

## 低層建物周辺の風環境調査

大場 正昭\*

### Investigation on Wind Environment around a Low-rise Building

Masaaki OHBA

The ground level wind speeds around a low-rise building in the college campus were observed by using 3-cup anemometers for one year. Mean wind speed ratios and gust factors at ground level are obtained. The probability distributions of mean gradient wind in this area are approximated on the basis of the Weibull distribution.

The probabilities of exceeding daily maximum gust speed are calculated from these observed wind data. Then, the evaluation of the acceptability of ground level wind environment are discussed using a proposed pedestrian comfort criteria.

記号

U : 正 10 分間平均風速  
 $U_{max}$  : 日最大風速  
 $V_{max}$  : 日最大瞬間風速  
 GF : ガストファクター

添字 g : 上空

No. 1 と No. 5 は歩道傍, No. 2~No. 4 は芝生上の点である. 上空風の測定点は 5 号館 (軒高 14.2 m) 屋上に高さ 10 m のポールを立て測点 No. 6 とした. 測定高さは地上 25.2 m. 測点 No. 6 を中心とした建物高さの 2 倍の円内には No. 4 の点が存在する<sup>1,2)</sup>.

2) 調査期間 1988 年 6 月 1 日から 1989 年 5 月 31 日までの 1 年. ただし測点の No. 1, No. 2, No. 4, No. 5 は 1989 年 4 月 30 日までの 11 ヶ月.

3) 測定方法 地上レベルの風は 3 杯型風速計と矢羽型風向計を用いて連続測定した. 図-2 に測定システムと写真-1 に機器の取り付け状況を示す. 風向の読み取りは 16 方位, 風速は 0.1 m/s 単位で 2 秒毎にサンプリングして, 10 分毎に 300 個のデータから正 10 分間の平均風向風速, 瞬間最大風向風速, 乱れの標準偏差, 平均風向の発生頻度を計算し, バブルカセットに記録した. バブルカセットは 7 日~10 日で交換した. 上空風は 2 次元超音波風向風速計 SA-200 で測定し, 地上風の測定と同様にバブルカセットにデータを記録した. データの読み取りは研究室の読み取り装置にバブ

#### 1. はじめに

低層市街地の建物周りにおける風の性状を調べる目的で本学工学部 5 号館周辺の地上レベルと上空レベルの風の性状を 1 年間にわたり実測調査した. また, 風速比とガストファクターを用いて地上レベルの日最大瞬間風速の超過確率を求め, 評価尺度に基づき風環境評価を行ったので報告する.

