

# 屋内階段を対象とした UAV を用いたフォトグラメトリにおける対象との距離が生成される点群データの精度に及ぼす影響

峰岸 樹<sup>1</sup>・江守 央<sup>2</sup>・佐田 達典<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科 交通システム工学専攻

(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: csta21007@g.nihon-u.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup> 正会員 日本大学准教授 理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: emori.hisashi@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 日本大学教授 理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

近年、高齢者や障がい者等の移動等円滑化推進の一環として、移動支援システムの整備が進められている。しかし、バリアフリーデータの整備には多額のコストと労力が必要であり、特に環境が頻繁に変化する屋内空間では、空間情報を安価かつ容易に取得する手法が求められている。そこで本研究では、屋内空間情報の安価かつ容易な取得手法として UAV を用いたフォトグラメトリを行い、対象を撮影する際の対象との距離が生成される点群データの精度に与える影響を検証した。その結果、対象との距離がスケールに与える影響は少ないが、対象に近づくにつれてノイズや形状崩れなどの現象が多くみられることが分かった。

**Key Words:** UAV, SfM-MVS, 3D point cloud, indoor space, accessible

## 1. はじめに

近年、高齢者や障がい者等の移動等の円滑化促進の一環として、移動支援システム<sup>1)</sup>の整備が進められている。システムを構築するうえで、国土交通省はバリアフリーデータの整備を行っているが、これには多額のコストと労力が必要であり、現在では豊富な財力や技術を持った公的機関が主体となって行っている。しかし、バリアフリーデータの普及や展開を行っていく上で、自治体担当者や委託業者、ボランティア等、財源や専門知識を持たない個人や団体との連携が必要不可欠であり、データ整備にかかる費用や労力が現状のままではバリアフリーデータの普及、展開を行っていくのは困難である。また、多額の費用と労力をかけてデータの整備を行ったとしても、現地の変化でデータの鮮度も落ちやすい。特に、頻繁に環境の変化が予想される屋内空間においては空間情報を計測する機材や作業手法が確立されておらず、屋内 3次元点群データの安価かつ容易な取得手法の確立が求められている。

国土交通省では、i-Constractionの一環として無人航空機(UAV)を活用したレーザー測量や写真測量を実施し、建設現場等における生産性の向上を図っている。現状では屋外環境を対象とした現場が主な活用環境であるが、近年の UAV の小型化や高性能化に伴い、屋内環境での安全な飛行が可能となってきていることから、UAV を用いた写真測量が、安価で用意な屋内環境の空間計測手法として期待されている。しかし、屋内環境を対象とし



図-1 歩行空間バリアフリーデータを活用したサービス提供イメージ<sup>1)</sup>

た写真測量を行った事例は少ないうえに、屋外では「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」などで計測条件が整理されつつあるものの、屋内では空間情報を正確に点群化するための条件が曖昧である。そのため、写真測量における、高精度な屋内空間点群データを取得するための撮影条件の確立が求められている。

## 2. 先行研究の整理

### (1) 先行研究

柳田ら<sup>2)</sup>は 3D バリアフリーマップ作成の実現に向け、UAV で撮影した写真から建築物の外観の 3DCG モデルを作成すると共に、内部を作りこみ、建築物の内部を自由にウォークスルーできる 3DCG モデルの試作を行った。その結果、UAV を用いたフォトグラメトリにより建物外観の 3DCG モデルを生成することに成功した。また、建物内部は屋内フロア図を活用し、その縮尺をもとに階の床・天井・壁を Blender Foundation 社の Blender (3 次元可視化ソフト) を用いてモデリングした。その結果、段差やエレベーターなどの情報を提示するとともに、ウォークスルーを行うことができるような屋内 3DCG の作成に成功した。しかし、屋内フロア図を用いて屋内 3DCG を作成する手法では、屋内フロア図が存在しない建築物をモデル化することができず、また椅子やゴミ箱などの屋内フロア図には載っていない屋内設置物を含めたリアルな空間をモデル化することは難しい。

また、峰岸ら<sup>3)</sup>は日本大学理工学部船橋キャンパスにある、測量実習センター 1 階のエントランスを対象として UAV を用いたフォトグラメトリを実施し、生成された点群データの精度検証と、3D モデルの作成を行った。その結果、実測値と比較して誤差 10cm 以内の精度で対象環境の点群データ化に成功し、UAV を用いたフォトグラメトリが、屋内環境を安価かつ容易に点群化する手法として有効であることを示した。しかし、生成された点群データにはノイズとなる点群や点群の形状崩れが多く見られ、それらを手作業で除去する必要がある。そのため、ノイズや形状崩れを軽減する撮影条件の検討が今後の課題として挙げられた。

### (2) 本研究の目的

本研究では、屋内空間形状を安価かつ容易に計測する手法として UAV を用いたフォトグラメトリを行い、3 次元点群の生成とその精度検証を行う。対象とするのは屋内環境のなかで上下移動の重要な施設の一部である屋内階段として、計測飛行では対象との距離に着目し、異なる計測距離ごとに生成される点群データの精度の比較を行うことで、屋内環境でフォトグラメトリを行う際に



