

都市環境や土地利用が集中豪雨の発生・維持機構 に与える影響に関する研究

法政大学 デザイン工学部
法政大学大学院 デザイン工学研究科
法政大学 デザイン工学部

○学生員 小山 隼平
学生員 夏井 志康
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。

そこで本研究では土地利用や都市環境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

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、米国海洋大気庁米国空軍気象局などが中心となり、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、あられ、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等、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²⁾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) 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) を使用して計算を行った (計算時間は、助走時間 3 時間を加えた 27 時間とする)。

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。

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。各領域 3 事例ずつ用意した。関西の領域においては、より豪雨を発生しやすい事例をモデルで表現するために、雨が降りやすい設定 (全ドメイン、全層の比湿を 1.1 倍) に変えてシミュレーションを行った。本研究では、モデル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。土地利用状態の変化が顕著に表れるため、この年度を選定した。各年度の土地利用状態を図-1 に示す。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。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. 土地利用変化が集中豪雨に与える影響に関する解析

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積算降水量の分布を図-2、1 時間最大降水量を図-3、階級別雨域面積比を図-4 にそれぞれ示す。図-2 (c) を見ると、H21 の図の左下に多い降水量が確認できる。ここに着目して降水のアニメーションを見てみると、H21 で局地的な短時間降雨が確認できた。図-3 より、H21 の 1 時間最大降水量は S51, H9 の約 1.5 倍であることが分かる。この地点の土地利用状態を比較すると、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-4 は、1 時間降水量を階級別にし、S51 の降雨面積と H9,

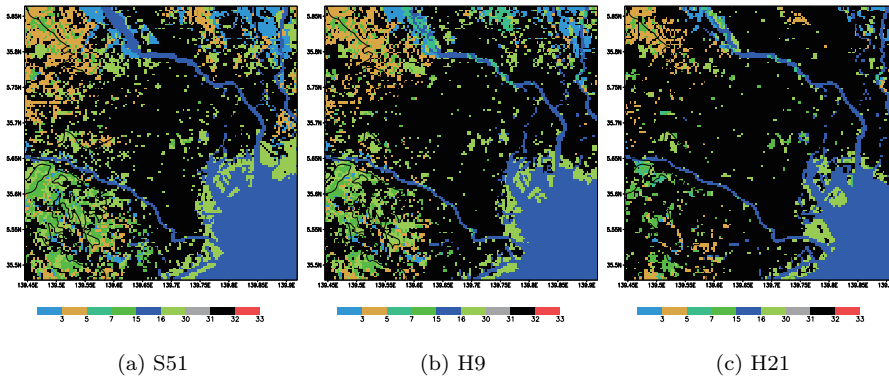


図-1 各年度の土地利用状態 (15 緑：混合林, 32 黒：都市)

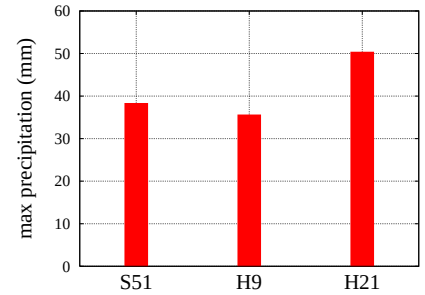


図-3 各年度の1時間最大降水量 (mm)

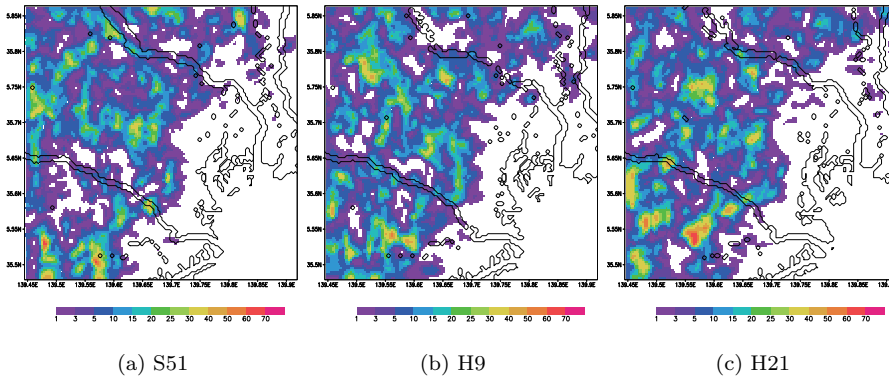


図-2 各年度の土地利用における24時間積算降水量 (mm)

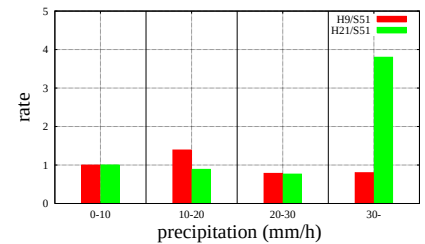


図-4 S51 に対する階級別雨域面積比

H21 の降雨面積との比をそれぞれ表したグラフである。図-4 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。弱い降雨においては 30mm 以上の降雨ほど大きな変化は確認できなかった。

また、図は割愛するが今回の事例では、H21 で局地的な短時間降雨を確認した時間帯に南からの風と東京湾からの風が吹いていることが確認された。H21 で風の集中度が増加しており、さらに鉛直方向の風の流れに注視すると降雨のピーク直前に高い高度まで上昇気流が発生していることが確認できた。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。このことから H21 で局地的な短時間降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。

関東における他の事例においては、この事例と降水地点は異なるものの H21 で局地的な短時間降雨を確認することができた。中には S51 で非常に激しく降る豪雨事例もあったが、その地点での上昇気流は比較的大きいものではなく、都市の影響による豪雨ではないと考えられる。

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、風や積雲の流れの比較、降雨特性での比較を行ったところ都市の存在が降雨に影響を与えていることが確認できた。

今後の課題として、事例数を増やし統計的な解析を行い、ある地点の土地利用変化がその周辺の降雨に影響があるかを検討する。また、都市キャノピーモデルによって都市を3分類まで分けることができることから、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も挙げられる。

降水に対する都市の影響の有無について自然要因による変動を取り除いてより明確かつ効果的にこの因果関係を検討しなければならない。そのため、気象モデルを利用した精密なシミュレーションを行うことで議論を進めていくことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 近藤裕昭：日本気象学会 一都市キャノピー一 天気，56，8，pp.77-78，2009.