#### 2. 実測調査

##### 2.1 調査概要

1) 測定点 工学部 5 号館を取り囲むように 5 点選定した. 図-1 に示す. 測定高さは 3 m. 測点

\* 本学建築学科助教授  
 平成元年 9 月 13 日受理

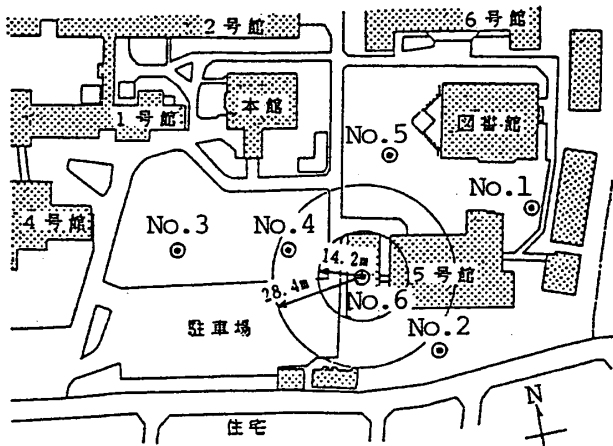


図-1 測定点

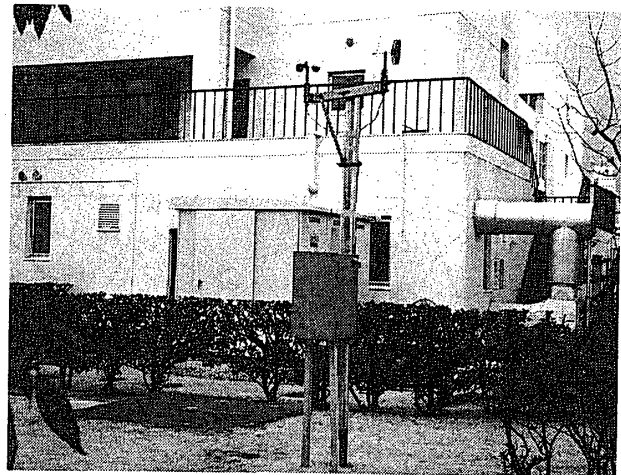


写真-1 測定機器の設置状況

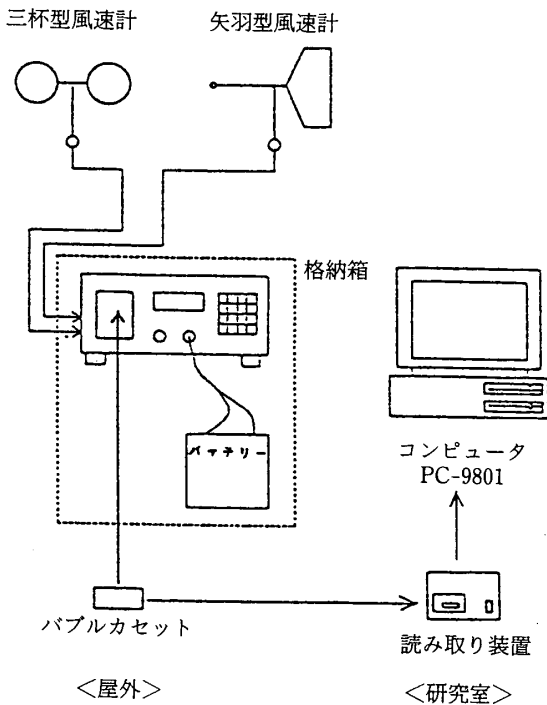


図-2 測定システム

ルカセットをセットしてPC-9801パソコンを用いて行い、測点の月別データファイルを作成した。さらに6号館電算室のVAX 8200に月別データファイルを転送し、季節と年間の統計計算を実施した。得られた正10分間平均風速のデータ数は上空風速で52422個である。停電による欠測は0.3%であった。

2.2 調査結果

2.2.1 上空風の調査結果

1) 風向の頻度分布 図-3に正10分間平均風速に基づく季節と年間の風向頻度分布を、図-4に

年間の日最大風速の風向頻度分布を示す。ここで日最大風速は正10分間平均風速の日最大値を意味する。卓越風向は10分間平均風向の場合、春：NNW, S, 夏：NNW, S, 秋：NNW, 冬：NNWで、春と夏は海陸風の影響で海風(風向S)と陸風(風向NNW)が生じた。日最大風速の卓越風向はNNWとSSWで、図-3(5)と比べてSSWの頻度が大きい。

2) ワイブル係数 表-1に正10分間平均風速のワイブル係数を、表-2に日最大風速のワイブル係数を示す。表中でw.dは上空風向, timesは測定回数,  $A(a_n)$ は風向頻度,  $C(a_n)$ ,  $K(a_n)$ はワイブル係数を示す。ワイブル係数は風速  $U_g$  を確率変数とするワイブル分布  $F(U_g)$  を,

$$F(U_g) = 1 - \exp(-(U_g/C(a_n))^{K(a_n)}) \dots(1)$$

と表したときの値である<sup>3)</sup>。尺度係数  $C(a_n)$  は風速の累積頻度63.2%に相当する風速を意味するが、正10分間平均風速における最大値の発生は春：S, 夏：SSW, 秋：SSW, 冬：SSWと年間を通じて南よりの風が多い。しかし日最大風速はWSWで尺度係数が最大値となる。なおENE, E, ESE, SE, W, WNWの6風向は日最大風速の発生頻度が少なかったのでワイブル係数を得られなかった。

3) 風速の超過確率 図-5に上空風速の超過確率を示す。正10分間平均風速では上空風速  $U_g$  がある風速  $U_{g1}$  を超える確率  $P(U_g > U_{g1})$  は、  

$$P(U_g > U_{g1}) = \sum A(a_n) \cdot \exp(-(U_{g1}/C(a_n))^{K(a_n)}) \dots\dots\dots(2)$$

