

# 粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた建物周辺気流に関する基礎的研究 市街地の地表面付近における風環境測定

T15K670A 江川 将史 指導教員 赤林 伸一 教授

## 1 研究目的

都市の居住環境を評価する上で重要な要素の一つに風環境がある。風環境を悪化させる原因の一つに建物の高密度・高層化が挙げられる。密集した市街地は、郊外に比較して地表面付近全体の平均風速は遅くなるが、風向・風速の乱れが大きく、局所的に突風が発生する可能性も高い。

風環境は、最大瞬間風速の出現頻度を用いて評価される。市街地における平均風向・風速とガストファクター（以下:GF=最大瞬間風速/平均風速）の空間分布を明らかにすることは都市の風環境を評価する上で重要である。

本研究では、粒子画像流速測定法<sup>\*1</sup> (PIV:Particle Image Velocimetry) により市街地モデルを対象に 16 風向に対する地表面付近の気流性状を解析し、平均風向・風速と GF の空間分布を明らかにすることを目的とする。

## 2 研究概要

**2.1 実験概要:** 図 1 に実験対象建物モデルの概要と建物配置を、表 1 に実験条件を示す。建物モデルの一辺を H(50[mm]) とし、case1 では、H(奥行き) × H(幅) × 2H(高さ) の中層建物モデル、case2 では、H(奥行き) × H(幅) × 4H(高さ) の高層建物モデルを対象とする。両モデルとも隣棟間隔は、0.5H<sup>\*2</sup> とする。市街地モデルは、建物モデルを 6 × 6 列整列配置する。市街地モデル全体のグロス建蔽率<sup>\*3</sup>は、約 41[%] である。PIV 測定対象位置は、市街地モデルの風上側から 4 列目と 5 列目の隣棟間の中心<sup>\*4</sup> とし、地表面<sup>\*5</sup> (z=4.0[mm]) の水平断面である。市街地モデルに対して平行方向の風向角を 0° とし、22.5° 毎に風向を変化させる。両モデルとも主風向に対し、建物配置が点対象であるため 3 風向のみの測定を行う。

**2.2 PIV 測定の概要:** 表 2 に測定機器の仕様、表 3 に PIV 測定パラメータ、図 2 に風洞<sup>\*6</sup> と実験装置の概要を示す。

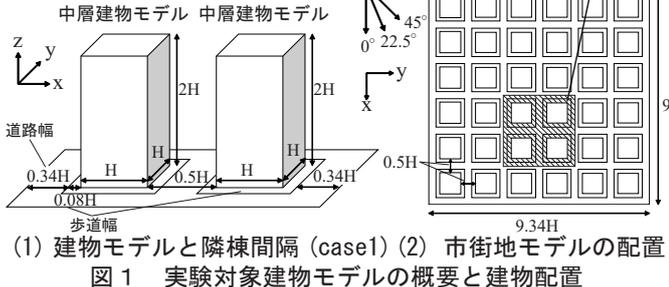


表 1 実験条件

測定 case	高さ	風向角
case1-1	2H	0°
case1-2		22.5°
case1-3		45°
case2-1	4H	0°
case2-2		22.5°
case2-3		45°

H: 建物の一辺の長さ (50[mm])

## 3 解析結果

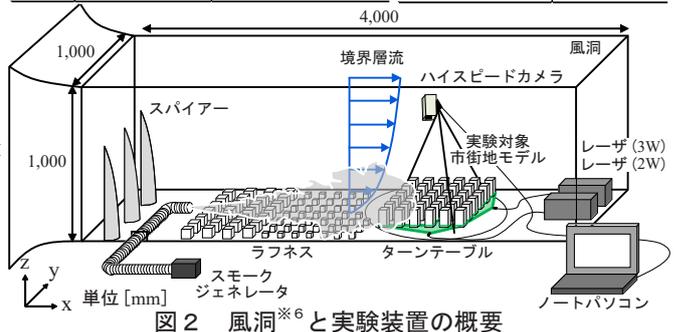
測定対象エリアを 5 つに分割し、図 3 に示す。図 4、5 に各 case の平均風速比ベクトル分布と GF の分布を、図 6 に各 case の風速比と GF の関係を示す。解析結果は、高さ 4H の基準風速 2.9[m/s] に対する風速比で表す。

**3.1 case1 (図 4、図 6 (1)):** case1-1 のエリア A、C、E では風速比 0.5 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。エリア B、D では風速比 0.1 程度で風上側から流出し、風下側から流入する。エリア B、D における GF は 3.0 以上となり、左右対称の気流性状となる。case1-2 のエリア A、C、E では風速比 0.5 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。エリア B、D では風速比 0.1 ~ 0.3 程度で風上側から流入し、風速比 0.2 程度で風下側から流出する。エリア B、D における GF は 1.5 以上となる。case1-3 のエリア A、B、D、E では風速比 0.4 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。

