

第 22 回西海防セミナー

自律船 / 自動避航システム開発への取組み

開催日：平成 31 年 2 月 7 日(木)

場所：ハイアットリージェンシー福岡

講師：株式会社 日本海洋科学

専務取締役 中村 紳也 氏



略歴 昭和 54 年 神戸商船大学卒業、同年日本郵船㈱入社、海上勤務の後、(株)日本海洋科学出向中の平成 8 年 広島大学大学院で博士号（工学博士）を取得、日本郵船で運航技術グループ海務チーム長、船長を歴任後、平成 13 年から日本海洋科学に出向、平成 23 年 日本郵船を退職、同年日本海洋科学に転籍し、専務取締役に就任。平成 26 年から平成 28 年まで日本航海学会会長。

日本海洋科学の中村でございます。

まず、西部海難防止協会様からこのような機会を与えて頂き、大変光栄に思っております。ありがとうございます。

お手元のレジメにも講演内容を書かせて頂いておりますが、本日は、自律船・自動避航システム開発への取組みと題してお話しさせていただきます。

◆ 講演内容

私自身は、外航船の船長を経験している海技者でもあり、現在は、日本海洋科学というコンサル会社に勤務しておりますが、なぜ今この自動避航システムを開発しているのか。私の現在の役職は専務と云う立場ではありますが、何故自

ら率先して第一線でこのシステム開発に取り組んでいるのかと云うところの背景等についてまず紹介させていただきます。また、先ほど会長挨拶にもありましたが、欧州で開発され、来年度にも無人での完全自律航行が始まる開発状況について紹介します。次に、開発している自動避航システムの概要とその完成度についてお話しします。

また、これは議論となるところでもありますが、このような操船支援システムを開発したときに、システムがこういう避航をしたら良いよと操船者に呈示するとき、それを承認するにはボタンを押すのですかというような問いかけです。結論から言いますと、モニターすることによって、承認という形にしたら良いのではないだろうかという考え方を紹介します。今後、様々な自動避航（操船支援）システムが出てきますと、クラス（船級）とか、或いは国の認証、検定というような手続きを行う場合、この様な承認方法を考える必要があるのではないかということについて、なぜかという理由とともに、少しお話をさせていただきます。

次に、メインテーマの一つである自動避航操船結果の定量的評価について紹介します。ヨーロッパを始め、このところいろいろな自動避航システムが出てきています。実は私ども日本海洋科学、あるいは一部日本郵船も含めてですが、いろいろな避航システムや自律船の開発に取り組んでおり、今日紹介するシステム以外にもAIを使った自動避航システムにも取り組んでおります。今後、例えばクラス（船級）がこの自動避航システムはAクラスですねというような認証をするときに、どういう視点で認証すればよいかということについての私どもからの提案をお話しします。

近い将来、来年・再来年にもヨーロッパでは自動避航船が出てきて、人間が操船する船と自動で避航する船とが共存することになります。そのときに、私は、他船に不安を与えない自動避航を考える必要があるでしょうという提唱をしています。これは、まさに私自身が海技者であるということから、そのように提案させていただきますが、これがもし一般の航海計器メーカーさんだと、あまり考えないことかもしれませんが、この定量的評価と非常に密接に繋がってくるので、なぜこういうことを提唱しているのかということの例を示しながら紹介します。

次のテーマとして、自動避航システムは絶えず最適解を求めていくのですが、

 株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.



講演内容

- ✓ 自律船/自動避航システムを開発する背景
- ✓ 欧州での開発状況
- ✓ 日本海洋科学が開発した自動避航システムの概要・技術的完成度
 - ✓ 避航モデルの概要
 - ✓ 自動避航操船システムが判断する避航操船手段の承認は必要？
 - ✓ 避航操船結果の定量的評価方法
 - ✓ 遭遇する他船に不安を与えない自動避航の実現
- ✓ 人間が行う避航操船と、最適解を求める自動避航操船との定量的比較
- ✓ 内航セメント船での実海域 自動避航操船 実証実験
- ✓ 今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

2

人間が行う避航操船とどう違うのか、同じなのかということについて、定量的な比較を行っています。これは、横切り船が多い紀伊水道を横切っていくという状況でのシミュレータ実験ですけれども、自動避航操船とベテラン船長、そしてあまり経験の多くない航海士、この三つの操船結果を比較したところ、それなりに面白い結果が出ていますのでそれを紹介します。

また、世界でもまだ殆ど実施されていない、輻輳海域を含む実船での自動避航操船実証実験を行いましたので、それについて紹介します。

そして、最後に、いろいろな視点からですが、すでにヨーロッパでは、この自律船というのが出てきており、日本でも、国は世界の共通のルールづくりもやっ
ていこうというふうにも言っていますが、それについて安全性、経済性の視点から少し考察を深めたいと思っております。

本日は、このような内容でお話させていただきます。

◆自律船・自動避航システムを開発する背景

最初に、なぜ、私自身が今、このような避航システム開発というものに、取り組んでいるかということから話をさせていただきます。

西部海難防止協会様や各地の海難防止団体様と一緒に取り組んできた業務に関連してですが、もう30年ほど前から、私自身が海上交通環境のリスク評価を行うための交通流シミュレーションを開発してきており、その中で、いわゆる避航モデルというものは、同業務を始めた30年前には基本的に完成済みでありました。

自律船/自動避航システムを開発する背景

- ✓ 日本海洋科学では30年程前から海上交通のリスク評価のため、自動避航モデルを組み込んだ海上交通流シミュレーションを実施してきた → 自動避航実現の要素技術は完成済みであった
- ✓ 近年、欧州を中心として自律船プロジェクトが多く立ち上がってきた
- ✓ 国土交通省でも自律船開発支援の予算確保
- ✓ 海難事故の8割はヒューマンエラー、見落とし等による海難事故が多い
- ✓ 内航船員の不足、高齢化は喫緊の課題（陸上輸送との競争）
- ✓ 遠隔操船（陸上で監視）航行中ブリッジ無人は現実的な対応策の一つ（当面は見落とし等を防ぐ操船支援システムなるも）

このような状況の中で、最近、欧州では、自動避航も含めた自律船が出てきたということで、我が国でもプロジェクトが立ち上がり、国土交通省でも、予算確保という形になっています。

私どもはコンサル会社ですので、国土交通省のプロジェクトではいろいろお手伝いをいたしました。最近では、シェールガスLNG船の大型手続ガイドラインの作成、或いはLNG燃料船、液化水素船といった、新しく海事社会に出てくるようなもののルール作り等をお手伝いしてきた経緯があります。その中で、最近になって国土交通省のキーワードに自律船が入ってきました。

また、海事社会を見てみますと、海難事故の8割はヒューマンエラーであり、私どもは海難審判とか事故分析なども業務として行っていますが、人間のエラ

一の中には、どうしても見落としということがあります。これは、外航船でも内航船でも言えることですが、私が勤務していた日本郵船でも 1000 隻近い船舶を動かしているという背景も有るのですが、発生した事故の中にも見落としによる事故が起こっています。

見落とし問題については、内航船も同様です。また、モーダルシフトを進めようとする内航船員不足は喫緊の課題ですので、取組みの一つとして遠隔操船でブリッジは無人という船は、それに対する一つの現実的な答えになるのではないかと思います。ヨーロッパでは間違いなく出てきますし、日本でもきちんと取り組まなければならいでしょう。直ぐにはそうならないまでも自動避航が、見落としを防ぐ操船支援システムとなるような動きのある中で、例えば、楽天さんは、ヨーロッパで出てきた自律船の要素技術をもって、物流革命を起こすという無人船を走らせるというような新聞記事もありました。

このようなときにあって、私自身が海技者であること、30 年前にはその要素技術を既に完成させていたということもあって、ならば、この技術革新は、私たち海技者が主導して、日本のいろんな皆さんと一緒にやって行きたいと考えるようになってきました。私にとっては 30 年間の集大成です。

この技術革新は乗組員を減らすと云うものではなく、新しい海技者職種を創設すると云うものです。遠隔操船について言えば、陸上で船を動かす管制センターのようなイメージになりますが、そのような新しい世界を、我々海技者が自ら主導して創設していったらよいのではないかと思います。取り組んでいます。

◆欧州の開発状況

欧州ではいろいろなプロジェクトがあるのですが、業界紙、海事新聞にもよく載っていますから皆さんご存知かと思いますが、世界初の 120TEU の自律コンテナ船が建造されています。最初は少し人が乗るようではありますが、来年 2020 年には完全自律運航を実施するという事です。

