

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

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/10.15017/19106>

出版情報：都市・建築学研究. 13, pp.49-58, 2008-01-15. 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：

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 —

Identification of Affecters on Residential Damage Spreading due to Strong Winds — Affecter Analysis on Wind Damage using Indexing Structural Properties —

友清衣利子*, 前田潤滋*

Eriko TOMOKIYO and Junji MAEDA

It is known that the wind damage spreading to residential houses is more strongly affected by gust speeds rather than maximum wind speeds. Authors have examined the effects of wind properties on residential damage due to typhoons. However it was not easy to indicate a clear correlation between properties of wind and damage, because the structural damage associated with strong winds is strongly affected by the various characteristics of structures. In this paper, we tried the damage analyses by quantifying the characteristics of buildings based on the information associated with Typhoon Bart (1999) and Typhoon Songda (2004). It was found that a rate of wooden buildings in an area has correlation to the residential damage due to the typhoons. Naturally if there are many aged buildings in the area, the wind damage of residential houses is spread. It is suggested that the characteristics of buildings as well as the gust speeds is a significant factor of spreading of structural damage.

Keywords: Wind hazard, Structural damage rate, Building age, Construction indexes, NeWMeK

強風災害, 住家被害率, 築年数, 構造種別指標, NeWMeK

1. はじめに

近年, 地球温暖化の影響を受けた海表面温度の上昇による台風の大規模化が話題となっている。地球温暖化が台風やハリケーンの大規模化に強い影響を及ぼすと明言することはできないものの, 2004年に10個の台風が日本に上陸して日本全国各地に風水害をもたらした¹⁾²⁾ことや2005年にアメリカ南部に上陸したハリケーン・カトリーナ³⁾によって甚大な被害が起こったことは記憶に新しい。台風やハリケーンによる強風被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。

台風モデルなどの気象モデル^{例えば 4)}や最大風速の統計的予測手法^{例えば 5)}によって, 局所地形や周辺構造物の影響を受けにくい海面や平地での平均的な風速の見積もりが可能になりつつあるが, 台風時には平均風速の大きさのみならず最大瞬間風速や風の乱れの強さ, 強風の継続時間などの風特性に加え, 構造物の形状, 築年数, 材料などの構造物の特性が複雑に絡み合い, 構造物被害が発生すると考えられる。既往の研究によって⁶⁾⁸⁾, 最大瞬間風速が閾値を超えると住家被害が増大することは知られているが, 風と構造物に関わるその他の要因が構造物の強風被害にもたらす影響はほとんど論じられていないの

が現状である。

著者らは, 1999年台風18号の場合での九州地区での住家の被害状況を風速の継続時間や乱れの強さ, 強風の発生頻度に対して整理し, その影響を報告している⁹⁾¹⁰⁾。また, 2004年の台風18号による構造物被害についても同様に風特性を考慮して, 構造物の強風被害拡大への影響を検討した¹¹⁾¹²⁾。これらの報告によれば最大風速10m/s程度から構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を示唆した。しかしながら, 強風被害は構造物の特性に大きく影響を受けるため, 定量的に明確な関係性を見いだすに至っていない。

本論では1999年の台風18号(以降, 台風9918号)と2004年の台風18号(台風0418号)による九州地区での住家被害情報を再整理し, それらの台風による構造物被害率の増大に影響を与える要因としてこれまでと同様に風観測記録にまず着目し, その相関関係を検証する。さらに, 住宅・土地統計調査¹³⁾に基づく各自治体での建築物築年数および構造種別に着目してその相関関係を検討する。あわせてNeWMeK(九州電力(株)広域高密度風観測システム)¹⁴⁾, 気象官署¹⁵⁾, AMeDAS¹⁶⁾での観測システムの特性を整理し, その関係性を調べた。

* 都市・建築学部門

2. 台風 9918 と 0418 号による住家被害の概要

台風 9918 号は 1999 年 9 月 24 日に熊本県牛深市付近に上陸し、上陸時の勢力は中心気圧 940hPa、最大風速は 45m/s と推定されている。熊本県不知火町付近では高潮被害が発生したほか、熊本県、鹿児島県、大分県では数万戸もの住家が被害を受けた¹⁷⁾。一方、台風 0418 号は 2004 年 9 月 7 日に長崎県長崎市付近に上陸し、上陸時の勢力は中心気圧 945hPa、最大風速 40m/s と推定され、台風 9918 号よりも勢力はやや劣るものの、暴風域は広く、熊本県を中心に住家被害をもたらした^{11,12)}。各台風の上陸日時及び場所と上陸時の推定勢力を表 1 に示す。表 2 は各台風による九州各県での被害住家の戸数である。

図 1 と 2 に台風 9918 号及び 0418 号による九州内各市町村別の住家被害率分布^{18),19)}を台風経路と合わせて示す。図 2 において台風 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に大分県全体での被害率を示した。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が、住家の総戸数は入手が困難なため、ここでは総世帯数²⁰⁾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、台風経路を黒線で示す。

どちらの台風も台風経路の南東側を中心に住家被害率が高く、台風 9918 号では主に熊本県、鹿児島県、大分県の九州中部で、台風 0418 号では熊本県、福岡県を中心

とした九州北部で住家被害が発生した。台風 9918 号上陸時の九州全体の被害住家総数は、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。一方、台風 0418 号上陸時には住家被害数は台風 9918 号に比べて少なく、住家被害率が 50%を超えた市町村別自治体は一つだけであり、九州全体では約 25,000 戸の住家被害になった。

表 1 台風 9918 号と 0418 号の上陸時推定勢力

台風	上陸日時 上陸場所	中心気圧 (hPa)	最大風速 (m/s)	暴風 半径
T9918号	1999/9/24 04:00頃 熊本県牛深付近	940	45	190km
T0418号	2004/9/7 09:30頃 長崎県長崎付近	945	40	東側 310km 西側 190km

