

連続画像を用いた流し撮り画像合成手法

三嶋 道弘^{1,a)} 川崎 洋²

概要: 本研究では、数枚の連続画像から流し撮り効果を持つ画像を合成する手法を提案する。流し撮りにより得られた写真は高い躍動感を表現でき、広告などに利用される。しかし、その撮影は熟練を要するため、一般ユーザーが手軽に行うことが困難である。流し撮りでは、撮影時にシャッターを開放したまま、移動する被写体を追うことで、背景がぶれている一方で、被写体が静止した写真を得る。提案手法では、連続画像から得られるモーションブラーと、その中の一枚の画像中の被写体を用いることで、流し撮り効果を持つ画像を合成する。さらに、単なる合成ではなく、自然な流し撮り結果に近づけるために様々な要素技術を適用した結果を示す。

キーワード: 流し撮り, モーションブラー, デプラー, 低ランク画像, 前景・背景分離

1. はじめに

本研究では、数枚の連続画像から流し撮り効果を持つ画像を合成する手法を提案する。流し撮りによって得られた写真は、背景がぶれている一方で、被写体が静止している。これにより、被写体の躍動感を表現でき、広告などに利用される(図1)。流し撮りはその撮影方法に特徴があり、写真撮影について知識のない者が、手軽に得ることが困難である。具体的には、流し撮りでは撮影時にシャッターを開放したまま、移動する被写体を追う。これにより、背景がぶれている一方で、被写体が静止した写真を得る。

流し撮りの困難な点は、被写体を追っている間、シャッターを開放したまま撮影するところにある。被写体が移動している間、シャッターを開放したままであるため、適切な露光時間を設定することが困難である。適切な露光時間でない場合、撮影結果が明るくなりすぎたり、暗くなりすぎてしまう。シャッターを開放したままでは、手振れの影響も出やすくなる。さらに、被写体を適切に追うことができなければ、静止した被写体を得ることができない。このように流し撮りは様々な要素を考えなければならない困難な撮影方法であり、所望の結果を得るためにはある程度の熟練を要する。



図1 流し撮りの例 [1].

近年、スマートフォンの普及により、その付属カメラを使うことで誰でも気軽に写真を撮影することができるようになってきた。スマートフォンに付属しているカメラの性能は以前と比べ、格段に向上してきている。それは、レンズやセンサなどのハードウェアの向上だけではなく、そのソフトウェアの向上も含まれる。その結果、日常的な写真だけでなく、夜景といった、ダイナミックレンジの大きなシーンのように、対応できるシーンが増えてきている。また、SNSの普及により、芸術性の高い写真を撮影したい、という要求が高まってきている。このような背景により、今後、流し撮り撮影の要求は高まってくると思われる。

我々の知識の及ぶ範囲では、流し撮りを合成する手法には、山本らによる高速カメラにより撮影した画像列を用いた手法 [8] がある。手法では 120fps の高速なフレームレートで撮影した動画から得られる画像列からオプティカルフ

¹ 鹿児島大学情報生体システム工学専攻
Department of information science and biomedical engineering, Kagoshima University, Kagoshima, Kagoshima-shi Korimoto 1-32-40, 890-0065, Japan

² 九州大学大学院システム情報科学研究院
Graduate School of information science and electrical engineering, Kyushu University

a) mikamo@ibe-kagoshima-u.ac.jp

ローを計算し、補間することで、撮影後、指定した被写体を中心とした流し撮り合成が可能である。滑らかなブラー結果を得るには撮影間隔が十分短い連続画像が必要であった。

提案手法では、30fpsの一般的なフレームレートで動画撮影可能な一眼レフカメラを利用する。ただし、シャッタースピードは1/30よりも速く設定可能であるため、ブレのない被写体を取得可能である。そして、動画から得られる連続画像と、その中の一枚から得られる被写体を用いることで、流し撮り効果を持つ画像を合成する。提案手法では、連続画像の背景と前景を分離し、背景にモーションブラーを適用した後、合成する方法をとる。これにより、連続画像を足し合わせて合成した場合に発生するアーチファクトを防ぐ。

2. 流し撮り

流し撮りではシャッターを開放したまま、カメラを被写体を追うように移動させる。このため、シャッターの開放時間、すなわち、シャッタースピードの設定を通常の撮影よりも考慮する必要がある。単にシャッターを開放してカメラを動かせばブラーは発生するが、流し撮りではその間に被写体を追うことで、得られる写真中で被写体がブラーを含まないようにする。一方で、背景だけにブラーを適用することで、被写体に躍動感を持たせる効果がある。

