



時間とともに揺らぎを持ち、それが映像においては移動している物体のように見えるという現象がある。その上、目標は移動中に絶えず姿勢が変わり、それがソナーの送波パルスに対する反射強度の

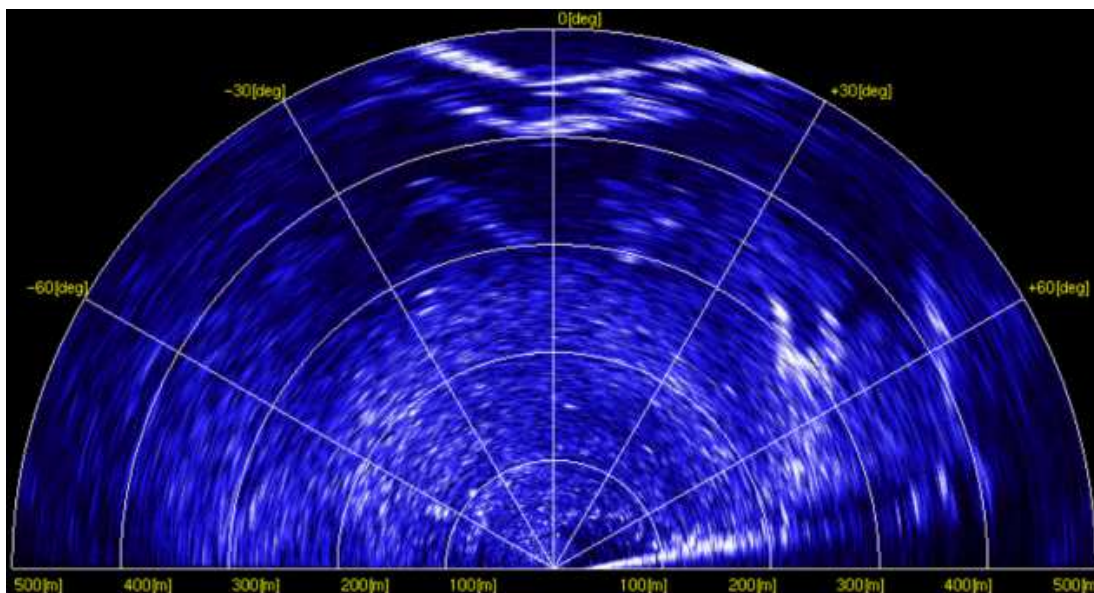


Fig. 1: Raw image of surveillance sonar.

変動となり、しばしば目標の信号が雑音・残響にマスクされて見えなくなるという事が起きる。このため、従来の目視による監視については、監視要員にソナー映像に対して目標信号に対する高度な判別能力や、目標の信号を見失っても目標の位置を推定して移動経路を推測するような、高度な目標追尾技能が要求され、監視要員にとってはその様な監視に対する特殊な訓練と経験を積んでいる必要があった。

## 2. 水中常時監視手法と実現課題の検討—総合運用データ取得試験による課題抽出

上記のような環境下で ADT を実現するためには、熟練した監視要員が持つような目標検出・追尾技能と同等の信号処理・目標検出・追尾処理を開発する必要があるが、それには新しい ADT 技術として、目標信号と不要な情報を判別する高度な信号解析、判別アルゴリズムや、目標信号の検出が困難な場合でもこれまでの追尾結果や追尾性能を担保して、目標追尾を続行させるような推定・判断アルゴリズムを開発する事が重要である。このような ADT の実用化を試みる研究では、このような劣悪な環境条件下における監視ソナーの信号データを取得し、その信号を解析する事で不要な情報の判別・分離と最適な目標信号の検出方式を開発し、目標検出が困難な場合の追尾処理における補償処理を開発する事が必要であるが、これまでの既存の研究では、このようなデータを取得し、実用化を試みた研究が存在しなかった。そこで本研究では水中セキュリティソナーシステムで開発した監視ソナーを用いて運用環境下での様々なデータを取得した。中でも 2007 年 10 月～11 月に実施した北海道苫小牧港における総合運用試験では、ダイバーの侵入に関するデータを取得し、その結果、従来の目標検出処理と目標追尾処理をただ組み合わせただけの ADT では実用性に乏しい事を示し、新しい ADT の開発に必要なソナー信号の特性を明らかにした。

