

Title	A I Sデータを用いた船舶間の衝突危険度評価に関する研究
Author(s)	三宅, 里奈
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/61785">https://doi.org/10.18910/61785</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 三宅里奈 )

論文題名 AISデータを用いた船舶間の衝突危険度評価に関する研究

## 論文内容の要旨

船舶の海難において衝突の割合が最も高い。衝突を防止する対策には、避航（相手船を回避する行動）の支援や自動化が不可欠であり、現在、欧州を中心に無人化船の研究が進められている。これを実現するには、港内のように多くの船舶が密集する状態から太平洋のように広い場所を少数の船舶が散在する状態まで、あらゆる状況において適切に避航を行う必要がある。そのためには船舶間の衝突危険度をそれぞれの状況に応じて適切に評価することが重要である。これまでに衝突危険度を評価する指標がいくつか提案されてきた。しかし、そのほとんどが操船シミュレータを用いて港内や湾内を想定して再現した過密な状況での操船者の行動分析やそのときのインタビューに基づく指標であり、想定した状況以外での評価に適用できるのか、そして実際に航行しているときの避航とどの程度の差があるのかは不明である。そこで、本研究では実際に航行しているときの避航に焦点をあて、個々の船舶の位置情報などを発信しているAIS（Automatic Identification System: 船舶自動識別装置）のデータを用いて、避航義務船と針路保持船（見合い関係にある二船の呼称で海上衝突予防法にて定義される）がある程度接近したときの二船の情報を抽出し、避航の実態を統計的に分析することによって衝突危険度を客観的かつ定量的に評価する試みを行った。

第1章では、無人化船の研究や船舶交通の安全性評価の需要を例に、船舶間の衝突危険度を評価することの重要性を示した。さらに既往の研究で検討された衝突危険度の評価指標および避航に影響を及ぼす要因について整理した。さらに、これらの指標をあらゆる海域での評価に適用することの問題を示し、本研究の目的と意義を述べた。

第2章では、AISデータを用いてある程度接近した関係にある避航義務船と針路保持船の情報の抽出や、二船のAISデータを同期させそれぞれの運動状態および相対運動を含む時刻歴データの作成、避航義務船が避航したかどうかの判定および避航した場合はその操舵時機の特定などの事前解析について述べた。分析には、多くの船舶が航行し、かつ、交通流が交差する瀬戸内海の西部に位置する周防灘と伊豆大島から東京湾に至るふたつの海域のAISデータを用いた。最初に、交通量調査の手法であるOD（Origin and Destination）調査を行い、交通流が交差して避航が発生しやすい見合い関係にある船舶を抽出した。その際、AISデータは航行速度や回頭角速度の運動状態により2秒から10秒まで様々な時間間隔で個々の船舶から発信されるため、避航義務船と針路保持船のそれぞれの情報を10秒毎に同期させた情報に加工し、二船がある程度接近したときの時刻歴データを作成した。この時刻歴データをもとに避航が行われたかどうかを判定し、避航が行われたケース（以下、避航ケース）と行われなかったケース（以下、非避航ケース）に分類した。さらに、避航ケースにおいてはその避航を分析するため避航開始や避航終了などの四つの操舵時機を特定した。

第3章では、避航ケースと非避航ケースをそれぞれ比較、分析し避航の特徴を示した。その結果、避航義務船は、避航義務船の真正面を針路保持船が通過するときの距離（以下、前方航過距離）もしくは右正横を針路保持船が通過するときの距離（以下、右方航過距離）がある値以上のときは避航せず、その値未満のときは避航していることから、避航義務船は前方航過距離もしくは右方航過距離がある値以上か未満かによって避航するかしないかの判断をしているであろうことを示した。またその値は個人的なばらつきがあるもののほぼ針路保持船の船長や見合い関係に依存することを示した。さらに、ほとんどの避航義務船は、針路保持船が避航義務船の真正面もしくは右正横を通過した直後に避航を終了していたことから、操船者が感じる衝突危険度はそのときに減少していると推察されることを示した。既往の研究では、二船が最接近する時機（時間的には上述の避航義務船の真正面もしくは右正横を通過した時機より後）に至るまで衝突危険度は上がり続けると考えられていたことに対し、実際には操船者はそれより早く避航を終了していることを示した。

