

建築物周辺の風環境評価法検討

—その1 問題分析と検討方針—

日大生産工 ○丸田 榮藏 日大生産工(研) 岡田 玲
Wind-Style 松山哲雄 吉田幸彦

1 まえがき

我が国において、昭和43年相馬清二博士によって「高層ビルがもたらす乱気流」として問題提起され、建築物周辺に発生した強風がもたらすビル風障害が風環境問題と捉えられて久しい。ビル風問題は、対象を周辺低層家屋等の対物障害と人間の歩行活動の妨げや不快感に關係する対人障害に区別し、前者は暴風時を後者は日常時の障害として幅広い風速範囲において扱われてきた。また、風という自然現象の不確定さや多様な立地性の下では評価地点の固有の風速予測を導き出すことは現時点においてもかなり難しい所作といっても過言ではない。

現在、対人障害に關する風環境評価は、建築物周辺地点における強風発生確率に基づいた強風発生頻度の予測が行われ、風速と発生障害を關係づけた評価基準によって許容の可否を与えるものである⁵⁾。とくに、風による建物被害^{1) 2)}や歩行障害^{3) 4)}の発生は、旧来から平均風速よりもむしろ瞬間風速に強い相関にあることが示され、これまでビル風評価においても瞬間風速の発生頻度予測とそれに基づく評価が行われてきた³⁾。

このように、ビル風評価には瞬間風速の発生頻度予測が必要とされるが、実情は風洞実験による瞬間風速の計測にかかわる問題や発生頻度を定める最寄り観測所の確率データの地域代表風としての不確定性からめて予測誤差等の指摘⁷⁾があり、実体の解明と適正な評価法の検討が望まれている。本研究は、本報その1ではビル風評価に關する問題点を洗うとともに今後の検討方針を示し、その2では実態調査としての瞬間風速に關する実測、その3では風洞実験による瞬間風速計測の可能性に關する検討を目的と

している。

2 瞬間風速発生頻度予測の問題分析

建築物周辺の任意地点（ビル風評価地点）における瞬間風速超過確率は、下式の Weibule 確率分布関数を用いて予測することが一般的である。

$$\hat{P}(> v) = \sum_i^N A_i \cdot e^{-\left(\frac{v}{C_i R_i G_i} \right)^{K_i}} \quad \text{--(1)}$$

ここに、 A_i : 風向別風速発生頻度（風配値%）
 C_i K_i : 最寄り気象測候所の気象データに基づいて解析されたワイブルパラメータ、 R_i : ビル風評価地点風速と最寄り気象測候所風速との比、 G_i : ビル風評価地点のガストファクター（平均風速に対する瞬間風速の比）、 v : 確率変数（風速m/s）、 i : 方位、 N : 分割方位数（例えば16方位）を表している。

これまで、ビル風の強風発生頻度予測において裾の長い寿命分布のような Weibule 確率分布は、Gumbell 分布に比べて現象がよく fittingするとみなし用いられてきた。しかしながら、この瞬間風速発生頻度予測の中にはいくつかの不確定要素を含んでいることも事実である。これらを問題点として挙げると以下のように列記することができる。

- 1) 最寄り気象測候所の発生風速(頻度)とビル風評価地点風速(頻度)との線形性について
- 2) 建築物周辺地点のガストファクター (G_i) の適正評価について
- 3) 最寄り気象測候所の代表風速としての信頼性について
- 4) 分割方位数 (N) 限定による風洞実験の強風データ欠測について

Consideration for the Methodology of Wind Environment Assessment
in the Vicinity of Buildings

— Part 1 Subject Analysis and Exploration Courses —

Eizo MARUTA, Rei OKADA, Tetsuo MATUYAMA and Yukihiro YOSHIDA

以下、個別的に問題点を洗い、分析を試みる。

2.1 最寄り気象測候所の発生風速(頻度)とビル風評価地点風速(頻度)との線形性に関する問題分析

最寄り気象測候所の風速と評価地点の風速の線形性は、それらの風速比 (R_i)、および確率パラメータ C_i , K_i の同一性の仮定に基づくものである。

風速比 (R_i) は、風洞実験もしくはCFD解析等によって得られるものである。しかし、ここにいくつかの問題がある。それは、風洞実験において、

- (1) 基準風速を風洞入射気流分布の測候所の風速計高さ相当風速に置き換えている。
- ① 最寄りの測候所と評価地点間に巨大な障害物の存在によって入射方位からの風向に偏向が生じている場合、地域の一般風(基準風速)として代表させることができない (Fig.1-a)。
- ② 風向によって風上側の地域性 (粗度区分) が大きく異なる場合、入射風の鉛直速度分布に差異が生じることから地域に見合った実験や複数の測候所基準値を用意しなければならない (Fig.1-b)。

