

大規模津波等による作業船の漂流監視システムの開発

(正) 赤倉康寛 (国土技術政策総合研究所), (正) 小野憲司 (京都大学防災研究所)
細川直登 (寄神建設株式会社), 柴田勝規 (株式会社 IMC), 平石哲也 (京都大学防災研究所)

1. はじめに

東日本大震災においては、係留中の船舶が大規模津波により押し流されて漂流し、陸上に乗りあげた事例が数多く見られた(例えば、写真-1)。船舶の陸上乗りあげは、建築物やタンク類への衝突等により、津波被害を拡大させる危険性がある。この陸上乗りあげは、台風等による高潮・強風時にも発生する可能性がある。関西国際空港島埋め立てに使用された土運船約 50 隻が防波堤係留されている尼崎西宮芦屋港では、平成 16 年の台風により土運船が防波堤に衝突しており、兵庫県議会や西宮市議会にて、津波や台風時の陸上乗りあげの懸念が示されている(例えば、兵庫県議会平成 26 年度予算特別委員会第 8 日大前はるよ委員質問)。船舶を保有・管理する社は、漂流・座礁が発生しないような係留方法や船舶運用を求められるが、特に、無人係留される作業船等は、津波や台風時の沖合避泊が困難であることから、その対策は容易ではない。



写真-1 船舶の陸上乗りあげの例(河北新報社)



写真-2 航路啓開での揚集物の例(東北地方整備局)

また、東日本大震災においては、被災港湾に在港していた作業船の状況確認に時間を要した。そのために、被災港湾での航路啓開(コンテナ、車両、木材や漁具等航路に流出した障害物の揚集作業、写真-2)には、全国からの作業船団の回航が必要となり、それでも船団の不足が生じ、当該港湾の機能回復に時間を要した。このような状況を踏まえ、南海トラフ地震や首都直下地震への対応として、国土強靱化計画アクションプランに基づいて策定が進んでいる港湾 BCP では、航路啓開は不可欠な作業であり、かつ、短期間での作業を要するものとして位置付けられている。しかし、航路啓開作業に必要とされる作業船が、迅速に、かつ、十分に確保可能とは言い難い状況にある。

以上の状況を踏まえ、本研究は、大規模津波等による作業船の漂流を監視し、漂流を検知した場合に警告を発すると共に、津波等の後において航路啓開等海上工事の実施に不可欠な作業船の位置を確認するためのリアルタイム監視システムの開発を目指すものである。

2. 漂流監視システムの開発

2.1 システム要件 本研究で開発するシステムの要件は、次の 2 点である。①平常時：港湾内の作業船が、適切な位置に係留または運用されていることを遠隔監視する。②大規模津波等発生時：作業船が漂流・走錨を監視し、その危険性が危惧される場合に警告を発すると共に、漂流・走錨作業船の現在位置を把握する。ユーザーは、作業船保有会社及び港湾管理者を想定している。

2.2 AIS 信号によるモニタリングのシステム構成 本システムにおいては、モニタリングに AIS

(Automatic Identification System, 船舶自動識別装置) 信号を利用する。その系統図を図-1 に示すが、AIS 受信局にて受信したデータは国総研 AIS ネットワークを介してシステムサーバーに送付され、ユーザーはインターネット経由でモニタリング結果を確認する。ユーザーが利用するプログラムはサーバー上で動作するため (Remote Application Server) , 多様なユーザー環境への適応性が高く、また、セキュリティレベルも一般のウェブアプリケーションに比べて高い。

