

# 最大建物高さが街区スケールの風環境に及ぼす 影響評価シミュレーション

加藤 隆矢<sup>1</sup>・飯塚 悟<sup>2</sup>・Bui Manh Ha<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 修士課程 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)  
E-mail: takaya.2sgtmk.duck@gmail.com

<sup>2</sup>非会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 准教授 (同上)  
E-mail: s.iizuka@nagoya-u.jp

<sup>3</sup>非会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 修士課程 (同上)  
E-mail: manha13ui@gmail.com

街区スケールの暑熱環境緩和策の1つとして大きな注目を集めている「鉛直方向の風の道」に関して、最大高さを持つ建物群とその周囲の建物群の高さの凸凹度合が「鉛直方向の風の道」の導入領域（風上領域）や周辺領域（風下領域）の風環境に与える影響をCFD（計算流体力学）シミュレーションにより評価した。風上領域の街区上空では、最大建物高さが及ぼす影響が大きいのに対し、風下領域の街区上空では、風上領域の最大高さだけでなく周囲の建物群の高さの凸凹度合も大きな影響を及ぼすこと、さらに、風上領域よりも高さ方向により広い範囲でそれらの影響が及ぶことが示された。また、街区内部、特に風上領域の街区内部において、最大建物高さと建物群の高さの凸凹の影響度合の関係を把握した。

**Key Words :** city blocks, wind environment, computational fluid dynamics, maximum building height

## 1. はじめに

近年、街区スケールの夏季暑熱環境の緩和策の1つとして、「風の道」の導入が多く注目を集めている。最近では、従来の「水平方向の風の道」に加えて「鉛直方向の風の道」、すなわち、鉛直方向の乱流拡散や移流に着目した「風の道」の検討も増えてきている<sup>例えは1)~8)</sup> (図-1参照)。「鉛直方向の風の道」の導入に関して、筆者らはこれまで、建物群の高さの凸凹度合に着目し、凸凹度合が「鉛直方向の風の道」の導入領域やその風下領域の風環境・温熱環境に及ぼす影響を検討してきた<sup>5)~8)</sup>。一方、街区スケールの風環境においては、対象領域内で最大となる高さを持つ建物（建物群）もいわゆる「ビル風」と呼ばれる強風を引き起こし、大きな影響を及ぼす。そこで本研究では、建物高さの凸凹度合に加えて、最大建物高さが「鉛直方向の風の道」の導入領域やその風下領域の風環境に及ぼす影響をCFD（Computational Fluid Dynamics：計算流体力学）シミュレーションを用いて検討する。

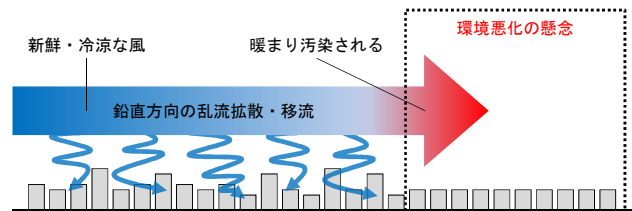


図-1 「鉛直方向の風の道」の導入のイメージ



図-2 建物ブロックモデル

## 2. シミュレーションの概要

### (1) 街区モデル

複数の街区を含む広域スケールをCFDシミュレーションにより解析する場合、その解析領域内に存在する全ての建物を解像することは、計算負荷上困難である。そこで本研究では、複数の建物をまとめて1つの塊とする建物ブロックモデル（60 m (x<sub>1</sub>) × 60 m (x<sub>2</sub>) × 各高さ、図-2参照）を導入し、街区モデルを作成した。

## (2) 解析対象と解析条件

図-3, 図-4に示す. 街区モデルを前後に並べて「風上領域 (「鉛直方向の風の道」の導入を意図する領域)」と「風下領域」の2つの対象領域 (それぞれ600 m ( $x_1$ ) × 600 m ( $x_2$ ) の水平範囲) を設定し, その周辺に均一高さ (10 m) の建物ブロックモデル群を配置した. 対象領域の2街区は, 名古屋のようなオフィスビル街と住宅街がコンパクトに混在している都市街区形態をイメージしている. また, 周辺を含めた全ての領域において, グロス建蔽率は36%とした. 本研究ではまず, 風環境に関する影響を主として検討するため, 熱的影響は考慮せず中立状態を想定した.

