

波による漂流速度成分を考慮した漂流経路予測手法

海上安全研究領域 耐航・復原性能研究グループ

* 谷澤 克治

海上保安庁 海洋情報部

井本 泰司

1. まえがき

荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究では、航行不能になった大型船舶を研究の主たる対象としているが、海難事故による漂流物には大型船舶以外にも、小型船舶、救命艇、救命筏、人体、流出油等があり、これらも海流と潮流、風、波の影響を受けて漂流する。海上保安庁海洋情報部(旧水路部)では、これらの小さな漂流物も対象とした漂流予測を行っている。現在、海洋情報部で開発・運用されている漂流経路予測システムでは、海流・潮流と風による漂流速度成分は考慮されているが、波による漂流速度は厳密には考慮されていない。そこで、本研究の成果を漂流経路予測システムの予測精度向上に役立てるため、海洋情報部と共同で波による漂流速度成分を漂流経路予測システムに追加した。本節ではその概要を報告する。

2. 漂流経路予測プログラムの概要

海上保安庁海洋情報部で開発・運用されている漂流経路予測プログラムは、警備救難部の救難マニュアル¹⁾に従って作成されたもので、漂流速度成分として以下の3成分が考慮されている。

・風圧による速度成分： $V_e(kt)$

漂流物の水面上面積(A)と水面下の面積(B)との比A/B、ならびに風圧流係数を用いて次式で与えられる。

$$V_e = \begin{pmatrix} 0.0680 \\ 0.0485 \end{pmatrix} \sqrt{\frac{A}{B}} V_w \quad (1)$$

ここで、 V_w は風速(m/sec)、風圧流係数は風圧中心の高い船舶等では0.068、低い救命艇等では0.0485である。漂流方向は風下方向を中心として ± 15 度の偏角を考える。

・吹送流による速度成分： $V_c(kt)$

吹送流の速さは、現場の緯度 ϕ と風速 V_w を元に

$$V_c = 0.0245 V_w / \sqrt{\sin \phi} \quad (2)$$

で与えられる。方向はコリオリ力により風下方向から右に45度偏向する。

・海潮流による速度成分： $V_s(kt)$

海潮流による速度成分は、海洋情報部にて蓄積されている観測資料と、現場に到着した巡視船の音波ログ等により与えられる。

現行の漂流経路予測プログラムではこれら3成分のベクトル和で漂流速度を計算し、漂流時間を乗じて漂流位置を求めている。これらの漂流速度成分に以下により波による漂流速度成分を追加する。

・波による漂流速度成分： $V_w(m/s)$

波による漂流速度は、波漂流力に押されて生じる速度成分と、波によって誘起される流れによる速度成分の和として次式で与えられる²⁾。

$$V_v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Lg}{B}} \sqrt{\frac{C_w}{C_D}} \frac{H_{1/3}}{1.6} + \pi^2 \sqrt{\frac{g}{k}} \frac{\int_B e^{2kz} dz}{B} \left(\frac{H_{1/3}}{1.6\lambda} \right)^2 \quad (3)$$

ここで、 L は漂流物体の代表寸法、 B は水面下の投影面積、 C_w は波漂流力係数、 C_D は抗力係数、 g は重力加速度、 $H_{1/3}$ は有義波高($H_{1/3}/1.6$ は平均波高)、 λ は波長、 k は波数である。

(3)式の右辺第1項は波漂流力によって押されることにより生じる速度成分で、漂流物が小型漁船、プレジャーボート、救命筏、または人体等の波長に比して小さい物体の場合には、この成分は無視できるが、船舶等の大型漂流物では無視できない。第1項の計算には $\sqrt{C_w/C_D}$ の値が必要である。 C_w は波漂流力係数で水槽試験もしくは3次元特異点分布法等による数値計算で求められる。また C_D は抗力係数で、これも水槽試験もしくはデータベース等により推定する事が可能である。しかし、救難現場でこれらを求めていたのでは間に合わないの、実用的には種々の漂流物についての予めこの値を計算しておく必要がある。図1に最適曳航支援システムの標準船型である15万トンタンカーの $\sqrt{C_w/C_D}$ 値を一例

として示す。図から λ/L が小さな短波長域では第一項の漂流速度成分は大きい、波長が長くなると急激に減少し、長波長域では第1項の成分はほとんど無くなることが分かる。 $\sqrt{C_w/C_D}$ は波長以外にもトリム、ヒール、GM 等の影響を受け、特に波との出会角によってかなり変動する。しかし、実海域では入射波は方向分布を持っていることや、現場で入手可能な情報は限られたものであることを勘案し、出会角については平均化した取り扱いをした。図1には平均値、最大値、最小値と共に示してある。経路予測では、平均値、最大値、最小値の3つを用いて、予測範囲を示すのが現実的であろう。なお第一項の計算には漂流物体の代表寸法と水面下の投影面積 B も必要である。船舶では代表寸法は船長 L 、また投影面積 B は船長と喫水との積 Ld とした。

