

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

正員 瀧本 忠教* 正員 長谷川 和彦**
正員 福戸 淳司* 正員 三宅 里奈*
学生員 山崎 全紘**

Marine Traffic Simulation based on AIS data

by Tadanori Takimoto, *Member* Kazuhiko Hasegawa, *Member*
Junji Fukuto, *Member* Rina Miyake, *Member*
Masahiro Yamazaki, *Student*
Member

Key Words: AIS data, Marine Traffic Simulation, Marine Traffic analysis, Collision Risk, Quantitative Estimation

1. 緒 言

海上交通における混雑の度合いや危険な状態に関する実態については十分に解析されていないのが現状である。海上交通を評価する上で、海上交通流シミュレーションは有効なツールとなる。海上技術安全研究所と大阪大学は共同で海上交通流シミュレーションの開発を行っている¹⁾。海上交通流シミュレーションを行う際、可能な限り実際の海上交通流に近い状態を表現する必要がある。

現在、総トン数 500 トン以上の内航船舶、総トン数 300 トン以上の外航船舶には、船舶自動識別装置 (AIS) の搭載が義務化されており、AIS により得られるデータから、その船舶の行動を分析することが可能である。そこで実際の海上交通流に近い状態を表現する上で、AIS データを活用することが考えられる。本稿では、この海上交通流シミュレーションに、海上技術安全研究所で観測を行っている東京湾口における AIS データを活用し、シミュレーションを行った結果について紹介する。

また、海上交通流シミュレーションは、安全対策等により海上交通流が変化した場合の予測・評価に利用できると考えられる。そこで、事例研究として、海上交通流に変化を加えた場合を想定し、海上交通流に及ぼす影響を調査したので、併せて紹介する。

2. 海上交通流シミュレーション

本稿における海上交通流シミュレーションは、海域、船舶の特性 (船型、船速等)、航行環境 (船舶発生頻度、変針点等) を設定することにより、自船、相手船の見合い関係を考慮しつつ、自動的に保針、変針、避航を行うものである。

海上交通流シミュレーションを行う対象海域として、海上交通流の複雑さ及び海上技術安全研究所で AIS データを取得しているという観点から、東京湾口にあたる海域にスポットを当て、シミュレーション及び分析の対象とした (Fig.1)。



Fig.1 Area of the marine traffic simulation

3. AIS データによる海上交通流の分析

AIS データを活用した海上交通流シミュレーションを行うために、まず海上交通流の分析を行った。対象期間は 2010 年 7 月 29 日から 8 月 4 日までの 1 週間とした。

3.1 海上交通量に関する分析

Fig.2 に対象期間の海上交通流の時間変化を示す。東京湾口が混雑するのは朝 6 時までと夜 18 時以降 (以下「夜間」と呼ぶ) に混雑の度合いが高くなる一方で昼間は夜間に比べて混雑の度合いが低いことがわかる。

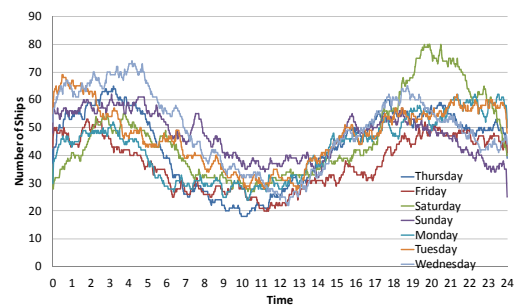


Fig.2 Time curve of the marine traffic volume (AIS data)

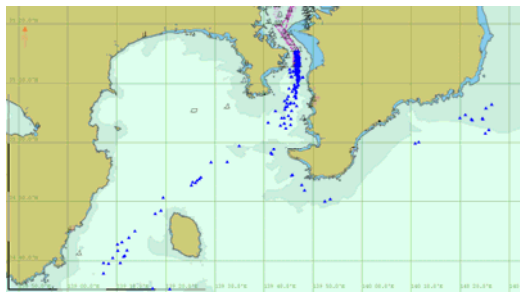
3.2 危険な状態に関する分析

AIS データから自船、相手船が衝突危険な状態にある場合のプロットと海難審判裁決録データベースから実際の衝突事故が発生した位置をプロットしたものを Fig.3 に示す。ここで衝突危険な状態とは、海上交通流シミュレーションにおいて衝突危険な状態を表す指標である $CR^{2)}$ を利用しており、 $CR \geq 0.7$ を抽出すれば、多数の航行データから衝突危険な状態を選択できる。この図から、

