

図 12: 操船支援システムコンソールの写真

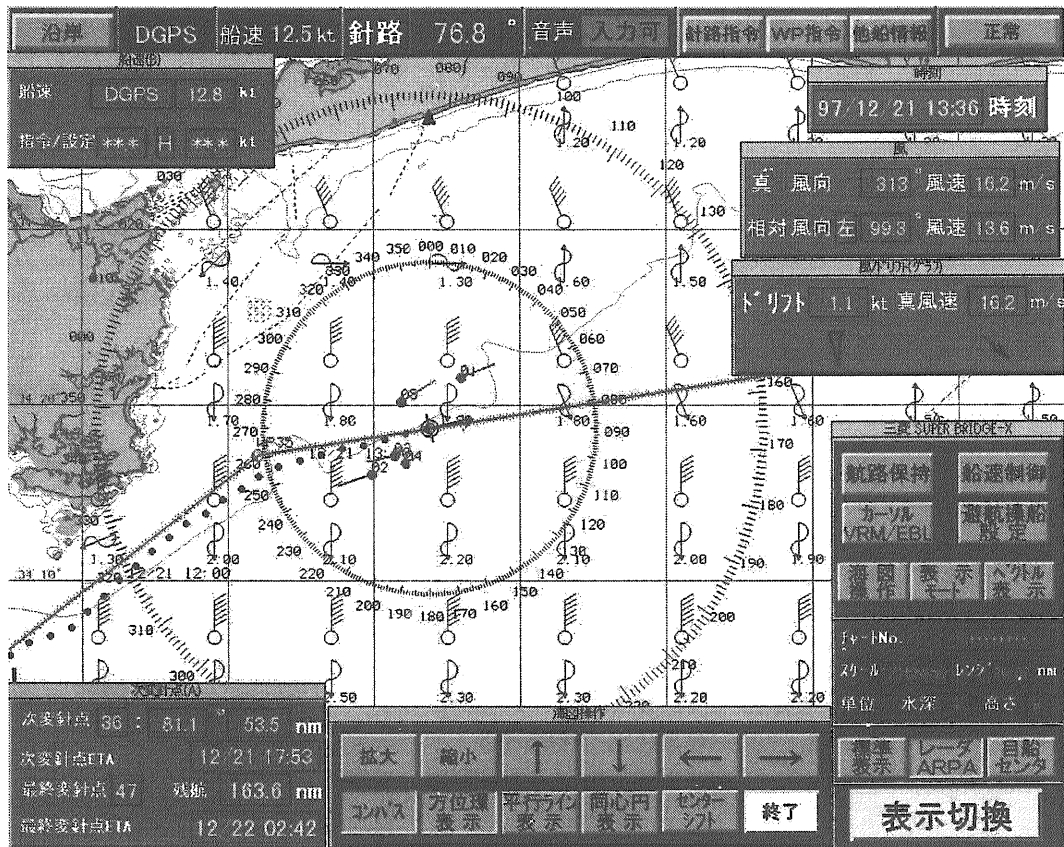


図 13: 電子海図表示画面

(1) **航海計画作成** 計画航路は複数の変針点から構成されたデータ群で、このデータには各変針点の座標の他、次の変針点までの航行モードや指定航路幅、ETA等の情報が含まれる。航行モードは港内、狭水道、沿岸、湾内の4つのモードが有り、このモード毎にデフォルトの危険判断のパラメータが設定できる。

計画航路の座標編集機能として、電子海図上のポイントをタッチまたはトラックボールでのクリックにより変針点を指定できるヒューマン・マシン・インタフェースを導入し、計画航路の作成及び修正を容易にした。さらに、航行モード等変針点間のデータを編集するため、変針点リストの表示機能を設け、リスト上でもデータを修正できる(航路設定機能)。

一度作成した計画航路データは、複製、他の航路との結合、反転等の編集が可能で、フロッピーディスクに保存して再利用する事ができ、航路計画作成の大幅な省力化を図っている。

さらに、航路分析機能により計画航路に対する所要時間の試算や座礁危険のチェックが可能で、計画船速に基づくETA推定及び到着予定時刻を指定する事による船速推定機能も持つ(船速計画機能)。

(2) **気象海象データサービス** 船舶電話経由で陸上の気象海象データサービスから最新の気象海象データを取得できる。情報は従来からの天気図等のFAX情報の他、波/風に関しては現在の状況及び短期予測データをデジタル値で入手し海図上に表示でき、航路分析における船速推定計算にも利用される(気象海象データ表示機能)。

(3) **自船状況認識支援** 自船状況把握に必要な各種情報は、自船位置決定表示機能及び自船状態報告表示機能により提供される。

自船位置決定表示機能では、船位情報を複数のセンサ(DGPS, GPS, ロラン)から得て、利用できる最も精度の良いものを選択し、電子海図上に自船位として表示する。この他、電子海図上には、現針路、計画航路、気象・海象情報が表示される(計画航路表示機能)。これらの表示は、カスタマイズ可能で、各航行モード毎に各人でレイアウトを作成・保存できる。

