

A 36

船長モデルを搭載した  
船のインテリジェント・コントロール・システム  
Intelligent Control System for Ship Navigation  
with a Captain Model

大阪大学工学部 ○長谷川 和彦  
三菱電機(株) 藤田 陽一\*

Osaka University ○Kazuhiko Hasegawa  
Mitsubishi Electric Co. Yoichi Fujita †

Automation of ship navigation is treated with special emphasis on intelligent decision-making usually done by a captain or a pilot. Not only the fundamental functions of ship navigation such as course-keeping and course changing, but also sophisticated functions such as path planning and collision avoidance between other ships or banks are implemented into a system, which we call Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System (SAFES). The system is further expanded suitable for navigation in narrow waterways. Finally, the system is implemented into another system, which can simulate marine traffic flow. Using the system called each-Ship-with-captain MARine Traffic Simulation system (SMARTS), safety assessment of newly developing waterways or marine disaster simulation is done.

1 緒言

最近、タンカーの衝突や座礁などの重大事故が多発している。1989年にアラスカ沖で起こった EXXON VALDEZ の座礁事故は 41 万キロリットルの原油流出による自然環境の破壊と流出原油回収のための約 20 億ドル (2600 億円) とされる膨大な費用で、いわゆる「バルデイスの原則」と呼ばれる企業活動の環境責任が問われ、造船、海運はもちろん、社会的に大きな影響を及ぼした。

その後も事故は多発している。本年になっても 1 月にイギリスのシェトランド諸島でタンカーが座礁し原油が流出したのに続き、3 週間もたたないうちに今度はスマトラ島沖のアンダマン海でタンカー同士が衝突し、日本船が炎上するという事故が発生した。

イギリス北部の事故では荒天が直接の原因と思われるが、他の 2 件は人的ミスと言われている。しかし、その背後に自動化機器への過信が人的ミスを誘発したことが充分考えられる。近年の自動化機器の性能向上とは裏腹に、その機器を使用・監視する人間にかえて負担がかかる、いわゆる「自動化の皮肉」[1] のひとつの現れである。

本報では、インテリジェントコントロールが真の安全のためのキーワードといわれる船舶の自動航行システムを取り上げ、複雑な状況下でのピークルオートメーションのあり方、人間の行動決定の模倣の可否、画像情報の知識処理の必要性などについて私見を述べる。

\*研究当時、大阪大学工学部

†Osaka University at the time of the research

## 2 自動航行システム SAFES

船舶の航行の自動化は機関の自動化とともに歴史が古い。しかし、ある一定の針路を保持したり、指示された時点で変針するいわゆるオートパイロットの歴史である。その後、レーダ画像から他船を抽出して相対ベクトル表示し、ある範囲に入ってきたら警報を出す衝突予防援助装置が開発されたが、いつ、どのように回避するかは操船者に任せられていた。

任意の他船に対してファジ理論を用いた衝突危険度の推論と衝突回避行動の計画・実行を行うのが自動避航システム (ACAS : Automatic Collision Avoidance System)[2] である。

このシステムをエキスパートシステム化して複数船に対しても推論・行動ができるようにする [4] とともに、航路境界も近接船舶とみなすことによりより現実的な状況での自動航行ができるようにしたものが本システム (SAFES : Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System)[5] である。その中心は常に人間の行動のモデル化 [3] がテーマであったが、特に画像情報の処理において人間とは違った判断も行った。

その後、海上交通シミュレーションシステム (SMARTS : each-Ship-with-captain MARine Traffic Simulation system) への組み込み [7] や狭水路への適用 [8] を行い、実際の航路の安全性評価を行ったり、より実際に近いインテリジェントシミュレータの提案 [6] を行うなど当初目指した自動化システムの開発以外での成果が得られている。Fig. 1[7] は SAFES の応用分野を示したものである。

Fig. 2[9] はこのうち、新しい航路の安全性評価を行った一例である。この航路は簡略化されているが実際の航路をもとにしており、最狭部では 200m 以下でかつ、強く複雑な潮流があるなど難所である。そこで、もしこの航路を整備した場合どのくらいの船まで通航可能か、この航路で双方向の航行を許可した場合どのくらい衝突などの危険性が増すかなどを調べたものである。

