

# ステレオ視による視差の違いと時系列の情報を用いた 画像からの紙ふぶき除去

伊東 祐<sup>†</sup> 山下 淳<sup>†‡</sup> 金子 透<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学工学部機械工学科 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

<sup>‡</sup> カリフォルニア工科大学 1200 E. California Blvd. MC 104-44, Pasadena, CA 91125, USA

E-mail: {f0730011,tayamas,tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

**あらまし** 本論文では、ステレオ画像から紙ふぶきを除去する手法の提案を行う。具体的には、動画像中から背景差分法により動物体を検出し、動物体の3次元座標値をもとに紙ふぶきと紙ふぶき以外の動物体の判別を行う。その後、紙ふぶきと判定された動物体を除去する。従来のステレオ視の視差の違いを利用して補間する手法や時系列の情報で補間する手法では、紙ふぶきを除去出来ない場合がある。そこで、上記2つの手法を状況に応じて使い分けることで、紙ふぶきを除去し、より鮮明な映像を得ることを目的とする。

**キーワード** 紙ふぶき除去, ステレオ視, 視差, 時系列, 背景差分法

## 1. 序論

近年、コンピュータの高性能化や低価格化に伴い、防犯対策などを目的とした監視カメラの普及や、人命救助や水中探査などを目的とした自律移動ロボットの開発が進められている。

監視カメラや自律移動ロボットから得られた映像は、監視や探索・ロボットの走行などの目的のため、できる限り視野を妨げるものが写らないことが望ましい。しかし、実際には、陸上で撮影された映像には降雨や降雪・花びら・枯葉・紙ふぶきなど、水中で撮影された映像には浮遊物や魚など視野を妨害するものが写りこんでいることがある。したがって、これらの視野妨害を起こすノイズを検出し、除去することで、それぞれの目的を遂行しやすくすることが必要になる。そこで、本研究においては、視野妨害ノイズの一例として紙ふぶきを取りあげ、画像中に写る視野妨害ノイズの除去手法を検討する。

画像から検出された視野妨害ノイズの除去には様々な手法が提案されている。その1つとして、輝度勾配の連続性を保ちながら視野妨害ノイズ領域の除去を行う Image Inpainting[1]がある。この手法は輪郭の再現性は良いが、不規則なテクスチャパターンに対しての再現性が悪いという特徴がある。テクスチャパターンの再現性の高い Inpainting アルゴリズム[2]も提案されている。しかし、これらは周囲のテクスチャからノイズ領域内のテクスチャパターンを推測するものであるため、適切に補間されない場合がある。その他にも、時系列の情報を用いて補間する手法[3]も提案されている。しかし、この手法では、動物体と視野妨害ノイズが重なるときに的確に補間できない場合がある。

今まで述べてきたものは単眼カメラで用いられることが多い。一方、複数カメラを用いた手法として、レンズ

保護ガラス面上に付着した水滴を除去する手法[4][5]などが提案されている。この手法では、検出した視野妨害ノイズに対して視差の違いを利用して補間を行う[4]。視差の違いを利用して補間するには、視野妨害ノイズにより遮蔽された部分の視差を推定する必要がある。しかし、視野妨害ノイズにより遮蔽された部分の視差が適切に求まらないために、補間できない場合がある。

そこで、本研究においては、視差の違いを利用した補間と時系列の情報を用いた補間を状況に応じて使い分けることで、視野妨害ノイズの一例である紙ふぶきを除去し、より鮮明な映像を得ることを目的とする。

## 2. 紙ふぶき除去の手法

本研究では、ステレオカメラで画像を取得し、取得画像から動物体を抽出する。抽出した動物体に対して領域中心を算出し、左右画像で対応付けをする。その後、紙ふぶきと紙ふぶき以外の動物体を判別し、紙ふぶきを除去する。以後、紙ふぶき以外の動物体は観測動物体と記述する。提案手法の処理の流れを図1に示す。

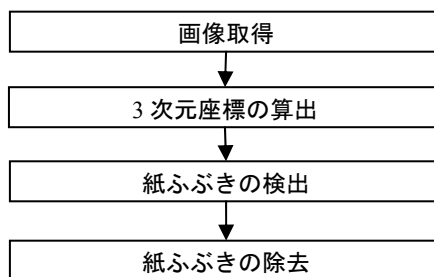
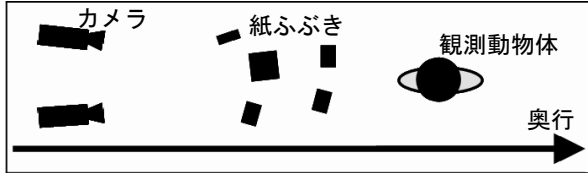
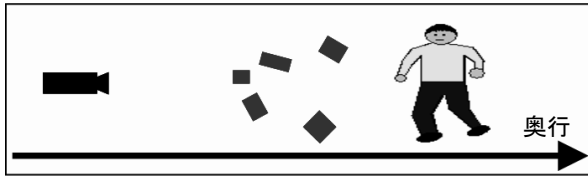


