

船舶動静把握システム（AIS）による港湾整備の新たな展開

ーレーダを超えるシステム開発の効用ー

港湾研究部長

高橋 宏直

船舶動静把握システム（AIS）による港湾整備の新たな展開 ～レーダを超えるシステム開発の効用～

港湾研究部長 高橋宏直

1. はじめに

2000年のSOLAS条約（Safety Of Life At Sea convention：海上における人命の安全のための国際条約）の改訂により、外航船のみならず内航船ともに一定規模以上の船舶へのAIS（Automatic Identification System）の搭載が義務化された。このAISは、もともとはレーダでの探知が困難な船舶の動静情報を得る手段としてスウェーデンで考案された装置であるが、陸上に受信局を設置することで周辺海域の船舶動静を把握するための有効な手法として検討されてきた。さらに、この手法により従来の手法よりも船舶動静の把握を遥かに効率的に実施できることから、今後の港湾整備を検討するための有効な手段とすることが期待されていた。

このため、港湾研究部港湾計画研究室では東京湾について複数のAIS受信局を設置することで湾域内の船舶動静の把握をリアルタイムで可能とすると共に、得られたデータを様々な観点から解析できる国総研船舶動静解析システム(NILIM-AIS)を開発した。

また、AISデータは国際的に統一規格であることから、このNILIM-AISにより東京湾データのみならず国内外で取得された他の海域のデータについても解析することが可能である。実際に、東京湾のみならず国内の主要な港湾・海域、また海外の主要港湾のAISデータについて、このNILIM-AISを用いて解析を実施した。

本報告では港湾計画研究室が取得・購入したデータ、また、各地方整備局から提供されたAISデータを用いた解析結果の具体例とともに名古屋港の海上工事現場への適用例を示すことで、今後の港湾整備の新たな展開に期待される視点を明らかにする。

2. AISおよびAIS陸上局の概要

2.1 AISの概要¹⁾²⁾

2.1.1 AIS導入の経緯

AIS（Automatic Identification System）は、レーダでの探知が困難な船舶の動静情報を得る手段としてスウェーデンで考案された。北欧のスウェーデンの近海には約3000もの島々が存在しているとともに、海岸線がフィヨルド構造となっていることから、レーダでは島影や半島により探知が困難な状況が生じており、その結果に生じる船舶同士の衝突を解消することが目的であった。

1980年代後半において、IALA（International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities：国際航路標識協会）の委員会において初期のAISの検討が開始された。その後IMO（International Maritime Organization：国際海事機関）のMSC（Maritime Safety Committee：海上安全委員会）において検討が

なされて、A I Sの性能は以下の仕様とすることが確認された。

- ①船舶相互間および船舶・陸上局間の両モードで動作すること
- ②自立的・自動的かつ連続的であること
- ③高更新率（1秒まで下げられること）であること
- ④高通信容量であること
- ⑤放送モードで動作すること
- ⑥航海の妨げにならないこと

このA I Sの性能が確認されたことを受けてI T U（International Telecommunication Union：国際電気通信連合）において性能要件、I E C（International Electrotechnical Commission）では機能・性能に対するテスト要件を国際規格化する作業を実施した。さらにI A L Aでは運用要件のガイドラインを策定した。これら4つの国際機関での検討が同時並行的に実施された後に、2000年12月にI M OのM S Cは、S O L A S条約を改訂し、船舶へのA I Sの搭載を義務化するとともに搭載開始を2002年7月とすることを承認した。ここで、国際航海に従事する総トン数300トン以上のすべての船舶及び国際航海に従事しない総トン数500トン以上の貨物船及び旅客船（その大きさは問わない）にはA I Sを備えることとされた。なお、この時点では船舶の種類に応じて2008年7月までに段階的に搭載される予定であったが、その後の米国からの強い要請により国際航海船の搭載期限が2004年末までとされた。ただし、非国際航海船は、従来とおりに2008年7月までとされた。

また、このS O L A S対象船舶搭載用は【クラスA A I S】と分類されるが、それ以外にS O L A S非対象船舶搭載用の【クラスB A I S】他に分類されている。本報告では、【クラスA A I S】を対象としており、特に明記しない限りこれをA I Sとして表記している。

2.1.2 システム構成

A I S構成の一般的な構成は、図-2.1に示すようにV H FアンテナとG P Sアンテナを外部的に取り付け、これらのアンテナからのケーブルをA I Sトランスポンダに接続するとともにG P S、ジャイロ等からの信号を取り込み、A I Sの通信プロトコルに従ってデータ処理を行って自船データを放送するとともに他船データを受信して、表示器へ出力する構成となっている。

2.1.3 AISの通信情報内容

A I Sから発信されるメッセージ内容は主に以下のとおりである。ただし、現実的には情報の欠損あるいは誤入力されている場合が多いことに注意が必要である。

①固有情報（*注）

- ・M M S I（Maritime Mobile Service Identities）番号：海上移動業務識のためにそれぞれのA I S機器に付けられた識別信号のこと
- ・I M O番号：I M O（International Maritime Organization：国際海事機関）が付け

た船舶識別番号のこと

- ・呼出番号（コールサイン）：無線局を一意に識別するための文字列
- ・船名
- ・船舶の種類
- ・船体の諸元（長さ、幅）

*注：一般的には【静的情報】と表現されるが，本研究では理解を容易にするために【固有情報】と表記する。

②動的情報

- ・自船位置（緯度・経度）
- ・世界標準時
- ・対地針路
- ・対地速度
- ・船首方位
- ・回頭率
- ・精度およびセンサーの状態
- ・航海ステータス（航行中，停泊中，運転不自由，動作制限他）

