

II-33

冷たい雨のモデルを用いた1次元及び2次元地形性降雨の解析

中央大学大学院 学生員 松浦正典
中央大学理工学部 正員 日比野忠史
中央大学理工学部 正員 山田 正

1 はじめに 近年メソスケールでの降雨・降雪シミュレーションが盛んに行われている。一般に降雨現象を表現する場合、雲・水蒸気等をいかにパラメタライズするかが問題になっている。また、著者らは北海道上砂川町にある廃坑となった鉾山の長大立坑(1=710m, $\phi=5.5$ m)において雲の準実スケール実験を行っている。この実験施設を用いた観測により雲は不飽和状態でも(90%程度)発生している事が観測された。本研究はこの事実をシミュレーションモデルに取り入れ、その効果を検討したものである。さらに1次元モデルにおいて改善したパラメータを用いて、地形性降雨を鉛直2次元で解析したものである。

2 モデル概要 以下に本モデルの概略を説明する。本モデルは変数として水平及び上昇気流によって移流する水蒸気混合比 q_v 、雲水混合比 q_c 、雲氷混合比 q_i 、雪の混合比 q_s 、雨の混合比 q_r の5つの混合比と温度 T の6個を用いたHobbsモデルである。

3 雲の発生に関するパラメータの改善手法 著者らは準実スケールの雲物理実験において雲の発生は相対湿度90%以下でも可能である事を観測している。本モデルでは水蒸気から雲への相変化は図1内のPCONDによって決定される。そこで雲の発生が相対湿度90%以下で生じる事を疑似的な飽和混合比(q_{sw}^* 0.9)を用い、鉛直1次元の計算を行ってみた。図2は計算結果と観測値を比較したものである。この図より水蒸気の雲への凝結を表す発生項(PCOND)を修正することにより観測値と計算結果がよく一致している事を確認することができる。

4 計算条件 解析対象領域は水平方向に63Km, 鉛直方向には5000m, の x - z 平面を考え、頂上を32Km地点にもつ三角形の山脈状地形を設定した。 q_{sw} の影響を考えるためにCase1として

$q_{sw}=q_{sw}^*1.0$, Case2として $q_{sw}=q_{sw}^*0.9$ として両者を比較した。

計算条件は以下の通りである。(1)初期条件 風の場合はポテンシャル流れで与える。地上温度は水平方向には一様とし高さ方向には $T=T_G-\gamma Z$ で与える。大気は領域全体で相対湿度80%で与え、風上側より相対湿度80%の大気を流入させる。ここで γ :湿潤断熱減率=6.5°C/1000m, T_G :地上温度

(2)上端境界条件 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r; \partial q / \partial z = 0$ $T; \partial T / \partial z = 0$

(3)下端境界条件 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r; \partial q / \partial z = 0$ T :初期値で固定

(4)流入側 q_v :相対湿度80%の湿潤大気を主流風速と共に流入させる。

$q_c, q_i, q_s, q_r; = 0.0$ T :初期値で固定

(5)流出側 $q_v, q_c, q_i, q_s, q_r; \partial q / \partial x = 0$ $T; \partial T / \partial z = 0$

5 計算結果 5-1). 降雨・降雪強度の空間分布; 図3 (a) (b)に山の

の高さを1200mとした時の降雨、降雪強度の空間分布を示す。Case1とCase2を比較するとCase2では地上での雨域が山頂付近に集中して密になり降雨強度の最大値も局所的に強くなっている。これは、 q_{sw} を $q_{sw}^*0.9$ としたことで雲水がCase1の約1.5倍程度の濃度になり、雲水から雨への転換(auto conversion)によって生成される雨による影響である。逆に、case2の方が降雪強度の最大値及び雪の分布範囲が狭い。これは、 q_{sw} を $q_{sw}^*0.9$ としたために流入水蒸気が雪への付着成長よりも雨への凝結成長に相変化するためである。Case1, Case2いずれの場合も高度2300m付近に融解層がありその下層では融解した雪と雨の混存している様子がわかる。風下側への降雨域の広がり融解した雪及び降雨

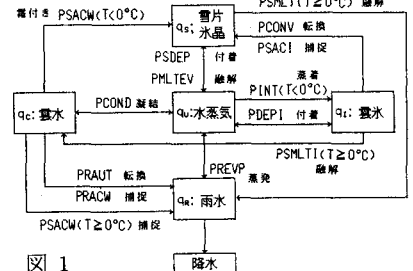


図1

Hobbsモデルにおける微物理過程

$$PCOND = \rho (q_v - q_{sw}) \left[\Delta t \left(1 + \frac{L_v^2 q_{sw}}{c_p R_w T^2} \right) \right]^{-1}$$

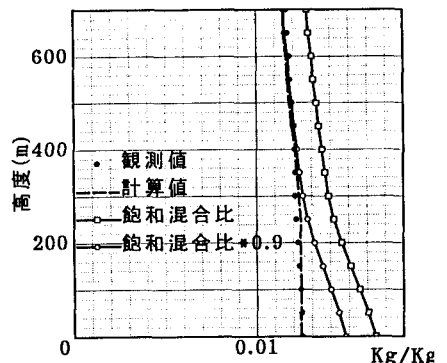


図2 立坑内の水蒸気混合比の高度分布

粒子の水平方向への移流によるものと考えられる。このことが降雨域の拡大に関係しているといえる。さらに、降雨強度の最大地点は山の風上側斜面にあるのに対して、降雪強度の最大の地点は雪の方が雨よりも風下側への移流が大きいため山の頂上付近になっている。

