

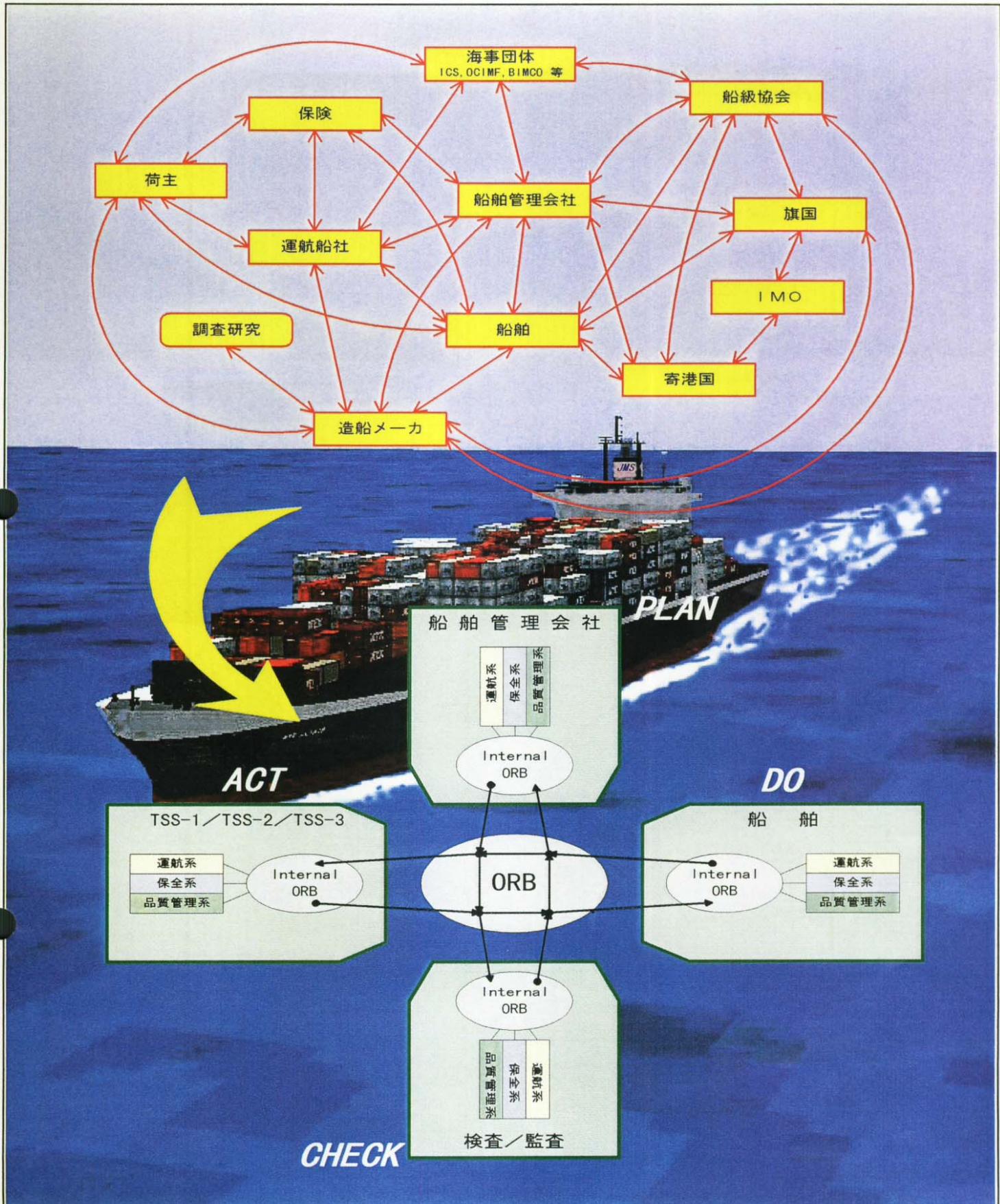
SR 238

SHIP RESEARCH SUMMARY REPORT

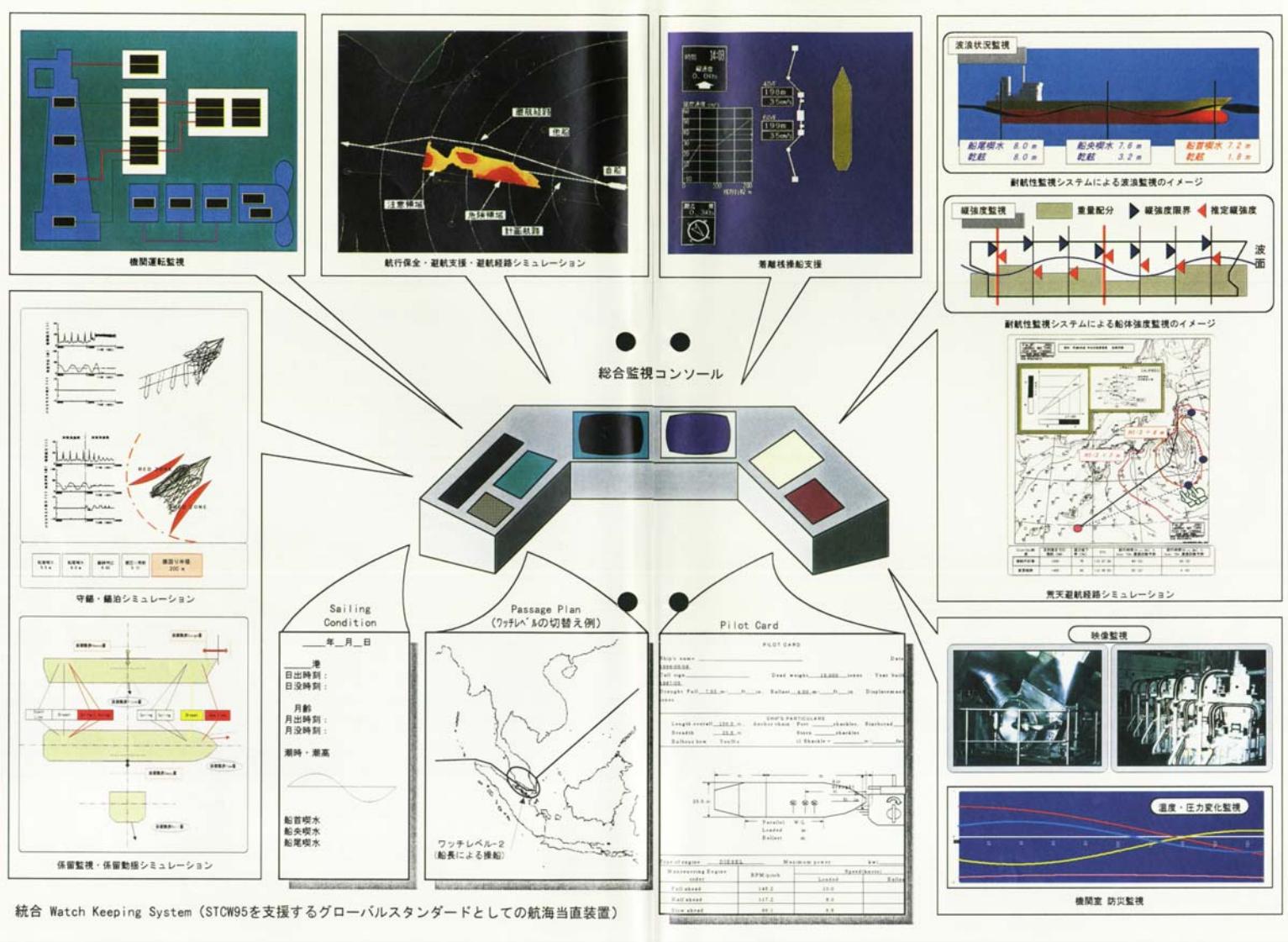
新しいフリートサポートシステムの研究 成 果 報 告 書

平成 11 年 3 月

社団 法人 日本造船研究協会



新しいフリートサポートシステム—船舶運航支援のグローバルネットワーク



SR238 「新しいフリートサポートシステムの研究」

要 約

Ship Research Panel 238 「Study on Advanced Fleet Support System」

Implementation of the ISM-Code implies a major challenge to the shipping industry and a sort of revolution in the ship management. By the increased globalization and competitions, and the changes of regulatory environments, the ship managers (operators) should focus its management attention on that expectations and requirements for improved safety, quality and environmental performance are growing in parallel to demands to stay competitive in cost and productivity, and that dramatic grown of ship's sizes, grown of technologies, increase of kinds of ships and increase of mixed manned ships sometimes lead ship operations to complexity. In these circumstances, it is a vital importance and needs for the maritime industry to research and develop an advanced fleet support system to effectively implement and maintain its SMS and TQM for ships. This research consists of two years study, which includes following items;

1. to conduct survey on the SMS operations on board and investigate existing (or potential) problems in the maritime industry and ship management.
2. to analyze the manual system and identify work roles and functional requirements to personnel and equipment allocated for each SMS key element.
3. resulting from the above analysis, to identify new functional requirements and define new needs and specifications on new equipment and/or computer aided systems, which are available to a new fleet support system.

Through the study, this research is able to provide a comprehensive (or conceptual) design for a new fleet support system and the skeleton of new watch keeping system on adopting up-to-date engineering and information technologies and relevant technologies newly developed by the other researches.

1. 調査研究の目的

船舶安全運航と環境保護に関する会社責任（経営者責任）を国際条約のもとに明確に規定したISMコードの実施は、従来の自己完結型（船長責任）から陸上組織も含めた組織管理型（会社責任）への管理責任の移行を意味し、船舶管理の基本理念を変える大転換である。船舶運航にかかわる業務について抜本的な見直しが求められるという意味で、ISMコードは海運の業務革新－Reengineering－を促すものであると捉えることができる。このような業務革新－Reengineeringには、ソフトウェアだけではなく、あるべき船舶、機器、システムの開発も含め、ソフト・ハードを一体とした革新が当然のことながら必要となる。

本調査研究では、海運と造船がその知見を集め“使い易い船とは何か”をテーマに船舶安

全運航にとって有効な機器・システムのあるべき機能要件を共同研究し、新しい機器・システムの開発目標を策定する。それらを通じて、海運と造船に新たな競争力創出の機会を与えるとともに、船舶の安全運航に総合的に寄与することを目的とする。

2. 研究の目標

本研究は、船舶運航業務の実態調査・分析から使い易い船とは何かを考え、SMSの運営管理から見たあるべき機器・システム及びフリートサポートシステム（FSS-Fleet Support System）の機能要件について検討し、新しい機器・システムの開発目標を策定する。

前述の研究目的を果たすため、本研究部会では以下の事項を研究目標とした。

(1) FSSの概念の策定

SMS業務の機能分析とSMSを支援するFSSの概念の基本的要件の整理。

(2) 安全運航管理機能要件の明確化と人と機器・システムの役割分担の整理

SMS主要業務における船陸間、各組織間、人と機器・システム間の役割分担の明確化。

(3) FSSの機能要件の策定

FSS全体の機能要件とFSSで利用される基幹的な機器・システム（主要システム）の機能要件の策定。

(4) 新しい設計思想と新しい機器・システムの概念設計（開発目標）

- ・“使い易い船とは何か、船舶運航の品質・効率面からのあるべき機器・システムは何か”という観点に基づく新しい設計思想の確立。

- ・上記で策定した機器・システムの新機能要件に基づいた主要システムの概念設計。

3. 研究の内容

(1) SMSの研究

乗船調査等による船舶管理の現状と問題点の整理とSMSマニュアルにおける陸上管理、船内管理及び外部支援各機能間の船舶管理上の役割分担の精査と分類。

(2) FSSの概念の検討

SMS業務と船舶安全運航上の問題点との関連性の分析とFSS概念構成図の作成。

(3) 安全運航管理機能要件の明確化と人と機器・システムの役割分担の整理

SMS各業務における安全運航管理機能要件の明確化、FSS機能要件を検討するための標準的手法の策定並びにSMS主要業務における船陸間、各組織間、人と機器間の役割分担の明確化。

(4) FSSの機能要件の策定

FSS（SMSを総合的に支援する全体システム及びSMS上のあるべき機器・システム）の新役割（機能要件）の策定。

(5) 新しい設計思想の検討と新しい機器・システムの概念設計（開発目標）

使い易い船とは何かを主題とする新しい設計思想の基本的要件の整理とそれにに基づく、新しい機器・システムの概念設計。

以上の研究成果を踏まえ、今後開発が急がれる機器・システムならびに新たに取組むべき研究課題を整理・提言した。

4. 研究の成果

4.1 船舶管理の現状と問題点

船舶運航業務は本質的には情報処理作業である。現行の船舶管理における問題点は海運環境の変化による情報処理負荷の増大に帰結される。その対策にはガルブレイスが提唱する対情報処理負荷戦略的なアプローチが有効と考えられる。この観点で、現行の船舶管理における問題点を整理した。

4.2 SMS業務、乗船調査結果の概要

船内におけるSMS業務及び関係作業の実態調査を北米航路コンテナ船について実施し、SMS業務と船舶安全運航との相互関係を整理した。また、ワークフローシミュレーションを実施するための基礎データを収集した。

4.3 SMS業務分類

(1) SMS業務分担分類表の作成

SMS業務は下層レベルの機能と上位レベルの機能が多重・多層且つ錯綜しているため、階層構造化が難しい。が、この問題をある程度解消し、且つ各組織業務、業務遂行時期、業務機能間の相互関係と役割分担を明らかにするため、各組織、機能、作業間の相互関係をマトリックスを用いて整理し、SMS業務分担分類表を作成した。

(2) SMS業務の特性

①船舶運航管理は外的状況によって所要作業・動作の処理量、種類、優先順位が変動し、短い時間帯内（数分間程度）に複数の作業、動作をする状況が突発的に出現する。この複数作業・動作をする事象はランダムに発生し、その状況によって手順の間違い、見逃し、対応の遅れ、作業の中止、時としてはパニックに至る。この点が、定型業務中心の陸上プラント管理と大きく相違する。

②航海当直作業に見られるSMS業務の複雑性

航海当直は約90～100ユニットの作業で構成され、独立動作数は約2,500～3,000項目程度である。当直航海士と操舵手がこの作業・動作を処理しているが、外的状況に変化がなければ作業の流れは定型的に推移する。この定型業務の流れに外的状況の変化（他船の出現、視界不良、荒天遭遇、VHF照会、航行海域の制限、船舶交通量の増加、船内連絡、衛星電話等）が加わることで処理すべき作業の量、種類、優先順位等が突発的に変化する。これら外的状況の変化によって処理すべき作業の量が当直者の能力を超えた場合、パニックが起こり、事故・トラブルの要因となる。

4.4 安全運航管理機能要件とフリートサポートシステムの概念

(1) 安全運航管理機能要件の整理

SMS業務は船舶の安全運航を品質目標とするTQMであるとの認識に基づき、各業務毎のQC-Planを策定する方法でもって“安全運航管理機能要件”を検討、抽出した。

(2) フリートサポートシステムの概念構成図の作成

船舶管理の現状と問題点、SMS業務の実態並びに各業務の安全運航管理機能要件を踏まえて、SMS業務分担分類表に基づき現行SMSにおけるフリートサポートシステム-FSSの概念構成図を作成した。

4.5 新しい設計思想とSMS機器の機能要件検討に関する標準的手法

船舶管理の現状ならびにSMS業務の分析から新しい機器・システムの機能要件の抽出に至るプロセスを統一するため、新しい設計思想とFSS概念設計に関する標準的手法を検討、策定した。

