

(Ⅱ - 24) 雪及び氷晶を考慮した冷たい雨のシミュレーションと降雨モデルに関する研究

中央大学理工学部 学生員 松浦正典
中央大学理工学部 学生員 深和岳人
北海道大学大学院 学生員 茂木 正
中央大学理工学部 正 員 山田 正

1. はじめに

一般に降雨現象を表現する場合水蒸気、水分（雲水）、雨等の微物理過程をいかに表現するかが重要となる。一方、我国においては上層では氷点下になることが多く、雪、あられ等が形成され降雨現象の微物理過程の表現は大変複雑である。本研究では、このような冷たい雨の微物理過程を表現したHobbs モデルを用いて1次元モデルによる基本特性の把握と2次元モデルへの発展を行った。

2. ホブスモデルにおける雲物理過程

このモデルには気温 $T \geq 0^\circ\text{C}$ では暖かい雨のKessler モデルと同様に水蒸気から凝結によって雲水が生成されさらに転換等によって雨滴へと成長するプロセスが存在する。また、 $T < 0^\circ\text{C}$ で水蒸気が氷飽和以上ならば蒸着で雲氷が発生し、それらが水蒸気を取り組みつつ付着成長したり、転換によって雪片へと成長する。さらに 0°C より上の層では霜の付着によって雲氷から雪片への成長が起こる。また、 0°C より下の層では雪片の融解による雨への変化や雲氷の融解による雲水への変化がある。

3. モデルシミュレーション

本研究では、上記の雲微物理過程を考慮に入れ、水蒸気、雲水、氷晶、雪、雨の混合比(kg/kg)及び、温度(kelvin)の6つの保存式を基礎式としこの鉛直1次元あるいは2次元偏微分方程式に対してLax-Wendroff法を用いて数値計算した。なお $\Delta z = 200\text{m}$ 、 $\Delta t = 10\text{sec}$ である。計算条件としては、上昇気流が存在するカラム長を5000m、大気密度は定常、上昇気流は放物線分布をしている。また、2次元モデルにおいては頂上を32km地点にもつ三角形の地形を領域内に設定し、上流端から鉛直方向に一樣な流入風速 U を与え水平方向に63km、 $\Delta x = 1000\text{m}$ としてシミュレーションを行った。

4. 結果と考察

4-1 (1次元の計算)

地上温度を一定にして上昇気流の値を変化させた。また、上昇気流を一定にして地上温度を変化させた。図1は上昇気流と地上温度による降雨強度の等値線を結んだものである。これより降雨に対する上昇気流と温度の影響を知ることができる。さらに定常時での降雨量の予測が可能となる。図2では、上昇気流別の降雨強度の時間変化を示す。風速が遅いほど下端からの飽和大気の供給量が減少するため定常状態になりにくいことがわかる。しかし、各条件下で定常状態になることは示されている。また、降雨雪強度の高度分布図(図3)から上層での雪の存在が明かとなり 0°C 付近での雪から雨への変化の様子がわかる。地上温度を 0°C とした場合では、地上での降雪現象を表現している。次に以上の結果を考慮に入れて2次元モデルの計算を行った。

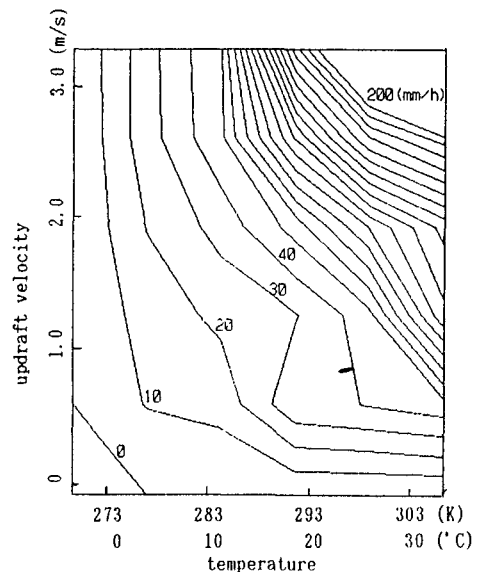


図1 各地上温度と上昇気流における地上降雨強度の等値線図

4-2 (2次元の計算)

