



AIS 活用の展望

—その概要と最近の応用例から—

正会員 小 林 英 一*
正会員 長谷川 和 彦**

1. AIS の概要

AIS は Automatic Identification System (自動船舶識別装置) の略で、船舶が安全に航行できることをねらい、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態などの情報を VHF 帯電波で自動的に船舶間あるいは陸上局の間で送受信する船舶に装備される機器である。2002 年 7 月 1 日に発効された「1974 年の海上における人命の安全に関する条約 (SOLAS74)」第 V 章を受け、国内法では次の船舶に対してこの AIS 装置の搭載が義務づけられている。

- (1) 国際航海に従事する 300 総トン以上の全ての船舶
- (2) 国際航海に従事する全ての旅客船
- (3) 国際航海に従事しない 500 総トン以上の全ての船舶

AIS で送信されるデータには次のようなものに分類される。

- (1) 動的情報：位置情報（別途搭載されている GPS で取得される緯度経度）、時刻 (UTC)、針路 (COG: 対地)、速力 (SOG: 対地)、船首方位 (ジャイロから)、回頭角速度 (ROT)
※、航海の状態（航行中、アンカリング中、接岸中、等）、横傾斜角※、ピッチ角※
※利用できる場合
- (2) 静的情報：MMSI 番号、船名、呼び出し符号（コールサイン）、IMO 番号、船長、船幅、船の種類、測位 (GPS) アンテナ位置、危険貨物の種類
- (3) 航海関連情報：喫水、目的地（港名）、入坑予定時間 (ETA: Estimated Time of Arrival)、その他の航行安全情報（テキスト）

この SOLAS で装備が規定される船舶は Class A 局と呼ばれ VHF 電波帯を使用し出力は 12.5W であるが、このほかに搭載義務のない小型船舶用の

Class B (出力は 2W) と呼ばれる簡易型 AIS もある。

AIS 情報の送信間隔は表 1 に示すとおりであるが、搭載義務が無い小型船舶については速力がかなり速いものもあるにも関わらず、送信間隔が最小でも 30 秒と長く、本来危険回避のための情報提供が目的である AIS の導入主旨から考えてなんらかの改善が必要であろう。

表 1 AIS 動的情報の送信間隔 (Class A)

船舶の状態	送信間隔
停泊もしくは錨泊中で、3 ノット以上で動かない	3 分
停泊もしくは錨泊中で、3 ノット以上で動く	10 秒
0 から 14 ノットまでで航行する船舶	10 秒
0 から 14 ノットまでで航行する変針中船舶	3・1/3 秒
14 から 23 ノットまでで航行する船舶	6 秒
14 から 23 ノットまでで航行する変針中の船舶	2 秒
23 ノット以上で航行する変針中の船舶	2 秒

表 2 AIS 動的情報の送信間隔 (Class B)

船舶の状態	送信間隔
対地船速が 2 ノット以下	3 分
対地船速が 2 ノットより大きい	30 秒

2. AIS の通信方式²⁾

AIS は、1 分間を 2,250 個のタイムスロットに分割し、その 1 スロットを使って ITU 勧告 ITU-R M.1371-12¹⁾ に定められたメッセージを送信する。現在は、二つの周波数帯を使って通信を行うので 1 分間に 4,500 個のスロットをメッセージの送受信に使用することができる。スロットの管理は、多元接続方式を採用しており、周辺の船舶から送られるメッセージに影響を受けながら 4,500 個のスロットをそれぞれの船舶が自己管理する。スロット管理の主な目的は、他船から送られてくるメッセージを欠かさず受信するために、自船のメッセージ送信が他船のメッセージ送信のタイミングと重ならないよう

* 神戸大学大学院海事科学研究科
** 大阪大学大学院工学研究科

にすることである。

航行中、最も多く使われる通信方式である SOTDMA では、自船の位置情報と次に送信に用いるスロットの予約情報を同時に送信する。このメッセージを受信した船舶は、送信元の船舶が次にどのスロットを使って送信を予定しているのかを知ることができるため、その予約されたスロットを避けて送信することができる。このように SOTDMA では、複数の船舶が同じスロットを使ってメッセージを送信しないような工夫がなされている。図1に SOTDMA の概念図を示す。

