

## 住家の耐風性能を考慮した強風被害率推定の試み： 市町村の構造種別分布特性の利用

友清, 衣利子  
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

丸山, 敬  
京都大学防災研究所

前田, 潤滋  
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

<https://doi.org/10.15017/19126>

---

出版情報：都市・建築学研究. 15, pp.55-62, 2009-01-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門  
バージョン：  
権利関係：

## 住家の耐風性能を考慮した強風被害率推定の試み —市町村の構造種別分布特性の利用—

### Estimation of Residential Damage Rate due to Strong Wind Considering Wind-resistant Performance —Using Distribution of Building Structure in Municipalities—

友清衣利子\*, 丸山 敬\*\*, 前田潤滋\*

Eriko TOMOKIYO, Takashi MARUYAMA and Junji MAEDA

It is known that the wind damage spreading of residential houses is more strongly affected by gust speeds rather than maximum wind speeds. Furthermore, the age and the structure of buildings influence outbreaks of wind damage. The authors proposed the method to estimate residential damage rate associated with typhoon by considering wind-resistant performance of houses and strong winds. The residential damage rate has been better estimated using modified wind speeds associated with building structure distributions in municipalities. Residential damage rate due to strong winds might be able to estimate better considering performances of houses such as roof form, exterior material and maintenance. Considerable affecters to estimate residential damage rate more correctly should be established.

**Keywords:** Wind hazard, Residential damage rate, Strong wind, Wind-resistant performance,  
Building Structure

強風災害, 住家被害率, 強風, 耐風性能, 構造種別

#### 1. はじめに

我が国で広域に及ぶ強風被害としては主に台風によるものが多いが, 急速に発達する低気圧にともなう暴風雪での災害も少なくない<sup>1),2)</sup>. このような強風災害は広域かつ長期間に及び人的にも物理的にも様々な影響を及ぼすため, 大きな社会的経済的損失を与える. 台風などによる強風被害を予測し, 被害低減対策を行うためには被害実態の把握とその発生要因の特定が重要である.

いくつかの報告によって<sup>3)-5)</sup>, 風速がある閾値を超えると住家被害が増大し, 最大風速に比べて最大瞬間風速がその被害拡大に強い影響を及ぼすことが知られている. 一方で, 建物の屋根形状や築年数, 構造材料, 建築構法などの構造物の特性もまた強風被害の拡大に影響を及ぼすことがこれまでも指摘されている<sup>6)-8)</sup>. しかしながら, 被害が広域に及ぶ強風では系統だった被害調査が困難であるなどの理由から, 構造物特性の影響を定量的に検討した例は少ない. 著者らは文献 9)-11)にて, 住宅・土地統計調査に基づく市町村別の建築物の築年数および構造種別の分布を指標化することによって, それぞれの分布特性と住家被害率との関係を調べ, それらの影響を定量的に評価する新たな手法を提案した. そこでは, 同手法を用いて本来数値化しづらい構造種別や築年数の分

布特性が強風被害拡大に与える影響を定量的に示す手順を提示することに重点を置いて, 風速と構造種別や築年数の地域分布特性を個々に検討したため, それらの影響因子が相互に関連しながら強風被害に与える影響を評価するには至っていない.

本論では 2004 年 9 月 7 日に長崎県に上陸した台風 18 号 (以降, 台風 0418 号) による九州地方での住家被害に着目し, 構造種別の地域分布特性を住家の耐風性能を表す指標とすることで, 住家の耐風性能と風速とを合わせた検討を行い, 住家被害率の推定確度を向上させる手法を提案する. また, 各市町村に被害を及ぼした地域の代表風速として NeWMeK (九州電力 (株) 広域高密度風観測システム)<sup>12),13)</sup>の観測風速を用いる従来の手法に加えて, 気象モデルによる数値計算風速<sup>14)</sup>を用いて住家被害率を新たに算定し, 両者の特性差を比較検討する.

#### 2. 台風 0418 号による風速記録と住家被害率

上陸時の公称勢力が中心気圧 945hPa, 最大風速 40m/s であった台風 0418 号は 2004 年 9 月 7 日に長崎県長崎市付近に上陸し, 福岡県南部と熊本県北部を中心に住家被害をもたらした<sup>15),16)</sup>. 図 1 に台風 0418 号による九州内各市町村別の住家被害率分布<sup>17)</sup>を台風経路と合わせて示す. 大分県での住家被害は 24 戸と軽微で, 市町村別の被害戸数が公開されていないために大分県全体での被

\* 都市・建築学部門

\*\* 京都大学防災研究所

害率を示した。一般に被害率はある区域の総戸数に対する一部損壊以上の被害が発生した住家の戸数の割合で定義する<sup>9)</sup>が、住家の総戸数は入手が困難なため、ここでは総世帯数<sup>18)</sup>を代わりに使用している。図中、住家被害率の大きさを色の濃淡で分けし、台風経路は黒線で示す。この時の NeWMeK での日最大瞬間風速分布を図2に示す。ここでの風速はべき乗則を用いて基準高度 10m で高度補正を行った。用いたべき指数は 1/11 である。図1に示す住家被害率に対応した風速分布を示し、台風経路の東側で風速が大きい。