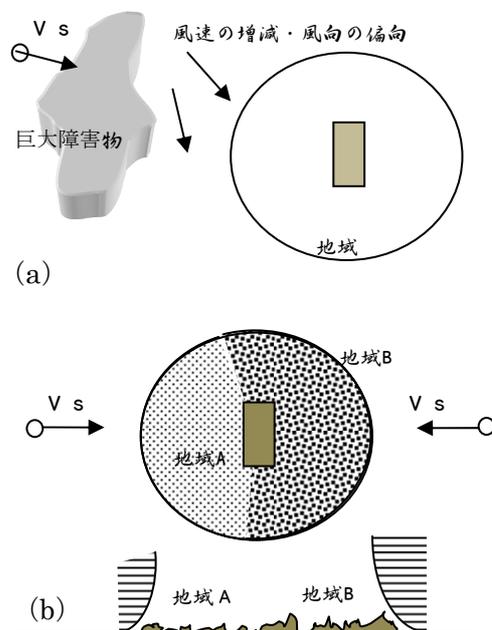


Fig.1 地域代表風速の選定と問題点

(2) 測候所風速と風洞実験風速の計測器による差異と誤差

- ① これまでの気象測候所における風速観測にはプロペラ形式の風向風速計が用いら

れている。しかし、風洞実験での計測には、多点計測を主目的とすることからサーミスター風速計の使用が主流となっている。前者はVector計測であり、後者はScalar計測である。

サーミスター風速計は、高い風速変動に対して著しく追従性が悪く瞬間風速の計測には不向きであるとされてきた。

従って、風洞実験においてはこれまでガストファクターの計測は、熱線風速計を用いた特定の方法でしか可能では無かった。

- ② つぎに、最寄り測候所で得られる確率パラメータ C_i , K_i は、所詮周囲障害物を避けた流れの影響が少ないことを前提に設置された風速計によるものであり、他の気象測候所のそれとも相違することは言うまでもない。ましてや建築物の複雑な周辺流れの影響を受けた評価地点では、遠く離れた測候所と同じ確率パラメータ C_i , K_i によって線形的関係を保持することには疑問が残る。

以下に示す表1 および表2は、千葉管区気象台と谷津アメダスで観測された日最大10分間平均風速に基づいて解析されたWeibule パラメータ C_i , K_i と風配値 A_i である。

表1 千葉管区気象台の C_i , K_i と A_i

風向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
A_i	0.49	2.96	9.15	11.29	2.14	4.93	9.92	4.93
C_i	7.05	5.23	6.27	6.25	5.81	5.85	6.35	7.15
K_i	2.75	3.55	3.65	4.30	3.95	4.15	5.50	4.05
風向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A_i	2.25	3.23	12.33	11.34	1.15	1.26	7.89	14.74
C_i	8.03	11.15	10.35	7.63	7.05	7.05	9.88	7.54
K_i	3.00	3.50	3.15	4.55	2.75	2.75	3.65	2.55

表2 谷津アメダスの C_i , K_i と A_i

風向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
A_i	12.30	10.33	9.44	5.93	4.30	2.67	3.13	3.57
C_i	3.3	2.6	2.8	3.0	3.0	3.7	3.0	3.0
K_i	2.5	2.5	2.3	2.3	2.3	2.4	2.0	1.5
風向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A_i	8.42	11.17	4.11	1.63	1.01	1.16	6.52	12.41
C_i	3.0	3.0	4.0	3.3	2.1	1.5	2.9	3.4
K_i	1.2	1.1	2.5	2.0	1.6	1.2	1.2	1.8

千葉測候所と谷津アメダスは、日大生産風洞棟からそれぞれ約12.0Kmと約1.7Kmの距離にある。明らかに両者の結果には大きな差異が認められる。もし、(2)式でそれぞれの基準点風速比 R_i (風洞屋上風速/基準点風速) を正当な数値 (風洞実験により測定した風速比) と認めた場合、双方相異なるWeibule パラメータ C_i , K_i であるにもかかわらず、評価地点で風速超過確率 $P(>v)$ を正しく獲得でき

るということであれば、両者の基準点による C_i, K_i の線形性が保持されていることとみなすこともできる。

$$P(>v) = \sum_i A_i \cdot e^{-\left(\frac{v}{C_i R_i}\right)^{K_i}} \quad \text{---(2)}$$

