

気温変動の年次回帰直線の月別分解と寄与について

崇城大学 工学部 学生員 西山 博晃

崇城大学 工学部 正 員 田代 敬大

1. はじめに

都市温暖化現象の解明に当たって、まずはマクロな観点からの年平均の気温データの検討が必要であろう。しかしながら、現象解明や対策上からはより短い期間での検討が必要となる。

本研究は、熊本市および九州県庁所在都市を対象に、年次データによる回帰直線を月別に分解し、年次データの気温勾配に対する月別寄与率を検討することにより、季節的影響度を検討するものである。

2. 年次回帰直線の月別分解と寄与率

年次データを基にした回帰直線は、月別データを基にした回帰直線に近似的に分解可能である。年次回帰直線を式(1)とし、月別回帰直線を式(2)として、次のように表現する。

$$y_t = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x_t \quad (1)$$

$$y_{tm} = \hat{\alpha}_m + \hat{\beta}_m x_{tm} \quad (2)$$

ただし、 y_t は t 年次の平均気温、 x_t は t 年次、 $\hat{\alpha}$ 、 $\hat{\beta}$ は年次の回帰係数推定量であり、 y_{tm} は t 年次の m 月の平均気温、 x_{tm} は t 年次 m 月期、 $\hat{\alpha}_m$ 、 $\hat{\beta}_m$ は月別の回帰係数推定量である。

ここで、月・閏年の日数の相違を無視すると、式(1)の回帰係数の推定値は、式(2)の月別の回帰係数の推定値を用いて、近似的に次のように分解される。

$$\hat{\alpha} = \sum_{m=1}^{m=12} (1/12) \hat{\alpha}_m \quad (3)$$

$$\hat{\beta} = \sum_{m=1}^{m=12} (1/12) \hat{\beta}_m \quad (4)$$

したがって、年次の温度勾配に対する各月の寄与率 C_m は、次式のように計算される。

$$C_m = (1/12) \hat{\beta}_m / \hat{\beta} \quad (5)$$

以下の分析では、式(1)～(2)を求めて有意水準5%で検定を行い、各月の寄与率を算出した。

3. 熊本市気温変動の月別分解

1891～2004年の熊本市の気温変動は、既にChow testにより「構造変化あり」と判定されている¹⁾。表1は、構造変化年の前後の期間に分割し(「前半」「後半」)、年次データの回帰係数と月別データ²⁾より算

出した月別寄与率を示したものである。有意でない回帰係数の月別寄与率は積極的意味に乏しいが、これも形式的に算入している。また参考までに、1891～2004年を1本の回帰直線で表現した場合を「全年」に示している。

日平均気温： 構造変化年は1947年であるが、前半部分(1891～1947年)の年次の回帰係数 $\hat{\beta}$ は有意ではなく、月別の回帰係数 $\hat{\beta}_m$ が有意なのは4月のみである。したがって、構造変化以前においては、年次データのみならず、月別データの回帰分析においても定常的変動過程であったことになる。

一方、後半部分(1948～2004年)の $\hat{\beta}$ は有意であり、 $\hat{\beta}_m$ が有意でないのは1～2月、11～12月の4つの月である。年当りの気温上昇 $\hat{\beta} = 0.0255$ に対して、各月が同じ割合で寄与すると8.3%であるが、表1のように3～6月、9～10月の寄与が大きい。

日最低気温： これも構造変化年は1947年であり、前半部分(1891～1947年)の回帰係数 $\hat{\beta}$ は有意ではなく、月別の回帰係数 $\hat{\beta}_m$ が有意なのは4・7月のみで、定常的変動過程であったことになる。

他方、後半部分(1948～2004年)の $\hat{\beta}$ は有意で、 $\hat{\beta}_m$ が有意でないのは2月のみである。年当りの気温上昇 $\hat{\beta} = 0.0326$ に対し、3月、5～6月、10～11月の寄与が大きい。

日最高気温： 構造変化年は1967年と、前二者に比すると遅れている。前半部分(1891～1967年)の回帰係数 $\hat{\beta}$ はかろうじて有意であるが、3月以外の月別の回帰係数 $\hat{\beta}_m$ はすべて有意でない。

他方、後半部分(1968～2004年)の $\hat{\beta}$ は有意で、期間が相対的に短いことも影響してか、 $\hat{\beta} = 0.0374$ と急激な気温上昇となっている。4つの月で $\hat{\beta}_m$ は有意でないが、寄与が大きいのは2～3月、6～7月、9・12月である。

以上のように、熊本市の平均気温、最低気温の気温変動は構造変化以前では年次データ・月別データともに定常的である。これに対し、構造変化以後の気温上昇は各月一様に生じたのではなく、春・秋の

表 1 熊本市の日平均・日最低・日最高気温の年次回帰係数と月別寄与率 (1891~2004 年)

