

II-439

東京湾における地形性渦の
離散渦点法による解析

横浜国立大学大学院 学生員 栗原明夫
横浜国立大学工学部 正会員 柴山知也

1. はじめに

東京湾全体の流動を再現する数値シミュレーションは、流動を鉛直方向に分割して算定する多層モデルを含めて、今までに数多く行われてきた。しかしながら、湾内の細部における流動の再現はあまり行われていないのが現状である。そこで本研究では、複雑な流動を示す東京湾湾口部、浦賀水道の第2海堡周辺の海域を対象とし、離散渦点法を用いた数値シミュレーションにより、第2海堡周辺における地形性渦を含む流況の再現を試みた。

2. 計算の方法

本研究で用いた離散渦点法とは、Rosenhead(1931)により、剪断流の不連続境界面の不安定性を解析する方法として提案されたものであり、連続的な渦層を離散化した渦点の集合として表現するもので、物体から剝離した剪断剝離層の解析などに近年多く用いられている。(例えば都築ら、1986) 離散渦点法の利点としては、差分法および有限要素法などの計算法と比較して取扱いが簡単で、高Reynolds数の流れに対しても運用が可能である事が挙げられる。

離散渦点法では、発生する渦の放出間隔、減衰などの条件をあらかじめ与える必要があるが、第2海堡から発生する渦の実測は、航空写真によるものの他にはあまり行われていない。そこで、実際の流況を再現するにあたり、それらの条件を決定するために、以下の2つのモデルを考えた。それぞれのモデルを適用する際の計算の条件として、第2海堡を半径225(m)の円柱に近似し、潮汐周期を12時間、振幅流速を0.9(m/s)としている。

(1) 大規模渦モデル

Strouhal数から渦の放出間隔を定めたモデルである。Strouhal数とは、1対の渦の発生周期に対応する無次元周波数であり次式で表される。

$$S = \frac{f D}{U} \quad (1)$$

円柱におけるStrouhal数とReynolds数の関係は、従来から実験的に定められている。ここで、第2海堡周辺に対するReynolds数は、 10^8 ほどであり、このような高Reynolds数に対しては現象が不安定になることが知られている。ここではReynolds数が 10^7 付近のStrouhal数の値、 $1/S=3.5$ を用いる。この値を式(1)に代入し、渦の発生周期を求め、数値計算における渦の放出間隔を定めた。

(2) 離散渦モデル

離散渦モデルによる数値計算においては、渦の放出間隔・減衰の条件に様々な値を与え、後述する計測結果から妥当性のある計算結果を与える係数を試行錯誤的に求めた。

以上の2つのモデルによる計算結果の検証を、図1の東京湾水温分布図(村上ら、1991)を用いて行った。図1の観測時(1986年8月6日9時)は引き潮で、流速はほぼ最大で0.9(m/s)程度である。図1において、第2海堡後方(南西方向)に渦流によるものと思われる帯状の冷水域が認められる。そこで、この冷水域の形状と最強潮流時の計算結果における乱れ領域の形状を比較して離散渦モデルにおける減衰係数、渦の放出間隔を求め、さらに計算結果の検討を行う。図2

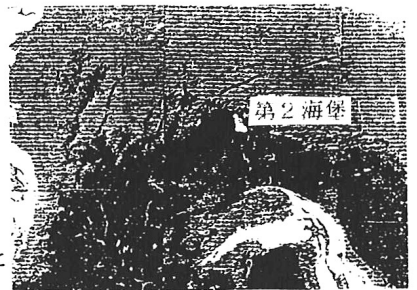


図1 東京湾水温分布図(村上、1991)

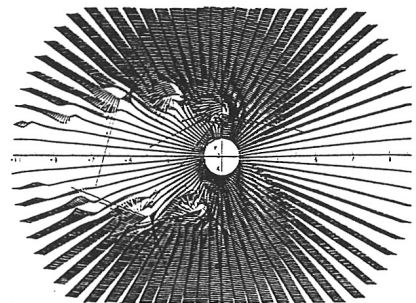


図2 大規模渦モデル(最強潮流時)

