

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760434

研究課題名（和文） データマイニング手法を用いた強風被害発生に関わる地域特性因子の特定

研究課題名（英文） Identification of regional characteristics associated with extent of wind damage using a data-mining technique

研究代表者

友清 衣利子 (TOMOKIYO ERIKO)

九州大学・大学院人間環境学研究院・助教

研究者番号：30346829

研究成果の概要（和文）：

強風時には風速だけでなく屋根形状などの多様な要因が絡み合って構造物被害が拡大するが、風速以外の影響因子はほとんど整理されていない。一方、屋根形状などは、積雪量といった気候に応じた特徴を持つので、そのような気候特性を利用して屋根などの特性を勘案することで、被害推定精度の向上を目指した。その結果、冬季気候と屋根形状との間には関連があることが分かり、屋根形状が被害拡大に及ぼす影響を定量的に示した。また、検討した影響因子を用いて住家被害を推定し、その精度を確認した。

研究成果の概要（英文）：

The strong wind damage to structure is extended resulting from complicated influencing factors of wind speeds, roof forms and so on. However, most of factors other than wind speeds are not specified. On the other hand, structural conditions like roof forms are linked with regional climate, for example amount of snow cover. Therefore, we tried to improve the procedure of estimating wind damage to houses considering structural condition of roofs associated with regional climate. It turned out that winter climates are associated with roof forms and the roof forms affect on the extent of damage to houses. We estimated damage rate using the influencing factors and confirmed the estimation accuracy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：強風災害、災害予測、統計的推測

## 1. 研究開始当初の背景

図1に示すように、台風などの強風によって被害が発生する時には多種多様な要因が絡み合う。台風時の最大瞬間風速や最大風速と住家被害との関連はこれまでも検討されており、最大風速に比べて最大瞬間風速が被害の拡大に影響を及ぼし、最大瞬間風速が

約30m/sの閾値を超えると、急速に被害が増大することが指摘されている。一方、風の特性だけでなく構造物が木造かRC造かなどの構造種別や築年数、屋根の形状や勾配、瓦に代表される屋根葺材の固定方法など、構造物に関わる様々な要素が強風被害の拡大に影響を与えることも指摘されているが、台風な

どによる強風被害は、被害範囲が広域に及ぶことから、自治体が行う被害調査では市町村単位で全壊、半壊、一部損壊の区別とその被害棟数が集計されるにとどまる。そのため、詳細な被害内容が記録されることは少なく、被害構造物の全体像はよく分からないのが実情である。

ところで、気候特性がその地域の構造物の特性と密接に関係することは言うまでもない。例えばほとんど降雪がなく地震よりも台風の被害を経験してきた九州や沖縄では、勾配が小さく重い屋根を持つ住宅が多いが、積雪の多い東北や北海道の住宅の屋根は勾配が大きく軽い素材で作られることが多い。このように地域の気候特性によって住家の建物の形状や材料は大きく異なるので、地域性を考慮した被害予測が必要であるが、強風被害因子の地域性を検討する手法はほとんど注目されてこなかった。特に強風で被害を受けやすい外装材は気候などの地域特性を反映していることが多いので、地域性を考慮した強風被害予測マップの作成は地方自治体の総合防災力を高めることが期待できる。また、主要な構造部材に被害が発生する地震に比べて、屋根や窓などの非構造部材を中心に被害が拡大する強風災害の経済的な損失は膨大なものとなるため、経済損失を減らすためにも被害予測精度の向上が望まれている。

## 2. 研究の目的

本研究は地域ごとの建物の構造様式や築年数などの特性を指標化することによって、住家の強風被害拡大に影響する地域特性要因を類型化し、それぞれの要因の被害拡大への寄与率を定量化する分析手法を提案するとともに、提案手法を利用した強風被害予測手法の展開手順を提示することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、温暖な九州地方と寒冷的な北海道及び東北地方での強風被害に着目し、図 2

