関門海峡大瀬戸における船舶通航速力の実態

神 鳥 昭*

On the Actual State of the Ship's Speed under Passing through the Kanmon Strait

A. Kandori

Abstract

The marine transportation has recently intensified owing to our country's economic development. The fair-way traffic volume in the Kanmon strait is about 1000 vessels a day and traffic congestion has brought about a great number of sea accidents.

It is the problem of marine traffic in the harbour and narrow channel to develop securer and more efficient system of traffic control, and it is necessary for marine traffic improvement to find the actual state of traffic.

From this point of view, the reserch on ship's speed under passing was conducted with radar and visual observations from Aug. 30 to Sept. 3 in 1967 at Oseto in the Kanmon strait. This report described the characteristics of the ship's speed under passing through the Kanmon strait.

1. ま え が き

近年わが国経済の高度成長にともなつて、海上輸送は急激に活発となり、国内の主要港とそれに通ずる狭水道における海上交通は、交通量の増加と船舶の大型化・高速化によつて種々の危険をはらんでおり、海上交通法の立法化をはじめ各方面で、その対策が検討されている。

関門海峡においても船舶交通量は1日約1,000隻に達し、航路は狭く、S字型に屈曲しており、かつ8ノットに及ぶ強潮流があつて衝突・乗揚げなどの海難事故が多発している〔1〕・〔2〕・〔3〕。これらの事故防止に関し、1963年関門航路における海難防止対策のシンポジウムが開かれ〔4〕、また1966年および1967年には航路整備計画の基礎資料を得るため、運輸省第四港湾建設局によつて、関門航路における通航船舶調査が行なわれた〔5〕・〔6〕。

海難の防止と運航能率の向上をはかるため、船の大きさ・速力などに応じた航行区分帯の設定通航速力の規制、航路の整備、適切な航行容量の算定結果に基づく航行管制などが考えられる。これら一連の船舶通航の改善対策を検討するためには現状における船舶通航速力の実態を把握しておく必要があると思われるが、関門海峡通航船の速力調査はこれまで行なわれていないようである。

このような見地から、1967年8月～9月関門海峡大瀬戸の船舶通航量および航跡調査〔7〕に従事した際、一部の船舶について通航速力を観測・調査した。

* 水産大学校（下関市吉見永田本町1944）

2. 観測および調査方法

門司区小森江のサツポロビール工場の屋上を観測所とし、沖電気製船舶用精密レーダC P S H 4型(9.2m/m波)を設置、レーダ観測と目視観測を併用して、1967年8月30日1200から9月3日1200まで毎日0400~2000の間、大瀬戸を通航する船舶をランダムに抽出して、その通航速力を観測・調査した。

速力の測定には、下関彦島のシエル石油基地の煙突と、門司大川河口を結ぶ第1ゲート線および山底ノ鼻灯台と観測所を結ぶ第2ゲート線(各ゲート線は200メートル間隔で区分)を使用し、これらのゲート線の印刷された縮尺1/10,000のプロットイング・シート(図1)を準備した。

図1 プロットイング・シート

一方、ゲート線をレーダ・ブラウン管上に直接蛍光塗料で記入して、調査対象船が第1および第2ゲート線上に到達時の位置をレーダ・ブラウン管上の目盛から読取り、この位置をプロットイング・シートに記入して、両点間の航走距離を三角スケールにより計測、同時に各ゲート線に到達した時刻および目視観測による進航方向・船型・船種を野帖に記録した。さらに第1・第2ゲート線における到達時刻から、両線間の航走所要時間を求めて通航速力を算出し、また到達時刻から当時の潮流の流向・流速を潮汐表により推定した。なお、大瀬戸の潮時は早瀬戸と同時、流速はその90%とした。

このようにして得られた通航速力(対地速力)および関係資料をパンチカードにして、ホールソートシステムにより条件別に分類した。

3. 調査結果およびその考察

調査対象船は総計567隻で、その内訳は表1のとおりである。船型は表1に示すようにA・B・C・Dの四つのクラスに分類したが、D型船はその90%が10,000GT以下である。なお図2・3・

表1 調査対象船の船種・船型別隻数

船種	船型	A	B	C	D	計
		100GT未満	100~500GT	500~3,000GT	3,000GT以上	
貨物船 旅客船 特殊機帆船 漁船 雑船	貨物船	4	106	109	29	248
	旅客船	4	47	44	3	98
	特殊機帆船	6	1	6	1	14
	漁船	0	0	0	3	3
	雑船	2	0	1	0	3
	貨物船	101	58	0	0	159
	旅客船	6	2	3	1	12
	特殊機帆船	13	0	0	0	13
	漁船	17	0	0	0	17
計		153	214	163	37	567

