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







本研究では、粒子画像流速測定法 (PIV) *1を用いて、建物高さと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とし、平均風速及び最大瞬間風速の比較・検討を行う。

※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である。





表 1 実験case

3 列目	の建物モデル	隣棟間隔	断面方向							
.1		0. 5H	水平							
円/増	中層建物モデル 高さ 2H		鉛直							
2		Н	水平							
72			鉛直							
1		ル 0.5H	水平							
高層	高層建物モデル		鉛直							
2	高さ 4H	Н	水平							
			鉛直							
- - <u>-</u>	-1 -2 -2 -1 高層	-1 -2 -2 -2 -2 -2 -1 高層建物モデル	中僧建物モテル 高さ 2H H 2-1 高層建物モデル 高さ 4H							

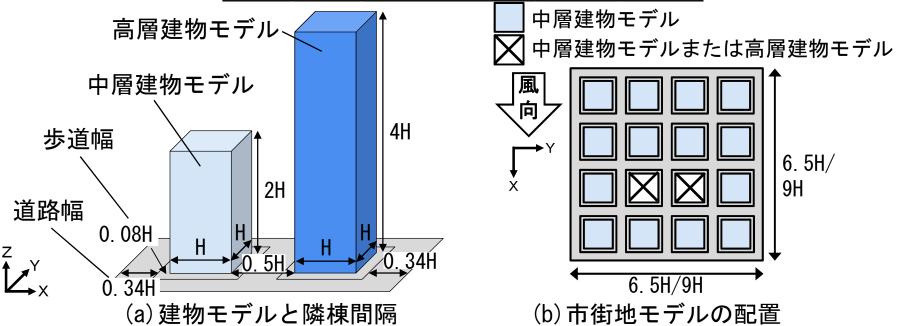


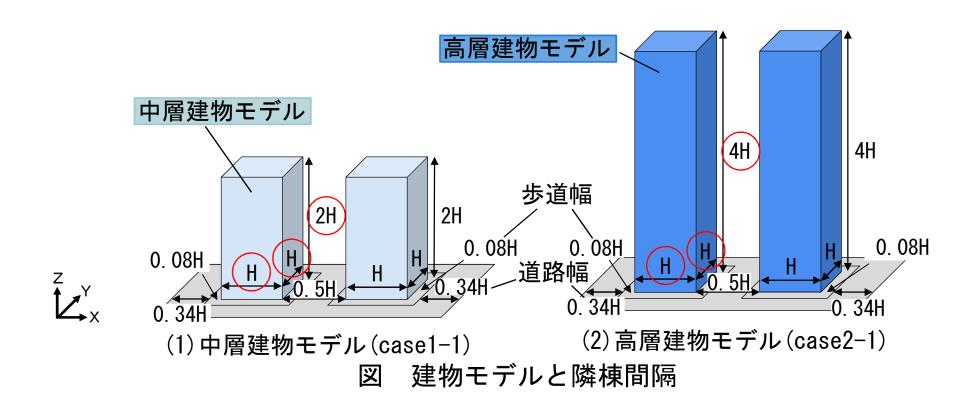
図1 建物モデルの概要と建物配置



実験概要



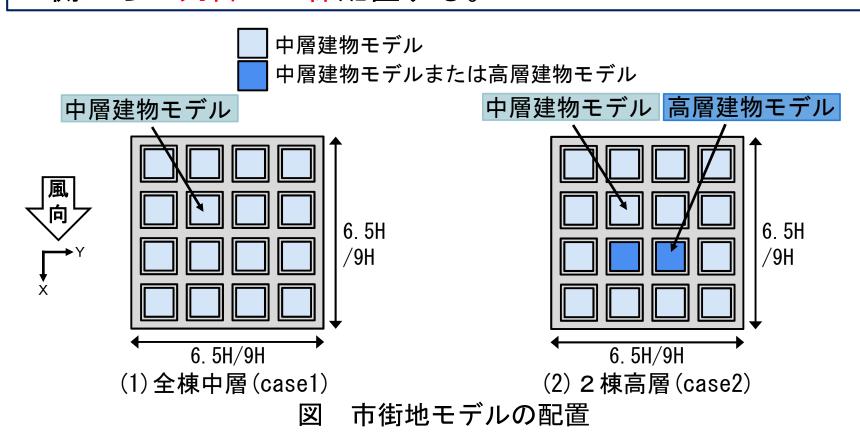
建物モデルは底辺の一辺をH(50[mm])とし、 $H(奥行き) \times H(幅) \times 2H(高さ)$ とした中層建物モデル、 $H(奥行き) \times H(幅) \times 4H(高さ)$ とした高層建物モデルとする。







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。

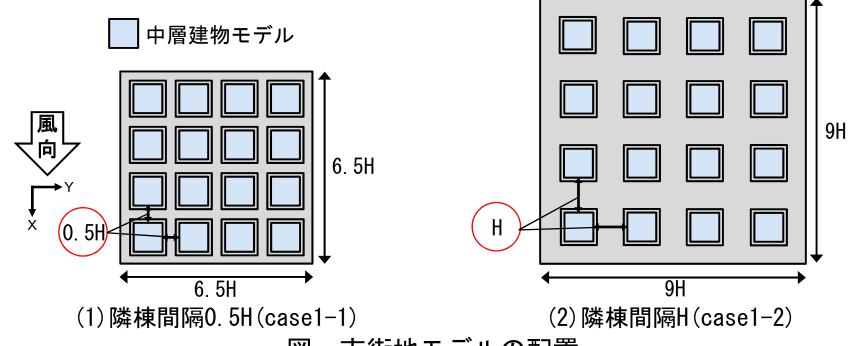




実験概要



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。

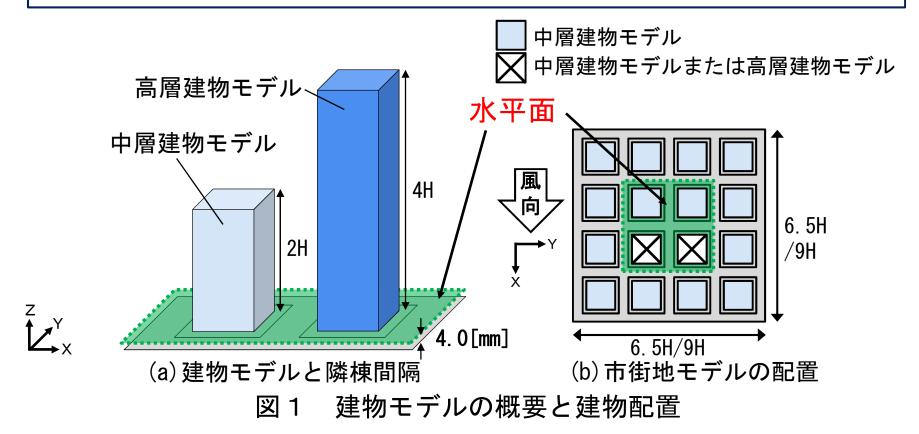


- 図 市街地モデルの配置
- ※2 隣棟間には歩道と道路を想定し、隣棟間隔が0.5Hのとき歩道幅を0.08H×2、道路幅を0.34Hとし、隣棟間隔Hのとき歩道幅は0.5Hの場合と同一で道路幅を0.84Hとする。
- ※3 建物の建築面積の合計を道路等の公共用地を含めた全体面積で除したもの。





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¾4(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。