その結果を基に、ソナー受信データに対して生成した位相差情報から不要な情報を判別・除去又

は抑制するための、「位相差時間空間分散フィルタ」を用いた信号処理・目標検出手法と、目標が検出できない場合の補完検出である「適応2段階閾値検出」、さらにそれでも信号を見つけれない場合の「航跡信頼度判定法」による追尾航跡の確定・棄却・推定・追尾続行アルゴリズムを開発した。

### 3. 位相差時間空間分散を用いた水中低速移動目標の検出手法の開発

前述の運用試験データの評価結果から、音響レーダーによる水中常時監視のためには雑音・残響並びに時間的な変動により移動体の様に観測される海中固定物のエコー信号、及びトンネル効果によるクロストーク等の不要な信号を除去する必要がある事が分かった。

そこで港湾域におけるこれらの不要信号を除去し、移動する水中の目標を効果的に検出するために、マルチビーム信号処理とは別過程で生成される、スプリットビーム位相差情報を用いた新しい不要信号除去を加えた目標検出手法を開発した。

提案する手法は、位相差のレンジ方向の分散について、時間方向に分散を計算した「時間空間分散」によって、固定物や時間空間的に均一と思われる位相差成分を持つ散乱物の情報を除去する。

提案する手法を用いた目標検出手法を開発し、海上試験データに適用した結果、目標の検出能力に対し悪影響を及ぼさずに、従来の信号処理・目標検出手法誤警報に対して、更に91%~96%の誤警報を除去できる事がわかった。この結果、提案手法は水中常時監視のために目標信号と不要情報を自動的に分別する、高度な信号判別能力を持つアルゴリズムを提供できる手法である事を確認した。

### 4. 適応2段階閾値検出と航跡信頼度判定を用いた水中自動目標検出・追尾システム

前述の統合監視のための総合運用データ取得試験の結果から、ソーナーによる水中常時監視を実現するためには、移動する水中目標の移動をリアルタイムで追尾し、その移動経路を航跡として示す事で、監視要員が注視し続けなくても常時監視が成立するようなADT技術が望まれている。

しかし、実運用環境は不要信号の多発する環境下では、目標のエコー信号強度の時間変化などによる検出能力の低下や背景信号の揺らぎによる誤警報が多数発生する。このような環境では従来の目標追尾処理では安定した目標航跡を形成する事ができず、却って監視の妨げになる恐れがある。

これに対し、筆者はソーナーによる水中常時監視を実現する安定したADTとして

「位相差時間空間分散フィルタによる誤警報低減処理」「適応型2段階閾値検出による信号検出補完」「目標信頼度判定法」からなるADTアルゴリズムによって誤警報を低減し、追尾持続性を向上させ、目標判定のためのパラメータを確率論的に決定する事で、監視要員が複雑な信号処理パラメータの設定を行わなくて済むような、監視要員の業務負担を低減した常時水中監視システムを開発した。

提案手法の目標追尾処理性能をシミュレーションによって評価する事で、従来のADTに比べて水中目標航跡の追尾時間が21~24秒速くなり、航跡の追尾時間が6~12倍向上し、更に不要航跡の発生を大幅に抑制する事が分かった。

また、実海域において取得した実験データを用いて提案するADTの性能を評価した(Fig. 2)。その結果、誤警報を低減させる事で従来手法では水中目標に対する航跡の追尾開始時間70秒かかっていたものが10秒で開始できるようになり、適応2段階閾値検出や航跡信頼度判定に基づく追尾の補完技術により航跡の追尾持続時間が4倍以上向上し、更に誤航跡や紛らわしい航跡を80%以上低減する事が示され、提案するADT手法は従来監視要員に要求されていた、検出困難な目標に対して追尾



性能を担保できる高ドア追尾持続性の高い ADT 手法である事を確認した。また航跡信頼度判定手法により、監視要員への業務負担をも低減した実用的な手法である事も併せて確認した。

