

漂流ブイを用いた漂流実験

中村啓美, 石村孝三, 宗田幸次 : 海洋調査課

Drift Experiment Using the Drifting Buoy

Hiromi Nakamura, Kozo Ishimura, Koji Muneda : Ocean Surveys Division

1. はじめに

漂流予測手法の高度化と精度向上に向け、メッシュデータベースによるオンライン漂流予測プログラムや、レスキューブイを利用したリアルタイム海流情報の取得等の方策が進捗している。昨年度、オープンコムシステム（内蔵した送信機から発射された電波を、低軌道小型周回衛星（オープンコム）で中継し、地上局を經由して位置情報を受信するシステム）を利用した小型漂流ブイが開発された。この漂流ブイを活用して漂流予測を行う際の風圧係数とA/B要素の見積もりを確認すること、及び相模湾を例に、沿岸流が存在し、外洋の海況と連動して複雑な変動を呈する沿岸域での漂流予測精度向上を目的として漂流実験を行った。

2. 漂流実験の概要

(1) 実験期間

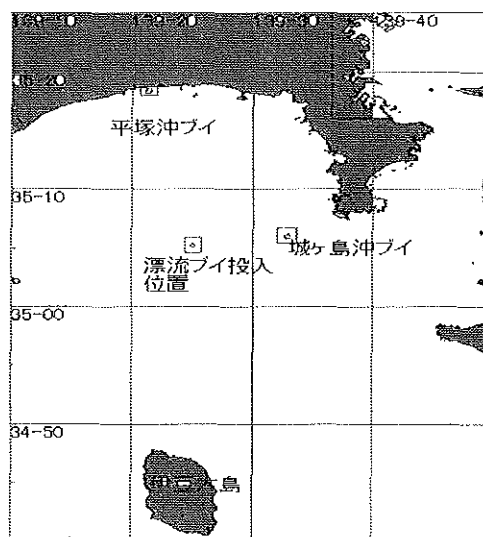
平成12年6月30日から平成12年7月5日まで（6日間）

(2) 実験海域

測量船「天洋」により、第1図に示す海域で実施した。

(3) 実験の内容

相模湾の流況は、沖合いを流れる黒潮の影響によって、一般に、湾内を左旋回する場合と右旋回する場合がある。相模湾内の流況と、その時の外洋域、特に黒潮との関連を把握するため、6月30日～7月2日まで、相模湾から伊豆諸島北部、房総沖海域にかけて、ADCPによる海流観測を行った。観測線上では、XBTによる各層水温観測を適宜実施した。



第1図 相模湾及び伊豆諸島周辺海域
Fig.1 Sagami Bay and sea area around Izu Islands.

海流観測終了後、第1図に示す相模湾内の1地点（35°05.1'N, 139°25.1'E）に、オープンコムシステムを利用する小型漂流ブイ（写真1）1個を、7月3日08時10分に投入し、7月4日15時50分に揚収した。投入後から揚収までの間、「天洋」は漂流ブイの近傍にて、30分毎に自船位置、風及び波浪の目視観測を行った。漂流ブイの30分毎の位置は、インターネット経由で、逐次海洋調査課で受信した。

(1) 形状 : 球体

(2) 大きさ : 305mm×341mm

(3) 質量 : 6 kg

(4) 筐体材質 : アルミニウム合金

フード : 耐衝撃性ポリカーボネイト樹脂

(5) A/B : 0.90

A : 風向に直角な面への水上部分の投影面積



写真1 オープコム漂流ブイ
Photo.1 The ORBCOMM drifting buoy.

