

Ⅱ マンマシン航海支援システム

システム技術部 沼野正義

1. はじめに

船舶を安全かつ効率的に運航するためには、船舶を様々な自然及び交通環境条件下において的確に操船することが大切である。そのためには、これら外的条件と自船の状態との把握が必要である。

このため、情報の表示と操作とを船橋で統合化して行う I B S (Integrated Bridge System) が開発され、その導入が進められている。この I B S は船舶という大規模システムと人間とのインタフェースであり、単に情報を人間に提供し、人間がそれを受けて機械を操作するということではない。人間の作業環境の快適性を考慮し、情報を収集、解析し、操縦制御に至るまでの、いわばシステムの中にパートナーが存在して人間を補佐するような機能を持つものとする。

本講演では、以上のようなコンセプトとこれに基づいて開発された航海支援システムについて紹介する。

2. 大規模システムと人間

大型船舶等の大規模システムの運転作業は、通常複数の人間の運転チームによって行われる。これらの運転チームの間での共同作業をまず思い浮かべるが、各人間の作業は、センサやアクチュエータを介した運転作業となるため、これらの機械システムの特性が関係してくる。これらの機械システムをマシンエージェントと見なし、共同作業の一員に加えることにより運転作業における情報の流れや作業プロセスがわかりやすくなる。すなわち、センサやアクチュエータを一度人間と置き換えて役割分担を考えてみて、分担した役割を単純化することにより、マシンエージェントに再置き換えすることになる。人間同士の役割分担においても、相互補完や誤り訂正、バックアップ等の機能は暗に要求されていると考えられるので、これらの機能のうち、単純なアルゴリズムに置き換えられるものはマシンエージェント化することができる。

すなわち、エージェントは次の 3 種類に分類することができる。

- 1) 並行して実行する必要のある作業を分担するエージェント
- 2) 従来、1 人の人間が行っていた一連のタスクの一部を代行するエージェント
- 3) エージェント間の整合や同期ならびに計画や手順からの逸脱の監視、通報を行う裏方のエージェント

運転作業はオンライン作業である。一般の大規模システムにおいては中央制御室において、現場作業の進行状況、個々のエージェントの作業状況ならびに作業スケジュール全体の進行状況を把握し、的確な指示、支援を行う必要がある。船舶運航の場合は、船橋において、海域や自船の状況、監視・制御等の個々の作業を分担するエージェントの挙動、ならびに航海計画に沿ってスケジュール全体が

進行していることを把握し、的確な指示を行う必要がある。

これらを実現するインタフェースについて、ソフト・ハード面での進歩はめざましく、市販のツールやハードウェアならびに他プロジェクト等で開発された手法を利用することが可能である。実システムに適用する際には、具体的な作業シナリオに基づいたシミュレーション等によって、問題点やインタフェース要件を抽出し、人間・マシンエージェント間の共同作業を支援することを目的として、マンマシンシステムとしての支援システムを開発することになる。

3. 航海支援システムの考え方

航海当直者にとっては、人間性を損なうことなく広義の安全性を担保することができる快適な作業環境を実現する必要がある。安全性を担保する上での基本は、自船の状態や周囲を航行する他船の状況を把握し、衝突や乗り上げの危険やおそれを同定して、適切な回避動作をとることである。前章で述べたように、一般には、複数の当直者が役割を分担してこれらの作業を遂行している。近年、船員数が減少するとともに、船舶の運航経費の削減が求められており、少人数での航海当直を実現する必要がでてきた。船内、船外の情報を一カ所にまとめるとともに、操舵、船速制御、エンジン制御、バラスト制御等も航海当直を遂行する船橋からできる、統合航海システム（INS；Integrated Navigation System）や統合ブリッジシステム（IBS；Integrated Bridge System）と呼ばれる設備も開発されている。しかし、単に情報や操船手段が提供されるだけでは、安全を担保するのは容易ではない。複数の当直者が役割を分担してきたのと同様以上の安全性を実現するために、IBS という機械と人間との適正な関係を構築して、人間が作業する上での快適性を維持することが重要となる。

