

大都市における観測開始以降の気温変動の構造変化について

崇城大学 工学部 学生員 ○小島 周太

崇城大学 工学部 正 員 田代 敬大

1. はじめに

わが国の気温観測は、現在の大都市に開設された気象台から始まっているものが少なくない。これまで、1891 年以降の超長期の平均気温変動の構造変化の都市間比較を行っているが¹⁾、その研究では 1891 年以前開設の気象台データは使用していない。

本研究では、札幌市、東京都、京都市、大阪市、福岡市の 5 都市を対象に平均気温変動の Chow test をステップワイズ的に適用することにより、①データ期間の違いによる構造変化年の差異の状況、②観測開始初期の気温状況の検討を行う。

2. 観測開始以降データの「構造変化」

Chow test はデータ変動を 1 本の回帰直線で近似した方が良いか、2 本の回帰直線で近似した方が良いかを検定する手法である²⁾。

想定する回帰直線は、次の通りである。

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t$$

ここに、 y_t は各都市 t 年次の平均気温、 x_t は各都市 t 年次（構造変化前は最古の観測 1876 年を $x_t = 1$ 、構造変化後は構造変化次年を $x_t = 1$ ）、 α_0 、 α_1 は推定パラメータである。以下、有意水準はすべて 5% とする。

対象都市の年次データが得られる「開設」時は、札幌 1877 年、東京 1876 年、京都 1881 年、大阪 1883 年、福岡 1890 年であり、各開設時以降 2004 年までのデータ³⁾を対象に Chow test をステップワイズ的に適用すると、すべての都市で「構造変化あり」と判定された。機械的に Chow 検定値が最大の年次を「構造変化年」とすると、その前後で分割したデータの気温勾配の回帰係数 α_1 は表 1 のようになった。各都市の後半部分の回帰係数はすべての都市で有意であるのに対し、前半部分の回帰係数が有意であるのは札幌、大阪のみである。構造変化年がきわめて初期の 1891 年となった京都市を除けば、いずれの都市も構造変化後が相対的に大きな気温上昇を示している。

表 1 には、都市間比較で用いた 1891～2004 年データによる構造変化年も記載している。大阪と福岡で

は 1891 年以降データと開設以降データとのデータ数の違いにもかかわらず（データ数の相違は前者が 8 個、後者が 1 個）、大阪は 1942 年、福岡は 1916 年と構造変化年は一致している。ただし、構造変化年以前の気温勾配は、福岡が有意でなく定常的であるのに対し、大阪は有意である。大阪は構造変化以前に既に緩やかな気温上昇を示していたことになる。両都市の平均気温変動と構造変化の状況は、図 1～2 の通りである。太線の回帰直線は気温勾配の回帰係数 α_1 が有意、細線は有意でないものを示している。

一方、札幌、東京、京都では構造変化年が一致せず、東京は比較的近いものの、札幌、京都の構造変化年は隔たっている。

3. 札幌・東京・京都の 2 段階 Chow test

データ期間の相違による構造変化年が一致しなかった札幌、東京、京都について、開設以降データの構造変化年の前後でデータを分割し、さらに 2 段階目の Chow test をステップワイズ的に実施した。当然、

表 1 開設以降データによる構造変化

	構造変化年		開設以降回帰係数 α_1	
	1891～ ¹⁾	開設以降	前半	後半
札幌	1988 年	1913 年	<u>-0.0292</u>	<u>0.0218</u>
東京	1908 年	1904 年	0.0045	<u>0.0309</u>
京都	1979 年	1891 年	0.0855	<u>0.0252</u>
大阪	1942 年	1942 年	<u>0.0122</u>	<u>0.0338</u>
福岡	1916 年	1916 年	-0.0007	<u>0.0301</u>

* 下線の回帰係数は有意水準 5% で有意

表 2 2 段階 Chow test

	1 段階 前半			1 段階 後半		
	2 段階 変化年	回帰係数		2 段階 変化年	回帰係数	
		前半	後半		前半	後半
札幌	1885 年	<u>-0.2333</u>	<u>-0.0344</u>	1988 年	<u>0.0156</u>	-0.0296
東京	1889 年	-0.0367	<u>-0.0643</u>	1916 年	<u>0.1122</u>	<u>0.0322</u>
京都	なし	0.0855	0.0855	1979 年	<u>0.0251</u>	<u>0.0632</u>

