

強風による住家被害率推定のばらつきに及ぼす影響 因子の分析

友清, 衣利子
九州大学大学院人間環境学府都市・建築部門

前田, 潤滋
九州大学大学院人間環境学府都市・建築部門

<https://doi.org/10.15017/1456083>

出版情報：都市・建築学研究. 24, pp.49-55, 2013-07-15. 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：



強風による住家被害率推定のばらつきに及ぼす影響因子の分析

Analysis of Influencing Factors on Variation of Estimated Residential Damage Rate due to Strong Winds

友清衣利子*, 前田潤滋*

Eriko TOMOKIYO and Junji MAEDA

It is known that wind damage to houses is affected by peak gust speeds. However, residential damage rate can't be estimated accurately only from peak gust speeds. The numerous conditions of constructions such as roof forms and materials influence increases in wind damage. Furthermore, the extension of residential damage also seems to associate with climatic conditions like annual mean wind speed and snow accumulation. The authors showed mean wind speed in the past 30 years and rate of the number of new house to all house affect on variation of estimated residential damage rate due to peak gust speeds. Actual residential damage rate seemed to correspond to the estimated residential damage rate using influencing factors which vary across ages by multiple regression analysis.

Keywords: Typhoon disaster, Residential damage rate, Peak gust speed, Factor analysis

台風災害, 住家被害率, 最大瞬間風速, 因子分析

1. はじめに

台風などの強風下では、風速の増大とともに構造物の被害件数が指数関数的に増加することが知られており、特に最大瞬間風速値と被害の拡大との間に強い関連があることが指摘されている。風速値をもとに住家等の強風被害状況を予測する研究¹⁻³⁾はこれまでも数多く行われてきたが、観測風速と住家被害率との関係には大きなばらつきが見られ、両者の相関係数は数値的にはそれほど高くない場合が多い。その要因として、強風被害拡大には風速値のみでなく、風速の変動や強風の発生頻度などの風況特性、建築構法や屋根形状、屋根葺材などの構造物特性、建物の被災経験や保守管理状況、被災地域の気候特性や周辺地物の立地状態などのさまざまな因子が複雑に関連して影響を及ぼしていると考えられる。著者らは、風速の変動特性や建物の築年数や構造、屋根形状や屋根葺材などのさまざまな強風被害拡大影響因子と住家被害率との関係を検討してきた³⁻⁵⁾が、それらの影響因子間にも相関関係が生じることから、影響因子の寄与率を定量的に把握することは困難である。本論では、複数の強風被害拡大影響因子間の相関関係を整理し、影響因子の分類を試みる。また、個々の影響因子および分類された影響因子群が観測風速に対する住家被害率のば

らつきに及ぼす影響を定量的に把握し、最大瞬間風速のみを用いて推定される住家被害率のばらつきの要因を検証するとともに、より実情に対応したばらつきの小さい被害率推定を試みる。

2. 風速値による住家被害率の推定

2.1 観測風速と住家被害率の概要

本論では、ほぼ同じ経路を通過して日本全域に被害をもたらした1991年台風19号(以下、台風9119号)、1999年台風18号(台風9918号)及び2004年台風18号(台風0418号)による都道府県別の住家被害率に着目する。なお、各都道府県での住家被害件数は総務省消防庁の防災情報⁶⁾に基づき、一部損壊住家を含む何らかの被害が生じた件数を対象とした。強風の増大とともに個々の住家の被害程度が拡大することは報告されている³⁾が、本論では都道府県単位での住家被害率推定に主眼を置いたため、被害程度の分類は行わない。一般に被害率はある地域での住家の総数に対する被害住家数であるが、総住戸数の入手は困難であるため、国勢調査⁷⁾をもとに被災年の各都道府県での総世帯数で除したものを住家被害率とした。それぞれの台風の経路と都道府県別の住家被害率分布を図1(a)~(c)に、各都道府県庁所在地に位置する気象台で記録された最大風速及び最大瞬間風速を図2(a)~(c)に示す。なお観測風速の高度補正は行っていない。台

* 都市・建築学部

風 9119 号は、図 1(a)に示すように西日本及び東北地方を中心に被害をもたらし、被害住家戸数は全国で約 68 万戸であった。図 2(a)より、特に日本海側の地域で高風速となった。台風 9918 号は、図 1(b)と図 2(b)より九州及び中国地方で強風が記録されて住家被害が拡大したが、北陸や東北地方での被害率は小さかった。全被害住戸数は約 11 万戸である。台風 0418 号は、図 1(c)と図 2(c)に示すとおり、広島県や北海道で最大瞬間風速 50m/s を超える猛烈な風を記録した。その被害住家戸数は約 6 万 6 千戸で、台風 9119 号の 10 分の 1 程度であるが、台風 9119 号と同様に日本全国に被害が広がった。

