

単層都市キャノピースキームを用いた NHM による 都市気象シミュレーション

清野直子, 青柳暁典 (気象研究所)

1. はじめに

気象研究所では、都市域においてより現実的な大気環境の再現が可能となるよう、単層都市キャノピースキーム (Square Prism Urban Canopy scheme, SPUC) の開発と気象庁非静力学モデル (NHM) への組み込みを行い、その性能評価を進めている。夏季の関東地方を対象に行った 4km モデルでのシミュレーションでは、SPUC により都市域の建物が熱交換や放射過程に及ぼす効果を取り入れたことによって、従来スキームに比べて都心部を中心に都市域の夜間冷却が抑えられ、ヒートアイランド形成がより明瞭に表現されていた (Aoyagi and Seino, 2011)。こうした都市効果が降水に与える影響を調べる目的で、2007年8月24~25日の東京における短時間強雨のシミュレーションを行った。

2. モデルの設定

NHM の計算領域は中部日本域で、水平格子間隔 2km・200×200 格子・鉛直 50 層 (最下層の厚さ 20m) とした。2007年8月24日 00UTC を初期時刻とし、初期値および境界値として気象庁メソ解析 (MANAL) を与えて 24 時間の計算を行なった。対流パラメタリゼーションスキームは使用せず、乱流パラメタリゼーションには Mellor-Yamada レベル 3 スキームを用いている。土地利用データから建物・道路その他の用地が 80%以上を占めると判断された格子では都市化が顕著であるとみなし従来の陸面スキームに代えて SPUC を適用した実験を行った。都市化の著しい状況を表現するための設定として、SPUC 適用域では建物の熱物性パラメータに商業ビル相当の値を用い、建物の高さは 10m、建物形状は東京都の GIS データを参考に縦横比 1 として、立方体建物が建物用地の 6 割の面積割合で格子内に均一に配置されていると仮定した。また、SPUC 適用格子では、妹尾他(2004)に基づく人工排熱 (日変化あり) を与えた。

3. 概況

2007年8月24日は、日本付近を覆っていた高気圧が東に移動するなか午後から関東の所々で積乱雲の発達に伴う降水が見られた。東京(大手町)では前夜から午前中までは雲が多い天気だったが、午後に入ると晴れて気温は 30 度以上に上昇した。埼玉県内で 24 日 21 時頃から発達し始めた降水系の南下に伴い、都内では、東京(大手町)で雷鳴(23 時過ぎ)と降水を観測しており、新木場では 25 日 1 時までの 1 時間降水量が 55mm を記録した。この降水系の拡がりも最大でも 20km 程度だったが、南へ移動しながら 25 日 3 時過ぎまで持続した。地上風の分布としては、茨城方面からの東寄りの風と東京湾岸から流入する南寄りの風のシアラインが

埼玉県付近で形成され、夏季の高温日に降水の発生しやすい E-S 風系に該当するが、強雨の開始時刻が遅かったため、藤部ほか (2002) の典型的な強雨事例の条件にはあてはまらない。

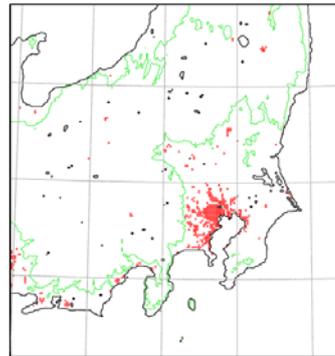


図 1 NHM の計算領域. 赤は SPUC を適用した格子, コンターは標高 200m の等高線.

4. 結果と考察

図 2 は、関東とその周辺の 2007 年 8 月 24 日 18 時からの観測 (気象庁解析雨量) およびモデルによる 12 時間降水量である。都市化の顕著な地域 (Highly Urbanized Area) に 2 節で述べた SPUC を適用した HUA 実験と、全域で従来の平板陸面スキームを用いた SLAB 実験を比べると、2 つのモデル結果では、群馬県の降水が再現されていないものの、そのほかは概ね実況に対応可能な降水域が表現されている。埼玉県から東京都付近に注目すると、HUA 実験では、東京 23 区西部を南下する実況に近い降水域が表現された。いっぽう、SLAB 実験では対応する降水が埼玉県南部にとどまり降水時間も短かった。モデルでこの降水の生じた時間帯は実況より 4 時間ほど遅かった。地上気温に目を向けると、24 日 18 時以降、SLAB 実験では実況より東京(大手町)と練馬の気温が低め、HUA 実験では高めに推移している。また、24 日 21 時の空間分布では、実況でこの 2 地点を中心にみられる高温域が、SLAB 実験では不明瞭なのに対し、HUA 実験では広く表され、都市域のヒートアイランドの表現が異なっている。その後、24 日 24 時になると、HUA 実験と SLAB 実験の間には、東京都から埼玉県南部を中心として 2℃近い地上気温差が生じていた (図 3a)。HUA 実験の地上高温偏差域は南東風域の先端にあたり、そのすぐ北側では、下層の気温差を反映して SLAB 実験より海面気圧が低くなっている (図 3b)。この一帯は、前述のシアライン (モデルでは茨城県から埼玉県に見られる東風と東京湾からの南東風との間に形成されている) の近傍にあたるが、両実験の風ベクトルの差

を見ると、HUA 実験では風がこの低圧部周辺に集まる傾向を示している。HUA 実験では、次第にこの付近の下層水平収束が強まり、25 日 2 時頃から降水が発生した。HUA 実験において、都区部を通過して収束域に達した南東風は、SLAB 実験よりも高温で、相当温位も高く、そのため、収束域での上昇によって対流性雲が発達しやすい条件だった。いっぽう、SLAB 実験では、下層収束が HUA 実験ほど強化されず、周辺の相当温位も対流を長時間維持できるほどには高くなかったと考えられる。