4.6 船舶管理の現状分析と主研究開発課題の抽出

SMSの総合研究で得た船舶管理の現状と周辺環境から、今後のFSS研究・開発の重点目標を整理、抽出した。

4.7 全体システム

FSS全体システムはORB技術によって管理会社、船舶、検査・監査機構、外部支援機構(TSS)を結んだ運航支援グローバルネットワークと定義し、その概念を整理した。FSS全体システムはグローバルなPDCAループを形成し、このORB-PDCAを動かすことでの情報処理と品質管理の効率化を図ることを目標に設計される。

4.8 航海関係 (WKS-Watch Keeping System)

本研究ではSTCW 9-5を支援するグローバルスタンダードたりうる航海当直装置の開発を目的に、航海当直業務の分析、乗船調査、アンケート調査及びワークフローシミュレーションから新しい当直支援システムの機能要件の定義を求め、その概念設計を実施した。

4.9 船体構造関係 (新しいサポートシステム・TSS)

(1) 耐航性監視システムの機能要件

耐航性を規定する船体構造の特性、耐航性管理・監視についての問題点を整理し、改善提案と具体的なシステム機能を検討した。

(2) 船体健全性管理の検討

保全管理についての問題点を整理し、アウトソーシングの妥当性を考慮して改善提案を行った。また、船体健全性管理をアウトソースの中核として捉え、基盤的な技術として「船体損傷情報システム」「TSSによる船体保全管理」について検討した。

4.10 機関関係 (機関信頼性研究への新たな取り組み)

機関室プラントの現状と問題点を整理し、機関信頼性の向上(MTBFの改善)に向けての開発プロセスを以下、提言した。

1. 機関運転・保全業務のCBDC化

2. CBDC化による作業省力化効果の活用→予防保全の充実→MTBFの改善

3. 保全データ管理システムの開発(点検保全、予防保全、事後保全)

4. 機関監視システムの開発

*機関状態及びM0運転判断に定量的、数値基準を与える監視システム

*機関運転監視機能からの人的偏差の排除→有効なQC-PLANの確立

5. 機関健全性診断システムとパフォーマンス総合評価システムの開発

*機関運転・保全データの解析による保全予知診断システム

4.11 船装関係（機関防火システム）

防火／消火関連の現状と問題点を分析・整理し、それを解決するための手段として機関室火災を例に、新しい防災監視、消防作業、訓練システムの機能要件及び開発目標を取纏めた。本システムを開発、実用化するためには監視機器、検知装置等のハード部分を含めたハード、ソフトの詳細仕様書をとりまとめ、試作ハード、ソフトを試行運用して、その役割分担、機能要件の適合性、システム全体の信頼性を検証する必要がある。

4.12 統合 Watch Keeping Systemの概念設計

本研究の成果として機能要件が提案された航海監視システム、耐航性監視システム、機関運転監視システム、防災監視システム等をWatch Keeping Systemとして船橋に統合し、これを統合WKS-Watch Keeping Systemとして提案した。この新しい船橋当直システム、統合WKSはSTCW95を支援する航海当直装置としてグローバルスタンダードを目指す新システムである。

5. 成果の活用

日本の海運・造船は長い年月、厳しい国際競争の嵐に揉まれてきた。ISMコードの実施は船舶管理における革命、船舶運航管理の新時代の幕開けであり、それは造船業にとっても同じ意義をもつ。このような環境下、本研究の成果は新時代に向けての道標としての役割を持つ。

本研究に続くものとして、以下に関する研究・開発の推進を提案する。

(1) FSS研究成果からの新しい機器・システムの開発

わが国の海運と造船の国際競争力と技術的優位性の維持・強化には、以下の開発を可及的速やかに推進する必要がある。

- ①全体システムの設計、試験的製作と実証実験
- ②統合Watch Keeping Systemの設計、試作並びに実証実験
- ③機関信頼性－MTBFの革新的改善－に関する研究（運転管理、保全）
- ④機関室防災システムの設計・試作と実証実験（船装設備・機器設計の新モデル）

(2) SMS業務分析と新機能要件の組織的な検討の継続

船舶管理のグローバル化が進み、欧米勢による国際標準化攻勢は益々厳しくなる。われわれが、国際標準化活動で欧米等と対等若しくはそれ以上の地位を築くには、SMS業務の分析とFSS研究を継続的に行える機能をもつ必要がある。

(3) BPRと新しい船舶・機器・システム設計上の標準的手法の研究

本研究では、機器・システムの機能要件の検討を、経営効率→業務品質・効率→情報処理能力→工学的要件の流れで実施した。この手法を更に研究することで経営と工学をリンクさせた機能要件開発のためのソフトウェア（BPR-Simulation System）を開発できる可能性がある。

(4) 全体システムの継続的開発

通信・情報処理技術の進歩の速さは、一つのシステムの完成を待たない。SMS-ORBによる全体システムの完成度を高め、維持するには継続的な研究開発が不可欠である。

(5) コンピュータと情報技術による異文化、異言語ハンディの克服手法の研究

わが国はグローバル展開の中では、欧米に比し、異文化・異言語のハンディが大きい。このハンディを克服するにはコンピュータと情報技術によるしかなく、唯一の手段である。国際船舶管理においても、正に、コンピュータをベースとした情報処理、コミュニケーションシステムの開発を必要としている。

(6) 海上輸送サービス、評価システムの研究・開発

海運ユーザーが求めているのは、サブスタンダード摘発のような規則への適否という二值的な評価ではなく、サービスの質に対する評価である。有効な評価システムの開発が必要である。

はしがき

本成果報告書は日本財團の補助事業として、日本造船研究協会第238研究部会において、平成9年度から10年度の2カ年計画で実施した「新しいフリートサポートシステムの研究」の成果をとりまとめたものである。

第238研究部会 名簿

(敬称略、順不同)

委 員 会

部 会 長 小山 健夫 (東京大学)

代 表 幹 事 上江州由亘 (日本郵船)

代表幹事代行 庄司洸一郎 (日本海洋科学)

委 員 伏見 彬 (東京大学)

今津 隼馬 (東京商船大学)

原 潔 (神戸商船大学)

沼野 正義 (船舶技術研究所)

中村 靖 (日本海事協会)

濱 佳昇 (大阪商船三井船舶)

山本 勝 (日本郵船)

川嶋 民夫 (日本郵船)

田中 豊 (三菱重工業)

斎藤 泰夫 (川崎重工業)

藤原 一志 (新来島どっく)

真島 篤 (住友重機械工業)

瀬川 正行 (日立造船)

大和 裕幸 (東京大学)

岡田 博 (東京商船大学)

井上 欣三 (神戸商船大学)

上田 徳 (日本海事協会)

増田 恵 (日本船主協会)

鏡 敏弘 (大阪商船三井船舶)

石田 隆丸 (日本郵船)

米里 徹也 (三菱重工業)

河辺 獅 (石川島播磨重工業)

荻野 繁之 (サノヤス・ヒシノ明昌)

中川 道雄 (新来島どっく)

堀川 統 (日本鋼管)

佐藤 英孝 (三井造船)

幹 事 会

主 査 上江州由亘 (日本郵船)

委 員 庄司洸一郎 (日本海洋科学)

濱 佳昇 (大阪商船三井船舶)

山本 勝 (日本郵船)

田中 豊 (三菱重工業)

斎藤 泰夫 (川崎重工業)

藤原 一志 (新来島どっく)

真島 篤 (住友重機械工業)

瀬川 正行 (日立造船)

鏡 敏弘 (大阪商船三井船舶)

米里 徹也 (三菱重工業)

河辺 獅 (石川島播磨重工業)

荻野 繁之 (サノヤス・ヒシノ明昌)

中川 道雄 (新来島どっく)

堀川 統 (日本鋼管)

佐藤 英孝 (三井造船)

WG1 (総合調整)

主 査 小山 健夫 (東京大学)

委 員 伏見 彬 (東京大学)

大和 裕幸 (東京大学)

今津 隼馬 (東京商船大学)	岡田 博 (東京商船大学)
原 潔 (神戸商船大学)	井上 欣三 (神戸商船大学)
上江州由亘 (日本郵船)	庄司洸一郎 (日本海洋科学)
沼野 正義 (船舶技術研究所)	米里 徹也 (三菱重工業)
田中 豊 (三菱重工業)	増田 恵 (日本船主協会)
山本 勝 (日本郵船)	鏡 敏弘 (大阪商船三井船舶)
水野 雅方 (川崎重工業)	佐藤 英孝 (三井造船)
オブザーバー 小郷 一郎 (日本船舶標準協会)	内海 和夫 (三菱総合研究所)

WG 2 (運航関係)

主査 原 潔 (神戸商船大学) (H9)	今津 隼馬 (東京商船大学) (H10)
副主査 今津 隼馬 (東京商船大学) (H9)	沼野 正義 (船舶技術研究所)
委員 井上 欣三 (神戸商船大学)	山崎 正敏 (大阪商船三井船舶)
石田 隆丸 (日本郵船)	中村 紳也 (日本海洋科学)
平塚 惣一 (大阪商船三井船舶)	森田 進 (川崎重工業)
川瀬雅勇己 (日本海洋科学)	堀川 統 (日本鋼管)
寺田 稔 (川崎重工業)	佐藤 孝雄 (三井造船)
塩田 悟 (日本鋼管)	小野 武之 (三菱重工業)
阿部 均 (三井造船)	

WG 3 (船体部関係)

主査 伏見 彰 (東京大学)	角 洋一 (横浜国立大学)
委員 庄司洸一郎 (日本海洋科学)	藤本由紀夫 (広島大学)
河辺 寛 (防衛大学校)	中村 靖 (日本海事協会)
松岡 一祥 (船舶技術研究所)	木村 敏宣 (川崎重工業)
直井 秀明 (川崎重工業)	中村 道雄 (新来島どっく)
藤沢 一志 (新来島どっく)	岡部 拓 (日本鋼管)
堀川 統 (日本鋼管)	後川 理 (石川島播磨重工業)
亀井 前人 (日立造船)	
阿部 孝三 (住友重機械工業)	

WG 4 (機関部関係)

主査 岡田 博 (東京商船大学)	岡山 透 (日本海事協会)
委員 桐谷 伸夫 (船舶技術研究所)	川嶋 民夫 (日本郵船)
明野 進 (日本郵船)	塩津 高志 (大阪商船三井船舶)
金子 仁 (日本海洋科学)	原田 朋宏 (石川島播磨重工業)
鎌田 謙二 (大阪商船三井船舶)	山腰 敏生 (サノヤス・ヒシノ 明昌)
岡田 義浩 (川崎重工業)	永澤 映二 (日本鋼管)
前田 明徳 (日本鋼管)	
池田 敏 (三井造船)	

WG 5 (船装関係)

主 委	査 員	米里 錠也 (三菱重工業) (H9)	田中 豊 (三菱重工業) (H10)
		中村 靖 (日本海事協会)	鶴谷 雄一 (日本郵船)
		亀井 平 (日本郵船)	古市 加積 (日本鋼管)
		梅山 信孝 (日本鋼管)	坂本 武 (日立造船)
		植村 卓司 (日立造船)	原田 秀利 (三菱重工業)
		真島 篤 (住友重機械工業)	

討議参加者 藤本 昌志 (日本郵船)
安田 克 (日本海洋科学)

広野 康平 (日本海洋科学)
越坂 忠裕 (日本海洋科学)

事務局 (日本造船研究協会)

山内 康勝 翁長 一彦 海部 雅之
青木 元也

目 次

1. 調査研究の目的.....	1
2. 研究の目標.....	2
3. 研究の内容.....	3
4. 研究の成果.....	4
4. 1 船舶管理の現状と問題点.....	4
4. 2 SMS業務、乗船調査結果の概要	5
4. 3 SMS業務分類	7
4. 4 安全運航管理機能要件とフリートサポートシステムの概念.....	12
4. 5 新しい設計思想とSMS機器の機能要件検討に関する標準的手法	15
4. 6 船舶管理の現状分析と主研究開発課題.....	17
4. 7 全体システム.....	18
4. 8 航海関係 (Watch Keeping System)	18
4. 9 船体構造関係 (新しいサポートシステム・TSS)	20
4. 10 機関関係 (機関信頼性研究への新たな取り組み)	25
4. 11 船装関係 (機関室防火システム)	26
4. 12 統合 Watch keeping System	27
4. 12.1 統合 Watch keeping Systemの概念	27
4. 12.2 統合 Watch keeping Systemの評価	27
5. 成果の活用.....	29

1. 調査研究の目的

国際海事機構（IMO）の船舶安全運航に関する新たな取り組みであるISMコードはSOLAS第9章として国際条約化され1998年7月からは客船、タンカー及びバルクキャリアを対象に、2002年には全船舶（500GT以上の国際航海に従事する船舶）に適用される。

ISMコードは会社責任に基づく安全運航管理システム（SMS-Safety Management System）の確立と組織活動（会社、船、乗組員全体）による履行を管理会社に対して法的に要請する規制である。しかし、その基本理念を総合品質管理－TQM－に置いていることから、SMSと同時にISO9002品質システムの認証を取得する船社が増加してきている。ISMは海運に従来のコスト競争に加え、輸送サービスの安全・品質競争という新しい課題を与えた。（注：ISMコードはISO9002を骨格として形成された）

ISMコードの実施は、従来の自己完結型（船長責任）から陸上組織も含めた組織管理型（会社責任）への管理責任の移行を意味し、船舶管理の基本理念を変える大転換である。船舶運航にかかわる業務について抜本的な見直しが求められるという意味で、ISMコードは海運の業務革新－Reengineering－を促すものであると捉えることができる。このような海運の大変革期において、海運（ユーザー）と造船（メーカー）が“海上輸送サービスの安全と品質維持に有効な機器・システム、使い易い船とは何か”を共同して考え、新しい機器・システムの共同研究・開発に取り組むことは非常に有意義なことである。海運・造船の双方に新しいニーズの発掘、市場における優位性といった付加価値をもたらすものと期待される。

本調査研究は、海運と造船がその知見を集め、これから船舶安全運航管理にとって真に必要な機器・システムの機能要件とあるべき運航システムを研究し、もって海運には船舶の安全運航に有効なシステムを、また造船には新しい機器・システムの開発目標を与え、それらを通じて船舶の安全運航に寄与することを目的とした。

2. 研究の目標

従来、船舶、船用機器及び設備は関係諸規則が定める要件の工学的な充足を目的に開発されてきた。本研究は、それらとは思想を異にし、使い易い船とは何かを考え、SMS業務の運営管理から見たるべき機器・システム及びフリートサポートシステム（FSS-Fleet Support System）の機能要件について検討するものとした。

船舶運航は陸上管理、船内管理と乗組員、船舶及びそれに搭載されている機器・システムが運航に必要な業務・作業を分担することで成り立っている。前述の研究目的を果たすため、本研究部会では以下の事項を研究目標とした。

(1) FSSの概念の策定

SMS (Safety Management System) 業務の機能の分析を実施し、FSSについての概念的な整理を与える。

(2) 安全運航管理機能要件の明確化と人と機器・システムの役割分担の整理

SMS主要業務における船陸間、各組織機能間並びに人と機器・システム間の役割分担を明確にする。

(3) FSSの機能要件の策定

FSS全般を通じての機能要件とFSSで利用される基幹的な機器・システム（主要システム）の機能要件を策定する。

(4) 新しい設計思想と新しい機器・システムの概念設計（開発目標）

“使い易い船とは何か、船舶運航の品質・効率面からのるべき機器・システムは何か”という観点から新しい設計思想を確立し、この設計思想に基づき、SMS業務上の主要システムについて概念設計を行う。

3. 研究の内容

(1) FSSの概念の策定

①SMSの研究

- ・乗船調査等により船舶管理の現状と問題点を整理・把握した。
- ・ISMコード適合が認定されたSMSマニュアル（コンテナ船対象）に記述されている
陸上管理機能、船内管理機能及び外部支援機能間の船舶管理上の役割分担の精査と
分類を行った。