2.2 観測風速による推定住家被害率のばらつき

図 3(a)と(b)に都道府県別の住家被害率と最大風速あるいは被害率と最大瞬間風速との関係を示す。図 3 より最

大風速及び最大瞬間風速の増加に伴って住家被害率は指数関数的に増大しており、既往の研究結果を裏付ける結果となった。図 3(b)中に最大瞬間風速の対数値に対する住家被害率の対数値の線形回帰式(1a), (1b), (1c), (1d)を示す。それぞれ台風 9119 号, 台風 9918 号, 台風 0418 号とそれらすべての台風による最大瞬間風速と住家被害率との関係式である⁹⁾。

$$\text{台風 9119 号の場合: } \log_{10} R = 8.0 \log_{10} U_G - 15.5 \quad (1a)$$

$$\text{台風 9918 号の場合: } \log_{10} R = 6.9 \log_{10} U_G - 14.5 \quad (1b)$$

$$\text{台風 0418 号の場合: } \log_{10} R = 7.1 \log_{10} U_G - 14.7 \quad (1c)$$

$$\text{台風すべての場合: } \log_{10} R = 7.6 \log_{10} U_G - 15.2 \quad (1d)$$

ここで、 R は住家被害率、 U_G は最大瞬間風速値である。ただし、地域内の住家被害数が非常に少ない場合には、被害住家が特に老朽化していたなどの理由でサンプルと

