小型漁船の遭難・搜索に関する海上実験 — I.

井桁 勇三*・鈴木 常夫*・佐藤 治夫*

Experiment on the Sea Regarding Distress and Search of Small
Fishing Boat — I.

Yuzo IGETA, Tsuneo SUZUKI and Haruo SATO

Abstract

The authors have made an experiment on board the ship with the aim of obtaining data which can be utilized for the search of a small fishing boat in distress at sea, and the following results have been gained,

- 1) The floating material was drifted to the leeward from the point where the material had been brought by the current. Therefore it is basically important to measure the current speed at the sea of the disaster.
- 2) The drift speed of the small drifting material by wind and wave (V_s) tends to decrease as the wind speed (V_w) increase. The relationship between them was illustrated as Fig. 15.
- 3) Regarding (2), when a drift material was found the distance between an observer and the material would be estimated by the drifting time and Fig. 15.

1. ま え が き

1971年10月のIMO (International Maritime Organization: 国際海事機関) 総会で採択された MERSAR (Merchant Ship Search and Rescue Manual: 船舶搜索救難便覧)^① は、その有効な活用が勧告されてから10年余を経過した。この中で、「第4章 搜索の計画および実施」は搜索に従事する船舶にとって重要な内容を含むものであろう。マニュアルによれば、搜索の能率・効果を上げるために搜索調整者 (Co-ordinator Surface Search) が選任されるが、このような場合は複数の搜索船が現場に存在し、長期的な搜索が必要とされる状況の時であると考えられる。しかし、洋上で発生した海難では、その初期において現場付近を航行中の一般船舶が単独で搜索活動を開始するケースの多いことが予想される。

昭和56年版の海上保安白書によれば、昭和55年の要救助船舶2,386隻中、海上保安庁救助606隻に対し同庁以外の一般船舶の救助1,022隻 (全損並びに自力入港したもの758隻)、救助した乗組員は、海上保安庁3,098人に対し一般船舶5,613人となっている。この数値差は、一般船舶の搜索救難活動への参加隻数が如何に多数であるかを示すものであり、一般船舶の役割りの重要さを示唆するとともに、各一般船舶に常に搜索調整者になり得る自覚と効果的搜索の方法についての予備知識の蓄積を要求するものであろう。この予備知識の中で特に重要なのは、搜索目標の所在公算位置の設定方法であると考えられるが、その裏付けとなる資料は少なく所在公算位置 (Datum) の推定には苦慮することが想像される。著者等は、これらの参考資料を得ることを目的として昭和56年2月より駿河湾内において海上実験を繰り返して来た。実験の第一段階として、船体の大きさの割りに遠い洋上に出漁し、統計上海難件数の多い小型漁船を対象に、行方不明海難の搜索に必要な船体並びに転覆時に漂流すると思われる主な物体の漂流諸元を調べたので所見とともに報告する。

* 東海大学海洋学部 航海工学科 (清水市折戸 1,000 番地)

2. 実 験

2.1 供試物件

供試船の要目を表1に、漂流物件については表2に示す。図1には供試船の側圧面積図を示す。

表1 供 試 船 の 要 目

要 目	第二北斗	第二南十字
全 長	16.72m	17.52m
垂線間長	14.90m	15.70m
幅 (型)	3.80m	3.80m
深さ(型)	1.50m	1.50m
総トン数	19.28Ton	19.90Ton
計画トリム	1.0m	1.0m

表2 漂 流 物 件

記号	物 件 名	A/B	実験回数	備 考
a	救命胴衣	16.67	4	格納時の縛つた状態
b	救命浮環	7.14	22	外径76.0cm, 内径42.5cm
c	ガラス玉(網付)	2.17	22	重量4.6kg, 径30.25cm
d	ガラス玉	2.17	6	重量3.75kg, 径30.25cm
e	魚 倉 ふ た	1.37	22	L×B×D 121×61×10cm
f	竹 竿	1.0	22	長さ3.9m, 中央径2.9cm
g	平 板	1.0	22	L×B×D 152×9.5×2.3cm
h	浮 標 灯	0.87	22	重量12.2kg, 高さ1.34m
i	伝馬船(FRP)	0.38	9	L×B×D 247×110×43cm (浸水させたもの)
j	ビン(検流用)	0.26	22	1.0l用ビンに海水を入れた
k	検 流 筒(小)	0.18	30	外径11.3cm, 長さ2m, 重り1kg
l	検 流 筒(大)	0.16	30	外径11.3cm, 長さ4m, 重り1kg
M	人 体		4	体重65kg, 救命胴衣着用

