

3Dカメラによる距離検出に関する一検討

A Method of Measuring Distance by 3D Digital Camera

山本 一貴†
Kazuki Yamamoto内野 智哉‡
Tomoya Uchino桑原 佑介‡
Yuusuke Kuwabara嶋 好博†
Yoshihiro Shima

1. はじめに

自動車運転の安全や交通効率の向上を目指し、運転支援システムなどに障害物を検出する装置が搭載されるようになり、開発が近年盛んに行われている。平行光軸型光学系を用いた立体視の研究[1]は行われているが、交差光軸型光学系を用いた立体視の試みは少ない。本研究では交差光軸型の富士フィルム社製 3D カメラ[2]を用い、左右画像の視差を利用した距離の測定を検討する。交差光軸型光学系の立体視における、奥行きと左右画像のずれに対する理論式を求める。また、目視およびステレオマッチングでの奥行き抽出結果と実測値を比較検討する。

2. ステレオマッチングの概要

左右の画像中の対応点決定に基づいて三次元計測を行う方法をステレオマッチングという。3D カメラで撮影した視差のある二枚の画像(右画像、左画像)を使って三角測量で奥行きを求める。左画像から基準とする部分画像を取り出し右画像内でその部分画像と合致する部分画像を探索する。左画像で基準とした点と対応する右画像の対応点との位置ずれ量を検出し、距離を求める [3]。

使用した 3D カメラは交差光軸型光学系を使用している事から、図 1 に示すように左右のカメラの光軸が交差する輻輳点(ふくそうてん)がある。輻輳点より遠方と近い方とで、左右の画像のずれ方向が異なる。

距離を計測する対象物の注目点 P の三次元座標を (x_p, y_p, z_p) とすると図 2 の奥行きの座標 z_p は式 1 で表される。 O_L, O_R は左および右カメラのレンズ中心、 d は左右カメラ間の距離、 f は焦点距離、 X_L, X_R は左及び右画像中に対する注目点 P の横座標である。なお、画像中心を原点とする。左及び右側光軸から注目点 P までの角度を β_L, β_R 、レンズ中心 O_R, O_L と各カメラの光軸の角度を α とする。 c は輻輳点までの距離を示す。

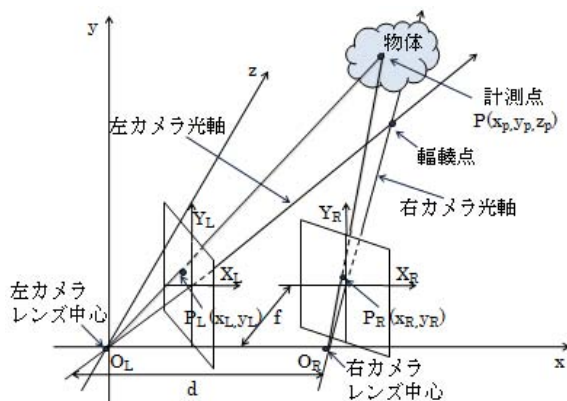


図1 ステレオ計測の原理(交差光軸型)

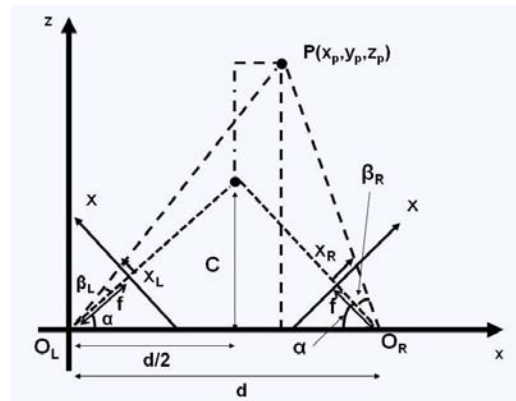


図2 交差光軸型検出方法の座標系

$$z_p = \frac{d}{\frac{1}{\tan(\alpha + \beta_L)} + \frac{1}{\tan(\alpha + \beta_R)}}$$

$$z_p = d \cdot \frac{(fc)^2 + fc \frac{d}{2}(X_L + X_R) + (\frac{d}{2})^2 X_L X_R}{2f^2 \frac{d}{2} \cdot c - 2 \cdot \frac{d}{2} \cdot c \cdot X_L X_R + f(\frac{d}{2})^2 - c^2)(X_L + X_R)}$$

