

粒子画像流速測定法 (PIV) を用いた建物周辺気流に関する研究
市街地モデルを対象とした気流性状の測定

小栗 壮太 指導教員 有波 裕貴 助教

1 研究目的

本研究では、粒子画像流速測定法 (PIV) ^{※1}を用いて、建物高さや隣棟間隔を変化させた市街地モデルを対象に、水平面及び鉛直面の気流性状を明らかにし、更に平均風速及び最大瞬間風速の比較・検討を行う。

2 研究概要

2.1 実験概要：図1に建物モデルの概要と建物配置を、表1に実験 case を示す。建物モデルは底辺の一边を H(50[mm]) とし、H(奥行き) × H(幅) × 2H(高さ) とした中層建物モデル、H(奥行き) × H(幅) × 4H(高さ) とした高層建物モデルとする。case1 は中層建物モデルのみ、case2 は高層建物モデルを風上側から3列目に2棟配置する。隣棟間隔^{※2}は0.5HとHとする。建物モデルを4 × 4列の整列配置とし、市街地モデルとする。市街地モデル全体のグロス建蔽率^{※3}は、隣棟間隔が0.5Hで約37.9[%]、Hで約19.8[%]である。測定対象面は市街地モデルの風上側から2列目と3列目の隣棟間の中心で、地表面付近^{※4}(z=4.0[mm])の水平断面と建物モデル中心を通る鉛直断面とする。風向は市街地モデル1列目に対して直交方向とする。

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に可視化用風洞^{※5}と実験装置の概要の概要、図3にエリア別の測定対象水平断面を示す。

3 実験結果

実験結果は、風洞内の基準高さ0.2[m](高層建物モデル高さ4H)の風速2.2[m/s]に対する平均風速比で示す。図4に水平断面における平均風速比ベクトル分布、図5に鉛直断面における平均風速比ベクトル分布、図6に各

エリアの瞬間風速の時間変化^{※6}を示す。

3.1 各 case の気流性状

(1)case1-1:水平断面(図4(1))のエリアA、C、Eでは、平均風速比0.3～0.6程度で隣棟間に沿って流れ、最大瞬間風速比(図6(1)(a))は0.8程度となる。エリアB、Dでは、平均風速比0.1～0.2程度で市街地中心に向かう流れになり、最大瞬間風速比(図6(1)(b))は0.3程度となる。鉛直断面(図5(1))では、平均風速比は0.1程度であり、地表面への吹きおろしは殆ど見られない。地表面付近での最大瞬間風速比(図6(1)(c))は0.1程度となる。

(2)case1-2:水平断面(図4(2))のエリアA、C、Eでは、平均風速比は0.2～0.5程度で隣棟間に沿って流れ、最大瞬間風速比(図6(2)(a))は0.8程度となる。エリアB、Dでは、平均風速比0.1～0.3程度の渦が発生する。最大瞬間風速比(図6(2)(b))は0.4程度となる。鉛直断面(図5(2))では、平均風速比は0.1程度であり、吹きおろしは殆ど見られない。地表面付近での最大瞬間風速比(図6(2)(c))は0.2程度となる。

(3)case2-1:水平断面(図4(3))のエリアA、C、Eでは、平均風速比0.3～0.5程度で隣棟間に沿って流れ、最大瞬間風速比(図6(3)(a))は0.9程度となる。エリアB、Dでは、平均風速比0.1～0.3程度で吹きおろされ、最大瞬間風速比(図6(3)(b))は0.6程度となる。鉛直断面(図5(3))では、平均風速比0.3～0.7程度で吹きおろしが発生する。地表面付近での最大瞬間風速比(図6(3)(c))は0.1程度となる。

表1 実験 case				表2 測定機器の仕様			
測定 case	3 列目の建物モデル	隣棟間隔	断面方向	Camera	ハイスピードカメラ	Photron FASTCAM SA3	
case1	case1-1	中層建物モデル 高さ 2H	0.5H	Laser	DPGL-3W	LD 励起 Ld: YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532 [nm] 出力: 3 [W] × 2 台	
	case1-2	中層建物モデル 高さ 2H	H			LD 励起 Ld: YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532 [nm] 出力: 2 [W]	
case2	case2-1	高層建物モデル 高さ 4H	0.5H		DPGL-2W	LD 励起 Ld: YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532 [nm] 出力: 2 [W]	
	case2-2	高層建物モデル 高さ 4H	H			LD 励起 Ld: YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532 [nm] 出力: 2 [W]	
				SoftWare	カメラ制御	Photron FASTCAM Viewer ver. 4.0.2.1	
					PIV 解析	Flow-Expert ver1.2.13	

