

海峡および水道の船舶交通現象に関する研究 (C—II) 船舶交通流制御シミュレータの開発

山田一成*・田中健一*・渡辺健次*・有村信夫*・金丸貞己*・浜島金司*

Navigational Traffic Phenomana on Narrow Straits (C—II) On the Development of a Marine Traffic Control Simulator

By

Kazunari YAMADA, Ken'ichi TANAKA, Kenji WATANABE,
Nobuo ARIMURA, Sadami KANEMARU and Kinji HAMAJIMA

Abstract

In order to evaluate signal control systems of marine traffic flow on a restricted water area, a new simulator has been developed by utilizing the merits of a mini-computer and maneuvering performance of human operators. The simulator system contains closed loop circuits for each ship, each of which has three elements, namely an information analyser, a display apparatus and a human operator, and transmits informations for maneuvering each ship.

The main specifications of the system are as follows:

Maximum ship number: 300,
Number of size classifications of ships: 5,
Number of waterway entrances: 12.

1. ま え が き

混雑している船舶交通問題解決の手段として、従来、大型電子計算機による船舶交通流シミュレーションが援用され、効果的な手法として評価されてきた。当所においても、独特の方式を確立して、実際の船舶交通システムへの展開を行い研究を進展してきた¹⁾。しかし、この船舶交通流シミュレーション法では、操船操作があらかじめ設定された画一的なプログラムに依存し、個々の操船者の持つ個性のばらつきや判断のあいまいさの状況設定に関してはまだ有効な手法が確立していない。

一方、時代の要請として、狭い水域における交通流制御の必要性が強調されるようになり、その制御法の

設計と評価が重要な課題となってきた。この交通流制御システムにおいても、現状では人的要素を必要とし、かつ、この要素のシステム機能に与える影響も無視し得ぬものがあるように考えられた。

当所においては、以上の状況を踏まえて、新たに、交通流制御シミュレータ(以下、単にシミュレータと略記する)を開発した。このシミュレータは、在来の交通流シミュレーションにおける個々の船舶の運航に伴う操船に関するプログラム要素と、交通流制御を行う要素とを実際の間オペレータによって置換えた、いわば人間—機械系を構成要素とする制御システムを有し、これらの人間オペレータ(以下、それぞれ操船オペレータおよび交通制御オペレータと呼ぶ)に、操船や交通制御の情報を与えて交通流制御のシミュレーションを行うものである。したがって、ここでは操船

* 共通工学部 原稿受付: 昭和53年1月17日

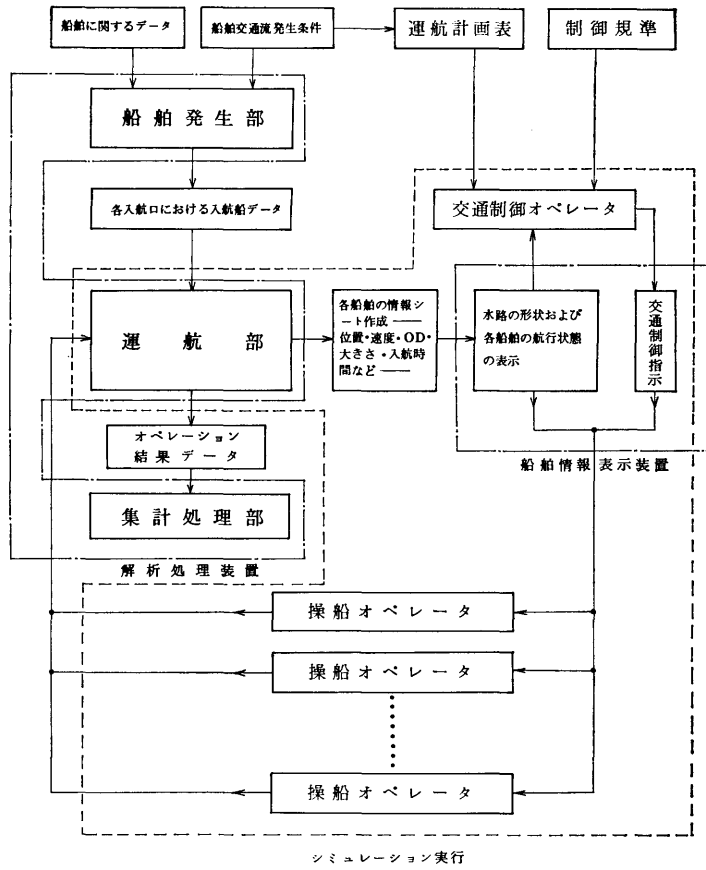


図-1 船舶交通流制御シミュレータのシステム図

に関する複雑なプログラムを必要とせず、かつ、人間オペレータの持つ恣意的な面が効果的に生かされてシミュレーションを行うことができる。

2. シミュレータの構成とシステムの概要

本シミュレータは、定められた対象水域において、その水域内の複数個の入航口より大きさの異なる各種船舶が逐次入航し、かつ、通航が行われるとき、ここで形成される交通流を、種々の制御方法で制御した場合、あるいは、船舶の操船特性を変えた場合などに、この交通流がどのように変化するかを適当に模擬した要素を用いてシミュレーションを行い研究調査する装置である。このシミュレータは主体が小型電子計算機とその付属装置で構成されるが、シミュレーション実行時、このシステムの各船の操船と交通流制御に関する部分は、人為 (manual) 的にそれぞれ操船オペレータと交通制御オペレータの操作により機能し、本シ

