

差分ステレオによる多人数歩行者の運動計測

中央大学/JST CREST ○寺林賢司, 中西達也, 橋本優希, 星川佑磨, 川田昂次, 梅田和昇

Measurement of a Large Number of Pedestrians Using a Subtraction Stereo Camera System

Chuo Univ. / JST CREST Kenji TERABAYASHI, Tatsuya NAKANISHI, Yuki HASHIMOTO,
Yuma HOSHIKAWA, Koji KAWATA, Kazunori UMEDA

This paper shows a method to count a large number of pedestrians and measure its flow for applications such as surveillance of urban environment. For this measurement, we have proposed a stereo camera system that focuses on moving regions. In the system, the correspondence problem of the stereo cameras is reduced by restricting the stereo matching process to moving regions. Tracking each pedestrian, the extended Kalman filter technique is employed to address occlusion problem seen in many people environment. The number of pedestrians is estimated based on the area of them. The proposed method is verified in experiments with 30 participants.

1. 序論

カメラを用いた都市環境における人の流れの計測は、監視システムや都市設計など多くの応用が考えられ、様々な研究がなされている[1,2]. このとき、人数、人の動きの軌跡および寸法情報を得ることが重要である。

これまでに我々は、運動情報に陽に注目したステレオカメラを「差分ステレオ」として提案している[3]. 本研究では、この手法を用いて、多人数歩行者環境における人物のトラッキングおよび人数推定することを目的とする。

2. 差分ステレオによる人物検出

差分ステレオは、通常のステレオ手法と異なり、あらかじめ差分処理によって抽出した領域のみにマッチング処理を行う (Fig. 1). これにより探索範囲を制限することができ、対応点探索のロバスト化および高速化を図ることができる。

背景画像を作成する際に、歩行者が滞りなく行き交う場合、歩行者自体が背景に写り込んでしまう問題が生じる。本研究では、一定フレーム数の画像列から各ピクセルのカラーヒストグラムを計算し、その最頻値を用いることで、歩行者を含まない背景画像を作成する。差分画像に対して、ラベリングを行い、大きな情報の閾値処理により人物領域を判定する。

3. 人物トラッキング

人の流れである歩行軌跡を計測するためには、各時刻における位置情報を時系列で人物ごとに対応付ける必要がある。このとき、歩行者すれ違い時のオクルージョンなどから、位置情報を観測できないことが問題となる。本研究では、拡張カルマンフィルタを用いた人物トラッキングにより、観測で

きない場合に推定位置を用いることで解決を図る。

状態変数は、人物領域の重心位置およびその速度として、 $\mathbf{X} = [x \ \dot{x} \ y \ \dot{y} \ z \ \dot{z}]^T$ のように定義する。人物の運動に対して等速直線運動を仮定し、状態遷移モデルを次式とする。

$$\mathbf{X}_{i+1} = \Phi \mathbf{X}_i + \boldsymbol{\omega}, \quad \Phi = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $\boldsymbol{\omega}$ はプロセスノイズ、 Φ は状態遷移行列である。観測変数は、画像上の対応する座標値 (u, v) および、視差 d として、 $\mathbf{Z} = [u \ v \ d]^T$ のように定義し、観測モデルを次式とした。

$$\mathbf{Z}_i = f(\mathbf{X}_i) + \mathbf{v}, \quad f(\mathbf{X}_i) = \begin{bmatrix} x_i \cdot f & y_i \cdot f & b \cdot f \\ z_i & z_i & z_i \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

\mathbf{v} は観測ノイズ、 f はカメラの焦点距離、 b は基線長である。各時刻における計測位置情報は、以上のように計算する推定位置との距離の閾値処理によって人物ごとに対応付ける。

