船用機関事故分析に基づく教育訓練モデル構築の試みについて*

中 村 真 澄** 三 輪 誠*** 内 田 誠***

A Study on Training Model of Marine Engineers Based on Marine Accident Analysis

By Masumi NAKAMURA, Takashi MIWA and Makoto UCHIDA

International convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for seafarers (STCW) was amended in Manila, the Philippines in 2010. The amendments will come into force on 1 January 2017. To meet the competence requirements for marine engineers, the implementation of Engine-room Resource Management training (hereafter, ERM training) was adopted as mandatory. The role of a practical ERM training model has become more important for marine engineers working in a complex system. The purpose of this study is to examine which ERM training best suits engine-room simulation education. First, in this paper, the characteristics of total human errors were investigated using 298 marine accident records from the Japan Marine Accident Inquiry. Second, the common factors of these accident records, namely the latent factors, were determined using covariance structure analysis. Furthermore, System Dynamics (SD) was employed to find the relationships between the latent factors and the technical support to gather the clues for a practical ERM training method. The model includes a data set of actual cases from records of marine accident inquiries and a hypothetical data set. The results show that the support of the onshore management and behavior characteristics of engineers which influence each other in a delicate balance could be expressed in a chronological order.

1. はじめに

IMO（国際海事機関）で STCW 条約（船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）の附属書が包括的に見直され、2010 年の改正コードが 2017 年 1 月に完全実施となる。この改正コードにより、ERM(Engine-room Resource Management)が強制要件化され、資源管理におけるリーダーシップ、チームワークといった非技術的スキルを含む資格要件が明記され、船用機関の運転管理に係る人的資源の能力確保が求められるようになった。

近年の事故調査において、事故の要因は、形態的に「機械」、「環境」、「人間」等に分類される。仮に「機械」又は「環境」に問題があっても、装置の欠陥をそのまま放置していた事故では、何故に放置したのかという「人間」の要因に集約される^①。また、船用機関に関する海難事故の分析研究^②は、損傷・事故の発生要因の約 70%が作業の管理体制と作業特性、作業環境の問題で、ヒューマンエラーが発生していると判断

されており、人的要因を考慮した対策が重要になってきている。これらの対策の一例として、ERM の能力評価の方法として承認された訓練・乗船履歴・シミュレータ訓練が挙げられているものの、具体的な統一的評価手法は示されていない。そこで著者らは、シミュレータ訓練プログラムを構築して遂行し能力証明を行う具体過程を検討する際、過去の事故分析から共通する根本原因を把握して反映させることが効率的であると考えた。先行の基礎研究^{③④}では、海難審判事例から機関事故におけるエラーの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為の分類法を構築した。そして、多変量解析の一手法である数量化Ⅲ類を用いてエラー分析を行い、エラー発生過程におけるそれぞれの要素間の全体像把握を試みた。本研究では、機関士エラーの因果関係を把握し、根本原因となる潜在因子を探り出す為に、人間エラーの発生過程路の定義を基に機関士エラーの潜在因子を因子分析によって抽出した。因子分析の結果を用いて因果モデルを作成し、その妥当性を共分散構造分析により検討した。その上で安全対策の実施方法について検討

*原稿受付 平成 27 年 7 月 16 日。

**正会員 弓削南高専門予科 (越智郡上島町弓削下弓削 1000 番地)

***正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (神戸市東灘区築港 5-1-1)

図1 人間エラーの発生過程路

する為、著者らは複雑系シミュレーションツールのSD(System Dynamics)を活用して、船舶機関士と陸上管理部門との間における支援の需給バランスと機関士潜在因子の影響力の変動を分析する。SD は種々の要因が相互に影響し合うような複雑なシステムに対して利用されているシミュレーション分析ツールである。本稿では、陸上管理部門の支援が機関士の潜在因子にどのような影響を与えるか、船舶機関士をスキルアップさせるための効果的な教育支援方法の基本モデルを検討する。

2. 分析対象データ

平成7年から平成23年までに海難審判所にて言い渡された海難審判裁決事例より、機関管理に関わる全1397件の事件のうち対象船からプレジャーボートを除いた298件を分析対象とする。なお、本研究は人的要因の根本原因の把握を目的としているため、乗組員のライセンスや機関出力の大小等による区別は行わず、298件の事例は、すべて同等に取り扱い分析を進める。

