衝突海難事故における人的エラーの数量化

竹本孝弘*・阪本義治*・古莊雅生**・嶋田博行**

Quantification of Human Error Occurred in Marine Collision Accidents

Takahiro TAKEMOTO, Yoshiharu SAKAMOTO,
Masao FURUSHO and Hiroyuki SHIMADA

Abstract

It is said that marine accident caused by human error of ship's navigator in terms of mistake to look out, unusual maneuver is account for about 80% of the total accident. As the process of error caused accident is diverse, we have to research how navigator makes an error, as the result of that, how its error cause marine collision accidents to build an effective prevent measure against accidents. The authors established the classification model of human error on marine collision accidents to clear the dangerous factor behind an error based on the analysis of human error occurred in marine collision accident being included the book judging marine accidents. The authors made clear the relation among factors on the error rising process by making use of the accident analysis using the classification model which the authors established and reported.

This time, the authors conducted the error analysis using Quantification Method which is one of the measures for Multivariate Analysis. At the same time the authors researched the clue of making guideline which is needed to conduct safety navigation for vessels by trying to grasp both each compositions of factor and total image of error.

Keywords : *Accident analysis, Marine collision accidents, Human error, Human factors, Quantification Method*

キーワード: 事故解析、衝突海難、人的エラー、人的要因、数量化Ⅲ類

1. はじめに

「見張り不十分」、「操船不適切」という“操船者の人的エラー”(以降「エラー」という)による海難事故は、事故全体の約 8 割を占められている。事故に至ったエラーの発生形態は多岐にわたり、有効な事故防止対策を構築するために、操船者はどのようなときにエラーを犯し、それがどのように衝突海難事故に結びついているかを探る必要がある。

筆者等は、海難審判裁決例集から衝突海難事故におけるエラー発生形態の分析を基にエラーの背後にある潜在的な危険要因を明らかにするための事

故分類法を構築した⁽¹⁾。そして、構築した分類法を用いた事故分析により、エラー発生過程におけるそれぞれの要素間のつながりを解明し既に報告⁽²⁾した。今回は、多変量解析の一手法である数量化Ⅲ類を用いたエラー分析を行い、エラーの全体像と個々の要素構成の把握を試み、船舶の安全運航に必要な船橋当直実務指針の手がかりを探った。

2. 衝突海難事故における人的エラー

エラーによる衝突海難事故は突発的に発生するものではなく、エラーのきっかけに始まり、操船者の

* 正会員 独立行政法人 航海訓練所(〒243-0003 横浜市中区北仲通 5-57)

** 正会員 神戸大学海事科学部(〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

情報処理系にさまざまな内的要因や外部環境が作用し、最終的に操船者が誤った操船を行い事故に至ると考えられる。そこで、エラーの発生過程を、入力（エラーのきっかけ）と出力（行動・動作）という観点から、1.「エラーをもたらした原因(エラーのきっかけ)」、2.「エラーのメカニズム(操船者の行動パターン)」、3.「エラーに至った内的要因(操船者の情報処理過程でのエラー)」、4.「外観的エラーモード(最終的な事故原因)」及び 5.「パフォーマンスに影響する因子」の 5 つの要素に分類した。それぞれの要素について衝突海難事故における具体的な細目を決定することにより、事故を分析するうえで標準

的に適用できる事故分類法を構築した⁽¹⁾。その概念図を Fig. 1 に示す。

3. 数量化Ⅲ類

さまざまな要素が複雑に絡み合っている問題のひとつひとつの要素を数値で表し、その要素から本質的な部分を抽出して評価することを数量化という⁽³⁾。数量化Ⅲ類は Fig. 2 に示すように外的な基準が全く与えられていないときに、2 つの変量の相関を最も強くするように変量の順序を入れ替えることによって変量に順位を与える方法である。Fig. 2 の X 項目をサンプル、Y 項目をカテゴリーという。

