

福井県沿岸域の表層水温のトレンドについて

森陰早也香

Trend of Surface Water Temperature on the Coast of Fukui Prefecture

Sayaka MORIKAGE

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第4次評価報告書によると、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量が急増し、この100年間で地球平均気温は0.7℃上昇している。また、21世紀末には地球の気温は最大6.4℃、海面の水位は最大59cm上昇すると予測されている。

海域における水温は、公共用水域測定計画に基づき多項目の水質とともに測定されている。しかし、福井県では、測定頻度は年数回であり、測定月や測定日、測定時刻が必ずしも一定とはなっていない。

二宮らは、このような規則性にやや欠ける海水温データについて、ダミー変数を用いた重回帰分析を行い、トレンド解析を試みている¹⁾。

そこで今回、より正確な温度上昇率を推定することを目的として、測定月や測定時刻がなるべく一定な時期の水温データを選択して、ダミー変数を用いた重回帰分析による解析を試みたので報告する。

2. 調査方法

2.1 使用データ

2.1.1 公共用水域測定結果

次の公共用水域水質測定データを用いた。

測定地点：福井県沿岸域の玉川川地先、河野川地先、日向地先および海中公園の4地点 (図1)

測定水深：表層 (海面下0.5mの位置)

期間①：測定月や測定時刻がほぼ一定である1992～2004年度の4、5、6、7、8および10月のデータ

期間②：測定月や測定時刻が一定でない期間を含む1985～2004年度の4、5、6、7、8および10月のデータ

期間③：1988～1989年度を除いた測定時刻がほぼ一定である1981～2004年度の4、5、6、7、8および10月のデータ (海中公園のみ)

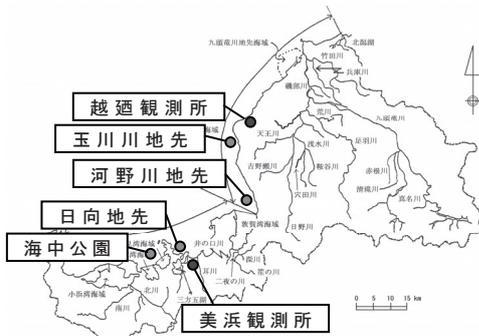


図1 解析対象地点

2.1.2 アメダス気象データ

気温は次のアメダス気象データを用いた。

測定地点：美浜観測所および越廼観測所の2地点 (図1)

期間：1979～2007年度の毎月データ

2.2 解析方法

ダミー変数を用いた重回帰分析により行った。

なお、ダミー変数とは、説明変数が0か1かのいずれかの値をとるもので、例えば効果有りの場合は1、効果無しの場合は0という使い方で活用される。

2.3 重回帰モデルの説明変数

今回はトレンド成分と季節効果に注目して解析を行った。

なお、海水温については各測定地点の各月における測定日は一定ではなくバラバラであったため、測定日を説明変数とすることはできなかった。

海水温の重回帰分析における目的変数と説明変数を表1に、気温の重回帰分析における目的変数と説明変数を表2に示した。

水温時系列 Y_x (水温) は各成分の和として (1) 式として表される。 T_t はトレンド成分、 S_t は季節成分、 ϵ_t は誤差である。同様に気温時系列 Y_x (気温) も (2) 式として表される。

$$Y_x \text{ (水温)} = T_t + S_t + \epsilon_t \quad (1)$$

$$Y_x \text{ (気温)} = T_t + S_t + \epsilon_t \quad (2)$$

トレンド成分は採水年月に対応しており、その偏帰係数が温度変化率 (℃/月)、すなわち傾き効果である。

季節成分は各月の季節効果を表す成分である。ただし、それぞれの月は名義尺度であるため、ダミー変数を用いて、季節効果に該当する月は1とし、それ以外の月は0とした。また、各年度の季節成分の和を0とするために、海水温では10月、気温では3月のすべてについて季節効果を-1と設定した。

表1 目的変数と説明変数 (海水温)

測定年月	目的変数		説明変数				
	水温	傾き効果	季節効果				
			4月	5月	6月	7月	8月
1992.4	Y_1	1	1	0	0	0	0
1992.5	Y_2	2	0	1	0	0	0
1992.6	Y_3	3	0	0	1	0	0
1992.7	Y_4	4	0	0	0	1	0
1992.8	Y_5	5	0	0	0	0	1
1992.10	Y_7	7	-1	-1	-1	-1	-1
1993.4	Y_{13}	13	1	0	0	0	0
.
2004.10	Y_x	X	-1	-1	-1	-1	-1

