システムダイナミクスを用いた海難リスクの一考察

正員 有馬 英利* 学生員 長谷川 堅一*
 非会員 Lahar BALIWANGI* 非会員 古 莊 雅 生*
 正員 石 田 憲 治*

A particular study on Marine Hazard Risk based on the System Dynamics

by Hidetoshi Arima, *Member* Kenichi Hasegawa, *Student Member*
 Lahar Baliwangi, *Not Member* Masao Furusho, *Not Member*
 Kenji Ishida, *Member*

Summary

This research was build the model after marine hazard and simulate from the viewpoint of making damage by the marine hazard small not from the viewpoint of preventing a marine hazard. Elements of the model were quantified to easy to compare and examine the simulation result. Human factors, one of the elements of the model, is difficult to quantifying. So human factors was made into random number. To simulate the model which has indefinite elements used application software based on system dynamics. This research focused on after the marine hazard, the model made the risks of which extent occurs because of the change in the situation. We tried to examine the causal relation between the human factors and the occurring event risk which based on the model.

1. 緒 言

全産業の就労中の死傷災害率を見ている、林業、漁船、鉱業、内航汽船という順になっており¹⁾海難による死傷災害率が高いことがわかる。海難は年間約 6,000 件起きており²⁾、1 日に約 15 件どこかで海難が起きていることとなる。

海難の再発防止のため海難発生の要因を調査する機関として海難審判庁があり、他にも海難の発生を防ぐための調査、研究^{3,4,5,6,7)}はたくさんなされている。海難防止の成果として、国土交通省の発行する海難統計資料からは近年海難船舶数は減少傾向にある⁸⁾ことがわかる。しかし、同資料より近年海難人員数は増加傾向にある⁹⁾。海難船舶数が減少し、海難人因数は増加するということは、1 件の海難事故による被害の大きさが大きくなっていることを示すと考える。海難は事故が発生してからいくつかの事象が発生して死傷者が発生するため、事故発生から死傷者発生までに時間がかかるものが少なくない。海難発生後に視点を置き、海難発生後の被害を小さくする対策を研究しているものとして、Hngtae Kim らによる客船の乗客を安全に避難させるための研究¹⁰⁾は行われていた。しかし、海難発生後どのような事象が被害の大

きさに影響を与えているのかについて調査、研究は全くされていないのが現状であるので、海難発生後に視点を置き、調査し研究することによって被害を小さくできるのではないかと考えた。

本研究は海難発生後に視点を置き、海難発生を始点とし状況の変化によってどの程度の被害が発生するかというモデルを組み、モデルに基づいてシミュレーションを行い発生する事象とその因果関係について検討を行う。

2. モデルの構築とシミュレーション

2.1 モデルの構築

海難発生後のモデルを、JIS Q 2001 の中のリスクの定義「リスクとは、事態の発生確率とその結果の組み合わせ」に基づいて構築する。本研究は、海難発生後に視点を置き状況の変化における被害の大きさの変化を検討するため、海難が発生した結果の被害の大きさを死傷者の発生頻度で表し、リスクの定義より「海難の発生確率と死傷者発生頻度との組み合わせを死傷リスクとする」と定義する。

モデル構成要素を選ぶに当たって、本研究の定義とモデル構築後のシミュレーション結果を正確に得るために、海難審判庁の発行する海難レポートと裁決録から要素を選出した。モデルの構成要素を Table 1 に示す。Table 1 中の番号 29 ~ 38 についてはさらに各々の要素の中で数個の項目にわけ、その項目を Table 2 に示す。全海難において死傷者発生を左