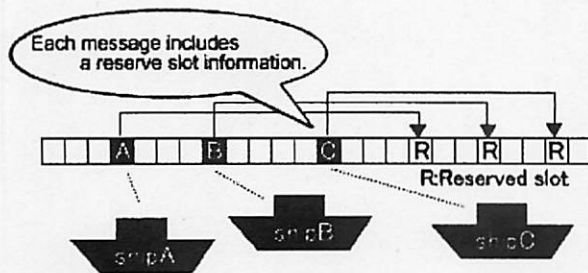


図1 SOTDMA 方式による AIS スロット予約の概念図²⁾

図2の Case 1 では、船舶 A と船舶 B は互いの電波が受信できる場所に位置し、船舶 C は船舶 A と船舶 B の電波が届かない場所に位置している。この位置関係の場合、船舶 A と船舶 B は互いのメッセージを受信しあうことができるが、船舶 C は船

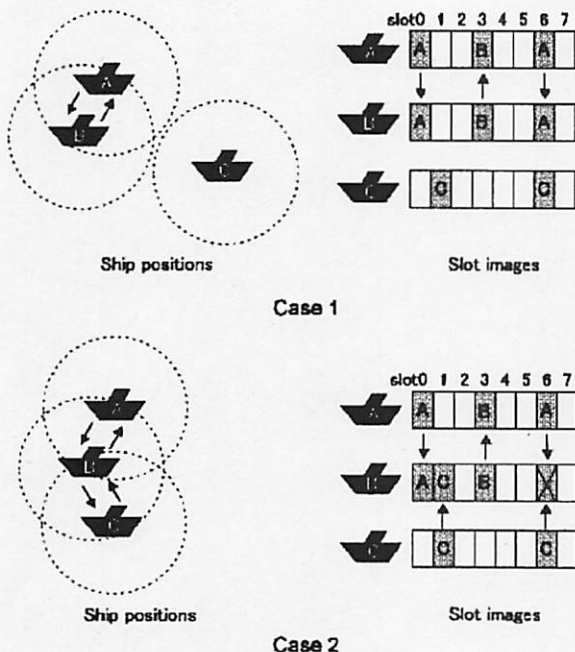


図2 AIS スロット予約におけるメッセージの衝突の模式図²⁾

舶 A と船舶 B とはメッセージの交換は行えない。つまり、スロット番号6に見られるように船舶 A と船舶 C が同一スロットを使ってメッセージを送信しても不都合は生じない。

一方、図2の Case 2 (下の図) では、船舶 A と船舶 B、そして、船舶 B と船舶 C は互いの電波が受信できる場所に位置し、船舶 A と船舶 C は互いの電波が届かない場所に位置している。この位置関係の場合、船舶 A と船舶 B は互いのメッセージを受信しあうことができる。また、船舶 B と船舶 C も互いのメッセージを受信しあうことができる。つまり、船舶 B は船舶 A と船舶 C の両船舶とメッセージの交換を行うことになる。もし、スロット番号6に見られるように船舶 A と船舶 C が同一スロットを使ってメッセージを送信すると船舶 B は、電波の状態により、いずれかのメッセージ、もしくは両方のメッセージを受信できない。このような状態をメッセージの衝突 (Conflict) と呼ぶ。メッセージの衝突による受信エラーは、お互いの電波の強弱により、衝突して受信 (Receive stronger message) あるいはどちらのメッセージも受信できない混信 (Garble) にわけられる。メッセージの衝突が多発すると船舶間の情報伝達が遅れ、AIS の運用に支障をきたす。

こうした状況をそのまま模擬し、与えられた海域の与えられた船舶交通流の中で、AIS のスロットの占有状況やスロットの衝突、混信を分析できるのが、AIS シミュレータ²⁾である。本システムを用いて、実際に、東京湾での Class B AIS の導入に関する検討³⁾が行われた。