また、自船状態報告表示機能では、舵角やエンジン回転数等自船状態量を、電子海図上及び従来通りの頭上の計器に表示する。電子海図上への表示は、

電子海図を見易くしたり、自社の他の船の当直作業との親和性を考慮して、各人でレイアウトをカスタマイズできる。

さらに、従来船員同士で交換していた情報については、音声により要求・受信できる。音声により提供される情報及び要求できる情報は以下の通りである。

表 7: 音声による情報提供項目

音声によって提供される情報	航行状況の定時報告、衝突注意報・警報、座礁警報、航路離脱、航路復帰、変針点到着予告・到着・通過、避航計画開始、操船モード、測位装置異常・復旧
音声による問い合わせができる情報	航行状況(針路、船速、ドリフト、次変針点、操船モード)、交通状況(他船、衝突危険船、座礁危険)

(4) **操船支援** 本操船支援システムは、操舵モードとしてINSモード、オートパイロットモード及び手動モードを持っている。INSモードでは操船支援システムのコントロールにより操船指令が決められ、オートパイロットを経由して実行される。さらにINSモードにはトラックコントロール機能と音声による操船機能が設けられている。

トラックコントロールには、目標針路からのずれと横方向の偏位に対するフィードバック制御と、風や潮流の影響を計測しその影響を補償する制御機能を持っており、操船の目的により使い分けられる。このトラックコントロール機能により操船作業は省力化が図られ、当直者の操船作業の負担は軽減された。

変針点到着時には事前に音声により予告する他、次に採るべきコースを当直者に提示し、確認を得てから変針動作を実施する(航海情報報告表示機能)。コースは音声及びモニタ画面上に表示され、その確認は、音声または画面上のポップアップボタンのクリックで行われる。指令操作の実行は、当直者による確認後、設定針路がオートパイロットに送信され自動操舵が実行される。

避航操船等により計画航路から離れる場合には音声による操船(音声による操船機能)も可能で、船長が操舵員に指令するのと同じ感覚で操船指令ができ

る。音声による操船は、先にも示した音声による指令手順に従って当直者からの操船指令を受け内容の確認後、オートパイロットを介して操舵が実行される。音声によるコース指令としては、絶対コース(0～359度)、相対コース(右89度～左89度)、現針路保持(「ステディ」)、航路シフト、航路復帰の指令が可能である。航路シフトは、計画航路から任意の指定距離分平行移動させて航行させる機能で(航路シフト機能)、輻輳海域における避航操船によく用いられた。

また電子海図上で自船を向けたいポイントを画面上でタッチする事でその方向へ自船を変針させる機能もあり、目標物へ向かう変針に利用できる。

本システムにより操船制御を実施している間も、当直者がオーバーライドレバーを使用すれば、緊急操舵が可能である他、操舵モード切り換えスイッチにより容易にオートパイロットまたは手動操船(手動操船機能)に切り換えられる。

一方、船速も計画時の設定船速が当直者に提示されるので、針路と同様、当直者の確認後、主機遠隔制御装置を通じて設定される。また、音声でも船速指令が可能で、針路指令と同様に音声による指令手順に従って、船速の変更が可能である。

**(5) 衝突/座礁危険予防・避航操船** 衝突の危険検知については、ARPAのターゲットデータ、座礁の場合は電子海図の水深データを基にその危険を計算し設定値を超えた場合、音声及び画面上のポップアップメニューによって警報を発する(衝突危険警報機能、航路逸脱・座礁検出警報機能)。当直者は、画面上でもこれら危険関連の情報を参照できる他、音声により危険の内容を問い合わせる事ができる。

避航操船支援としては、避航方法提案実行機能を有する。この機能は、まず当直者に衝突・座礁を回避する避航航路を提案・表示する。この避航航路は海上衝突予防法等の法規及び船長の避航に関するノウハウを使って、操船支援システムが自動的に探索し作成する。

作成された避航航路はCRT画面に表示され、当直者の指示を待つ。当直者がそれを採用すると、その避航航路を追従するようにトラックコントロール機能が設定され、当直者は変針時に確認を行うだけで避航操船が可能となる。避航航路航行中も衝突・座礁危険は常時監視しており、新たな危険が発生すると避航航路を破棄して新しい避航航路の作成を始

める。

システム管理者である船長は避航航路探索に関わるパラメータを設定できるようになっており、航行モードに応じて避航のタイミングや避航パターンの調整が可能である。避航航路の作成が困難な場合には、当直者にその旨を伝え指示を待つ。

**(6) 就労監視** 一名当直において、航海当直員が何らかの原因で業務ができなくなった場合、他の乗組員がいち早くそれを知り、バックアップできるようにする必要がある。

当直員の就労状況のチェックは、本人に負担がかからないように通常業務の中で自然に行えるように考慮した。具体的には、システムからの音声による定時報告や重要警報に対し、当直員は音声等で確認を返すよう求められている。この確認が無い場合には、システムは確認を促すメッセージを3回繰り返し、それでも確認が無い場合には、船橋内で警報を発生させる。更に一定時間経過しても何のアクションも取られない場合には、居住区に船内指令装置を介して音声延長警報が発せられ、最後には汽笛吹鳴の後に自動減速を行う。