3. 分析方法

図1は人間エラーの発生過程^⑤を模式的にあらわした人間エラーの発生過程路^⑥である。本稿では、図1の行動パターンの8項目に着目し、298件の海難審判裁決事例を記載事項に基づき、著者らが機関士の思考特性を考慮して「該当項目が明記されている」、「該当項目に関する情報を十分に読み取ることができる」、「該当項目が明記されていない」の3カテゴリーに区分し、それぞれに、2, 1, 0の得点を与えて分析をした。

4. 機関事故要因分析結果

前報^{③④}では、海難審判裁決録と日本船用機関士協会編集船用機関故障事例集を基に機関士エラーについて定量的な分析をしているが主要要因間の相互関係は論じていない。そこで本研究では、あらゆる事故要因の中から重要度の高い潜在因子を抽出し、その因子間の関係を観察することで機関士エラーに関する行動パターンを明らかにすることを試みる。本章では、まず人間エラーの発生過程路を基に、探索的因子分析をすることで機関士エラーに影響する因子を抽出し、確認的因子分析によってその因子構造を検証した。探索的因子分析には、統計処理ソフトSPSS Ver.22を用い、確認的因子分析には統計処理ソフトAMOS Ver.22 (IBM 社)を用いた。表1は因子毎の固有値と寄与率を示す。固有値1以上の基準で因子を抽出したところ2因子が得られ累積因子寄与率は70.54%と良好な値を示した。

表1 説明された分散の合計

因子	固有値		
	合計	分散の%	累積%
1	4.47	55.82	55.82
2	1.18	14.72	70.54
3	0.81	10.11	80.65
4	0.64	7.97	88.62
5	0.35	4.35	92.97
6	0.29	3.67	96.63
7	0.17	2.18	98.81
8	0.10	1.19	100.00

図1に示す8項目の行動パターンの特徴を明らかにする為、累積因子寄与率の高い2因子に着目してプロマックス回転による因子分析を行った。機関士エラーは、人間エラーの発生過程のように複数の要因が絡みあっているエラーである為、因子間の相関の存在が考えられることからプロマックス回転^⑦を用いた。表2に分析結果を示す。

表 2 2 因子による因子負荷量

因子	変数番号	変数名	因子負荷量		共通性
			1	2	
1	⑥	現状での妥当な方向を決定	0.907	-0.026	0.795
	⑦	手順の具体化	0.906	-0.145	0.689
	④	結果や他との関係を予測	0.679	0.213	0.673
	③	状況の見極め	0.589	0.244	0.573
	⑧	実行する	0.500	0.040	0.275
2	②	外的状況を観察	-0.060	1.010	0.840
	①	何かに気付く	-0.011	0.923	0.953
	⑤	行動と諸規範を比較・評価する	0.222	0.391	0.302

表 3 信頼性統計量

因子	変数番号	変数名	α 係数	修正済み項目合計相関	項目が削除された場合の α 係数
1	⑥	現状での妥当な方向を決定	0.863	0.691	0.840
	⑦	手順の具体化		0.750	0.816
	④	結果や他との関係を予測		0.817	0.799
	③	状況の見極め		0.736	0.824
	⑧	実行する		0.469	0.879
2	②	外的状況を観察	0.832	0.855	0.588
	①	何かに気付く		0.833	0.613
	⑤	行動と諸規範を比較・評価する		0.477	0.948

その結果、2 項目（「⑤行動の諸規範を比較・評価」、
「⑧実行」）は 0.5 以下と低い因子負荷量を示した。また、各測定値に対して共通因子で説明される部分がどの程度であるかを示す共通性においても「⑤行動の諸規範を比較・評価」、
「⑧実行」は他に比較して小さい値を示した。第 2 因子の中に変数番号⑤の項目が含まれた要因においては、状況把握及び作業の理解度が不十分で判断、評価に迷う行動が影響したと推察する。そこで尺度の信頼性を検討するために表 3 に示すように各下位尺度の α 係数を算出した結果、「⑤行動の諸規範を比較・評価」と、「⑧実行」の項目を削除した場合、「⑤行動の諸規範を比較・評価」で $\alpha=0.95$ 、「⑧実行」で $\alpha=0.88$ と削除前より上昇し、尺度の内的整合性が高くなった。この 2 項目を分析から除外し、再度、同様な手法にて因子分析を行った。分析結果を表 4 に示す。また、表 5 に示す通り、2 因子による累積因子寄与率は 75.54% と良好な値を示した。第 1 因子は「⑥方向性決定」、「⑦手順の具体化」、「④結果や他との関係を予測」、「③状況の見極め」の 4 項目で構成されており、見極め・行動が高い負荷を示している。従って、第 1 因子を「解決策の理解度」と命名する。