		年次 $\hat{\beta}$	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
日平均	全年	0.0146	6.0%	10.3%	8.9%	8.3%	10.9%	6.7%	6.9%	6.2%	6.5%	9.8%	10.3%	9.1%
	前半	-0.004	36.3%	11.8%	12.7%	45.6%	4.9%	1.9%	-23.4%	10.4%	33.6%	13.7%	-26.2%	-22.0%
	後半	0.0255	6.2%	6.0%	9.8%	9.0%	10.5%	11.4%	7.8%	7.3%	9.1%	9.5%	7.7%	6.0%
日最低	全年	0.0254	7.0%	8.6%	8.1%	8.9%	11.4%	7.4%	7.4%	7.0%	6.3%	9.5%	10.3%	8.2%
	前半	0.0042	-7.6%	6.2%	-13.5%	-41.0%	21.7%	5.4%	42.7%	17.8%	-17.1%	2.3%	45.3%	38.4%
	後半	0.0326	6.4%	6.3%	11.2%	7.9%	10.1%	11.3%	5.9%	7.3%	8.5%	10.1%	9.2%	6.7%
日最高	全年	0.0061	-1.4%	13.4%	11.1%	11.2%	14.2%	9.7%	9.4%	6.0%	7.2%	9.4%	6.7%	9.4%
	前半	0.0058	-15.7%	16.1%	18.3%	4.0%	11.2%	7.5%	7.3%	6.0%	2.9%	9.8%	18.1%	9.9%
	後半	0.0374	6.9%	14.0%	11.8%	5.4%	8.8%	11.3%	9.7%	7.6%	9.6%	8.1%	9.2%	10.8%

表 2 九州県庁所在都市の日平均気温の年次回帰係数と月別寄与率 (1961~2003 年)

		年次 $\hat{\beta}$	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
福岡		0.0346	12.0%	12.9%	10.7%	7.6%	7.8%	9.2%	0.7%	2.8%	7.0%	10.1%	9.1%	9.5%
佐賀		0.0235	13.7%	14.9%	12.2%	4.5%	6.8%	9.1%	2.9%	2.6%	6.3%	8.9%	8.3%	8.9%
長崎		0.0225	15.5%	15.5%	14.2%	5.1%	6.0%	9.2%	2.1%	1.4%	5.1%	8.7%	9.6%	10.6%
熊本		0.0334	11.8%	12.4%	11.9%	4.4%	6.5%	7.4%	3.8%	4.8%	7.7%	9.0%	9.1%	10.3%
大分		0.0306	11.9%	12.3%	12.0%	6.7%	7.4%	9.1%	3.1%	4.1%	7.2%	7.8%	8.2%	10.4%
宮崎		0.0334	12.5%	10.8%	11.3%	6.3%	7.5%	7.5%	4.4%	4.8%	6.3%	9.8%	8.6%	9.4%
鹿児島		0.0443	13.0%	11.6%	11.2%	4.2%	5.4%	6.2%	4.6%	4.5%	7.1%	8.8%	10.4%	12.1%

* 下線は有意水準 5% で気温勾配の回帰係数が有意

寄与が大きいことが推定される。また、日最高気温の上昇傾向は長い期間弱いものであったが、近年は月別にも有意差が生じるほど明瞭となりつつある。

4. 九州の県庁所在都市の月別寄与率の比較

九州の県庁所在都市を対象に、温暖化現象の月別傾向を検討する。ただし、使用データは日平均気温であり、対象期間はすべて 1961~2003 年である³⁾。

年次データに基づく回帰直線の $\hat{\beta}$ はすべての県庁所在都市で有意であり、 $\hat{\beta}$ 値は対象間の年当り気温上昇率を示している。

これに対し、月別データに基づく回帰直線の $\hat{\beta}$ の検定結果は、各都市によって異なっている。福岡市、熊本市、宮崎市、鹿児島市は有意である月が多いが、福岡市は 7~8 月、熊本市は 4・7~8 月、宮崎市は 4・7 月、鹿児島市は 4 月が有意でない。これに対し、佐賀市、長崎市は 6 つの月、大分市は 4 つの月で有意ではない。全般的には、4・7・8 月頃が有意でない月が目立っている。

これも機械的に算出した月別寄与率を検討すると、すべての都市で月別・季節的差異が生じている。温暖化現象は季節的に一様に進行しているわけではな

いことが明らかである。

各都市の月別寄与率を比較すると、全般的には 1~3 月、6 月の寄与の大きさが共通しているが、詳細に検討すると各都市でやや異なる状況となっている。すなわち、対象期間一定の九州県庁所在都市の温暖化現象は、一般的な気象学的要因や都市化要因のみならず、何らかの個別的都市状況を反映しているものと推察される。

5. おわりに

本研究では、年次回帰分析の月別分解を熊本市および九州県庁所在都市に適用し、都市温暖化現象が気象学的要因のみならず都市的要因にも関係している可能性を示した。ただし、本研究は緒に就いたばかりであり、課題は多い。例えば、熊本市の平均気温上昇への月別寄与の状況は対象期間によって異なっていることから、対象期間の設定法等が重要な課題となる。

1) 仲村・田代「Chow test による熊本市気温変動の構造変化の検出について」平成 17 年度土木学会西部支部講演概要集

2) 熊本気象台資料 3) 気象庁ホームページ資料