。

### 文献

- 1) P.M. Van Roosmalen, R.L. Legendijk, and J. Biemond, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.9, no.7, pp.1013-1019, 1999.
- 2) R. Martin-Brualla, D. Gallup, and S.M. Seitz, ACM Transactions on Graphics (TOG), vol.34, no.4, p.62, 2015.
- 3) D. Kelly, Journal of the Optical Society of America (JOSA), vol.73, no.6, pp.742-749, Sept. 1983.