5-2). 雲水量の空間分布;

図4 (a) (b)は雲水量の空間分布を示す。Case1とCase2を比べるとCase2の方は流入水蒸気が雲水になり易いために雲水量の濃度が高く、雲頂の高度も高く成長している事がわかる。Case2においては上層の濃度の薄い雲水は水平風によって風下側に移流されている。また、2500m以上の氷点下の層でも雪に捕捉されない雲水が過冷却な雲として分布している。Case1, Case2いずれの場合も、雲水量が最大になる位置は山の風上側斜面の中央部(25km~27km)で上昇気流が最大となる位置と一致している事がわかる。

6 まとめ 1) 水蒸気から雲への凝結項の表現は降水特性を大きく変化させる。

2) 実スケール実験での観測結果を用いることで局所的に高強度な地形性降雨が再現できた。3) 雨の生成と雪の生成とのバランスが降雨域の拡大に寄与する事が分かる。4) 上層域での過冷却な状態の雲水を表現できた。5) 雲水量の算定が降雨予測において重要な項目である事が分かる。

今後の課題としてはその他のパラメータの改善、地形の違いによる風の影響、レーダ雨量計との対比を考えていきたい。

参考文献

- 1) 山田正・茂木正・亀田裕二：山地流域における降雨の分布特性と降雨の数値シミュレーション、水工学論文集、第35巻、pp.243-250、1991.
- 2) Steven A.R. and Hobbs, P.V. : The Mesoscale and Microscale Structure and Organization of Clouds and Precipitation in Midlatitude Cyclones. VIII: A Model for the "Seeder-Feeder" Process in Warm-Frontal Rainbands, J. of Atmos. Sci., vol.40, pp. 1185-1206, 1983.
- 3) Kessler E. : On the Distribution and Continuity of Water Substance in Atmospheric Circulations, Meteorological Monographs, vol.10, No.32, 1969
- 4) 松浦正典・日比野忠史・杉山知・山田正：鉾山の長大立坑を用いた雲の実スケール実験とその数値シミュレーション、土木学会関東支部技術研究発表会講演集、第20巻、pp.144-145、1993.

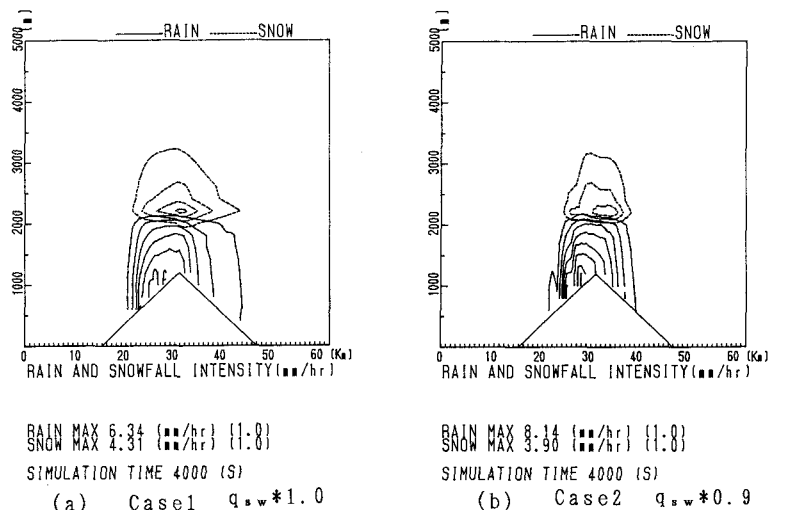


図3 降雨・降雪強度の空間分布

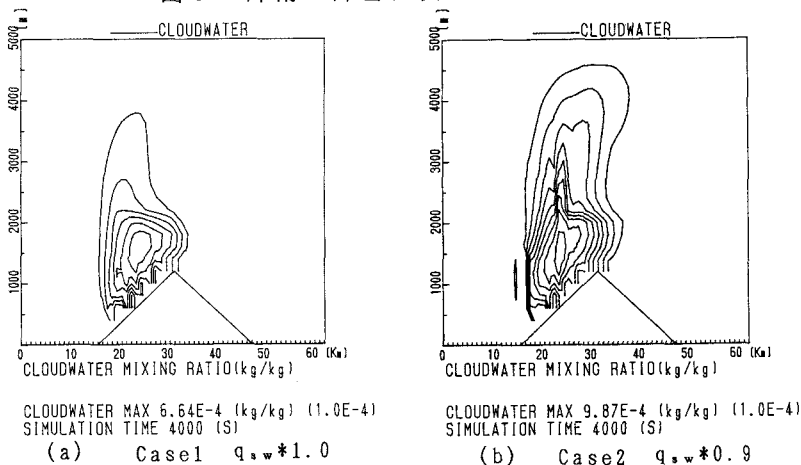


図4 雲水量の空間分布