流し撮りでは被写体の動きに合わせてシャッタースピードを設定する必要がある。シャッタースピードが速い場合、シャッターの開放時間は短くなる。その結果、被写体の移動距離が短くなり、その結果、背景のブラーが少なくなり、これは躍動感が表現できない。シャッタースピードが遅い場合、シャッターの開放時間は長くなる。その結果、被写体の移動距離が長くなる。その結果、背景のブラーが多くなり、躍動感を表現することができる。しかし、長すぎる場合に明るい写真になり易い。また、シャッターの開放時間が長くなるほど、その分、余計な手振れなどの影響も受けやすくなる。これらを考慮した適切なシャッタースピードの設定が必要である。

また、自動露出機能を使ってシャッタースピードを調整した場合、被写体の動きに合わせてカメラも移動させるため、撮影対象シーンが固定されず、カメラが適切な絞り値を自動的に設定できるとは限らない。そのため、撮影結果は明るすぎたり、暗すぎる結果になり易い。

さらに、対象によっては適切なシャッタースピードを設定することが困難な場合もある。すなわち、自身に動く部分が含まれる被写体が移動する場合である。このような場合、被写体の移動に合わせたシャッタースピードの設定では、所望の結果を得られないことが多い。これについて図2の被写体がヘリコプターの例で説明する。流し撮りをするためにはシャッタースピードをある程度遅く設定する必要がある。しかし、遅く設定した場合、ヘリコプターの特



図2 被写体自身が高速に動く部分を含むため、流し撮りのシャッタースピード設定が困難な例。



図3 十分なシャッタースピードで撮影できていない例。

徴であるプロペラの様子は設定したシャッタースピードが遅い場合、撮影結果ではぶれにより重なってしまう。図2はプロペラの様子がわかる程度のシャッタースピードで撮影した例である。また、図3に適切露光に設定しているが、シャッタースピードが遅く、被写体にブラーが含まれている例である。

本稿では、動画を用いた流し撮り撮影手法を提案する。提案手法では、シャッタースピードは速く設定し、できるだけ被写体にブラーを含まないようにする。

3. 提案手法

提案手法では、入力動画から背景と前景を分離し、背景にはモーションブラーを適用し、前景はそのまま画像を重ね合わせる。

入力動画にはブラーのない高速なシャッタースピードで撮影されたものを利用する。これは、被写体と背景を分離しやすくするためであり、また、得られる流し撮り合成結果の被写体にブラーが含まないようにするためでもある。

図4に提案手法の流れを示す。入力には流し撮り対象を撮影した動画と、事前にそのシーンを適正露出で撮影した画像を用いる。動画中の流し撮り対象にはブラーができるだけ含まないようにするため、シャッタースピードは高速に設定する。シャッタースピードを高速にすれば、露光

