浦賀水道における船舶通航実態—II

豊田清治*・上坂太郎*・鞠谷宏士*
川本文彦*・巻島 勉*・飯島幸人*
田辺 穰**・杉崎昭生*

The Actual Condition of Ship's Traffic in the Uraga-Suido—II

S. Toyoda, T. Kōsaka, H. Kikutani,
F. Kawamoto, T. Makishima, Y. Iijima,
Y. Tanabe and A. Sugisaki

Abstract

The authors reported formerly on the preliminary research under the average traffic condition, in Summer, 1965. In succession, we have made the second observation for 25 total number of days from 28 th Nov. to 30 th Dec., 1966, under the crowded traffic condition, using a millimeter wave radar.

This paper describes on the results of study, concerning about general and abnormal features of ship's track and flow, navigable rooms, amounts of traffic, time intervals and speeds of passing ships and traffic capacity in this water area.

1. ま え が き

著者等は、さきに予備的調査に基づき浦賀水道における平均的状態の通航実態について発表した⁽¹⁾、今回さらに錯綜時の実態を解明する目的をもって、昭和41年末に観測を行なったので、その調査結果の概要を報告する。

2. 観測および解析

2.1 観 測

観測場所は前回と同じく、走水18m台地とし、昭和41年11月28日より同年12月30日のあいだに、24時間連続観測を12日、錯綜時(0600~1000, 1400~1800)観測を13日、計25日間これを行なった。

(1) レーダ観測

写真撮影用として沖電気製 CPSH—4 型 (8.6mm波) レーダを用い、6 kmレンジ、オフセンタ方式により、前回と同じ撮影装置で1分ごとの撮影を行なった。なお、目視観測補助その他の用途に沖電気製 NXE—12型 (3.2cm 波) レーダを併用した。

* 東京商船大学 (東京都江東区深川越中島町)

** 日本原子力船開発事業団 (東京都港区芝罘平町)

(2) 目 視 観 測

見通し線の設定, 船の大きさ区分 (A, B, C), その他の観測項目は前回とほとんど変更なく, 時間や距離などの測定を細かに行なった。

(3) その他の観測

ミリ波レーダの観測精度の確かめ (とくに距離, 速力などの要素) および今後の観測方法についての一つの試みとして, 第2海堡上に基線を設定して測量的手法による実測を行ない, また日本電気製レーザ・レーダにより諸種の距離測定などを実施した。また, 大型船の実態を確かめるために観測期間中に通航した船のコース・レコーダ記録紙の提供を求めた。

2.2 解 析

前回調査と同様の写真フィルム投射方法により解析資料を作成した。おもなる解析項目は, 通過隻数統計, 通航量の日周変化, 各種航跡図, 異常航跡, 通航密度および速力, 余裕距離, コース・レコーダ記録, 漁船の動静, 通航容量などで, 電子計算機の利用時間は10時間余であつた。

3. 調 査 結 果

3.1 航 跡

(1) 航跡パターンと通航率

今回のパターン化においては, No. 2~No. 5 燈浮標間のゲート数を増して I~VIII とし, 各ゲート線上の航路セクション幅も 200m に細分したので, 前回調査結果と直接比較はできないが, 全般的には前回の結果と大差なく, 混乱の状況は依然として変わらない。おもなる点をあげればつぎのような点である。

大型船の航跡についてしいていえば, 第3海堡西側水路通航船が 3~4% 認められ, 左側通航は少なく, 反対側航路の閑散時にみられるなどの諸点である。中型船の航跡パターンは大型船の

図1 北航小型船の航跡流線モデルおよびその通航量 (%)

図2 海面使用率(北+南)

ものに近い状況を示し、主航路沿いの右側通航の実態は改善され、直航横切り型も少ない。一方、第3海堡西側水路の通航率が増している。

小型船においては、南北航とも主航路沿いの右側正常通航率が減少し、第3海堡西側水路において増加している。また、水道を東西に横断するものも目立ち、第2～第3海堡間付近の水域で

主航路を斜め横断直航するものは南北航とも35~36%に達し、これらの状況を図1, に示すような流線モデルによつて検討すると、北航小型船の66%, 南航小型船の40%は、水道のどこかでなんらかの形で他の大, 中, 小型船の正常な通航を阻害しているものと考えられる。

(2) 面密度としての航跡

航跡を面密度の観点から検討するために、縦横200mの単位面積の格子(レーダ距離目盛の非直線性を考慮した)でこの水域を被つて、1分ごとの錯綜時レーダ写真から各格子に入る船舶の数(286画面分)をとり、まず南北航別に通航場所を定量的にあらわす図を作成した。同一格子内の南北航の数の和で示せば、これは海面使用率ともいうべきもので、その高低の状況がわかる(図2)。また同一格子内の南北航の数の積をとれば、その場所における通航船舶の行合い率を示すものとみることができる。

