

航行不能船舶の外乱下定常漂流状態の解析

海上安全研究領域 操縦・制御研究グループ *上野道雄, 二村 正

1. 緒言

著者らは先に、波による航行不能船舶の定常漂流運動を数値的に解析することによって、漂流状態がただ一つに決まるのではなく、複数の漂流状態が存在する可能性を示した¹⁾。

本報告では、波以外の漂流運動の要因となる風と潮流の影響も含めて漂流運動を解析し、これらの併存時においても漂流運動状態が複数存在し、漂流方向および漂流速度が広範囲に広がる可能性があること等を示す。

2. 運動方程式と対象船型

波と風、潮流を考慮した定常漂流状態は次の定常釣合方程式で表される。

$$\begin{cases} X_{0(U,\beta)} + X_{W(T_W,H_W,\chi)} + X_{A(U_{Ar},\theta_{Ar})} = 0 \\ Y_{0(U,\beta)} + Y_{W(T_W,H_W,\chi)} + Y_{A(U_{Ar},\theta_{Ar})} = 0 \\ N_{0(U,\beta)} + N_{W(T_W,H_W,\chi)} + N_{A(U_{Ar},\theta_{Ar})} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 X_0 , Y_0 , N_0 は斜航により水から受ける前後力、左右力、回頭モーメントの3成分を、 X_W , Y_W , N_W は波漂流力を、 X_A , Y_A , N_A は風による力をそれぞれ表す。 U と β は対水船速と対水斜航角を、 T_W , H_W , χ は波周期と波高、相対波向きを、 U_{Ar} と θ_{Ar} は相対風速と相対風向をそれぞれ表す。潮流は潮流速度(U_C)と潮流方向(ψ_C)によって定義される。対地漂流速度(V)・対地漂流方向(ψ)と対水船速・対水斜航角および対地風速(U_A)・対地風向(ψ_A)と相対風速・相対風向は次式によって関係づけられる。

$$\begin{cases} \vec{V} = \vec{U} + \vec{U}_C \\ \vec{U}_A = \vec{U} + \vec{U}_{Ar} + \vec{U}_C \end{cases} \quad (2)$$

ここで、文字上部の $\vec{\cdot}$ はそれぞれの速度ベクトルを表す。船首方位(ψ_B)は次式によって求められる。

$$\psi_B = \psi_U + \beta \quad (3)$$

表-1 練習船主要寸法

Item	Scale
Length: L(m)	105.00
Breadth: B(m)	17.90
Draft: d(m)	5.96
trim(m)	0.0
lcb(%L aft from midship)	2.14
Displacement(ton)	5827.0

(1)式を与えられた外乱条件の下に解けば、対地漂流速度と対地漂流方向、船首方位等を算出することができる。ただし、得られた解が物理的に安定な状態かどうかは別途解析する必要がある¹⁾。しかし、現状ではその安定性解析に必要なデータが不足しているため、本報告では、得られた解は物理的に不安定な状態が含まれる可能性があることを付記するとどめる。

解析の対象とするのは、著者らがこれまでに斜航流体力に関する水槽実験データ¹⁾²⁾と風の力に関する風洞実験データ²⁾、波漂流力に関する理論計算結果¹⁾を報告してきた練習船である。練習船の主要寸法等を表-1に示す。本報告における解析にも上記の実験結果および計算結果を用いることとした。

3. 風波中の漂流状態

波長船長比(λ/L)が0.7、波振幅1mの規則波が0度の方向から、対地風速10m/sの風が30度の方向から船に作用する状態を対象に(1)式を解いた。得られた解を表-2に示す。これらの解のうち、対地漂流方向と対地漂流速度を極座標表示したものが図-1である。図中の ψ がそれぞれの解を表し、周方向が漂流方向を、径方向が漂流速度を表す。図中の番号は表-1中の解の番号と対応する。また、船の形はそれぞれの船がどのような姿勢で漂流するかを表している。

この風波中の漂流状態の解析では解は5つ得られている。著者らが先に報告¹⁾した一方向波中の漂流

表-2 風波中の定常漂流状態を表す解

No.	V(kt)	v(d)	B(d)	(d)	(d)	U _{Ar} (m/s)	A _r (d)
1	2.68	127.05	-70.10	162.84	109.90	9.93	108.03
2	1.18	148.96	-89.66	121.37	90.34	9.72	122.79
3	1.12	-176.41	101.58	-82.01	-78.42	9.49	-70.04
4	4.15	-166.94	13.07	-179.99	-166.93	7.98	21.39
5	4.30	-159.39	-157.38	2.02	22.62	7.83	-169.98

