

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

宇都宮大学工学部
福島県庁
宇都宮大学工学部

正会員 鈴木 善晴
非会員 安部 智昭
正会員 長谷部 正彦

1. 背景と目的

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雨域が激しく変動し、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。

1998年8月に福島・栃木両県境付近で発生した集中豪雨は栃木県西部の足尾山地がトリガーとなりもたらされたもので、同地域では、那須豪雨に限らず足尾山地がトリガーとなって集中豪雨が発生する現象が頻繁に起きている。

そこで本研究では、同地域における集中豪雨の発生・維持機構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。どのような地形変化の場合に大きな影響をもたらすか、地形標高及び変化領域の大きさを段階的に変化させる感度分析を行い、特にトリガー地形の標高の高低が風速場や降水量にもたらす変化などに着目することで、豪雨の発生・維持に対して地形形状がどのような影響を与えるか、またその影響の程度はどのような変化を示すかについて検討を行った。

2. メソ気象数値モデルMM5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¹⁾。本研究では初期値及び境界条件として人工的に作成した大気条件を用い、気象庁から配信されているGPV情報を参考にした、等圧面一様の気温・風速・湿度等のデータを作成した。地形標高には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た。対象領域は図-1に示す足尾山地を含む関東地方周辺の領域を設定した。水平方向の格子間隔を3kmとし、設定格子数は90x90、計算の時間ステップは9秒と設定した。モデルの予報変数は、風速の東西・南北・鉛直

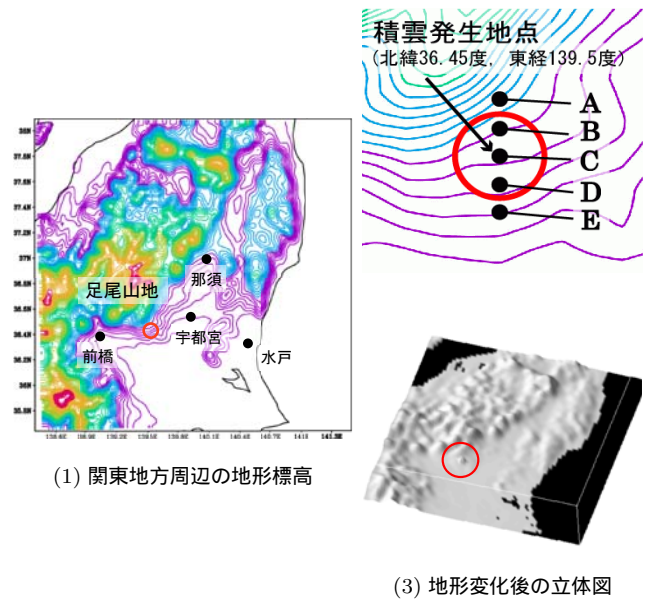


図-1 モデル領域内の地形標高及び地形変化前の拡大図と地形変化後(C地点, 標高1250m, 影響半径5km)の立体図

成分や水蒸気・雲水・雨水・氷晶・雪片の各混合比などである。シミュレーションは助走時間3時間後の6時間を解析対象とし、9時間の計算を行った。シミュレーションの結果、足尾山地の南から東にかけた斜面から積雲が発生して複数の線状対流系を形成することが確認できたため、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、積雲発生地点を北緯36.45度、東経139.5度として解析を行った。

3. 地形形状が集中豪雨の発生・維持機構に与える影響の解析

次に集中豪雨の発生・維持機構に対して地形形状がどの程度影響を与えるかを解析するために、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った。標高を変化させる地点は、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。

シミュレーションの結果を地形変化前とC地点での地形変化(標高750m)について検討を行う。解析開

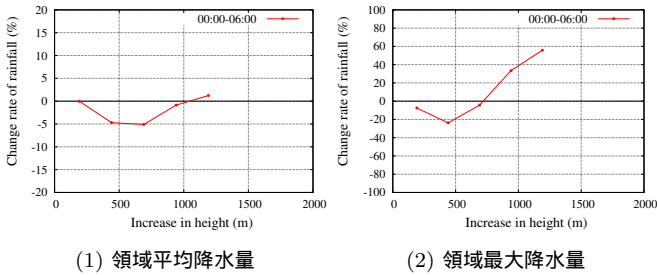


図-2 C地点における標高増加による6時間積算降水量の変化率 [%]

