

平行ステレオ画像を用いた ガラス越し遠景夜景画像からの映りこみ除去

油井 広明[†] 山下 淳[†] 金子 透[†]

[†] 静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: [†] {f0710149, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

あらまし 我々の生活の中でガラス越しに撮影したカメラ画像には、ガラス表面の反射により周囲の人や物体が映り込むことがある。この映り込みは、ガラスが完全な透明物体でなく表面で反射するために起こり、夜景画像において顕著に現れる。本論文では、遠景の夜景画像からガラス面に対して平行に位置している物体の反射像を除去する手法を提案する。我々の提案する手法は、平行ステレオ画像を用いて左右カメラの画像間において、遠景の夜景には視差がなく、近景の映り込み物体には一定の視差があることを利用する。実験により、本手法が映り込み除去に有効であることを示す。

キーワード 映り込み, 夜景画像, 遠景, 平行ステレオ

Removal of Reflection from Nightscape Images of Distant View through Window Glass by Using Parallel Stereo Vision

Hiroaki YUI[†] Atsushi YAMASHITA[†] and Toru KANEKO[†]

[†] Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 432-8561, Japan

E-mail: [†] {f0710149, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract Sometimes camera images taken through window glass have reflections owing to reflectivity of the glass surface. This phenomenon is noticeable in nightscape images because reflection intensity is considerable compared to the outside objects. This paper proposes a method for removing reflections of objects which are parallel to the glass surface from nightscape images of distant view. The method uses a parallel stereo image pair, in which there are no disparities between corresponding points of outside objects in left and right images but are constant disparities for reflecting objects. Results for preliminary experiment are given to show the effectiveness of the proposed method.

Keyword Reflection, Nightscape Image, Distant View, Parallel Stereo

1. 序論

我々の身の回りには多くの映り込みが存在する。映り込みとは、ガラスが完全な透明物体でなく表面で反射するために、ガラスなどの透明物体に周囲の物体や人が映る現象のことである。例えば、ビルの窓ガラスや街のショーウィンドウ、夜間の車・電車・バスの窓ガラスなどで車内の人や物体が映り込み、窓ガラスの向こう側の景色と混ざり合うことがある(図1)。また、映り込みは特に夜間における夜景の撮影などでは顕著に現れる。

夜景をカメラで撮影する際は、室内と外との明暗差が大きいため映り込みが大きく現れる問題がある。高層ビルなど室内からガラス越しでしか撮影を行えない場合は、映り込みを防ぐことが困難であり、本来撮りたい撮影対象のみ撮影することができない場合がある。

映り込みを除去する従来研究には、ガラスの表面で反射した光(映り込み)が偏光する性質を利用したも

のがある[1-3]。これはカメラに偏光フィルタを付け、回転させながらガラスに映る映り込みの強さの異なる複数枚の画像を取得して除去する手法である。しかし、これらの手法では偏光フィルタが必要であることや画像を複数枚撮影しなければいけないこと、装置が複雑になることなどの問題がある。

また、他には絞り調節やフォーカス調節によって生じる焦点ぼけの変化を利用した手法[4]がある。この手法は、映り込みと撮影対象それぞれに焦点を合わせた



(a)窓ガラス



(b)ショーウィンドウ

図1 映り込みの一例

画像に点拡がり関数 (PSF) を用いて画像を復元している。しかしこの手法は、単色画像が前提であることや再現性が悪いことが問題である。

本研究では、上記の問題に対して2台のカメラからなるステレオカメラで撮影を行う。ステレオカメラでは、対象物を複数の異なる方向から同時に撮影できる特徴がある。そこで、本手法ではステレオカメラを用いることで、1回の撮影で2枚の異なる画像を取得し、映り込みの映る位置の違い (視差) を利用することで映り込みの除去を行うことを目的とする。

2. 前提条件

本研究では映り込みと夜景は以下の条件で撮影する。窓ガラスとステレオカメラ及びガラスに映り込む室内の物体 (映り込み物体) の配置は全て平行で行う (図2)。このときカメラは平行ステレオであり、夜景や映り込みはガラスの屈折の影響を考慮しないものとし、映り込み物体は平面物体で取得画像上で視差が一様になるものとする。

