

都市人口・時間項による熊本平均気温の重回帰分析と Chow test について

崇城大学 工学部 学生員 ○北村 善人
崇城大学 工学部 正 員 田代 敬大

1. はじめに

本研究では、熊本気象台の日平均気温の年次データ¹⁾を目的変数、都市化要因のマクロ指標とみなした人口および時間項を説明変数とした重回帰分析、Chow testによる「構造変化」の有無を検討する。さらに時間項のみの単回帰分析とChow testによる構造変化を示し、モデル選択を行う。

2. 都市人口の推計

熊本気象台の気温データは、明治 24 年 (1891 年) 以降である。熊本気象台の気温に影響を与える空間範囲は不明であるが、資料の制約から、都市人口として「行政人口」と「調整人口」を検討する。

ここに「行政人口」とは熊本市による推計人口であり、明治 22 年の市町村制施行以降の各年推計人口が記録されている。しかし、この熊本市人口は行政区画に基づくものであり、数次にわたる周辺町村合併による人口増加と空間的市域拡大を含むことになる (図 1○細線)。

これに対して、「調整人口」は便宜的に現熊本市域を空間範囲として固定し、この範囲の人口を調整して推計したものである。ただし、現熊本市域の合併前町村人口は大正 9 年 (1920 年) の国勢調査までしか遡ることはできない。そこで本研究では、大正 9 年 (1920 年) から平成 17 年 (2005 年) までの国勢調査を基礎資料として調整人口の推移を求め、各年人口は線形補間により推計した。なお、昭和 16 年 (1941 年) ~ 昭和 21 年 (1946 年) の実態は不明で

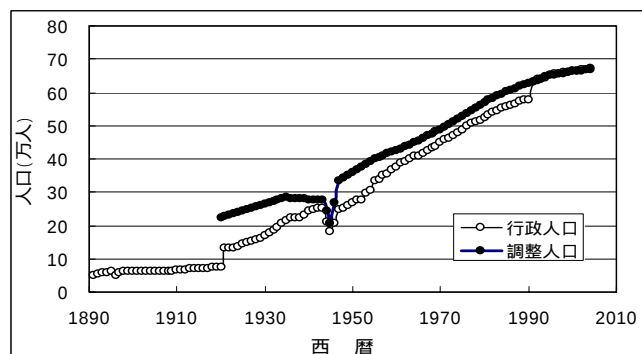


図 1 熊本市行政人口と調整人口

あるが、ややアドホックな仮定の下に推計した (図 1 ●太線)。

3. 熊本市行政人口による重回帰 Chow test

熊本市行政人口に基づく 1891 ~ 2004 年の重回帰式は、次のようになる。

$$\begin{aligned} & \text{1891 ~ 2004 年} \quad R^2 = 0.485 \quad \bar{R}^2 = 0.476 \quad DW = 1.424 \\ & y_t = 15.080 - 0.007 P_t + 0.015 x_t \quad (1) \\ & \quad (158.689) \quad (-0.839) \quad (10.210) \end{aligned}$$

ここに、 R^2 : 決定係数、 $\bar{R}^2$: 自由度調整済み決定係数、 DW : ダービンワトソン比、 y_t : t 年の平均気温、 P_t : 熊本市行政人口 (万人)、 x_t : 時間項 (1891 年 $x_t = 1$)、() 内数値: t 値

都市温暖化に人口増加が寄与しているとするならば、(1) 式は符号条件を満たさない。この問題を始め各式の評価は 5 において検討する。

一方、重回帰 Chow test をステップワイズ的に適用し、最大の Chow の F 値の年次を「構造変化年」と定義すると 1989 年がそれに当たり、機械的に計算すると有意確率 1.0×10^{-4} の水準で、(1) 式よりも次の 2 本の回帰式で表現した方が妥当ということになる。

$$\begin{aligned} & \text{1891 ~ 1988 年} \quad R^2 = 0.348 \quad \bar{R}^2 = 0.334 \quad DW = 2.090 \\ & y_t = 15.437 + 0.038 P_t - 0.014 x_t \quad (2) \\ & \quad (162.426) \quad (3.432) \quad (-2.004) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{1989 ~ 2004 年} \quad R^2 = 0.355 \quad \bar{R}^2 = 0.256 \quad DW = 2.225 \\ & y_t = 12.126 - 0.001 P_t - 0.047 x_t \quad (3) \\ & \quad (4.416) \quad (-1.791) \quad (1.832) \end{aligned}$$

なお、同期間における時間項のみの単回帰分析に基づく Chow test の検討は既になされている²⁾。

$$\begin{aligned} & \text{1981 ~ 2004 年} \quad R^2 = 0.482 \quad \bar{R}^2 = 0.477 \quad DW = 1.448 \\ & y_t = 15.085 + 0.015 x_t \quad (4) \\ & \quad (159.369) \quad (10.204) \end{aligned}$$