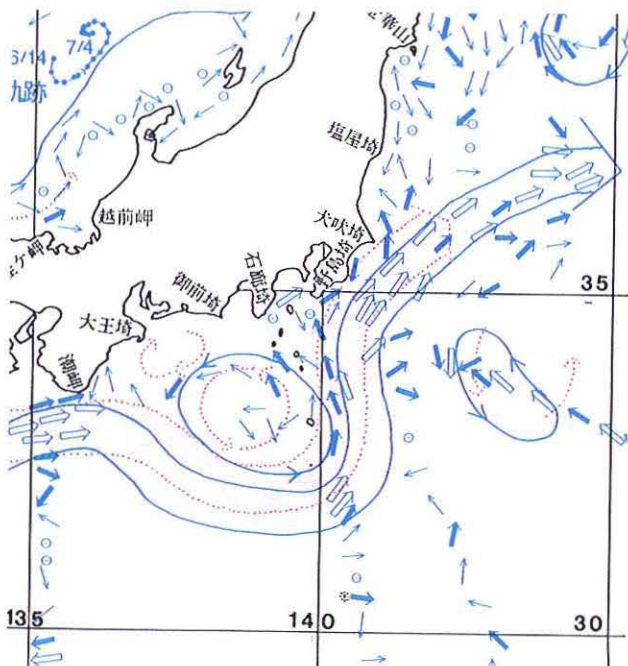
B: 圧流方向に直角な面への水面下部分の投影面積

3. 実験結果

(1) 黒潮

漂流実験期間中の黒潮は、石廊崎南方の冷水渦を迂回し、八丈島の東方を北上して野島崎南東40海里付近から犬吠埼沖まで北上していた(第2図)。

(2) 相模湾の流況



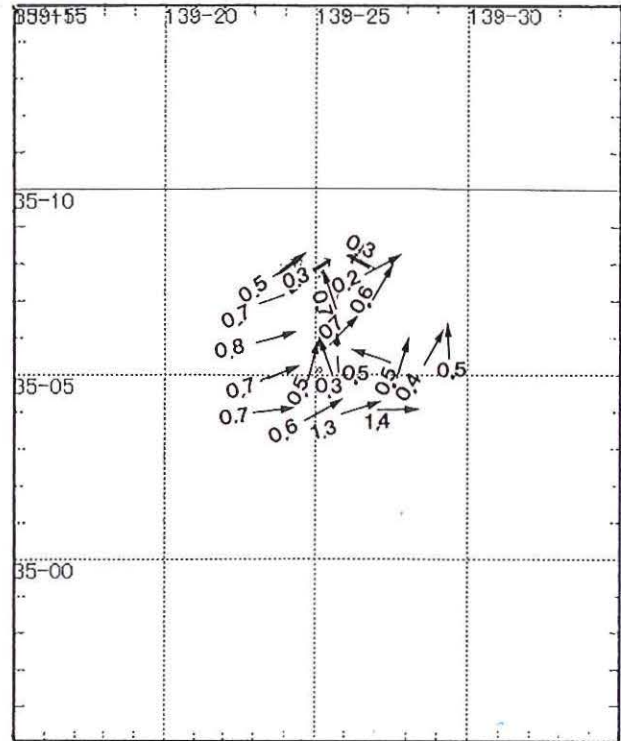
第2図 海洋速報第13号(観測期間 6月14日~7月5日)

Fig.2 No.13 Quick Bulletin of Ocean Conditions (Observation period June 14th-July 5th).

6月30日~7月2日に実施した ADCP 観測(第3.1図)によれば、湾内には、黒潮の影響により2派に分かれて流入している状況が認められる。1派は伊豆大島の東から0.5~0.8kn で北上する流れ、他の1派は、伊豆大島の西から2 kn 前後で北東流する流れで、これらは伊豆大島北東方で合流し、相模湾全体に大きな左旋流を形成していた。湾奥部の左旋流の流速は0.4kn~0.6kn、また湾中部は、微弱な停滞流域となっていた。