実際には、送信局 (船舶または陸上局) からの距離の2乗に比例する AIS の通信パワーの減少に伴う受信エラーや島影、橋などの障害物による受信エラーも存在する。実際に、通信パワーや受信エラー

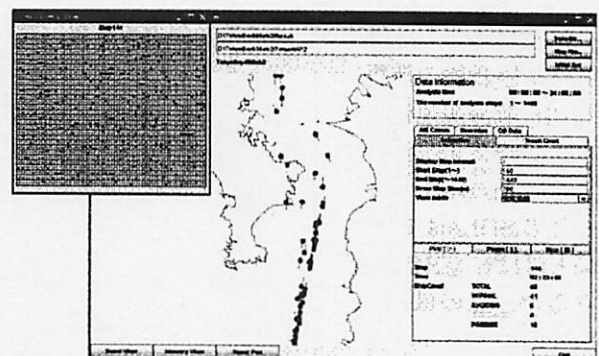


図3 AIS シミュレータによる東京湾の AIS スロット占有状況 (図左上) の再現²⁾

の実態調査^{4,5)}も行われている。今後ますます、AISの活用が進むにつれ、こうした受信エラーの改善なども課題のひとつと言える。

3. 船舶以外からの AIS データの受信

AISは航行の安全性確保・向上の観点から船舶に搭載される電波を送受信するシステムを本来指すが、海上を航行する船舶から発信される航行情報データが含まれる電波を受信専用装置を使い活用しようとする動きが活発である。代表的な受信装置の例を図4に示す。AISデータはこの装置からパソコンに逐次取り込まれるのが通例である。このような受信専用装置を活用した代表的なものの一つに Marine Traffic (<http://www.marinetraffic.com/ais/>)がある。ここでは世界中の船舶の航行状況が示されている。これはインターネット接続のパソコンと、AIS受信装置をつなぎ、当該Webサイトで指示される手順を踏むと Marine Traffic にその AIS 受信装置で取得される船舶情報が載り、その情報がWebを介して世界に発信される。このWebサイトには検索機能もあり探そうとする船舶が今どこ

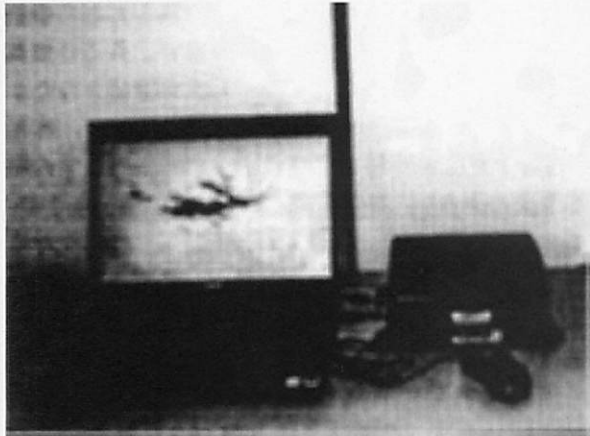


図4 AIS受信専用装置



図5 MarineTraffic.com による船舶動態表示例

にいるかなどが容易にわかる(図5はあるときの上海付近の様子である)。

また近年では小型実証衛星4型(SDS-4, 2012年5月打上げ、高度約800kmの周回衛星)の一つのミッションとして衛星搭載船舶自動識別実験(SPAISE: SPace based AIS Experiment)が行われている。これは洋上船舶から送信されたAIS信号を衛星で受信し従来より広い範囲の船舶動態を把握しようとするものである。

(<http://www.satnavi.jaxa.jp/spaise/gaiyo.html>)

周回軌道と衛星回帰時間の関係ですべての海域で船舶情報をリアルタイムで把握することは難しいが、沿岸域から離れ陸上のAIS受信局では把握の難しい洋上航行船舶の情報が入手できるので、今後の技術発展が期待される。

