

差分ステレオを実装したステレオカメラの構築

中央大学 柴田雅聡, ○脇本崇史, 川下雄大, 梅田和昇 青山学院大学 戸辺義人

Development of a subtraction stereo camera

Chuo Univ. Masatoshi SHIBATA, Takafumi WAKIMOTO, Takehiro KAWASHITA, Kazunori UMEDA

Aoyama Gakuin Univ. Yoshito TOBE

It is important to detect humans from an image automatically for the measurement of human flow with a surveillance camera. When measuring human flow, problems such as the limitation for the position of the camera and high cost of the installation of the camera, occur. We have proposed a stereo vision method called "Subtraction Stereo" which focuses distant measurement on foreground regions. In this paper, we develop a stereo camera system that achieves subtraction stereo measurement using FPGA. The effectiveness of the system is verified by experiments.

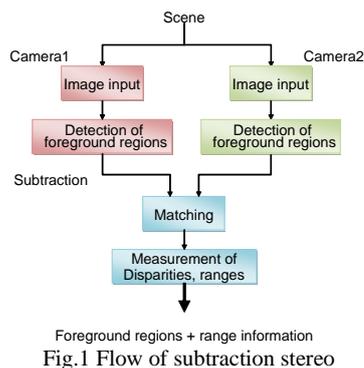
1. 序論

近年、監視カメラからの不審者検出や人流計測のために、カメラ画像から自動的にリアルタイムで人物を検出することが期待されている。しかし、カメラ画像を用いた人物検出の多くは、監視カメラでの応用を目的としていることが多く、監視カメラが設置されていない場所では計測が行えない。またカメラを設置する場合においても、コストや設置位置が限定されるといった問題が生じる。

本研究では、持ち運び可能なステレオカメラを設置するだけで簡便に人物検出が可能なセンサシステムの構築を目的とする。我々は、ステレオ計測の一手法として差分ステレオと呼ぶ手法を提案している[1]。本手法は、ステレオマッチングの探索領域を背景差分によって求まる前景領域に限定することで、計算コストならびに誤対応を削減できる。本論文では、差分ステレオを FPGA を用いて実装したステレオカメラを構築する。さらに、距離計測精度などの基本特性を実験的に検証する。

2. 差分ステレオ

差分ステレオの基本アルゴリズムを Fig.1 に示す。通常のステレオカメラでは、左右のカメラの画像をマッチングすることで距離情報を得る。これに対して、我々の提案している差

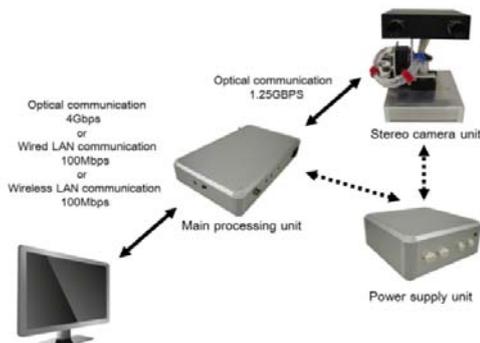


分ステレオでは、まず左右カメラそれぞれで背景差分によって前景領域を抽出し、その後に抽出された前景領域をマッチングすることで距離情報を得る。この手法は、前景領域しか計測できないという欠点がある反面、対応点探索を左右カメラの前景領域に限定することができ、計算量の削減とともに、マッチングをロバスト化することができる。また、前景領域を移動物体として検出可能である。

3. 差分ステレオを実装したステレオカメラ

本ステレオカメラシステムの構成を Fig.2 に示す。本システムは、カメラ画像を取得し、それぞれのカメラで背景差分を行うステレオカメラユニット、取得した画像を基にステレオマッチングを行うメイン処理ユニット、上記の2つのユニットに電源を供給する電源ユニットの3つから構成される。ステレオカメラユニット、メイン処理ユニットには FPGA が組み込まれており、2つのユニットを同時に用いることで、2章で説明した差分ステレオの処理を行っている。

ステレオカメラユニットを Fig.3 に、その仕様を Table 1 に示す。ステレオカメラユニットには Altera 社製 Stratix III EP3SL70 を搭載し、左右のそれぞれのカメラでカラー画像の取得、エピポーラ線の取得、背景差分による前景領域の抽出を行っている。また、PC 側からカメラのパン、ティルトの操



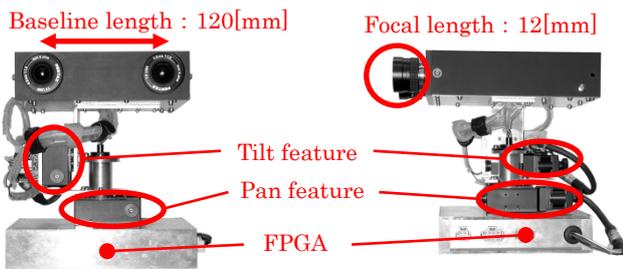


Fig.3 Stereo camera unit

Table 1 Specification of the stereo camera

Image size	Color image : 640×480 (VGA) Disparity image : 640×480 (VGA)
CMOS	Effective pixels : 6.6 [Mpixel] Pixel size : 3.5×3.5[μ m] (CYPRESS, IBIS4-A-6600)
Lens	Focal length : 12[mm] (μ TRON, MV1214)
Baseline length	120[mm]