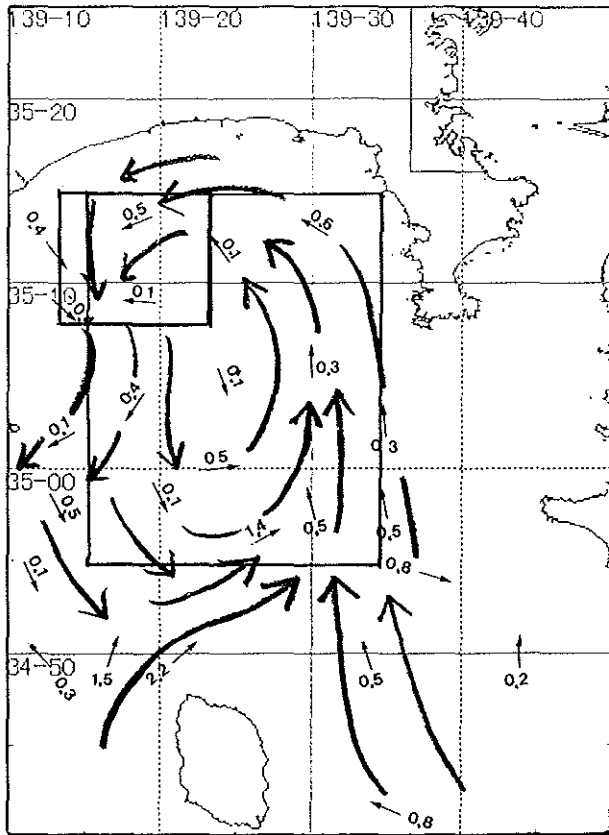
しかし、7月3日に、湾中部の漂流ブイ投入付近で観測した結果は(第3.2図)、最大0.8kn の北東~北向きの強い流れへと変化し、また7月4日の北西沿岸域での観測では(第3.3図)、最大1 kn を示す強い流れへと変化し、流況がそれぞれの海域で、6月30日~7月2日の観測結果と大きく変動した。

なお、城ヶ島沖ブイ(位置:城ヶ島西南西沖4.2マイル)の流向流速ステック図(第4.1図~第4.2図、神奈川県水産総合研究所発行)によれば、概ね期間中は北流傾向が持続している。また、平塚沖ブイ(位



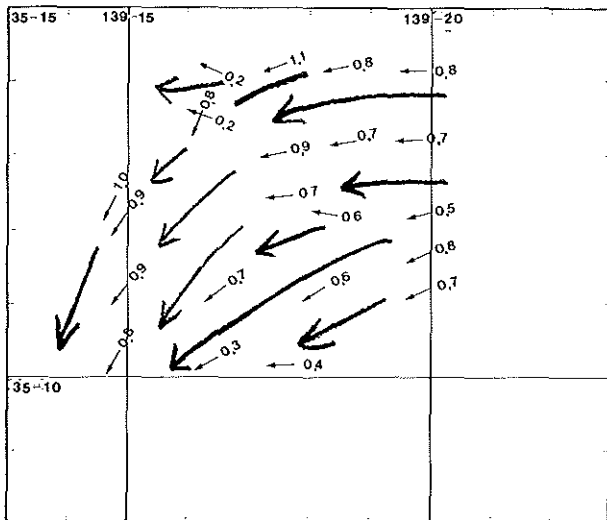
第3.1図 相模湾の流況(観測期間 6月30日~7月2日, 数字はkn)

Fig.3.1 The flow Condition of the Sagami Bay (Observation period June 30th-July 2nd, unit : kn).



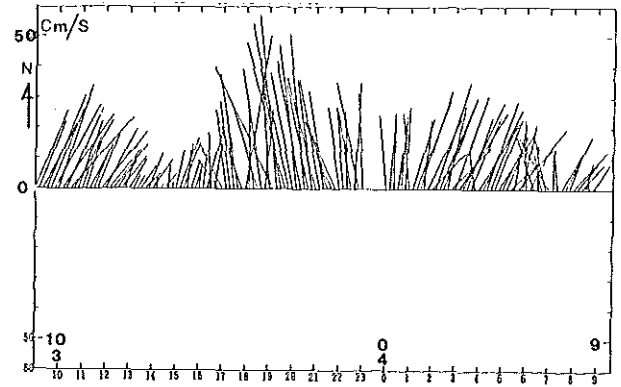
第3.2図 相模湾中部の流況(観測期間 7月3日, 数字はkn)

Fig.3.2 The flow condition of middle part of the Sagami Bay (Observation period July 3rd, unit : kn).



