

キャンパス内の風観測結果の分析

－その1 台風時と非台風時の風特性－

日大生産工 ○丸田 榮藏

1 はじめに

日本大学生産工学部キャンパス内は、普段の日でも比較的風が強い。最近、高さ37mの教室棟が建ち各所で歩行障害等の発生が認められている。建設後の台風時にはキャンパス内の桜の木が倒壊し、また歩行に著しく困難を与えるなど障害が生じている。

これらを契機に、2006年から3D-Sonic（超音波風速計）を風洞棟屋上10m（地上19m）に設置し観測を開始した。当初は、時折発生する強風を目当てに簡易風速計10台を駆使しながら地上強風地点の計測を試みてきたが、今回2D-Sonic(Gill社)を5台設置する機会を得て、2008年12月から地上での瞬間風速に関する定点観測が可能となった。さらに5号館屋上15m（地上35m）に3D-Sonicを設置し、2009年4月から観測を開始した。

本報は、2009年10月8日、潮岬に上陸した台風18号、2010年2月7日の春一番、同3月21日、4月2日の春の季節風時、さらに7月12日の夏期における突風記録を採取する機会を得たことから、24時間にわたり分析を試みると同時に、台風時と非台風時の特性について比較検討したものである。

2 観測システム

地上5地点の風速計（2D-Sonic）は、地盤面から3m（歩行者のいたずらを回避した高さ）とし、Fig. 1のNo. 1～No. 5の位置に設置¹⁾、5号館および22号館（風洞棟）では3D-Sonicをそれぞれ地上35mと19mの高さに設置ポール・避雷針の影響を避けて設置した。Sonicの計測軸（X・Y）は、地上点および22号館についてはY軸を磁北に合わせ、5号館についてはY軸と磁北とは40°のズレを生じているので後日解析的に補正している。

サンプリングによる記録は、2D-Sonicは0.25sec、22号館3D-Sonicは0.25sec、そして5号館の3D-Sonicは0.05secとなっている。

また、記録Dataの収録は、3D-Sonicについては10分間ごとに、2D-Sonicは1時間ごとに備付けのP.C.に転送した。各Dataは、約1か月毎に回収しサーバーに正時の時計時刻を併記して保存している。

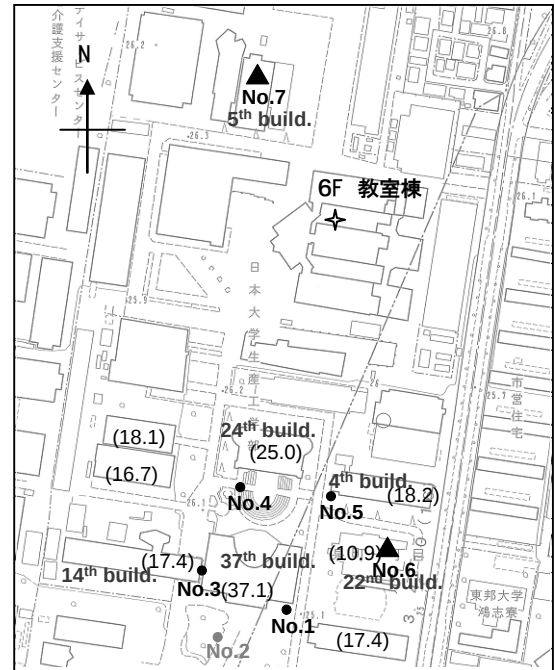
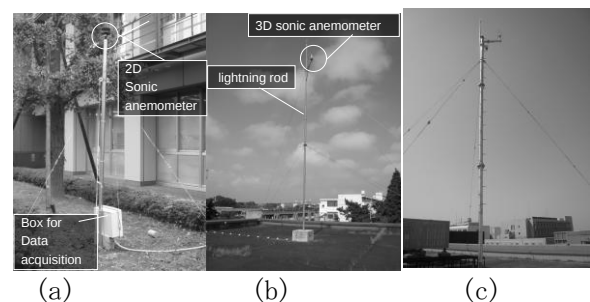


Fig. 1 生産工学部キャンパス内の計測地点



(a) 2D-Sonic(地上5地点), b: 2D-Sonic(風洞棟屋上), c: 3D-Sonic(5号館屋上)

