

# 土地利用や都市環境の変化が集中豪雨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

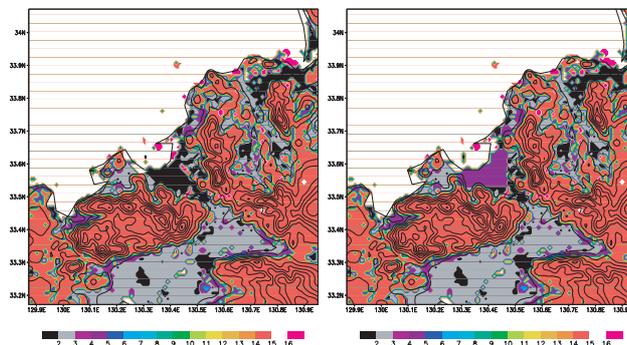
日本では近年、都市域を中心とした局地的かつ短時間で激しい豪雨が多く発生し問題となっている。この豪雨は特に「都市型豪雨」と呼ばれ、地下鉄や地下街などが多く存在する大都市部などでは浸水や交通機能の麻痺、停電などの甚大な被害を及ぼす。また豪雨の発生が突発的であるために予測することが非常に困難であることが特徴である<sup>1)</sup>。この現象は都市域の気温がその周辺の郊外部と比較して上昇するヒートアイランド現象が都市型集中豪雨との強い関係性が示唆されているが、降水分布や頻度は自然要因によって様々に変動するため都市が降水に与える影響の詳細は不明で未だに議論の余地が残されている。このことから、降水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かつ効果的にこの因果関係を検討するにあたって気象モデルを利用したシミュレーションを行うことで議論を進めてゆくことが必要であると考えられる。

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て、集中豪雨によって被害を被った地域を選定し、過去に発生した集中豪雨を事例に取り上げ対象領域の土地利用や都市内部構造などを変化させ、領域気象モデルWRFを使用して数値実験を行い、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

本研究では、領域気象モデルWRF<sup>2)</sup>(The Weather Research and Forecasting Model)を用いてシミュレーションを行った。同モデルは、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、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために開発された現在において最新の気象モデルである。主な特徴として、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、モデルに様々な観測値をなじませる手法(データ同化)が整備されていること、数キロメートルから数千キロメートルと言った幅広い領域に対応できることがあげられる。本研究では初期値及び境界条件として、GPV情報に全球再解析データFNLを内挿したデータを利用した。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、国土地理院提供の数値地図50 mメッシュデータ及び国土数値情報



(a) Case0 (b) Case1

図-1 土地利用状態(福岡)

表-1 WRFの土地利用区分

No.	土地利用分類	
	USGS	GSI
1	都市	建物用地 A 建物用地 B 幹線交通用地
3	灌漑された 耕作地と放牧地	水田
5	耕作地と草原の混合	畑 果樹園 荒地
15	混合林	森林
16	水面	湖沼 河川 A 不明

の土地利用細分メッシュデータ(100mメッシュ)を用いた。今回は2ドメインを用いたネ스팅計算を行ったため、ドメイン2(1km x 1kmグリッド)の対象領域として集中豪雨が発生した地域を設定した。領域内の土地利用状態や都市キャノピーモデル(以下UCM)を用いて都市内部構造を仮想的に与え変化させることにより検証を行った。

### (2) 計算条件

対象とする領域は福岡県周辺、東京都周辺、群馬県周辺の3領域を選定した。各領域につき福岡県では2事例、東京都と群馬県では1事例ずつ用意した。本研究では対象領域の土地利用変化及びUCMの設定を5ケース用意した。まず国土数値情報による近年の土地利用状態(Case0)、都市域をなくすよう変化させたもの(Case1)、Case0にUCMを適用したもの(Case2)、Case2に人工排熱を考慮したもの(Case3)、Case3対象領域内の建物を高層化したもの(Case4)と設定した。代表例として福岡県博多区周辺におけるCase0、Case1の土地利用状態を図-1に示す。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

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

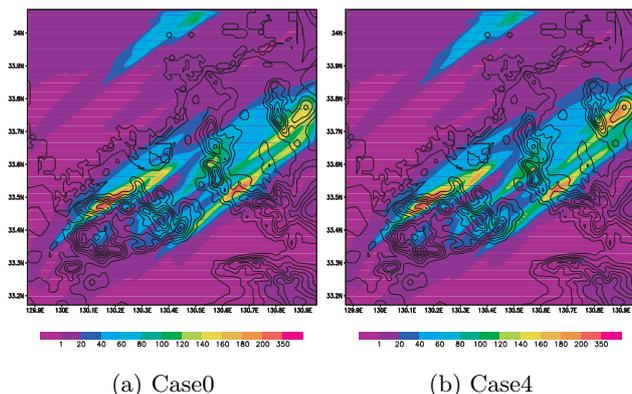


図-2 積算降水量 (福岡)

