

海上出入貨物調査に基づく船舶の流動現況

A Study on Estimation of Maritime Traffic Flow among Major Japanese Ports

谷川 勇二^{*}, 金子 彰^{**}

By Yuji TANIGAWA, Akira KANEKO

In Japan, huge volume of cargo is transported by ships. Therefore, volume of maritime traffic comes enormous. It is very important to estimate of maritime traffic flow, for planning facilities inside the port and navigation channel outside the port. However, the statistics on maritime traffic flow is not available now in Japan.

In this study, a method to estimate maritime traffic flow from the statistics of cargo flow is developed; and trip of ships among major Japanese ports is estimated with the statistics on cargo flow. From 2.6 million data, 188*188 O-D matrix of ship trip is established each vessel category. Also, maritime traffic volume is estimated from the O-D ship trip.

1. まえがき

我が国には約 1,100 港の港湾があり、昭和60年には年間約 830 万隻の船舶（総トン数 5 G T 以上）が出入りしている。これら船舶の動向に関しては、運輸省の港湾統計により港別の入港隻数が、また、海上保安庁により日本沿岸の主要地点における船舶交通量が調査されている。従来、船舶動向をとらえるため、ミクロ的にはレーダー観測や航空写真の解析が、マクロ的にはアンケート調査による方法などが

用いられている。しかしながら、全国的な船舶の O D 交通量をとらえることは難しく、その実態も確固たるものがないのが現状である。

本研究では、全国的な船舶の流動を把握することを目的として、まず、港湾調査の 1 つである「船舶及び貨物調査票」をもとに、貨物を積載した総トン数 100 G T 以上の船種船型別の船舶 O D を推計した。推計にあたっては、国内 956 港を 174 地域に、外国の港を 9 地域にグルーピングし、国内・国外それぞれに「海上」及び「不明」を加えて、計 187 地域間の O D とした。次に、推計された船舶 O D は、空船のトリップを含んでいないことなどにより、港湾統計年報の入港隻数とは必ずしも一致しない。このた

* 正会員 運輸省港湾技術研究所

** 正会員 運輸省港湾技術研究所
(〒239 横須賀市長瀬 3-1-1)

め、年報に一致させるべく各種補正を行い、空船等を含めた全船舶のODを作成した。さらに、日本沿岸に航路ネットワークを作成し、最短経路探索によりOD経路を求め、この経路上にOD交通量を配分することによって、ネットワーク区間の船舶交通量を算定した。

2. 使用データ

本研究において、船舶OD推計のもととなったのは、指定統計として毎年行われている港湾調査のうちの「船舶及び貨物調査票」のデータである。

この港湾調査においては、調査対象港湾を甲種港湾と乙種港湾とに分けて、入港船舶、船舶乗降人員、海上出入貨物などが調査されている。このうち、甲種港湾種における入港船舶と海上出入貨物に関しては、図1に示す「船舶及び貨物調査票」により調査されている。この調査票には、調査港湾に入港した総トン数5GT以上の全船舶（ただし、非独航船や

船舶の資格を有していない解体船などは対象外)について、船舶種別、総トン数、及びその船舶に積み卸しされた貨物の品目別トン数や仕向仕出港などが記入されているため、これを利用して貨物の輸送状況から船舶の港間のODを推計することができる。

一方、乙種港湾においては、船舶と貨物とが別々に計上されており、船舶に関しては船種船型別の入港隻数と総トン数が、貨物に関しては輸移出入別の品目別トン数が、それぞれ年間合計で調査されているのみであり、船型も商船について総トン数 500GT を区切りとして分けているだけである。

本研究で使用したデータは、昭和57年調査の「船舶及び貨物調査票」のうち総トン数 100GT以上の船舶に関する原票データを収集したものであり、データの概要は以下のとおりである。

対象港湾： 昭和57年当時の甲種港湾 242港
対象期間： 昭和57年 1月 1日～12月31日
対象船舶： 100 G T以上
データ数： 2,634,915件
船舶数： 2,135,368隻

[illegible]