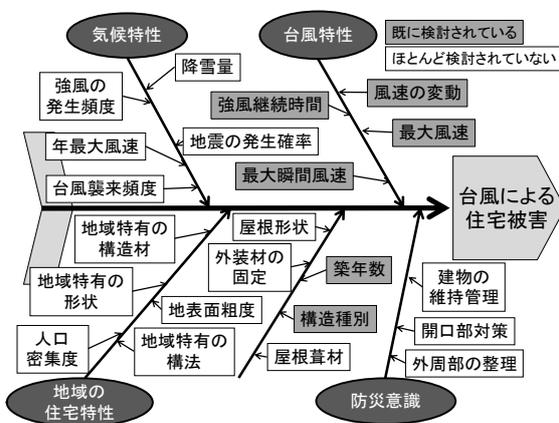


図 1 強風被害拡大影響因子に関する魚骨図

のような手順で、強風被害拡大へ影響を及ぼす因子を地域ごとに整理し、住家被害推定手法を検討した。

### (1) 強風被害拡大の影響因子情報の整理

#### ① 地域別の冬季気候条件の整理

都道府県別の冬季気候条件を代表する値として、都道府県庁所在地に最も近い気象台での 1 月の月平均気温、最低月平均気温及び最大積雪量を調べた(図 3)。月平均気温が 0℃以下となる北海道及び青森、岩手、秋田、山形、長野県で積雪量が多いが、月平均気温が 0℃以上であっても日本海側の新潟、富山、石川、福井、鳥取県では 20cm 以上の積雪が

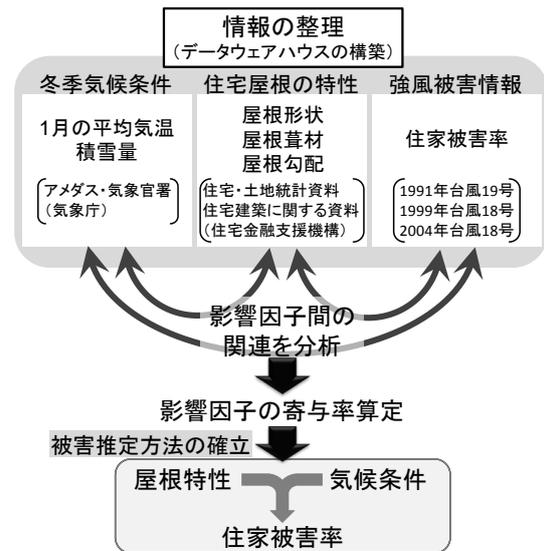
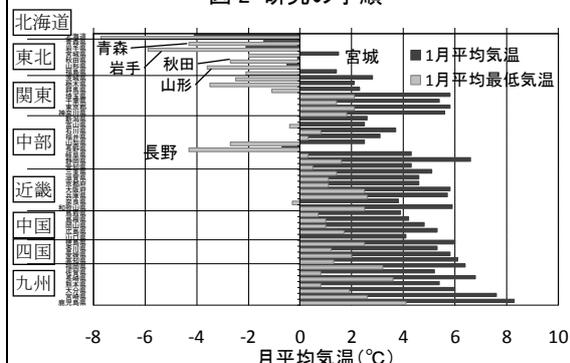
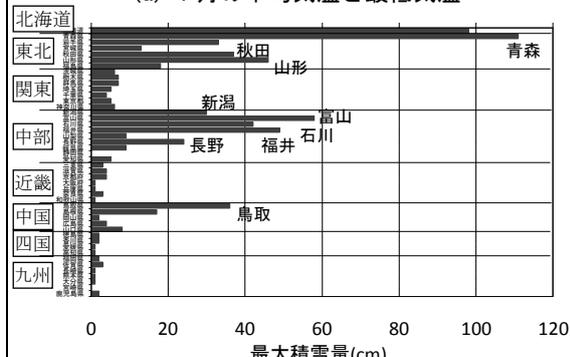