③航海関連情報

- ・喫水
- ・積載物
- ・目的地
- ・到着予定時刻

④安全関連通信文

- ・放送通信文
- ・宛先付通信文

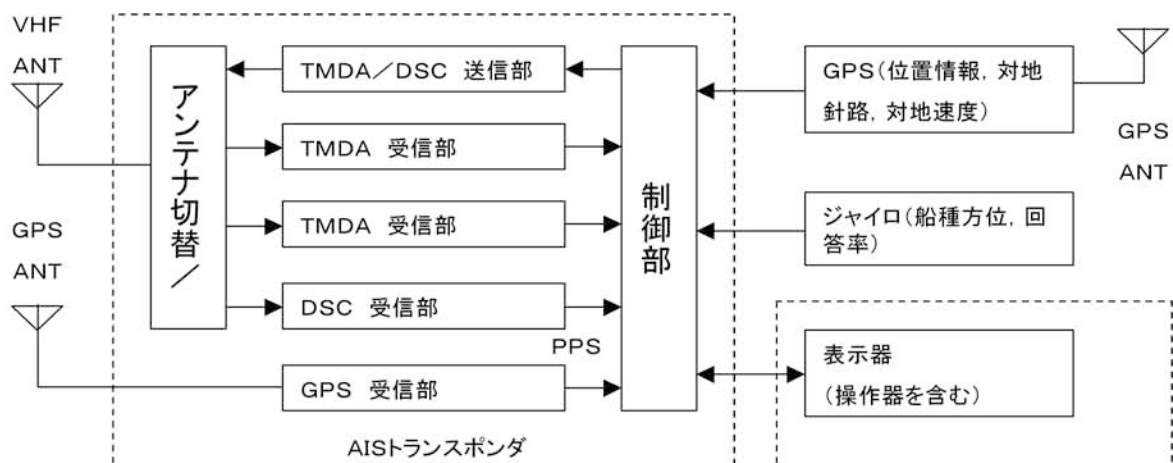


図-2.1 AISの一般的なシステム構成¹⁾

2.1.4 ローカル・ルール

A I Sの搭載については、先に示したように国際航海船では全客船と300G T以上の船舶、非国際航海船では全客船と500G T以上の船舶とされているが、次のように搭載義務に関してローカル・ルールが設置されている場合がある。

①米国近海航行船

- ・ 65フィート以上の自走船
- ・ タグ（26フィート，600馬力以上）
- ・ 規定客数以上の客船
- ・ 別途要請される船舶

②パナマ運河

- ・ パナマ運河を航行する全船舶
- ・ 1個のパイロットプラグと電源を船橋表中央部に設置

③セント・ローレンス水路

- ・ 水路航行の許可を有する300G T以上，船長20m以上の船舶
- ・ 50名以上を乗せる客船
- ・ 8m以上のプレジャーボート，タグ等
- ・ 1個のパイロットプラグと電源を船橋操船場所に設置

2.2 AIS陸上局の概念

A I Sは図-2.2に示すように船舶同士が情報を送・受信することが基本である。港湾あるいは東京湾に代表されるような湾域では、図-2.3に示すように陸上にA I S基地局を設置することで地先を航行する船舶から発信する情報を受信することが可能となる。

わが国の主要海域においても、海上保安庁で陸上に設置されたV T S（Vessel Traffic Services）センターではレーダ情報にA I S情報を統合して活用することが進められている。また、スウェーデンでは沿岸域および内陸水路を含む領海全域をカバーするように陸上局の設置が進められているなど、各国において陸上局の設置が進められている。

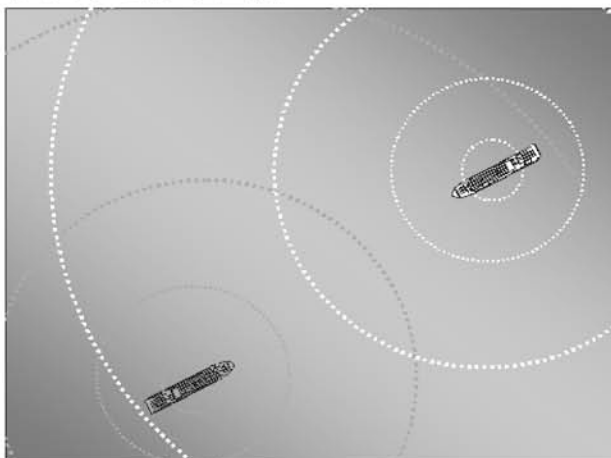


図-2.2 船舶同士での情報の送・受信

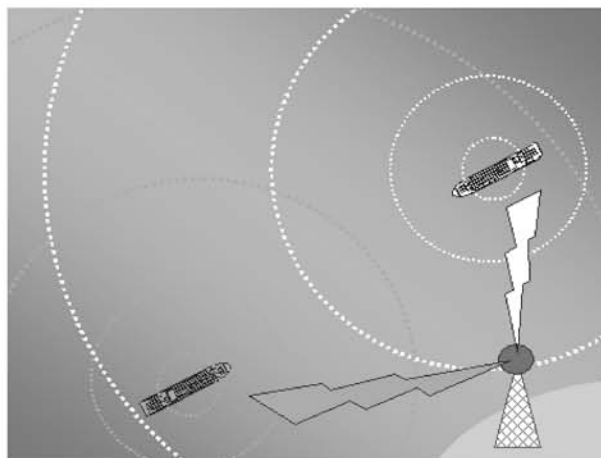


図-2.3 A I S陸上局での情報の受

2.3 NILIM-AIS 東京湾ネットワークの構築

従来および現状においても船舶の動静を広域的に観測するためには、一般的にはレーダが用いられている。このレーダによる手法では、広域的な監視や小型船を含めた監視は可能であるものの船名等により船舶を特定することは容易ではなく、目視あるいは個別に無線で問い合わせして確認することが必要であった。例えば、これまでの東京湾を対象とした船舶動静実態分析は、数日間のレーダ観測と同時に目視観測により実施されてきた。ただし、この観測は多くの手間と多額の費用が必要となることから1年間を通してのデータ取得は困難であり、また数年間隔でしか実施されていなかった。

このため、港湾計画研究室では東京湾を対象にAISを活用して船舶の動静を広域的にリアルタイムで観測するとともに取得したデータを解析するシステムを構築した。ここで、東京湾はAIS陸上局1ヶ所では全域をカバーすることはできないために、当初には千葉港、京浜港、久里浜（国総研横須賀）の3ヶ所に受信局を設置した。その後、受信局を設置した京浜港湾事務所の移設が生じたことから、千葉港と久里浜の2ヶ所で東京湾全域をカバーできることを確認したうえで京浜港のアンテナを久里浜に移設した。その際に、東京湾外を含めた受信範囲を拡大できるように受信周波数を地域周波数から国際周波数に変更した。これらの受信局の情報をインターネットで久里浜基地局に集約するとともに、さらに、船舶の動静状況をインターネットによりほぼリアルタイムで提供することを実現した。

