

# オールサ라운드型航海訓練装置の概要

## All Surrounding Type Navigation Trainer

神戸造船所 三好永司\*1 前田俊夫\*2

木下裕文\*3 川原田弘子\*3

株式会社MHIシーテック 黒川武彦\*4

近年、海上交通の混雑化及び船舶の航行速力アップに伴い、操船技術の向上が望まれている。また、従来船舶の前方向の環境を模擬した操船シミュレータはあるが、船舶の全周囲環境を模擬したものはなかった。このたび、コンピュータグラフィックスを駆使して水平 360 度の視界を模擬し、海域、気象、海象及び海上交通状況に応じた環境を作り出すことのできる航海訓練装置を開発した。本装置は、船舶の運動模擬に加えて衝突時の衝撃の体感、衝突後の運動の模擬も再現できる。さらに教育機材として自動評価機能及び運動解析機能も備えた装置である。

Recently, high maneuvering skills are required, because of the increasing amount of marine traffic and higher ship speed. Therefore many simulators have been constructed to train crew in maneuvering, but most of them are forward looking simulators. This paper describes on an All Surrounding Type Navigation Trainer that has 360 degrees horizontal visual and sound fields. By means of precise motion calculations, Computer-Graphics-Image techniques and a multi-sound system, this trainer is able to produce external and internal environment around the training ship in a realistic manner. In addition to precise ship motion simulation, collision shocks and ship motion after a collision are able to be simulated. As a navigation trainer, an automatic evaluation function and statistical evaluation function are provided for instructors.