図 2 研究の手順



(a) 1 月の平均気温と最低気温



(b) 最大積雪量

図 3 都道府県別の冬季気候条件

あることが分かった。1月の月平均気温と最大積雪量との関係から、積雪量20cm未満を寡積雪地域、20cm以上を多積雪地域とし、月平均気温が0°C以上でも比較的積雪量が多い温暖多積雪地域と0°C未満で積雪量が多い寒冷多積雪地域に分類することができた。

② 地域別の住宅屋根特性の整理

住宅金融支援機構が行った「住宅の建築的事項に関する調査資料」から、屋根形状及び屋根葺材に関する資料を都道府県別に整理した(図4)。図4(a)より、ほとんどの都道府県では寄棟屋根が多いが、積雪量が特に多い北海道と青森県では無落雪屋根や片流れ屋根が多く、温暖多積雪地域に分類される日本海側の富山、石川、福井県などでは切妻屋根が多いなど、屋根形状は積雪量と強い関連があることが分かった。図4(b)より、北海道、青森、岩手、秋田、山形、新潟、長野県などの積雪量の多い地域では、金属板を使用した住宅が多いことが分かり、屋根葺材もまた積雪量と強い関連があると考えられる。

③ 住家の強風被害情報の整理(2004年台風18号の事例)

ここでは2004年9月7日に長崎県に上陸し、日本海を通過後、北海道に再上陸した台風18号の例を挙げる。台風0418号の経路と都道府県別の住家被害率分布図(図5)より、九州、中国、東北および北海道などの広い範囲で住家被害が発生したことが分かる。住家被害が多く発生した九州と中国、北海道地方

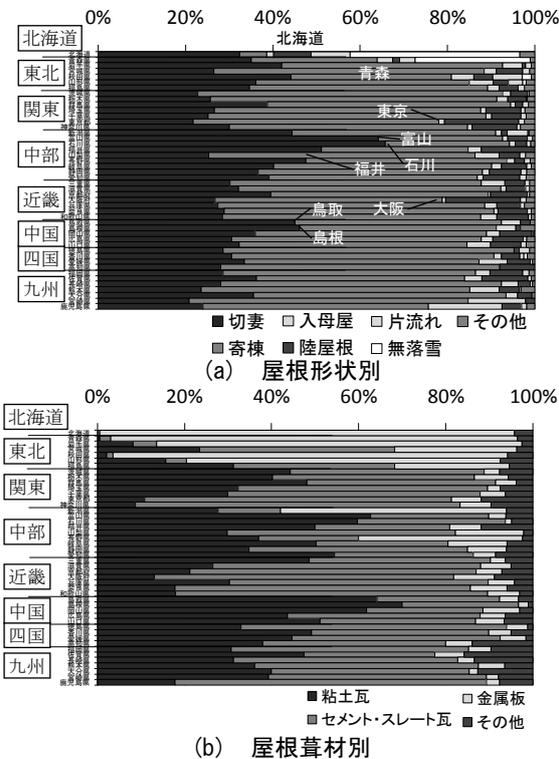


図4 都道府県ごとの屋根特性別住家の割合  
(平成11年度マイホーム新築融資申込物件(13,881件)を対象)

では40m/sを超える最大瞬間風速が観測された(図6)。

(2) 強風被害影響因子間の関連分析

① 冬季気候条件と住宅屋根の構造との関係

屋根形状、屋根葺材と最大積雪量および1月の月平均気温との相関係数とその有意確率を調べた(表1)。表1(a)は都道府県ごとの屋根形状別の住宅の割合と、その地域の都道府県庁に最も近い気象台での最大積雪量及び1月の月平均気温との相関係数であるが、寄棟屋根住宅の割合と積雪量との相関係数が-0.84で絶対値が最も大きく、積雪量が増えると寄棟屋根の住宅が少なくなるという解釈できる。これは寒冷多積雪地域では無落雪屋根が多く、温暖多積雪地域では切妻屋根が多いため、積雪量の増加に伴い、寄棟屋根の割合が減少することを定量的に示している。表1(b)の屋根葺材に着目すると、金属板と気候条件との相関が強く、積雪量との相関係数は0.74、1月の月平均気温とは-0.83となった。積雪量が多く気温が低い地域ほど金属板を用いた屋根の割合が多いと考えられる。つまり、最大積雪量と寄棟屋根または金属板屋根の割合との間には非常に密接な関係があり、多積

