

屋外での使用が可能な視差画像差分を用いた人数推定

加藤貴大† 戸田哲郎‡ 増山岳人† 梅田和昇†

† 中央大学理工学部精密機械工学科 ‡ 中央大学大学院理工学研究科精密工学専攻

E-mail: toda@sensor.mech.chuo-u.ac.jp

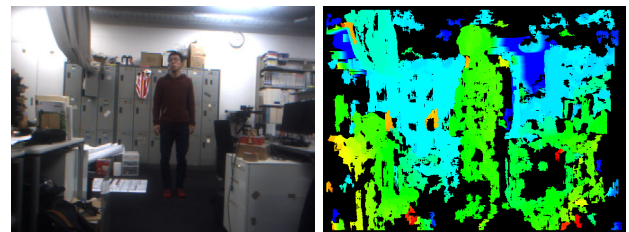
Abstract

日照条件などにより背景のカラー情報が変わりやすい屋外での計測において、一般的なカラー画像による背景差分は、背景画像の更新や影の除去が必要となる。そこで、本論文では照明の変動の影響を受けにくい視差画像を用いた背景差分による人数推定手法を提案している。また、人物が重なって1つの前景領域となった時のために、ステレオカメラから得られる距離情報を基に領域を別々にラベリングする。さらに、距離情報やカラー画像のエッジ検出により誤検出の対策を行っている。最後に、本手法の有効性を検証するために、屋外にて人数を推定する実験を行った。結果は76.4%の検出率で人物を検出でき、誤検出も10.5%と小さかった。人物が画像上で完全に重なってしまっているときや、人物に対して視差が取得できていないときに未検出となってしまうため、この対処が今後の課題となっている。

1 序論

近年、防犯やマーケティングを目的として、カメラやレーザセンサによる人物検出や人数計測の自動化が期待されている。先行研究において、ステレオカメラを使って差分ステレオにより人物を検出する手法が提案されている[1]。しかし、屋外での計測について、背景差分を利用した手法は、日照条件の変化などで背景が時間経過により変化する場合には単純な適用が難しい。そのため、背景画像の更新[2]などの処理が必要になる。また、人物の影が誤検出となるので、影の除去[3]が必要である。カメラではなく、レーザセンサによる人物検出手法[4]があるが、計測距離の短さや、屋外環境では外乱光により計測が困難になる問題がある。

そこで本論文では、視差画像の背景差分により人物を検出し、人数を推定する手法を提案する。視差画像は、背景の色が変化しても画素値が影響を受けにくい。よって、視差画像の背景差分は、背景画像の更新や影の除去などの処理が必要なくなり、照明の変動に対して頑健に人物を検出することができる。また、提案手法ではステレオカメラから取得できる三次元情報を用



