別添資料４　風害環境シミュレーション調査報告書

東大阪市営旧上小阪東住宅建替基本計画策定支援
及び民間活力の導入可能性調査業務

風害環境シミュレーション調査報告書

令和 2年（2020年）3月

東 大 阪 市

目　　次

1 業務概要 1
1.1 業務名 1
1.2 履行期間 1
1.3 業務の目的 1
1.4 業務の内容 1
2 予測対象地区の概要 2
2.1 予測対象地区の位置 2
2.2 予測対象地区近傍の風況特性 3
2.2.1 近傍の気象観測所の概要 3
2.2.2 気象データの収集・整理 4
3 予測手法 9
3.1 村上評価 9
3.1.1 村上評価指標 9
3.1.2 村上評価式 10
3.2 風環境シミュレーション手法 11
3.2.1 CFD の種類と特性 11
3.2.2 予測手法の設定 14
3.2.3 予測評価式 16
3.3 予測条件 18
3.3.1 予測手順 18
3.3.2 評価範囲 19
3.3.3 評価地点の設定 20
3.3.4 建物形状 21
4 予測・評価結果 22
4.1 現況の予測 22
4.1.1 現況モデルの概要 22
4.1.2 現況の村上評価 24
4.1.3 現況のベクトル図(参考資料) 27
4.2 建物建設後の予測 30
4.2.1 建物建設後モデルの概要 30
4.2.1 建物建設後の村上評価 32
4.2.2 建物建設後のベクトル図(参考資料) 35
4.3 現況と建物建設後の比較 38
5 参考資料 41
5.1 ビル風現象 41
5.2 風速の目安 44

1 業務概要

1.1 業務名

東大阪市営旧上小阪東住宅建替基本計画策定支援及び民間活力の導入可能性調査業務（風環境予測）

1.2 履行期間

自）平成31年4月16日

至）令和2年3月31日

1.3 業務の目的

本業務は「東大阪市営旧上小阪東住宅建替基本計画策定支援及び民間活力の導入可能性調査業務」の一環として、市営住宅建替予定地の旧上小阪東住宅跡地を対象として、建物モデルプランによる建設前後の周辺風環境の変化を予測・評価することで、本事業に対して風害を懸念する近隣住民に対し一定の理解を得ることを目的として、流体数値解析手法を用いた風に関する環境影響予測を実施したものである。

1.4 業務の内容

(1) 予測条件の整理

(2) 予測モデルの作成

・現況モデルの作成

・建物建設後モデルの作成

(3) 風影響予測及び村上評価

(4) 報告書作成

2 予測対象地区の概要

2.1 予測対象地区の位置

建設予定地の旧上小阪東住宅跡地は東大阪市の南西に位置している。地区の東側を近畿自動車道が走り、南側には近畿大学東大阪キャンパスが立地する（図 2-1参照）。建設予定地北側は住宅が密集している（図 2-2参照）。

図 2-1　建設予定地広域図

図 2-2　建設予定地周辺図

2.2 予測対象地区近傍の風況特性

2.2.1 近傍の気象観測所の概要

予測対象地区近傍の気象観測所としては東大阪市環境衛生検査センター、東大阪市西保健センター、八尾市保健所、東大阪市六万寺（仮設）の4か所がある(表 2-1、 図 2-3参照)。予測対象地区から最も距離が近い東大阪市環境衛生検査センター局の風況特性を整理する。また東大阪市環境衛生検査センター局の概要を表 2-2に示す。

表 2-1　予測対象地区近傍の気象観測所一覧

観測局名	所在地	建設予定地までの距離	H21～H30 年度(10 年間 120 ヶ月)のデータ存在月数
東大阪市環境衛生検査センター	東大阪市西岩田 3-3-2	約 1,800m	120 ヶ月
東大阪市西保健センター	東大阪市高井田元町 2-8-27	約 2,000m	120 ヶ月
東大阪市六万寺（仮設）	東大阪市下六万寺 3-3-7	約 4,200m	18 ヶ月※H29.10 に旭町庁舎局から移設
八尾市保健所	八尾市清水町 1-2-5	約 3,100m	120 ヶ月

図 2-3　東大阪市環境衛生検査センターの位置

表 2-2　東大阪市環境衛生検査センター局の概要

局番号	851
局名	東大阪市環境衛生検査センター
所在地	東大阪市西岩田3－3－2
局種別	自排
データの収録開始年月	昭和52年4月
測定高さ	15m

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
(http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/)

2.2.2 気象データの収集・整理

風環境予測計算に使用する気象条件を設定するため、東大阪市環境衛生検査センターにおける年度別気象状況の集計・整理を行った。

平成21～30年度における平均風速(全ての風速の平均)及び日最大平均風速(1日の中で最大風速の平均)の年別グラフを図 2-4に、年度別月別の平均風速、日最大平均最大風速及び最多風向を表 2-3に、年間風配図を図 2-5に示す。

平均風速は1.8～1.9m/sで、年によって大きな変動はなく、平成21～30年度の全体平均は1.9m/sである。また月別の変動も少なく、年間を通して1.9m/s前後の風速となっている。

日最大平均風速の年最高値は8.3～14.0m/sで、平成30年度に最大風速を記録している。日最大平均風速の年最高値が発生した月は、1月が1回、7月が1回、9月が4回、10月が3回、12月が1回であり、9～10月の台風時期に集中して最大風速を記録している。日最大平均風速の年最高値が発生した月の風向は、北5回、東2回、西北西、西及び南南東が1回であり、北風が最も多い。

最多風向については、120ヶ月中62ヶ月(52%)が北である。次いで120ヶ月中41ヶ月(34%)が西北西であり、年間風配図を見てもこの2風向が卓越していることが分かる。

図 2-4　平均風速及び日最大平均風速

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
(http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/)

表 2-3(1) 年別月別の平均風速、日最大平均風速及び最多風向(平成 21～25 年度)

