

## 住家被害の拡大に及ぼす風況特性の影響 : 台風9918号と台風0418号の場合

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

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/10.15017/19061>

---

出版情報 : 都市・建築学研究. 8, pp.61-68, 2005-07-15. 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 :

## 住家被害の拡大に及ぼす風況特性の影響 —台風9918号と台風0418号の場合—

### Some Effects of Gust Wind Property on Residential Damage —Typhoons Bart and Songda—

友清衣利子\*, 前田潤滋\*

Eriko TOMOKIYO 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. The authors have turned more attention to number of wind records. The damage analyses results based on Typhoon Bart (1999) and Typhoon Songda (2004) have indicated that a frequency of wind record smaller than 40 m/s has no correlation to residential damages. And residential damage rates increased with number of wind records exceeding 55 m/s. We have focused attention on gust factors and fluctuation intensities too. When gust factors become large, the residential damage increases. It is suggested that the fluctuation intensity as well as the frequency of wind speed is a significant factor of spreading of structural damage.

**Keywords:** Wind hazard, Structural damage rate, NeWMeK, Typhoons Bart and Songda  
風災害, 住家被害率, NeWMeK, 台風 9918 号, 台風 0418 号

#### 1. はじめに

大型台風による建造物の強風被害は広範囲に及ぶことが多く, しばしば大きな社会的経済的損失を与える. 住家など比較的小規模の建造物の被害では, 最大風速よりも最大瞬間風速の方が被害の発生や拡大に強い相関を示すことが知られている<sup>1)~4)</sup>が, 被害拡大に影響を及ぼす他の要因として強風の継続時間や風の乱れの影響が考えられる. しかしながら, 風速と建造物被害の関係は統計データが集めにくいこともあり, 実測に基づく風速と建造物被害の関係に関する所見はいくつかの報告<sup>1),5)</sup>があげられる程度で, あまり検討されていない.

筆者グループは, 1999年台風18号の場合での住家の九州地区での被害状況を風速の継続時間に対して整理し, 文献6)で報告している. また, 文献7)では住家被害に及ぼす風の乱れの強さの影響について報告した. これらの報告によれば最大風速10m/s程度から建造物に被害が生じ始め, 25m/sを超えると継続時間が被害拡大に相関を持ち, 風の乱れが強いほど被害が増加する傾向が見られた. また, 風の乱れの強さだけでなく, 瞬間的な高風速の発生する頻度が住家被害の拡大へ影響を与えることが示唆された.

2004年は多くの台風が来襲し, 日本各地に被害をもた

らした. 九州地区にも3つの台風が上陸し, 特に台風0418号による被害は広範囲にわたり, 甚大なものであった. そこで, 本報告では1999年9月24日に熊本県に上陸した台風18号(以降, 台風9918号)と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)による九州地区での住家被害情報を整理し, 特に最大瞬間風速値, 高風速値の発生頻度および風の変動特性に着目して, 住家被害拡大に及ぼす風況特性の影響について検討を行う.

#### 2. 台風による住家被害の概要

九州各県の台風9918号と台風0418号による県別の住家被害状況を表1に示す. 市町村別の住家被害状況を図1と図2に示す<sup>8),9)</sup>. 台風0418号による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, 図2では大分県全体での被害率を示した. 図中, 住家被害率の大きさを色の濃淡で分けし, 台風経路を黒線で示す. 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が, 住家の総戸数は入手が困難なため, 総世帯数<sup>10)</sup>を代わりに使用した. 全壊率と半壊率はそれぞれ以下のように定義した<sup>4)</sup>.

全壊率: ある区域の総戸数に対する全壊<sup>11)</sup>した住家の戸数の割合

\* 都市・建築学部

半壊率：ある区域の総戸数に対する半壊<sup>10)</sup>以上の被害が発生した住家の戸数の割合

台風 9918 号では、主に熊本県、鹿児島県、大分県の九州南東部で、台風 0418 号では熊本県、福岡県を中心とした九州中西部で住家被害が増大した。台風 9918 号上陸時の被害住家総数は、約 10 万戸で鹿児島県の北部から熊本県にかけて被害率が 50%を超える市町村が複数見られた。台風 0418 号上陸時には住家被害数は少なく、住家被害率が 50%を超えた市町村別自治体は一つであった。いずれの台風においても図 1 と 2 に示すように台風経路の南東側で被害が拡大していることが分かる。

表 1 台風 9918 号と台風 0418 号による住家被害戸数

	被害戸数 (戸)	
	台風 9918 号	台風 0418 号
福岡	2,986	5,717
佐賀	0	693
長崎	392	1,455
大分	10,094	24
熊本	62,700	13,490
宮崎	60	178
鹿児島	23,113	3,231
合計	99,345	24,788

