

京浜運河の船舶交通量に関する考察

藤井弥平*・田中健一*・山田一成*・金丸貞巳*・有村信夫*

A Survey of the Traffic Quantity on the Keihin Canal By

Yahei Fujii, Ken'ichi Tanaka, Kazunari Yamada,
Sadami Kanamaru and Nobuo Arimura

Traffic quantity is observed on the Keihin Canal for the comparison with the traffic capacity. Peak effective traffic quantity is obtained to be considerably close to the fundamental capacity of the canal.

The frequency distribution of the traffic quantity is examined statistically and it is well approximated with the Poisson distribution.

1. はしがき

京浜運河は横浜港と川崎港をつなぐ幅約 600m, 長さ約 8 km の運河で多くの運河がこれに接続し沿岸には製鉄所, 石油基地等をもつわが国屈指の重化学工業地帯である。したがってこの運河は臨海工業地帯の水路の典型的な例であり, ここでの調査は日本の他の臨海工業地帯の海運の動向を推定するのに適当な例となろう。ここでは昭和37年11月のプロビグ号と第一宗像丸の衝突炎上事故があり, 同年12月には港則法施行規則を一部改正し, おいこし禁止, 500トン以上の船のとおりぬけ禁止などの各種の航行規制を行なっている。また特に 1,000トン以上のタンカーと15,000トン以上のタンカー以外の船舶については届出によって通過時間を指定し運河内ではすれちがうことのないよう規制している。

この運河はもともと小型船の航行に便宜をはかるためにつくられたものであるが, 近来, 大中型船の航行も多く朝夕はかなり混雑している。現在航行量と運河の航行容量がどの程度近づいているかを調べるために調査を行なうこととした。これについては今までに船舶技研で昭和39年に小型船の基本航行容量¹⁾を求めるために観測を行ない, これにつづいて浦賀水道での調

査²⁾によって直線水路の満載速度に対応する基本航行容量が求められている³⁾。また海上保安庁も今まで数次の航行量観測を行なっていて, 特に昭和37年には数回にわたり1ヶ月間ずつの観測を行なっている。これらの資料を参考にし今回は特に運河の交通容量と交通量の関係を調べることに重点をおくこととした。交通容量とは水路の交通をさばく能力であり, たとえばパイプの太さによって給水能力がきめられるようなものである。もし交通量が運河の通航能力をこえることが予想されれば, (1)適切な航行管制により混雑する時間帯の交通量を他の時間帯にふりわけること, (2)運河の能力を一杯につかうために障害物をとりのぞき浚漕を行なうなどの改善を行なうこと, (3)運河の拡張計画をたてるなどの諸施策が必要となろう。このためには最も混雑する時間帯をもとめる必要があり, 今回は交通量の時間変動をみることを第一の目的とした。

2. 観 測

観測場所の見取図を図1に示す。観測は昭和42年1月16日より25日にわたる10日間鶴見信号所と川崎信号所で海上保安庁職員(各所一名, 交代制)によって行なわれた。

観測の準備として船の大きさの区分, および時間の区分について調べた。

* 共通工学部

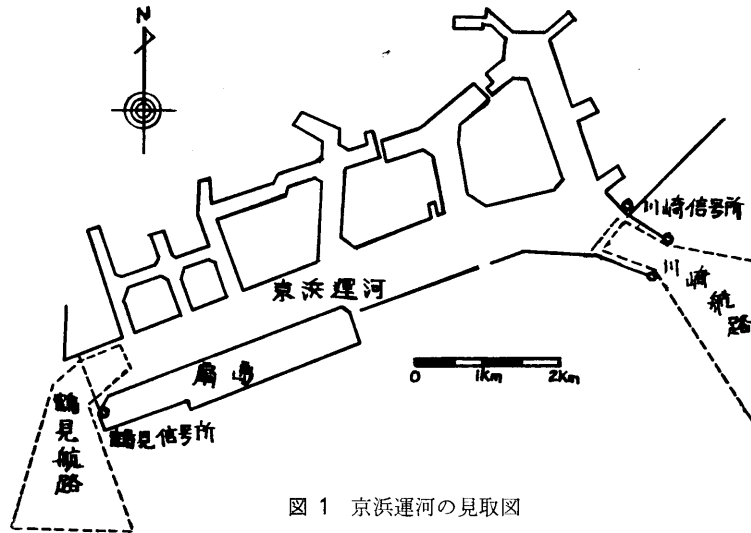


図 1 京浜運河の見取図

2・1 船の区分

水路を一時間に何隻の船が通過したかを記録することは交通量調査の第一歩であり、これを毎年数日ずつ観測した結果があればかなりの知識が得られる。陸上交通においてはトラックは乗用車の2台分道をふさぐと考えられており、まして数トンから1万トン以上までの船が混合して航行する京浜運河ではこれをいずれも1隻として記録することは不合理である。1隻ごとに通過時間、船種、速さ、距岸距離、大きさなど全部記録できればこれにこしたことはないが、このためにはレーダやレーザなどの設備やかなり人手が必要である。そこで標準となる船をきめてこれ以外の船が標準の何隻分にあたるか(当量)を求め、各種の船が混合して航行するときの交通量を標準船だけの交通量に換算してもとめるようにすれば交通容量との比較検討にも便利である。このためには船の大きさをいくつかの区分にわけると必要がある。表1に今まで各機関で行なわれていた船の大きさの区分を参考のために示す。

区分があまり小さいと、京浜運河のように1日千隻もの交通量があるときには記入に手間どる上に、まちがいをおこしやすく、また目視で大きさを判断できるためには熟練を必要とする。

つぎに交通容量の立場から船をみると、容量は船の長さの関数としてあらわれされるから船の大きさを表わすのに総トン数よりもむしろ長さをを用いるのがよ

表 1 各機関による船の大きさの分類(総トン数)

船舶統計(運輸省大臣官房統計調査部)
—5—20—100—300—500—1,000—1,600—2,000—3,000—4000—5,000—8,000—10,000—15,000—20,000—25,000—30,000—35,000—40,000—45,000—50,000—55,000—60,000—65,000—
港湾統計(運輸省大臣官房統計調査部)
—5—100—500—1,000—3,000—6,000—10,000—
漁船統計(水産庁)
—1—3—5—10—15—20—30—50—100—200—500—1,000—2,000—5,000—10,000
海上保安統計(海上保安庁)
—20—100—1,000—
神戸商船大学港湾運航技術研究会交通実態調査
—300—1,000—5,000
東京商船大学船舶運航技術研究会交通実態調査
—500—3,000—
第二港湾建設局交通実態調査
—500—1,000—3,000—6,000—10,000—
海上保安庁交通実態調査
—100—1,000—5,000—10,000—25,000—
海上保安庁船研交通量調査(今回)
—20—100—500—3,000—15,000—

