

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

正会員 長谷川 和彦* 学生会員 山崎 全紘**
非会員 重松 将也***

Feasibility Study On Utilizing AIS For Future Marine Traffic Managing System
by Kazuhiko Hasegawa, *Member* Masahiro Yamazaki, *Student Member*
Masaya Shigematsu, *Student Member*

Key Words: AIS, Marine Traffic Simulator, CR

1. 緒 言

2002 年に発効された SOLAS 条約(The International Convention for the Safety of Life at Sea)により、船舶には 2008 年までに船舶自動識別装置 AIS (Automatic Identification System) を段階的に搭載するよう義務づけられた。AIS は、船舶-船舶間、船舶-陸上局間で各船舶が持つ船名、位置情報、目的地など、船舶固有の情報を送受信し、表示する通信システムである。

AIS は自動的に相手船と各船舶の情報を交換するため、衝突の回避のために用いることができ、海上交通の安全向上や円滑化への貢献が期待されている。現在船舶は搭乗員の視認・レーダーにより相手船の情報を把握し操船している。しかし悪天候などで視界が悪くなった場合、これらの情報だけでは安全な操船に支障が生じる。

今後 AIS が普及し、実航行においても操船を支援するツールとして用いられるとすると、AIS・レーダー・GPS 等の航海援助装置から得られる情報を総合的に判断し、効率的かつ優先順位を付けて表示するような制度が導入されれば、船舶運航の安全性は大幅に改善される。

上記のような将来の船舶援助システムの実現のため、本研究では AIS の動的情報を利用した新たな航行システムを提案する。そして実際に AIS を用いた情報が安全な航行に利用可能なのか、輻輳海域シミュレーションシステムを用いてフィジビリティスタディを行う。

2. AIS の概要

AIS は船舶航行の安全性向上を目的に、自船の船名・船舶位置などの航海情報を VHF 帯で定期的送信し、また他船から受信した情報を電子海図などに表示するシステムである。AIS は SOLAS 条約により総トン数 500 トン以上の内航船に搭載が義務づけられており、Class A AIS と呼ばれている。総トン数が 499 以下の船舶には小型船舶用の AIS として Class B AIS がある。本研究では Class A AIS に着目して研究を行った。

* 正会員 大阪大学大学院工学研究科

** 学生会員 大阪大学工学研究科

*** 非会員 大阪大学工学研究科

原稿受付 平成 24 年 4 月 6 日

春季講演会において講演 平成 24 年 5 月 17, 18 日

©日本船舶海洋工学会

2.1 情報内容

AIS が扱う代表的な情報は動的情報、静的情報、航海関連情報、航海安全関連情報の大きく 4 つに分けられる。

動的情報：船名、IMO 番号、MMSI 番号、船長、船幅、船種、測定装置アンテナの位置など

静的情報：位置情報、船速、針路、回頭角速度、航海状態など

航海関連情報：目的地、到着予定時刻、船種、船長、船舶の喫水、積載危険物の種類など

航海安全関連情報：文字情報による海難事故や航路航行制限情報など

2.2 送信間隔

AIS は決められた間隔のもとで自動的に送信される。Class A AIS の動的情報については以下の Table 2.1 に従って送信間隔が変更する。

Table.1 Reporting interval of AIS⁽¹⁾

Ship State	Interval
Ship at anchor, moored and not moving faster than 3 knots	3 minutes
Ship at anchor, moored and moving faster than 3 knots	10 seconds
Ship 0-14 knots	10 seconds
Ship 0-14 knots and changing course	3 · 1/3 seconds
Ship 14-23 knots	6 seconds
Ship 14-23 knots and changing course	2 seconds
Ship > 23 knots	2 seconds

3. 航行援助システム

3.1 システムの提案

実際の航行では搭乗員の視認、レーダーなどにより相手船の情報を把握し操船を行っている。しかし悪天候などにより視界が悪く、レーダーも使えないような状況においては従来の視認とレーダーのみの頼る操船では安全性に支障が生じる。このような状況下で、AIS を利用して操船を支援できるような周辺の船舶の情報が得ることが出来れば、より安全な操船が可能になる。そこで AIS で得た船速・回頭角・位置情報から相手船の 1 秒後の位置を計算し、リアルタイムかつ継続的に画面に表示するコンピュータシステムを導入すれば、操船の大きな助けになると考えられる。

