2018年に近畿地方を襲った台風21号における最大風速の再現期間

高知大学理工学部　非会員　伊藤修一　高知大学教育研究部　正会員　○野田　稔

１．はじめに　2018年9月4日12時頃に徳島県南部に上陸した台風21号は，上陸直前まで「非常に強い」勢力を保っており，あまり勢力を落とさずに紀伊水道を通過して同日14時頃に神戸市付近に再上陸した。この台風の通過によって観測史上1位の最大風速を観測した気象観測点は全国で53地点に上り，観測史上1位の最大瞬間風速を更新した気象観測点に至っては，全国で100地点に及んだ[1)]。この台風が通過した近畿地方を中心に，近畿地方の2府4県で死者11名，重軽傷合わせた負傷者694名の人的被害，全壊60棟，半壊780棟，一部損壊63,660棟の住家被害が発生し，ほかに工事現場の足場の倒壊や多数の自動車被害など，甚大な被害が発生した[2)]。この時，足場倒壊や建物の飛散物被害などの映像が残された大阪では最大風速が27.3m/sであったが，この風速に対する気象庁の表現としては，「非常に強い風」であり，人にとっては「何かにつかまっていないと立っておられず，飛来物によって負傷する恐れ」があり，屋外・樹木の様子としては，「細い木の幹が折れ，根の張っていない木が倒れ，看板が落下・飛散し，道路標識が傾く」状態であり，自動車の運転では「通常の速度で運転するのが困難」であり，建物などは「屋根瓦・屋根葺材が飛散するものがあり，固定されていないプレハブ小屋が移動，転倒し，ビニールハウスのフィルムが広範囲に破れる」と説明されている[3)]。風の強さの尺度として，引き起こされる現象，つまり風圧の強さに支配されるものが一般的ではあるが，もう一つの尺度として，その最大風速の発現頻度あるいは再現期間が存在する。主に耐風設計における設計風速を決めるために議論されることが多いが，観測された最大風速がどれくらいの頻度に相当するのか，ということに興味が湧いた。そこで，本研究では，前述の台風通過時に記録された大阪における最大風速が観測記録に基づくとどれくらいの再現期間に相当するのかを検討することにした。

２．極値Ⅰ型分布　年最大風速等の極値については，極値統計によって議論され，一般化極値分布のI型（Gumbel分布），II型（Fréchet分布），III型（Weibull分布）のうち，極値I型分布が良く用いられている。ここで，極値I型分布では風速Vとその非超過確率$F_V(V)$の関係は次式で定義される。

$$s = -\ln\{-ln\,[F_V\,(V)]\} \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{a}s + u \quad (2)$$

ここで，a, uはそれぞれ極値I型分布を決定づけるパラメータであり，n個の連続的に観測された年最大風速V_i（ここに，iは値の高い順の順番）のデータ群から非超過確率を求め，最小二乗法によって求めることが多い。ここでは，次式で示されるHazenの方法によって各V_iに対する経験的非超過確率$F_V(V_i)$を求めた。

$$F_V(V_i) = 1 - \frac{2i-1}{2n} \quad (3)$$

図１に大阪で観測された年最大風速[4)]の発現分布（マーク）と最小二乗法で求めた極値I型分布（実線），偏差より求めた95%の確率で含まれる風速変動幅（破線）を示す。公開されている生の観測値は極値I型分布に沿うように見える発現分布を示している。しかし，気象庁が公開する観測値は，観測高さや測器の変更などの影響を一切考慮せずにその時その時の風速計の値であるため，そのまま使うことはできない。大阪管区気象台にヒアリングして調べた風速計高さと，用いられてきた測器の種類や評価時間の変遷を図２に示す。

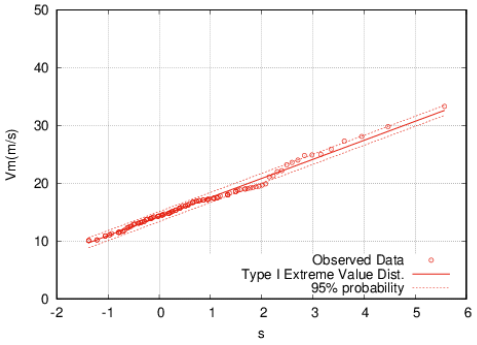

図１　大阪の年最大風速と極値I型分布

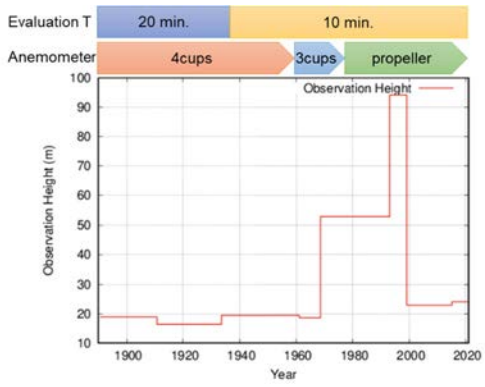

図２　風速の観測高さ，測器種類，評価時間の変遷（大阪）

３．年最大風速の観測高さに対する補正　観測高さの影響を補正するためには，粗度と高さを統一することが必要である。ここでは，建築

荷重指針の方法[5]に則って，粗度区分IIの高さ10m相当の風速値$V_{II,10}$に補正した。補正式はべき乗則により次式で表される。

$$V_{II,10} = V_o \left(\frac{Z_{G_o}}{Z_o}\right)^{\alpha_o} \left(\frac{10}{Z_{II,G}}\right)^{\alpha_{II}} \quad (4)$$

