

### 3.10 港湾分野における AIS 活用の可能性と北極海航路航行実態の分析 (港湾研究部長 小泉 哲也)

平成27年度 国総研講演会  
平成27年12月3日(木)

## 港湾分野における AIS活用の可能性と 北極海航路航行実態の分析

港湾研究部  
小泉 哲也

よろしくお願い申し上げます。港湾研究部の小泉でございます。私のほうからは、AIS 及び北極海航路の研究に関して紹介させていただきます。

### 港湾研究部 研究実施方針

**■ 港湾研究部の使命**  
◇ 港湾政策の企画立案、制度整備等を技術的側面から支援  
・ 港湾の将来ビジョン ・ 技術基準体系、事業評価手法

重点分野(計画・物流)	重点分野・戦略(技術基準・維持管理)
<ul style="list-style-type: none"> <li>① 港湾の計画手法の高度化 → 次期の計画基準に反映</li> <li>② 「海事データセンター」</li> <li>③ AISデータを活用したイノベーション(北極海航路)</li> <li>④ 港湾・産業の国際競争力強化 港湾貨物量予測モデル、 流動モデル開発</li> <li>⑤ 地域の活性化、地方創生 港湾の利用による効果 (ストック効果)、 クルーズ船の需要動向分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑥ 港湾施設の技術基準改訂・国際展開 ・ 港湾の施設の耐震性能照査法 ・ 信頼性設計法、 ・ 防波堤等の耐津波設計法の体系化</li> <li>・ 港湾分野の技術・基準類の国際展開 ・ 港湾工事における施工時安全性向上</li> <li>⑦ 港湾施設の維持管理の推進 ・ 港湾施設のコンクリート構造物補修技術マニュアル ・ 設計・施工・維持のライフサイクルを考慮した技術基準、LCCプログラム向上</li> </ul>

まず、私とも港湾研究部は、横須賀市の久里浜のほうで研究をやっております、主な分野といたしましては、港湾の計画、物流の分野と港湾施設の技術基準、維持管理といったことをやっておりますが、本日は、港湾の計画に関係する AIS データを活用したイノベーションを紹介させていただきます。

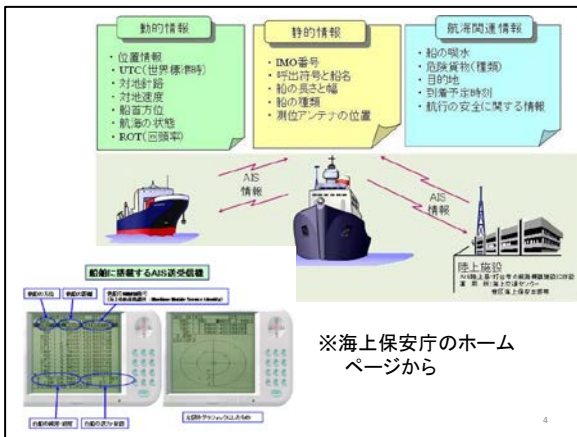
### 1-① 研究の目的

- AIS(船舶自動識別装置)搭載の義務化により、船舶動静の把握が容易になった。
- 港湾研究部港湾計画研究室では、国総研船舶動静解析システム(NILIM-AIS)を開発し、国内主要海域でのAISデータの定常的観測を実施。
- 港湾施設の計画基準(航路、泊地、係留施設等)案の設定に活用。
- JAXA等との共同研究により衛星AISデータを活用し、北極海航路の航行実態を分析

AIS、日本語では「船舶自動識別装置」と言っておりますが、これが義務化されることになりました、それによって船舶のさまざまな情報が取得できるようになりました。これを活用すべく、我々の港湾研究部では国総研の船舶動静解析システムというものを開発いたしました、定常的な観測を行っております。これを港湾の計画基準に生かしたり、共同研究を行っているということでございます。

## 1-② AIS(船舶自動識別装置)とは

- AIS(Automatic Identification System)から発信される主な情報
  1. 静的情報: 船名, 船種, 船体諸元(長さ, 幅)
  2. 動的諸元: 位置(緯度・経度), 対地針路・速度  
船首方向, 航海ステータス(航海, 停泊)
  3. 航海関連情報: 喫水, 積載物, 目的地
- 2008から義務化: 300総トン以上(国際航海船舶), 500総トン以上(非国際), 国際航海の全旅客船



