船舶運航のシステム化（その2）

人・船・環境の強調を目指して

富山商船高等専門学校　助教授　遠藤（えんどう）　真（まこと）
大阪大学　教　授　長谷川（はせがわ）　和彦（かずひこ）

システム化への姿勢

海運界では、船舶運航における安全性と効率の向上への現実的な方策は「船舶運航のシステム化」のみであると考えられている。

人（操船者）・船・環境（自然および交通）の三要素からなる船舶運航において、三要素個々のみならず三要素が協調し合って十分な機能を発揮することが有効かつ、有用なシステム化の目標となる。

その実現には従来のシステム化の反省と船舶運航の特殊性に基づいた新しいシステム化への姿勢が必要である。

(1) 操船者主導のシステム化

人間―機械系のシステム化において、技術中心のシステム化が破たんし、人間中心のシステム化が不可欠であることは常識となっている。

船舶運航を構成する人（操船者）・船・環境（自然および交通）の三要素ではどの要素を中心に据えなければならないのであろうか？　それは明らかである。操船者（ヒューマンオペレーター）が中心と位置づけられ、操船者が把握でき、操船者が求めるものを的確に提供し、操船者の行動によく応答できるシステムでなくてはならない。

成熟した要素技術を組み合わせることで操船者の作業を代替えすることだけを求め、実現可能性の高い作業から自動化するような技術主導のシステム化であってはならない。技術主導のシステム化でよく見られる完成度および確実性の低いシステム化は、操船者への新たな負荷を生み出すことにつながる。

操船者が理解し、納得し、協調し得るシステム化は、操船者の意見が十分に反映され、操船者の試行と評価を条件とする操船者主導のシステム設計、開発によってのみ実現すると考える。

(2) 人・船・環境のシステム化優先順位

技術中心のシステム化では、必要な機能を対象としたシステム化でなく、自動化・システム化しやすい対象から実現されていくのが常である。船舶運航においても同様の問題が発生している。システム化を適用しやすい船舶自体のシステム化が進められているが、陸上支援等の環境（自然および交通）のシステム化は遅々として進められていないのが実状である。

人・船・環境の三要素においてどの要素のシステム化が効果的であり、操船者がもとめている機能なのであろうか？

信号管制され、明確な通行区分を伴う整備された道路を古い自動車で通行する場合と、信号機もなく、道路もなく、四方八方から無秩序に自動車および自転車が通過している場所を先鋭的な知能自動車で通行する場合とでは、どちらが運転者および自動車にとって安全であるかは明白である。移動体をどんなに自動化・システム化しても、交通流等の環境を整備することにはつながらず、対象環境を通行する際の場としての安全性が向上するわけではない。

ＶＴＳ等の環境（自然および交通）のシステム化がまず実施されるべきであり、これは環境または、場（海域）としての安全性の向上を促す。その後、人と船の協調したシステム化を進め、ヒューマン

オペレータが能力を十分に発揮すること（ヒューマンエラーの防止）による安全性と効率の向上を目指すのが合理的なステップと考える。

(3) 標準的な操船行動規範の把握

船舶運航をシステム化するのであるが、個々の操船者が行う個々の操船局面における行動に対応したシステムを開発することは不可能である。個々の船舶の勝手な行動を前提にしては、海域のシステム化などその意味自体がなくなってしまう。

システム化は必ず機能の標準化を伴い、標準化された機能に基づいてシステムは構築されるのである。

船舶運航においても同様で、標準的な操船、または標準的な操船者の行動規範を把握することがシステム化に不可欠なのである。

前述のとおり、交通規則の抽象さ、船員技能育成上の慣習等から多様な行動規範による多様な操船が存在するが、操船者による操船の実態を解析し、多くの操船者の合意が得られる操船上の標準的行動規範および操船方法を求めることが、船舶運航のシステム化の基礎となると考える。