年度	年平均風速[m/s]	日最大平均風速の年最高値[m/s]	月	風向・風速[m/s]			
				平均風速	最多風向	日最大平均風速	
						風速	風向
平成21年	1.9	12.2	4	1.8	西北西	6.8	北
			5	1.9	北	9.1	北
			6	1.7	北	5.5	北
			7	1.5	西北西	5.6	北
			8	2.0	北	6.8	北
			9	2.2	北	7.5	北
			10	1.7	北	12.2	北
			11	1.7	北	8.4	北
			12	2.0	西	7.6	西北西
			1	1.8	西	7.1	北
			2	2.0	北	8.2	西北西
			3	2.2	北	8.3	西北西
平成22年	1.8	8.3	4	2.1	北	6.5	北
			5	2.0	北	6.7	南東
			6	1.5	西北西	5.4	北
			7	1.5	西北西	5.3	西北西
			8	1.7	西北西	5.8	南東,西北西
			9	1.8	西北西	7.1	北西
			10	1.9	北	8.0	北
			11	1.6	西北西	7.5	西北西
			12	2.0	西	8.3	西北西
			1	2.1	西	7.5	西北西
			2	1.5	北	6.5	北
			3	1.9	西北西	7.6	北
平成23年	1.9	10.1	4	1.8	北	7.3	西北西
			5	2.0	北	7.4	北西
			6	1.5	西北西	7.0	西北西
			7	1.8	西北西	7.6	東
			8	1.8	西北西	7.2	東南東
			9	2.3	北	10.1	東
			10	1.8	北	6.4	北
			11	1.6	北	6.8	西北西
			12	2.2	西北西	7.0	西北西
			1	2.1	西	9.0	西北西
			2	2.2	北	9.0	西北西
			3	2.1	北	7.8	西
平成24年	1.9	11.0	4	1.9	北	9.1	西
			5	2.1	北	7.4	東北東, 東
			6	1.8	北	8.8	北
			7	1.6	西北西	5.6	北北西
			8	2.0	南南東	6.5	東
			9	1.7	南南東	11.0	北
			10	1.7	北	7.3	北
			11	1.9	西北西	6.8	西北西
			12	2.1	西北西	7.9	西北西
			1	2.0	西北西	8.4	西北西
			2	2.0	北	7.0	西北西
			3	2.0	北	8.1	北西
平成25年	1.9	11.2	4	2.1	西北西	8.1	北
			5	2.0	北	8.2	北
			6	1.8	西北西	5.8	南南東
			7	1.7	西北西	6.8	北
			8	1.7	西北西	6.4	西北西
			9	2.2	北	11.2	北
			10	2.2	北	7.8	西北西
			11	1.7	西北西	6.6	西北西
			12	2.0	西	7.8	北西
			1	1.5	北	7.8	北
			2	2.3	北	7.1	北,北西
			3	2.1	西北西	7.5	北西

注)赤字は日最大平均風速の月、風速、風向を示す。

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
(http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/)

表 2-3(2) 年度別月別の平均風速、日最大平均風速及び最多風向(平成 26～30 年度及び平均)

年度	年平均風速[m/s]	日最大平均風速の年最高値[m/s]	月	風向・風速[m/s]			
				平均風速	最多風向	日最大平均風速	
						風速	風向
平成26年	1.9	9.1	4	1.7	北	7.8	北西
			5	1.7	西北西	6.9	北
			6	1.8	西北西	6.1	東南東
			7	1.5	西	4.9	西北西
			8	1.8	西	6.4	北
			9	1.9	北	6.7	北
			10	2.2	北	9.1	北
			11	1.6	北	6.7	西北西,西
			12	2.3	西	8.3	西北西
			1	2.1	西北西	7.3	北西
			2	2.0	西北西	7.5	西北西
			3	2.0	北	7.7	西
平成27年	1.8	8.3	4	2.0	北	5.9	北
			5	1.7	西北西	7.2	北
			6	1.7	北	7.0	北
			7	1.6	西北西	8.3	東
			8	1.6	西北西	6.6	東
			9	1.9	北	6.3	東北東
			10	1.7	北	7.3	北
			11	1.6	北	7.5	北
			12	1.8	西北西	7.1	西
			1	1.9	西	7.7	北西
			2	1.9	北	7.4	西北西
			3	1.9	北	6.5	北
平成28年	1.8	8.4	4	1.8	北	6.9	西北西
			5	1.7	北	5.3	南南東
			6	1.7	北	6.9	北
			7	1.6	西北西	5.6	北
			8	2.0	北	6.3	北
			9	1.7	北	8.1	北
			10	1.9	北	6.4	北
			11	1.6	北	6.3	北北西
			12	1.7	北	7.5	北
			1	2.1	西北西	8.4	西
			2	2.0	西北西	7.5	北西
			3	2.1	西北西	8.4	西北西
平成29年	1.8	11.1	4	1.7	北	5.7	西北西
			5	1.6	西北西	6.4	北
			6	1.8	北	6.3	北北西
			7	1.6	西北西	5.7	南南東
			8	2.0	北	7.4	北
			9	1.8	北	8.3	東南東
			10	2.0	北	11.1	北
			11	1.5	西北西	6.6	西北西
			12	2.0	西	7.9	北西
			1	2.0	西	8.1	西
			2	1.8	西	8.6	西北西
			3	2.2	北	8.0	北
平成30年	1.8	14.0	4	1.8	西	6.7	西北西,北
			5	1.7	西	6.4	北,北北西
			6	1.8	北	7.2	東北東
			7	1.9	西北西	10.3	北西
			8	2.1	西北西	9.9	南東
			9	1.7	北	14.0	南南東
			10	1.8	北	6.6	西北西
			11	1.5	北	6.1	北
			12	1.9	西北西	7.2	北西
			1	1.8	西北西	6.9	北西
			2	1.8	北	6.3	北
			3	1.9	北	7.0	西北西
平成21年～平成30年平均	1.9	10.4	4	1.9	－	7.1	－
			5	1.8	－	7.1	－
			6	1.7	－	6.6	－
			7	1.6	－	6.6	－
			8	1.9	－	6.9	－
			9	1.9	－	9.0	－
			10	1.9	－	8.2	－
			11	1.6	－	6.9	－
			12	2.0	－	7.7	－
			1	1.9	－	7.8	－
			2	2.0	－	7.5	－
			3	2.0	－	7.7	－

注)赤字は日最大平均風速の月、風速、風向を示す。

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
(http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/)

〈平成21年度〉

〈平成22年度〉

〈平成23年度〉

〈平成24年度〉

〈平成25年度〉

〈平成26年度〉

図 2-5(1) 年間風配図(平成 21～26 年度)

