

GPS・ソナー搭載 自律航行無人リモコンボートによる深淺測量

木本 慎一

河川・ダム・湖沼，海岸，港湾等の水域部を，安全に低コストで深淺測量を行うシステムであり，GPS，音響測深機を小型リモコンボート内に搭載し，陸上の安全な場所から遠隔操作を行うものである。また，自律航行機能等により従来の様に作業に必要な熟練度は必要ありません。

本稿では水域部での堆砂測量，深淺測量はもとより，水質センサー，カメラ等を活用し従来の有人測量船による工法から今後変革していく無人リモコンボートによる新技術の手法並びに実例を紹介する。

キーワード：浚渫土の有効活用，護岸，海洋汚染，港湾施設の補修・補強，測量，津波

1. はじめに

浅海域は土砂移動形態や海岸特性を把握するために，汀線部の地形情報を正確に取得することが求められている。河川やダム湖沼においても水深の浅い箇所は堆砂域等の地形的に重要な部分であることが多い。

一方で，浅海部や河川浅所部は作業危険リスクが高い場所でもある。従来の測深機を搭載した有人測量船では碎波帯における横転や岩礁に衝突といった危険性を常に伴う。陸からのアプローチでも離岸流や河川流によって浚われる事故が測量作業で発生している。

また浚渫現場において出来高を把握するために従来の有人ボートであるとGPS，音響測深機等を艀装し，その有人測量船を水域に浮かべるだけでもかなりの時間を要した。

そこで移動手段も安易で，遠隔操作による座標入力を行っておけば自律航行機能を有する新技術の詳細を以下に紹介する。

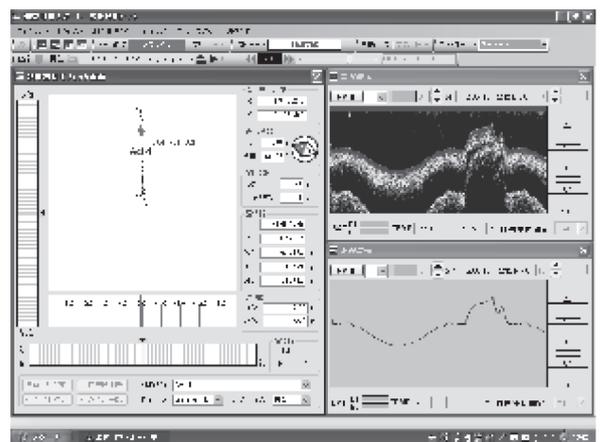
2. GPS・ソナー搭載自律航行無人リモコンボートの特徴

本機は（写真一）船体筐体部と操作部に大きく分けられる。操船は手動によるものと，前もって座標（世界測地系）を入力しておくことによる自律走行により行う。船体にはGPS（SBAS）と音響測深機が搭載されており，取得したデータはリアルタイムで基地局側操船部PC側へ無線で転送し連続的に収録される（図一）。

取得データはCSV形式で取得され，成果物として



写真一 ボート操船者



図一 基地局側PC画面

提出する際の様々なソフトに対応できる（図二）。

また，表一の様子に船体は全長約1.2mであり，重さも12kgと軽く，安易に運搬可能。

水深データは音響測深機により0.5m～80mまで取得され，水深レンジに関係なく0.01m単位での測

図一 取得 CSV データ

表一 ポート仕様

船体重量	12 kg (バッテリー搭載時 16 kg)
船長	1,200 mm
船幅	350 mm
船高	250 mm
連続走行時間	210分 (静水, 自律走行時)
測深分解能	0.01 m
測深範囲	0.5 ~ 80 m

深が可能。

測深の位置データは、SBAS 方式による高精度 GPS で取得しており、その精度は DGPS の公表精度より良く、RTK よりは若干劣る (オプションにより RTK 搭載仕様もある)。

以下に搭載されているアンテナ一体型 GPS 受信機のカatalog仕様を示す (表一 2)。

表一 2 GPS 受信機仕様

Hemisphere 社製 Crescent A100 Smart Antenna		
受信機信号	L1, C/A コード	搬送波スムージング
更新レート	10 Hz	標準仕様
水平精度	0.5 m (95%)	DGPS 時
動作温度	-30℃ ~ 70℃	
入力電圧	7-36V	DC
サイズ	54.7 mm × 129.5 mm	(H × W)