(a) カラー画像

(b) 視差画像

図1 ステレオカメラから取得した画像

いて、人物のオクルージョンの対策や誤検出の除去を行うことで未検出や誤検出を低減させる。

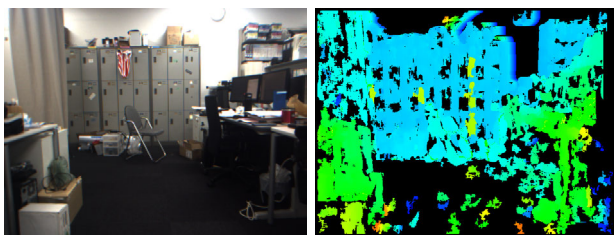
2 人数推定手法

2.1 視差背景差分

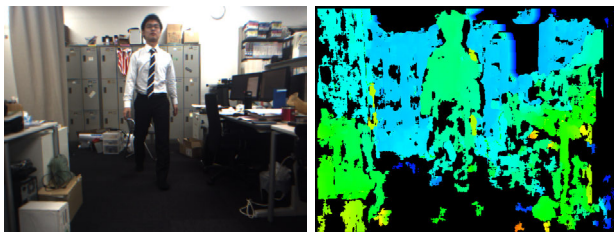
本手法では、人物領域を抽出するために視差画像を用いて背景差分を行う。視差画像はカラー画像と異なり、画素値に色情報ではなく視差情報を持つ。ステレオカメラから取得したカラー画像を図1(a)、視差画像を図1(b)に示す。図1(b)において、ステレオカメラから距離が近いほど視差が大きく赤色に、遠いほど視差が小さく青色で示されてる。また、視差が求まっていない画素は黒色で表されている。視差背景差分の手順は以下の通りである。始めに、ステレオカメラから人物等の移動物体が写っていない視差画像を背景画像として取得する。取得した背景画像のカラー画像を図2(a)、視差背景画像を図2(b)に示す。次に、人物が写った視差画像と背景画像を差分する。人物が写ったカラーの画像を図2(c)、視差画像を図2(d)に示す。最後に、しきい値処理により、差分後の値の差が大きい画素のみを抽出することで前景領域を抽出する。抽出された前景領域を図2(e)に示す。しかし、差分後の結果は人物以外の領域も多く抽出されてしまっている。次節では、この画像から人物を検出する流れについて説明する。

2.2 視差背景差分からの人物検出

視差背景差分によって抽出した前景領域には、ノイズとして人物以外の領域も抽出されてしまう。このノイズは、視差の取得ができなかったり、誤った視差を取得してしまったりすることが原因となっている。この



(a) 背景画像のカラー画像 (b) 視差背景画像



(c) 人物が写ったカラー画像 (d) 人物が写った視差画像



(e) 差分後の画像

図 2 視差背景差分

ノイズを取り除くために、差分後の画像にオープニングとクロージングの処理を行う。処理を行った後の画像を図 3 に示す。この処理により、ノイズの領域をおおよそ除去することができる。

画像中で人物が重なっていた場合、前景領域は 1 つの領域になってしまう。この複数人物が含まれる領域を分けるために、ステレオカメラから得られる光軸方向の距離を使ってラベリングを行う。具体的には、抽出された前景領域の各画素について、上下左右隣り合う画素のうち、距離の近い画素と同じラベルを振っていく。ラベリングを行った後の画像を図 4 に示す。この図の通り、実際には 2 人分の領域であった領域を 2 つに分けることができる。

次に、ラベリングされた領域についてしきい値処理をすることで人物検出を行う。画像上の人物の領域の大きさは、カメラから得られる画像が擬似投影モデルに従っているとすると、距離に応じて次式で表される。

$$W_i = \frac{k_W}{Y_c} \quad (1)$$

$$H_i = \frac{k_H}{Y_w} (\sin \theta - y \sin \theta) \quad (2)$$

ここで、 W_i と H_i はそれぞれ領域の画像上での横幅と縦幅、 k_W と k_H は比例定数、 Y_c は光軸方向の対象までの距離、 Y_w は世界座標系での対象までの距離、 θ はカメラの仰角である。また、 y は画像上での領域の縦方

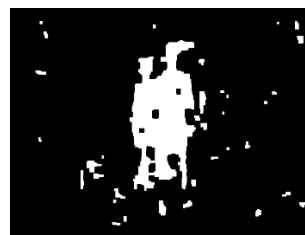


図 3 ノイズ除去後の画像



図 4 ラベリング後の画像

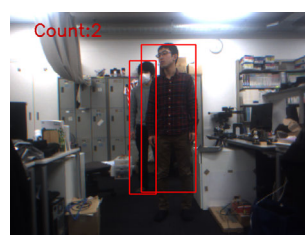


図 5 人物検出結果

向の位置であり、画像中心を 0、画像上端を -1 、下端を 1 に正規化した値を用いる。よって、領域の横幅と縦幅にそれぞれ W_i と H_i をしきい値として設定し、これらの値より大きいときに人物として検出する。しかし、画像上で人物が重なって写っていた場合、後ろ側にいる人物はオクルージョンにより通常より小さく見えてしまう。よって、後ろ側にいる人物についてはしきい値を小さく設定し、抽出された領域が小さくなくても検出されるようにする。以上の人物検出の処理を行った結果を図 5 に示す。

