

台風における新しい確率モデルの提案 その1 ミックスモデルの提案

○ 東京大学	正会員	石原 孟
(株)長大	正会員	ホタイホーム
東京大学	フェロー	藤野陽三

1. はじめに

近年土木構造物の大型化に伴い、構造物の耐風安全性の向上や耐風設計の合理化のために長い再現期間の設計風速が必要となる。現在日本における風観測は最長70年間しかないため、長い再現期間（例えば、1000年）に対する年最大風速の算定が外挿となってしまう。この問題を解決するために、台風シミュレーションによる設計風速の評価手法が提案されてきた^{1), 2)}。

台風シミュレーションにより設計風速を評価するには台風パラメータの確率分布を精度よく近似することが重要である。しかし、従来の確率モデルはある地点の台風パラメータの確率分布をよく近似できても、これを他の地点に適用すると、大きな誤差が生じてしまう。また従来のシミュレーション手法では台風パラメータの間の相関を同時に再現できない問題もある。その結果、現在利用されている台風シミュレーション手法より求められた年最大風速は台風パラメータの実測データから直接求められた年最大風速に比べ、長い再現期間の風速値が過大に評価されてしまう。

そこで、本論文その1では、どの地域でも適用できる普遍的な確率モデルを提案し、その2では台風パラメータ間の相関関係を正しく再現でき、かつ台風パラメータの確率分布の精度を損なわないシミュレーション手法を提案する。本研究で提案された新しい確率モデルの有効性を示すために、地表面の影響を受けない上空風の年最大風速の確率分布と比較することとした。

2. 台風シミュレーションの概要

台風シミュレーションでは①まず過去の台風観測データにより、台風の年発生数 λ 、最接近距離 $d_{\min}$ 、進行方向 θ 、進行速度 C 、中心気圧低下量 ΔP 、最大旋衡風速半径 R_m の6つのパラメータの確率分布を求める。次に、②各パラメータの確率分布に従う人工的な台風を発生させる。そして、③発生された台風の気圧場から上空風を求め、地表面の粗度、地形の起伏を考慮して地上風に変換し、地上風の年最大風速を求める。最後に、④シミュレートした数千年～1万年間の年最大風速を大きい順に並べ、年最大風速の確率分布を求め、更に任意再現期間の風速を算出する。

3. ミックスモデルの提案

従来の台風シミュレーションに使用された確率モデルは年発生数 λ はポアソン分布、最接近距離 $d_{\min}$ は一様分布、進行方向 θ は正規分布、進行速度 C 、中心気圧低下量 ΔP 、最大風速半径 R_m は対数正規分布である。一般に中心気圧低下量の確率分布の近似式としては日本では対数正規分布が用いられているのに対して、アメリカではワイブル分布が推奨されている³⁾。中心気圧低下量の確率分布は風速の評価に最も大きな影響を与えることを考えると、対数正規分布とワイブル分布の近似精度及びその適用可能性を明らかにする必要がある。

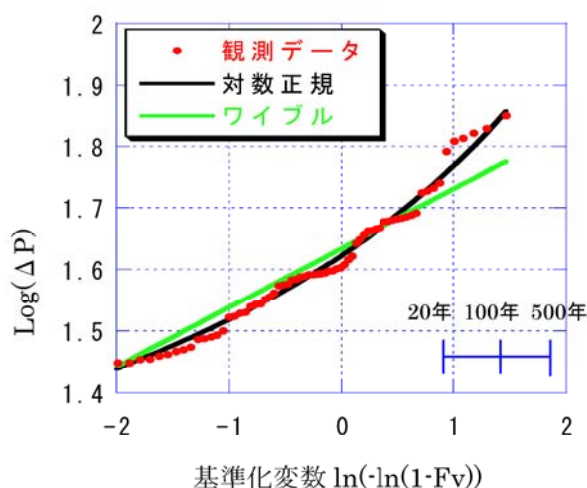


図1 千葉における気圧低下量の確率分布

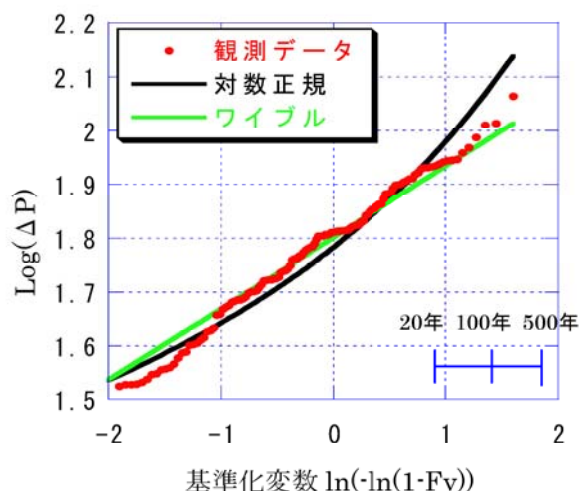


図2 那覇における気圧低下量の確率分布

図1と図2に千葉及び那覇における気圧低下量の観測データと既存の確率モデルとの比較を示す。縦軸は気圧低下量を

キーワード：台風シミュレーション，台風パラメータの確率モデル，ミックスモデル

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL 03-5841-6096 FAX 03-5841-7454