(注) 本観測においては木造貨物船を機帆船とした。

5・6・7・8の図中の記号は m ：平均通航速力， σ ：標準偏差， γ ：相関係数， n ：試料数を示す。

3.1 船舶通航速力の分布

調査対象船 567 隻の通航速力分布を図 2 に示す。通航速力のモードは 9～10ノットのところにあり，最小速力は 0.5 ノット，最大速力は 17.5 ノットで，レンジ（最大速力と最小速力の差）は 17 ノットに及び，通航速力には，かなり大きな差異が認められる。また平均通航速力は 9.7 ノット，標準偏差は 2.9 ノットで，全体の約 70% が 6.5～13 ノットの速力で通航している。

現在大瀬戸では通航速力の規制はないが，関門海峡を安全に航行するためには，潮流の速度を超えて 5 ノット以上の速力が望ましいとか，また 13 ノット程度の速力があれば十分運航できるのではないかなどの意見[8]もあるので，一応 5 ノットおよび 13 ノットを限界として通航速力の分布をみると，全体の 4% が 5 ノット未満の低速通航船であり，一方 13 ノット以上の高速通航船が 13% 存在することがわかる。

3.2 船型別通航速力

船型別通航速力の分布は図 3 のとおりである。船型別の平均通航速力は A 型船 8.5 ノット，B 型船 9.5 ノット，C 型船 10.6 ノット，D 型船 12.5 ノットで，船型が大きくなるにしたがって通航速力は高くなることわかる。また同一の船型でも通航速力には，かなり大きなバラツキがみられ，各船型とも通航速力のレンジは 12～14 ノットである。標準偏差は A 型船 2.5 ノット，B 型船 2.6 ノット，C 型船 2.6 ノット，D 型船 2.9 ノットで，A・B・C 型船ではほとんど差がなく，D 型船ではわず

かに大きい。また D 型船の速力分布は双峯性で，13 ノットおよび 9 ノット付近に山があり，10～11 ノットの速力帯で谷がみられる。このように 10～11 ノットで通航する船がこの両側の速力帯にくらべて比較的少ないのは，主として関門海峡通過船は 11 ノット以上の速力を維持するものが多く，一方関門港への出入港船は，10 ノット以下に減速して航行する船が多いためと考えられる。5 ノット未満の低速通航船は A 型船が最も多く 7%，次いで B 型船および C 型船ではそれぞれ 1% で，D 型船では全くみられない。一方 13 ノット以上の高速通航船は A 型船 2%，B 型船 9%，C 型船 20%，D 型船 43% で，D 型船の約半数が 13 ノット以上の速力で通航している。

さらに速力別通航比率と，同一の時期に観測・調査した大瀬戸通航船の船型別通航比率[9]と

図 2 通航船舶の速力分布

図3 船型別通航速力の分布

図4 大瀬戸通航船の船型別・速力別隻数比率

の関係をみると図4のとおりで、5ノット未満の速力で通航する船は非常に少なく、一方13ノット以上の高速通航船は船型が大きくなるにしたがいその比率も高くなっているが、全通航船に対する比率は小さいことがわかる。

3.3 船種別通航速力

観測期間中、大瀬戸を通航した全船舶を船種別にみると貨物船が最も多く、次いで機帆船、タンカーの順で、この三船種で全体の74%〔10〕を占めているので、これらの三船種にしぼって通航速力を検討する（図5）。

図5 船種別通航速力の分布

平均通航速力は機帆船 8.6 ノット、貨物船 10.3 ノット、タンカー 10.1 ノット、標準偏差は機帆船 2.1 ノット、貨物船 2.9 ノット、タンカー 3.0 ノットで貨物船とタンカーの速力分布は、ほぼ同じ傾向を示しているが、この両船種と機帆船の速力分布には差異が認められる。また 5 ノット未満の低速通航船は機帆船の 3 %、貨物船とタンカーではそれぞれ 1 % で、13 ノット以上の高速通航船は機帆船の 1 %、貨物船の 17 %、タンカーの 14 % である。

このような船種間の速力特性の差異は、主として各船種の船型構成に起因するものと考えられ

る。3・2 でわかるように、船型が大きくなるにしたがつて速力も高くなる傾向があり、表1で見られるように調査対象となつた機帆船はすべて500GT未満であるのに対し、貨物船およびタンカーは500GT以上がそれぞれ44%および51%を占めている。

