メソスケールモデルを用いた標準上空風の整備

Preparation of High Altitude Wind Data for Estimation of Wind Environment using Meso-scale Model

佐々木 澄^{*1}

山中 徹^{*2}

Kiyoshi SASAKI Toru YAMANAKA

1. はじめに

風環境評価を行う際には、評価地点における上空風の統計量が必要となる。現状では、地域の上空風を知る手段としては種々の風観測データが用いられているが、その利用に関する問題点はこれまでも指摘されている^{例えば、1)}。例えば、観測高度が低く、周囲の建物等の影響を受けたり、観測データの間隔が毎正時のみで日最大風速が観測されない、等の問題がある。また、東京都区部やその周辺における上空風のリファレンスとして東京管区気象台のデータが用いられることがあるが、2007年11月より風速計が移設された²⁾(Table.1, Fig.1^{注)})。Fig.1は同時期の観測結果を比較したものであるが、期間を通じて風向が異なっていることが分かる。その他、風観測データの現状や利用上の注意点等は文献1)でまとめられている。以上のように、風環境評価に用いるための信頼できる上空風データが少ないというのが現状である。上空風に関する問題を回避する一つの手法として、シミュレーションデータの利用が期待されている。

これまでも観測や風洞実験、数値シミュレーションにより地域風況の予測、把握を行った事例はあり^{例えば3)-5)}、解析結果を風環境評価への標準風速データとしての利用可能性を示した例もある^{1), 6)}。文献1)では、局所風況予測モデルLAWEPS⁷⁾で得られる全国風況マップの利用可能性を示しているが、データ間隔や出力高度、解析が1年間のみといった問題点を指摘し、解析結果単独ではなく気象官署の実測値等と組み合わせた利用を提

案している。石原ら⁶⁾はメソスケール気象モデルRAMSと非線形モデルMASCOTを用いた解析により、複雑地形の影響も考慮した局所風況予測を行い、風環境評価への利用可能性を示している。

以上のように、標準上空風のデータベースの作成に際して、課題は多くあるものの、種々の問題を回避する技術としてシミュレーションデータの利用が期待されていることが分かる。日本風工学会「都市の風影響評価研究会」ではメソスケールモデルを用いた数値解析により都市の上空に吹く風を予測し、風環境評価に用いることのできるデータとして整備していきたいと考えている。本稿では、本研究会で提供しようとするデータ及びその利用方法の提案と、実施する解析概要案について示す。

Table.1 Change of Wind observation site at Tokyo District Meteorological Observatory²⁾

	旧観測場所 (2007年11月以前)	新観測場所 (2007年11月以降)
設置場所	大手町合同庁舎第3号館	科学技術館
所在地	千代田区大手町	千代田区北の丸公園
地面からの高さ	74.5m	35.1m

Fig.1 Comparison of daily maximum wind velocity and wind direction between old and new observation site^{2), 注)}

*1 清水建設株式会社 技術研究所 環境解析グループ 研究員
Shimizu Corp.

*2 鹿島建設株式会社 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 主任研究員
Kajima Corp.

2. メソスケール解析の概要案

解析にはメソスケールモデル MM5⁸⁾を用いる。MM5は、米国大気研究センター (NCAR) とペンシルバニア州立大が共同で開発した非静力学平衡・圧縮性のメソ気象モデルである。

解析期間は5年程度を考えている。解析では、結果をより実現象に近づける事を目的として、予測方程式中にナジング項を付加し、観測データ等を取り込む手法である4次元同化手法を採用する。本検討では、最も広い領域 (Domain1) のみ、気温、湿度、風速、気圧に関して4次元同化を行う予定である。4次元同化のためのデータはNCEP (National Centers for Environmental Prediction) 全球上空観測 (6時間毎)、及び地表面観測 (3時間毎) の利用を考えている。

(1) Entire Computational Domain

(2) Domain3

Fig.2 Computational Domain

Table.2 Computational Domain

	領域[km]	メッシュ数	グリッドサイズ[km]
Domain1	450×540	50×60	9
Domain2	216×261	72×87	3
Domain3	45×45	45×45	1

2.1 解析領域

Fig.2(1)、Table.2 に示す解析領域に対し2方向ネスティングを行い解析する。最小領域 (Domain.3、Fig.2(2)) は、東は市川市、西は調布市、南は横浜市南区、北は川口市辺りまでをカバーしている。鉛直方向は全領域共通とし、不等間隔にメッシュ分割する。

