

# 画像処理による小型航行船舶の安全監視システム 「AI 船舶警戒システム(アイシップ) ~ MIHARU ~」

りんかい日産建設株式会社 新谷 聡  
株式会社システム計画研究所 / ISP 井上 由香

港湾工事において、工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を検出する「AI 船舶警戒システム(アイシップ) ~ MIHARU」を共同開発した。「アイシップ」は、高解像度のカメラ映像より独自の画像処理技術を用いて一般小型船舶の接近を検出するシステムであり、2020年8月に国土交通省の新技术情報提供システムに登録された。「アイシップ」を活用することで、港湾工事における「安全性の向上」や「ヒューマンエラーの防止」という効果が期待されると同時に、高解像度のカメラを現場に設置するのみで運用可能となるため、システムの導入が容易となっている。

## 1. はじめに

港湾工事において、一般の航行船舶の安全確保は最重要事項であり、施工業者において様々な工夫がなされている。その技術としては、船舶レーダーやAIS(自動船舶識別装置)、GPS(衛星測位システム)などが導入され、多くの実績を重ねているが、アンテナなどの設備設置や免許申請などの煩雑な準備を必要とするという課題がある。

そこで、近年急速に開発が進んでいる画像処理技術に着目し、高解像度カメラ映像と独自の画像処理技術を用いて安全監視を行う「AI 船舶警戒システム(アイシップ) ~ MIHARU」(以下「アイシップ」と記載)をりんかい日産建設株式会社と株式会社システム計画研究所で共同開発した。

アイシップは、高解像度カメラを現場に設置するのみで運用可能となるため、システム導入が容易であり、その活用により港湾工事における「安全性の向上」や「ヒューマンエラーの防止」という効果が期待された。アイシップは、現地にて数件の実績を重ね、2020年8月に国土交通省の新技术情報提供システムに登録された(NETIS:KTK-200006-A)。本稿では、アイシップの技術を紹介する。

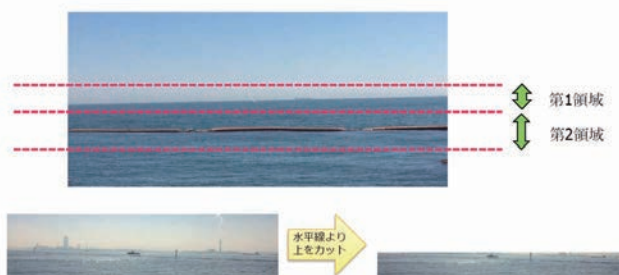


図-1 領域の設定

## 2. 画像処理技術の適用

### 2-1 システム構築の目的

港湾工事における安全監視は、その監視範囲が広く、対象となる船舶は多種多様である。さらに、船舶によっては規則的な航行から外れ、航行予測が不能となる場合もある。また、港湾工事では、気象・海象の影響を受けるため監視条件が常に変化する。

このような条件の下、アイシップは、特に航行予測が不能となりやすい一般小型船舶に的を絞って、工事箇所へ接近してくる(つまり衝突の可能性のある)一般小型船舶を早期に検出し、警報を発するシステムの構築を目的とした。

### 2-2 画像処理技術

画像処理技術により工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を検出するため、どのような画像処理が適切か、現地実証による検証を繰り返しながら検討を重ねた。ここで、港湾工事の特性から、画像処理にあたっての主な課題点を整理すると以下ようになる。

- (1) 一般小型船舶を認識する
- (2) (1)のうち工事箇所へ接近すると予想される一般小型船舶だけを検出する

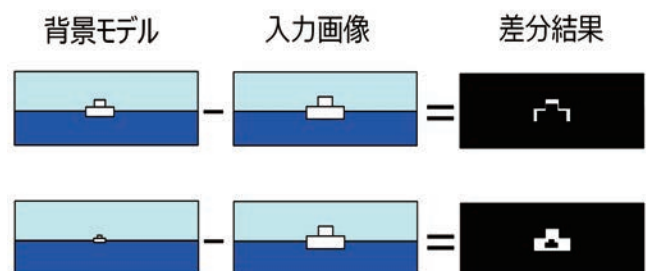


図-2 差分処理技術の概念

(3)(2) を早期に検出する

(4) 画像上のノイズを除去する

「ノイズ」とは、動かない構造物(例えば「防波堤」や背景の水平線より上方にある「陸地」など)と、動く物(例えば「停泊中の船舶」や「浮標」など)が対象である

(5) 気象・海象の変化に適応する

これらの課題点に対応するため、アイシップは、以下のような画像処理技術を用いて、工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を検出する技術を確立した。

