

II-33

鉛直上昇風が局地降雨に与える影響に関する数値実験的研究

京都大学防災研究所 正 員○大石 哲
 京都大学大学院 学生員 木谷 有吾
 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. はじめに 実時間洪水制御問題に気象学的な降雨予測手法が必要となる理由として、主なものは次の3つである。1)日本の河川は河川長が短く、洪水到達時間が短いのでリードタイムの長い流出予測を行うためには、流出の入力値である降雨の予測も行わなくてはならない[1]。2)局地的かつ集中的な豪雨は急峻な山岳地帯に生じることが多く、地形が降雨域に与える影響は移流に関わるだけでなく降雨強度の変化にも及ぶため、降雨域の空間的移動を時間外挿するだけでは不十分である。3)その様な山岳部においてはモニタリングシステムが捕らえることのできない局地降雨が存在する。それらを考慮した洪水制御は予測によって補われる。以上から、山岳地形の影響を考慮した短時間降雨予測を行う必要があると言えるし、実際にその様な研究、実用例も多い。

本研究では別途開発中の降雨予測知識を結集させた短時間降雨予測を行う洪水制御支援システムに用いる知識の一つとして、地形によって生じたとみなすことができる鉛直上昇風が局地降雨強度に与える影響およびその影響の原因となる過程を探ることを目的とする。その手段として、パラメタライズされない雲の微物理過程を取り込んだ数値モデルによる数値実験を用いる。

本モデルの特徴は、雲の微物理過程を取り込んでいるため、各降水粒子の数密度の変化、各過程が降水粒子間

の相変化に与える影響を出力することができることである。そのため、鉛直上昇風が降雨強度に与える影響について、その途中の過程を詳細に考慮した形で議論できる。このことが本研究の特徴である。

2. 数値実験の概略 本研究で用いた数値モデルはTakahashiらの開発した2次元対流雲モデル[2]をベースにしている。このモデルは、水蒸気が水滴あるいは水になる間に図1の過程を通して計算を行っている。ここで、水滴の凝結核は500/cc、氷晶の凝結核は1/ccの数密度を持つ、水滴・霰・雹は球形を仮定して径によりクラス分けされており、氷晶(雪)は円盤を仮定して径と厚みによりクラス分けされている。

このモデルに初期風速としてCirculation状の鉛直風を与える。モデルを構成する基礎式の制約により連続式を満たす形で図2のように与える。初期風速は地形の影響により大気中に偶然生じたものと考え、初期風速を最初に与えた後は強制的な外力によって維持することはしない。それは鉛直上昇風が積雲のきっかけとして働いた後の積雲の成長過程を検討するためである。図2の鉛直上昇風の最大値として1)0.0[cm/sec] 2)20[cm/s] 3)40[cm/s]の3通りを与えて計算を行う。1)と2)により鉛直上昇風がある場合とない場合の比較を行い、2)と3)により鉛直上昇風の強さの影響に関する考察を行う。

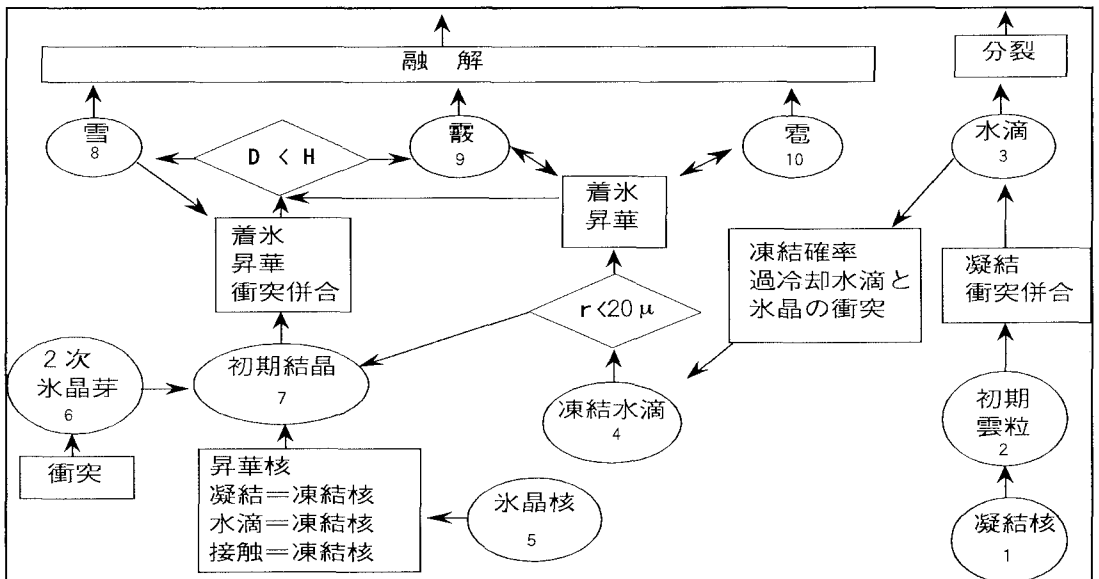


図1. モデル中の雲の微物理過程

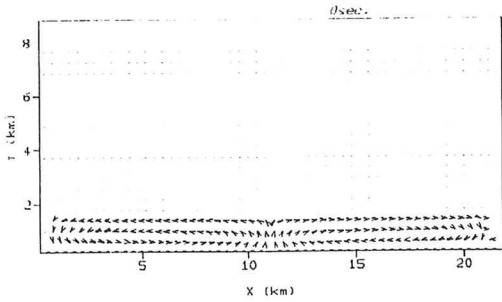


図2. 初期鉛直上昇風 (2)の場合)

