

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

船舶の自動化と人的要素：
船橋の作業と機器の配置を中心として

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2011-11-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 井上, 一規 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/896

修士論文

船舶の自動化と人的要素
題目 （船橋の作業と機器の配置を中心として）

指導教授 飯島幸人

商船学研究科 航海学 専攻

昭和 54 年入学

氏名 井上一規

昭和 56 年 1 月 31 日提出

目 次

1.	まえがき	1
2.	船橋の当直作業	3
2.1	当直作業と甲板部員	
2.2	A社における甲板部員の当直 形態	5
2.3	他の外航船の甲板部員当直の例	7
2.4	職員の単独当直について	9
2.5	考察	9
3.	船橋作業のシミュレーション	12
3.1	船橋作業の分析	13
3.2	船橋作業のモデル	17
3.3	シミュレーションの実行	29
3.4	評価の方法	39
3.5	考察	42
3.6	シミュレーションモデルの拡張	54
3.7	改良シミュレーションモデルの結果と考察	71

4. 結論 75

5. あとがき 77

参考文献 79

付 録

A. 自動化船の歴史 A1

B. 航海計器の信頼性 A18

C. プログラムコーディング例 A33

1 まえがき

船舶の自動化の歩みは航海計器の開発、人件費の高騰、燃料費の高騰および貨物輸送システムの変化などの要因によってこの数年著しく進んでいる。昭和38年頃から始まった自動化船の研究開発の成果として近年では、9500総トン型の貨物船が、航海速力約20ノット乗組員数20名前後と昭和38年の想定モデル船へ近づきつつある。船舶の自動化は、船用機関の遠隔操作および自動計測の開発から着手され、甲板機器の動力化や遠隔操作の導入、M.O.船級取得船の増加となった。このように主機関の船橋制御や集中管理および貨物輸送システムの近代化が進んでいる中で航海中の船橋当直作業は旧来のままであって進歩しているとは言い難い。本論文では、航海全体の合理化を考える基本として、航海中の船橋当直作業の能率化をはかる為に航海の情報の流れに視点を置いて船橋内の機器の配置をいかにすべきか計算機シミュレーションをおこない解析した。

機器の船橋での適正な配置の検討を行うに際して、船橋において発生する航海情報

とデータを当直者が処理できるかどうかを評価の目安とし、設備の配置を変えたときのその評価の変化によって配置の優劣を求めた。このようなシミュレーションを行なうに先立ち航海情報のデータの発生確率や船橋当直体制を調べ、従来の自動化の発展の中で必要とされた設備や支援体制を調べ、従来の自動化の発展の中で必要とされた設備や支援体制などを参考とし、航海計器の信頼性の面を参考とした。したがって本論文ではこれらの調査を付録に記し、シミュレーションでは単純なモデルから始めてまず本研究の方法を確立した。次にこの方法を拡張し、実船に近い船橋配置モデルでシミュレーションを実行した。

本研究では、船橋の設備を8ヶ所の作業基地にあるものと限定したので、実船による実験とは異なる面もあるが、1名当直体制における今後の船橋設備の適正な配置を、評価する一つの手法が確立できるものと考えられる。

2. 船橋の当直作業

従来船橋当直作業は、甲板手による操舵作業と航海士による航海当直作業であった。しかし、船舶の自動化と少人数運航ということから、これらの作業も一度見直ししてみることがある。操舵作業に関しては、オートパイロットの性能向上で通常の航海では船橋の操舵の甲板手が不要となるかもしれない。しかし、狭水道などでは操舵作業の負荷が集中するので、これらを考慮して船橋の当直作業を考えなければならぬ。このような観点から、この章では現状の甲板部員による操舵当直作業と航海士1名当直について考察をおこなう。

2.1 当直作業と甲板部員

船橋の当直作業は、船舶システムの中の運航サブシステムの一つの作業である。当直者は主機関の制御と針路の保持、船舶の位置測定と船舶のまわりの環境の把握などの作業を遂行する。当直作業は、大洋航海や沿岸航海では、航海士が行い、狭視界時や狭水道と出入港では船長と航海士が行う。いずれの場合も甲板手は、操舵担当の作業と当直者の補助員として船橋の当直作業に従事している。当直作業の中の甲板手の役割についてここでは、省力化の進んでいる外航コンテナ船について調べた。A社外航コンテナ船の場合、甲板長1名、甲板手3名、執職甲板員1名および甲板員1名の計6名が甲板部員である。この人数は、船員法第70条に決められた最少の人数で、このうち甲板手3名が航海の船橋当直作業に従事している。甲板長は職長として甲板部作業の計画と指導にあたり当直作業にはつかない。執職甲板員は、従来の船匠と倉庫手の作業（清水、バラストの計測、ポンプの操作と庫内整理など）を行う経験を積んだ甲板手である。

甲板員は 甲板部作業と甲板長、執職甲板員とおこなひ、狭視界時や狭水道通過時などには 操舵や見張の補助要員として船橋の当直作業に従事する。

2.2 A社における甲板部員の当直形態

(a) 通常航海の場合

通常航海は 大洋航海と沿岸航海であつて 4時間当直を3交代で3人の甲板手でおこなう。

(b) 長時間狭水道通過の場合

狭水道通過時は手動操舵を行なう為、2名の甲板部の部員を必要とする。短時間の狭水道通過においては長時間狭水道通過の場合に準じて 甲板員が応援要員として昇橋する 경우가多いので ここでは長時間狭水道通過の例をあげる。

(イ) 甲板手6時間当直と甲板員の応援

長時間のスタンバイで手動操舵が必要な場合 図2.1で示すように甲板手を6時間当直としこれに甲板員の応援を加えて 4人当直体制を組む。ただし操舵は 1時間交代でおこなう。

(ロ) 甲板手4時間当直と甲板員の応援

甲板手3名が通常の航海当直体制で当直

し、甲板員は連続して当直と応援する。

この体制を図2.1に示す。

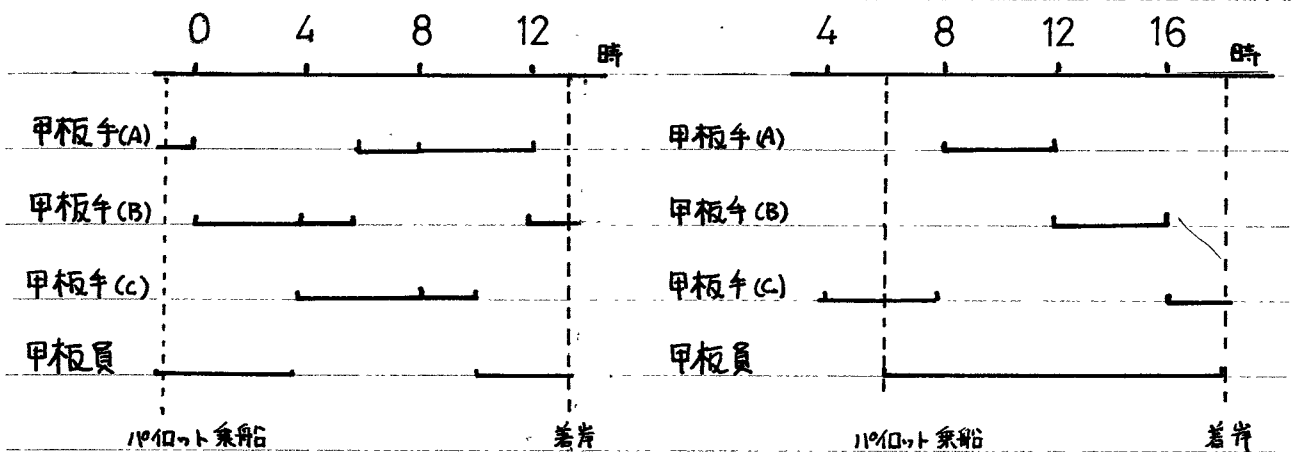


図 2.1

図 2.2

(c) 出入港時の場合

入港時は、入港の船首尾作業につく1時間程前から船長の命令により船橋当直の甲板部員を2名にする。通常の甲板手の他の1名は当直以外の甲板手か甲板員である。当直の甲板手と共に操舵、見張や旗流信号の準備などの船橋での作業と甲板部員はおこなう。そして船首尾配置準備の命令によって着岸準備作業に、船首あるいは船尾に立つ。出港時は、船首尾配置解除の命令ののちに甲板員は昇橋し、入港時と同様の作業をおこなう。

(d) 狭視界時の場合

大洋および沿岸航行中の狭視界時には

船長が昇橋するが、さらに増員してリーダーによる見張をおこなう操舵はオートパイロットでおこなうので、部員の増員はほとんどおこなわれない。操舵を手動でおこなわなければならないような状況では前述の狭水道の場合と同じような当直体制をおこなう。

以上のように小人数で運航されている外航船の代表例であるコンテナ船では部員の当直は通常3名でおこなわれており、狭水道や出入港の場合でも4名でおこなわれている。

2.3 他の外航船の甲板部員当直の例

さらに他の船会社あるいは、他の船種について調査するために、船長協会の在勤船長数名に面接し船長の当直方針について聞いた。その結果を総合すると、12時間前後におよぶ狭水道通過のスタンバイにおいては、甲板手3名と甲板員1名の計4名で十分であるが、なるべく過剰労働にならないように考慮し、入港後の甲板部作業も勘案の上、甲板長や執職甲板員等の作業がない場合などは、彼らも当直に入れて6名で行なうこともあり得る。しかし専用船の場合は、入港後すぐに荷役中のバラストの

調整や荷役作業がある場合が多いので、甲板長や執職甲板員は当直に入れない場合が多いとの事である。

また、出港時については、狭水道通過後大洋航海となるときは乗組員の休息は十分与えることができるので狭水道通過中の時間外作業とならないような当直体制でおこなうことである。船長協会の在勤船長の採用している12時間程度のスタンバイ時の当直について図2.3、図2.4に示す。

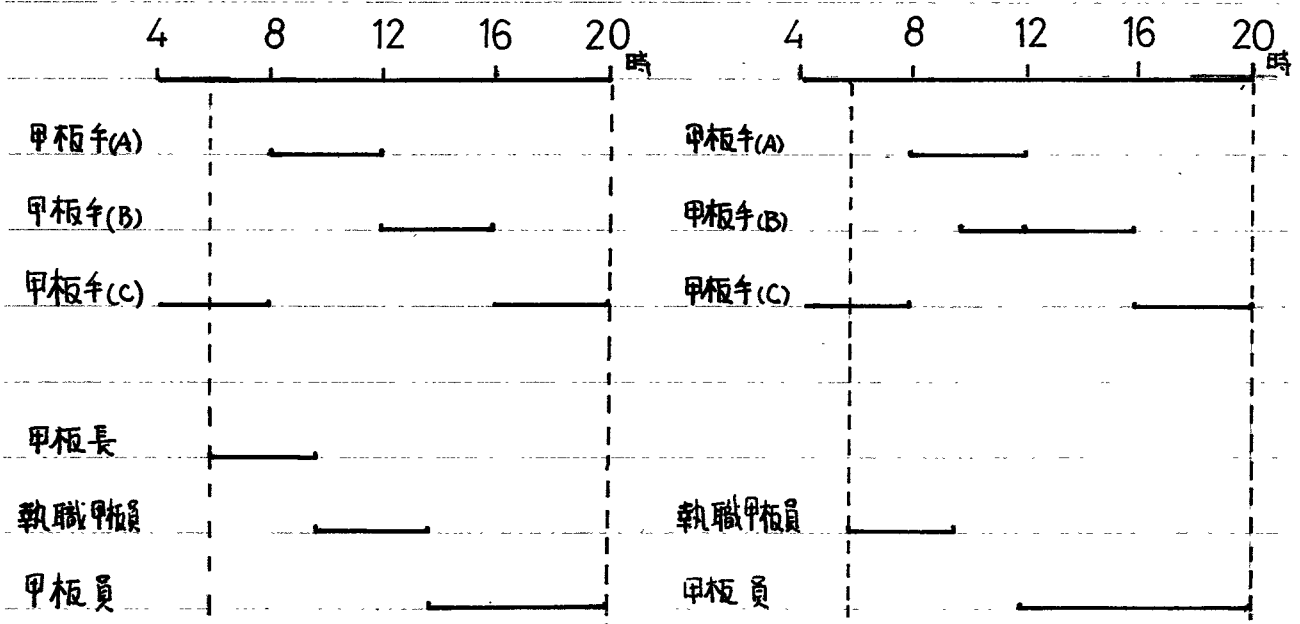


図2.3 甲板長を入れて6名で当直

図2.4 甲板長を含まない5名で当直

主要な狭水道は100マイル前後であって要する時間は12時間前後でこれらの方法は一般的であるといえる。

2.4 職員の単独当直について

船員制度近代化委員会では、大洋航海中の甲板手当直の有無について実験船で実験をおこなない、その結果を昭和55年3月に報告している。報告書によれば実験は、タイムスタディ法により5隻の船舶で昼間に通常の当直の場合と、航海士1名の当直の場合とでおこなわれた。5隻の実験船での作業発生頻度の平均を図^{2.5}にまとめた。2名当直の8時-12時、三等航海士の当直では見張、位置の作業の比率が大きく12時-16時二等航海士の場合、海図作業や書類作業などの作業の占める比率が大きい。1名当直の場合操船作業に若干の増加がみられ、また位置の作業が増加している。しかし大洋航海中の各船の対象者は苦もなく作業をおこなっており実験はとどをおこななく1名当直でも支障なく遂行された。これによって1名当直でも、船橋の当直作業が昼間維持可能な状況が存在することが確認されたと報告された。

2.5 考察

航海中の船橋当直の主たる作業は位置の決定と針路保持と見張の作業である。これらの作業をおこなうのは船長および

大洋航海における船橋作業比率

船舶制度近代化委員会報告書より
昭和55年3月

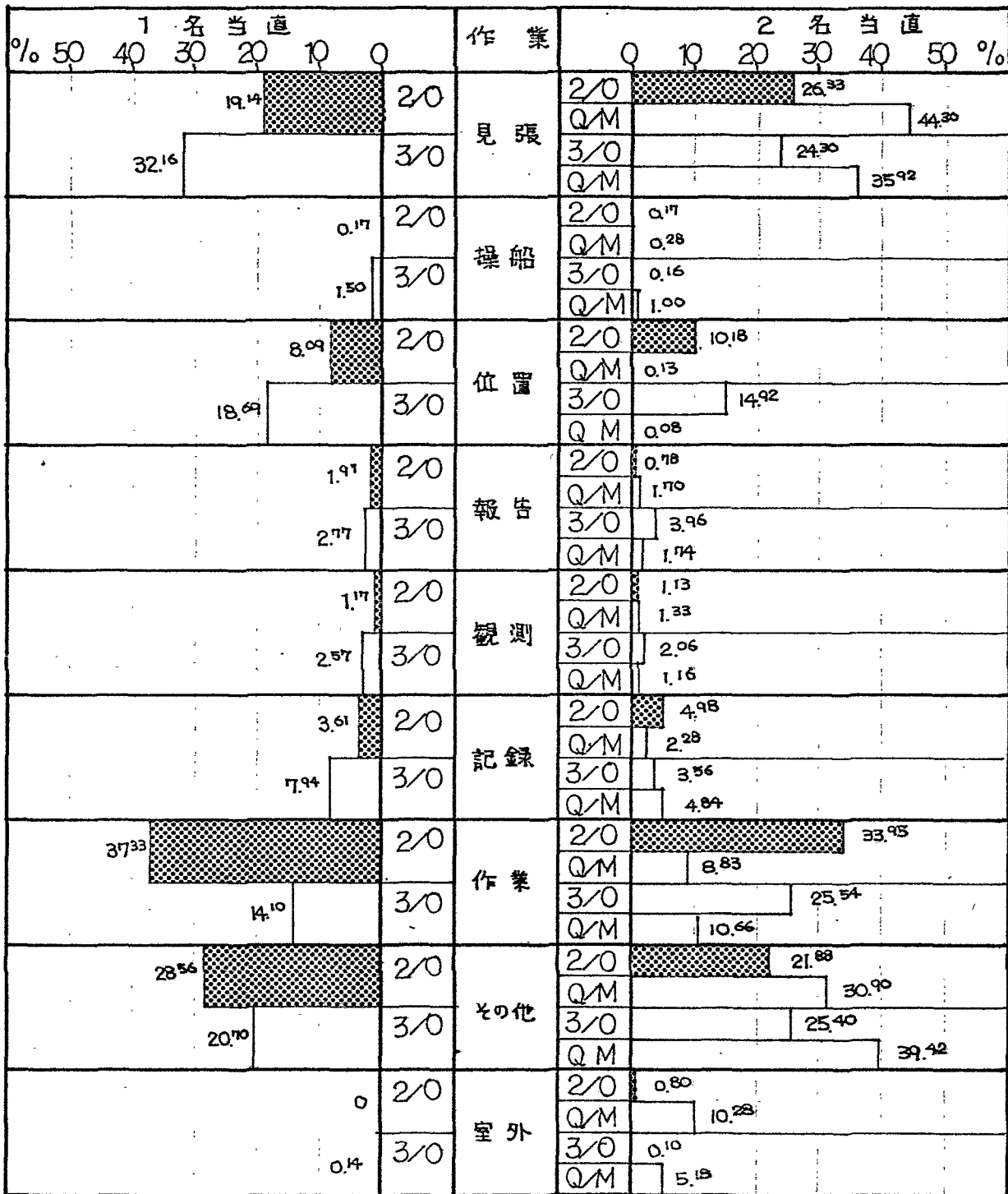


図 2.5 大洋航海における船橋作業比率

航海士であるので彼らの作業量や作業にも
なう行動について検討することが、船橋
の当直作業の近代化や作業の能率の向上や
航海の安全性を高めると考察した。

甲板手の当直作業は主として操舵作業で
あり、オートパイロットの性能向上によっ
てはさらに作業が軽減されると考えられ
る。すなわち、手動操舵をおこなわねば
ならない時、たとえば狭水道や荒天航海
や減速航海の時などの自動操舵が可能
となるようにオートパイロットの開
発をおこなえばよい。

航海士単独当直をおこなう船橋には、
装備すべき機器やそれらの信頼性など
について明確な規則や基準をMo船の
ように設置して航海の安全性の確保
も考慮すべきであると考え
る。

3. 船橋作業のシミュレーション

前章で、甲板手の船橋当直作業での役割が明確化され、船橋当直を航海士が1名で作業する場合も考えられた。これをもとにして船長や航海士が、能率的に航海の安全を確保できるような最適な船橋の装置の配置を求めるために、シミュレーションによる考察をおこなう。

3.1 船橋作業の分析

船長および航海士が、大洋航海、沿岸航海と狭水道航海の各フェーズで船舶の安全と能率的な通航を目的として、見張の作業や針路保持の作業および位置の測定をおこなうことを、船橋の作業とする。

船橋作業の中で、見張の作業の全体に占める割合が大きいが、表3.1よりわかる。

表3.1 作業発生頻度表

フェーズ \ 作業	見張	操船	位置	連絡	観測	作業	その他
	%	%	%	%	%	%	%
大洋航海	62.3	—	3.7	1.6	2.8	10.5	19.1
沿岸航海	45.2 61.9	25.4 28.4	6.9 7.9	—	2.9	5.3 15.3	2.6 11.2
狭水道航海	37.3	35.3	4.2	9.6	0.2	7.2	6.2

(船員制度近代化委員会資料 1980.3)

表3.1内の操船作業には、見張の作業の結果としての避航操船と、針路保持作業のための操船が含まれており、連絡作業には、他船や航行援助機関などの外部との連絡と、機関室や無線室などの船内との連絡とがある。狭水道航海の場合の連絡作業は、これらに加えて船長と航海士の間会話も含まれる。船橋内でおこなわれる会話での情報伝達は、図3.1と図3.2に見られるように一方通行の場合が多い。会話による伝達は、外部の環境や自船の状態などのデータが保

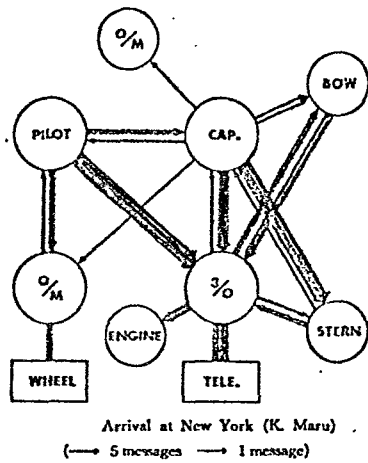


図 3.1
 Information flow and frequency of communication
 in case of Ship K was arriving at Port of New York.
 Data from Morikiyo, (1967) (10)

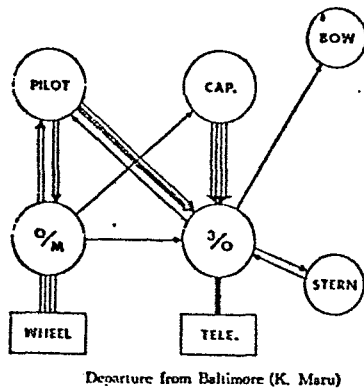


図 3.2
 Information flow and frequency of communication
 in case of Ship K was leaving Port of Baltimore.
 Data from Morikiyo, (1967) (10)

存されたり選択されたりして、情報として密度が高い。

次に船橋での当直者の動きに

ついて、図 3.3 と

表 3.2 に示す。出

入港時の当直作業について、F

丸と M 丸の二船で、1 分間サン

プリーングで当直者の動きを解析

したデータである。船橋を 10ヶ

所に分けてその占位についてを

大橋信夫氏(海

上労働科学研究所)が、集中度係数を持ちいて解析したものであつて、外部からの情報を把握する位置は分散していると述べている。

船橋における作業員の動き

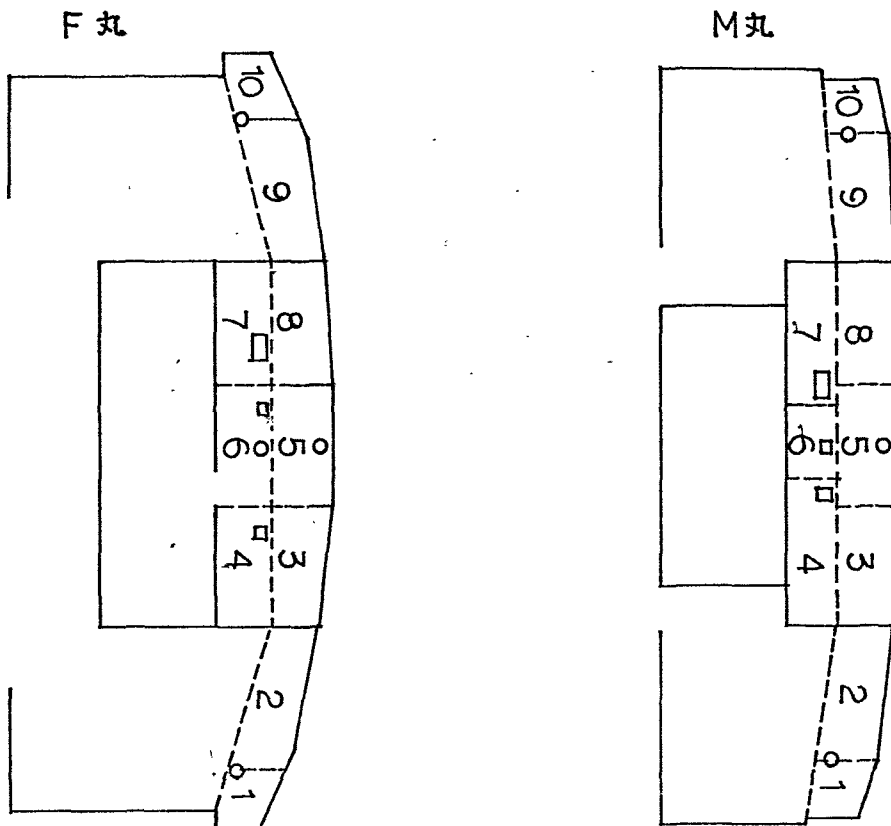


図 3.3

表 3.2

港	作業員	船	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計									
神戸	pilot	A F	1	2	6	0	35	0	0	5	1	7	57									
		B M	7	2	2	0	19	0	0	1	1	0	32									
	capt	C F	1	1	6	0	34	0	0	7	2	6	57									
		D M	0	4	5	2	4	0	1	18	14	0	0	1	5	2	0	1	33	32		
	30	E M	1	0	0	2	2	29	27	1	2	0	0	0	0	0	0	0	33	32		
関門	pilot	F F	3	3	9	0	64	0	0	6	12	0	97									
	capt	G F	0	3	6	0	70	0	0	6	11	1	97									
		H M	0	4	1	0	48	0	1	20	1	1	76									
	30	I F	0	2	7	78	8	0	0	0	0	0	95									
		J M	0	3	3	68	2	0	0	0	0	0	76									
名古屋	pilot	K M	0	0	6	0	41	0	1	12	2	6	68									
	capt	L M	0	0	1	1	1	0	0	40	24	0	0	1	4	7	25	0	7	0	50	67
		30	M M	0	1	2	46	1	0	0	0	0	0	50								
備考			出港時における占位回数 / 入港時における占位回数										海上労働科学研究所 大橋 信夫氏より									

以上のように、船舶システムの中のサブシステムの中の船橋作業は、データの収集とそのデータでの意志決定と、それに従って行動する人間と行動を受け取る機械とでおこなわれる。人間のデータの収集と処理が、船橋作業で能率よく安全な航海を行なうためにどのように行なわれているかを検討する目的で、計算機によるシミュレーションをおこなった。

計算は東京大学計算機センターのHITAC M200Hを使い、GPSS言語をもちいた。

3.2 船橋作業のモデル

船橋作業はさまざまの要素が作用しあっているため、作業の能率と航海の安全性について定量的な評価をおこなうことは難しい。そこで作業の能率と航海の安全性を評価しやすい量に等価変換せざるを得ない。当直作業の簡単なモデル化をおこなった。

当直者（船長あるいは航海士）は船橋の一定の場所で一定の作業をおこなうと仮定し、その場所を作業基地とした。図3.4のように8ヶ所を定めた。

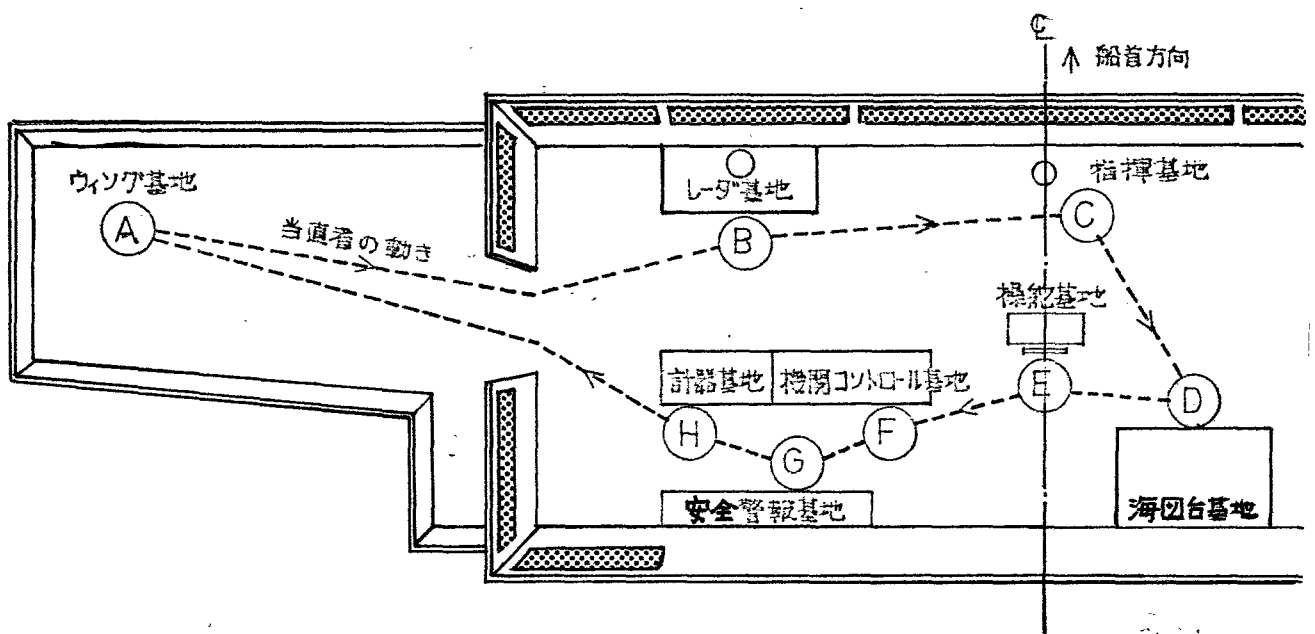


図 34

(a) 航海のデータと情報処理

航海中 船橋で当直者が認識するデータを航海のデータとし、認識をデータの受け取りとする。航海のデータは船舶システム

の外部環境から得られるデータと船舶システム内から得られるデータとに分けられる。すなわち外部環境から得られるデータは他船の方位や距離等であり、内部からのデータは主機関の回転数や設定針路などである。これらの航海のデータを当直者が受け取り、判断や意志決定を加えることで情報に変換する。ここでの情報の処理の過程を情報処理とする。このモデルでは、各作業基地で発生した航海のデータを当直者が受け取りそのデータの行先の作業基地まで運びそして解放することで情報処理をおこなうとした。作業基地とそこで発生する航海のデータについて表3.3に示す。たとえばレーダ基地で発生するデータ(他船の方位、距離、相対速度、相対方位変化など)を当直者が受けとり、操舵基地へ行きそのデータを解放することで(転舵することなど)で、衝突防止の行動がとられ、その結果として転舵のデータが操舵基地で発生し、それを当直者が受けとって指揮基地まではこが解放することで避航の作業がおこなわれるとした。したがって発生する航海のデータにその行先のデータを付加させることでデータの内容

表 3.3 作業基地と航海のデータ

作業基地	設置機器	航海のデータ
A ウイング 基地	ジャイロレコーダ 回転計 舵角指示器 国際VHF送受信機 操船指令装置 ホイスル 発信信号器	他船の針路, 方位 物標の方位 天候, 天体の方位角, 高度 岸陸との距離 自船の速力 正横通過物標 操船指令 後方視界
B レーダ 基地	レーダ 受信機 衝突防止装置 プロッタリングディスク	他船の針路, 方位 距離 CPA TCPA 物標の方位, 距離
C 指揮 基地	回転計 舵角指示器 速力計 ジャイロレコーダ ホイスル 時計 風向, 風速計 国際VHF送受信機 操船指令装置 船内指令装置	自船の針路, 速力 他船の針路 方位 距離 風向 風速 国際VHF通信 船内指令 操船指令
D 海図台 基地	海図机 ロック 時計 海図 水路誌	自船の位置 航跡 目的地 距離 計画航路 危険水域 物標の位置
E 操舵 基地	操舵機 AUTO PILOT ジャイロレコーダ マグネティックコンパス	針路 マグネティックコンパス 方位 磁差 "操舵手が いれば" 他船の方位
F 機関 コントロール基地	エンジン テレグラフ パワースタタコントロール 回転数 機関異常アラーム	主機関 コントロール パワースタタコントロール 機関運転状況
G 安全警報 基地	機関室 火災警報 船内火災警報 オートアラーム 航海灯 データロガー コスレーダ 作業灯	緊急無線受信 火災 記録
H 計器 基地	測深機 時計 NNSS ロラン オメガ 探測(D.F.) FAX 受信器 ログ SSB 電話 マリネット送受信機	水深 グリニッジ時刻, 船位 天気予報, 天気図 外部通信

の分類をおこなうとした。たとえば L-9 基地で発生する海図台基地行のデータは位置に関するデータとした。この際の基地で発生するデータの時間間隔を狭水道での船橋当直作業の測定にもとづいて決めた。たとえば見張作業の時間間隔と平均値 2 分の指数分布の対応を図 3.5 に示す。

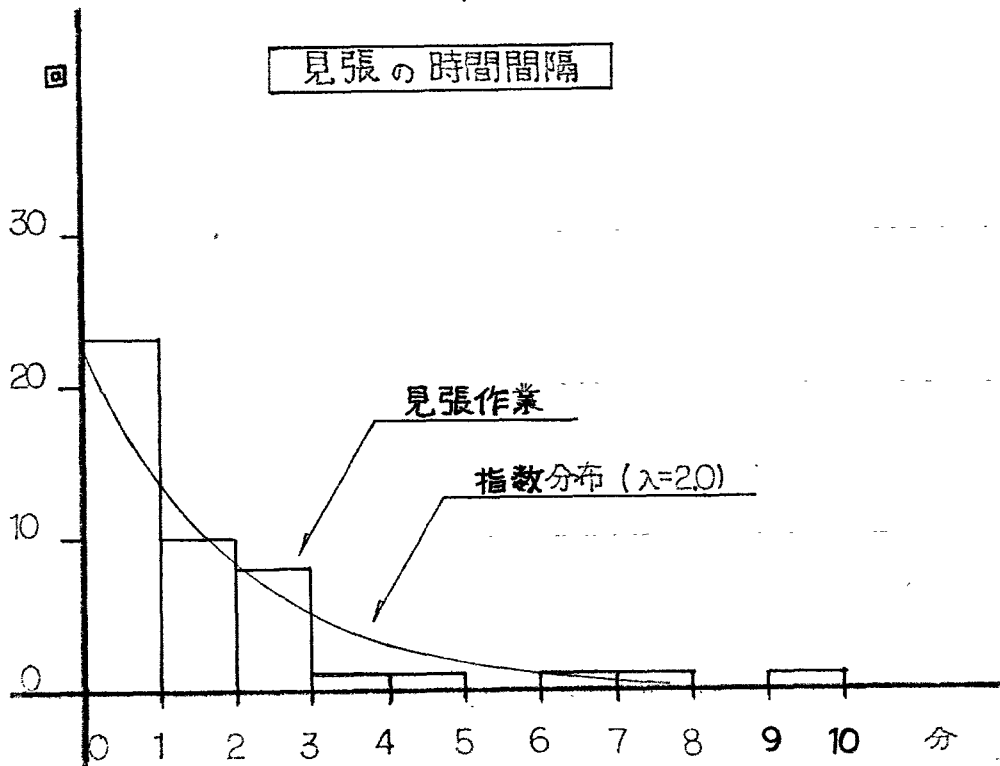


図 3.5

見張の時間間隔

χ^2 検定で 1% の有意性があったので、見張のデータの発生時間間隔には平均値 2 分の指数分布をもちいた。この作業測定はサンプリングタイムが 1 分であり、作業の細分化がおこなわれていないので航海のデータの発生と行先の分布にはこれを