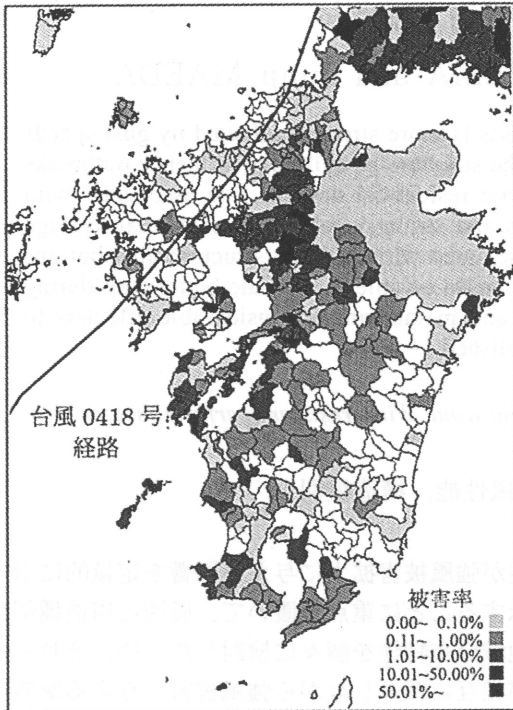


図1 台風0418号による住家被害率分布図

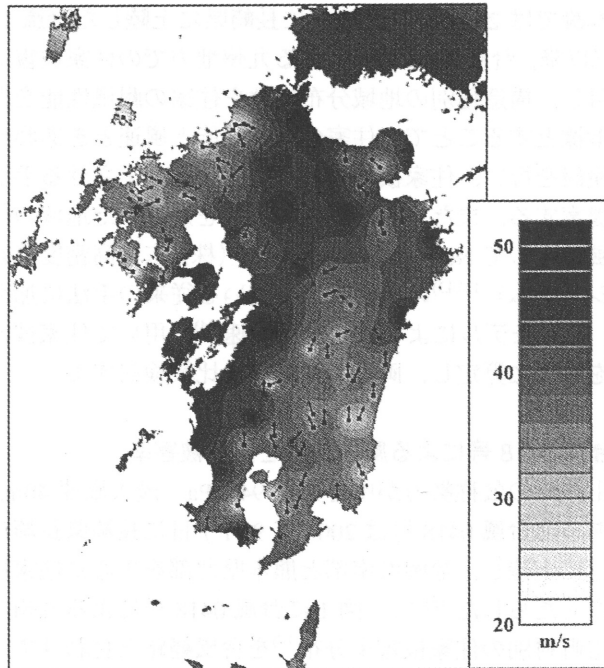


図2 台風0418号時の日最大瞬間風速分布 (NeWMeK)

### 3. 住家被害に影響を及ぼす地域代表風速の決定

#### 3.1 気象モデルを用いた数値計算による市町村代表値

本論では NeWMeK の観測値に加えて、メソスケール気象モデルを用いて推定した台風 0418 号時の風速場から住家被害率に影響を及ぼす風速値を抽出し、地域の風速を代表する市町村代表風速の一つとする。天気予報や地球温暖化などの気候予測を行うためにいくつかのメソスケール気象モデル<sup>19)21)</sup>が提案されているが、我が国では、現業予報・研究の双方に資するための多目的非静力学モデル MRI/NPD-NHM が気象研究所予報研究部と気象庁数値予報課で共同開発されている。以下では、気象庁で地球シミュレータ用に高速化・最適化された高解像度領域気候非静力学モデル NHM を用いて、台風 0418 号の九州通過時の気象場を計算した。日本域と東アジアを含む範囲に水平分解能 5km の計算領域 (721×577×50 層) を設定し、2004 年 9 月 6 日 21 時の気象庁による領域客観解析データ RANAL (水平分解能 20 キロ) の結果を初期値とし、境界値として気象庁の数値予報モデル RSM (領域モデル) による予報値 (水平分解能 20 キロ) を用いて気象場の計算をおこなった。さらに、図3に示す九州を覆う範囲で水平分解能 1km の計算領域 (600×600×50 層) を設定し、上述の 5km-NHM の計算結果を用いて、2004 年 9 月 7 日 0 時を初期値時刻として 15 時間分の気象場の計算を行った。計算で求めた台風経路および風速値は観測値と概ね対応することが確認されている<sup>14)</sup>。

上述のように、ある地域での住家被害率の拡大に影響を及ぼす代表風速として、市町村庁舎位置での数値計算による最大風速を用いることにした。市町村庁舎位置の緯経度情報から、同位置で地上高さ 10m にあたる計算領域での時刻歴風速を抽出し、その最大値を市町村の代表風速とした。計算の時間間隔は 1 ステップ 10 秒であるが、得られる風速値は実風速の 10~15 分平均値と同程度値となることが分かっている<sup>14)</sup>。図4に NeWMeK 観測点位置での NHM 気象モデルを用いた数値計算風速の最大値と NeWMeK で観測された 10 分間平均風速の最大値との関係を示す。数値計算に基づく風速は観測による 10 分間平均風速にほぼ対応した。



図3 気象モデル(NHM)による数値解析領域

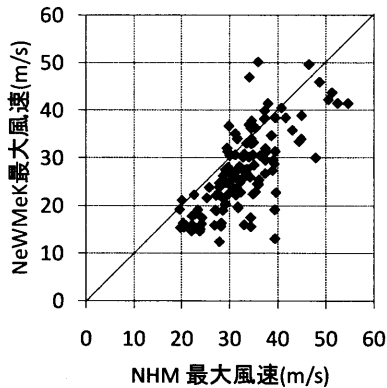


図4 気象モデル (NHM) による数値計算風速と NeWMeK 日最大風速との関係

### 3.2 風観測記録に基づく市町村の代表値

市町村の住家被害率の増加に影響を及ぼす因子として、NeWMeK での日最大風速と日最大瞬間風速を市町村の代表風速とした検討をあわせて行う。台風 0418 号が九州に上陸した 2004 年 9 月時点での観測点数は 122 である。NeWMeK は約 20km 四方に一つの観測点を持つが、各市町村内に必ずしも 1 つ以上の観測点があるとは限らないため、市町村庁舎と観測点の緯度経度情報からその距離を求め、庁舎に最も近い観測点での日最大瞬間風速と日最大風速を代表風速とした。本論では後述する住宅・土地統計調査<sup>22)</sup>が行われた 90 市町村を検討対象とするが、それらの市町村庁舎と観測点との距離の頻度分布を図 5 に示す。観測点との距離が最も遠い場合は 18km であるが、80%の市町村では庁舎から 12.5km 以内に観測点が存在していた。直近ではない観測点の記録を使用することの難点はあるが、統計処理に用いる標本数を確保するため、すべての標本を用いることにした。そのため、ある観測点での記録が複数の市町村の代表値となる場合がある。それぞれの市町村の代表値となる最大瞬間風速値と最大風速値はべき指数則を用いて基準高度 10m に高度補正を行った。用いたべき指数は最大風速で 1/7、最大瞬間風速で 1/11 である<sup>23)</sup>。

図 6 に市町村の代表値とした NHM モデルの数値計算による最大風速と NeWMeK 観測点での日最大風速、日最大瞬間風速との関係を示す。気象モデルによる最大風

