

京都大学大学院

学生員 ○

高橋輝明 京都大学防災研究所 正員 大石 哲

京都大学防災研究所 正員

中北英一 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 序論 日本ではその地形特性と気候特性により局地性豪雨という予測困難な現象が多発し、洪水・土砂災害などをもたらしてきた。この対策を行うことは重要であるが、現在の日本の観測網では局地性豪雨の解明は難しい。そのため局地性豪雨の解明に対し有効となってくる数値実験が多く行われてきた。しかし実際の地形および大気情報を用いて積雲の内部構造を計算した例は数少ない。

そこで本研究では梅雨前線帯豪雨を対象として、実際の地形と観測によって得られた大気のプロファイルの詳細な雲の微物理過程を表現しているモデルに導入した。これにより九頭竜川流域をモデルに表現して数値実験を行い、梅雨期の豪雨をもたらし積雲の発達に地形が与える影響を、雲の微物理過程に着目し解明することを目指す。

2 モデルの概要

2.1 山岳の導入 地形を下層境界条件として導入する方法は2つ考えられる。第一に直交座標系のまま階段状の地形を導入する方法、第二に地形に沿った一般化座標系を導入する方法があるが、本モデルでは様々な形状の山岳に速やかに対応できるという利点から山岳の導入には座標変換を用いて対応する。

そこで変換する一般化座標系は水平方向の座標は直交座標のまま使い、鉛直座標を式(1)に示す地形に沿った形状の一般化座標系(σ 座標系)に変換する。以下に変換前後の数式の関係を示す。

$$\begin{aligned}\bar{x}^i &= x^i \quad (i=1,2) \\ \bar{x}^3 &= H \left(\frac{x^3 - Z_g}{H - Z_g} \right)\end{aligned}\quad (1)$$

—が施されている変数は座標変換後の変数、 H は解析領域の高さ(=9000[m])、 Z_g は山岳の標高である。

モデルの各基礎式を直交座標系から σ 座標系に変換する座標変換の手段としてはテンソル解析の手法を用いている。

2.2 微物理過程 本研究ではTakahashiらと同じ微物理過程を用いている。このモデルはパラメタリゼーションされない詳細な雲の微物理過程を導入し、また雹、あられ、氷晶を導入しているため、Cold rainを表現することができる。

3 モデルに与える初期条件の設定 モデルに九頭竜川流域を表現するために初期条件として、現地で観測した大気のプロファイル・GPVデータによる初期風・国土数値情報による地形の3条件を以下のような手法で導入した。

大気のプロファイル

観測の概要 本研究でモデルに初期条件として与える大気のプロファイルは、福井県大野市九頭竜ダム統合管理事務所駐車場でラジオゾンデによって得られた気圧・気温・湿度のプロファイルを用いた。観測期間は梅雨前線が南下して、北陸地方を中心に豪雨が生じた6月24日から6月26日である。ゾンデ観測と同時にXバンドレーダーで雨域の移動を調査し、また観測期間中の大野市各地での観測雨量を得た。

観測データの修正 観測地点は計算領域の西端から真東に約15kmの地点であり、925hPa面でのGPVデータによると計算領域よりも西で気温が高かったため、GPVデータを用いて観測データを修正することにした。本研究では10時と21時の観測データを用いているため、10時のときは9時のGPVを、21時のときは21時のGPVを用いた。また上層では観測データに代表性があることが分かった。そこで観測データの下層のみを修正する。

修正法は925hPa面での気温をGPVデータを用いて修正し、上空1700mでのゾンデで得られた気温を925hPaのGPVによって得られた気温を線形内挿して、1500m以下の気温に修正を加えモデルに与えた。修正後の温位・相当温位と湿度のプロファイルを図2・図3に示す。