図 36 狭水道における作業の時間間隔

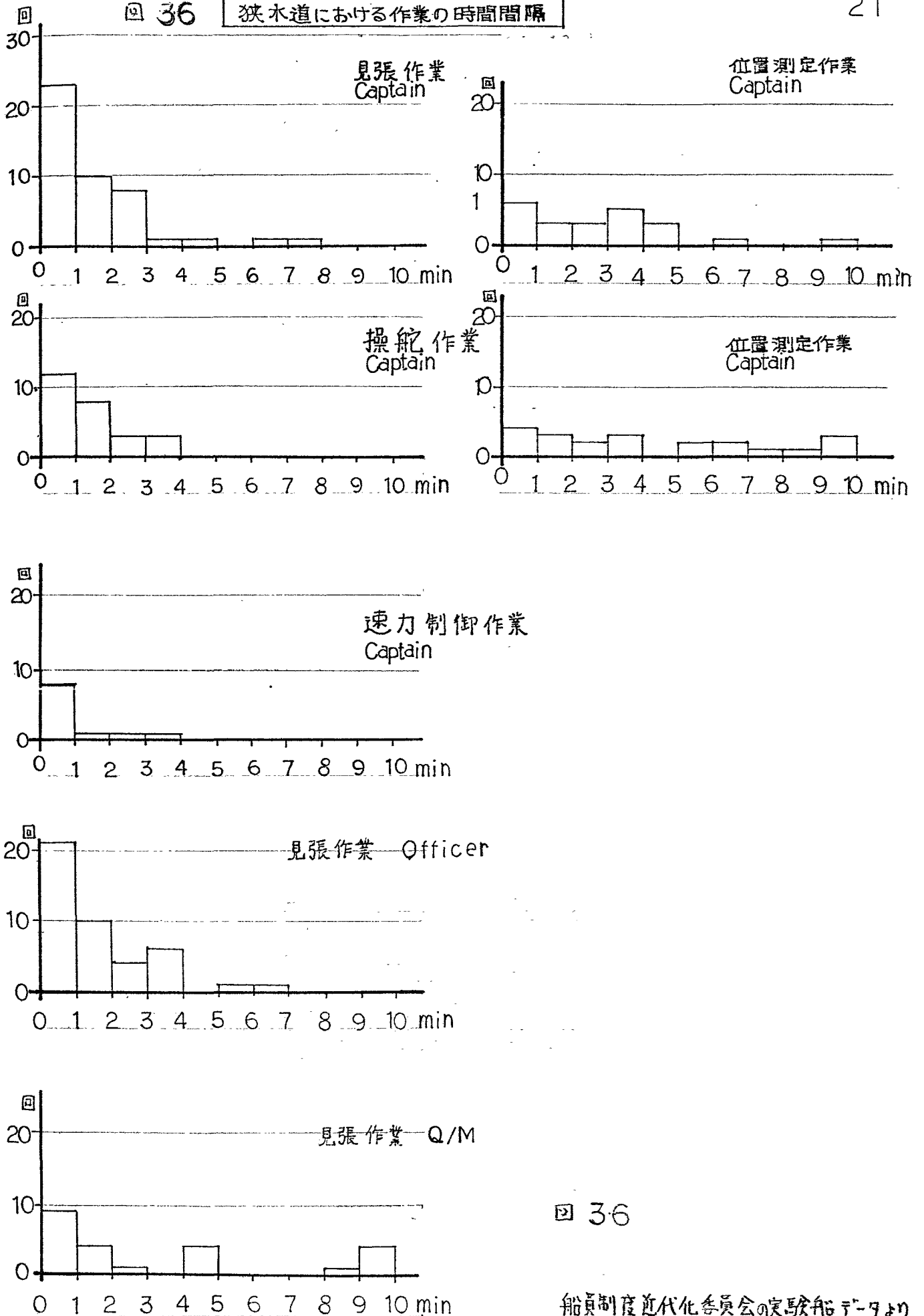


図 36

もとに類推した。図3.6に狭水道での作業の発生頻度を示す。

(b) データの受け渡しと当直者

1名当直モデルと2名当直モデルでおこなう。1名当直モデルとは航海士1名で当直作業をおこなうモデルであり、2名当直モデルは航海士と船長の2名で航海当直をするモデルである。甲板への有無は操舵基地で発生するデータの分布で考慮した。

航海士は各作業基地を巡回し、船長はウイング基地、レーダ基地、指揮基地および海図台基地を巡回する。船長は指揮基地で会話で航海士へデータの伝達をおこなうものとした。会話の内容は集計することとした。一つのデータの受け取り時間は3秒から63秒の一樣分布に従う確率とし、会話は5個のデータが3秒から33秒の一樣分布に従う確率で決めた。

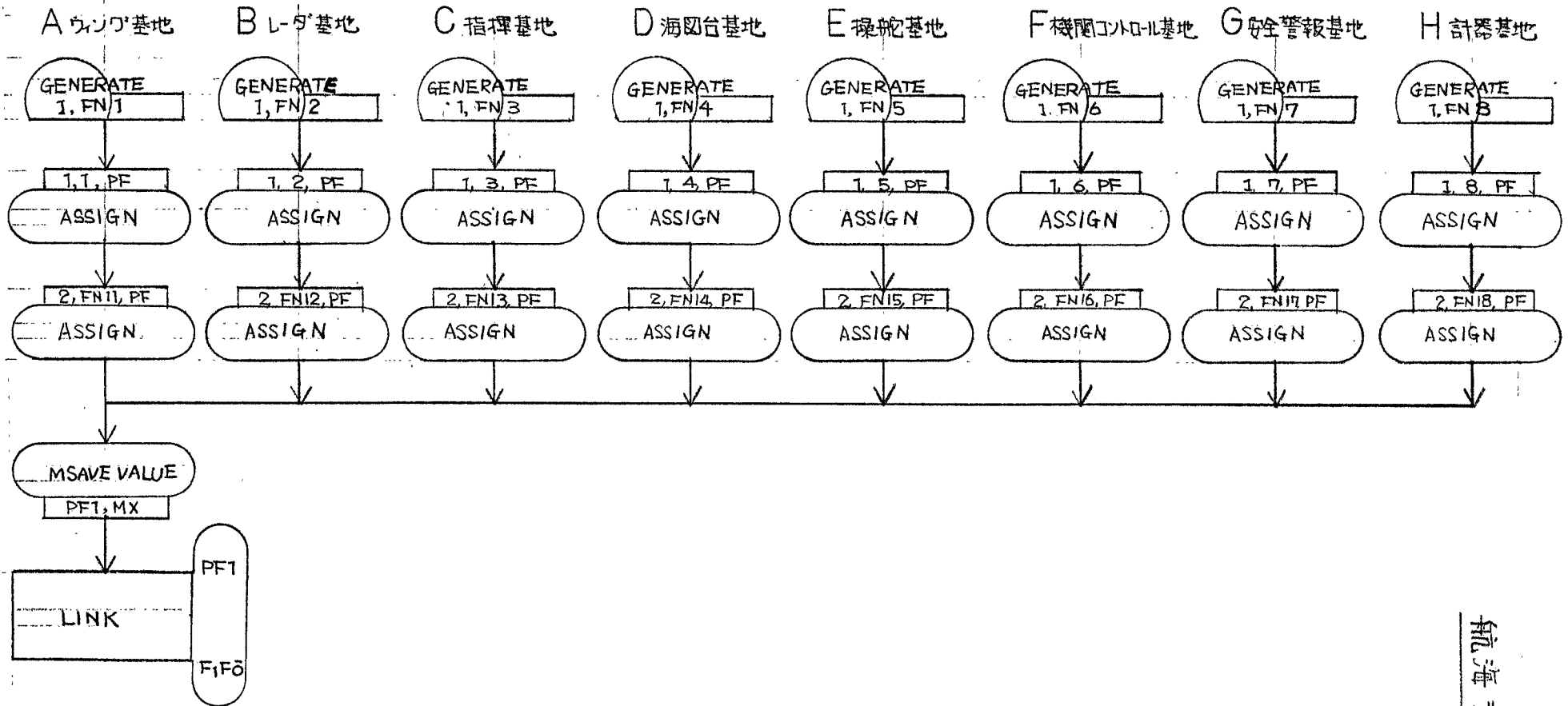
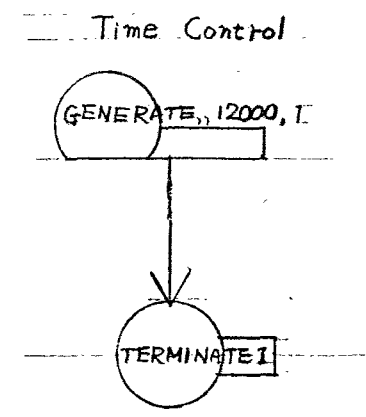
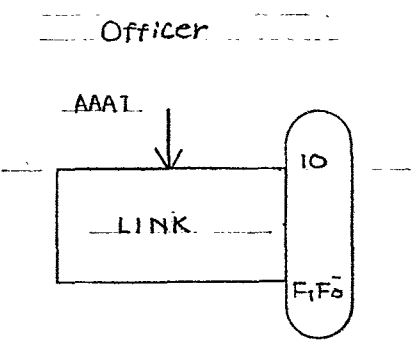
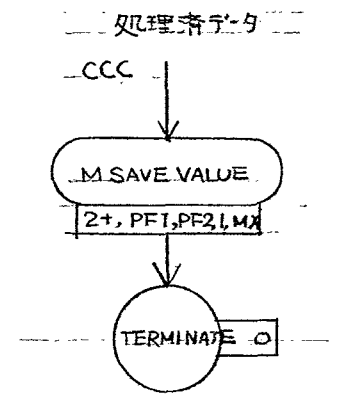
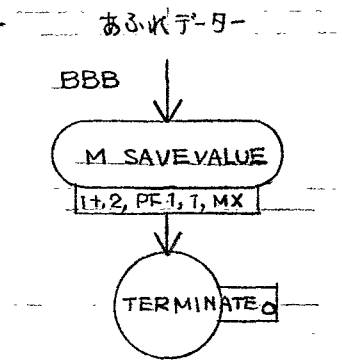
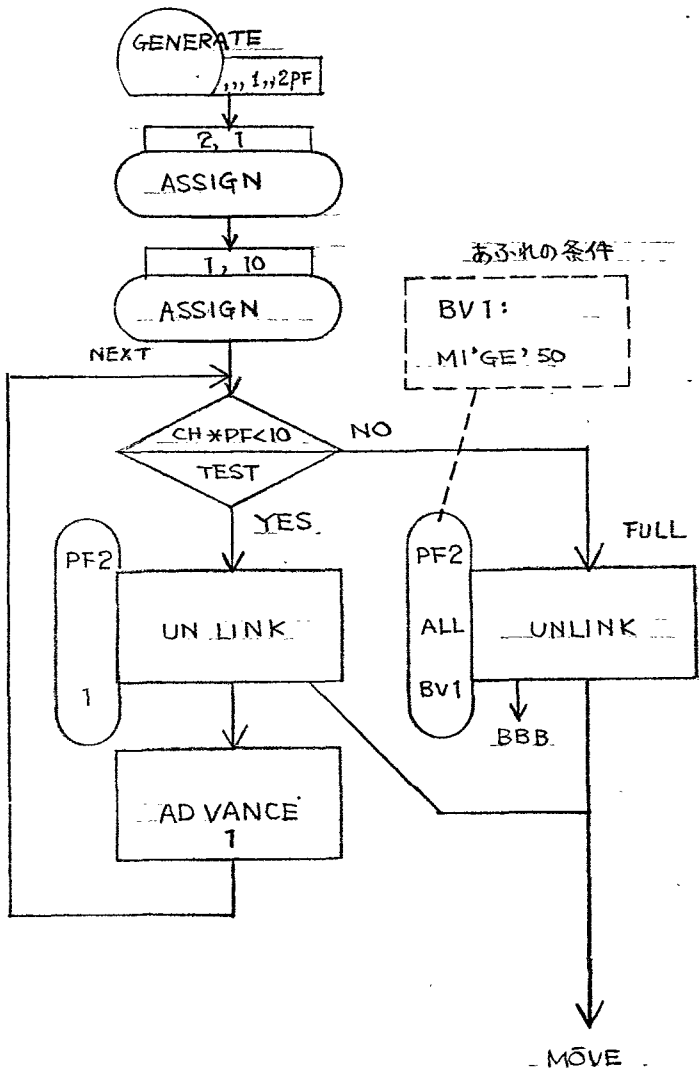


図 3.7 (1)

航海タームの発生

1名当直航海士の動き



1名当直 航海士の動き

つぎの作業基地の決定
と航海データの解放

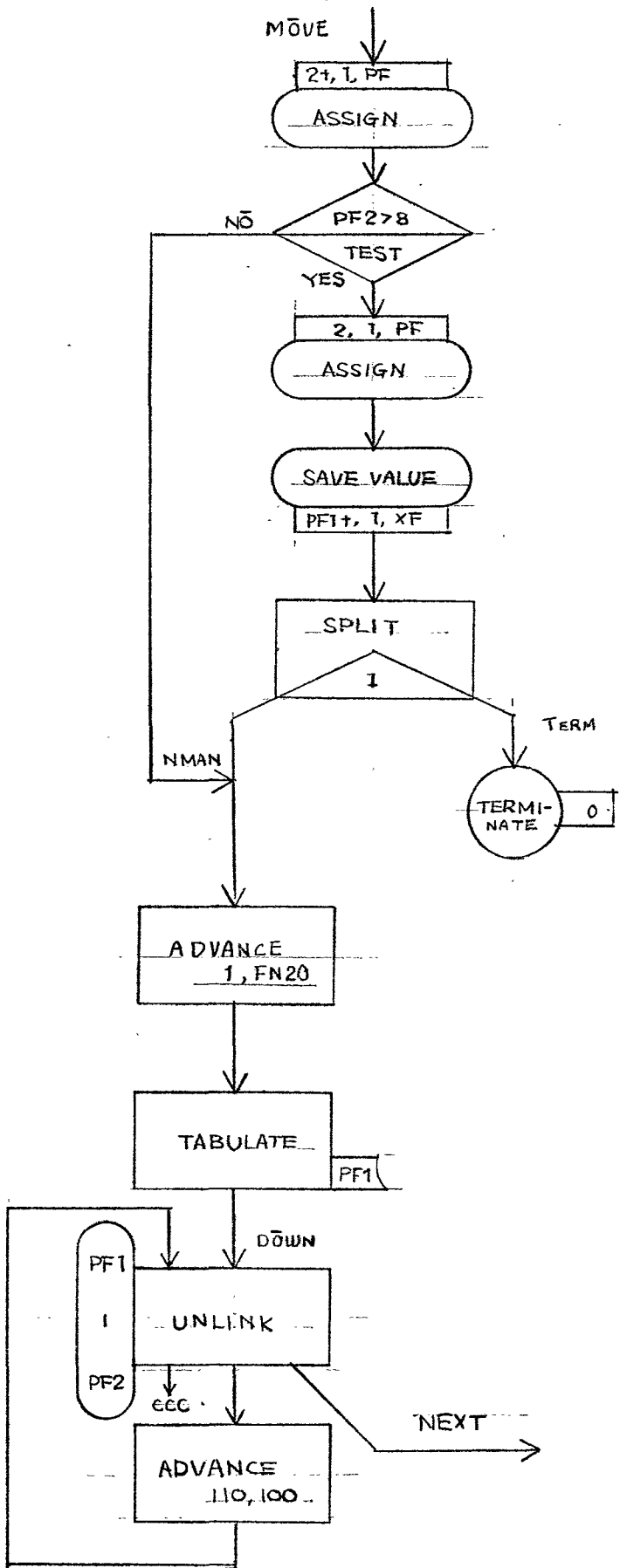
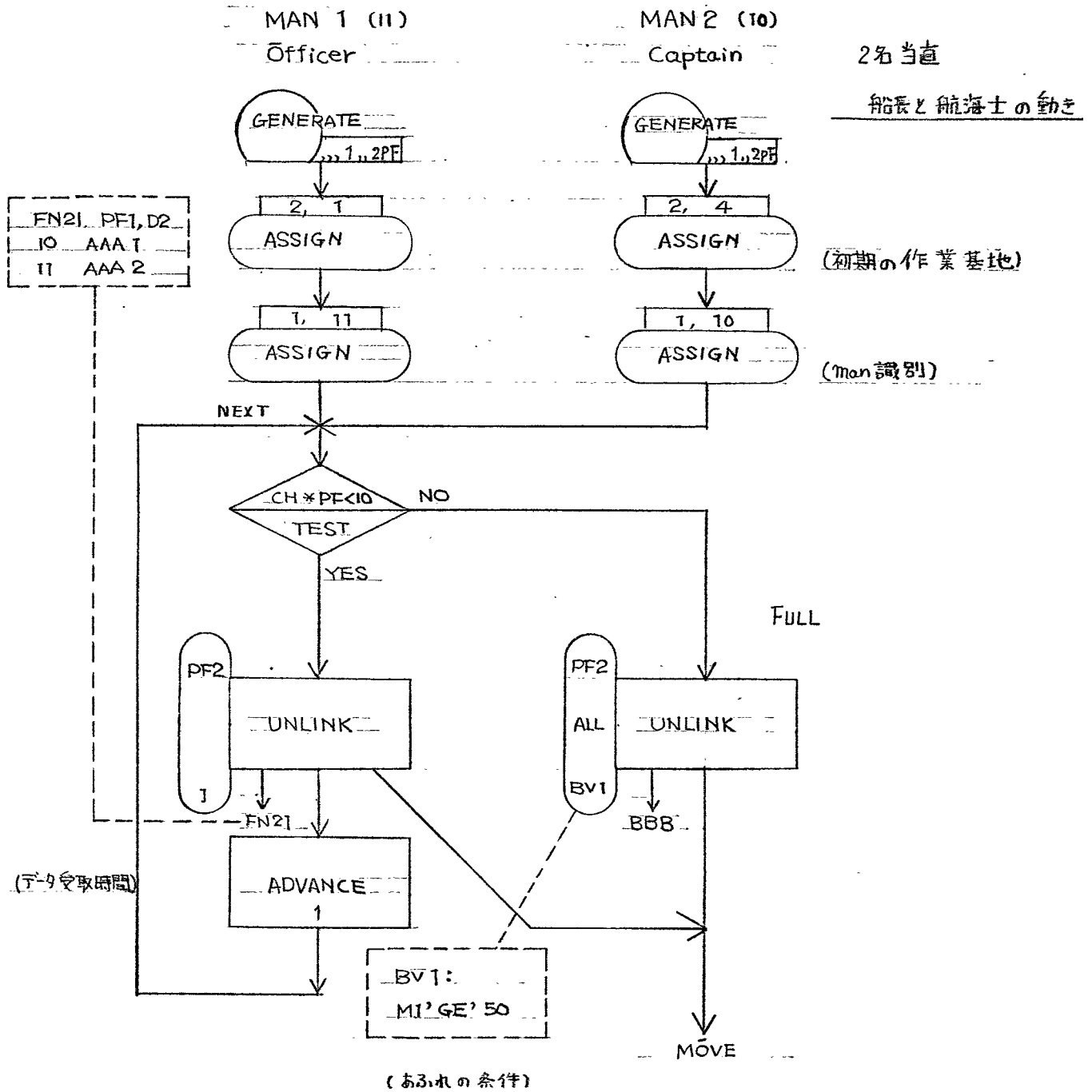
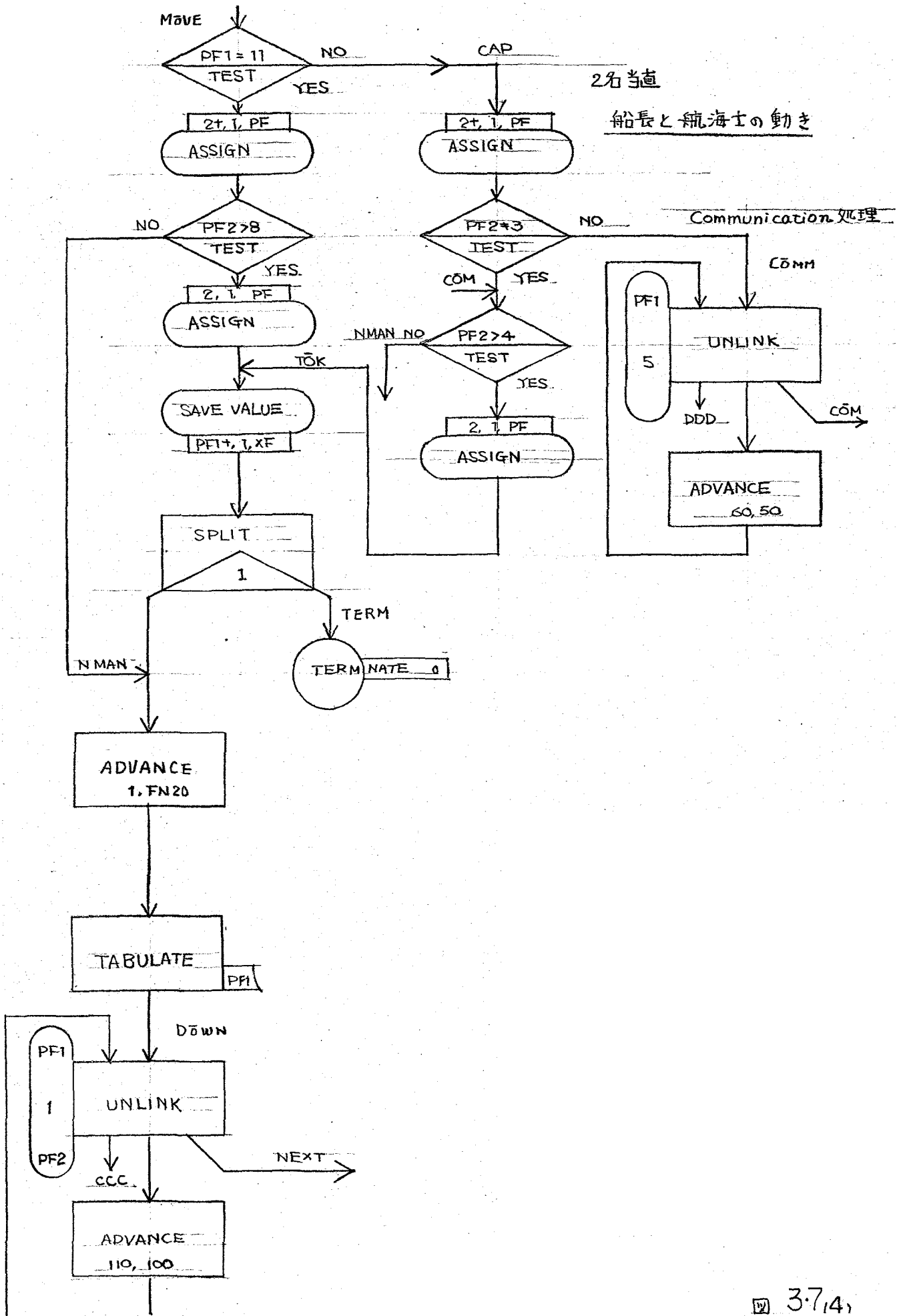


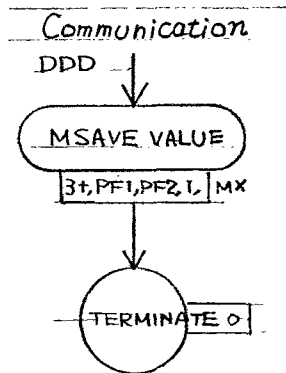
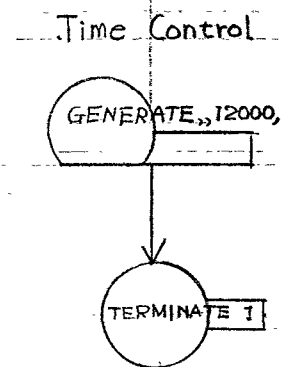
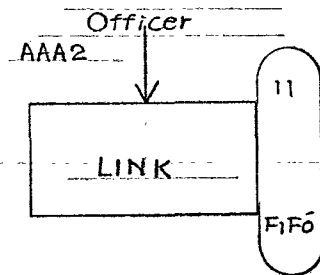
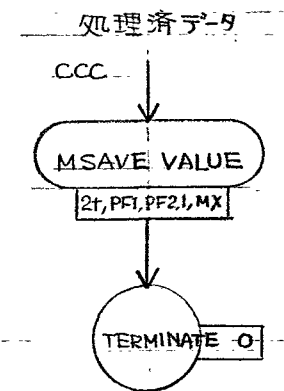
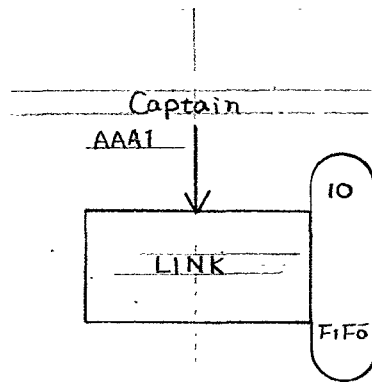
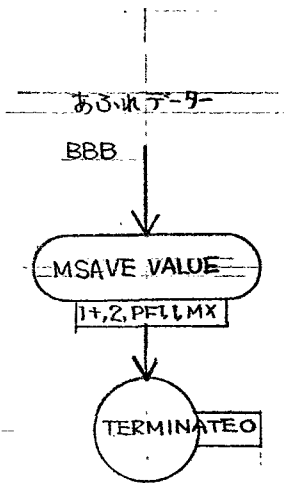
図 3.7(2)





2名当直

トランザクションの処理



3.3 シミュレーションの実行

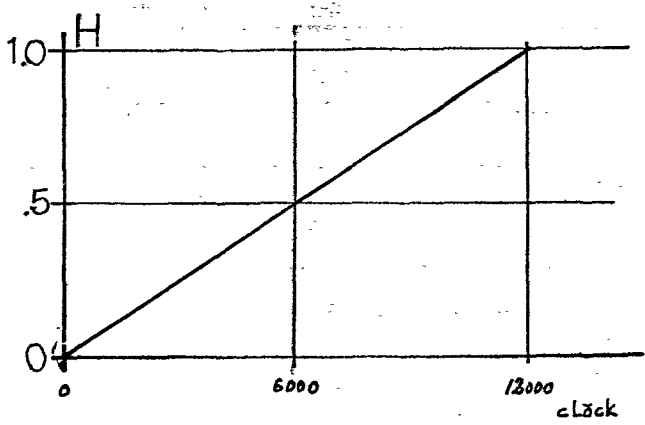
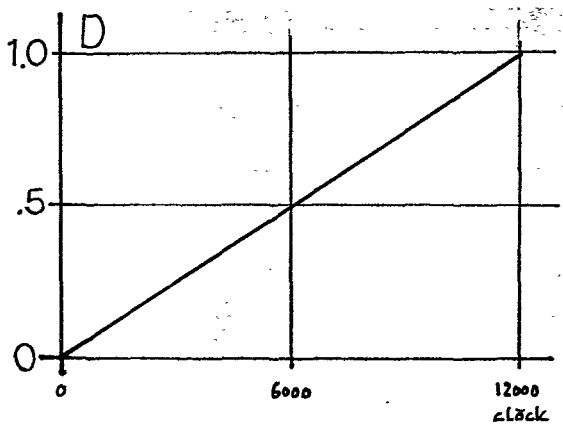
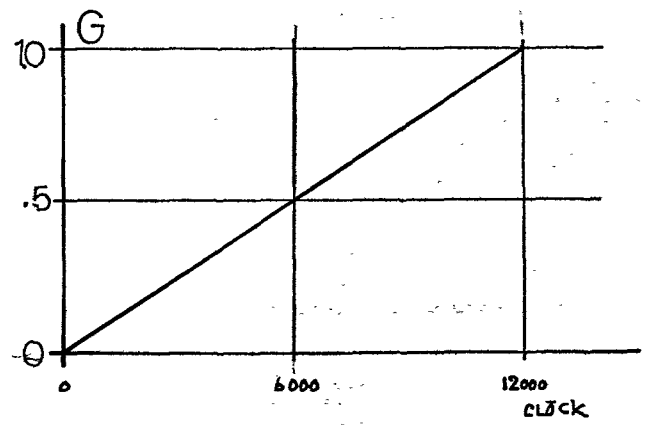
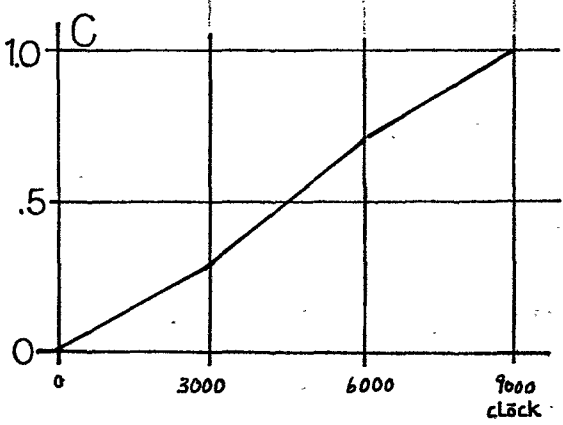
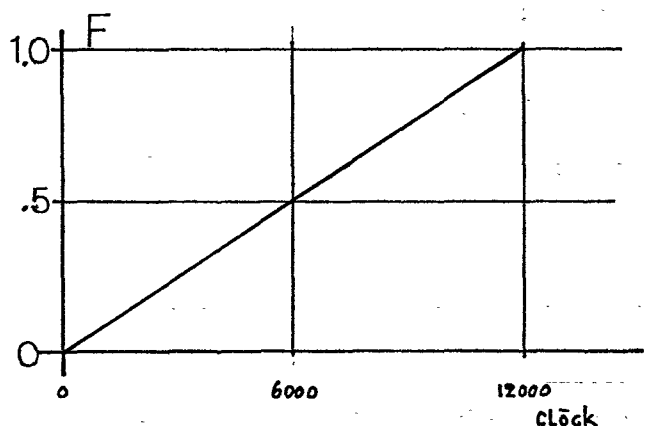
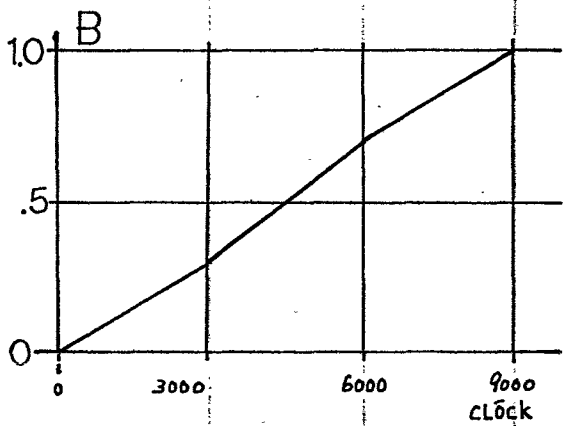
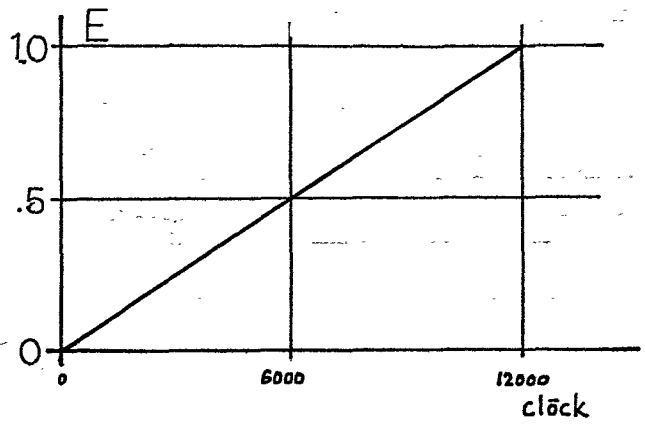
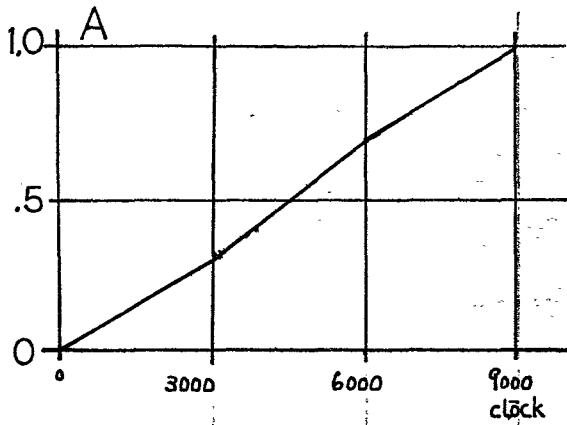
シミュレーションは統計時間を1時間とし、基本時間を0.3秒とした。0.3秒は人間が、データを認識する標準的な時間である。大洋航海、沿岸航海および狭水道航海フェイズの3つを考え、1名当直、2名当直の場合についてシミュレーションを実行した。プログラムのフローチャートを、図に示す。

