

入出港船舶通報システム (NETIS KKK-130002)

りんかい日産建設株式会社 土木事業部 技術部 新谷 聡
元水 佑介

港湾工事で一般航行船舶との海上交通災害を防止することは最優先課題である。「入出港船舶通報システム」は、海上交通災害の防止を目的に開発した。本システムは、赤外線センサーで警戒ラインを設け、そこを航行する船舶を検知し自動的に通報する仕組み。主要機器は、赤外線センサー・無線機・パトライト(回転灯)であるため、経済性や利便性に優れている。電源にはソーラーパネルを使用することで環境にも配慮したシステムとなる。NETIS(新技術情報提供システム)に登録しており、りんかい日産建設株式会社と株式会社ソーキが共同開発した。

1. はじめに

港湾工事を行う際、海上交通災害を防止することは、港湾工事に従事する者の使命である。これまで、航行する船舶の動向を把握するために、船舶レーダーやAIS(自動船舶識別装置)、GPS(全地球測位網)などを用いたシステムが採用されてきた。これらは、航行する船舶をどう検知するかによって、一長一短の特徴がある。そのため、航行する船舶を確実に検知するには、最終的に安全監視者の目視に頼るしかなかった。本稿は、「入出港船舶通報システム」が開発された経緯を中心に、システムの特徴などを紹介する。

2. システムの概要

入出港船舶通報システムは、港を出入りする船舶の存在を、作業船に音と光で通報する(図-1)。本システムは、船舶を検知したい場所に赤外線センサーの投光器と受光器を据え、そのセンサー間(これを「警戒ライン」という)を船舶が航行すると検知する。その検知情報は、現場の作業船などに無線で伝送され、そこに設置したパトライトが音や光を発して警戒を促す。

赤外線センサーは投光器と受光器で1セットとし、2セット据えることで、入港船と出港船を判別することが可能となる。赤外線センサーが無線で情報を伝送できる距離は約2~3kmとなる。

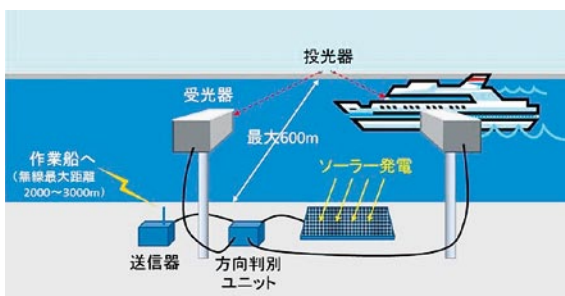


図-1 システム概要図

3. 従来技術

港湾工事の使命である「海上交通災害防止」の目的を達成させるには、航行する船舶をどう検知するかが課題となる。そこで、既存の技術が航行する船舶をどのように検知しているか調査した。

(1) 船舶レーダー

船舶レーダーは、専用のアンテナより電磁波を発生し、その反射波を画像化する。このため、アンテナを中心として、電磁波を反射させる全ての船舶を検知することができる。検知した船舶までの距離と方位を正確に測定することが可能なため、船舶の動向を把握する手段として利用価値は高い。しかし、船舶に限らず陸地の形状やブイなどを含めた物標も画像化してしまうため、船舶を判断しづらい。また、物標の陰に位置する船舶は検知できないなどの欠点がある。図-2に、船舶レーダー画像と同位置の地図を示す。これより、レーダーが陸地形状を画像化していることと、レーダー画像だけを見た時、瞬時に船舶の動静を把握しにくいことが理解できる。このため、レーダー画像を注視する専任の安全監視者が必要となる。

