

ステレオカメラ搭載 UAV を用いた安価な海岸測量システム構築に向けた精度検証

愛媛大学 学生会員 ○植竹 空
 愛媛大学 非会員 井手 亮介
 愛媛大学 正会員 片岡 智哉

1. はじめに

IPCC 第 6 次評価報告書 B.5.3, B.5.4 では世界平均海面水位が 21 世紀の間, 最大で 1~2m 程度上昇する可能性があると考えられる(IPCC 2021). こうした海面上昇に伴う緩やかな海岸変化に加え, 大型化台風を原因とする高潮・高波による急激な海岸侵食が懸念される. そのため, 海岸をモニタリング, 被害緩和, 保全が必要である. 現在の海岸モニタリング手法は 1)汀線測量, 2)航空レーザ測量がある. 最近では UAV+LiDAR の利用が進んでいるが, それぞれの手法でコスト・労力がボトルネックとなっている. そこで, 本研究では測距センサの一種で安価なステレオカメラに注目し, ステレオカメラ搭載 UAV を用いた安価な海岸測量システム構築に向け, 精度検証を行うことを目的とする.

2. 研究方法

(1)ステレオカメラ単体での精度検証: 一般に, ステレオカメラの精度は解像度, 焦点距離に依存する. そこで本研究ではステレオカメラ単体(ZED2, Stereolabs)の高さによる誤差特性と角度による誤差特性を実験により確認した. 高さによる誤差は, 鉛直下向きに撮影し, 鉛直方向で高さを変化させ, 実測値とステレオカメラによる推定値を(1)式で比べることで誤差とした. ここで, D は x, y 及び z 方向の距離を意味し, 添字 e 及び o はそれぞれ推定値と実測値を意味する一方, 角度による誤差は対象物に対する撮影角を Pitch 方向, Yaw 方向に 15° 刻みで傾けて撮影. (1)式を用いて誤差を求めた. なお x, y は図-1 に示す画像中の横, 縦軸であり, z は奥行き方向である.

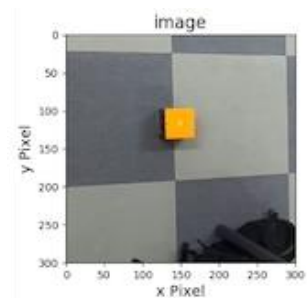


図-1 撮影画像例

$$\varepsilon = \frac{|D_e - D_o|}{D_o} \quad (1)$$

(2)ステレオカメラ搭載 UAV システムの精度検証: 愛媛県松山市長浜海岸にて図-2 に示す飛行経路で高度 5~10m, マニュアル操縦により測量を実施した. 図中の数字は 1~10 番までのマーカを示す. 各マーカにおける標高を GNSS 測量機(Trimble R10, Nikon Trimble)で計測し, 式(1)により誤差を算出した. 測量概要図を図-3 に示す.



図-2 長浜海岸 UAV 飛行経路

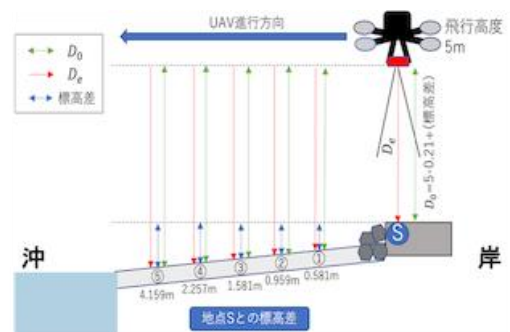


図-3 UAV 測量概要図

3. 結果と考察

(1)ステレオカメラ単体での精度検証結果：高さ方向の誤差実験結果を図-4に示す。また角度による誤差実験結果を図-5に示す。高さの増加に伴い誤差は線形的に大きくなる。図-5ではy軸回転のYaw方向の傾き時に、y方向の誤差が小さく、x方向の誤差が大きい。これは光学的に画像が歪んだことが原因である。角度による誤差は回転軸方向の誤差が小さく、直行方向の誤差が大きいことがわかった。

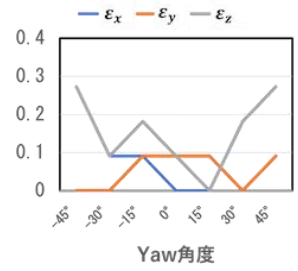
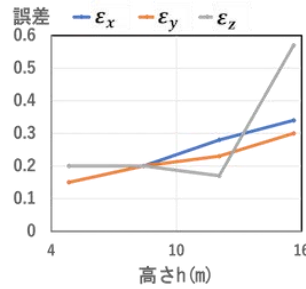