このように、HUA 実験では、都市の影響を受けた高温域が夕方以降も持続していた点が SLAB 実験と異なっていた。それに伴う局地的な気圧偏差によって地上風や収束域にも差が生じ、SLAB 実験に比べ対流性降水が発達したことで東京都内での降水が再現されたといえる。この実験結果から、東京近辺の 1~2°C 程度の気温の違いによって降水分布にも差が生じ得ることが示された。また、実

際の風系や降水分布との類似性から、現実にも HUA 実験で見られたような過程により東京のヒートアイランドが降水に影響を与えていたのではないかと推察される。

しかし、少数の数値実験結果だけで降水に対する都市の効果を結論づけることはできない。対象を夏季の対流性降水に限定するとしても、地上気温の変化は上で述べた以外の様々な過程を通して大気に影響を及ぼしており、事例が変われば降水への影響が異なることも考えられる。場合によっては、都市の影響によって降水が減少する例もあるかもしれない。はたして、都市以外の要因と比べてときに、都市が降水に有意な違いをもたらすのかどうかを数値シミュレーションで確かめるには多数例での検討が不可欠であり、今後さらに計算を重ね、都市が降水にもたらす気候的効果を調べる予定である。

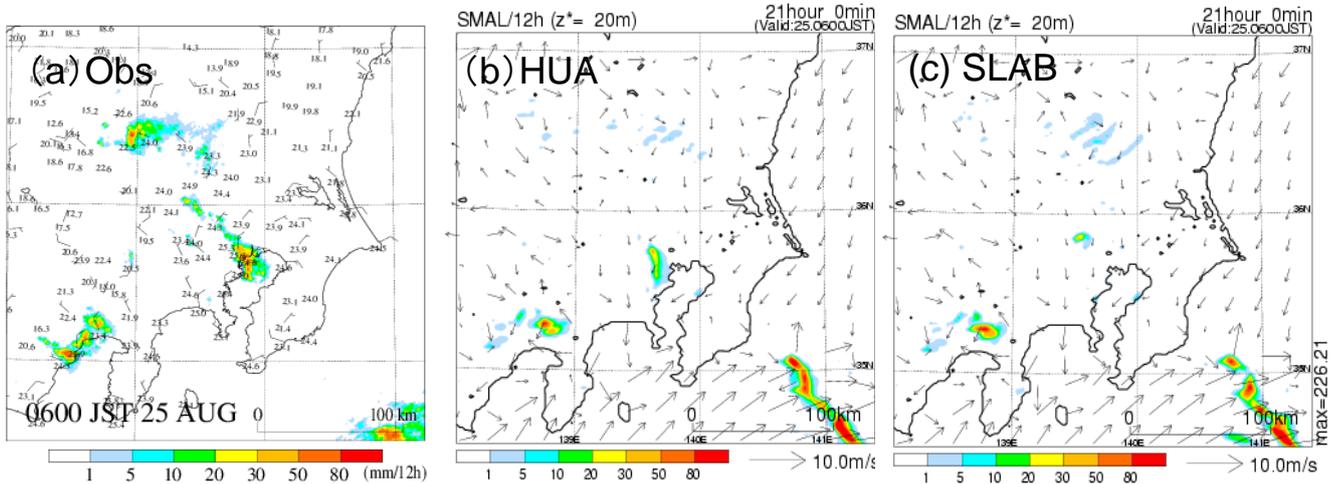


図2 2007年8月24日18JST-25日06JSTの12時間降水量(mm/12hr)。(a)気象庁解析雨量、(b)HUA実験、(c)SLAB実験によるもの。

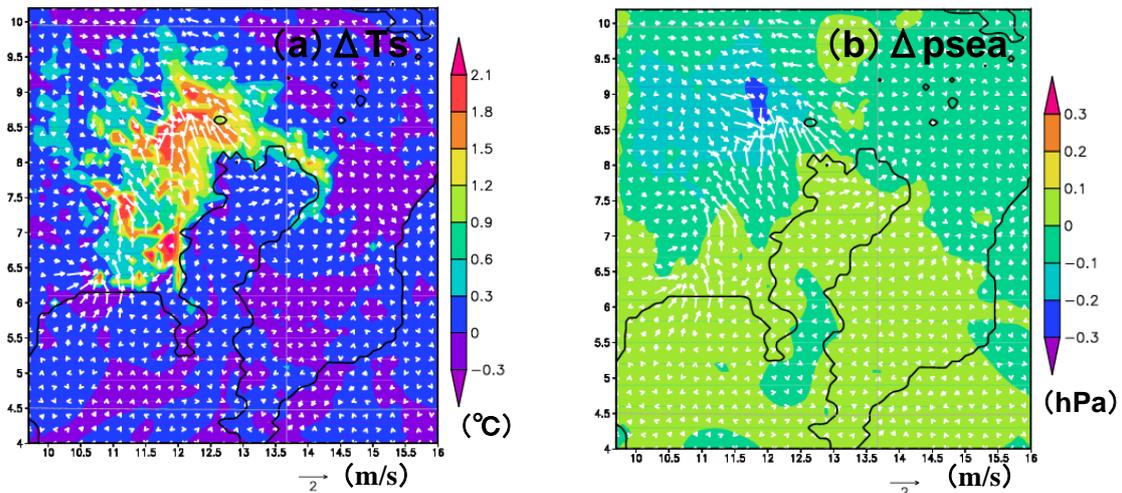


図3 2007年8月24日24時におけるHUA実験とSLAB実験の(a)地上気温の差および(b)海面更正気圧の差。矢印は両実験の風ベクトルの差(HUA-SLAB)を表す。