3・4 進航方向別通航速力

東航船および西航船の通航速力分布は、図6のとおりである。平均通航速力は東航船9.3ノット、西航船10.1ノット、標準偏差は東航船2.6ノット、西航船3.0ノットで西航船は東航船より通航速力が約1ノット高く、速力のバラツキも大きい。調査水域からみて東航船の場合、雑船の航路横断交通のはげしい門司・下関港沖を通過して、可航水域幅が狭く、潮流の強い早瀬瀬戸に向い、一方西航船の場合、潮流も比較的強く、航路が屈曲して前路の見とおしが十分きかず、しかも航法違反の小型船が多い金ノ弦岬および大山ノ鼻沖に船を進めることになり、前路の航路環境は異なる。しかし進航方向による速力の差異は、前路の航路条件よりも潮流に左右されたものと推察される。すなわち観測期間中の大瀬戸における潮流の流向・流速別発生推定時間は表2のとおりで西流の方が東流より時間的に約6時間長く、したがつて順潮で通航した船は東航船よりも西航船に多かつたためと考えられる。

3・5 交通量と通航速力

調査対象船の第2ゲート線到達時刻を含む10分間交通量（東航船+西航船）を求め、交通量をⅠ（5隻未満/10分間）、Ⅱ（5隻以上10隻未満/10分間）、およびⅢ（10隻以上/10

図6 進航方向別通航速力の分布

表2 潮流の推定発生時間

(単位：時間)

流 速 \ 流 向	東 流	西 流
0 ~ 2 ノット	11.0	16.8
2 ~ 4	11.5	13.4
4 ~ 6	6.3	5.0
計	28.8	35.2

分間)の三つのクラスに分け、通航速力の分布を図7に示す。

図7 交通量別通航速力の分布

平均通航速力は10分間交通量5隻未満では9.5ノット、5隻以上10隻未満の場合9.7ノット、10隻以上では10.4ノットである。また標準偏差は5隻未満の場合2.3ノット、5隻以上10隻未満では2.9ノット、10隻以上の場合3.0ノットで交通量が増加すれば、通航速力は漸増し、速力のバラツキも大きくなる傾向がみられる。また5ノット未満の速力で通航する船舶の比率は、交通量に関係なく、それぞれ3%前後であるが、13ノット以上の高速通航船は交通量5隻未満の場合9%、5隻以上10隻未満の場合11%、10隻以上の場合24%で、交通量が増加するにしたがい、高速通航船の比率も高くなっている。

一般に交通量が増加すると、追越し困難と反航船に対する警戒から速力は低下するものと考えられるが、調査結果はむしろ逆の傾向を示している。

3.6 潮流の順逆と通航速力

観測期間中大瀬戸における潮流は、最強6ノットの流れが推定された。潮流に乗って航行する順航船と、潮に逆らって航走する逆航船の通航速力分布を図8に示す。

平均通航速力は順航船10.6ノット、逆航船8.6ノット、標準偏差は順航船2.7ノット、逆航船2.4ノットで、順航船の速力は逆航船の速力より平均2ノット高い。また5ノット未満の低速通

図8 潮流の順逆別通航速力の分布

航船は順航船の1%に対し逆航船では5%である。一方13ノット以上の高速通航船は順航船の18%に対し、逆航船では5%の低率であり、通航速力に影響する要因として、潮流はかなり大きなウェイトを占めていることがうかがえる。

3.7 潮流の流向・流速と船型別通航速力

3.6 で潮流の順逆により通航速力に差異

図9 潮流の流向・流速と通航速力との相関

のあることがわかったが、さらに潮流の流向（順・逆）・流速と船型別の通航速力との相関について分析し図9に示す。船型別に潮流の流向・流速ごとの平均通航速力をプロットすると、流速に対して通航速力はほぼ直線的に変化している。この分布から回帰直線と相関係数を求めると、各船型とも順潮の場合正相関、逆潮の場合負相関であり、相関係数は順潮の場合A型船+0.96, B型船+0.98, C型船+0.96, D型船+0.92であり、逆潮の場合A型船-0.93, B型船-0.86, C型船-0.84, D型船-0.98となり相関が強いことがわかる。

また、それぞれの場合の回帰直線の方程式は図9に示すとおりである。潮流の流速と船の固有速力との関係は、回帰係数からその傾向をうかがうことができる。流速が強くなると順潮の場合、A・B・C型船では船の固有速力は次第に低下するか、ほとんど変わらないが、D型船のみは増大し、一方逆潮では流れが強くなるにしたがいA・B・C型船の固有速力は増大し、D型船のみは固有速力が低下する傾向がみられる。各船型とも潮流の状況によつて船の固有速力の調整が行なわれているようであるが、なお通航速力に及ぼす潮流の影響は無視できないものがある。

る。強い潮流に逆らって航行する場合通航速力は大きく低下しており、場合によっては圧流されて操縦の自由を失う危険性がある。また強い順潮に乗って通航するときは増大しており、船舶の幅そうする狭水道における過大な速力は、衝突・乗揚げなどの誘因となるものと考えられる。

一般に船舶交通のはげしい港内および狭水道航行においては、過大な速力は禁物であるといわれているが、関門海峡のような潮流の強い水域では、船の固有速力をむやみに低下させることは潮流の影響によつて操縦性能を低下させることになり[11]、ここにも関門海峡における船舶通航の困難性がうかがえる。

