

# 季節変動調整法による瀬戸内海東部海域データの時空間解析

大阪大学大学院工学研究科 岡田輝久

大阪大学大学院工学研究科 入江政安

## 1. はじめに

沿岸海域の水質は、河川流入・気象擾乱などの非定常な影響を強く受け、時間的変動や空間勾配が大きく、特性の把握が難しい。水質変動特性の時空間的な情報は、データ同化などの数値モデル解析の事前情報としても有用な情報となる。

水質の変動特性を解析するため、実海域で測定されたデータを評価する場合、欠損や測定方法・時刻の違いなどを考慮する必要がある。季節変動調整法（北川，2005）は、時系列データを統計的にトレンド成分や周期的な季節変動成分、および残差成分などに分解することで、データの特徴を抽出できる手法である。そこで、本研究では、瀬戸内海東部で定期的に測定された化学的酸素要求量 COD および溶存酸素量 DO データに対して、季節変動調整法を適用し、対象領域における時空間的特徴を抽出する。

## 2. 状態空間接近による季節変動調整法

柏木（1997）は、過去に東京湾水質測定データに対して季節変動調整法を適用している。以下に仮定されたモデルを示す。

$$y_k = t_k + s_k + u_k, \quad u_k \sim N(0, \sigma^2), \quad k = 1, \dots, n$$

$$t_k - 2t_{k-1} + t_{k-2} \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{\alpha}\right), \quad k = 3, \dots, n$$

$$s_k - s_{k-12} \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{\beta}\right), \quad k = 13, \dots, n$$

$$\sum_{l=0}^{11} s_{k-l} \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{\beta}\right), \quad k = 12, \dots, n$$

ここで、 $y_k$ 、 $t_k$ 、 $s_k$  および  $u_k$  は、ある測定点における第  $k$  月の観測、トレンド、季節変動および残差成分を表し、 $\sim N(0, \sigma^2)$  は平均 0、標準偏差  $\sigma$  の正

規分布に従うことを示す。 $n$  はデータ数である。

各成分の分散を既知とすれば、上式の最小 2 乗値を最小化する  $t_k$  および  $s_k$  を推定すれば良い。そこで上式を状態変数  $\mathbf{x}_k = (t_k, t_{k-1}, s_k, \dots, s_{k-10})'$  とする線形ガウスの状態空間モデルで記述し、 $\mathbf{x}_k$  をカルマンスムーザによる逐次式によって更新する。その都度、パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  におけるベイズ型対数尤度を計算し、最尤推定によって  $\alpha$ 、 $\beta$  を決定する。

## 3. 公共用水域データ

用いるデータは、国立環境研究所よりダウンロードした公共用水域調査結果の瀬戸内海東部海域の測点のうち、解析に十分な期間かつ各月で観測されている 286 地点の COD と DO のデータである。各測点における 1981 年 4 月から 2009 年 3 月までの最大 29 年  $\times$  12 ヶ月 = 348 個のデータを用いた。明らかな外れ値は削除している。表層は水面下 0.5~1.0 m、底層は海底面上 1.0 m である。