(1)に述べたような航跡の実態は、上述の諸図をもとにしてもわかり、さらに別の観点から定量的に検討する資料となり得るものと考えられる。

(3) 大型船の異常航跡とコース・レコーダ記録

今回の異常航跡の検討にあたっては、新たに著しい進路および速力の変化を認められる標本も

抽出したが、これによれば大型船の35%のものの航跡に異常を認められ、前回調査より相当増加しており、しかも速力異常(減速)がかなり多いことがわかった。その原因は、他船との追越し関係、主航路斜め横断小型船の避航、他船との近接回避(とくに No. 4 燈浮標付近)などによるもので、発生場所は前回調査と大差なく、No. 3 燈浮標付近以北に目立つて多い。

一方、37件のコース・レコーダ記録の検討結果によつても、その約40%は他船を避航する動作を行なっており、また本水道通過における変針角の総和および変針回数の標準が 80° 、3回(No. 2~No. 5 燈浮標間)であるのに対し、記録紙からの実態は平均 100° 内外、6.5~7回と上廻る数字を示し、70%の船は機関用意を行ない、24%の機関使用の報告がみられる。これらの実態を総合すると、現時点において、通航大型船の慎重な航行にもかかわらず、危険の度合いがかなり高いものと考えられる。図3に1例としてA丸実景プロットの結果を示して参考とする。

図3 A丸実景プロット図

3.2 船舶の余裕距離

(1) 海堡に対する接近距離

本水道中の重要な固定目標、障害物などを代表するものとして、第2海堡（西端）および第3海堡（燈台）につき、通航船舶の最接近距離を検討した結果を表1に示す。

表1 海堡に対する接近距離（単位 100m）

目 標 船 型	第 2 海 堡（西端）		第3海堡（燈台）東側		第3海堡（燈台）西側	
	平 均 値	標準偏差	平 均 値	標準偏差	平 均 値	標準偏差
大型船	7.46 (n=109)	1.62	8.29 (n=123)	1.50		
中型船	5.40 (n=76)	1.83	7.50 (n=79)	1.77		
小型船	4.38 (n=114)	2.16	6.09 (n=132)	2.56	5.39 (n=75)	1.84

なお、この場合の最小接近限界距離は、大型船約400m、中型船約300m、小型船100~200mと推定される。

表2 水路中央浮標に対する接近距離（単位100m）

浮 標 向	No. 2~No. 4B'y	No. 2~No. 4B'y	No. 4~No. 2B'y	No. 3 B'y	No. 4 B'y
	南・北航 (n=520)	北航 (n=260)	南航 (n=260)	北航 (n=89)	南航 (n=84)
平 均 値	2.91	2.68	3.08	1.95	2.41
標 準 偏 差	1.55	1.51	1.57	0.94	1.25

(2) 水路中央浮標に対する 接近距離

準固定物としての航行目標である中央浮標は、大型船がもつともこの目標を意識して航行していると考え、大型船のみの接近距離について検討した。表2にその結果を示す。

図4に示すように、この場合対称分布でなく、ピークの値はもつと浮標に近いところにあり、北航 No. 3 燈浮標においては約 160m、南航 No. 4 燈浮標においては約200m に接近するものがもつとも多い。

(3) 避 航 領 域

通航船舶相互間の余裕距離は、安全避航のみならず通航容量などの問題の基礎的要素で、自船の周囲の最小限の占有領域として考えられている^{(2),(3)}。筆者等は、これを自船の前方および側方の距離によつて囲ま

図4 大型船（北航，南航）浮標接近距離分布

れた半楕円形の領域を占有するものとして、これを避航領域と名づけた。

レーダ写真フィルム上の投影により、自船を中心とした相対プロットを行ない、正横前左右舷にわたり9区間を定め、100mごとにその距離を集計して得た結果、避航領域は表3に示す前方および側方距離をもつものと推定された。

表3 避航領域の前方および側方距離

	前方距離	側方距離	備考： 前回調査結果の船の長さ L ($C=122.1\text{m}$, $B=66.5\text{m}$, $A=32.9\text{m}$) を用いれば 前方距離 $7.5\sim 9.0\times L$ 側方距離 $3.0\sim 3.7\times L$ の範囲が考えられる。
大型船 (C)	1,000m	450m	
中型船 (B)	500	200	
小型船 (A)	300	100	

上記の結果は、一応の成果で、自他船の領域の相互作用、他船の存在隻数の大小などとの関係、あるいは操船者の心理的影響など今後さらに検討すべき問題であろう。

3.3 通航量と通航速度

(1) 通過隻数統計および船の大きさ分布

これについては、そのおもなる項目につき前回調査(10日間)のものと今回調査(9日間の24時間連続観測、12月21日～30日を主とする)の結果を表4に示す。

表4. 前回調査との比較

		今回調査			前回調査			備考
		北航N	南航S	N+S	北航N	南航S	N+S	
1時間平均通過隻数		* 12.33	* 12.45	* 24.8	10.75	11.22	22.0	* 印は12月 21日～30日 の資料によ る
1日平均通過隻数		*296.0	*299.1	* 595.1	258.1	269.8	527.9	
1日最大通過隻数		348	349	665	299	316	607	
1時間最大通過隻数		35	40	65	26	38	51	
1時間平均最大通過隻数		* 19.2	* 29.2	* 38.6	17.6	25.7	38.4	
上記時間		0600～ 0700	1700～ 1800	1700～ 1800	0600～ 0700	1800～ 1900	1700～ 1800	
船型別分布	A	61.0%	66.9%	63.9%	69%	69%	69%	小型船やや 減少、中型 船増加
	B	24.8	20.2	22.5	18	18.5	18	
	C	14.2	12.9	13.6	13	12.5	13	

