

地形形状及び大気場の変化が 集中豪雨の発生・停滞に与える影響に関する研究

宇都宮大学工学部
宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学大学院工学研究科

○ 学生員 郷 祐美子
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦

1. 背景と目的

近年、地球温暖化に起因すると思われる異常気象災害が地球規模で深刻になりつつあり、我が国においても毎年のように集中豪雨による被害が発生している。また、我が国の山岳地域のような複雑な地形条件を持つ地域では、地形の影響を受けて豪雨が度々発生する。このような大気現象に対する地形効果を解明することは、豪雨災害に対する適切な防災計画を策定する上で大変重要な課題である。

碓氷¹⁾は集中豪雨の発生・停滞のメカニズム解明を目的として、メソ気象数値モデル MM5 を使用し、実験的な数値シミュレーションを行った。地形標高及び変化領域を段階的に変化させる感度分析を行い、その際の積雲の発生状況や降水量の変動の傾向を示すとともに、地形形状と豪雨発生の関係性を明らかにした。さらに安部²⁾は、地形形状の変化による降水量の変動について風速場の観点から考察を行い、風の乱れが降水の集中度に影響することを示した。

本研究では碓氷・安部らと同様に MM5 を用いた数値シミュレーションを行う。地形形状を変化させる前後の降水量の変動に着目し、複数の大気条件下においてその特性に違いが現れるかを検討する。また、その際の地形変化と降水量の変動の関連性について、風速場の観点から解析を行い、集中豪雨の発生・停滞のメカニズムを解明する。

2. モデル及び解析方法の概要

(1) モデルの概要と計算条件

メソ気象数値モデル MM5 (The Fifth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model) 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³⁾。本研究では、地形標高に USGS (U.S. Geological Survey) 提供の緯度・経度 30 秒 (約 0.925km) の分解能のデータを用い、対象領域は安部と同様の図-1 に示す栃木県足尾山地周辺を設定した。各シミュレーションでは、助走時間 3 時間と解析対象 6 時間の計 9 時間の計算を行った。初期値及び境界条件として気象庁の GPV 情報を参考に作成した人工的な大気条件を用いた。

(2) 解析方法の概要

本研究では、集中豪雨の発生・停滞に対して地形形状が与える影響を解析するために、豪雨発生のトリガーである山岳斜面に半径 5km の円錐形の人工山岳を取り付け、標高を段階的に変化させる実験的な数値シミュレーションを行う。標高を変化させる地点は、

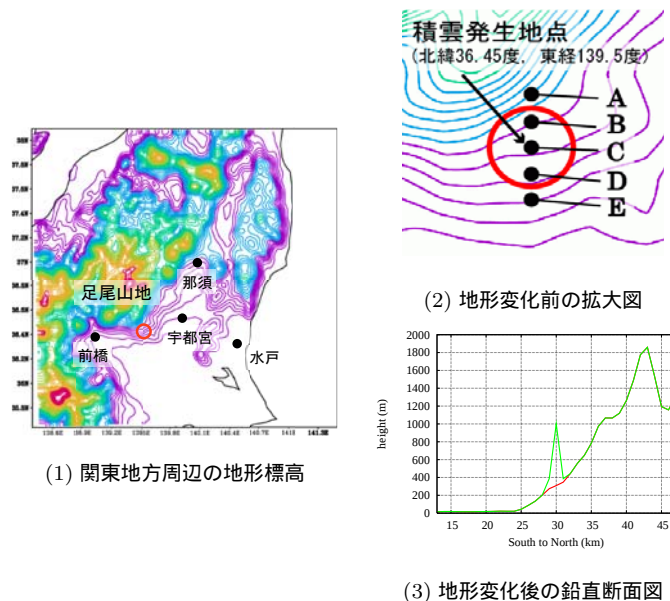


図-1 モデル領域内の地形標高及び地形変化前の拡大図と地形変化後 (C 地点、標高 1000m、影響半径 5km) の鉛直断面図

積雲発生地点とその南北にそれぞれ 3km, 6km ずつ離れた 5 地点とし、風下から A, B, C (積雲発生地点), D, E 地点とした (図-1)。また、特に領域平均降水量や領域最大降水量の変化に着目することで、地形形状が降水システムに及ぼす影響を定量的に評価する。ただし、平均降水量や最大降水量を求める際は、積雲発生地点を含む矩形領域を設定した。