Fig. 1 Classification model of marine collision accident

4. 人的エラーの数量化Ⅲ類による分析

分類法を使用して要素ごとに分類した分析データは、海難審判裁判例集⁽⁴⁾に記載された96件、190隻の衝突事故事例で、前報⁽²⁾で使ったデータと同一である。

数量化Ⅲ類におけるカテゴリーは事故分類法の要素及びその細目を示し、分析ソフト(JUSE統計パッケージStat Master)を使用して各カテゴリーの成分ごとのスコアを求めた。主成分は第3まで求め、各成分をX軸及びY軸としたカテゴリープロットを作

Fig. 2 Concept of the Quantification Method III

図した。相関の強いカテゴリーはカテゴリープロット上で近接して表示される。

今回は前報⁽²⁾の調査で事故原因として特に多かった「注意散漫」(96件の事故例の約37%を占める)及び「不適当なタイミング」(同25%)による事故を数量化Ⅲ類により分析した。カテゴリー名は事故分類法の各要素及び細目を番号で示し、例えば分類法の要素1「人的エラーをもたらした原因」の細目1「外的な事柄」、1「機器による混乱」であればカテゴリー名は[1.1.1]となる。

4.1 注意散漫による事故

注意散漫による衝突事故とは、操船者が他船の動静に十分な注意を払わず、そのために適切な操船を行わず衝突した場合である。

注意散漫による事故を数量化Ⅲ類により分析し、成分1から成分3までのカテゴリープロットをFig. 3に示す。また、プロット上で近接しているA~Q

Fig. 3 Category plot of the accident caused by distracted attention

Table 1 Category score of the accident caused by distracted attention

Group	Category	Ingredient 1	Ingredient 2
A	2.1.2	0.674	-0.414
	2.2.3	0.995	-0.338
	3.2.2	0.691	-0.268
	3.3.1	0.972	-0.158
B	5.2.4	1.037	0.010
	2.1.1	-0.409	0.836
C	3.1.1	-0.597	0.883
	1.1.2	-0.712	-0.579
	1.2.4	-0.150	-0.581
	2.2.1	-1.011	-0.437
D	5.1.2	-0.553	-0.670
	1.4.1	0.014	0.119
	3.1.2	-0.235	0.194
E	5.2.3	0.140	0.324
	2.1.4	1.598	-0.439
	3.3.2	1.866	-0.288

Ingredient 1 and 2

Group	Category	Ingredient 1	Ingredient 3
F	1.4.2	1.383	-1.556
	2.1.4	1.598	-1.696
	5.2.4	1.037	-1.629
	1.1.3	1.238	-0.984
G	2.2.3	0.995	-0.774
	3.3.1	0.972	-0.987
H	3.2.2	0.691	-0.419
	5.2.2	0.412	-0.479
I	1.1.1	-0.694	0.297
	2.2.1	-1.011	0.252
	3.1.1	-0.597	0.283
	5.2.1	-1.042	0.207
J	1.1.2	-0.712	-0.151
	5.1.2	-0.553	-0.133
K	1.2.4	-0.150	-0.258
	5.2.3	0.140	-0.139
	5.3.2	-0.023	-0.238
L	1.4.1	0.014	0.141
	2.1.1	-0.409	0.100
	3.1.2	-0.235	0.036
	3.2.3	-0.259	0.179

Ingredient 1 and 3

Group	Category	Ingredient 2	Ingredient 3
M	2.1.1	0.836	0.100
	3.1.1	0.883	0.283
	5.2.1	0.697	0.207
	1.2.1	0.260	-0.003
N	1.4.1	0.119	0.141
	3.1.2	0.194	0.036
	5.2.3	0.324	-0.139
O	1.1.2	-0.579	-0.151
	1.2.4	-0.581	-0.258
	2.1.2	-0.414	-0.087
	5.1.2	-0.670	-0.133
P	1.4.2	-0.728	-1.556
	2.1.4	-0.439	-1.696
	5.2.4	0.010	-1.629
Q	2.2.3	-0.338	-0.774
	3.3.1	-0.158	-0.987

