

# 衛星データを用いた水域環境予測システム

## Water Environmental Prediction System with Satellite Data

技術本部 原田 信\*<sup>1</sup> 馬場 金司\*<sup>2</sup>  
小林 仁\*<sup>3</sup> 川根 浩\*<sup>4</sup>

観測衛星を利用するオンラインシミュレーションシステムの原型を開発した。沿岸域におけるタンカー漏えい油の拡散、青潮発生移動時の水質変化、建設工事の環境アセスメントなどに利用できる。本報では、衛星データによる海面温度と別途取得した風データを用いて実海域の流動及び水温の精ち化を図った東京湾シミュレーションを紹介する。

A near-real-time simulation system using satellite data has been developed for use in oil leaks, algae bloom movement and environmental assessment in coastal areas. An example of simulation for Tokyo Bay using temperatures and wind data observed by a satellite is demonstrated in this paper.

### 1. 概要

当社では、海域流動状況をリアルタイムでシミュレートするシステムの原型を構築した。これは、例えば先年発生したタンカー油漏えい事故等のイベントが湾内で発生した際に、即座にそのインパクトを予測評価して必要な対応策の遅滞ない案画実行に役立てることを目的とするものである。

イベントは油漏えいに限らず、漁業関係者等が重大な関心を示すアオコの移動など季節依存性の水質環境変化、大雨時の河川流出による流況変化、強風による湾内の海水塊強制移動に伴う水質の変化、発生クラゲの移動先推定にも適用できる。

また、様々な湾岸工事に伴う流況変化あるいは水質環境変化程度の評価は、関連施策決定にかかわる重要情報となる。

### 2. シミュレータの機能及び運用方法

本シミュレータは地球観測衛星からの配信データを利用し、海面温度分布やクロロフィル（水質指標）濃度分布などをシミュレーションに重ね合わせて現況の再現信頼性を高めることを特徴としている。すなわち、湾内の流況を大潮期から小潮期を経て次の大潮期まで、すなわち潮汐一周期に相当する約15日間を最小単位として計算し、流況に影響する水温と密度の平面及び鉛直方向の分布を四季に合せて反映するものである。

さらに、台風等の特異気象がもたらす河川流出量の急増や偏向強風による流況の変動もシミュレート可能である。りん等の物質循環過程を流況に組入れて溶存酸素、COD（化学的酸素要求量）などの指標で表現される水質環境もシミュレートする機能を持たせている。

### 3. 水域環境予測システム

予測作業を行うに当たって、季節ごとの平均値を導入する方法は環境アセスメントのような事前評価には有効である。しかし、油漏えいなどのような突発的に発生した事故のインパクト予測のような問題に対しては、インパクトに即応する迅速な対応策の案画と実行に役立てるためにも気象と海象の平均値的な扱いでは限界があり、より高い予測精度の確保が要求される。

ここで紹介するシステムはリアルタイムの監視データを即座に予測に反映するという考えに立って構築した統合システムである。

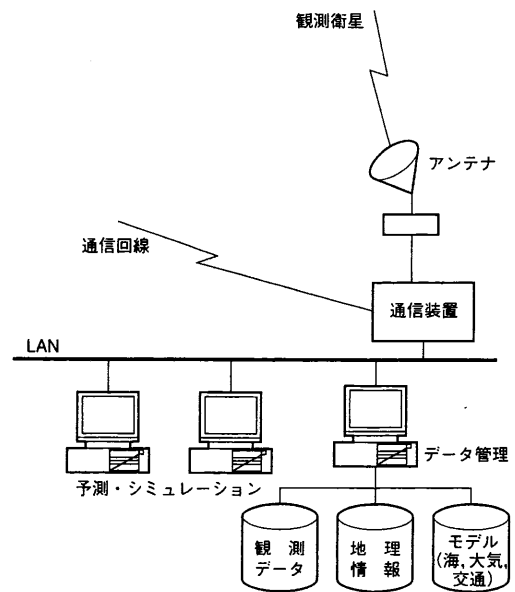


図1 水域環境予測システム構成 観測データ受信処理システムの基本構成を示す。  
Water environment prediction system

図1にシステムの構成を示す。システムは、気象及び海象にかかわる観測データの受信装置、データ処理・表示システム、データの格納・管理、予測のためのシミュレーションシステム及び外部との通信システムなどの小システムから構成される。

観測データとしては、衛星データと海上データの2種類としている。ブイなどの定点観測からは流速、水温、密度などの時系列のデータが得られる。衛星データは空間的には広域的なものが得られるが、時間的には離散的である。定点観測は空間的には非常に疎な離散的データではあるが時間的には精度の高い連続データを得ることができる。

観測データは当然ではあるが、そのまま使用できず、予測の目的に応じた処理加工と表示が重要である。ここでのデータの処理・表示システムでは、データ品質の管理も行う。

シミュレーションシステムは入力部と解析部及び表示部から成る。一般的な入出力は除いて後に述べるように、入力部の機能の一つとして同化技術を用いた条件決定機能の特徴とする。表示の