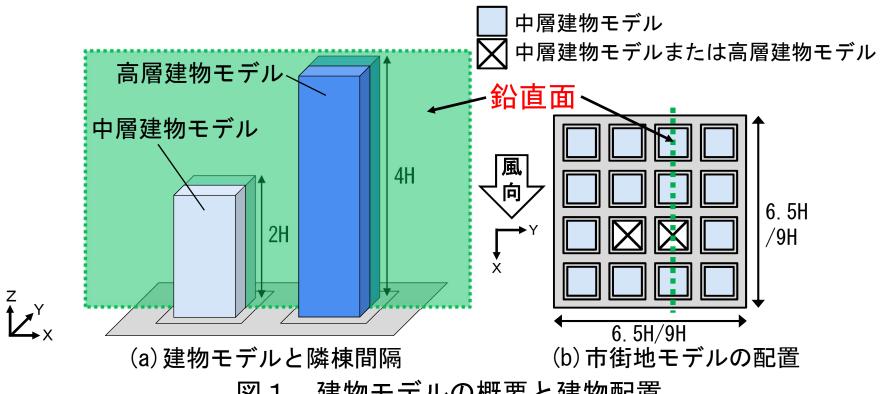


※4 縮尺を1/500とすると、地上高さ2.0[m]に相当する。





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。



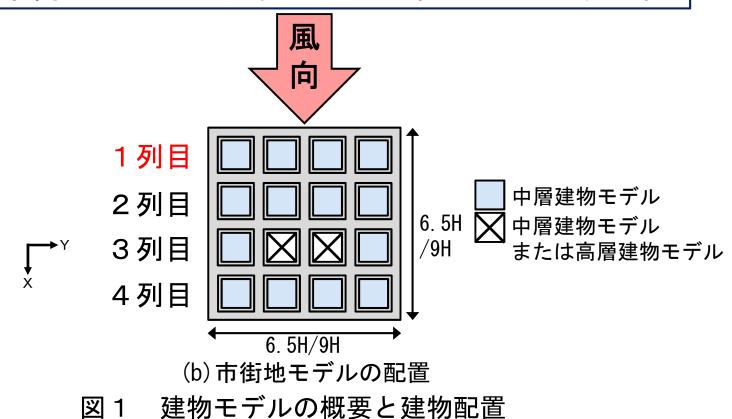
建物モデルの概要と建物配置 図 1

縮尺を1/500とすると、地上高さ2.0[m]に相当する。 X 4





風向は市街地モデル1列目に対して直交方向とする。





PIV測定の概要

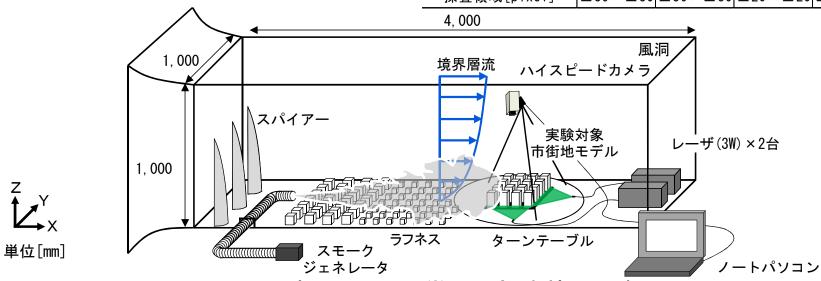


表 2	測定機器の仕様

表 3	PIV測定パラメータ	タ
-----	------------	---

Camera	ハイスピードカメラ	Photron FASTCAM SA3			
Laser .	DPGL-3W	LD励起Ld:YAG/YV0 ₄ レーザ 波長:532[nm] 出力:3[W]×2台			
	DPGL-2W	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			

	., ., .		_	
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
探査領域[pixel]	$\pm 30 \times \pm 30$	$\pm 30 \times \pm 30$	±20×±20	±16×±16



可視化用風洞※5と実験装置の概要

※5 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))である。接近流はU∝Z¹/4(U:風速、Z:高さ)の流入プロファイルを持つ。





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]に対する風速比で示す。

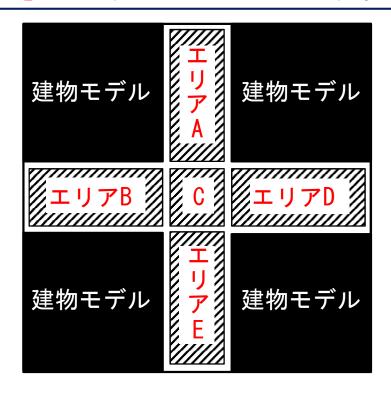
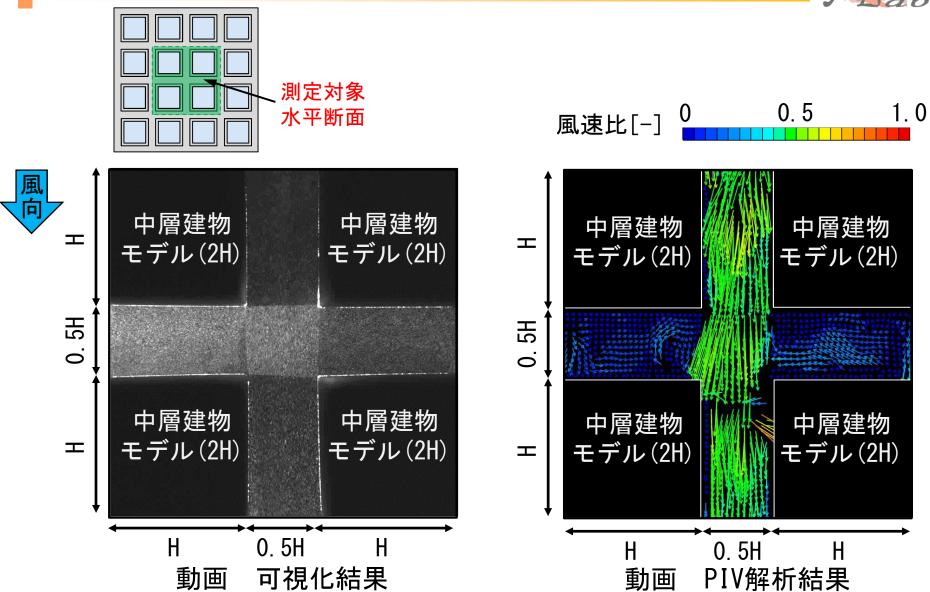


図3 エリア別の測定対象水平断面



case1-1(高さ2H、隣棟間隔0.5H)、水平断面



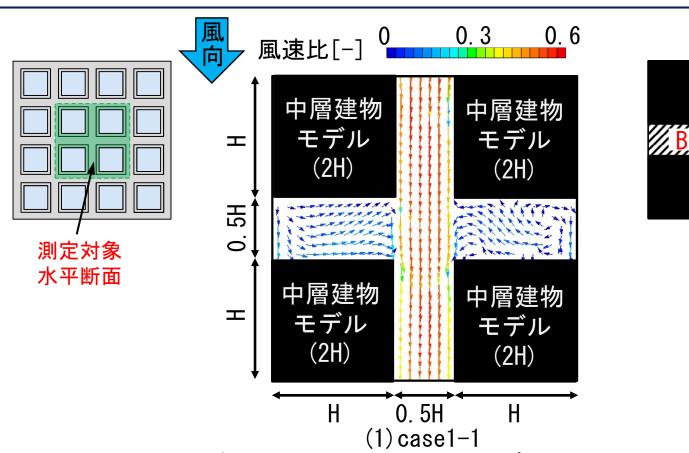




case1-1(高さ2H、隣棟間隔0.5H)、水平断面



case1-1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、最大瞬間風速比は0.3程度となる。



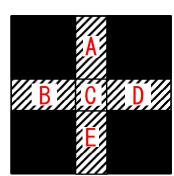
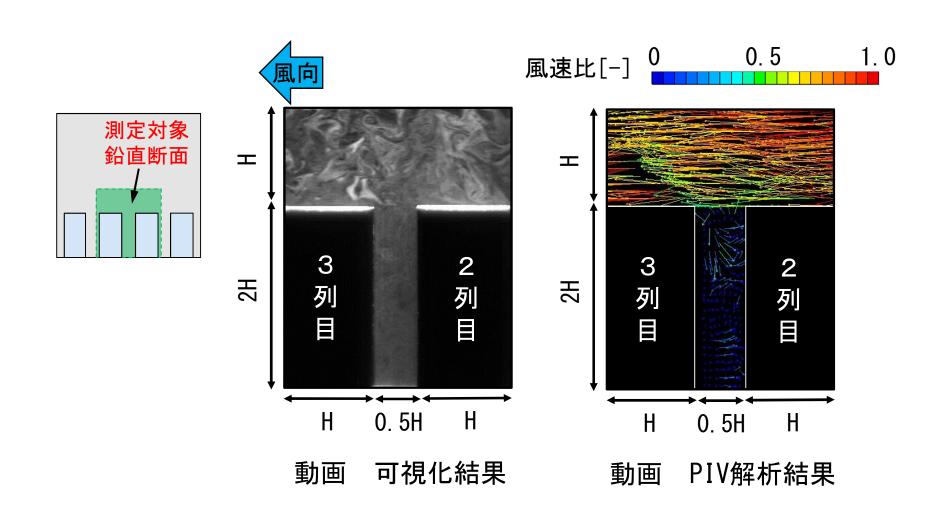


図4 水平断面における平均風速比ベクトル分布



case1-1(高さ2H、隣棟間隔0.5H)、鉛直断面



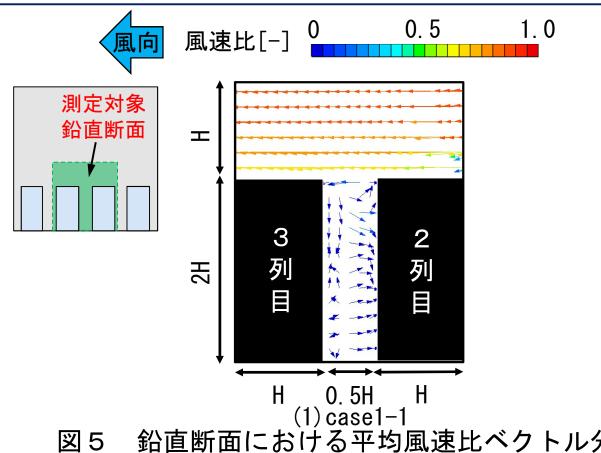




case1-1(高さ2H、隣棟間隔0.5H)、鉛直断面



鉛直断面では、平均風速比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。地表面での最大瞬間風速比は0.1 程度となる。

