

船用機関システムの海難事故原因と ヒューマンファクター考

松下 邦幸*

Human factor of Marine Engine System and Cause of Disasters Accidents

Kuniyuki Matsushita*

1. システムの概要

一般的システムの構成について、図1に示す。システムという言葉日本語では、系、大系、組織などと訳されているが、システム工学で扱う意味は、もう少し厳密かつ狭義に取り扱われている。すなわち、(JIS Z(8121)では、“システムとは、多数の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの”となっている。これを図示すれば、図1のようなシステムの構成となる。

1 船用機関システムの特徴

一般に船用機関システムは、海洋上で多くの外乱を受ける環境の中に置かれている移動体(船舶システム)の中の一つのシステムである。この船用機関システムは、推進用原動機などの機械的要素と機関長・機関士などの人間的要素で構成されている。つまり、船用機関システムの安全性は「人間-機械システム」の中にあるマンマシンインターフェイスを含む、各構成要素で構成してある。この船用機関システムの構成を、図2に示す。本システムの目的は、安全運転と高効率運転・維持管理などである。

船用機関システムは、陸上のプラントシステムと違っ

て、一旦出港すると、航海中は物理的に陸上社会から隔離された状態となる。これは、同システムに緊急事態が発生しても、閉じた系である船舶内の人員と、搭載してある装備品を使用して、すべて船内で処置すること¹⁾が要求され、自己完結性の原則であることを意味する。もっとも、近年は船舶電話や、インターネット等で通信系統が確保されているために、情報による陸上からの技術的支援のみは、常時可能な状態である。

近年、特にクローズアップされている事象として、次節で詳述する機関損傷などの海難事故原因について、ヒューマンファクターが大いに関与している現状がある。

2. 海難船舶の原因別統計

平成11年の海上保安庁統計資料²⁾(海難・人身事故発生状況について)によると、海難原因は、見張り不十分や船位不確認などの運航の過誤、及び機関取扱不良などを含めた「人為的要因：ヒューマンファクター」によるものが、依然として7割以上の高い割合であると記述されている。

