

建物ポリゴン情報の導入によるワイブル分布を用いた 台風の建物被害確率モデルの精度改善

ACCURACY IMPROVEMENT OF TYPHOON BUILDING DAMAGE PROBABILITY MODELS USING WEIBULL DISTRIBUTION BY BUILDING SHAPE POLYGON

尾田 春雄¹⁾ 益子 渉²⁾ 野田 稔³⁾
Haruo ODA¹⁾, Wataru MASHIKO²⁾ and Minoru NODA³⁾

ABSTRACT

Building shape polygons were adopted to improve the accuracy of the building damage probability model applying the weakest link model. The building area ratio(ε), which is the ratio of building area to evaluation mesh area, was used as an indicator of building density. Additionally the damage or non-damage was determined for each mesh using the damaged building shape polygons. As results of investigation for building damage by Typhoon Jebi in 2018, it was found that the damage probability estimated from the damage probability model using the ε and the maximum wind speed squared as explanatory variables show good match with the actual values. Moreover, comparison of the estimated values by the constructed model with the actual damage mesh distribution showed that they generally corresponded to each other. In addition, the results of damage probability estimation of building damage by Typhoon Faxai in 2019 with the probability model constructed based on the building damages by Typhoon Jebi suggested that the proposed model was applicable to the other typhoons as well.

Key Words: Damage probability, Weakest link model, Building area ratio

1. はじめに

気象現象が引き起こす災害への防災・減災対策として、その被害発生の可能性を事前に予測し、注意喚起を促すことは非常に重要である。また、被害を予測するにあたっては被害を発生・拡大させる要因を特定し、そのプロセスを知ることが必要である。現在、降雨災害や土砂災害などについては、災害時に特別警報を地域的に発令し、その危険性を周知しているが、強風災害については広域で予想される最大風速等を提示するにとどまっており、市民に正確な危険性を伝えるには十分とは言えず、改善が必要と考えられる。

著者らは2018年に近畿地方を中心に、広い範囲で甚大な被害を及ぼした台風21号(T1821号)の被害分布情報を基に、被災地域を格子状のメッシュで分割・整理していくつかの検討を行った^{1),2)}。この検討では、初めに従来被害指標として用いられてきた一定範囲内に存在する建物に何棟被害が生じたかを示す「被害率」と、それに影響を与えると考えられる建物の密集度を示す住宅密度および台風通過イベント時の最大風速の二乗値の2つの要因との関係性

^{1), 3)} 高知大学 大学院生、教授 (〒780-8520 高知県高知市曙町2-5-1)

²⁾ 気象研究所 台風・災害気象研究部 第二研究室 室長 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1)

について検討した。その結果、「被害率」を用いた検討では、前述した2つの要因との間に傾向を持った関係性は確認されなかった。その理由として、被害の程度は建物の個別の条件(築年数や建築様式、老朽化度合等)や、生じる風荷重のばらつきに大きく左右されることが考えられるが、ここでの検討では、それらの条件を全て収集し区別して分析することができなかつたために、前述したような結果になったと推測される。

これを改善するためには被害の有無にかかわらず建物一軒ごとに調査を行い、被災時の建物情報を集める必要があるが、台風による強風被害は広域に亘るため、現実的ではない。そこで、「被害率」に代えて一定範囲内に存在する建物に被害が生じる確率を示す「被害確率」を用いて検討を行い、台風による強風被害に最弱リンクモデルを適用し、ワイブル分布を用いた被害確率モデルを提案した¹⁾。この検討では被害の程度ではなく被害発生の有無に着目し、範囲内に存在する建物が持つ個別の条件を一種のばらつきとして捉え、そのばらつきの中で被害が生じるか否かを確率で表現した。また、評価メッシュを住宅密度と最大風速の二乗値で階級分けすることで、最弱リンクモデルで説明される鎖の破壊確率を示すワイブル分布を建物の強風被害の発生確率に適用した。住宅密度と最大風速の二乗値で整理した結果、一定範囲内の建物被害の発生確率がワイブル分布に沿うことが示された。そして、建物の累積被害頻度とワイブル分布の近似計算によって得たワイブルパラメータは、住宅密度の変化に伴って連続的に変化する傾向を示したことから、住宅密度によって各パラメータの関数化を行い、この関数を用いて構築した被害確率モデルは実際の累積被害頻度によく一致する結果を示した。

ここで、構築した被害確率モデルを用いて評価メッシュごとに被害確率の推定を行ったところ、推定された被害確率を階級分けし、階級内のメッシュの被害の有無との関係を調べた結果、推定被害確率の階級が高くなるにつれて、被害が確認されたメッシュの割合が直線的に増加することが確認された。この結果から、今後さらに検討を進めることで構築したモデルによって天気予報における降水確率のような形で台風による建物への強風被害の発生確率を一定範囲ごとに数値で提供することが可能になるのではないかと考えに至った。

一方で、これまでの検討においては評価メッシュ内部に重心点が存在する建物を、そのメッシュに含まれる建物として扱ってきた。例えば、建物の密集度の指標として用いていた住宅密度は、メッシュ内の建物の重心点をカウントし、評価メッシュの面積で除したものを用いていた。また、メッシュごとの被害有無の判定についても、被害建物の点が含まれるメッシュを被害を受けたメッシュと判定していた。このような検討の場合、評価メッシュの境界線に跨って存在する建物については、その点が含まれるメッシュにのみ情報が反映されていたため、建物情報を解析に十分活用できていない可能性があった。