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
(http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/)

〈平成27年度〉

〈平成28年度〉

〈平成29年度〉

〈平成30年度〉

図2-5(2) 年間風配図（平成27～30年度）

出典：大阪府大気汚染常時監視のページ
（http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/taikikanshi/）

3 予測手法

3.1 村上評価

3.1.1 村上評価指標

本予測では、村上周三博士らによる、強風の出現頻度に基づく風環境評価尺度を用いて、風環境の評価を行うこととする。風環境評価尺度は、風の実測と住民の意識調査結果を分析して作成された風環境評価指標（表 3-1 参照）を用いる。日最大瞬間風速 10m/s、15m/s、20m/s がそれぞれ 1 年間に発生する日数を計算し、許容される超過頻度との比較を行った。

表 3-1　村上氏らによる風環境評価指標

強風による影響の程度		対応する空間用途の例	評価する強風レベルと許容される超過頻度		
			日最大瞬間風速（m/s）		
			10	15	20
			日最大平均風速（m/s）		
			10/G.F	15/G.F	20/G.F
ランク 1	最も影響を受けやすい用途の場所	（住宅地の商店街）（野外のレストラン）	10%（37 日）	0.9%（3 日）	0.08%（0.3 日）
2	影響を受けやすい用途の場所	（住宅街）（公園）	22%（80 日）	3.6%（13 日）	0.6%（2 日）
3	比較的影響を受けにくい用途の場所	（事務所街）	35%（128 日）	7%（26 日）	1.5%（5 日）

注 1）日最大瞬間風速：評価時間 2～3 秒、日最大平均風速：10 分平均風速

注 2）日最大瞬間風速

10m/s・・・ごみが舞い上がる。干し物が飛ぶ。

15m/s・・・立看板、自転車等が倒れる。歩行困難。

20m/s・・・風に吹き飛ばされそうになる。

注 3）G.F:ガストファクター（地上 1.5m、評価時間 2～3 秒）

密集した市街地（乱れは強いが、平均風速はそれほど高くない）・・・　2.5～3.0

通常の市街地　・・・

3.1.2 村上評価式

日最大平均風速の風向別出現頻度、風向累積出現確率から算出されるワイブル係数、初期風速に対する風速(風速比)、突風率を次の式に適用することで、日最大瞬間風速の累積頻度を算出し、村上評価を行う。

$$Fj\ (\leq Umax) = \sum_{i=1}^{16} Di \quad [1-\exp\{-(\frac{Umax}{GfRjiCi})\ \ Ki\}]$$

Fj（$\leq Umax$）：基準点 i の日最大瞬間風速 $Umax$ の累積頻度

Di:風向 i の基準点における日最大平均風速の出現頻度

Ci, Ki: 風向 i の基準点における日最大平均風速のワイブル係数

Rji：基準点 i における風向 i のときの風速比

Gf：突風率（ガストファクター）

日最大平均風速の風向別出現頻度及び風向累積出現確率から算出されるワイブル係数は、東大阪市環境衛生検査センター局の平成21年度～30年度までの10年間の風向風速データを用いて表 3-2のとおり算出した。

風速比は風環境シミュレーションにて地点別・風向別に算出し、突風率は密集した市街地の 2.5を採用した。

表 3-2　風向別ワイブル係数

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
出現頻度D	31.23	2.14	1.15	2.09	1.92	1.87	2.20	4.95	2.03	0.05	0.03	0.49	15.12	25.90	5.72	3.08
ワイブル係数C	5.41	3.45	2.97	4.54	4.84	4.50	4.63	3.29	3.18	2.13	2.04	2.43	4.48	4.78	4.74	4.37
ワイブル係数K	3.06	3.95	4.92	3.49	2.47	3.38	3.83	2.25	3.83	5.88	4.12	1.65	3.46	3.49	2.78	2.65

3.2 風環境シミュレーション手法

3.2.1 CFD の種類と特性

1）CFD の概要

CFD（Computational Fluid Dynamics：計算流体力学）は、流体の運動に関する方程式をコンピュータを用いて解くことにより、流れを予測する数値予測手法である。

流体予測の1分野である風予測においては、非圧縮性乱流（定常流）の挙動をCFDを用いたシミュレーションによって、予測することが一般的である。

ここで、各用語の意味は以下のとおりである。

●『非圧縮流体』

圧縮性を考えなくてもよい（密度の変化がない）流体を非圧縮性流体と呼ぶ。一般には、マッハ数（音速との速度比）が0.3以下ならば非圧縮性流体として取り扱える。本予測においても、流体の密度の変化はほとんどないため、非圧縮流体として取り扱うものとする。

●『乱流』

流れの秩序の乱れが無視できなくなってくるような流れを、乱流と呼ぶ。これに対して秩序正しい流れを層流と呼ぶ。物理的には、レイノルズ数（慣性力／粘性力）が小さい流れを層流、大きい流れを乱流と呼び、その境界を限界レイノルズ数と呼ぶ。

流れの中に障害物がない場合は層流となるが、本予測においては構造物が存在するため、乱流を考慮した計算を行う。

●『定常流』

定常流とは、時刻が変化しても同じ状態が達成されている、つまり時間に対して変化がない流れを言う。多くの場合、予測すべき対象は定常流であり、本予測についても風を定常流として取り扱う。

２）風予測に用いる CFD の種類

基本方程式であるナヴィエーストークス方程式と連続の式を解くためのCFDについては、種々の計算モデルが研究されている。代表的なモデルを以下に示す。

a)0 次方程式

平均的な流れの情報のみを用いてパラメータを決める手法であり、個々の乱流を平均化して計算する手法である。乱流計算時の精度面ではやや問題があるが、通常の風予測では十分な精度を確保できる。

b)標準 k-ε

風予測で最も一般的に用いられているモデルであり、工学的・工業的な応用分野においてもよく用いられている。経験的に与えるパラメータが少なく、定数群の推奨値が定着している。風予測における乱流の計算においても、十分な精度を確保できる。

c)LES　(Large　Eddy Simulation)

乱流の非定常計算方法である直接計算法の一種で、基礎方程式にいかなる操作も加えない方法である。空間的なフィルターをかけ、フィルターよりも大きい乱流を対象とする。標準k-εモデルでは対応困難な非定常流についても、高い精度を確保できる。ただし、初期条件として観測値等により設定した非定常流を与える必要がある。

d)FTS　(Full Turbulence Simulation)

