海風挙動に及ぼす都市幾何の影響評価

金子 凌¹・仲吉 信人²
¹学生会員 東京理科大学 理工学研究科土木工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:7616607@ed.tus.ac.jp

²正会員 博士(工) 東京理科大学 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:nakayoshi@rs.tus.ac.jp

建物の幾何形状がメソ気象に及ぼす影響を明らかにするため、2次元海風計算を行った。建物 GIS データから導出された 1 km 解像度の熱空気力学パラメータ(運動量粗度 Z_0 、ゼロ面変位 Z_d 、そして天空率 SVF)を海風計算に組み込んだ。これらの都市幾何パラメータの与え方により、6 ケースの計算を実施し、それぞれのケースでの海風到達時刻の違いを、都市の顕熱フラックス、乱流エネルギー、陸域の温度分布より考察した。 Z_0 や SVF の気象場への影響は大きく、実際の都市幾何パラメータ分布を与えたケースとその平均値を領域に一样に与えた計算ケースでは海風動態は大きく異なった。一方、 Z_d の影響は殆ど見られなかった。

Key Words: WRF, sea breeze, urban weather, roughness length for momentum, Top-down, Bottom-up

1. はじめに

都市は実に様々なスケールで気象に影響を及ぼすことが知られている。熱中症被害に直結する街区スケール¹⁾、ゲリラ豪雨に代表されるメソスケール²⁾、更には地球温暖化等の総観場スケール³⁾、とその影響範囲は広い。

2000 年代には、気象に与える都市影響の理解、及び都市気象シミュレーションの精度向上を目的とし、建物間の複雑な放射プロセスや、都市-大気間の運動量・スカラー交換をモデル化する都市キャノピーモデルの開発が盛んに進められた^{4,5)}。都市キャノピーモデルの代表的な入力パラメータとして、都市キャノピーのバルクな運動量粗度(Z_0)、ゼロ面変位(Z_d)、天空率(SVF)、人工排熱などが挙げられる。近年では、これらの入力パラメータの整備が進められており、人工排熱データは世界中の全都市を対象としたデータが既に整備され⁶⁾、また、都市の熱・空気力学パラメータ(Z_0 , Z_d , SVF)の整備も大都市を中心に進みつつある^{7,8)}。

現状の都市気象計算では、実際の都市幾何分布を考慮した計算は非常に限定的である。一樣な都市幾何を仮定し全都市グリッドに同一の熱・空気力学的パラメータを与えた計算が主流であり(例えば Doan et al.⁹⁾)、それに次いで多いのが都市幾何を数パターンに分類したものである(Adachi et al.¹⁰⁾、夏井¹¹⁾)。一方、実在の都市幾何分布を考慮した気象計算では、ゲリラ豪雨や海風の再現性が向上することが報告されている^{12,13)}。今後、都市幾何データベースの整備が進み、従来の均質一樣な都市形態を仮定した気象計算から、非一樣な都市幾何を考慮す

る気象計算が主流となることが期待される。

都市幾何パラメータの整備が求められる一方で、各パラメータが気象に及ぼす影響についても必ずしも十分な理解がなされていない。例えば、 Z_0 が大きければ、上空の風速が低下するが、同時にバルク係数も増加する。では、 Z_0 の大小は大気加熱とどのような関係にあるのだろうか。単層都市キャノピーモデルにおける Z_0 の取扱法には Kusaka et al.⁴⁾ に代表されるボトムアップ法と Kanda et al.⁵⁾ に代表されるトップダウン法があるが、両者の違いは気象場にどのように反映されるのだろうか。入力幾何パラメータとして、適切に仮定された値を与えれば十分なのか、それとも空間的な非一樣性をも考慮しなければならないのか。上述したように、気象計算を行う上で重要であるにも関わらず、都市幾何の影響は明らかになっていない点は少なくない。

本研究では、都市幾何パラメータが気象計算に及ぼす影響を調べることを目的とする。非線形の強い気象シミュレーションでは、一つのパラメータ入力値の違いが場全体を大きく変え考察を難しくしてしまう。本論文では、都市幾何パラメータの力学的・熱的效果を明確にするため、① H_2O の相変化は取り扱わない、②2次元計算に特化する、という限定条件下で解析を行う。降水・積雲形成を除外することで、大気加熱に対する都市幾何パラメータの影響が明確になる。2次元計算は、都市上風系場で重要な高層都市群を迂回する流れ場が考慮できないため Z_0 の効果が限定されることがデメリットとして存在する。具体的には、迂回風があれば、都市風下で水平風の収束、それに伴う上昇流が発生しうるが、2次元場ではこれを再現できないことである。しかし、