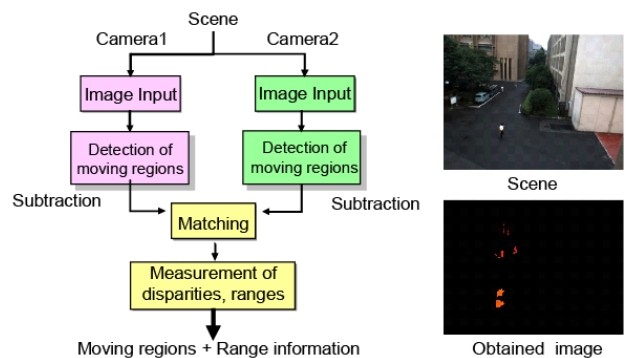


Fig. 1 Schema of subtraction stereo

4. 人数推定

各人物領域が何人の歩行者により構成されているかを推定し、画像全体の人数推定を行う。各人物領域における人数 n は、人物領域の大きさが、人数に比例し、距離の 2 乗に反比例すること、および歩行者を撮影する方向の幾何学的な関係に基づき、次式を用いて推定する。

$$n = \frac{S z^2}{c \cos \theta} \quad (3)$$

ここで、 S は対象領域の画像中における面積、 z は対象領域における平均距離、 θ はカメラから領域重心へのベクトルと水平面がなす角、 c は人数 1 人に対する面積定数である。

5. 多人数歩行者の運動計測実験

30 人がさまざまなパターンで歩行したシーンについて、運動計測実験を行った。実験には、Point Grey Research 製の Bumblebee2(カラー, $f=3.8[\text{mm}]$, XGA)を用い、高さ $8.3[\text{m}]$ 、仰角 $50[\text{deg}]$ として設置した。また実験での画像サイズは $320 \times 240[\text{pixel}]$ である。人物領域抽出のための背景画像は、歩行者を含まないように、 $100[\text{frame}]$ の最頻値から作成し、人数推定に必要な定数 c は予め求めておき $c=140000$ とした。

Fig. 2 は、上下左右の 4 地点間を歩行者がばらばらに移動したトラッキング結果である。Fig. 2(a)は入力シーン例であり、Fig. 2(b)は対応する処理結果を差分画像および歩行者ごとの ID で表現している。また、Fig. 2(c)は、計測した歩行者位置を俯瞰図で示したものであり、すれ違い時のオクルージョンに影響されることなくトラッキングできていることが確認でき、更に 4 地点間の移動の様子を見て取ることができる。以上のことから、本手法は、多人数環境下における人物トラッキングに有効であると考えられる。

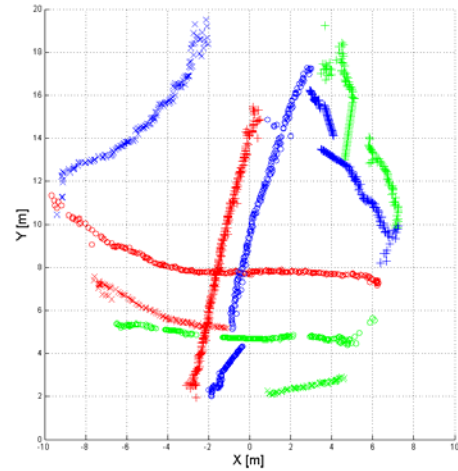
Fig. 3 は、人数推定の実験結果を示しており、左図が入力画像、右図が処理結果である。Fig. 3(a)は、少人数グループが点在しているシーンへ本手法を適用したものであり、実人数 10 名に対し 11 名という推定結果を得た。Fig. 3(b)は、25 人という大人数グループが移動したシーンである。また、30 人規模の他のシーンに関しては、最大で 2 割程度の推定誤差となった。これらの誤差は、影やオクルージョンの影響と考えられるが、利用目的からは概ね良好な結果が得られたと考える。

6. 結論

本稿では、差分ステレオによる歩行者計測法を示し、多人数環境における実験により、人物トラッキングおよび人数推定の有効性を検証した。今後は、実社会への適用を行う。



(a) Example of input scene (b) Example of output image



(c) Position of each pedestrian in overhead view

Fig. 2 Tracking pedestrians going to four points: top, left, bottom, right



(a) Small group scene



(b) Large group scene

Fig. 3 Estimated numbers of pedestrians (left: input image, right: disparity image with estimated numbers)

参考文献

- [1] P. Kilambi, E. Ribnick, A. J. Joshi, O. Masoud, N. Papanikolopoulos, "Estimating pedestrian counts in groups, " Computer Vision and Image Understanding, 110(1), 43-59, 2008.
- [2] 寺田賢治, "車と人の監視", 日本ロボット学会誌, 22(7), 864-867, 2004.
- [3] 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 3D Imaging Metrology, 2009.