

個々の建物を解像する強風被害評価プラットフォームの開発 Development of High-Resolution Wind Damage Assessment Platform Incorporating Individual Building Characteristics

○文 礼志・久下 康太朗・西嶋 一欽

○Lizhi WEN・Kotaro KUGE・Kazuyoshi NISHIJIMA

This study aims to develop a high-resolution wind damage assessment platform that resolves individual buildings. The platform integrates hazard model, exposure model, wind pressure model, and damage model developed based on engineering and probabilistic approaches. Building attributes are obtained from aerial imagery and GIS-based spatial analyses, whereas attributes that cannot be obtained for individual buildings are randomly assigned based on statistical data. Wind pressures are estimated by combining database-derived pressures for isolated buildings with factors accounting for surrounding environments. Damage probabilities due to wind pressure and windborne debris are evaluated at the building component level. The developed platform is validated using damage survey data. Among others, the results show that the differences in damage patterns among different roof types are captured.

1. はじめに

近年、台風制御によって被害を低減する研究が進められている[1]。その被害低減効果の評価において、強風被害を正確に評価する必要がある。また、保険会社における被害額の予測と地域防災対策の検討においても、強風被害評価は重要である。強風被害評価に関して、従来のマクロ的な評価手法は広域的な被害傾向を把握する上では有用である一方で、個々の建物の脆弱性や被害発生メカニズムを考慮して被害を評価することは困難である。

本研究では、個々の建物を解像することを特徴とした強風被害評価プラットフォームの開発を目的とする。本プラットフォームは、建物の特徴に関する情報と強風ハザードに関する情報を統合し、工学的・確率論的手法に基づいて建物レベルでの被害を評価するものである。

2. 強風被害評価プラットフォームの構成

強風被害評価プラットフォームは図1に示すように、主に4つの部分で構成されており、それぞれはハザードモデル、エクスポージャーモデル、風圧モデルと被害モデルと呼ぶ。

ハザードモデルでは、台風シミュレーションの結果から風向別の風速の情報を抽出する。

エクスポージャーモデルでは、被害評価に用いる建物の特徴情報を構築する。考慮する情報は建物の形状（輪郭、位置、高さ、屋根形状、向き）、部材の材料・施工方法、周辺環境（離間距離、建物密度など）と築年数が含まれる。現在開発中の

プラットフォームでは、建物形状の情報は航空写真を用いて、画像処理やAI技術などにより取得する。図2に建物の輪郭と屋根形状の例を示す。周辺環境の情報はGIS上で算出する。その他の情報は個別に取得することが困難であるため、統計データや経験的知見に基づいて設定する。

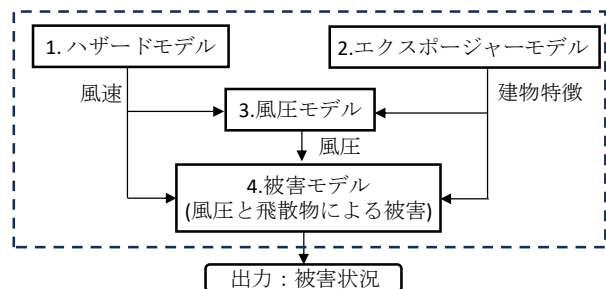


図1. プラットフォームの構成

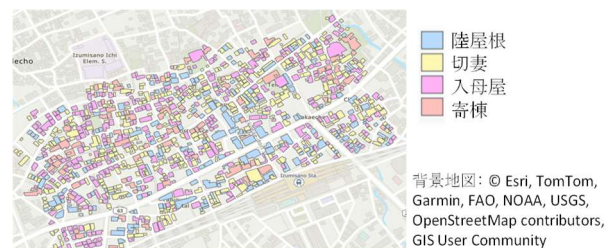


図2. 建物の輪郭と屋根形状

風圧モデルでは、各建物の特徴（高さや屋根形状など）だけではなく、周辺環境の影響も考慮して建物の部材に作用する風圧を計算する。計算は2つのステップからなる。まず、風圧データベース（現段階では、東京工芸大学のデータベース[2]）から独立建物の風圧係数 C_{p_iso} を抽出する。次に、