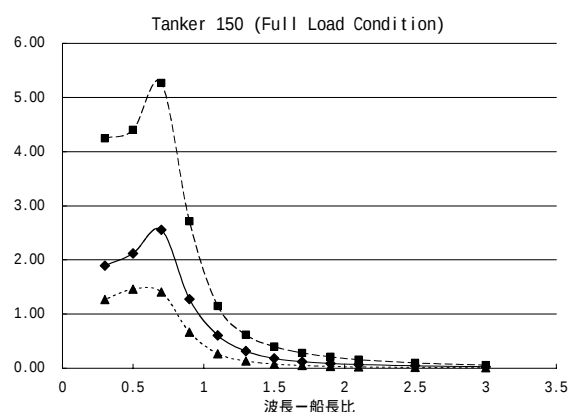


図1 15万トンタンカーの $\sqrt{C_w/C_D}$ 値
(出会角について平均化)

つぎに、(3)式の右辺第2項は波によって誘起される表面流に乗って漂流する速度成分である。この項は第一項とは逆に短波長域では小さく長波長域で大きな値をとる。また、表面流速は深度に連れて指数関数的に減少する。そこで第2項は、波長と比べて船長の大きな大型船では無視できるが、小型漁船やプレジャーボート、また人体等の波長と比較して小さな漂流物が荒天中を漂流している場合には無視できない。第二項は波情報と漂流物の寸法から直接計算できるので、データベース等は必要ない。第2項の計算には積分が含まれているが、これは水面下の投影面積 B を代表寸法 L と喫水 d の積で近似して、次の式で近似計算できる。

$$\frac{\int_B e^{2kz} dz}{B} \approx \frac{L \int_{-d}^0 e^{2kz} dz}{Ld} = \frac{1}{2kd} \{1 - e^{-2kd}\} \quad (4)$$

3. 漂流経路予測例

海洋情報部が過去に実施した漂流経路予測の中から、ある程度波の情報が分かっている事例を選んで漂流経路予測を実施した。対象は船長95m、排水量5654tの木材運搬船である。本船は平成10年10月24日14時30分頃、石垣島北方約60海里において航行不能となった。図2に25日正午から午後4時までの4時間の漂流予測結果を、実際の漂流経路と比較して示す。25日正午の時点で真北から時計回りに135°の方向に1.4ノットの海流があり漂流船はこの海流に乗って流されるが、東から西へ12.3m/sの風があるため、風圧流と吹送流により西へ吹き流されている。海流+風圧流+吹送流の予測結果は、実際の漂流経路に近い経路を示している。一方、風向きと同じ東から西へ伝播する波高3.3m、波周期7.5秒の風浪があるため、波によっても西へ流され、波漂流を加えた予測結果では、実際の漂流経路から外れた結果となった。これは従来の予測法でも風浪による漂流速度成分が、風圧流や吹送流の中に経験的に含まれている可能性があり、新たに波による漂流速度を陽に追加したことで、波による漂流速度が二重に評価されていることが原因の一つと想像される。しかし、一例だけで評価することはできないので、今後はより多くの事例に本予測プログラムを適用して精度評価を行うと共に、評価手法全体のさらなる改良を図っていく必要がある。

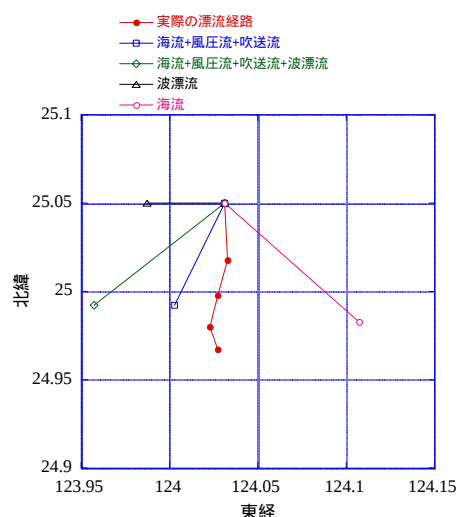


図2 漂流経路予測結果

参考文献

- 1) 海上保安庁警備救難部救難課：救難マニュアル、第2編執務・運用
- 2) 谷澤克治、南真紀子、井本泰司：波による浮体の漂流速度について、船論、Vol.19