そこで、本研究では建物情報を点ではなく、ポリゴンによる面で扱うことで、より正確な建物情報を提案するモデルに反映し、モデルの精度向上を試みる。具体的には、T1821号の被災地域である大阪府南部を対象に、住宅の密集度を示す指標として、メッシュの面積に対する建物面積の比を建築面積率として採用し、被害の有無の判定を被害建物が重なる全てのメッシュを被害有と判定して、被害確率モデルの構築を行った。また、構築したモデルを用いてT1821号における大阪府南部の被害確率を推定し、実際の被害の有無と比較することでモデルの適用性について検討した。さらに2019年に発生した台風15号(T1915号)の被災地である千葉県内房についてT1821号のデータに基づいて構築したモデルを適用してT1915号による被害確率を推定し、実際の被害の有無と比較することで、提案したモデルが他台風についても適用可能であるかについても検討した。

2. データの概要

すべての情報はGISソフト³⁾上で平面直角座標系に投影した。投影した情報は地域メッシュを用いて被災地域を分割し、メッシュごとに整理を行った。ここで、使用した地域メッシュは分割地域メッシュに該当する一辺約250mの4分の1地域メッシュ⁴⁾である。

全建物の位置情報については、図1に示したゼンリンの地物データ(ゼンリン、Zmap TOWN II(2016年度 Shape版)「大阪府および千葉県 データセット」)よりポリゴンデータを用いて特定し、被害建物については航空写真より目視で抽出したものをを用いた⁵⁾。本研究に用いたブルーシートの分布を図2に示す。図中の赤線は航空調査における航空機の飛行経路である。また、メッシュごとの被害有無の判定については、被害が確認された建物ポリゴンが重なるメ

シユを被害有と判定した。そして、特定した建物の位置情報を基に、メッシュの面積に対するメッシュ内の建物の総面積を建築面積率とし、建物の密集度を表す指標として用いた。図3に各メッシュにおける住宅密度 γ [1/m²]と建築面積率 ε の関係を示すが、両者に正の相関傾向が見られるものの、 γ が同程度の値であっても ε が全体的に0.2程度の幅を持つことが分かる。このことから、同じ建物の密集度を表す指標であっても評価方法によって反映される情報が異なることが分かる。今回の検討では、建築面積率を用いることで複数のメッシュに跨る建物についてその建物が重なるメッシュ全てに情報が反映され、より正確にメッシュ内の建物の密集度が反映されると考えられることから、構築するモデルの精度向上が期待される。

さらに、台風通過イベント時の最大風速の二乗値については、引用文献7に示される手法と同様の気象解析で得られた地上高10mの風速値を用いて算出した。本研究で使用した最大風速は、台風通過イベント中における10秒間平均値相当の風速の最大値である。用いた最大風速の分布を図4に示す。この気象解析で得た風速の値は、土地利用区分から決定される粗度長により粗度区分が考慮されたものである。本研究ではメッシュ内の最大風速の値は同じであることを前提としており、これは気象解析の分解能が250mで解析されているためである⁸⁾。以上の情報を整理したメッシュについて、航空機から視認可能な範囲に含まれるものを対象に解析を行った。

3. 被害確率モデルの概要

これまで著者らが提案してきたモデル¹⁾は、台風による建物の強風被害と最弱リンクモデルの類似点に着目し、ワイブル分布によって一定範囲の建物の被害確率を推定するものである。最弱リンクモデルは、複数の輪で構成された1本の鎖に対して引張荷重 x が作用するとき、鎖内の輪が1つでも破壊した時点で、鎖本体が破壊したと定義するモデルである⁹⁾。この鎖の破壊確率を表す確率モデルがワイブル分布である。最弱リンクモデルでは、引張荷重によって鎖内の各輪に生じる内部応力が輪の各部の材料強度を上回ることによって鎖に破壊が生じる。この時、各輪における内部応力と材料強度はばらつきを持つため、鎖の破壊荷重にばらつきが発生する。

この鎖の破壊荷重のばらつきは、強風によって対象とするメッシュ内の建物に被害が発生することを考えた際、引張荷重 x によって鎖を構成する輪に生じる内部応力のばらつきがメッシュ内の建物ごとの位置や向き、各建物上の各