## 3 システムの発展性とインテリジェント化

SAFES のアプリケーションのうち、残されたものが自動化システムや航行管制システム自体の提案である。すでにシミュレーション上では完成しているが実際の適用にあたってはさらにいくつかの検討が必要である。ここでは、その問題点を探る。

### 3.1 船舶のビークルオートメーションとしての特徴

船舶の運航は飛行機に近い。右側通航、右手優先の原則はあるが、特定の指定航路以外では特に航路は定められていない。しかし、運動の時定数が大きく特に低速では舵による制御力が弱く、フィードフォワード的な制御が要求される。

さらに、陸上や空と違い海の上では立体交差や信号がなく、また、船舶には方向指示器もない。一方、航空管制に相当するものもほとんどない。結局、お互いの信頼関係、言い替えると「善意の見込み」による運航が安全を支えている。1987 年に浦賀水道で起きた潜水艦と遊漁船との衝突事故はこの「善意の見込み」が災いしたものである。

したがって、船舶の自動航行システムとして通用するためには、対自動化船や優良船相手ではなく、漁労中の漁船や往々にして操船マナーに問題のあるプレジャーボートを始めとした非自動化船を念頭においた行動決定が必要である。

### 3.2 画像情報の知識処理

船舶の自動化で難しいのが「見張りの自動化」であった。本システムの入力は本来、レーダ画像及び各種センサからの値である。ここで問題となるのはレーダ画像の処理である。現在、コンピュータ

ビジョンの分野で画像情報の知識処理に関する研究が進んでいるが、実際の船舶に適用するにはまだまだ課題が多い。

レーダ画像には海面反射や最近では架橋に伴う虚像など通常の画像処理だけでは除去できないノイズが多い。自動車の自動運転システムで行われている木立の陰影や落ち葉、降雨時の処理などと共通した自然画像理解システムの開発が必要である。最近、レーダに電子海図を重畳した ECDIS と呼ばれる新しいレーダが開発されつつあるので、今後、レーダ画像処理システムは急速に自動化することが期待できる。

### 3.3 人間の行動のモデル化

今までは、人間の持つ漠とした判断機能をファジィ理論の適用によりモデル化してきた。しかし、ファジィ理論を使わなければいけない必然性はなく、また、メンバーシップ関数の決定や学習といった不確定要素もあるので、推論・行動をパターン化してルール処理する考え方も根強くある。最適レギュレータ問題のように解析的に解いたり、絶対的な評価関数がある問題ではないので、計算時間やルールの数、さらにスムーズな非線形処理といった点でまだファジィ推論・制御は有効と思われる。

船舶の航行の自動化のうち、残された難題に離着機の自動化がある。タグボートの支援、またはサイドスラスターの操作により船の慣性力や低速での操縦性の劣化を考えると通常は水先案内人が行っているが、船舶の大型化や多様化に対応するためには何らかの自動化システムを開発する必要がある。

現在、ニューラルネットワークを用いた自動着機制御 [10] の研究を行っている。Fig. 3 にその一例を示す。人間の持つ知識のうち、表現があいまいな知識はファジィ理論で、行動はできるが知識表現そのものが難しい問題はニューロ制御、そして全体の統括をエキスパートシステムで行うというのがひとつの解決策と考えられる。

## 4 結言

著者らが行っている船舶の自動航行システムとその応用例を紹介し、インテリジェントコントロールシステムとしての必然性と、今後の研究の発展性について述べた。

紙面の都合上詳しい説明はすべて省略したが、この分野の専門家が集まるシンポジウムでの発表・掲載を許可いただいたことに感謝する。

今後、残された自動航行システム自体の開発に進み、むしろ社会的に要請の多い安全性評価法のひとつとしてより信頼性のあるシステムへと発展させるか未定であるが、引き続き研究を推進・啓蒙するつもりであるので、諸賢のご討論・ご教示・ご支援をお願いする。

