

首都圏における都市内構造の経年変化が短期的な降水特性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
東海旅客鉄道(株)
法政大学デザイン工学部

学生員 小山 隼平
非会員 石綿 勇人
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、都市化が顕著な領域を選定し、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 Reserch 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、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために開発された気象モデルである。主な特徴としては、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。本研究では都市キャノピーモデル(以下、UCM)を用いて都市と豪雨の関係について解析を行った。建物高さ、建物幅、道路幅、人工排熱などの UCM の物性値は文献¹⁾²⁾³⁾を参考にした。設定した UCM の物性値の一例を表-1 に示す。

本研究では、3つの Domain を用いて 2-way によるネスティング計算を行った。格子間隔を 3 km (Domain1)、1 km (Domain2)、0.33 km (Domain3) と設定し、Domain3 のグリッド数は 138 × 138 とした。初期条件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 5km、3 時間間隔の解析値) を使用し、土壌温度、土壌湿度、及び海面水温は客観解析データ FNL (NCEP 提供、解像度 30km) を使用した。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

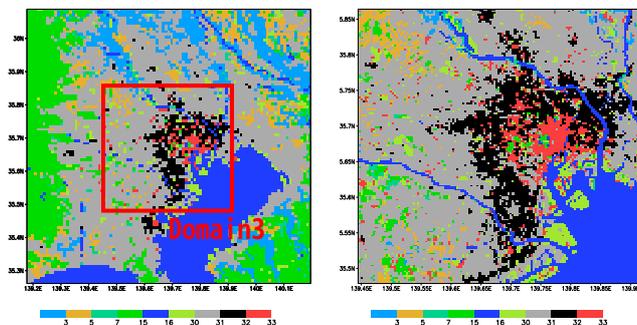


図-1 平成 21 年度の土地利用状態 (H21B)
(31 灰:低層, 32 黒:中層, 33 赤:高層)
(左図: Domain2, 右図: Domain3)

表-1 都市キャノピーモデルの物理パラメータ値

	S51	H9	H21A	H21B(高層)
建物高さ (m)	7.0	10.5	13.0	20.0
建物幅 (m)	7.9	9.7	9.9	10.1
道路幅 (m)	5.9	7.0	7.4	10.7
人工排熱 (W/m ²)	33.8	33.5	27.9	35.0

用情報として、国土交通省刊行の国土数値情報 100 m メッシュデータを用いた。

(2) 計算条件

対象とする領域は東京を中心とした関東エリアを選定した。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。2008 年の 8、9 月における降水が確認された日のうち、台風による事例とシミュレーションによって対象領域に降水が確認されなかった事例を除いた 14 事例の大気データを使用した。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、各年度の土地利用による相対的な影響の違いに着目して解析を行った。なお、平成 21 年度の土地利用状態においては、都市の発展の度合いを変えて高層・中層・低層に細分化したのもも用いた。以下、昭和 51 年度、平成 9 年度、平成 21 年度、及び都市 3 分類の土地利用

Key Words: 都市化, 集中豪雨, ヒートアイランド, 都市キャノピーモデル, 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

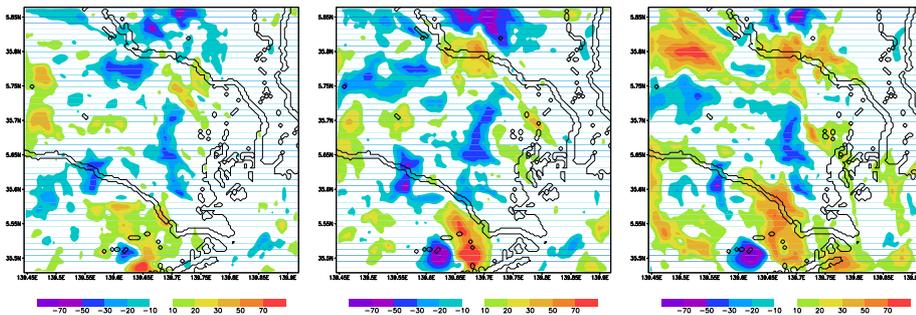


図-2 全 14 事例の S51 に対する積算降水量の偏差 (mm)
(左図: H9-S51, 中図: H21A-S51, 右図: H21B-S51)