(注): Aは水線上正横投影面積
Bは水線下正横投影面積

図1 供試船の側圧面積図

諸元並びに流潮を求めた。供試船については、既述した方法⁽²⁾を採用して漂流諸元を求めたが、表2の物件については、2.2.1の方法で求めた。

2.2.1 物件の漂流諸元の求め方

図2は、説明のためのモデル図である。O点で物件と検流筒(大)を同時に投入し、約1時間後の物件の位置がT点であった場合、物件は流潮でOT移動し、風圧および波でTT'に圧流されたと考えて、物件の流潮以外の要因(風及び波)による圧流速(V_s)、方向(D)は、

$$V_s = \frac{\overline{OT'}}{\text{O点からT点までの所要時間}} \quad D = \theta^\circ \quad (\text{図2参照})$$

2.2 実験方法

船体並びに漂流物件の風圧流速・方向を測定するために海象・気象条件を同一とし、湾内流潮の時間的变化の影響を少なくするため、実験海域を湾中央部とし、約1時間単位の漂流実験を繰り返した。供試船・漂流物件及び検流筒(大)の位置はすべてデッカで求め(関東チェンの赤・紫局を用い、位置決定プログラムで電算機計算し、緯度・経度で表わした)、また、流向・流速は検流筒(大)の移動方向、移動量で求めて、1万分の3の平面図に転記し漂流

図2 物件の漂流諸元の求め方

で求められるとした。

尚、今回の実験における吹送流のコリオリについては、検流筒を用いることで消去されるとした。

3. 結果と考察

3. 1 供試船の風（波の影響も含む）による圧流速

図3は、ほぼ同型同大の二隻の供試船の圧流速と風速の関係を示す。排水量は、魚倉に注水することで、空船・満船・半載の三態とした。満船と空船の排水トン数には約9トンの重量差があり（空船時の排水トン数の約1/3に相当）、平均喫水差に約20cmの差があるが、排水量別圧流速には大きい差が認められず、その傾向は風速の速い範囲でうかがうことができる。図中の曲線で、 V_s/V_w (V_s : 圧流速, V_w : 風速) 値が減少していることから、一般に用いられる

図3 供試船の風（波の影響も含む）による圧流速とK値

$$V_s = \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w} \cdot \frac{C_a}{C_w}} \cdot \sqrt{\frac{A}{B}} \cdot V_w \quad \text{--- ①}$$

$$= K \cdot \sqrt{\frac{A}{B}} \cdot V_w \quad \text{--- ②}$$

ρ_a, ρ_w : 空気および水の密度

C_a, C_w : 横漂流時の風圧係数および水の抗力係数

V_s : 圧流速 (m/sec)

V_w : 視風速 (m/sec)

なる式⁽³⁾で、たとえ同一物件、既ち A/B 値の等しいものでも風速の大小に関係なく同じ K 値を用いることは妥当ではないと考えられる。図3から求めた風速別 K 値を同図 K 曲線で示す（但し、 $A/B=2.0$, V_s : ノット）。

K 値が風速の増大につれて減少する原因として、①波高の増大は、船体のうける風をさえぎり全風圧を減少させる、②波高の増大による波長の長大化は船体にオービタルモーションの影響を強く与える、③漂流中の横揺れ周期がほぼ一定（図5参照）なのに対し、風下舷への横揺れ傾斜角が大となり（図4参照）水の圧流抵抗を増すなどが考えられる。

3. 2 供試船の風（波の影響も含む）による圧流方向

海上実験でこれを求めるには、次のような原因が介入して正確を期し難い。即ち、①風向の変動、②流潮の変化、③海上波浪の複雑な変動とそれに伴う船体の頻繁な視風向変化、④船位の誤差、などである。今回の実験では、①を考慮して15分間単位の測定を行い、②による誤差を考慮して検流を漂流開始時及び30分後の2回行った。

圧流方向は、排水量、トリムを同一状態にして転舵方向が影響を及ぼすか、またトリム状態との関係はどうかについて調べたが、転舵方向との関係は見出せず、トリム状態との関係では図6に示す結果を得た。

図4 供試船の横揺れ傾斜角

供試船は、計画トリムが船尾1 mであることから船尾トリムの状態を減少させるにつれて風下側の船尾寄りに偏して圧流される傾向を示しているが、実験方法及び測定誤差などを考えると断定はできないであろう。ただ、トリム状態で圧流方向に影響が出るとすれば、その原因の1つに図1に示したトリム変化による水線上下の面積中心の移動が考えられる。なお、図6の圧流方向で0度とは風と同方向に圧流されたことを示す。