表 2 台風 9918 号と 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

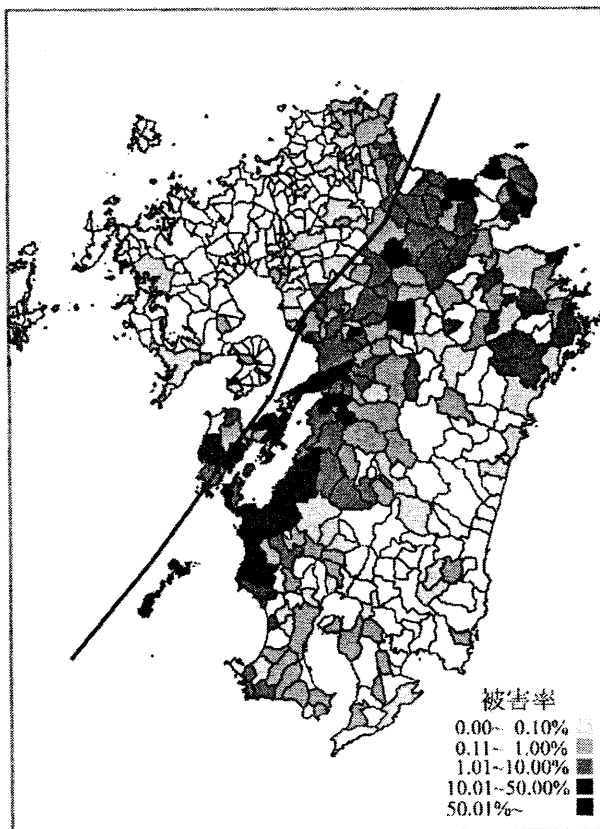


図 1 台風 9918 号による住家被害分布図

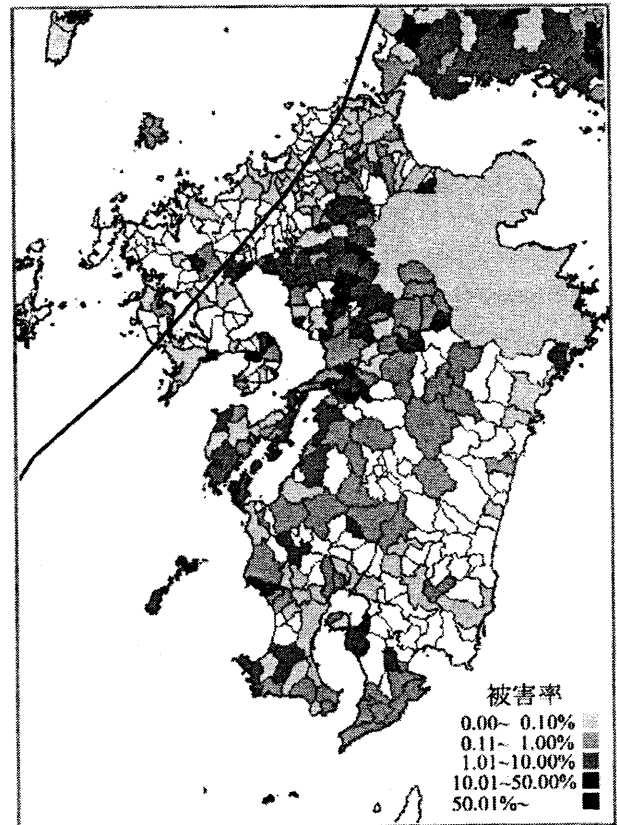


図 2 台風 0418 号による住家被害分布図

3. 住家被害に影響を与える因子

3.1 風観測記録

本論では構造物の強風被害に関わる風情報として、NeWMeK(九州電力(株)広域高密度風観測システム)¹⁴⁾、AMeDAS(地域気象観測システム)¹⁵⁾および気象官署¹⁶⁾の観測記録を用いた。各風観測装置の設置位置や記録の保存書式を表3に示す。図3は各観測システムの観測点位置である。NeWMeKは九州各地に122の観測点(2004年9月時点)を持ち、サンプリング周期0.25秒の最大瞬間風速値を記録するとともに1秒平均風速風向記録を保持している。本論では構造物被害に影響をもたらす風特性として台風接近時の最大風速、最大瞬間風速に加えて、突風率、風速の標準偏差、乱れの強さについても検討を行った。一方、AMeDASは九州内に110の風観測点を持つ観測網であるが、10分ごとに整数値での風速値を保管しているのみである。そのため、影響因子としては台風接近時の日最大風速のみを考慮した。また、九州内には26の気象官署があり一時間毎の観測記録を保管している。気象官署の観測記録からは台風接近時の最大瞬間風速と10分間平均の日最大風速を選定した。最大瞬間風速値は0.25秒を1秒値に換算した値である(2004年時点)。

図4(a)と(b)にNeWMeK、AMeDASおよび気象官署の風速計設置高度の頻度分布を示す。送電鉄塔頂部に風速計を設置したNeWMeKの最頻設置高度は30~50mで比較的上空の風を観測しているため、周辺構造物の影響は受けにくいと考えられるが、地上付近よりも高い風速値となる。一方、AMeDASや気象官署は地上高さ10mに風速計を設置することを原則として定めており、住家等に実際に作用する地上付近の風速値を観測していると考

えられるものの、周辺構造物の影響を強く受ける。どの観測システムともそれぞれに特徴を持つが、各観測装置の特性も影響因子としてあわせて検討するため、ここでは風速計の設置高度や周辺地形及び構造物の影響に対する補正は行わず、観測記録そのものの値を用いた。

また、九州内の各自治体に必ずしも観測点が存在するとは限らないため、本論では各自治体の市町村庁舎と最も近い観測点での風観測記録をその自治体の代表風観測記録とし、住家被害率との関係を求めた。

