

# 鉛直方向の建物形態デザインが 街区群の温熱環境・風環境に及ぼす影響評価

橋本 一輝<sup>1</sup>・飯塚 悟<sup>2</sup>・加藤 隆矢<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 (〒468-8603 愛知県名古屋市中種区不老町)  
E-mail: kazukihashimoto.137@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 大林組 (〒108-6101 東京都港区港南2丁目15番2号)  
E-mail: kato.takaya@obayashi.co.jp

街区内の①平均建物高さや②建物高さの凸凹度合(標準偏差)の2つの鉛直方向の建物形態に関するパラメータがその領域や後方街区領域の温熱環境や風環境に及ぼす影響をCFD(Computational Fluid Dynamics)シミュレーションにより検討した。これは、近年、街区や都市における夏季の暑熱環境緩和策の1つとして注目を集めている「鉛直方向の風の道」の導入検討に関する研究の一環である。本研究では、水平600m×600mの大きさの街区領域を前後に2つ配置(「風上領域」と「風下領域」の2つの街区領域を設置)して、風上領域の①平均建物高さや②建物高さの凸凹度合(標準偏差)を系統的に変化させた検討ケースを設定し、それぞれのパラメータが風上・風下両領域の温熱環境や風環境に及ぼす影響を定量的に評価した。

**Key Words** : vertical ventilation path, thermal environment, wind environment, standard deviation of building heights, average height of buildings, computational fluid dynamics

## 1. はじめに

近年、街区や都市における夏季の暑熱環境緩和策の1つとして、「風の道」が多く注目を集めている。風の道、すなわち、都市や街区の風通しを良くすることは、その内部の熱拡散を促進し、暑熱環境緩和に大きく寄与する。風の道は従来、平面上でオープンスペースを連続的に配置する「水平方向」の風の道を意味するものであったが、最近では「鉛直方向」の乱流拡散や移流に着目した風の道(図-1参照)の検討も多い(例えば1)~4)。

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高さの凸凹度合(標準偏差)に着目し、その凸凹度合が鉛直方向の風の道の導入領域(風上領域)や風下領域の温熱環境や風環境に及ぼす影響をCFD(Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学)シミュレーションを用いて検討してきた(例えば3), 4)。本研究では、建物高さの凸凹度合に加えて、平均建物高さも変化させ、それら2つの鉛直方向の建物形態に関するパラメータが街区居住域の温熱環境や風環境に及ぼす影響をCFDシミュレーションにより定量的に評価する。

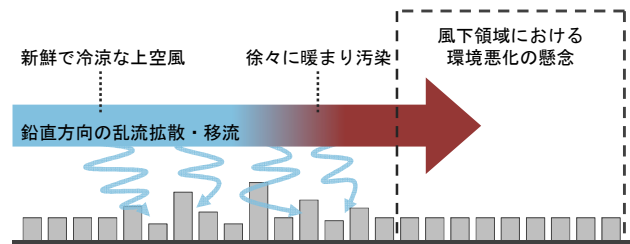


図-1 鉛直方向の風の道の導入イメージ

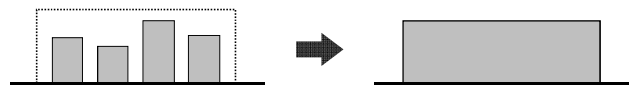


図-2 街区ブロックモデル

## 2. シミュレーションの概要

### (1) 街区ブロックモデル

多数の街区を含む広域スケールを解析対象とする場合、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，解析領域内の個々の建物を全て解像するのではなく，幾つかの建物をまとめて1つの塊として表現する街区ブロックモデル（ $60\text{ m}(x_1) \times 60\text{ m}(x_2) \times$ 各高さ $(x_3)$ ，**図-2**参照）を導入した（ $x_1$ ：主流方向， $x_2$ ：主流横断方向， $x_3$ ：鉛直方向）．

## (2) 解析対象と解析条件

**図-3**，**図-4**に示す．水平 $600\text{ m}(x_1) \times 600\text{ m}(x_2)$ の大きさの街区ブロックモデル群領域を前後に並べて「風上領域」と「風下領域」の2つの領域を設定し，その周辺に均一高さ（ $10\text{ m}$ ）の街区ブロックモデル群を設置した．本研究で導入した風上領域と風下領域の2つの領域は，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．なお，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．