(a) 航海データの発生

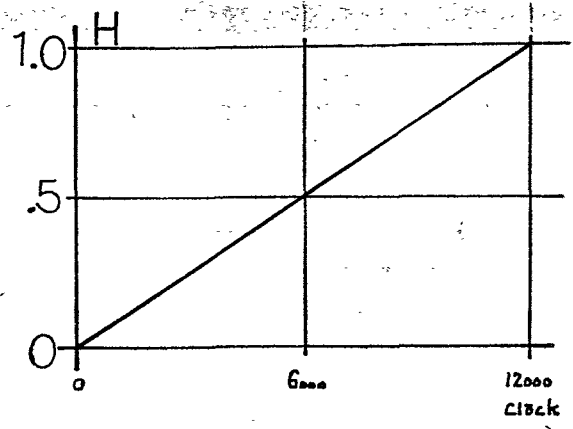
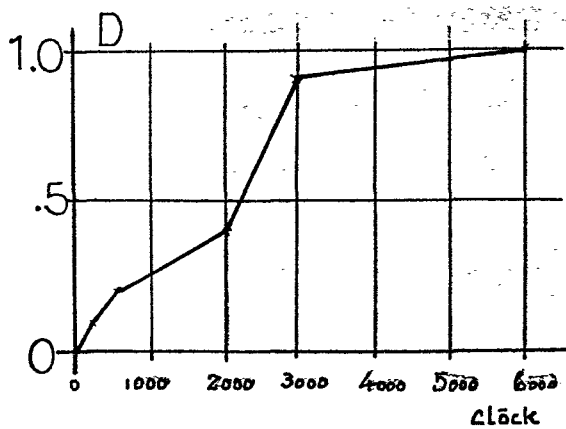
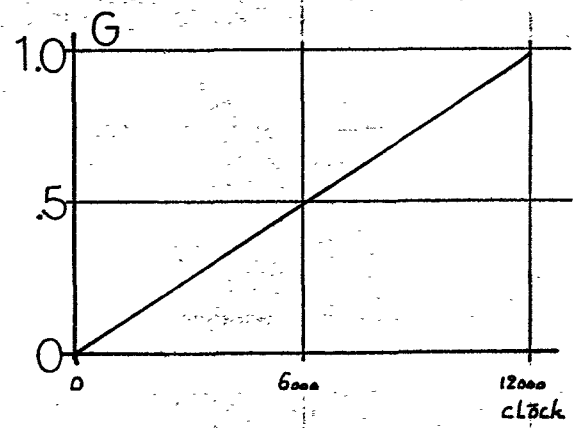
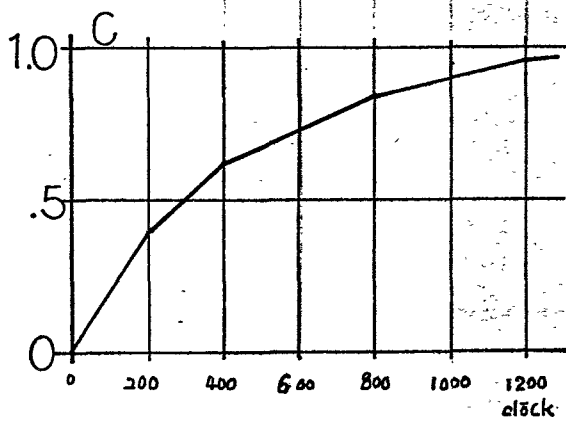
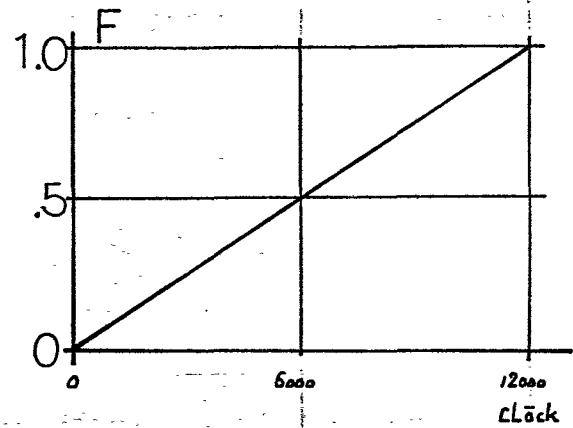
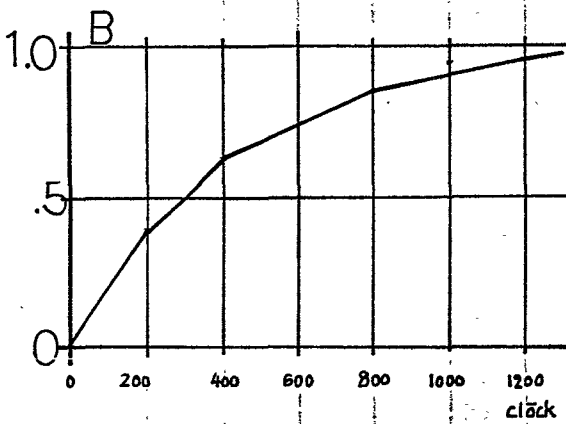
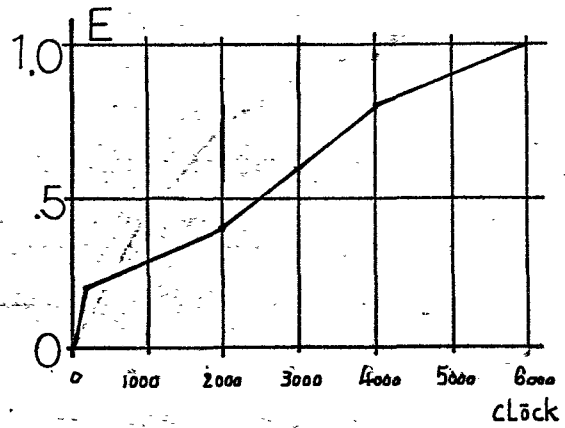
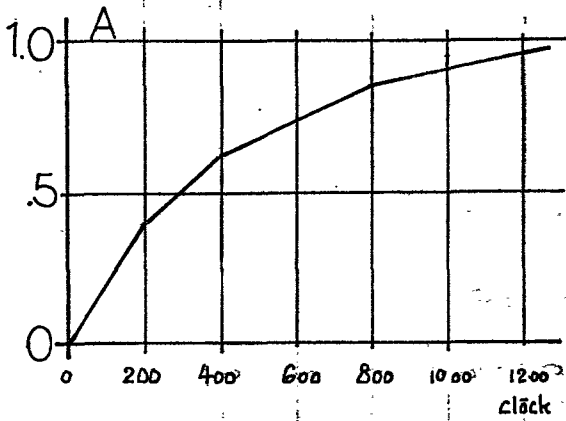
航海データをあらかじめランダム生成は、作業基地ごとにGENERATEブロックによって生成する。生成時間間隔は、ファンクションで定められた図3.8に示すような確率分布に従う。このファンクション番号1~8と作業基地A:ウインク基地からH:計器基地が対応する。航海データの^{*}行先の作業基地の番号を発生するファンクションによって決定する。発生したデータの作業基地番号をパラメータ1に、行先の作業基地番号をパラメータ2に設定すると、MSAVEVALUEに発生数をカウントして対応するユーザーに発生順にしたがってつなばれる。

* (表3.4に航海データの行先の割合を示す)

大洋航海 フェイズ 必生デー9 累積密度関数



沿岸航海マウス発生率の累積密度関数



狭水道航海 フェイズ 発生率の累積密度関数

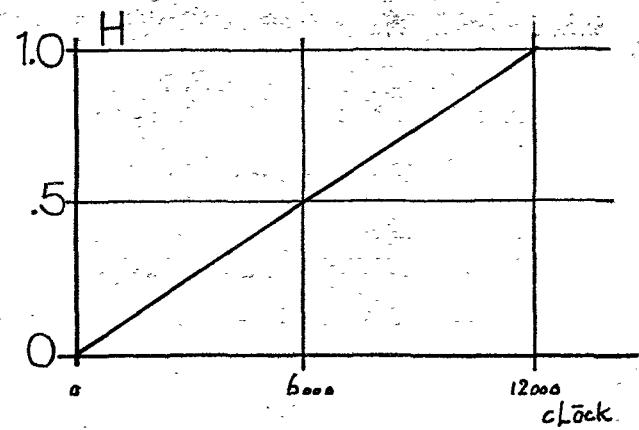
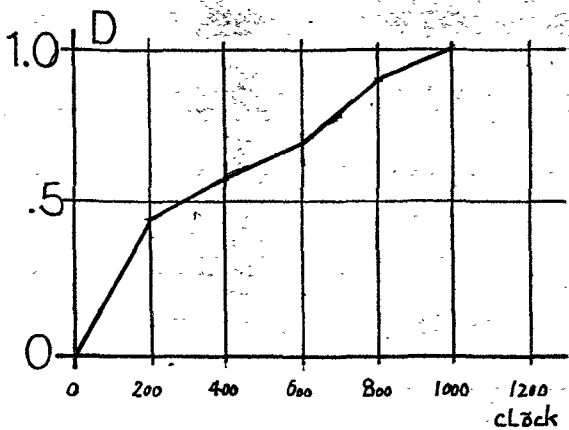
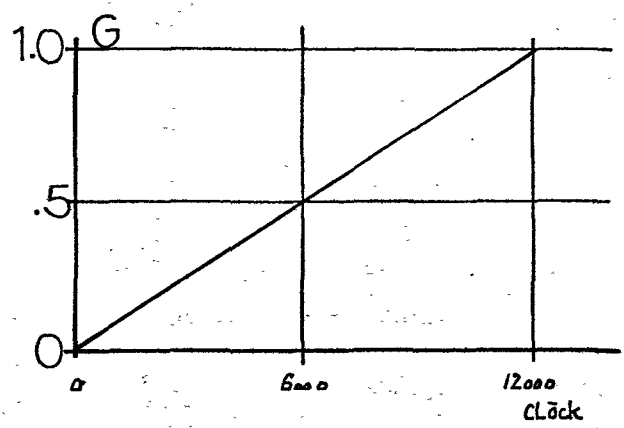
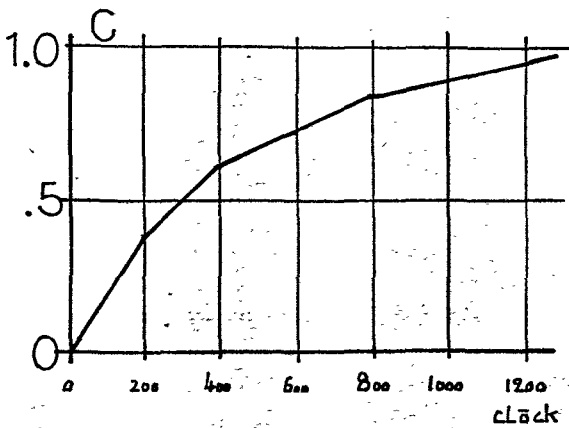
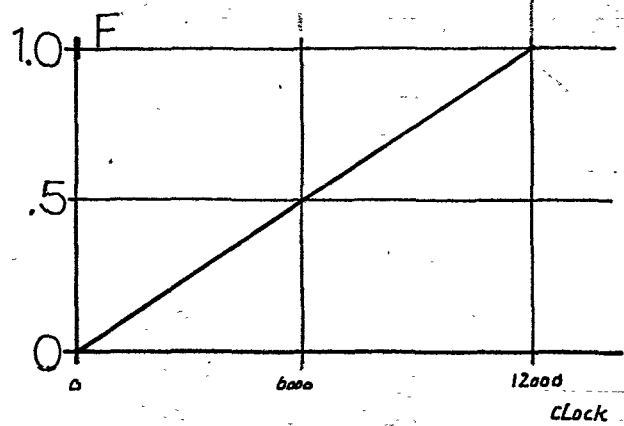
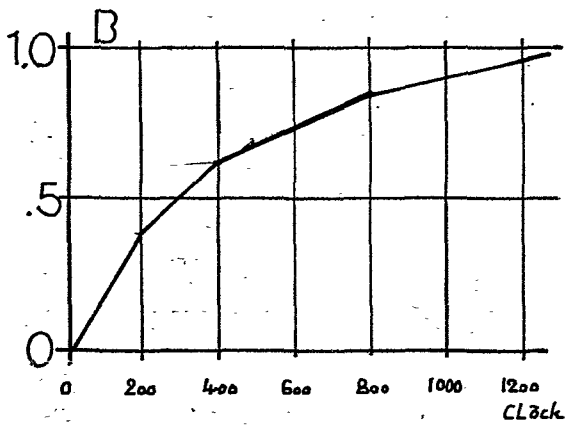
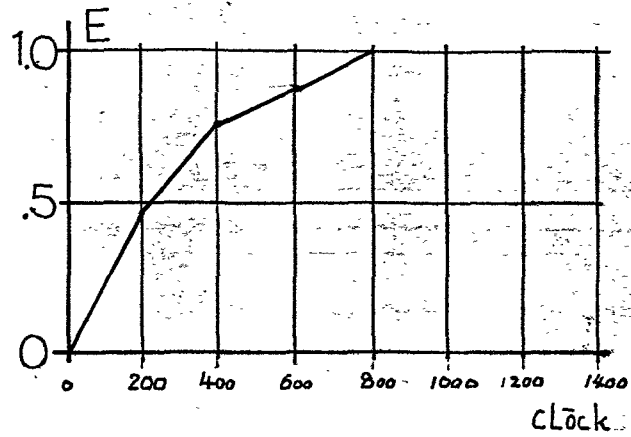
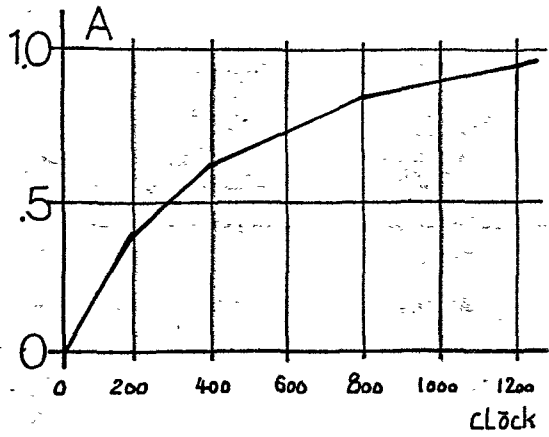


表3.4(1)

発生データの行先別分布

狭水道モデル (甲種手付)

発生 \ 行先	A	B	C	D	E	F	G	H
A	- %	30 %	30 %	30 %	10 %	0 %	0 %	0 %
B	20	-	20	20	20	5	10	5
C	20	20	-	20	20	5	10	5
D	20	20	20	-	10	10	10	10
E	30	20	30	5	-	5	5	5
F	1	1	1	1	1	94	1	0
G	20	20	20	10	10	10	-	10
H	10	30	30	10	10	5	5	-

狭水道モデル (甲種手付)

発生 \ 行先	A	B	C	D	E	F	G	H
A	- %	30 %	30 %	30 %	10 %	0 %	0 %	0 %
B	20	-	20	20	20	5	10	5
C	20	20	-	20	20	5	10	5
D	20	20	20	-	10	10	10	10
E	1	1	1	1	94	1	1	0
F	1	1	1	1	1	94	1	0
G	20	20	20	10	10	10	-	10
H	10	30	30	10	10	5	5	-

表3-4(2)
 発生7-9の行先別分布

沿岸モデル (甲板有アリ)

行先 発生	A	B	C	D	E	F	G	H
A	- %	20 %	20 %	20 %	20 %	5 %	10 %	5 %
B	20	-	20	20	20	5	10	5
C	20	20	-	20	20	5	10	5
D	20	20	20	-	20	5	10	5
E	30	15	30	5	-	5	10	5
F	1	1	1	1	1	94	1	0
G	20	20	20	20	10	5	-	5
H	10	10	10	10	10	5	10	-

沿岸モデル (甲板有ナシ)

行先 発生	A	B	C	D	E	F	G	H
A	- %	20 %	20 %	20 %	20 %	5 %	10 %	5 %
B	20	-	20	20	20	5	10	5
C	20	20	-	20	20	5	10	5
D	20	20	20	-	20	5	10	5
E	1	1	1	1	94	1	1	0
F	1	1	1	1	1	94	1	0
G	20	20	20	20	10	5	-	5
H	10	10	10	10	10	5	10	-

表 3.4 (3)
 学生データの行先別分布

大洋航路モデル

行先 学生	A	B	C	D	E	F	G	H
A	- %	60 %	30 %	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %
B	50	-	40	2	2	2	2	2
C	50	40	-	2	2	2	2	2
D	30	30	30	-	2	3	2	3
E	30	30	30	2	-	3	2	3
F	30	30	30	2	3	-	2	3
G	30	30	30	2	3	2	-	3
H	30	30	30	2	3	2	3	-

あ 当直者の動き

当直者をあらわすトランザクションは、別の GENERATE ブロックで生成される。2名当直の場合、船長はウィング基地からデータの受取を始めるものとする。当直者のいる作業基地をパラメータ2に設定する。

発生した航海データの受け取りには、作業基地番号に対応するユーザー4エンからトランザクションを先着順に1つずつはずして、当直者に対応するユーザー4エンにつなぎかえる。航海のデータがなくなるかデータを満杯に保持するまでループで滞在される。ADVANCE ブロックでデータの受け取り時間をあらわす。当直者の区別は、トランザクションのパラメータで識別して、同じ流れを航海士、船長とももちいている。UNLINK ブロックにより作業基地に対応したユーザー4エンからはずされたデータは、当直者の番号に応じて異なる行先に進む。船長の場合はAAA1に、航海士の場合はAAA2である。その選択はパラメータ1が10か11かで決められる。AAA1またはAAA2では入ってきたトランザクションを当直者に対応するユーザー4エンにつなぐ。当直者が最大保持数の状態でループからぬけた場合、作業基地で残っているデータのうちで待ち時間が50ブロック以上はあふれ

データとして統計をとる。作業基地でデータを受け取ったのち船長か航海士かの区別をおこなう。トランザクションのパラメータ1で区別し船長(10)ならばCAPへ行く。次の作業基地を決める。すなわち当直者のトランザクションのパラメータ2に1を加える。これによって次のトランザクションへ行くこととなる。加えた結果が4を越えた場合作業基地A(ウイング)へもどることとなる。作業基地C(指揮)に向かった場合Communication処理として5つのデータをDDDへ解放する。60±50ブロックの滞在時間を与えることで会話の時間を作った。Communication処理ののちCOMにもどる。作業基地Aにもどった場合は巡回回数を数えているのでTOKにもどる。その他の場合はNMANに行く。航海士の場合も次の作業基地を決定したのちパラメータ2の値が8以上となったら作業基地Aにもどり巡回回数をかぞえる。トランザクションは次の作業基地へ行くために相当する時間(滞在時間)を持ったADVANCEブロックをとってデータ解放操作にはいる。

当直者がデータを解放するには、当直者に対応するユーザーチェーンにつながれているトランザクションの行き先のパラメータ（パラメータ2）と当直者の到着した作業基地が一致するものだけを1個ずつとりだす。該当するトランザクションがユーザーチェーン上に回らなくなったら当直者は別の出口からこのループをぬけだして発生するデータを受け取るループへ移る。解放されたデータはMSAVEVALUEブロックで集計される。

別のGENERATEブロックで12000ブロック15分トランザクションが1個発生しTERMINATEへとりいれられて終了する。

当直者が1名の場合は、今までに述べた2名当直の場合の航海士の動きだけをとおさうものである。

3.4 評価の方法

このシミュレーションは待ち行列のモデルの応用である。したがって評価できる値は

- (1) 発生する待ち行列の長さの最大値と平均値
- (2) システム中をデータが通過する所要時間と応答時間の分布
- (3) 各種設備の利用率と限界
- (4) システムの最大処理量

である。このシミュレーションでは (a) 平均データ待ち時間, (b) 平均データ保持量, (c) 応答余裕時間を評価の基準とした。

(a) 平均データ待ち時間

各作業基地で発生する航海のデータは、当直者に受け取られるまで基地で待つこととなる。この待ち時間の平均値を平均データ待ち時間とした。発生したデータ数を n 、発生時刻を $t_{1,i}$ 、受け取られた時刻を $t_{2,i}$ とすれば平均データ待ち時間 \bar{w}_t は

$$\bar{w}_t = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{1,i} - t_{2,i})}{n}$$

で表わされる。

(b) 平均データ保持数

当直者は作業基地間をデータを保持して移動するので、その時の当直者の平均的なデータの保持数を求めた。当直者が保持できるデータの最大数は10個とし、それ以上のデータが作業基地にある場合、受け取らずに次の基地へ向かうとした。平均データ保持数 \bar{D}_R は、データが当直者内で滞在する時間を t_{ki} 、処理したデータ数を m 、統計時間を T とすれば

$$\bar{D}_R = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ki}}{T}$$

で求まる。

(c) 応答余裕時間

発生したデータが当直者に受け取られたか、 E 場合で、そのデータが発生後15秒以上待っていた場合にそれとあふれデータとした。あふれデータはその時点で統計され、待ち行列から消滅するものとした。

発生したデータ数に対するあふれデータ数の比率をあふれデータ率とした。

このシミュレーションでは、当直者が作業基地を巡回するモデルであるから、すべての作業基地が一ヶ所に集中し次々と情報

処理と同時にふこほう場合が最良モデルである。しかし実用上このようモデルはできないので、一次モデルとして各作業基地間の移動時間をすべて等しいとした。

この移動時間を変化させることで、あふれ率と平均データ待ち時間がどのように変化するかを求めた。平均データ待ち時間が6007007(3分)以下であふれ率が10%以下である時の移動時間を応答余裕時間とした。

3.5 考察

(a) 一次モデルについて

応答余裕時間を求めるために、一次モデルを設定した。一次モデルでは、表3.5で表わされるように当直者が各作業基地を等しい移動時間で巡回する。

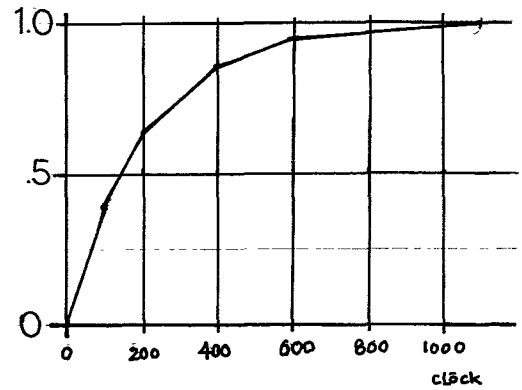
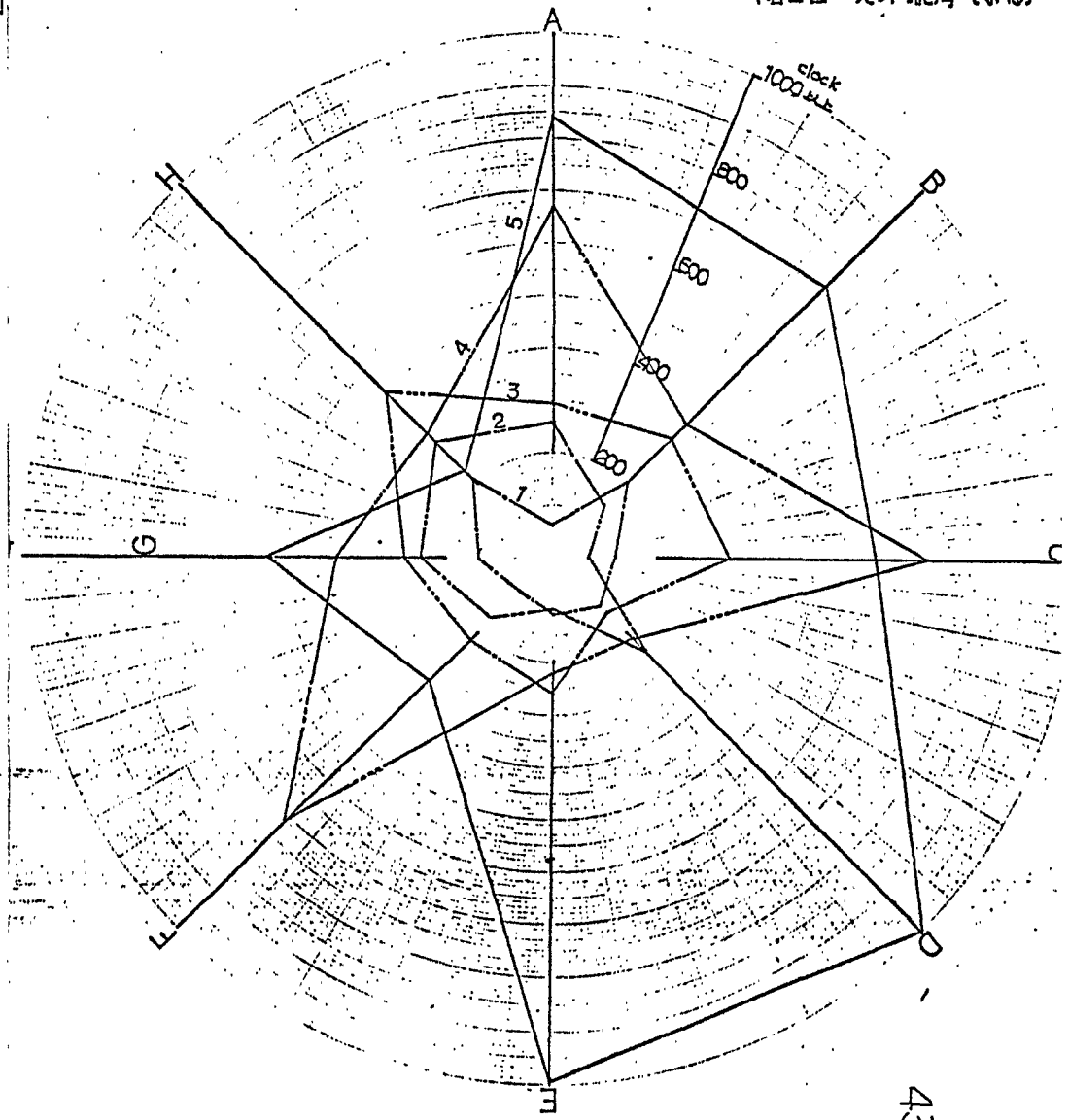
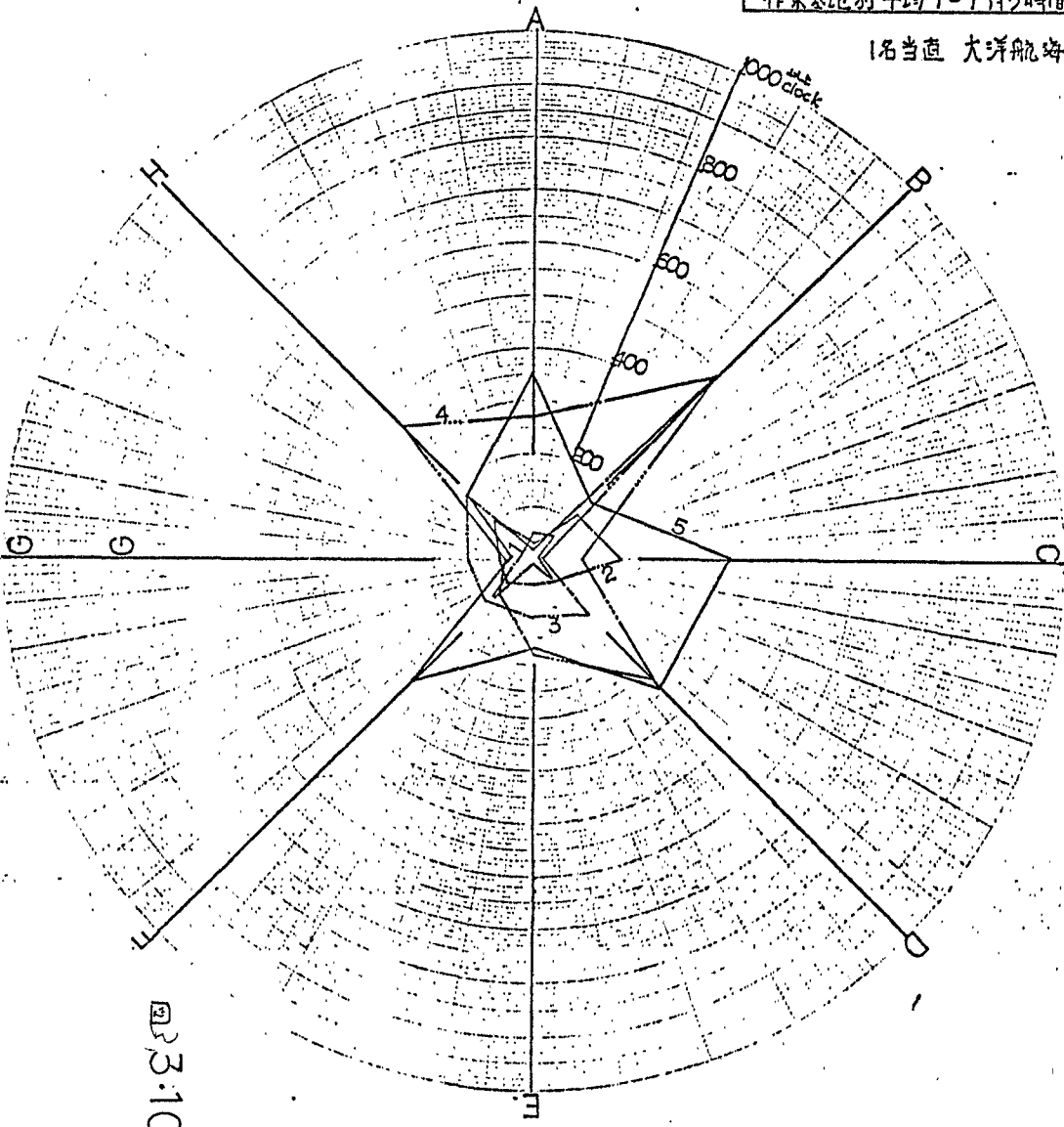


図3.9 安全警報基地 (緊急)

表3.5 作業基地 移動時間 (一次モデル)

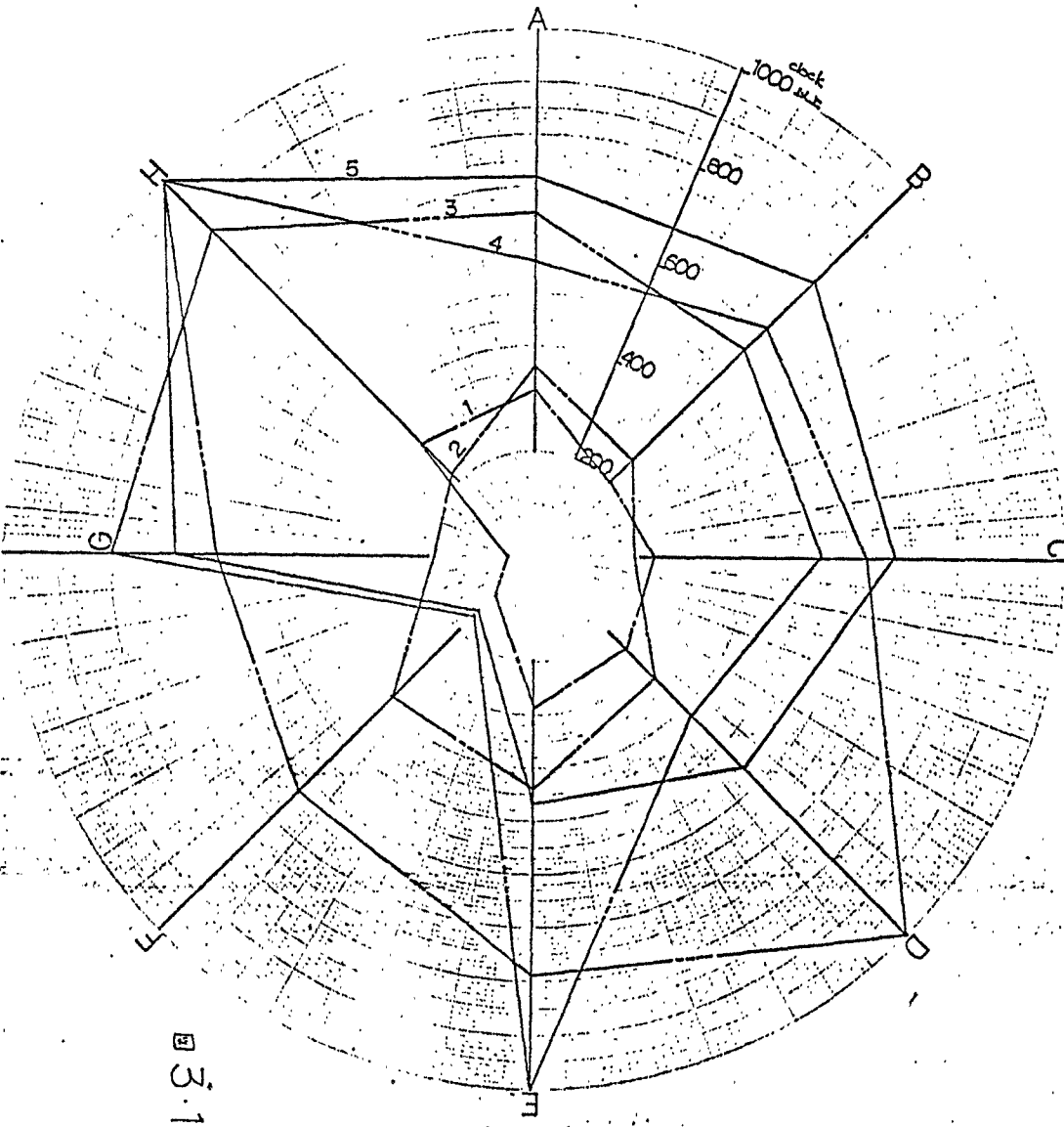
作業基地 配置タイフ	A ウィンク ↓ B レーダ	B レーダ ↓ C 指揮	C 指揮 ↓ D 海図台	D 海図台 ↓ E 操舵	E 操舵 ↓ F 機関コントロール	F 機関コントロール ↓ G 安全警報	G 安全警報 ↓ H 計器	H 計器 ↓ A ウィンク
1	10	10	10	10	10	10	10	10
2	20	20	20	20	20	20	20	20
3	30	30	30	30	30	30	30	30
4	40	40	40	40	40	40	40	40
5	50	50	50	50	50	50	50	50

この移動時間が一つの作業から次の作業をおこなう時間的余裕と見ることが出来る。一次モデルの平均デマンド待ち時間を図3.10に表わす。図中のA, B, C, ..., Hは作業基地を示し、数字は表3.5で示した配置タイフを表わす。また図中の緊急とあるものは、安全警報基地に図3.9に表わすような発生時間間隔でデマンドを発生させ緊急事態発生の場合を試み