Ingredient 2 and 3

のカテゴリーグループを抽出し、そのグループのカテゴリースコアを Table 1 に示す。

4.2 不適当なタイミングによる事故

不適当なタイミングによる衝突事故とは、他船との衝突のおそれに気付いているにもかかわらず、避航の時機を逸したために衝突した場合である。

不適当なタイミングによる事故を数量化Ⅲ類により分析し、成分1から成分3までのカテゴリープロットを Fig. 4 に示す。また、プロット上で近接している A~R のカテゴリーグループを抽出し、そのグループのカテゴリースコアを Table 2 に示す。

5. 考察

エラー発生過程における各要素を構成する細目(カテゴリー)の相関は、数量化Ⅲ類による分析に基づいて判断できる。今回分析した「注意散漫による事故」については A~Q、「不適当なタイミングによる事故」については A~R の近接したグループを抽

出した。各グループの標準偏差は Table 3 及び Table 4 に示すとおりで、分散は非常に小さく、グループ内のカテゴリーが強い相関を持つことが分かる。

この二つのタイプの事故について、抽出したカテゴリーグループから事故と操船者エラーの関係について考察する。

5.1 注意散漫による事故と操船者エラー

抽出した各カテゴリーグループに含まれるカテゴリーが相互に結びついて、事故に至る操船者エラーが発生していると考えられる。特に次の①~④のカテゴリーの組み合わせは、複数の抽出したカテゴリーグループに含まれており(Table 1 の網掛け)、事故と相関が特に強いと思われる。

①{2.1.1, 3.1.1}

[2.1.1]は要素2「人的エラーのメカニズム」、細目1「識別」.1「慣れによる一点集中」を、[3.1.1]は要素3「人的エラーに至った内的要因」、細目1「検

Fig. 4 Category plot of the accident caused by unsuitable timing

Table 2 Category score of the accident caused by unsuitable timing

Group	Category	Ingredient 1	Ingredient 2
A	1.1.3	2.334	0.552
	2.1.2	1.849	0.549
	5.2.2	2.334	0.552
	5.2.4	2.502	0.680
B	1.2.1	0.512	0.960
	2.2.1	0.537	0.746
C	1.1.2	-0.773	0.845
	3.1.4	-0.937	0.754
D	1.4.3	0.431	0.113
	3.3.2	0.326	0.195
E	1.2.3	0.163	-0.068
	1.2.6	-0.289	-0.163
	2.2.3	-0.107	-0.163
	3.2.2	-0.014	-0.123
F	5.3.3	-0.094	-0.272
	1.4.1	-0.201	-0.421
	5.2.3	-0.356	-0.477

Ingredient 1 and 2

Group	Category	Ingredient 1	Ingredient 3
G	1.2.1	0.512	0.594
	3.3.2	0.326	0.461
H	1.1.1	-0.255	0.522
	1.2.4	-0.536	0.641
	3.2.2	-0.014	0.524
I	5.3.3	-0.094	0.684
	1.4.1	-0.201	-0.081
	1.4.2	-0.272	0.103
J	5.2.3	-0.356	0.039
	1.1.2	-0.773	-0.228
K	5.1.2	-0.748	-0.308
	1.2.2	-0.032	-0.494
L	3.3.3	-0.238	-0.611
	2.1.1	-1.382	-1.060
M	3.1.2	-1.306	-0.951
	1.1.3	2.334	-0.498
	5.2.2	2.334	-0.498

