

## 周期時系列の統計解析

### (10) 重回帰による長期間の潮位偏差解析

nino

2019年 1月 14日

前報では、重回帰モデルを用いて台風襲来時における4日間の潮位偏差の気圧と風による効果などについて解析を行った。ここでは、より長期間（約3か月間）の潮位偏差を対象に気圧と風以外の因子である水温と黒潮の影響について検討した。

#### 使用データ

観測値は、前報と同様に、三宅島、大島、東京の3地点における潮位偏差、海面気圧および風向風速の1時間値であり、期間は2015年12月1日1時から2016年2月25日24時までの冬の約3か月間である（参考文献1）。

水温は、三宅島：三宅島ブイ（水深1m）と大島：大島波浮港（同1m）（参考文献2）、および東京：浦安沖（上層）（参考文献3）のデータを用いた。なお、欠測値は補間した。また、黒潮の海流図と表面水温図を参考資料として用いた（参考文献4）。

#### 観測項目の経時変化

図1に各観測項目の時系列を示した。ただし、風速は風速の2乗（ $\text{風速}^2$ ）で表した。図中の項目名末尾のアルファベットは各地点（三宅島：M、大島：O、東京：T）を示す。

図 1

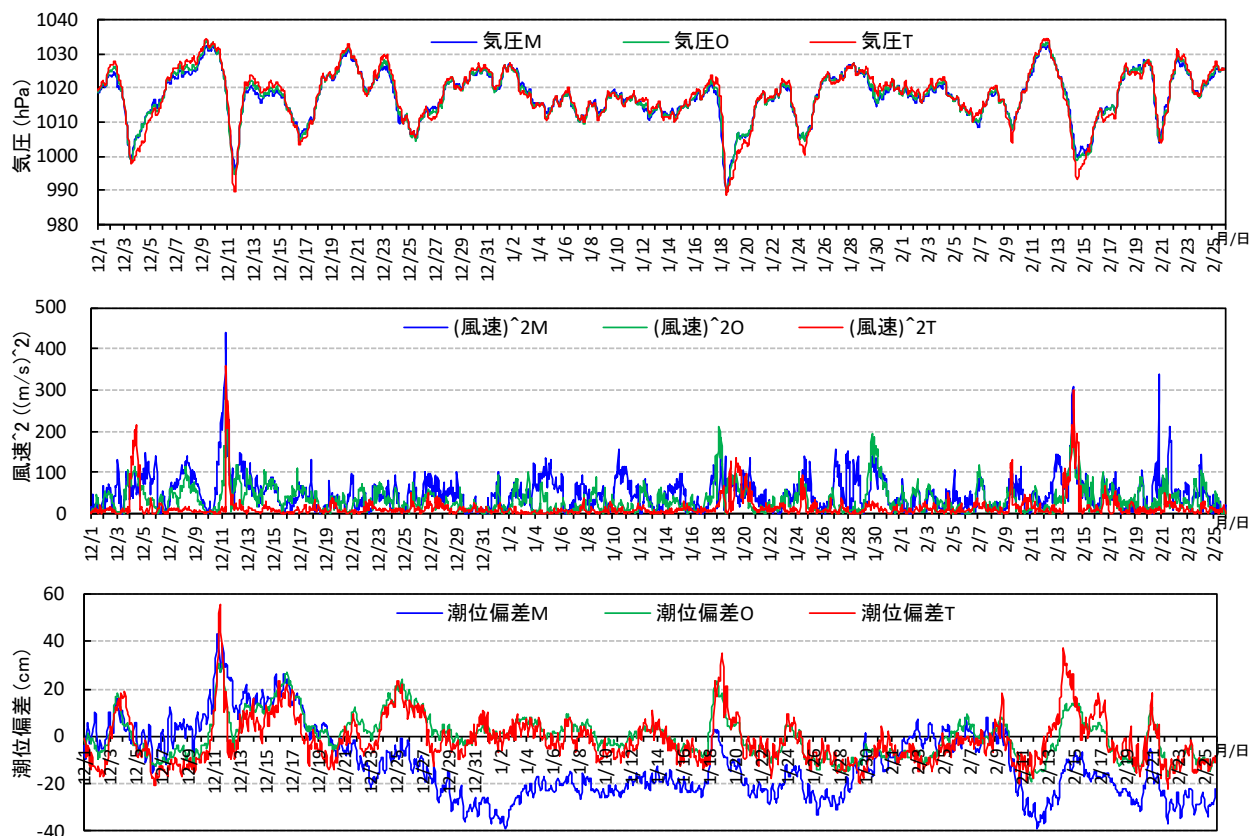


図 1 によると、気圧は 3 地点ともほぼ同じ変化パターンを示し、この 3 か月間に 1000hPa 以下の低気圧は 4 個出現した。風速<sup>2</sup>は三宅島で最も高く、次いで大島、東京の順であるが、後 2 者が高くなる時期もあった。また、風速<sup>2</sup>は気圧が低い時に高くなる傾向を示した。潮位偏差は 3 地点とも気圧変動とほぼ逆比例の変化パターンを示し、また、三宅島は大島と東京に比べて低く推移していた。