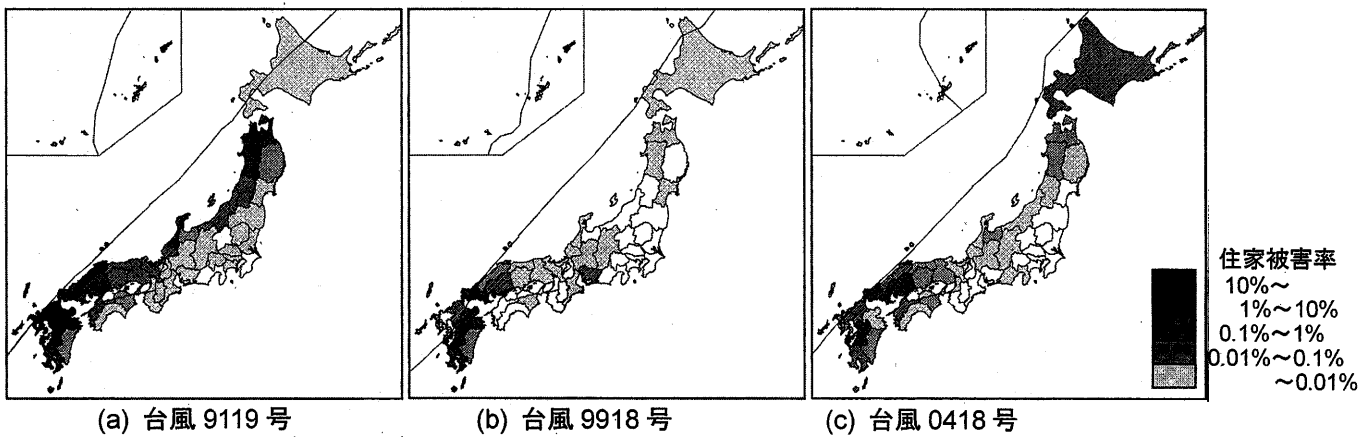


図 1 各台風による都道府県別住家被害率分布

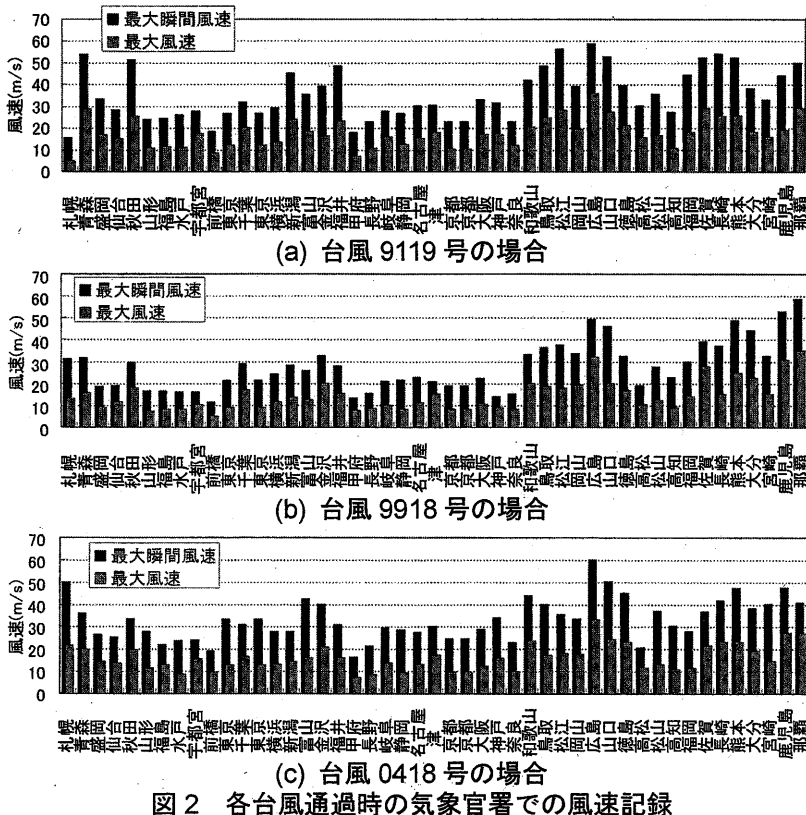


図 2 各台風通過時の気象官署での風速記録

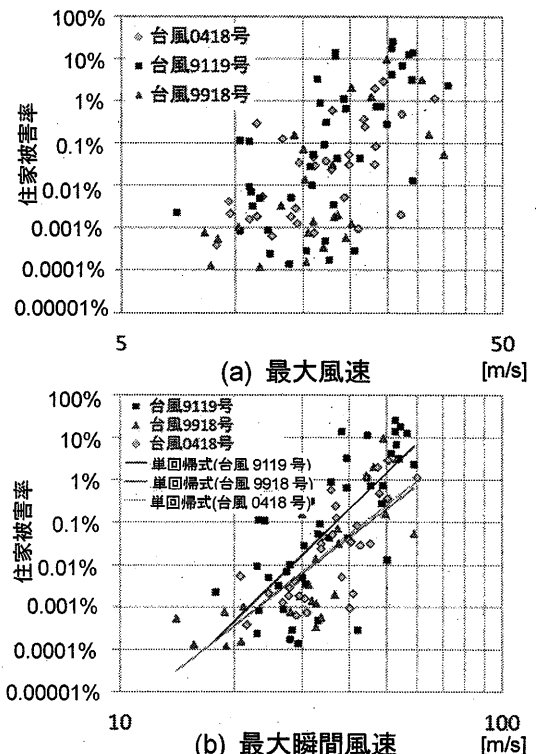


図 3 風速と都道府県別住家被害率の関係

して不適格である可能性があるため、住家被害率が0.0001%未満の標本は除いて分析を行った。また、竜巻による被害が含まれる台風9918号による愛知県の住家被害も除いた。最大瞬間風速の対数値による住家被害率の対数値の回帰式の決定係数を表1に示す。決定係数は、回帰式の当てはまりの良さを示す指標である。台風によって値は多少異なるが、決定係数は約0.5で、住家被害率の推定に及ぼす最大瞬間風速値の影響度は約50%であると解釈できる。しかし、図3(b)に示すように標本は回帰式の上下にばらついている。図4に回帰式(1a)~(1c)に対するばらつき、つまり残差をまとめるが、これらの残差が生じる要因は最大瞬間風速値以外の影響因子であると考えられる。

表1 各台風の最大瞬間風速による住家被害率回帰式の決定係数

	決定係数
台風9119号の場合	0.50
台風9918号の場合	0.59
台風0418号の場合	0.47
台風すべての場合	0.52

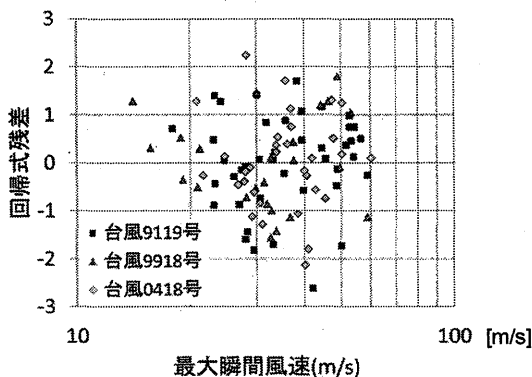


図4 最大瞬間風速と回帰式残差との関係

3. 実際の住家被害率と推定値の残差と被害拡大影響因子との関係

3.1 検討する影響因子

最大瞬間風速値以外に強風被害を拡大させる要因として、気象や構造物に関する27の影響因子を検討したが、相関分析を行って相関が特に大きな因子を除き、表2に示す18種類の影響因子を選択した。影響因子を大まかに分類すると台風の被災経験、日常的な強風、積雪、建物の構造、屋根形状、都市化の6種類の因子に分類される。影響因子No.1~10は気象庁の統計記録⁶⁾をもとにまとめた。No.11およびNo.12は総務省統計局による住宅・土地統計調査資料⁷⁾を、No.13~16は住宅金融支援機構が平成11年度にマイホーム新築融資申込物件13,881件を対象に行った調査資料⁸⁾の情報を整理した。No.17は国勢調査資料⁹⁾、No.18は国土交通省による建築動態統計調査の住宅着工統計資料¹⁰⁾をもとにまとめたものである。

3.2 影響因子同士の関連性

表2に示す18種類の影響因子はお互いに関連を持つと考えられるので、影響因子を分類するために因子分析を行った。因子分析とは、多数の観測変量の相関係数から相関が高い観測変数の共通因子を求めて、変数を分類する手法¹¹⁾である。ここでは用語の混乱を避けるため、表2に示す18の影響因子を観測変数と呼ぶ。観測変数間の相関行列に主因子法を適用し、固有値を求めた¹²⁾ところ

