

# 8 無人機によるオルソモザイク画像の位置精度の検証

弓場憲生

Horizontal accuracy evaluation of ortho mosaic image from unmanned aerial vehicle

YUBA Norio

SfM (Structure from Motion) software was used to make an ortho mosaic image from unmanned aerial vehicle. An ortho mosaic image was made of many pictures from the sky and it was used to make a map. A map should be has high horizontal accuracy. Therefore horizontal accuracy of an ortho mosaic image in a grazed pasture was evaluated in this study. DGPS (Differential GPS) receiver was used to survey some GCP (Ground Control Point) and other ground points. GIS(Geographic Information System) software was used to get residual of each ground points. Almost residual was less than GCP error. High precision of ortho mosaic image made by SfM software was confirmed from the result of an experiment.

キーワード:オルソモザイク画像, 画像処理, SfM, UAV, DGPS, GCP

## 1 緒 言

近年, 全国的に耕作放棄地 (以下, 放棄地と記す) が増加しており, 社会問題となっている。広島県においても, 放棄地の草を家畜の餌として有効に活用しながら, 同時に景観の維持を行う事を目的に, 放棄地にヤギやウシの放牧が試みられている。その際, 放牧可能な日数や, 放牧に必要な頭数の推定を行うため, 放牧地内の面積や草量, また構成草種の分布状況を把握する必要があるが, その実行は極めて困難であり, 目視による不正確な方法で行われているのが現状である。

そこで当センターでは, 以前より無人航空機 (以後, UAVと記す) により, 放棄地の近接空撮を行い調査してきた<sup>1)</sup>。この解析に, 近年開発された SfM(Structure from Motion) ソフトを使用し始めたところであるが, SfM ソフトの歴史は浅く, その精度についての検証例はほとんどない。そこで本研究では, 野外実験により SfM ソフトで合成したオルソモザイク画像の平面位置の精度について検証を行った。

## 2 草量の調査手法

### 2.1 SfM ソフトについて

通常, 人は物を見る際に, 左右の目で見て対象を立体的に把握している。写真測量では, このことを2枚のステレオ写真に置き換えて, 2枚の写真のオーバーラップ部分の三次元計測を行っている。以下に, パソコンソフトを使っ

た場合の写真測量の手順を示す。

- ① オーバーラップ部分に映っている, 2枚の写真上にある特徴点 (数点) を, マウスによりソフトに教示すると, 写真測量ソフトは, その情報を手掛かりにして, 空撮時のカメラ位置の三次元座標を解析する。
- ② 求めた上空の2台のカメラ位置 (既知点) と, 求めるべき地上の1点 (未知点) で構成される三角形を, 共線方程式を解いて導き出す (三角測量)。

これにより未知点の座標が求められるため, オーバーラップ部分の全ての画素について高さを求めることで, オーバーラップ部分全域の三次元情報が得られる。

この手順は, 今まで行われてきた従来法による写真測量の流れであるが, 近年ではパソコンの飛躍的な処理能力の向上により, SfM (Structure from Motion) と呼ばれる画像処理技術が開発された。それは, ①をソフトウェアにより自動化し, さらに従来法では②において A, B 2枚のステレオ画像のみで行っていた処理を, A+B と B+C のように順次, 隣接するペアを縦横に増やし, 無数の写真の組み合わせを連続的に解析するもので, 基本的に全自動で多数のステレオペアの解析を行うものである。

従来の写真測量では, 2枚のステレオペアしか使えなかったため, 三次元解析の範囲を広げるためには, 撮影高度を上げるしかなかった。しかし撮影高度を上げると地上解像度が低下する弊害が生じるため, 草本のような小さな地物の解析を広域にわたって行うことは, 困難であった。一

方, SfM を用いれば, 低空から撮影された高解像度画像を, 多数処理して広域の解析が可能となるため, 草本の解析に大変有効である (図 1)。

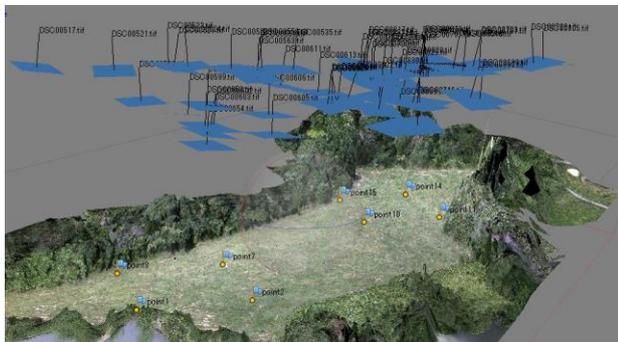


図 1 UAV と SfM で求めた地上の三次元形状 (上空にある多数の四角形は, 空撮位置を示す)