このシステム構成図を図-2.4に、またインターネットによるウェブサイト画面を図-2.5に示す。

3. 国総研船舶動静解析システムの構築

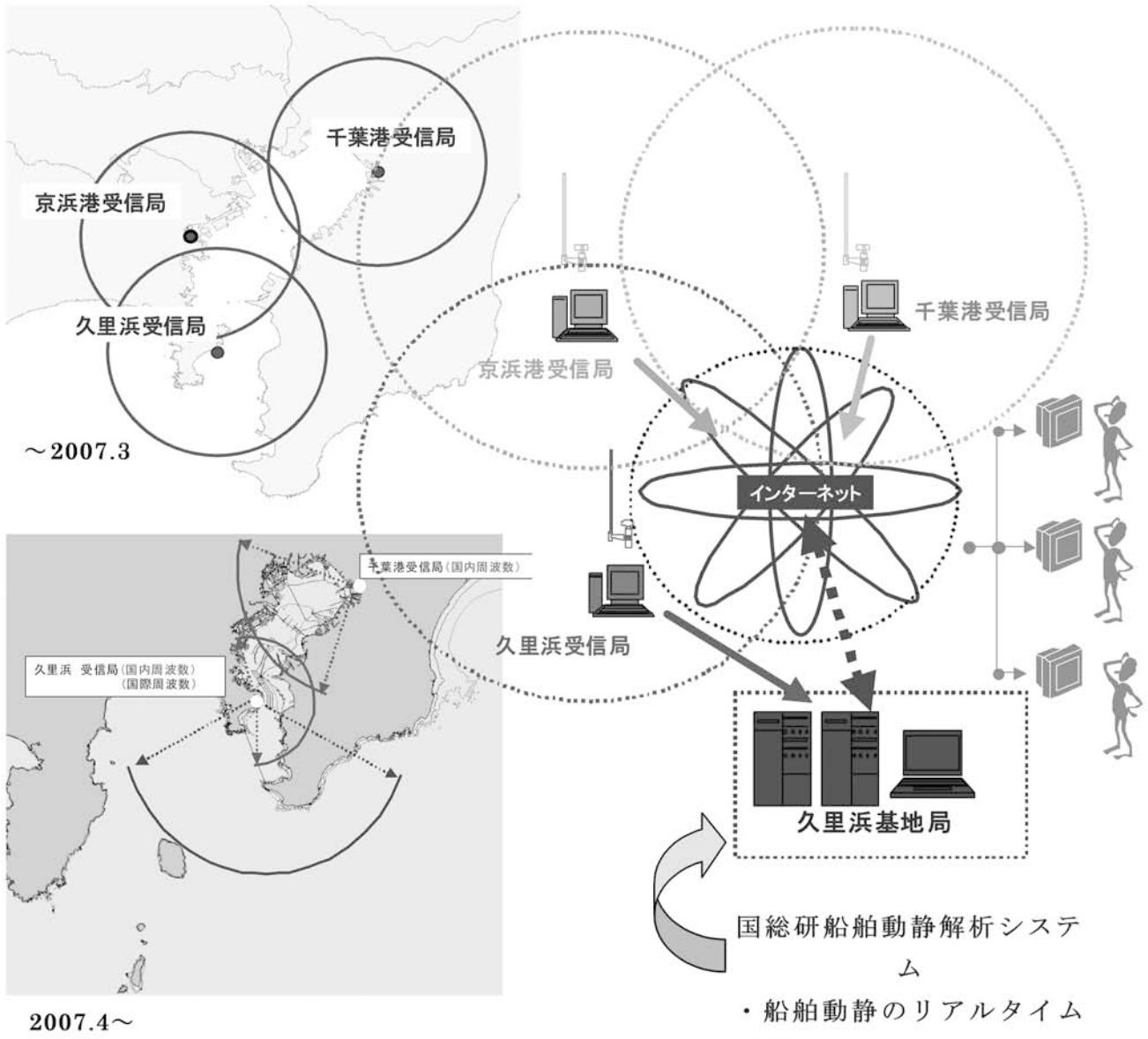
港湾計画研究室では、久里浜基地局に集約されたAIS情報をリアルタイムで観測するとともにデータを解析するためにAIS船舶動静解析システムを構築した。具体的な観測機能および解析機能を以下に示す。

3.1 船舶動静のリアルタイム観測機能

船舶動静のリアルタイム観測での主な機能は以下のとおりである。

- ①航跡の表示
- ②船型（マーカー、実サイズ）の表示
- ③船舶諸元・運航情報の表示
- ④船舶の検索
- ⑤特定船舶の追跡

このリアルタイムで観測している状態での画面を図-3.1～3.2に示す。図-3.1では三角形(△)のマーカーで表示している。画面の右上には観測中の船舶リストを、画面の右下には選択した船舶の情報を示している。なお、ここでの喫水は国際的なロイズデータから得られる満載喫水(dmax)とAISの航海情報とし受信した喫水



千葉港基地局の受信アンテナ



久里浜基地局の受信アンテナ

図-2.4 国総研AISネットワークシステム構築

AIS 東京湾船舶動静現況
Ship Movements on Tokyo Bay

国土交通省 国土技術政策総合研究所
港湾研究部 港湾計画研究室
あなたは193人目の訪問者です。

Log-In

User ID

Password

・ご利用上の注意・

このサイトは、国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾計画研究室が研究の一環として公開しているものです。
よって、本サイトを航海補助またはそれに類する目的で使用することはできません。
また、ご利用に際しては、下記事項を遵守願います。

- ・本サイトまたは本サイトから入手した情報を営利目的で使用しないこと。
- ・無断で本サイトへのリンクを張らないこと。
- ・本サイトのユーザーIDとパスワードを、無断で他人に公開、譲渡しないこと。
- ・本サイトの内容、画像を無断で引用、転用しないこと。