**3.2 case2 (図 5、図 6 (2)):** case2-1 のエリア A、C、E では風速比 0.6 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。エリア B、D では風速比 0.2 程度で風上側から流出し、風下側から流入する。エリア B、D における GF は 1.5 以上となり、左右対称の気流性状となる。case2-2 のエリア A、C、E では風速比 0.6 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。エリア B、D では風速比 0.1 ~ 0.5 程度で風上側から流入し、風速比 0.3 程度で風下側から流出する。エリア B、D における GF は 1.0 以上となる。case2-3 のエリア A、B、D、E では風速比 0.5 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。

## 3.3 各 case の比較: 風速比は case2 の方が高くなり、表 2 測定機器の仕様 表 3 PIV 測定パラメータ

Camera	Photron FASTCAM SA3	測定断面	水平断面
Laser	DPGL-3W	LD 励起 Ld: YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532[nm] 出力: 3[W]	画像サイズ [pixel] 1,024 × 1,024
	DPGL-2W	LD 励起 Ld: YAG/YVO <sub>4</sub> レーザ 波長: 532[nm] 出力: 2[W]	キャリブレーション値 [mm/pixel] 0.18
SoftWare	カメラ制御	Photron FASTCAM Viewer ver. 3.3.8	測定対象領域 [mm] 181 × 181
	PIV 解析	Flow-Expert ver1. 2.13	測定時間 [sec] 11
			測定間隔 2[ms] (500[fps])
			検査領域 [pixel] 23 × 23
			探索領域 [pixel] ±15 × ±15



GFの大きい地点の割合はcase1の方が多くなる。風向角が0°から22.5°毎に変化した場合、両caseともに隣棟間に沿う気流性状となり、GFの分布はエリアA、Eでは大きくなるが、エリアB、Cでは小さくなる傾向が見られる。また、建物高さが変化した場合、風向角0°のエリアB、Dでは渦の発生地点が異なる気流性状となる。GFの分布はエリアBの右端、エリアDの左端においてcase1-1ではモデル壁面でGFが大きくなるが、case2-1では隣棟間の中心でGFが大きくなる。風向角22.5°の気流性状とGFの分布は概ね同様となる。風向角45°の気流性状は概ね同様となるが、GFの分布はエリアCにおいてcase1-3では中心に近づくほどGFが大きくなるが、case2-3では均一な分布となる。

#### 4 まとめ

- ① 風速比はcase2の方が高くなり、GFの大きい地点の割合はcase1の方が多くなる。
- ② 建物高さが変化した場合、風向角0°のときの気流性状とGFの分布は異なる。風向角22.5°のときの気流性状とGFの分布は概ね同様となる。風向角45°のときの気流性状は概ね同様となるが、GFの分布は異なる。

- ※1 流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させ、その動きを動画として撮影し、個々の微粒子あるいは微粒子群の移動距離と撮影間隔から速度ベクトルを算出する方法の総称。  
 ※2 隣棟間には歩道と道路を想定し、歩道幅を0.08H×2、道路幅を0.34Hとする。  
 ※3 建物の建築面積の合計を道路等の公共用地を含めた全体面積で除したものの。  
 ※4 建物モデルを周期的に配置した場合、風上側第3列目より風下では気流分布はほとんど変化しないことが明らかとなっている。  
 ※5 縮尺を1/500とすると、地上高さ2.0[m]に相当する。  
 ※6 新潟大学所有の可視化用風洞(4,000[mm](長さ)×1,000[mm](幅)×1,000[mm](高さ))。接近流は $U \propto Z^{1/4}$ (U: 風速、Z: 高さ)の流入プロファイルを持つ。

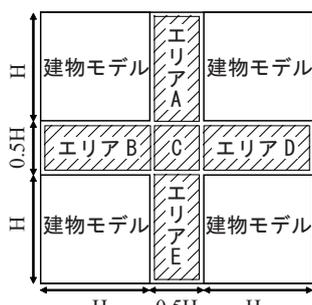
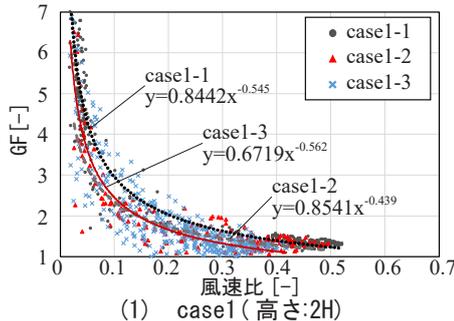
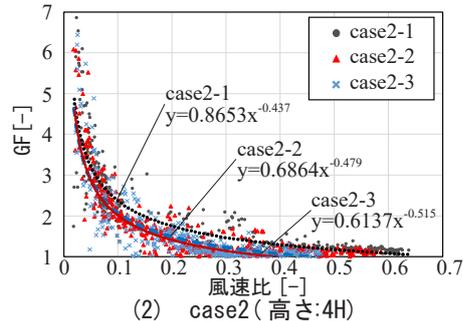