取得画像においては、夜景は遠方であるため視差が非常に小さく、ゼロであるとみなすことができる。映り込みは、夜景よりも近く室内にあるため視差があり、夜景の一部と混合して映っているものとする。

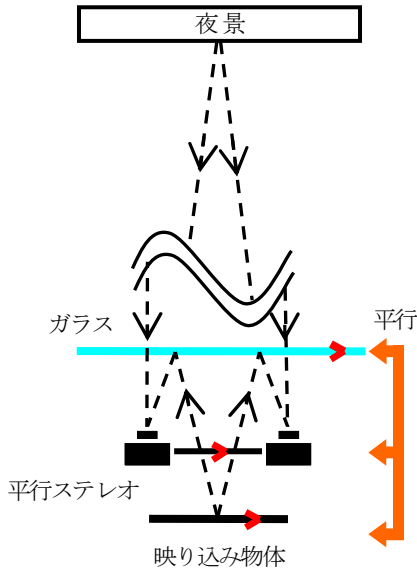


図2 配置図

3. 処理手順

本研究では、まず2台のカメラからなるステレオカメラでステレオ画像を取得する (3.1節)。次に、取得したステレオ画像を用いて映り込みの除去を行う (3.2節)。

3.1. ステレオ画像取得

撮影は3脚にカメラを2台固定させたステレオカメラを用い、映り込みの位置が異なる夜景画像を2枚取得する。このとき、カメラの焦点距離やホワイト balan

ス、露出時間などの設定は2台のカメラで全て同じとする。

3.2. 映り込み除去

本研究での映り込み除去の方法を説明する。まず、ステレオカメラで撮影した画像には夜景と映り込みの2つが混合している (図3)。ここで撮影画像において夜景と映り込みは、式(1), (2)のような足し合わせと仮定する。

$$I^L(x, y) = I_f^L(x, y) + I_b(x, y) \quad (1)$$

$$I^R(x, y) = I_f^R(x, y) + I_b(x, y) \quad (2)$$

ただし、 $I^L(x, y), I^R(x, y)$ は撮影した左右カメラ画像の画素値、 $I_f^L(x, y), I_f^R(x, y)$ は映り込みの画素値、 $I_b(x)$ は夜景の画素値であり、夜景の視差をゼロであるとみなしているため、左右カメラ画像で同じである。

また、2枚の画像間での映り込みの横方向の位置の違いを視差 d とする。 (x, y) の x は画像の水平方向の位置、 y は垂直方向の位置である。

ここで、式(1), (2)に映り込みの視差 d を考え、 $I_b(x)$ について解くと式(3), (4)となる。垂直方向 y は、カメラが平行ステレオであり、左右カメラ画像において同一走査線となるため考慮しなくて良い。

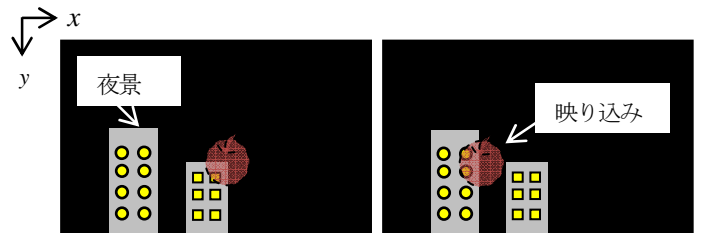
$$I_b(x) = I^L(x) - I^R(x-d) + I_b(x-d) \quad (3)$$

$$I_b(x) = I^R(x) - I^L(x+d) + I_b(x+d) \quad (4)$$

ここで、式(3)は左カメラ画像から映り込みを除去し、式(4)は右カメラ画像から映り込みを除去する式である。

式(3)を例にとり $I_b(x)$ を求める流れを以下に示す。

1. 撮影画像より映り込みの視差 d を求める。
2. 出力画像 (図4) に左カメラ画像から $I_b(0) \sim I_b(d-1)$ の画素値を与える。
3. $x = d$ の位置から式(3)より1画素ずつ全画素に対して $I_b(x)$ を求める。



