

U.D.C 551.5

領域気象モデルによる市街地上空風の再現

小見 崇之* 栗田 剛* 加藤 信男**

要約： 近年、領域気象モデル WRF と呼ばれる解析ツールにより、任意の場所における風向・風速を計算できるようになってきた。建築分野においても、領域気象モデルを用いた市街地上空の風を再現する検討が行われているが、実市街地における観測と比較した例は多くない。そこで今回、WRF による計算結果と実市街地での風観測結果を比較した。その結果、WRF の計算結果は現地の風向・風速を再現出来ており、市街地上空風の再現に WRF が利用できる可能性が示された。

キーワード： 領域気象モデル, WRF, 風観測, 風向, 平均風速, 日最大風速

- 目次：**
- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. はじめに | 4. WRF の計算結果と観測値の比較 |
| 2. WRF による上空風の計算 | 5. まとめ |
| 3. 市街地上空の風観測 | |

1. はじめに

領域気象モデルは、気象学、気候学の分野ではヒートアイランド現象をはじめとした都市スケールの気象現象を解析、解明するためのツールとして幅広く利用されている。近年、解析技術の発達やコンピュータの性能向上に伴いその利用は気象分野に限らず、さまざまな分野の研究に広がっている。建築分野では、風環境評価や強風被害の調査をする際に地域を代表する風として近隣の風観測データを参照することが一般的であるが、近くに観測点が無い場合や、あったとしても周りの建物や風速計が設置されている建物の影響を受けていて信頼性に欠ける場合があるため、気象モデルを用いて上空風を再現する検討が行われてきている。

義江ら¹⁾は高層建物周辺の歩行者レベルの風環境評価に用いる地域を代表する風について、領域気象モデル WRF(Weather Research and Forecasting)を用いて上空の風向・風速の発生頻度ならびに風速の鉛直分布のべき指数をデータベースとして整備することを目指している。この検討では、都内東部で実施されたドップラーライダーの観測値との比較から、WRF の 10 分間平均風向、風速は観測値を良く再現していることが示された。中村ら²⁾は、都市部の実測結果と WRF の解析結果の比較から、日最大風速については都市域においても WRF の利用の可能性があることを指摘している。しかし、WRF と市街地上空の観測結果を比較検証した例は少なく、気象解析の活用のためには多くの検証が必要である。

そこで、今回、東京都世田谷区にある高層建物の屋上で風観測をする機会を得たので、都市域における上空風の再現に対して WRF の利用の可能性について検討した。

2. WRF による上空風の計算

2.1 WRF の概要

WRF は、学術研究と天気予報の両方に対応した領域気象モデルとして、オクラホマ大学や米国の複数の研究機関によって開発されたオープンソースのソフトウェアである。力学コアが学術研究用として開発された Advance Research WRF (ARW) と天気予報用として開発された Nonhydrostatic Mesoscale Model-WRF (NMM-WRF) の 2 種類あり、国内の研究の多くが ARW を利用している。本計算では WRF-ARW version3.2 を使用する。

2.2 計算領域とメッシュ間隔

計算領域は図 1 に示すように 3 段階の 2-way ネスティングとし、第 3 領域の水平方向の範囲は、東京を中心とした 60km×60km とした。

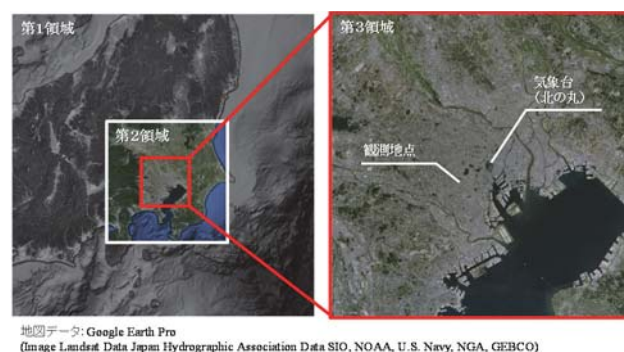


図 1 計算領域と観測地点

2.3 初期値・境界値と物理モデル

計算に用いた初期値・境界値およびナッジングには、米国環境予測研究センター NCEP(National Center for Environmental Prediction)の最終解析データ(FNL)を与え