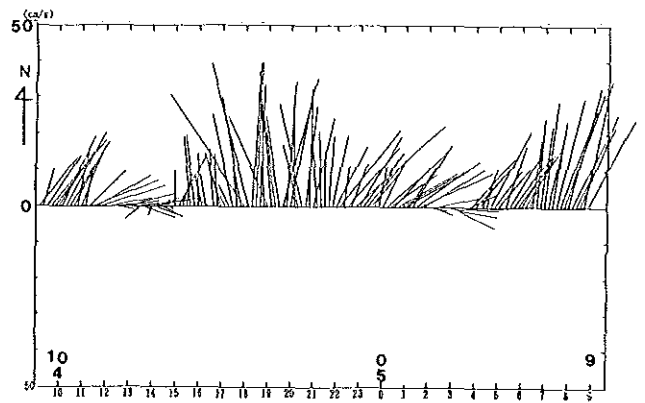
第3.3図 相模湾奥部の流況(観測期間 7月4日, 数字はkn)

Fig.3.3 The flow condition of middle part of the Sagami Bay (Observation period July 4th, unit : kn).



第4.1図 城ヶ島沖ブイの流況(7月3日09時~4日09時, 神奈川県水産総合研究所)

Fig.4.1 The flow condition of the Joga-shima Island open sea buoy (July 3rd 09 : 00-July 4th 09 : 00).



第4.2図 城ヶ島沖ブイの流況(7月4日09時~5日09時, 神奈川県水産総合研究所)

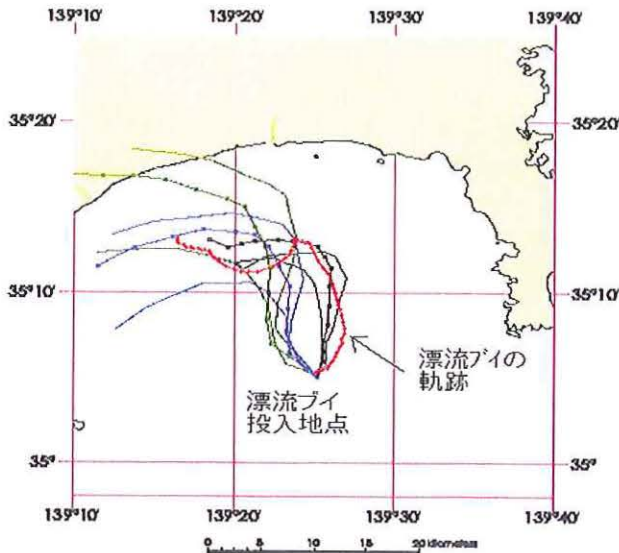
Fig.4.2 The flow condition of the Joga-shima Island open sea buoy (July 4th 09 : 00-July 5th 09 : 00).

置：平塚南1km, 防災科学技術研究所平塚実験場)では, 3日は西流, 4日は西~西北西流の傾向を示した。

(3) オープコム漂流ブイの漂流経路

漂流ブイは, 7月3日08時10分に投入し, 7月4日15時50分に揚収した。漂流ブイの移動経路を第5図の赤色で示した。図中には, 次の(4)に記述する単線予測3通りの漂流予測経路を併記した。漂流ブイは, 投入後北上して湾奥方向に移動したが, 7月4日00時30分頃から, 南西流に取り込まれて, 半円状の軌跡を途って北西方向へ移動した。

(4) 漂流予測結果



第5図 漂流ブイ経路(赤)と予測経路(・印が中心位置)

Fig. 5 Route (red) and prediction route of the drifting Buoy (The・ seal is a center location).

現在、外洋の漂流予測計算を行うプログラムには、風と海流を手入力し単線で予測経路を表示する「単線予測」と、メッシュデータベースからデータが自動入力される「オンライン漂流予測」の2種類ある。今回行った漂流予測の種類とその計算に使用した風、海流値は第1表のとおりである。

(a) 単線予測結果(1)

(7月2日21時の風予報値と実測海流値を使用)

漂流ブイ投入前日の7月2日21時に発表された6時間毎の風予報値と、第3.1図の流況図から判断した海流値を使用して、3時間毎に計算した予測経路図を第6.1図に示した。

(b) 単線予測結果(2)

(7月2日21時と7月4日09時の風予報値と実測海流値)

7月4日09時発表の風予報値を、この時刻以降について使用し、海流値は(a)と同じ値を使用して3時間毎に計算した予測経路図を第6.2図に示した。

(c) 単線予測結果(3)

