

◇技術紹介 Technical Report

建物周りの屋外空間を対象とした 風環境評価 Wind Environmental Assessment for Outdoor Space around a Building

木梨 智子
丹原 千里
赤川 宏幸
片岡 浩人

Satoko Kinashi
Chisato Tambara
Hiroyuki Akagawa
Hiroto Kataoka

1. はじめに

近年、商業施設だけではなく、集合住宅やオフィスなどでも、建物周りの屋外空間を利用するための施設が計画されている(Photo 1)。屋外施設の用途は様々であるが、多くの場合、利用の可否は天候の影響を受けやすい。特に、店舗やイベント広場などでは、年間の営業時間数が収益に直結するので、計画段階から、予測による具体的な情報の提供が期待されている。一方、屋外施設の評価は、周辺環境や気象条件、利用者の快適感や嗜好等から総合的に行う必要があると考える。例えば、同じ風速であっても、夏季と冬季では体感は異なるし、冬の寒い日でも、オープンカフェを利用する人々の姿を見かける。しかしながら、屋外施設の利用に影響を与える全ての要因を網羅して環境を評価することは、現状では難しい。

そこで、風環境に特化した評価手法を提案する。風環境は、地域一体で同等に変化する他の気象条件とは異なり、局所的に状況が変化する。したがって、適切な評価に基づいて設計変更や対策を施せば、風環境は改善することができる。

また、従来の風環境評価は強風を対象としているのに対し、本評価は日常風を対象として、施設の利用用途に応じた指標と、それに対応する風速値または許容率から、年間の利用可能時間を予測するものである。更に、季節や営業時間など、施設の利用条件に見合った評価も行えるので、施設計画の妥当性判断、防風対策計画、テナントへの説明、施設管理など、多くの場面で活用できる。

本報では、提案する風環境評価法の内容と、適用例を紹介する。

2. 従来の風環境評価

高層建物などの計画時には、周辺地域を含めた風環境の予測調査を実施している。風環境の評価には、立て看板が倒れる、歩行が困難になるといった強風(日最大瞬間風速 10m/s, 15m/s, 20m/s)の発生頻度に基づく評価尺度(村上式, Table 1)¹⁾が多用されており、各地行政の環境影響評価条例などにも推奨されている。

しかし、この評価尺度では、強風の発生頻度に対応する空間用途は示されているが、風速に対する空間内の具体的な状況は把握できない。



Photo 1 屋外施設
Outdoor facilities

Table 1 風環境評価の指標
Scale of Wind Environment Assessment

強風による 影響の程度	対応する 空間用途の例	評価する強風のレベル と 許容される超過頻度		
		日最大瞬間風速(m/s)		
		10	15	20
ランク 1 最も影響を受けやすい用途の場所	住宅地の商店街 屋外レストラン	10%	0.9%	0.08%
ランク 2 影響を受けやすい用途の場所	住宅街 公園	22%	3.6%	0.6%
ランク 3 比較的影響を受けにくい用途の場所	事務所街	35%	7.0%	1.5%

- ・日最大瞬間風速とは、1日の中の瞬間風速の最大値
10m/s：ごみが舞い上がる、干し物が飛ぶ
15m/s：立て看板、自転車倒れる、歩行困難
20m/s：風に吹き飛ばされそうになる
- ・本指標の評価高さは、地上1.5m

3. 屋外利用風環境評価

3.1 概要

提案する風環境評価法は、屋外施設の利用目的に対応する指標と風速値または許容率から、年間利用可能時間を予測するものである。風以外の環境要因は含まれていないが、季節別、営業時間内、降雨時など、予測する期間や条件を限定することや、計画の優劣や対策の効果を数値で比較することができる。したがって、風環境に特化した評価であっても、施設の利用や集客を予測する場合の基本情報としては、有用であると考えられる。

3.2 評価の指標

日常的な風を対象に、屋外施設の利用をわかりやすく評価するためには、実際の状況に合致する指標が望まれる。そこで、屋外施設の利用状況の調査結果をまとめて、指標のリストを作成した(Table 2)。なお、屋外施設別に人の行為と風が吹くことで生じる現象とに分けることで、細かい用途にも対応できるようにした。

指標に対する尺度は、①強風による事象が生じる際の風速値と、②その風速に対する許容率(利用を許容できる人の割合)の2種類である。尺度は、風洞実験、屋外実験、およびアンケート調査により把握した。風洞実験状況を Photo 2 に、屋外実験状況を Photo 3 に示す。

風速には、現象が生じる瞬間の値を採用した。これは、強風で歩行者が転倒するなどの事故は瞬間的に作用する風力に起因するという日本風工学会の研究会の見解^{例えば}2)に従っている。実験結果から得られた具体的な現象と瞬間風速との関係を Fig.1 に示す。