Photo. 1 キャンパス内に設置した風速計

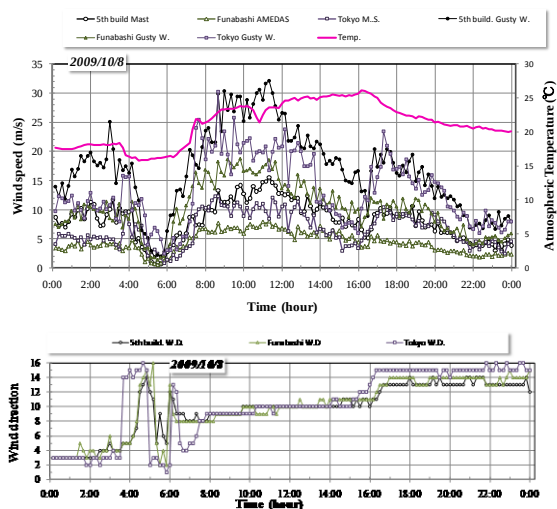
Analysis of Wind Observation in Campus

－ Part 1 Wind Characteristics in a Case of Typhoon and Not －

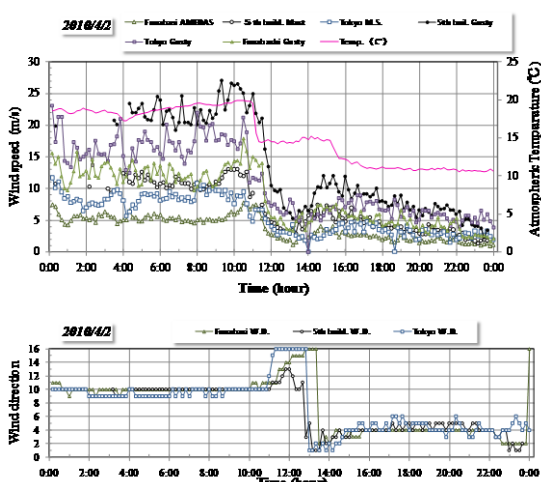
Eizo MARUTA

3 基準点風速の決定

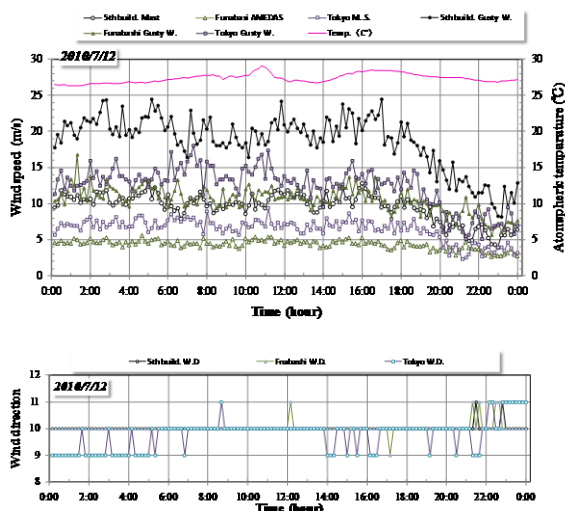
キャンパス内の風環境を評価するためには、地域を代表する周辺の障害物の影響を受けない基準風速を選定する必要がある。5号館屋上15m



(a) 2009/10/8 (台風)



(b) 2010/4/2 (春の季節風)



(c) 2010/7/12 (夏の強風)

Fig.2 台風時と非台風時の風特性（気象庁、船橋アメダス、5号館屋上風速の時系列比較）

に設けた3D-Sonic風速記録が基準点となり得るかどうかを検討した。Fig.2は、東京気象庁と船橋アメダスの風速記録に対する5号館風速記録の比較を示している。

5号館風速計は気象庁風速計とは約50kmと離れているため、風向の最大風速の発生時刻に遅れが生じていたり、また風向に多少のずれが生じているものの、船橋アメダスとは約1kmと近いことから変化の傾向は類似している。特に、台風時のほぼ360°に変化する風向（NE～SSW）においても10分間平均風速と瞬間風速ともに風速値に相違はあるが同じ履歴性状を示していることから、基準点として十分期待できるものと考えられる。

Fig.3は、5号館屋上で最大瞬間風速 $V=32.4\text{m/s}$ を観測した時間帯におけるu, v, w-成分の10分間変動風速記録に対するパワースペクトルを示している。結果は、これまでの観測記録に見られるものとそん色ないものと考えられる。ただ、0.2～0.3Hz付近には、卓越したピークが認められるが明確には原因が見当たらない。