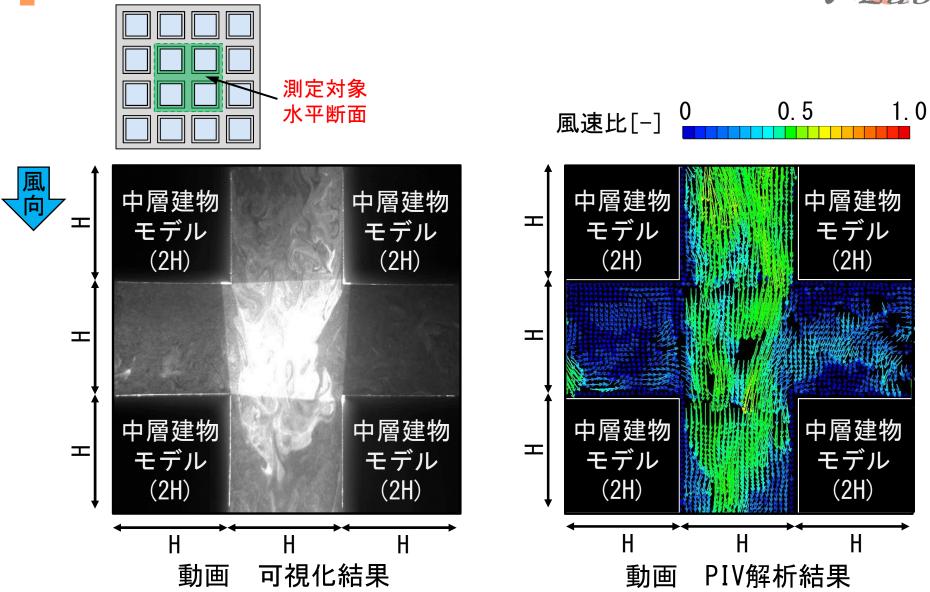


鉛直断面における平均風速比ベクトル分布



case1-2(高さ2H、隣棟間隔H)、水平断面



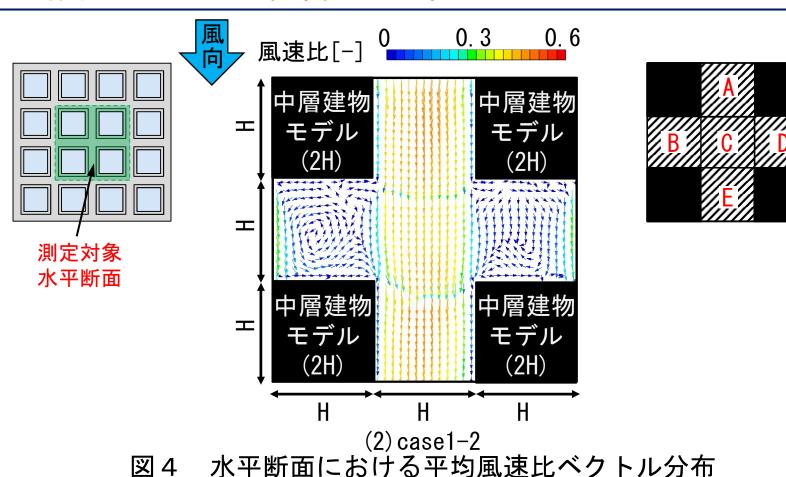




case1-2(高さ2H、隣棟間隔H)、水平断面



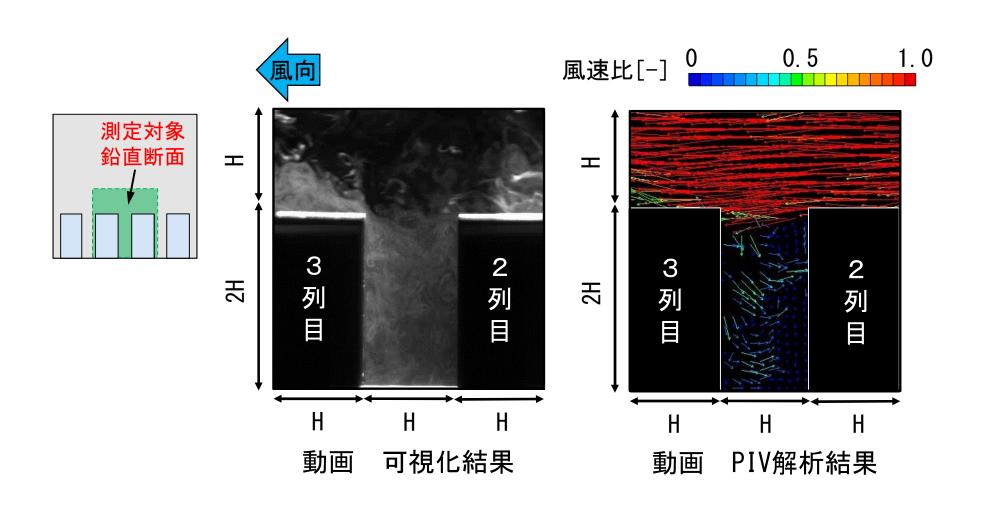
case1-2のエリアA、C、Eでは、平均風速比0.2~0.5程度で 隣棟間に沿って流れ、最大瞬間風速比は0.8程度となる。エ リアB、Dでは平均風速比0.1~0.3程度の渦が発生する。最 大瞬間風速比は0.4程度となる。