許容率は、アンケート調査から、屋外施設の利用中に身近で発生した現象や体感別に利用を継続すると回答した人数の割合と、設問に示した現象や体感に対応する風速とを結び付けることで求めた。最終的に、許容の割合は、使いやすさを考えて、25%、50%、75%に統一した。調査結果から求めた評価尺度の一部を Table 3 に示す。表中の飲食と休憩に対する許容率 25%の風速は、現実的ではない値となったことから、掲載はしていない。

本評価を適用する場合には、設計者や顧客が、対象施設の用途に適する指標を選定することを基本としている。

Table 2 風環境評価の指標リスト
Scale of Wind Environment Assessment

屋外施設	指標	
	人の行為	風で生じる現象
建物のエントランス	傘の開閉 荷物の仮置	さしている傘の損傷、飛散
庭園・広場 (地上・屋上)	座る 飲食、読書	お弁当等の包みの飛散 ペットボトルの転倒 本・雑誌のページめくれ 植木鉢の転倒
屋外レストラン 飲食提供エリア	着席、飲食、読書 仕事 パソコンの操作	設置物(のぼり・パラソル・椅子・看板等)の移動、転倒
駐輪場	自転車の乗降	自転車の転倒
屋外施設に 共通する 事項	歩行 待合わせ 携帯電話、会話	髪・衣服の乱れ 物品の転倒、飛散

Table 3 評価尺度 【許容率】
Scale of Wind Environment Assessment 【Allowable Ratio】

指標 行為の継続と状況	許容率		
	25%	50%	75%
飲食	-	5m/s	2m/s
休憩	-	5m/s	2m/s
仕事・読み物	5m/s	3m/s	1m/s
髪・衣服の乱れ	5m/s	2m/s	1m/s

表の読み方 : 屋外で飲食を行っている人の半数(50%)は、風速5m/sの風が吹いても飲食を継続する



子供椅子付き自転車の転倒



傘



ペットボトルの飛散



髪・衣服の乱れ

Photo 2 風洞実験
Wind Tunnel Experiment

Photo 3 屋外実験
Outdoor Experiment

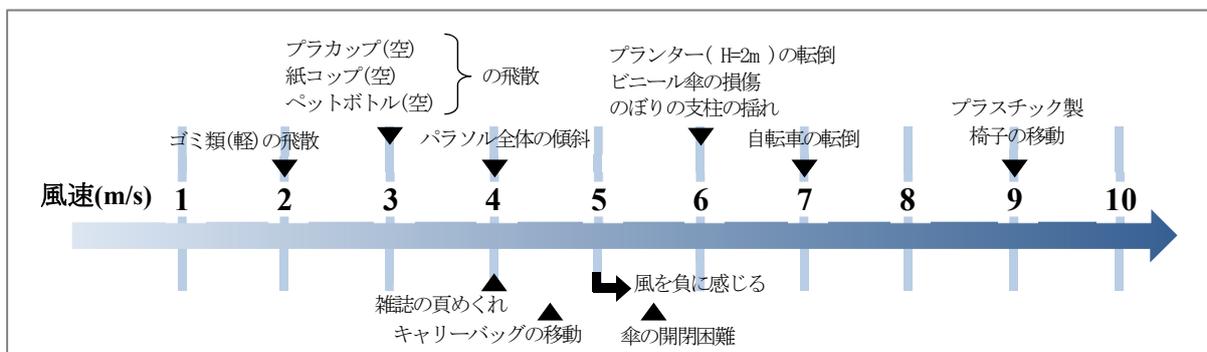


Fig. 1 評価尺度 【風速値】
Scale of Wind Environment Assessment 【Wind Velocity】

3.3 風環境評価の目安

本評価では、指標に対応する風速と許容率によって、対象施設内の風環境を数値化することができるようになった。しかし、推定した風環境が施設の用途に適しているかを判断することは難しい。このような場合には、既存の屋外施設の風環境を目安とする方法がある。

そこで、高層事務所ビルに囲まれた屋外空間である公開空地Sを目安の一つとして採用する。同空間では、朝から夜にかけて多くの人が飲食や休憩の場所として利用している。Table 3によると、50%の人が飲食や休憩を許容する瞬間風速は5m/sである。この風速を下回る時間が年間にどの程度の割合で出現するかを、既往の風環境解析結果から求めた。その結果をTable 4に示す。その他の指標についても同様な方法で求めた。屋外では、髪や衣服が乱れて不快と感じても、飲食や休憩として利用されることがわかる。

