

UAV を用いた海岸地形データ 作成手法の開発

水工学研究室 落合時光
指導教員 犬飼直之

1.はじめに

従来の DEM 作成方法は直接測量した数値等高線地図から補間して作成する方法や人工衛星や航空機によるリモートセンシング技術を用いた作成方法がある。直接測量の問題点として険しい山など、場所によっては作成困難であり、数値等高線地図を作成するのに手間がかかる。リモートセンシングによる測量の問題点は航空写真を入手するのにコストがかかり、作成したい時間や場所での情報の取得が困難である。そこで本研究では UAV を用いて安易に地形データを作成することが可能になれば、様々な分野で用いることが可能となる。

2.研究目的

本研究では UAV から取得した海岸の航空写真を用いて海岸地形データ(DEM)を作成する手法の開発を行うことを目的とした。さらに本研究では、この手法を水難事故が発生した新潟県上越地域の海岸に適用させ、地形データを作成し、地形の特徴や事故当時の海象を考察した。

3. 作成する DEM の概要

CG の作成や地図などに利用する、地形データは、DEM(Digital Elevation Model)、DHM(Digital Hight Model)などと呼ばれている。DEM は、地形をメッシュ上に区切って、そのメッシュの各点の標高値を記載したものである。たとえば、国土地理

院の数値地図(標高)は、等間隔の緯度と経度で区切ったメッシュを日本全土に張って、このメッシュの中心点の標高を記載したテキストデータとなっている。

4.使用する UAV の概要

UAV とは Unmanned Aerial Vehicle の略称であり、無人で飛行する航空機の総称である。UAV のサイズは、小さいものは手で持って飛ばせるラジコン機程度のものから、大きいものは小型旅客機なみのものまであり、将来は小鳥や昆虫大の超小型 UAV (マイクロ UAV) も出現するのではないかとみられている。民間用としても、UAV はリモート・センシングや農薬散布に活用されており、大型の無人機や無人飛行船を成層圏に滞空させて、放送や通信中継に用いることも研究されている。本研究ではマルチコプターを用いる。



図 4.1 マルチコプター

5. 本研究で用いた地形データ作成海岸の選定

本研究では上下浜海岸を対象とする。選定理由としては幅が狭く急勾配であり、波浪が減衰せずに直接押し寄せ、浜に打ち上げられた波が砂浜を駆け上がる。このような地形的特徴において、平成26年5月4日、砂浜にいた人が遡上した波にさらわれる事故が発生した。海岸工学では通常海の中のデータを用いられることが多いが、事故が発生したのは砂浜である。従って、本研究では海岸の地形データを作成するのに、上下浜海岸を対象とした。

6. 上下浜で発生した水難事故の概要

発生時刻は2014年5月4日午後1時30分ごろで、事故の内容は波打ち際で遊んでいた子供3人が波にさらわれ、救助に行った大人2人も溺れ、合計5人が溺死した。ナウファスのデータによると、事故発生時の波浪は有義波高が1.20m、周期が7.8秒、波向NWであった。また天気図によると事故当時は高気圧による南西方向に吹いていた。

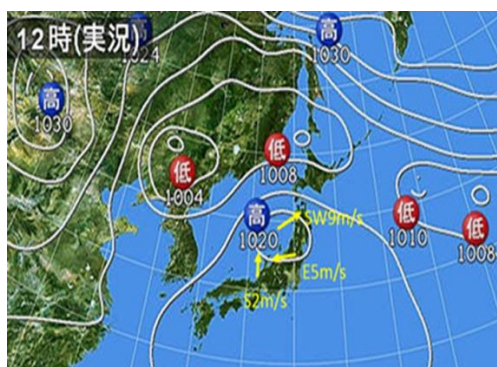


図 6.1 2014年5月4日12時の天気図

7. 上下浜現地調査の内容

2014年8月29日と2015年1月14日に2度の上下浜現地調査を行った。8月29日の調査内容は海面着色剤による沿岸流観察、数本の岸沖方向の水深の計測、各測線における岸沖方向の海岸地形計測、UAVを用いたビデオ撮影を行った。