い。

また船の長さも数mから 100m 以上におよぶため長さ L (垂線間長または登録長) そのものを用いるよりも, その対数 $\text{Log } L$ を用いるのが便利であることがわかっていてる。したがって船の大きさの区分は長さの比を適当にとつてきめることが望ましい。

そこでまず日本船名録⁴⁾より, 長さと総トン数 (G T) と隻数の分布を求めてみた。長さとして全長, 垂線間長, 登録長の三つがあるが, 図2にみられるように登録長は垂線間長より約 1% 大きいだけであるから, ここでは登録長は垂線間長と等しいとみなし L で表わすことにする。なお長さを観測するときは全長を測定

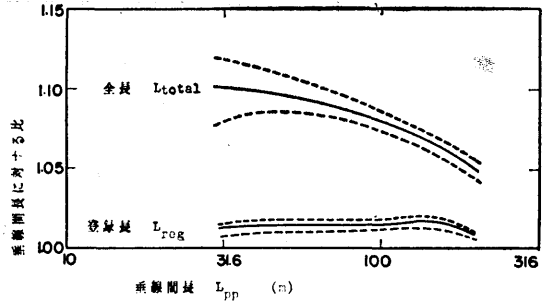


図2 全長 L_{total} および登録長 L_{reg} と垂線間長 l_{pp} の関係

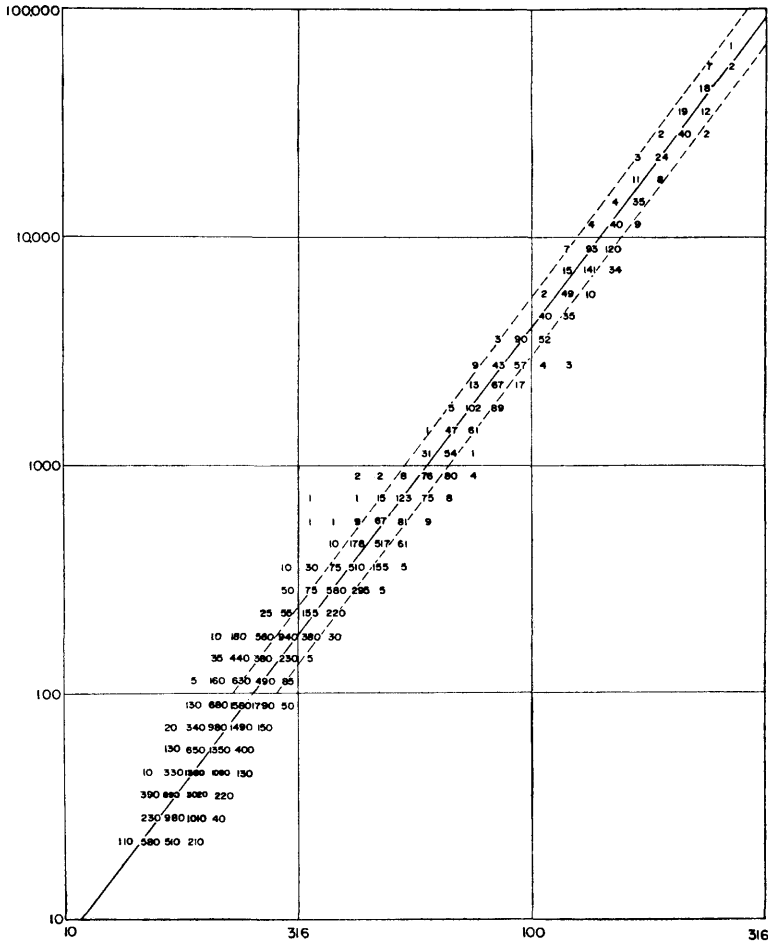


図3 登録隻数と登録長および総トン数の関係

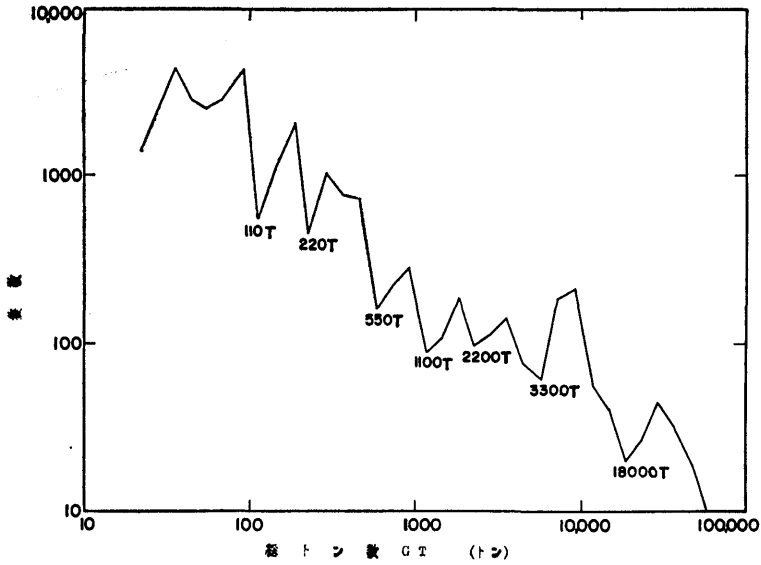


図 4 総トンと日本保有船舶の隻数の関係 (昭和41年, 20トン以上)

