

## 人流計測のための差分ステレオの改良 影の除去

寺林 賢司\*, 梅田 和昇 (中央大学 / JST CREST),  
モロ アレッサンドロ, 星川 佑磨, 橋本 優希 (中央大学大学院 / JST CREST)

Improvement of Subtraction Stereo for Measuring Pedestrians - Removal of Shadow

Kenji Terabayashi\*, Kazunori Umeda (Chuo University / CREST, JST)

Alessandro Moro, Yuma Hoshikawa, Yuki Hashimoto (Chuo University / CREST, JST)

### Abstract

For applications such as surveillance system in urban environment, this paper proposes a method to detect pedestrians in an image with removing effect of shadow. Subtraction stereo makes shadow detection based on color information fast by restricting the calculation to subtraction regions. The proposed method is verified in various illumination conditions. The experimental result shows advantage of calculation time.

キーワード：差分ステレオ, 監視システム, 影の検出  
(subtraction stereo, surveillance system, detection of shadow)

### 1. はじめに

都市環境におけるカメラを用いた人の流れの計測は、我々の安全を守る監視システムや都市設計など多くの応用が考えられ、近年重要性が高まっている。画像中から人物検出を行う際に、様々な照明条件によって生じる影が問題となり、影の除去に関する様々な研究が行われている<sup>(1)~(3)</sup>。これらの研究は大別すると、グレースケール情報を利用したもの<sup>(1)</sup>と、カラー情報を用いたアプローチ<sup>(2)(3)</sup>が存在する。一般に、カラー情報に基づく方法は、影の検出性能に優れるが、計算量が多いという問題がある。本研究では、我々が提案している差分ステレオ<sup>(4)</sup>により、人物領域周辺に影の検出処理を制限することによる計算時間の向上を目的とする。

### 2. 差分ステレオによる影の検出処理の高速化

差分ステレオは、ステレオマッチングにおける探索範囲を差分領域へ制限することによりロバスト化および高速化を図る手法である<sup>(4)</sup>。本手法は、通常のステレオ手法と異なり、歩行者の運動領域など差分領域のみの視差を得るため、ラベリング処理により人物領域を検出することが出来る。図 1 に示したシーンを入力とした場合、差分ステレオの出力は図 2 となる。

照明条件が大きく変動する環境においては、人物領域に影が検出される問題が生じる。そこで本研究では、文献<sup>(2)</sup>において提案されているカラー情報に基づく影の検出方法を差分領域にのみ適用する。これにより、影の除去および高速な影の検出を図る。

### 3. 評価実験

本節では、提案手法の有効性を、人物の検出精度および計算速度の観点から検証する。

両評価において、ステレオカメラは、Point Grey Research 製の Bumblebee2 (color, VGA, 48[fps],  $b = 120$ [mm],

$f = 3.8$ [mm],  $p = 14.8$ [ $\mu$ m]) を用い、実験での画像サイズは  $320 \times 240$ [pixel] とした。また、計算機には DELL XPS 710 Extreme (2.93[GHz]  $\times$  2) を用いた。

3.1 人物の検出精度の評価 日照条件や人通りの異なるシーンに対する影の検出を、人物領域における検出ピクセル数に基づいて評価する。図 3-5 をそれぞれ含むシーンに対する人物検出結果を図 6-8 に示す。これらのグラフにおいて、横軸は時間であり、縦軸は真値としてマニュアルにより与えた人物領域に対する検出割合である。いずれのシーンにおいても、平均検出率は 80% を超えており、人物の位置や大きさ、人数の推定に対して十分効果的な結果である。