(a) エッジ検出・・・関連する課題 (3)

接近すると予想される一般小型船舶を早期に検出するためには、遠くに存在する段階から一般小型船舶を認識しておくことが必要となる。遠くに存在する一般小型船舶は、非常に小さく見えるため、高解像度のカメラによる映像取得が必要となる。また、遠くに存在している一般小型船舶の大半は、水平線の近くに位置しているため、エッジ検出により水平線が認識できるようにした。エッジ検出による水平線認識は自動認識を基本としているが、手動設定も可能としている。

(b) 領域設定・・・関連する課題 (1)

高解像度カメラで撮影された映像は、画像処理に多くの時間を必要とする。このため、接近すると予想される一般小型船舶が多く存在する水平線より下方部分を「第1領域」「第2領域」と区切り、その領域ごとに画像処理を行うこととした(図-1参照)。また、接近すると予想される一般小型船舶が存在しない水平線よりある程度上方の範囲は画像処理の対象外とした。

(c) マスキング・・・関連する課題 (4)

ノイズのうち動かない構造物がある部分は、一般小型船舶が存在しない。例えば、写真-1における中央から右の防波堤部分は、動かない構造物であり、この部分に一般小型船舶は存在しない。このため、このようなエリアは画像処理対象外とするよう、画面上で設定できるマスキング機能を設けた。

(d) 差分処理・・・関連する課題 (1)(4)(5)

一般小型船舶を認識するには、差分処理技術を用いた。差分処理は、図-2に示す「背景モデル」と「入力画像」との差分を「差分結果」として認識する技術であるが、このとき「何」の差分に着目するかがポイントとなる。例えば写真-2のように背景モデルが単一的な色の現場において小型船舶を認識するには「色」の差分に着目するとよい。また、写真-3のような一般的な



写真-1 現場事例(その1)

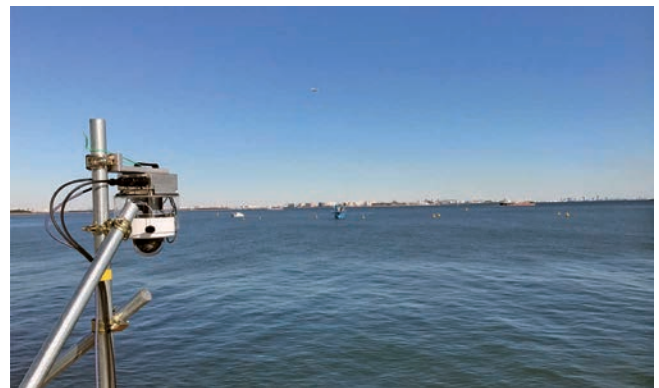


写真-2 現場事例(その2)

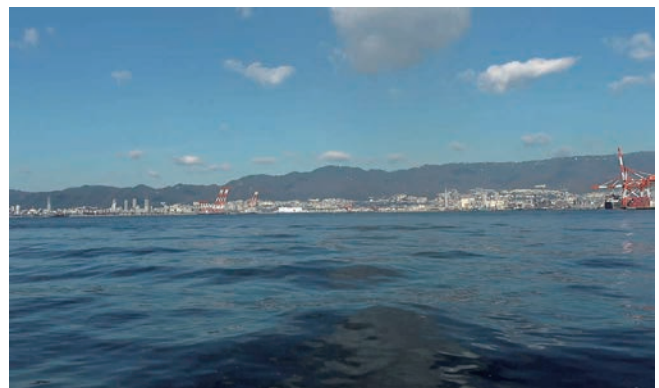


写真-3 現場事例(その3)