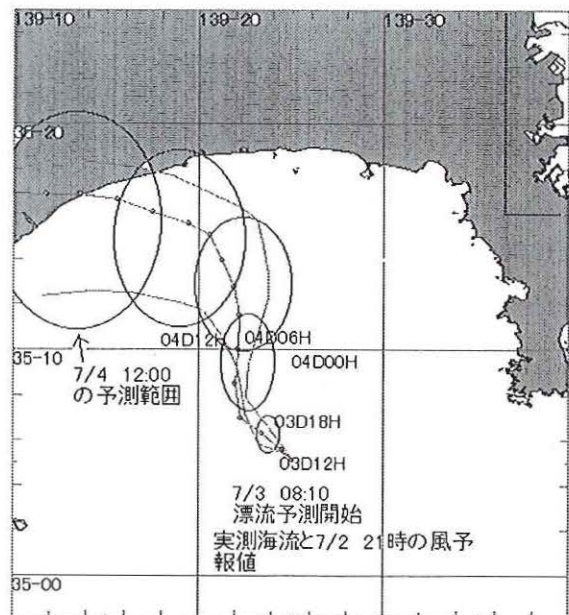
(実測風値と実測海流値)

漂流ブイの漂流期間である7月3日～4日に、測量船「天洋」で観測した現場実測風と、(a)と同じ海流値を使用して、3時間毎に計算した予測図を第6.3

第1表 漂流予測計算の種類

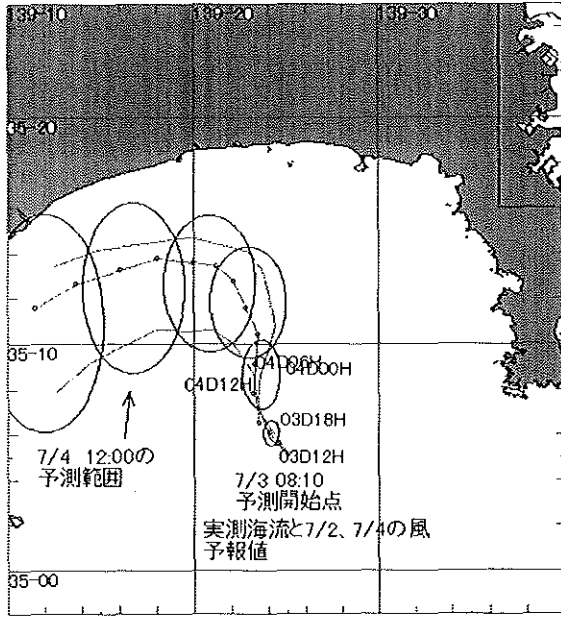
Table 1 The classification of the drift prediction calculation.

種類	使用した風	使用した海流
単線予測 (a)	7月2日21時発表の予報値	実測海流値
単線予測 (b)	7月2日21時と4日09時発表の予報値	実測海流値
単線予測 (c)	現場実測値	実測海流値
オンライン漂流予測 (d)	データベース	データベース
オンライン漂流予測 (e)	7月2日21時発表の予報値	実測海流値
オンライン漂流予測 (f)	データベース	実測海流値

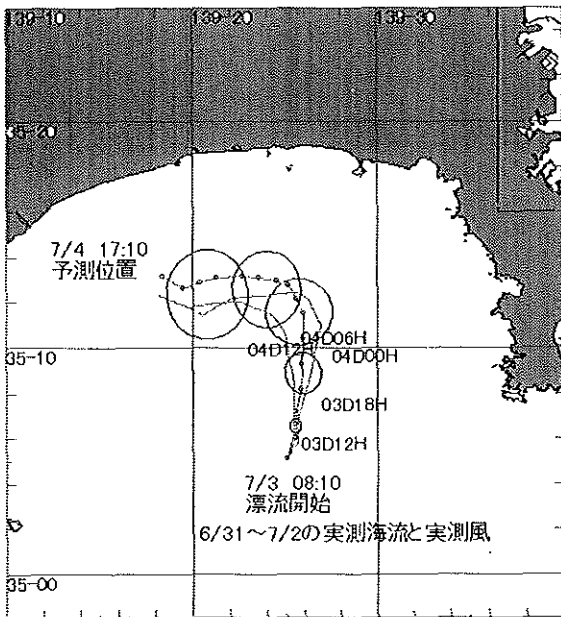


第6.1図 単線予測結果(a) (2日21時発表に風予報値+実測海流値)

Fig.6.1 The single track prediction result (a) (Wind forecasted at 21:00 July 2nd).