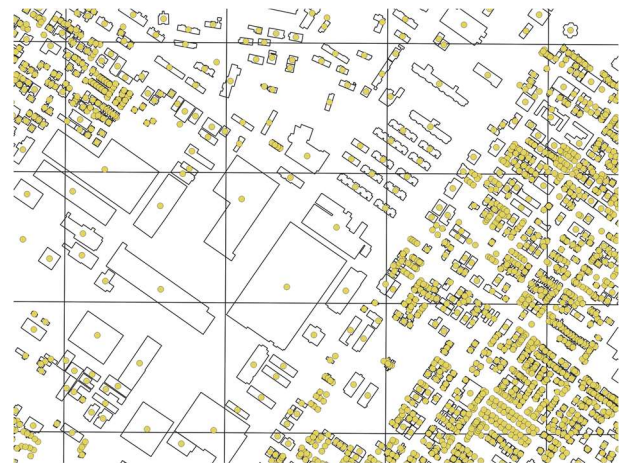


図1 評価メッシュ内の建物重心点とポリゴン



図2 ブルーシート分布と飛行経路(大阪府南部)⁶⁾

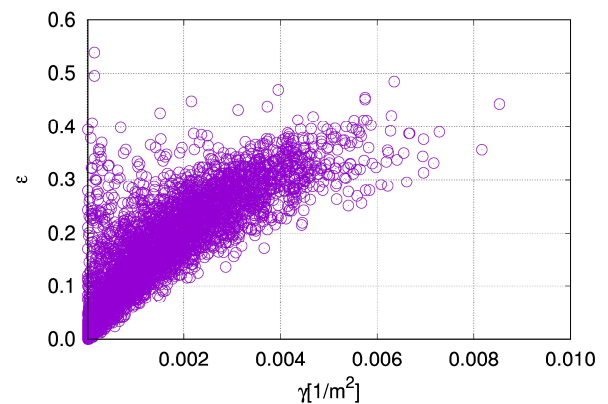


図3 住宅密度 γ と建築面積率 ε の関係

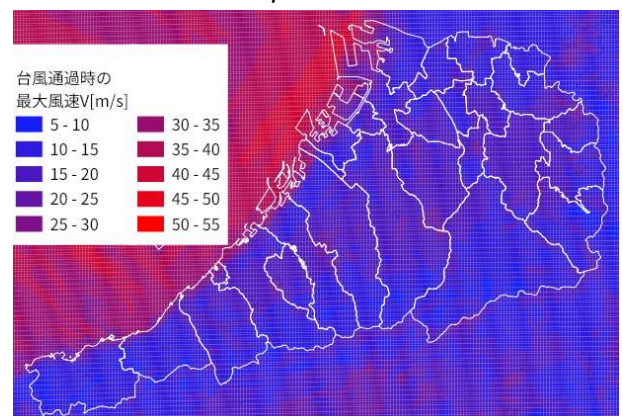


図4 T1821号通過時の最大風速分布

部位等によって生じる風荷重のばらつきに対応し、鎖内の各輪内部の材料強度のばらつきは、建物ごとに異なる建築時期や劣化状況、部位等によって生じる耐力のばらつきに対応すると考えられることから、強風被害におけるメッシュ内部の建物の破壊荷重のばらつきと同様であると言える。ここで、建物の耐力のばらつきについては、全ての建物が建築基準法で定められる耐風設計基準に準じていることを前提とし、その基準と個別の建物の耐力の差をばらつきとして考えている。

上記の対応関係から、一本の鎖とそれを構成する輪は、メッシュ内の建物群とそれを構成する建物に対応し、鎖に生じる応力の原因である引張荷重 x は、対象とするメッシュ内の建物に働く風荷重の原因となるメッシュの代表風速に対応すると考えられる。したがって、鎖の破壊確率は一定範囲内において建物が1棟以上破壊する確率と同義である。

このような検討から、メッシュ内に存在する建物に1棟以上被害が確認された時、そのメッシュを被害メッシュと定義することが可能であり、これは最弱リンクモデルにおける鎖の破壊条件と同じであると考えられる。以上の類似点から、ワイブル分布を用いて一定範囲内の建物の被害確率を推定するモデルを構築した。このモデルは範囲内に存在する建物の個別の条件(建築様式・築年数・劣化度合等)を建物耐力のばらつきとしてひとまとめにして、範囲内に存在する全ての建物の内、一棟でも被害が生じる確率を推定するものである。

本検討では風荷重を最大風速二乗値 V^2 で評価し、建物の密集度に建築面積率 ε を採用して、ワイブル分布を建物の累積被害頻度へ適用した。ここで、一般的に確率変数 x に対するワイブル分布の累積分布関数 $F(x)$ は以下の式で示される。

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{x - x_{\min}}{x_0}\right)^m\right\} \quad (1)$$

この時、関数内の x_{\min} 、 x_0 、 m は、それぞれ分布の位置、広がり、形状を決定するパラメータである。

4. ワイブル分布による被害確率モデル

4.1 建築面積率を用いた被害確率モデルの構築

解析対象となる全メッシュを建築面積率 ε によって0.05毎に階級分けし、階級内で最大風速二乗値階級 $V^2[(m/s)^2]$ の低い値順に並べた n 番目の最大風速二乗値階級における累積被害頻度 $P_d(V_n^2, \varepsilon)$ を次式で定義した。

$$P_d(V_n^2, \varepsilon) = \sum_{i=1}^n \frac{M_b(V_i^2, \varepsilon)}{M(\varepsilon)} \quad (2)$$

この時、 M_b は被害を1棟以上含むメッシュ数であり、 M は総メッシュ数である。強風によるメッシュの被害頻度を考えるにあたって、注目する最大風速二乗値階級 V_i^2 より低い値で被害が確認されたメッシュは、 V_i^2 が発生した際においても被害が確認されることが予想される。従って、式(2)では特定の V_i^2 発生時の被害頻度について、 V_i^2 よりも低い値を含めた累積の形で定義した。