case1-2(高さ2H、隣棟間隔H)、鉛直断面



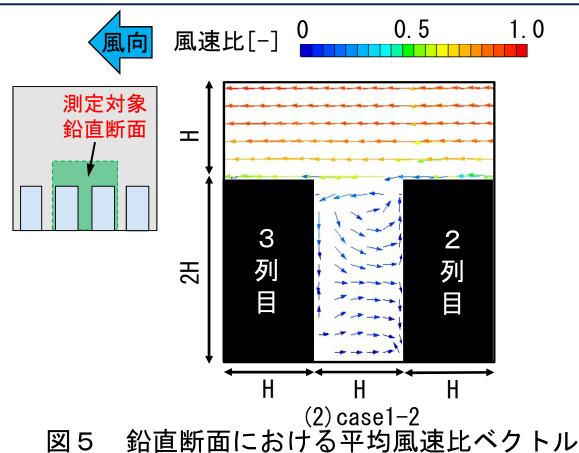




case1-2(高さ2H、隣棟間隔H)、鉛直断面



鉛直断面では、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は0.2程度 となる。

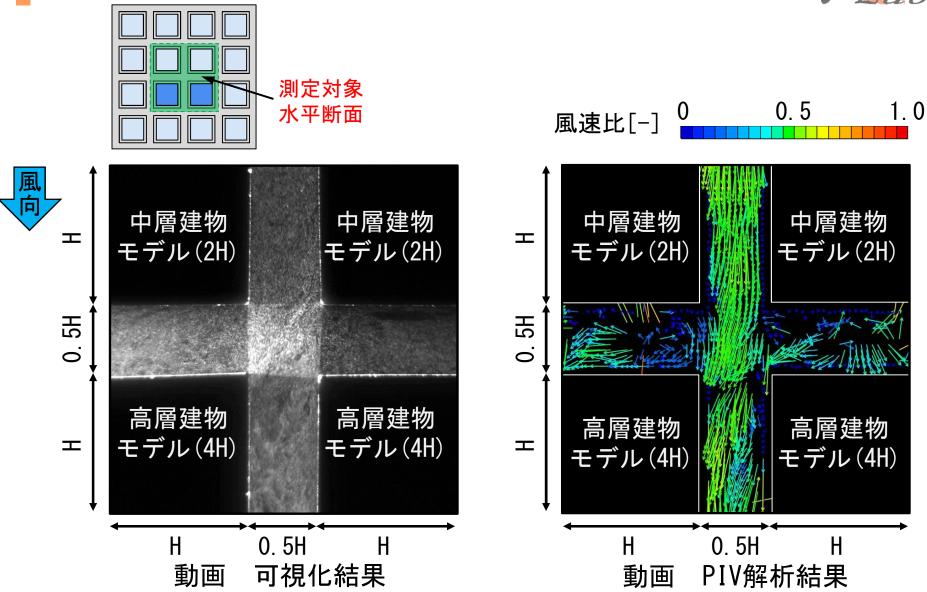


鉛直断面における平均風速比ベクトル分布



case2-1(高さ4H、隣棟間隔0.5H)、水平断面







case2-1(高さ4H、隣棟間隔0.5H)、水平断面



case2-1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、 最大瞬間風速比は0.6程度となる。

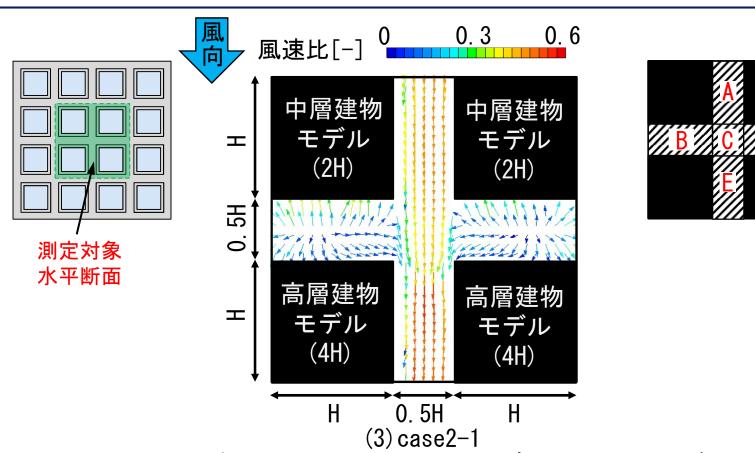
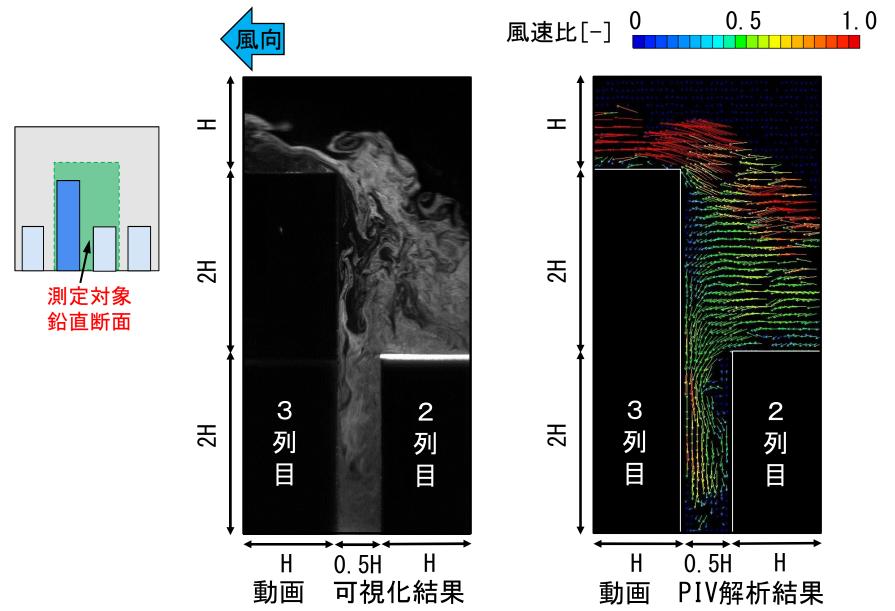


図4 水平断面における平均風速比ベクトル分布

ø

case2-1(高さ4H、隣棟間隔0.5H)、鉛直断面







case2-1(高さ4H、隣棟間隔0.5H)、鉛直断面



鉛直断面では、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は0.1程度となる。

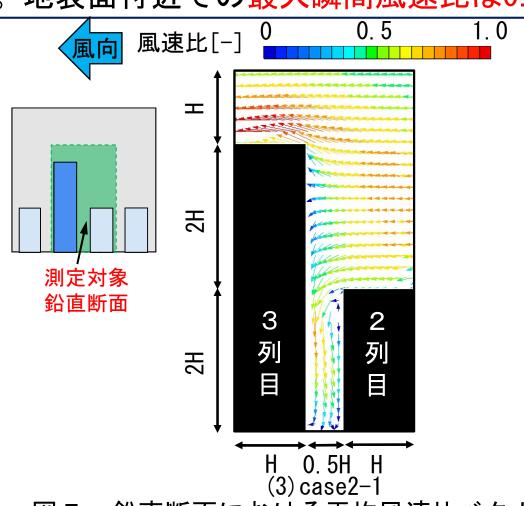
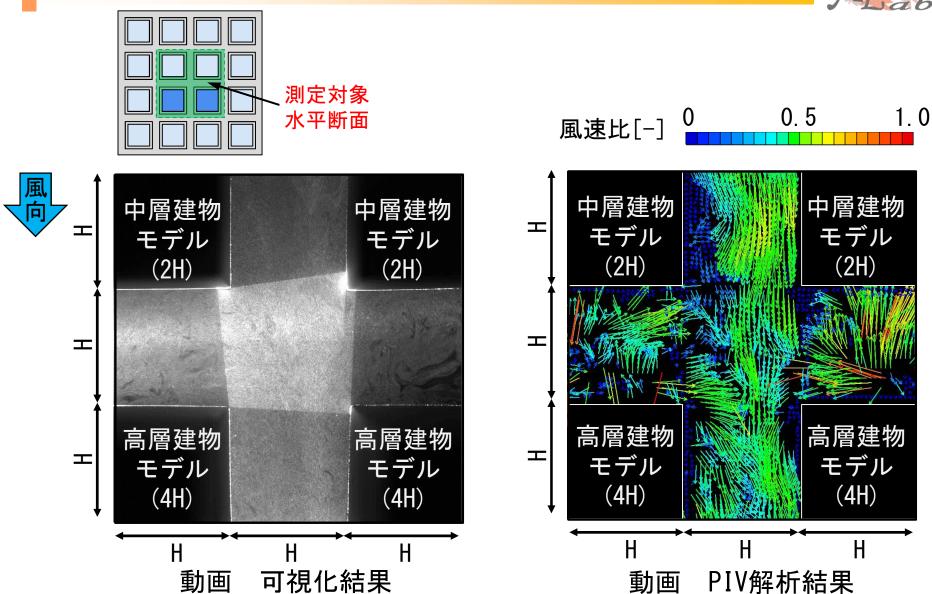


図5 鉛直断面における平均風速比ベクトル分布



case2-2(高さ4H、隣棟間隔H)、水平断面







case2-2(高さ4H、隣棟間隔H)、水平断面



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程度の風が吹き下ろされ、平均風速比0.3程度で主風向に沿って流れる。最大瞬間風速比は0.8程度となる。