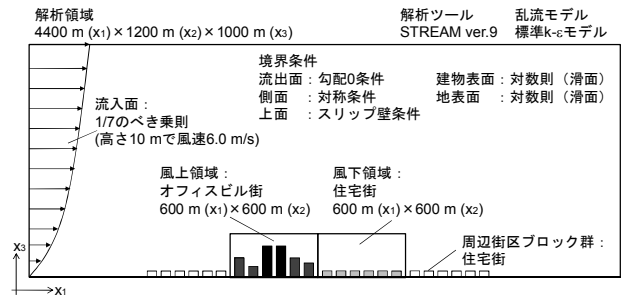


図-3 解析対象と解析条件

## (3) 検討ケース

風上領域 (「鉛直方向の風の道」の導入を意図する領域) における最大建物高さや建物高さの凸凹度合が同領域やその風下領域の風環境に及ぼす影響を評価するため, 表-1に示す計6ケースを設定した. これらのケースは全て, 風上領域内の建物群の高さのみを変更している. ただし, 最大高さを持つ建物群は風上領域中心の4ブロックモデルに限定した.

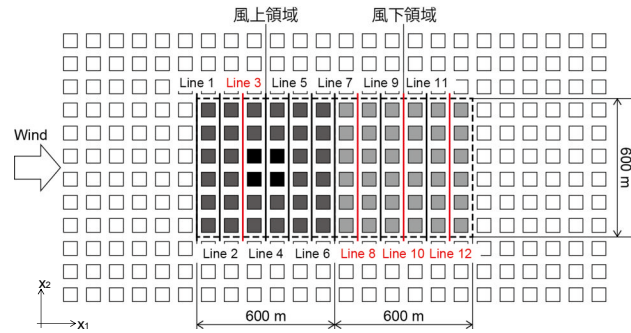


図-4 街区モデルの水平配置

表-1 検討ケース

	Case 1	Case 2	Case 3
風上・風下領域の俯瞰図			
1) 風上領域中心 4ブロックモデルの高さ (最大高さ)	50m	50m	70m
2) 風上領域の 1)の周囲の建物群の高さ	30m	20m, 40m	30m
3) 2)の建物群の高さの標準偏差	0m	10m	0m
	Case 4	Case 5	Case 6
風上・風下領域の俯瞰図			
1) 風上領域中心 4ブロックモデルの高さ (最大高さ)	70m	90m	90m
2) 風上領域の 1)の周囲の建物群の高さ	20m, 40m	30m	20m, 40m
3) 2)の建物群の高さの標準偏差	10m	0m	10m

### 3. 解析結果と考察

#### (1) 街区上空の平均流運動エネルギーの鉛直分布

図-5は、主流 ( $x_1$ ) 方向に直交した道路空間（風上領域は図-4のLine 1~Line 6, 風下領域は図-4のLine 7~Line 12）全てで空間平均（水平方向平均）した平均流運動エネルギー ( $\langle u_i^2 \rangle / 2$ ,  $\langle \rangle$ は時間平均) の鉛直分布 ( $0 \text{ m} \leq x_3 \leq 200 \text{ m}$ ) である。風上領域, 風下領域ともに, 風上領域の最大建物高さの違いや最大高さを持つ建物群周囲の建物群の高さの凸凹度合により差が生じている。ただし, 150 m より上空では, 風上領域, 風下領域ともに全てのケースで同様の分布となっている。

風上領域 (図-5 (1)) の街区上空では, 最大建物高さの影響の方が周囲の建物群の高さの凸凹度合の影響よりも大きくなっている。  $x_3 = 70 \text{ m} \sim 120 \text{ m}$  の範囲では, 最大建物高さが高いケースほど平均流運動エネルギーの値が小さくなっている。また, その範囲において最大建物高さが90 mのケース (Case 5とCase 6) と70 mのケース (Case 3とCase 4) の差は, 最大建物高さが70 mのケースと50 mのケース (Case 1とCase 2) の差よりも大きい。