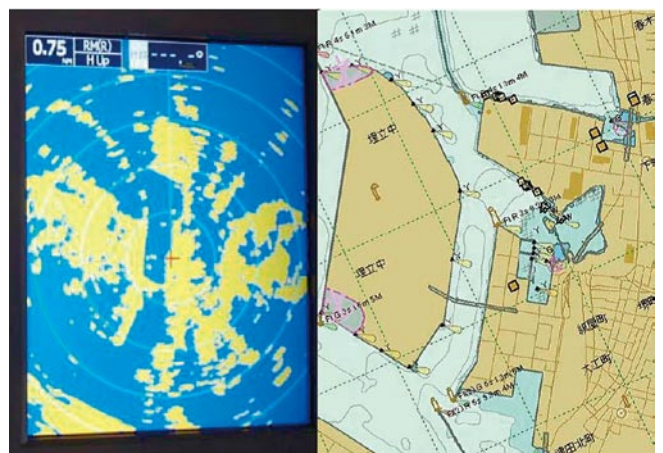


図-2 船舶レーダー画像と同位置の地図

(2) カメラ画像監視・TV センサー

カメラ画像監視は、航行船舶を検知したい場所にカメラを設置し、監視するもの。この方法は、船舶の動向を遠隔監視することができるが、天候や通信環境によって、視認性が悪いことがある。また、安全監視者によるモニターの監視も必要となる。カメラ画像監視は、船舶レーダー等で検知された船舶を、補助的に確認する手段として使われている。

TV センサーは、モニターに映る動く物体を検知する。カメラ画像監視との違いは、動く物体を自動で検知するという点であるため、モニターを注視する安全監視者が不要。この検知方法の有効性を検証するため、実際に TV センサーを搭載したシステムを使用した。その結果、船舶の航行位置 (TV センサーからの距離) によって、モニターに映る船舶の大きさが異なるため、センサーから近距離であれば検知されるが、遠距離では検知できないということがあった (写真-1)。また、航跡波や白波などを、誤検知する場合もある。



写真-1 TV センサー画像

(3) その他の機器

船舶レーダーや TV センサー以外の機器で船舶を検知する方法としては、AIS や GPS などがある。AIS や GPS は、自船と他船の位置を把握できることから、港湾工事において利用頻度が高い。特に AIS は、船舶の進路予測も可能である。しかし、AIS や GPS は、いずれも機器を搭載した船舶しか検知できないため、例えば工事エリア付近を航行する漁船やプレジャーボートなどは検知できないという欠点がある。

入出港船舶情報は、入出港船舶予定を港湾管理者や代理店などから入手する方法であり、事前に工程の調整が可能となる。ただ、船舶の運航が時間通りであることが少ないため、リアルタイム性に欠けるという問題点がある。

これまで示したことと当社実績を踏まえ、検知方法 (原理) ごとにどの船舶を検知することができるかまとめてみた (表-1)。当社はシステム開発にあたり、「港湾工事における海上交通災害防止」を目的としており、全ての船舶を検知対象としている。そこで、この条件

に合う「赤外線センサー」に着目してシステムを構築し、現地で実証を行うこととした。

表-1 船舶検知方法の比較

検知方法	原理	検知対象船舶				備考
		AIS搭載	GPS搭載	一般船舶(※)	自船	
船舶レーダー	電波	○	○	○	○	
カメラ画像監視	画像	△	△	△	△	通信環境による
TVセンサー	画像処理	△	△	△	△	自然環境の影響が大きい
AIS受信機	無線、GPS	○	×	×	×	
AIS送受信機	無線、GPS	○	×	×	○	
GPS	GPS	×	×	×	○	
入出港船舶情報	ヒアリング情報	△	×	×	×	リアルタイム性に欠ける
赤外線センサー	赤外線	○	○	○	○	自動通知が可能
凡例と条件	【凡例】○：検知可能 △：条件により検知可能 ×：検知不可能 (※)「一般船舶」は、AISやGPSを搭載しない船舶を指す 検知対象船舶の存在範囲は、陸域から2~3km以内とした					

4. 現地実証

(1) 赤外線センサーの機種選定

赤外線センサーは、警戒ライン上の赤外線が、何らかの理由により遮られた時に信号を出すという機構である。今回の実証で採用した赤外線センサーは、港湾工事の特性を踏まえ、警戒ライン最大 600m という仕様の機種を選定した (表-2)。「入出港船舶通報システム」は、この赤外線センサーを用いて、全ての船舶が検知・通報できるようにシステムを構築した。