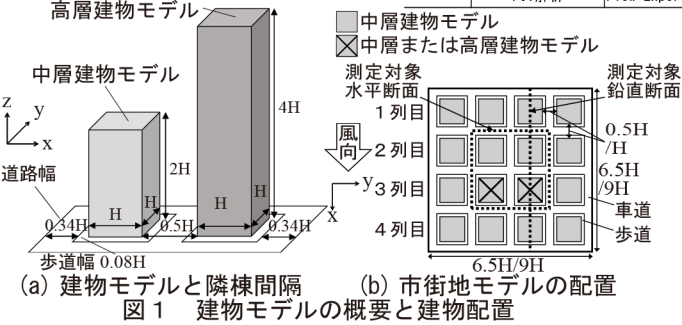
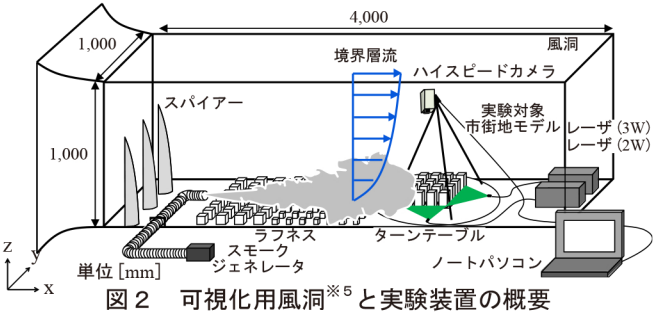


表3 PIV 測定パラメータ				
測定断面	水平断面		鉛直断面	
測定 case	case1-1 case2-1	case1-2 case2-2	case1-1 case2-1	case1-2 case2-2
画像サイズ [pixel]	1,024 × 1,024			
キャリブレーション値 [mm/pixel]	0.17	0.17	0.31	0.39
測定対象領域 [mm]	172 × 172	177 × 177	322 × 322	397 × 397
測定時間 [sec]	11			
測定間隔	2 [ms] (500 [fps])			
検査領域 [pixel]	25 × 25	24 × 24	14 × 14	11 × 11
探索領域 [pixel]	±30 × ±30	±30 × ±30	±20 × ±20	±16 × ±16



(4) case2-2 : 水平断面 (図 4 (4)) のエリア A、E では、平均風速比 0.2 ~ 0.5 程度で隣棟間に沿って流れる。エリア C では、エリア B、D から平均風速比 0.1 ~ 0.5 程度の風が吹きおろされ、平均風速比 0.3 程度で主風向に沿って流れる。最大瞬間風速比 (図 6 (4) (a)) は 0.8 程度となる。エリア B、D での最大瞬間風速比 (図 6 (4) (b)) は 0.7 程度となり、吹きおろされた気流による乱れが顕著となる。鉛直断面 (図 5 (4)) では、建物高さの気流が平均風速比 0.5 程度で地表面に吹きおろされ主風向と逆方向に流れる。地表面付近での最大瞬間風速比 (図 6 (4) (c)) は 0.5 程度となる。

3.2 各 case における最大瞬間風速の比較 : case1-1 に対して case1-2 での最大瞬間風速比は、エリア A、C、E (図 6 (1) (a)、(2) (a)) において 0.9 倍程度、エリア B、D において水平断面 (図 6 (1) (b)、(2) (b)) で 1.1 倍程度、鉛直断面の地表面付近 (図 6 (1) (c)、(2) (c)) で 1.4 倍程度となる。case2-1 に対して case2-2 での最大瞬間風速比は、エリア A、C、E (図 6 (3) (a)、(4) (a)) において 0.8 倍程度、エリア B、D において水平断面 (図 6 (3) (b)、(4) (b)) で 1.3 倍程度、鉛直断面の地表面付近 (図 6 (3) (c)、(4) (c)) で 3.5 倍程度となる。case1-1 に対して case2-1 での最大瞬間風速比は、エリア A、C、E (図 6 (1) (a)、(3) (a)) において 1.0 倍程度、エリア B、D において水平断面 (図 6 (1) (b)、(3) (b)) で 2.1 倍程度、鉛直断面の地表面付近 (図 6 (1) (c)、(3) (c)) で 1.2 倍程度となる。case1-2 に対して case2-2 での最大瞬間風速比は、エリア A、C、E (図 6 (2) (a)、(4) (a)) において 1.1 倍程度、エリア B、D において水平断面で 2.3 倍程度 (図 6 (2) (b)、(4) (b))、鉛直断面の地表面付