**(7) 航海記録** 操船支援システムは、航海日誌の代わりに主要な航海データを定期的に自動保存する事ができ、それらのデータは航海記録として保存される。

記録される項目は日時、船位、針路、船速、真風向/真風速、CPP翼角、主機回転数、主機負荷、ドリフト、大気温度、航程、変針点通過で、保存周期は10分、20分、30分、60分、120分、180分、240分から選択できる。

航海データの記録はEXCEL形式で行い、他のパソコン等で容易に参照可能としている。

**(8) システム自己診断** システムを構成する装置及び機器の状態は常時監視されており、異常が検出されたら電子海図表示装置及び船長居室モニタ上での表示または音声により警報を発生させる。また、接続されている外部装置及び機器の接続状況を監視し、接続異常時には電子海図表示装置及び船長居室モニタ上に警報表示を行う。

#### 4.5 操船支援システムの評価

一名当直用として開発された操船支援システムについて、当直業務を十分に余裕を持って行えるかどうかの評価と、さらなる改善及びそのための研究目標を明らかにする事を目的として、その安全性及び有用性について評価を行った。

操船支援システムを使用する第一の目的は当直者である人間がそのシステムと協調して安全な航海を実現する事であるので、人間と支援システムで構成される操船システムの安全性が評価されなければならない。この安全性は当直者から操船支援システムが有用で信頼できると評価され実際に使われると共に、システムの機能不全時への対策が立てられ、その対策が確実に機能している事で確保される。

このため操船支援システムには、操船支援機能の有用性、それを用いた要素操船作業の信頼感及び良好なユーザビリティが確保される必要がある。

支援機能の有用性については、熟練乗組員の使用経験に基づいて有用性及び信用度を主観的に求める事とした。また支援機能を用いた作業の信頼性については、人間は元来間違いを犯すものと考え、人間及びシステムそれぞれが間違いを犯したり機能不全になった場合にシステムとして対応できているかどうかでその安全性評価を行った。ユーザビリティについては、各要素作業毎に作業内容と支援機能との関わりを分析し、従来の作業量との比較及びヒューマン・マシン・インタフェースの有用性を作業時の余裕を含めて主観的に評価した。

具体的には、まず操船シミュレータ実験及び乗船調査の結果から在来船舶の航海における主要な作業内容を要素作業に分類し、各要素作業における作業内容を支援システムとのインタラクションを中心に分析した後、各要素作業について主観的評価を行った。

これと併せて、操船支援システムを使用した当直時の精神的負担と音声による支援の有効性の主観的評価を、就航時から継続的に計測し、習熟に必要な時間についての検討を行った。最後に近代化船の操船支援システムによる役割の分担状況を確認した。

##### 4.5.1 要素作業の評価

(1) 評価の概要 主要要素作業に対する評価に際しては、乗船調査を通じて航海における要素作業について支援機能の使われ方及びその作業に対するシ

ステムの有用性の主観的評価を行った。乗船調査は就航後3ヶ月が経過した1997年12月から翌年2月にかけて3回実施された。被験者は内航船3,000GTタンカー、999GT LPG船(現在、売船済)に交互に乗船していた6名の船員とした。操船支援システムの有用性の主観的評価は、各要素作業に対して、情報収集、判断及び操作作業についての作業負担、全体の作業量、支援の有用性、操船支援システムに対する信頼感について行った。この評価に際しては従来の当直状況を基準に、下記の5段階の評価で、主観的評価を行った。評価を実施する際は、在来船での2名当直の状況と本操船支援システムを用いた1名当直作業を比較する形で評価を得た。従って、例えば作業負担の評価の場合、3以上の評価を得た時従来2名で行っていた作業よりも負担が少なかった事を示している。

##### 主観的評価の尺度

- 5:十分に良好であり、改良の必要を感じない。
- 4:従来より、良好である。
- 3:従来と変わらず。
- 2:従来より、負担。
- 1:従来より負担が大きく使えない。

評価対象作業は、表4の内容に基づいて自船状態把握作業、操船作業、他船動向把握作業、避航操船作業、自然状況把握作業、航海計画作成作業と狭水道及び輻輳海域における航海当直作業について評価を行った。また、ヒューマン・マシン・インタフェース全般及びシステム異常時対処についても、同様に5段階評価及びコメントの形で評価を得た。実際の評価は乗船調査の際に被験者に集まっただき、その総意としての主観的評価値と自由意見の形で得た。

以下、要素作業に対応した作業内容と支援機能の使用状況を示した後、各作業についての評価結果を考察として述べる。

##### (2) 自船状態把握作業

作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果 自船状態の把握作業は、コースや船速、舵角といった自船の状態量の把握と船位の把握が主な作業となる。在来船では自船の状態は操舵手が主として把握しており、当直者は見張りや航海全体の行動判断を行いながら必要に応じて直接計器を見るか、操舵手に質問して自船情報を得ていた。船位については海図やレーダを用いて確認する作業が必要であっ

