

SHIPPING

船舶

1975 VOL. 48

3

昭和五年三月二十日第三種郵便物認可、昭和四十九年十二月十七日国鉄首都特別
扱承認雑誌第二〇六五号、昭和五十年三月十二日発行（毎月一回十二日発行）



International Transportation社
向け128型タンカー

“RUTH”

重量トン数	128,201トン
主機関最大出力	23,200馬力
速力(試運転最大)	15.699ノット
引渡	昭和50年2月14日
建造	日立造船因島工場



日立造船

天 然 社

水性タイプの全く新しい部品洗浄剤です。嫌な

臭いがなく、手をあらしません。

さらに、不燃性ですから、

引火の危険がなく安全。寒い

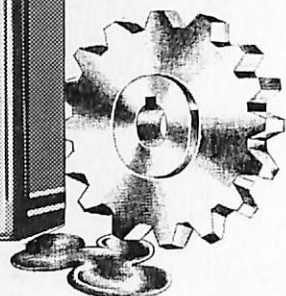
時には温めて使えます。

そして、**20**倍にうす

めて、反復使用。経費を節

約します。あなたの工場

でもお試しになりますか。



洗油からルーセン#20へ
パツクリーニングが変わります。

洗油とは全く違う洗浄原理です。

今までは、灯油や軽油などを、いわゆる
洗油と称してパツ洗浄に使用して、
ました。しかし、手が荒れたり、火気に注
意しなければいけないなど、色々な問題点
がありました。この問題を卒に解決したのが
スリーボンドルーセン#20です。

洗油は一種の有機溶剤で、洗浄原理は主に溶
解力を利用したものです。しかし、スリーボ
ンドルーセン#20は界面活性力を利用して、
汚れを洗浄剤の中に分散させて落す、全く新
しい水性タイプの洗浄剤です。

サビの心配がなく防錆効果もあります。
水性タイプではありますが、洗浄でサビの
る心配がなく、洗油と同じように防錆効果が
期待できます。しかも、ゴムやプラスチック
への影響がないこと、洗浄物に対する再汚染
がないこと、これは、スリーボンドルーセン
#20だけの特長です。

従来の洗油と同様に使用してください。
スリーボンドルーセン#20は、水で20倍にう
すめて、従来の洗油と同様に使用すること
ができます。現在の設備を活用して、快適で安
全なパツ洗浄をしてみませんか。

●あなたもご試用になつてみませんか。
ご一報ください。当社の営業部員がサンプル
品無償を持参して、ご説明にお伺いしま

新しい機械・部品洗浄剤(安全・公害対策品)

**スリーボンド
ルーセン
#20**



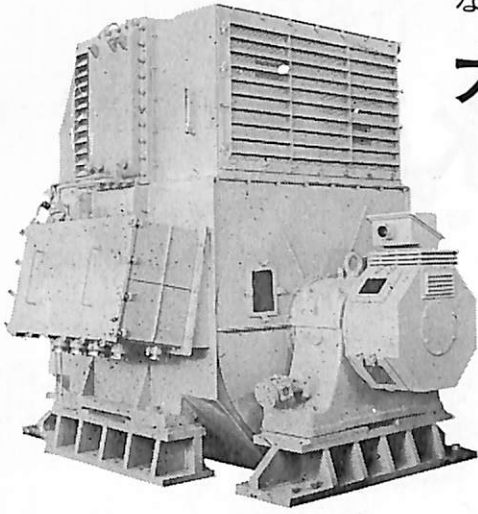
社会のニーズに応える
スリーボンド

お問い合わせは下記まで
本社/東京都八王子市狭間町1456
TEL.0426(61)1333代193

資料請求券
S-3

ながい経験と最新の技術を誇る!

大洋の船用電気機械



交流発電機 1100KVA 450V 600RPM

発 電 機
各種電動機及制御装置
船舶自動化装置
電動ウインチ
配 電 盤



大洋電機

株式
会社

本 社 東京都千代田区神田錦町3の16 電話 東京(293) 3061 (大代)
岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18 電話 笠松(7) 4111 (代表)
伊勢崎工場 伊勢崎市八斗島町726 電話 伊勢崎(32) 1234 (代表)
群馬工場 伊勢崎市八斗島町大字東七分川330の5 電話 伊勢崎(32) 1238 (代表)
下関出張所 下関市竹崎町399 電話 下関(23) 7261 (代表)
北海道出張所 札幌市北二条東二丁目浜建ビル 電話 札幌(241) 7316 (代表)

THOMAS MERCER — ENGLAND —



ESTABLISHED - 1858 -

一世紀にわたる…
輝く伝統を誇る!



全世界に大きな信用を博す!
英国・トーマス・マーサー製

マリンクロノメーター

デテント式正式クロノメーター

二日巻・八日巻・検定保証書付(温度補正書・等時性能書・日差書付)

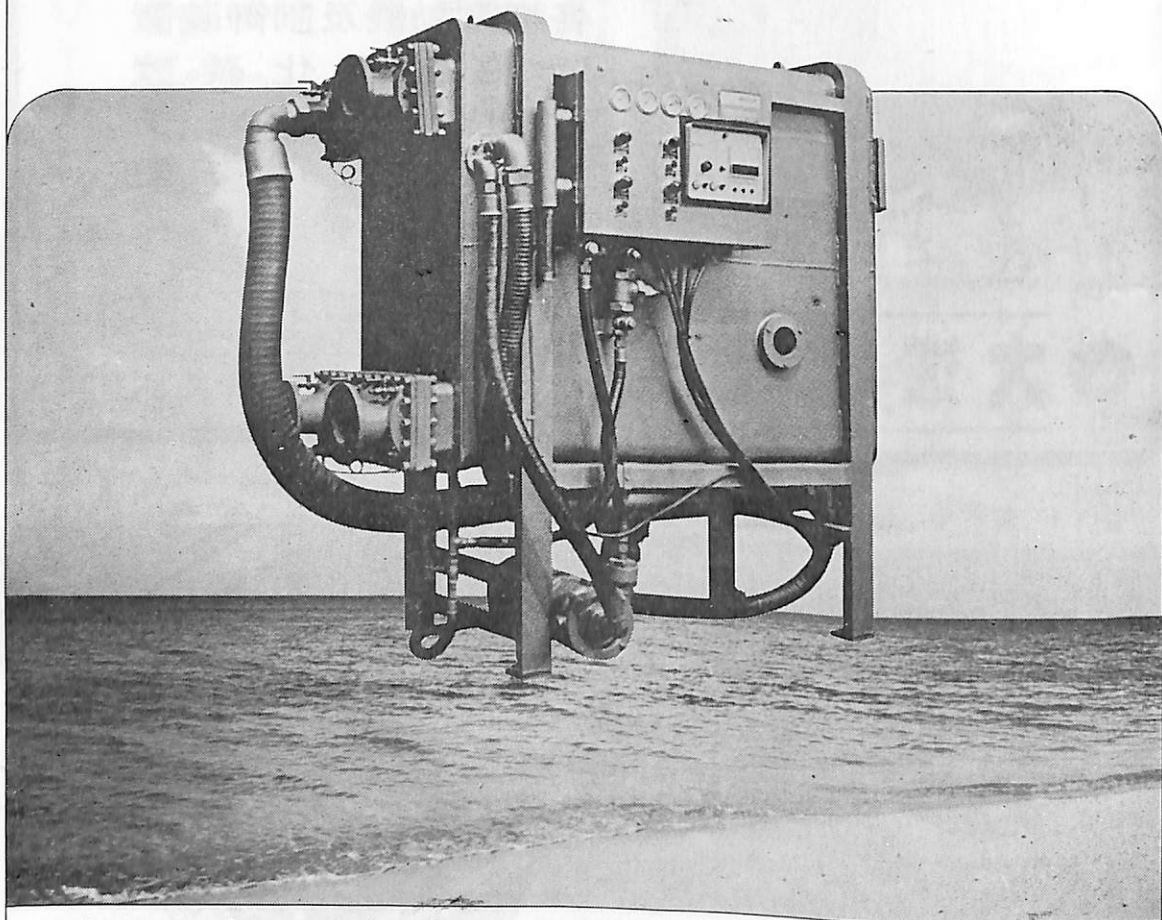
マリン・クロック

八日巻・デテント式正式クロノメーター
8時(200%)真鍮ラッカー
仕上。ダイヤルは白色エナ
メル仕上

総代理店 村木時計株式会社

東京都中央区日本橋3-9-10 TEL(272) 2971(代表) 〒103
大阪市南区堂堂寺橋通2-42 TEL(262) 5921-7 〒542

バブコック日立 小型造水装置



高純度の淡水が手軽るに造れます!!

バブコック日立小型造水装置は、軽量、高性能、かつコンパクトな造水装置で、ディーゼルエンジン冷却水などの各種廃熱を利用し、効率よく高純度の淡水を造る装置です。

淡水は飲料水をはじめ、ボイラ補給水、などのプロセス補給水として、船舶、離れ島や僻地のホテル、海洋開発基地などをはじめ、研究機関、化学工業など各方面にご利用いただけます。



バブコック日立株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-6-2 (日本ビル) (03)270-7351
大阪販売所 大阪(06)-231-5721 工場 呉(0823)21-1161 横浜(045)751-1201

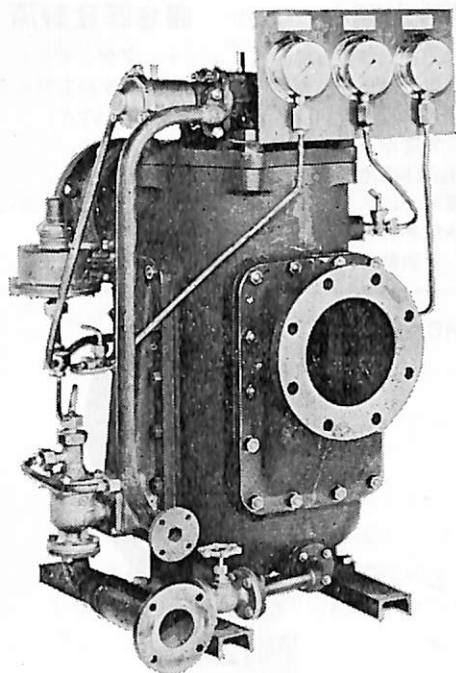
油汙過作業の省力化…

特許

機関室を広くする

マックス・フィルターシリーズ

日本船用機器開発協会助成品



MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油漉器

LS型の特長

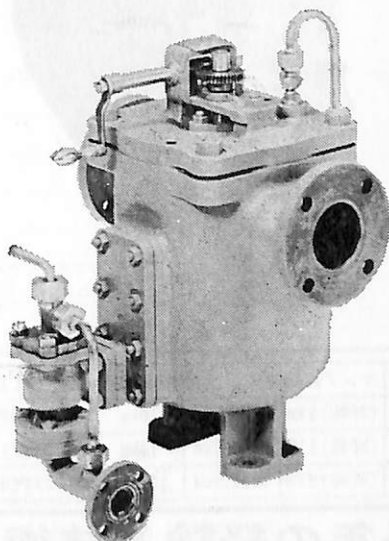
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧往復運動機・ハイドロレシプロケーターを採用

MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油漉器

LSM型の特長

- 一分間で逆洗終了
- 手をよごさぬワン、ツー、スリー操作でOK



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

㊟ 新倉工業株式会社

本 部 横浜市戸塚区小菅ヶ谷町1703
☎ 045 (892) 6271(代)
東京営業所 東京都品川区東五反田2-14-18
☎ 03 (443) 6571(代)
大阪営業所 大阪市北区梅田町34千代田ビル西館
☎ 06 (345) 7731(代)

世界的水準をはるかに抜く明るさ!!

●光の王様、光学技術の総結集!!

三信の高性能

キセノン探照燈

■特許 3件 ■実用新案 3件
■特許出願中 3件 ■意匠登録済

- 特殊設計により、寿命が長く、電圧、周波数変動にも強い。
- 太陽光に最も近い白色光です。
- 光柱光度がきわめて高く、照射距離が長い。
- 全閉式防噴流形構造により、完全防水です。
- 主要部分はステンレス製で、さびず、長期の使用に耐える。
- 特殊放熱板の採用により温度上昇が少ない。
- 激しい振動や、風速60mの風圧にも十分耐えます

●光の王様、ボタンで自在!!

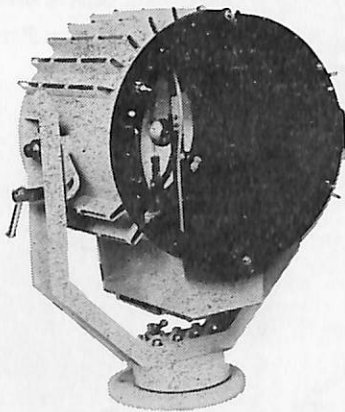
三信の高性能リモコン式

キセノン探照燈

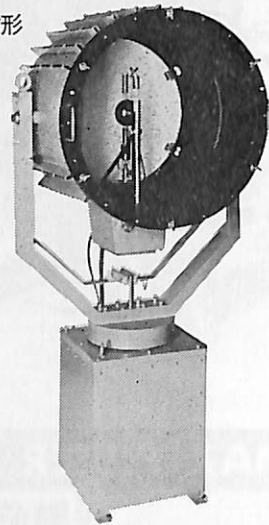
■特許 3件 ■実用新案 3件
■特許出願中 3件 ■意匠登録済

- ふ仰、旋回操作は操作盤スイッチで完全リモコンです。
- 特殊設計により、寿命が長く電圧、周波数変動にも強い。
- 太陽光に最も近い白色光です。
- 光柱光度がきわめて高く、照射距離が長い。
- 全閉式防噴流形構造により、完全防水です。
- 主要部分はステンレス製で、さびず、長期の使用に耐える。
- 特殊放熱板の採用により、温度上昇が少ない。
- 激しい振動や、風速60mの風圧にも十分耐えます。

X-40形



RX-60形



形 式	ランプ容量	最大光柱光度	照射距離	定格電圧	周波数
X-40	(呼称)1KW	3000万cd	10km	A.C220V1φ	50/60Hz
X-60A	(呼称)1KW	6500万cd	12km	A.C220V1φ	50/60Hz
X-60B	(呼称)2KW	8000万cd	13.5km	A.C220V3φ	50/60Hz

形 式	ランプ容量	最大光柱光度	照射距離	定格電圧	周波数
RX-40	(呼称)1KW	3000万cd	10km	A.C220V1φ	50/60Hz
RX-60A	(呼称)1KW	6500万cd	12km	A.C220V1φ	50/60Hz
RX-60B	(呼称)2KW	8000万cd	13.5km	A.C220V3φ	50/60Hz

●長年の経験と技術で安心をおとどけする……………



三信船舶電具 株式会社
の日本工業規格表示許可工場
三信電具製造 株式会社

- 本 社/〒101 東京都千代田区内神田1-16-8 ☎東京(03)295-1831(大代)
- 発送センター/ ☎東京(03)840-2631代 ●北海道配送センター/ ☎函館(0138)43-1411代
- 福岡営業所/ ☎福岡(092)771-1237代 ●室蘭営業所/ ☎室蘭(0143)22-1618
- 函館営業所/ ☎函館(0138)43-1411代 ●高松営業所/ ☎高松(0878)21-4969
- 石巻営業所/ ☎石巻(02252)3-1304 ●工 場/ ☎東京(03)887-9525代

船舶

昭和 50 年 3 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

世界最大の自動車運搬専用船 神悠丸について……三菱重工業株式会社神戸造船所(31)
造船設計部

[NNSS 特集]

NNSS(Navy Navigation Satellite System)の利用について ……木村 小一(36)
東芝 NNSS 測位装置 ……箱田 俊夫・津留 勇(41)
北辰マグナボックス衛星航法システム ……柿崎 泰雄(48)
FSN-10A 型衛星航法システム ……古野電気株式会社(57)
JLE-3000 型衛星航法装置の概要 ……関根 兆五・小西 猛博(61)
衛星航法システム PYXIS-7 ……久永 哲生(67)

海洋構造物のダイナミックポジショニングシステム ……藤井 齊(74)
LNG 船 (その 4 材料・溶接および破壊工学) (6) …… 惠美 洋彦・伊東 利成(86)
日本造船研究協会の昭和 48 年度研究業務について(2) ……(註) 日本造船研究協会研究部(95)
日本海事協会造船事情 (昭和 49 年 12 月末) ……(101)
廃油処理船第 11 三晃丸について ……瀬尾 正雄(84)
NK コーナー ……(104)

[特許解説]

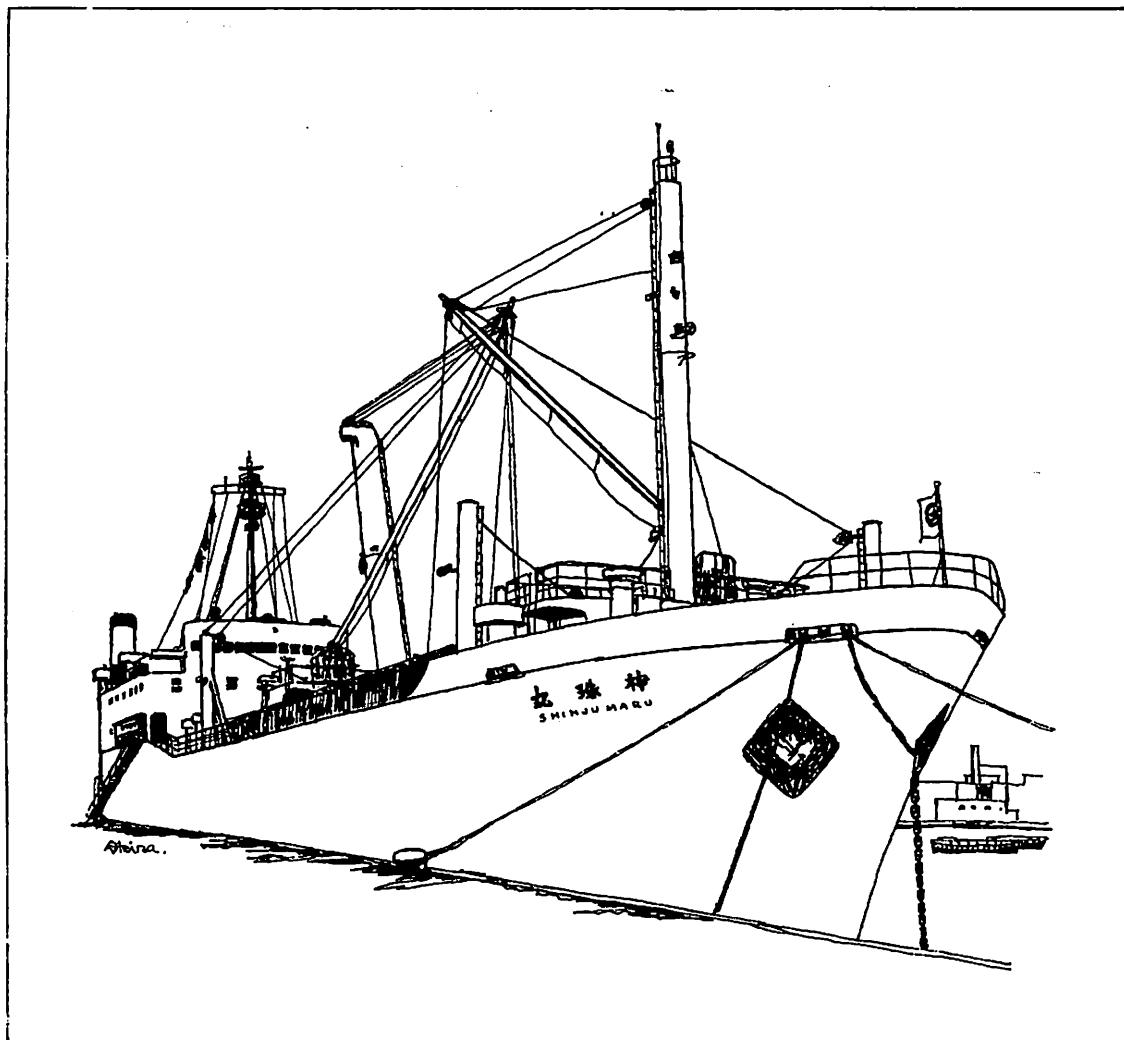
☆ 船首構造 ☆ 船首ふくらし付船形 ☆ バウバスバウ
を具えた船舶 ……(105)

竣工艦船

☆ 護衛艦よしの ☆ 輸送艦みうら ☆ 救護実験艇ちひろ
☆ ジャパンバイオレット ☆ 天 晴 丸 ☆ あ き つ 丸
☆ 流 興 丸 ☆ CYS CROW ☆ DAEGIN NO. 52
☆ CHEVRON PERMIS ☆ CYS CROWN ☆ OGDEN SUNGARI
☆ UNIVENTURE NO. 1 ☆ UNIAFICA ☆ ALEXANDER VENTURE
☆ SANTAL ☆ LILY VENTURE ☆ SAINT ENIWA
☆ CHARON ☆ JADECITY

K-7 マリン・デリック

日本の代表的な1本デリックとしてすでに200隻以上の船舶に使用されています。



発売元

株式会社 ケイ・セブン

東京都千代田区丸の内2-4-1 TEL (201) 4037

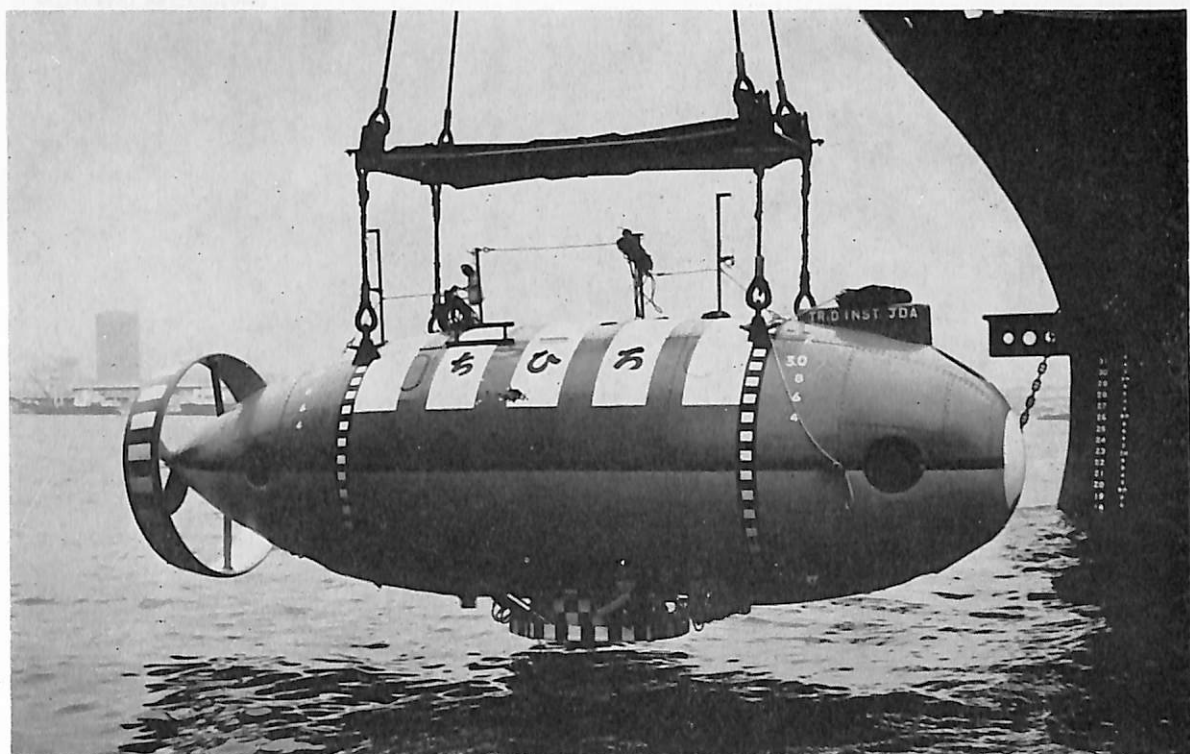
販売総代理店



極東マック・グレゴリー株式会社

本社/東京都中央区八丁堀2-7-1(大石ビル) TEL (552) 5101

神戸出張所/神戸市生田区海岸通2の33(朝日ビル) TEL (391) 8864



救難実験艇“ちひろ”着水

救難実験艇“ちひろ”が着水

川崎重工では、1月27日神戸工場第一船台定盤において、防衛庁向け30排水トン救難実験艇“ちひろ”の命名式を、防衛庁代表堀技術研究本部長ほか関係者の出席のもとに挙行了。

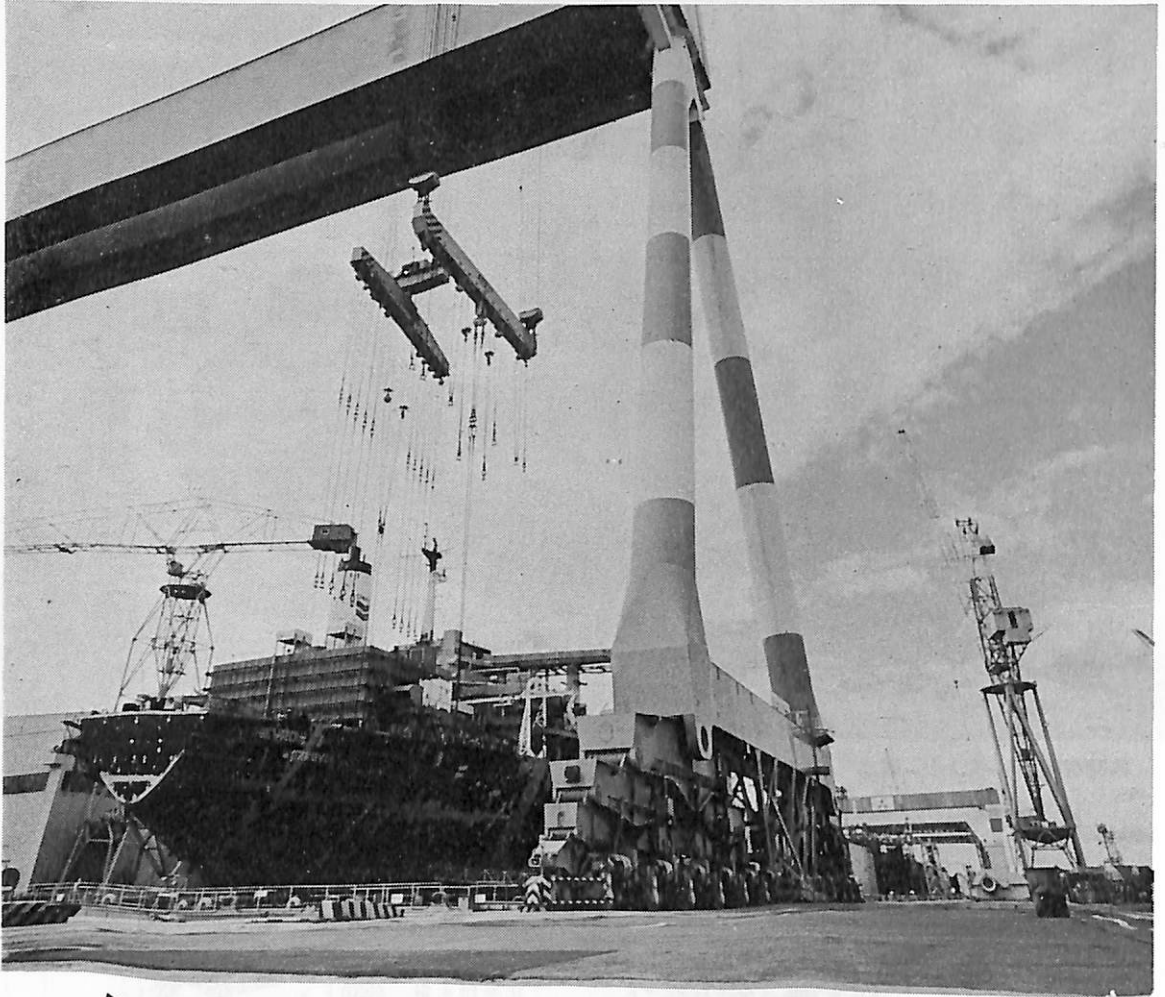
本艇は、暗黒の深海底に横たわる潜水艦のハッチにコンピューター操作でドッキングし、乗員を安全に救出しようとする深海救難艇の建造に先立ち、各種の調査研究を行なうために試作建造されたものである。

現在、潜水艦乗員の救助システムとしては、レスキューチャンバーがあるが、深度に制限があるため、世界各国で新しい救難システムの開発が急がれている。

本艇は、引渡し後防衛庁により諸試験が行なわれ、そのデータをもとに救難艇が建造される。

本艇の主要目

基準排水量	約30トン
長さ	約11.0m
幅(最大)	約3.2m
深さ	約3.2m
主機関	主推進機関(水中モータ) スラスト装置(水中モータ) 蓄電池
乗員	6名(操縦者2名, 計測者4名)
水中速力	約3ノット



伝統に支えられ明日を考える 三菱重工の造船技術

世界の船の半分を造っている日本の造船界。船造りに100年をこえる歴史をもつ三菱重工は、たえず時代を先がける新しい技術を生み出し、この造船日本をリードする役割を果たしてきました。幅広い基礎技術とすぐれた研究設備。システムティックな総合力。これらが一体となって力強いバックボーンをなしています。

いま、三菱重工の5つの造船所から生まれる数々の船。超大型タンカーからLPG、LNG船、コンテナ船などの高速貨物船や専用船、作業船にいたるまで、信頼と安全をのせて、世界の海へ送り出されています。



CHEVRON PERNIS (油槽船) 船主 Chevron Navigation Corporation. (リベリア) 造船所 三菱重工業・長崎造船所 総噸数 118,198.24 噸 純噸数 100,289 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 263,791Lt 全長 338.629 m 長(垂) 320.00m 幅(型) 53.60m 深(型) 26.40m 吃水 67' - 5%" 主機 三菱2段減速装置付タービン1基 出力 34,000PS×90RPM 燃料消費量 165t/d 航続距離 25,300海里 速力 15.4ノット 汽罐 三菱CE, V2M 8 W 型×2 61.2kg/cm²×515.6°C 72,000kg/h 発電機 AC 450V, 1,500KW×1, 800rpm×1 貨油倉 320,552.1m³ 清水倉 372.5m³ 燃料油倉 12,296.6m³ 乗員 51名, 外8名 工期 49-6-7, 49-8-23, 49-12-20



DAEJIN No 52 (遠洋トロール漁船) 船主 大林水産(大韓民国) 造船所 (株)新潟鉄工所新潟造船工場 総噸数 4,054.72噸 純噸数 2,370.00噸 船級 KR 載貨重量 3,287.50噸 全長 103.70m 長(垂) 94.00m 幅(型) 16.00m 深(型) 9.90m 吃水 6.066m 満載排水量 5,960.85噸 主機 神戸発動機6UET45/80 D型ディーゼル機関1基 出力 3,825PS×218RPM 燃料消費量 155g/ps.h 航続距離 16,900海里 速力 13.5ノット 発電機 625 KVA×3 原動機 6L20A×750PS×900r/m 漁倉その他(ペール) 2,171.01m³ (グリーン) 2,299.54m³ 清水倉 135.79m³ 燃料油倉 1,227.98m³ 乗員 146名 工期 49-3-15, 49-9-5, 49-12-16



輸送艦“みうら”

防衛庁向け 2,000排水トン輸送艦“みうら”

石川島播磨重工は、昭和50年1月29日東京第二工場において、防衛庁向け大型輸送艦“みうら”2,000排水トンの引渡式を行なった。

本艦は、第4次防衛力整備計画の一環として、昭和48年11月以来建造を進めていたもので、防衛庁保有の輸送艦のうち最大艦である。

本艦は、人員・装備品等の輸送がその主要任務で、そのため船体の中央部や上甲板には、車両やその他器材を積めるようになっており、また、中央部の両側には人員輸送のための居住設備を持っている。

全	長	98.0メートル	
最	大	巾	14.0メートル
深	さ	7.6メートル	
吃	水	3.0メートル	
基	準	排	水量：2,000トン
主	機	関(官給品)	2,200馬力ディーゼル機関 2基
速	力	14.0ノット	
乗	員	数	115名
主	要	兵	装：50口径3インチ連装速射砲 1基
			40ミリ連装機関砲 1基



護衛艦「よしの」

防衛庁向け1,500排水トン型護衛艦「よしの」

三井造船・玉野造船所にて昭和48年9月より建造中であった防衛庁向け護衛艦「よしの」は、このほど完成、50年2月6日防衛庁に引渡された。

〔主要目〕

全長	93.00 m
幅 (型)	10.80 m
深さ (型)	7.00 m
吃水 (常備)	3.50 m
基準排水トン	1,500 排水トン
主機関	三井12V28N型ディーゼル機関 4基 (2軸)
軸出力	16,000馬力
速力	25.0ノット
主要兵器	50口径3インチ連装速射砲 1基 アスロックランチャー 1基 40ミリ連装機関砲 1基 3連装短魚雷発射管 2基
乗組員	156名



CYS CROW (原油輸送) 船主 Associated Tanker Transported, Inc. 造船所 佐世保重工業・佐世保造船所
 総噸数 114,585.69噸 純噸数 94,646.35噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 254,279Lt 全長 339.500m 長(垂)
 324.000m 幅(型) 53.500m 深(型) 25.700m 吃水 20.000m 満載排水量 295,971噸 船首楼付平甲板型 主機
 IHI 横型コンポジットタービン1基 出力 33,000SPS×87.4RPM 燃料消費量 9,973.1m³ 航続距離 19,500海
 里 速力 15.21ノット 汽罐 佐世保FWMDM 79t/h×62kg/cm²G×515°C 発電機 440V AC 2,500KVA(2,000KW)
 貨油倉 311,366.7m³ 清水倉 408m³ 燃料油倉 9,973.1m³ 乗員 52名 工期 49-6-5, 49-9-2, 49-12-23



ジャパンバイオレット (油槽船) 船主 ジャパンライン株式会社 造船所 川崎重工業・坂出工場
 総噸数 116,331.96噸 純噸数 88,868.19噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 233,236噸 全長 319.93m 長(垂) 305.00
 m 幅(型) 53.00m 深(型) 25.30m 吃水 19.653m 満載排水量 268,029噸 平甲板型 主機 川崎UA360 2段減
 速歯車装置付船用タービン1基 出力 35,000PS×89RPM 燃料消費量 173.6t/d 航続距離 15,600海里 速力
 16.39ノット 汽罐 川崎UMG70/56-UA 2胴水管式2基 発電機 1,600KW 2,000KVA, AC450Vタービン×1,
 760KW 950KVA, AC 450Vディーゼル×2, 貨油倉 287,860.43m³ 清水倉 201.15m³ 燃料油倉 7,702.88m³ 乗員
 43名 工期 49-3-23, 49-9-11, 49-12-17 ノズルプロペラ装備



OGDEN SUNGARI (油槽船) 船主 Ogden Sungari Transport Inc. (リベリヤ) 造船所 住友重機械工業・追浜造船所 総噸数 124,085.53噸 純噸数 107,019噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 275,933噸 全長 340.80m 長(垂) 324.00m 幅(型) 54.40m 深(型) 26.90m 吃水 21.040m 満載排水量 316,368噸 一層甲板型 主機 東洋タービン製住友スタラルラバルAP型タービン1基 出力 38,000PS×91RPM 燃料消費量 188t/d 航続距離 20,000海里 速力 16.25ノット 汽罐 二胴水管式×2 発電機 1,650kW×2, 350kW×1 原動機 タービン 2,450PS, ディーゼル 1,200PS 貨油倉 340,094m³ 清水倉 526m³ 燃料油倉 12,329m³ 乗員 52名 工期 49-5-23, 49-9-18, 50-1-10



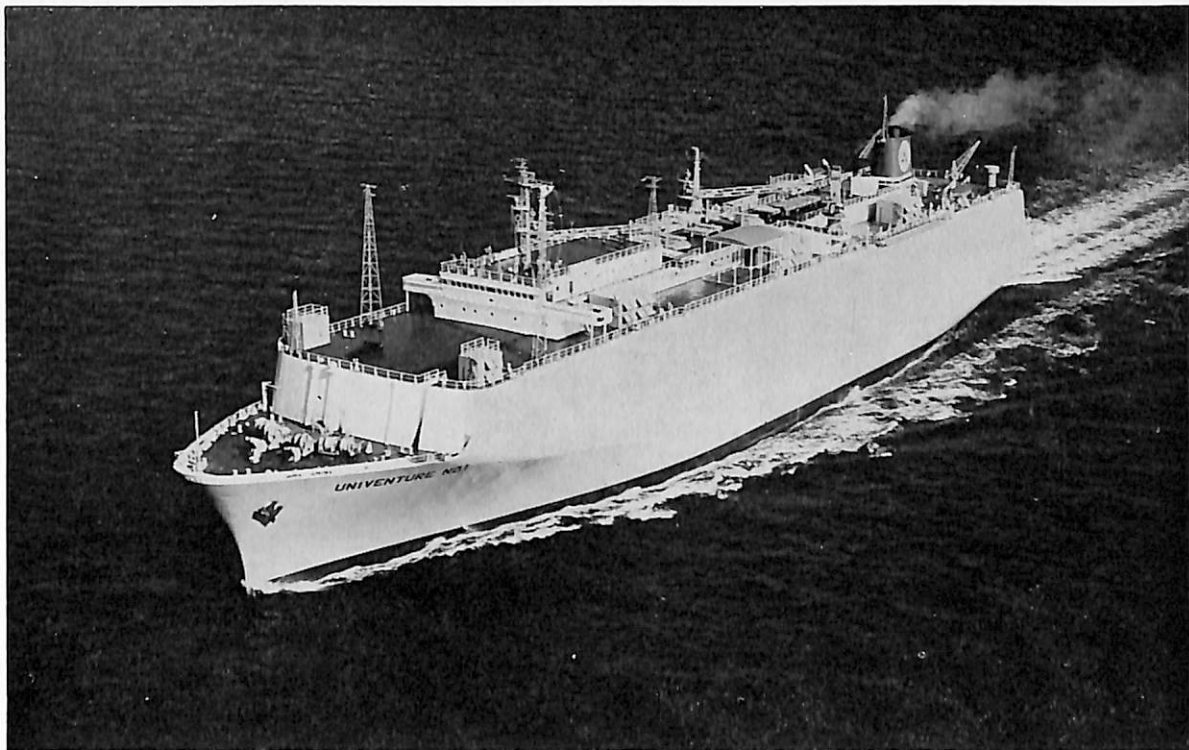
ESSO KAWASAKI (油槽船) 船主 Esso Tankers Inc. (リベリア) 造船所 川崎重工業・坂出工場 総噸数 138,113.72噸 純噸数 114,215噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 307,432噸 全長 340.00m 長(垂) 325.00m 幅(型) 56.00m 深(型) 28.80m 吃水 22.427m 満載排水量 351,610噸 船首楼付平甲板型 主機 川崎UA 360型タービン1基 出力 36,000PS×82RPM 燃料消費量 179.1t/d 航続距離 24,300海里 速力 15.93ノット 汽罐 川崎UMG75/57, 2胴水管式2基 発電機 2,200kW 2,750KVA, AC 450V, 480kW 600KVA, AC 450V 原動機タービン×2 ディーゼル×1 貨油倉 376,315.79m³ 清水倉 382.76m³ 燃料油倉 12,322.64m³ 乗員 50名 工期 49-5-7, 49-8-2, 49-12-10 30万トンタンカーの第一番船



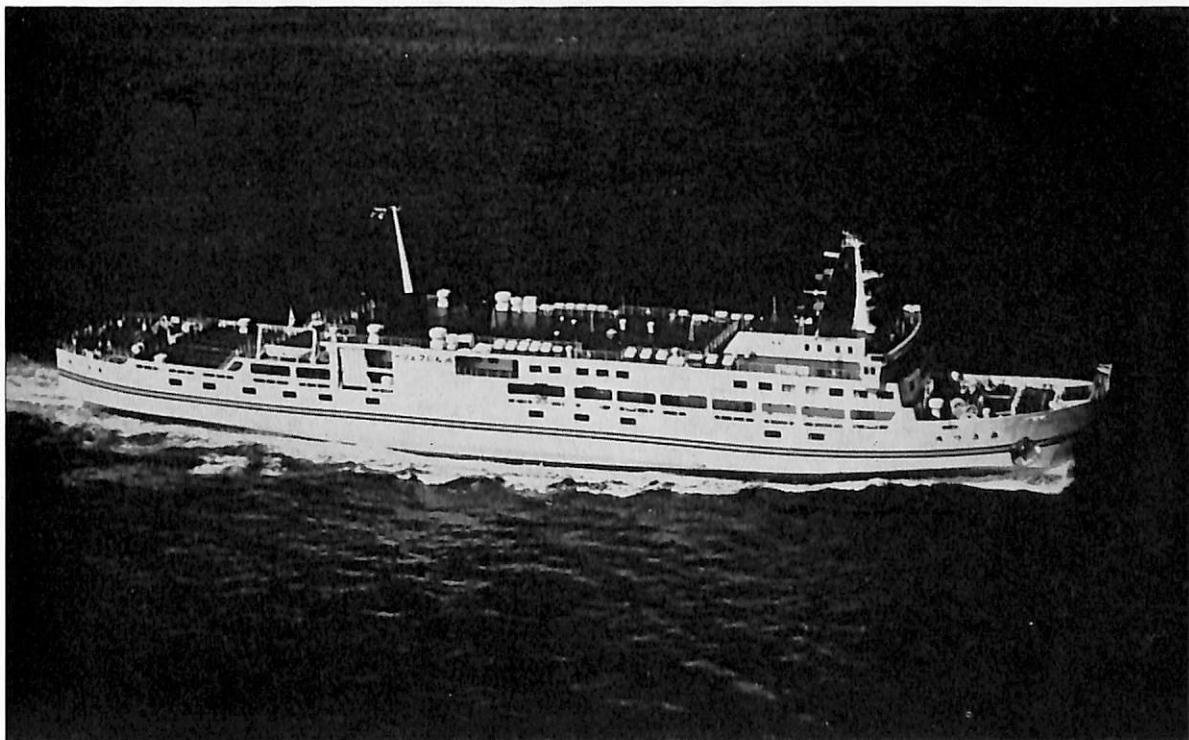
TARIK IBN ZIYAD (油槽船) 船主 Iraq National Oil Company. (イラク) 造船所 三井造船・玉野造船所
 総噸数 61,689.80噸 純噸数 43,270.65噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 118,134噸 全長 257.00m 長(垂) 246.000
 m 幅(型) 39.400m 深(型) 22.400m 吃水 16.913m 満載排水量 138,149噸 平甲板船 主機 三井B&W 7 K90
 GF型ディーゼル機関1基 出力 21,700BPS×110RPM 燃料消費量 84.02t/d 航続距離 17,090海里 速力 15.7
 ノット 汽罐 三井WTA 60, 2胴式水管ボイラー-60,000kg/hr×16.5kg/cm²G×1 発電機 ディーゼル 560KW×2
 貨油倉 143,842.6m³ 清水倉 286.5m³ 燃料油倉 F 4,177.8m³ D 303.4m³ 乗員 43名 工期 49-7-26, 49-
 10-8, 50-1-29



天 晴 丸 (油槽船) 船主 天晴汽船株式会社 造船所 常石造船株式会社
 総噸数 20,865.86噸 純噸数 12,858.89噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 36,665噸 全長 189.00m 長(垂) 180.00m
 幅(型) 27.00m 深(型) 14.95m 吃水 11.024m 満載排水量 45,141噸 船首楼付平甲板型 主機 三井B&W 6K
 84EF型ディーゼル機関1基 出力 14,000PS×110RPM 燃料消費量 52.6t/d 航続距離 11,200海里 速力 15.6
 ノット 汽罐 三井2胴式水管ボイラー 32,000kg/hr×1 発電機 610KW×2 原動機 915PS×720rpm 貨油倉
 44,606.5m³ 清水倉 404.5m³ 燃料油倉 F 1,781.8m³ D 225.6m³ 乗員 28名(予備3, 旅客1) 工期 49-6-13,
 49-9-15, 49-12-26



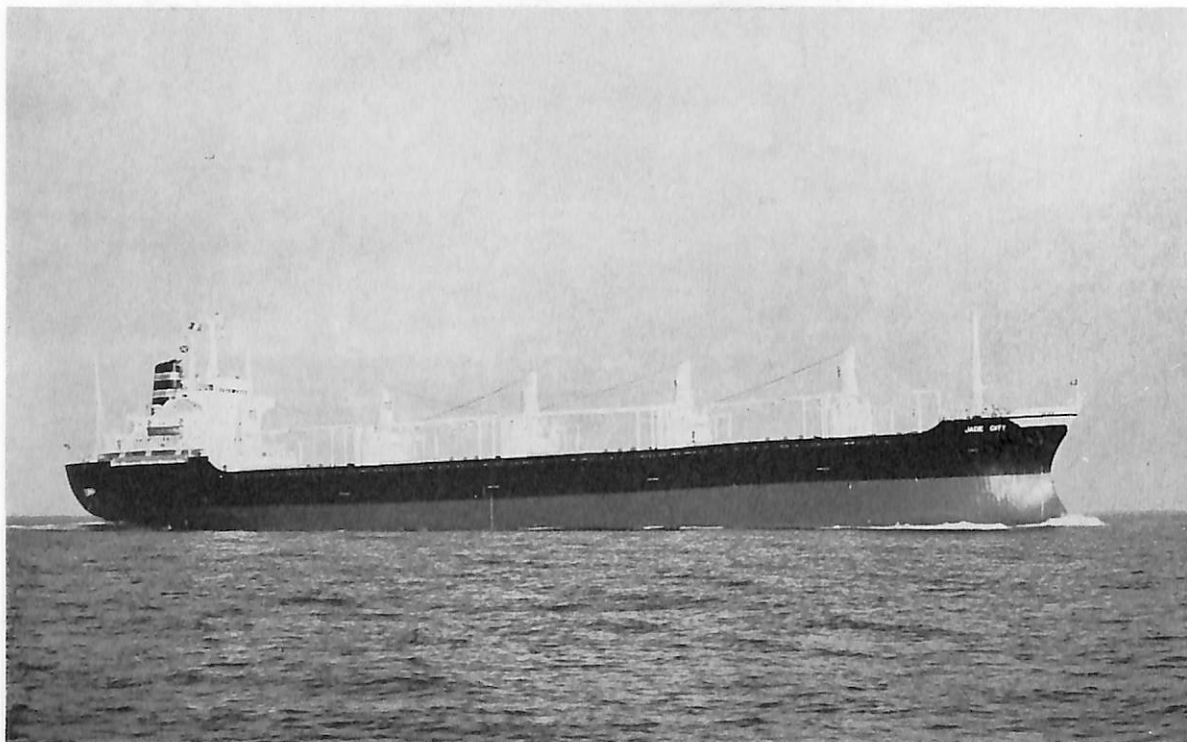
UNIVENTURE No.1 (自動車運搬船) 船主 Univenture Shipping Corporation. (リベリア) 造船所 (株) 来島ど
 っく・大西工場 総噸数 12,138.53噸 純噸数 7,258.19噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 15,249噸 全長 197.12m
 長(垂) 184.00m 幅(型) 28.00m 深(型) 12.05m 吃水 9.028m 満載排水量 27,781噸 多層甲板型 主機 川崎
 MAN K85SZ90/160型ディーゼル機関1基 出力 19,700PS×116RPM 燃料消費量 80.05t/d 航続距離 20,900
 海里 速力 20.6ノット 汽罐 船用乾熱式丸ボイラー×1 強制循環式排ガスエコノマイザー×1 発電機 800KVA,
 450V, AC 3φ, 60Hz×3 原動機 1,000PS×720rpm×3 貨物倉(ペール) 71,890m³ (グリーン) 81,880m³ 燃料
 油倉 3,780.51m³ 乗員 32名 工期 49-4-23, 49-9-16, 49-11-20



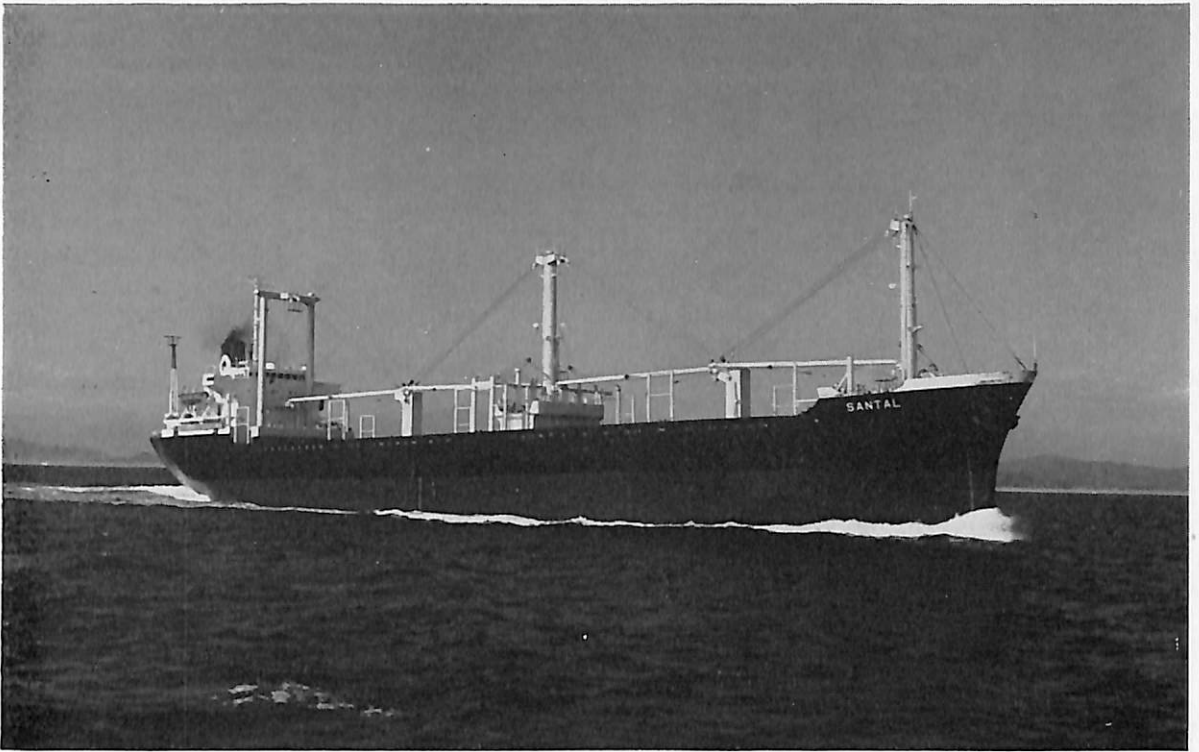
あ き つ 丸 (旅客船兼自動車航送船) 船主 共同汽船株式会社, 船舶整備公団 造船所 福岡造船株式
 会社 総噸数 3,830.70噸 純噸数 1,497.60噸 沿海 船級 JG 載貨重量 1,630.88噸 全長 122.00m 長(垂)
 113.00m 幅(型) 19.60m 深(型) 6.50m 吃水 4.950m 満載排水量 5,104.00噸 全通船楼型 主機 新潟鉄工所
 製12MGV-40 XV型ディーゼル機関2基 出力 5,400PS×386/266RPM 燃料消費量 46t/d 航続距離 1,800
 海里 速力 21ノット 汽罐 クレイトンボイラー×1 1,250kg/h 発電機 AC445V×60Hz×680KW×2 原動機 デ
 ーゼル機関 旅客 850名 車両大型トラック 54台 小型トラック 6台 乗用車 30台 清水槽 125.18m³ 燃料油槽
 246.54m³ 乗員 40名 工期 49-1-17, 49-6-19, 49-9-21 備考 航路 大阪 ↔ 小松島



UNIAFRICA (ばら積貨物船) 船主 Africa Carriers Inc. (リベリア) 造船所 今治造船・丸亀事業本部
 総噸数 15,875.07噸 純噸数 9,895.75噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 29,672.00噸 全長 175.168m 長(垂)165.00m
 幅(型) 26.00m 深(型) 14.50m 吃水 10.300m 満載排水量 37,146.6噸 ウェル甲板型 主機 三菱スルザー 7 R
 ND68型ディーゼル機関1基 出力 10,395PS×145RPM 燃料消費量 37.72t/d 航続距離 17,500海里 速力14.50
 ノット 汽罐 コクランコンポジット型 7.0kg/cm² 800kg/h 発電機 400KVA×3 原動機 470PS×900RPM×3
 貨物倉(ベール) 35,205.0m³ (グリーン) 36,393.0m³ 清水倉 390.36m³ 乗員 32名 工期 49-2-25, 49-10-
 6, 49-12-19