ボートの操作は GPS により取得した位置情報を基に、PC 上で目標ポイントや測線との相対位置を確認しながらコントローラにて行う。また本機の特徴として、予め設定した測線上を目標に航行させる、自律航行機能も備わっている。

3. 精度検証事例

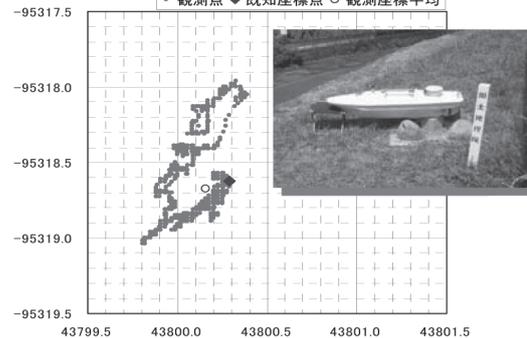
(1) 位置精度検証

自律航行リモコンボートの位置精度検証は、既設四

等三角点 (千葉県勝浦市) との座標比較により行った。三角点上に RC-S3 の GPS アンテナ部が位置するように設置し、約 1 時間の連続静止観測 (取得間隔 1 Hz) を実施した。観測結果は図一 3 の通りで、平均座標差距離 14 cm, 最大点間距離 67 cm であり、広域 DGPS の精度と同程度以上であることを確認した。較差距離の 95% 平均値が 22 cm であることから、本機の測位として静的な位置精度は確保できていると判断した。

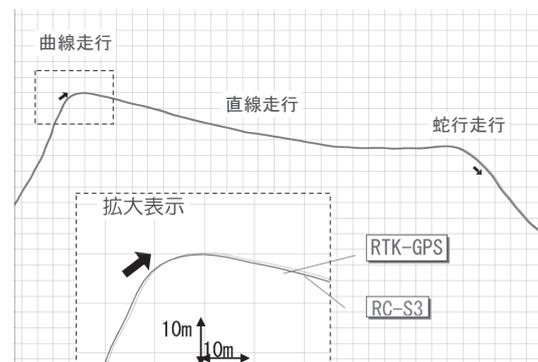
データ個数	3766
平均座標差距離	0.141
最大点間距離	0.667
95% 平均点間距離	0.222

観測点分布図



図一 3 観測結果

設置時のオフセットを考慮した RTK-GPS 位置データの軌跡と RC-S3 の軌跡を比較してみると平均して 0.5 m 内で整合していた (図一 4)。同時観測約 2 時間、距離約 5 km の全体的には相対位置差は最大で 1 m 以内であり、GPS 自体の精度及びデータ収録時の時間遅延を含めて、測深のための位置取得としては問題ないものと判断した。



図一 4 GPS 追従性精度検証結果

(2) 測深精度検証

測位と測深機を含めた本機によって測深したデータの精度検証は、汎用の単素子音響測深機による同時収録によって行った。使用した音響測深機は PS-30R (カイジョーソニック製、測位は DGPS) であり、RC-S3 は調査船から曳航することで同地形のデータを収録し