* 神戸大学海事科学部附属国際海事教育研究センター

右するファクターとして、海難発生月、時刻、天候、視程、風力の気象海象が考えられる。これは、気温などの環境と通常の活動時間との違いなどにより、人間の行動パターンに少なからぬ影響が見られると推察されるからである。また、船体の構造、設備の違い、海難発生に対する処置により死傷者の発生は左右され、乗船者の能力、経験に関係するので、資格、船種のファクターも全海難について組み込んだ。衝突については、衝突速度、衝突角度によって船体に与える損傷や影響は違い、その船体の被害状況によって死傷者の発生が左右されるので、ファクターとしてモデルに組み込んだ。Table 1 中の番号 39 ヒューマンファクターについて、海難発生原因の大部分を人的ミス、ヒューマンエラーが占めている¹¹⁾ことから、海難発生後の展開についても人の与える影響は無視できないと考えた。そこで、ヒューマンエラーといったマイナスの要素だけでなく、プラスとマイナスの両要素を含んだヒューマンファクターとしてモデルの中に組み込んだ。要素選出後構築したモデル図を Fig.1 に示す。Fig.1 中の番号と Table 1 中の番号は対応する。

Table 1 Elements of model.

1. 爆発による死傷リスク	21. 死傷などの事象発生確率
2. 火災による死傷リスク	22. 施設など損傷事象発生確率
3. 遭難による死傷リスク	23. 沈没事象発生確率
4. 属具損傷による死傷リスク	24. 浸水事象発生確率
5. 運行・安全阻害による死傷リスク	25. 転覆事象発生確率
6. 行方不明による死傷リスク	26. 機関損傷事象発生確率
7. 死傷などによる死傷リスク	27. 衝突事象発生確率
8. 施設など損傷による死傷リスク	28. 乗揚げ事象発生確率
9. 沈没による死傷リスク	29. 資格による死傷者発生頻度
10. 浸水による死傷リスク	30. 月別による死傷者発生頻度
11. 転覆による死傷リスク	31. 気象・海象による死傷者発生頻度
12. 機関損傷による死傷リスク	32. 船の種類による死傷者発生頻度
13. 衝突による死傷リスク	33. 時刻による死傷者発生頻度
14. 乗揚げによる死傷リスク	34. 視程による死傷者発生頻度
15. 爆発事象発生確率	35. 天候による死傷者発生頻度
16. 火災事象発生確率	36. 風力による死傷者発生頻度
17. 遭難事象発生確率	37. 衝突速度による死傷者発生頻度
18. 属具損傷事象発生確率	38. 衝突角度による死傷者発生頻度
19. 運行・安全阻害事象発生確率	39. ヒューマンファクター
20. 行方不明事象発生確率	

2.2 シミュレーション方法

海難発生を始点としたモデルを構築した後、モデルに基づき海難発生後の状況がどのような項目の組み合わせの場合

に被害が大きくなるかシミュレーションを行い比較、検討する。

シミュレーションを行うに当たって、シミュレーション結果の比較を容易に行うため、評価する対象を定量化する方法で且つリスクマネジメントに用いられる手法の一つである確率論的評価法を用いる。各要素の定量化方法については次項に示す。ただし Table 1 中の番号 39 のヒューマンファクターを考慮したシミュレーションについては、人の状態によっ

Table 2 Items of casualties occurrence.

要素	項目
29. 資格	1～6 級海技士、小型船舶操縦士、水先案内人の 8 項目
30. 月別	3～5 月、6～8 月、9～11 月、12～2 月の 4 項目
32. 船の種類	貨物船、漁船、プレジャーボート、その他の 4 項目
33. 時刻	0～4 時、4～8 時、8～12 時、12～16 時、16～20 時、20～24 時の 6 項目
34. 視程	良好、不良の 2 項目
35. 天候	晴れ、曇り、雨、雪、霧の 4 項目
36. 風力	風力 0～2、風力 3～5、風力 6～8 の 3 項目
37. 衝突速度	0～3 ノット、3.01～9 ノット、9.01～15 ノット、15.01 ノット以上の 4 項目
38. 衝突角度	0 度以上 30 度未満、30 度以上 60 度未満、60 度以上 90 度未満、90 度以上 120 度未満、120 度以上 150 度未満、150 度以上 180 度未満の 6 項目

Fig.1 Model after Marine Hazard.