まず、AIS とは何かということですが、わかりやすく例えるならば船のプロブデータだと思っただけであればよろしいかと思います。基準以上の船舶は、必ずこの AIS という装置を搭載しなければいけなくなっております。

このデータとしては、位置情報ですとか、進路ですとか、航海の状態、あるいは船自体の IMO 番号と船の種類、あるいは目的地、こういったものを数秒単位で発信し続けているということになります。船舶でもこういったような機械を搭載しておりまして、そのデータを取得することもできますし、陸上局でそのデータを集めて解析することもできるということになっております。

この AIS につきましては、もともと 9.11 の同時テロ以降、船舶にこのような機械を搭載しようということになって、2008 年から義務化されたものでございます。我々が開発しております、この NILIM-AIS というのは、全国で 10 の基地局をネットワークしまして、このデータを久里浜のほうに集めて解析しているわけでございます。

## 1 - ③ NILIM-AISの開発



どのようなふうなデータがとれるかという一例でございます。東京湾の航跡図の例でございますが、船舶の航跡をこのように図化すると、船舶がどのような海域を航行しているのかといったことがわかるようになってきたということでございます。

これを研究に使った例をご紹介させていただきます。

## 2-① バース占有率の分析

バース占有率=「占有時間」「占有長」/「バース延長」「対象期間」により算定

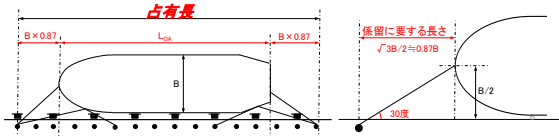
### 【占有時間】

バース前面海域に「離着岸判定エリア」を設定し、エリア内に入船した船舶の対地速度データを用いて判定

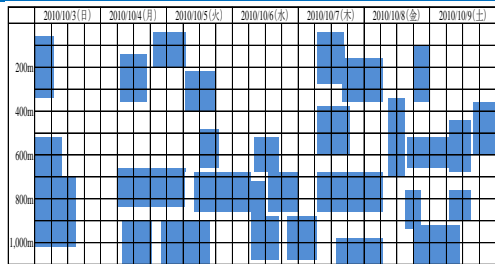


### 【占有長】

着岸船の全長に船首係船索の長さを加えた範囲とした。船首係船索はバース法線方向に対して30度で張るものとした。



## 2-② 「バース・ウィンドウ」のイメージ

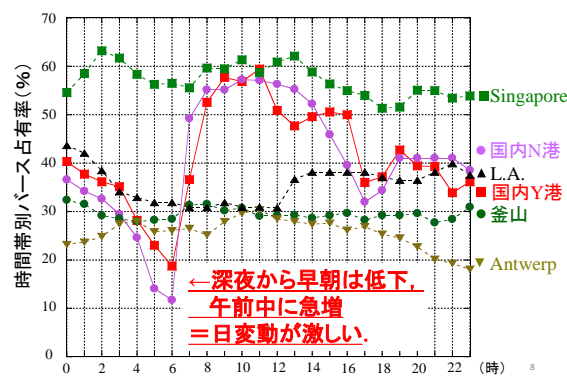


コンテナターミナルのバース・ウィンドウのイメージ

バース・ウィンドウの作成により、各ターミナルの稼働状況が容易に把握可能となる。

もちろん、このようなバース・ウィンドウの管理をしておりますので、データはこれまでもあったわけですが、これをこのように網羅的に、あるいは継続的に取得することができるようになったということでございます。

## 2-③ 比較分析結果(時間帯別バース占有率)



も、ピーク時では遜色ないぐらい、かなり高い占有率になっている。平均しても3割、4割ぐらいになっているということでございます。ほかのロサンゼルス、釜山等から比べても、平均的に見ると、十分日本の港湾は占有率が高いということでございますが、ただ特色としては、我が国の港湾は日変動が大きいということで、深夜とか早朝は低下する。で、午前中に急増するところが我が国の特色だとわかっておりまして、今後、これらを港湾計画に活用したいと考えているところでございます。