### 3. 風速記録の選定

本報告では台風 9918 号が上陸した 1999 年 9 月 24 日と台風 0418 号が上陸した 2004 年 9 月 7 日の NeWMeK<sup>11)</sup>による風速記録から各市町村での代表風速記録を選定した。ここでは、住家被害を受けた各市町村内に設置されている観測点を各市町村での代表値とした。有効観測点は台風 9918 号時には 50 地点、台風 0418 号時には 61 点であった。

NeWMeK の風速記録は、べき法則を用いて高さ 10m に高度補正を行った。べき指数は 1/11 とした<sup>12)</sup>。風速値のサンプリング周期は 1 秒で、風速計の距離定数は 8m である。

### 4. 風況特性と住家被害の関係

#### 4.1 最大瞬間風速と住家被害の関係

図 3 から 5 に最大瞬間風速と住家被害率および半壊率、全壊率の関係を示す。表 2 に最大瞬間風速値と住家被害率との相関が指数関係にあるものとして、相関係数を示す。図 3 および表 2 より、最大瞬間風速が 30m/s を超えると住家に被害が生じ始め、瞬間風速の増大とともに住家被害が増加する。相関係数は 0.44 でありやや相関が見られた。図 4、5 および表 2 より、半壊率と最大瞬間風速の相関係数は 0.28 であるが、標本数が 50 と少ないため十分有意な値とは言えず、相関はほとんどない。住家全

壊率と最大瞬間風速値との相関係数は負の値となるが、標本数が少なく相関係数は有意な値とは言えない。つまり、全壊率は最大瞬間風速値の影響をほとんど受けないことが分かる。標本数が十分でないことに加え、一般住家は構造種別の違いや経年劣化の影響を受けるため、被害率の上昇と風速値の増加との関係を明確に示すことは困難である。

