

## U3 航空写真と SfM を用いた 3 次元モデルの作成と建物高さの推定

### Estimation of building heights from the 3D model using SfM and aerial photographs

○松田薫元<sup>1</sup>・リュウ ウェン<sup>2</sup>・山崎文雄<sup>2</sup>  
Tadamoto Matsuda, Wen Liu, Fumio Yamazaki

**Abstract:** Aerial remote sensing is effective for monitoring urban development, environmental assessment and disaster damage investigation. Recently, it is possible to create a highly accurate three-dimensional model by using the SfM (Structure from Motion) method from several photographs. In this study, we tried to construct a three-dimensional model of Chiyoda-ku Tokyo using five aerial photographs. The DSM was obtained by adding eight GCPs (Ground Control Points) to the built model. Comparing with a reference DSM, our results show a positive accuracy.

**Keywords:** 3D models, structure form motion (SfM), Photoscan, digital Surface Model (DSM)

#### 1. 背景と目的

近年、航空リモートセンシングは、都市発展のモニタリングや環境影響評価、災害時の被害把握などに有効である<sup>1)</sup>。また、SfM (Structure from Motion) を用いることで、複数の航空写真から高精度な 3 次元モデルの作成が可能となり、立ち入りが難しい地域における調査や地形測量において、航空リモートセンシングはさらなる注目を集めている<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、都市計画や災害対策を行うために重要である建物の形状や高さを把握する方法として、都市部を撮影した連測した複数の航空写真から 3 次元モデルを構築し、DSM (Digital Surface Model: 数値表層モデル)を作成した。さらに、作成した DSM の高さ精度について、精度 1m 以上の DSM データを用いて検証を行った。

#### 2. 対象地域と使用画像

本研究では、東京都千代田区有楽町付近を対象地域とした。対象地域内には高層、低層のビル群や公園、交通機関などが存在し、様々な構造物の 3 次元

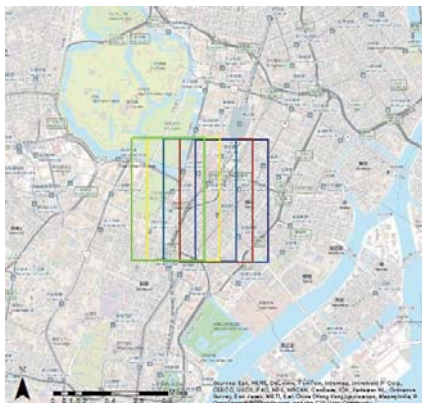


Fig. 1 The study area in Chiyoda-ku, Tokyo, and the shooting areas of five aerial photographs.

モデル化と精度の検証ができると考えた。

Fig. 1 に対象地域と使用した 5 枚のデジタル航空写真の撮影範囲を示す。これらは 2006 年 8 月 4 日に国土地理院が上空 1300m から撮影したものであり、地上解像度は約 0.45m/pixel である。

#### 3. 3 次元モデルと DSM の生成

SfM による 3 次元モデルと DSM の作成には Agisoft PhotoScan を使用した。SfM は、対象物を複数の視点から撮影した写真から、対象物の三次元形状とカメラの撮影位置を同時に復元する手法であり、映像製作からロボットの自律制御など広範囲の分野で使用されている。

以下は PhotoScan を用いた 3 次元モデルと DSM 作成の流れである。

- 1) 複数枚の写真間から同一点として使用する特徴点の検出をし、カメラの撮影位置を推定
- 2) 撮影写真から対象物の特徴点を高密度化
- 3) DSM に座標及び標高を与える基準となる GCP (Ground control Point) を設置
- 4) 3 次元モデルと DSM 作成

本研究ではまず連続した 5 枚の航空写真より 3 次元モデルを構築し、Fig. 2 に示す。作成されたモデルに対して、地上 6 点と一棟の建物の屋上に 2 点、座標及び標高の情報を持つ GCP を設置した。幾何補正を行い、DSM を作成したものを Fig. 3 に示す。



Fig. 2 3D model of the study area using aerial photographs

<sup>1</sup>学生会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻

<sup>2</sup>正会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻

(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

(連絡先 Tel: 043-290-3528 E-mail: [t.matsuda@chiba-u.jp](mailto:t.matsuda@chiba-u.jp))

