

伊勢湾シミュレータと気象予報データを使用した浮遊ゴミ回収のための潮目予測手法について

西崎 菜月美

中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 技術開発課

(〒457-0833 愛知県名古屋市南区東又兵ヱ町1丁目57-3)

海洋環境整備船「白龍」は、航行船舶の安全確保及び海域環境の保全のため、伊勢湾及び三河湾内の浮遊ゴミ回収を行っている。回収作業の効率化を支援するため、名古屋港湾空港技術調査事務所では、海洋レーダで観測した表層流の情報から潮目を予測するシステムを開発・運用している。一方、伊勢湾における水の流れや水質を再現できる「伊勢湾シミュレータ」を開発しており、気象庁の気象予報データを用いた新たな潮目予測手法の検討を行い、従来方式と同等の精度を確保することに成功した。本稿では、伊勢湾シミュレータを用いた潮目予測の仕組み、予測精度の検証及び実用化に向けた検討について報告する。

キーワード 伊勢湾シミュレータ、浮遊ゴミ回収、潮目予測、海洋レーダ

1. はじめに

中部地方整備局港湾空港部は、航行船舶の安全を確保するとともに、海洋環境の保全を図るため、海洋環境整備事業を実施している。具体的には、名古屋港湾事務所所有の海洋環境整備船「白龍」(写真-1.1)により、伊勢湾及び三河湾の一般海域で、航行船舶の障害や環境の悪化の原因となる浮遊ゴミの回収を行っている。

浮遊ゴミは潮の流れがぶつかってできる潮目(写真-1.2)に集まる性質があることから、潮目の発生する位置

を事前に予測すると効率的に浮遊ゴミ回収ができる。

そのため、名古屋港湾空港技術調査事務所では、海洋レーダ(写真-1.3)で観測した表層流のリアルタイム情報から潮目を予測するシステムを開発し、「白龍」の浮遊ゴミ回収に活用してきた。



写真-1.1 白龍

写真-1.2 潮目に集まる
浮遊ゴミ



写真-1.3 海洋レーダ (津松阪局)

「白龍」は、作業日に図-1.1にある海洋レーダを用いた潮目予測システム画面を確認し、当日の潮目及び流向・流速の予測を確認して出航している。図はシステム画面を拡大したものであり、赤・青・グレー・緑の各線が現在から3時間後までの潮目予測位置である。また、湾全体に表示されている矢印の方向は流向、長さは流速を示す。

海洋レーダは2局以上の観測データを合成することにより海域の表層流の流向・流速を把握できること、また、湾内の水域をできるだけカバーする必要があることに配慮して、図-1.2に示すように伊勢湾、三河湾の沿岸に各3基設置されている。海洋レーダは、海面の流況（流向・流速）を常時リアルタイムに計測するものであり、名古屋港湾空港技術調査事務所では、年間を通じてそれら6基の海洋レーダの点検保守を行っている。

海洋レーダーは、2011年度より潮目予想に利用されてきた。一方で、伊勢湾における水の流れや水質を正確に再現できる「伊勢湾シミュレータ」が開発されてきた。伊勢湾シミュレータは、海洋レーダによる潮目予測を開始した当時から存在したものの、リアルタイムで水の流

れを再現するシステムがなかった。近年は、伊勢湾シミュレータによるリアルタイムで水の流れを再現可能なシステムの開発が進んでいる。そこで、伊勢湾シミュレータを活用した海洋レーダに替わる新たな潮目予測システムの開発の可能性を検証した。

2. 伊勢湾シミュレータを用いた潮目予測システムの開発

(1) 伊勢湾シミュレータに入力する環境条件

伊勢湾シミュレータは、流動場の三次元非静水圧モデルや最新の浮遊生態系モデルから構築されており、伊勢湾における水の流れや水質を正確に再現できるシステムである。今回のシミュレーションでは、気象庁が公表している気象予報データを用いて予測計算を行う。大気境界条件、河川境界条件、開境界条件（太平洋と伊勢湾の接続部）の条件設定は、諸条件の精度を検討した結果、それぞれ、表-2.1の境界条件を利用することとなった。大気境界条件には気象モデル LFM，河川境界条件には流域雨量指数，開境界条件には日本沿岸海況監視予測システムを利用している。

