

滑らかな動き再現のためのフラッシュ光特性を用いた光点減輕減方式 Flash Reduction Method based on Flash Characteristic for Smooth Motion

尾高 佑季[†] 石川 真澄[†] 塚田 正人[†]
Yuki Odaka Masumi Ishikawa Masato Tsukada

1. はじめに

映像にはカメラのフラッシュ光のように、視聴者が光過敏性発作と呼ばれる痙攣や意識障害を発症する可能性がある激しい光点滅が含まれる場合がある。こうした映像の配信を防ぐため、ガイドライン[1]が定められている。

光点滅を抑えるため、明暗差が規定範囲になるようにフレーム全体を一様に輝度調整する方法が一般に用いられる。しかしこの方法では、近隣フレームも含めて輝度調整するため、光点滅の影響が少ないフレームで被写体本来の色情報が損なわれる問題がある。また強い光で白飛びした領域について、その色情報を復元できない問題もある。

そこで我々は上記の問題を解決するため、光点滅の影響で明るくなった領域のみを、近隣フレームの対象領域との合成により補正する方式[2]を開発した。しかし映像再生時に動領域の動きが不自然になるという課題があった。

本稿では、映像再生時に動きの滑らかさを損なう要因となる位置ズレの影響を抑制する光点減輕減方式を提案する。

2. 従来法[2]

従来法ではガイドライン[1]の基準を超える明暗差のあるフレームを明フレームとして検出する。次に光点滅の影響が少ないフレームを明フレーム前後から選択し、選択されたフレーム間で動き補償を行い、明フレーム時刻での動き補償フレームを生成する。そして動き補償フレームと明フレームとを合成し、出力フレームを生成する。

本手法では明フレームの白飛びした領域を効果的に補正し、かつ明フレーム以外のフレームの色情報への影響もなく、光点滅の影響が抑えられた映像を生成できる。しかし動き補償に失敗した場合、明フレームにおける補正対象の領域の位置と本来の位置とのズレが生じ、映像中の被写体の動きの滑らかさを損なうという問題があった。

3. 提案法

従来法の課題解決の一手法としては、映像のいかなる動きにも対応できる動き補償を実現することである。しかし完全な動き補償の実現は困難とされている。そこで本研究では、動き補償に失敗した際の位置ズレの影響を抑制する方式を検討する。

明フレームと動き補償フレームとの合成では、動き補償フレームには位置ズレが発生している可能性があるため、本来位置ズレが発生しない明フレームを優先した合成でなければならない。しかし明フレームは光点滅の影響で隣接フレームとの輝度差が非常に大きいため、従来の合成では補償フレームの輝度が反映されるように、補償フレームに重きを置いた合成により出力フレームを生成した。

提案法では合成において明フレームを活用できるように、一旦隣接フレームとの輝度差を抑える補正を行う。さらに合成において、補正後の明フレームと動き補償フレームと

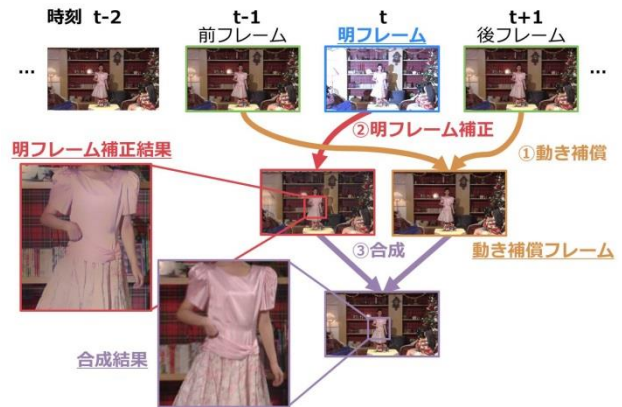


図 1 提案法の処理フロー

の合成率を制御し、出力フレームを生成する。

提案法の処理フローを図 1 に示す。明フレーム補正は、明フレームと動き補償フレームとの間の画素値の変動量に基づき、明フレームを補正する。そして補正した明フレームと動き補償フレームとの間の画素値の変動量に応じて、補正した明フレームと動き補償フレームを合成する。明フレーム補正及び合成のそれぞれの結果は、図 1 に示すとおりである。以下、明フレーム補正と合成の詳細を説明する。