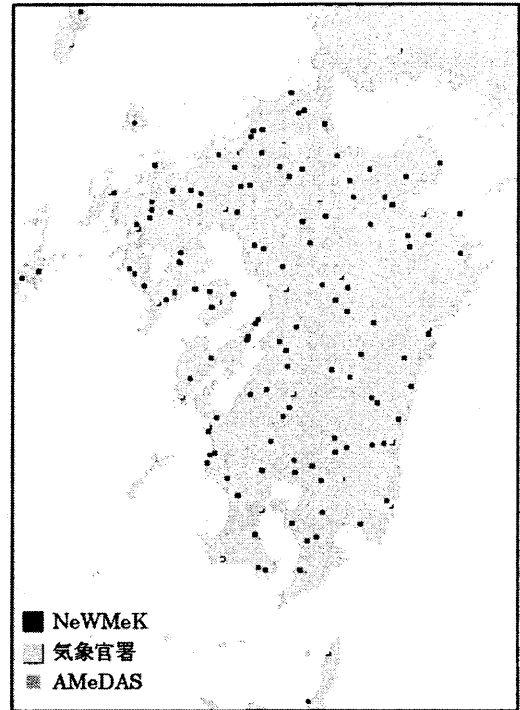
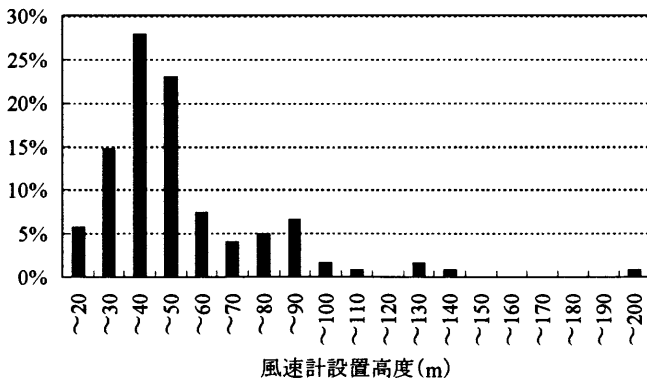


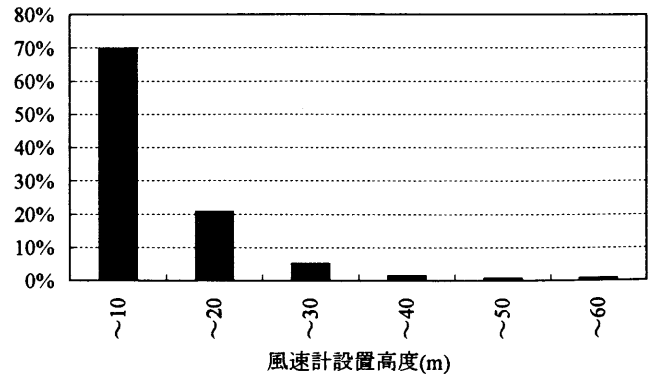
図3 NeWMeK, AMeDAS, 気象官署配置図

表3 NeWMeK, AMeDAS, 気象官署の観測システム概要

	観測点数	風速計設置位置	記録書式			考慮する因子
			最大風速 平均化時間	最大瞬間風速 サンプリング	単位	
NeWMeK	122	鉄塔頂部	10分	0.25秒	0.1m/s単位	最大風速 最大瞬間風速 突風率 風速の標準偏差 乱れの強さ
AMeDAS	100	原則地上高さ10m	10分	-	1m/s単位	最大風速
気象官署	26		10分	1秒	0.1m/s単位	最大風速 最大瞬間風速



(a) NeWMeK



(b) AMeDAS と気象官署

図4 風速計設置高さ頻度分布 (NeWMeK と AMeDAS および気象官署)

3.2 構造物特性

強風時の住家被害の拡大に影響を与えるものとして、構造物の老朽化や施工状態、構造種別、屋根形状などが考えられる²¹⁾。本論では平成10年度(1998年度)と平成15年(2003年度)度の住宅・土地統計調査¹³⁾をもとに、各市町村での構造物の築年数および構造種別をまとめて、以下のように強風被害への影響を検討するための指標とした。

住宅・土地統計調査は5年ごとに我が国の住宅等の建物および居住世帯に関する実態を調査するもので、調査区域の人口をもとに標本数が定められている。本論では台風9918号による構造物被害には平成10年度の調査結果を、台風0418号時の被害に対しては平成15年度の調査結果を用いた。九州内で調査が行われた自治体は平成10年度128市町村、平成15年度176市町村で、そのうち台風による強風被害調査の対象となる有効自治体数はそれぞれ57と91であった。

まず、住宅・土地統計調査の調査項目のうち、住宅の建築時期から台風の影響を受けた当時の築年数をもとめ、市町村別に各築年数での住家の割合を算出する。ただし、平成10年度の調査では1945年以前から1998年9月までを6区分に、平成15年度の調査では市区は1960年以前から2003年9月までを8区分に、町村は1970年以前から2003年9月までを6区分に分けているので、そのままでは比較することができない。そこで各築年数範囲に順位をつけ、その順位に対応する構造物の総数に対する割合をかけることで各市町村の築年数指標を求めた。住宅・土地統計調査の建築時期区分とその順位を表4に示す。築年数が3年以内の順位を1とし、築年数33年までは5年間隔、それ以上の築年数は10年間隔に順位を2から9位とした。1945年以前に建築されたものはまとめ

て10位とする。統計調査の区分が築年数順位の複数にわたる場合には、その平均値を順位とした。従って新しい建築物が多い市町村ほど建築年数指標が小さくなる。

図5(a)と(b)に平成10年度及び15年度の各自治体の築年数指標の分布を示す。築年数指標の最大値は両年とも大分県竹田市で6.28と6.68、平成10年度の最小値は熊本県西合志町の3.85で、平成15年度は福岡県粕屋町の4.05である。築年数指標は地方部で大きく、都心部の振興住宅街で小さくなる傾向が見られた。