て海難発生後の展開に与える影響の程度は様々で定量化することが難しい¹²⁾とされているので、過去のデータを考慮し偏差をもたせモンテカルロ法を用いて 500 回シミュレーションを行った。

シミュレーションは、確率論的評価法を用いるためシステムダイナミクスに基づくモデリングとシミュレーションのための Windows 対応環境アプリケーションの Powersim を用いて行った。

2.3 要素の定量化

2.3.1 発生確率の定量化

JIS Q 2001 のリスクの定義の中の「事態の発生確率」にあたる海難の発生確率(Table 1 中の番号 15-28)を式 1、式 2 より算出した。式 1、式 2 中の海難発生総件数、海難種類別発生件数については、平成 14-16 年の海難レポート資料編^{13,14,15)}からデータを用いた。

$$(\text{各年の海難種類別構成比}) = \frac{(\text{各海難種類別発生件数})}{(\text{海難発生総件数})} \quad (1)$$

$$(\text{各々の事象発生確率}) = \frac{(\text{H14-16年の海難種類別構成比の和})}{3} \quad (2)$$

2.3.2 死傷者発生頻度の定量化

JIS Q 2001 のリスクの定義の中の「その結果」にあたる海難の被害の程度を表す死傷者発生頻度(Table 1 中の番号 29-38)は、平成 14-16 年の海難レポート資料編^{16,17,18)}と海難審判庁平成 16 年度裁決録¹⁹⁾の中で死傷者、行方不明者の発生した事件について取り上げ、各々の要素の中の項目に分類し式 3 より算出した。

$$(\text{死傷者発生頻度}) = \frac{(\text{要素の中の項目ごとの死傷者発生件数})}{(\text{要素ごとの死傷者発生件数})} \quad (3)$$

2.3.3 死傷リスクの定量化

死傷リスクは各々の死傷リスクに関する発生確率と死傷者発生頻度の累積乗算を行った。シミュレーション結果を示すグラフ中には累積発生確率として表した。

平成 14-16 年の 3 年間に起きた海難種類別の構成比^{20,21,22)}の平均を Table 3 に示した。衝突、乗揚げ、機関損傷の 3 種類の海難が海難全体の 7 割以上を占めているため、本研究では衝突、乗揚げ、機関損傷の 3 つの死傷リスクについて検討する。

Table 3 Category and ratio of Marine Accident.

構成要素	構成比率
衝突	0.418
衝突・単独	0.073
乗揚げ	0.202
沈没	0.0008
転覆	0.0034
遭難	0.012
火災	0.019
爆発	0.0001
機関損傷	0.115
船体行方不明	0.0001
属具損傷	0.0001
施設など損傷	0.018
死傷など	0.006
安全・運行阻害	0.023
浸水	0.016

3. シミュレーション結果

3.1 ヒューマンファクターを考慮しなかった結果

3.1.1 機関損傷による死傷リスク

Fig.2 は Fig.1 中の番号 12 にある機関損傷による死傷リスクについてのシミュレーション結果を示したもので、ヒューマンファクターについては考慮せずにシミュレーションを行った。

機関損傷による死傷リスクには Fig.1 中の番号 19.運行・安全阻害事象発生確率、24.浸水事象発生確率、25.転覆事象発生確率、26.機関損傷事象発生確率、27.衝突事象発生確率、28.乗揚げ事象発生確率、29.資格による死傷者発生頻度、30.月別による死傷者発生頻度、33.時刻による死傷者発生頻度、34.視程による死傷者発生頻度、35.天候による死傷者発生頻度、36.風力による死傷者発生頻度の全ての要素を含めた状態で、全ての累積発生パターンを x 軸に、機関損傷による死傷リスク(累積発生確率)を y 軸に示した。Fig. 2 のようなグラフにして表すことにより死傷リスク上位 5 つのパターンが矢印周辺に表れた。

Fig.2 Risks of machinery failure.

死傷リスク上位 5 つのパターンについて、どのような項目の組み合わせなのかを調べたものを Table 4 に示す。Table 4 は上から順に死傷リスクの高いパターンとなっている。

Table 4 Top 5 risks of machinery failure.

