

都市や土地利用の変化が集中豪雨の発生・発達に与える影響に関する数値実験

法政大学デザイン工学部 ○ 学生員 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

わが国では近年「都市型豪雨」とよばれる都市域での局地的な短時間豪雨が注目されている。このような都市域における集中豪雨は、地下室の浸水や交通網の麻痺などの被害が特徴であり、人口密集地でのこういった被害はその地域に大きな混乱をもたらす。都市域におけるヒートアイランドと降水の関連については、観測面からの様々な研究から関連性を示唆することができる。しかしながら、降水の分布や頻度は様々な自然要因によって変動するため、降水に対する都市の影響の有無については未だ議論の余地が残されている。このことから、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な議論を行うためにもメソ気象モデル等を用いた解析を行う必要があると考えられる。また、日本のように狭い地域に複数の土地利用が混在している地域において、都市環境のこういった部分が大気にどのような影響を及ぼすのか、ということに関しては今まさに研究が行われている最中である。

本研究では対象領域を近年豪雨による災害が増加している領域を主に選定し、過去に発生した複数の豪雨事例に関し対象領域内の都市域を変化させ、メソ気象モデル MM5 にてシミュレーションを行い、都市が集中豪雨に対して与える影響について、そして、降雨特性（前線による雨、台風による雨等）が異なる事例に対する都市の影響を明確にすることを目的とした。事例ごとの都市域の影響による降雨の変化から、どのような降雨性質が都市域の土地利用から影響を受けやすいかを明確にし、

2. MM5 の概要とその計算条件

本研究では、メソ気象数値モデル MM5 (The Fifth Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model) を用いてシミュレーションを行う。同モデルはメソスケールの大気現象を対象とした 3 次元非静力学モデルである。本研究では初期値及び境界条件として、気象庁から提供されている GPV 情報を用いる、地形標高には USGS (U. S. Geological Survey) 提供の緯度・経度 30 秒 (約 0.925 km) の分解能のデータを用い、土地利用データは USGS 提供の 25 分類のデータを用いる。今回は 2 ドメインを用いたネスティング計算を行ったため、ドメイン 2 (1 km × 1 km グリッド) の対象領域として都市型集中豪雨が発生した地域を設定し、豪雨が発生し、降水が確認されている時間帯を対象としたシミュレーションを行った。

対象とする領域は愛知県周辺、東京都周辺、新潟県周辺の 3 領域を選定した。各領域につき似たものが集まらないように注意しながら降雨事例を 8 事例ずつ用意した。本研究では愛知県・東京都の領域ではそれぞれ 7 つのケースの土地利用変化、新潟県領域では 4 ケースの土地利用変化を用意した。愛知県領域に関しては以下の通りである。

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| Case1: USGS による近年の土地利用状態 | Case2: 都市域をなくすよう変化させたもの |
| Case3: 都市域を縮小 | Case4: 都市域を全体的に拡大 |
| Case5: 都市域を北に拡大 | Case6: 都市域を南に拡大 |
| Case7: 都市域を風上側に移動 | |

代表例として愛知県領域における Case1・Case2・Case7 の土地利用状態を図-1 に示した。なお、土地利用を変化させる際には、土地利用分類の No.1 (黒色: 都市)、No.5 (紫色: 耕作地と草原の混合) を使用した。土地利用状態は必ずしも各地の土地利用状態を正確に表しきれない場合があるが、本研究では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う。

3. 結果と考察

本セクションでは愛知県における「8 月末豪雨」事例をシミュレーションした結果を代表例として考察を行う。

本研究での解析の手順として、まず対象領域における積算降水量の推移を各ケースごとに比較した後、領域内降水量の変化率、積雲対流活動、積雲の鉛直断面、風の変化などを用いて都市域の土地利用変化が降水現象へ及ぼす影響についての解析を行った。ここで土地利用状態の図を載せた 3 ケースの積算降水量分布を図-2、各ケースの領域内降水量の変化率を図-3 にそれぞれ示す。

都市域が降雨に影響を与える要因として考えられるのは、主に「都市の形態 (形状)」、「都市の規模」、「都市域の存在する場所」の 3 点が挙げられる。「都市の形態 (形状)」による影響を考察するために、現存の都市形態である Case1 と都市域を無くした (草原化した) Case2 を比較すると図-3(h) にて Case2 が Case1 より 15% 以上減少しているのが分かる。平均降水量の変化がほとんどないことから、都市の形態は降水の集中度に影響を与えていると考えられる。