②FSSの概念の検討

- ・SMS業務を分類し、それらと船舶安全運航上の問題点との関連性を分析した。
(SMSを構成する要素と、運航上の問題点との相互関係を整理した。)
- ・業務の分類結果に基づきFSSの概念構成図を作成した。

(2) 安全運航管理機能要件の明確化と人と機器・システムの役割分担の整理

①SMS研究で分類した各業務が安全運航面で具備すべき機能要件を明確にした。

②FSS各要素システムの機能要件を検討するための標準的手法を策定した。

③標準的手法に沿って、QC-PLAN (PDCA)への適合性分析、機能分析（ワークフローシミュレーション）等により、SMS主要業務における船陸間、各組織機能間並びに人と機器・システム間の役割分担を明確にした。

(3) FSSの機能要件の策定

通信情報技術の進歩並びに類似技術・システムの開発動向を視野に入れながら、FSS (SMSを総合的に支援する全体システム及びSMS上のるべき機器・システム) の新役割(機能要件)を策定した。

(4) 新しい設計思想の検討と新しい機器・システムの概念設計（開発目標）

- ①使い易い船とは何かという観点から、新しい設計思想の基本的要件を整理した。
- ②新しい設計思想に基づいて、新しい機器・システムの概念をまとめた。

(5) 課題の整理

以上の研究成果を踏まえ、今後開発が急がれる機器・システムならびに新たに取り組むべき研究課題を整理・提言した。

4. 研究の成果

本研究では“使い易い船とは何か、SMS業務の品質・効率に有効な機器・システムは何か”を主題に、船舶管理をBPR-Business Process Reengineering、業務革新の観点から分析した。その結果、以下の成果が得られた。

4.1 船舶管理の現状と問題点

船舶運航業務は本質的には情報処理作業である。現行の船舶管理における問題点は海運環境の変化による情報処理負荷の増大に帰結される。その対策にはガルブレイスが提唱する対情報処理負荷戦略的なアプローチが有効と考えられる。現行の船舶管理における問題点を以下のように整理した。

(1) Seamanshipから組織的管理へ

船舶管理は海運環境の激変により情報処理負荷が増大している。その解決にはガルブレイス提唱の対情報処理負荷戦略的な対応が必要となる。その意義からも、現行のSeamanship（船舶の自己完結型管理）から組織的管理への転換、即ち業務革新を必要としている。

海運環境の激変→情報処理負荷の増大（グローバリゼーションの加速）

- | | |
|--------------------|---|
| ①船種船型の多様化、大型化 | → 40年前：一般貨物船＝1万t級、タンカー＝3万t級
現在 : T S L～V L C C、20数船種 |
| ②船舶運航形態の多様化、大規模化 | →船隊規模500隻、世界市場を2分するコンテナ共同運航 |
| ③国際化と異文化・異言語問題 | →船員及び陸上管理要員の多国籍化 |
| ④環境、安全に関する社会要請の増大 | → 40年前：運航+保全
現在 : 運航+保全+品質+環境+PSC+品質監査 |
| ⑤通信情報技術及びコンピュータの発達 | →船陸間の情報通信量の増大 |

ガルブレイスの対情報処理負荷戦略

- ①情報処理の機械的モデル化→規則による管理範囲の限定。標準化と役割分担の明確化
- ②情報処理負荷の削減戦略 →情報処理の機器・システム化と処理組織の変更
- ③情報処理能力の拡充戦略 →情報処理技術（IT）の活用

(2) 技術管理機能と社会システムの併存による業務の錯綜、複雑化→業務の単純化へ

船内管理は船舶運航を技術的に管理する機能と環境、保安防災、犯罪防止、保健衛生、緊急救助等の社会機能、即ち社会システムの2つの機能が併存する。要員が限定される船内では、これらを一つの組織（一人の要員）が複数の業務・作業を掛け持つことで対応している。そのため、集中、並列処理に伴う業務の錯綜、複雑化が起こり易く、業務優先順序の誤判断等の要因となっている。

(3) 船舶運航業務は情報処理作業→定性的基準から定量的基準による管理へ
船舶運航業務の大半は、情報判断作業（処理・編集）であるが、情報処理は当事者個々の判断（船長等）に委ねられているため、均質な運航管理が困難である。

(4) 船舶運航と複雑系、非線形事象→規律性と標準化による線形近似的処理

人間系は複雑性、非線形を体現。人間系を中心に構成されている現行船舶管理システムにも複雑性、非線形的問題が潜在する。海難事故（人為的要因約80%）→非線形、複雑性による事象

*複雑な問題の解決法

- 複雑さを分解して簡単な問題にしてから、解決方法を考える。
- 複雑さの中で、扱い易い部分だけを取り扱う。
- システムのどこに複雑性を見るか、また、システムの何処から複雑性が現れてきたかを調べる。

4.2 SMS業務、乗船調査結果の概要

本船に適用されるSMSマニュアルには乗組員の職務・権限・責任並びに主要な船内作業に関する職務遂行手順が定められている。船内におけるSMS業務及び関係作業の実態調査を北米航路コンテナ船について実施した。

(1) SMS甲板系業務の作業構成

表-1 乗船調査：甲板系作業とSMS業務

甲板系業務	管理	作業	監視	合計
総合管理	0.2	6.9	0.4	7.5
運航管理	1.0	4.2	45.5	50.7
保全管理	0.5	27.2	0.6	28.3
貨物管理	1.3	0.0	12.2	13.5
総計	3.0	38.3	58.7	100.0

注：総合管理＝品質管理+安全衛生+環境保護+緊急対応が含まれる。

・運航管理業務→甲板系全作業の50%、監視作業→甲板系全作業の60%。

(2) SMS機関系業務の作業構成

・運航管理業務→機関系全作業の36%、監視作業→機関系全作業の27%。

表-2 乗船調査：機関系作業とSMS業務

機関系業務	管理	作業	監視	合計
総合管理	2.4	4.1	0.8	7.3
運航管理	1.1	14.2	21.0	36.3
保全管理	2.9	46.9	2.1	51.9
貨物管理	0.1	1.0	3.4	4.5
合計	6.5	66.2	27.3	100

注：総合管理＝書類管理・保管+調査企画+訓練+安全衛生+環境保護+緊急対応が含まれる。

運航管理＝機関当直+機関運転+出入港作業+M.O.運転+補油

(3) 船舶航行環境

船舶の安全運航には船舶が航行する水域の環境が大きく影響する。コンテナ船の航行環境特性をログブック（1年間）から分析した。

①航行海域特性

ISMコードでは、運航上のミスが安全に直接的に影響する可能性がある状況下での運航作業（特種運航作業：Special and Critical Operation）と通常の運航作業（Normal Operation）とを明確に区別し、特種運航作業には、それに適合する特別の安全運航管理システムを設定することを要求している。このコンテナ船の場合では、特種運航が全運航時間の55%に達している。

表-3 コンテナ船の航行環境特性事例（北米コンテナ1年間）

航行環境区分	構成比%	累計	Operation
大洋航海	44.7	44.7	Normal
沿岸航海	23.2	67.9	Special
岸壁係留	17.9	85.8	-do-
交通幅轍海域	5.2	91.0	-do-
制限水域	4.3	95.3	-do-
入渠工事	3.0	98.3	-do-
錨泊	1.7	100.0	-do-

②Special & Critical Operationの発生頻度

特種運航作業で最も発生回数の多いのは出入港・出入湾作業であり、調査対象コンテナ船では年間234回を数え、沿岸航海が133回でこれに次いでいる。海難事故或いは航海上のトラブルは出入港操船時及び沿岸航行時に多く発生している。

表-4 船舶運航モード別業務発生頻度事例（北米コンテナ船1年間）

運航モード	発生回数	発生時間	構成比	平均時間/回
1.交通幅轍海域	234	463	5.2	2.0
2.制限水域航行	56	381	4.3	6.8
3.沿岸航海	133	2057	23.2	15.5
4.大洋航海	35	3960	44.7	113.1
5.岸壁係留	89	1584	17.9	17.8
6.錨泊	9	154	1.7	17.1
7.出入渠操船	4	7	0.1	1.6
8.入渠工事	4	258	0.9	64.6
合計	564	8864	100.0	*****

③保守整備と停泊時間

近年の船舶管理では、本船乗組員による保守整備が中心である。本船乗組員による保守整備作業は航海中であっても可能なものと停泊中の方が良いものに分かれる。

このコンテナ船の場合、停泊時間の平均は17.7時間であるが、主機の開放点検といった重作業には、かなり厳しい停泊時間である。

表-5 Special Operation発生頻度事例（北米コンテナ船1年間）

Special Operation	発生回数	時間	平均時間	運航時間比%
1.離着桟操船	183	332	1.8	3.7
2.湾内、河川、狭水道	104	512	4.9	5.8
3.荒天航行	4	38	9.5	0.4
4.機関トラブル漂泊	3	37	12.3	0.4
5.荷役	250	1142	4.6	12.9
6.補油	18	120	6.7	1.4
合 計	562	2181	****	24.6

4.3 SMS業務分類

(1) SMS業務の分担分類表

SMS業務は下層レベルの機能と上位レベルの機能が多重・多層且つ錯綜しているため、階層構造化が難しい。この問題をある程度解消し、且つ各組織業務、業務遂行時期、業務機能間の相互関係と役割分担を明らかにするための方式として上層機能から最下層機能

（独立作業であって、それ以上は分割できないレベルの単位作業）に向けて、階層毎に各組織、機能、作業間の相互関係をマトリックスを用いて整理する方法を採用した。表-6にSMS業務の分担分類を示す。表のX軸方向は業務組織系の分類であり、Y軸は業務内容による分類である。業務組織が所掌する業務内容が存在する場合、該当する欄に「×」印が付してある。

表-6 SMS業務分担分類表

		組織系分類 - 1			組織系分類 - 2			WKS-A: 航運・当面			SBW: 船内作業			OCS-A: 航運管理			SBM: 船内管理			FMS: 機上管理			TSS: 外部支援			
		X → SMS組織 業務進行時期	組織 分類 - 3 Y → SMS 職務 業務レベル - 2	X → SMS組織 業務進行時期	組織 分類 - 3 Y → SMS 職務 業務レベル - 2	X → SMS組織 業務進行時期	組織 分類 - 3 Y → SMS 職務 業務レベル - 2	1 航運当面	2 航運当面	3 航運当面	1 船体保全作業	2 船体保全作業	3 船体保全作業	Q 安全衛生作業	1 船内管理	2 船内管理	3 船内管理	SBM	1 船内管理	2 船内管理	3 Q 船内総合管理	A 保全管理	B 保全管理	E 連航情報技術	Q 保全指揮	E 緊急対応支援
1 計画 実施 監査	1. 品質管理 (PDCA) 2. 船員管理 3. 安全衛生 4. 船内保全 5. 貨物管理 6. 航運分析 (BPR) 7. 航行計画 (CR) 8. 保安監査 (BM)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2 機構 組織 監査	1. 保安管理 2. 旅客入港 3. 外注管理 4. 技術管理 5. 作業管理	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3 状況 対応 監査	1. 連航計画 2. 航運情報 3. 出港 4. 航運 5. 入港 6. 停泊 7. 危機品輸送 8. 1. 危機警戒対応の明確化 9. 予防と緊急指揮 10. 緊急対応訓練 11. 文書管理 12. 情報管理 13. データ管理	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

: 現在は活用ではないが将来必要になると考えられる業務

(2) SMS業務の特性

SMS業務は船上業務と陸上業務に大別される。業務を構成する作業単位数（注：作業単位とは航海当直業務でいえば〔見張り〕〔船位確認〕といったレベルの作業をいう）は船上業務だけで約600～700ユニット程度である。（注：作業ユニット数はマニュアルの組み方および船種で異なる）

各作業単位を機能分析的に独立動作レベルまで分解するとすれば、1作業単位を構成する独立動作は平均的には30項目程度、独立動作の総数は船上業務全体で約20,000項目程度と推定される。

各作業を構成する個々の独立動作は単純であり、独立動作個々には熟練を要するものはほとんどない。また、作業手順及びフローも、各作業ベースでは複雑なものではなく定型的である。この点では、陸上プラントの運転管理業務と大きな差はない。しかし、実際の運航状態では、下記の点で陸上プラントと大きな相違がある。

- ①陸上プラント運転管理はプラント自体の状態だけを監視・管理するだけであり、定型業務が中心である。一方、船舶運航管理は外的状況によって所要作業・動作の処理量、種類、優先順位が変動する変動型業務（定型+状況応答型）である。
- ②船舶運航では、短い時間帯内（数分間程度）に複数の作業、動作をする状況が突発的に出現する。この複数作業・動作をする事象はランダムに発生し、その状況によって手順の間違い、見逃し、対応の遅れ、作業の中止、時としてはパニックが起こる。
- ③単一作業、定型作業の場合は、作業手順は明確に整理・マニュアル化出来る。しかし、複数作業の並列処理は手順に整理出来るとても非常に複雑なものとなり、マニュアルとしての用をなさない。（万有引力の3体問題的な複雑さが、複数作業の並列処理にも存在する。）

(3) 航海当直作業に見られるSMS業務の複雑性

航海当直は約90～100ユニットの作業で構成され、独立動作数は約2,500～3,000項目程度である。当直航海士と操舵手がこの作業・動作を処理しているが、外的状況に変化がなければ作業の流れは定型的に推移する。

図-1に時間経過を横軸とした作業の流れを示す。ただし、縦軸は当直航海士の能力を表しており、少なくともSTCW条約の要件を満たす能力を有する航海士が当直に当たっているものとする。しかしながら、航海士にも能力の差があることは否めない事実であり、縦軸の左側に示すような分布となっているものと想定する。

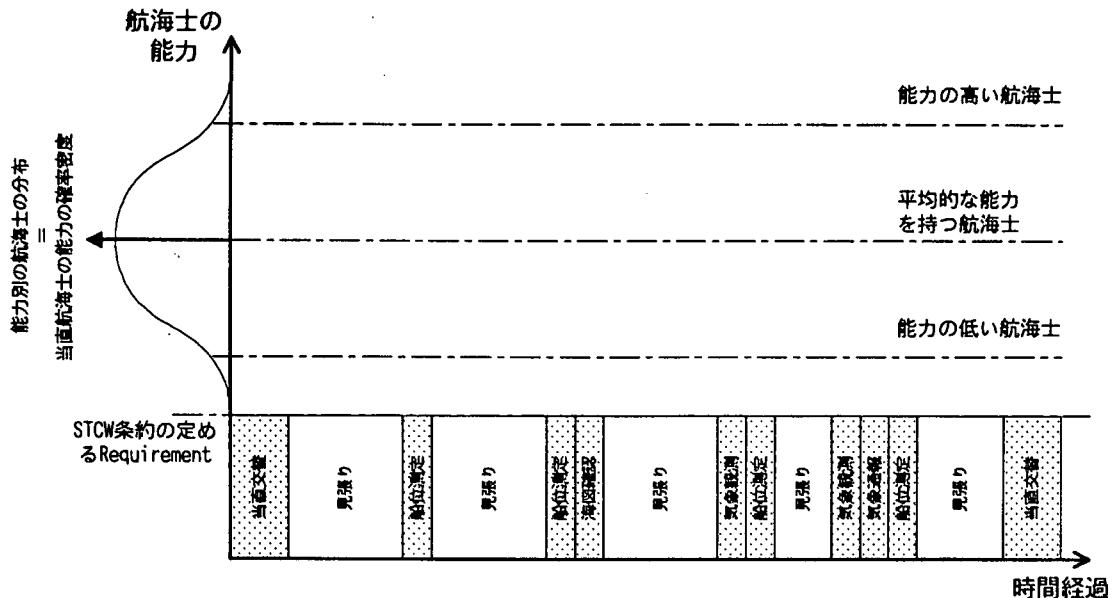


図-1 航海当直作業の流れと当直航海士の能力

ここで、他船の出現、視界不良、荒天遭遇、VHF照会、航行海域の制限、船舶交通量の増加、船内連絡、衛星電話等の外的状況の変化によって、処理すべき作業の量、種類、優先順位等が突発的に変化する。図-2では、これら外的状況の変化をイベントの発生として示す。イベントが発生し、処理すべき作業の量が当直者の能力を超えた場合、パニックが起こり、事故・トラブルの要因となる。