船舶運航システム化の新たな方向性

システム化への姿勢で述べた内容に適合する新たな船舶運航システム化に向けた幾つかのアイディアが生まれている。ここにその内容を紹介し、船舶運航システム化の新たな方向性を示す。

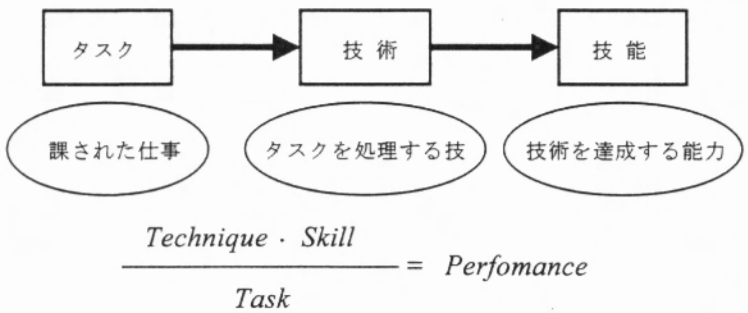
(1) 操船技術の要素技術展開

操船者の行う操船という行動を調査して、何が行動を求め、何を実現し、そのために何が求められるのか、技術的な視点から操船行動を分析することが試みられている。

船舶は計画どおりの航行を要求され、現実には、操船者にその実行が求められる。この要求された仕事がタスク（Task）である。このタスクを処理する技が技術（Technique）であり、技術を達成する能力を技能（Skill）と呼ぶのである。

このタスクは複数のサブタスク（Sub Task）から構成され、サブタスク個々に対応した技術が要素技術（Elemental Technique）である。図2に示すように、課されたタスクを必要な技術と対応した技能により、実現した結果が性能（Performance）となる。

図2　タスク、技術、スキル



この考え方を船舶運航に適用し、出港から入港までの航海を構成する操船局面（タスク）について解析し、操船技術が以下に示す九種類の要素技術で構成されていることが求められた。