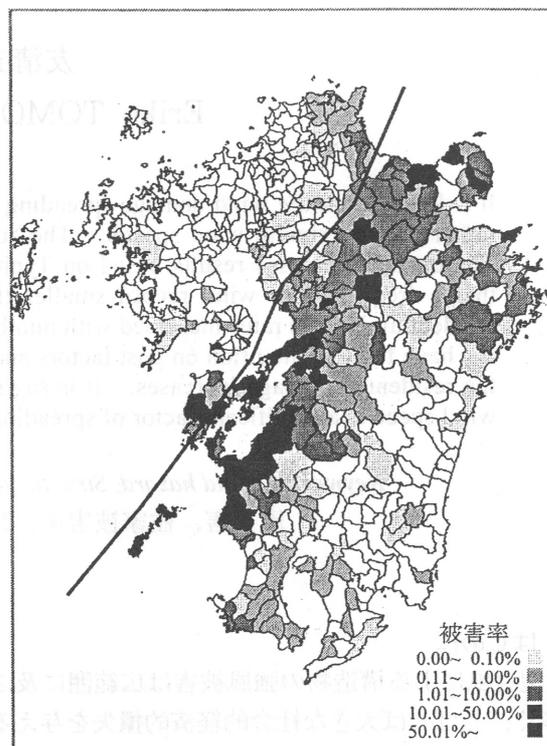


図 1 台風 9918 号による住家被害分布図

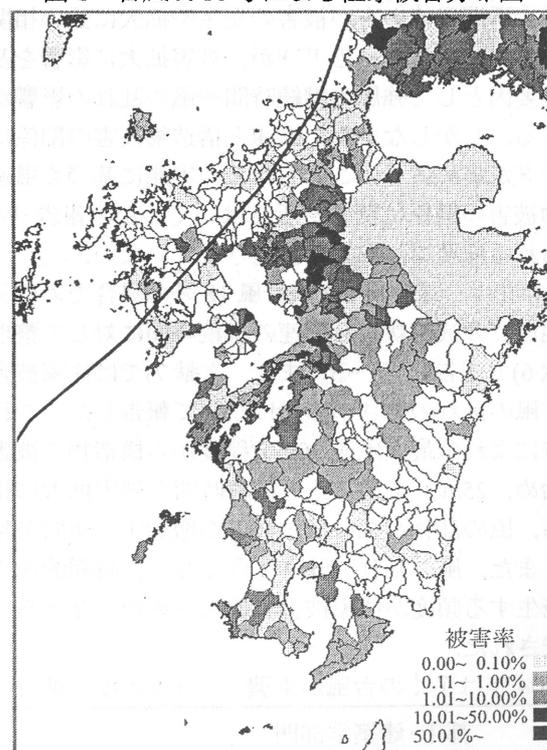


図 2 台風 0418 号による住家被害分布図

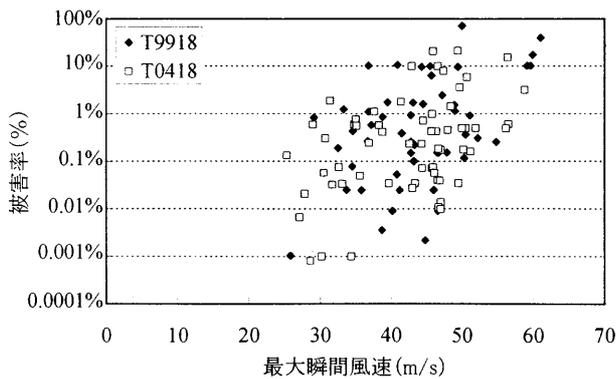


図3 最大瞬間風速値と住家被害率の関係

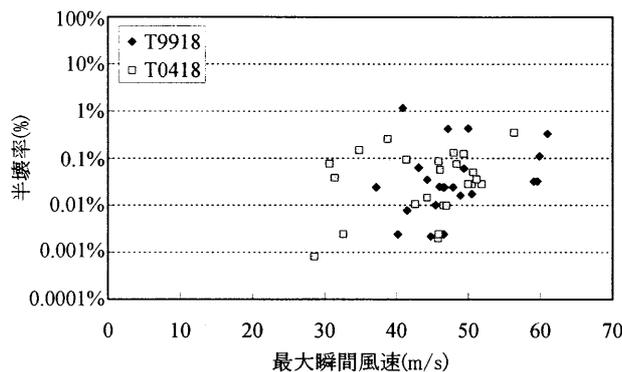


図4 最大瞬間風速値と住家半壊率の関係

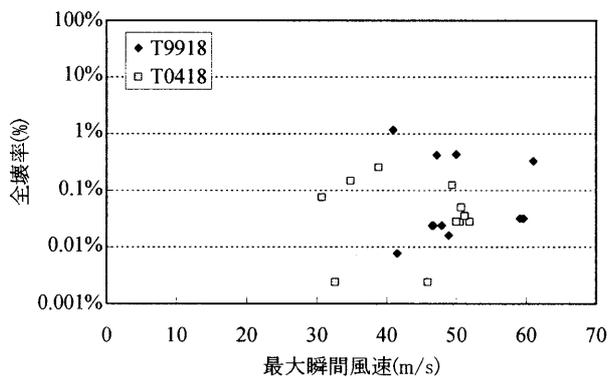


図5 最大瞬間風速値と住家全壊率の関係

表2 最大瞬間風速と住家被害の相関係数

	被害率			半壊率			全壊率		
	T9918	T0418	全て	T9918	T0418	全て	T9918	T0418	全て
相関係数	0.45	0.43	0.44	0.29	0.29	0.28	-0.17	-0.57	-0.29
有効標本数	50	61	111	22	24	46	11	11	22

## 4.2 高風速の発生頻度と住家被害の関係

### 1) 強風の観測記録数と住家被害の相関係数

既報 7) において、高風速の発生頻度が住家被害の拡大に影響を及ぼすことが示唆された。そこで、台風が九州地区に上陸した日に、ある閾値以上の風が吹いた記録数を観測点ごとにもとめ、住家被害率との関係を調べた。ここで、閾値は住家に被害が生じ始める風速 30m/s とした。

図6に30m/s以上の風速記録数と住家被害率の関係を示す。図中のマーカーは最大瞬間風速値5m/sごとに色分けしている。図7と8には住家の半壊率および全壊率と高風速の記録数の関係を示す。また、表3に高風速の発生頻度と住家被害の相関係数を示す。

図6より記録数が100個を越えると被害が0.01%を超えるが、相関係数は0.2程度でほとんど相関はない。むしろ最大瞬間風速が大きくなると、高風速の記録数が増加する傾向の方が顕著で、記録数の増加にともない被害率が増大するのは、瞬間風速値が大きくなるためと考えられる。