(a) 左カメラ画像 (b) 右カメラ画像

図3 撮影画像

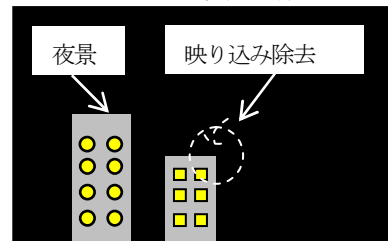


図4 出力画像

4. 実験

本手法の有効性を確認するために3種類の実験を行った。

1つ目は、夜景の視差がゼロという条件において除去を行ったシミュレーション実験である。

2つ目は、実際に撮影した映り込みのある夜景画像に対して有効であるか、視差ゼロの条件は残し、映り込みの除去を行う実験である。

3つ目は、ステレオカメラで撮影した画像に対して映り込みを混合させ除去を行ったシミュレーション実験である。

以下にそれぞれを示す。

4.1. 単眼カメラによるシミュレーション実験

単眼カメラで夜景のみを撮影した1枚の画像（図5）を用いた。次に撮影した画像に映り込み（図6）を視差をつけ混合させ、映り込みの異なるステレオ画像を生成した（図7）。

カメラはNikon社製のD200を3脚に取り付け撮影し、画像サイズは3872×2592pixel、ISO感度は100、露出時間は2秒、F値は4.5で行った。

図8に除去処理画像を示す。図7と図8を比較すると図8(a)、(b)共に映り込みの除去ができていることが確認できる。以上の結果より、左右カメラ画像において夜景の視差がゼロである場合において、本手法の有効性を確認できた。



図5 撮影画像



図6 映り込み



(a) 左カメラ画像



(b) 右カメラ画像

図7 ステレオ画像（撮影画像+映りこみ）



(a) 左カメラ画像からの除去



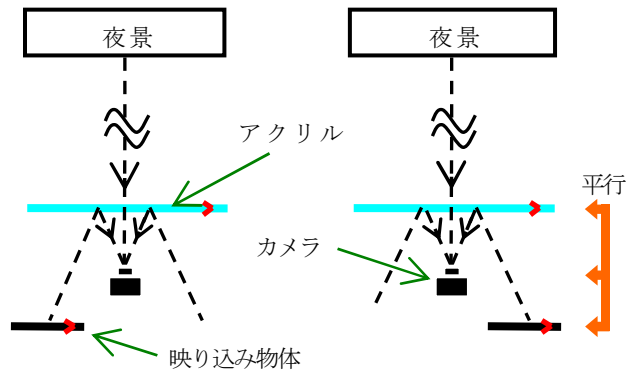
(b) 右カメラ画像からの除去

図8 処理画像

4.2. 単眼カメラを用いた実際の映り込みの検討

2台のカメラを3脚に手で取り付け撮影をしても、互いの光軸が平行な平行ステレオにならず、左右カメラ画像で夜景の視差がゼロにならない問題がある。そこで、カメラは固定し、映り込み物体の位置を移動させてステレオ画像を取得した。取得したステレオ画像は、映り込みに一定の視差があり、夜景の視差はゼロとなる。実験は、夜景の視差がゼロで実際の映り込みに対して除去を行った。

映り込み物体は図11を用い、1回目の撮影後にスライダで平行状態を保ちながら水平に動かし、2回目の撮影を行い、夜景の視差がゼロで映り込みのみ一定の視差があるステレオ画像を取得した（図9）。



(a) 1回目の撮影

(b) 2回目の撮影

図9 スライド撮影方法

実験環境は図10の屋外環境で行った。ガラスはボールに取り付けたアクリル板（図10）を用い、カメラは4.1節で用いたD200を1台使用し、同じ設定で撮影を行った。

次に実験結果を示す。図12に撮影した左右カメラ画像を示す。図13(a)は式(3)を用いて左カメラ画像から映り込みを除去した画像、(b)は式(4)を用いて右カメラ画像から映り込みを除去した画像である。