* 技術研究所 温熱・風グループ ** 建築本部 技術管理部 技術管理第二グループ

た。地表面過程に Noah Land Surface Model を用いた。なお、土地利用情報は WRF のデフォルトである USGS(United States Geological Survey)の土地利用分類と地表面パラメータを用いた。計算領域の大きさ及びメッシュ間隔、物理モデルといった計算条件を表1にまとめて示す。

表1 計算条件

気象モデル	WRF-ARW Version 3.2
計算領域 (水平格子間隔)	第1領域：450km×450km (9km) 第2領域：180km×180km (3km) 第3領域：60km×60km (1km)
鉛直層数	60層
ナッジング係数	第1領域： 3×10^{-4} 第2領域： 3×10^{-5} 第3領域： 3×10^{-6}
出力間隔	10分
初期値・境界値	NCEP FNL
土地利用	USGS 24-category
雲物理	WSM 3-class simple ice scheme
長波放射	rrtm scheme
短波放射	Dudhia scheme
接地層	Monin-Obukhov scheme
地表面	Unified Noah land-surface model
大気境界層	YSU scheme
積雲パラメタ リゼーション	Kain-Fritsch scheme (第1領域のみ)

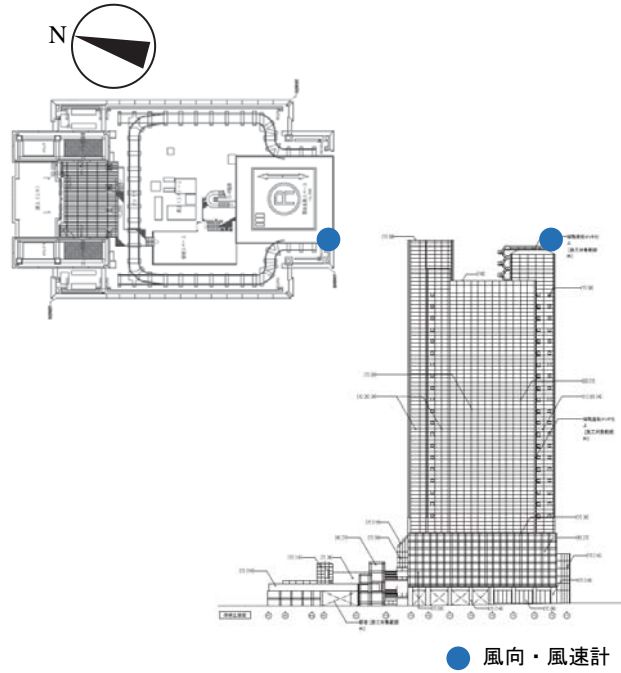


図2 風向・風速計の設置位置

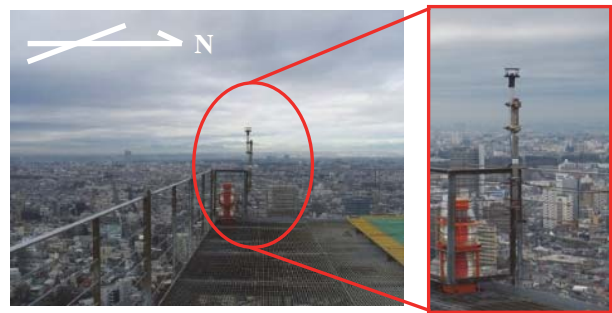


写真1 風向・風速計の設置状況

3. 市街地上空の風観測

3.1 観測概要

観測は、東京都世田谷区に建つ高さ 124.42m (地上 27 階建て) の複合ビルの屋上で行った。図2に風向・風速計の設置位置を、写真1に設置状況をそれぞれ示す。風向・風速は超音波風速計 (Gill : Wind Sonic) を用い、屋上のヘリポートから約 2m 高い 123m に設置した。サンプリング周波数は 1Hz とした。