た。一名当直で自船状態を把握しようとする場合、見張りと自船情報の収集及び操舵手が行っていた操船作業を並行して行う必要がある。

これに対応するため自船状態把握作業についての支援機能としては、自船状態報告表示機能及び自船位置決定表示機能を設けた。

自船状態報告表示機能では自船の状態量を従来の計器表示の他、電子海図の表示を主とした主表示画面（以下、主画面と呼ぶ。）に表示し当直者はいつでも容易に確認できる。また見張り等の作業に集中して主画面を見たくない場合にも、音声による質問と定時報告により、必要な時に見張りを中断する事なく情報を得る事ができる。

船位についても、DGPS 測位システムを利用した自船位置決定表示機能により、正確な位置を電子海図上に常に表示する。これにより位置決定作業が自動化され、自船位置の情報を得る作業はレーダまたは主画面の一瞥のみで可能となった。

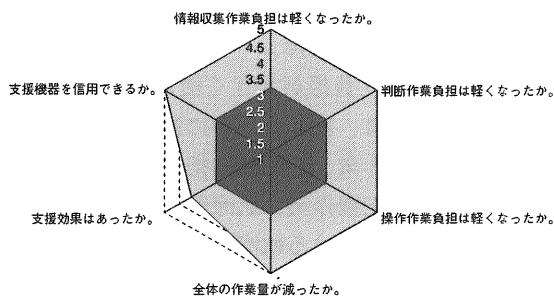


図 14: 自船状態把握作業の主観的評価

図 14 に自船状態把握作業に対する評価結果を示す。この図では、5段階評価の 1 である図の中心から外に行くに従って評価が良い事を示しており、一番外側が 5 段階評価の 5 を示す。また図中の濃いハッチ部分は在来船の評価値である 3 を示しており、薄いハッチ部分は本システムの評価値を表わしている。以下、他の要素作業の主観的評価についても同様のグラフを用いる。

図 14 から、作業負担の軽減、支援の有用性及び支援機器の信用度の全ての項目について良好な評価が得られている事が分かる。

**考察** 従来の自船状態把握作業と比較して、特に海図を利用した位置の決定作業が事実上なくなったの

は作業負担低減に大きく貢献しており、その面で良い評価を得ている。また船位決定に際して DGPS に全幅の信頼がおかれており、DGPS サービスが全国に展開されている現状では船位決定に関して問題はなかった。但し、船長の言によると、DGPS での船位決定において一時的に数百 m のずれがあった事も経験しており、DGPS の信号自体に問題があるような場合の対応が今後求められる他、DGPS に大きな誤差が含まれる可能性がある事を当直者に周知徹底し、見張りによるチェックの徹底と対処方法を明確にしておく必要がある。

### (3) 操船作業

**作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果：** 操船作業は計画した航路通りに船を安全に導く事であり、当直者による操船判断と操舵手による操舵及び船速のコントロールにより行われてきた。当直者は航路標識や周囲の状況から計画航路に対するずれを検出し、次の行動を判断してきた。操舵手は当直者の判断による操船指示に従い、操船を行ってきた。

本システムでは、当直者への操船判断作業の支援と操舵手の作業を代行する事により、当直者への作業の集中を軽減した。操船判断については、計画航路表示機能、航路逸脱座礁検出警報機能及び航海情報報告表示機能の 3 つの支援機能、操船支援については、音声による操船機能、トラックコントロール機能及び手動操船機能を備えている。

計画航路表示機能は自船位と計画航路を主画面上に表示する機能で、自船の計画航路に対するずれや次の変針点及び航路情報の提供により大局的な操船判断を支援する。

航路逸脱座礁検出警報機能は、計画航路に設定されている航路幅の外に出た場合及び電子海図上で座礁の危険がある領域に接近した場合、音声及び主画面上に警報を出し、当直者に報知する機能である。

航海情報報告表示機能には大きく分けて 2 つの機能がある。1 つは各変針点における通過予定時刻 (ETA) や潮汐データ等が表示される補助モニター、もう 1 つは航路上の特定の場所での注意事項や航行情報を提供する音声メモ機能である。

本システムでは、操船の大部分は INS モード内のトラックコントロール機能により計画航路に沿って自動的に行われる。INS モードとは本システムの操

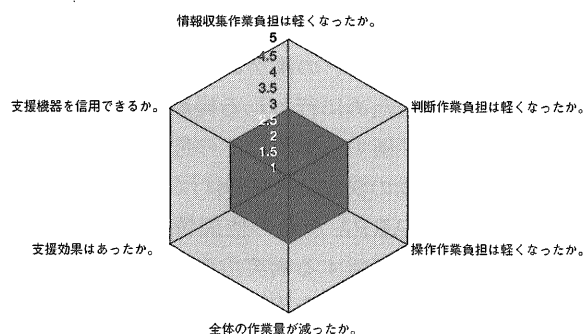


図 15: 操船作業の主観的評価

船支援機能を使用する操舵モードで、このモードではトラックコントロール機能と音声による操船機能が使用できる。トラックコントロール機能では風や潮流等の外乱によるコースからのずれを認識し、その量を補正する事ができるため、外乱の影響を低減し計画航路に沿って船を航行させる事ができる。船速についても、音声により設定する事ができる他、目的地に対して設定された ETA に従って必要船速を計算し、船速を自動的に調整する事ができる。