表 1 計算事例

事例	気温・気圧	湿度	水平風	地形	備考
CASE 1	21 時の修正後	21 時の観測値	21 時の GPV による	図 1CASE1 右端の図	観測値
CASE 2	10 時の修正後	10 時の観測値	9 時の GPV による	同 CASE1	観測値
CASE 3	同 CASE 2	同 CASE 1	同 CASE2	同 CASE1	水蒸気の影響を考察
CASE 4	同 CASE 1	同 CASE 1	CASE1*0.5	同 CASE1	初期風の影響を考察
CASE 5	同 CASE 1	同 CASE 1	同 CASE 1	図 1CASE5 右端の図	下降流の影響を考察
CASE 6	21 時の修正前	同 CASE 1	同 CASE 1	同 CASE1	不安定度の影響を考察

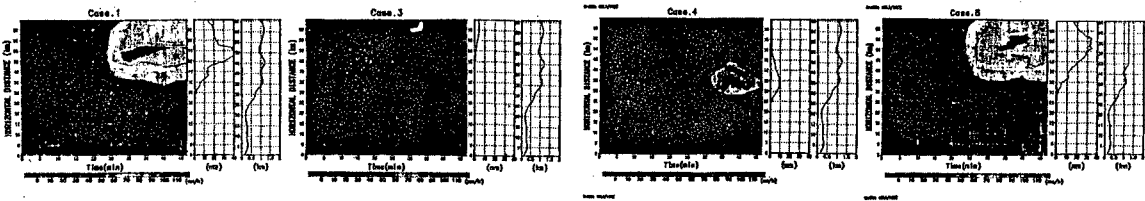


図 1: 地表面降水強度の時系列と総降雨量の空間分布

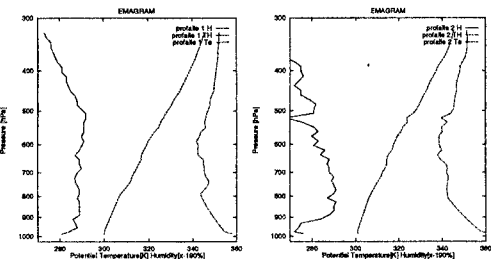


図 2: 温位・相当温位 (21 時) 図 3: 温位・相当温位 (9 時)

初期風 初期風は先に述べた地点での GPV データによって得られたものを用いる。しかし、GPV データは 925hPa・850hPa・700hPa・500hPa 面でのデータしか存在しない。そこで各気圧面での値を線形内挿し、各グリッド中央点での値を代表値としてモデルの対象領域の西端に与えた。

地形 先に述べたように観測中に X バンドレーダで雨域の移動を調べたところ西から東に移動していたため、地形は A 地点を含む東西方向に切り出すこととした。この地形をモデルに与えて計算したところ地形に小さな波長の起伏がふくまれているために計算ができなかった。そのため Low path-filter(Doswell(1977))を用いて地形の smoothing を行った。図 1 の各右端に地形を示す。このような地形をモデルの下層境界条件

として与えた。

4 計算結果と考察 上記の 6 事例を比較検討して得られた結果は以下の通りである。

- 強い降雨をもたらすためには雹の存在が不可欠である。雹が存在するためには大気の中層から上層に十分な水蒸気が必要である。なぜなら九頭竜川流域のような険しい山岳地形による強制上昇流によって凝結過程の促進・昇華による氷晶の生成が行われると、過冷却水滴と氷晶とが衝突し凍結過程により雹が生成する。雹の生成量は鉛直風の強さに特に影響されており、その結果鉛直風の強さが降雨量・降雨強度に強く影響を与える。
- 地形による強制下降流は降雨の集中化をもたらす。下降流が起きている地点で非常に強い降雨が起こる。このことにより微物理過程を除き風の計算のみをすること等により下降流の位置を知ることができれば、強い降雨をもたらす地点をある程度予測できると考えられる。

参考文献

大石哲・木谷有吾・中北英一・池淵周一(1996): 豪雨の生起・発達に地形が及ぼす影響に関する数値実験的研究, 京都大学防災研究所年報, 第 39 号 B-2