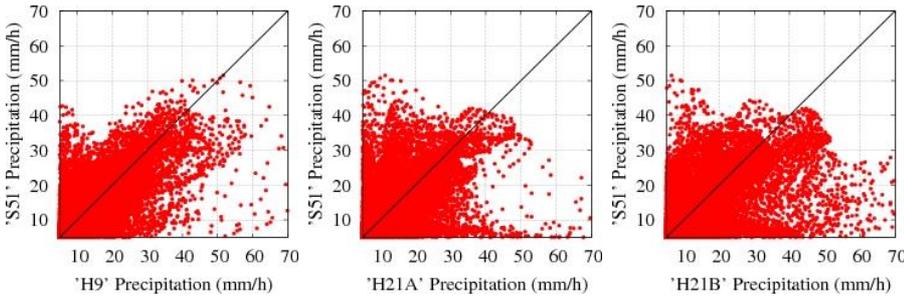


図-4 全 14 事例の S51 に対する 1 時間降水量の散布図
(左図: H9-S51, 中図: H21A-S51, 右図: H21B-S51)

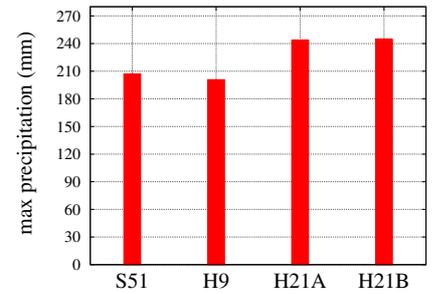


図-3 全 14 事例の積算最大降水量 (mm)

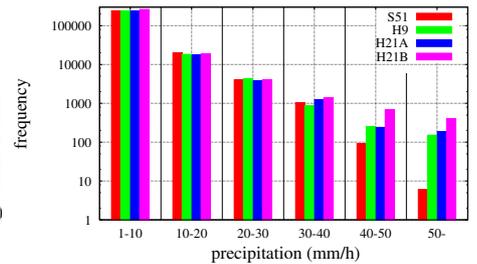


図-5 全 14 事例の階級別降水量発生回数

状態をそれぞれ S51, H9, H21A, H21B と表現する。

3. 土地利用及び都市内構造の経年変化が集中豪雨に与える影響

全 14 事例における統計的な解析を行う。各土地利用状態における積算降水量の偏差を図-2 に示す。同図の寒色系の領域が S51 で増加、暖色系の領域が H9, H21A, H21B でそれぞれ増加したことを示している。S51 と比較すると、H9 では南部と北西部において増加、H21A では南部で局地的に増加、H21B では領域全体にかけて増加していることが分かる。特に、H21B において北西部での降水量が多いことが特徴的である。積算降水量の最大値をグラフで表したものを図-3 に示す。同図より、S51 や H9 と比較すると H21A, H21B において 20 % 程度多いことが見て取れる。全 14 事例中、半数の事例は南風や東京湾からの風が卓越していることを確認している。図-1, 表-1 より、H21B は東京湾沿いに高層ビルが密集していることから、東京湾からの風が高層ビルの影響を受けて風下に当たる北西部での降水量増加につながったことが考えられる。

次に、各土地利用状態における 1 時間降水量の散布図を図-4 に示す。同図は、対象領域内における各グリッドごとの 1 時間降水量をプロットしたものである。S51 では、50 mm 以上の時間降水量をほとんど確認できないが、H21B では顕著に多いことが確認できる。図-4 で示した散布図を階級別に分け降水量発生回数を表したグラフを図-5 に示す。同図より、50 mm/h 以上の発生回数は S51 から H21B にかけて増加していることが分かる。表-1, 図-4, 図-5 より、S51 に対して H21A の人工排熱は 21 % 低い値を設定

しているが、建物高さは 2 倍程度高い値を設定していることから、短時間豪雨発生増加は人工排熱と比較し建物の高層化の影響を受けていることが推察される。一方、S51 に対して H21B の高層においては、建物高さは 2.8 倍、人工排熱は 3.5 % 高い値を設定している。都市の広がり、建物高さや人工排熱の影響の度合いを詳細に解析する必要がある。

4. まとめと今後の課題

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らかにすることを目的に、関東エリアを対象領域とし、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、風の特性、降雨特性での比較を行ったところ H21A 及び H21B において短時間豪雨の発生が増加傾向であることが示された。UCM の設定から、建物の高層化の影響が短時間豪雨の発生に起因している可能性が示唆された。

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、建物高さ、人工排熱、大気中化学物質(エアロゾル)の変化など人間活動に起因する影響と温暖化などの自然変動に起因する影響の寄与度の定量化を行う予定である。

参考文献

- 1) 竹林英樹: 大阪地域を対象とした都市環境気候地図の作成方法に関する研究, 平成 22 年度国土政策関係研究支援事業研究成果報告書, p.10, 2010.
- 2) ヒートアイランド対策ガイドライン平成 24 年度版, 第 1 章, 環境省, p.6, p.13, 2012.
- 3) 東京都統計年鑑, 東京都総務局統計部, (<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/tn-index.htm>).