この式によって求めた各 ε 階級の P_d を図5に示す。 ε 階級の増加に伴って、累積被害頻度の収束値が高くなる傾向が見られたものの、累積被害頻度の上限である1に収束しなかった。常識的に考えれば、風速が無限に大きくなると建築面積率によらず P_d は1に収束する。しかし、実際の風速は有限であるため、 P_d は1に収束しなかったものと考えられる。また、以前の検討²⁾で、T1915号における千葉県内房での建物被害についても、住宅密度と最大風速二乗値で整理した結果、累積被害頻度 P_d がワイブル分布に良く沿い、住宅密度ごとに P_d の収束値が異なることが分かっている。このことから建物の密集度を示す指標と P_d の収束値に何らかの関係があることが示唆される。飛散物等様々な理由が考慮されるが、現状明確な説明はできないため今後さらに検討する必要がある。

一方で、大阪府南部においては発災から観測までの期間における住宅復旧によるブルーシートの減少や、サンプル数

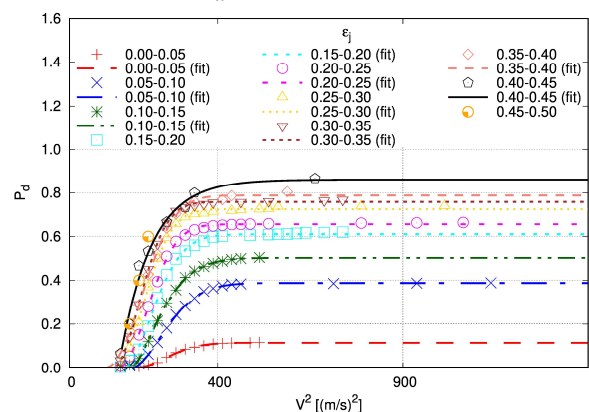


図5 建築面積率階級ごとの累積被害頻度 P_d

不足が P_d の収束値に影響したことが考えられる。各 ε 階級の P_d は V^2 の上昇に伴い、一定となっていることから、サンプル数不足によるものとは考えられない。従って、発災から観測までの期間の影響があることを踏まえて、1に収束するワイブル分布の累積分布関数を P_d に適用するにあたって、式(1)に倍率 A を乗じた。 A によってさまざまな影響を考慮した近似計算の結果を図5に示す。この図から、 A を乗じたワイブル分布に P_d が良く沿うことが分かる。また、近似計算から得た各ワイブルパラメータは、図6に示すような結果となり、建築面積率 ε の変化に伴って連続的に変化する結果を得た。この結果を踏まえて、各パラメータについて建築面積率 ε を説明変数とした適当な関数で近似し、次式を得た。

$$x_{\min}(\varepsilon) = 184 \exp(-1.28\varepsilon) \quad (3)$$

$$x_0(\varepsilon) = 118 \exp(-0.322\varepsilon) \quad (4)$$

$$m(\varepsilon) = 1.88 \exp(-0.244\varepsilon) \quad (5)$$

$$A(\varepsilon) = 0.867\{1 - \exp(-6.86\varepsilon)\} \quad (6)$$

これらの関数をワイブル分布に組み込んで求めた推定被害確率 $p(V^2, \varepsilon)$ は図7に示すようになった。図中の×印は図5で示した P_d である。 P_d と p の関係は図8に示すようになり、2つの値が良く一致していることが確認された。

4.2 住宅密度による推定結果との比較

今回検討を行ったモデルについて、以前検討した住宅密度によって構成したモデル¹⁾と比較し、その差異について述べる。

初めに、近似計算によって得られた各パラメータに注目すると、分布の開始位置を決定する x_{\min} に傾向の変化が見られた。図9に住宅密度による検討結果¹⁾を示すが、この図からは住宅密度階級の変化に伴う x_{\min} の変化が見られなかったが、今回の検討では、建築面積率階級の変化に伴って連続的に変化する傾向が見られた。これは、建物の密集度が高くなるにしたがって被害が発生し始める風速が低くなることを示しており、建築面積率を用いることでメッシュ内の建物の密集度をより正確に反映できた結果と考えられる。また、 x_0 については前回ほど大きな減少傾向は見え、 m についてはばらつきの大い結果となった。これらのパラメータは分布の広がりや形状を決定するパラメータであるが、どちらも分布の形を決定するパラメータであることから、近似計算を行う際に相互に影響した結果、明確な傾向が見られなかったことが予想される。このような特性については、 x_0 、 m のどちらかのパラメータを特定の値(平均値等)で固定し、近似計算を行うことなど、利便性と実用性の向上も視野に入れ、今後検討していく必要がある。