自律船では、推進装置も大きい問題になってきますが、この船は完全バッテリーの電気推進だそうです。プロジェクトのホームページでは、2019 年に遠隔で操船をする実験を行い、2020 年からは完全自律操船するとあります。スケジュールどおりに進むのか見守っていきたいと思いますが、全長は 80 メートル、バッテリーによ



欧州での開発状況 YARA Birkeland

- ✓ 世界初の120TEU自律コンテナ船を建造
- ✓ 自律運航と遠隔操船を可能とする完全バッテリー駆動の電気推進船
- ✓ 2019年遠隔操船試験を実施
- ✓ 2020年完全自律運航を実施
- ✓ LOA:79.5m, 航海速力:6kts
- ✓ 航行区域、ノルウェー南の3港
Heroya ~ Brevik 7マイル
Heroya ~ Larvik 30マイル



4

る電気推進ですから航海速度は 6 ノットで、航行海域はノルウェーの 3 港に限られています。

港間の一つは 7 マイルですから 1 時間ちょっとの航海、もう一つは 30 マイルの限定された海域で、船がそんなに輻輳する海域ではないにしろ、完全自律船がビジネスとして就航します。こういう状況で、ヨーロッパに刺激を受けながら、日本もこれに遅れないように、産学官一緒になり、我々が先頭に立ってやっていく必要があるのではないかと思っています。

◆開発した自動避航システムの概要

それでは、開発した自動避航システムについてです。

これは、私が戦略的避航操船と名付けた操船方法を実現するシステムです。この意味合するところは、いろいろな場面で早めに避航動作を取ることによって、保持船となる局面や、嫌な見合い関係に陥る局面を防ごうと云うものです。海上衝突予防法で規定される、いわゆる見合い関係の形になってくると、避航しなければならない避航船と、今の針路、速力を維持しなさいという保持船のルールがある訳ですが、針路、速力を保持しなさいとなると、相手の船がちゃんと避けてくれるかなというのが非常に不安になることがあります。そのために、そのような状況にならないように、そうなる前に、少し避けることで嫌な見合い関係になることを予防できるというもので、これを戦略的避航操船と呼んでいます。

1990 年に基本モデル開発と書いてありますが、海上保安大学校の名誉教授で、西部海難防止協会の首席研究員でいらっしゃる長澤先生が提案されたモデルがベースになっています。「長澤モデル」と俗に言われるモデルをベースにして、30 年間交通流シミュレーションを行ってきました。西部海難防止協会様の依頼で関門海峡の交通流シミュレーションを実施したほか、全国各地で行ってきました。

例えば、空港島を作ったらその交通環境はどうなるのか、その評価が海技者の許容できる範囲なのかどうかを評価するのに交通流シミュレーションを使います。また、関門海峡でも速度制限を与えたらどうなのか、あるいは追い越し制限を強化あるいは緩和したら安全性はどう変わるのか、その効果を定量的に物差しで測ることができるのが交通流シミュレーションです。全国海難防止団体

日本海洋科学が開発した自動避航システムの概要・技術的完成度

- ✓ 戦略的避航操船を実現するシステム(1990年に基本モデル開発済み/交通流シミュレーション、実船搭載のための改良に取り組む)
海技者が開発したシステムであるので、操船者感覚に合ったモデル
- ✓ 針路変更・減速を行う避航操船空間におけるリスクと経済的好ましさから最適な操船方法を絶えず計算するシステム
- ✓ ある範囲内の全ての船のリスクを絶えず計算(重み付け有り)
- ✓ 見落とし等のヒューマンエラー防止
- ✓ 操船者にシステムが判断するプロセスを表示(無人船での自動操船となった場合においても)
- ✓ 輻輳海域を含め実用レベル(実船による実証実験実施)

5

様でもよく使われていたものですが、実は、そのベースが 1990 年に避航モデルも含めて既に出来上がっていたということです。

先ほどバックグラウンドについてお話ししましたが、ヨーロッパで自律船が出てきたため、国も予算を付けて対応を始め、それならば実用化に持っていかうということで、30 年前のモデルをベースにとして 2017 年から実船搭載を目標に、かなり改良を加えてきました。そして、先ほど、我々海技者が中心になってやるべきだろうというお話をさせていただきましたが、実際に船に乗っていた海技者自らが、プログラミングを含めて開発したシステムでありますので、その動きは操船者感覚にあったモデルになっているということのを売りにしています。

また、逆に、海技者が開発することで、すごくスピードアップして開発が進んでいると自負しているところでもあります。日本海洋科学は、いろんな計器メーカーさんとも一緒に、いろんな遠隔操船システムの開発も行っていますが、計器メーカーさん等関係者が増えると正直開発スピードは遅くなります。この自動避航システムに関しては、私自身が先頭に立って、ほんの数人でやっけて、かなりスピードアップし、既に実船実験にまでこぎつけているところです。

長澤先生のモデルの特徴ですが、避航というのは基本的には針路変更する、或いは減速するということがベースになっています。そのとき、人間が考えるのは危険を避けるというリスクとできるだけデビエーションしたくない、針路を外れたくないという経済的好ましさです。これは次元が違うものなのですけれども、長澤先生のモデルでは、避航操船空間ということを見ると、次元の違う二つを同じ空間で考えられますので、ここはそのまま先生のモデルをベースに実用化に向けて取り組んでいます。

開発した自動避航システムは、針路変更や減速を行なう避航操船空間におけるリスクと経済的な好ましさから、最適な操船方法を絶えず計算するというシステムになっています。ある範囲内にある全ての船、実船に当たっては A I S 情報とレーダー情報ですが、これで探知した限りの全ての船のリスクを絶えず計算しているので、見落としがなく、ここにある意味では、売りになるところです。

私が所属していた船会社の事故も、レーダーには映っているのですが、見落としているのです、人間はどうしても手前の船を中心に見てしまうし、他の要素がいろいろ入ってくると、見落としがよく発生してしまいます。

内航船でも最近の事故を調べてみると、見落としが結構発生しています。そういう意味では、開発したシステムは全ての船のリスクを絶えず計算しているので、見落としを防止することができるということがポイントになります。

また、開発システムでは、今どういう状況でどういう判断をしているのかというそのプロセスが見えるようにしています。実は私どもは、これと並行してもう一つの視点で A I を使った自動避航システムを神戸大学と一緒に開発していま

す。国の予算を使っているので成果を出さなければなりません、AIの方はまだ研究レベルです。

AIを使った場合の欠点は、なかなかプロセスが見せられないブラックボックスになってしまうことです。現在、自動車で行われている自動運転システムも、車がどういう判断をしたかというのは、ブラックボックスにならざるを得ないと思います。車の場合は、飛び出しなどを判断すればいいので、それをどういう状況で判断したかということまで、運転者に知らせる必要はないのですが、避航操船の場合、この船にどういう危険があるのか、少なくともシステムを共存させ、近い将来、無人船になったとしても遠隔操船するということを考えておりますので、そういう時には、どういう状況かというプロセスを見せることが重要だと考えています。AIを使ったもう一つのプロジェクトの方では、AIがどうしてそのような判断をしたのか分かりませんので、その対応策として、今どんなリスクがあるのかを別に計算して見せるということを考えています。これが一つのポイントになります。

今日お話しするシステムの完成度がどうなのかというと、基本的にはもう実用レベルだと考えています。現時点でこの開発は特定の計器メーカーと一緒にやっている訳ではなく、パソコンを持ち込んでの実験段階というレベルですが、少なくとも実船でそのシステムを動かすことができているし、シミュレーションではいろいろな輻輳海域を実験しています。そういう意味では実用レベルに来ていると言えます。

ただ、今後、無人化船で運航しようとするると法律の問題もあり、更に検証していく必要があります。今後、海上保安庁或いは国土交通省海事局と一緒にあって、本当に実用化していくためにはいろいろ整備しなければならないところを、実証実験を踏まえて、ヨーロッパ勢に負けないようやってみようという売り込みを現在行いつつあるところです。

●避航モデルの概要

先ほど申しましたように、基本は長澤先生のモデルということで、少し概略をお話させていただきます。

30年前に長澤先生がご提案された一番のポイントは、避航操船空間ということで、先生は多分評価のために考えられたのかなと思いますが、自動避航ではこれが実用になっているということで説明します。

次図で屋根のように表現されているのは、操船する船長や航海士がどのように考えるかということモデル化したものですが、横軸は、船の衝突を避けるために針路を変えるというもので、針路を右に変える或いは左に変えるというこ

とで、ここでは左右 60 度まで見ており、中央が原針路ということになります。

縦軸は速力で、ここが現在の速力ですが、手前側にだんだんと速力を減じて、ここでストップしたことを示しています。この屋根のようなものは、操船者の一番好んでいる状況という好ましさの程度を表していて、縦軸の一番高いところ、すなわち操船者は基本的には今の針路と速力が好ましいと思っている状態、目的地に安全で最短で行くところを望みたいという状態なので、原針路・原速力が一番高くなっています。止める（船速0）というのは非常に低くなっています。