対象日時は夏季の日中を想定し，日射の影響を模擬するために地表面から $250\text{ W/m}^2$ 一定の顕熱を与えた．なお，本研究では検討ケース（**表-1**参照）ごとに風上領域の建物容積率が異なるため，個々の街区ブロックモデルからの人工排熱は考慮しないこととした．

## (3) 検討ケース

**表-1**と**図-5**に示す．風上領域における鉛直方向の建物形態が風上・風下両領域の温熱環境や風環境に及ぼす影響を検討するため，風上領域の①平均建物高さとして②建物高さの凸凹度合（標準偏差）を変化させた計12ケースを設定した．ケース名は，最初の2ケタの数字が平均建物高さの値，次のUあるいはNは建物高さが均一（Uniform）あるいは凸凹（Non-uniform）を意味し，Nの後の数字は建物高さの標準偏差の値を示している．

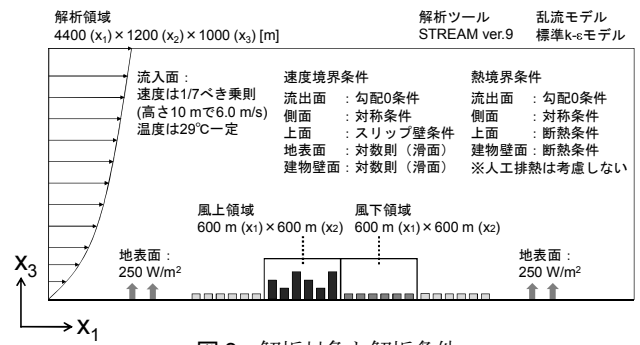


図-3 解析対象と解析条件

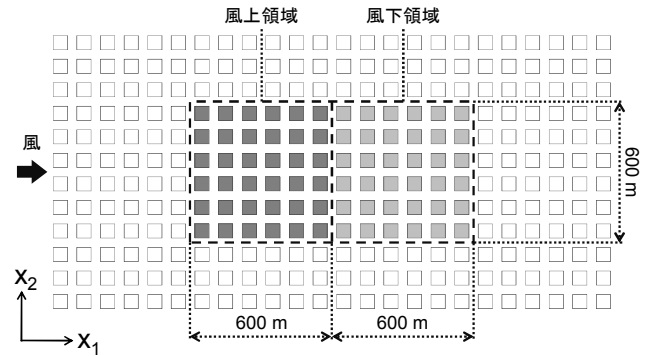


図-4 街区ブロックモデルの水平配置

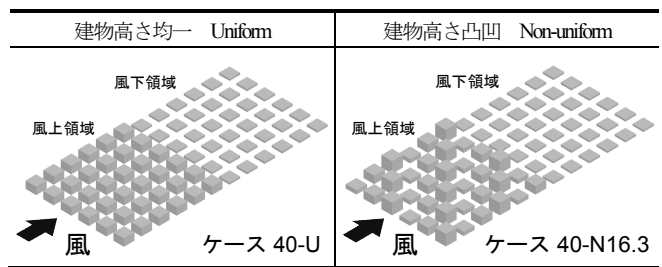


図-5 風上・風下領域の建物配置

表-1 検討ケース

ケース名	30-U	30-N8.2	30-N16.3
建物高さ	30 m	20 m, 30 m, 40 m	10 m, 30 m, 50 m
平均建物高さ	30 m	30 m	30 m
建物高さの凸凹度合	0 m (均一)	8.2 m	16.3 m
ケース名	40-U	40-N8.2	40-N16.3
建物高さ	40 m	30 m, 40 m, 50 m	20 m, 40 m, 60 m
平均建物高さ	40 m	40 m	40 m
建物高さの凸凹度合	0 m (均一)	8.2 m	16.3 m
ケース名	50-U	50-N8.2	50-N16.3
建物高さ	50 m	40 m, 50 m, 60 m	30 m, 50 m, 70 m
平均建物高さ	50 m	50 m	50 m
建物高さの凸凹度合	0 m (均一)	8.2 m	16.3 m
ケース名	60-U	60-N8.2	60-N16.3
建物高さ	60 m	50 m, 60 m, 70 m	40 m, 60 m, 80 m
平均建物高さ	60 m	60 m	60 m
建物高さの凸凹度合	0 m (均一)	8.2 m	16.3 m

