

容積率の地区内移転を行った場合の風環境評価に関する研究 東京駅周辺を対象として

T15K695F 高橋 諒太 指導教員 有波 裕貴 助教

1 研究目的

近年、我が国では建物の高層化が進展しており、100[m]を超える超高層建築物が数多く竣工している。一方、総合設計制度^{*1}による容積率の緩和や、特例容積率適用地区^{*2}の指定による容積率の地区内移転などにより、特定地域において、容積率や建物高さが偏在している土地利用が行われている例も見られる。これらの地区では、ビル風^{*3}と呼ばれる風害が発生する可能性が高くなる。ビル風は、建物が立地する地域の気候条件や周辺の街区、建物形状によって大きく変化する。特異な形で高密度利用されている地域を対象に風環境の検討を行うことは、都市の居住環境を評価する上で重要である。

本研究では、CFD解析(RANS^{*4})を用いて、特例容積率適用地区に指定されている東京都千代田区丸の内地区^{*5}(東京駅周辺)をモデル化し、風環境の解析を行う。容積率の地区内移転により生じる建物間の高低差や容積率が移転された建物の相対的位置が地表面付近の風環境に与える影響を定量的に評価することを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象：解析対象は東京都千代田区丸の内地区(商業地域、建蔽率80%、容積率1,300%)をモデル化する。図1に東京都千代田区の風向頻度分布^{*6文1}、図2に容積率の地区内移転の考え方、図3に解析対象モデルの概要、表1に各建物モデルの大きさ、表2に解析caseを示す。解析対象地区の主風向は

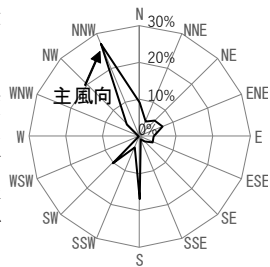


図1 東京都千代田区の風向頻度分布^{*6文1}

北北西である(図1)。対象地区における建蔽率・容積率の規制上限まで建物を建築した基準モデルを case1、容積率を移転したモデルを case2 ~ case6 とする。モデル全体のグロス容積率、グロス建蔽率は同様とする。隣棟間隔は、xy 方向共に 15[m] である。風環境評価に用いるガストファクター^{*7}(以下 GF) は、式(1)^{文2})を用いる場合を A、式(2)^{文3})を用いる場合を B とする。GF の算出式を式(1)、(2)に示す。case1 ~ 6 の建物配置と GF の算出方法 A, B を組み合わせた計 12case の解析を行う。

$$\begin{cases} GF=1.64 \times R^{-0.32} (R > 0.1) \\ GF=3.43 (R \leq 0.1) \end{cases} \dots \text{式(1)}$$

$$\begin{cases} GF=1.85 \times R^{0.4} (R > 0.2) \\ GF=1.85 \times 0.2^{0.4} (R \leq 0.2) \end{cases} \dots \text{式(2)}$$

GF: 最大瞬間風速 [m/s]
平均風速 [m/s]
R: 各地点の風速 [m/s]
(風速比) 上空の基準風速 [m/s]

2.2 解析条件：表3に解析条件を示す。RANS解析には汎用数値流体解析ソフト STREAM Ver.12 を使用する。乱流モデルは標準 k-ε モデルを使用し、等温で 16 風向の解析を行う。接近流の基準流入プロファイルは市街地風を想定し、 $U \propto Z^{1/4}$ (U: 流速、Z: 高さ) とする。基準風速は 5.0[m/s] (基準高さ 150[m]) とする。

2.3 村上らによる風環境評価手法：表4に村上らによる風環境評価基準^{文4}、表5に風環境評価に用いるワイブルパラメータを示す。村上らによる風環境評価では、16 風向分の解析データを用いる。日最大瞬間風速の算出には、RANS 解析により求めた平均風速に GF を乗じた値を用いる。超過頻度 P_{jk} の算出式を式(3)に示す。

$$P_{jk} = 1 - \sum_{i=1}^{16} D_i \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{U_k}{GF \times R_{ji} \times C_i} \right)^{K_i} \right\} \right] \dots \text{式(3)}$$