図-1 都市幾何と土地利用情報（全計算ケースにおいて鉛直解像度を合わせるために Z_d の最大値は 30 m にカットした。）

図-2 幾何パラメータの抽出領域（国土地理院撮影の空中写真（2007 年撮影））

図-3 BU(左)とTD(右)の模式図。Rは抵抗を表す。またそれぞれの添え字に関してRはRoof, WはWall, FはFloorを表す。BUでは壁面や地表面から出た熱を一度キャニオン内のものにまとめてから(T_s)さらにそれをキャノピー外(添え字はa)に別の抵抗を通して放出される。天井面は R_R を通してそのままキャノピー外に放出される。一方トップダウン法では、キャノピーモデルと大気中の熱力学抵抗を決定してから、それぞれの面*i*(*i*は面の番号)への抵抗に振り分ける仕組みをとっている。

3次元場では都市幾何分布の与え方に自由度が高く普遍性のある議論が難しい。2次元に限定することで Z_0 が高い地点周りでの風の迂回が無くなり、海風

表-1 計算設定と物理モデル

計算期間	8月1日 9:00 ~ 8月4日 24:00
格子数	202×3×70
水平解像度	1 km
Microphysics	Off
Cumulus parameterization	Off
Longwave Radiation	RRTM Scheme
Shortwave Radiation	MM5 shortwave (Dudhia)
Land Surface	Noah Land Surface Model
Urban physics	Single layer scheme
PBL Scheme	MUNN 3rd level TKE Scheme

表-2 ケースごとのパラメータ入力条件。TDはTop-down scheme⁵⁾、BUはBottom-up scheme⁴⁾を、Topographyは Z_d を地形に足し合わせ、Logは Z_d の効果を対数則内で考慮することを意味する。Ave.は平均値を一樣に与えたケース、Dist.は実際の空間分布を与えた場合を意味する。

CASE	Z_0	Z_d	SVF	Z_0 scheme	Z_d scheme
CNT	Ave.	Ave.	Ave.	TD	Topography
CASE1	Dist.	Ave.	Ave.	TD	Topography
CASE2	Dist.	Ave.	Ave.	BU	Topography
CASE3	Ave.	Dist.	Ave.	TD	Topography
CASE4	Ave.	Dist.	Ave.	TD	Log
CASE5	Ave.	Ave.	Dist.	TD	Topography

動態に対する幾何パラメータの力学的効果の考察、及び熱交換過程に対する力学的効果の考察が容易になる。本計算は、都市幾何パラメータの力学的・熱的效果を強調した理想実験と位置づけられる。

2. モデルと計算設定

本研究ではアメリカ大気研究局（NCAR）等が作成したWRFモデルを用い、2次元海風計算を行った。計算領域、グリッドごとの幾何パラメータ分布を図-1に示す。水平解像度は1 kmであり、また、図-1中の幾何パラメータ分布は、図-2の黄枠に沿って抽出されたものである。解析期間、解像度、格子数、使用した物理モデルを表-1に示す。都市幾何パラメータの力学的・熱的效果を明確にするため、本計算ではH₂Oの相変化は取り扱わず、従って降水・積雲形成過程は除外される。

今回使用した気象計算の初期値は館野のラジオゾンデデータより作成した。典型的な8月の晴天日を再現するために、2000年代8月晴天日のデータをアンサンブル平均し用いた。平均に用いたデータは、2003年8月22日、2005年8月5日、2006年8月4日、2007年8月6日、2008年8月7日、2010年8月18日、2011年8月10日、そして2013年8月5日の

計 8 日間のデータである。晴天日の気圧配置から判断した。また、夏季晴天日の客観解析データから関東域の地温条件を設定した。境界条件は縦断-鉛直方向に開放条件、横断方向に周期境界条件を設定した。横断方向に周期境界条件を設定することで、横断方向に均質な 2 次元場を設定している。コリオリ力は支配方程式から除外することで縦断・鉛直 2 次元流れを実現した。