(式1)



(a) 三脚と3Dカメラ



(b) 3Dカメラの外観

(FINEPIX REAL 3D)

図3 距離検出のための撮影装置(交差光軸型カメラ)

3. 目視による位置ずれ測定とステレオマッチングの実験方法

光軸交差型光学系において、輻輳点までの距離 $c=2.0\text{m}$ 、左右カメラ間距離 $d=75.0\text{mm}$ 、焦点距離 $f=7.8\text{mm}$ とする。画像のサイズは横 3648×縦 2736 画素である。

3.1 目視による位置ずれ測定

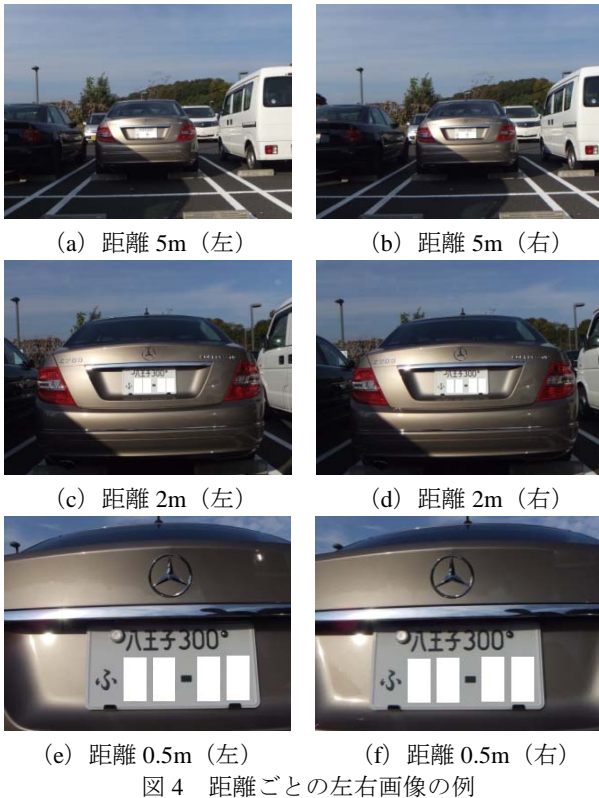
目視による距離測定を行う。図3で示す3Dカメラを用い、測定のため予め車の後部までの距離 $0.5\text{m} \sim 5.0\text{m}$ に3Dカメラを設置し、車の後部画像を撮影する。距離間隔は 0.5m から 1.5m までは 50cm 間隔、 1.8m から 2.2m までは 10cm 間隔、 2.5m から 5.0m までは 50cm 間隔とする。カ

† 明星大学大学院 理工学研究科 電気工学専攻
Graduate School of Science and Engineering, Meisei University‡ 明星大学 理工学部 電気電子システム工学科
School of Science and Engineering, Meisei University

メラの地面からの高さは 88.5cm である。図 4 に距離測定に用いた左右の画像の例を示す。撮影した画像から対象となる車後部に目印を決め、左右のずれを市販の画像編集ツールを用いて座標値を表示させ、左右画像のずれを測定した。

3.2 ステレオマッチングによる位置ずれ検出

上述の目視による位置ずれ測定で用いた画像を使い、ステレオマッチングによる距離測定を行う。実験プログラムは C 言語で作成した。左画像を基準とし、部分画像を切り出しテンプレートとして用いる。サイズは横 1024 × 縦 8 画素である。右画像内のテンプレートの探索範囲は横方向 240 画素、縦方向 1 画素とする。なお、輻輳点より遠方では左右の画像を入れ替えて位置ずれを検出した。



4. 距離検出の実験結果

(1) 目視による位置ずれ測定結果

手動による位置ずれの測定結果を図 5 に示す。輻輳点手前はずれの値が負、輻輳点より遠いとずれの値は正となる。なお、左画像を基準とし右方向を正とする。図 6 に式 1 より算出した位置ずれと距離の理論値を示す (1 画素 = 1.7 μm)。理論値と目視による測定結果が合致している。

