

# 深浅測量における携帯型ソナーの利便性と精度に関する検討

○上田 誠  
熊本大学技術部

## 1. 背景

著者らの業務の1つに測量があり、ドローンによる航空レーザー測量を主に実施している。しかしレーザー測量では水深は測れないため、水面下にある地形が対象の場合、音響測深機を用いた深浅測量が必要となる。

深浅測量は、基本的には音響測深機などの機材を船などに艀装する必要があり、大型の機材の場合、艀装も大がかりとなる。また測量機材全般にいえるが機材が高価であり、特に水上作業となる深浅測量では何かと気を使う。そこで、安価で簡便なGPS魚群探知機を用いた深浅測量を10年程前に実施したことがある<sup>[1]</sup>。

近年は機材の小型軽量化が進み、GPS魚群探知機も、リチウムイオンバッテリー内蔵でタブレットやスマートフォンと無線接続して使うようなポータブルな魚群探知機、携帯型ソナーといったものが、比較的安価に手に入るようになったが、測量における精度についての定量的評価に関する情報は得られていなかった。

本報告では、携帯ソナーとして Deeper CHIRP+2 (以下、Deeper) を使い、リアルタイムキネマティック (以下、RTK) を用いたマルチビーム音響測深機と Deeper で同時に深浅測量を行い、音響測深機と Deeper の測量結果を比較し、精度や利便性について考察・検討した。

## 2. 艀装と深浅測量の実施

2023年12月15日、大潮の満潮前後(おおよそ、9:30-11:30)に熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター合津マリンステーションにて深浅測量を実施した(図1)。音響測深機として SonTek HydroSurveyor M9 を使い、エレキモーターを動力としたゴムボートに艀装を行った。

塩ビパイプ2本をボートに横に渡してベースとし、その両サイドに RTK 音響測深機および Deeper を取り付けた。測深機は縦に配置した塩ビパイプにジグ



図1 深浅測量を実施



図2 音響測深機：振動子

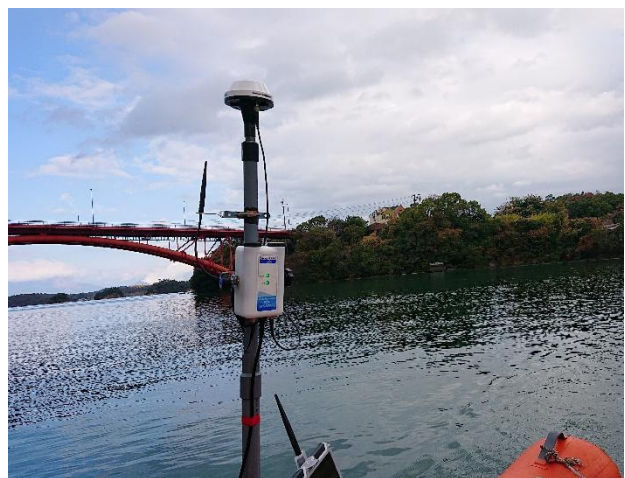


図3 音響測深機：アンテナ、本体

を取り付けてパイプ下端に振動子(図2)、上端にGNSSアンテナ、パイプ中段にロガー本体および制御通信用のアンテナをとりつけ、それぞれが有線で接

続されている (図 3)。

Deeper は、専用のポートマウントの末端にねじで固定し (図 4)、反対側のクランプでボートに固定した。制御用に用意した防水タブレットとは WiFi で通信するため、有線接続は必要ない。非常に楽であった。



図 4 Deeper

### 3. 結果の比較と考察

#### 3.1 潮位補間

Deeper の測量結果の CSV ファイルには、緯度経度と水深、水温、時刻が記載されているのみで、自身の高さ位置がなかった。そのため、測定時刻の潮位を高さとし、そこから水深を引くことで標高とする。潮位については近隣の潮位を検索し、直線距離 200m 程度の松島海水浴場 (<https://umitenki.jp>) を見つけたが、1 時間ごとの潮位のため、直線距離で 15km 程離れた 10 分ごとの樋島港潮位 (<https://www.bousai.pref.kumamoto.jp/>) も併せて用いることとし、それぞれをスプライン補間した