図-2 計測対象となる屋内階段  
望ましい対象との距離について考察する。

## 3. 研究概要

### (1) 計測場所と使用機材

本研究では、計測場所を日本大学理工学部船橋キャンパスにある、測量実習センターの 1 階エントランスとした。計測対象の風景を図-2 に示す。計測は、施設利用者等の存在しない状態で、計測員の他に補助員を 1 名用意し、UAV 飛行中の安全確認を行うなど安全に十分留意し計測を行った。

機体は DJI 社製の「DJI AIR 2S」を使用した。本 UAV は 5.4K 解像度で動画を撮影することができ、全方位に障害物検知機能があるため、屋内でも安全に飛行することができる。

### (2) 計測飛行とフォトグラメトリ処理

本研究で計測したデータは、UAV によって対象構造物を動画で撮影することで得た。この動画は国土地理院が提供する「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」<sup>4)</sup>にて望ましいとされる、オーバーラップ率 80%以上、サイドラップ率 60%以上となるよう画像として分割して出力し、分割された画像に対してフォトグラメトリ処理を行った。使用ソフトは Agisoft 社の「Metashape」を使用し、解析時の写真のアライメントや高密度点群を構築する品質等のパラメーターはすべて「最高」に設定した。

### (3) 標定点と行列変換処理

SlM-MVS 処理により出力された点群データには位置情報およびスケール情報が含まれていないため、対象構造物のスケールを点群データから把握することはできない。そこで、対象構造物の撮影を行う際に標定点を設置し、標定点間の距離や高さを実測した。標定点は階段下部に 2 つ、踊り場に 1 つ、階段上部に 2 つ設置した。この実測値を基に座標情報に変換し、図-3 に示すように標定点の点群データを生成した。フォトグラメトリを用いて点群化した対象構造物の点群に含まれる標定点部分の点群データと、実測値を基に生成した標定点の点群デー

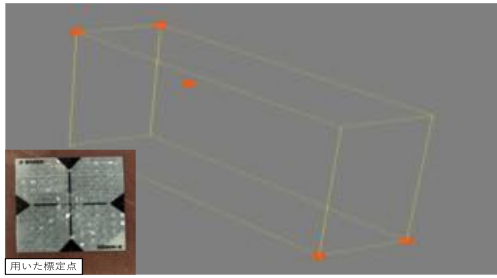


図-3 標定点の点群データ



図-4 位置合わせ結果

タの位置が合うよう、点群処理ソフトである「CloudCompare」を用いて行列変換を行うことで、本来スケール情報を持たない対象構造物の点群データに、仮想的にスケール情報を付与した。図-4に行列変換を行った結果を示す。

#### (4) 精度比較方法

フォトグラメトリを行う上で、カメラと対象の距離がノイズや形状崩れなどを発生させる要因の一つとなる。そこで、出力された点群データごとにノイズや形状崩れに着目し、対象との距離をそれぞれ 2.5m, 2m, 1.5m に保って撮影し、計測距離が生成される点群データの精度に与える影響を分析する。また、(3)で示したように仮想的にスケール情報を付与し、それぞれ踏面、蹴上、階段横幅方向のスケールを実測値と比較することで、計測距離が生成される点群データのスケールに与える影響の分析も行う。

### 4. 結果と考察

#### (1) 点群の生成結果

計測距離ごとの結果を以下の図-5～図-7に示す。対象から 2.5m の距離を保って計測を行った場合、手すりや格段の形状などを細かく取得することができ、ノイズとなる点群も比較的になかった。一方で、対象から 2m, 1.5m の距離を保って計測を行った結果、異なる階段が重なり合って生成される現象が見られた。また、2m の距離を保って計測を行った結果と比較し、1.5m の距離を保って計測を行った結果の方がノイズや形状崩れが激しか

った。これは、対象との距離が近くなったことでカメラの画角に抑えられる範囲が狭くなったことが原因であると考えられる。カメラの画角が狭くなり、対象構造物の全貌を撮影するための計測飛行時間が増加し、階段を往復する回数が増えたため、往路と復路で別々の階段を生成してしまったと考えられる。

#### (2) スケール計測結果

スケールの計測結果を以下の図-8～図-10に示す。全ての計測方向において、計測距離ごとの差はあまり見られず、踏面や蹴上方向のスケールでは、全ての計測距離において誤差は 2cm 程度に収まった。しかし、階段横幅方向のスケールでは全ての計測距離において誤差が 20cm ほどみられ、他の計測方向と比較して非常に大きくなった。原因としては、標定点の設置位置が考えられ