キーワード: 集中豪雨, 都市, 土地利用, メソ気象数値モデル,

〒102-0843 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.03-5228-1389

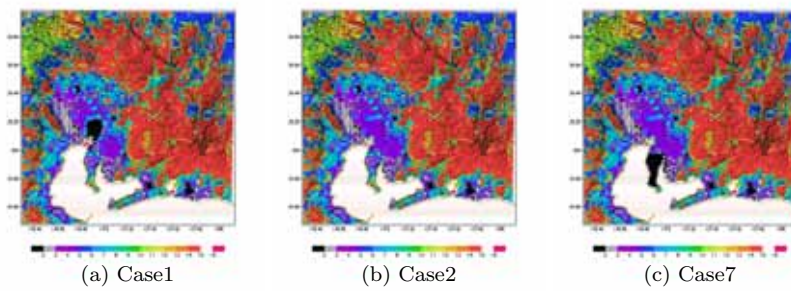


図-1 各ケースのシミュレーションに用いた土地利用状態の代表例（愛知県）

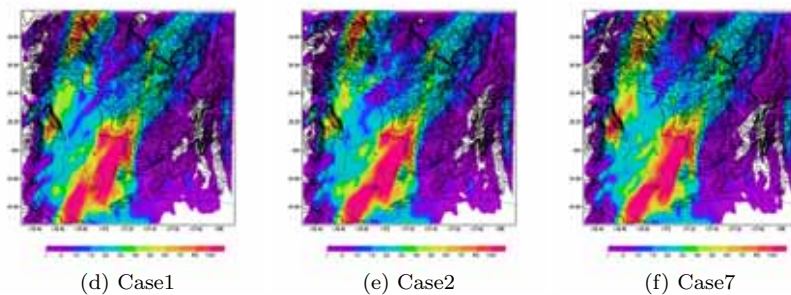
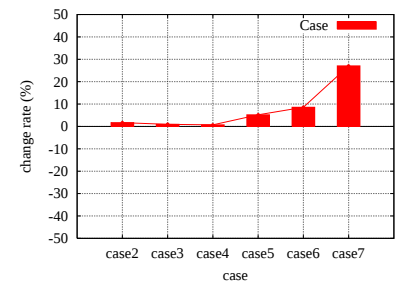
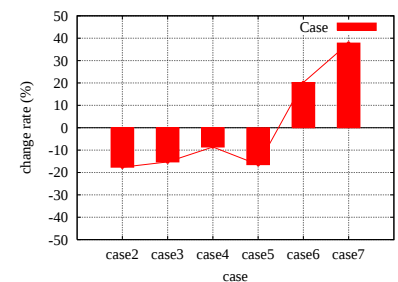


図-2 事例 1 における各ケースの積算降水量の分布



(g) 領域平均降水量の変化率



(h) 領域最大降水量の変化率

図-3 事例 1: 領域内降水量の変化率

次に「都市の規模」に注目してみると、図-3(g)では、都市を縮小した Case 3 と都市を全体的に拡大した Case4 での平均降水量の変化がほとんど見られない。このことから、単純に都市の面積のみに比例して降水量が変化するわけではないことがわかる。

最後に「都市域の存在する場所」についてであるが、図-3(g)Case6 と Case7 の平均降水量の増加から現存の都市に対して南側に都市ができると降水量が増加している。この結果を鑑みて図-3(h)を見てみると、やはり平均降水量と同様に Case6 と Case7 の最大降水量の増加が顕著であることが分かる。さらに Case5 の領域最大降水量が 20% 近く減少していることから、北に都市域があると降雨集中度の減少、南にあると降水量、降雨集中度ともに増加する傾向があると言える。今回の事例では南から北に向かって風が吹いているため、都市域を南に移すということはつまり風上に移動させるということになる。そこで、風の様子を見てみると都市域を風上側に移動あるいは拡大すると風下側で風の集中度が増加し、鉛直方向に上昇気流が発生していることが確認できた。これらの風の変化により積雲の動きに影響を与え、降水量が変化すると考えられる。

これらをまとめると本事例では、

- 現存の都市を無くすと領域内の降水量の減少は見られないが降雨の集中度が分散傾向となる。
- 都市の規模による降水量変化の傾向はあまり見られなかった。
- 都市域を風上に移動あるいは拡大すると領域内の降水量と降雨の集中度が共に増加する。

以上の事が言え、特に 3 点目の「都市域の存在する場所」がより降水に影響を与えていると考えられ、都市域が集中豪雨に影響を与えている可能性が示唆できる。このような結果は他の対象地域においても類似の傾向が見られる。

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、都市域の土地利用を変化させた数値シミュレーションを行った。その結果、都市域で発生する積雲対流については、積雲対流発生地点における土地利用分類が、降水の抑制又は促進につながり、降水現象へ影響を及ぼすことが明らかになった。これにより、都市の存在や土地利用が集中豪雨のトリガーとなる可能性示唆された。

そのため今後の課題として、より詳細なシミュレーションを行うことで都市域の内部構造の違いによる豪雨との関係性を明確にすることが挙げられる。都市キャノピーモデルを使用した気象モデルを用いることにより検討を行う予定である。