(2) 伊勢湾シミュレータの潮目予測手法

伊勢湾シミュレータを用いた潮目予測では、伊勢湾の流れを粒子で追跡し、その粒子同士の接近または離散を粒子の初期位置において数値で表現する手法により、潮目を予測する。

潮目を判断するための数値は、海洋レーダを用いた潮目予測システムでも使用しているリアプノフ指数を採用した。

リアプノフ指数を用いた潮目の予測手順を図-2.1 a)～d)に示す。

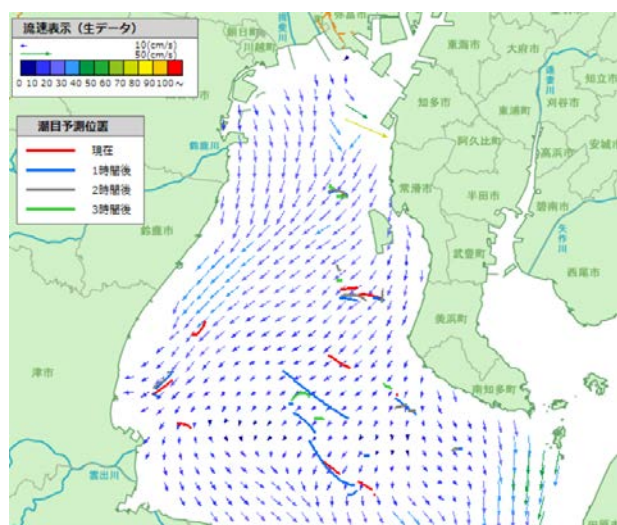


図-1.1 海洋レーダによる潮目予測システム画面

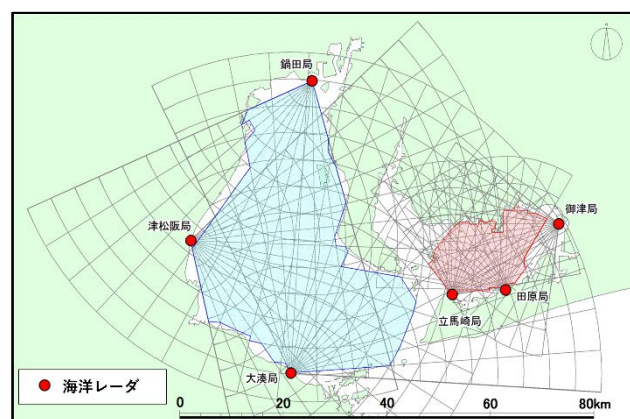


図-1.2 海洋レーダ基地局配置図

表-2.1 潮目予測システムの境界条件

条件	設定	データの特徴
大気	局地数値予報モデルGPV (LFM)	水平方向2 km、最長で18 時間先までの風向風速等が30 分毎に予測されている。
河川	流域雨量指数	流域雨量指数は、河川の上流域で降った雨が河川に沿って下流へと移動する量を計算して数値化したものである。
開境界	日本沿岸海況監視予測システムGPV (日本近海域)	水平方向2 km鉛直60 層、11 日間先までの水温、塩分、水位、流向流速のデータが1 日平均値として含まれる

a) 粒子の流れ

潮目とは、粒子が集まっていく場所を指すため、現在時刻で海域全体に粒子を均等に配置し、T時間後の状況を確認する。

b) リアプノフ指数に換算

リアプノフ指数とは、ある接近した粒子が離れていく度合いを数値で示す指数である。a)で得られた粒子の位置から、粒子の初期位置でのリアプノフ指数を計算する。

c) 抽出

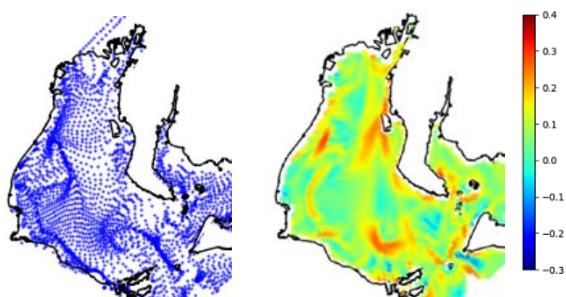
b)で数値で表したリアプノフ指数が0.15以上のものを抽出する。

d) 潮目の抽出

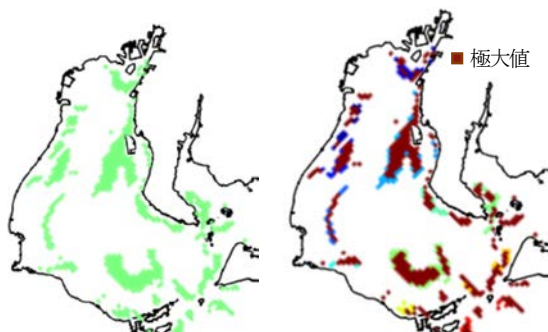
潮目の範囲を絞り込むため、c)で抽出されたリアプノフ指数の極大値を抽出し、この極大値を潮目とする。