錯綜時間帯の観測(13日間)結果によれば、船の大きさ分布はほとんど変わらなく、この1日8時間の時間帯内に1日間の総隻数の約40%が通過している。

(2) 1日の通航量の日周変化

時間別通過隻数のピークは、北航において0500～0800、南航において1500～2000付近にあり、小型船の通過隻数に左右されて変化する状況などは前回と大差ない。その日周変化のフーリエ解析による変化曲線(Y_4 —第4高調波まで加えた)の比較によっても、前回と日出没時に約1時間半の差があるほど著しい差は認められない。

図5 41年12月26日 南航, 10分間隔通航量

また、この Y_4 曲線が平均の傾向を代表し、通航量の分布は Y_4 の値を平均値とするポアソン分布とみられることが検討された。図5は12月26日の南航について、 Y_4 曲線と10分毎の実測値を示したもので、点線はポアソン累積分布表より、 Y_4 を平均値とするポアソン分布がこれより大きくなる確率が5%以下であるような値を示すもので、実測値はだいたいこの点線以下である。

(3) 通過時間間隔

主航路を通過する船舶の時間間隔は、通航量が増したこともあつて短い間隔への集中度は高くなり（とくに南航）、間隔2分以下の通過隻数は南・北航とも前回の結果の約2倍となり、中央値で約1分ぐらい短い。その他は前回と大差ない。

(4) 通航速力

錯綜状況における通航船舶の第2～第3海堡間における総平均速力は約11ノットで、大型船のみの平均速力は13½ノットと考えられる。別に第2海堡上からの測量的手法による船型別平均速力は、小型船8.9、中型船10.0、大型船13.0ノットの値を得た。

また、大型船については、北航速力は南航速力よりも約½ノット速く、また一定範囲内の他船の存在隻数の大小によつて速力差のある傾向がみられる。

(5) 速力と密度との相関

約31時間の錯綜時の資料から、第2海堡と第3海堡の中間付近における南航船につき、正横前3km以内に存在する同航船の隻数を密度としてそのときの速力を求め、密度と速力とのあいだに1次式を仮定して解析したが、両者のあいだの相関係数はきわめて低かつた（ $r=-0.02949$ ）。

3.4 通航容量

本水道における通常の物理的条件および航行状態のもとで、単位時間あたり定められた区域（ゲート線上）を航過する船舶の通航量の最大をもつて可能通航容量とし、観測して得た資料その他にもとづき、つぎのような諸要素についてシミュレーション・モデルを設定し、電子計算機を使用して推定した。

- 1 船舶の大きさ分布（標準船A、B、Cの大きさ—長さ—とその隻数割合）
- 2 船舶の速力分布（船型別速力分布と隻数割合）
- 3 船間距離と航行速力（船型別に前後方向の船間距離の大きさが速力に影響する距離範囲の限度と限度内における速力減率）
- 4 航路パターンと隻数割合（本水道の現状に近似できるもの）
- 5 航路幅（常用航路と20m等深線を考慮したメートル単位の幅を70mで除した値）

6 航路幅と対応させる船の大きさ（標準船A, B, Cにつきそれぞれ1, 2, 4）

7 その他（航路交差における優先度を定め、指数分布的な発生間隔で確率的に各航路に発生隻数を割振る）

上述のようなシミュレーション・モデルによる試算の結果、南北航あわせての可能通航容量はほぼ380隻/時となつた。しかし、これは実用通航容量ではないから、別途乗ずる係数について考慮しなければならない。

なお、3.3(5)に述べた1次式の関係が密度のさらに大きいところまで成り立つとして通航容量を推定した結果、片航最大約200隻/時となつた。

4. む す び

以上に調査結果の概要を述べたが、観測時期や方法および解析方法においては、錯綜時という調査目的に適合し得たものと考えているが、全般的な状況は前回調査結果とあまり変わらないといつてよい。しかし、余裕距離や通航容量という新規の項目はもちろん、その他前回との関連諸項目についてもかなり詳細に検討することができた。いくぶんでも、本水道の通航実態の改善、ひいては通航困難の緩和や危険防止などに役立てば幸いである。

終りに本調査は建設省関東地方建設局の委託によつたものであることを付記し、調査中の各方面の御助力に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 豊田清治ほか：浦賀水道における船舶の通航実態 日本航海学会誌 第36号（1967）
- (2) 藤井弥平ほか：船舶の閉塞領域について 日本航海学会誌 第35号（1966）
- (3) 藤井弥平ほか：水路の基本航行容量の一試算 日本航海学会誌 第36号（1967）