なお、本サイトを利用したことにより、ユーザーが受けた被害、損害等に対して、当研究所は一切の責任を負わないものとします。

上記に同意してログインする。

ID Password の入力



AIS 東京湾船舶動静現況
Ship Movements on Tokyo Bay

国土交通省 国土技術政策総合研究所
港湾研究部 港湾計画研究室

MENU 湾口-大島沖 浦賀水道・中ノ瀬航路 横浜-川崎港 東京港 千葉港

海域選択

①湾口-大島沖
②浦賀水道・中ノ瀬航路
③横浜-川崎港
④横浜-川崎港
⑤東京港
⑥千葉港

Copyright(C) 2007, National Institute for Land and Infrastructure Management

対象海域の選択



AIS 東京湾船舶動静現況
Ship Movements on Tokyo Bay

MENU 湾口-大島沖 浦賀水道・中ノ瀬航路 横浜-川崎港 東京港 千葉港

湾口-大島沖

AIS 東京湾船舶動静現況
Ship Movements on Tokyo Bay

国土交通省 国土技術政策総合研究所
港湾研究部 港湾計画研究室

MENU 湾口-大島沖 浦賀水道・中ノ瀬航路 横浜-川崎港 東京港 千葉港

千葉港

2007/08/07 10:25

図-2.5 国総研AISネットワークでのインターネットによるウェブサイト画面

情報(dais)を併記して表示している．図-3.1 では三角形（△）マーカーの横に船名を表示させた画面を示している．また図-3.2 では画面の右上に示すように観測船舶を船種別に区分して，コンテナ船のリストを表示している．

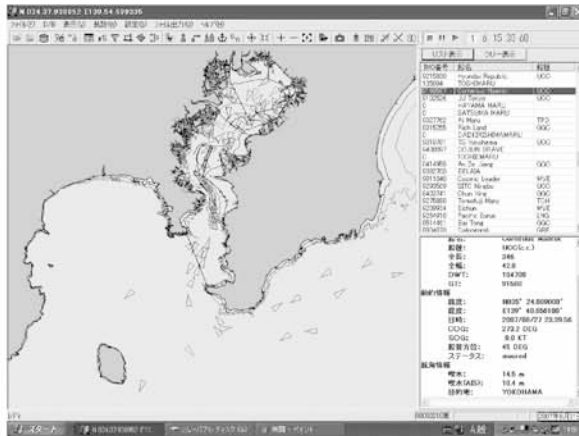


図-3.1 リアルタイムでの観測画面

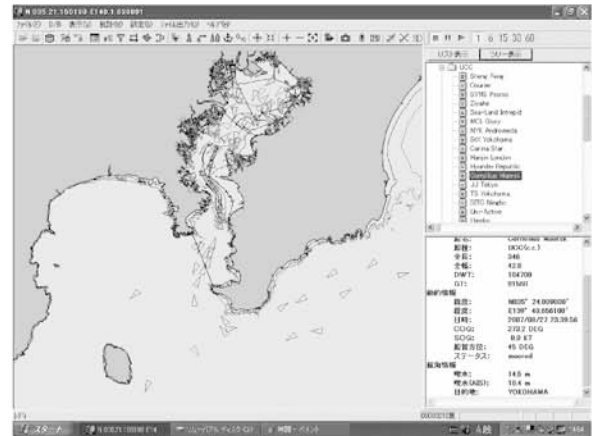


図-3.2 リアルタイムでの観測画面（コンテナ船を選択）

3.2 船舶動静のデータ解析機能

船舶動静のデータ解析での主な機能は以下のとおりである．

- ①過去の船舶動静データの再生
- ②航跡の表示
- ③表示船舶の選択
- ④動静分析対象領域の指定
- ⑤領域内船舶隻数の計測
- ⑥船舶の諸元データが欠損している場合には別途のデータベースからの補填

このデータ解析の事例については，4．において具体的に実施した結果として示す．また，港湾計画研究室で取得した観測データ以外に他機関での観測データについても同様の解析を可能としている．なお，海図については，国内および釜山港についてはE R C（航海用電子参考図）海図データを用いている．このE R C海図データは（財）日本水路協会発行の電子海図データであり，日本全国の沿岸海岸が9海域に分割されて登録されている．

また，海岸の港湾（釜山港を除く）については，港湾計画研究室において紙ベースでの海図をベクタースキャンした後にD X F形式に変換したデータを活用している．一般的にE R C海図データに相当する海外の電子海図の入手は容易ではないために精度が多少劣るものの，この手法は費用対効果の観点から非常に有効である．

4. NILIM-AISによる解析事例：日本の4大湾域および海外主要港湾での航行実態比較

NILIM-AISでは，東京湾以外で観測されたA I Sデータについても同様の解析を行うことが可能である．このため，東京湾と国内での大阪湾，伊勢湾，関門航路および海外のロッテルダム港，釜山港，ロサンゼルス港・ロングビーチ港，高雄港との比較分析を実施した．各湾・港湾に対する航跡図の結果を図-4.1～4.8示す．ま

た、東京湾については、1年後の2007年8月10日についての航跡図を図-4.9に示す。これらの図において白線で設定したエリア内を対象として船種ごとに隻数を分析した結果を表-4.1に示す。

この2006年8月10日は、AISの搭載が全対象船舶に義務化されている以前であることから完全な比較評価はできないものの、全くの同一日であることから非搭載船に関する同様の精度での比較分析が可能であると考えられる。ただし、2008年7月以降の観測データを用いた比較分析を再度実施することが望ましい。

ここで、東京湾のデータはNILIM-AISで観測されたデータであり、また、大阪湾は近畿地方整備局神戸港湾事務所、伊勢湾は中部地方整備局名古屋港湾事務所、関門航路は九州地方整備局関門航路事務所から提供して頂いた観測データである。一方、海外の4港湾については、LMIU (Lloyd's Maritime Intelligence Unite) 社から港湾計画研究室が購入したデータである。

この表-4.1から24時間に観測された全船種の隻数が200隻を超えているのは東京湾、ロッテルダム港、釜山港であり、これらは、概ね240隻前後となっている。ただし、全長200m以上の大型船については、全体では102隻しか観測されなかったロサンゼルス港・ロングビーチ港が最大の40隻となっており、特に多いことが明らかになる。また、船種別に比較してもそれぞれの特徴が明らかになる。

なお、東京湾での全船種の隻数が2006年の233隻から283隻と20%以上も増加している。これは、この1年間において非国際航海船（いわゆる内航船）におけるAISの搭載が進んだ結果と考えられる。また、表-4.1での船種はNILIM-AISに内蔵しているLMIU Shipping Dataに基づいている。