通常では他船との出会いが発生しても「動静判断」「避航操船」と対処できるが（図中①）、例えば、視界が不良になり、複数の他船と出会った場合では、通常よりも高い能力による対応が求められることとなる（同②）。このとき、本来であれば処理しなければならない「船位測定」作業、「海図確認」作業がスキップされ、船位が不確実になる可能性がある。一方、通常よりも高い能力が要求されたことは、すなわち、増加した分の作業に相当する面積が時間軸上で延長されることになったと置き換えることができる。ここでは、見張り作業が阻害されたと解釈でき（図中斜線部）、その他の他船を見落としてしまう可能性がある。

図中の③で示す局面は、船位が不確実な状況で見落としていた他船を発見した場合を想定している。このとき当直航海士は、切迫する危険を回避するために、短時間の内に「動静判断」「避航操船」を行わなければならないが、船位が不確実であることもあり、非常に高い対処能力が要求される。しかし、要求される能力は当該当直航海士の持つ能力を凌駕することとなり、結果として当直航海士はパニックを引き起こし、航海当直作業自体が破綻する。事故、トラブルに至る可能性が極めて高くなる。

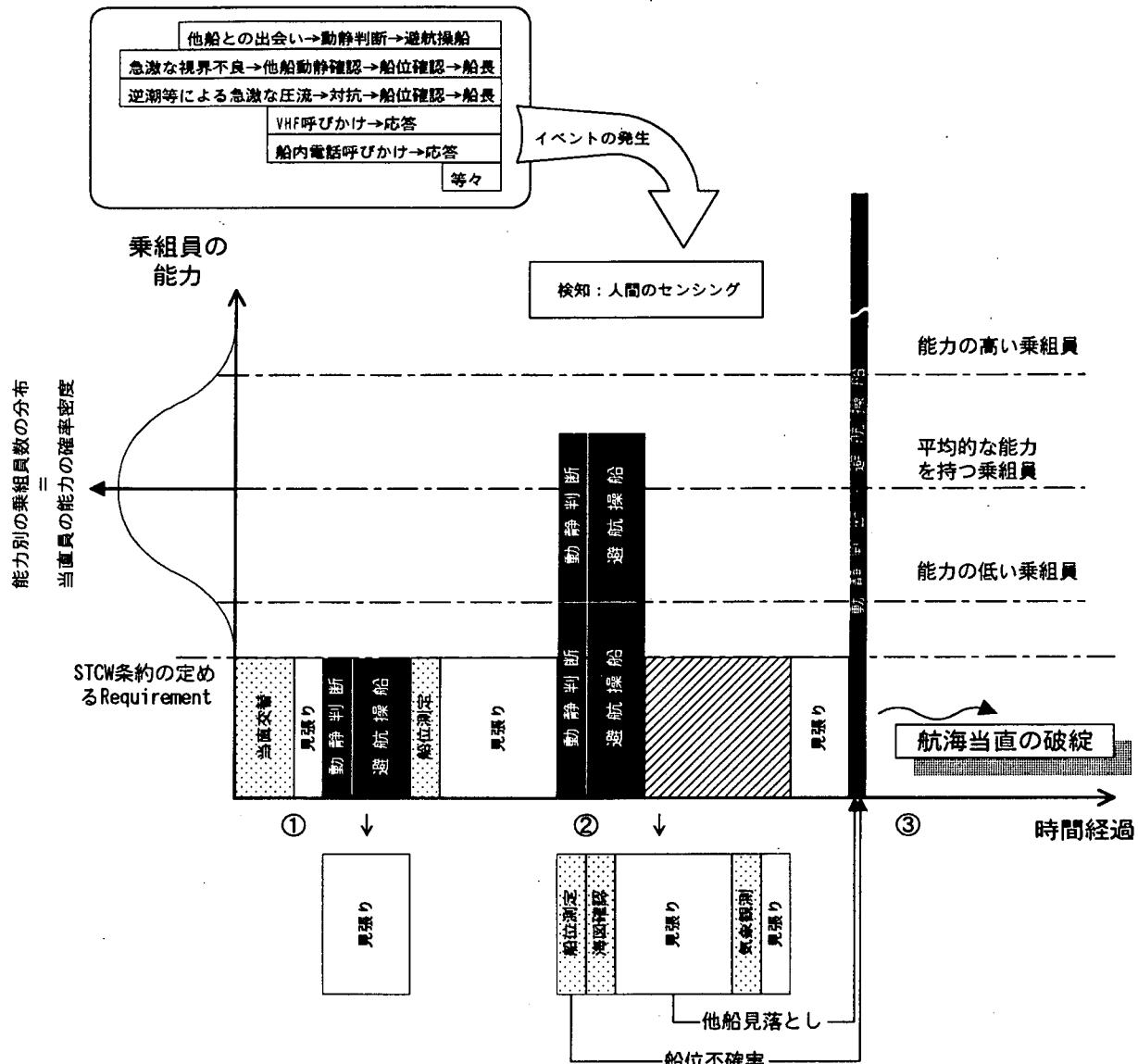


図-2 外的状況の変化によって引き起こされる航海当直の破綻

また、イベントの発生についての検知も人間によるところが大きく、作業の対処に必要な根本的な情報収集に不確実さを残している。

外的状況の変化（イベントの発生）によって、処理すべき作業の量、種類、優先順位等が突発的に変化し、かつ、そこでの対応を誤ると因果律的に後の状況が変化する。すなわち、航海当直作業には複雑性が作業遂行上のボトルネックとして潜在していると考えることができる。

航海当直作業ばかりではなく、船舶運航管理業務全般についても、「定例的な作業+突発的な外的状況の変化」との図式をあてはめることができる。船舶管理システムの改善には、業務の流れの何処にボトルネック（複雑性）が存在するか、業務の何処からボトルネック（複雑性）が現れるかを検証する必要がある。

この検証には業務の実態を調べ、それに基づくワークフローシミュレーションが有効である。また、ワークフローシミュレーションが可能であれば、改善計画の有効性もシミュレーションによって評価できる。

4.4 安全運航管理機能要件とフリートサポートシステムの概念

(1) 安全運航管理機能要件

ISMコードは管理会社に下記の機能要件を含む、安全管理システムの策定、実施、維持並びに継続的な改善プロセスの確立を求めている。ISMコードは法的規制であるため基本的には最低限の要求に留まっているが、希求するところは各管理会社による自律的なTQMである。その観点ではSMS業務は船舶の安全運航を品質目標とするTQMである。

*ISMコードにおけるSMS機能要件

1. 安全及び環境保護の方針
2. 関連する条約と旗国法規に従い、船舶の安全航行及び環境の保護を確保するための手順及び指示
3. 陸上及び船内のそれぞれの組織及び組織相互の権限の明確な位置づけならびに情報伝達手段
4. 事故及び本コードの規定に対する不適合の報告手順
5. 緊急事態に対する準備及び対応の手順
6. 内部監査及び経営者による見直しに関する手順

TQMの肝要はPlan→Do→Check→ActのPDCAサイクルのプロセス確立であり、したがって、SMS業務においても同様のプロセスが必要となる。

PDCAではPlanの過程で管理目標を明確にすることが求められるが、SMS業務のPDCA上で明らかにされるQC-Planは、その業務における“安全運航管理機能要件”そのものである。

QC-Plan 基本要件

1. 現状分析と問題の認識
2. 目標の設定
3. 考慮すべき制約条件の確認
4. 可能な実施方策の探索
5. 実施計画の決定
6. チェック及び評価方法の設定

本研究では各業務毎のQC-Planを策定する方法でもって“安全運航管理機能要件”を検討、抽出した。航海当直機能のQC-Plan=“安全運航管理機能要件”検討事例を表-7に示す。

(2) フリートサポートシステムの概念

船舶管理の現状と問題点、SMS業務の実態並びに各業務のQC-Plan=“安全運航管理機能要件”を踏まえて、SMS業務分担分類表（表-6）に基づき現行SMSにおけるフリートサポートシステム-FSSの概念構成図（図-3）を作成した。

表-7 航海当直機能のQC-PLAN

	標準	(標準を維持する) 管理手段	(標準が維持されているかの)確認方法	改善活動
見張り	<p>○作業>2台(レーダ+ARPA)を使用する ○常時毎2秒を超えない範囲でレーダ監視する ○正側前方5マイル以内に3隻以上の行き会い船がある場合は船長は船長に報告 ↓危険な状況では船長が直接操船する</p> <p><配線>運送データを配線するに報告する ・ビヤリハットを配線し会社に報告する ・航行のある領域に入るまではTCPA15分</p> <p><配線>データを配線するに報告する ・ビヤリハットを配線し会社に報告する ・15分間隔で船位を測定する(GPS)</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	<p><標準の維持></p> <p><標準の是正></p>
運航操船	<p><配線>運送データを配線するに報告する ・ビヤリハットを配線し会社に報告する ・航行のある領域に入るまではTCPA15分</p> <p><配線>データを配線するに報告する ・ビヤリハットを配線し会社に報告する ・0.5マイル以上の場合は、船長に報告する</p> <p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・ロボットを配線する</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	
船位測定	<p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p> <p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p> <p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	
金路設定・保持	<p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p> <p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p> <p><配線>運送データを配線し会社に報告する ・GPS</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	
気象観測	<p><配線>気象情報を入手し、予測する ・気象情報毎に気象通報を行なう</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	
気象監視・予測	<p><配線>気象情報を入手する</p>	<p>○アシスタント作成 レーダ上シミュレータ乗船前8時間乗船前16時間(CBT)(マニュアル駆動副操縦) ○船内での訓練CBT(4時間) ○船員による確認CBT(4時間) ○船員の実施について配線 船舶能力評価結果</p> <p>-</p>	<p><船内>長じる確認(船員) - 記録の確認(事後) <陸上> - 検査(検査員) - 船員職務能力評価結果 - 船員報告を分析し、問題点を抽出</p>	

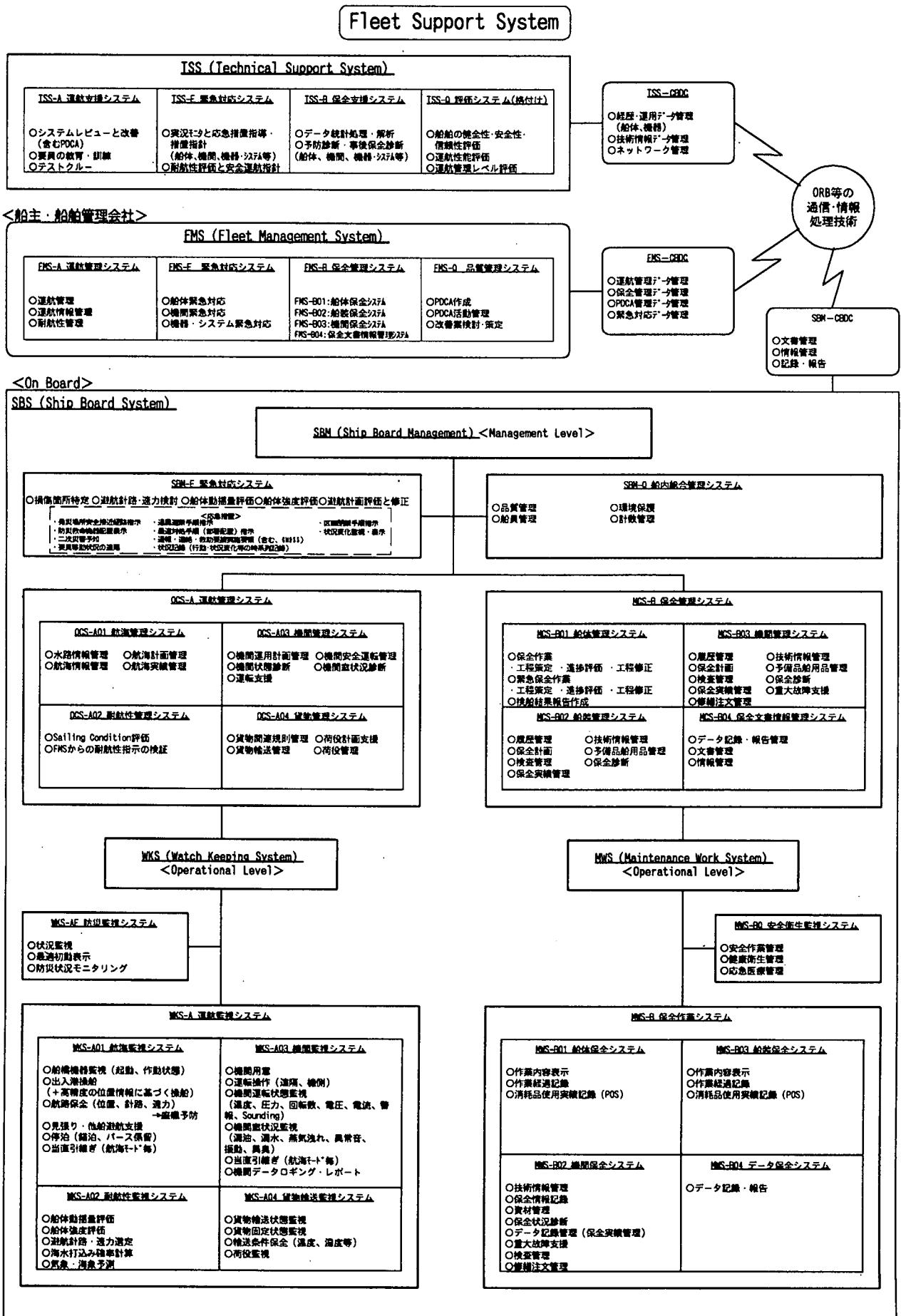


図-3 現行のSMSにおけるフリートサポートシステムの概念

4.5 新しい設計思想とSMS機器の機能要件検討に関する標準的手法

船舶管理の現状ならびにSMS業務の分析から新しい機器・システムの機能要件の抽出に至るプロセスを統一するため、新しい設計思想とFSS概念設計に関する標準的手法を検討した。その結果を表-8、図-4に示す。