ステムは人間—機械系の閉ループを形づくる構造となっている。したがって、このシミュレーションは、在来の大型電子計算機を用いた船舶交通流シミュレーションと同様、微小時間ごとに現象の遷移を取扱うタイムスライシング法 (time slicing method) によることになる。

前述のように、このシミュレータの主体は小型電子計算機*と二、三の付属装置からなる解析処理装置で、シミュレーション実行時、図-1に示されるように、運航部として作動するものであるが、同時にこの装置は、この実行にさきだって、それに必要な入航船データの作成を行う船舶発生部としての役割をなし、かつまた、シミュレーション終了後、得られた交通流現象のデータの集計処理を行う集計処理部の機能をも併せ

* 使用した機種は基本コア12kWのOKITAC 4300Cで言語はJIS規格水準3000のBasic FORTRANである。

有するものである。したがって、解析処理装置の船舶発生部、運航部および集計処理部とはすべてこの順序に時間的にかけ離れたオフライン連結をなすものである。

まず、この解析処理装置の船舶発生部には、船舶交通発生条件と船舶特性に関するデータが与えられる。すなわち、シミュレーションにおいて運航する各船は、それぞれその大きさとともに対象水域内の入航地点（入航口）と到着地点（出航口）を定めたいわゆるOD (origin-destination) 情報を必要とし、設定交通量に対しこれらの船舶は、通常時間に関してランダム性を持った入航の順序づけが行われなければならない。このためこの船舶発生部は、各入航口における入航船データ*の作成を行うのである。

つぎに、シミュレーション実行時、同装置の運航部は、随時入航船データが読み込まれるがその時点で、水域中に存在する全船舶について、それらの速度、位置、出航口など各船に関する交通情報を作成する**。これらの船舶交通情報は、船舶情報表示装置に提供され、その表示装置の水域モデル上に各船がそれぞれ進行方向に向けられて位置表示される***。一方、この船舶情報表示装置上には交通制御オペレータによって、交通制御指示が行われる。このときの交通制御オペレータは、船舶交通発生条件からもたらされる運航計画表に従い船舶情報表示装置に示された大型船の入航などの船舶交通状態をつかみ、この状態を予め設定された交通制御規準に照らして適切な交通制御指示を行うものである****。

なお、船舶情報表示装置に示されている水域モデルは、予め計画された設定条件に従って、可航水路、各船の入出航口、バースなどの地形や交通制御区域などが明示されているものである。

* 本機種では紙テープ出力。

** 本機種ではLPペーパーシート出力。

*** 本シミュレータにおける船舶位置の表示は、便宜的に操船オペレータが、LPペーパーシートの直角座標表示を読み、その座標位置に船舶モデルを移動させる作業によって行われたが、ここで操船オペレータがこの作業を行う必然性はない。船舶交通情報を得て、各船の位置が何らかの方法により、表示板（表示面）上に示されればよいわけである。

**** 具体的な例は、大型船の水域モデル中の指定する区域への入航に際し、他の全船舶の同区域内航行禁止規制を行う場合、その航行禁止指示の指示板を掲げることである。

各船に対しては、それぞれ操船オペレータが対応して操船操作を行うが、このオペレータは船舶情報表示装置上における該当船の位置、速度、到達地点（出航口）、その船の近傍の水路形状および他船の航行状態などをよく把握し、総合的な判断のもとに、以後この船舶が進行する場合の将来位置を見定める。そして、これが現在の状態から判断して変更を必要とするときは、ここでとるべき操船内容を解析処理装置の運航部へ情報伝達する*。運航部では、新たに入航する船舶の情報とこの操船情報とを含めて、微小時間 ΔT (1ステップ時間) 後における全船舶の航行状態を計算し、前述のように船舶交通情報を作成し、船舶情報表示に供給するのである。

このように、ステップ時間ごとに、この操作が繰返され、所定の時間（シミュレーション時間）まで、継続される。

このシミュレーション実行中、各ステップ時間における各船の交通情報はすべて蓄積され**、シミュレーション終了後、解析処理装置の集計処理部で、所定の処理方式により区間内船舶密度分布、区間内操船回数分布、各OD別平均通間時間などの統計量が集計処理される。

3. シミュレータのシステム設計

このシミュレータは、シミュレーション実行時、船舶交通流を効果的に模擬し、所定の結果を得るため適正なシステム設計を行わなければならない。以下、そのシステム設計について概観する。

3.1 時間メッシュ

一般に、船舶交通現象を電子計算機で模擬してシミュレーションを行うときは、この現象モデルを変更しないかぎり、時間メッシュを細かく選ぶ方が、この現象の相似性 (similarity) の面からみて望ましいことである。しかし、今回のように、操船オペレータなど人間の介在する人間—機械系の構成を持つシステムでは、このシステムのオペレーション時に、人間に要求される時間当たりの情報量は、時間メッシュの細密化とともに著しく増大し、人間の持つ情報処理能力に対して過大となるようになり、作業効率の低下を招くよ