4. AIS データを活用した研究

現在、AISは船舶の安全航行に寄与しているだけではなく、AIS受信装置や実船でのAISデータを活用した研究が数多くなされている。日本船舶海洋工学会ではオーガナイズドセッションをこれまで、2回開催しているほか、日本航海学会などの関連学会でも解説や展望^{6,8)}で取り上げられているほか、研究論文も多い。ここでは、それらのうちのいくつかを紹介する。

陸上局で受信されたAISデータをもとに、航海士へのアンケート調査を行い、図6に示すように、AISデータに基づいて航行船舶に関して自船・多船の船種、大きさ、船速など様々な因子を総合的に考慮して解析し航行の安全性を評価する試みもなされている⁹⁾。

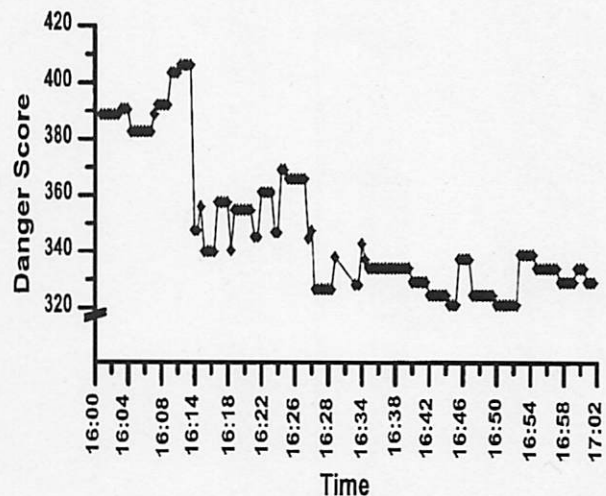


図6 AISデータによる航行の危険度解析例¹⁰⁾

また航行する船舶の投錨による海底敷設のガスパイプラインの破損リスクの推定に AIS データを活用しようとする事例もある¹¹⁾。これは図7に示す海域でパイプラインの位置と航行船舶の種別や航行密度、過去の誤投錨によるパイプライン破損事故の統計データなどから評価しようとするものである。

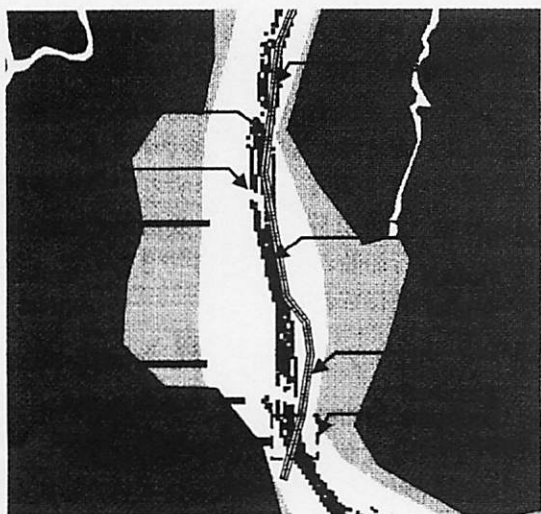


図7 AIS データによる航行実績把握¹¹⁾

このほか、AIS データによる海上交通の分析¹²⁾やその海上交通シミュレーションへの利用¹³⁾、海難事故解析¹⁴⁾、津波による漂流の実態調査¹⁵⁻¹⁶⁾などが報告されている。図8は、津波警報発令直後の東京湾の様態であり、発令直後に、船舶がいっせいに湾内に避難していく様子がよくわかる。また、津波による船舶の運動に関しては、他の学会にもいくつかの報告があり、AIS が一種の津波計測器となりうることを示唆している。