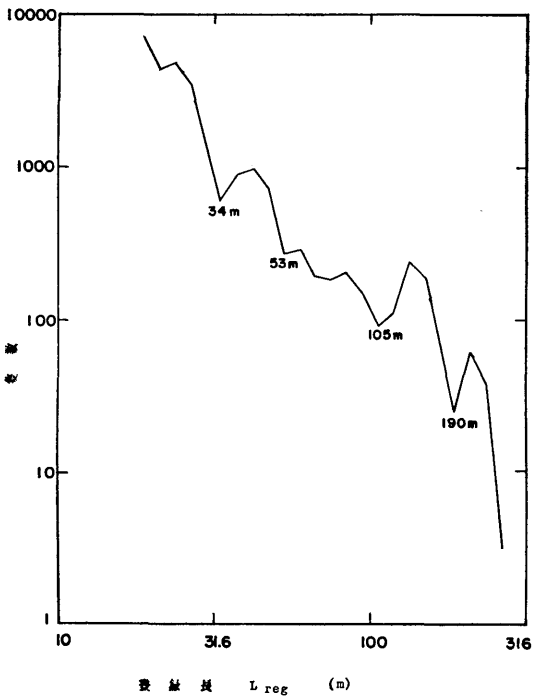


図 5 登録長と日本保有船舶の隻数の関係

することになるので、そのときは図2の曲線によって全長を垂線間長に換算することができる。

図3の数字は $\Delta \log GT = 0.1$, $\Delta \log L = 0.005$ のます目の中にある船の数である。実線はさきに求めた100トン以上の船の $\log GT$ の $\log L$ の上への回帰直線で破線は標準偏差の範囲を示している。図3の数字を用いて長さや隻数(図4), 総トン数と隻数の分布(図5)がただちにもとめられる。ここに図4, 図5とも両軸が対数で目もってある。したがって110トン, 220トンなどの所にみらる谷はみかけよりずっと深いことに注意されたい。

図4と図5を比べ両方に共通する深い谷を選びだすと(34m—110トン), (53m—550トン), (105m—3,300トン), (190m—18,000トン)の四つになる。それで表1や長さの比(約2倍)なども、考えに入れて船の大きさを区分するには、少なくとも表2にある区分点をふくめて頂きたい。

今回の観測では船の大きさの区分を20トン以下, 100トン以下, 500トン以下, 3,000トン以下, 15,000トン以下および15,000トン以上とした。また20トン以上の船については油送船とそれ以外のものとの区別をつけた。曳航船については1列1隻びきをA, 1列2隻

表 2 船を大きさでわけるときの区分点

総トン数 GT	5 トン 以下	20トン 以上	100トン まで	500トン まで	3,000トン まで	18,000*トン まで	18,000*トン 以上
全長 L (m)	8m 以下	16m まで	30m まで	55m まで	100m まで	180m まで	180m 以上

注 500トンまで、とは500トンまでの船で100トン以下をのぞくと解釈されたい

* 船の分類についての正確な検討は観測後に行なったため、今回は15,000トン（全長約175m）と区切をした。

びきをB, おなじく3隻, 4隻びきをC, Dとして記録した。2例びきの場合は少く、観測では区別したものの整理にあたっては長い列の隻数によって1列びきと同じようにあつかうこととした。作業船などの特殊船はその他に入れた。

2・2 観測時間とその区分

今回の調査は交通量と交通容量の関係をみることに主眼をおくため、混雑時の観測がもっとも重要である。ふつう夜間の航行は少い上に観測者もつかれるので夜間観測は1日にとどめた。表3に示すように冬季の20時より6時までの航行量は1日の全交通量の3%以下であるから補正量も小さい。

表 3 夜間交通量の一日交通量に対する比

時 刻	日出一日没	20時～6時	20時～5時	
冬 季	鶴見信号所	11.4%	2.7%	1.5%
	川崎信号所	11.5%	2.0%	0.3%
夏 季	鶴見信号所	7.0%	7.1%	1.7%
	川崎信号所	6.6%	7.3%	0.3%

注 昭和38年8月（日出 5.02, 日没 18.28）, および昭和38年12月（日出 6.48 日没 16.35）の交通量観測による。

次に交通量を観測する単位時間はふつう1時間であるが、これが適当であるか否かをしらべる。昭和39年9月の観測の際5分を単位として交通量を記録したので、この資料をもちい5分間、15分間、30分間の交通量をもとめ、比較のため、値をそれぞれ12倍、4倍および2倍して図6に示す。5分間の観測では個々の船の影響が大きくて交通量の時刻による変化をみることはむずかしい。一方図示してないが2時間を単位とすればピークの値がかくれてしまう。以上のことから

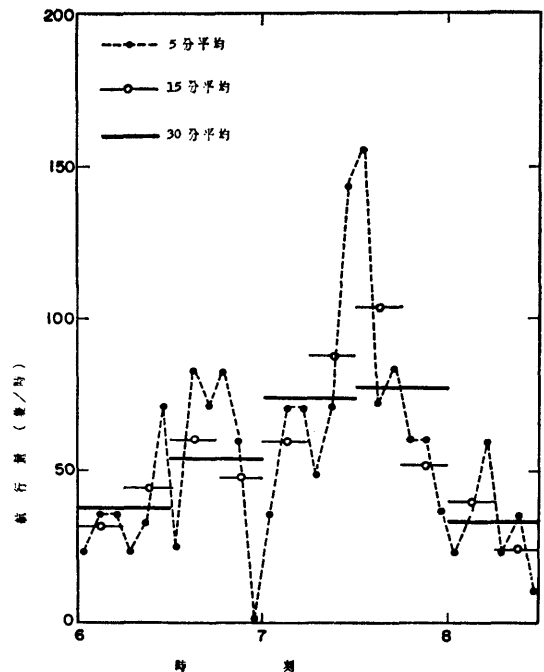


図 6 交通量をはかる単位時間をかえたときの交通量の変動のありさま

京浜運河のように1日千隻程度の交通量がある所で時刻による変化をみるには30分を単位とするのが適当である。必要なときは時間交通量もすぐにこれからもとめられる。

2・3 調査表

以上の考察にもとづき表4に示す調査表をもちいることとした。海上保安庁では業務上特に油送船とその他の船を区別する必要があるので20トンから3,000トンまでの船には油送船をわけて記入し3,000トン以上の船は隻数が少いので油送船はタ、その他の汽船はキとかくことにした。タやキの後につく括弧内の数字は

表4 交通量調査表

船舶交通量調査表

調査年月日：昭和42年1月16日 (0800)

場所：鶴見信号所 (1600)

	天候	風力	視程
午前	(晴)曇雨霧雪	0~5, 5~10, 10以上	0~500, (500~2km), 2km以上
午後	(晴)曇雨霧雪	0~5, 5~10, 10以上	0~500, 500~2km, (2km以上)