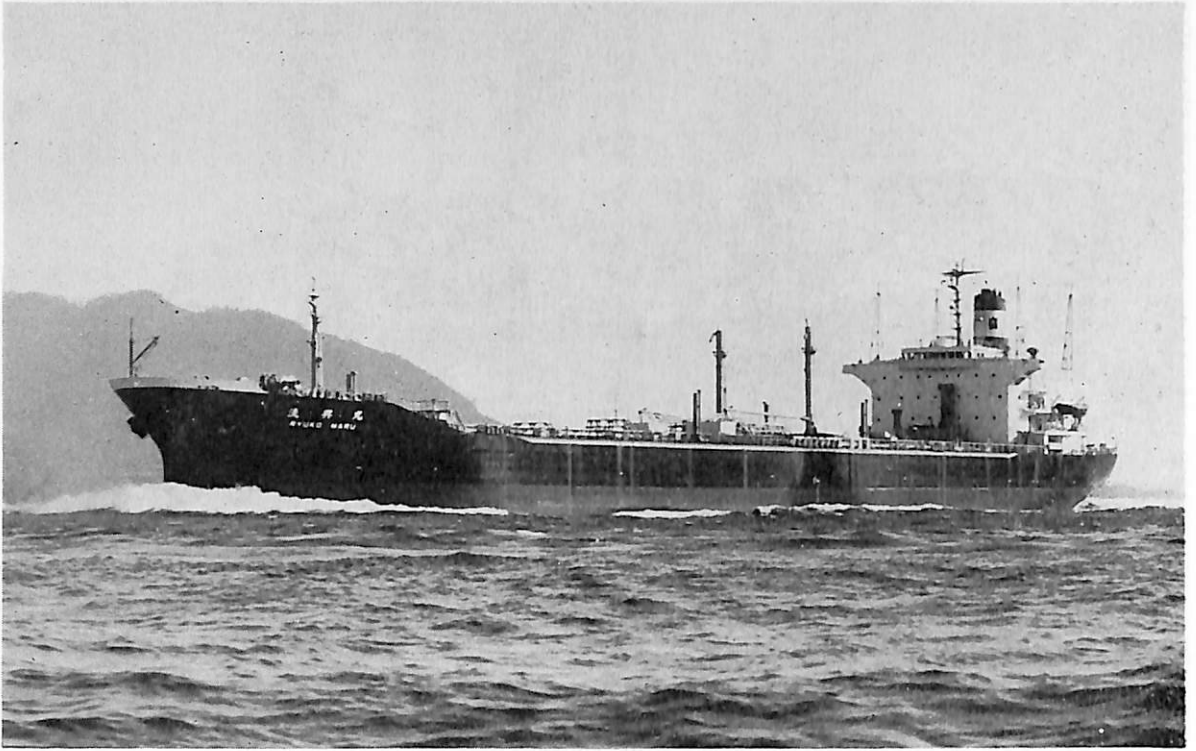
JADE CITY (ばら積貨物船) 船主 Grand East Carriers Inc. (リベリア) 造船所 林兼造船・下関造船所
 総噸数 16,191.09噸 純噸数 10,797噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 27,599Lt 全長 176.95m 長(垂)165.00m
 幅(型) 25.00m 深(型) 14.20m 吃水 10.25m 満載排水量 35,551噸 凹甲板船 主機 IHIスルザー 7RND68型
 ディーゼル機関1基 出力 10,400PS×144.8RPM 燃料消費量 35t/d 航続距離 14,500海里 速力 14.75ノット
 汽罐 縦コクラン 7 kg/cm²G×1,500kg/h 発電機 500KVA×450V×3 原動機 600PS×720RPM×3 貨物倉(ベ
 ール) 35,249m³ (グリーン) 36,172m³ 清水倉 405m³ 燃料油倉 1,964m³ 乗員 40名 工期 49-7-10, 49-10-
 17, 50-1-29



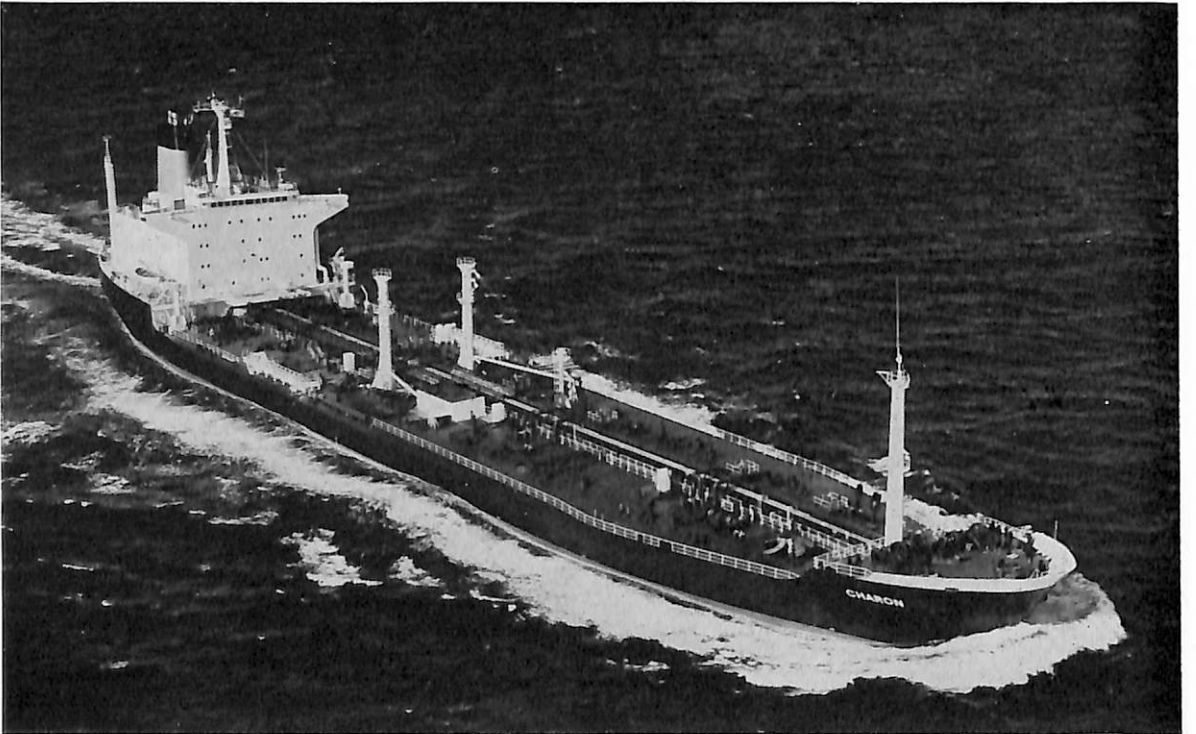
SANTAL (貨物船) 船主 T. S. C. International Ltd. (リベリア) 造船所 高知重工株式会社
 総噸数 9,060.03噸 純噸数 6,146.38噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 16,584.27噸 全長 141.70m 長(垂) 133.72m
 幅(型) 21.80m 深(型) 12.20m 吃水 9.099m 満載排水量 20,751噸 船首尾楼付凹型船尾機関船 主機 神戸発
 動機8UEC52/105D型ディーゼル機関1基 出力 6,800PS×166RPM 燃料消費量 25.83t/d 航続距離 12,100
 海里 速力 14.0ノット 汽罐 8.0kg/cm² 発電機 395KVA×2 原動機 470PS×2 貨物倉(ベール) 20,016m³ (グ
 レーン) 20,577m³ 清水倉 327.87m³ 燃料油倉 916.27m³ 乗員 36名 工期 49-8-22, 49-10-29, 50-1-20



LILY VENTURE (貨物船) 船主 Lilyfield Co., Ltd. (リベリア) 造船所 福岡造船株式会社
 総噸数 7,020.96噸 純噸数 4,654.73噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 11,538.18Lt 全長 127.80m 長(垂) 119.00
 m 幅(型) 20.50m 深(型) 10.30m 吃水 8.050m 満載排水量 15,158.00噸 凹甲板型 主機 神戸発動機6UE
 C52/105D型船用ディーゼル機関1基 出力 5,270PS×166RPM 燃料消費量 21t/d 航続距離 13,500海里 速
 力 13.2ノット 汽罐 コクラン型 0.6t/h×1 発電機 250KW×AC60Hz×450V×720rpm×2 貨物倉(ベール)
 13,911.75m³ (グリーン) 14,721.84m³ 清水倉 585.89m³ 燃料油倉 1,613.57m³ 乗員 38名 工期 49-6-26,
 49-10-28, 49-12-18



流興丸(油槽船) 船主 流通海運株式会社 造船所 幸陽船渠株式会社
 総噸数 21,393.99噸 純噸数 13,228.18噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 38,134.85噸 全長 187.00m 長(垂) 178.00m 幅(型) 28.40m 深(型) 15.00m 吃水 11.00m 満載排水量 46,439.00噸 主機 IHI スルザー7RND76型ディーゼル機関1基 出力 12,600PS×117.8RPM 燃料消費量 47.7t/d 航続距離 12,070海里 速力 14.80ノット 汽罐 32,000kg/hr×18k 発電機 640KW×800KVA×450V×2 原動機 1,000PS×720rpm×2 貨油倉 45,131.1m³ 清水倉 344.3m³ 燃料油倉 20,538m³ 乗員 27名 工期 49-4-24, 49-7-4, 49-10-15



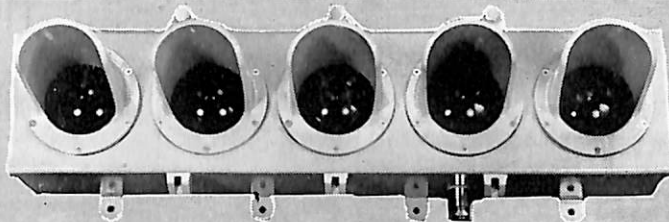
CHARON (油槽船) 船主 Estella Shipping Corporation Inc.(リベリア) 造船所 佐世保重工業・佐世保造船所 総噸数 23,050.06噸 純噸数 15,059.00噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 42,525噸 全長 194.100m 長(垂) 183.000m 幅(型) 30.000m 深(型) 15.100m 吃水 11.528m 満載排水量 52,078噸 凹甲板船 主機 IHI スルザー7RND76型ディーゼル機関1基 出力 12,600 PS×117.8RPM 燃料消費量 159gr/BHP/h 航続距離13,300海里 速力 15.00ノット 汽罐 佐世保 AMD II型30t/hr×16kg/cm² 発電機 700KVA, 450V, AC, 60Hz×3 貨油倉 51,893.1m³ 燃料油倉 F 1,969.3m³ D 160.7m³ 清水倉 510.6m³ 乗員 45名 工期 49-4-25, 49-9-17, 50-1-16

UTSUKI - KEIKI は



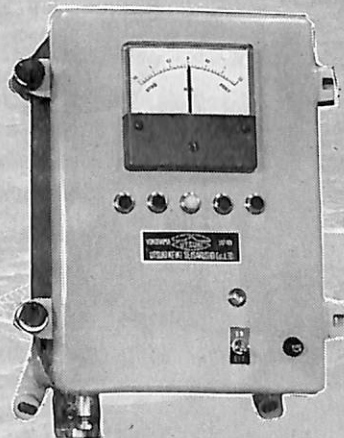
傾度計・傾度制御装置の

トップメーカーです。



ULD-300C型

ランプ表示式傾度計は、スプリング型リニアトランス式傾度検出器のアナログ電圧出力を、A-D変換し、5ヶのランプを、一定のパターンにより点滅し、船体等の傾度を表示する装置です。



- 傾度検出器は、保守を全く必要とせず、寿命は半永久的です——
- ユニット化されたプリント基盤は、交換が容易です。ランプの点滅制御には双方向性サイリスタを使用しているのでリレーの様に予備品を必要としません——
- バラスト調整用の接点出力信号を送出することが可能です——

- | | | |
|------|-------------|---|
| 製造品目 | 傾度計シリーズ | 精密機械式傾度計、電気式トリム(ヒール)計、制御出力端子付傾度計、トリム・ヒール自動制御信号装置、船足場自動水平保持装置、他。 |
| | クレーン用計器シリーズ | フームメーター、アウトリーチメーター(リミッター)、デリッククレーン自動制御装置、他。 |
| | ロガーシリーズ | 時刻装置付データーロガー、ロガー用パルスジェネレーター、他。 |
| | 気圧計シリーズ | 船舶用アネロイド型気圧計、電気式気圧計、他。 |
| | その他 | 電気式乾舷高計、レベル計、他。 |

海洋開発の自動化と安全に貢献する

株式会社

宇津木計器

本社・工場 横浜市中区弁天通り6丁目83番地
Tel. (201)0596(代)

大阪営業所 大阪市西区靱本町4-80
第五奥内ビル3階 Tel. (541)6505

燃料報国

— 高の燃料を生かす確かな技術 —

生活航路の原動力。



海に囲まれた日本列島。生活の足として、フェリー・旅客船の役目は重要です。スピードはもちろんのこと、安全性や耐久性が強く要求されます。ヤンマーディーゼルエンジンは、日本中の航路で、主機・補機として活躍。たくましい原動力になっています。

電話一本でサービス員がかけつける、ヤンマーの全国サービス網。安全な生活航路を支える乗務員の皆さんから、厚い信頼を呼んでいます。

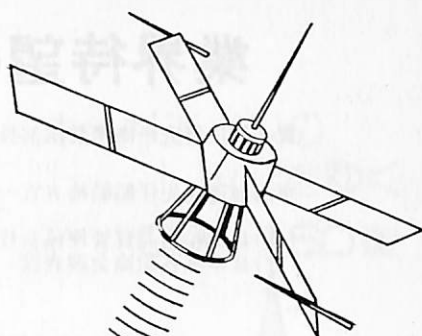
ヤンマーディーゼル



ヤンマーディーゼル株式会社

(本社)大阪市北区茶屋町62(〒530)TEL(06)372-1111(代)
(支店)札幌・東京・名古屋・大阪・高松・広島・福岡

航行衛星を
利用して
正確な
船の位置を
計算する



航行衛星

北辰＝マグナボックス

精密衛星航法・船位決定システム

アンテナ



受信器

HX-702A-3

- 全世界、全天候性高精度船位決定システム
1回の衛星通過で誤差±4.5メートル
- デュアル・チャンネル方式
- 高精度船位決定を可能にするショート・ドブラ方式
- セルフテスト機能・航法計算機能完備
- 調査・測量・作業船用の総合航法システム(MODEL-200)に活用—白嶺丸に装備
- 群を抜く使用実績—世界中の調査船等で150台以上が活躍中

総代理店

住友商事株式会社

通信電子機器部 産業電子機器課

東京都千代田区一ツ橋 1ノ2ノ2

〒100 (03) 217-6403 (ダイヤルイン)



北辰電機

東京都大田区下丸子3-30-1 〒144 (03) 759-4141(大代)
TELEX 246-6074 MARHOK J

業界待望の書ついに完成!!

電子航法研究所衛星航法部長……………木村小一
 東海海運局先任船舶検査官……………芹川伊佐男
 (社)日本船舶品質管理協会技師 }……………土川義朗
 (社)日本旅客船協会調査役 }

— 編 集 —

船用品便覧

(1974年版)

B5判 8ポイント横組 300頁函入上製本 定価5,500円 千140円

内容目次

- | | |
|-------------|----------------------|
| 第1章 総説 | 第7章 舷窓類 |
| 第2章 救命器具 | 第8章 錨, 鎖, 索 |
| 第3章 信号器具 | 第9章 航海器具, 航海装置, 無線装置 |
| 第4章 消防設備と器具 | 第10章 新製品, 新技術, トピック |
| 第5章 船燈 | 第11章 諸表 |
| 第6章 船口閉鎖器具 | 第12章 業務資料 |

執筆者

船舶技術研究所機装部環境研究室長……………翁長一彦
 前船舶技術研究所機装部船用品研究室長……………緒方辰人
 神戸海運局相生支局長
 (社)日本船舶品質管理協会船舶機装品研究所……………奥山信一
 船舶技術研究所機装部航海機器研究室長……………小黒英男
 上記……………木村小一
 財団法人日本船用品検定協会……………高橋邦敏
 株式会社高工社取締役……………清水正二
 上記……………芹川伊佐男
 前船舶技術研究所機装部長……………曾根功
 日本海事協会大阪支部……………田淵隆之
 (社)日本船舶品質管理協会船舶機装品研究所……………玉虫英五郎
 上記……………土川義朗
 船舶技術研究所機装部船用品研究室……………土屋正之
 前船舶技術研究所機装部船用品研究室長……………福森正直
 日本海事協会広島支部……………安田健二

東京都中央区銀座5-11-13
 ニュー東京ビル

株式会社 天然社

振替 東京 79562番
 電話 (03)543-7793番

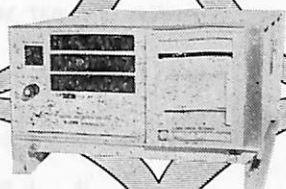
KODEN

- 営業品目■
- 無線方位測定機
- ロラン受信機
- オメガ受信機
- ファックス受信機
- レーダ・レーダファイ
- ラジオファイ・コールパイ
- 魚群探知機
- シンクロソナー
- 漁網監視装置
- 遭難自動通報用送信機
- SOS自動受信機
- 電子計算機
- 特殊電子機器

オメガエイジの
トップをゆく
OR-160型

- 本機の特長
- ★3 LOP同時表示〃
 - ★3周波同時表示〃
 - ★3チャンネルカラーレコーダ付
 - ★高感度〃
 - ★ρ-p航法も可能〃
 - ★取扱い操作簡単〃

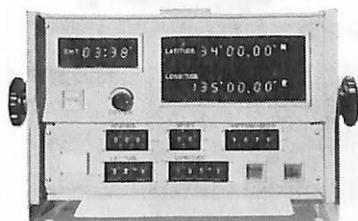
株式会社 光電聚倫所
本社 ☎(03) 441-1131代
東京営業所・東海営業所
関西営業所・西日本営業所
北海道営業所



FURUNO®

誤差0.1浬で船位測定

衛星航法システム
FSN-10型



FSN-10 位置表示装置

エレクトロニクスで創造する

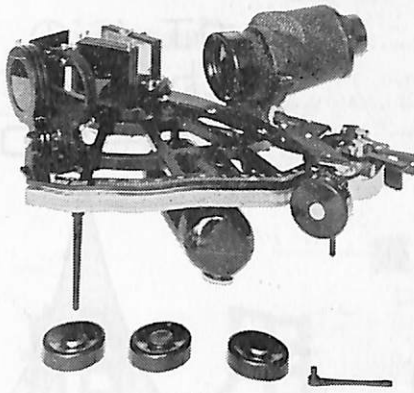
FIL

古野電気株式会社

本社 / 西宮市芦原町9-52 ☎0798(65)2111(大代)
支社 / 東京都中央区八重洲4-5(藤和ビル7F) ☎03(272)8491(代)
支店 / ●北海道●東北●東海●中部●下関●長崎 その他35ヶ所 海外14ヶ所



精度を誇る♡印の航海用六分儀



Cat No. 637 MS-3

玉屋航海用六分儀は四十年にわたる経験と卓越せる技術、精選した材料とによって製造したもので、測角精度はもとより反射鏡、シェードグラスの優秀なこと、構造の堅牢なことは定評のあるところです。

分度目盛、-5~125° 1' 目盛

マイクロメーター 1' 目盛

単眼鏡 7×50m.m.

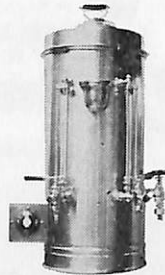
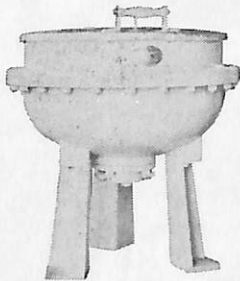
登録♡商標 株式会社 玉屋商店

本社	東京都中央区銀座4-4-4 (和光裏通り)	電・(561) 8 7 1 1 (代表)
支店	大阪市南区順慶町4-2	電・(251) 9 8 2 1 (代表)
工場	東京都大田区池上2-14-7	電・(752) 3 4 8 1 (代表)

YKK型船舶厨房調理機器

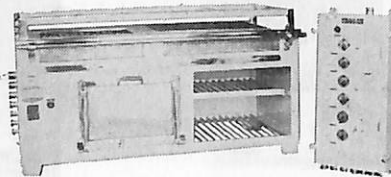
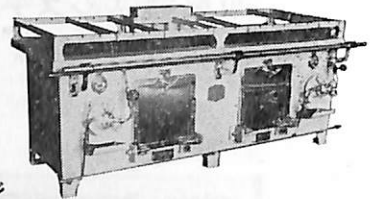
堅牢性、経済性、効率性、安全性抜群。高い信頼納期業界最短、即納主義

ライスボイラー



電気式湯沸器

26kw型多目的電気レンジ



2400型オイルレンジ

営業品目

電気レンジ・オイルレンジ・ライスボイラー・湯沸器調理機・水澆器・豆腐製造機・アイスクリーム製造機
ハムスライサー・肉挽機・球根皮剥機・炊飯器・ケーキミキサー・ガスレンジ・電気式オープン・パン醗酵器
電気式魚焼器・スープボイラー・ディスプレイ
食器洗浄機・壁型蒸気炊飯器・電気コンロ・電気熱板
ガス魚焼器・その他特殊製品全般

株式会社 横浜機器製作所

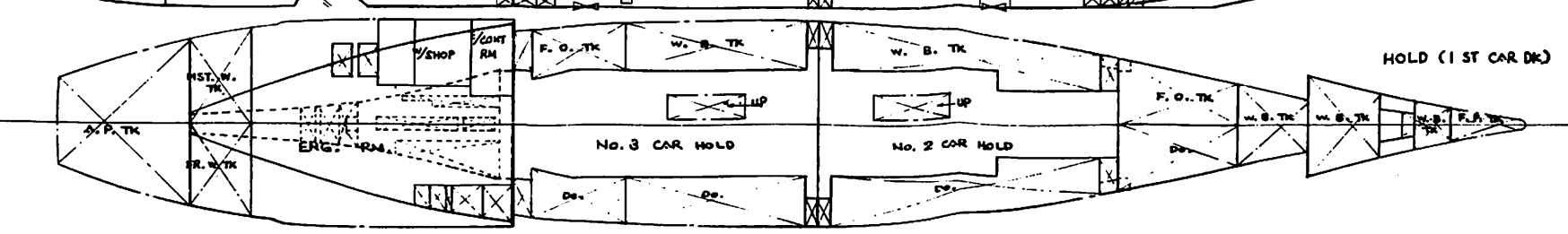
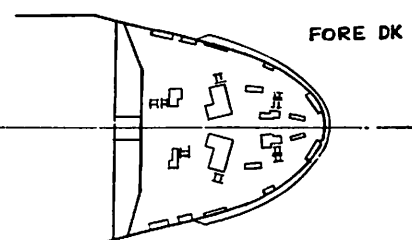
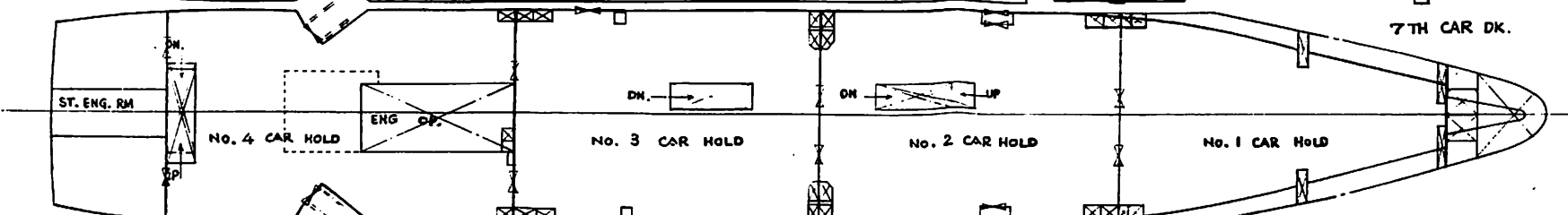
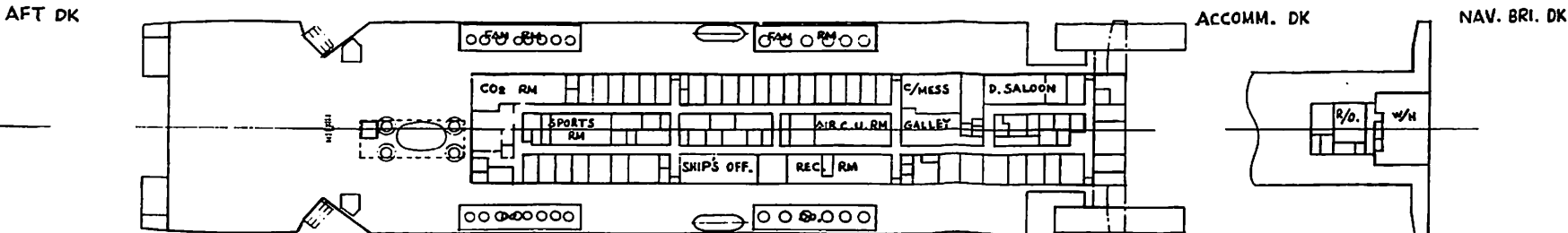
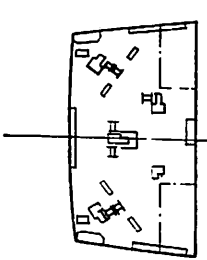
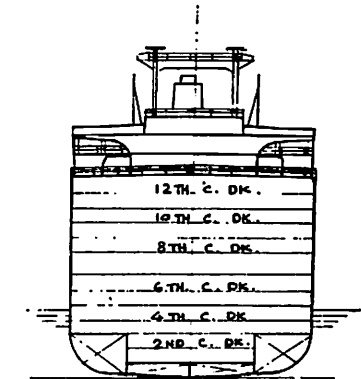
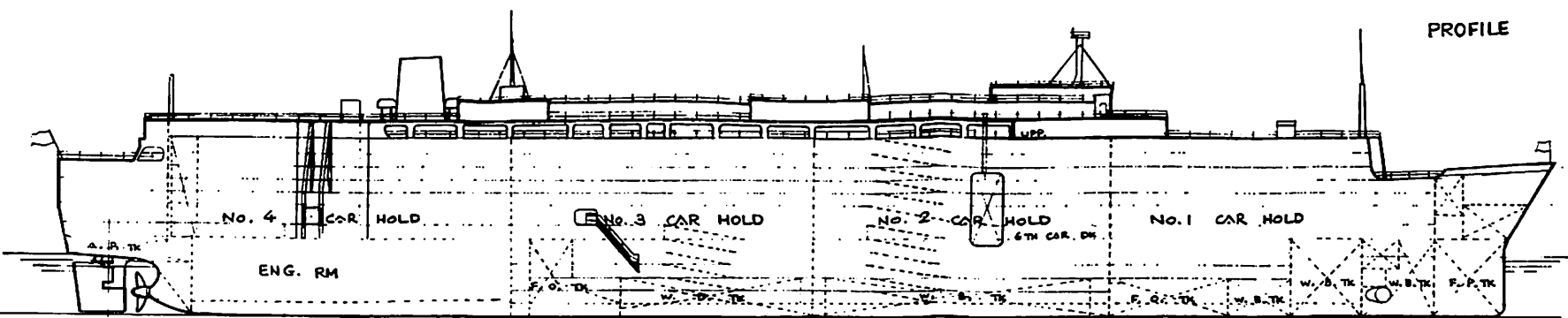
本社・工場 横浜市中区新山下1-8-34

電話 横浜045(622)9556(代)5335(代)

第2ビル専用 045(621)1283(代)

電略「ヨコハマ」ワイケイケイ

希望条件を指示下さい。即時見積、設計、納品致します。



神 悠 丸 一 般 配 置 図

世界最大の自動車運搬専用船 “神悠丸”について

三菱重工業株式会社
神戸造船所造船設計部

1. ま え が き

わが国のヨーロッパ向け自動車輸出は、昭和45～46年頃から急激に伸び、在来型の定期貨物船では間に合わなくなり、バルクキャリアーとの兼用船なども投入してきたが、荷主に対するサービスも充分とはいえなかつた。一方、輸送量は増加を続けるため、荷主に充分なサービスをしながら船主にも充分利する輸送方式が必要となり、この解決策として専用船の大型化が考えられた。

このような背景のもとに、日本郵船株式会社および大阪商船三井船舶株式会社では両社共同で6,000台積載能力のある専用船の建造を計画され、当社に発注され、昨年4月9日に起工し、12月25日に完成したのがこの“神悠丸”である。

本船は小型乗用自動車6,015台の積載能力を有し、これまでの最大船の能力4,220台を大幅に上廻る世界最大の自動車運搬専用船で、すでにヨーロッパへの処女航海を終り好評をばくしている。

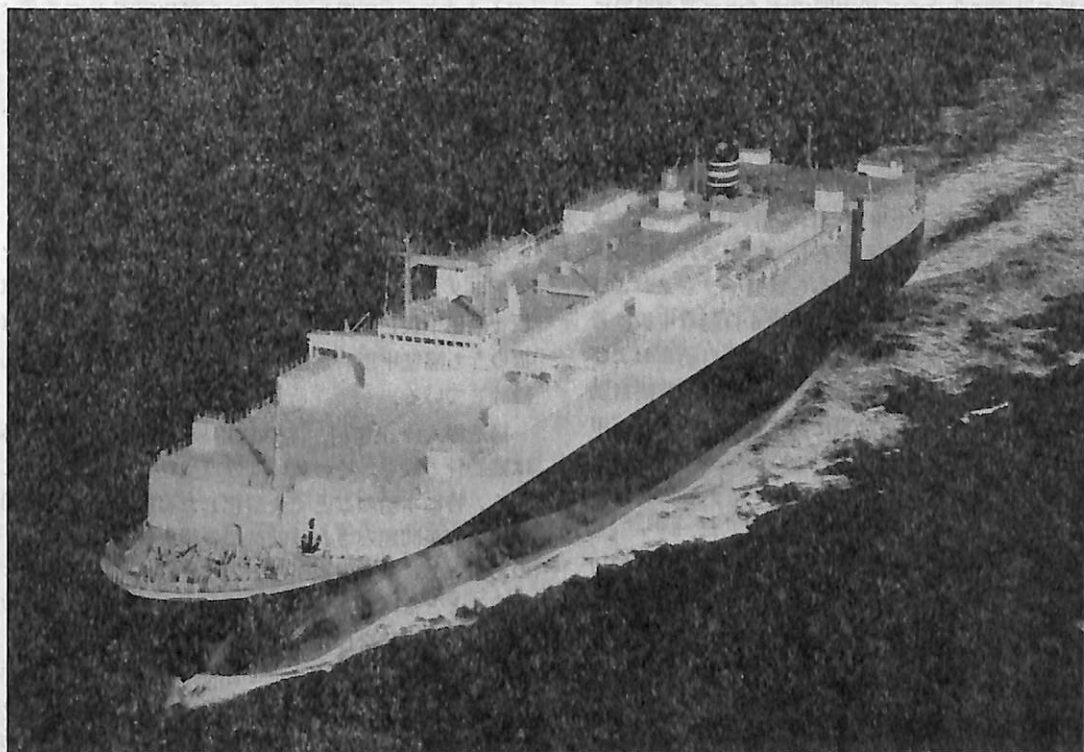
この“神悠丸”の就航を機に、本船の専用船としての

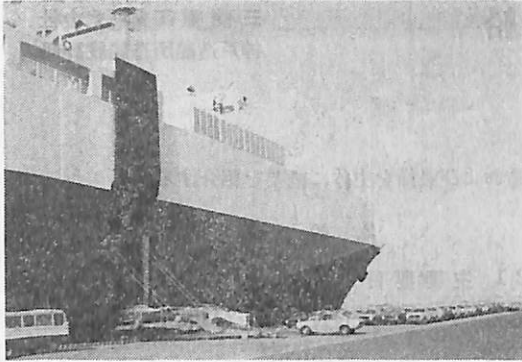
構造および設備を主体に概要を紹介する。

2. 船 体 部

2.1 主要要目

船 級	NK, NS* (Motor Car Carrier) & MNS*	
全 長	224.985 m	
垂線間長	210.00 m	
型 幅	32.20 m	
型 深 さ (上甲板)	27.60 m	
型 深 さ (乾舷甲板)	12.10 m	
夏期満載吃水	9.327 m	
載貨重量	16,343 t	
総トン数	16,109.32 T	
純トン数	7,678.82 T	
最大搭載人員	36名	
自動車積載台数(トヨペットコロナ換算)	6,015台	
試運転最大速度	24.83 kn	





船首サイドポートおよびカーラダー

満載航海速度

20.6 kn

2.2 船型計画および一般配置

本船の計画にあたっては、パナマ運河可航で本船の寄港地の各種条件を考慮して、自動車積載台数は可及的大なることを船主から要望された。したがって、全長は名古屋港、幅はパナマ運河、全高さはヒューストン港における制限寸法で決定された。

自動車運搬専用船の特殊性から必然的に吃水は浅く、水線上の構造は大きく、風による影響は非常に重要な問題で、特にパナマ運河のような狭水路での操縦性に留意し、本船の計画に先立つて船主殿ではパナマ運河当局に出向き実地に意見を聞かれ、本船の設備および船型計画に織り込まれたものである。特にバウスラスターの装備、操舵室の位置決定、タグボート用外板付きピットの配置などがその1例としてあげられる。

自動車搭載甲板は13層配置して、隔壁甲板を第6自動車甲板、強力甲板を上甲板として計画している。また、乾舷は隔壁甲板を乾舷甲板として決定されている。

搭載自動車は小型乗用自動車から普通トラックおよび小型バスまでを対象として計画し、第6自動車甲板は普通乗用自動車、第7自動車甲板は普通貨物自動車および小型バス、第8および9自動車甲板は小型の背高自動車、他の甲板は小型乗用自動車にあてることとして、甲板間高さもそれぞれ有効高さを1.80 m、2.50 m、1.65 m、1.60 mに確保できるように決定した。また、自動車倉は横置隔壁によつて4区画に分割配置した。

自動車の荷役方式は完全ロールオン/オフ方式を採用し、岸壁からの自動車乗降は2カ所からの同時荷役を考慮して、船首および船尾の両舷側に合計4カ所のサイドポートおよびカーラダーを配置した。

倉内には第2、3および4番倉に上下連絡通路としてホールランプウエーを、各横置隔壁に前後の連絡通路



船尾カーラダー架設中

として大形バルクヘッドアーを配置して、倉内のあらゆる場所に自走で搭載できる計画とした。

本船の乗込甲板は、寄港地の岸壁条件を考慮し第7自動車甲板として計画し、さらに、船首サイドポートからは第6自動車甲板へも乗り込めることができるようにした。

乗組員の乗下船口として第7自動車甲板レベルに専用サイドポートを配置し、ここから居住区画までエレベータを利用できる計画とした。なお、このエレベータは機関室用を兼用する。

居住設備は最上層の甲板上に1層のみ配置し、充分広い面積をあてている。

2.3 船殻構造

本船の主構造は上甲板を強力甲板とし、満載吃水をスカントリング吃水とし、また、前述の如く第6自動車甲板を隔壁甲板として設計されており、13層の自動車甲板のうち隔壁甲板および強力甲板のみを有効甲板として設計している。

構造様式は上甲板、居住区甲板および二重底の外板は縦肋骨方式を、その他の部分は横肋骨方式を採用している。特に本船のごとく大型化した自動車運搬専用船では横強度が問題とされ、就航船の損傷例をも考慮し、この対策として隔壁甲板から上方の倉内にも横置隔壁を配設するとともに、フレームブラケットに対しては疲労強度を考えた形状を採用して万全を期している。

一般配置の項で記述したごとく、本船の外板には片支3カ所、両舷で6カ所サイドポートが設けられており、ことに船首用は4.6 m×11.0 mの大形開口、船尾のも

のは第7甲板から最上層まで外板が大きくレセスを形成しているため、強度の連続性については特に留意した構造としている。

自動車搭載甲板の設計荷重は第6自動車甲板に対しては2t/台、第7自動車甲板に対しては4t/台、その他の甲板は全て1t/台にて計画し、荷役中の走行車両はこれにいずれも0.1t/台を加算することとした。また、船尾のサイドポートからエンジンケーシング後端までの第7自動車甲板は、自重4.5t、総重量9tの車両重量に耐える構造としている。これは機関室からの部品をここから搬出することを狙ったものである。

隔壁甲板および上甲板を除く他の自動車甲板は、外板とは直接接合せず梁時板上に取付けた型钢に溶接するパネルブロック方式を採用し工法の合理化を図るとともに、軽量化にも留意した構造である。

倉内のピラーは自動車の配列を考慮し左右非対称に3列、前後の間隔はほぼ7.2mで配置している。

特に横の間隔は、自動車が将来幅広傾向になるであろうことを予測した設計である。

2.4 自動車荷役設備

本船の荷役設備としては岸壁と本船をつなぐカーラダー、乗降口となるサイドポートドア、倉内走路としてのホールドランプウエーおよびバルクヘッドドアらびに自動車ラッシング装置から構成されている。

a) カーラダー

前部カーラダーは、第2番倉の両舷サイドポートドアの内側に第5自動車甲板から第10自動車甲板にわたるカーラダー用レセスを設けてここに装備している。

このラダーは、岸壁の高さおよび潮位の状況に応じて第6または第7自動車甲板のいずれからも架設可能な構造であり、この切替え操作は手動ワンタッチで行うことができ、本装置の特徴の1つで、船主殿の御要求に応じ、特に本船のために開発したものである。

ラダー本体は、鋼製枠組エキスパンドメタル張り、有効幅3.0m、長さ13.5mの3折れ構造となっており、先端には1.5mのフラップを設け、ラダー本体と船体との結合はヒンジ方式を採用した。

ラダーの岸壁への架設および船内への格納は、第10自動車甲板に配置した電動油圧式専用ウインチでの索巻取りによつて行い、ラダーと船体との固縛操作は乗込口附近に設けた操作盤でワンマンコントロールで行うことができる。

ラダーの使用角度は岸壁から水平面に対し 0° ~ 15° の範囲とし、リミット装置で監視しラダー操作場所および

総合事務室へアラームを送るよう計画されている。

後部カーラダーは、第4番倉の両舷側外板を第7自動車甲板から最上層の甲板にわたりカーラダーレセスを形成させてここに装備している。

このラダーは前部カーラダーとは異なり、第7自動車甲板にのみ架設使用するもので、ラダー本体は鋼製枠組エキスパンドメタル張り、幅3.6m、長さ25.0mの2折れ構造とし、先端には2.0mの自動起倒式フラップを備えている。なお、このラダーは立上げ格納時にサイドポートドアに兼用されるため、サイドポートと一致する部分はエキスパンドメタルに代えて鋼板張りとしている。

ラダーの船体との結合はヒンジ方式とし、ラダーの架設および格納は居住区甲板に配置した専用電動ウインチで索巻取りによつて行い、この操作はポータブルリモコンスイッチによつて行う。

サイドポートドアに兼用する部分の船体への締付けは、ハンドポンプによる油圧一斉締付け方式を採用している。また、ラダーの両サイドに設ける手すりの一部は、先端のフラップに連結させて自動的に起倒できる機構としている。

ラダーの使用角度や状態監視方式は前部カーラダーと同一思想で計画されている。

b) サイドポートドア

前部カーラダー用として幅4.6m、高さ11.0m、後部カーラダー用として幅3.6m、高さ2.55mのサイドポートをおのおの両舷に配置し、いずれも水密鋼製ドアを備えている。

前部ドアは垂直スライド方式を採用しており、本船のために新規開発したものでドア本体、センターガイド、ホイールガイド、ドア押出シリンダー、締付けウエッジおよびシリンダー等により構成されている。

ドアの開閉は、第10自動車甲板に配置した電動油圧駆動専用ウインチの索巻取りによつて行い、ドアは開口の両側に設けたホイールガイドおよび開口の頂部から上方に設けたセンターガイドに導かれて外板外面に沿つて上下動する。また、ドア閉鎖時の外板への締付けは、油圧シリンダーとウエッジを組合せた一斉締付け装置により行う。

これらのドア開閉および締付け操作は、乗込口附近に設けたカーラダー操作盤で行うことができる。

後部サイドポートドアについてはa)項を参照のこと。

c) ホールドランプウエー

ホールドランプウエーは一般配置の項で記述したごと

く合計3カ所に設備しており、前部のものは最下層から最上層まで、中央のものは最下層から乗込み甲板まで、後部のものは隔壁甲板から最上層まで連続させている。

構造は鋼製グレーチング張り固定式とし、幅はこの上面に自動車を2列搭載できるように約3.9mで計画されている。

ランプウェー路面の勾配は、自動車の腹打ちおよび尻打ちによる損傷が起らぬよう、水平面に対し13°以下となるよう決定されている。

d) バルクヘッドドア

各自動車倉を仕切る横置隔壁には、幅3.3mの鋼製スライディング式ドアを、隔壁甲板下のものは水密構造、これより上方のものは気密構造として設備している。

このドアの開閉および締付けは動力を用いず、いずれも人力により行うが、設計にあたっては実物大の模型により検討を加え、人間1人の力で充分操作可能な装置となつている。

e) ラッシング装置

自動車のラッシング設備として搭載自動車1台に対して4個の割合でラッシングできるように、各自動車甲板にワイヤーまたはフックをとるための設備を設けている。

この設備は気密甲板に対してはリング付アイプレートおよびクリンケルバーを、他の甲板に対しては甲板自体に60mm径の小孔を配置している。

2.5 船倉通風装置

ロールオン/オフ方式の自動車運搬専用船では、荷役中の自動車からの排気ガスにより倉内の作業環境が悪化し、最悪の場合は荷役作業を拒否されるケースも予測される。したがって、本船のように6,000台にもおよぶ多数の自動車を効率良く荷役するためには、この倉内の換気装置が荷役装置と同等の重要性をもっている。

そこで、当社では本船の設計に先立ち、先に建造された“第七ふりんす丸”により倉内の気流分布、自動車の流れとガス発生および滞留状態を実船計測して本船のデザインに生かしたもので、その成果が期待されている。

本装置は電動軸流ファンおよび給排気ダクトで構成され、倉内の換気は荷役中20回/h、航海中10回/hの割合で計画されており、ファンは各自動車倉の頂部四隅に配置し、ダクティングは隔壁沿いに垂直方向のみとしている。

各倉とも前後のダクトいずれか一方から給気し他方から排気する方式としているが、特に倉内での吹出口の配置に考慮が払われている。

ファンの発停操作は通常総合事務室で行い、非常の際

の緊急停止は操舵室から行う計画としており、さらに、排気ファンは倉内照明灯と電氣的にインタロックしている。

この大容量多数のファンから発生する騒音から居住区を保護すべく、これらのファンは全てファンルーム内に収めて配置している。

なお、参考としてファン容量および装備台数を記す。

給気ファン;	700 m ³ /min × 4 台
	1,800 m ³ /min × 8 台
	2,000 m ³ /min × 12 台
排気ファン;	350 m ³ /min × 2 台
	560 m ³ /min × 2 台
	700 m ³ /min × 2 台
	1,000 m ³ /min × 8 台
	1,400 m ³ /min × 24 台

2.6 その他の設備

a) 船倉消防設備

自動車倉の消火および火災探知装置として、自動警報付煙管式火災探知兼低圧式炭酸ガス消火装置を採用し、倉内を隔壁甲板下3区画、上部4区画、合計7区画に分割して居住区画の一部に設けた低温液化炭酸ガスタンクから各区画にガスを送り密閉消火を行う計画としている。

火災検知キャビネットはガススタンクルームに設置し、操舵室および総合事務室に延長警報を行う。

b) 玄側はしご装置

本船の玄側高さは20mを越す巨大なもので、この間を全て玄側はしごで昇降するためには非常な労力を必要とする。この解決策としてサイドポートと玄側はしごとの組合せ方式を採用した。

このためのサイドポートを第3番倉の第7自動車甲板レベル両玄に設け、ここから玄側はしごを架設する。第7自動車甲板から上方へは機関室用エレベーターを利用する。

このはしごは本体アルミ製、幅0.6m、長さ8.85mの吊下げ式を採用しており、上部踊り場を除き最上層甲板の玄側に格納される。なお、上部踊り場はサイドポートの内側へヒンジ方式で格納する。

架設する場合はサイドポートドアを開放し、上部踊り場を油圧シリンダを使って玄外に倒し、ここに上方からはしご本体をエアーモーター駆動ウインチにより吊り下げて降し上部踊り場に連結し架設する。

この装置は、架設場所と格納場所が異なる悪条件にもかかわらず、小人数で操作できるよう工夫されている。

c) バウスラスター装置
船型計画の項で記述したごとく、バウスラスター1台を装備している。要目は下記の通り。

型 式；三菱 KaMeWa SP 1200/AS, 可変ピッチプロペラ付
駆動原動機；電動モーター, 900 kw
発生推力；約 13.6 t

3. 機関および電気部

3.1 機関部概要

本船は機関室を船尾に配置し、直結主ディーゼル機関を1基備え、1軸推進として計画されている。

主機関は三菱単流掃気式過給機付2サイクル単動クロスヘッド形ディーゼル機関とし、この付属装置も含めて低質燃料油を使用できるよう考慮し燃料費の節減を図っている。

蒸気発生装置は油だき、立形煙管式自動燃焼式補助ボイラー1基および強制循環式排ガスエコマイザー1基を備え、停泊および出入港時は補助ボイラー、航海中の所要蒸気は排ガスエコマイザーにより供給する計画としている。

機関部の自動化は、NKのM0符号を取得する計画で、コントロールルームの設置、主機関のリモートコントロール、主要機器の遠隔監視など必要な装備を施している。

船体部の項で詳述したごとく、自動車搭載スペースの確保は重要課題であり、このため機関室は極力縮小した配置としており、ケーシングは勿論のこと煙突までも左右非対称として配置している。

工作室はコントロールルームと同様防音仕様とし、冷房設備を施して作業環境の向上を図っている。

3.2 機関部要目

主 機 関 三菱UEディーゼル機関
"9 UEC 85/180 D" 1台
最大出力 27,000 PS×118 rpm
常用出力 22,950 PS×112 rpm
補助ボイラー 2,300 kg/h 1台
排ガスエコマイザー 2,300 kg/h 1台
発 電 装 置
発 電 機 3相交流ブラッシュレス開放防滴形
450 V, 60Hz, 962.5 KVA (770 KW) 4台
原 動 機 単動4サイクル, トランクピストン,
排気ターボ過給機付ディーゼル機関
1,120 pm×720 rpm 4台
軸系およびプロペラ

中 間 軸 560 mmφ×7.14 m 1本
560 mmφ×7.00 m 1本
560 mmφ×9.50 m 1本
プロペラ軸 700 mmφ×9.95 m 1本
プロペラ ニッケルアルミ青銅製5翼1体形
直径 6.50 m, ピッチ 6.31 m 1個

3.3 電気部概要

本船の電源装置として機関部要目の項に記載の発電機を装備し、非常電源として直流 24 V バッテリー4組を装備している。この発電機は通常航海中2台、出入港時および荷役中3台、バウスラスター運転時4台を並列運転することにより必要な電力を供給する計画としている。

変圧器は小容量機器、船内通信装置などのために 35 KVA 単相 450/105 V 3台, 25 KVA 単相 450/105 V 3台, 10 KVA 3相 450/105 V/117 V 1台, 50 KVA 単相 450/105 V 3台, 10 KVA 3相 450/105 V 1台を装備している。

主配電盤は発電機盤、同期盤、440 V 給電盤および 100 V 給電盤で構成し機関室内に配置し、発電機コントロールコンソールをコントロールルームに設け、ここから気中しや断器開閉、発電機同期投入など通常必要な操作が行えるよう計画している。

自動車搭載スペースの照明は、常時点灯回路とそれ以外の2種に分け、おのおの安全増防爆形蛍光灯天井灯と気密形蛍光灯天井灯を配置している。この天井灯のうち気密形のもの、同区画の排気通風機とインターロックをとり、排気通風機が起動し少くとも1回の換気が行われた後に点灯するよう計画されている。

無線および航海関係設備として次のものを設備している。

主送信器 短波 1,200 W, 中短波 50 W,
中波 550 W 1台
短波 1,000 W, 中波 550 W 1台
補助送信器 短波 75 W, 中短波 30 W,
中波 130 W 1台
受信器 スーパーヘテロダイ、全波 4台
SSB/全波受信器 1台
国際 VHF 無線電話装置 20 W, 56 チャンネル 1台
レーダー 2台
ジャイロコンパス 1式
ジャイロパイロット 1式
オメガ 1式
音響測深儀 1式
電磁式測程儀 1式
無線方位測定機 1式
気象模写装置 1式

の利用について

1. はじめに

最近はまだ NNSS という海事関係者の一応の常識になつてしまつているが、この NNSS (Navy Navigation Satellite System) については、本「船舶」誌はそれを詳しく紹介している点では、わが国では先駆者であつたといえると思う。すなわち、「船舶」誌が今から 10 年以上前の第 37 巻 (昭和 39 年) に「人工衛星と航海」という連載記事 (4 号, 8 号, 9 号および 12 号) をいち早く掲載したが、そのうちの 3 編^{1)~3)}に当時はトランシット航海衛星システムと呼ばれていたこのシステムがその時点でわかる限りの詳しきで紹介されている。さらに、第 44 巻 (1971) には、筆者がシステムの概要、受信装置ならびに実測および各種の文献からの引用によつてその測位誤差の実例を詳しく紹介したり、その後このシステムの日本船での利用は順調に伸びており、最近では各製造会社が、一層の普及をねらつて、新しい考想による比較的安価な各種受信装置を発表している。それらを本誌本号にそれぞれの製作担当者をわずらわせず報告してもらつていたのであるが、そのはしがきとして何か書くようにと編集者より依頼されたので、駄文を草した次第である。

2. NNSS とその受信装置の概要

前項で述べたとおり NNSS の原理やその構成などについては、すでに本誌で紹介されているが、初めての方もおられると思うので、若干形を変えてまず述べておこう。

一般航海者が NNSS のシステムで相手にするのは衛星だけであり、現在 6 個の衛星が地球をまわつている。この衛星を運用するためにアメリカ国内に若干の地上施設がある。それらは、まずハワイを含めて 4 か所にある追跡局であつて、衛星の軌道をドブラ効果の測定で測定し、その測定値はカリフォルニアにある計算センタに送

られる。計算センタでは、これら測定値から衛星の軌道を求めるとともに、その向う約半日分以上の予測をする。この予測値の重要な点は、いわゆるケプラーの衛星の軌道の 6 要素のほか、地球の重力場が世界的に不均一であることから生ずる、衛星の局地的な動き (軌道要素から求めた軌道からの外れ) の推定である。このため NNSS 開発当初 (現在も?) に世界各地に衛星追跡網を置いてその測定が行なわれた。予測値は衛星のメモリに格納できる形に編集され、つぎに衛星が地上施設の上を通る機会をとらえて、インジェクション局と呼ばれる送信局 (2 局) の何れかから送信される。こうすると衛星はその後 12~16 時間は何等操作をする要はなく利用ができる。

衛星からは 399.968 MHz と 149.988 MHz の 2 つの周波数の電波を常時送信している。その電波には 2 分ごとの時刻信号と衛星位置を計算するための軌道情報その他が併せて送信されている。その中で航法用に必要な内容は、受信機の同期のために必要な信号、2 分ごとの時刻信号、その時刻の前 6 分、あと 8 分までの 2 分ごとの時刻 (分の値が $1 \sim 15 \times 2$ で示される。従つて 30 分以内の時間がわかる) と前述の軌道からの外れの値を組合せた 9 桁の数字、衛星の軌道の 6 要素を計算の便を考えた 11 組の数字 (近地点通過時刻 t_p , 平均運動 n , 近地点 31 数とその摂動 ω , $\dot{\omega}$, 離心率 e , 長半径 A , 昇交点経度とその摂動 Ω , $\dot{\Omega}$, 軌道傾斜角の正弦 $\sin i$, グリニジ時角 A_g および軌道傾斜角の余弦 $\cos i$) である。

受信装置は受信機と小型の電子計算機 (受信機へのインタフェースと入出力装置を含む) とから構成されている。受信機はさらに空中線と前置増幅器それに受信機本体に分れる。現在作られている受信装置の種類を大別すると

- (1) 400 MHz 帯および 150 MHz 帯 2 波受信の受信装置
- (2) 400 MHz 帯 1 波受信の受信装置
- (3) 特殊設計の受信装置

に分けられる。(1) は本来の NNSS 用の受信装置であるが、主として海洋調査船や測量船などの特に高精度の測位を必要とする船に装備される傾向が強く、最近の商船および漁船に装備されているのは (2) の範疇に属す

* 電子航法研究所 衛星航法部

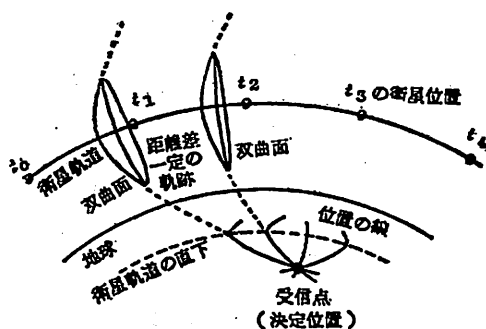
- 1) 岡本正彦: 航海衛星早わかり, 船舶 Vol. 37 No. 4 (1964-4)
- 2) 庄司和民: トランシット航海衛星方式について, 同上.
- 3) 木村小一: 航海衛星トランシットとその船上装置について, 船舶, Vol. 37 No. 8 (1964-8)
- 4) 木村小一: 航行衛星システム NNSS とその測位精度, 船舶, Vol. 44 No. 4 (1971-4)