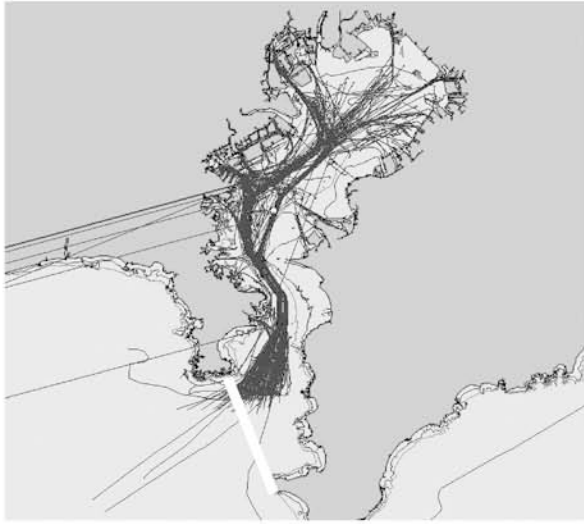


図-4.1 東京湾(06.08.10)

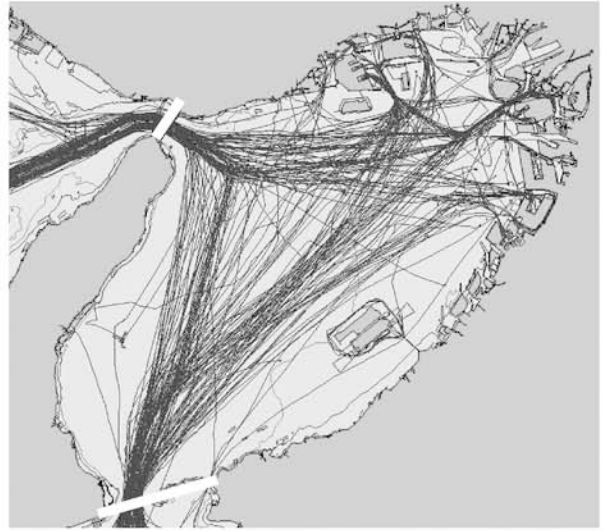


図-4.2 大阪湾(06.08.10)

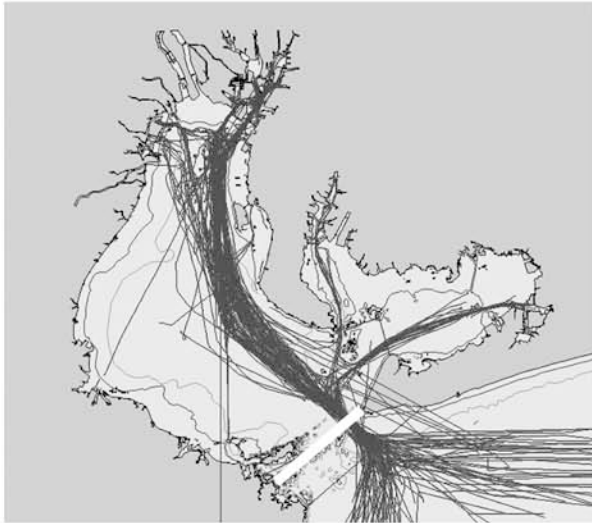


図-4.3 伊勢湾(06.08.10)

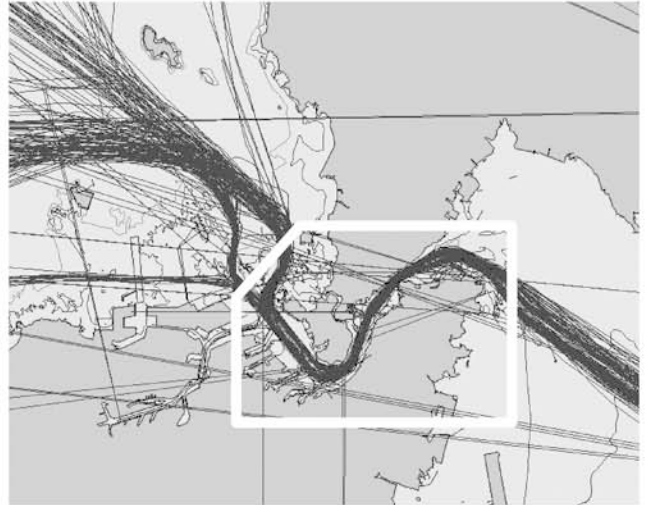


図-4.4 関門航路(06.08.10)

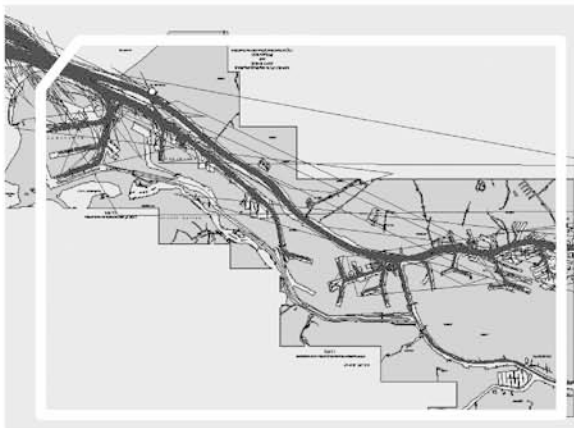


図-4.5 ロッテルダム港(06.08.10)

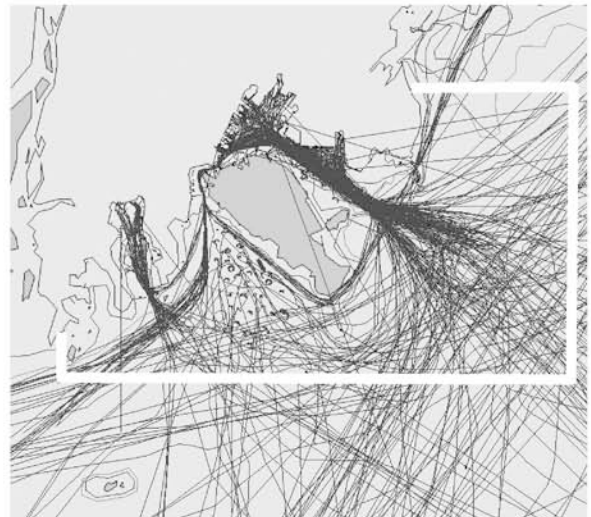


図-4.6 釜山港(06.08.10)

