

2020 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：2020 年度

課題番号：20202002

研究課題名（和文）：日本版改良藤田スケールにおける DI、DOD と被害風速の評価

研究課題名（英文）：Evaluation of DIs, DODs and wind speeds for Japanese Enhanced Fujita Scale

研究代表者：小林文明（防衛大学校地球海洋学科・教授）

交付決定額（当該年度）： 500,000 円

1. 研究の目的

竜巻やダウンバーストといった積乱雲に伴う突風現象は、極めて小規模であるものの激甚被害をもたらす。竜巻等に対する個人や行政レベルの対応、あるいは構造物の耐風性や設計上の考え方については、米国等に比較してわが国の状況は極めて不十分である。日本で発生する竜巻は、海上で発生するいわゆる waterspout や準線状対流系に伴うものが中心で、米国で見られるようなスーパーセルによる大型のトルネードの発生は稀であると見られていた。しかしながら、近年、甚大な被害を及ぼす竜巻による被害が頻発し、調査研究の結果、これらの幾つかはスーパーセルと同様な大気状態の下に発生した竜巻であることが示唆され始めている。また、竜巻による被害も、多くは飛散物に起因するなど、台風等の強風被害と若干異なる様相を示すことが報告されている。

竜巻の認識件数は増加傾向にあるが、顕著な影響は極めて限られた時空間的に現れるため、実態の把握が難しい。観測による詳細把握はドップラーレーダーなどを用いて積極的に対応され始めているが、地表面付近の状況などは現地調査に頼らざるをえない状況である。竜巻発生の実態把握を的確に行うためには、竜巻の特徴を的確に表す分類評価を実施する必要がある。1971年に藤田哲也により提案されたフジタスケールは、世界各地で使用されてきたが、被害程度の認識方法や風速の推定方法が明確でないなどの問題が指摘されており、米国では2001年頃から従来のフジタスケールに対する見直しが始まり、2006年のテキサス工科大学、NIST、National Weather Serviceを中心として、Enhanced Fujita Scaleが提案された。以降、米国で竜巻の強さ分類として公式に改良フジタスケール（Enhanced Fujita Scale, EFスケール）が用いられている。このEFスケールは、米国での建築物や工作物や、自然植生の空気力や耐力、強度を元に作成されており、これを直接日本の竜巻に適用することはできない。気象庁、国土交通省、建築研究所、東京工芸大学は、国内の研究者、専門家とともに、日本における竜巻の強度分類法として、国内の被害指標（Damage Indicator, DI）として適切なものを抽出し、それらの被害状況程度（Degree of Damage, DOD）の分類と対応する作用風速（または等価風速）の適切な評価方法の共同研究を進めてきた。その成果は、「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会（会長：田村幸雄）」に提出され、2015年12月には、気象庁から「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」として公表された。

本申請では、平成27年「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」（以下、日本版改良藤田スケール、JEFスケール）において提案された、DIとDODおよびその風速について、より安定的に調査、判定できるよう、被害情報の収集、被害指標（DI）の洗い出し、被害程度（DOD）の分析、竜巻発生時の空気力学的作用と工学的に等価な風速への換算手法、時空間的に非定常な流れ場での構造物や樹木等の空気力の性質、構造物や樹木等の耐力、強度の評価方法など多岐にわたる、竜巻被害評価関連技術を検討し、日本版改良藤田スケールの運用に寄与することを目的とする。

また、本研究の目的の一つとして、気象庁「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会」に対して、最新の科学的知見に基づく竜巻強さの評価手法に関する資料を提供し、気象庁の「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」運用上生じた諸問題への対応に資することがあげられる。

2. 研究の方法

(1) JEFスケールの検証：平成28年度から実施されているJEFスケールの適用に際して、問

題点等を検討する。実際に運用に供して発生した検討事項等をまとめ、解決方法、追加説明等を検討する。特に、DI, DOD とそれぞれの風速に関する継続的な検討を行う。

- (2) 竜巻の発生実態と特徴の把握：JEF スケールを過去の主要な竜巻被害に適用し、被害風速の評価を行い、被害実態の解明を図る。これまで、物置、コンテナ等の内容量、飛散距離、横ずれ、ステーの影響等の考慮、船舶、寺社、土蔵、石灯籠、墓誌等の DI, DOD 検討したが、風力係数の未整備や被害メカニズムが解明されていない等で JEF スケールに組み込むことができていない指標も多い。これらを定量化し、DI, DOD を設定する方法について検討する。
- (3) 竜巻等の突風被害の現地調査を実施し、風速や風圧力の根拠となる資料収集を行う。また、被害資料を整理し、JEF スケール判定に資する情報としてまとめる。

3. 研究成果

令和 2 年度は計 4 回の研究会を実施し、1) 新たな DI, DOD の検討、2) 個別の突風災害事例における風速判定の妥当性、3) 気象学と風工学との連携の検討を行った。また、公開研究会をオンラインで開催し、約 80 名の参加者により活発な議論、意見交換が行われた。

1) 新たな DI, DOD の検討

新たな DI として船舶、石灯籠、墓誌の検討

2) 個別の突風災害事例における風速判定の妥当性

主な突風事例

6 月 6 日の群馬県伊勢崎市の事例 (JEF1)

