

第VI部門 建設現場における映像情報を CIM に活用した 3DCAD ソフトへのデータ変換に関する検討

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○藤井 翔太
立命館大学講師 正会員 横山 隆明
立命館大学教授 フェロー会員 建山 和由

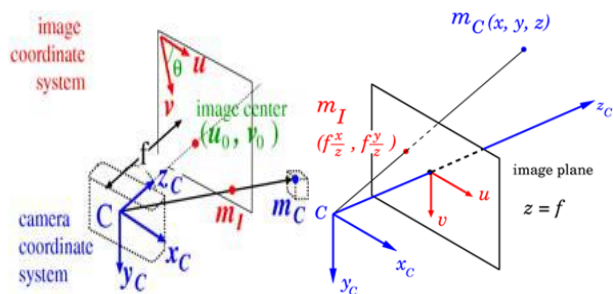
1. はじめに

建設業界の労働人口の減少が懸念されることから、国交省は i-Construct 導入により対策を講じている¹⁾。i-Con の導入により、省人化施工や工事日数削減で生産性を向上することが期待される。しかし、中小企業が i-Con を推進しようとする、点群ソフトウェアや ICT 建機等の技術導入に莫大な資金が必要であるため、導入が難しい現状である。

そこで、誰でも・素早く・安価で・容易に映像から点群・3D モデルを共有・活用することを目的として研究している。点群・3D モデルを作成するために、カメラの幾何学的な関係性を考慮して、Python と OpenCV による画像処理のプログラミングに組み込み、CAD ソフトで点群を表示できるように検討を行った。

2. カメラの幾何学的な関係性と各パラメータの推定

カメラの幾何学的な関係性は以下の様な関係図と同次座標系による式で表される²⁾。

図1 カメラの幾何学的な関係性²⁾

$$\begin{bmatrix} X_{image} \\ Y_{image} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & o_x & 0 \\ 0 & f_y & o_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & t_x \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & t_y \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{world} \\ y_{world} \\ z_{world} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 X_{image} , Y_{image} : 画像座標, f_x , f_y : 焦点距離

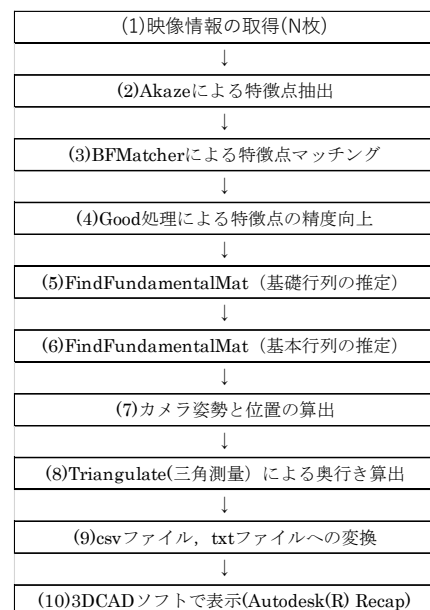
o_x , o_y : 光学中心, r_{mn} : カメラの姿勢, t_x , t_y : カメラの位置

X_{world} , Y_{world} , Z_{world} : ワールド座標

(1)式により、画像座標とワールド座標が決定する。今回は、焦点距離や光学中心のパラメータを推定するために、チェスボードによるキャリブレーション³⁾で内部パラメータを算出した。また、カメラの姿勢と位置を求めるために、OpenCV の標準ライブラリにある FindFundamentalMat と FindEssentialMat の機能を用いた。さらに、Triangulate(三角測量)による奥行き推定を行った。

3. プログラミングコードの作成についての検討

プログラミングコードを以下の様なフローで作成した。



(1)では、あらかじめ内部パラメータが既知のカメラから映像情報を取得した。(2)では、著作権上の問題がなく、素早い処理ができる Akaze を用いた。(4)では、特徴点を指定の数値で絞り込んだ。(5)、(6)では、RANSAC によるロバストな推定を行った。(10)では、すぐに点群表示が行えるとともに、様々な機能が利用できる Autodesk 社の Recap を使用した。