行先 時刻	横浜方面								曳航船	その他	行先 時刻	東京方面								曳航船	その他	
	0~20 トン	20~100 トン	100~500 トン	500~3,000 トン	3,000 トン	3,000 トン	15,000 トン	15,000 トン				0~20 トン	20~100 トン	100~500 トン	500~3,000 トン	3,000 トン	15,000 トン	15,000 トン				
00 ~06																						
06 ~06 ³⁰	1		1							A (1)		1	2	4								1
06 ³⁰ ~07			2	1						A (2)		4	2	5	1		1				B (1)	
07 ~07 ³⁰	4	1	3	1	2					A (1)		5	4	9	5	4	3	1			A (2) B (2) C (1)	
07 ³⁰ ~08	8	7	2	3	11					A (3) B (1)		4	8	5	2	4					A (4) B (1)	
08 ~08 ³⁰	11	1	3	1	1					A (5) B (2)		7	8	4	2	3					A (3) B (5)	
08 ³⁰ ~09	3	5	2							A (1)		7	4	2	1	1					A (2) B (1) C (1)	
09 ~09 ³⁰	7	6	1	1						A (1) B (1)		8	5	4			1					
09 ³⁰ ~10	4	4								A (2)		3	4	3			1				A (4) B (2)	
10 ~10 ³⁰	8	2	2									4	7	3		3		1			A (3) B (2)	
10 ³⁰ ~11	7	3	5							A (2)		8	4	7			1				A (5)	

付随するタグボートの数である。また曳航船については1列、2列にかかわらず一番長い船列をとり、1隻びきをA、2隻びきをB等とし、括弧の中の数字で数をあらわした。また5トン以下の船は少いで20トン以下にふくめた。

観測にあたっては、別紙に正の字をもって記入し、あとで調査表に清書した。

なお、観測を終わってから気づいたが、川崎信号所では5時～6時の間を観測する必要があり、また18時から20時までも30分きざみにしておく方がよい。計算や記入の便宜のため、曳航船のAのみを記入する欄をつくることや、合計隻数と換算隻数を記入するため縦に2行づつ下に2列づつ欄を設け、その上両方向の和を記入する縦の2行を追加することがのぞましい。水路によっては干満の時刻や潮流の状態等の項目をふやす必要もあろう。

3. 観測の結果

3・1 船の大きさと種類

鶴見信号所および川崎信号所での通行船舶を大きさ種類でわけてその合計隻数を表5に示す。なお、両方

向の船舶について各種の船の隻数の全体の数に対する比率をもとめた。両信号所とも20トンから100トンまでのものが全体の3/5以上あって一番多い。また川崎信号所では鶴見信号所にくらべて20トン以下の小船が少いこと、油送船が多いことが目立つ。

3・2 交通量の時刻による変化

表6に交通量をまとめて記入した。一番下の列に6時から20時までの和を示してある。鶴見信号所の横浜方面行観測例をみると9日間のものの平均値が約450標準偏差が約20であるが、22日の日曜日の交通量は265隻で、平均値との差が標準偏差の約9倍もはなれている。正規分布を仮定すると、このようなことの起る確率は百万分の一以下であり日曜日は他の曜日と異なると断言できる。他の例についても同様であり、これ以後平均値や偏差を計算するときは日曜日のデータをのぞくこととする。

各観測所のデータより30分間交通量1時間当たりであることをはっきりするであり平均値を求めたのが図7と図8である。鶴見信号所では8時頃にはっきりしたラッシュアワーがみとめられ、120隻/時に達し、ま

表5 通行船舶種別隻数表

観測所	鶴見信号所				川崎信号所			
	東京方面	横浜方面	両方面	比率%	東京方面	横浜方面	両方面	比率%
行先								
0~20	1126	997	2123	25.8	272	265	537	9.3
20~100	1525 (899)	1546 (932)	3071 (1831)	37.4	1333 (844)	1509 (935)	2842 (1779)	49.6
100~500	802 (532)	934 (651)	1736 (1183)	21.2	838 (625)	935 (735)	1773 (1360)	30.9
500~3,000	104 (64)	62 (41)	166 (105)	2.0	83 (51)	67 (56)	150 (107)	2.6
3,000~15,000	33 (4)	1	34 (4)	0.4	21 (4)	5 (1)	26 (5)	0.5
15,000以上	9 (4)	2 (2)	11 (6)	0.1	14 (6)	4 (3)	18 (9)	0.3
A	321	403	724	8.8	86	107	193	3.4
B	121	116	237	2.9	47	48	95	1.7
C	36	41	77	0.9	16	26	42	0.7
D	13	6	19	0.2	7	7	14	0.2
他	8	19	27	0.3	14	25	39	0.7
総計	4098	4127	8225	100.0	2731	2998	5729	100.0
油送船計	1503	1626	3129	38.0	1530	1730	3260	56.8
曳引船計	491	566	1057	12.8	156	188	344	6.0