都市幾何の与え方を変えた計 6 ケースを作成し計算を行った。 Z_0 を粗度長、 Z_d をゼロ面変位、SVFを天空率とする。SVFは、真壁ら⁸⁾により作成されたデータを用いている。真壁らは、Kanda et al.⁵⁾により提案された建蔽率、見つけ面積率をパラメータとする算出式にしたがいSVFを算定している。

作成したケースを表-2に示す。すべての都市幾何のデータに各々の空間平均値(Ave.)を与えたコントロールケース(CNT)と、それぞれのパラメータに実際の幾何分布(Dist.)を与えたCASE1~CASE5の結果を比較する(表-3)。日本やアジアのメガシティは、沿岸部に高層ビル街が集中し図-1のような都市幾何分布となっているケースが多い。本計算は、そのような都市部への海風計算に、一様な都市幾何を与えるか否かで海風挙動がどのように異なるかに焦点を当てる。CASE1, CASE2は Z_0 の分布を与えたものであるが、CASE1ではKanda et al.⁵⁾のトップダウン法(TD)を、CASE2ではKusaka et al.⁴⁾のボトムアップ法(BU)を採用した。TDではモニン・オブコフ相似則(MO則)から Z_0 を考慮したバルク係数が算出され、それが各面に分配される。 Z_0 を最大限考慮し、都市-大気間のスカラー交換過程を取り扱うことができる。一方、BUでは、各面の熱交換係数が最初に決定される。また、壁・床面からの熱フラックスは都市キャニオンを介して大気にフィードバックされる(図-3)。そのため、都市-大気間のスカラー交換過程に Z_0 を適切に反映することが難しい。ここでは、Adachi et al.¹⁰⁾, Varquez et al.¹²⁾と同様の方法を用い、 Z_0 とキャニオン粗度が等しいと仮定し、キャニオン・大気間の熱交換係数に Z_0 の効果を反映させた。一方で、屋根面の交換係数を微小値にし、TDとBUでの都市・大気間のスカラー交換過程に整合性を持たせている。屋根面の熱交換係数を微小値に設定することの合理性はなく、BUのスカラー交換過程に Z_0 を適切に反映させる手法については更なる研究が望まれる。現行のWRFバージョンではBUが使用されている。 Z_0 による熱交換係数算出は異なるが、運動量に対する効果は両モデルとも同じであることに注意されたい。また、CASE3とCASE4ではCNTに対して Z_d にのみ分布を与えており、その与え方が異なる。CASE4では現行のWRF通り、対数則の中で Z_d を評価し(式(1a))、CASE3では対数則の中の Z_d を0にする代わりにその値を地形に足し合わせることで Z_d を考慮している。これは下重ら¹⁴⁾の方法を参考にしたものである。気象計算では、大気第一層の高度は Z_d よりも高くする必要があるが(式1a)、大都市では Z_d が50mを超えること

がしばしば起こるため、鉛直解像度が荒くなってしまふ。地形に足し合わせることで大都市においても鉛直解像度を低くすることなく計算が可能となる。実際の計算領域の最大 Z_d は70mを超えるが、今回の計算では Z_d の最大値は30mに修正し用いた。水平・鉛直の格子解像度は全ケース同じに揃えてある。

$$U = \frac{u^*}{\kappa} \ln \frac{z - z_d}{z_0} \quad (1a)$$

ここで、 U : 風速、 u^* : 摩擦速度、 κ : カルマン定数である。

CASE5は、SVFに分布を持たせたものである。CASE1~CASE4は都市の力学的抵抗効果の感度分析、CASE5は都市幾何による放射プロセス及び熱的抵抗の分析に相当する。