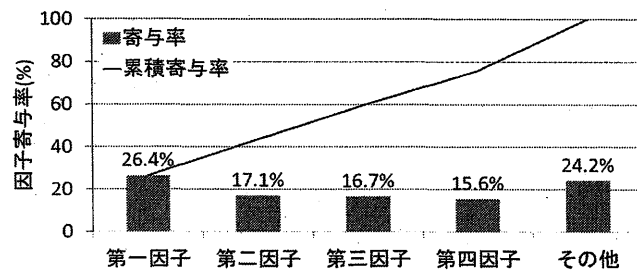


図5 共通因子の寄与率

表2 強風被害拡大に影響を及ぼす因子の一覧

No.	影響因子	因子の説明	分類
1	接近台風数	都道府県庁舎から150km圏内を通過し、その時の中心気圧が970hPa以下であった台風の数	台風の被災経験
2	危険半円台風数	台風の危険半円内(右側)に都道府県庁舎が入った台風の数	
3	50km近接台風数	台風の中心から50km以内に都道府県庁舎が入った台風の数	
4	1999年以前台風数	1999年以前に接近した台風の数	日常的な強風
5	30年間の平均風速	台風被災前30年間の気象台での平均風速	
6	30年間の最大風速	台風被災前30年間の気象台での最大風速	
7	最大風速10m/s以上	日最大風速10m/s以上を記録した日数	積雪
8	最大風速15m/s以上	日最大風速15m/s以上を記録した日数	
9	最大積雪量	1961年から2010年までの50年間の気象台での最大積雪量	
10	一月の平均気温	1961年から2010年までの50年間の気象台での1月の平均気温	建物の構造
11	木造系住家割合	木造および防火木造住家が全住家数に占める割合	
12	非木造系住家割合	RC造、SRC造およびS造住家が全住家数に占める割合	
13	切妻屋根住家割合	切妻屋根住家が全住家数に占める割合	屋根形状
14	寄棟屋根住家割合	寄棟屋根住家が全住家数に占める割合	
15	陸屋根住家割合	陸屋根住家が全住家数に占める割合	
16	積雪対策屋根住家割合	片流れ屋根および無落雪屋根住家が全住家数に占める割合	
17	人口密度	台風被災年の都道府県の人口密度	都市化
18	新築住家着工数比	台風被災時点での都道府県別新築住宅着工数の前年比の全国平均値との差	

4つの共通因子が抽出された。図5に共通因子の固有値と寄与率を示す。寄与率とは各共通因子の全体的な影響度のことである。第一因子の寄与率は約26%，第二因子から第四因子の寄与率は15～17%で，第四因子までで住家被害率のばらつきの76%を説明することができる。各観測変量の共通因子に対してバリマックス回転法で求めた因子負荷を図6(a)～(d)に示す。因子負荷とは，共通因子がそれぞれの観測変数に及ぼす影響度を示す指標である。図6(a)より第一因子は接近台風数の因子負荷が大きいため，過去に襲来した大型台風が多い「台風の被災経験」因子であると考えられる。図6(d)に示す第四因子は，

年平均風速と最大風速10m/s以上または15m/s以上を記録した日数の因子負荷が高いので「日常的な強風」因子と判断される。一方，図6(b)の第二因子は，積雪量と積雪対応屋根の割合に対しては負，一月の気温と寄棟屋根の割合に対しては正の因子負荷を持つことから，積雪量や冬季の気温と屋根の形状には関連があることを示している。また，第三因子は図6(c)より非木造系住家割合が正，木造系住家割合が負の因子負荷を示す。住家の構造に関する因子であると判断されるが，人口密度や陸屋根住家割合もやや大きい正の因子負荷を示し，「都会度」に関する因子ととらえることもできる。