3. 計算結果

最強潮流時における大規模渦モデル、離散渦モデルの計算結果をそれぞれ図2および図3に示す。図3では、渦が横方向に広がりすぎており、その乱れ領域の形状は、図1における冷水域の形状と異なっている。これに対し、図3の離散渦モデルでは、図1における冷水域の形状にかなり近い形が再現できた。

大規模渦モデルにおいて用いたStrouhal数は、あくまで円柱における値であり、実際の海堡の形状が考慮されていない事と、高Reynolds数に対するStrouhal数は、不安定となっている事などから、大規模渦モデルは、最強潮流時のReynolds数が 10^8 程度と大きくなる第2海堡周辺の流況の再現には適さないものと思われる。

離散渦モデルにおける転流時、転流後2時間、最強潮流時、転流前2時間のそれぞれの計算結果をそれぞれ図4～図7に示す。これを見ると、転流時の流況は穏やかであり、最も流況が乱れるのは、流速最大時付近となっている。また、最強潮流時の前後では、流況は時間的に対称にならず、最強潮流時後2時間ほどはそれ以前よりも乱れ領域が広範囲に及んでいる事が分かる。

4. おわりに

本研究では、離散渦点法により第2海堡周辺の流況の再現を試みたが、第2海堡を円柱に近似している事や、水温分布図を計算結果の検証に用いる事などに関して検討の課題が残されている。今後、実測データを集め、渦領域の予測精度を上げていきたいと考えている。

（参考文献）

- 1) 都築 進・渡辺 晃・堀川 清司(1986)：波動場に置かれた水平円柱に作用する波力の数値シミュレーション、第33回海岸工学学講演会論文集、pp526-530
- 2) 村上 和男(1991)：リモートセンシング技術の水質調査への応用、平成3年度港湾技術研究所講演開講演集、p 282

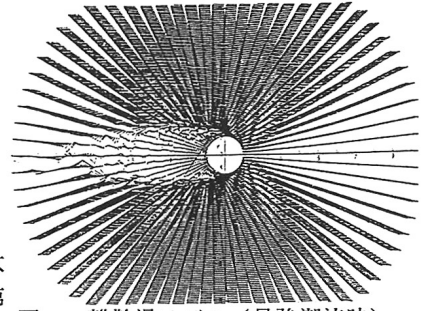


図3 離散渦モデル（最強潮流時）

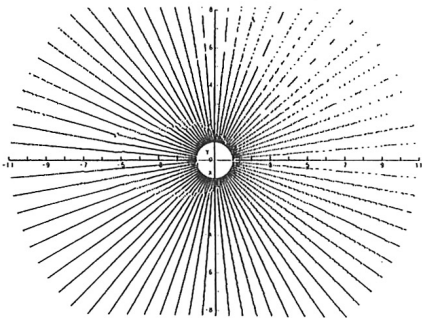


図4 転流時

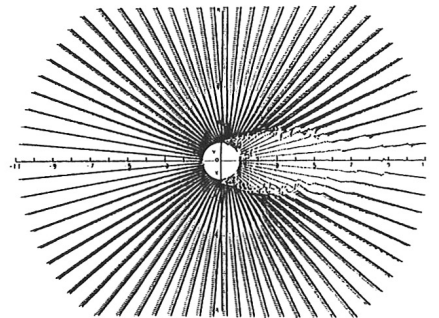


図5 転流後2時間

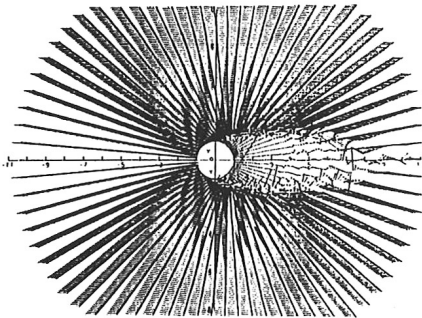


図6 最強潮流時

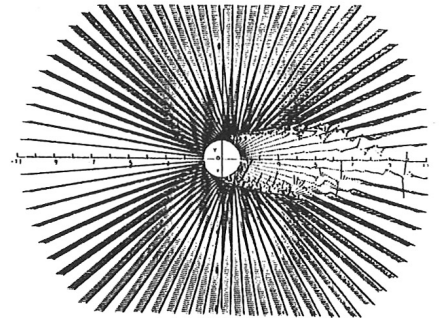


図7 転流前2時間