図1 処理の流れ

前提条件は、図2に示すように紙ふぶきは観測動物体よりカメラ側に存在し、固定したステレオカメラで撮影する。また、紙ふぶきの色は単色・既知とし、同色の背景と重ならないとする。さらに、動物体は左右両方のカメラに写ることとし、紙ふぶき同士は重ならないとする。



(a) 上面図



(b) 側面図

図2 撮影環境

## 2.1 画像取得

画像は2台のカメラにより撮影する。画像を取得する前にカメラキャリブレーションを行うことによって、3次元座標の計算に必要なカメラの位置・姿勢等の外部パラメータと像距離等の内部パラメータを求める。取得した画像は、2.3節で行う左右画像の対応付けを行いやすくするため、平行化を行う。平行化とは、左右カメラの光軸方向・光軸周りの回転角・視点の高さをそろえた画像に変換することである。

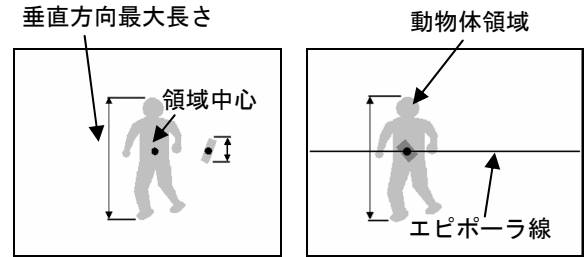
## 2.2 動物体の抽出

取得したステレオ画像に対して、紙ふぶきの検出を行うために3次元座標を算出する。3次元座標を算出するためには、左右画像で対応点が必要になるが、画像全体で対応付けを行うと対応点が求まらないことや誤対応が増えることがある。そこで、本研究では動物体の抽出を行うことで、対応点が必要な動物体だけを扱い、上で述べた問題を抑制する。動物体の抽出は、背景差分法を用いて行う。

## 2.3 3次元座標の算出

2.2節で抽出した動物体領域に対して、左右画像で対応付けを行い、3次元座標を算出する。対応付けは動物体の領域中心を用いて行い、3次元座標は三角測量の原理に基づいて算出する。領域中心を対応付けに用いるのは、左右画像において抽出した動物体の領域中心がほぼ等しくなるためである。動物体の領域中心を求め、領域中心に対して、ステレオ計測で3次元座標を算出する。3次元座標を算出するためには、左画像と右画像の対応点が

必要となる。そこで、左画像で抽出した動物体の領域中心に対して、エピポーラ拘束を用いて右画像で抽出した動物体の領域中心を探索し、対応付けを行う。



(a) 左画像

(b) 右画像

図3 エピポーラ線の算出結果

しかし、図3に示すように左画像の2つの領域の中心に対して、エピポーラ拘束のみを用いた対応付けを行うと、右画像の同じ領域中心を対応点とする。そのため、左画像の2つの領域のうち、どちらの領域中心と右画像の領域中心が対応するかが判断することが出来ない。そこで、抽出した各領域に対して、領域の垂直方向最大長さをを用いて解決する。具体的には、左画像の領域の垂直方向最大長さと右画像の領域の垂直方向最大長さが等しいもので対応付けを行う。これは、平行化した画像において、左右画像に写る同じ動物体領域の垂直方向最大長さは等しくなるためである。

実際の処理では、同じ動物体を左右画像で抽出しても、垂直方向最大長さが多少ずれることがある。そのため、左画像で抽出した領域の垂直方向最大長さ $l$ と、右画像での対応候補領域の垂直方向最大長さ $r_n$ とする。この2つ差 $h$ が最小の領域を探す。この差 $h$ が最小のものを $h_{min}$ とし、 $h_{min}$ が閾値 $M$ より小さいとき、左画像で抽出した領域の対応領域とする((1),(2)式)。しかし、 $h_{min}$ が閾値 $M$ より大きい場合は、左画像から抽出した領域に対応する領域は存在しない。

$$h_{min} = \min |l - r_n| \quad (1)$$

かつ

$$h_{min} \leq M \quad (2)$$

対応付けができた動物体領域の領域中心に対して、3次元座標を算出する。ここで、対応が見つからない領域に対しては、未対応領域とする。

## 2.4 紙ふぶきの検出

紙ふぶき領域の検出には2.3節で求めた3次元座標を用いて行う。2.1節で述べたように前提として紙ふぶきは観測動物体よりカメラ側に存在する。この条件より、2.3節で求めた3次元座標の奥行き値を用いて、紙ふぶきの領域と観測動物体の領域に判別する。判別する際