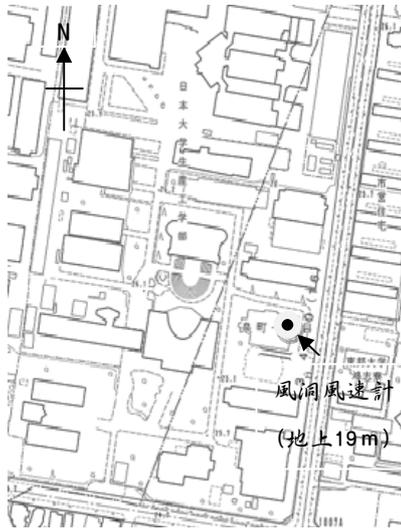


Fig.2 日大生産工校舎と風洞棟

Fig. 3は、風洞屋上の実測による日最大10分間平均風速（約2年間の記録）に基づいて解析された風速超過確率 $P(>v)$ と (2)式に用いて求めた値との比較を示している。風洞屋上の実測の結果は、風速5m/s以下では千葉に、また7~10m/sでは谷津に近似するが、一つの測候所を代表値として選ぶことができないことを示している。

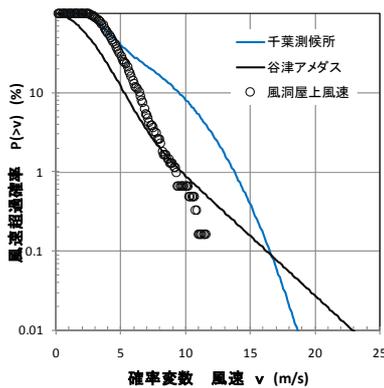


Fig.3 日最大平均風速の風速超過確率比較

このように、実際はこの矛盾をかかえたまま風速超過確率を算定し、評価地点の風速発生頻度を求め、前述のビル風障害に対する可否を論じようとしているのである。

2.2 建築物周辺地点のガストファクター (G) の適正評価について

評価地点の日最大瞬間風速に基づく風速超過確率は、もし平均風速に関する(2)式の風速超過確率が有効な値を示すという前提に立てば、(1)式に示したようにガストファクター (G) を結び付けることで導くことができる。

周辺地点のガストファクターは、地域の影響⁹⁾（例えば地表面粗度区分 I~V）や建築物の周辺流れの影響（例えば剥離流・後流・ピロティー風など）を強く受けることはFig.4とFig.5の実験結果¹²⁾からも明らかである。しかし、これらの複雑な周辺環境に置かれた地点のガストファクターを評価することは面倒であり、現実的には(3)~(6)式のように風速比 R の関数として提案されてきた。

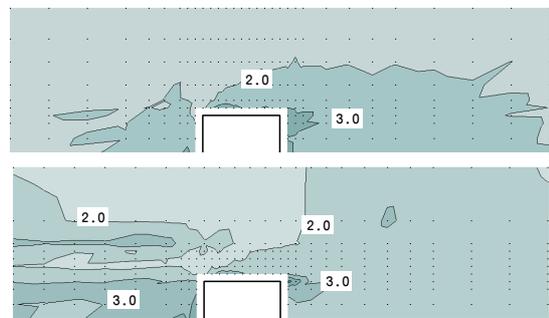


Fig.4 G分布¹²⁾; Cube(上) 2H(下)、風向0°

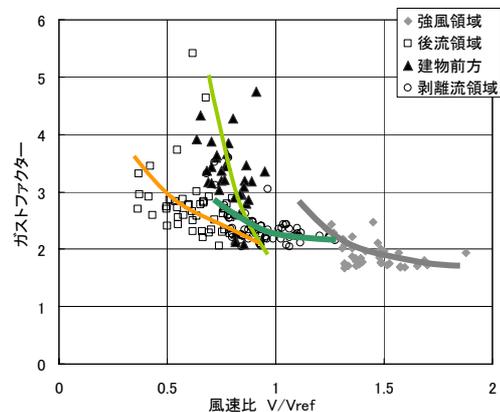


Fig.5 建築物周辺におけるGの特性¹²⁾

$$\text{村上他}^{8)} \quad G = 1.50R^{-0.37} \quad \text{--- (3)}$$

$$\text{本郷他}^{11)} \quad G = 1.84R^{-0.25} \quad \text{--- (4)}$$

$$\text{西村他}^{10) 9)} \quad G_I = 1.78R^{-0.73} \quad \text{--- (5)}$$

$$G_{IV} = 2.48R^{-0.67} \quad \text{--- (6)}$$

この内、村上等や本郷等は、Fig.5に見られる $R(=V/V_{ref})$ に対するバラツキの平均をまた西村等は最大の抱絡線を示し、Fig.6のように提案している。

