

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

宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学工学部
宇都宮大学工学部

○ 学生員 碓氷 陽子
正会員 鈴木 善晴
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。地形標高や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、またその大きさはどのような場合に最も大きくなる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

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。本研究では初期値及び境界条件として、JRA-25(Japanese Re-Analysis 25 years) より配信されている、気温・風速・湿度などの等圧面上の値が、緯度・経度 2.5 度間隔の格子状データとして得られる再解析データを用いた。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で、水平方向の格子間隔を 3km とした。また、格子間隔 27km(Domain1), 9km(Domain2), 3km(Domain3) のグリッドによる3段階のネスティングを行った。各 Domain の設定格子数は 60 × 60,

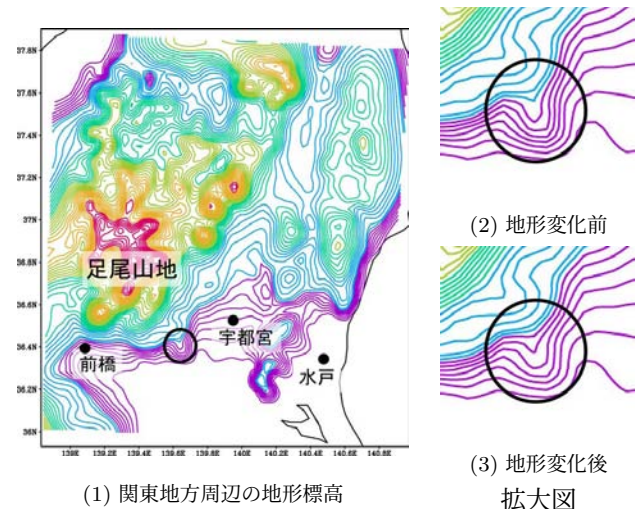


図-1 モデル領域内の地形標高及び地形変化前と地形変化後(変化倍率 0.75, 影響半径 10km)における地形標高の拡大図 [m]

64 × 64, 70 × 61 とし、計算の時間ステップはそれぞれ 81 秒, 27 秒, 9 秒と設定した¹⁾。モデルの予報変数は、風速の東西・南北・鉛直成分や水蒸気・雲水・雨水・氷晶・雪片の各混合比などである。

シミュレーション期間は 1998 年 7 月 22 日 18 時から 23 日 18 時 (Case1) 及び 8 月 26 日 12 時から 27 日 12 時 (Case2) の 2 事例で、それぞれ助走時間 3 時間を含めた 27 時間の計算を行った。シミュレーションの結果、Case1 では足尾山地の南の斜面から、Case2 では足尾山地の東にある山岳から積雲が発生して線状対流系を形成することが確認できた。

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、地形標高にある倍率をかけて段階的に変化させた実験的な数値シミュレーションを行った。ここで標高を変化させる領域について、碓氷ら²⁾は積雲発生地点を中心として領域の大きさを段階的に変化させていたが、領域内に複数の山岳が含まれるため不規則な地形変化が起きると考えられることから、本研究では積雲

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

〒 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

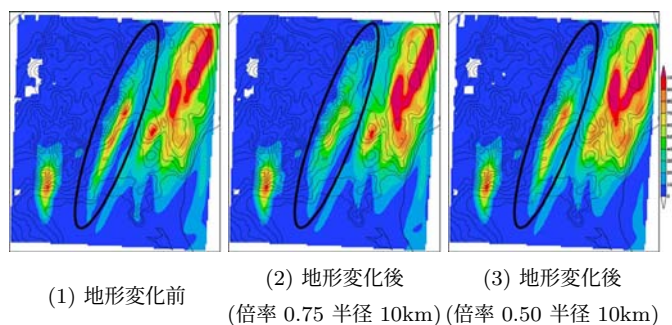


図-2 Case1 における降水分布の変化 [mm](楕円内は線状対流系による降水領域)

発生のトリガーとなる山岳一つをターゲットとした円形領域を設定した。Case1 での積雲の発生地点 (図-1(1) の円で示した部分) において、地形変化前と地形変化後 (変化倍率 0.75, 影響半径 10km) の地形標高の拡大図を同図 (2),(3) に示す。同図の円の半径はすべて 10km である。

