

大阪市立大学工学部

大阪市立大学大学院工学研究科

学生会員

正会員

○花元 響

中條 壮大

1. 研究背景・目的

2011年の東北地方太平洋沖地震以降、「想定外」の低頻度大災害について、その規模を推定し備えることが求められている。また、2013年の観測史上最も勢力の強い台風の一つである Haiyan による高潮等のこれまで想定外の災害は観測されている。津波や高潮に関する現状の対策は、既往最大の災害を基準に設計されているものが多く、経験したことのないような現象に対してはその妥当性が不明である。また合理的な防災計画の立案のためには災害の再現年数を推定することが求められるが、災害記録の少ない災害の頻度を推定することは難しい。そこで、本研究では確率台風による資料から多数の高潮予測結果を作成し、石垣島における極大高潮の潮位変化特性及び、極大高潮の再現期間を明らかにする。

2. 研究のアウトライン

熱帯性低気圧（以下、台風）の観測資料の不足を補うために観測資料から台風の発達過程を確率的に模擬することで大量の台風資料を作成する確率台風モデルを用いた。その結果得られる台風トラックデータから気圧と風速の場を作成し、非線形長波方程式を解けば、各台風データに対応する高潮偏差を算定可能である。しかし、膨大な台風資料全てを対象とすることは事実上不可能であるため、代表地点における風速や気圧などの情報から簡易的に各台風の最大高潮偏差を求める経験式を作成した。経験式の係数は経路や中心気圧などをパラメトリックに変化させた仮想の台風シナリオの高潮計算結果をもとに多変量解析の結果から推定した。この高潮簡易式を用いて確率台風モデルの多数のアンサンブルデータに対応する $hmax$ を計算し、極大高潮イベントの規模と再現期間を推定した。（図-1）

3. 計算条件

NOAA の IBTrACS データ（1968～2008 年）に基づいて構成された確率台風モデル（Nakajo ら, 2014）を用いて台風アンサンブルデータを 5000 年分作成した。また、同モデルの対象地における精度検証には二標本 t 検定、Kolmogorov-Smirnov 検定を行った。

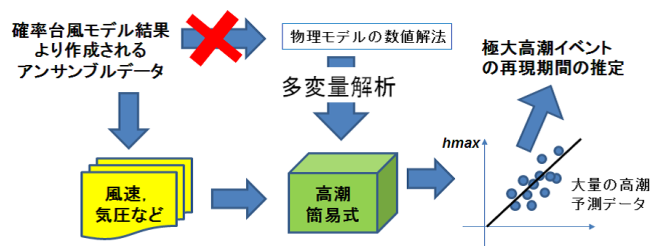


図-1 研究の概要

簡易式の推定と対象地における高潮特性評価に利用した高潮数値計算について説明する。定めた台風シナリオから風速と気圧の場を作成するために Myers, 藤井・光田の経験的台風モデルを採用し、それを外力条件として SuWAT (Kim ら, 2007) により非線形長波方程式を解いた。なお、ここでは潮汐作用や、波浪の影響を考慮していない。大スケールから小スケールの波動伝播を効率的に解くために、最小格子幅を 270m とした 3 層の双方向ネスティング計算を実施した。多変量解析より得た簡易式として、気象庁モデル（式 1）に加え、（式 2～4）を提案し検証した。各項には吸い上げ、吹き寄せの効果、プラウドマン共鳴についての項を設けた。また、吹き寄せの項に関しては気象庁モデルでは最大風速とその時の風向でモデル化されているが、ここでは最大風速を示す前後の時刻 T における積分値を用いることとした。推定した簡易式を用いて多数のアンサンブル台風データから $hmax$ を算定した。年最大 $hmax$ の確率分布を Weibull 分布と仮定し、極大高潮イベントを推定した。

$$hmax = \alpha_1 \Delta P + \beta_1 W^2 \cos \theta \quad (1)$$

$$hmax = \alpha_2 \Delta P + \beta_2 \sum_T (W' \cos \theta)^2 \quad (2)$$

$$hmax = \alpha_3 \Delta P + \beta_3 \sum_T (W' \cos \theta)^2 + \gamma_3 \frac{v_p^2}{|v^2 - v_p^2|} \quad (3)$$

$$hmax = \alpha_4 \Delta P + \beta_4 \sum_T (W' \cos \theta)^2 + \gamma_4 v \quad (4)$$

$hmax$: 1 イベントの最大高潮偏差 ΔP : 気圧深度
 v_p : 対象地の平均水深から推定される、顕著な共鳴を生じさせる台風速度 v : 台風移動速度 T : 吹き寄せ効果を考慮する積分時間 W : 対象地における最大風速 W' : 各時刻の風速 θ : 岸沖方向となす角