の閾値は、状況に応じて手動で与える。

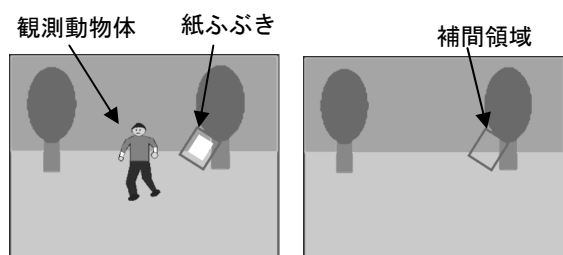
上で述べた処理により、紙ふぶきと観測動物体の領域は検出できる。ここで検出した紙ふぶきの領域の属性を  $T=1$  とし、それ以外の領域の属性を  $T=0$  とする。しかし、紙ふぶきが観測動物体と重なり、観測動物体の領域内部に存在する場合に対応できない。これは、動物体を抽出する際、背景差分法を用いているため、両者を1つの領域として抽出するからである。

そこで、上の処理により求めた観測動物体領域に対して、その領域内部に存在する紙ふぶきと同色の領域を探索する。それにより、紙ふぶきの候補領域を検出する。しかし、これだけでは、紙ふぶきか観測動物体自身の模様か判断することができない。そこで、未対応領域を含めて2.3節で行った領域中心による対応付けを行い、3次元座標を算出する。その後、先の処理同様に奥行きの違いで判別することにより紙ふぶきを検出する。ここで求めた紙ふぶき領域のうち、観測動物体に重なっている領域の属性は  $T=2$  とし、観測動物体に重なっていない領域の属性は  $T=1$  とする。

## 2.5 紙ふぶき領域の除去

紙ふぶき領域の除去は、紙ふぶきと観測動物体が重なっていない場合と、両者が重なった場合で実行する処理を変える。

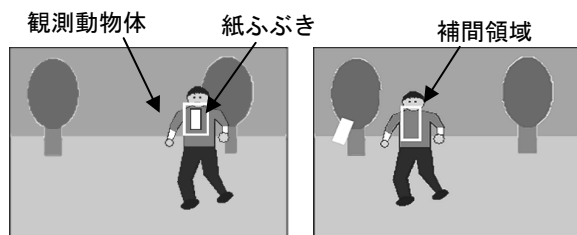
前者の場合は、左右それぞれの画像において背景画像を用いて除去を行う。除去を行う紙ふぶき領域は、2.4節で  $T=1$  と判定された領域である。現在のフレームの紙ふぶきの領域に背景画像の同じ位置にある画素値を持つてくることで紙ふぶきを除去する（図4）。



(a) 現在のフレーム (b) 背景画像

図4 背景画像による除去

後者の場合は、左右画像を用いて除去を行う。除去を行う紙ふぶき領域は、2.4節で  $T=2$  と判定された領域である。紙ふぶきにより遮蔽された観測動物体領域は、もう一方の画像で見える可能性が高い。そこで、もう一方画像情報により紙ふぶきを除去する（図5）。



(a) 左画像 (b) 右画像

図5 左右画像による除去

## 3. 実験

実験は図6に示す環境で行った。背景には、紙ふぶきと同色の領域が存在した。本実験では、白色の紙ふぶきを扱った。また、左右カメラの同期が取れていない問題がある。その場合、紙ふぶきを落下速度が速いと、左右画像で対応がとれないことがある。そこで、実験では紙ふぶきは糸でつるしてゆっくり落下させた。