### 3. 解析結果と考察

図-3に示すように、鉛直 ( $x_3$ ) 方向の解析領域はブロッキング効果を緩和するために1000 mと設定しているが、以下では居住域 (ここでは  $x_3 \leq 2.5$  mの範囲とする) の結果を示す。

#### (1) 居住域平均温度

図-6は居住域 ( $x_3 \leq 2.5$  m) 全体で空間平均した温度について、各ケースの結果を比較したものである。風上領域 (図-6(a)) では、同じ平均建物高さの場合、建物高さの凸凹度合が大きくなるほど温度が低下している。このような温度変化が鉛直方向の風の道の効果を示している。本検討ケースの中で凸凹度合の差が最大となる-N16.3のケースと-Uのケースを比較すると、その温度低下は平均建物高さが30 m, 40 m, 50 m, 60 mの場合でそれぞれ、0.31 °C, 0.32 °C, 0.29 °C, 0.29 °Cとなっている。一方、これらの差でも示されるように、平均建物高さの違いが及ぼす影響は小さい。つまり、鉛直方向の風の道の導入領域における居住域の温熱環境改善に関しては、平均建物高さよりも建物高さの凸凹度合の方が重要な要素となり、その凸凹度合が大きいほど改善効果は大きくなると考えられる。

風下領域 (図-6 (b)) では、建物高さの凸凹度合による温度変化はほとんど見られないが、全体的に風上領域の平均建物高さが高いほど温度が低下している。例えば、平均建物高さの差が大きいケース30-N8.2とケース60-N8.2の温度差は0.13 °Cである。風下領域の場合、風上領域の結果とは逆に、建物高さの凸凹度合よりも平均建物高さの影響が大きい結果となっている。これは後述するように、風下領域では、風上領域の個々の建物 (街区ブロックモデル) の影響よりも風上領域全体の影響を大きく受けているためである。

#### (2) 居住域の平均温度と平均風速の関係

図-7は居住域 ( $x_3 \leq 2.5$  m) 全体で空間平均した温度と風速の関係を示したものである。風上領域 (図-7 (a)) では、ケース30-U (平均建物高さ30 m, 建物高さは均一) を除くと、全体的に平均風速が大きいほど平均温度が低下している。また、建物高さの凸凹度合 (標準偏差) が同じ値ごとにプロットが分離しており (ケース30-Uは除く)、建物高さの凸凹度合が大きいほど平均風速が大きく、平均温度は低下している。

一方、風下領域 (図-7 (b)) では、全体的に平均風速が大きくなるにつれて平均温度はやや高くなり、風上領域の結果 (図-7 (a)) とは逆の正の相関になっている。これは、風下領域では風上領域全体の影響を受けているためである。図-8は、ケース30-N8.2とケース60-N8.2にお