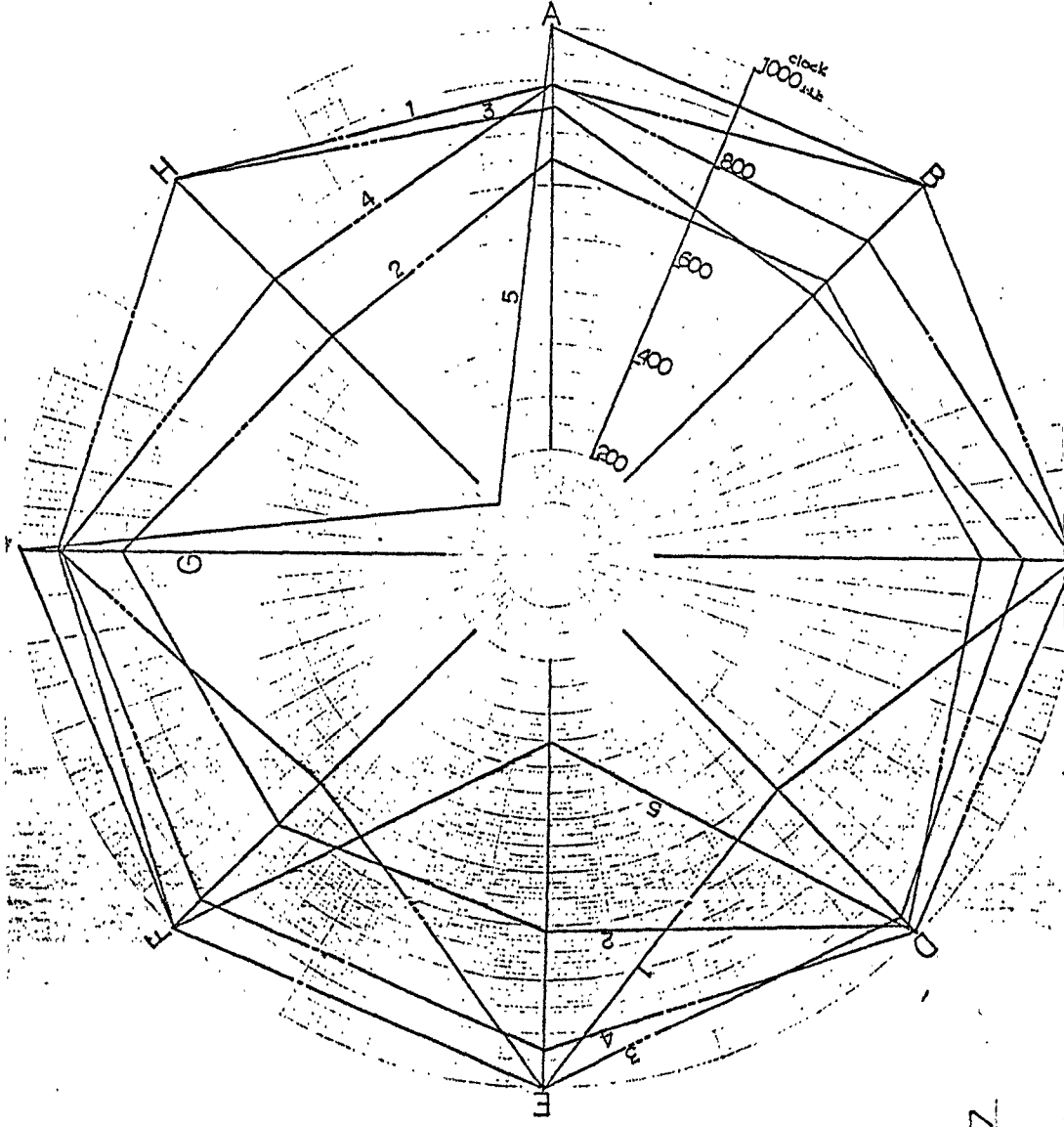


23.10.11

43

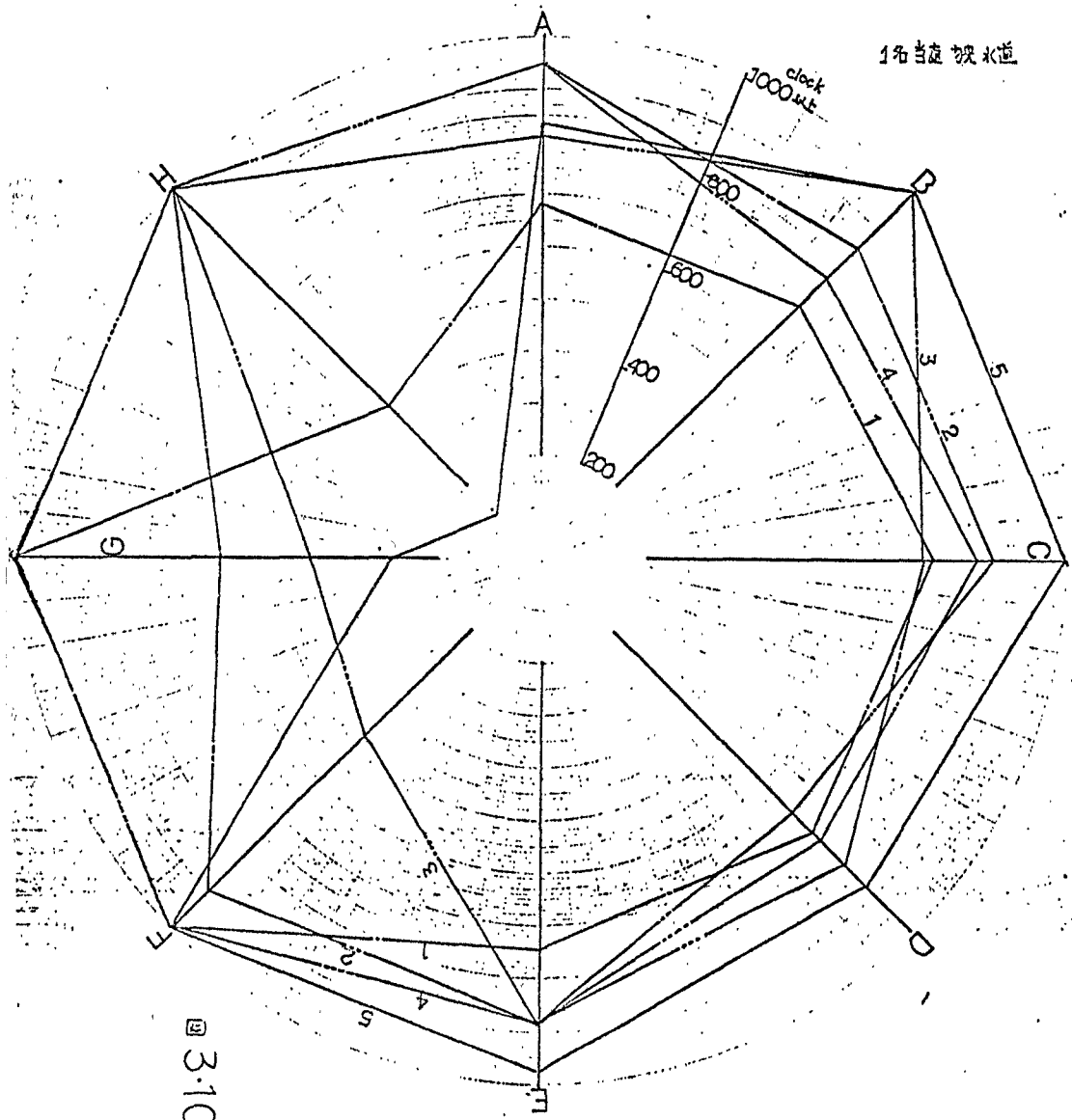


3.10.2



44

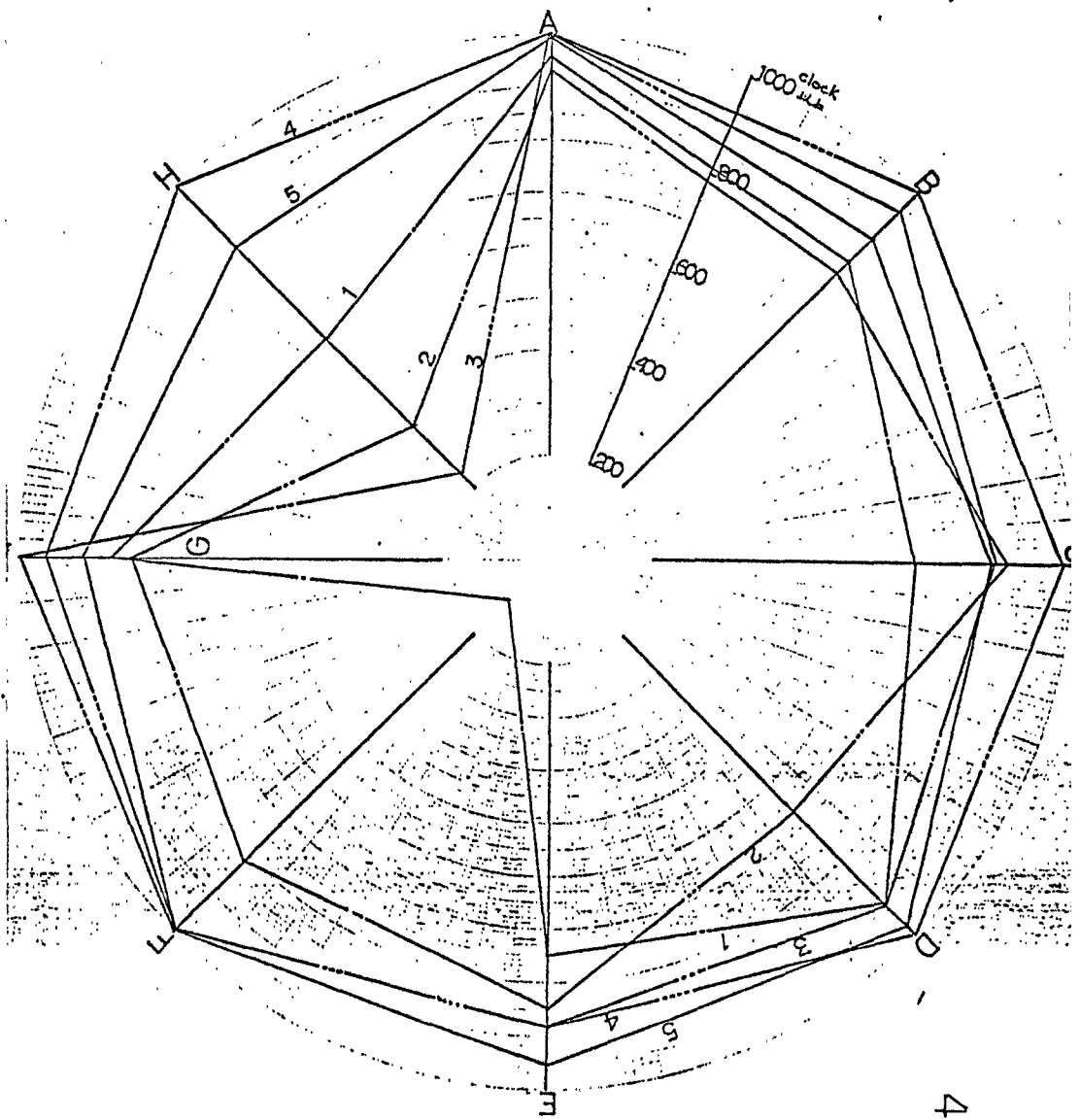
作業基地別平均予-9待ち時間



3.10.3

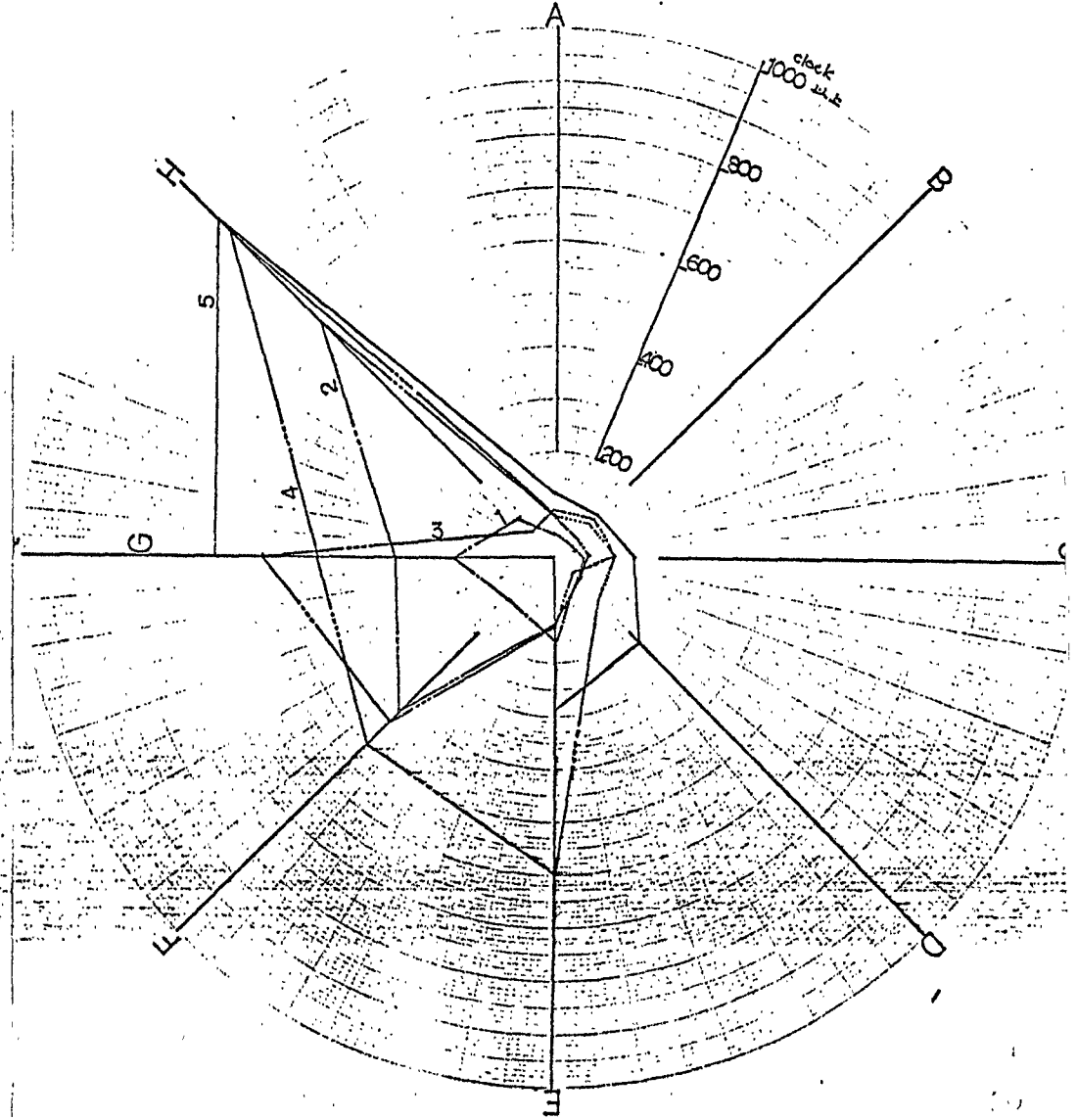
作業別平均予-9待ち時間

1名当直 取水道航海 (緊急)



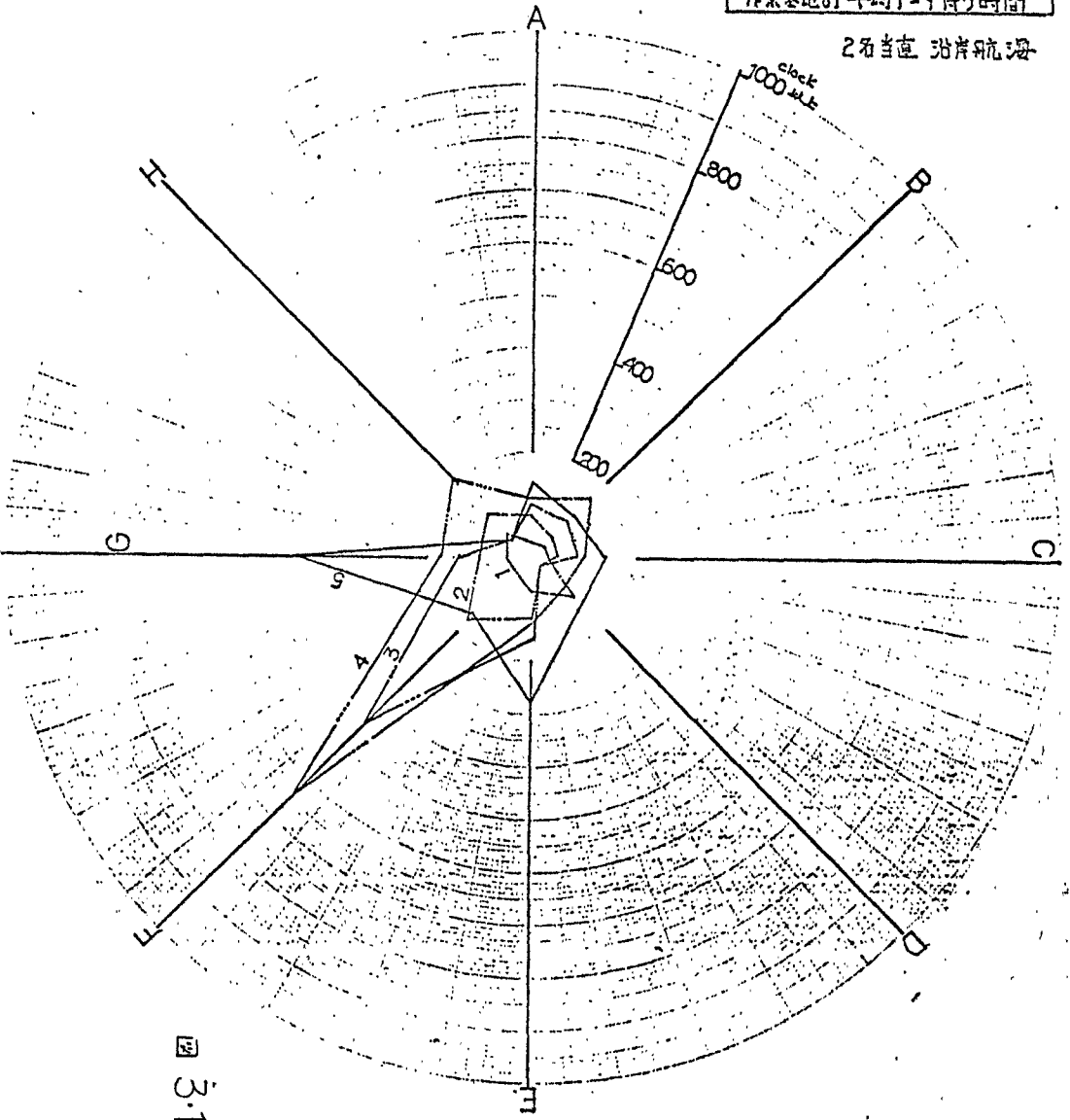
45

2名当區 沿岸 (緊急)



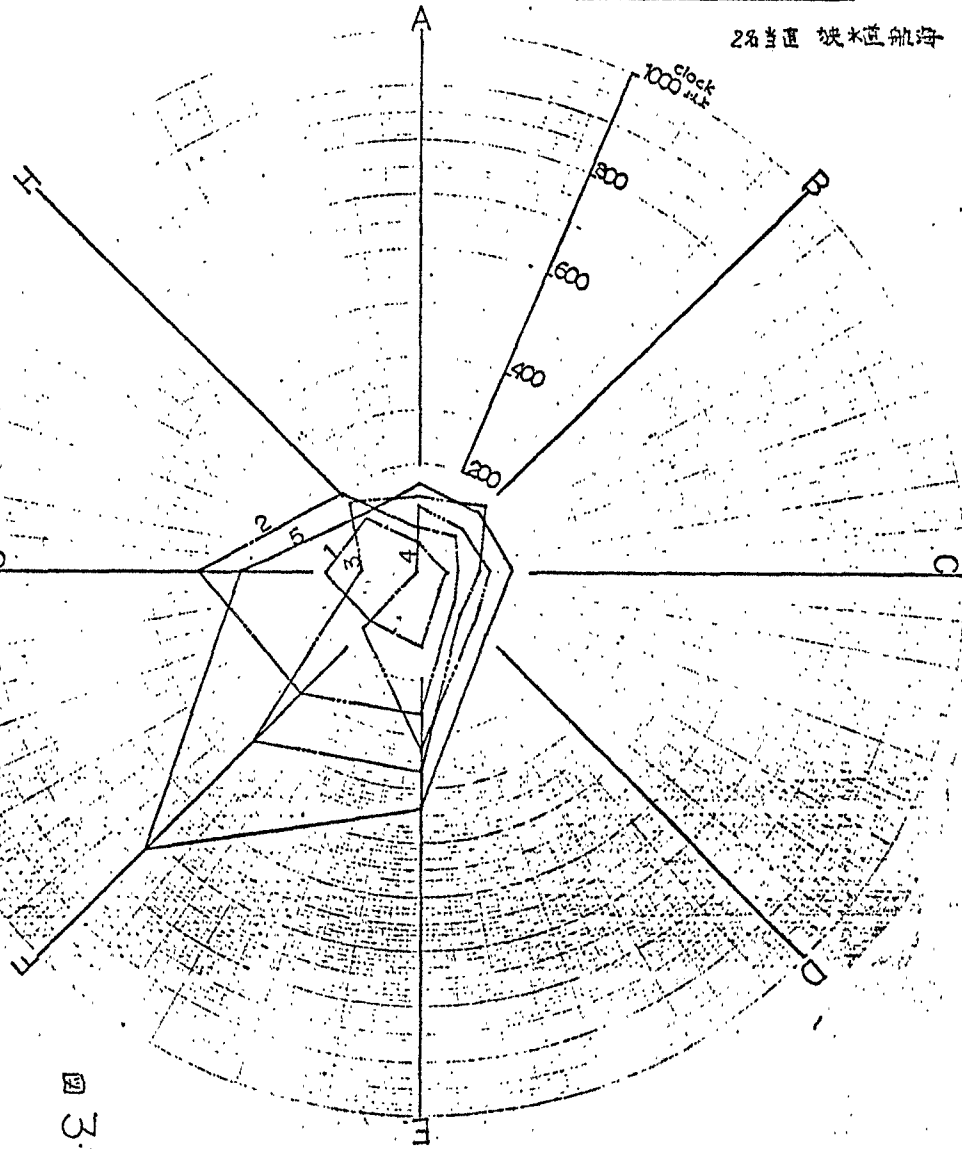
作業基地別平均7-9待ち時間

2名当區 沿岸航海



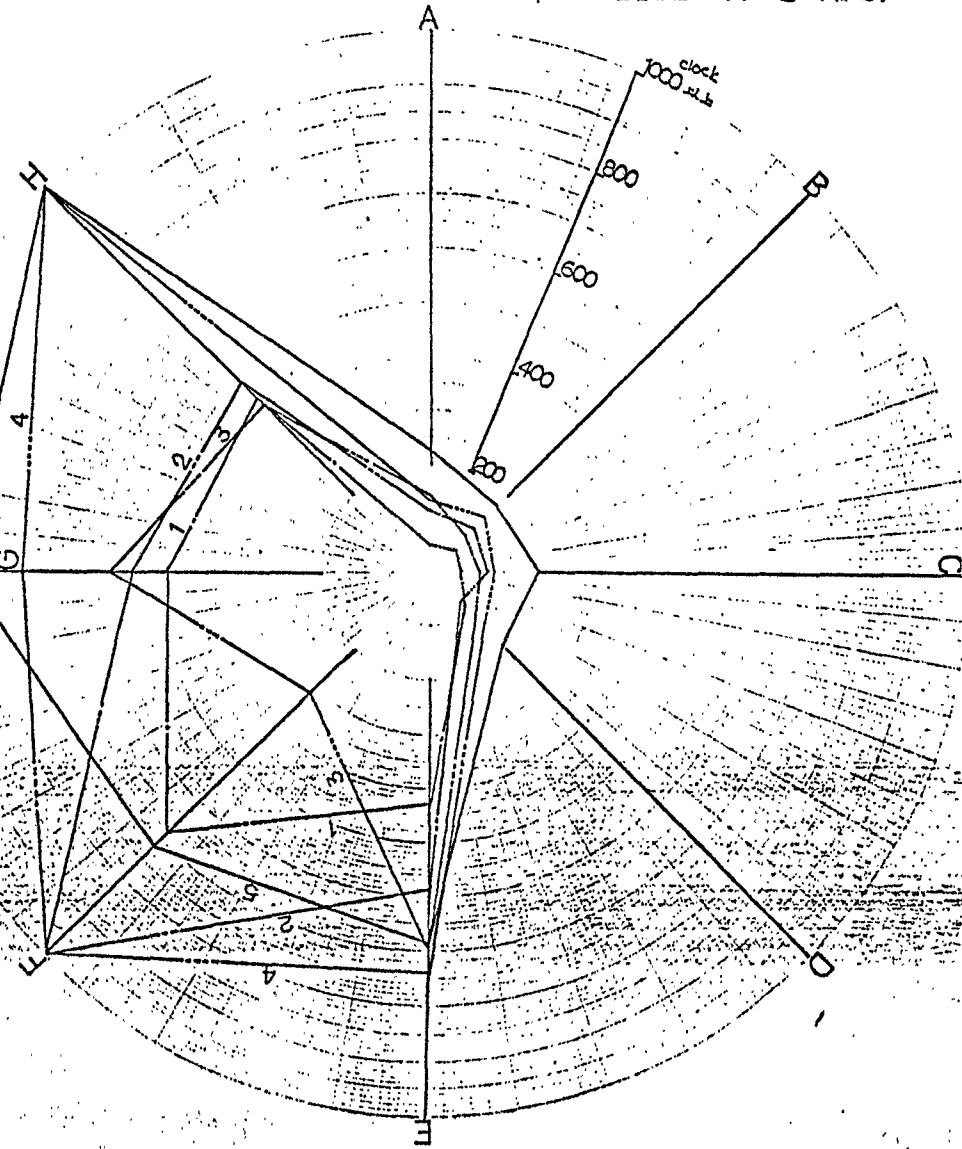
作業別平均下り待ち時間

2名当道 狭水道航海



作業基地別平均下り待ち時間

2名当道 狭水道 (緊急)



310.5

32104

47

たものである。

通常で1名当直の場合、大洋航海フェイズではどの配置タイプも平均デ-タ待ち時間は短く、狭水道航海では長く、大洋航海では余裕を、狭水道航海では、作業の能力の限界と推測することかできる。沿岸航海フェイズでは配置タイプ1, 配置タイプ2型は、平均デ-タ待ち時間が短く、3, 4, 5型では著しく長くなる傾向が見られた。船長がこれらのフェイズに加え、た場合、どのフェイズも平均デ-タ待ち時間が短縮される。表36に1名当直の各作業基地における平均デ-タ待ち時間の平均と平均デ-タ保持数を求めた。

表 36 1名当直における平均デ-タ待ち時間の平均と平均デ-タ保持数

項目 配置タイプ	平均デ-タ待ち時間(平均) clock			平均デ-タ保持数 個			物勃時間 clock
	大洋航海	沿岸航海	狭水道航海	大洋航海	沿岸航海	狭水道航海	
1	48.56	218.87	767.30	0.041	1.469	6.580	10
2	85.80	274.51	854.37	0.138	1.638	5.950	20
3	153.28	643.05	908.72	0.173	3.625	6.540	30
4	173.62	756.32	971.41	0.129	4.344	6.780	40
5	242.33	757.61	807.51	0.287	4.365	7.190	50
平均	140.72	530.07	861.86	0.154	3.088	6.608	
標準偏差	67.93	235.74	72.29	0.080	1.282	0.417	

次にあふれ率についての統計とみると、
表37とある。

表 37 あふれ率

1名当直

作業基地 フェイズ	大洋航海					沿岸航海					狭水道航海				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	9	35	25	22
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	12	61	44	68
C	0	0	0	0	0	0	0	0	24	15	39	37	44	35	58
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	23	32	50	42
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	5	20	14
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2名当直

作業基地 フェイズ	沿岸航海					狭水道航海				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

あふれ率の面では、1名当直の場合沿岸航海フェイズの4型の配置タイ70からあふれ率を生ずるので、配置タイ70 3型、2型、1型が望ましいことがわかる。

したがって応答余裕時間は20クロックとなる。応答余裕時間を得たので、当直者の平均データ保持数との関係を見る為に、一次モデルの各フェイズ別の平均データ保持数と最大保持数を表38に示した。

表 3.8 当直者の平均データ保持数

フェイズ 配置タイ70	大洋航海		沿岸航海		狭水道航海	
	平均データ保持数	最大保持数	平均データ保持数	最大保持数	平均データ保持数	最大保持数
1	0.04	1	1.47	6	6.58	10
2	0.14	2	1.64	6	5.95	10
3	0.17	2	3.62	9	6.54	10
4	0.13	2	4.34	10	6.78	10
5	0.29	2	4.37	10	7.19	10

この表から配置タイ70 2、9のどちら移動時間20クロックで沿岸航海フェイズの場合に大きく平均データ保持数が変わることがわかる。

したが、て応答余裕時間は、平均データ保持数の面にも関係があることを推察することができる。

(b) 二次モデルについて

一次モデルで得た応答余裕時間 207 ロックから、すべての作業基地を一巡する時間 160 ロックを得た。この 160 ロックを条件に表 3.9 に表わす 8 個の配置モデルを作成した。

表 3.9 作業基地移動時間

作業基地 記号タイプ	A ウツク	B レダ	C 指椀	D 海図台	E 操 舵	F 機関コントロール	G 安全警報	H 計器
	B レダ	C 指椀	D 海図台	E 操 舵	F 機関コントロール	G 安全警報	H 計器	A ウツク
a	30	10	30	10	30	10	30	10
b	40	20	20	20	20	10	10	20
c	40	40	10	10	10	10	20	20
d	10	10	10	10	20	20	40	40
e	50	10	10	10	30	20	10	20
f	10	10	10	30	40	40	10	10
g	30	30	30	30	10	10	10	10
h	40	20	10	10	10	10	20	40

これらのモデルについて、大洋航海、沿岸航海および狭水道航海のフェイズで、1名直と2名直の場合のシミュレーションを実行した。得られた結果について各フェイズごとに、8個の配置タイプを比較し順位をつけた。比較の対象と行ったデータは、各

作業基地別平均データ待ち時間、あふれ率と当直者の平均データ保持数である。つけられた順位に対して、第1位を8点、第2位を7点というように点数を与えて、その点数を配置別に加算し評価をおこなったのが表3.10である。表3.10における緊急モデルは一次モデルの場合と同じように、安全警報基地に図3.9に表わすような発生時間間隔でデータを発生させた。

この評価で順位の高い配置タイプは、ウイング基地、リーダー基地、指揮基地および海図台基地が近接している配置である。

ここで最適な船橋の配置を求めるために移動時間を距離に変換し、作業基地間の関係を求める。人間の標準的な歩行速度のうちから船の動揺や狭い場所での歩行を考慮して 0.9 m/sec を歩行速度とした。評価で高い順位を得たd型、f型の場合、ウイング基地から、指揮基地までの距離が、 5.4 m 以内となり、船幅を制限されて実現性に問題点がある。よってd型f型以外のモデルよりh型の配置モデルを二次モデルでは良いモデルと考えた。

表3.10 評価一覽表

通常EVAL

順位	大津航海 1名	沿岸 1名	狭水道 1名	沿岸 2名	狭水道 2名	総合
1	f 20.25	h 22.63	b 18.75	d 22.13	d 20.63	d 88.64
2	d 18.75	e 21.13	g 17.88	f 20.63	a 20.00	f 88.14
3	b 18.63	f 18.62	d 17.25	b 17.25	f 18.38	b 84.63
4	a 18.50	c 15.76	e 15.63	h 17.00	g 17.13	h 84.26
5	h 17.38	g 14.63	c 13.75	a 15.38	b 16.75	e 80.77
6	e 16.00	b 13.25	h 13.75	e 15.38	c 16.13	g 77.64
7	g 14.75	a 12.88	f 10.25	c 14.88	h 13.50	a 75.89
8	c 12.75	d 9.88	a 9.13	g 13.25	e 12.63	c 73.27

緊急EVAL

順位	大津航海 1名	沿岸 1名	狭水道 1名	沿岸 2名	狭水道 2名	総合
1	f 21.13	h 22.38	h 21.01	d 20.50	a 20.50	h 91.78
2	h 20.38	b 17.26	a 20.88	a 19.75	d 19.01	a 91.01
3	g 17.88	f 16.01	c 13.38	f 18.75	f 19.01	f 86.16
4	c 16.88	a 15.88	e 12.51	b 17.63	b 16.63	d 80.28
5	b 16.38	c 13.13	b 12.13	e 16.00	e 14.51	b 80.03
6	d 15.13	d 13.63	d 12.01	h 15.13	g 14.00	c 70.52
7	a 14.00	e 13.38	g 11.88	c 14.75	h 12.88	e 70.40
8	e 14.00	g 9.50	f 11.26	g 13.50	c 11.88	g 66.76

3.6 シミュレーションモデルの拡張

今までのシミュレーションモデルを実際の船橋当直作業に近づける為に、次の3点の改良を加えた。

(1) 発生するデータに優先順位をつけ、順位の高いデータから処理をおこなう。

(2) 当直者の動きを発生するデータ基地から、その目的地まで直接に行く方式とする。

(3) 実際の船橋の形に近づける。

全体のデータの流れと作業を図3.11に示す。

今までのシミュレーションモデルを初期シミュレーションモデルとし、ここでの拡張されたモデルを改良シミュレーションモデルということとする。

(a) データの発生

各作業基地で航海のデータが発生するのは初期シミュレーションモデルと同じである。この改良シミュレーションモデルではさらに発生したデータに対して情報処理の優先度を考慮するためにパラメータを付加した。情報処理の優先順位については、ここでは表3.11のように3段階に設定して優先度の高いデー