(2) 実証フィールド

「入出港船舶通報システム」の機能や設置条件等を確認するために、国土交通省近畿地方整備局発注の「大阪港北港南地区航路浚渫工事(第四工区)」で現地実証を行った。現地は、土捨場付近に漁港があるため、漁船が多く航行する箇所に警戒ラインを設けた。判断基準は、警戒ラインを船舶が航行した際に、パトライトが正常に起動したか否かで判断した。

表-2 赤外線センサーの仕様

品名	赤外線センサー
品番	PH-600SE
警戒距離	600m以内
応答速度	20ms~50ms
消費電流	55mA以下(DC24V時)
アラーム表示灯	赤色LED(受光器)
設置場所	屋外
質量	投・受光器 各8kg
外形寸法 (mm)	208×410×188
イメージ図	

(3) 現地実証 step1

現地実証 step1 では、現地に赤外線センサーを1セット設置し、高速航行する小型船舶が検知可能であるか確認した。小型船舶の航行ラインは、警戒ラインに対して垂直に設定し、投光器側から等間隔に3ライン設けた(図-3)。小型船舶の速度は、スピードガン計測により、約15ノット(約28km/h)であった(写真-2)。実証は、①~③のラインにおいて、それぞれ入港と出港の方向に小型船舶を高速航行させ、全6ケースを行った。



図-3 現地実証 step1

実証の結果、全てのケースにおいて高速航行する小型船舶を検知することができた。この実証結果により、赤外線センサー投光器からの距離や向きに影響されず、航行する船舶を検知でき、自動的に通報できることが確認できた。さらに、実証前に懸念された気象(太陽光による海面の乱反射や降雨)、海象(波による飛沫)などによる誤報はなかった。赤外線センサー投光器と受光器の位置が離れて設置されるため、赤外線の光軸調整の難易度が懸念されたが、赤外線センサーに予め装備されたスコープを活用することで容易に設置できることが確認できた。



写真-2 スピードガンによる速度計測

(4) 現地実証 step2

現地実証 step2 では、赤外線センサーを2セット設

置し、航行船舶の入港と出港を判別できる機能を追加した。航行船舶の入出港判別には、次のようなアルゴリズム(手法)をシステムに組み込んだ(図-4)。

- (i) 警戒ラインAとBに、それぞれ赤外線センサーのセットaとbの2セットを設置
- (ii) 入港船が警戒ラインA→B、出港船が警戒ラインB→Aと航行すると、赤外線センサーのaとbの検知時間にタイムラグが発生
- (iii) 赤外線センサーaとbのタイムラグにより、自動的に入港船と出港船の判断を行う

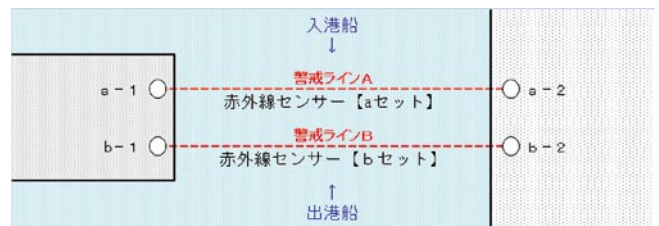


図-4 入出港判別の模式図

入出港の判別は、理論的に難しいものではない。「通常」(S-1)の赤外線センサー配置では、各セットから発せられる赤外線の誤認識を避けるため、赤外線センサー受光器を対角に設置する(表-3)。しかしながら、この設置方法では「a-2」側の受光器と「b-1」側の受光器というように、離れた位置からの各セットの信号を受信してタイムラグを判別するため、システム構成が複雑になる。システム構成を単純にするため、(S-2)のように「a-2」と「b-2」の同一側に受光器を設置すると、先に述べたように赤外線が誤認識を起こし、入出港の判別を誤る可能性が高くなる。そこで、システム構成を単純にすることと赤外線の誤認識をなくすため、今回(S-3)は、bセットの赤外線センサーの周波数を変更することとした。

