

台風中心気圧の非定常年最大値分布の推定

徳島大学工学部 正員 端野 道夫
エスシー企画(株) ○正員 阿部 宏一

1. まえがき

地球温暖化に伴う台風の諸特性の長期的変化傾向の有無が注目されている。本報では、我が国(西日本)に上陸した台風の個数と強さ(中心気圧深度)の非定常時系列特性を、非定常ポアソン過程とホークス型自己励起過程の和としてモデル化し、将来の台風の非定常シミュレーションを行い、将来の台風の強さの非定常年最大値分布を示す。使用データは、名古屋を境にした西日本(本土)に上陸した1884~1989年の台風データである。

2. 台風の台陸個数と強さの確率的モデル

i) 上陸個数: 一般によく知られているポアソン分布は次のように表せる。

$$P_r [N_t = n | \Lambda_t] = \frac{\Lambda_t^n}{n!} \exp(-\Lambda_t) \quad (1)$$

経年変動を考慮するため、(1)式中のパラメータ Λ_t に(2)式を与える。(2)式中第1項の実線は数十年のトレンドを表し、破線は数ヶ月から数年ないし30年までの周期成分を表す。また第2項の2重線はLaguerre型多項式¹⁾²⁾を用い過去の台風履歴を考慮する項である。

$$\Lambda_t = \lambda \cdot \exp \left\{ \sum_{j=1}^{N_1} a_j t^j + \sum_{m=1}^{N_2} k_m \sin \left(\frac{2\pi}{T_m} t + \theta_m \right) \right\} \\ + \sum_{i=1}^M \sum_{t=s_i}^t \alpha_m (t-s_i)^m \exp \left\{ -\beta (t-s_i) \right\} \cdot y_i \quad (2)$$

ここに、 $s_i (i=1, 2, \dots)$: 台風上陸日; $a_j, k_m, \theta_m, \alpha_m, \beta, \lambda$: パラメータ; N_1, N_2, M : パラメータ数; $y_i = (Y_i - 3) / 140$; Y_i : 1013mbよりの中心気圧深度; T_m : 周期年数

ii) 台風中心気圧深度(強さ): 中心気圧深度の分布については、(3)式で与えられるベータ分布を採用した。パラメータ $A=2$ と固定し、パラメータ B_t に季節変化と経年変動(非定常性)を考慮するため(2)式と同様の式を与える。ただし、Laguerre型多項式中の過去の中心気圧深度 y_i は含まないものとする。

$$h_t(y) = \frac{\Gamma(A+B_t)}{\Gamma(A)\Gamma(B_t)} y^{A-1} (1-y)^{B_t-1} \quad (3)$$

iii) 非定常年最大値分布: (2)、(3)式を用いて非定常年最大値分布を定式化すると、(4)式のようになる。

$$P \left[x[u, u+1] \leq y \right] = \exp \left[- \int_u^{u+1} \{ 1 - H_t(y) \} \Lambda_t dt \right] \quad (4)$$

ここに、 u : 年最大値分布を求めようとする年度; $H_t(y) (= \int_0^y h_t(x) dx)$: (3)式の積分により得られる台風中心気圧深度の確率分布

3. 計算結果

i) 最適モデル: 最適パラメータの推定には最尤法を用い、評価基準にはAIC基準を用いた。最適パラメータ数は、上陸個数については、 $N_1=4, N_2=4, M=2$ 、中心気圧については、 $N_1=1, N_2=3, M=0$ となった。また、このとき T_m で表される周期成分は、上陸個数で半年、1年、5年、26年、強さで半年、1年、6年が得られた。

ii) 台風の非定常シミュレーション： 台風の模擬発生は、実測データのある1960～1989年の30年間と将来の1990～2019年の30年間を行った。この1例を図1、図2に示す。ただし、実線は実測データを使った理論値の平均、点線は模擬データを使った理論値の平均である。台風の上陸個数、強さとも過去の台風（1960～1989年）の再現性はほぼ妥当であるが、台風上陸の将来シミュレーション（1990～2019年）したものについては、上陸個数が若干減少しすぎるという問題点を残している。これは、観測体制の整っていない1950年以前の信頼度の低いデータを用いていることが影響したものであると考えられる。