1月14日の調査内容は、各測線における岸沖方向の海岸地形計測、UAVを用いた航空写真撮影を行った。

8. Photoscan の機能

マルチビュー3Dの技術を基に、様々な方角から撮影した複数の画像を連結処理して3Dモデルを作成するソフトウェアである。

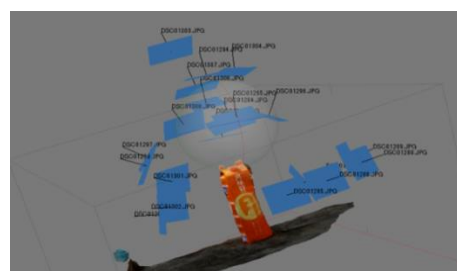
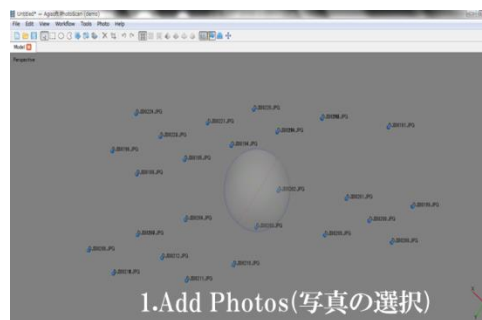


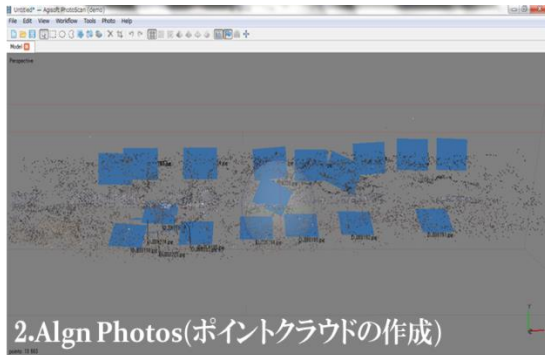
図 9.1 Photoscan 作成例

9. Photoscan による DEM の作成

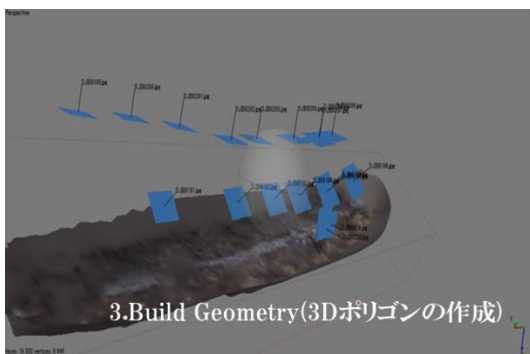
1月14日に調査を行って撮影した画像をレンズの歪み補正を行い、29枚の写真を用いて撮影した。それらをPhotoscanに取り込んで、下図の鳥瞰図を作成した。



9.1 Photoscan による作業 1



9.2 Photoscan による作業 2



9.3 Photoscan による作業 3



図 9.4 Photoscan による鳥瞰図

これを DEM に出力することが可能であり, DEM データの他に Google Earth や Arc Info フォーマットへの出力も可能である.

10.Photoscan から出力した DEM の処理

海岸工学において数値計算用に地形データは海岸線を X 軸として使用されることが多いため, 座標を XY 座標に変換して, 更に回転させなければならないので回転を行う. O を回転軸として P を P' へ回転させる式は

