高層建物周辺市街地の 風環境に関する研究 ^{容積率の地区内移転を行った場合の風環境評価}

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻 社会基盤・建築学コース(建築系)

> 青木 駿也 指導教員 赤林 伸一 教授

平成30年度修士論文発表

2019/2/8









図 霞が関ビル

引用:https://ja.wikipedia.org/wiki/霞が関ビルディング









ビル風発生のイメージ 义







また、ビル風は、高さ100[m]を超えるような超高層建築物の周囲にだけ生じるのではなく、立地条件や気象条件によっては高さ50[m]程度の中層建物周辺でも生じる可能性がある。ビル風によって歩行が困難となったり、持ち物等が飛ばされるといった現象が生じるため、都市における環境問題の1つとして挙げられる。

図 ビル風発生のイメージ







図1 特例容積率適用地区のイメージ

- ※1 総合設計制度とは、同一敷地内に公開空地等を設けることで容積率、高さ制限などの規制 を一部緩和する制度のことである。
- ※2 特例容積率適用地区とは、指定地区内で未利用となっている容積率を複数の建物敷地間で 移転することができる地区である。





<u>これらの地域では、ビル風の発生構造が複雑になり、高層</u> <u>建物周辺に限らず、より広範囲で風害が発生する可能性が</u> <u>ある</u>。特殊な形で高密度利用されている地域を対象に風環 境を検討することは、都市の居住環境の悪化を防止する上 で重要である。

容積率を使用した場合
容積率を移転した場合

図1 特例容積率適用地区のイメージ

- ※1 総合設計制度とは、同一敷地内に公開空地等を設けることで容積率、高さ制限などの規制 を一部緩和する制度のことである。
- ※2 特例容積率適用地区とは、指定地区内で未利用となっている容積率を複数の建物敷地間で 移転することができる地区である。







図 東京都千代田区丸の内地区

- ※3 CFD解析でレイノルズ平均モデル(Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations)を用いた解析手法。
- ※4 CFD解析でサブグリッドスケールモデル(SGSモデル)を用いた解析手法。

2019/2/8









図 東京都千代田区丸の内地区

- ※3 CFD解析でレイノルズ平均モデル(Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations)を用いた解析手法。
- ※4 CFD解析でサブグリッドスケールモデル(SGSモデル)を用いた解析手法。

2019/2/8







※5 ガストファクターとは突風率を意味し、最大瞬間風速に対する平均風速の比で表される。







<u>尚、本研究の風環境評価には村上らによる風環境評価手法^{×1)}</u> <u>を用いる</u>。

※5 ガストファクターとは突風率を意味し、最大瞬間風速に対する平均風速の比で表される。 文1)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:市街地低層 部における風の性状と風環境評価に関する研究一III」 日本建築学会論文報告集、1983年

1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論

2019/2/8



<u>村上らによる風環境評価では、各地点の16風向の風速比と</u> GFから日最大瞬間風速を求める。

表1 村上らによる風環境評価基準

			許容する強風のレベルと許容される超過頻度			
			E	最大瞬間風速[m/	′s]	
ランク	強風による影響の程度	対応する空間用途の例	10	15	20	
			日最大平均風速[m/s]			
			10/GF	15/GF	20/GF	
1	最も影響を受けやすい用途	住宅街の商店街	10[%](37日)	0 00[%](3日)		
の場所		野外レストラン		0.90[//](5Ц)	0.00[//](0.31)	
2	影響を受けやすい用途	住空街 公周	22[%](80日)	3 6[%](12日)	0.6[%](2日)	
2	の場所	口七曰、五函	22[//] (ООЦ)	5. 0[//] (ТZЦ/	0.0[//](21)	
3	比較的影響を受けにくい用途	車 	35[%](128日)	7[%](26日)	1 5[%](5円)	
	の場所	Ŧ 171/1	55[//] (120Ц)	/[//](20Ц/	1. 5[//] (51)	

ランク3の条件を満たさない領域

表 2

4

風環境評価に用いるワイブルパラメータ(東京)

