

都市の規模や配置が集中豪雨の発生・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 夏井 志康
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。都市域と降水については、観測面からの研究¹⁾などから関連性を示唆することができる。しかしながら、日本のように狭い地域内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、まだ議論の余地が残されており、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。

そこで本研究では近年豪雨による災害が増加している地域を対象領域に選定し、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の規模や配置を変化させ、メソ気象モデルMM5にてシミュレーションを行った。都市域の変化が集中豪雨に対して与える影響について、降水量や降水集中度の変化、積雲、風の変化などの観点から解析を行った。

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)の対象領域は都市型集中豪雨が発生した地域を中心に設定し、実際に観測で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。各領域につきタイプの異なる降雨事例を8事例ずつ選定した。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状態、新潟県領域では4ケースの土地利用状態を作成した。愛知県領域に関しては、USGSによる近年の土地利用状態(Case1)、都市域を無くしたものの(Case2)、都市域を縮小(Case3)、都市域を全体的に拡大(Case4)、都市域を風下に拡大(Case5)、

都市域を風上に拡大(Case6)、都市域を風上側に移動(Case7)の7ケースとした。代表例として愛知県領域におけるCase1とCase7の土地利用状態を図-1に示す。なお、土地利用を変化させる際には、USGSの土地利用分類のNo.1(黒色:都市)、No.5(紫色:耕作地と草原の混合)を使用した。本研究で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ていない場合があるが、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。

表-1 降雨特性ごとの比較:愛知県

最大	平均	日時	降雨特性	特徴
×	×	2007/7/15	台風	台風4号
×	×	2011/7/20	台風	台風6号
	×	2009/7/27	前線, 低気圧	局地的大雨
		2008/8/29	前線, 不安定	8月末豪雨
		2011/7/26	不安定	湿潤, 寒気

最大:領域最大降水量 平均:領域平均降水量

変化率 [:± 20%以上 :± 20~5% ×:± 5%以下]

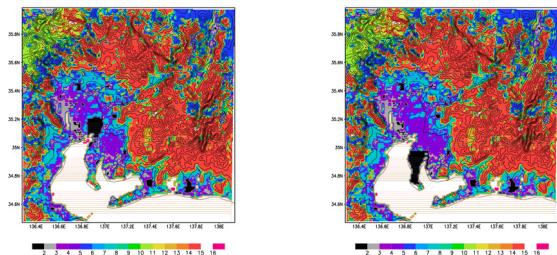
3. 結果と考察

事例ごとに各ケースで影響に差が出た領域を選定、領域内最大降水量と領域内平均降水量を計算し、Case1と比較した変化率が最も大きかったケースを代表ケースとした。各事例における代表ケースの変化率を± 20%以上、± 20~5%、± 5%以下の3パターンに分類したものを表-1に示す。この表より降水特性と都市域が降雨に対して与える影響の関係性を考える。都市の影響が降雨にまったく現れなかった、あるいは、影響が出たが小さい変化しか生じなかった事例は台風によりもたらされた降雨であることが見て取れる。反対に不安定な大気条件時に発生した降雨ほど都市域が降雨に与える影響が大きくなるが示されている。表-1はあくまで愛知県でシミュレーションしたうちの5事例の抜粋であるが、上記のような都市と降雨特性の傾向は他の領域や事例でも確認ができた。また、このような傾向は特に領域内最大降水量に強く表れており、都市域の存在が降雨の集中または分散に大きく関係していることが考えられる。

以上の降雨特性による都市域の影響の傾向を踏まえたうえで愛知県における「8月末豪雨」の事例(2008年8月26日から8月31日)をシミュレーションした結果を代表例としてメカニズムの考察を行う。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