計算は8月1日午前9時からスタートさせ、4日24時まで回した。今回は1日と15時間の助走時間を経て、3日0時からの結果を議論する。

3. 計算結果

(1) 海風到達時刻の差異

本研究では図-1に示すように最も粗度長の大きい地点A(海陸境界から15km、大都市の商業地域に相当)、内陸の粗度長が小さい地点B(海陸境界から50km、住宅地域に相当)、さらに内陸側の粗度長が増加している地点C(海陸境界から108km、地方の商業地域に相当)における海風到達時刻の差、及びその差をもたらす要因について考察する。それぞれのケースにおける海風の到達時刻を表-3に示した。なお、海風到達は、仲吉ら¹⁵⁾の基準を参考に、風速の上昇、湿度の上昇、気温上昇の停止により判断した。以下では、海風到達時刻に違いをもたらす要因として顕熱フラックス(図-4)、乱流エネルギー(図-5)、風速風向(図-6)の観点から考察を加える。なお、図-5、図-6の黄緑色のラインは、大気境界層高度を表す。

a) 地点Aに関して

この点において、海風が最も早く到達するのはCNTである。逆に、最も遅く到達するのはCASE1とCASE5である。地点Aの顕熱フラックスを確認すると、CASE5が最も顕熱が大きく、CASE1はCNTと同じ程度である(図-4)。顕熱フラックスによって陸域が暖められると、海域との温位差が生じそれが海風を進入させる気圧勾配の強化に繋がる。すなわち、顕熱フラックスが最大となるCASE5が、最も早く海風を地点Aに到達させてもよさそうであるが、結果はそうではない。乱流エネルギーを確認すると(図-5)、この時、地点A付近でCASE1やCASE5の乱流エネルギーが顕著に増加している。CASE1では、 Z_0 による力学的抵抗効果で、CASE5では顕熱放出による熱的效果で、乱流エネルギーが増加し、その結果、水平方向の運動量が鉛直混合に使用され海風侵入を阻害させていた。CASE2に関してもCASE1やCASE5ほどではないものの、都市のドラッグ効果が地点A周りでの乱流エネルギーが高

表-3 海風到達の時刻

CASE	A	B	C
CNT	14:15	17:00	19:55
1	15:30	17:15	19:55
2	15:00	18:00	20:45
3	14:30	17:00	19:55
4	14:30	17:00	19:55
5	15:30	16:45	19:30

図-4 各地点の顕熱フラックスの時間変化

いことから確認でき（図-5），海風侵入を遅らせたと思われる。

Z_d に分布を持たせた CASE3 や CASE4 でも，CNT に比べ海風侵入の遅れが生じている。但し，対数則で考慮しようが地形データとして考慮しようが結果に違いはない。また，CASE3，CASE4 の 2 ケースは，顕熱フラックス，乱流エネルギーともに CNT と目立った差異はなく， Z_0 に比べ気象計算に与える感度が小さいといえる。一方で，下重ら¹⁴⁾は，実都市の Z_d を考慮することで，集中豪雨の再現精度が向上すること，その前段階として都市上の地表風速が変わると報告している。ただし，下重ら¹⁴⁾では，実際の東京都心の Z_d を与えた計算と WRF 標準の Z_d の計算比較であるため，平均値自体が大きく異なる。そのため，平均値は同じで，空間分布の有無を比較する本研究とは単純な比較は出来ない。

b) 地点 B に関して

地点 B における海風の到達時刻は，地点 A においては最も遅かった CASE5 が最も早いという結果となった。地点 A から海風が加速されており，CASE5 の高い顕熱フラックスが地点 A 以降の海風加速に繋がっている。CASE1 でも地点 A

図-5 各ケースの乱流エネルギー (15 時 00 分)

図-6 各ケースの風速風向分布 (17 時 00 分)

図-7 各ケースの陸域平均気温の時間変化

ーB間で海風は加速され、CNTよりも15分遅れた程度となっている。CASE1の顕熱フラックスはCNTと同程度であるため海風加速の要因はCASE5と異なる。この要因については次節で考察する。CASE3やCASE4においては、CNTと同じ時刻に到達しており、風速風向（図-6）で見てもこの3ケースの挙動は似ている。このことから気象計算における Z_d の感度は小さいと言える。CASE2の到達時刻は最も遅い結果であった。