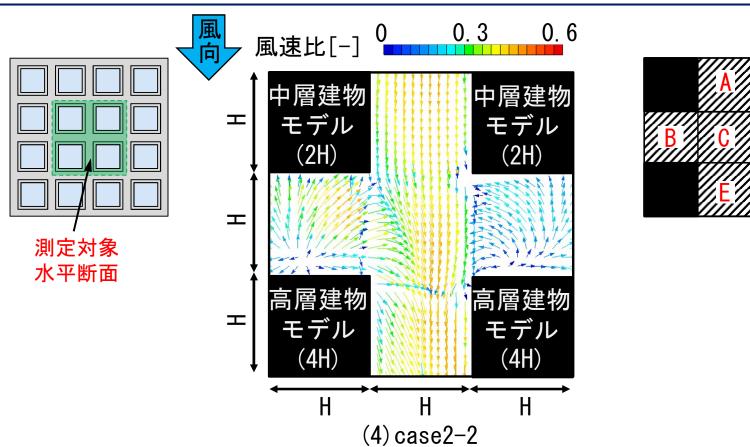


図4 水平断面における平均風速比ベクトル分布



case2-2(高さ4H、隣棟間隔H)、水平断面



エリアB、Dでの最大瞬間風速比は0.7程度であり、吹きおろされた気流の乱れが顕著となる。

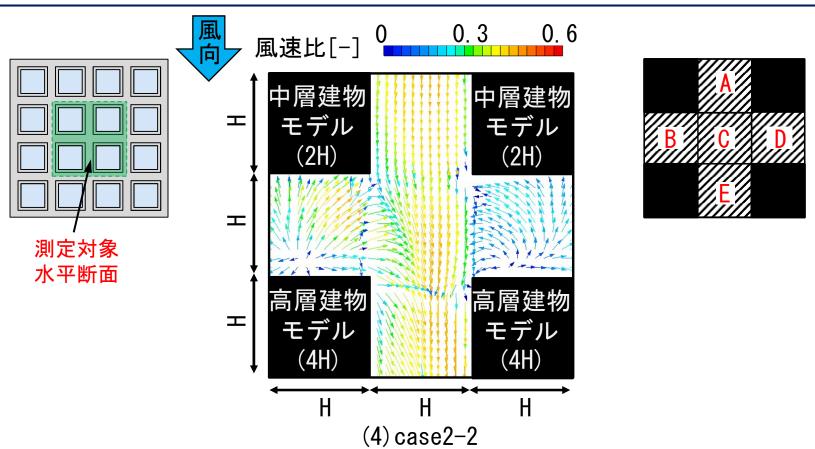
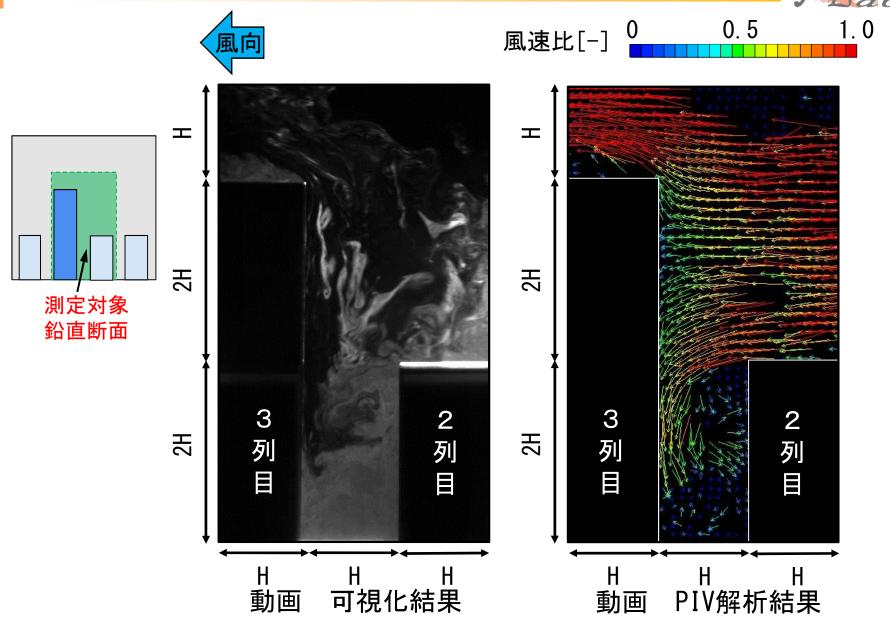


図4 水平断面における平均風速比ベクトル分布

ø

case2-2(高さ4H、隣棟間隔H)、鉛直断面







case2-2(高さ4H、隣棟間隔H)、鉛直断面



鉛直断面では、建物高さの気流が平均風速比0.5程度で吹き おろされ、主風向と逆方向に流れる。地表面付近での最大 瞬間風速比は0.5程度となる。

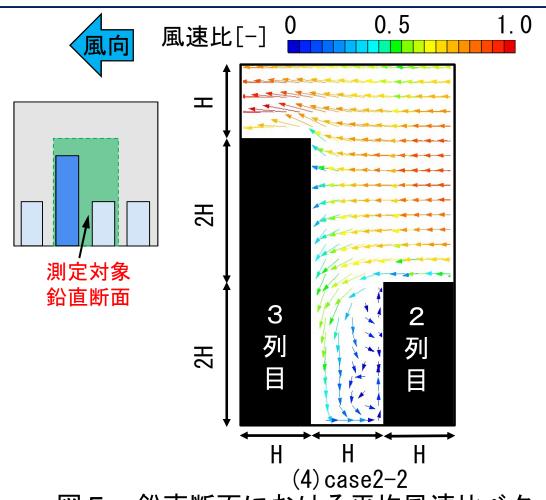
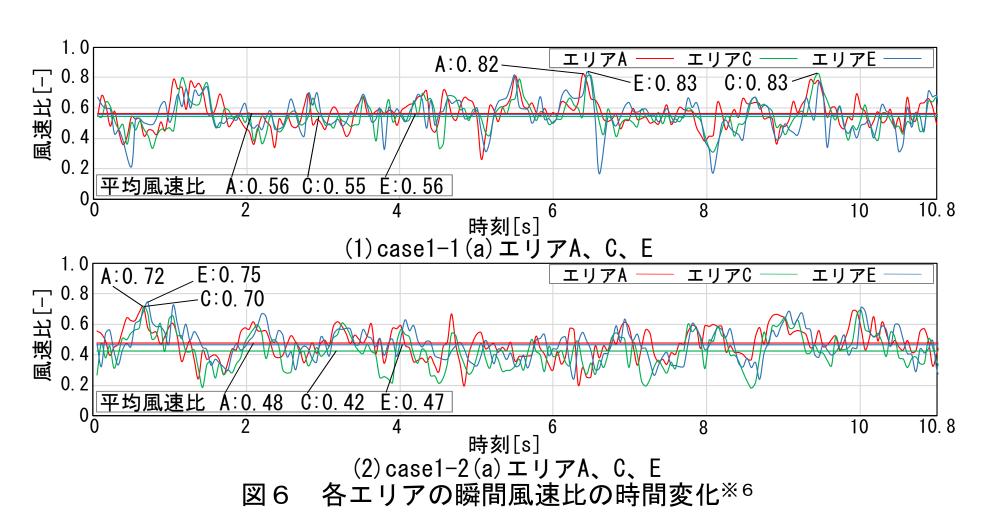


図5 鉛直断面における平均風速比ベクトル分布



最大瞬間風速の比較

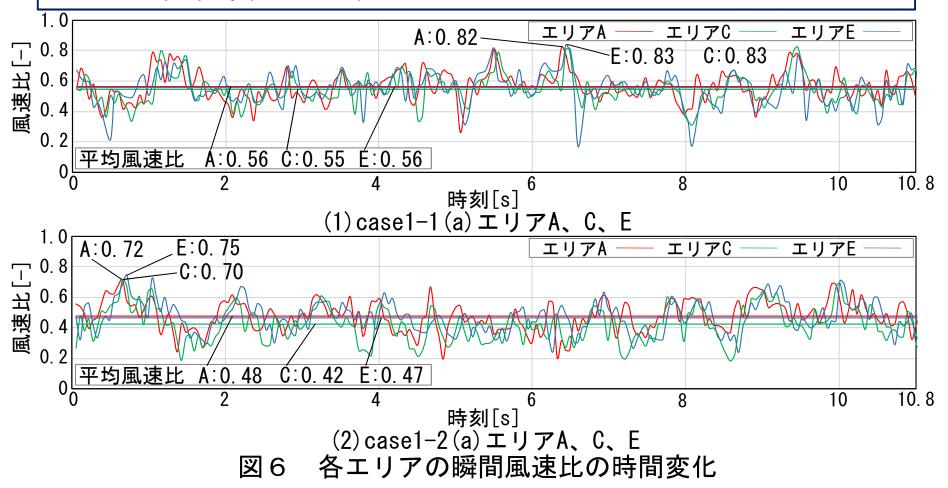




※6 PIV測定で得られた 2 [ms] 毎の瞬時風速データ27個を平均した値を瞬間風速とする。 また、水平断面の瞬間風速比の値は各エリア中心の周囲 4 点の瞬間風速比、鉛直断 面の値は隣棟間の中心の地表面付近 4 点の平均値で算出する。