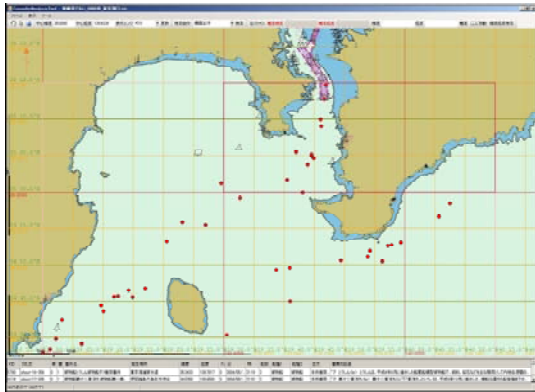
* 海上技術安全研究所

** 大阪大学大学院工学研究科

浦賀水道入り口から館山沖あたりの交通流が複雑かつ輻射し、危険な状態が多数発生していることがわかる。



Collision Risk



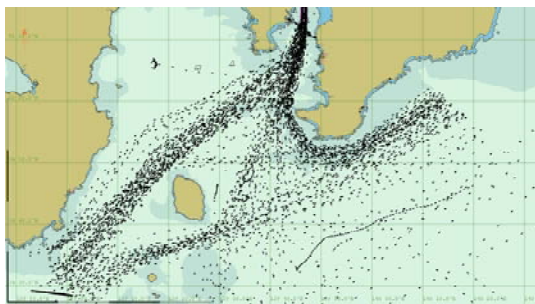
Collision Casualties

Fig.3 Comparison of Collision Risks (CR) and Collision Casualties for merchant ships

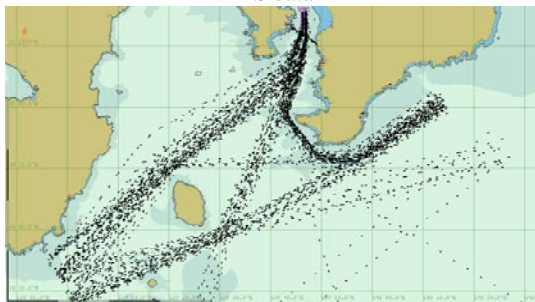
4. AIS データによる海上交通流シミュレーション

4.1 海上交通の再現

海上交通の再現性は、航跡、船舶の発生数及び海上交通流の時間変化をもって評価した。航跡の例として、2010年7月29日のAIS データに基づく航跡及び海上交通流シミュレーションによる航跡を Fig.4 に示す。また、対象期



AIS data



Simulation Result

Fig.4 Comparison of the Ship Track Data

間の船舶の発生数を Fig.5 に、シミュレーションによる海上交通流の時間変化 Fig.6 に示す。Fig.2 及び Fig.4-6 により、シミュレーションは航跡、船舶の発生数、交通の時間変化の観点から見て十分に再現できていると言える。