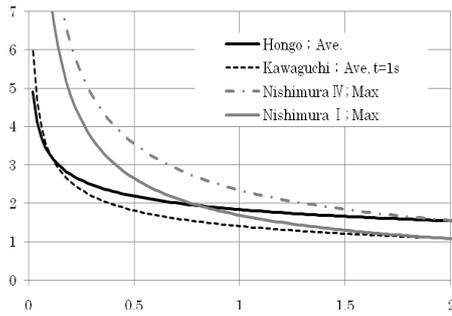


Fig.6 ガストファクターの提案式

実際、Fig.5のようにGはそれぞれの評価点において相異なる特性を持っており、強いてはFig.7に示されるように(1)式の瞬間風速に基づく風速超過確率は大きなバラツキと差異を含むことを意味する。

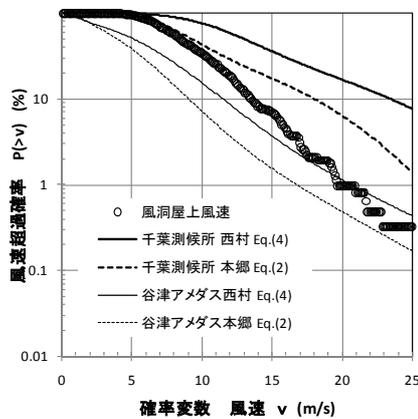


Fig.7 日最大瞬間風速の風速超過確率比較

2.3 最寄り気象測候所の代表風速としての信頼性について

最寄りの測候所記録は、その風速計の設置条件に大きく左右される。風速計が周辺建築物に埋もれる状況は、信頼性が損なわれるので地域を代表させる測候所選定には十分注意が必要である。Fig.3の千葉測候所と谷津アメダスの差異もその現れと言える。

2.4 分割方位数 (N) 限定による風洞実験の強風データ欠測について

方位分割は一般的には16方位とされてきた。風洞実験は、この方位に相当する風向においてビル風の測定を行うが、それらの設定風向では発生風速の最大値を捉えない可能性があり、結果的に風速超過確率が過小評価される。

3 評価誤差改善のための検討方針

以上、ビル風評価に関する問題の所在につ

いて分析してきた。これらの評価誤差を如何に最少化するかについての更なる研究が必要であり、問題を解決するための実測を行わねばならないと考えている。

本研究では、その2の今後の長期観測やその3の実験手法の改善によって明らかにしたいと考えている。

「参考文献」

- 1) 奥田穰, 台風災害, 日本気象学会, 気象研究ノート第129号, 1976年9月, pp.243
- 2) 「1975年台風13号による八丈島の建物被害の記録」, 日本建築学会, pp.34
- 3) 村上周三他, 歩行者に対する強風の影響とその評価尺度に関する研究, 日本建築学会論文報告集第287号, 昭和55年1月, pp.99-109
- 4) 亀井勇, 丸田榮藏, 風による人体の応答について, 日大生産第13回学術講演会, 1988. 11. 29, pp.41-44
- 5) 「高層建築物における周辺気流の影響とその対策に関する研究会開発」・「高層建築物における周辺気流の影響の予測・評価・対策に関する指針」, 1982. 1, 住宅・都市整備公団調査研究期報, No.70, pp.45-98
- 6) [ビル風環境問題の解決に向けてービル風環境対策検討会報告書の概要], 港区ビル風環境対策検討会, 平成20年3月
- 7) 野田博, 作田美知子, 風環境評価の不確かさに関する考察, 三井住友建設技報第3号, pp.199-204
- 8) 村上・丸田・岩谷・藤井・川口, 市街地低層部における風の性状と風環境評価に関する研究ーII (強風時における市街地低層部の変動風の性状), 日本建築学会論文報告集第314号, 昭和57年4月, pp.112-119
- 9) 「風環境フォーラムー風環境(ビル風)評価の現状と課題」, 日本風工学会 風環境評価研究会, 平成17年3月1日, pp.14-21
- 10) 高森浩治・西村宏昭, ビル風評価のガストファクターについてー接近流の乱れ強さの影響ー, 日本建築学会学術講演会, 2002年8月, pp.113-114
- 11) 本郷剛・他2名, 風工学研究所による風環境評価基準とガストファクター, 日本風工学会論文集第32巻1号(通号110号), 平成19年1月, pp.29-38
- 12) 永塚康弘・丸田 榮藏, 3D-LDAによるCube周辺の流れ計測 その3 建物周辺のガストファクター, 日本建築学会学術講演会, 2005年9月,