3. 3 物件の風（波の影響を含む）による圧流速

2. 2. 1 で既述した方法で求めた物件の圧流速と風速の関係を物件別に図7～14に示す。また、図15は、物件相互の圧流速を比較照合するためにまとめたものである。（魚倉ふたの圧流速はほぼ漁業用ガラス玉と同じであるため省略）

図15は、いずれの物件も供試船同様、風速の増大につれて圧流速が増大せず風速 4～5 m/s 以上では圧流速

図7 漁業用ガラス玉の圧流速 ($A/B=2.17$) 図9 平板の圧流速 ($A/B=1.0$)

図5 供試船の横揺れ周期

図6 供試船の風圧流方向（波の影響も含む）とトリムの関係

図8 浮標灯の圧流速 ($A/B=0.87$) 図10 竹竿の圧流速 ($A/B=1.0$)図10 竹竿の圧流速 ($A/B=1.0$)

図11 救命浮環の圧流速 ($A/B=7.14$) 図12 漂流ビンの圧流速 ($A/B=0.26$) 図13 浸水させた伝馬船の圧流速 ($A/B=0.38$) 図14 検流筒 (小) の圧流速 ($A/B=0.18$)

図15 供試船並びに物件の圧流速

は、物件毎にほぼ同じになることを示し、圧流速の遅速は、細長い竹竿、平板を除いて変わらないことを示している。また、その遅速は、1部の物件を除いて A/B 値の大小と概略一致しているが、救命浮環は A/B 値の割合には圧流速が遅く、供試船は A/B 値の割合には速いことから、小物件の圧流速は A/B 値のみでは推定できず、物件の形状、即ち風圧中心の水面上の高さ、没水部の形状にも大きく影響されると考えられる。供試船と同様、②式による K 値を風速の関数として求めると図16になる。

図16で K 値の減少率が急な物件としては、浸水させた伝馬船(i)、および浮標灯(h)を上げることができる。これらは、比較的 A/B 値が小さい物件であるが、特に風速の遅い範囲で K 値の変化が急であり、その原因として、風速の遅い時は波の影響をつよく受ける物件であると考えられる。従って、よく弱風時にみられる風と波の方向が異なる場合は、物件相互の圧流速・方向が複雑になることから圧流速を風のみで考えることに疑問がもたれる。以下その漂流実験例を示す。図17~19の中で使用されている記号の説明は下記の通りである。

Start : 供試船が定常漂流に入って、物件(a)~(j) (表2参照) 及び検流筒 (大) を同時投入した位置。

C. measuring pipe ①, ② : Start 点で投入した検流筒 (大) の回収位置、②は Start 時から30分後に投入

図16 物件の風速別 K 値 (②式による)

した検流筒（大）の回収位置。0.54 kts 048°並びに 0.48 kts 053°等の数字は、それぞれの検流筒（大）から求めた流速・流向を示す。

Ship : 供試船の Start 点から 1 時間後の位置で実線は、15分毎の位置（・印）を結んだ漂流軌跡。

(a')~(j') : それぞれの物件の回収時の検流筒（大）の位置（時間の比で求めたもの）。

(a)~(j) : それぞれの物件の回収位置。

(a')(a)~(j')(j) : それぞれの物件の風（波の影響を含む）による圧流量および圧流方向。

Wind : 平均風速, 平均風向。

図17は、風速が遅い場合で、浸水して A/B が小さくなった伝馬船 (i) ($A/B=0.38$) と、 $A/B=16$ の救命胴衣(a), $A/B=0.26$ の漂流ビン (j) が同時に漂流を開始し、約 1 時間後の位置を示すものである。殆んど風の圧流はないであろうと思われる伝馬船が、風の影響をつよく受けるとと思われる救命胴衣とほぼ同じ圧流速であったことを示している。

図18は、救命胴衣(a)とウェットスーツを着用した人体と他物件との漂流位置（漂流時間約 1 時間）を示すものである。風も弱く、資料も少ないが、人体 (M) は漂流ビン (j) と検流筒（小）(k) のように風圧流速の遅い物件の近くに存在するものと考えられる。

3. 4 物件の風（波の影響も含む）による圧流方向

物件は、風下方向に圧流されると思われるが、しかし、物件の漂流軌跡は、流潮分と風圧流分の合成ベクトル方向である。そして風に対しては、流潮分を考慮した点からほぼ風下方向に圧流されると思われる。漂流実験例を図19に示す。