* 本シミュレータでは、操船オペレータが該当船のとるべき操船内容を紙片に明記し、その紙片を解析処理装置の操作員に渡し、操作員がその内容を打鍵して、同装置の入力とした。

** 本機種の場合は紙テープ出力。

表-1 超小型船と大型船の比較

総トン数 (トン)	最適速度 (m/sec)	旋回半径 (m)	1分当りの 回頭角(度)
10	2.8	10	963
3000	6.2	175	122

うになる。したがって、さきの相似性とこの作業効率の両面から適切な時間メッシュが選ばなければならない。

いま、この相似性の面から考察を加えてみよう。

このシミュレータで取扱われる船舶の運動性能は、後で述べる船舶モデルに関する経験式(2)より示されるとしているが、超小型船と大型船とでは、この運動性能に関する諸元の値に、1桁以上も大差がでてしまう。例えば、旋回半径と最適速度を採り上げ、総トン数10トンと3000トンの船舶について、ステップ時間1分間の旋回が行われた場合、回頭角を求めると表-1のような結果が得られる。船舶の大きさに無関係に非常に粗い時間メッシュをこのシミュレータに与えると回頭角は非常に大きくなり、しかも、この場合の回頭角の分解能は、船舶の大きさの相違によって異なってくるので、当然、前述の相似性の低下をきたすことになる。

このため、本システムでは、船舶の運動に関する処理計算の時間メッシュに応じたステップ時間 Δt はシステム全体のステップ時間 ΔT よりも短く、しかも、船舶の大きさに従属した値が選定されている。その選定の条件は、回頭角の最大分解能を5度とし、船舶の大きさに対して

$$\Delta t \leq 5 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{\rho}{V_0} < \Delta T \quad (1)$$

の形で与えた(記号 ρ , V_0 については、船舶モデルの項参照)。

また、船舶の速度の大きさに関しても、これと同様な考察が行われるが、今回設定された船舶モデルを使用するがぎり、速度の大きさについては、(2)式に示されるように、停止距離や最適速度の性能に関する定数が、指数定数 α の中に入るため、回頭角よりも影響が少ない。このため、特に船舶の接岸時の場合以外、回頭角に関する計算の時間メッシュを踏襲してさしつかえないように思われる。

3.2 船舶モデル

一般に、船舶の運動性能は、いままで多くの人びとによって研究調査が行われ、その成果は多岐にわたっ

て便覧²⁾などに纏められている。しかし、このシミュレータでは、船舶交通流制御というような巨視的現象を取扱うため、船舶モデルは特に簡略化された運動性能を持つものとして処理された。

このシミュレータでは、総トン数の異なった多種類の船舶モデルが取扱われたが、これらの船舶モデルの幅、最適速度(満載速度) V_0 、旋回半径 ρ 、停止距離 S など性能に関する諸元 Q は、多数の船舶データをもとにして得られた船舶の長さ L_{pp} を変数とする藤井の回帰直線³⁾

$$\log Q = A \log L_{pp} + B \pm \sigma \quad (2)$$

(A , B : 定数, σ : 標準偏差)

で求めることにした。

さらに、この船舶モデルの運動は、これが進路変更をはじめたならば、速やかに等円軌道に入り、また、速度の増減を伴う場合は、時間経過に従いそれが指数的に変るものとして取扱った。

すなわち、 t sec 後の速度と現在の速度をそれぞれ $|\vec{V}'|$, $|\vec{V}|$ とすれば

$$\left. \begin{aligned} \text{(増速)} \quad |\vec{V}'| &= |\vec{V}| + (V_0 - |\vec{V}|) \\ &\quad \times [1 - \exp(-\alpha t)] \\ \text{(減速)} \quad |\vec{V}'| &= |\vec{V}| \exp(-\alpha t) \\ \alpha &= V_0/S \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

と、また、進路を変えたときの回頭角 φ は

$$\varphi = \int_0^t \frac{|\vec{V}'|}{\rho} dt \quad (4)$$

に従うものとして簡略化が行われている。

その結果、本シミュレータシステムでは、小型船から大型船までを一元的な処理によって取扱う方法が採用された。

しかし、研究目的によっては、別の観点から運動性能を規定する船舶モデルが必要であると思われる。

3.3 船舶交通流の設定方法

本シミュレータにおける船舶交通流のパターン設定には、この対象水域と連なる船舶の入航口別に与えられた表-2の条件内容より、この地点から進入する船舶の発生条件を指定する方式が採用されている。

この方法は、つまり、水域モデルにおける船舶交通流の境界条件を定めるものであり、この処理は解析処理装置の船舶発生部が当るものである。

ここで、シミュレータシステム構成上必要とする船舶交通流関係の船舶情報を列記する。

- ① 船舶取扱いのための一連番号
- ② その船舶の大きさを示すタイプ番号

表-2 各入航口における船舶の発生条件

入航口 (バース) 番号 $i =$													
位置座標 $\bar{R}_i =$							幅員(長さ) $\bar{r}_i =$						
交通量 $G_i =$							サンプリング時間 $T_s =$						
入航口における船舶の平均進入方位 $\bar{\delta}_i =$													
出航口の 番号 船の タイプ 番号 の 大きさ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1												
2													
3													
4													
5													

