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

宇都宮大学大学院工学研究科 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,局所的集中豪雨などの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 しており,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.

碓氷ら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ている.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増減傾向を 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.さらに鈴木ら²⁾は,地形変化による降水量 の増減について風速場の観点から考察を行い,その時 間的な変動が降水の集中度に影響することを示した.

本研究では,集中豪雨の発生・停滞のメカニズム を明らかにするため,碓氷・鈴木らと同様にMM5を 用いた実験的な数値シミュレーションを行う.はじめ に,大気条件の違いによる影響を確認するため,複 数の大気条件下での地形変化による降水量の増減傾 向について検討を行った.また,鈴木ら²⁾の結果を受 けて,地形変化と降水量の変動の関連性について風 速場の観点からさらに詳細な解析を行い,降水量の 増減が生じるメカニズムについて検討する.

2. モデル及び解析方法の概要

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,対象領域は鈴木ら²⁾と同様の図 -1(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 には気象庁のGPV情報を参考に作成した等圧面一様 な大気条件を用いた(詳細は次節で述べる).

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(2)に示すように,積雲発生地点とその南北にそ



(3) 地形変化後の鉛直断面図

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



図-2 初期・境界条件に用いた人工大気(気温,相対湿度, 風向)の鉛直プロファイル

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.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.

大気条件の違いが降水量の増減傾向に与え

る影響

はじめに,本研究で使用した大気条件を図-2 に示 す.本研究では,地球が温暖化した状況を想定し,鈴 木ら²⁾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・風速については鈴木らと同一の 条件を用いた.

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.

キーワード:集中豪雨,メソ気象数値モデル,地形形状,線状対流系

宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻(〒 321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 TEL(FAX):028-689-6214(6213))



 (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・ 雪水混合比 [g/kg])

積雲対流の発生状況を鈴木ら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活動がより強くなっている様 子が見て取れるが,それに伴って降水量が多いとこ ろで約81%,領域平均で約61%増加することが確 認された.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 鈴木らと同様に北緯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。

まず,結果の一例として,C地点の標高増加による 領域平均降水量と領域最大降水量(6時間積算値)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±5%程度であ るのに対し,領域最大降水量は±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,標高の増加に伴って一度降水量が 減少し,さらに標高が増加すると降水量も増加に転 じるという傾向が見られる.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,鈴木らによる結果 と同様の傾向が得られることが分かった.

一方,領域最大降水量の増加時に着目すると,鈴木 らによる結果では変化率が70%を超える場合もあっ たのに対し,本研究では最大でも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.これは,ある大気状態に おける可降水量は一定のため,地形変化による降水 量の増加には自ずと限界があることを示唆している.

4. 最大降水量の増減と風速場の変動

鈴木ら²⁾は,領域最大降水量が減少したケースでは, 地形変化前に比べ降水分布の空間的な広がりが大き いことを示し,その原因が風速場の時間的な変動に あることを指摘している.そこで,本研究では領域内 の各地点ごとに風の収束が生じる頻度を求め,風速場 の時間的変動を定量的に評価した.地形変化前,最大 降水量が減少したケース,増加したケースのそれぞれ について,風の収束が生じる頻度(閾値:0.0005s⁻¹) が1回及び10回以上である地点の面積(格子点数) を求めたところ,図-5に示す結果となった.

同図より,最大降水量が減少したケースでは地形変 化前と比べ,風の収束が1回以上発生する地点は多 いが,10回以上発生する地点は少ないことが分かる.





図-5 風の収束が生じる頻度(閾値:0.0005s⁻¹)が1回及 び10回以上である地点の面積(右から地形変化前, 最大降水量が減少したケース,増加したケース)

これは,風の収束は比較的広い範囲で起こっている が,頻度の高い地点は少ないことを示し,つまり,こ のケースでは風の収束位置の時間的な変動が大きく, このことが降水の集中度を低下させ,最大降水量が 減少したと考えられる.また,最大降水量が増加した ケースでは逆の傾向が見られることから,風の収束 が局地的に生じることによって降水の集中度が増し, その結果最大降水量が増加したと考えられる.

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り,ま た,相違点があることも確認された.また,地形変化 による降水量の増減について,風の収束位置の時間 的な変動の大小が降水の集中度に関係していること が明らかとなった.特に,最大降水量減少のメカニズ ムとしては,地形変化による風の収束位置の時間的 な変動に伴って,線状対流系の位置も変動し,降水の 集中が緩和されたと考えられる.

今後の課題としては、地形形状の変化により、どの ようにして風速場の時間的変動が生じるのかなど、降 水の集中・分散の3次元的なメカニズムについてさ らに詳しく解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 碓氷陽子・鈴木善晴・長谷部正彦:集中豪雨の発生・維 持機構に地形が及ぼす影響に関する研究,土木学会第 60回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM),2-003, 2005.
- 2) 鈴木善晴・安部智昭・碓氷陽子・長谷部正彦:線状対 流系における降水場および風速場に地形形状が及ぼ す影響に関する数値実験的研究,水工学論文集,第 52巻,pp.337-342,2008.
- 3) J. Dudhia , et al. : PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide(MM5 Modeling System Version3) ,NCAR Technical Note , 2001 .