Ingredient 1 and 3

Group	Category	Ingredient 2	Ingredient 3
N	1.2.4	0.050	0.641
	2.2.3	-0.163	0.292
	3.2.2	-0.123	0.524
	3.3.2	0.195	0.461
O	5.3.3	-0.272	0.684
	1.4.1	-0.421	-0.081
P	5.2.3	-0.477	0.039
	1.1.2	0.845	-0.228
	1.1.3	0.552	-0.498
	2.1.2	0.549	-0.597
	2.2.1	0.746	-0.321
	3.1.4	0.754	-0.570
Q	5.1.2	0.421	-0.308
	5.2.2	0.552	-0.498
	5.2.4	0.680	-0.283
	1.2.2	-0.911	-0.494
R	3.3.3	-1.262	-0.611
	2.1.1	1.627	-1.060
	3.1.2	2.026	-0.951

Ingredient 2 and 3

Table 3 Standard deviation of category group
(Distracted attention)

Group	Ingredient 1	Ingredient 2	Ingredient 3
A	0.158	0.148	—
B	0.094	0.024	—
C	0.311	0.083	—
D	0.156	0.085	—
E	0.134	0.076	—
F	0.231	—	0.057
G	0.120	—	0.100
H	0.140	—	0.030
I	0.194	—	0.035
J	0.079	—	0.009
K	0.119	—	0.052
L	0.152	—	0.053
M	—	0.079	0.075
N	—	0.076	0.100
O	—	0.092	0.063
P	—	0.304	0.057
Q	—	0.090	0.106

Table 4 Standard deviation of category group
(Unsuitable timing)

Group	Ingredient 1	Ingredient 2	Ingredient 3
A	0.244	0.056	—
B	0.013	0.107	—
C	0.082	0.045	—
D	0.052	0.041	—
E	0.147	0.067	—
F	0.078	0.028	—
G	0.093	—	0.067
H	0.200	—	0.071
I	0.063	—	0.076
J	0.013	—	0.040
K	0.103	—	0.058
L	0.038	—	0.054
M	0.000	—	0.000
N	—	0.165	0.139
O	—	0.028	0.060
P	—	0.132	0.134
Q	—	0.176	0.058
R	—	0.200	0.054

出」.1「見ず、見えず」を示す。

操船者が他船を識別する際に“いつものように衝突のおそれのある他船はいないだろう”とスキルベースで臆断して見張りを怠り、その結果他船との衝突のおそれを検出せずに事故に至る場合である。

②{2.2.3, 3.3.1}

[2.2.3]は要素2「人的エラーのメカニズム」、細目2「入力情報の処理」、3「仮定によるすり替え」を、[3.3.1]は要素3「人的エラーに至った内的要因」、細目3「決定」、1「方針選択ミス」を示す。

操船者が他船を識別し、衝突のおそれに継続して気付いているにもかかわらず、記憶や当て推量といった仮定によって情報を処理して正しい行動を取らず“いつものようにいずれ他船が避航するだろう”あ

るいは“自船が避航したからいずれ衝突のおそれはなくなるだろう”といったルールベースの行動を取り、漫然とやり過ごしたり、忘れて衝突に至る場合である。

③{1.4.1, 3.1.2, 5.2.3}

[1.4.1]は要素1「人的エラーをもたらした原因」、細目4「非外的なことがら」、1「無意識の行動」を、[3.1.2]は要素3「人的エラーに至った内的要因」、細目1「検出」、2「気づかず」を、[5.2.3]は要素5「パフォーマンスに影響する因子」、細目2「知的負荷設備」、3「不適切な教育」を示す。

操船者の無意識的な条件反射的行動(スキルベース行動)やパタン化されたルールベース行動をきっかけとして、衝突の恐れのある他船を見落とししたり、衝突のおそれに気付かない場合で、これは航行海域や気象海象が操船に及ぼす影響を操船者に十分に教育していないことと関係している。

④{1.4.2, 2.1.4, 5.2.4}

[1.4.2]は要素1「人的エラーをもたらした原因」、細目4「非外的なことがら」、2「意識的行為」を、[2.1.4]は要素2「人的エラーのメカニズム」、細目1「識別」、4「慣れているパタンの見落とし」を、[5.2.4]は要素5「パフォーマンスに影響する因子」、細目2「知的負荷設備」、4「不適切な訓練・手引書」を示す。