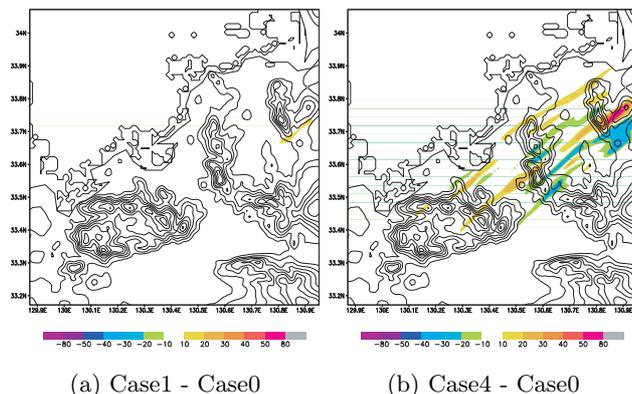


図-3 積算降水量差分 (福岡)

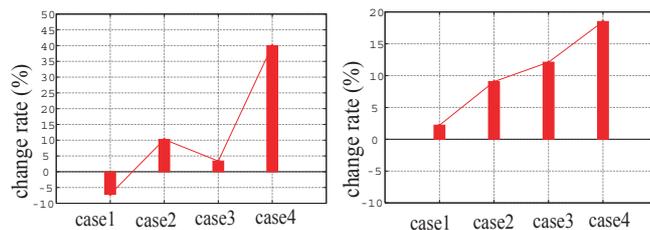
土地利用変化による相対的な影響の違いに着目して解析を行う。

### 3. 土地利用変化や都市環境と降雨の関係性

都市の存在の有無，都市内部構造を再現する UCM の有無や建造物の高層化，人工排熱の有無を変化させ状態を比較した．解析結果の代表例として福岡県における平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨（2009 年 7 月 19 日から 7 月 26 日）シミュレーション結果の積算降水量分布を図-2，積算降水量の差分の分布を図-3，変化のある雨域を切り取った領域内降水量変化率を図-4 に示す．都市の有無による影響を考察するために，既存の土地利用状態である Case0 と都市を無くした Case1 を比較してみると領域最大降水量に減少が見られ，領域平均降水量に大きな変化は見られない．同様に UCM を考慮した Case2 の変化率を見てみると領域最大降水量，領域平均降水量ともに 10% 程度の増加が見られる．人工排熱を考慮した Case3 では領域最大降水量の大きな変化は見られないが，領域平均降水量において 10% 以上の増加が見られた．

各ケースの中で特に降雨の変化が確認できたのは Case4 における降雨の変化である．図-3 (b) より，都市域の風下側の地域で 40 ~ 80mm の降水量の増加が確認することができる．また同様に領域最大降水量の変化率図-4 (a) から Case0 の降雨より最大降水量が 40 % 増加していることが分かる．一方で領域平均降水量の変化率図-4 (a) が 18% 近く増加していることから，都市内部構造物の高層化により集中豪雨の降水集中度に影響を与えていると考えられる．

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) 領域最大降水量の変化率 (b) 領域平均降水量の変化率

図-4 領域降水量変化率

### 4. まとめと今後の課題

土地利用や都市環境の変化が集中豪雨に与える影響を明らかにすることを目的に，土地利用変化及び UCM の設定を行い気象モデル WRF を用いた数値実験を行った．結果から，都市の存在や UCM，人工排熱の有無が降雨の集中度や降水量に影響を与えていることが確認された．このことから，都市の内部構造や都市機能の違いが降雨に影響を与えていることが示唆され，人工排熱により降水量が増加する可能性が示された．また，都市域の高層化が最も降雨の集中度に影響を与えていることが示唆された．

本研究では鉛直方向に解像しない単層キャノピーモデルを取り扱ったが，都市の内部構造のさらなる詳細な再現を可能とするキャノピー層を鉛直方向に解像できる多層キャノピーモデルの導入を行い，UCM などの各種パラメーターを検討しシミュレーションの再現性の向上や観測値との妥当性の確認を行うことで，都市環境の変化が集中豪雨に与える影響を深く検討する予定である．

#### 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.
- 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.
- 3) 秋本祐子，日下博幸，2010: 入力データおよび地表面パラメータの変化に対する領域気象モデル WRF の感度実験 -夏季晴天日の関東平野を対象として- . 地理学評論，83, 324-340. 2010.