る受信装置である。このシステムで2つの周波数を使用しているのは、電波が電離層中を通る時の屈折効果によつて生ずる測位誤差のほとんどをそれによつて除き、測位精度を向上させるためである。ところが400 MHz帯の電波の電離層屈折による測位誤差は夜間で0.1海里、昼間大きいときで0.3海里（まれには0.5海里）と大洋中の一般船舶ではさして気にならぬ測位誤差ということで、できるだけ受信装置を安価にしようという観点から1つの周波数だけの受信装置が作られるようになった。本誌本号で紹介されている装置もそのほとんどがこの範疇である。

さて、受信装置では衛星からの電波を受信する。この場合、衛星は受信装置の上空約1000 kmを水平線から昇つて、逆の水平線に沈む形で通過する。ときには東または西に近い水平線から一寸頭を出し、すぐ沈んでしまうこともあるが普通は十数分間に亘つて北から南へまたは南から近くへ船の上空近くを通過する。この際、衛星の速度は毎秒8 kmに近く、衛星と受信装置間の距離も急速に変化する（遠くから近づき、さらに遠ざかる）。このようなときには、ふみ切で汽車の汽笛を聞いているときに、汽笛の音で感じるドブラ効果（汽車が近づくときは高く、逆に遠ざかるときは低くなる）が、電波の場合にもおき、衛星からの受信電波の周波数がドブラ効果を受けて変化する。そして、そのドブラ効果の大きさ（衛星からの電波の送信周波数と受信周波数の差）から、衛星の受信装置への接近（あるいは遠ざかる）速度を求めることができる。

NNSSのシステムでは2分ごとの衛星の位置が衛星からの軌道情報を使つて船上で数十m以内の精度で求められるようになっていた。従つて、衛星からの時報信号の間の衛星と受信装置との間の距離の変化が求められれば（刻々の変化の速度がわかっているから）、衛星の2位置からの距離差がわかるので双曲線航法を立体化した形で、その2つの位置を焦点とする回転双曲面が得られ、その双曲面と地球面との交線から位置の線が1本求まる（第1図）。こうしてつぎつぎの測定から十数分のうちには少なくとも数本の位置の線が得られ、その交点が船位になる。

実際の受信装置での測定は、まず、衛星からの受信周波数を受信機の中の発振器の周波数に置きかえる（受信周波数と同じ周波数を発振する発振器が受信機内にある）。そのほか、受信機の中にはきわめて安定に一定の周波数を発振する発振器があり、この2つの発振器の発振波形を混合すると、両発振器の差の周波数が得られる。そして、その差周波数を衛星からの時報信号の間カ



第1図 NNSSの測位原理

ウントする（サイクル数を数える）と、差の周波数と2分という時間と使用電波の周波数などを使つて2分間の距離変化を求めることができる。

この測定データは衛星からの軌道情報とともにインタフェースを介して受信装置の中にある計算機に送られる。計算機には別に、手動入力か自動入力での船の針路、速力、概略の時間、推測位置、ジオイド高（後述）+アンテナ高さの各データが入られる。これらのデータを入力し、あるいは計算を行なつた結果を出力する計算機の入出力装置は従来は計算機に付属するデータタイプライターであつたのが、本号で紹介している各社の装置では特殊設計の装置となり、タイプライター特有の騒音がなく、またその操作も簡易化されているのが特長である。

計算機による計算方法をここで述べる余裕はないが、概略のその内容を記すとつぎのとおりである。

まず、衛星からのデータを使つて衛星の2分ごとの位置を求める。それには、(1) 受信時間を確定する、(2) 軌道要素から軌道楕円上の衛星位置を求める、(3) 地球重力場の不均一による衛星の軌道からの外れを加算、(4) 軌道楕円と地球との位置関係から衛星位置を地球に固定された直交座標系に座標交換という順の計算がある。つぎに、推測船位から船の位置を同じ座標系上で求める。そうすると2分ごとの衛星位置と船の推測位置（アンテナ位置、船が動いていてもよい）との間の距離が、そして、それから2分間の距離の変化が求まる。

一方、受信装置での測定値から2分間の実際の距離変化が求まっているので、その両者の位置が一致するまで推測位置をいろいろ変えてやればその正しい位置が求まるはずである。それには、実測と計算の距離差が違つている原因が、緯度、経度それにもう一つ衛星からの送信と受信機内の基準発振器との周波数差の小変動の3つが正しくなかつたことに原因があるとして、この3つの未知数をもつた3元方程式を作る。この場合各未知数につける係数はそれぞれの未知数の小変化が距離差に及ぼす

影響、つまり偏微係数となる、こうして2分の測定ごとに方程式が1つできる。未知数が3であるから2分×3の6分の計測ができれば解が求まる。測定値が4つ以上あれば最小二乗法を使う。各偏微係数は推測位置によって異なるので収斂計算のための繰返しが必要であるが、普通3~4回の繰返して十分である。こうして、電子計算機は自動的に緯度、経度の形で船位を求め表示する。これが、NNSSの原理と概要である。

3. ショート・ドブラ方式

最近の各受信機では多くの場合、何等かの形のショート・ドブラ方式という計算処理方式が使用されている。文献的に見ると、この方式はMagnavox社のT.A. Stansell Jr.氏によつて提唱されたもので、大幅に測位精度が向上するといわれていた。この方式は前節で述べた2分間の距離変化の測定値をさらに細分するもので、衛星からの時報信号は2分ごとであるが、その中間の時間を受信機の細工によつて如何ようにでも(2分間で6,103ビットの情報送信されてくるので各ビットの切れ目を信号に使う)区切ることができる。そして、衛星位置を補間して、前項の3元方程式を沢山作るわけである。区切の例としては3,051ビットと3,052ビットの各約1分に2分割にするもの、1,170ビット(約23秒)を4つと残り1,423ビットに5分割するものなどがある。

このショート・ドブラ方式の特長は

(1) 2分間ドブラを使うと、2分間の間に何等かの原因で受信の中断などが起ると、その部分の測定データが使えないため、測位に必要な3個のデータを得られない機会が間々生ずる。ところが、ショート・ドブラであると、受信の中断などで捨てる測定データがあつても、それは2分の何分の一かで全部のデータの数は2分間ドブラの場合よりも多いので、測位計算が不可能になる機会が大幅に減少する。

(2) 連立方程式が沢山できるので、その中に質の悪い測定データが少々まざつていても、最小二乗法処理のときに、それらの悪いデータの影響が少なくなる。従つて測位精度が向上する。ということになる。半面、受信装置が若干複雑になると計算機のメモリが余計に必要という欠点もあるが、これらは各メーカーの工夫で取除いている。

しかし、実際に使つて見ると、前項の(1)項の測位回数はたしかに向上し、大きな特長であるが、測位精度はStansell氏がいつていたように多数の測位の平均誤差で1/2程度になるほどは向上せず、2~3割程度の向上が見られるのが普通のものである。測位点の一つ一つ

を見ると向上したものが多い半面逆に悪化するものもある。これは2分間ドブラでは普通使用できない、低仰角の衛星位置でのデータ(この場合は電波伝搬上の誤差などが多くなり、データの質はあまり良くない)が加わるようなことが原因であろう。とくに、400 MHz帯1波の受信装置では、電離層での電波の屈折の誤差を除いてないのでそれによる誤差が大きく、ショート・ドブラによる測位精度向上の効果はほとんど期待できないだろう。

4. 測地系と測位データの関係

入港中の船舶などでNNSSで測位をすると船の位置が陸地の上に来てしまい、何回かの測定による平均位置でも、そのことは改められないようなことがよく見受けられる。これはNNSSの測位精度が悪いのではなく、NNSSの測地系とその場所、例えば日本で使っている測地系との差(NNSSで使っている緯度・経度の線と日本の海図でのそれとが一致していないこと)に原因している。

地球の形および大きさは昔からいろいろな人によつて測定されている。地球の形は赤道まわりに若干膨れた回転楕円体であるというのが定説であり、その場合の赤道半径と楕円の偏平率を示すと第1表のようないろいろな

第1表 測地系のいろいろ

楕円体名(年)	長半径 (km)	偏平率 f $1/f$	使用している 主な測地系
エベレスト (1830)	6,377.276	300.80	インド系
ベッセル (1841)	6,377.397	299.15	東京系
クラーク (1866)	6,378.206	294.98	北米系
クラーク (1880)	6,378.249	293.47	ケープ系
国際 (1924)	6,378.388	297.00	アルゼンチン系 ヨーロッパ系 南米系
クラソプスキー (1940)	6,378.245	298.3	Pulkovo 42
フィッシャー (1960)	6,378.166	298.3	マーキュリー
フィッシャー (1968)	6,378.150	298.3	修正マーキュリー
ベイス (1967)	6,378.142	298.255	SAO-C 7
衛星	6,378.145	298.25	NWL-8 D

* SAO: Smithsonian Astrophysical Observatory
スミソニアン天文台

** NWL: U.S. Naval Weapons Laboratory, 米海軍兵器研究所

種類がある。この表で中央の線から上が天文測量などによつて測定した古い値で、わが国の地図はベッセルの楕円体にもとづいて作られている。線から下は、最近の人工衛星の動きなどの解析から求められたもので、この場合でも半径にして 10 km の楕円、偏平率で小数点 2 桁でのバラッキが見られ、古いデータはそれ以上の差異がある。

地球の形は、この回転楕円体をもとにさらに洋ナン形、南半球が少しふくれて北半球が少しやせている、であることも人工衛星の観測から求められている。また、海水のレベルは地球の重力が地球全面にわたつて均一でないため局所的に凹凸を生じており、その場所の海面と回転楕円面との差が 2 節で述べたジオイド高さになる。このジオイドの形は NNSS 受信の際のアンテナ高さに加減算する必要があるので、取扱説明書中の世界地図の上に記入されており、例えば日本近海では約 +30 m である。月の引力などによる潮の干満はこのジオイド面を中心に行なわれる。

このように地球の形が完全に定まっていないのであるから、その表面を展開した地図の厳密な大きさにも差が出るのは当然である。そのうえ、各測地系にはそれぞれ原点（日本の場合は東京麻布の旧水路部観象台）があつて、そこで精密な天文測量によつて緯度と経度をきめている。ところが、ジオイドに凹凸があるということは、海面が地球面と平行でなく傾斜しているということで、測量に必要な水泡を使った水準器が地球面と平行にならず、また、重りをつけた垂直線も若干重力の強い方に引かれ地球の中心を向いていないことが生じ、それらは角度で数秒あることがあるという、こうしたことのために、各原点で測定した緯度と経度の値には、原理的にも何百メートルかの誤差が生じているわけで、そこを原点にして地図を伸して行つたとき（伸して行く面の形も異なる）、異なる測地系の接点では緯度と経度の線がくい違ふのは当然であろう。

NNSS が使っている測地系は第 1 表最下欄の NWL-8 系であり、これと東京系との差は東京付近で緯度方向で 11.28' (348 m)、経度方向で -12.30' (-308 m)、高さで 38.4 m の差があることが求められている。こうして、NNSS の測位をするとその実際の測位点の平均位置は北方へ約 350 m、西方へ約 300 m ずれることになる。

5. 航法以外への NNSS の利用

2 節の受信装置の種類で (3) 特殊設計の受信装置をあげておいた。このような装置の応用例として、精密測

量をあげることができる。実際 NNSS はそれをある程度特殊な使い方をするによつて 10 m 程度の精度でよければ測量用として、全世界どこでも使用することができる。

このような目的に製作された受信装置に Magnavox 社の Geociever があるが、その内容は明らかにされていない。しかし、船舶用の受信装置（2 周波用）を若干改造することによつて離島位置の測量用などに使用できるようにすることはむずかしいことでない。筆者の知っている範囲でも、Magnavox 社および Canadian Marconi 社などで発表されており、わが国でもロンボック・マカッサル海峡の測量用に東芝が製作した例がある。その受信装置を使つて東京周辺（白浜水路観測所および鹿野山測地観測所）で測位を行なつた結果は第 2 表のとおりであり、使い方の目的によつては十分満足のいくものと思われる。

第 2 表 NNSS での測量結果の例

	緯度偏差	経度偏差	高度偏差	測位回数
白 浜	-0.186'	0.203'	-31.06m	50回の平均
鹿野山	-0.196'	0.207'	-29.26m	40回の平均

* 受信点の測位点の緯度・経度は NWL-8 D 系に変換済み

2 波受信で、よく調整された受信装置を固定地点で使用したときの最近のシステムの状態で衛星の 1 回だけの上空通過だけを使つて位置決定をしたときの測位誤差はつぎのような内容であることが Johns Hopkins 大学での長期研究の結果求められているので紹介しておこう。

- (1) 電離層と対流圏での電波伝搬効果のうち修正できないもの 1~5 m
- (2) 受信装置と測定時の雑音（受信装置と衛星上の発振器の位相ジッタと受信装置の時計誤差）3~6 m
- (3) 軌道予測に使つた重力場モデルの不確かさ 10~20 m
- (4) 受信装置のジオイド高さの誤差（一般的に経度の偏差から生ずる）10 m
- (5) モデル化されない極の運動と地球自転速度の不整による世界時の UT 1 と UTC（協定世界時）との差 0~10 m
- (6) 外挿的な軌道予測に使つた衛星への空気抵抗と輻射圧とのモデルの正しくないこと 10~25 m
- (7) 軌道計算時の最終桁のまるめ誤差 5 m
- (8) 以上の合計 18~36 m (RMS)

このように 20~40 m の測位誤差で位置が求まること

が示されている。

6. オメガと NNSS

ともに全世界的な測位システムであるオメガ航法システムと NNSS とのどちらが航法用として良いですか、将来はどちらが本命となりますかなどという質問をよく受ける。これらの疑問は利用者にとっては当然なことだと思いが、これらの見通しは人によつて、また、その立場によつて相当に変わるものようである。筆者はこれらに対しつぎのように考えている。

ロランにはご承知のとおりロラン A とロラン C とがあり、その有効範囲はかなり重複している。これら、ロラン A とロラン C とではその測位精度が大きく異なり、ロラン C は測位精度は良いが、その特長を發揮するにはかなり高価な受信装置が必要という反面がある。オメガと NNSS とは丁度このロラン A とロラン C との関係と同じであろう。オメガ航法システムは全 8 局の送信局が完成する 2~3 年後から本格的運用に入ると思われるが、その測位精度は世界的に見ると電波伝搬上の不安定さが原因であるので 1~2 海里より良くはなりそうもない。また、受信装置は NNSS のそれより数分の一以下に安価になる可能性がある。ロラン A はオメガシステムが完成するとアメリカが運用している局は順次廃止される予定であるようにロラン A に代るシステムと云えよう。

NNSS は測位精度の点ではオメガよりもすぐれているが装置はなお高価であり、衛星が頭上に来たときでないと測位ができず、その間に 2~3 時間の間隔があることがある。ジャイロとログを計算機にオンライン接続して推測航法計算を行なうことにより、この欠点のいくらかは防げるが、本格的な解決ではない。その点はともかく、精度的には NNSS はロラン C に対比すべきシステムでかつ全世界性があるといえよう。従つて、一般性は当然オメガにあるが、特別の目的などには NNSS は欠くことのできないものでその両者は両立して行くものと思われる。なお、受信装置を自動化するとなるとオメガ側には若干むずかしいことが生じる。

筆者はこのオメガと NNSS の両者を対立的に扱わず、その利点、欠点が相補的である点を考え、航法の自動化を考える際にはオメガと NNSS とを組合わせたハイブリッド航法装置を開発すべきであろうと考えているが、最近一二の製造者の間でも同じような考え方を持った装置が作られるようになってきている点に注目されよう。

7. NNSS の将来

NNSS は軍用のシステムであることからいつまでシ

ステムが維持されるでしょうかという質問もよく受ける。これに対しての正確な答は出せないが、二三のデータをご紹介します。

NNSS はその開発が始められてから 12~13 年、システム完成から 10 年、民間使用への開放から約 7 年半を経過しているが、その間不断の改良が続けられているといい、また、すでに 1 ダースに及ぶ予備衛星が製作済みともいう。これは現在、軌道上にある 6 個の衛星中の 3 個までが 1967 年打上げのものですでに 8 年も使用されていることから見てかなり将来までの衛星が用意されているということだと思われる。

反面、1972 年 9 月に打上げられた一つの実験衛星があるが、この衛星は NNSS の改良のための衛星といわれ、その詳細は不明であるが、断片的に報ぜられているところでは、その実験目的の一つは DISCOS と呼ばれる軌道における擾乱の補償システムであるという。ある真空容器の中にボールを置き、その容器を衛星につんでおく、無重力状態であるのでボールは容器の中に浮んでいるが、そのボールの容器中の位置を検出できるようにしておき、常にボールが容器の中心にあるように衛星の速度を自動制御をする。例えば、衛星が残留大気抵抗を受けて減速されると、その分だけボールは容器中で前方に進むので、それを補償するように衛星を加速するわけである。こうして、衛星の空気抵抗による減速、ひいては軌道半径の減少をなくすることができるなどにより軌道の長期的な予報が可能となる。これと直接の関係はないが衛星を使つた位置の決定の際、電子計算機を使わず、表による手計算による測位計算方法の研究も別に行なわれ、報告されている。このようなことにシステムがなるかどうかは明らかではないが、システム改良のための研究開発が積極的に行なわれているのは事実である。

もう一つの動きは、新しい航行衛星システムを開発しようというアメリカでの動向である。NNSS が海軍単独で開発を進めたのに対し、この新システムは空軍と海軍が協同で開発することが最近決定された。この Global Positioning System (GPS) あるいは NAVSTAR という愛称がつけられているシステムは、

- (1) 高精度な測位が全世界的にできること
- (2) 全世界を共通な座標系で結び、実時間で連続的な測位ができること
- (3) 利用者側から電波を出さず、かつ利用者数に制限がないこと
- (4) 速度の早い利用者にも利用でき、救難および安全上の役に立ち、かつ妨害に強いこと

(47 頁へつづく)

東芝 NNSS 測位装置

箱田 俊夫*
津留 勇*

1. ま え が き

人工衛星を使用した NNSS (Navy Navigation Satellite System) は海域や天候、季節などの制約を受けることなく正確な船位の決定が出来るため、近年数多くの船舶に装備されるようになった。

当社では、1970年に我国初の NNSS を大形タンカに納入したのをかわきりに、'71年度より一般商船向けに TA 3455 形シリーズの 400 MHz 一波の NNSS 測位装置を製作し、大形タンカや高速コンテナ船に納入し、ご好評をいただいている。

ここでは東芝の最新形の 400 MHz 一波の TOSNAV 703 形と、400 MHz と 150 MHz 二波使用の高精度形 NNSS 測位装置 TA 3455 L 形について、その概要を紹介する。

2. 動作原理

2.1 NNSS の概要

NNSS は測位情報を提供する人工衛星とこの情報を受け取りデータ処理して位置の計算を行う測位装置とで構成される。

人工衛星は高度 1,100 km、周期約 106 分で極軌道を回っている。衛星は衛星自身の軌道要素データと時刻指数データを放送している。そこで利用者は NNSS 測位装置によって衛星電波を受け、衛星の軌道要素と時刻指数を復調し、小形計算機で衛星の位置を求め測位の基準点とする。一方衛星は秒速 8 km の速さで移動しているため受信点ではドップラ効果を受ける。このドップラカウントを受信機で検出することによって衛星と受信点間の距離変化率が求められる。そこでこのドップラカウントを一定の時間々隔で積算し、波長を掛けることによって距離差とする。この距離差から衛星を基準点とする双曲線航法として受信点の位置が決定できる。

衛星は電波が電離層を通過時に受ける伝播路の屈折を補正出来るように 400 MHz と 150 MHz を送信している。しかしこの屈折は小さく、400 MHz の一

周波のみを使用して測位計算しても 0.2~0.5 NM 測の位精度が得られる。このため一周波形 NNSS が一般商船に装備される傾向にある。一方二周波形 NNSS は測量等の特殊な用途に使われる。(図 1)

2.2 NNSS の測位原理

航海衛星からの電波を受信し、船位を決定する原理を述べる。

いま、図 2 のように衛星が近づいて来るときは高い周波数で、遠ざかるときは低い周波数で受信され、その値を刻々測定すると図に示すような曲線となり、 f_s との差がドップラ周波数 $\Delta f(t)$ となる。この $\Delta f(t)$ は衛星と受信点の刻々の距離の変化率に比例する。衛星が受信点に最も近づいたときに受信周波数は送信周波数と等しく、このときの受信周波数の変化割合は最も大きくなる。ここで受信した周波数を受信機内の基準周波数 f_L のビートを取り ($f_L - f_R$) を求める。

そこで ($f_L - f_R$) の周波数を衛星からの時間信号、たとえば t_{k-1} と t_k が受信される間、積算カウントすると、そのカウント値 N_k は、

$$N_k = \int_{t_{k-1} + \Delta t_{k-1}}^{t_k + \Delta t_k} (f_L - f_R) dt \dots\dots\dots (i)$$

ここで Δt_k と Δt_{k-1} はそれぞれ時間信号 t_k と t_{k-1} (この差の値は 2 分である) が衛星から受信点(船)までに届くに要する時間である。そこで光速を C とすると、 Δt_k 、 Δt_{k-1} は、

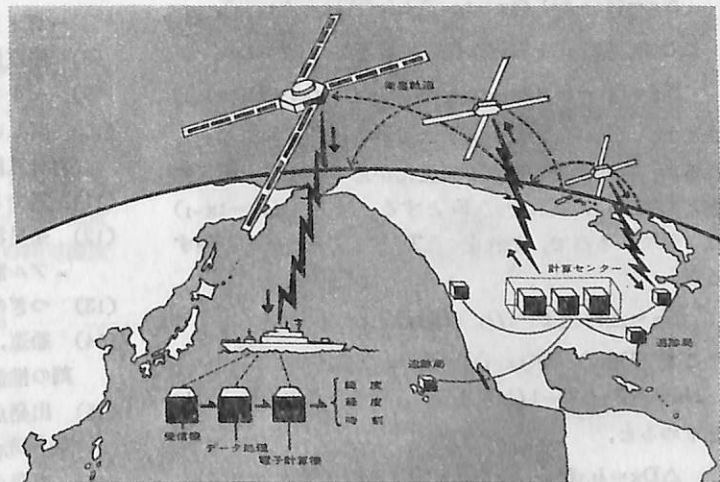


図 1 NNSS の概念図

* 東芝小向工場無線機設計部

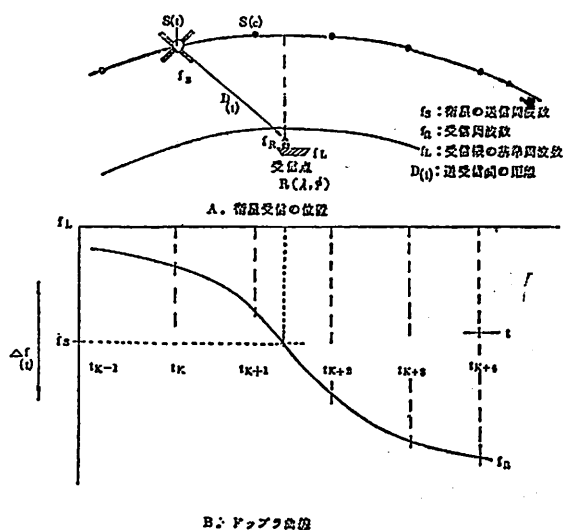


図2 NNSS 測位原理

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_k &= D(t_k) / C \\ \Delta t_{k-1} &= D(t_{k-1}) / C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式と 2 式より

$$N_k = \int_{t_{k-1} + \Delta t_{k-1}}^{t_k + \Delta t_k} f_L dt - \int_{t_{k-1} + \Delta t_{k-1}}^{t_k + \Delta t_k} f_R dt$$

ここで t_k から t_{k-1} の間に衛星から送出された電波の振動数は、受信点では $(t_k + \Delta t_k)$ から $(t_{k-1} + \Delta t_{k-1})$ の間にすべて受け取られるので、上記の式は、

$$N_k = \int_{t_{k-1} + \Delta t_{k-1}}^{t_k + \Delta t_k} f_L dt - \int_{t_{k-1}}^{t_k} f_R dt$$

と書ける。これから

$$N_k = (f_L - f_R) (t_k - t_{k-1}) + f_L (\Delta t_k - \Delta t_{k-1})$$

ここで、(2) 式を右辺に代入すると

$$N_k = (f_L - f_R) (t_k - t_{k-1}) + 1/\lambda_L [D(t_k) - D(t_{k-1})]$$

ここで、 $(f_L - f_R)$ はシステム設計時に一義的に与えられるが、経年変化等によつて変化があるので、一応未知数として扱い、これを ΔF とする。一方、 $(t_k - t_{k-1})$ は 2 分であるので、これを ΔT として先の式を整理すると、

$$N_k = \Delta F \cdot \Delta T - 1/\lambda_L [D(t_k) - D(t_{k-1})]$$

そこで $[D(t_k) - D(t_{k-1})] = \Delta D_k$ とおくと、

$$N_k = \Delta F \cdot \Delta T - 1/\lambda_L \times \Delta D_k \text{ となり、これから } \Delta D_k \text{ を求めると、}$$

$$\Delta D_k = \lambda_L \cdot N_k - \lambda_L \cdot \Delta F \cdot \Delta T \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式は t_{k-1} と t_k における衛星位置を基準点とした

とき受信点が距離差 ΔD_k なる一つの回転双曲面上にあることを示している。

また (3) 式には受信点の緯度と経度および ΔF という 3 つの未知数を含んでいるので、3 回の周波数の積算カウントを求め、(3) 式から三連方程式を解けば船位は決定される。

以上が測位の基本的原理である。

実際には、2 分毎の衛星の位置 $S(t_{k-1})$, $S(t_k)$ とそれらの 2 分毎の推定船位 $R'(t_{k-1})$, $R'(t_k)$ の理論的距離差 $\Delta D_k'$ を下式で求める。

$$\Delta D_k' = |S(t_k) - R'(t_k)| - |S(t_{k-1}) - R'(t_{k-1})|$$

一方本船の NNSS 測位装置で (3) 式から求めた実測距離差 ΔD_k と理論距離差 $\Delta D_k'$ が最小二乗法的に一致するところまで推定船位 $R'(t_k)$ をシフトして行き、そこを実測位置 $R(t_k)$ とする。

すなわち、

$$R(t_k) = R'(t_k) \mid \Sigma (\Delta D_k - \Delta D_k')^2 \rightarrow \text{Min}$$

が船位決定の最終式となる。

3. TOSNAV 703 形

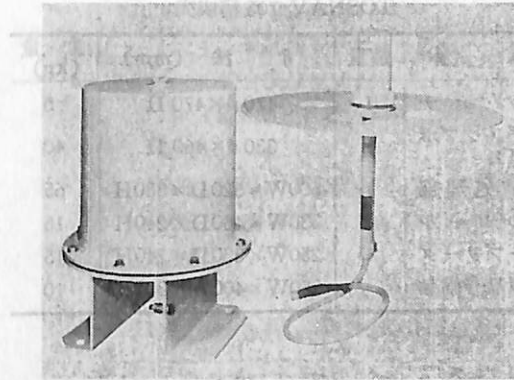
3.1 特徴

- (1) 完全自動受信・自動表示
- (2) 発光表示も含めて 100% 固体化
- (3) 電子表示、テンキー入力の専用コンソールで操作は簡単明瞭
- (4) ブリッジの静寂を守る無騒音
- (5) 新しい測位結果表示を知らせる電子音が出せる
- (6) GMT, SMT を選択表示可能
- (7) ワンタッチでプログラムを入れ替えできる自動ローディング機能
- (8) 停電保護・自動再スタート機構付き
- (9) セルフテスト機構
- (10) 新しい船速、針路により衛星測位計算をやり直す再計算機能付き
- (11) 過去 5 回の衛星測位点の任意呼出可能
- (12) 衛星測位点を使つての平均船速針路計算 (アクチュアル計算可能)
- (13) つぎの受信予報時刻の表示
- (14) 船速、針路、出発点を与えて現在または任意の時刻の推測位置を求める中分推度推測航法計算
- (15) 出発点と着達点を与えて、出発点針路、距離、任意中間点経緯度を求める大圏航法計算
- (16) 出発点と着達点を与えて起程針路、距離を求める漸長緯度航法計算

- (17) 測位信頼度表示, 複数連続受信判定機能, ショートドップラ方式等
 (18) テレタイプ, リアルタイム推測航法等のオプションあり

3.2 性能

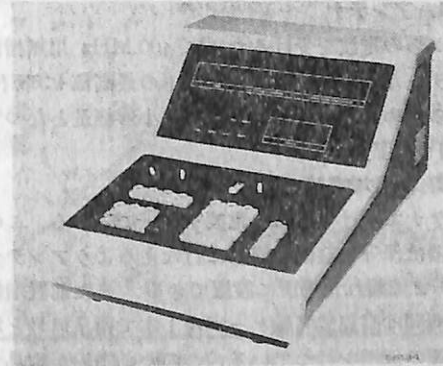
- (1) 測位精度
 夜間 0.1~0.2 NM
 昼間 0.1~0.5 NM
- (2) 受信周波数 399.968 MHz \pm 11 KHz
- (3) 受信感度 -135 dBm 以下
- (4) ダイナミックレンジ -135 dBm ~ -90 dBm
- (5) 測位表示
 時刻 GMT もしくは SMT を時, 分で表示
 位置 緯度, 経度を 0.1 分まで表示
 品質 有効ドップラ, 衛星の最大仰角, 衛星番号を符号化して表示
- (6) 受信表示
 ドップラ メータにてドップラ値の表示
 ACQ ランプにて衛星電波を受信中の表示
 M. S ランプにて衛星データを取込中の表示
- (7) 処理部性能
 記憶容量 24 bit + パリティ 1 bit/w, 4 KW
 サイクルタイム 1.2 μ s
 ローディング ROM による専用ローダ付
- (8) 電源
 電圧 AC 90~107 V 単相
 瞬時 AC 100V \pm 20 V
 周波数 50/60 Hz
 消費電力 AC 100 V 4.2 A
- (9) 環境性能
 使用温度範囲
 アンテナおよびプリアンプ -20 $^{\circ}$ ~+60 $^{\circ}$ C
 その他 0 $^{\circ}$ ~+40 $^{\circ}$ C
 使用湿度範囲
 アンテナおよびプリアンプ 防水形で最大 100%の相対湿度
 その他 最大 95%の相対湿度
 振動 (ロイド規格に準ずる)
 最大加速度 0.6 g または 10 mm
 周波数 5~55 Hz



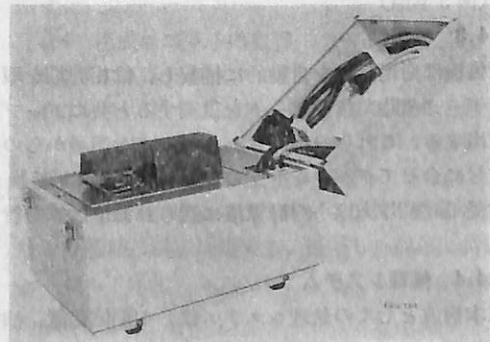
(a) アンテナおよびプリアンプボックス



(b) 受信処理部



(c) ディスプレイコンソール



(d) テープリーダー

図3 TOSNAV 703 の構成

3.3 構成

これら構成機器を図3に, 系統図を図4に示す。

TOSNAV 703 構成表

名称	数量	寸法 (mm)	重量 (kg)
アンテナ	1	470φ×470 H	5
プリアンプボックス	1	330φ×460 H	40
受信処理部	1	500W×620D×380H	65
コンソール	1	330W×460D×240H	15
テーブリーダ	1	250W×330D×240H	15
付属品予備品	1式	350W×400D×300H	10

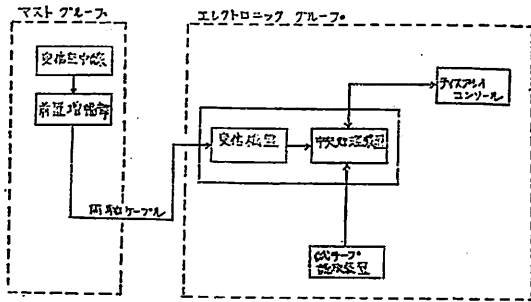


図4 TOSNAV 703 の系統図

3.4 構成ユニットの概要

3.4.1 アンテナ

衛星からの電波を受けるために 400 MHz 用無指向性アンテナとなっており、通常マストの最高部に取付ける。このため機装を容易にするため小形軽量となつている。(図3参照)

3.4.2 前置増幅器

アンテナで受けた微弱な電波を選択増幅する。この前置増幅器は保守と整備を容易に行なえるようアンテナから 6 m まで離れた場所に設置できる。また前置増幅器と受信機間は高周波同軸ケーブル 1 本で衛星信号と増幅器用電源の伝送を行つている。このため布線が容易である。(図3参照)

3.4.3 受信機

受信機は衛星電波を自動的に捕捉し、位相同期を取り軌道データや時刻指数データを復調すると共にドップラを検出する、これらの復調されたデータを衛星からの同期信号に合わせてデータを一定のフォーマットに変換する。受信機出力は小形計算機に送られ測位計算を行なう。

3.4.4 処理システム

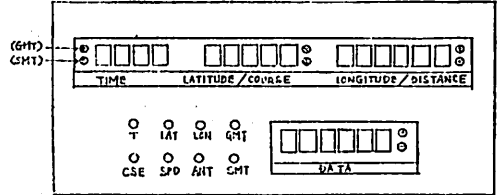
基本構成としての処理システムは、主記憶装置、演算制御装置、および入出力インターフェイスを含む中央処理装置 (TOSBAC-A100S) とディスプレイコンソール

とサポート用のテーブリーダからなる。

中央処理装置は ROM (READ ONLY MEMORY) を使用しているため、3 個のトグルスイッチを操作するだけでプログラムのローディングが出来る。

一方ディスプレイコンソールは、操作スイッチにその機能を示す略号 (英文字) が刻印されており、取扱いが簡単である。ディスプレイコンソールの表示部と操作部の配置を図5に示す。

a) 表示部



b) 操作部

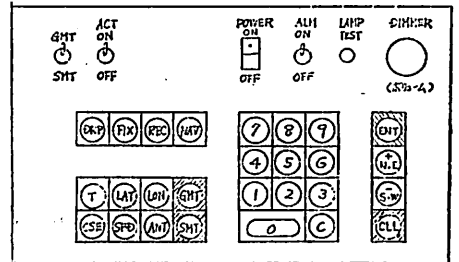
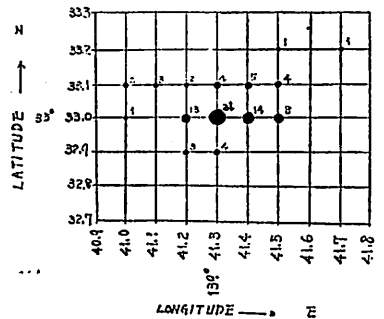


図5 ディスプレイコンソール配置図

3.5 測位結果

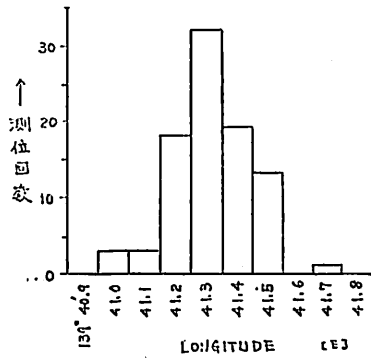
東芝小向工場 (川崎市) 内で昭和 49 年 7 月 16 日から 7 月 22 日までに測位した結果を示す。図6は測位点をチャート上にプロットしたもので、図7は緯度、経度方向のパラッキを示すヒストグラムである。

この結果から測位誤差は CEP で 0.08 NM、最大誤差は経度方向で 0.33 NM となつていることが判る。

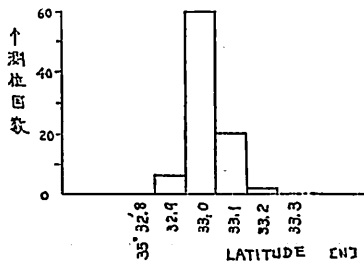


黒丸点の布上の数字は測位回数

図6 測位結果のプロット



(A) 経度方向の測位分布



(B) 緯度方向の測位分布

図7 測位分布

4. TA 3455 L 形二周波 NNSS 測位装置

4.1 特徴

- (1) 高精度 (静止点 RMS で 75 m)
- (2) 三次元の位置測定可能 (緯度、経度とアンテナ高さ)
- (3) 完全自動受信, 自動表示
- (4) タイプライタによる印字出力のためデータ解析に便利
- (5) ログ, ジャイロとの接続によるリアルタイムの推測航法
- (6) ロラン装置との接続によるリアルタイムの推測航法 (オプション)
- (7) 停電保護, 自動再スタート機構付き
- (8) セルフテスト機構
- (9) 再計算機能付き
- (10) オフラインによる使用も可 (オプション)

4.2 性能

- (1) 測位精度
 - a) 固定点での総合測位精度
10 m (RMS) 以下
ただし, 55 回の受信による平均値
 - b) 機器固有精度

75 m (RMS) 以下

ただし, 1 回の受信による精度

c) 走航中での総合測位精度

110 m (RMS) (目標値)

ただし,

船速, 針路による誤差 82 m (RMS) 以内と仮定した場合の総合測位精度である。

(2) 受信周波数

HI チャンネル 399.968 MHz ± 11 KHz

LO チャンネル 149.988 MHz ± 4 KHz

(3) 受信感度

HI チャンネル -135 dbm

LO チャンネル -135 dbm

(4) ダイナミックレンジ

HI チャンネル -135 ~ -90 dbm

LO チャンネル -135 ~ -90 dbm

(5) 電源

電圧 AC 90 ~ 107 V 単相

周波数 60 Hz ± 3 %

4.3 構成

TA 3455 L 構成表

名称	数量	寸法 (mm)	重量 (kg)
アンテナ	1	1,100φ × 1,350 H	5
プリアンプアッセンブリー	1	380W × 590D × 280H	30
受信機	1	520W × 590D × 175H	28
電源	1	170W × 550D × 190H	20
インターフェース X	1	520W × 435D × 210H	25
テレタイプライタ	1	550W × 480D × 820H	38
テーブリーダー	1	410W × 290D × 250H	22
電子計算機	1	446W × 780D × 310H	70

これら機器の外観を図 8 に, また機器系統図を図 9 に示す。

4.4 構成ユニットの概要

4.4.1 アンテナ

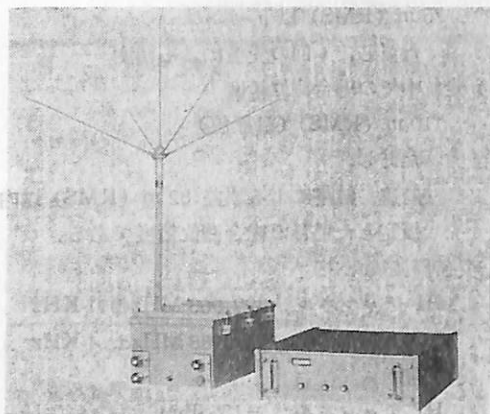
400 MHz と 150 MHz を同一の素子で受信する共用アンテナで無指向性となっている。(図 8 参照)

4.4.2 プリアンプアッセンブリー

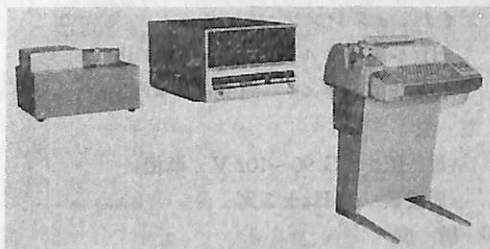
アンテナで受けた 400 MHz と 150 MHz の微弱な電波を分離後, 選択増幅する。増幅した信号は高周波同軸ケーブル 2 本で, 400 MHz と 150 MHz 別々に受信機へ送る。(図 8 参照)

4.4.3 受信機

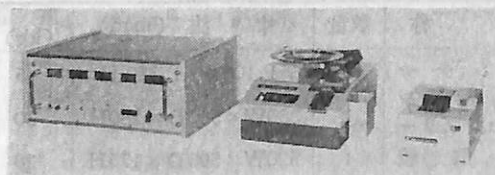
受信機は 400 MHz 信号に位相同期をとる方式で,



(a) アンテナ, プリアンプおよび受信機盤



(b) タイプライタ計算機およびテーブリーダー



(c) インタフェースとオプション
(テーブパチャ, レコーダ)

図8 TA 3455 L の構成

400 MHz 信号から軌道データ, 時刻指数データを復調すると共にドップラを検出する。

一方 150 MHz 信号からは電離層折屈で生じるドップラのみを検出する。

これらのデータを計算機に送る。

4.4.4 処理システム

基本構成としての処理システムは DK 1954 B 形 8 KW 計算機と I/O タイプライタおよびジャイロ, ログ乗込みのためのインタフェースとサポート用のテーブリーダーからなる。

オプションとしては, 衛星の生データを一旦, 紙テープに取り, 測位計算を行なう, いわゆるオフライン処理も出来るように, 紙テープパンチャ, レコーダ

およびこれらのためのインタフェースも用意出来る。

4.5 実測結果

三次元プログラムによつて, 実測した最終測位結果と, 測位点をプロットしたものを図 10 に示す。

(1) 実測結果 (国内)

	LAT	LON	HEIGHT
白浜水路 観測所	34°42'.764 N	138°59'.357 E	172.18 m
NNSS	34°42'.950 N	138°59'.154 E	208.75-5.5 m (50 回の平均)
偏差	-0'.186	0'.203	-31.06 m
鹿野山	35°15'.096 N	139°57'.538 E	357.22 m
NNSS	35°15'.292 N	139°57'.331 E	392.48-6.0 m (40 回の平均)
偏差	-0'.196	0'.207	-29.26 m
築地 (水路部)	35°39'.668 N	139°46'.163 E	42.0 m
NNSS	35°39'.884 N	139°45'.967 E	60.95 m (60 回の平均)
偏差	-0'.216	0'.196	-18.95 m

本データは東芝の二周波形 NNSS 測位装置 TA 3455 L を使用し, 海上保安庁水路部により測定されたものである。

(2) 実測結果 (海外)

インド ネシア	LAT	LON	HEIGHT
Silamolo	00°28'.486 S	119°46'.562 E	298.5 m
NNSS	00°28'.403 S	119°46'.695 E	358.2-5.5 m (31 回の平均)
偏差	0'.083	-0'.133	-54.2 m
バリ島東端	08°27'.100 S	115°39'.271 E	44.2 m
NNSS	08°27'.088 S	115°39'.285 E	77.2-6.3 m (45 回の受信)
偏差	0'.012	-0'.014	-26.7 m

本データは東芝の二周波形 NNSS 測位装置 TA 3455 L を使用し, ロンボック・マカッサル海峡水路調査団により測定されたものである。

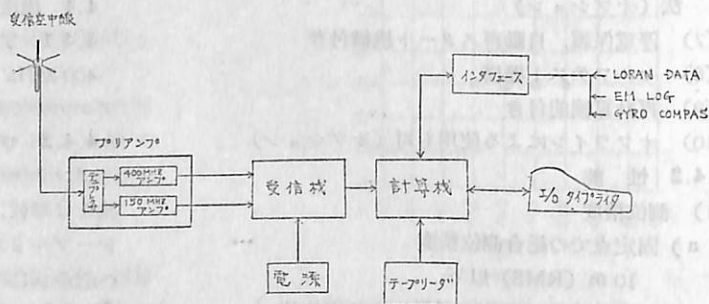


図9 TA 3455 L 形 NNSS 測位装置系統図

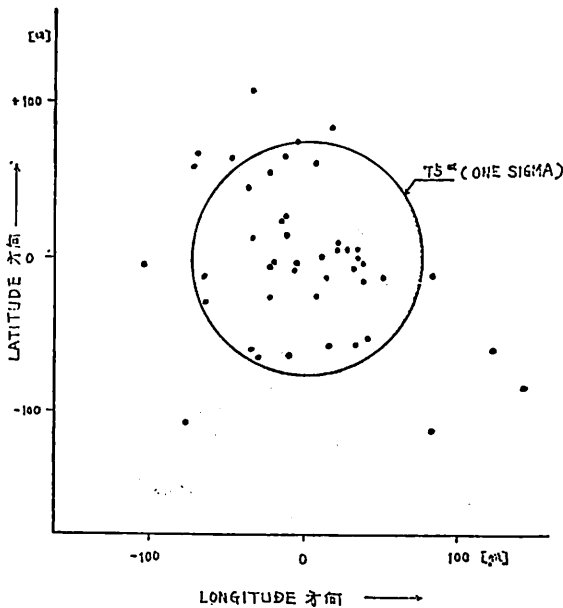


図 10 TA 3455 L NNSS 測位装置による
実測結果のプロット

6. あとがき

一般商船向けの 400 MHz 一波の TOSNAV 703 形 NNSS 測位装置と測位船等の特殊用途向けの高精度の二周波受信方式の AT 3455 L 形 NNSS 測位装置の概要を説明した。

これらの機器が船舶の安全で経済的な運航や海洋調査のために役立つことを期待する。

おわりに、これら装置の開発に当り、種々のご指導をいただいた、関係各位に深く感謝の意を表するしだいである。

参考文献

- 1) NNSS 航法; 木村 小一, 運輸省電子航法研究所
- 2) ロンボック・マカッサル海峽; ロンボック・マカッサル海峽水路調査団水路調査報告書

(40 頁よりつづく)

- (5) 利用者装置は小形・軽量で、持運び容易なこと
- (6) 測位のアンビギディのないこと
- (7) 周波数割当の問題の少ないこと、
また、のぞましい特性として、
- (8) すべての地上施設がアメリカ国内にあること
- (9) 他の軍用および民間用システムと共存しあるいは総合可能なこと
- (10) 電波伝搬上の制約の少ないことおよび水中でも適当に利用可能なこと
- (11) 全世界的に時間の標準を与えることができること
- (12) 研究開発から運用までを段階的に進めることができること、すなわち、研究開発段階から部分的運用が可能であること

がその目標とされており、妨害に強い軍用のシステムと民間にも使用できる簡易システムが同居することになるという。

窮極的には十数個以上の衛星を打上げ、それらの衛星 3~4 個からの受動式測距(衛星上と船などの上に高精度の時計を置き、電波伝搬時間を測定する)を行なうシステムで、海軍では 1967 年と 1968 年に打上げた衛星でこの種の実験を行なっていたが、1974 年 7 月 13 日に、その 3 番目で、空軍との共同実験用の最初の衛星 NNT S-1 (Navy Navigation Technology Satellite 1 号) を打上げ本格的実験が開始された。今後、海軍と空軍が分担して何個かの実験衛星の打上げが計画されている。しかし、システム完成までには 10 年以上要するとも云われ、その間は NNSS がなお健全ということになりそうである。

8. むすび

NNSS 受信装置の紹介の特集の序論として NNSS の概要といくつかの話題をとりとめなく述べた。各製品の紹介の読者のご参考になれば幸である。

内容充実・誌面刷新

船舶 4月号 3月25日発行予定

B5判 144頁総オフセット印刷/表紙カラー/
定価 800円・送料 40円

〔4月号内容〕

SOLASに基く防火構造と消防設備・特集

- ☆タンカーの防火構造について/中岡豊彦(石川島播磨重工業)
- ☆タンカーの消火設備の概要/湯本 秀(三井造船)
- ☆SOLAS 1974年の改訂案/和田裕行(運輸省船舶局検査測度課)

*

- ☆船舶のイーザー・メンテナンス/川原 隆(日本郵船)
- ☆新造船紹介・コンテナ船“Australian Emblem”

*

連載

- ☆LNG船(その4材料・溶接および破壊工学)/
恵美洋彦・伊東利成
- ☆実験試験用コンテナシステムⅢ/竹沢誠二
- ☆日本造船研究協会48年度の研究業務について
- ☆講座・交通艇/丹羽誠一
- ☆講座・ディーゼル・エンジン/齋藤善三郎(三菱重工業相模原製作所)
- ☆海外文献・モーターボートにおける物理的測定要
項の分析と方法/Wyle 研究所

☆特集・英国船舶機器展

☆ほか新造船写真とデータ/コラム等

株式会社 天然社 千104 東京都中央区銀座5-11-13

ニュー東京ビル
電話・(03) 543-7793 振替・東京 79562

1. ま え が き

衛星航法システム (NNSS) は、スプートニク1号の発信する電波がドップラシフトを受けていることからヒントを得て、米国海軍が開発し管理運用しているシステムであり、1967年に全世界に公開され誰もが自由に利用できるようになった。

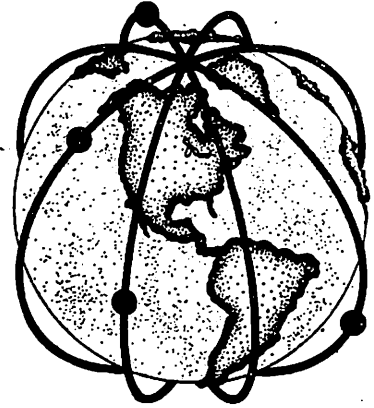
現在、測位システムとして、オメガ、ロラン、デッカ、光学的衛星等が実用されているが、全天候性、全世界性、測位精度の点では衛星航法システムに優るシステムはない。ただし測定が連続的でなく、現時点では約1時間に1回の割合であること、他のシステムに比し計算機を使わなくてはならないため多少高価であることが欠点である。

当社は、NNSS 開発の当初から ITT とともに開発プロジェクトに参加し、受信装置の開発を担当したマグナボックス社と技術提携し、それに当社の長年に亘る舶用機器開発の技術を加え、信頼度の高い優れた機能を持つ製品を提供すべく日夜努めています。

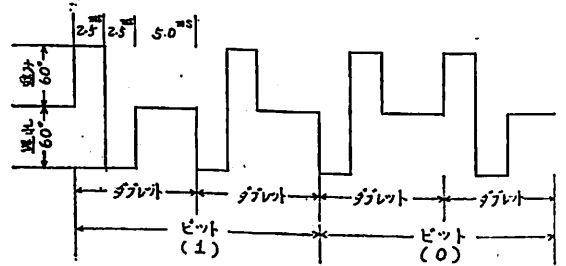
2. 動作原理

測位を目的とする衛星には Transit 衛星と Geodetic 衛星があり前者は現時点では6箇飛んでいる。後者は測地を目的とした1箇の衛星で特別な受信機 (Geceiver) がないと使えない。

Transit 衛星は地上約 1,100 km の上空を約 4 NM/sec (周期約 107 分) の速度で南北軌道を描いて飛んでいる。衛星は非常に安定度の高い 400 MHz と 150 MHz の電波を発信しているが高速で飛行しているため、地上で受信すると受信周波数は衛星が近づくか遠ざかるかにより、400 MHz に対し最高約 10 KHz 上下する。これをドップラシフトという。また衛星内には16時間分の軌道情報記憶器があり、タイムマークに続く2分間に、タイムマーク時の位置データ (軌道情報) を前述2波に同時に乗せて放送している。軌道情報は地上施設から12時間毎に注入されるがその予測精度は約 10 m である。軌道情報は0と1の出現頻度をほぼ等しくするため“余り3コード”で表現し、さらにドップラシフトの測定に影響を与えないように1ビットを2ダブレットで表現し、400 MHz 150 MHz を同時に位相変調している。変調の深さは $\pm 60^\circ$ である。2分間に送られてくる



第1図 衛星の軌道

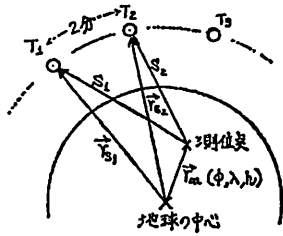


第2図 ダブレットとビットの関係

情報量は6,103ビット (約50パーの速度) であるがその5/6は公開されていないため受信機は1/6のみを解読し実時間で計算機に送っている。

ドップラシフトのある時間に亘って積算したものをドップラカウントといっている。開発段階ではドップラシフトそのものを測定した時期もあつたが装置が複雑で高価となるため、現在では2分毎に衛星から送られてくるタイムマークからタイムマークまでの2分間を積算する方式がとられている。このようにすれば精密な時計を利用者側で用意する必要がなくなり装置が簡単になる。実験の結果では両者の間に精度上の差違は認められなかつたといわれている。ドップラカウントはその性質上2分間の衛星と測定者の間の距離差を与えてくれる。一方衛星から軌道情報が同時に送られてくるので、これを使って2分間の衛星と測定者の間の距離差が計算できる。ただしこのとき測定者のおおよその位置をあらかじめ計算機に与えておく必要がある。ドップラカウントより得ら

* 株式会社北辰電機製作所 舶用機器技術設計部門



φ: LAT λ: LON h: ANT.高さ
 $\hat{S}_1 = |\vec{r}_{s1} - \vec{r}_m|$ $\hat{S}_2 = |\vec{r}_{s2} - \vec{r}_m|$

第3図 衛星の位置と測位点の関係

れる2分間の衛星と測定者の間の距離差 (ΔS) と軌道情報より求めた衛星と測定者の間の距離差 ($\Delta \hat{S}$) とが等しくなるように計算機の中で測定者の位置を動かしてやれば測定者の真の位置を決定することができる。

今2分間のドップラカウントを N_k (k は GMT の 00時00分より数えた k 番目の2分) とする。衛星と測定者の間の距離を S_k とすると、

$$N_k = \frac{f_0}{C} (S_{k+1} - S_k) + \bar{f} \cdot \tau \quad \dots\dots\dots(1)$$