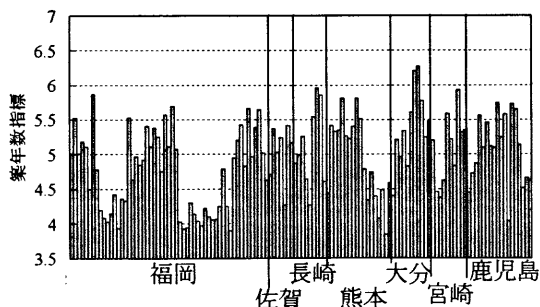
次に住宅・土地統計調査の結果より住宅等の構造種別指標を求めた。平成10年度の調査では木造、防火木造、非木造の3区分に、平成15年度の調査では非木造をさらに鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造と鉄骨造に分けた4区分に分類して公表している。築年数指標と同様に構造種別で順位をつけ、鉄骨造を1位、木造を4位とする。各順位に対応する構造物の割合をかけて、各市町村の構造種別指標を求めた。表5に構造種別区分とその順位を示す。平成10年度の非木造に分類された構造物は、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造または鉄骨造のいずれかであると仮定し、順位は1.5とした。一般に木造と比較して鉄骨または鉄筋コンクリート造構造物の方が耐風性により優れていると考え、一般に強風被害事例の多い木造住家の割合が高い市町村では構造種別指標が大きくなるように定めた。

図6(a)と(b)に各市町村の構造種別の分布を示す。構造種別指標の最大値は平成10年度には宮崎県小林市で3.81、平成15年度は福岡県志摩町の3.85である。最小値は両年ともに福岡市中央区で2.26と2.13であった。都市化の進んだ都心部では木造以外の構造物が多いため、構造種別指標は小さくなった。

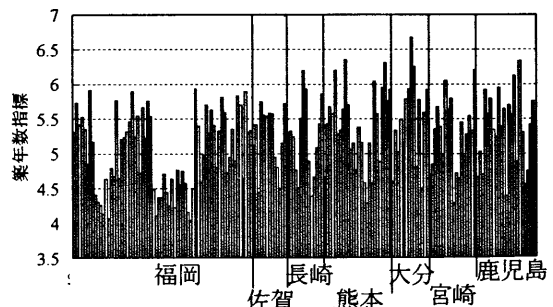
表4 建築物の建築時期および築年数区分と順位 (平成10年度及び15年度住宅・土地統計調査)

平成10(1998)年度			平成15(2003)年度					
			市区			町村		
建築時期	築年数	順位	建築時期	築年数	順位	建築時期	築年数	順位
~1945	54 ~	10	~1960	44 ~	9.5	~1970	34 ~	9
1946~1970	53 ~ 29	8	1961~1970	43 ~ 34	8	1971~1980	33 ~ 24	6.5
1971~1980	28 ~ 19	5.5	1971~1980	33 ~ 24	6.5	1981~1990	23 ~ 14	4.5
1981~1990	18 ~ 9	3.5	1981~1985	23 ~ 19	5	1991~1995	13 ~ 9	3
1991~1995	8 ~ 4	2	1986~1990	18 ~ 14	4	1996~2000	8 ~ 4	2
1996~	~ 3	1	1991~1995	13 ~ 9	3	2001~	~ 3	1
			1996~2000	8 ~ 4	2			
			2001~	~ 3	1			

築年数	順位
54~	10
53~44	9
43~34	8
33~29	7
28~24	6
23~19	5
18~14	4
13~9	3
8~4	2
~3	1



(a) 平成10年度

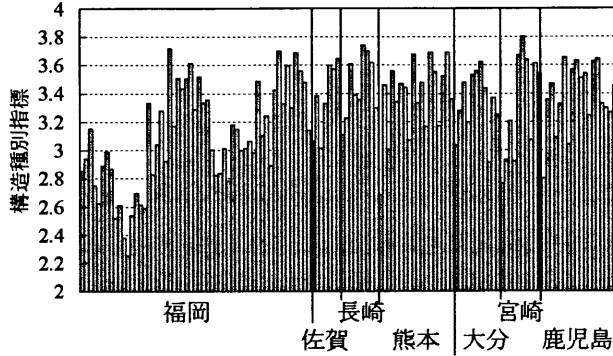


(b) 平成15年度

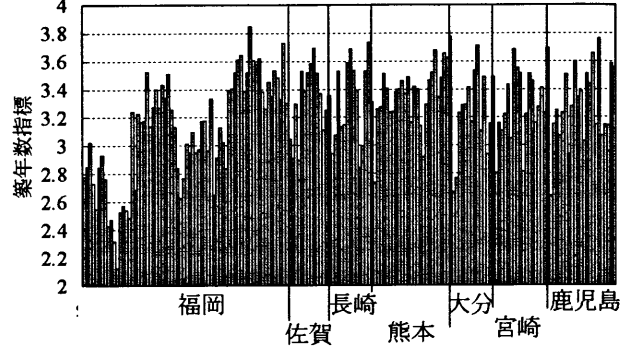
図5 自治体ごとの建築年数指標 (平成10年度及び15年度住宅・土地統計調査)

表5 建築物の構造種別と順位（平成10年度及び15年度住宅・土地統計調査）

平成10(1998)年度		平成15(2003)年度	
構造種別	順位	構造種別	順位
木造	4	木造	4
防火木造	3	防火木造	3
非木造	1.5	鉄筋コンクリート造	2
		鉄骨鉄筋コンクリート造	1