ここで，$V_o, z_o, Z_{G_o}, \alpha_o$はそれぞれ観測風速，観測高さ，観測値の粗度区分に対する境界層高さおよびべき乗数であり，$z_{II,G}, \alpha_{II}$は粗度区分IIに対する境界層高さおよびべき乗数である。大阪の粗度区分をIVとして観測高さの補正を施した年最大風速の発現分布を図３に示す。同様に前述の台風通過時の最大風速を高さ補正すると37.3m/sとなった。

４．測器の変遷に対する最大風速の補正　石原らは，過去の測器や評価時間の変遷に対して，現在のプロペラ型風速計の観測値に揃えるための補正係数を提案した[6]。図２に示した測器の変遷に合わせ，表１に示した補正係数を乗じた年最大風速の発現分布を図４に示す。この結果は，風速の上位４番目までのデータを除いて非常に直線的な分布を示していることが分かる。

５．異常値の除外　上位４番目までの年最大風速値は室戸台風，第二室戸台風など，過去に襲った非常に強い台風が通過した際の情報である。ここで，上位４番目までのデータを除いた極値I型分布に沿う非台風性および通常の強さの台風性の年最大風速のみで極値I型分布の直線を決定した結果を図５に示す。

６．試算された再現期間　任意の風速Vに対する再現期間Tは，次式で求められる。

$$T = \frac{1}{1-F_V(V)} \quad (5)$$

この関係より，これまでに示した極値I型分布を用いて試算した前述の台風通過時の大阪の最大風速の再現期間を表２に示す。最も直線的となった，異常値を除いて求めた非台風性のデータに基づく極値I型分布で求められた再現期間は約850年相当となった。

７．まとめ　観測値に基づく極値分布と照らし合わせた結果，2018年の台風21号のもたらした強風が非台風性の強風に照らし合わせると非常に稀な強風であったと考えられる。ただ，台風性の強風も考慮するには観測値だけでは情報が足りないため，台風シミュレーションなどの手段を導入する必要があると考えられる。

参考文献

1) 気象庁，災害をもたらした気象事例「台風第21号による暴風・高潮等」，平成30年9月11日, , 2018.
2) 消防庁応急対策室，「平成30年台風第21号による被害及び消防機関等の対応状況（第10報）,2019/8/20, 2019.
3) 気象庁，風の強さと吹き方，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/kazehyo.html, 2017.
4) 気象庁，過去の気象データ検索，https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php, 2021.
5) 日本建築学会，建築物荷重指針・同解説（2015）, 2015.
6) 石原ら，「設計基本風速の新しい手法の提案と測器補正」，第17回風工学シンポジウム論文集, pp.7-12, 2002.

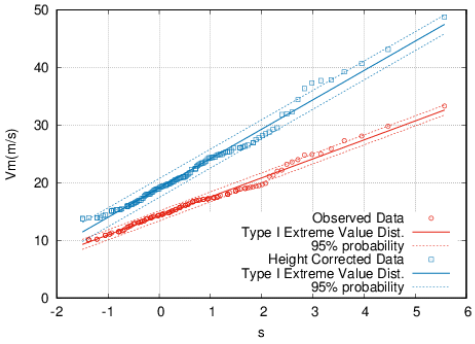

図３　観測高さの補正を施した年最大風速

表１　測器・評価時間に対する補正係数

対象期間	評価時間	測器種類	補正係数
1929-1939	20分	4杯式	0.94
1940-1948	10分		0.86
1949-1960			0.86/C
1961-1974		3杯式	0.90
1975-		プロペラ	1.00

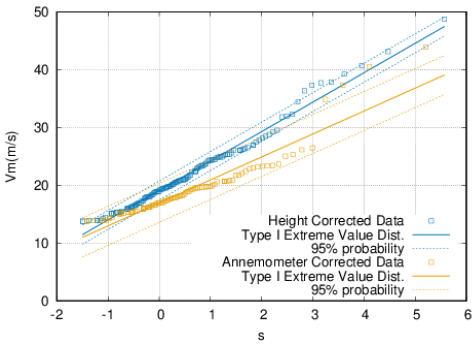

図４　風速計の種類による補正を施した年最大風速の発現分布

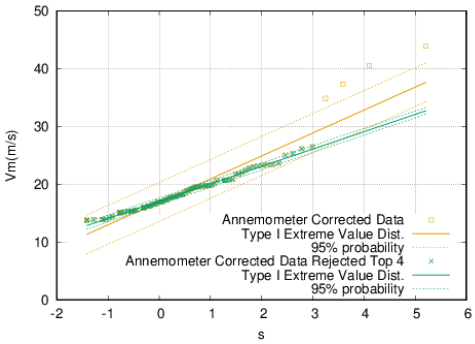

図５　上位４件の年最大風速を無視した極値I型分布

表２　算定された再現期間

用いた極値I型パラメータ	極値I型に対する再現期間（年）	95%変動に対する再現期間の範囲（年）
元データ	53	41-69
高さ補正後	36	26-50
測器補正後	169	72-394
異常値除外	848	696-1032