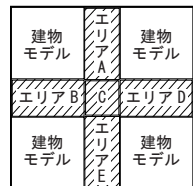


図3 エリア別の測定対象水平断面

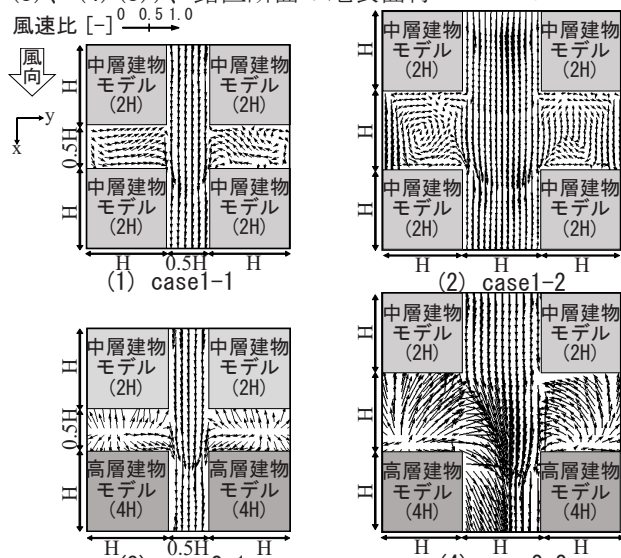


図4 水平断面における平均風速比ベクトル分布

近で 3.0 倍程度 (図 6 (2) (c)、(4) (c)) となる。

4 まとめ

- ① case1-1 と比較して case1-2 では、隣棟間隔が大きい
ため、エリア B、D では他エリアからの風の流入入
により、渦が形成されやすい。
- ② case2-1 と比較して case2-2 では、隣棟間隔の大きい
方が平均風速比が高い状態で吹きおろし、エリア B、
D の最大瞬間風速比は 1.3 倍程度となる。
- ③ case1 よりも case2 の方が吹きおろしの影響が大き
く、最大瞬間風速比が高い。特に case1-2 と比較して
case2-2 の最大瞬間風速比は 2.3 倍程度となる。

- ※1 PIV: Particle Image Velocimetry の略称。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、隣棟間隔 0.5H のとき歩道幅を 0.08H × 2、道路幅を 0.34H とし、隣棟間隔 H のとき歩道幅は 0.5H の場合と同一で道路幅を 0.84H 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敷地面積で除したものの。
- ※4 縮尺を 1/500 とすると、地上高さ 2.0[m] に相当する。
- ※5 可視化用風洞の寸法は 4,000[mm] (長さ) × 1,000[mm] (幅) × 1,000[mm] (高さ) である。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。
- ※6 PIV 測定で得られた 2 [ms] 毎の瞬時風速データ 27 個を平均した値を瞬間風速とする。また、水平断面の瞬間風速比の値は各エリア中心の周囲 4 点の瞬間風速比、鉛直断面の値は隣棟間の中心の地表面付近 4 点の平均値で算出する。

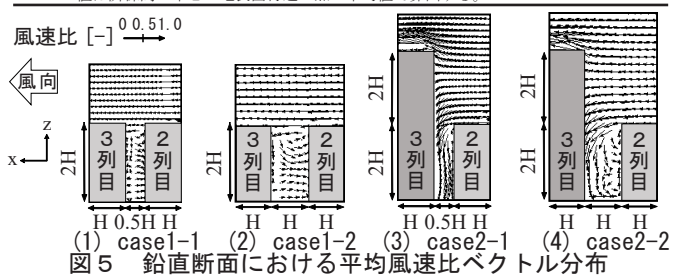


図5 鉛直断面における平均風速比ベクトル分布

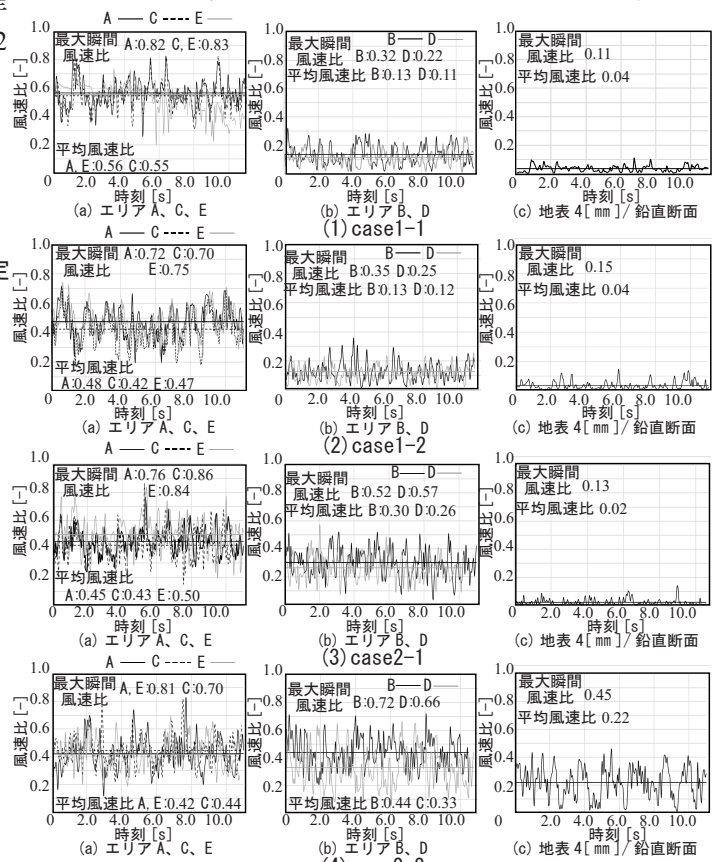


図6 各エリアの瞬間風速の時間変化