第6.2図 単線予測結果(b)(2日21時と4日09時発表の風予報値+実測海流値)
 Fig.6.2 The single track prediction result (b) (The observed ocean current value with wind forecasted at 21:00 July 2nd and at 09:00 July 4th).

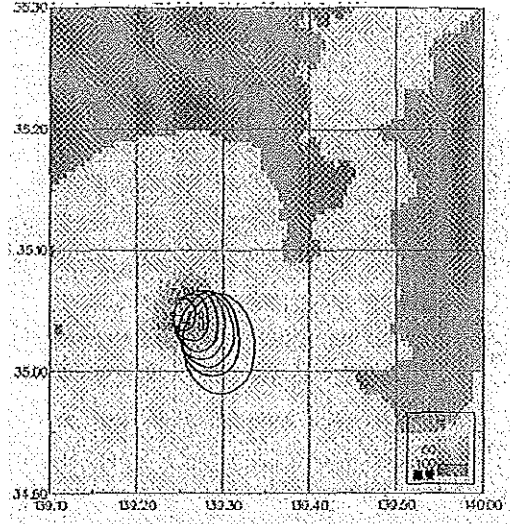


第6.3図 単線予測結果(c) (現場実測風+実測海流値)
 Fig.6.3 The single track prediction result (c) (Observation wind value and observed ocean current value).

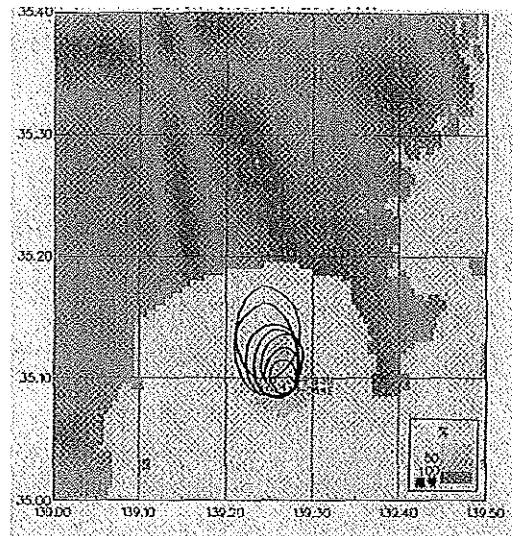
図に示した。

(d) オンライン漂流予測結果(1)

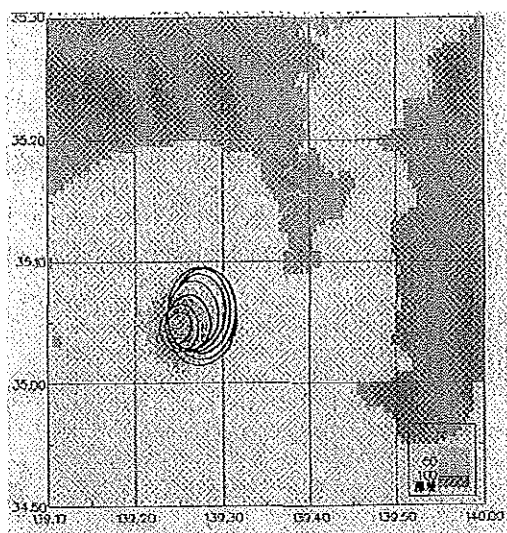
メッシュデータベースによるオンライン漂流予測プログラムの漂流予測結果を第7.1図～第7.3図に示した。第7.1図は、7月3日に漂流予測した3時間毎の子測結果から、各予測結果の確率50%の範囲を合



第7.1図 オンライン漂流予測結果(登録風予報値と登録海流値)
 Fig.7.1 The on-line drift prediction result (Registration wind forecasted value and registration ocean current value).