(a) 平成10年度



(b) 平成15年度

図6 自治体ごとの構造種別指標（平成10年度及び15年度 土地・住宅統計調査）

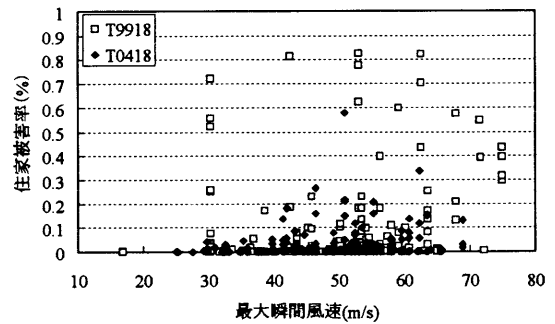
4. 各影響因子と住家被害率の関係

4.1 風況特性

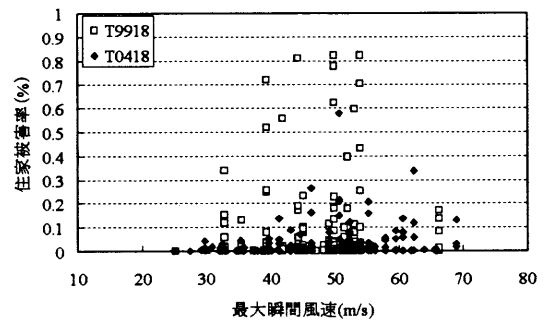
既往の研究で示されているように最大瞬間風速の増大とともに住家被害率が増加することを確認するため、図7(a)と(b)に NeWMeK および気象官署での最大瞬間風速値と住家被害率の関係を示す。ばらつきはかなり大きいものの最大瞬間風速が20~30m/s付近で住家被害が生じ始め、風速値の増大とともに被害は指数関数的に増加する傾向が見られる。表6に住家被害率と NeWMeK, AMeDAS, 気象官署での風速記録との相関係数とその有意確率、有効データ数をあわせて示す。有意確率が0.05以下であれば2つの因子は線形関係を持ち、その相関係数は有意であると考えられるため、有意な相関係数を網掛けで示した。

表6によれば住家被害率と NeWMeK における最大瞬間風速値および気象官署での最大瞬間風速値の相関は有意であるが、その相関係数は0.18と0.17で数値上は相関があるとは言いがたい。しかしながら、相関係数は2変数間の線形関係を表す指標であるため、図7に示すように風速値に対して指数関数的に増大する被害率との関係を相関係数で表すことには無理がある。そこで、住家被害率の対数を取り「住家被害率(対数)」として、被害率の対数値とそれぞれの風速記録との相関係数をもとめて表6に点線で囲んで示した。住家被害率とその対数値の関係は図8に示すとおりである。

表6の被害率の対数値と各風速記録の関係に着目すると、NeWMeK および気象官署の最大風速と最大瞬間風速との関係は有意となった。最大風速と被害率との相関係数は NeWMeK, 気象官署ともに0.13でほとんど相関は



(a) NeWMeK



(b) 気象官署

図7 最大瞬間風速と住家被害率の関係 (NeWMeK と気象官署)

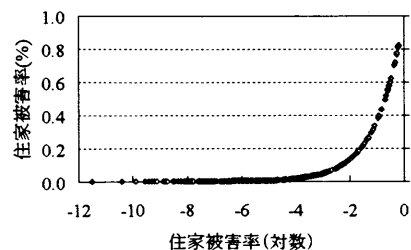


図8 住家被害率とその対数値の関係

ないものの、NeWMeKでの最大瞬間風速と被害率の相関係数は0.24、気象官署での最大瞬間風速値との相関係数は0.31となり、弱いながらも正の相関があることが分かる。

また、3つの観測システムでの風速記録の関係に着目したところ、各観測システムでの最大風速値と最大瞬間風速値との相関係数はNeWMeKの場合0.86、気象官署の場合0.68で、当然のことながら強い正の相関が見られるが、NeWMeKと気象官署の観測風速の間では、最大風速で相関係数-0.13、最大瞬間風速で0.20と相関が弱かった。それぞれの観測点の風速計設置高度の違いや観測点周辺地物が観測値に影響を与えている可能性がある。さらにAMeDASの最大風速とNeWMeKの風速記録との関係は有意とは考えられない。気象官署での観測記録との関係は有意ではあるものの相関係数は約0.2で小さく、弱い相関が見られる程度であった。これはAMeDASの風速計設置高度が10m以下と低いものが多く周辺建築物の影響を強く受けることと、風速が整数値で記録されることで風速の詳細な変化が捉えられないためと考えられる。つまり、それぞれの風観測システムでの観測記録を単純に比較することは難しいといえる。また、AMeDASの最大風速値と住家被害率および住家被害率の対数値とはほとんど相関がなかった。つまり、AMeDAS以外に詳細かつ高密度な風観測システムのない地域において、風速と被害の関係性を論じる場合には注意が必要である。

さらに風速値以外の風況特性と住家被害の関係性を調べるためにNeWMeK観測点での観測記録から最大瞬間風速および最大風速が出現した10分間の突風率、風速の標準偏差、乱れの強さをもとめ、それらの変数と住家被害率の関係を表7に示す。有意確率が0.05以下となる相関係数は網

掛けで示した。住家被害率の対数との相関が有意であると考えられる風特性は最大瞬間風速値、最大風速値、最大風速発生時の風速の標準偏差である。しかし、ここで示した最大瞬間風速値と最大風速値および最大風速発生時の標準偏差との関係に着目すると、太字で示すとおりその相関係数はそれぞれ0.86と0.51で強い正の相関を示しており、最大瞬間風速が大きいと最大風速およびそのときの風速の標準偏差が大きくなることが分かる。つまり、最大風速および風速の標準偏差と住家被害率の正の相関関係は、最大瞬間風速の影響を強く受けている可能性が高い。

そこで、最大瞬間風速値を制御変数とし、住家被害率およびその対数と各風況特性との最大瞬間風速との相関関係を除いた偏相関係数をもとめた²²⁾。制御変数を*k*とした時の*i*と*j*の偏相関係数は以下の式で表される。