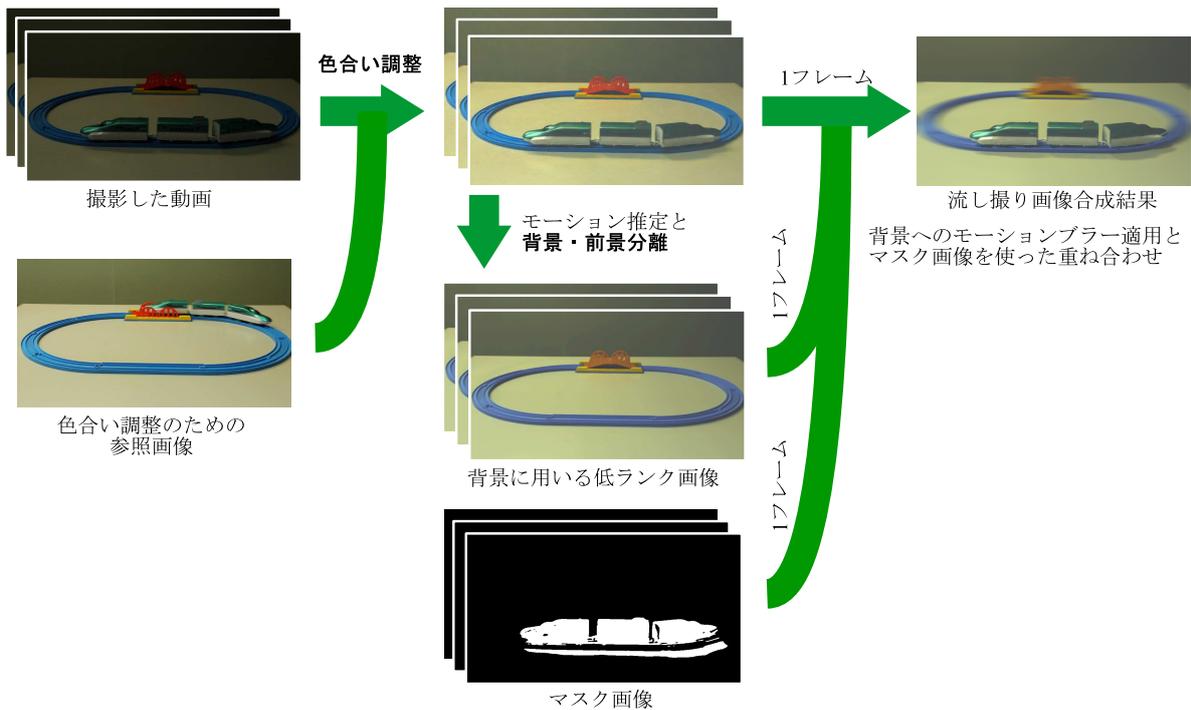


図 4 提案手法の流れ.



図 5 動画中の選択した領域からオプティカルフローを計算する

量が減るため、暗い動画になる。暗い動画を適切な色合いに変換するために、事前にそのシーンを適正露出で撮影した画像を用いる。適切な色合いに変換するために、我々は Reinhard らが提案している Color Transfer [5] を用いた。

次に、色合いの調整された動画から、被写体のオプティカルフローを求める。オプティカルフローを計算するには、動画から流し撮りの被写体を選択し、その領域中から計算する (図 5)。

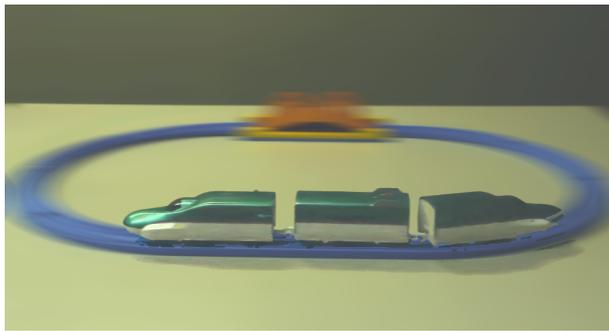
オプティカルフローの角度、大きさは、後の手順で、背景にモーションブラーを適用するために利用する。そして、背景・前景の分離を行う。前景と背景の分離は、Shu らが提案している手法 [6] を用いた。この手法では動画にランク計算を用いて背景と前景を分離する。Shu らの手法は前景をフレーム間で移動する物体の輪郭、背景を低ランク画像として分離することができる。これは次の考えに基づいている。すなわち、動画に主成分分析を適用したとき、フレーム間で居映している動画中の移動物体を含ま

ない領域は、成分の寄与が大きな部分である。一方、動画中の移動物体を含む領域は、フレーム毎に異なるため、成分の寄与が少ない部分である。低ランク画像はランクの低い部分、すなわち、成分の寄与が大きい、移動物体を含まない領域であり、その結果背景になる。

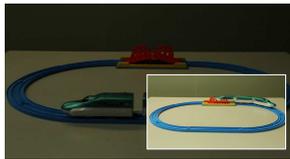
前景・背景の分離手法は、監視カメラからの人物検出などで利用される。人物検出のような条件では、カメラは固定され、人物が含まれない画像が簡単にえられる。そのため、この背景を用いるという前提条件がしばしば利用される。提案手法では、対象が流し撮りであるため、この前提条件が成り立たない場合が多い。そのため、低ランク画像に分解する手法を用いる。提案手法では実装には Matlab を用いた LRSLibrary に実装されているもの [7] を用いた。

そして、得られた背景の画像にオプティカルフローから計算した角度、大きさを用いてモーションブラーに適用する。ブローカーネルの大きさはオプティカルフローから計算した角度と量から決定する。すなわち、カーネルの横幅を、オプティカルフローの大きさの余弦、縦幅を正弦、対角の長さが大きさである。ブローカーネルは対角線が横切る要素が 1 であり、その他の要素が 0 である行列を正規化したものである。