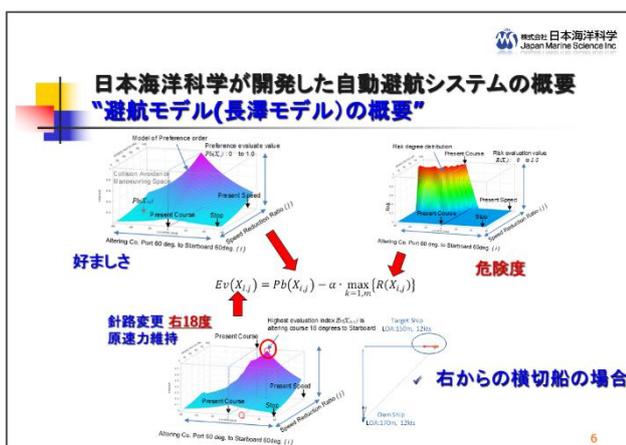
右と左を比べると、右の方がちょっと高くなっているのですが、これは海上衝突予防法のルールがあり、まず右に避けることを考えるために右が高くなっていて、これがいわゆる操船者の感覚です。

例えば狭い航路を走っているときには、右左にあまり避けたくないの、ごく急峻な形になります。広い水域なら、右に少し大きく避けてもいいということでこのような形になります。

右上の図が危険度、リスクを表しています。単純な横切り関係の時の状況ですけれども、このまままっすぐ進めばここでぶつかります。この避航操船空間で、原針路を原速力で行けば、赤くなってぶつかる、リスクがあることを意味しています。左手前の方は、速力を落とすとぶつかることを示し、リスクがあるということになります。この場合は、右側にはリスクが全然ありませんが、左側は速力を落とすと危険になるということを示しています。これは 1 隻の場合ですが、複数の船がいればこれを重ねていきます。

この自動避航システムを簡単に言えば、好ましさから危険度を引くと下図のような形になります、この屋根の形からリスクを引き算すると一番高くなるのは右 18 度になります。原速力では右 18 度に進むのが、好ましさが一番高くなるというイメージです。

ただややこしいのは、こういうリスクを計算したり、この好ましさの形を作成するにはパラメータがものすごく沢山あり、これをいかに微調整するかも重要になります。長澤先生が提唱された避航操船空間という考え方を、30 年前の先生の論文から引用させていただいていますけれども、これが避航モデルの基本となっています。



●実船搭載のための改善点

この 2,3 年で実船実験を含む多くの検証実験を行っていますから、かなりバージョンアップしていますが、その中でのポイントをいくつかお話しします。

まず、リスクをどのように計算するかですが、そのときの輻輳度、すなわち船がたくさんいるかいないかによって、計算するパラメータを変えています。

広い海域だったら、十分離れて避ければよいのですが、非常に輻輳しているところでは、そんなに大きく避けられないので離隔距離を小さくするため、実はリスク

を計算するときのパラメータを輻輳度の関数としています。実船実験で、横浜沖を航行しているときと三重県沖を航行しているときがあったのですが、船に適切な避航行動を行わせるために輻輳度に合わせたパラメータ設定を行った結果となっています。

30 年前に西部海難防止協会様のご依頼で交通シミュレーションしたときは、関門海峡のいろんなところで船の遭遇がどうなのか、出会いの回数だとかを評価するのみで、船の操縦性能までは考えなくてもよかったです。昔は組み込んでいませんでした。しかし今は、実際に避航動作を実船で行うことがありますので、当然のことながら、小さい船と大きい船では操縦性能が違うので、現在は操縦性能を考慮しています。

また、戦略的避航操船を実現する、つまり、最初に申しましたが、自動避航システムでは出来るならば保持船として針路を保持しなければならないような立場は取りたくないという考えで、システムではかなり遠くから全部の船を一緒に計算します。人間は 5 隻も 6 隻も同時に考えてどこに針路を向けたら良いかは感覚でしか考えられないのですが、システムで最適解を計算できるのです。

この戦略的避航操船をどう実現するには、広い海域ならかなり前から計算すればいい、自分が保持船になるような状況を防ぐという意味合いからも、リスクを計算する領域の範囲を輻輳度の関数としています。リスク計算には、もちろん船の大きさと速力もありますが、輻輳度の関数として重み付けを行うことによって、広い水域であれば、海上衝突予防法の中にお互いに視野に内にある航法という規定が有りますが、そういうような二船間の見合い関係となる前に、最適な針路を計算します。

株式会社日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

日本海洋科学が開発した自動避航システムの概要 “避航モデルの概要” 実船搭載のための主要改善点

- ✓ リスク計算を行うパラメータを輻輳度の関数とした
(広い海域では十分な離隔距離を確保し、輻輳度が高まれば離隔距離は小さくなる。
最低限の離隔距離は確保)
- ✓ 船舶の操縦性能を考慮
- ✓ 戦略的避航操船を実現するため、リスク計算を行う範囲を輻輳度の関数とした
(広い水域であれば、予防法の見合い関係となる前に最適な針路を計算)
- ✓ 避航終了後(リスクが少なくなった後)次期 Way Point への針路を変更するアルゴリズムを改善
- ✓ AIS情報のみならず、AIS非装備船、パイ等のレーダ情報を含めてリスク計算を実施
- ✓ 速力制御は主機回転数、プロペラピッチ角、何れにも対応
- ✓ 電子海図からの水深情報等取得、リスク計算での考慮
- ✓ 複雑な組み合わせのパラメータの精緻な調整実施 (操船実務者のknow-howを取り入れ)
(現在作業中、検証中の項目も含む)

7

なお、実用化の中では非常に重要なのですが、Way Point を航行して行く、トラックパイロットという言葉を使いますが、輻輳海域で避航した後に次のWay Point に戻すところを工夫しないと実用的にはなかなか難しいということで、少し工夫しています。

また、30年前は、船の大きさ等の情報がなかなか無かったので、難しかったのですが、最近AIS情報が非常に多くなっています。ただ全ての船がAISを搭載している訳ではないので、AIS情報とAISを装備していない船やブイについてはレーダー情報でリスク計算をしています。最近ではレーダーの性能も良くなってきましたので、通常の場合はレーダーを使えばほとんどのものを捕捉することができます。日本では、漁船等500トン以下のAISを搭載していない船が比較的多いので、そういうものについては、レーダー情報でリスクを計算します。

自動車では、人の飛び出しなどを認知するのに非常に苦労されていますが、高速道路ではその様な認知の必要性が低い事から、先ず高速道路から無人運転が実現するのではないのでしょうか。

船の場合、もちろん実証を重ねていくことが必要ですが、AIS情報とレーダー情報があれば、自動避航に関しては基本的には可能です。遠隔操船した場合も、私自身はカメラで見て遠隔操船する必要性はないと思っています。ただ遠隔操船するとき、今の状況を知るためにカメラを搭載して、できたらカメラ情報も陸上に送れたらよい。現在、遠隔操船の実験を行っていますけれども、衛星を使ってカメラ情報を送るのはコスト的にちょっと難しく、コストが合わないところがあります。内航船の場合は、別の方法もありますけれども、少なくともカメラ情報がなければ遠隔操船ができないとは考えていません。

今日お見せする自動避航は、AIS情報とレーダー情報で行っています。

速力制御は、主機回転数、プロペラピッチ角に対応しています。内航船の場合はこれらを制御しやすいということもあります。外航船でも、今年中には、日本郵船の船を使って、自動避航の実験を行います。こちらは、プロパガンダの意味合いで、業界誌に宣伝するでしょうが、外航船の場合は、あまりエンジンモードの変更はしませんので、速力制御は行いません。

乗揚げなどに関しては、電子海図から水深情報等を得ています。そして、複雑なパラメータの微調整を行っていますが、そこには私を含め操船実務者のノウハウを十分取り入れて行っているところです。

●自動避航操船システムが判断する避航操船手段の承認方法

ここからが本題となりますが、最初に自動避航システムが判断する避航操船手段の承認方法についてとりあげます。

既に一部の計器メーカーや大学の先生が少し提案されていますが、既存の自動避航システムは、一般的に言うと、システムが最適なルートを表示して、船長がボタンを押すと船が自動避航して行くというイメージで提案されているのが多いのですが、私も実際にこのようなシステムを作ってみると、これでは問題があり、人間がモニターしていれば、いちいちボタンを押さなくても承認になるという考え方がいいのではないかということです。と言うのは、ボタンを押して承認というルールができてしまうと進むものも進まなくなるという思いがあるからです。

何故かと言うと、1隻であればボタンを押すのでもいいのですが、複数船舶との状況では、リスク状況は絶えず変化します。上図に示しているのはシミュレーションですが、左は自動避航し始めて6分46秒後の状況で、右はその18秒後を表しています。横切り船が何隻かいる状況でのリスクを示しており、左側が危険だという図ですが、1隻をかわしたところでリスクが少し下がるのですが、次の船のリスクがポコッと上がります。このようにたった10数秒でリスクがこのように変化します。リスク状況が絶えず変化する中で、ボタンによる意思決定ではその度にボタンを押すことになり、これでは実用に適さないということで、今後実用化され人間とシステムが共存するとしたら、モニターしていれば承認ということにしたらいのではないかと提案です。

既にボタンを押す製品があるようですが、それでは実務者はあまり積極的に使わないではないでしょうか。

●避航操船結果の定量的評価方法

次は、自動避航操船システムのレベル認証に向けた避航操船結果の定量的評価方法についてです。

株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

日本海洋科学が開発した自動避航システムの概要

“自動避航操船システムが判断する避航操船手段の承認は必要?”