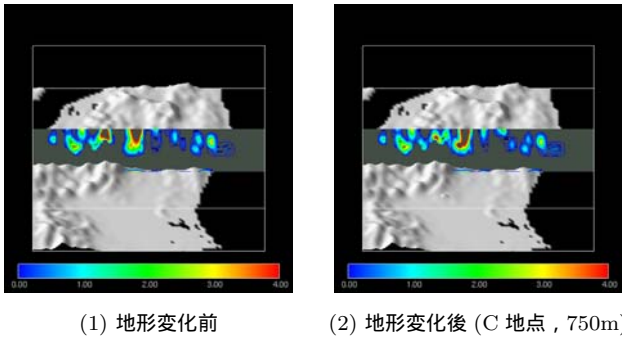


図-3 地形変化による積雲の変化 (鉛直断面) [g/kg]

始後から3時間後の地形変化領域付近における領域平均降水量, 領域最大降水量の変化率を図-2に示す. 同図より, 降水量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20%の減少から大きい場合は60%付近までの増加と変動が大きくなっている. つまり, トリガー地形の標高変化により, 領域内の降水の集中の度合いが変化すると言える. 特に, 領域最大降水量については, 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. 以上のことから, 降水量の変化は, 標高を変化させる地点とその高さに依存すると言える. また, 地形変化地点ごとに降水量の変化を比較すると, 風下側のA,B地点に比べて風上側のD,E地点の地形変化の場合の方が領域平均降水量, 領域最大降水量共に大きな影響を与えている. 同時刻における積雲の発達状況を鉛直断面図(北緯36.80度上)を図-3に示す. この時, (1)に比べて(2)では左側の積雲が右側の積雲に合成され, 積雲の大きさは大きくなっているが, その強さは弱まっていることが見て取ることができる.

次に, 領域最大降水量が減少しているときの降水分布の変化を図-4に示す. 同図より, 地形変化地点より風下の降水分布が地形変化前に比べて広がっている. また, 図-5に積雲発生地点の上空2000m地点における風速の流跡線を示す. 地形変化前に比べて,

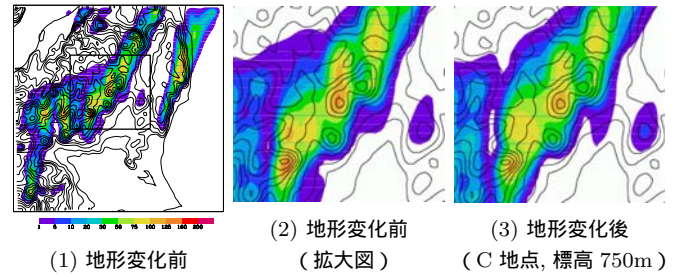


図-4 領域最大降水量減少時における地形変化による降水分布の変化 [m/s]

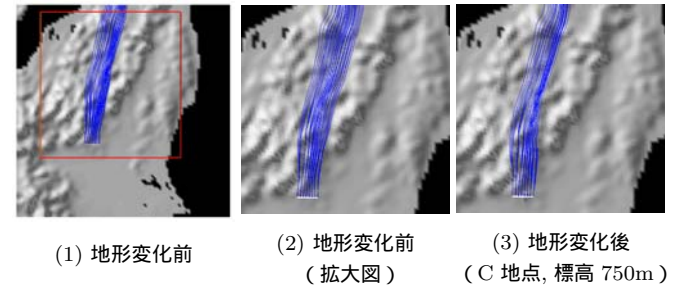


図-5 領域最大降水量減少時における地形変化による風速の変化

地形変化後は風速に時間的な乱れが生じていることが確認できた. 以上のことから, 地形変化により大気が乱され, 降水分布が拡散されたことが原因となり, 領域最大降水量が減少したと考えられる.

4. 結論及び今後の課題

地形形状を変化させた実験的数値シミュレーションの結果, 降水量の変化は, 標高を変化させる地点とその高さに依存すると言える. トリガー地点周辺における標高の増加に伴い, 領域最大降水量は増加するだけでなく, 減少する場合もあることを示した. その際, 全体の降水量の変化は少なく, 領域内での降水の集中の度合いが変化することが明らかとなった. 今後は3次元的な視点による解析事例を増やし, 地形変化による風速場や降水分布に対する影響がどのように伝播しているかを明らかにすることにより, 領域最大降水量の減少の理由をさらに探っていく. また, 今回の結果が普遍性を持つかどうかを明らかにするために, 異なる領域, 条件においてシミュレーションを行い, 同様の結果が得られるかどうかを検討すべきと考えられる.

参考文献

- 1) J. Dudhia, et al.: PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide(MM5 Modeling System Version3), NCAR Technical Note, 2001