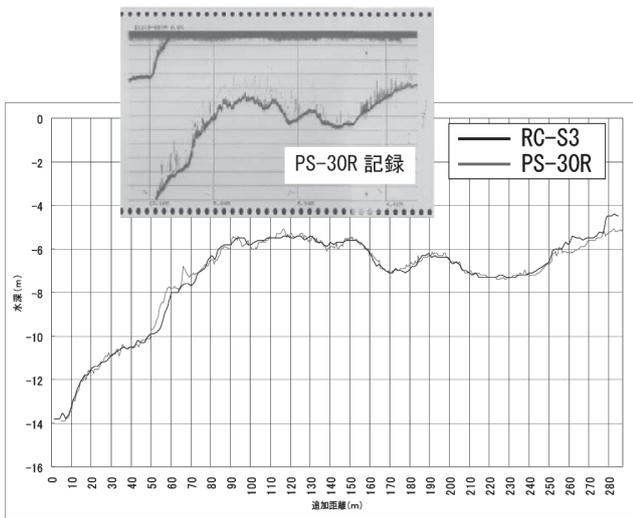


図-5 岩礁凹凸部における測深比較結果

た。両機とも地形断面上で0.5 m 間隔の水深データとして断面形状を比較し、図-5に示す。

水深5～14 m の岩礁凹凸部でRC-S3の方がやや浅い(平均水深差にして2 cm)傾向を示したが、ほぼ同一のデータが出力された。

4. 実際の成果例

浚渫の出来高を把握する際に従来の有人ボートでは船にGPS、音響測深機を機装する時間を要する。しかしリモコンボートを活用すれば、現場でPCに繋げ

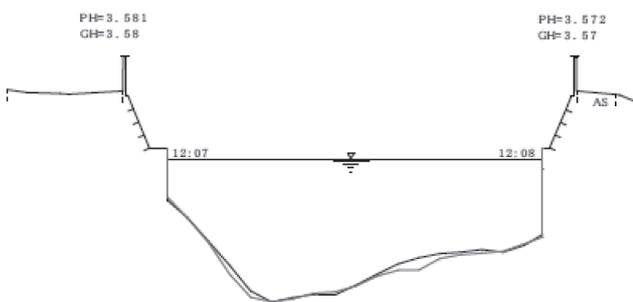


図-6 横断面

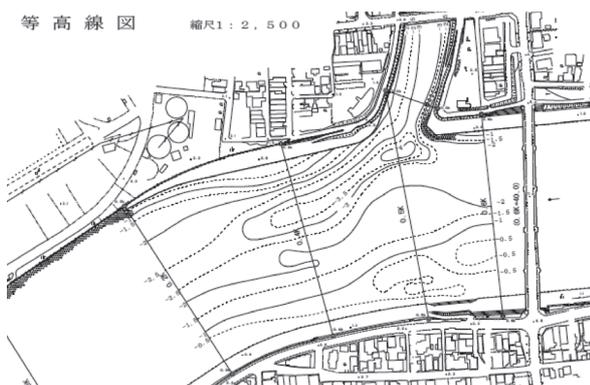


図-7 等深線図

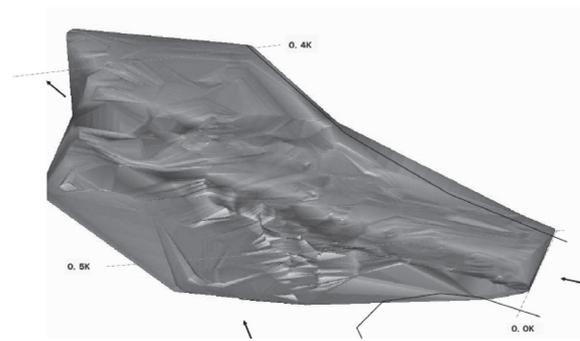


図-8 3D画像

るだけで浚渫前とあとの水底の状況を見ることができ。実際の河床の状況を横断面図(図-6)、等深線図(図-7)、3D画像(図-8)を以下に記す。

5. おわりに

自律走行リモコンボートRC-S3は、精度面においては前述の通り従来の単素子音響測深とほぼ相違無いことが確認された。本機を活用する上では以下のようなメリットが主として考えられる。

- ・浅所や船舶進入が困難な箇所でも作業が可能。
- ・作業の危険リスクを低減。
- ・津波等外因による護岸修復の際の測深。
- ・浚渫現場等で簡易的に出来高確認。

この利点により、従来困難とされてきた海岸汀線部や河川浅所部、ダム湖岸際など幅広く活躍の場が期待される。また単独使用だけでなく、マルチビーム測深や航空レーザー計測、3Dレーザー計測等の三次元計測手法と併用することにより、高精度かつ水陸一体の地形情報を構築することが可能となる。

本機の音響測深機は波浪による動揺対策として、モーションセンサーを搭載した高精度仕様もあり、これを利用することで本機の持つパフォーマンスが得られる。

また安全性と機動性が高いことから、CCDカメラを装備するオプション仕様もあり、また水質センサーを搭載することにより、塩分濃度、クロロフィル、濁度等各種調査にも利用可能で、多分野への応用、展開が見込め、今後の水域部調査技術の躍進にも繋がる事が期待されるであろう。

JCMA

[筆者紹介]

木本 慎一 (きもと しんいち)
コデン(株)
観測事業部
次長