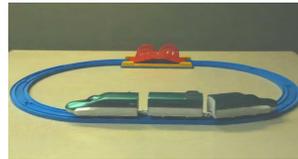
色合い調整した動画フレームと背景に用いる低ランク画像フレームと、マスク画像フレームから、所望の 1 フレームを取り出す。背景にはモーションブラーを適用したものと、色合い調整した動画フレームをマスクを用いて合成することで、被写体にブローがなく、背景にはブローが含まれる、流し撮り効果を持つ画像合成を実現する。具体的に



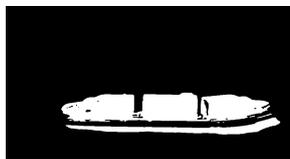
(a) 提案手法を適用した結果



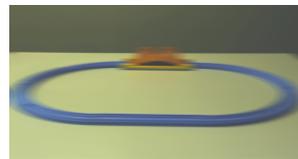
(b) 動画フレームと色合い調整のための参照画像



(c) 色合いの調整結果



(d) マスク画像



(e) 背景に用いた低ランク画像

図 6 提案手法を適用して得られた結果 (屋内で撮影した動画に適用).

は次式を用いて合成する.

$$I_F(x) = I_B(x)(1 - M(x)) + M(x)I(x) \quad (1)$$

ここで, $I_F(x)$ は流し撮り合成結果, $I_B(x)$ は背景画像, $M(x)$ はマスク画像, $I(x)$ は色合いを調整した動画フレームである.

4. 結果

提案手法を適用して得られる結果を図 6, 図 7 に示す. (a) は提案手法を適用して得られた結果, (b) は入力に用いた動画フレームと右端には色合い調整のために用いた参照画像, (c) は (b) の動画フレームに対して色合いの調整を行った結果, (d) 得られるマスク画像, そして (e) は得られた低ランク画像である. 図 6 は提案手法を屋内で撮影した動画に適用した結果, 図 7 は提案手法を屋外で撮影した動画に適用した結果である. 屋内で撮影した動画は, 動画中で被写体である玩具の電車だけが移動する, 理想的な状況である. それに対して, 屋外で撮影した動画中には, 自動車や路面電車だけでなく, 雲など, 多くのものが移動する状況である.

図 6, 図 7 のいずれの場合も撮影用のカメラには Canon EOS 60D[2] を使用した. カメラの設定は表 1 に示すとおりである.

このカメラを用いて 30fps の動画を記録する場合, 最も遅いシャッタースピード設定が 1/30 である. これよりも高速なシャッタースピードを設定した場合, そのシャッ



(a) 提案手法を適用した結果



(b) 動画フレームと色合い調整のための参照画像



(c) 色合いの調整結果



(d) マスク画像



(e) 背景に用いた低ランク画像

図 7 提案手法を適用して得られた結果 (屋外で撮影した動画に適用).

表 1 撮影時のカメラ設定 (Canon EOS 60D 使用)

図番号	図 6	図 7
シャッタースピード	1/150	1/200
F 値	8	16
ISO 感度	1000	100

タースピードで撮影された画像が 30fps の動画で記録される. 例えば, シャッタースピード 1/200 に設定して撮影した 30fps の動画の各フレームは, シャッタースピード 1/200 で撮影された画像である.

4.1 移動物体が被写体だけである場合

図 6(a) から, 提案手法を適用することで, 前景にはブラーを含まず, 背景にはブラーを含む, 流し撮り合成結果が得られることがわかる. しかし, 次のような改善すべき点も挙げられる. (c) の色合いの調整では, 参照画像と比べ, 赤がくすんでいることがわかる. また, (d) のマスク画像は白い領域内に黒い部分が残る. その結果, (a) 中では, 本来, 前景になって欲しい部分にも背景の色が現れている.

4.2 移動物体が被写体の他にもある場合

図 7(a) も同様に, 前景にはブラーを含まず, 背景にはブラーを含む, 合成結果が得られることがわかる. 提案手法の特長に, 流し撮りの被写体を増やすことができる効果がある. 図 7(a) 中では, 左側の車と, 右側の路面電車の両方

が別々の方向に移動している。それに対して、どちらにも流し撮りの効果を付加することができる。先に述べた色合いの調整、マスク画像についての改善点は、図6の場合と同様である。

5. 今後の課題

現在得られている結果から、さらに質の高い結果を得るために次に挙げる課題が考えられる。すなわち、1. 色合いの調整、2. ノイズの除去、3. 背景の分離である。これらについて次に詳細に述べる。

5.1 色合いの調整について

色合いの調整は、現在、Reinhardらにより提案された手法 [5] を用いている。対応する領域の色合い調整ではなく、各チャンネルごとの処理であるため、現在の提案手法適用結果では色合いの変換結果が十分でない結果が見られる。