①見張り　②船位測定　③操縦　④機器取扱　⑤情報交換　⑥法規順守　⑦非常事態　⑧計画　⑨管理

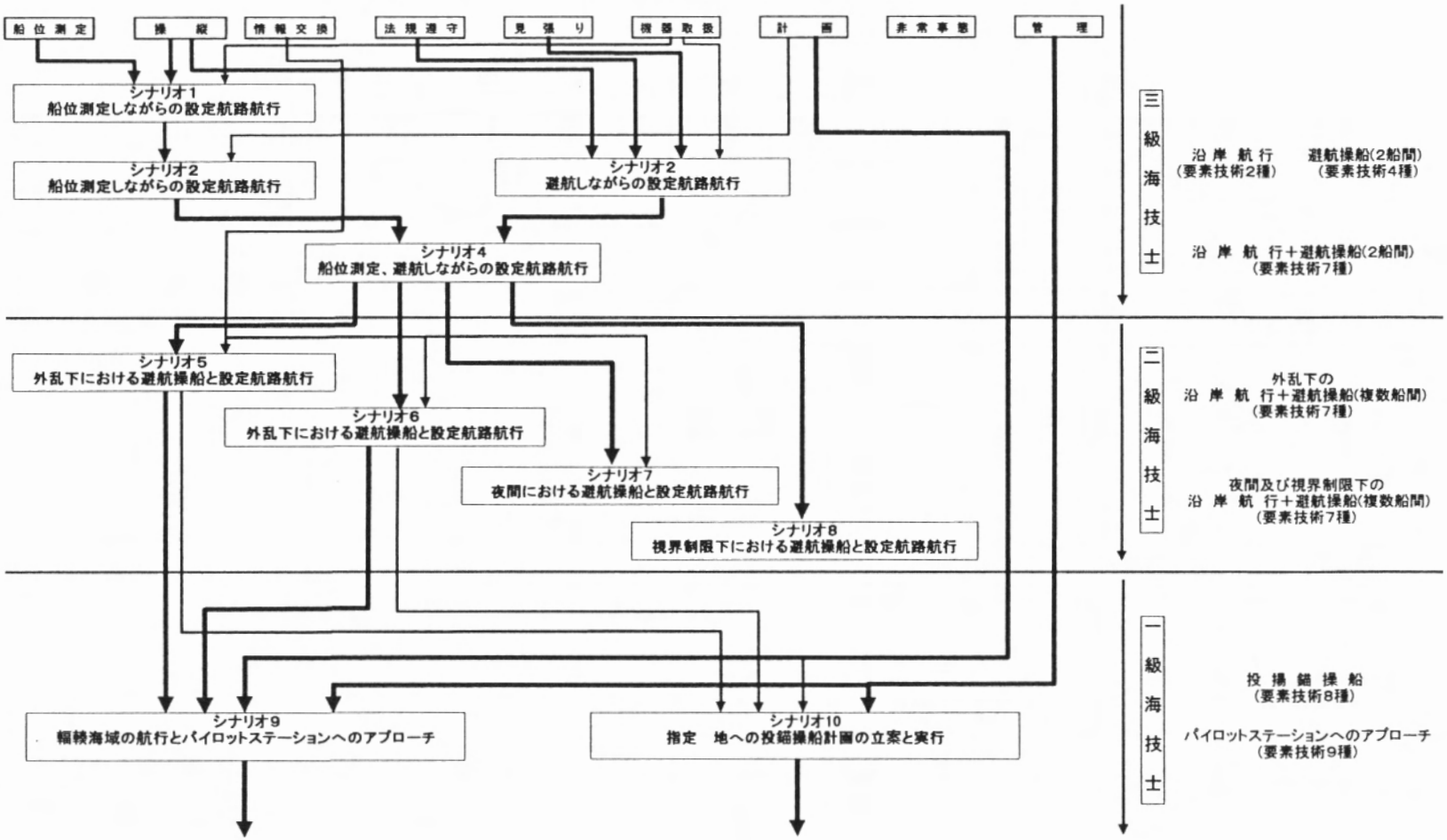
これらの要素技術について、三級、二級、一級の各海技士で必要とされる要素技術の具体的な内容も調査され、航海を構成する操船局面ごとに各海技士に課されるタスクと対応技術、求められる標準的な技能の定義がなされている。

この要素技術概念に基づく操船技術表現は、前章で述べた「標準的な操船行動規範の把握」を可能にするひとつの手法であり、この概念に基づく「操船者育成のシステム化」が試みられている。

◆ 操船者育成のシステム化

人（操船者）のシステム化として、操船シミュレータを利用した訓練システムの開発が試みられている。標準的な操船行動の理解と把握に基づき、操船上の標準的な技能、対応する要素技術と必要な技能における行動規範を調査し、再体系化した訓練プロセスを操船シミュレータ・シナリオとして展

図3　操船シミュレータ訓練の基本的な流れ　—シナリオと要素技術—



開したもので、その概要を図示したものが図3である。

現在、習熟度の検討、操船技能の評価方法の検討、訓練シナリオの改良等が国内のシミュレータを保有する機関で実施されている。

図4は、乗船実務経験の異なる三人の船長免状取得者により実施された同じシナリオ9（パイロットステーションへのアプローチ）の操船シミュレーション軌跡を示すもので、操船技能の評価法の検証を目的として行ったものである。

ペーパー船長と実務歴八年の船長とには、免状は同じでも、実務的操船能力に大きな差があることが、図からも明らかである。この実務的操船能力の差を定量的に評価することが、総合的のみならず要素技術ごとにも可能となったと報告されている。多少の改良等は必要であるが、合理的に構築された効果的な訓練プログラムであるとの評価を多くの操船実務者から得ている。

訓練プログラムとして考案した操船者育成のシステム化は、日本の海技士資格および船員教育カリキュラム等に影響すると考えられる。標準的操船の設定と操船タスク・要素技術・技能の概念が、多種多様で対応しきれなかった操船における安全概念を統一し、これからの安全な操船の実現を担う操船者の育成には体系的な教育・訓練が不可欠であるとの共通認識が得られたと考える。