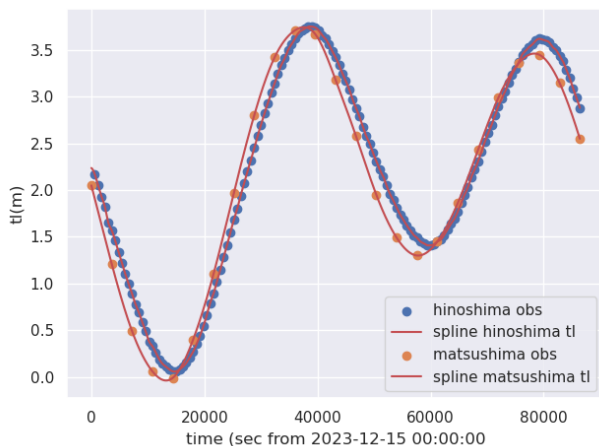


図 5 潮位のスプライン補間

もの (図 5) を潮位とした。

#### 3.2 測定点での比較

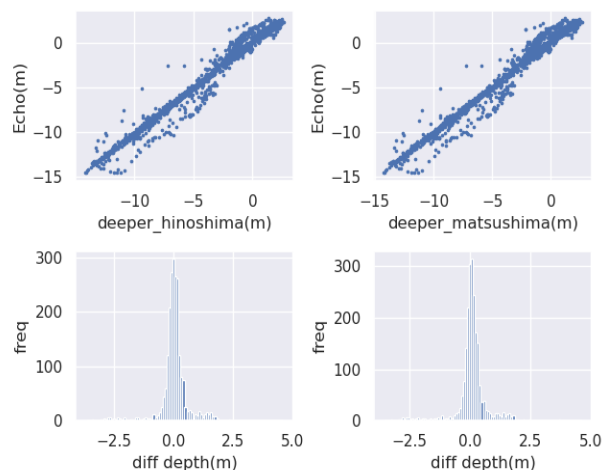


図 6 音響測深機と Deeper の比較とヒストグラム

Deeper については緯度経度に値が入っている点のみを用いることとした。また、音響測深機と Deeper が完全に同じ時刻に測位および測深しているわけではないため、音響測深機の値を線型補間したものと Deeper の測定点の比較を行った。

図 6 に音響測深機の直下方向である beam0 と Deeper の標高のプロットと誤差ヒストグラムを示す。標高とヒストグラムとともに、松島海水浴場と樋島港の潮位を用いた結果に差はあまり見られなかった。

表 1 に誤差の RMSE と MAE を示す。深さ方向の誤差だけでなく、音響送信機と Deeper の平面方向の誤差も求めた。深さ方向と比較して平面方向の誤差が大きい、これは、音響測深機が RTK で測位しているのに対し、Deeper の測位がタブレットの GNSS 単独測位であるためと思われる。

表 1 RMSE 及び MAE

	Deeper (松島)	Deeper (樋島港)	XY
RMSE	0.67915	0.68039	3.01014
MAE	0.37032	0.37255	2.74777

#### 3.3 DEMでの比較

図 7 に音響測深機及び Deeper (松島海水浴場潮位) の結果から作成した DEM を示す。Deeper の DEM の方が、特に水深が深いところで滑らかさに欠けるように見受けられる。これは、音響測深機が 5 マルチビームであるため測定点が多くなり、また、深く