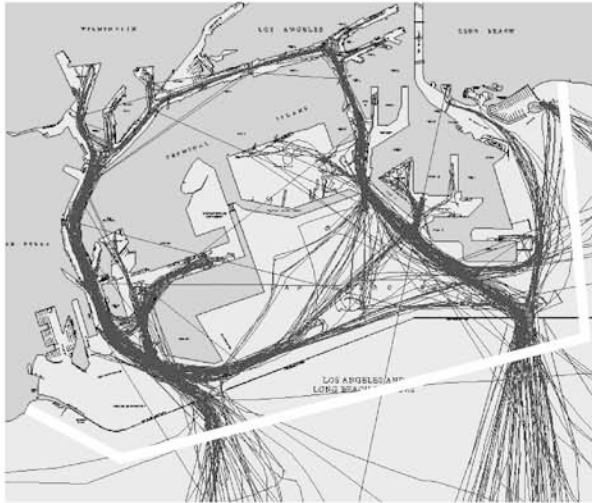


図-4.7 ロサンゼルス港・ロングビーチ港(06.08.10)

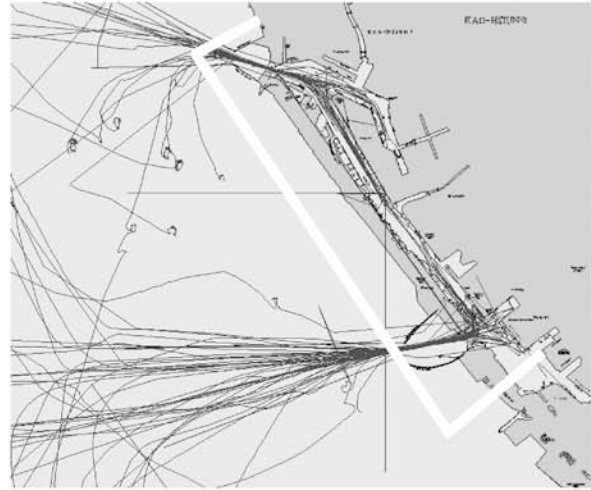


図-4.8 高雄港(06.08.10)

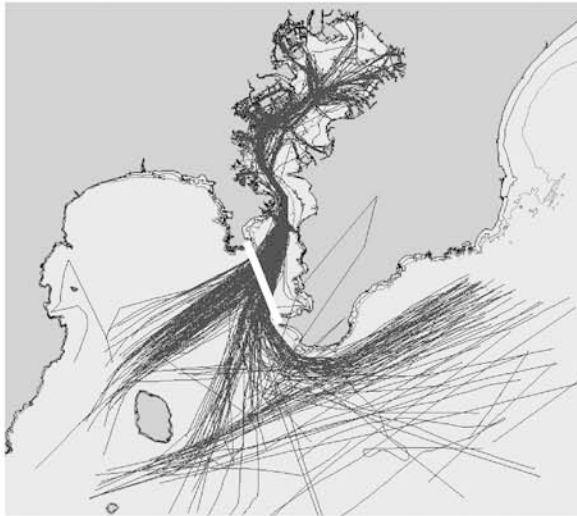


図-4.9 東京湾(07.08.10)

	全船種	Loa=200m以上	Loa=200m未満	コンテナ船	コンテナ船 Over Panamax	コンテナ船 Panamax	コンテナ船 Under Panamax	一般貨物船	バルク船	PCC船+ RORO船
東京湾	233	27	206	40	4	8	28	64	13	17
大阪湾	182	21	161	37	5	5	27	50	13	13
伊勢湾	158	29	129	35	4	5	26	37	13	20
関門航路	174	4	170	42	1	2	39	56	6	2
ロッテルダム港	243	24	219	35	8	4	23	59	9	10
釜山港	244	17	227	58	2	7	49	41	4	4
LA港・LB港	102	40	62	30	14	8	8	2	8	5
高雄港	97	25	72	30	10	7	13	28	20	0
東京湾(2007)	283	32	251	36	5	7	24	58	13	17

※LA港・LB港は、ロサンゼルス港・ロングビーチ港を示す。

表-4.1 4大湾域および海外主要港湾での航行実態比較の結果
(2006.8.10 24時間での観測隻数, 東京湾(2007)は2007.8.10 24時間)

5. 航行監視に関する国総研の国有特許

この NILIM-AIS の構築の過程で、現時点で国総研は単独で 4 件の国有特許を取得している。また、これら以外に民間企業と 1 件の特許を取得している。以下に主要な国有特許の概要を示す。

5.1 海上構造物周辺海域での航行監視システム(特許第 3851957)

港湾施設、海上空港施設、海上工事現場等では、安全性の確保のために周辺海域での航行実態をリアルタイムで監視することが求められる。船舶が一定距離以内に接近した場合には危険であると判定し、事故防止等のために対策を図ることが重要となる。このために、以下の対応を実施することで安全性を確保する。(図-5.1)

- ① 構造物・現場周辺海域での AIS による船舶動静の把握
- ② 船舶諸元 DB から船体規模を検索し船舶占有域の設定
- ③ 海上構造物を中心とする境界ラインの設定
- ④ 船舶占有域と境界ラインとの比較による安全性評価

5.2 海上空港進入表面周辺での航行監視システム(特許第 3689744, 3763004)

羽田空港に代表される大規模港湾に近接する海上空港では、滑走路の進入表面と船舶のマスト先端部との接触について監視することが求められる。この場合、接触する可能性のある船舶が進航してくる場合には危険であると判定して、危険回避等のために対策を図ることが重要となる。このために、以下の対応を実施することで安全性を確保する。ここでは、2 手法について特許を取得している。(図-5.2)

- ① 進入路付近での AIS による船舶動静の把握
- ② 船舶諸元 DB から H_0 : 船舶高さ d_{max} : 満載喫水を検索
- ③ 潮位 Δh の把握
- ④ 海面からのマスト高 = $H_0 \cdot \alpha \cdot d_{max} + \text{潮位調整}$ α : 安全率 1
(あるいは) = $\beta (H_0 \cdot d_{max}) + \text{潮位調整}$ β : 安全率 2
- ⑤ マスト高と進入表面との比較による安全性評価