図1 船舶及び貨物調査票

3. 船舶ODの推計方法

船舶のODは、前述した「船舶及び貨物調査票」のデータにおいて船舶に積卸しされた貨物のODを基としている。推計手順は大きく二つの段階に分けることができる。第一段階は貨物を積載した船舶のみのODの推計であり、第二段階は空船等の補正と港湾統計年報の入港隻数に一致させるための補正である。

(1) 貨物を積載した船舶のOD

a) 推計の考え方

まず「船舶及び貨物調査票」データ（図1参照）において、輪移出、輪移入ともに貨物を積載した標準的なデータを考える。この場合、仕出港から調査港へのトリップと調査港から仕向港へのトリップがあることになるが、ここで二つの問題点がある。

一つには、ある船舶に複数の貨物が積載されていて、かつそれぞれの仕向港あるいは仕出港が異なっている場合があることである。たとえば図2に示すように、調査港A港において、ある船舶にB、C、D港を仕向港とする貨物が積み込まれていたとする。この場合、その船舶は最も近いB港まで航行し、その後B→C、C→Dとなるものとみなす。そこで、B港から先のトリップについては、B港以降の港でまた新たなデータが存在すると考えて、B港から先のデータを棄却し、船舶ODとしては調査港A港から最寄港B港までのトリップのみをカウントする。

さて、もう一つの問題点は、データのダブルカウントである。これは、仕向仕出港が甲種港湾の場合に起こる。たとえば図2において、B港が甲種港湾であった場合、B港を調査港としA港を仕出港とす

るデータが存在するため、A→Bなるトリップが二重計上されてしまうことになる。そこで、このような二重計上を防ぐため、最寄りの仕向仕出港が甲種港湾であった場合には1/2隻としてカウントし、甲種港湾以外の場合は1隻とする。

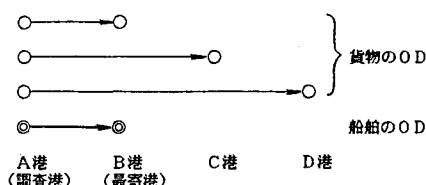


図2 貨物のODと船舶のODとの関係

b) 推計の手順

以上のような考え方による船舶ODの推計手順は次のとおりである。

- ① データを船種、船型別に分類する。
- ② 同一船舶に関する貨物データを、船積みされるもの（出港）と船卸しされるもの（入港）とに分ける。
- ③ 同一船舶に船積みされる（船卸しされる）貨物の仕向港（仕出港）を船舶ODの目的港（出発港）とする。ここで、複数の異なる仕向港（仕出港）が存在する場合には、調査港に最も近い港（最寄港）を選択する。
- ④ 選択された港が甲種港湾か否かを判別し、甲種港湾の場合は1/2隻を、それ以外の場合には1隻として、船種船型別OD表加算する。
- ⑤ ①から④を全データについて行う。

なお、同一船舶に異なる仕向港（仕出港）が存在した場合の最寄港の判別には「内航距離表」¹⁾を基に航路ネットワークを作成し、最短経路探索により

港間の距離を算出して行った。

ここで、データ中の仕向仕出港としては、昭和57年当時の甲種港湾 242港と乙種港湾 714港の他に外国の港も含まれているが、推計にあたっては、国内 956港を昭和58年以降の甲種港湾 174港を中心としたエリアに、外国の港については9地域にグルーピングした。さらに、漁船などの仕向仕出港となる「海上」と、不明な港を処理するための「不明」を国内、国外それぞれに加えて、計 187地域間のODとした。また、推計された船舶ODの船種分類及び船型区分は表1及び表2のとおりである。

(2) 船舶ODの補正

以上のようにして推計された船舶ODによる入港隻数は、次の理由により、港湾統計年報の入港隻数とは必ずしも一致しない。

- ① 約 260件という大量データの中には、記入ミス等により仕向仕出港などに不正コードが記入されていたりする。
- ② 貨物のODから船舶ODを推計したものであり、入出港時に貨物を積載していない場合の船舶ODはとらえていない。

