

平成 29 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：平成 29 年度

課題番号：132002

研究課題名（和文）：日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究

研究課題名（英文）：Cooperative study on new scale for rating tornadoes in Japan

研究代表者：奥田泰雄

交付決定額（当該年度）：400,000 円

1. 研究の目的

■ 研究の学術的背景

小規模ではあるが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* 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 12 月「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)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」見直しの検討に資することがあげられる。

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) 改良藤田スケールのフォロー：平成 28 年度から実施されている日本版改良フジタ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。DI, DOD とそれぞれの風速に関する継続的な吟味を行う。また、被害判定に利用可能な被害事例の収集、現地調査方法の改善案、最新の知見の収集と反映手

法の検討等について、DI、DOD別に検討を加える。

(2) 竜巻の発生実態と特徴の把握：改良藤田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。

(3) 竜巻等の突風被害の現地調査を行う。

3. 研究成果

平成29年度は、DI、DODの見直しを中心に建築物の外壁材、車両等、電柱などについて、DODの見直しを行った。また、石灯籠、船舶等について、DIとして利用可能であるか検討を行った。

1) DI、DODの見直し、検討

新しいDIとして、船舶、寺社、門扉、土蔵、石灯籠、仮設トイレ、墓誌等を検討した。

新しいDODとして、木造の住宅又は店舗に金属系以外の外壁材のはく離を、カーポートに片持ち支持型以外のカーポートやガレージの被害を、プレハブ（物置、仮設建築物）に内容量や飛散距離の考慮を、物置、自動車、墓石などに横ズレ等を、スレート製の建材、ステーが張られた物置等に対する被害を検討した。

2) 公開研究会の開催、下記のプログラムで公開研究会を開催した。

開催日時：2018年2月8日（木）15:30～17:30（開場15:10）

開催場所：東京工芸大学中野キャンパス 2号館2階2201教室

司会・進行 建築研究所 奥田 泰雄

15:30～ 趣旨説明 重慶大学、東京工芸大学 田村 幸雄

15:35～16:05 地上気象データを用いた突風の統計解析 気象研究所 予報研究部 益子 涉

16:15～17:15 関連研究の紹介

1) 平成29年度の研究成果の概要 気象庁 村井 博一

2) 車両のDIのDOD見直しについて 東京工芸大学 吉田 昭仁

3) 電柱DIのDOD見直しについて 高知大学 野田 稔

4) 建築物のDIのDOD見直しについて 建築研究所 奥田 康雄

5) 門扉などのDIのDOD見直しについて 東京工芸大学 松井 正宏

17:15～17:30 総合討議・まとめ

3) 対外発表、仙台で開催されたInternational Workshop on Wind-related Disasters and Mitigation (WRDM)で3件等、竜巻強さ評価に関連する研究成果を発表した。

4. 主な発表論文等

【国際会議講演】3件

1) Akihito Yoshida, Wind velocity estimation of vehicle damage for JEF scale based on wind tunnel experiment, International Workshop on Wind-related Disasters and Mitigation, WRDM, Sendai, Japan, 2018.3

2) Shota Suzuki, Japanese Enhanced Fujita scale development and examples of actual ratings, International Workshop on Wind-related Disasters and Mitigation, WRDM, Sendai, Japan, 2018.3

3) Yasuo Okuda, On building damage caused by the May 6, 2012 tornado in Tsukuba City, Ibaraki Prefecture, Japan, International Workshop on Wind-related Disasters and Mitigation, WRDM, Sendai, Japan, 2018.3

5. 研究組織

(1) 研究代表者

奥田泰雄（建築研究所）

(2) 研究分担者

【共同研究者】

（東北大学）植松 康，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，（防衛大学校）小林文明，（京都大学）丸山 敬，（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（研究代表者，再掲），石原 直，荒木康弘，（国土技術政策総合研究所）喜々津仁密，脇山善夫，中川貴文，（森林総合研究所）鈴木 覚，（日本設計）人見泰義，（風工学研究）勝村 章，（気象研究所）小司禎教，佐藤英一，鈴木修，（同済大学）曹曙陽

【研究協力者】

（気象庁）中本 能久，蓼沼 信三，村井 博一，加茂 直幸，鈴木 翔太

6. 要約(Abstract)

研究課題名：日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究

Cooperative study on new scale for rating tornadoes in Japan

研究代表者名：奥田泰雄(建築研究所)

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価に関する検討会(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。本研究では、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(JEF)の運用に寄与することを目的として研究を継続している。2017年度は、実際にJEFを運用し現地調査を実施する中から要望として挙げた新しいDI候補として、船舶、寺社、門扉、土蔵、石灯籠、仮設トイレ、墓誌等を検討した。また、新しいDODとして、木造の住宅又は店舗に金属系以外の外壁材のはく離を、カーポートに片持ち支持型以外のカーポートやガレージの被害を、プレハブ(物置、仮設建築物)に内容量や飛散距離の考慮を、物置、自動車、墓石などに横ズレ等を、スレート製の建材、ステーが張られた物置等に対する被害を検討した。また電柱の被害には製造規格から耐力を考慮して評価方法を整理した。

JEFスケール評定の状況

2017年8月7日
愛知県 豊橋市、豊川市
竜巻
65m/s(JEF2)

Di=15: 大型自動車
DOD=1: 横転
風速: 65m/s

Di=1: 木造の住宅又は店舗
DOD=7: 小屋組の構成部材の損壊又は飛散
風速: 65m/s

JEFスケールへの現場からの要請

すべての被害にDI・DODが該当するとは限らない

船舶の飛散

門扉の移動

石灯籠の転倒

金属系以外の外壁材のはく離