順位	資 格	月 別	時 刻	天 候	視 程	風 力
1	小型船舶	6月-8月	12-16	晴れ	良好	0-2
2	小型船舶	6月-8月	04-08	晴れ	良好	0-2
3	小型船舶	9月-11月	12-16	晴れ	良好	0-2
4	小型船舶	6月-8月	08-12	晴れ	良好	0-2
5	小型船舶	3月-5月	12-16	晴れ	良好	0-2

死傷リスク上位は 6 月-8 月を中心に時刻も明け方(4 時-8 時)と昼間(12 時-16 時)となっており、明け方と昼間では昼間の死傷リスクが高くなっている、レジャー用途中に死傷者が発生したと推測される月・時間帯に集中していることがわかる。

3.1.2 乗揚げによる死傷リスク

Fig.3 は Fig.1 中の番号 14 にある乗揚げによる死傷リスクについてのシミュレーション結果を示したもので、ヒューマンファクターについては考慮せずにシミュレーションを行った。

乗揚げによる死傷リスクは Fig.1 中の番号 28.乗揚げ事象発生確率、30.月別による死傷者発生頻度、32.船の種類による死傷者発生頻度、33.時刻による死傷者発生頻度、34.視程による死傷者発生頻度、35.天候による死傷者発生頻度、36.風力による死傷者発生頻度の全ての要素を含めた状態で、全ての累積発生パターンを x 軸に、乗揚げによる死傷リスク(累積発生確率)を y 軸に示した。Fig.3 のようなグラフにして表すことにより左側矢印に死傷リスク上位 1-2・4-5 番目、右側矢印に死傷リスク上位 3 番目のパターンが表れた。

Fig.3 Risks of grounding.

死傷リスク上位 5 つのパターンについて、どのような項目の組み合わせなのかを調べたものを Table 5 に示す。Table 5 は上から順に死傷リスクの高いパターンとなっている。

Fig.3 及び Table 5 からは乗揚げによる死傷リスクの場合、6 月-8 月の明け方(4 時-8 時)と昼間(12 時-16 時)で死傷リスクが高くなっている。船の種類について、資格の項目が小型船舶ということもあり漁船の死傷リスクが高くなっている。順位 3 番目をみると、同じ状況であれば漁船の次にプレジャーボートの死傷リスクが高くなっていることがわかる。

3.1.3 衝突による死傷リスク

Fig.4 は Fig.1 中の番号 13 にある衝突による死傷リスクについてのシミュレーション結果を示したもので、ヒューマンファクターについては考慮せずにシミュレーションを行

Table 5 Top5 risks of grounding.

順位	資格	月別	時刻	天候	視程	風力	種類
1	小型船舶	6 月-8 月	12-16	晴れ	良好	0-2	漁船
2	小型船舶	6 月-8 月	04-08	晴れ	良好	0-2	漁船
3	小型船舶	6 月-8 月	04-08	晴れ	良好	0-2	ボート
4	小型船舶	9 月-11 月	12-16	晴れ	良好	0-2	漁船
5	小型船舶	6 月-8 月	08-12	晴れ	良好	0-2	漁船

った。

衝突による死傷リスクは Fig.1 中の番号 15.火災事象発生確率、26.機関損傷事象発生確率、27.衝突事象発生確率、30.月別による死傷者発生頻度、32.船の種類による死傷者発生頻度、33.時刻による死傷者発生頻度、34.視程による死傷者発生頻度、35.天候による死傷者発生頻度、36.風力による死傷者発生頻度、37.衝突速度による死傷者発生頻度、38.衝突角度による死傷者発生頻度の全ての要素を含めた状態で、全ての累積発生パターンを x 軸に、衝突による死傷リスク(累積発生確率)を y 軸に示した。Fig.4 のようなグラフにして表すことにより左側矢印に死傷リスク上位 1-3 番目、右側矢印に死傷リスク上位 4-5 番目のパターンが表れた。

Fig.4 Risk of collision.

