

Two-moment スキームの長期メソ対流系への影響

○馬場雄也(ESC)、高橋桂子(ESC)

1. はじめに

雲解像モデルの適用範囲はコンピュータの性能向上に伴い拡大しつつあり、雲解像モデルを構成する各物理過程の精緻化が求められている。雲解像モデルの予測性能に大きな影響を及ぼす物理過程の一つは雲微物理スキームであり、これまでに改善が試みられてきた。これまでは混合比のみを予報する one-moment(以下 1M) スキームが広く用いられてきたが、混合比のみの予報ではエアロゾルの間接効果などを含む複雑な水物質転換を表現することは難しく、two-moment(以下 2M)スキームの適用が試みられている。例えば Morrison ら(2005)は 2M スキームによりスコールラインの再現性が向上することを示し、Seifert & Beheng (2006)や Lim & Hong (2010)はエアロゾルを考慮する 2M スキームを提案している。

しかし、長期予測については 1M スキームを用いた検証実験（例えば放射対流平衡実験など）が見られるが、長期的なメソ対流系では見られず、2M スキームの影響は議論されていない。本研究では 2M スキームを短期・長期のメソ対流系へと適用し、2M スキームの妥当性と 2M スキームの長期メソ対流系への影響を調べる。

2. Two-moment スキーム

図 1 に水物質の転換経路を示す。各転換経路のパラメタリゼーションは従来のモデル化に従う。過飽和を考慮するために condensation / deposition スキームは Morrison et al. (2005)のスキームを使用する。雲水、雨水の転換は Seifert & Beheng (2006)に従う。Two-moment スキームでは初期の雲水・雲氷の数を予報するために、凝結核の生成も考慮する必要がある。雲水については Lim & Hong (2010)の方法、雲氷については Mayers ら(1992)の方法により凝結核の生成を考慮した。1M/2M スキームは共に MSSG モデル (Baba et al. 2010)へ組み込む。

長期積分において放射を考慮するとき、雲の光学特性として最も影響のあるパラメータは、雲のアルベドを決定する粒子の有効半径である。1M スキームでは通常、有効半径は固定として与える方法を取るしかないが、2M スキームでは数密度が既知なので動的に算出することができる。有効半径の算出方法は McFarquhar & Heymsfield (1998)に従った。短波放射との相互作用に影響を持つのは小粒径の水物質

であるため、ここでは雲水と雲氷についてのみ、有効半径・体積濃度を考慮した。

以下、1M/2M スキームを(MSSG single / double-moment water 6、以下それぞれ、MSW6・MDW6 と表記)とする。以降に示す実験では比較のために Grabowski (1998)を使用した（以下 GW3 と表記）。

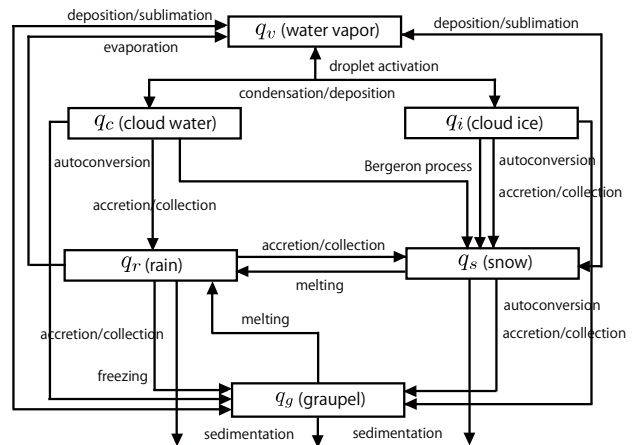


Fig.1 Conversion diagram of one/two-moment scheme.

3. 熱帯・中緯度におけるスコールライン実験

まず始めに熱帯・中緯度のスコールライン実験を行うことで 2M スキームの妥当性を確認した。熱帯および中緯度のスコールライン実験設定はそれぞれ Redelsperger et al. (2000)および Weisman & Klemp (1984)に従い、計算は 2 次元で行う。計算領域は水平 1000km、鉛直 20km まで考慮した。積分時間はともに 7 時間とした。

図 2 に最も特徴的な傾向とモーメント数による差異が見られた中緯度の降水のホフメラー図を示す。MSW6、MDW6 とともに GW3 と定性的には同様の傾向を示していることが分かり、さらに MDW6 では非対流性層雲による弱い降水が下流側（風向きは東風）まで続いていることが分かる。この傾向は Morrison et al. (2009)で指摘されている 2M スキームの特徴と同様であり、実際のスコールラインでもこのような弱い降水帯が観察される。ここでは示さないが、熱帯では 2M スキームによるスコールラインの進行速度が他スキームよりも遅く、対流性が低下する傾向が見られた。この傾向も既往研究で指摘された 2M スキームの特徴と一致している。