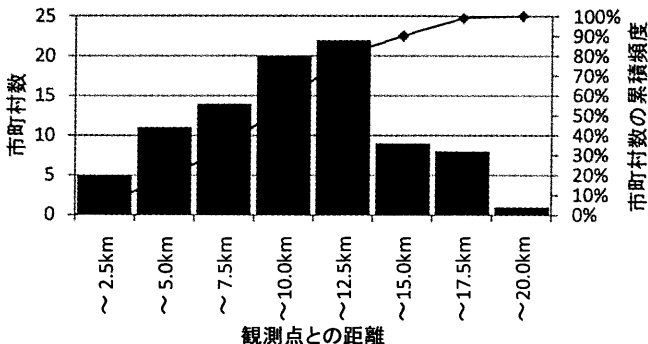


図5 市町村庁舎と観測点の距離の頻度分布

速は NeWMeK の日最大瞬間風速より小さく、むしろ日最大風速にほぼ対応しており、前節での検討結果を裏付けるものとなった。気象モデルでは市町村庁舎位置での風速を抽出しているのに対し、NeWMeK での風速は市町村庁舎から離れた位置で観測された値であるために図 6 に示すばらつきが生じることに留意する必要があるが、以下では気象モデルによる最大風速と観測された日最大風速、日最大瞬間風速を市町村の代表風速とした 3 ケースで住家被害率を推定する。

### 4.地域を代表する風速を用いた被害率の推定

図 7(a), (b), (c)に台風 0418 号時の住家被害率と気象モデル (NHM モデル) による最大風速及び NeWMeK の日最大瞬間風速、日最大風速との関係を両対数軸表示で示す。また、後述するが、最小二乗近似で求めた回帰式 (1a), (1b), (1c)を図中にあわせて黒線で記す。いずれの場合もある風速に対する住家被害率のばらつきは大きい。風速の増大にともなって住家被害率が増加している。数値計算風速、NeWMeK 観測風速と被害率との相関係数とその有意確率<sup>24)</sup>を表 1(a)に示す。表 1(b)はそれぞれの風速の対数値との相関係数と有意確率である。有意確率が定めた有意水準より小さければ母集団に対して相関係数が有意であると考えられる<sup>注1)</sup>ので、ここでは有意水準

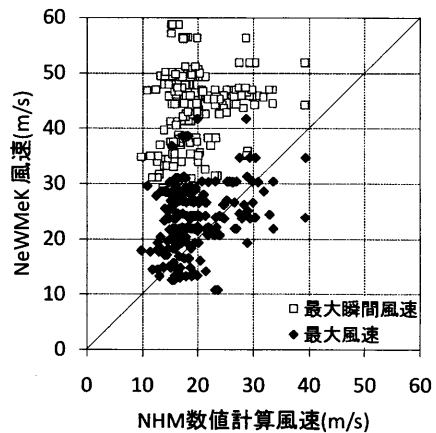


図6 住家被害に関連する3つの代表風速の関係 数値計算結果と観測風速の比較

表 1(a) 市町村代表風速と住家被害率との相関係数

		NHM数値計算		
		最大風速	日最大瞬間風速	日最大風速
被害率	相関係数	0.14	0.13	0.11
	有意確率	19%	22%	31%
被害率 (対数)	相関係数	0.19	0.23	0.19
	有意確率	7%	3%	8%

表 1(b) 市町村代表風速対数値と住家被害率との相関係数

		NHM数値計算		
		最大風速 (対数)	日最大瞬間風速 (対数)	日最大風速 (対数)
被害率	相関係数	0.17	0.14	0.13
	有意確率	11%	19%	24%
被害率 (対数)	相関係数	0.24	0.24	0.20
	有意確率	2%	2%	6%

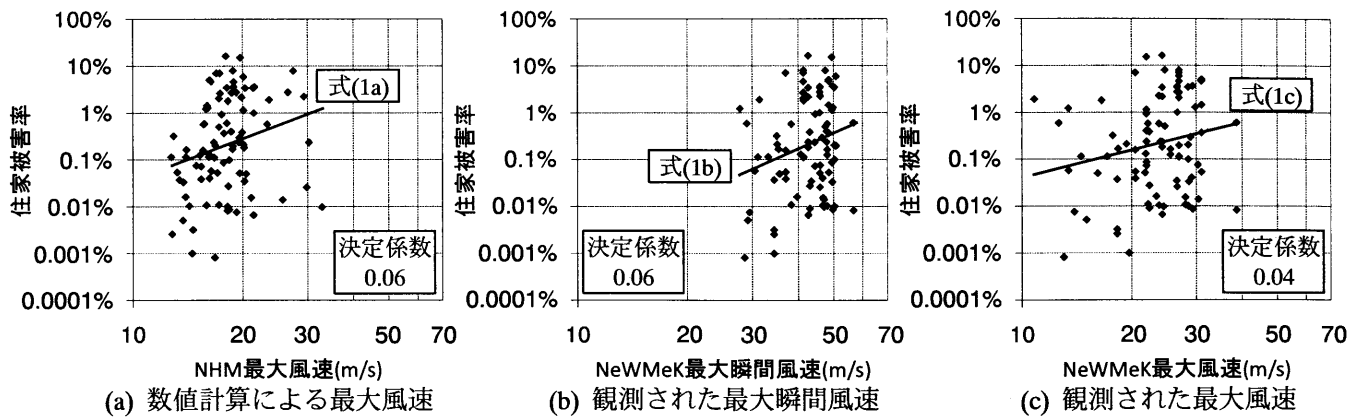


図7 市町村代表風速と住家被害率との関係

を5%に定め、有意確率がそれ以下の場合に網掛けをした。表1(a)と(b)を比較し、住家被害率や風速そのものの値を用いるより対数値を用いた場合に有意確率が小さく相関係数が大きいため、以下では住家被害率と風速の対数値を用いて検討を行う。NeWMeKでの日最大風速と住家被害率との相関係数は0.2で有意確率がやや大きく母集団に対して有意であるとは言い難いが、NeWMeKの日最大瞬間風速及び気象モデルに基づく最大風速と住家被害率との相関係数は共に0.24で、いずれの風速を市町村の代表値とした場合でも風速の増大にともなって住家被害率は増加する傾向を示した。

