

II-5

都市化による気温変動を考慮した降水量変動解析

徳島大学大学院 学生員 名倉陽子
 徳島大学工学部 正 員 端野道夫
 徳島県庁 正 員 久米範彦

1. まえがき 近年、地球環境問題に関する研究が盛んになされており、中でも地球温暖化問題は特に注目されている分野である。現実には、気温の上昇により降水量や土壌水分量などが変化し、その結果利水面などからも人間活動に甚大な影響を及ぼすことが予想されている。このため、気温と降水量の関係を明らかにすることが、今後の水資源問題には重要であると思われる。そこで本研究では、確率統計的手法により過去100年間程度の気温と降水量のデータを用いて、気温や降水量の基本統計量（平均値）の時系列変化を都市化現象を考慮した数理モデルにより求めることを試みた。

2. 解析手法

(1) **気温の平均値の時系列モデル** 気温のデータの状態を見ると、各都市とも非常に激しい都市化現象のためか、観測所の移動が多数見られた。このため、気温の平均値の時系列変化に関して、都市化と観測所の移動を考慮するように次式で表されるような数理モデルを構築した。

$$\bar{\theta}_i = S_{\theta i} + P_{\theta i} + T_{\theta i} + C_{\theta i} \quad (1)$$

ここで、 $\bar{\theta}_i$ は気温の平均値の推定値、 $S_{\theta i}$ は観測所の移動による平均値のジャンプを検出する干渉成分¹⁾、 $P_{\theta i}$ は各都市の集中人口による人口成分、 $T_{\theta i}$ は線形トレンド成分、 $C_{\theta i}$ は周期成分である。

(2) **降水量の平均値の時系列モデル** 降水量の平均値の時系列変化に関して、気温と降水量との間には何らかの因果関係があるという考えをもとに、式(1)を用いて次式で表されるような数理モデルを構築した。

$$\bar{R}_i = \exp(f(\bar{\theta}_i) + T_{Ri} + C_{Ri}) \quad (2)$$

ここで、 $\bar{R}_i$ は降水量の平均値の推定値、 $f(\bar{\theta}_i)$ は $\bar{\theta}_i$ の2次成分までの線形重ね合わせ、 T_{Ri} は線形トレンド成分、 C_{Ri} は周期成分である。

(3) **パラメータの推定法** 式(1)～(2)のモデル中のパラメータの推定法には、最尤法を用い、その最適化手法にはシンプレックス法を用いた。ここで、シンプレックス法を用いる場合、パラメータに初期値を入力する必要があるが、本研究ではまず実測データを用いた変数増減法による重回帰分析を行い、その結果出力されたパラメータを最尤法（シンプレックス法）における初期値として入力した。

3. 解析結果

(1) **年平均気温の平均値の時系列変化** 年平均気温の平均値の時系列変化を全国45地点について試みた。図1に東京（東京都千代田区）、図2に長崎（長崎県長崎市）の結果を示す。図2には明らかに観測所の移動による平均値のジャンプ、図1には都市化現象による気温上昇が顕著にみられた。この2都市の気温変動を含め、都市と地方とは気温変動の形態が異なるものと考えられる。

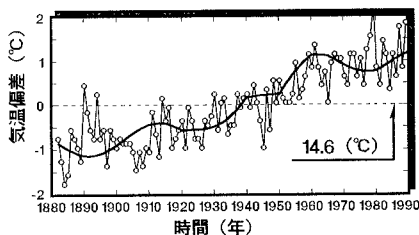


図1 年平均気温の平均値の時系列変化（東京）

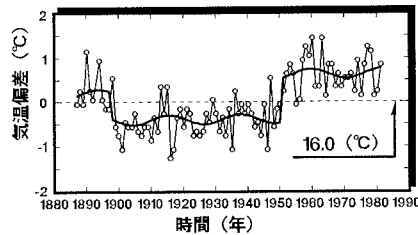


図2 年平均気温の平均値の時系列変化（長崎）

次に、図3に式(1)中の人口成分が有意な説明変数として取り入れられた都市のみの集中人口と都市化による気温上昇の関係を示す。この図より、人口と気温上昇との間には非常に強い相関関係がみられる。人口が増加すると、自動車の排気量や冷暖房器具などによるエネルギー排出量が多くなり、気温上昇にはかなり都市化の影響が強いものと思われる。