表 4. 2 因子を除いた因子負荷量

因子	変数番号	変数名	因子負荷量	
			1	2
1	⑥	現状での妥当な方向を決定	0.996	-0.100
	⑦	手順の具体化	0.774	-0.075
	④	結果や他との関係を予測	0.748	0.145
	③	状況の見極め	0.637	0.208
2	②	外的状況を観察	-0.010	0.957
	①	何かに気付く	-0.050	0.950
因子間相関			因子1	因子2
			1.000	0.569
			0.569	1.000

表 5 説明された分散の合計

因子	抽出後の負荷量平方和			回転後の負荷量平方和
	合計			
	合計	分散の%	累積%	合計
1	3.629	60.485	60.485	3.249
2	0.903	15.057	75.541	2.804

第 2 因子は「②外的状況を観察」「①何かに気付く」の 2 項目で構成されており、現状を把握する因子負荷を示していることから、「現状把握力」と命名する。

次に、探索的因子分析から得られた結果を基にして因果モデルを作成し、そのモデルの妥当性について共分散構造モデルを用いて確認的因子分析を行った。共分散構造分析は、多変量データ解析のひとつの方法であり、多変量間の分散共分散行列 Σ を構成する各パラメータ θ に仮説構造 $\Sigma = \Sigma(\theta)$ を与えることにより、データから θ を推定し、母数 θ の推定値 $\hat{\theta}$ を代入して得られた $\Sigma(\hat{\theta})$ と標本共分散構造分析行列の各成分の差を評価することによって、仮説構造が支持されるか否かを検証する統計的手法の総称である⁽⁶⁾。この共分散構造分析において、因果モデルの妥当性を検討する際のモデル評価基準は「GFI(Goodness of Fit Index), 適合度指標」と呼ばれる指標である。GFI は通常は 0 から 1 までの値をとり、0.9 以上であれば説明力の高いモデルと判断される。しかし統計モデルは、母数の数を増やして複雑なモデルを構成すると、モデルの見かけ上の説明力が上昇するという一般的な傾向があるため、GFI の値が単に高いだけでは、良いモデルとは判断できない。そこで、単純なモデルと比較して母数の推定値の安定性が悪い複雑なモデルにおいて、その妥当性を検討するための指標として [AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index), 修正済み適合度指標] が用いられる。これは、GFI の説明力から不安定度をひいたもので、AGFI も GFI と同様に値が 1 へ近づくほど、データへの当てはまりが良いモデルと判断される。また GFI と AGFI の間には $GFI \geq AGFI$ という関係があり、両者の差が著しく大きい場合は好ましいモデルではないとされている⁽⁸⁾。

本研究の適合度指標は $GFI=0.94$, $AGFI=0.85$, $\chi^2=52.53$, 自由度=8, $p<0.01$ であった。以上より、本研究で示す因果モデルは妥当と言える。本報で提案するモデルを図 2 に示す。

各潜在因子から観測変数へのパス係数の大きさから、各潜在因子は「現状把握力」、「解決策の理解度」と解

図 2 機関士エラー行動に関する因果モデル

積され、機関士エラーに影響する潜在要因はこれら 2 因子構造分析で表現することが示された。図 2 より、「解決策の理解度」のパス係数は「⑥その状況下で適切な手立てを選択」や「④結果や他との関係を予測」が大きな要因を与えていることが示されている。また、潜在変数間の相関係数は、「現状把握力」と「解決策の理解度」が 0.59 と有意な正の相関を示した。

以上より、機関士エラーの要因分析結果として潜在因子の抽出及び相関をモデルと共に示すことができた。

5. SD によるシミュレーションモデル

5.1 基本モデルの考え方

基本モデルは、Gerald, J.S, Wilde によるリスク・ホメオスタシス論⁹⁾の考えに則る。「ホメオスタシス」という言葉は、たえまない変化のなかで平衡状態を保つことを意味する。リスク・ホメオスタシス論によれば、人びとは健康・安全対策の施行に反応して行動を変えるが、その対策によって人びとが自発的に引き受けるリスク量を変えたいと思わせることができない限り、行動の危険度は変化しない。人間はリスクを最小化するのではなく、最適化するという目標をもって行動をすると考えられている。ホメオスタシス論の基本プロセスは、リスク低減策による実質の対応行動の変化が一定のリスク量を保つという閉回路で表現できる。