図-5 2.5mの計測結果



図-6 2mの計測結果

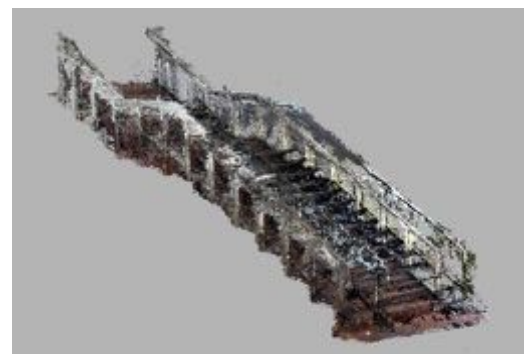


図-7 1.5mの計測結果

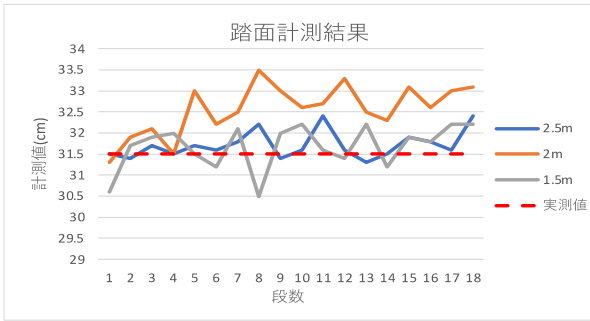


図-8 各計測距離の踏面計測結果

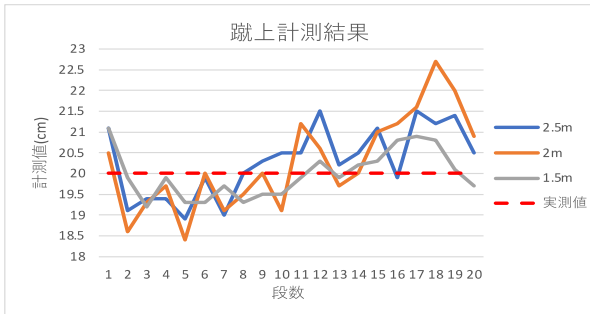


図-9 各計測距離の蹴上計測結果

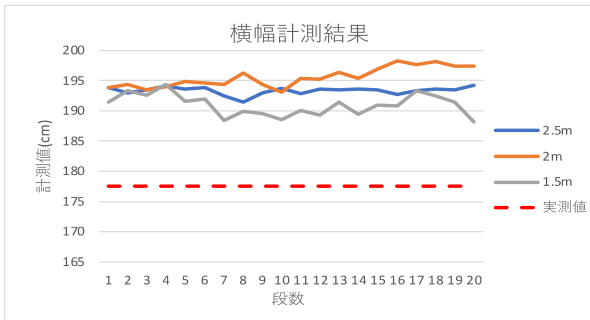


図-10 各計測距離の横幅計測結果

る。「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」によると、標定点は対象範囲を広く取り囲むように設置するのが望ましいとされている。本研究では、踏面や蹴上方向と比較し、階段横幅方向に十分に広く標定点を設置すること

が出来なかったため、行列変換を行った際に大きく誤差が発生したと考えられる。

## 5. 結論と今後の課題

研究の結果、撮影距離によるスケール精度の差はほとんどみられなかったものの、ノイズや形状崩れ等の点群の乱れは、距離が近づくにつれて多くなることが分かった。以上のことから、本研究で設定した条件の中では、出来るだけ距離を離して撮影した方が、生成される点群データの精度が高いことが分かった。また、仮想的なスケール情報を付与するための行列変換を行った結果、階段横幅方向に大きな誤差がみられた。これは、標定点の設置方法が原因であると考えられることから、今後は屋内環境を対象とした UAV を用いたフォトグラメトリに望ましい標定点の設置条件を検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：バリアフリー・ナビプロジェクト<[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_mn\\_000002.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_mn_000002.html)>(最終閲覧：2022.09.26)
- 2) 柳田恵梨奈，漆山純一：フォトグラメトリ技術を用いた建築物の 3DCG モデルの試作-3D バリアフリーマップの実現に向けて-，感性福祉研究所年報，Vol.22，pp.33-44，2021.
- 3) 峰岸樹，江守央，佐田達典：UAV とフォトグラメトリを活用した屋内移動空間の 3次元モデル作成，日本福祉のまちづくり学会第 25 回全国大会概要集，pp.33-36，2022.
- 4) 国土地理院：UAV を用いた公共測量マニュアル(案) <<https://www.gsi.go.jp/common/000186712.pdf>> (最終閲覧：2022.09.26)

(Received ??,???)  
(Accepted ??,???)

## Effect of Distance to Object on Accuracy of Generated Point Cloud Data in UAV-Based Photogrammetry of Indoor Stairs

Tatsuki MINEGISHI, Hisashi EMORI and Tatsunori SADA

In recent years, mobility support systems have been developed as part of efforts to facilitate the mobility of the elderly, disabled, and other people. However, the maintenance of barrier-free data requires a large amount of cost and labor, and especially in indoor spaces where the environment changes frequently, there is a need for an inexpensive and easy method of acquiring spatial information. In this study, photogrammetry using a UAV was used as an inexpensive and easy method for acquiring indoor spatial information, and the effect of the distance to the object when photographing the object on the accuracy of the generated point cloud data was verified. As a result, it was found that the distance to the target had little effect on the scale, but that phenomena such as noise and shape collapse were often observed as one approached the target.