

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 金湖 富士夫

本論文の目的は、著者により開発された船舶の安全対策の高精度なリスク評価手法を提示し、開発された手法を例題に適用することによってその手法の有効性を示すことである。

本論文は 5 章からなり、第 1 章は序論、第 2 章は船舶のリスク評価の方法論について、第 3 章は航行環境整備による航行安全対策の評価手法の開発について、第 4 章は船舶火災安全対策のリスク評価手法の開発について、そして第 5 章で結論が述べられている。

第 1 章では、本研究の背景として FSA(Formal Safety Assessment)、GBS(Goal Based Design)、そしてリスクベース設計に顕著に見られる最近の海事分野におけるリスク評価の導入、およびそれによる安全基準や設計におけるパラダイムの変化、すなわち船舶の安全を明示するために、これまでの基準による安全の主張からリスクによる安全の主張への変化が示されている。また、本研究の基礎となるリスク評価が概説され、船舶の安全向上の必要性を示すために現状の船舶のリスクレベルが LRFP(Lloyd's Register Fairplay)による海難および船舶要目データによる解析により示され、現状の主要船種のリスクレベルが ALARP(As Low As Reasonably Practicable)であることが示されている。さらに、安全対策、すなわち RCO(Risk Control Option)の設置を正当化するために RCO によるリスク低減効果を高精度で推定する技術を開発してリスクによる安全の主張を可能とする方法論の提案を目指した本研究の目的が示されている。

第 2 章では、リスクによる安全の主張を可能とする船舶の高精度なリスク評価手続きが提示され、事故発生シナリオおよび災害進展シナリオにおける人命損失リスク評価方法の詳細が説明されている。また、提案されているリスク評価手続きにはリスクを削減するための RCO として事故発生防止、災害進展防止、そして避難支援があり、それらがリスク評価過程にどのように組み込まれるのかについて示されている。

人命損失をもたらす主な事故として、1) 衝突、2) 接触(岸壁への衝突等、固定された物に対する衝突のこと)、3) 乗揚、4) 着火(爆発を含む)、5) 転覆、6) 船体損傷、7) 開口生成が考慮された。また、人命損失をもたらす主な災害として、浸水災害と火災災害を上げている。本章で提案された船舶のリスク評価手続きは、起因事象から事故発生に至るまで、事故発生後の災害進展から死者が出るまでの過程を明示し、リスクを求めるために、それぞれの過程において重要な 13 の機能が説明されている。第 3 章では事故発生防止の RCO、そして第 4 章では災害(火災)進展防止の RCO によるリスク削減効果が推定されているが、そのための手法は 2 章で示された手続きに基いている。

第 3 章では、衝突リスクを削減するための RCO として航行環境整備による衝突事故発生

防止対策が取り上げられている。まず、衝突事故発生頻度を求める新たな確率論的推定法が提示されている。次に、効果的な衝突事故防止対策として航行分離があるが、航行分離航路の例として浦賀水道航路が取り上げられ、同航路において航行分離が衝突発生頻度を 1/7 と大幅な減少をもたらしたことが確率論的に可能な限り厳密に示している。また、衝突防止 RCO として、航行分離に加えて速度管理を実施した場合の効果についても検討している。その結果、浦賀水道航路航行船舶の速度分布の標準偏差を現状の 10% にするよう速度管理を行うことにより、さらに衝突危険発生数がさらに4分の1になることが示された。その後、それら衝突防止 RCO である航行分離と速度管理のリスク削減効果が評価された。

第 4 章では、対象船舶としてクルーズ客船、そして対象災害として居室火災を取り上げ、火災および避難シミュレーションを行い得られた人命損失数の推定結果より火災進展防止 RCO のリスク評価を行う手法が示され、例題として、消火器による初期消火、スプリンクラ、防火扉、消火栓が考慮され、それらの火災災害進展防止 RCO によるリスク削減効果が評価された。この方法の一部として新たに開発された成功時間確率密度関数が定義された火災対処の一般化イベントツリーが示された。また、一般化イベントツリーと成功時間を区分してイベント毎の成功時間の区分の組合せの避難成功における順序関係を定義することにより、火災および避難シミュレーションを実施すべき火災進展シナリオの数を大幅に削減する手法が提案された。これらの手法を乗船者 120 人の小型旅客船に適用して種々の火災の RCO の組合せの人命損失リスクを求められた。また、同手法によりリスクの上限と下限を求めることができ、リスク評価の不確実さの評価を実施してリスク評価結果の信頼性を高めることができた。さらに、この手法により得られた小型旅客船の居室火災リスクと現実のクルーズ客船のリスクとの比較によりその妥当性が示された。

第 5 章では結論として本研究にて提案された方法により、船舶というハードウエアの設計のリスク評価だけでなく、船舶外部の航行環境まで含めた運航時のリスク評価を実施して、リスクによる船舶の安全を主張することが可能となったことが言及されている。また、リスクによる安全の主張は、基準の順守による安全の主張より多くの時間と労力が求められるが、その方法論が確立すれば、未だ基準による安全の主張が現実的であるタンカーやバルクキャリア等の従来型船舶でもリスクによる安全の主張が可能となり、結果として海事分野全体の安全が向上することが期待できるとともに、新たな技術の導入、あるいは新たなコンセプトの船舶の開発、運航をこれまでより容易に可能とする道が開かれることになり、設計自由度の拡大により海事分野の経済性の更なる向上も期待できることを示唆している。

本論文は、船舶の安全基準や設計へのリスク評価の導入という近年国際的に顕著になりつつある動向、すなわち基準による安全の主張からリスクによる安全の主張へのパラダイムシフトという動向に着目し、それを可能とする技術について包括的に論じ、一部については新たな技術の開発を行ってリスクによる安全の主張を例示しており、学問的、社会的にも重要な意義がある。よって、本論文は博士（工学）の学位を授与できると認める。