これを実現するためには、航海当直作業を分析し、機械と人間とそれぞれに適した機能を割り当てる必要がある。また、協調して作業を行うには意思の疎通が不可欠である。航海当直に不可欠な目視による見張りを妨げずに、円滑な意思の疎通を図るものとして、音声による操作および音声による情報の提供を基本としたインタフェースを採用したシステムを検討した。

4. 航海支援システムの開発例

上記の考え方に基づき、全国内航タンカー海運組合、三菱重工業との共同研究の一環として、内航タンカー近代化船用の航海支援システムを開発した。

人間の船橋当直作業を支援するシステムを考えるために、支援する対象を明確化する必要がある。実務に就いているベテランの船長や航海士から意見を聴取するとともに、シミュレータを用いた実験によって具体的な状況に応じてどのような作業が発生し、どのような支援が有効かを調査した。

これらを基に、船舶の輻輳した海域や狭水道等の厳しい条件における当直を想定し、判断・意思決定者としての船長、情報収集者としてのレーダ監視員および操舵員からなる3人当直としてモデル化した。このモデルを用いて、作業内容および作業分担の分析を行い、航海支援システムの機能を決定した。

4. 1 航海支援システムの機能

モデル化した3人当直のうち、船長以外の2人の分担する作業を支援システムが分担することとした。表1に示すような支援システムの基本機能は、レーダ、GPS等による他船情報、自船情報の収集・報知、針路保持、航路保持および速度制御とし、これに加えて、高度な支援として、衝突や乗り揚げを回避するための避航操船支援および計画航路にそって航海する際に、それぞれの局面に特有の注意事項等を適時に報知する機能を備えることとした。これは、3人当直に加えてベテラン船長の知識の活用を意味するものである。図1は、航海支援システムの構成を示している。

表1 航海支援システムの機能
・ <u>船位や運動状況の情報支援</u>
・ <u>他船の情報支援</u>
・ <u>避航操船の判断及び操船支援</u>
・ <u>警報、助言</u>
・ <u>自動船位誘導、船速制御</u>
・ <u>デッドマンアラーム</u>
・航海計画作成支援
・気象・海象情報支援

(下線部は、音声入出力が利用できる。)