対数で表示し、横軸は基準化変数を表す。基準化変数が大きいほど再現期間が長いことに対応している。また図中の赤丸は観測データを示す。これらの図から分かるように、対数正規分布（黒線）は千葉の観測データをよく近似できるが、那覇の観測データを精度よく近似できない。一方、ワイブル分布は那覇の観測データをよく近似できるのに対して、千葉の観測データをよく近似できないことが分かる。これは千葉と那覇における強い台風の襲来頻度の違いによるものである。千葉では強い台風がまれにしか来ないに対して、那覇では強い台風がよく襲来する。このように気候的に異なる地域に対して、単一の確率モデルにより精度のよい近似が困難であり、普遍的な確率モデルの提案が必要である。因みに Georgiou ら³⁾がワイブル分布の近似精度がよいとされた地点フロリダは緯度的に那覇に近い。

そこで、本研究では対数正規分布とワイブル分布を組み合わせによるミックスモデルを提案する。このモデルは次式により表させる。

$$LW = aL + (1-a)W \quad \in [0,1] \quad (1)$$

ここで、 L は対数正規、 W はワイブル、 a はミックスパラメータである。 $a=0$ はワイブル分布、 $a=1$ は対数正規分布を表す。このパラメータは最小二乗法により求められる。このモデルを千葉と那覇気象台に適用すると、千葉では $a=1$ 、すなわち対数正規分布となり、一方、那覇では $a=0.2$ 、ワイブル分布に近い分布となった。

図3には日本全国をカバーする 6 地点（那覇、名瀬、宮崎、大阪、千葉、仙台）に本モデルを適用した結果を示す。南から北に行くにしたがって、気圧低下量 ΔP の分布はワイブル分布から対数正規分布に移行していることが分かる。これは強い台風の襲来頻度が南から北へ行くに従って減少していくことに対応している。ミックスモデルは中心気圧低下量にのみならず、最大旋衡風速半径と移動速度にも適用でき、よい近似精度が得られる。特に移動速度の確率分布は中心気圧低下量と反対な傾向を示す、すなわち、南から北へ行くに従って、ミックスパラメータが減少する。

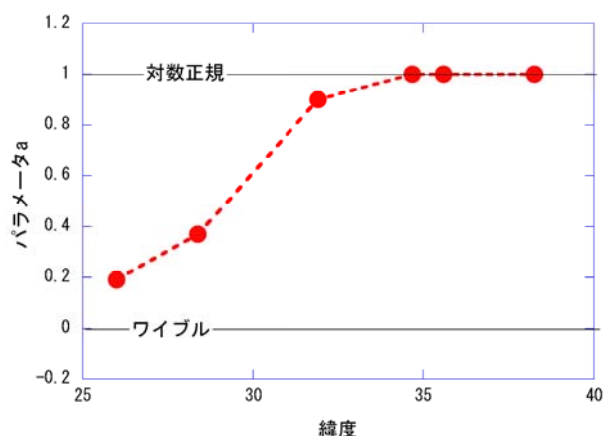


図3 ミックスパラメータ a の緯度による変化

新しく提案したミックスモデルの効果を検証するために、台風パラメータの観測値より算定された上空風の年最大風速と観測値を近似した確率分布により求められた上空風の年最大風速を比較した。図4には千葉における上空風の年最大風速の比較結果を示す。従来の手法（赤線）による長い再現期間の年最大風速の過大評価は本研究に提案したモデル（黒線）により大きく改善されたことが分かる。なお、千葉においては移動速度の確率分布におけるミックスモデルの適用が最も大きな影響を与えた。

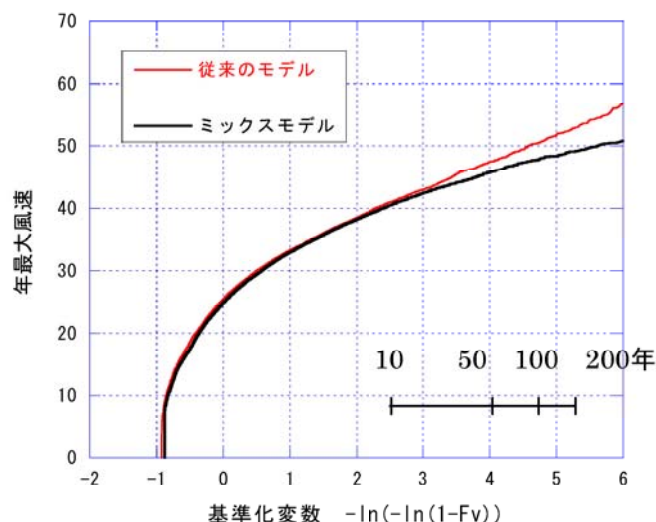


図4 千葉における上空風の年最大風速の確率分布

4. まとめ

本研究では台風パラメータを近似する新しい確率モデルを提案し、以下の結論を得た。

- 1) 対数正規分布とワイブル分布を組み合わせることにより、任意地点に適用できる普遍的なミックスモデルを提案した。
- 2) ミックスモデルを利用した台風シミュレーションは長い再現期間に対して従来のモデルによる年最大風速の過大評価を大きく改善した。

謝辞 本研究は一部（財）東電記念科学技術研究所の助成を受けたものであり、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 光田寧，藤井健：日本南方洋上における台風の確率モデルの作成，京大防災研究年報，No.32B-1，pp.335-348，1989。
- 2) 松井正宏，石原孟，日比一喜：実測と台風モデルの平均化時間の違いを考慮した台風シミュレーションによる年最大風速の予測法，日本建築学会構造系論文集，No. 506，pp.67-74，1998。
- 3) P.N.Georgiou, A.G.Davenport, B.J.Vickery: Design wind speeds in regions dominated by tropical cyclones, J. Wind Eng. and Ind. Aerodyn., 13(1-3), pp.139-152, 1983.