

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04473

研究課題名（和文）データ同化手法を用いた都市の風環境評価に資する標準上空風の計算

研究課題名（英文）Calculation of standard wind data for urban wind environment assessment using data assimilation methods

研究代表者

下瀬 健一（Shimose, Ken-ichi）

国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員

研究者番号：40729183

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、都市に展開されている気象観測データと気象モデルによる格子点値をデータ同化技術を用いて融合させることにより、より精度の高い初期値を用いた気象モデルによる風計算を実行し、風環境評価の精度向上に資する高精度な標準上空風を10分毎で作成した。具体的には、ビル風のアセスメントとして用いられる10分間平均風速の風計算を行い、「10分間平均風速の累積頻度に基づく評価尺度」に資する標準上空風を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建物周辺で歩行者を危険にさらすビル風が社会問題となっており、建物の計画・設計段階からの風環境評価は非常に重要である。気象モデルにより標準上空風を整備することにより、風環境評価を行うに当たって、評価領域で建物の影響を受けない信頼度の高いデータを得ることができた。そのため、環境アセスメントに対するコストを軽減できるという波及効果が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, by using a data assimilation technique to combine meteorological observation data deployed in a city with grid point values from a meteorological model, we calculated wind field using a meteorological model with more accurate initial values and produced highly accurate standard wind data at 10-minute intervals that contribute to improving the accuracy of wind environment assessments. Specifically, we calculated the 10-minute mean wind speed used as an assessment of building winds, and created a standard wind data that contributes to "an evaluation scale based on the cumulative frequency of 10-minute mean wind speeds".

研究分野：気象学

キーワード：ビル風 環境アセスメント 気象モデル データ同化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

都市において建物が風環境に影響を及ぼし、建物周辺で歩行者が危険にさらされるような強い風が吹くという、いわゆるビル風が社会問題となって久しい。2013年7月より東京都港区でビル風対策要綱が施行され、建物の計画・設計段階からのビル風の影響予測が必要とされるなど、風環境の評価はより重要度を増している。強風時の歩行者に対する風環境の快適性を測る評価尺度として、「日最大瞬間風速の超過頻度に基づく評価尺度」(村上ら, 1983⁽¹⁾)や「10分間平均風速の累積頻度に基づく評価尺度」(風工学研究所, 2005⁽²⁾)、「ビューフォート風力階級の超過頻度に基づく評価尺度」(Alan G. Davenport Wind Engineering Group, 2007⁽³⁾)などがある。これらの風環境評価尺度では、評価領域での風観測を統計的に処理し、強風の発生頻度などから風環境を確率的に評価している。

このように、風環境評価には評価領域での風観測が必要となるが、評価領域近傍に気象庁などの風観測がない場合、少なくとも通年の風観測を実施し、統計値を取得することが望ましい。しかしながら、都市において風観測を新規に行う場合、建物などの影響を受けずに観測を行うことはきわめて困難である。そのため、風速計を設置した場所の微妙な違いが風観測の統計値に大きな差をもたらし、結果として風環境評価を不確かなものにしてしまう。また、建設計画ごとに新規に通年の風観測を行うことによるコストの増加も問題となる。そのため、実際に風観測を実施する代替として、気象モデルを用い評価領域での標準上空風データを取得する研究が行われている(義江ら, 2015⁽⁴⁾など)。

気象モデルによる風計算は、モデル格子の任意の高度や時間間隔で建物の影響を受けない上空の風観測の代替データを取得できるという利点がある。しかしながら、気象モデルによる風計算は、気象モデルに与える初期値の誤差により計算精度が大きく左右される。過去に行われた標準上空風に関する研究では、気象庁や各国の気象局などが配信している気象格子点値(以下、GPV)をそのまま初期値として計算を行っている。一方、都市域には様々な気象測器が展開されているので、この**観測データを気象庁などGPVに同化させて気象モデルの初期値をより高精度にすること**により、より精度の高い上空標準風を求め、よりよい風環境評価を行うことが可能であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、都市に展開されている気象観測データを気象庁のGPVに同化することにより、より精度の高い初期値を用いた気象モデルによる風計算を実行し、風環境評価の精度向上に資する高精度な標準上空風を作成することである。具体的には、防災科学技術研究所(以下、防災科研)が首都圏に展開している観測装置(図1)のデータを利用し、同所が研究開発を進めている気象モデル(CReSS; 名古屋大学などが開発した気象モデル)とデータ同化技術を用いて、高精度な上空標準風を作成する。

3. 研究の方法

本研究では防災科研が独自に展開している気象観測データを用いる。ドップラーライダーは図1の中央付近の30km円内の晴天域の風を観測することができ、都市部を広くカバーしている。マイクロ波放射計は、首都圏10ヶ所に設置されており、その直上の温度の高度分布を観測可能であるため、風計算に重要な安定度の精度向上に資する。XバンドMPレーダー(図1の80km円内が観測範囲)や雲レーダーは雲や降水がある領域の風を観測することができ、これは首

