

本調査は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構が国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所に委託して実施したものである。

音声情報を活用した着棧操船支援 システムに関する調査 (報告書概要版)

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

2020年2月

背景と調査内容

少人数で運航される内航船の場合、船長が単独で操船にあたる場合も多く、また頻繁に出入港を繰り返すことから、船長の負担は非常に大きなものとなる。また、近年は若手船員の数が増加傾向であり、業界が船員不足に悩む中で、早急な若手育成が期待される。

自動化をはじめとした船員の負担軽減技術については、世界中で開発が進められており、我が国においても、産学官の連携により、自動離着岸をはじめとした自動化技術の開発が進められている（船員の負担軽減に資する新技術については、付録にまとめている）。将来的には、このような新技術をモジュール化した自動運航システムが一般的な内航商船に普及し、上記の課題が解決することも見込まれるが、船舶側及び岸壁側に高価なシステムを導入することは難しく、また自動化システムによる事故が万一発生した際の責任のあり方の整理にも時間を要するものと考えられる。

したがって、自動運航技術が安価で使用できるようになり、内航船において一般化するまでは、自動運航技術を一部応用した音声支援による負担軽減が解決策と考えられる。付録に記した Super Bridge X(三菱重工業)のように、操船作業における音声支援は導入実績があることが確認でき、常に目視による見張りが必要な作業においては、支援に音声を用いることは合理的であると考えられる。音声による支援は、市販の汎用機器を活用することにより低価格で提供可能であり、岸壁側の施設も不要である。また、近年増加する若手船員の育成の際に音声支援を併用することで、若手船員が適切な着岸操船を習得することができる。これらの点から、音声支援は船員の作業負担軽減技術として有望であると考え、2019年度に音声支援に係る調査研究(以下「本調査」という。)を実施することとした(図1)。

背景

- 少人数で運航される内航船の場合、**船長が単独で操船にあたる場合も多く、また頻繁に出入港を繰り返すことから、船長の負担は非常に大きなものとなる。**
- 近年は**若手船員の数が増加傾向**であり、業界が人手不足に悩む中で、**早急な若手育成**が期待される。



調査概要

出入港時の操船作業については、音声を用いた着岸操船支援システムにより負担を軽減できる可能性があり、次の事項を調査中。

【調査内容】

1. 船員の負担軽減技術に関する情報収集

(音声にこだわらず)まずは船員の負担軽減技術全般の研究開発状況について調査を実施し、技術の概要や課題、今後の普及の見通し等を明らかにする。

2. 音声を用いた着岸操船支援システムの調査

① 現状把握

音声を用いた着岸操船支援システムの現在までの開発・普及状況及び今後の開発見通し、内航船舶への導入可能性等について検証を実施。

② 実証検証

①の内容について、実証検証を行う。

(音声指示)
目標まであと50m
針路を320度に変更せよ
船速を4ノットに下げよ



システムのイメージ

図1 本調査の概要

音声情報を活用した着岸操船支援システムの現状

我が国においては、海上技術安全研究所(海技研)が音声情報を活用した着岸操船支援システム(以下「本システム」という。)の研究開発を行っている。そこで、海技研のシステムの構成及び支援内容等を示し、実船実験等の結果等に基づき、課題等を示し、内航船への導入可能性についてまとめた。



図2 小型実験船



図3 操船コンソール



図4 本システムのモニタ画面

本システムは、音声情報を用いて着岸位置までの距離や運航状況を操船者に知らせるものであり、海技研が因島マリーナにて管理している小型実験船(図2参照)に搭載の上で開発が進められている。

小型船の通常の操船コンソールに、PLC (Programmable Logic Controller)、モニタ(音声出力機能付きタッチディスプレイ)が装備され、ここに着岸操船支援情報が表示され、音声情報が出力される(図3・図4・図5)。本システムを起動すると、あらかじめオプション画面で設定していた着岸目標位置Tとその位置における目標進入角度を表す着岸目標ラインが表示される(図3)。そのときの自船の位置Sと進路が表示され、着岸目標ラインとの交点P(最初の変針位置)までの距離等を計算する。その後、変針位置、船速(減速の指示)、風向・風速の情報といった音声情報が出力される。

本システムの主たる構成部品としてはPLCと声出力機能付きタッチディスプレイであり、購入費用は合計50~100万円程度である(開発費用を除く)。その他、システムの動作に必要なGPS及び方位角センサなどがある。