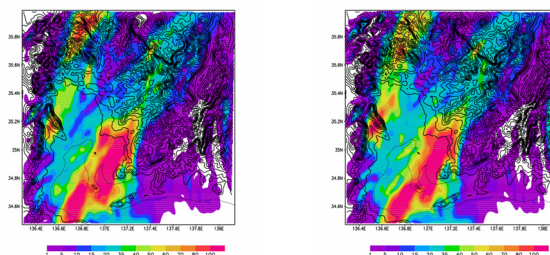
Key Words: 土地利用変化, 集中豪雨, メソ気象モデル, 数値実験

〒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



(a) Case1 (b) Case7

図-1 土地利用変化の代表例(愛知県)



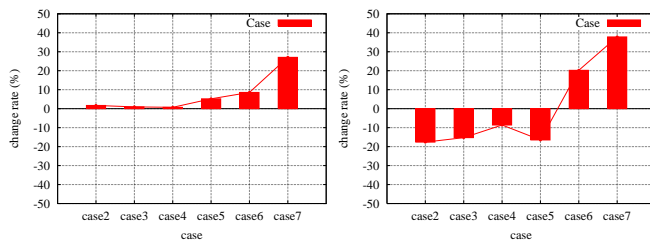
(a) Case1 (b) Case7

図-2 積算降水量の分布図(mm)

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。ここで結果の一例として Case1 と Case7 の積算降水量分布を図-2, 領域内降水量の変化率を図-3 にそれぞれ示す。前者は愛知県領域の 8 月 29 日 9 時から 15 時間の降水量を積算したものであり, 後者は同事例の各ケースを比較したものである。

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「都市の有無」「都市の規模」「都市域の存在する場所(配置)」の3点が挙げられる。都市の有無による影響を考察するために, 現存の土地利用状態である Case1 と都市域を無くした Case2 を比較すると最大降水量変化率(図-3(b))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, 都市の有無は降水の集中度に影響を与えていると考えられる。次に, 都市の規模に注目してみると, 平均降水量変化率(図-3(a))では, 都市を縮小した Case3 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。都市域の存在する場所については, 平均降水量変化率(図-3(a))における Case6 と Case7 の平均降水量の増加から現存の都市に対して風上側に都市ができると降水量が増加しているのが分かる。この結果を鑑みて最大降水量変化率(図-3(b))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り, 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, 現在の都市配置と比較して風下に都市域があると降雨集中度の減少, 風上にあると降水量, 降雨集中度ともに増加する傾向があると考えられる。

風の様子を見てみると都市域を風上側に移動・拡大したケースでは風下側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地点で上昇気流が発生していることが確認できた。これらの風の変化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。都市域の影響が顕著に表れたその他の事例でも, 都市域を通過した風はその後, 水平面では収束場, 鉛直面では上昇気流が発生している。これは, 大気場の不安定な状態の時に都市が持つ表面粗度などの作用により対流が発生したためだと考えられる。



(a) 領域平均降水量 (b) 領域最大降水量

図-3 代表事例における領域内降水量の変化率

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, 愛知県周辺, 東京都周辺, 新潟県周辺を対象領域とし領域内都市域の土地利用を変化させメソ気象モデル MM5 を用いた数値シミュレーションを行った。結果に関して分類表の作成, 降雨分布や風, 積雲の流れの比較を行ったところ, 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り, 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。さらに, 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し, 大気条件が不安定であればより影響が出やすくなる。以上のことから, 都市の存在は大気条件の中でも特に風と深く関係しており, 都市を通過して乱れた風は風下にて収束場を持ち上昇気流が発生しやすくなり, 積雲の急激な発生・発達を促すと考えられる。

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, 都市化に伴う人工排熱の増加や, 緑地や水面の減少, 及び地表面がアスファルトやコンクリートで被覆されることによる不透水面化, 高層ビルによるビル風や日照時間の変化の影響などの都市内部構造の違いと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。

参考文献

- 1) 伊藤洋太郎・茂木耕作・相馬一義・萬和明・田中賢治・池淵周一: 都市環境が都市型豪雨に及ぼす影響の評価, 京都大学防災研究所年報, 第 50 号 B, 2007.