乱流の非定常計算方法である。上記のLESは空間的なフィルターをかけるが、FTSは全範囲に、最小の乱れスケール以下の細かい格子を設定することにより、乱流の完全なシミュレーションを行う。LESと同様、初期条件として観測値等により設定した非定常流を与える必要がある。また、多大な計算コストを要する。

３）CFD の比較

図3-1に示す高さ2、幅及び奥行き1の直方体に対して、一定方向から風を与えた場合の実験結果に対して、非定常流にも対応できるLES予測結果(流入変動風なしがCase1、流入変動風雨ありがCase2)及び定常流の代表的モデルである標準k-ε予測結果を比較した(図 3-1参照)。

図 3-1　対象流れ場の概要

出典：『市街地風環境予測のための流体数値予測ガイドブック』（編著者：日本建築学会）

図 3-2のベクトル分布をみると、いずれの予測結果も実験結果に近い図となっていることが分かる。またLESの予測結果Case1（流入変動風なし：初期条件を定常流として与えた場合）とCase2（流入変動風あり：初期条件を非定常流として与えた場合）の差は小さく、ともに標準k-εの予測結果と大きな差は見られない。

図 3-2　実験結果との比較

出典：『市街地風環境予測のための流体数値予測ガイドブック』（編著者：日本建築学会）

3.2.2 予測手法の設定

代表的な風予測手法の特徴、問題点、計算コスト、風予測での精度を表 3-3に示す。表の右になるほど、計算精度が向上するが、その反面コストが高くなる。

LES及びFTSは高精度の計算が可能であるが、以下の2点の理由により、本業務で予測モデルとしては標準k-εモデルを採用することが適切であると判断した。

・LES及びFTSは、非定常流の再現性は高いが、本業務において、初期条件として非定常流を与える十分な情報が得られない。

・本業務が対象とする定常流の計算では、標準k-εとLES及びFTSでは結果に大きな差異が生じない。

本業務では，風予測モデルとして実績のある汎用モデルが市販されている標準k-εモデルを採用し、予測計算を行うものとする。

表 3-3　CFD の計算手法比較

計算手法	0 方程式	標準 k-ε	LES	FTS
特徴	・平均的な流れの情報のみを用いて、パラメータを決める。局所的な個々の乱流も平均化する。 ・圧縮性（流体の密度が変わる）乱流の数値計算において、最もよく用いられる。	・流れのうち、乱れエネルギーk とエネルギー散逸率 ε と用い、流れの渦粘性係数を求める。 ・工学的・工業的な応用分野において、最もよく用いられている。 ・経験的に与えるパラメータが少なく、定数群の推奨値が定着している。 ・壁付近の格子点数を節約する方法を用いることにより、実用計算向きである。 ・数値計算の安定性が比較的良好である。	・乱流の非定常計算方法。 ・直接計算法の一種で、基礎方程式にいかなる操作も加えない方法。 ・右記の FTS のように全ての乱れを対象とするのは不可能である。このため、LES では空間的に大小のスケールを分離するためのフィルターをかけて計算する。比較的大きな構造のみを直接計算し、それより細かい乱れにはモデルを与える（経験的パラメータで決める）方法。	・乱流の完全なシミュレーション ・乱流の非定常計算方法。 ・全範囲に、最小の乱れスケール η よりも細かい格子を設定する。 ・適切な初期条件と境界条件をもとに、乱流の全てを決定論的に求める。各格子での代表値を、時々刻々と求めていく。
問題点	・予測式に、経験的なパラメータを入れるため、普遍的な乱流モデルにはなりにくい。 ※本業務においては、問題ない程度の精度が確保できる。	・垂直応力成分の非等方性が顕著になる（壁面の凹凸が著しい等）場合は精度が落ちる。 ・局所平衡から逸脱した流れ（平衡状態にならず、変動が激しい等）の場合も精度が落ちる。 ※本業務においては、十分な精度が確保できる。	・式の検証のためには、フィルターにより分離された乱流についての統計量が必要であるが、実験により得ることは容易ではない。 ・初期条件として、速度等が時間により変動する条件を与え続けなければいけない。 ※本業務においては、初期条件を一様定常にすることで適用可能となる。	・風害予測等の大きなスケールでは、格子数が膨大となり、最新鋭のスーパーコピューターを用いても FTS は非現実的。 ・仮に計算機速度が整ったとしても、初期条件についても実現象と同様に、複雑に変化する条件を入力する必要がある。それができない場合は、実現象との解離が生じて十分な精度が得られない。 ※本業務においては、初期条件を一様定常にすることで適用可能となる。
計算コスト	小	普通	大	膨大
風予測での精度	△	○	○（初期条件を一様定常）	○（初期条件を一様定常）
本業務での適用	－	○	－	－

出典 1：計算力学ハンドブック（Ⅱ差分法・有限体積法・熱流体編）　日本機械学会　丸善出版株式会社
出典 2：乱流の数値シミュレーション　株式会社　養賢堂

3.2.3 予測評価式

1）基本方程式

本予測では、基本方程式として以下に示す連続の式と、非圧縮流れのナヴィエーストークス方程式を基本方程式とする。

●ナヴィエーストークス方程式

$$\partial u/\partial t + \nabla(uu) = -\nabla(P/\rho) + (\nu + \nu_T)\nabla^2 u$$

●連続の式

$$\nabla \cdot u = 0$$

ここで、

u：速度ベクトル、P：圧力，ρ：流体の密度、ν：動粘性係数

ν_T：渦粘性係数、　$\partial/\partial t$：時間に対する偏微分

∇：nabra（$\partial/\partial x+\partial/\partial y+\partial/\partial z$）

2）k-ε モデル

k-εモデルにおいては、ナヴィエーストークス方程式に示された渦粘性係数を、乱れエネルギーkとエネルギー散逸率εを用い、以下のとおり表す。

$$\nu_T = C_\mu (k^2/\varepsilon)$$

kと ε を以下の２式から与え、これを解くことにより流れの渦粘性係数を求める。

$$\partial k/\partial t + u \cdot \nabla k = P - \varepsilon + \nabla \{(\nu_T/\sigma_k + \nu) \nabla k\}$$

$$\partial \varepsilon/\partial t + u \cdot \nabla \varepsilon = (C_{\varepsilon 1}P - C_{\varepsilon 2}\varepsilon)\ \varepsilon/k + \nabla \{(\nu_T/\sigma_\varepsilon + \nu) \nabla \varepsilon\}$$