2.2 地表面境界条件

土地利用データに関して、MM5の地表面パラメータ作成に用いるプリプロセッサでは、USGS (U.S. Geological Survey) による25分類に基づき1kmメッシュ内で最も優勢な土地利用分類により代表させたパラメータを与えている。そのため、例えば東京首都圏の多くの領域は一つの土地利用 (Urban (都市)) と分類され、都市内部の緑地や水面の影響が解析に反映されず、地表面粗度を正しく表現できない。本検討ではより正確な地表面粗度を設定する必要があるため、国土数値情報 (土地利用: 100mメッシュ) の利用とメッシュ内でのパラメータ (粗度長等) の平均化を考える。その際、既往の研究で設定されたパラメータを参考に数値を検討する。粗度長の設定例を Table.3⁹⁾ に示す。標高データは、USGS が提供する30秒 (中緯度で1km程度) 標高データを利用する。

2.3 初期条件

NCEP 最終解析データを用い、初期場を作成する。解析は一定期間毎に区切り実行する予定であ

Table.3 Land use and example of roughness length⁹⁾

	土地利用区分	粗度長 [m]
1	田	0.030
2	畑	0.100
3	果樹園	0.200
4	その他の樹木畑	0.1
5	森林	0.8
6	荒地	0.03
7	建物用地[A]	1.0
8	建物用地[B]	0.4
9	幹線交通用地	0.1
10	その他の用地	0.03
11	湖沼	0.0002
12	河川敷[A]	0.001
13	河川敷[B]	0.001
14	海浜	0.03
15	海水域	0.0002

るが、引き続き解析する際は解析実行時に作成するリスタートファイルを利用する。

3. 提供するデータと利用方法の案

本検討の成果は、解析期間を5年程度としたメソスケール解析より得られる10分毎の上空風データをを用い、統計整理した日最大風速のワイブル分布である。併せて、解析結果と観測結果の比較例や特定の日時の風速の水平、鉛直分布についても提示したいと考えている。また、利用の際の参考のために、データ提供位置（解析結果の含まれるグリッド）における風速鉛直分布を決定するパラメータ α と Z_G 、もしくはそれらの値から判断される粗度区分の提示についても検討する。

なお、作業の負荷等を考慮し、はじめに東京都区部とその周辺地域を対象として検討する予定である。その後、主要都市を中心に整備を進める。

以下ではデータの詳細及び利用方法と、現段階で考えられる問題点を示す。

3.1 データの水平方向の分解能

解析では広域風況の影響を考慮するために3段階 Nesting（グリッドサイズ：9km、3km、1km）を採用する予定である。よって、提供する水平分解能は、a)最小グリッドサイズである1km四方、b)最小グリッドの解析結果を平均し、より広範囲（例えば、大領域のサイズである3kmや9km）で整理する、が考えられる。

a)の場合は、最小領域の解析結果を統計処理するのみで非常にシンプルな考え方であるが、将来的には非常に膨大なデータ量になるといった課題がある。b)の場合は、3kmや9km四方でデータを整理するのであれば、それぞれのグリッドサイズを持つ解析領域（Domain1、Domain2）の結果を用い、a)と同様の考え方で処理することができ、データ量も比較的少なくなる。但し、比較的広範囲を包含するため、その代表性の問題や粗度区分に応じた補正が必要となる可能性がある等、その利用方法が複雑になる。

3.2 用いる風速データの高さ

荷重指針では風速の鉛直分布を定める際に、上空高度として Z_G を提案している。本検討では、ワイブル分布を提供する高さとして、この Z_G を基準に考える。 Z_G は粗度区分毎に5つ定められているため、どの Z_G でワイブル分布を提供するかを検討しなければならない。例としては、a)粗度

区分Vにおける Z_G （650m）以上、b)粗度区分Iにおける Z_G （250m）以下、c)粗度区分I～Vまでの各 Z_G 近傍、等が考えられる。

a)の場合、風洞実験などで求めた風速比の基準風速を、評価地点での粗度区分に応じた風速プロファイルで、粗度区分Vにおける Z_G （650m）相当の風速値に補正する。この時、評価地点の粗度区分に応じた Z_G より上空では、風速を一定と仮定する。しかし、実際には Z_G より上空においても風速は鉛直方向に分布を持っていると考えられるため、上記の手法で補正を行った場合、基準風速とワイブル分布を求める風速が大きく異なる可能性がある。また、メソスケール解析より求めたワイブル分布の評価精度を検証することができる高層の風観測データが少ないという問題も考えられる。なお、本研究会が提案しているガストファクターでは、粗度区分IVにおける Z_G （550m）の風速との風速比に基づき算出している^{10)、11)}。

b)のデータは提供する高度が低いため、風速データは直下の地表面粗度の影響を強く受ける。つまり、風速データはある程度の局所性を持つことになる。風速データを3kmや9kmといった広範囲で提供する場合、3.1節で述べたようにデータの代表性の問題が考えられ、上述の局所性と相容れない可能性がある。よって、提供するワイブル分布の水平分解能を最小グリッドサイズにした場合を想定している。利用にあたっては、風洞実験などで求めた風速比の基準風速を、評価地点での粗度区分に応じた風速プロファイルで、ワイブル分布を提供する高さ相当の風速値に補正する。この場合、ワイブル分布の算出に用いるメソスケール解析結果は、地表面境界条件（粗度等）の影響が大きいと考えられる。数値解析ではより詳細な土地利用データの利用やパラメータ設定のための数値の検討を通じ、地表面境界条件をより正確に表す必要がある。

c)の場合は、評価地点の粗度区分に対応する Z_G 近傍の結果を用いる。風洞実験などで求めた風速比の基準風速を、選択した Z_G 近傍の高さの風速値に補正する。提供するデータ数が、a)、b)に比べて5倍に増えることにより、作業負荷、データ量が膨大になるという問題が考えられる。

