

令和元年6月13日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04604

研究課題名(和文) 国際基準による安全対策評価のためのリスク評価法の開発

研究課題名(英文) Development of Risk Assessment Method for Evaluating Risk Control Option Based on International Regulation

研究代表者

篠田 岳思 (Shinoda, Takeshi)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：80235548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：国際海事機関IMO(International Maritime Organization)において、2013年に改訂されたFSA(Formal Safety Assessment)ガイドラインを補完し、船舶の設計、運航に関わる安全対策の検討のためのリスクアセスメント法の確立を目指し、人間の認知・情報処理理論を基に操船時の人的過誤モデルの構築をベイジアンネットワークを基にモデル化を図り、衝突海難事故のデータベースの構築と作成から、確率的なリスク解析と安全対策の費用対効果の評価に至るまで、一貫したリスク評価法の構築の検討と適用の検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IMOにおいて制定されたFSAは、事故の事前対処による国際ルールの策定に効果が高く今後の国際基準作成の鍵になると考えられているが、これまでにFSAが適用された対象が限定的であり、確率的リスク評価のためのあいまい性の排除や費用対効果の把握方法の検討を必要としている。特に人的要因の関わる海難事故については、確率事象の表現があいまいになり、事前対処のための安全対策のリスクアセスメントへの展開が難しい状況である。本研究では人間の認知・情報処理理論により操船時の人的過誤モデルの構築を図り、これを基に海難データベースの骨格の作成からリスク解析と安全対策の費用対効果の評価を一貫させる手法の構築を図った。

研究成果の概要(英文)：The revised guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) approved by IMO (International Maritime Organization) in 2013. The aim of research is to establish a risk assessment method for ship's design and service that is provided as a complement for FSA. In this research, we examine the application of the Bayesian network for accident occurrence modeling, which can reveal the causal relationships between human factors in maneuvering vessels and ship collisions. The risk analysis model for the collision accidents using the Bayesian network consists of three major components which are; a) the model of ship maneuvering, b) the model of collision factors and, c) the model of effective factors for Risk Control Options (RCOs) as safety measures to reduce collision risks. Finally the gross cost of averting fatality index in the guidelines are considered as cost benefit analysis for RCOs. The key concept of risk analysis is to keep consistency through data analysis.

研究分野：造船学(機能設計工学)

キーワード：リスクアセスメント Formal Safety Assessment 海難事故 ヒューマンファクター リスク軽減対策

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

船舶に関わる海難事故の多くは、操船上の誤認や誤判断、誤操作などの人的過誤であるヒューマンファクターが関係していることが多く重大海難に繋がることも多く、安全に関わる機能システム等のリスク管理体系をどのように構築するかが重要課題である。

これまで IMO(International Maritime Organization)において整備されてきた海上における人命の安全のための国際条約、SOLAS(The International Convention for the Safety of Life at Sea)では、新たなルール改正や装置の義務化等に際しては、特に重大海難事故を契機として、事故の抑制のための対策等が提示、改正されてきており、海上安全に多大な成果があげられてきたものの、各国の思惑や意思決定にも政治的要素が働き、対策に対する科学的な合理的な評価から決定がなされているとは限らないという指摘も現れてきている。

このため、IMOでは1993年のMSC(Marine safety conference)62において英国よりIMOでの安全向上に資する装置の強制化等の制定のためのガイドラインとしてFSA(Formal Safety Assessment)が提案された。FSAは総合安全評価と和訳されており、数々の審議の後に2007年にはMSC83/INF.2としてまとめられることとなった。FSAは汎化されたルール策定のためのガイドラインであり、特定の事案をルールの策定対象としたものではなく、透明性が高く合理的なリスクアセスメントによりIMO基準を策定しようと考案されたツールである。これまでMSCではバルクキャリアの安全性問題(Bulk carrier safety)や、非常時の曳航システム(ETS)搭載の強制化、電子海図表示システム(ECDIS)の設備の強制化、安全基準設定のための火災リスク評価等について、適用検討が進められ、FSAは今後のIMOルール策定の鍵になるものと考えられている。また、2013年にはMSC-MEPC.2/Circ.12改訂ガイドラインが承認されている。

