

## 航空レーザ測深機のテスト飛行について

戸澤 実・松本 良浩：海洋調査課

岩本 暢之・小野 智三・矢島 広樹：第六管区海上保安本部

### Test Flights of the Airborne Laser Hydrography system(JCG-SHOALS) in Japan

Minoru TOZAWA, Yoshihiro MATSUMOTO: Hydrographic Surveys Division

Nobuyuki IWAMOTO, Tomozou ONO, Hiroki YAJIMA: Hydro. Dept., 6th R.C.G. Hqs

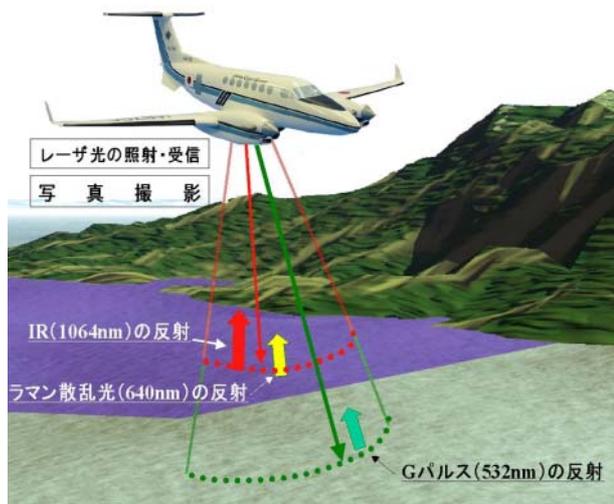
## 1 はじめに

レーザ技術を使用した航空レーザ測深は、1960年代から研究開発が開始され、1980年代からアメリカ、カナダやオーストラリアで実用化されてきた。測量船で測深をおこなうことの困難な岩礁やサンゴ礁等の多い海岸線付近の広大な海域で、航空機に搭載した航空レーザ測深機による測量がおこなわれている。

日本では、通行船舶の安全のための海図を刊行してきたが、近年電子海図の普及、地理情報システム（GIS）の活用や海洋レジャー等の小型船舶に対しての情報提供として極浅海域の水深データの充実が求められてきた。このため、海上保安庁では、平成12年度に航空レーザ測深機の導入がはかられ、平成15年3月に装置が納入された。平成15年8月に試験運用を開始したので、装置の概要及び試験運用で得られた結果を紹介する。

航空レーザ測深機については、平成12年の導入時に世界の動向を調査した「航空レーザ測深技術調査報告書」(朝日航洋株式会社、平成12年12月)を作成し、穀田(2001)が報告している。航空レーザ測深の原理等については浅田ほか(2003)が取りまとめているので、本稿では省略した。

なお、「レーザ」(英語のLASER)の表記については、「レーザ」と「レーザー」の2通りの使用が見られる。本報告では「レーザ」の表記を使用するが、航空レーザ測深機を使用した水路測量の作業名称の「航空レーザー測量」については長音をつけた表記をとるので寛容願いたい。



第1図 航空レーザ測深の概要

Fig.1 Principles of Airborne Laser Hydrography by JCG-SHOALS

## 2 航空レーザ測深機

海上保安庁が導入した航空レーザ測深機は、Optech社(カナダ国トロント市)製のSHOALS-1000システムである。

名称「SHOALS」は、Scanning Hydrographic Operational Airborne Laser Surveyの頭文字をとったものである。SHOALS-1000システムは、海上保安庁以外に米国に2式納入されている。海上保安庁の装置を特に区別する場合には「JCG-SHOALS」と呼ぶ。