第7.2図 オンライン漂流予測結果(7月2日21時発表の風予報値と実測海流値)
 Fig.7.2 The on-line drift prediction result (Wind forecasted at 21:00 July 2nd and observed ocean current value).



第7.3図 オンライン漂流予測結果(風予報値と実測海流値)

Fig.7.3 The on-line drift prediction result (Wind forecasted value and observed ocean current value).

成したものである。予測円は南東方向へ徐々に移動する結果となり、実際の漂流経路と大きくかけ離れた。

(e) オンライン漂流予測結果(2)

第7.2図は、6月30日～7月2日の実測海流値と、7月2日21時発表の風予報値を手入力し、3時間毎の各予測結果から、存在確率50%の範囲を合成したものである。この予測では、北東方向へ徐々に移動する結果となった。

(f) オンライン漂流予測結果(3)

第7.3図は、漂流ブイ投入から約9時間後の7月3日17時現在のブイの実際位置を起点に、6月30日～7月2日の実測海流値と、新しい風予報値を手入力して、3時間毎に7月4日17時まで予測し、各存在確率50%の範囲を合成したものである。この予測結果では、北方に移動するが、実際の漂流ブイの経路との差は大きい。

4. 考察

(1) 漂流予測結果の評価

第6.1図～第6.3図に示した3通りの単線予測結果から、第6.3図で示した現場風、実測海流を使用した場合に良い結果がでることが確認できた。海流は、

漂流物体付近のデータを使用するのがベストであろうが、現実にはそのポイントは不明と考えられるので、まず大まかに周辺域観測を実施して、それら観測値から流れの大勢を把握し、流況を判断して海流を入力することが必要であろう。

特に相模湾においては、データベースに現況観測データがどの程度入力されているかによるが、データベースの海流に頼らず、常に流況を把握するよう心掛け、海流、風各値は手入力により使用する必要がある。

今回、単線漂流予測とオンライン漂流予測各プログラムの計算には、既定値の定数からレスキューブイの各係数を使用した。

- 面積比 A/B : 0.9
- 吹送係数 : 0.0126
- 風圧係数 : 0.025
- 吹送流偏角 : 15度

実際に測定した漂流ブイのA/Bは0.9であった。

単線予測結果では、第6.3図で見ると、3時間毎の実際の漂流ブイの位置と予測位置には、距離誤差はあるが、現場観測から流況を分析し、判断した海流値と、現場風を使用すれば、かなり精度の高い予測ができる。

(2) 風圧流とA/Bの評価

漂流物体の移動量Vdは、一般に次のように表すことができる。

$$Vd = Ve + Vc + Vs + R \tag{1}$$

- Vd : 物体の移動量
- Ve : 風圧流
- Vc : 吹送流
- Vs : 海流
- R : 乱れ

ここで、風圧流に係るA/Bと風圧係数を見積もるため、移動量Vdは、風圧流Veと海流Vsの合成として簡略化すると、(1)式は、

$$Vd = Ve + Vs \tag{2}$$

漂流実験期間中の海流(海面下10m層)は、0.1～1.1kn(0.05～0.6m/s)、現場海上風は、前半は南南西及び東南東、後半は西北西及び南西0～5.8m/sであった。

漂流実験による風圧係数 (k) と A/B を検証するため、漂流ブイの30分毎の地点の海流（海況図から判断）の流向・速度を求め、

$$V_e = V_d - V_s \quad (3)$$

$$V_e / V_w = k \cdot \sqrt{A/B} \quad (4)$$

ただし V_w = 風速 (m/s)