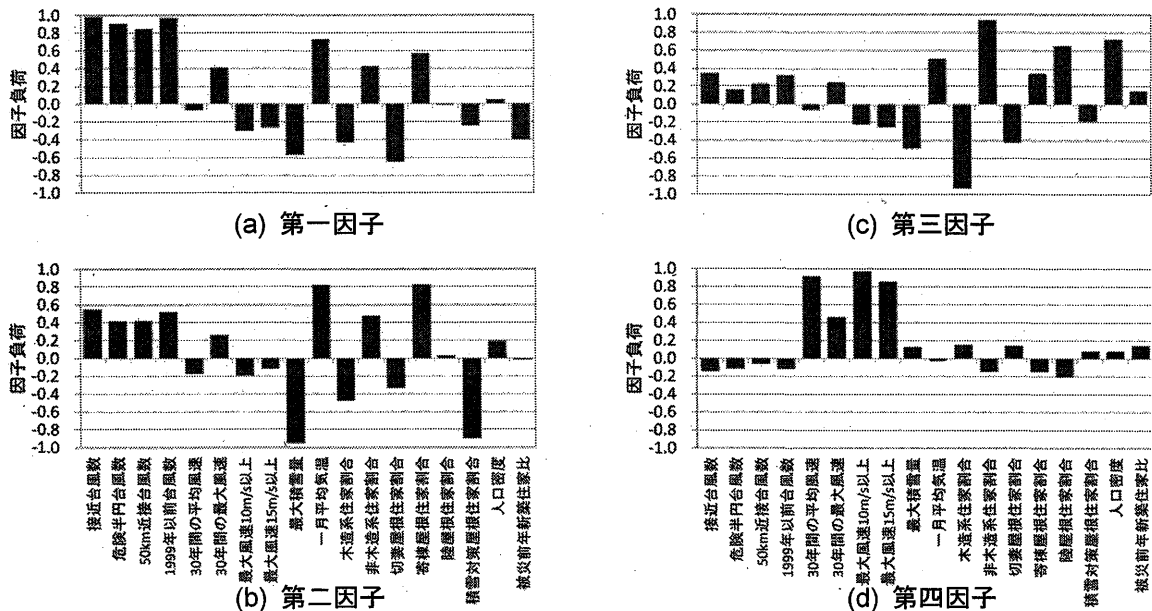


図6 因子分析にもとづく各共通因子の因子負荷

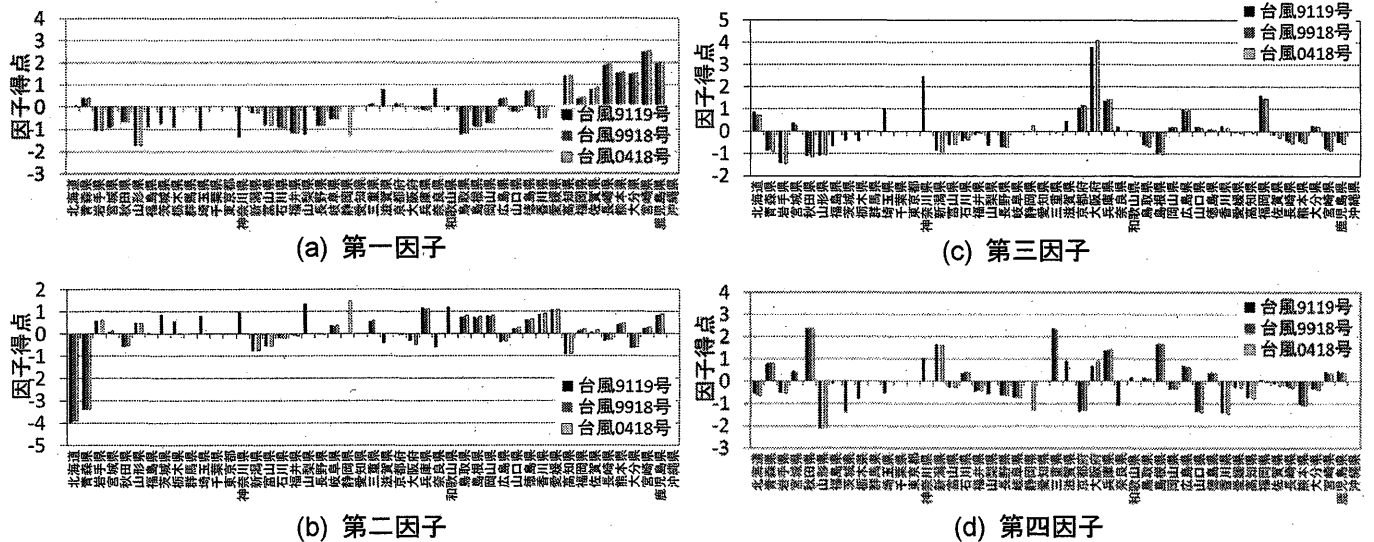


図7 各共通因子に対する都道府県ごとの因子得点

表3 強風被害拡大影響因子と被害推定回帰式残差との相関係数

	接近台風数	危険半円台風数	50km近接台風数	1999年以前台風数	30年間平均風速	30年間最大風速	最大風速10m/s以上日数	最大風速15m/s以上日数	最大積雪量	一月平均気温	木造系住家割合	非木造系住家割合	切妻屋根住家割合	寄棟屋根住家割合	陸屋根住家割合	積雪対策屋根住家割合	人口密度	被災前年新築住家着工数比
相関係数	0.02	-0.13	-0.07	0.04	-0.36	-0.23	-0.29	-0.25	-0.10	0.07	0.16	-0.16	-0.13	0.02	-0.11	0.04	-0.23	-0.28
有意確率	88%	21%	48%	73%	0%	2%	0%	1%	36%	49%	12%	12%	20%	83%	29%	71%	2%	1%

図 7(a)~(d)に都道府県別の各共通因子の因子得点を示す。因子得点とはそれぞれのケース、つまり3つの台風によって住家被害が発生したそれぞれの都道府県が4つの共通因子に対して持つ重みのことである。図 7(a)より、台風の被災経験因子と考えられる第一因子に対しては宮崎および鹿児島を中心とした九州の自治体で得点が高い。図 7(d)に示す第四因子は秋田や島根などの日本海側でやや大きな因子得点となっていることから、季節風などによる日常的な強風環境を表す因子であることが確認できる。図 7(b)の屋根形状や積雪量に関連する第二因子は、四国を中心とする西日本で正の得点、北海道および青森で大きな負の得点となっており、図 7(c)より、都会度に関する第三因子は神奈川、大阪、福岡などで大きな因子得点を示す。