4. 適用事例

東京都内の高層建物(地上高さ 130m)の中間階(高さ 35m, 施設 A)と上層階(高さ 100m, 施設 B)に計画された屋外施設について、屋外利用風環境評価を行った。建物の解析モデルを Fig. 2 に、屋外施設の計画内容と風環境を評価するために選定した指標を Table 5 に示す。

適用の過程は、以下の通りである。

- 1) 風環境シミュレータ「Zephyrus®(ゼフィルス)」³⁾により、風の状況を予測
- 2) 調査対象地点について、東京管区気象台の風観測データ(2012~2016年の毎10分間平均風速を適用、データ数 263,088 個)を用いて、季節別に営業時間(9:00~21:00)の日常風(瞬間風速)を予測
- 3) 施設の目的に見合う指標と対応する風速、許容率を適用して、屋外利用風環境評価を実施

施設内(床面+2m 高さ位置)の風の状況は、施設 A の冬季、施設 B の夏季について調べた。Fig. 3 には瞬間風速 5m/s 以上の風向出現頻度を、Fig. 4 には風速階級別に発生時間と累積頻度を示す。風洞実験では風を負に感じる事が、アンケート調査では衣服や髪が乱れて 25%の人しか許容しないことが明らかとなっている瞬間風速 5m/s 以上の風は、施設 A の冬季では約 324 時間(営業時間内の約 30%)、主に北から吹き、施設 B の夏季では 652 時間(営業時間の約 59%)、主に東南東から吹くと予測できる。

Table 6 には、季節別に風速の超過頻度を示す。施設 B は A よりも地上から高い位置にあるので、全ての季節でより強風となる頻度が高いことがわかる。

次に、屋外利用に対する風環境評価結果を Table 7 に示す。評価は、中間期と冬季に分けて行った。これは、屋外施設の用途にもよるが、利用しやすい気候であると考えられる中間期(春季と秋季)と、利用しにくいと考えられる冬季の風状況を、計画段階では危惧することが多

Table 4 推定した風環境
(都内公開空地 S の例)
Prediction of Wind Environment Assessment
(Examples of Public Open Spaces in Tokyo)

指標 行為の継続と状況	利用者の 50%が 許容する割合 年間、9~21 時の間
飲食・休憩	63%
仕事・読み物	30%
髪・衣服の乱れ	13%

通年の時間：365日×12時間(9~21時)

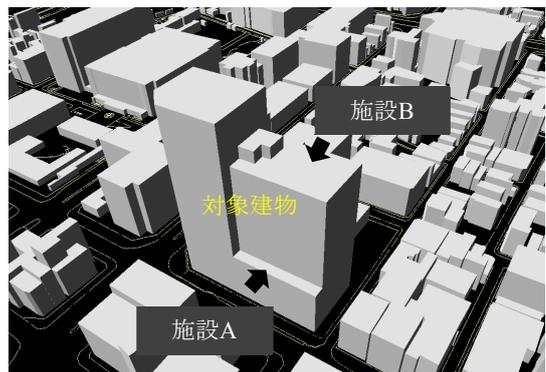
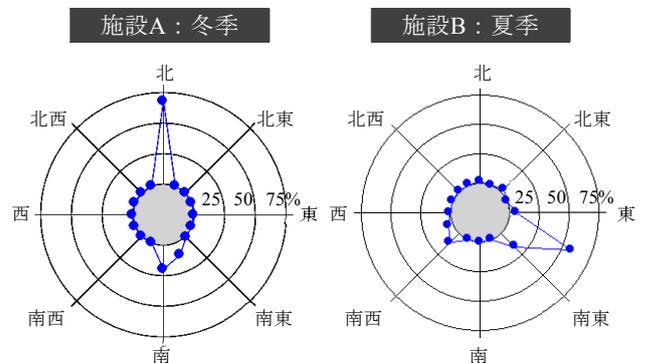


Fig. 2 解析モデル
Model of computer simulation

Table 5 施設の計画内容と評価指標
Facility planning and Scale of
Wind Environment Assessment

施設	用途	想定される 行為や設置物	評価の 指標
中間階 施設 A	・休憩 ・テーブル席で飲食 (食器で提供)	喫茶	休憩
上層階 施設 B	・芝生広場 ・イベント開催	ペットボトル・ お弁当の飲食 のぼり	ゴミ類 のぼり



各施設内の瞬間風速が 5m/s 以上の場合の風向(風が吹いてくる向き)