U_k : 村上らによる風環境評価で用いる日最大瞬間風速 (k=10, 15, 20) [m/s]
R_{ji} : 点 j における風向 i の時の風速比 [m/s]、 C_i : 風向 i のワイブルパラメータ [m/s]
K_i : 風向 i のワイブルパラメータ [-]、 D_i : 風向 i の出現頻度 [-]

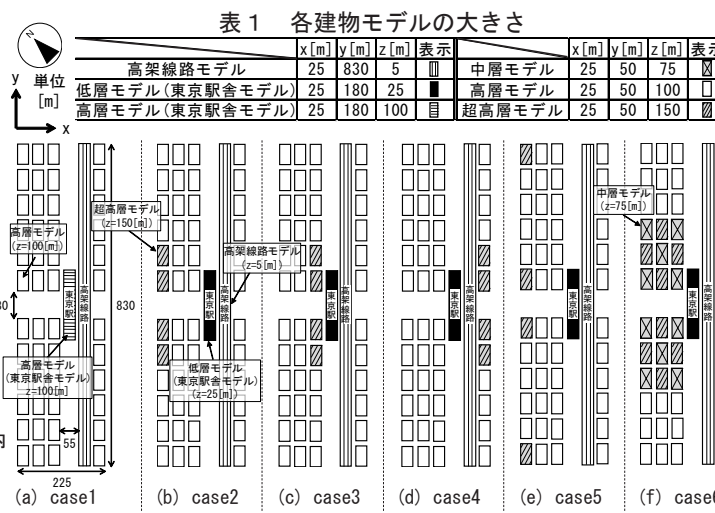
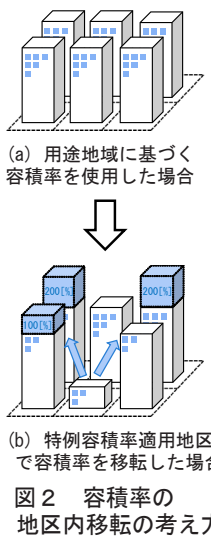


図3 解析対象モデルの概要

表1 各建物モデルの大きさ

	x [m]	y [m]	z [m]	表示	x [m]	y [m]	z [m]	表示	
高架線路モデル	25	830	5	■	中層モデル	25	50	75	□
低層モデル(東京駅舎モデル)	25	180	25	■	高層モデル	25	50	100	□
高層モデル(東京駅舎モデル)	25	180	100	■	超高層モデル	25	50	150	□

表2 解析 case

解析 case	GF算出方法	解析 case	GF算出方法
case1-A	式(1)	case1-B	式(2)
case2-A		case2-B	
case3-A		case3-B	
case4-A		case4-B	
case5-A		case5-B	
case6-A		case6-B	

表3 解析条件

乱流モデル	標準 k-ε モデル
解析領域	2,250(x) × 2,830(y) × 900(z) [m]
流入	1/4乗則(基準高さ150[m]、風速5.0[m/s])
流出	表面圧力境界(0.0[Pa])
境界条件	壁面 Ymin, Ymax, Zmax面 フリースリップ
	Zmin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) × 406(y) × 110(z) = 7,324,240

表4 村上らによる風環境評価基準^{文4}

ランク	強風による影響の程度	対応する空間用途の例	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]
1	最も影響を受けやすい用途の場所	住宅街の商店街 野外レストラン	10 [N] 0.90 [N] (37日) (3日)	0.08 [N] (0.3日)
2	影響を受けやすい用途の場所	住宅街、公園	22 [N] 3.6 [N] (80日) (12日)	0.6 [N] (2日)
3	比較的影響を受けにくい用途の場所	事務所	35 [N] 7 [N] (128日) (26日)	1.5 [N] (5日)
4	ランク3の条件を満たさない領域			