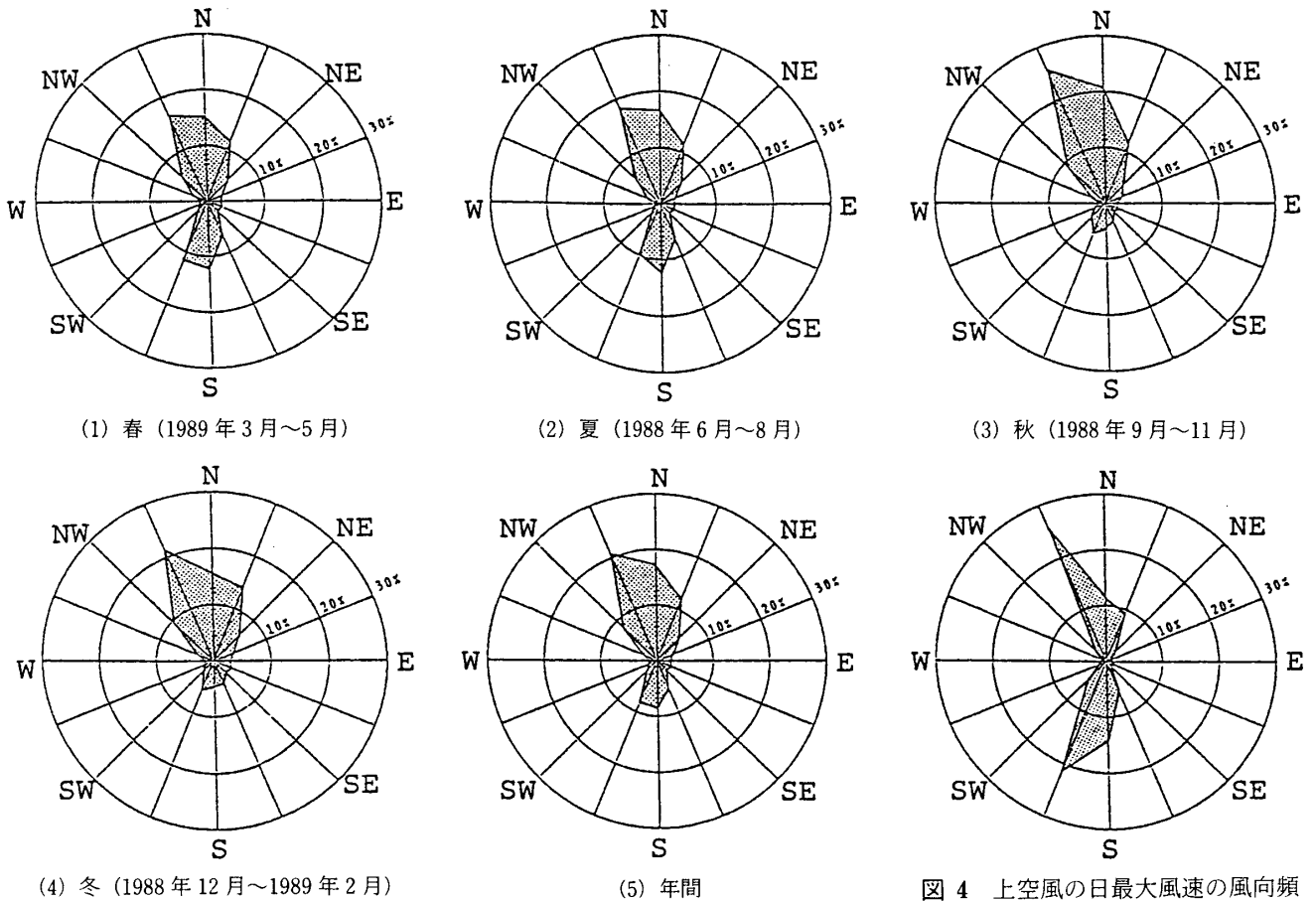


図 3 上空風の正 10 分間平均風速の風向頻度分布

図 4 上空風の日最大風速の風向頻度分布 (年間)

表-1 上空風の正 10 分間平均風速のワイフル係数

(1) 春					(2) 夏					(3) 秋				
w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)	w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)	w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)
N	2037	0.154	1.763	3.275	N	2238	0.171	2.074	3.041	N	2733	0.209	1.533	2.947
NNE	1515	0.114	1.457	2.730	NNE	1488	0.113	1.854	2.446	NNE	1495	0.114	1.603	2.482
NE	642	0.048	1.399	1.852	NE	650	0.050	1.530	1.788	NE	565	0.043	1.550	1.917
ENE	312	0.024	1.249	1.338	ENE	357	0.027	1.469	1.411	ENE	344	0.026	1.428	1.395
E	243	0.018	1.283	1.537	E	284	0.022	1.513	1.656	E	241	0.018	1.364	1.320
ESE	285	0.022	1.296	1.378	ESE	265	0.020	1.719	1.465	ESE	256	0.020	1.569	1.597
SE	278	0.021	1.428	1.788	SE	251	0.019	1.659	1.738	SE	224	0.017	1.482	1.829
SSE	858	0.065	1.790	3.518	SSE	836	0.064	1.858	3.179	SSE	383	0.029	1.679	2.987
S	1613	0.122	2.238	4.695	S	1639	0.125	2.263	4.291	S	563	0.043	2.080	3.818
SSW	1519	0.115	1.944	4.790	SSW	1287	0.098	1.892	4.350	SSW	731	0.056	1.792	4.475
SW	304	0.023	1.139	3.671	SW	254	0.019	0.954	1.850	SW	408	0.031	1.559	4.252
WSW	172	0.013	0.783	1.314	WSW	127	0.010	0.670	0.981	WSW	215	0.016	1.264	3.289
W	150	0.011	0.735	0.736	W	89	0.007	0.706	0.712	W	110	0.008	0.954	0.985
WNW	313	0.024	0.700	0.836	WNW	245	0.019	1.268	0.753	WNW	263	0.020	1.989	1.230
NW	815	0.062	0.907	1.132	NW	676	0.052	1.461	1.247	NW	1195	0.091	1.609	1.683
NNW	2192	0.165	1.444	2.937	NNW	2430	0.185	1.682	3.008	NNW	3374	0.258	1.530	3.148
total	13248	1.000	1.451	3.014	total	13116	1.000	1.562	2.862	total	13100	1.000	1.418	2.759