表-8 新しい設計思想

－使い易く安全な船とSMSに有効な機器・システムの基本要件とは？－	
1.	船と陸、人と機器の役割分担と相互関係が明確化されていること。
2.	SMS業務並びに船舶運航の現状分析により下記の事項について明確化し、それを設計思想の中に組み込むこと。 ①各業務の機能要件。 ②各機能で求められている新しい人と機器の役割分担。 ③船陸各組織機能間の役割分担と相互責任関係。
3.	品質管理の効率化 ①品質管理の標準が数値化・定量化されており、PDCAの手順が明確であること。 ②品質管理のPDCAサイクルを行い易いこと。（PDCAがうまく回る）
4.	使い易い船及び機器とは何かの認識 ①“使い易い船”とするため、機器・システムが具備すべき新要件は、“人と機器の役割分担が明確化され、一定の訓練を受けたものであれば、誰が運用・操作しても同一水準の結果が期待できること。 ②図面、取扱い手順書は統一基準のもとに整理され、習熟訓練手順及び機能が付加されていること。 ③完成段階でテストクルー（テスト専門の熟練船員、訓練インストラクター）により、テストされ運用上の不具合が解消されていること。 ④乗組員に対し、有効な訓練と習熟評価テストがテストクルーにより実施されること。
5.	コンピューター、通信・情報処理技術の最大活用 ①船内管理、船陸間、陸上管理等の機能で必要な業務処理、情報・文書管理には最新のコンピューター及び情報・通信技術の導入を考えること。 ②技術、情報、データはグローバルネットワーク化による共有化も考慮すること。
6.	概念設計検討フロー 概念設計は図-4の検討フローに沿って実施すること。 ①SMS業務を実現する機能に着目し、各機能について構造的な整理を与える。ワークフローシミュレーション等のBPR手法を用いて問題点を抽出するとともに、機器による改善手段等を検討する。 ②SMS業務をTQMの視点で捉え、QC-Planの問題点として整理する。前述の機器による改善案を前提として、新しいQC-Planを作成し、その妥当性を検討する。 ③機器（改善システム）の機能要件を定義するとともに、運用標準を策定する。（人と機械の役割分担） ④改善システムについて、機能面と運用面での試行を通じて、機能要件の評価を行う。

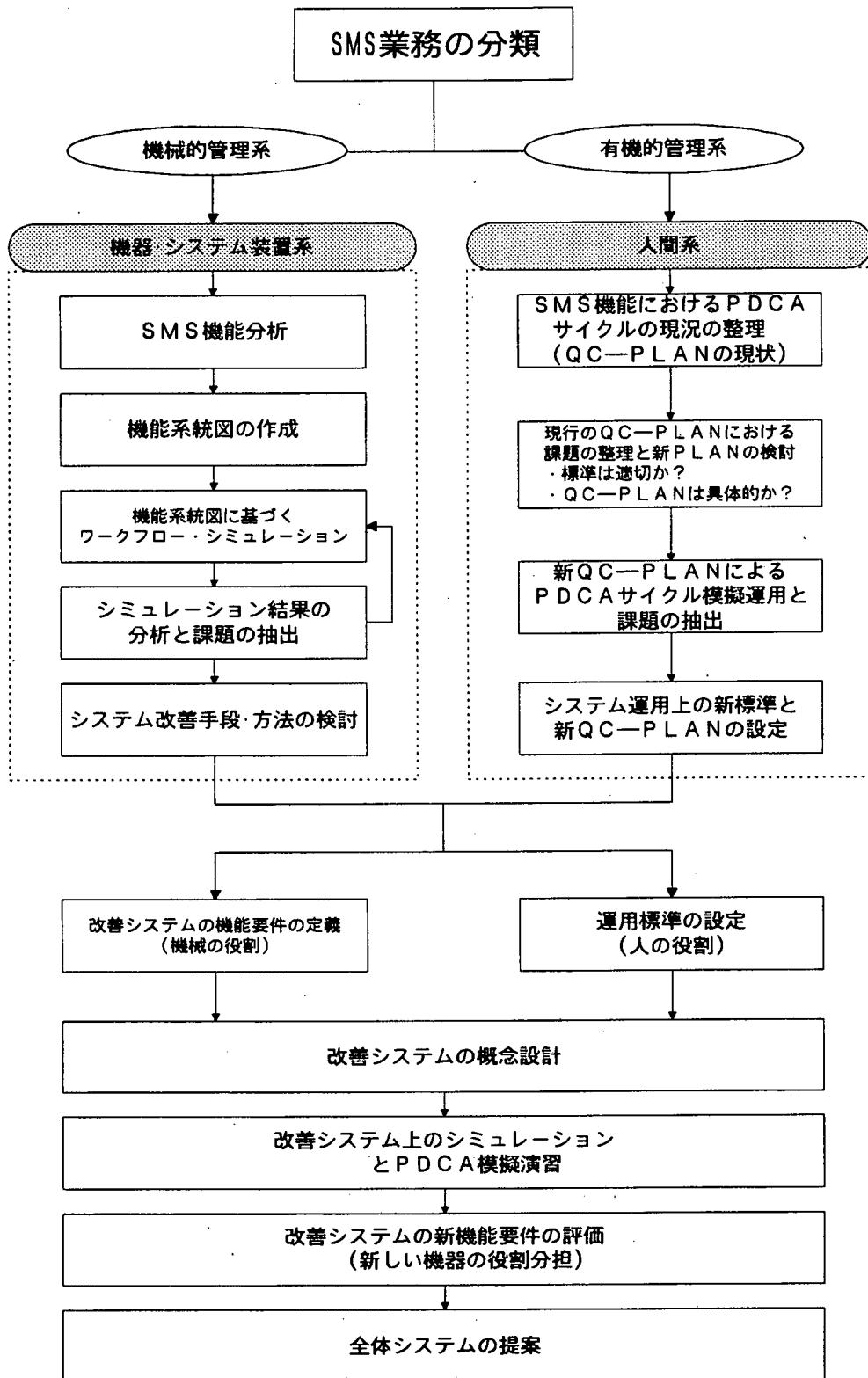


図-4 FSS概念設計に関する標準的手法

4.6 船舶管理の現状分析と主研究開発課題

SMSの総合研究で得た船舶管理の現状と周辺環境から、今後のFSS研究・開発の重点目標として以下を抽出した。現行船舶管理の問題点と主要研究・開発テーマとの関連を図-5に示す。

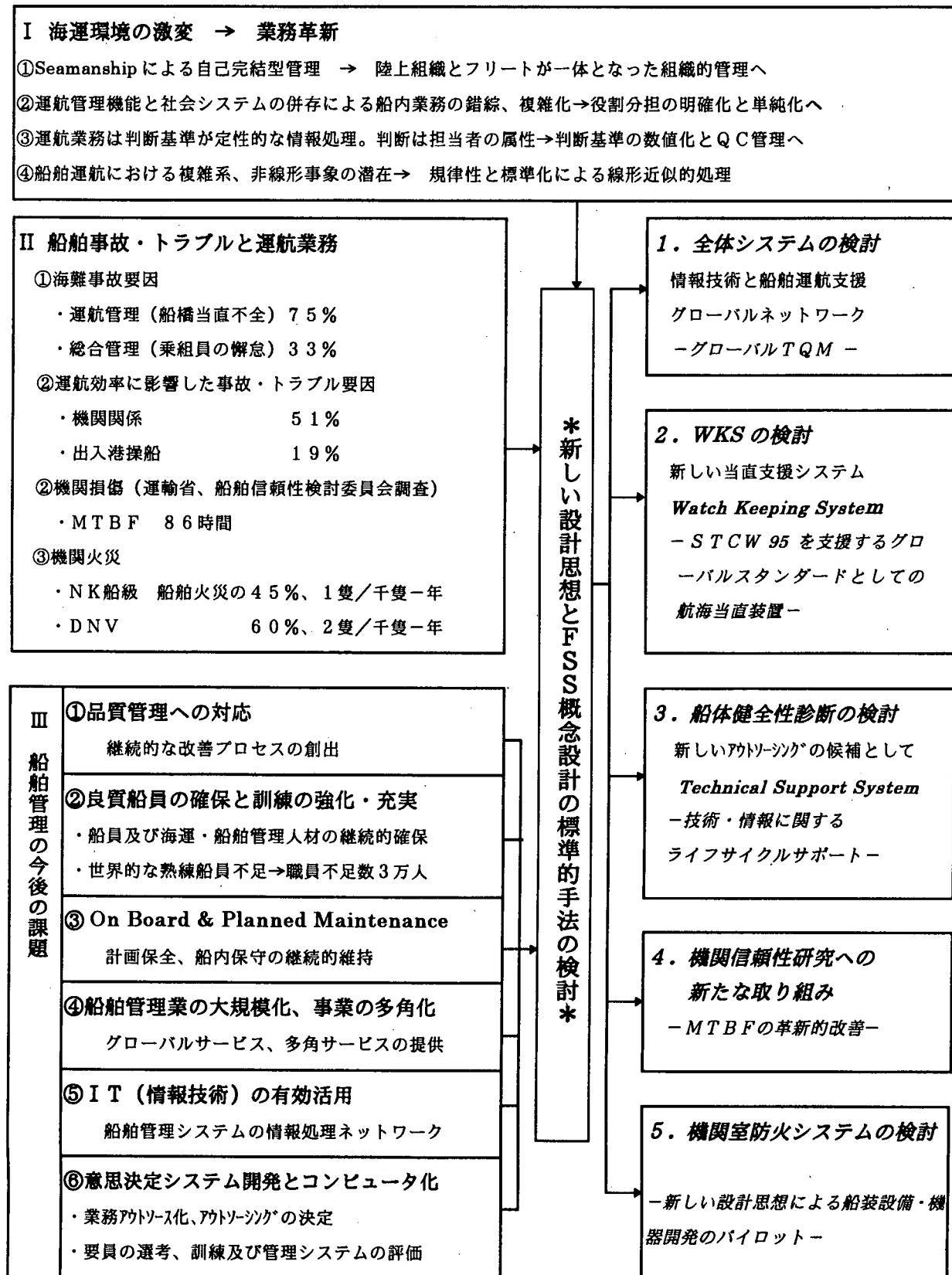


図-5 新しい設計思想による船舶、機器・システムの開発フロー

4.7 全体システム

巻頭の図（新しいフリートサポートシステム——船舶運航支援のグローバルネットワーク）は現行の船舶管理関連組織間の関係と新しいFSS全体システムの概念を比較したものである。

現行の船舶管理には、船舶、管理会社の他、造船メーカー、船級協会、寄港国（PSC）など様々な組織が関与し、個々の目的に応じた情報の入手・処理を行っている。特に船舶並びに管理会社は多くの組織とかかわっているため、情報の錯綜と情報処理の強制が起こり、混乱することがままある。同図のFSS全体システムはORB技術によって管理会社、船舶、検査・監査機構、外部支援機構（TSS）を結んだグローバルなPDCAループを形成し、このORB-PDCAを動かすことで情報処理と品質管理の効率化を図ることを目標としている。

4.8 航海関係（Watch Keeping System）

海難統計（海難審判）では海難事故の約74%は船橋当直関連であり、船舶の運航に影響を与えた事故・トラブルでは出入港操船時の岸壁・他船接触事故が全体の19%となっている。このことは有効な航海当直支援システムが実現すれば航海事故の大半がなくなることを意味し、最重要開発テーマである。本研究では、

- ①SMS業務の分析を機械系（主にワークフローシミュレーション）、人間系の双方から行った。（表-7、図-6）
- ②現状での問題点を抽出した。
- ③現状の機器の自動化レベル等を参照して、新しいシステムの提案を行った。
- ④新しいシステムの効果をワークフローシミュレーションを通じて確認した。（図-7）
- ⑤実務者（船長）へのアンケート調査、VLCC当直実態調査等を通じて、ワッチレベル切替についての基礎データを収集した。
- ⑥STCW95を支援するグローバルスタンダードたりうる航海当直装置の開発を目的に新しい当直支援システムの機能要件の定義を求め、その概念設計を実施した。（図-8）

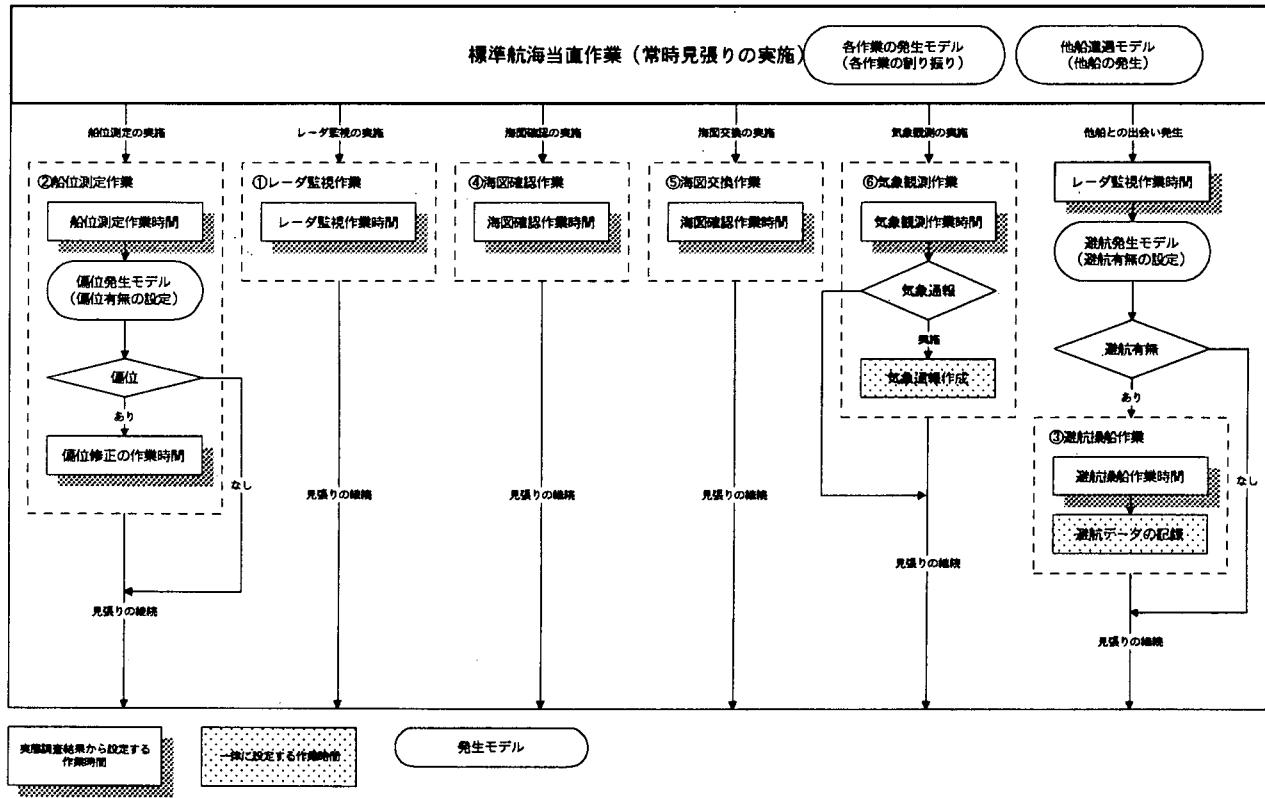


図-6 現行のQC-Planに基づく標準航海当直作業のワークフロー

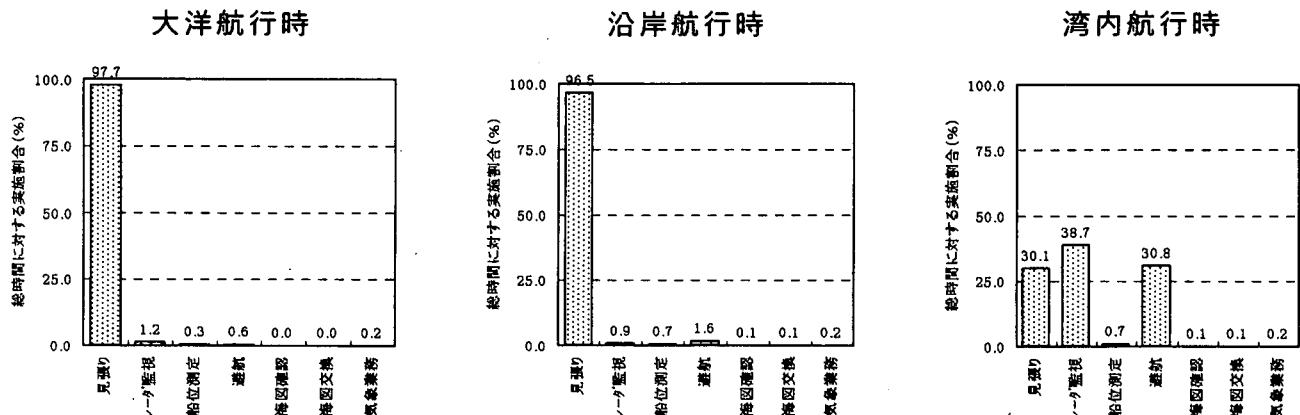


図-7(1) 新システムを想定した場合の当直作業割合

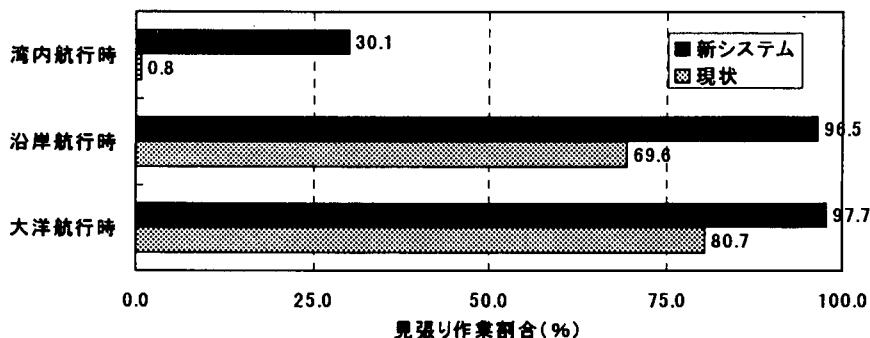


図-7(2) 見張り作業割合の比較（現状と新システム）
(新システムの支援により見張りの実施割合が高いレベルを維持できている)