船舶は、その寿命を終えるまでの間、安全に運航できることを第一の目的として建造されている。しかし、そ

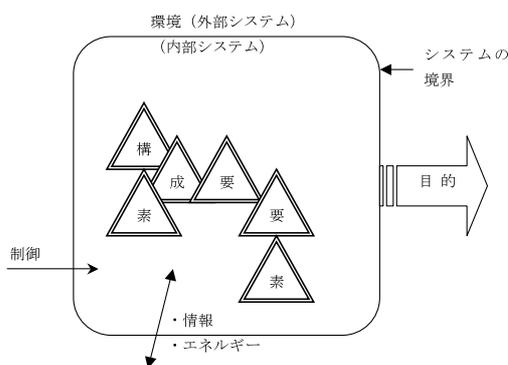


図1 システムの構成

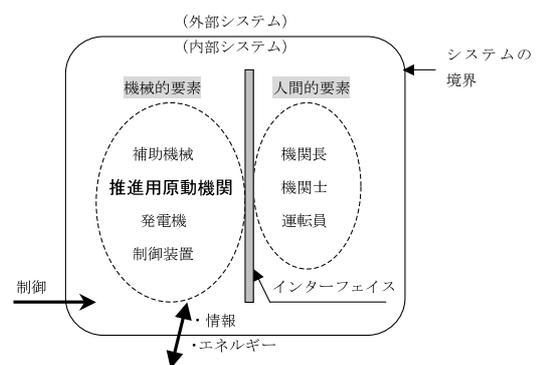


図2 船用機関システムの構成

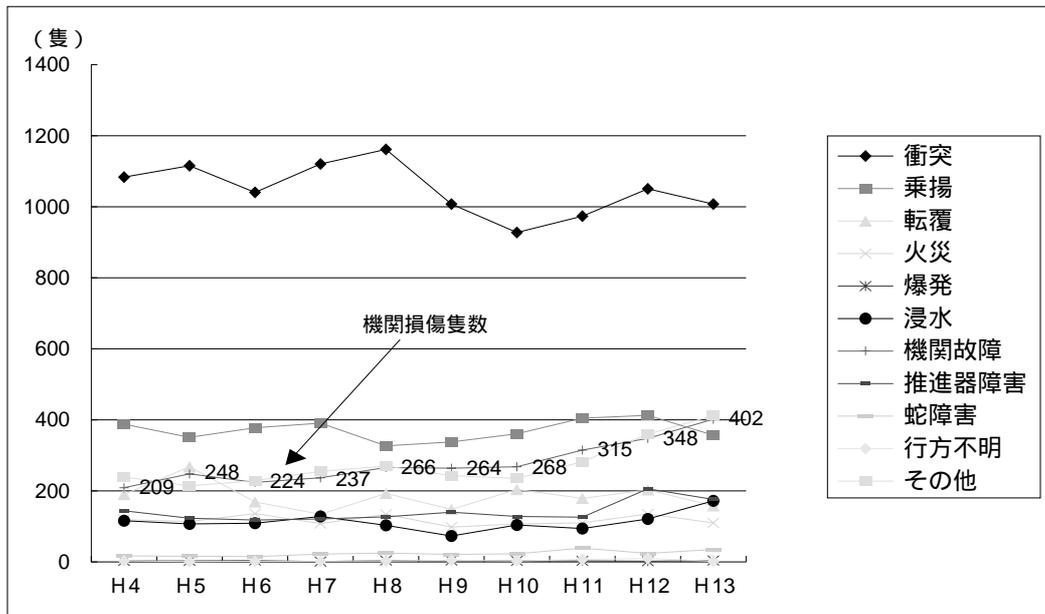


図3 海難船舶の海難種類別隻数の推移

表1 海難船舶の海難種類別隻数の推移

	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
衝突	1084	1116	1041	1121	1162	1008	928	974	1051	1008
乗揚	388	351	378	391	327	338	361	405	413	357
転覆	190	268	169	134	193	148	204	179	203	158
火災	119	114	136	108	134	98	107	110	135	110
爆発	3	3	4	1	4	4	3	3	2	4
浸水	116	107	109	128	103	73	104	94	121	172
機関故障	209	248	224	237	266	264	268	315	348	402
推進器障害	144	123	118	121	127	140	128	126	206	176
舵障害	17	16	15	22	25	21	23	39	24	35
行方不明	3	1	2	2	3	5	3	7	10	2
その他	239	214	229	255	270	243	235	282	360	412
計	2512	2561	2425	2520	2614	2342	2364	2534	2873	2836

の運航中に海難事故（海難審判法第2条による海難発生に伴う事故をいう）を全く避けることは難しいのが現状である。例えば、表1は、平成13年における船舶海難と人身事故の発生と救助の状況について（海上保安庁）に基づき過去の海難統計（平成4～13年）を海難種類別に整理したものである。また図3はこの表をわかりやすく図示したものである。

これによると全体に海難事故全体では減少の方向にあるにもかかわらず、機関損傷事故は平成10年を境に、増加傾向に転じており、その増加の割合も増していることがわかる。

また、図4は、平成13年度における外国船舶と日本船舶の海難種類別発生状況を比較したものである。これによると機関故障を起こしているのは、日本船舶では2,575隻中366隻（14.2%）、外国船舶では261隻中36隻（13.8%）

であり、日本籍、外国籍船を問わず、ほぼ同じ発生率であることがわかった。これは、国籍を問わず、すべての船舶の機関室員の質的低下・量的減少に基づくものであり、何らかの早急な対策を必要としていることが伺える。

日本船用機関学会第一研究部WGは、船舶の機関室マンマシンシステムにおけるヒューマンファクターについて、船内で起こる機器の事故または故障に係わるヒューマンファクターのアンケートによる調査研究³⁾をしている。これは、船内事故及び故障のヒューマンファクター因子のマークシート形調査表を作成して、船主協会所属の海運会社96隻から得られたデータをまとめたものである。表2は、事故・故障の発生した時の運航状況を示す。単純に発生件数の比較でみると、通常航海中が46件、次いで停泊中23件、出入港中とスタンバイ中を合わせると22件となる。しかし、船舶の年間の運航モードを考え

表2 事故発生時の運行状況（複数回答）

運航状況	件数	比率(%)
通常航行中	46	47
停泊中	23	24
出入港中	16	16
錨泊中	1	1
パンカリング中	0	0
スタンバイ中	6	6
ドック中	3	3
その他	3	3
合計	98	100

ると、航路・船種、などによって異なるが、平均すると通常、航海中75%、停泊中20%、出入港中5%である。これからすれば、事故・故障の発生した時の運航状況は、停泊中および出入港中が圧倒的に多いことがわかる。

船舶の出入港等の運航モードでは、乗組員の行動範囲が多様化し、あわせて機器の操作およびそれに伴う認知、確認、判断の機会が増大するために、人為的要因によって発生する事故・故障が多くなるものと言える。

また、表3は、作業者個人特性の関与についての調査結果である。これによって事故・故障をその発生因子の観点から詳しくみると、教育、訓練表示の不十分と点検補修の不履行をあわせると、これがソフト的要因によって発生した事故または故障の84%に関与している。これで、作業者個人特性が、ヒューマンエラーと深い関わりを有していることが判ったが、それ以上に作業者の有している知識、能力、経験が十分に発揮されない職場の雰囲気、管理体制、および作業者の知識・能力・経験の向上を目的とした“教育、訓練、表示の不足”や“手引き

