

東京湾における風系の時空間変動特性に関する実態解析と その変動性の湾内流動への影響

東京工業大学大学院情報環境学専攻 学生員 吉野忠和
東京工業大学大学院情報環境学専攻 正会員 灘岡和夫
東京工業大学大学院情報環境学専攻 正会員 二瓶泰雄

1. はじめに

東京湾のような閉鎖性の強い水域での海水流動を支配する要素の一つとして、水表面での風応力が駆動力の吹送流があるが、最近盛んに行われている湾内流動シミュレーションにおいては、多くの場合、単純な一様風を仮定して風応力を与えており、風の時間変動及び空間的に非一様な分布は考慮されていない。そこで本研究では、東京湾上及びその周辺の風系の実態を地方自治体の細密気象データを用いて解析し、その時空間的な非一様性を明らかにするとともに、そこで得られた風系場に基づいて数値シミュレーションを行うことにより、風系の時空間変動性が海水流動に有意な影響を及ぼすことを示す。

2. 実態解析

1995年度の東京湾周辺の地方自治体の細密気象データ、及び東京湾内の数地点での測定データに基づいてデータ解析を行った。その結果、例えば夏季では、湾内から発散する形の風系（図-1(a)）や逆に湾奥に向けて収束する形の風系（図-1(b)）などが頻繁に出現することが明らかになった。特に図-1(a)の発散型風系は毎日のように出現し夏季を代表する風系であると言える。これらの風系は、全体的に卓越している南風の上に局地的なモードが重なった形で空間的に分布している。また、風系パターンの平均的な継続時間は7時間程度であるが、その間でも時間と共に少しずつ形を変化させている。

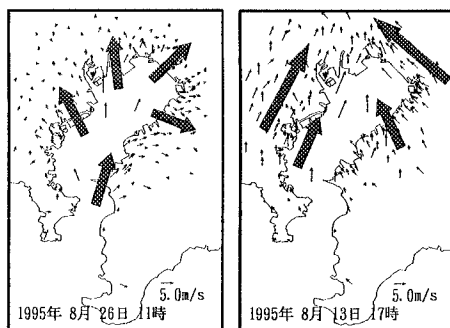
一方、冬季では、一般に風速レベルが高いときには図-2(a)に示すようなほぼ一様な風が卓越している。この風系は、全体的に夏季の風系に比べて長時間そのパターンを維持しており、特に季節風の北よりの風のときは連風し、数日間この風系が続くこともある。しかし、この一様風系においても、海上と陸上ではその風速レベルが著しく異なっている。また、風速レベルが低くなると、日中、発散型の風系（図-2(b)）が顕著になることが見出された。夏季の発散型と似ているが、冬季の場合は全体的に風速が小さくパターンの継続時間も短くなっている。

このように、東京湾における風系は単純な一様風ではなく時空間的な非一様性を有していることが分かる。

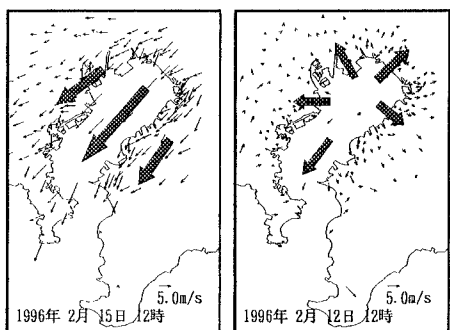
2. 数値シミュレーションの概要と結果

(1) 計算概要

風系の時空間変動性が海水流動に及ぼす影響を見るため



(a)発散風系型 (b)収束風系型
図-1 風データ（夏季）



(a)一様風系型 (b)発散風系型
図-2 風データ（冬季）

キーワード：風応力、時空間変動性、東京湾、数値シミュレーション、細密気象データ

連絡先：〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 (TEL) 03-5734-3486 (FAX) 03-3729-0728