$$x = r \cos \alpha, \quad y = r \sin \alpha$$

$$x' = r \cos(\alpha + \theta), \quad y' = r \sin(\alpha + \theta)$$

三角関数の加法定理より

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \text{ を用いれば}$$

$$x' = r (\cos \alpha \cos \theta - \sin \alpha \sin \theta)$$

$$= r \cos \alpha \cos \theta - r \sin \alpha \sin \theta$$

$$= x \cos \theta - y \sin \theta$$

$$y' = r (\sin \alpha \cos \theta + \cos \alpha \sin \theta)$$

$$= r \sin \alpha \cos \theta + r \cos \alpha \sin \theta$$

$$= y \cos \theta + x \sin \theta$$

$$= x \sin \theta + y \cos \theta$$

A を回転軸として P を P' へ回転させる式は

$$x' = (x-a) \cos \theta - (y-b) \sin \theta + a$$

$$y' = (x-a) \sin \theta + (y-b) \cos \theta + b \text{ となる.}$$

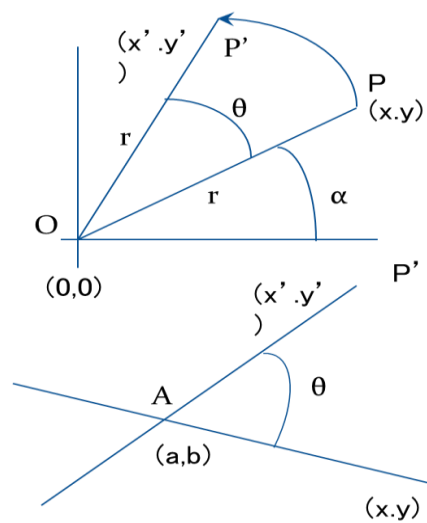


図 10.1 座標軸の回転方法

11. DEM データ化

完成した DEM データは数値計算用に海岸線を x 軸方向とするために、前節の考えかたをもとに座標を回転させた。

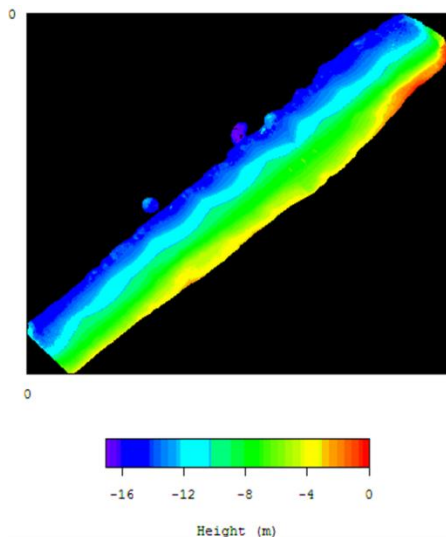


図 11.1 DEM (格子間隔 20cm)回転前

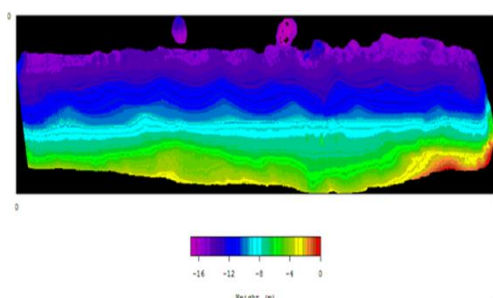


図 11.2 DEM (格子間隔 20cm)回転後

12.作成した地形データ正確性の把握

調査時に 20m 間隔でターゲットマーカを設置したので、Google Earth の距離計測ツールで距離を計測して比較した。ターゲットマーカは 20m 間隔で置いたので、Google Earth の距離と一致した。



図 12.1 Google Earth による距離測定
2014 年 8 月 29 日と 2015 年 1 月 14 日に各測線毎に岸沖方向の測量を実施したので、その結果と比較した。(図 12.2)は調査結果と一致しているので十分な正確があると言える。