次に、図8に示した累積被害頻度と推定被害確率の関係について、図10に示す前回の結果¹⁾と比較すると、2つの値が同じ

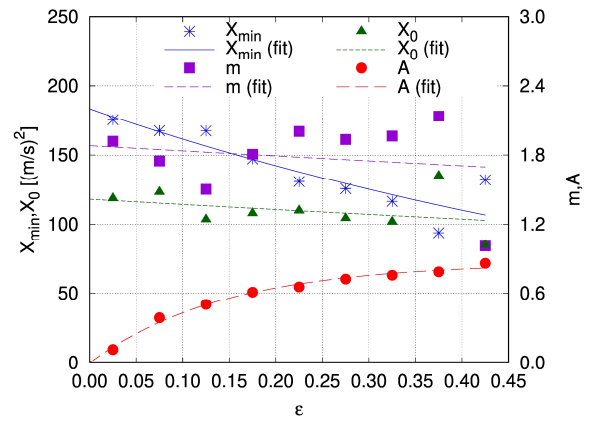


図6 建築面積率 ε とワイブルパラメータの関係

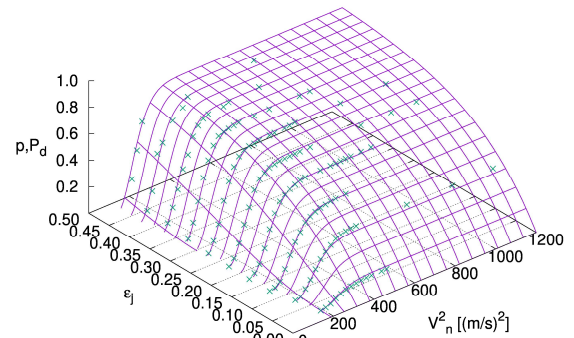


図7 建築面積率を用いた被害確率モデル

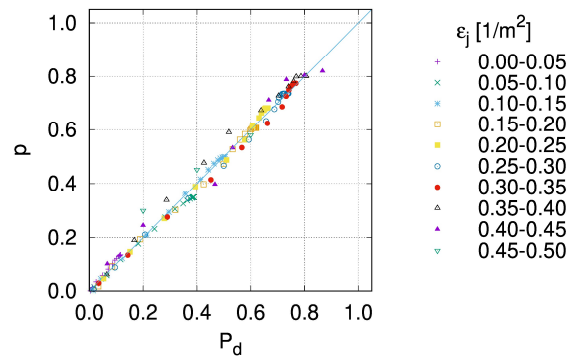


図8 累積被害頻度 P_d と建築面積率による推定被害確率 p の関係

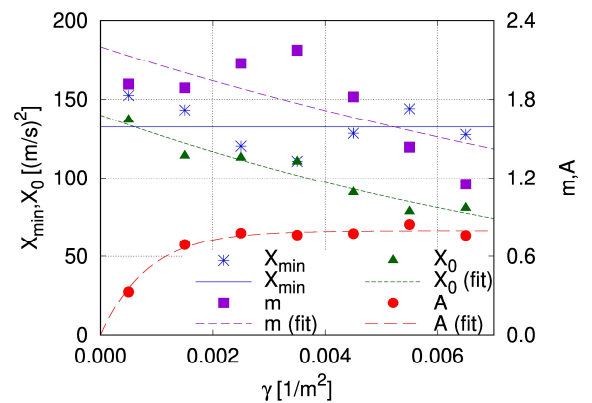


図9 住宅密度 γ とワイブルパラメータの関係¹⁾

であることを示す直線からのばらつきが小さくなっていることが確認できる。また、相関係数を見ると、図10に示す住宅密度 γ を用いた場合は0.976、図8の建築面積率 ϵ を用いた場合は0.996となり、より強い相関を示すことが確認できた。これをさらに詳しく確認するため、図11に示す累積被害頻度の値と推定被害確率の偏差の頻度分布を見ると、0を中心分布するような釣鐘型の形状において、住宅密度 γ を用いたモデルでの結果に比べて建築面積率 ϵ を用いたモデルの方が山の形がより先鋭になっていることが分かる。正規分布による近似計算を行い、平均値 μ と標準偏差 σ を求めると表1のようになり、標準偏差が半分程度になっていることが確認できた。これは、建物の密集度を考慮することで、モデルがより実際の値に近づき、推定の精度が上がった結果と言える。

5. 被害確率モデルを用いた被害確率推定

5.1 大阪府南部における検討

前章において構築したモデルの被害分布の再現度を検証するため、各評価メッシュの建築面積率と最大風速二乗値を用いて個別に推定被害確率を求め、被害の有無との比較を行った。大阪府南部における各評価メッシュの被害の有無の分布を図12に示す。また、前章で構築したモデルを用いて推定された各評価メッシュの推定被害確率の分布を図13に示した。両者を比較すると、図12の被害のあったメッシュの分布と、図13の推定被害確率0.5を超えるメッシュの分布が概ね対応しており、被害のある部分では推定被害確率が高くなる傾向が確認できる。この傾向をより詳しく確認するため、評価メッシュを推定被害確率で0.05毎に階級分けし、階級内の被害を受けたメッシュの割合 R_m を求め、推定被害確率との関係を調べた