都圏全体を複数のレーダーでカバーしている。このように、首都圏中心部において晴天域から降水域まで風観測を行うことができ、更に安定度と関連する温度の鉛直分布が観測できる非常にユニークな観測網を利用可能であるため、これらの観測データを GPV に同化することで、より精度の高い風計算を実行可能である。

これらの観測データを気象モデルの初期値として利用するために必要なデータ同化技術にも、ユニークな手法を用いる。本手法では 3 次元変分法 (3DVAR) を基本としてデータ同化を行っているが、3DVAR 単体で観測データを GPV に同化する際、GPV に対して観測データからの修正を瞬間的に加えるが、修正は気象モデルの物理を満たさないため、力学的な不均衡によるショックが発生し、結果として修正された GPV の精度が悪化することが知られている。本研究では、このショックを避けるため Incremental Analysis Update (IAU) という手法を 3DVAR に付加している。IAU は観測データからの修正を瞬間的に加えるのではなく、修正時刻の前後で修正量を分割して加えることによりショックを緩和する方法であり、本研究ではこの手法を採用することでデータ同化によって GPV の精度が悪化することを防いでいる。

これらの独自のデータ、手法を用いて、風環境評価の精度向上に資する、より高精度な標準上空風の作成を目指す。

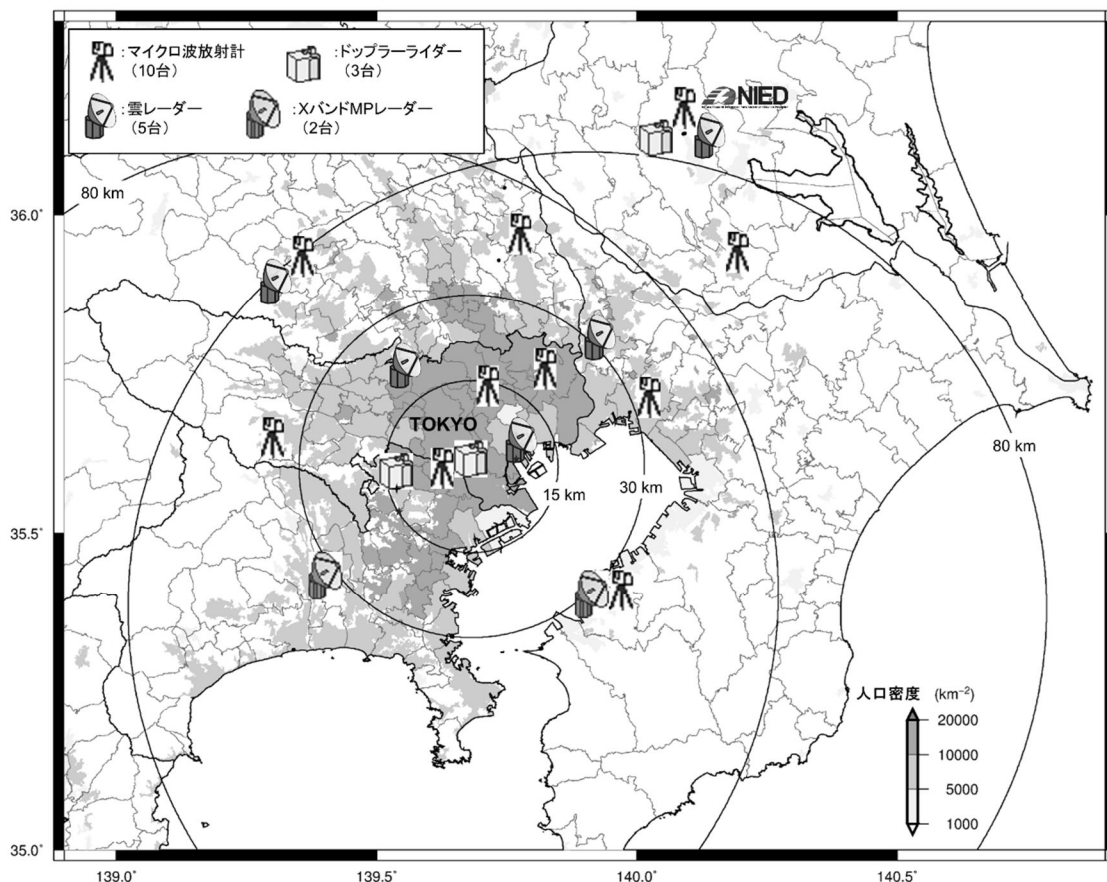


図 1：防災科研が首都圏に展開している観測装置

4. 研究成果

(1) 風環境評価に必要な値の統計処理を行うシステム開発

気象モデル最下層の安定度を利用した地上高 10 メートルでの風の計算アルゴリズムを応用し、任意の観測高度で CReSS による風速計算を行うことができるプログラムを開発した。このプログラムを用いて、2015 年に発生した顕著な気象事例を中心に気象モデルとデータ同化によって計算された 10 分間平均風速に関して、気象庁アメダスの地上風速を用いた精度検証を行った。