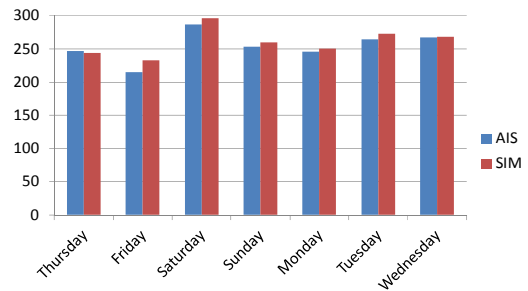


Fig.5 Comparison of the number of ships

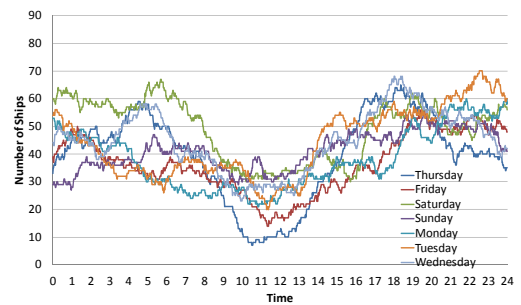
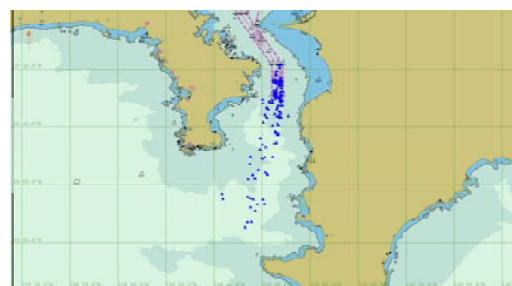


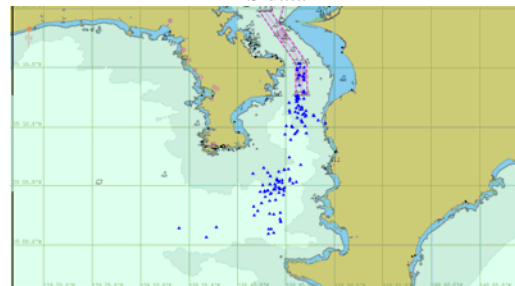
Fig.6 Time curve of the marine traffic volume (Simulation Result)

4.2 衝突危険性の再現

衝突危険性の比較例として、2010年7月29日のAIS データに基づく危険な状態の分布及びシミュレーションによる危険な状態の分布を Fig.7 に示す。交通が密集してくる浦賀水道入り口付近から洲崎沖の範囲の海域において、危険な状況が多数発生する状況が再現されていることがわかる。



AIS data



Simulation Result

Fig.7 Comparison of Collision Risk (CR)

以上より海上交通の観点及び衝突の危険性の観点から、AIS データにより得られた状況を海上交通流シミュレーションで再現することが可能であると言える。

5. 海上交通流シミュレーションの適用事例

海上交通流に変化が及ぶような何らかの安全対策を考慮した場合、海上交通流シミュレーションはその効果を定量的に評価するのに有効なツールとなる。ここでは、海上交通流シミュレーションの入力パラメータのうち、航行環境に変化を加えることにより、海上交通流にどのような影響を及ぼすかを調査した。適用事例として以下の2種類のシミュレーションを実施した。

5.1 OD を変更した場合

Fig.6 から当該海域では夜間に交通量のピークが生じ、危険な状況が発生しやすいことがわかる。夜間のピークを解消すれば危険な状況の減少が図れ、安全性を高められると考えられる。その効果の確認として、夜間に東京湾に出入港する船舶の交通量のピークを緩和した場合を想定し、オリジナルの交通量に基づくシミュレーション結果 (before) と、全体の交通量を同等とし、夜間の交通量に生じるピークを解消した場合のシミュレーション結果 (after1) を比較・検討した。

5.1.1 海上交通への影響

海上交通への影響は、交通量の時間変化により比較を行った。オリジナルの交通量に基づくシミュレーションと夜間の交通量を緩和した場合のシミュレーションによる交通量の時間変化を Fig.8 に示す。Fig.8 から、夜間に生じていたピークを解消した状態が海上交通流シミュレーション上で表現できていることがわかる。