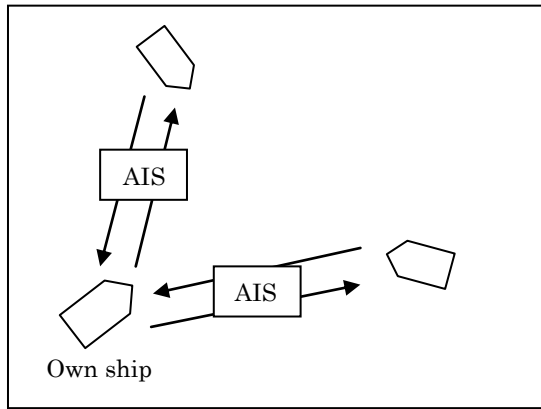


Fig.1 The image of the future navigational system

3.2 問題点

AISにはTable 2.1にある通り、船舶の状態によって送信間隔が存在する。もし視界が悪く相手船の情報がAISでしか把握できなくなると、動いている相手船に対しての情報が2秒間から10秒間欠落する。輻輳した海域において、この送信間隔は海上の安全性に影響を与える可能性がある。そこで送信間隔を補うためデータ補間を行い、操船の助けとなる情報として安全性を保っているかどうかについて検討する必要がある。

3.3 データ補間

自船は動的情報として得た相手船の位置、船速、回頭角を基に相手船の位置を予測する。相手船から情報が送信されてから次の情報が来るまでの間、回頭角・船速を一定にし、継続的に1秒後の相手船の位置を線形補間する。しかし変針中や船速変化中に情報が送信されると、自船が予測した相手船の位置と実際の位置に誤差が生じる。この差異は次にAISの動的情報が更新された際に修正される。Fig.3.2は変針中に情報が送信されたため、推測した船舶の位置が実際の位置と異なった場合の例を図式的に表したものである。

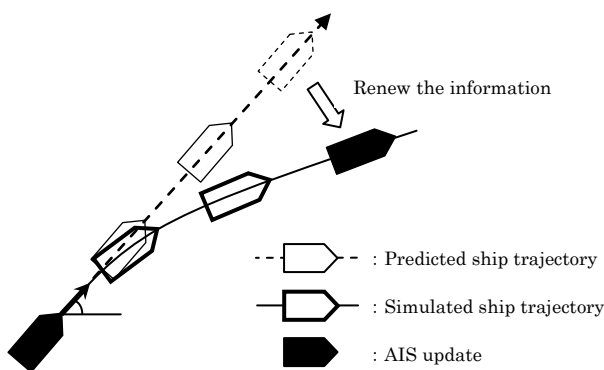


Fig.2 Data interpolation

4. シミュレーション条件

AISの動的情報と線形補間によって得られた周囲の船舶の情報が、どの程度安全面で信頼性があるのか確かめるため、輻輳海域シミュレーションシステムを用いてシミュレーションを行った。

4.1 輻輳海域シミュレーションシステム

このシステムは、AIS記録データを基に作成された入力データから海上交通流を再現することができる。航行する船舶はそれぞれ船舶固有の情報を持っており、設定航路を航行する。このシステム最大の特徴は、1秒毎に相手船の情報を把握し、海上ルールに則り自動的に避航することである。