3.1 明フレーム補正

明フレーム補正では、まずノイズによる影響を抑制するため、ブロック単位で明フレームと動き補償フレーム間の画素値の変動量を算出する。そして隣接ブロック間で不連続の発生を抑制するため、ブロック単位で得られた画素値の変動量を、画素単位の画素値の変動量に変換する。画素単位の画素値の変動量に基づいて、明フレームの各画素の画素値を補正する。

明フレームにおける RGB チャンル毎の画素値のフレーム間変動量平均の一例を図 2 に示す。フレームによって各チャンネルの変動量が異なることから、被写体の色や素材によってフラッシュ光の特性は異なることがわかる。この特性に基づき、RGB のチャンネル毎に補正処理を行う。

3.1.1 画素値変動量算出

明フレームと動き補償フレームについて、RGB のチャンネル毎に、格子状に区切った各ブロックの平均値を画素値とする縮小画像を作成する。そして各チャンネルについて、両フレームの縮小画像間の画素値の変動量を算出する。画素値の変動量 D は、縮小画像における明フレーム上の画素値を P 、縮小画像における動き補償フレーム上の画素値を Q とすると、式(1)で表せる。

$$D = \frac{P-Q}{P} \quad (1)$$

3.1.2 画素補正

3.1.1 で算出されたブロック単位の画素値の変動量を、近傍の 4×4 ブロックの値から Bicubic 補間によって、ブロック内の各画素の座標における画素値変動量に変換する。画素単位の画素値変動量を用いて、明フレームの各

[†] NEC データサイエンス研究所

画素を補正する。明フレーム上の補正後の画素 p' は、補正前の画素値 p 、縮小画像における画素値の変動量 D 及び明フレーム上の画素値 P を Bicubic 補間によって画素単位に変換した値 d_b 、 p_b を用いて式(2)のように表せる。

$$p' = \left(1 - \frac{d_b}{p_b}\right)p \quad (2)$$

3.2 合成

補正した明フレームと動き補償フレームとを、両フレーム間での画素値変動量に基づいて合成する。合成フレーム上の画素 p'' は、補正した明フレーム上の画素 p' 、動き補償フレーム上の画素 q とし、画素値変動量に基づく重み係数 w を用いて式(3)で算出する。

$$p'' = w \cdot p' + (1 - w) \cdot q \quad (3)$$

重み係数 w は、画素値変動量 d が小さい程 w が大きくなる関数を設定する。3.1 で明フレームに対する補正が良好であるほど、画素値変動量 d が小さくなり、補正した明フレームの合成率が高くなる。

またカメラや被写体の動きが大きい場合、対応点の誤対応や光点滅の誤検出による動き補償の失敗が生じる可能性が高い。そこで大きな動きが検出された場合は、動き補償フレームを合成しないように $w=1$ とする。

なお 3.1 ではブロック単位で平均化された変動量を基準に補正するため、影の輪郭など画素変動領域の境界を補正できない場合がある。そこで影の残存が目立ちやすい平坦領域に対しては、フラッシュ光の影響を受けていない動き補償フレームの合成率を高くすることで、影輪郭の残存を防ぐ。

4. 評価実験

提案法の有効性を確認するために、実際の映像を用いた評価実験を実施した。評価映像として、光点滅およびカメラや被写体の動きを含む ITE 標準動画像 (フル HD) および放送素材 7 本を用いた。提案法と従来法とを(A)映像の滑らかさ、(B) 光点滅の軽減具合について比較した。縮小画像は、本実験では事前確認により被写体の画素値変動量を十分表現できた 80 画素 x 45 画素とした。

4.1 実験結果

4.1.1 (A)映像の滑らかさの比較

図 3 に出力フレームの比較結果を示す。入力画像はズームアウトシーンでの画像である。

図 3 より従来法と提案法はいずれもフラッシュ光の影響を受けた領域の輝度を低減できることがわかる。一方で従来法では動き補償の失敗により位置ズレが発生している。これに対し提案法では、明フレームを補正した結果動き補償フレームの合成率が低く抑えられているため、位置ズレの影響が抑制されている。