これら以外に、「海中構造物周辺海域での航行監視システム (特許第 3851958)」を取得している。

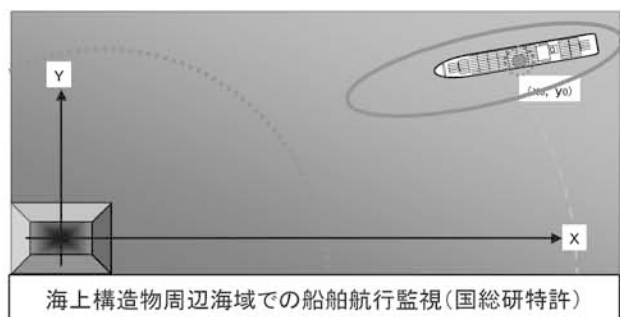


図-5.1 国総研—国有特許(3851957)

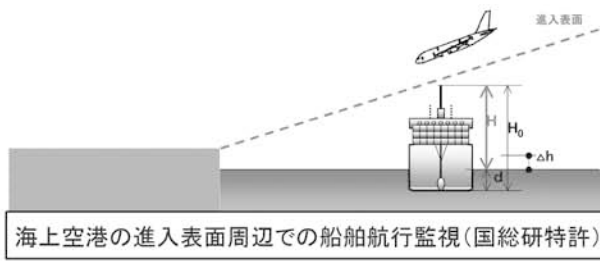


図-5.2 国総研—国有特許(3689744, 3763004)

6. NILIM-AIS の実用化—名古屋港の海上工事における航行監視システムの開発

NILIM-AIS の実用化として名古屋港湾事務所と国総研は共同で、名古屋港飛島地区（図-6.1）での施工管理における航行監視システムの開発を進めている。

ここでは、この現場で作業する大型海上作業船が安全かつ効果的に海上工事を実施するために、隣接の既設バースに接岸する大型コンテナ船および前面海域を航行する大型バルク船（以下 監視対象船舶）の航行情報を十分に把握することが必要である。特に、大型海上作業船は運動性能が低く、移動する場合には十分な時間を確保することが必要であり、また監視対象船舶との間隔を適切に確保することが必要である。

このために、監視対象船舶が伊良湖水道を通じた段階から海上工事現場までの航行状況を常に把握し、その動向情報を海上作業船のみならず工事現場関係者に対して逐次提供するシステムを開発した。このシステムの基本構成を図-6.2 に示す。

ここで、図-6.2 で示すように大きく2つのシステムにより構成される。第1のシステムは、図-6.2 の上段に示す名古屋港湾事務所が主体になって整備を進める基本システムである。このシステムが構築される現場事務所内の安全情報管理室では、受信したAIS情報を常駐の職員が監視対象船舶を直接に画面上で監視して、必要に応じて無線等で連絡することで安全を確保する。

第2のシステムは、図-6.2 上段に示す国総研が主体となって整備するシステムである。前述の国総研特許を基本として、受信されたAIS情報や関連情報を現地に設置したサーバーに送信し、文字情報と画像情報としてHP上に掲載するように改良を加えた。

この第2のシステムをリンクさせることで、以下に示すように大きく3つの観点から、名古屋港の海上工事施工現場における監視システムの機能及び信頼性を飛躍的に向上させることができた。

6.1 HP上での情報共有

ここで、図-6.3 にHPの最初ログイン名、パスワードを入力するための画面を示す。すなわち、不特定多数を対象としているのではなく、施工管理関係者のみ、HPを閲覧することが許可される。また、定期的にパスワード等を変更することで情報管理を実施する。さらに、航行監視の一例として図-6.4 の左図に示すように事前に設定された監視対象エリアを選択してクリックすると図-6.4 の右図のようにそのエリアでの航行状況が表示される。この図では、伊良湖水道から飛島地区までの全域を対象としている。ここでは、事務所のAISにおいて受信された船舶の位置および船名を表示するとともに、監視対象船舶については赤色で表示している。

HP上の画面は、現状では2分間隔で更新しており、船舶の速度を考慮すればほぼリアルタイムに近い状況で表示できていると考える。また、こうした画像情報とは別途に、詳細な情報を文字情報としても表示している。

このようにAIS情報等がHP上での情報となるので、パスワード等を保有して

いる関係者はほぼリアルタイムで情報を共有することができる。例えば、大型海上作業船上においてもインターネット通信が整備されていれば画像を確認することで情報共有が可能となる。

6.2 船舶のリアルスケール表示

図-6.4の左図の監視対象エリアとしての飛島地区を選択してクリックした結果、図-6.4の右図のように既設のコンテナバースに係留しているコンテナ船および周辺を航行している船舶がリアルスケールで表示される。