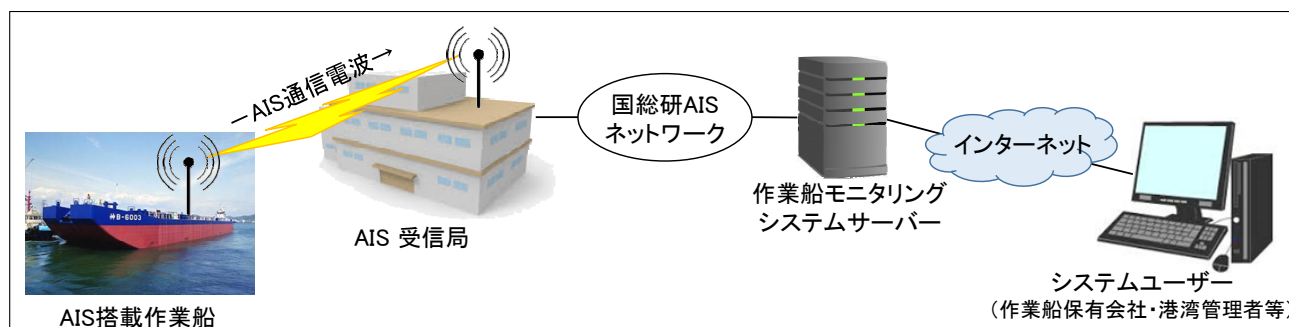


図-1 AIS 信号を利用したモニタリング系統図

無人作業船に搭載する AIS については、既報¹⁾において報告した、自立電源式 AIS 装置の使用を想定している。

2.3 システムの機能

- システム要件を満たすために、具体的に、以下の3つの機能を実装する。
- ①現在位置表示機能：最新の AIS 信号に基づいて、監視対象船等の位置を地図上に表示する。
 - ②漂流・走錨アラート機能：監視対象船が、漂流・走錨している危険性がある場合、指定された係留・錨泊地から脱出した場合及び進入禁止区域へ進入した場合に警告を発する。
 - ③現在位置不明船の航跡表示機能：監視対象船からの AIS 信号が一定時間以上途絶えた場合に、最後に確認された位置座標とそこに至る航跡を表示する。

上記①現在位置及び③最終確認位置について、それぞれの船位シンボルの表示方法を、図-2 に示す。移動中の船舶は三角形により針路を明確に示し、停泊中の船舶は円形で示す。危険度については、漂流・走錨判定結果により、表示色で表現する。現在位置不明船は、最終確認からの経過時間によりシンボルを変えることとした。

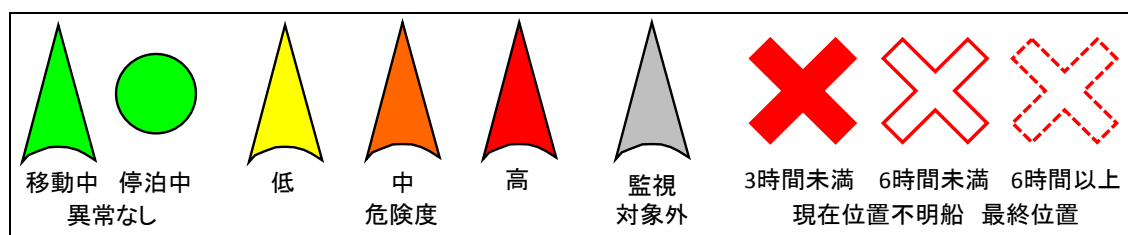


図-2 船位シンボルの表示方法

2.4 漂流・走錨判定 漂流・走錨発生の自動検知と危険度の判定が、本システムの中核となる機能である。判定基準を、表-1 に示す。表中の判定における区域等は、以下の通り。
可動圏：船舶が通常の停泊中に動く範囲であり、船舶毎に船舶所有者が設定する。

安全区域：船舶の停泊に供される海域であり、

漂流・走錨しても他船舶の航行には支障のない範囲で、港湾管理者が設定する。

保護区域：沿岸施設保護等のために、船舶の進入を許してはならない範囲で、港湾管理者が設定する。

表-1 漂流・走錨判定と危険度基準

条件	判定	事前の移動申請	
		あり	なし
1	可動圏外に移動	異常なし	危険度-低
2	安全区域外に移動	異常なし	危険度-中
3	速度3kt以上で1分以上移動	異常なし	危険度-高
4	保護区域内に進入	危険度-低	危険度-高

事前の移動申請がない場合における、可動圏外への移動は漂流・走錨の危険性があり、安全区域からの脱出、保護区域への侵入により、他船や沿岸への影響が危惧されることとなる。安全区域及び保護区域の設定例を、図-3 に示す。



図-3 安全区域・保護区域の設定例

2.5 システム画面 システム画面を図-4 に示す。漂流・走錨の発生を検知した場合には、画面左上に「漂流警報発令中」とのフリッカーが表示され、画面左の漂流船リストに船名が追加される。さらに、漂流・走錨中と判定された船舶は、判定後の航跡が赤線で表示される（画面右）。また、漂流・走錨を自動検知すると、予め登録されたアドレスへメール通知する。