1つ目の例でございます。船舶が岸壁に着岸するわけですが、これは神戸港のコンテナ岸壁の例でございます。何バースか連続してバースがあるところに、これは船舶が着岸している様子をAISデータから解析したものでございますが、どのようにこの船舶が岸壁に着岸して占有しているか。これが、港湾の計画をつくり、施設を整備する上で非常に重要になってくるわけございまして、この解析をまず行っております。

これは、それを時間軸であらわしたものでございますが、縦軸は岸壁、連続バースだと思っていただければわかります。この青い部分は船舶が岸壁に着岸している様子です。このときに着岸して、岸壁等で荷役をしていると考えてもらえばよろしいかと思えます。連続バースでどのように船が係船して荷役をしているのか。これを時間的にずっと捉えることができるようになっております。

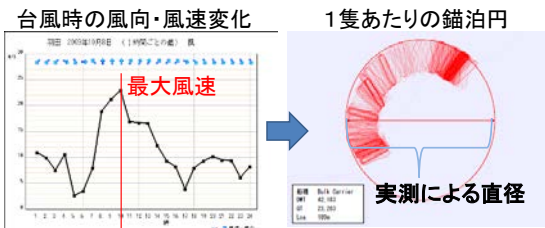
元来、港湾を管理しております港湾管理者が、

この解析した一例を紹介いたします。では、日本の港湾はどのぐらいバースが使われているかということを世界のデータと比較したものでございます。国内の名古屋と横浜の例ですが、これは先ほど申しました私ともが観測したデータございまして、海外のデータはロイズというところから入手したデータでございます。

それを比較してみますと、非常に占有率が高いと言われているシンガポールと比較いたしまして

### 3-① AISデータを活用した荒天時避泊実態分析

使用データ: 国総研船舶動静解析システム(NILIM-AIS)により取得されたデータ

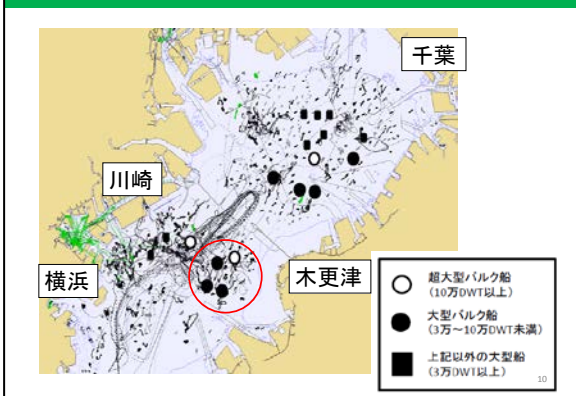


最大風速時の前後12時間(計24時間)を観測時間とする  
分析対象は6ケース(東京湾:2、大阪湾:1、伊勢湾:1)

次に、AIS データを航路とか泊地の計画に使う例をご紹介します。我々の港湾の計画策定に当たりまして、港湾は先ほど言ったようなベースだけではなくて、岸壁だけではなくて、航路とか泊地についても計画を策定して、あるいは計画の基準をつくっているわけですが、その際に船舶がどのように避泊しているかということ

を調べた例でございます。荒天時というのは、この場合は台風を指しておりますが、台風が通過時にどのように船舶が避泊したのかということ

### 3-② 輻輳度等の現状把握(東京湾)

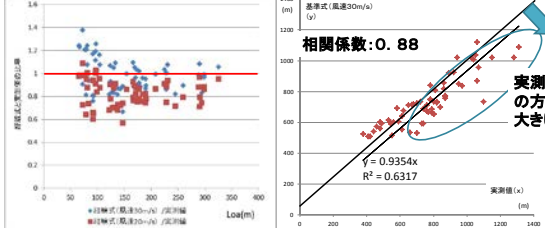


この真ん中辺あたりに錨をおろして、それで錨泊している状況でございますが、風向きによって、このように円形で動いているのが非常によくわかっております。この円形の直径をはかることによりまして、避泊面積がどのくらい必要か実測されたわけでございます。例えば東京湾の台風通過のときの輻輳度合いをあらわしております。このように東京湾の台風通過時には避泊する船舶が非常に多く、大変輻輳している状況が見えていただけ