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

ここに、*r(i, j)*は変数*i*と*j*の相関係数である。

表8に最大瞬間風速値を制御変数としてその影響を排除した場合の各風況特性と被害の関係を示す。住家被害率の対数と各風況特性との関係に着目すると、最大風速発生時の突風率と標準偏差、乱れの強さの有意確率が0.05以下となった。その相関係数はそれぞれ0.15、0.09、0.12でその関係性は非常に弱い。最大風速が発生したときの風の乱れの特性を表すこれらの指標との関係が有意であるということは、最大瞬間風速値以外の瞬間的に強い風が住家被害率の増大に関係がある可能性を示すもので、強風の発生頻度と住家被害率との関係を示した既報⁹⁾¹²⁾の結果を裏付けると考えられる。

表6 各観測点での風速値と住家被害率の相関係数

		住家被害率	住家被害率 (対数)	NeWMeK		AMeDAS	気象官署		
				最大風速	最大瞬間風速	最大風速	最大風速	最大瞬間風速	
住家被害率	相関係数	1.00							
	有意確率(両側)								
	有効データ数	500							
住家被害率 (対数)	相関係数	0.54	1.00						
	有意確率(両側)	0.00							
	有効データ数	495	495						
NeWMeK	最大風速	相関係数	0.08	0.13	1.00				
		有意確率(両側)	0.09	0.01					
		有効データ数	474	469	474				
	最大瞬間風速	相関係数	0.18	0.24	0.86	1.00			
		有意確率(両側)	0.00	0.00	0.00				
		有効データ数	474	469	474	474			
AMeDAS	最大風速	相関係数	0.04	0.08	-0.01	-0.04	1.00		
		有意確率(両側)	0.41	0.07	0.80	0.43			
		有効データ数	495	490	469	469	495		
気象官署	最大風速	相関係数	0.06	0.13	-0.13	-0.04	0.21	1.00	
		有意確率(両側)	0.23	0.00	0.01	0.43	0.00		
		有効データ数	461	456	443	443	460	461	
	最大瞬間風速	相関係数	0.17	0.31	-0.01	0.20	0.19	0.68	1.00
		有意確率(両側)	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	
		有効データ数	461	456	443	443	460	461	461

表7 NeWMeK 観測点での風特性と住家被害率の相関係数

	住家被害率	住家被害率 (対数)	最大瞬間風速発生時				最大風速発生時			
			最大瞬間風速	突風率	標準偏差	乱れの強さ	最大風速	突風率	標準偏差	乱れの強さ
住家被害率	相関係数	1.00								
	有意確率(両側)									
	有効データ数	500								
住家被害率 (対数)	相関係数	0.64	1.00							
	有意確率(両側)	0.00								
	有効データ数	495	495							
最大瞬間風速	相関係数	0.18	0.24	1.00						
	有意確率(両側)	0.00	0.00							
	有効データ数	474	469	474						
突風率	相関係数	-0.04	-0.01	-0.44	1.00					
	有意確率(両側)	0.44	0.80	0.00						
	有効データ数	394	391	383	394					
標準偏差	相関係数	0.14	0.09	0.54	0.09	1.00				
	有意確率(両側)	0.01	0.08	0.00	0.08					
	有効データ数	394	391	383	394	394				
乱れの強さ	相関係数	-0.05	-0.05	-0.37	0.83	0.32	1.00			
	有意確率(両側)	0.34	0.33	0.00	0.00	0.00				
	有効データ数	394	391	383	394	394	394			
最大風速	相関係数	0.08	0.13	0.26	-0.67	0.21	-0.65	1.00		
	有意確率(両側)	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			
	有効データ数	474	469	474	383	383	474	383		
突風率	相関係数	-0.02	0.05	-0.43	0.82	0.10	0.60	-0.73	1.00	
	有意確率(両側)	0.88	0.36	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00		
	有効データ数	394	391	383	394	394	383	394	383	
標準偏差	相関係数	0.18	0.19	0.51	-0.11	0.81	0.05	0.24	0.22	1.00
	有意確率(両側)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.34	0.00	0.00	
	有効データ数	394	391	383	394	394	383	394	394	
乱れの強さ	相関係数	0.01	0.06	-0.31	0.83	0.25	0.70	-0.66	0.89	0.45
	有意確率(両側)	0.87	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	有効データ数	394	391	383	394	394	383	394	394	394

表8 住家被害率と最大風速および標準偏差の偏相関(最大瞬間風速値を制御変数とした場合)

	住家被害率	住家被害率 (対数)	最大瞬間風速発生時			最大風速発生時		
			突風率	標準偏差	乱れの強さ	最大風速	突風率	標準偏差
住家被害率	相関係数	1.00						
	有意確率(両側)							
	有効データ数							
住家被害率 (対数)	相関係数	0.56	1.00					
	有意確率(両側)	0.00						
	有効データ数							
最大瞬間風速	相関係数	0.08	0.07	1.00				
	有意確率(両側)	0.06	0.08					
	有効データ数							
標準偏差	相関係数	0.01	-0.04	0.47	1.00			
	有意確率(両側)	0.42	0.24	0.00				
	有効データ数							
乱れの強さ	相関係数	0.04	0.01	0.91	0.72	1.00		
	有意確率(両側)	0.20	0.43	0.00	0.00			
	有効データ数							
最大風速	相関係数	-0.11	-0.08	-0.63	-0.55	-0.69	1.00	
	有意確率(両側)	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00		
	有効データ数							
突風率	相関係数	0.09	0.15	0.51	0.46	0.49	-0.75	
	有意確率(両側)	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	有効データ数							
標準偏差	相関係数	0.06	0.08	0.17	0.74	0.33	-0.42	
	有意確率(両側)	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
	有効データ数							
乱れの強さ	相関係数	0.09	0.12	0.54	0.68	0.63	-0.77	
	有意確率(両側)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
	有効データ数							