(2) 海上ネットワーク技術の適用

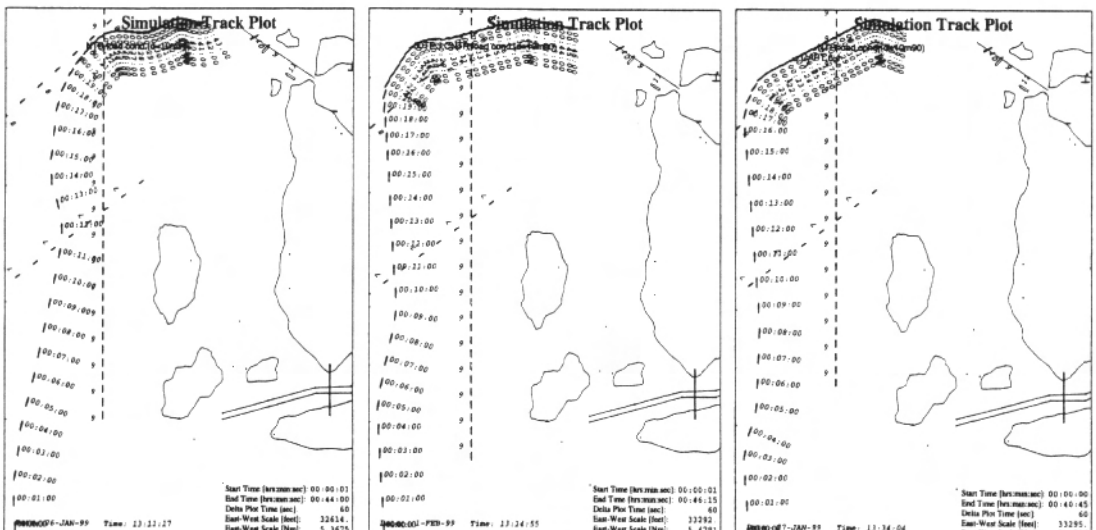
前述のとおり、船舶が航行する海域等の環境（自然および交通）のシステム化が海上交通の安全性と効率の向上に最も有効であり、最優先で取り組むべき課題にもかかわらず、技術と経費の壁に阻まれて、先送りされてきたのが実状である。

しかし、近年の通信産業基盤の整備等が簡便な海上ネットワーク技術の展開を可能せしめ、環境のシステム化等に道を開き、海上ネットワーク技術を利用したシステム化が試みられている。