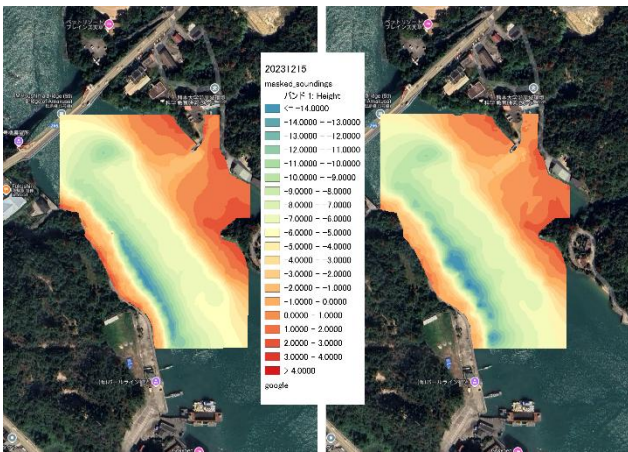


図7 DEM 左：音響測深機 右：Deeper（松島）

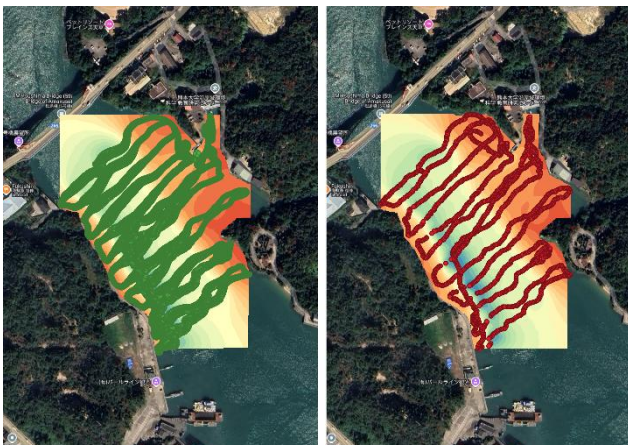


図8 測定点 左：音響測深機 右：Deeper（松島）  
なるほどビームに広がりが出るのに対し、Deeperはシングルビームのためと思われる（図8）。

図9にラスタ演算にて音響測深機DEMからDeeperDEMを引いて作成したDEMを示す。差分DEMを見る限り、水深が深い場所で、マイナス側に誤差が強めに出ているように見受けられる。これは、Deeperの方が音響測深機よりも深く測深していることを示している。Deeperには揺れの補正がないため、水深が深くなるほど誤差が大きくなり、本来よ

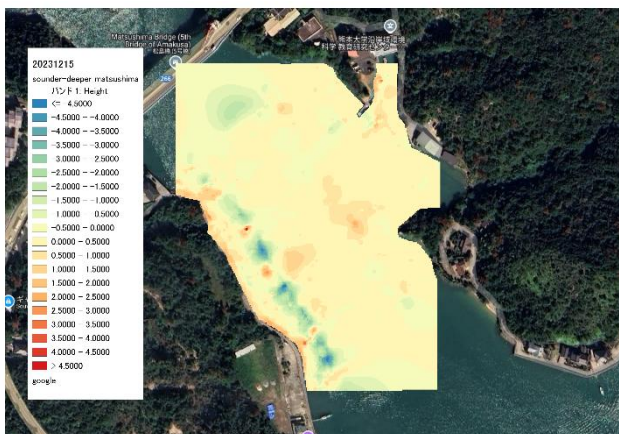


図9 音響測深機 - Deeper 差分DEM

り深く測深してしまうと思われる。

図10に差分DEMのヒストグラムを示す。ヒストグラムを見る限りでは、誤差の分布がマイナス側に偏っている様子は見受けられなかった。この点については、今回の測量範囲内では深い場所が占める割合がそれ程でもなかったためと思われる。