### 1. ま え が き

オールサ라운드型航海訓練装置は、全周方向の視界、音響を再現し、自船の運動、他船及び岸壁との衝突時の衝撃等訓練に必要な環境を模擬できる操船シミュレータである。

本装置が具備している主な特徴を以下に示す。

(1) 船尾映像を含むリアルな 360 度水平視界を持つ。

(2) 距離及び方位に応じて、訓練船及び移動目標の気笛及び航走雑音、灯台等の霧笛を再現できる。

(3) 訓練船と移動目標との衝突及び接岸時の運動を模擬できる。

(4) 訓練船の衝突時の衝撃及び後進時の振動等が体感できる。

(5) 訓練船の運動に関する研究機能を持つ。

操船で全周の環境が重要である潜水艦用の訓練装置として、海上自衛隊に平成 5 年 3 月に納入した。

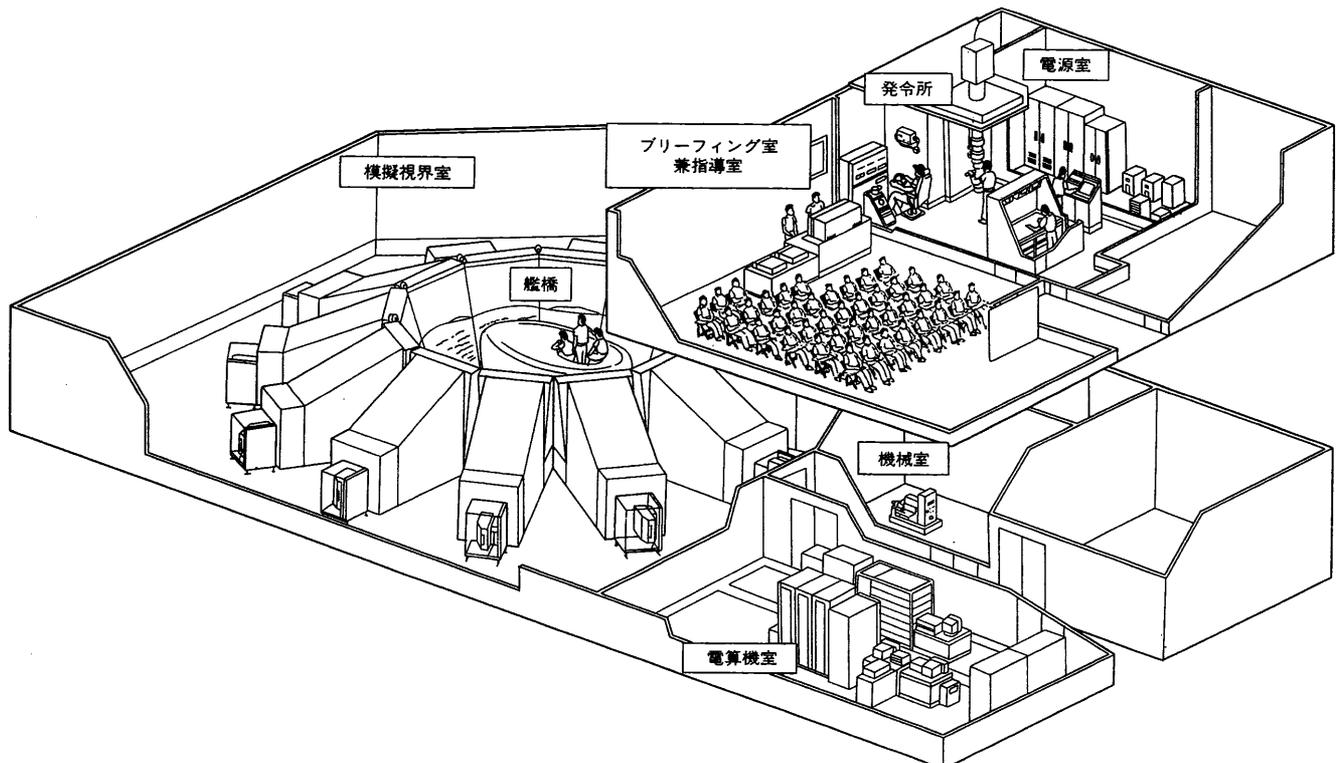


図 1 オールサ라운드型航海訓練装置の構成 オールサ라운드型航海訓練装置を潜水艦用に適用した例での構成を示す。  
Configuration of All Surrounding Type Navigation Trainer

\*1 潜水艦部長

\*3 潜水艦部システム計画課

\*2 潜水艦部システム計画課長

\*4 技術部長

潜水艦の運動性能、航海機器、環境条件等を模擬することで運航関係要員等の海技技能及び航海術科能力の維持向上を図るとともに、航海術科に関する研究に資する目的で建造された。

本報では、本装置の設計主要素についてその概要を報告する。

## 2. 装置の構成

本装置の構成を図1に示す。本装置は模擬視界室、発令所、ブリーフィング室兼指導室、電算機室、電源室及び機械室で構成される。

本装置の基本性能を次に示す。

### (1) 訓練海域

港 湾：5 海域（横須賀，呉，佐世保，舞鶴，大湊）

特定海域：5 海域（浦賀水道，関門海峡，備讃瀬戸，明石海峡，来島海峡）

沿岸海域：3 海域（仮想海域）

大 洋：1 海域

### (2) 模擬視界の視点

艦橋ジャイロコンパスレピータ上及び潜望鏡（2 視点）

### (3) 視界の範囲

艦 橋：水平方向 360 度，垂直方向 38 度

潜望鏡：水平方向 360 度

垂直方向俯角（ふかく）約 10 度～仰角約 70 度

### (4) 移動目標

商船（大型 3 種，中型 3 種，小型 3 種），漁船（3 種），帆船（2 種），押船，曳（えい）船，漁船群，でき（溺）者

### (5) 気象・海象条件

昼間・夜間・薄暮，晴天・曇天，霧（視界レベル 8 段階），シーステート（1 及び 3），風向・風速，波浪方向・波高，潮流方向・流速

## 3. 装置の機能

本装置の主な機能について説明する。

### 3.1 訓練艦の模擬

訓練する場として、操船の指揮及び見張りを行う“艦橋”及び操舵及び自艦位置の測定等を行う“発令所”を模擬している。

艦橋にはジャイロコンパスレピータ及び舵角表示器等の機器が、発令所には潜望鏡，レーダ指示機，測深儀，操舵装置等の実機相当品が実艦と同様に装備されている。

訓練艦の運動模擬は、6 自由度を持った三次元基本運動モデルを 3.75 Hz で解くことにより、実態に即したリアルタイム性を確保している。訓練艦運動モデルでは、操舵装置及び電動機の特長、タンクの注排水及び投揚錨（びょう）により働く力、浅海及び側壁影響、風及び波浪等の影響を考慮し、船体抵抗、船体流体力、舵流体力及び推進器特性の計算を行う。その結果が訓練艦の運動となり、視界の変化、航海機器の表示等で表現される。

また、訓練艦が移動目標及び岸壁等と衝突したときの衝突外力を求め、運動方程式を解くことで衝突後の運動の模擬も可能となっている。

### 3.2 移動目標の模擬

移動目標の運動模擬は、訓練艦同様に 6 自由度を持った三次元基本モデルを基本とし、舵、速力に応じて前進抵抗、船体流体力、舵流体力、推進器特性の計算を 3.75 Hz で処理している。