また、Fig.4は、Fig.2(a)に認められる特徴的な4つの時間帯、すなわち（1）台風の先導時（風向NE）、

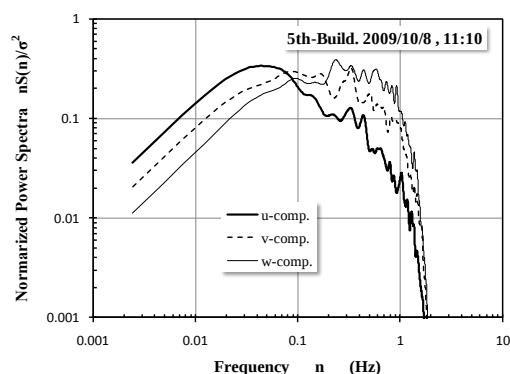


Fig.3 5号館屋上で観測した最大風速発生時のパワースペクトル(SSW)

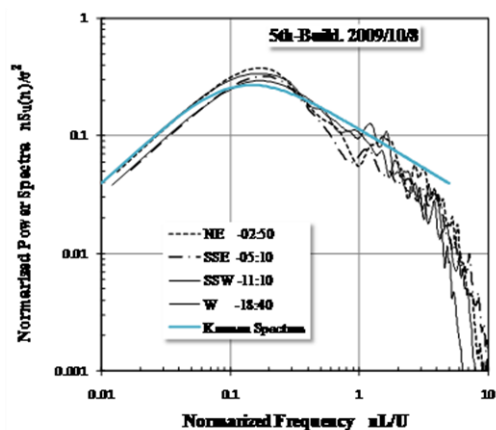


Fig.4 異なる時間帯でのパワースペクトル

(2) 台風の眼の通過時間と思われる弱風時（著しい風向変化NE～W～S）、(3) 最大風速発生時（主たる風向SSW）、(4) 第二波目の最大風速発生（風向がWに変化）に分けて、その代表的な時間の記録に対してパワースペクトルを求め正規化して示すとともにKarman スペクトルと合わせて比較している。この結果から、風速の強弱にかかわらず幅広い風速域で乱流構造は類似していると考えてよい。

Fig. 5は、24時間にわたる10分間平均風速 V_{10} に対するガストファクター G_v について、先の特徴的な時間帯に分けて示したものである。(2)の台風の眼が通過する時間帯の G_v は、風速 $V_{10} < 3\text{m/s}$ において $G_v > 3.5$ と大きい。その他の時間帯では、概ね $G_v = 2.0$ を中心風速増大とともに収れんしている。

Fig. 6は、同じく4つの特徴的な時間帯での乱れのスケール（積分スケール） L_x を風速 U （主流方向の平均風速）に対して示している。結果は、風速増大につれて L_x も全ての時間帯で増大する傾向にある。