c) 地点Cに関して

地点CにはCASE2を除く全てのケースがCNTよりも早く、もしくは同時刻に到達している。その中でも最も早く到達したのは、CASE5である。CNTよりも25分早く到達した。地点CにおいてもCASE5の顕熱フラックスが大きく、海風駆動の効果が大きかったことが要因と考えられる。次に到達時刻が早いのがCNTと同じ時刻に到達したCASE1やCASE3、CASE4である。これらの顕熱フラックスの大きさはCNTとほとんど差異がないが、大気一層の陸域平均気温を見ると（図-7）、CASE1はCASE5に続いて高い。CASE1やCASE5では乱流混合が盛んなため自由大気を侵食し、自由大気からの顕熱が大気境界層内に供給され、気温の上昇、海一陸気圧勾配の強化に繋がっていた（図略）。 Z_0 の高い地点Aを超えれば、この気圧勾配により海風が加速され、海風到達時刻の短縮に繋がったと考えられる。一方、 Z_0 に分布を与えたCASE2での海風到達時刻は著しく遅い。CASE2では顕熱も他ケースよりも著しく小さく（図-4）、ボトムアップ法では地表面から大気への熱交換を過小評価することが分かる。この要因については次節で考察を深める。CASE3やCASE4は Z_d の影響があまり大きくなかったためにCNTと同じ時刻に到達したものと考えられる。

(2) 都市幾何と温位の関係

陸域の第一層の平均温位を示した図-7について、特にCNTと差異の大きかった、CASE2、CASE1、CASE5について議論する。

CASE2の温位の位相を確認するとCNTよりも遅れており、また、ピーク値は小さい。さらに夜間帯での温位は他ケースよりも明確に高い。これは、

CASE2の顕熱フラックスの低さに起因している。日中、都市キャノピーから顕熱フラックスが放出されるが、それが十分でないので大気が加熱されない。そして、放出しきれなかった熱が夜間に放出されて夜間の温位が高く評価されている。以上のように、ボトムアップ法は温位の振幅を小さくし、更に位相を遅らせる効果があり、都市ヒートアイランドの特徴を再現しやすいことがわかる。

CASE1では、顕熱フラックスはCNTとほぼ同じであったのに、温位はCNTよりも高く、更にそのピークは遅れている。乱流エネルギー（図-5）や、風速風向分布（図-6）から見られるとおり、CASE1では強い風速と高い乱流エネルギーによって、自由大気を侵食するように境界層が持ち上げられ、自由大気中の高温位の空気塊を境界層内に引き込み、境界層内の温位を高めていた。一般的に Z_0 が高ければ熱交換係数が大きくなるにも関わらずCASE1の顕熱フラックスがCNTと大差なかったのは、自由大気との熱供給により都市一大気間の温度勾配が小さかったためである。トップダウン法、ボトムアップ法と熱交換係数の与え方の違いだけでも気象場は大きく変化しており、両者の良し悪しを改めて入念に検討する必要がある。

CASE5においては、CASE1と同様のメカニズムによる自由大気からの高温位供給に加え、地表面からの大きな顕熱フラックスの影響により温位上昇が引き起こされたと考えられる。

4. 結論

本研究では、建物幾何の与え方が海風挙動、及び陸域の気温の変化にどのような影響をもたらすかについて検討するためWRFによる2次元計算を実施した。得られた主な結果を下記に示す。