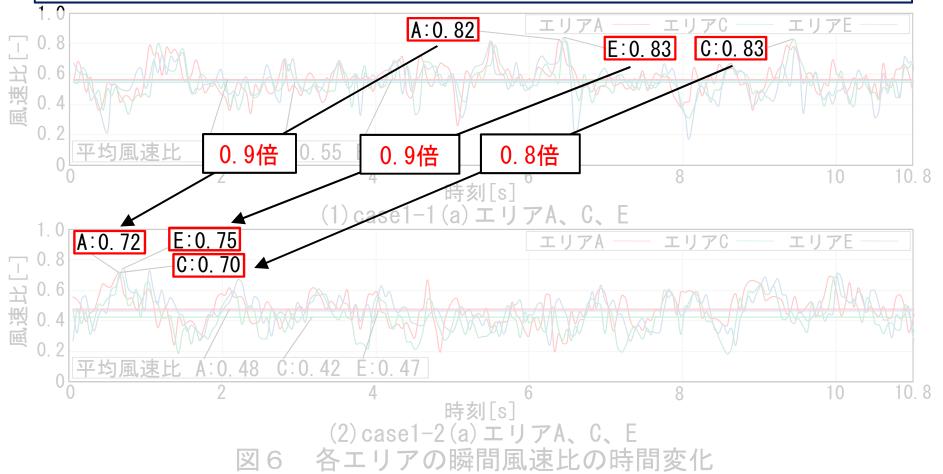






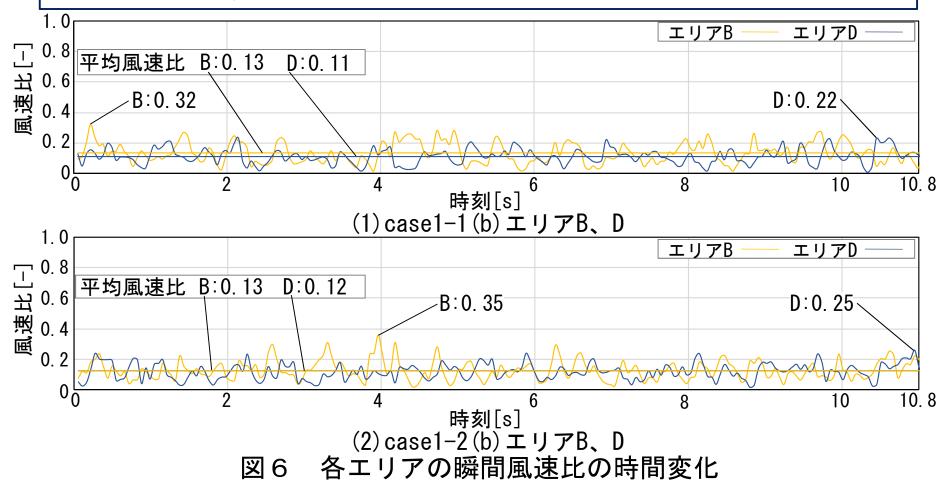






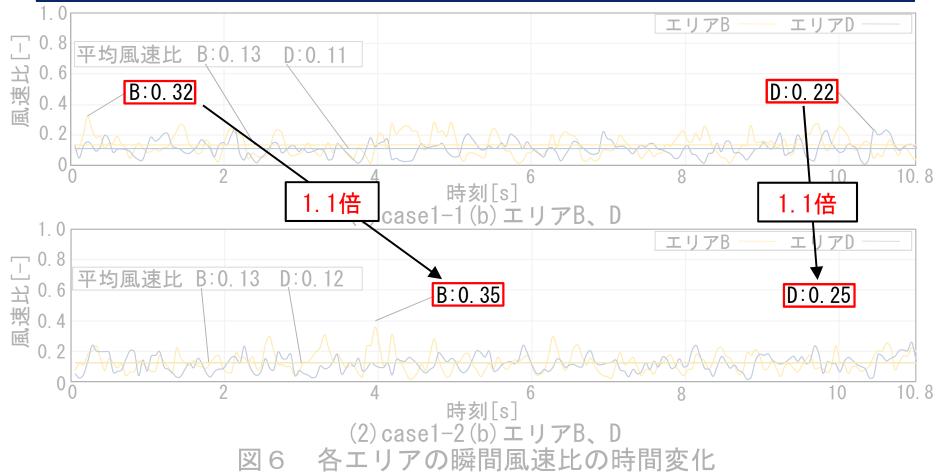






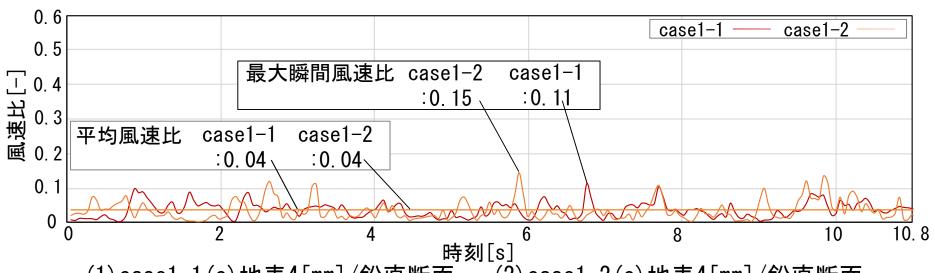








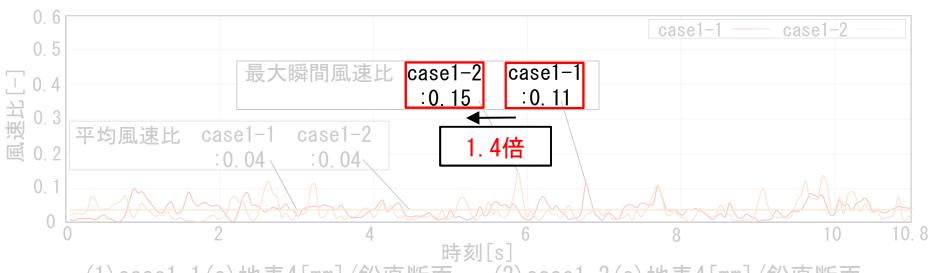




(1) case1-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(2) case1-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図 6 各エリアの瞬間風速比の時間変化





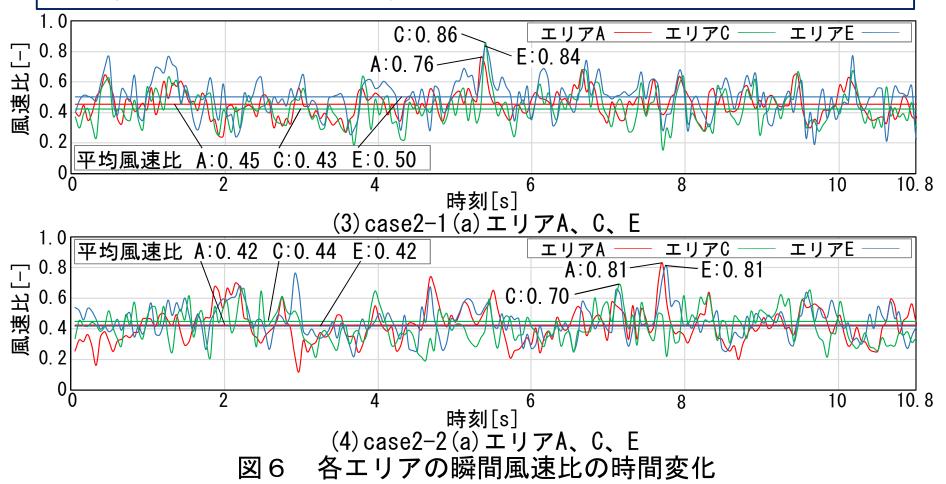


(1) case1-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(2) case1-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図6 各エリアの瞬間風速比の時間変化



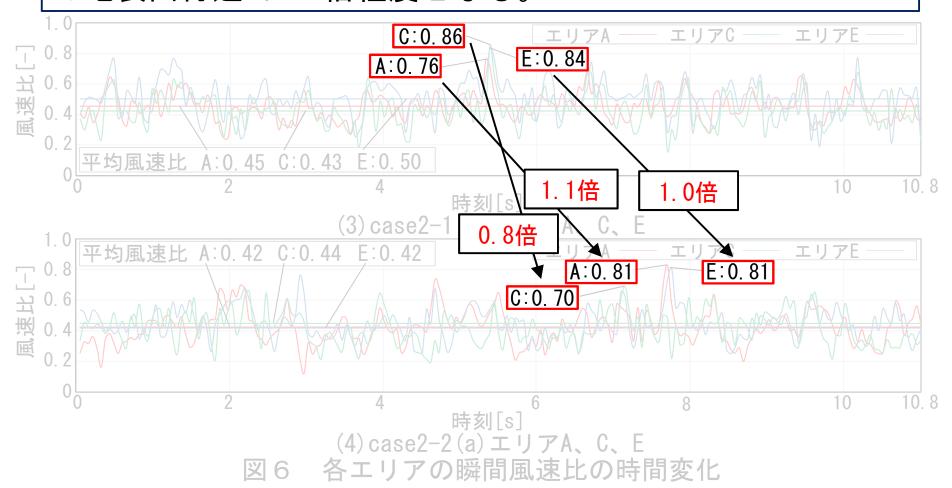
隣棟間隔による比較(2棟高層)