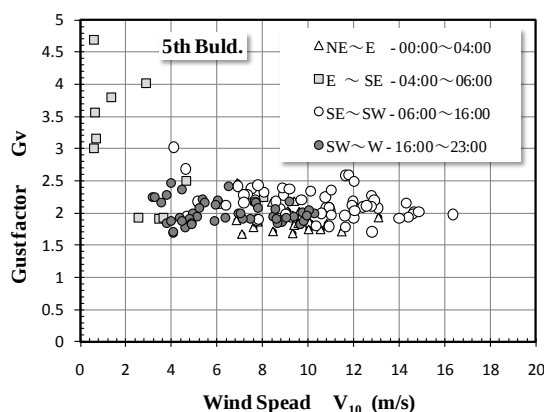


Fig.5 10分間平均風速に対するガストファクター G_v

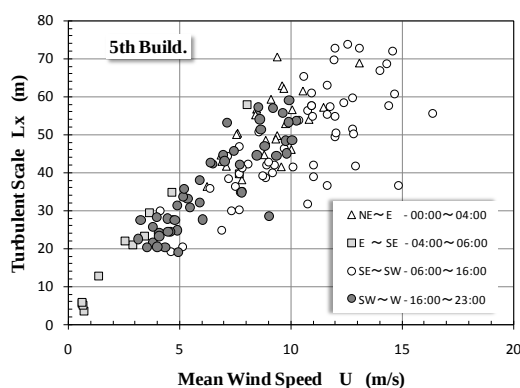


Fig.6 特徴的な時間帯における L_x

以上、5号館屋上（地上35m）に設置された3D-Sonic風速計による観測値は、台風時の観測結果に限定したとしても周囲の障害物による影

響も小さく、かつ乱流構造的にも計測可能とみなされ、十分に地域を代表する基準風速なりうるものと考えた。

4 台風時と非台風時の風特性比較

4.1 ガストファクター G_v の特性

風環境を評価する際、強風発生頻度の予測が必要となる。特に、評価する地点における瞬間風速に関する発生確率予測が不可欠となる。この発生確率は、(1)式のWeibull 超過確率分布関数を用いて予測することが一般的である。

このことから、(1)式から明らかなように瞬間風速に関する風速発生確率を算定するには、評価地点での風向別（方位別）のガストファクター G_i （突風率＝瞬間風速/平均風速）がどのような性状を示すかについて明らかにしなければならない。さらに、このガストファクター G_i が、風速の強弱や風向による変化を認めるにしても台風・季節風・日常風などに対して違いがあるとすれば、 G_i の設定が複雑で困難となると予想される。

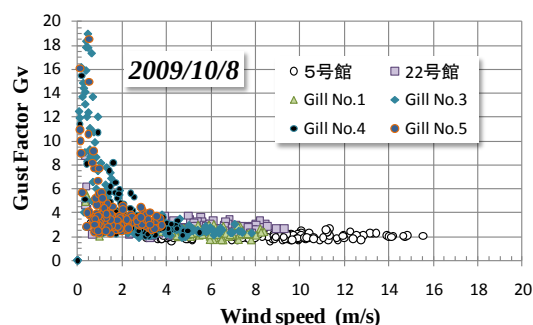
$$\hat{P}(> v) = \sum_i A_i \cdot e^{-\left(\frac{v}{C_i G_i} \right)^{K_i}} \quad \text{---(1)}$$

ここに、 A_i 、 C_i 、 K_i ：最寄り気象測候所の風配値、ワイブルパラメータ、 G_i ：ビル風評価地点のガストファクター、 v ：確率変数(m/s)、 i ：方位を表している

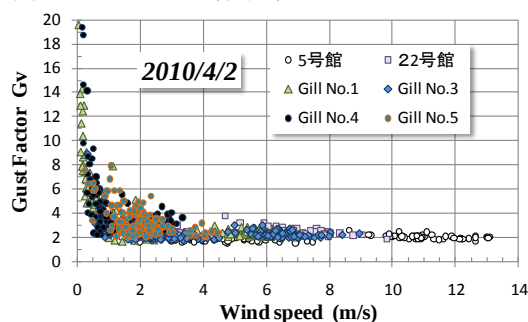
Fig. 7は、台風時と非台風時の代表として春の季節風、夏期の強風について、10分間平均風速 V_{10} に対するガストファクター G_v （評価時間1秒）の関係を全ての観測点について示している。

ここで、5号館風速計は基準点（高さ35m）であり比較的周囲の建築物による影響を受けない、それに反して22号館風速計はFig. 1に見られるように、37号館（高さ37m）や南北方向にある3・4号館（高さ約17～8m）の影響を受けている。さらにGill No.1は37号館のコーナーに位置し、Gill No.3は、14号館と37号館のピロティの影響をGill No.4はサンクンガーデン（24号館と37号館の間）の複雑な流れと予想される位置に、そしてGill No.5は4号館のコーナーに位置するが周囲に22号館等に囲まれ南北方向の風については弱められるなど、それぞれ特徴をもって選定されている。

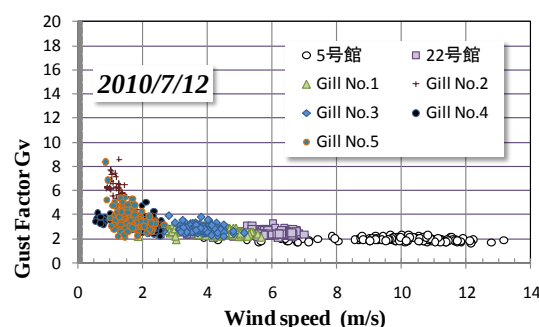
以上の地点の置かれた条件をもとにFig. 7をみると、全体的に $V_{10} < 3\text{m/s}$ ではバラツキが大きく、高風速の $G_v = 2.0$ に漸近する傾向にある。