ここで、　定数は

$C_\mu = 0.09$、$\sigma_k = 1.0$、$\sigma_\varepsilon = 1.3$、$C_{\varepsilon 1} = 1.44$、$C_{\varepsilon 2} = 1.92$

とする。

3）シミュレーション条件

本予測に用いる予測ソフト等のシミュレーション条件は表 3-4に示すとおりである。

表 3-4　シミュレーション条件

項目	名称・設定値等
予測ソフト	WindPerfectDX2015（株式会社環境シミュレーション）
差分スキーム	1 次風上差分
乱流の取り扱い	標準 k-ε
時間刻み	0.1 秒
計算時間	400 秒
圧力方程式繰返し回数上限	50 回
収束誤差	0.0001

3.3 予測条件

3.3.1 予測手順

現況及び建物建設後の風環境を数値シミュレーション計算により把握し、村上評価を行う。予測手順は以下に示すとおりである。

図 3-3　予測手順

3.3.2 評価範囲

本予測では、建設予定地の100m外側(280m×280m)を評価範囲として設定した。評価範囲は格子幅を1mとしてモデルを作成し、評価範囲における予測精度確保のため、評価範囲外側の680m×680mをモデル作成範囲として、格子幅3～10mでモデルを作成した(図 3-4参照)。

図 3-4　評価範囲及びモデル作成範囲

3.3.3 評価地点の設定

建物や道路の形状を考慮して、評価範囲内に100点の評価地点を設定した（図 3-5参照）。また評価高さは村上評価に合わせて、地上1.5m高さとした。

図 3-5　評価地点

3.3.4 建物形状

計画建物プランとして、南棟、東棟の2棟で構成する住居棟とし、北西側が開けた「L字」型の形状とする。また、住居棟の北西側に集会場を配置する。

住居棟は地上11階建て(約36m)とし、集会場は地上1階建て（約3.5m）とする。

4 予測・評価結果

4.1 現況の予測

4.1.1 現況モデルの概要

評価範囲周辺における現況モデル図を、図 4-1に示す。

図 4-1(1)　現況モデル図(南西→北東)

図 4-1(2)　現況モデル図(南東→北西)

図 4-1(3)　現況モデル図(北東→南西)

図 4-1(4)　　現況モデル図(北西→南東)

4.1.2 現況の村上評価

現況の村上評価を表 4-1及び図 4-2に示す。ランク4が4箇所、ランク3が2箇所、ランク2が8箇所である。

ランク3及び4は建設予定地南側の近畿大学校舎周辺に存在する。ランク2は建設予定地の南側と西側に存在するが、建設予定地北側の住宅街にはランク2以上は存在しない。

なお、望ましい風環境ランクとしては次のとおりである。

住宅地の商店街、野外のレストラン：ランク1
住宅街、公園：ランク1～2
事務所街：ランク1～3
※ランク4は好ましくない風環境

表 4-1　現況の村上境評価結果一覧

単位：%

評価点 No.	日最大瞬間風速[m/s] 10 / 日最大平均風速[m/s] 4	15 / 6	20 / 8	ランク
1	0.00	0.00	0.00	1
2	0.00	0.00	0.00	1
3	0.00	0.00	0.00	1
4	0.00	0.00	0.00	1
5	0.00	0.00	0.00	1
6	0.00	0.00	0.00	1
7	0.00	0.00	0.00	1
8	0.00	0.00	0.00	1
9	0.00	0.00	0.00	1
10	0.00	0.00	0.00	1
11	0.00	0.00	0.00	1
12	0.00	0.00	0.00	1
13	0.00	0.00	0.00	1
14	0.00	0.00	0.00	1
15	0.00	0.00	0.00	1
16	0.00	0.00	0.00	1
17	0.00	0.00	0.00	1
18	0.00	0.00	0.00	1
19	0.00	0.00	0.00	1
20	0.00	0.00	0.00	1
21	0.00	0.00	0.00	1
22	0.00	0.00	0.00	1
23	0.00	0.00	0.00	1
24	0.00	0.00	0.00	1
25	0.00	0.00	0.00	1
26	0.00	0.00	0.00	1
27	0.00	0.00	0.00	1
28	0.00	0.00	0.00	1
29	0.00	0.00	0.00	1
30	0.01	0.00	0.00	1
31	0.00	0.00	0.00	1
32	0.00	0.00	0.00	1
33	0.00	0.00	0.00	1
34	0.00	0.00	0.00	1
35	0.00	0.00	0.00	1
36	0.00	0.00	0.00	1
37	0.00	0.00	0.00	1
38	0.00	0.00	0.00	1
39	0.00	0.00	0.00	1
40	0.00	0.00	0.00	1
41	0.00	0.00	0.00	1
42	0.00	0.00	0.00	1
43	0.00	0.00	0.00	1
44	0.00	0.00	0.00	1
45	0.08	0.00	0.00	1
46	5.70	0.09	0.00	1
47	0.00	0.00	0.00	1
48	0.00	0.00	0.00	1
49	0.00	0.00	0.00	1
50	0.05	0.00	0.00	1

