

詳細な陸面過程を組み込んだ雲解像モデルを用いた練馬豪雨発生に対する都市の影響評価

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○伊藤 洋太郎 海洋研究開発機構 非会員 茂木 耕作
京都大学大学院工学研究科 学生員 相馬 一義 京都大学大学院工学研究科 学生員 萬 和明
京都大学防災研究所 正員 田中 賢治 京都大学防災研究所 正員 池淵 周一

1 背景と目的 近年、「都市型豪雨」とよばれる都市域での局地的な短時間強雨が注目されている。都市型豪雨の発生については、都市域の気温がその周辺に比べて上昇するヒートアイランド現象との関連が疑われているが、それについて明確な答えは出されていない。

そこで本研究では、1999年7月21日に発生した練馬豪雨を事例として取り上げ、都市が陸面過程として降水に及ぼす影響を、詳細な陸面過程を組み込んだ雲解像モデル CReSiBUC を用いて検討する。

2 練馬豪雨の特徴 練馬豪雨は、1999年7月21日午後東京練馬区を中心とした極めて狭い範囲において1時間に100mm以上の降水を観測した事例で、死者も2名出ている。大都市である東京において発生していることから都市の影響を検討しやすく、また、熱雷のような形態の積乱雲が大きな被害をもたらしたもので、防災工学上重要であるといえる。

図1に示すように、1999年7月21日のレーダーアメダスによる3時間積算降水量分布(15~18 JST)からは、45mm以上の強い降水域が50km四方以内の範囲に分布していることがわかり、本事例が局所的な降雨現象であるといえる。また、アメダスによる気温分布と風分布(12~15 JSTの平均)から、都市部とその周辺では2以上の気温の差が確認でき、都市部で風が収束していることが確認できる。つまり、練馬豪雨当日は、ヒートアイランド現象によって強化されていると考えられる都市部における局地風の収束があったと考えられる。さらに、GPS可降水量より、当日の関東地方一体の可降水量が50~60mmと比較的大きい値となっていたことがわかった(図示せず)。このようなことから、もともと関東平野一体で豊富に存在した水蒸気が収束を生じている都市部に向かって供給されつづけ、時間雨量100mm以上の降水を引き起こしたと考えられる。

3 CReSiBUCの概要及び実験設定 本研究では、雲スケールからメソスケールの現象の高精度シミュレーションを行うことを目的として開発された、雲解像の非静力学数値気象モデル CReSS¹⁾ に、陸面過程モデル SiBUC²⁾ を結合した CReSiBUC³⁾ を用いて数値実験を行った。SiBUCは1グリッド内で植生、水体、都市の存在をそれぞれ考慮できるモザイクモデルであり、その割

合は土地利用面積率を与えることによって決まる。都市モデルでは、冷暖房など建物に起因する建物排熱、自動車走行に伴う自動車排熱などの、いわゆる人工排熱を考慮することができる。

数値実験では、練馬豪雨発生当日の1999年7月21日について、RSMによる風量・風速・温度・湿度・気圧を初期値及び1時間毎の境界値として与えて09 JSTから12時間の計算を行った。水平・鉛直格子間隔はそれぞれ5km、0.3km、格子数は100×100×45で、対象領域の中心座標は東経140.0°、北緯36.5°である。解析には1時間毎の出力結果を用いた。

本研究では、土地利用面積率を用いて、5km四方の各グリッドにおいて都市域の割合が30%以上の領域に注目し、都市の存在が降水や温度上昇などに与える影響を考察する上で、この領域を都市の目安として定めた。以下では、この領域を「都市部」と呼ぶ。

都市の存在が練馬豪雨発生に与える影響を明らかにするために、陸面の状態を変化させた4種類の条件を与えて感度実験を行い、出力結果においてどのような違いが生じるのかを調べた。各実験の設定を表1に示す。

4 CTLによる練馬豪雨の再現と感度実験

図2に示すように、CTLでは、局所的な強雨域が都市部に再現されている。降水量は現実(90mm)に及ばないものの、降水域が局所的であることと、まとまった量の降水が都市部において生じていることから、練馬豪雨の特徴は概ね再現されているといえる。CTLでは、観測解

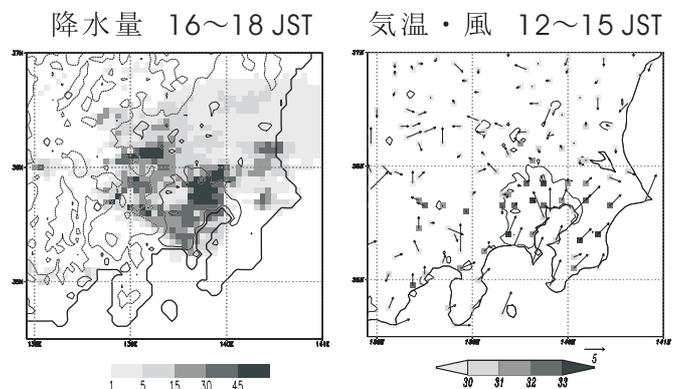


図1: 1999年7月21日15~18 JSTのレーダーアメダスによる3時間積算降水量分布(左)と、12~15 JSTのアメダスによる平均気温・風分布(右)。黒太線で囲まれた領域を都市部とする。