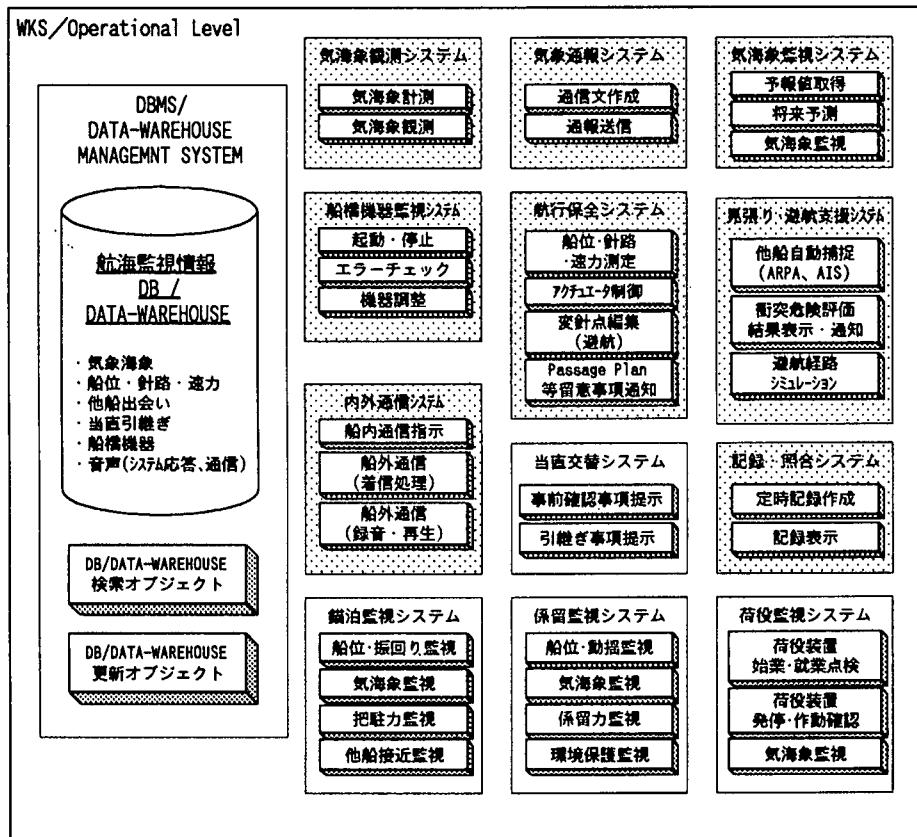


図-8 航海関係システムの構成案 (WKS)

4.9 船体構造関係（新しいサポートシステム・TSS）

本研究では、

- ①耐航性を規定する船体構造の特性について整理した。（図-9）
- ②耐航性管理・監視についての問題点を整理し、改善提案と具体的なシステム機能を検討した。（図-10）
- ③保全管理についての問題点を整理し、アウトソーシングの妥当性を考慮して改善提案を行った。
- ④船体健全性管理をアウトソースの中核として捉え、基盤的な技術として「船体損傷情報システム」「TSSによる船体保全管理」について検討した。（図-11）
- ⑤ヒューマンエラーによる船体損傷を未然に防止する対策（システム）について検討した。
- ⑥提案した各システムについての評価を行うとともに、耐航性管理・監視と船体保全管理との関係を整理し、新しい開発テーマの抽出を行った。（図-12、図-13）

図-14に示すように本研究以外にも、技術・情報面でのライフサイクルサポートをテーマにした研究があり、TSSの一機能として活用できるものと考えられる。さらには、同図に示すその他の事項も技術・情報に関するライフサイクルサポートの検討テーマとなると思われる。

