

都市化の進展が集中豪雨の発生・維持機構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 ○ 学生員 小山 隼平
 (株)建設技術研究所 正会員 夏井 志康
 法政大学デザイン工学部 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

日本では近年、都市を中心とした局地的かつ短時間で激しい豪雨が多く発生し問題となっている。この豪雨は特に「都市型豪雨」と呼ばれ、地下鉄や地下街などが多く存在する大都市部などでは浸水や交通機能の麻痺、停電などの甚大な被害を及ぼす。また豪雨の発生が突発的であるために予測することが非常に困難であることが特徴である。都市の気温がその周辺の郊外部と比較して上昇するヒートアイランド現象や高層ビル群の影響と都市型集中豪雨との強い関係性が示唆されているが、降水分布や頻度は自然要因によって様々に変動するため都市が降水に与える影響の詳細は十分に明らかにされておらず、今なお未解明の部分が残されている。

そこで本研究では都市環境や土地利用が集中豪雨に与える影響を明確にすることを目的とし、領域気象モデル WRF を使用して数値実験を行った。近年集中豪雨によって被害を被った地域を選定し、対象領域内の土地利用や都市内構造などを変化させ、感度分析を行うことで都市が集中豪雨の発生や発達に与える影響についての解析を行った。

2. モデルの概要とその計算条件

(1) モデルの概要

領域気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting model) は米国大気研究センター、米国環境予測センターなどが中心となり、実用的な天気予報を行うために開発された最新の気象モデルである。主な特徴としては、水蒸気量、雲、雨、雪、などの予報方程式からなる雲物理モデル、日射量、大気放射量などの放射モデル、地表面温度、土壌温度、土壌水分量、積雪量などの地表面モデルなど多数の力学法則が取り入れられていることでより詳細に都市の状況を再現することが出来る。当研究では都市キャノピーモデル¹⁾を用いて都市と豪雨の関係及び都市に関するスケールの小さい内部構造について解析を行った。

初期値及び境界条件として、メソ数値予報モデル (MSM) GPV データ (気象庁提供、解像度 5 km) 及び全球気候モデル GCM20 の出力データを基に作成した大気条件を使用し 3 ドメインの 2-way ネスティング (入れ子状に設定された複数の領域間で相互に、時々刻々計算結果の受け渡しを行いながら計算を進めていく手法) で計算を行った。地形標高には、国土地理院提供の数値地図 50 m メッシュデータ、また土地利用情報として、国土交通省刊行の国土数値情報 100 m メッシュを用いた。

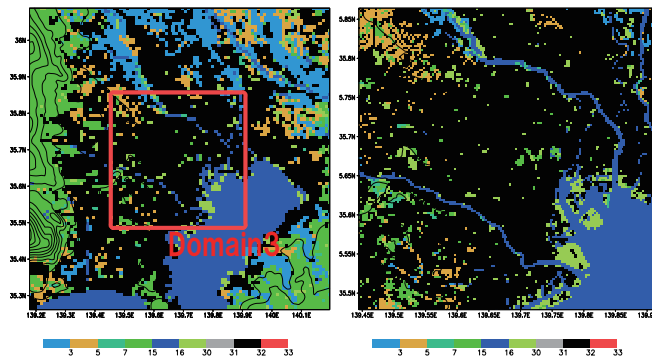


図-1 関東における平成 21 年度の土地利用状態
 (15 緑: 混合林, 32 黒: 都市)
 (左図: Domain2, 右図: Domain3)

表-1 WRF の土地利用区分

No.	土地利用分類	
	USGS	国土数値情報 (平成 21 年度)
3	灌漑された 耕作地と放牧地	田
5	耕作地と草原の混合	その他の農用地
7	草原	ゴルフ場
15	混合林	森林
16	水面	河川地及び湖沼・ 海浜・海水域
30	不毛または 疎らな植生	荒地・その他の用地
32	都市	建物用地・道路・鉄道

(2) 計算条件

対象とする領域は東京を中心とした関東、大阪を中心とした関西の 2 領域を選定した。本研究では、モデル²⁾内の土地利用を国土数値情報のデータに基づき変化させシミュレーションを行った。国土数値情報のデータより、昭和 51 年度、平成 9 年度、平成 21 年度の土地利用データを使用し、時代の変遷によるシミュレーションを行った。関東における平成 21 年度の土地利用状態を図-1 に示す。同図の赤枠で囲った領域はドメイン 3 を示す。同図は、必ずしも実際の土地利用状態を正確に表しきれない場合もあるが、各年度の土地利用変化による相対的な影響の違いに着目して解析を行った。また、モデル内において国土数値情報の土地利用分類を USGS (United States Geological Survey) の土地利用分類に割り当てたものを表-1 に

Key Words: 温暖化, 集中豪雨, ヒートアイランド, 都市環境, メソ気象モデル

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 TEL & FAX : 03-5228-1389

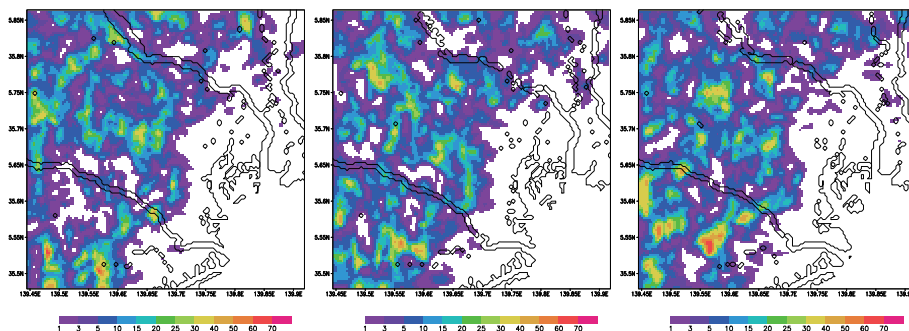


図-2 各年度の土地利用における24時間積算降水量 (mm)
(左図: S51, 中図: H9, 右図: H21, 関東の CaseB)

