

森林内部の撮影画像を使った SfM/MVS による樹木位置および幹周の推定

熊本高等専門学校 正会員 ○入江 博樹
 熊本高等専門学校 非会員 葉山 清輝
 熊本高等専門学校 非会員 緒方 大樹
 熊本高等専門学校 非会員 藤原 大和

1. まえがき

情報通信技術の高度化により、建築・土木分野ともにデジタルカメラ、無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）いわゆるドローン（Drone）、GPS 受信機などの ICT 機器が利用されている。国土交通省は建設業の生産性の向上を目的として i-Construction の導入が進んでいる¹⁾。この一つがドローンを利用した測量、施工管理などといった ICT 技術を土工に利用するという取り組みである。

近年、カメラで撮影された複数の写真を用いて対象物の 3D モデルを作成する SfM/MVS (Structure from Motion / Multi-View Stereo) という技術が注目されている。この SfM/MVS は建築分野では建物などの測定に利用され、また土木分野でも地面形状や土地被覆の調査に利用されている。

他方、ICT の活用が期待されている分野に森林の管理がある。森林の管理は、傾斜地作業の安全確保、人手不足やコスト削減が課題である。森林を上空から撮影した写真を利用して、SfM/MVS による 3D モデル化から樹高を求める研究などの報告がある²⁾。しかし森林中で写真を撮影し樹木の 3D モデルを作成したという報告は数少ない。そこで本研究では、この SfM/MVS 技術を用いて樹木の位置、幹周（地上高から 1.3m の位置での幹の太さ）の測定を目的に、森林の 3D モデルの作成手順および森林中での写真の撮影経路について検討した。斜面の樹木の位置を計測することは、斜面の管理に利用についても応用できると考えた。

2. 使用機材及びソフトウェア

本研究では Canon 社のデジタル一眼レフカメラ「EOS Kiss Digital X」、レンズは「EF-S18-55mm F3.5-5.6 II USM」を使用した。SfM/MVS ソフトには Agisoft 社の「PhotoScan Professional」を用いた。また樹木位置を測定するために STS 社のトータルステーション「TSS-200GS」を使用した。GNSS 座標の測定には、JAVAD 社の RTK-GNSS 受信機「Delta」と「Alpha」を利用した。

キーワード SfM/MVS, 幹周計測, 樹木位置, ドローン, GNSS, 森林管理, 斜面防災

連絡先 〒866-0074 熊本県八代市平山新町 2627 熊本高等専門学校 建築社会デザイン工学科 TEL0965-53-1282

3. 実験で利用した森林の範囲

本研究の実験場所として、熊本高等専門学校八代キャンパス ICT センター付近の緑地帯に 4 つの点を頂点とした四角枠の中にある 12 本の樹木を測定対象とした。トータルステーションによって測定した 4 つの点と 12 本の樹木の位置と実験の場所の範囲を図 1 に示す。

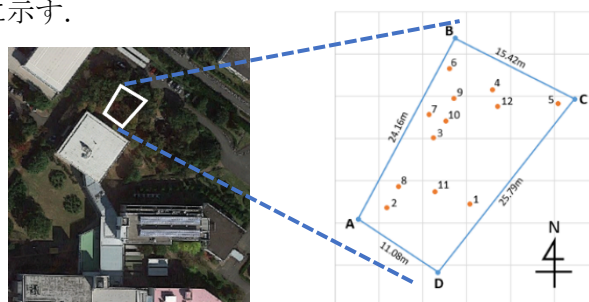


図 1 対象範囲と樹木位置

4. SfM/MVS に利用する写真の撮影方法

写真の画質は 3888×2592pixel, ISO と F 値は全自動とした。SfM/MVS では対象物に正対する位置で撮影することが望ましい。今回は樹木の 3D モデル作成のための写真撮影ルートとして、2 種類の方法で樹木の撮影を行った。また、座標値を得る方法には、GCP として 4 つの頂点を GNSS 測量した。

4.1 撮影方法その 1

樹木位置の測定を目的として、図 2 のように対象範囲全体が映るように内側を向いて一周した。黒の点が樹木、灰色の矢印がカメラの向きをそれぞれ示す。レンズの焦点距離は 18mm に設定し、画角を広角とした。この実験には 192 枚の写真を用いた。この方法で作成される 3D モデルを「MODEL1」とする。