3.1 主風向時 (NNW) の平均風速ベクトル分布：図4に主風向時 (NNW) の地上 1.5[m] の平均風速ベクトル分布^{※8}を示す。case1、case2 共に、建物モデルの隣棟間では比較的速い気流場を形成する。case1 では、東京駅舎モデル隅角部で、剥離流により、高架線路モデル北西側に回り込むような気流場を形成する。case1 に比較して、case2 の東京駅舎モデル北西側では、風速比 1.0 程度の極めて速い気流場が形成される。

3.2 主風向時 (NNW) の風速増加率：図5に主風向時 (NNW) の case1 に対する風速増加率^{※9}を示す。case2 では、東京駅舎モデル北西側で局所的に風速増加率が高くなる。また、東京駅舎モデル南西側、建物モデル風下側では風速増加率 1.0 以下の領域と 3.0 程度の領域が混在する。case4 では、東京駅舎モデル南西側、建物モデル風下側の広範囲で風速増加率 3.0 程度の領域が存在する。

3.3 村上らによる風環境評価結果：図6に村上らによる風環境評価結果を示す。case1-A では、建物モデルの隣棟間、東京駅舎モデル北西側でランク 2、3 の領域が局所的に存在する。また、東京駅舎モデル隅角部では、剥離流の影響により、ランク 2、3 の領域が存在する。建物配置を変化させた case1-A と他 case を比較すると、case2-A では、東京駅舎モデル北西側でランク 2 からランク 3 へ風環境が悪化する領域が多く存在する。case4 では、東京駅舎モデル南西側、建物モデル風下側の広範囲で風速増加率 3.0 程度の領域がみられたが (図5)、case4-A における同地点の評価ランクは case1-A と概ね同様である。

3.4 各 case の風環境評価ランクの比較：図7に風環境評価ランクの比較^{※10}を示す。GF の算出方法を変化させた場合、全解析 case において、式 (2) を用いた場合の方が式 (1) を用いた場合よりもランク 2～4 の比率が高くなる。今回の解析では、建物配置を変化させた場合、評価ランクの比率にほぼ差はみられない。

表5 風環境評価に用いるワイブルパラメータ

	南南西	南西	西南西	西	西北西	北西	北北西	北
出現頻度D[%]	3.285	10.129	0.411	0.164	0.493	4.708	27.211	9.061
C	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
	北北東	北東	東北東	東	東南東	南東	南南東	南
出現頻度D[%]	4.27	5.94	6.844	3.887	3.942	1.889	0.876	16.89
C	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