相関係数がすべて正であったので、風速の対数値と住家被害率の対数値とが線形の相関関係を示すと仮定し、単回帰分析で以下の回帰式を求めた。

$$\ln(R_d) = 2.948 \ln(U_N) - 14.706 \quad (1a)$$

$$\ln(R_d) = 3.534 \ln(U_G) - 19.431 \quad (1b)$$

$$\ln(R_d) = 1.919 \ln(U_M) - 12.230 \quad (1c)$$

ここで、 $R_d$ は市町村の住家被害率、 $U_N$ は市町村での代表風速となるNHMモデルによる数値計算の最大風速、 $U_G$ はNeWMeKでの日最大瞬間風速、 $U_M$ は日最大風速であ

る。図7中にあわせて回帰式(1a)、(1b)、(1c)と決定係数<sup>24)</sup>を示す。決定係数とは回帰式で説明できる変動の割合を示す指標で、求めた回帰式がどの程度実際の値に対応しているかを示すものである。気象モデルによる最大風速と観測による日最大瞬間風速を説明変数としたときの決定係数は0.06、観測による日最大風速を説明変数とした場合には0.04と小さく、求めた回帰式では住家被害率の変動を十分説明しているとは言えない。市町村代表風速を説明変数とする式(1a)、(1b)、(1c)で求めた住家被害率の推定値と実際の住家被害率との関係を図8に、その相関係数と有意確率を表2に示す。風速から住家被害率を推定した場合には、いずれの場合でも実際の被害率が0.1%から1%ではほぼ推定値に一致するが、それよりも大きい場合には過小評価し、逆に小さい場合には過大評価した。表2よりいずれの場合も相関係数は0.1以下で有意確率は大きく、母集団に対して有意であると解釈できず、回帰式(1a)、(1b)、(1c)では実際の住家被害率に即した値を推定できなかった。

## 5. 住家の耐風性能を考慮した住家被害率の推定

### 5.1 住家の耐風性能の影響

前節で示したように、代表風速が同一であっても住家被害率がばらつくために、地域の代表風速値のみでは実情に十分対応した住家被害率を推定することができなかった。市町村の被害率がばらつく要因として、住家の耐風性能の違いが挙げられる。すなわち、耐風性能の低い住家の割合が多いと同じ風速でも被害率は大きくなるので、住家被害率を推定するための風速は見かけ上大きくなる。そこで、住家被害の耐風性能に関連づけられた住家被害推定のための風速を考えると、ここでは「耐風性能関連風速」と呼ぶことにする。

図7中の回帰式が表す直線より上側に被害率が分布する市町村は、同じ風速であっても下側に分布する市町村より高い住家被害率を持つことから、耐風性能の低い住家の割合が多いと考えられる。そこで、前節で求めた回帰式に一致するように住家の耐風性能と関連づけられた

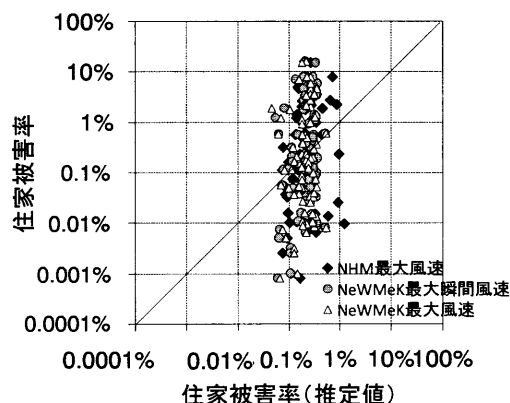


図8 実際の住家被害率と推定値との関係

表2 実際の被害率と推定した被害率との相関係数

	相関係数	NHM	NeWMeK	
		最大風速 推定被害率	最大瞬間風速 推定被害率	最大風速 推定被害率
被害率		0.08	0.10	0.09
有意確率		48%	33%	42%

耐風性能関連風速を求める。そのために各市町村での住家被害率と代表風速との関係を回帰式に近づけるような補正係数  $C_M$  を考えることにした。ここで、 $C_M$  を気象モデルによる最大風速と観測の日最大瞬間風速、日最大風速に対して式(1a), (1b), (1c)から、

$$C_{M(i)}^N = \frac{\ln(R_{d(i)}) + 14.706}{2.948 \ln(U_{N(i)})} : \text{気象モデル風速} \quad (2a)$$

$$C_{M(i)}^G = \frac{\ln(R_{d(i)}) + 19.431}{3.534 \ln(U_{G(i)})} : \text{観測最大瞬間風速} \quad (2b)$$

$$C_{M(i)}^M = \frac{\ln(R_{d(i)}) + 12.230}{1.919 \ln(U_{M(i)})} : \text{観測最大風速} \quad (2c)$$

のように求めると、補正係数  $C_M$  は実際の住家被害率が回帰式の推定値より大きい場合には1より大きく、被害率が推定値より小さい場合には1より小さくなるので、各市町村における耐風性能の低い住家の割合に対応した係数と見なすことができる。住家被害率と補正係数  $C_M$  の関係を見ると、図9に示すように住家被害率の増加と共に補正係数も大きくなる傾向があった。また、気象モデルによる数値計算や観測によらず補正係数  $C_M$  が1となる時の実際の住家被害率は約0.2%だった。これは台風0418号による市町村の住家被害率の中央値が0.2%となるため、検討対象とする強風によって補正係数  $C_M$  が1となる被害率には違いがあると考えられる。

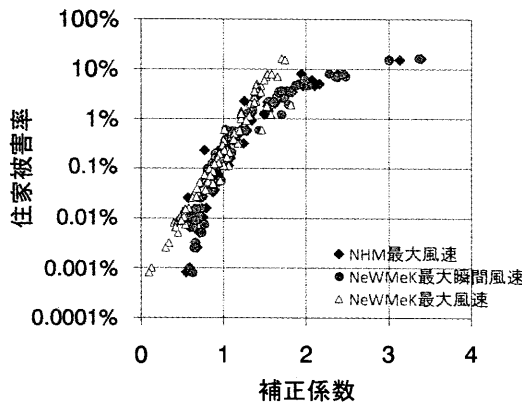


図9 住家被害率と補正係数との関係

## 5.2 住家の構造種別と耐風性能の関係

本節では住家の構造種別と耐風性能の関連を検討する。著者らは文献(9), (10), (11)で総務省統計局による住宅・土地統計調査資料を基に住宅の構造種別と築年数の市町村の分布特性を指標化して住家被害率との関係を調べたところ、構造種別の分布が住家被害の拡大に影響を与えることを示した。そこで、本論では市町村の住宅等の構造種別に着目し、住家の耐風性能を考慮した風速を求めるための補正係数として構造種別の地域分布特性を用いることにした。