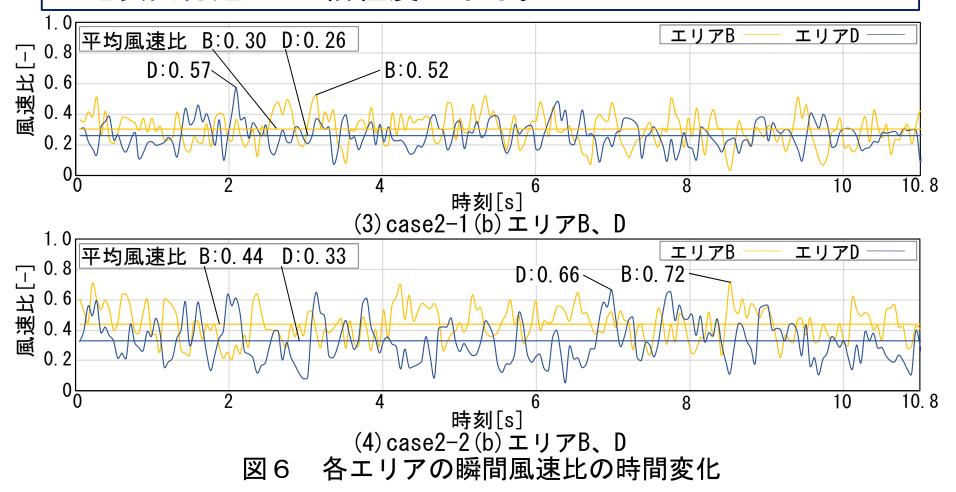






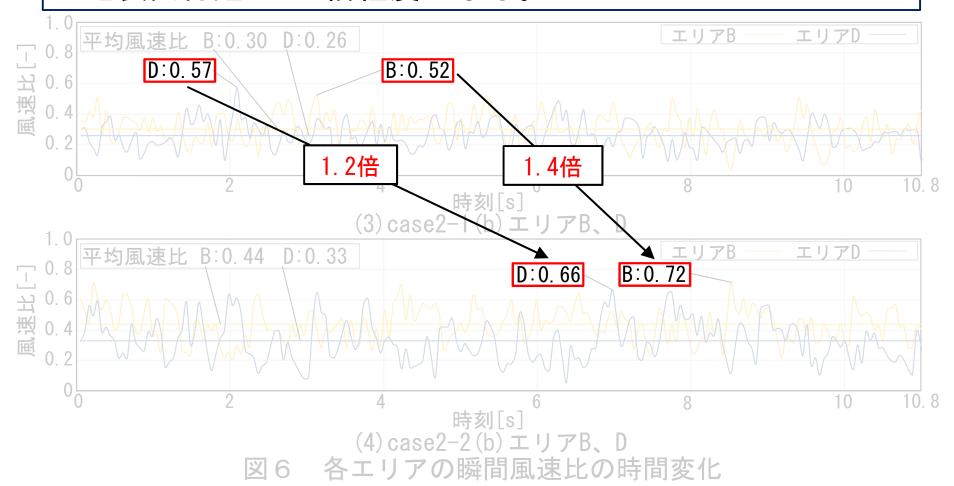






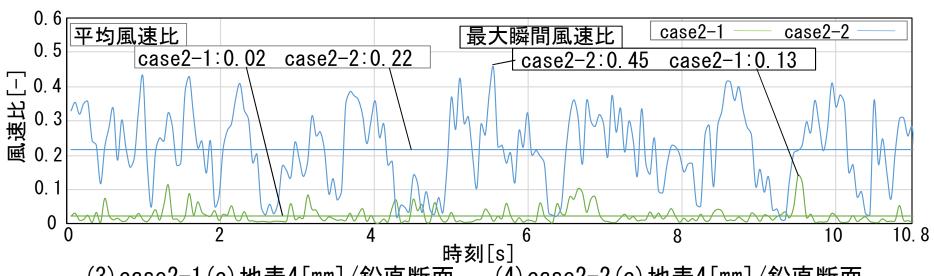












(3) case2-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(4) case2-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図 6 各エリアの瞬間風速比の時間変化



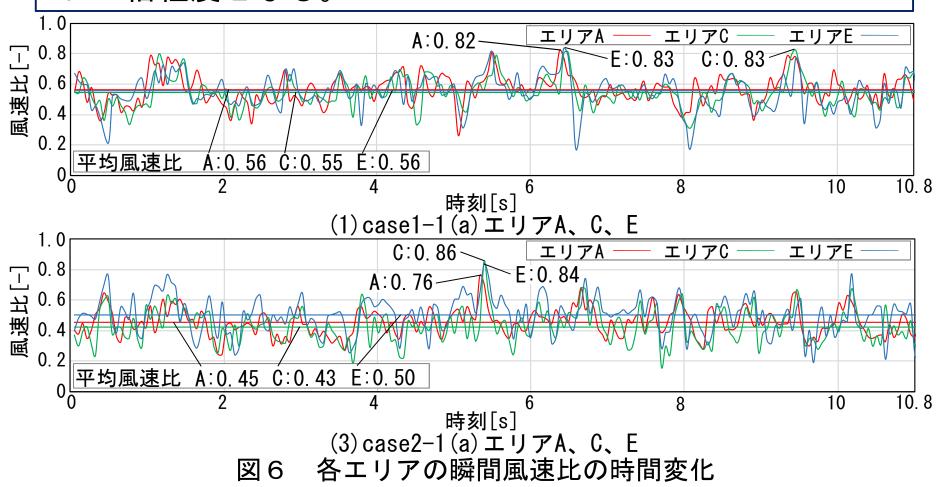




(3) case2-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(4) case2-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図6 各エリアの瞬間風速比の時間変化

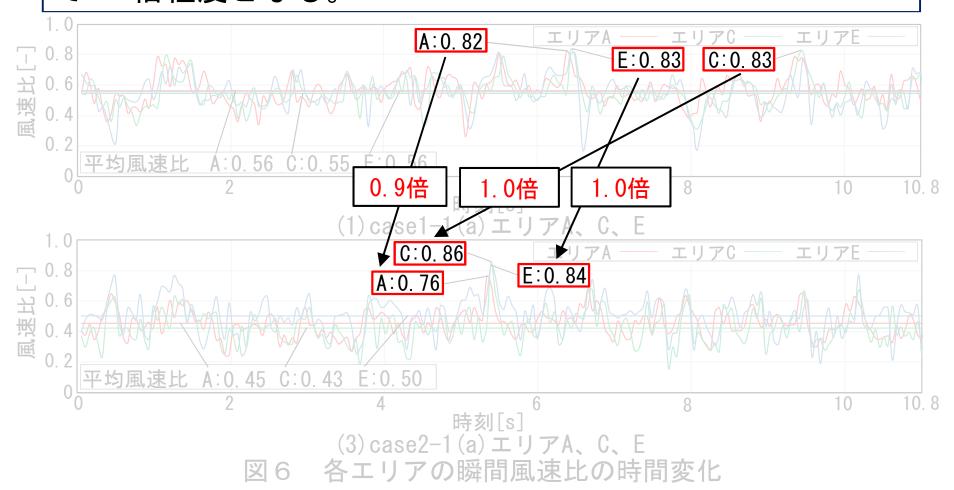






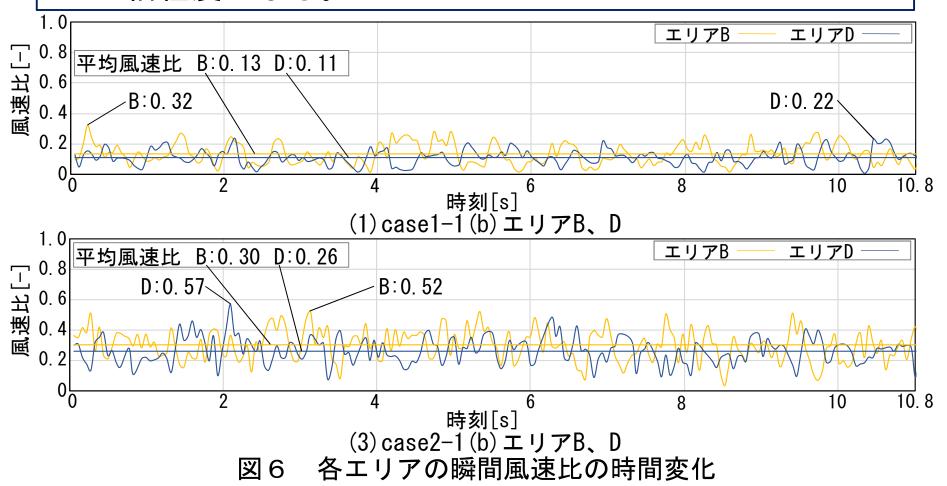






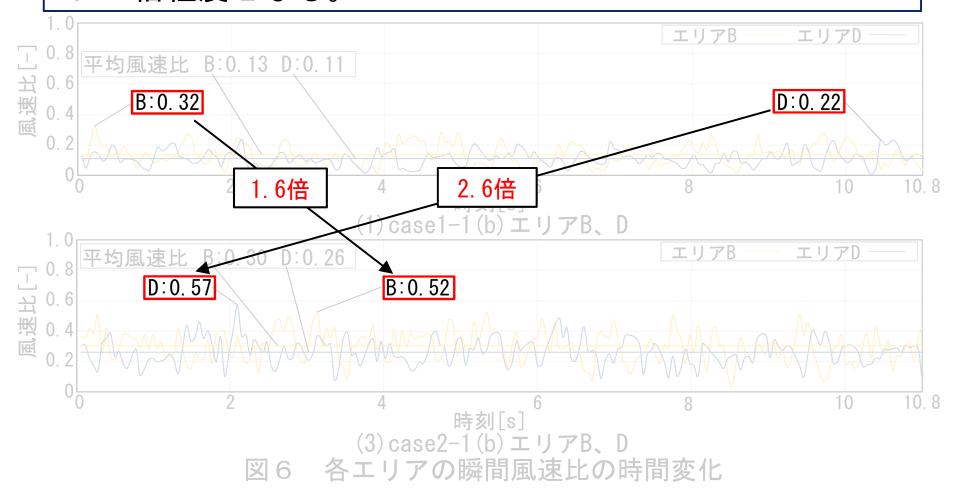






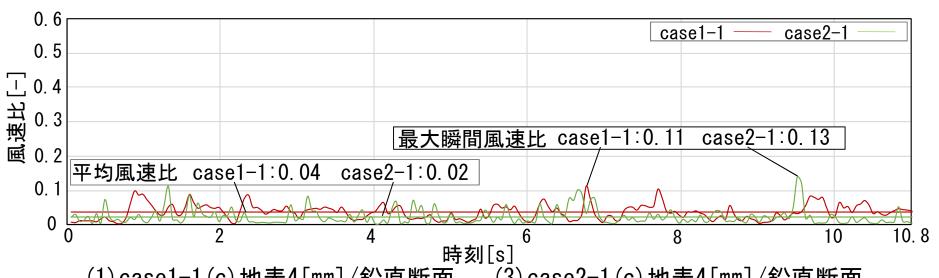












(1) case1-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(3) case2-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図6 各エリアの瞬間風速比の時間変化