として、(4)式から30分毎の $k \cdot \sqrt{A/B}$ 値を算出した。しかし、判断した海流 V_s は、実際の海流とは誤差があると考えられるため、(4)式の $k \cdot \sqrt{A/B}$ 値のうち、0.1以上の値を削除し、51個（全体では63個）を算術平均した。結果、

$$k \cdot \sqrt{A/B} = 0.0345 \quad (5)$$

となった。(5)式から、

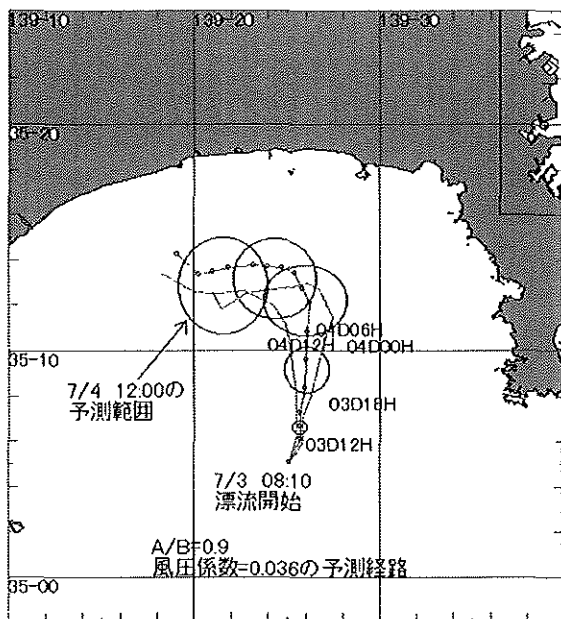
$$A/B = 0.9 \text{ の時 } k = 0.036$$

$$A/B = 1.0 \text{ の時 } k = 0.0345$$

$$A/B = 1.9 \text{ の時 } k = 0.025$$

となる。すなわち、今回の漂流予測計算に使用した風圧係数0.025では、A/Bは1.9の結果となった。そこで、A/B=0.9、風圧係数=0.036として計算した漂流予測経路図を第8図に示した。

その結果、第6.3図の予測結果とほとんど差が見られず、風圧流に風圧係数 (k) がほとんど影響しない



第8図 A/B=1.9, 風圧係数=0.025で計算した漂流経路

Fig. 8 Drift prediction route calculated at A/B=1.9 and wind pressure coefficient=0.025.

という結果となった。これは、実験中の実測風が、最大で5.8m/sと微弱の為と考えられる。

風圧中心の低い物体における風圧流の式、

$$V_e = 0.025 \sqrt{A/B} \cdot V_w$$

から、A/B=0.9として風圧係数 (k) の差の比較を、漂流実験期間中の風0~5.8m/sで計算すると、

$$k = 0.025 \text{ の場合 } 0 \sim 0.1376 \text{ (kn)}$$

$$k = 0.036 \text{ の場合 } 0 \sim 0.1980 \text{ (kn)}$$

となり、約0.06 (kn) の差となった。

今回の実験では、風が微弱であったため、風圧係数と A/B の評価はできなかった。

5. まとめと今後の課題

相模湾の漂流予測実験結果から、予測精度の向上に向け、次のことに留意して漂流予測プログラムを使用することが必要である。

(1) 海流の使用について

相模湾のように、データが希薄で、流況が外洋の流れに影響され、短期間に複雑な変動を示す海域の漂流予測は、当該域の海流の大勢が把握できるような観測データから、予測した移動毎に、逐次そのポイントの海流を抽出しながらその値を計算に入れて行くことが必要である。

また、外洋の流況と沿岸流との関連海況パターンを把握するようなモニター観測を常に実施する必要がある。

(2) 風の使用について

毎日、09時00分と21時00分に72時間後まで、6時間毎の予報値が発表されるが、発表される予報値から、直近発表の予報値を使用する必要がある。また、6時間の間の時刻の風値を入力する場合は、順次内挿して入力していくことが必要であり、現場風が入手できたら、逐次予測計算に反映させることが必要である。

(3) 漂流実験について

A/B や風圧係数の見積り・評価を行うためには、現場の海流・風を精度良く把握できるかどうか重要な要素である。実験に使用した漂流物の、浮遊地点における海流の流向・流速をできる限り正確に把握できる手段を計画して実験を行う必要がある。

(4) データベースによるオンライン漂流予測プログラムの使用について（相模湾の場合）

現時点では、相模湾でオンライン漂流予測プログラムを使用して漂流予測を行う際は、相模湾内が全般にどのような流況状態にあるかを確認、判断し、漂流予測海域の流況を分析して海流を決定し、各予測点毎の値を逐次入力して使用する必要がある。