

FVCOM を用いた漂流ゴミ追跡シミュレーションに関する研究

岡田 遥太郎¹・朝位孝二²

¹山口大学社会建設工学科, ²山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

集中豪雨や台風に被害の中で、流木や土砂等の漂流ゴミはその周辺海域に様々な悪影響を与えている。例えば、平成30年7月5日から7日にかけて、梅雨前線が九州北部から近畿地方に停滞したことで流木や土砂が河川へと流れ込み海域へと流出していった。写真-1 にその時の、周防灘で海洋環境整備船「がんにゅう」と「おんど2000」の回収状況を示す。これらの漂流ゴミは船舶の航行障害など悪影響を引き起こすので迅速かつ効率的な回収が求められている。現在、漂流ゴミの検索は、漂流ゴミを回収する海洋整備事業船が港湾事業艇による事前調査の目撃情報を頼りに行われている。しかし、海洋整備事業船が目撃情報海域到着時には、既に漂流ゴミは風や潮流の影響で移動しており発見できなくなっていることが多い。このため、漂流ゴミ追跡シミュレーションにより効率的な回収方法を確立する必要がある。当研究室では²⁾は、漂流ゴミ追跡シミュレーションにFVCOMに海流と風によって駆動する漂流ゴミの移動モデルを組み込んだが、その妥当性は定性的にしか評価できていない。そこで、本研究ではこのモデルの定性的な妥当性を検討するために、平成28年9月5日から8日に九州地方整備局で実施した佐波川河口に投入された漂流ブイの移動調査結果³⁾に基づいた漂流ブイの移動シミュレーションを行った。



写真-1 平成30年7月13日周防灘の「がんにゅう」、「おんど2000」の土砂等の回収状況¹⁾

2. モデルの概要

2.1 漂流ゴミの移動モデル

FVCOMはChenらによって開発された海洋流動モデルで数値解法には有限体積法が採用されている。水平方向には三角形の非構造格子、鉛直方向には σ 座標が用いられており複雑な海岸形状を取り扱うことができる。FVCOMには質量をもたない粒子の移動計算機能があり、それを改良して漂流ゴミの移動計算ルーチンを作成した。漂流ゴミの移動速度 \mathbf{V} は海流成分 \mathbf{U} と風の成分 \mathbf{W} の合成からなるものとモデル化した。それを式(1)に示す。

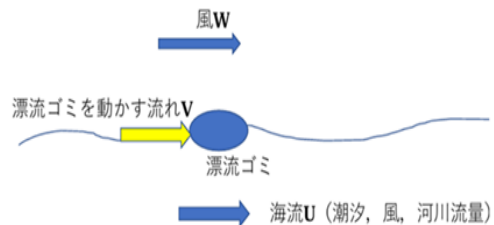


図-1 流動モデル²⁾

$$\mathbf{V} = a_1\mathbf{U} + a_2\mathbf{W} \quad (0 < a_1, a_2 < 1) \quad (1)$$

ここで a_1 , a_2 は任意パラメータである。

2.2 計算領域

本研究で使用した計算格子を図-2 に示す。響灘、周防灘を対象とした計算領域で HSN モデルと呼ぶことにする。非構造格子の要素数は 20,295 個、接点数は 11,619 個である。鉛直方向には 10 層に分割している。水平解像度は 500 から 5000m である。境界は験潮所間を結ぶように設定している。各験潮所の潮位を 40 分潮の潮位から推算して与え、各験潮所間を結ぶようにして設定している。験潮所間の潮位は線形補間している。

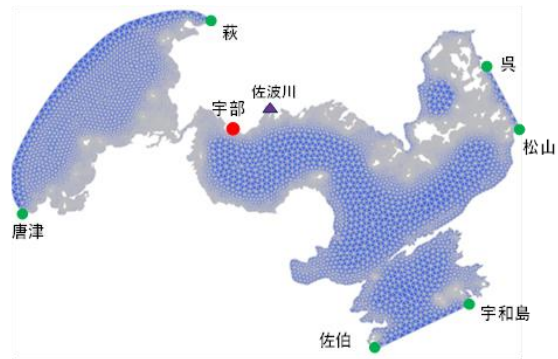


図-2 HSN モデル (格子と験潮位置)