3 誤検出除去

人物検出の結果には、人物以外の検出が含まれる。よって、本手法では誤検出が起こる原因を想定し、それらを除去する処理を行う。

3.1 距離情報による誤検出除去

ステレオカメラから取得できる距離値は、ステレオカメラから遠くなるほど精度が悪くなり、誤検出の原因となることがある。よって、前景領域の代表的な距離値がしきい値 D_{th} 以上の場合、誤検出として除去する。また、地上から 3m 上や地上より下など、人が存在しないであろう場所に人物が検出されたときも、誤検出として除去する。以上、2 つの距離情報による誤検出除去を行うことを考えると、計測範囲は例として図 6 に示す青い範囲内となる。

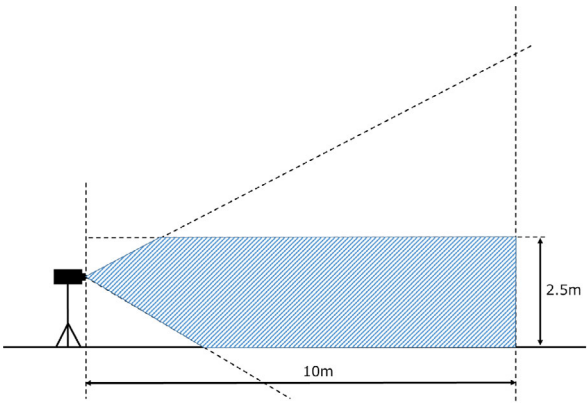


図 6 計測範囲

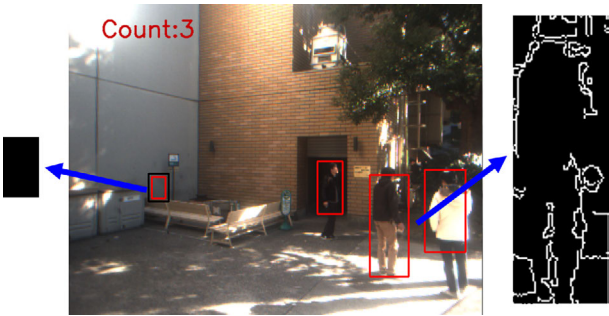


図 7 エッジ検出の結果

3.2 エッジによる誤検出除去

画像上でテクスチャの弱い箇所では、ステレオカメラが誤った視差を取得することが多い。そのため、テクスチャの弱い箇所では誤検出が起こりやすい。この誤検出をエッジ検出 [5] の結果により除去する。まず、人物検出を行い人物と判定された前景領域について、それを囲う最小の矩形内でエッジ検出を行う。そして、テクスチャの弱い箇所ではエッジが検出されないので、矩形内でエッジが少ない場合には誤検出として除去する。エッジ検出の例を図 7 に示す。テクスチャの弱い壁面では、エッジが検出されておらず、一方で人物の部分ではエッジが多く検出されている。

3.3 分離した前景領域の人物検出結果の結合

前景領域がうまく抽出できず、1 人の前景領域が上下 2 つに分かれてしまうことがある。この場合、検出が 2 つになってしまう誤検出となる。これに対して、本手法では 2 つになった検出を 1 つにする処理を行う。まず、2 つの領域が縦に並んでいて、一定ピクセル以上離れていないことを確認する。さらに、2 つの領域のそれぞれの代表的な距離値が近ければ、2 つの領域は 1 人分の領域が分離したものであるとし、1 つの検出結果とする。

4 人数推定実験

本手法の有効性を検証するために、屋外で人数推定実験を行った。実験場所は屋外喫煙所である。使用した

表 1 Bumblebee2 の詳細仕様

Model	BB2-03S2C-38
Resolution	648 × 488
Maximum frame rate	48 fps
Pixel size	7.4 μm
Focal length	3.8 mm

表 2 人物検出の結果

T. P. Rate	F. N. Rate	F. P. Rate
89.5%	23.6%	10.5%

ステレオカメラは Bumblebee2 (Point Grey Research) である。詳細仕様を表 1 に示す。また、カメラは高さ 1.9m、仰角 0° で設置した。さらに、計測範囲は、6 に示すようにカメラから 10m まで、かつ地上から 2.5m までとした。