書、マニュアル類、チェックリスト等の不備”などがヒューマンエラーに大きく関与していると考えられる。

以上のことから、ヒューマンエラーの防止策として、人間の特性に基づいた具体的対策を早急に行う必要があると思われる。現実的には種々の機関係海難事故の初期段階において軽微な異常を感知して、的確な防止対策を講じる手段が必要とされている。

3. これまでのヒューマンエラーの防止策

前述の通り、ヒューマンエラーの防止策の重要性が指摘されている状況であるが、船用機関システムは、図2にも示しているように、内部システムに人間的要素が存在するため、ヒューマンファクターである過誤・誤判断などによる事故を、ある程度低減することはできても、完全に取り除くことはできない。ヒューマンエラーは、ハード、ソフト、環境、人及び人間集団の各要因が複雑に関係⁴⁾しあって起こるが、これまで船員の技能、船舶設備、などが個々に問題視されるのみで、その対策は十分であるとは言えない。現在制度的には、タンカーの二重船殻化（ダブルハル）やポートステートコントロール（PSC: Port State Control）の強化が進められている。その他、ISM コードの整備、STCW 条約の見直し、機関異常診断装置の開発なども進められている。また船員の技能向上を目指した機関シミュレータ訓練に関する研究⁵⁾が行われているが、同シミュレータの開発について統一的な基準はまだ無い。

これまでの船用機関運転支援システムの研究では、藤谷ら（1990 - 2）⁶⁾は専門家の思考（動的知識）をモジュール化プロダクションルールにより表現してオブジェクトモデルにより表現しているが、ディスプレイへの表示

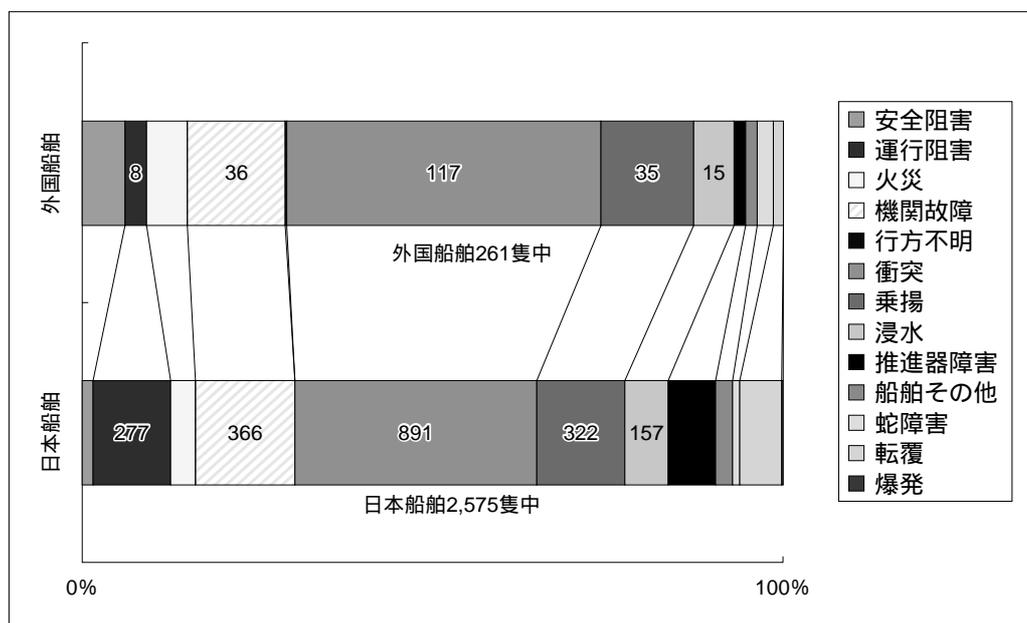


図4 外国船舶と日本船舶の海難種類別発生状況比較

表3 作業者個人特性の関与

発 生 因 子	ハード的要因 (68隻)		ソフト的要因 (56隻)	
	件 数	比率 (%)	件 数	比率 (%)
教育, 訓練, 表示の不十分	10	15	23	41
手引き書, マニュアル, チェックリストの不備	5	7	14	25
点検, 補修の不履行	22	32	24	43
情報, 伝達, 意見交換の不十分	15	22	10	18
無理な作業計画	2	3	4	7
指揮命令系統の不備	0	0	2	4
作業上の悪習慣	4	6	7	13
チームワークの悪さ	1	1	1	2
些細な欠陥に無関心な雰囲気	6	9	9	16
その他	0	0	0	0
合 計	65		94	

