

4. カメラの視点数が映像の定量化の精度に及ぼす影響

立命館大学大学院 理工学研究科 ○藤井 翔太
立命館大学 工学部 横山 隆明

立命館大学 工学部 田坂 勇人
立命館大学 工学部 建山 和由

1. 研究背景

2016年度から始まった i-Construction では、3D データをベースに ICT を全面的に活用することにより生産性を大幅に向上させる取り組みが進められている。一方、別のアプローチとして工事現場の映像情報を活用して現場管理の高度化を図る Visual Construction の取り組みも進められている。そこでは、定性的ながら網羅的に現場情報を記録することができるという映像の特性を活かし、生産性、安全性、施工品質をはじめとする様々な改善が議論されているが、これらの映像から定量的なデータを抽出することができると、より高度な現場管理を行うことができる。本稿では、現場映像の簡便な定量化手法の確立を目指し、映像をフリーソフトやオープンソースで処理した際に使用するカメラの台数が定量化の精度に及ぼす影響を調査した結果を報告する。

2. カメラの幾何学的な関係

本章では、映像の定量化のために必要なカメラの幾何学的な関係性を記す。

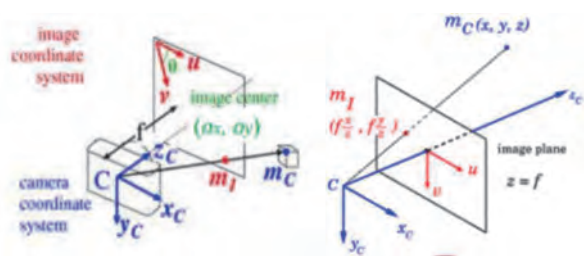


図 1. カメラの幾何学的な関係性²⁾

図 1 は、カメラの幾何学的な関係を説明した図である。図 1 の幾何学性を式にまとめると以下となる。

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

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_{im} : カメラの姿勢, t_x , t_y : 位置,
 x_{world} , y_{world} , z_{world} : ワールド座標

(1)式のように、画像座標は、焦点距離と光学中心からなる内部パラメーターとカメラの姿勢・位置からなる外部パラメーター、現実の座標であるワールド座標から構成される。画像座標は、画像内の特徴点の座標であり、内部パラメーターは、チェスボードによるキャリブレーションにより求まる。また、外部パラメーターは、基礎行列・基本行列の推定により算出される。これらのパラメーターを求めることで、ワールド座標を求めることができ、二次元画像から点群・三次元モデルと変換することができる。今回は、単独のカメラから撮影した一視点映像、異なる位置に置いた二台のカメラから撮影した二視点映像、さらにハンディカメラを持って様々な位置から撮影した多視点映像から定量化を行い、それらの差違を調査した。

3. 一視点による映像の定量化

一視点の映像からセンシングを試みた。そのために、以下のような実験を行った。

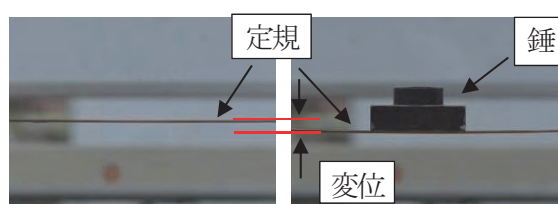


図 2. 正面一視点映像による梁の変位測定実験

図 2 は、梁のたわみを模擬して、定規の両端下にブロックを設置しており、165cm ほど離れた正面の位置から重りによる定規のたわみを撮影した画像である。たわみをピクセル単位で測定するために IrfunView というソフトウェアを利用した。測定結果は、実測値変位 5mm に対して、5.4mm(45pixel, 1cm=83pixel)であり、誤差は 0.4mm (8.0%) であった。

4. 二視点による映像の定量化

二視点の映像から点群化を試みた。点群化するにあたり、特徴点の取りやすいチェスボードの点群化を行った。Python と OpenCV によるプログラミングを作成して、以下の様な実験を試みた。