JCG-SHOALSでは、レーザ光による水深データとデジタルカメラによる画像データを取得する(第1図)。

### (1) 装置の構成

航空機の機上に設置する装置は、

- ・ レーザヘッド

- ・ レーザラック
- ・ 冷却ラック
- ・ 操作ラック
- ・ GPS 受信機
- ・ DGPS 受信機
- ・ パイロット・ガイダンス

で構成されている。第 2 図に主な装置の外観を示す。主な構成品の大きさは次のとおり航空機に搭載する装置の重量は約 200kg である。

レーザヘッド	69 × 78 × 89cm	69kg
レーザラック	64 × 76 × 52cm	41kg
冷却ラック	64 × 70 × 58cm	39kg
操作ラック	64 × 84 × 74cm	50kg

機上装置で集録されたデータを解析するための室内の解析装置 (SHOALS-1000 Ground Control System; GCS) は、

- ・ ワークステーション (Intel Pentium )
- ・ ハードディスクドライブ (480GB)
- ・ DVD-RAM ドライブ
- ・ フロピードライブ
- ・ PCMCIA インターフェース
- ・ リムーバルハードディスクドライブ
- ・ モニター (17 インチ LCD)
- ・ プロッター

で構成されている。

GCS で使用しているソフトは、航空レーザ測量計画処理用ソフト (Optech 社)、POS 後処理ソフト (Applanix 社)、3D 表示ソフト (IVS 社)、MS Office 及び MS Windows2000 で構成されている。

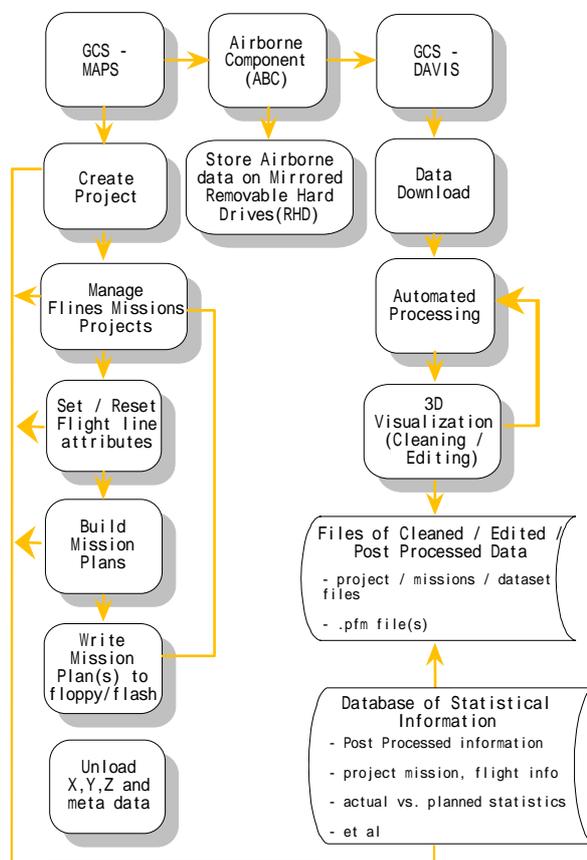
GCS は、航空レーザ測量の計画線の作成、SHOALS-1000 の取得データのダウンロード、取得データの処理、表示ソフトによるデータの編集及び XYZ データとメタデータの作成を行う。処理の流れを第 3 図に示す。

GCS の主な処理ソフトとしては、計画線を作成する「MAPS (Management And Planning Software)」とデータの処理を行う「DAViS



第 2 図 JCG-SHOALS の外観

Fig.2 The appearance of JCG-SHOALS



第 3 図 データ処理の流れ図

Fig.3 The flow of the data processing of JCG-SHOALS

(Downloading, Automated processing and 3D Visualization Software)」がある。

(2) レーザ光の送受信

JCG-SHOALS のレーザは、Nd:YAG を用いた

Cutting Edge Optronics 社製 Model OSL- 007-QMIG-0030 を使用して近赤外パルス (1064nm) と緑パルス (532nm) を発射する .

発射されたレーザ光は , 2 つのスキャンミラーにより円弧状に照射される .