まず、各市町村の構造種別ごとの住宅の割合に重み付け係数をかけた合成得点を構造種別指標  $I_M$  とし、以下の

式で定義する。

$$I_{M(i)} = a_1 R_{w(i)} + a_2 R_{fw(i)} + a_3 R_{rc(i)} + a_4 R_{s(i)} + D \quad (3)$$

ここで、 $R_{w(i)}$  はある市町村  $i$  内の構造物全体に占める木造構造物の割合で、 $R_{fw(i)}$  は防火木造構造物<sup>2)</sup>、 $R_{rc(i)}$  は鉄骨・鉄筋コンクリート造構造物<sup>3)</sup>、 $R_{s(i)}$  は鉄骨造構造物<sup>4)</sup>の割合を示す。 $a_1$  から  $a_4$  は各構造種別構造物の割合に対する重み付け係数、 $D$  は定数である。住宅の耐風性能を表す補正係数  $C_{M(i)}^N$ 、 $C_{M(i)}^G$ 、 $C_{M(i)}^M$  と構造種別に関連づけられた指標  $I_{M(i)}$  を対応づけることができれば、各市町村の構造種別の分布特性を用いて耐風性能を考慮した風速値を求め、住家被害率の推定確度を高めることができると考えられる。そこで、補正係数  $C_{M(i)}$  を目的変数、各構造種別の構造物の割合  $R_{w(i)}$ 、 $R_{fw(i)}$ 、 $R_{rc(i)}$ 、 $R_{s(i)}$  を説明変数として、強制投入法とステップワイズ法<sup>25)</sup>を用いて重回帰分析を行い、重み付け係数  $a_1$  から  $a_4$  を求めた。強制投入法とはすべての説明変数を用いて重回帰分析を行う手法であるが、ステップワイズ法は説明変数を増減させて最適な重回帰式を求める手法である。表3(a)と(b)にそれぞれの説明変数の重み付け係数とその有意確率を示す。強制投入法を用いた場合には鉄骨・鉄筋コンクリート造構造物の割合に対する重み付け係数は0となり、その構造物の割合は補正係数  $C_{M(i)}$  の決定に影響を与えないと言える。鉄骨・鉄筋コンクリート造構造物以外の割合に対する重み付け係数は0とはならなかったが、気象モデルの最大風速とNeWMeKの最大瞬間風速の補正係数を目的変数とする場合には防火木造と鉄骨造の重み付け係数の有意確率が大きく、NeWMeKの最大風速に対する補正係数を目的変数にするときは防火木造以外のすべての係数の有意確率が大きくなるので、母集団に対して有意な説明変数であるとは言えない。一方、ステップワイズ法を用いるといずれのケースでも木造構造物の割合だけが説明変数として採用された。その時の有意確率は0%で木造構造物の割合のみを用いて定めた補正係数  $C_{M(i)}$  は母集団に対して有意であると解釈でき、市町村における木造構造

表3(a) 重回帰式の重み付け係数と有意確率

(強制投入法)

	NHM数値計算 最大風速	強制投入法					
		NeWMeK					
		係数	有意確率	係数	有意確率	係数	有意確率
木造	$R_w$ $a_1$	1.054	0%	0.609	0%	0.286	48%
防火木造	$R_{fw}$ $a_2$	0.273	44%	0.222	35%	1.224	3%
SRC/RC造	$R_{rc}$ $a_3$	0	-	0	-	0	-
S造	$R_s$ $a_4$	1.179	23%	0.364	58%	-0.590	70%
切片	D	0.291	20%	0.590	0%	0.592	10%

表3(b) 重回帰式の重み付け係数と有意確率

(ステップワイズ法)

	NHM数値計算 最大風速	ステップワイズ法					
		NeWMeK					
		係数	有意確率	係数	有意確率	係数	有意確率
木造	$R_w$ $a_1$	0.845	0%	0.489	0%	1.107	0%
防火木造	$R_{fw}$ $a_2$	-	-	-	-	-	-
SRC/RC造	$R_{rc}$ $a_3$	-	-	-	-	-	-
S造	$R_s$ $a_4$	-	-	-	-	-	-
切片	D	0.522	0%	0.724	0%	0.374	18%

物の割合が市町村の住家の耐風性能を示す補正係数の決定に最も影響を与えられとされる。図 10 に各市町村の木造、防火木造、鉄骨・鉄筋コンクリート造と鉄骨造構造物の割合を示す。検討対象とした 90 市町村のうち 63 市町村で木造構造物の割合が 50%を超えているために本論の検討では木造構造物の割合が補正係数に最も強い影響を与えたと考えられる。

以上の検討結果から、ここではステップワイズ法による重回帰式で構造種別指標  $I_{M(i)}$  を以下のように与えた。

$$I_{M(i)}^N = 0.845R_{w(i)} + 0.522 \quad \text{: 気象モデル風速} \quad (4a)$$

$$I_{M(i)}^G = 0.489R_{w(i)} + 0.724 \quad \text{: 観測最大瞬間風速} \quad (4b)$$

$$I_{M(i)}^M = 1.107R_{w(i)} + 0.374 \quad \text{: 観測最大風速} \quad (4c)$$

ここで、 $I_{M(i)}^N$ ,  $I_{M(i)}^G$ ,  $I_{M(i)}^M$  は気象モデルによる最大風速、NeWMeK の最大瞬間風速と最大風速に基づく補正係数に対応する構造種別指標である。図 11 に求めた構造種別指標と重回帰式の目的変数とした補正係数の関係を示すが、補正係数が 0 から 3.5 まで大きくばらついているのに対して構造種別指標は 0 から 2 までの範囲にとどまっている。表 4 に示す補正係数と構造種別指標との相関係数および有意確率に着目すると、その相関係数は気象モ