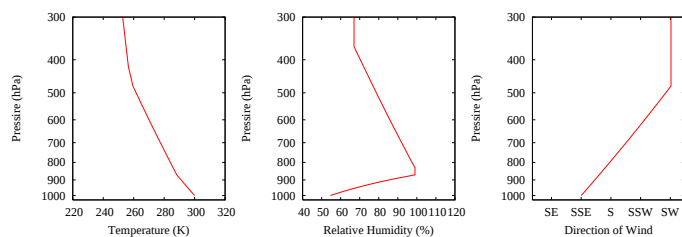
3. 積雲対流の発生状況

本研究で使用した大気条件を図-2 に示す。安部らの用いた大気条件から地上付近の気温を 1℃ 上昇させ、湿度、風向・風速は変化させない条件とした。また、このデータは等圧面で同様として使用している。

シミュレーションの結果、本研究で使用した大気条件下でも線状対流系の発生を確認することができた。積雲対流の発生状況を安部のシミュレーション結果と並べて図-3 に示す。同図より、大気条件を変化させたことで積雲対流が強まっていることが分かり、降水量の増加も確認できた。そこで、積雲が最もよく発生している中央の線状対流系を解析対象とし、その積雲発生地点を安部と同様に北緯 36.45 度、東経 139.5 度として、地形形状を変化させたシミュレーションを行った。

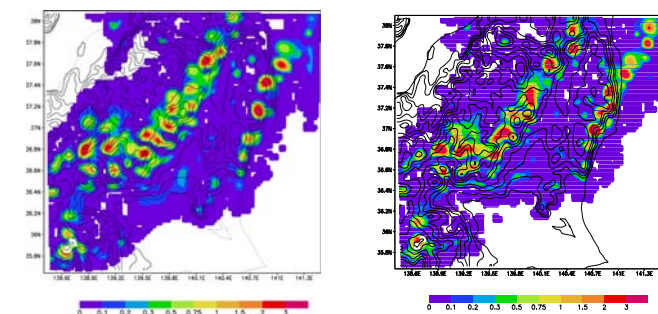
Key Words: 集中豪雨, メソ気象数値モデル, 地形形状, 線状対流系

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6214 Fax.028-689-6213



(1) 気温 (K) (2) 相対湿度 (%) (3) 風向 (風速 10m/s)

図-2 初期・境界条件に用いた人工大気



(1) 既存の研究における積雲対流²⁾ (2) 本研究における積雲対流

図-3 シミュレーションによる積雲対流の発生状況 (雨水・雲水混合比 [g/kg])

4. 地形形状が集中豪雨の発生・維持機構に与える影響

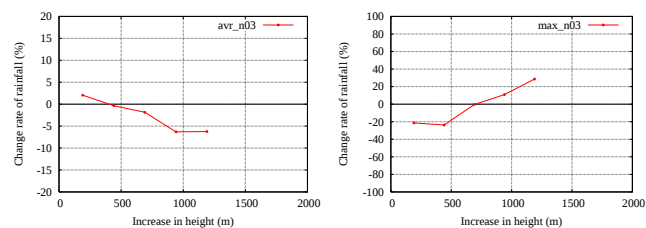
(1) 地形変化による降水量の変化

まず、解析開始後から6時間後の地形変化領域付近における地形変化前との領域平均降水量、領域最大降水量の変化率を図-4に示す。同図より、降水量変化率の変動の幅について、領域平均降水量は $\pm 5\%$ 程度であるのに対し、領域最大降水量は $\pm 20\%$ 以上と変動が大きくなっていることが分かる。また、領域最大降水量に着目すると、ある程度の標高増加では減少し、さらに標高が増加すると増加傾向に転じるという傾向が見られた。このことから、大気条件を変化させた場合にも、降水量の変動は標高を変化させる地点とその高さに依存し、碓氷・安部らと同様の傾向が得られることが明らかとなった。

