第II部門　　降雨確率モデル構築のための MSM における台風周辺の環境場と降雨強度との関係

大阪公立大学工学部都市学科　　学生員　○熊崎直太郎
大阪公立大学大学院工学研究科　正会員　　中條　壮大

１．研究背景・目的

日本では毎年多くの台風が接近・上陸し，降雨による甚大な災害が頻発している．加えて，気候変動に伴う台風の低頻度化と激甚化が予測されている．降雨災害は台風の経路や強さにも依存するため，気候変動の影響評価や被害想定には多様な台風シナリオが必要となる．物理モデルでは高精度な予測が可能であるが，台風シナリオの多様性には制限が生じる．強風や高潮のリスク評価にはモンテカルロ法で大量の台風データを作り出す確率的台風モデルが活用されてきた．しかし，降雨の確率モデルは非常に限定的で研究例が少なく，台風を取り巻く降雨帯の分布を直接扱うものは見られない．竹田 [1)]は台風経路データを入力値として，確率的に降雨帯を生成するモデルの構築を行った．そこでは台風の中心気圧や季節，緯度との関係が重回帰でモデル化されているが，ばらつきは大きく，台風周辺の環境場との関係性については十分に考慮されていない．

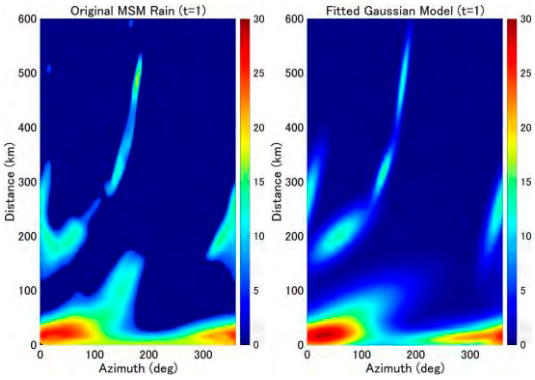
実環境の気象条件に即した物理的妥当性を持つ降雨確率モデルを構築することを目指し，台風周辺の大気環境場（気温，水蒸気量，風速，風向など）と降雨強度の関係性を明らかにすることを目的とする．

２．降雨分布の近似手法（ガウス分布）

本研究では，過去の台風経路に気象庁ベストトラックデータを，降雨データにメソスケールモデル（MSM）出力を使用した．降雨分布は竹田にならい，2 次元ガウス分布の重ね合わせによる最小二乗法の最適フィッティングで近似して特徴量を得た．その際に直角座標系の降雨分布を台風中心からの距離rと方位角θの座標系に変換することで，スパイラル状の分布特性を抽出している．以下にガウス分布の式を示す．

$$z(x,y)=\sum_{k=1}^{n} H_k \exp\left(-\frac{x'^2}{2\sigma_x^2}-\frac{y'^2}{2\sigma_y^2}\right)+ax+by+c$$

$$[x' \quad y']=\begin{bmatrix} cos\theta & -sin\theta \\ sin\theta & cos\theta \end{bmatrix} * [x-x_0 \quad y-y_0]$$



(a) MSM　　(b) ガウス分布

図-1　降雨分布の近似例
（2003/5/30 9 時の台風 6 号）

ここでxとyはr−θ空間座標，zは降雨強度，Hはピークの降雨強度，x_0とy_0はr−θ空間座標の降雨帯の中心座標，σ_1, σ_2 は降雨帯幅，θは主方位角，a, b, c は背景降雨の分布パラメータである．

既往研究では降雨帯抽出数に 5 個の制限を設けていたため，外側降雨帯が十分に抽出できていない場合が見られた．今回は台風の内部構造に基づき，r＝0-200 km を内側降雨帯，r＝200-600 km を外側降雨帯と区分した．降雨帯分布の局所的な集中を防ぐため，近接距離には制約を設けた上で，内側降雨帯と外側降雨帯でそれぞれピーク降雨強度が大きい順に最大 4 個検出した．これにより，外側降雨帯も含め，直感と近い降雨分布が抽出，近似できた（**図-1**）．約 20 年分の台風を対象に，各降雨帯のピーク降雨強度等の特性値を抽出した結果を以降で分析した．

３．発達期の相当温位と降雨強度の特徴量分析

台風発達過程では，最初に熱帯収束帯で暖湿な空気が収束し上昇流が発生する．次に，上昇した空気は凝結し，積乱雲が発生する．このとき潜熱を放出するため，周囲の空気に比べ高温となり，密度が小さくなって地上気圧が低下する．これにより気圧傾度が大きくなり，暖湿な空気がさらに収束する．これらの過程を繰り返されるこ

Naotaro KUMAZAKI, Sota NAKAJO
sj23979o@st.omu.ac.jp, nakajo@omu.ac.jp

とで台風へと発達する．つまり，台風の発達およびその結果としての降雨には暖湿な空気と凝結による潜熱輸送が必要である．ここでは相当温位を潜熱輸送ポテンシャルとして考えた．

