

自律型水中航走式機雷探知機（OZZ-X）の開発

三菱重工業株式会社 大和 辰徳
谷川 弘明
今井 亮

1. はじめに

近年の対機雷戦では、技術の向上により、ステルス機雷に代表される防探性の向上した機雷（沈底機雷）が出現するとともに、浅海域等での局面で泥中に埋没した機雷（埋没機雷）※1など、現有装備品では探知困難な機雷の探知・類別能力が必要とされている。

更に、こうした機雷の技術向上により、艦艇が危険海域（機雷原）に進入して捜索することも難しくなった。

そこで、これらの探知困難な機雷を安全に捜索するため、無人で広範囲を自律的に航走し探知する能力を有する水中無人機：自律型水中航走式機雷探知機（OZZ-X）の研究開発が開始された。

※1：日本の重要港湾や航路の底質は泥が多く、敷設された機雷は泥中に埋没してしまう。

2. OZZ-Xの概要

OZZ-Xの運用と特徴について、以下に述べる。

— OZZ-Xの運用 —

OZZ-Xの運用は、以下の流れで行われる。（図1参照）

- ① 作戦を行う艦艇は、安全な海域で機雷捜索海域の環境条件（潮流など）に基づき最適な航走計画（ルートプラン）を立案する。
- ② 立案した航走計画に基づきOZZ-Xが海域に投入され、沈底機雷探知用の高周波合成開口ソナー（以下、HFSAS）と、埋没機雷探知用の低周波合成開口ソナー（以下、LFSAS）を用いて機雷捜索を行う。
- ③ 捜索で取得したデータを艦上で解析し、機雷の有無を確認する。

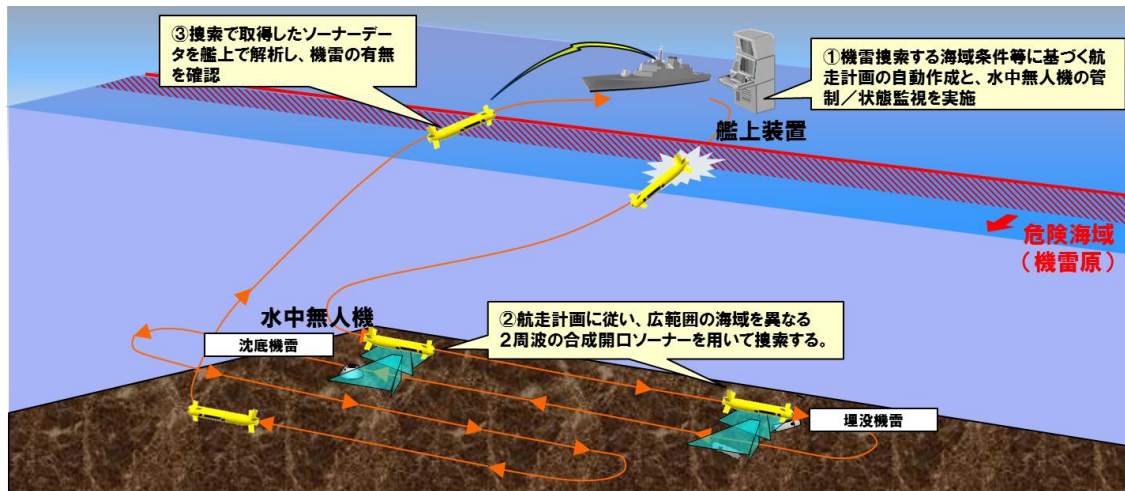


図1 OZZ-Xの運用構想

— OZZ-Xの特長 —

前述の運用構想を実現するために、OZZ-Xは以下の特長を有する。

(1) 沈底機雷及び埋没機雷の同時探知

沈底機雷を探知することが可能な高周波のHFSSAS（既存技術）と、埋没機雷を探知することが可能な低周波のLFSSAS（新規開発技術）を搭載した。併せて、2周波を使うことによる音響干渉やノイズの影響を最小に抑える設計を行うと共に、取得データの統合を実現した。

(2) 超低速（数ノット）での安定航走を実現

水中で難しいとされる超低速での安定航走について、ソーナーの合成開口処理能力を発揮できるように精巧な運動制御を行う。OZZ-Xでは、制御性の高いX舵を採用すると共に、後方だけでなく前方にも操舵装置を配置し、自社で開発した航走制御アルゴリズムを構築した。