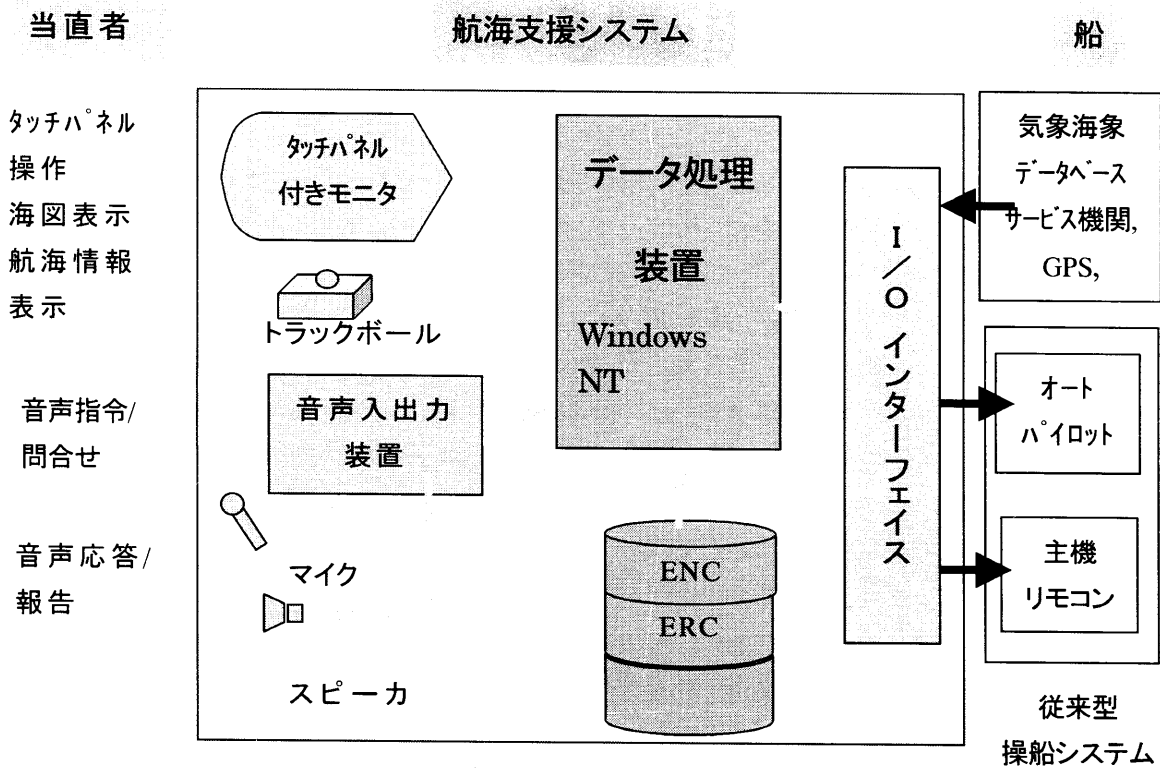


図1 航海支援システムの構成

4. 2 人間と機械の共同作業・音声の導入

これまでの検討をふまえて、適切なヒューマンインタフェースを設計しなくてはならない。この支援システムはレーダ監視員および操舵員の分担する作業を機械が支援機能として肩代わりするものであり、自動化、知能化機械と考えるべきシステムである。すなわち、人間と機械の共存を念頭においてインタフェースを考えなくてはならない。また、船橋での当直の基本である目視による監視をでき

るだけ妨げないことが重要である。これらの観点から、音声入出力を基本的としてワンタッチ操作を加えたインタフェースを採用することとした。

これにより目視による監視を妨げることなく支援を受けることが可能となるとともに、指令、復唱、確認、実行、完了報告という一連の手続きを踏むことにより、音声の誤認識への対処に加えて人間と支援システムとの役割分担および協調作業が可能であると考ええる。また、当直者の異常も、定時報告への応答や支援システムとの音声によるその他のやりとりからチェックすることが可能であり、人間性を損なうことなくデッドマンアラームを実現することができる。これによって航海当直作業の快適性を実現できると考える。

5. おわりに

日本の経済・社会を支える海上輸送システムを、運航に直接携わる人間も含めて、安全かつ効率的なものとするために、近代化の一環として航海支援システムを検討した。人間に関する高い安全性・効率性を実現するためには、作業環境の快適性が不可欠である。単に物理的に、振動、騒音、動揺を抑えるという観点だけでなく、知的作業における快適性も重要である。一般に、人間の機能を補佐するものも、その機能が高度化、複雑化するに従って、これに対応できる適切なインタフェースが要求される。近代化の一環としての航海支援システムにおいても大規模・複雑化したシステムと人間という観点に基づいて検討を行い、人間と機械とが共存するための一つの解として、音声入出力を導入した支援システムとした。これらの検討に基づいて、三菱重工業（株）において実機が開発され、1号機を搭載した船舶、新ぷろぱん丸（共和産業海運（株））が、1997年9月に就航した。1998年春までの間に乗船調査を行い、機能および安全性に関して評価し、所期の設計思想を満足する結果が得られた。乗組員への聞き取り調査を行ったところ、快適性についてもよい評価が与えられており、音声入出力の採用によって人間と機械とのパートナーシップも生まれていることがわかった。快適性を担保したデッドマンアラームはその有効性をIMOにインフォメーションペーパーとして紹介し、ガイドラインに反映されている。

今後、航海当直だけでなく、荷役作業や機関・機器・設備の使用や保守管理作業についても同様のコンセプトに基づいて快適性を実現する必要がある。また、このコンセプトは他の大規模かつ複雑なシステムに対しても有効であり、現在、原子力基盤研究において、運転・保全支援システムの研究に適用している。

参考文献

- 1) 航海支援システム開発に関する共同研究報告書：全国内航タンカー海運組合、運輸省船舶技術研究所、三菱重工業（株）、平成10年3月。
- 2) 福戸淳司、沼野正義、宮崎恵子、伊藤泰義、村山雄二郎、松田和生、下野雅生：Use of speech communication as an interface of a navigation support system for coastal ships, Proceedings of IFAC MMS'98, 1998.