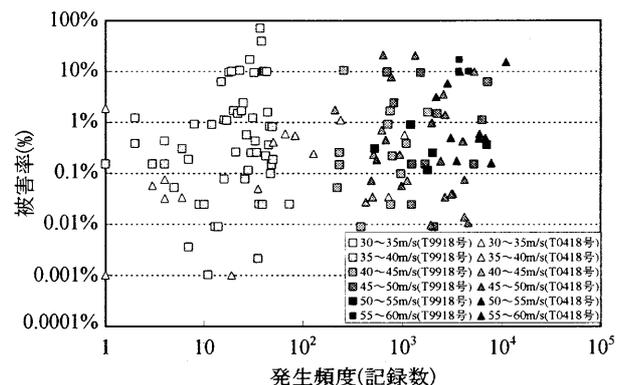


図6 強風(30m/s以上)記録数と住家被害率の関係

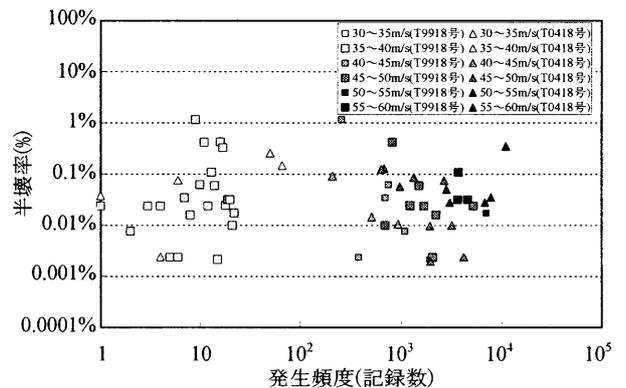


図7 強風(30m/s以上)の発生頻度と住家半壊率の関係

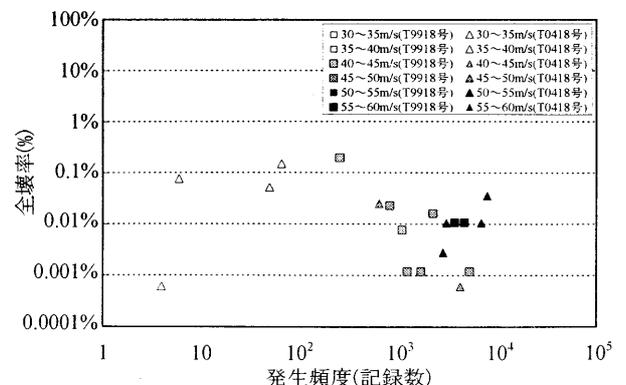


図8 強風(30m/s以上)記録数と住家全壊率の関係

表3 強風(30m/s以上)記録数と住家被害の相関係数

	被害率			半壊率			全壊率		
	T9918	T0418	全て	T9918	T0418	全て	T9918	T0418	全て
記録数(30m/s以上)	0.13	0.32	0.23	-0.08	-0.05	-0.05	-0.62	-0.45	-0.35

図7より住家の半壊率と高風速の記録数の関係にも相関はほとんどみられないが、表3より全壊率と30m/s以上の風速記録の相関係数は-0.35と負の値を示した。高風速の発生頻度が高くても全壊率は増加しない可能性を示唆するものであるが、標本数が少ないため有意な相関係数とは言い難い。

## 2) 強風の観測記録数と住家被害の偏相関係数

図6, 7, 8からも分かる通り、瞬間風速値と30m/s以上の高風速の記録数との相関は非常に高い。図9に瞬間風速値と30m/s以上の高風速記録数との関係を示す。図中の実線は指数近似曲線である。最大瞬間風速は40m/s以下では高風速の記録数が100個程度となり、最大瞬間風速が55m/sを超えると高風速の発生頻度は10,000程度で近似曲線の下側にばらつくが、おおむね最大瞬間風速の増大とともに30m/s以上の風速記録数は指数関係で増加する。相関係数は0.8となり強い相関がある。

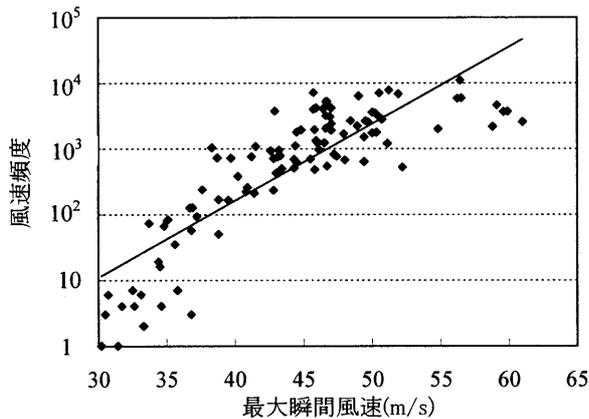


図9 最大瞬間風速値と強風(30m/s以上)記録数の関係

そこで、最大瞬間風速値の影響を除去した強風の観測記録数と住家被害の関係に着目するため、偏相関係数を求めた<sup>13)</sup>。

変数  $i, j, k$  において変数  $k$  を統制した  $i$  と  $j$  の偏相関係数は以下の式で表される。

$$r(i, j \cdot k) = \frac{r(i, j) - r(i, k)r(j, k)}{\sqrt{1 - r(i, k)^2} \sqrt{1 - r(j, k)^2}}$$

ここで、 $r(i, j)$  は変数  $i$  と  $j$  の相関係数である。

表4に最大瞬間風速を5m/sごとに区切り、各風速ランクの風速記録数と住家被害率の偏相関係数を示す。風速40m/s未満の風速記録数と被害率の相関係数は約-0.2で、弱い負の相関が見られた。風速が40m/s以上で55m/s程度までは、風速記録数と住家被害率はほとんど無相関である。55m/s以上の風速記録数と被害率の関係に着目すると、標本数は8で十分な標本数が得られているとはいえないが、偏相関係数は0.6でやや正の相関が見られた。