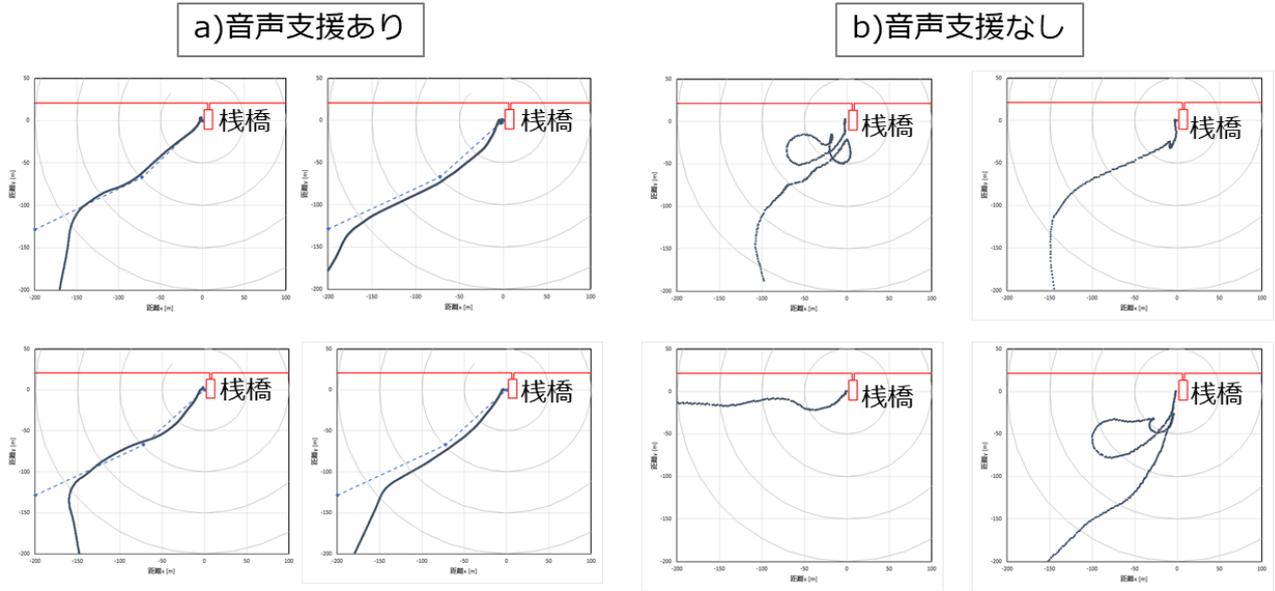


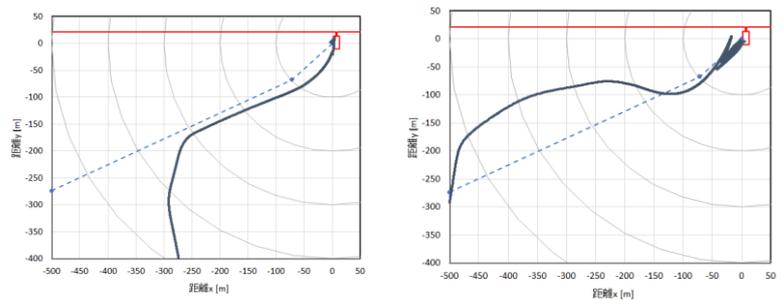
図 7 実船検証時の航跡

操船リスクシミュレータでの評価

操船シミュレータに本システムを搭載し、音声支援による着棧操船の負担低減、インターフェイスを含むシステムの操作性、経験の少ない若手でも着棧操船を行えるようにするための簡易化（容易化）について、人間工学分野で広く使われている、精神的作業負担を評価する手法（NASA-TLX）による評価及びユーザビリティを評価する手法（SUS）による評価を行った。被験者は、海技研において、小型船舶の免許を所有し操船経験のある研究者 3 名、小型船舶の免許を所有するが操船経験のない研究者 1 名、小型船舶の免許を所有せず操船経験のない研究者と職員 11 名とした。



図 8 操船シミュレータを用いた評価実験の様子



(a) 着棧支援あり (b) 着棧支援なし
図 9 操船シミュレータを用いた評価実験における航跡の計測例

図 8 に、操船シミュレータを用いた評価実験の様子を、図 9 には、評価実験で得られた航跡の計測例を示す。同図における破線は着棧操船支援システムの目安となるライン（目標航路）であり、着棧操船支援システムを用いた場合、実船実験の結果と概ね同様の結果が得られている。NASA-TLX スコアの平均値から、精神的作業負担を低減すること及び簡易化が図られていることを確認した。ユーザビリティの評価においても、SUS スコアの平均値から、支援システムが受容されることを確認した。