FSAは基準やルール策定に有効性はあるものの適用上の問題点としては、使い方による透明性や、確率的リスク解析法として示されているET(Event Tree)法やFT(Fault Tree)法では、基本事象の確率値の設定が難しく他の事象の確率値を代替せざるを得ないこともあり、得られた確率値の信頼性に指摘がある。また、事故解析の際のシナリオの合理性、リスク分岐確率の設定、費用対効果の把握方法等について課題が指摘されており、船舶の安全規制に関わる設備要件等の評価に対してFSAの適用は未だに解決課題がある。FSAによるリスクアセスメントの確率的評価法の構築と有用性の検証を必要としている。

2. 研究の目的

本研究はIMOにおいて今後のルール策定をして行く際の鍵になるFSAによるリスクアセスメントのガイドラインの補完を目指すこととして、船舶に有するリスクに対して設計、運航、基準制定の際に安全対策を検討するためのリスクアセスメントによる評価法の確立を目標としている。このため操船時の人的過誤を人間の認知・情報処理理論による人的過誤モデルの構築を図り、このモデルを基にデータベースの作成からリスク解析と安全対策の費用対効果の評価に至るまで、一貫したリスク評価法の構築を図り、この評価法の適用を通して検証を図る。なお適用には毎年の我が国近海において2500件程度の子難事故の内30%を占める衝突海難を扱うこととする。

FSAによるリスクアセスメントのガイドラインには手順として以下がある。これは潜在的危険の同定、次にリスク解析、リスク対策・措置の策定、この対策の費用対効果の評価、意思決定のための勧告、という大きく五つの過程からなり、各過程において用いられる手法は、推薦的な手法があるがリスク評価を行う側に委ねられている。

背景に述べたFSAの課題からの解決法として、研究では適用研究を想定して衝突海難に関わるリスク解析のために、次の三つの課題として、1)衝突海難に関わるリスク評価のための人間の認知・情報処理理論を基にした操船時の人的過誤モデルの構築とリスク解析の検討、2)リスクを軽減する改善対策の有効性を評価するための手法とその費用対効果を把握する手法の検討、3)バックグラウンドリスクの推定法と背後要因の把握の検討、を設定して研究を推進する。

3. 研究の方法

本研究では、FSAの評価の流れをベースとし、過去に公開されている海難審判所の衝突海難事故のデータを活用し、この事故要因の標準コード化を図り、事故データからリスク解析、安全対策の有効性までを一貫させたリスク評価法の構築を図る。

FSAの評価の主な流れは、Step 1:潜在的危険(ハザード)の同定、Step 2:リスク解析、Step 3:リスク対策・措置(RCO、リスクコントロールオプション)の策定、Step 4: RCOの費用対効果の評価、Step 5: 意思決定のための勧告、の各過程からなる。研究ではFSAのガイドラインに沿い、大きく1)衝突海難に関わるリスク解析のための認知・情報処理理論を基にした操船時の人的過誤モデルの構築、2)リスクを軽減する改善対策の有効性を評価するための手法とその費用対効果を把握する手法の検討、3)バックグラウンドリスクの推定法と背後要因の把握の検討、について課題の設定を行う。

なお、これまで当該研究室では、リスク解析のための研究の整備として、FSAに基づく衝突海難に関する研究や、造船工場での労働災害に関連するリスク評価法の開発が行われてきており、を行ってきており、これらの研究成果を活用する。

以下に述べる4項目の研究課題を設定してリスクアセスメント法の構築を推進する。

(1) 認知・情報処理理論を基にした操船時の人的過誤モデルの構築

衝突海難に関わるリスク解析には、a)人間の認知・情報処理理論を基にした操船時の人的過誤モデルの構築を図り、b)このモデルに基づきデータの必要要素を設定して、衝突海難のデータベースの再構築と拡充を進める。人的過誤要因にはVTA(Variation tree analysis)により事故時にとられた通常の操船とは異なる変動要因を抽出し標準コード化を行っている。この人的過誤要因の標準コード化から、人的過誤モデルの構築や、事故の分類、事故シナリオの把握と設定が可能となり、また事故に繋がる過誤要因を遮断することが事故対策となりうるため事故対策の立案や、対策の有効性について検討を進めることが容易になる。