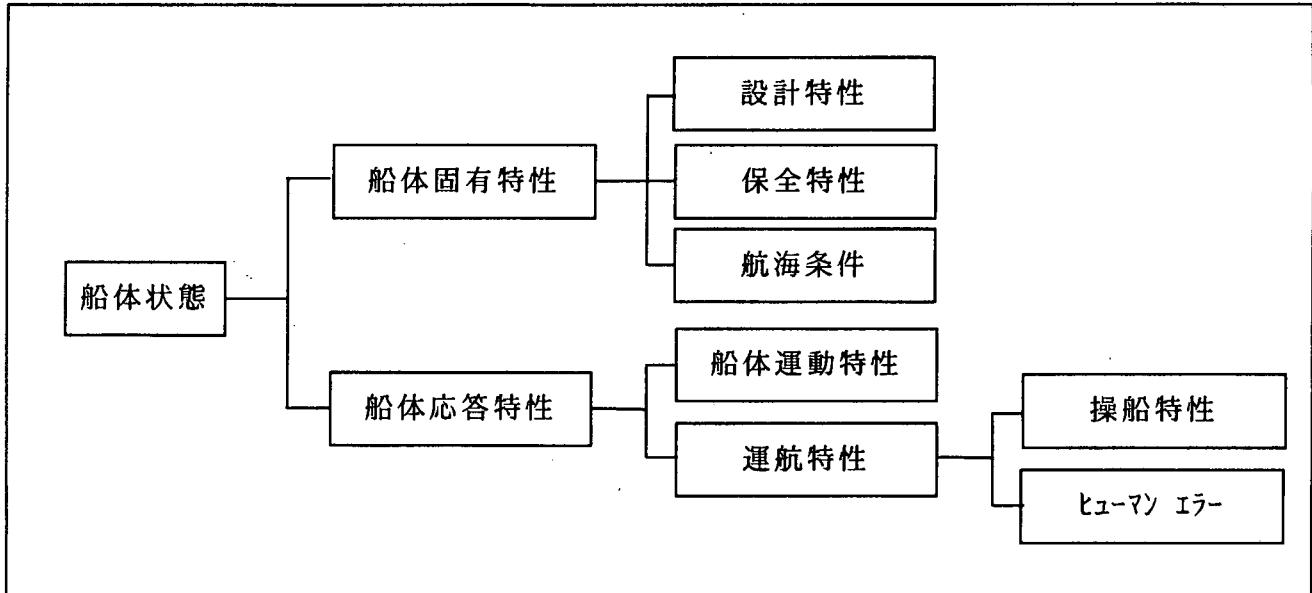


図-9 船体構造の特性の整理

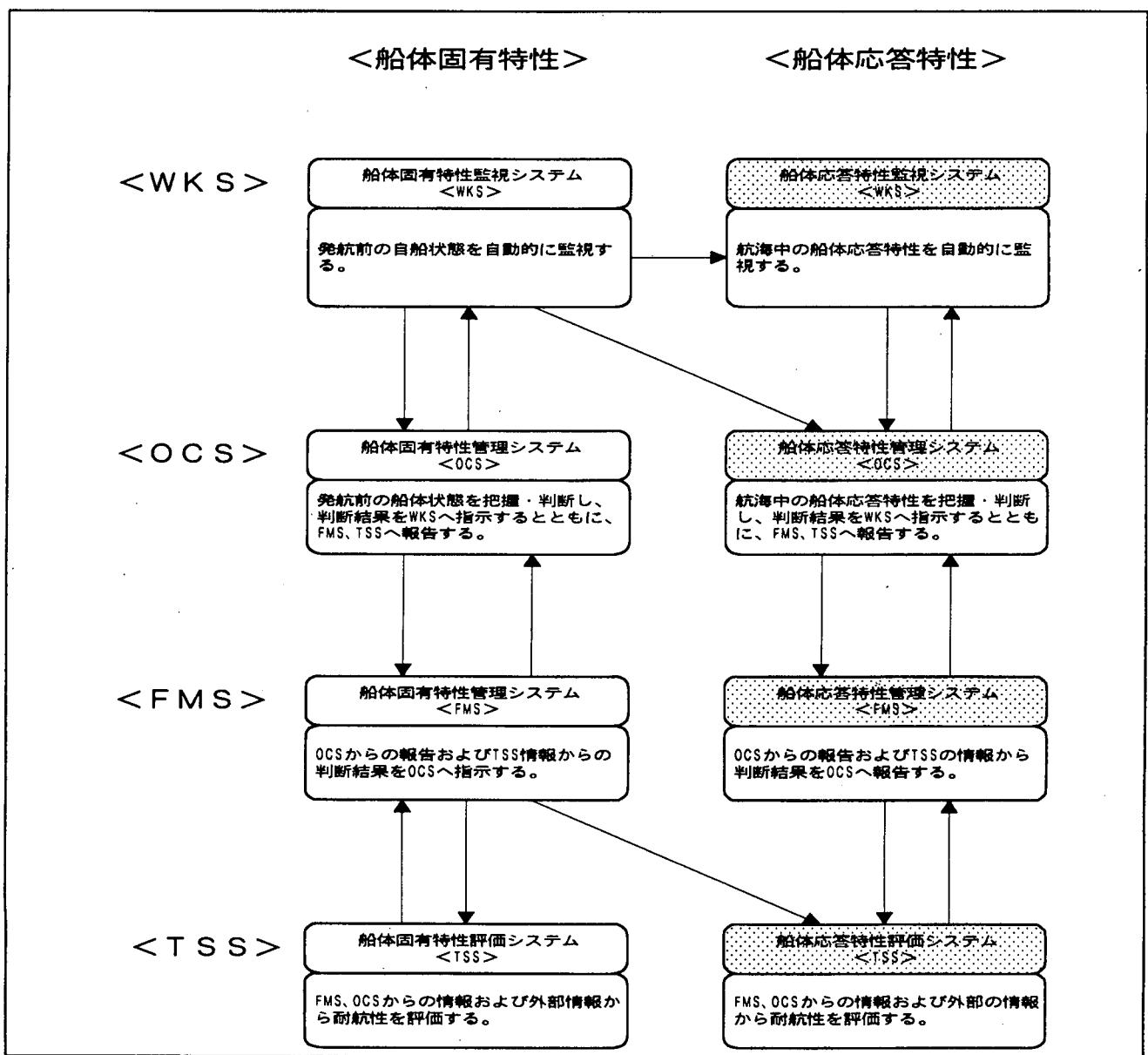


図-10 新しいシステムが持つ「船体固有特性」「船体応答特性」の監視・管理機能

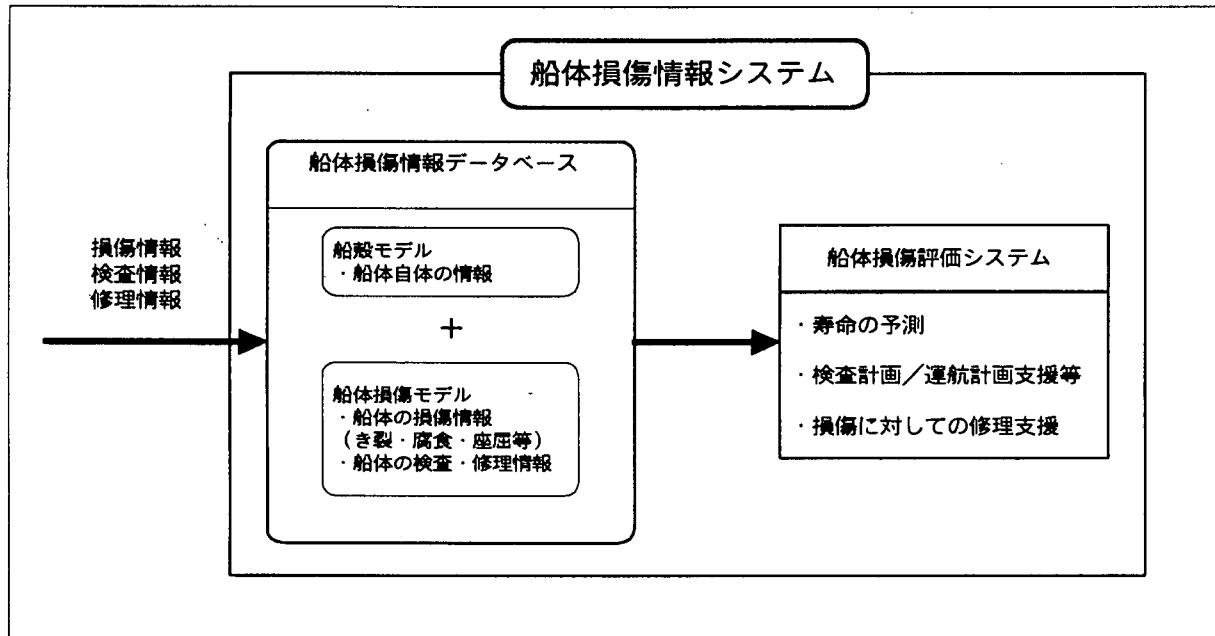


図-11 (1) 船体損傷情報システムの概要

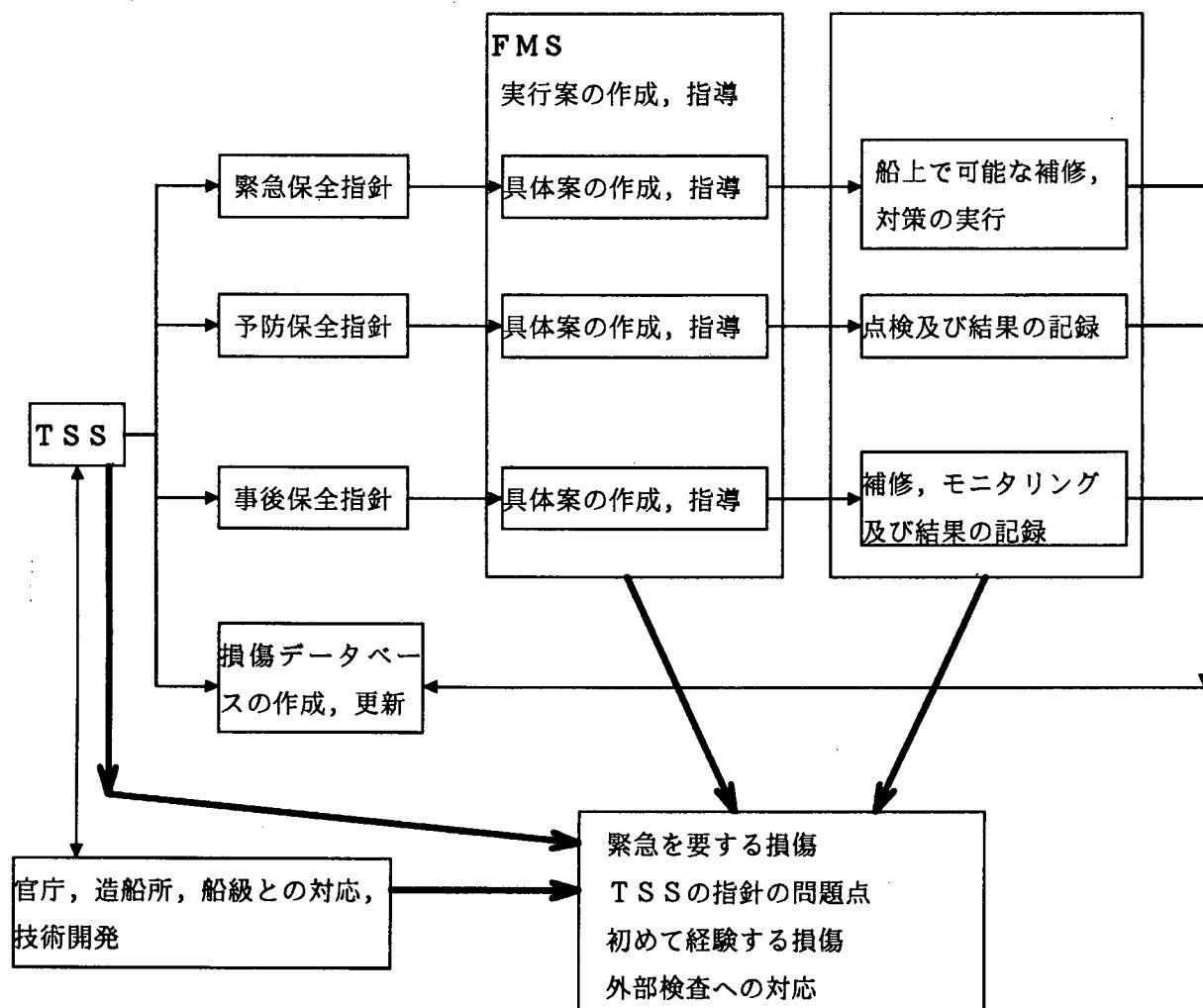
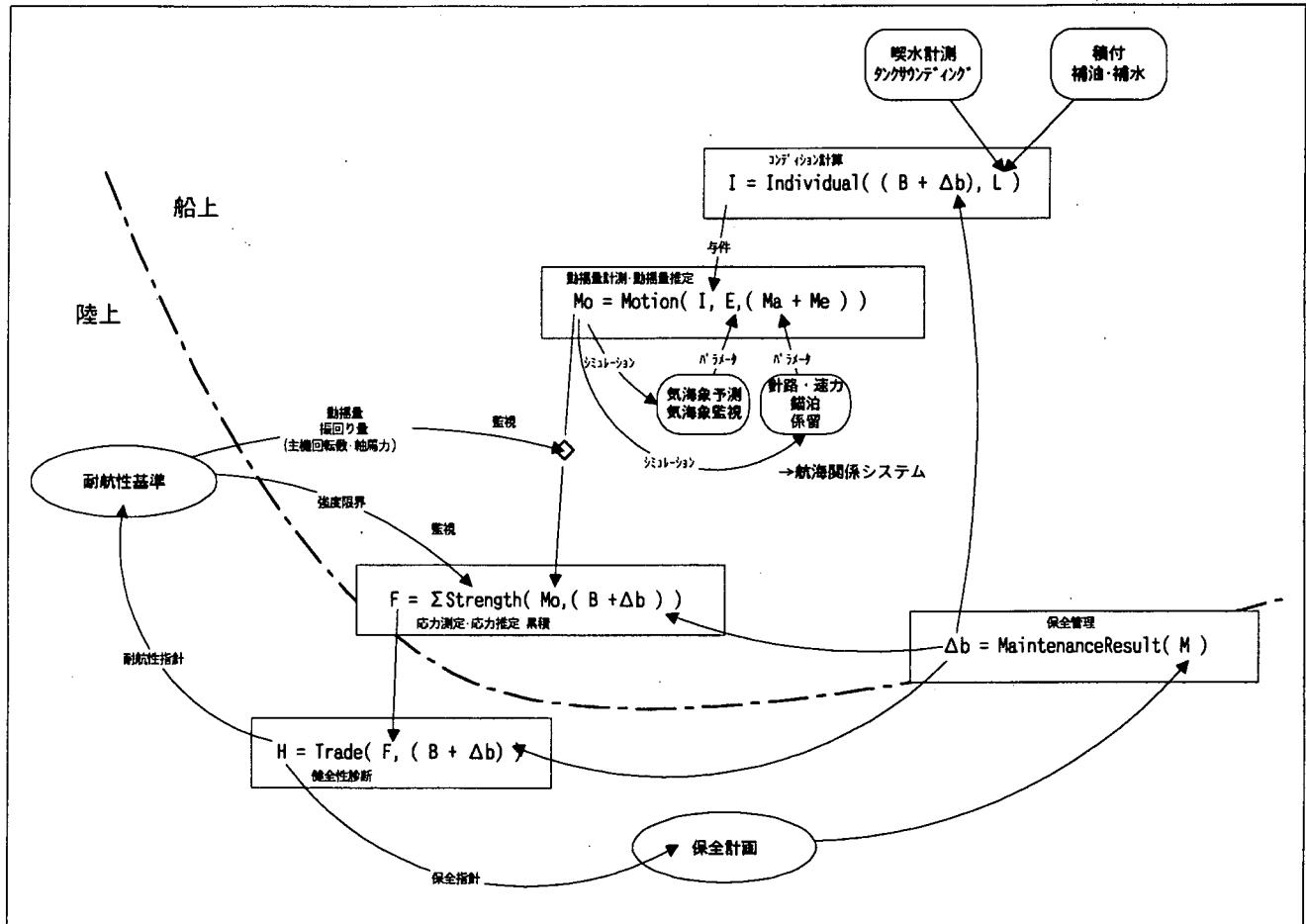


図-11 (2) TSSによる船体保全管理 (TSSが作成する保全指針)



$$\begin{aligned}
 I &= Individual((B + \Delta b), L) \\
 Mo &= Motion(I, E, (Ma + Me)) \\
 F &= \sum Strength(Mo, (B + \Delta b)) \\
 H &= Trade(F, (B + \Delta b)) \\
 \Delta b &= MaintenanceResult(M)
 \end{aligned}$$

I: 船体固有特性

B: 設計特性

Δ b: 保全特性（経年変化=経年劣化と保全作業の効果）

L: 航海条件

*Individual()*関数

※船体固有特性は、経年変化（保全特性）を考慮した設計特性と積付等によって規定される。

Mo: 船体運動特性

E: 外力

Ma: 操船特性

Me: ヒューマンエラーによるミスオペレーション

*Motion()*関数

※船体運動特性は、船体固有特性と遭遇する外力条件ならびにその時にとられる操船特性（ヒューマンエラーによるミスオペレーションも含まれる）によって規定される。

*Strength()*関数

※船体応答特性は船体運動特性と経年変化を考慮した設計特性によって規定される。

F: 船体疲労

※船体疲労は船体応答（特性）の蓄積によるものである。

H: 健全性

*Trade()*関数

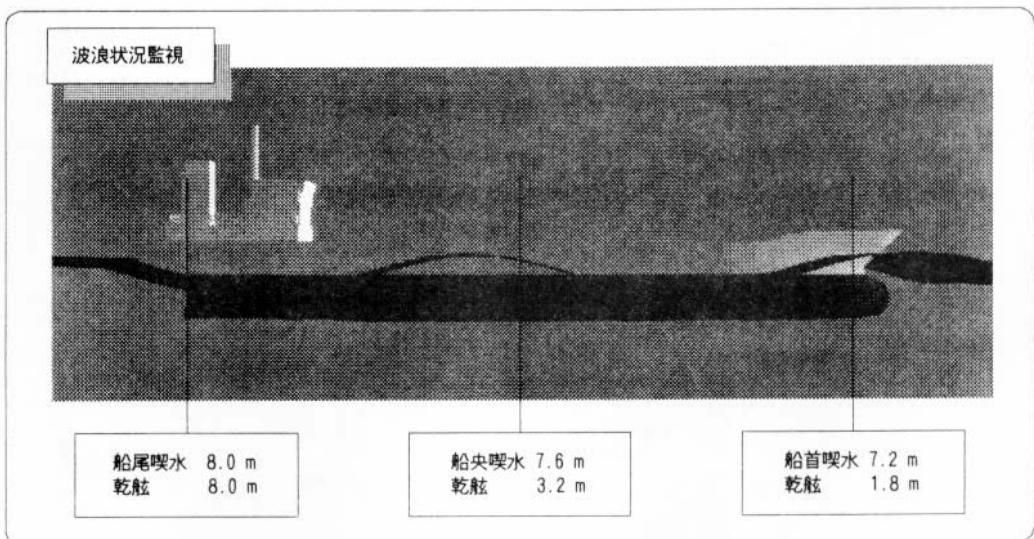
※健全性は船体疲労と経年変化を考慮した設計特性とのトレードオフによって規定される。

M: 保全作業

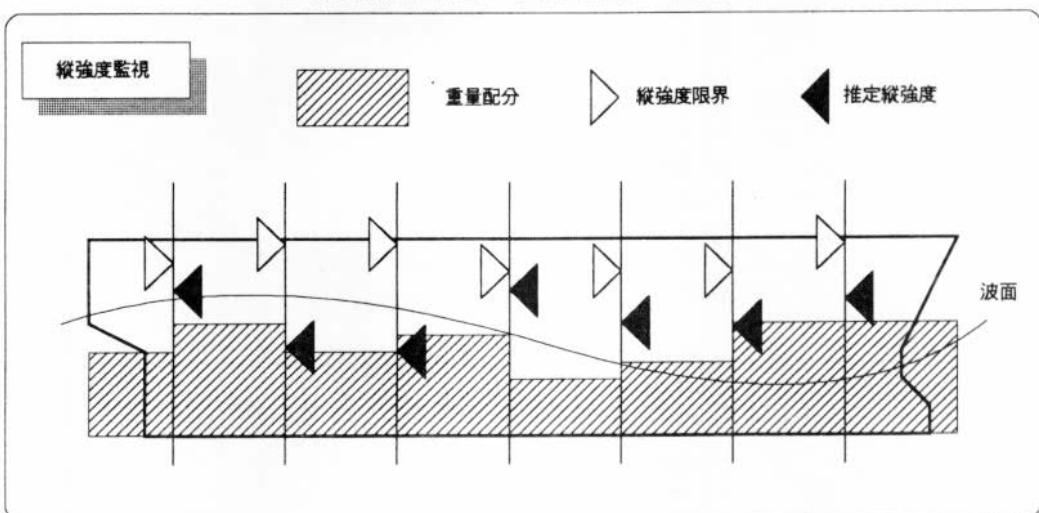
*MaintenanceResult()*関数

※設計特性の経年変化は保全作業による効果とみることができる。

図-12 耐航性管理・監視と船体保全管理との関係



(1) 船体周辺の波浪状況の監視



(2) 縦強度の監視

図-13 新しい開発テーマの抽出（喫水計測による耐航性監視）

<技術研究成果のTSS活用>

SR233 船舶の高度モニタリングシステム
SR244 経年ディーゼル主機関の性能把握
SR227 自動運航システムの評価
CIMS、CALS
ACIMS



- ・耐航性診断、船体健全性診断
- ・機関モニタリング、診断
- ・自動運航システム
- ・図面、取扱説明書 CBDC
- ・部品、修繕ネットワーク

<アウトソーシングとしての検討テーマ>

標準航行計画・航海情報システム（海図、水路通報、潮汐表、天測暦、港湾情報等）

CBDCによる共用標準マニュアルと要員教育訓練システム

条約証書・受検管理

図-14 技術研究成果のTSS活用とアウトソーシングとしての検討テーマ

4.10 機関関係（機関信頼性研究への新たな取り組み）

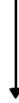
I. 機関室プラントの現状と問題点の整理

(1) 機関室プラントの故障・事故発生状況

- ① 機関室プラントのMTBF = M0ディーゼル船で約86時間。
- ② 運航効率に影響した事故・トラブル発生件数の約50%が機関関係の故障。
- ③ 船舶火災の約50%は機関室出火。機関室火災原因の60%は漏油への引火。

(2) 機関運転・保全管理

- ① M0運転継続可否・機関室無人化の判断は、機関職員の裁量。明確な基準がない。
 - ② 船用機関は陸上動力プラントとの運転環境の決定的相違というハンディーをオンボードメンテナンスと定期点検整備間隔をメーカ指針よりも20~50%短縮することで克服している。
 - ③ 運転・保全データが系統的に整理されていない。
 - ④ 予防保全対象機器及び実施時期の判断に明確な基準がない。（機関職員の経験に依存）
- (3) 機関系作業→約33%はシステム化(CBDC)が可能。



II. 機関運転・保全関連情報のCBDC化から始まる開発プロセス

1. 機関運転・保全業務のCBDC化

* 運転・保全データ、図面、取扱い説明書、作業手順、記録、報告書、技術資料、船員教育訓練教材。

2. CBDC化による作業省力化効果の活用→予防保全の充実→MTBFの改善

機関系作業の約33%はCBDC化による省力化が期待される。この省力化で生じた作業時間を予防保全整備に投入することで、保全管理を充実させる。

3. 保全データ管理システムの開発（点検保全、予防保全、事後保全）

保全データの機種・部位別のMTBF/MTBM（含む標準偏差）解析による保全整備間隔の適性化、機器・部品の信頼性再評価と改善、保全手法・計画の適性化の推進。

4. 機関監視システムの開発

* 機関状態及びM0運転判断に定量的、数値基準を与える監視システム

* 機関運転監視機能からの人的偏差の排除→有効なQC-PLANの確立

5. 機関健全性診断システムとパフォーマンス総合評価システムの開発

* 機関運転・保全データの解析による保全予知診断システム

* 機関運転・保全及びパフォーマンスデータ分析による評価システム

III. 機関信頼性研究への新たな取り組み

1. 燃料油処理システムの新規研究開発／船体動揺中の機関運転状態再現実験

2. 機関室プラント配置の最適化シミュレーションシステムの開発

3. 機関運転管理の完全自動化

4.11 船装関係（機関室防火システム）

防火／消火関連の現状と問題点を分析・整理し、それを解決するための手段として機関室火災を例に、新しい防災監視、消火作業、訓練システムの機能要件及び開発目標を取りまとめた。

図-15に新しい防災管理システムの機能構成を示す。

本システムを開発、実用化するためには監視機器、検知装置等のハード部分を含めたハード、ソフトの詳細仕様書をとりまとめ、試作ハード、ソフトを試行運用して、その役割分担、機能要件の適合性、システム全体の信頼性を検証する必要がある。