- ✓ 既存の自動避航システムでは、**避航ルートをシステムが表示して、それを人間がボタンを押す等にて承認作業を行い実行と云う考え方が主流**のようであるが...
- ✓ **実用レベルの自動避航システムでは、絶えず最適解を計算することが望ましい。**
- ✓ **複数船舶との遭遇ではリスク状況は絶えず変化する。**

06:46

07:04

右2度針路変更

- ✓ **リスク状況が変化する度に承認するのは負担が大きい。(実用に適さない)**
- ✓ **モニター = 承認** と云う考え方の導入 (操船支援システムであっても、遠隔操船であっても)

8

株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

日本海洋科学が開発した自動避航システムの概要

“自動避航操船システムが判断する避航操船手段の承認は必要?”

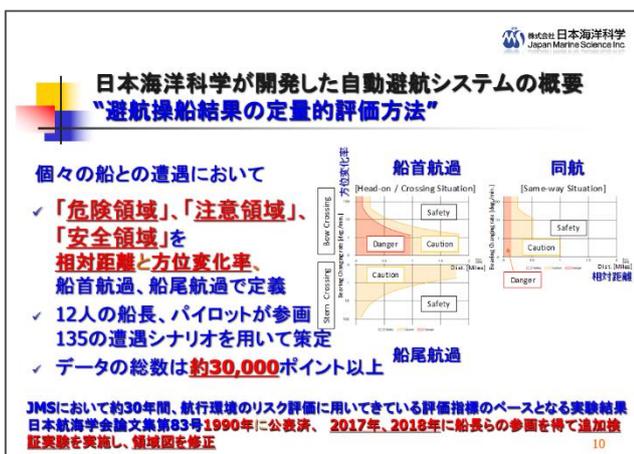
✓OZTIに類似する衝突のリスクの状況を動的に紹介します。

Distance (In order of closer)	Current State	Control values	Plan (Start/Start Signal)
1st: 0.6 NM (709 m)	026.0	012.0	026.0
2nd: 1.9 NM (2,191 m)		100 %	012.1
3rd: 2.1 NM (2,424 m)			

9

最初お話ししましたように、ヨーロッパでは自動避航操船システムが直ぐにでも実装されて出てくるでしょう。そのときAという会社が作ったシステム、Bという会社が作ったシステムについて、それぞれどこかの認証機関が、適する、適さないの評価をしなければなりません。いろんなシナリオで評価することになりますが、ここで評価方法というのは、このようなカテゴリを作って、減点方式で評価する、減点が無ければOKということにしたらどうかという提案をしています。

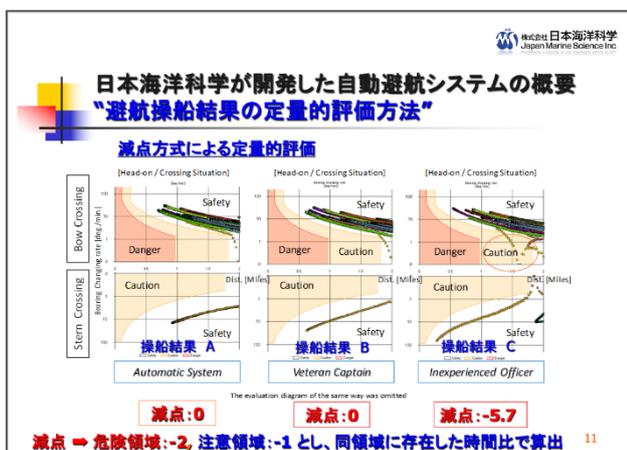
我々操船者は、どのようにして衝突の危険を判断しているかというところ、方位変化を非常に重要な要素としています。更に、船首を航過したか、船尾を航過したかというところでの違いがあります。右図は、横軸が距離で、距離ごとに方位変化がどうなるかを表しています。これを船首航過か、船尾航過か、同航かの3つに分けて、カテゴリを作り評価をしてはどうかという提案をしており、実際に操船した結果を比較した例を説明します。



これも30年前に論文を出しているのですが、12人の船長、パイロットが参画し、135の色々なシナリオで実験を行い、データ総数は3万ポイントを超えています。そのような実験結果がベースにあって、これを実用化するというところでこの2年間、新たに船長等による追加検証実験を行い、新しく作ったのがこの評価図です。

評価は、危険領域に存在すれば-2、注意領域に存在すれば-1として、領域に存在した時間比で算出するという考え方です。

例がこの図です。操船結果A、B、Cがあつて、ここでは同航は表示していませんが、船首航過と船尾航過の場合について、減点の点数で評価したものです。2マイルで避航し始めて、2マイルのままで方位変化がなければ衝突するところを、避航し始めたとき、A、Bは注意領域に入っていないので、減点ゼロですが、Cは注意領域に入っているため減点-5.7となっています。



●他船に不安を与えない自動避航の実現

これに関連して、遭遇する他船に不安を与えない自動避航の実現という海技者ならではの視点が必要だと提唱しているのは、今後自動避航システムが出てきたときに、相手に不安を与えるような自動避航システムでは困るからです。全てが自動避航システムの船だったら、ぶつからなければ良いのですが、今後10年、20年は間違いなく共存となります。

これは両船が自動避航システムで航行した例で、パラメータをいろいろ変えたとき航過距離も変わってくるのですが、左は船首航過距離が1.2マイルの避航操船、右は船首航過距離が0.4マイルの避航操船で、横軸は距離ですから、左の場合は大きく避けています。2マイルになった時に、避けなければ最初の点が、方位変化ゼロのまま近づいてきて衝突するのですが、ここでは大きく避航操船して、1.8マイル位ではかなり大きな方位変化となっています。そうすると注意領域に入らないで減点ゼロで航過しています。

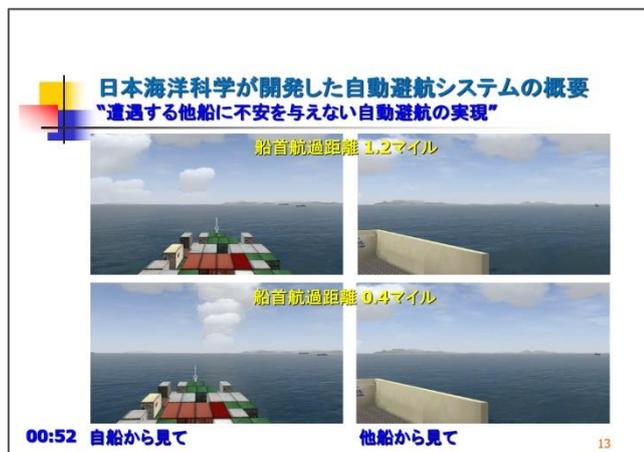
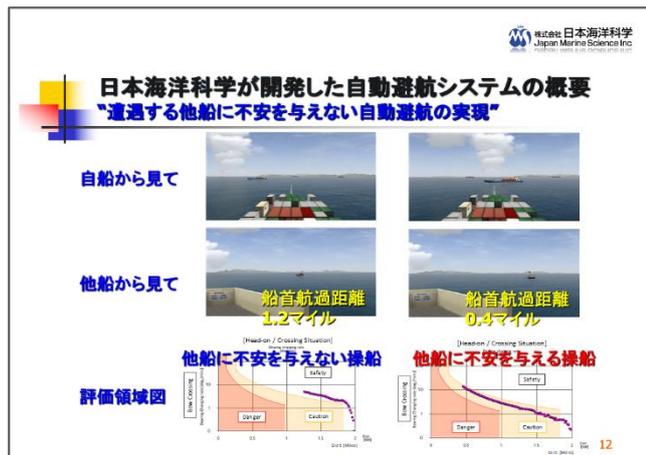
右の航過距離が0.4マイルの場合は、避航はしているのですが避航が小さいということです。避航が小さいと2マイルから避航しているのですが、方位変化がまだ小さくて注意領域に入ったまま航行することになります。この場合は1隻でも75%が注意領域に入っていたということになります。

