

II-21

雪と氷晶を考慮した降雨の1次元数値計算

中央大学理工学部 正 員 山田 正

北海道大学大学院 学生員 茂木 正

1. はじめに

近年メソスケールの降雨現象を物理的なモデルで数値的に予測しようとする試みが盛んに行われるようになってきた。著者らも近年雲や雨の過程をパラメタライズしたKesslerのモデル¹⁾²⁾³⁾を用いて、メソスケールの風の場合、降雨のシミュレーションを行い、さらにレーダー雨量形を補完的に組み込んだ降雨場の予測手法の開発を行ってきた。一般に降水現象を物理的に扱う場合、水蒸気、水分(雲水)そして雨水等の微物理的相互作用のメカニズムを、いかにして記述するかによってモデルの精度も大きく変わってくる。上述のKesslerモデルは、雲水(cloud water)と雨水(rain)の相互作用をパラメタライゼーションしたもので、一般的に氷晶の存在しない層状性の降雨を対象にしたものといわれている。それに対し我国における降水の多くは、その上層部分では氷点下であり、氷晶や雪片、あられ等の形成により水分の相互作用メカニズムは大変複雑なものとなっている。この様ないわゆる冷たい雨の微物理過程の研究は従来から行われてきたが、総合化した形でのパラメタライゼーションはこの10年来のものであり、その代表的なものとしてHobbsモデル⁴⁾がある。本研究の目的は以上のような研究の現況を踏まえ、前述のHobbsモデルを比較的単純な条件のもとに数値計算することにより、降雨の時空間的な分布特性や降雨の形成プロセスについての基本的な知見を得ることである。

2. 雲物理のモデルと数値シミュレーション

冷たい雨のHobbsらのモデルの特徴は前述した通り氷晶、雲の存在を考慮していることにある。よって、それらの相互作用は図-1に示すように極めて複雑なものとなっており、各プロセスの中に現れるパラメータの数だけで50個以上にもなる。このモデルでは気温 $T \geq 0^\circ\text{C}$ においては Kesslerモデルと同様、水蒸気から PCOND(凝結)によって雲水が生成され、PRAUT(転換)等によって雨滴へと成長する。また $T < 0^\circ\text{C}$ においては水蒸気が氷飽和以上に達していれば、PINT(INITIATION OF CLOUD ICE)によって氷の雲粒が発生し、それらが PDEPI(付着成長)によって水蒸気を取りこみつつ成長したり、PCONV(転換)を経て雪片へと成長する。 0°C より下の層では雪が融けて雨に変化(PSMLT)したり、雲水の融解によって雲水が生成(PSMLTI)される。本論文では以上のような雲物理過程のパラメタライゼーションを考慮した雪片や雨水等の混合比(kg/kg)ならびに気温(Kelvin)に対する基礎式を、鉛直1次元にのみ上昇風のある形でシミュレーションを行っている。上記の鉛直1次元の6元連立偏微分方程式の数値計算に当たっては Lax - Wendroff法を用い、差分のメッシュは $\Delta t = 10\text{sec}$ 、 $\Delta z = 200\text{m}$ としている。また上昇流の存在する鉛直カラムの長さを $H = 5000\text{m}$ とし、上昇風速は一樣、大気密度は局所的に定常としている。

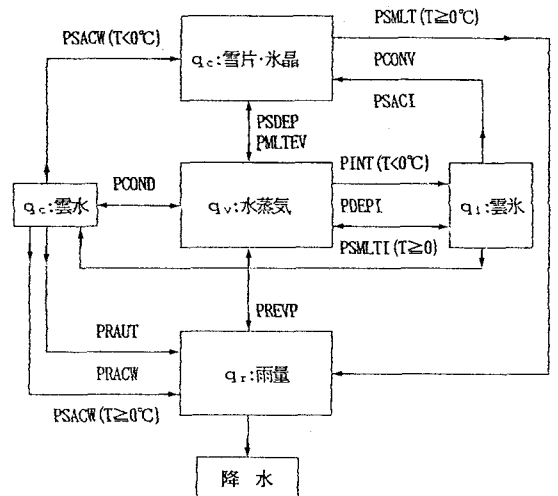


図-1 微物理過程の模式図 (Hobbs)