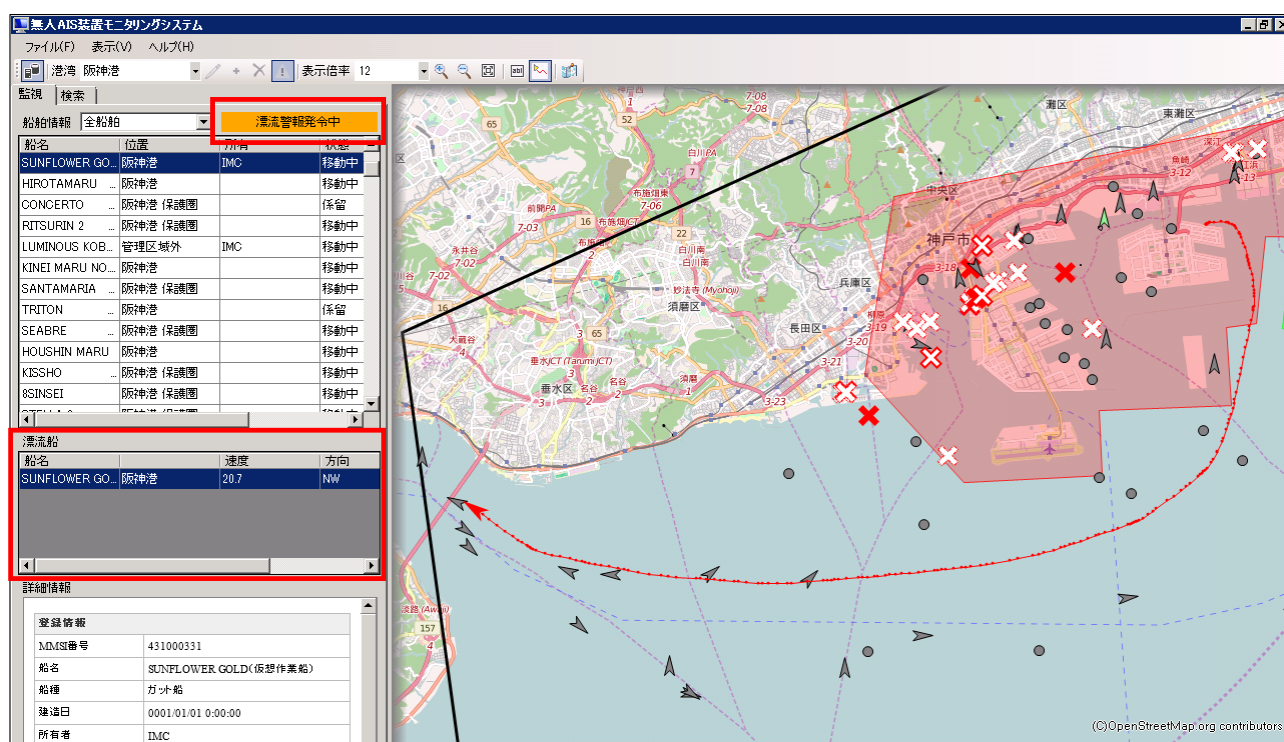


図-4 システム画面（漂流・走錨を検知した状態のイメージ）

3. 実証実験の結果

3.1 実験シナリオ 開発したシステムの実用性を評価し、改善項目を洗い出すために、実証実験を実施した。対象港湾は阪神港とし、港内に停泊する作業船が、津波や台風等により意図せず漂流・走錨したと仮定し、その情報がユーザーである作業船保有会社や港湾管理者に対して、正確かつ迅速に伝わるかどうかを実験した。ただし、実際の漂流・走錨の発生を待つことは出来ないため、港内に停泊中の一般船舶を作業船と見立て、これらの船舶の本来の予定に基づく移動を漂流・走錨とみなし、システムから適切に警報が発せられるかどうかを確認した。実験日は平成 28 年 2 月 8 日～10 日、漂流・走錨判定に使用する可動圏は、簡易な設定として、船舶の全長等に依らず当該船舶の AIS 位置から半径 50m とした。保護区域は、進入船舶が必要であることから、図-3 とは異なり、沖側に設定した。本来、可動圏の範囲については、津波時の船舶挙動を踏まえて、文献 2)等を参考に、船舶の大きさに応じて設定することが望ましい。