(a) 2009/10/8 (台風)



(b) 2010/4/2 (春の季節風)



(c) 2010/7/12 (夏の強風)

Fig. 7 台風時と非台風時のGv特性

- (1) 5号館風速計：風速変化に対してほぼGvの差異は小さい（Gv=2.0～2.3）。
- (2) 22号館風速計：WSW方向からの風に対しては風下となり、低風速ではGv>3.0となるがその他の風向ではGv=2.3～3.0となっている。
- (3) Gill No.1～No.5の地上風速計：地上3mの風は、5号館風速計と相違し周辺の建築物や樹木による風速の加速（建築物コーナーのはく離、ピロティの収束流、2棟間の収束流）や減速（建築物の風上に位置する風のよどみ域、建築物後流域、樹木による防風効果）の影響を強く受ける。特に、Fig.7-(a)台風時には台風の進行とともに風向変化が大きく、風が減速域に入ることになり、V₁₀<1 m/sではGv=3.0～20.0以上と極めて高い値を示すことになる。一方、7月12日の夏の強風時には、風向に大きな変化（S～SW）がなく、Gvの変動幅も小さい傾向にある。

4.2 乱れ強さ σ/V_{10} の特性とGvの関係

風の乱れは、風の強弱による変動の外に風向変動の影響も含んでいる。一般的には10分間に生じる変動を表す。Table1に示されるように、5号館は周囲建築物の影響が少ないことから、v,w成分の変動はu成分に比べて小さく、地上点では乱れが大きく増大する傾向となる。特に、Gill No.4とNo.5では周囲建物の影響による風向変動が高くなり乱れの増大につながっている。

Table 1 各観測点のGvと乱れの強さの平均値

	2009/10/8				2010/4/2		2010/7/12	
	Gv	σ_u/V	σ_v/V	σ_w/V	Gv	σ_u/V	Gv	σ_u/V
5号館	2.07	0.344	0.274	0.177	1.92	0.302	1.95	0.315
22号館	2.69	0.447	0.363	0.251	2.43	0.474	2.49	0.393
Gill No.1	2.60	0.536	0.667	-	2.51	0.533	2.51	0.440
Gill No.3	3.23	0.714	0.605	-	2.19	0.312	2.85	0.408
Gill No.4	3.30	0.593	0.602	-	3.31	0.693	3.19	0.438
Gill No.5	3.44	0.755	0.667	-	3.14	0.608	3.58	0.776

また、乱れの強さ σ_u/V_{10} （風速変動/平均風速）は、ガストファクターGvとは(2)式で関係づけられる。Fig.8は、台風時における風速V₁₀と乱れの強さ σ_u/V_{10} の関係を示している。この図は、Fig.7のガストファクターと極めて類似したものとなっており、(2)式の関係を変えて妥当なものとしている。

$$G_v = 1 + g \cdot \frac{\sigma_u}{V_{10}} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 σ_u はu成分の変動風速(m/s)、gはピークファクター（瞬間風速の評価時間1秒では、約g=3.3～3.4）、そしてV₁₀は主流方向の10分間平均風速(m/s)である。

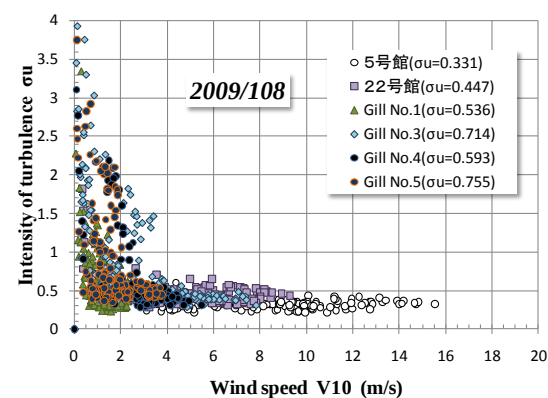


Fig. 8 各観測点の風速に対する乱れの強さ（台風時24時間中の σ_u ）

参考文献

- 1) 丸田榮藏・岡田玲、校舎内の風観測とビル風予測の検討（その1・その2）、風工学年次講演会2009
- 2) 丸田榮藏、台風時に観測されたキャンパス複数地点における風分析、平成22年度AHLLOS 旭川（北総研）