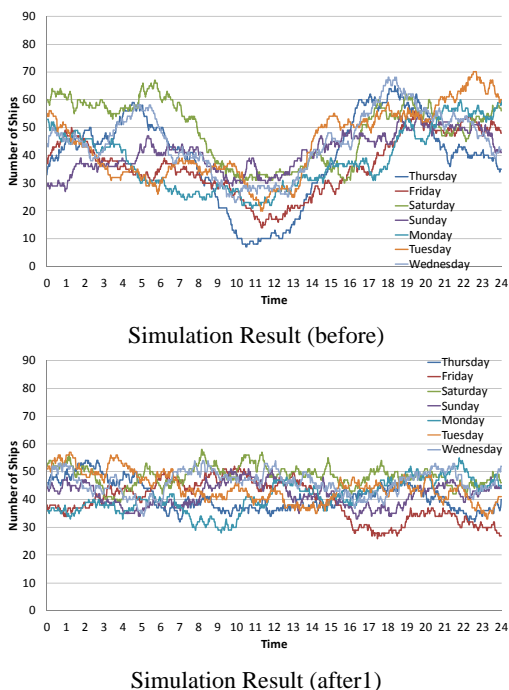


Fig.8 Comparison of time curve of the marine traffic volume

5.1.2 衝突危険性への影響

衝突危険性への影響は、衝突危険度 (CR) により比較を行った。オリジナルの交通量に基づくシミュレーションと夜間の交通量を緩和した場合のシミュレーションに

よる衝突危険度の時間変化を Fig.9 に示す。Fig.9 から夜間の交通量を緩和することにより、交通量が多い時間帯に生じていた衝突危険のピークがなくなり、どの時間帯にもほぼ均等に分散していることがわかる。また両者の件数を比較すると、夜間の交通量を緩和することにより、衝突の危険性が約 20%減少していることがわかる。

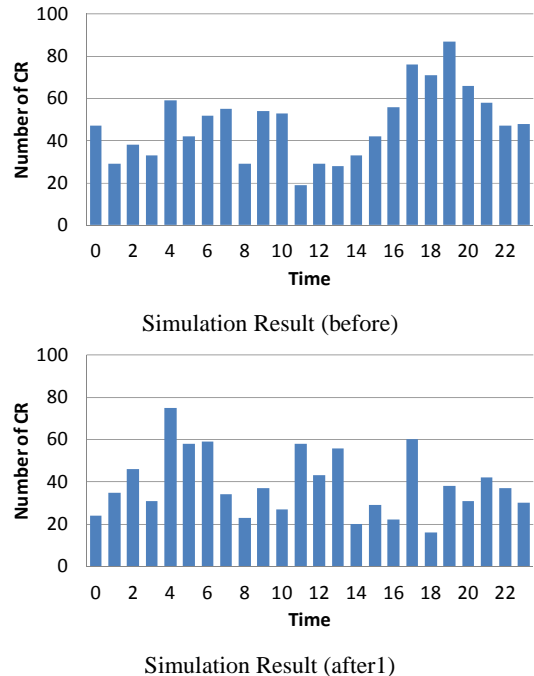


Fig.9 Comparison of time curve for Collision Risk (CR)

5.2 航路分離を行った場合

東京湾口における海上交通流の現状は、交通が密集してくる浦賀水道入り口付近で危険な状況が発生しやすい。この危険な状況を少しでも緩和するために、整流する方法により安全性を高めることが考えられる。その効果を確認するために、東京湾に入る方向の船舶に対して早い段階から整流した場合を想定し、オリジナルの交通量に基づくシミュレーション結果 (before) と Fig.10 のように航路分離を行った場合のシミュレーション結果 (after2) を比較・検討した。

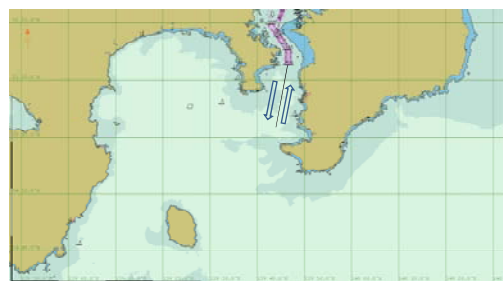


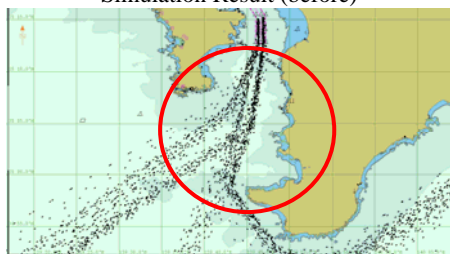
Fig.10 The change of route in the Southern Area of Tokyo-bay

5.2.1 海上交通への影響

海上交通への影響は、航跡の違いにより比較を行った。オリジナルの交通量に基づくシミュレーションと航路分離を行った場合のシミュレーションによる航跡を Fig.11 に示す。Fig.11 から、早い段階から整流されている状況がシミュレーション上で表現されていることがわかる。



Simulation Result (before)