Rainhardらの手法は色合いを変更したい画像をソース画像、近づきたい色合いを持つ画像をリファレンス画像とし、ソース画像の色合いをリファレンス画像に近づけるものである。具体的には、ソース画像、リファレンス画像をlab表色系に変換し、その表色系において、ソース画像各チャンネルの平均、分散をリファレンス画像各チャンネルのそれに近づく。これにより、ソース画像、リファレンス画像の各チャンネルの色分布を近づけることで、色合いを近づける。

近年では、機械学習を利用した色合いの変換なども提案されている [3]。今後、手法 [3] や、その他にも更に良い結果が得られる手法があればそれらを適用し、最も良い効果を得られるものをフレームワークに採用する。

5.2 ノイズの除去について

提案手法では、入力動画は露光量の少ない、暗い動画である。そのため、色合いの調整を行い、明るい画像に変換する。しかし、変換後にノイズが目立つようになる。この問題に対処するため、ノイズ除去手法を適用することが考えられる。近年、機械学習を利用したノイズ除去手法が盛んに報告されている。その中でもLehtinenらにより提案された手法であるNoise2Noise[4]はノイズを含んだ訓練画像から、ノイズを除去した結果を得られる手法である。これは、ノイズを含まない画像を必要としないため、容易にデータセットを作ることができるという特長がある。このようなノイズ除去手法をフレームワークに取り込んでゆく。

5.3 背景の分離について

提案手法では一般的な、前景、背景分離問題で使われる、前景の存在しないシーンの画像を用いることができない。そのため、現在は低ランク画像を得ることで、背景と前景

を分離している。現在のフレームワーク中の手法では、ある程度前景となる領域が取得できているが、まだ不十分な部分もある。これを改善する必要がある。

6. まとめ

本稿では、流し撮り効果を持つ画像の合成方法のフレームワークを提案した。提案手法の特長は、低フレームレートの動画から、流し撮り効果を持つ画像を得られることである。速いシャッタースピードから得られた画像を用いることで、ブラーのない被写体を得ることができる。しかし、その速いシャッタースピードのため、被写体は暗く映ってしまう。それを補正するために、既存の色合いを調整する手法を用いた。

提案手法では低ランク画像を背景として分離し、それに対してモーションブラーを適用する。このため、連続画像を足し合わせた場合に発生するアーチファクトを防ぐことができる。

実験結果により提案するフレームワークで流し撮り効果を持つ画像が得られることを示した。フレームワークは複雑なものではなく、各処理は簡単に他手法に置き換えることのできるものである。今後は、前節で挙げた課題を解決し、得られる合成結果の画質向上に取り組む。

参考文献

- [1] ANA: 離陸に向けてスピードを上げる旅客機のフリー素材 (写真), PAKUTAS (オンライン), 入手先 (<https://www.pakutaso.com/20180719186post-16716.html>) (参照 2019-11-01).
- [2] Canon: CANON CAMERA MUSEUM, Canon (online), available from (<https://global.canon/ja/c-museum/product/dslr805.html>) (accessed 2020-2-19).
- [3] He, M., Liao, J., Chen, D., Yuan, L. and Sander, P. V.: Progressive Color Transfer With Dense Semantic Correspondences, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, pp. 1–18 (2019).
- [4] J.Lehtinen, J.Munkberg, J.Hasselgren, S.Laine, T.Karras, M.Aittala and T.Aila: Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data, *Proc. of International Conference on Machine Learning*, pp. 1–12 (2018).
- [5] Reinhard, E., Ashikhmin, M., Gooch, B. and Shirley, P.: Color Transfer between Images, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, pp. 34–41 (online), DOI: 10.1109/38.946629 (2001).
- [6] Shu, X., Porikli, F. and Ahuja, N.: Robust Orthonormal Subspace Learning: Efficient Recovery of Corrupted Low-rank Matrices, *Proc. of International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1–8 (2014).
- [7] Sobral, A.: Low-Rank and Sparse Tools for Background Modeling and Subtraction in Videos, GitHub (online), available from (<https://github.com/andrewssobral/lrslibrary>) (accessed 2020-2-10).
- [8] 山本皓平, 津田香林, 田中賢一郎, 久保尋之, 船富卓哉, 向川康博: 短時間露光画像列の演算によるリパンニングの実現, 第216回CVIM研究会予稿集, pp. 1–8 (2019).