機能のみであり、大規模システムを構築するためのものである。また、田守ら(1992-6)⁹⁾はパソコンによる監視システムが中心であり、故障診断システムでは、知識の獲得に問題点が残る、オンラインリアルタイムの診断システムとしているため、センサー自身の信頼性の問題点もある。いずれにしても、ディスプレイ画面表示のみであり、プラントの状態を監視しながら、キーボードよりの入力操作を要求されているため、あまり良いユーザインターフェイスとは言い難い状況である。

ここで、ヒューマンエラーの防止策として、提案するのは

1. 機関シミュレータによる運転訓練システム
2. 機関異常診断技術による機関異常処理支援システム
3. 対話型運転支援システム⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾(機関長システム)

これ等を適当に装備することによって、少なくとも、運転技能の未熟、知識経験の不足、避けることが難しい誤操作・誤判断に基づくヒューマンエラーを防止して船用機関を安全に運転することを支援するシステムのことである。単なる表示や運転情報の支援ではなく、運転に携わる機関員の知識の向上や状況判断の支援などを通して、実地教育にまで及んでいる。

4. 船舶システムの安全と機能の概要

そこで船舶システムの安全にとって一番重要なことは、前述した、海難事故統計にも現れているような、ヒューマンファクターに起因する機関損傷事故の発生比率を、できるだけ少なくすることである。これは、船舶の近代化・少人数化が進み、外国人との混乗によって受ける精神的なストレス(生活習慣の違い等)も多いに係わっている。その意味で特にハード面、ソフト面から人間のストレスを減少させるようなシステムの構築が必要である

と考えられる。運転者(機関長・機関士等)の人的要件は、運転手段に応じた知識、技能、運転者としての心構えなどが考えられる。これらは教育や訓練(OJT: on the job training)などを実施することでもある程度のレベルを保持することが可能であるが、これらの目的達成のために、機関システムの人的要素と機械的要素間を緊密に連携¹³⁾することが肝要である。

一般に、近代化船は、「人間と機械が協力して、輸送という使命を果たす『人間・機械系』である」といわれている。この目的を失わないようにするために人間は過ちをおかすもの機械は故障するものという前提で、システム設計におけるヒューマンファクターの原因を検討する必要がある。具体的には、

1. ヒューマンエラーが発生しにくい環境を作る。
2. ヒューマンエラーが発生しても、機械側がそれを検知し、その対策をとれるようにする。

すなわち、船用機関運転支援システムの持つべき機能は、次の通りである。

1. 運転における誤操作、誤判断の排除
運転員の技能と知識の向上
運転における誤りの検出と訂正
2. 機関システムの故障の排除
システム内故障多発個所の異常早期発見
システム全体の異常早期発見

ヒューマンファクターを含むシステムの安全を期するために、以上のような支援(Support system)の技術開発が、各分野の協力連携を得ながら、進展していく必要がある。このことは、将来の産業界のさらなる健全発展の必要十分条件でもある。

参考文献

- 1) 依田：船舶運用学，天然社（1952）
- 2) 海上保安庁の統計資料等：(平成11年度版，12年度版，13年度版)
- 3) 塩崎雅敏他：日本船用機関学会第一研究部会 WG 安全運航における機関部プラントの課題と展望 日本船用機関学会誌 Vol. 29 - 9 1994 pp. 610
- 4) 海上労働科学研究所編：(平成10年度) 船内作業におけるヒューマンエラーと注意力に関する研究（1999）
- 5) Proceedings: 4th International Conference on Engine Room Simulators (1999)
- 6) 藤谷克昭他：人工知能技法による船用ディーゼル主機関起動時の故障診断システム 日本船用機関学会誌 Vol. 25 - 2 1990 pp. 172
- 7) 田守芳勝他：機関監視システムと故障診断 日本船用機関学会誌 Vol. 27 - 6 1992 pp. 469
- 8) 松下他：対話型船用機関運転支援システムのあり方 電子情報通信学会2000年総合大会 講演論文集 基礎・境界，pp. 508 - 509
- 9) 松下他：対話型船用機関運転支援システムの概念設計 日本マリンエンジニアリング学会誌 第36巻 第6号 PP. 34 - 42
- 10) K. Matsushita et, al, A Study on Support System Using Oral Communication and Simulator For Marine Engine Operation ICERS/ 4 1999 25June-2 July PP 1 . - 1 . 1 - 8 Vallejo, California, USA
- 11) K. Matsushita et al, The Personal Computer-aided Engine Operation Support System based on Oral Communication between Man and Machine 1. thConference on Maritime Education and Training 20001 . thIMLA Proceedings PP. 207 - 213
- 12) 日本工業規格：オペレーションズリサーチ用語 JIS Z 8121 (1967)
- 13) 寺野寿郎：システム工学入門 共立出版（1985）