Fig. 3 風向の出現頻度
Appearance Frequency of Wind Direction

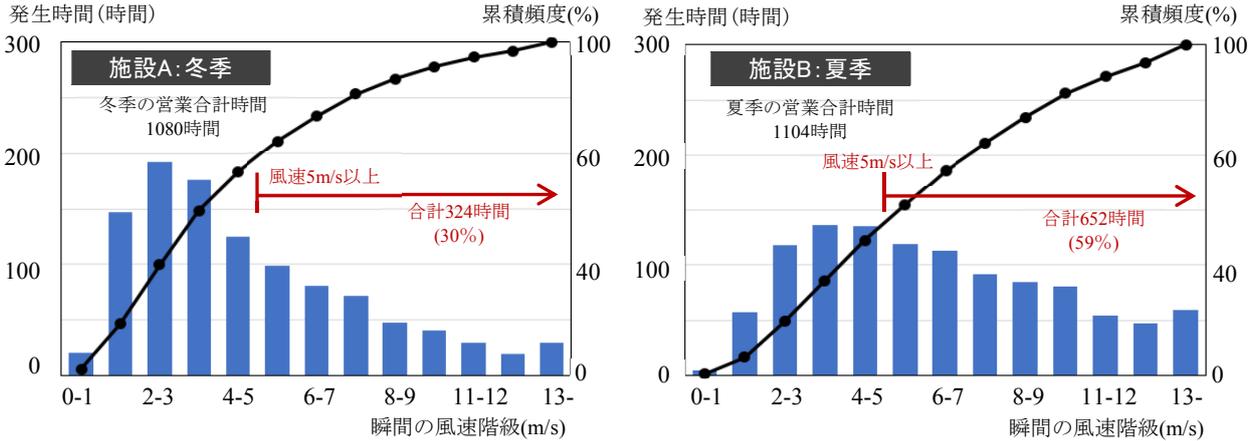


Fig. 4 風速階級別 発生時間と累積頻度
Cumulative Time and Cumulative Distribution Curve of Wind Velocity

いためである。得られた結果を以下にまとめる。

【施設 A】

- ・風環境は、中間期と冬季で概ね同等である
- ・営業時間の約 3 割は、利用者の 75%が許容する
- ・営業時間の約 7 割は、利用者の 50%が許容する

【施設 B】

- ・風環境は、中間期の方が厳しい
- ・おにぎりの包み等の軽いゴミが飛散する状況は、中間期で営業時間の 7 割強、冬季で 7 割弱
- ・のぼりの支柱が揺れる状況は、中間期で営業時間の 3 割弱、冬季で 1.5 割

最後に、イベントの開催を予定している施設 B に対して、屋上広場を取り囲む位置に高さ 5m のガラス製の壁を設けることで、中間期の風環境の改善を試みた。その結果、ゴミが飛散する状況が 5%減(-105 時間)、のぼりの支柱が揺れる状況が 9%減(-189 時間)に改善することを確認した。

5. まとめ

屋外施設を対象とした風環境評価の概要と事例を紹介した。本手法では、風環境改善の具体的な対策、施設の用途や位置の変更の必要性、運用時の風に対する管理内容など、これまで定性的であった提案に対して、定量的な根拠を示すことが可能となった。また、計画変更後に改めて評価を実施することにより、その効果を確認することもできる。

本評価は、日常風の予測、および風速に対する現象と許容率といった 2 つの要素で構成されているので、定性的な風の状況説明に関しても、より詳細に行うことが可能である。

参考文献

1) 村上, 他: 市街地低層部における周辺気流の影響と

Table 6 季節別 風速の超過頻度
Excess Frequency of Wind Velocity

単位(%)

施設 A	風速	春季	夏季	秋季	冬季	通年
	4m/s	48.4	38.5	28.8	38.9	38.7
5m/s	36.2	24.5	19.2	29.8	27.4	
6m/s	26.7	15.5	12.2	21.3	19.2	

施設 B	風速	春季	夏季	秋季	冬季	通年
	4m/s	72.5	71.3	50.3	47.5	60.5
5m/s	60.4	59.1	34.3	32.7	46.7	
6m/s	49.0	48.3	22.9	22.3	35.7	

Table 7 風環境評価結果
Evaluation Results

単位(%)

施設 A	休憩, 飲食を許容する利用者の割合	合計営業時間に対する割合	
		中間期	冬季
	50%	73	70
	75%	29	33

施設 B	風で発生する現象	合計営業時間に対する割合	
		中間期	冬季
	ゴミ類が飛散する	73	67
	のぼり支柱が揺れる	27	15

その評価尺度に関する研究, 日本建築学会論文報告集, 第 325, pp. 74-84, 1983

2) 中村, 他: 都市域 320 地点の歩行者レベルの風観測データに基づく風安全指標の提案, 日本風工学会誌, Vol. 41, No. 3(No. 148), pp. 103-111, 2016
3) 片岡, 他: 風環境予測シミュレータ「Zephyrus(ゼフィルス)」の開発, 大林組技術研究所報 No. 64, 2002