3. 5 デッカ船位, 風速の修正について

3.5.1 デッカ船位について

位置測定にデッカを用いた今回の結果は、関東チェンの赤・紫両局のレーン変動に大きく左右される。これについては、少し既述したが⁽²⁾、その後、昭和57年6月、7月、8月に清水港内で定点観測した結果を図20に示す。なお、いづれの観測も実験時間帯であった10時~16時に

図17 浸水させた伝馬船と救命胴衣の漂流実験例

図 18 人体および諸物件の漂流実験例

図19 諸物件の漂流実験例

において5分間隔のレーン値である。表3に標準偏差とこの偏差値を用いた実験水域 ($\phi_R=60^\circ$, $\phi_P=138^\circ$) での95%確率誤差半径 ($R(95\%)$) を示す。

位置の誤差は、漂流距離が長くなる程小さくなるが、目視観測による各物件の漂流位置が、デッキ位置とほぼ一致したことから、海上実験の結果としては一応信頼できると思われる。

3.5.2 風速の修正

実験中の風速測定は、水面上約3mの点で既述の方法⁽²⁾で実施したが、本文中では、実験の主旨である実用性を考慮して、下式による水面上10m (世界気象機関基準) の風速に換算した値を基準にした述べ方をした。従って、図中の風速も同様であり、図より求められる物件の圧流速は力学的な考え方とは相違するものである。

換算式⁽⁴⁾

$$\frac{V_h}{V_{10}} = 0.233 + 0.656 \log_{10} (h + 4.75)$$

h : 風速計の水面上の高さ (m)

図 20 デッカの定点観測測定結果 (清水港内)

表 3 デッカの95%確率誤差半径 (R(95%))

測定日	項目	n	σ	ψ	R(95%)
7 Jun 1982	Red	73	0.96 ^{レーン}	60°	21 m
	Purple	73	1.62	138°	
4 Jul. 1982	Red	73	0.96	60°	17 m
	Purple	73	0.76	138°	
5 Aug. 1982	Red	73	1.09	60°	39 m
	Purple	73	4.02	138°	

$$\text{但し, } R(95\%) = 2W \operatorname{cosec} \left(\frac{\psi_R + \psi_P}{2} \right) \sqrt{(\sigma_R \operatorname{cosec} \frac{\psi_R}{2})^2 + (\sigma_P \operatorname{cosec} \frac{\psi_P}{2})^2}$$

W: 基線上の1レーンの幅 (赤, 紫局の平均値) (m)

ψ_R : 測定点から見込む主・赤局間の夾角 (度)

ψ_P : 測定点から見込む主・紫局間の夾角 (度)

σ_R : 赤局レーン測定値の標準偏差 (レーン)

σ_P : 紫局レーン測定値の標準偏差 (レーン)

V_h : 水面上 h m の風速 (m/sec)

V_{10} : 水面上10mの風速 (m/sec)

即ち, (水面上3mの風速) $\times 1.22 = V_{10}$ とした。参考までに V_{10} を求めるための係数を水面上高さ別に表4に記す。

表 4 風 速 測 定 高 と 係 数

風速測定高さ (m)	0.1	0.5	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
係 数	1.46	1.42	1.37	1.29	1.22	1.18	1.13	1.00	0.92	0.87	0.83	0.80

4. 結 言

今回の結果は、行方不明海難の捜索計画に最も重要な捜索目標の所在公算位置の決定と全損の確認について若干の示唆を含んでいる。即ち、捜索の成否を左右する主な要件は、正確な遭難位置と経過時間の多少であると考えられるが、今回の実験を通じて次のことがいえるであろう。

