

# ドローン空撮写真による 3 次元モデル作成に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○道本 真悟  
呉工業高等専門学校 正会員 河村 進一

## 1. はじめに

3D プリンターや Google Earth の 3D マップなど、3 次元データを活用した新しい技術が研究され、実用化されつつあり、土木分野においても構造物の管理が 3 次元図面で行われるようになりつつある<sup>1)</sup>。画像を用いた 3 次元モデル作成可能なソフトウェアの登場、ドローンの急速な高性能化と低価格化による空撮の容易さが増したことで 3 次元計測の研究が行いやすくなった。本研究では、ドローンで空撮した写真を用いて地形や構造物の 3 次元モデルを構築するための基礎的検討を行った。

## 2. 画像計測の原理

3 次元モデル作成のために SFM と呼ばれる手法を用いる。その基本的な原理はステレオ写真の立体視と同様であり、2 枚の画像から見た視差で 3 次元の座標を求めることである。SFM の処理は画像の撮影、特徴点といわれる画像の特徴的な点の抽出、画像ごとの特徴点対応付け、カメラ位置とカメラの向きの算出、ステレオの原理を用いた 3 次元座標の取得の手順で行われる。現在では SFM 法の一連作業はすべてパソコンのソフトウェア上で自動的に行うことができるため、撮影した写真を SFM ソフトウェアに読み込ませて処理をするだけで 3 次元モデルが作成可能である。

## 3. 使用機器の選定

### 3.1 ソフトウェアの選定

画像データからの 3 次元データの抽出は非常に高度な技術が使われており、ソフトウェアの中にも性能や操作性にばらつきがあることが分かったので、Recap360, SFP, PhotoScan の 3 つのソフトウェアの特徴を比較した。Recap360 は簡単に 3 次元モデルを作成可能であるが、結果までの過程が得られず、SFP は手作業による特徴点の入力が必要であり、土木構造物への適用や作業時間の面で難しい。それに対して PhotoScan は 3 次元モデルの自動作成が可能で、作成過程を見ながらある程度制御できるため考察も行いやすい。また、PhotoScan Professional 版は 50 万円程度であるが、アカデミック価格で安価に購入できること、日本国内でのいくつかの研究機関で実績が確認できたことから本研究での使用を決定した。

### 3.2 ドローンの選定

3 次元データを画像から得るには 3 次元モデルにした物体の上下左右前後を撮影しなければならない。土木構造物や地形の 3 次元モデル化を行うために小型無人航空機であるドローンは便利である。図 1 は本研究で使った Phantom 3 Standard である。他の安価なドローンと比較してカメラの向きの設定、カメラの画素数、GPS の有無の差があり、価格も 10 万円程度でコストパフォーマンスに優れているので Phantom 3 Standard を選定した。



図 1 Phantom 3 Standard

## 4. 変位の 3 次元計測

図 2 は変位計測精度の実験に使用したベニヤ板とコンクリート供試体である。A 点～H 点の地面からの高さをノギスで、I 区間と J 区間の距離をメジャーで実測し、ベニヤ板の形状を図 2 のように A～H の 8 点で支持した状態と B 点、F 点のコンクリート供試体の支えを除き、たわませた状態の 2 種類を空撮して 3 次元計測した。ドローンのカメラ角度は地面に垂直な角度に設定した。

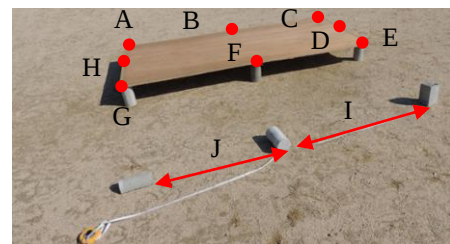


図 2 実験模様（測点と実測区間）

図 3 は移動しながら撮影したベニヤ板を A～H の 8 点で支持した状態の 3 次元モデルである。ベニヤ板は地面から浮き、地面も浮遊しているので計測不可能であった。ベニヤ板の形状がたわんでいる 3 次元モデルも図 3 と同様であり、原因を強い風が吹いていたことと空中で静止させずに空撮を行ったためと考えた。そこで、2 回目の実験では空撮方法をホバリングして空中に停止した状態で空撮することにした。また、ドローンのカメラ角度による精度の違いもあるのかもしれないと考え、ドローンのカメラを地面と垂直な方向と約 30° 斜めに傾けた状態の空撮を行い、3 次元モデル化した。

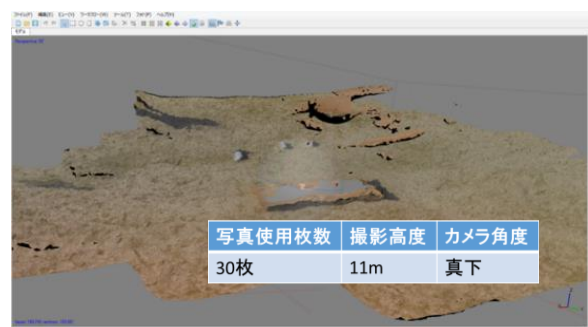


図 3 移動空撮による 3 次元計測結果

2 回目の実験では精度検証が行えたので結果を表 1, 表 2 に示す. 表 1 は地面からベニヤ板までの高さの実測値と 3 次元モデルの計測値の誤差である. 表 2 はコンクリート供試体同士の距離の実測値と 3 次元モデルの計測値の誤差である.