まとめと今後の課題

上記の調査により得られた、本システムの課題を列記する。

- 着棧直前（着棧位置まで約 100m 以内）、クラッチ切替えやスラスト起動など複雑な操作が必要となり、現状、この操作に関する音声による適切な情報提供ができていない。
- システム構成は複雑ではなく、操作は難しくないが、開発段階のシステムであるため 1 画面中の情報量が多く、操作性や画面の視認性は低い。また、着棧目標位置の設定等についても扱いやすい設定内容・画面のインターフェイスデザインが必要。
- 実証実験では比較的穏やかな気象が多く、強風下での着棧実験は実施できなかったため、支援システムへの影響を直接確認できていない。

内航船への導入可能性としては、現在の小型船舶向けの着棧操船支援システムを直接、中・大型の内航船へ導入することは難しいが、本調査により音声支援の効果は確認できたため、対象とする船舶に適した音声ガイダンス提供を行うことで導入可能性は高まる。

付録：船員の負荷軽減技術に関する新技術の一覧

分類	名称	状態	概要・機能等
荷役作業負担軽減技術	スーパーエコシップ(SES)運航支援システム	開発済(海技研)	<ul style="list-style-type: none"> 荷役前における自動での使用バルブの作動確認 荷役前のポンプ起動前の診断ならびに荷役中のポンプ状態の監視（起動インターロックのリアルタイム監視・表示を含む） 荷役計画に基づくバルブの開閉、ポンプ始動、タンク切り替え等の自動化。 タンク内の温度の監視、露天管理による結露防止。 積荷完了後の油面監視の変化を常時（24 時間）監視、タンクからの油リーク、温度変化による増減量も併せて監視。 荷役時におけるバラスト排出自動化、荷役シミュレーションとの連動。
	Super Cargo-X	商品化済(三菱重工業)	<ul style="list-style-type: none"> トリム、ヒールなど船体姿勢を考慮した多品種積み・揚げの計画作成。 計画された自動制御のシミュレーションにより、排水量、トリム、ヒール、船体強度等の事前検証。 計画に従って積、揚、バラスト制御をガイダンスメッセージに対するワンタッチ操作での自動制御。 自動制御と手動個別操作の切り換えも常時可能。 誤操作や危険状態を回避するためのインターロック、警告メッセージ表示。 オフライン操作訓練モードで通常荷役のほか、機器故障時などを模擬したトレーニング可能。 主要構成機器の2重化と自己診断機能による機器、ソフトウェアの冗長性確保。 主要機器を無停電電源装置でバックアップ、船内停電時も液面監視可能。 荷役協定書、安全点検チェックリストなど帳票作成もサポート。 バルブ・ポンプ・液面計など、各メーカー機器との接続が可能。 実際の荷役を模擬できるシミュレータによるシステム引渡し前の乗員トレーニング。
離着桟・係船作業	Automated mooring system	開発中(MacGregor)	<ul style="list-style-type: none"> 多関節 7 軸ロボットアームにより、係船索を自動でボラードに係止（アームは 21m の長さを持つ）。 係止後、所定の位置に船舶が保持されるよう自動でウインチを巻き取り。 コングスバークとヤラ・インターナショナルが建造中の世界初の完全自動運航ゼロエミッション船 Yara Birkeland に搭載予定。
	Autodocking system	開発済(ロールスロイス)	<ul style="list-style-type: none"> センサ等により港の突堤等の構造物を検出し、桟橋までの距離を検知し、速度を調整。
航海時の見張り・操船	-	Anges U	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な航海ガイドラインと船舶の特性を考慮して、完全な操船シーケンスを計画。 気象条件等も操船計画に考慮。 開発された操船支援システムは、モニタリングツールとファンクションディスプレイという 2 つのモジュールで構成。
	-	Ho Namgung	<ul style="list-style-type: none"> Fuzzy 推論(あいまいさや不正確さを取り扱う応用数学の体系を用いて現象を予想する方法)を応用し、他船の進路・速度・相対方位といった動的なパラメータを考慮し、実際に船舶が遭遇する状況において衝突のおそれがある見合い関係を学習する推論モデルを構築。