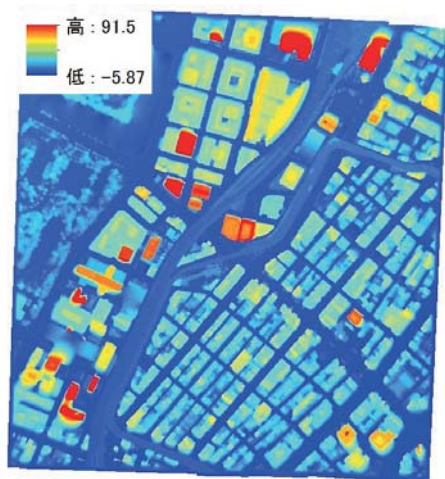


Fig. 3 DSM obtained from the 3D model after adding 8 GCPs

#### 4. 精度検証

3次元モデルの高さ精度を検証するために、本研究ではステレオペアにより(株)パスコが作成したDSM(2010年作成)と建物輪郭を使用した。

Fig. 4に本研究で作成した3Dモデルから得られたDSMと検証データの差分画像を示す。Fig. 5(a)は対象地域内に、建築面積が1,000 m<sup>2</sup>、高さ40mを超える大きな建物が立ち並ぶビル群の地区を示す。太枠で囲まれた20棟の建物に対して、輪郭内における検証データの高さと推定高さの平均値を一棟ずつ算出し、Fig. 5(b)にその比較した結果を示す。推定高さの平均誤差は0.4m、RMSEは1.2mと精度良く表現できている。

また、Fig. 6(a)は建築面積100 m<sup>2</sup>、建物高さ30m以下の建物が多く存在する地区を示しており、(b)に検証データと推定高さの比較結果を示す。37棟の建物の平均誤差は-5.0m、RMSEは5.9mである。建築面積が大きな建物に比べ、建物が密集している分、特徴点の検出等に影響があるため精度は低くなった。誤差が著しく大きい箇所は、複数視点で見ることができない端の部分や、建物間の影になった部分である。3次元モデルとして表現するのが難しいため、誤差が大きくなっている。また、航空写真の撮影時期と検証データのDSM作成時期が異なるため、新たに建設された建物が存在し、その結果、高さの誤差が大きくなっている箇所も見られた。

#### 5. まとめ

本研究では、複数の航空写真からSfMを用いて3次元モデルを構築し、座標情報を加えることでDSMを作成した。ある程度大きな建物においては、かなり精度良く高さを抽出できていたが、撮影環境や対象物の大きさなどにより影響される誤差が大きいところもある。今後は、別の対象地域への適用や、さらなる手法の改善を行いたいと考えている。

謝辞：本研究で用いた航空写真は国土地理院、検証データのDSMは(株)パスコより提供いただきました。記して謝意を表します。

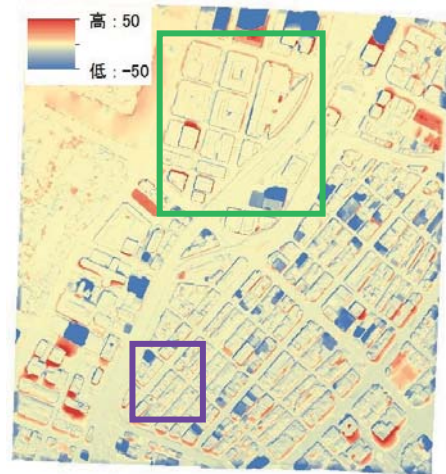


Fig. 4 Difference image between the DSM obtained from the 3D model and the reference data.

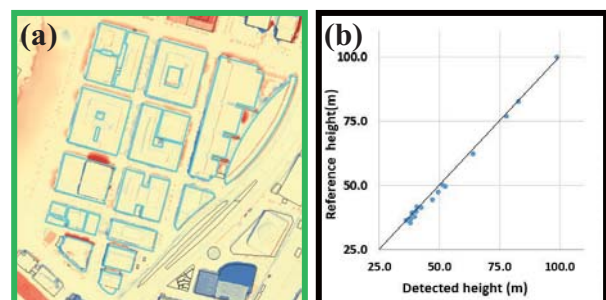


Fig. 5 Close up of the green framed area, where the large scale buildings stand (a) and the comparison of the detected heights from the 3D model and the reference (b).

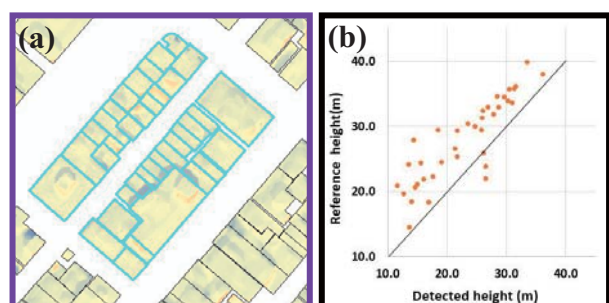


Fig. 6 Close up of the purple framed area, where the small buildings stand (a) and the comparison of the detected heights from the 3D model and the reference (b).

#### 参考文献

- 1) 小花和宏之, 早川裕式, 齊藤仁, ゴメス クリストファー: UAV-SfM 手法と地上レーザ測量により得られた DSM の比較, 写真測量とリモートセンシング VOL.53, pp67-74, 2014
- 2) 内山庄一郎, 井上 公, 鈴木比奈子: SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, 第81号, pp. 37-60, 2014