と思います。特に大型船とか超大型船等もありまして、幸い、このときも事故等は起こりませんでしたけれども、万が一にも事故が起こる可能性が非常に高い状況になっておりますので、こういった避泊を効率的に進めるための研究に使いたいと思っております。

### 3-③ 錨泊面積(個別船)に関する分析

分析事例(東京湾)

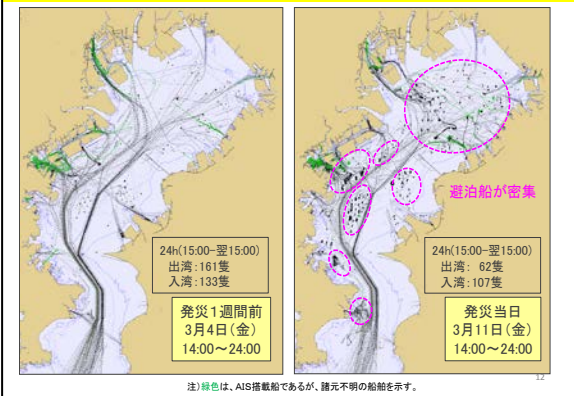


- ◆ 風速20m/sの式の数値よりも大きな錨泊円が観測された
- ◆ 風速30 m/sの式の数値と全体的に相関が高いが、特に規模の大きな船舶ではより大きな錨泊円が観測された
- ◆ 風速の変動(ガストファクター)への配慮
- ◆ 風速30 m/sの式を今後の基準のベースとするが、一定の「安全率」への配慮が必要

実際にこれまでも荒天時の避泊については経験式がございまして、風速 20メートルの場合と 30メートルの場合というふうに条件を分けまして、安全率を見込んで避泊円、錨泊円をあらわす式がございました。それと今回の実測地を比較したところ、青が風速 30メートルの場合、赤が 20メートルの場合ですが、余裕が多い 30メートルのほうがやはり実測がかなり合っているということが、この観測結果からわかりまして、今後、やはり錨

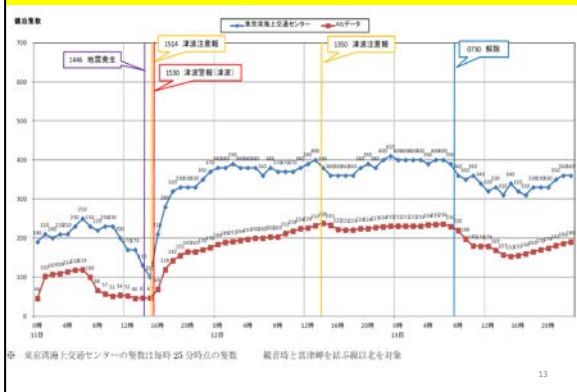
泊に当たっては、この風速 30メートルの値を使っていくことが必要かなということがわかったところでございます。

#### 4-① 東京湾の津波来襲時の避難水域規模推計



が離岸して避泊したので、なかなか避泊する場所が見つからなかった。多くの船は、後から来た船は避泊する場所を捜してうろうろしたということが調査でわかっております。

#### 4-② 津波来襲時の錨泊隻数推移の実態

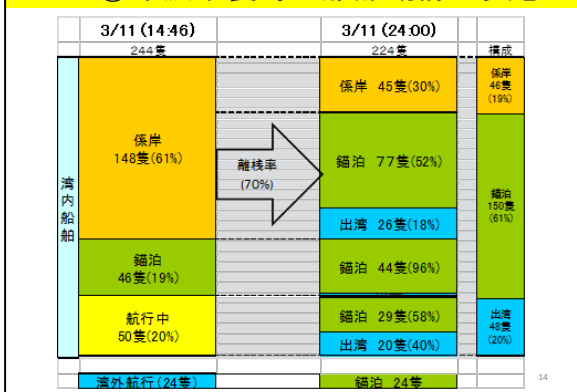


次の活用の事例でございますが、今度は津波来襲の場合の錨泊について研究を行っております。これは通常の東京湾の航行の状態ですが、これは2011年の東北太平洋地震のときに津波が来襲するという津波注意報、警報があり、多くの船舶が避泊いたしました。そのときの状況でございますが、このように係船した船舶が東京湾内で避泊することによって、非常に輻輳しておりますし、このときの状況といたしましては、急に一遍に多くの船