現地実証 step2 では、(S-3)によるシステム構成を構築して実証を行った。現地実証 step2 の検証方法としては、赤外線センサー2セットの設置間隔を6.0~

表-3 システム構成検討表

	赤外線センサー				システム構成	赤外線の誤認	備考
	aセット		bセット				
	a-1	a-2	b-1	b-2			
(S-1)	投光器	受光器	受光器	投光器	△ 複雑	○ なし	a, b 同じ周波数
(S-2)	投光器	受光器	投光器	受光器	○ 単純	△ あり	a, b 同じ周波数
(S-3)	投光器	受光器	投光器	受光器	○ 単純	○ なし	bセット 周波数変更



写真-3 現地実証 step2

1.0mと徐々に狭くなるように変化させ、step1と同様の判断基準とした(写真-3)。

実証は、設置間隔と入出港の条件を変え、全14ケースを行った。その結果、いずれの場合も識別、通報できたが、干渉や設置条件などを考慮し、赤外線センサーの設置間隔は1.5mとした。干潮時に赤外線の下を船舶が通過して検知されないケースが発生したため、赤外線センサーの設置高さは、海面の潮汐、検知対象船舶の大きさ、設置場所の条件などを十分に考慮する必要があることが分かった。それ以外には、異常や誤作動がなく、システムの信頼性を確認することができた。

(5) 周辺機器の確認

入出港船舶通報システムの無線通報可能距離を確認した。その方法は、受信機から2km、3km離れた地点より通報した場合、パトライトが反応するか否かで判断した。実証の結果、3km離れた位置においても通報可能であることが確認された。これは、陸上での結果であるため、海上でも同等以上の結果が得られるものと考えられる。

パトライトを含む受信機は、ポータブルな構造であり、かつ操作が非常に簡単である。このため、設置場所の変更(例えば安全監視船の変更)や操作する者が変わった場合でも、容易に対応できることが確認できた。

さらに、赤外線センサーは、船舶の航行が頻繁である防波堤の開口部や、通常容易に立ち入りができないエリアに設置されることが想定される。このため、電源の確保や、発電機を使用する際の燃料補給が課題となる。そこで、本システムではソーラーパネルを標準装備とし、発電機の燃料補給を不要とした(写真-4)。これにより、化石燃料を必要としないため、環境負荷の低減にも貢献できる。



写真-4 ソーラーパネル

5. まとめ

「入出港船舶通報システム」を現地実証した結果、本システムの特徴を以下に示す。

- ①警戒ライン最大600m(カタログ値)を航行した時の船舶を自動的に検知し、通報することができる。
- ②赤外線センサー2セット併設により、検知した船の入出港(方向)識別が可能となる。
- ③検知結果は、パトライトによる音と光で通報するため、安全監視者の選任が不要である。
- ④システムの操作に専門知識を必要とせず、ポータブル構造であり、操作性に優れている。
- ⑤無線による通報可能は2~3kmである。
- ⑥赤外線センサーの電源には、ソーラーを使用しているため、燃料補給が不要で、環境に優しいシステムである。

さらに、本システムの設置条件として、赤外線センサーの設置間隔や設置高さなどについても適用可能な範囲を明らかにすることができた。その機器構成が赤外線センサー・無線機・パトライトといった汎用性のある機器の組み合わせであるため、経済的にも負担が少ないという利点がある。

今後、航路の浚渫や防波堤の延伸、ケーソンの曳航などの工事に「入出港船舶通報システム」を適用したいと考えている。さまざまな工種への適用により、今回の実証で把握することができなかった鳥や動物(魚)などの影響による誤報の可能性や、赤外線センサー設置時の簡略架台開発にも取り組みたい。

港湾工事を主体とする我々にとって、「海上交通災害の防止」は至上命題であり、「入出港船舶通報システム」は、その一手段に過ぎない。今後も港湾工事の安全を第一に考え、工事を円滑に進められるような技術の発展に寄与していきたい。