ここでは低緯度の台風発達時の大気環境場が，その後の降雨強度に影響を及ぼすと考え，発達期の相当温位と降雨強度の関係性について調べた．発達期の定義として，台風の中心が MSM の解析領域内で中心気圧が最低値を示すまでの期間を用いた．この時の台風半径 200 km 以内の平均相当温位を代表値とした．半径 200 km 以内としたのは，台風の壁雲や内側降雨帯が集中する領域として典型的なサイズと考えたためである．対応する降雨強度は各時刻の内側降雨帯・外側降雨帯全てのピーク降雨強度を用いた．また，降雨帯のピーク値座標が日本列島（北海道・本州・四国・九州）の陸上にある場合を上陸，海上の場合を非上陸と定義した．

図-2 は上陸した台風の内側降雨帯を対象に，**図-3** は上陸した台風の外側降雨帯を対象に，横軸に発達期の相当温位をとり，縦軸に降雨帯のピーク値の降雨強度をとった箱ひげ図である．発達期の相当温位は 5 K ごとに分類し，箱の中にある×印は階級ごとの降雨強度の平均値を示している．また四分位範囲に 1.5 を乗じ，それに第三四分位数を足し合した値より大きいものを外れ値と定義し，その相当温位の階級における例外的な豪雨帯と判定した. **図-2** より, 発達期の相当温位の階級が高くなると，降雨強度の平均値等が上昇し，外れ値が示す強度も高くなる傾向が確認された．一方で，相当温位が 355 K より大きくなると，平均値等の降雨強度に顕著な差は見られなかった．**図-3** では，**図-2** ほどの，発達期の相当温位の上昇に伴う降雨強度の増加は見られず，緩やかな増加傾向がみられた．また，同じ相当温位の階級で**図-2** と**図-3** を比較すると，内側降雨帯である**図-2** の方が強い降雨強度が出やすいことが分かった．

４．外れ値としての降雨強度の分布特性

図-2 と**図-3** で見たように, 降雨強度の統計的傾向は相当温位に依存していると考えられるが，ばらつきは大きく，特に外れ値がどのような条件で発生するのかを調べることは重要である．内側降雨帯の上陸時に発生する外れ値は，**図-4** に示すように北緯 36 ° 以南の太平洋沿岸の比較的限定された地域で発生している．これは周辺の山地など地形性対流の影響で発生した降雨の影響を多く含んでいると解釈できる．今後の統計的モデリングにおいては，更なる条件付確率の評価が必要であるが，このように地域によって外れ値の生じやすさが変化するという知見は，地形性降雨効果を分離したモデリングの可能性を示すものとして評価できる．

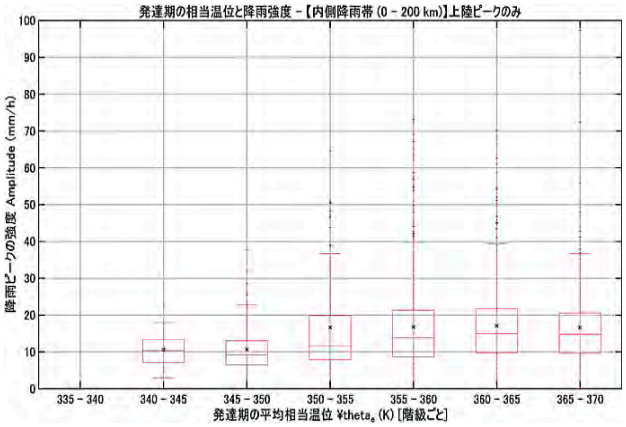


図-2　発達期の相当温位と降雨強度

（内側降雨帯，ピーク上陸時）

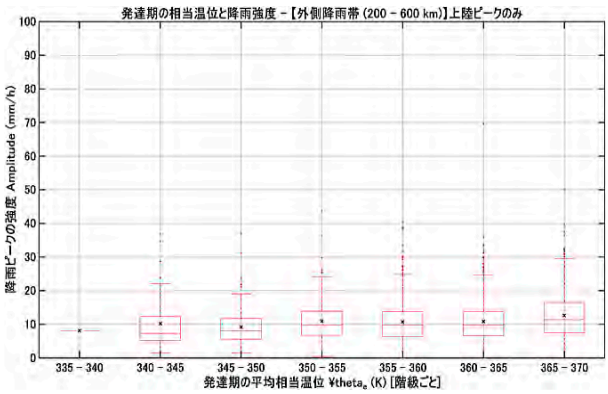


図-3　発達期の相当温位と降雨強度

（外側降雨帯，ピーク上陸時）

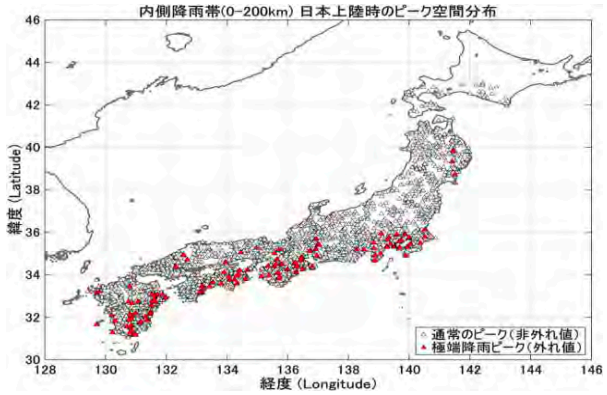


図-4　外れ値空間分布

参考文献

1)　竹田茉矢：台風降雨災害リスク評価のための降雨確率モデルの開発，大阪公立大学大学院工学研究科都市系専攻　修士論文，2026.