3.2 観測結果

図3に観測点における 2015 年 3月～5月の 10 分間平均風速の風向頻度と風速頻度を示す。図4に観測点における同期間の日最大風速の風向頻度と風速頻度を示す。平均風速は 1～2m/s の頻度が 20%と多く、日最大平均風速は 5～9m/s の頻度が 10%を超えていた。

3.3 東京管区气象台との比較

東京都内を代表する風向・風速は東京管区气象台 (以降、北の丸と称す) の観測記録を参照することが多いので、今回の観測結果と比較を行った。北の丸の観測高さは 35.3m であり、観測点との距離は直線で約 9km である。図5に北の丸における 2015 年 3月～5月

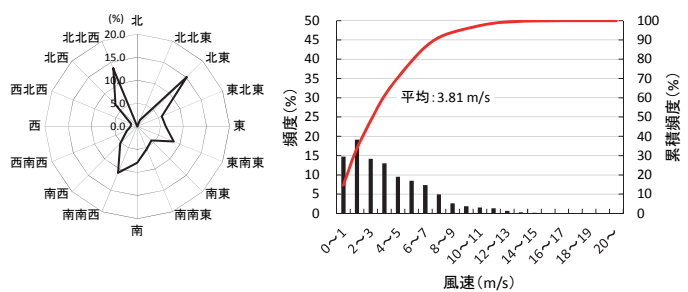


図3 10分間平均風速の風配と風速頻度(観測点)

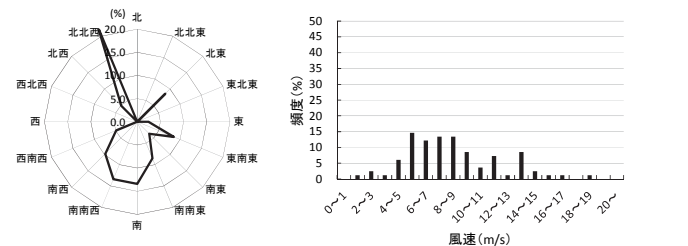


図4 日最大平均風速の風配と風速頻度(観測点)

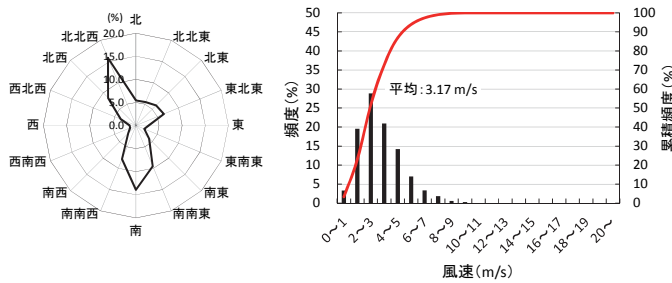


図5 10分間平均風速の風配と風速頻度(北の丸)

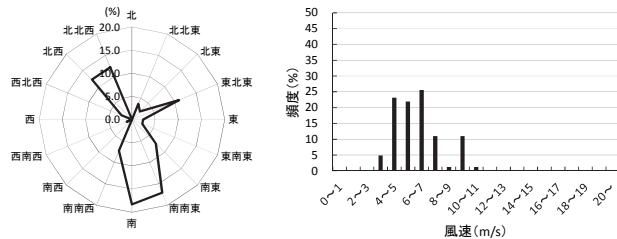


図6 日最大平均風速の風配と風速頻度(北の丸)

の10分間平均風速の風向頻度と風速頻度を示す。図6に北の丸における同期間の日最大風速の風向頻度と風速頻度を示す。期間中の平均風速は、北の丸が約3.2m/sに対して、現地では約3.8m/sであった。風速は北の丸に比べ高い風速の頻度が多くなっていた。

4. WRF 計算結果と観測値の比較

WRFの計算期間は、2015年3月～5月の3ヶ月間を対象とした。助走計算は、富永³⁾を参考に計算開始から24時間とし、計算開始を2月28日とした。

4.1 風向・風速の時刻歴変化

図7にWRFによる計算結果と観測値の風向・風速の時刻歴変化を示す。WRFの計算結果は10分間隔の出力値であり、観測値は10分間の最多風向と平均風速である。WRFと観測値との比較は南風で平均風速が15m/s以上を記録した日を対象とした。

