

台風シミュレーションによる設計風速及び強風持続時間の評価

その1 地表風評価手法の提案

○ 東京大学 正会員 石原 孟
日揮(株) 正会員 チョン・チー・リョン
東京大学 フェロー会員 藤野陽三

1. はじめに

台風の気圧場を表すパラメータの確率分布に従い、台風を発生させ、いわゆる台風シミュレーションに基づく設計風速の評価手法が提案されている。しかし、台風シミュレーションにより求められるのは台風の気圧場とそれに伴う傾度風であり、建物、橋梁などの構造物を設計するには地形、地物などの影響を受けている地表面付近での風速が必要となる。傾度風から地表風に変換する手法としては地表風と傾度風との比を観測データから経験的に求める藤井ら¹⁾の方法(海上風/傾度風=2/3, 陸面風/傾度風=1/2)、傾度風から地表面粗度に応じて任意高さにおける地上風を半理論式により計算する石原ら²⁾の方法がある。しかし、これらの手法は一樣粗度の平坦地形上における風速しか評価できない。そこで、本研究では、地形と粗度を考慮した地上風の評価手法を提案し、実測データと比較することにより、その予測精度を検証する。

2. 気流解析による地上風の評価

台風シミュレーションの過程においては、台風の気圧場から3次元非定常解析を行うことにより、地上風を求めることは理論上可能である。しかし、長い再現期間における設計風速を求めるためには約4万個の台風をシミュレートする必要があるため、一つ一つの台風に対して地形効果を考慮した3次元非定常解析を行うことは計算時間の制約から実用上不可能である。そこで、本研究では、台風の気圧に伴う総観的な流れ場と地形による局所的な流れ場の空間スケールの違いに着目し、台風の気圧が地表風に与える影響と地形が地表風に与える影響を分離できると仮定し、地形効果を考慮した台風時の地上風の予測法を提案した。

図1に本研究で提案する手法の概念図を示す。台風のスケールは水平数百キロ、鉛直20キロであるのに対して、地形のスケールは水平数キロ、鉛直数百メートルであり、地形が台風の気圧場にほとんど影響を与えないと考えられる。従って、地上風は台風の気圧場による総観的な流れ場と、地形による局所的な流れ場との重ね合わせにより求められると考えられる。そこで、本研究では、まず台風の気圧場から粗度区分IIの平坦地形上における風速の時系列データを図1(a)に示すように石原らにより提案された半理論解²⁾に

よりモデル求める。このようにして求められた風速 $u_{II}(t)$ ・風向 $\theta_{II}(t)$ は時間の関数の形で表すことができる。次に地形の効果を再現するために、気流シミュレーションにより、粗度区分IIの平坦地形上の風速・風向と実地形上風速・風向との風速比 $C(x, y, z, \theta_{II}(t))$ と風向偏角 $D(x, y, z, \theta_{II}(t))$ を図1(b)のように風向別に求める。これらの風速比と風向偏角は平坦地における風向 $\theta_{II}(t)$ と場所 x, y, z の関数となっている。最後に、台風の気圧場から求められた風速 $u_{II}(t)$ ・風向 $\theta_{II}(t)$ の時系列データと、気流シミュレーションにより求められた風向別風速比 $C(x, y, z, \theta_{II}(t))$ と風向偏角 $D(x, y, z, \theta_{II}(t))$ を用い、地形の効果を考慮した地上風速と風向を次式により求める。

$$u(x, y, z, t) = u_{II}(t) \times C(x, y, z, \theta_{II}(t))$$

$$\theta(x, y, z, t) = \theta_{II}(t) + D(x, y, z, \theta_{II}(t))$$

本手法では、気流解析は各風向に対して一回のみ行えばよいので、PC一台、一日程度で複雑な地形上における設計風速を求めることが可能である。

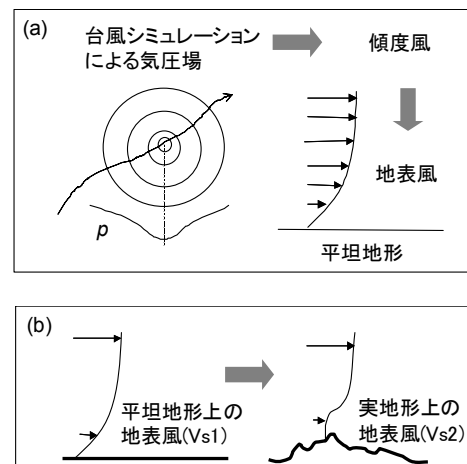


図1 本手法の概念図

3. 観測データによる検証

本研究で提案した予測手法を検証するため、長崎気象台で観測された台風を対象に、気圧から地上風の風向風速の時系列を求め、風観測データの比較を行った。図2には長崎気象台周辺の地表面粗度、標高及び気流シミュレーションに用いた解析格子を示す³⁾。