また当直者の判断で追い越しや計画航路のショートカット等を行う場合には、音声による操船機能及びワンタッチで切り替えられる手動操船の機能が利用可能である。音声による操船ではコースや相対針路を直接指示できる他、計画航路から一定の距離を離して航行させるシフト操船や計画航路から離れている場合の復帰操船等、マクロな操船命令にも対応している。

手動操船はシステムがダウンしたり、緊急な回避行動が必要な場合に使用される。手動操船は操船支援システムから完全に独立した操舵系で、ワンタッチで切り替える事ができる。この場合、操船はオートパイロットまたは操舵ダイヤルによる操舵とエンジンテレグラフの操作で行う事となる。

図 15 に操船作業に対する評価結果を示す。負担の軽減、支援効果及び信用性等全ての項目で最高の評価が得られている。乗船調査においても、操舵手の行っていた作業は全て操船支援システムに移行されており、明石海峡等の狭水道においても本システムを使用して信頼感を持って一名当直が実現されていた。

**考察：** 操船シミュレータ実験や現役船長に対するインタビューから得られた操船作業に対して求められる支援は、当直者に対する航行局面に応じた適切な情報提供と操舵手の役割である外乱下での針路及び航路の保持であった。一名当直の場合に必要な操船関係の情報支援としては、計画航路に対するずれと航行上の遵守事項や注意事項があった。これらの情報については計画航路表示及び航海情報報告表示機能により電子海図上に表示して提供している他、見逃した場合にも音声警報により報知される。また航行上の注意事項は計画航路作成時に航路上のポイントに音声メモとして登録されており、そのポイント通過時に音声で通知される。これにより一名当直時に陥るかもしれない航路逸脱や遵守事項の忘れ等の当直者のヒューマンエラーの防止に役立った。

操船自体の支援に対しては、外乱に影響されない計画航路に沿った自動航行の実現と、自動航行から手動操船及びその逆への簡単な操作での切り替えが求められた。INS モードではトラックコントロールにより風や潮流等の外乱に対応したドリフト補正による自動航行ができる他、必要に応じて音声により自由な変針及び自動航行への復帰が可能であった。またシステム自体の異常を検知した場合にも、オーバーライドレバーやモード切り替えダイヤルによるワンタッチ操作で操船支援システムとの接続を断ち直接操舵できるようになっており、当直者に安心感を与える事ができ、高い使用率に繋がった。

以上の結果より、操船作業に対する支援については支援効果が十分あり、一名で従来以上の余裕を持って当直作業が実行できたと結論づける事ができる。

#### (4) 他船動向把握作業

**作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果：** 他船動向の把握作業は他船情報の収集と認識からなる。基本的には他船の発見と認識は目視によるが、本システムではその支援として 2 台のレーダ/ARPA が装備されている。レーダ/ARPA には性能基準があるためその基本機能は従来のままであるが、補助機能として残像表示機能を有している。また実際の操船においては 2 台のレーダ/ARPA を遠近 2 種のレンジに使い分けて有効に使用して、他船情報の収集に役立っていた。ARPA のターゲットデータは操船支援システムに送られ主画面上に表示される。これらのデータは音声による警報または問



いかけに対する応答の形で随時当直者に提供される。

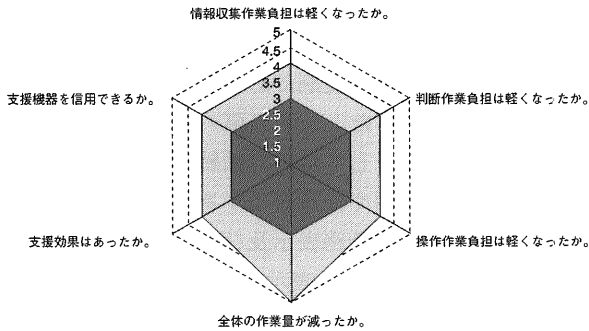


図 16: 他船動向把握作業の主観的評価

他船動向の把握作業に対する主観的評価結果を図 16 に示す。一名当直を仮定した全体の作業量については良好な評価を得ているが作業負担、支援効果及び機器に対する信用度については、従来よりも良いがまだ十分とは評価されていない。

**考察：** 一名当直の場合、外の見張りとレーダ画面からの他船捕捉作業は並行してできない。従って、他船情報の収集と表示が自動的に為される事及び主画面等の情報端末を短時間見ただけに必要な情報取得や操作ができる工夫が望まれる。実際、輻輳度の少ない広い海域では 2 種類のガードリングによる ARPA の自動捕捉機能により効果的に他船を捉える事ができた。しかし支援が最も必要な狭水道や輻輳海域においては捕捉可能な数の制限と通過船の削除等の処理が自動的に為されないため、頻繁にターゲットフルとなって必要な情報が得られなくなる他、陸に近い沿岸域や内海では陸地を船と認識してしまうなど、捕捉されたデータの信頼性の低さと警報の多発や操作の多さから実用的ではなかった。さらに ARPA からのターゲットデータは対象船の変針の検出に数分程度の遅れがあり、ターゲットと比較的近い位置での避航操船判断には使えなかった。ARPA から得られるターゲットデータは次に述べる衝突危険船の判断及び避航航路計画の基礎情報となるため、今後他船データ収集に関する技術の向上が望まれる。