因子分析により、多数の観測変量の関連を整理し、共通因子をまとめて強風被害拡大影響因子を定量的に把握することができる。また、共通因子に対する各都道府県の因子得点に着目すると、台風による被災地域の特徴を整理することが可能となる。

4. 風速に対する住家被害率推定値のばらつきと影響因子との関係

4.1 個々の影響因子と被害率の残差との関係

表3に18個の影響因子と回帰式による推定被害率の残差との相関係数および有意確率¹²⁾を示す。有意確率が5%未満の場合には相関係数が有意であると見なし、網掛けで示した。表3より、過去の台風の被災経験や建物の構造、屋根形状は被害率のばらつきとの間に有意な相関を持たなかったが、30年間平均風速と回帰式の残差との相関係数は-0.36、30年間での最大風速、最大風速10m/s以上および15m/s以上の日数、人口密度、被災前年の新築住家着工数と被害率回帰式の残差との相関係数は約-0.25で、弱いながらも負の相関を示した。年平均風速や50年間の最大風速、最大風速が10m/sまたは15m/s以上を超える日数が大きくなると回帰式との残差が小さくなることから、日常的に観測される風が強い場合には、推定される住家被害率に比べて実際の被害率が小さくなると思われる。また、同様に人口密度や新築住家着工数の全国比が大きい場合にも、推定値に比べて実際の被害率が小さくなると思える。

4.2 因子分析による因子得点と被害率の残差との関係

3.2節で18の観測変量に対して因子分析を行い、4つの共通因子が抽出されることを示した。これらの共通因子に対する各都道府県での因子得点と被害率残差との相関係数を求め、その値と有意確率を表4に示す。有意確率が5%未満の場合を網掛けで示したが、台風の被災経験を表すと考えられる第一因子のみが有意な相関を示し、係数は0.24であった。つまり、大型台風による被災経験が多い地域では、回帰式の残差が大きくなる傾向がある

と解釈される。しかし、表3では台風の被災経験を表す個々の観測変量と回帰式の残差とは有意な相関が表れず、共通因子を用いて多数の観測変量の共通性を確認し、分類することは可能であったが、回帰式の残差が生じる要因を特定することは難しい。

5. ばらつきの小さい住家被害率推定

前節で有意な相関係数を示した6つの被害拡大影響因子と1つの共通因子を用いて、重回帰式による最大瞬間風速に対する住家被害率の推定を試みる。各台風による住家被害率に対して、6つの被害拡大影響因子を用いた場合と1つの共通因子を用いた場合とで重回帰分析を行った。表5に台風による住家被害率の重回帰分析に用いた6つの影響因子の標準化係数と有意確率を示す。有意確率が10%未満の場合を網掛けで示した。標準化係数とは、重回帰分析に用いた因子の影響度合いを示す値である。台風によって有意になる影響因子とその標準化係数は異なり、台風9119号による被害率は過去30年間での最大風速や人口密度の影響が強く、台風0418号の被害では30年間の平均風速や最大風速10m/s以上の日数、新築住家着工数の影響が強い。すべての台風の被害率に対して重回帰分析を行うと、30年間の平均風速の標準化係数がやや大きな負の値を示した。つまり、日常的に強風が観測される地域では、同程度の最大瞬間風速であっても住家被害率は小さく推定されると解釈できる。また、有意確率はやや大きいものの、被災前年の新築住家着工数に対する標準化係数も負の値となり、台風被災時に新築住家が多い地域では住家被害率が小さくなるような被害推定回帰式を用いた方が良いと言える。

表6には重回帰分析に用いた第一因子の標準化係数と有意確率を示す。台風9918号による被害に対しては第一因子の影響が有意で、標準化係数はやや大きい。台風の被害率全てに対して重回帰分析を行うと、その影響度は小さくなった。因子分析によって被害が生じた都道府県の共通性を把握することは可能であるが、共通化された因子で住家被害率の推定値を実状に対応づけることはやや困難であると言える。

これまでの検討で、比較的有意な影響因子と考えられる被災前30年間の平均風速および被災年での新築住家着工数の前年比、最大瞬間風速の3つの変数を用いて重回帰分析を行う。図8(a)と(b)に被害率の残差と30年間平均風速、被災前年での新築住家着工数の前年比との関係を示す。表3に示したように被害率残差と負の相関を示すことから、30年間平均風速が大きく、新築住家着工数前年比が大きいほど、被害率残差は小さくなるのがわかる。個々の台風被害と3つの台風被害をあわせた場合とで4ケースの重回帰式(2a)~(2d)は以下のようになった。