作が可能である。メイン処理システムには Altera 社製 Stratix III EP3SL110 を搭載し、テンプレートマッチングによる対応点の探索、視差間隔演算、距離算出を行っている。

4. 距離計測精度検証

本ステレオカメラのシステムの距離精度を検証するために、Fig.4 に示す屋外環境で実験を行った。画面上での人物の領域に限定した距離の平均 m と標準偏差 σ を算出した。検証距離を 5~35[m] とし、1[m] ずつ計測を行った。得られた視差画像を Fig.5 に、計測結果を Fig.6 に示す。Fig.6 より標準偏差が大きいことが分かる。これはステレオマッチングにおいて一部の点で誤対応を起こし、視差が正しく求まらないことが原因である。よって、得られた視差に対して外れ値除去を行う。視差の平均 m_d と標準偏差 σ_d より $m_d \pm 3\sigma_d$ に含まれない視差を除去する。得られた視差を用いて、距離を算出した結果を Fig.7 に示す。Fig.7 より、計測値の平均が真値に近い値をとっている。また、標準偏差が遠くなるにつれ大きくなっているが、27[m] 以降で小さくなっている。これは Fig.4(b) に示すように日照環境が良い位置での計測となり、ステレオマッチングの誤対応が減少したためと思われる。

処理時間は本実験シーンで約 30[ms] であり、リアルタイムの計測が可能である。

5. 結論と今後の展望

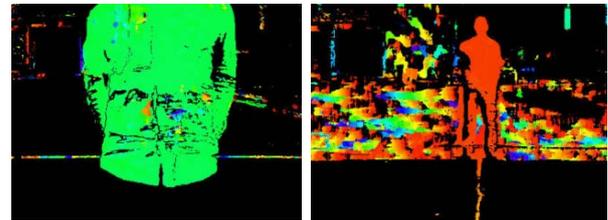
差分ステレオを FPGA を用いて実装したステレオカメラを構築した。また、本ステレオカメラのシステムの距離精度を実験より検証した。

今後の展望として、ステレオマッチングのサブピクセル精度化を行い、より高精度な距離計測を行う。また、Fig.5(b)において、人物以外の領域で計測を行っているが、これは日照環境の変化によって、背景差分により地面も距離計測されてしまったためである。よって、逐次的に背景画像の更新を行う。そして人物検出・追跡手法を組み込み、人流計測を行う。



(a) 7m (b) 27m

Fig.4 Experimental scene



(a) 7m (b) 27m

Fig.5 Disparity image

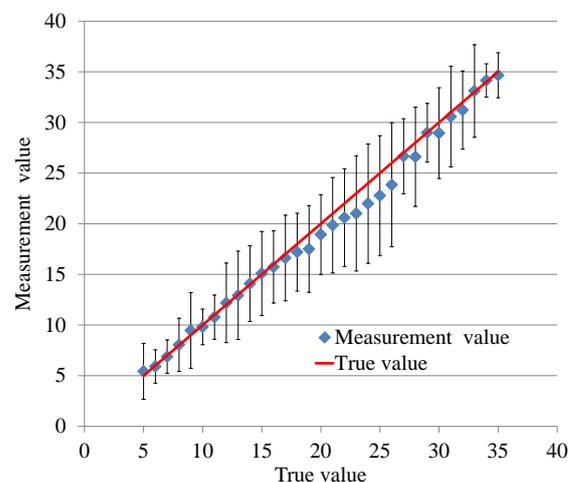


Fig.6 Experimental results without removal of outliers

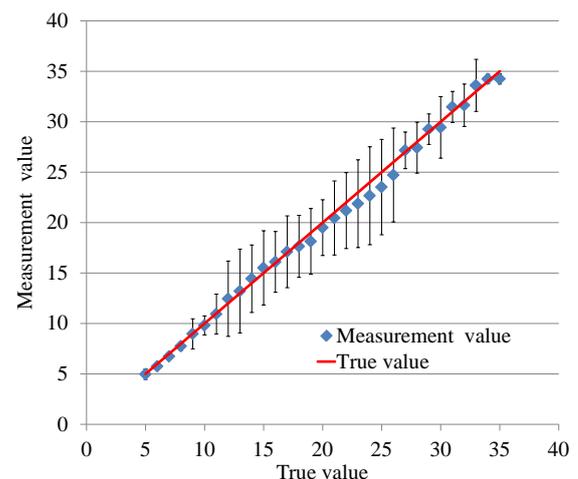


Fig.7 Experimental results with removal of outliers

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, 2010.1.