以上の3点に関して、以下に述べるa), b), c)の方法により、船種船型別に船舶ODの補正を行った。

ただし、表1に示す船種のうち、客船及び自航については、文献2)をもとに別途ODを作成し、a)、b)による補正は行っていない。これは、客船のODを貨物のODから推計することは精度上問題があること、客船及び自航ともに定期船が多くかつ航路が限られていることにより、別途作成した方がより精度の高いODが得られると考えたからである。

a) 不明港の補正

前述したように、船舶ODの作成にあたって、国内港及び国外港は「国内不明」及び「国外不明」を含めて計 187地域にグルーピングされている。これら「不明」に関しては、船種船型別のOD表において、「不明」を含まないOD表のパターンを変えずに、「不明」に入出港する船舶数の分だけOD表を拡大という方法により補正を行った。

b) 空船の補正

推計された船舶ODは貨物を積載した船舶のみのODであるため、入出港時に貨物を積んでいない場合には、その入出港トリップはカウントされない。

表1 船舶種別

貨物を積載した船舶ODの船種	補正後の船舶ODの船種
客 船 貨 客 船 タンカー 貨 物 船 コンテナ船	商 船
自 航	自 航
漁 船	漁 船
避 難 船	避 難 船
そ の 他 不 明	そ の 他

表1, 2

表2 船型区分

船型区分	総トン数 (GT)
1	10,000 以上
2	6,000～ 10,000
3	3,000～ 6,000
4	1,000～ 3,000
5	500～ 1,000
6	100～ 500

そこで、このような空船のODも貨物を積載した船舶のODとほぼ同じパターンであると仮定して、空船の入出港隻数の分だけOD表を拡大するという方法により補正を行った。

c) フレーター法による補正

a), b) により補正された船舶ODの港別の入港隻数は港湾統計年報の入港隻数とは一致しない。それは、a), b) の補正方法が港別になっていないこと以外に、次のような理由が考えられる。

すなわち、使用データは甲種港湾を調査港とするものであり、推計された船舶ODは甲種港湾を出発港あるいは目的港とするトリップはとらえているが、乙種港湾から乙種港湾へのトリップなど、甲種港湾を含まないものはとらえていない。

そこで、年報の入港隻数に一致させるべく、フレーター法により補正を行った。

OD交通量をフレーター法により求める場合には一般に、ODゾーンごとの発生、吸引交通量を与えることが必要である。

本研究において、この発生、吸引交通量はゾーンごとの出港隻数、入港隻数を示すものである。しかしながら、年報により得られるのは国内港の入港隻数のみであり、外国港や「海上」、「不明」への入出港隻数や、国内港でも出港隻数はわからない。そこで、国内港における各港の出港隻数は入港隻数に等しいと仮定し年報をもとに求め、また、外国港などについては、特に制限しないで計算を行った。

なお、商船については、外航・内航別の入港隻数が得られるため、フレーター法による補正は内航についてのみ行った。

4. 区間船舶交通量の推計方法

以上のようにして推計された船種船型別の船舶ODをもとにして、最短経路探索により求めたODネットワーク経路上に各OD交通量を配分し、日本沿岸におけるOD区間ごとの船舶交通量を推計した。

最短経路探索にあたって、外国9地域への経路は、外国方面別に適宜定めた地点までは国内もネットワーク上を通るものとして探索した。また、「海上」や「不明」については、具体的な位置を定めることができないため、経路探索は行っていない。

なお、最短経路探索により求められたOD経路が明らかに実際と異なっていると考えられるものについては、適宜経路を定めた。

5. 推計結果と考察

(1) 船舶OD

a) 入港隻数

表3に船種船型別の入港隻数として、推計された船舶ODによるものと港湾統計年報によるものを示す。船舶ODによる入港数は、「海上」や「不明」を除く国内174地域に入港した全船舶合計を示しており、年報による入港数は、甲種港湾の入港数に乙種港湾分として船型別に配分した入港数を加えたものである。同表によれば、貨物を積載した船舶ODによる入港数に比べ、補正後のODによる入港数はかなり良く年報値に一致しているといえる。ただし、外航商船や漁船の船型の大きいものについては、やや、年報との差が大きい。商船に関しては、ODの補正において、内航商船についてはフレーター法による補正を行っているが、外航商船については、ODによる地域別の入出港隻数と年報値との比率によ