各測点ごとの時系列データよりトレンド、季節変動、残差成分を推定した後、点在する推定値を水平方向に逆距離補間法で補間した。

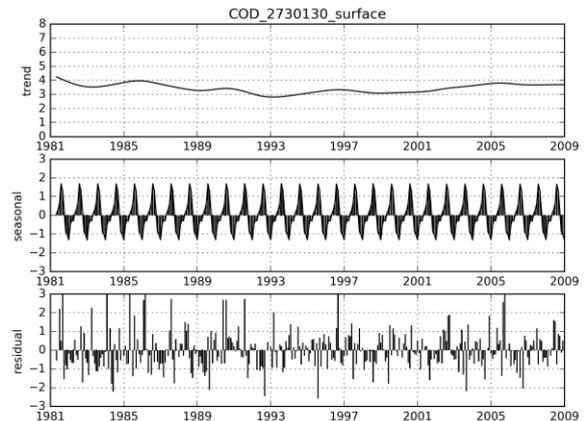


図 1 測点 A における表層 COD (mg/l) のトレンド・季節変動・残差成分

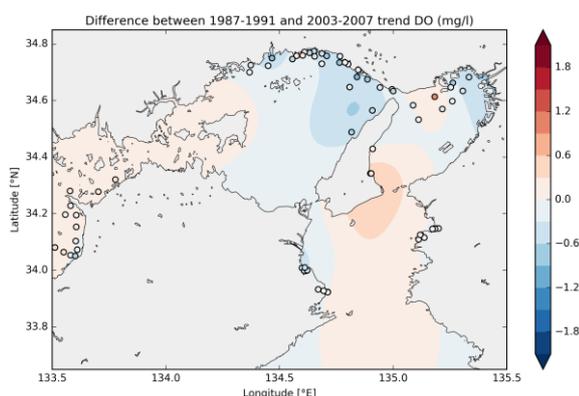
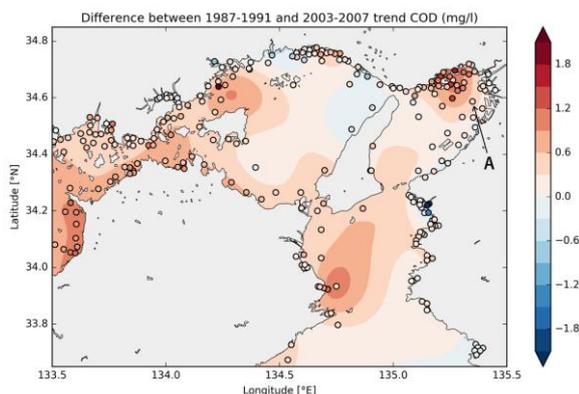


図2 1987-1991年度から見た2003-2007年度のトレンド平均値（上図：表層COD，下図：底層DO）

#### 4. 結果と考察

図1に測点A（図2）における表層CODのトレンド・季節変動・残差成分の推定結果を示す。測点Aにおける表層CODには、明瞭な季節変動が存在するが、残差成分のばらつきも大きいことから、不規則なイベントが強く影響を及ぼすことがわかる。また、トレンドが数年ごとに上下していることから、他周期の成分の存在が示唆されるが、本研究では3成分で解析を進める。

1990年頃を基準とした近年までの長期的変化を見るため、図2に1987～1991年度の5年分のトレンド平均値を2003～2007年度のトレンド平均値から差し引いた値を示す。表層CODでは、主要河川の河口付近で減少している測点もあるが、ほとんどの測点で増加している。また、底層DOでは、播磨灘兵庫県沿岸や大阪湾奥部で僅かに減

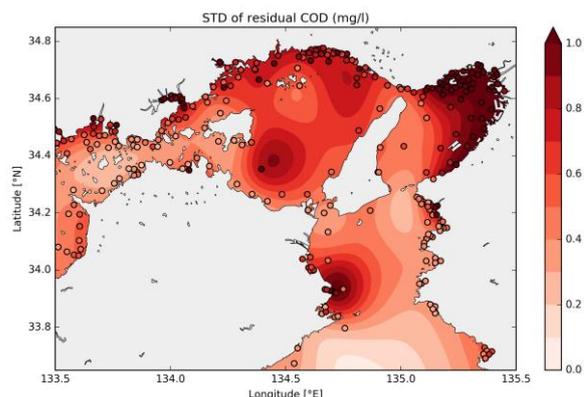


図3 表層CODの残差成分の標準偏差

少している。ただし、採用できる測点が67点と少ないため、全域での把握は難しい。

最後に、図3に表層COD残差成分の標準偏差を示す。各地の主要河川の河口周辺で高くなっていることから、表層CODは河川からの流入水の影響を受けやすいことが分かる。また、大阪湾東部で最も高くなっていることから、停滞性の強さや気象擾乱等への強い応答性が示唆される。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では、公共用水域調査結果のCODおよびDOデータに対して季節変動調整法を適用し、瀬戸内海東部における時空間的特徴を抽出した。

同調査結果のTN、TPに対しても、同様のモデル化による季節変動調整法を適用したところ、ほとんどのデータで各成分に上手く分解することができなかった。TN、TPはデータ数の制限に加え、負荷削減等による変動特性自体の変化が考えられ、AR成分や時変分散などのモデル化が必要であると考えている。

謝辞 本研究はJSPS特別研究員奨励費の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 北川源四郎, 時系列解析入門, 岩波書店, p.265, 2005.
- 2) 柏木宣久, 状態空間接近による季節変動調整に関する一考察, 統計数理, 第45巻, 第2号, pp. 329-342, 1997.