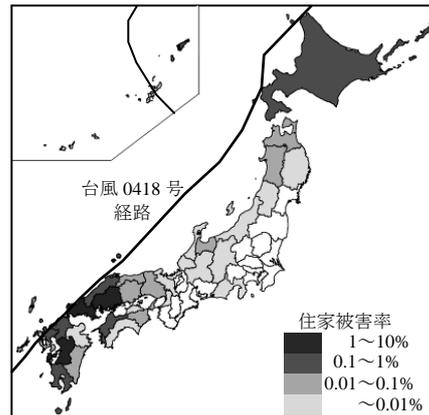


図5 台風0418号の都道府県別住家被害率分布

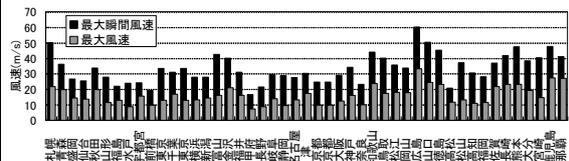


図6 台風0418号気象台での風記録

表1 冬季気候条件と屋根特性との相関係数および有意確率  
(a) 屋根形状

		切妻	寄棟	入母屋	陸屋根	片流れ	無落雪
最大積雪量	相関係数	0.48	<b>-0.84</b>	-0.07	-0.18	0.63	0.77
	有意確率	0%	0%	66%	23%	0%	0%
1月平均気温	相関係数	-0.36	<b>0.58</b>	0.20	0.26	-0.63	-0.57
	有意確率	1%	0%	18%	8%	0%	0%

(b) 屋根葺材

		粘土瓦	セメント・スレート瓦	金属板
最大積雪量	相関係数	-0.25	-0.72	<b>0.74</b>
	有意確率	9%	0%	0%
1月平均気温	相関係数	0.31	0.76	<b>-0.83</b>
	有意確率	4%	0%	0%

有意確率が5%以下は網掛け  
相関係数(絶対値)最大値は太字

雪地域の住宅は他の地域とは異なる屋根特性を持つことが分かった。

② 住家被害率と風速及び気候条件との関係

台風 0418 号による最大風速、最大瞬間風速と積雪量および1月の月平均気温に着目し、住家被害率との関係を調べた。最大風速 10m/s、最大瞬間風速 20m/s を超えると住家被害が発生し始め、風速の増大とともに被害が増加し、最大風速よりも最大瞬間風速が住家被害率の増大に強い影響を及ぼすことが分かる(図7)。1月の月平均気温と被害率との関係は明確ではないが、最大積雪量が 20cm を超える地域では積雪量の増大とともに住家被害率が増加する傾向がみられた(図8)。次に住家被害率と風速、冬季気候条件との相関係数をもとめた(表2)。最大風速や最大瞬間風速と住家被害率の対数値との相関係数は約 0.7 で明らかな正の相関があるが、最大積雪量や1月の平均気温と被害率との間には関連が見られなかった。そこで、寡積雪地域と多積雪地域とに分けて、同様に相関係数を求めた(表2に併記)。寡積雪地域では住家被害率と積雪量の間には関連はないが、多積雪地域では最大積雪量と住家被害率の常用対数との間に関連があり、相関係数は 0.68 であっ