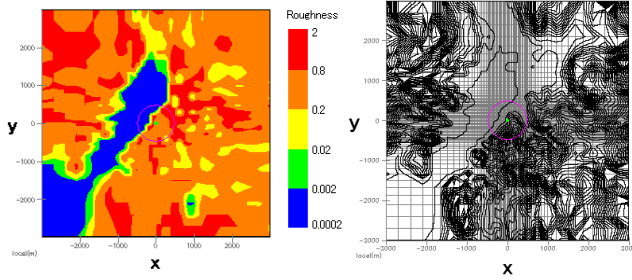


図2 長崎気象台周辺の地表面粗度、標高と解析格子

解析により求めた風速比を平坦地における風向の関数としてそれぞれ図3に示す。周辺の地形の影響により、気象台地点における風速比は風向によって大きく変化することがわかる。例えば、南南東の風の際に気象台における風速は地形の影響を受け、大きく減少している。一方、西南西の風の時には風は海から吹いてくるため、風速の減少が小さい。風速が最も減少する南南東の風の時の流れ場を調べるため、気象台を含む鉛直断面内の風速ベクトルを図4に示す。左側は南南東、右側は北北西に対応し、長崎気象台は図の真中に位置する。気象台の南南東に位置する山の影響により気象台位置における風速が大きく減速していることが分かる。

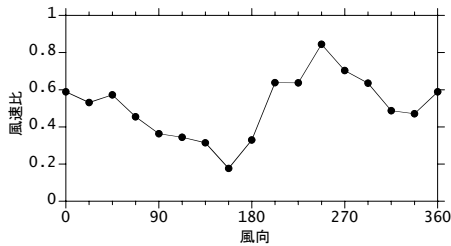


図3 長崎気象台における風向別風速比

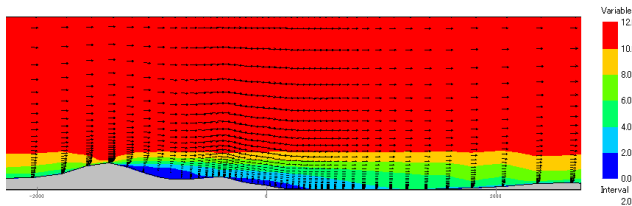


図4 南南東の風の時における長崎気象台付近の気流分布

本手法の有効性を示すため、長崎気象台における1996年の台風6号到来時を例に、台風の気圧場から本手法により求めた地表風速と、従来の藤井らの手法¹⁾により求めた地表風速の時系列を図5に示す。従来の手法では、気象台における風速を大幅に過大評価しているのに対し、本手法では観測値とほぼ一致していることがわかる。

更に過去に長崎気象台で観測された台風時の風速の時系列を従来の手法と本手法を用いて求め、観測された風速と共に、図6、図7に示した。従来の手法を用いた場合、地上風は全体的に過大評価となり、バイアスが7.1m/s、標準偏差が7.6m/sである。それに対し、本手法を用いた場合にはバイアスは1.2m/s、標準偏差は2.6m/sに減少し、地上

風速における予測精度は大幅に改善された。

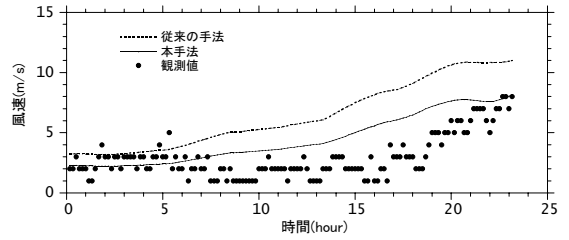


図5 台風9606号接近時の長崎気象台における地上風速

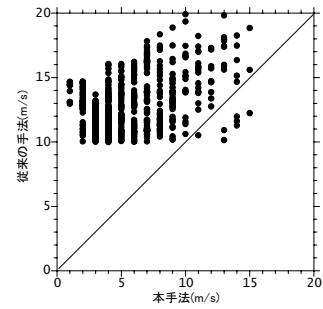


図6 従来の手法による地上風と風観測データとの比較

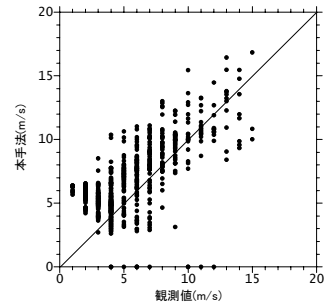


図7 本手法による地上風と風観測データとの比較

4. まとめ

本研究では台風時における地上風の半理論解と3次元気流解析とを組み合わせることにより、地上風を求める新たな予測手法を提案し、以下の結論を得た。

- 1) 長崎気象台においては地形の影響により風向別風速比が大きく変化し、最も減速の大きい南南東の風向では平坦地形上の風速に比べ5分の1近くに減少する。
- 2) 地表風における従来の予測手法を用いた場合には平均風速のバイアスが7.1m/s、標準偏差が7.6m/sであるのに対して、本手法を用いる場合にはバイアスが1.2m/s、標準偏差が2.6m/sとなり、予測精度が大幅に向上した。

参考文献 1) 藤井健, 光田寧: 台風の確率モデルによる強風のシミュレーション, 日本風工学会誌, No.28, pp.1-12, 1986. 2) 石原孟, 松井正宏, 日比一喜: 中立時の大気境界層における強風の鉛直分布特性 その2 台風時の強風, 日本風工学会誌, No.65, pp.3-14, 1996. 3) Cheong Chee Leong: Evaluation of Surface Wind Speed and Duration of Strong Wind Based on Typhoon Simulation, Master Thesis, The University of Tokyo, 2005.