- 注 1. 数字は 6.00~20.00 の交通量 (隻)
 2. 括弧は油はしけ、または油送船の分を表わす
 3. 日曜をのぞく9日分

表6 京浜運河航行量調査集計表

昭和42年1月

6-A 鶴見信号所

横浜方面行 航行量

日 時刻	16 月	17 火	18 水	19 木	20 金	21 土	22 日	23 月	24 火	25 水	平均 値λ	標準 差	$\sqrt{\lambda}$	χ^2	判 定	換算 航行量
06.00-06.30	3	6	1	8	5	3	0	5	8	9	5.3	2.6	2.3	1.09	a	6.8
06.30-07.00	5	11	2	18	6	3	2	14	6	5	7.8	5.1	2.8	7.03	f	11.7
07.00-07.30	12	14	18	12	18	8	0	12	13	22	14.3	4.0	3.8	0.80	a	22.9
07.30-08.00	35	28	22	24	28	23	8	25	18	29	25.8	4.6	5.1	0.29	a	41.5
08.00-08.30	24	20	10	23	12	19	15	26	14	10	17.6	5.8	4.2	3.22	e	24.0
08.30-09.00	11	17	7	17	15	15	28	18	16	17	14.8	3.3	3.9	1.80	c	21.6
09.00-09.30	17	19	11	25	16	9	24	21	18	15	16.8	4.6	4.1	0.54	a	19.0
09.30-10.00	10	19	17	17	13	17	7	9	17	22	15.6	4.0	4.0	0.91	a	19.2
10.00-10.30	12	20	15	16	19	20	16	16	28	20	18.4	4.3	4.3	0.76	a	27.0
10.30-11.00	17	10	20	15	11	13	20	10	16	13	13.9	3.2	3.7	0.62	a	19.2
11.00-11.30	18	17	23	26	10	19	14	16	11	15	17.2	4.8	4.2	0.78	a	24.9
11.30-12.00	25	17	21	17	23	14	13	18	19	9	18.1	4.5	4.3	0.59	a	26.1
12.00-12.30	16	17	25	22	21	19	7	22	15	20	19.7	4.8	4.4	0.62	a	29.0
12.30-13.00	18	23	18	17	16	18	11	14	25	10	17.7	4.2	4.2	0.65	a	24.6
13.00-13.30	23	9	19	18	26	14	4	21	19	20	18.8	4.5	4.3	1.06	a	27.4
13.30-14.00	12	18	30	18	20	22	10	16	21	15	19.1	4.7	4.4	0.72	a	26.8
14.00-14.30	19	21	36	16	14	28	3	17	30	14	21.7	7.5	4.7	3.60	f	29.7
14.30-15.00	17	22	20	24	23	12	5	24	20	15	19.7	4.5	4.4	0.49	a	28.2
15.00-15.30	21	12	19	29	25	27	10	21	18	25	21.9	4.7	4.7	0.81	a	31.2
15.30-16.00	19	18	21	27	23	24	12	17	21	22	21.3	2.6	4.6	1.08	a	32.6
16.00-16.30	29	29	24	24	19	22	14	23	31	27	25.4	4.0	5.0	0.91	a	38.3
16.30-1.700	36	18	28	20	19	18	11	20	15	12	20.7	5.9	4.6	2.61	d	30.5
17.00-17.30	18	12	27	17	18	24	8	19	22	27	20.4	4.7	4.5	0.61	a	29.1
17.30-18.00	13	16	26	15	21	18	7	12	17	17	17.2	4.0	4.1	0.61	a	24.3
18.00-19.00	20	14	19	(18)	14	32	11	14	16	13	17.9	5.9	4.2			21.3
19.00-20.00	24	4	16	(13)	13	15	6	6	13	14	13.1	5.9	3.6			18.3
0-6+20-24					11											
06.00~20.00	474	431	495	496	447	445	265	426	467	437	458.5	21.8	21.4	1.30	a	655.3 ± 66.1

6-B 鶴見信号所

東京方面行航行量

日 時刻	16 月	17 火	18 水	19 木	20 金	21 土	22 日	23 月	24 火	25 水	平均 値 λ	$\sqrt{\lambda}$	χ^2	判 定	換算 航行量
06.00-06.30	8	15	11	19	8	2	7	14	18	24	13.2	3.6	7.08	f	17.8
06.30-07.00	14	16	22	36	24	14	10	13	20	13	19.1	4.4	5.43	f	28.9
07.00-07.30	36	47	35	34	30	24	19	30	37	39	34.7	5.9	0.46	a	60.7
07.30-08.00	28	35	33	38	33	38	20	39	36	31	34.6	5.9	1.42	b	55.2
08.00-08.30	32	39	36	38	23	33	28	19	27	22	29.9	5.5	1.55	b	51.9
08.30-09.00	19	35	27	19	25	36	18	21	9	14	22.8	4.8	7.20	f	34.2
09.00-09.30	18	19	12	24	13	13	15	21	18	13	16.8	4.1	0.98	a	24.1
09.30-10.00	17	18	16	8	14	30	16	13	32	23	19.0	4.4	5.98	f	29.7
10.00-10.30	23	28	22	18	20	20	6	11	27	16	20.6	4.5	0.74	a	34.3
10.30-11.00	25	18	18	18	15	16	11	17	24	15	18.4	4.3	1.57	b	26.4
11.00-11.30	21	19	20	15	15	26	13	16	10	23	15.8	4.0	1.10	a	26.2
11.30-12.00	10	18	18	16	14	19	7	16	13	11	15.0	3.9	0.85	a	19.6
12.00-12.30	14	17	20	14	21	18	9	28	14	11	17.4	4.2	1.23	a	22.5
12.30-13.00	13	23	20	17	18	17	11	11	18	17	17.2	4.2	0.74	a	26.4
13.00-13.30	18	4	17	14	21	14	14	18	17	5	14.2	3.8	6.70	f	17.6
13.30-14.00	23	16	13	19	11	13	5	13	19	9	15.1	3.9	0.76	a	18.3
14.00-14.30	21	19	13	16	17	16	4	18	14	26	17.8	4.2	1.13	a	25.5
14.30-15.00	23	16	11	13	11	16	4	20	1	27	17.1	4.1	1.74	c	24.4
15.00-15.30	9	19	12	15	13	14	18	15	21	19	15.2	3.9	0.28	a	22.7
15.30-16.00	15	16	19	14	7	13	9	7	23	19	14.8	3.8	1.69	c	22.1
16.00-16.30	15	14	17	19	12	12	18	19	20	16	16.0	4.0	1.06	a	21.6
16.30-17.00	17	9	11	11	13	15	5	16	24	10	14.0	3.7	1.27	a	18.7
17.00-17.30	8	10	15	8	5	12	4	7	5	3	8.1	2.8	0.82	a	10.5
17.30-18.00	8	7	20	17	13	12	2	8	12	7	11.6	3.4	1.40	b	13.4
18.00-19.00	12	7	10	(7)	6	8	11	2	4	111	7.5				7.6
19.00-20.00	2	5	15	(6)	3	13	5	1	8	3	6.3				6.8
0-6+20-24					31										
06.00~20.00	449	489	473	473	404	464	289	414	484	427	453.0	21.3	2.76	d	667.1 ±45.0

注 a: $\alpha > 0.995$ d: $\alpha > 0.99$ c: $\alpha > 0.975$ d: $\alpha > 0.95$ e: $\alpha > 0.90$ f: $0.90 > \alpha > 0.50$