注意領域にずっと入っている状態は、他船に不安を与える操船ですから、自動避航システムはこういう領域に入ってはいけないという提案をしようというものです。

これはどういうことかということ、時間変化を追ってお見せします。

まず、避航を開始した直後のイメージですが、左が自船から見た映像、右が他船から見た映像になります。

上段が航過距離1.2マイルの



場合で、最初は衝突の危険性があるコースにあったのですが、右に大きく針路を取って、相手船の左舷が見える状態になっています。

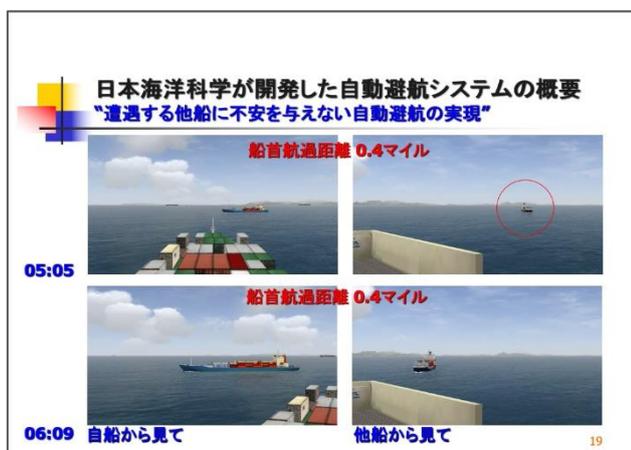
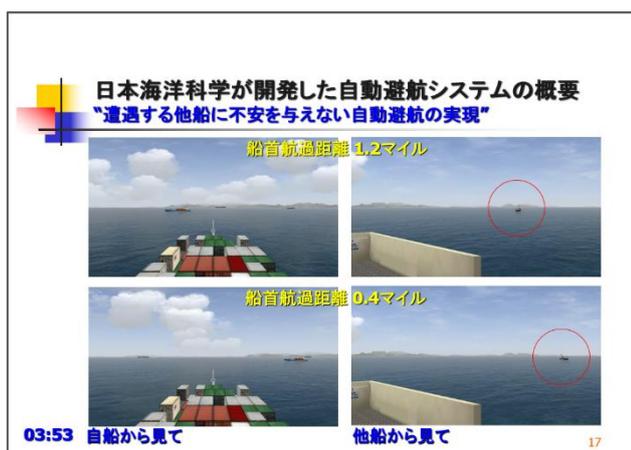
下段の航過距離0.4マイルの場合では、衝突はしないのですが、ずっと注意領域にありますので、方位は変化しているものの、相手船から見たとき右舷側が見えていて、5分05秒、4ケーブルになった時点でも右舷を見せている状態では相手船に不安を与える可能性は大であることとなります。

方位は変っていて、最終的には船尾を通過するのですが、相手船に対して本当に避けてくれるのだろうかという不安を与える可能性があります。

自動避航システムを取り入れたときに、人間が行う程大きく避航すべきかどうかは議論になるかもしれませんが、少なくとも注意領域に入った操船を行うと、今後共存するときに他船に不安を与えるという視点から、このような自動避航システムをヨーロッパが持ってきたら、これはだめだと言うべきだという考え方です。

どんなアルゴリズムで避けても構いません。ヨーロッパ勢が持ってくるシステムの中身は公開されません。ましてや人工知能(AI)で避ける場合は、中身は分からない訳ですから、結果で評価するしかありません。しかし、どこかの認証機関がこのシステムを使ってもよいかどうかを認証しなければなりませんので、操船結果が図の領域に入らなければ、システムの中身は公開しないまでも、結果で評価できるでしょう。このように注意領域に入らなければOK、しかし注意領域に入るようなシステムは、先ほどの見合い関係のように、近くに来てはまだ右舷側を見せている状況なので、好ましくなく世界的にも認めるべきではないでしょう。

では、どのような物差しで評価すべきかということ、距離と方位変化率で測るべきという提案をしていくこととしており、これから国にも働きかけてゆくつもりです。これは、国土交通省の海事局だけでなく、海上保安庁の航行安全関係と



も一緒にやっていかなければならない問題だと思っています。また、国際的にも船級協会などに対してもこのような考え方を提案していきたいと考えています。

◆人間が行う避航操船と最適解を求める自動避航操船との定量的比較

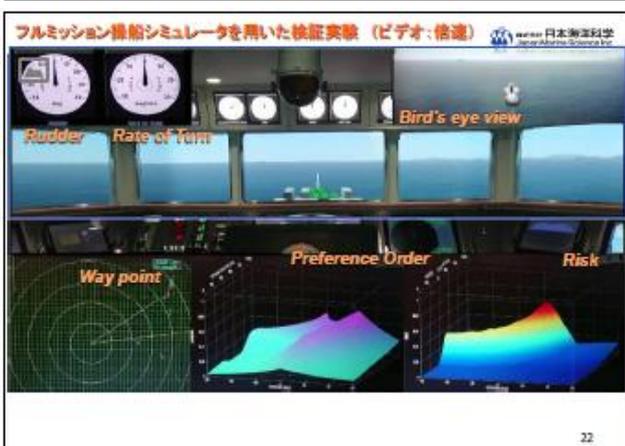
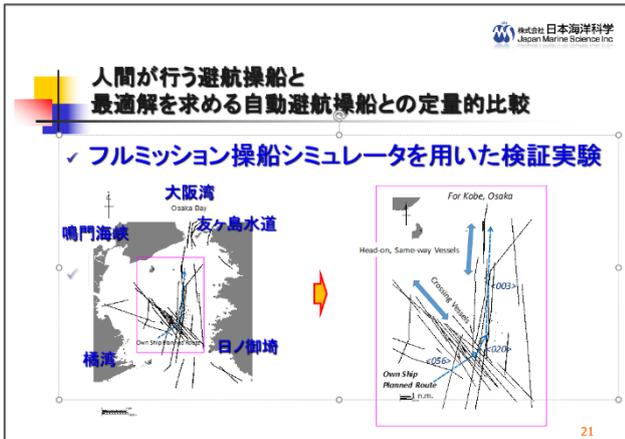
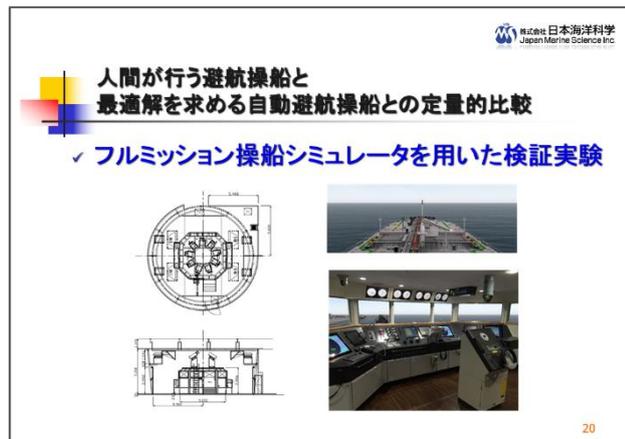
次は、この様なシステムを用いて、人間が行う避航操船と最適解を求める自動避航操船との定量的比較ということで、操船シミュレータを用いた検証実験についてご紹介します。

●操船シミュレータを用いた検証実験

操船シミュレータは、360度投影されるようになっていて、離着岸する場合も想定して、床にもスクリーンがあって、投影する仕組みになっています。解像度は普通のハイビジョンではなく4Kです。また、昔に比べ臨場感は高くなっています。このようなシミュレータを用いて実験を行いました。