	北北東	北東	東北東	東	東南東	南東	南南東	南
出現頻度[%]	4. 27	5.94	6.844	3. 887	3.942	1.889	0.876	16.89
С	5.948	5.975	5.891	5.756	5.468	4.983	4.673	6.312
K	4.416	5.332	5.296	6.05	5.526	7.606	6.216	4. 421
	南南西	南西	西南西	西	西北西	北西	北北西	北
出現頻度[%]	3. 285	10. 129	0.411	0.164	0.493	4. 708	27. 211	9.061
С	6.915	7.309	5.078	8. 042	6.345	7. 797	7.556	6.961
K	3. 712	4.008	6. 108	2. 484	2.608	3. 275	4. 387	2.882

2019/2/8

村上らによる風環境評価手法





表1 村上らによる風環境評価基準

			許容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]			
ランク	強風による影響の程度	対応する空間用途の例	10	15	20	
				最大平均風速[m/	′s]	
			10/GF	15/GF	20/GF	
1	最も影響を受けやすい用途	住宅街の商店街	10[%](37日)	0 00[%](3日)		
	の場所	野外レストラン		0.30[//](3Ц)	0.00[//] (0.5Ц)	
2	影響を受けやすい用途	住空街 公園	22[%](80日)	3 6[%](12日)	0.6[%](2日)	
	の場所			0.0[//](121)	0.0[/0](21)	
3	比較的影響を受けにくい用途	事 務 所	35[%] (128日)	7[%](26日)	1 5[%](5日)	
	の場所	רו תני יד	00[//](Т20Д)	, [//] (20Ц)	1.0[/0](01)	
4	ニンク3の冬州を送たさたい領域					

$$P_{jk} = 1 - \sum_{i=1}^{16} D_i \left[1 - exp \left\{ -\left(\frac{U_k}{GFR_{ij}C_i}\right)^{k_i} \right\} \right] \cdots (1)$$

U_1 :10[m/s],	R _{ij} :風向iの時の点jにおける風速比[-]
U_2 :15[m/s],	C_i :風向iのワイブルパラメータ[m/s]
U_{3} :20[m/s],	<i>K_i</i> ∶風向 i のワイブルパラメータ[-]



風環境評価に用いるGFは各地点の最大瞬間風速と平均風 速から算出するのが原則であるが、実測等を行うのは現 実的でないため、GFに一定値(1.5~3.0)を用いたり、ま た各種の実測結果から平均風速を用いてGFを算出する近 似式^{文2、3)}が提案されている。



$$\begin{bmatrix} \frac{GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1)}{GF = 3.43 (R \le 0.1)} & \dots (2) \end{bmatrix}$$

 $\begin{bmatrix} \frac{GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2)}{GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2)} & \dots (3) \end{bmatrix}$

- 文2) 義江・富永ら「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクター の提案」 日本風工学会論文集、2014年
- 文3)本郷・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」 日本風工学会年次研究発表会・梗 概集、2003年

1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論



















数値流体解析の概要解析対象



表 建物モデルの大きさ



2019/2/8



<u>case2~6は主に東京駅(低層駅舎モデル)の容積率を移転し</u> <u>た場合を想定している</u>。



表 建物モデルの大きさ

2019/2/8



<u>case2~6は主に東京駅(低層駅舎モデル)の容積率を移転し</u> <u>た場合を想定している</u>。



表 建物モデルの大きさ



<u>case2~6は主に東京駅(低層駅舎モデル)の容積率を移転した場合を想定している</u>。

z[m] 表示 y[m] 表示 x [m] y[m] x[m] z[m] 高架線路モデル 25 830 5 標準建物モデル 25 50 100 低層駅舎モデル(東京駅) 高層モデルA 25 50 25 180 25 150 中層モデル 25 50 75 標準建物モデル (z=100[m]) (a) case6 解析対象モデルの概要 义

表 建物モデルの大きさ

数値流体解析の概要 解析対象





表 建物モデルの大きさ



2019/2/8







数値流体解析の概要 解析対象







図 GFと風速比の関係

- $\begin{bmatrix} \frac{GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1)}{GF = 3.43 (R \le 0.1)} & \dots & (2) \end{bmatrix}$
- $\int GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2) \qquad \dots (3)$
- L $GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2)$