海面と海底で反射したレーザ光は , スキャンミラーを介して分光器に導かれ , 海面から反射してきた近赤外パルス (1064nm) とラマン散乱光 (640nm) 及び海底から反射してきた緑パルス (532nm) を 2 つに分けて水深 14m までの部分と深海部分の 4 つに分けて計測される .

レーザの広がり角は , 測量高度 200 ~ 400m の間では海面上で直径 1.5m の照射域を形作っている .

(3) 位置決定方法

航空レーザ測深機の位置は , GPS と IMU により決定される . IMU は , Applanix 社製 POS-AV を使用している . IMU は ,

- ・ Roll: 0.008 °
- ・ Pitch: 0.008 °
- ・ Heading: 0.015 °

の精度をもっている .

航空機の飛行中の位置は , 海上保安庁のディファレンシャル GPS サービスを受信する DGPS 受信機 CSI Wireless 社製 MBX-3S にアンテナとして NovAtel 社製 AT3065-9 を使用している . また ,



第 4 図 搭載航空機 MA870

Fig.4 JCG-SHOALS in a king air 350 "MA870"

Fugro 社の世界的な人工衛星による OmniStar サービスを OmniSTAR 3100LM により測定する . どちらの DGPS 方式を採用するかはスイッチにより選択することができる .

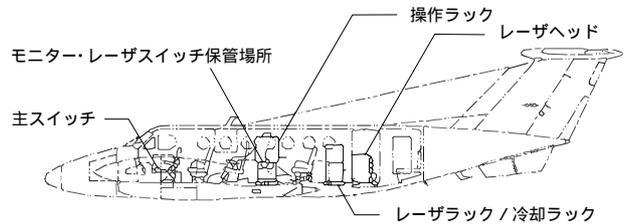
GPS アンテナ IMU 等の構成を第 4 図に示す .

(4) 航空機への搭載

航空レーザ測深機は , 従来航空写真作業のため航空カメラを搭載していたビーチエアクラフト式 B 300 型中型飛行機 MA870 「あきたか」 (第六管区海上保安本部広島航空基地所属) に搭載する (第 4 図) .

機体上部に GPS 受信アンテナと DGPS 受信アンテナが設置されている . アンテナと電源接続口は右側壁に設置している .

機体内部の右側中央部に前方から操作ラック , 操作員席 , レーザラックと冷却ラックを重ねて固定している . その後ろの投下口の上にソナーを設置する (第 5 図) . 予定測線の表示されるパイロット・ガイダンスを前方に置き , 各ラック等の間は 22 本のケーブルをそれぞれ接続し組み立てる .

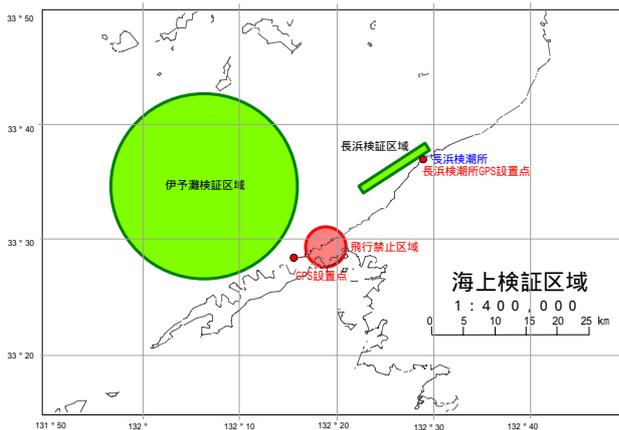


第 5 図 機内配置図

Fig.5 The arrangement of JCG-SHOALS in MA870

3 テストの方法

航空レーザ測深機の性能検証として次の項目を



第 6 図 海上検証区域

Fig.6 Sea test area

今年度実施している .

(1) 陸上垂直位置精度検証

事前に GPS で測量した滑走路等の長く平らな場所を航空レーザ測深機で測量する .