一方, 風下領域 (図-5 (2)) では, 高さ方向により広い範囲 ( $x_3 = 30 \text{ m} \sim 130 \text{ m}$ ) で風上領域の建物形状の変化の影響が及んでいる。しかし, 風上領域の結果 (図-5 (1)) とは異なり, 風上領域の最大建物高さだけでなく, 周囲の建物群の高さの凸凹度合も街区上空の分布に広範囲に渡って大きな影響を及ぼしている。

#### (2) 街区内部の平均流運動エネルギーの鉛直分布

##### a) 全道路空間平均の鉛直分布

図-6に図-5と同じ空間平均（水平方向平均）を施した街区内部 ( $0 \text{ m} \leq x_3 \leq 8 \text{ m}$ ) の平均流運動エネルギーの鉛直分布を示す。風上領域 (図-6 (1)) では, 最大高さを持つ建物群周囲の建物群の高さの凸凹度合が同じ条件の場合 (均一あるいは高さの標準偏差10 m), 最大建物高さが高くなるほど平均流運動エネルギーの値が大きくなっている。これは, 最大建物高さが高くなるほど街区内部へのビル風の影響が大きくなるためと考えられる。一方で, 最大建物高さと同じでも周囲の建物群の高さが凸凹することにより, 平均流運動エネルギーの値は小さくなっている。

ここで, Case 3 (最大建物高さは70 m, 周囲の建物群の高さは均一) とCase 6 (最大建物高さは90 m, 周囲の建物群の高さは凸凹) を比較すると, 両者はほぼ一致している。これらの結果とCase 5 (最大建物高さは90 m, 周囲の建物群の高さは均一) の結果を含めて比較すると, 最大建物高さの差 (20 mの差) と周囲の建物群の高さの凸凹度合 (高さの標準偏差10 mの差) が与える影響はほぼ等しくなっている。ただし, これは最大建物高さを90

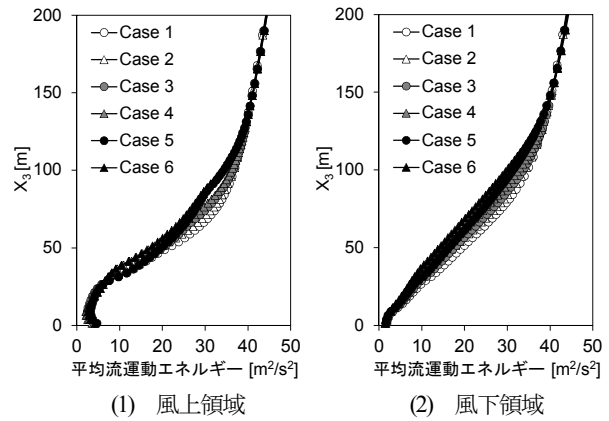


図-5 街区上空の平均流運動エネルギーの鉛直分布 (主流方向に直交した全道路空間での平均)

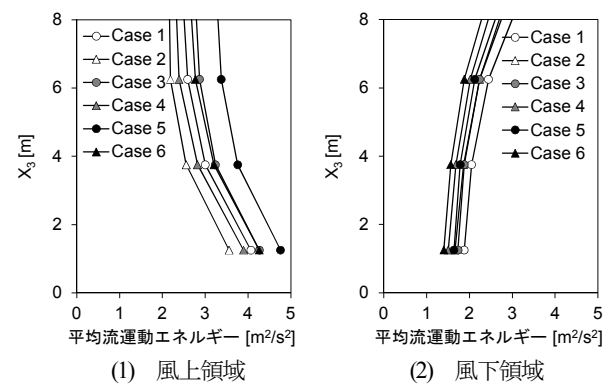


図-6 街区内部の平均流運動エネルギーの鉛直分布 (主流方向に直交した全道路空間での平均)

mの基準で考えた場合である。同様の比較を最大建物高さ70 mの基準で行うと (Case 1, Case 3, Case 4の比較), 最大建物高さ20 mの差の影響よりも周囲の建物群の高さの標準偏差10 mの差の影響の方が大きいことが分かる。最大建物高さが低くなれば当然, 街区内部へのその影響は周囲の建物群の高さの凸凹度合の影響に埋もれやすくなる。一方で, 最大建物高さがさらに高くなっていても, 街区内部においてその影響がどこまでも比例して大きくなっていくとは考えにくい。今後, 街区内部の風環境に対して, クリティカルとなる最大建物高さや, 最大建物高さや建物高さの凸凹の影響度合の関係をさらに詳細に検討していく予定である。