(4) 冬					(5) 年間					表-2 上空風の日最大風速のワイフル係数(年間)				
w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)	w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)	w.d	times	A(an)	K(an)	C(an)
N	2047	0.158	1.795	2.741	N	9055	0.173	1.701	3.038	N	42	0.115	2.922	5.756
NNE	1847	0.143	1.830	2.520	NNE	6345	0.121	1.571	2.570	NNE	34	0.093	3.022	6.501
NE	811	0.063	1.533	1.911	NE	2668	0.051	1.557	1.869	NE	8	0.022	2.877	5.195
ENE	437	0.034	1.516	1.487	ENE	1450	0.028	1.446	1.407	ENE	1	0.003	—	—
E	351	0.027	1.706	1.442	E	1119	0.021	1.451	1.481	E	1	0.003	—	—
ESE	391	0.030	1.500	1.380	ESE	1197	0.023	1.568	1.448	ESE	3	0.008	—	—
SE	346	0.027	1.534	1.927	SE	1099	0.021	1.570	1.818	SE	2	0.005	—	—
SSE	513	0.040	1.546	3.280	SSE	2590	0.049	1.754	3.271	SSE	19	0.052	3.065	6.023
S	529	0.041	1.857	3.793	S	4344	0.083	2.160	4.299	S	53	0.145	3.211	6.924
SSW	669	0.052	1.704	4.393	SSW	4206	0.080	1.873	4.517	SSW	79	0.216	3.313	7.964
SW	296	0.023	1.179	3.857	SW	1262	0.024	1.256	3.502	SW	14	0.038	2.350	8.626
WSW	152	0.012	0.680	1.934	WSW	666	0.013	0.886	2.063	WSW	4	0.011	2.827	11.935
W	132	0.010	0.793	1.584	W	481	0.009	0.737	0.924	W	2	0.005	—	—
WNW	337	0.026	0.747	0.979	WNW	1158	0.022	0.745	0.787	WNW	1	0.003	—	—
NW	1284	0.099	1.247	1.786	NW	3970	0.076	1.109	1.429	NW	8	0.022	1.506	6.619
NNW	2816	0.217	1.464	2.611	NNW	10812	0.206	1.513	2.945	NNW	94	0.258	3.145	6.768
total	12958	1.000	1.273	2.491	total	52422	1.000	1.417	2.798	total	365	1.000	2.941	7.125