データ同化を行った平均風速は、平均的にはデータ同化を行わなかった平均風速よりも高い精度を示した。

この検証用のプログラムを基に、通年の検証を行うためのシステムを開発し、2019年の通年の風データの検証を行った。得られた検証結果から、特に沿岸部に大きな誤差が生じていることが明らかになった。この誤差は、検証に利用した地上風の観測位置に対する気象モデルの格子点での土地利用にあり、気象モデルの海格子または陸格子が海岸線の解像度によってブレがあることに起因していた。そのため、特に海岸付近での検証については観測地点直近の格子点を用いるだけでなく、周囲の格子点のデータを用いることで、土地利用のブレの影響がなくなるように精度検証の方法を改善した。改善した検証手法を用いて再度2019年の通年の風データの検証を行い、精度良く地上風速が推定できることを確認した(図2は解析結果の一例)。

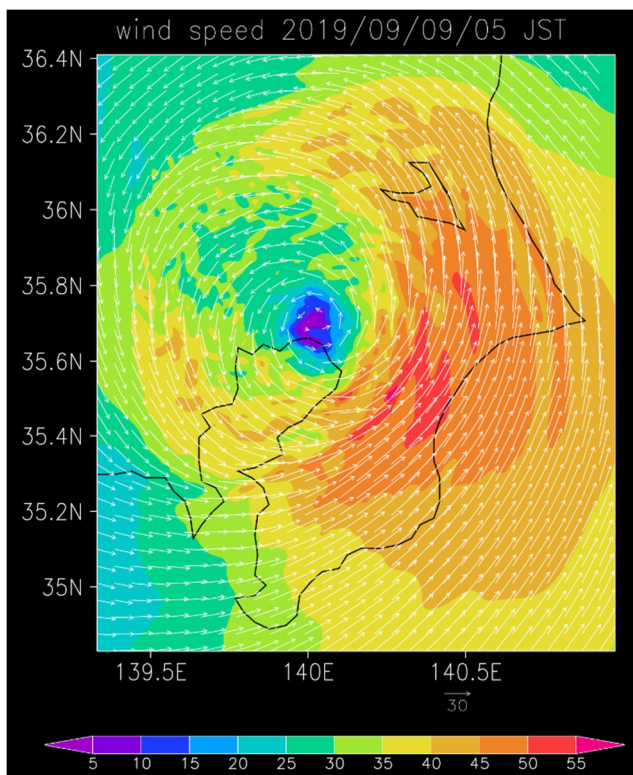


図2:令和元年房総半島台風上陸時の日本時間2019年9月9日5時の高度1kmにおける風速分布。

(2) 5年にわたる風計算と統計処理

2017年1月から2021年12月までの5年にわたる首都圏の高度1キロまでの風向風速データを10分毎に作成した。計算機の能力が高度化したため、当初予定していた水平1キロメッシュを水平500メートルメッシュに鉛直100メートル間隔を50メートル間隔として、5年にわたる風計算を行った(緒元については表1を参照)。この風計算の結果を基に、風速の出現頻度を評価する際に用いられるワイブル分布の係数である尺度係数(C)と形状係数(K)を算出した。現在、結果をまとめている最中であり、計算によって求められた標準上空風やそれを基にした環境評価のパラメータについての妥当性の評価を行い、解析結果については日本風工学会論文集へ投稿すべく準備を進めている。さらに、標準上空風等についてはデータベースを構築し、風環境評価を行う者が実際に利用できるような仕組みを提供できるよう、環境整備を進めていく予定である。

表1: 5年にわたる風計算の統計データの緒元

解析期間	2017年1月1日~2021年12月31日
解析時間間隔	10分毎
水平格子数・格子間隔	東西:300,南北:352, 500メートル
鉛直層数・層間隔	高度1キロまで50メートル間隔
収録変数	東西風・南北風・粗度などの地表面パラメータ・ワイブル分布の係数(尺度係数C・形状係数K)

【参考文献】

- (1)村上周三, 岩佐義輝, 森川泰成, 日本建築学会論文報告集, 第 325 号, pp.74-84, (1983)
- (2)風工学研究所編, 鹿島出版会, (2005)
- (3)Alan G. Davenport Wind Engineering Group, (2007)
- (4)義江龍一郎, 三浦翔, 望月政法, 日本風工学会論文集, 第 145 号, pp.113-122, (2015)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 IIZUKA Satoshi, SHIMOSE Ken-ichi, YOKOYAMA Hitoshi	4. 巻 46
2. 論文標題 Validation of Analyzed Winds based on Greenhouse Damage by Typhoon Faxai	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Wind Engineers, JAWE	6. 最初と最後の頁 5~12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5359/jawe.46.5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 メソ気象セミナー事務局（末木健太，横田祥，栃本英伍，加藤亮平，吉住蓉子，鷗沼昂，渡邊俊一，下瀬健一，春日悟）	4. 巻 67
2. 論文標題 第6回メソ気象セミナー開催報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 天気	6. 最初と最後の頁 55-62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 下瀬健一，清水慎吾，加藤亮平，岩波越
2. 発表標題 3DVAR+IAUを用いた2015年9月6日に首都圏で発生した竜巻の風速場解析
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------