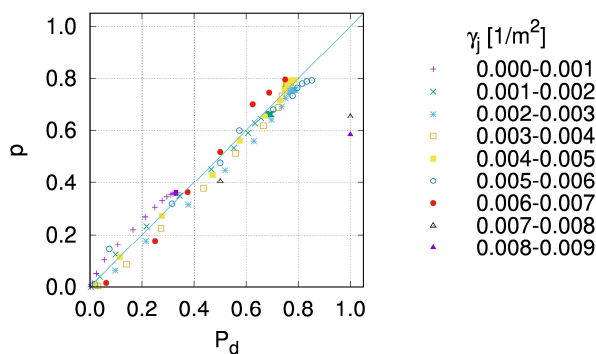


図10 累積被害頻度 P_d と住宅密度による推定被害確率 p の関係¹⁾

表1 P_d と p の偏差の頻度と正規分布の近似計算結果

	μ	σ
建築面積率	0.003	0.011
住宅密度	0.011	0.025

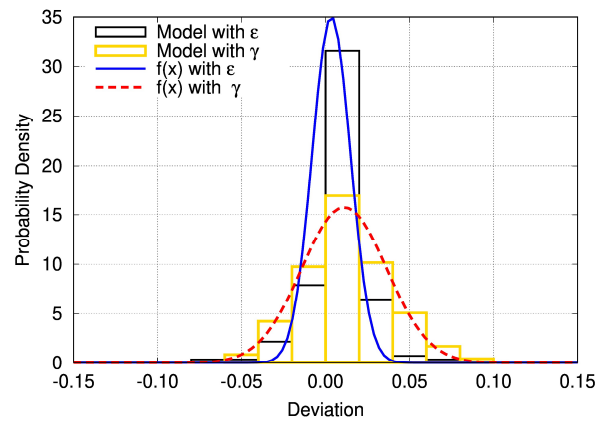


図11 累積被害頻度 P_d と推定被害確率 p の偏差の頻度分布

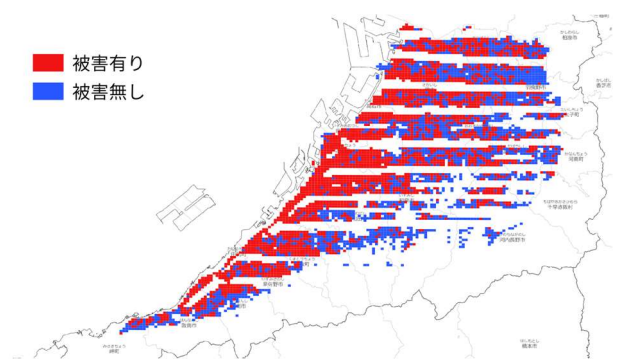


図12 被害の有無の分布⁶⁾

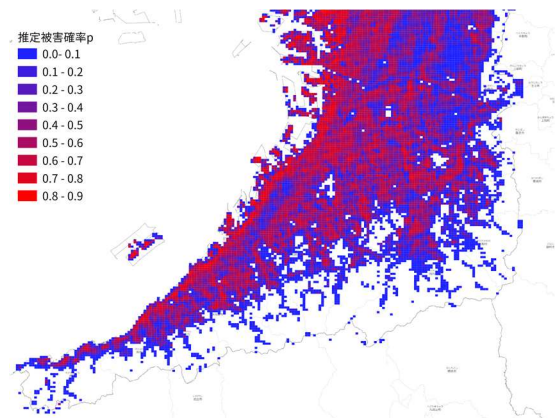


図13 推定被害確率の分布⁶⁾

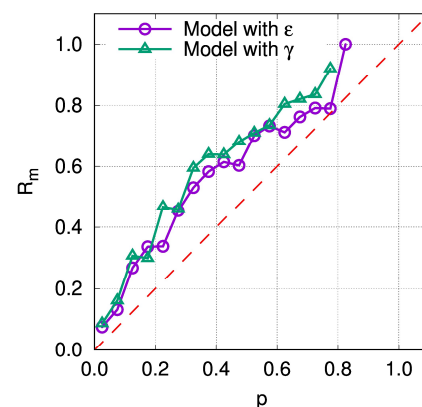


図14 推定被害確率階級と R_m の関係

結果、図14のようになった。この図から、推定被害確率階級の増加に伴って R_m が直線的に増加する傾向が確認された。この傾向から、今回建築面積率 ε を用いて構築したモデルにおいても台風における強風被害の発生の有無の分布を再現できることが確認できた。また、比較のため住宅密度 γ を用いたモデルによる同様の検討結果を図14に△印で示すが、建築面積率を用いることによって、 p 階級と R_m がより同じ値に近づいていることが分かる。以上の結果から、被害確率推定において建物の密集度は重要な要素であり、その影響を正確に反映することは重要であることが確認された。

5.2 T1915号における千葉県内房の被害への適用

これまでの検討において、著者らが提案するモデルは台風における強風被害の発生確率をある程度予測できる可能性があることが確認できた。この結果から、以前に行った「住宅密度」を用いた検討²⁾で大阪府南部での検討と同様に被害確率がワイブル分布に良く沿うことが分かっているT1915号における千葉県内房での建物被害についても、「建築面積率」を導入し、モデルの精度向上を試みた。

しかし、千葉県内房では建築面積率階級内のサンプル数が不足し、近似計算によってワイブルパラメータの傾向が捉えられなかった。そこで本章では、十分なサンプル数を確保できた大阪府南部で構築したモデルをT1915号における千葉県内房被害に活用して被害確率を推定し、実際の被害の有無と比較することで、他台風におけるモデルの適用性について検討した。T1915号におけるブルーシートと最大風速の分布は図15、16に示すとおりである。

