

# 可視・熱赤外異種ステレオカメラによる深度推定に関する研究

中田 優太 【画像情報工学研究室】

## 1 はじめに

環境認識において、高解像度な可視画像と照明条件に依存しない熱赤外画像の統合はシステムのロバスト性向上に有用であると考えられるが、その実現には正確な幾何学的キャリブレーションが不可欠である。しかし現状、熱画像上では特徴点の視認性が低く、安定したカメラパラメータの推定が困難という課題がある。そこで本研究では、放射率差を利用して鮮明なコントラストが得られるキャリブレーションボードの導入によりこの課題を解決するとともに、可視・熱の異種ペア画像による深度推定システムの構築に向けた検討を行う。

## 2 提案手法

### 2.1 使用機器とキャリブレーションボード

垂直配置された一体型ステレオカメラ (FLIR 社製 E8-XT) を使用し、熱画像と可視画像の共通視野領域においてステレオ計測を行う。異種画像間で正確な対応点を取得するため、ターゲットには非対称円形グリッドを採用した。当初検討した紙製ボード (図1) は熱画像でのコントラストが低く検出が不安定であったため、本研究ではアルミ板に UV 印刷を施した特注ボード (図2) を採用した。先行研究 [1] でも示される通り、アルミ表面とインク部分の放射率差を利用することで、熱画像上でも鮮明な特徴点検出が可能となる。

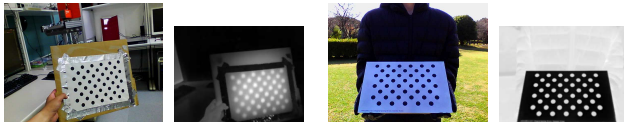


図1 紙製ボードの画像 図2 アルミ製ボードの画像

### 2.2 パラメータ推定と3次元復元

可視・熱カメラ間には視野角に大きな差異がある。広角な可視カメラのレンズ歪みを正しく推定するため、可視カメラの内部パラメータ推定には可視カメラの画角全体を網羅した個別の画像セットを用い、熱カメラの内部パラメータと外部パラメータ ( $\mathbf{R}, \mathbf{T}$ ) の推定には熱と可視の共通視野のペア画像を使用する手法を採用した。この工夫により、各光学特性に適した高精度なキャリブレーションを実現した。3次元復元では、推定されたパラメータを用いて画像上の特徴点座標を正規化座標系へ変換し、三角測量により各グリッド点の3次元座標 ( $X, Y, Z$ ) を算出し可視化した。

## 3 実験結果・考察

屋外自然光下にて取得した計126対の画像ペアを使用してキャリブレーションを行い、再投影誤差および

得られた点群の3次元プロットによる平面性の評価を行った。

### 3.1 キャリブレーション精度

ステレオパラメータ推定における再投影誤差 (RMS) を表1に示す。紙製ボードでは熱画像の検出精度悪化に伴いステレオ誤差が1.0 pixelを超えているのに対し、アルミ製ボードでは0.6 pixel程度まで低減された。これは放射率差により熱画像上でも鮮明なパターン検出が実現できたことに起因し、異種センサ間の幾何学的関係が矛盾なく推定されていることを示している。

表1 キャリブレーション結果の比較 (再投影誤差)

項目	アルミ製 [px]	紙製 [px]
可視カメラのキャリブレーション	0.0200	0.0552
熱カメラのキャリブレーション	0.0334	0.3784
ステレオキャリブレーション	0.6344	1.0190

### 3.2 3次元復元結果

構築したシステムによる3次元復元結果を図3に示す。三角測量により算出された点群が同一平面上に分布しており、局所的な外れ値や大きな歪みは見られなかった。これにより、提案手法であるアルミ製ボードによるキャリブレーションが有効に機能し、異種画像間での深度推定が正しく行われていることを確認した。

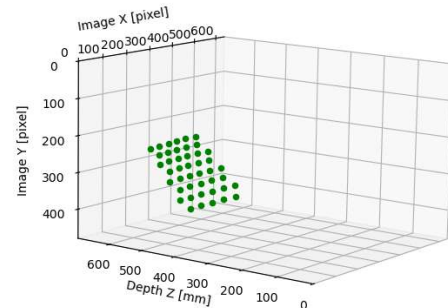


図3 深度情報の3次元プロット

## 4 まとめ

本研究では、可視・熱赤外ステレオカメラを用いた空間計測に向け、幾何学的キャリブレーションおよび深度推定に関する基礎的検討を行った。アルミ製ボードの導入と適切なパラメータ推定手法により、異種センサ間においても高精度な平面形状復元を実現した。今後は、定量的な距離精度評価や、任意形状計測に向けた密なマッピング手法の検討を進める。

## 参考文献

- [1] R. Usamentiaga et al., "Highly accurate geometric calibration for infrared cameras using inexpensive calibration targets," *Measurement*, vol. 112, pp. 105-116, 2017.