また実際の航行ではレーダに付属する残像表示機能が移動物標の探知に有効で、輻輳海域及び沿岸域においても他船の探知に多用されていた。

##### (5) 避航操船作業

**作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果：** 避航操船は他船との衝突の危険があった場合その危険を避けるために行われる操船行動で、衝突の危険を検出・評価する事及びその危険を未然に防ぐための回避行動の決定とその実行が求められる。

本システムは ARPA からの他船情報に基づき衝突の危険を判定し警報する衝突危険警報機能及び避航行動を提案しその実行を支援する避航方法提案実行機能がある。

衝突危険警報機能は ARPA からのターゲット情報を基に衝突の危険を計算し、ユーザにより設定されるパラメータに基づき音声及びポップアップメニューで警報を発する。避航方法提案実行機能は警報された衝突危険船及び自船周りの他船を考慮した避航行動を避航航路として提案し、トラックコントロール機能による避航航路への自動誘導を行う。またこの際当直者の判断で作成された避航航路にとらわれず音声等を用いて操船できる。

図 17 に避航操船作業についての主観的評価結果を示す。本評価は、他船情報が ARPA から自動的に確に入っている事を仮定して評価を行った。一連の作業負担については、十分余裕を持って作業できたとの評価を得ており、支援効果については、従来よりは向上しているが、信用性及び支援効果においてまだ発展する余地が有るとの評価であった。

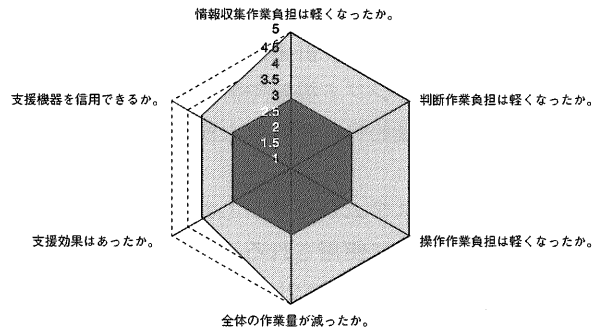


図 17: 避航操船作業の主観的評価

**考察：** 衝突危険警報機能については、ARPA で捕捉された船について必要に応じて警報が音声で発せられるため、輻輳していない海域で自動的に捕捉できるような状況では注意喚起となり大変有効な支援であった。

避航方法提案実行機能についても、ARPA から適切に情報が送られてきた場合には当直者に受け入れ

られる適切な避航方法と操船支援が行われた。狭水道における複数隻との遭遇等システムが避航方法を提案できない場合には、提案できない事を当直者に十分な余裕を持って報告している事も確認できた。但し、避航中の相手船の微妙な行動変化の検出は依然として当直者の目視に依存している事、当直者の感覚にあった避航方法を得るためには輻輳度や水路の状況に即した避航関係の設定パラメータのチューニングが必要である事の2点で減点があったものと思われる。しかし、本システムの考え方である、目視を中心にした一名当直における避航支援は十分有用であったと評価できる。

### (6) 自然状況把握作業

**作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果：** 自然状況の把握作業は気象・海象の現状の把握と今後の予測とからなる。

従来、気象・海象の把握と気象予測は気象通報や気象FAX、自船回りの状況から、船長または当直者の経験に基づく判断により行われてきた。この現状把握と予測の作業は情報収集、天気図作成及び経験に基づく高度な判断が必要な事から、労力の掛る作業の1つであった。

このため、自然状況把握作業の支援機能として、気象・海象データ表示機能を設けた。これにより、風向風速、潮流速、大気温度が従来通りの計器により船橋内に表示される他、主画面にも表示される。また予報データとしては最新の天気図、一週間先までの予想天気図及び航行が予定される海域の風速、風向、波高及び波向の予測データが簡単な操作で民間気象情報提供会社よりFAXまたはデジタルデータとして必要に応じて随時得られる。これにより、精度の高い予測データを少ない作業負担で得られるようになった。

図18に自然状況把握作業についての評価結果を示す。判断作業の負担と支援効果は判断自体が当直者に負うところが多いため多少減点されているが、一名当直に十分対応している事がわかる。

**考察：** 気象・海象の把握と予測は航海当直中の重要な作業の一つであったが、情報の収集及び天気図作成等情報加工作業を自動化できたため大きな作業負担低減となった。また船長は当直以外の時間においても、船長室のモニタで気象及び航海関係の情報

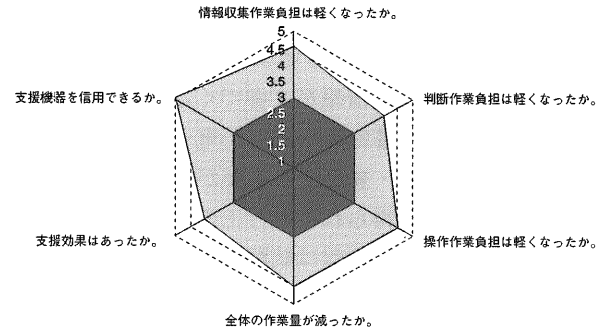


図 18: 自然状況把握作業の主観的評価

が確認でき、船長の監督作業の負担も低減させる事ができた。

### (7) 航海計画作成作業

**作業内容と支援機能及びその有用性の主観的評価結果** 航海計画の作成作業は船長の職務であり、その作成及び変更は船長によってなされる。この作業は当直時に行われるものではないため、一名当直時の評価には直接関係ないが、安全な航行のための事前準備として重要な作業である。