4.2 構造物特性

以下では強風時の構造物被害に影響を及ぼす構造物の特性として定めた築年数指標と構造種別指標に対し、住家被害率との関係に着目する。表9に住家被害率およびその対数と築年数指標、構造種別指標との相関係数を示す。同表によれば、築年数指標と住家被害率の関係は有意とはならず関係性を論ずることは難しい。一方、構造種別指標と住家被害率または被害率の対数との相関は有意で、その係数は0.34とやや正の相関が見られた。つまり、築年数の長短は強風被害の発生にほとんど影響を及ぼさないが、木造構造物の割合が多い自治体ほどその被害率が增大すると考えられる。ただし、築年数指標と構造種別指標の間には0.52の正の相関があることから、木造構造物が多い自治体ほど築年数の長い構造物が多いと

考えられ、住家被害率の増大に構造物の築年数が関連している可能性は否定できない。また、強風時の住家被害は外装材の被害が主となる場合が多いため、統計調査の建築時期から求めた建築物の主構造部材の築年数指標では建築物の耐風性を適切に評価していない可能性があり、構造物特性を示す指標はさらに検討する必要がある。

ここまでは台風9918号と台風0418号時の被害をあわせて統計的な処理を行ってきたが、表4と5に示す平成10年度と平成15年度の住宅・土地統計調査の調査区分は大きく異なるため、各台風によって構造物特性を示す指標が一致していない可能性が考えられる。そこで、台風ごとに構造物特性と住家被害率の関係を検討した。

図9と10に台風9918および0418号時での住家被害率と築年数指標および構造種別指標の散布図を示す。図

9より築年数指標と住家被害率の関係に着目したところ、その関係にはばらつきがあるものの台風0418号時の築年数指標は台風9918号時の指標に対してやや大きくなっており、台風によって構造物特性と強風被害の相関関係に差があると言える。図10より構造種別指標と住家被害率の関係では台風による違いは見られなかった。

表10と表11にそれぞれ台風9918号と台風0418号時の住家被害率と築年数指標および構造種別指標の相関係数を示す。表10より台風9918号時には相関係数が有意とならない場合が多い。これは平成10年度の住宅・土地統計調査の対象市町村数が少なく、有効となるデータ数が少なかったためと考えられる。表11より台風0418号のみに着目した場合には、住家被害率の対数値と築年数指標および構造種別の相関関係はともに有意となった。築年数指標と被害率の相関係数は0.27でやや弱い正の相関となる。一方、構造種別指標との相関係数は0.43で木

造建物が多いほど住家被害率が増加するという正の相関があると考えられる。以上のように2つの台風による被害をまとめて検討した場合に比べると、その相関はより明瞭になった。

前節の表4と図5に示すように、平成10年度の築年数指標に比べて平成15年度の指標はすべての自治体でやや大きくなる傾向が見られることから、年代の異なる調査資料を基に統計処理を行う場合には、築年数指標の定義を再検討する必要がある。また、平成10年度の住宅・土地統計調査に比べ平成15年度の調査区分はより詳細で対象となる自治体も増えており、より正確な構造物特性指標を求めることができたとも考えられる。つまり、各自治体でのより詳細な構造物の築年数分布割合及び構造種別分布の割合が分かれば、構造物特性が強風時の住家被害率の増大に及ぼす影響をより正確に見積もることができると言える。

表9 住家被害率と築年数および構造種別指標の相関

		住家被害率	住家被害率 (対数)	築年数指標	構造種別指標
住家被害率	相関係数	1.00			
	有意確率(両側)				
	有効データ数	500			
住家被害率 (対数)	相関係数	0.64	1.00		
	有意確率(両側)	0.00			
	有効データ数	495	495		
築年数指標	相関係数	-0.02	0.13	1.00	
	有意確率(両側)	0.85	0.13		
	有効データ数	148	144	148	
構造種別指標	相関係数	0.20	0.34	0.52	1.00
	有意確率(両側)	0.02	0.00	0.00	
	有効データ数	150	145	147	150

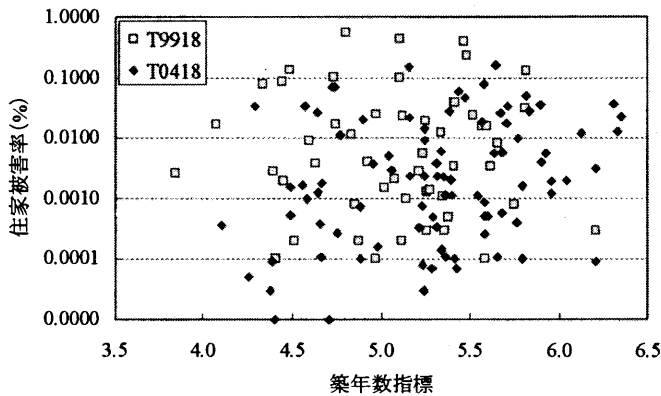


図9 住家被害率と築年数指標の関係

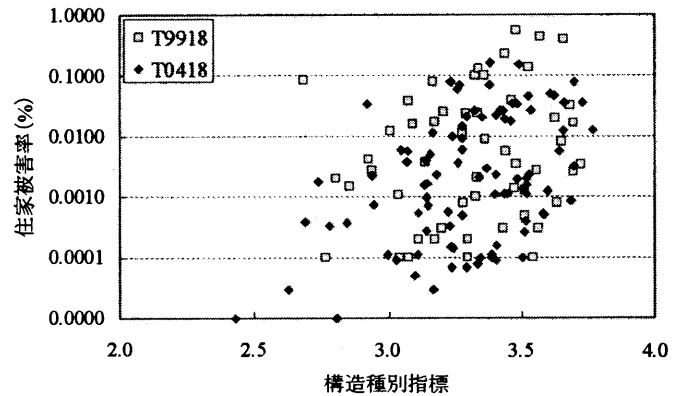


図10 住家被害率と構造種別指標の関係

表10 住家被害率と築年数及び構造種別指標の相関(台風9918号時)