表4 解析case

解析case	GF算出方法	解析case	GF算出方法	解析case	GF算出方法	
caseA-1		caseC-1		caseE-1		
caseA-2		caseC-2		caseE-2		
caseA-3		caseC-3		caseE-3		
caseA-4	\pm (2)	caseC-4	CE-1 5	caseE-4	GE-2 5	
caseA-5	式(2)	caseC-5	ui – 1. 5	caseE-5	ui –2. J	
caseA-6		caseC-6		caseE-6		
caseA-7		caseC-7		caseE-7		
caseA-8		caseC-8		caseE-8		
caseB-1		caseD-1		caseF-1		
caseB-2		caseD-2		caseF-2		
caseB-3		caseD-3		caseF-3		
caseB-4	_* (3)	caseD-4	GE-2 0	caseF-4	GE-3 0	
caseB-5	IL (3)	caseD-5	ui –2. 0	caseF-5	ui –3. 0	
caseB-6		caseD-6		caseF-6		
caseB-7		caseD-7		caseF-7		
caseB-8		caseD-8		caseF-8		

- 文2) 義江・富永ら「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクター の提案」 日本風工学会論文集、2014年
- 文3)本郷・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」 日本風工学会年次研究発表会・梗 概集、2003年

2019/2/8

数値流体解析の概要解析対象





━━━ 式(2)を用いた場合 🛛 🗕	┗━式(3)を用いた場合
--------------------	--------------



図 GFと風速比の関係

 $\begin{bmatrix} GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF = 3.43 (R \le 0.1) \end{bmatrix} \dots (2)$

- $\underline{GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2)}$
- $GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2)$

表4 解析case

<u>解析case</u>	GF算出方法	解析case	GF算出方法	解析case	GF算出方法
caseA-1		caseC-1		caseE-1	
caseA-2		caseC-2		caseE-2	
caseA-3		caseC-3		caseE-3	
caseA-4	+ (2)	caseC-4	GE-1 5	caseE-4	GE-2 5
caseA-5	IL (2)	caseC-5	ui – 1. 5	caseE-5	ui –2. J
caseA-6		caseC-6		caseE-6	
caseA-7		caseC-7		caseE-7	
caseA-8		caseC-8		caseE-8	
caseB-1		caseD-1		caseF-1	
caseB-2		caseD-2		caseF-2	
caseB-3		caseD-3		caseF-3	
caseB-4	 + (3)	caseD-4	GE-2 0	caseF-4	GE-3 0
caseB-5	I ((0)	caseD-5	ui -2. 0	caseF-5	ui –3. v
caseB-6		caseD-6		caseF-6	
caseB-7		caseD-7		caseF-7	
caseB-8		caseD-8		caseF-8	

文2) 義江・富永ら「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクター の提案」 日本風工学会論文集、2014年

<u>···· (3)</u>

文3)本郷・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」 日本風工学会年次研究発表会・梗 概集、2003年

2019/2/8

数値流体解析の概要 解析対象







図 GFと風速比の関係

 $\begin{bmatrix} GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF = 3.43 (R \le 0.1) \end{bmatrix} \dots (2)$

- $\int GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2) \qquad \dots (3)$
- $GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2)$

表4 解析case



- 文2) 義江・富永ら「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクター の提案」 日本風工学会論文集、2014年
- 文3)本郷・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」 日本風工学会年次研究発表会・梗 概集、2003年

2019/2/8







図 GFと風速比の関係

 $\begin{bmatrix} GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF = 3.43 (R \le 0.1) \end{bmatrix} \dots (2)$

- $\int GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2) \qquad \dots (3)$
- $GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2)$

表4 解析case

解析case	GF算出方法	解析case	GF算出方法	解析case	GF算出方法
caseA-1		caseC-1		caseE-1	
caseA-2		caseC-2		caseE-2	
caseA-3		caseC-3		caseE-3	
caseA-4	_* (2)	caseC-4	GE-1 5	caseE-4	GE-2 5
caseA-5	IL (2)	caseC-5	ui – 1. 5	caseE-5	ui –2. J
caseA-6		caseC-6		caseE-6	
caseA-7		caseC-7		caseE-7	
caseA-8		caseC-8		caseE-8	
caseB-1		caseD-1		caseF-1	
caseB-2		caseD-2		caseF-2	
caseB-3		caseD-3		caseF-3	
caseB-4	- * (3)	caseD-4	GE-2 0	caseF-4	GE-3 0
caseB-5	I ((3)	caseD-5	ui –2. 0	caseF-5	ui –5. 0
caseB-6		caseD-6		caseF-6	
caseB-7		caseD-7		caseF-7	
caseB-8		caseD-8		caseF-8	