計画航路の作成においてはその構成要素である変針点情報の他、港湾や航路に固有の航海関係情報、荷揚げ先等の代理店情報及び潮流情報を含む気象・海象予測情報が必要となる。

変針点の編集は航路設定機能で支援している。計画航路を新規に作成する場合、電子海図上でのマウス操作または緯度経度の数値入力により順次変針点を設定できる。ここで作成された変針点情報はシステムに登録できる他、ファイルとして保存できる。ここで保存したファイルは将来の航海に再利用できる他、編集が可能であり、継ぎ足したり変更を加える事で既存のファイルから新しい航路データを作成できる。内航の場合、船会社によって目的港が限定されるので、船会社毎に主要な目的港間の航路データをデータベース化しておけば、多少の変更のみで全ての航路をカバーできるようになる。

さらに本システムは船速計画機能を有しており、船速を設定する事により各変針点の通過予定時刻を設定できるため、荷揚げ時刻に合わせた航海計画の設定や狭水道における潮流影響の予測が容易にできる。

港湾や航路に関する情報は主に水路誌や海図、NAV-



TEX等の放送から得られる。荷受け代理店の情報はFAXや船舶電話により提供される。さらに海図情報は定期的に改補情報が文書でくる。これらの情報の内、現在航行警報等一部しか電子化されておらず、手作業で収集・登録する必要がある。また今までの航海経験から得られた航行上の注意事項も重要な情報で、これらの情報は航路上の音声メモとして計画航路データに登録する事ができる。気象予測情報に関する支援としては、(6)項で示した気象予測データ表示機能の他、指定した地点の潮流データの時間変化をグラフで表示する潮汐データ表示機能を備えている。

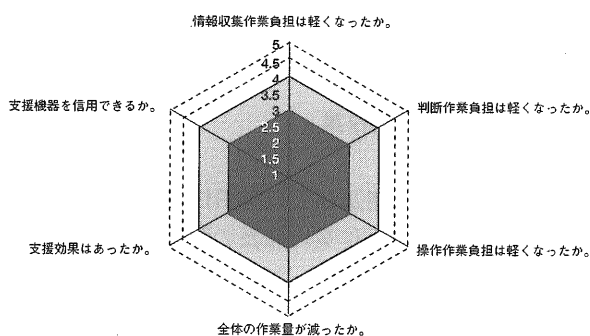


図 19: 航海計画作成作業の主観的評価

図 19 に航海計画作成作業についての評価結果を示す。他の作業の評価に比べて作業負担や支援効果の評価が低いものの、在来船よりも良いと言う評価を得ている。これは計画航路データの作成とシステムへの入力という作業が従来の作業に付加される作業であり、港湾や代理店の情報収集やシステムへの入力の支援が少ないためと考えられる。

考察： 航海計画の作成支援では、データの作成支援と必要情報の収集表示支援が必要である。

データ作成については、GUI(Graphical User Interface)とマウスによる容易な入力、ファイルによるデータ管理とデータの再利用が可能だったので機能的には十分との評価であった。ただし、操作性については画面のスクロール速度や登録航路数等問題点も指摘された。またこれらの編集操作は主画面の他船長室のモニタでも可能で、航海当直と並行して実施できるので、航海計画の作成作業が航海当直に影響を与える事はなかった。

今回の評価は比較的コンピュータ操作に明るい船

長によって行われたため、初期の変針点データの新規入力はスムーズに実施された。しかし船長によってはコンピュータの使用を負担に感じる方もいるので、システム納入前に主要航路のデータベース化も行われているが、更に自動的に入力を促すようなガイダンスシステムも今後検討を要する。

港湾や航路に関する情報や航行上の注意事項は、航海計画時の他、航海当直時にも必要であり、情報を容易に収集管理できる機能が望まれた。港湾や航路に関する情報の内、航行警報はデジタルデータとして民間情報提供会社から受信可能で、警報対象地点が主画面上に表示される。航行上の注意事項は航路計画時に作成された航路上のポイントに音声メモとして登録できる。その他のデータについても情報が電子化されておらず、手作業による検索が必要となる。今後、水路誌や海図の改補情報の電子化、音声メモのデータベース化が進められる事を期待する。

(8) 狭水道及び輻輳海域における航海当直 狭水道及び輻輳海域における操船で特に重要となるのは航路保持と避航操船である。航路保持については、自船状態把握作業及び操船作業の評価で述べた船位の決定、電子海図上への表示、トラックコントロール機能による計画航路に沿った航行の各機能が有効に働いており、他船のいない状態では狭水道においても十分有効である事が確認できた。

