

II-65

台風の上陸個数と強さに関する
経年変動のモデル化徳島大学工学部 正員 端野 道夫
(株)建設技術研究所 正員○中辻 崇浩

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)に上陸した台風の上陸個数と強さ(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、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. 台風の上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。

$$P_r(N_t = n | \Lambda_t) = \frac{\Lambda_t^n}{n!} \cdot \exp[-\Lambda_t] \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

(1) 式に経年変動を考慮するため、パラメータ Λ_t に (2) 式を与える。(2) 式第1項中の実線は1年以上のトレンドを表し、破線は1年以内の周期を表している。また、第2項中の二重線はLaguerre型多項式¹⁾を用い過去の台風履歴を考慮する項である。

$$\Lambda_t = \lambda_p \cdot \exp \left\{ \underbrace{\sum_{j=1}^{N1p} a_{pj} \cdot t^j + \sum_{m=1}^{N2p} k_{pm} \cdot \sin(\omega_0 m t + \theta_{pm})}_{\text{実線}} + \underbrace{\sum_{s_i \leq t} \sum_{m=1}^{Mp} \alpha_{pm} \cdot (t-s_i)^m \cdot \exp[-\beta_p(t-s_i)]}_{\text{二重線}} \right\} \quad (2)$$

ここに s_i ($i=1, 2, \dots$): 台風上陸日; a_{pj} , k_{pm} , θ_{pm} , α_{pm} , β_p : パラメータ; $N1p$, $N2p$, Mp : パラメータ数

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を考慮するため(4) 式を与えた。(4) 式も、(2) 式と同様に1年以内の周期および過去の履歴を考慮している。

$$h_t(y) = \frac{\Gamma(A+B_t)}{\Gamma(A) \cdot \Gamma(B_t)} \cdot y^{A-1} \cdot (1-y)^{B_t-1} \quad (y=(Y-3)/140, 0 \leq y \leq 1) \quad (3)$$

$$B_t = \lambda_c \cdot \exp \left\{ \underbrace{\sum_{j=1}^{N1c} a_{cj} \cdot t^j + \sum_{m=1}^{N2c} k_{cm} \cdot \sin(\omega_0 m t + \theta_{cm})}_{\text{実線}} + \underbrace{\sum_{s_i \leq t} \sum_{m=1}^{Mc} \alpha_{cm} \cdot (t-s_i)^m \cdot \exp[-\beta_c(t-s_i)]}_{\text{二重線}} \right\} \quad (4)$$

ここに、 s_i ($i=1, 2, \dots$): 台風上陸日; a_{cj} , k_{cm} , θ_{cm} , α_{cm} , β_c : パラメータ; $N1c$, $N2c$, Mc : パラメータ数
Y: 1013mbよりの台風中心気圧深度

iii) 年最大値分布: (5) 式で表せる年最大値分布を定式化するため、次のような2つの条件を仮定する。

条件1: 上陸個数は(2) 式で表されるような条件付強度関数で規定される point process に従う。

条件2: 強さ Y_i の系列 $\{Y_i\}$ は、互いに独立な確率変数でありその確率分布は発生時点と上陸個数の履歴に依存する。

いま、期間 $[u, v]$ 内の最大値を $x(u, v) = \max Y_i$ ($u < s_i \leq v$) とすると、条件1、2の元に $x(u, v)$ の確率分布は次式のように誘導される。

$$P[x(u, v) \leq y] = \exp \left\{ - \int_u^v [1 - H_t(y)] \cdot \Lambda_t dt \right\} \quad (5)$$

ここに、 $H_t(y) = \int_0^y h_t(y) dy$: (3) 式の積分により与えられる台風中心気圧深度の確率分布関数

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、モデル間比較には赤池のAIC規準を用いた。最適パラメータ数は上陸個数については $N_{1p}=4, N_{2p}=2, M_p=2$ となり、強さについては $N_{1c}=1, N_{2c}=1, M_c=1$ となった。最適パラメータは、表1に示す。

ii) 経年変動： 上陸個数（西日本）の経年変動を示せば図1のようであり（2）

式による平均値はほぼ実際の傾向を表現している。また台風の強さの経年変動については図2のようでありその平均値：

$$E(y_t) = B_t / (A + B_t)$$

は単調減少を示している。

iii) 年最大値分布： 図3、図4、

図5の実線は（5）式による、そ

れぞれ1915年、1945年、1975年の非

定常（理論）最大値分布を表したものである。参考のため、それぞれの年を中央とする期間（30年間）の実測値をプロットしたが、全体としてはほぼ確率分布は一致していることがわかる。1945年（図4）については非定常性が強いことが実測値（定常仮定）と理論値（非定常）との差となって現れているようである。

