

沿海域の重要施設へ接近する不審対象を監視する港湾監視システム

中野 正規 芝 博史 川原 章裕 田淵 透 小林 稔 八木 雅宏

要 旨

武器の拡散やテロリズムが台頭し、従来では考えられないような多様な脅威に我々はさらされています。NECの電波・誘導事業部ではセンサ技術を中心に、パブリックセーフティ事業分野において「安全・安心な社会」を実現するための監視システムの開発・提案を行っています。本稿では、イメージング技術の1つとして、小型化可能な非冷却赤外線センサ技術、十分な監視が難しい水中からの不審侵入を監視する水中監視システム技術、これらを含めた統合連携、想定される主な脅威とそれに対処するセンサについて紹介します。

KeyWords



水中監視／音響センサ／ダイバー／アクティブ／パッシブ／誤検出／MHT／脅威度／統合連携／
赤外線センサ／非冷却

1. まえがき

地球上の約7割は海であり、多くの物や人がこの海を通じて行き来しています。沿海域には輸送や交通の要となる施設やエネルギー施設、各種プラントといった社会基盤を支える重要な施設が多く存在します。一方、世界のいたる所でこの海を舞台に、資源や領土問題などによる紛争をはじめ、密輸、密漁、不法移民問題などが発生しています。更に世界情勢の変化とともに武器の拡散やテロリズムの台頭などにより、従来では考えられないような危険や、多様な脅威に急激にさらされるようになりました。これに対し、世界各国で対策強化が進められています。日本でも、発電所、空港、港湾をはじめとする重要インフラ施設の危機管理体制が見直され、対策¹⁾が急がれています。

例えば、陸上ではカメラやレーダによる侵入者監視、バイオメトリクスやICカードを利用した入退場ゲート、各種検知装置を用いた不審者チェックが行われています。このように陸上でのセキュリティが強化される一方で、水側からの脅威、特に水中からの侵入監視は対策が遅れており、セキュリティホールであることが指摘されています。水中は光や電波が届きにくく、カメラやレーダといった監視手段では十分な監視ができません。そのため、音波によって脅威対象を把

握する必要があります。特に日本は四方を海に囲まれており、沿海域にある重要施設は陸上から侵入する脅威のみならず、水上や水中からの脅威にも備えなければなりません。NECでは陸上を監視する技術として、冷却を必要としない小型の赤外線イメージングセンサを有し、また対応が難しいとされる水中を監視するためのセンサ技術を保有しています。更に、信号を的確に用いるための信号・情報処理技術、ユーザーインターフェースを考慮した情報統合化や表示技術、通信技術を有しています。これらを組み合わせ、社会の安全・安心を支える監視システムを提供しています。本稿では水中の監視に関するセンサ、陸側を監視するセンサ、及びその統合連携について紹介します。

2. 沿海域での水上・水中監視システム

「水上・水中からの脅威に備える」と一言と言っても、その脅威にはさまざまな種類があり、さらに重要施設の立地条件や監視運用体制は異なるため、必要とするセンサやシステムの構成、規模は大きく変わってきます。

そのため、それぞれの重要施設のニーズに合ったシステムを構築する必要があります。そこで想定される主な脅威とそれに対処するセンサについてまとめました(図1)。



図1 港湾監視システム運用イメージ

(1) 水上移動目標への対処

例えば、高速艇のような高速で侵入してくる水上移動目標を脅威対象とする場合、ある程度遠距離にいる時点で発見し、警戒態勢を構築する必要があります。それを実現するためには、通常は海上レーダーを使用することが第一の選択肢となります。しかし、半潜水艇や水上スクータなどレーダーに映りにくい小型の目標も存在します。その場合には、その目標が放射するエンジン音などを検知するパッシブ音響センサが有効となります。パッシブ音響センサは、受信した音響データを基に、目標の方位を算出できます。また、それぞれの目標の音響スペクトルをデータベース化している場合には、受信した音響データと照合させることで目標が何であるかを類別することも可能です。

更に、上記センサで検知された水上目標を監視室から確認する場合、光学カメラや赤外線カメラが必要です。情報の連携を含めこのような各種センサを組み合わせることで、抜けや漏れのない水上移動目標の警戒監視を行うことができます。