- ③ この船舶がどの入航口からこの水域に入ったかを示す入航口番号
- ④ ③と同様に出口を示す出口番号
- ⑤ この船舶の現在位置
- ⑥ この船舶の現在速度
- ⑦ この船舶の現在加速度
- ⑧ この船舶が対象水域に入った時刻

したがって、各入航口より進入する船舶は、前記の②～⑥の項目の船舶情報が必要であり、これらの初期値をシミュレーション実行の前提として与えられた船舶交通流パターン条件で選定するため、本システムでは各入航口で表-2に示す事項が取扱われている。

この表-2の事項は、入航口の番号 (i) 指定から始まって、その水域モデル上における位置座標 (中心位置) \bar{R}_i とその大きさを表わす航路幅 \bar{r}_i など、入航口の構造に関するもののほか、この入航口へ進入する船舶の交通量 G_i とそのサンプリング時間 T_s 、ならびに、それら船舶の平均進入方位 $\bar{\delta}_i$ など船舶交通に関するものである。この表ではこのほか、船舶の交通流パターンに関するものとしては船舶の大きさと到達地 (出航口) に関する分類表がある。

なお、航路幅ベクトル \bar{r}_i の方向は、進入船の左舷から右舷に向う方向とする。また、ここで分類表が取扱われるわけは、通常、船舶航行水域を取り囲む立地条件から、この周辺地域における経済活動は固有の傾向を示し、必ずしも、船舶交通流パターンとこれを構成する船舶の大きさは独立でないことが多いような

ので、この情報としてここで導入したのである。

これらの条件から、ステップごとに各入航口に現われる船舶、すなわち、入航船のデータの作成に関する

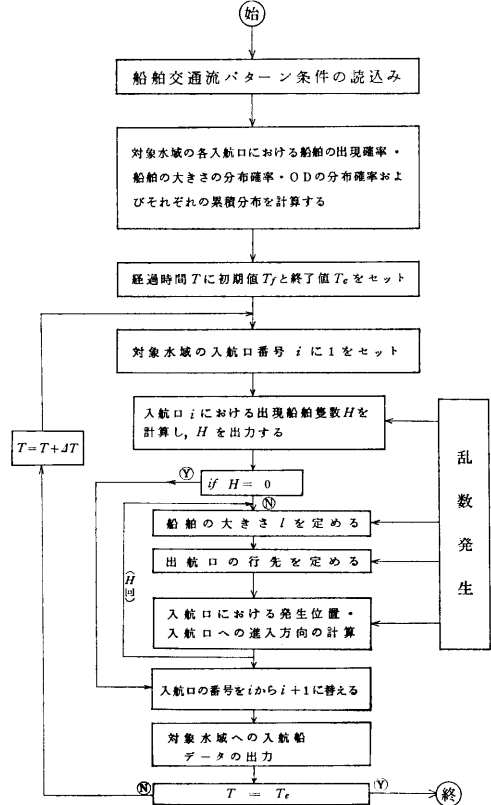


図-2 船舶発生部のシステム図

船舶発生部については、以下に言及する。

3.4 船舶発生部システム

船舶発生部システムは図-2に示す通りで、これは、入航口に現われる船舶の隻数とその船舶の大きさや到着地などを、これらに対する確率累積分布から定める方式をとっている。発生する船舶隻数の決定には、必要に応じてこのシステムに組込まれた乱数発生機構で計算される0から1までの8桁の一律乱数を用い、これと前記の累積分布とを比較して、各入航口における値を決定する方式である。なお、この場合の船舶の諸元は、前述の船舶モデルの式を用いる。

表-2から、ステップ時間 ΔT 内に、1つの入航口よりこの対象水域へ入航する船舶隻数を H とすれば、その確率 q_H は

$$\left. \begin{aligned} q_H &= \frac{M}{G_i + M}, H=0 \\ q_H &= \frac{M}{G_i + M} \cdot \frac{G_i}{G_i + M - 1} \cdot \dots \cdot \\ &\quad \times \frac{G_i - H + 1}{G_i + M - H}, H=1, 2, \dots, G_i \\ M &\equiv T_s / \Delta T \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

で与えられる。また、 H 隻の船舶の大きさを示すタイプ番号 l ($l=1, \dots, g$)*に関する確率 W_l とそれの船舶の到着地(出航口)の番号 D ($D=1, \dots, h$)*に関する確率 W_D は、表-2における分類表の成分 Γ_{pq} (p 行 q 列)から、それぞれ

$$W_l = \sum_{m=1}^h \Gamma_{lm} / \sum_{n=1}^g \sum_{m=1}^h \Gamma_{nm}, \quad (6)$$

$$W_D = \Gamma_{lD} / \sum_{m=1}^h \Gamma_{lm} \quad (7)$$

が得られる。

また、具体的に、この入航口へ進入する船舶の位置座標の選定には、この入航口(バース)の幅(長さ)が船舶の占有幅(占有長)に較べて非常に大きく、船舶を稠密に並べると10隻以上にもなる場合のあることを考慮して次式のような方式を採った。

すなわち、船舶の出現位置の座標 \bar{R}_0 は(入航口の場合)