(2) 陸上水平位置精度検証

事前に GPS で測量した地上に設置したターゲット (2×2×2m) を航空レーザ測深機で測量する .

(3) 水中水平位置精度検証

事前にマルチビーム測深で測量した水深約 5 m 付近の海底に設置したターゲット (2×2×2m) を航空レーザ測深機で測深する .

(4) 水深測得精度検証

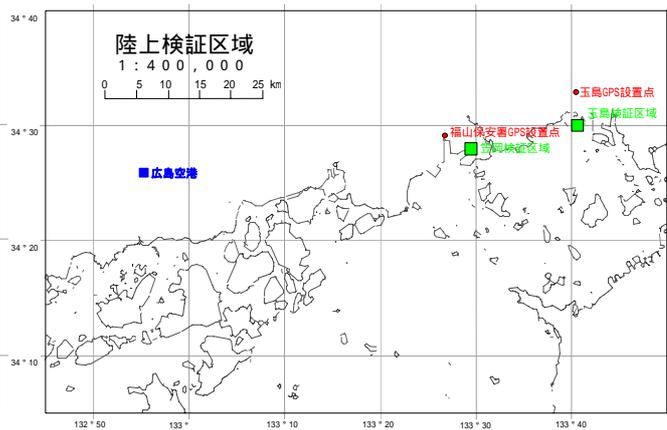
事前にマルチビーム測深で測量した 5m ,10m , 20m 及び 30mの水深海域を航空レーザ測深機で測深する .

(5) 最大測深能力検証

水深 5m ~ 50m の海域で透明度の 2 倍の水深まで測深できることを検証する .

航空レーザ測深機のテスト地は , 海上検証区域として海面データを取得するための伊予灘検証区域 , 水中水平位置精度検証と水深測得精度検証のために長浜検証区域を設定した .長浜検証区域は , 測量船「くるしま」により事前にマルチビーム測深による精密海底地形測量を行った (第 6 図) .

陸上検証区域としては , 陸上垂直位置精度を



第 7 図 陸上検証区域

Fig.7 Land test area

証するためのある程度の長さのある滑走路がある笠岡検証区域と陸上水平位置精度検証のためターゲットを置ける玉島検証区域を設定した (第 7 図) .

4 航空レーザ測深機により得られた成果

第 1 回目の検証は , 平成 15 年 8 月 25 日から 9 月 1 日にわたり Optech 社の技術者及び海上保安庁の職員によりおこなった .

JCG-SHOALS の故障発生のため十分な検証は次回に繰り延べになったが , 初飛行で得られた成果について記載する .