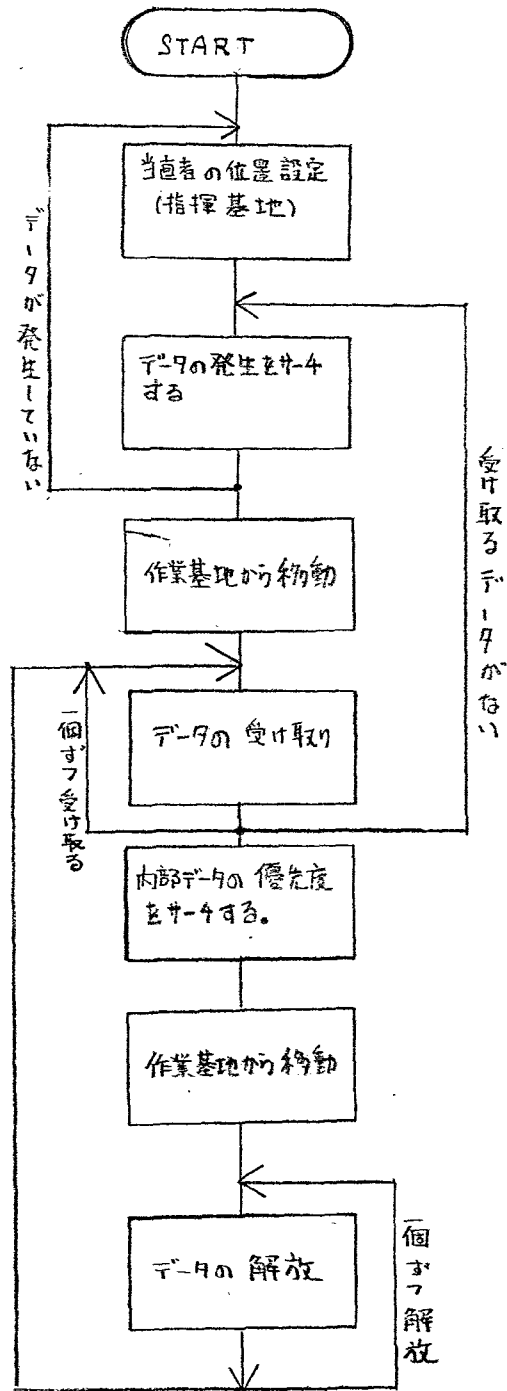


図 3.11

改良シミュレーションモデル

当直者の流れ図

9 から当直者は情報の処理をおこなうものとした。

表 3.11 設定した優先順位

優先順位	条 件
1	船舶システムに危険をおよぼすおそれのあるもので最も早い情報処理を必要とする。
2	船舶システムに危険をおよぼすおそれのあるもので 情報処理を必要とする。
3	情報処理に 時間的な余裕のあるもの。

これらの優先順位を作業基地別に表3.12のよう
に実船の運航状況から類推し与えた。

表 3.12 作業基地別のデーダの優先順位

作業基地 優先度	A	B	C	D	E	F	G	H
1	50%	50%	50%	50%	20%	20%	20%	20%
2	30	30	30	30	30	30	30	30
3	20	20	20	20	50	50	50	50

(a) 当直者の動き

当直者は、デーダの発生がはいの場合に通
常指揮基地にあり、各作業基地で発生する
デーダを待つ。デーダが発生した場合、当
直者はその中で優先度の高いデーダを発生
した作業基地へ向かう。その基地で発生し
たデーダをすべて受け取り、保持したデー

タの中で最も優先度の高いデータの行先へ行き、情報の処理をおこなう。当直者は保持するデータがなくなった場合、その基地で、他のすべての基地でデータが発生しているかを調べ、データが発生しているならば、その内で一番優先度の高いデータを発生した作業基地へ当直者は移動するものとする。もしデータが発生していないならば、当直者は指揮基地へもどり、再びデータの発生について調べるものとする。

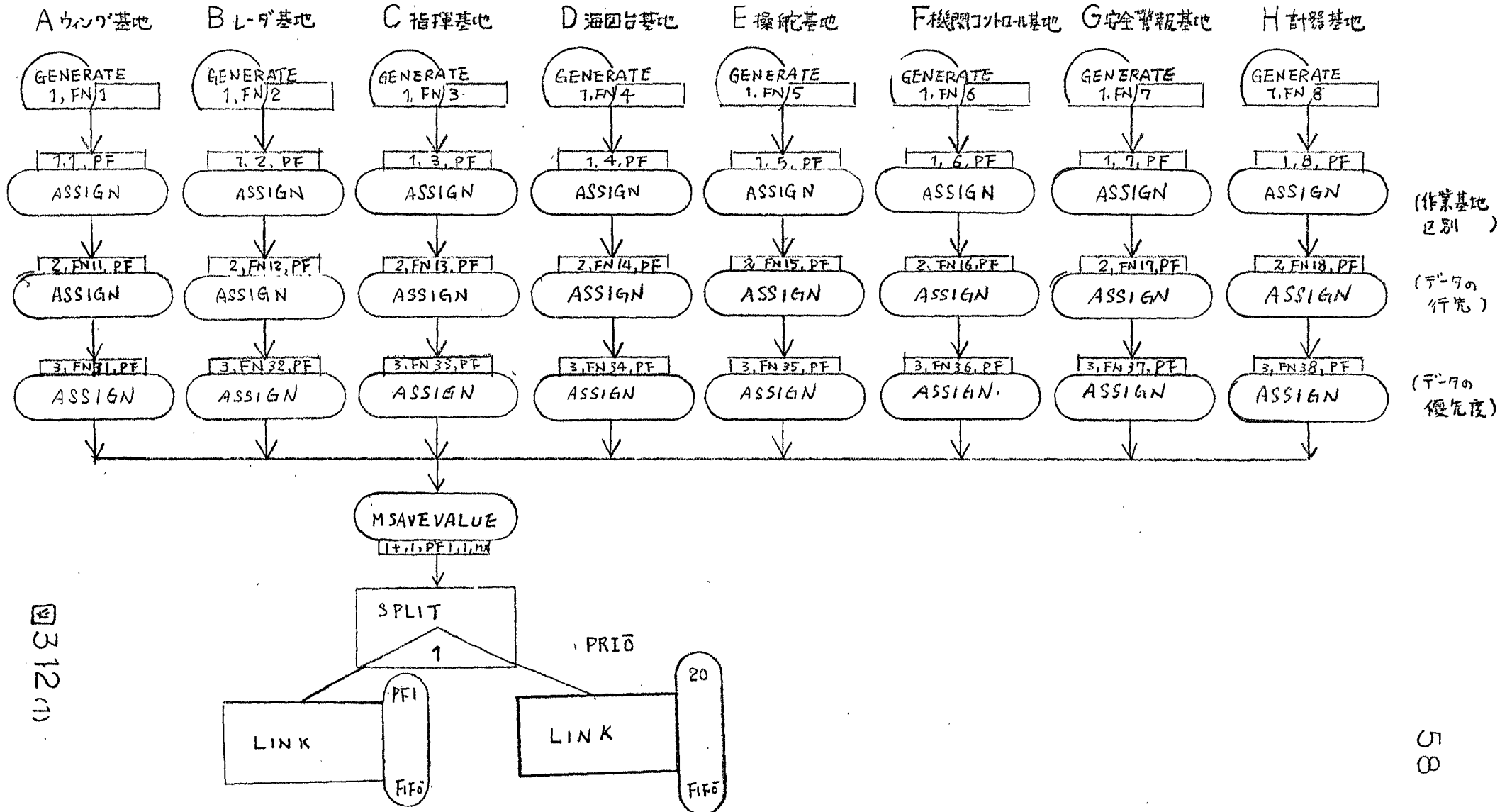
(c) シミュレーションの実行

改良シミュレーションの詳細なフローチャートを図3.12.に表れる。

(1) 航海データの発生

航海データをあらわすトランザクションは、作業基地ごとに GENERATE ブロックによって、生成する。このトランザクションにパラメータ1で作業基地番号を与え、パラメータ2に行先の作業基地番号を設定し、パラメータ3にデータの情報の優先度を設定する。MSAVEVALUE にて発生数を集計し、対応するユ-ガーチェーンとデータチェーン用のユ-ガーチェーンに発生順にしたがってうながされる。

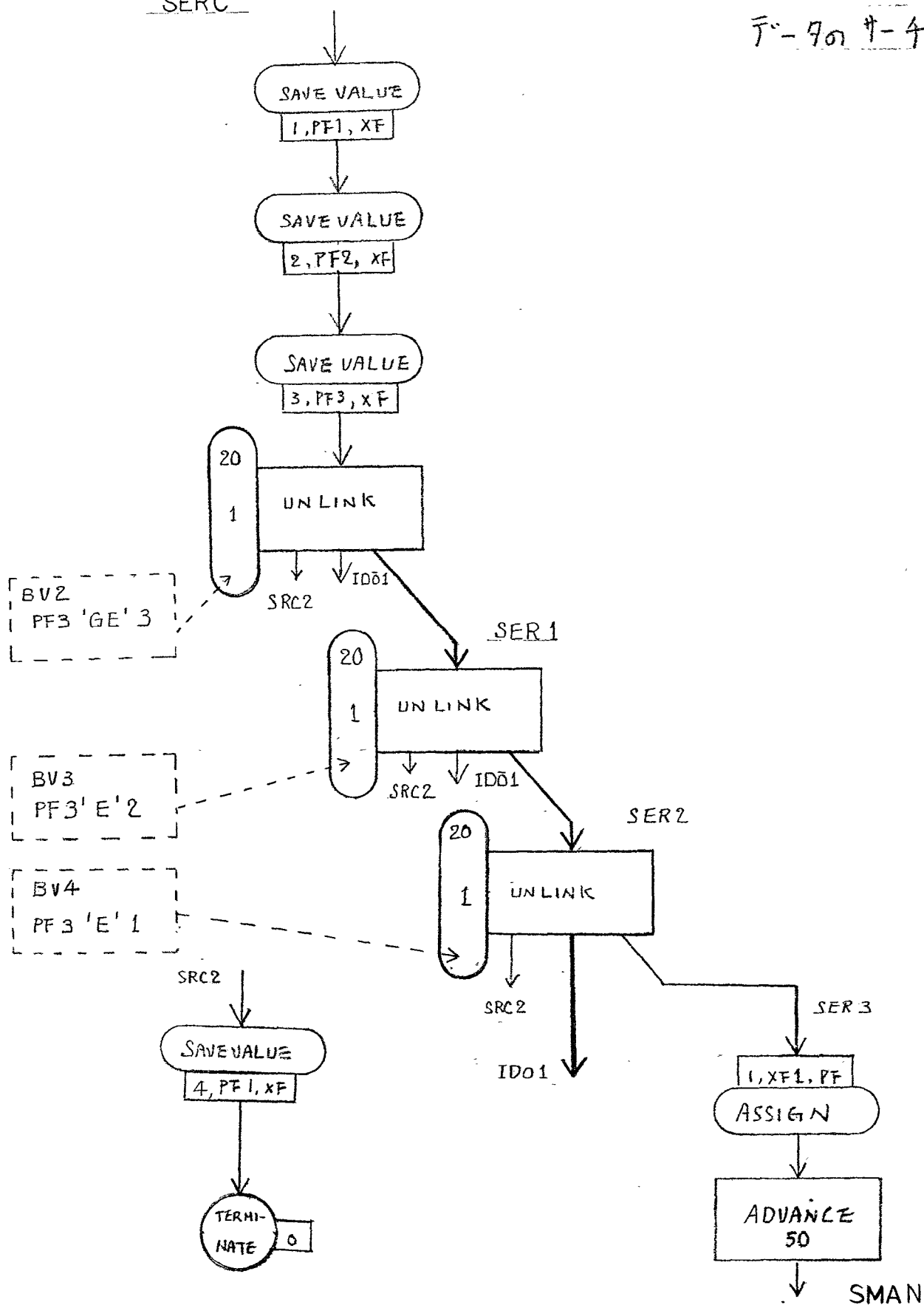
航海データ発生 (データに優先度をつける)



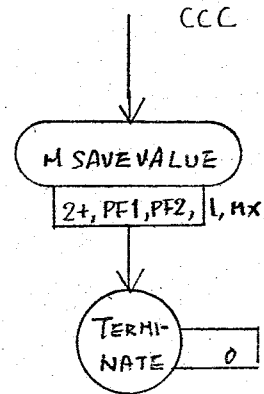
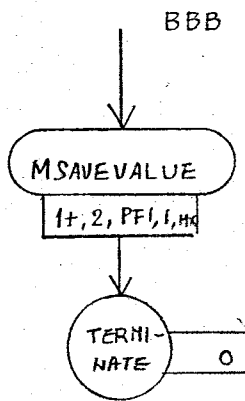
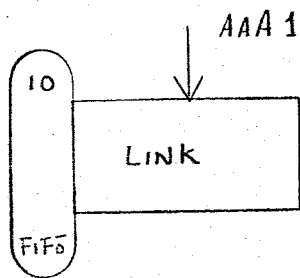
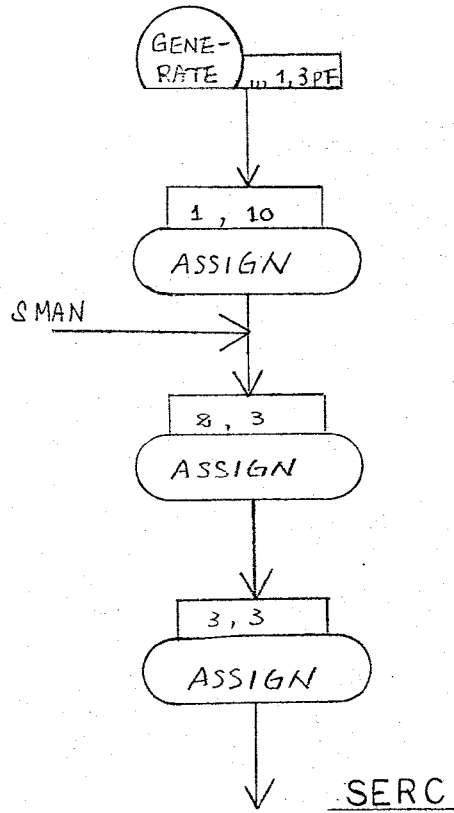
312(1)

SERC

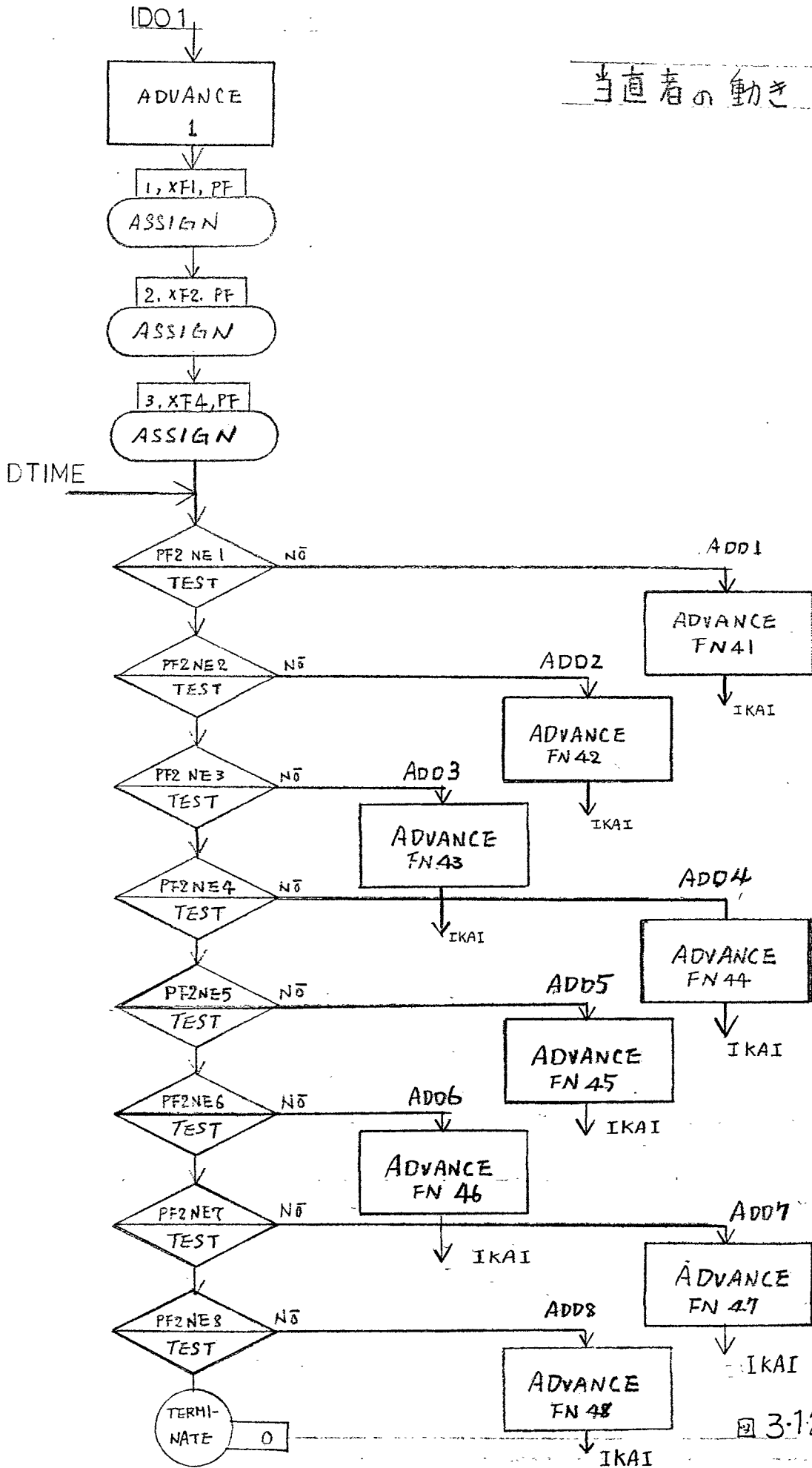
7-9の4-4

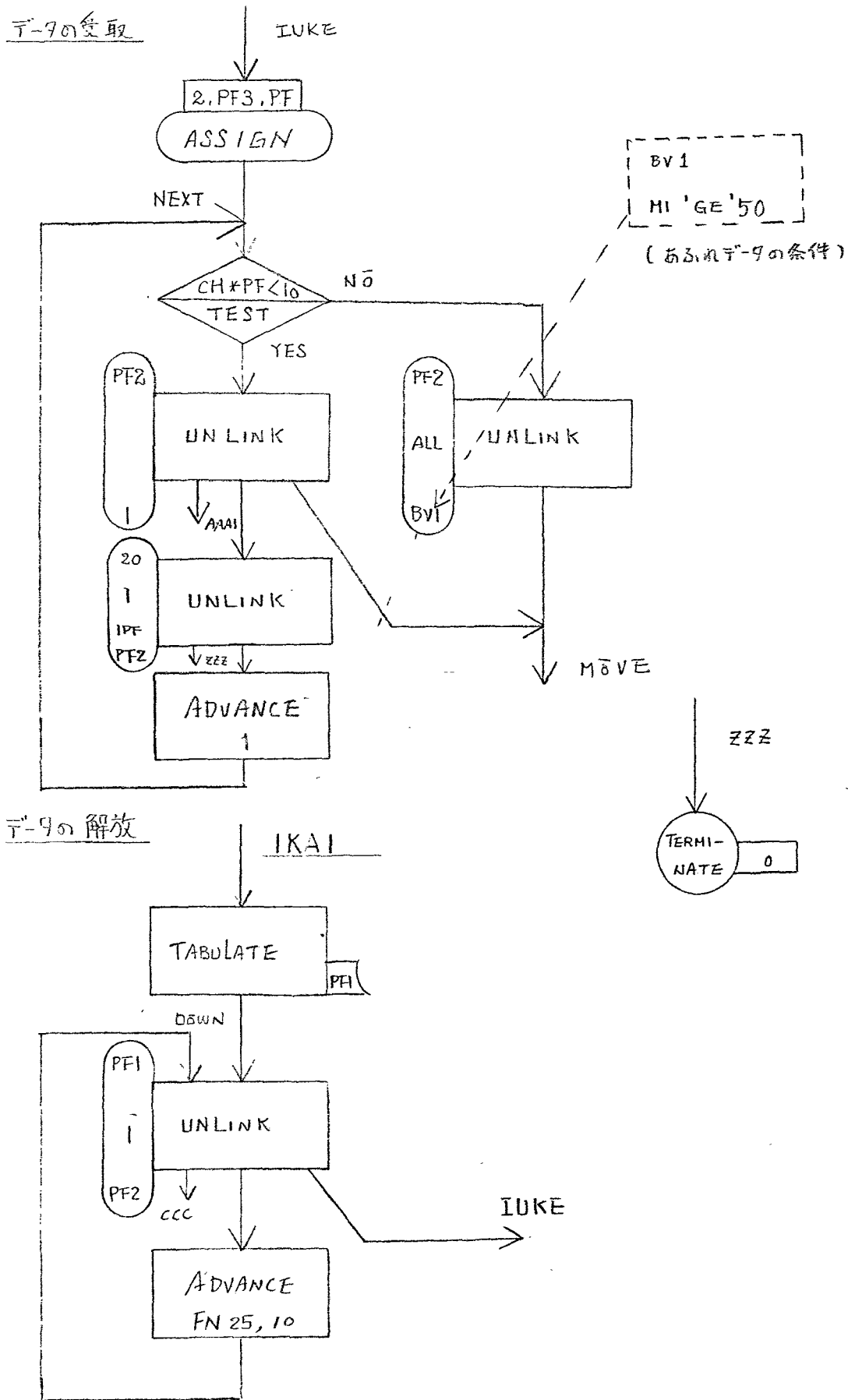


当值者 1 名

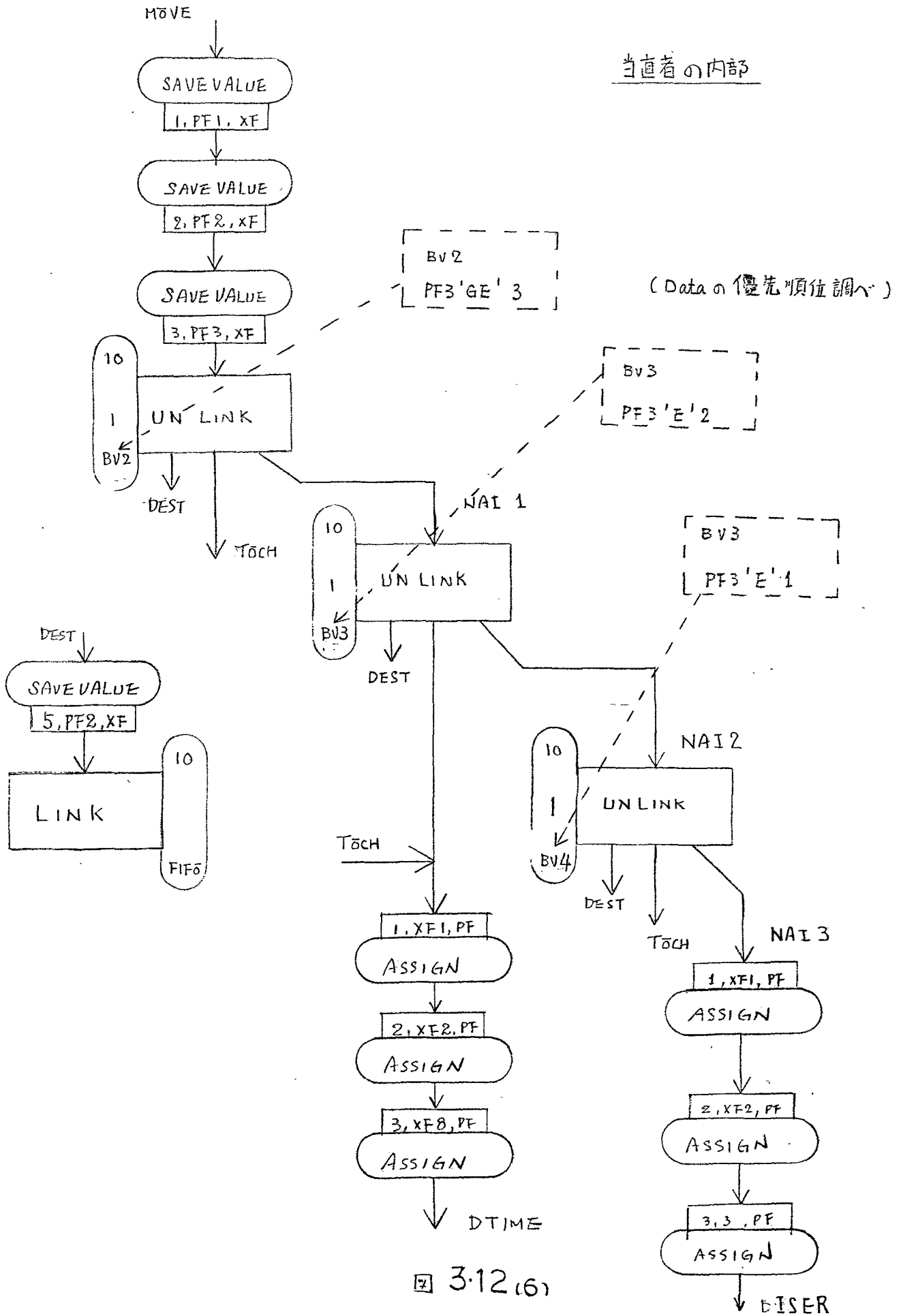


当直者の動き





当直者の内部



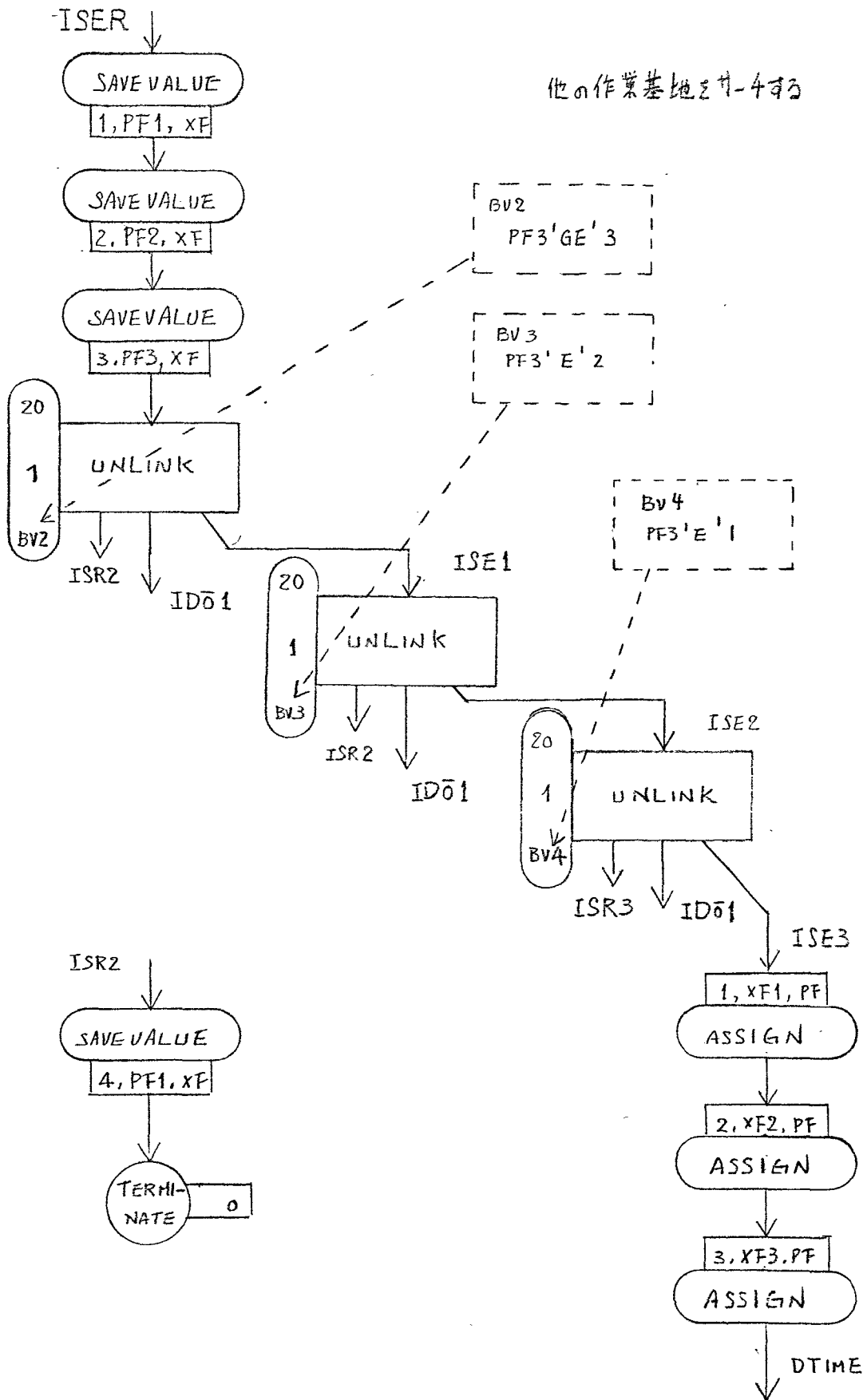


図 3.12(7)

(四) 当直者の動き

当直者を表わすトランザクションは別のGENERATEブロックで生成される。発生したトランザクションにパラメータ1で当直者の区別を、パラメータ2で現在滞在する作業基地番号を、パラメータ3に移動する目的地の作業基地番号を設定する。当直者はデータサイケ用のユ一ガ一ケンから最初に発生した最も優先順位の高いデータを調べる。そしてそのデータを発生した基地へ移動する。もしデータの発生が同一場合、15秒後またたびデータの発生について調べる。

データを発生した基地に当直者が到着したならば、当直者は、データに対応するユ一ガ一ケンから当直者のユ一ガ一ケンにつなごかえる。この作業と並行してデータサイケ用のユ一ガ一ケンからこの作業基地のデータを発生順に消滅させる。

このようにして当直者は、その基地で発生したデータがなくなるかあるいは最大保持数になるまでデータを受け取る。次に当直者は自分の保持するデータで最優先順位にある最初のデータの示す目的作業基地へ移動する。このとき当直者のトランザク

ジョーンは次の作業基地へ行くために相当する時間を持った ADVANCE ブロックをとってデータの解放操作に入る。

当直者が保持するデータがなくなった時、全作業基地のうちで、最初に優先順位の高いデータを発生しているものを、データサークル用エーサーエンで当直者はさがす。データサークル用エーサーエンにデータがない場合に当直者は、指揮基地へもどり、データのサークルをくりかえすものとする。

別の GENERATE ブロックで 12000 ブロック (1時間) した時にトランザクションが1個発生し TERMINATE にとりいれられて終了する。

(d) 船橋の配置

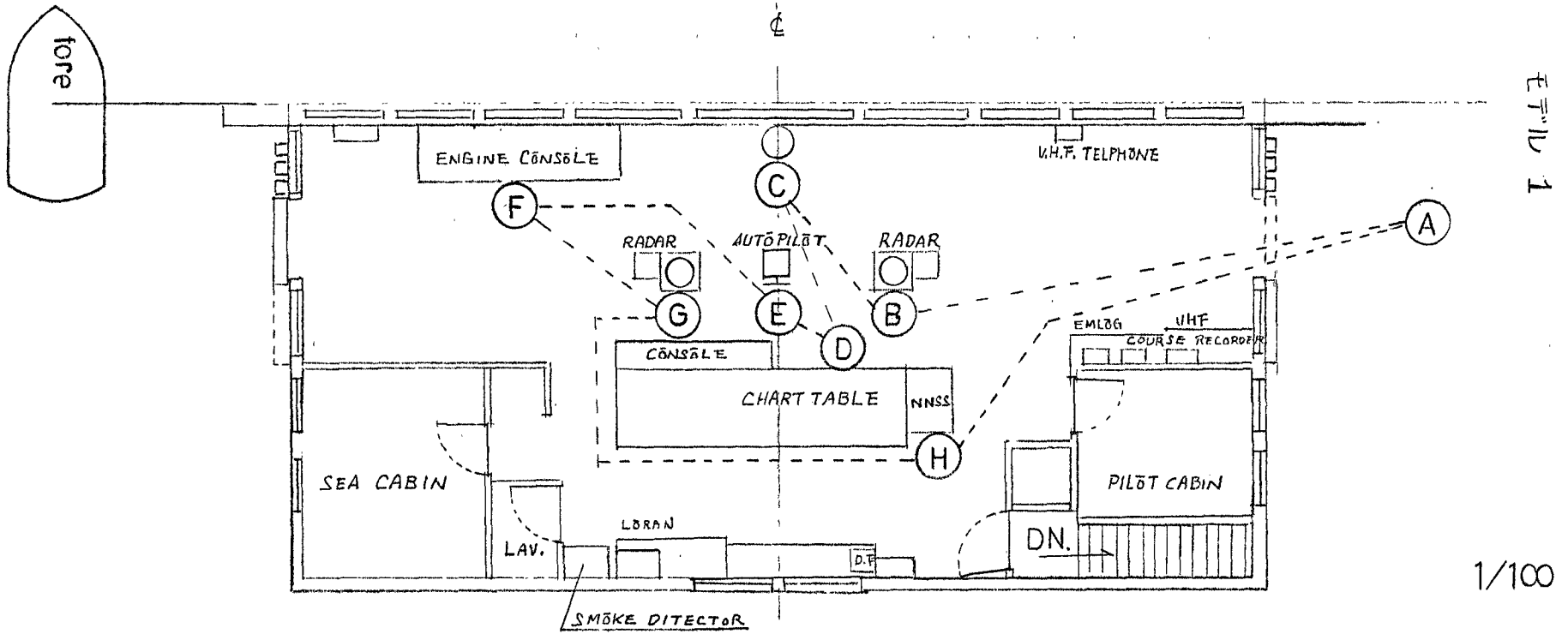
改良シミュレーションモデルの実行の為に、3つの船橋配置モデルを設定した。

(i) モデル1は従来の船橋配置の中で、海回りのない配置モデルである。これは昭和38年の「高経済性船舶試設計総合報告書」で答申されて以来、新造の外航商船に多く採用されているタイプである。

(ii) モデル2は初期シミュレーションで良いと類推されたh型モデルを基にし、作業基地を明確にしたものである。

(iii) モデル3はユックピットスタイルの集中型の船橋モデルである。

これらのモデルについては、図313に示す。各作業基地間の距離および移動時間は図内にある一覧表で表わされる。



作業基地間 距離 移動時間表

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		7.5 ^m	9.2 ^m	8.3 ^m	9.2 ^m	13.3 ^m	10.8 ^m	11.7 ^m
B	28 ^{clock}		2.9	1.3	2.1	6.7	3.8	7.5
C	34	11 ^{clock}		3.0	2.1	4.2	2.5	9.0
D	31	5	11 ^{clock}		1.0	6.0	2.5	8.3
E	34	8	8	4 ^{clock}		4.7	1.5	8.3
F	34	25	16	22	17 ^{clock}		3.5	5.8
G	40	14	9	9	6	13 ^{clock}		5.0
H	43	28	33	30	31	21	19 ^{clock}	