表 1 地面からベニヤ板の測点(A~H)までの高さ

| カメラ角度 | 地面と垂直 | 30° 斜め |
|-------|-------|--------|
| 最大誤差  | 28mm  | 68mm   |

表 2 コンクリート供試体同士の区間 (I, J)

| カメラ角度 | 地面と垂直 | 30° 斜め |
|-------|-------|--------|
| 最大誤差  | 142mm | 127mm  |

また, 様々な角度から撮影したすべての画像を用いて誤差が最小の 3 次元モデルを作成した. 図 4 に誤差最小の 3 次元モデルを示す. 図 4 の 3 次元モデルの最大誤差は地面からベニヤ板の測点の高さとコンクリート供試体同士の区間のどちらも 21mm であった. 1 回目の 3 次元モデルの結果と 2 回目の 3 次元モデルの結果から空中で静止せずに空撮するより, ホバリングして空中に静止した状態で空撮した方が良いと考えられる. 2 回目の実験の精度結果より, 地面からベニヤ板の高さのような画像上の奥行き精度はコンクリート供試体同士の区間のような画像上の横の距離よりも良い精度で計測ができることが分かった. これは画像データに含まれている焦点距離を利用して画像の奥行きを求めているからであり, コンクリート供試体同士の区間のような画像上の横の距離は特徴点から求められるので写真枚数が少ないと精度に顕著に影響が出ると考えられる. 少ない枚数での 3 次元モデルリングは物体正面へカメラ角度を向ける方が良い精度が得られた. 図 4 の結果より今回使用したベニヤの大きさ (1.2m×2.5m) であれば様々な角度から撮影した 50 枚ほどの写真で誤差 2cm 程度の計測が可能であると分かった.

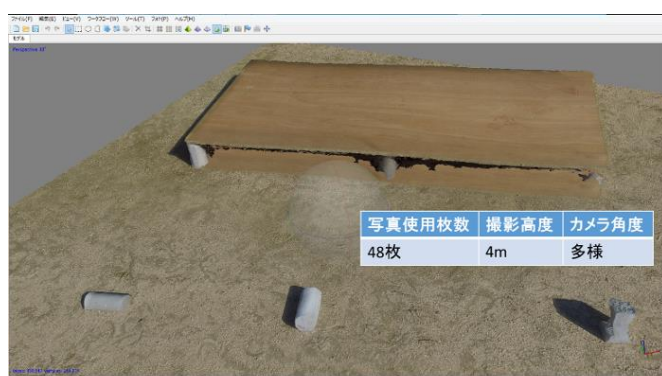


図 4 ベニヤ板最小誤差 3 次元モデル

## 5. 建造物の 3 次元モデリング

呉高専の専攻科棟(4 階建て建造物)の 3 次元モデル化を行った. 本実験は 2 回行った. 図 5 に 1 回目の結果を示す. 図 5 は写真使用枚数 53 枚でテクスチャに乱れが見られるが形状はおおまかに再現されている. 2 回目は 30 枚で行ったが特徴点の対応付けがうまくいかず 10 枚しか 3 次元モデル作成に使われなかったため建造物の一面しか再現されなかった. そのことから専攻科棟ほど

の大きさの形状のみを再現する場合最低で 50 枚ほどの画像が必要であると考えられる.



図 5 専攻科棟 3 次元モデル

## 6. GPS 情報の有無による 3 次元モデルへの影響

PhotoScan の 3 次元モデルは GPS の座標値を利用してモデルの大きさを決めている. 呉高専内にあるゴミ箱を 3 次元モデル化し GPS 情報の有無による 3 次元モデルへの影響を検証した. 図 6 はゴミ箱の 3 次元モデルで, 左が GPS 有り, 右が GPS 無しの 3 次元モデルである. どちらの 3 次元モデルもゴミ箱の右上部分が欠けており, 左上部分も少し歪曲しているが他の部分の形状は再現されていて違いは見られない. GPS の有無で形状の 3 次元モデリングの精度は変化しないと考えられる. ゴミ箱上部の再現がうまくいっていない原因は光沢である. ゴミ箱上部は少しだけ光沢があり, ゴミ箱上部に反射して映ったものに特徴点を取ってしまい, カメラ撮影位置によって特徴点の位置が変化して特徴点のマッチングがうまく出来ていないことが原因であると分かった.



図 6 ゴミ箱の 3 次元モデル(左 : GPS, 右 : 無し)

## 6. まとめ

今回の研究では, SFM ソフトウェアの選定, ドローンの選定, 撮影方法・撮影条件の決定, ベニヤ板の変形形状を利用した精度実験, 建造物の 3 次元モデル作成, GPS の 3 次元モデルへの影響検証を行った. 移動しながらの空撮では再現が難しいこと, 物体に対して垂直な角度で撮影すると他の角度からの撮影より再現精度が良いこと, 誤差 2cm 程度での 3 次元計測が可能なこと, 4 階建て建造物の形状再現は 50 枚程度の写真が必要なこと, GPS の有無による 3 次元モデルへの影響が少ないことや光沢のある物体の再現が難しい原因が分かった.

## 文献

1)『建設通信新聞』2015 年 11 月 25 日 1 面<全プロセスに 3D データ/「i-Construction」で建設生産革命>

《<http://www.kensetsunews.com/?p=56349>》