表3 船種型別入港隻数

船種	船型	10,000GT 以上	6,000 ～ 10,000	3,000 ～ 6,000	1,000 ～ 3,000	500 ～ 1,000	100 ～ 500	計
商 船		22,465 85,618 37,613	8,171 34,028 16,184	19,998 53,243 37,354	44,290 116,714 88,081	86,359 186,295 172,315	483,988 1,579,504 1,561,415	665,271 2,055,402 1,912,962
	外航商船	20,981 82,272 34,869	5,832 29,257 12,115	9,099 30,944 17,164	6,778 37,693 13,382	2,342 12,421 4,761	3,435 8,407 4,546	48,467 200,994 86,837
	内航商船	1,428 3,346 2,744	2,339 4,771 4,069	10,899 22,299 20,190	37,512 79,021 74,699	84,017 173,874 167,554	480,553 1,571,097 1,559,033	616,804 1,854,408 1,828,289
自 航		4,215 4,562 4,548	10,053 12,973 12,579	14,078 29,113 28,904	64,675 135,006 134,327	176,308 342,461 341,528	462,358 933,158 932,661	731,687 1,457,273 1,454,547
	漁 船	8 27 15	14 207 28	24 234 60	84 110 103	32 149 133	17,068 60,957 60,108	17,230 61,684 60,447
	遊 覧 船	2 16 15	0 8 8	1 65 65	4 381 362	1 3,062 2,729	569 10,625 10,130	577 14,157 13,309
そ の 他		2,140 659 561	859 388 295	10,684 30,371 30,323	15,186 8,187 7,835	22,939 15,448 13,598	64,080 154,890 148,350	115,888 209,943 200,962
	計	28,830 90,882 42,752	19,097 47,604 29,094	44,785 113,026 96,706	124,239 260,398 230,708	285,639 547,415 530,303	1,028,063 2,739,134 2,712,664	1,530,653 3,798,459 3,642,227

注) 上段：貨物を積載した船舶ODによる入港隻数
中段：補正後の船舶ODによる入港隻数
下段：港湾統計年報による入港隻数

表4 代表地域における入出港隻数（全船種船型計）

って、外航ODの隻数を拡大して一致させている。しかし、その比率が極端に大または小の場合には、このような補正は行っていない。このため、外航商船については、未補正のデータが残っており、年報値との差がでたものと考えられる。漁船については、船型の大きな船舶の隻数が極端に少なく、全

出入港数		貨物を積載した船舶OD		補正後の船舶OD		港湾統計年報 による 入港隻数	
				出港数	入港数		
代表地域		出港数	入港数	出港数	入港数		
千 葉 東 京 横 浜 川 崎 清 名 川 古 川 四 大 塚 堺 市 北 戸 河 神 戸 西 宮 芦 屋 下 北 河 九 州 博 多		40,449	25,354	76,239	75,877	76,004	
		11,339	43,370	50,328	49,132	49,898	
		29,562	42,069	63,280	87,331	62,905	
		32,728	31,639	56,099	55,479	55,780	
		4,956	5,356	10,328	10,255	10,014	
		24,729	29,329	46,480	46,640	46,170	
		22,836	6,718	29,462	29,493	29,241	
		35,763	54,719	73,736	73,006	73,800	
		22,070	15,329	43,159	43,357	42,942	
		97,662	47,266	85,732	86,865	88,338	
		16,245	16,017	26,245	26,441	26,047	
		9,084	10,330	30,560	32,725	29,280	
		36,880	30,927	64,914	66,616	65,580	
		9,072	18,181	32,015	39,640	31,533	
	国内港計		1,800,594	1,530,653	3,677,013	3,798,459	3,642,227

国的なODの中にあっては、無視しても差し支えないものと思われる。

表4には、代表地域における入出港隻数を示してあるが、これによると、各地域とも、補正後のODによる入出港隻数は年報値によく一致していることがわかる。

表3、表4より、本研究により得られた船舶ODは、入港隻数からみれば、一部年報と合わないところもあるが、主要港についてはよく一致しており、全国的な船舶のODとしては、おおむね良好な結果ではないかと思われる。