このように船舶情報を船舶諸元DBと統合することにより船舶形状が画面上にリアルスケール表示することで精度の高い監視が可能となる。



図-6.1 名古屋港飛島地区



図-6.3 HP画面イメージ

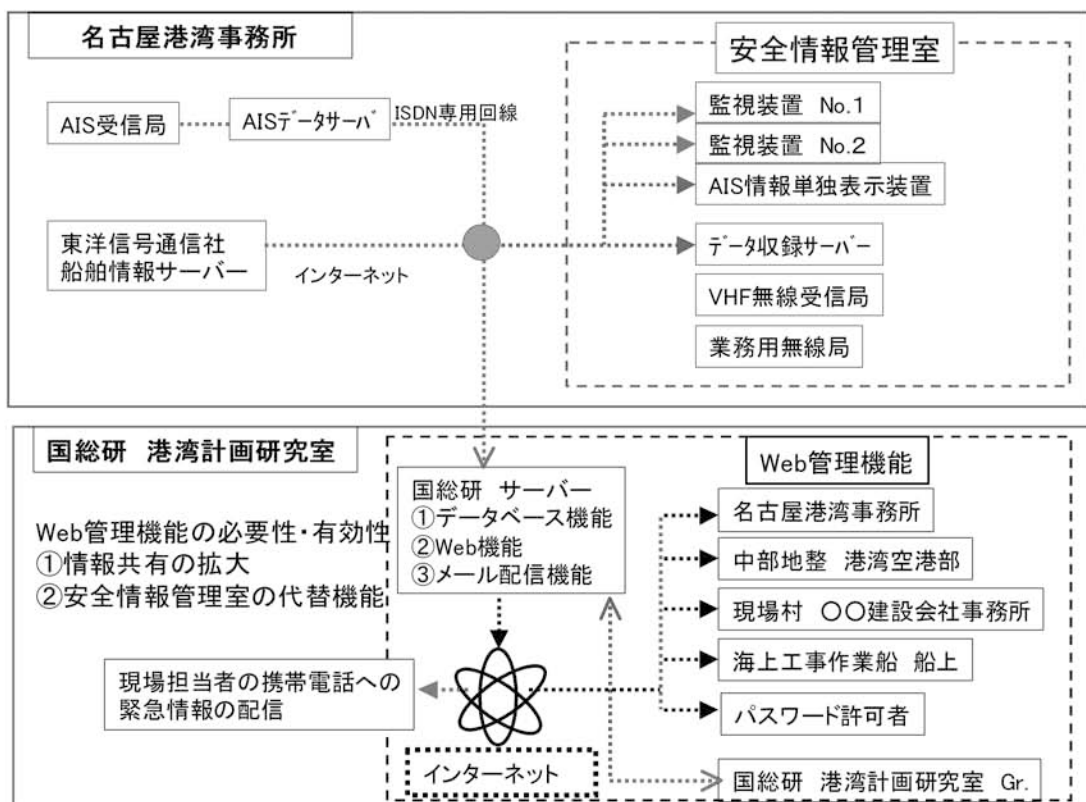


図-6.2 名古屋港 航行監視システム

6.3 システムのバックアップ

第1のシステムにトラブルが発生した場合においても、通電されていれば最低限の代替機能を果たすことが可能となる。

ただし、第1のシステムのようにHP画像を常時確認していることは困難なので、危険状態の判断ができない。このため、監視対象船舶に対してデジタル化された海図上に設定された接近限界ラインを超えた場合には登録された複数の現場担当者の携帯電話に緊急情報の配信できるように開発している。

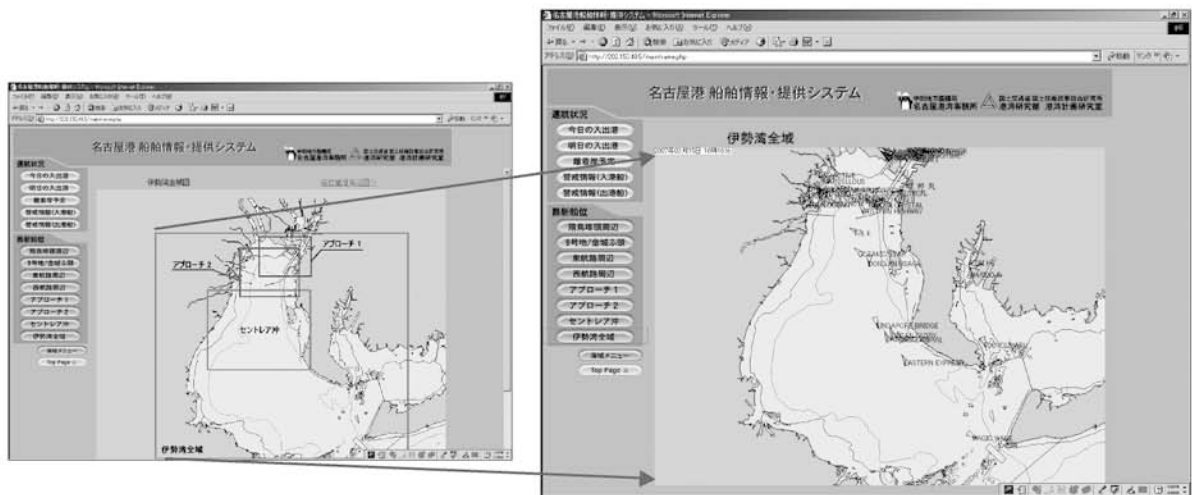


図-6.4 名古屋港の航行監視状況-1

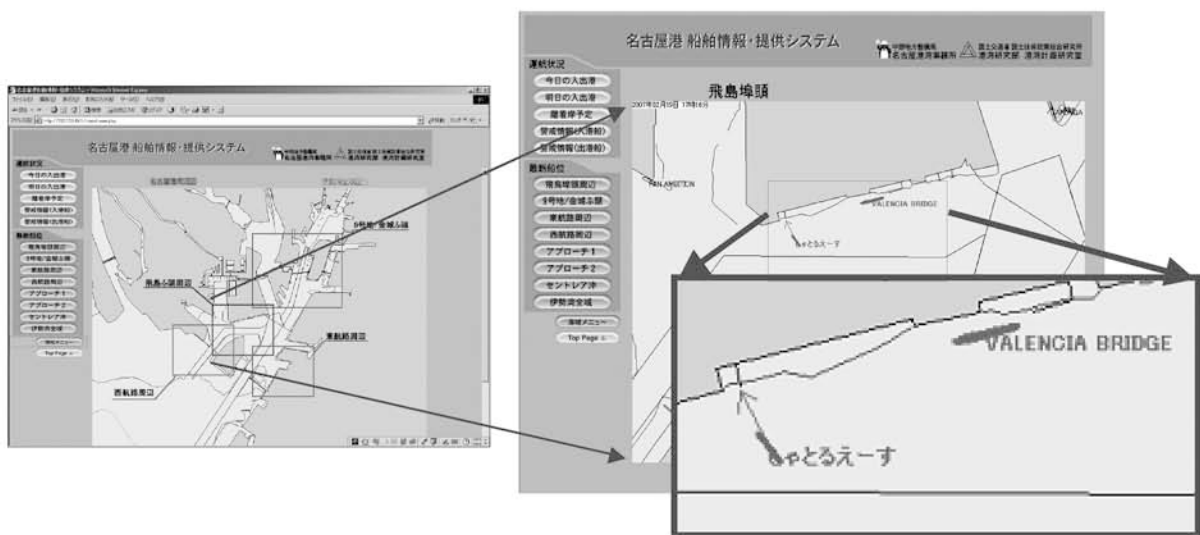


図-6.5 名古屋港の航行監視状況-2

7. おわりに

本報告では、東京湾のみならず各地方整備局から提供されたAISデータおよび海外の港湾でのAISデータについてNILIM-AISを用いた解析結果を具体的に示した。さらに、名古屋港における海上工事現場へ実際に適用した事例を示した。

これらにより、このAISを有効に活用することで港湾整備において新たな展開が期待されることから、引き続きAISに関する研究を継続する予定である。

参考文献

- 1)小林英一：AIS 通信技術開発と基本的な運用，AIS セミナー「AIS の現状と展望」テキスト，AIS 研究会，2004.1
- 2)高橋宏直・後藤健太郎：AIS データの港湾整備への活用に関する研究，国土技術政策総合研究所資料（予定）