移動目標の動きはあらかじめシナリオで設定されているが、その設定にはファジィ理論による自動航行制御を用いた。すなわち、

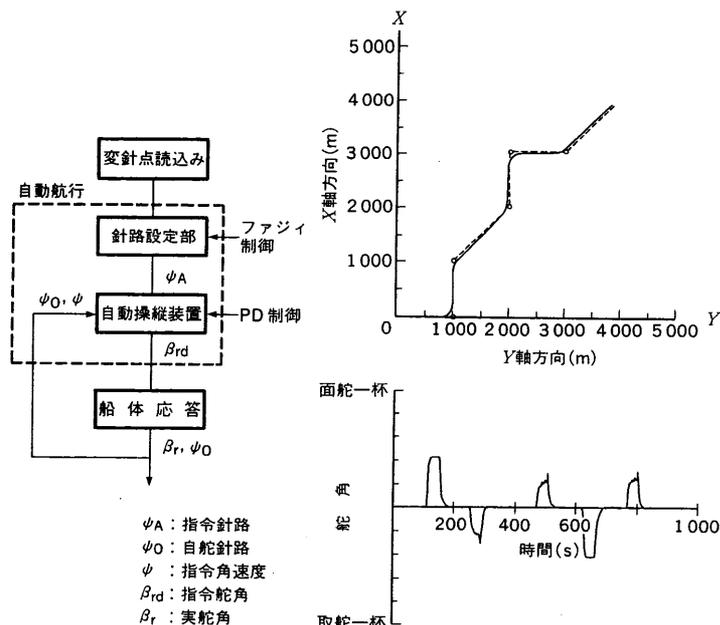


図2 ファジィ理論による自動航行制御の処理フロー及び適用例  
移動目標の自動航行制御に使われているファジィ理論を用いた制御のフロー及び適用した場合の航跡及び舵角の変化を示す。  
Flow-diagram and calculation samples of auto navigation control by fuzzy theory

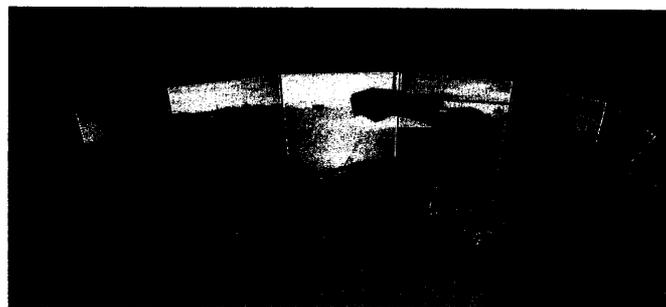


図3 艦橋での模擬視界の様子 訓練艦の艦橋での CGI による 360 度の水平視界の様子。  
Picture of 360 degrees CGI

予定航路の変針点の座標を入力することにより、ファジィ制御により指令針路を設定し、PD 制御により指令舵角を求める自動操舵方式となっている。その処理フロー及び適用結果を図2に示す。

また、教官による訓練途中からの移動目標の登場、消滅及び手動による操船も可能である。

### 3.3 視界の模擬

本装置の視界は、艦橋の全周視界及び潜望鏡視界の 2 視界を模擬している。視界はコンピュータグラフィックスで作られ、その映像は 30 Hz で更新される。テクスチャ技術を駆使し、空、海面、沿岸の山々、自艦のウェーキ等の映像のリアリティを向上させている。

艦橋の模擬視界は、12 面の 120 インチのリア投写方式スクリーンを全周方向に配置している。艦橋での模擬視界映像の様子を図3に示す。

潜望鏡の視界は、潜望鏡の旋回に連動して視界が変化し、低率/高率の倍率切換、俯仰角の切換が可能である。

### 3.4 音響の模擬

艦橋周囲に装備された 29 台のマルチスピーカにより、訓練艦の風切音、波切音、エンジン排気音及び気笛、移動目標の航走雑

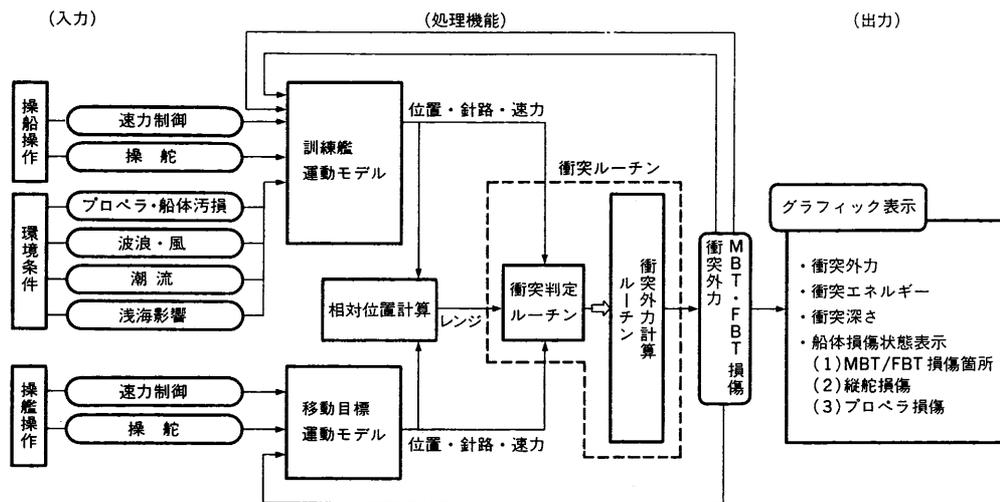


図4 衝突運動解析ブロック図 研究機能の一つである衝突の運動解析の処理を示す。  
Block-diagram of motion analysis on collision