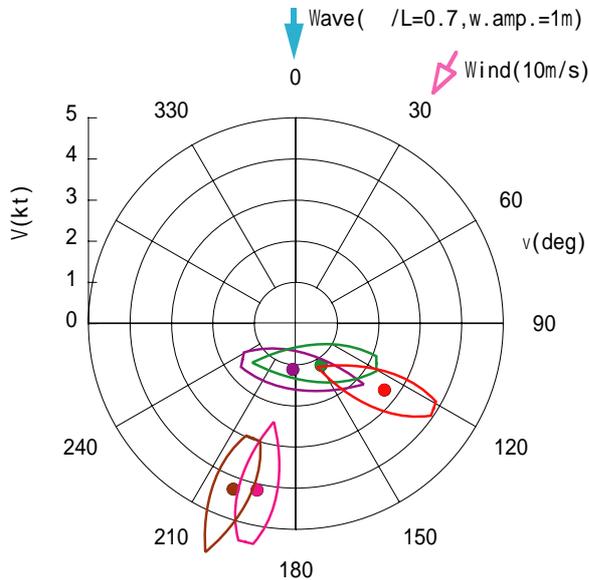


図-1 風波中の定常漂流状態

状態の解析結果では解に左右の対称性が見られたが、この外乱状態では対称性は崩れている。風の方向とは約90度ずれた方向に漂流するような解が得られていることは、単に風下や波下の方向に漂流するとは限らない可能性があることを示している。

4. 風潮流中の漂流状態

対地風速11.0m/sの風が37.5度の方向から、0.85m/sの潮流が175.3度の方向から船に作用する状態を対象に(1)式を解いた。得られた解を表-3と図-2に示す。この外乱状態は実際の漂流事例の気象海象データから求めたものである。定常漂流状態を表す解は4つ得られている。実際の事例において漂流した船は大きく船体傾斜した貨物船であるため本計算結果と直接比較することはできないが、潮流を横切る形で漂流するあるいはの解や潮流速度を超える漂流速度を示すの解は、傾斜した貨物船の漂流状態と類似の特徴を示している。また、はほぼ風上側に漂流する解を表しており、複数の外乱要因がある中での微妙な釣合状態が存在する可能性を示している。

5. 緒言

波と風、潮流下における定常漂流状態を解析した。一方向波中の解析結果¹⁾に見られた対称性と複数解の存在性のうち、対称性については外乱の非対称性によって崩れることが確認された。複数解の存在性については複合外乱下においても確認され、予想外の方向に漂流する状態も可能性として否定できないことを示した。

参考文献

- 1) Ueno, M., Nimura, T. ; On steady drifting motion of a ship in waves, Proceedings of 5th IFAC conference on manoeuvring and control of marine craft, 2000, pp. 393-398.
- 2) 上野道雄ほか; 練習船の操縦性能に関する模型実験と実海域実験, 日本造船学会論文集, 第189号, pp. 71-80, 2001.

表-3 風・潮流中の定常漂流状態を表す解

No.	V(kt)	v(d)	B(d)	U(kt)	(d)	U _{Ar} (m/s)	A _r (d)
1	0.73	33.83	-77.32	1.17	130.15	11.37	114.70
2	1.45	-99.57	34.46	2.29	179.96	10.46	0.25
3	1.54	-100.43	-144.51	2.37	-0.19	10.42	179.08
4	2.15	-37.31	146.87	1.17	-126.19	11.34	-114.76

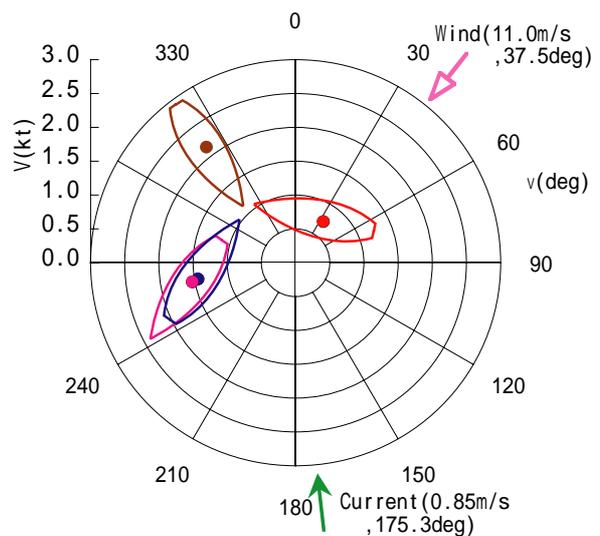


図-2 風・潮流中の定常漂流状態