3.3 データの提供方法

現段階ではCD-R等の媒体を利用した電子ファ

Fig.3 Diagram of estimating wind environment¹²⁾
イル形式での提供を考えている。

3.4 利用方法

風環境評価のフローを Fig.3¹²⁾に示す。本検討により得られるデータの利用は Fig.3 中の“風速の発生頻度”の部分である。但し、提供するデータの位置（解析結果の含まれるグリッド）における風速鉛直分布を決定するパラメータもしくは粗度区分を提供する場合、Fig.3 中の“風の特性”の部分での利用も考えられる。

“風速の発生頻度”の部分での利用のフローを Fig.4 に示す。利用者は提供されるデータの中から評価地点が含まれるグリッドを検索する。データの水平分解能を 1km とした場合、評価地点とデータ提供地点（解析グリッドの中心点）との距離は最大でも約 700m であり、両地点の粗度区分は同一としてよいと思われる。よって、提供されるデータの高さを基準として求められた風速比と、提供されるワイブル分布を用いて風環境評価を行う (Fig.4(1))。一方、データの水平分解能を 9km とした場合、評価地点とデータ提供地点との距離は最大で約 6km となり、粗度区分が異なる可能性も考えられる。従って、利用者はまず両地点の粗度区分をチェックし、異なる場合には基準風速を粗度区分に応じて補正を行った上で評価する必要がある (Fig.4(2))。

4. まとめ

本稿では、メソスケールモデルを用いたシミュレーションデータによる標準上空風データの整備の方向性について示すとともに、現状での課題についてまとめた。今後は新たに出ると思われる課題を整理しつつ、標準上空風の整備へ向けた作業を進めていく予定である。

現段階で考えられる課題として、1)信頼性の高

Fig.4 Use of database prepared by this method

い上空風の観測データの入手を含めた数値解析の精度、信頼性の確保、2)データの更新方法、3)本検討の作業は膨大なものとなることが予想されることから、費用や利用する計算機、人手等を含め、どのように作業を進めていくか、等が考えられ、特に 3)が最も重要な課題となる。

注)風速に関しては、両者の観測データを、粗度区分IVと仮定し、べき乗則で境界層高さに補正した値で比較している。

参考文献

- 1)須田、林：基準とする風速データの整備に関して、風環境フォーラム資料 風環境（ビル風）評価の現状と課題、2005.3、pp.41-47、
- 2)東京管区気象台報道資料、http://www.tokyo-jma.go.jp/sub_index/koho/hodo/tokyo_wind/index-tokyo-wind.html、
- 3)寺崎他：気象数値予報データを用いた上空風のシミュレーション解析、日本建築学会学術講演梗概集、B-1、1997、pp.143-144、
- 4)野々村他：関東地方における上空風の気流性状、第 16 回風工学シンポジウム、2000.11、pp.1-6、
- 5)須田他：ドップラーソーダを用いた都心部の自然風観測、第 16 回風工学シンポジウム、2000.11、pp.13-18、
- 6)石原、山口：天気予報技術を利用した風環境評価手法の提案、風環境フォーラム 風環境（ビル風）評価の現状と課題 資料、2005.3、pp.79-84、
- 7)村上他：風力発電サイト立地選定のための局所風況予測モデルの開発、日本風工学会誌、No.91、2002、pp.9-16、
- 8)Georg A. Grell, Jimmy Dudhia, David R. Stauffer: A Description of the Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), NCAR/TN-398 + STR NCAR TECHNICAL NOTE, 1995、
- 9)山口、石原、藤野：力学統計的局所化による新しい風教予測手法の提案と実測による検証、土木学会論文集 A、Vol.62 No.1、2006.1、pp.110-125、
- 10)西村他：日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクターの提案、その 1 風速比とガストファクターの関係、及びその近似式、平成 19 年度日本風工学会年次研究発表会、2007.6、pp.117-118、
- 11)富永他：日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクターの提案、その 2 実測結果から得られた GF の近似式を用いた風環境評価の予測精度の検討、平成 19 年度日本風工学会年次研究発表会、2007.6、pp.119-120、
- 12)風工学研究所：ビル風の基礎知識、鹿島出版会、2005.12