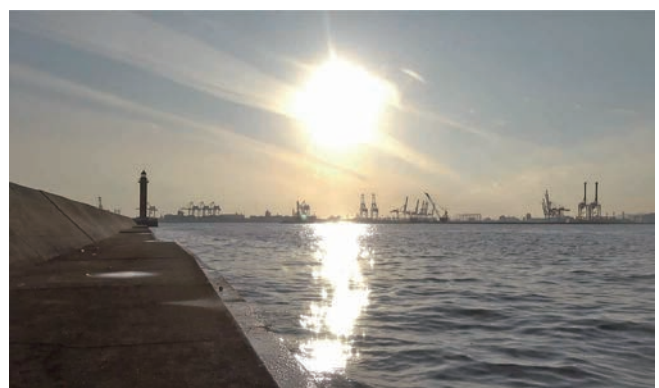


写真-4 現場事例(その4)



現場では「背景画像」との差分に着目するとよい。これら「色」と「背景画像」による差分処理は、現場の状況に応じて単独もしくは併用処理することが可能である。また、現場によっては、動くノイズがある場合や、時間経過とともに背景画像が変化する場合が多くある（例えば写真-4のような長期的な時間差による状況変化の場合がこれにあたる）。さらには、気象・海象の変化にも対応するため、短期・長期的な「時間差分」を画像処理に加え、一般小型船舶を認識する精度の向上を図った。

#### (e) 差分の変化・・・関連する課題 (2)

認識した一般小型船舶のうち、工事箇所へ接近すると予想される一般小型船舶だけを検出するため、(d) 差分処理によって得られた「差分結果」における面積変化と移動方向を解析した。この解析にあたっては、早期に検出された一般小型船舶が数ピクセル程度であり、それが接近するという面積変化も数ピクセルであるため、動くノイズなどの判別と混同しやすい。このため、一般小型船舶を認識する大きさや、接近する面積変化を判別するタイミングをパラメータ化するなど、現場の状況に合わせて各種の設定ができるようにした。

以上に示した (a) ~ (e) の画像処理技術の他にもいくつかの技術を組み合わせ、かつ適切な順序で画像処理するという独自の技術を確認したことにより、工事箇所へ接近してくる一般小型船舶の検出が可能となった。

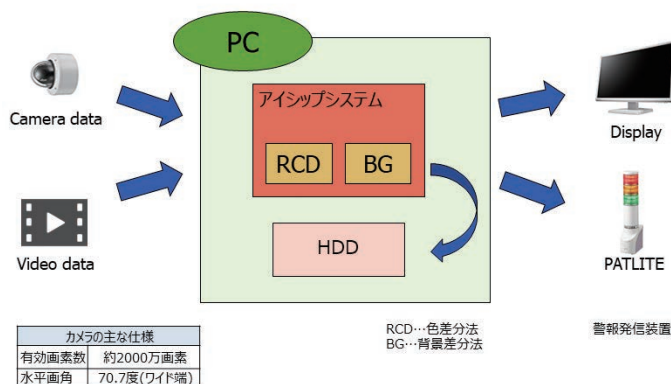


図-3 システム構成

### 3. システムの構築

#### 3-1 システム構成

高解像度カメラ、パトライト、PCによるアイシップのシステム構成を図-3に示す。システム構成にあるPCは、各種設定を行うUI機能を備え、高解像度カメラで撮影した画像をベースに、検出した一般小型船舶をモニタリングできるようになっている(図-4参照)。このPCモニタの画像は、通信環境を整えることにより、タブレット端末などを用いて工事箇所から離れた現場事務所などでも取得することが可能となっている。

#### 3-2 高解像度カメラ

システム構築にあたっては、有効画素数2,000万画素の高解像度カメラを選定した。アイシップは、工事箇所へ接近してくる一般の小型船舶を検出することを目的としたシステムであり、この目的にある「工事箇所」が、カメラの設置位置となる。

ここで、高解像度カメラの設置高さは、水平線認識後の領域設定に影響するため水面より高い位置にある方が好ましい。また、アイシップは、背景差分による画像処理技術を採用しているため、高解像度カメラを不動固定する必要がある。