## 2.2 オルソモザイク画像について

写真画像は, 中心投影により三次元を二次元に置き換えているため, 画像の中心部から外側に向けて倒れ込むように撮影されるという不可避の技術的な欠陥がある。また広範囲を写そうとして広角レンズを使用すると, レンズ歪により, 画像の周辺部がレンズの持つ特性によりタル型や糸巻型に歪曲して撮影される。

しかし SfM ソフトにより解析された三次元データは, これらをソフト的に補正してあるため, 解析した三次元データのうち, XY 方向の平面データを用いることで, 歪の少ない平面投影画像 (オルソモザイク画像) が得られる。

オルソモザイク画像は, 地図を作る際に使用される。地図は, 距離や面積の算出根拠となるため, オルソモザイク画像に写っている地物の水平的な位置精度が大変重要である。そこで本研究では, 複数の画像を合成して得られたオルソモザイク画像を使い, 各画像が正しく接合されているかを確認するため, 画像の位置精度について検証した。

## 2.3 実験の方法

実験は, 広島大学附属農場 (西条ステーション) の 4 号放牧地 (以下, 放牧地と記す) で行った。空撮に使用した UAV は, 4 ローターのマルチコプタ (モータ軸間 45cm, 重量約 1kg) である。カメラは, SONY 社製 RX100 (2020 万画素, 重量 240g) を使用し, 高度約 50m から約 240 枚撮影した (図 2)。これらの画像のうち, ブレや重なり具合において解析に適した 55 枚を選定し, SfM ソフト (PhotoScan, ロシア Agisoft 社製) により, 放牧地全域 (面積約 1ha) のオルソモザイク画像 (地上解像度, 約 2cm) を作成した。

なお, RX100 にはレンズ歪を自動補正する機能があり, 通常は補正された画像が JPEG 形式で保存される。しかし PhotoScan はこの機能を考慮して開発されていないため, 本研究ではレンズ歪の補正が行われない RAW 形式の画像を使用した。



図 2 空撮に使用したマルチコプタとカメラ

作成したオルソモザイク画像に位置情報を付与するため, 放牧地内に 8 点の地上基準点 (GCP) を設置した。また, それとは別にオルソモザイク画像の接合精度の検証のために, 18 点の対空標識も設置した (図 3)。これらの点は, すべてディファレンシャル GPS 受信機 (Geo7X, Trimble 社製) を使って位置情報 (緯度, 経度, WGS84 測地系) を取得した。

位置を付与したオルソモザイク画像を GIS ソフト (TNTmips, MicroImage 社製) に取り込み, GIS ソフトで表示された対空標識と GPS で取得した対空標識の位置のズレ (残差) を求めた。

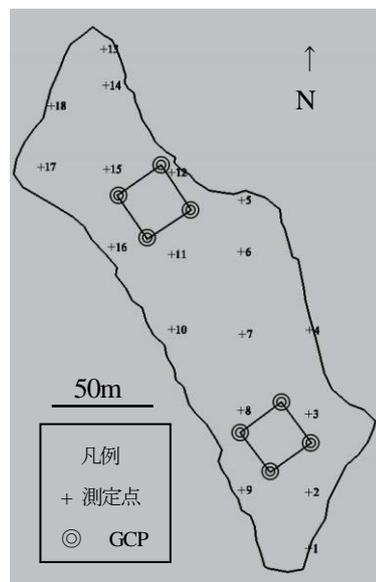


図 3 放牧地に設置した GCP と測点

### 3 結 果

オルソモザイク画像の位置決めで使用した 8 点の GCP の残差は、最小 36cm, 最大 70cm, 平均 52cm であった。

一方、オルソモザイク画像内に設置した 18 点の対空標識のうち、2 点はモザイク合成処理の際に消滅したため、解析は 16 点で行った。それらのうち、残差の大きかったものは、No.1 と No.17 であった。これらの残差は、それぞれ 73cm と 84cm であったが、これらは GCP の外側にあり、かつ撮影枚数も少なかったため、残差が大きくなるのは当然であり、妥当な結果であると考えられた (図 5)。