(3) 高精度で自己位置を検出

高精度に機雷位置を探知するためには、航走体の位置検出を高精度にする必要がある。長時間の捜索を行うために、既存のINS（慣性航法装置）の情報をDVL（対地速度計）情報で補正するハイブリッド航法演算アルゴリズムを構築することにより高精度な航法演算を実現した。

3. 自主的な技術

OZZ-Xに必要な要素技術の開発においては、長年にわたる魚雷等で構築した社内技術（社内設備）を活用し、「Ⅰ. モデリング&シミュレーションの活用」による設計、「Ⅱ. 技術実証機及び試験海面の活用」による実海面での要素技術の実証を行い、技術を獲得した。

Ⅰ. モデリング&シミュレーションの活用

実海面データを反映した海洋音響を精緻に模擬したモデリング&シミュレーション設備を活用して、陸上において様々な運用環境下（海象条件等）を模擬し、ソーナー、操舵装置など構成品（ソフトウェアを含む）の評価、確認を行っている。OZZ-Xの開発においては、魚雷等の水中航走体モデル（既存）から前方／後方操舵アルゴリズム及びハイブリッド航法演算アルゴリズムを追加した水中無人機モデル（新規）を構築した。また、構築したモデル（試作品）は実証機に搭載し、有効性を確認している。

Ⅱ. 技術実証機及び試験海面の活用

OZZ-Xの開発に先行して、ソーナーなどの試作品を製作し、技術実証機（図3）に搭載することで限られたスペースに必要な構成品を配置できることを確認するとともに、社所有の試験海面（図4）で試験を行い、性能評価を実施している。



【主要目】	
直径	: φ 340mm
全長	: 2,500mm
質量	: 200kg
最大速力	: 5kt 以上
航走時間	: 1 時間以上
ナビゲーション	: GPS、INS
通信機器	: 無線LAN
電池	: リチウム 2 次電池

■ペイロードを自由に交換可能：各種ミッション（各種センサー含む）の評価が可能

図 3 技術実証機



図 4 試験海面での試験状況

I 及び II を活用して獲得した技術に関して、以下の（1）及び（2）に示す。

- （1）埋没機雷及び沈底機雷を同時に探知・類別するための合成開口ソナーの開発
 泥中の埋没機雷を確実に探知するためには必須技術である L F S A S を新規開発し、更に、市場から入手可能な H F S A S と統合することで沈底機雷も同時に探知・類別することを可能にした。その過程において、「① L F S A S、H F S A S データの統合による探知・類別処理技術」及び「② ピエゾコンポジット振動子の採用による低周波受波アレイの開発」を実現した。本書では、①項について以下に示す。