- (1) 強風時の捜索では、風下側に捜索区域を設けがちであるが、まず、現場付近の流潮の概略を知ることが大切である。この点GEK（電磁海流計）の使用が望まれるが、GEKがない場合は受風面積の小さい（水抵抗の大きい）物件を投入して流潮を測定すればよいであろう。強風下での捜索能率は非常に低く、捜索可能域は微々たるものと考えなければならず、遭難後の経過時間が多い場合程、測流に時間をかけることをためらってはならない。日本近海の流潮は経験的に5海里の範囲にわたって同一であることはまれである。このことは、数ヶ所で測流することの必要性を示すものである。漂流物件が存在するとすれば、まず流潮分を考慮した点から風下方向に捜索するのが妥当であろう。
- (2) 小型漁船が主機関あるいは推進器系などの故障で漂流する場合は、排水量に多少の差があっても図3の曲線からおよその漂流量が推定できる。
- (3) 漂流物件の風による圧流速は、風速に対し直線的に比例しない。1つの漂流物件を発見した場合、風、流潮がほぼ同一であると考えられれば、他の目標は風の方向線付近に漂流し、その距離は図15あるいは図16からおよそ推定できる。また、図15から圧流速の最も速い球状の漁業用ガラス玉(c)と、最も遅い検流筒（小）(k)の離隔距離は、風速10m/s、漂流時間10時間の場合で約4.5海里であることから1つの漂流物件を発見したらその付近の小区域を集中的に捜索することは重要である。
- (4) 沈没あるいは転覆海難が発生した後、風向変化とそれに伴う波浪、流潮変化を受けた物件の漂流位置関係は複雑であり、1物件を発見しても捜索区域の設定には誤差界のとり方に注意しなければならないであろう。
- (5) 漂流人体については、他の物件と同様に流潮分を考慮した点から波下に比較的遅く圧流されると思われるが、今回の資料でははっきりしたことはいえない。

強風下での漂流実験ができなかったが、海難は荒天時のみのものではないことを思えば今回の結果が役立つ場合のあることを期待したい。次回では、膨張式救命筏、人形による人体漂流実験を今回と同じ方法で行い、それらの結果を湾外の長時間漂流と比較検討してみたい。

終りに、この実験が軌道にのるまでには、測位方法を決めるのに日数を費したが、終始御協力をたまわった、東海大学調査船第二北斗、第二南十字の乗組員の方々および東海大学海洋学部航海工学の学生諸君に、感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 海上保安庁警備救難部：船舶捜索救難便覧，29～71，海文堂，昭和47年
- (2) 鈴木常夫，井桁勇三，佐藤治夫：Decca 位置を用いた漂流実験例，航海，72号，6～10，昭和57年6月
- (3) 安井善一：船舶の風圧流について，海と空，第20巻，第7号，177，1940
- (4) Met. O. 805：“Observer's Handbook”，H. M. S. O., London, 1969
- (5) 塚本裕四郎：第5海洋丸漂流物の鑑定，航海学会誌，10号，昭和29年4月
- (6) 杳名景義：若狭湾沖合における漂流実験について，日本航海学会誌，30号，1～9，昭和38年12月

質 疑 応 答

平岩 節（北海道大学）：

- 1 風速と圧流速の関係図(図3)において、水線上下の面積比の違いによる圧流速の補正を施しましたか。
- 2 トリムと圧流方向の関係を述べられたが、その時の風向、うねりの方向、船首方向の関係をお伺いしたい。
- 3 低い漂流物件にあたる風速をどのようにして測られましたか。

鈴木常夫：

- 1 今回用いた排水量変化の範囲では圧流速に大きい差が現われなかったため、補正しませんでした。
- 2 全部右舷を風上とし、風向はSE～SWの範囲、うねりは、湾が南向きのため南からのうねりでした。視風向は、右80°～110°で、風圧流方向を決定する視風向の変化は、風向とうねりの方向からは、はっきりした関係がみられませんでした。
- 3 実用性を考慮し水面上約3 mで測定した風速を水面上10mの風に換算しましたので、物件の圧流速は、力学的な値ではありません。

久保雅義（神戸商船大学）：流速は、潮によるものと波の漂流力によるものとがあると考えられますが、このうち漂流力による流速は浸水面積によりかなり変化すると考えられます。又波高によっても変化すると思われます。このように流れは2つの成分より成立していますので、別々に評価しておかれる方がよいのではないかと思いますがいかがでしょうか。

鈴木常夫：できるなら別々に分けた方がよいと思いますが、今回の実験では別々に評価しませんでした。

及川 清（東京商船大学）：数年前に約10時間ばかりの膨脹式救命いかだの洋上漂流実験を行ったことがありますが、その際の経験からすると、漂流速度の推定は比較的容易であったが、漂流方向の推定はきわめてむづかしいと感じました。その点からみて、今回の調査結果には興味があります。説明資料のなかで、MERSARによる膨脹式救命いかだの漂流が今回の実験結果による小型漁船（供試船）のそれに類似しているとのことでしたが、MERSARによる膨脹式救命いかだは4状態の漂流について図示しており、その何れに相当するものかを明示していただきたいと存じます。

鈴木常夫：供試船と風圧流速が類似した MERSAR の資料による救命筏の状態は、天幕、安定用水のうがなく、シーアンカーなしのものです。