## 参考文献

- [1] L. Bainbridge: Ironies of Automation, in *New Technology and Human Error*, Wiley, 271/283 (1987)
- [2] 長谷川, 上月: 船舶の自動避航システムとそのシミュレーション, 第 13 回システムシンポジウム, 121/126 (1987)
- [3] K. Hasegawa: Fuzzy Modelling of the Behaviours and Decision-Making of Ship Navigators, Proc. of 3rd IFSA Congress, 663/666 (1989)
- [4] 長谷川, 村松, 渡部: 集団行動の知識処理とそのシミュレーション例, SICE 関西支部シンポジウム「知的システム構築の実践と将来」, 49/54 (1989)
- [5] 長谷川他: 船舶自動航行ファジィエキスパートシステム (SAFES), 日本造船学会論文集, 166, 445/452 (1989)

- [6] K. Kose, K. Hasegawa *et al.*: On an Intelligent Harbor Maneuvering Simulator and its Applications, Proc. of Joint Int'l Conf. on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability, 15/158 (1990)
- [7] K. Hasegawa: An Intelligent Main Traffic Evaluation System for Harbour and Waterway Designs, Proc. of ISME KOBE '90, G-1-7/G-1-14 (1990)
- [8] K. Hasegawa: Automatic Navigator-included Simulation for Narrow and Congested Waterways, Proc. of Ninth Ship Control Systems Sym., 2, 2.110/2.134 (1990)
- [9] 長谷川, 藤田: 船舶自動航行エキスパートシステムの狭水路航行アセスメントへの適用, 関西造船協会誌, 掲載予定 (1993)
- [10] 長谷川, 木寺: ニューラルネットワークと知識ベースを併用した自動着岸システム, 関西造船協会誌, 掲載予定 (1993)

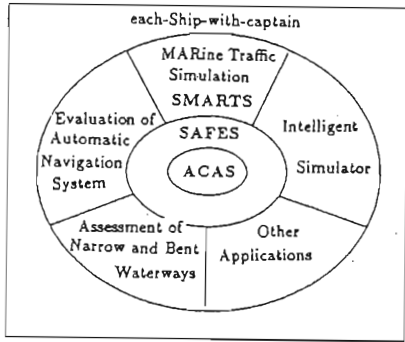


Fig. 1 Applications of SAFES.

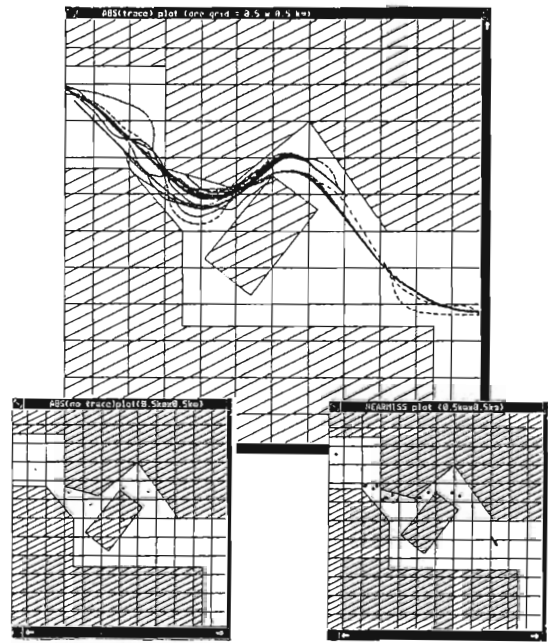
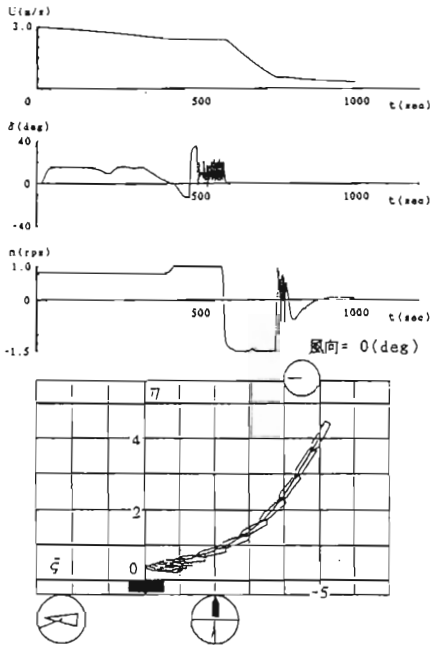


Fig. 2 Safety assessment done by simulation.

Fig. 3 Birthing control using neural network.