4. あとがき

（西日本）上陸台風の個数と強さは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のモデル化が妥当であることが明らかとなった。

本研究は文部省科研費重点領域研究（代表者：中央大学 服部昌太郎教授）の補助を受けて行った研究成果の一部であり、記して謝意を表します。

参考文献；

- 1) 尾形良彦：事象発生因果解析，数理科学，No. 213，pp. 30-36，1981。

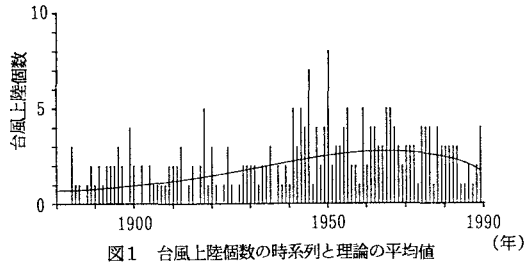


図1 台風上陸個数の時系列と理論の平均値

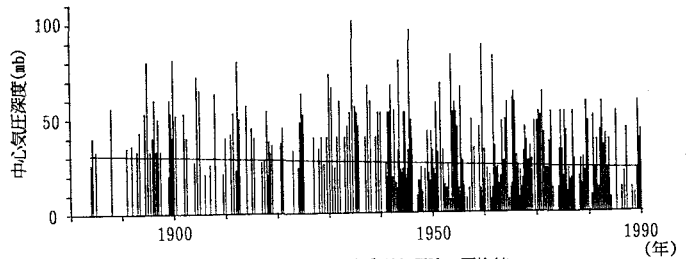


図2 台風の強さの時系列と理論の平均値

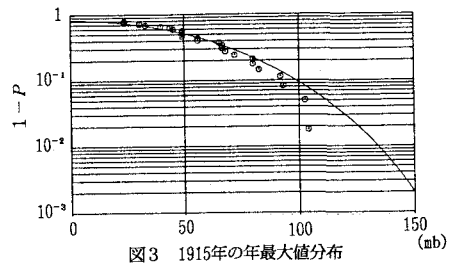


図3 1915年の年最大値分布

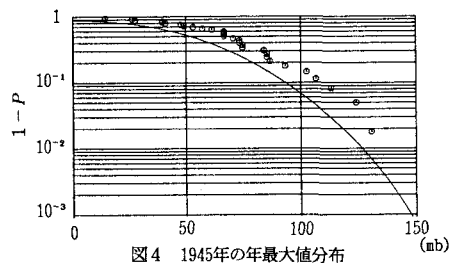


図4 1945年の年最大値分布

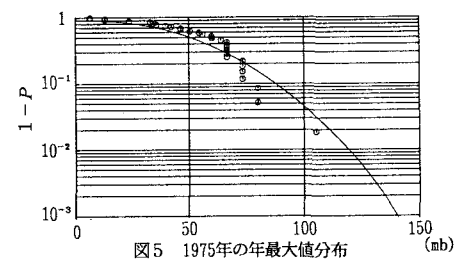


図5 1975年の年最大値分布

表1 最適パラメータ

パラメータ	上陸個数	強さ
a_{p1}, a_{c1}	1.824E-2	5.620E-3
a_{p2}, a_{c2}	9.837E-5	*****
a_{p3}, a_{c3}	-2.816E-7	*****
a_{p4}, a_{c4}	-1.354E-8	*****
k_{p1}, k_{c1}	3.583E+0	4.890E-1
k_{p2}, k_{c2}	5.499E-1	*****
θ_{p1}, θ_{c1}	-2.643E+0	-8.003E-1
θ_{p2}, θ_{c2}	-2.945E+0	*****
α_{p0}, α_{c0}	-1.597E-1	-8.038E-6
α_{p1}, α_{c1}	6.230E-2	2.104E-4
α_{p2}, α_{c2}	-3.183E-3	*****
β_p, β_c	1.281E-1	3.686E+0