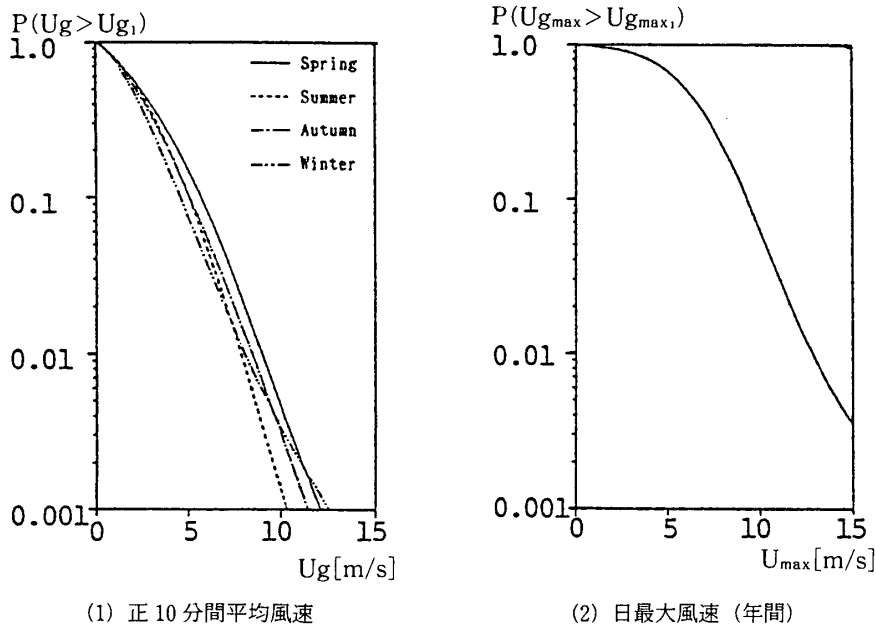


図-5 上空風速の超過確率

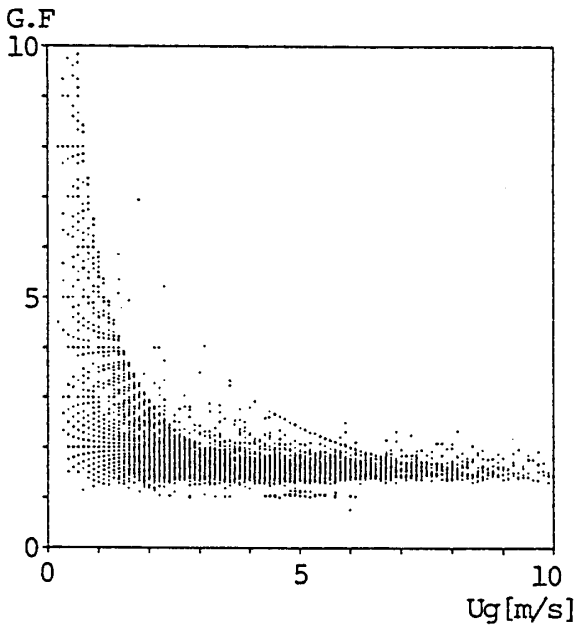


図-6 夏の上空風のカストファクター

にも 0.06 (年間 22 日) と大きい。

4) ガストファクター 図-6 に夏のガストファクター GF の結果を示す。風速の最小測定値は 0.1 m/s なので、GF の重なり合う点が生じた。風速が大きくなると GF は小さくなり、風速 4 m/s 以上で  $GF \approx 1.7$  と一定になる。

### 2.2.2 地上風の調査結果

1) 上空風向別の無次元風速分布 4 m/s を超える上空風速  $Ug^{2)}$  に対して上空風向別に地上レベルの風速  $U$  と上空風速  $Ug$  との風速比  $R(a_n) = U/Ug$  を求めた。表-3 に測点 No. 3 の結果を示す。夏の風速比は 0.26~0.57 にあり、上空風向 E のとき図書館と 5 号館の間を流れる風のために風速比 0.57 が生じた。図-7 に上空風向 NNW, E, SSW, W の無次元風速分布を示す。風速比データは年間である。上空風向 NNW の場合、風は 1 号館、2 号館、6 号館の建物群に遮られるので地上の風速比は 0.24~0.37 と他の風向に比べて小さい。測点 No. 2 は 5 号館後流に位置するので上空風向と逆向きの流れが生じた。上空風向 E の場合は建物の長辺方向に沿った流れが生じて、No. 2~No. 4 で風速比が 0.50~0.52 と大きい。上空風向 SSW は、No. 1, No. 3, No. 4 で上空風向に沿った流れとなり、No. 2 と No. 5 は建物の Wake 域にあるので風速比は 0.31~0.39

で、日最大風速  $Ug_{max}$  は

$$P(Ug_{max} > Ug_{max1}) = \sum A(a_n) \cdot \exp(- (Ug_{max1} / C(a_n))^{K(a_n)}) \dots (3)$$

で表される。図から上空で 4 m/s 以上の 10 分間平均風速が生じる確率は春：0.246、夏：0.191、秋：0.183、冬：0.139 で春のとき最も確率が大きい。日最大風速については 4 m/s 以上の風が吹く確率は 0.80 (年間 292 日) で、10 m/s 以上のとき