故に $\Delta S_k = S_{k+1} - S_k$

$$= L_0 \cdot N_k - \bar{f} \cdot L_0 \cdot \tau \quad \dots\dots\dots(1')$$

ただし、 C は真空中の光速 (約 30 万 km/sec), L_0 は波長 (400 MHz の場合約 75 cm), \bar{f} は衛星内発振器と受信器内発振器の周波数の差であり衛星内の発振器の方が 400 MHz に対し 32 KHz だけ低く設計されているから \bar{f} の値は 32 KHz にきわめて近い値である。 τ は積算時間であり 2分である。一方あらかじめ入力した測定者のおおよその位置を使って求めた衛星と測定者の間の距離を \hat{S}_k, \hat{S}_{k+1} とすると、

$$\Delta \hat{S}_k = \hat{S}_{k+1} - \hat{S}_k \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。 ΔS_k と $\Delta \hat{S}_k$ は一般に等しくなく測定者の位置が真値に近づくほどその差は小さくなる。 $\Delta \hat{S}_k$ と ΔS_k の差は (3) 式に展開できる。

$$\begin{aligned} \Delta \hat{S}_k - \Delta S_k = & L_0 \cdot \bar{f} \cdot \tau \\ & + \left(\frac{\partial \hat{S}_{k+1}}{\partial \phi} - \frac{\partial \hat{S}_k}{\partial \phi} \right) \Delta \phi \\ & + \left(\frac{\partial \hat{S}_{k+1}}{\partial \lambda} - \frac{\partial \hat{S}_k}{\partial \lambda} \right) \Delta \lambda \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

この式はドップラカウントが得られる度に作れるから衛星の上空通過時間を 16 分とすると 8 箇の式が得られる。未知数は $\Delta \phi, \Delta \lambda, \bar{f}$ の 3 つであるから 8 箇の式を最小自乗法を用いて 3 つの式に圧縮して解くことができる。計算で求めた $\Delta \phi_1, \Delta \lambda_1$ を最初に与えた緯度、経度

に加えそれを新しい緯度、経度とすれば、改めて \hat{S}_k が計算でき修正された (3) 式が作られる。これを解くことによりさらに $\Delta \phi_2, \Delta \lambda_2$ が求まる。この計算を繰返し行い、 $|\Delta \phi_n| \leq 10^{-6}$ rad, $|\Delta \lambda_n| \leq 10^{-6}$ rad (約 6.4 m) となつたとき、

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \phi_0 + \sum \Delta \phi_n \\ \lambda &= \lambda_0 + \sum \Delta \lambda_n \\ \bar{f} &= \bar{f}_n \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(4)$$

として緯度、経度を決定することができる。ただし ϕ_0, λ_0 はそれぞれ最初に入力する測定者のおおよその緯度、経度である。

測定者の位置 (緯度、経度) から地球上に固定した x, y, z 座標への変換は地球を楕円として扱った (5) 式が使われている。

$$\left. \begin{aligned} x(\phi, \lambda, h') &= \left[\frac{R_0^2}{D(\phi)} + h' \right] \cos \phi \cos \lambda \\ y(\phi, \lambda, h') &= \left[\frac{R_0^2}{D(\phi)} + h' \right] \cos \phi \sin \lambda \\ z(\phi, h') &= \left[\frac{R_0^2(1-f)^2}{D(\phi)} + h' \right] \sin \phi \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ただし

$$D(\phi) = (R_0^2 \cos^2 \phi + [R_0(1-f)^2 \sin^2 \phi]^{1/2})$$

$$h' = H + h$$

R_0 : 地球の長半径 (6,378,145 m)

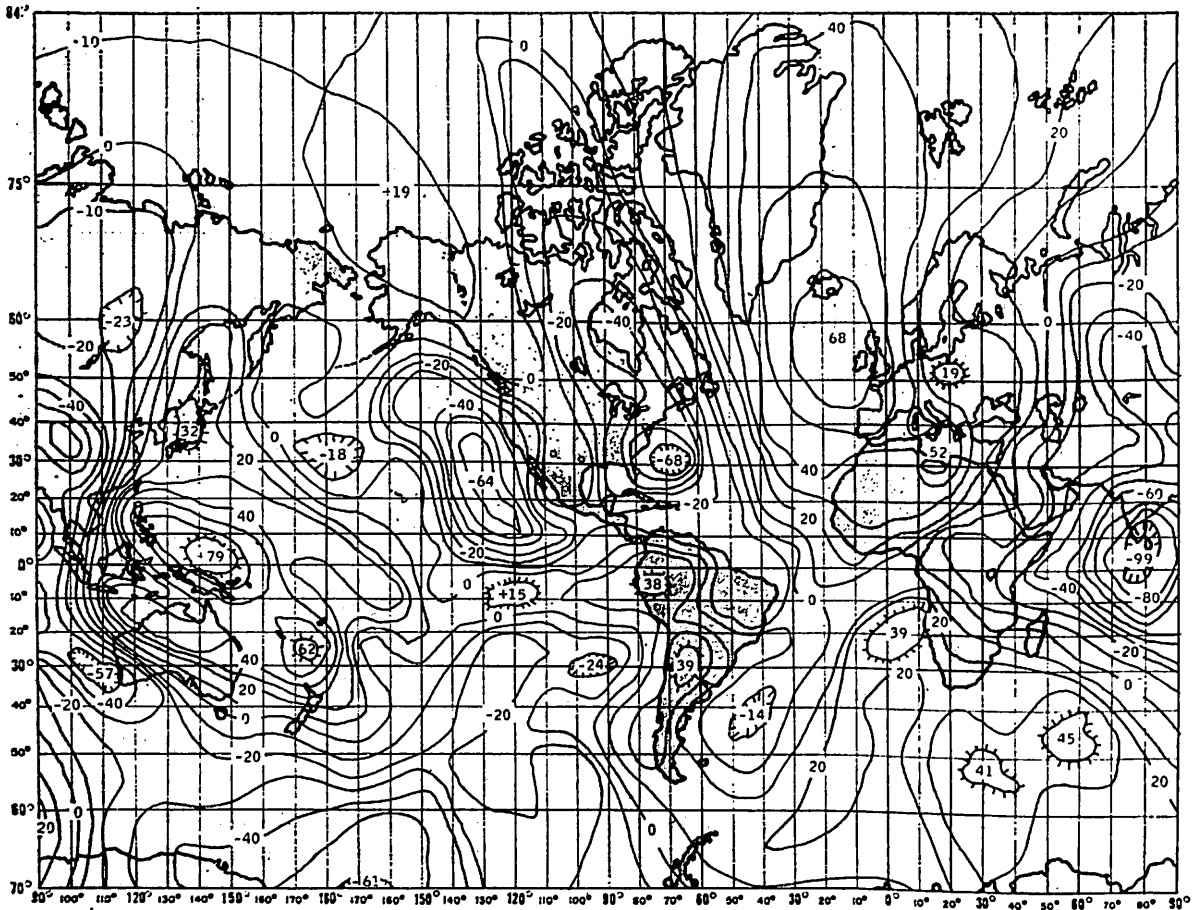
f : 地球の偏平率 $(a-b)/a$ (1/298.25)

H : ジオイド高 (地図で与えられる, 第4図)

h : 海面からのアンテナ高さ

衛星の軌道情報を使って衛星の位置を地球上に固定した x, y, z 座標で現す式として下記のものが使われている。ただし ω_0 は地球の自転角速度

$$\left. \begin{aligned} x_{sk} &= x'_k \cos \beta_k - y'_k \sin i \sin \beta_k + z'_k \sin i \sin \beta_k \\ y_{sk} &= x'_k \sin \beta_k + y'_k \cos i \cos \beta_k - z'_k \sin i \cos \beta_k \\ z_{sk} &= y'_k \sin i + z'_k \cos i \\ \beta_k &= \theta_0 + \dot{\theta}(t_k - t_p) - \Lambda G - \omega_0(t_k - t_p) \\ x'_k &= u_k \cos \omega_k - v_k \sin \omega_k \\ y'_k &= u_k \sin \omega_k + v_k \cos \omega_k \\ z'_k &= w_k \\ \omega_k &= \omega_0 - \dot{\omega}_0(t_k - t_p) \\ u_k &= A_k (\cos(E_k) - e) \\ v_k &= A_k \sin(E_k) \\ w_k &= \eta_k \\ E_k &= M_k + e \sin M_k + \Delta E(t_k) \\ A_k &= A_0 + \Delta A(t_k) \\ M_k &= n(t_k - t_p) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(6)$$



第4図 シオイドマップ

衛星が放送する情報は第1表の通りであり、6,103ビットは1語が39ビットからなる157語に分けられる。このうち第6列の26語のみが軌道情報を含んでいる。39ビットのうち下位3ビットはシステム管理用の予備であつて位置決定には使われていない。従つて各語は36ビット即ち10進9桁の情報を含んでいる。

軌道情報は第8語から第50語までの可変パラメータと第56語から第152語までの固定パラメータに分けることができる。可変パラメータは2分毎の修正値であり、6分前の修正値から8分後の修正値が各2分間に送られてくる。固定パラメータは12時間毎の軌道情報注入時に書き改められるほか一定である。

可変パラメータの桁構成を第2表に、単位と小数点位置の関係を第3表に示す。

固定パラメータの単位、桁数、小数点位置を第4表に

示す。

第5表はHX902(シングルチャンネル・システム)の記録例である。ドップラカウントは第1表右隅の時間に対応して2分を5つのショートドップラに分けて印字してある。ショートドップラの下に印字されている26行のデータの中、上から13行が可変パラメータであり後半13行が固定パラメータである。この記録例では可変パラメータの第2桁と固定パラメータの第9桁が現れていない。固定パラメータの下には受信機が衛星の信号をつかまえタイムマークに同期したときの時刻がでている。位置の決定はTIMEの下に示されている如く同期してから4分後の時刻について行なわれる。受信開始時間の下の2行は収斂計算時の \bar{r} , $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$ である。 \bar{r} は32 KHz分を差引いた、衛星内の発振器と受信機内局部発振器の周波数のズレ(Hz)である。

第1表 衛星が放送する軌道情報

例行	1	2	3	4	5	6	
1	3	4	5	6	7	8	t_{k-3}
2	9	10	11	12	13	14	t_{k-2}
3	15	16	17	18	19	20	t_{k-1}
4	21	22	23	24	25	26	t_k
5	27	28	29	30	31	32	t_{k+1}
6	33	34	35	36	37	38	t_{k+2}
7	39	40	41	42	43	44	t_{k+3}
8	45	46	47	48	49	50	t_{k+4}
9	51	52	53	54	55	56	t_p
10	57	58	59	60	61	62	ω_0
11	63	64	65	66	67	68	ω_0
12	69	70	71	72	73	74	$\dot{\omega}$
13	75	76	77	78	79	80	e
14	81	82	83	84	85	86	A_0
15	87	88	89	90	91	92	Ω_0
16	93	94	95	96	97	98	$\dot{\Omega}$
17	99	100	101	102	103	104	$\cos i$
18	105	106	107	108	109	110	ΔA_k
19	111	112	113	114	115	116	SATNO
20	117	118	119	120	121	122	INJ.T
21	123	124	125	126	127	128	$\sin i$
22	129	130	131	132	133	134	Δt_k
23	135	136	137	138	139	140	$0(xS)$
24	141	142	143	144	145	146	$0(xS)$
25	147	148	149	150	151	152	$0(xS)$
26	153	154	155	156	157	158	—
27							2^9

第3表 可変パラメータの単位と小数点位置

パラメータ	単位	桁数	符号	小数点位置
t_k	分(法15)	2	注1	$\times \times . 0$
ΔE_k	度	3	注1	$0.0 \times \times \times$
ΔA_k	メートル	3	注2	$\times \times 0.0$

注1. $\Delta A_k, \Delta E_k$ の符号と t_k 第1桁の組合せコード

10進コード ΔA_k の符号 ΔE_k の符号 t_k の第1桁

0	+	+	0
1	-	+	0
2	+	-	0
3	-	-	0
4	+	+	1
5	-	+	1
6	+	-	1
7	-	-	1

注2. η_k は2桁 $\eta^{(m)}$ $\eta^{(l)}$ であるが各桁は一度に送られないので2分毎に交互に送ってくる。 $\eta^{(m)}$ は t_k が4で割り切れる時刻に、 $\eta^{(l)}$ はその次の2分に送ってくる。

10進コード	$\eta^{(m)}$	10進コード	$\eta^{(l)}$
0	-0	5	+0
1	-4	6	1
2	-3	7	2
3	-2	8	3
4	-1	9	4

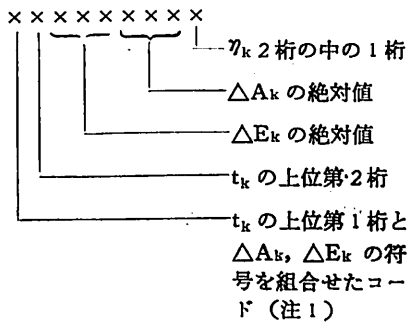
第4表 固定パラメータの単位, 桁数, 小数点位置

節の番号	記号	単位	桁数	符号, 小数点位置 ¹⁾	備考
56	t_p	分(法1440)	9	Txxx. xxxxxx	軌道データ注入後最初の近地点通過時刻
62	ω_0	度/分 ⁻³⁾	9	S. xxxxxxxx	衛星の平均角速度
68	ω_0	度	9	Sxxx. xxxxxx ³⁾	t_p に於ける近地点角
74	$\dot{\omega}$	度/分	9	S. xxxxxxxx	近地点の Precession rate
80	e	無単位	9	Sx. xxxxxx	離心率
86	A_0	m	9	Sxxxxxxx. 0	平均半長径
92	Ω_0	度	9	Sxxx. xxxxxx ³⁾	t_p に於ける昇交点赤経
96	$\dot{\Omega}$	度/分	9	S. xxxxxxxx	昇交点の Precession rate
104	$\cos i$	無単位	9	Sx. xxxxxx	軌道傾斜の Cosine
110	ΔA_k	度(法360)	9	Sxxx. xxxxxx ³⁾	t_p に於ける春分点と Greenwich のなす角
116	SAT. NO	無単位	9	800xxxxx0	衛星の固有番号
122	INJ. T	日, 分/2	9	8MMDDDD0	軌道データ注入時刻 ^D は日付 ^M は時刻(分) (GMT)
128	$\sin i$	無単位	9	Sx. xxxxxx	軌道傾斜の Sine
134	Δf_s	P.P.M	9	xx. xxx0000	衛星内発振周波数の400MHzよりのズレ
140	$0(xS)$	.....	9	.....^{*4)}	
146	$0(xS)$	.....	9	.....^{*4)}	軌道データを変えた時 BCD*0*
152	$0(xS)$	.....	9	.....^{*4)}	平時は BCDXS3の*0* Message change の判定に使用。

- *1 各語の第1桁は下記の如くデコードする。
T (0又は4): 0→0, 4→1 S (8または9): 8→+, 9→-
- *2 n の値は3を引いたものを送ってくるので $3. \times \times \times \times \times \times \times$ と3を加えて読む。
- *3 常に正の数
- *4 第140, 146, 152語は位置の計算には不要であるが軌道データ注入による Message change の検出に役立つ。

- 注1): 第1語の上位20ビット, 第157語は19ビットのみ
- 2): 第1語の下位19ビット
- 3): 第2語の上位120ビット
- 4): 第2語の下位19ビット
- 5): 第2語の下位25ビット
0111.....1110がタイムマーク
- 6): 第1例から第5例の情報は内容不明のため利用しない。

第2表 可変パラメータの桁構成



第 5 表 HX 902 の記録例

NO. DOPPLER

01	173681
02	171918
03	169844
04	167442
05	199813
06	160541
07	156559
08	151911
09	146504
10	169651
11	131281
12	122654
13	112755
14	101467
15	106883
16	071211
17	055258
18	038056
19	019922
20	-000979
21	-021594
22	-039902
23	-057357
24	-073644
25	-095529
26	-104715
27	-116369
28	-126628
29	-135575
30	-173278
31	-151434
32	-157076
33	-161941
34	-166132
35	-206865
36	-173442
37	-176910
38	-178204
39	-180075
40	-221130
00202894	
40412985	
40542827	
40652666	
40742440	
40812166	
00051843	
00041504	
00041155	
00790826	
00718537	
00613286	
00480188	
43590866	
83014149	
80092649	
80020598	
80003282	
80744898	
80168080	
80000136	
90003794	
81191681	
80030120	
86690040	
80999993	
0522 11	
01 110.97664	--00000070 --00007170
02 110.97740	--00000001 --00000017
FIX MK89-D-73242	
0000111111111111111111111111111111111100000	
↑↑	
DAY TIME LAT LON ANT HDG SPD	
0410 0526 0035 34.064 N 0139 40.885 E 39.47 0.000	
ITER ELEV SAT	
02 27. 030120	

3. システム構成と精度

航法システム構成の 1 例を第 5 図に示す。システムには商船用の HX 902 と各種調査船および測地用の HX 702 の 2 種類がある。HX 902 は 400 MHz、1 波のみを受信するシステムであり、HX 702 は 400 MHz と 150 MHz の 2 波を受信し、衛星からの電波が電離層を通過する際に受ける屈折効果を除去した高精度のシステムである。HX 702 を使つて得られる現在の最高精度は約 2 m である。

当社における 49 年 10 月 23 日 (296 日) から 10 月 30 日 (303 日) までの 8 日間に KHX 902 で受信した約 100 回のデータをプロットしたのが第 6 図である。

図に示されている通り大部分が 0.15 NM の円内に収まっているが、衛星番号 30190 による決定位置が 6 回約 0.5 NM の誤差を示した。誤差が大きくなる時刻もほぼ GMT の早朝に限られている。他の衛星による決定位置は全て 0.15 NM 以内の誤差であるからこの時期の 30190 の軌道情報がなんらかの理由により精度が落ちていたものと思われる。

当社の地図上の位置 (4 等 3 角点相当の実測位置) は 35° 33.858 N, 139° 41.182 E であるが、3 次元測地プログラムにより衛星を使つて位置決定を行なうと 35° 34.052 N, 139° 40.971 E となる。これは日本の地図が旧麻布天文台を基準として、地球を 1841 年の BESSEL 楕円体として作つてあるのに対し、NNSS は、地球を衛星の運動から求めた NWL-8 D という楕円体で近似しているためである。

従つて日本近海では衛星航法システムが決定する位置は地図上の位置より北西に約 450 m 離れている。このズレは固定的なものであり衛星航法システムで求めた位置を地図上の位置に変換する DATUM 変換プログラムが用意されている。

HX 902 と HX 702 の比較を第 6 表に示す。システム構成機器の仕様を第 7 表から第 11 表に示す。

4. 北辰・マグナボックス衛星航法システムの特徴

1) 操作が簡単である。

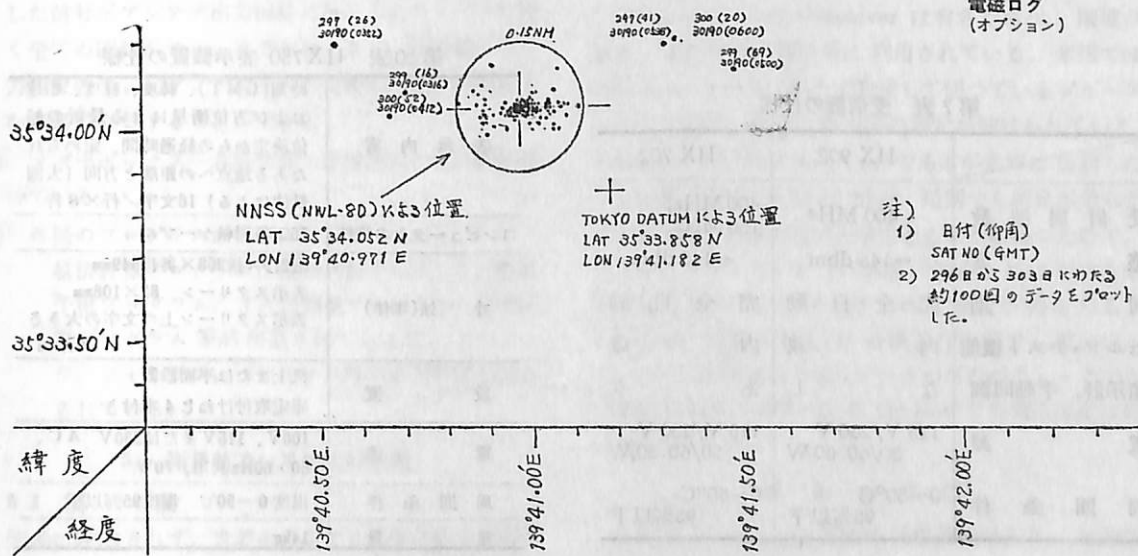
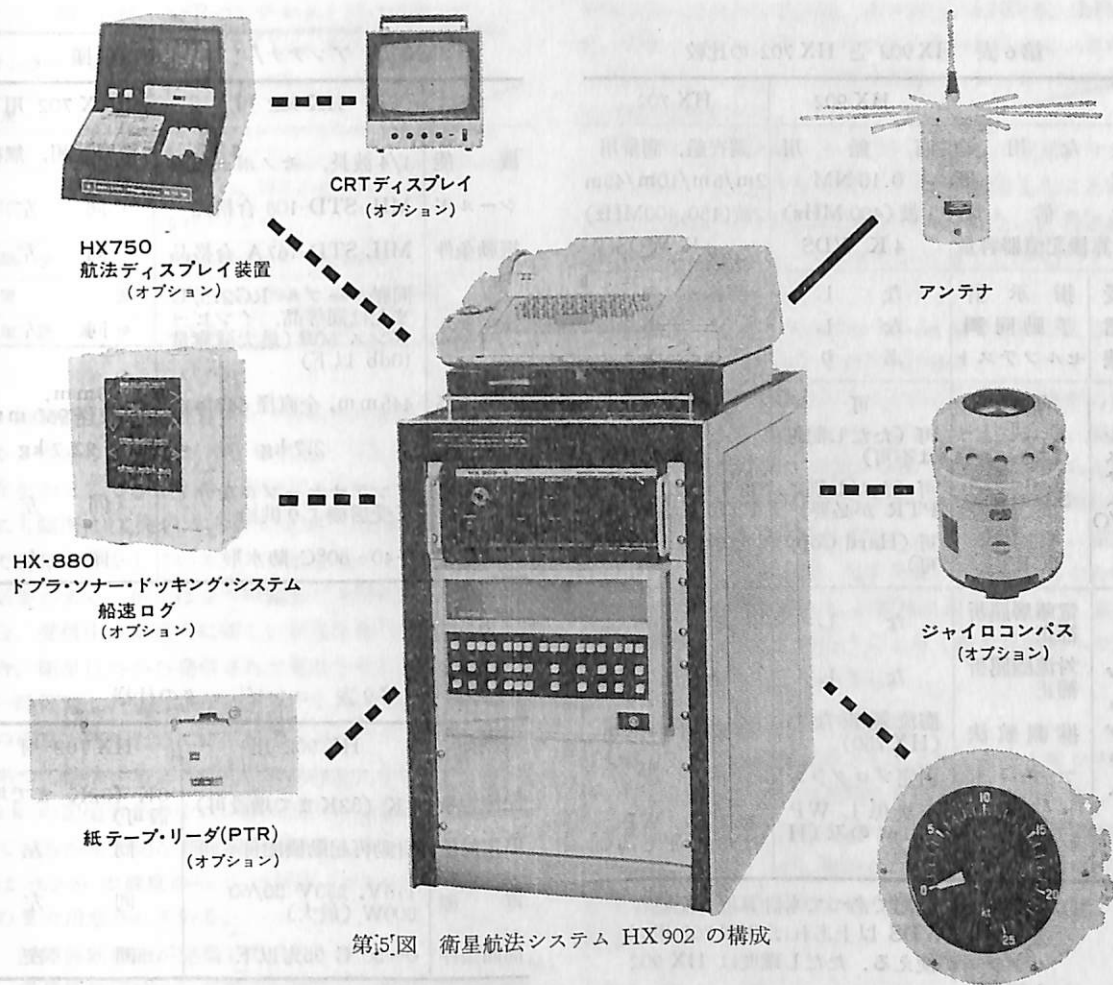
完全自動方式のため、プログラムをロードし初期操作を行なつたあとは、一切手を触れずに正確な位置が緯度、経度で求められる。

2) ショート・ドップラ方式を採用しているため測位精度が高い。

当社の方式は 2 分を 23 秒 × 4, 28 秒 × 1 に 5 分割したショートドップラ方式であるから、なんらかの障害により電波が一時中断しても一般の 2 分ドップラ方式のように 2 分全体のドップラカウントが無駄になってしまうことがない。また 2 分ドップラ方式では最低 6 分間良好な受信が得られないと位置は求まらないが、当社の方式では最低 4 分間 (10 ショートドップラ) 良好な受信が得られれば位置が求まる。

3) 測定精度が高い。

測定精度は、受信機の感度を含めた、ドップラシフ



第6図 HX 902 による決定位置のバラツキ

第6表 HX 902 と HX 702 の比較

		HX 902	HX 702
主 用 途	確 度	商 船 用 0.15 NM	調査船, 測量用 2m/5m/10m/45m
	受 信 機	1 波 (400 MHz)	2 波 (150, 400MHz)
計算機記憶器容量		4 K WDS	8 K WDS
受 信 機	指 示 計	な し	あ り
	手 動 同 調	な し	あ り
	セ ル フ テ ス ト	あ り	あ り
シ ス テ ム I/O	TTY	可	可
	HX 750	可 (ただし記録は不可)	プログラム未
	Silent 700	可 (ただし別に PTR が必要)	可 (ただし別に PTR が必要)
	VT-50 (CRT)	可 (Hard Copy 可)	可 (Hard Copy 可)
プ ロ グ ラ ム	電離層屈折補正	な し	あ り
	対流圏屈折補正	な し	あ り
	推測航法	海流補正なし (HX 750)	海流補正あり
	アラート	別売プログラム	内 蔵
セイリングプログラム	あり但し WP は 1pt のみ (HX 750)	あり但し WP は 8pt まで	

注) 受信機が 1 波用であつても計算機の記憶容量が 8 K WDS 以上あれば HX 702 用プログラムが使える。ただし確度は HX 902 と同じ。

第7表 受信機の仕様

	HX 902	HX 702
受信周波数	400 MHz	400 MHz, 150 MHz
感 度	-145 dbm	-145 dbm
同 期	完 全 自 動	完 全 自 動
セルフ・テスト機能	内 蔵	内 蔵
指示計, 手動同調	な し	あ り
電 源	115 V/230 V 50/60 80 W	115 V/230 V 50/60 80 W
周 囲 条 件	0~50°C 95%以下	0~50°C 95%以下

第8表 アンテナ/プリアンプの仕様

	HX 902 用	HX 702 用
機 能	1/4 波長, モノポール型	2 周波用, 無指向性
シールド	MIL-STD-108 合格品	同 左
振動条件	MIL-STD-167 A 合格品	同 左
ケーブル	同軸ケーブル RG215/U または同等品, インピーダンス 50Ω (最大減衰量 10db 以下)	同 左
全 高	445 mm, 全直径 643 mm	1168 mm, 全直径 960 mm
重 量	2.7 kg	22.7 kg
電 源	アンテナケーブルを介して受信機より供給	同 左
周囲条件	-40~60°C 防水形	同 左

第9表 コンピュータの仕様

	HX 902 用	HX 702 用
記憶容量	4K (32K まで増設可)	8K (32K まで増設可)
停電対策	自動再起動機能付	同 左
電 源	115V, 230V 50/60 800W (最大)	同 左
周囲条件	0~50°C 95%以下	同 左

第10表 HX 750 表示装置の仕様

表 示 内 容	時刻 (GMT)、緯度、経度、船速および方位衛星による最新の船位決定からの経過時間、定められたある地点への距離と方向 (大圏航法による) 16 文字/行 × 8 行
コンピュータとの接続	75Ω の同軸ケーブル
寸 法 (本体)	縦 279 × 横 268 × 奥行 549 mm 表示スクリーン 82 × 108 mm 表示スクリーン上の文字の大きさ 9.5 mm
設 置	机上または平面設置 固定取付けねじ 4 本付き
電 源	100V, 115V または 230V AC、 50・60Hz 共用、70W
周 囲 条 件	温度 0~50°C 湿度 95%以下
重 量	14kg

第11表 ASR-33 テレタイプの仕様

インターフェイス	20mA TTYインターフェイス 全二重通信方式
速度	10字/秒
コード	ASCIIコード
印字	72字/行、10字/インチ、 6行/インチ
紙テープ	8単位紙テープ(25.4mm幅)
電源	115V A C、50または60Hz、230W
周囲条件	温度0~45°C 湿度20~85%

ト識別能力および計算プログラムの良否によつて決まる。当社の受信機は1967年以降、MX社で改良に改良を加えてできたものと等価であり、計算プログラムにも随所に工夫がこらしてある。計算機はOn-lineで情報処理をしているため例外事項をうまく処理する必要がある。例えば2つの衛星がほぼ同時に現れた場合、受信中に衛星内に新しい軌道情報が注入された場合、衛星以外から発信された電波をつかまえた場合、一時停電した場合等々である。これらの状況下で最高の確度を得るためには受信機とプログラム双方が助けあつて解決するようにしなければならない。4kとか8kの記憶容量の中にかに多くの機能が盛り込まれているかも大切な判断基準になる。当社のシステムには±2mの確度から0.15NM(278m)の確度のものまで用意されている。

4) 故障診断機能が完備している。

受信機前面について押釦を押せば、衛星信号を模擬した信号がアンテナ出力回路に加えられアンテナを除く全ての回路がチェックできる。また、計算機、入出力装置のチェックプログラムが完備しており故障箇所を容易に見つけることができる。

5) マグナボックス—北辰共同で世界的サービス網を持っている。

6) 各種のプログラムが豊富に用意されている。

航法計算プログラム、推測航法プログラム、衛星予報プログラム、3次元測地プログラム、積付計算プログラム等が用意されている他、アセンブラ、フォトラン、ベーシック等の汎用言語が用意されている。

5. 衛星航法システムの応用

5.1 商 船

天候に左右されず、世界中どこでも正確な船位決定が行なえることから、高速船、超大形船等の利用が多い。

外国においてはコンテナ船、タンカー、LNG船、LPG船、漁船、レジャーボート等に広く使われている。日本では高速コンテナ船への装備が定着し、タンカーへの利用が増加傾向にある。

マグナボックス社は、ある船主と共同して東京—サンペドロ間で、コンテナ船を使つて評価試験をしたことがある。この結果2、3日間天測が行なわれないと高速船では40~80NMのコースズレが起ることが判つている。

また、ベルシャ湾—Vergine Island間の試験では0.25%の時間短縮が得られたとのことである。

常に正確な位置が得られることから、操船方法が方位中心から船位中心に変つて行くことが考えられる。船内の慣習等があり直ちに実現するかどうかはわからないが、技術的には計算機を共用させて本船を漸長緯度によらず、直接大圏航法で操船することも可能である。航法計算プログラムを使えば、気象条件、航路障害等のため避航操船を行なつた場合も、旧航路に戻ることなく、本船位置を基準として、ためらうことなく次の目的地への最適航路を決定することができる。

5.2 調査船、ケーブル布設船

各種調査船には位置基準として2チャンネルのシステムが用いられている。大陸棚における調査では、ドップラーソナーから対地速度を貰つて推測航法により連続した位置を求めているが、深海におけるマンガン団塊の調査等にはロランCまたはオメガが速度センサーとして利用されている。

5.3 測 地

測地を目的としたGeoceiverは有名であり、国境の測量、地図の基点測位等に利用されている。米国ではGeoceiverを使つて絶えず測定して回つているグループがあり定常的に50州130カ所の測定が続けられている。Geoceiverの公称確度は1mであるが米軍に依頼しないと位置が計算できない。最近、民間でも衛星が飛んだあとの正確な軌道情報が入手できるようになつたので、ドップラーカウントをHX702で測定し後に正確な軌道情報を使つて計算すれば2mの確度が得られる。Geoceiverと違いHX702は軌道予報値で位置決定ができるので測定時点で測定データの良否がチェックできて便利である。HX702のOn-lineでの測位確度は約10mである。

6. お わ り に

NNSSシステムが本質的に間歇測位であり、推測航法との併用が必要なため、その欠点を補う方法がいくつ

か提案され数年先きにはに NNSS 置き替わるシステムが現われるかの印象すら受ける場合がある。確かに GOES, GAPSAT, MARISAT, GPS 等衛星を使つたプロジェクトはいくつか進行しているが GPS 以外は通信を主体としたものであり、測位はできたらやりたいという程度であつて確実性はない。GPS (Global Positioning System) は米海軍が行なつてきた Timation というプロジェクトと、米空軍が行なつてきた 621B というプロジェクトが財政上の理由から、1973年12月に統合されて発足したプロジェクトであつて20~30箇の衛星を使い常時数箇の衛星が視野にあるようにしようとするものである。開発は3段階に分れており1986年に軍用として運用することをねらっているが各段階で総開発費用、システムの性能、受信機の価格、空軍と海軍の共用性等について国防省のきびしいチェックを受けることになつている。国防省はチェックの結果によつては途中で中止を命ずる権限をもっている。

GPS は NNSS にとつて替り得る、今考えられる唯一のシステムであるが、この種の大型プロジェクトの常として、最後まで進められたとしても、かなり遅れがでることを考えなければならない。軍用として運用を始めたあとも民間に解放されるまでにはなお数年を要するものと思われる。従つて NNSS の寿命は1990年代の後半までということになり、今から20年以上の寿命を持つたシステムということが出来る。

NNSS も開発が完了した訳ではなく、TIPS (Transit Improvement Program) が進行しており、近く、Transit 衛星に別の周波数の電波も出せるようにした新しい衛星を打上げる計画がある。この衛星が打上げられれば NNSS の利用者にも使えるので測位間隔の短縮が期待できる。なお Transit 衛星は現在11箇の予備があり、どれかが故障するか、6箇の衛星の軌道分離がうまく行かなくなるといつでも打上げる準備がなされている。

参 考 文 献

- 1) J.B. Moffett: Program Requirements for Two-Minute Integrated Doppler Satellite Navigation Solution. (AD 731663)
- 2) T.A. Stansell, Jr.: The Navy Navigation Satellite System; Description and Status, Navigation Vol. 15, No. 3, Fall (1968)
- 3) T.A. Stansell, Jr.: Transit, the Navy Navigation Satellite System, Navigation Vol. 18, No. 1, Spring (1971)

- 4) 木村小一: 人工衛星を利用した航法とその将来, 日本船用機関学会誌, 第5巻, 第10号, OCT (1970)
- 5) 木村小一: NNSS 衛星航法システム, 海技と受験, 船長コース, 49年1月号より迎駁
- 6) 木村小一, 他: Navy Navigation Satellite System の利用の研究, 電子航法研究所報告, No. 5 MAR (1973)
- 7) T.A. Stansell, Jr.: An Integrated Geophysical Navigation System Using Satellite-Derived Position Fixes, OTC 1102 (1969)
- 8) T.A. Stansell Jr.: Extended Applications of the Transit Navigation Satellite System, OTC 1397 (1971)
- 9) G.N. Brower and J.G. Morgan: Theoretical and Practical Comparison between Two Minute Doppler and Short Doppler Satellite Position Fix Accuracy, Navigation Vol. 19, No. 2, Summer (1973)
- 10) T.A. Stansell, Jr.: Accuracy of Geophysical Offshore Navigation Systems. OTC 1789 (1973)
- 11) 木村, 奈須, 庄司: NNSS による測位の精度について, 日本航海学会誌, 航海, 第42号, 昭和49年2月
- 12) V.L. Piscane, B.B. Holland and H.D. Black: Recent (1973) Improvements in the Navy Navigation Satellite System, Navigation Vol. 20, No. 3 Fall (1973)

「船舶」4月号

「英国船舶機器展」を特集

英国船舶機器協会主催による“英国船舶機器展”(出品社数21社)が、来る5月6日~10日までの5日間、東京青山の英国トレード・センターで開催されますが、本誌ではこれに先がけて、4月号で下記の内容による誌上特集を行ないます。

- I・推進機器
- II・デッキ機器
- III・エンジン・ルームの補助機器
- IV・電子機器関係 (a) 伝達機器, (b) コントロール機器
- V・デザイン関係その他

1. ま え が き

衛星航法システムは、航行衛星からの電波を受信することにより、受信者の位置を決定する船舶用測位システムで、ロラン、オメガ、デッカなどの航法システムに比して、種々の特長を有しており、近年、注目を集めている。

わが社でも、研究、試作の段階を終え、実用化製品を生み出しているが、これについて以下に述べる。

2. FSN-10A 型衛星航法システムの概要

2-1 構成

FSN-10A は、本体と、位置表示部、アンテナ部より成り、本体には、受信部、ミニコンピュータ (HITAC 10 II, 日立製)、印字出力装置、テープ読み取り装置、インターフェース、時計、電源が、アンテナ部には、アンテナと、プリアンプが含まれている。

各々の外観を、図1、図2、図3に、構成図を図4に示す。

2-2 動作の概略

FSN-10A は、400 MHz 1波のみを受信する1チャンネル方式を採用しており、衛星からの400 MHz の電波は、アンテナで捕えられ、プリアンプで増幅された後、同軸ケーブルによつて、本体的受信部に導かれる。プリアンプは、図3に示すアンテナの基部に収納されており、周囲温度や振動などの環境条件にも充分な注意を払った設計がなされている。

受信部は、中間周波数 5 MHz のスーパーヘテロダイオン方式で、位相追尾型であり、衛星信号を自動的に受信、捕捉し、データの復調を行なう機能を有する。受信信号音は、スピーカによつてモニターすることができ、衛星信号の受信中及び、データ復調中には、各々ランプが点灯して、これを知らせる。

ドブラ計測は、短時間ドブラ方式であり、基準発振器として、安定度 $5 \times 10^{-10}/\text{day}$ の恒温槽入り水晶発振器を内蔵している。

受信部で得られた軌道情報およびドブラ情報は、インターフェースを介してミニコンピュータに送られるが、測位計算を行なうには、最低4分間の道続受信が必要である。(通常は、6~10分間の連続受信が可能である。) 測位計算が終れば、結果が、印字出力装置によつて印字されるとともに、位置表示器に表示される。(2-4参照)

2-3 操作方法

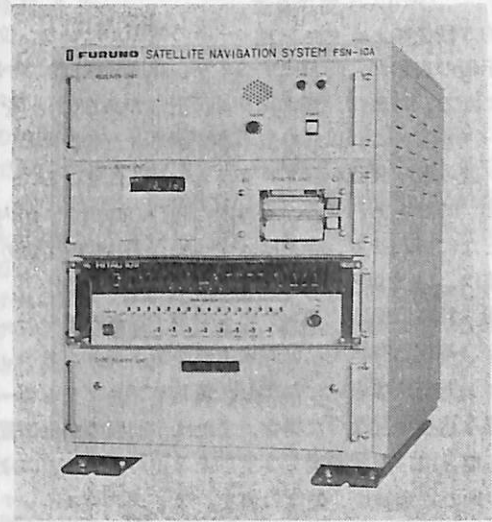


図1 FSN-10A 本体外観

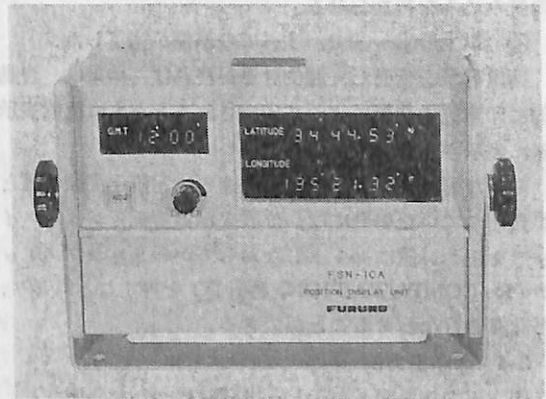


図2 FSN-10A 位置表示外観

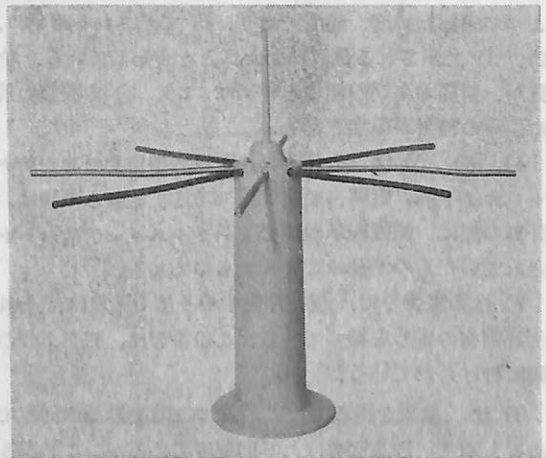


図3 FSN-10A アンテナ外観本体

① 電源スイッチを入れる。電源スイッチは、位置表示器と本体の両方についているが、どちらを押してもよい。

約5秒後に、ミニコンピュータの電源がはいる、位置表示器の表示が、時刻はすべて9、緯度経度は、すべて0になる。これは、プログラムが正常であることを示す。(もし、これ以外の数字が表示された場合には、テープ読み取り装置からプログラムを読みこませる。)

② 時計をあわせる。本体内の時計の時刻を、船内時計などにあわせる。時刻は、すべて、G.M.T であり、誤差は、15分以内であればよい。

③ 針路、船速、アンテナ+ジオイド高の値をセットする。これらの値に、位置表示器のデジタルスイッチをセットすればよい。ただし、新しくプログラムテープの読み込みを行なった場合、または、前回の測位位置と現在地とに、緯度経度で3度以上の差があるときには、現在地の推定緯度、経度の値を、デジタルスイッチにセットした後、イニシャルスイッチを押して、推定位置の読み込みを行なわせる。

④ 以上の①～③で、すべての準備が完了した。

衛星信号を受信し、測位計算が終れば、結果は、自動的に印字出力装置によつて印字されるとともに位置表示器に表示される。

変針などによつて、針路、船速の設定値と実際の値とが異なっていた場合には、位置表示器のデジタルスイッチを正しい値にセットしなおしてからリコンプスイッチ(Re-COMPUTATION, 再計算)を押すことにより、再計算を行なわせることができる。

2-4 印字出力例

印字出力例を図5に示し、各項目について説明する。

1) は、G.M.T 表示の時刻、2), 3) が、測位計算によつて求めた緯度、経度であり、1) で示される時刻に、2), 3) で示される位置にいたことを表わしている。位置が、南経および西経のときには、2), 3) の数値の前に、-の符号が印字される。

4), 5), 6) は、それぞれ、計算に使用したアンテナ+ジオイド高、針路、船速の値である。これらの値は、計算の際に、位置表示器のデジタルスイッチにセットされていたものが読みこまれたものである。

7) は衛星番号で、現在作動中の6個の衛星は、それぞれ固有の番号を持っている。この番号は、打ち上げの順に付けられている。

8) は、結果を得るまでに行なつた収束計算の回数である。通常、計算回数は、3回程度であるが、これが5回以上の場合には、データがばらついていると考えら

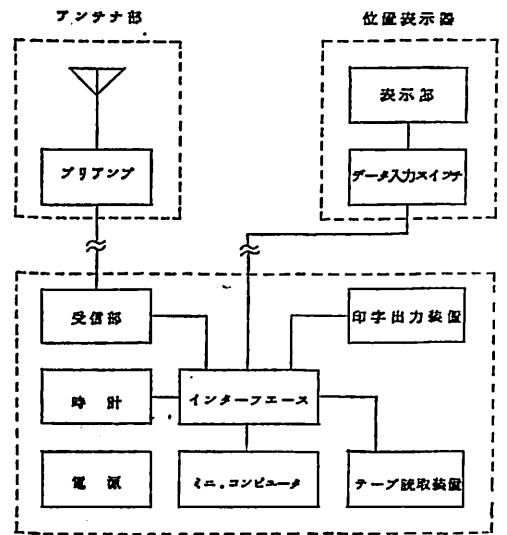


図4 FSN-10 A の構成

```

* 1 *      17  02
* 2 *      34  44 .68
* 3 *      139  38 .65
* 4 *      060
* 5 *      015 .0
* 6 *      08 .00
* 7 *      30190
* 8 *      03
* 9 *      55
* 10 *     18  48 -- 20
    
```

図5 印字出力例

```

* 2 *      34  44 .82
* 3 *      139  39 .36
* 4 *      .060
* 5 *      013 .0
* 6 *      06 .00
* 7 *      30190
* 8 *      04
* 9 *      55
* 10 *     18  48 -- 20
    
```

図6 再計算印字出力例

れ、測位精度が、他のものより少し劣る場合がある。

9) は、衛星の仰角で、受信点から見て、衛星が最も高くなつたときの仰角を示す。仰角が10度以下または、70度以上の場合には、原理的に測位誤差が増加するの

で、8)とあわせて、測位精度をある程度判定することが可能である。すなわち、8)の計算回数が3~4回以内、9)の衛星仰角が10度以上70度以下の場合には、精度の点で、全く、問題はないと考えてよい。ただし、船速、針路の設定値が正しくなかつた場合には、正しい測位結果が得られないから、そのときは、船速および針路の値を訂正して再計算を行なわせる必要がある。

再計算を行なつた場合の印字出力例を図6に示す。破線が、再計算であることを示し、時刻は、前のものと同じであるので省略されている。

2-5 概略仕様

受信周波数	399.968 MHz±11 KHz
周波数安定度	1×10 ⁻¹⁰ /2 min
感度	-135 dBm
ダイナミックレンジ	-135 dBm~-90 dBm
信号捕捉	自動
ドップラカウント	ショートドップラ方式 (1170 ビット毎)

位相トラッキングエラー	15°以内
電源	AC 100 V±10% 60 Hz±5%
環境条件	動作温度 0~40°C 振動 0.5 G 以下

2-6 付加機能

FSN-10Aには、前2回の測位結果をもとにして、将来の船位を求める推測航法プログラムを内蔵させることもでき、到着予想位置を15分間隔で求めることができる。その際には、測位計算に必要な、針路および船速の値を計算により求めるので、手動で設定する必要がなくなる。

また、FSN-10Aは、ミニコンピュータを内蔵しているが、これを利用して、天測、荷役、航路などの各種計算を行なうためのプログラム、および、その際使用するデータタイプライタが、オプションとして用意されている。天測の結果を、データタイプライタから入力することにより、位置が求まるのが天測計算プログラムで、従

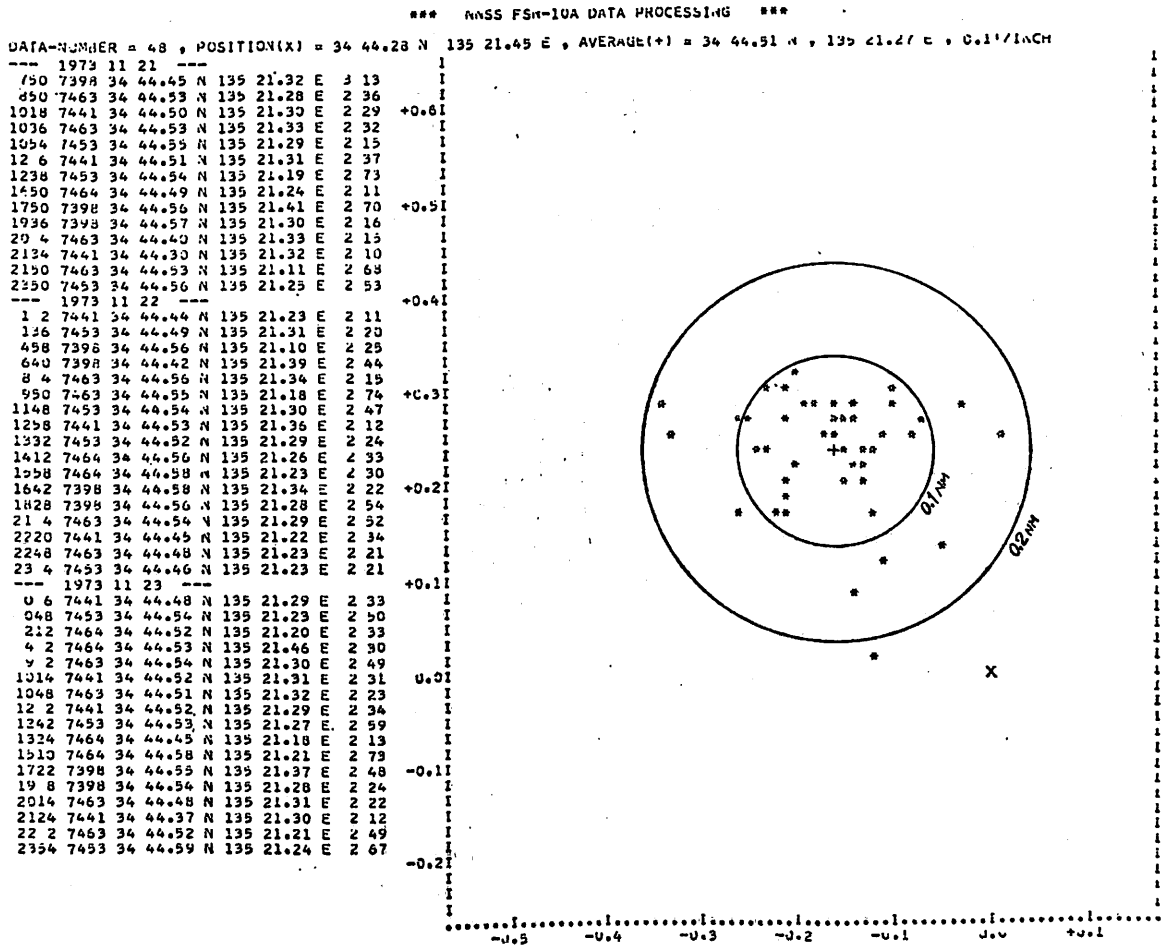


図7 固定点測位結果

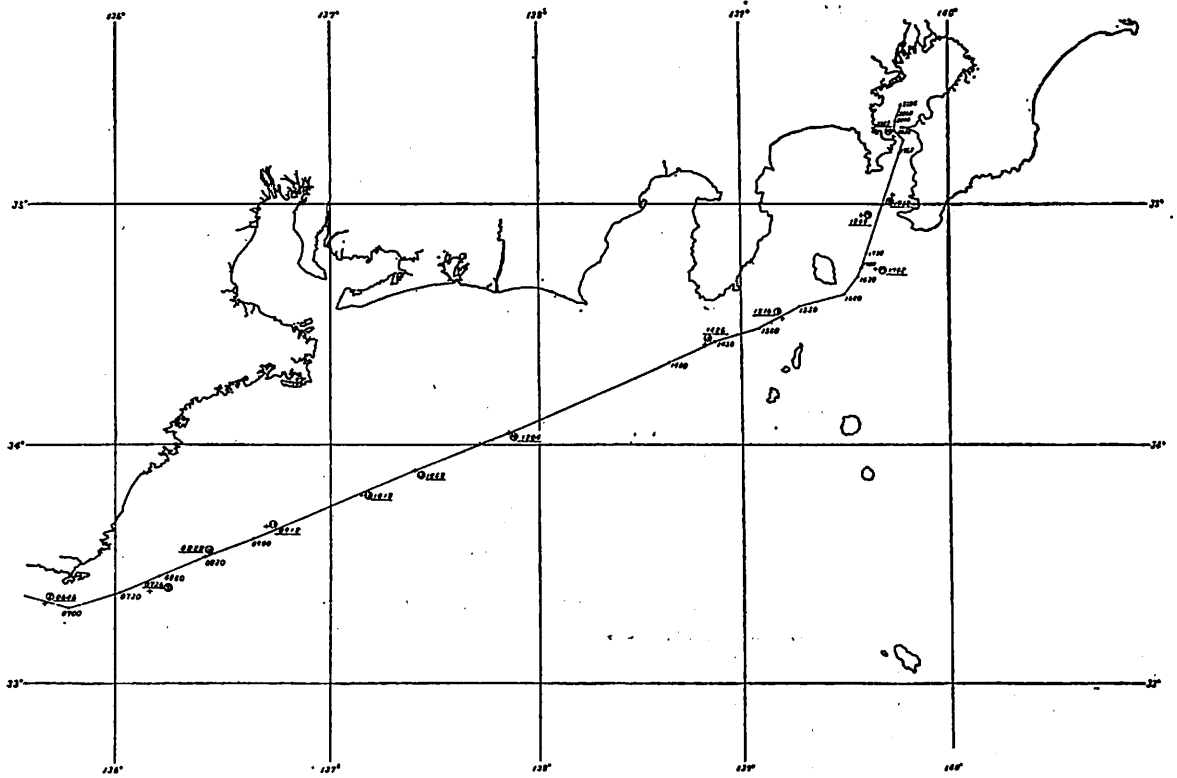


図8 実船記録 実線 レーダ位置、+印 NNSS 位置

来より行なわれている人手による複雑な計算を、コンピュータに実行させるものである。荷役計算プログラムは、積荷の状態をデータとして与えることにより、船体の傾きや、重心、浮心の位置を求めるものである。航路計算には、漸長緯度航法、大圏航法などがあり、目的地に到るまでの針路や船速、変針地点、所要時間、航路程、到着日時などを求めるプログラムである。以上のいずれのプログラムにおいても、データタイプライタに出力されるコンピュータからの指示に従って、必要なデータを入力するだけで、容易に結果を得ることができる。