図10 撮影環境



図11 映り込み物体とスライダー

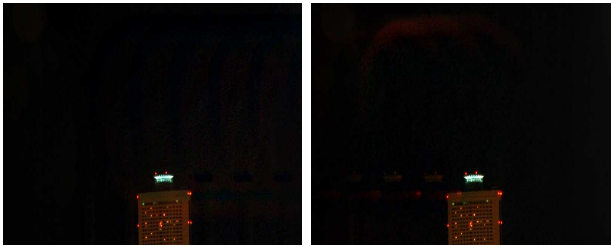


(a) 左カメラ画像



(b) 右カメラ画像

図12 撮影画像



(a) 左カメラ画像からの除去 (b) 右カメラ画像からの除去
図13 処理画像

図13を見ると、映り込みの除去ができた部分と残っている部分がある。図13(b)に建物部分が現れた原因は、左右カメラ画像間で映り込みの視差が一樣でなく、視差推定に誤差が出たことが挙げられる。これにより画素値計算に誤差が生じ、建物部分が現れたと考えられる。

映り込みが残っている原因は、画像内の映り込みの左側と右側で色合いの違いが大きいために挙げられる。これにより画素値計算に連鎖的に誤差が生じ、映り込みが残ったと考えられる。

4.3. ステレオカメラによるシミュレーション実験

実験は、図14に示す屋外環境で行い、ステレオカメラで夜景のみを撮影した画像（図16）を用いる。次に撮影した画像に映り込み（図15）を視差をつけ混合させ、映り込みの異なるステレオ画像を生成した（図17）。

カメラはNikon社製のD700を2台3脚に取り付けたものを用いた。画像サイズは4256×2832pixel, ISO感度は200, 露出時間は10秒, F値は8で行った。

また、夜景を撮影する前にカメラのキャリブレーションを行い、ステレオ画像を平行化した。

図18に除去処理画像を示す。図17と図18を比較すると、左右カメラ画像から映り込みの除去ができ、本手法の有効性を確認できた。

しかし、図18(a), (b)に建物の輪郭が現れている部分がある。この原因は、同機種2台のカメラを用いても色合いが異なるために、左右カメラ画像の画素値に差が出たことが挙げられる。

また、4.2節で述べた夜景の視差がゼロにならないことも原因として挙げられる。

5. 結論

ステレオカメラで撮影した2枚の画像から映り込みのみ視差が異なることを利用して、映り込みを除去する手法を提案した。実験結果より、左右カメラ画像から映り込みの除去ができ、本手法の有効性が示された。

今後の課題として、図13のように映り込みや建物部分が残る場合の除去手法の検討がある。また、ステレオカメラを用いる際の左右カメラ画像の色合いの調整を行うことや位置合わせを行うことが挙げられる。



図14 実験環境



図15 映り込み



(a) 左カメラ画像



(b) 右カメラ画像

図16 撮影画像



(a) 左カメラ画像

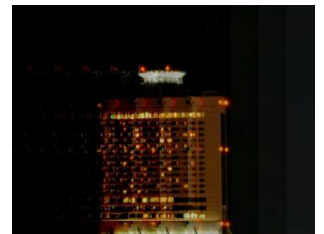


(b) 右カメラ画像

図17 ステレオ画像（撮影画像+映りこみ）



(a) 左カメラ画像からの除去



(b) 右カメラ画像からの除去

図18 処理画像

文 献

- [1] Alexander M. Bronstein, Michael M. Bronstein, Michael Zibulevsky and Yehoshua Y. Zeevi: "Blind Separation of Reflections Using Sparse ICA", Proceedings of the 4th Symposium on Independent Component Analysis and Blind Single Separation, pp.227-232, 2003.
- [2] Yoav Y. Schechner, Joseph Shamir and Nahum Kiryati: "Polarization-based Decorrelation of Transparent Layers: The Inclination Angle of an Invisible Surface", Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Computer Vision, Vol.2, pp.814-819, 1999.
- [3] 岩瀬正樹, 山村毅, 田中敏光, 大西昇: "映り込み分離カメラシステム", 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J81-D, No. 6, pp.1224-1232, 1998.
- [4] Yoav Y. Schechner, Nahum Kiryati and Ronen Basri, "Separation of Transparent Layers Using Focus", International Journal of Computer Vision, Vol. 39, No.1, pp.25-39, 2000.