に、風系の実態解析から得られた図-1(a)のような風系が卓越する1995年8月21日～27日の1週間を対象に海水流動計算を行った。基礎式としては、静水圧・ブジネスク近似を仮定した3次元のN-S方程式と連続式を用い、風応力の効果は海面での境界条件に組み込んだ。ここでは風応力だけの影響を見るために、密度は一様とし潮汐は考慮せず、流れの駆動力として風応力のみを与えた。また、計算格子上の風応力は、仮想荷重法を用いて観測点データを格子上的空間データに内挿し、さらにMascon法で質量保存則を満足するように補正するというような空間補間方法で算出した。ここでは、特に、空間変動性の効果を見るために、補間された風データをそのまま用いた空間変動ありのケースと、計算対象領域内にわたって空間平均された風データを用いた空間変動なしのケースに関して計算を行った。なお、空間平均風は湾内の流動を見るため、湾奥部の測点を用いて算出した。

（２）計算結果

まず、全体的な流動特性を把握するために、両ケースにおける計算期間中での平均流ベクトルを図-3に示す。これを見ると、両ケースとも全体的に平均風に沿った北東向きの流れが生じているが、空間変動ありのケースでは湾奥に明確な循環流が生じている。それに対して、空間変動なしのケースでは湾口部を含めて水域内でほぼ一様な流れになっていて、流動パターンに大きな違いが現れていることが分かる。

次に、このような流動パターンの違いの原因を明らかにするために、循環流の発生に密接な関係のある、水深効果を加味した風応力のトルク構造を比較した。ここでのトルク構造は、空間変動なしのケースでは水深変化のみに起因したトルクが生じているのに対して、空間変動ありのケースでは風応力の空間変動と水深変化によるものに起因している。このトルクの空間構造を示している図-4を見れば明らかに、両ケースともトルク向きが循環流と一致しており、風応力のトルク構造の差が湾内流動パターンに大きな違いをもたらしていることが分かる。

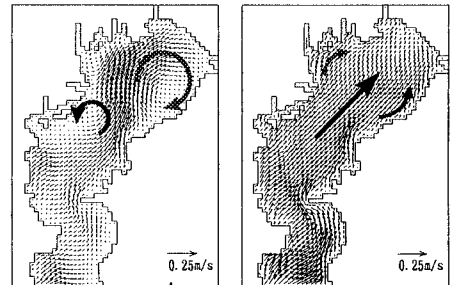
さらに、植物プランクトンの有光層への滞留等を考える上で重要となる鉛直流速を比較すると、両ケースでの違いが見て取れる（図-5）。湾口部では、両ケース共に典型的な地形性の湧昇・沈降が起きているが、その強さが大きく異なっている。また、湾の中央部では空間変動ありのケースの方に広い湧昇領域が存在するが、図-3と比較すると低気圧性の循環流に対応したものとなっていることが分かる。

4. おわりに

①地方自治体の細密気象データ等の解析により、東京湾における風系が時空間的に有意な大きさの非一様性を有することを明らかにした。②さらに、海水流動計算の結果から、風応力の時空間変動の効果がそのトルク構造の違いを通して、海水流動に大きな影響を与えることを示した。

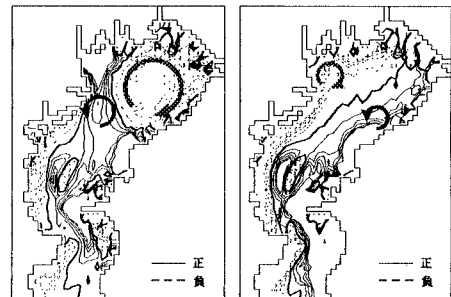
<参考文献>

灘岡・八木・日向・二瓶・栗原：閉鎖性水域内流動特性に及ぼす外力の時間変動性の効果、海岸工学論文集、第43巻



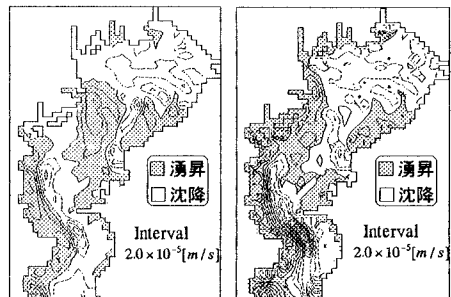
(a)空間変動あり (b)空間変動なし

図-3 流動パターン（表層1m）



(a)空間変動あり (b)空間変動なし

図-4 風応力のトルク



(a)空間変動あり (b)空間変動なし

図-5 鉛直方向流速（水深9m）