本研究で目標とする船用機関の運転管理の安全向上には、機関士の行動と共に陸上管理部門からの支援及び対策が大きく寄与している。

本報では、機関士エラー要因の「現状把握力」及び「解決策の理解度」の 2 つに注目する。そこで、機関士に対する陸上管理部門の支援や対策がどの様に影響するのか検討する。基本モデルの構築にあたっては、変化する環境条件下で発揮する柔軟性、適応力、知識のバランス維持を支援する陸上側の支援の実績の均衡を「支援バランス」とした。これは、本船側が求める助言や指導などの支援需要に対する陸上側の支援供給の過不足の程度をあらわしている。本章では、「支援バランス」及び相関関係のある 2 つの潜在因子の「現状把握力」、「解決策の理解度」の影響性について着目しリスク・ホメオスタシス論に準じて効果的な支援方法を検討する。

5.2 基本モデルの構築

本項では、人間の行動としての要因³⁾⁵⁾「一点集中」、「慣れによる行動」をリスク・ホメオスタシス論に準じ、陸上管理部門による「支援バランス」の要因が潜

在因子に与える影響を把握した上で教育訓練モデルの基本構造を検討する。潜在因子に負荷が高まる要因として、常態化した環境によって周囲への配慮を喪失する「一点集中」と、常態化した行動によって作業を省略化する「慣れによる行動」を加えた。不安全要素に影響する「一点集中」とは、ラスムッセンの人間エラーの発生過程モデル⁶⁾における「人的エラーメカニズム」を構成する項目（識別、入力情報の処理、記憶）の内、識別の段階で発生する因子とした。「慣れによる行動」は、人間エラーの発生過程の「作業状況の因子」に影響を与える要因とした。作業状況の因子は、作業計画、環境、指示・連絡といった作業特性に変化をもたらす。潜在因子の「現状把握力」は、「①何かに気付く」「②外的状況を観察」といった要因に影響を与えている因子であり識別に類似すると共に「慣れによる行動」にも影響を与える因子とし、本モデルでは、「現状把握力」を「一点集中」と「慣れによる行動」に影響を与える因子とした。「解決策の理解度」は、「慣れによる行動」に影響を与える因子とした。また、「一点集中」と「慣れによる行動」は、支援バランスに対して負のフィードバックになっているので、これが増加すると「支援バランス」は悪化することになる。モデルの中に負のフィードバックが含まれている為、「支援バランス」「現状把握力」「解決策の理解度」は、同じ方向に変化するとは限らない。基本モデルの因果ループを図 3 に示す。

図 3 基本モデルの因果ループ

図 3 の中で、矢印の「+」の記号は両者の間に正のフィードバックが存在していることを表わし、「-」の記号は、負のフィードバックが存在していることを表わしている。

因果ループの各要因間において、技能を要する複雑なプラントの運用は心的努力を多くつぎ込むほど正確さは向上するが、それに応じて急速に精神的疲労が蓄積し、結果としてエラーを起こすリスクが高まることになる⁹⁾。「支援バランス」は、「現状把握力」に影響を与えると考えた。「解決策の理解度」と「支援バランス」の関係は、図 1 の人間エラーの発生過程路が成功方向へ向かった場合、安全意識が維持されているとみ

なし、支援バランスに影響を与えることとした。

次に、「現状把握力」と「解決策の理解度」の影響は重回帰分析で試算して決定する。「現状把握力」は、共分散構造分析より、「①何かに気付く」と「②外的状況を観察」より構成された。これらの要因がどのように人的要因によるエラーに影響を及ぼしたかを把握する為、「①何かに気付く」と「②外的状況を観察」のそれぞれを従属変数、人間エラーの発生過程路のそれ以外の要因を独立変数として重回帰分析を行った。結果を表6に示す。なお、変数選択の方法は、変数増減法⁽¹⁰⁾を用いた。変数増減法は、従属変数と最も関係の強い独立変数を1つ選択し、その変数と組み合わせた時に最も寄与率が高くなる変数を選択し、これを順次繰り返す。この過程で、一度選択した変数の中に有意でない変数が出た時には、その変数を除去するという方法である。

表6 重回帰分析結果

③状況の見極め			
	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数
①何かに気付く	0.182	0.090	0.229 *
②外的状況を観察	0.280	0.095	0.334 *
決定係数	0.320	***	
④結果や他との関係を予測			
	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数
①何かに気付く	0.235	0.078	0.339 *
②外的状況を観察	0.162	0.082	0.223 *
決定係数	0.301	***	
⑥現状での妥当な方向を決定			
	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数
①何かに気付く	0.145	0.078	0.226 *
②外的状況を観察	0.160	0.082	0.237 *
決定係数	0.204	***	
⑦手順の具体化			
	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数
①何かに気付く	0.114	0.072	0.202 *
②外的状況を観察	0.095	0.075	0.161 *
決定係数	0.125	***	