死傷リスク上位 5 つのパターンについて、どのような項目の組み合わせなのかを調べたものを Table 6 に示す。Table 6 は上から順に死傷リスクの高いパターンとなっている。

Fig.4 及び Table 6 からは衝突による死傷リスクの場合、船の種類については条件が同じならば漁船の方がプレジャーボートより死傷リスクが高くなった。衝突速度については、船の種類が漁船の場合その他の条件が同じならば、0-3knot で衝突事故を起こした場合の方が 9-15knot で衝突事故を起こした場合に比べ死傷リスクが高くなる結果となった。衝突角度については、90-120 度で真横からやや後方より衝突事

故を起こした場合に死傷リスクが高くなる結果となった。

3.1.4 ヒューマンファクターを考慮しなかった結果

ヒューマンファクターを考慮しなかった 3 つのシミュレーション結果から、死傷リスクの高くなったパターンの要素の項目を Table 7 にまとめた。

Table 7 より、今回のシミュレーションから死傷リスクの高くなった事故当時の環境は、天候・視程ともに良好で、風

Table 6 Top 5 risks of collision.

順位	資格	月別	時刻	天候	視程	風力	種類	衝突速度	衝突角度
1	小型	6月-8月	12-16	晴れ	良好	0-2	漁船	0-3ノット	90-120度
2	小型	6月-8月	12-16	晴れ	良好	0-2	漁船	9-15ノット	90-120度
3	小型	6月-8月	04-08	晴れ	良好	0-2	漁船	0-3ノット	90-120度
4	小型	6月-8月	04-08	晴れ	良好	0-2	漁船	9-15ノット	90-120度
5	小型	6月-8月	12-16	晴れ	良好	0-2	ボート	0-3ノット	90-120度

Table 7 Simulation result without human factors.

資格	小型船舶	月別	6月-8月
時刻	12-16 or 04-08	天候	晴れ
視程	良好	風力	0-2
船の種類	漁船		
衝突速度	0-3 or 9-15knot	衝突角度	90°-120°

もあまりない状況であることがわかる。また、船の種類については漁船が海難にあった場合に死傷リスクが高くなる結果となった。

3.2 ヒューマンファクターを考慮した結果

Fig.5、Fig.6 は乗揚げによる死傷リスクのヒューマンファクターを考慮した場合と考慮しない場合の差異について示した。グラフは x 軸に累積パターン、y 軸に累積発生確率をあらわした。Fig.3 の場合と異なりヒューマンファクターのシミュレーションを行う為、ヒューマンファクターにより影響するファクター（月別・時刻・資格）以外は最も頻度が高い項目（天候＝晴れ、視程＝良好、風力＝0-2、種類＝漁船）に固定し要因を減らした後、モンテカルロ法により 500 回繰り返し演算を行った平均結果を破線にて表した。ヒューマンファクターとして、乱数を使い計算させたため、シミュレーションごとにその結果が変わってくる。よって、2 回シミュ

レーションを行い、2 パターンのシチュエーションについての結果を出し、その 2 つを比較する。尚、図 5、6 においてヒューマンファクターの有無により桁数が異なるが、これは人的要因の影響を及ぼす項目のみについてシミュレートを行った結果であり、その為ここではパターン毎の傾向という観点からのみに注目して検討を行っている。

Fig.5 Cumulative occurrence probability with and without human factor.

全体的な傾向はヒューマンファクターの有無に関わらず類似しているようにも思われるが、Fig. 5 中の矢印の部分において不確定なヒューマンファクターの影響により死傷リスクが変動していることが分かる。Fig. 6 においても、矢印の部分ではヒューマンファクターを考慮しなかったシミュレーション結果よりヒューマンファクターを考慮したシミュレーション結果の方が死傷リスクは高くなり、矢印の部分ではヒューマンファクターを考慮しなかったシミュレーション結果よりヒューマンファクターを考慮したシミュレーション結果の方が死傷リスクは低くなり、不確定なヒューマンファクターの影響による死傷リスクの変動が分かる。

Fig.6 Cumulative occurrence probability with and without human factor.