これはそのときの時系列であらわしたものでございますが、赤いほうが我々の AIS で観測したデータでございます。地震発生する前までは錨泊数が非常に少なかったわけでございますが、地震後、津波が来襲するという注意報、警報が出ることによりまして、多くの船舶が離岸して避泊に移っていたということがわかっております。

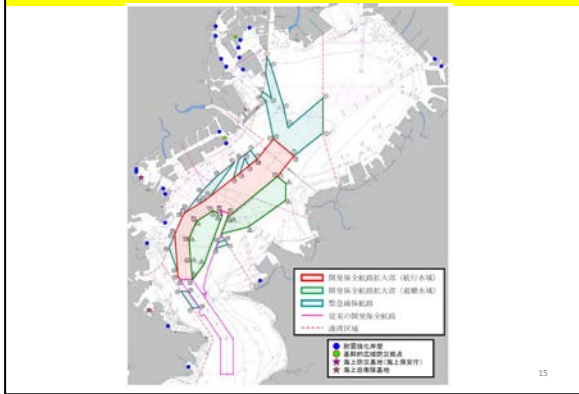
この後、1時間半後ぐらいに第1波の津波が、東京湾口で70cmぐらいの津波が到達しておりますし、その後、またさらに1時間後ぐらいに1m11cmという東京湾で最大の津波が来て、大体4波ぐらい、大きな津波が来たわけでございますが、それを避けるように多くの船が錨泊しておりました。

#### 4-③ 津波来襲時の船舶動静の実態



その数を集計したものがこれでございます。地震が発生した時点で148隻が係船していたわけですが、それが地震後に70%が離散して、77隻が錨泊したということで、非常な輻輳状態が起こったということが観測されております。

#### 4-④ 東京湾での結果



これらのデータをもとに避泊の予測手法を開発いたしまして、それらをもとに東京湾の避泊の水域を確保することを検討いたしました。これは関東地方整備局等と共同で行ったわけですが、もともと東京湾の開発保全航路というのは、白いところを赤く線で囲んでいる、この細い部分だけが開発保全航路であったわけですが、この地震による津波と、それから、今後予想される東南海沖等の大きな地震による津波を想定

して、今後、避泊水域は必要だろうということで、この検討等によりまして開発保全航路、新たにこの赤い部分とか避泊用の水域での開発保全航路として確保することになったわけですが、このように、我々は研究を行政にも生かしているところでございます。

#### 5-① 衛星AISデータの北極海航路航行への利活用に関する考察



次の事例でございますが、今度は国内だけではなくて、国際的にもこの AIS データを活用しているという例で、北極海航路の航行実態の把握に我々はこの AIS を活用しております。

北極海航路の航行の写真でございますけれども、大体北極海は夏場には氷は溶解いたしまして、これは我々が観測した航跡図ですけれども、このように北極海を航行する船舶があります。ただ、一部、氷塊も残っているところでは、このように

砕氷船がエスコートして走るようになっております。実際走るのは大体6月から11月の間で、8月、9月が多いわけでございます。我々も当初、この研究を始めたときは、先の話だと思っておったわけですが、昨年、商船三井からこのような発表がされて、今後、2018年にはロシアのヤマル半島というところ、LNGが非常に多くあるところがございますが、そこから日本やヨーロッパに輸送する定期航路を開始するということが発表されて、にわかにこの北極海航路というのが現実味を帯びてきたところでございます。

#### 小樽港に入港する北極圏クルーズ客船 (2014年10月)



その他の我々の調べた例で、もう一つ思い出しますと、北米でも北極海航路が通れるようになりますと、昨年は、北極圏クルーズという客船が北米側を通過して小樽港に寄港した例もあります。このようなことで、今後、北極海の航海が我々の日本にも非常に関係してくると思っております。

### 5-① 衛星AISデータの北極海航路航行への利活用に関する考察

#### 北極海の航行

- 船舶: アイスクラス/極寒地を対象とした特別仕様
- 国連海洋法条約: 「氷に覆われた海域では、排他的経済水域の範囲で沿岸国が一定の環境基準を適用できる」



沿岸国ロシア: 事故防止を名目に、ロシアの原子力砕氷船の先導を義務づけ。⇒ 料金徴収

- 船の構造強化する安全基準「極海コード」策定の動き(IMO)