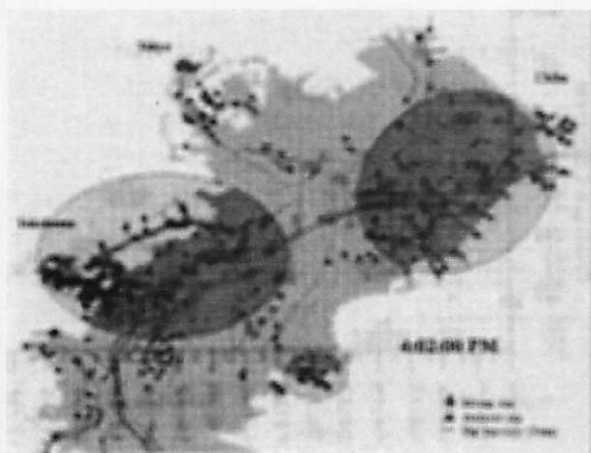


図8 AIS の計測による東日本大震災による津波警報発令直後の東京湾の船舶の動き¹⁵⁾

さらに、AIS を将来の航行支援システムに応用する研究¹⁷⁻¹⁹⁾も始まっており、こうしたシステムが実際に活用される時代は近い。

また、変わったところでは、AIS データを用いて航行する船舶の操縦性指数（いわゆる KT モデル²⁰⁾）を推定する試みが行われている²¹⁾。変針を含むデータを用いて、AIS データには含まれない舵角の情報を実際に船長が常用する舵角などからその絶対値を類推し、操舵のタイミングを非線形計画法を用いて求め、 K を推定する方法である。 T に関しては船の大きさや船種から初期値を推定し、さらに、 K との比がほぼ一定になることを利用して求めている。潮流や風の影響を含んだ船舶の運動を船体固有の操縦性能として同定している点など、まだ、改善を要するものの、AIS を、静的データである船長などのデータや動的データである航跡や船首方位以外のデータ取得に活用しようとしたものであり、AIS 利用のひとつの将来性を示したものと言える。

5. おわりに

AIS の概要と AIS を活用した研究を中心に紹介した。AIS の利用は SOLAS74 で義務づけられたことから急激に広まり、現在では、ほとんどの船舶が装備していると言って過言ではない。多くの類似の設備がそうであったように、AIS が整備されたからと言って海難事故が激減するわけではなく、昨年1月にイタリアで起こった Costa Concordia 号の座礁事故のように、事故は繰り返し、起こる。ここで、紹介した AIS を活用した研究がこうした事故対策にどれだけ役立つかは別として、AIS への期待は大きい。また、本来の目的以外の用途や応用もすでに紹介した中からも出つつある。

神戸大学では世界の海事系大学を中心とした AIS データアーカイブネットワークを構築していて、世界の主要な過密海域でのデータが蓄積されている。大阪大学では、AIS データを操船シミュレータや輻輳海域シミュレータと言った訓練教育設備や安全性評価手法と組み合わせることにより、これまで、難しかったより現実的な海上交通状況の再現に取り組んでいる。

最後に夢のような話をしよう。3. で紹介したような新しいサービスやシステムも次々と始まっている。国家情報のセキュリティのため、4台のコンピュータを電話回線を利用し、音響カプラで接続して始まったインターネットだが、いまや、おじいちゃん、おばあちゃんの家のあるフォトフレイ

ムへ動物園にいる孫の写真を携帯電話から指 1 本でリアルタイムで届けることができるまでに発達したように、もともとは船舶の安全な運航を支えるための道具であった AIS が、近い将来には、誰でもが気軽にアクセスできるようになるであろう。そうすれば、コンテナの IC タグ情報と AIS 情報を合わせることで、たとえば、イタリアから取り寄せた商品がいま、どの船でどこにあるのかリアルタイムでチェックできる日も近いのかもしれない。

法律で規定されている場合でも、あるシステムが普及するまでには、時間がかかる。日本でさえ、バイクのヘルメットや車のシートベルトが普及するのに約 10 年かかった。飲酒運転に至っては、数々の悲惨な事故が繰り返され、罰則が重くなって、ようやく、モラルとして定着した。その意味からは、AIS の普及は驚くほど速い。

重要な商品の運搬管理や不慮の事故への対応、海賊や不審船対策などへの応用も新しいビジネスチャンスとなるであろう。そのためには、通信速度、密度、質、そして、セキュリティという通信装置としては不可欠な要素技術のますますの発展が必要であるし、期待されるところである。