3. 計算条件

3.1 佐波川河口の漂流ブイ調査

図-3 に投入された漂流ブイの形状を、図-4 に漂流ブイの軌跡を示す。漂流ブイ TYPE1 と TYPE2 の水没率は 0.46 で漂流ブイ TYPE3 の水没率は 0.83 である。平成 28 年 9 月 5 日の 13 時 20 分に投入された漂流ブイ TYPE1, TYPE2, TYPE3 は、同日の 18 時頃に防府市西浦地先に近づいたため回収された。9 月 5 日 18 時 20 分に投入された漂流ブイ TYPE1 は、6 日の 15 時に秋穂東地先で回収された。9 月 5 日 18 時 15 分に佐波川河口沖合に投入された漂流ブイ TYPE2 は 8 日の 14 時 50 分に、漂流ブイ TYPE3 は 8 日の 14 時 25 分に周防灘沖合で回収された。9 月 6 日 15 時 30 分に佐波川河口沖合に投入された漂流ブイ TYPE1 は周防灘沖合に回収された。

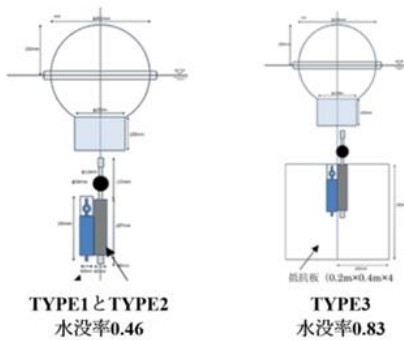


図-3 漂流ブイの形状³⁾

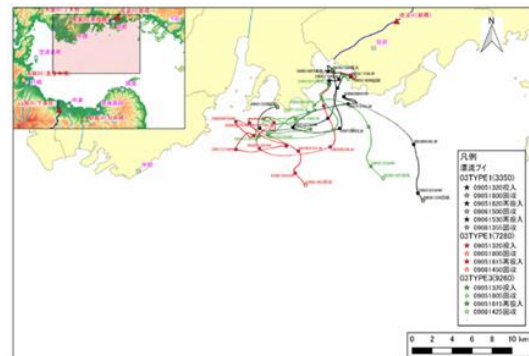


図-4 佐波川漂流ブイの挙動³⁾

3.2 防府市における調査時の風

漂流ブイ調査時の防府市の AMeDAS で観測された風向風速を図-5 に示す。9 月 5 日は南南東からの風を中心とした風向であった。6 日は南西からの風向が中心で、風速は最大 3.3m/s となった。7 日は北東から西北西への風向の推移があり、風速は最大 2.7m/s であった。8 日は北西からの風が中心で 11 時と 12 時には風速が 5m/s 以上を記録し強風となった。

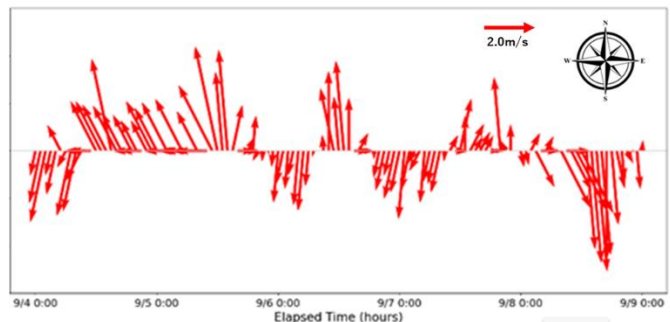


図-5 防府市における調査時の風向と風速

3.3 HSN モデルの潮汐の再現性の検討

HSN モデルの潮汐の再現性を検討するために、宇部港における計算潮位と観測潮位の比較を図-6に示す。シミュレーションの結果は振幅においては、観測潮位よりも若干過大評価されているが、位相のずれは見られない。数値計算において潮汐場を立ち上げるための前駆時間を24時間として漂流ブイ投下の前日である9月4日から計算を開始した。

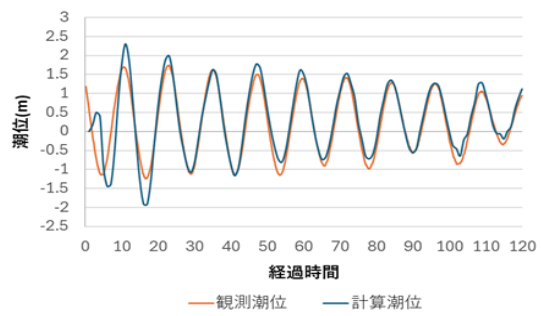


図-6 宇部港における潮位

4 シミュレーション結果

パラメータ α_1 , α_2 を種々変えて、漂流ブイの移動計算を行った。図-7と図-8は9月5日18:20に投入されたTYPE1の実測軌跡とシミュレーション結果である。それぞれ $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$ および $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$ の組み合わせである。漂流ブイは投入後、南へ移動しその後潮汐の影響で西へ移動する。やがて北へ移動して9月6日15:00に回収されている。図-7のシミュレーション結果は概ねその挙動をとらえているが沖側への移動と到着位置が東にずれている。図-8も同様のシミュレーション結果であるが、 α_2 の値が図-7の場合よりも大きいため風の影響でより沖側に移動している。