4.2 テスト海域

東京湾南海域をテスト海域とし、シミュレーションを行った。対象とする範囲は太線と海岸線で囲まれた領域である。

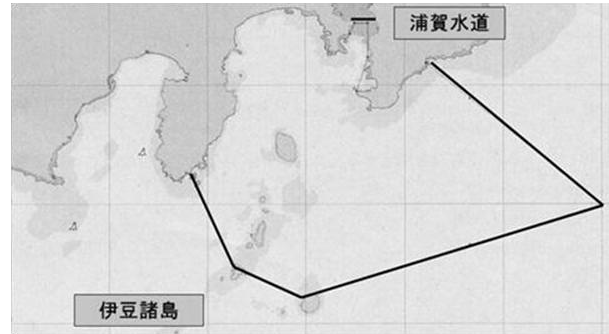


Fig.3 Southward of Tokyo bay

4.3 評価指標

(1) $CR \geq 0.9^{(2)(3)(4)(5)}$

輻輳海域シミュレーションシステムでは避航判定要素としてCRを用いている。CRは長谷川・上月らによって定義されたものであり、DCPAとTCPAからFuzzy推論によって求められるものである。0~1の値をとり、大きくなるにつれて危険度が増す。なお、CR値が0.7で避航を開始する。

避航船が何らかの理由で避航を行わない、もしくは遅れた場合、保持船も避航するように設定されており、その避航開始条件を $CR \geq 0.9$ としている。

(2) ニアミス

ニアミスは、限界航過距離を二辺とする矩形領域内に相手船が存在し、かつその相手船に対するCR値が0.7を超えている状態を指す。矩形領域を定めるパラメータである限界航過距離は井上の式⁽⁶⁾を用いた。

$$FA_{\text{限界}} = (0.015 \cdot L_t + 2.076) \times L_o \text{ [m]}$$

$$SP_{\text{限界}} = (0.008 \cdot L_t + 0.667) \times L_o \text{ [m]}$$

なお、

L_o : Length of own ship

L_t : Length of target ship

5. シミュレーション結果

5.1 Conditionによる比較

本研究では同じ入力データを用いて、

- ①Condition 1 : 毎秒相手船の位置を把握し、船舶が航行を行うシミュレーション
 - ②Condition 2 : AISの送信間隔毎に相手船の情報を把握し、データ補間によって位置を予測しながら船舶が航行を行うシミュレーション
- の2種類のシミュレーションを5日分を行った。Condition

2 は AIS の情報だけを頼りに船舶が航行を行うと仮定した場合のシミュレーションである。

ニアミス、 $CR \geq 0.9$ は出力件数を 1 日毎に示し、平均でも比較した。また 5 日間で評価指標が発生した地点を地図に示す。

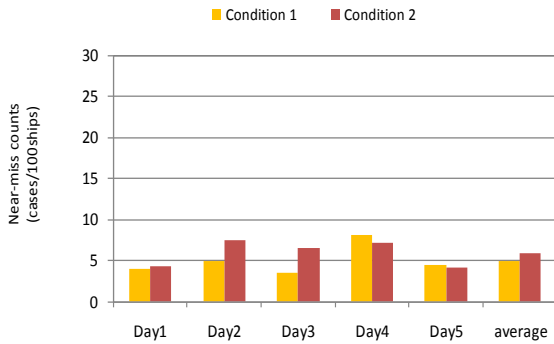


Fig.4 Near-miss counts

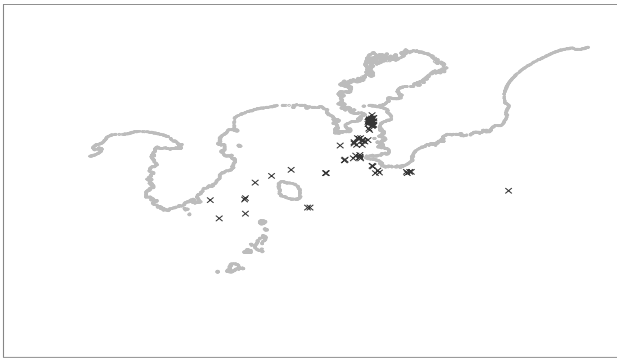


Fig.5 Near-miss area(Condition 1)



Fig.6 Near-miss area(Condition 2)