この 1 本の回帰式よりも、次の 2 本の回帰直線が妥当とみなされる。構造変化年は 1948 年である。

$$\begin{aligned} & \text{1981 ~ 1947 年} \quad R^2 = 0.022 \quad \bar{R}^2 = 0.004 \quad DW = 2.023 \\ & y_t = 15.577 - 0.004 x_t \quad (5) \\ & \quad (145.437) \quad (-1.106) \end{aligned}$$

表1 モデルの評価

対象期間	モデル	分析期間	符号条件	内部相関係数	都市人口項検定	時間項検定	AIC
1891 ～ 2004	重回帰式全年	1891～2004	×	0.983	×		1.488
	重回帰式前半	1891～1988	?	0.976	○	○	
	重回帰式後半	1989～2004	×	0.852	×	×	
	単回帰式全年	1891～2004	○	—	—		1.477
	単回帰式前半	1891～1947	?	—	—	×	
	単回帰式後半	1948～2004	○	—	—		
1920 ～ 2004	重回帰式全年	1920～2004	○	0.985	×	×	1.304
	重回帰式前半	1920～1964	?	0.911	○	×	
	重回帰式後半	1965～2004	×	0.984	×		
	単回帰式全年	1920～2004	○	—	—		1.285
	単回帰式前半	1920～1979	○	—	—		
	単回帰式後半	1980～2004	○	—	—		

注) 符号条件で○は温暖化条件を満たす、×は満たさない、?は判定が不確定なものの検定で 有意水準 1%で有意、○は 5%で有意、×は 5%で有意ではないもの

$$1948 \sim 2004 \text{ 年 } R^2 = 0.445 \quad \bar{R}^2 = 0.435 \quad DW = 1.655$$

$$y_t = 14.185 + 0.025 x_t \quad (6)$$

$$(42.312) \quad (6.646)$$

前半部の時間項は有意水準 5%で有意でないが、この期間は定常的変動過程であった可能性がある。

4. 現熊本市調整人口による重回帰 Chow test

1920～2004 年の 84 年間における現熊本市調整人口に基づく重回帰式は、次のようになる。

$$1920 \sim 2004 \text{ 年 } R^2 = 0.599 \quad \bar{R}^2 = 0.589 \quad DW = 1.848$$

$$y_t = 14.898 + 0.012 \hat{P} + 0.015 x_t \quad (7)$$

$$(41.471) \quad (0.600) \quad (1.285)$$

ここに、 $\hat{P}$: 現熊本市調整人口、 x_t : 時間項 (1920 年 $x_t = 1$)

これに対し、ChowのF値の推移から構造変化年は1965年、有意確率 1.7×10^{-5} で、(7)式よりも次の2本の回帰式で表現した方が妥当ということになる。

$$1920 \sim 1964 \text{ 年 } R^2 = 0.378 \quad \bar{R}^2 = 0.348 \quad DW = 2.327$$

$$y_t = 14.302 + 0.044 \hat{P} - 0.001 x_t \quad (8)$$

$$(33.785) \quad (2.169) \quad (-0.097)$$

$$1965 \sim 2004 \text{ 年 } R^2 = 0.635 \quad \bar{R}^2 = 0.615 \quad DW = 2.183$$

$$y_t = 15.820 - 0.105 \hat{P} + 0.104 x_t \quad (9)$$

$$(13.864) \quad (-1.984) \quad (3.337)$$

5. 多重共線性とモデルの評価

各モデルの符号条件・回帰係数の検定結果等は、表1のようになる。参考までに、1920～2004年間の時間項のみの単回帰モデルとChow testによる2本の単回帰モデル、も示している。

Chow testによれば、いずれの期間も1本の回帰式よりも2本の回帰式に分割したほうが妥当ということになる。

都市温暖化と地球温暖化を前提すれば、重回帰式の回帰係数は符号条件を満たさないものが多く、回帰係数の検定も有意水準 5%で有意でないものが多い。これは内部相関係数が極めて高いことから、いずれの重回帰式においても多重共線性が発生しているものと推察される。

これに対して、時間項のみの単回帰式の回帰係数は有意水準 1%でも有意で、同一期間のAICも小さく、重回帰分析よりも優れているといえる。

5. おわりに

仮に都市人口項と時間項が独立であるならば、重回帰分析における都市人口項の回帰係数は純粋に都市温暖化現象を、時間項の回帰係数は地球温暖化現象を表現することになる。しかし、成長期の都市人口項と時間項はともに増大する系列であることから、多重共線性の発生は不可避と推察され、重回帰分析による都市化過程の表現は基本的限界が存在するといえる。都市温暖化現象と都市化過程の検討は、むしろ(5)～(6)式の現象を説明する別の方法を探るべきと考える。

【注】

- 1) 気象庁ホームページ
- 2) 仲村穰次・田代敬大「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16年度西部支部研究発表会講演概要集