第 8 図 デジタル画像例

Fig.8 A digital image by JCG-SHOALS

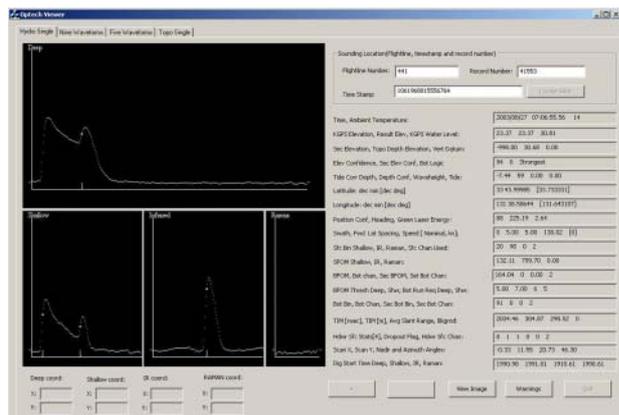
(1) デジタル画像

デジタルカメラで得られた画像の例として第 8 図に示す。

毎秒 1 枚の画像を取得できるが、異常水深データの参照に活用するため、現在の処理作業では一括出力とモザイク図の作成には対応していない。

(2) 水深データ

レーザ光の受信波形の例を第 9 図に示す。上部

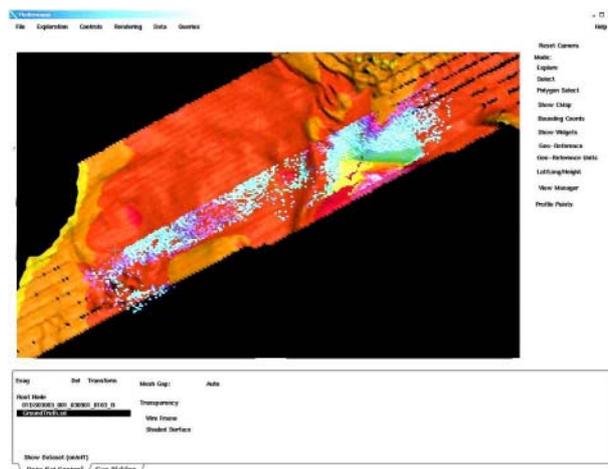


第 9 図 レーザ光受信波形

Fig.9 Display of Laser Waveforms on JCG-SHOALS Ground Control Subsystem.

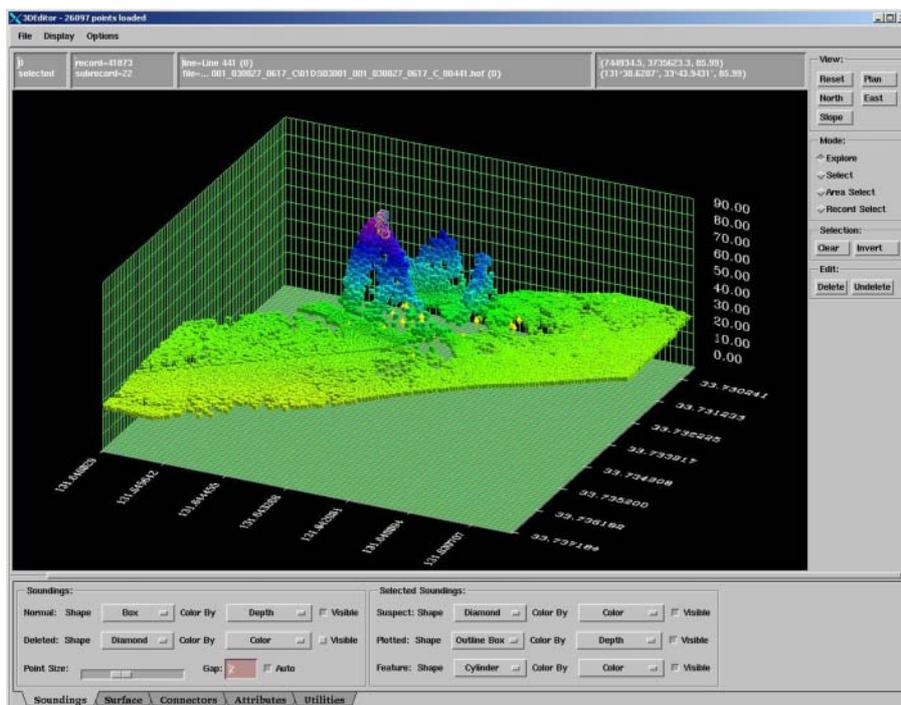
窓には、緑パルスの全域が表示され、下部窓の左側から緑パルスの極浅海域（水深 14m まで）、近赤外パルス及びラマン散乱光（例では反射がとれていない）が表示されている。右欄に受信データが示されている。

マルチビーム測深と航空レーザ測深の合成した図を第 10 図に示す。航空レーザ測深でデータが



第 10 図 マルチビーム測深（暖色）と航空レーザ測深

Fig.10 Displayed Multi beam data (orange) and JCG-SHOALS data (light blue)