(3) 潮目の予測精度の検証

上記で検討した伊勢湾シミュレータを用いた潮目予測システムの予測精度の検証のため、海洋レーダを用いた潮目予測の結果と比較した。具体的には、2009年及び2010年の白龍による浮遊ゴミの回収位置（表-2.2）は潮目であると仮定し、海洋レーダ及び伊勢湾シミュレータで再現されたそれぞれの潮目位置が浮遊ゴミの回収位置と一致するかを検証した。その際、浮遊ゴミの回収位置と潮目位置が一致した場合は「○」、一致しない場合は「×」とした。（－）は、海洋レーダの観測範囲外で、潮目を予測できなかったことを示しており、今回の的中率においては、×として率の算出を行っている。的中率とは、「○」の数を予測数（20）で割ったものである。



a) 粒子の流れ b) リアプノフ指数に換算



c) 抽出 d) 潮目の抽出

図-2.1 リアプノフ指数を用いた潮目算出方法

本来、伊勢湾シミュレータの検証方法は、大気境界条件を LFM で行い、海洋レーダと比較すべきであるが、2009～2010 年を対象とするため、必要となるデータがなく、今回の比較には、LFM とは異なる大気境界条件（MSM）を用いた伊勢湾シミュレータを利用することとした。そのため、表-2.2 の伊勢湾シミュレータの結果は、的中率が開発中の伊勢湾シミュレーションよりも低い可能性がある。

両手法による潮目予測を図化した結果を図-2.2 に示す。潮目位置はほぼ同じ形状であることが確認できる。

表-2.2 海洋レーダと伊勢湾シミュレータの潮目予測結果の比較

日時	回収時刻	平成22年度業務 (海洋レーダ)	伊勢湾シミュレータ
2009/6/25	11:20	○	×
2009/6/30	11:05	×(-)	×
2009/6/30	13:25	○	×
2009/7/23	15:00	○	×
2009/7/28	16:30	×(-)	○
2009/9/29	15:40	○	×
2009/10/5	12:25	○	○
2009/10/13	10:35	×	○
2009/10/13	14:05	○	○
2009/10/21	12:00	○	○
2009/11/6	13:15	○	×
2009/11/17	10:25	×	○
2009/11/17	11:10	×	○
2010/4/6	11:20	○	○
2010/6/11	10:40	○	○
2010/6/14	11:25	○	○
2010/6/14	14:50	×	○
2010/6/17	11:10	○	○
2010/6/17	12:10	×(-)	○
2010/6/17	14:25	×(-)	○
的中率		60%	70%

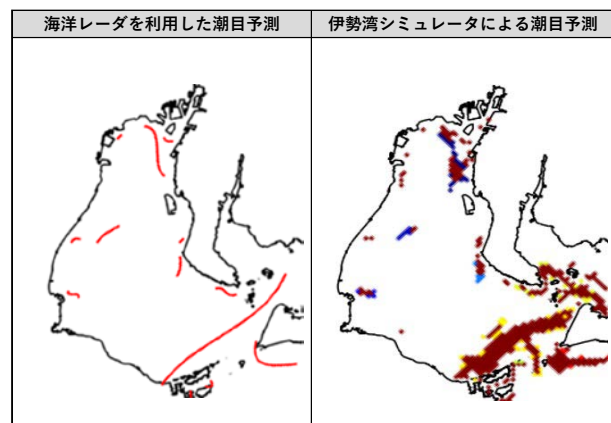


図-2.2 潮目予測結果の比較

a) 検証結果

検証の結果、伊勢湾シミュレータの的中率は70%、海洋レーダの的中率は60%であり、伊勢湾シミュレータの的中率は、海洋レーダと比べ、同等以上の精度であることを確認できた。

また、海洋レーダでは観測範囲外となり予測不可能であった箇所においても伊勢湾シミュレータでは、予測可能であり、かつ的中していることから、「白龍」の浮遊ゴミ回収作業において有利である。