- 文2) 義江・富永ら「日最大瞬間風速の超過確率に基づく風環境評価に用いるガストファクター の提案」 日本風工学会論文集、2014年
- 文3)本郷・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」 日本風工学会年次研究発表会・梗 概集、2003年

2019/2/8



<u>RANS解析では平均流のみを対象に各モデル16風向の解析を</u> 行う。本研究におけるCFD解析には汎用数値流体解析ソフ トSTREAM Ver.12を使用する。

表 5 RANS解析条件

SGSモデル	標準k-εモデル				
解析領域		2, 250 (x) \times 2, 830 (y) \times 9	900(z)[m]		
	流入	1/4乗則(基準高さ150[m]、風速5.0[m/s])			
	流出	自然流	乱		
境界条件	壁境界	Ymin,Ymax,Zmax面	フリースリップ		
		Zmin面			
		部品面	壁面対数則		
		流体と接する全ての面			
温度	等温				
最小メッシュ幅	0.3[m]				
解析領域メッシュ数	$164(x) \times 406(y) \times 110(z) = 7,324,240$				



<u>乱流モデルは標準k-εモデルを使用し、</u>等温で解析を行う。 壁面境界条件には壁面対数則を用いる。

表 5 RANS解析条件

SGSモデル	標準k-εモデル				
解析領域		2, 250 (x) \times 2, 830 (y) \times 9	900(z)[m]		
	流入	流入 1/4乗則(基準高さ150[m]、風速5.0[m/s])			
	流出	自然流	乱		
拉田久川	壁境界	Ymin,Ymax,Zmax面	フリースリップ		
現介末件		Zmin面			
		部品面	壁面対数則		
		流体と接する全ての面			
温度	等温				
最小メッシュ幅	0.3[m]				
解析領域メッシュ数	1	$64(x) \times 406(y) \times 110(z)$	=7, 324, 240		



<u>基準流入プロファイルは市街地を想定し、U∝Z^{1/4}(U:流</u> <u>速、Z:高さ)とする</u>。基準風速は5.0[m/s](基準高さ 150[m])とする。

表 5 RANS解析条件

SGSモデル	標準k-εモデル				
解析領域	2, $250(x) \times 2$, $830(y) \times 900(z)$ [m]				
	流入	1/4乗則(基準高さ150[m]、風速5.0[m/s])			
	流出	自然流	乱		
境界条件	壁境界	Ymin,Ymax,Zmax面	フリースリップ		
		Zmin面			
		部品面	壁面対数則		
		流体と接する全ての面			
温度	等温				
最小メッシュ幅	0.3[m]				
解析領域メッシュ数	1	$64(x) \times 406(y) \times 110(z)$	=7, 324, 240		

数値流体解析の概要 LES解析条件







2019/2/8



<u>subgrid scaleモデル(SGSモデル)はDynamic型 Smagorinsky</u> <u>モデルを使用する</u>。

表 6 LES解析条件

SGSモデル	Dynamic型 Smagorinskyモデル				
解析領域	$3,900(x) \times 1,100(y) \times 900(z) [m]$				
	流入	流入 1/4乗則(基準高さ150[m]、風速5.0[m/s])			
	流出	出自然流出			
境界条件	壁境界	Ymin,Ymax,Zmax面	フリースリップ		
		Zmin面	六十 米 左 日山		
		流体と接する全ての面	>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>		
温度					
最小メッシュ幅	0.3[m]				
解析領域メッシュ数	$260(x) \times 440(y) \times 99(z) = 11,325,600$				