避航操船の支援は他船動向把握作業、避航操船作業及び操船作業で述べた支援機能が有効に働く必要がある。他船動向の把握支援はレーダ/ARPAによるデータの収集が基本となるが、狭水道または輻輳海域では陸地の捕捉、ターゲットフル、ロストの多発のため、必要なデータが自動収集できない状況であり、一名当直の状態では継続的に他船情報の収集を行う事は出来なかった。

しかし現実の航海では、(1)目視とレーダの残像表示機能を有効に利用して他船動向の把握を確実に行う。(2)当直スケジュールを調整して、狭水道及び輻輳海域では経験豊富な船長が必ず操船を行う。という対応により、他船情報収集機能及び避航支援機能の不備を補っていた。この際、航路逸脱警報機能及び音声による操船機能が有効に働いており、当直者が見張り及び避航判断を含む操船判断に専念でき、明石海峡等の輻輳する狭水道においても経験豊富な当直者であれば一名当直も可能であった。

但し、今後熟練した船員数の大きな減少が予想さ

れる事から、今回実現できなかった輻輳した狭水道での他船情報収集の自動化及び信頼性の向上は鋭意進めていく必要がある。

#### 4.5.2 人間を含めたシステム異常時の対処の確認

(1) 評価の考え方 システム異常時には最低限従来の方法に移行して運航できる事が必要である。このため異常検出とその対処が円滑に行えるかどうかの評価が必要である。さらに人間とシステムの相互の異常検出とその対処について評価する。

(2) システム異常時に対する対処法の確認 異常の検出は操船支援システムと当直者の健全性の相互チェックにより実現された。さらにシステム側は複数のサブシステムに分かれているので、それぞれの間での相互チェックが行われていた。

操船支援システム内の相互チェック機能は設計通り機能しており、操船支援システムコンソールと音声入出力装置や DGPS、レーダ/ARPA 等センサーとの間で正常な情報が送られてこない場合にはその異常を当直者に通報した。またシステムコンソール自体が異常になった場合も、それとは独立した構成になっている音声入出力装置が音声で警報を出した。

当直者とシステムとの相互チェックは、音声による情報のやりとりの有無により実施されており、どちらかの応答が無い場合には相手側に異常があると判断できた。この方法は通常の当直作業でのやりとりを検出手段としているので当直者に特別な負担を強いる事がなく、人間性を損なわずに就労異常の検出が可能となった。

システム異常時には本システムを操舵系機器から切り離して、直接ダイヤルによる舵角指示及びエンジンテレグラフによって操船できる事が確認できた。操舵系機器は操船支援システムとは独立しており、手動操船のための操作パネルは別途コンソール上に集中配置されているので操作は円滑に行われた。

船橋無人状態、火災、ガス検知及び主機異常時には独立の警報システムや操船支援システムからの情報に基づいて船内放送設備を通じて緊急事態の種類と何をすべきかが放送されるようになっており、その動作も確認された。さらに警報に対する適切な対処がなされない場合は汽笛を三鳴後自動的に減速される事も確認した。

#### 4.5.3 ヒューマン・マシン・インタフェースの評価

(1) ヒューマン・マシン・インタフェースに対する要望 本システムを使う上で、ヒューマン・マシン・インタフェースに対して求められた要望は、見張りを中断する事なく各種支援を受けられる事、応答が迅速かつ正確である事、日常作業に関しては特別な訓練やマニュアルの精読が必要でない事、さらに主画面を見なければ情報が得られない場合でも必要な情報が一瞥で得られる事であった。

従来航海機器は分散して配置され、使い方も標準化されておらず、高度な機能を使おうとするとマニュアルと首っ引きとなり見張りが疎かになるため、有用であるにもかかわらず使われていない事が多々あった。また他船情報の収集は目視による所が多く、見張りを中断しての機器操作は安全上好ましくない。

一方、一名当直においても従来の二名当直時と同様に当直者の必要とする情報が適確に提供され、当直者の操作指令が迅速確実に実行されなければならない。

(2) ヒューマン・マシン・インタフェースの設計方針と使用状況 これらの要望を実現するため、本システムでは音声による入出力とタッチパネルスクリーンによるワンタッチ操作及び情報の集中表示が採用された。

情報提供表示については当直者が目視による見張りに専念できるよう支援機器を見る事なく提供するため、事前に当直に必要な情報を操船シミュレータ実験や熟練者へのインタビューから調査し、それらの情報を音声で提供できるように設計された。また主画面の情報は一瞥で分かるように必要なもののみが表示され、詳細情報は音声またはタッチスクリーンによるワンタッチ操作で得られた。さらに在来船からの乗換え時の違和感の緩和や主画面上の情報過多を防ぐ事を考慮して、舵角指示器等航海計器も従来と同様に設置した。

操作指令及び情報要求についても、見張りを中断する事なくできるよう当直に必要な操船指令及び情報要求が音声で指令・要求できる事が確認できた。

(3) ヒューマン・マシン・インタフェースの評価 図 20 にインタフェース全般に対する有用性の主観的評価結果を示す。図に示す通り、全ての項目において「十分満足している。」との評価を得ており、こ