表4 共通因子と被害推定回帰式残差との相関係数

	第一因子 (台風被災経験)	第二因子 (積雪対応)	第三因子 (都会度)	第四因子 (日常的強風)
相関係数	0.24	-0.07	-0.02	-0.18
有意確率	2%	51%	85%	8%

表5 重回帰分析に用いた6影響因子の標準化係数

		30年間 平均風速	30年間 最大風速	最大風速 10m/s以上 日数	最大風速 15m/s以上 日数	人口密度	被災前年 新築住家 伸び率
台風 9119号	標準化係数	0.02		-0.23	0.15		-0.09
	有意確率	91%		45%	54%		35%
台風 9918号	標準化係数	-0.25	0.23	-0.60	0.48	0.19	-0.19
	有意確率	43%	26%	24%	21%	13%	22%
台風 0418号	標準化係数		-0.36		-0.39	0.24	
	有意確率		13%		25%	16%	
台風 すべて	標準化係数		-0.09	0.11	-0.01	-0.05	-0.11
	有意確率		35%	65%	94%	50%	15%

表6 重回帰分析に用いた第一因子の標準化係数

		第一因子
台風 9119号	標準化係数	0.06
	有意確率	57%
台風 9918号	標準化係数	
	有意確率	
台風 0418号	標準化係数	0.14
	有意確率	32%
台風 すべて	標準化係数	
	有意確率	

表7 各台風の住家被害率の重回帰式の決定係数

	決定係数
台風9119号の場合	0.59
台風9918号の場合	0.67
台風0418号の場合	0.55
台風すべての場合	0.59

台風9119号の場合：

$$\log_{10} R = 9.1 \log_{10} U_G - 0.7 U_{30} - 3.3 R_N - 15.2 \quad (2a)$$

台風9918号の場合：

$$\log_{10} R = 6.4 \log_{10} U_G - 0.5 U_{30} - 2.8 R_N - 12.2 \quad (2b)$$

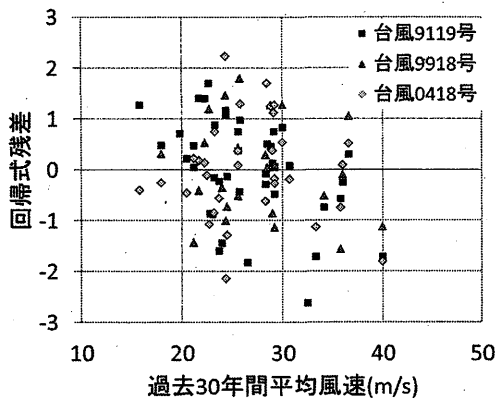
台風0418号の場合：

$$\log_{10} R = 6.6 \log_{10} U_G - 0.3 U_{30} - 2.0 R_N - 13.2 \quad (2c)$$

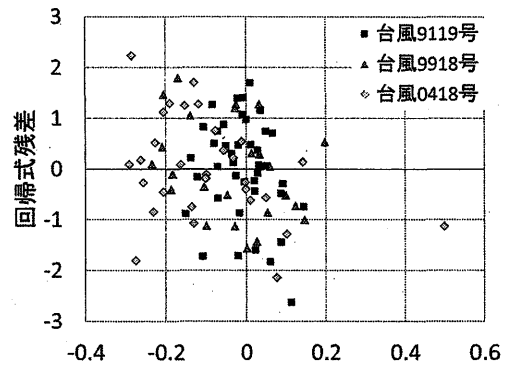
台風すべての場合：

$$\log_{10} R = 8.0 \log_{10} U_G - 0.6 U_{30} - 1.3 R_N - 14.3 \quad (2d)$$

ここで、 U_{30} は過去30年間の平均風速、 R_N は新築住家着工数の前年比である。重回帰式(2a)~(2d)の決定係数を表7に示すが、いずれの場合も表1に示す単回帰式の決定係数に比べると大きな値になった。台風それぞれでの住家被害率に対して重回帰分析を行った方が決定係数は大きくなる場合もあるが、あらゆる台風による住家被害を予測するためにはすべての台風に対して同一の回帰式を用いる手法が適していると考えられるので、すべての台風被害に対する単回帰式(1d)および重回帰式(2d)による