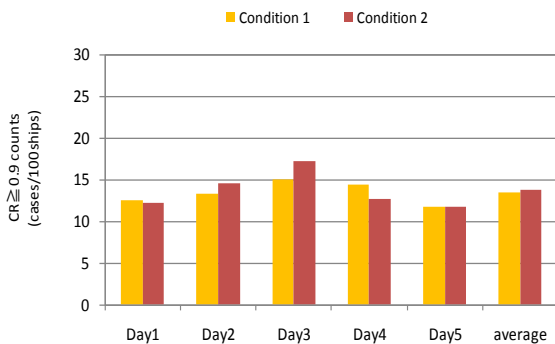


Fig.7 $CR \geq 0.9$ counts



Fig.8 $CR \geq 0.9$ area(Condition 1)



Fig.9 $CR \geq 0.9$ area(Condition 2)

Table.2 Index counts for 5 days

	Condition 1	Condition 2
Near-miss	66	79
$CR \geq 0.9$	180	185

ニアミス、 $CR \geq 0.9$ の発生エリアを見てみると Condition2 の方が房総半島周辺でわずかに出力件数が多くなっている。これはこの海域周辺が輻輳しており、船舶が慌ただしく動いているため、データ補間で予測した船の位置と実際の位置のわずかなずれが海上交通に与える影響が大きくなっているからだと考えられる。また、5 日間の平均の結果から、Condition 2 は Condition 1 に比べて増加件数がニアミス、 $CR \geq 0.9$ 共に 1 件以内に留まっている。

5.2 交通量・海域の変更

東京湾南海域で交通量を 100%~150%まで 10%ずつ増加させ、シミュレーションを行った。またさらに輻輳度の高いマラッカ海峡⁽⁷⁾、上海港周辺⁽⁸⁾でも同様に行った。

ただし他海域では航行面積が異なるため、単位面積あたり単位時間あたりの指標値で比較を行う必要がある。その単位を交通密度⁽⁵⁾とし、以下のように定義する。

$$d = \frac{N}{100 \times T \times S} [\text{ships} / 100\text{km}^2 \times \text{hour}] \quad (1)$$

以下のグラフは横軸に交通密度、縦軸に 100km²あたり 1 時間あたりの指標値の発生件数を表している。

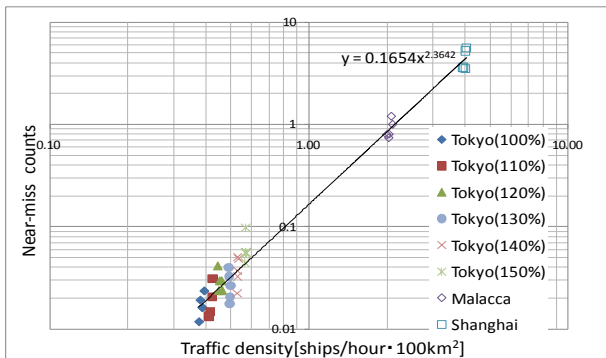


Fig.11 Near-miss counts(Condition 1)

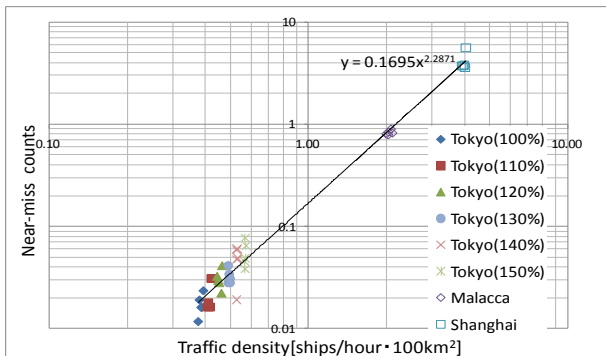


Fig.12 Near-miss counts(Condition 2)