(2) 海難事故の人的要因を考慮したリスク解析モデルの構築

海難事故の人的要因を考慮したリスク解析モデルの構築を図り、リスク解析に必要な確率的リスク解析モデルの構築および事象の生起確率値の整備を行う。a)確率的リスク解析モデルにおいては、ベイジアンネットワークを用いた操船時の人的過誤のモデル化を行い、また、b)このモデルに必要な、事象の生起確率値は、先の人的過誤モデルに基づく衝突海難データベースを基にして、因果関係の推移を積算することにより、確率計算に必要な条件付確率表(CPT: Conditional Probability Table)を得る。

(3) リスクを軽減する改善対策の有効性評価と費用対効果の把握手法

FSAにおいて費用対効果の指標として用いられているGCAF(Gross Cost of Averting Fatality)によりRCOの費用対効果の検討を行う。GCAFは対策にかかるコスト増分のCと、対策による削減リスクRからなり、CおよびRの設定を必要とするため、これらの検討を行う。特に、Rは衝突リスク軽減対策の評価には、RCOの安全改善対策と事故要因改善の寄与度から、確率的リスク解析モデルに基づいて、RCO有効性評価モデルの構築を行い、対策後の衝突海難の残存リスクを確率的に推定する。また、人損や物損には船舶に関連する公表されている保険支払いデータ分析や、関係機関へのインタビュー調査を行い、損失額を推定してGCAFの限界値の設定について検討を行う。

(4) バックグラウンドリスクの推定と背後要因の把握

現状の潜在的危険度を見積もるため、バックグラウンドリスクとして船舶の航行量を推定する必要がある。推定には衛星画像解析を用いた方法、訪船調査等を実施して、これまでの全交通量調査データを活用した方法と比較する。なお、調査は衝突海難の殆どを占める輻輳海域を対象とする。

以上をまとめ人的過誤モデルをベースに一貫したリスクアセスメント法の構築を図り、適用例を通して評価法の改良を図る。また、実際の運用にできるだけ使い易いツールとして構築を進める。

4. 研究成果

IMOにおいて、今後の国際基準の策定の鍵になるFSAガイドラインを補完し、船舶の設計、運航に関わる安全対策の検討のためのリスクアセスメント法の確立を目指し、操船時の人的過誤を人間の認知・情報処理理論によるモデルの構築を図り、海難事故のデータベースの構築・作成からリスク解析と安全対策の費用対効果の評価に至るまで、人的過誤モデルを基にした一貫したリスク評価法の構築の検討を行った。

研究では適用研究を想定して、以下の大きく四つの課題について研究を推進し研究成果を得た。

1) 認知・情報処理理論を基にした人的過誤モデルの構築の検討を行った。このモデルでは、外界からの知覚情報や聴覚情報の刺激に対して、知覚、状況判断、行為判断、行為の状態推移に従って情報処理がなされることから、この情報処理過程に沿い、操船時の状態遷移モデルとして、発見、動静監視、避航判断、操船を対応させることにより、操船の各状態に危険される人的過誤モデルを対応させることにより実現した。また、人的過誤モデルには、人的要因の抽出が必要となるが、これには、これまで日本の周辺海域において発生した衝突海難についてデータベースの再構築を行いデータベースの整備と拡充を行うことにより構築を行った。なお、衝突海難のデータベース構築には、GIS(Geographic Information System、地理情報システム)の利用や、衛星画像の利用についても検討を行った。

2) 海難事故の人的要因を考慮したリスク解析モデルの構築の検討を行った。ここでは、リスク解析に必要な確率的リスク解析モデルとして構築するために、ベイジアンネットワークを用いた操船時の人的過誤のモデルとして構築し、衝突海難データベースを元に各要因について事象の生起確率値の整備を行い、事象の生起確率値の整備と精度向上、について取り組んだ。