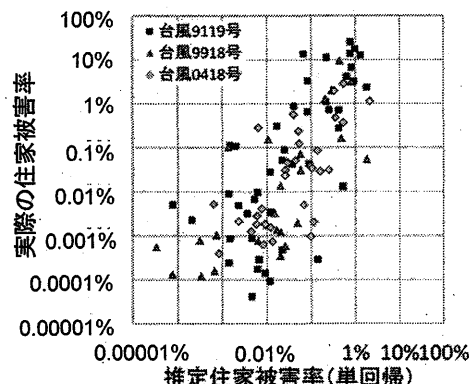


(a) 気象官署での台風被災前30年平均風速

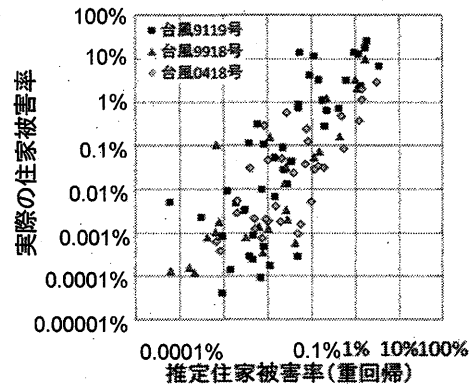


(b) 被災年の都道府県別新築住家着工数の前年比

図8 被害率残差と30年間平均風速、新築住家着工数前年比との関係



(a) 単回帰式(1d)の場合



(b) 重回帰式(2d)の場合

図9 実際の住家被害率と推定値との関係

推定被害率と実際の被害率との関係に着目し、図 9(a)と (b)に示す。すべてのケースでばらつきが小さくなるわけではないが、重回帰式(2d)を用いた推定被害率の方が実際の被害率に対応するようになった。単回帰式(1d)は最大瞬間風速値のみで被害率を決定するため、被災地域の気候特性や建造物の経年変化などの情報が全く反映されないが、重回帰式(2d)のように気候や建造物の地域特性や経年変化を影響因子として考慮することで、強風被害が発生した地域に対応した被害推定が可能になると考えられる。

6. まとめ

全国に強風被害をもたらした 1991 年台風 19 号、1999 年台風 18 号および 2004 年台風 18 号による都道府県別の住家被害率に着目し、18 種類の強風被害拡大影響因子間の関係を整理するとともに、最大瞬間風速値のみによる住家被害率推定のばらつきに及ぼす強風被害拡大影響因子の影響を定量的に整理し、強風被害が発生した都道府県でより実情に対応した被害率の推定を試みた。得られた知見を以下に示す。

- 1) 住家被害率の拡大には最大瞬間風速値が最も強い影響を及ぼすことを確認した。
- 2) 住家被害率推定のばらつきの要因と考えられる強風被害拡大影響因子に対して因子分析を行ったところ、「台風の被災経験」、「積雪への対応」、「都会度」、「日常的な強風環境」の 4 つの共通因子で被災都道府県を分類できた。
- 3) 住家被害率推定値のばらつきと 18 種類の強風被害影響因子との相関関係を調べたところ、台風被災前 30 年間の平均風速および被災前年の新築住家着工数と被害率推定値とのばらつきとの間に負の相関が見られ、日常的に風が強く、新築住家の割合が大きい地域では、推定被害率に比べて、実際の被害率が小さくなることを示した。
- 4) 因子分析で明らかになった 4 つの共通因子と推定被害率のばらつきとの間には、明確な相関関係が見られなかった。
- 5) 最大瞬間風速値と、台風被災前 30 年間の平均風速および被災前年の新築住家着工数を用いて、住家被害率の重回帰式を求めたところ、最大瞬間風速値のみを用いた場合に比べて、実際の被害に対応する推定値を求めることができた。
- 6) 被災地域の気候や建造物の特性と経年変化を影響因子として考慮することで、実際により対応した被害推定を行うことができる。

謝辞

本研究は「基盤研究(C): 強風被害拡大影響因子のリアルタイム情報を学習するモデルの構築と住家強風危険度判定 (課題番号 23510227,H23~25 代表者: 友清衣利子)」の援助を受けました。

参考文献

- 1) 光田寧 (代表者): 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.
- 2) 近藤宏二, 神田順, 崔恒: 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.
- 3) 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建造物特性指標の利用例—, 日本建築学会構造系論文集, Vol.74, No.642, pp.1423-1431, 2009.8.
- 4) 友清衣利子, 前田潤滋: 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, 日本風工学会誌, 第 36 巻第 2 号, pp.107-108, 2011.4.
- 5) 友清衣利子, 前田潤滋: 強風による住家被害拡大に及ぼす台風被災履歴の影響, 日本建築学会研究報告九州支部研究報告, 第 51 号・1 構造系, pp.349-352, 2012.3.
- 6) 総務省消防庁ホームページ, 災害情報, <http://www.fdma.go.jp/>, (2010-1-28 参照)
- 7) 総務省統計局, 国勢調査資料, <http://www.stat.go.jp/>, (2013-04-17 参照).
- 8) 気象庁, 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2013-04-22 参照).
- 9) 平成 5 年, 10 年および 15 年土地・住宅統計調査, 総務省統計局, <http://www.stat.go.jp/>, (2011-11-15).
- 10) 住宅金融支援機構: 公庫融資を利用した一戸建住宅の建築的事項に関する調査, <http://www.jhf.go.jp/research/index.html>, (2009-11-16 参照).
- 11) 国土交通省, 建築動態統計調査 (建築着工統計), <http://www.mlit.go.jp/statistics/details/index.htm>, (2011-11-29 参照)
- 12) 向後千春, 富永敦子: 統計学がわかる回帰分析・因子分析辺, (株) 技術評論社, 2009.1.
- 13) 村瀬洋一, 高田洋, 廣瀬 毅士: SPSS による多変量解析, オーム社, 2007.12.

(受理: 平成 25 年 5 月 23 日)