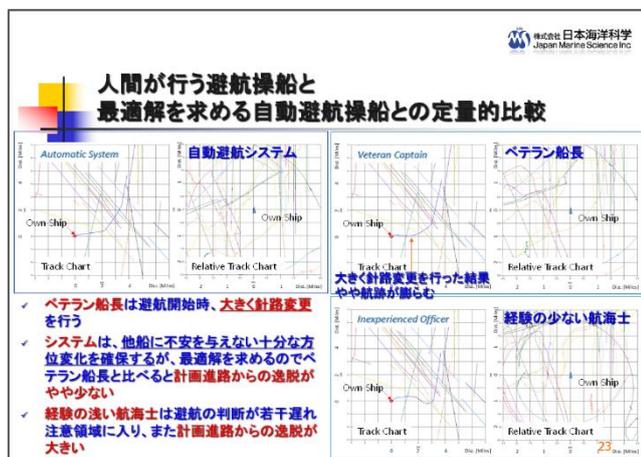
この対象海域は紀伊水道です。船長をしているとき何回か通りました。大体、大阪湾で朝一番に荷役を開始するためには、大阪湾パイロットが乗船する友が島ETAを6時頃とすると紀伊水道はまだ暗い4時頃通過します。ここに鳴門海峡があり、日ノ御崎との間を、小型船がかなり行き来します。

船長として経験した海域であり、また、AISデータもありましたので、この海域を対象としました。横切り船を増やすために、実際とは違いますが橘湾を出て友が島に向かう設定としました。また、Way Pointを如何に行くかということも重要ですので、変針しながら避航するという設定しました。



スライドの下の映像が自動避航システムで表示される映像です。左上に自動避航システムで航行する船舶の操舵状況と回頭角速度を表示しています。

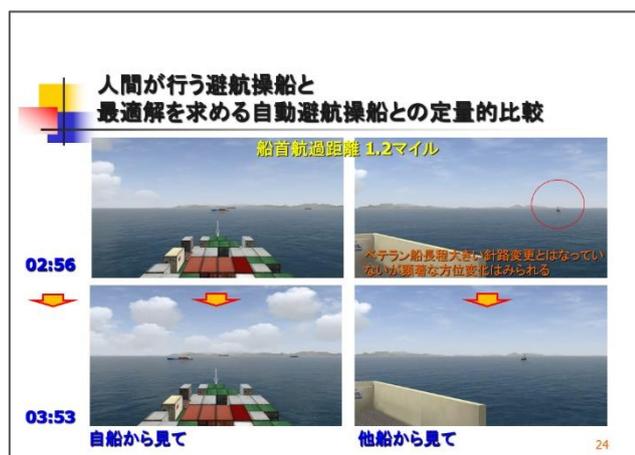
自動避航システムとベテラン船長、そして経験の少ない航海士についてのシミュレーション結果ですが、それぞれの航跡図を表しています。開始当初、右からの横切り船があったため、自動避航システムは、最初の横切り船を1.4マイル、2番目の横切り船を0.8マイルの距離で自船の船首を航過させています。



ベテラン船長はどのような操船をしたかと言いますと、最初の横切り船の船尾の後ろに針路を向け、船尾を付け回すような操船をした結果、自動避航システムに比して航跡が少し膨らんでいます。

自動避航システムとベテラン船長は、この部分が違うだけで全体としては略同じ航跡となっていて、航過距離もほとんど変わりません。

一方、経験の浅い航海士は、避航開始が少し遅れて、右に大きく向けて行って、3隻目の横切り船まで避けてこのような航跡になっています。



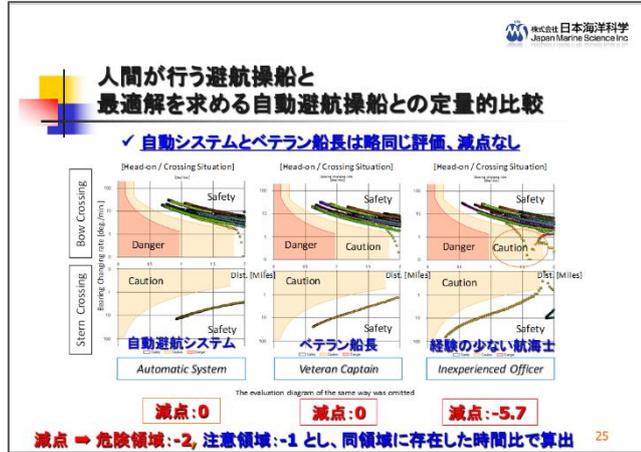
私は自動避航システムの避航操船方法が良いと思っていますが、もう少し大きく避けてもいいのではないかという議論もあります。ベテラン船長と自動避航システムの違いは、ベテラン船長は避航後に相手の船尾を付け回すような操船をします。一方、避航システムは、十分に方位変化がありますので、他船に不安を与えない状況なのですが、最初の船だけではなく全ての船を見て絶えず最適解を求めていますので、ベテラン船長と比べると計画針路からのはずれが少ない、要するにそんなに膨れないところがあります。経験の浅い航海士は、避航の判断が若干遅れ、注意領域に入ってしまう結果になっています。

自動避航システムは、初期段階で相手船の中央くらいに向けていますので、ベテラン船長ほど針路変更が大きくなっていませんが、顕著な方位変化は見られ

る状況になっています。これを先ほどの評価図に当てはめてみると、危険領域は-2点、注意領域は-1点ですが、ベテラン船長と自動避航システムはほとんど変わらず、減点なしです。

避航システムは、他の全ての船との最適解を求めていますので、どの船とも十分方位変化のある操船をしています

唯一減点のある経験の少ない航海士は、-5.7ですけれども、最初2マイル位で少し避航動作を取ったのですが、不安だったのか一度戻してしまっただけで判断が少し遅れた形です。その状況で混乱して減点が出ているということになっています。



●内航セメント船での自動避航操船実証実験

次に実船での実証実験の結果です。

協力いただいたのは宇部興産海運の興産丸で、東京と宇部間を航行しているのですが、実験を行ったのは東京を出て宇部入港までの間でした。内航船と言っても全長が161mもありますので、正直外航船とあまり変わらないし、操船方法も外航船とほとんど同じとの印象を持ちました。設備も非常に良い船でした。



東京を夕方16時に出港して、日没くらいに横浜沖になったところを示しています。システムが表示する舵角、針路を参考に船長に舵を取ってもらいました。この実験はまだ初期段階でしたので、舵とこのシステムとの接続はしていません。情報は全てECDIS（電子海図表示装置）を経由して取得しました。

丁度横浜沖ですが、右舷側に2隻の同航船がずっといる状態で、速力もあまり変わらない状況でした。このような中で横浜を出港した右からの横切り船が何隻かいる状態でした。このときのリスクは、左舷側に行くリスクが高いことを示していますので、システムが表示し望ましい針路は右10度でした。このときのパラメータは、輻輳海域用のパラメータを使っていますが、システムが示した

右 10 度に船長にも取ってもらいました。

これが原針路で、これが右 10 度の望ましい針路になりますが、原針路のまま行くと右からの横切り船と衝突しますので、右側の同航船のリスクを考えながらシステムは右 10 度を示し、船長もまた右 10 度を取って航行した状況です。

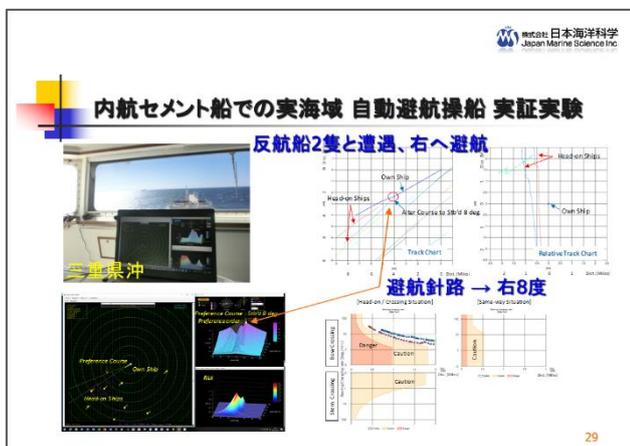
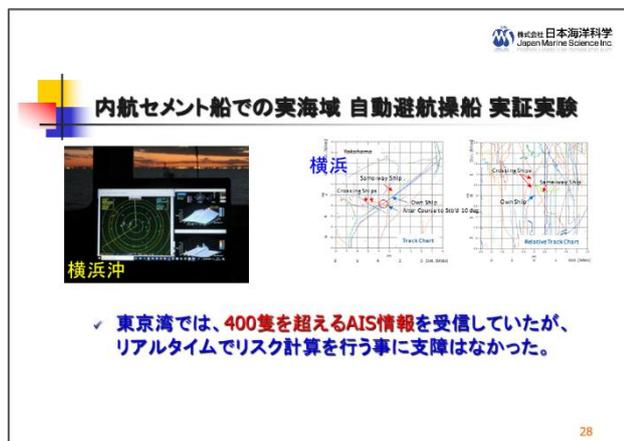
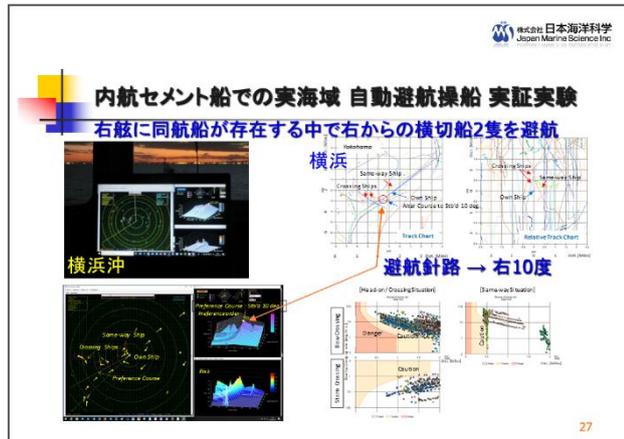
この相対航跡図を見て頂くと、これが自船で、緑が同航船ですが、速力がほとんど変わらない右舷側の同航船がずっと平行に走っていて、ほとんど同じ位置にいる状況で、横浜港から出港した右からの横切り船に対して、右 10 度に少し変えて、横切り船が船首を航過していった状況を示しています。このときの評価図を見て頂きますと、若干注意領域に入っている部分もあるのですが、実際として不安のない操船と言えます。