なお、前報でも示したように、降雨にともなう隅田川の河川水位の上昇が東京の潮位偏差に影響していることがあることから、上流の熊谷における降雨量（参考文献 5）と河川水位（参考文献 6）について調べた（図 2）。

図 2

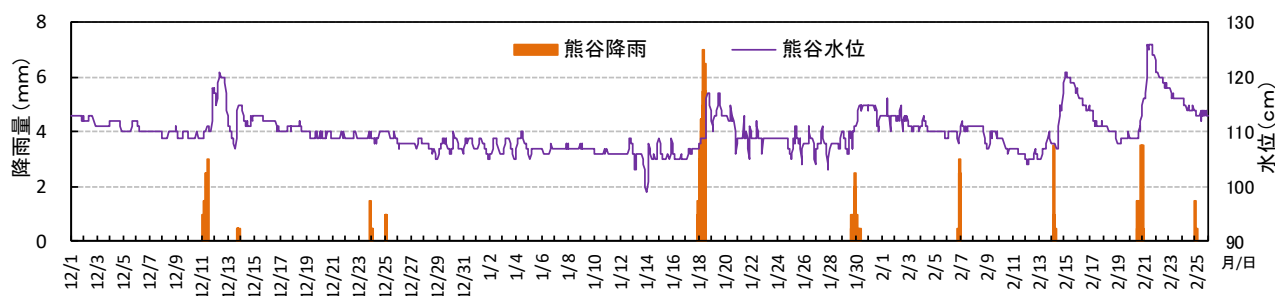


図 2 から、熊谷の河川水位が高い 12 月 12 日、1 月 19 日、2 月 16 日、2 月 22 日ごろは東京の潮位偏差も高くなっていることから（図 1）、河川水位の上昇が東京の潮位偏差にある程度影響していることが示唆された。ただし、ここでは、個々の事象については検討せず、水温と黒潮が潮位偏差に与える影響について詳しく調べることにした。

### 最適な重回帰モデルの選択

前報で示した次の潮位偏差の重回帰モデルを観測値に適用した（参考文献 1）。

$$H_i = AP_i + B_{k(i)}W_i^2 + C + \varepsilon_i \quad (1)$$

ここで、 $H_i$ ,  $P_i$ ,  $W_i^2$ ,  $\varepsilon_i$  はそれぞれ時点  $i$  における潮位偏差、気圧、風速の 2 乗、誤差である。 $A$  は気圧の係数である。 $B_{k(i)}$  は時点  $i$  における風の係数  $B_m$  であり、16 方位の風向に対応している（北から右回り順で、 $m = 0 \sim 15$ ）。 $C$  は定数項である。

なお、前報では、4 日間について重回帰分析を適用した結果、風の 1hr 遅れのモデルが最適なモデルであった。しかし、今回は約 3 か月間のデータであることから、風の 1hr 遅れのモデル (Model 1) とともに風の時間遅れ無しのモデル (Model 0) も加えて、どちらが最適なモデルであるかを検討した。それらの重回帰モデル Model 0 と Model 1 の自由度調整済み重相関係数（参考文献 7）を求めた（表 1）。