この処理結果を実際に映像再生で確認すると、従来法では位置ズレにより人物領域が瞬間的に膨張したように錯覚し、カメラのズーム操作の滑らかさが損なわれたように感じられる。これに対し提案法では被写体の位置ズレの影響が抑制されるため、従来法と比較してカメラ操作が滑らかに感じられることが確認できた。

4.1.2 (B) 光点滅の軽減具合の比較

表 1 に評価に用いた各素材映像中の明フレームの検出数を示す。従来法と比較して提案法では、明フレーム検出数

が合計で約 31%減少、入力映像に対して約 75%減少した。なお素材 1 と 2 では明フレーム検出数が従来法と比較して提案法の方が多い。これは提案法において動きの滑らかさを重視するため、動き補償フレームの合成率を低くした結果輝度が下げきれなくなり、明フレームとして残ってしまったと考えられる。これらのケースはガイドラインの光点滅頻度に関する条件「1 秒間に 5 回を限度とする」を満たしていたため問題ではない。

5. おわりに

本稿では映像中のカメラや被写体の滑らかな動きを再現しつつ激しい光点滅を抑制する光点滅軽減方式を提案した。提案法では光点滅の影響で明るくなったフレームの輝度を下げることによって動き補償フレームの合成率を減らし、動き補償に失敗した場合でも動領域の滑らかな動きを維持しつつ光点滅数を低減できる。提案法により明フレーム検出数を従来法より 31%低減させつつ、映像再生時に動きの滑らかさを損なう要因となる位置ズレの影響を抑制できることを確認した。

参考文献

- [1] 日本放送協会, 日本民間放送連盟, “アニメーション等の映像手法に関するガイドライン”, (1998).
- [2] 尾高佑季, 石川真澄, 塚田正人, “カメラと被写体の動き推定に基づく光点滅低減方式”, 電子情報通信学会総合大会, IEICE, (2016)

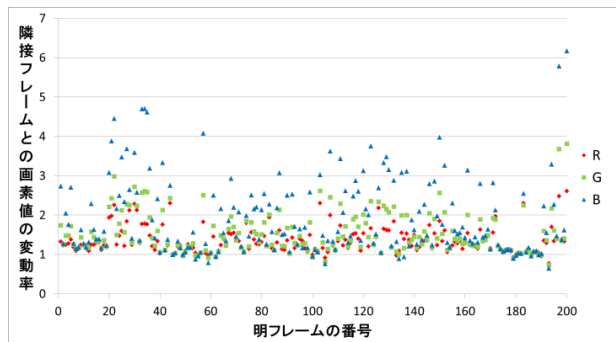


図 2 明フレームにおける RGB チャンネル毎の変動量

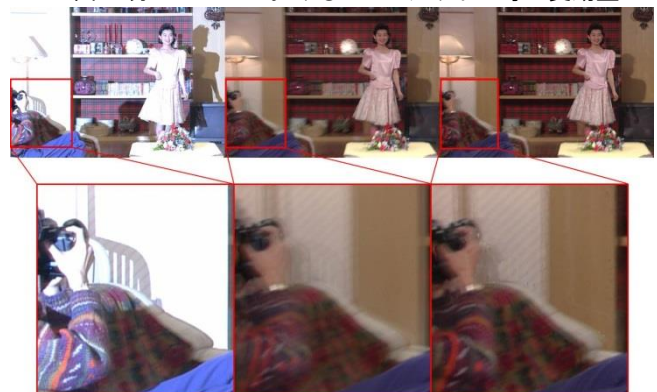


図 3 提案法と従来法の出力結果の比較
(左より入力映像/従来法/提案法)

	1	2	3	4	5	6	7	合計
入力映像	51	29	141	244	250	214	200	1129
従来法	4	0	32	125	123	64	70	418
提案法	7	2	12	67	77	62	60	287

表 1 明フレーム検出数[枚]の比較