つまり、40m/s未満の風の継続時間は住家被害の増大に影響を及ぼさず、むしろ風速記録数が増えても被害は増加しない傾向が見られるが、55m/s程度の強風ではその発生頻度の増加とともに住家被害が増大する。

表5には各風速ランクの風速記録数と住家半壊率の偏相関係数を示す。標本数が非常に少なく、有意な偏相関係数であるとはいえないが、風速が40m/s未満の記録数と住家半壊率の関係は負の偏相関係数となり、記録数の増大は被害の拡大に影響を及ぼさないことがわかった。全壊率と風速記録数の関係についても同様に検討を行ったが、標本数が少なく有意な偏相関係数は求められなかった。

表4 各風速ランクの風速記録数と住家被害率の偏相関係数

		30~35m/s	35~40m/s	40~45m/s	45~50m/s	50~55m/s	55m/s~
偏相関係数	T9918	-0.37	-0.23	0.06	0.05	-0.20	0.02
	T0418	-0.85	-0.18	-0.12	0.14	0.34	0.77
	すべて	-0.21	-0.23	-0.06	-0.15	-0.04	0.63
標本数	T9918	48	43	35	24	10	4
	T0418	56	47	39	34	10	4
	すべて	104	90	74	58	20	8

表5 各風速ランクの風速記録数と住家半壊率の偏相関係数

		30~35m/s	35~40m/s	40~45m/s	45~50m/s	50~55m/s	55m/s~
偏相関係数	T9918	-0.48	-0.34	-0.22	0.02	-0.15	0.46
	T0418	-0.44	-0.75	-0.63	0.17	-0.52	
	すべて	-0.40	-0.46	-0.28	0.01	0.22	-0.05
標本数	T9918	22	22	20	15	6	4
	T0418	23	19	17	15	6	1
	すべて	45	41	37	30	12	5

### 4.3 風の変動特性と住家被害の関係

台風 9918 号上陸時の住家被害と風の乱れの強さ、標準偏差の関係については既報 7) ですすでに述べたが、突風率の大きさが構造物被害の拡大に影響を及ぼすことが指摘されている<sup>3),14)</sup>。そこで、本節では台風 9918 号による住家被害情報に 2004 年の台風 0418 号による情報を加え、風の変動特性として突風率と乱れの強さに着目し、住家被害との関係について検討を行う。

#### 1) 突風率と住家被害の関係

図 10, 11, 12 に台風突風率と住家被害率、半壊率、全壊率の関係を示す。台風突風率とは、台風が上陸または接近した日の最大瞬間風速と最大風速値の比である。図中のマーカーは、最大瞬間風速の値で 5m/s ごとに分類した。図より突風率が大きくなると全壊率はやや大きくなる傾向が見られるものの、住家被害率および半壊率と突風率の関係には明確な相関はみられない。むしろ、最大瞬間風速が大きいほど突風率は小さく、住家被害に及ぼす最大瞬間風速値の影響を強く受けている。

そこで、最大瞬間風速値の影響を除いた突風率と住家被害の偏相関係数を求めた。各台風および標本全体の偏相関係数を表 6 に示す。比較のため、最大瞬間風速値を統制しない相関係数も示す。

表 6 より、全壊率と突風率の偏相関係数は相関係数とほとんど変わらず、最大瞬間風速値の影響をほとんど受けていないことが分かる。しかし、住家被害率および半壊率と突風率の関係に着目すると、相関係数はほとんど無相関であったが、最大瞬間風速値の影響を除いた偏相関係数は被害率との関係で 0.32、半壊率との関係では 0.40 となり、やや相関が見られた。

ここで、住家の半壊率や全壊率と突風率の関係を示すために用いた標本数は十分多いとは言いがたく、ここで示した係数は有意ではないが、最大瞬間風速値が同程度ならば、突風率の増大とともに被害率が増加することを示唆するものである。

#### 2) 乱れの強さと住家被害の関係

図 13, 14, 15 に最大瞬間風速が発生した 10 分間での乱れの強さと住家の被害率、半壊率、全壊率の関係を示す。最大瞬間風速 5m/s ごとに色分けして表示した。