実験結果の評価は、①漂流・走錨判定において通知漏れや誤報、航跡未表示がないか、②警告メールの通知遅れがないか及び③使いやすさの 3 点とした。

3.2 実験結果（判定・警告） ①漂流・走錨判定について

では、対象 23 隻のうち、表-1 の条件 1～4 に該当する移動を行った船舶 17 隻・107 件に対して、通知漏れ、誤報及び航跡未表示はなかった。なお、実験当初、条件 2：安全区域外に移動の判定がなされない事例があったが、確認したところ、同時に、より危険度の高い条件 3：3kt 以上で 1 分以上移動に該当したことから、条件 2 の判定が表向き見えない状況であることが判った。そこで、以降では、両者を区分するため、条件 3 を 10kt 以上として運用した。また、画面上の漂流船リストにおける記載漏れが発生したが、プログラムの不具合と見られ、修正を行っている。

②警告メールについては、漂流・走錨検知からメール受信までの所要時間を確認した結果が、図-5 である。基本的に、2～4 分で受信できたが、1 件だけ 10 分となった。この遅れは、メールサーバーに起因する遅延と想定された。

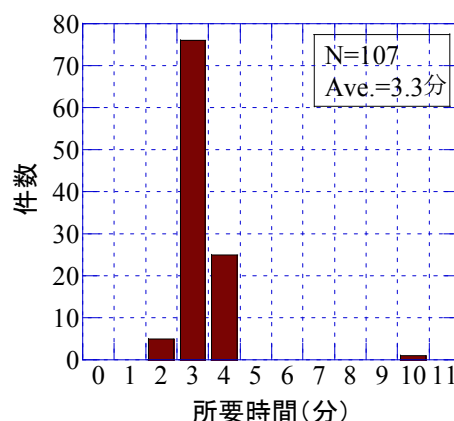


図-5 受信までの所要時間

3.3 使い勝手の改善 ③使い勝手について

については、実験ユーザーから多くの意見が出た。作業船保有会社の立場からは、監視対象とする自社船と、その他の船舶の表示を明確に区別した方が良いとの意見があり、港湾管理者の立場からは安全区域・保護区域の情報が基本で、個別船舶の移動には興味がないのではないかとの意見があった。これらは、ユーザーが必要とする情報と、あまり重要ではない情報をどのように表示するかの問題であり、例えば、監視対象船のみを表示するモードと、AIS 受信の全船舶を表示するモードの二つを用意する方法を検討中である。船名表示も、作業船保有会社の立場からは、自社船の表示が重要であるため、ズームアウトした状態では監視対象の自社船のみ、ズームインしたときは全船舶を表示するものの、自社船以外は色を薄くする等容易に区別できるような表示方法を検討している。

また、漂流・走錨の危険度判定では、警告は、対象船舶が監視対象範囲外（港外等）に抜けるか、AIS 信号を失ってから一定時間以上経過した場合に解除される設定となっており、危険度が下がった場合の解除やメール通知方法は設定していなかった。実証実験では、一般船舶の移動を漂流・走錨に見立てたために、例えば保護区域に進入後、保護区域から出るとの動きがあったが、画面上の警告の解除やメールでの連絡はなかった。監視対象の作業船が、津波等により一旦沿岸の保護区域に進入し、その後離岸流により沖合に出て行くことがないとは言えないため、危険度が下がった場合の警告解除や通知機能の追加を検討している。

4. まとめ

本研究では、津波等による作業船の漂流監視システムを開発し、実証実験を実施した。今後、実用化に向けて、さらに機能改良を図っていく。

謝辞 本研究では、（一財）港湾空港総合技術センターの研究助成を受けました。また、国土交通省神戸港湾事務所及び東洋建設株式会社にご協力を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 赤倉康寛, 小野憲司, 細川直登, 平石哲也: 大規模津波後の港湾機能早期復旧のための無人作業船モニタリングシステムの開発, 日本沿岸域学会研究討論会 2015, 講演概要集 No.28, CD-ROM, 2015.
- 2) 赤倉康寛, 高橋宏直, 安部智久, 小野憲司: 東北地方太平洋沖地震津波襲来時の船舶の錨泊挙動の分析, 沿岸域学会誌, Vol.27, No.2, pp.49-60, 2014.