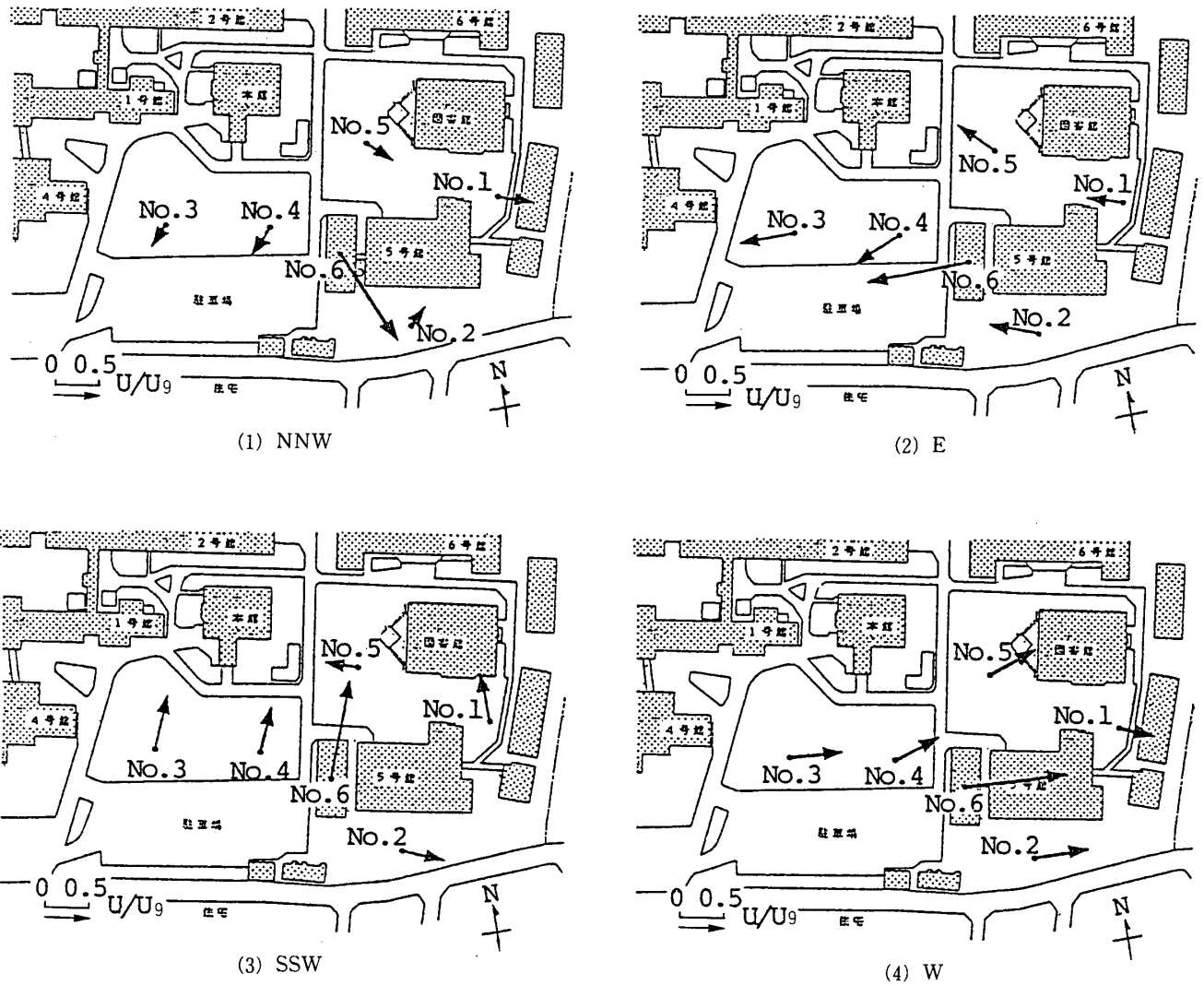


図-7 上空風向別の無次元風速分布 (年間)

表-3 測点NO. 3の平均風速比

(1) 年間			(2) 夏		
w.d	times	R(a <sub>n</sub> )	w.d	times	R(a <sub>n</sub> )
N	2081	0.319	N	617	0.340
NNE	1041	0.375	NNE	232	0.385
NE	175	0.455	NE	22	0.437
ENE	18	0.430	ENE	2	0.374
E	27	0.523	E	10	0.571
ESE	19	0.393	ESE	1	0.357
SE	52	0.452	SE	6	0.490
SSE	921	0.523	SSE	276	0.538
S	2299	0.523	S	844	0.530
SSW	2310	0.526	SSW	645	0.531
SW	502	0.548	SW	28	0.532
WSW	158	0.519	WSW	11	0.489
W	28	0.475	W	2	0.410
WNW	42	0.406	WNW	0	(0.406)
NW	63	0.336	NW	6	0.377
NNW	2554	0.236	NNW	845	0.262
total	12291		total	3547	

と小さい。しかし上空風向 W のとき、No. 2 と No. 5 は 5 号館建物の剝離流の影響で 0.49~0.52 と大きくなる。

2) 風速の超過確率 次式により季節と年間の

地上風速 U の超過確率を計算した。

$$P(U > U_1) = \sum A(a_n) \cdot \exp(-((U_1/R(a_n))/C(a_n))^{K(a_n)}) \dots\dots(4)$$

