

二台の UAV を用いた 3 次元波浪モニタリング手法の改良

東北学院大学

学生会員 ○渡邊 浩太

東北学院大学

正会員 三戸部 佑太

1. 目的

海浜地形の変化を議論するためには波浪の入射角や波高といった波浪情報が必要不可欠である。UAV を用いた波浪のモニタリング手法については近年検討が進められてきている（松葉ら，2017；鈴木ら，2019）が，波高まで含めた計測手法の研究例は限られている。三戸部ら（2019）が提案する 2 台の UAV を用いた手法により波浪 3 次元形状の取得が可能であることを示したが，精度について定量的な検討が行われておらず，またミスマッチングによるエラーの発生や解析時間が多くかかってしまうという問題がある。本研究では，3 次元解析の精度検証を行うとともにエラー除去および解析の高速化の手法の検討を行った。

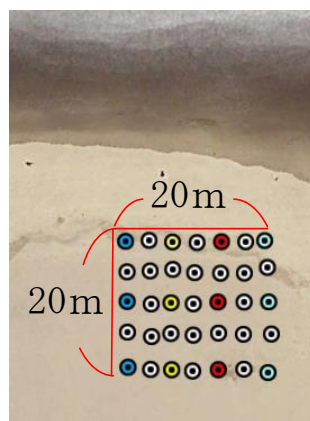
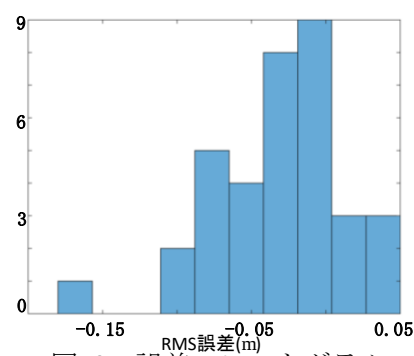


図-1 GNSS 測量地点

2. 研究手法

使用した UAV は DJI 社の Phantom4Pro である。最大飛行時間は約 30 分，カメラの解像度は 4096×2160 で 60fps の動画の撮影を行った。UAV の高さはそれぞれ上空 80m，40m，UAV 二台の間の距離は 20m で撮影した。二台の UAV で撮影した動画の各フレームに対してステレオ画像解析を行い撮影対象の 3 次元座標群を取得する（三戸部ら，2019）。

図-2 誤差のヒストグラム
Frame No. 0

3. 精度検証

精度検証は高さが不変である砂浜上で行った。砂浜にカラープレート 12 枚配置しカラープレート上とその間の計 35 地点について GNSS 測量を用いて 3 次元座標を取得した（図-1）。図-1 において色を付けたポイントがそれぞれカラープレートを設置した箇所である。1 フレーム目の画像上でカラープレートの位置を指定し位置合わせを行う。カラープレート以外の点も含め GNSS 測量で取得した 3 次元座標と，3 次元解析で取得した 3 次元座標の高さを比較し誤差を計算する。一枚目の高さの RMS 誤差は 0.05m と高い精度で解析が行えていることが分かる（図-2）。二枚目以降の解析は三戸部ら（2019）の方法では高さの変化しない領域（図-3（a））を指定し，その平均値が一定になるように 2 枚目以降の高さを合わせ解析を行っていた。この方法で解析を行った場合 1 フレーム目（図-4（A））と 541 フレーム目（図-4（B））を比較すると 1 地点の高さのみ拘束されるので，回転によって他の地点の高さが増減しているのが分かる。RMS 誤差の変化を見ると時間経過で RMS 誤差が増大しているのが分かる（図-5：補正前）。誤差

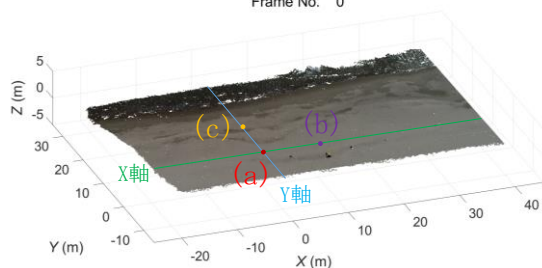


図-3 計測の基準点（撮影高度：40m）

の増減は，回転によって他の地点の高さが増減しているのが分かる。RMS 誤差の変化を見ると時間経過で RMS 誤差が増大しているのが分かる（図-5：補正前）。誤差

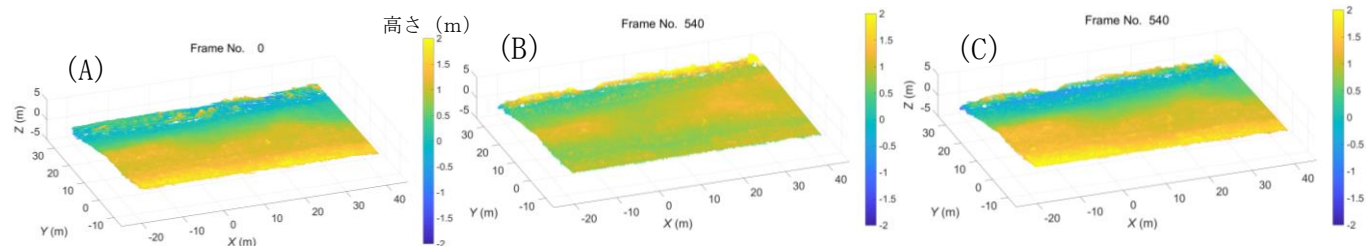


図-4 3 次元座標比較（撮影高度：40m）

キーワード UAV 領域ベースマッピング ビデオモニタリング 画像計測

連絡先 〒985-8537 多賀城市中央一丁目 13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 TEL 022-368-7193