シミュレーションの結果、Case1 の地形変化前と地形変化後 (変化倍率 0.75, 0.50, 影響半径 10km) における、線状対流系が発生している時間帯を含む 12 時間積算の降水分布を図-2 に示す。同図の楕円内の降水分布を比較すると、同図 (1) に比べ同図 (2) では降水量が減少し、降水域も広がっているのが見て取れるが、同図 (2) よりも標高の減少が大きな同図 (3) では同図 (2) に比べて降水量及び降水分布に対する変化は少なかった。Case1 の他の地形パターンや、Case2 においても同様に、地形標高の高低及び影響半径の変化に対して、降水量の明確な対応関係は見られず、標高の変化に対する降水量の増減は複雑な傾向を示すという結果となった。

次に、Case1 における地形変化前の積雲発生の様子を図-3 に示す。同事例では、23 日 3 時から 3 時間の間に積雲が 4 個連続で発生しているのが同図 (1),(2) から見て取れる。しかし、図-4 の倍率 0.75 の地形変化後では、同図 (2) より 2 番目の積雲の発達が若干弱く、移流する方向も西にずれている。また 3 番目の積雲が発生しておらず、楕円で示したように周囲に積雲が発生しており、さらに同図 (3) でそれらの積雲が線状対流系の積雲に融合して横幅が広がっていることが分かる。この積雲の分散によって、最大降水量の減少と分布の広がりが見れたと考えられる。降水量やその分布形状が地形変化前とあまり変わらなかった倍率 0.50 の地形変化の場合においても、線状対流系を形成する積雲の一部で発達の減衰や強化

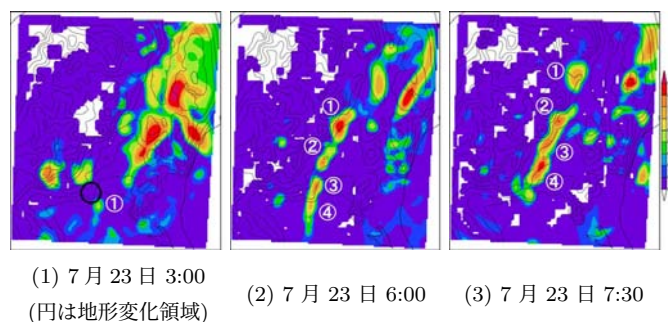


図-3 Case1 での地形変化前における積雲 (雲水・雨水・氷晶・雪片混合比の和) の変化 [g/kg]

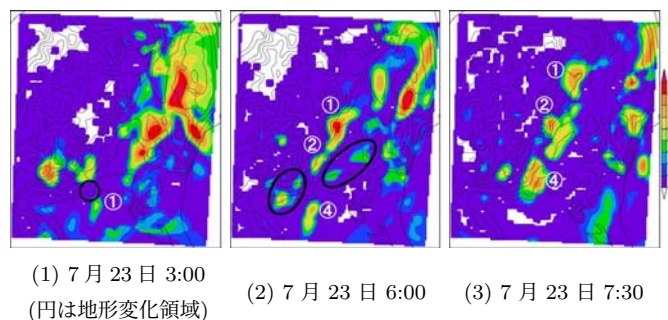


図-4 Case1 での地形変化後 (倍率 0.75, 半径 10km) における積雲 (雲水・雨水・氷晶・雪片混合比の和) の変化 [g/kg]

があり、地形標高の変化による影響を確認することができた。

4. 結論及び今後の課題

本研究で行った MM5 を用いた感度分析の結果、地形標高の変化による影響は、標高を変化させた地点だけでなくその周囲にも現れ、標高の変化倍率および変化領域の大きさの違いによって影響の仕方も異なるという複雑な傾向を示した。今回、倍率をかけた山岳の形状は、ある程度の凹凸があり完全な円錐形ではなかったため、不規則な地形形状の変化が場合によって異なる影響を与えた可能性が考えられる。今後は、標高に変化を与える方法や、その影響を定量的に評価するための指標の検討を行う。また現象を単純化するため、線状対流系の発生しやすい人工的な大気条件を与えることにより、標高変化による影響をより明確化して解析を進め、集中豪雨の発生・維持機構のメカニズムを明らかにする予定である。

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
- 2) 碓氷陽子：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，第 60 回土木学会年次学術講演会，2005