$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_0 &= \bar{R}_i + \xi \left(1 - \frac{b_l}{|r_i|} \right) \frac{\bar{r}_i}{2} + \frac{b_l}{2} \frac{\bar{r}_i}{|r_i|}, \\ \bar{R}_0 &= R_i + \xi \left(1 - \frac{a_l}{|r_i|} \right) \bar{r}_i + \frac{a_l}{2} \frac{\bar{r}_i}{|r_i|} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

* 本機種の場合、船舶タイプ番号の最大 $g=5$ 、船舶の到着地点数の最大 $h=12$ 。

ただし、 \bar{R}_i, \bar{r}_i は表-2に示されるもので、 a_l, b_l は船舶の長さや幅で、また、添字 l は船舶の大きさを示すタイプ番号であり、 ξ は乱数である。

1つの入航口に2隻以上の船舶が現われるとき、上述の方法で船舶の出現位置の座標を計算すると、船舶同士が重なることもあるので、この場合は、再度乱数を引き直して、これを避けている。

また、入航口における進入時の船舶速度は、その方位を表-2に示された進入方位になるようにし、また、その大きさをその船舶の最適速度になるように選定している。ただし、この水域の制限速度よりも最適速度が大きい場合にはその制限速度を用いた。

3.5 運航部システム

この運航部システムは、このシミュレータにおける各種の処理機能を決定する重要な部分である。

ここで開発したこの部分のシステム構造は、図-3のように、シミュレータシステムのステップごとに、この水域を航行する船舶の各操船オペレータと対話し、オペレータの判断による指示に従って各船舶の運航状態を随時計算させる方式となっている。そして、この部分のシステム制御は前述のようにタイムスライシング法で行われているが、とくに操船操作に伴う船舶の速度や位置の計算処理過程では、このシミュレータシステムの時間メッシュよりも細かい前述の(1)式の条件で選定された船舶の大きさで異なる時間メッシュが用いられており、本シミュレータの相似性の向上が計られている。

つぎに、この運航システムのステップごとに行われる処理経過はつぎの通りである。

まず、対象水域へ進入する船舶に関するデータを読みこむ。そして、この水域中にある全船舶の速度・位置などの船舶情報を船舶情報表示装置へ提供するためのシートを作成する。

さらに、これらの船舶の1ステップ後における速度および位置に関する計算処理が行われるがその場合、船舶の航行状態から、操船オペレータの判断によって操船操作に関する指示が与えられた船舶は、その指示内容に従った運動を行い、そして、指示のないその他の船舶は現在の速度で等速運動するものとして、それぞれ取扱われている。

また、この対象水域を通過し終った船舶に対する処理はその船舶の番号および通過(出航)の情報が運航部に提供されると、運航部ではその船舶が水域を通過

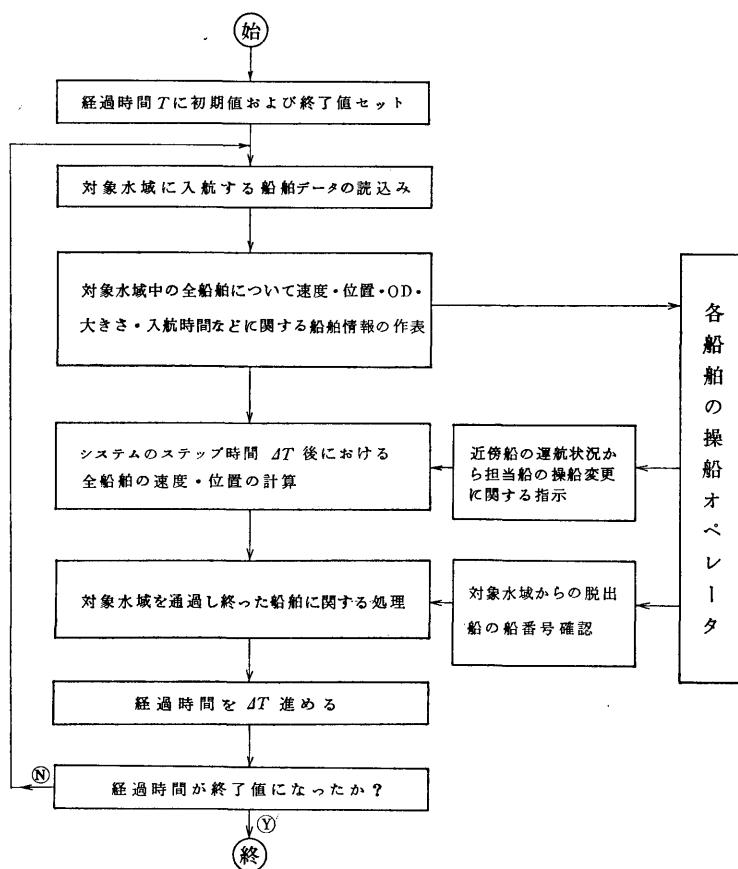


図-3 運航部のシステム図

するに要した通過時間を計算したのち、この船舶に関する一切の情報を抹消するようになっている。

以下、これらの手順が繰返される機構になっている。

なお、操船オペレータによって指示された操船内容や出航船の通過時間などは、前にも述べたように、その都度記録され、後で行う船舶交通流シミュレーション結果の集計処理に備えてある。