図7に示した被害確率モデルを用いて、千葉県内房における評価メッシュごとのT1915号通過時の最大風速の二乗値および建築面積率から、T1915号における被害確率を推定した結果を図17に示す。前章の検討と同様に推定被害確率とメッシュの被害の有無を比較し、モデルの被害確率推定の実用性について検討するにあたって、T1821号のデータを基に作成した被害確率モデルをT1915号に適用するために、この2つの台風における発災から被害観測までの期間の違いを補正する必要がある。T1821号の航空調査は発災から約二カ月後に実施されており、発災から12日後に調査されたT1915号と比較する場合、約二カ月の間に減少した視認できるブルーシートの数を考慮しなければならない。過去の検討²⁾において関数化した倍率 A の収束値について注目すると、千葉県内房では1に近い値となっていることから、本検討では、式(6)に示す被害確率の収束値を示す倍率 A の収束値0.867で千葉県内房の推定被害確率を除することで観測期間の補正を試みた。補正した

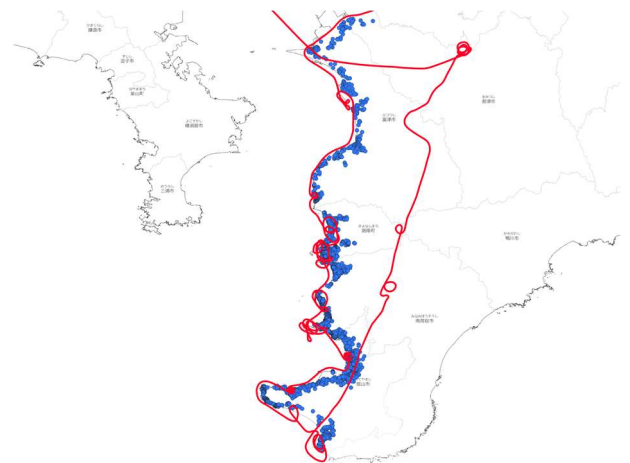


図15 ブルーシート分布と飛行経路(千葉県)⁶⁾

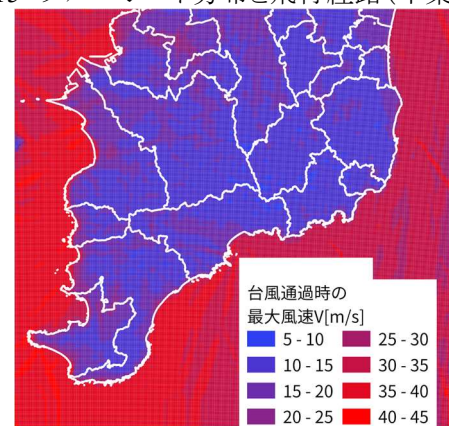


図16 T1915号通過時の最大風速分布

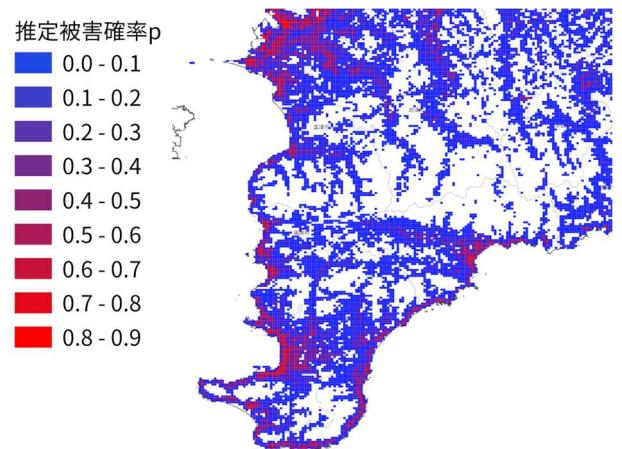


図17 推定被害確率 p の分布(千葉県)⁶⁾

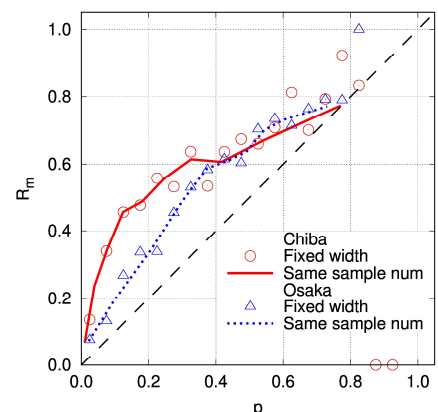


図18 推定被害確率 p と R_m の関係

推定被害確率を0.05毎に階級分けし、階級内の被害メッシュの割合 R_m を求めた結果を図18に○印で示す。この図から、推定被害確率の階級が高くなるにしたがって、 R_m が直線的な傾向を持って増加することが確認された。また、推定被害確率の階級が高くなるにつれて R_m のばらつきが大きくなり、階級が0.8を超えると R_m が0を示す結果となった。このような結果を示した評価メッシュを個別に抽出し調べた結果、被害の確認されていない大きな建物が1、2棟存在しており、この建物の影響で建築面積率が高くなっていることが分かった。著者らが提案するモデルは図7に示す通り、最大風速二乗値が同程度であっても、建築面積率が高い場合、推定される被害確率が高くなる。従って、被害の確認されなかった大きい建物の影響で推定被害確率が高くなったものと考えられる。このような影響に加えて、推定被害確率が0.8を超えるような評価メッシュのサンプル数は非常に少数であるため、等間隔階級を用いた検討では各階級によってサンプルの重みに差が生じることが懸念される。これを解消する試みとして、推定被害確率階級内の評価メッシュのサンプル数が同値となるように階級分けを行って階級内の R_m を求めた。結果を図中の実線で示す。この実線から、推定被害確率階級0.4付近までの R_m についてはほとんど変化が見られない一方で、それ以上の階級における R_m のばらつきが小さくなったことで、両者の関係がより明確に確認できる結果を得た。