単位：%

評価点 No.	日最大瞬間風速[m/s] 10 / 日最大平均風速[m/s] 4	15 / 6	20 / 8	ランク
51	0.00	0.00	0.00	1
52	0.01	0.00	0.00	1
53	0.00	0.00	0.00	1
54	0.19	0.00	0.00	1
55	0.01	0.00	0.00	1
56	4.20	0.03	0.00	1
57	0.00	0.00	0.00	1
58	0.01	0.00	0.00	1
59	0.11	0.00	0.00	1
60	0.03	0.00	0.00	1
61	0.04	0.00	0.00	1
62	0.07	0.00	0.00	1
63	0.06	0.00	0.00	1
64	0.00	0.00	0.00	1
65	0.00	0.00	0.00	1
66	0.00	0.00	0.00	1
67	0.02	0.00	0.00	1
68	0.00	0.00	0.00	1
69	0.05	0.00	0.00	1
70	0.22	0.00	0.00	1
71	0.68	0.00	0.00	1
72	3.41	0.01	0.00	1
73	0.01	0.00	0.00	1
74	0.22	0.00	0.00	1
75	2.36	0.36	0.01	1
76	2.60	0.50	0.03	1
77	0.76	0.02	0.00	1
78	2.20	0.01	0.00	1
79	10.90	0.73	0.00	2
80	9.56	0.35	0.00	1
81	8.43	0.31	0.00	1
82	4.32	0.05	0.00	1
83	13.62	1.04	0.01	2
84	8.07	0.12	0.00	1
85	9.14	0.34	0.00	1
86	8.55	0.22	0.00	1
87	13.16	1.48	0.02	2
88	25.24	8.60	1.15	4
89	25.41	3.95	0.44	3
90	22.74	10.15	2.09	4
91	14.75	1.36	0.02	2
92	11.20	0.56	0.00	2
93	17.84	3.05	0.09	2
94	1.18	0.03	0.00	1
95	20.36	4.43	0.26	3
96	19.16	2.51	0.05	2
97	29.65	13.61	3.67	4
98	33.43	15.44	4.29	4
99	11.82	0.72	0.01	2
100	3.15	0.01	0.00	1

凡　例

- ：予測範囲（約 280m×280m）
- ：建設予定地
- ：ランク１（住宅街の商店街・野外レストラン等の風環境）
- ：ランク２（住宅街・公園等の風環境）
- ：ランク３（事務所街等の風環境）
- ：ランク４（好ましくない風環境）
- ：(1)建設前　(2)建設後

N

0　50　100m

現況の村上評価結果

（地上 1.5m）

図 4-2　現況の村上評価結果

4.1.3 現況のベクトル図(参考資料)

村上評価では全16方位について、初期風速に対する風速比を算出した結果を用いるが、参考資料として、北風1.9m/s(東大阪市衛生検査センターにおける卓越風向及び年間平均風速)の場合の、平面ベクトル図を図 4-3に、評価範囲中心付近の横断ベクトル図を 図 4-4に示す。これらの図面より、以下の傾向が見られる。

・一定風速、一定風向で流れてきた風が建物にあたると、風は建物壁面あるいは上面に沿って流れ、建物の隅角までくると、それ以上壁面(上面)に沿って流れることができなくなり、建物からはがれていく。
・建物間隔が広ければ、建物間の隙間を抜けていく風の道ができるが、建物が密集している箇所では風の抜け道がなくなり風は弱くなる。
・計画建物建設予定地において、比較的風速の大きい逆流と谷間風の複合風が発生している。

図 4-3　現況の平面ベクトル図

図 4-4(1)　現況の横断ベクトル図(北西→南東)

図 4-4(2)　現況の横断ベクトル図(北東→南西)

（赤丸点線箇所の補足説明）

・高層建物A北面の地上付近では、逆流と谷間風の複合風アが発生している。
東西に別れる複合風アのうち西側については、さらに高層建物Bとの間で南に行く風と、中層建物Cに当たって北に行く複合風イに別れる。

・中層建物Cに当たって北に行く複合風イは、中層建物Cの北面で発生する複合風ウと合流し、北東方向の複合風エとなる。

4.2 建物建設後の予測

4.2.1 建物建設後モデルの概要

評価範囲周辺における建物建設後モデル図を図 4-5に示す。

図 4-5(1)　建物建設後モデル図(南西→北東)

図 4-5(2)　建物建設後モデル図(南東→北西)

図 4-5(3)　建物建設後モデル図(北東→南西)

図 4-5(4)　建物建設後モデル図(北西→南東)

4.2.1 建物建設後の村上評価

建物建設後の村上評価を表 4-2及び図 4-6に示す。ランク4が1箇所、ランク3が1箇所、ランク2が9箇所である。

ランク3及び4は建設予定地南側の近畿大学校舎周辺にそれぞれ1箇所ずつ存在する。ランク2は建設予定地の南側と西側に主に存在するが、建設予定地北側の住宅街にも1箇所存在する。

なお、望ましい風環境ランクとしては次のとおりである。

住宅地の商店街、野外のレストラン：ランク1
住宅街、公園：ランク1～2
事務所街：ランク1～3
※ランク4は好ましくない風環境

表 4-2　計画建物建設後の村上評価結果

単位：%

評価点 No.	日最大瞬間風速[m/s] 10 / 日最大平均風速[m/s] 4	15 / 6	20 / 8	ランク
1	0.00	0.00	0.00	1
2	0.00	0.00	0.00	1
3	0.00	0.00	0.00	1
4	0.00	0.00	0.00	1
5	0.00	0.00	0.00	1
6	0.00	0.00	0.00	1
7	0.00	0.00	0.00	1
8	0.00	0.00	0.00	1
9	0.00	0.00	0.00	1
10	0.00	0.00	0.00	1
11	0.00	0.00	0.00	1
12	0.00	0.00	0.00	1
13	0.00	0.00	0.00	1
14	0.00	0.00	0.00	1
15	0.00	0.00	0.00	1
16	0.00	0.00	0.00	1
17	0.00	0.00	0.00	1
18	0.00	0.00	0.00	1
19	0.00	0.00	0.00	1
20	0.00	0.00	0.00	1
21	0.00	0.00	0.00	1
22	0.00	0.00	0.00	1
23	0.00	0.00	0.00	1
24	0.00	0.00	0.00	1
25	0.00	0.00	0.00	1
26	0.00	0.00	0.00	1
27	0.00	0.00	0.00	1
28	0.00	0.00	0.00	1
29	0.00	0.00	0.00	1
30	0.00	0.00	0.00	1
31	0.00	0.00	0.00	1
32	0.00	0.00	0.00	1
33	0.00	0.00	0.00	1
34	0.00	0.00	0.00	1
35	0.00	0.00	0.00	1
36	0.00	0.00	0.00	1
37	0.00	0.00	0.00	1
38	0.00	0.00	0.00	1
39	0.10	0.00	0.00	1
40	0.00	0.00	0.00	1
41	0.00	0.00	0.00	1
42	0.00	0.00	0.00	1
43	0.00	0.00	0.00	1
44	0.00	0.00	0.00	1
45	0.04	0.00	0.00	1
46	0.24	0.00	0.00	1
47	0.00	0.00	0.00	1
48	0.00	0.00	0.00	1
49	0.00	0.00	0.00	1
50	3.10	0.77	0.05	1