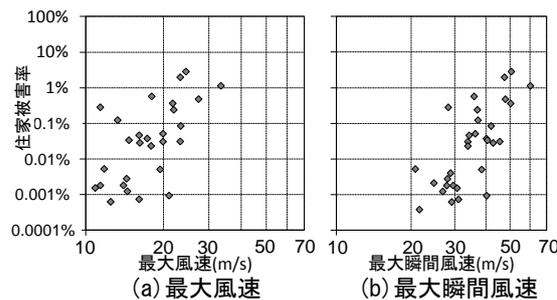


図7 風速と住家被害率との関係

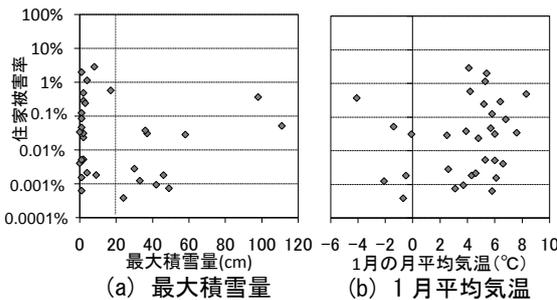


図8 冬季気候条件と住家被害率との関係

表2 住家被害率と風速及び冬季気候条件の相関係数

			最大風速		最大瞬間風速		最大積雪量		1月の月平均気温		標本数
			相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	
全国	住家被害率	相関係数	0.52	0%	0.57	0%	-0.15	41%	0.10	59%	31
	住家被害率	相関係数	0.68	0%	0.74	0%	-0.07	69%	0.20	28%	
	住家被害率	常用対数									
寡積雪地域	住家被害率	相関係数	0.54	1%	0.62	0%	0.30	20%	-0.32	16%	20
	住家被害率	相関係数	0.70	0%	0.73	0%	0.27	25%	-0.03	91%	
	住家被害率	常用対数									
多積雪地域	住家被害率	相関係数	0.51	11%	0.70	2%	0.64	3%	-0.59	6%	11
	住家被害率	相関係数	0.66	0%	0.79	0%	0.68	2%	-0.32	34%	
	住家被害率	常用対数									

(多積雪地域：最大積雪量が 20cm 以上の地域)

た。ただし、台風 0418 号が日本海を通過したために積雪量の多い日本海側の地域で強風が記録されているので、積雪量と風速との間にも関連があると考えられる。そこで、多積雪地域において最大瞬間風速の影響を除いた場合の積雪量と住家被害率との偏相関係数を求めると、0.38 (有意確率 28%) であった。さらに被害率の常用対数との偏相関係数を求めると 0.42 (有意確率 23%) で、最大瞬間風速の影響を除去しても積雪量と被害率との間には関連があることが分かった。

(2) ①で示したように、最大積雪量は住宅の屋根形状および屋根葺材と密接な関連を持つので、最大積雪量が多い地域では寄棟屋根住宅の割合が小さく、金属板を使用した屋根を持つ住宅が多いと解釈できる。そこで、都道府県別の住家被害率と屋根形状または屋根葺材別の住宅の割合との相関係数を求めた(表3)。冬季気候条件を考慮しない場合には、住家被害率と住宅屋根形状または屋根葺材との間には明確な関連は見られないが、寡積雪地域と多積雪地域とに分類して相関係数を求めると、多積雪地域では片流れ屋根または無落雪屋根と住家被害率との間に正の相関が、寄棟屋根との間に負の相関関係がみられた。屋根葺材に着目した場合、相関係数は有意とはならないが、積雪量が多く寄棟屋根の住宅が少ない地域では、その他の地域より住家被害率が増大しやすいと解釈できる。

(3) 気候条件及び住家の構造特性を考慮した被害率の推定

(2)で述べたように、台風 0418 号による強風被害を一例に、住家被害の拡大に影響を及ぼす因子として多積雪地域での最大積雪量と寄棟屋根の割合とを抽出したので、都道府県庁舎に近い気象台での最大瞬間風速と最大積雪量及び各都道府県の寄棟屋根の住宅