6-C 川崎信号所 横浜方面行航行量

日 時刻	16 月	17 火	18 水	19 木	20 金	21 土	22 日	23 月	24 火	25 水	平均 値λ	換算 航行量
06.00-06.30	2	3	3	6	2	4	2	1	2	7	3.3	5.8
06.30-07.00	6	5	8	5	10	13	1	5	5	7	7.1	11.8
07.00-07.30	8	19	12	6	15	9	6	10	9	19	11.9	22.1
07.30-08.00	13	10	7	13	17	13	5	20	11	26	14.4	26.1
08.00-08.30	14	10	3	25	11	10	10	7	13	16	12.1	18.9
08.30-09.00	15	9	6	14	17	6	10	14	12	11	11.5	16.2
09.00-09.30	8	10	8	14	6	5	15	8	16	10	9.4	18.9
09.30-10.00	5	6	6	6	8	6	10	1	10	10	6.5	9.3
10.00-10.30	13	5	3	12	8	14	9	5	8	11	8.8	15.2
10.30-11.00	7	2	9	11	6	6	8	4	17	6	7.5	11.7
11.00-11.30	16	17	11	7	11	17	13	20	12	8	13.2	23.9
11.30-12.00	6	12	14	15	10	19	3	19	32	13	15.6	21.9
12.00-12.30	18	17	11	13	23	17	3	11	15	16	15.6	22.6
12.30-13.00	16	11	20	15	14	12	2	12	19	5	13.8	24.5
13.00-13.30	13	15	18	14	13	17	6	13	15	17	15.0	22.7
13.30-14.00	14	17	23	11	17	14	2	10	26	10	15.8	25.1
14.00-14.30	15	19	19	12	9	17	2	12	24	16	15.9	25.0
14.30-15.00	11	12	16	17	12	19	6	14	11	11	13.8	21.0
15.00-15.30	12	33	28	18	16	15	6	20	16	11	18.8	29.7
15.30-16.00	10	19	16	24	16	12	4	10	15	15	15.2	22.8
16.00-16.30	13	15	19	24	23	16	11	13	11	13	16.4	23.5
16.30-17.00	11	12	7	7	19	16	7	12	23	13	13.3	20.5
17.00-17.30	5	11	18	7	11	13	4	12	18	9	11.5	18.2
17.30-18.00	7	18	9	13	19	19	3	8	13	9	12.8	18.8
18.00-19.00	15	13	17	14	19	16	9	27	23	21	18.4	28.9
19.00-20.00	5	9	12	7	10	17	4	7	17	11	10.1	15.6
0-6+20-24					10							
06.00~20.00	278	329	323	330	342	342	161	295	393	321	328.1 ±30.3	520.6 ±49.2

6-D 川崎信号所 東京方面行航行量

(228)

30

日 時刻	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	平均	換算 航行量
	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	値λ	
06.00-06.30	30	29	34	24	23	26	5	41	22	51	31.1	50.0
06.30-07.00	19	33	24	25	32	14	14	26	26	41	26.6	42.0
07.00-07.30	22	27	16	30	23	18	20	16	22	24	22.0	32.1
07.30-08.00	11	18	14	19	12	13	24	13	24	29	15.6	30.8
08.00-08.30	13	4	7	12	12	14	9	12	32	17	14.5	21.4
08.30-09.00	9	17	6	20	17	9	15	16	20	9	14.5	24.5
09.00-09.30	5	11	13	6	7	10	10	4	14	9	8.7	13.7
09.30-10.00	13	43	9	14	10	15	16	10	9	9	11.0	19.8
10.00-10.30	12	2	15	12	10	23	9	8	18	13	13.5	23.6
10.30-11.00	17	10	28	20	17	21	3	15	21	13	21.1	34.5
11.00-11.30	18	10	12	11	13	9	6	15	18	15	12.5	20.7
11.30-12.00	3	10	12	11	8	16	4	13	14	10	11.9	17.3
12.00-12.30	12	9	9	14	9	13	3	9	13	15	12.0	18.5
12.30-13.00	6	12	6	13	7	15	7	18	5	5	10.9	15.9
13.00-13.30	10	8	6	5	3	10	2	7	10	5	8.6	10.9
13.30-14.00	3	8	11	10	15	8	1	3	10	5	8.1	14.8
14.00-14.30	7	5	7	6	7	5	5	15	12	6	8.1	13.5
14.30-15.00	8	11	7	6	12	8	0	9	5	10	6.9	11.0
15.00-15.30	6	6	6	2	4	7	3	17	6	10	8.8	12.5
15.30-16.00	5	7	6	10	6	12	3	9	15	11	8.5	15.6
16.00-16.30	6	9	2	7	11	8	8	8	4	10	7.6	10.5
16.30-17.00	3	9	6	5	4	3	3	10	8	9	7.4	17.1
17.00-17.30	4	4	6	3	5	5	1	7	3	5	4.5	8.1
17.30-18.00	4	4	5	8	2	3	2	4	3	2	3.9	3.8
18.00-19.00	7	1	5	1	3	8	1	4	9	11	5.4	13.1
19.00-20.00	5	1	3	4	1	4	1	4	7	4	3.6	6.7
0-6+20-24					7							
06.00~20.00	233	308	275	288	273	297	175	313	419	348	307.3 ±47.0	506.9 ±59.9

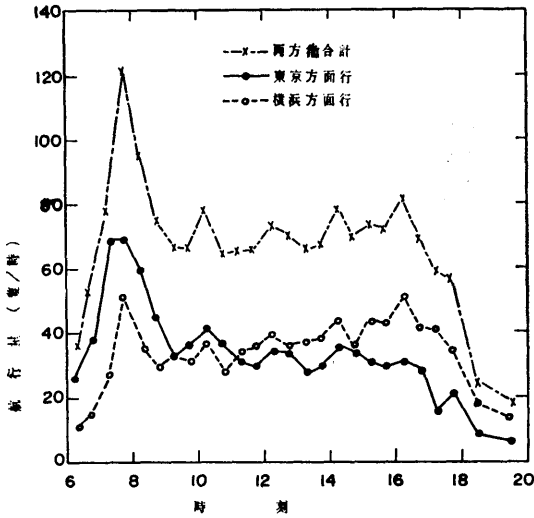


図 7 京浜運河の交通量と時刻の関係（鶴見信号所）

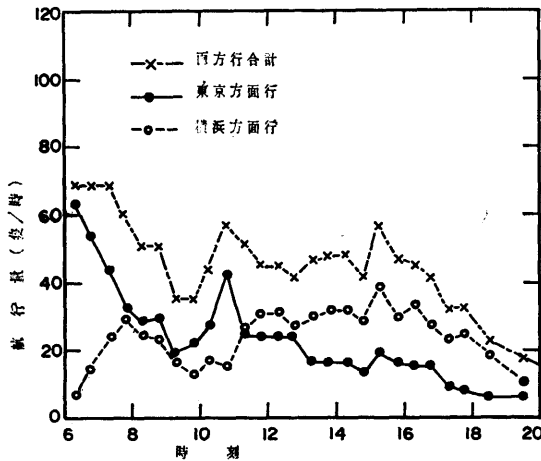


図 8 京浜運河の交通量と時刻の関係（川崎信号所）
（30分間交通量を単位を隻/時にしてあらわした）

た特に東京方面行に著じるしい。川崎信号所ではかなり早い時間に混雑することがみとめられる。なお京浜運河では6時半から9時まで総トン数1,000トン以上の船舶の横浜方面の航行が禁止されているので同方面向の大型船はほとんど見あたらない。

