

Point

「TUNA-SAND」は、東京大学生産技術研究所が開発した、海中・海底の調査に実績のある、高性能なホバリング型AUV(自律航行型水中ロボット)です。当社は民間で初めて「TUNA-SAND」級ホバリング型AUVを開発・導入しました。最大2,000mまで潜航し、海底に接近した撮影や観測が可能です。深海生態系の調査や海底資源の探査に活躍が期待されます。

TUNA-SAND級ホバリング型AUV「YOUZAN」の開発

環境調査事業本部 外洋調査部 高島 創太郎

はじめに

水中ロボットが海洋調査に果たす役割は、科学調査分野から海洋資源開発まで多方面にわたり、近年ますます大きくなっています。これまで、遠隔操縦型のROV(Remotely Operated Vehicle)が活躍していましたが、国内においても大学や研究機関により自律航行型のAUV(Autonomous Underwater Vehicle)が開発され、従来は困難だった調査が実施可能となりました。

当社は、「次世代海洋資源調査技術(海のジバング計画)」で、東京大学生産技術研究所、九州工業大学社会ロボット具現化センター、海上技術安全研究所および海洋工学研究所が開発したAUVの運用について技術移転を受けました。特に海中・海底調査におけるホバリング型AUVの有効性を認識し、民間が使用する商用化1号機として導入し「YOUZAN」と命名しました。

「TUNA-SAND」級ホバリング型AUV

「TUNA-SAND」は、東京大学生産技術研究所が2007年に開発したホバリング型AUVです。沈没船の探索、熱水鉱床の開発、大深度での対象物への接近観測とサンプリングを目的として、「高精度な慣性航法装置」「海底地形を参照した測位機能」「潮流に対抗できる十分な推進力」を備えていることが特徴です。これらの機能によって指定された位置に自動的に潜航することができます。また、「ハンドリングとロバスト性*を考慮したオープンフレーム構造」であり、調査内容にあわせて搭載機器を換えることができます。後継機として「TUNA-SAND2」(東大生産研、九州工業大学)、「ほぼりん」(海上技術安全研究所)が開発され、研究用AUVとして活躍しています。

*外乱に対する強さ・安定性

「YOUZAN」の諸元

「YOUZAN」の開発および製作は、「TUNA-SAND」の開発者である東京大学名誉教授浦環先生および海洋工学研究所と協議を重ね、東京大学名誉教授小池勲夫先生にアドバイスをいただいて進めました。1年の製作期間を経て、2019年6月にMADE IN JAPANのホバリング型AUV「YOUZAN」が完成しました。「YOUZAN」の性能諸元を図1に、搭載機器の概況を図2に示しました。



図1 「YOUZAN」諸元

項目	仕様
寸法	長さ1.3m×高さ0.77m×幅0.7m
重量	275kg
最大潜航深度	2,000m
巡航速度	0.2~0.3m/s
最大航行速度	0.62m/s
最大潜航時間	8時間
スラスタ	水平4機、垂直2機
写真撮影	スチルカメラ2機、LEDフラッシュ4灯
動画撮影	4Kカメラ、常時点灯LED2灯 ROVモードカメラ
観測項目	プロファイリングソナー(海底地形) 濁度計 水温・塩分計 pHセンサー 障害物検知ソナー 地形観測用カメラ・レーザー

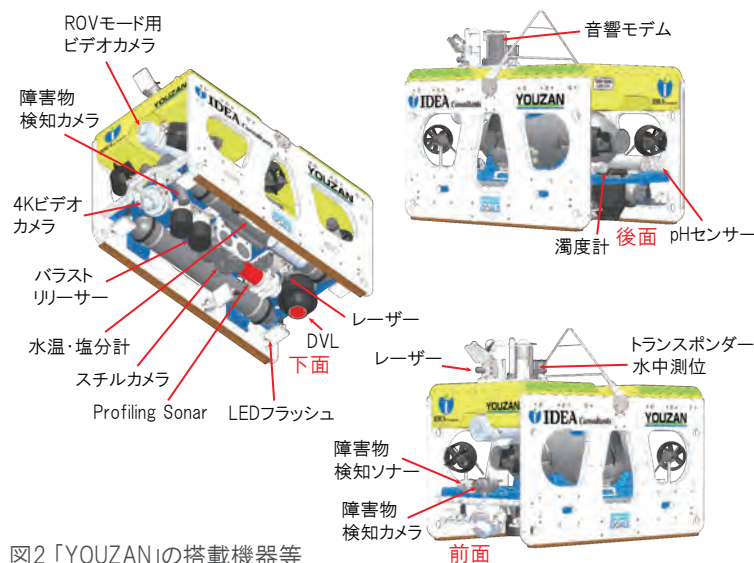


図2 「YOUZAN」の搭載機器等

「YOUZAN」命名の由来

「なせば成る なさねば成らぬ何事も 成らぬは人のなさぬなりけり」は、江戸時代後期、米沢藩主の上杉鷹山が家臣に教訓として詠み与えた有名な言葉です。“できないのは人がやらないからだ”との教えをもとに、少子高齢化が進む現代においては、“人ができないことはロボット(AUV)がやることだ”との思いを込め、「YOUZAN」が誕生しました。また、大海原の海底にそびえる海山「洋山」のイメージも重ねています。