操船者は他船の存在には気づいていたものの他船の行動を過去の経験から予測して“このままでも衝突はしないだろう”とその後の他船の動向に意識的に注意を払わない場合で、操船者の技能を向上させるための訓練や手引書の不備と関係がある。

このように事故との相関が特に強いカテゴリーの組み合わせはから「注意散漫による事故」は、操船者のスキルベース行動、ルールベース行動による当直モラル(状況認識: Situation Awareness)の問題である場合が多いことがわかる。

5.1.1 注意散漫による事故の防止

事故防止のためには、数量化Ⅲ類による分析によって得られた、事故と相関の強い操船者エラーの発生を防ぎ、また発生したエラーが事故に結びつかないような対策を講じる必要がある。そこで次の内容を含んだ船橋当直実務指針(ガイドライン)を作成し、そのガイドラインに基づく充実した訓練が重要である。()内は関係するカテゴリーグループを示す。

(1) 船舶交通の状況に応じた継続的な見張り

特に船首を横切る体勢の他船、自船の旋回径、

停止距離を考慮した避航限界に侵入しそうな他船の方位変化監視の徹底 (A, B, C, D, F, G, M, P, Q)

(2) レーダターゲットの常時 ARPA 捕捉

特に船首を横切る体勢の他船、自船の旋回径、停止距離を考慮した避航限界に侵入しそうな他船の DCPA 変化の監視

気象海象によるロストターゲットを防ぐためのレーダ調整及びレンジ切換え

(A, B, C, D, F, G, M, P, Q)

(3) 標準的な避航条件の設定

自船の旋回径、停止距離を考慮して、避航動作を取るための標準的な避航条件(DCPA、TCPA)の設定 (A, G, Q, N, P)

(4) 当直中の当直業務以外の作業の禁止

衝突の恐れのある他船はいないと臆断し、他の作業に従事しない。 (A, G, Q)

(5) 他船行動の臆断

方位変化がない場合は衝突のおそれがあると判断し、他船の行動を不必要に予測したり期待したりしない。 (E, F, P)

5.2 不適当なタイミングによる事故と操船者エラー

5.1 と同様に、次の①～③のカテゴリーの組み合わせは (Table 2 の網掛け)、事故と相関が特に強いと思われる。

①{2.2.3, 3.2.2, 5.3.3}

[2.2.3]は要素 2「人的エラーのメカニズム」、細目 2「入力情報の処理」3「仮定によるすり替え」を、[3.2.2]は要素 3「人的エラーに至った内的要因」、細目 2「確認」2「過小に反応」を、[5.3.3]は要素 5「パフォーマンスに影響する因子」、細目 3「感情的因子」3「時間的切迫」を示す。

操船者が他船を識別し、衝突のおそれに継続して気付いているにもかかわらず、仮定によって情報を処理して、大丈夫と思いこみ(過小に反応)正しい避航動作を取らない場合で、時間的な切迫感と関係している。

②{1.1.2, 3.1.4}

[1.1.2]は要素 1「人的エラーをもたらした原因」、細目 1「外的なことがら」2「第 3 船による混乱」を、[3.1.4]は要素 3「人的エラーに至った内的要因」、細目 1「検出」4「一点集中」を示す。

操船者が衝突の危険のある船舶とは別の第 3 船にのみ注意を奪われ、危険な状態に気付かない場合である。

③{2.1.1, 3.1.2}

[2.1.1]は要素 2「人的エラーのメカニズム」、細目 1「識別」1「慣れによる一点集中」を、[3.1.2]は要素 3「人的エラーに至った内的要因」、細目 1「検出」2「気づかず」を示す。

操船者が“いつものように衝突のおそれのある他船はいないだろう”と見張りを怠り、他船を検出しても衝突の危険に気付かない場合である。

このように不適当なタイミングによる事故は、注意散漫による事故と同様に操船者の当直モラルに起因する場合もあるが、当直者の状況認識能力では処理できない状況に陥った場合に多く発生していると考えられる。