表3 住家被害率と屋根特性との相関係数

(a) 屋根形状との相関係数

			屋根形状					標本数	
			切妻	寄棟	入母屋	陸屋根	片流れ		無落雪
全国	住家被害率	相関係数	-0.26	0.12	0.24	0.07	-0.07	-0.02	31
	住家被害率	有意確率	16%	53%	19%	72%	72%	91%	
	住家被害率	常用対数							
寡積雪地域	住家被害率	相関係数	-0.39	0.06	0.42	-0.08	0.07	0.20	20
	住家被害率	有意確率	3%	74%	2%	66%	69%	28%	
	住家被害率	常用対数							
多積雪地域	住家被害率	相関係数	-0.45	-0.79	-0.25	0.40	0.71	0.87	11
	住家被害率	有意確率	17%	0%	45%	22%	1%	0%	
	住家被害率	常用対数							

(b) 屋根葺材との相関係数

			屋根葺材			標本数
			粘土瓦	セメント・スレート瓦	金属板	
全国	住家被害率	相関係数	0.14	0.10	-0.16	31
	住家被害率	有意確率	44%	57%	40%	
	住家被害率	常用対数				
寡積雪地域	住家被害率	相関係数	0.09	0.12	-0.13	20
	住家被害率	有意確率	63%	51%	49%	
	住家被害率	常用対数				
多積雪地域	住家被害率	相関係数	-0.40	-0.41	0.41	11
	住家被害率	有意確率	23%	21%	21%	
	住家被害率	常用対数				

の割合を利用して回帰分析で住家被害率を推定した。最大瞬間風速値の常用対数  $\log_{10}(U)$  を利用して、住家被害率の常用対数  $\log_{10}(R_d)$  を求めると、以下の回帰式(1)が得られた。重回帰係数は 0.53 で、回帰式の精度は比較的良好と言える。

$$\log_{10}(R_d) = 7.4 \log_{10}(U) - 15.1 \quad (1)$$

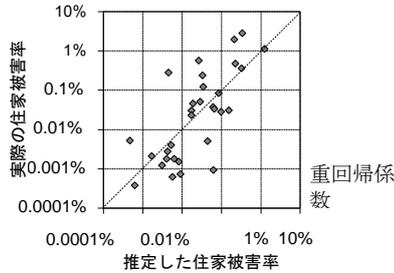
さらなる推定精度の向上を目指して、最大積雪量が 20cm 以上の寒冷多積雪地域のみ、最大積雪量  $S$  を説明変数に追加すると、以下の線形回帰式(2)が得られた。重回帰係数は 0.60 である。

$$\log_{10}(R_d) = 7.5 \log_{10}(U) - 0.006S - 15.2 \quad (2)$$

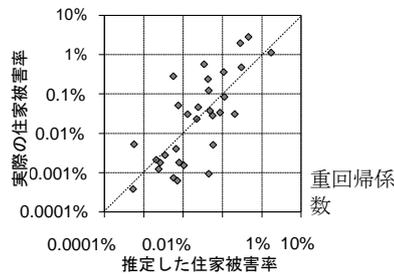
また、積雪量ではなく寄棟屋根住宅の割合  $R$  を説明変数に追加して線形回帰式を求めると式(3)が得られ、重回帰係数は式(2)と同じ 0.60 になった。

$$\log_{10}(R_d) = 7.4 \log_{10}(U) + 0.89R - 15.7 \quad (3)$$

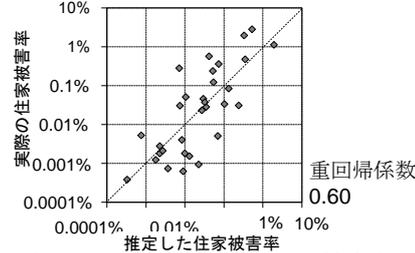
(ただし、積雪量が 20cm 未満の地域は  $R=1$ )  
回帰式(1)から(3)で求めた推定値と実際の住家被害率との関係を調べ (図 9)、それぞれ