#### 3-3 パトライト

工事箇所へ接近してくる一般小型船舶の検出を知らせるため、パトライトを用いて音と光による警報を発信するシステム構成とした。パトライトは、通信環境

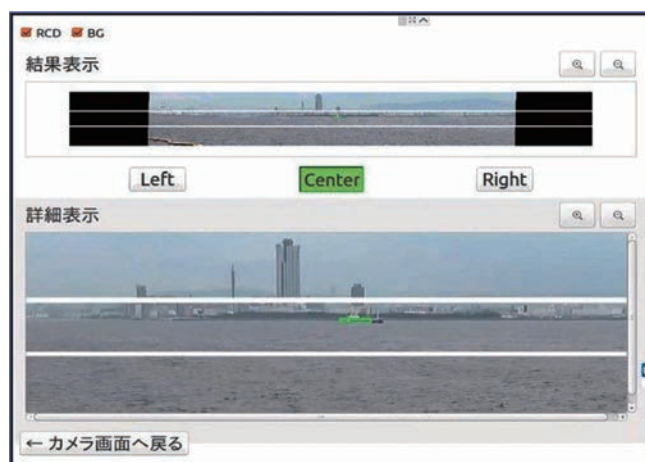


図-4 PCモニタの画像

を整えることにより工事箇所から離れた位置に設置することも可能である。

#### 4. システム検証

##### 4-1 システムの適用範囲

システム製作後、その機能と効果を確認するため、実際の港湾工事において検証を行った(写真-5参照)。

システムは、工事箇所に隣接する防波堤や護岸上へ資機材を搬入後、組み立てを行った。システム組み立ては容易であり、短時間で完了した。またシステムの設置には、約2m×2m程度のスペースを必要とするのみで、現地状況に合わせたシステムの組み立てが可能であった。

システムの効果検証にあたっては、一般小型船舶の航行の他に、交通船を工事箇所へ接近してくる一般小型船舶と模擬させ、適正に検出するか(パトライトによる警報が発信されるか)確認した。さらに、多くの現場条件下において(多様な背景画像の下での検証)、工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を検出できるか、またノイズ除去機能について適正に処理されているか併せて検証した。

その結果、検出対象となる一般小型船舶の諸条件や現地の適用条件について、整理することができた(表-1参照)。このうち現地の適用条件については、強雨、濃霧、降雪などの場合や、逆光となる自然条件下(例えば写真-4の場合)では、適用できないことが判った。

##### 4-2 システムの効果

システム検証の結果、以下のような効果を確認することができた。

###### ①安全性の向上

工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を早期に自動検出して注意喚起するため、安全性が向上する。

###### ②ヒューマンエラーの防止

独自の画像処理技術により、工事箇所へ接近してくる一般小型船舶を早期に自動検出するため、監視員のヒューマンエラーを防止することができる。

###### ③システム導入の容易性向上

船舶レーダーやAISを使用する際の煩雑な準備を必要とせず、省スペースにてシステムの設置が可能であるため、システム導入の容易性が向上した。

#### 5. まとめ

港湾工事において最重要事項である一般航行船舶の安全確保に「AI船舶警戒システム(アイシップ)～MIHARU」を活用することにより、一般小型船舶の接近を検出することが可能となった。アイシップの導入により、「安全性の向上」「ヒューマンエラーの防止」「システム導入の容易性向上」の効果を確認することができた。

今後は、さらに適用範囲を拡大しつつ、より安全な港湾工事が施工できるように、システムの使用実績を重ね、機能の向上を図っていきたい。



写真-5 システムの検証状況

検出対象となる小型船舶	
船幅	3～4mの小型船舶
速度	10ノット以上
進行方向	カメラに向かってくる方向
距離	0.5～1.0km
カメラ設置高さ	水面より4.5～7.0m

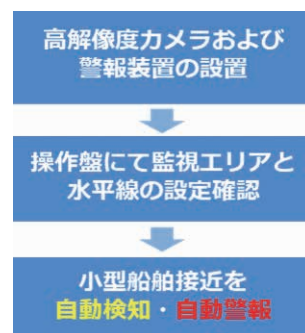


表-1 システムの適用条件