		住家被害率	住家被害率 (対数)	築年数指標	構造種別指標
住家被害率	相関係数	1.00			
	有意確率(両側)				
	有効データ数	247			
住家被害率 (対数)	相関係数	0.72	1.00		
	有意確率(両側)	0.00			
	有効データ数	242	242		
築年数指標	相関係数	0.02	-0.01	1.00	
	有意確率(両側)	0.90	0.93		
	有効データ数	57	53	57	
構造種別指標	相関係数	0.24	0.20	0.34	1.00
	有意確率(両側)	0.06	0.14	0.01	
	有効データ数	58	53	56	58

表 11 住家被害率と築年数及び構造種別指標の相関（台風 0418 号時）

		住家被害率	住家被害率 (対数)	築年数指標	構造種別指標
住家被害率	相関係数	1.00			
	有意確率(両側)				
	有効データ数	253			
住家被害率 (対数)	相関係数	0.61	1.00		
	有意確率(両側)	0.00			
	有効データ数	253	253		
築年数指標	相関係数	0.08	0.27	1.00	
	有意確率(両側)	0.43	0.01		
	有効データ数	91	91	91	
構造種別指標	相関係数	0.24	0.43	0.65	1.00
	有意確率(両側)	0.02	0.00	0.00	
	有効データ数	92	92	91	92

5. まとめ

台風 9918 号および台風 0418 号時の市町村別の住家被害情報を整理し、住家被害率の増大に及ぼす風況特性と構造物特性の影響を検討した。風況特性には NeWMeK, AMeDAS 及び気象官署での風速記録を用いてその影響度を検討し、構造物の特性は築年数と構造種別に着目して指標化して検証した。台風による住家被害の標本数が不足していることと構造特性を示す統計調査資料が必ずしも十分ではないことから、本論では強風による構造物被害の増大に及ぼす影響因子とその影響係数の特定には至っていないが、以下のように所見をまとめることができる。

- (1) NeWMeK と気象官署での最大瞬間風速値の増大とともに住家被害率は指数近似的に増加した。
- (2) 最大瞬間風速値と住家被害率は線形の相関ではないため、住家被害率の対数値と最大瞬間風速値との相関係数をもとめたところ、0.2 から 0.3 程度の正の相関となった。
- (3) NeWMeK での観測記録をもとに住家被害率と最大風速、最大瞬間風速、突風率、風速の標準偏差および乱れの強さの関係を調べたところ、これらの風特性は最大瞬間風速値と強い相関を持つ。
- (4) 最大瞬間風速値を制御変数として風特性と住家被害率との偏相関係数を求めたところ、最大風速発生時の突風率や標準偏差、乱れの強さと住家被害率との関係性は有意であり、最大瞬間風速値以外の瞬間的な強風が住家被害に影響を与える可能性がある。
- (5) NeWMeK, AMeDAS および気象官署での風速値にはほとんど相関はみられず、各観測点での風速計の設置高度や標高、周辺構造物の影響が大きく、風速記録を単純に比較することができない。
- (6) 台風 9918 号と台風 0418 号による住家被害率と各自治体での建築物の築年数分布との関係を求めたところほとんど相関はみられなかった。
- (7) 両台風時の住家被害率の増大に対する構造種別の影響を調べたところ、木造住家が多い自治体ほど被害率が大きくなる傾向が見られた。

- (8) それぞれの台風に対して構造物特性と住家被害率の関係を求めたところ、台風 9918 号時には住家被害の増大に対して、平成 10 年度の統計調査に基づく構造物特性指標はほとんど影響を及ぼさない。
- (9) 一方、台風 0418 号時の住家被害と平成 15 年度の統計調査に基づく建築物の築年数及び構造種別との関係を調べたところ、古い建築物の多い自治体ほど被害が増加し、また、木造住家の割合が増加するほど被害率が増大する傾向が見られた。

謝辞 NeWMeK の維持管理・記録収集に関し、九州電力(株)工務部の皆様にご多大なるご援助・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「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。

参考文献

- 1) 風災害研究会:2004年の強風災害に関する調査報告, 日本風工学会, 2005.5.
- 2) 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.
- 3) 西村宏昭, 長尾文明:ハリケーン・カトリーナの強風による建築物の被害, 第 19 回風工学シンポジウム論文集, pp.211-216, 2006.11.
- 4) 岡崎豪, 石原孟, 矢代晴実, 渡部弘之:地表面粗度と地形効果を反映した台風シミュレーションモデルの開発, 第 19 回風工学シンポジウム論文集, pp.217-222, 2006.11.
- 5) 西嶋一欽, 神田順:Max-stable Process を用いた多地点年最大風速モデル, 日本風工学会論文集第 99 号, pp.215-226, 2004.4.
- 6) 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.
- 7) 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.
 - 8) 代表：光田寧：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.
 - 9) 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.
 - 10) 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.
 - 11) 友清衣利子，前田潤滋：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，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 8 号，pp.61-68，2005.7.
 - 12) 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.
 - 13) 平成 10 年および 15 年土地・住宅統計調査，総務省統計局ホームページ，<http://www.stat.go.jp/>, 2003.
 - 14) 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.
 - 15) 気象庁：地上気象観測指針，（財）気象業務支援センター，2003.
 - 16) 気象庁：気象観測の手引き，（財）気象業務支援センター，1998.
 - 17) 研究代表者 桂順治：平成 11 年度科学研究費補助金（特別研究促進費）研究成果報告書 台風 9918 号に伴う高潮と竜巻の発生・発達と被害発生メカニズムに関する調査研究，2000.6.
 - 18) 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，熊本県総務部消防防災課，長崎県総務部危機管理・消防防災課災害情報資料，1999.
 - 19) 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，熊本県総務部消防防災課，長崎県総務部危機管理・消防防災課災害情報資料，2004.
 - 20) 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.
 - 21) （財）日本建築センター：住宅の耐風設計施工点検指針，福岡県，1993.3.
 - 22) 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.

（受理：平成 19 年 12 月 6 日）