A~A -巡時間

146 clock

步行速度 0.9 m/sec

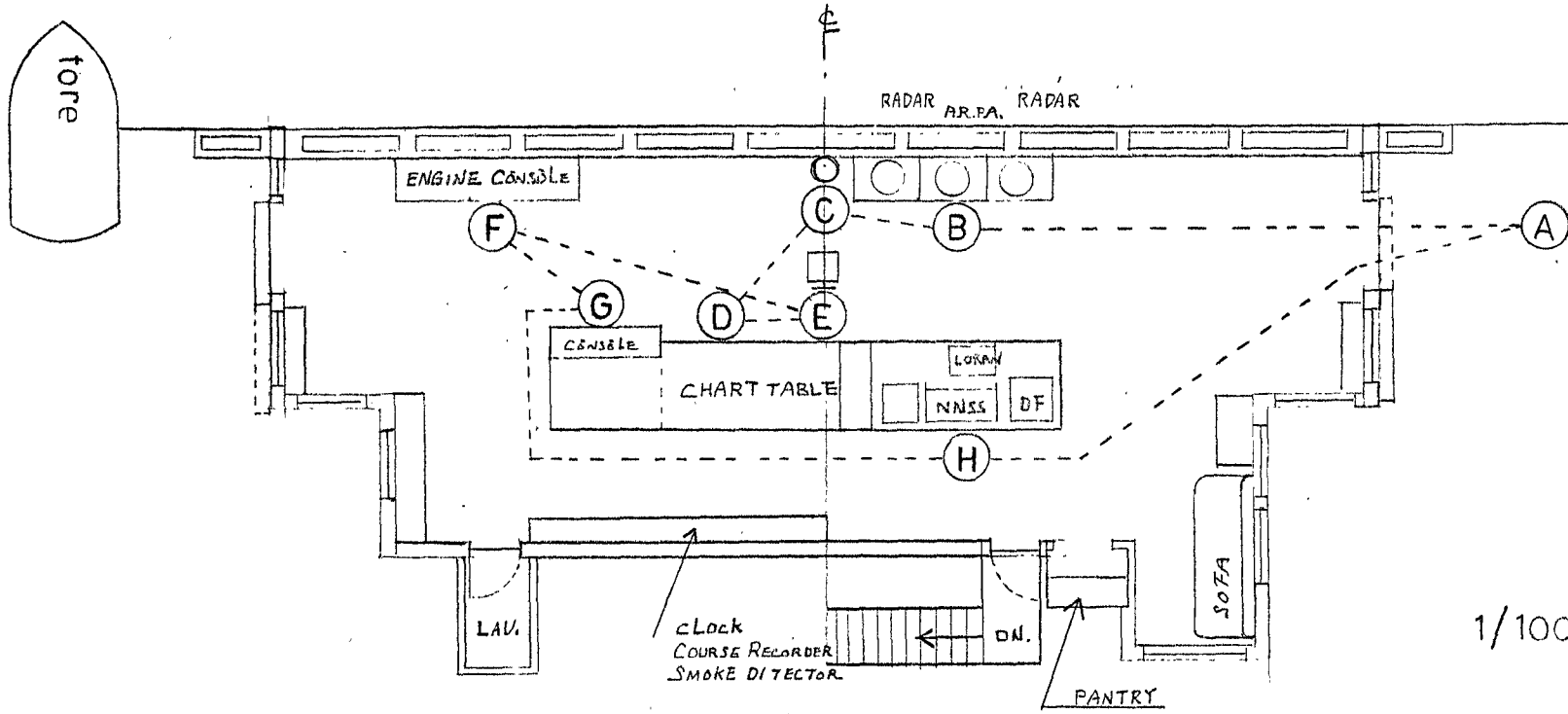
移動時間

距離

60

図 3.13(1)

FILE 2



1/100

作業基地間 距離 移動時間表

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		8.0	10.0	10.8	9.6	13.8	13.3	8.3
B	30		2.1	3.3	2.1	6.3	5.0	5.4
C	37	8		2.1	1.8	4.2	3.3	6.7
D	40	12	8		1.3	3.3	1.7	7.5
E	36	8	7	5		4.6	3.1	6.3
F	51	23	16	12	17		1.7	9.2
G	49	19	12	6	11	6		8.8
H	31	20	25	28	23	34	33	

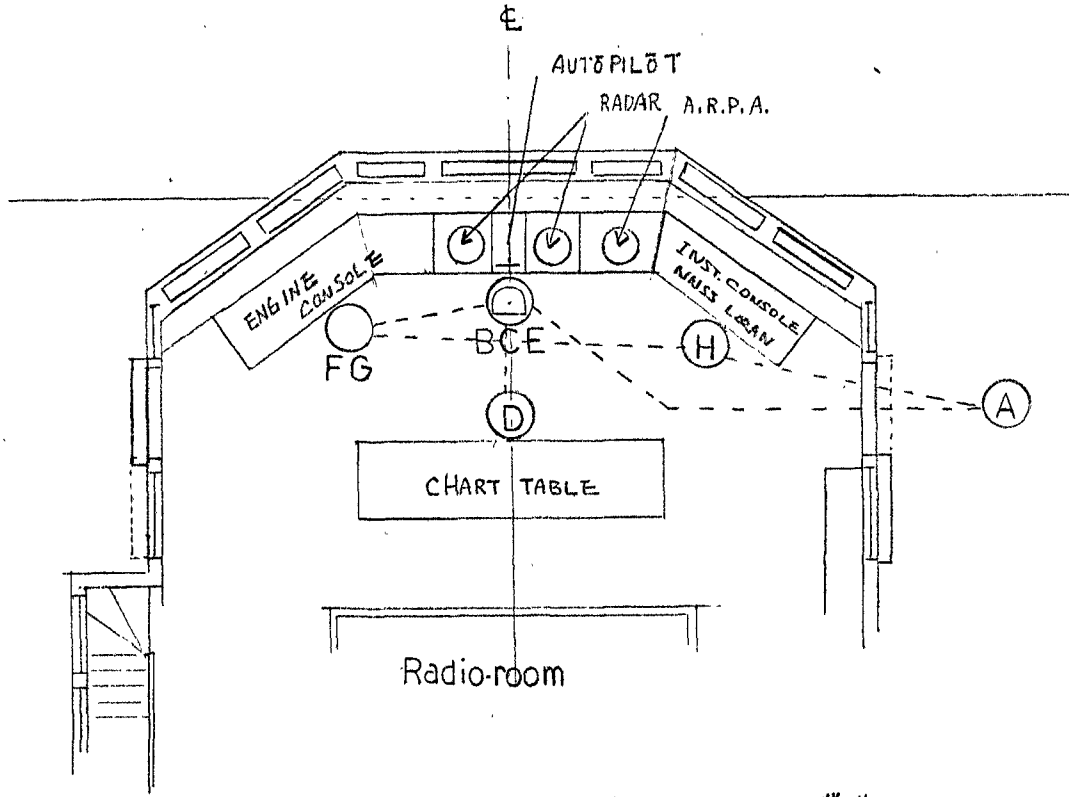
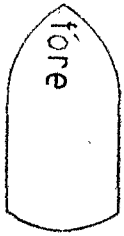
距離 (m)

A-A 一巡時間
138 clock
歩行速度 0.9m/sec

移動時間 (clock)

圖 3.13 (2)

60



E.F.I.L. 3

作業基地間 距離 移動時間表

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	7.0	7.0	6.0	7.0	9.0	9.0	4.0
B	26	-	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0
C	26	0	-	1.0	0	1.0	1.0	1.0
D	22	4	4	-	1.0	1.5	1.5	1.5
E	26	0	0	4	-	1.0	1.0	1.0
F	33	4	4	6	4	-	0	2.5
G	33	4	4	6	4	0	-	2.5
H	15	4	4	6	4	9	9	-

距離 (m)

移動時間 (clock)

A~A 一巡時間
62 clock
歩行速度 0.9m/Sec

70

図 3.13(3)

図 3.11-3

3.7 改良シミュレーションモデルの結果と考察

初期シミュレーションモデルで、1名当直の場合の牙が2名当直の場合に較べて平均データ保持数および平均データ待ち時間の面で限界に近い厳しい条件となる。したがって1名当直の沿岸航海フェイズと狭水道航海フェイズの1名当直の場合についてシミュレーションを実行し、初期シミュレーションモデルと改良シミュレーションモデルの比較をおこなえるように表3.13に結果を表わした。

表3.13より以下の点について考察できた。

(1) 狭水道航海フェイズではこの配置モデルでもラング基地、レータ基地、指揮基地、海図台基地でお互にデータ発生する。したがって狭水道航海フェイズの1名当直では当直作業に支障をきたす可能性があり、当直者の増員などの支援が必要と考えられる。

(2) 狭水道航海フェイズのように作業の能率が限界かあるいは過大となっている場合、初期モデルも改良モデルも平均データ保持数は5~6個とほぼ当直者の行動を変えたことでの平均データ保持数の変化がなくなる。

沿岸航海フェイズでは、同じ配置モデルでも平均データ保持数は改良モデルは初期モデルの $\frac{1}{2}$ ほどになり、初期シミュ

表 313 平均データ保持数 と 平均データ待ち時間

フェイス 配置	狭水道航海			沿岸航海			モデル	
	モデル1	モデル2	モデル3	モデル1	モデル2	モデル3		
平均データ保持数	5.0 ^コ	5.7	5.8	0.9	1.2	0.8		
最大データ保持数	10 ^コ	10	10	5	8	4		
あふれ率	A ^{基地}	35 %	17	3	0	0	改良 シミュ レー シ ョ ン	
	B	0 %	15	21	0	0		
	C	35 %	27	22	0	0		
	D	10 %	4	28	0	0		
	E	27 %	28	35	0	0		
	F	100 %	0	0	0	0		
	G	0 %	0	0	0	0		
	H	0 %	0	0	0	0		
平均データ待ち時間	A ^{基地}	1339 ^{clock}	700	669	432	363	337	モデル
	B	442	1138	719	297	183	244	
	C	1110	927	1511	307	301	387	
	D	683	618	604	230	198	431	
	E	797	954	832	560	423	193	
	F	830	1099	137	2071	302	68	
	G	4128	1102	1486	1180	20	1371	
	H	1799	3015	342	218	929	1781	
平均データ保持数	6.3 ^コ	5.7	5.4	4.0	2.5	1.8		
最大データ保持数	10 ^コ	10	10	10	9	8		
あふれ率	A ^{基地}	31 %	21	0	0	0	初期 シミュ レー シ ョ ン	
	B	25	21	30	16	0		0
	C	29	18	13	29	0		0
	D	39	35	38	0	0		0
	E	0	3	13	0	0		0
	F	0	0	50	0	0		0
	G	50	0	0	0	0		0
	H	50	0	0	0	0		0
平均データ待ち時間	A ^{基地}	941 ^{clock}	929	543	707	568	328	モデル
	B	755	555	704	633	395	248	
	C	725	638	516	696	313	271	
	D	778	718	491	293	159	394	
	E	699	813	653	540	444	303	
	F	96	2004	819	326	217	75	
	G	759	1078	753	216	228	122	
	H	1027	485	617	404	257	116	

改良モデルとは
拡張モデルの場合
初期モデルは
一次モデル二次モ
デルの場合

レ-ジョンモデルで平均データ保持数が少ないものは実際の当直作業ではさらに少なくなることが推察できる。

(3) 沿岸航海フェイズでは分散型のモデル1, モデル2に較べて集中型の船橋配置は平均データ保持数が少なく当直者の作業の余裕がうかがえる。

(4) 沿岸航海フェイズにおける平均データ待ち時間については改良シミュレーションモデルの場合, 初期シミュレーションモデルに較べてF, G, H基地での待ち時間が長い。これはデータの優先順位を設定したため, F, G, H基地には優先順位の低いデータの発生が多いと類推される。したがってこの理由から, 狭水道フェイズにおけるモデル1の作業基地Fでのあふれ率が100%となり問題がある。

(5) 沿岸航海フェイズで3つの配置モデルについて順位をつけると下表のようになる。

表3.14 評価順位

項目 配置	平均データ 保持数 Point	あふれ率 Point	平均データ待ち時間								総合 Point
			A	B	C	D	E	F	G	H	
モデル1	2	3	1	1	2	2	1	1	2	3	18
モデル2	1	3	2	3	3	3	2	2	3	2	24
モデル3	3	3	3	2	1	1	3	3	1	1	21

(順位1 = 3point, 順位2 = 2point, 順位3 = 1point とする)

平均データ保持数では集中型配置モデルがよく、平均データ待ち時間の評価を含めると分散型配置モデル(応答余裕時間以内で分散させたモデル)の順位がよいことかわかる。

この改良シミュレーションモデルでは3段階に優先順位を決めたが、最優先順位のデータがあふれると他のデータを処理できなくなるので、優先順位の段階を多くしたり、その内容についてを検討する必要があると考えられる。

4. 結 論

少人数による船舶の運航の可能性に伴って当直者は今まで以上に高度に集中した制御作業をおこなうこととなり、その制御による影響は多方面にわたる大きなものとなる。

今回のシミュレーションは⁽⁴⁾ Code of Practice の作業場所と設置機器の考えを発展させた作業基地と情報の流れをもとにしておこなった次の点が類推できた。

- (1) 船橋の配置条件によっては航海士1名当直でも運航できる可能性があること。
- (2) 船橋の当直作業には応答余裕時間があり、その時間以内で配置機器を分散することができること。

今後さらに船橋の適正な配置について、このシミュレーションで検討する場合には、次の点について改良をおこなうとよい。

- (1) 船橋当直作業の観測分析をおこなう為にさらに細かいサンプリング時間で測定し、作業の項目も細分化すること。
- (2) 沿岸航海、大洋航海フェイズにおける実船での作業について観測データを求めること。

(3) 当直者の動きの特色が表われるような統計手法や、作業基地の機能についてさらに検討の余地があること。

船橋の適正な配置を求める為には、このシミュレーションで検討した情報の流れの面に加えて、人間の心理的要素の面や人体の計測の面からの考察を加えることが必要である。

本研究ではこのようなシミュレーションから検討をおこなうためモデルが限定され、実船とはまだ異なる面があるが、船橋配置の検討にもちいられた従来のモックアップの製作や運航者のアンケートによる解析方法などに較べて容易におこなえる計算機シミュレーションの開発の手掛りとなることができると考える。

5 あとがき

船舶システムのサブシステムの一つである船橋の当直作業は、人間と機械の密接な、かかわりあいをもつて能率的におこなわれている。人間-機械系の構成、設計や配置は複雑な問題で、解決は諸問題を提起するにもかかわらず取扱うための適切で客観的な方法論は十分に開発されていない。ここでは応答余裕時間をもつて客観的な評価を試みたが、条件の設定や再現性についての検証など十分におこなうことができなかった。しかし航海当直作業の時間的な余裕や当直者の情報処理の余裕の問題について数量化の糸口がついたのでさらにシミュレーションに改良を加えるならば、より具体的な船橋の最良の配置が得られると確信する。

最後にこの論文の作成にあたって貴重な助言と御指導を下さった東京商船大学飯島幸人教授、杉崎昭生助教授、堀籠教夫助教授、林尚吾講師、平野弘昭助手と計算機室の多治見伸好文部技官ならびに資料を提供し教々の御意見を下さった海上労働科学研究所の大橋信夫氏、船長協会の左勤船長の方々および三光汽船株式会社と日本郵船

株式会社に深甚に感謝の念を表します。

参考文献

(1) 昭和54年度基礎実験報告書

船員制度近代化委員会 1980年3月

(2) Difficulties in ship manoeuvring work
and strain experienced by ship manoeuvrer

BY Nobuo Ohashi & Yoshiyuki Morikiyo

Humanfactors in the design and operation
of ship 1977

(3) 離散型シミュレーションシステム

GPSS機能編

日立製作所

1978年

(4) Code of practice for ship's bridge design

Dep. of Industry London 1977

付 録

A 2 自動化船の歴史

この章では船舶の自動化の発展の中で、省力化や作業の能率向上に影響を与えた機器や就労体制や陸上支援体制の推移について調べ、少人数運航船の問題点を考察する。

A.1 自動化船の発達

一般に自動化船の発達は三つの年代に区別される。それは遠隔操縦の年代、機関室無人当直の年代とコンピュータ搭載の年代である。

昭和36年(1961)に世界初の主機関の船橋制御を試みた「金華山丸」(9800 D/W 37名)の竣工を遠隔操縦の年代の始まりとする。「金華山丸」は今までの船舶に、主機関の遠隔操縦と計測の集中管理をおこなう目的で、機関室内に空調付集中制御室が設置された。またこの年代より自動化船の研究開発が、表6.1のように組織的に始まった点から、「金華山丸」の竣工をもって自動化船の第一歩ということができる。

表 6.1

(A2)
自動化船開発の組織審議会について 昭和36年~38年

昭和36年(1961) (造船審) 「最近における科学技術の進歩に対応して船舶の性能構造等を飛躍的に改善向上させるため解決を要すべき造船技術上の問題点とその対策」

昭和37年(1962) (運輸省) 「高経済船の試設計」

昭和38年(1963) (海技審) 「船舶の自動化および近代化に対応する今後の海技制度について」(海技審議会の発足)

第二の年代である機関室無人当直船の竣工は、日本では昭和44年(1969)のディーゼルタンカー「ジャパンマクノリア号」(94,465 D/W 32名)が最初である。遠隔操縦の年代からの自動制御の研究や主機関、補機関の信頼性の向上は、昭和39年(1964)にデンマークのディーゼルタンカー「セルマダン号」(55,000 D/W 36名)を、機関室当直なしに運航するに至った。この機関室当直なしの運航の為に、日本海事協会では「機関室無人運転に関する規則」を昭和44年(1969)9月に制定した。この規則では、有資格者および十分な数の乗組員が乗船し、機器の運転、保守整備をおこなうことを前提として常時機関室当直をおこなっている船舶と同等以上の安全性が確保できる十分な設備を求めている⁽⁴⁾。内容は主機関の船橋操縦装置、主機関の集中管理できる場所、その保護警報装置、機関室内火災予防装置などを備えて常用航海の状態で、24時間連続して機関室に当直者をあおがずに運転できることを必要としている。

コンピュ-タ搭載の年代は、昭和45年(1970)に竣工した「星光丸」(138,370 D/W 32名)から始まる。コンピュ-タを航法計算、貨物の積みおろしの制御と、船舶全体の制

御へ集中的に利用したもので、船舶のシステム化の始まりと云うことができる。それまでの自動化は機関部門のみで航海部門ではほとんど手がけられなかったが、このコンピュータ搭載の年代から甲板部部門(航海部門と荷役部門)の自動化の検討が具体化された意義はたいへん大きいものである。表6.2に「星光丸」にもちいられたプログラムを掲げる。

表6.2 星光丸に用意されたプログラム

- a 衝突予防プログラム
- b NNSS による船位測定プログラム
- c 船位推定プログラム
- d 天測計算プログラム
- e 航法諸計算プログラム
- f 荷役コントロールプログラム
- g 状態計算プログラム
- h 最適積付プログラム
- i 主機のトルクコントロールプログラム
- j トラブル応急処理プログラム
- k 機関部データロガープログラム
- l 医療診断プログラム

このコンピュータ搭載船は商船の作業の現状をそのままにして、機能別にコンピュータで制御可能なものを制御するとした方式

であってコンピュータと船上作業との調和を基本としたものであるが、たのて、モデル船の範囲にとどまった。昭和54年6月末現在、超自動化船と呼ばれるコンピュータ搭載船は5000G/T以上では表6.3に示すように17隻である。

表6.3

超自動化船-覧表

G/T 5,000以上 1979年6月現在

船名	総トン数	載貨重量トン数	乗組員数	竣工年月	船種
1 薩摩丸	129,595. ⁴⁵ トン	299,538 トン	31 人	1976年 12月	タンカー
2 志摩丸	129,266. ⁷⁶	299,553	30	74 5	〃
3 錦江丸	129,216. ⁷⁵	298,785	30	72 2	〃
4 あるりやど	117,656. ⁵⁵	271,355	27	76 3	〃
5 鳥取丸	116,142. ⁶⁸	271,391	27	72 9	〃
6 平和丸	116,136. ⁷⁶	271,355	28	73 12	〃
7 大津川丸	87,146. ⁵⁰	187,022	28	72 9	鉱油船
8 千曲山丸	86,460. ⁴⁶	186,958	24	72 3	鉱石船
9 あまぞん丸	85,690. ³⁰	185,883	35	76 5	鉱油船
10 杓取丸	65,312. ⁸³	140,240	25	73 7	鉱炭船
11 八州丸	35,480. ⁹⁰	47,988	25	76 12	コンテナ船
12 ごっどいと	31,671. ⁴⁹	44,966	25	76 10	〃
13 赤石丸	19,392. ⁰²	39,615	28	71 7	自撤船
14 新さくら丸	13,082. ⁰⁸	20,993	79	72 7	貨客船
15 いんばす丸	9,604. ²⁸	19,707	30	70 12	貨物船
16 浅間丸	8,371. ⁸⁹	14,736	20	78 11	冷凍船
17 生駒丸	8,369. ⁰³	14,736	20	79 2	〃

「船舶明細書」による。

注) 「金華山丸」, 「ジャリソンマ7-177号」 および「暁光丸」の自動化の内容については表6.4, 6.5, 6.6 に掲げる。

表 6-4

金華山丸の
自動化の内容

○印は該船が装備していることを示す。

船名		金華山丸		船名		金華山丸		
通信系統	船内通信	無電池式自動交換式電話機(30回線)		その他			水晶式電気時計	
	エンジンテレグラフ							
	無線							
	その他							
	ディーゼル油清浄機							
	重油							
	清水ポンプ	ハイドロタンク内圧						
	補助空気圧縮機	力						
	食糧庫冷凍機	庫内温度						
	主空気圧縮機	○						
自動発停補機	燃料油供給ポンプ							
	潤滑油汲上ポンプ							
	補助ボイラ給水ポンプ							
	燃料油サービスポンプ							
	潤滑油汲上ポンプ							
	シリンダー油サービスポンプ							
	補給水ポンプ							
	潤滑油ポンプ							
	作動油ポンプ							
	ビルヂポンプ							
自動起動補機	燃料移送ポンプ							
	缶水環環ポンプ	○						
	燃料油サービスポンプ							
	海水冷却ポンプ							
	作動油ポンプ							
	過給機用L、Oポンプ	運転中ポンプ停止						
	燃料弁冷却油ポンプ	○						
	燃料油循環ポンプ	○						
	海水サービスポンプ							
	潤滑油ポンプ	○						
自動停止補機	燃料油供給ポンプ							
	清水冷却ポンプ							
	給水ポンプ	○						
	燃料プースターポンプ							
	主空気圧縮機	空気出口圧力上昇						
	燃料移送ポンプ	セトリングタンク油面						
	貨物倉冷凍機	圧縮機出口圧力上昇						
	食糧庫冷凍機	同上						
	潤滑油清浄機							
	C重油清浄機	セトリングタンク及びサービスタンク油面						
甲板部自動化	セントローレンス水路設備	完備						
	ウインチ							
	ムアリングウインチ							
	ウインドラス							
	ハッチカバー	マツクグレゴリーシングルバル式鋳製						
	貨物倉関係	植物油搭載用としての油納内はガムレンRPO No.62を塗装						
	その他	貨物倉通風機の遠隔管制装置						
	その他							
	その他							
	その他							

運輸省船舶局

船舶の自動化

より(1963.3)

空気系統	空気圧縮機	遠隔発停、自動停止
	主機禁止弁	
燃焼その他	燃焼その他	自動制御
	補ボイラ等	排ガス街の蒸発量の遠隔制御 余熱蒸気の自動処理 給水水面の自動調節

船種	鉱油兼用船	表65 ジャパン・マグノリアの自動化内容			
造船総載貨主機発電機満載航海速度	主所数 船電重量 噸数 型式 最大出力 型式 容量	三 菱 重 工 業 54,857 94,465 9UEC85/1600 21,600 T, D 600, 600KW 16.5	乗組員数 職員 部員 合	甲板部 機関部 無線部 甲板部 機関部 事務部 計	4 4 2 11 6 5 32

項 目	内 容	自 動 化	機 関 室		船 橋	
			操 作	監 視	操 作	監 視
主 機 械	機械リンク方法による操縦 電気油圧による one-motion 方式操縦	○	○	○	○	○
主機ジャケット冷却清水系統 主機ピストン燃料弁冷却清水系統	機関入口温度自動制御, 冷却水ポンプ自動切換え 圧力, 液面低下, 温度上昇警報, データロガー, 表示, 指示	○		○		○
主 機 潤 滑 油 系 統	機関入口温度自動制御, L.Oポンプ自動切換え, 圧力低下主機自動停止 圧力, 液面低下, 温度上昇警報, データロガー指示, 表示	○		○		○
主 機 始 動 空 気 系 統	圧縮機自動発停, 始動空気中間弁自動開閉 圧縮機発停始動, 空気中間弁開閉 圧力低下異常停止, 警報表示	○	○	○		○
制 御 用 空 気 系 統	圧縮機自動発停 圧力低下, 異常停止警報表示	○		○		○
主 機 掃 気 系 統	掃気室火災, クランク室異常主機自動減速 温度上昇警報, データロガー表示, 圧力指示	○		○		○
主 機 排 ガ ス 系 統	排ガスエコノマイザ発生余剰蒸気自動制御 排ガス各筒出口温度偏差, 高温警報, データロガー	○		○		○
主機シリンダ, 排気弁, 注油系統	自動注油装置 無注油, 液面低下警報	○		○		○
主軸系および船尾管, 注油装置	L.Oポンプ, 自動切換 重力タンク使用表示警報, 喫水指示, 温度上昇, 液面低下警報, データロガー			○		○
主 機 燃 料 油 系 統	機関入口温度自動制御, 清浄機連続運転, F.Oタンク液面温度自動制御, F.O供給ポンプ自動切換え, F.O常用タンクドレイン自動排出 液面低下, 温度上昇警報, データロガー 液面指示	○		○		○
ターボ発電装置	タービン入口蒸気圧力, L.O温度, 復水器水位自動制御, 復水ポンプ自動切換え, 補L.Oポンプ自動発停, タービン異常時危急停止 速度調整 タービン異常警報, データロガー, 温度圧力指示	○	○	○		○
ディーゼル発電装置	自動始動, 同期投入, 機関入口自動制御 速度調整, 遠隔始動 異常警報, データロガー	○	○	○		○
ボイラ燃焼装置	ボイラ燃焼, パーナ本数, 給水自動制御, ボイラ異常停止 ボイラ遠隔操作 ボイラ異常警報, データロガー	○	○	○	○	○
冷 却 海 水 系 統	主冷却海水ポンプ自動切換え 圧力指示, 圧力低下警報 消防兼雑用ポンプ発停	○	○	○		○
機 関 室 ビ ル ジ 系 統	ビルジポンプ自動発停 ビルジ液面上昇警報	○		○		○
清 水 飲 料 水 系 統	ポンプ自動発停	○				
機 関 室 災 災 検 出 装 置	機関室内, 船内, 各場所に警報			○		○

(出所) 中沢一郎「MO第1船ジャパン・マグノリアの概要と運航実績」『海上労働』23(1), 1969.1

篠原陽一「船員労働の技術論的考察」海流社 1979.3

表 66 超自動化船 (コンピュータ搭載船) の内容

船名	星光丸	三峰山丸	錦光丸	鳥取丸*	大津川丸*	
造船所名および国名	石川島播磨重工 (日本・相生)	三井造船 (日本・千葉)	日本鋼管 (日本・津)	三菱重工 (日本・長崎)	川崎重工 (日本・神戸)	
コンピュータシステム開発担当者	日本造船協会, 石川島播磨重工	日本造船協会 三井造船	日本鋼管・沖電機	三菱重工・三菱電機	川崎重工・富士通	
船主および国名	三光汽船	大阪商船 三井船舶	昭和海运	日本郵船	川崎汽船	
建造年	1970年	1971年	1972年	1972年	1972年	
コンピュータ搭載年	"	"	"	"	"	
船種	油送船	油送船	鉱油兼用船	油送船	鉱油兼用船	
船級	NK	NK	NK	NK	NK	
L×B×D (メートル)	260×43.5×22.8	310×54×26.4	314×54.8×24.6	304×52.4×25.7	275×44×24.2	
総トン数	73,300	125,000	133,000	120,000	88,200	
積貨重量トン数	138,000	224,500	259,000	237,000	156,000	
主機型式および馬力	D, 28,000	D38,000	T36,000	T34,000	D32,000	
航海速度 (ノット)	15.4	15.7	15.8	15.8	15.4	
人員	職員	11名	11名	11名	11名	
	部員	21名	20名	20名	21名	
	合計	32名	31名	31名	31名	32名
コンピュータのメーカー	東芝	北辰電気	沖電機	三菱電機	富士通	
コンピュータの名称	TOSBAC3000S	HOC700M	OKITAC4300	MELCOM 350-58	FACOM 270-20	
コンピュータの規模	16ビット 16K	16ビット 16K	16ビット 16K	16ビット 16K	16ビット 16K	
コンピュータシステムの要	航法システム	船位測定 (NNSS) 船位推定, 航法計算, 衝突予防	定時情報自動受信	衝突予防, 自動運動決定 (入港機電力), 船位測定, 航路記録	衝突予防, 推進力測定 航法計算, 船位推定, 定時記録, 船位測定	船位測定, 狭域最適航路設定, 船位測定, 航法計算
	装置システム	荷役制御, 状態計算, 最適積付計算, 冷凍機故障診断, 医療診断	自動荷役 (DDC) シークエンス制御 荷役計算, バラスト制御		荷役 DDC, 荷役シークエンス制御, バラスト制御, 船体姿勢制御, ストレス監視制御, 積付計算	荷役 DDC, 荷役シークエンス制御, バラスト制御, 積付計算, 医療診断
	機関プラント	トラブル応急処理 Data Logging 主機 Torque Control	監視, Logging 主機, 発電機 空気圧, ボイラ制御 主機異常診断	ボイラ監視	主機自動制御, 主機シークエンス制御, 主機自動復帰 主機発電機, 異常検知, 自動予防	
コンピュータシステム費用	約30,000万円	約14,000万円		約37,000万円		
備考	補助記憶 Drum 64K (北辰)	補助記憶 Drum 128K (北辰)		補助記憶 Drum 96K (北辰)		

徳田迪夫「超自動化船とコンピュータ」海文堂
上田一郎

1971.3

A.2 乗組員の減少と機械の設置

自動化船の乗組員数は図6.1のように、自動化の進展とともに減少している。自動化の開発初期の昭和38年(1963)に運輸省船舶局の発行した「船舶の自動化」^(A1)では、1968年(昭和43年)には20名船を予想した。コンピュータ搭載の超自動化船の運航について検討した昭和46年(1971)のSR106部会では1976年(昭和51年)に15名船の出現を予想した^(A2)。しかし図2.1に見られるように予想より少人数運航の自動化船の実現化には10年近い遅れがあるが、乗組員の減員は一定の割合でおこなわれていることが推測される。A社における1

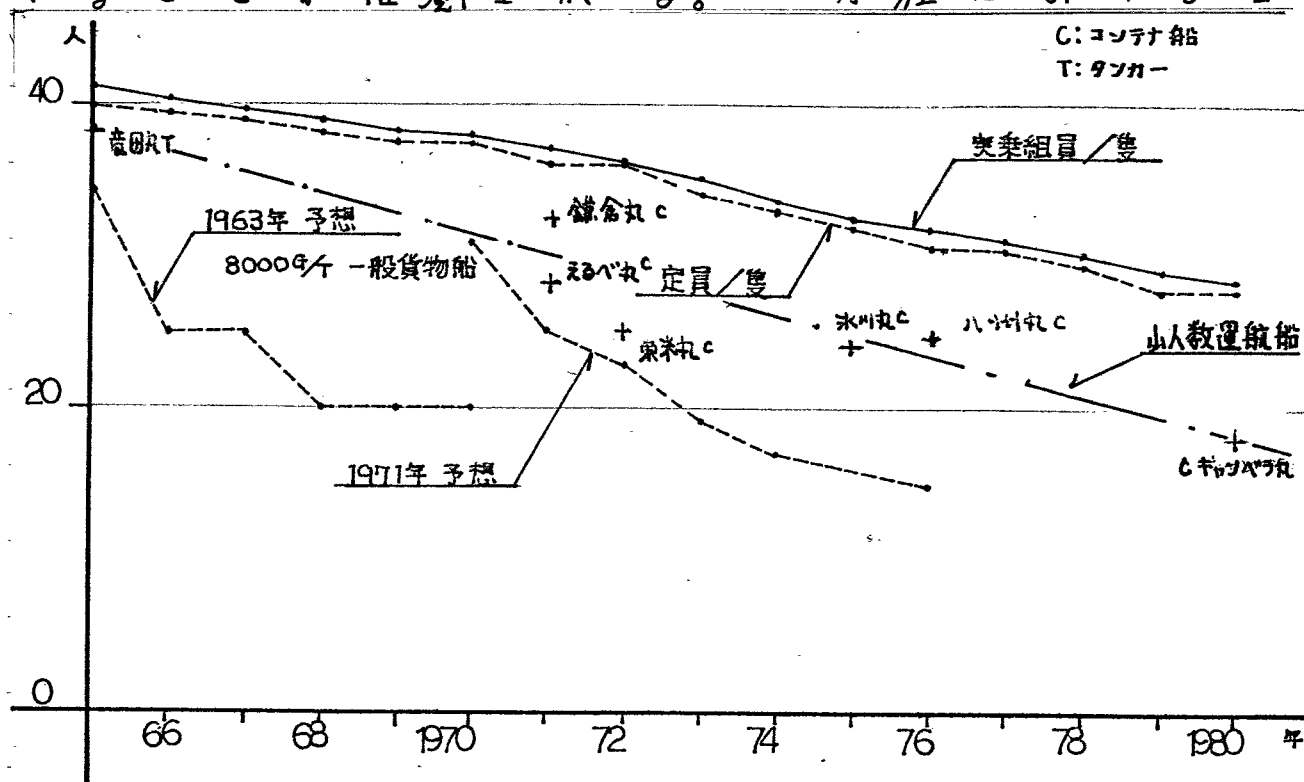


図6.1 少人数運航船の現状と変化

隻あたりの平均乗組員数を同時にのせたが、
このように減員されておき、新造船には自
動化が積極的にとり入れられる省力化によっ
て減員されていると推察できる。自動化
の進展は、単に機器の導入だけでなく就労
体制や支援体制とも合わせておこなわれて
いると考えられるので表6.4にそれらを総合
して示した。