図-9と図-10は9月5日18:15に投入されたTYPE2の実測軌跡とシミュレーション結果である。それぞれ $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$ および $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$ の組み合わせである。漂流ブイは投入後、南へ移動しその後潮汐の影響で西へ移動する。東西方向に向きを変えながら最終的に沖へ移動して9月8日14:50



図-7 計算結果 (TYPE1 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$)



図-8 計算結果 (TYPE1 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$)

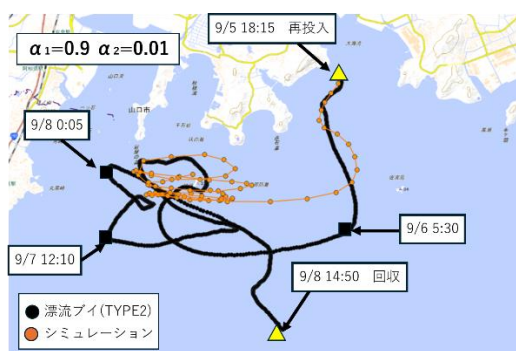


図-9 計算結果 (TYPE2 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$)



図-10 計算結果 (TYPE2 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$)

に回収されている。図-9 のシミュレーション結果も、南下してやがて西進し、東西に向きを変える。ただし、実測のように南側への移動はない。図-10 のシミュレーション結果は投入から9月6日5:30までの軌跡を良く再現している。風に影響を上手く取り込んでいるためと思われる。しかしながら西進後は、陸地に着岸し計算を進めることができなかった。

図-9 と図-10 は9月5日18:15に投入されたTYPE3の実測軌跡とシミュレーション結果である。それぞれ $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$ および $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$ の組み合わせである。漂流ブイの挙動は、図-9, 10のTYPE2と同様、投入後は南下し、その後西進して東西に移動する、最終的には風の影響でさらに南下する。図-11のシミュレーション結果は投入から西進するところまでは実測軌跡と良く一致している。しかしながら、その後は東西に移動するだけで南下はしない。図-12のシミュレーション結果は図-10と同様で、南下して西進ところまでは定性的に実測軌跡と一致するが、そのまま陸地に着岸する。



図-11 計算結果 (TYPE3 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.01$)

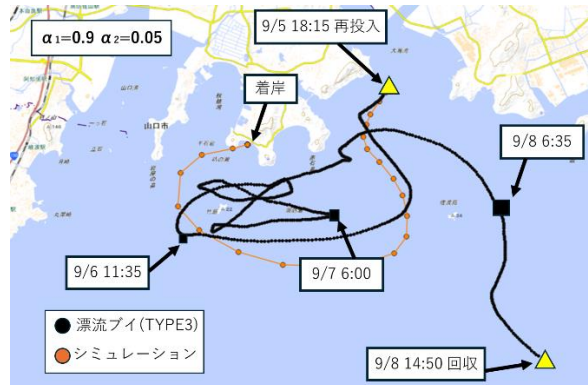


図-12 計算結果 (TYPE3 $\alpha_1=0.9$, $\alpha_2=0.05$)

5 おわりに

種々のシミュレーション結果から α_1 は0.9程度、 α_2 は0.01程度が実測軌跡を再現していることが分かった。しかしながら全移動観測期間の軌跡を完全に再現できていないわけではない。また限られた実測軌跡に基づく検討である。今後、より詳細にモデルパラメータを検討する必要がある。そのためには検証用データの取得のための観測を行う必要がある。またより正確な海上の風を取得する必要もある。欧州中期予報センター(ECMWF)や気象庁が提供する再解析データや予測データを利用することを考えている。

謝辞

本研究は中国整備局の令和6年度漂流ゴミの予測シミュレーションの高度化に関する研究の支援のもと実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成30年度九州北部の大雨による海域における流木等漂流物への対応
https://www.mlit.go.jp/report/press/port07_hh_000100.html
- 2) Andhita Triwahyuni, Koji Asai, I. Gede Hendrawan, Hajime Shirozu: Numerical simulation of drifted marine debris in Suo-nada caused by the north Kyushu heavy rainfall on July 2012, Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference, 2020.
- 3) 九州地方整備局：平成28年度 周防灘海域漂流ゴミ移動予測検討業務 業務内容説明資料