第 11 図 3D 表示

Fig.11 Displayed JCG-SHOALS data

途切れている区域は河川からの濁り水があるためデータが取得できなかった区域である。航空レーザー測深では、海水の濁りが非常に大きな影響を与えることがわかった。

3D表示した海域と陸域のデータを第11図に示す。

(3) 陸上データ

陸域のデータを第12図に示す。左側から3D表示図、平面図及びデジタル画像を並べている。平面図では養殖池にある水車が3箇所確認できる。

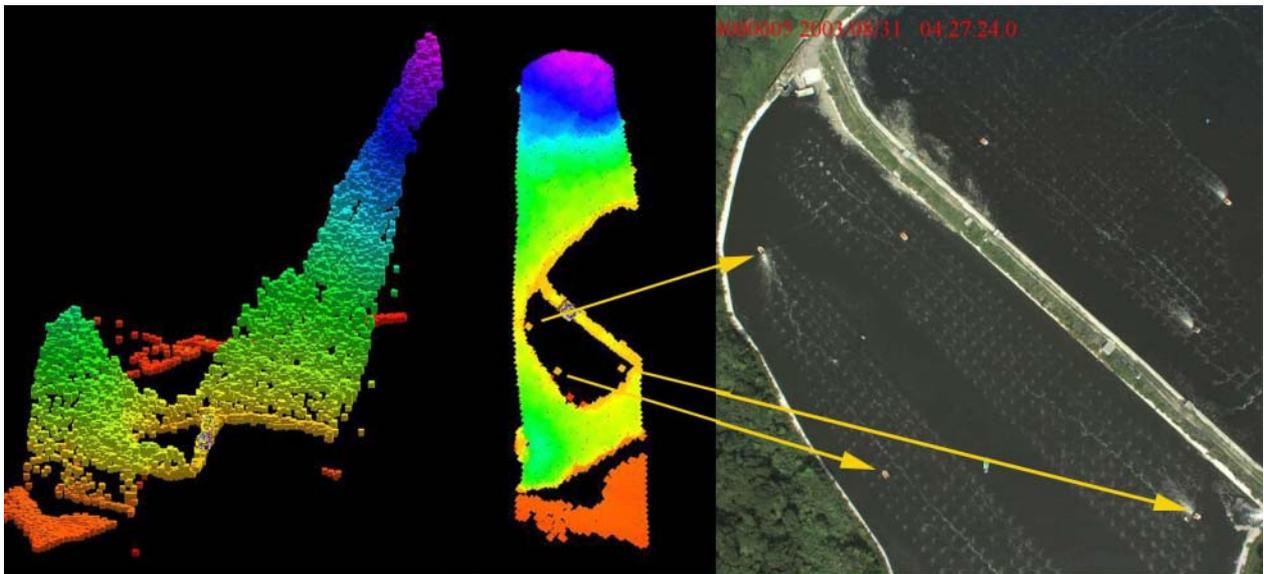
5 おわりに

航空レーザー測深機は、平成12年12月の契約から平成15年6月のMA870に搭載するための改造作業まで各関係者の尽力によりテスト飛行が行える段階に到達した。国内において、最初の装置の

運用にあたり広島航空基地の皆様には、特に感謝します。

参考文献

浅田昭，山本富士夫，徳山英一，矢島広樹：促進技術の現状，海洋調査技術，**29**，59-77，(2003)  
 穀田昇一：沿岸調査に新手法の導入 - 航空レーザー測深 - (1)，水路，**117**，2-12，(2001)  
 穀田昇一：沿岸調査に新手法の導入 - 航空レーザー測深 - (2)，水路，**118**，6-12，(2001)  
 穀田昇一：沿岸調査に新手法の導入 - 航空レーザー測深 - (3)，水路，**119**，8-18，(2001)  
 Optech：SHOALS-1000 ユーザーマニュアル，2003



第12図 陸域データの表示

Fig.12 Displayed Land area. 3D image (left), surface (middle) and photo (right).  
 Yellow arrows show water wheels.