18

写真のように、ロシアの砕氷船がエスコートしているというようになっております。ただ、ロシアに一方向的にそのように規制されるのも、ということもございまして、IMOという国際機関のほうでも安全基準、極海コードというのを策定して、各国が取り入れるという動きも一方では進んでいるところでございます。

### 5-① 衛星AISデータの北極海航路航行への利活用に関する考察

北極海航路の航行・・・海水中の航行に起因する輸送の安定性や安全性確保への懸念

→ 継続的な航行実態の把握が依然重要

航行実態についての詳細なデータ

→ 北極海航路関係の研究者(海水、造船等)や実務者(船社、荷主等)への有益な情報となりえる

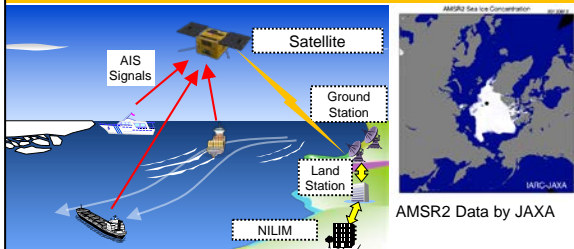


衛星AISから取得された船舶動静データ、海水密度データのデータを用いた航行実態の把握を試みた。

19

当然、これは我々だけでやっているわけではなくて、本省のほうでも省庁の北極海の連絡会議もございまして、国土交通省でも官民の連絡協議会等でも議論はされているところでございます。

### 5-② 衛星AISを用いた船舶動静のモニタリング



#### 衛星AIS

通常船舶ないしは陸上に搭載されたAIS受信機では、半径50km程度の船舶信号しか受信できない。

AIS受信機を衛星に搭載することでより広いエリア(視野半径は約2,000kmに及ぶ)をカバーし、陸上局より広い範囲の信号を受信可能。

ただ、北極海を通るためには、それなりに対策が必要でございます。船舶はアイスクラスという基準が必要になっており、極寒地を対象とした特別仕様になっております。

また、海域についても、国連海洋法条約によって沿岸国が一定の環境基準を適用できるという決まりがございます。これに基づいて、ロシアでは事故防止を名目にロシアの原子力砕氷船の先導を義務づけ、料金を取っております。それで最初の

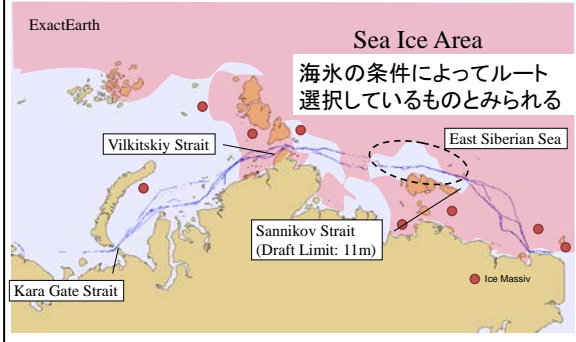
このように、将来、資源の輸送や欧州とアジアとの輸送ということで非常に可能性がある北極海航路でございますが、なかなか課題も多いところでございますので、まずは我々、これらの北極海航路の航行実態というものを船舶の動静データとしてきちんと集めよう。それを海水の密度データと比較して、しっかり航行実態を分析しようということ新たな取り組みとして研究を行っております。

この北極海航路のデータはどのように収集しているかということを紹介いたしますが、この場合は、最初に紹介したような陸上のAISではなくて、衛星AISというものを活用しております。陸上局では50~60km程度の信号しか受信できませんが、人工衛星にAISの受信機を搭載することで、約2,000kmにも及ぶ広い範囲をカバーできて、それを陸上局で受信することによって、この海域全体のデータをとることが可能になっております。こちら