抽出された C_{p_iso} に対して、周辺環境の影響を考慮した修正係数を乗じる。現段階では、周辺環境の影響は離間距離のみを考慮している。離間距離に関する修正係数(γ)は美並ら[3]の実験結果に基づき設定する。部材に作用する風圧は、修正された風圧係数 $C_{p_noniso}(=\gamma C_{p_iso})$ 、風速 U と空気密度 ρ を使って、下の式で計算される。

$$P_{noniso} = 1/2 \rho U^2 C_{p_noniso} \quad (1)$$

被害モデルでは、風圧と飛散物による被害を考慮する。まず、風圧による被害を説明する。部材の風圧による破壊は、部材に作用する風圧 P_{noniso} から計算される荷重効果 S が部材の耐力 R を超える場合に発生すると定義する。従って、部材が風圧によって破壊する確率は下の式で計算される。

$$p_f = \Pr[R < S] \quad (2)$$

耐力 R は確率変数として、部材の種類や工法に応じてモデル化されている。例えば、表1には瓦の耐力の設定に用いるパラメータを示す。

表 1. 瓦の耐力の設定に用いるパラメータ

パラメータ	設定値
種類	①通常瓦;②防災瓦
緊結パターン	①全数緊結;②千鳥緊結;③2段に一段緊結;④3段に一段緊結;⑤緊結なし
緊結材種類	①鉄丸釘;②スクリュー釘;③回転止めスクリュー釘;④リング釘;⑤ねじ
打ち込み深さ	①20mm;②25mm;③35mm

次に、飛散物による被害を説明する。飛散物となるのは瓦のみとする。飛散する瓦の枚数は風圧により破壊する瓦の枚数の期待値とする。建物部材に飛散物が衝突する確率は Wen[4]が構築した衝突確率のデータベースを利用して計算される。同データベースは風速、風向角、ソース建物（飛散物が発生する建物）の離間距離、ソースとターゲット建物の高さ、ソースとターゲット建物の相対位置、ソース建物とターゲット建物の間の建物の遮蔽効果の7つのパラメータを考慮する。また、本研究では、部材が衝突されると破壊すると仮定して、部材の飛散物による破壊確率を計算する。

3. 強風被害評価プラットフォームの検証

2018年台風21号は大阪府南部の沿岸部を襲い、甚大な被害をもたらした。西嶋ら[5]は泉佐野市の一部地域を対象に、現地の被害調査を行った(図3左)。この調査の結果と比較することで開発した強風被害評価プラットフォームの妥当性を検証する。

計算地域は図3に示している。西嶋ら[5]により、

この地域の推定最大風速(10分間平均風速)は約28 m/sであるため、計算においても、同じ風速を設定した。風向は西よりの風とした。

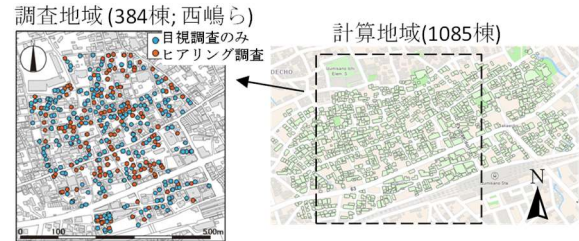


図 3. 調査地域と計算地域

4. 結果とまとめ

図4は屋根の罹災率の結果を示す。罹災率は全建物数に対する損傷した建物（少なくとも一枚の部材が壊れる）の割合である。全体的に、計算結果の値は調査結果より大きいが、屋根ふき材の種類による罹災率の差異を定性的に捉えていることが確認された。また、被害の要因から見ると、瓦屋根に対して、風圧による被害が飛散物による被害より多いが、スレートと金属屋根に対して、飛散物による被害が多いという結果が得られた。

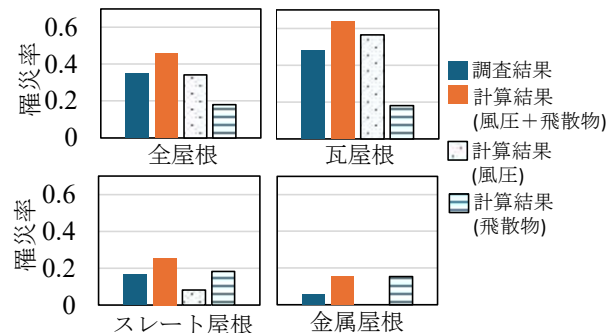


図 4. 屋根の罹災率の結果

謝辞

本研究は、JST ムーンショット型研究開発事業 JPMJMS2282-07 の支援を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 筆保弘徳. (2022). 台風科学技術研究センターとタイフーンショット計画. 産学官連携ジャーナル, 18(8), 4-7.
- [2] 東京工芸大学. (2007). Aerodynamic database for isolated low-rise buildings. <https://wind.arch.t-kougei.ac.jp/system/eng/contents/code/tpu>
- [3] 美並浩成, 西嶋一欽, 丸山敬, 西村宏昭. (2019). 隣接建物の影響を考慮した建物群の風荷重評価手法. 日本風工学会論文集, 44(4), 81-89.
- [4] Lizhi Wen. (2025). A study on windborne debris in residential areas: from aerodynamic analysis to impact assessment. Doctoral thesis, Kyoto University.
- [5] 西嶋一欽, 竹内崇, 野田博, 友清衣利子, 河野祐哉. (2019). 2018年台風21号による住宅に関する強風被害調査および結果の概要. 日本風工学会誌, 44(3), 294-302.