(a) 最大瞬間風速で推定した被害率



(b) 最大積雪量を考慮して推定した被害率



(c) 屋根形状を考慮して推定した被害率

図 9 実際の住家被害率と推定値との関係

表 4 実際の住家被害率と推定値との相関係数

住家被害率 (常用対数)	回帰式で推定した 住家被害率 (常用対数)		
	最大瞬間風速のみ利用	積雪量を考慮	寄棟屋根の割合を考慮
相関係数	0.73	0.75	0.77
有意確率	0%	0%	0%

の相関係数を求めた (表 4)。最大瞬間風速値のみを利用して求めた住家被害率と実際の被害率との相関係数は 0.73 であるが、最大積雪量または住宅の屋根形状を考慮すると、相関係数は 0.75 及び 0.77 となり、相関関係は改善した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 主な成果

本研究では、住家の強風被害の拡大に影響する、気候条件などの地域特性要因を類型化し、それぞれの要因の被害寄与率を定量的に求め、強風被害推定手法の手順を提示することを目的にして、特に気候条件の異なる東北・北海道及び九州の冬季気候と住宅屋根特性に着目し、近年の大型台風の被害事例を分析し、被害推定を行った。

得られた成果を以下にまとめる。

- ① 住宅屋根に関する資料を整理し、北海道や東北地方に代表される寒冷多積雪地域の構造物は、雪害や凍害に対応した屋根葺材を利用し、独特の屋根形状を持つため、温暖で積雪の少ない地域とは構造特性が異なることを確認した。
- ② 自治体別の冬季気候条件と住宅屋根特性との関係を分析し、寒冷で多積雪な地域では、最大積雪量と住宅屋根形状との関連があることを、相関分析をもとに定量的に明らかにした。
- ③ 日本全域に被害をもたらした大型台風に着目し、寒冷で多積雪な地域と温暖で寡積雪な地域における住家被害率の違いを分析して、寒冷多積雪地域では積雪量と住家被害率との間に関連があることを示した。
- ④ 風速と冬季気候条件及び住宅屋根の特性を利用して重回帰による住家被害率の推定を行ったところ、風速以外の影響因子をあわせて用いた方が、実情によりよく対応した被害率を推定できることが分かった。

##### (2) 国内外における位置づけとインパクト

風速以外に建物の構造的特徴が強風被害の拡大に影響を及ぼすことはこれまでも指摘されているが、被害が広域に及ぶ強風被害では被害地域の住宅に対する悉皆調査が行われることはほとんどなく、被害住宅の構造物特性に関する資料は皆無に近い。本研究では、構造物の形状や材料を特徴付ける一つの要因として、気候条件、特に冬季の積雪量や気温に着目し、それらを利用して住家被害推定の改善する手法を検討した。十分に情報が整理されていない住宅の構造特性だけでなく、気象庁によって十分な資料が蓄積されている気候条件を中心とした地域特性を利用することができれば、全般的な住家被害推定精度の向上が見込める。また、地域ごとの特性を利用して、強風被害影響因子を特定することで、地域ごとの強風被害マップの作成