図5は携帯型海上ネットワーク端末の試作機の写真とそれを利用して実施された海上実験時の画像例を示すものである。

本システムは現代の通信・航法・監視技術と整備された海上通

図4　船長免状取得者の乗船実務経験年数別の操船シミュレーション軌跡比較

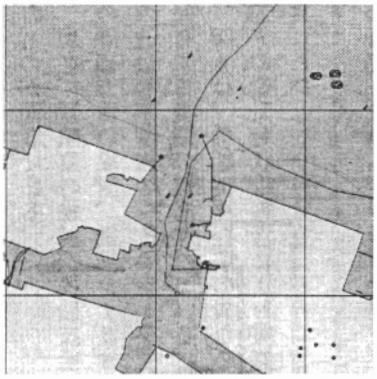


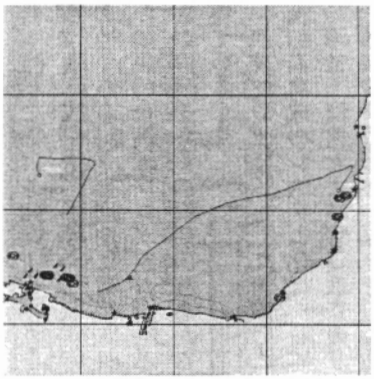
2nd(2年)+1st(1年)+船長免状取得
現在、13年連続の陸上勤務中

2nd(1.4年)+1st(1.6年)+船長免状取得
小型船の現役一等航海士

2nd(1年)+1st(12年)+Capt(8年)
外航船舶の現役船長

図５　携帯型海上ネットワーク端末と画像例（㈱日野マリンパワーシステム研究所）





信産業基盤を応用することで初めて実現したものである。衛星／携帯電話の通信、ＧＰＳ／ＤＧＰＳと公式電子海図の航法、携帯電話ネットワークを介した監視で構成されている。ほぼ一分ごとの複数船舶の軌跡を含む位置を海図上にプロットした画像が、陸上／海上の区別なくホームページとして提供されている。

ここに紹介した海上ネットワークシステムの試みは、今まで実現し得なかった環境のシステム化、船舶と陸上の協調操船等の実現を飛躍的に前進させるものとなると考える。本システムの開発者等が想定している適用分野を以下に紹介する。

◆　局所的な交通情報提供サービス（Local Vessel Traffic Information Service System）

日本の公的ＶＴＳが実現し得ない港および沿岸近傍を航行する小型船をも対象とした陸上支援システム（Local VTIS）への適用が計画されている。本システムは経費と技術の両面において、導入が極めて容易であることが、現存する公的ＶＴＳと大きく異なり、漁船、プレジャーボート、内航船等への広い利用・活用が予想される。

◆　情報化水先案内サービス（Shore-based Information-oriented Pilotage System）

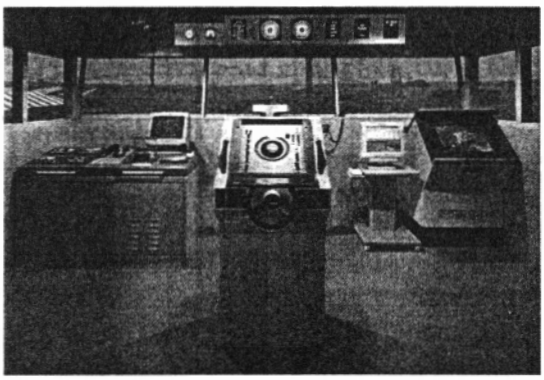
本システムの水先案内業務への適用が検討されている。このシステムは陸上側からの監視に伴い、対象船舶の運動（針路、速力、位置）履歴を蓄積しており、蓄積した過去の操船結果の再利用が可能なのである。

さらにシステム化を進めれば、蓄積された履歴データに基づいた入港・着桟操船計画の支援と陸上計測による最新の環境情報を提供することが可能となり、現在の水先案内業務と同様の操船上有用なサービスを実現できるのである。

水先人、熟練船長の個人的経験としてのみ蓄積され、再利用できなかった入出港操船履歴を、陸上側が蓄積することで多くの入出港船舶への提供と有効な活用を実現し、安全性の向上に寄与することを目指すものである。水先案内が強制されない小型船、初めて海域を航行する操船者などに極めて有効なサービスとなることが予測される。

◆　ネットワーク／インターネット・レーダ・システム

本システムは衛星／携帯電話ネットワークを船舶―陸上間の通信手段として用いている。このネットワークは船舶―陸上間のみならず、船舶間でも利用可能であり、レーダーのＡＲＰＡデータを相互通信すれば、他船舶のレーダー・イメージを得ることが可能となる。このコンセプトに基づくシミュレーションが実施されている。



操船シミュレータの例（㈱エム・オー・マリンコンサルティング）

おわりに

安全と環境保全を確保しつつ、さらなる効率的な運航を要求されているのが現在の内外航海運である。「船舶運航のシステム化」のみが、この課題への現実的かつ効果的な対策であり、人・船・環境が協調して十分な機能を発揮するシステムこそが船舶運航の安全性と効率の向上につながると考える。