3.8 潮流の流向・流速と機帆船の通航速力

機帆船は関門海峡通航船の約30%を占め[12]・[13]、海難事故の多い船種である。この機帆船の通航速力と潮流の流向・流速との関係を図10に示す。通航速力と潮流との間にはきわめて強い

図10 潮流の流向・流速と機帆船通航速力との相関

相関がみられ、相関係数は順潮の場合+0.97、逆潮の場合-0.99である。潮流が強くなれば、順潮・逆潮の場合とも、船の固有速力は低下する傾向がみられる。機帆船の場合も潮流の消長がただちに通航速力の変化となつて現われており、通航速力に及ぼす潮流の影響はきわめて大きい。

図10にみられるように流速が4～5ノットのときの通航速力は順航船11ノット、逆航船4ノットで、強い流れの中を航行する機帆船の操縦性能は、かなり低下するものと考えられる。観測期間中機帆船の約15%が、4ノット以上の流れの強い時期に通航しているが、安全通航のためには潮待ちなどによつて、潮流の強い時期に狭水道を航行することは、極力避けるような配慮が望ましいと考えられる。

4. む す び

海上航行の自由性からみて狭水道通航においても、各船希望する時機に、自由な航路を自由な速力で、安全に航行できれば理想的であるが、現在関門海峡においては船舶が輻そうし、航路の条件からみても航行の安全と、運航能率増進のため、適切な航行規制の必要が感じられる。船舶の航行規制は、現状における航路条件および船舶交通の実態など航行上の特殊性を把握した上で混乱の生じないような安全・能率的な措置でなければならないと考えられる。このような観点から大瀬戸における船舶通航速力の実態を調査して、通航速力は船型および潮流と関連が強いことが確かめられた。船型が大きくなるにしたがい通航速力は高くなる傾向がみられるが、同一の船型でも通航速力には大きな差異がみられるので、航路の改善対策や航行の規制措置などについては、少なくともそのクラスの70%の通航速力帯について考慮すると同時に、船型別の交通量についても配慮する必要があると思われる。また通航速力は潮流の影響により大きく増減している。関門海峡のような船舶交通がはげしく、かつ潮流の強い狭水道では過大な速力が危険であることは勿論であるが、過小な速力も操縦性能の低下に起因する危険性がある。このような危険をはらんだ狭水道で、船舶を安全に運航するための適度の速力はどの程度か、船型別の操縦性能や航路の自然条件および船舶交通状況等を考慮して、理論的・実験的に見出す必要があると考えられる。終りに観測にご協力下さった本校運航技術研究会の各位に謝意を表します。

質 疑 応 答

各船ton数の判断方法について (稲葉)

〔答〕 関門海峡大瀬戸においては対岸までの距離は約1,000mで、大部分の通航船が信号符字の旗旒を掲揚しており、また観測所から船首に記された船名の読取れる船も多い。そこで本観測の前に1日の予備観測を行ない、通航船の船首に記された船名または信号符字を双眼鏡を使用して読取り、日本船名録(日本海事協会発行・昭和41年版)からトン数を確認し、同時に通航船の目で見た感じを認識することにより、観測員の視覚によつて船型の妥当な判定ができるようにした。

本観測では通航船の船型の判定は、大部分観測員の視覚によつたが、観測に余裕があるときは船名録を使用して、これに掲載されているトン数によつた。

参 考 文 献

- 〔1〕 玉屋文雄：狭水域における海難について，航海，15 (1962) P. 18～P. 21
- 〔2〕 海上保安庁：昭和40年要救助海難統計の考察，(1966) P. 119
- 〔3〕 海上保安庁：昭和41年要救助海難統計の考察，(1967) P. 51
- 〔4〕 日本航海学会：関門航路における海難防止対策，(1963) P. 1～P. 150
- 〔5〕 第四港湾建設局：関門航路における通航船舶調査報告書—早瀬瀬戸地区一，(1967)
- 〔6〕 第四港湾建設局：関門航路における通航船舶調査報告書—大瀬戸地区一，(1968)
- 〔7〕 〔6〕に同じ
- 〔8〕 〔4〕に同じ
- 〔9〕 〔6〕に同じ，P. 21，P. 26
- 〔10〕 巻幡・広瀬・神鳥・高島・乾：大瀬戸付近における船舶の通航実態，日本航海学会誌 39(1968) P. 39
- 〔11〕 谷初蔵：流れの中を横切る船の航跡について，商船大学研究報告，(1951) P. 29～P. 38
- 〔12〕 巻幡・広瀬・神鳥・高島・乾：早瀬瀬戸における船舶の通航実態，日本航海学会誌，37 (1967) P. 93～P. 100
- 〔13〕 〔10〕に同じ，P. 39