さらに、この衛星航法装置を、ロラン、オメガと組み合わせた、総合的な航法装置への発展性についても、十分に配慮した設計がなされており、近い将来に実現されるであろう操船の完全自動化に、大きな役割をはたすものと考えられる。

3. 測位実験データ

FSN-10Aにより、固定点で連続受信を行なつて得た測位結果の例と、それらを平面上にプロットしたものを図7に示す。これは、1973年11月21日から23日にかけて、兵庫県西宮市内の古野電気本社で連続受信を行なつて、得たデータである。

測位結果の平均は+印で示されており、これを中心と

して、半径0.1マイルおよび0.2マイルの円が描いてあるが、データ総数48個のうち、38個が半径0.1マイルの円内にあり、半径0.2マイルの円内にはいないものは、わずかに1個である。このデータより、FSN-10Aの測位精度が、0.1マイル精度であることがわかる。なお、×印は、地図により求めた受信地点の位置であり、システム上の誤差により、この位置と測位結果の平均とがずれている。

FSN-10Aは、現在、大阪商船三井船舶の高速コンテナ船、にゅーよーく丸に装備されて稼動中であるが、1974年10月15日から、16日にかけて、神戸港から東京湾まで航行した際に得た測位結果を図8に示す。図上で、レーダー観測による航跡が折線で示されており、FSN-10Aによる測位結果は+印で示されている。

4. 結 び

以上、古野電気製 FSN-10A 型衛星航法装置について説明した。測位精度が高い、全海域で使用可能である、緯度、経度の値が直接求まる、操作が容易で、ほとんど人手を必要としない、などの特長を有するこの装置は、船舶の安全かつ経済的な運行に寄与し、将来における操船の自動化の実現にも、大きな役割をはたすものと思われる。

JLE-3000 形衛星航法装置の概要

関 根 兆 五*
小 西 猛 博**

1. は し が き

1967年アメリカ海軍の衛星航法システム(NNSS: Navy Navigation Satellite System)が一般公開されて以来、衛星航法受信装置はカーゴ、コンテナ、タンカー等の船舶に広く使われています。この装置は

- 地球全域で使用できる
- 天候に左右されない
- 使用時間帯に制限がない
- 測位精度が良い

などの特長を持っているので船舶の安全と経済的な運航に大いに寄与しております。電波航法システムにはNNSSの外にロラン、デッカ、オメガ、方探、レーダー等沢山ありますが、それらはそれぞれ特有な長所短所を持っています。NNSSも極軌道を廻る移動衛星を使用しているので、位置測定が約1時間に1回の間隔でしか行えないという短所を持っています。しかし日本無線株式会社のJLE-3000形衛星航法装置は単に衛星による位置測定ばかりでなく、自動推測航法と組合せた、複合航法装置を構成することにより、この短所を克服しています。

以下JLE-3000形衛星航法装置により実船で得られた測位データ、およびこの装置の構成、特長、仕様などを紹介します。

2. 装置の構成と機能

2-1 構成

JLE-3000形衛星航法装置は空中線受信処理装置と制御表示器が基本構成となりますが、他にオプションとして印字記録器、遠隔表示器等があります。

制御表示器はデスクトップ形に設計されており、すべての操作は本器からできるのでチャートテーブルなど使用者のもつとも便利な場所に設置していただければ、その効果が一層発揮されます。第1図は総合系統図であり、第2図はブロックダイアグラムです。

2-2 機能

空中線で受信された400MHzのサテライト信号は空中線内蔵のプリアンプにて増幅され、同軸ケーブルを通して受信機に送られます。受信機には、高周波部、デー



JLE-3000 形衛星航法装置

タ処理部の2つのユニットがあります。受信機に伝達された信号は高周波部にて増幅、検波されデータ処理部にて信号の内に含まれる情報の中から測位計算に必要なデータのみが取捨選択されると共にドブラー周波数が計測されます。この受信機のドブラ計測にはショートドブラ方式を採用しております。

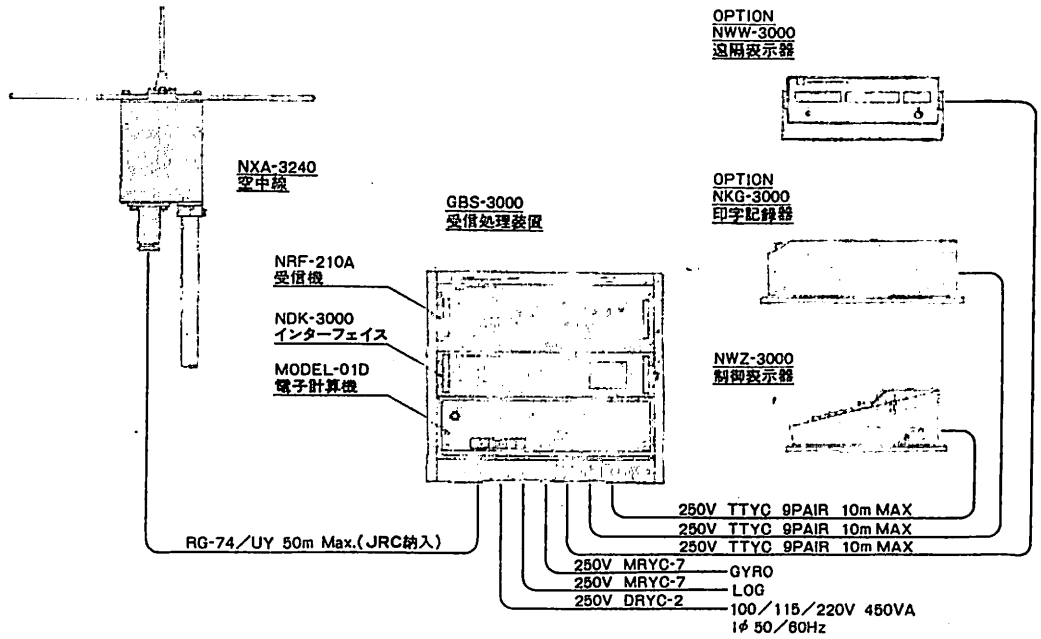
これらの情報はインターフェイスを介して電子計算機に伝達されます。本装置は衛星から受信される情報の他に本船のジャイロコンパスとログから得られる針路、速度の信号をインターフェイスを介して常時電子計算機に送り推測航法計算を行なっています。衛星によつては前述の通り約1時間の断続した間隔でしか位置測定ができません。この間は推測航法によつて補間されます。推測航法の起点は衛星によつて測定された各位置によつて較正され、以後1秒ごとに新しい推測位置が計算されます。

一般に推測航法の精度は $1.3\sqrt{t}$ 海裡(tは経過時間)と言われていますが、衛星の受信時間間隔を1時間とすると推測航法の誤差は1.3海裡程度と考えられます。

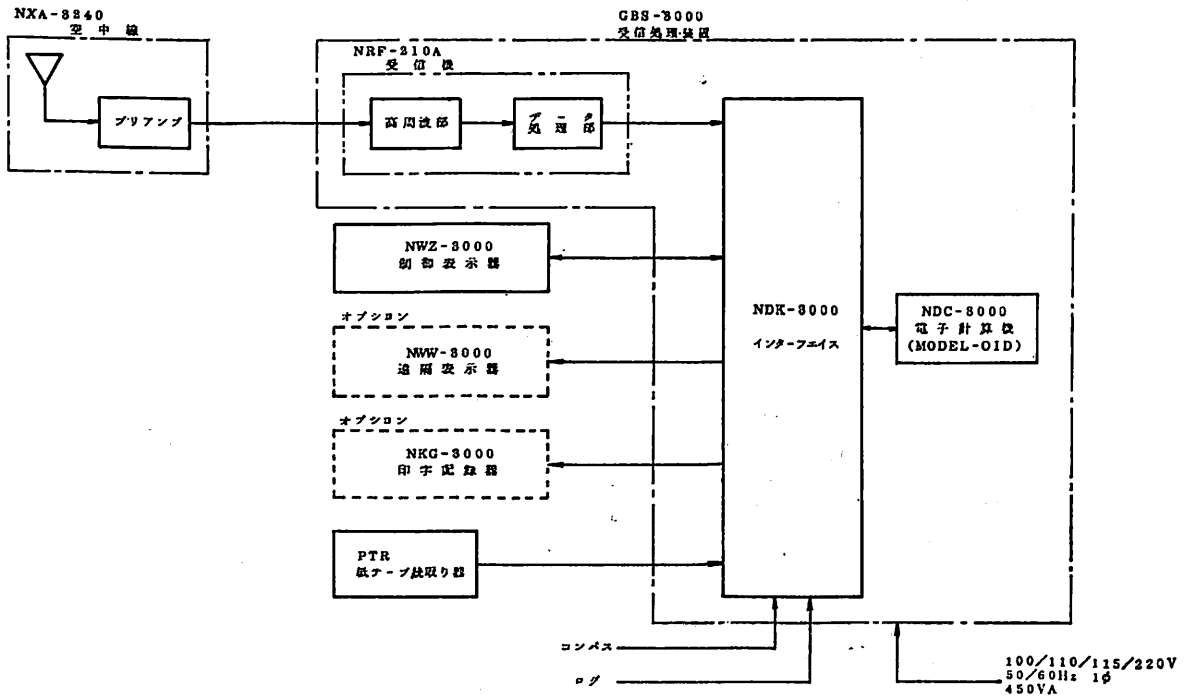
第5図および第6図に実船におけるデータを示しましたので御参照下さい。

位置測定結果の緯度、経度、時刻は制御表示器に表示されます。またオプションの遠隔表示器、印字記録器などが設けられている場合にはこれ等にも表示されます。第3図は印字記録器の記録例であります。

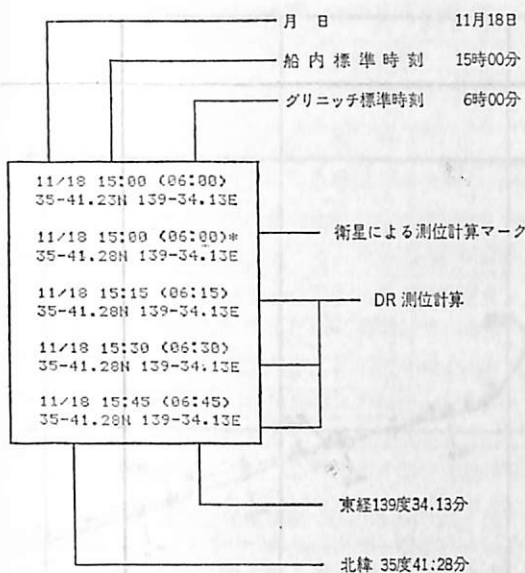
*、** 日本無線株式会社 技術第二部航海計器課



第1図 JLE-3000 形衛星航法装置総合系統図



第2図 JLE-3000 形衛星航法装置ブロックダイアグラム



第3図 このプリントアウト例は、11月18日に制御表示器の **PR1** (印字時間間隔) のボタンを操作して、印字時間間隔を15分に指定してあったので、15:00 衛星による測位計算出力のあと15分ごとに推測航法計算の結果が印字されています。

3. 特 長

3-1 完全自動方式

測位計算に必要な針路・速度を計算機に入力する場合に2通りの方法があります。1つは本船が針路変更、速度変更するごとに現在の針路・速度をタイプライタまたはテンキイから手動にて入力する方法であります。他の1つはジャイロコンパスとログから自動的に針路・速度の信号を取込む方法であります。前者は操作がめんどうであるばかりでなく精度が期待できません。後者はAUTOMATIC DEAD RECKONINGとかON-LINE DEAD RECKONINGとか呼ばれているものであります。当社の衛星航法装置にはそのためのインタフェースが標準装備になっております。従つて出港時の初期値の設定のほかは航海中は何の操作も必要なく高精度が期待できます。もちろん、当社の衛星航法装置は手動による推測航法も可能であります。この場合には制御表示器のキーボードから針路・船速のデータを入力します。

3-2 LAST FIX

制御表示器には常に自動推測航法計算による現在の船位が緯度・経度・時刻の形で表示されていますが、衛星による最終測位結果を必要とする場合には制御表示器の

キーを押すことにより即座に表示することができます。

3-3 自動信頼度チェック

衛星による位置測定結果は衛星の最大仰角繰返し計算回数、推測航法位置との差などの観点から電子計算機により自動的に信頼度の評価が行なわれます。その評価の結果不合格とされたものは、衛星による測位結果は表示されませんが、不合格となつた項目に対応するアラームランプが表示されます。

ですから、ユーザーの方々御自身が緯度・経度・時刻等とともに前述のような信頼性に関するデータからその測位結果の信頼性を評価するというような複雑さもなく表示された位置測位結果は常に安心して御使用戴けます。

3-4 連続受信衛星の識別

同時に複数個の衛星が飛来した場合には二重受信防止ソフトウェアにより、各々の衛星の信号が識別されますので、受信データが混乱することもなく高精度の位置測定が可能です。

3-5 電子計算機

この装置に使用している電子計算機は海上で多数の使用実績がある高性能機であるばかりでなく、全世界的なサービスが受けられます。

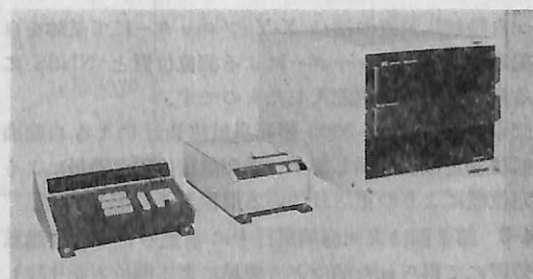
3-6 機能の拡張性

各種航法計算、衛星飛来時刻予報、計算等が可能です。(オプション)

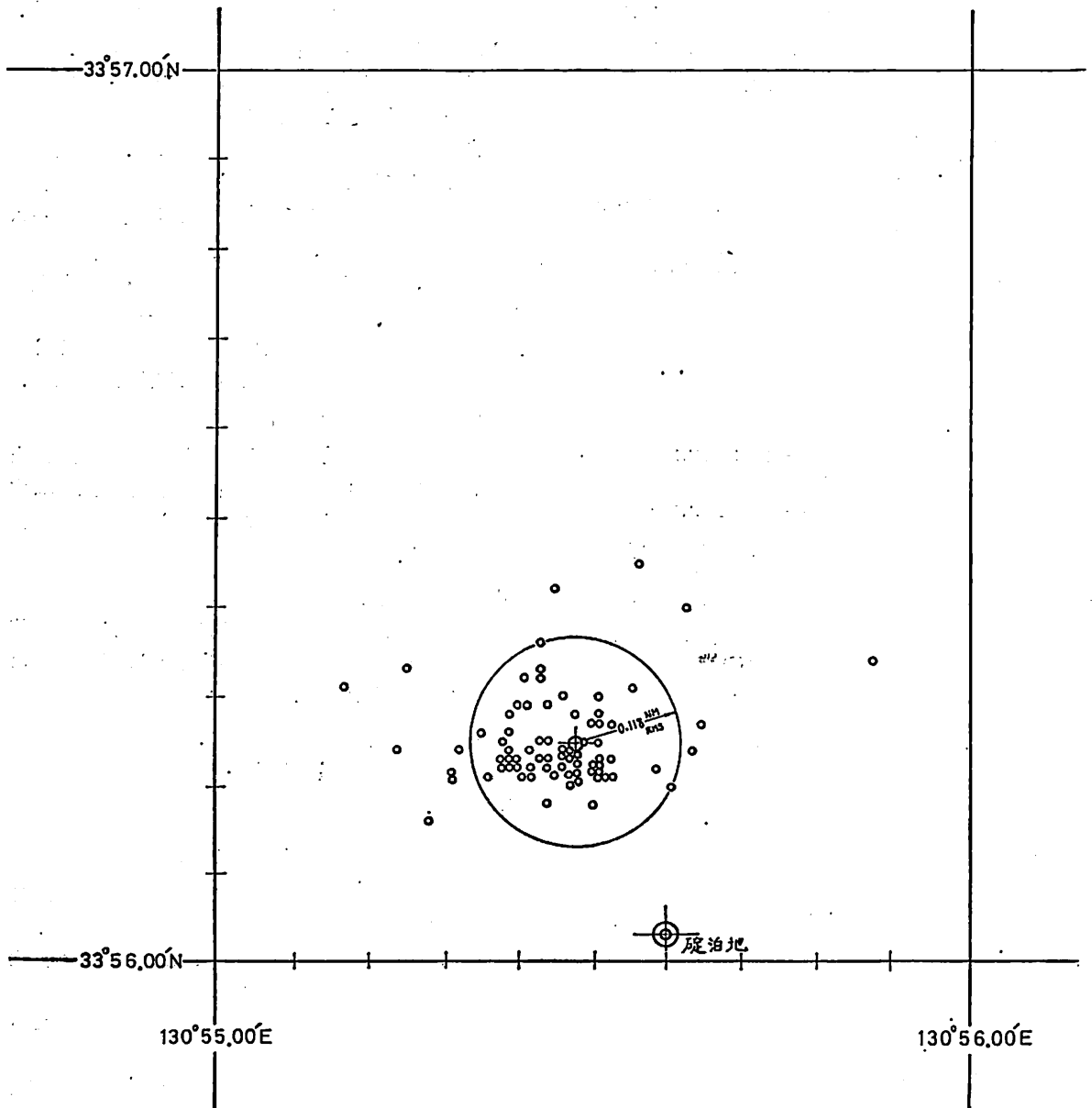
4. 実船データの紹介

4-1 第4図は下関にて受信した昭和49年5月24日～5月28日、4日間の碇泊地測位データをプロットしたもので、平均誤差は0.118 NM (RMS)です。測位位置の中心点が碇泊地から約450m北西にずれているのは、NNSSで採用している測地系と日本で採用している測地系との違いによるものです。

4-2 第5図、第6図は九州海域において当社のJNA-108形ロラン受信機2台と、電子計算機を組合せたロ



制御表示器 印字記録器 受信処理装置



第4図 碇泊時測位データ

ラン自動航法装置の持つ X-Y プロッターにて航跡を自動記録したものにレーダーによる測位位置と NNSS による測定位置を後刻記入したものです。

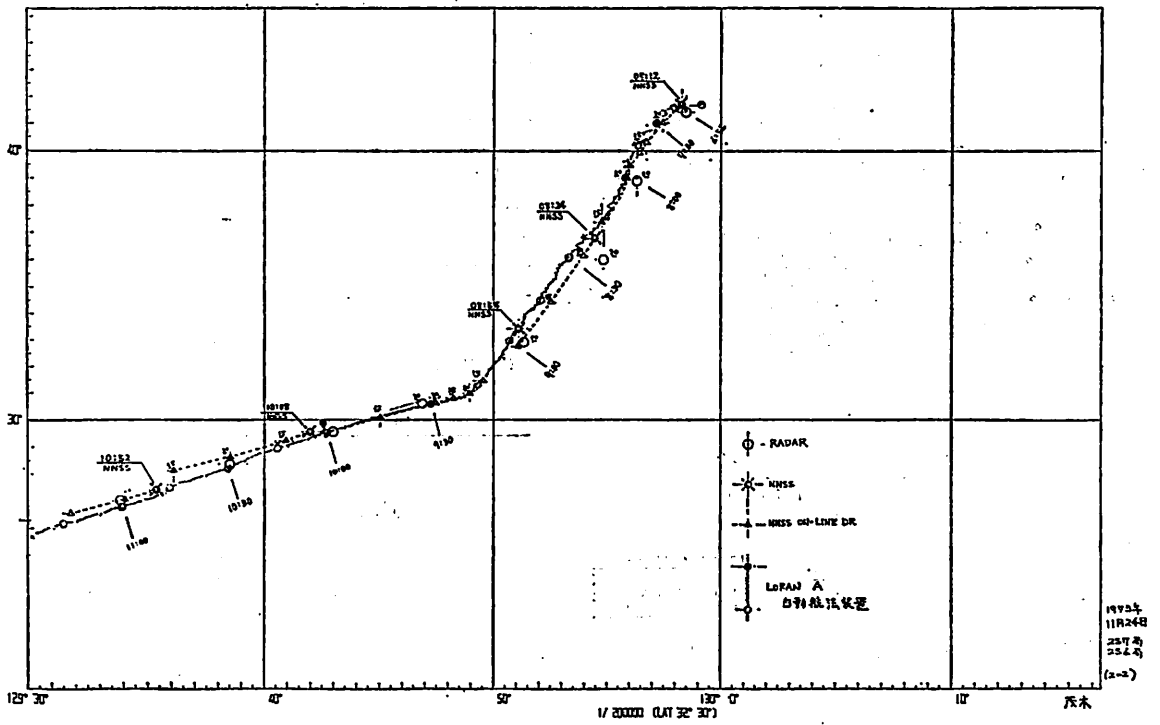
図中△印は JLE-3000 形衛星航法装置による自動推測航法測定位置を示します。推測航法位置が衛星による測定位置により較正されている模様がよく解ります。

4-3 第7図は九州海域航行中に前述のロラン自動航法装置にて得られた測位と、衛星による測位とを比較したもので平均誤差は 0.56 NM (RMS) でした。使用し

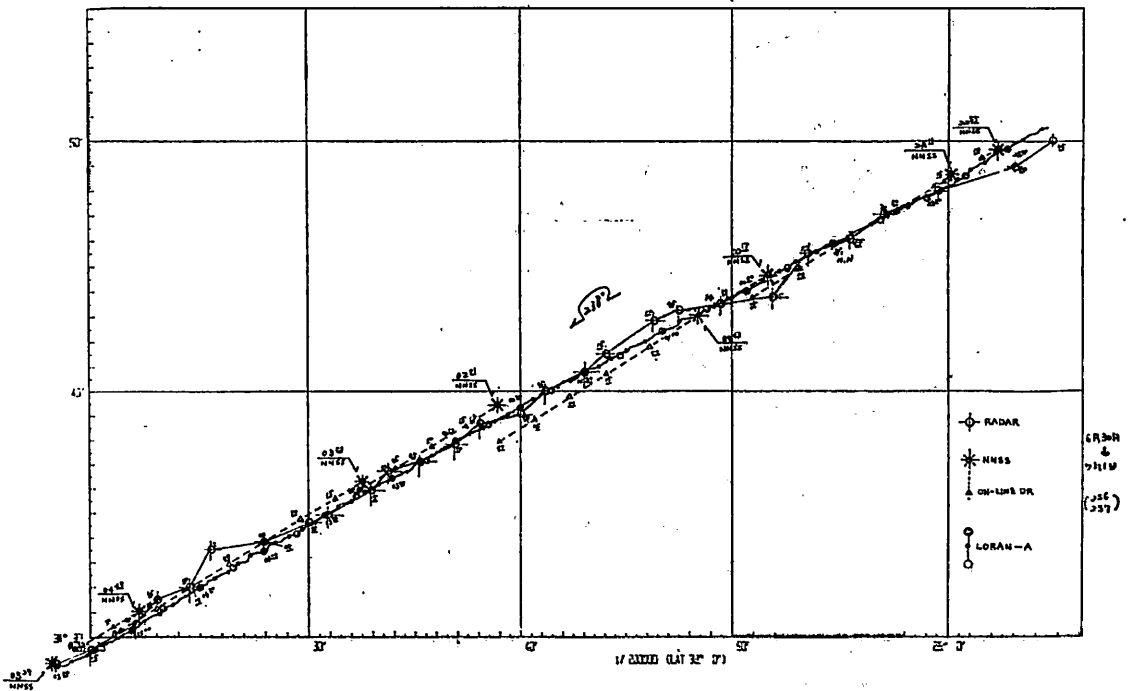
たロラン局は 2S6, 2S7 位置の線の交角約 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 位置の線の幅約 $0.1\sim 0.16$ NM/ μ sec でした。レーダで使用する陸標までの距離は約 20 NM 前後方位、距離法による位置測定でした。

第7図および第8図中、衛星による測位の中心点がいずれも約 400 m ほど北西にずれています。これはロランシステムおよび日本の海図の測地系と衛星航法の測地系との相違によつて生ずるものであります。

従つて、使用者は NNSS のこうした性格をよく認識

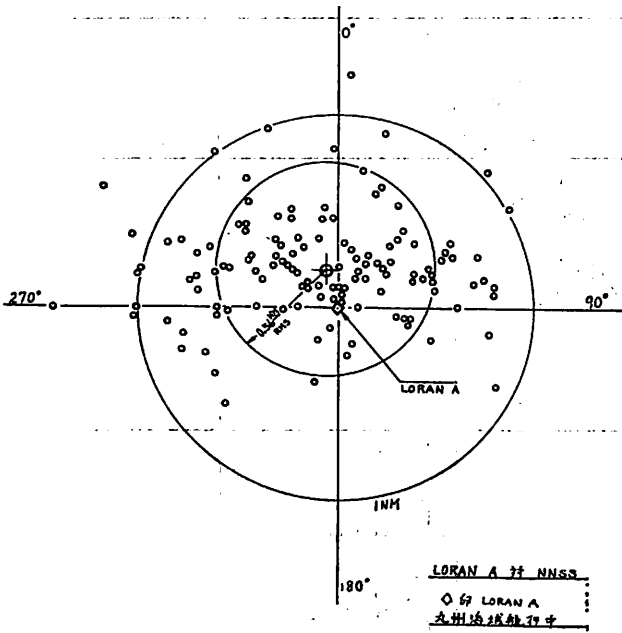


第 5 図

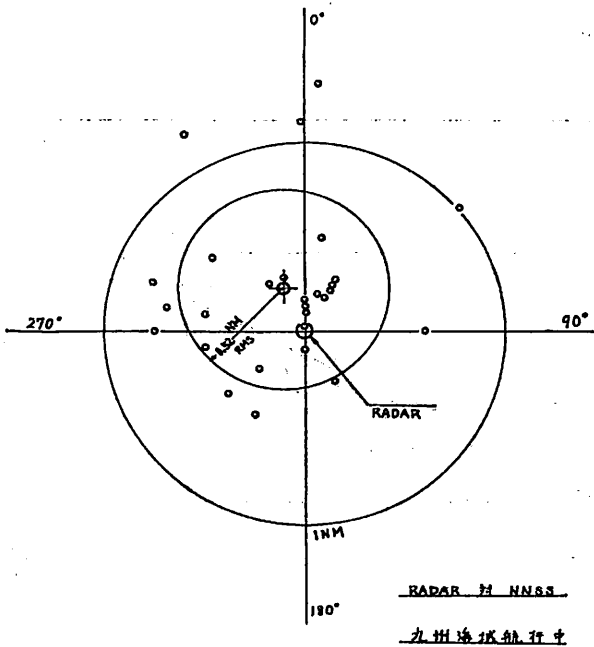


第 6 図

(第 5 図, 第 6 図) NNSS, RADAR および LORAN 自動航法装置による位置測定結果例



第7図 ロラン A と比較した航行時測位結果



第8図 レーダーと比較した航行時測位結果

して使用する必要があります。

NNSS の重要な誤差要因の一つに船が移動中に衛星による位置測定を行なう場合にはこの誤差が測位結果に最大の影響をおよぼすと考えられます。現在ではロラ

第1表 JLE-3000 形衛星航法装置の構成

機器名および形名		備 考
組 合 形 名	JLE-3000	1 式
空 中 機	NXA-8240	1 台
受信処理装置 GBS-8000	受 信 機 NRF-210A	1 台
	電 子 計 算 機 MODEL-01D	1 台
	インタフェース NDK-8000	1 台
制 御 表 示 器	NWZ-8000	1 台
印 字 記 録 器	NKG-8600	オプション
遠 隔 表 示 器	NWW-8000	*
付 属 品	プログラムテープ NA-ST23001-74	1 巻
	データテープ NA-CT23001-74	1 巻
	紙テープ読取り器 PTCR-50	1 台
	テストユニット A4L-PC1011-28A	1 コ
	予 備 品	一式

第2表 JLE-3000 形衛星航法装置の仕様

受 信 機	受信周波数 899.968MHz±12KHz 受信感度 -145dBm ダイナミックレンジ -90dBm~-145dBm 同 調 方 式 完全自動
測 位 精 度	碇 泊 時 0.1NM(RMS) 航 行 時 0.5NM(RMS) (但し、船速誤差 1KT以内のとき)
電 子 計 算 機	NOVAシリーズ MODEL-01D 配 憶 容 量 4K語(82K語まで拡張可能) 停 電 対 策 自動再起動機構付き
表 示	緯 度 ××度××.××分 N,S 経 度 ××度××.××分 E,W 時 刻 ××時××分 デ ー タ ××××
入 力 電 源	電 圧 AC 100/110/115/220V ± 10% 周 波 数 50/60Hz 消 費 電 力 450VA
使 用 温 度 範 圍	空 中 機 -20°C~+70°C そ の 他 0°C~+50°C
重 量	空 中 機 5.5kg 受 信 処 理 装 置 100kg 制 御 表 示 器 8.5kg 遠 隔 表 示 器 8.5kg 印 字 記 録 器 12kg

ン、オメガなどと組合せてこの誤差を取除くことが考えられます。

5. あとがき

以上 JLE-3000 形衛星航法装置の特長、性能などを簡単にのべましたが、本文が、これから航法機器を選定されようとしているユーザーの方々の御参考になれば幸と存じます。

衛星航法システム PYXIS-7

久永 哲生*

1. ま え が き

船位を測定する手段として、昔からの天測とともに、近年各種の電波航法が利用されるようになった。全世界的な電波航法システムとしては、オメガと NNSS の 2 つがあり、オメガは送信局の建設も進み手軽に使えることから、受信機を搭載する船舶が増加しつつある。一方 NNSS は、1967 年米国から民間利用が認められたが、受信装置が複雑なことから当初なかなか利用しにくい状態にあつた。しかし最近電子工学およびコンピュータ技術の飛躍的な発展により、小型で高性能な受信装置の開発が進み、次第に一般化しつつある。衛星もすでに 6 個 (表 1 参照) が運用中であり、平均 1 時間に 1 回の受信が期待できる状態にある。このシステムの特徴は、測定位置の精度が高くしかも上空の衛星からの安定な UHF 波を受けるため、地球上どこでもほぼ同一の受信状態が得られることである。また、コンピュータの使用により人間の操作をほとんど必要とせず、ほぼ自動的に位置測定を行ない、結果が緯度と経度で表示されることも魅力の一つである。ここでは、NNSS の一般的な測位原理については割愛し、当社の受信システム PYXIS-7 の内容を紹介する。

2. システムの概要と特徴

PYXIS-7 の構成を図 1 に示す。全体は大きく分けて、

本体、アンテナ、テーブリーダによって構成される。本体は、レシーバ (受信部)、コンピュータ、プリンタおよび操作部からなり、外観はデスク型となつている。操作部はすべて上面に集約され、立つて操作するのに最適な高さが選ばれている。またデスク型であるため、直接床に固定すればよく、据え付けのための机などを必要としない。

航海衛星からは、399,968 MHz および 149,988 MHz の 2 波が発信されているが、調査船等特殊な用途を除いて、前者 1 波の受信が必要にして十分な精度が得られるため、PYXIS-7 は 1 波のみのシングル・チャンネル・システムとしている。

次に本機の特徴を記す。

- 専用キーボードを主体とする簡単な操作
- LED ディスプレイとプリンタによる 2 系統の表示
- 時刻、緯度、経度の同時表示
- 保守の容易な高速電子プリンタの採用
- 高速テーブリーダとオートプログラムロード機構による簡単なプログラム・テープの読み込み
- レシーバ・モニタおよび手動同調機構付き
- 不要電波排除回路

3. システム機能

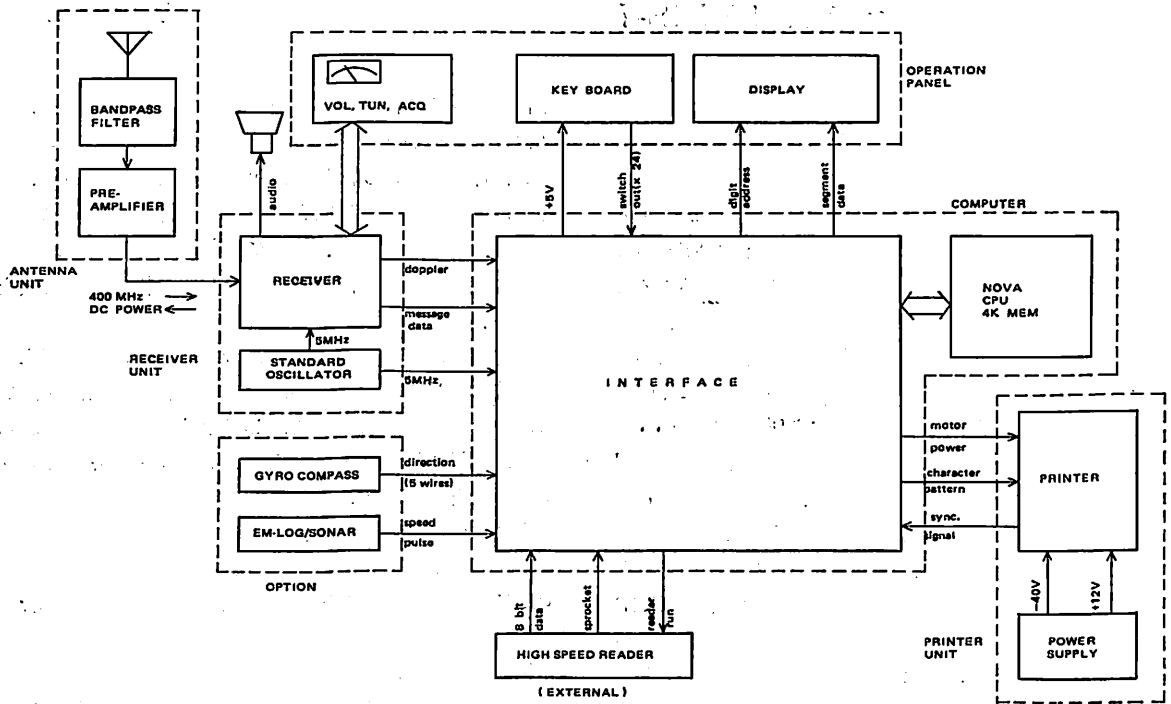
システムは、使用に先立ち次の値をセットしなければならない。

表 1 衛星の軌道情報

昭和 49 年 11 月 19 日現在

軌道要素	衛星番号	30120	30130	30140	30180	30190	30200
tp	近地点時間 (分)	9553828	7206351	7913066	5737274	11403981	6392695
n	平均角速度 (度)	33814094	33662454	33727443	33671025	33654790	34104408
W	近地点引数 (度)	50905	2299570	2166944	350399	1298797	2663248
W	同上変化率	0.0020192	0.0020022	0.0020161	0.0019665	0.0019431	0.0021207
E	離心率	0.001645	0.001024	0.004133	0.008448	0.018702	0.015620
A	軌道長半径 (Km)	744099	746332	745372	746205	746445	739870
Ω	昇交点赤経 (度)	142310	3286776	3555212	2769174	2474032	1151389
$\dot{\Omega}$	同上変化率	0.0000169	-0.0000239	-0.0000511	0.0000003	0.0000058	0.0000102
Cos i	軌道傾斜角	-0.003790	0.006421	0.013024	0.000358	-0.001785	-0.002888
AG	グリニッチ経度 (度)	297.1422	2382946	2560108	2014671	3435227	2178975
sin i	軌道傾斜角	0.999993	0.999979	0.999915	1.000000	0.999997	0.999996
day	元 期	323	323	323	323	323	323

* 山武ハネウエル株式会社・船舶海洋システム事業部
開発課



PYXIS-7 BLOCK DIAGRAM

図1 PYXIS-7 BLOCK DIAGRAM

- ・ GMT (グリニッチ標準時)
- ・ LAT (緯度)
- ・ LON (経度)
- ・ ANT (平均海面上のアンテナ高)
- ・ SPD (船速)
- ・ HDG (針路)
- ・ DAY (日付)

これらの入力はすべてキーボードを使い、ディスプレイを見ながら容易に行なうことができる。初期設定の後、システムは自動的に次の作業を行ない、設定値に変更のない限り手動の作業を必要としない。

① 衛星電波を受信していないとき

- 電波のサーチ
- 1秒毎の推測位置の計算と表示

② 衛星電波受信中

- 衛星周波数への追従
- データ収集 (衛星からの軌道情報と、ドップラ・カウント)
- 不良データのチェック

③ 衛星の通過後

- (収集データのプリント・アウト)
- 位置計算と結果の判定

○ 結果の表示

○ (結果のプリント・アウト)

③の後自動的に①に戻る。ただし()内は、オペレータの選択により、省略することができる。

(1) 衛星電波を受信していないとき

レーザ部は絶えず受信周波数をスイープし、衛星電波を探している。この理由は、衛星の送信周波数は399,968 MHz一定であるが、衛星と船との相対的な位置の変化によつて生じるドップラ偏位のため、受信時の周波数が変化するためである。レーザのサーチのようすは、ドップラ・メータによつて確認することができる。

一方コンピュータは、設定された船速と針路に従い、1秒毎に時刻の更新と緯度、経度の推測計算を行ない、ディスプレイを行なう。

(2) 衛星電波受信中

衛星電波を発見すると、レーザは周波数のスイープを中止して電波に位相追従 (Phase-Lock) する。衛星からの電波には、2分間に6103ビットの速さで軌道情報が位相変調されてくるので、レーザはまず各ビットに対する同期 (Bit Rate Sync.) を行ない、情報(φか1)を正しく復調できる態勢を整える。送信情報には、シリ

ーズに並べられた各ビットの区切りを付けるためのタイム・マークが2分毎に含まれるが、レシーバはこれを検出して同期 (Message Sync.) をとる、この同期により、あらかじめ定められた情報の送信形式に、受信データを対応づけることが可能になる。電波の伝搬状態が悪いと、雑音のためエラーが含まれることがあるが、衛星の送信内容は2分毎に繰り返されるので、何回かのデータを受信した後、各データを照合し、多数決の原理により正しい情報を得ている。

一方、衛星の電波の周波数偏位すなわちドップラ・シフトを、レシーバ内の高安定度水晶発振器を基準として、精密に測定する。この測定値をある時間ずつ加算した積算ドップラ・カウントが実際の計算に使われる。積算する時間は、2分間5分割のいわゆるショート・ドップラ方式をとっている。このドップラ・カウントも雑音によつて乱されることがあるため、チェックを行ない不良データは切り捨ててから計算に使う。

一回の衛星の受信時間は、衛星の仰角によつて変化し、1分以下から最高16分のもまでである。従つて得られるドップラ・データの数は0~40の間に分布する。本機ではデータ数15すなわち6分以上受信すると、受信終了後位置計算を行なう。データ数14以下で受信が切れた場合、4分間待機し再び同じ衛星の電波が入らなると、その衛星はデータ数不足のため切り捨てられる。再び同衛星を受信し、データ数15以上になると、中断前のデータと接続して計算を行なう。

また同時刻に2つの衛星が現われ、周波数が近接した場合、受信している衛星が他にすりかわる場合がある。これによるデータの混乱を避けるため、プログラムによつて衛星軌道データの内容を絶えずチェックしている。もし一つの衛星データを十分に収集した後他の衛星に移つた場合、後者のデータ収集を中止し、前者のみで計算に移る。逆に前者のデータが十分でない場合には、前者は捨てられ、後者のデータ収集を続行する。この他、1日に2回行なわれる衛星情報の入れ換えを調べる、インジェクション・チェックなども行なっている。

(3) 衛星の通過後

衛星が通過した後、ドップラ・データが15以上集まっていると、直ちに得られたデータをプリンタに印字し、位置計算を実行する。この計算は無論緯度と経度を求めることであるが、実際には、推測位置 (緯度 φ_0 、経度 λ_0) からのズレ $\Delta\varphi$ 、 $\Delta\lambda$ 、およびレシーバ基準発振と送信周波数の差 f_0 の off-set、 Δf の3つを未知数にとり、得られた軌道情報とドップラ・データを基に連立方程式を解く作業が行なわれる。一回の計算で得られる

$\Delta\varphi_1$ 、 $\Delta\lambda_1$ 、 Δf_1 を使い、

$$\varphi_1 = \varphi_0 + \Delta\varphi_1$$

$$\lambda_1 = \lambda_0 + \Delta\lambda_1$$

$$f_1 = f_0 + \Delta f_1$$

を求め、次にこの φ_1 、 λ_1 、 f_1 を使つて再び演算し、 $\Delta\varphi_2$ 、 $\Delta\lambda_2$ 、 Δf_2 を求める。このようにして反復計算を行ない、 i 回目に得られた $\Delta\varphi_i$ 、 $\Delta\lambda_i$ 、 Δf_i のすべてが十分小さくなつたとき計算を打ち切り、そのときの φ_i 、 λ_i 、 f_i を解とする。ここで得られる位置は、データ収集開始地点である。演算時には、得られた解の判定も行ない、次の4種の分類 (1~4) を行なう。

- "1"...良好な解である。
- "2"...方程式が規定の反復回数で収束せず、解は信用できない。
- "3"...解が推測位置から10マイル以上離れている。
- "4"...残差 (Residual) が許容値以上であり、解は信用できない。

"1"が出た場合のみ、推測位置は計算解を起点とした位置に更新される (図2参照)。このため計算終了時には、図2のように表示が $R \rightarrow R'$ と不連続に変化する。表示される位置の真値からの誤差を示すと図3のようになる。すなわち、時間の経過とともに推測航法による誤

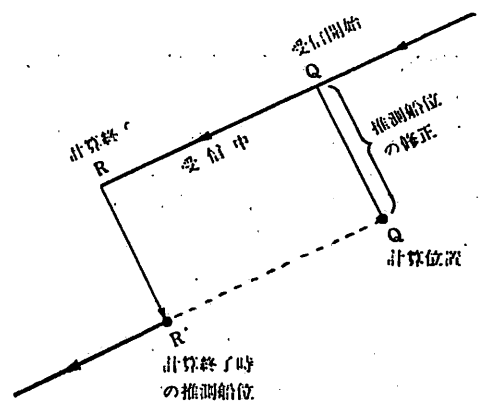


図2 推測船位の修正方法

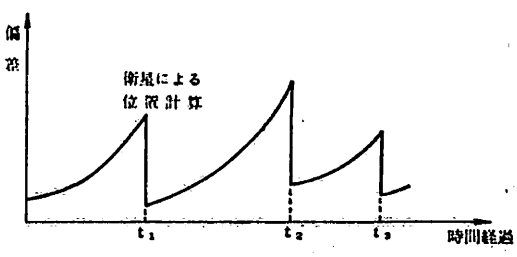


図3 推測船位の修正

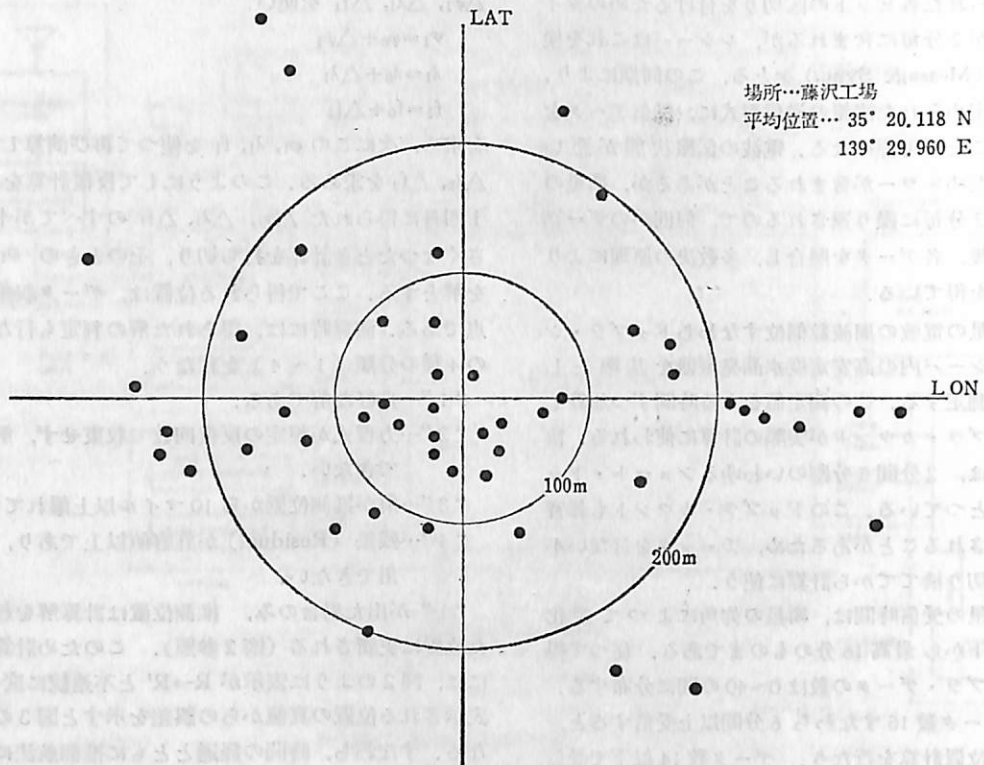


図4 測定位置の分布

差の増加と、衛星による位置決定時の誤差の減少が繰り返される。

当社藤沢工場で、測定された位置（判定が“1”のもの）をプロットしたのが図4である。精度として、固定点で緯度方向で、0.1NM、経度方向で0.2NMが得られる。移動時には、速度と針路の入力誤差が影響するため、精度は固定点より悪化する。この影響は、仰角の高い衛星程大きく受け、例えば南北方向に1ktの速度誤差があると、仰角 10° の衛星では0.3NM、仰角 70° の衛星では0.5NMの誤差を生じる。

4. 各部の動作

PYXIS-7を構成する各部分の機能、特徴等を述べる。

(1) アンテナ系

アンテナとしては、衛星の受信に理想的なヘリカルタイプを採用している。このアンテナは、半球に近い指向特性を持つため、グラウンド・プレーン型で起こりやすい、衛星が真上きたときの受信感度の低下や受信のときれなどが皆無である。素子は同筒状のカバーで保護されており、天候、湿気、塩分等の影響を受けず、また温度特性に優れている。400MHzともなると、同軸ケー

ブルのロスも無視できない程になるため、受信された信号は、アンテナと一体になったプリアンプにより直ちに増幅される。このプリアンプはNF (Noise Figure) を低く設計してあるため、非常に高感度である。アンプの電源（直流）は、レシーバから同軸ケーブルを通じて供給されるため、本体とアンテナは1本のケーブルによつ



写真1 PYXIS-7 外観

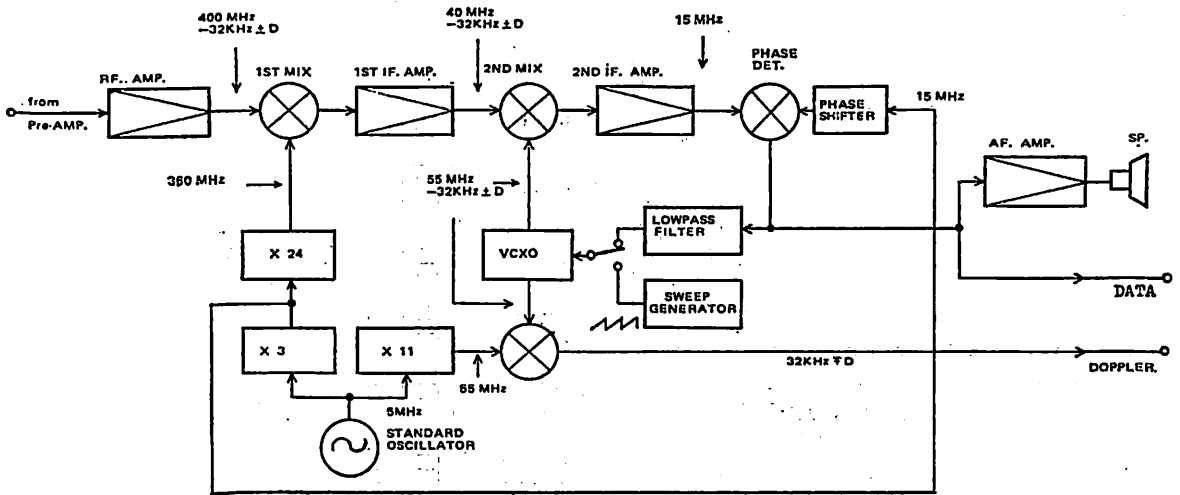


図 5 PYXIS-7 RECEIVER (RF PART)

て接続される。

(2) レシーバ部

全体は高周波部、信号処理部（ロジック回路）、および基準水晶発振器により構成される。各部分は、プラグイン・ユニットであるため、保守が容易である。

高周波部は図5に示されるようにダブル・スーパーヘテロダイン方式をとっている。第1中間周波段には、ドップラ・シフトが含まれるが、第2中間周波段には含まれない。両段とも、クリスタル・フィルタを使用し、十分な選択度を得ている。第2局部発振器は、VCXO (Voltage Controlled X'tal Oscillator) になっており、制御電圧によつて発振周波数をコントロールできる。通常はこの VCXO に鋸歯状波を加え、自動的に受信周波数をスイープする。または手動操作により、任意の電圧を VCXO に加え手動同調することも可能である。衛星の電波がキャッチされると、自動的に PLL (Phase Locked Loop) モードに切り換えられ、衛星周波数にロックし追従する。もし、衛星以外の電波にロックした場合には、自動的に判別して追従を止める。PLL モードのとき、VCXO には位相検波器からローパス・フィルタを経てきた信号が入る。VCXO の周波数は基準発振と絶えず比較され、その差がドップラ・データとなる。一方、位相変調された送信データは、位相検波器から信号処理部に入り、“0”か“1”かの判別が行なわれる。位相検波器の出力は同時に増幅され、スピーカによるモニタが可能である。

基準発振器は、ドップラ・シフトの計測に使用されるため高い安定度が要求されるが、本機では長期間エージ

ングによつて厳選されたものを用いている。この発振は、インターフェースを介してコンピュータにリアル・タイム・クロックとしても使用される。

(3) コンピュータ

コンピュータには、16 bit ミニコンの NOVA MODEL-01 (4 K 語コア・メモリ) を採用している。このミニコンは、構造が非常に簡素化され、すべてプラグイン方式になっているため、信頼性が高く、メンテナンスが容易である。

電源異常割込み/再スタート機構により、電源スイッチを ON にすると同時にプログラムがスタートし、操作部他すべての管理を行なうため、コンピュータ自身の操作パネルは持たない。また停電時にもメモリの内容は完全に保護されるようになっており、プログラムが破壊されることは皆無に近い。万一、プログラムの入れ換えが必要な場合には、内蔵の APL (Automatic Program Loader) によつてテープリーダー上のテープをワンタッチで読ませることができる。なおコンピュータと他の部分のインターフェースは、NOVA の筐体に内蔵されている。

(4) 操作部

操作パネルの外観を写真2に示す。

a. ディスプレイ

4つの部分が GMT, LAT, LON, AUX の表示を独立に行なう。

- GMT (6桁) 時, 分, 秒
- LAT (符号付き7桁) 0.001' 単位
- LON (符号付き8桁) 0.001' 単位

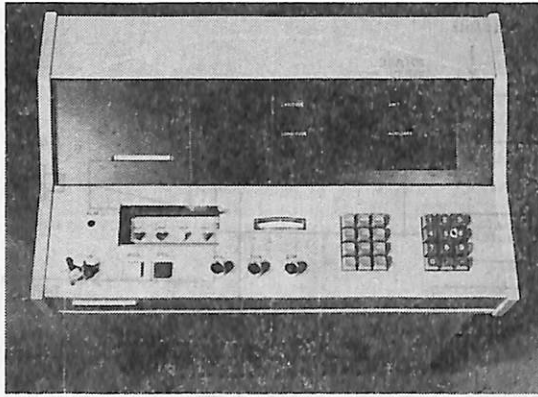


写真 2 操作パネル

○AUX (6桁) 補助ファンクション (図6)
 ディスプレイには次の2つの表示モードがある。
 ○DR モード…推測航法表示
 ○LFX モード…最終計算位置表示
 DR モードでは、1秒毎の現在時刻と位置が表示され、LFX モードでは最後に受信した衛星による計算位置、時刻および解の判定が表示される。
 表示器には、7セグメントのLEDを使用しており、輝度は連続可変である。LEDは固体素子であるため、長寿命を有するが、チェック・ボタンによ

りすべての桁に“8”を表示させて、点検することができる。

① スピード	5	23.0	
② ヘディング	H	140.0	
③ アンテナの高さ	A	-160.0	
④ スピード 入力方法	F1		1—Auto 0—Manual
⑤ ヘディング 入力方法	F2		1—Auto 0—Manual
⑥ 軌道情報の プリントアウト	F3		1—Type out 0—Not
⑦ 演算結果の プリントアウト	F4		1—Type out 0—Not
⑧ 日付	F5	365	1—365日
⑨ ドプラー データの枚	F6	40	1—40
⑩ 演算結果	F9		1—4