デルの最大風速に対して 0.45、NeWMeK の最大瞬間風速と最大風速に対してそれぞれ 0.40, 0.41 となり、構造種別の分布特性から求めた構造種別指標だけでは市町村に存在する住家の耐風性能を完全に指標化することはできなかった。特に住家被害率が高い場合には構造物の構造種別だけではなく、屋根葺き材料や施工状態などの耐風性能に関わるその他の構造物特性や地形の影響による局所的な風速増加で被災地域と市町村代表風速との間に差異が生じていることなどが考えられ、構造種別以外の市町村の特徴が住家被害の拡大に影響を及ぼしている可能性が高い。

次に式 (4a), (4b), (4c) で求めた構造種別指標を住家の耐風性能を示す補正係数として市町村代表風速の対数値に乗じて耐風性能関連風速を求める。図 12(a), (b), (c) に耐風性能関連風速と住家被害率との関係を示す。図中には後述する回帰式(5a), (5b), (5c)をあわせて黒線で記す。構造種別指標で補正した耐風性能関連風速と住家被害率との関係は図 7(a), (b), (c)の補正前の風速との関係に比べていずれの風速を用いた場合でも相関が高くなった。表 5 に耐風性能関連風速と住家被害率との相関係数

表 4 補正係数と構造種別指標の相関係数

補正係数	相関係数 有意確率	NHM 最大風速 構造種別指標	NeWMeK 最大瞬間風速 構造種別指標	NeWMeK 最大風速 構造種別指標
		0.45 0%	0.40 0%	0.41 0%

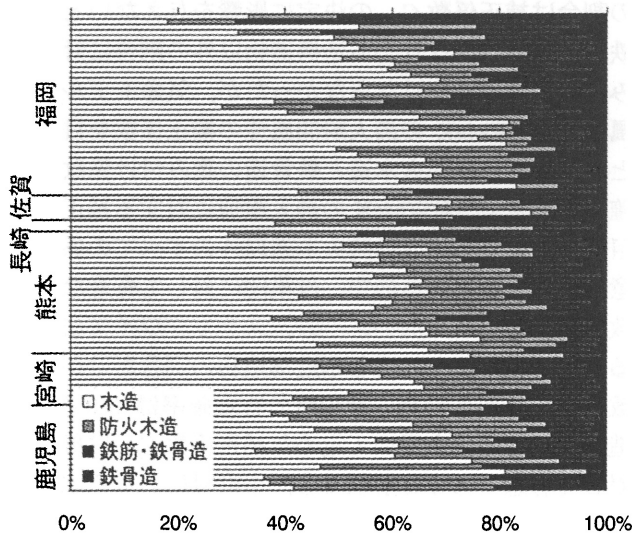


図 10 市町村別の各構造種別住宅の割合

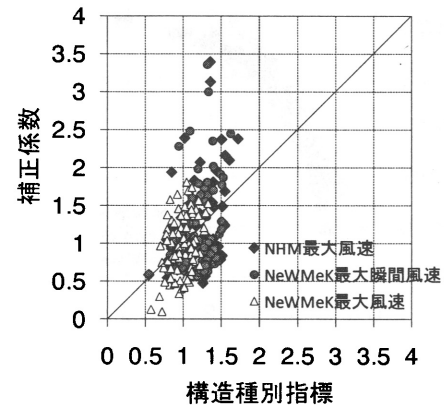


図 11 補正係数と構造種別指標との関係

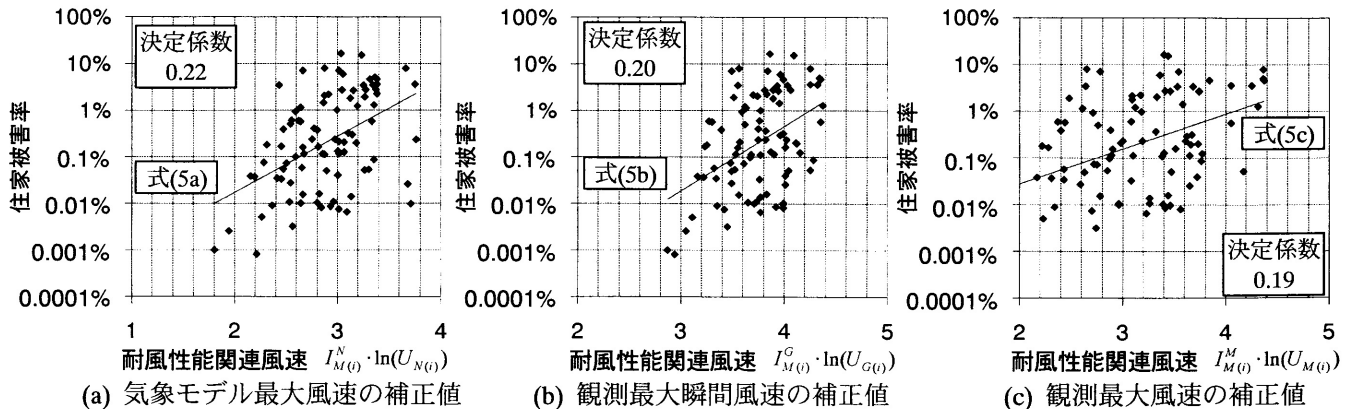


図 12 構造種別指標で補正した耐風性能関連風速と住家被害率との関係

及びその有意確率を示すが、住家被害率およびその対数値と耐風性能関連風速との相関係数の有意確率はすべて1%以下でその相関係数は母集団に対しても有意であると言える。住家被害率の対数値と気象モデルによる最大風速に基づく耐風性能関連風速との相関係数は0.47, NeWMeKの最大瞬間風速の補正值で0.45, 最大風速の補正值で0.43となり, 表1(a)と(b)に示す補正前の相関係数に比べてすべてのケースで係数が大きくなり, 市町村の代表風速を構造種別指標で補正した耐風性能関連風速を用いることでより実際の住家被害率に対応した値を推定できることが分かった。