風速比 R(a<sub>n</sub>) は、例えば表-3(2)に示すように測

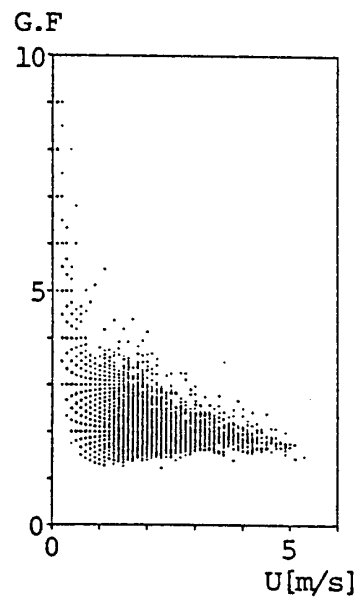
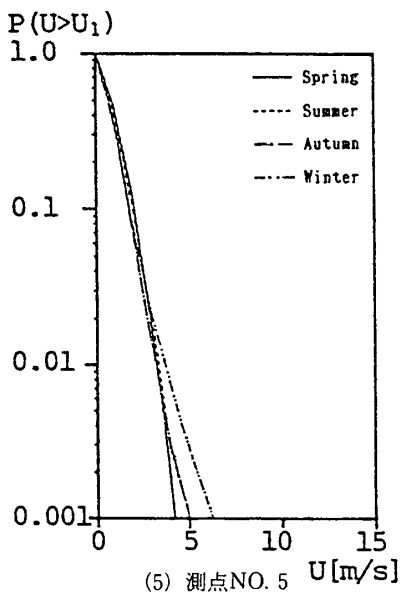
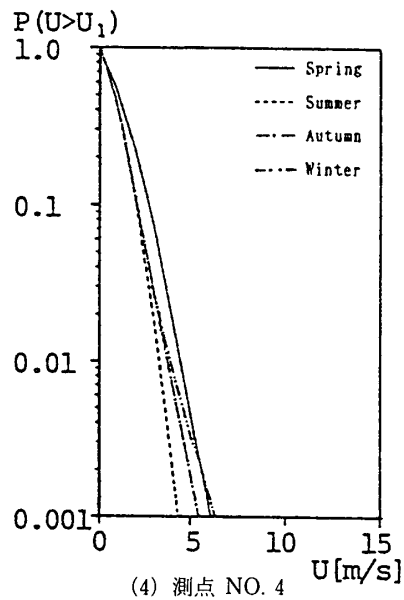
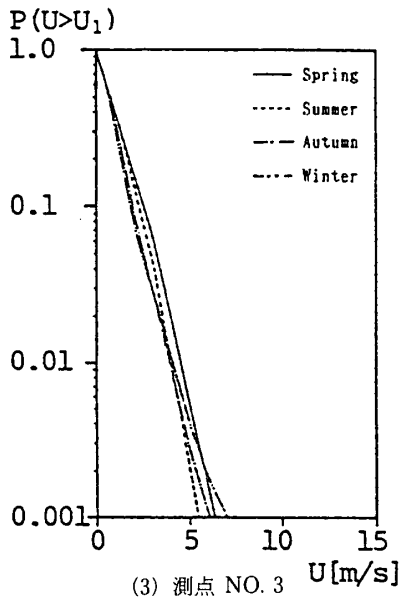
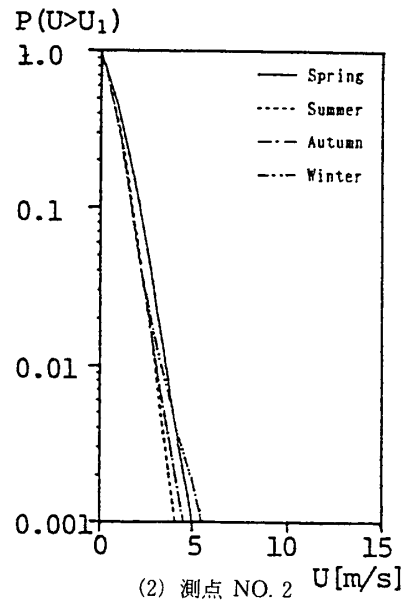
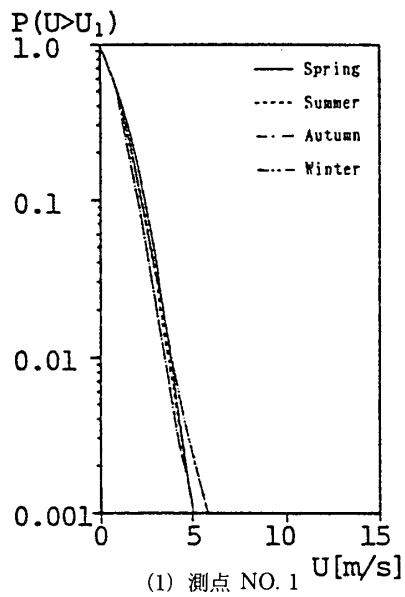


図 8 地上各点の正 10 分間平均風速の超過確率

図-9 夏の測点 NO. 1 のガストファクター

表-4 風環境の評価尺度

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
		日最大風速		
		10/GF	15/GF	20/GF
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) (野外レス トラン)	10% (37日)	0.9% (3日)	0.08% (0.3日)
2 影響を受けやすい用途の場所	(住宅街) (公園)	22% (80日)	3.6% (13日)	0.6% (2日)
3 比較的影響を受けにくい用途の場所	(事務所街)	35% (128日)	7% (26日)	1.5% (5日)

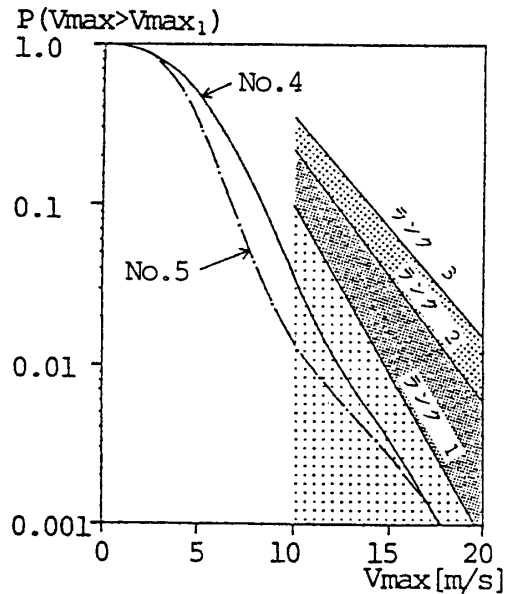
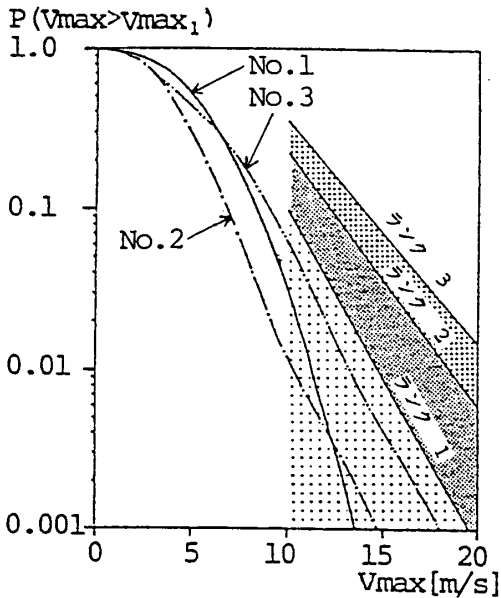