(2) 月平均気温の平均値の時系列変化 今回、7地点（札幌、新潟、徳島、本山、境、広島、福岡）について月平均気温の時系列解析を試みた。図4に1月、図5に7月の徳島における月平均気温の平均値の時系列変化を示す。図より、気温変動は人口増加のみでなく自然現象による周期性を持つことがわかる。また、式(1)による推定値（実線）と、式(1)の人口成分を除いた推定値（点線）の差より、比較的夏より冬の方が都市化による気温上昇が大きいことがわかる。7地点の解析結果を総合すると、年平均気温の結果と同様、大都市は小・中規模の都市と比較して明らかに気温上昇の大きいことがわかった。

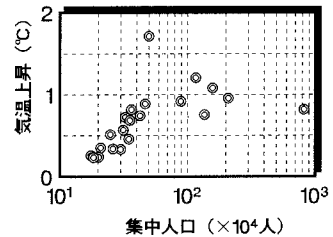


図3 1951～1990年の40年間についての都市別にみた集中人口と気温上昇の関係図

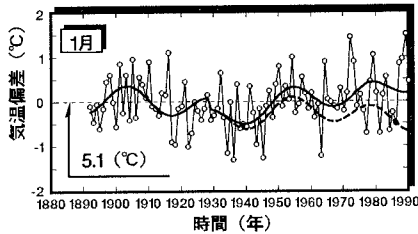


図4 月平均気温の平均値の時系列変化（徳島）

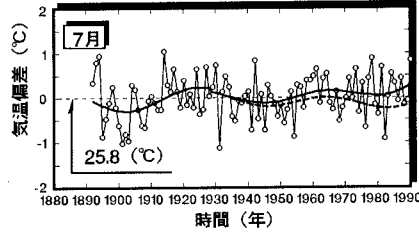


図5 月平均気温の平均値の時系列変化（徳島）

(3) 月降水量の平均値の時系列変化 (2)と同様、7地点についての月降水量の時系列解析を試みた。図6に1月、図7に7月の徳島における月降水量の平均値の時系列変化を示す。図中の実線は式(1)を用いた時の式(2)の推定値を示し、点線は式(1)の人口成分を除いた時の式(2)の推定値を示す。図より、降水量は気温成分のみでなく周期成分を持つこと、また1950年頃からの都市化に伴い、降水量は幾分冬に増加、夏に減少傾向ということがわかる。7地点の解析結果を総合すると、比較的冬より夏に周期性が強く現れているようで、これは梅雨期間、台風の襲来回数などが関係してくるためであると思われる。

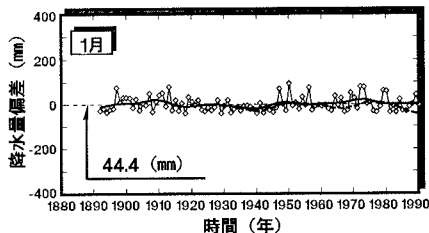


図6 月降水量の平均値の時系列変化（徳島）

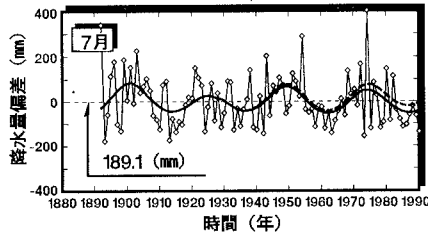


図7 月降水量の平均値の時系列変化（徳島）

4. あとがき 今回、都市化を考慮した気温と降水量の平均値の時系列モデルを構築し、本モデルにより気温と降水量の平均値がよく表現できたと思われる。また、気温上昇が特に大都市において顕著にみられたことから、気温上昇は、全球的な温暖化現象よりも地域的な都市化現象（ヒートアイランド現象）にかなり起因しているものと考えられる。降水量については、都市化の影響についての明確な変化はみられなかったが、少なからず気温に影響される地点や季節のあることが判断できた。

【参考文献】 1) 端野道夫：水文学の確率・統計解析、土木学会水理委員会、1982