「YOUZAN」の特徴

水中では電磁波を用いたGPS等が使用できないため、測位が大きな課題となります。「YOUZAN」は、光ファイバージャイロと加速度センサーで構成される慣性航法装置とドップラー対地速度計(Doppler Velocity Log、以下、DVL)を持ち、AUV自身で高精度な自己位置測定が可能な航行システムを保有しています。

ただし、深海での調査では、一定深度に達するまでDVLによる対地速度計測は使用できず、海底付近に潜航するまでに推定位置に誤差が蓄積します。この問題を解決するために、別途水中音響測位システム(Global Acoustic Positioning System)を用いて船上から測位します。正確な位置情報を音響通信により「YOUZAN」へ与えてやることで、水中位置を適宜補正し、正確な測位が可能となります。

また、「YOUZAN」は海底に接近して航行し、さまざまな調査を行うため、高度な障害物検知機能が搭載されています。シートレーザを前方と下方に照射して前方と海底の障害物までの距離と形状を測定し、回避行動をとるかとならないかをAUVが判断する機能です。これらのシステムにより、海底付近においても衝突や捕捉の心配なく、海底に接近した運用が可能となります(図3)。

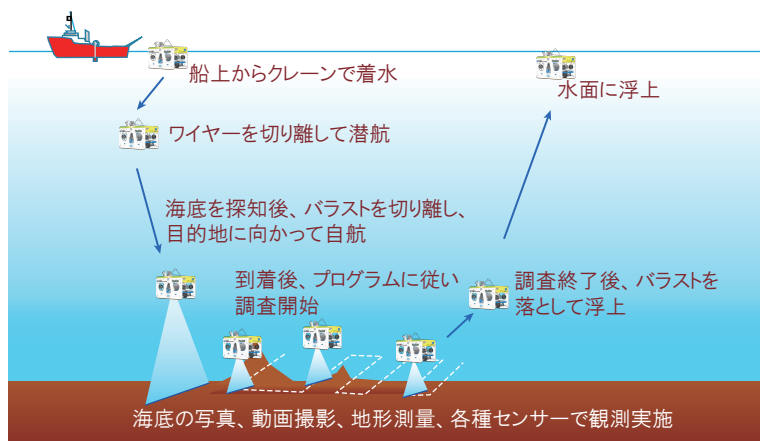


図3 「YOUZAN」運用イメージ

さらに、「YOUZAN」は、AUVですが、ROVモードを有しており、自律航行と遠隔操縦をハイブリッドで行うことが可能です。通信・映像用の光ファイバークーブルを装着した「YOUZAN」を自律機能によって航行させながらビデオ映像をリアルタイムにモニタリングし、必要があれば遠隔操縦に切り替えることができます。これにより、調査内容や調査対象に最適なアプローチを選択することができ、遠隔操縦のみで行う方式に比べて効率的な調査が可能となります。現状ROVモードでの運用は、安全上300m程度までとしています。

実海域試験結果

「YOUZAN」導入後、業務での実運用に向けて安定した制御と運用技術の確立を目指して、水槽試験、実海域試験を繰り返し、そこで得られたデータより艇体制御の調整とデバッグを幾度となく行いました。2019年末に駿河湾の水深1,000m海域で最終試験に臨み、無事に潜航を終えることができました。「YOUZAN」は、約3時間の潜航で、2,100枚の海底写真を撮影することに成功しました。駿河湾1,000mの海底写真を連続でつなげた「海底モザイク写真」を図4に、撮影された生物の一部を写真1に示しました。

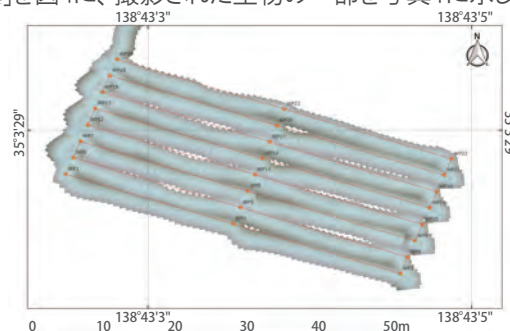


図4 駿河湾水深1,000m海域における海底モザイク写真



写真1 水深1,000m海域で撮影された生物の一部

おわりに

最終試験を終えた「YOUZAN」の初陣は、2020年3月NHKエンタープライズとの共同研究により実施した、オーストラリア南西部、プレマーベイ沖合、水深900mでの海底生態系調査となりました。初陣が海外となる予想外の展開でしたが、無事に調査を終え、帰国することができました。



写真2 オーストラリアでの調査状況

今後の展望として、沖合海洋保護区での生態系調査や海洋プラゴミ、海底資源調査への活用が期待されます。

最後に、「YOUZAN」の製作に関係した社内外の関係者の皆様には、ご支援ご協力いただきましたこと、深く感謝申し上げます。