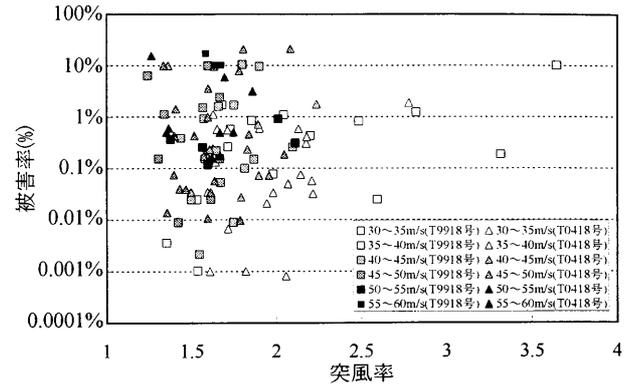


図 10 突風率と住家被害率の関係

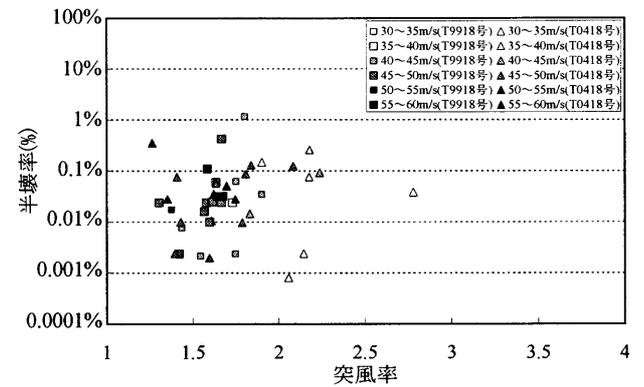


図 11 突風率と住家半壊率の関係

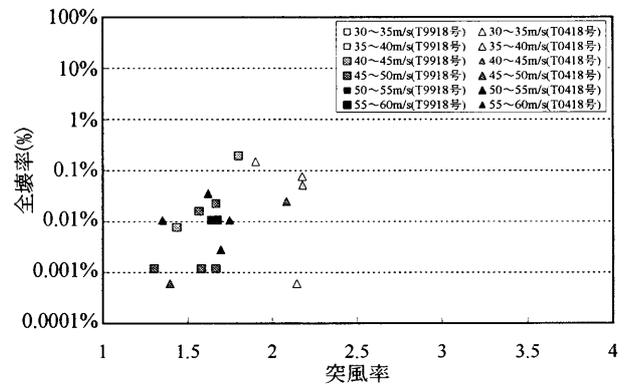


図 12 突風率と住家全壊率の関係

表 6 台風突風率と住家被害の相関係数および偏相関係数

	被害率			半壊率			全壊率		
	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて
相関係数	0.15	-0.05	0.07	0.48	0.08	0.16	0.68	0.35	0.40
偏相関係数 (最大瞬間風速を統制)	0.40	0.21	0.32	0.50	0.44	0.40	0.69	0.31	0.43
標本数	50	61	111	22	24	46	11	11	22

乱れの強さと住家への被害の関係は、図 10 から 12 に示す突風率と被害の関係と同様の分布を示し、ほとんど相関はみられない。表 7 にそれぞれの相関係数と、最大瞬間風速値を統制した偏相関係数を示す。相関係数はすべて小さく乱れの強さと住家被害の関係性は見いだせないが、最大瞬間風速値の影響を除いた偏相関係数は 0.25 となり弱いながらも相関が見られた。突風率と住家被害率の偏相関係数よりも若干小さな値となるものの、瞬間風速が同程度であれば、乱れの強さの大きさが住家被害率の増大に影響を与える。住家の半壊率及び全壊率と乱れの強さの関係は、標本数が少なく求めた相関係数は有意ではないため相関の有無を論じ難い。

図 16, 17, 18 には最大風速が発生した 10 分間での乱れの強さと被害の関係を示す。図中のマーカーは最大風

速の値で 5m/s ごとに色分けして表示した。表 8 にそれぞれの相関係数と偏相関係数を示す。図 16 から 18 によれば、最大風速発生時の乱れの強さと住家被害率、半壊率、全壊率とはほとんど無相関である。これらの図より、最大風速値が大きいほど乱れの強さが小さくなる傾向が見られたが、乱れの強さとは風速の標準偏差を平均風速で除した値であり、最大風速の影響を大きく受けることを示している。そこで、最大風速値の影響を除いた乱れの強さと被害率の偏相関係数を求めると 0.38 であり、正の相関が見られた。しかしながら、最大風速の影響を除いた乱れの強さは最大風速が発生した 10 分間での風速の標準偏差と同様の指標であると考えられる。つまり、風速の標準偏差が住家被害へ影響を及ぼすことを示唆しており、既報 7) で示した結果を裏付けるものである。

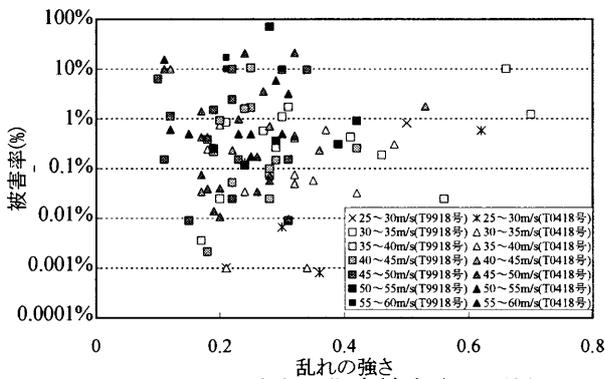


図 13 乱れの強さと住家被害率の関係 (最大瞬間風速発生時)