7 月 25 日埼玉県三郷市の事例 (JEF1)

8 月 11 日栃木県日光市の事例 (JEF1)

3) 気象学と風工学との連携の検討

4) 公開研究会の開催

以下のプログラムで公開研究会を開催した (参加者 80 名)。

開催日時：2021 年 2 月 10 日 (月) 13 時～16 時

開催場所：zoom によるオンライン開催

プログラム：

(1) 趣旨説明 小林文明 (防衛大学校)

(2) 2020 年の竜巻被害および評定結果について 加茂 直幸 (気象庁大気海洋部)

(3) フェーズドアレイ気象レーダーによる市原竜巻の詳細解析 足立透 (気象庁気象研究所)

(4) 二重偏波レーダーで捉えた竜巻飛散物の時空間分布～2019 年 10 月 12 日千葉県市原市に生じた竜巻を対象として～ 梅原章仁 (気象庁気象研究所)

(5) 2019 年台風 15 号に伴う強風による送電線の被害状況と鉄塔の耐力評価 山崎智之 (東京電力パワーグリッド)

(6) 船舶の強風被害と被害発生風速の検討 曹曙陽 (同済大学教授)

(7) 閉会挨拶 田村幸雄 (重慶大学教授、東京工芸大学風工学研究拠点プログラムコーディネータ)

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. 小林文明, 佐藤英一, 高館祐貴, 松井正宏, 木村吉郎, ガヴァンスキ江梨, 台風 1919 号 (HAGIBIS) がもたらした強風災害について, 日本風工学会誌, Vol.45, pp.126-130 (2020)
2. Iwashita, H., T. Morita, K. Shibata, and F. Kobayashi, Gust Prediction by a high density ground surface observation network (POTEKA), J. Atmos. Electricity, Vol.38, pp.53-66 (2020)
3. Morotomi, K., S. Shimamura, F. Kobayashi, T. Takamura, T. Takano, A. Higuchi, H.

Iwashita, Evolution of a tornado and debris ball associated with super typhoon Hagibis 2019 observed by X-band phased array weather radar in Japan, Geophysical Research Letters, Vol.47, e2020GL091061. <https://doi.org/10.1029/2020GL091061>

4. 岩下久人, 森田敏明, 柴田耕志, 小林文明, 地上稠密気象観測網により観測された群馬県・埼玉県平野部におけるダウンバースト 2 件の事例比較, 風工学研究論文集, Vol.26, pp.41-50 (2020)
5. 野田稔, 令和元年台風 15 号通過時の送電鉄塔倒壊被害からの風速試算, 風工学研究論文集, Vol.26, pp.102-109 (2020)
6. 小林文明, 台風 15 号 (Faxai) に伴う突風の空間分布, 日本風工学会誌, Vol.46, pp.13-18 (2021)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

5. 研究組織

(1) 研究代表者

小林文明 (防衛大学校地球海洋学科・教授)

(2) 研究分担者

1. 共同研究者

(東京大学) 新野宏, (秋田工業高等専門学校) 植松 康, (東北大学) 小野裕一, (東京工芸大学) 田村幸雄, 松井正宏, 吉田昭仁, 金 容徹, (東京工業大学) 坂田弘安, (京都大学) 丸山 敬, 中川貴文, (高知大学) 野田 稔, (九州大学) 前田潤滋, (熊本大学) 友清衣利子, (建築研究所) 奥田泰雄, (森林総合研究所) 鈴木 覚, (日本設計) 人見泰義, (風工学研究所) 勝村 章, (気象研究所) 鈴木修, 益子涉, 佐藤英一, 梅原章仁 (同済大学) 曹曙陽

2. 研究協力者

(気象庁) 細見卓也, 道城 竜, 加茂直幸, 古市 豊
(国土技術政策総合研究所) 喜々津仁密, 脇山善夫, 石原 直, 荒木康弘

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme:

Evaluation of DIs, DODs and wind speeds for Japanese Enhanced Fujita Scale

Representative Researcher (Affiliation):

Fumiaki Kobayashi (National Defense Academy)

Summary

Japan Enhanced Fujita Scale (JEF scale), which is the damage scale of tornadoes and downbursts, was authorized and applied by Japan Meteorological Agency from 2016. The objective of the research is to evaluate DIs (Damage Indicators), DODs (Degree of Damages)

and wind speeds for JEF scale. New DIs, such as ships, stone lanterns, gravestones, storerooms, street trees, were investigated and discussed in 2020.

6 tornadoes of JEF1 (i.e., Isesaki City, Gunma Prefecture on 6 June, and Sangou City, Saitama Prefecture on 25 July) and JEF1 downburst event (Nikko City, Tochigi Prefecture on 11 August) were reported, but total number of gust damage such as tornadoes and downbursts was less than average value. No typhoon was landed in 2020 and few damage accompanied by typhoon were reported.

The research meeting on JEF scale was held at online system on 10 February 2021. Seven speakers reported recent gust damage, i.e., the multi-parameter and the phased array weather radar observations of the Ichihara tornado accompanied by typhoon 1919, the damage characteristics around Chiba Prefecture caused by typhoon 1915.