一方, 風下領域 (図-6 (2)) では, 風上領域 (図-6 (1)) ほど大きな差は見られていないが, 風上領域の最大建物高さが高いほど平均流運動エネルギーは小さくなり, 周囲の建物群の高さが凸凹することによりさらにその値が小さくなっている。

##### b) 各道路空間平均の鉛直分布

図-7は, 図-4のLine 3, 8, 10, 12 (図-4の赤色ライン) それぞれで主流横断 ( $x_2$ ) 方向に平均した街区内部 ( $0 \text{ m} \leq x_3 \leq 8 \text{ m}$ ) の平均流運動エネルギーの鉛直分布である

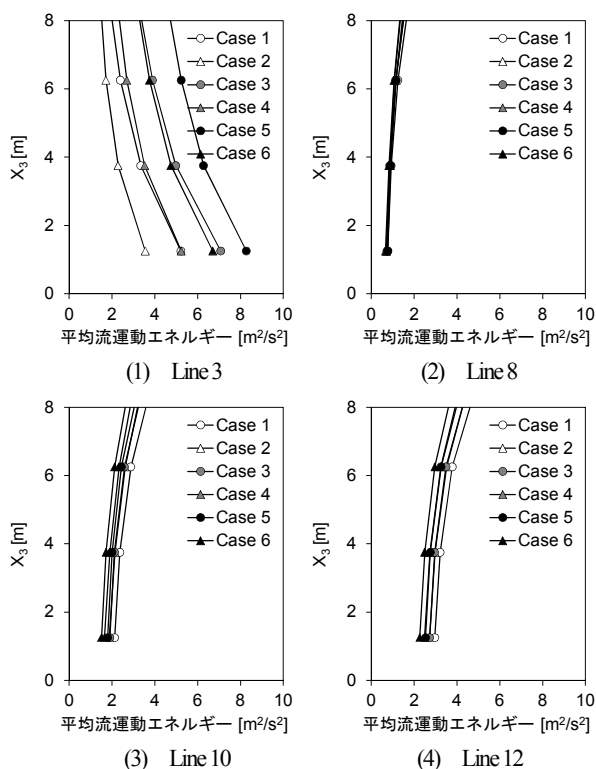


図-7 街路内部の平均流運動エネルギーの鉛直分布  
(主流方向に直交した各道路空間での平均)

(図-6とは横軸の範囲が異なっていることに注意)．その他のラインの結果は省略するが，Line 3 (風上領域の最大高さを持つ建物群の前方ライン) における各ケース間の差が最も大きくなっている．これは，最大高さの建物群に起因するビル風の影響が顕著に表れているためと考えられる．

一方，風下領域においては，その領域前方では各ケース間でほとんど差が見られないのに対し (図-7 (2))，後方に行くにつれてケース間の差が大きくなっている (図-7 (3), (4))．これは，風上領域に存在する高層建物群によって乱される境界層の速度回復状況が異なるためである．図-8は，風下領域の高さ $x_3 = 21.25$  mにおけるCase 1 (最大建物高さは50 m，周囲の建物群の高さは均一)，Case 2 (最大建物高さは50 m，周囲の建物群の高さは凸凹)，Case 5 (最大建物高さは90 m，周囲の建物群の高さは均一)，Case 6 (最大建物高さは90 m，周囲の建物群の高さは凸凹) の主流方向風速の水平分布を示したものである．風上領域の最大建物高さが高いほど，また，周囲の建物群の高さが凸凹することにより，境界層の速度回復が遅くなっている (風速値が小さい領域が風下後方まで拡大している) 様子が見られている．