3) リスクを軽減する改善対策の有効性評価と費用対効果の把握手法について検討を行った。課題としては、ここでは、RCOのリスク削減効果Rの推定方法について検討を行い、またGCAFによる限界値の推定手法について検討を行った。

4) バックグラウンドリスクの推定と背後要因の把握について検討を行った。ここでは、衛星画像を用いて、これに画像処理を行い瀬戸内海の輻輳海域での交通状況の抽出について検討して有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- 1) Fadilla Indrayuni Prastyasari, Takeshi Shinoda, K. Buda, A Dinariyana, The Implementation of Traffic Separation Scheme in the Sunda Strait and Its Future Impacts The 3rd International Conference on Marine Technology (SENTA), Vol.3, 2018
- 2) 篠田岳思、渡川 真規、瓜生浩二、衛星画像による海上交通量の推定法と衝突海難のリスク評価に関する研究、日本航海学会、K139、2018
- 3) 篠田岳思、21 世紀型の造船業とは何か、日本船舶海洋工学会、Vol. 27、2018
- 4) 土井裕文、篠田岳思、TOC 思考を活用した System of systems の経営的考察 日本船舶海洋工学会、Vol. 27、2018
- 5) 土井裕文、篠田岳思、TOC 思考法による戦略的な造船経営計画に関する研究 日本船舶海洋工学会、Vol. 26、2018
- 6) I.G. N. Buana, Katuhiko Yano, Takeshi Shinoda, Design Evaluation Methodology for Ship's Outfitting Equipment by Applying Multi-criteria Analysis, The 3rd International Conference on Marine Technology (SENTA), Vol. 3, 2018
- 7) Takashi Tanaka, Yo Takeshita, Takeshi Shinoda, Study on Noise Control System for in Ship Superstructure to satisfy the IMO Regulations on Noise Levels Onboard Ships, Advance Maritime Engineering Conference 2018, 2018
- 8) Takashi Tanaka, Takeshi Shinoda, Putu Hangga Nan Prayoga, Establishing Database for Basic Design of General Arrangement for Ship's Superstructure, Advance Maritime Engineering Conference 2018, 2018

〔学会発表〕(計 10 件)

- 1) Takeshi Shinoda, Developing a Risk Assessment Model for Ship Collisions that Incorporates Human Factors, 2018 the first Maritime Safety International Conference
- 2) Takeshi Shinoda, Risk assessment for marine accidents in Indonesia, 2018 the first Maritime Safety International Conference
- 3) Fadilla Indrayuni Prastyasari, The Implementation of Traffic Separation Scheme in the Sunda Strait and Its Future Impacts, the 3rd International Conference on Marine Technology (SENTA) 2018
- 4) 渡川 真規、衛星画像による海上交通量の推定法と衝突海難のリスク評価に関する研究、日本航海学会
- 5) 篠田岳思、21 世紀型の造船業とは何か、日本船舶海洋工学会
- 6) 篠田岳思、TOC 思考を活用した System of systems の経営的考察、日本船舶海洋工学会
- 7) 土井裕文、TOC 思考法による戦略的な造船経営計画に関する研究、日本船舶海洋工学会
- 8) I.G. N. Buana, Design Evaluation Methodology for Ship's Outfitting Equipment by Applying Multi-criteria Analysis The 3rd International Conference on Marine Technology (SENTA) 2018
- 9) Yo Takeshita, Study on Noise Control System for in Ship Superstructure to satisfy the IMO Regulations on Noise Levels Onboard Ships, Advance Maritime Engineering Conference 2018
- 10) Takashi Tanaka, Establishing Database for Basic Design of General Arrangement

for Ship's Superstructure Advance Maritime Engineering Conference 2018

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：田中太氏

ローマ字氏名：Tanaka Takashi

所属研究機関名：九州大学

部局名：工学研究院

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70432854

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。