数値流体解析の概要 LES解析条件







図 LES解析領域

※9 ドライバー領域とは、周期境界条件を用いて流入変動気流を計算するために、建物風上側 に設けた領域である。

2019/2/8

1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論

2019/2/8

数値流体解析の概要 GF算出方法(LES解析)



<u>気象庁が定めるGFの算出方法は10分間の内0.25秒間隔で測定した値を3秒間で平均した瞬時風速の最大値と10分間の</u> 平均風速の比により求められる。

本研究では、上記の算出方法を参考に、LES解析により得られた2[ms]毎の変動風速データ15個を平均した瞬時風速の最大値と6秒間(本解析)の平均風速の比としてGFを算出する。GF算出式を式(4)に示す。

1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論









<u>東京都千代田区における主風向は、北北西である</u>(図2)。



図2 東京都千代田区における風向の頻度分布^{※6文4)}

※6 風向の頻度分布の作成には標準気象データ(標準年)を用いる。 文4)日本建築学会「拡張アメダス気象データ」 鹿児島TL0、 2005年

2019/2/8





平成30年度修士論文発表

数値流体解析結果(RANS) 平均風速ベクトル分布





数値流体解析結果(RANS) 平均風速ベクトル分布





数値流体解析結果(RANS) 平均風速ベクトル分布





数値流体解析結果(RANS) 平均風速ベクトル分布









平成30年度修士論文発表







平成30年度修士論文発表













3 2 1



平成30年度修士論文発表

2019/2/8























数値流体解析結果(RANS) 村上らによる風環境評価結果

































数値流体解析結果(RANS) 村上らによる風環境評価結果





2019/2/8

平成30年度修士論文発表





数値流体解析結果(RANS) 風環境評価ランクの比較







ランクの算出点数の比率で示す。

数値流体解析結果(RANS) 風環境評価ランクの比較







ランクの算出点数の比率で示す。

数値流体解析結果(RANS) 風環境評価ランクの比較







※11 風環境評価ランクの比率は、解析対象モデル全域の総算出点数(計33,997点)に対する各 ランクの算出点数の比率で示す。

2019/2/8

1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論

数値流体解析結果(LES) GFの比較





数値流体解析結果(LES) GFの比較







図12 各地点のGFの関係

$$\begin{bmatrix} GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF = 3.43 (R \le 0.1) \end{bmatrix} \cdots \underline{\text{caseA} \cdot \vec{\texttt{t}} (2)} \\ \begin{bmatrix} GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2) \\ GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2) \end{bmatrix} \cdots \underline{\text{caseB} \cdot \vec{\texttt{t}} (3)}$$

図13 最大瞬間風速から算出した 、 GFと風速比の関係

数値流体解析結果(LES) GFの比較







図12 各地点のGFの関係

$$\begin{bmatrix} GF = 1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF = 3.43 (R \le 0.1) \end{bmatrix} \cdots \underline{\text{caseA} \cdot \vec{\texttt{t}} (2)} \\ \begin{bmatrix} GF = 1.85 \times R^{-0.4} (R > 0.2) \\ GF = 1.85 \times 0.2^{-0.4} (R \le 0.2) \end{bmatrix} \cdots \underline{\text{caseB} \cdot \vec{\texttt{t}} (3)}$$

図13 最大瞬間風速から算出した GFと風速比の関係





1 研究目的 2 村上らによる風環境評価手法 3 数値流体解析の概要 4 GF算出方法 5 数値流体解析結果(RANS) 6 数値流体解析結果(LES) 7 結論





- 5.1 村上らによる風環境評価結果 容積率の移転がなされた建物モデル周辺で、風環境が変化するが、 風環境として不適切な状況にはならない。
- <u>5.2 各caseの風環境評価ランクの比較</u>
- ①建物モデルの違いで比較すると、case1~6でランクの比率に差が殆 どない。
- ②case1~6と比較して、意図的に風害が起こりやすい建物配置を想定 したcase7ではランク2~3の割合が高くなり、case8ではランク4 の割合が高くなる。case8では風環境が大きく悪化する。
- 5.3 算出方法の違いによるGFの分布の比較 近似式から算出したGFの分布とLES解析により求めた最大瞬間風速 から算出したGFの分布を比較すると、近似式を用いた方がGFは大き く算出される。