	Super Bridge X	商品化済(三菱重工業)	<ul style="list-style-type: none"> 電子海図上での航路の作成・修正・編集。 針路制御 オートパイロットと接続して、設定航路に沿った針路制御（トラッキング操船）を実施。 主機制御装置と接続して、目標点に定時に到着できるように船速制御を実施。 避航計画・操船 ARPA ターゲット、AIS ターゲットを電子海図上に重畳表示。 衝突危険を判定し、危険時には音声警報を発令。 衝突危険船を避航する航路を計画・提示し、トラッキング操船も実施可能。 避険線接近予防 電子海図の浅海域、乗組員が設定した避険線をベースに接近危険を判定し、危険時には音声警報を発令。 航海監視 GPS(DGPS)による自船位置、航跡、航路などを電子海図とともに表示可能。 IMO(国際海事機関)性能基準の ECDIS に準拠した機能・性能を有する。 告知 音声指令・問い合わせ、音声応答・メッセージ・警報などにより、ヒューマンインタフェースを大幅に改善して快適に使用可能。 就労監視 音声による対話を利用した航海当直員の居眠り防止と居眠り検知時の船内指令装置を介した音声延長警報発令が可能。 航海記録 主要航海データの自動記録によりレポート作成の手間を軽減。
	避航操船判断支援システム	開発中(海技研)	<ul style="list-style-type: none"> 航行妨害ゾーン（OZT: Obstacle Zone by Target）を用いた避航航路の表示装置。OZT は、衝突回避の指標のひとつであり、船速等を考慮して相手船が存在する確率を計算し、自船の進路として避けるべき領域を示すもの。 自船の船橋からの視点で OZT を描画（横軸は自船の針路を中心とした方位、縦軸は自船からの距離）。レーダ画像についても、一般のレーダ画面と同様の PPI（Plan Position Indicator）表示による表現方法で、自船を中心に Head Up で相手船と OZT を描画。 OZT は、相手船の相対針路に応じて色を分けて表示。OZT 表示装置は Windows タブレットで動作し、タッチ操作が可能。 本システムは、海技研所有の操船リスクシミュレータを用いて検証実験を行い、初心者の主観的な精神的作業負担を削減できる効果があることが示された。また、熟練者においても、操船判断を支援して操船指示の回数が減少することが示された。現在、実船による検証段階に進んでいる。
	AI を活用した「見張り業務の自動化」	開発中(富士通)	<ul style="list-style-type: none"> 船首に設置する監視カメラに映る周囲の船舶を検出し、必要に応じてアラームを発出。 画像認識システムは、航路上の船舶の他、標識やブイ、定置網などの漂流物を監視対象として、監視カメラ画像を人工知能技術の一つである深層学習（ディープラーニング）で解析して船舶を識別し、それ以外を障害物と認識。 夜間や霧発生時など特に視界が悪い条件へも対応するべく、赤外線カメラを活用するシステムを開発中。現状、赤外線カメラ画像では、まだ教師データが少なく識別率が低い。
作業 機 関 監 視 ・ 機 関 室	高度船舶安全管理システム	商品化済(阪神内燃機、ヤンマー)	<ul style="list-style-type: none"> 情報通信技術を活用し、主機関等の状態を陸上から遠隔監視して診断を行う等、適切な陸上支援により船舶の安全管理の高度化・最適化を図るシステム。 高機能センサを用いた燃焼解析技術による機関診断システムを装備して、船陸間通信により陸上からエンジンメーカーによる内航船の機関管理を行う。 運転の最適化や異常の早期検知、計画保全、部品の寿命予測を行う。

	<p>機関点検支援システム</p>	<p>開発済(海技研)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主機関及び発電機点検について、点検リストに基づく点検シナリオをあらかじめ作成し、シナリオに沿ったガイダンスを提供。 ・ 点検項目ごとに、名称、点検種別、正常範囲の閾値と、機器の設置場所、計測時の注意点等のガイダンス部分から構成され、それらを点検順に並べたものが点検シナリオとなる。 ・ 船員は、ガイダンスに従った点検を行い、その点検結果の入力を当該システムに対して行う。点検時に携行する機器は、ガイダンスを提供し、点検結果を蓄積するタブレット PC またはスマートフォン、現場確認と点検結果入力を行う IC タグリーダーと IC タグを用いたテンキー模擬シート、イヤホンと防音用イヤーマップル。 ・ 携行機器により、高騒音下でもガイダンスが点検者に提供され、テンキー模擬シートを用いて入力された点検結果はタブレット PC に蓄積される。点検終了後は入力・記録された点検結果を機関制御室等にある PC に転送して日報（機関日誌）を作成。 ・ 本機関点検支援システムは、船ごとのカスタマイズを簡便に行うことが可能。
<p>その他</p>	<p>電子ログブック</p>	<p>商品化済(NAPA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 船内の PC 上で稼働するシステムで、船員による手動入力が簡便に行えるとともに、各種データからの自動入力も行えるようになっている。これにより、本船内で取得したデータを船・陸、双方で共有することを可能としている

※2019年11月にノルウェーで開催された The International Conference on Marine Autonomous Surface Ship にて発表