(2) 水中移動目標への対処

ダイバーや水中スクータのような水中の移動目標の監視については、レーダーや光学カメラ、赤外線カメラを使用することはできず、アクティブ音響センサが重要な役割を果たします。

アクティブ音響センサは、水中に音波を送信し、目標から反射された音を受信することで、その目標の距離、方位を得ることができるセンサです。これを海底または岸壁や桟橋に設置することにより、水中移動目標を検知することが可能です。

このように、港湾監視システムはお客様の目的や用途に応

じて、さまざまなセンサを組み合わせることができます²⁾。弊社は、上記センサのうち、水中ではアクティブ音響センサやパッシブ音響センサ、水上ではレーダーや赤外線センサの技術を有しており、その技術力は防衛分野において高い信頼を得ています。これらのセンサのうち、本稿ではアクティブ音響センサ及び赤外線センサを第3章と第4章で紹介します。

3. アクティブ音響センサを支える技術

アクティブ音響センサでの音響データから、目標探知、表示、警戒に至る処理ブロックを図2に示します。

アクティブ音響センサは、複数の圧電素子（以下、素子）を用いて音を送受信します。素子は決まった配列で並んでおり、それぞれの素子で受信された音響信号を指向性合成することで、各方位及び距離ごとの音圧レベルデータに変換します³⁾。

このようにして信号処理された音響データのなかから、目標からの反射音と思われるものを処理して検出します。検出処理では、単純な音圧レベルの閾値判定を行うと、目標からの反射音だけでなく、非常に多くの誤検出が生じます。水深10mを泳ぐダイバーを目標とした海上試験のデータを基に、その例を示したものが図3となります。地図上の白い

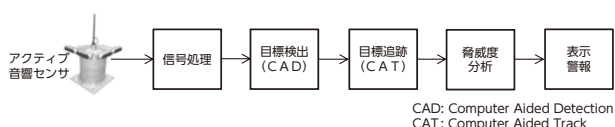


図2 アクティブ音響センサ信号処理ブロック

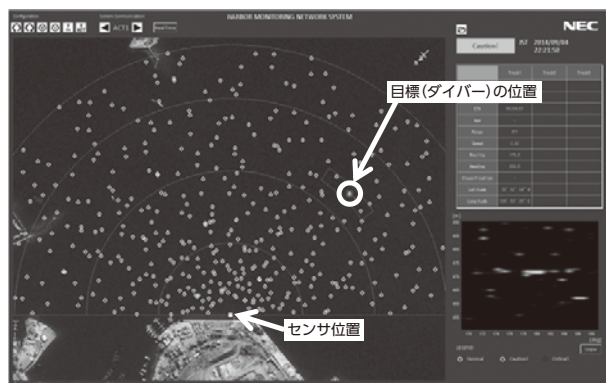


図3 単純な閾値判定により検出した結果（地図上の白い点は目標及び誤検出を示す）

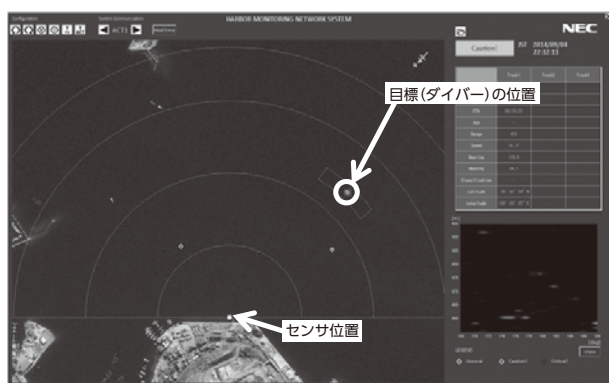


図4 検出処理を改善した結果
(地図上の白い点は目標及び誤検出を示す)



図5 画面表示例
(右45°方向から水深10mを泳ぐダイバーが近づいている)

点全てが検出情報です。これらは、海面・海底からの多重音響反射や雑音に起因する多くの誤検出を含みます。

この誤検出を低減するために、音響データに対して、閾値判定の他に信号の連続性や方位方向の分散、目標の移動を考慮したドップラーなどを加味して、目標からのエコーと誤検出の区別を行います。その結果の一例を示したものが図4です。