表2 目的変数と説明変数（気温）

測定年月	目的変数		説明変数												
	気温	傾き効果	季節効果												
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
1979.4	Y ₁	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979.5	Y ₂	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979.6	Y ₃	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979.7	Y ₄	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979.8	Y ₅	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1979.9	Y ₆	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1979.10	Y ₇	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1979.11	Y ₈	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1979.12	Y ₉	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1980.1	Y ₁₀	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1980.2	Y ₁₁	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1980.3	Y ₁₂	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1980.4	Y ₁₃	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.
.
2008.3	Y _x	X	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

3. 結果および考察

3.1 経年変化時系列

図2～図4に海中公園における測定月、測定時刻、海水温の時系列を示した。また、図5に美浜観測所における気温の時系列を示した。

3.2 重回帰分析

表3に海水温（各期間別）と気温の重回帰分析結果について、表1、表2に対応した各説明変数の偏回帰係数、重相関係数、決定係数および重回帰モデルの有意差検定結果（P値）を示した。また、表中の傾き効果の偏回帰係数には有意差検定による結果も示した。

3.2.1 重回帰モデルの有意差の検定

重相関係数は海水温と気温の全解析地点で0.9以上であり、説明変数全体が目的変数を非常に良く予測できていると考えられた。

また、海水温と気温の全解析地点でP値がすべて0.01より小さく、この重回帰モデルが実際の海水温および気温をよく再現していると判断された。

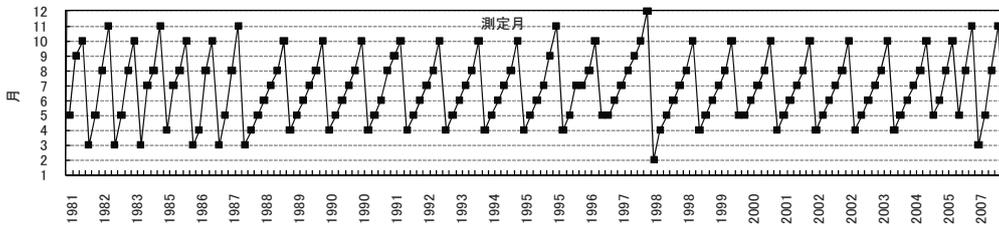


図2 海中公園の測定月の経年変化

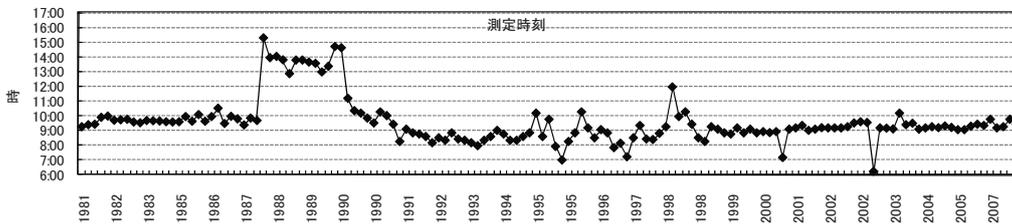


図3 海中公園の測定時刻の経年変化

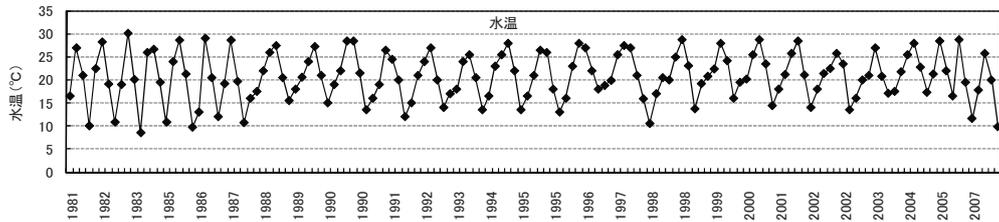


図4 海中公園の海水温の経年変化

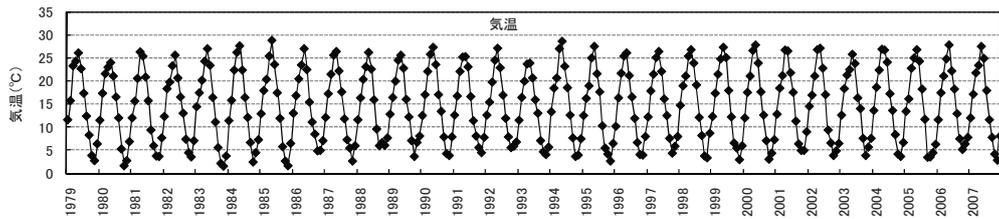


図5 美浜観測所の気温の経年変化

表3 海水温と気温を目的変数とした重回帰分析結果

	玉川川地先		河野川地先		日向地先		海中公園			美浜	越廼
	期間①	期間②	期間①	期間②	期間①	期間②	期間①	期間②	期間③		
傾き効果 (°C/月)	0.0051	0.0017	0.0049	0.0017	0.0049	-0.00063	0.0072*	0.0018	0.00019	0.0029**	0.0034**