手順をきめ細かく提案することができると考えられ、地方自治体の強風防災力の向上に役立つと考えられる。

### (3) 今後の展望

本研究期間内では、風速以外の特性として、特に気候条件に着目したが、強風被害拡大に影響を及ぼす因子は多岐に渡ると考えられる。強風被害の被災住民アンケートによれば、住宅の保守管理状況や台風接近時の住宅周辺の整理状況などに代表される住民の防災意識の違いが、被害の有無に影響を及ぼすことが分かっており、そのような定性的な因子を定量化して被害予測に組み込むことができれば、被害推定精度の更なる向上が見込まれる。一方で、将来の気候変動に伴って台風発生数や規模の変化が指摘されているので、これまでの被害履歴や将来の強風発生情報などの時刻歴変化を伴う影響因子を被害推定を用いる必要があると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① 友清衣利子、前田潤滋、竹内崇、オーバーシュート風力の発生に着目した突風性状の選別、第21回風工学シンポジウム論文集、査読有、2010、pp.179-184
- ② 友清衣利子、前田潤滋、竹内崇、風速の立ち上がり時間に着目した突風の性状、日本風工学会誌、査読無、Vol.35、No.2、2010、pp.118-123
- ③ Takashi Maruyama, Eriko Tomokiyo, Junji Maeda, Simulation of Strong Winds Field by Non-hydrostatic Mesoscale Model and Its Applicability for Wind Hazard Assessment of Building and Houses, Hydrologic Research Letters, 査読有, Vol.4, 2010, pp. 40-44
- ④ 友清衣利子、前田潤滋、強風による住家被害の拡大に及ぼす影響因子の分析—地域の屋根構造特性に関連する気候条件の利用について、都市・建築学研究九州大学大学院人間環境学研究院紀要、査読有、第17号、2010、pp.43-48
- ⑤ Eriko Tomokiyo, Junji Maeda, Correlation Analysis of Influencing Factors on Rate of Residential Damage due to Strong Winds Considering Structural Conditions of Houses, Journal of Habitat Engineering, 査読有, Vol.1, 2009, pp.135-142
- ⑥ 友清衣利子、前田潤滋、強風による住家建物被害の拡大に及ぼす影響因子の抽出法に関する試み—強風被害発生要因の分析への構造物特性指標の利用例、日本建築学会構造系論文集、査読有、第74巻、2009、pp.1423-1431

- ⑦ 友清衣利子、前田潤滋、強風被害危険度に及ぼす地域特性の特定—九州と北海道の住家構造特性の利用、都市・建築学研究九州大学大学院人間環境学研究院紀要、査読有、第16号、2009、pp.93-100

[学会発表] (計8件)

- ① 友清衣利子、住家屋根情報に関する数量化指標を用いた台風被害拡大に及ぼす影響因子の分析、平成23年度日本建築学会年次研究発表会、2011年5月24日、大阪市立大学、大阪
- ② 友清衣利子、竜巻の風観測記録との比較による竜巻風速場モデル妥当性の検証—2006年に延岡で発生した竜巻の事例、第50回日本建築学会九州支部研究報告、2011年3月6日、鹿児島大学、鹿児島
- ③ 友清衣利子、オーバーシュート風力の発生に着目した無風状態からの急激な突風の性状、台風などの強風の予測と災害発生機構の解明および低減策に関する研究集会、2011年1月12日、京都大学防災研究所、京都
- ④ 友清衣利子、風速の立ち上がり時間に着目した突風の選定、日本建築学会2010年度大会(北陸)、2010年9月10日、富山大学、富山
- ⑤ 友清衣利子、前田潤滋、丸山敬、構造特性に基づく住家台風性能を考慮した被害率の算定、平成21年度日本風工学会年次研究発表会、2009年5月27-28日、東京、日本
- ⑥ Eriko Tomokiyo, CFD prediction of local winds associated with Typhoon Tokage (2004): effects of atmospheric stability on the increase of strong winds, The Fifth International Symposium for Computational Wind Engineering, 2010年5月24日, Chapel Hill, USA
- ⑦ Eriko Tomokiyo, Junji Maeda, Analysis of Influencing Factors on Wind Damage Using Quantified Structural Conditions of Houses, The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering, 2009年11月8-12日, Taipei, Taiwan
- ⑧ 友清衣利子、前田潤滋、構造特性の数量化指標を用いた台風時の住家被害拡大に及ぼす影響因子の偏相関分析—台風9119号の住家被害アンケート調査に基づく検討、2009年度日本建築学会大会(東北)、2009年8月26-29日、宮城、日本

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

友清 衣利子 (TOMOKIYO ERIKO)

九州大学・大学院人間環境学研究院・助教  
研究者番号：30346829