表 1

重回帰モデル	風の時間遅れ	三宅	大島	東京
Model 0	なし	0.528	0.721	0.780
Model 1	1hr	0.527	0.721	0.780

3地点とも両Modelの重相関係数はほとんど同じであった．このように，前報の4日間における場合とは異なる結果が得られた．ここでは，風の時間遅れのないModel 0について検討することとした．

### 重回帰分析の結果

Model 0の重回帰分析を行った．各係数についての検討は省略し，各地点における潮位偏差と推定値の経時変化について比較検討した（図3）．

図 3

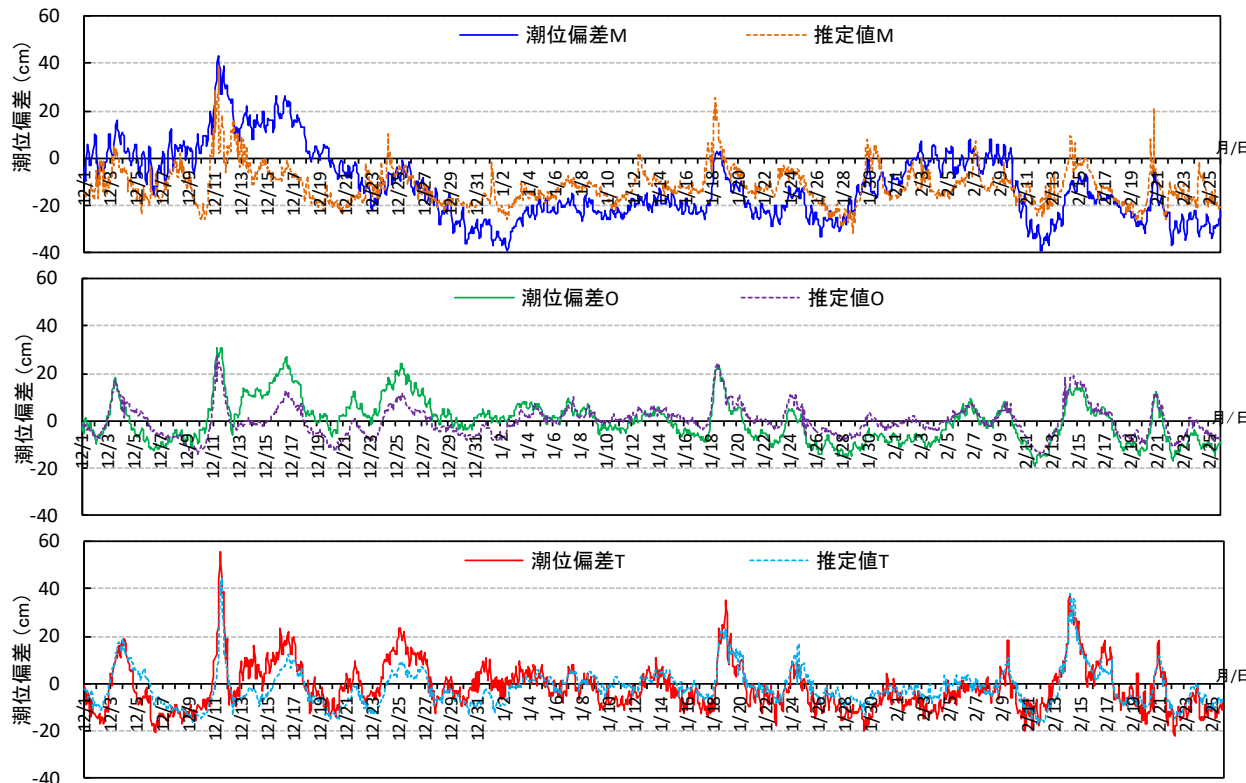


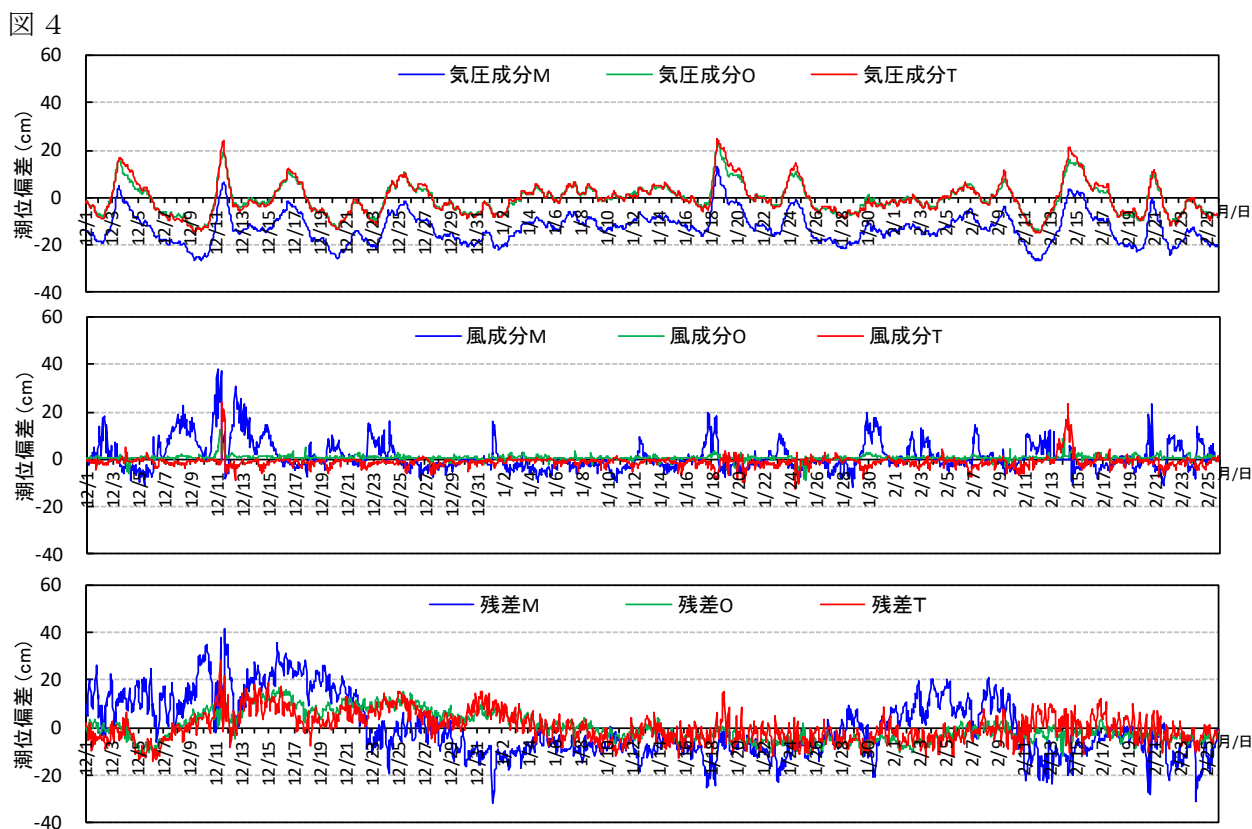
図3によると，各地点の推定値は潮位偏差とほぼ類似した変化を示すが，潮位偏差よりも高い時や低い時もあった．その程度は東京よりも三宅島や大島で大きかった．

### 成分毎の経時変化

重回帰モデルにおける成分毎の経時変化の特徴について調べた．ただし，気圧成分は式(1)における $AP_i$ に基準気圧を含む定数項 $C$ を加えた $[AP_i + C]$ とした．

図4に気圧成分 $[AP_i + C]$ ，風成分 $[B_{k(i)}W_i^2]$ および残差 $[\varepsilon_i]$ の時系列を示した．

気圧成分は3地点ともほぼ同じ変化パターンを示すが，三宅島は大島や東京に比べて低く推移していた．風成分は，風速 $^2$ が最も大きい三宅島が大島や東京に比べて高かった．残差は大島と東京がほぼ同じ変化パターンを示し，12月中旬から1月初旬までは高く推移していた．三宅島の残差は12月中旬と2月上旬に他の2地点よりも高く，逆に12月下旬，1月初旬および2月中旬では低かった．この前2者と後者の違いの原因として，気圧と風向風速以外の因子の影響が考えられる．