モデルの構築に用いた大阪府南部の推定結果と比較するため、同様の手法で求めた大阪府南部における R_m を図中△および点線で示す。この図を見ると、 p 階級が0.4を超えると、大阪府南部と千葉県内房での R_m がほぼ一致することが確認できる。一方、0.4以下の階級においては千葉県内房の R_m が大阪府南部より高くなる結果を示しており、これは、倍率 A の収束値を用いた発災から航空調査までの期間の補正が十分でなく、航空調査までに2か月を要した大阪府南部に比べて、千葉県内房では軽微な被害まで確認できたことが、 R_m に反映されたと推察される。

上記の結果から、大阪府南部の被害分布より作成したモデルは、T1915号の被災地域である千葉県内房の被害有無の分布においても、ある程度傾向をとらえられることが確認できた。しかし、復旧に対する発災からの時間経過の影響評価が十分でないため、この差の改善方法については、今後さらに検討を進める必要がある。

6. まとめ

本研究では、建物情報をポリゴンを用いて面で扱い、建物が重なる全ての評価メッシュに建物情報を正確に反映することで、これまで提案してきたワイブル分布を用いた台風における強風による建物の被害確率モデルの精度向上を検討した。建物の密集度を示す指標として住宅密度に代えて建築面積率を用い、メッシュの被害有無の判定をポリゴンによって行って構築したモデルにより被害確率の推定を行った。建物ポリゴンによって、評価メッシュ内の建物情報をより正確に反映した結果、建築面積率階級の変化に伴うワイブルパラメータの傾向に変化が生じ、累積被害頻度と推定被害確率の値がより良く一致する結果を得た。これにより、評価メッシュ内の建物情報が被害確率に重要な要素であることが確認できた。

また、構築したモデルを用いて大阪府南部における被害確率を評価メッシュごとに推定し、実際の被害の有無と比較することで提案するモデルの実用性について検討した。結果として、住宅密度による検討と比較して、精度の向上が確認された。また、被害有無の分布を概ね再現できることが示されたことから、提案するモデルは台風における強風による建物被害の分布の再現において実用性があるといえる。

さらに、構築したモデルをT1915号の被災地域である千葉県内房の建物被害に適用して被害確率を推定することで、他台風の被害におけるモデルの適用性について検討した。結果として、観測期間の影響に関する補正が不十分であるものの、推定被害確率の増加に伴う被害を受けたメッシュの割合の増加傾向は直線的であり、傾向をとらえていることが確認できた。今後さらに検討を重ねることで、台風上陸直前における一定範囲の建物被害確率の推定システム構築の実現の可能性が示されたといえる。

今後は、被害確率推定において重要な要素であると再確認された建物の密集度とワイブルパラメータの関係について理論的な説明を加えるとともに、モデルの更なる精度向上に向けて、観測期間等が被害確率推定に及ぼす影響についてさらに検討していく。

謝辞

本研究の遂行にあたり、科研費(19H02410)および高知大学防災推進センタープロジェクト研究経費の支援を受けた。また、東京大学CSIS共同研究No.1112(Zmap TOWN II(2016年度 Shape版)「大阪府および千葉県 データセット」提供)の助成を受けた。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 尾田 春雄, 益子 渉, 友清 衣利子, 野田 稔, 台風による屋根被害分布の分析と最弱リンクモデルに基づく被害確率推定, 風工学論文集, 47巻, 2号, pp. 18-26, (2022)
- 2) 尾田 春雄, 野田 稔, 最弱リンクモデルに基づく強風被害発生確率モデルの適用, 2021年度日本建築学会大会(東海)学術講演会梗概集, 構造 I , pp.73-74, (2021)
- 3) QGIS, <https://qgis.org/ja/site/index.html>, (2022/5)
- 4) 政府統計の総合窓口(e-Stat), <http://www.e-stat.go.jp/>, (2021/6)
- 5) 野田 稔, 友清 衣利子, 竹内 崇, 航空調査で明らかになったT1821号による大阪府南部の住宅被害分布, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2019, pp, 155-156, (2019)
- 6) 国土地理院, 地理院タイル一覧, <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, (2021/6)
- 7) 益子 渉, 令和元年房総半島台風に伴う強風の特徴, 2020年度日本気象学会秋季大会講演予稿集, (2020)
- 8) 青柳 暁典, 清野 直子, メソ数値予報モデルと都市, 気象研究ノート第 224 号, pp.273-301, (2012)
- 9) Waloddi Weibull, “A Statistical Distribution Function of Wide Applicability”, Journal of Applied Mechanics, Vol. 18, pp. 293-297, (1951)