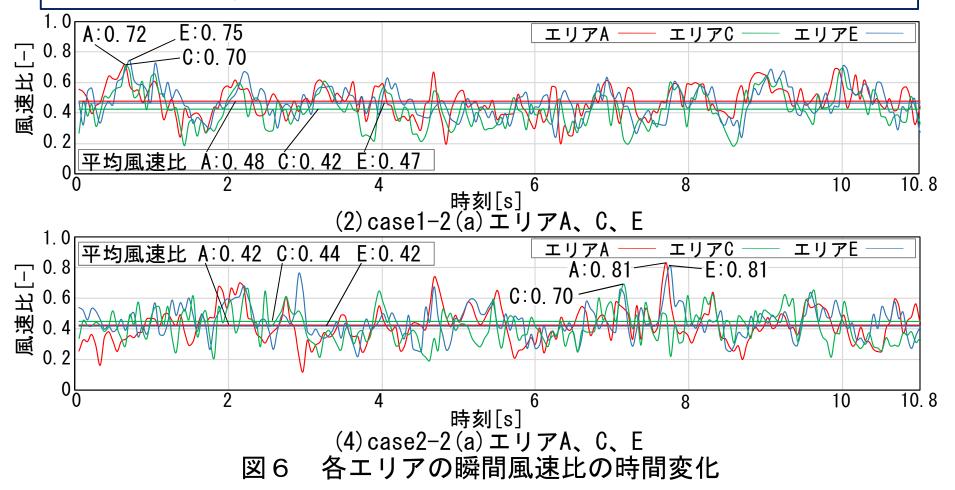




(1) case1-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(3) case2-1(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図6 各エリアの瞬間風速比の時間変化

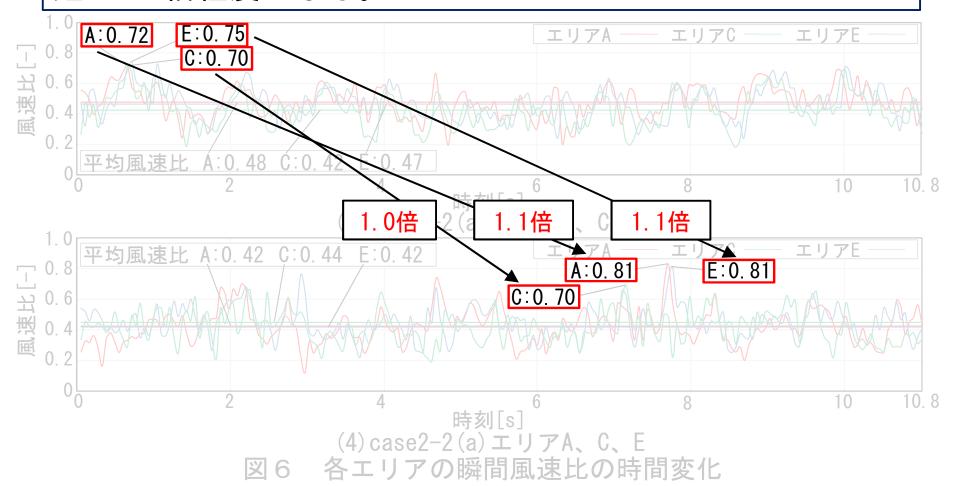






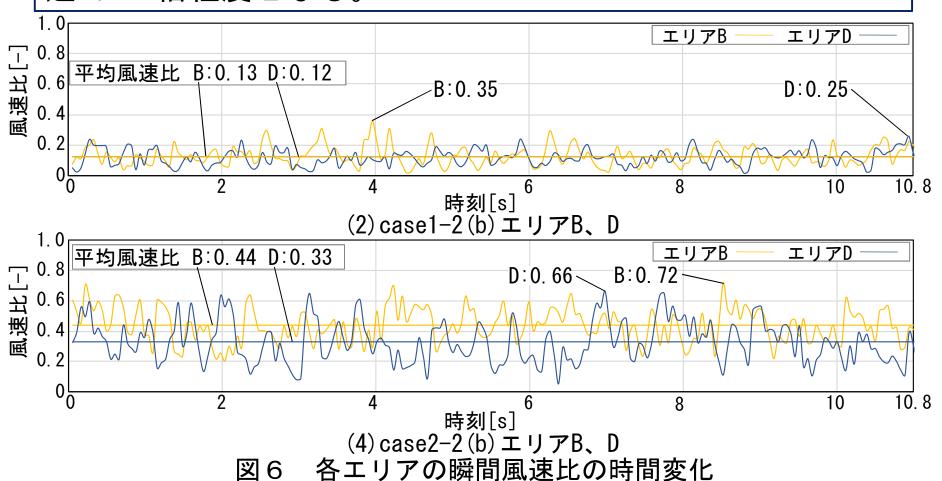






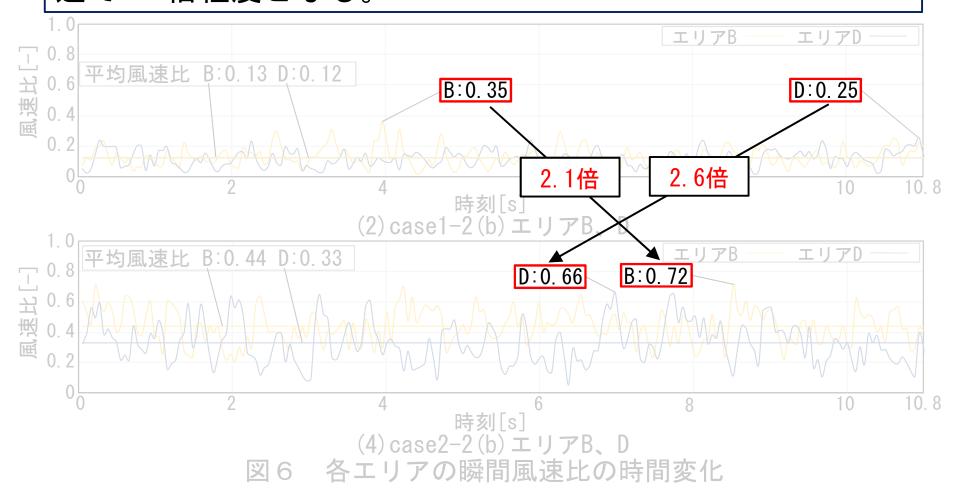






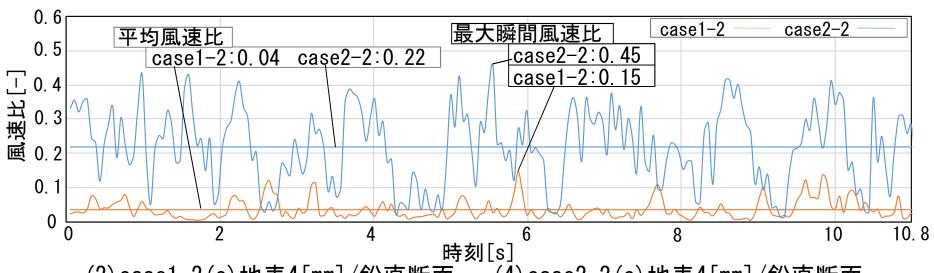












(2) case1-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(4) case2-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図 6 各エリアの瞬間風速比の時間変化







(2) case1-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面、(4) case2-2(c) 地表4[mm]/鉛直断面 図6 各エリアの瞬間風速比の時間変化





- ①case1-1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出入により、渦が 形成されやすい。
- ②case2-1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。
- ③case1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。