単位：%

評価点 No.	日最大瞬間風速[m/s] 10 / 日最大平均風速[m/s] 4	15 / 6	20 / 8	ランク
51	0.00	0.00	0.00	1
52	0.00	0.00	0.00	1
53	2.96	0.77	0.09	2
54	6.59	0.14	0.00	1
55	0.00	0.00	0.00	1
56	1.66	0.12	0.00	1
57	0.01	0.00	0.00	1
58	0.00	0.00	0.00	1
59	0.11	0.00	0.00	1
60	1.44	0.00	0.00	1
61	0.04	0.00	0.00	1
62	0.00	0.00	0.00	1
63	0.00	0.00	0.00	1
64	0.00	0.00	0.00	1
65	0.00	0.00	0.00	1
66	1.18	0.02	0.00	1
67	0.45	0.00	0.00	1
68	0.00	0.00	0.00	1
69	0.01	0.00	0.00	1
70	0.09	0.00	0.00	1
71	7.07	0.27	0.00	1
72	15.66	2.05	0.04	2
73	0.17	0.00	0.00	1
74	0.13	0.00	0.00	1
75	0.02	0.00	0.00	1
76	0.00	0.00	0.00	1
77	0.99	0.05	0.00	1
78	1.32	0.08	0.00	1
79	2.30	0.06	0.00	1
80	2.44	0.35	0.01	1
81	7.76	0.18	0.00	1
82	1.37	0.00	0.00	1
83	5.90	0.31	0.00	1
84	10.22	0.43	0.00	2
85	2.65	0.33	0.01	1
86	4.08	0.58	0.02	1
87	14.89	1.89	0.04	2
88	20.83	1.98	0.12	2
89	24.09	2.74	0.33	3
90	1.60	0.00	0.00	1
91	6.85	0.64	0.03	1
92	27.46	10.08	1.65	4
93	3.74	0.20	0.00	1
94	10.92	0.46	0.00	2
95	5.30	1.39	0.23	2
96	6.41	0.57	0.01	1
97	5.93	0.85	0.04	1
98	18.68	2.47	0.16	2
99	9.57	0.41	0.01	1
100	13.25	1.36	0.02	2

凡　例

- ：予測範囲（約 280m×280m）
- ：建設予定地
- ：ランク１（住宅街の商店街・野外レストラン等の風環境）
- ：ランク２（住宅街・公園等の風環境）
- ：ランク３（事務所街等の風環境）
- ：ランク４（好ましくない風環境）
- ：(1)建設前　(2)建設後

N

0　50　100m

建物建設後の村上評価結果

（地上 1.5m）

図 4-6　建物建設後の村上評価結果

4.2.2 建物建設後のベクトル図(参考資料)

現況と同様に建物建設後の予測ベクトル図を図 4-7に、評価範囲中心付近の横断ベクトル図を図 4-8に示す。これらの図面より、以下の傾向が見られる。

・現況で発生していた逆流と谷間風の複合風の影響は、計画建物の建設により弱まっている。

図 4-7　計画建物建設後の平面ベクトル図

図 4-8(1)　計画建物建設後の横断ベクトル図(北西→南東)

図 4-8 (2) 計画建物建設後の横断ベクトル図(北東→南西)

（赤丸点線箇所の補足説明）

・現況で高層建物A北面の地上付近で発生している複合風アおよびそれに伴う複合風イは、計画建物建設後に風向が変わり、弱くなっている。これは計画建物の存在により、高層建物Aに当たる北からの風が一部遮られることが原因である。

・また、現況で中層建物Cの北東側で発生している複合風ウおよび複合風エについても、計画建物建設後に弱くなっている。これは複合風イが弱くなることに加え、計画建物の存在により風の通り道が塞がれることが原因である。

4.3 現況と建物建設後の比較

現況と計画建物建設後の村上評価結果を比較すると（表 4-3 参照）、ランクが上がった評価点は 6 箇所、ランクが下がった評価点は 11 箇所、ランクの変動がない評価点は 83 箇所である。最もランクが上がった評価点は No.92 であり、2 ランク上昇がみられる。傾向としては、建設予定地南側の近畿大学校舎周辺で評価ランクの上昇が多くみられる（図 4-9 参照）が、全体としては計画建物により風環境は改善している。No.53 は住宅街直近であり、ランク 1 からランク 2 に上昇しているが、「住宅街、公園」における望ましい風環境はランク 1～2 のため、建設建物による風環境への影響は軽微である。

表 4-3　建物建設前後の村上評価結果比較

評価点 No.	現況 ランク	建物建設後 ランク	RANK 変動
1	1	1	
2	1	1	
3	1	1	
4	1	1	
5	1	1	
6	1	1	
7	1	1	
8	1	1	
9	1	1	
10	1	1	
11	1	1	
12	1	1	
13	1	1	
14	1	1	
15	1	1	
16	1	1	
17	1	1	
18	1	1	
19	1	1	
20	1	1	
21	1	1	
22	1	1	
23	1	1	
24	1	1	
25	1	1	
26	1	1	
27	1	1	
28	1	1	
29	1	1	
30	1	1	
31	1	1	
32	1	1	
33	1	1	
34	1	1	
35	1	1	
36	1	1	
37	1	1	
38	1	1	
39	1	1	
40	1	1	
41	1	1	
42	1	1	
43	1	1	
44	1	1	
45	1	1	
46	1	1	
47	1	1	
48	1	1	
49	1	1	
50	1	1	

評価点 No.	現況 ランク	建物建設後 ランク	RANK 変動
51	1	1	
52	1	1	
53	1	2	↑
54	1	1	
55	1	1	
56	1	1	
57	1	1	
58	1	1	
59	1	1	
60	1	1	
61	1	1	
62	1	1	
63	1	1	
64	1	1	
65	1	1	
66	1	1	
67	1	1	
68	1	1	
69	1	1	
70	1	1	
71	1	1	
72	1	2	↑
73	1	1	
74	1	1	
75	1	1	
76	1	1	
77	1	1	
78	1	1	
79	2	1	↓
80	1	1	
81	1	1	
82	1	1	
83	2	1	↓
84	1	2	↑
85	1	1	
86	1	1	
87	2	2	
88	4	2	↓
89	3	3	
90	4	1	↓
91	2	1	↓
92	2	4	↑
93	2	1	↓
94	1	2	↑
95	3	2	↓
96	2	1	↓
97	4	1	↓
98	4	2	↓
99	2	1	↓
100	1	2	↑