を減らすため新たに基準点を2点設定し（図-3（b）（c））1つ目の基準点（図-3(a)）との角度を求め、その角度をもとにX軸およびY軸回りにそれぞれ回転させ角度の補正を行った。1フレーム目の結果（図-4(A)）と補正後の541フレーム目の結果（図-4(C)）を比較すると高さの変化が少なくなっているのが分かる。RMS誤差の時間変化を見てもX軸Y軸回りの角度補正後は誤差が安定して高い精度で解析できている（図-5）。

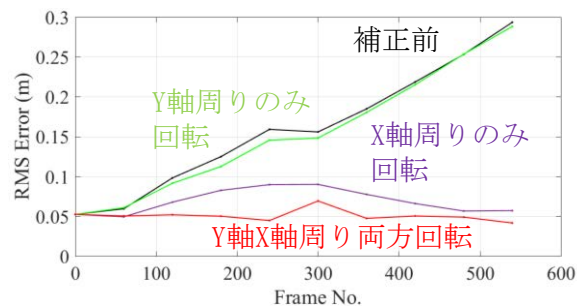


図-5 高さのRMS誤差の時間変化

4. エラー除去及び高速化

輝度変化の少ない領域を解析対象から除外することで、エラー除去および高速化を試みた。画像を7×20pixelのブロックに分け、ブロック内の輝度の標準偏差が、閾値を下回る領域を除外し解析を行った。修正前（図-6（E））の画像と閾値を0.005と設定し輝度変化の少ない領域を除去した画像（図-6（F））を比較する。閾値を設定した画像はマッチングしない箇所が出てくるので欠測箇所が発生してしまうが、修正前の右上部で発生しているような mismatching による高さのブレは少なくなっていることが分かる。解析時間は修正前では1フレーム解析するのに平均で1060秒かかったのに対して、閾値を0.005と設定した方では1フレーム解析するのに平均で900秒と15%程度解析時間を減らすことに成功した。

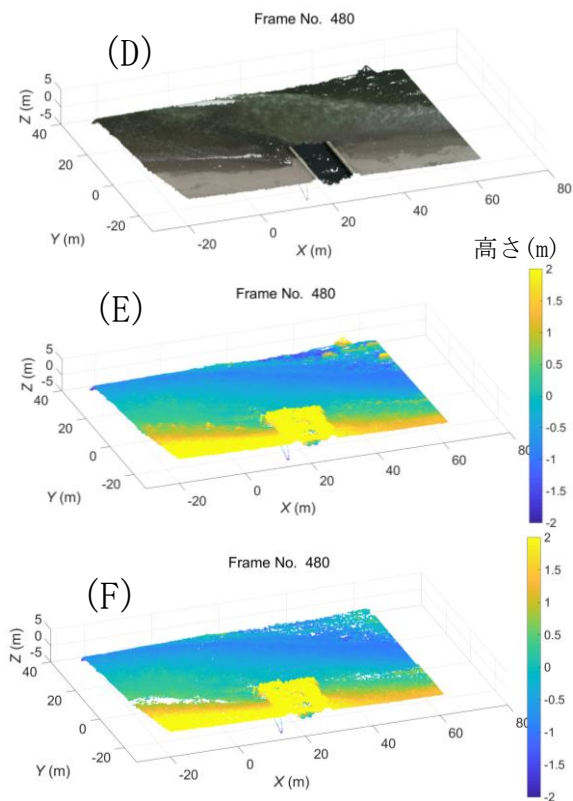


図-6 エラー比較画像（撮影高度:80m）

5. まとめ

本研究では精度検証および角度の補正と、エラー除去および高速化という部分について解析方法の改良を行った。精度検証において、補正前は時間経過につれRMS誤差が10秒で

0.3m程度まで増加しており、波浪観測を行うことを考えると決して無視できない大きさの誤差であったが、補正を行うことで誤差の増加を防ぐことができた。補正後はRMS誤差を平均0.05m程度の小さい値に抑えられており、角度を補正することで高い精度で解析を行えることを示すことができた。しかし、X軸まわりの回転による誤差の減少量が大きいことを考えると、波を撮影するという条件のためY軸方向に高さの不変の領域を広く確保するのが難しく、砂浜の狭い場所でどれだけ精度を維持できるかの検証が必要である。また、輝度変化のない領域を解析から除外することで mismatching を減らしプログラムを高速化することができた。閾値を大きくするほどに解析時間を減らすことができるが、その分マッチングせず欠測箇所が増えるため、最適な閾値の設定方法の検討のため、より多くの条件で解析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 松葉 義直, 下園 武範, 田島 芳満 : UAVを用いた波の伝播・遡上特性分析, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 73, No.2, pp. I_103-I_108, 2017.
- 2) 鈴木 彰容, 三戸部 佑太, 田中 仁 : UAVを用いた構造物周辺における波浪モニタリング手法の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 75, No.2, pp. I_1279-I_1284, 2019.
- 3) 三戸部 佑太, 新道 健人, 鈴木 彰容, 田中 仁 : 二台の UAV によるステレオ画像を用いた波浪観測手法の基礎的検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 75, No.5, pp. I_1273-I_1278, 2019.