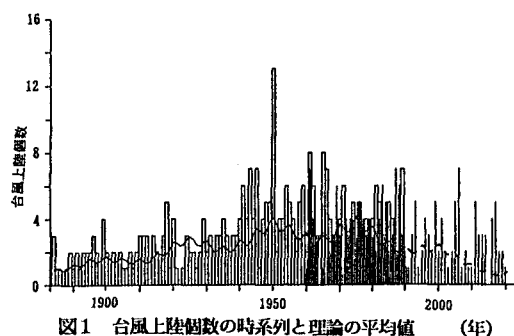


図1 台風上陸個数の時系列と理論の平均値 (年)

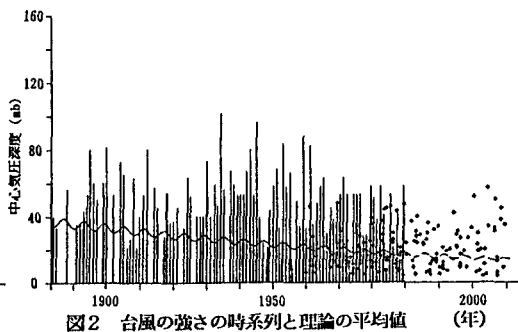


図2 台風の強さの時系列と理論の平均値 (年)

iii) 年最大値分布： 図3、図4の実線は1975年、2005年を中心とした30年間の非定常（理論）年最大値分布の平均を表す線であり、一点鎖線は30年間の最大確率分布、最小確率分布を示す線である。この図から、将来30年間の台風は過去30年間の台風に比べて若干小さくなるのがわかる。ただし、1975年のものは実測データと模擬データ3例を使用し、2005年のものは模擬データ3例を使用し、これらの結果すべての平均及び最大確率分布、最小確率分布を描いたものである。参考として30年間の使用データをプロットしたが、全体として確率分布は、ほぼ一致している。1975年の模擬データ2例（ $\times$, $+$ ）と理論の最小確率分布との差が現れたのは、次のように考えられる。図中の線は（4）式の Λ_t に年平均値を用いているために、年最大値分布の平均線となっている。このため、 Λ_t の分散を考慮するなどして、年最大値分布の信頼区間の設定が必要であると思われる。

4. あとがき

台風の経年変動を考慮したモデル化、このモデルを使つての将来の台風の非定常シミュレーション、また中心気圧深度の年最大値分布の推定とも、ほぼ良好な結果が得られた。将来、台風のシミュレーションで上陸個数が減少しすぎるという点が問題点として残っているが、この点は信頼度の高い1950年以降のデータで同定したならば改善されるものと思われる。

【参考文献】 1) 尾形良彦：事象発生の原因解析，数理科学，No. 213，1981

2) 端野道夫，中辻崇浩：台風の上陸と強さに関する経年変動のモデル化，土木学会第46回年次講演会講演概要集，1991

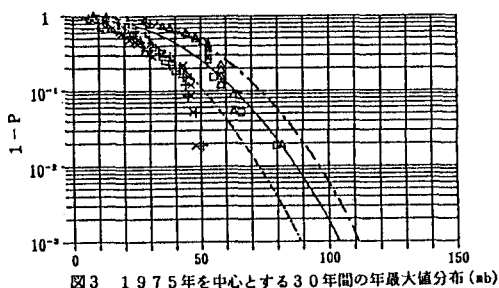


図3 1975年を中心とする30年間の年最大値分布 (mb)

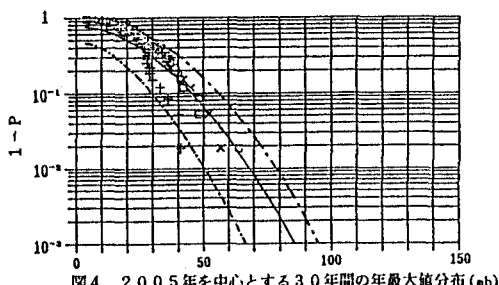


図4 2005年を中心とする30年間の年最大値分布 (mb)