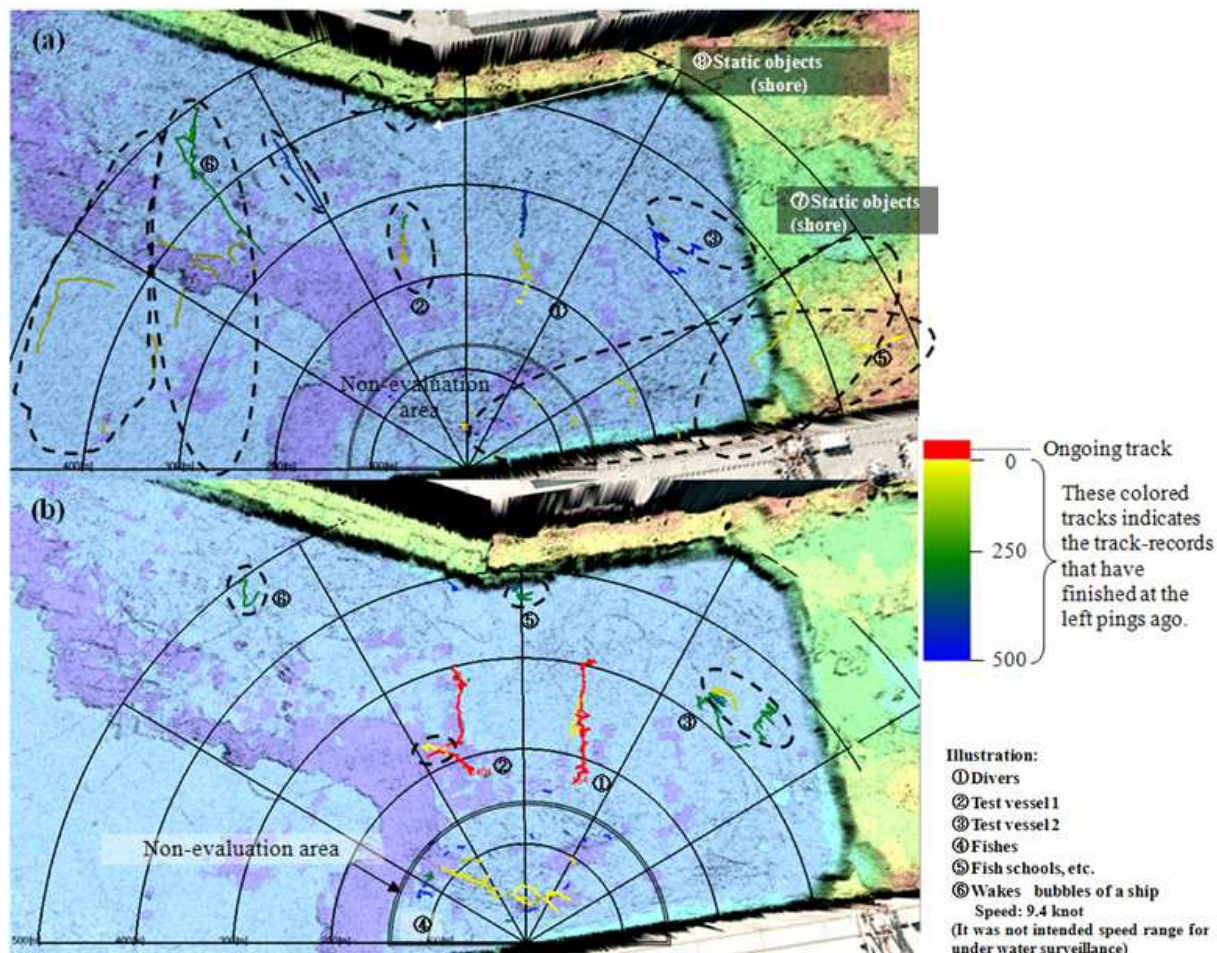


Fig. 2: Track record results of (a) conventional and (b) proposed ADT. The “red” trajectories with yellow marker indicate the ongoing track, and other colors mean the track records.

## 5. 総合考察・結論

本研究で示したアルゴリズムを開発し、総合運用試験データに適用してその効果を検証する事で、提案する ADT 技術やアルゴリズムは水中における目標検出・追尾に十分な性能をもつ事を確認した。その結果、実際のソナー信号データを用いて最適な ADT 技術を開発した事によって、浅海域での水中常時監視について従来は熟練した監視要員が目標検出や目標の追尾に関して高度な技能・知識や経験によらなければ実現が困難であったが、提案する ADT 手法を用いる事で未熟な監視要員でも同等の目標検出・追尾が可能になり、それを常時実行できるために監視要員の負担が大幅に低減できると考えられる。

今後は、他の沿岸施設などでデータを取得し、運用環境について他の課題が存在するようならばこれらの課題を解決するような信号処理手法を開発していく予定である。また、追尾航跡の運動解析による目標の類別や、他の監視センサーを用いたデータ融合による更に高度な監視情報の判断アルゴリズムの開発などを行い、監視要員の監視に対する能力への依存を低減させ、使いやすい水中セキュリティソーナーシステムの実現に向けた技術を開発したいと考える。