3.6 船舶の速度および位置の計算モデル

ここでは、本シミュレータの運航部で行う船舶の速度および位置の計算について具体的に説明する。

この計算モデルは図-4 に示した通りである。

この運航部システムでは、操船オペレータが操船操作を必要とする場合に行う指示は、この操作終了後における船舶の速度の大きさ V_t と現在の進行方向に対する回頭角 φ_s である。したがって、図-4 における操船操作終了後における最終の速度 \bar{V}_s は

$$\begin{pmatrix} V_{xs} \\ V_{ys} \end{pmatrix} = \frac{V_t}{|\bar{V}|} \cdot \begin{pmatrix} \cos \varphi_s & \sin \varphi_s \\ -\sin \varphi_s & \cos \varphi_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} \quad (9)$$

を成分とするものが与えられる。ただし、添字 x, y は直角座標における x および y 方向の成分を表わすものである。

また、この操船操作開始時の加速度 \bar{A} は、船舶モデルの(3)式を使って、

$$\begin{aligned} \bar{A} &= \frac{d\bar{V}'}{dt} = \frac{d}{dt} (|\bar{V}'| \cdot \bar{v}') \\ &= \frac{d|\bar{V}'|}{dt} \bar{v}' + |\bar{V}'| \frac{d\bar{v}'}{dt} \\ &= \frac{d|\bar{V}'|}{dt} \bar{v}' + \frac{|\bar{V}'|^2}{\rho} \bar{v}' \end{aligned} \quad (10)$$

と、

$$\frac{d|\bar{V}'|}{dt} = \begin{cases} \alpha(V_0 - |\bar{V}'|) & \text{増速} \\ 0 & \text{等速} \\ -\alpha|\bar{V}'| & \text{減速} \end{cases} \quad (11)$$

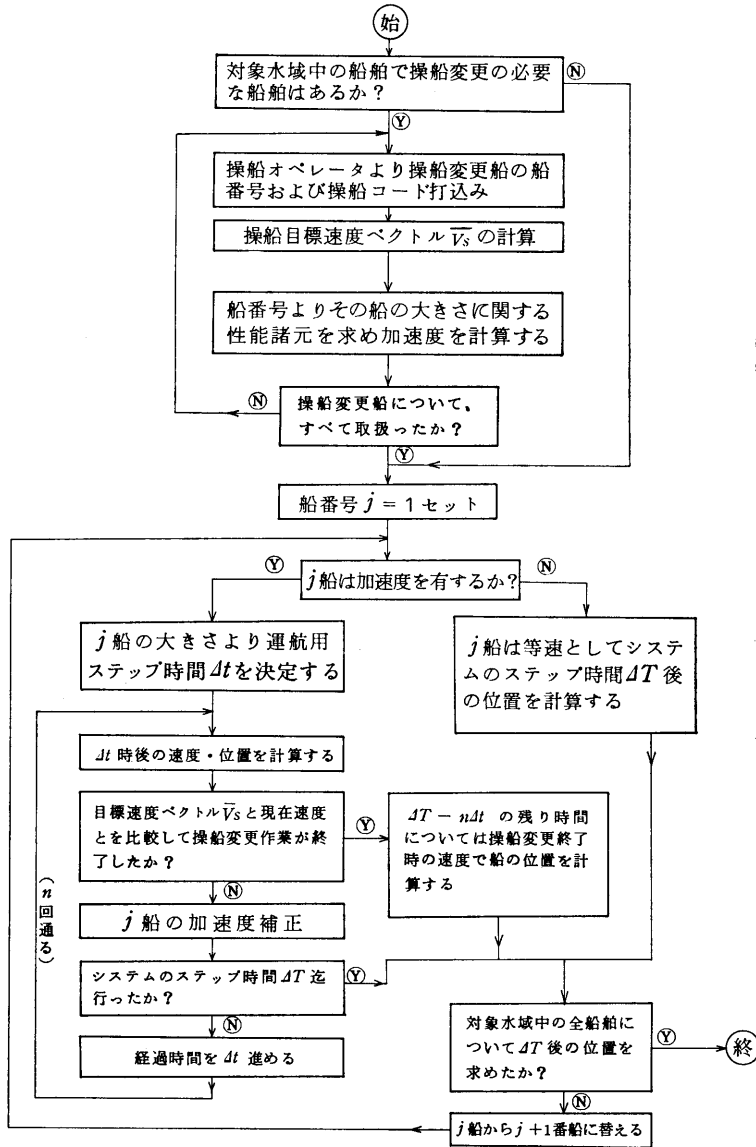


図-4 船舶の速度および位置の計算モデル

で近似的に与えた。そして、(10)式中の \vec{e} は船舶の旋回方向に関する単位ベクトルであって、その成分は、

- 右旋回の場合 $(v_y, -v_x)$
- 直進 " $(0, 0)$
- 左旋回 " $(-v_y, v_x)$

とする。

つぎに、この操船操作の終了に伴う船舶の運動終了の判定は、つぎのように取扱った。

速度の増減を伴うときの判定は、 \vec{v}_k を計算中の船舶速度とすると、 $|\vec{v}_k| - |\vec{v}_s|$ の絶対値が、その船舶の最適速度の5%の未満の場合に速度の増減操作は中止され、以後、等速となるとする。また、船舶の針路方向の変更を行わせるときには、 \vec{v}_k と \vec{v}_s の単位ベクトルで外積を作り、この値の絶対値が $\sin 5^\circ$ よりも小さくなると、この変針操作は中止され、以後、直進するものとした。