シミュレータ実験に比べて、実証実験での結果解析には少しばらつきがあります。自動避航システムとは関係なく、結果の解析についてですが、シミュレータ実験では自船の方位を小数点以下まで計算していますので、かなり精緻に方位変化を求めることができます。一方、本船のAISの方位データは整数で記録されますので、方位変化を計算するときには少しばらつきが出ることがあります。

少なくとも横浜沖のような比較的船が多いところで、システムが出す値が安定していますし、船長も今の状況であれば減速よりも右 10 度というシステムと同じであったとのことでした。

東京湾では 400 隻を超えるAIS情報がありました、支障はなかったということです。

これは三重県沖ですが、反航船が 2 隻いる状況で、システムは右



8度を示し、それに従って避航したものです。この図も距離と方位ですが、いずれも注意領域に入らなかったということです。

船長にこの2例の結果を聞くと、避航操船方法に違和感はないとのコメントを得ています。ただ、三重県沖の例では、船長はもう少し近づいてから大きく避航する操船方法もあるとのコメントを言われていました。

どのくらい前から避航操船の指示を出すかですが、私の言う戦略的避航操船はかなり遠い段階からわずかに針路を変えること

によって、衝突リスクが生じる見合い関係にならないようなシステムにしようという思いがあります。もちろん、最初に大きく避けることを組み込むこともできますが、やはり経済的にロスとなりますので、そこまでしなくてよいだろうとの思いがあり、今後現場の船長と意見交換を継続する必要があります。

リスクなどをグラフィックで示しているところは、慣れれば分かりやすいとのことでした。

株式会社日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

内航セメント船での実海域 自動避航操船 実証実験

- ✓ 内航船 船長へのヒアリング結果
 - ✓ 自動避航システムが指示する避航方法に違和感はない
 - ✓ 三重県沖での反航船を避航する時、相手船に避航の意図をもっと明確に示すため、初期段階では大きく右に針路変更を行った方が良い*
 - ✓ 操船支援システムとしてグラフィックでリスクと好ましき(避航針路)を示すのは慣れれば判り易い

* 初期段階で人間が行うように大きく針路変更を組込むことは可能であるが、現時点では相手船に不安を与えない様に十分な方位変化を確保するよう、余裕のある時期に経済性をも考慮した最適針路を計算する「戦略的避航操船」を実現するシステムとする予定であるが、今後内航船、外航船 船長との意見交換を継続的に行う予定

30

◆実用化される自動避航システムの課題

さて、今回紹介しました自動システムの要素技術は実用レベルですが、これでオーナーに自動避航システムを導入しますかと尋ねるとそうは考え難いということでした。

人間が乗船して操船するのなら、モニターするだけというのは適さないのではないか、人間が乗るからには、変針操船、避航操船の実作業を行なうのが人間のやりがいに繋がる。なぜなら、技量、経験の差が表れる業務だから、うまい操船をしたら良かったなど思うからです。ただ人間の操船の場合、疲労による居眠りや注意散漫による事故が実際に起こっています。

株式会社日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

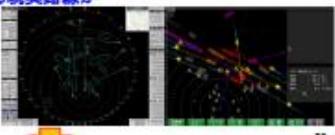
- ✓ 今回紹介した自動避航システムの要素技術は実用レベル
- ✓ 船舶オーナーが安全性向上(ヒューマンエラーの防止)の為に大きな投資をするか
 - ➡ 安価ならば検討されるであろうが、補助金でも出ない限り積極的に導入するとは考え難いか
 - ➡ 人間が操船を担当するならば、「モニターだけではなく、自ら計画進路上での変針操船、避航操船程度の実作業は行いたい」と云うのが仕事に対するやりがいにつながる(技量、経験の差が表れる業務)ただし 人間は疲労が重なれば「居眠り、注意散漫」等により見落としを起す可能性あり
 - ➡ 内航海運で自動避航システムが積極的に導入されるとすれば、ブリッジ要員ゼロが実現できる時か 当面はシステム検証の位置付け

当面、現実的な避航操船を行なう方法として、普通のTCPA (Time of

Closest Point of Approach: 最接近時間), DCPA (Distance of Closet Point of Approach: 最接近距離) だけでなく、私どもが別のプロジェクトで日本郵船、計器メーカーと一緒に開発しているリスク場所を表示する操船支援方法を採用するのが現実的な対応かと思えます。このリスク表示方法は、ここでぶつかるよという情報を表示するもので、この表示を避ける針路を選んで避航操船すればよいというもので、当面は自動避航システムではなくこのような操船支援システムがしばらくは使われるのかなと思えます。

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

- 人間が操船を担当するならば、「モニターだけではなく、自ら計画道路上での実針操船、避航操船程度の実作業は行いたい」と云うのが仕事に対するやりがいにつながる (技量、経験の差が表れる業務だから) ただし、人間は疲労が重なれば「居眠り、注意散漫」等により見落としを起す可能性あり
- 避航操船判断支援の情報を表示し避航針路の選定を支援するのが、見落とし防止等に対する現実路線か 但し、操船者(特に経験の浅い航海士)は周囲の状況を深く考えたりゲーム的に操作する懸念あり (適切な教育の必要ありや)



これも実際に実験を行ってみると、航海士は表示領域を避ける操船するだけで、周りのことはあまり考えなくなってしまう、ゲーム的になってしまうという状況もありました。

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

- 内航海運で自動避航システムが積極的に導入されるとすれば、ブリッジ要員ゼロが実現できる時が 当面は自動避航システム検証の位置付け

自動避航システムが使われるのは、やはり、ブリッジ要員ゼロを実現できる時かなと思えます。自動避航システムの場合、無人船にならない限りオーナーは投資をしないだろうという印象を受けています。

実験を行った宇部興産海運の船は、甲板部職員が4名、機関部職員が3名、機関部は部員なし、甲板部員3名、司厨員1名です。乗組員に聞くと、7ヶ月間乗船して1ヶ月休みということでした。7ヶ月乗って1ヶ月の休みと聞くと、我々外航船の5~6ヶ月乗船して2ヶ月休むのと比べてもかなり厳しいのではないかと感じます。

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

- 自動避航システムを導入し、離着岸、荷役を除く航海(沿岸航海)を遠隔で監視した場合を想定
- (ラフなコスト試算)

現状	甲板部職員	機関部職員	甲板部職員	司厨員	予備員	計
人数	4	3	3	1	5	16名/1隻

現状	離着岸・艀水演航機、荷役・整備要員	遠隔操船要員	計
人数	5人/3隻・基地*	5人/2隻**	約6名/1隻
	1.7人/1隻・基地	2.5人/1隻	
	3.4人/1隻・2基地(関東、関西)		

* 5名が1チームとなり、離着岸・艀水演航機・荷役・整備を行う。1基地で3隻扱い(含む予備員)
** 4名で2隻を遠隔操船(監視)、含む予備員

- 約10名/隻の減員が可能(新しい陸上の職域創出/宇宙ロケットの管制室のイメージ) 人材確保に有利、モーダルシフトの促進
- 年間 6,000万円程のコスト削減(600万円/人・年として)
- 20年船を使うとすれば、約12億円追加投資(他に発生するコストを含む)が可能

予備員を3名とすると1隻当たり14名くらいになります。仮

にこの自動避航システムを使い、遠隔操作要員を置いて、離着岸や荷役作業を除く沿岸航海だけ行った場合、1隻当たり4名くらいになり、10名の削減になります。

離着岸や荷役要員は、これは水先人のようなイメージですが、2～3チームになって、離着岸要員として乗船し、終わると降りる、そうするとローカルチームになるので、毎日家に帰れる状態になります。