- (1) 2次元理想計算において、平均値が同じであっても、幾何分布を与えた計算と平均値を与えた計算とでは、海風挙動、気温場、乱流エネルギーに大きな違いがあった。3次元実計算においては、高層ビル街周りへの風の迂回や上昇流による水蒸気相変化などにより、上記違いがさらに加速される可能性があり、入力パラメータの平均値だけがあっているだけでは気象の再現には不十分といえる。
- (2) Z_0 、SVFは、気温、風系場に及ぼす影響が大きく、精度の高いデータベースを構築することが必要である。
- (3) 熱交換係数の計算方法の違い（ボトムアップ法、トップダウン法）が気象場に及ぼす影響は大きく、ボトムアップ法では都市一大気間の熱交換が抑制され、日中の気温上昇の抑制、夜間気温を高めることで夜間ヒートアイランドが再現されやすいことが確認された。
- (4) Z_d が2次元気象計算に及ぼす感度は小さかった。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 26889057 の金銭的支援を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) Nakayoshi M., Kanda M., Shi R., de Dear R.: Outdoor thermal physiology along human pathways: a study using a wearable measurement system, *Int. J. Biometeorol.*, Vol.59 No.5, pp.503-515, 2015.
- 2) 神田 学, 仲吉 信人, Varquez, A.C.G.: 都市の集中豪雨の数値シミュレーションと対策, *天気*, 61 巻 5 号, pp.362-370.
- 3) Zhang GJ, Cai M, Hu A.: Energy consumption and the unexplained winter warming over northern Asia and North America, *Nature Clim Change*, Vol.3, No.5, pp.466-70, 2013.
- 4) Kusaka H., Kondo H., Kikegawa Y., Kimura F.: A Simple Single-Layer Urban Canopy Model For Atmospheric Models: Comparison With Multi-Layer And Slab Models, *Bound-Lay Meteorol* Vol.101, No.3, pp.329-358, 2001.
- 5) Kanda M., Kawai T., Kanega M., Moriwaki R., Narita K., and Hagishima A.: Simple energy balance model for regular building arrays, *Bound-Lay Meteorol*, Vol.116, pp.423-443, 2005.
- 6) Allen L. Lindberg F., Grimmond C.S.B: Global to city scale urban anthropogenic heat flux: model and variability, *International Journal of Climatology*, Vol.31, No.13, pp.1990-2005, 2011.
- 7) Salamanca F, Martilli A, Tewari M, Chen F.: A Study of the Urban Boundary Layer Using Different Urban Parameterizations and High-Resolution Urban Canopy Parameters with WRF, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol.50, No.5, pp.1107-1128, 2011.
- 8) 真壁 拓也, 仲吉 信人, Varquez, A.C.G., 神田学: 気象解析のための全日本都市幾何データベースの構築と世界への拡張可能性, *土木学会論文集 B1 (水工学)*, Vol.70, No.4, pp.I_331-I_336, 2014.
- 9) Doan, Q., H. Kusaka and Q.B. Ho, 2016: Impact of future urbanization on temperature and thermal comfort index in a developing tropical city: *Urban Climate*, Vol. 17, pp.20-31, 2016.
- 10) Adachi, S. A., F. Kimura, H. Kusaka, M. Duda, T. Yamagata, S. Seya, K. Nakamichi, T. Aoyagi: Moderation of summertime heat-island phenomena via modification of the urban form in the Tokyo metropolitan area. *J. Appl. Meteor. Clim.*, Vol. 53, pp.1886-1900, 2014.
- 11) 夏井 志康: 局地的な植生変化や都市の構造変化が降水 システムの成長過程に与える影響に関する研究, *法政大学大学院 デザイン工学研究科紀要* Vol.3 (2014 年 3 月) .
- 12) Varquez, A.C.G., Nakayoshi M., Kanda M.: The Effects of Highly Detailed Urban Roughness Parameters on a Sea Breeze Simulation in Kanto, *Bound-Lay Meteorol.*, Vol.154, No.3, pp.449-469, 2015.
- 13) 下重 亮, 仲吉 信人, 神田 学: 都市要因を考慮した夏季関東における都市型集中豪雨の多事例解析, *水工学論文集*, Vol. 54, pp.349-354, 2010.
- 14) 下重 亮, 仲吉 信人, 神田 学: 都市の幾何形状と地形によって生じる海風の収束が東京の夏季局地的集中豪雨発生に及ぼす影響, *水工学論文集*, 第 53 巻, pp.277-282, 2009.
- 15) 仲吉 信人, 大久保 洸平, Alvin C.G Varquez, 神田 学, 藤原 忠誠: 東京一練馬一埼玉ラインに見られる海風よどみ領域, *土木学会論文集 B1 (水工学)*, Vol. 69, No.4, I_1741-I_1746, 2013.

(2016.9.30 受付)

EFFECT OF BUILDING MORPHOLOGY ON SEABREEZE ADVANCEMENT

Ryo KANEKO and Makoto NAKAYOSHI

In order to clarify the effect of building morphology to urban weather, we conducted two dimensional sea breeze simulations. 1-km resolution's aero-thermo-dynamical parameters in cities derived from the building GIS data in Kanto region are incorporated into the sea breeze simulation; aero-thermo-dynamical parameter considered here are roughness length for momentum Z_0 , displacement height Z_d , as well as sky view factor SVF. 6 cases of simulations with different urban settings were done and the difference of the sea breeze behavior between each cases were analyzed in terms of difference of sensible heat flux, turbulent kinetic energy, and potential temperature over the urban region. The sensitivity of Z_0 and SVF on urban weather are high and the sea breeze behaved very differently between the cases considered the different surface conditions; different distribution of the parameter with the same spatial average were assigned. On the other hand, the sensitivity of Z_d was rarely seen.