Fig.5 と Fig.6 のヒューマンファクターを考慮したシミュ

レーション結果を比較すると、Fig. 5 中の矢印 と Fig. 6 中の矢印 の部分に差が生じ、ヒューマンファクターの影響力の違いがわかる。

4. 考 察

Fig. 2 と Table 4 から、死傷リスク上昇の要因としてレジャー用途の船舶が要因だと考えていたが、Fig. 3 と Table 5 において船の種類を見ると漁船が死傷リスクの上昇の要因となる組み合わせが上位を占めていた。

海難を起こす船の種類をみると海難レポート^{23,24,25)}には遊漁船が 6.8%、漁船が 38.1%、プレジャーボートが 29.5%とのデータが報告されているが本研究において遊漁船と漁船をまとめて漁船として扱っている為、プレジャーボートとの割合はおよそ 3:2 の割合で海難が発生しているものと考えられる。しかしながら本モデルで計算した死傷リスクからは上位 10 番目までの漁船とプレジャーボートの割合は 7:3 となり漁船の死傷リスクが高く評価される結果となった。プレジャーボートに比べ漁船は荒天時でも海に出ることが多いと予想される。そのため、プレジャーボートよりも漁船の方が気象海象ともに悪い状態で海難に遭うことも多く、その結果漁船が死傷リスクを上昇させる要因になったのではないかと考えられる。しかし、今回のシミュレーション結果からは天候は晴れで風も穏やかな状況且つ太陽が出ている視界良好な時間帯で死傷リスクの増加が見られた。一般的に海難が起こり死傷者も発生しやすいと考えられる状況は、荒天時や夜間や海象の悪い状況だと容易に想像できる。ところが実際に気象海象の悪い場合は、海難防止の意識からレーダーを注意深く見て船速を遅くする等の処置を取り、海難は起こっても死傷者が発生するほどの被害になる要因は少ないため、死傷リスク上位の環境に現れなかったが、気象海象の良い状態も死傷リスクを高くさせる直接の要因とはならないと考えられる。

気象海象以外に船員の死傷リスクを上昇させる要因として、海難発生の原因に居眠りなどのヒューマンエラーが多いように、ヒューマンエラーが考えられる。たとえば、周りの環境が良いために居眠りをしていて突然事故に遭い、事故後の対応に遅れが生じ死傷者を発生させるケースや、事故を起こしたことでパニック状態が事故後の応急策がうまくとれずに死傷者を発生させるケース等が考えられ、Fig. 6 の矢印

の部分にみられるようにヒューマンエラーが死傷リスクの上昇に影響を与えていると考えられる。平成 17 年 9 月 28 日未明、北海道根室沖で起きたサンマ漁船と大型コンテナ船が衝突した事故で、天候視界ともに良好ということでコンテナ船側は衝突を避けられたと思い込み航行を続け衝突事故

発生の発見、通報が遅れ漁船の乗組員は 1 人を除き全員死亡するという悲惨な結果となったように、気象海象の良し悪しが人の意識や行動に影響を与えたと考えられる。

人の意識が後の行動にどのような影響を与えるかを研究したものにフェーズ理論¹²⁾というものがある。フェーズ理論では人の意識の状態はパニックや居眠りなどの 5 つの状態にわけることができ、それぞれの意識状態によって行動に与える影響は異なるとされている。加えて近年事故発生時刻は人間の生態リズムと類似している²⁶⁾との報告もある。ヒューマンファクターを考慮したシミュレーション結果で同じような状況での結果である Fig. 5 の矢印 の部分と Fig. 6 の矢印 の部分を比較すると、Fig. 5 の矢印 の部分ではヒューマンファクターがプラスに働き事故後の対応が迅速に行われ死傷リスクが小さくなる傾向になり、Fig. 6 の矢印 の部分ではヒューマンファクターがマイナスに働き(ヒューマンエラー) 事故後の対応が遅れ死傷リスクが大きくなる傾向になり、死傷リスクの高低差の原因になったと考えられる。生態リズムが人に及ぼす影響を定量化することができたならば、今回使ったモデルに反映することができる。フェーズ理論では適度に緊張している意識状態(フェーズ)が最も能力を発揮できる状態だとされており、気象海象が悪い状態はフェーズの状態にあり死傷リスク上位の環境とならなかったのではないかと考えられる。