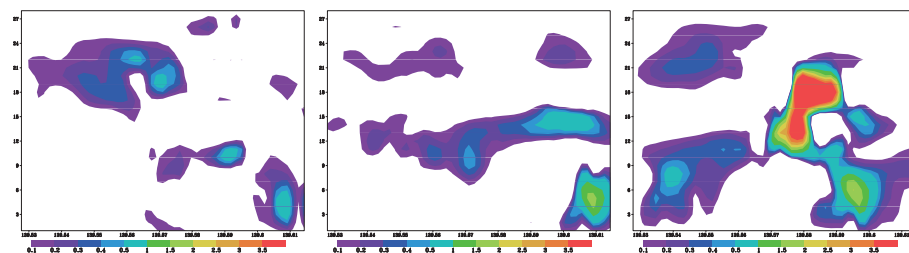


図-3 降雨ピーク時における上昇気流 (m/s)
(左図: S51, 中図: H9, 右図: H21, 関東の CaseB)

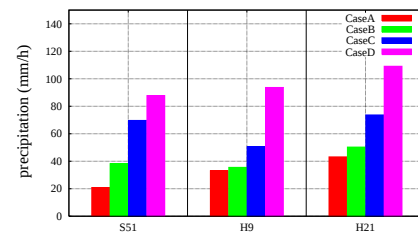


図-4 各事例の1時間最大降水量 (mm) (関東の CaseA ~ D)

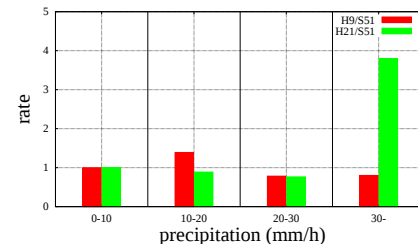


図-5 S51 に対する階級別雨域面積比 (関東の CaseB)

示す。以下、昭和51年度、平成9年度、平成21年度の土地利用状態をそれぞれS51, H9, H21と表現する。

3. 都市化の進展が集中豪雨に与える影響

関東における2008年8月5日の事例に着目して考察を行う。本研究の解析手順として、まず対象領域の積算降水量を各年度ごとに確認した後、降水のアニメーション、1時間最大降水量、階級別雨域面積、風の変化などを用いて都市域が降水現象に及ぼす影響について解析を行った。ここで結果の一例として各年度の土地利用状態における積算降水量の分布を図-2、降雨ピーク直前における上昇気流を図-3、関東の各事例 (CaseA ~ CaseD) における1時間最大降水量を図-4、階級別雨域面積比を図-5にそれぞれ示す。図-2を見ると、H21の図の左下に局地的な降雨が確認できる。ここに着目して降水のアニメーションを見てみると、H21で局地的な短時間豪雨が確認できた。また図-3のS51, H9では強い上昇気流は見られないが、同図のH21で降雨ピーク直前において高い高度まで上昇気流が発生していることが確認できる。これらの風が積雲の活動に影響を与え、降水量が変化したと考えられる。

次に図-4より、H21の1時間最大降水量は、S51, H9と比較して全体的に増加傾向であることが確認できる。この地点の土地利用状態を比較すると (図省略), H21で都市の割合が多くS51, H9では混合林やその他の用地の割合が多く占めている。従って、この地点では都市の影響を受けて上昇気流が発生しやすい環境であると推測される。図-5は、豪雨が確認できた領域において1時間降水量を階級別にし、S51の降雨面積とH9, H21の降雨面積との比をそれぞれ表したグラフである。図-5より、30 mm以上の降雨に

おいてはH21ではS51の4倍近くの雨域面積になったことが分かる。以上より、H21で局地的な短時間豪雨が起きた影響の一つに都市の存在があると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、都市が集中豪雨に与える影響を明らかにすることを目的に、関東と関西を対象領域とし、年度ごとの土地利用状態において領域気象モデルWRFを用いてシミュレーションを行った。その結果、降雨の分布、風の流れ、降雨特性での比較を行ったところ現在に近い土地利用状態において局地的な短時間豪雨の傾向を確認することができた。また、関西の事例においても土地利用が都市に変化した場所で上昇気流の発生を確認することができた。しかし、関東ほどの局地的な短時間豪雨の傾向は見られなかった。これは、設定した領域内において土地利用の変化が関東ほど顕著ではなかったことが考えられる。

今後の課題として、事例数を増やし統計的な解析を行うことや、都市キャノピーモデルで都市の発展の度合いを変えてより詳細な土地利用状態でシミュレーションを行うことで、都市型豪雨の発生の要因と考えているヒートアイランドや高層ビル群などの因果関係を定量的に検討してゆく必要がある。

参考文献

- 1) 近藤裕昭: 日本気象学会 - 都市キャノピー - 天気, 56, 8, pp.77-78, 2009.
- 2) 日下博幸: 領域気象モデルWRFと都市気候研究への応用と課題, 地学雑誌, pp.285-295, 2011.