最後に、誌面の都合上、すべての研究が紹介できなかったことをお詫びしたい。

参考文献

- 1) 畑耕治郎他：AIS シミュレータ，日本船舶海洋工学会論文集，第 6 号，2007。
- 2) ITU: Technical Characteristics for a Uni-versal Shipborne Automatic Identification System Using Time Division Multiple Access in the VHF Maritime Mobile Band, ITU-R M.1371-1, 2001.
- 3) 畑耕治郎他：AIS シミュレータを用いた AIS 通信の評価 -Class B AIS 搭載設置条件の影響-，日本航海学会論文集第 117 号，2007。
- 4) 福戸淳司他：AIS の実海域実験報告，NAVIGATION，第 151 号，pp.73-78，2002。
- 5) 長谷川和彦他：実海域の受信記録に基づく AIS 通信の実態と通信エラーの分析（仮題），日本航海学会論文集投稿予定，2013。
- 6) 加納敏幸他：次世代ナビの概要とそのコンテンツ情報 - AIS データを利用した混雑状況，物流情報解析及び海流計測及び予測について -，NAVIGATION，第 178 号，pp.28-34，2011。
- 7) 荻野市也：Class-B AIS の紹介と AIS の将来展望，NAVIGATION，第 182 号，pp.70-73。
- 8) 西村浩一：AIS と VTS の活用，計測と制御，Vol.50, No.6, pp.405-410，2011。
- 9) Soojin Hwang 他：The Evaluation Method of Dangerous Score in Ship Navigation by Using AIS Data，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 10 号，pp.271-272，2010。
- 10) Muhammad Badrus Zaman 他：Im-plementation of Automatic Identification System (AIS) for Evaluation of Marine Traffic Safety in Strait of Malacca using Analytic Hierarchy Process (AHP)，日本船舶海洋工学会論文集，第 16 号，pp.141-153，2013。
- 11) Yeyes Mulyadi 他：Estimate of Subsea Gas Pipeline Accident Consequence in the Madura Strait Using AIS Data，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 15 号，pp.291-294，2012。
- 12) 田丸 人意他：東京湾北部における船舶交通に関する研究 - AIS 情報を基にした海上交通の解析 -，日本航海学会第 126 回講演会予稿集 I -2，2012。
- 13) 瀧本忠教他：AIS データを活用した海上交通流シミュレーションについて，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 14 号，pp.31-34，2012。
- 14) 平尾好弘他：AIS によるむつ小河原沖の船舶動静と衝突頻度の評価，日本航海学会論文集，第 125 号，pp.43-48，2011。
- 15) 牧野秀成他：津波警報発令時における湾内の船舶の避航・避泊行動に関する調査研究，日本航海学会論文集，第 125 号，pp.191-197，2011。
- 16) Makino, H. 他：Analysing Subject Ship Behaviour Recorded by AIS to Extract Tsunami Effect - In Case of The 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami -，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 14 号，pp.27-30，2012。
- 17) 南真紀子他：AIS を用いた協調型航行支援システムについて，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 10 号，pp.277-280，2010。
- 18) 南真紀子他：AIS を用いた自動航行意思疎通システムの構築，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 14 号，pp.35-36，2012。
- 19) 長谷川和彦他：AIS を活用した航行援助システムに向けたフィジビリティスタディ，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 14 号，pp.39-42，2012。
- 20) 野本謙作他：船の操縦性に就いて (2)，造船協会論文集，第 101 号，pp.57-66。
- 21) Nakano, T. 他：An Attempt to Predict Manoeuvring Indices Using AIS Data for Automatic OD Data Acquisition，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 14 号，pp.49-52，2012。



小林 英一 (こばやし えいち)
神戸大学大学院海事科学研究科
教授
浮体・船舶の運動制御・航行性能・安全性評価
kobayashi@maritime.kobe-u.ac.jp



長谷川 和彦 (はせがわ かずひこ)
大阪大学大学院
教授
船舶の操縦性・制御・運航の自動化と安全性
hase@naoe.eng.osaka-u.ac.jp