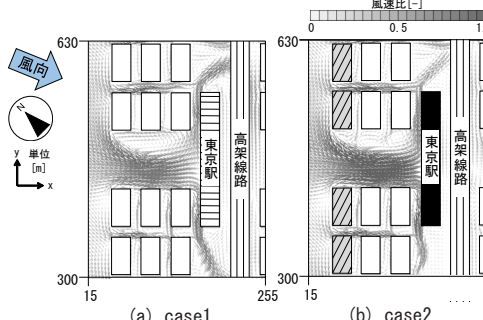


図4 主風向時 (NNW) の地上 1.5[m] の平均風速ベクトル分布^{※8}

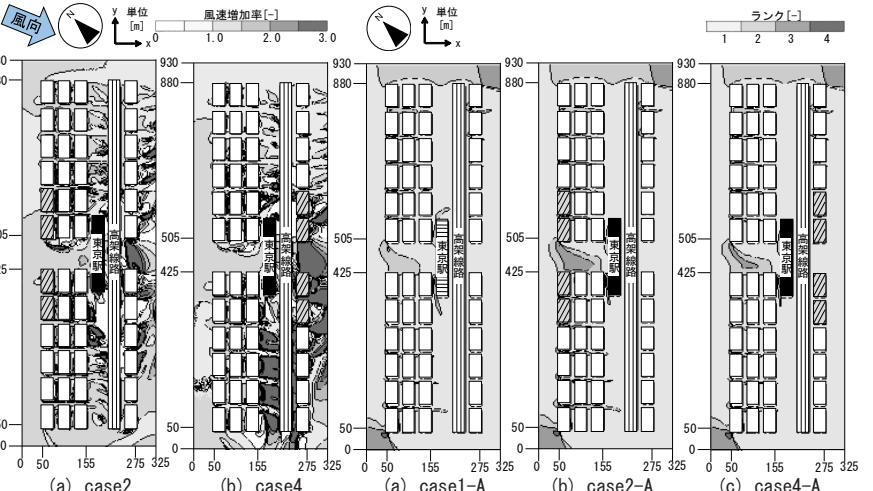


図5 主風向時 (NNW) の case1 に対する風速増加率^{※9}

4 まとめ

3.1 主風向時 (NNW) の平均風速ベクトル分布：case2 の東京駅舎モデル北西側では、風速比 1.0 程の極めて速い気流場を形成する。

3.2 主風向時 (NNW) の風速増加率：case4 では、東京駅舎モデル南西側、建物モデル風下側の広範囲で風速増加率 3.0 程度の領域が存在する。

3.3 村上らによる風環境評価結果：風環境評価ランクは、建物配置により、東京駅舎モデル北西側、建物モデル隣棟間で大きく変化する。

3.4 各 case の風環境評価ランクの比較：GF 算出方法を変化させた場合は、式 (2) を用いた場合の方が式 (1) を用いた場合よりも風環境評価ランクの悪い領域が増加する。建物配置による風環境評価ランクの割合の変化は、今回行った解析では、ほとんどみられない。

- 注釈
- ※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転移することができる地区である。
 - ※3 ビル風とは、周辺と比較して高層の建物が建設されることで、建物の建設前後で建物周辺の地表面付近における強風の発生頻度が増加する現象である。
 - ※4 CFD 解析でレイノルズ平均モデル (Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations) を用いて、平均流を解析する手法。
 - ※5 当該地区では、実際に、容積率の地区内移転が行われている。
 - ※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。
 - ※7 ガストファクターとは突風率を意味し、平均風速に対する最大瞬間風速の比で表される。
 - ※8 図4は、東京駅舎モデル周辺の一部領域の水平断面を抜粋して表示している。
 - ※9 風速増加率は、それぞれ任意の点における case1 の風速に対する case2～6 の風速の比で求められる。
 - ※10 風環境評価ランクの比率の算出方法は、解析対象モデルの全域の総算出点数 (33,997 点) に対する各風環境評価ランクの算出点数の比率で表す。
- 参考文献
- 文1) 日本建築学会「拡張メダガス気象データ」 鹿児島 TLO、2005 年
 - 文2) 義江・富永「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」日本風工学学会論文集、2014 年
 - 文3) 中村・中村「風環境評価用ガストファクターの提案」日本風工学学会年次研究発表会・梗概集、2003 年
 - 文4) 村上ら「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-III」日本建築学会論文報告集、1983 年

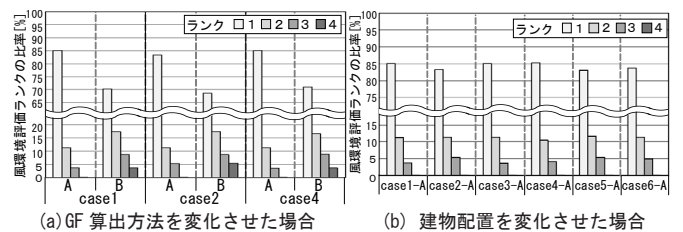


図7 風環境評価ランクの比較^{※10}

図4 主風向時 (NNW) の地上 1.5[m] の平均風速ベクトル分布^{※8}

図5 主風向時 (NNW) の case1 に対する風速増加率^{※9}

図6 村上らによる風環境評価結果