* 下線の回帰係数は有意水準 5% で有意

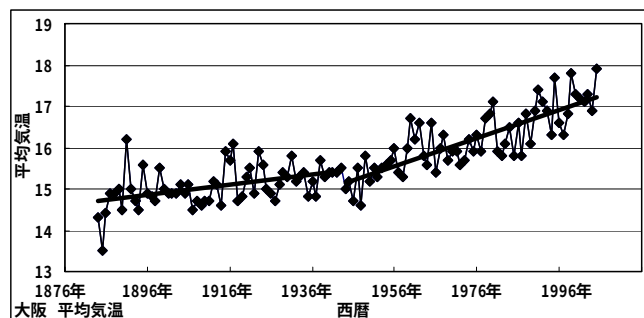


図1 大阪の気温変動と回帰直線

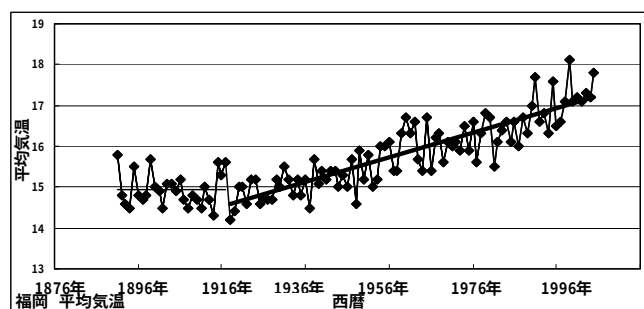


図2 福岡の気温変動と回帰直線

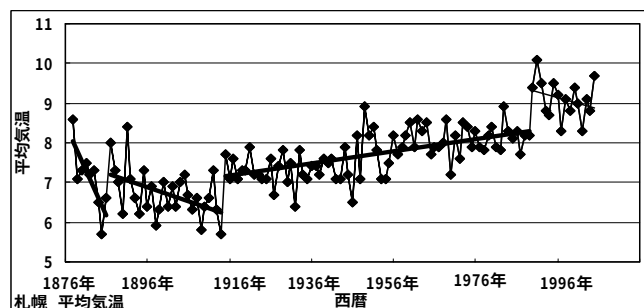


図3 札幌の気温変動と回帰直線 (2段階 Chow test)

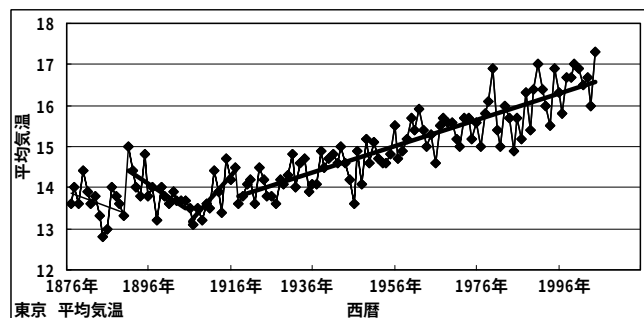


図4 東京の気温変動と回帰直線 (2段階 Chow test)

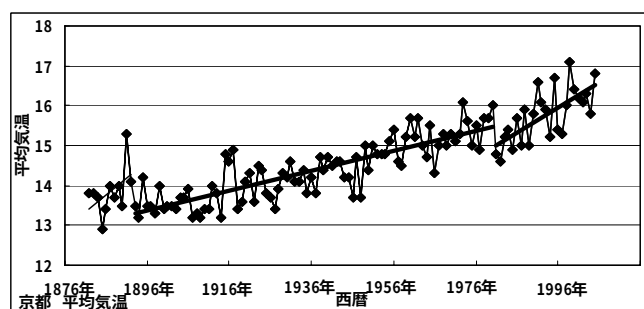


図5 京都の気温変動と回帰直線 (2段階 Chow test)

2段階目の Chow 検定値は1段階目より低下している。

表2はこの2段階 Chow testの結果である。札幌、東京は1段階目の前後半データともに2段階目でも「構造変化あり」と判定されて2本の回帰直線（全部で4本）に分割されるが、京都の1段階目後半データは2分割されるものの、1段階目前半データの2段階目は「構造変化なし」と判定された（京都は3本の回帰直線）。この状況は図3～5の通りである。

1段階後半部のデータは、2段階目においても札幌の後半の回帰係数が有意でないのを除けば、すべて気温勾配の回帰係数は有意である。これに対し、1段階前半部データでは、札幌は2段階目に分割しても気温低下傾向が見られ、京都の回帰係数は有意ではないが、東京も2段階目前半データの回帰係数は有意ではない。すなわち、東京、京都の初期の気温データは定常的であった可能性が残る。

なお、札幌および京都の後半の構造変化年は札幌1988年、京都1979年となり、1891年以降データの構造変化年（表1）と一致している。これに対し、東京は2段階目の Chow test の構造変化年も1891年以降データの構造変化年とは一致しない。この理由は定かではないが、両者の構造変化年が接近しており、2段階目の回帰直線算出の際の自由度不足が関係しているかもしれない。

4. おわりに

本研究では、まず、対象期間の違いによる Chow test の構造変化年の特定化の異動について検討した。1段階の構造変化年に相違が生じていても多段階の Chow test を繰り返せば、構造変化年が一致する可能性が高いことを示した。ただし、この構造変化年の設定は機械的なものであり、基本となる Chow 検定値の推移からは構造変化と判定できる期間はかなりの期間に及んでいる都市が多い。データの自由度を考慮しながら、構造変化年の設定を弾力的に行うのも現実的かもしれない。

なお、対象とした大都市での初期観測データは、データの自由度が問題ではあるが、札幌市を除けば定常的であった可能性を残している。

1) 宮西・田代「気温構造変化の都市間比較について」平成17年度土木学会西部支部講演概要集 2) 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 3) 気象庁ホームページ資料