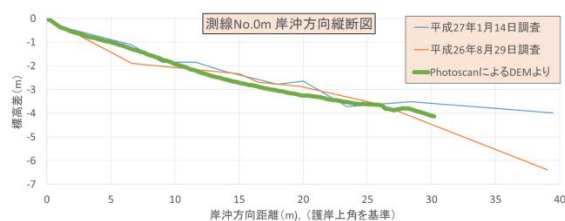


図 12.2 調査結果と DEM の比較 1

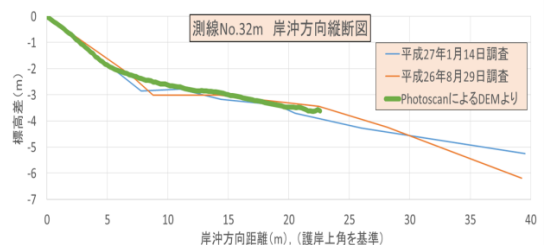


図 12.3 調査結果と DEM の比較 2

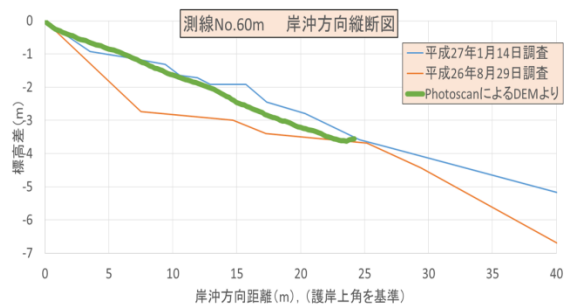


図 12.4 調査結果と DEM の比較 3

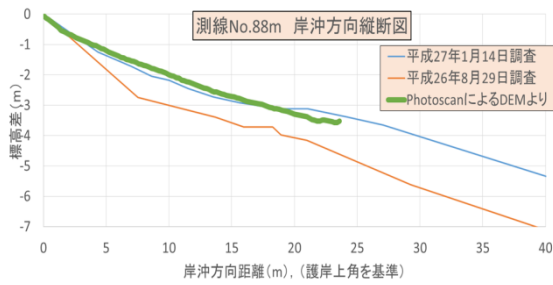


図 12.5 調査結果と DEM の比較 4

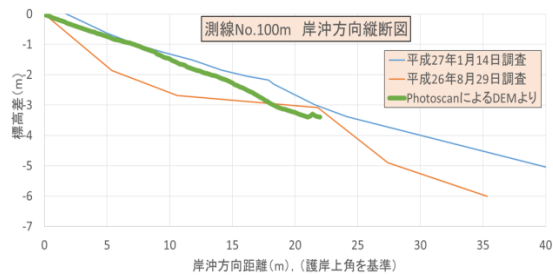


図 12.6 調査結果と DEM の比較 5

13. 地形的特徴の考察

岸沖方向の縦断面図から近似式を導き、勾配を算出した結果 1/7.23 勾配となったので上下浜は非常に急勾配であると言える。

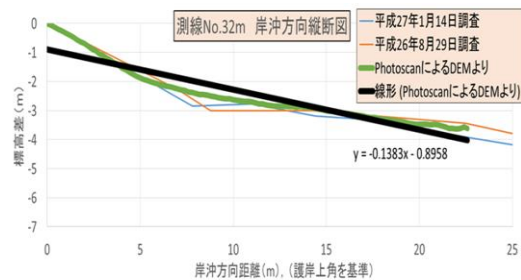


図 13.1 DEM の岸沖方向縦断面図の近似式

波の影響を受けていない一番汀線に近い地形データを抽出してそれを EXCEL で図化したものである。また、EXCEL 内で周辺の 121 個の数値を合計して 121 で割るスムージングを行った。(図 13.2)によると、砂浜の隆起間隔は 10~15m 間隔程度。

砂の隆起部分と隆起していない低い部分の標高差は 0.5~1.0m 程度である。

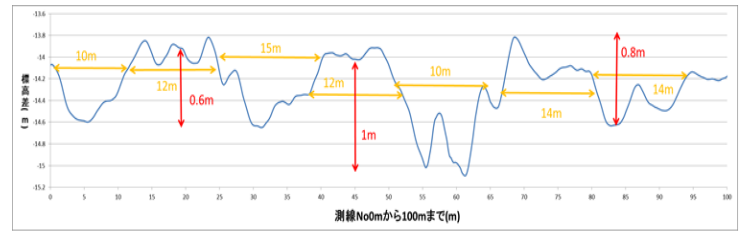
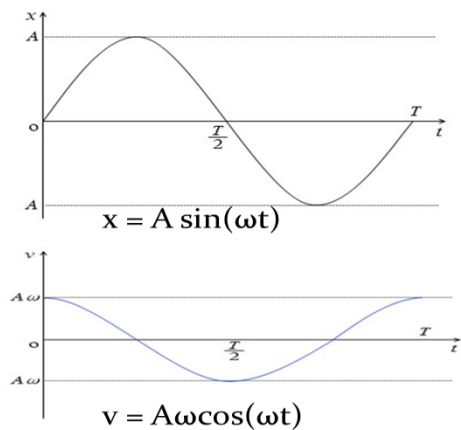


図 13.2 砂浜の隆起と標高差

14. 事故当時の波の遡上速度の推算

実際に流されたのは汀線付近ではなく、もっと陸側である。GoogleEarth を用いて事故当時の遡上距離を算出すると、波の位置を示す曲線は $x = A \sin(\omega t)$ これを時間微分し、 $v = A\omega \cos(\omega t)$ ここで $\omega = 2\pi/T$, $A = 30.29m$, $T = 8$ 秒であり、最大流速は $v = 23.8m/秒$, 時速 85.6km/時。これは汀線付近の流速である。また、人が流された場所の流速は遡上距離の半分程であるので汀線から 15m の位置とすると、最大流速は時速 45.5km/時の流速で人が流された。



14.1 波の式

15.まとめ

UAV を用いて撮影した写真から海岸地形データ作成し、DEM 化を行うことができ、Google Earth データ化を行い、活用することができた。また、作成した地形データの正確性を確認し、活用可能であることを確認し、地形データを用いて上下浜の地形的特徴を把握した。

16.今後の課題

汀線から遡上する波浪の影響を受けている場所では地形データがうまく作成できなかったため、波浪が小さい風の状態を見計らって航空写真を撮影する必要がある。また、強風時には風の影響を強くうけ、撮影が困難となるので、撮影者の技術と UAV 性能の向上をする必要がある。

参考文献

- 1) 無人飛行機を用いた地形計測と精度検証 古屋弘
- 2) 海浜変形 技報堂出版 栗山義昭