図-10 地上各点の日最大瞬間風速の超過確率 (年間)

点 No. 3 で夏の観測中に生じなかった上空風向 WNW については、年間の平均風速比 0.406 を代用して超過確率を計算した。図-8 に結果を示す。測点 No. 1 の超過確率は季節による差は小さい。測点 No. 4 は 4 m/s を超える風が吹く確率は春：0.019，夏：0.002，秋：0.006，冬：0.009 で夏，秋，冬，春の順で大きくなる。

3) ガストファクター 図-9 に測点 No. 1 の夏の結果を示す。地上風速の最大値は 5.2 m/s。風速 3 m/s 以上で GF=1.9~2.0 となる。上空風と比べて乱れのためにやや大きくなる。

### 3. 風環境の評価

日最大瞬間風速の発生頻度を用いた評価方法に

従い、地上レベルの風環境の評価をした。評価尺度は一般市街地に対する村上の提案<sup>4)</sup>を用いた。

#### 3.1 評価尺度

表-4 に評価尺度を示す。この尺度は人に対する風の影響が最も鮮明に現れる日最大瞬間風速を指標にし、その超過確率 (年間の出現日数を併記) によって評価しようとするものである。また、風速を 3 段階、評価地域の用途についても 3 段階に分けており、種々提案されている評価尺度の中でもきめ細かく配慮された尺度である。

#### 3.2 日最大瞬間風速の超過確率

地上レベルの日最大瞬間風速  $V_{max}$  に対する超過確率は風速比  $R(a_n)$  とガストファクター GF を用いて、

$$P(V_{\max} > V_{\max_i}) = \sum A(a_n) \cdot \exp(- (V_{\max_i}/R(a_n)/GF)/C(a_n))^{K(a_n)} \dots(5)$$

で表すことができる。ここでワイブル係数は年間の日最大風速の係数を、風速比は年平均値を用いた。ガストファクターは風環境としての強風を問題としているので、平均風速が大きいときのガストファクターに着目し、建物周辺のガストファクターをすべて2.0として超過確率を計算した。

### 3.3 各地点の評価

図-10に結果を示す。日最大瞬間風速が10 m/sを超える確率は測点No.1:0.032, No.2:0.012, No.3:0.065, No.4:0.037, No.5:0.014で測点No.3が最も大きい。しかしNo.3でも10 m/sを超える発生日数は年間24日で、ランク1の37日以下である。いずれの地点も評価尺度のランク1の線を超えていない。したがって、5号館周辺の風環境は空間用途の例として野外レストランとしても適切な風環境であると判定される。

## 4. まとめ

- 1) 厚木市上空風の1年間の観測データから正10分間平均風速と日最大風速のワイブル係数を得た。
- 2) 上空で4 m/s以上の10分間平均風速の風が生じる確率は冬, 秋, 夏, 春の順に大きくなる。
- 3) 季節の卓越風向は春: NNW, S, 夏: NNW, S, 秋: NNW, 冬: NNWで、春と夏に海陸風の影響でSとNNWの卓越風向が観測さ

れた。

- 4) 低層建物周辺の地上3.0 mにおけるガストファクターは平均風速が3 m/s以上で約1.9~2.0, 上空風は平均風速が4 m/s以上で約1.7となった。
- 5) 工学部5号館周辺の各地点の風速超過確率は評価尺度のランク1以下で、風環境としては野外レストランの用途としても適切な風環境であると判定された。

謝辞 実測を行うに当たり計測器の使用について本学建築学科教授小林信行氏の協力を得ました。また、観測データの整理は元卒研究生松木滋, 高田英夫, 卒研究生 水田真, 佐藤俊之の各氏の協力を得ました。ここに深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) 小林, 大場, 村上: 実測に基づく市街地の風環境の評価, 東京工芸大学工学部紀要, Vol. 8, No. 1, 44-55, 1985
- 2) 大場, 小林, 村上: 移動式三杯風速計を用いた長期実測に基づく市街地地表付近の風環境評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 382, 10-19, 1987
- 3) 村上, 新建築学体系 8, 彰国社, 139-142, 1984
- 4) 村上, 岩佐, 森川: 居住者の日誌による風環境調査と評価尺度に関する研究, 日本建築学会論文報告集, 325, 74-84, 1983