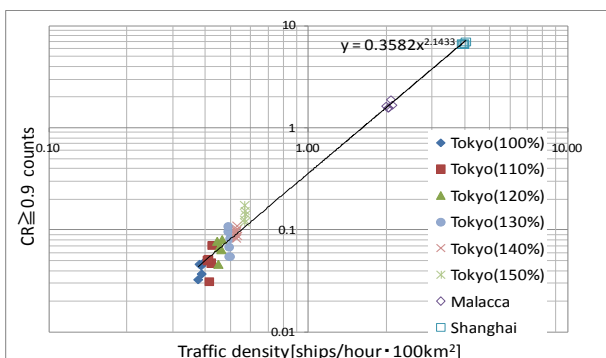


Fig.13 CR ≥ 0.9 counts(Condition 1)

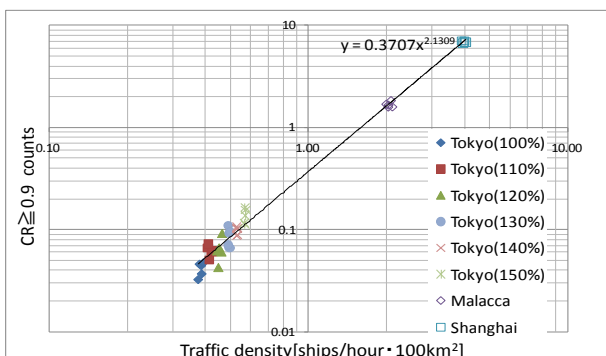


Fig.14 CR ≥ 0.9 counts(Condition 2)

これらの結果から Condition 1, Condition 2 共に輻輳度が上がるにつれてニアミス, CR ≥ 0.9 の発生件数が多くなっている。どちらの Condition でも指数関数的に増加し, 同じ傾向を示していることが分かる。海上交通の安全面で上海港周辺, マラッカ海峡では, 東京湾南海域よりデータ補間による悪影響が顕著になると考えられたが,

100 隻あたりの発生件数で比較すると, Condition 1 と Condition 2 での評価指標の発生件数の差異は 2~3%程度に収まっている。

結言

本研究では AIS を活用した新たな航行援助システムの提案を行い, そのフィジビリティスタディとして AIS の送信間隔の影響をシミュレーションにより考察した。輻輳海域シミュレーションシステムを改良し, データ補間により相手船を予測しながら航行するよう設定した。これによって AIS の情報のみを頼りに船舶が航行している状態をシミュレーションで再現できるようになった。またその結果から, 予想したほど AIS の送信間隔が海上交通に悪影響を及ぼしておらず, 提案した航行援助システムによる情報は操船の助けになる安全性を保っていることが分かった。

参考文献

- 1) 畑耕治郎：輻輳海域における AIS 通信容量の評価に関する研究, 日本船舶技術研究協会「航海支援に関する基準に関する調査研究 (MP5)」, 2006
- 2) 長谷川和彦・立川功二：輻輳海域シミュレータと海の ITS, 計測自動制御学会関西支部シンポジウム, pp.184-189, 2001
- 3) 長谷川和彦・上月明彦：Fuzzy 制御による自動避航システムに関する研究, 関西造船協会会誌, 第 205 号, pp.1-10, 1987.6
- 4) 長谷川和彦・瀧本忠教・早川勇：船舶自動航行ファジィエキスパートシステム (SAFES) の再構築, 関西造船協会講演論文集, 第 8 号, pp.191-196, 1997.5
- 5) 長谷川和彦・福戸淳司・瀧本忠教・山崎全紘：輻輳海域シミュレーションシステムによる海域評価, 日本航海学会論文集, 第 125 号, pp.33-41, 2011.9
- 6) 井上欢三・宇佐美茂・柴田登紀子：制限水域における航過距離と隔離距離に関する操船者意識のモデル化, 日本航海学会論文集, 第 90 号, pp.297-305, 1994.3
- 7) 酒井史彦・長谷川和彦・丹羽量久・畑耕治郎：輻輳海域シミュレータのマラッカ・シンガポール海峡への適用, 日本航海学会論文集, 第 122 号, pp.91-96, 2010.3
- 8) 中野武重・長谷川和彦・丹羽量久・畑耕治郎：海上交通アセスメントにおける避航アルゴリズムの影響, 日本航海学会第 122 回講演会予稿集, 第 2 部, II -8, 2010.5