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

表6において、各独立変数が従属変数に及ぼす影響の向きと大きさを表す標準偏回帰係数に着目する。「①何かに気付く」及び「②外的状況を観察」から「③状況見極め」「④結果と他との関係を予測」「⑥現状での妥当な方向を決定」「⑦手順の具体化」に対する正の標準偏回帰係数は有意であった。これらの関係は、「①何かに気付く」及び「②外的状況を観察」が、外的な情報を把握し（③状況見極め）、状況を自分なりに解釈（④結果と他との関係を予測）、かつ妥当な手立てを選択後（⑥決定）作業内容の具体化（⑦手順の具体化）をすることに影響を与えていることを説明できる。したがって、「現状把握力」が「解決策の理解度」へ正の影響を及ぼすモデルとした。

5.3 SDモデルによる試算

本項では、SDを活用して基本モデルの数値シミュレーションを行う。SDは、ストック、フローレイト、

コンバータ（補助変数）、矢印の4種の要素の組み合わせで表現され、正と負の2つのフィードバックループに組み込まれて機能することが特徴である。

図3の因果ループをSDで表現したモデルを図4に示す。これまで陸上管理部門の支援が機関士の行動エラーの潜在因子（「現状把握力」・「解決策の理解度」）にどのような影響を与えているか定性的な関係を示した。なお、試算対象とする機関士の経験レベルを「習熟係数」として、初期設定に加えた。ここでは安全向上とコストの複雑な構造を再現するのではなく、あくまで陸上側の支援と行動エラーの潜在因子の要因のみの関係を試算することで、安全向上に対する適切な判断材料のきっかけを探る。したがって今回はコストについては対象外とした。

図4 SDモデル

SDモデルにおいて「支援バランス」、「現状把握力」、「解決策の理解度」は、いずれも抽象的要因なので数値レベルの単位を[unit]、経過時間の単位を[STEP]とした。シミュレーション開始時の初期値をいずれも0[unit]とした。0[unit]より値が増加した場合は、各要因がそれぞれ望ましい状況になることを表わす。次に、各要素の設定を簡単に示す。

①支援

支援供給のフローレイトは、「解決策の理解度」で定まり、支援需要のフローレイトは、「一点集中」と「慣れによる行動」で定まる。ただ、「一点集中」は、「現状把握力」で定まり、「慣れによる行動」は、「現状把握力」と「解決策の理解度」で定まる。なお、支援供給と支援需要の最大値は、支援需要の方が大きいとする。

②現状把握力

把握力増加と把握力低下は共に、「支援バランス」のストックで定まる。把握力低下のフローレイトは、把握力増加のフローレイトより大きいとする。

③解決策の理解度

理解度増加と理解度減少は、「現状把握力」のストックで定まる。理解度増加と理解度減少のフローレイトは同じとする。

図5 SDモデルによる結果

以上の試算結果を図5に示す。

図において13[STEP]に着目すると、「現状把握力」と「解決策の理解度」が共に0以上である為、「一点集中」と「慣れによる行動」が影響し、「支援供給」<「支援需要」となり「支援バランス」は低下する。この間「一点集中」と「慣れによる行動」の値は上昇する。しかし、14[STEP]では、「解決策の理解度」が、負の値、すなわち、望ましくない状況へ転じることで、「一点集中」と「慣れによる行動」の影響が小さくなり、「支援バランス」が上昇を始める。また、23[STEP]に着目すると、「現状把握力」は、望ましい状況に転じる。「解決策の理解度」は増加傾向に転じているが「支援バランス」は増加傾向から減少傾向に転ずる。10, 37[STEP]は「支援バランス」が、望ましい状態から望ましくない状態に転じた時、「現状把握力」は変曲点となって、増加傾向から減少傾向に転ずる。本モデルにおいて、「解決策の理解度」は、「理解度増加」と「理解度減少」のフローレートが同じであるが、「現状把握力」は、「把握力増加」より「把握力低下」の方がフローレートは大きい。したがって、「支援バランス」の需要による影響は、供給による影響より大きい為、「現状把握力」に比べて、「解決策の理解度」の方が「支援バランス」の影響に早く反応する。すなわち、「現状把握力」より「解決策の理解度」の方が、「支援バランス」に大きな影響を与えるモデルである。