5.2.1 不適当なタイミングによる事故の防止

5.1.2 と同様に、事故防止のために次の内容を含んだ船橋当直実務指針(ガイドライン)を作成し、そのガイドラインに基づく充実した訓練が重要である。

()内は関係するカテゴリーグループを示す

(1) 適切な人員配置での当直体制

航行海域や夜間、視界不良といった航行環境、当直者の能力に応じて適切な人員配置で当直体制を維持する。(A, B, C, E, G, H, J, K, N, M, P, Q)

(2) BRM の実施

複数の人員で当直を実施する場合の適切な BRM の実施 (A, F, I, O, P)

(3) 時間的切迫と衝突の危険度評価

スケジュールの遅れ等で時間的切迫感があると、他船との衝突の危険を過小評価する傾向があるため、安全を最優先とする教育が必要である。

(E, H, N,)

(4) 船舶輻輳、夜間における衝突の危険度評価

船舶輻輳海域や夜間航行の場合、操船者は他船との衝突の危険を過小評価する傾向があるため、見張りの増員、ARPA での他船監視を厳格に行う必要がある。(E, H, N)

(5) 視界不良時における避航動作

視界不良時、レーダのみで他船を探知し避航する場合、予防法の航法に違反した操船をする傾向があるため、規則に従った操船を行うよう教育・訓練を行う必要がある。(K, Q)

6. おわりに

数量化Ⅲ類による衝突海難事故を分析した結果、衝突海難事故と操船者の人的エラーの相関をカテゴリープロット及びスコアで表現できた。

今回の分析では主成分を3までしか求めていないが、主成分3までの累積寄与率(3までの主成分がカテゴリ全体の変動情報を説明している割合)は注意散漫による事故で0.241、不適当なタイミングによる事故で0.302であり、今回の分析では全体の3割程度しか説明できていないことになる。今後分析する主成分を増やし、事故全体を説明するためのカテゴリグループを抽出するとともに、他の事故についても分析を進めなければならない。また数量化Ⅲ類の分析ではカテゴリの配置も意味があり、プロット上で離れたグループは性格が異なるため、抽出したカテゴリグループとその配置を考慮しながら、船舶の安全運航に必要なガイドラインの策定を考える必要がある。

参考文献

- (1) 竹本孝弘他：衝突海難事故における人的エラーの分類について、日本航海学会論文集 第106号，平成14年3月
- (2) 竹本孝弘他：衝突海難事故における人的エラーの発生形態，日本航海学会論文集 第110号，平成15年3月
- (3) 大村 平：多変量解析のはなし，日科技連，1999年8月
- (4) 高等海難審判庁監修：海難審判庁裁決例集第26巻～第41巻，海難審判協会，1986～2001
- (5) (株)日本科学技術研修所：JUSE 統計パッケージ多変量解析ユーザーズマニュアル・活用ガイドブック，2001年2月
- (6) 長谷川勝也：ゼロからはじめてよくわかる多変量解析，株式会社技術評論社，平成16年3月

質疑応答

山田孝三郎：

不適当なタイミングによる避航に関して、操船者がその船の性能を熟知していないのではないかという疑念がある。このような観点からの所見を伺いたい。

竹本孝弘：

今回調査した海難事故例は、海難審判裁決例集からデータを収集した。調査した190件の事故の中で操縦性能を理解していなかったことが事故の要因となったのは1件だけであるが、そのことが避航操船と操縦性能の関係が低いことを示しているわけではない。気象海象や操舵角に応じた避航限界を把握しておくことは、特に船舶輻輳海域や視界制限状態で他船を避航する場合の重要な要素となる。その意味

から、停止惰力、反転惰力、旋回径といった標準的な操縦性能試験に加えて、各舵角や船速に応じた旋回性能試験、新針路試験等を実施し、そのデータを基に標準的な避航条件を設定しておくことが重要だと考える。