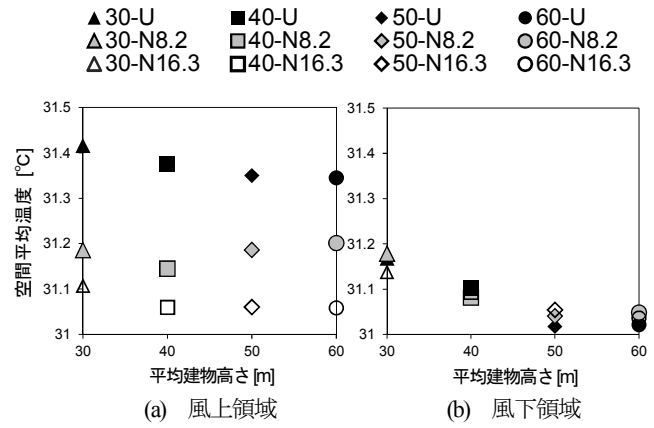


図-6 居住域平均温度

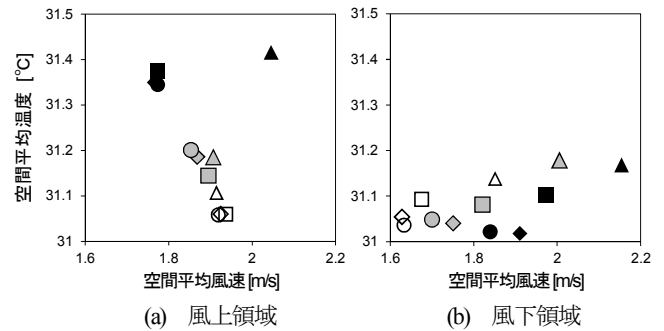


図-7 居住域の平均温度と平均風速の関係

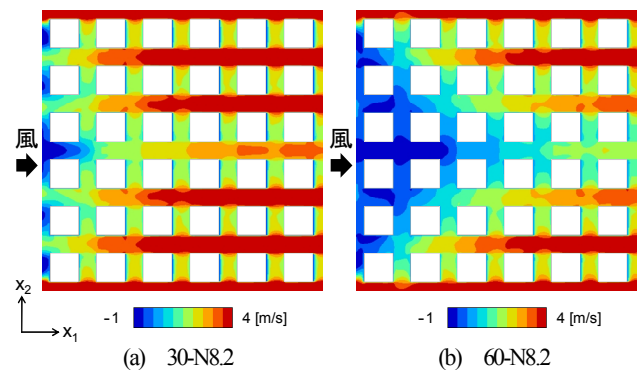


図-8 風下領域の主流方向平均風速の水平分布 ( $x_3 = 8.75$  m)

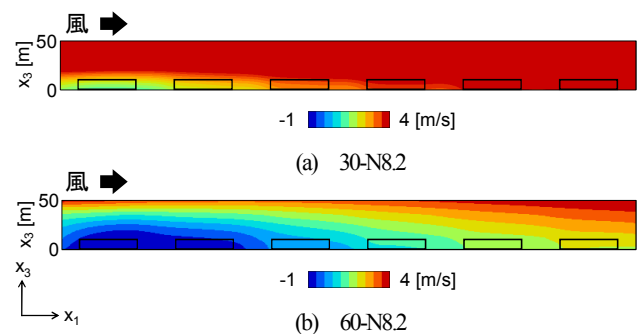


図-9 風下領域の主流方向平均風速の鉛直分布 ( $x_2 = 600$  m)

る風下領域の主流 ( $x_1$ ) 方向平均風速の水平分布 ( $x_3 = 8.75 \text{ m}$ ) を示したものである。両者を比較すると、平均建物高さが大きいケース60-N8.2ではケース30-N8.2に比べて、風速が負となる循環流域がより後方まで拡大している様子が確認できる。このような風下領域に形成される循環流域は、風上領域全体に高い建物が存在するために生じ、その平均建物高さが高くなるほど、循環流域の大きさは主流方向にも鉛直方向にも大きくなる。循環流域が小さくなれば、その後方で接地境界層の速度回復が進み、対象領域内の風速が増速する。一方、循環流域が大きくなれば、循環流域内の広い範囲で熱拡散が促進される。風上領域全体の平均建物高さが高くなると、居住域 ( $x_3 \leq 2.5 \text{ m}$ ) よりも高層に至る大きな循環流域が形成されるため (図-9) , 地表面からの熱がその循環流により居住域上空へ排出され、居住域平均温度は低くなると考えられる。以上の兼ね合いにより、風下領域では、居住域の平均温度と平均風速が正の相関になったと考えられる (図-7 (b)参照) 。

#### 4. まとめ

本研究では、鉛直方向の建物形態パラメータ (平均建物高さ と 建物高さの凸凹度合) が街区内居住域の温熱環境や風環境に及ぼす影響をCFDシミュレーションにより検討した。本研究で対象とした水平スケールの風上・風下領域の場合 (それぞれ600 m × 600 m) , 風上領域では同領域の建物高さの凸凹度合の影響、風下領域では風上領域の平均建物高さの影響 (風上領域全体の影響) が大きいことを定量的に示した。

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。ここに記して感謝の意を表す。

#### 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) 加藤隆矢, 飯塚悟: 鉛直方向の風の道を活用する街区形態のシミュレーション検討 (その 1) 鉛直方向の風の道が導入領域およびその風下領域の温熱環境・風環境に及ぼす影響評価, 日本建築学会環境系論文集, 第 689 号, 2013. (掲載決定)
- 4) 加藤隆矢, 飯塚悟, Bui Manh Ha: 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, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, CD-ROM, 2012.