したがって、この判定の機構によって、操船操作の内容があるステップ内に完了した場合、そのステップ内のこの終了時点から、船舶は自動的に等速運動を行うことになる。しかし、このステップで完了しなかった場合、この船舶に対して、操船オペレータが新たな操船操作の指示を与えないかぎり、残りの操船操作内容は、自動的に以後のステップに継続され、前述の判定規準を満足するまで計算処理される。

3.7 操船操作の指示内容の規準化

このシミュレータシステムでは、操船操作が煩雑になることを防ぐため、操船オペレータが行う操船操作の指示内容の規準化（レベル）が行われている。

前項で言及したように、操船オペレータの行う操船操作の指示内容は、これに伴う船舶の運動の最終値（目標値）になっているが、この目標値は、その船舶の現在速度を基準として、相対的に設定する方式を採用している。

すなわち、減速操作においては、現在の速度の大きさの何分の1まで減速させるか、また、増速操作の場合は、その船舶の最適速度あるいは対象水域での制限速度のいずれかの低い値と現在の速度との差をとって、この値の何割まで増速させるかを選定する方式とした。よってそれぞれの値を1/2, 1/3, …… , 1/9および1割, 2割, …… , 9割に設定することで、速度の増減操作に対して規準化が行われた。実際、これらに対する操船コードは-1, -2, …… , -9および1, 2, …… , 9とし、速度の増減を伴わない場合のコードは0とし、したがって、合計19通り取扱われることにした。

また、船舶の針路変更を伴う操作では、現在の進行方向より右または左に何度というように10度刻みの値で指示を行うようにした。このときの回頭角に関するレベルコードは直進を含め0, ±1, ±2, …… , ±18の計37通り取扱われるように定めた。ここで、0は直進で、1は右へ10度、-1は左10度それぞれ旋回する場合を意味する。

このように、本シミュレータにおける操船操作に伴う船舶の運動の変更は、上の操船コードを介して行われ、作業の簡略化が計られている。

3.8 集計処理部システム

シミュレーション実行時、ステップ時間ごとに記録された船舶交通情報は、一連のシミュレーション終了後、船舶交通流特性の評価を行うに必要な諸量を得るためこの集計処理部で処理される。

ここで開発したこの処理プログラムの主なものはつぎの通りである。

- ① 船舶交通流のOD別ならびに船舶の大きさ別の通過時間を集計するもの。
- ② モデル水域の区間別ならびに船舶の大きさ別に船舶隻数を集計し、その時間変化による分布を得るもの。
- ③ 船舶別に操船オペレータによって行われた操船操作の開始時刻やその操作内容を対象水域への入航から出航まで経過時間に従って集計し、操船操作レコーダとして記録するもの。

4. む す び

いままで、船舶交通流の制御や交通流中における個々の船舶の運動を人間の判断のもとに制御するシミュレーションの手法は、実際の交通流現象の中で人間の判断で行う操作の占める割合が多いにもかかわらず、ほとんど行われていなかったようである。

そこで、今回、新しい試みとして、船舶の交通状態を解明する手段として、いわゆる人間-機械系を交通流システムの中にくりこんだ船舶交通流制御シミュレータの開発を行った。

そして、当所の機種の場合、このシミュレータの能力は、最大12個所の入航口より、最大5種類の大きさの異なる船舶が入航し、対象水域内に最大約300隻に達するような交通状態を処理し得るものであった。

この装置の運用に当たって、操船オペレータが各自の判断で、比較的妥当と思われる操船操作を行えば、交通流特性の定性的把握はもちろんのこと、実態観測や実験結果から得られた操船特性を十分認識した上で、このシミュレータの操船に関する操作を行うときは、定量的にもこの船舶交通流特性の把握が可能となるものと考えられる。

今後、このシミュレータのシステムの改良と、この装置のハードウェアの充実を計り、この種の問題解決手法として、この装置を十分役立たせたいと思っている。

参 考 文 献

- 1) 山田一成, 田中健一, 有村信夫, 金丸貞己: 海峡および水道の船舶交通現象に関する研究(C-I)水路網における船舶交通流のシミュレーション, 船舶技術研究所報告, 第8巻第4号, 昭46-7.
- 2) 造船協会編: 船舶工学便覧(第1分冊), 3版,