表5 東京湾内の船舶OD（全船種船型計）

	千 葉	木更津	東 京	横 浜	川 崎	横須賀	計
千 葉	1	8,239	12,471	24,267	20,757	1,982	67,717
	木更津	2	14,975	12,453	27,505	2,875	66,049
		東 京	0	6,719	5,996	3,890	44,051
			横 浜	77	8,011	6,103	57,630
				川 崎	2,848	824	65,941
					横須賀	3,001	18,675

表6 伊勢湾内の船舶OD（全船種船型計）

	名古屋	衣 浦	三 河	四日市	津松坂	鳥 羽	計
名古屋	3	1,025	3,316	17,487	1,290	5,248	28,369
	衣 浦	6,583	1,442	684	33	8,654	18,421
		三 河	973	2,914	3	4,069	12,717
			四日市	92	948	2,270	24,395
				津松坂	5	1,212	3,491
					鳥 羽	17,132	38,585

b) 三大湾内の船舶OD

表5～表7に、東京湾、伊勢湾及び大阪湾内の船舶ODの結果を示す。表中のOD交通量は地域間の往復合計隻数で示してある。また、同一地域間の隻数は、自ゾーン内の流動を示すものである。

東京湾内においては、表5に見られるように、木更津～川崎間、千葉～横浜間、千葉～川崎間などのOD交通量が多いのがわかる。表には示していないが、木更津～川崎間はフェリーを主とし、他は商船を主としている。

伊勢湾内においては、名古屋～四日市間が最も多く、これは主に商船である。

大阪湾内においては、OD交通量が10,000隻を越えるのは、大阪～津名、尼西～津名、及び明石の自ゾーン内流動のみであり、比較的OD交通量は少ないという結果となった。神戸などは、ODのネットワークにおいて、湾内の地域を経由することなく、湾外と結ばれているため、大阪湾内ではOD交通が少ないように見えるのではないと思われる。

c) OD交通量の多い地域

表8は、全船種船型計の船舶ODにおいて、往復交通量の多いところを示したものである。同表に示

表7 大阪湾内の船舶OD（全船種船型計）

	大 阪	堺泉北	阪 南	深 日	神 戸	尼 西	明 石	津 名	計
大 阪	6	5,165	290	314	5,899	667	1,598	11,614	25,553
	堺泉北	3	333	1,026	3,152	864	348	1,330	12,221
		阪 南	1	175	1,169	31	10	16	2,025
			深 日	780	2,348	177	476	197	5,493
				神 戸	356	5,861	883	1,908	21,576
					尼 西	16	253	10,694	18,563
						明 石	28,455	210	32,233
							津 名	30	25,999

表8 船舶OD往復交通量上位10

順位	OD区間	隻数
1	尾道系崎 ～ 井ノ口	142,862
2	土生 ～ 土生	123,333
3	宇野 ～ 高松	89,090
4	竹原 ～ 竹原	89,066
5	尾道系崎 ～ 尾道系崎	78,507
6	鹿兒島 ～ 鹿兒島	77,095
7	土生 ～ 今治	58,742
8	広島 ～ 呉	56,980
9	呉 ～ 呉	48,367
10	姫戸 ～ 姫戸	42,270

されているOD区間を見てわかるとおり、OD交通量が多いのは主に瀬戸内海であり、ODペアとしては、近距離間のものか自ゾーン内の流動である。表中には示していないが、これらの交通量はフェリーや商船で比較的船型の小さなものによるものである。

（２）区間船舶交通量

図３に、日本沿岸海域における全船種船型計の場合の区間船舶交通量の推計結果を示す。図を見てわかるとおり、船舶交通量は三大湾付近を中心とする太平洋側の海域において最も多く、次いで、多いのは四国沖から九州南東部、沖縄にかけてであり、これは東南アジア方面へ向かうものである。また、北九州付近は韓国や中国へ向かう船舶の通り道でもあり、船舶航行量が多い。