なお、本検証では、データ数が20とやや少ないため、今後さらなる検証が必要であると考えられる。

3. 伊勢湾シミュレータによる短期予測の実用化に向けた検討

(1) 運用にあたって必要なシステム構成

2章で、伊勢湾シミュレータの精度が、海洋レーダと同等以上であることを確認することができた。そのため、伊勢湾シミュレータを活用するとした際の運用面について検討する。必要なシステム構成は図-3の通りである。

伊勢湾シミュレータを使用した予測をするにあたっては、システムサーバーを確保し、そのシステムの点検・保守を行っていく必要がある。

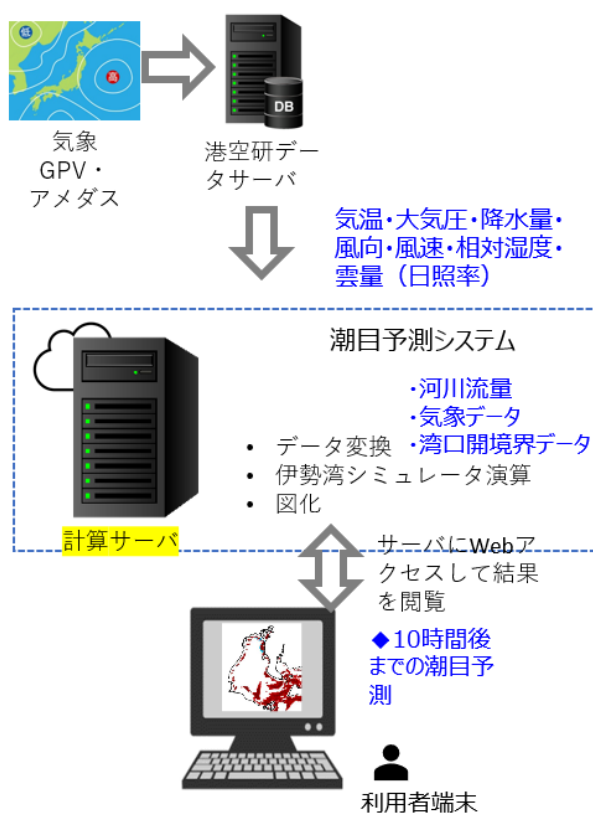


図-3 システム構成図

(2) 伊勢湾シミュレータに係るコストの検討

システムサーバの利用方式は2ケースある。1つ目は、外部のサーバー（クラウド含む）を利用するものである。2つ目は、自前でサーバーを整備するもの（オンプレミス）である。

オンプレミスは、初期コストが必要となるが、運用中の追加費用が発生しない。両者のメリット・デメリットは表3の通りであり、概算ではほぼ同等の金額が想定されている。

今後はコストも含めて詳細を検討し方式の選択を行いたい。

なお、今回検討した潮目予測について、伊勢湾シミュレータを利用した場合とレーダを使用した従来方式での費用を概算で比較したところ、年あたりの費用は従来方式の4割程度の費用で運用することができる見込みであった。

表-3 クラウド及びオンプレミスのシステム運用面のメリットとデメリット

方式	メリット	デメリット
クラウド	● ハードウェアの故障の対応が必要ない ● 新しいハードウェアの導入が容易（初期コストがかからない） ● 遠隔地での監視が可能 ● 柔軟なリソースの変更に対応可能	● （海外ベンダーの場合）為替変動によるコスト増のリスクがある ● 常時稼働するシステムの場合、コストが大きくなる傾向がある ● 大容量データの転送にコストがかかる（クラウドから取り出す場合）
オンプレ	● 長期間運用するとコストメリットがある ● これまでの運用実績がある ● 管理のすべてを行うことができる	● ハードウェア故障のリスクがある ● 現地での監視が必要

4. まとめ

伊勢湾シミュレータと気象予報データを使用した潮目予測手法を検討し、以下を確認出来た。

- ①予測精度：従来方式と同等以上であることを確認
- ②予測範囲：従来方式より広範囲を予測可能
- ③ランニングコスト：従来方式の4割程度

今後は、サーバ等のハード整備と表示するソフトの開発を進めるとともに、精度の向上及びその確認に関する検討を進め、海洋環境整備船「白龍」による浮遊ゴミの回収の効率化を目指す。