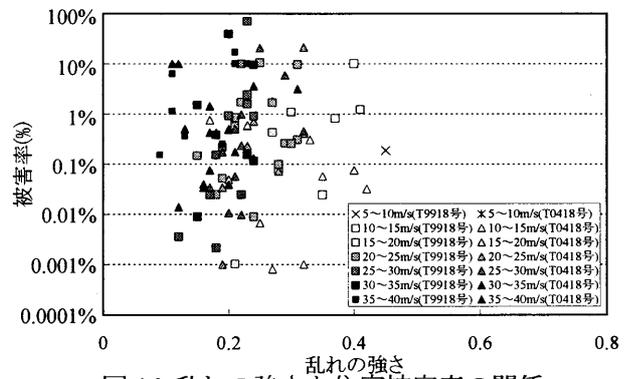


図 16 乱れの強さと住家被害率の関係 (最大風速発生時)

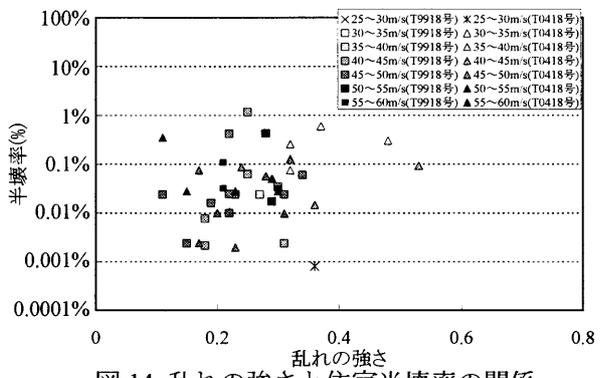


図 14 乱れの強さと住家半壊率の関係 (最大瞬間風速発生時)

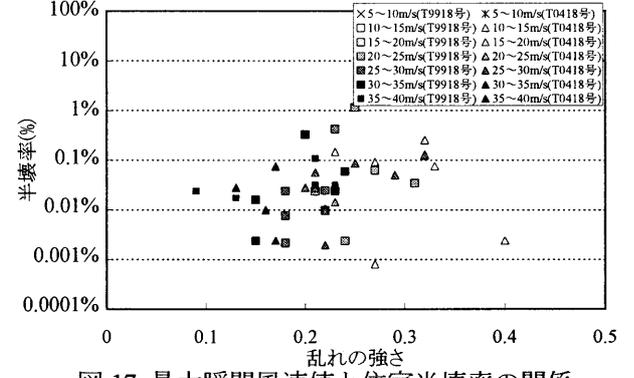


図 17 最大瞬間風速値と住家半壊率の関係 (最大風速発生時)

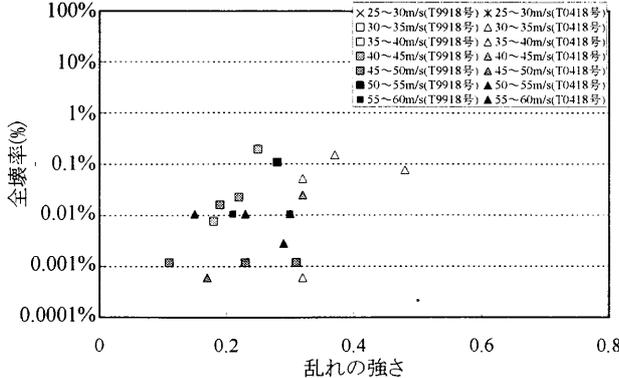


図 15 乱れの強さと住家全壊率の関係 (最大瞬間風速発生時)

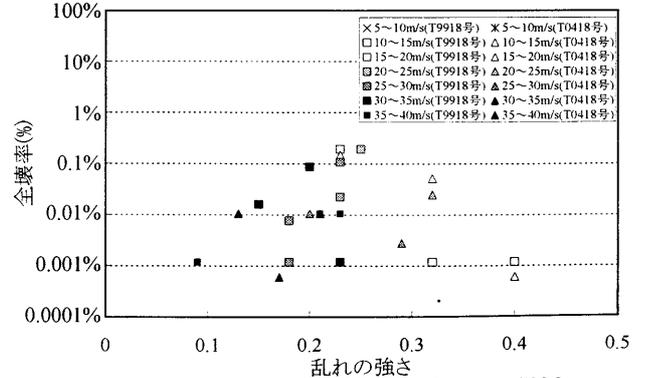


図 18 乱れの強さと住家全壊率の関係 (最大風速発生時)