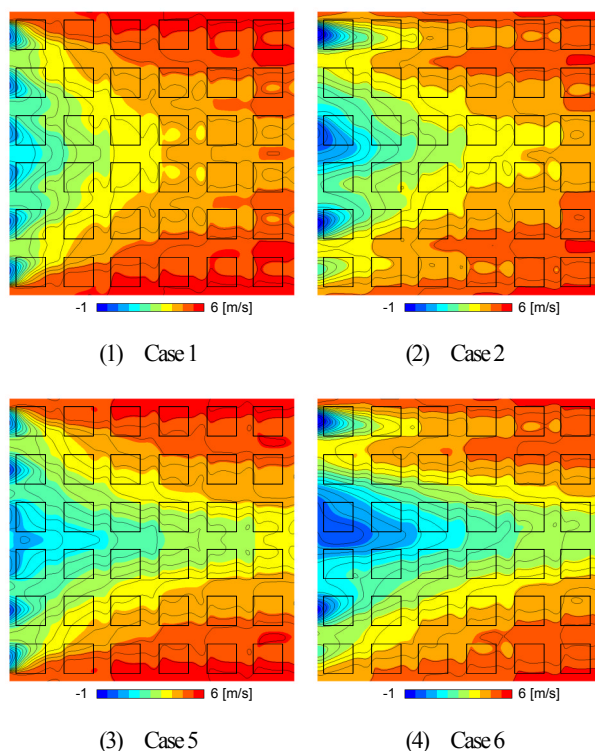


図-8 主流方向風速の水平分布 ( $x_3 = 21.25$  m, 風下領域)

#### 4. 結論

本研究では，街区スケールの暑熱環境緩和策の1つとして大きな注目を集めている「鉛直方向の風の道」に関して，最大高さを持つ建物群とその周囲の建物群の高さの凸凹度合が「鉛直方向の風の道」の導入領域 (風上領域) や周辺領域 (風下領域) の風環境に与える影響をCFDシミュレーションにより評価した．

風上領域の街区上空では，最大建物高さが及ぼす影響が大きいのに対し，風下領域の街区上空では，風上領域の最大高さだけでなく周囲の建物群の高さの凸凹度合も大きな影響を及ぼすこと，さらに，風上領域よりも高さ方向により広い範囲でそれらの影響が及ぶことが示された．また，街区内部，特に風上領域の街区内部において，最大建物高さと周囲の建物群の高さの凸凹の影響度合の関係を把握した．しかし，今回のシミュレーションはあくまで一事例である．今後，特に街区内部の風環境に対して，クリティカルとなる最大建物高さや，最大建物高さと建物高さの凸凹の影響度合の関係をさらに詳細に検討していく予定である．

謝辞：本研究は，環境省・環境研究総合推進費 (研究代表者：加藤博和) の助成を受けて行ったものである．ここに記して謝意を表す．

## 参考文献

- 1) 遠藤芳信, 持田灯: 市街地形態と都市空間の風の道—風通しのよい市街地の功罪を巡って—, 環境浄化論, pp.14-19, 2009.
- 2) 義江龍一郎, 田中英之, 白澤多一, 小林剛: 高密度市街地における建物群の形態が歩行者レベルの風速・気温分布に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, 第 627 号, pp.661-667, 2008.
- 3) 萩島理, 谷本潤, 永山浩二, 古賀正浩: 高さに分布のある直方体模型群の抗力係数に関する風洞実験, 日本建築学会環境系論文集, 第 619 号, pp.39-45, 2007.
- 4) 石田泰之, 白澤多一, 持田灯: LES による都市空間内の運動エネルギー収支構造の分析, 第 24 回数値流体力学シンポジウム, D3-2, 8pp, 2010.
- 5) 近藤亮彦, 飯塚悟: 風下側周辺領域も含めた市街地風環境評価のための平均流運動エネルギー収支解析, 日本建築学会学術梗概論文集, D2, pp.793-796, 2010.
- 6) 加藤隆矢, 飯塚悟, 近藤亮彦: 鉛直方向の風の道の導入が風下側領域の温熱環境に及ぼす影響, 日本建築学会学術梗概論文集, D2, pp.873-874, 2011.
- 7) 近藤亮彦, 飯塚悟, 加藤隆矢: 凸凹高さの街区形態が風下側領域に及ぼす直接的な乱れの影響評価, 日本建築学会学術梗概論文集, D2, pp.875-876, 2011.
- 8) 加藤隆矢, 飯塚悟, 近藤亮彦, Ndione Jacques: 鉛直方向の風の道の導入が風下領域の温熱環境に及ぼす影響評価, 日本流体力学会年会 2011, 3D13, 4pp, 2011.