検出の処理を改善することで、数百以上あった誤検出が数個まで減少しました。

しかしながら、まだ検出結果には誤検出が含まれます。それらを更に低減しつつ、目標を追跡する処理が、その後段の追跡処理となります。ここでは、雑音がランダムに検出されるのに対し、目標の検出結果が連続することに着目し、MHT (Multiple Hypothesis Tracking) アルゴリズム⁴⁾を用いたフィルタリングを行うことで目標の追尾を行うことができます。目標が追尾可能になった後は、目標の位置及び運動情報を用いた脅威度分析処理にて各目標の脅威度を算出します。そのうえで、目標の位置や運動情報、重要地点までの到達予想時刻などを画面上に通知するとともに、脅威度に応じて、警告表示や警告音にて対処すべき目標の警報を発します。脅威度は運用面からのポリシーによってそのレベルを定義します。

図5は、2013年8月に静岡県内の岸壁において、海上試験を行った際の探知結果の例を示します。センサから右45°方向500m付近の地点にある小型ボートから水深10mに潜水し、センサに近づいてくるダイバーが目標でした。そのダイバーが近づいてくる様子を、表示画面でも確かめることができます。また、それに合わせて警告が表示され、アクティブ音響



図6 赤外線カメラの画像（2.5km遠方の船）

センサの有効性が確かめられました。

今後は、信号処理、自動追尾処理のチューニング、機能改善を行うことで、より遠距離かつ正確に目標を捉えることを目指しています。

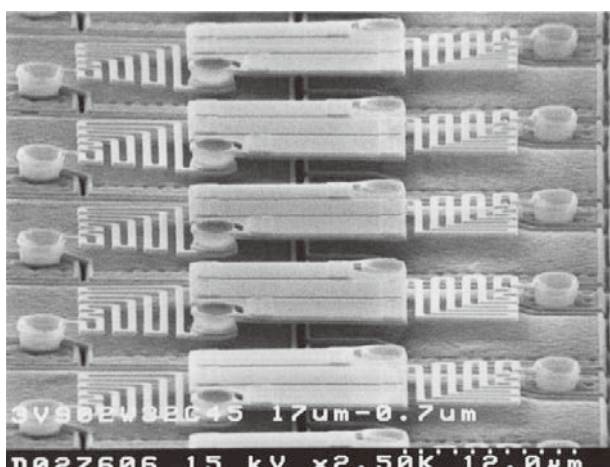
4. 赤外線カメラを支える技術

沿岸に近いエリアでは、物体の有無だけではなく、船や人物などの認識が必要です。水上目標の監視に有効な赤外線カメラについて、NEC製非冷却赤外線カメラによる撮像事例を示します。図6は望遠レンズによる海上の赤外線画像です。約2.5km先の大型船が明瞭に認識でき、湾岸監視の手段の1つとして適することがわかります。

夜間、小雨のなかの同一シーンに対する可視カメラと赤外線カメラの比較画像を図7に示します。照明の当たらない暗闇の人物や、逆に照明光の反射の影響で可視では認識できない人物を、赤外線カメラでは安定して捉えることがで



図7 可視カメラ（左）と赤外線カメラ（右）の比較

図8 非冷却赤外線センサ素子構造写真⁵⁾

きます。沿岸部で照明に頼らず昼夜を問わない監視には赤外線カメラが有効です。

弊社では赤外線カメラのキーコンポーネントである非冷却赤外線センサから開発を行っています。図8に非冷却赤外線センサの1素子の走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope : SEM) 写真を示します。1素子の構造を示すために、隣接する素子の膜を除去した写真です。微細な三次元構造と高感度材料により、微弱な遠赤外線を電気信号に変換し、高感度な画像を作り出します。現在も更なる小型化に向けて開発中です。

5. むすび

本稿では、沿海域の重要施設へ不審侵入する脅威を監視する港湾監視システムと、それを支える各種センサをご紹介しますとともに、そのなかでもアクティブ音響センサと赤外線カメラに関する技術について取り上げました。セキュリティの向上を実現するためには、対象となる脅威や施設の立地条