次に残差の大きかったものは、No.4 の 58cm と No.8 の 55cm であったが、これらは GCP の残差の平均値にほぼ等しいため、これについても特に大きな数値であるとは考えられなかった。

残りの 12 点については、GCP の残差の平均値を下回る高い位置精度であった。(図 4)

これらの結果から、PhotoScan は多数の画像を大変良好な精度で接合して、オルソモザイク画像を合成していることが確認された。

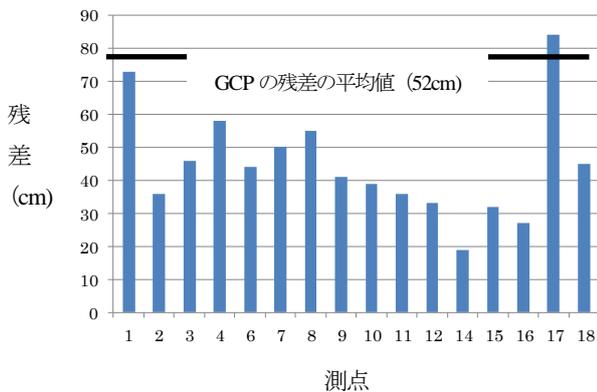


図 4 各測点の残差

### 4 結 言

本研究では、PhotoScan を使用して、高度約 50m から空撮された 55 枚の画像を接合し、オルソモザイク画像を合成した。その接合精度について GPS 受信機を用いて検証した結果、ほとんどの測点 (16 点中 14 点) において、オルソモザイク画像の位置決めで使用した GCP の平均位置精度(52cm)と同等か、それよりも良好な精度で接合されていることが確認された。

これにより、PhotoScan で合成されたオルソモザイク画像は、多数の画像が極めて高精度に接合されているため、その画像内の位置精度もまた、大変良好であると考えられる。

オルソモザイク画像は、地図の製作や、画像処理によって地物を自動抽出するのに用いられるが、その元となるオルソモザイク画像の精度が高くなければ、地図などの成果品における 2 点間距離や面積などについても、正しい計測が不可能である。今回の実験では、約 300m×100m の大きさの地図を作るための原図を、50cm 程度の誤差で作成できたことになる。これにより PhotoScan で作成されたオルソモザイク画像を使用することで、放棄地全体の面積や、区域内の 2 点間距離について、高精度に計測が可能であることが確認された。

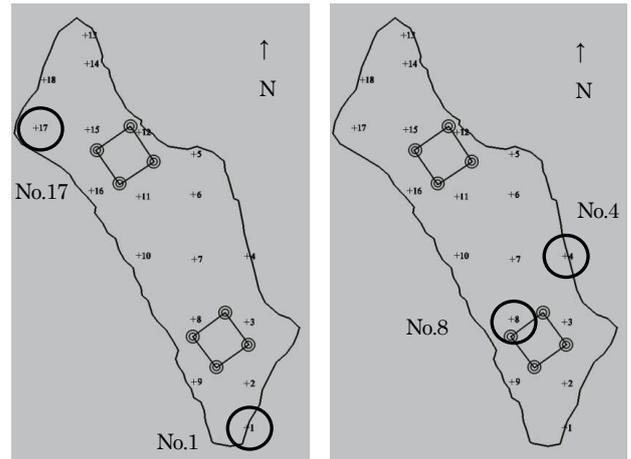


図 5 残差の大きかった測点  
(左図は最大のもの、右図は 2 番目のもの)

### 文 献

- 1) 近畿中国四国農業研究センター 畜産草地・鳥獣害研究領域：広域連携周年放牧を支援する技術・成果、(2013)
- 2) 内山庄一郎他, 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 (2014), 37-60
- 3) 弓場憲生, SfM ソフトウェアの三次元測定精度の検証, 日本写真測量学会, 平成 26 年秋季学術講演会発表論文集 (2014), 99-100