

岐阜地方における気温と国土開発状況のトレンド解析

岐阜工業高等専門学校

正員 鈴木正人

信州大学工学部

正員 寒川典昭

和歌山工業高等専門学校

正員 小池一臣

岐阜工業高等専門学校 学生

○高橋可奈

1. 目的

化石燃料の燃焼、土地利用変化や農業などの人間活動が、大気中の温室効果ガスの濃度を増加させ、その結果、地球の温暖化という問題を引き起こしている。例えばIPCC（気候変動に関する政府間パネル）によると全球の平均で過去40年に0.2～0.3度の気温上昇であることが報告されている¹⁾。一方、温暖化問題をミクロな視点で見ると、ヒートアイランド現象の存在が確認されている。ヒートアイランド現象については、社会状況、開発状況が各都市で異なることにより温暖化の傾向が都市により異なることが予想される。著者らは、温暖化の一因として土地開発状況を想定し長野地方の土地利用状況と気温の経年変化について考察した²⁾。これらの研究をふまえ、本研究では、岐阜地方における気温データと、道路延長や電力使用量などの国土開発を表現するであろう指標を対象にトレンド解析を行い、温暖化の検証と温暖化と国土開発状況との関係を見いだすことを目的としている。

2. 使用データと期間

気温データは岐阜地方気象台で観測された1883年～1997年の日平均気温の月平均値および年平均値を用いる³⁾。また、季節別の平均値として、前年の12月、1、2月の3ヶ月の平均を冬、3、4、5月の平均を春、6、7、8月の平均を夏、9、10、11月の平均を秋、とし、季節別の平均気温も解析対象とする。

国土開発状況を表す指標は様々なものが考えられるが、気温データと同様に長期のデータ期間が得られることを条件にすると、かなり限定されてしまう。また、全国を一括に集計したものはまだしも、都道府県別に集計されたデータはわずかであった。結局、昭和元年以前のデータが得られることを条件に、国勢調査などの結果より岐阜県の人口、農家数、全国の人口、耕地面積、水陸稲作付面積、農家数、林野面積、電力需要家数又は契約口数、電力契約キロワット数、総道路実延長、総道路舗装道、一般国道実延長、一般国道舗装道を用いることにした。ただし、これらデータの多くはデータ期間内であっても毎年集計されているわけではなく、不連続になっている。

3. 解析方法

本研究ではトレンドを1本の直線で表すモデル（以下、一次回帰モデルと呼ぶ）と、2本の直線で表すモデル（以下、二分割モデルと呼ぶ）の2つのモデルを用いる。二分割モデルは、温暖化や国土開発の状況の経年変化の程度が解析対象期間内で変化している場合に有用である。なお、本研究では、年を $t(t=1,2,\dots,n)$ とおき、 t 時点における時系列データを x_t と表現している。

1) 一次回帰モデル t と x_t を t を説明変数、 x_t を目的変数とした一次回帰（直線）により表現する。この直線の傾きが、時系列の変化の程度（温暖化の程度）を表す。

2) 二分割モデル 時系列データ全体を時点 T で二分割($t=1,2,\dots,T,t=T+1,T+2,\dots,n$)し、分割した区間ごとにそれぞれを直線で、計2本の直線でトレンドを表現する。このような直線の組み合わせは無数に存在するが、それらの中で、最小二乗法の観点から、次式の e^2 を最小とするような直線をトレンドモデルと決定する。

$$e^2 = \sum_{t=1}^n (\hat{x}_t - x_t)^2 \quad e^2: \text{二乗誤差} \quad \hat{x}_t: \text{推定トレンド} \quad (1)$$

3) AICによるモデルの適否の判定⁴⁾ 一次回帰モデルと二分割モデルのどちらが適しているかを次式のAICにより判定する。

$$AIC = n \log_e 2\pi + n \log_e (e^2/n) + n + 2P$$

n : データ数、 P : パラメータ数（一次回帰モデル2個、二分割モデル4個） (2)

二分割モデルの方が一次回帰モデルに比べて推定トレンドとデータが近くなり e^2 が小さくなる。すなわちトレンドはデータを良く表現するようになる。しかし、その反面モデルのパラメーター数が多くなる。AICは、モデルのあてはまりの良さと、パラメータ推定の安定性の両者を勘案した基準である。時系列データの変化の程度が一樣であれば一次回帰モデルが採択される。逆に二分割モデルが採択されれば、時系列データの変化の程度は一樣でなく、分割された区間ごとに差があることになる。

4. 解析結果

岐阜市の日平均気温のトレンド解析結果を、表-1に示す。まず一次回帰結果をみると、岐阜市の全ての月、季節で傾きが正になっている。また有意性の検定結果（*5%有意、**1%有意）も、7月以外は、1%有意、7月も5%有意で、このことにより、温暖化が、顕著に現れていることが確認できた。また、2つのモデルの比較では、二分割モデルの方が適している（AICが小さい）のは、1、3～6、8～10月、年、春、夏、秋、冬であり、

これらの気温については温暖化の程度が一様ではないと思われる。一次回帰モデルが適している例として12月の結果を図-1に示すが、両モデルのトレンドにほとんど差が無く、あえて二分割モデルで表現する必要があることが分かる。つまりこれらのデータについては、統計的