次に耐風性能関連風速を用いて住家被害率を推定するために単回帰分析を行ったところ下記の式が得られた。

$$\ln(R_{d(i)}) = 2.762 C_{M(i)} \cdot \ln(U_{N(i)}) - 14.167 \quad (5a)$$

$$\ln(R_{d(i)}) = 3.180 C_{M(i)} \cdot \ln(U_{G(i)}) - 18.112 \quad (5b)$$

$$\ln(R_{d(i)}) = 1.731 C_{M(i)} \cdot \ln(U_{M(i)}) - 11.650 \quad (5c)$$

ここで,  $R_{d(i)}$ は市町村*i*の住家被害率,  $U_{N(i)}$ は市町村*i*でのNHM気象モデルによる最大風速,  $U_{G(i)}$ はNeWMeKでの日最大瞬間風速,  $U_{M(i)}$ は日最大風速である。これらの単回帰式とその決定係数は図12中に示すが, それぞれ0.22, 0.20, 0.19で, 補正しない代表風速を用いた場合に比べて大きくなり, より実際の住家被害率に対応した被害率を推定できたと考えられる。図13に耐風性能関連風速

表5 構造種別指標で補正した耐風性能関連風速と住家被害率の相関係数

		NHM 最大風速 (補正)	NeWMeK 最大瞬間風速 (補正)	NeWMeK 最大風速 (補正)
被害率	相関係数	0.30	0.27	0.27
	有意確率	0%	1%	1%
被害率 (対数)	相関係数	0.47	0.45	0.43
	有意確率	0%	0%	0%

表6 実際の住家被害率と構造種別指標で補正した耐風性能関連風速による推定値との相関係数

		NHM 補正最大風速 推定被害率	NeWMeK 補正最大瞬間風速 推定被害率	NeWMeK 補正最大風速 推定被害率
被害率	相関係数	0.30	0.27	0.28
	有意確率	0%	1%	1%

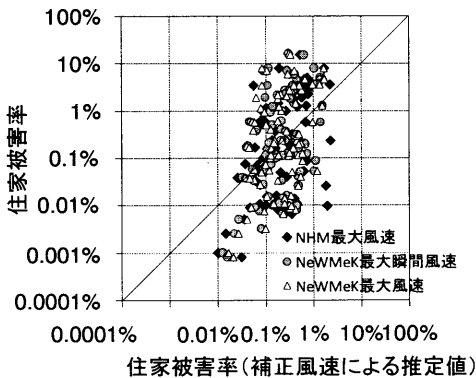


図13 実際の住家被害率と構造種別で補正した耐風性能関連風速を用いた推定値との関係

で推定した住家被害率と実際の被害率との関係を示す。図8に示す補正していない代表風速を用いた住家被害率の推定値に比べて実際の住家被害率によく対応するようになった。実際の住家被害率と構造種別指標で補正した耐風性能関連風速を用いて推定した住家被害率との相関係数及び有意確率を表6に示す。いずれの場合でも有意確率は1%以下で, 相関係数は約0.3で正の相関を示し, 表2に示す補正前の相関係数より大きくなった。

代表風速として気象モデルによる最大風速と観測された最大瞬間風速, 最大風速を用いて検討を行ったが, 表5と表6に示すように気象モデルの最大風速を代表風速とした場合, 耐風性能関連風速と住家被害率との相関係数は0.47, 実際の被害率と推定された被害率との相関係数は0.30で3ケースの中で最も大きい。気象モデルでは台風位置や気圧場の推定精度等による計算の誤差を含むが, 周辺建造物の影響がなく市町村庁舎位置での風速であるため, 市町村全体の風速を最もよく代表している可能性が高い。一方, 観測風速は実際の台風による記録ではあるものの, 実際に被害を受けた地域から観測点が離れている場合も多く, また観測点周辺地物の影響を受けるために, 市町村の風速を適切に代表していない場合があると考えられる。しかし, 住家被害率の推定値には用いた代表風速による若干のばらつきが見られるが, 風速にかかわらず市町村の構造種別指標を利用して住家の耐風性能の影響を考慮し, 代表風速値を補正すればより実際の住宅被害率に対応する値を推定することができた。

## 6. まとめ

台風時に市町村に被害をもたらした風速から実際の住家被害実態に合うような被害率の推定を行うために, 市町村の構造物種別の分布特性を利用して住家の耐風性能に関連づけられた代表風速を用いる手法を提案した。本論では, 2004年台風18号による九州での市町村別の住家被害率に注目し, 市町村の住家の耐風性能を評価するために住宅・土地統計調査に基づく市町村の構造種別の分布特性を指標化して風速を補正する係数を求めた。市町村の構造種別指標のみでは十分に住家の耐風性能と関連づけて市町村の代表風速を補正した「耐風性能関連風速」を求められるとは言えないが, 住家の耐風性能に関連づけられた風速を用いることで従来の相関分析による手法に比べて被害実態により対応した住家被害率の推定精度を得ることを示した。また, 市町村に被害をもたらす風速の代表値として気象モデルによる数値計算風速と観測による最大瞬間風速, 最大風速を用いての比較検討を行ったところ, いずれの代表風速を用いた場合でも構造種別指標によって住家の耐風性能の影響を考慮した風速の補正は住家被害率の推定精度向上に効果があることが分かった。



本論で用いた手法では耐風性能関連風速を求めるための補正係数として、建物の構造種別のうち、特に市町村内での木造建造物の割合が抽出されたが、屋根形状や屋根葺き材種別などの構造種別以外の建造物の特性や周辺地形の影響による風速の増幅率などもまた住家の耐風性能や地域特性を表す補正係数となる可能性がある。説明変数を増やせば強風による住家被害率の推定精度が向上することが期待できるが、本論で提案したような容易な手法で被害率の推定精度をさらに向上させるためには、どのような影響因子と手法を用いれば補正係数を適切に定められるかは検討されておらず、今後の課題としたい。