第4章では、避航ケースのうち操舵時機を特定した199ケースを分析し、衝突危険度を定量的に評価する方法を示した。まず、避航開始時機に関して二船間の相対方位の時間変化率（以下、方位変化）と二船間の距離（以下、相対距離）を回帰分析した。そのばらつきを統計的に分析して、ほとんどの避航義務船が避航を開始する時機は方位変化と

相対距離を二変数とした平面上のある領域として広がっていることから、操船者が感じる衝突危険度は方位変化および相対距離と関係があることを示した。それを避航開始時機以外の避航に伴う他の操舵時機にも適用した結果、別の研究者が操船シミュレータ実験により推定し提案した領域とほぼ一致する形で、この二変数の平面上にいくつかの衝突危険度（領域）として定義でき、しかも、操船シミュレータで適用された海域より遠いところでもその領域が連続的に広がっていること、それぞれの領域の境界線が方位変化と相対距離を両対数にしたときに直線の関係になること、すなわち、この二変数を両対数にしたとき衝突危険度は直線関係を保ちながら連続的に変化することを示した。さらに、相対距離を避航義務船の船長で割った無次元距離と相対距離を単位時間あたりの相対距離の変化量で割った無次元距離のふたつの無次元距離の加重平均値（以下、無次元相対距離）として表すことにより、避航開始時機が避航義務船の船長や二船間の相対速度によらず表現でき、かつ、その避航開始時機がそれぞれの領域で明確な違いをもつ分布形状として表現できることを示した。そして、その避航開始時機はその後の避航に伴う操舵時機も含め、結果として第3章で述べた操船者が避航するかしないかの判断としている避航義務船の前方航過距離または右方航過距離を確保するための行動であり、それらがすべて、方位変化と無次元相対距離の関係で説明できることから、避航の開始から終了に至るまでの操船者の行動を方位変化と無次元相対距離の関係で説明できることを示した。

第5章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、本研究の有用性を述べて結論とした。

また、付録では、既往の研究で提案されている衝突危険度を定義するための変数と操船者が避航の際に用いていると思われる方位変化と相対距離の関係も示した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 三宅里奈 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	(教授)	長谷川和彦
	副 査	(教授)	梅田 直哉
	副 査	(准教授)	鈴木 博善
	副 査	(准教授)	橋本 博公 (神戸大学海事科学部)

## 論文審査の結果の要旨

船舶の海難において衝突の割合が最も高い。衝突を防止する対策には、避航（相手船を回避する行動）の支援や自動化が不可欠であり、現在、欧州を中心に無人化船の研究が進められている。これを実現するには、港内のように多くの船舶が密集する状態から太平洋のように広い場所を少数の船舶が散在する状態まで、あらゆる状況において適切に避航を行う必要がある。そのためには船舶間の衝突危険度をそれぞれの状況に応じて適切に評価することが重要である。これまでに衝突危険度を評価する指標がいくつか提案されてきた。しかし、そのほとんどが操船シミュレータを用いて港内や湾内を想定して再現した過密な状況での操船者の行動分析やそのときのインタビューに基づく指標であり、想定した状況以外での評価に適用できるのか、そして実際に航行しているときの避航とどの程度の差があるのかは不明である。そこで、本研究では実際に航行しているときの避航に焦点をあて、個々の船舶の位置情報などを発信している AIS（Automatic Identification System: 船舶自動識別装置）のデータを用いて避航義務船と針路保持船（見合い関係にある二船の呼称で海上衝突予防法ではそれぞれ「避航船」と「保持船」と定義される）がある程度接近したときの二船の情報を抽出し、避航の実態を統計的に分析することによって衝突危険度を客観的かつ定量的に評価する試みを行った。

第 1 章では、無人化船の研究や船舶交通の安全性評価の需要を例に、船舶間の衝突危険度を評価することの重要性を示している。さらに既往の研究で検討された衝突危険度の評価指標および避航に影響を及ぼす要因について整理している。さらに、これらの指標をあらゆる海域での評価に適用することの問題を示し、本研究の目的と意義を述べている。