しかし、人間工学ではフェーズの状態は人に負荷を与え、あまり長くは続かないので定常作業時の人の意識状態(フェーズ)で能力を発揮できるように訓練することがヒューマンエラーを少なくする一つの対策だとされており²⁷⁾、事故後の対応についての教育をしっかりと受けていたり、海難に遭った経験があったり、人から海難の経験談を聞いたり、事故後の対応を迅速に行うためのプラスの知識、経験を少しでも多くつんだ状態、且つフェーズの状態で能力を発揮できれば、Fig. 6 の矢印 の部分にみられるように死傷リスクは小さくなると考えられる。適切な事故後の対応がとれるような訓練、経験、知識が船員に与える影響を定量化することができれば今回用いたモデルに反映することができ、さらに精度の高いシミュレーションが可能になると考える。

5. 結 言

本研究より、

- ・ 海難により死傷者が発生する死傷リスクが高い環境としては、気象海象ともに良好な場合である。
- ・ ヒューマンファクターとした不確定な要素には偏差を与えることによって、システムダイナミクスを用いたシミュレーションに反映することができた。

以上の結果が得られた。

本研究結果で注目すべき点は、死傷者の発生という事象に焦点を当てることによって、気象海象が良い場合に死傷リスクが高くなるという結果が得られたことである。船舶の運航にあたり、このような結果を意識することによってヒューマンファクターがプラスの方向に働きやすくなり、海難による死傷者の数が少しでも減るのではないかと考える。

参 考 文 献

- 1) 海難審判庁：海難分析集 NO.5 内航貨物船海難の分析～Vol.1 衝突編～，2004，pp.6
- 2) 海難審判庁：海難分析集 NO.5 内航貨物船海難の分析～Vol.1 衝突編～，2004，pp.9
- 3) 喜多秀行：事故調査記録に基づく衝突海難発生機構の同定法，日本航海学論文集，vol.86，1991，pp.305-316.
- 4) 鈴木三郎ほか：平成 14 年度海上インシデント・データバンクに関する調査研究報告書，2003，pp.105-127.
- 5) 黒田勝彦ほか：船舶衝突確率の推定モデル，土木学会論文報告集，第 339 号，1983，pp.187-194.
- 6) 竹本孝弘ほか：Fault Tree を用いた橋に対する船舶の衝突事故解析，日本航海学会論文集，Vol83，pp81-89，1990
- 7) D. D. Hee, B. D. Pickrell, R. G. Bea, K. H. Roberts, R. B. Williamson : Safety Management Assessment System(SMAS): a process for identifying and evaluating human and organization factor in marine system operations with field test result, Reliability Engineering and System Safety, 65, 1991, pp.125-140.
- 8) 国土交通省：交通関係指定統計等資料，海難統計年報，2005，海難船舶の推移
- 9) 国土交通省：交通関係指定統計等資料，海難統計年報，2005，海難人員の推移
- 10) Hongtae Kim, Jin-Hyoung, Dongkon Lee, Young-soon Yang : Establishing the methodologies for human evacuation simulation in marine accident, Computer and Industrial Engineering, 46, 2004, pp.725-740.
- 11) 海難審判庁：海難分析集 NO.5 内航貨物船海難の分析，Vol.2 乗揚・機関損傷編，2005，pp.10
- 12) 石橋明：ヒューマンファクターとエラー対策，J. Natl. Inst. Public Health, 51(4)，2002，pp.232-244.
- 13) 海難審判庁：海難レポート資料 18 第 14 表，2003
- 14) 海難審判庁：海難レポート資料 18 第 14 表，2004
- 15) 海難審判庁：海難レポート資料 18 第 14 表，2005
- 16) 海難審判庁：海難レポート資料 13 第 23 表，2003
- 17) 海難審判庁：海難レポート資料 13 第 23 表，2004
- 18) 海難審判庁：海難レポート資料 21 第 22 表，2005
- 19) 海難審判庁：H16 年度裁決録，2004
- 20) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 1 表，2003
- 21) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 1 表，2004
- 22) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 1 表，2005
- 23) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 2 表，2003
- 24) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 2 表，2004
- 25) 海難審判庁：海難レポート資料 2 第 2 表，2005
- 26) 海難審判庁：海難分析集 NO.5 内航貨物船の海難分析～Vol.1 衝突編～，2004，pp25
- 27) 正田亘：人間工学，恒星社厚生閣，1981，pp.200-201.