図4, 5, 6, 7 に山脈状地形 ($z=1200\text{m}$) を考え $u=10\text{m/s}$ を与えた時の降雨雪強度の時間変化を示す。山地流域における降雨の発生及び成長の過程を再現することが可能となった。また、上層での雪の発生が認められ、さらに融解した雪の雨への変化も表されている。

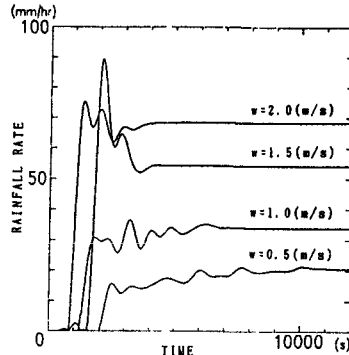


図2 地上降雨強度の時間変化(地上気温 20°C)

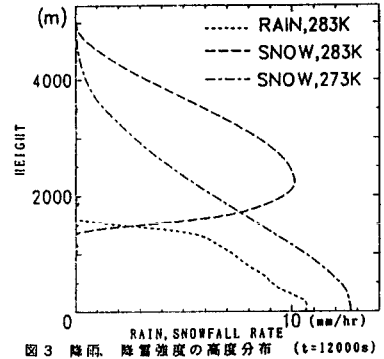


図3 降雨、降雪強度の高度分布 ($t=12000\text{s}$)

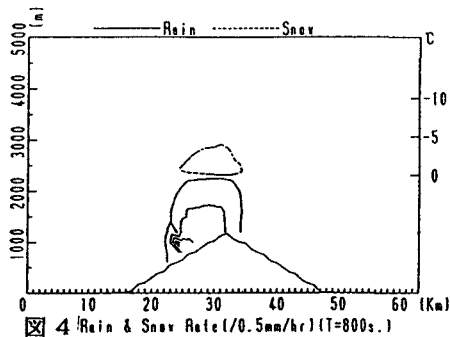


図4 Rain & Snow Rate (0.5mm/hr) (T=800s.)

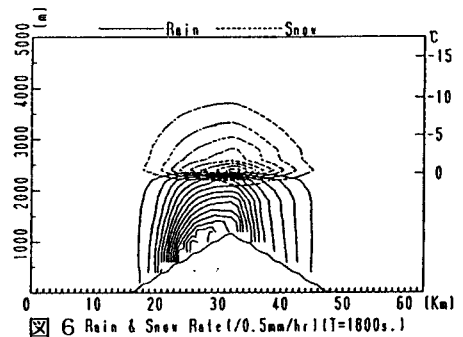


図6 Rain & Snow Rate (0.5mm/hr) (T=1800s.)

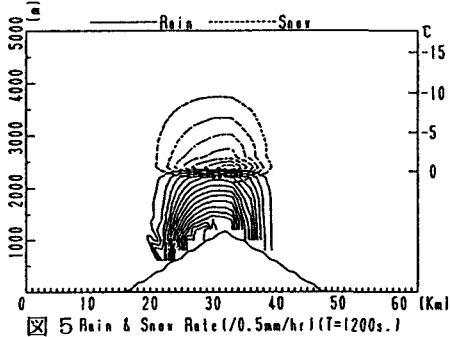


図5 Rain & Snow Rate (0.5mm/hr) (T=1200s.)

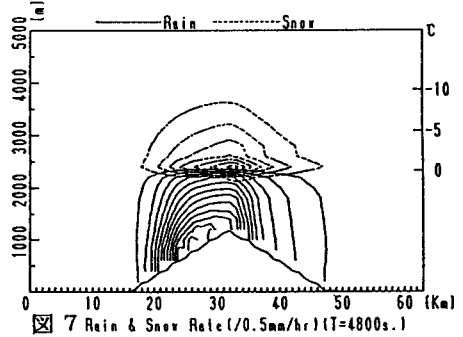


図7 Rain & Snow Rate (0.5mm/hr) (T=4800s.)

参考文献

- 1) 山田正・茂木正：雪と氷晶を考慮した降雨の1次元数値計算、土木学会北海道支部論文報告集第47号、pp. 431-436、1991。
- 2) 山田正・茂木正・亀田祐二：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。
- 3) 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。
- 4) 小倉義光：一般気象学、東京大学出版会、1984。
- 5) 日野幹雄・太田猛彦・砂田憲吾・渡辺邦夫：洪水の数値予報、森北出版、1989。