凡　例

- ：予測範囲（約 280m×280m）
- ：建設予定地
- ：ランク１（住宅街の商店街・野外レストラン等の風環境）
- ：ランク２（住宅街・公園等の風環境）
- ：ランク３（事務所街等の風環境）
- ：ランク４（好ましくない風環境）
- ：(1)建設前　(2)建設後

N

0　50　100m

現況と建物建設後の村上評価結果
（地上 1.5m）

図 4-9　現況と建物建設後の村上評価結果

5 参考資料

参考資料として、ビル風現象の種類と、風速の目安について、『ビル風の基礎知識』(編著者：風工学研究所、2005 年発行)より引用する。

5.1 ビル風現象

建築物周りの流れは、地表面の地形や建物などの影響を受けた乱流中（乱れた流れ）にある 3 次元物体の周りの流れで、かつ地上付近という非常に限られた複雑な部分での流れを扱うこととなり、理論的に現象を説明することができない面が多く含まれる。

風速が増加する原理を簡単に説明すると、高層建物がないときにそこを通過していた風が高層建物の建設によりせき止められ、建物の頂部あるいは両サイドに廻り込む。廻り込んだ流れは、消滅することはできないのでその部分で多くの風を流さなければならず加速する。その結果、建物の頂部あるいは両サイドを廻り込む風速が高まることとなる。多くが建物の頂部を超える流れであれば、地上付近の影響は少ないが、高層建物の場合、頂部を超えるものよりサイドを廻り込む流れが多く、地上付近の風速への影響が強まることとなる。

以下に、高層建物周りで風速が増加する点に着目し、特徴ある流れを説明する。

(a) 一般市街地の流れ　　(b) 高層物の影響を受けた流れ

図 5-1　ビル風で風が強くなる模式的な表現

(1) 剥離流および吹き下ろし

ビル風で最も問題となる風は、図 5-2に示す建物両サイドからの剥離流と吹き降ろしである。

剥離流とは、建物に当たった風が風上面に沿って流れ、その後に建物の隅角部から剥離した流れをいう。剥離するから風速が強まるということではなく、剥離する流れは先に述べたように建物の両サイドに寄せられ、縮流されるため強い流れとなる。

吹き降ろしとは、建物両サイドで上方から下方斜めに向かう強い流れをいう。建物に吹き付けられた風が建物高さの上方に向かうものと下方に向かうものとに分かれる。その分岐点はおよそ建物高さの2/3とされ、この下に向かう流れが吹き降ろしを生じさせることとなる。したがって、この吹き降ろしは建物の高さが高いほど顕著になり、それだけ上空の強い風を地上付近に引きずり降ろすこととなる。

以上、剥離流、吹き降ろしは分けて説明される場合が多いが、現象としては、両者相まって生じるものである。また、これらの現象はいずれの風向のときにも生じるもので、以下に述べる特定の風向のときに生じる流れに比べ、いずれの高層建物においてもビル風として必ず問題になる流れである。

(a) 剥離流　　(b) 吹き降ろし

図 5-2　剥離流および吹き降ろし

(2) 逆流

逆流は、図 5-3に示すような流れで、建物の壁面に吹き付けた風が上下に分かれ、下方に向かう風が建物風上面で渦を形成することにより発生する。このとき、地上では上空と逆向きの風となり、逆流と呼ばれる。この逆流は建物がかなり高い場合や、建物全面に低層建物がバランスよくあるような場合により強い風速となり、ビルが風として問題となることがある。

図 5-3　逆流

(3) 谷間風

2棟の建物が隣接して建設されるとその間での風速が強まる（図 5-4参照)。これは2棟の建物それぞれから発生する剥離流および吹き降ろしが重ね合さったことにより発生するもので、谷間風と呼ばれる。2つの建物の形状および隣棟間隔により風速の強弱が決まる。道路の両側に比較的高い建物があるようなときには谷間風が連続して発生するような状況となる。このような場合、道路風、街路風などと呼ばれることがある。

以上のような現象は、剥離流や吹き降ろしとは異なり、谷間に風が吹き込むような特定な風向のときにのみ発生する。

図 5-4　谷間風

(4) ピロティ風

建物の一部にある貫通部分、あるいはピロティでは風が吹き抜けるため風速が強まる。この流れに特定の名称がないが開口部風あるいはピロティ風ということがある（図 5-5参照)。

図 5-5　ピロティ風

出典：『ビル風の基礎知識 P29～P32』（編著者：風工学研究所、2005 年発行）

5.2 風速の目安

風速と周辺地物の状況との関連を示したものとしてビューフォート風力階級（気象庁風力階級）があるが、それに人体への影響を加えて、表 5-1 に示すように整理されている。

表 5-1　ビューフォート風力階級

ビューフォート階級	表現	風速 m/s	影響
0	静穏（なぎ）	0～0.2	-
1	至軽風	0.3～1.5	全く目立たない風。
2	軽風（そよ風）	1.6～3.3	顔に風を感じる。木葉・衣服がさらさら音をたてる。
3	軟風	3.4～5.4	髪が乱れ、衣服がばたつく。新聞を読みにくい。
4	和風	5.5～7.9	小枝を一定の運動でゆすり、風が軽い旗を広げさせる。ごみが巻き上がる。紙が散らばる。髪がくずれる。小枝が動く。
5	疾風	8.0～10.7	体に風の力を感じる。強風域に入るとつまずく危険がある。
6	雄風	10.8～13.8	木葉をつけた小さな木が揺れ始める。 傘をさしにくい。髪がまっすぐに吹き流される。まともに歩くのが困難。
7	強風	13.9～17.1	横風の力が前進する力に等しくなる。風の音が耳にさわり、不快を感じる。歩くのに不便を感じる。
8	疾強風	17.2～20.7	一般に前進を妨げる。突風でバランスをとるのが困難。
9	大強風	20.8～24.4	人が吹き倒される。

出典：『ビル風の基礎知識 P59』（編著者：風工学研究所、2005 年発行）