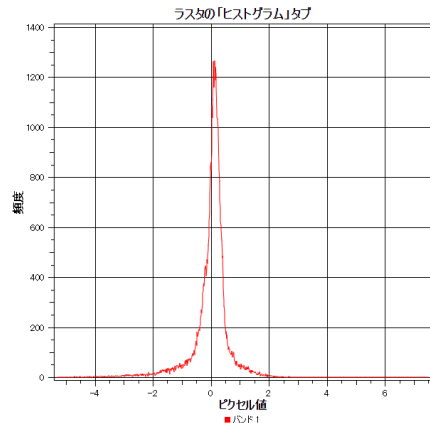


図10 差分DEMのヒストグラム

#### 4. 2度目の深浅測量の結果比較

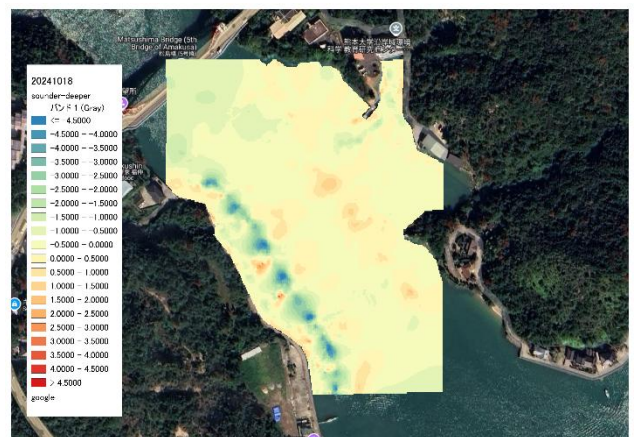


図11 2024 差分DEM 音響測深機 - Deeper

2024年10月18日に、再び同じ測量を行う機会をえた。図11に差分DEMを、図12にヒストグラムを示す。Deeperは、松島海水浴場潮位を用いた。差分

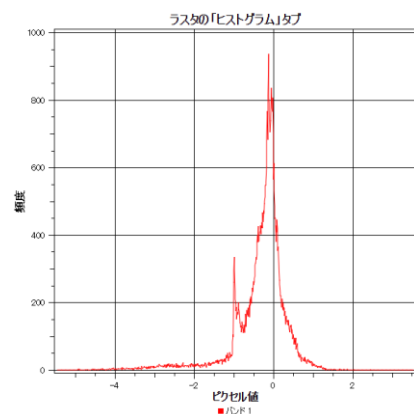


図12 2024 差分DEMのヒストグラム

DEMを見た限りでは、2023年よりもマイナスが強くて出ている。ヒストグラムを見ると、前年の結果と比べて分布がマイナス側へ偏った様子が見て取れた。

前年と同じ機材で同じように測量したのだが、唯一異なる点は、使用していたゴムボートが経年劣化で破損し廃棄となったため、違うゴムボートになったという点である(図 11)。

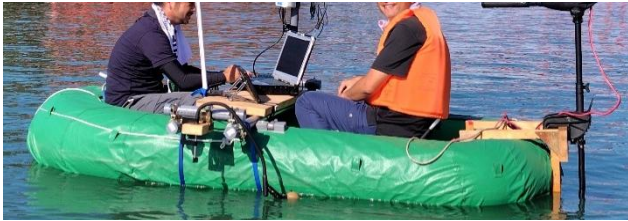


図 11 ゴムボート変更

昨年のゴムボートは船外機対応のトランサム付きで、定員5人の高圧エアフロアモデルのパワーボートであった。今回使用したものは手漕ぎボートで以前のものよりも小さくなり、ウッドフロアのモデルである。ボートの剛性が以前より落ちたのは間違いなく、同じように測量したつもりでも、以前より揺れなどの外乱が大きくなり、Deeperの結果に影響があったのではないかと考えられる。

#### 4. まとめ

音響測深機と Deeper で同時に深浅測量を実施し、その結果から標高プロットや差分 DEM、誤差ヒストグラム、誤差指標として RMSE、MAE の算出を行い、比較考察した。

小型軽量で無線接続である Deeper の取り回しは大変良好だった。過去に実施した GPS 魚群探知機による測量では、音響測深機より簡便とはいっても、振動子をボートに取り付け、本体と振動子、本体とバッテリーを有線接続する艀装の必要はあったが、それらがほぼ不要であった。気になった点としては、Deeper はバッテリー内蔵式で交換ができず、充電コネクタも使用中は防水構造上、露出しないためモバイルバッテリーなどで給電しながらの運用ができない。今回の深浅測量では問題なかったが、動作時間が内蔵バッテリーに依存するという点は注意する必要がある。

精度について、平面方向については深さ方向よりも誤差が大きかった。これは GNSS 単独測位のためと思われる。深さ方向については、Deeper は揺れを補正する機能がなく、またシングルビームであるため、マルチビーム音響測深機と比較すると、測深す

る深さが深くなるほど誤差が大きくなると思われる。

#### 参考文献

- [1] 矢北孝一、森本剣太郎、御園生敏治、吉田由美. GPS 魚群探知機を用いた八代海アマモ場の地形観測. 熊本大学工学部技術部年次報告集 2013