一方、領域最大降水量の増加時に着目すると、安部によるシミュレーションの結果では変化率が70%を超える場合もあったのに対し、本研究においては最大でも40%程度であり、全体として地形変化による降水量の変動が小さくなるという傾向が見られた。つまり、大気条件を変えたことにより全体の降水量は増加したものの、地形形状の変化に対する影響の受けやすさは小さくなったと言える。

(2) 領域最大降水量減少のメカニズム

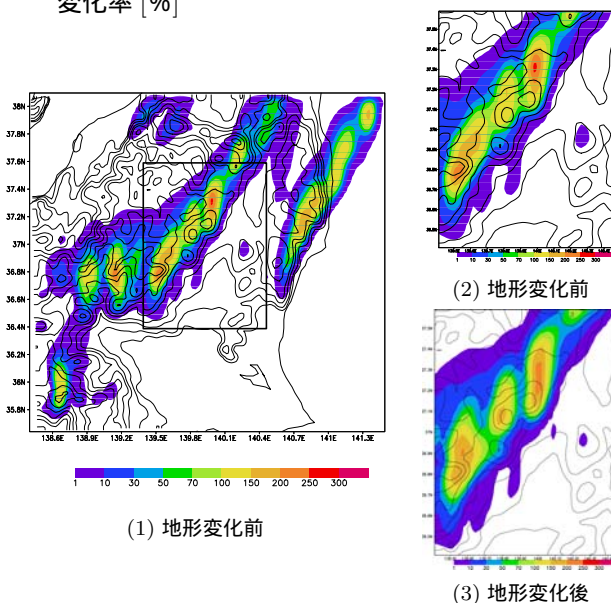
次に、領域最大降水量が減少している際の降水分布の変化を地形変化前と並べて図-5に示す。同図より、地形変化させたことで降水分布が広がっていることが分かり、降水量が分散されて最大降水量が減少したと言える。分散の原因として、安部により、風速場の時間的な変動とそれに伴う風収束の強化・弱化が指摘されているため、今後はこの点に着目してさらに追究していく。



(1) 領域平均降水量

(2) 領域最大降水量

図-4 C地点における標高増加による6時間積算降水量の変化率 [%]



(1) 地形変化前

(3) 地形変化後

図-5 領域最大降水量減少時における地形変化による降水分布の変化

5. 結論及び今後の課題

今回のシミュレーションの結果、地形変化と降水量の変動の関係において、複数の大気条件下でいくつかの同様の傾向が見られることが明らかとなった。その傾向として、地形変化による全体の降水量の変化は小さく、降水の集中の度合いが変化すること、また、地形標高の増加に伴い領域最大降水量減少する場合があることを示した。一方、大気条件を変えたことで地形変化に対する降水量の変動の幅に違いが現れることも明らかとなり、大気場の変化が地形形状と降水量の関係に影響することを示した。

今後は、地形形状の変化がもたらす降水の増減のメカニズムについて、風速場の観点からより詳細な解析を進めていく。また、大気条件を変えた解析事例を増やし、地形変化による降水量の変動特性についてさらに検討する必要があると考える。

参考文献

- 碓氷陽子・鈴木善晴・長谷部正彦：集中豪雨の発生メカニズムに地形が及ぼす影響に関する数値実験，土木学会関東支部第33回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM), 2006
- 安部智昭・鈴木善晴・長谷部正彦：線状対流系における風速場や降水分布に地形形状が及ぼす影響に関する数値実験，土木学会関東支部第34回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM), 2007
- J. Dudhia, et al.: PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide (MM5 Modeling System Version3), NCAR Technical Note, 2001