図 6 AUXILIARY 表示管の表示項目と表示形式

OUT-1 UARI 02019297 03033295 04046284 05057266 06067242 07073212 08077179 09077144 40074110 41068077 42059049 43048027 44036011 FIX 02101312 03014117 00065968 00020252 00001681 00744098 00142212 00000138 00003784 01103192 00030120 00540323 00999993 00166000 00000000 00000000 00000000	衛星の軌道情報 可変データ (t-6) (t-4) (t-2) t (t+2) (t+4) (t+6) (t+8) (t+10) (t+12) (t+14) (t+16) (t+18) 固定データ (Keplerデータ) 近地点通過時刻 Tp 平均角速度 tpでの近地点引数 近地点引数の変化率 軌道の離心率 軌道の長半径 tpでの昇交点経緯 昇交点経緯の変化率 軌道傾斜角の余弦 tpでのグリニッチ経度 衛星番号 (使用せず) 軌道傾斜角の正弦 (使用せず) (使用せず) (使用せず) (使用せず)	DDPP 00589128 00594436 00600548 00607572 00749098 00626924 00637598 00649582 00662900 00826054 00696848 00713780 00731314 00749082 00934754 00787362 00803369 00818234 00831824 01028093 00857228 00866656 00874939 00882180 01081368 00995068 00899692 00903694 00907157 01107310 00913244	ドプラーデータ 2分 2分 2分 2分 2分	OUT-2 1 1 323 10:40 2 00030120 3 2 4 035.20.160 5 139.30.038 6 0.0 7 0.0 8 1111111111111111 111111111111100 0000000000	演算結果の打出し 解の判定、日、受信時刻 衛星番号 演算のくり返し回数 経度 緯度 スピード ヘディング ドプラー・ストリング	OUT-3 323 19:54 日、受信時刻
--	---	--	---------------------------------------	--	---	---------------------------

図 7 プリント印字例

b. キーボード

ファンクションキーと数字キーに分れ、各々12ずつのキーからなる。ファンクションキーには次のようなものがある。

- ENT…数値入力データの転送指令
- LAT…緯度の表示と入力
- LON…経度の表示と入力
- GMT…グリニッチ標準時の表示と入力
- HDG…ヘディングの表示と入力
- SPD…スピードの表示と入力
- ANT…平均海面上のアンテナ高の表示と入力
- LFX…最後に計算した位置の表示
- MUF…数字キーと組み合わせ、各種機能の表示と入力(図6参照)

キーボードには、当社のSSK(Solid State Keyboard)を使用しており、軽いタッチで確実な動作を行ない、操作性は抜群である。

操作部にはこの他、レシーバ関係の機能、プログラム・ロード・ボタン、電源スイッチ等がある。

(5) プリンタ

プリンタは、図7に示されるように3種類の印字を行なう。

- OUT-1 …衛星の軌道情報とドップラ・データ
- OUT-2 …演算結果
- OUT-3 …データ不足時の受信結果

印字は放電破壊記録方式で行なわれるため、インクやリボンを使用せず、保守が容易である。また印字中以外にはモータを停止するので無音であり、トラブルが少ない。記録紙は、専用のものを使用するが、印字が鮮明であり印字中でも無臭である。印字される文字は、5×7のドット・マトリクスで表現され、その種類はスペースを含めて64となつている。

(6) テープリーダー

光電式の高速リーダーであり、連続読みさせているので、誤読は少なく、システムテープを30秒以内で読み込む。

5. あとがき

以上、衛星航法システムPYXIS-7の内容を簡単に述べた。現在NNSSは、単体で使用されているが、将来はドップラソナー、レーダー等と組み合わせた自動航法システムの1つのセンサーとして使われるようになるであろう。

米国機械学会の原子力圧力容器認定 工場の資格取得(住友重機械工業)

住友重機械工業株式会社東子工場は原子力圧力容器等の製作に必須の品質管理体制の適格性認定に関し、世界的な權威である米国機械学会(ASME)の審査に合格した。原子力の開発にはその安全管理面における技術の向上が不可欠の要件であり、そのため原子力先進国である米国においては原子力機器を製作する工場の適格性についてつとに厳重な審査制度が設けられているが、ASMEの資格証明書は原子力機器を志向するメーカーにとつて一種のライセンスとなつている。

因みにASMEの資格に合格すると、

(1)世界の原子力発電用機器の入札に参加する上で必要な資格が得られ、また、(2)当該原子力機器に関連して発生した原子力災害等による損害をカバーするための保険を利用できる。

などの特典があることから、その審査は安全管理品質保証、製作能力、技術水準などの各方面にわたり極めて厳重である。同社では、昭和47年7月に高圧容器の分野で世界的に著名な米国CE社と技術提携をしており、これをベースに、原子力圧力容器の分野にも進出すべく昨年2月原子力企画部を発足させ、東子工場を専門工場として整備するなど準備を進めており、このたびの資格取得により本格的に同分野に取組む体制が整備されたこととなつた。

「船舶」の誌代改訂についてお願い

毎号ご愛読いただきましてありがとうございます。小誌「船舶」は次号4月号より別項予告のとおり毎号144頁立てに増頁いたし、内容の充実はもとより、総頁オフセット印刷により誌面の鮮麗化等、種々刷新を図ることと相成りました。しかしながらすでにご高承のとおり、現下、用紙・印刷・製本・その他関連諸費の高騰は著しく、そのため止むを得ず次号より誌代を次のとおり改めさせていただきますことに相成りました。事情ご賢察のうえ、今後とも引続きご愛読くださいますようお願い申し上げます。

新定価 1部 800円(送料40円)
6カ月分 4,800円(送料240円)
1カ年分 9,600円(送料共)

なお、直接予約購読については、前金切れまでは従前の誌代でお扱いいたしますので、継続誌代お払込の節、上記によりお払込みくださいますよう、お願い申し上げます。

「船舶」4月号より船艇技術誌・季刊「ボートエンジニアリング」を併合編集いたします。

1975年3月

株式会社 天然社

ダイナミックポジショニングシステム

1. はし が き

海洋構造物のダイナミックポジショニングシステム (Dynamic Positioning System, 以下 DPS と略称する) について、何か解説をするようにとのことであるが、たまたま昭和 45 年度より機械振興協会において「位置安定装置つき半潜水式プラットフォームシステムの開発研究」が実施されていて、その一部を担当したので、これをベースとして性能面を中心に説明を加え参考に供したい。

近年の世界的な石油資源の不足ならびに産油国の輸出制限もあつて、大陸棚における油田発掘の作業範囲はますます深海へと拡がりつつある。このような深海ではプラットフォームの位置を保持する新しい手段が必要となり、DPS の実用化が各所で検討されるようになって来た。すなわち、水深 500 m 位までは保留手段としてアンカ、ケーブルとウインチなどの結合システムが採用され、それ以上の水深では保留の補助手段として推進装置を用いるなどされているが、アンカ・ケーブルシステムを採用し得る水深には技術的、経済的な面から限界がある。

DPS は、最近の電子計算機による制御技術の急速な進歩と、洋上における超音波式あるいは機械式 (トートワイヤ方式) 位置検出技術の発達により、洋上において風、潮流、波などの外乱によつてプラットフォームが決められた位置から移動しようとするのを検出して、装備された推進装置を制御することにより、自動的に補正する手段として開発されたものである。掘削船に対しては、米国では海洋底探査に活躍した Glomar Challenger 号に、仏国では実験船 Terebel 号に関連して、位置検出ならびに位置制御の研究、実験が行なわれ、この成果が実機に採用されるようになって来て、すでに“Pelican”、“Saipem Due”などが稼働している。このように、DPS

は比較的早い時機に船型の掘削船に導入されているが、半潜水式プラットフォームに適用されて稼働している例はまだないようである。

2. DPS の 構 成

船型の掘削船などの DPS の研究は、水平面内における操縦(あるいは操船)の問題として取扱われる。決められた位置からの偏差を補正する機能は、普通の船舶と同じように推進用のプロペラと舵を用いると同時に、船体前後部に装備したサイドスラストを用いて前後左右方向の力ならびに回頭モーメントを与えることによつて得られる。この機能は船体の前後端に、推力の方向を自由に変えることのできる翼車プロペラや Z 型プロペラなどの推進装置を装備することによつても得られる。一般船舶

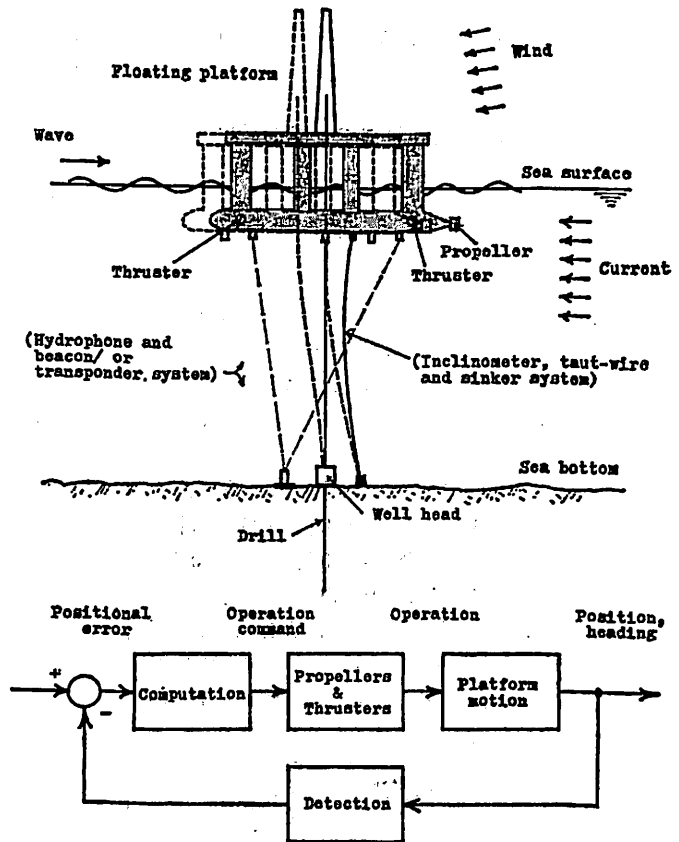


Fig. 1 Concept of dynamic positioning at floating platform

* 三菱重工業(株)長崎研究所
耐航性能研究室長

が針路保持のために、オートパイロットを用いて操舵機を自動的に操作すると同様に、DPS では外乱によってプラットフォームが決められた位置から移動しようとするのを検出して、制御用電算機で各推進装置の発生する推力の大きさと方向を制御することによって定点保持を行なうことになる。すなわち、DPS は位置検出装置、推力発生装置、制御装置からなり、その構成図は簡単に Fig. 1 に示すようになる。

半潜水式プラットフォームとしては、3ないし5個のフーティングを有する型式（フーティング型）、2あるいは4本のローワーハルを有する型式（ローワーハル型）が多く建造されている。機械振興協会では DPS 開発の対象機種として、4フーティング型および2ローワーハル型を採用し、システム全体に対して造船、計装、電気、機器メーカー各社の協力により調査、研究が進められた。特にこれら2種類の形状のちがいにとづく制御特性のちがいを明らかにするため、4フーティング型については日立造船（株）、2ローワーハル型については三菱重工業（株）でそれぞれ総合シミュレーション実験が実施された。この機種に対する DPS の構成としては種々の配

置形式が考えられるが、Fig. 2 に示すように4フーティング型にはそれぞれのフーティングの下面にZ型プロペラを装備した型式とし、2ローワーハル型には各ローワーハルの後端にノズルプロペラを、前後部にそれぞれサイドスラスト（トンネル式）を装備した型式がとられている。

3. 位置検出装置および推力発生装置

3.1 位置検出装置

半潜水式プラットフォームに DPS を採用する場合には、その作業性能の面から大洋航行中の一般船舶の船位測定以上の精度で位置検出を行なう必要があるため、この技術の開発が重要な課題である。

一般船舶では、陸岸に近いところでは海図と陸上で用いられて来た三角測量法で位置を求め、大洋ではロラン方式、デッカ方式、オメガ方式などの電波式測定装置を用いているが、掘削船の DPS としての位置検出に適用するには精度の面で問題がある。DPS としては、海底の決められた点との相対的な位置を精度よく検出するため、超音波式あるいは機械式位置検出法が適用されてい

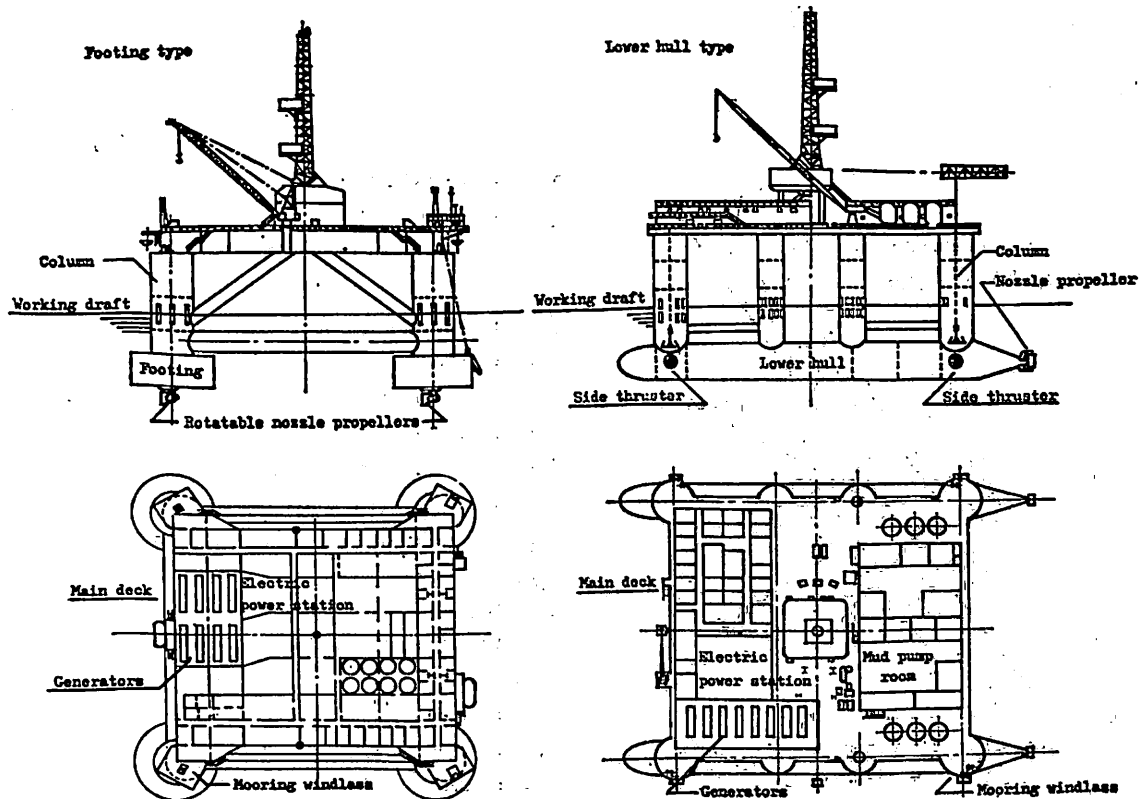


Fig. 2 Example of semi-submersible platforms

る。

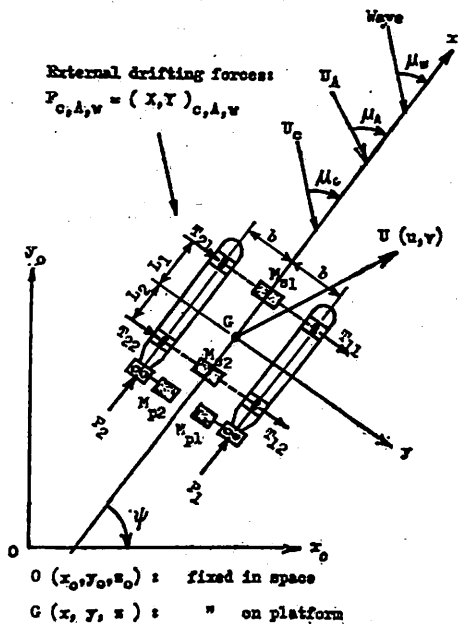
超音波式は超音波発信源からの信号を受信して、発信源との相対位置を求めるものであるが、一つのパルス信号を発信して二つの受信器に到達するパルスの時間差を測定するパルス方式と、一つのパルス信号を発信して二つの受信器でその位相差を測定する位相比較方式、あるいはこれら併用したハイブリッド方式が使用されている。海底にビーコン発信器あるいはトランスポンダを設置し、プラットフォームの底面にハイドロフォンを取付けて超音波信号の受発信を行なっているが、プラットフォームの縦揺れ、横揺れは計測精度に大きく影響するので、これを計測して補正する必要がある。精度の高い位置検出には海底にトランスポンダ4基を設置し、これからのパルス信号の到達時間差のみで偏位を算出する方法が良いと云われている。

機械式は海底の決められた点とプラットフォームとを機械的に連結して位置を検出するトートワイヤ方式が用いられている。この方式は海底の基準点にシンカーを打ち、これとプラットフォームをワイヤーで連結し、その張力が一定となるようにテンションウインチを用い、ワイヤーの基準線に対する偏角を測定して位置を求めるものである。この方式は比較的安価に得られるが、水深の深いところでは潮流の影響を大きく受ける。

3.2 推力発生装置

DPS を採用するような半潜水式プラットフォームはかなり大型となるので、これに装備される推力発生装置は大容量のものとなる。没水部の形状からも、潮流、波などの外乱に抗するためには一般船舶に比べ相対的に大きなスラストが必要とされ、また水面上の構造物による風抵抗も相当な大きさに達するので、大容量のスラストが開発されなければならない。Fig. 2 に示した半潜水プラットフォームでは、フーティング型用のZ型プロペラで 50 t/台、ローハル型用のトンネル式サイドスラストで 21 t/台の推力を要求されるので、現在船舶用に生産されているZ型プロペラ、トンネル式サイドスラストなどをそのまま採用するには容量不足である。このため機械振興協会では DPS の開発に際してこれらの開発研究を実施し、要求される大容量の推進装置を実現し得る見通しが得られている。

なお、2ローハル型に対しては、比較的安定した潮流の中での掘削作業時には、潮流抵抗が小さくなるように船首を潮流に対抗するよう保持する制御方式とするならば、21 t/台の推力を発生するスラストを用いることでよいとしているが、さらに大容量のスラストの開発が必要と云われている。また、半潜水式プラットフォームでは船舶に見られるような入渠による点検が不可能であるためスラストの保守点検に対する方策について十分な配慮が必要である。特にスラストとしてZ型プロペラや



- m : Mass of platform
- $m_{x,y}$: Added mass in x- and y-direction
- I_{zz} : Mass moment of inertia of platform
- J_{zz} : Added mass moment of inertia of "
- ψ : Heading of platform
- $U(u,v)$: platform velocity
- X_0, Y_0, N_0 : Hydrodynamic damping forces and mt.
- T_{ij} ($i, j=1,2$) : Thrust of side thrusters
- P_i ($i=1,2$) : " " nozzle propellers
- $P_i^t = P_i(1-t)$: (t : thrust deduction factor)
- $U_{c,A}$: Velocity of current and wind
- $\mu_{c,A,w}$: Incident angle of current, wind and wave
- K_{pi} ($i=1,2,3,4$) : Control gain
- T_{Ii} ($i=1,2,3,4$) : Time constant of I-control
- T_{pi} ($i=1,2,3,4$) : " " " D- "
- M_{n1} : Driving motor common to the two fore-side-thrusters
- M_{n2} : " " " " " Aft-side-thrusters
- $M_{pl,2}$: Driving motors for the nozzle propellers

Fig. 3 Coordinate axes and notions

翼車プロペラを使用する場合は保守点検の操作が複雑であり、また建造時のスラストの取付けに対しても工夫、検討が必要である。

4. 位置制御装置

DPS の心臓部である位置制御装置は、プラットフォームの水平面内における運動特性 (Open loop 特性) を知った上で、これに適した制御装置を計画し、制御装置を装備したときの制御特性 (Closed loop 特性) を検討して、装置の特性が最適な状態となるように制御器の諸常数をセットすることによって得られるので、船舶におけるオートパイロットと同じ手法で計画が行なわれる。このためにはプラットフォームの使用環境条件を設定し、これに耐えるようにスラストの容量、制御方式を決めなければならないが、機械振興協会で行なわれた DPS の開発では、Fig. 2 に示した半潜式プラットフォームに対して、海底掘削作業時の諸値を、

- 風速: 定常 20 m/s, (突風 30 m/s)
- 波高: 最大 5 m
- 潮流: 最大 3 ノット
- 水深: 300 m
- 水平変位許容量: 水深の ± 5 %

と設定されている。

4.1 制御装置

2 ロワーハル型の場合を例にとり、座標系を Fig. 3 に示すようにとる。座標系 $O-x_0y_0$ は空間固定、座標系 $O-xy$ はプラットフォームに固定で、プラットフォームの現在位置を (x_0, y_0) 、設定位置を (x_s, y_s) とする。このとき x 方向の偏差 Δx の修正はノズルプロペラ P_i ($i=1,2$) により行ない、 y 方向の偏差 Δy の修正はサ

イドスラスト T_{ij} ($i,j=1,2$) により行なうものとする。4 フーティング型の場合は Z 型プロペラの推力の方向を任意に変えることができるので、偏差の修正には適当な位置の Z 型プロペラ 1~4 個の駆動で行なうことになる。

プラットフォームの設定位置からの偏差、 (x_s-x_0) 、 (y_s-y_0) をプラットフォームに固定の座標系の軸方向成分 Δx 、 Δy に変換し、これを制御器への偏差信号として用いる。また、プラットフォームの方位角制御のための偏差信号として $\Delta\psi = \psi_s - \psi_0$ を用いる。制御器としては PID (比例+積分+微分) 制御器を使用することにし、制御器の出力として Δx 、 Δy 、 $\Delta\psi$ を補正するための各スラストの回転数をとることとする。PID 制御器の比例ゲインを K_P 、積分時間を T_I 、微分時間を T_D とすると、各スラストの回転数デマンドは次のように書き表わせる。

$$\left. \begin{aligned} n_{p1} &= K_{p1} \left(1 + \frac{1}{T_{I1}} \int dt + T_{D1} \frac{d}{dt} \right) \Delta x \\ &\quad - K_{p2} \left(1 + \frac{1}{T_{I2}} \int dt + T_{D2} \frac{d}{dt} \right) \Delta\psi \\ n_{p2} &= K_{p1} \left(1 + \frac{1}{T_{I1}} \int dt + T_{D1} \frac{d}{dt} \right) \Delta x \\ &\quad + K_{p2} \left(1 + \frac{1}{T_{I2}} \int dt + T_{D2} \frac{d}{dt} \right) \Delta\psi \\ n_{s1} &= K_{ps1} \left(1 + \frac{1}{T_{I3}} \int dt + T_{D3} \frac{d}{dt} \right) \Delta y \\ &\quad + K_{p4} \left(1 + \frac{1}{T_{I4}} \int dt + T_{D4} \frac{d}{dt} \right) \Delta\psi \\ n_{s2} &= K_{ps2} \left(1 + \frac{1}{T_{I3}} \int dt + T_{D3} \frac{d}{dt} \right) \Delta y \\ &\quad - K_{p4} \left(1 + \frac{1}{T_{I4}} \int dt + T_{D4} \frac{d}{dt} \right) \Delta\psi \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、

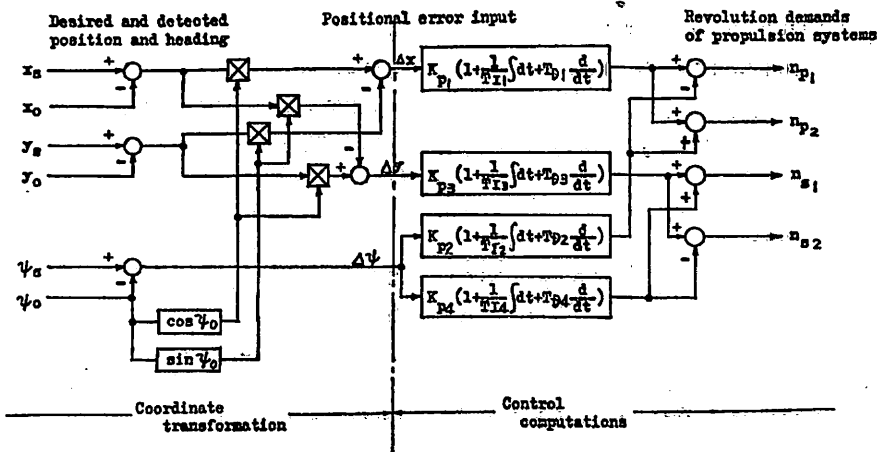


Fig. 4 PID-control algorithms

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= (x_s - x_0) \cos \psi_0 + (y_s - y_0) \sin \psi_0 \\ \Delta y &= -(x_s - x_0) \sin \psi_0 + (y_s - y_0) \cos \psi_0 \\ \Delta \psi &= \psi_s - \psi_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

この関係式をブロック線図に表わすと Fig. 4 のようになる。ここで周期的な波浪外乱に対する制御系の不必要な擾乱を防止するため、調節可能なバックラッシュ付不感帯を空間固定座標の変位偏差に挿入する。このような制御方式によりプラットフォームを位置設定値 (x_s, y_s, ψ_s) に位置決めする機能、位置決めされた後に種々の外乱に対しプラットフォームをその位置に保持する機能が得られるが、実際にはさらに制御系に異常が発生した場合とか、スラストが一部故障したときなどのバックアップの手段として、手動操作ができるようにしなければならない。

4.2 シミュレーション計算による検討

このような制御システムの計画に際しては、制御システムの設計資料を得るためならびに制御方式の妥当性を明確にするために、シミュレーション計算を行なつて検討が加えられる。このときのベースとなるプラットフォームの運動方程式は、船舶における操縦運動の方程式と同じで、右辺の強制外力の項に舵による力の代りに各スラストの推力ならびに外乱を加えた形となり、Fig. 3 に示す記号を用いて次のように与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \text{x 軸方向} \\ (m + m_x) \frac{du}{dt} - (m + m_y) vr = (P_1' + P_2') - X_0 \\ \quad + X_C + X_W + X_A \\ \text{y 軸方向} \\ (m + m_y) \frac{dv}{dt} + (m + m_x) ur = (T_{11} + T_{12} + T_{21}) \\ \quad + T_{22} + Y_0 + Y_C + Y_W + Y_A \\ \text{z 軸まわり} \\ (I_{zz} + J_{zz}) \frac{dr}{dt} = (T_{11} + T_{21}) L_2 - (T_{12} + T_{22}) L_1 \\ \quad + (P_2 - P_1) b + N_0 + N_C + N_W + N_A \end{aligned} \right\} (3)$$

ただし $r = d\psi/dt$ で、プラットフォームの空間座標で表わした運動軌跡は次の座標変換式で与えられることになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_0}{dt} &= u \cos \psi - v \sin \psi \\ \frac{dy_0}{dt} &= u \sin \psi + v \cos \psi \end{aligned} \right\} \dots\dots (4)$$

ここに流体力 X_0, Y_0 および流体モーメント N_0 は理論的に精度よく計算することがむずかしいので模型水槽試験によつて求め、またノズルプロペラ、サイドスラストの推力特性 (流入速度、回転数と発生スラストの関係) も実機あるいは模型試験によつて得られた特性曲線を用

いることになる。

一般にフィードバック制御では制御器のゲインにより制御対象の制御性は強く影響されるので、制御器の最適ゲインを決めることは重要な課題である。しかしながら、制御対象および操作部の動特性が線形微分方程式で表わされる場合は、周波数応答法などにより最適ゲインを的確に把握できるが、プラットフォームならびにスラストの特性が非線形であつたり、また制御器からの指令でスラストを駆動する操作部が非線形特性をもつていると、最適ゲインを把握することがむずかしくなる。

DPS の場合は Fig. 4 に示すように4個の制御器をもち、その出力がプラットフォームの運動に相互に影響し合うので、最適ゲインを決めるのがさらにむずかしくなる。現在このような多変数制御システムの制御系の一般的な設計法はないので、システム全体をシミュレーションして試行錯誤により制御器の最適ゲインを決めることになる。

5. 模型試験による DPS の調査、確認

DPS を装備するプラットフォームに対しては、制御システムの計画を行なう際、プラットフォームの流体力学的な特性ならびに各スラストの特性を知る必要がある。これらを理論計算により求められれば都合が良いが、現状では模型試験によつて求めている。また、これらの Open loop 特性が得られたあと、シミュレーション計算により系の最適ゲインを決め、最後に実機でその調整が行なわれることになるが、さらにこれを模型試験によつて総合的に調査、確認することが好ましい。

機械振興協会の DP プロジェクトでは、先に示した4フーティング型と2ローハル型の2種の半潜水式プラットフォームに対し、総合的な水槽試験を実施して DPS 設計手法の確認と各型式に対する DPS の特性の比較検討が行なわれた。以下に2ローハル型について実施された水槽試験の概略について説明する。

5.1 供試模型

(1) プラットフォーム模型

2ローハル型の模型本体は Fig. 2 に示すような2ローハル・8ケーソンの型状が採用されている。この形状は、日本船用機器開発協会における大陸棚開発用特殊作業船の開発の一環として三菱重工業 (株) で実施された水槽試験の成果の中の、直進曳航抵抗が最小であつた型状に相似である。実機ならびに模型の主要目は Table I の通りである。

ノズルプロペラおよびサイドスラストは、本型式のローハルに適したものを設計したが、ノズルプロペラは

Table 1 Main particulars of platform model

Item		Model	Full scale
Scale	S	1/30.00	1
Length	LoA	3.440 m	103.200 m
Breadth	B	2.570 m	77.100 m
Draft	d	0.600 m	18.000 m
Displacement	Δ	525.41 (kg)	14,541 (ton)
Yaw. gyrad.		$K_{zz}/LoA=0.30$	

Table 2 Particulars of propulsion system

Nozzle propeller model		Side thruster model	
Diameter	120.00 mm	Tunnel inner dia.	91.00 mm
Pitch ratio	0.6204	Impeller diameter	90.00 mm
Ae/Ad	0.7367	Pitch ratio	0.7500
Boss ratio	0.1840	Ae/Ad	0.4500
Nr. of blades	5	Boss ratio	0.400
Blade outline	Kaplan	Nr. of blade	4
Nozzle length	84.20 mm	(with thrust measuring device)	
Nozzle section	NSMB No. 19 a		

NSMB (オランダ試験水槽)におけるノズルプロペラに関する研究成果を参考とし、サイドスラストは、先に日本造船研究協会第59研究部会で実施された「系統的模型によるサイドスラストに関する研究」の成果を参考にしたものである。模型用のノズルプロペラおよびサイドスラストの主要目を Table 2 に示す。

(2) 駆動機構

制御方式について述べたように、本システムではx方向の偏差の修正はノズルプロペラによつて行ない、y方向の偏差の修正はサイドスラストによつて行なう方式としている。また、回転運動は前後部のサイドスラストを逆方向に作動させることによつて行なう方式であるが、両舷のノズルプロペラをたがいに逆方向に作動させることによつても行なう。したがつて、前後部のサイドスラストに各1台、ノズルプロペラにはそれぞれ1台の合計4台の駆動電動機を取付け、DPSとしてはこの4台の駆動電動機の回転数と回転方向を制御することになる。

(3) 位置検出装置

実機においては位置検出は重要な項目であるが、この試験の目的がプラットフォームの位置を示す信号が与え

られたときに、これを入力信号として位置制御をどのように適切に行なうかという点にあるため、実機に相似な方法をとつていない。すなわち、試験水槽の曳引車上に波浪中における船体の6方向運動を計測する装置を置き、これをプラットフォームに連結してその運動を検出し、必要な信号を取り出せるようにすることで代用している。なお、4フーティング型の実験の際には超音波を用いた位置検出が行なわれた。

5.2 試験法

(1) 流体力学的特性の計測法

プラットフォームが水平面内を運動するときの流体力学的な特性は、プラットフォームをx方向、y方向あるいは斜め方向に曳航して曳航抵抗を計測するとともに、一般船舶の操縦性能の推定の場合と同様に、プラットフォーム模型を決められた振幅、周期で強制的に動揺(Swaying および Yawing)させ、そのときの流体反力を計測することにより、抵抗係数や付加質量、減衰係数などの諸特性が得られる。これに加え、プラットフォームを自航模型としてノズルプロペラやサイドスラストを組合せ作動して、x方向、y方向の併進運動ならびにz

軸まわりの回転運動を行なわせ、そのときのプラットフォームの運動とノズルプロペラ、サイドスラストの発生推力を計測することにより、さらに詳しいデータが得られる。今回の試験では試験装置の関係で自航模型を用いた試験だけを行なつて DPS 計画のための資料を得ている。

(2) 外乱付与の方法

洋上においてプラットフォームが遭遇する外乱としては、潮流、風および波浪がある。潮流々速の変化は非常に緩慢であるので定常的な漂流力となり、平均風速の風圧力ならびに波浪による平均的な力も定常的な力として取扱え、波浪による周期的な変動力がこれに加わる。変動風速あるいは突風による風圧力は非定常な漂流力として取扱わねばならない。潮流の生成は流水装置を有する特殊な試験水槽を必要とするが、潮流々速一定とすると模型を潮流との相対速度で曳航することによりその影響を与えることができる。風圧力は水槽に送風装置を設置して所定の風速を与えることが必要であるが、別途風洞試験を行なうか、これまでの実機から推定計算された風圧抵抗力を、推定風圧中心にブリーと重錘で与えることによつて代用し得る。また、波は水槽に設置されている造波装置で任意の波長、波高の波が与えられる。

(3) 計測制御方法

制御装置として制御用ミニコンピュータを用い、4台の駆動電動機の起動/停止、正転/逆転の切換とともに、模型プラットフォームの設定位置と実測位置との信号を入力とした位置制御演算を行なわせ、4台の駆動電動機に適切な回転方向指示信号と回転数設定信号が出せるようにしなければならない。

今回の試験では、プラットフォームの実測位置信号は6方向船体運動計測装置を用いているので、Surging, Swaying および Yawing の運動変位がアナログ出力として取出される。このプラットフォームの変位信号出力は AD 変換器を経て上記のコンピュータに入力され、(1)式で示されるような PID 制御アルゴリズムに基づいて、各ノズルプロペラおよび各サイドスラストの回転数デマンド出力の演算が行なわれる。この過程を図示したのが先の Fig. 4 である。この回転数デマンドに基づいて駆動電動機の制御が行なわれるが、駆動電動機として今回は静止レオナード方式(サイリスタ制御)の直流電動機を使用しているので、その電機子電圧を設定回転数対応の電圧と比較して制御が行なえるようにしている。

コンピュータ出力はパルス幅方式として取出し、これと電動機制御盤との間にパルスモータ式アナログメモリ

を設けている。したがつて、自動/手動モード切替は任意のときに単一押しボタンスイッチでバランスレスかつパンプレスに行なえるようになってい。この制御システムではコンピュータに自己監視を行なわせ、系の故障時には安全な処置が自動的に行なえるフェイルセーフシステムを持たせ、ソフトウェアもマルチタスク方式を採用するなど、そのまま実機に採用できることを前提に計画、設計されている。また、制御盤も位置定値、位置検出値の比較表示、ノズルプロペラ、サイドスラストの作動状況のグラフィック表示のほか、手動による運転操作(各電動機の起動、停止、正転、逆転、回転数の増加、減少の諸操作)も簡単に実施できるようになっている。

実機の計画に当たつては、さらにデータロギング機能、安全インターロック、計測監視機能など必要に応じて追加しなければならないし、稼働中のトラブルシューティングあるいは制御パラメタの変更などが容易に行なえるオンラインユーティリティを備えることが必要である。

5.3 水槽試験結果

上記のような制御システム計画の資料を得るためと、製作された制御システムの性能を確認することを目的として、水槽試験は2回に分けて実施された。

(1) Open loop 特性試験

プラットフォームの流体力学的な特性ならびにノズルプロペラ、サイドスラストの特性を求め、制御システム計画の資料とするための Open loop 特性試験は、平水中における曳航試験、斜航試験を実施のあと、自航模型を用い、ノズルプロペラおよびサイドスラストの組合せ、その回転数の組合せを種々変化させて多くの操縦試験が行なわれた。

試験結果の一例を Fig. 5 に示す。同図の(A)はノズルプロペラだけを作動させて直進させた場合、(B)はサイドスラスト全部を同一方向に作動して横移動させた場合、(C)は前部のサイドスラスト2台を右方向に、後部のサイドスラストを左方向に移動させてその場旋回させた場合、(D)は(C)と同じ状態でノズルプロペラも作動させた場合で、それぞれプラットフォームの運動変位量 X , Y および ψ の計測値を計算値と比較して示してある。

ここに計算値は、ノズルプロペラおよびサイドスラストの特性試験の結果および抵抗試験、斜航試験の結果得られた諸係数、ならびに推定値を用いて近似計算した値で、制御システムの最適パラメタをシミュレーション計算によつて求めるベースとなる数学モデルを設定する際に算出したものである。

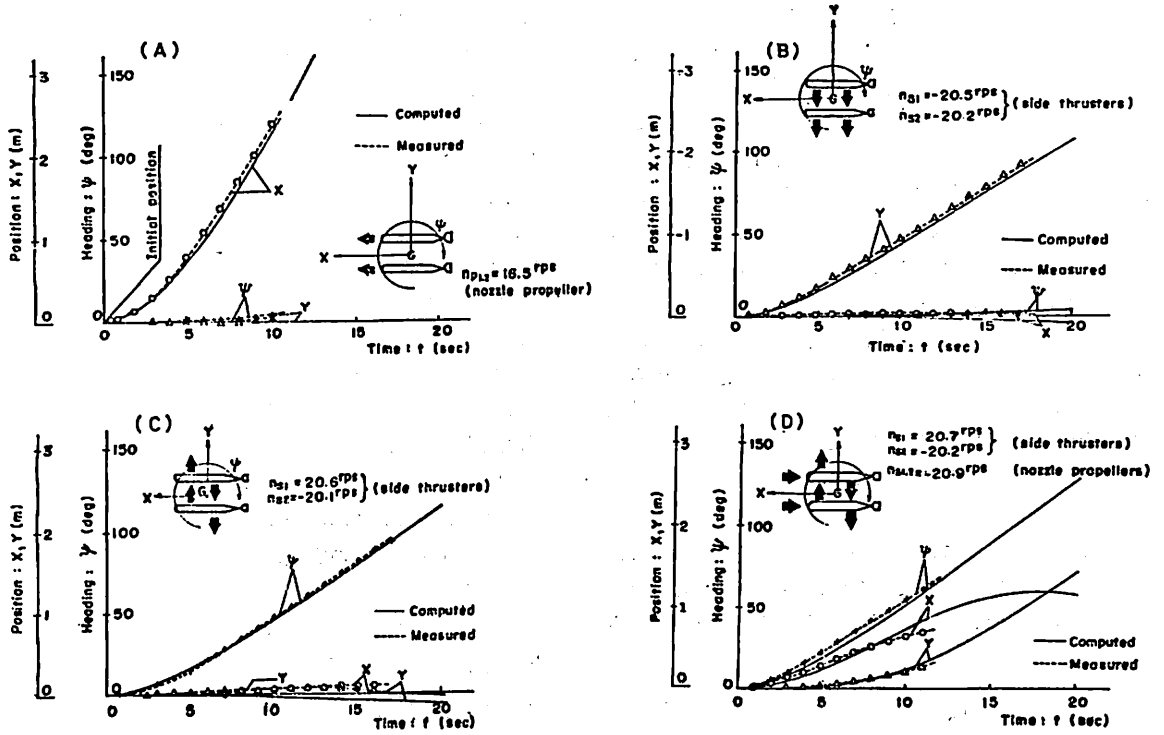


Fig. 5 Some examples of free-running model test results

(2) Closed loop 特性試験

まず無外乱の平水状態で、プラットフォームの空間固定座標での設定位置を一定量だけ変化させて DPS による追従特性を確認し、制御アルゴリズムのパラメタの妥当な値を決定し、次いで外乱として潮流、風および波浪がそれぞれ単独で存在する場合に、DPS の作動によってプラットフォームの変位が許容範囲内に納まっていることを確認し、最後に複合外乱のもとで DPS の特性を調査確認した。

試験結果の一例を Fig. 6 に示す、同図の (A) は一定流速をもつ潮流がプラットフォームに対し斜め前方 $\mu_0 = 15^\circ$ の方向からあつてその流速がステップ状に増大した場合、(B) は一定風速の風がプラットフォームに対して真正面 $\mu_A = 0^\circ$ から吹いてその風速がステップ状に増大した場合、(C) は潮流、風が共存する場合で、プラットフォームに対し潮流は真正面 $\mu_0 = 0^\circ$ より、風は真横 $\mu_A = 90^\circ$ より吹いていて、潮流々速一定の状態で風速がステップ状に増大した場合で、それぞれプラットフォームの運動の変位量 X, Y および ψ の計測値ならびに位置保持のための DPS の作動によるノズルプロペラ、サイドスラストの回転数の変化の模様を記録したもので、いずれもシミュレーション計算の結果と比較して示して

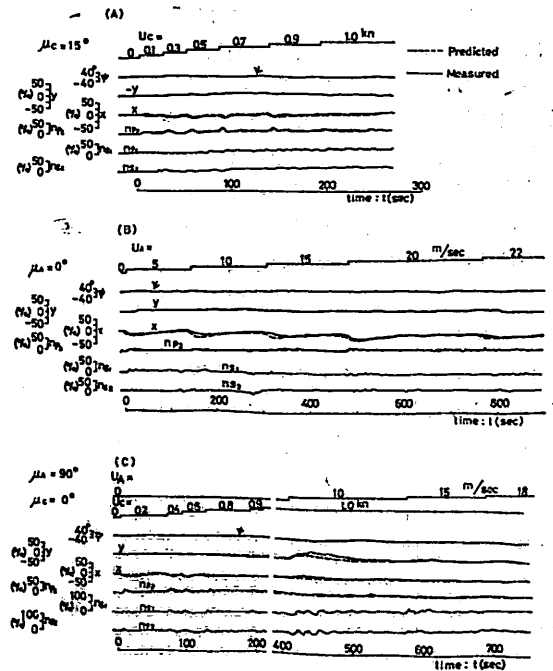


Fig. 6 Some examples of over-all control test results

ある。ここに、図中の変位XおよびYの変化曲線の縦軸スケールは、4章に示したような環境条件のもとで設定されたプラットフォームの水平変位許容量（実機で300m水深の場合は±15mに相当）を±100%とした変位の%表示であり、プロペラ回転数 n_{p2} , n_{s1} および n_{s2} の変化曲線の縦軸スケールも定格回転数（模型で±1,800rpm）を±100%とした回転数の%表示である。なお、外乱変化は概念的に時間的変化を示したもので縦軸スケールに意味はない。

これらの図から、潮流々速、風速の変化する場合、あるいはこれらが共存する場合とも、プラットフォームの運動変位は規定された許容限度内に納まつていて、計画したDPSの性能は良好で有効に作動していることがわかる。なお図示していないが、波浪に対しては個々の波による周期的な変位は制御の対象とせず、波による漂流力に対し制御するようになっていた。また、風に対しては突風状態についても試験を行なつたが、いずれもプラットフォームの変位を許容範囲内に納め得ることが確認された。

6. DPSの評価

半潜水式プラットフォームにDPSを採用することに対する評価は、従来のアンカー係留装置を採用した場合との経済性の比較によつてなされている。これには建造費のほか、実際にこれらの装置を使用して掘削作業を行なう場合の燃料費、投揚錨作業その他に対する作業者の人件費まで考慮し、さらに稼働率（作業性を含む）までを含めて総合的に評価しなければならないが、ここではそのベースとなる定位置保持システムの性能について、機械振興協会で開催されたプロジェクトについて関連の成果を列挙しておく。

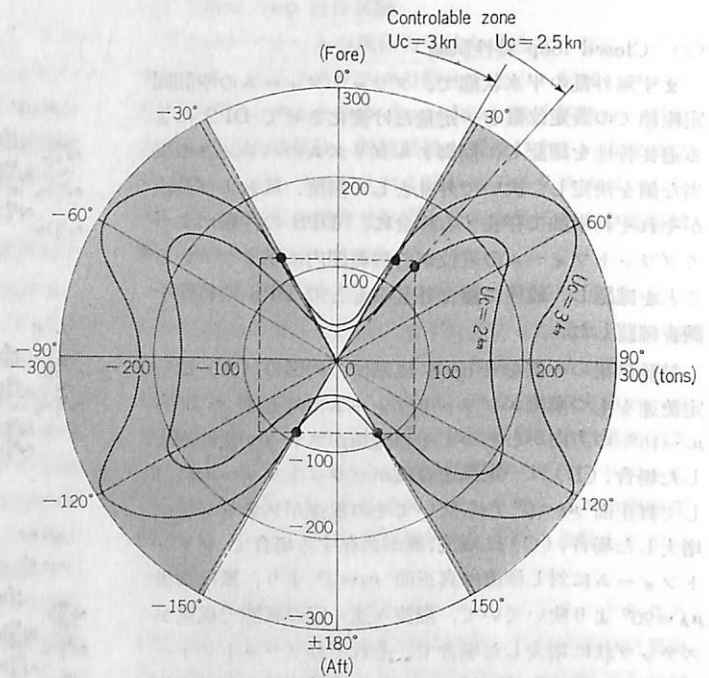
(1) このプロジェクトにおいて実施された多くの研究の結果、4フーティング型ならびに2ローハル型の半潜水式プラットフォームに対し、PIDフィードバック制御方式によるDPSを採用して、設定された使用環境条件のもとで定位置保持が可能であることが、それぞれシミュレーション計算ならびに模型実験によつて確認されたことは大きな成果と云える。また、総合的な水槽試験によつて力学モデルによるシミュレーション計算の有効性が確認されたの

で、今後実機のDPS計画設計にはこの手法によつて制御特性を有効かつ適切に把握できる見通しが得られたことになる。

(2) 供試模型とした2ローハル型半潜水式プラットフォームは外乱による漂流力に対する方向性が著しく、潮流を横方向から受けると環境条件いかんによつてはサイドスラストの容量不足のため制御できない場合がある。しかし、定位置を保持して作業しようとする海域の潮流はあらかじめ十分調査されていると考えられるので、プラットフォームの方位設定にあたり最も潮流抵抗の少ない向きに方位を設定するならば、かなりの環境条件まで制御可能となろう。これに対し、フーティング型では潮流抵抗の最小値はかなり大きい方向性が非常に小さいので、スラストとしてZ型プロペラを用いるなどすると、制御可能範囲はかなり拡大されることになる。

- (3) 2ローハルの実機に対して、スラストの容量を
 サイドスラスト推力：各基21トン（最大）
 ノズルプロペラ推力：各基55トン

と設定すると、制御可能範囲は概略Fig.7のようになる。この図には潮流々速を $U_c=3$ ノット、2.5ノットとして潮流々速によるプラットフォームの抵抗を各 μ_c



— Polar diagram of resistance due to tidal current
 - - - - - Max. thrust of platform

Fig. 7 Controlable zone of 2 lower hull type floating platform

に対して求めた値を記入してあるが、ここに上記推力値を記入すると、プラットフォームの横方向からの潮流の場合には抵抗が大きく制御できなくなるが、前後方向からの潮流の場合には抵抗が小さいので潮流々速5~6ノットまで制御可能である。U_c=3ノットの場合には前後方向の±30°まで制御可能であり、U_c=2.5ノットになると±40°の範囲まで拡がり、U_c=1.3ノット以下になると方向性がなくなることを示している。作業時にψの設定値の±15°まで回頭操作が許されるものとすれば、設定された環境条件下でもう少し制御範囲を広げることが可能である。このように2ローハル型には制御可能範囲に制限はあるが、前後方向の抵抗の少ないことは長距離自航に対してはフーティング型より有利となる。

(4) 制御システムに対し、波浪外乱の周期的な変動に応答しないよう制御ループに不感帯を挿入すると、定常状態でも位置の偏差が残ることになり制御性が低下するので、低域フィルタを位置検出信号回路に挿入することが望ましいが、このフィルタのカットオフ周波数は波周期外乱に不感帯を挿入するだけでなく、通常の制御性能を低下させないようにしなければならない。また、位置制御に対するフィードフォワードは、外乱が正しく検知されこれを入力信号として操作端をどのように制御するかという数学モデルでの制御アルゴリズムが正しく設定されていないと有効に作用しないので、このいずれが不備であつても制御系を不安定にすることになる。したがって、必要性ならびに具体的方法を十分検討して採否を決めなければならない。このほか制御系に関してDPSとして実機に採用する場合の多くの考慮点が明らかにされている。

7. あとがき

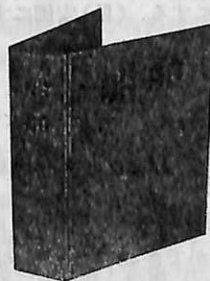
近年の世界的なエネルギー不足から、石油掘削は浅海域から深海域にそして海象条件の厳しい海域へと広げられる情勢にあるので、今後DPSを採用した石油掘削装置が多数建造されるようになって来るものと思われる。ここでは半潜水式プラットフォームのDPSに関して機械振興協会で実施されたプロジェクトのうち、2ローハル型の水槽試験による調査研究の成果を中心にDPSの概略を記したが、4フーティング型については日立造船(株)により実施された詳細な研究の報告があるので、以上述べた2ローハル型についての成果とともに、推力装置の容量、方向性の可否、直進自航能力などについて、使用条件に応じ実機としてどのような型式を採用すべきかの検討資料が得られたものと考えられる。最後に

研究成果の発表を御快諾頂いた財団法人 機械振興協会に御礼申し上げる。また財団法人 日本船用機器開発協会によつて先年実施、公表された開発研究成果の一部を本研究のために利用させて頂いたことに関し、同協会に対して御礼申し上げます。

参 考 資 料

- 1) “位置安定装置つき半潜水式洋上自動掘削システムの開発に関する調査報告書”，社団法人日本機械工業連合会海洋機器開発委員会，昭46.5
- 2) “位置安定装置つき半潜水式プラットフォームシステム開発事業の昭和46年度の成果の概要”，財団法人機械振興協会新機械システムセンター，昭48.4
- 3) “位置安定装置つき半潜水式プラットフォームシステム開発事業の昭和47年度の成果の概要”，財団法人機械振興協会新機械システムセンター，昭49.2
- 4) Sugiura, M. et al.: “An Experiment of the Dynamic Positioning System of a Semi-submersible Platform” Inter Ocean 73.
- 5) 脇本英輔ほか：“ダイナミックポジションによる浮体の位置保持性能”，石川島播磨技報，第12巻第5号昭47.9
- 6) 長谷川 浩：“半潜水式洋上掘削システムの位置安定装置”，計測と制御，第11巻，第1号，昭47.1
- 7) Tamehiro, M. et al.: “Experimental Study on Dynamic Positioning Control for a Semi-submersible Lower-hull Type Offshore Platform”，日本造船学会論文集，第136号，昭49.12
- 8) “大陸棚開発用特殊作業船の水槽試験並びに構造試験報告書(A. 水槽試験)”，財団法人日本船用機器開発協会，昭44.3

「船舶」のファイル



左の写真でごらんのような「船舵」用ファイルを用意してあります。御希望の方には下記の価格でお知らせいたします。

頒価 400円(〒150)

廃油処理船 第十一 三晃丸

瀬尾正雄*

船舶整備公団は東京石油 KK との共有船として、廃油処理船を建造し、12月竣工した。当社は本船の廃油処理装置の設計を担当し、製造を行なったので、その概要について述べる。油濁防止は重要な問題であるから、今後この種施設はますます拡充されるであろうから、本文がこの方面の技術向上の御参考になれば幸である。

1. 主要目

本船は主として陸岸に碇泊して東京石油の回収船が集めてきた油性汚水を処理するものであつて、船体および機関部の主要目は次のとおりである。

(1) 船体要目

総トン数	223 トン
載貨重量	400 トン (保証)
長さ	35 m
全長	36.87 m
幅	9 m
深さ	2.50 m
航海速度	5.8 ノット

(2) 機関部要目

主機関	単動4サイクル逆転減速機付ディーゼル機関 (ヤンマー6 RXMGN 131) 165 ps×1,000 rpm
補助ボイラ	貫流ボイラ (タクマクレイトン WHZ-50) 蒸気圧力 7 kg/cm ² g

2. 廃油処理装置の計画

公害は最小限に防止する必要があるから、廃油処理装置の新設に当つては (I) 高性能化する。(II) 2次公害を防止する。(III) 操作を簡単にする。(IV) 安価にする。等を目標に、総合的に検討して次のとおりとした。

(1) 油水分離から焼却までの一貫処理とする。

油水分離、廃油およびスラッジの焼却を行ない、処理を要する廃棄物を出さない。

(2) 油水分離は物理的処理のみとする。

船舶の油性汚水の場合は物理的処理のみにて 5 ppm 以下にすることができるから、化学的処

理、生物処理のように複雑な装置、薬品の使用、大量のスラッジの発生による2次公害を避けた。

(3) 廃油焼却装置はロータリ、バーナ方式とする。

ロータリ、バーナは操作が簡単で廃油の性質変化に対して安定している。

(4) スラッジの灰の飛散を防止する。

燃焼量は減少するが灰の飛散を防止するため下部からの通風を止め、主として上面からのみ焼却させる。

3. 廃油処理装置の要目

油水分離装置と焼却装置より構成されている。

(1) 油水分離装置

本装置の概要は図-1のフローシートで示すとおり、回収船で集められた油水分離装置は油性汚水タンクに送られ、静置によつて油分濃度を 50~100 ppm に処理されて1次油水分離器に送られて、ここで油分濃度が 10~20 ppm に処理される。1次油水分離器をでた油水分離器に送られて、油分濃度約 5 ppm 以下に処理され、油分濃度を計測されつつ排水ポンドを通つて放出される。