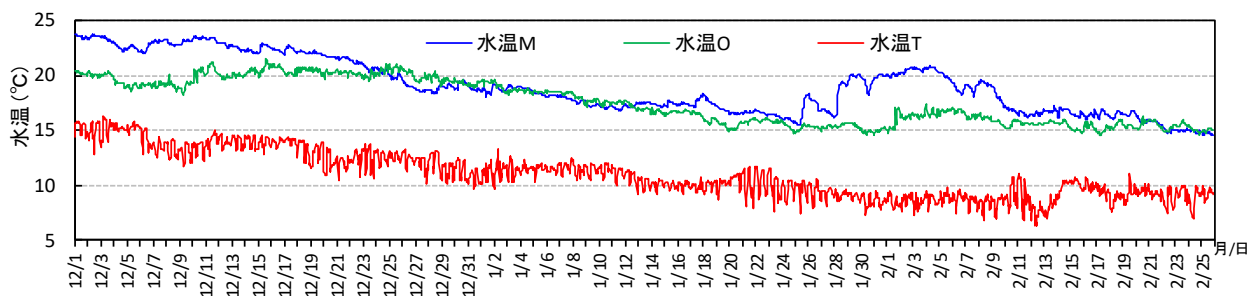


### 水温の潮位偏差への影響

気圧と風向風速以外の因子として挙げられるのは、水温である。水温が高いと膨張で海面が周囲より高く、低いと海面が周囲より低くなる（参考文献8）。

各地点における水温の経時変化を調べた（図5）。三宅島の水温は12月初中旬と2月初旬に高くなる傾向を示し、三宅島の残差が高い時期と一致した（図4）。大島も同様であるが、変動幅は三宅島よりも小さかった。東京は前2地点とは異なる変化を示した。

図5



重回帰モデルに水温因子を加えたモデル（水温モデル）について重回帰分析を行った。まず、水温モデル（Model temp）と表1のModel 0について、AIC（赤池情報量規準）による評価を行った（表3）。AICが小さいモデルが最適なモデルとされる（参考文献9）。

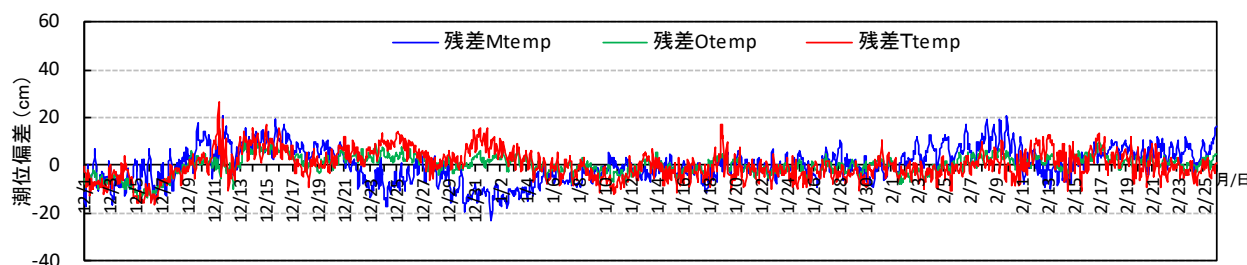
表3

重回帰モデル	水温の有無	三宅	大島	東京
Model 0	無し	16497	13581	13602
Model temp	有り	14199	11662	13449

3地点とも、AICはModel tempのほうがModel 0よりも小さいことから、水温モデルが最適と判断した。両Modelの差は、三宅島と大島が2000前後であるのに対して、東京では150程度と小さかった。東京は隅田川の影響があり、また、水深が三宅島や大島より浅いため、それら2地点に比べて水温効果は小さくなったと考えられた。

次に、Model tempの残差時系列について調べた(図6)。Model 0の残差時系列(図4)と比較すると、Model tempでは三宅島の残差は12月中旬と2月初旬にそれぞれ約10~20cmと約5~10cm低下した。言い換えると、Model 0における三宅島の残差が高かったのは、三宅島では比較的高水温だったためと考えられた。大島と東京の残差も12月中旬に5~10cm前後低下していることから、同様なことがいえる。一方、三宅島における12月25日前後と1月1日前後の残差は図4とほぼ同じマイナスのレベルで推移しており、変化は認められなかった。また、大島の残差はModel 0に比べてやや低下した。この海域は黒潮が流れている水域であり、その経路の違いなどが影響していると考えられた。