表 7 乱れの強さ（最大瞬間風速発生時）と住家被害の相関係数および偏相関係数

	被害率			半壊率			全壊率		
	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて
相関係数	0.13	-0.11	0.02	0.27	-0.10	0.13	0.33	0.55	0.41
偏相関係数 (最大瞬間風速を統制)	0.35	0.13	0.25	0.27	0.20	0.33	0.30	0.60	0.44
標本数	50	61	111	22	24	46	11	11	22

表 8 乱れの強さ（最大風速発生時）と住家被害の相関係数および偏相関係数

	被害率			半壊率			全壊率		
	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて	T9918	T0418	すべて
相関係数	0.16	-0.04	0.06	0.35	-0.23	0.11	0.53	-0.07	0.12
偏相関係数 (最大風速を統制)	0.51	0.28	0.38	0.41	0.05	0.28	0.44	-0.60	-0.17
標本数	50	61	111	22	24	46	11	11	22

## 5. まとめ

台風 9918 号および台風 0418 号時の NeWMeK での観測記録を用いて、住家被害の拡大に及ぼす風速値、高風速の発生頻度および風速変動特性について検討したところ以下の所見を整理した。

- (1) 最大瞬間風速値の増大とともに住家被害率は指数関係で増加する。
- (2) 住家半壊率および全壊率と最大瞬間風速値との関係では標本数が少なく相関関係を見いだすには至らなかったが、風速のある閾値を超えると半壊または全壊住家の発生に至る。
- (3) 住家被害発生の閾値と言われる 30m/s 以上の強風の出現数と住家被害率、半壊率および全壊率との関係は、ほぼ無相関であった。
- (4) 風速ランク別の風速出現数と住家被害との関係を検討したところ、最大瞬間風速 40m/s 以下では、風速記録の発生頻度が増加しても住家の被害は拡大しないが、55m/s 以上の強風では発生頻度が増加するに従って被害が増大する傾向が見られた。
- (5) 突風率と乱れの強さに着目したところ、最大瞬間風速が同程度であれば突風率や乱れの強さが大きいほど住家被害が増加する傾向が見られた。

二つの台風被害についての検討であり、標本数の不足から決定的な相関を見いだすには至っていないが、強風の発生頻度と風速変動特性が構造物の強風被害の拡大に影響を持つ要因であることを示した。

## 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。また、本研究の一部は文部省科学研究費補助金(「局所地形と大気温度層分布形状の相互作用による突風災害発生メカニズム」(基盤研究(B)(2)課題番号

16360279,H16~18)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。

掲載地図は国土地理院の 50m メッシュ地図を利用しました。

注) 文献 3)より住家の被害に関する用語の定義は以下のようにした。

全壊：住家の損壊した部分の床面積がその住家の延べ面積の 70%以上に達したもの。または、住家の主要構造物の被害額がその住家の時価の 50%以上に達したもの。

半壊：住家の損壊した部分の床面積がその住家の延べ面積の 20%以上 70%未満のもの。または、住家の主要構造物の被害額がその住家の時価の 50%以下のもの。

一部損壊：半壊に至らない程度の被害があったもの。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 林泰一, 田中正昭, 前田潤滋：台風 9119 号による中国地区及び九州地区の配電柱の被害について, 1999 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), 代表:光田寧), pp.299-305, 1992.8.
- 4) 林泰一, 光田寧：台風 9119 号の強風による被害について, 第 12 回風工学シンポジウム論文集, pp.91-94, 1992.12.
- 5) 高橋浩一郎：台風災害のオペレーションズリサーチ,

構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム論文集, pp.241-242, 1972.12.

- 6) 前田潤滋, 友清衣利子: 住家被害の拡大に及ぼす強風継続時間の影響, 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4号, pp.71-78, 2003.7.
- 7) 喜多村美保, 友清衣利子, 前田潤滋: 住家被害に及ぼす風速変動特性の影響, 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6号, pp.97-104, 2004.7.
- 8) 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, 熊本県総務部防災消防課, 長崎県総務部危機管理・消防防災課災害情報資料, 1999.
- 9) 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, 熊本県総務部防災消防課, 長崎県総務部危機管理・消防防災課災害情報資料, 2004.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 岡内功, 伊藤学, 宮田利雄: 耐風構造, 丸善株式会社, pp.43, 1977.
- 13) ボーンシュテット, ノーキ, 海野道郎, 中村隆: 社会統計学—社会調査のためのデータ分析入門—, ハーベスト社, 1990.
- 14) 前田久雄, 友清衣利子, 前田潤滋: 2004年に九州を襲った台風の突風特性, 日本風工学会誌 Vol.30 No.2, pp.99-100, 2005.5.

(受理:平成17年6月9日)