送水ポンプ	アンレット社 PH 80 ルーツ式 800 rpm 20 m ³ /h (使用時) 3.7 KW
1次油水分離器	笹倉機械 TER-A 10 改造品 常用 20 m ³ /h 最大 40 m ³ /h
2次油水分離器	O.P.E 式 OS-20 型 2 基 20 m ³ /h フィルタ式
油分濃度計	(株) 島津製作所 UTL-15 A 測定範囲 0~15 ppm
排水ポンド	O.P.E 式 5 m ³ オーバーフローによる返水方式

(2) 廃油焼却装置

油水分離等によつて生じた水分 20~50% の油水混合物およびタンク底部にたまったスラッジ等を無煙で焼却処理する。

焼却炉本体	株式会社 O.P.E-F 600 2 重鋼板製空気冷却式 600 l/h 処理 機型 2,500φ 長さ 4,500
主バーナ	(株) 御法川工場 ロータリー式 モーター 2 P 3.7 KW
補助バーナ	(株) 御法川工場 9 KW/cm ²
2次送風機	ミツル工業 (株) ターボ送風機 140 mmAq 345 m ³ /min 15 KW
炉体冷却用送風機	ミツル工業 (株) ターボ送風機 150 mmAq 100 m ³ /min 5.5 KW

* 株式会社 OPE 社長, 工学博士

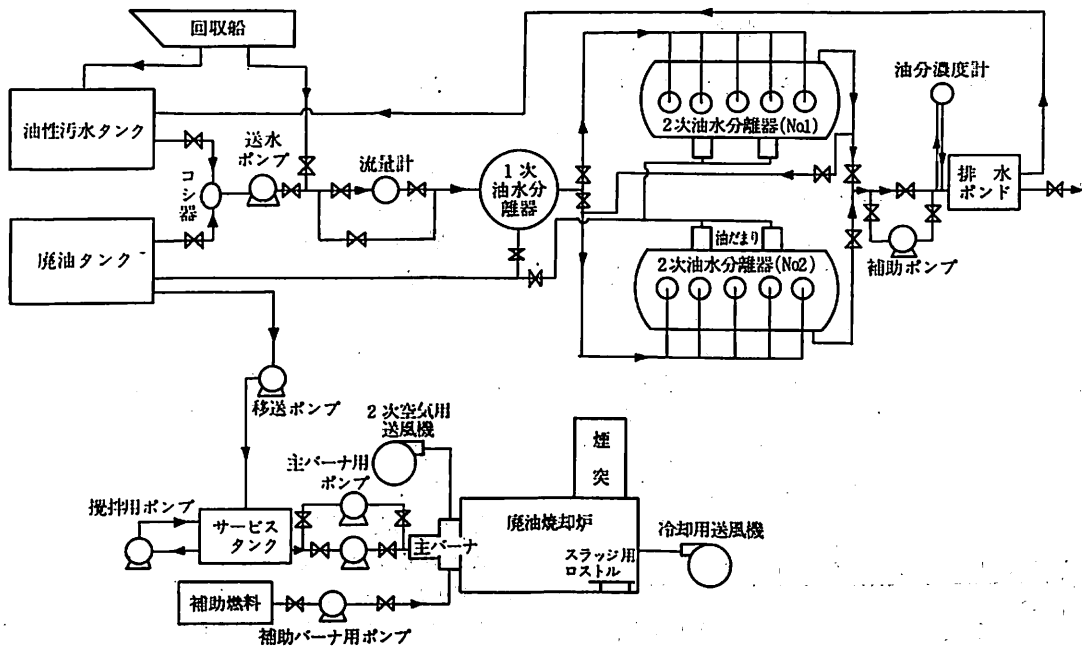


図-1 廃油処理装置フローシート

サービスタンク O.P.E 式
 循環攪拌式、遠隔水面計、自動液面
 制御装置付
 操作盤 (株) 設備機工
 各種計器、運転の表示、炉内温度の
 警報
 制御 (株) 設備機工
 炉内温度の調節、消火時およびファ
 ン停止時のインタロック

4. 性能試験と検討

本船は現在(1月2日)各種の性能試験を終了し、引渡しを終り就航の準備中である。試験成績より実用性能を検討してみた。

(1) 油水分離装置

試験は静置分離を行わず1%のB重油をポンプ吸込み口より注入しつつ1次油水分離器に送った。2基の2次油水分離器は直列に使用した。処理水の油分濃度は1次油水分離器出口で80~100ppm、No.1油水分離器出口で約10ppm、No.2二次油水分離器出口で約3ppmであった。

本試験の場合は静置分離を行わなかつたこと、河水を使用したため油水の場合より分離が悪いこと、二次油水分離器のフィルタは使用初期であつたが、初期よりある程度使用した後が性能が向上し安定すること、等より

実用時の性能は約1ppmになると考えられる。

当社のOPE式OS-0.5(船舶用0.5m³/h)油水分離器が著しい小形であるにもかかわらず運輸省が定めた厳しい条件での試験結果が1~2ppmであつたことから、処理性能は約1ppmとなるであろうことは確信できる。

なお本装置は将来一部の改造により処理管を40~50m³/hに増加するとともに、回収船のポンプから直接分離器で処理するように予定している。

(2) 廃油焼却装置

ロータリバーナを使用した廃油焼却炉についてはすでに6年余の実績があり、30%の含水廃油を使用した本装置での燃焼は良好であつた。ただ炉内温度を保持するためのダンパー開度の制御はまだ細かい調整が必要である。

また本装置では廃油のサービスタンク室は防爆の必要から、攪拌はポンプ循環式とし油面計は特殊装置による遠隔指示および自動液面調節式とした。これらはいずれも予定の性能を発揮した。

5. 後記

本装置はまだ試験を終了したのみであり、実用時には多少改善する点も生ずるのであろうが本質的には充分長期の実用性を有するものになしえたことと確信している。関係各位の御指導と御協力によりさらに実用性の向上を計りたい。

9-4-3 実動荷重による疲労き裂の進展

船舶には、外荷重として波浪による不規則変動疲労荷重が加わる。船体構造、LNGタンク等の疲労き裂進展は、この波浪荷重を主対象として検討する。

この波浪荷重または波浪による変動応力の累積頻度分布は、実用上、第8章で説明したように半対数グラフ上で直線近似(図9-67参照)と想定できる。この場合、発現確率 Q が 10^{-8} の期待値として最大変動荷重(または最大変動応力)を求めれば、累積頻度分布は自動的に

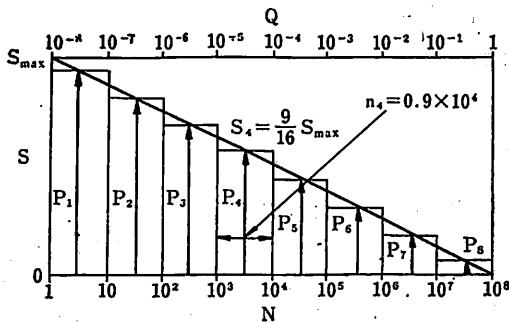


図9-67 疲労荷重の取り方(文献32)

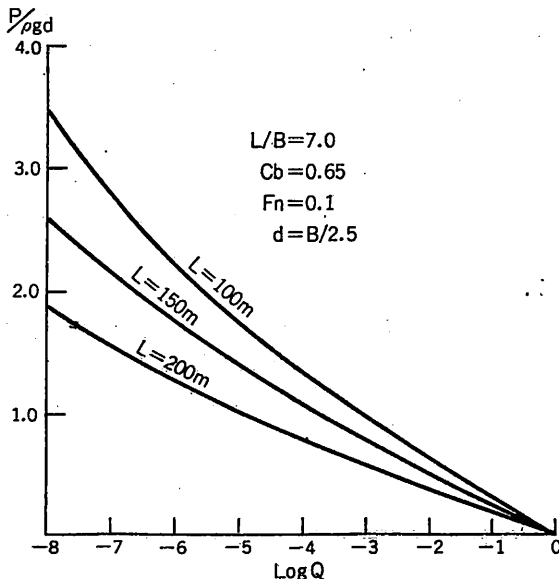


図9-68 波浪荷重長期分布の一例
(船体中央線部の疲労外圧)

* 日本海事協会船体部

定まることになる。

図9-68にNKのコンピュータプログラムにより変動荷重の累積頻度分布を求めた1例を示す。実際の構造物に働く応力も荷重に比例すると考えれば、変動応力の分布も図9-67のように想定できる。しかし、タンクの構造方式によっては、作用応力が単純に荷重に比例しない場合もあるので、繰返し回数の多い領域($10^5 \sim 10^6$)の分布が直線近似よりかなり上にくるような場合、図9-67のような想定は不安全側となるので正確な分布を求める必要がある。

次に荷重順序の問題であるが、波浪による変動実動荷重はその順序が不規則であり、変動荷重が単調に増加または減少しない。このような不規則(ランダム)な荷重の問題点としては、疲労き裂進展に寄与しない低変動応力($\Delta K = \Delta \sigma f(a)$ で表わされるとすると、 $\Delta \sigma_{th} < \Delta K_{th}/f(a)$ となるような応力、すなわちき裂の大きさによって $\Delta \sigma_{th}$ の値が異なる)の取扱、疲労き裂進展速度の非線形性(大きな引張応力が加わった後、材料よってき裂が促進される場合もあり、また逆に抑制される場合もある)等を挙げる事ができる。

以下、これらの問題を含めて、一定期間後のき裂の形状・大きさを求める方法、および一定形状・大きさの疲労き裂に進展するまでの寿命(繰返し数)を求める方法について解説する。

1. 線形則による単純な疲労き裂の進展

まず、一定振幅の疲労荷重が加わる場合、一定期間後の疲労き裂長さ(a_p)および一定形状・大きさのき裂に進展するまでの疲労寿命(N_p)を求める式は、荷重履歴に無関係に(9-38)の関係式が成立すると考えると次のように表わせる。

$$\left. \begin{aligned} a_p &= a_0 + \int_0^N \frac{da}{dN} dN = a_0 + \int_0^N f(K) dN \\ N_p &= \int_{a_0}^{a_p} \frac{1}{\left(\frac{da}{dN}\right)} da = \int_{a_0}^{a_p} \frac{1}{f(K)} da \end{aligned} \right\} \dots (9.53)$$

上式の $f(K) = c(\Delta K)^m$ とすると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} a_p &= a_0 + \int_0^{N_p} c(\Delta K)^m dN \\ N_p &= \int_{a_0}^{a_p} \frac{1}{c(\Delta K)^m} da \end{aligned} \right\} \dots (9.53)'$$

ただし, a_0 ; 初期き裂寸法

a_p ; 所定の繰返し荷重後のき裂寸法

N_p ; 所定のき裂長さに至る繰返し数

図 9-67 のような 頻度分布の波浪荷重が単純に応力減少または応力増加の順序に従って加わると考えた場合は, (9-53) または (9-53)' 式の重ね合わせにより求められる。すなわち,

$$\left. \begin{aligned} a_p &= a_0 + \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{N_i}{N_{i-1}} \frac{da}{dN} dN = a_0 \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_{i-1}} c(\Delta K)^m dN \right\} \dots\dots\dots(9.54) \\ N_p &= \sum_{i=1}^n \int_{a_{i-1}}^{a_i} \frac{1}{\left(\frac{da}{dN}\right)} da \\ &= \sum_{i=1}^n \int_{a_{i-1}}^{a_i} \frac{1}{c(\Delta K)^m} da \end{aligned} \right\}$$

ただし, n ; 累積頻度分布の設定段階。図 9-67 の例による応力減少型(応力が順次減少するが, 各応力レベルでの繰返し回数は増加)では, $n=1$ ないし 8 で, それぞれの段階の応力振幅および繰返し回数を与えることができる。(応力増加型のときは, この逆になる。

(9-54) 式において $\Delta K = \Delta\sigma \cdot \alpha \sqrt{a}$ とし α はき裂の進展により変化しないものと仮定すると, N と a との関係は, 次式で表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} N_j &= \frac{2}{(m-2)c \cdot \alpha^m \cdot \Delta\sigma^m} \times \\ &\quad \left[a_{i-1}^{(2-m)/2} - a_i^{(2-m)/2} \right]; (m \neq 2) \dots\dots\dots(9.55) \\ N_j &= \frac{2}{c \cdot \alpha^2 \cdot \Delta\sigma^2} \ln \frac{a_i}{a_{i-1}}; (m=2) \end{aligned} \right\}$$

ただし, $N_j = N_i - N_{i-1}$

(9-55) 式の関係により, 各設定段階の応力レベルに対する一定繰返し数に対するき裂の進展量を求めることができる。また, 一定き裂長さに至る総繰返し数は, 例えば図 9-67 の応力頻度分布を想定する場合でも, 各設定段階の繰返し数を細分化し, 一定き裂長さに達したとき, 各応力レベルが, なるべく実際の発生頻度に近く加わるように計算する。

ΔK_{th} を明確に評価してこれをき裂進展解析に算入する方が, 経済的な設計となる。

このときは, $\Delta K < \Delta K_{th}$ の範囲では, $da/dN=0$ として取扱うことになる。荷重頻度分布が与えられ, その荷重繰返し順序もランダムな計算を行なう場合は, 計算上 $\Delta K < \Delta K_{th}$ となるような荷重(応力)のときすな

わち, $\Delta\sigma < \Delta\sigma_{th}$ のとき $da/dN=0$ となるようにしておけばよい。この $\Delta\sigma_{th}$ は, 次式で表わすことができる。

$$\Delta\sigma_{th} = \frac{\Delta K_{th}}{\Delta K / \Delta\sigma} \dots\dots\dots(9.56)$$

上式は, 例えば無限板中の長さ $2a$ のき裂直角方向に一様引張応力をうけるモデルでは $\Delta K / \Delta\sigma = \sqrt{\pi a}$ となるから,

$$\Delta\sigma_{th} = \Delta K_{th} / \sqrt{\pi a} \dots\dots\dots(9.56)'$$

で表わされ, これからも明らかのように $\Delta\sigma_{th}$ は, き裂の全長と共に減少する。

実際の計算では, ランダムな荷重繰返し順序は面倒なので小応力増加型または大応力から小応力に順次変わっていく応力減少型の計算を行なう場合が多い。このような場合は (9-55) 式から明らかのように, 応力減少型の計算を行なうのが, き裂成長をもつとも大きく評価し安全側になる。逆に応力増加型の計算では, き裂成長をもつとも小さく評価することになる。

また, 疲労き裂の進展の線形則を用い, 不規則変動荷重下のき裂進展速度を統計的に扱うことも行なわれている。これは, 次式で与えられる等価応力拡大係数 K_e を K として取扱うものである。

$$K_e^m = \int_{K_{th}/\sqrt{K^2}}^{\infty} K^m P\left(\frac{K}{\sqrt{K^2}}\right) d\left(\frac{K}{\sqrt{K^2}}\right) \dots\dots\dots(9.57)$$

ただし, $P(K/\sqrt{K^2})$ は確率密度関数

$\sqrt{K^2}$ は, K の 2 乗和平均

上式は, $P(K/\sqrt{K^2})$ なる確率密度関数をもつ不規則変動荷重に対し, K_{th} をこえるピーク応力により疲労き裂は一定振幅荷重の場合と同様に進展すると考えて導かれたものである。

しかし, このような不規則変動荷重のき裂進展速度・ da/dN を K_e で整理した結果は, 一定振幅荷重に対する K を用いた結果とほぼ平行にはなるが一致しない。

なお, 先に説明した応力減少型の計算結果と, 実際と同じような荷重をかけた実験結果も一致しない。(応力増加型の実験結果と計算値は, 妥当な結果となる)

これらの理由は, 応力の干渉効果を無視した線形重ね合わせによるものといわれる。

このように線形則が成立しない理由としては, 次のようなものを挙げる事ができる。

(1) き裂先端の弾塑性応答はき裂進展速度に影響を与えるが, このき裂先端の弾塑性応答は, 荷重履歴の影響をうけることによる。

(2) き裂先端に過大な引張荷重が加わると先端に圧縮残留応力を生じ、き裂が進展しにくくなる。

(3) 過大な引張荷重によりき裂の先端が鈍化する。

このような疲労き裂進展の非線形性は、材料によつて

異なり、き裂進展を促進させる場合、また逆にき裂進展を遅らせる場合と両方があり、非常に複雑な問題である。

実動荷重が加わる実際の構造物の疲労き裂進展は、少なくとも使用材料に対して応力レベルを変化させた実験等により、ピーク応力の影響を明確にしておく必要がある。

2. 疲労き裂進展計算プログラムの実例

疲労き裂進展の計算は、モデル化を簡単にしても、かなり複雑な計算となる。したがって、実用上、コンピュータにより計算することになる。次に、疲労き裂進展解析のNKのコンピュータプログラムの一例を紹介する。このフローチャートを図9-69に示した。

疲労き裂進展計算を行なう上で特に注意しなければならない点として先ず変動荷重の取扱いが挙げられる。変動荷重の長期分布と累計総繰返し数については文献(1)に示されているように計算の便宜上離散型として取扱っている。この場合、荷重の大きい方から小さい方へき裂進展の計算を行なう場合とその逆の場合とでき裂長さの進展量は異なってくる。実際LNGタンクに負荷される変動荷重はランダム荷重であり、High-Low, Low-Highの中間として作用することになるので、NKのプログラムでは適当なプログラム波形を考慮している。次に問題となるのは、材料定数 c , m の想定である。従来各種材料において母材、溶接部、あるいは平均応力が存在する場合の材料定数等が実験で求められており、 $\log c$ と m に線型な関係も見出されているようであるがかなりその値にばらつきがあるため、 c と m の想定にあつては、より安全な設計をするために $S-N$ 線図で採用されているような scatter band の考えを導入しなければならないであろう。さらに、初期き裂が伝播して貫通き裂に達した後のき裂の進展が問題となる。すなわち貫通後表面き裂の長さが両面で等しくなるまでに相当な期間が費されるはずであるが、この期間の ΔK 値については従来殆んど研究されていないようであり、半貫通き裂に対する ΔK 値を理論的あるいは実験的に求めることは、表面き裂の疲労進展計算上今後の重要な課題である。なお、現在のNKのプログラムでは半貫通き裂に対して考慮していない。

9-5 破壊力学の適用例

9-5-1 タイプCタンクの設計基準

タイプCタンク、すなわちタンクの貫通き裂の発生

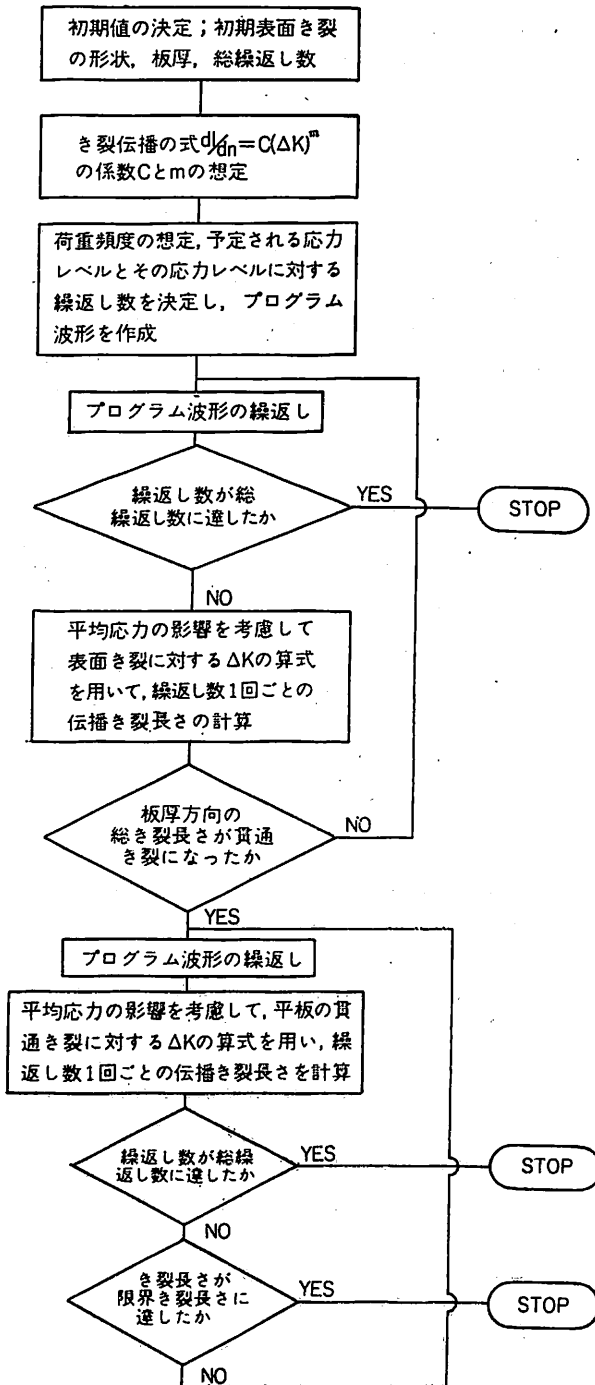


図9-69 疲労き裂進展計算のフローチャート

を想定せず二次防壁を省略する設計方式については、第8章で説明したように現在のところ多分に経験的なものである。例えば、NKのLNG船規準4.8.2-1(2)の規定では経験的な値として設計蒸気圧を与えている。しかし、この規定もこれまで述べてきたような破壊力学から安全であることの説明はつけることができる。

すなわち、この規定は、設計思想として全応力に対する変動応力の割合を十分小さくしておけば、例えば非破壊検査で見つけられないようなき裂状欠陥が存在しても、その欠陥が、き裂に進展しないまたは貫通き裂に至らないという思想である。初期欠陥がき裂として進展しないという条件については次式を満足する必要がある。

$$\Delta\sigma_{\max} < \Delta K_{Ih} / f(a) \dots\dots\dots (9.58)$$

ただし、 $f(a)$ の a は、許容初期欠陥の最大寸法、 ΔK_{Ih} は、 ΔK の下限値(9-4-2参照)
 $\Delta\sigma_{\max}$ は、変動応力の最大振幅

したがって、タンクに生ずる変動応力が、全応力に比して十分小さな値となるように静的応力(平均応力)を十分高くするような設計蒸気圧(2.0+0.3 γh ; kg/cm², γ : 貨物比重, r : タンク深さ(m))を経験的に規定したものとイえる。

いま、タンク直径40mおよび10mの球形タンクで、貨物比重を0.6、上下方向加速度を0.8g(直径40mのタンクにこの加速度はかなりシビア側である)とし、前述の設計蒸気圧を用いて設計した場合、応力は圧力に比例すると考えると動的応力(σ_{dyn})と全応力($\sigma_{all} = \sigma_{st} + \sigma_{dyn}$)の比は、次のように想定できる。

$$\text{直径 10 m のタンク; } \sigma_{dyn} / \sigma_{all} \approx 0.11$$

$$\text{直径 40 m のタンク; } \sigma_{dyn} / \sigma_{all} \approx 0.14$$

このように設計蒸気圧を大きくするとタンクに働く応力は、一般膜応力が支配的である。したがって、全応力は、一般膜応力の許容値以下であることから、変動応力の最大振幅($\Delta\sigma_{\max}$)は、直径40mのタンクでは次のように想定することができる。

アルミ合金(5083-0)

$$\Delta\sigma_{\max} / 2 = 0.14 \times 7 \text{ kg/mm}^2 = 1.0 \text{ kg/mm}^2$$

9% Ni 鋼

$$\Delta\sigma_{\max} / 2 = 0.14 \times 16.6 \text{ kg/mm}^2 = 2.3 \text{ kg/mm}^2$$

タンクの初期欠陥として深さ0.5mmの半円き裂状切欠きを想定する。(長さは、深さに比し十分大きい)

この形状の応力拡大係数は表9-3から、 $K = 1.2\sigma/\sqrt{\pi a}$ (ただし、 a =切欠き深さ)とする。(9-58)式において、 $f(a) = 1.2\sqrt{\pi a}$ とすると

アルミ合金(5083-0)

$$\Delta K_{Ih} \geq 2.0 \times 1.2 \sqrt{3.14 \times 0.5} = 3.0 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$$

9% Ni 鋼

$\Delta K_{Ih} \geq 4.6 \times 1.2 \sqrt{3.14 \times 0.5} = 6.8 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$
 を満足するような ΔK_{Ih} を有する材料であれば一生に1回生じるような最大応力のときでもき裂は進展しないことになる。

アルミ合金(5083-0)および9% Ni 鋼の ΔK_{Ih} の値については、Harrison(文献62)により、それぞれ3.5 kg \cdot mm^{-3/2}, 10.5 kg \cdot mm^{-3/2}が示されている。もつとも ΔK_{Ih} の値は、材質のみならず平均応力の影響、き裂の拘束条件(き裂進行方向)等々総合的な条件から決まるもので、前述の値が、5083-0アルミ合金および9% Ni 鋼に対する ΔK_{Ih} の一般的な値とはかぎらず、この値より小さい値が実験的に得られている。

しかし、10⁻⁸の発現確率すなわち、船の一生に1回起こるか起らないかのような大きな変動応力でこの程度ならば、前記の設計蒸気圧を用いて圧力容器なみに試験検査(水圧試験も含む、NK規則では、水圧試験後も表面クラック検査が要求されている)を行なうタンクは、一生の間に貫通き裂を生じないタイプCタンクと認めることができる。

以上は、現存する低温液化ガスタンク船(LPG, LEG, LNG船等)の実績を参照して経験的に与えられた設計蒸気圧に破壊力学的な考察を行なつたものであるが、タンクが大きくなつてくるとタンク支持装置から加わる曲げ応力等も大きな値となり得る。したがって、大型タンク等では、タンク支持部等についての詳細な応力解析、疲労強度解析が当然必要となつてくる。

このような規則であらかじめ経験に基く大きな設計蒸気圧を与えて疲労き裂の進展ないしは貫通き裂への進展を生じないように設計するという考え方のほか、NKのLNG船規準4.8.2-1(1)「4.7(タイプB圧力容器方式タンク)の規定に準じてタンクの詳細な応力解析を行なう場合、設計蒸気圧は、設計蒸気圧に起因する応力が変動応力に起因する最大変動応力より十分高くなるように定める。」との規定があり、これは、前述の経験的手法による設計手法よりさらに合理的な設計手法を採用しようという考え方である。したがって、この場合は、より精密な疲労き裂進展解析が要求されることになる。

9-5-2 実際のLNG船における破壊力学の適用例

第2章LNG船の概要でも紹介したモス球形タンク方式LNG船に対する破壊力学の適用例が、かなり詳細に公表されている(文献27および63)ので、以下、その概要について紹介する。なおこれらの開発研究は、モスの依頼によりNVの研究部門で行なわれたものである。

モス球形タンク方式は、現在、モス以外、米国、西独、日本等の造船所でも採用され、125,000 m³ 型の建造が行なわれているが、実際の適用について紹介されたのは、1973年完成のモスのモス造船所 29,000 m³ 型アルミ合金製タンク LNG 船「Venator」とモスのローゼンベルグ造船所 87,600 m³ 型 9% Ni 鋼製タンク LNG 船「Norman Lady」である。その要目を次に示す。また、タンクの概要を図 9-70、9-71 に示す。

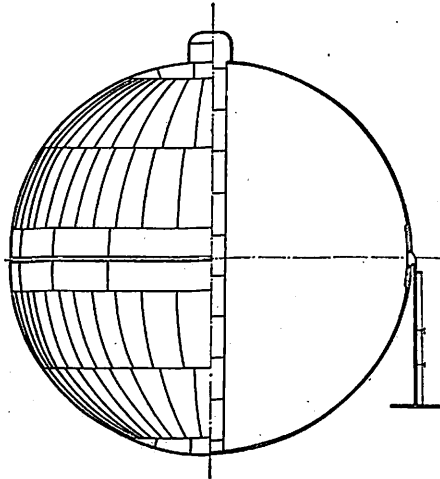


図 9-70 モス球形タンクの概要 (文献 63)
9% Ni 鋼 33 m dia

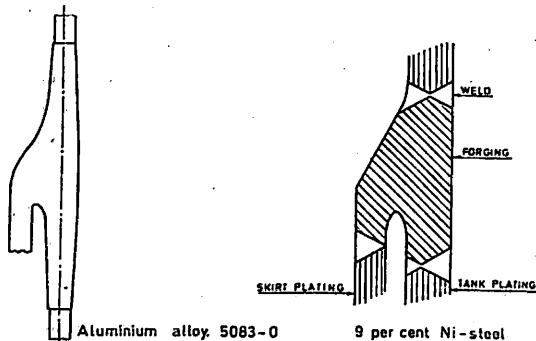


図 9-71 モス球形タンクの赤道部 (文献 63)

〔Norman Lady〕

- 造船所; Norway, Moss-Rosenberg Verft a. s., Rosenberg Verft
- 主要寸法 (L×B×D×d); 237.0×40.0×23.0×10.2 (m)
- タンク; 9% Ni 鋼製球形タンク, 31.1 m 内径 2 個, 33.1 m 内径 3 個 (合計容積 87,600 m³)
- タンク設計蒸気圧; 1.9 kg/cm² (ゲージ圧)

〔Venator〕

- 造船所; Norway, Moss-Rosenberg Verft a. s., Moss Verft
- 主要寸法 (L×B×D×d); 171.0×29.0×16.5×8.4/8.95 (m)
- タンク; アルミ合金 5083-0 製球形タンク, 使用板厚 24.15 m 内径 4 個 (合計容積 29,000 m³)
- タンク設計蒸気圧; 0.7 kg/cm² (ゲージ圧)

このモス球形タンクは、NV 規則でいう Small Leak Protection, すなわちタンクの限定破壊を想定するタイプ B タンクに相当するものであり、タイプ B タンクの設計上の根本思想は、第 8 章で説明したので省略する。

使用材料および溶接については表 9-6 および 7 に示す規格、溶接方法が採用されている。以下、本船の設計について行なわれた破壊機構解析の概要を (文献 63) の順を追って紹介する。

9% Ni 鋼の破壊特性

(1) 線形破壊力学の適用について

9% Ni 鋼では、き裂先端附近が弾塑性状態となり、限界き裂長さを算定するのに線形破壊力学を適用するの

表 9-6 モス球形タンク使用材料の規格 (文献 63)

9 PER CENT NI-STEEL	
Method	Filler metal
Manual	High Ni-electrodes
Submerged arc	High Ni-wire/flux
MIG automatic	High Ni-wire/argon
MIG semiautomatic	High Ni-wire/argon
Al 5083-0	
MIG automatic	5183 wire/75 vol.% helium - 25 vol.% argon
	5183 wire/100% argon
MIG semiautomatic	5183 wire/75 vol.% helium - 25 vol.% argon
	5183 wire/100% argon

表 9-7 モス球タンクの溶接条件 (文献 63)

CHEMICAL COMPOSITION									
Grade	C max.	Si	Mn	S max.	P max.	Ni min.			
NV20-2 (ASTM 353)	.08	.15-.30	.40-.70	.025	.020	9.00			
	Cu max.	Fe max.	Si max.	Mn	Mg	Zn max.	Cr	Ti max.	
Al 5083-0 (ASTM B 209)	.10	.40	.40	.30-1.0	4.0-4.9	.25	.05-.25	.15	
MECHANICAL PROPERTIES									
	σ _{UTS} (kp/mm ²) min.	σ _y (kp/mm ²) min.	Elongation 5d (%) min.	Charpy-V impact energy at -196° C (Kpm) min		Plate thickness			
NV20-2 (ASTM 353)	70.3	52.7	20	3.5					
Al 5083-0 (ASTM B 209)	28.1 27.4	12.7 12.0	16			25-35 38-76			

表9-8 9% Ni 鋼の破壊靱性 (文献63)

	Test temp. °C	Fracture toughness K_{Ic} (k $\sqrt{\text{mm}}^{3/2}$)		COD ¹ (mm)
		mean	min.	mean
PLATE 33 MM				
Parent material	-162	567	546	0.26
	-175		594	0.25
	-191	440	434	0.19
HAZ	-162	472	405	0.64
	-175		432	0.36
	-185		340 ²	>0.21
Weld metal (Inconel 82)	-162	483	460 ³	>0.87
	-187	493	463 ³	>0.84
EQUATOR SECTION 85 x 110 MM				
Parent material	-162	708	705	>1.05
	-187		690	0.44
HAZ	-162	676	656	>0.86
	-189		367 ²	0.15
Weld metal (Inconel 112)	-162	609	580	0.47
	-188		561	0.32

¹ COD at max load. For calculation of COD the 0.5 ligament depth has been used as center of rotation.

² Valid or approximately valid K_{Ic}

³ Failed by slow tearing

は、厳密な解を得ることができない。しかし、線形破壊力学の適用と実際の使用板厚による広幅試験により安全側に評価した限界き裂長さを推定できる。

(2) 小型試験片による破壊靱性値

赤道リング材に使用される 60 mm 板厚およびタンク板に使用される 33 mm 板厚の材料 (溶接部含む) について、ASTM E-399 70 T 基準による 3 点曲げ試験 (9-3-3.2 (1) で説明してある) により、 K_{Ic} 値が求められている。そのうちあるものについては、同基準による有効な K_{Ic} 値として認められる。成績は、表9-8に示すとおりであった。

(3) 広幅引張試験による破壊靱性値

タンクの赤道部には、軸力と曲げが加わるので、通常形状の広幅 (500 mm) 試験片のほか、組合わせ応力状態を再現できるように図9-72に示すようなみぞ付の母材または溶接継手試験片を用いて試験が行なわれた。(こ

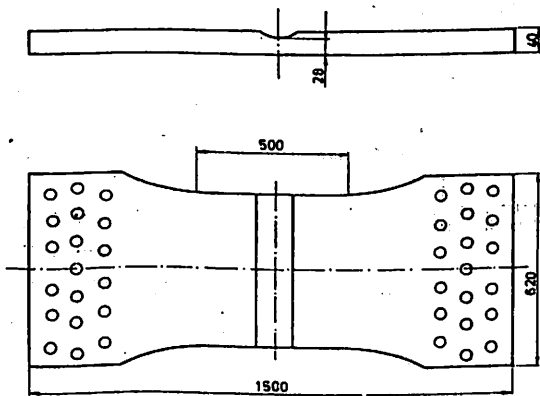


図9-72 みぞ付広幅引張試験片 (文献63)

の板厚方向応力分布は表9-9参照) 試験片には 246 mm ないし 298 mm の疲労き裂が設けられたが、これらの多くは、疲労き裂進展速度および疲労き裂貫通時のき裂形状を調査するためのものである。また、き裂は、母材、溶着金属、熱影響部 (HAZ) 等に設けられている。

広幅引張試験の1例は、表9-9に示されている。この試験結果では、みぞ付試験片表面応力を用いて表9-9に示す計算式により求めた K_{Ic} 値は非常に高い値となったが、これは表面のき裂端付近が局部的に降伏し、材料が表面の高応力に適應できるからである。したがって、このような表面附近に弾性条件がベースとなる K_{Ic} の計算を行なうのは適当でない。破壊応力として $\sigma_a = 0.5 \sigma_s$ (σ_a = 一様引張応力, σ_s = 曲げ応力のあるときの表面応力) を用いると、小型試験片または平面広幅試験片で得られた母材、HAZ の K_{Ic} 値と近い値となる。

以前、NK で曲げ応力場での脆性き裂伝ば停止特性を二重引張り曲げ試験で行なつた結果 (文献44) でも、 $\sigma_a = 0.5 \sigma_s$ として引張応力場のき裂の式により整理するとよくあつたの研究があり、この発生特性 (K_{Ic} initiate) および NK での伝ば停止特性 (K_{Ic} arrest) いずれも引張応力のモデルに対する曲げ応力のモデルが同じ傾向を示している。

また、溶接継手付試験片による水圧試験状態を想定した予荷重 (prestress) の影響、角変形の影響、目ちがいの影響が実験され、溶接残留応力の値も小さいと想定できることから、HAZ の靱性すなわち限界き裂長さは、これらの影響を余りうけないことが確認された。

(4) 疲労強度

各種の疲労強度試験が行なわれ、疲労破壊発生に対し十分安全 (累積被害度 < 0.15) と報告されているが、本章では、疲労強度の問題はとりあげていないので詳細は省略する。

(5) 疲労き裂進展速度

先に紹介した (9-39) 式 $da/dN = c (\Delta K)^m$ を疲労き裂進展解析に使用するため、センターノッチ付試験片で、異なつた平均応力により疲労試験が行なわれ、定数 c, m が求められた。その1例は、先に表9-5に引用したものである。また、代表的な ΔK と da/dN の関係を示したものが、図9-73である。

この結果からは、平均応力の影響は少なく、また温度の減少により疲労き裂進展速度も減少するといえる。

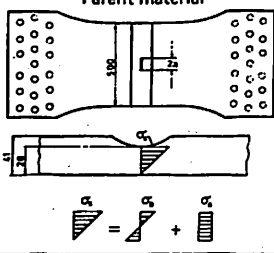
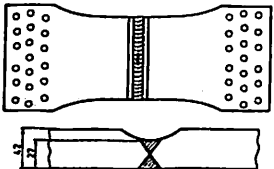
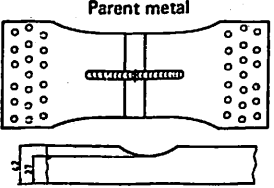
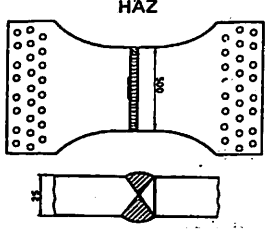
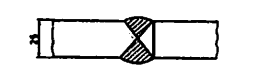
また、き裂進展速度ならびに貫通き裂形状および大きさを求めるために広幅引張試験が行なわれた。これは、図9-72に示したみぞ付のものおよび平板のもので、初期欠陥として 0.2 mm 深さで長さを 25 ないし 80 mm

としたものが与えられた。き裂形状大きさは、貫通き裂時、き裂が貫通してから15日後、そのまた半年後に相

当するものが計測されている。

貫通時のき裂長さは、曲げと軸力の組合わせ応力で表

表9-9 9% Ni 鋼モス球タンクについて行なわれた広幅引張試験 (-162% C) の例 (文献63)

Specimen No.	Specimen type and location of crack	Crack length 2a (mm)	Gross surface stress σ_s (kp/mm ²)	$K_C=f(\sigma_s)$ 2) (kpmm ^{-3/2})	Remarks
3	Parent material 	298	34.5 75.8	971 2131	1st pop-in of 4 Final fracture
4	Weld metal 3) 	278	95.4	2493	No pop-in Final fracture
5	Parent metal 	304	40.6 68.4	1158 1952	1st pop-in of 7 Final fracture
7 5)	HAZ 	250	Gross axial stress σ_a (kp/mm ²) 21.6 34.9	$K_C=f(\sigma_a)$ 4) (kpmm ^{-3/2}) 512 828	1st pop-in of 5 Final fracture
8 6)	HAZ 	246	21.7 33.0	508 781	1st pop-in of 7 Final fracture

1) Gross stress is calculated on the basis of gross section of the specimen. The stress distribution across the plate thickness in the bottom of the groove consists of combined axial and bending stresses ($\sigma_a = \sigma_b$, $\sigma_s = \sigma_a + \sigma_b$)

2) $K_C = \sigma_s \sqrt{\pi a} (1 - 0.1 \frac{2a}{W} + (\frac{2a}{W})^2)$

3) Inconel filler metal 625 with flux

4) $K_C = \sigma_a \sqrt{\pi a} (1 - 0.1 \frac{2a}{W} + (\frac{2a}{W})^2)$

5) As welded

6) Prestressed prior to introduction of crack to a stress level of 25 kp/mm² corresponding to water pressure testing of the tank

面側で(き裂スタート側)で5ないし6倍板厚, 貫通側は0.5ないし1.3倍板厚である。軸応力のみとき、き裂発生側は、板厚の3倍、貫通側は、板厚の0.4倍あつた。広幅試験の結果は、表9-10に示される。

5083-0 アルミ合金の破壊特性試験

モス球形アルミタンク船「Venator」の赤道リング材に用いられる材料は、約100 mm 厚さであり、この厚さのものについて5083-0材では余り試験されたことがないのでこのような厚板の破壊特性と、赤道リング材では、圧延方向に直角方向に働く応力が支配的であるので、横方向の破壊特性を調べるのを主目的として試験が行なわれた。

(1) 小型試験による破壊靱性値

100 × 100 mm の断面を有する3点曲げ試験片により、母材、HAZ および溶着金属テストが行なわれた。

試験片は、ゆつくりした延性引裂き破壊し、限界き裂長さを決める破壊靱性値は計測できなかつた。また、き裂先端の変形も大きかつたので、100 mm 厚さの材料では、線形破壊力学の適用はもちろん、CODによる解析も適当でないと考えられた。

(2) 広幅引張試験

表9-10 9% Ni 鋼広幅疲労き裂進展試験 (文献63)

Specimen No.	Initial defect size mm		Test temp. °C	Through crack size mm		Plate thickness mm	Stress A = membrane B = bending
	length	depth		2a _i ¹	2a _p ²		
2	80	3	20	³ 132.5	14.0	28	A + B
				⁴ 132.5	19.0		
				⁵ 139.6	51.7		
3	80	3	-162	³ 145.0	17.0	28	A + B
				⁴ 145.0	19.2		
				⁵ 145.0	30.2		
4	80	3	20	³ 160.3	36.0	27	A + B
				⁴ 161.1	39.3		
				⁵ 166.9	53.3		
5	25	3	20	³ 133.5	37.0	26.9	A + B
				⁴ 133.5	39.0		
				⁵ 138.5	53.8		
9	50	3	20	³ 74.1	9.0	25	A

- ¹ At initiation side
- ² At penetration side
- ³ At penetration side
- ⁴ At penetration
- ⁵ 15 days of ship operation time after penetration
- ⁶ 15 days + 0.5 years of ship operation time after penetration

表9-11 5083-0 材広幅疲労き裂進展試験 (文献64)

Specimen No.	Initial defect size mm		Test temp. °C	Through crack size mm		Plate thickness mm	Stress A = membrane B = bending
	length	depth		2a _i ¹	2a _p ²		
1	80	3	20	³ 159.2	35.4	34.2	A + B
2	9	3	20	³ 125.6	23.0	34.0	A + B
3	80	3	20	³ 93.2	46.6	20.0	A

- ¹ At initiation side
- ² At penetration side
- ³ At penetration
- ⁴ 0.5 year of ship operation time after penetration

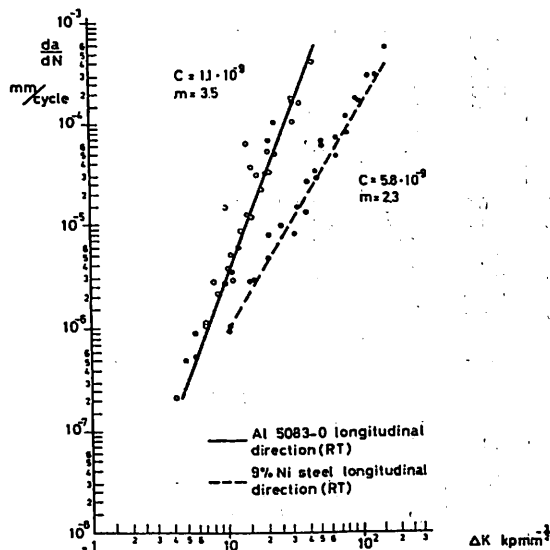


図9-73 LNG タンク材料の疲労き裂進展速度 (文献63)

現在のところ5083-0アルミ合金の応力と限界き裂長さの関係は、広幅引張試験、压力容器破壊試験等により実験的に求めるのが妥当である。文献調査によると、幅508 mm、厚さ25.4 mm 溶接部および母材の試験片に

67ないし178 mm長さの切欠きを設けた試験で、 $\sigma_{not}/\sigma_Y=1.18$ ないし1.38という結果がある。

行なわれた試験としては、500 mm幅、20 mm厚さで354 mmの疲労き裂を有する試験片を -162°C で引張つたものがある。このときは $\sigma_{not}/\sigma_Y=1.10$ という結果を得ている。

さらに、疲労き裂進展速度を求めたみぞ付の疲労き裂長さ400 mm、幅500 mm、みぞの底での板厚34.2 mmの2個の試験片が引張られた。この試験では、軸力と曲げの組み合わせ状態となるので正確な σ_{not} は分らないが、 $\sigma_{not}' =$ 破断時の荷重/切欠きを除く試験片断面積とする、 σ_{not}'/σ_Y は、1.37および1.57であった。

(3) 疲労強度試験

疲労強度試験の結果、累積損傷被害度 <0.15 のことである。なお、詳細は、本章の趣旨でないので省略。

(4) 疲労き裂進展速度

9% Ni鋼で紹介したものと同様な試験が5083-0材についても行なわれた。また、代表的な進展速度と ΔK の関係は、先に9% Ni鋼で示した図9-73に示される。さらに、試験結果は、先に引用した表9-5に示されている。広幅試験についても9% Ni鋼と同様の目的、方法で行なわれている。その結果は、表9-11に示されている。貫通き裂発生後半年たつたときの大きさ、形状は、き裂発生側で3.5ないし4.5倍板厚、反対側で0.7ないし2倍板厚であった。

限界き裂長さと疲労き裂進展長さ

(1) 9% Ni 鋼製 33 m 直径の球形タンクの限界き裂長さ

球形タンクなので、無限板に一樣引張応力に対する $K = q/\sqrt{\pi a}$ を使用して限界き裂長さが想定された。

K_{I0} は、前述のように有効な値が得られなかつたので実際板厚により求められた K_0 値が使用された。

○ タンク底部

$$\sigma_a = 16.7 \text{ kg/mm}^2$$

$$K_0 (\text{HAZ}, -162^\circ\text{C}) = 405 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2} \text{ (小型試験)}$$

$$\text{または } 508 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2} \text{ (広幅試験)}$$

$$2a_c = 380 \text{ mm} \text{ または } 590 \text{ mm}$$

○ 赤道部

$$\sigma_s = 24.5 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{concent.}} = 24.5 \text{ kg/mm}^2 \times 1.3 = 31.9 \text{ kg/mm}^2$$

$$K_0 (\text{HAZ}, -162^\circ\text{C}) = 656 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$$

$$2a_c = 310 \text{ mm} \text{ } (\sigma_s \text{ による})$$

$$= 1,240 \text{ mm} \text{ (前述の広幅試験結果により, } \sigma_s/2 \text{ を使用するとき)}$$

材料および溶接が必要な靱性となつていることは、Vシャルピーテストによる品質管理で保証される。

(2) 5083-0 アルミ材 24 m 直径球形タンク限界き裂長さ

現在のところ、理論的な破壊力学により限界き裂長さを求めるのはむづかしい。溶接部、母材についての 400 mm 長さのき裂を有する広幅試験の破壊応力は、いずれも降伏応力より高い。したがって、設計応力レベルでの限界き裂長さは、溶接継手等の応力集中を考えても十分長いと考えられる。

限界き裂長さ σ_s と応力の関係が、 $\sigma_s \sqrt{a} = \text{constant}$ を満足するものと仮定すると、作用応力 $\leq \sigma_r/1.6$ の限界き裂長さは、1,000 mm 以下となる。

曲げ応力、漏えい等による膨出の影響を考慮して前記の値の 1/2 の 500 mm を限界き裂長さとしており、この値は、タンク底部、赤道部の限界き裂長さとして十分安全側の値と規定されている。

(3) き裂貫通後の疲労き裂進展試験

広幅試験で、き裂が貫通してから 15 日プラス半年の期間を想定した応力頻度分布に相当する繰返し荷重が加えられ、疲労き裂進展状況が観測された。また、2 個の試験片 (9% Ni 鋼試験片の組合わせ応力状態) は、18 ヶ月の繰返し荷重が加わるのに相当する試験が行なわれたが、き裂長さは、それぞれ 130 mm と 60 mm であつた。(き裂長さは、発生側と貫通側の平均値)。

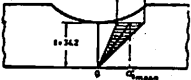
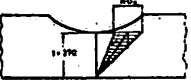
また、漏えい検知は、組合わせ応力状態で貫通側長さが 30 ないし 40 mm で検知、引張応力状態で 20 mm 長さのき裂で検知されるであろうことが、広幅試験のリークテストの計測結果により確認された。

(4) 疲労き裂進展速度の計算

広幅疲労試験により、き裂の進展状況が計測され、また疲労き裂進展の計算が行なわれ、計算法のチェックが行なわれた。そのうち 1 例を、表 9-12 に示した。

(未完)

表 9-12 広幅疲労き裂進展試験結果の 1 例 (文献 63)

Test conditions	$\Delta \sigma_s$ (kp/mm ²)	Number of cycles per load level N_i	Experimental		Calculated		Calculated ref (17) ¹		
			a (mm)	2c (mm)	a (mm)	2c (mm)	a (mm)	2c (mm)	
Al 5083-0 Spec. No. 1  σ_s mean = 7 kp/mm ² Test temp. = RT m = 3.5 C = 1.1 10 ⁻⁹	0.5 year ship operation	2.20	225000	13.7	83.9	13.7	83.9	14.0 ²	87.3 ²
		3.30	22500	15.2	85.7	15.1	85.4	15.3	89.2
		4.50	2300	16.0	87.0	15.7	86.0	15.8	90.0
		1.16	2225000	16.2	87.0	15.9	86.2	16.0	90.4
		5.60	225	18.6	90.3	17.4	88.0	17.4	92.8
		6.80	50			17.4	88.1	17.5	93.0
	0.5 year ship operation	5.60	225	19.3	90.8	17.5	88.2	17.5	93.2
		4.50	2300	20.0	91.2	17.6	88.4	17.7	93.5
		3.30	22500	21.0	92.9	18.2	89.2	18.2	94.7
		2.20	225000	21.6	94.5	19.6	91.2	19.6	97.7
		6.80	17900	23.2	103.1	24.8	101.6		
		5.60	12000	23.4	108.8	26.4	106.0		
4.50	120000	34.2	159.2	33.3	145.6				
9 per cent Ni Spec. No. 3  σ_s mean = 16 kp/mm ² Test temp. = -162°C m = 2.7 C = 5.6 10 ⁻¹⁰	See footnote ³								
	22.0	50000	13.1	90.8	13.1	90.8	13.1	90.8	
	22.0	20000	19.8	105.2	22.2	107.4	17.3	96.7	
	22.0	30000	22.1	113.0	25.3	118.4	18.8	99.6	
	22.0	20000	24.8	128.7	29.7 ⁴	146.6 ⁴	21.07	104.4	
			27.0	141.4	32.8 ⁴	173.8 ⁴	22.47	108.1	

¹ Ref. (17) used m = 3.5 C = 1.4 10⁻⁹ (preliminary data)

² Initial crack size stipulated to a₀ = 8.6 and 2c = 93.4

³ 17000 cycles at $\Delta \sigma_s = 6.8$ kp/mm² gave a = 14.0 2c = 87.3

⁴ Present investigation: m = 2.67 C = 2.4 10⁻¹⁰

⁵ Computer extrapolation

日本造船研究協会の昭和48年度 研究業務について(2)

(社) 日本造船研究協会
研 究 部

前年に引続き、今回は造船技術開発に関する基礎的研究のうち「船殻部材歪量の船体強度に及ぼす影響に関する調査研究」(SR 127)、「船殻の腐食と腐食疲れによる損傷の防止対策に関する研究」(SR 128)の研究の2課題を取り上げ、その内容・成果の概略を紹介する。

船殻部材歪量の船体強度に及ぼす影響に関する研究

研究部会：SR 127 (部会長：木原 博)

船殻部材の歪量が船体強度に及ぼす影響は極めて重要な問題であるにもかかわらず現在までにこれらに関する系統的な研究成果は少ないようである。例えば、船殻構造部材の精度に関する J.S.Q.S. (Japan Shipbuilding Quality Standards) は主として従来の実績をもとにして定められた数値であり、強度上の理論的裏付けに乏しく、また、最近のように急速に大型化したいわゆる巨大船に対しては必ずしも妥当ではないものもある。そこで本研究は、最近の歪量を調査し、その実態を分析し、また、船殻部材の強度の面から部材の歪許容量を理論的に検討して合理的な歪許容量を決定することを目的として昭和46年度より4か年計画で研究を行っており48年度として次の研究を実施した。

(1) 船殻部材の歪量に関する調査研究

(a) 船殻部材の歪量に関する調査研究

船殻構造を構成する船殻部材に発生する歪量の実績を定量的に把握し、発生した歪量とその部材の構造強度ならびに材料強度との関連を調査するため、全国の28造船所の協力を得て、最近建造された船舶あるいは建造中の船舶の各種部材の歪量を追加計測した。この計測された歪量データを電子計算機を利用して統計的に集計し、歪量の分析を行った。

本年度は、部材寸法と歪量の相関関係を見出すことに重点をおき昨年度集計した部材寸法分布の問題から部材寸法のチェックを十分に行い、誤記によるもの、あるいは一部かけはなれた部材を除外することにより、3区分された部材数の配分が比較的バランスがとれ、部材寸法の歪量との相関関係が確認できた。さらにストラット部材寸法の分布の一部不足していたデータを今年度の追加計測により埋めることができ昨年不明であったことが明らかになった。すなわち、ストラットの真直度の場合、タンク全幅の大きい区分でデータ数6個、そして歪量は小さく集計されていたが、今年度の追加計測によりデ