らの人工衛星の活用においてJAXAと共同でやっているところでございます。

### 5-③ 実際の船舶の航跡(2012年7月)

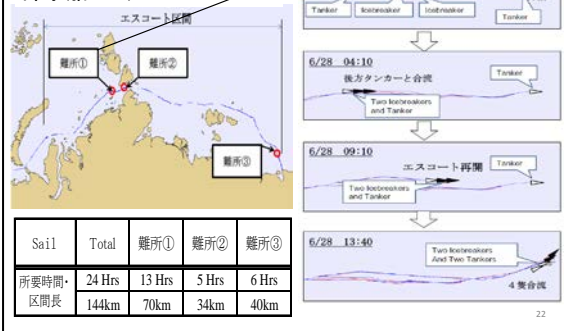
July 2012 (8隻分)



その船舶の航行実態を細かく分析した一例でございませう。この青い部分が航跡図で、ピンクの部分が海氷のある部分でございまして、これは7月の例ですけれども、海氷の状態によって船舶はいろいろルートを変えているということがわかってきております。

### 5-④ 「難所」での航海実態

4隻の船団(タンカー\*2、砕氷船\*2)



また、先ほど、少しあったように、海氷が残っている部分が難所でございまして、そのような部分では特に砕氷船のエスコートが必要になってきておりますが、どのようにエスコートしているかというのも、この研究でわかってきております。

これはその一例でございませうが、この場合は2隻のタンカーを2隻の砕氷船がエスコートしているという例で、白がタンカーで、黒がロシアの砕氷でございませう。まず1隻を先にやりまして、そ

の後、一旦、砕氷船が2隻で戻って、後方のタンカーをまたエスコートして最初の地点まで戻りまして、その後、難所を過ぎると、また砕氷船2隻とタンカー2隻、4隻が一体となって進んでいく。このように難所を通過する場合にはさまざまな工夫をして通過していることが、この研究でわかってきているところでございます。

### まとめ

- AISデータを用いたパス・ウィンドウの作成手法を構築し、海外とのパス占有率を比較した結果、ピーク時は世界の中で高い方の水準である。
- 荒天時は危険性を減ずるため、周辺の船舶との距離関係を見つづ経験式以上の長さの鎖を繰り出したり、周辺の船舶と可能な限り距離を保ち錨泊している。
- 津波来襲時の避難水域は平常時に必要な水域ではない。東京湾の水域整備の見直し。
- 衛星AISデータは北極海航路の航行実態モニタリングに対し有益性は高いものと考えられる。

以上、まとめをいたしますと、AISデータ、我々、NILIM-AIS というものを開発いたしまして、パス・ウィンドウですとか、その他港湾計画に関係するデータを収集し、今後の計画基準策定のための基礎データにしていきたいという研究を行っているところでございます。

また、台風等の荒天時には、危険を減ずるためにどのように錨泊しているかというのを、これまでの経験式と実態との比較を行いながら、今後の

技術基準に反映していきたいと思っております。

また、津波来襲時につきましては、これまで基準等もございませうでしたので、今回のこの成果を活用して技術基準等に反映させる、あるいは今回は東京湾の水域整備の見直しをしたわけございませう



## 参考文献

- 港湾計画研究室(2012): AISデータを利用した世界主要コンテナターミナルのバースウィンドウ作成による稼働率分析
- 安部智久, 赤倉康寛(2014): AISデータを活用した三大湾域での荒天時各泊実態の分析, 海洋開発シンポジウム
- 安部智久, 野口孝俊, 内藤裕之, 谷本剛, 高橋宏直(2014): 東京湾における津波来襲時での避難水域規模推計に関する研究, 国総研資料第782号
- 谷本剛, 安部智久(2014): AISを活用した北極海航路航行実態に関する詳細分析, 国総研資料第799号
- ABE, M. and TANIMOTO, T. (2014): Utilization of AIS to Port Planning and Policy Making, 33<sup>rd</sup> PIANC WORLD CONGRESS, San Francisco
- 安部智久, 木下真吾, 岸田正也(2015): 衛星AISデータの北極海航路航行への利活用に関する考察

24

すが、今後、その他の伊勢湾や大阪湾等の水域の整備も見直していきたいと思っております。

また、北極海航路につきましては、衛星 AIS データを活用して、今後、さらにモニタリングを進めて、情報を集めると同時に発信していきたいと思っております。

以上で、私の講演を終わらせていただきます。  
ご清聴ありがとうございました。