図-4 高さによる誤差 図-5 Yaw方向の角度誤

(2)ステレオカメラ搭載 UAV システムの精度検証：次に長浜海岸に設置した10枚のマーカの測量誤差を図-6に示す。なお、マーカ7番は撮影されていなかったため欠測とし、9番が2回撮影されていたため、9_1,9_2とデータを分けて誤差を評価した。図-6は画像中のマーカx座標値と誤差の関係を示し、画像の左から右に向かって誤差が小さくなっていった。これは図-7中央に示す画像の通り、左右端で測定差があったためである。同様の測定差が2(1)の角度による誤差評価時にも観測されたことから、機器取り付け時、Yaw方向にステレオカメラ自体が傾いていたためと考えられる。本研究ではこれを、測量中を通して生じている系統誤差と考え、x方向の線形トレンドを除去する補正を実施した。

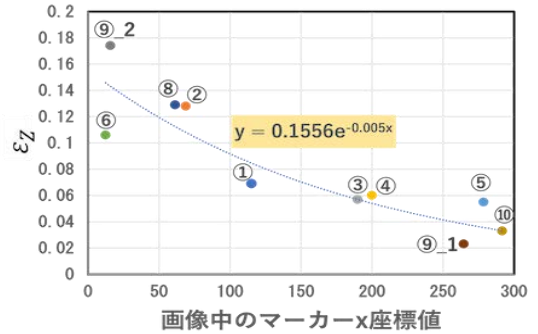


図-6 画像中のマーカx座標値と誤差の関係

図-8に補正後の各マーカの高さ方向の誤差を示している。補正により全マーカの平均誤差が約3%となり、測量として実用的な結果となった。なお、残りの誤差要因は、UAVが前進する際のPitch方向の傾き、風による変動誤差と推察される。

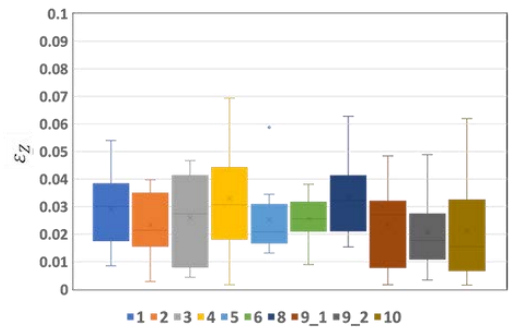


図-8 補正後の各マーカ誤差

(3)今後の課題：今後は測量範囲の拡大、UAVの自動飛行化の実装により、効率的な海岸測量を目指すとともに、海浜流、沿岸波浪および漂着物の計測にも発展させていきたいと考えている。

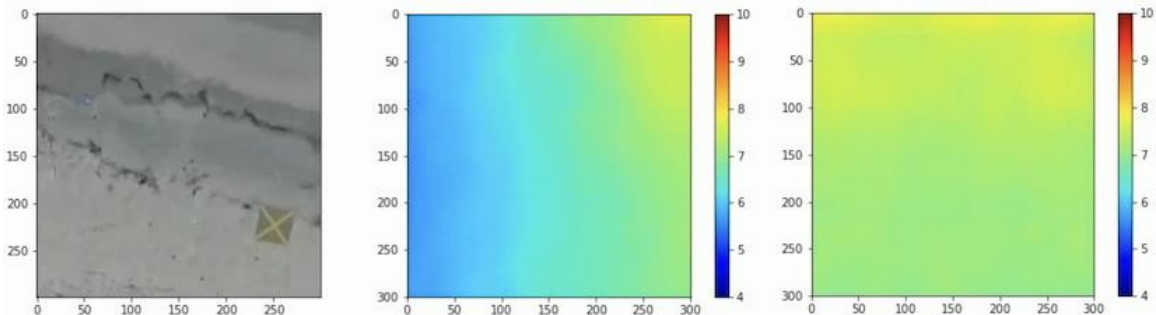


図-7 通常画像(左), 補正前 Depth 画像(中央), 補正後 Depth 画像(右). カラーバーは Depth(m)を表す

謝辞：本研究の一部は、令和3年度愛媛大学研究活性化事業(スタートアップ支援)による成果である。ここに記して謝意を表す。

参考文献：IPCC, 第6次評価報告書, 2021