第 2 章では、AIS データを用いてある程度接近した関係にある避航義務船と針路保持船の情報の抽出や、二船の AIS データを同期させそれぞれの運動状態および相対運動を含む時刻歴データの作成、避航義務船が避航したかどうかの判定および避航した場合はその操舵時機の特定などの事前解析について述べている。分析には、多くの船舶が航行し、かつ、交通流が交差する瀬戸内海の西部に位置する周防灘と伊豆大島から東京湾に至るふたつの海域の AIS データを用いている。最初に、交通量調査の手法である OD (Origin and Destination) 調査を行い、交通流が交差して避航が発生しやすい見合い関係にある船舶を抽出している。その際、AIS データは航行速力や回頭角速度の運動状態により 2 秒から 10 秒まで様々な時間間隔で個々の船舶から発信されるため、避航義務船と針路保持船のそれぞれの情報を 10 秒毎に同期させた情報に加工し、二船がある程度接近したときの時刻歴データを作成した。この時刻歴データをもとに避航が行われたかどうかを判定し、避航が行われたケース（以下、避航ケース）と行われなかったケース（以下、非避航ケース）に分類している。さらに、避航ケースにおいてはその避航を分析するため避航開始や避航終了などの

四つの操舵時機を特定している。

第 3 章では、避航ケースと非避航ケースをそれぞれ比較、分析し避航の特徴を示した。その結果、避航義務船は避航義務船の真正面を針路保持船が通過するときの距離（以下、前方航過距離）もしくは右正横を針路保持船が通過するときの距離（以下、右方航過距離）がある値以上のときは避航せず、その値未満のときは避航していることから、避航義務船は前方航過距離もしくは右方航過距離がある値以上か未満かによって避航するかしないかの判断をしているであろうことを示している。またその値は個人的なばらつきがあるもののほぼ針路保持船の船長や見合い関係に依存することを示している。さらに、ほとんどの避航義務船は、針路保持船が避航義務船の真正面もしくは右正横を通過した直後に避航を終了していることから、操船者が感じる衝突危険度はそのときに減少していると推察されることを示している。既往の研究では、二船が最接近する時機（時間的には上述の避航義務船の真正面もしくは右正横を通過した時機より後）に至るまで衝突危険度は上がり続けると考えられていたことに対し、実際には操船者はそれより早く避航を終了していることを示している。

第 4 章では、避航ケースのうち操舵時機を特定した 199 ケースを分析し、衝突危険度を定量的に評価する方法を示している。まず、避航開始時機に関して二船間の相対方位の時間変化率（以下、方位変化）と二船間の距離（以下、相対距離）を回帰分析している。そのばらつきを統計的に分析して、ほとんどの避航義務船が避航を開始する時機は方位変化と相対距離を二変数とした平面上のある領域として広がっていることから、操船者が感じる衝突危険度は方位変化および相対距離と関係があることを示している。それを避航開始時機以外の避航に伴う他の操舵時機にも適用した結果、別の研究者が操船シミュレータ実験により推定し提案した領域とほぼ一致する形で、この二変数の平面上にいくつかの衝突危険度（領域）として定義でき、しかも、操船シミュレータで適用された海域より遠いところでもその領域が連続的に広がっていること、それぞれの領域の境界線が方位変化と相対距離を両対数にしたときに直線の関係になること、すなわち、この二変数を両対数にしたとき衝突危険度は直線関係を保ちながら連続的に変化することを示している。さらに、相対距離を避航義務船の船長で割った無次元距離と、相対距離を単位時間あたりの相対距離の変化量で割った無次元時間というふたつの無次元値をかけたもの（以下、無次元相対距離）として表すことにより、避航開始時機が避航義務船の船長や二船間の相対速度によらず表現でき、かつ、その避航開始時機がそれぞれの領域で明確な違いをもつ分布形状として表現できることを示している。そして、その避航開始時機はその後の避航に伴う操舵時機も含め、結果として第 3 章で述べた操船者が避航するかしないかの判断としている避航義務船の前方航過距離または右方航過距離を確保するための行動であり、それらがすべて、方位変化と無次元相対距離の関係で説明できることから、避航の開始から終了に至るまでの操船者の行動を方位変化と無次元相対距離の関係で説明できることを示している。

第 5 章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、本研究の有用性を述べて結論としている。

以上のように、本論文は近年、船舶の自動航行に関してもっとも重要となっている海上における二船間の衝突危険の判断をどのように自動化するかという問題に対して新たな知見を示している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。