図6

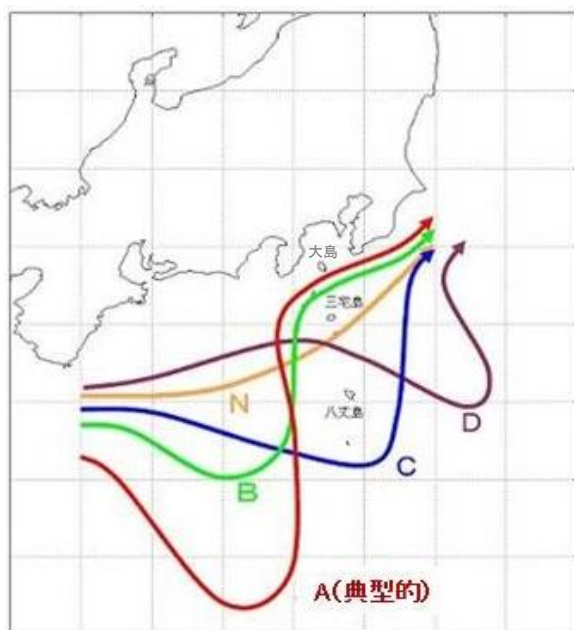


### 黒潮の潮位への影響

黒潮による潮位への影響を調べるには、黒潮流軸を用いる方法があるが、ここでは黒潮海流図などを利用して定性的に検討した。

本州南岸を流れる黒潮はその蛇行の形状によりいくつかの型に分けられ、黒潮の代表的な5つの型が提示されている(図7)(参考文献10)。

図7

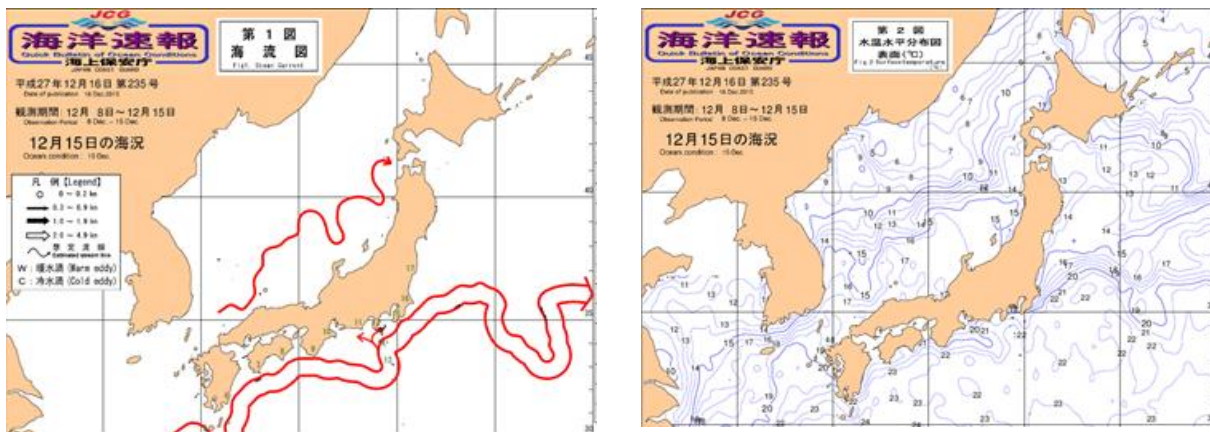


なお、北半球では、コリオリの力のため、黒潮の流れ方向の右側で潮位は高くなり、左側では逆に低くなる。

最初に、水温モデルで三宅島や大島の残差が低下した12月15日、次に、三宅島の残差がマイナスのまま変化しなかった1月3日の2例について検討した。

図8に12月15日の黒潮海流と水温分布を示した。

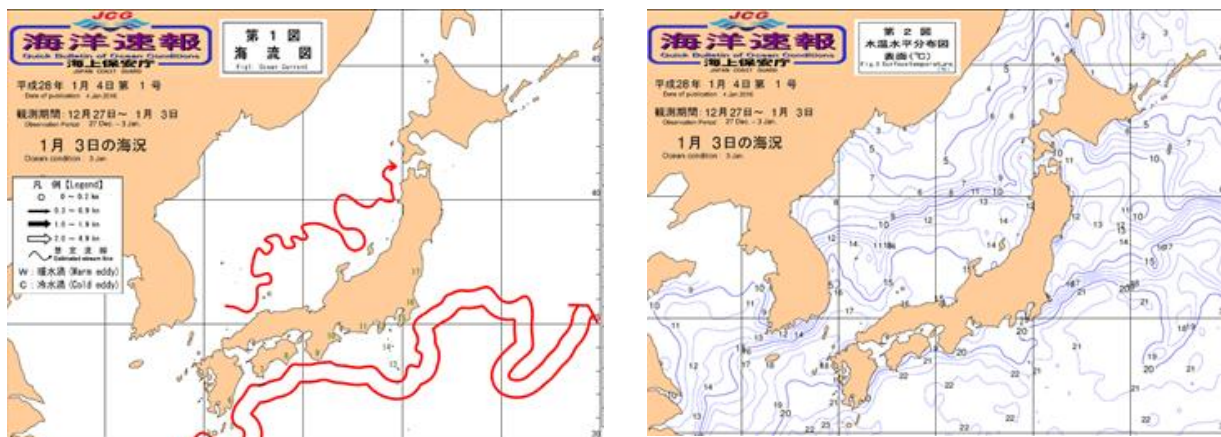
図8 (1)12月15日の黒潮海流 (2)12月15日の水温分布



黒潮は図7のNコースとほぼ同じ経路であり、三宅島を少し通るようにして北東方向に流れていた。また、黒潮は大島方向に分流していた。一方、水温分布によると、ほぼ黒潮に沿って高水温域となっており、水温は三宅島で約20°C、大島で約19°Cであった。したがって、Model 0において12月中旬に三宅島の残差が高かったのは、単に水温が高かったためではなく、暖流である黒潮の影響によるものと考えられた。また、大島や東京では黒潮分流の影響が及んでいたため、残差が少し高くなった可能性が高い。

次に、水温モデルでも残差が変化しなかった1月3日について検討した (図9)。

図9 (1)1月3日の黒潮海流 (2)1月3日の水温分布



黒潮は図7のCコースと同じ経路を通り、八丈島の南方から三宅島の東方沖合を北方向に流れていた。一方、三宅島の水温は約20°Cを示し、大島はほぼ同じ19~20°Cであった。したがって、三宅島の残差がModel 0とModel tempでマイナスのレベルのまま変化しな

かったのは、黒潮の左側に三宅島が位置していたことが影響していた可能性が高い。Model tempの大島の残差が正数を示した理由として、大島の南西に黒潮反流など複雑な流れが存在し、それらの影響を受けていたことなどが考えられる。詳細は今後の課題である。

なお、1月中下旬に3地点とも残差はほぼ0 cmを示した。ここでは、図示しないが、この時期における黒潮は3地点からかなり離れて流れていたことから、黒潮の影響が3地点に及んでいなかったと考えられた。

## 参考文献

1. 物理のかぎしっぽ，周期時系列の統計解析(9)重回帰モデルによる高潮の解析  
<http://hooktail.sub.jp/contributions/shuki09.pdf>
2. 東京都島しょ農林水産総合センター，伊豆諸島海況観測データバンク  
<http://buoy.ifarc.metro.tokyo.jp/main.php>
3. 東京湾環境情報センター，東京湾水質連続観測  
<http://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/Top>
4. 海上保安庁，海流図&表面水温図  
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/backnumber.html>
5. 気象庁，過去の気象データ・ダウンロード  
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
6. 国土交通省 水文水質データベース  
<http://www1.river.go.jp/cgi-bin/SiteInfo.exe?ID=303041283308030>
7. Excelアドイン工房  
<http://www7b.biglobe.ne.jp/~hayakari/>
8. 気象庁，異常潮位  
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/tide/ijochoi.html>
9. フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』，赤池情報量規準  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/赤池情報量規準>
10. 気象庁，黒潮の型  
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/exp/yougo.html>