(2) ステレオマッチングによる位置ずれ検出結果

図 7 はカメラ撮影距離 3.0 m における左右画像の位置ずれ分布を示す。横軸は画像の横方向座標を示す。位置ずれの分布内の最小値は 57 画素あり、式 1 より求めた理論値 2.99 m と合致している。なお、近距離の画像では検出した位置ずれに誤りが発生した。

5. まとめ

交差光軸型の 3D カメラで車の後部を撮影し、目視で左右の画像のずれを測定した。輻輳点以遠では距離が遠く

なる程左右のずれが大きく、輻輳点付近では左右のずれの絶対値が小さい。さらに近距離ではずれが負となり小さくなる。目視で測定した 0.5m ~ 5.0m の距離においてはほぼ理論値どおりの値であった。ステレオマッチングによる位置ずれ検出では遠方の画像は実測距離に合致していた。以上の事から交差光軸型光学系を用いた距離測定方法は有効だと考えられる。

今後の課題は平行光軸型光学系との比較、ステレオマッチングの信頼性の向上である。

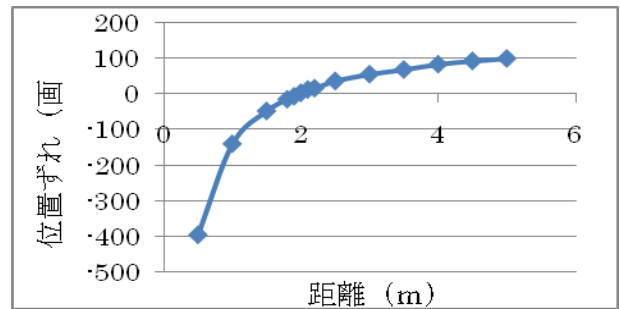


図 5 手動測定による左右の位置ずれと対象までの実測距離 (測定箇所: 画像中央にあるエンブレム中央)

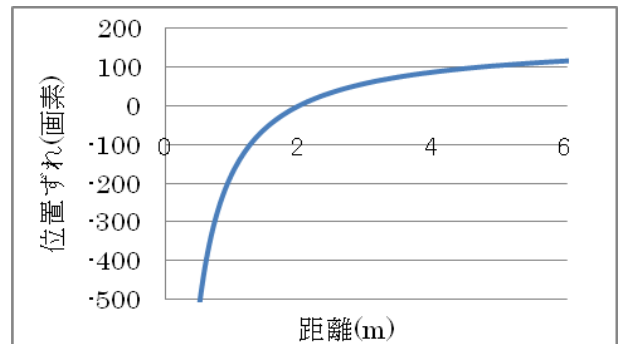


図 6 位置ずれと距離の理論値 (式 1 による距離と左右画像の位置ずれ)

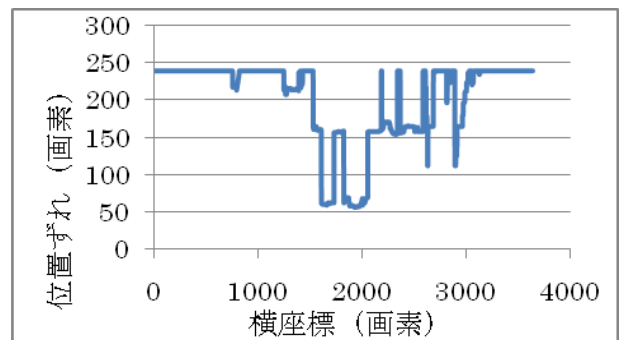


図 7 左右画像の検出位置ずれの分布の例 (距離 3.0 m)

6. 参考文献

- [1] 二宮芳樹, 走行環境認識のためのステレオ視の一方, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No. 3, pp. 803-812, 2008
- [2] 富士フイルム, 3D デジタルカメラ, FINEPIX REAL 3D DIGITAL CAMERA W1, <http://fujifilm.jp/personal/3d/index.html>
- [3] 安居院猛, 長尾智晴, C 言語による画像処理入門, 昭晃堂, pp. 125-144, 2007 年