件に応じて、最適なセンサを組み合わせることが重要です。弊社はさまざまなセンシング技術を使い、水中から陸上まで全ての空間をカバーする信頼性の高い柔軟な監視システムの提供が可能です。また、これらのシステムは、セキュリティ用途だけではなく、防災用途などにも活用できます。システムで収集した情報は、クラウド技術を利用したりビッグデータとして活用することで、事象の予知や予防を含め、更なる用途への展開が可能になると考えます。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通行政におけるテロ対策の総合点検，平成17年度 政策レビュー結果（評価書），2006.3
- 2) M.Nakano et al.: Flexible integrated maritime security network system, Maritime Systems and Technology (mast) Americas 2011 Conference, 6-C3, 2011
- 3) 中野 正規ほか：水中からの脅威に対処する水中監視システム及びその関連技術，NEC 技報，Vol.66, No.1, 2013.8
- 4) Reid, D. B.: An Algorithm for Tracking Multiple Targets, IEEE Trans. on Automatic Control, Vol. AC-24, Dec. 1979, pp.843-854
- 5) S.Tohyama et al.: Uncooled infrared detectors toward smaller pixel pitch with newly proposed pixel structure, Proc. of SPIE Vol. 8012 80121M-12

執筆者プロフィール

中野 正規

電波・誘導事業部
エキスパートエンジニア

芝 博史

電波・誘導事業部
マネージャー

川原 章裕

電波・誘導事業部
マネージャー

田淵 透

電波・誘導事業部
エキスパートエンジニア

小林 稔

電波・誘導事業部
主任

八木 雅宏

電波・誘導事業部

関連URL

Harbor Monitoring Network System

http://www.nec.com/en/global/solutions/safety/critical_infra/harbormonitoring.html

NEC技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.67 No.1 社会の安全・安心を支えるパブリックソリューション特集

社会の安全・安心を支えるパブリックソリューション特集によせて
NECが目指すパブリックソリューションの全体像
NECのパブリックセーフティへの取り組み

◆ 特集論文

効率・公平な暮らし

マイナンバー制度で実現される新しいサービス
ワールドカップを支えた「NECのスタジアム・ソリューション」
魅力あふれるフライトインフォメーションシステムの実現
駅の新サービス実現を加速するSDNソリューション
マルチデバイス対応テレビ電話通訳の通訳クラウドサービス
カラーユニバーサルデザインを採用した使いやすいスマートフォン向けネットバンキングサービス
安全・安心を実現する世界一の顔認証技術
顔認証製品と社会ソリューションでの活用

安全・安心な暮らし

ICTを活用したヘルスケアへの取り組み
組織間の安全な情報共有を実現する「MAG1C」の情報ガバナンスソリューション
「MAG1C」における大規模メディア解析及び共有デジタルサイネージ機能
シンガポールにおけるより安全な都市「セーフアー・シティ」の構築
アルゼンチン ティグレ市の未来を守るビデオ解析ソリューション
群衆行動解析技術を用いた混雑推定システム
音声・音響分析技術とパブリックソリューションへの応用
昼夜を問わず24時間監視を実現する高感度カメラ
人命救助を支援するイメージソリューション
Emergency Mobile Radio Network based on Software-Defined Radio

重要インフラの安全・安心

新幹線の安全・安定輸送を支える情報制御監視システム
水資源の有効利用をICTで実現するスマートウォーターマネジメント技術の研究開発
センサとICTを融合させた漏水監視サービス
沿海域の重要施設へ接近する不審対象を監視する港湾監視システム
インバリアント解析技術(SIAT)を用いたプラント故障予兆監視システム
赤外線カメラの画像処理技術と応用例
高度化するサイバー攻撃への取り組み「サイバーセキュリティ・ファクトリー」

社会の安全・安心を支える先端技術

国家基盤を支える指紋認証の高速高精度化技術
次世代放送を支える超高精細映像圧縮技術とリアルタイム4K映像圧縮装置

◆ NEC Information

NEWS

NEC「衛星インテグレーションセンター」の稼働を開始
陸上自衛隊の活動を支援する「浄水セット・逆浸透2型」の開発



Vol.67 No.1
(2014年11月)

特集TOP