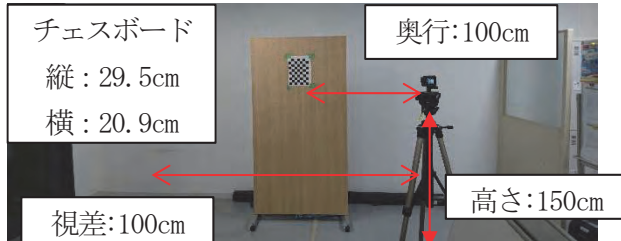


図3. チェスボードの点群化実験風景

図3のようにチェスボードをパーテーションに貼り付け、ボードから奥行100cm離れた場所から三脚高さ150cm、視差100cmとなるように二枚撮影した。以下が、二枚の画像とその点群化結果である。

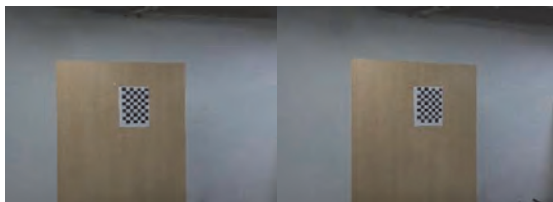


図4. 二視点から撮影したチェスボードの画像

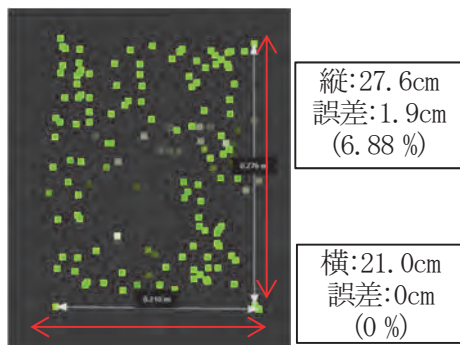


図5. チェスボードの点群結果

5. 多視点による映像の定量化

様々な位置からハンディカメラで撮影した映像をフリーソフトウェア Meshroom によって、3Dモデリングを試みた。撮影のしやすさ等を考慮して、次の構造物を撮影した。



図6. 大学内の堆積場の映像

図6は、大学内の堆積場を撮影した画像である。堆積場の寸法は、横幅13.8m・高さ(ブロック塀)1.73m・奥行5.2mほどである。この建物の周りを一周して撮影を行った。撮影枚数は、103枚となった。以下が、3Dモデリングの結果である。

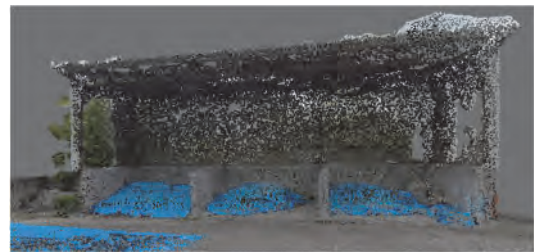


図7. 大学内の堆積場の点群化

図7は、図6の構造物を点群化したものである。処理時間は15分であった。ただし、点群の寸法を測ってみると、横幅1.2m・高さ(ブロック塀)0.14m・奥行0.51mとなり、誤差は、横幅12.6m(91.3%)、高さ1.59m(91.9%)、奥行4.69m(90.2%)と大幅に異なった。

6. まとめ

フリーソフトやオープンソースで処理した一視点や二視点の映像を定量化すると、誤差が10%以内となることが分かった。また、多視点の映像を定量化すると誤差が90%以上となり、定量化の精度に大幅に影響を与えることが分かった。

今後は、映像から抽出した定量的なデータを活用してセンサーレス計測システムの開発を目指していく。

参考文献

- 1) 須田清隆, 建山和由, “中小零細建設業を対象にする映像を活用した ValueCIM の開発”, 2018/5/24
- 2) 呉海元, “視覚の幾何学1”, 2011/5/23