3.3 交通量とポアソン分布

短期間の観測から交通量のピークがどれ位になり、また何回おこるだろうかと推定する必要がしばしばおこるがこのためには交通量のちらばりがどのようなものであるかをしらべる必要がある。

船がランダムに（規則性がなくてために）到着するならば、到着の時間間隔の分布は指数分布となり、ある時間内に到着する船の頻度分布はポアソン分布になることは総計理論の示す所である。さきに30分交通量をしらべた結果時刻によって大幅にかわることがみとめられた。それでポアソン分布をみちびく数学的前提の一つである斎時性、いいかえると時間の原点をずらしても交通のありさまがかわらないという条件がここではみたされない。一方表6-Aの30分交通量の標準偏差と平均値 λ の平方根 $\sqrt{\lambda}$ をくらべるとはほぼ等しいため、30分交通量の範囲ではポアソン分布に近いと推定される。したがって、おなじ時間帯の交通量のポアソン性を χ^2 検定法をもちいてしらべてみる。

表7の f_i は鶴見信号所で記録した7時より7時30分までの横浜方面行の交通量（日程をのぞく9日間）を大きさの順にならべたものである。また F_i は平均値 $\lambda = 14.3$ (f_i の平均値とおなじ)をもつポアソン分布関数からもとめた期待値である。これはポアソン頻度累積関数が $1/18, 3/18, 5/18, \dots, 17/18$ の九つに対応する値としてとつた。このとき $\chi^2 = \sum_{i=1}^9 (f_i - F_i)^2 / F_i$ をもとめると0.80となる。自由度は $9-1 (=8)$ であるから、 χ^2 分布表から99.5%以上確実にポアソン分布であることがわかった。なお、判定の行にある a, b, c などはそれぞれ信頼性が99.5%, 98%, 97.5%, 95%, 90%以上であることを示し、 f は90%と50%の間にあるものを示す。判定 d 以上（95%以上）はふつうポアソン分布とみなしてよいから、全体の85%がポアソン分布であるとみてよい。のこりの15%も、ポアソン分布でないといわない方がよいと考えられる。

したがってポアソン分布で近似できるので3, 4日の観測で平均値がもとめられれば標準偏差は平均値の平方根として与えられ、ピーク交通量の出現確率などもたやすくもとめられる。

また6時から20時までの交通量もポアソン分布とみなせる。なお東京湾口での交通量調査の際、18時から19時の出港船がピークとなる時間帯での交船種別の交通量は、中、大型船ではかなりよくポアソン分布に適合していることが報告されている⁵⁾。また原⁶⁾は明石海峡での5分間交通量の分布は標準偏差の二乗が平均値の2倍以下であればポアソン分布とみなせると報告しているが、いずれの場合よりも今回の方が適合率が高い。

表 7 交通量の分布がポアソン分布に適合しているかの統計的検定の例

観測値 f_i	8	12	12	12	13	14	18	18	22
期待値 F_i	8.2	10.6	12.1	13.2	14.3	15.4	16.5	18.0	20.5
$(f_i - F_i)^2$	0.04	1.96	0.01	1.44	1.69	1.96	2.25	0	2.25
$(f_i - F_i)^2 / F_i$	0.005	0.18	0.001	0.11	0.12	0.13	0.14	0	0.11

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i} = 0.80$$

3・4 換算交通量

さきにも述べたように京浜運河では20トンから100トンの船 ($L=15\sim 30m$) を標準にするのがよいと考えられる。その他の船がこの標準船といりまじって航行するとき、標準船の何隻分にあたるかという数字 (船舶当量) は残念ながらまだ報告されていない。

しかし京浜運河で小型船の交通量の調査をしたときのデータを用いておよその値をみつめることができる。たとえば1隻をひく曳引船の後方に標準船が追隨する場合をえらび曳引船に対する標準船の相対位置の頻度分布図より、後方閉塞領域の存在がどうかもとめられ、その大きさは標準船の後方閉塞領域のほぼ2倍である。また100トンから500トンの船に標準船が追隨する場合は、後方閉塞領域の大きさが標準船のもの2~3倍であることが得られる。このようにしていくつかのクラスの船の当量をかりにみつめることができこれを表8に示す。これについては今後の研究が待たれるが、ここではこの当量を各分類毎の隻数に乗じてから加えあわせて換算交通量をみつめた。

この値を表6の最後の行に示す。鶴見信号所では換算交通量は交通量の約1.5倍、川崎信号所では1.6倍程度となった。交通容量と比較するものはこの換算交通量であることを重ねて注意しておく。

3・5 ピーク交通量

Highway Capacity Manual には設計 (実用) 交通容量を年間を通じて最大の一時間交通量にひとしくするのは不経済であり、1年間を通じて時間交通量を大きいものより順にならべて30番目のものを設計交通容量とひとしくするのがよいとのべられている。これはピーク交通量の累積頻度分布図をつくった時30番目位まで急激に減少しこの辺からへり方が少くなることによる。これはまた、1日に2時間ラッシュアワーがあると週日の合計300日かけると650時間のラッシュアワーが考えられ、そのうち956まで (すなわち30番目以下) が容量以下であればよいとも解釈できよう。

ここでは鶴見信号所で得た30分交通量の両方向の和および換算交通量の両方向の和を大きいものから順に

表 8 当量の概算

船の長さ	15m 以下	15m ~30m	30m ~50m	50m ~100m	100m ~190m	190m 以上	一隻引 引船	二隻引 引船	三隻引 引船	特殊船
総トン数	20トン 以下	20~100	100~500	500 ~3000	3000 ~18000	18000 以上				
実測値	0.3 ~0.5	1	2~3	3~5			2			
当量	0.4	1	2.5	4	8	12	2	3	4	1