以上より、微妙なバランスで影響し合う陸上側の支援と機関士の行動特性に関し、モデルを時系列で表現することができた。

6. 結言

人間エラーの発生過程路を用いて機関士の行動パターンに関する特性分析を行った結果、海難審判裁判事例より共通する潜在要因として、「現状把握力」と「解決策の理解度」を抽出することができた。また、潜在変数間の相関係数は、有意な正の相関を示した。この

うち、「現状把握力」は、「①何かに気付く」「②外的状況を観察」から構成され、「③状況見極め」「④結果と他との関係を予測」「⑥現状での妥当な方向性の決定」「⑦手順の具体化」は、重回帰分析より「①何かに気付く」「②外的状況を観察」に正の影響を与える結果となった。このことは、現場の現状を把握することで異常への対策の解決策を導きだすことに影響があると解釈できた。機関士エラーは、これらの潜在要因が重なりあって1つの事故を発生していると考えられる⁽¹¹⁾。そこで、陸上側の支援バランスがこれらの要因へ与える影響を把握するために、因果ループを構築して、SDを用いてシミュレーションの基本構造を検討した。モデルは、海難審判裁判事例の記載に即して設定した部分と、仮定において設定した部分とがある。モデルの経過期間として[STEP]とした。陸上支援側による支援の影響時間は検討中である。潜在因子はいずれも抽象的要因なので数値レベルの単位を[unit]とした。

7. 今後の展望

本研究では、海難審判裁判事例を基に機関士エラーの因果関係の把握を試み、安全対策に繋がる潜在因子を検討し、SDを用いて陸上側の支援が機関士にどの様に影響を与えるかについて基本モデルを検討した。

今後は、SDによる効果的な教育訓練モデルを構築するため、陸上支援側のマネジメント力の現状に加え、マネジメントの支援や対策による機関士が受ける変化の過程を把握して、モデルの構成要素の精査と検討を継続しておこなっていく必要がある。その為には、「支援バランス」をより具体的なものとして評価する手法について考える必要がある。例えば、ERS(Engine Room Simulator)を用いた教育訓練手法の開発で支援バランスの指標を検討し、支援効果を経済的に捉え陸上側のこれまでの影響の過程を把握したりすることで重点的に支援すべき個所や支援方法について検討はしなければならない。また、人的エラーについて体系を精緻化して、重大なプロセス要因を明確にすることにより、「一点集中」や「慣れによる行動」の影響をさらに具体的なものとしてモデルに組み込むことが可能となる。「現状把握力」については、機関士の行動についてデータや機関士へのアンケート調査を行うなどして、その評価指標を検討する必要がある。加えて、「解決策の理解度」は、機関士の経験値や職域及び機関士の学習データに関する情報を加味することで効果的な支援方法を試算できると考える。

謝辞

本研究の一部は、平成 26 年度笹川科学研究助成およびJSPS 科研費 25420864 の助成を受けたものです。関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 柳田邦男, 事故調査, 新潮社, 1994
- [2] 椎原裕美, 他, 機関室内機関・機器損傷におけるヒューマンファクターの調査, 椎原裕美, 日本マリンエンジニアリング学会誌第 36 巻, 第 9 号(2001-9), pp25-33
- [3] 中村真澄, 他, 船用機関事故における人的エラーの数量化, 日本マリンエンジニアリング学会誌第 48 巻, 第 4 号(2013-7), pp131-136
- [4] 中村真澄, 他, 人的要因による顕在事象と潜在事象の比較に基づく船用機関事故防止に関する研究, 日本マリンエンジニアリング学会誌第 49 巻, 第 2 号(2014-3), pp106-112
- [5] J.Rasmussen : Classification System For Reporting Event Involving Human Malfunction, Riso-M-2240. 1981.3
- [6] 林善男, 人間信頼性工学, 昭和 63 年 7 月, 海文堂
- [7] 豊田秀樹, 原因を探る統計学, (1992) 講談社
- [8] 豊田秀樹, 共分散構造分析(入門編), (1998) 朝倉書店
- [9] ジェラルド・J・S・ワイルド著, 芳賀繁訳, 交通事故はなぜなくなるのか, (2007), 新曜社
- [10] 内田治, すぐわかる SPSS によるアンケートの多変量解析, (2011), 東京図書
- [11] James Reason, 林善男監訳: ヒューマンエラー, 認知科学的アプローチ, (1999), 日科技連