図3 5分割した測定対象エリア



(1) case1 (高さ:2H)



(2) case2 (高さ:4H)

図6 各caseの風速比とGFの関係

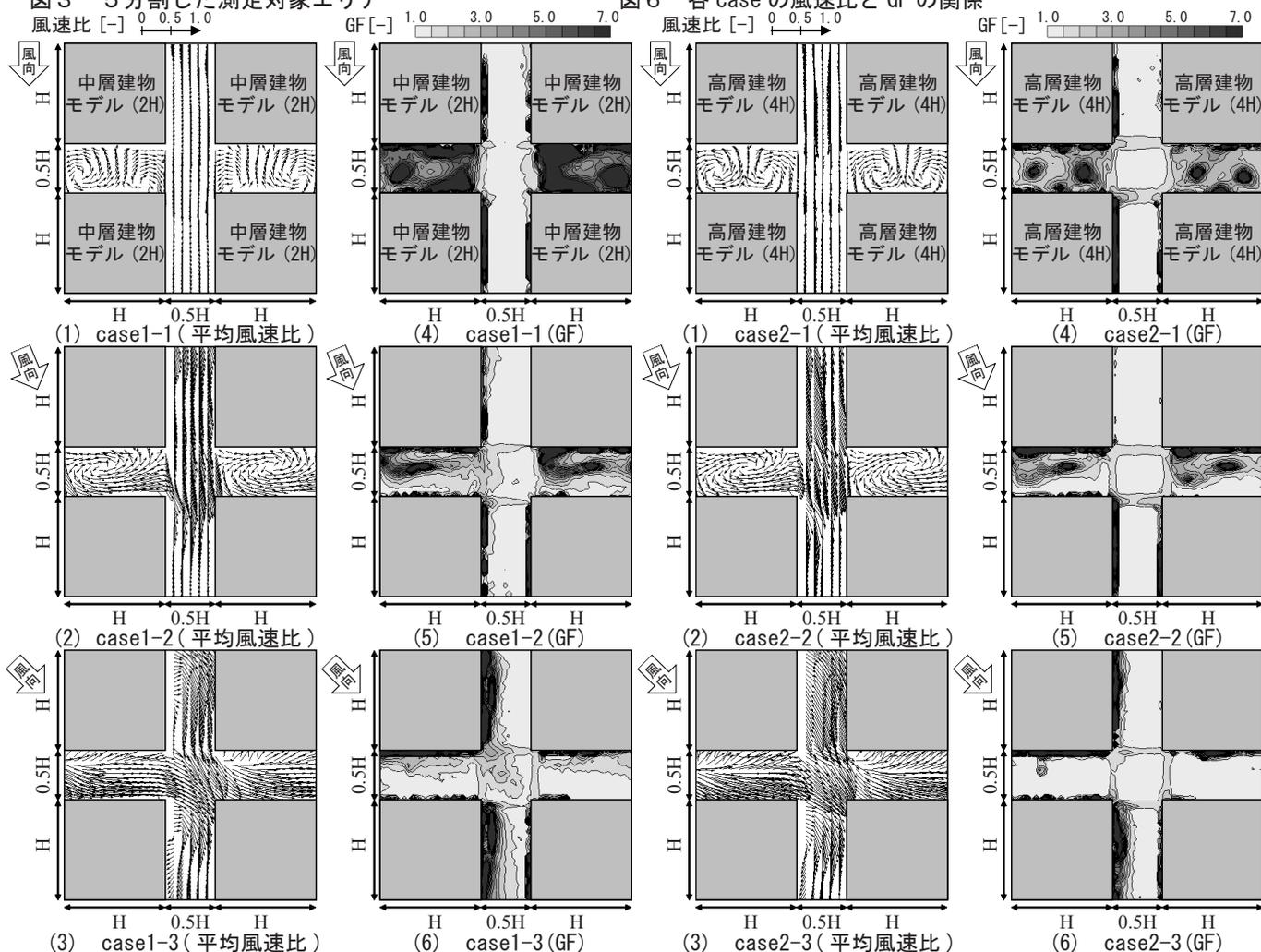


図4 case1の平均風速比ベクトル分布とGFの分布

図5 case2の平均風速比ベクトル分布とGFの分布