表6.4 自動化の導入と省力化

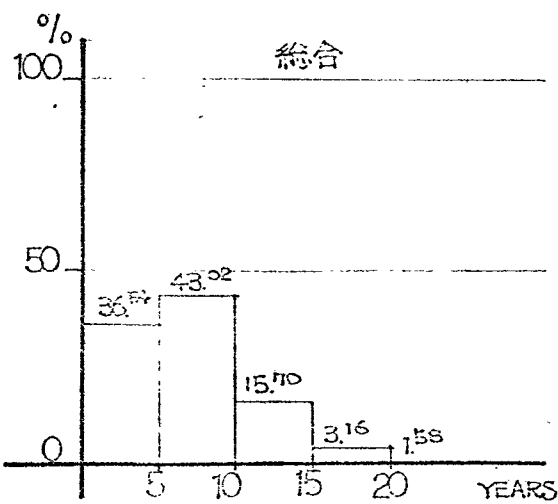
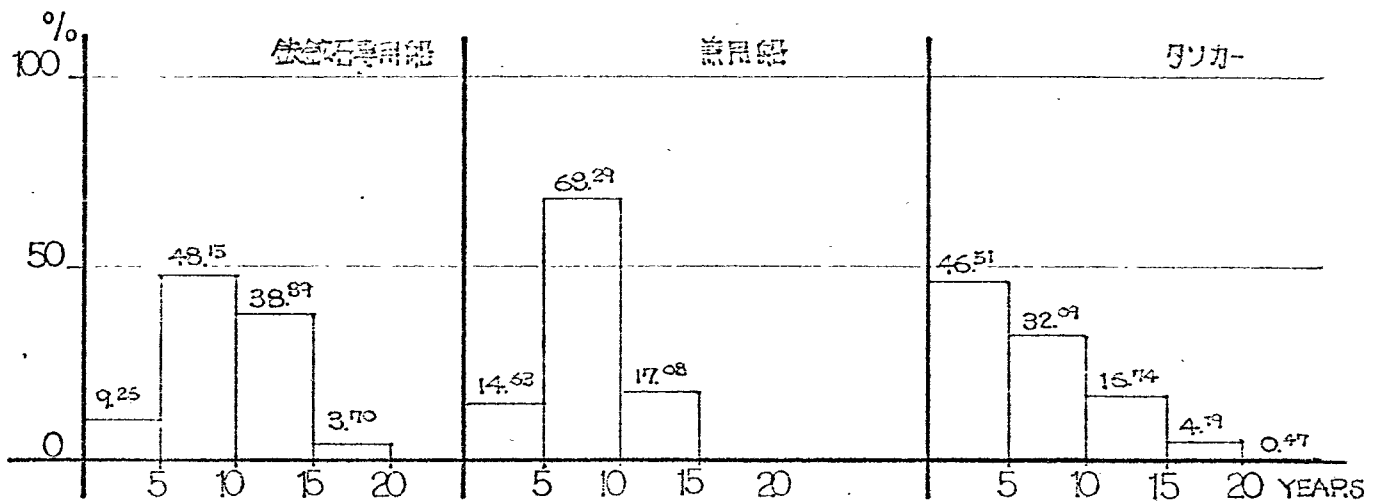
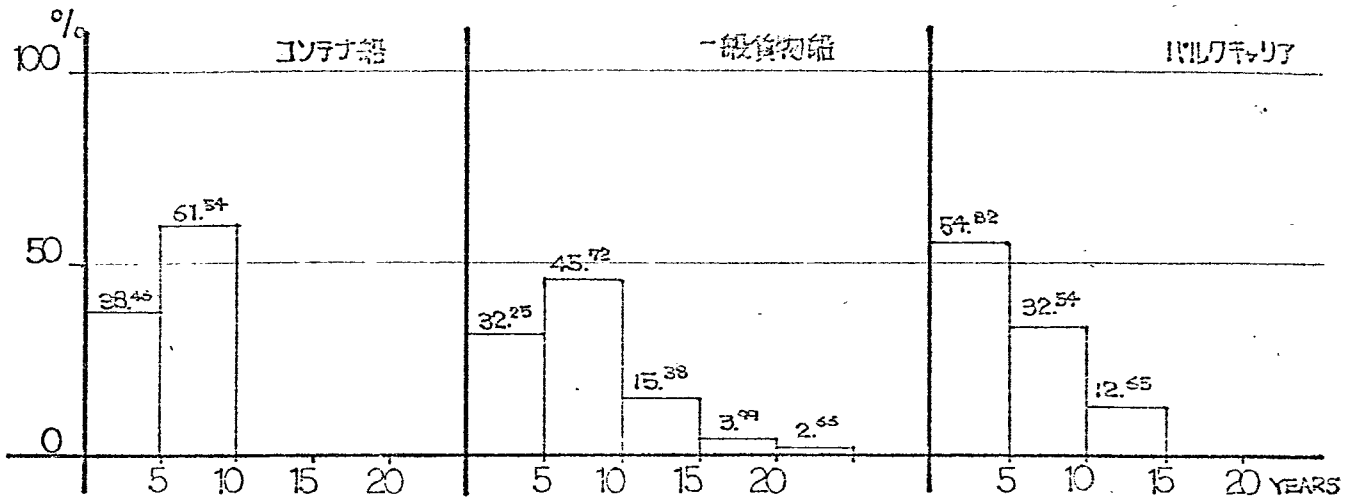
区分	自動化以前		遠隔操縦の年代		
竣工年	1954	1959	1961 ~ 1965	1961 ~ 1965	
船種	一般貨物船	タンカー	一般貨物船	タンカー	
乗組員	船長	1	1	1	
	航海士	3	3	3	
	機関長	1	1	1	
	機関士	6	5	4	3
	通信士	3	3	3	3
	事務職員	2	1	2	0
	甲板部員	15	16	10	8
	機関部員	14~16	15	7	7
	事務部員	8	7	5	6
	計	53~55	52	36	32
装備された機械	レーダー オートパイロット		機関室コントロールルーム 暖機, S/Bシーケンス制御 オートテンションウインチ 自動交換電話 拡声伝達装置 錨鎖計 船舶専用まきあげウインチ 化油索の使用		
	タービンポンプ		スケールリフトカバー デッキスタンド 荷役コントロールルーム ローラー 荷役事務室 パワーウインド装置 ボーターアルステムタービン スラッジ揚げ用専用モーター		
機械以外の条件			燃料油, 潤滑油 タンクの清掃 主機, 発電機の整備で船内に予備品がないもの } 陸上支援 コンデンサ内部の清掃, ターボチャージャーの開放点検 } の作業員で おこなう		
			主機無開放運転 5600時間 舷門当直作業の廃止 専門のワッチマンを陸上支援 真ちゅう製品とステンレスやアルミ製品にかえて真ちゅうみかき 作業を廃止 カゴアロックの手入れ不用		
			専用船では事務職員の減員によって ・船舶の準備金を保有しない ・給与手当の計算と精算は陸上でおこなう ・乗組員交代の手続き, 乗組員名簿の作成を 陸上でおこなう		
	1960 乗組員の定員決定を 労働協議から船主専決へ				

区 分	機 関 室 無 人 当 直 の 年 代			コ ン ビ ュ ー タ 搭 載 の 年 代		
竣 工 年	1965 ~ 1969			1970 ~		
船 種	一般貨物船	タンカー	コンテナ船	一般貨物船	タンカー	コンテナ船
乗 組 員	船 長	1	1	1	1	1
	航海士	3	3	3	3	3
	機関長	1	1	1	1	1
	機関士	3	3	3	3	3
	通信士	2	2	2	2 (1)	2
	専務職員	1	0	0	0	0
	甲板部員	10	8	6	6	6
	機関部員	4	7	4	5	3
	専務部員	5	6	4	3	4
	計	30	31	24	24 (23)	31
装 備 機 材	M0 船級取得 VHF国際電話 テレグラフ オートアラーム装置 まきとり式係船索 オートランションウィンチ			NNSS. オメガ TONAC マリウツ受信機 衝突防止レーダ		
	電動油圧甲板 ワイヤレスポンク ウインチ JIBクレーン	荷役設備の 陸上係管		付トガス装置 100ト79ト 集中荷役制御室 巻とりスチ コンビュータ搭載		
機 材 以 外 の 条 件	出入港作業に機関部員甲板部 作業を応援 食料品は3航海一括積込(タンカーのみ) 航海中のタンクカーニークは17クのみ 船内清掃作業の一部は甲板部作業場 ギャレーと食堂を近づける 冷凍コンテナ積込は甲板部機関部で おこなう 荷役作業スリンクの後に甲板部陸上 作業員がおこなう(コンテナ船)			大洋航海中の船橋1名当直(昼間のみ) 従来の航海当直の甲板手は整備作業におこなう 便宜墨籍の船舶は通信士1名 原油洗浄 陸上支援作業員の常駐(1973より) 船用品の一年分一括積込 整備作業で船内乗組員で消化でき ないものは陸上支援の作業員におこなう		
	1963 MAR. 電波法と職員法改正 通信士3名に2名 機関室無人の為の船級協会の動き 1964 NV(EO) 勸告(ルノー) 1965 NK(M0)勸告(日) 1965 AB(AccV, Acc) 勸告(米) 1966 LR(UMS) 勸告(英) 1965 海技審海技制度小委員会答申 "今後の海技資格に関する基本構想" (船長 船船士 機関管理士 船船員) 1968 コンテナ船就航			1963 船舶の高度集中制御方式統合開発 委員会」の設立 (SR106 部会)		

A-3 考 察

昭和54年(1979)6月末現在の5,000総トン以上の船舶は、1042隻である。(船舶明細書<日本海運集会所>) そのうちの640隻が自動化船(主機自動制御、遠隔装置をもつ船)であり、自動化船の中の17隻がコンピュータ搭載の超自動化船である。図6.2に船種、船齢別の統計グラフと合わせて考えると、日本船では新造船に積極的に自動化の設備を搭載していることが推察される。しかし自動化船に比べて超自動化船は昭和45年以降10年近くの年月を経過しながら17隻にとどまっている。これは船舶システムとしてコンピュータの機能の検討が十分でなく、自動化船に比べてコンピュータの搭載による乗組員の省力化が明確でない点^(A3)が原因の一つであると推察できる。

船舶に中型、大型のコンピュータを導入して船舶を総合的に制御することは停滞しているが、小型のコンピュータ(マイクロコンピュータ、ミニコンピュータ)は、個別の作業の制御を目的として多く導入されている。すなわち、小型コンピュータは、NNSS受信機では受信信号の処理と位置の計算の為に、機関室では集中計測と記録の制御の為に、無線室のマ



□ 6・2

船齢別隻数比

海運局資料 昭和53年(1978)7A1B
2000年1月以上対象

リサ、ト送受信機では信号波形の制御などに導入され、それぞれの作業の操作をやさしくしている。たとえば、乗組員が位置を測定する場合、今までは天体の知識、球面三角法の知識と六分儀操作などの専門知識と熟練を必要とし航海士に限定されていたが、NNSS受信機の導入によってだれでも良い精度で簡単に求められるようになった。このように今までの熟練作業が単純化されることで、個人差なく初級者でも他の職種乗組員でも、今までの作業がこなせるようになりつつある。したがって多くの職種で分業化されていた作業が総合的にこなす体制の下地ができたと考える。このような中で少人数運航を目的としたコンテナ船の船橋は、通信室と機関コントロール室を船橋に配置し集中的に船舶を制御しようとする方式をとる方向にある。

このように高度に集中化された船舶を運航する場合、乗組員は一つの警報でその故障やトラブルの意味を理解し、緊急度や全体への波及や対応の方法に対してすぐに判断できるような教育と訓練を受ける必要があり、搭載された機器は平均寿命の向上や修理の簡易化およびフェイルソフトの開発を

おのおの船舶システムとしての信頼性の向上が大切である。さらにこのような高度に集中化された少人数運航船では標準化の面でも検討し、乗組員の作業のあやまりの防止と陸上支援による作業の時間の短縮をみこなうべきであると考えらる。

自動化船の歴史の参考文献

(A1) 船舶の自動化 運輸省船舶局 1963年

(A2) 船舶の技術革新に

対応する就労体制および乗組員養成

に関する研究

航海訓練所 1971年

(A3) 電子計算機と船舶システム設計

杉崎昭生 総合出版センター 1971年

(A4) 船員労働の技術論的考察

篠原陽一 海流社 1979年

(A5) 超自動化船とコンピュータ

徳田迪夫・上田一郎 海文堂

B 航海計器の信頼性

船用機関の信頼性の向上が機関室無人当直の実現の一因をなすと一般に言われているので、航海計器の信頼性の向上は、船橋の作業能率の向上や航海の安全性の面で大きな影響を与えると考えられる。したがって現在船橋に装備されている航海計器についてその信頼性についてを調べることは意義が大きいと考え、中でもレーダは船橋当直の作業で大きな比重を占める計器であるので、その信頼性を調べることにする。

B.1 故障のデータ

故障のデータは、A社の6隻の船舶の航海計器故障報告書によった。この6隻の船舶の船種と竣工年を表7.1に示す。こゝら

表 7.1 故障調査船

項目 \ 船名	A	B	C	D	E	F
竣工年	1959	1965	1966	1972	1969	1974
船種	貨物船	貨物船	貨物船	タンカー	コンテナ船	コンテナ船
総トン数	9287	9486	11380	116142	23669	30922

の船舶は前に述べた年代にあたるものを選んだ。コンテナ船とタンカーはMO船(機関室無人当直船)で特にタンカーは超自動化船である。故障報告書には、故障の発生した月日と修理概要が記述されており、1970年1月1日から1979年12月31日までの故障報告書から集計をおこなった。

B.2 解析法

信頼性データの解析に良くもちいられているワイブル分布で解析をおこなった。

B.3 信頼性とワイブル分布

時間経過に対する故障発生の頻度は、従来も、ともよく用いられてきた正規分布にあてはまらない場合が非常に多く故障の発生頻度は製品の種類によって様々な形をしているので、故障の発生頻度を一括してあらわせる分布を求めた。ワイブル分布は故障するまでの時間のバラツキの大きいものや平均寿命に対して左右対称でない歪んだ分布に対しても有効な便利な分布である。従来このような分布の場合対数正規分布やガンマ分布など理論関数をあてはめてきた。対数正規分布は探索作業をとまらう機器の修理時間のような場合にあてはまり、ガンマ分布は式の形が簡単でない点に欠点があった。また特殊な例として、指数分布は1回の偶発的なショックで寿命が過ぎてしまう場合によくあてはまる。これらに対してワイブル分布は物体の寿命は物体の中に不規則に散在する欠陥のうち最大の欠陥、つまり最弱個所の破壊によって決まるとして誘導されたもので、製品の寿命や材料の強度の分布によくあてはまる分布である。

瞬間故障率（ある時間に良好に動作しているものの数とそれらの中から引き続く単位時間内に故障してしまうものの数の比）は、故障寿命分布の理論式がわかるならば、経過時間の関数として表現できる。ガンマ分布はこの瞬間故障率の計算がめんどうであるが、ワイブル分布は経過時間のべき乗に比例するという項だけでまわめて素直な形でとりいれられている点に特色がある。

W. Weibull氏によって曲げ強度とか引張強度とかの材料の破壊についての解析例に加えて、1955年 J.H.K. Kao が真空管の寿命の分布にこの分布をあてはめてから使用されるようになった。

B.4 ワイブル分布の特性

時間を t で表わすならば ワイブル分布の累積分布は

$$F(t) = 1 - \exp \frac{(t-r)^m}{x_0^m} \quad (1)$$

確率密度関数は

$$f(t) = \frac{m(t-r)^{m-1}}{x_0^m} \exp \frac{(t-r)^m}{x_0^m} \quad (2)$$

瞬間故障率は

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{m}{x_0} (t-r)^{m-1} \quad (3)$$

である。ここに m : 形状パラメータ

x_0 : 尺度パラメータ

r : 位置パラメータ

と定める。 x_0 や r は 確率密度分布の時間軸の目盛を左右するだけのパラメータで本質的な特色は形状パラメータ m による。パラメータ m の変化と分布の形状についてを 図 7.1. で示す。($y = (t-r)/x_0^{\frac{1}{m}}$ として (2) 式に代入した分布である。) $m=1$ のときは 指数分布となるが、 m の値が 3, 4 と大きくなるにつれて 正規分布に近い分布

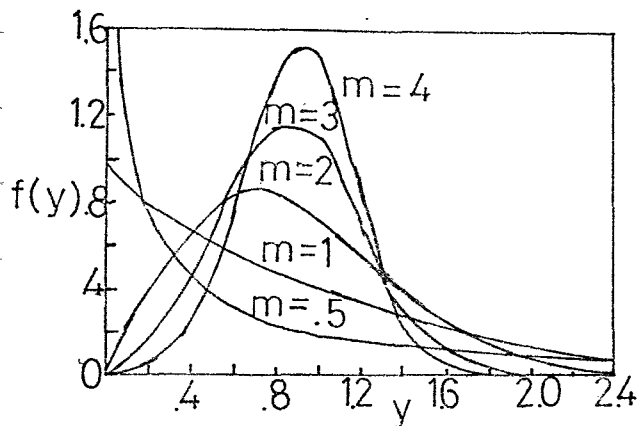


図 7.1

となることがわかる。 $t_0 = 0$ として平均値 μ と分散 σ^2 を求めると,

$$\mu = t_0 \frac{1}{m} \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad (4)$$

$$\sigma^2 = t_0 \frac{2}{m} \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{m}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{m}\right) \right\} \quad (5)$$

となる。 $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数を表わす。

分布の代表値を与える式で $t_0 \frac{1}{m}$ が係数としてはいっている。 t_0 も m もパラメータであるから $t_0 \frac{1}{m}$ もパラメータである。

$\eta = t_0 \frac{1}{m}$ とおく。(4)式に μ や σ を代入すれば $F(\mu)$ や $F(\sigma)$ は m の値だけで決まる。

η は寿命の特性を測る指標としてもちいることができる。 η は $F(\eta) = 1 - e^{-1} \approx 0.63$ であるから m や t_0 の値がどのようなであっても全体の63%が故障する点を意味するので η を特性寿命と呼ぶ。

瞬間故障率は(3)式で示されるように m の値によって

$m > 1$ 単調増加 故障率増加型(磨耗型)

$m = 1$ 一定 m/t_0 故障率一定型(偶発型)

$m < 1$ 単調減少 故障率減少型(初期破型)

分類することができる。

B5 最尤法による形状パラメータ m の推定

ワイブル分布の重要なパラメータである形状パラメータ m は、最尤法によって推定しワイブル分布確率紙にプロットした故障のデータから求めた m と比較した。形状パラメータのばらつきは、データ数を n とすると近似的に $0.79 m / \sqrt{n}$ で求まる。すなわちデータ数が多いほどばらつきが少なくなるので、今回は形状パラメータ m の推定は最尤法によった。

ワイブル分布の累積分布は

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{(t-r)^m}{t_0^m}\right) \quad (1)$$

で表わされる。 (1) 式より信頼度関数 $R(t)$ を求めると

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\frac{(t-r)^m}{t_0^m}\right) \quad (6)$$

と取り $r=0$, $y=t_0^m$ を代入して

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{y}\right)^m\right) \quad (7)$$

となる。 n 個からなる完全データ (打ち切りデータではないもの) で (7) 式をもちいて尤度関数 L を求めると

$$L(t_1, t_2, \dots, m, y) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{m}{y}\right) t_i^{m-1} \exp(-t_i^m / y) \quad (8)$$

で得られる。そこでパラメータ m , y を推定するために (8) 式の対数を取り、 m, y について微分してそれを零とおけば、

$$\frac{\partial \ln L}{\partial m} = \frac{n}{m} + \sum_{i=1}^n \ln(x_i) - \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n x_i^m \ln(x_i) = 0$$

(9)

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \eta} = -\frac{n}{\eta} + \frac{1}{\eta^2} \sum_{i=1}^n x_i^m = 0$$

と仮定 η を消去すると

$$\left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i^m \ln(x_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^m} \right) - \frac{1}{m} \right] = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \quad (10)$$

を得る。(10)式から

$$J(m) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^m \ln(x_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^m} - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \quad (11)$$

という $J(m)$ を導入して、 m を推定するための評価関数とする。 $J(m)$ が零に充分近づいたときの m の値を最尤度推定値 \hat{m} とする。

\hat{m} が得られたらば (9) 式の第 2 式より

$$\hat{\eta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^{\hat{m}}}{n} \quad (12)$$

で $\hat{\eta}$ が求まる。この推定法は A. C. Cohen によるものである。

次に最尤法による解析例をのせる。

B6 ワイブル分布による解析例

解析例としてB船(1965年竣工)のNO.1レーダの場合をおこなう。

表7.2

B船 NO.1 レーダ 故障データ

故障月日	故障間隔(t)	順序 i	日数(大) t_i	累積故障率 $F(t)$ ($i/n+1$)
70 ^年 4 ^月 14 ^日	96	1	3	0.05
70 7 19	55	2	5	0.10
70 9 12	215	3	8	0.14
71 4 15	77	4	25	0.19
71 7 3	85	5	34	0.24
71 9 26	25	6	37	0.28
71 10 21	96	7	41	0.33
72 1 25	3	8	55	0.36
72 1 28	8	9	72	0.43
72 2 5	5	10	79	0.48
72 2 10	37	11	85	0.52
72 3 18	552	12	96	0.57
73 9 21	41	13	96	0.62
73 11 1	240	14	105	0.67
74 6 29	327	15	167	0.71
75 5 22	34	16	215	0.76
75 6 25	105	17	240	0.81
75 10 8	157	18	327	0.86
76 3 23	386	19	386	0.90
77 4 13	72	20	552	0.95
77 6 24				

表 7.2 を示すように故障月日と累積故障率 $F(x)$ を求めた。
累積故障率は、観測数が少ないので、

$$F(x) = i / (n+1) \quad (13)$$

(13) 式をもちいる。ただし n は観測個数である。

x と $F(x)$ をワイブル確率紙にプロットしたのが図 7.2 となる。表 7.2 のデータ x_i と m を (11) 式に代入して $J(m) \div 0$ となる m を求める。

$$m = 0.90 \quad J(0.90) = 8169.23 / 1540.56 - 1/0.9 - 83.76/20 = 3.4 \times 10^{-3}$$

$$m = 0.89 \quad J(0.89) = -4.20, \quad m = 0.91 \quad J(0.91) = 2.3 \times 10^{-2}$$

となり有効数字小数第2位までとすれば最尤度推定値 \hat{m} は 0.90 となる。よって $\hat{\eta}$ は (12) 式より

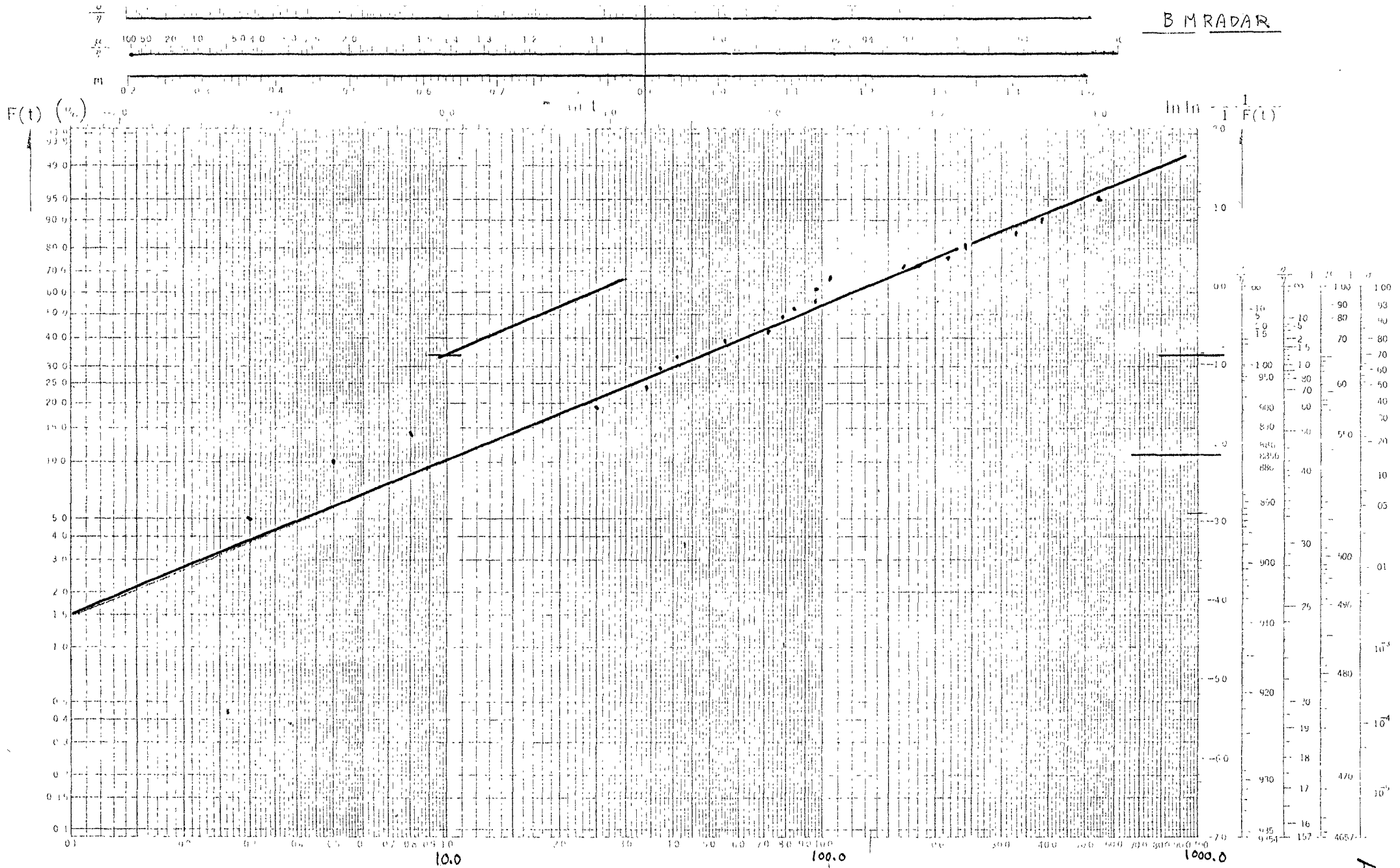
$$\hat{\eta} = \sum_{i=1}^n x_i^2 / n = 1540.56 / 20 = 77.02$$

を得る。

B7 考察

表 7.3 に解析による各種のデータを示す。ワイブル分布では形状パラメータで故障の形態を把握することができ、L-タの場合、6 隻とも形状パラメータが、1 以下であるので初期故障型と推定できる。したがって L-タは保全整備をするよりも故障のつと修理をおこなうことが能率的で経済的であるといえる。

特性寿命は、その計器の 68% が故障する時の時間であり、平均寿命はこの場合、



四 7.2

日科技連ワイブル確率紙

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\sigma}\right)^m}$$

$$\mu = \sigma \frac{\Gamma(1 + \frac{1}{m})}{\Gamma(1 + \frac{1}{m})} \quad \eta = \sigma \frac{\Gamma(1 + \frac{1}{m})}{\Gamma(1 + \frac{1}{m})} \frac{1}{2}$$

表 7.3 ワイブル分布による解析結果

機器 <small>ワイブル</small>	形状 <small>ワイブル</small>	尺度 <small>ワイブル</small>	特性寿命	平均寿命	標準偏差	95%信頼性	中央値
	day	day	day	day	day	day	day
A SHIP No.1radar	0.54	10.62	80.00	139.20	280.00	0.40	40.00
No.2radar	0.89	81.58	141.00	222.78	167.79	4.80	99.00
B SHIP No.1radar	0.90	77.02	125.00	131.25	146.30	4.20	86.00
No.2radar	0.70	34.05	154.00	195.58	283.36	3.00	77.00
C SHIP No.1radar	0.69	25.89	112.00	155.65	212.80	1.40	56.00
No.2radar	0.74	43.71	165.00	198.79	270.60	2.00	74.00
D SHIP No.1radar	0.75	33.14	106.00	126.68	171.38	1.60	65.00
No.2radar	0.74	35.38	124.00	149.26	203.13	2.00	62.00
E SHIP No.1radar	0.62	14.25	73.00	104.56	319.48	0.68	37.00
No.2radar	0.56	10.38	65.00	107.03	202.31	0.11	30.00
F SHIP No.1radar	0.57	11.67	74.00	119.17	219.72	0.38	37.00
No.2radar	0.70	19.29	69.00	87.00	124.82	0.62	45.00
A SHIP gyro.	0.81	131.75	414.00	465.73	579.57	18.00	370.00
D SHIP gyro.	1.84	49000.9	354.00	315.08	177.01	65.00	270.00
MAKER gyro (hr.)	0.85	3046 (hr.)	12546 (hr.)	13675 (hr.)	16184 (hr.)		
D SHIP EM log	0.92	418.36	707.00	735.43	806.14	25.00	510.00
F SHIP NNSS	2.00	232057	481.00	426.80	221.59	130.00	470.00

MTBFをあらわす。レーダは船舶の竣工時からの計器であるので、竣工年別のMTBFの変化を考えたが、このデータからは、顕著な傾向はみられなかった。全船舶ともMTBFは100日以上あり、現在の船舶では、港から港まで4000マイル程あっても20日以内で航海できる点を考えれば、十分な信頼性があるといえる。大型の船用レーダのMTBFは、製造者の計測によれば、1842時間から2350時間（昭和53年）と報告されており

表 7.4 故障調査船舶とレーダの修理

船名		項目						
		A	B	C	D	E	F	
竣工年		1959	1965	1966	1972	1969	1974	
船種		貨物船	貨物船	貨物船	タンカー	コンテナ船	コンテナ船	
総トン数		9287	9486	11380	116142	23669	30922	
No.1 レーダ	船内修理	1回あたりのMan-Hr.	14.80	4.68	3.91	4.90	5.78	8.12
		回数	10	16	12	10	23	8
		Man·Hour	148	75	47	49	133	65
(注1-9)	業者修理	1回あたりのMan-Hr.	4.30	4.00	40.25	10.00	10.90	12.00
		回数	10	6	4	10	10	7
		Man·Hour	43	24	161	100	109	84
		工場修理(回)	1					
No.2 レーダ	船内修理	1回あたりのMan-Hr.	30.80	4.80	3.45	5.00	3.78	16.90
		回数	5	10	11	12	14	10
		Man·Hour	154	48	38	60	53	169
(注1-9)	業者修理	1回あたりのMan-Hr.	5.50	5.00	0.00	6.20	10.60	9.00
		回数	4	5	0	5	5	7
		Man·Hour	22	25	-	31	53	63
		工場修理(回)						1

り、年間使用時間は L-ダの使用の多い内航船の場合 2100 時間と測定している。大型の船用 L-ダの使用時間については 四宮博氏の測定では年間 1257 時間（「船用 L-ダの信頼性とその管理について」日本航海学会第 63 回講演会）と示されているので、船用 L-ダの信頼性は十分であると考えられる。

修理の状況は表 74 に示すように船内修理と製造者などの陸上業者による修理と分けて集計した。修理時間は新型の船の方が短くなる傾向がうかがえる。

航海計器の信頼性は良い水準に達していると考えられるので、修理時間の短縮や単純化の開発研究が重要と考えられる。特に L-ダの場合、2 台装備が一般化しているので、航海中の修理をおこなうことで、稼働率はさらに向上するであろう。航海中の修理は運航に妨げとらるるようには、短い時間でおこなえるようにすべきであり、さらに修理場所の確保も考えて船橋内におくべきであると考えられる。

航海計器の信頼性の参考文献

(B1) 信頼性データの解析

日科技連 編

(B2) ワイブル分布の特性と

その形状パラメータの推定法について

堀籠教夫

日本船用機関学会

VOL.15 No.6 1980年6月

(B3) ワイブル分布によるフィールドデータの

解析について

堀籠教夫

日本船用機関学会

VOL.15 No.9 1980年9月

C プログラムのコーディング例

初期シミュレーションモデルの 1名当直, 2名当直の場合 および

改良シミュレーションモデルの プログラムコーディング例を掲げる。

81/01/14

GPSS

ASSEMBLER LIST

AP4310-03-01

PAGE 1

BLOCK NUMBER	*LOC	OPERATION A,R,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
		JOB		1
	*	PARAM (NOXREF,NOILST)		2
		SIMULATE		3
	*	BRIDGE DESIGN PROGRAM MARK4***		4
		***TAIYO KOKAI		5
		****A****		6
	1	FUNCTION RN1,C4		7
		0.0,0/0.3,3000/0.7,6000/1.0,9000		8
		****B****		9
	2	FUNCTION RN1,C4		10
		0.0,0/0.3,3000/0.7,6000/1.0,9000		11
		****C****		12
	3	FUNCTION RN1,C4		13
		0.0,0/0.3,3000/0.7,6000/1.0,9000		14
		****D****		15
	4	FUNCTION RN1,C3		16
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		17
		****E****		18
	5	FUNCTION RN1,C3		19
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		20
		****F****		21
	6	FUNCTION RN1,C3		22
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		23
		****G****		24
	7	FUNCTION RN1,C3		25
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		26
		****H****		27
	8	FUNCTION RN1,C3		28
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		29
	*	DISTRINATION OF DATA MIHARI		30
		****A****		31
	11	FUNCTION RN1,D7		32
		.6,2/.9,3/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8		33
		****B****		34
	12	FUNCTION RN1,D7		35
		.5,1/.9,3/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8		36
		****C****		37
	13	FUNCTION RN1,D7		38
		.5,1/.9,2/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8		39
		****D****		40
	14	FUNCTION RN1,D7		41
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,5/.95,6/.97,7/1.0,8		42
		****E****		43
	15	FUNCTION RN1,D7		44
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,6/.97,7/1.0,8		45
		****F****		46
	16	FUNCTION RN1,D7		47
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,7/1.0,8		48
		****G****		49
	17	FUNCTION RN1,D7		50
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,6/1.0,8		51
		****H****		52
	18	FUNCTION RN1,D7		53
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,6/1.0,7		54