- ① L F S A S、H F S A S データの統合による探知・類別処理技術

HFSASは、高周波音響信号を使用することで高分解能な合成開口処理画像を得ることができるため、精緻な海底目標及び海底地形の情報を得ることが可能である。

また、LFSASは低周波音響信号を使用することで、泥中に埋没した目標情報のみならず、分解能は低い沈底機雷の画像情報を得ることが可能である。

この2つの異なる特徴を有した合成開口処理画像を用いることにより、確度の高い機雷の探知・類別ができるようになった（図5参照）

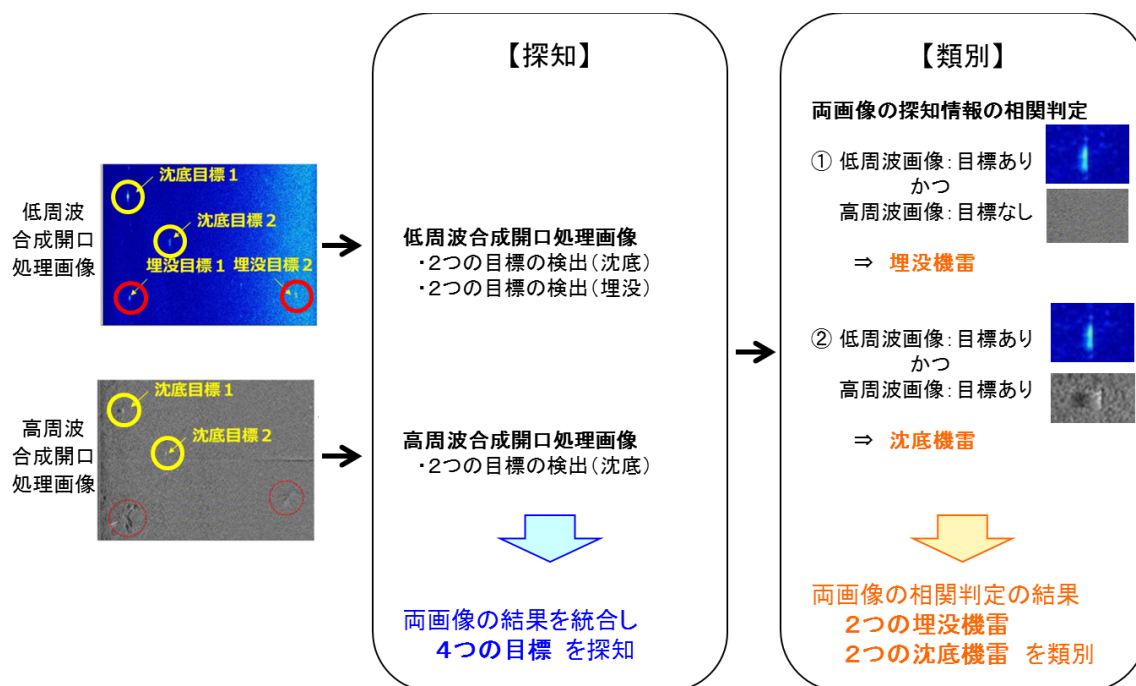


図5 2つの異なる合成開口処理画像を統合した探知・類別

(2) 超低速（数ノット）での安定航走技術の開発

ソーナーの合成開口処理能力を発揮するために、「① 超低速での安定航走を実現するための航走制御技術【特許取得済】」を開発するとともに、「② 航走時に発生するずれ（動揺）に対する合成開口ソーナーによる補正技術【特許取得済】」を開発した。本書では、①項について以下に示す。

① 超低速での安定航走を実現するための航走制御技術【特許取得済】

ソーナーの合成開口処理能力を十分に発揮するためには、潮流等の環境下であっても安定に航走することが必須であることから、制御能力の高いX舵を採用して、後方だけでなく前方にも操舵装置を配置した。（図6参照）

開発においては、弊社独自の航走制御アルゴリズムを前後舵制御に応用することで、水中無人機の姿勢変動を最小限に抑えることができた。

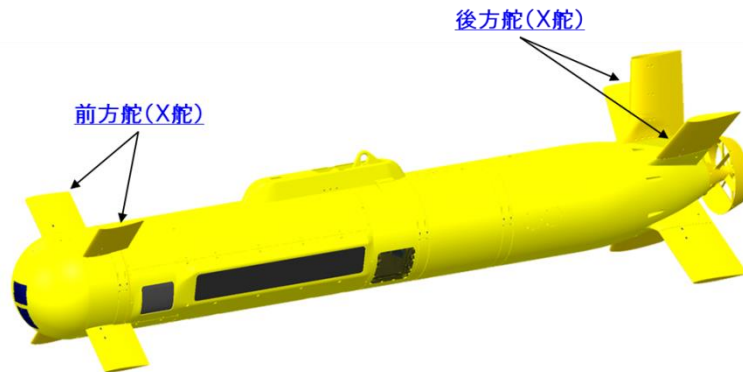


図6 水中無人機の航走制御における前／後方舵

3. 自主的な技術を適用した成果

前述の自主的な技術を採用することにより以下を実現したことで、确实・迅速・安全な機雷捜索（探知・類別）が可能となり、日本の海上防衛力の向上に大きく貢献することが期待される。

- ・世界で初めて異なる2周波の合成開口ソナーを同時に搭載した水中無人機を開発し、現有装備品では対処不可能な埋没機雷と沈底機雷の同時捜索を実現
- ・艦艇が危険海域（機雷原）に進入することなく、安全に長時間の機雷捜索運用を実現

4. 謝辞

この度、弊社の研究開発活動に対して防衛基盤整備協会賞という評価を頂き、大変光栄に存じます。今回の受賞を励みとし、今後も官側のご期待にお応えする装備品の開発及び製造に尽力して参る所存です。

最後に、本件に関してご指導、ご協力頂きました関係者の皆様に深く感謝致しますと共に、今後も一層のご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。