3. 計算結果と考察 前節の1)2)3)の初期値を与えた場合の降雨強度（瞬時値）の違いを図3に示す。1)と2)を比較すると2)の方が、降雨域が空間的に広がり、強い降雨強度を持つ領域の面積も大きい。この図では示されていないが、総降雨量も2)の方が大きい。これは鉛直上昇風が発達期(developing stage)における雲を体積、密度とも大きく成長させることに起因している（図4）。発達期に成長した雲は潜熱を多く放出し、空気塊を高温にすることでより強い上昇流を生起し、さらに多くの水蒸気を降水粒子に変換する。このような相乗効果によって降雨は増大したといえる。

2)と3)を比較すると2)の方が降雨域は広い。強い降雨強度を持つ領域の面積はほぼ同様であるが、総降水量は2)の方が大きい。図4より2)と3)の発達期における雲の体

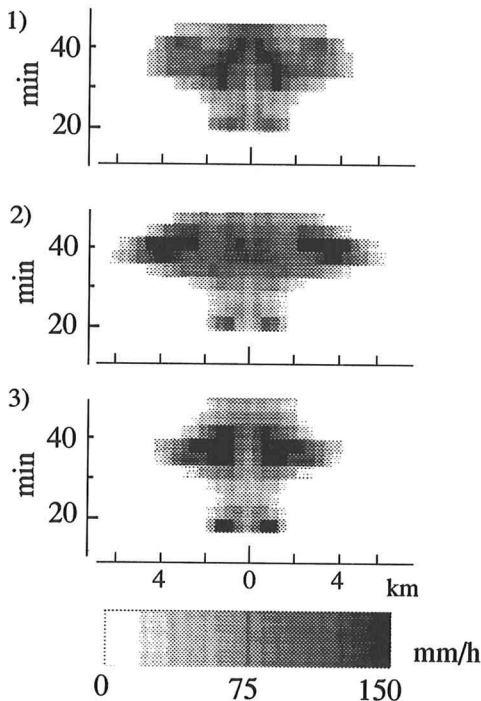


図3. 地表面における降雨強度の時・空間分布

積、密度を比較すると3)の方が大きい。このことは、発達期における雲の成長が早いことは、直ちに降水効率を高くすることに結びつくのではないことを示唆する。このことが起こる原因は、3)では2)と比較して強い対流による鉛直上昇風が生じたため、水蒸気が一気に上昇して氷晶となる。2)ではそれほど高高度まで対流による上昇流が起こらないので、水蒸気の多くは雹となる。雹は氷晶よりも密度が大きいので、下降流を生起して雨滴の供給源となるが、氷晶は軽いので空中にとどまって降雨として落ちてこない。そのことが、地形によって生起された鉛直上昇風の関係と降雨量の関係を複雑にする要因の一つとなり、氷を含む雨(cold rain)の予測を難しくしている。

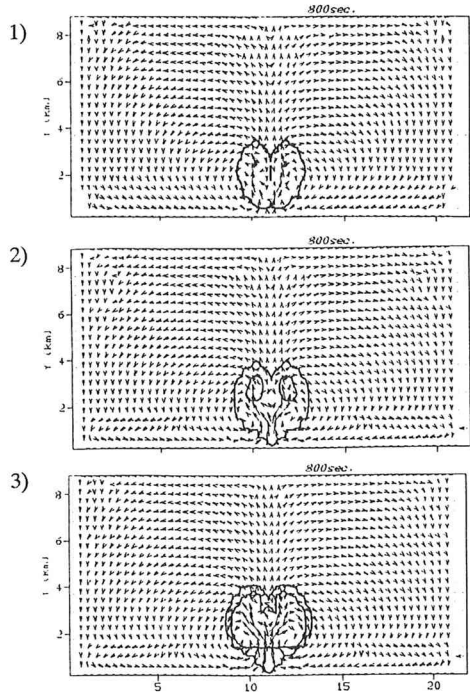


図4. 発達期の雲（内側は32μmより大きな降水粒子）

4. 結論 本研究において地形によって生起された鉛直上昇風が局地降雨強度に影響することは示されたが、その影響の大きさを検討するにはいたらなかった。鉛直上昇風が局地降雨強度に対して与える影響は、地形によって生起された鉛直上昇風が直接的かつ力学的に空気塊を高高度に持ち上げるのではなく、下層に広く分布する水蒸気を集約して潜熱としての熱力学的なエネルギー放出に対するきっかけ(trigger)としての役割が大きいことが示された。

[1]沖大幹：水文・水資源学のための気象予測概論，気象予測とその水文・水資源学への応用，pp.1-29,1992

[2]例えば高橋勲・阿波田康裕：詳細な雲の微物理過程を導入した2次元積雲の数値実験，京都大学防災研究所年報第36巻B-2，pp.189-218，1993.4