音及び気笛，灯台等の霧笛を再現する。

訓練艦からの，移動目標の相対距離，相対方位及び速力，灯台等の相対距離及び相対方位等をもとに，模擬音響発生装置で各スピーカのレベルを計算し，ROMに記録された各種の音源により音響を発生させる。

### 3.5 振動・衝撃の模擬

訓練艦の艦橋において，訓練の臨場感を高めるために，他の船舶との衝突時の衝撃，接岸時及び押船・曳船接舷(げん)時の衝撃，訓練艦後進時の振動，波浪による動揺を体感模擬している。

艦橋の下部にサーボ弁を用いた2軸の油圧駆動の可動台を装備し，振動・衝撃の大きさに応じた段階制御で駆動される。

### 3.6 訓練管制機能

指導室に設置された教官卓が訓練の管制の中核機能を持ち，グラフィックディスプレイ及びタッチパネル等を装備し，マンマシンインタフェース性に優れている。また，訓練の状況を映像と音声でモニタでき，訓練状況の集中監視，指導ができるようになっている。

訓練前にはグラフィックディスプレイにより，海域及び移動目標の予定航路を設定したシナリオの選択，気象，海象，訓練時刻等の初期条件の設定が容易に行える。訓練中，訓練の実行・中断に加えて，訓練を任意の時刻から再現する機能，訓練状況を高速で再生する機能を有し，訓練の反復練習，訓練後の指導に有効である。

また，訓練中は即座に，訓練艦の装備機器の故障設定，移動目標の操船，でき者の設定及び視界条件の設定ができ，霧中航行，でき者救助，衝突回避等の実際に体験できにくい緊急状況時の訓練が可能である。

また，個人訓練からチーム訓練まで幅広く対応できるように，操舵，速力制御，通信，気笛吹鳴操作，曳押船の操船等の訓練配置の代行ができる機能も有している。

### 3.7 評価機能

本装置では，データを計算機で集計し，評価結果の出力が可能である。

訓練中の艦位測定，目標測定，潮流算定，航路保持，目標回避，

入港，でき者救助等の定量的な技能要素データは，訓練中又は訓練終了後に計算機に読みませ，評価処理する。また，役割を評価するような定性データはマークシートに教官がチェックし，訓練後に計算機に読みませ，集計処理をする。

これらのデータは，あらかじめ設定された評価基準に基づき計算機で処理又は採点され，航跡結果，トレンドグラフ，レーダチャート及び集計表等により結果を表示できる。

さらに蓄積された評価データをシナリオ番号及び訓練チーム等で検索し，統計処理し表示することもできる。

### 3.8 研究機能

本装置では，訓練のほかに訓練艦の運動解析及び衝突運動解析の研究機能を有する。

訓練艦の運動解析では，船体汚損，プロペラ汚損，風，波浪及び潮流等の条件が操艦に及ぼす影響の研究が可能である。

衝突の運動解析では，衝突対象船の大きさ，速力及び衝突方向の違いによる衝突時の挙動研究が可能である。衝突運動解析のブロック図を図4に示す。

## 4. む す び

オールサ라운드型航海術科訓練装置は，当社の各種の訓練装置及びシミュレータ等の製作技術に，潜水艦の建造・修理で培われた技術を融合させ開発することができた。製作に際し，神戸造船所潜水艦部のほかに本社船舶技術部，エレクトロニクス事業部制御システム二課及び情報・制御技術センター，長崎研究所船舶・海洋研究推進室，名古屋研究所デザインセンター，及び神戸造船所情報・電子機械部デジタル制御設計課が設計の一部を，造船工作部が装置の組立・調整を担当した。

その結果，本装置は全周方向にわたり，あらゆる環境の模擬を実現した臨場感あふれる操船シミュレータに仕上がりに，海上自衛隊潜水艦教育訓練隊での平成5月4月の訓練開始以来，すでに数多くの潜水艦運航関係員及び学生の訓練に活用いただいている。

今後ますます幅広く多くの方々にご利用いただけるよう実績のフォロー，バージョンアップを行い，システム製品分野の技術力の蓄積に努める所存である。