表 1: 実験の種類

実験名	土地利用分布	人工排熱
CTL	現実	考慮しない
PDY	都市を水田に置き換える	考慮しない
UBN	都市の割合が 30% 以上のグリッドを陸域のみ全て都市とする	考慮しない
AHD	現実	400 Wm ⁻² 考慮

析結果と同様に、都市部において気温がその周囲よりも上昇するヒートアイランドと、都市部における風の収束が生じていることが確認できた（図示せず）。

CTL に対して、土地利用分布に対して行った感度実験 PDY、UBN では、それぞれ降水域が CTL と比べて東西方向にずれており（図 2）、都市の有無が降水域の形成位置に影響を与えたことが示唆される。PDY では、都市域がなくなったことによりヒートアイランドが解消し、都市部における風の収束は小さくなっていった（図示せず）。この領域では CTL よりも降水量が減少した。逆に都市部外側の山岳域で収束が大きくなり、その場所での強い降水を生じる原因となったと考えられる。UBN では都市域の過密化によりヒートアイランドが強化され、それに伴って都市部における風の収束も強化されていた（図示せず）。この収束が強化された領域で降水量が大きくなり、全体としては降水域が東側にずれたように見える。つまり、都市部における収束の強化が降水域が東側にずれた要因となったと考えられる。

一方、AHD では、CTL に比べて 3 時間積算で 30 mm 以上の降水を生じた領域が大きくなっており、降水域の水平規模が大きくなっていることがわかる（図 2）。また、CTL では生じていない 3 時間積算で 45 mm 以上の降水量が生じている領域もあった。AHD では、人工排熱を考慮したことによりヒートアイランドが強化され、これによって都市部における風の収束も大きくなり、その収束量は CTL のおよそ 1.5 倍に強化された（図示せず）。つまり、このようなより強い収束が、水蒸気より大きな集中化を招き、降水域の水平規模の増大と降水量の増加を引き起こす要因となったと考えることができる。

5 まとめ

観測解析と数値実験から、練馬豪雨においては都市の存在が降水域の形成位置に影響を及ぼすことが明らかになった。また、都市域における人工排熱は降水域の水平規模、降水量の増大に影響を及ぼすことが明らかになった。以上から、短時間・局所的な強雨現象においては、都市をはじめとする陸面過程が降水域の形成位置や水平規模に影響を与えていることが示唆される。

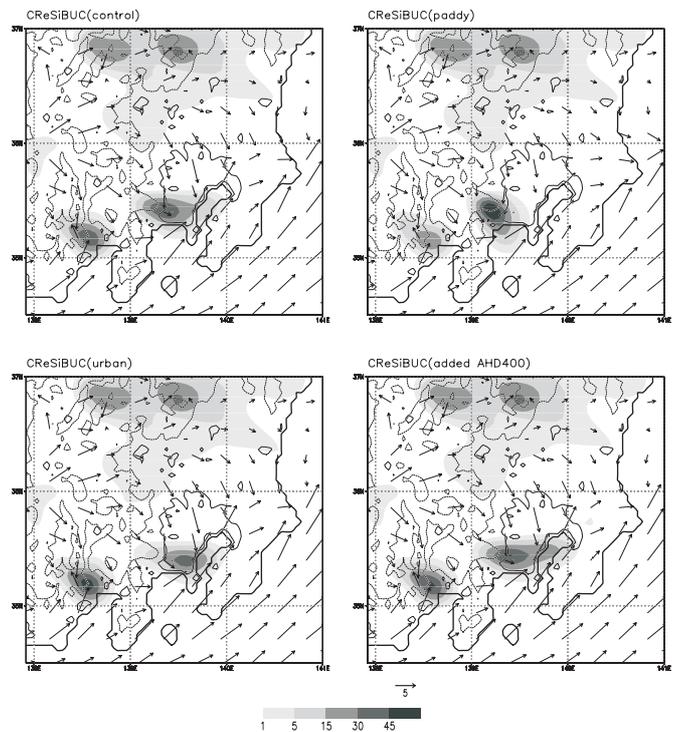


図 2: 1999 年 7 月 21 日 15 ~ 18 JST の CTL (左上)、PDY (右上)、UBN (左下)、AHD (右下) による 3 時間積算降水量分布。黒太線で囲まれた領域を都市部とする。

謝辞

本研究では、文部科学省振興調整費による特別研究「GPS 気象学」プロジェクトにおいて作成された GPS 可降水量を使用させていただきました。また、本研究では、名古屋大学地球水循環研究センター 坪木和久助教授、ならびに財団法人高度情報化学技術研究機構 榊原篤志氏によって開発された雲解像モデル CReSS を使用させていただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 坪木和久・榊原篤志: CReSS ユーザーズガイド第二版、2001.
- 2) Kenji TANAKA: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University, 2004.
- 3) Qoosaku MOTOKI, Yotaro ITO, Kazuaki YOROZU, Kazuyoshi SOUMA, Atsushi SAKAKIBARA, Kazuhisa TSUBOKI, Teruyuki KATO, Kenji TANAKA, and Shuichi IKEBUCHI: Estimation for Effects of Urban on Development of Cumulonimbus Clouds Using Atmosphere-Land Coupled Model of CReSiBUC, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 48C, in press, 2005.

キーワード: CReSiBUC, ヒートアイランド, 豪雨, 都市