表-1 岐阜市の日平均気温のトレンド解析結果

一次回帰結果					二分割結果					適モデル
傾き	相関係数	検定結果	二乗誤差	AIC	境界年	前半傾き	後半傾き	二乗誤差	AIC	
0.0132	0.33	**	179.30	381.37	1939	-0.0071	0.0328	168.32	378.11	二分割
0.0126	0.29	**	214.17	401.81	1943	0.0017	0.0259	208.18	402.54	一次
0.0142	0.35	**	187.58	386.56	1933	-0.0080	0.0297	175.83	383.12	二分割
0.0130	0.39	**	119.92	335.12	1936	-0.0113	0.0328	103.99	322.72	二分割
0.0186	0.65	**	60.41	256.27	1918	-0.0029	0.0253	56.69	252.95	二分割
0.0115	0.42	**	78.32	286.12	1960	0.0052	0.0297	75.16	285.39	二分割
0.0083	0.23	*	151.88	362.29	1989	0.0066	0.1125	150.22	365.02	一次
0.0131	0.45	**	85.67	296.44	1905	-0.0364	0.0185	79.80	292.28	二分割
0.0103	0.32	**	117.95	333.21	1908	-0.0320	0.0169	111.51	330.75	二分割
0.0141	0.46	**	91.81	304.40	1926	-0.0093	0.0254	84.67	299.09	二分割
0.0175	0.44	**	159.48	367.90	1886	0.6333	0.0153	154.72	368.42	一次
0.0158	0.40	**	172.15	376.69	1885	0.8000	0.0152	169.22	378.72	一次
0.0137	0.67	**	28.95	171.66	1932	0.0000	0.0231	24.65	157.18	二分割
0.0150	0.57	**	58.85	253.26	1931	-0.0083	0.0303	48.16	234.20	二分割
0.0110	0.47	**	52.69	240.53	1901	-0.0389	0.0146	49.93	238.35	二分割
0.0141	0.52	**	66.09	266.60	1923	-0.0075	0.0230	61.11	261.59	二分割
0.0139	0.43	**	104.11	318.86	1939	0.0018	0.0241	99.26	317.37	二分割

観点から見て変化の程度はここ100年あまりで一定であると考えられる。二分割モデルが適している例として10月の気温に対する結果を図-2に示す。図を見ると、1926年を境に温暖化の程度が変化しており、近年の温暖化の程度が激しいことを表している。他の場合も、二分割モデルの方が適している場合は全て分割の前半の傾きより分割の後半の傾きが急になっている。二分割モデルが適しているもののうち、境界年が1920~40年にあるものは、6個あり、岐阜地方では、この期間を境に温暖化の程度が変化していると思われる。

つぎに、国土開発状況指標の結果の例として、全国の電力契約キロワット数（単位：kw）のトレンドを図-3に示す。図をみれば明らかなように1950年付近を境に急激な伸びを示しており、一次回帰モデルよりも二分割モデルの方が適している。分割の境界は1954年であった。国土開発状況指標については、データが不連続のものが多く、得られた分割の境界もデータの不連続さを反映したものとなったが、多くの指標で分割の境界は1940~60年となった。

5. まとめ

本研究により、岐阜地方の温暖化は明確であり、その程度は1920~40年を境に変化していることが示唆された。国土開発状況指標については1940~60年を境にその程度が変化しており、気温と国土開発状況との変化の程度の境界年には差がみられたが、岐阜地方のみならず全国の気温を対象にして解析を行うことで、気温と国土開発状況に何らかの関連性が見いだせるものと考えている。

6. 参考文献

- 1) 気象庁編：地球温暖化の実体と見通し、大蔵省印刷局、p.138,1996,
- 2) 寒川・小池・鈴木・瀬上：長野地方の開発と月・季節・年平均気温の経年変化、信州大学工学部紀要第80号、pp.1-8、1998,
- 3) 気象庁編：気象年報CD-ROM1997年版、(財)気象業務支援センター、
- 4) 坂元慶行 他：情報量統計学、共立出版、pp.127-138、1983

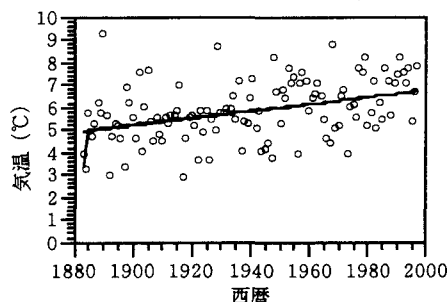


図-1 12月平均気温のトレンド

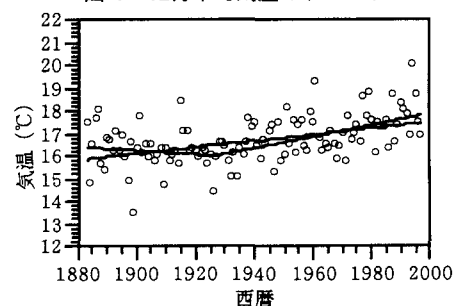


図-2 10月平均気温のトレンド

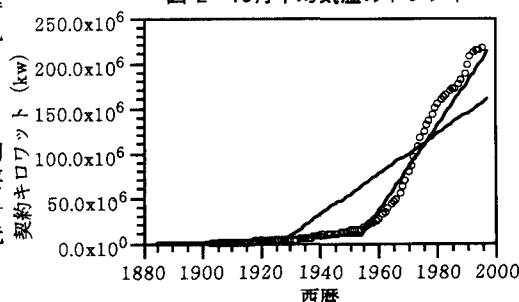


図-3 全国の電力契約キロワット数のトレンド