4. 室内・室外環境での点群の出力についての検討

本章では、室内環境と室外環境でのそれぞれの結果を示す。室内環境では、小さなボードに対して精度よく点群化できるか調べた。室外環境では、大きな構造物を撮影して点群化させた。どちらの環境においても点群化させた後に、実際の寸法と Recap の機能で測定した寸法を比較してみた。

(1) 室内環境での実験方法と結果

縦 30cm 横 21cm のチェスボードに対して、それぞれカメラとボードの奥行きを 0.5m, 1m, 1.5m, 2m 離れた位置から撮影した。0.5m 離れた画像をクエリー画像として、1m, 1.5m, 2m 離れた画像と特徴量マッチングを行った後に点群化させた。以下は、実際にチェスボードを撮影した写真である。また、プログラミングによる点群表示結果も下記に示す。

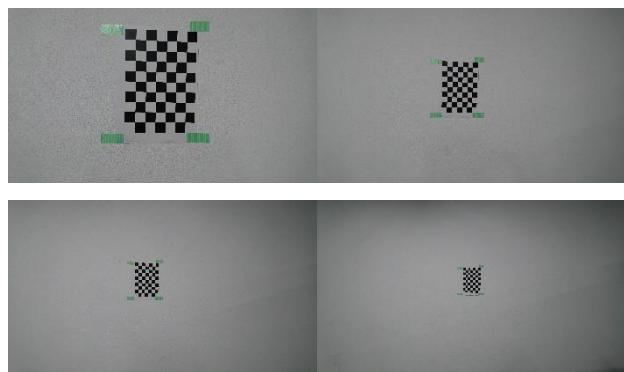


図2 チェスボードの画像（ボードから左上 0.5m, 右上 1m, 左下 1.5m, 右下 2m 離れて撮影した画像）



図3 ボードの点群表示結果(ポイントサイズ 10)

図3のように点群が表示された。処理時間は10秒ほどであった。さらに、精度結果を下記に示す。

表1 点群の精度

実際の寸法	縦 30.0cm× 横 21.0cm	—
赤色点群 (0.5m と 1m の結果)	縦 46.8cm× 横 27.0cm	誤差 16.8cm × 6.0cm
緑色点群 (0.5m と 1.5m の結果)	縦 35.3cm× 横 26.7cm	誤差 5.3cm × 5.6cm
黄色点群 (0.5m と 2m の結果)	縦 21.7cm× 横 11.8cm	誤差 8.3cm × 9.2cm

表1のように、誤差が小さい順番は緑色点群、黄色点群、赤色点群となった。ただし、図3のように点群の数は赤色点群が一番多かった。

(2) 室外環境での実験方法と結果

室外環境での実験では、構造物の端から撮影した一枚の画像をクエリー画像として、順番に端まで12回に分けて撮影した画像との特徴量マッチングにより点群化させた。下記の図のようになった。



図4 室外環境での構造物画像と点群処理結果

精度は、実寸大(横幅約 13.5m, 高さ約 4.5m, 奥行き約 15m)に対して、点群(横幅 13.018m, 高さ 3.654m, 奥行き 11.924m)出力された。ただし、明らかに点群がバラつく箇所はカットした。

5. 考察と課題

室内環境において、奥行きの違いにより点群の精度が実際と異なった。カメラ間が近ければ、画像内にあるボードの差分が明確に出ないことにより、誤差が大きくなったと考える。ただし、ボードの解像度が荒いと特徴点が明確に出ないことから点群数が少なくなると考えた。室外環境において、構造物を点群化すると周りの木が入ることや同じようなカーブや端にも特徴点がマッチングすることで誤った点群結果となり、構造物の形が形成されなかった。今後、カメラの位置調整やバンドル調整によって精度よく点群を形成できるように試みたい。また、土木の特色を活かした研究としていきたいと考える。

参考文献

- 1)国交省 i-ConstructionHP,
<http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>
- 2)視覚の幾何学1 和歌山大学理事, 呉海元,
<http://www.wakayama-u.ac.jp/~wuhy/CV09.pdf>
- 3)コンピュータービジョン・広がる要素技術と応用-, (未来へつなぐデジタルシリーズ 37), 米谷 竜・斎藤 英雄氏他,
2018/06/28, p10-p11