4月(°C)	-6.8	-6.6	-6.8	-7.0	-6.7	-6.4	-6.8	-6.9	-7.2	-2.1	-2.3
5月(°C)	-3.5	-3.9	-3.7	-3.8	-3.5	-3.5	-3.4	-3.4	-3.3	2.4	2.1
6月(°C)	-0.18	0.11	0.29	0.36	-0.44	-0.30	-0.35	-0.35	-0.38	6.3	5.8
7月(°C)	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.5	3.2	3.5	3.6	10	9.7
8月(°C)	6.1	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.4	6.6	6.7	11	11
9月(°C)										7.9	7.7
10月(°C)										2.3	2.6
11月(°C)										-2.7	-2.1
12月(°C)										-7.7	-7.0
1月(°C)										-10	-10
2月(°C)										-10	-10
定数項(°C)	20	20	20	21	20	21	20	20	21	14	14
重相関係数	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.99	0.98
決定係数	0.91	0.90	0.89	0.91	0.90	0.90	0.91	0.91	0.94	0.98	0.97
P値	8.4E-35	5.9E-51	2.5E-31	3.0E-52	3.0E-32	3.6E-47	9.5E-33	2.2E-49	4.5E-45	2.3E-282	3.0E-275

* 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意

3. 2. 2 回帰係数の有意差の検定

各地点での海水温と気温の各偏回帰係数について比較検証した。

表3に示したそれぞれの偏回帰係数は、重回帰モデルに取り込まれた他の説明変数の影響を除いた条件付き効果の大きさを示している。

海水温について傾き効果の偏回帰係数を見ると、海中公園の期間①のみが5%の危険率で有意となり、0.0072(°C/月)のトレンドで上昇していると見なせる結果となった。また、海中公園のみ測定時刻を考慮して、一部データを除外した期間③についても重回帰分析を行ったが、海水温の上昇傾向は認められなかった。

なお、今回の報告書には示していないが、玉川川地先、河野川地先、日向地先および海中公園のいずれも各月における測定日は一定ではなくバラバラであった。二宮らがトレンド成分、季節成分および測定日の変化に伴う成分の3つの基本成分からなるモデルが最適モデルであると報告していることから、トレンド成分や季節成分に加え、測定日も説明変数とすることで、より正確な結果が得られる可能性が考えられた。

気温について傾き効果の偏回帰係数を見ると、美浜観測所および越廼観測所ともに1%の危険率で有意となり、1979～2007年の約30年間で気温上昇は美浜で0.99°C、越廼で1.1°Cとなった。

4. まとめ

福井県沿岸域の4地点における公共用水域水質測定結果の表層水温およびアメダス気象データの気温にダミー変数を用いた重回帰分析を適用した。

- 1) 海水温の重回帰分析では、測定月や測定日がほぼ一定である海中公園の1992～2004年度の期間①で有意に上昇傾向が見られた。
- 2) 海水温について重回帰分析を行う場合、トレンド成分、季節成分とともに測定日を説明変数として加えることにより正確な結果が得られる可能性が考えられた。
- 3) 気温の重回帰分析では、美浜観測所および越廼観測所ともに有意に上昇傾向が認められ、約30年間で0.99°C～1.1°C上昇していた。

謝辞

本報告は、(独)国立環境研究所との共同研究(C型)「地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究」の一環としてとりまとめたものです。御協力いただいた関係者の方々に深謝いたします。

参考文献

- 1) 二宮勝幸、柏木宣久、岡啓一、岩淵美香、飯島恵：東京湾西武海域における表層水温のトレンド、横浜市環境科学研究所所報第34号(2010)