図-1 微物理過程の模式図 (Hobbs) は、雲物理過程のパラメタライゼーションを考慮した雪片や雨水等の混合比(kg/kg)ならびに気温(Kelvin)に対する基礎式を、鉛直1次元にのみ上昇風のある形でシミュレーションを行っている。上記の鉛直1次元の6元連立偏微分方程式の数値計算に当たっては Lax - Wendroff法を用い、差分のメッシュは $\Delta t = 10\text{sec}$ 、 $\Delta z = 200\text{m}$ としている。また上昇流の存在する鉛直カラムの長さを $H = 5000\text{m}$ とし、上昇風速は一樣、大気密度は局所的に定常としている。

3. 計算結果と考察

初期条件としてカラム全体を飽和とし、下端の条件として地表面気温を 15°C とした。上昇風速は一樣に 0.15m/s とし、下端から飽和大気を流入させた。図-2に降雨(地表面)降雪(2400m面)強度の時間変化を示す。これより降雨は早い時間に急激に発生し定常に達するが、その後緩やかに発生した雪が上空から供給されて

降雨強度が増大していることがわかる。また図-4に示すように 0°C より下層に400m~800m程の融解層が存在している。さらに地上気温を -1°C とすることで図-5に示すように降雪のシミュレーションが可能である。

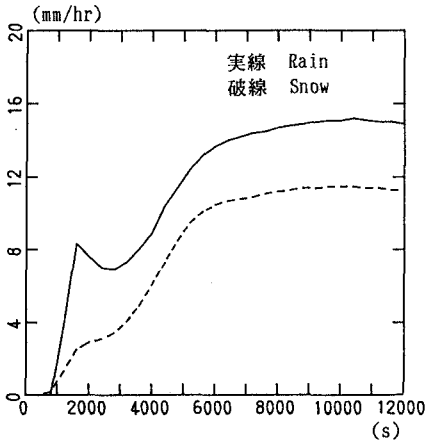


図-2 降雨・降雪強度の時間変化

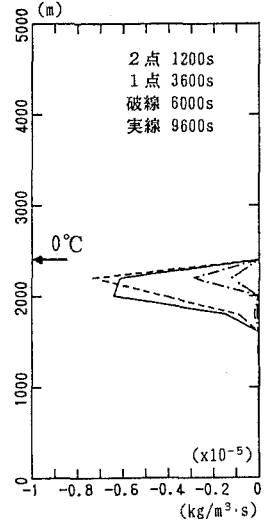
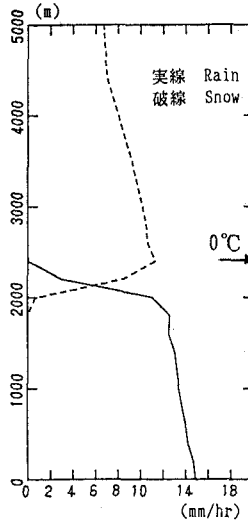


図-4 P S M L T

4. おわりに

以上の他にも多くの知見が得られており現在も 図-3 降雨、降雪の鉛直分布計算を継続中であるが、境界条件の設定の仕方や拡散の度合をどの程度取り込むかによっても計算結果が大きく変わることが分かっており、さらに検討を重ねるつもりである。

謝辞

本研究は重点領域研究(1)「気象解析とレーダー雨量計を補完的に組み合わせた豪雨災害の予測手法に関する研究」(代表 山田正)、及び一般研究C「雲と降雨の形成に関する実スケール実験」(代表 山田 正)の補助のもとに行われている。これに対して著者らは深甚なる感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日野幹雄・太田猛彦・砂田憲吾・渡辺邦夫共著：洪水の数値予報、森北出版、1989.
- 2) 山田正・中津川誠その他2名：流域スケールの風の場合と降雨のシミュレーション、第33回水理講演会論文集、pp. 109~114、1989.
- 3) Tateya, K., Nakatugawa, M. and Yamada, T.: Investigation of rainfall by field observations and a physically based model, Proceedings of Pacific International Seminar on Water Resources Systems, Hokkaido, Tomamu, pp. 385-403, 1989.
- 4) 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, 40, 1185~1206, J. Atmos. Sci., 1983.

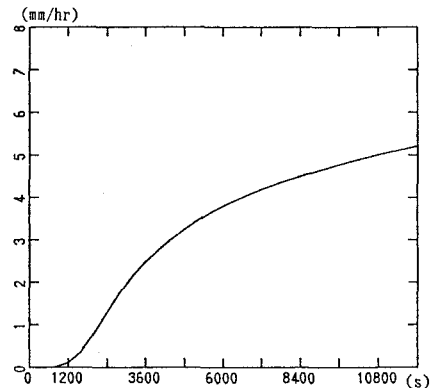


図-5 地表面降雪強度の時間変化