減員という組合の方がとんでもないという話になってくるのですが、ある意味陸上で船を動かす職種が出てくる訳で、内航船の陸上の海技者は、毎日家に帰れるということになります。

非常にラフな計算ですが年間6千万円位の削減になります。20年で見れば12億円位投資してもほとんど同じ額になります。

遠隔操船がヨーロッパで実現するのですが、日本でもそろそろ考えた方がいいのではないのでしょうか。

次は、自動避航システムの課題です。

AISとレーダーからデータを取得すると言いましたが、非常に荒天となった場合、漁船等AIS非搭載船が映らない可能性が出てきますので、この時はやはり航海要員が乗らなければならないかもしれません。また、航路管制が行なわれているような輻輳海域、水先人が乗船するような海域では、システムに機能を付加するよりは、航海要員が乗船することが現実的です。システムの冗長性、安全性について議論するには、やはり自動避航システムの認証ツールというものが大事ですので、システム開発と並行して行う必要があります。システム認証では、今回提案した距離と方位変化率で評価する方法も一つの考え方で、基本シナリオに実際の輻輳シナリオを加えたものが妥当ではないかと考えられます。

課題としては、遠隔操船を実現するには、やはり法整備が必

株式会社日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

現状(今回紹介した)自動避航システムの課題など

- ✓ 荒天時、AIS非装備船をレーダーで探知できない可能性もある。その様な場合は航海要員が乗船する等の対応が必要
- ✓ 航路管制などが行われている様な輻輳海域ではシステムに機能付加させるよりは、航海要員が乗船した方が現時点では合理的(浦賀水道航路を出たあたりで航海要員が下船、遠隔自動操船モードへの切り換えのイメージ)
- ✓ システムの冗長性、安全性を担保するための認証システムの導入をシステム開発と平行して行う必要あり
システムの認証では、今回提案した距離と方位変化率でシステムが行う操船結果を評価する方法が一つの手法、評価シナリオの議論も必要(基本シナリオ+実際の輻輳海域シナリオと云うのが一つの考え方)

33

株式会社日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

現状(今回紹介した)自動避航システムの課題など

- ✓ 遠隔操船を実現するには**現行の法整備**が必要
既に検討は始まっているが、**スピードアップ**が必要
- ✓ 種々提案される自動避航システムに関する**利用者への教育**
- ✓ 今回紹介したシステムでは、**相手船に不安を与えることは無いが、絶えず最適解を求めて実行するので、人間が行うような、意図を明確にするための大きな針路変更は行わない。人間と同じような操船(経済的にはロスが発生するが)**を取り入れるべきかについては議論のあるところ

34

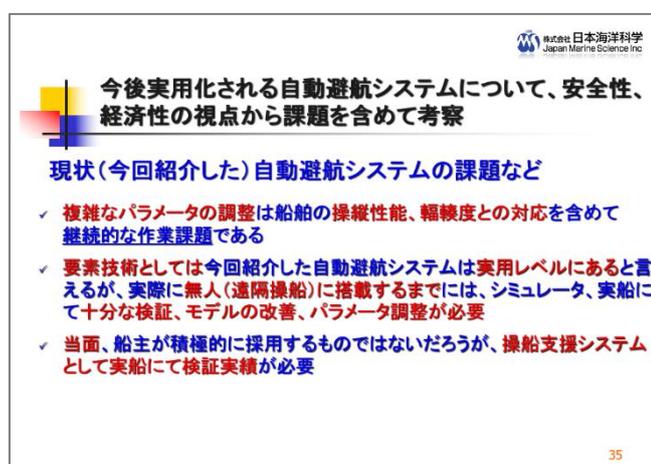
要です。既に検討は始まっていますが、要素技術は既に出来上がっていますので、かなりスピードアップする必要があります。

少なくとも、ヨーロッパでも議論されていることでもあり、日本でもスピードアップは必要です。陸上での監視操船システムが出てくるとしたら、どのような形のシステムで、どのような判断をするのかという教育体系の検討も必要でしょう。

今回紹介したシステムでは、相手船に不安を与えることはないが、最適解を求めて実行するので、人間が行なうような意図を明確にする針路変更等はしていませんが、これを取り入れた方が良いという要望が、実務者の方から非常に強ければ、システムに組み込む必要があるかもしれません。

複雑なパラメータの調整等は、継続課題となっています。当面、船主が自動避航システムを高額でも導入することは考え難いのですが、遠隔操船というものは間違いなく到来するという意味では、実船での検証を続けることが必要です。

これまで述べてきたことをまとめとして、ここに書いております。



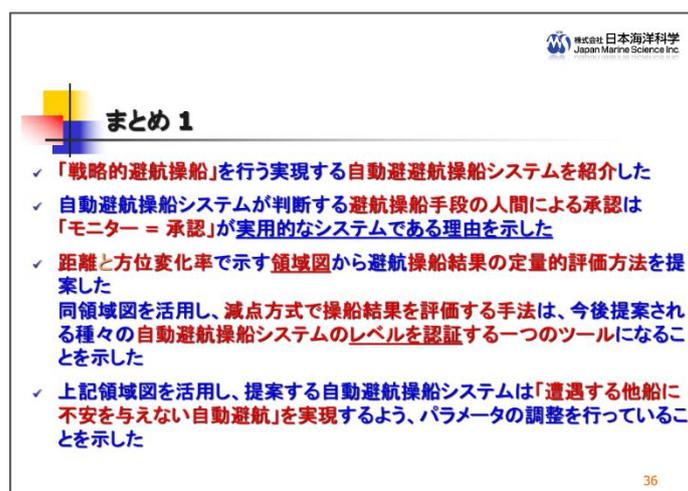
Wuolait 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

今後実用化される自動避航システムについて、安全性、経済性の視点から課題を含めて考察

現状(今回紹介した)自動避航システムの課題など

- ✓ 複雑なパラメータの調整は船舶の操縦性能、輻輳度との対応を含めて継続的な作業課題である
- ✓ 要素技術としては今回紹介した自動避航システムは実用レベルにあると言えるが、実際に無人(遠隔操船)に搭載するまでには、シミュレータ、実船にて十分な検証、モデルの改善、パラメータ調整が必要
- ✓ 当面、船主が積極的に採用するものではないだろうが、操船支援システムとして実船にて検証実績が必要

35



Wuolait 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

まとめ 1

- ✓ 「戦略的避航操船」を行う実現する自動避航操船システムを紹介した
- ✓ 自動避航操船システムが判断する避航操船手段の人間による承認は「モニター = 承認」が実用的なシステムである理由を示した
- ✓ 距離と方位変化率で示す領域図から避航操船結果の定量的評価方法を提案した
同領域図を活用し、減点方式で操船結果を評価する手法は、今後提案される種々の自動避航操船システムのレベルを認証する一つのツールになることを示した
- ✓ 上記領域図を活用し、提案する自動避航操船システムは「遭遇する他船に不安を与えない自動避航」を実現するよう、パラメータの調整を行っていることを示した

36

まとめ 2

- ✓ 人間が行う避航操船と、最適解を求める自動避航操船との定量的比較結果を紹介した
ベテラン船長の操船結果と自動システムでの操船結果を比較すると、減点方式での評価では共に減点0であり差はなかった、換言すると、自動システムはベテラン船長と略同等の操船であった
航跡から見るとベテラン船長は遭遇する他船に明確な意思表示をするため大きな針路変更を行い、結果的にやや計画進路からの逸脱が大きくなった
- ✓ 内航セメント船での実海域 自動避航海操船 実証実験結果を報告した
- ✓ 船長に対するヒアリングにより、自動避航海操船システムが指示する避航方法に違和感はないが、遭遇する相手船に避航の意図を明確に示すため、大きな針路変更が望ましいとのコメントを得た

37

まとめ 3

- ✓ 内航海運にて自動避航システムが積極的に導入されるのは、10名程度の減員が可能となる沿岸航海中の無人遠隔操船が実現される頃であろうとの私見を述べた
- ✓ 当面は操船支援システムとして一部の船舶に装備し、無人遠隔操船が実現するまでの間にシステムの信頼性の検証を続けることになろう併せて、システムの認証方法、法令整備等を進める必要があることを述べた
- ✓ 紹介した自動避航システムの要素技術は実用レベルであることを述べたが複雑なパラメータの調整等、まだ継続的に実船/シミュレータにて検証すべき作業課題は多くある

38

最後に宇部興産海運 三艱丸の船長以下乗組員の皆様には謝意を表したいと思います。

(以上、講演要旨)

(本講演要旨は、ホームページ(<http://www.seikaibo.ecweb.jp/>)に掲載しています。)