1名直通

A34

BLOCK NUMBER	*LOC OPERATION A,R,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	* TIME OF POSITION TO POSITION		55
	* DISTRIBUTION OF DATA		56
	20 FUNCTION PF2,L8		57
	,20/,20/,20/,20/,20/,20/,20/,20/		58
	* NUMBER OF MAN...1		59
	* SITUATION DATA		60
	1 MATRIX MX,2,8		61
	2 MATRIX MX,8,8		62
	*...MAN...1		63
	10 TABLE CH10,2,2,21		64
	1 BVARIABLE M1'GE'50		65
	*		66
	* ARRIVED DATA AT EACH POSITION		67
	***		68
1	GENERATE 1, FN1, , , 2PF		69
2	ASSIGN 1, 1, PF		70
3	ASSIGN 2, FN11, PF		71
4	TRANSFER ,QUE		72
	*		73
5	GENERATE 1, FN2, , , 2PF		74
6	ASSIGN 1, 2, PF		75
7	ASSIGN 2, FN12, PF		76
8	TRANSFER ,QUE		77
	*		78
9	GENERATE 1, FN3, , , 2PF		79
10	ASSIGN 1, 3, PF		80
11	ASSIGN 1, 3, PF _		81
12	ASSIGN 2, FN13, PF		82
13	TRANSFER ,QUE		83
	*		84
14	GENERATE 1, FN4, , , 2PF		85
15	ASSIGN 1, 4, PF		86
16	ASSIGN 2, FN14, PF		87
17	TRANSFER ,QUE		88
	*		89
18	GENERATE 1, FN5, , , 2PF		90
19	ASSIGN 1, 5, PF		91
20	ASSIGN 2, FN15, PF		92
21	TRANSFER ,QUE		93
	*		94
22	GENERATE 1, FN6, , , 2PF		95
23	ASSIGN 1, 6, PF		96
24	ASSIGN 2, FN16, PF		97
25	TRANSFER ,QUE		98
	*		99
26	GENERATE 1, FN7, , , 2PF		100
27	ASSIGN 1, 7, PF		101
28	ASSIGN 2, FN17, PF		102
29	TRANSFER ,QUE		103
	*		104
30	GENERATE 1, FN8, , , 2PF		105
31	ASSIGN 1, 8, PF		106
32	ASSIGN 2, FN18, PF		107
33	TRANSFER ,QUE		108

BLOCK NUMBER	*LOC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	*				109
34	QUE	MSAVEVALUE	1+,1,PF1,1,MX		110
35		LINK	PF1,FIFO		111
	*	MAN CIRCULATION			112
36		GENERATE	,,1,,2PF		113
37		ASSIGN	1,10,PF		114
38		ASSIGN	2,1,PF		115
39		TRANSFER	,NEXT		116
	*				117
40	NEXT	TEST L	CH*PF1,10,FULL		118
41		UNLINK	PF2,AAA1,1,,MOVE		119
42		ADVANCE	1		120
43		TRANSFER	,NEXT		121
	*				122
44	FULL	UNLINK	PF2,888,ALL,BV1		123
45	MOVE	ASSIGN	2+,1,PF		124
46		TEST G	PF2,8,NMAN		125
47		ASSIGN	?,1,PF		126
48		SAVEVALUE	PF1+,1,XF		127
49		SPLIT	1,TERM		128
50	NMAN	ADVANCE	1,FN20		129
51		TABULATE	PF1		130
52	DOWN	UNLINK	PF1,CCC,1,2PF,,NEXT		131
53		ADVANCE	110,100		132
54		TRANSFER	,DOWN		133
55	AAA1	LINK	10,FIFO		134
56	BBB	MSAVEVALUE	1+,2,PF1,1,MX		135
57		TERMINATE	0		136
58	CCC	MSAVEVALUE	2+,PF1,PF2,1,MX		137
59		TERMINATE	0		138
60	EEE	MSAVEVALUE	1+,3,PF1,1,MX		139
61		TERMINATE	0		140
	*				141
62	TERM	TERMINATE	0		142
	*	TIME CONTROL			143
63		GENERATE	,,12000,1		144
64		TERMINATE	1		145
	*				146
		START	1		147
		CLEAR			148
	20	FUNCTION	PF2,L8		149
			,10/,10/,10/,10/,10/,10/,10/,10/,10		150
		START	1		151
		CLEAR			152
	20	FUNCTION	PF2,L8		153
			,30/,30/,30/,30/,30/,30/,30/,30		154
		START	1		155
		CLEAR			156
	20	FUNCTION	PF2,L8		157
			,40/,40/,40/,40/,40/,40/,40/,40		158
		START	1		159
		CLEAR			160
	20	FUNCTION	PF2,L8		161
			,50/,50/,50/,50/,50/,50/,50/,50		162

BLOCK NUMBER	#LOC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
		START	1		163
		CLEAR			164
	20	FUNCTION	PF2,L8		165
		,30/,10/,30/,10/,30/,10/,30/,10			166
		START	1		167
		CLEAR			168
	20	FUNCTION	PF2,L8		169
		,40/,20/,20/,20/,20/,10/,10/,20			170
		START	1		171
		CLEAR			172
	20	FUNCTION	PF2,L8		173
		,40/,40/,10/,10/,10/,10/,20/,20			174
		START	1		175
		CLEAR			176
	20	FUNCTION	PF2,L8		177
		,10/,10/,10/,10/,20/,20/,40/,40			178
		START	1		179
		CLEAR			180
	20	FUNCTION	PF2,L8		181
		,50/,10/,10/,10/,30/,20/,10/,20			182
		START	1		183
		CLEAR			184
	20	FUNCTION	PF2,L8		185
		,10/,10/,10/,30/,40/,40/,10/,10			186
		START	1		187
		CLEAR			188
	20	FUNCTION	PF2,L8		189
		,30/,30/,30/,30/,10/,10/,10/,10			190
		START	1		191
		CLEAR			192
	20	FUNCTION	PF2,L8		193
		,40/,20/,10/,10/,10/,10/,20/,40			194
		START	1		195
		REPORT			196
		OUTPUT			197
		* *** DATA ***			198
		SPACE	2		199
		* POSITION	ARRIVAL DATA	AVE, WAITTING	200
		X, QUE.	AVE, QUE.	MAX	201
		SPACE	1		202
		FORMAT	1-8/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5		203
		EJECT			204
		* *** ORIGIN DESTINATION ***			205
		SPACE	2		206
		FMS TITLE	2,ROW(0),COLUMN(0)		207
		EJECT			208
		* *** MAN ***			209
		SPACE	2		210
		* MAN	TOTAL	AVE, TIME	211
		X, AVE.	CIRCULATION	MAX	212
		SPACE	1		213
		FORMAT	10-11/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5,X2		214
		EJECT			215
		GRAPH	TF,10		216

81/01/14

GPSS

ASSEMBLER LIST

AP4310-03-01

PAGE 5

BLOCK NUMBER	*LOC	OPERATION	A,R,C,D,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
		ORIGIN	50,10		217
		X	2,4,2,1,12		218
		Y	0,25,10,4		219
2		STATEMENT	1,35,***TEST & CONTENTS OF DATA MAN1 ***		220
15		STATEMENT	3,17,X--NUMBER OF DATA		221
15		STATEMENT	4,12,Y--FREQUENCY		222
		ENDGRAPH			223
		END			224

**** ASSEMBLE CPU TIME = .60 SECONDS ****

BLOCK NUMBER	*LOC	OPERATION A,R,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
		JOB		1
	*	PARAM (NOXREF,NOILST)		2
		SIMULATE		3
	*	BRIDGE DESIGN PROGRAM MARK3***		4
		*****		5
	1	FUNCTION RN1,C6		6
		0.0,0.0/0.39,200/0.63,400/0.86,800/0.95,1200/1.0,2200		7
		*****		8
	2	FUNCTION RN1,C6		9
		0.0,0.0/0.39,200/0.63,400/0.86,800/0.95,1200/1.0,2200		10
		*****		11
	3	FUNCTION RN1,C6		12
		0.0,0.0/0.39,200/0.63,400/0.86,800/0.95,1200/1.0,2200		13
		*****		14
	4	FUNCTION RN1,C6		15
		0.0,0/0.1,200/0.2,600/0.4,2000/0.9,3000/1.0,6000		16
		*****		17
	5	FUNCTION RN1,C6		18
		0.0,0/0.2,200/0.4,2000/0.6,3000/0.8,4000/1.0,6000		19
		*****		20
	6	FUNCTION RN1,C3		21
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		22
		*****		23
	7	FUNCTION RN1,C3		24
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		25
		*****		26
	8	FUNCTION RN1,C3		27
		0.0,0/0.5,6000/1.0,12000		28
		* DESTINATION OF DATA FEE2		29
		*****		30
	11	FUNCTION RN1,D7		31
		.2,2/.4,3/.6,4/.8,5/.85,6/.95,7/1.0,8		32
		*****		33
	12	FUNCTION RN1,D7		34
		.2,1/.4,3/.6,4/.8,5/.85,6/.95,7/1.0,8		35
		*****		36
	13	FUNCTION RN1,D7		37
		.2,1/.4,2/.6,4/.8,5/.85,6/.95,7/1.0,8		38
		*****		39
	14	FUNCTION RN1,D7		40
		.2,1/.4,2/.6,3/.8,5/.85,6/.95,7/1.0,8		41
		*****		42
	15	FUNCTION RN1,D7		43
		.01,1/.02,2/.03,3/.04,4/.98,5/.99,6/1.0,7		44
		*****		45
	16	FUNCTION RN1,D7		46
		.01,1/.02,2/.03,3/.04,4/.05,5/.99,6/1.0,7		47
		*****		48
	17	FUNCTION RN1,D7		49
		.2,1/.4,2/.6,3/.8,4/.9,5/.95,6/1.0,8		50
		*****		51
	18	FUNCTION RN1,D7		52
		.1,2/.2,3/.3,4/.4,5/.5,6/.6,7/1.0,8		53
				54

2名直

BLOCK NUMBER	LOC OPERATION A,H,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	* TIME OF POSITION TO POSITION		55
	* DISTRIBUTION OF DATA		56
	20 FUNCTION PF2,L8		57
	,20/,20/,20/,20/,20/,20/,20/,20/,20/		58
	* NUMBER OF MAN ...2		59
	21 FUNCTION PF1,02		60
	10,AAA1/11,AAA2		61
	* SITUATION DATA		62
	1 MATRIX MX,2,8		63
	2 MATRIX MX,8,8		64
	3 MATRIX MX,8,8		65
	*...MAN...1		66
	10 TABLE CH10,2,2,21		67
	*...MAN...2		68
	11 TABLE CH11,2,2,21		69
	1 RARIABLE M1'GE'50		70
	*		71
	* ARRIVED DATA AT EATCH POSITION		72
	***		73
1	GENERATE 1, FN1,,,,2PF		74
2	ASSIGN 1,1,PF		75
3	ASSIGN 2, FN11,PF		76
4	TRANSFER ,QUE		77
	*		78
5	GENERATE 1, FN2,,,,2PF		79
6	ASSIGN 1,2,PF		80
7	ASSIGN 2, FN12,PF		81
8	TRANSFER ,QUE		82
	*		83
9	GENERATE 1, FN3,,,,2PF		84
10	ASSIGN 1,3,PF		85
11	ASSIGN 2, FN13,PF		86
12	TRANSFER ,QUE		87
	*		88
13	GENERATE 1, FN4,,,,2PF		89
14	ASSIGN 1,4,PF		90
15	ASSIGN 2, FN14,PF		91
16	TRANSFER ,QUE		92
	*		93
17	GENERATE 1, FN5,,,,2PF		94
18	ASSIGN 1,5,PF		95
19	ASSIGN 2, FN15,PF		96
20	TRANSFER ,QUE		97
	*		98
	*		99
21	GENERATE 1, FN6,,,,2PF		100
22	ASSIGN 1,6,PF		101
23	ASSIGN 2, FN16,PF		102
24	TRANSFER ,QUE		103
	*		104
25	GENERATE 1, FN7,,,,2PF		105
26	ASSIGN 1,7,PF		106
27	ASSIGN 2, FN17,PF		107
28	TRANSFER ,QUE		108

A40

BLOCK NUMBER	LOC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	*				109
29		GENERATE	1,FN8,,,2PF		110
30		ASSIGN	1,8,PF		111
31		ASSIGN	2,FN18,PF		112
32		TRANSFER	,QUE		113
	*				114
33	QUE	MSAVEVALUE	1+,1,PF1,1,MX		115
34		LINK	PF1,FIFO		116
	*	MAN CIRCULATION			117
35		GENERATE	,,,1,,2PF		118
36		ASSIGN	1,10,PF		119
37		ASSIGN	2,1,PF		120
38		TRANSFER	,NEXT		121
	*				122
39		GENERATE	,,,1,,2PF		123
40		ASSIGN	1,11,PF		124
41		ASSIGN	2,4,PF		125
	*				126
42	NEXT	TEST L	CH*PF1,10,FULL		127
43		UNLINK	PF2,FN21,1,,,MOVE		128
44		ADVANCE	1		129
45		TRANSFER	,NEXT		130
	*				131
46	FULL	UNLINK	PF2,BBB,ALL,BV1		132
47	MOVE	TEST E	PF1,11,CAP		133
48		ASSIGN	2+,1,PF		134
49		TEST G	PF2,B,NMAN		135
50		ASSIGN	2,1,PF		136
51		TRANSFER	,TOK		137
52	CAP	ASSIGN	2+,1,PF		138
53		TEST NE	PF2,3,COMM		139
54		TRANSFER	,COM		140
55	COMM	UNLINK	PF1,DDD,5,,,COM		141
56		ADVANCE	60,50		142
57		TRANSFER	,COMM		143
58	COM	TEST G	PF2,4,NMAN		144
59		ASSIGN	2,1,PF		145
60	TOK	SAVEVALUE	PF1+,1,XF		146
61		SPLIT	1,TERM		147
62	NMAN	ADVANCE	1,FN20		148
63		TABULATE	PF1		149
64	DOWN	UNLINK	PF1,CCC,1,2PF,,NEXT		150
65		ADVANCE	110,100		151
66		TRANSFER	,DOWN		152
67	AAA1	LINK	10,FIFO		153
68	AAA2	LINK	11,FIFO		154
69	BBB	MSAVEVALUE	1+,2,PF1,1,MX		155
70		TERMINATE	0		156
71	CCC	MSAVEVALUE	2+,PF1,PF2,1,MX		157
72		TERMINATE	0		158
73	DDD	MSAVEVALUE	3+,PF1,PF2,1,MX		159
74		TERMINATE	0		160
75	EEE	MSAVEVALUE	1+,3,PF1,1,MX		161
76		TERMINATE	0		162

BLOCK NUMBER	BLDC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	*	TERM	TERMINATE	0	163
77					164
	*	TIME	CONTROL		165
78		GENERATE	,,12000,1		166
79		TERMINATE	1		167
		START	1		168
		CLEAR			169
	20	FUNCTION	PF2,L8		170
			,10/,10/,10/,10/,10/,10/,10/,10/		171
		START	1		172
		CLEAR			173
	20	FUNCTION	PF2,L8		174
			,30/,30/,30/,30/,30/,30/,30/,30/		175
		START	1		176
		CLEAR			177
	20	FUNCTION	PF2,L8		178
			,40/,40/,40/,40/,40/,40/,40/,40/		179
		START	1		180
		CLEAR			181
	20	FUNCTION	PF2,L8		182
			,50/,50/,50/,50/,50/,50/,50/,50/		183
		START	1		184
		CLEAR			185
	20	FUNCTION	PF2,L8		186
			,30/,10/,30/,10/,30/,10/,30/,10/		187
		START	1		188
		CLEAR			189
	20	FUNCTION	PF2,L8		190
			,40/,20/,20/,20/,20/,10/,10/,20/		191
		START	1		192
		CLEAR			193
	20	FUNCTION	PF2,L8		194
			,40/,40/,10/,10/,10/,10/,20/,20/		195
		START	1		196
		CLEAR			197
	20	FUNCTION	PF2,L8		198
			,10/,10/,10/,10/,20/,20/,40/,40/		199
		START	1		200
		CLEAR			201
	20	FUNCTION	PF2,L8		202
			,50/,10/,10/,10/,30/,20/,10/,20/		203
		START	1		204
		CLEAR			205
	20	FUNCTION	PF2,L8		206
			,10/,10/,10/,30/,40/,40/,10/,10/		207
		START	1		208
		CLEAR			209
	20	FUNCTION	PF2,L8		210
			,30/,30/,30/,30/,10/,10/,10/,10/		211
		START	1		212
		CLEAR			213
	20	FUNCTION	PF2,L8		214
			,40/,20/,10/,10/,10/,10/,20/,40/		215
		START	1		216

81/01/13

GPSS

ASSEMBLER LIST

AP4310-03-01

PAGE 5

4L0CK NUMBER	*LUC	OPERATION REPORT OUTPUT	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
					217
					218
	* ***	DATA ***			219
		SPACE	2		220
	*	POSITION	ARRIVAL DATA	AVE.WAITING	221
	X,QUE.	AVE.QUE.			222
		SPACE	1		223
		FORMAT	1-8/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5		224
		EJECT			225
	* ***	ORIGIN DESTINATION ***			226
		SPACE	2		227
	FMS	TITLE	2,ROW(0),COLUMN(0)		228
		EJECT			229
	* ***	MAN ***			230
		SPACE	2		231
	*	MAN	TOTAL	AVE.TIME	232
	X,	AVE.	CIRCULATION		233
		SPACE	1		234
		FORMAT	10-11/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5,X2		235
		EJECT			236
		GRAPH	TF,10		237
		ORIGIN	50,10		238
		X	,2,4,2,1,12		239
		Y	0,25,10,4		240
2		STATEMENT	1,35,***TEST & CONTENTS OF DATA MAN1 ***		241
15		STATEMENT	3,17,X--NUMBER OF DATA		242
15		STATEMENT	4,12,Y--FREQUENCY		243
		ENDGRAPH			244
		EJECT			245
		GRAPH	TF,11		246
		ORIGIN	50,10		247
		X	,2,4,2,1,12		248
		Y	0,25,10,4		249
2		STATEMENT	1,35,***TEST & CONTENTS OF DATA MAN2 ***		250
15		STATEMENT	3,17,X--NUMBER OF DATA		251
15		STATEMENT	4,12,Y--FREQUENCY		252
		ENDGRAPH			253
		END			254

**** ASSEMBLE CPU TIME = .56 SECONDS ****

A43

BLOCK NUMBER	LOC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
		JOB			1
	*	PARAM (NOXRFF,NOILST)			2
		SIMULATE			3
		BRIDGE DESIGN MARK6			4
		L=2...U/100			5
		*****			6
	1	FUNCTION	RN1,C6		7
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			8
		*****			9
	2	FUNCTION	RN1,C6		10
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			11
		C			12
	3	FUNCTION	RN1,C6		13
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			14
		D			15
	4	FUNCTION	RN1,C6		16
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			17
		F			18
	5	FUNCTION	RN1,C6		19
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			20
		F			21
	6	FUNCTION	RN1,C6		22
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			23
		G			24
	7	FUNCTION	RN1,C6		25
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			26
		H			27
	8	FUNCTION	RN1,C6		28
		0.0,0/0.39,100/0.63,200/0.86,400/0.95,600/1.0,1100			29
		* DISTRNATION OF DATA MIHARI			30
		*****			31
	11	FUNCTION	RN1,D7		32
		.6,2/.9,3/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8			33
		B			34
	12	FUNCTION	RN1,D7		35
		.5,1/.9,3/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8			36
		C			37
	13	FUNCTION	RN1,D7		38
		.5,1/.9,2/.92,4/.94,5/.96,6/.98,7/1.0,8			39
		D			40
	14	FUNCTION	RN1,D7		41
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,5/.95,6/.97,7/1.0,8			42
		E			43
	15	FUNCTION	RN1,D7		44
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,6/.97,7/1.0,8			45
		F			46
	16	FUNCTION	RN1,D7		47
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,7/1.0,8			48
		G			49
	17	FUNCTION	RN1,D7		50
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,6/1.0,8			51
		H			52
	18	FUNCTION	RN1,D7		53
		.3,1/.6,2/.9,3/.92,4/.95,5/.97,6/1.0,7			54

改良シミュレーショモデル

BLOCK NUMBER	KLDC OPERATION	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	*** DATA ORI TIME ***		55
	25 FUNCTION PF2,L8		56
	,50/,100/,50/,200/,100/,100/,100/,50		57
	*		58
	* WEIGHT OF DATA		59
	AWEIGHT		60
	31 FUNCTION RN1,D4		61
	0.0,0/0.2,1/0.5,2/1.0,3		62
	BWEIGHT		63
	32 FUNCTION RN1,D4		64
	0.0,0/0.2,1/0.5,2/1.0,3		65
	CWEIGHT		66
	33 FUNCTION RN1,D4		67
	0.0,0/0.2,1/0.5,2/1.0,3		68
	DWEIGHT		69
	34 FUNCTION RN1,D4		70
	0.0,0/0.2,1/0.5,2/1.0,3		71
	EWEIGHT		72
	35 FUNCTION RN1,D4		73
	0.0,0/0.5,1/0.8,2/1.0,3		74
	FWEIGHT		75
	36 FUNCTION RN1,D4		76
	0.0,0/0.5,1/0.8,2/1.0,3		77
	GWEIGHT		78
	37 FUNCTION RN1,D4		79
	0.0,0/0.5,1/0.8,2/1.0,3		80
	HWEIGHT		81
	38 FUNCTION RN1,D4		82
	0.0,0/0.5,1/0.8,2/1.0,3		83
	* DIST OF EACH STATION		84
	ADIST		85
	41 FUNCTION PF3,L8		86
	,0/,28/,34/,31/,34/,34/,40/,43		87
	BDIST		88
	42 FUNCTION PF3,L8		89
	,28/,0/,11/,5/,8/,25/,14/,28		90
	CDIST		91
	43 FUNCTION PF3,L8		92
	,34/,11/,0/,11/,8/,16/,9/,33		93
	DDIST		94
	44 FUNCTION PF3,L8		95
	,31/,5/,11/,0/,4/,22/,9/,30		96
	EDIST		97
	45 FUNCTION PF3,L8		98
	,34/,8/,8/,4/,0/,17/,6/,31		99
	FDIST		100
	46 FUNCTION PF3,L8		101
	,34/,25/,16/,22/,17/,0/,13/,21		102
	GDIST		103
	47 FUNCTION PF3,L8		104
	,40/,14/,9/,9/,6/,13/,0/,19		105
	HDIST		106
	48 FUNCTION PF3,L8		107
	,43/,24/,33/,30/,31/,21/,17/,0		108

II A45

BLOCK NUMBER	BLOC	OPERATION	OPERANDS	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
					109
					110
					111
					112
					113
					114
					115
					116
					117
					118
					119
					120
					121
					122
					123
					124
					125
					126
					127
					128
					129
					130
					131
					132
					133
1					133
2					133
3					133
4					133
5					133
					134
6					134
7					134
8					134
9					134
10					134
					135
11					135
12					135
13					135
14					135
15					135
					136
16					136
17					136
18					136
19					136
20					136
					137
21					137
22					137
23					137
24					137
25					137

A46

BLKCK NUMBER	BLK	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	DATA	MACRO	FN7,7;FN17,FN37		138
26	+	GENERATE	1, FN6, , , , 3PF		138
27	+	ASSIGN	1, 6, PF		138
28	+	ASSIGN	2, FN16, PF		138
29	+	ASSIGN	3, FN36, PF		138
30	+	TRANSFER	,QUE		138
	DATA	MACRO	FN7,7;FN17,FN37		139
31	+	GENERATE	1, FN7, , , , 3PF		139
32	+	ASSIGN	1, 7, PF		139
33	+	ASSIGN	2, FN17, PF		139
34	+	ASSIGN	3, FN37, PF		139
35	+	TRANSFER	,QUE		139
	DATA	MACRO	FN8,8;FN18,FN38		140
36	+	GENERATE	1, FN8, , , , 3PF		140
37	+	ASSIGN	1, 8, PF		140
38	+	ASSIGN	2, FN18, PF		140
39	+	ASSIGN	3, FN38, PF		140
40	+	TRANSFER	,QUE		140
	* QUE	MSAVEVALUE	1+, 1, PF1, 1, MX		141
41		SAVEVALUE	6, PF1, XF		142
42		SAVEVALUE	7, PF2, XF		143
43		SAVEVALUE	8, PF3, XF		144
44		SPLIT	1, PRI0, , 3PF		145
45		LINK	PF1, FIFO		146
46		* MAN CIRCULATION			147
47		GENERATE	, , 1, , 3PF		148
48		ASSIGN	1, 10, PF		149
49	SMAN	ASSIGN	2, 3, PF		150
50		ASSIGN	3, 3, PF		151
51		TRANSFER	,SERC		152
	* ****DATA SERCH				153
52	SERC	SAVEVALUE	1, PF1, XF		154
53		SAVEVALUE	2, PF2, XF		155
54		SAVEVALUE	3, PF3, XF		156
55		UNLINK	20, SRC2, 1, BV2, , SER1		157
56		TRANSFER	, ID01		158
57	SER1	UNLINK	20, SRC2, 1, BV3, , SER2		159
58		TRANSFER	, ID01		160
59	SER2	UNLINK	20, SRC2, 1, BV4, , SER3		161
60		TRANSFER	, ID01		162
61	SER3	ASSIGN	1, XF1, PF		163
62		PRIORITY	3, BUFFER		164
63		ADVANCE	50		165
64		TRANSFER	,SMAN		166
	* **MAN MOVE				167
65	ID01	ADVANCE	1		168
66		ASSIGN	1, XF1, PF		169
67		ASSIGN	2, XF2, PF		170
68		ASSIGN	3, XF4, PF		171
69	OTIME	TEST ME	PF2, 1, ADD1		172
70		TEST ME	PF2, 2, ADD2		173
71		TEST ME	PF2, 3, ADD3		174

A47

ALOCK NUMBER	ALOC	OPERATION	A,B,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
72		TEST NE	PF2,4,ADD4		177
73		TEST NE	PF2,5,ADD5		178
74		TEST NE	PF2,6,ADD6		179
75		TEST NE	PF2,7,ADD7		180
76		TEST NE	PF2,8,ADD8		181
77		TERMINATE	C		182
78	ADD1	ADVANCE	FN41		183
79		TRANSFER	,IKAI		184
80	ADD2	ADVANCE	FN42		185
81		TRANSFER	,IKAI		186
82	ADD3	ADVANCE	FN43		187
83		TRANSFER	,IKAI		188
84	ADD4	ADVANCE	FN44		189
85		TRANSFER	,IKAI		190
86	ADD5	ADVANCE	FN45		191
87		TRANSFER	,IKAI		192
88	ADD6	ADVANCE	FN46		193
89		TRANSFER	,IKAI		194
90	ADD7	ADVANCE	FN47		195
91		TRANSFER	,IKAI		196
92	ADD8	ADVANCE	FN48		197
93		TRANSFER	,IKAI		198
	*DATA	NO KAIHO			199
94	IKAI	TABULATE	PF1		200
95	DOWN	UNLINK	PF1,CCC,1,2PF,,IUXF		201
96		ADVANCE	FN25,10		202
97		TRANSFER	,DOWN		203
	*DATA	NO UKETORI			204
98	IUXE	ASSIGN	2,PF3,PF		205
99	NEXT	TEST L	CH*PF1,10,FULL		206
100		UNLINK	PF2,AAA1,1,,,MOVE		207
101		UNLINK	20,ZZZ,1,1PF,PF2		208
102		ADVANCE	1		209
103		TRANSFER	,NEXT		210
	*				211
104	FULL	UNLINK	PF2,ABB,ALL,BV1		212
105	MOVE	SAVEVALUE	1,PF1,XF		213
106		SAVEVALUE	2,PF2,XF		214
107		SAVEVALUE	3,PF3,XF		215
108		UNLINK	10,DEST,1,BV2,,NA11		216
109		TRANSFER	,TOCH		217
110	NA11	UNLINK	10,DEST,1,BV3,,NA12		218
111		TRANSFER	,TOCH		219
112	NA12	UNLINK	10,DEST,1,BV4,,NA13		220
113		TRANSFER	,TOCH		221
114	NA13	ASSIGN	1,XF1,PF		222
115		ASSIGN	2,XF2,PF		223
116		ASSIGN	3,XF3,PF		224
117		TRANSFER	,ISER		225
118	TOCH	ADVANCE	1		226
119		ASSIGN	1,XF1,PF		227
120		ASSIGN	2,XF2,PF		228
121		ASSIGN	3,XF3,PF		229
122		TRANSFER	,DIME		230

BLOCK NUMBER	LOC	OPERATION	A,R,C,D,E,F,G,H,I	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
123	ISER	SAVEVALUE	1,PF1,XF		231
124		SAVEVALUE	2,PF2,XF		232
125		SAVEVALUE	3,PF3,XF		233
126		UNLINK	20,ISR2,1,RV2,,SER1		234
127		TRANSFER	,IDU1		235
128	ISE1	UNLINK	20,ISR2,1,RV3,,SER2		236
129		TRANSFER	,IDU1		237
130	ISE2	UNLINK	20,ISR2,1,RV4,,SER3		238
131		TRANSFER	,IDU1		239
132	ISE3	ASSIGN	1,XF1,PF		240
133		ASSIGN	2,XF2,PF		241
134		ASSIGN	3,3,PF		242
135		TRANSFER	,QTIME		243
136	ISR2	SAVEVALUE	4,PF1,XF		244
137		TERMINATE	0		245
138	PRIO	ASSIGN	1,XF6,PF		246
139		ASSIGN	2,XF7,PF		247
140		ASSIGN	3,XF8,PF		248
141		LINK	20,FIFO		249
142	SRC2	SAVEVALUE	4,PF1,XF		250
143		TERMINATE	0		251
144	AAA1	LINK	10,FIFO		252
145	DEST	SAVEVALUE	5,PF2,XF		253
146		LINK	10,FIFO		254
147	BBB	MSAVEVALUE	1+,2,PF1,1,MX		255
148		TERMINATE	0		256
149	CCC	MSAVEVALUE	2+,PF1,PF2,1,MX		257
150		TERMINATE	0		258
151	ZZZ	TERMINATE	0		259
	*				260
152	TERM	TERMINATE	0		261
	*	TIME CONTROL			262
153		GENERATE	,,12000,1		263
154		TERMINATE	1		264
	*				265
		START	1		266
		CLEAR			267
	*	DIST OF EACH STATION			268
	ZAIRAI MARK 2				269
	ADIST				270
	41	FUNCTION	PF3,L8		271
	,0/,30/,37/,40/,36/,51/,49/,31				272
	BDIST				273
	42	FUNCTION	PF3,L8		274
	,30/,0/,8/,12/,8/,23/,19/,20				275
	CDIST				276
	43	FUNCTION	PF3,L8		277
	,37/,8/,0/,8/,7/,16/,12/,25				278
	DDIST				279
	44	FUNCTION	PF3,L8		280
	,40/,12/,8/,0/,5/,12/,6/,23				281
	EDIST				282
	45	FUNCTION	PF3,L8		283
	,36/,8/,7/,5/,0/,17/,11/,23				284

BLOCK NUMBER	PLNC OPERATION	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	****DIST		285
46	FUNCTION PF3,L8		286
	,51/,23/,10/,17/,17/,0/,6/,34		287
	****G****DIST		288
47	FUNCTION PF3,L8		289
	,49/,19/,17/,6/,11/,6/,0/,33		290
	****H****DIST		291
48	FUNCTION PF3,L8		292
	,31/,20/,25/,28/,23/,34/,33/,0		293
	START 1		294
	CLEAR		295
	* DIST OF EACH STATION		296
	****NEW MODFL***		297
	****A****DIST		298
41	FUNCTION PF3,L8		299
	,0/,26/,26/,22/,26/,33/,33/,15		300
	****B****DIST		301
42	FUNCTION PF3,L8		302
	,26/,0/,0/,4/,0/,4/,4/,4		303
	****C****DIST		304
43	FUNCTION PF3,L8		305
	,26/,0/,0/,4/,0/,4/,4/,4		306
	****D****DIST		307
44	FUNCTION PF3,L8		308
	,22/,4/,4/,0/,4/,6/,6/,6		309
	****E****DIST		310
45	FUNCTION PF3,L8		311
	,26/,0/,0/,4/,0/,4/,4/,4		312
	****F****DIST		313
46	FUNCTION PF3,L8		314
	,33/,4/,4/,6/,4/,0/,0/,9		315
	****G****DIST		316
47	FUNCTION PF3,L8		317
	,33/,4/,4/,6/,4/,0/,0/,9		318
	****H****DIST		319
48	FUNCTION PF3,L8		320
	,15/,4/,4/,6/,4/,9/,9/,0		321
	START 1		322
	REPORT		323
	OUTPUT		324
	* *** DATA ***		325
	SPACE 2		326
	* POSITION ARRIVAL DATA AVE.WAITING MA#		327
X.QUE.	AVE.QUE.		328
	SPACE 1		329
	FORMAT 1-9/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5		330
	EJECT		331
	* *** ORIGIN DESTINATION ***		332
	SPACE 2		333
FMS	TITLE 2,ROW(0),COLUMN(0)		334
	EJECT		335
	* *** MAN ***		336
	SPACE 2		337
	* MAN TOTAL AVE.TIME MA#		338

A50

BLOCK NUMBER	BLCC	OPERATION	OPERATION	COMMENTS	STATEMENT NUMBER
	X,	AVE,	A,B,C,D,E,F,G,H,I		339
		SPACE	1		340
		FORMAT	10-11/CH1,CH2,CH3,CH6,CH5		341
		EJECT			342
		GRAPH	TF,10		343
		ORIGIN	50,10		344
		X	,2,4,2,1,12		345
		Y	0,20,10,4		346
2		STATEMENT	1,35,***TEST & CONTENTS OF DATA MAN1 ***		347
15		STATEMENT	5,17,X--NUMBER OF DATA		348
15		STATEMENT	4,12,Y--FREQUENCY		349
		ENDGRAPH			350
		END			351

**** ASSEMBLE CPU TIME = ,77 SECONDS ****