図 1 差分ステレオへの入力シーン例

Fig. 1. Example of input scene into subtraction stereo



図 2 差分ステレオにより得られる視差画像

Fig. 2. Disparity image obtained from subtraction stereo

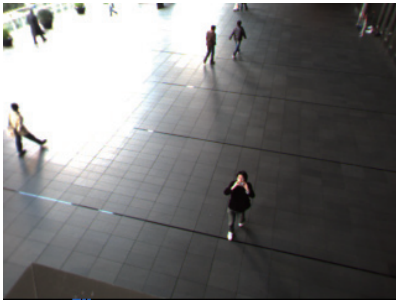


図 3 入力シーン 1  
Fig. 3. Input scene 1

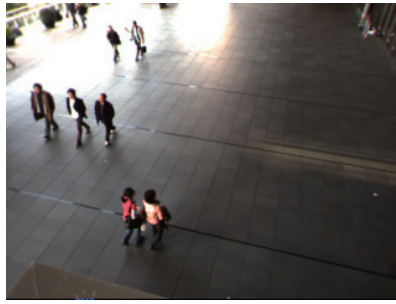


図 4 入力シーン 2  
Fig. 4. Input scene 2

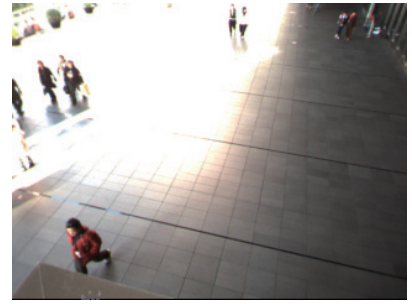


図 5 入力シーン 3  
Fig. 5. Input scene 3

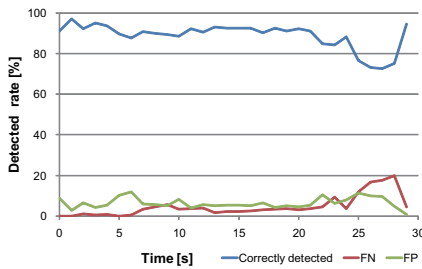


図 6 人物領域の検出率 (シーン 1)  
Fig. 6. Detected rate of pedestrian's region in scene 1

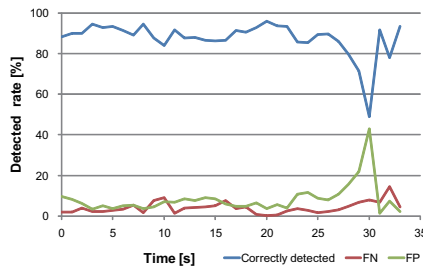


図 7 人物領域の検出率 (シーン 2)  
Fig. 7. Detected rate of pedestrian's region in scene 2

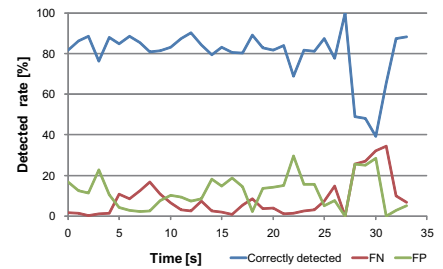


図 8 人物領域の検出率 (シーン 3)  
Fig. 8. Detected rate of pedestrian's region in scene 3

3-2 計算速度の評価 差分ステレオを用いた影の検出の計算速度を検証する。図 9 は、計算ピクセル数を変化させたときの時間を計測したものである。図中の横軸は計算ピクセル数、縦軸は計算時間であり、試行回数 20 回の平均値と標準偏差を示している。これから、計算時間は、計算ピクセル数にしたがい線形的に増加することが分かる。

図 3-5 のシーンでは、計算ピクセル数が平均的に 4000-5000[pixel] であり、計算時間は 12-15[ms] である。差分ステレオにより計算領域を限定しない場合では、76800[pixel] に対して 231[ms] の計算時間を要するため、15 倍以上の高速化が図られていることが確認できる。

#### 4. おわりに

本稿では、カメラによる人流計測を想定し、人物領域を適切に検出するために影の除去を高速に行う方法を提案した。差分ステレオの枠組みを利用し、影の検出処理を差分領域のみに限定することで高速化を図り、一般的な計測環境において、領域限定を行わない場合に対して 15 倍の処理速度を得た。今後は、人物の位置、大きさ、人数の推定に対する影除去の効果を検証する予定である。

#### 参考文献

(1) J. C. S. Jacques, C. R. Jung, and S. R. Musse: "Background Subtraction and Shadow Detection in Grayscale Video Sequences," Proc. of the XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'05) pp. 189-196 (2005).

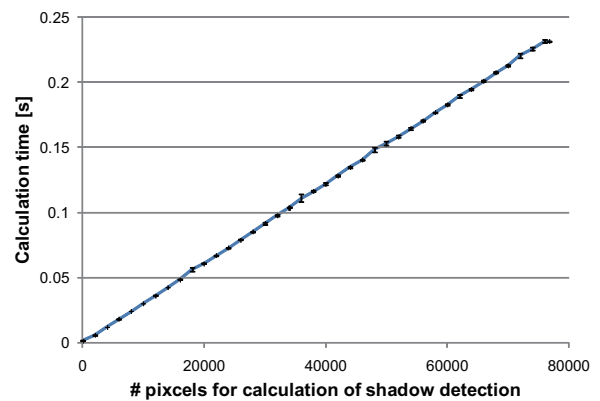


図 9 差分ステレオ  
Fig. 9. Subtraction stereo

(2) K. Lo and M. Yang: "Shadow Detection by Integrating Multiple Features," Proc. of the 18th ICPR, Vol. 1, pp. 743-746 (2006).

(3) R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. Prati: "Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 25, No. 10, pp. 1337-1342 (2003).

(4) K. Umeda, Y. Hashimoto, T. Nakanishi, K. Irie, and K. Terabayashi: "Subtraction stereo - a stereo camera system that focuses on moving regions -," Proc. of SPIE, Vol. 7239, 7239-33 (2009).