

2024 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：2024 年度

課題番号：24242006

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：山内 洋

交付決定額（当該年度）：320,000 円

1. 研究の目的

日本で発生する竜巻は年間 20 個程度と報告されており、単位面積当たりの発生数をみると、日本はアメリカの 4 割程度である。ある地点を襲う確率は 8000 年に 1 回以下と非常に低いものの、近年、竜巻による甚大な被害が頻発し、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されている。また、竜巻による被害の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。気象庁の調査業務の充実などにより、竜巻の報告件数は増加傾向にあるが、顕著な影響は時空間的に極めて限られて起きるため、実態の把握は難しい。近年はドップラーレーダーなどの機器も導入されているが、地表面付近の気流はレーダービームの空間解像度や地球の曲率の影響で観測が難しく、現地調査に頼らざるをえない。

1971 年に藤田哲也氏により提案されたフジタスケールは、世界各地で竜巻強さの評価基準として使用されてきたが、風速の推定に用いる被害指標(Damage Indicator, DI)の数が少なく、被害程度(Degree of Damage, DOD)による推定風速にも課題があることが指摘されるようになった。このため、アメリカでは 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 年にテキサス工科大学、NIST、National Weather Service を中心として、改良フジタスケール(Enhanced Fujita Scale, EF スケール)が提案された。以降、アメリカでは竜巻強さの評価基準として公式に EF スケールが用いられている。EF スケールの DI・DOD は、アメリカの構造物や樹木の空気力と耐力・強度を元に作成されており、これを直接日本に適用することはできない。気象研究所、国土技術政策総合研究所、建築研究所、東京工芸大学は、国内の研究者と専門家とともに、日本における竜巻強さの評価基準として、適切な DI を抽出し、それらの DOD に対応する作用風速(または等価風速)の適切な評価方法に関する共同研究を進めてきた。その成果は、気象庁の「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、平成 27 年 12 月、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」（以下、JEF スケール）として公表された。

本研究は、JEF スケールにおいて提案された、DI と DOD およびその作用風速がより安定的に判定できるよう、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、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、JEF スケールの運用に寄与することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では以下の項目について検討を行う。

- (1) JEF スケールのフォロー：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。運用に供して発生した検討事項等をまとめ、解決方法や追加説明等を検討する。特に、DI および DOD とそれぞれの作用風速に関する継続的な検討を行う。
- (2) 竜巻等の突風被害の現地調査：風速算定の根拠となる被害資料を収集する。また、被害資料は JEF スケールの判定に資する情報としてまとめる。
- (3) 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、被害実態の解明を試みる。これまで、物置、コンテナ、船舶、寺社、土蔵、石灯籠、墓誌等の DI と 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などの理由で 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 と DOD を設定する方法について検討する。
- (4) 令和 4 年に気象庁から公開された JEF スケールに関するデータについて、工学的な利用方法等を検討する。

3. 研究成果

- (1) 4 回研究会を開催し、2024 年 1 月以降に発生した突風について、突風被害の現状を把握し、JEF スケール適用上の問題を検討した。
- ・被害規模が大きく、重点的に検討した突風事例は以下の 2 つである。
 - － 2024 年台風第 10 号に伴い宮崎県内で多発した竜巻
 - － 2024 年 10 月 3 日に浜松市で発生した竜巻
 - ・主な検討課題は以下の通り。
 - － 老朽化の著しい鉄骨系プレハブ住宅及び店舗、鉄骨造倉庫における DOD の妥当性
 - － 複数の竜巻による被害域が重なっている場合の、各竜巻被害の判別の考え方
 - － ドップラーレーダーによる渦探知結果及び風向風速計観測結果と突風被害との位置・時刻の整合性
- (2) 公開研究会を開催して下記の講演を行い、突風評価技術の情報交換を行った。
- 山内 洋（気象研究所）令和 6 年台風第 10 号に伴い多数発生した竜巻の親雲
川崎 孝（気象庁）令和 6 年台風第 10 号に伴い宮崎県で発生した突風について
友清 衣利子（熊本大学）令和 6 年台風第 10 号に伴う竜巻による宮崎市内での構造物被害
金 容徹（東京工芸大学）2024 年度の研究報告

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 件）

- 1.
- 2.

〔学会発表〕（計 件）

- 1.
- 2.

〔図書〕（計 件）

- 1.
- 2.

〔その他、産業財産権、ホームページ等〕

- 1.
- 2.

5. 研究組織

(1) 研究代表者

山内 洋，気象庁気象研究所

(2) 研究分担者

新野 宏（東京大学），田村幸雄（重慶大学），植松 康，小野裕一（東北大学），坂田弘安（東京科学大学），小林文明（防衛大学校），丸山 敬，中川貴文，西嶋一欽（京都大学），野田 稔（徳島大学），前田潤滋（九州大学），友清衣利子（熊本大学），奥田泰雄（摂南大学），高舘祐貴（建築研究所），鈴木 覚（森林総合研究所），人見泰義（日本設計），勝村 章（風工学研究所），益子 渉，梅原章仁（気象研究所），曹 曙陽（同済大学），上村佳奈（信州大学），松井正宏，吉田昭仁，金 容徹（東京工芸大学）

(3) 研究協力者

佐藤 豊，中野辰美，川崎 孝，大塩早也香（気象庁），喜々津仁密，脇山善夫，荒木康弘（国土技術政策総合研究所），鈴木 修（元気象研究所）

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

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

Representative Researcher (Affiliation)

Hiroshi Yamauchi (Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency)

Summary

(1) Four research meetings were held to study the recent tornado wind damage occurring after January 2024 and to discuss issues in the application of the JEF scale:

- The following two events which caused relatively large amount of damage were particularly examined:
 - The tornado outbreak in Miyazaki Prefecture due to Typhoon No. 10 in 2024
 - The tornado that occurred in Hamamatsu City on October 3, 2024
- The main issues examined in the meetings are as follows:
 - The appropriateness of DOD for severely deteriorated steel-framed prefabricated houses and stores, and steel-framed warehouses
 - How to distinguish damage from each tornado when damage areas caused by multiple tornadoes are overlapped
 - Consistency between time and location of vortices detected by Doppler radar, surface observation results of anemometer, and wind damage

(2) A research meeting open to public was held to exchange information on recent technique on gust evaluation, where the following presentations were given.

H. Yamauchi (Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency)

The tornadic supercell outbreak due to Typhoon No. 10 of 2024

T. Kawasaki (Japan Meteorological Agency)

The tornado outbreak in Miyazaki Prefecture due to Typhoon No. 10 of 2024

E. Tomokiyo (Kumamoto University)

Damages to structures in Miyazaki City caused by tornadoes due to Typhoon No. 10 of 2024

Y. C. Kim (Tokyo Polytechnic University)

Summary of research activities in 2024