船番号	位置座標 (x, y)	速度 (m/sec)	OD	通過時間 (分)	船種	船名	船種	船名					
514	(7173, 1172)	4.30	1-5	2	220H	*	519	(191, 1299)	4.30	6-1-2	221H	*	
521	(7253, 1275)	4.30	1-5	2	223H	*	527	(2308, 1830)	4.30	6-2	2	227H	*
528	(7392, 421)	4.30	7-6	2	228H	*	530	(2212, 1257)	4.30	6-1	2	227H	*
531	(155, 1235)	4.30	4-1	2	230H	*	534	(5121, 1115)	4.30	1-6	2	232H	*
536	(4002, 1000)	4.30	1-6	2	233H	*	535	(8001, 1127)	4.30	2-6	2	235H	*
539	(3351, 1290)	4.30	5-1	2	235H	*	540	(547, 1304)	4.30	11-1	2	235H	*
541	(5753, 1127)	4.30	5-1	2	235H	*	543	(4294, 1080)	4.30	2-6	2	237H	*
544	(4536, 1173)	4.30	5-2	2	237H	*	545	(3605, 966)	4.30	1-4	2	238H	*
546	(4536, 1314)	4.30	6-2	2	238H	*	547	(4587, 1198)	4.30	6-1	2	238H	*
549	(3247, 966)	4.30	1-6	2	238H	*	549	(4711, 1127)	4.30	2-6	2	240H	*
553	(1125, 1191)	4.30	6-1	1	240H	*	552	(5329, 1347)	4.30	6-1	2	241H	*
554	(5573, 1339)	4.30	6-7	2	242H	*	554	(2221, 1769)	4.30	9-2	2	242H	*
555	(5336, 1325)	4.30	6-1	2	243H	*	557	(5788, 1289)	4.30	6-1	2	243H	*
558	(459, 1063)	4.30	2-1	2	244H	*	559	(4971, 1007)	4.30	3-4	2	245H	*
560	(6943, 1063)	4.30	6-4	1	245H	*	561	(1158, 1082)	4.30	3-4	2	246H	*
562	(879, 1000)	4.30	1-3	2	247H	*	563	(1280, 943)	4.30	1-2	2	247H	*
564	(4529, 1234)	4.30	4-7	2	247H	*	565	(4978, 1675)	4.30	6-7	2	247H	*
566	(2410, 1295)	4.30	11-1	2	247H	*	567	(6321, 1041)	5.00	5-1	5	248H	*
568	(6437, 929)	4.30	13-6	4	248H	*	569	(7123, 919)	4.30	5-6	2	250H	*
572	(6080, 1230)	4.30	10-2	2	250H	*	571	(3627, 1161)	4.30	11-5	2	250H	*
572	(259, 273)	4.30	1-3	2	251H	*	573	(258, 910)	4.30	1-2	2	251H	*
574	(259, 853)	4.30	1-4	2	251H	*							
576	(7255, 416)	4.30	7-2	2	251H	*							
578	(7255, 1410)	4.30	5-1	2	252H	*							

図A-1 船舶情報

ソフト	ソフコウ (アホカ =1 ナイカ =0)*****	1
フネノNO. *****	549	シヨロハ 1 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	559	シヨロハ -1 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	571	シヨロハ 8 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	562	シヨロハ 0 ハヤウハ 9
フネノNO. *****	514	シヨロハ -8 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	521	シヨロハ -9 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	523	シヨロハ 3 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	552	シヨロハ -2 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	565	シヨロハ -4 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	567	シヨロハ 1 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	569	シヨロハ -3 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	553	シヨロハ -1 ハヤウハ 0
フネノNO. *****	560	シヨロハ -4 ハヤウハ 0
フネノNO. *****		
シヨコウセツ (アホカ =1 ナイカ =0)*****		1
フネノNO. *****	533	1-3 20H
フネノNO. *****		

図A-2 操船オペレータによる操船内容と対象水域を通過し終った船舶の情報

コロナ社, 昭40-12.
 3) 藤井弥平: 海峡および水道の船舶交通現象に関する研究 (B-I) 航行容量の試算, 船舶技術研究所報告, 第3巻第5号, 昭41-9.

付録 データシートについて

今回開発されたシミュレータの実機がシミュレーション実行時に印字した船舶情報と操船操作内容および水域を通過し脱出した船舶に関する情報を表わすLPペーパーシートの一例を図A-1, 図A-2に示す。

図A-1の1行目は, 左から経過時間(分)と水域中における船舶の全隻数である。同図の2行目以下は, 各船の船舶情報を記録したものである。

左から, 船番号, 位置座標 (x, y), (m), 速度の大きさ (m/sec), OD, 船の大きさに関するタイプ番号 (1→引き船 (10トン), 2→100トン, 3→500トン, 4→1000トン, 5→3000トン), この水域へ進入した

入航時刻を示す。

また, 図A-2の1行目は, 解析処理装置が操船オペレータ (全船舶) に対して, 操船操作に伴う船舶の運動すなわち速度 (ベクトル) の変更の有無を問う印字であり, これに対して, このオペレータのうちの1人が, “変更あり” のコード1を解析処理装置の操作員に示し, 操作員がそのコードを打鍵したものである。2行目以下15行目までは, 同様オペレータの指示にもとづいて, 操作員がそれぞれの船番号, 回頭角のレベルコード, 速度の増減のレベルコードを打鍵したものを表わす。また, 16行目は前同様, 解析処理装置が操船オペレータに出航船の有無を問うているもので, これに読いて, “あり” のコード1を打鍵したものである。さらに, 17行目以下は, この通過し終った船舶に関する情報で, 左から, 船番号, OD, 通過時間(分)を示している。