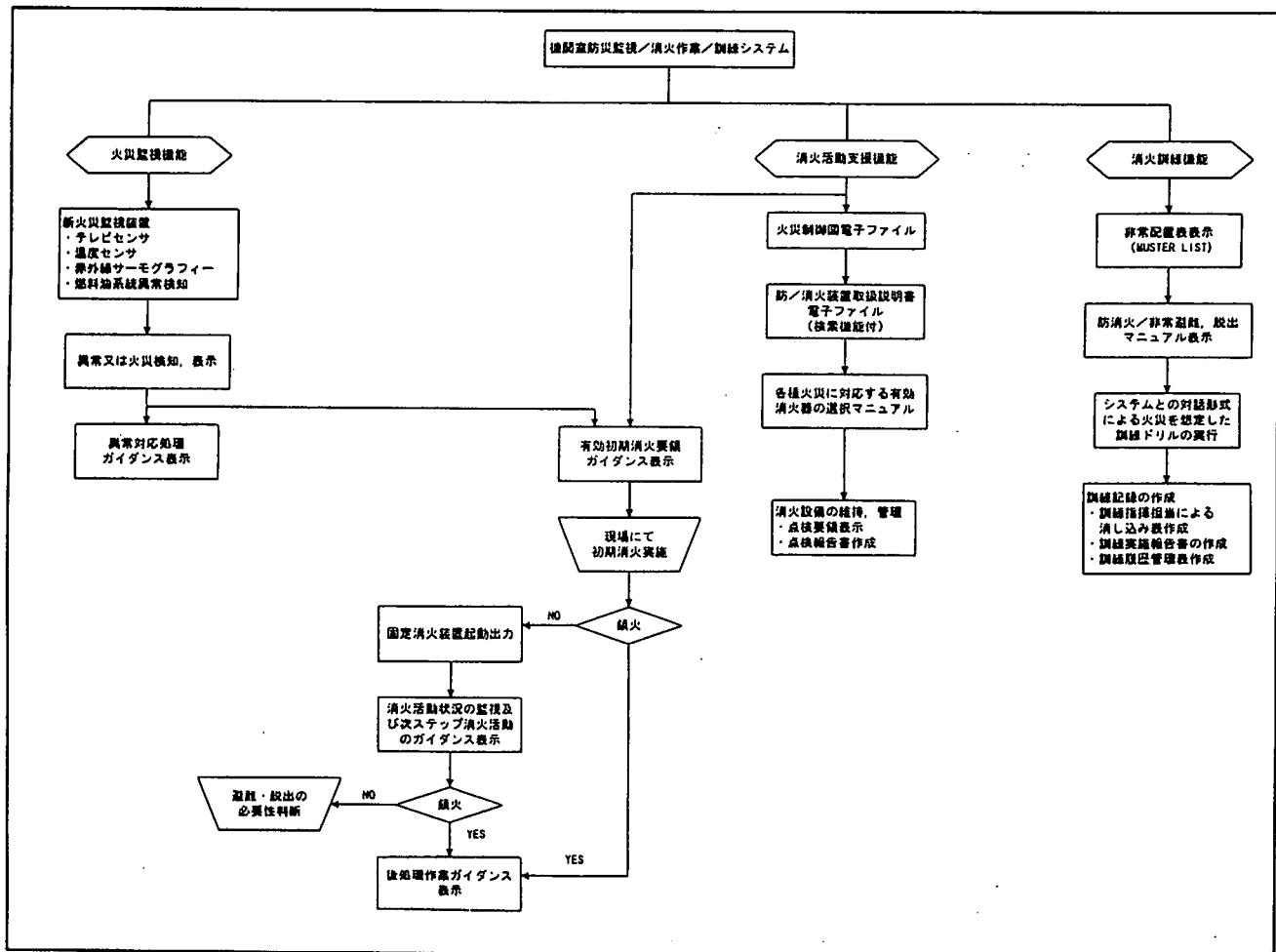


図-15 新しい防災管理システムの機能構成

4.12 統合Watch Keeping System

4.12.1 統合Watch Keeping Systemの概念

本研究の成果として機能要件が提案された航海監視システム、耐航性監視システム、機関運転監視システム、防災監視システム等をWatch Keeping Systemとして船橋に統合したもののが統合WKSである。（巻頭図 統合Watch Keeping System参照）

この新しい船橋当直システム、統合WKSはSTCW95を支援する航海当直装置としてグローバルスタンダードを目指す新システムである。既往のIBSとは、その概念では、以下の点で相違する。

- ① IBS
 - ・船橋機器の集中配置と当直員の動線の短縮による効率化
 - ・当直員の熟練を前提とした機器機能の高度化と当直要員の削減
- ② WKS
 - ・航海当直機能の人から機器・システムへの極限的移行
 - ・当直員業務・役割の単純化（他船動静監視の集中と他業務並列処理の回避）
 - ・航海当直機能のレベルチェンジ基準の数値化（当直員レベル→船長）
 - ・数値基準によるQC-PLANが可能
 - ・航行状況船内モニター機能（船長又は機関長は船内ORBを介して、船内任意の場所から運航状況を携帯した端末装置でモニターできる）

4.12.2 統合Watch Keeping Systemの評価

(1) 機器・システムへの作業の移行

FSSでは、機器・システムが定型的な処理を担当し、人間が非定型的な処理を担当することとなる。したがって、図-16に示すように、機器・システムによって従来人間が負担してきた情報処理を、機器・システムが代替することで、突発的な外的状況の変化への対応力（処理作業の単純化）が当直者に付加される。

(2) 判断基準と業務の移行

機器・システム（航海監視システム）が人間に成り代わって作業を遂行するためには、その動作に対する信頼性が求められることとなる。FSSでは客観的な判断基準を機器・システムの動作に付与することによってこれを担保するものとしている。客観的な判断基準は、個々の船舶（Management Level）が設定するのではなく、管理者側（陸上管理）が安全性・経済性を検証した上で、管理者として責任をもって船舶に与えられるものとなる。

このような運航管理形態が実現することにより、陸上管理は船舶の運航を一元的に、かつ同一の定量的標準（ものさし）を以て管理することが可能となる。個々の作業の判断基準ばかりではなく、管理側の責任として、陸上管理が航行計画を策定し、船舶に与えることになる。

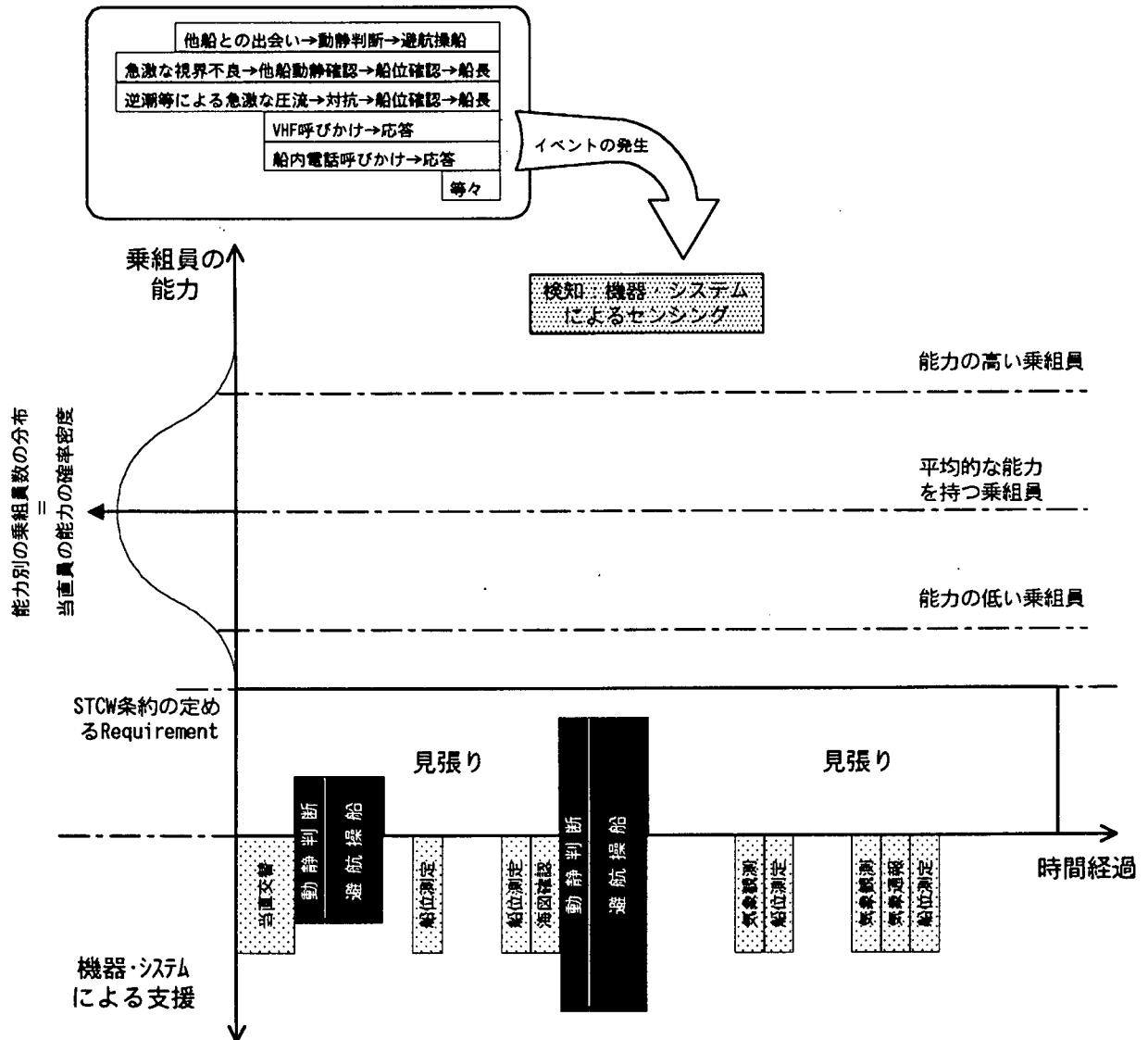


図-16 FSSによる支援

(3) CBDCによる運航データのフロー

一方で、このような形態を実現するためには、運航データを集約・収集できるインフラストラクチャの整備が必須であるが、FSSではCBDC (Computer Based Data & Document Control) がその役を担うものとしている。航海当直作業は概して情報処理作業であるとの整理を与えたが、その意味からも人間に成り代わって作業を進める機器・システムはかかる情報を必然的に処理することになり、CBDCを介して船内あるいは陸上で任意に運航データを利用することが可能となる。

船上のManagement Levelは、端末装置を持つことにより、船橋（あるいは機関室）にいなくとも、航海（あるいは機関運転）の状態をモニタすることが可能となる。

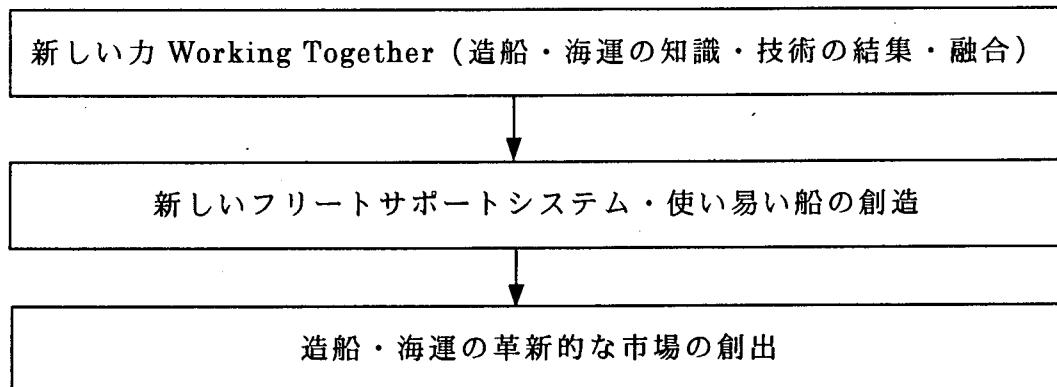
また、陸上管理は、運航データ入手できることから、運航状態の監視など即時的な利用の他、数値の統計的な解析に立脚したQC-PLAN改善策を策定することが可能となる。

5. 成果の活用

日本の海運・造船は長い年月、厳しい国際競争の嵐に揉まれてきた。この国の最大の資源は海と人であり、海上輸送なくしてこの国の経済は成り立たない。世界の商船隊は48億トンの荷物を運び、そのうちの17.3%を日本が占め、約2,000隻の日本商船隊が海上輸送に従事している。

このことは、わが国の造船・海運が一体となって国際標準化の世界で主導的な役割を果たすべきであることを示唆している。ISMコードの実施は船舶管理における革命、船舶運航管理の新時代の幕開けであり、それは造船業にとっても同じ意義をもつ。このような環境下、本研究は新時代に向けての道標としての役割を持つ。

FSS研究とは、



本研究に続くものとして、以下に研究・開発の推進を提案する。

(1) FSS研究成果からの新しい機器・システムの開発

ISMコードの実施はSeamanshipによる管理から近代的組織管理への大転換であり、船舶管理の新時代を迎えたという認識が必要である。このような状況は技術の進歩によりもたらされ、とりわけ情報通信技術の急発達の影響が大きい。海運業界は、石油・自動車・金融業界と同じく、グローバル化が加速され、大きく変化してきている。

このような大変化を受けて、欧米では新たなデジタルスタンダードを目指して、情報技術を骨格とした船舶支援システムの開発に着手している。英語圏というインフラストラクチャと、英語というソフトウェアをもつ欧米は、この分野では、わが国に比べ圧倒的優位にある。わが国の海運と造船の国際競争力と技術的優位性の維持・強化には、この分野においても、欧米に比肩し得るものを開発して行かねばならない。そのため、以下の開発を可及的速やかに推進する必要がある。

- ①全体システムの設計、試験的製作と実証実験
 - ・TSS機能（船体健全性診断等）　・CBDC化
- ②統合 Watch Keeping Systemの設計、試作並びに実証実験
- ③機関信頼性－MTBFの革新的改善－に関する研究（運転管理、保全）
- ④機関室防災システムの設計・試作と実証実験（船装設備・機器設計の新モデル）

(2) SMS業務分析と新機能要件の組織的な検討の継続

船舶管理のグローバル化が進み、欧米勢による国際標準化攻勢は益々厳しくなり、この今まで推移すると日本の技術的優位もその波に呑み込まれてしまう。欧米勢が次々と新しいテーマをIMOに提案してくる背景には、常に現状認識を厳しく行い、現場のオペレーションの実態把握に努めていることがある。われわれが、国際標準化活動で彼らと対等もしくはそれ以上のものを追求して行くには、SMS業務の分析とFSS研究を継続的に行える機能をもつ必要がある。

(3) BPRと新しい船舶・機器・システム設計上の標準的手法の研究

本研究では、機器・システムの機能要件の検討を、経営効率→業務品質・効率→情報処理能力→工学的要件の流れで実施した。このようなBPR的な考え方からの機器開発・設計は、新しい試みであり、この手法を更に研究することで経営と工学をリンクさせた機能要件開発のためのソフトウェア（BPR-Simulation System）を開発できる可能性がある。

(4) 全体システムの継続的開発

通信・情報処理技術の進歩の速さは、一つのシステムの完成を待たない。

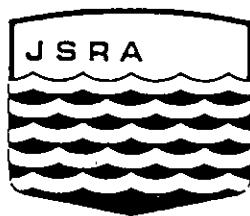
SMS-ORBによる全体システムの完成度を高め、維持するには継続的な研究開発が不可欠である。

(5) コンピュータと情報技術による異文化、異言語ハンディの克服手法の研究

船舶管理だけの世界ではないが、わが国はグローバル展開の中では、欧米に比し、異文化、異言語のハンディが大きい。このハンディを克服するにはコンピュータと情報技術によるしかなく、唯一の手段である。多国籍船員と要員で運営される国際船舶管理では、正に、コンピュータをベースとした情報処理、コミュニケーションシステムの開発を必要としている。

(6) 海上輸送サービス、評価システムの研究・開発

海運ユーザーが求めているのは、サブスタンダード摘発のような規則への適否という二值的な評価ではなく、サービスの質に対する評価である。また、サブスタンダードの摘発だけでは、船舶運航、海上輸送サービスの質の向上は期待できない。有効な評価システムの開発が必要である。



The Shipbuilding Research Association of Japan