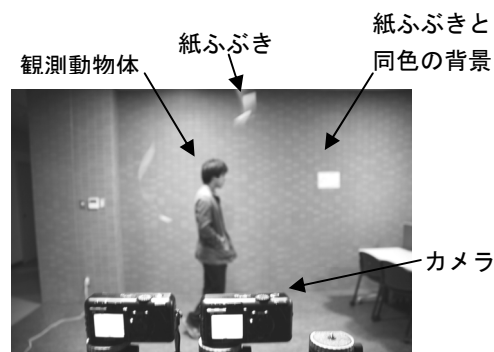
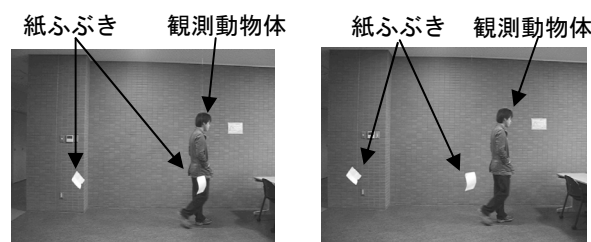


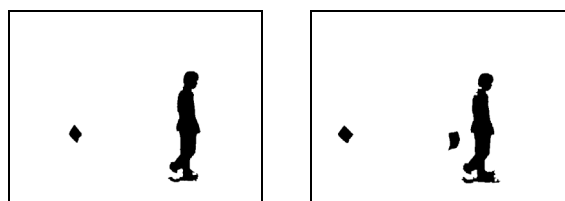
図6 撮影環境

次に実際に処理結果を示す。取得画像を図7に、背景差分で動物体を抽出した結果を図8に、それぞれ示す。取得画像のサイズは  $640 \times 480$  pixels である。画像中から紙ふぶき領域を検出した結果を図9に示す。その際、カメラからの奥行きが2.0mより手前のものを紙ふぶきと判定した。図9において丸で囲んだ紙ふぶきは背景画像を用いて除去を行い、それ以外の紙ふぶきは左右画像によって除去を行った。これを元に紙ふぶきを除去した結果を図10に示す。



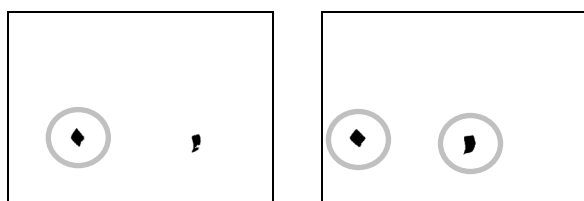
(a) 左画像 (b) 右画像

図7 取得画像



(a) 左画像 (b) 右画像

図 8 動物体の抽出結果



(a) 左画像 (b) 右画像

図 9 紙ふぶき領域の検出結果



(a) 左画像 (b) 右画像

図 10 除去結果

また、以下に左カメラで取得した動画像において、10フレームごとに取得画像とそれから紙ふぶきを除去した除去画像を図 11 に示す。

以上の結果より、ステレオカメラにより取得した画像から紙ふぶき領域を検出し、違和感のない除去画像を得られることが確認できた。また、図 7・図 9 より紙ふぶきと観測動物体が重なるか否かで、補間方法の使い分けができていたことが確認できる。

#### 4. 結論

本研究では、画像中を落下・浮遊する紙ふぶきが観測動物体に重なっている場合と重なっていない場合の2つの観点から、補間方法を使い分け、画像からの紙ふぶき除去する手法を提案した。

今後の課題として、ステレオカメラの同期問題への対応、明るさの変化に頑健な背景差分の導入、紙ふぶきが観測動物体より後方に存在した場合への対応、紙ふぶきの色が未知の場合への対応、紙ふぶきが同色の背景に重なった場合への対応等が挙げられる。これらの検討により、紙ふぶき以外の視野妨害物体にも対応することができる。



(a) 取得画像 (b) 除去画像

図 11 動画像における処理結果 (10 フレームごと)

#### 参考文献

- [1] M.Bertalmio, G.Sapiro, V.Caselles and C.Ballester: "Image Inpainting", Proceedings of SIGGRAPH2000, pp.417-424, 2000.
- [2] M.Bertalmio, L.Vesa, G.Sapiro and S.Osher: "Simultaneous Structure and Texture Image Inpainting", IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.707-712, 2003.
- [3] H.Hase, K.Miyake and M.Yoneda: "Real-time Snowfall Noise Elimination", Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Image Processing, Vol.2, pp406-409, 1999.
- [4] Y.Tanaka, A.Yamashita, T.Kaneko and K.T.Miura: "Removal of Adherent Waterdrops from Images Acquired with a Stereo Camera System", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.89-D, No.7, pp.2021-2027, 2006.
- [5] 山下淳, 蔵本昌之, 金子透: "複数カメラを用いた画像中の視野妨害ノイズ除去", 電気学会論文誌 C, Vol.127-C, No.4, pp.480-488, 2007.