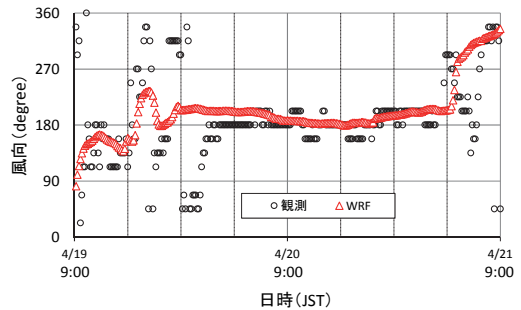
4月19日9時から4月21日9時の期間では、風向は観測値の風向が安定した20日3時以降についてはWRFと観測でよく一致していた。風速の最大値は観測では20日21:20に16.7m/sであったのに対してWRFは21:50に16.8m/sであった。

5月11日9時から5月13日9時の期間では、風向はWRFと観測でよく一致していた。風速の最大値は観測では12日23:30に18.3m/sであったのに対してWRFは23:00に19.5m/sであった。

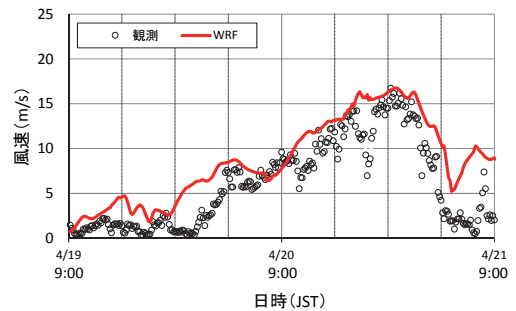
今回比較した期間では、平均風速が低く風向がばらばらしているような場合を除き、WRFによる風向・風速の計算結果は、観測値と良く一致した。

4.3 風向頻度の比較

図8に2015年3月～5月の期間における観測とWRFの風向頻度の比較を示す。(a)に示した全データにおける風向頻度は、観測とWRFとで異なる点が多い。こ

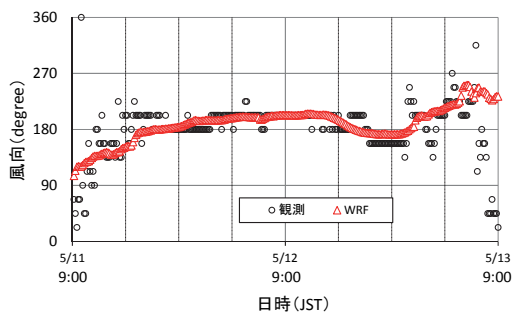


日時(JST)

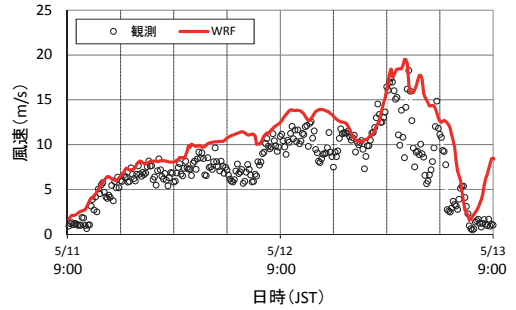


日時(JST)

(a) 2015年4月19日9時～21日9時



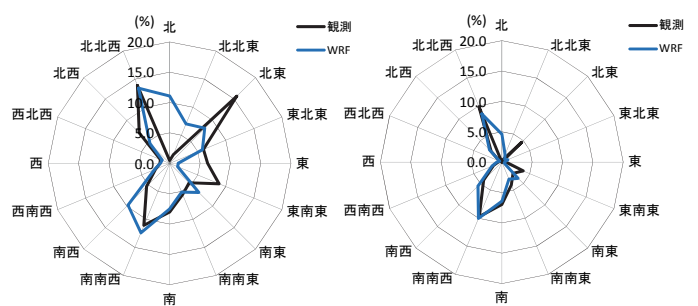
日時(JST)