注・1. 15m~30m (20トン~100トン) の船を標準船とする。

2. 実測値をしめていないものは換算交通量を計算するために、かりにこの値とした。

しかし該当船が全体の5%程度と少いため、今後この数字が大幅にかわってもたいして影響しない。

ならべて図9に示す交通量の上位の四つはいずれも7時半から8時の間に観測された。上位の10個は7時から8時半の時間帯にあり、換算交通量も上位の数はこ

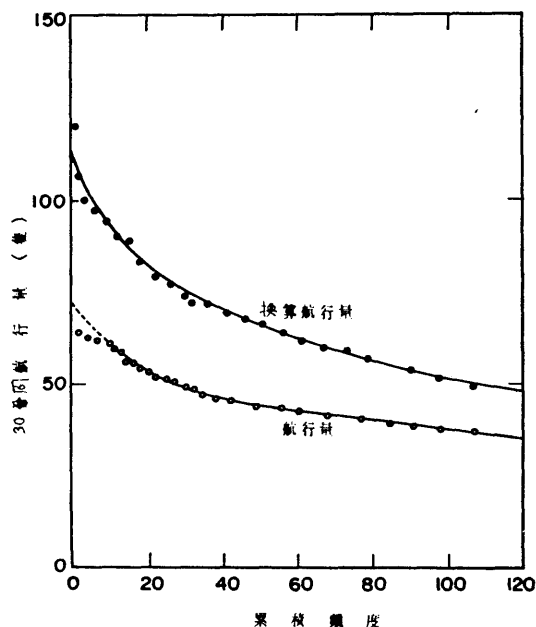


図9 30分間航行量と換算所航行量の累積頻度分布

の時間帯にある。7時半から8時の間の両方向交通量の平均は60.4隻でポアソン分布を仮定すると72隻位のピークが観測されることが期待されるのに反し、最高64隻しか観測されなかった。それで図に点線で示した期待値にくらべてピーク値が頭打ちになっているのは、運河の容量に近づいたためかもしれないと考え、この差についてしらべたが、この差は有意に大きいという結論はえられなかった。交通量と交通容量を比較するときピーク値が最も大切であるから、今後鶴見信号所で6時半から9時までの時間帯で、一年間交通量を観測すれば貴重な資料がえられるであろう。

3.6 交通容量

京浜運河の可航幅は約400mである。水路はほぼ直線であり、潮流も小さいのでこれが一方通行であれば可能航行容量はほぼ基本交通容量に等しく、さきの報告の式をもちいて、標準船(15~30m) 満載速度(約8ノット)に対する基本航行容量として約240~480隻中央値約340隻1時(30分間で約170隻)がえられる。

一方通行でないとき、船が反対方面にすすむときの2船の進行方向に直角をなす方向の間隔すなわち対向船の占有幅はまだ報告されていないが、浦賀水道での中型船の交通容量の調査の際、ある程度の資料が得られており、大体後方閉塞領域の進行方向と直角をなす方向の大きさSにはぼひとしいかあるいはやや大きいことが推定された。そこで両方向通行の際も、約340隻/時をもちいてもよいであろう。

実際には実用交通容量をもちいなければならないがそのためこれに安全率として1より小さい数をきめて乗じなければならない。一方換算交通量はすでに240隻/時(30分間で120隻)が観測されており、朝のラッシュアワーでは交通量は実用交通容量にかなり近い値となるものと推定した。

3.7 交通量の変化

さきに日曜日の交通量はあきらかに他の曜日にくらべて小さいことを示した。また交通量の時刻による変化もあきらかになった。この外に月末や年末に交通量が多いことが経験的に知られているが統計的に検討されていない。また月変化年変化の他に経年変化もありこれをもとめるにはかなり息の長い観測が必要となる。さきにラッシュアワーの交通量観測の必要性をのべたが、この時間帯の交通量と一日交通量の直線相関は大きくないのでこの時間帯の交通量から一日交通量

表9 京浜運河航行量

時間	鶴見信号所	川崎信号所	備考
昭 37. 6. 11~ 7. 10	793*	662	
昭 37. 9. 19~10. 18	632*	636	
昭 37. 10. 1~10. 31	730*		
昭 37. 12. 17 ~38. 1. 16	836*		
昭 38. 8. 21~ 8. 31	951*	791	
昭 38. 12. 20~12. 29	1118*	797	
昭 39. 9. 30~10. 1	789 (830)		船研の観測
昭 41. 2. 19~ 2. 23	1050 (1055)	730 (730)	
昭 42. 1. 16~ 1. 25	911 (940)	635 (650)	今回の観測

注 1. 括弧は観測値を24時間交通量に換算したもの
2. *印は鶴見航路の測定値で京浜運河以外に出入するものをふくむ。

をもとめることはできず一日交通量を月変化、年変化等をもとめるにはかなりの労力を必要とする。しかし最も大切なのはピーク時の交通量であることを重ねて強調しておく。

参考のため37年以降に観測された京浜運河の交通量を表9に示す。

4. む す び

京浜運河の交通量を川崎、鶴見の両信号所において昭和42年1月16日より10日間にわたって観測した。午前6時より午後8時までで目視により船の大きさ種類を区別し、30分間を単位として交通量を記録し、1日の交通量をもとめるには20時から6時までの交通量を全体の3%として加えることとし、

鶴見信号所では1日 940隻

川崎信号所では1日 650隻

という値をえた。

また日曜日以外の曜日にくらべて交通量が少く別の取扱を必要とすることをたしかめた。

交通量は時刻とともに大きく変化し、鶴見信号所では8時前後に、川崎信号所では7時前後にラッシュアワーがみとめられる。

このとき換算交通量は30分間に約120隻に達することもあり、京浜運河の基本交通容量—170隻/30分—にかなり近く、実用交通容量とあまりちがわないものと推定される。

なお、同じ時刻の交通量が日によって異なるが、この分布はポアソン分布でよく近似できることもたしかめた。

今後、交通容量と関連して最も重要であるラッシュアワーの交通量に重点をおいて次の調査をすすめる予定である。

5. 謝 辞

この研究は海上保安庁の要請により行なわれたものであり、同庁特に警備救難部航行安全課から調査上多くの有益な援助を得た。ここに特記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 藤井、渡辺、田中、山田、宮城、
船舶技術研究所報告、第3巻第2号、1~16 (1966)
- 2) 藤井、渡辺、田中、山田、関、
船舶技術研究所報告、第3巻第2号、17~26 (1966)
- 3) 藤井弥平、
船舶技術研究所報告、第3巻第5号、43~52 (1966)
- 4) 日本船名録、昭和41年、日本海事協会
- 5) 東京湾口船舶交通量調査報告書
第二港湾建設局 (昭和41年3月)
- 6) 原潔、日本航海学会報 Vol. 35, 77~84 (1966)