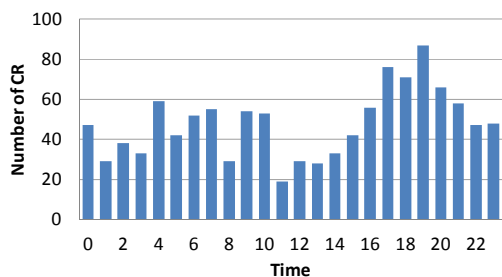


Simulation Result (after2)

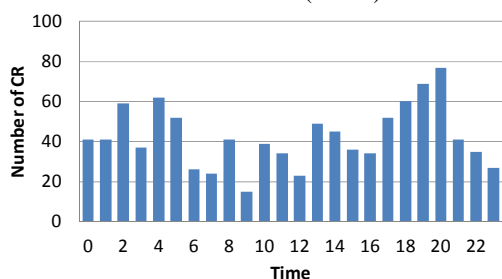
Fig.11 Comparison of the Ship Track Data

5.2.2 衝突危険性への影響

衝突危険性への影響は、5.1と同様に衝突危険度（CR）により比較を行った。オリジナルの交通量に基づくシミュレーションと航路分離を行った場合のシミュレーションによる衝突危険度の時間変化を Fig.12 に示す。Fig.12 から、衝突危険性の時間変化は概ね同一の傾向にあることがわかる。また、両者の件数を比較すると、シミュレーション条件に変化を加える前後で衝突危険度の件数はほとんど変わらないことがわかる。これについてさらに考察を加える。



Simulation Result (before)

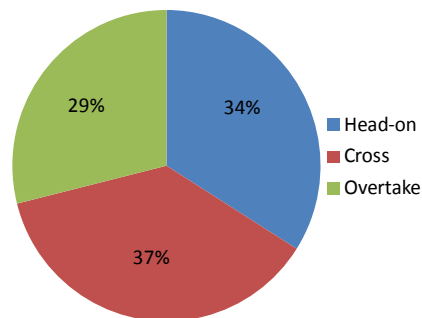


Simulation Result (after2)

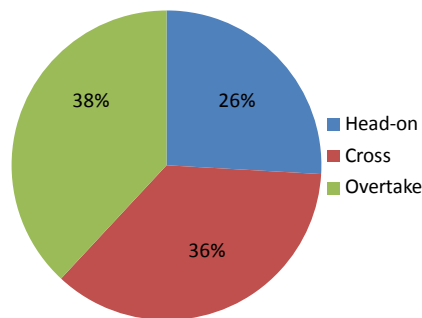
Fig.12 Comparison of time curve of Collision Risk (CR)

各々の衝突危険な状態について、自船と相手船がどのような位置状態（見合い関係）にあったのかを調査した。なお、ここでの見合い関係は、「反航」「横切り」「同航」の3つに分類した。オリジナルの交通量に基づくシミュレーションと航路分離を行った場合のシミュレーションによる衝突危険度を、上記3つの区分に分類したものを Fig.13 に示す。航路分離を行うことで同航の割合が大きくなる傾向が見られる。これは早い段階から交通を整流したことにより、船舶同士が同航する距離と時間が増えたことから、同航による衝突の危険の割合が増加し反航の割合が減少したものと考えられる。

以上より安全対策を考慮した場合、その対策を盛り込んで海上交通流シミュレーションを行うことにより、その効果を定量的に評価することが可能であると言える。



Simulation Result (before)



Simulation Result (after2)

Fig.13 Comparison of the rate for the relationship of own-ship and target-ship

6. まとめ

- 1) 海上交通流の実態把握のため、AIS データを取得し、分析を行った。
- 2) AIS データを用いて入力を作成し、海上交通流をシミュレーションできる技術を確認した。
- 3) AIS データに基づく海上交通流シミュレーションを実施すれば、交通流に潜む危険性を、危険な見合い関係の発生頻度という形で表現することができる。
- 4) このシミュレーションでは船舶の発生頻度や船舶の通航する場所を変更することができるので、今回行ったような仮定に対する交通流の変化を予測でき、その時の危険な見合い関係の発生頻度も推定できる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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, 関西造船協会誌 No.205, pp.1-10