実験の検出結果の画像を図 8 に示す。画像上の左上の “Count” はその画像での人数推定の結果で、赤い矩形が検出されている人物を表す。また、2 つの赤い矩形をさらに囲う白い矩形は、分離した前景領域が結合されたことを表す。さらに、赤い矩形を囲う黒い矩形は、誤検出除去により人物でない検出として除去されたことを表す。結果の画像から、本手法により、誤検出の除去や人物領域の結合ができていることがわかる。人物の検出結果を表 2 に示す。T.P.Rate (True Positive Rate) は正検出率、F.N.Rate (False Negative Rate) は未検出率、F.P.Rate (False Positive Rate) は誤検出率を表す。この結果から、提案手法により人物の検出ができていることがわかる。F.N.Rate が 23.6% と大きくなっているが、これは人物が完全に重なってしまい見えないこと (9(a)) や、人物について視差が取得できなかったこと (9(b)) が原因となっていた。また、ベンチに座った人物 (9(c)) は、小さく写ってしまうために未検出となることがあった。

5 結論と今後の展望

本論文では、視差画像を用いた背景差分による人物検出手法及び、三次元情報やエッジ抽出によるオクルージョン対策や誤検出除去を行う手法を提案した。実験において、提案手法により人物を検出・誤検出の除去ができたことから、本手法の有効性を示した。

今後は、完全に重なって見えなくなった人物や視差が取れなかった人物がいても人数計測ができるように、時系列フィルタリングを適用して人物のいる位置を推定することで、人数を計測することを目指す。

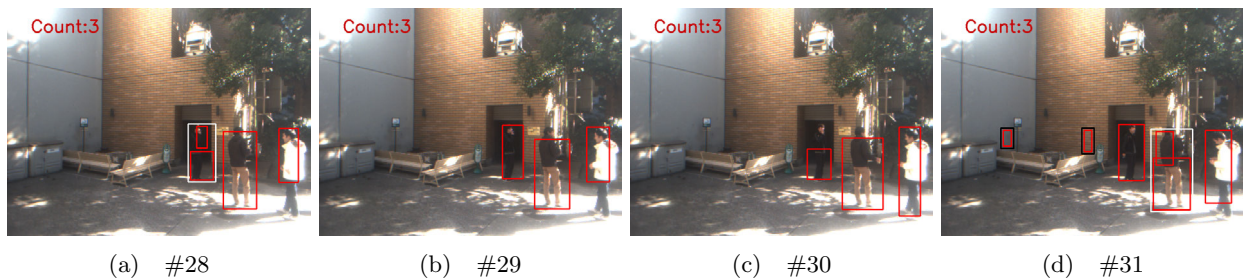


図 8 人数推定の結果



図 9 未検出例

参考文献

- [1] 梅田和昇, 寺林賢司, 橋本優希, 中西達也, 入江耕太:
“差分ステレオ-運動領域に注目したステレオ視-の
提案”, 精密工学会誌, Vol.76, No.1, pp.123-128
(2010)
- [2] 斉藤浩平, 花泉弘: “背景差分処理における背景更
新手法”, 第 59 回自動制御連合講演会, No.16-14,
pp.1295-1298 (2016)
- [3] 田中達也, 島田敬士, 有田大作, 谷口倫一郎: “ノ
ンパラメトリックな動的背景・影モデルに基づいた
映像からの物体抽出”, 情報処理学会研究報告コン
ピュータビジョンとイメージメディア, Vol.J90-D,
No.9, pp.2606-2614 (2007)
- [4] Shan Gao, Zhenjun Han, David Doermann, Jian-
bin Jiao: “Depth Structure Association for RGB-
D Multi-target Tracking,” In Proc. IEEE In-
ternational Conference on Pattern Recognition,
pp.4154-4157 (2014)
- [5] John Canny: “A Computational Approach to Edge
Detection, ” IEEE Trans. Pattern Anal. Machine
Intell., vol. PAMI-8, pp. 679-698 (1986)