謝辞 NeWMeKの維持管理・記録収集に関し、九州電力(株)工務部の皆様に多大なるご援助・ご協力を得ました。厚く御礼申し上げます。なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金(「スーパータイフーンが住家被害の拡大に及ぼす影響因子の共分散構造分析、(若手研究(B)課題番号19760390,H19~20)代表:友清衣利子)及び平成19年度文部省研究開発委託事業(21世紀気候変動予測確信プログラム:超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究)、平成20年度防災研究所一般共同研究「観測網と台風シミュレーションを用いた台風被害予測手法の開発」(代表者:前田潤滋)の援助を受けました。厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 小倉 義光, 隈部 良司, 西村 修司: お天気の見方・楽しみ方(11): 「台風並みに発達した」低気圧-2007年1月6日の場合(天気の教室), 天気, Vol.54, No.7. pp.663-669, 2007.7.
- 2) 気象庁: 発達した低気圧による暴風と高波, 大雪について-平成19年(2007年)1月6日~8日, 災害をもたらした台風・大雨・地震・火山噴火等の自然現象のとりまとめ資料 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index.html>, 2007.
- 3) 近藤宏二他: 建築物の強風危険度の評価法に関する研究, 第17回風工学シンポジウム論文集, pp.191-196, 2002.12.
- 4) 渡辺弘之他: 台風9918号による最大瞬間風速値と支払保険金に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.81-82, 2001.9.
- 5) 光田寧(代表): 1991年台風19号による強風被害の研究, 平成3年度文部省科学研究費(総合(A)), pp.299-305, 1992.8.
- 6) (財)日本建築センター: 住宅の耐風設計施工点検指針, 1993.
- 7) 佐々木和彦, 植松康: 秋田県及び青森県における台風9119号による住家被害とその要因分析, 日本建築学会技術報告集第9号, pp.61-64, 1999.12.
- 8) 岡田恒, 前田潤滋他: ハリケーン「Andrew」の被害調査報告, 日本風工学会誌第56号, pp.33-37, 1993.7.
- 9) 友清衣利子, 前田潤滋: 強風時の住家被害の拡大に及ぼす影響因子の分析-構造物特性の指標化による風況特性との相関分析, 都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要 第13号, pp.49-58, 2008.1.
- 10) 友清衣利子, 前田潤滋: 台風による住家被害拡大に及ぼす風速と構造種別及び築後年数の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.145-146, 2008.9.
- 11) 友清衣利子, 前田潤滋: 強風時の住家被害の拡大に及ぼす影響因子の抽出-構造物特性の指標化による強風被害の相関分析, 第20回風工学シンポジウム論文集, pp.229-234,

- 2008.12.
  - 12) 前田潤滋他: 広域高密度風観測システムによる強風分布特性のモニタリング, 第14回風工学シンポジウム論文集, pp.1-6, 1996.12.
  - 13) Eriko Tomokiyo, Junji Maeda, Nobuyuki Ishida, Yoshito Imamura: Typhoon Damage Analysis of Transmission Towers in mountainous regions of Kyushu, Japan, Wind & Structures An International Journal Vol.7, No5, 2004.6.
  - 14) 丸山敬, 前田潤滋他: メソスケール気象モデルにより再現された台風0418号の強風場, 第20回風工学シンポジウム論文集, pp.37-42, 2008.12.
  - 15) 日本建築学会編: 2004年の強風被害とその教訓, 丸善株式会社, 2006.3.
  - 16) Eriko Tomokiyo, Junji Maeda, Norio Tsuru: Wind Disaster in Kyushu due to Typhoons in 2004, Residential Damage in Kyushu, Japan, Proceedings of The Sixth Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-VI), pp.2862-2873, 2005.9.
  - 17) 福岡県総務部消防防災課, 大分県生活環境部消防防災課, 鹿児島県総務部消防防災課, 熊本県総務部防災防課, 長崎県総務部危機管理・消防防災課災害情報資料, 2004.
  - 18) 平成12年国勢調査 人口及び世帯数, 総務省統計局ホームページ, <http://www.stat.go.jp/>, 2000.
  - 19) 坪木和久, 榊原篤志: 雲解像モデルを用いた台風に伴う局地豪雨の量的予測実験: 2004年10月20日の台風0423号に伴う近畿地方北部の豪雨を例として, 自然災害科学, Vol.25, No.3, pp.351-373, 2006.
  - 20) 橋本篤, 大澤輝夫, 安田孝志: 複雑地形上でのメソ気象モデルMM5の風況計算精度と高解像度化の限界に関する検討, 日本風工学会論文集, Vol.30, No.3, pp.65-74, 2005.
  - 21) 加藤輝之, 栗原和夫他: 1996年梅雨期における気象研究所非静力学モデルの予想降雨の精度検証, Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, Vol.76, No.5, pp.719-735, 1998.
  - 22) 平成15年度住宅・土地統計調査, 総務省統計局ホームページ, <http://www.stat.go.jp/>, 2003.
  - 23) 岡内功他: 耐風構造, 丸善株式会社, 1977.
  - 24) 長谷川勝也: ゼロからはじめてよくわかる多変量解析, 技術評論社, 2004.
  - 25) 君山由良: 重回帰分析の利用法, データ分析研究所, 2004.
- 注1) 標本数  $n=90$  のとき, 求めたピアソンの積率相関係数に対する有意性の検定を行った。母集団の相関係数が0となる帰無仮説を立てた両側検定を行い, 帰無仮説が有意である確率を「有意確率」として本文中に相関係数とあわせて記した。有意確率が定めた水準より小さい場合には帰無仮説が有意ではないので棄却できる。つまり, 母集団の相関係数は0でないと解釈でき, 求めた相関係数は母集団に対して有意であると言える。ここでは帰無仮説を棄却する判断基準となる有意水準を5%とした。
- 注2) 住宅・土地統計調査の用語解説<sup>22)</sup>によれば, 「防火木造」とは柱・はりなどの骨組みが木造で, 屋根や外壁など延焼のおそれのある部分がモルタル, サイディングボード, トタンなどの防火性能を有する材料でできているものをさす。
- 注3) 住宅・土地統計調査の用語解説<sup>22)</sup>によれば, 「鉄骨・鉄筋コンクリート造」とは建物の骨組みが鉄筋コンクリート造, 鉄骨コンクリート造又は鉄筋・鉄骨コンクリート造のものをさす。
- 注4) 住宅・土地統計調査の用語解説<sup>22)</sup>によれば, 「鉄骨造」とは建物の骨組みが鉄骨造(柱・はりが鉄骨のもの)のものをさす。

(受理:平成20年12月4日)