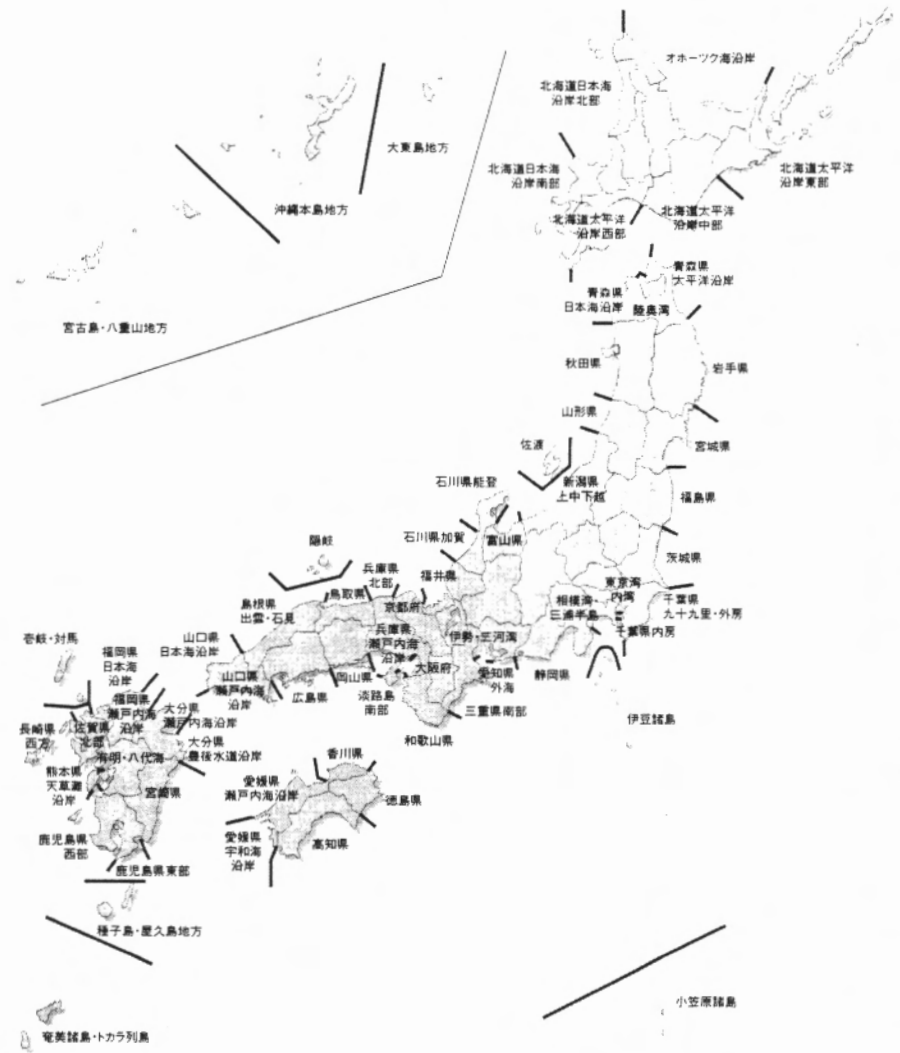
現在まで主に進められてきた船舶だけで閉じていたシステム化から、環境と人、環境と船が協調し得る新たな船舶運航システム化の波が到来していると確信している。

この人・船・環境が協調できる新たなシステム化とは何かを求めて、船舶運航技術の現在までの流れを整理し、これからの新たな方向性についてまとめたものが本論である。参考になれば幸いである。

完成度の高さよりも、基本的な課題の整理と方向性の把握を目的としたため、定義、記述に不明確な点等があると思われるが非力によるものであることを付記して結びとする。

新しい津波予報区

気象庁では、津波予報に使用する津波予報区を、平成十一年四月から改定しました。

これまでは、津波予報が発表されると、津波の影響の少ない海岸地域においても過大な防災対応をとらざるを得ないなどの問題がありました。今回、このような問題を改善するため、予報区の数を一八から六六に細分化しました。

新しい津波予報区