4.2 撮影方法その 2

幹周の計測を目的として、図 3 に示すように樹木の周りを一周しそれを対象範囲内の樹木の本数分を行った。レンズの焦点距離は 27mm で行い、画角をやや広角として撮影した。この実験には 352 枚の写真を用いた。この方法によって作成される 3D モデルを「MODEL2」とする。

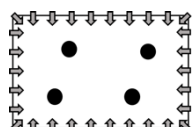


図2 撮影方法1

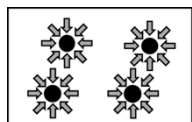


図3 撮影方法2

5. MODEL1 の作成結果

作成した MODEL1 の画像を図4に示す。結果として対象範囲である緑地のモデリングに成功した。範囲内の12本の樹木も、ほとんどが樹木として認識できた。しかしNo.10, No.12の樹木については途中で幹が途切れていた(図5)。幹が作成できなかった原因として、No.10の樹木には細い枝とたくさんの葉があったため、風などの外的要因によって枝および葉が揺れ、撮影された写真から特徴点が検出されなかった可能性が高い。良好な3Dモデルを作成するには無風時に写真を撮影する必要がある。またNo.10, No.12の樹木の共通点としてどちらも幹が細いことが挙げられる。樹木の表面積が小さいため撮影方法1では特徴点と注目点の関連付けに失敗したと考えられる。モデリングには樹木との距離についても配慮する必要があることがわかった。

5.1 樹木位置の精度の検証 (MODEL1)

MODEL1での樹木位置の誤差の平均として1.07cm, 標準偏差として8.04cmという値が得られた。またNo.9の樹木の誤差が大きかったが、原因としてこの樹木のみ地面に対して垂直に立っていないため、樹木と地面の接点の位置を誤推定してしまったことが考えられる。下向きで撮影する角度に検討が必要なが示唆された。

5.2 幹周の精度の検証 (MODEL1)

No.10, No.12の樹木については測定ができなかった。MODEL1での幹周の誤差の平均として9.77cm, 標準偏差として23.83cmという値が得られた。誤差が非常に大きかったが、誤推定によって樹木付近の緑地と樹木自体が同化してモデリングされていることが原因である(図5)。改善のために樹木の周囲を一周して写真を撮影する必要がある。

6. MODEL2 の作成結果

作成した MODEL2 の画像を図6に示す。この MODEL2 は、幹周の計測を目的としてモデルを作成した。ある程度樹木位置も一致していた。この3DモデルでもNo.10の樹木については幹が途切れている。モデル1と同じく細い枝や葉のような動くものがモデリングの失敗要因であると考えられる。

6.1 樹木位置の精度の検証 (MODEL2)

MODEL2での樹木位置の誤差の平均として2.38cm, 標準偏差として8.62cmという値が得られた。No.6とNo.9の樹木の誤差が特に大きかったが、

今回の撮影方法では1本の樹木を中心に撮影したため、相対距離が推定しづらく誤差が出たと考えられる。

6.2 幹周の精度の検証 (MODEL2)

No.10の樹木については測定ができなかった。幹周の誤差の平均として0.34cm, 標準偏差として4.82cmという値が得られた。今後モデルを作成する場合の指標を得られた。SfM/MVSを用いて3Dモデルを作成し幹周を測定する場合、この撮影方法が適しているといえるだろう。



図4 作成された MODEL1



図5 モデリングに影響の見える樹木



図6 作成された MODEL2

7. 結論

SfM/MVSを利用して樹木の3Dモデルを作成するために、2つの撮影方法を示した。幹周に法線方向に撮影する方法でも樹木位置を推定可能な3Dモデルを構築できることを示した。自律飛行するドローンを利用すれば、傾斜地などの人が立ち入りづらい場所にある森林でも、本研究の成果と組み合わせることにより低コストで広範囲を計測でき、安全に樹木の計測が可能になる。今後の応用として、SfM/MVSとGNSSと組み合わせて、地すべり斜面の樹木の位置から地面の動きの計測手法について検討する。

参考文献

- 1) 国土交通省, i-Construction~建設現場の生産性向上の取り組みについて~, <http://www.mlit.go.jp/common/001113551.pdf>
- 2) 田村太壱・加藤顕・小花和宏之・吉田俊也, 小型 UAV による空撮と SfM を用いた樹高計測, 日本緑化工学会誌, J. Jpn. Soc. Reveget. Tech, 41(1), 163-168, 2015.