日時(JST)

(b) 2015年5月11日9時～13日9時

図7 強風時の時刻歴変化



(a) 全データ

(b) 風速3m/s以上

図8 風向発生頻度

の原因は観測では風速が低い場合、風向がばらつくことが理由と考え、(b)に観測の平均風速が 3m/s 以上となる時の風配を示した。WRF は観測と同時刻の風向としている。南側の風向頻度の傾向は、観測と WRF で概ね一致しており、風速が 3m/s 以上の状況においては、風向発生頻度の予測に WRF の利用の可能性があると考えられる。

4.2 平均風速および日最大風速の相関

図9に2015年3月～5月の期間におけるWRFの計算結果と観測値の平均風速および日最大平均風速の比較を示す。平均風速は、低風速ではばらつきが大きかったが風速が高くなるにしたがってばらつきが小さく

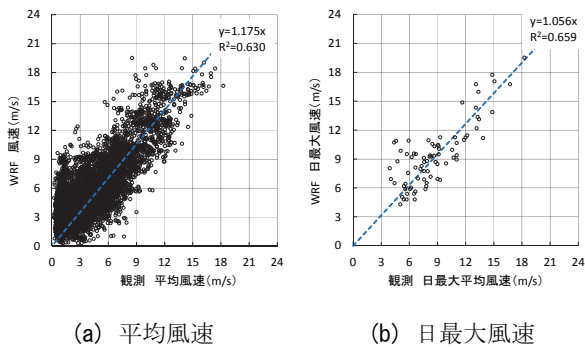


図9 観測値と計算値の風速の相関

なった。最小二乗法による直線回帰の結果、傾きは 1.175 と WRF による風速の方がやや大きく、R² は 0.630 と義江らの結果と同程度の値であった。日最大風速の直線回帰の結果、傾きは 1.056、R² は 0.659 であり、R² は平均風速と同程度であった。

5. まとめ

都市域上空での風向・風速の再現に対する領域気象モデル WRF の利用の可能性について、東京都世田谷区の高層建物屋上で行った風観測結果との比較により検証した。

WRF による風向・風速の時刻歴変化は、平均風速の低い場合を除き、観測値と良く一致した。また WRF による風向の発生頻度は、平均風速が 3m/s 以上の状況においては一致する傾向であった。WRF による計算結果と観測値の風速の相関は、平均風速では傾きが 1.175 と WRF の方がやや大きく、R² は 0.630 であった。日最大風速では、傾きが 1 に近く、R² は 0.659 と平均風速と同程度であった。WRF の計算結果は現地の風速や風向発生頻度を再現できていることから、市街地上空風の再現に WRF が利用できると考えられる。

今後は、計算対象とする期間を長くした場合の結果の統計的な利用や、計算領域を変更した場合の影響についても検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 義江龍一郎・三浦翔：領域気象モデル WRF に基づく風環境評価のための標準上空風データの整備，日本風工学会誌，第 39 巻第 2 号，pp.154-159，2014 年 4 月
- 2) 中村良平・田村哲郎・他 1 名：気象モデル WRF を用いた風向・風速の統計評価の可能性に関する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），2015 年 9 月
- 3) 富永禎秀：領域気象モデルによるビル風評価のための標準上空風データベースの整備，平成 26 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

REPRODUCTION OF THE WIND ABOVE URBAN AREA BY THE REGIONAL ATMOSPHERIC MODEL

T.Komi, T.Kurita, and N.Kato

In recent years, by an analysis tool called regional atmospheric model WRF, it is possible to calculate the wind direction and wind speed in any location. Reproduction of the wind above urban area by the WRF is carried out in the field of building engineering. However comparison of calculated results using the WRF with observed value in the urban area is hardly executed. In this study, we compared the calculated results using the WRF with the observed value. As a result, the possibility that we can use WRF for estimate of wind direction and wind speed was shown.