ータ数104個となり、集計した歪量も大きくなり、タンク全幅の増大につれ歪量が增大することが明らかとなった。

パネル部材の隅肉溶接による折れおよび突き合せ継手の折れに対する板厚の影響が同じ傾向を示している。一般に板厚の増大につれ隅肉溶接による折れおよび突き合せ継手の折れは減少する傾向にあるが、上部構造等歪取りを十分に施す部材については逆に板厚の小さい区分で歪量が小さくなっている。

フェースプレートの折れは板厚や幅の影響はあまり顕著でない。また、フェースプレートの両端がフリーであるため、パネル部材の隅肉溶接による折れより大きい値を示している。

(b) 溶接歪防止および歪取工作法に関する研究

昨年度行つた溶接変形に関する実験について理論解析を行い、突き合せあるいは隅肉溶接において各種拘束条件下の変形状態を計算した。この結果、T型ロンジの撓み量は部材の e/I で整理すると直線で近似できることが判明した。

また、歪取りに関する研究として板厚4.5、6.0、9.0mmの鋼板を対象に各種溶接パネルを作製し、パネルの凹変形の歪取りに関する実験を行った。その結果、パネルの凹変形の歪取りのうちもっとも有効な方法はスチフナ部に角変形をおこさせることである。スチフナ部から離れたところを加熱すると、どのような冷却方法でも折れが生ずるが、この折れはパネルの残留応力分布の影響によるものである。

わかめ状変形の歪取りに関しては、凹部を加熱急冷によつて面内収縮を生じさせ歪取り後、次に凹部について標準パネル等の実験で得られた結果を採用すれば歪取りが容易になる。

(c) 外観による歪基準の決定に関する研究

外観による肉眼判定に及ぼす要因として明度、色相、観察位置等を取り上げ各要因の実験結果より歪量をもっとも大きく判定する条件で歪モデルについて肉眼による歪判定試験を行い、肉眼判定における許容限界、スケールエフェクトについて影響を調査

した。

また、歪量の定量的測定法として計測精度の高いモアレ装置による歪計測を行い、現場通用の可能性について検討した。

その結果、歪量が肉眼判定に及ぼす影響は、塗装ペイントの明度、光源角度および光沢度の因子が起因する。しかし、光沢度 30 Lu の場合では歪量判定の度合 $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ を習熟により正確に判定することが可能である。

スケールエフェクトについては、判定歪量 U が実歪量 U_0 とスパン L との比 U_0/L について直線関係にある。

肉眼判定に影響を及ぼす因子における最悪条件での実歪量と感覚との関係は実歪量 2mm が限界である。しかし、この値は実験室実験で得られた結果であり、実船に適用するにはスケールエフェクト等修正係数の把握の検討が必要である。

表面歪測定装置としてのモアレ装置は、感度および精度 ($\pm 1 \text{ mm}$) 上は十分な結果が得られたが、現場適用については装置の機能上、測定幅の拡幅、装置の可搬性、撮影角度の可動性等、装置自体を現場向きに開発、改良を加える必要がある。

(2) 船殻部材の歪量と構造強度との関連に関する研究

(a) 板材の工作歪と強度に関する研究

板材の初期撓みが強度に及ぼす影響を解明するため、曲げあるいは剪断を受ける板材の力学的挙動を実験的に求め、理論値との比較検討を行った。また、信頼性理論を適用して初期撓みと強度との関係を確率的に検討した。その結果、実験では曲げを受ける場合に初期撓みが桁の最終強度にどのように影響を及ぼすかを結論づけることはできなかった。しかし、剪断を受ける場合には最終強度に及ぼす初期撓み (サイン半波長の場合) の影響はほとんどないことが判明した。

工作基準の設定については、船の対象とする場所の寸法、応力状態、変動応力の長期分布、破壊の確率等が求まらなければ初期撓みの基準を設定することは困難である。

(b) 桁材の工作歪と強度に関する研究

桁材の工作歪がその強度に及ぼす影響を調査するため、タンカーの船尾横桁の縮尺模型について、実船相似型、桁の面材の幅が狭い場合およびウェブの板厚が厚い場合の 3 種類、計 12 個の模型実験を行った。これらの実験において、実船相似型シリーズの桁では、純曲げを受けるとまず最高荷重の約 1/3

でウェブパネルの局部座屈を生じその後ウェブの剛性低下とともに桁が横倒れし、それに伴ってフェースの圧縮縁に塑性化が発生してフェースの局部座屈を生じて崩壊する。計算結果では、その最高荷重は工作歪の影響を受けるが、今回の実験ではあまり明らかでない。

狭幅型シリーズの桁では、純曲げを受けるとウェブパネルの局部座屈が生じて急激に横倒れ変形が増加し、ほとんどフェースの捩れ変形が生じないうちに最終的に桁の横倒れ座屈により崩壊する。その最高荷重は工作歪の影響を受ける。

厚板型シリーズの桁では、純曲げを受けると最高荷重の約 1/2 でウェブパネルの局部座屈を生じるが、それと同時にフェースに塑性化が発生し、桁が少し横倒れしてフェースに局部座屈を生じて崩壊する。その最高荷重は工作歪の影響を少し受ける。

このように各シリーズともに工作歪の多少にかかわらず最高荷重とフェースの塑性化発生荷重との間に相関関係が見られる。

(c) 柱部材の工作歪と強度に関する研究

柱部材の工作歪と強度との関係を調査するため、H型鋼による基礎実験とストラット部の模型実験を行った。

H型鋼による基礎実験は、初期撓みと偏心位置とを変えて二軸曲げ圧縮試験を行い、また、弾塑性解析の解析結果と比較検討を行った。その結果、初期撓みによる崩壊荷重の低下は偏心量が小さい場合に最も大きく、偏心量が大きくなるに従いその影響は相対的に減少することが判明した。

ストラット部の模型実験では、通称連続フェース型と直線型の 2 種類の実船縮尺模型について初期歪の形を Z 形と台形の 2 種類として圧縮実験を行った。また、平面骨組構造物の弾塑性有限変形プログラムを作成して理論解析を行い、実験結果と比較検討した結果、今回実験した型のストラットで、実験に使用した荷重や拘束条件下では、圧縮強度に及ぼす初期撓みの影響は少なかった。

(d) 二次部材の工作歪と強度に関する研究

二次部材の工作歪が強度に及ぼす影響を調査するため、12万トンおよび20万トン型タンカーのデッキトランスの模型により実験を行い、倒れ止め肘板の初期撓みがその強度に及ぼす影響について検討した結果、現在のデッキトランス程度の寸法では桁の最高荷重は面材の降伏できまり、倒れ止め肘板の初期撓みの影響は少ないことがわかった。

(e) 初期変形と平板の強度剛性に関する理論解析と実験

船殻構造物は溶接による初期変形は避け難く、このような初期変形を有する構造部材が外力のもとで示す挙動を明らかにしておくことは適切な工作基準を得る上で重要な問題であるため、平板が面内荷重を受ける場合として曲げ、剪断およびその組合せ荷重を受ける場合の実験および理論解析を行った。実験は桁模型で、ウェブの板厚を2種、初期撓み量を3種類変え、両端支持中央集中荷重の状態を実施した結果、次のことがわかった。

初期撓みは、桁の剛性に対して影響を及ぼし、撓み量の大なるものほど剛性は低下するが、最終強度に対してはほとんど影響を及ぼさない。

最終強度について、実験値を解析値と比較すると板厚 3.2 mm ではやや低めになり、その後も変形能を持つが、板厚 4.5 mm ではやや高めとなって多少フランジの横倒れを伴い、その後の変形能が乏しい。

有限要素法を用いた理論解析の結果は、定性的には実験結果と一致するが、最終強度を論ずる場合には、細かい要素分割と特に最終強度近傍での細かい荷重増分が必要である。

(3) 船殻部材の歪量と材料強度に関する研究

(a) 初期歪が継手の疲れ強さに及ぼす影響に関する研究

初期角変形が継手の疲れ強さに及ぼす影響を調査するため、裏当金を有する片面突合せ溶接継手試験片による疲れ試験を行った結果、次のことがわかった。

疲れ亀裂は裏当金の遊辺側角変形凹面部から発生する。継手の母材に SM 41 と SM 50 の2種の鋼種を使用した。継手の時間強度は SM 50 のほうが、多少強いが疲れ限度は両者ともほぼ同じである。

(b) 建造中に発生する歪の解析と防止法に関する研究

突合せ溶接継手における初期角変形が溶接面外変形に及ぼす影響を求めため、初期角変形量を6種変え、片面ユニオンメルト溶接を行い、角変形、縦曲り変形および横収縮について計測を行った。その結果、溶接による角変形は、初期角変形の発生している方向と同方向に発生し、その大きさは初期角変形量の大きさと関係なく、この実験の場合2~3度となった。

初期縦曲り変形量と溶接角変形量には明確な関係は認められない。最大縦曲り変形量は1,400 mmのスペンで10~15 mm、平均横収縮量は1.1~1.4 mmであった。

(c) 隅肉溶接部におけるギャップ処理法の研究

十字隅肉溶接を対象として、ギャップ量とその処理法によって変化する継手の強度を調査し、また、継手の強度は脚長ともに溶込み量の大きさにも依存しているため、ギャップと期待できる溶込み量の関係も調査した。これらの研究成果をもとに継手の強度およびギャップ処理の作業性などを考慮した。ギャップ処理法を検討したその結果ギャップ量が3 mm まではギャップ量と同じ溶込み量が得られるが、ギャップが3 mm を超えると溶込み量はほとんど増加しない。

疲労強度は応力集中度に依存するところが大きいので、有限要素法による応力集中の計算を行って実験結果を考慮すると増し脚長および面取り型で処理された試験片の破断位置は計算結果と一致するが、ライナ挿入型では応力集中度だけでは十分な説明ができない。これに関して、溶着金属に生じる残留応力を熱弾塑性計算すると、主板とライナとの溶接部にはもう一つの溶接部より相当高い引張応力が生じており、疲労試験における破断位置がこの位置になる可能性のあることを説明できる。

船体のような大型構造では、一般に溶接長は十分長い。このような構造物の継手に作用する力は、応力集計部を除くと平均化される。したがって、継手の結果状態とその継手の強度もある程度の長さにおいた平均値で取扱うのが妥当である。この考え方により上述の研究成果を検討すると次のようなギャップ処理法が考えられる。

ギャップ量が 3 mm 以下では規定脚長で溶接してよい。

ギャップ量が 3 mm を超える場合は、次式にしたがって脚長を増加させる。

$$(\text{増し脚長}) = (\text{ギャップ}) - (3 \text{ mm})$$

ギャップ量が 5 mm を超える場合の一つの対策として、チルプレートを取付し、主板の面をとって溶接する方法がある。この場合、チルプレートをもそのまま残しても継手の強度に悪い影響を及ぼさないが、外側上およびチルプレートと主板の間隙における腐蝕を考えるとチルプレートを取り除き裏溶接を行うほうがよいであろう。

ギャップ量が 5 mm を超える場合の他の対策と

してギャップにライナを挿入し溶接する方法がある。ライナ幅が次式を満足するものと脚長は規定のものでよい。

$$t + 2F + 10 \leq B \leq 3h \text{ (mm)}$$

ここに B: ライナ幅, h: ライナ板厚, t: 主板厚
F: 脚長

この方法で処理できるギャップ量の下限值 (g_{min}) は上式により次のように決る。

$$g_{min} \geq (t + 2F + 10) / 3 \quad (\text{村})$$

船殻の腐食と腐食疲れによる損傷の防止対策に関する研究

研究部会: SR 128 (部会長 南 義夫氏)

わが国の造船技術の進歩向上は目覚しく、船舶の巨大化や高速化においては、世界的にも大きな役割を果たしているが、一方では従来あまり問題とされていなかったような損傷が重大視されるようになり、保守安全についても技術的配慮がなされなければならなくなってきている。したがって今後の造船技術の一つの方向として疲労強度を考慮に入れた設計が要求されるようになり、これに対するバックデータの集積や疲労を考慮に入れた設計法の設定が必要とされる。

実際の船体構造においては、部材の組合せやスロット孔のような切欠きを多数有し、また環境においても、海水は激しい腐食性を有するものであり、さらにまた、波浪などによる外力と実際に部材に生ずる応力との関係が未だ十分に把握されていない現状においては、問題を早急に解決することはできない。また最近の船舶においては、腐食衰耗の防止対策の一つとして、特殊塗装が用いられている。しかしながら、軟鋼の海水における腐食疲れ強さに及ぼす塗装の効果とともに塗膜自体の繰返し荷重に対する耐久性は未だ定量的に把握されていない。

このような観点から、実船構造の疲労強度に及ぼす波浪などによる外力、応力集中、溶接ならびに腐食雰囲気などの各種因子の効果および海水中腐食疲れ強さに及ぼす塗装の効果等を明らかにし、また、実際にみられる損傷との対応を行って、船殻の腐食と腐食疲れによる損傷の防止対策に資することを目的として、昭和46年度より3か年計画で実施し、最終年度である48年度は主として、海水腐食疲れに及ぼす塗装の効果について研究を行った。以下にその概要を述べる。

(1) 腐食と腐食疲れ損傷発生に関する研究

- (a) 軟鋼の海水中腐食疲れ強さに及ぼす塗装の影響
本研究では、船体構造用軟鋼 (SS 41) の平滑丸棒試験片にタールエポキシ系塗料を塗装し、海水中で

軸力両振り疲労試験を行い、その疲労強度を非塗装試験片の場合とも比較し検討を行った。また、腐食疲労試験片の電気抵抗と電気容量を測定し、荷重繰返しに伴う塗膜の劣化状況を調査した。これらの結果を要約すると次のようになる。

- 1) 軟鋼の海水中での疲労強度は、タールエポキシ系塗料による塗装を施すことによって、大気中の非塗装試験片の疲労強度程度に改善される。
- 2) 塗装試験片の疲労寿命は、海水中の場合では大気中の場合の疲労寿命の66~80%程度となる。また、海水温度20°Cと60°Cとでは顕著な差はないようである。
- 3) 塗膜が応力の繰返しによって劣化する時期は破断寿命近くであり、ほとんどの期間では初期の状態が保たれる。

(b) 実船局部構造模型の海水腐食疲労強度の検討

実船比1/2の縮尺のスロット部局部構造模型供試体を軟鋼SS41によつて製作し、天然海水中において10cpmの速度で部分片振り ($R=0.2$) 三点曲げ疲労試験を行った。大気中で行われた試験とともに、スティフナやスロット孔縁でのひずみ分布、疲労き裂発生寿命と破断寿命ならびに疲労き裂伝ば挙動を測定検討し、これから以下のようなことが明らかとなった。

- 1) スティフナおよびスロット孔部の疲労強度はともに海水の影響を受けて、海水中の場合では大気中の場合よりも疲労強度は低くなる。
- 2) 疲労強度に及ぼす海水の影響は、スティフナの場合の方がスロット孔部よりも大きい。
- 3) 腐食効果係数 K_c をき裂発生寿命について示すと、スティフナでは $N_c=10^4$ サイクルで $K_c=1.14$ 程度、 $N_c=10^5$ サイクルで $K_c=1.75$ 程度となる。一方スロット孔縁では $N_c=10^5$ サイクルでは $K_c=1.13$ 程度である。
- 4) スティフナあるいはウェブプレートでの疲労き裂伝ば寿命 N_p は荷重の増大により、あるいは同一の荷重であっても大気中の場合よりも海水中の場合の方が短くなる。

(2) 海水中腐食疲れと塗装の効果

造船用軟鋼板 SM 41 A 材にサンドブラスト処理を行った試験片について大気中および海水環境中における疲労試験を行った結果以下のことがわかった。

- 1) 高速繰返し速度における疲労寿命は3%食塩水中浸漬では大気中のものに比べて、実験を行った領域にわたって一様に約30%の寿命低下が見られる。

2) 海水腐食環境中における低速荷重繰返し速度での疲労試験結果は高応力 ($\sigma_{max} \geq \sigma_y$) においても約 40%、 $\sigma_{max} \approx \sigma_y$ では約 50% の寿命低下がある。

3) 腐食環境中での繰返し速度の寿命低下に及ぼす影響は短寿命側 (高応力レベル) では比較的小さく、低応力レベル側寿命低下の割合が大となることがわかった。これは低応力側では試験片が腐食環境にある時間が長く、機械的に受ける被害に対して雰囲気を与える割合が大きくなるためと考えられる。

(3) 片振り引張り腐食疲れに対する不活性ガスと塗料の防食効果に関する研究

船体用軟鋼板で有孔試験片および十字隅肉溶接継手を作成し、それらの非塗装材あるいはタールエポキシ塗装を施した試験片について、大気中あるいは 3% 食塩水中において片振り引張りによる疲れ試験を実施した結果、塗装試験片の寿命は SUS 製容器と試験片が短絡していたため、非塗装材よりもかえって寿命が短かくなったが、他の要因も考えられるので、さらに詳細な検討が必要である。

(4) 腐食疲労に及ぼす塗装の防食効果

腐食疲労に及ぼす塗装の効果をみるため、SS41 鋼を用いサンドブラスト処理後タールエポキシ塗料を塗装し、3% NaCl Wet-Dry 5min-5min での腐食疲労試験を実施した。その結果、以下のような結論を得た。

1) サンドブラスト処理した SS41 鋼の腐食疲労強度は繰返し速度が 1,750 cpm の場合、Dry の場合と比べると 10^7 回繰返しにおいて約 40% 程度低下する。繰返し速度が 60 cpm の場合、腐食疲労寿命は Dry の約 1/2 になる。

2) 繰返し速度の影響は Dry, Wet-Dry のいずれの場合も若干あり、繰返し数で整理すると、60 cpm の方が 1,750 cpm に比べて寿命が短くなる。

3) 腐食疲労に及ぼす塗装の効果は、この実験範囲内ではいずれの繰返し速度においてもみられ、腐食疲労寿命はほとんど Dry の疲労寿命と同程度となることがわかった。

(5) 海水腐食疲れの塗装による防食効果と溶接構造要素への応用の研究

(a) 回転曲げ試験による基本特性の検討

供試材は SM41A 鋼で、試験片の表面状態は、機械切削のままのもの、サンドブラスト処理したものおよびサンドブラスト処理後タールエポキシ塗料を塗装したものの 3 種とした。試験は片持ちはり式回転曲げ疲労試験機によって行い、回転速度は 10 cpm と 1,800 cpm とした。

結果をまとめると次のようになる。

1) 機械切削材で荷重速度の寿命に及ぼす効果を調べた所、大気中疲労試験においてもやや速度効果が認められ、1,800 cpm より 10 cpm のほうが短寿命になった。

腐食疲労寿命においてはその差はさらに大きく現われた。

2) 塗装の効果は低応力側ではよく発揮されていたが、高応力側ではあまり期待できない。

(b) 溶接構造モデルによる試験

応力集中を起す例として溶接構造モデルを取り上げ、その塗装による腐食疲労防止効果を検討し、次のことが明らかになった。

1) 比較的高応力 (今回のモデルの場合 $\sigma_a = 15 \text{ kg/mm}^2$ 以上) が繰返えされる場合には、大気中の疲労寿命と腐食疲労寿命との間に明瞭な差異がなく、したがって塗装の効果も明確でない。

2) 比較的低応力が繰返される場合には、塗装により腐食疲労寿命はかなり長くなるような傾向が認められた。

以上、タールエポキシ塗料の塗装による造船用軟鋼板の 3% NaCl 水中での腐食疲労の防止効果について検討した。

繰返される応力が、その材料の大気中疲労限より低い場合には塗装による腐食疲労防止効果はかなり期待しうるが、それより高い応力が繰返される場合にはその防止効果は十分ではない。特に、応力繰返し速度がおそく長時間にわたって高応力の繰返しを受けるような場合には防止効果はほとんど期待しがたい。

したがって、実船において、構造不連続部や部材の交叉する溶接部で大きな集中応力が比較的低速で繰返される部分での塗装による腐食疲労の防止は期待しがたいものと推定される。

(6) 構造用鋼の食塩水中における腐食疲れき裂伝ば速度に及ぼす荷重繰返し速度および平均応力の影響とペイント密着性劣化に及ぼす変動応力の影響に関する研究

(a) 構造用鋼の食塩水中における腐食疲れき裂伝ば速度に及ぼす荷重繰返し速度および平均応力の影響

比較的大型の軟鋼 (SM41A, 板厚 13 mm) 中央切欠試験片により、大気中および 3% 食塩水中において荷重繰返し速度 (3,30 および 300 cpm) を種々変えた片振り引張り疲れ試験を行い、疲れき裂伝ば速度を測定した結果、次の点が明らかになった。

- 1) き裂伝ば速度 da/dN と き裂先端の応力拡大係数 ΔK の間には、荷重繰返し速度 f および雰囲気のかんによらず 4 乗則が成立し、その関係は次式で与えられる。

$$da/dN = c(f) \cdot (\Delta K)^4$$

- 2) 荷重繰返し速度が小さくなると、腐食雰囲気におけるき裂伝ば速度は大となる。腐食速度の大きい雰囲気ほどその傾向は著しい。

- 3) 荷重繰返し速度 f および雰囲気がき裂伝ば速度に及ぼす影響は上式の $c(f)$ のみによって表わされ

$$c(f) = 10^{-12} \log(C_0 \cdot f^{-V})$$

で与えられる、 V および C_0 は雰囲気によって決る定数で、大気中のき裂伝ばに対しては $V = 0.9573$, $C_0 = 4.236 \times 10^4$, 食塩水のそれに対しては $V = 4.000$, $C_0 = 1.000 \times 10^{12}$ となり、腐食速度の大きい雰囲気ほど、 V , C_0 ともに大となる。

- 4) $f = 300$ cpm 以上では食塩水中と大気中における $c(f)$ すなわちき裂伝ば速度はほぼ等しく、き裂伝ばに及ぼす食塩水の水速度効果は大気中と同程度である。

- 5) 陰極防食下における疲れき裂伝ば寿命は大気中に比べて著しく低下し、陰極防食によって疲れき裂の伝ば速度を遅らせることは期待できない。その原因としては拡散性水素が挙げられる。

(b) ペイント密着性劣化に及ぼす変動応力の影響

軟鋼 (SM 41 A) にタールエポキシ系塗料を塗装した円弧切欠き試験片 (半径 20 mm, 応力集中係数 1.06) を用いて、3% 食塩水中で腐食疲れ試験を行い、交流法により塗膜のインピーダンスを測定した結果、次の点が明らかになった。

- 1) $10^6 \Omega$ 以下の塗膜抵抗は交流ブリッジによって直接測定できるが、 $10^7 \Omega$ 程度の塗膜抵抗は損失係数 $\tan \delta$ を測定して求める必要がある。この方法で求めた抵抗値の変化から塗膜劣化寿命を推定できる。

- 2) タールエポキシ塗料により、鋼の腐食疲れ強さは著しく改善され、塗膜の厚い程その効果は大である。とくにサンドブラスト材の大気中の疲れ限度以下の応力レベルにおける疲れ寿命の増加が顕著である。

- 3) 塗装試験片の食塩水中における時間強さは、非塗装材の大気中における時間強さよりも大きい。これは塗膜による雰囲気遮断効果とサンドブラスト材のエポキシ塗装による表面状態の改善効果によるものと考えられる。

- 4) サンドブラスト材の大気中における疲れ限度以上の繰返し応力では、塗膜劣化後の寿命 $N_f - N_0$ は、サンドブラスト材の腐食疲れ寿命 N_f よりも小さいのに対し、疲れ限度以下の応力では、 $N_f - N_0$ は N_f よりも大となる。

- (7) 平面曲げ塩水腐食疲労強度に及ぼす塗装の効果
SM 41 B 母材の、平滑試験片 (塗装材、サンドブラスト研磨材)、および切欠試験片の曲げ疲労試験を空气中、および塩水中で行った結果、次のような結論を得た。

- 1) 比較的速い繰返し速度では塩水による腐食効果は長寿命領域で若干見られるようである。

- 2) 切欠の影響は疲労き裂発生寿命において、ほぼ低サイクル領域全体にわたり顕著な影響を及ぼした。

- 3) サンドブラスト処理による表面状態では、長寿命領域に入るにつれ破断寿命に徐々にその影響が強くなった。

- 4) 曲げによる歪の評価法としては、軸力疲労試験との相関から考えて、動的な変位-歪曲線から評価するのが適当であろう。

(8) 腐食疲労に及ぼす塗装の効果

SM 41 鋼板に、サンドブラストを施した後、タールエポキシ系塗料を塗装し、腐食疲労に及ぼす塗装の効果を低速度高速繰返し応力下で検討した結果、次のようなことがわかった。

- 1) サンドブラスト処理したままの材料の疲労強度は圧延のままの材料のそれと比べると大気中ではほぼ等しいが、3% 食塩水中では低下する。

- 2) 塗装による防食効果は、応力繰返し低速度でも高速でも認められ、比較的高い応力レベルでは大気中の疲労寿命に近づく。

- 3) 応力繰返し速度の影響は、大気中においても3% 食塩水中においても現われ、繰返し数 (N_f) で整理するといずれも低速のほうが低寿命となる。

- 4) 塗装面にクラックのある試験片の疲労寿命は、高応力レベルではクラックのない塗装材の疲労寿命と大差ないが、低応力レベルでは、腐食の影響を受けて破断し、腐食疲労の $e_a - N_f$ 線図が、長寿命側に移動したような結果を与えるように見える。

- 5) 試験片の幅を2倍にした試験片を用いても、応力繰返し速度がほぼ等じければ $e_a - N_f$ 曲線はほぼ一致する。

- 6) 試験方法が面内曲げでも平面曲げでも、ほぼ等しい $e_a - N_f$ 線図を与える。

(大西)

日本海事協会 造船状況資料

表1 昭和49年1月～12月末現在の建造中
および建造契約済の船舶総括表

〔国内船〕

	貨物船	油槽船	その他	計
100～	* 17	6	70	93
499未満	** 7,266	2,694	20,560	30,520
500	6	7	4	17
999	4,494	5,793	3,366	13,653
1,000	7	4	3	14
1,999	10,359	6,635	4,100	21,094
2,000	8	2	3	13
2,999	20,090	5,749	7,700	33,539
3,000	37	4	2	43
4,999	150,768	16,700	6,850	174,318
5,000	32	11	10	53
9,999	223,540	94,700	63,840	382,080
10,000	12	7	2	21
19,999	176,300	110,500	28,300	315,100
20,000	8	12		20
39,999	266,100	244,400		510,500
40,000	3	4		7
59,999	165,700	211,000		376,700
60,000	7	23		30
99,999	496,700	1,733,500		2,230,200
100,000		35	1	36
149,999		4,332,250	117,500	4,449,750
150,000				
199,999				
200,000～		4		4
		856,000		856,000
計	137	119	95	351
	1,521,317	7,619,921	252,216	9,393,454

〔輸出船〕

	貨物船	油槽船	その他	計
100～	* 2		43	45
499未満	** 920		13,423	14,343
500	4	5	15	24
999	3,489	3,339	10,150	16,978
1,000	3		19	22
1,999	4,300		28,400	32,700
2,000	9	2	2	13
2,999	20,980	4,900	4,200	30,080
3,000	80	1	4	85
4,999	315,767	3,300	15,750	334,817
5,000	70	5		75
9,999	444,000	44,700		488,700
10,000	105	17		122
19,999	1,626,700	314,600		1,941,300
20,000	75	30		105
39,999	2,117,100	840,400		2,957,500
40,000	12	114		126
59,999	517,700	5,502,189		6,019,889
60,000	15	78	2	95
99,999	971,000	5,561,501	130,000	6,662,501
100,000		99	2	101
149,999		12,521,127	245,000	12,766,127
150,000		23		23
199,999		4,389,000		4,389,000
200,000～		20		20
		4,157,000		4,157,000
計	375	394	87	856
	6,021,956	33,342,058	446,923	39,810,935

備考 *...隻数 **...トン数

表2 昭和49年1月～12月中に竣工した
船舶総括表

〔国内船〕

	貨物船	油槽船	その他	計
100～	* 33	22	245	300
499未満	** 14,356	9,661	71,535	95,552
500	15	36	10	61
999	12,243	33,330	8,239	53,812
1,000	8	16	10	34
1,999	11,133	25,658	13,912	50,703
2,000	13	12		25
2,999	33,363	31,075		64,438
3,000	13	6	4	23
4,999	54,405	22,949	15,590	92,944
5,000	17	2	2	21
9,999	126,243	18,180	14,200	158,623
10,000	11	3	4	18
19,999	146,720	43,639	44,898	235,257
20,000	11	5		16
39,999	306,827	123,049		429,876
40,000		2		2
59,999		104,707		104,707
60,000	1	1		2
99,999	75,351	64,378		139,729
100,000		10		10
149,999		1,287,765		1,287,765
150,000				
199,999				
200,000～				
計	122	115	275	512
	780,641	1,764,391	168,374	2,713,406

〔輸出船〕

	貨物船	油槽船	その他	計
100～			60	60
499未満			19,769	19,769
500	* 15	1	32	48
999	** 13,949	664	25,715	40,328
1,000	3	1	2	6
1,999	5,100	1,456	3,390	9,946
2,000	1	1	3	5
2,999	2,046	2,200	6,000	10,246
3,000	61	2	2	65
4,999	249,362	7,195	7,900	264,457
5,000	50	6	6	62
9,999	346,406	49,804	35,300	431,510
10,000	79	8		87
19,999	1,184,756	121,964		1,306,720
20,000	36	8		44
39,999	1,071,804	265,189		1,336,993
40,000	2	21		23
59,999	88,296	1,010,971		1,099,267
60,000	5	26		31
99,999	347,094	1,872,058		2,219,152
100,000		60		60
149,999		7,368,256		7,368,256
150,000		1		1
199,999		189,000		189,000
200,000～				
計	252	135	105	492
	3,308,813	10,888,757	98,074	14,295,644

表3 建造中船舶の建造工場別表

(昭和49年12月末現在)

工場名	隻数	総トン数	工場名	隻数	総トン数	工場名	隻数	総トン数
浅川造船	11	44,100	川崎神戸	15	836,000	西井船渠	6	18,499
深江造船	1	999	川崎坂出	21	3,247,250	西日本造船	3	450
福岡造船	7	47,600	磐固屋船渠	2	4,100	大島 Dock	4	15,400
福島造船	1	1,355	木村造船	1	199	大島造船	9	522,000
芸備造船	4	15,200	岸上造船	2	4,980	大浦船渠	1	699
強力造船	1	299	岸本造船	8	40,500	岡山造船	2	7,980
伯方造船	1	1,650	高知重工	14	66,446	尾道造船	17	572,250
函館 Dock (函館)	19	1,393,900	高知県造船	13	80,600	大阪造船	14	274,950
函館 Dock (室蘭)	9	133,400	幸陽船渠	27	1,392,800	相模造船	2	469
波止浜造船	19	373,049	栗之浦 Dock	4	16,699	佐野安船渠	23	485,200
橋本造船(本社)	1	1,700	来島 Dock (波止浜)	6	34,900	佐野安(水島)	9	545,600
林兼・長崎	11	323,790	来島 Dock (大西)	18	895,200	山陽造船	5	3,339
林兼・下関	12	148,300	来島 Dock (宇和島)	6	26,330	佐々木造船	5	3,396
林兼・横須賀	4	2,468	共栄造船	2	1,198	佐世保重工	17	1,744,100
響灘 Dock	1	450	旭洋造船鉄工	5	21,999	四国 Dock	8	25,050
檜垣造船	10	38,760	前畑造船	2	505	下田船渠	5	19,990
光工業	2	920	増井造船	2	469	新浜造船	10	35,000
日立有明	10	1,827,500	松浦鉄工	8	2,617	新日光造船(茗荷)	2	594
日立因島	14	952,400	松浦造船	3	1,497	新山本造船	4	67,400
日立舞鶴	11	394,150	三重造船	10	25,825	住友追浜	16	2,410,500
日立向島	14	159,760	三保造船	23	30,966	住友浦賀	19	993,900
日立・堺	16	2,041,600	南日本造船	1	5,800	太平工業	8	56,700
本田造船	9	22,258	三菱広島	20	1,286,201	寺岡造船	6	7,279
市川造船	4	3,398	三菱神戸	16	932,600	東北造船	6	58,745
今治造船(本社)	23	149,500	三菱長崎	41	5,874,127	徳島造船	4	980
今治造船(丸島)	9	370,600	三菱下関	11	134,660	徳島造船産業	4	9,490
今井造船	5	32,190	三菱横浜	14	866,200	東和造船	22	9,017
今村製作所	1	699	三井千葉	17	2,796,100	常石造船	18	658,150
今村造船	4	7,898	三井藤永田	16	279,100	宇部造船	3	12,350
石井造船	1	820	三井玉野	19	1,200,500	内田造船	4	2,468
石播相生	23	1,452,489	三浦造船	4	2,085	宇野造船鉄工	1	499
石幡知多	9	1,138,200	三好造船	6	22,296	宇品造船	3	20,500
石播呉	19	2,941,600	向島造船	1	199	浦共同造船	1	199
石播東京	18	417,200	村上秀造船	4	11,110	白杵鉄工(佐伯)	16	285,900
石播横浜	8	923,500	内海(瀬戸田)	6	48,900	白杵鉄工(白杵)	11	10,689
石川島化工機	8	9,550	内海(田熊)	4	8,210	宇和島造船	7	29,150
鹿兒島 Dock 鉄工	8	39,950	中村造船(柳井)	2	1,979	若松造船	1	1,300
金川造船	4	787	名村(伊万里)	8	470,000	渡辺造船	2	9,600
金指造船(本社)	12	240,000	名村(大阪)	17	283,400	山中造船	3	1,697
金指造船(貝島)	12	10,939	檜崎造船	17	97,905	山西造船	8	27,150
金指造船(豊橋)	8	424,000	新潟鉄工	10	9,981	横浜 ヌット	4	910
金輪船渠	5	61,500	日本海重工	13	309,200	横浜船渠	6	4,200
金原造船	1	240	日鋼清水	14	318,100	吉浦造船	1	1,200
神田造船	8	118,600	日鋼津	5	636,000			
関門造船	1	699	日鋼鶴見	22	1,103,500			
笠戸船渠	14	496,400	西造船	14	53,800	総計	1,207	49,204,389

表 4 主機関の国内製造工場別表

(昭和49年12月末現在)

工場名	ディーゼル主機	
	台数	馬力
赤阪鉄工	106	436,400
ダイハツディーゼル	53	105,040
富士ディーゼル	15	27,200
阪神内燃機	86	256,050
日立因島	16	88,550
日立舞鶴	13	134,000
日立桜島	47	834,580
池貝鉄工	5	4,930
石川島相生	154	2,514,410
いすゞ自動車	4	1,120
伊藤鉄工	3	18,400
川重神戸	58	1,189,700
神戸発動機	88	478,600
久保田鉄工	2	1,000
根田鉄工	14	50,500
松井ディーゼル	1	1,300
松井鉄工	1	550
三菱菱神	80	1,550,700

三菱菱神	2	52,200
三菱菱神	25	402,830
三菱菱神	92	1,698,300
新鋼管	102	186,830
住友部	4	34,580
宇部鉄工	68	1,352,950
ヤンマーディーゼル	9	93,200
ヤンマーディーゼル	21	14,710
合計	1,069	11,528,630

工場名	タービン主機	
	台数	馬力
日立桜島	26	992,000
石川島相生	4	148,700
石川島東京	42	1,585,000
いすゞ自動車	4	1,120
川重神戸	26	1,023,500
三菱菱神	51	1,870,000
三菱菱東	6	260,000
三菱菱玉	5	207,000
住友玉島	16	407,000
東洋タービン	8	324,000
合計	188	6,818,320

表 5 NK 船級船の総隻数および総トン数 (昭和49年12月末現在)

総トン数 以上・未満	NS*		NS		合計	
	隻数	総トン数	隻数	総トン数	隻数	総トン数
100	13	869	19	1,511	32	2,380
100 ~ 500	76	26,031	38	13,466	114	39,497
500 ~ 1,000	243	208,350	30	22,489	273	230,839
1,000 ~ 2,000	356	580,060	15	19,810	371	599,870
2,000 ~ 3,000	536	1,476,291	2	5,457	538	1,481,748
3,000 ~ 4,000	327	1,178,322	4	13,501	331	1,191,823
4,000 ~ 6,000	244	1,198,132	3	13,613	247	1,211,745
6,000 ~ 8,000	221	1,538,731	—	—	221	1,538,731
8,000 ~ 10,000	263	2,371,124	2	19,040	265	2,390,164
10,000 ~ 15,000	205	2,389,665	5	58,191	210	2,447,856
15,000 ~ 20,000	105	1,799,689	1	15,680	106	1,815,369
20,000 ~ 25,000	86	1,922,907	2	45,900	88	1,968,807
25,000 ~ 30,000	44	1,228,483	3	81,100	47	1,309,583
30,000 ~ 40,000	118	4,122,742	—	—	118	4,122,742
40,000 ~ 50,000	64	2,861,203	—	—	64	2,861,203
50,000 ~ 60,000	36	1,962,700	—	—	36	1,962,700
60,000 ~ 80,000	62	4,150,398	—	—	62	4,150,398
80,000 ~ 100,000	42	3,825,444	2	178,275	44	4,003,719
100,000 ~ 120,000	60	6,754,194	1	106,102	61	6,860,296
120,000 ~	31	4,028,607	—	—	31	4,028,607
合計	3,132	43,623,942	127	594,135	3,259	44,218,077
外国船	1,082	8,901,683	80	419,492	1,162	9,321,175

NKコーナー



最近の M0 船の故障、警報の実態

昨年12月開催された技術委員会において、鋼船規則J編（自動制御及び遠隔制御）関係規則の一部改正として、M0船の3箇月以上使用後に行う符号取得検査の廃止案が承認され、完工と同時にM0符号を与えることになった。（運輸大臣の認可を得て実施）NKが調査した最近のM0船の故障警報の実態の概要は、次のようなものである。

1. 故障、警報の発生傾向

M0第1船ジャパンマグノリア（昭和44年8月完工）が就航してから5年余を経過し、昭和49年10月末現在282隻のM0船が運航されている。

NKは、これらのM0船に対し、完工後3箇月以上就航してから機関プラントおよび自動化設備の故障、警報の発生状況について、本船から報告書を提出させ、プラントおよび機器が安定したことを確認した上で、M0符号を与えてきた。

当初のM0船と最近のM0船の故障、警報発生の状況を比較してみると、その発生件数は非常に減少し、また、各装置別の故障発生率の様相も変化してきている。

当初のM0船では、特殊な船を除いて、警報発生件数に対するNKの合格判定基準（30回/30日）に達するまで、ディーゼル船で約70日、タービン船で約90日を要したのに対し、最近のM0船では、ディーゼル船およびタービン船とも約20日で基準に達している。

最近のM0船の故障警報発生の傾向をみると、当初懸念されていた初期故障的な要素は、本船の完工時点でほとんど取り除かれ、乗組員の手による調整・手直し程度で処置されているものと考えられる。また、経験の浅い中型造船所で建造された船でも、装備する警報点が比較的少ないという点はあるが、その差は全く認められない。

2. 各機器別の故障の分類

ディーゼル船の場合、故障率の高い機器は、主機（30%）、清浄機（26%）、補助ボイラ（20%）であつて、プラント全体の故障の76%を占めている。

主機関係では、センサーの不良（監査装置）、シリンダ注油器、FO弁、排気弁などの不良（機器本体）、温調弁、圧力調整弁、フロートスイッチなどの不良（制御装置）による故障が多い。清浄機関係では、封水不良、スラッジ排出不良による異常流出（機器本体）、温調弁の

故障が多い。補助ボイラ関係では、ACC装置（制御装置）の故障が最も多い。

最近のディーゼル船の故障の特徴は、故障率の上で、監視装置関係が当初48.8%であつたのに対し、20.7%と減少し、逆に機器本体が25.5%から48%と増加していることである。このことは、監視警報装置内の電子機器およびセンサー類が、過去の使用実績によつて改良され、さらに、過酷な環境試験が実施されてきたことから、製品が安定し、信頼性が高くなつてきたことを示している。

タービン船の場合には、ディーゼル船と異なり、ボイラ関係の故障が圧倒的に多く、中でもACC装置、給水調節弁、スートブロー装置、バーナ等制御装置と本体の故障が大半を占め、プラント全体の故障の31%である。このほか、主機関係の監視装置、熱交換器の制御装置、ポンプ類の故障が多く、全般的に故障が広範囲にわたっているのが特徴といえる。また、装置別分類からみると、タービン船は、制御装置が複雑で制御機器が多いことから、制御関係の故障が多く、監視装置は、ディーゼル船と同様に故障が少なくなつてきている。

3. M0船の今後の課題

現在就航しているM0船の機関プラントおよび自動化設備は、前述のような故障警報発生状況からみて、デバッキング期から安定（偶発故障）期に入っているが、当初のM0船は、すでに5年を経過しているもので、やがては多発（劣化摩耗故障）期が来ることが予想されるので、その対策を今後検討する必要がある。最近の情報によれば、就航後6年目のタービタンカー（VLCC）で、警報発生件数（機器本体の故障）が増加の傾向を示した例がある。NKでは、主要船会社の海務または工務関係担当者をメンバーとする「M0調査研究会」を設け、この問題の検討を開始した。この研究会は、主として、現在符号取得検査時に本船から提出されている「故障警報発生状況報告」の内容を、コンピュータにインプットしやすい形式に改め、これを毎年検査時に提出願ひ、各船の故障警報の状況を追跡し、解折して行くことおよびこれに関連する今後の定期的検査のあり方について検討の予定である。

NK 船級船 4,420 万総トン突破

1974年12月末現在、NK船級船の合計は、3,259隻、44,218,077総トンに達した。このうち、外国籍船は、32箇国、1,162隻（全体の35.7%）、9,321,175総トン（21.1%）で、依然として急速な増加を続けている。

海底資源掘削船規則認可される

かねてから、運輸大臣に認可申請中の海底資源掘削船規則が、昨年12月21日付けて認可された。

この規則は、昭和50年版鋼船規則中のP篇として制定される予定である。

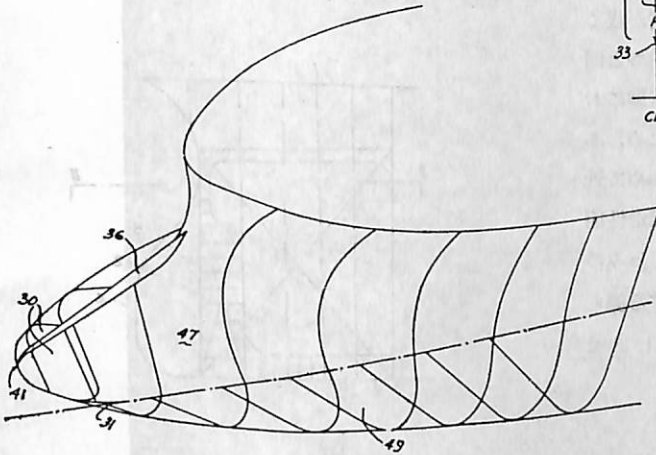
特許解説

今回から数回の予定で、船型に関する最近の特許について紹介していこう。最近の船型に関する特許は、その大半が肥大船船型の改良についてなされたものである。

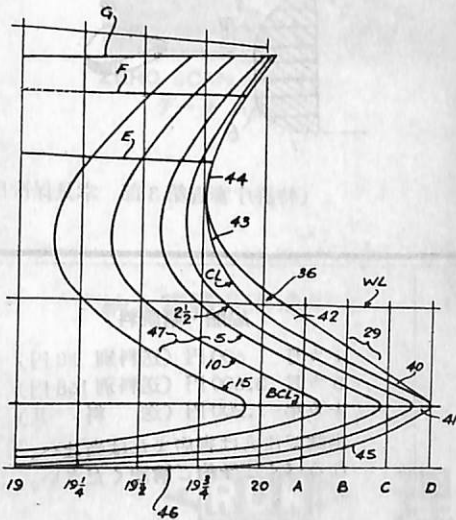
船首構造〔特公昭 48-31238 号公報，発明者；ジョン・ゴートン・ジャーマン外 1 名，出願人；アレックスパウ・カナダ Ltd〕

造波抵抗を減少するために、適切に設計された球状船首を設けることは、従来より行われてきたが、球状船首は砕氷船首として有効でないとされてきた。

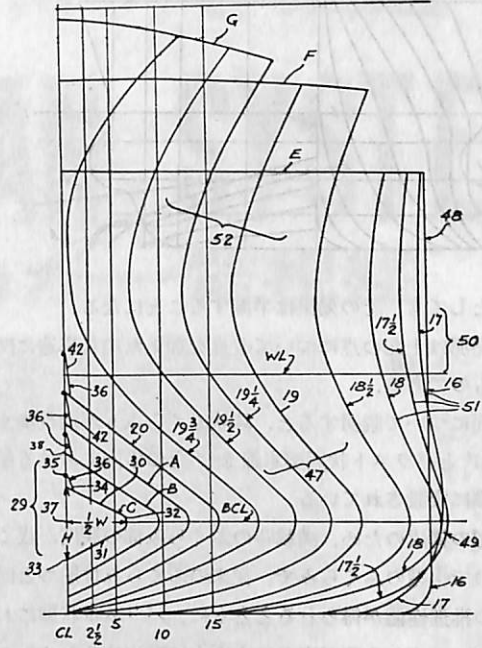
そこで、この発明は、球状船首に良好な砕氷性を与え



第 1 図



第 2 図



第 3 図

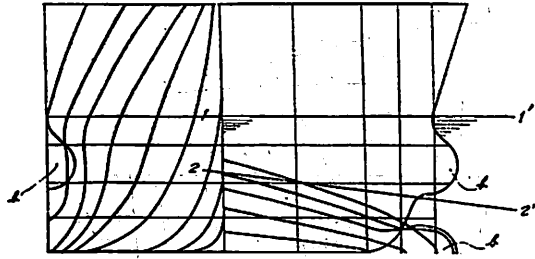
るための船首構造の改良に関するものである。

図面を参照して説明すると、第 1 図は全体の斜視図であり、第 2 図および第 3 図はそれぞれ船側部および正面線図を表している。第 2 図の CL は船体中心線を示している。球状船首部 29 は比較的平らな上面 30 および下面 31 を有し、側部の曲線 32 によつて接続されている。上面 30 は中心線 CL において互いに交わり、その交叉部において、鋭い上縁 35 をもつ分割刃 36 が形成される。氷は、上面 30 の分割刃 36 および下面 31 の突部によつて砕氷される。

船首ふくらみ付船形〔実公昭 48-33193 号公報，考案者；田村欣也，出願人；三菱重工業株式会社〕

本考案は、タンカー、バルクキャリアー等のようにバラ状態での運航が、満載状態での運航と同程度の頻度であり、かつその中間の状態ではほとんど運航しないような種類の船体形状の改良に関するものである。

上記のような船舶に、いわゆる球状船首を適用する場合、通常球状船首の効果を最大限に発揮するための喫水線の深さはほぼ一定であるため、最適の球状船首を採用



したとしても、その効果は半減することになる。

本発明は上記の点について改良を加えた船首構造に関するものである。

図面について説明すると、球状ふくらみbが満載喫水線 1-1' とバラスト状態喫水線 2-2' との間における船首前端に突設されている。

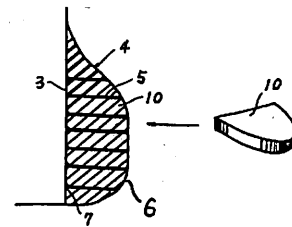
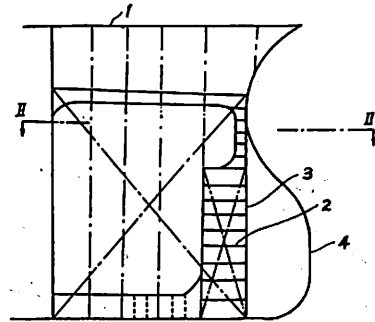
上記の構成のため、満載時のふくらみ部の深度が浅くなるので小型のふくらみで、従来のふくらみ付船形と同程度の推進性能が得られるとともに、バラスト状態においては、ふくらみ部が完全に水面上に露出するため、ふくらみ部が部分的に水没するか又は喫水線にきわめて近い水中に没する従来のふくらみ付船形に比べて推進性能が著しく向上する。また、水面上に露出したふくらみの下部表面が、船首によつて引起される波を抑制する働きをするため、この点においても推進性能を向上させる。

バルバスバウをそなえた船舶〔特公昭 48-41313 号公報、発明者；飯塚正文外 2 名、出願人；三菱重工業株式会社〕

バルバスバウは、従来船体外板と一体的に建造されており、したがって強度上かなり厚い板を 3 次元的に曲げ加工をしなければならないので、その形成には多くの製作工数と技術が要求されていた。

本発明は、上記の問題点を解決しようとするもので、バルバス部分を主船体とは別異の構成としながら、このバルバス部分を主船体に対して強固に取付けることにより、工数の減少および製作の簡易化を図つた船舶構造に関するものである。

図面について説明すると、主船体 1 の前部垂線付近に多数の補強材 2 が配設され、これらの補強材とともに水密隔壁 3 が設けられ、この隔壁 3 の前面にバルバス部分 4 が取付けられる。バルバス部分は、複数の骨部材 5 が棚状に形成されており、これらに予じめプラスチック発泡材で成型された複数の耐圧縮性成型部材 10 が、接着材 7 等で強固に取付けられ、全体としてバルバス部分 4 が形成される。これらの表面には必要に応じて、水密塗装等 6 を行なう。



(特許庁審査第 3 部 幸長保次郎)

船 船 第 48 卷 第 3 号 昭和 50 年 3 月 12 日 発行
3 月号・定価 600 円 (送料 28 円)

本誌掲載記事の無断転載・複写複製をお断りします。

編集兼発行人 土肥勝由

発行所 株式会社 天然社

〒104 東京都中央区銀座 5-11-13

ニュー東京ビル

電話・(03) 543-7793 振替・東京 79562

船舶・購読料

1 カ月 600 円 (送料別 28 円)

6 カ月 3,600 円 (送料別 168 円)

1 カ年 7,200 円 (送料 共)

本誌ご注文は書店または当社へ、なるべくご予約ご購入ください。

船舶自動化(MO)を推進する

ZERO SCAN SYSTEM[®]

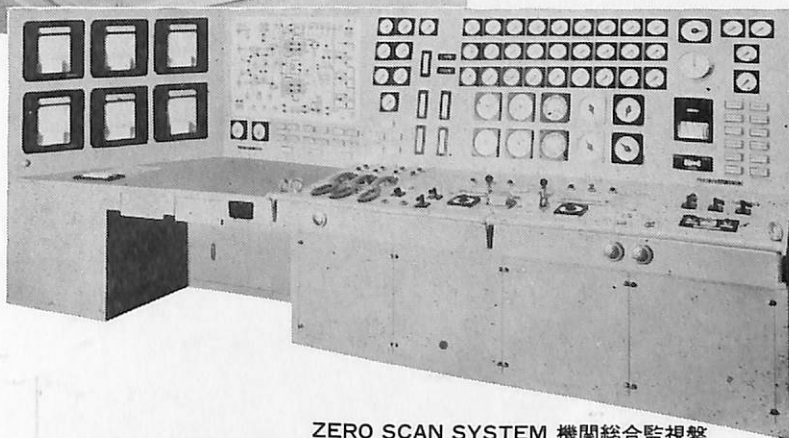
データロガー・監視盤



ZERO SCAN SYSTEM
データロガー

- 本システムは当社が船舶自動化用として他に先駆けて開発した全く新しい理想的なシステムであります。
- すべての発信器と受信器が1:1の常時監視方式であります。
- MO適用船の推奨規則に最適のものであります。
- ユーザー各位の経済性を主眼として製作されております。

納入実績 3万点以上



ZERO SCAN SYSTEM 機関総合監視盤



理化電機工業株式会社

本社・工場 東京都目黒区中央町1-9-1 TEL 東京(03)712-3171(代) ☎152 TELEX246-6184
横浜工場 神奈川県横浜市緑区青砥町342 TEL (045)932-6841(代) ☎226
本社営業部 東京都目黒区柿ノ木坂1-17-11 理化電機ビル TEL (03)723-3431(代) ☎152
大阪営業所 大阪市東区本町1-18 山基ビル TEL 大阪(06)261-7161(代) ☎541
小倉営業所 北九州市小倉北区米町1-1-5 小倉朝日三井ビル TEL 小倉(093)551-0288 ☎802

Dimetcote®

厚膜型無機亜鉛塗料

ダイメットコート

鋼構造物を腐食から守る特殊防食塗料

Amercoat®

小松島特殊塗装工場稼動開始

新造船、就航船などに最新設備によって工期短縮
低コスト、精度の高いタンク内塗装施工を行います。

小松島工場：〒773 徳島県小松島市中田町東山 TEL 08853-2-6352

昭和五十年三月十二日発行（毎月一回十二日発行）
昭和五年三月二十日第三種郵便物認可・昭和四十九年十二月十七日国鉄首都特別扱承認雑誌第二〇六五号

定価 六〇〇円

発売元 株式会社 井上商会

〒231 横浜市中区尾上町5-80
TEL 045-681-1861(代)

製造元 株式会社 日本アマコート

〒232 横浜市中区かもめ町23
TEL 045-622-7509

社長 井上正一