参 考 文 献

- １）日本海運集会所編集；内航距離表
- ２）日本旅客船協会編集；全国フェリー・旅客船ガイド，日刊海事通信社

６．おわりに

本研究では、全国な船舶流動の解析の基礎となるべき船舶O-Dと、この船舶O-Dにもとづく区間船舶交通量を推計した。推計結果は、一部を除いてはおおむね常識的な知見に合ったものであると思われる。

なお、本研究における船舶O-Dの推計方法や補正方法などは、元運輸省港湾技術研究所計画基準研究室主任研究官の住田氏によるところが大きい。

ここに、感謝の意を表す。

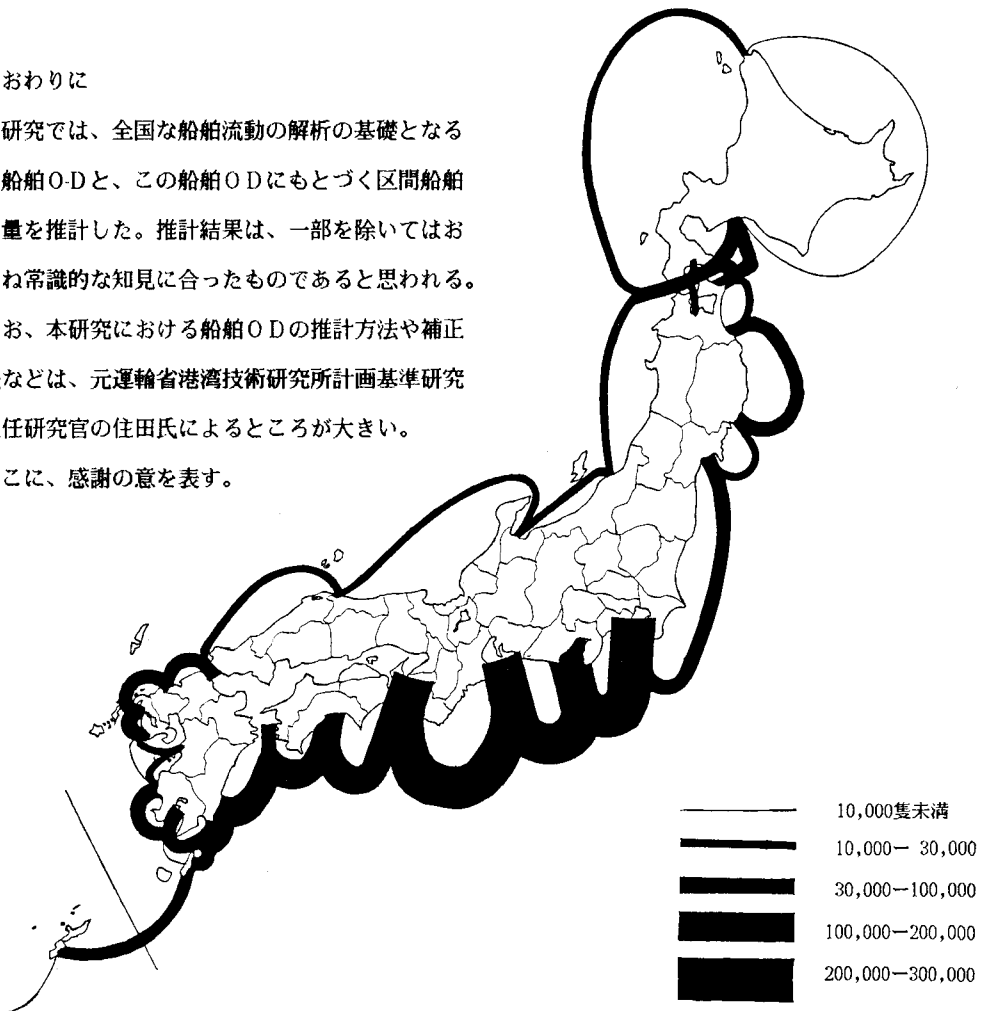


図３ 区間船舶交通量（全船種船型計）