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$: 正規最尤法により推定した係数

4. 計算結果

(1) 台風特性

確率台風モデルにより計算された最接近時の中心気圧の頻度分布は観測結果と同じであると判定された。石垣島周辺(白保を中心に東西南北に1度以内)を通過した台風について年最小中心気圧の非超過確率分布をアンサンブル台風データより求めた(図-2)。この結果より、例えば Haiyan クラスの台風の再現年数は約1000年と推定された。また、石垣島における台風の進行方向(真西から反時計周り)と中心気圧の関係を示した。図-3より、北西に進行する台風において中心気圧が平均的には最も勢力が強いことが分かった。

(2) 高潮計算結果

式(1~4)の係数決定を行い、石垣島の複数地点において、 h_{max} を同条件で計算したSuWATと簡易式の関係を地点毎に評価した。極大高潮を算定するためには h_{max} の大きな値での関係が重要になる。図-4は伊野田におけるSuWATと簡易式の h_{max} 算定結果の関係を示した。伊野田では h_{max} の大きい時、式(1)がSuWATによる h_{max} に最も近くなった。式(1)を用いて伊野田の極大高潮シナリオについて推算する。式(1)と5000年分の確率台風モデルの結果を用いて年最大 h_{max} をWeibull分布に当てはめた。結果、伊野田で再現期間1000年に1回発生する h_{max} は3.1mであった。また、石垣島周辺を通過する全ての台風経路と年最大 h_{max} 上位10%の台風経路を図-5に示す。この図より伊野田に極大高潮を発生させる台風経路の多くは石垣島通過直後、北西に進行することがわかった。これは図-3における勢力が強い台風が多い進行方向と類似した結果である。

5. 結論

石垣島の伊野田においては式(1)がSuWATによる計算結果が大きい時、簡易式とSuWATの h_{max} の値は近い値を取った。また、伊野田に向かって北西方向に進行する台風は勢力が強いものが多く、再現期間が1000年に1度となる h_{max} は3.1mであることが分かった。

参考文献

- 1) Nakajo, S. et al., Journal of Applied Meteorology and Climatology, 53, pp.1543-1577, 2014
- 2) Kim, S. Y. et al., App. Oce. Res., Vol. 30, No. 4, pp. 311-322, 2007.

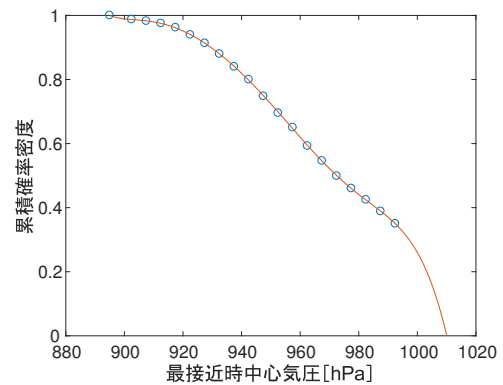


図-2 石垣島での最接近時年最低台風中心気圧の非超過確率分布

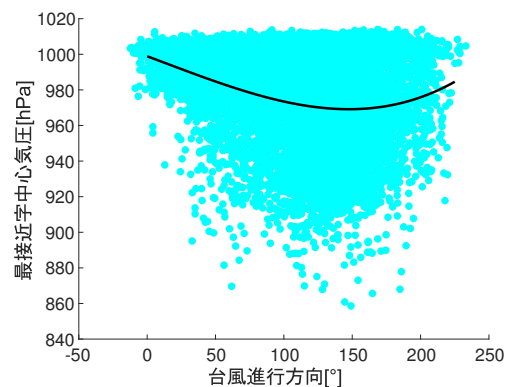


図-3 石垣島での最接近時年最低台風中心気圧と移動方向の関係(曲線は各移動方向の平均中心気圧)

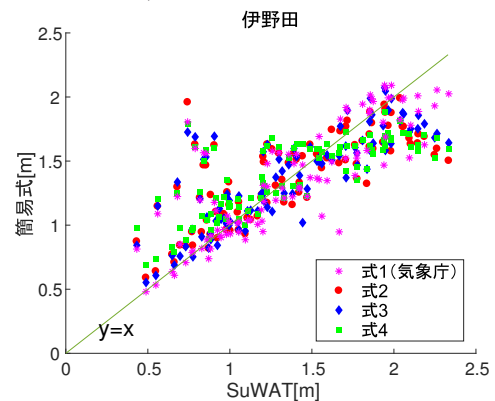


図-4 各簡易式と SuWAT による高潮推定結果の関係

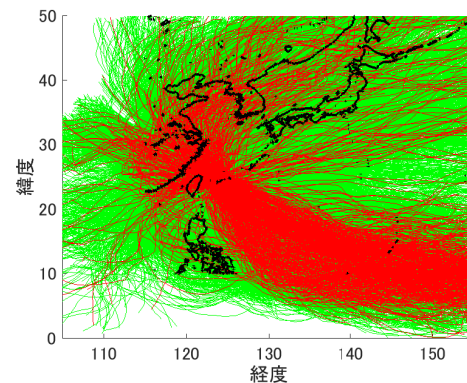


図-5 伊野田周辺を通過した台風経路と上位10%年最大 h_{max} 台風経路