\*1 技術管理部技術管理課

\*2 エレクトロニクス技術部システム技術開発センター主査

\*3 高砂研究所制御システム研究室

\*4 高砂研究所流体研究室

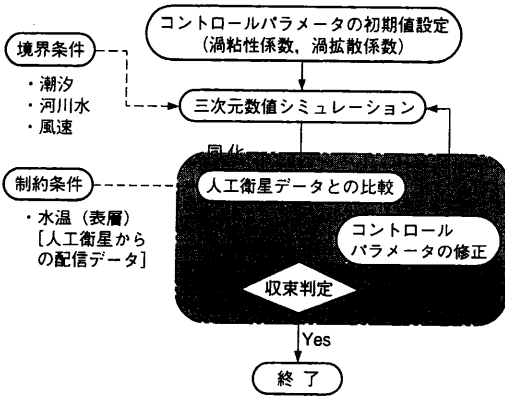


図2 数値シミュレーションフロー 同化技術を適用した場合の計算フローを示す。 Simulation flow chart

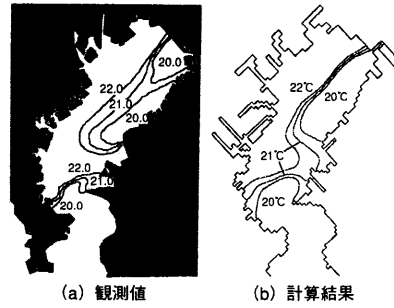


図3 計算結果(表層温度分布) 同化技術を適用することにより現地表層水温分布を精度良く再現可能である。 Result of analysis of temperature

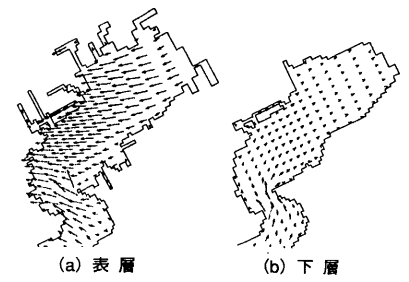


図4 計算結果(流速) 北寄りの風が吹くことによって海面上には西に向かう流れが発生し、下層では逆に北東に向かう流れが発生している。 Result of analysis of velocity

ほか、この機能のために観測データとのリンクがある。通信は主として観測データの送信にかかわる。衛星データは直接受信可能であり、また定点観測も通信衛星等の利用により無線で行うことができる。

4. 数値シミュレーションによる水環境予測機能

普通、予測を行う数値シミュレーションでは観測データの分析から得られた平均的な気象あるいは海象、水質を入力条件としている。しかしながらイベント発生インパクトを予測する場合には、観測された時々刻々と変化する気象や海象の変化をリアルタイムで計算機上に再現していく必要がある。

ここでは、同化技術を用いて風影響も含めた東京湾内の流動予測シミュレーションの例を紹介する。インパクトの予測に当り、まず必要なものは湾内流動である。冒頭に述べた油漏えいなどのイベントは、すべて湾内流動に支配されて特定場所へのインパクトの与え方が決まる。シミュレーションに用いた観測データは、風向と風速並びに観測衛星 NOAA から得た海面温度分布である。風向と風速は時間刻みで入手が可能であり、NOAAの海面温度分布は一日刻みでほぼ同一視角の画像を受信することができる<sup>(1)</sup>。

空間的にも時間的にも離散的な観測データから、数値シミュレーションにおける初期値や係数値などを求めることはデータ同化と呼ばれる。数値シミュレーションでは、衛星により観測された時間的には離散的であるが空間的には高密度な海面温度分布を計算された海面温度分布と比較して両者の差異を最小とするように、渦粘性係数などの計算初期値を設定した。

図2に本システムで導入した同化手順<sup>(2)</sup>の概要を示す。潮汐変動、河川水量に加えて観測された風向と風速データを入力し、観測された海面温度分布を制約条件としながら流動計算を進めるものである。システムの基本は、水域を三次元分割した上で塩分濃度と温度濃度に依存した密度分布を考慮する非定常計算コードである。図3に同化手法によりシミュレートされた海面温度分布を衛星から取得した海面温度分布と比較して示す。当然のことながら両者は良く一致している。図4は、図3に示すシミュレーション

で得た海面温度分布に対応する流動である。図4を見ると、北寄りの風が吹くことによって海面上には西方に向かう流れが発生し、下層では逆に北東に向かう流れが発生している。つまり、東京湾内では海水が表層と下層をつなぐ流れによって循環していることが分かる。この循環流により低層にあった低温水塊が東京湾奥から千葉県側に湧(ゆう)昇することが示される。

風向と一致しない海面流れの発生は地球自転の効果によるもので、一般にエクマン吹送流と呼ばれている。このような流動が東京湾に出現すると、成層する夏季に下層の貧酸素水が湾内循環流により表層に移送されて水産生物に甚大な被害を与えることがある。下層水が硫酸酸化物を大量に含んでいることがあり、これが湧昇する際に青く光るために青潮と呼ばれる。東京湾における夏季の青潮は東京湾奥から千葉県側に発生するが、イベントの一つである青潮の発生機構が本システムを用いることにより精度良く再現された。

5. ま と め

実海域の観測データを用いた水域環境予測システムの原型を構築した。このシステムの特徴は、観測データをベースとした数値シミュレーションによって保証されるリアルタイム予測の結果に対する信頼性の向上である。その具体例として、観測衛星 NOAA で取得された海面温度分布データを導入した東京湾の流動シミュレーションを示した。なお、定点観測による流速データの同化手順を加えることにより、更に精化したリアルタイムシミュレーションの実現が可能となる。

参 考 文 献

- (1) 上野成三, NOAA-AVHRR データを用いた東京湾における風による流動の時系列的解析の試み, 水工学論文集 Vol.36 (1992) p.697~700
- (2) 蒲地政文, 変分法による随伴方程式を用いたデータ同化作用について, ながれ Vol.13 (1994) p.440~451