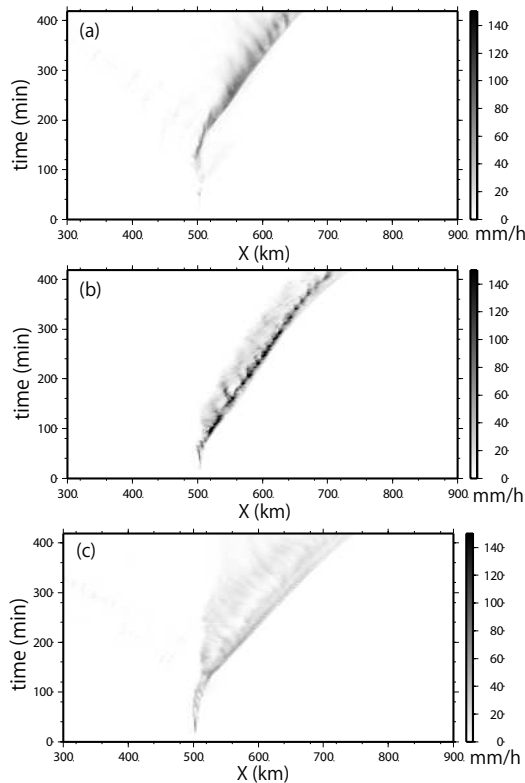


Fig.2 Hovmöller diagrams of precipitation.
(a) GW3, (b) MSW6 and (c) MDW6.

4. 放射対流平衡実験

2M スキームによる長期メソ対流系への影響を検証するため、放射対流平衡実験を実施した。放射対流平衡実験の条件設定としては単純化された設定である Grabowski (2006)に従う。計算領域は 300km、水平解像度 2km とし、積分は 90 日間行った。

図 3 に得られた外向き長波放射 (OLR: outgoing longwave radiation) と外向き短波放射 (OSR: outgoing shortwave radiation) の領域平均値の時間変化を示す。OLR の変化では MSW6 が最も高い値を示し、MDW6 と GW3 では変動量に違いが見られるものの、平均値はほぼ同じである。OSR の変化では MSW6 が最も低い値を示し、ここでも MDW6 と GW3 の平均値はほぼ同じとなっている。このことから、MDW6 では雲粒密度が GW3 に比べて非均質になっており、局所的に雲量と雲（特に粒径の小さい低層雲）のアルベドが高くなっていることが推測できる。ここでは示さないが降水量の傾向もこの推測に合致する傾向 (MDW6 では平均値は同じであるものの GW3 よりも降水量の変動が大きい) を示した。以上のことから、2M スキームの長期メソ対流系への影響は積雲挙動の変動強度に現れると言える。加えて 1M と 2M を比較すると、2M では雲アルベドの平均値が上昇し、系の熱バランスが変化している点も影響の一つとして挙げられる。

5. まとめ

新たに 1M/2M スキームを構築し、長期メソ対流系に対する 2M スキームの影響を調べた。まず、モデルの妥当性を確認するために熱帯・中緯度のスコールライン実験を行った。構築した 1M/2M スキームは既往研究と定性的に同様の傾向を示し、2M スキームはスコールラインの特性をよく再現することが分かった。次に放射対流平衡実験により 2M スキームの影響を評価した。2M スキームでは 1M スキームに比べて積雲の変動強度が高くなり、加えて雲のアルベドが高くなり、系の熱バランスが変化することが分かった。以上の特徴は雲粒の偏在による影響が大きいと考えられるが、今後より詳細な検証が必要である。

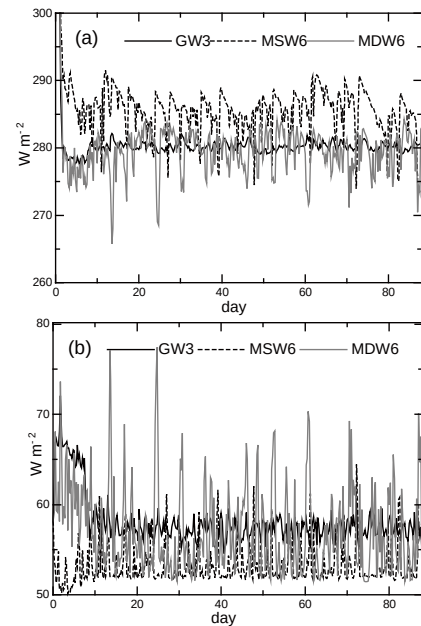


Fig.3 Time variations of (a) OLR and (b) OSR for 90 days.

参考文献

- [1] Morrison, H. et al., 2005: *J. Atmos. Sci.*, **62**, 1665-1667.
- [2] Seifert, A. and Beheng, K. D., 2006: *Moeteorol. Atmos. Phys.*, **92**, 45-66.
- [3] Lim, K.-S., Hong, S.-Y., 2010: *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 1587-1612.
- [4] Mayers, M. P. et al., 1992: *J. Appl. Meteorol.*, **31**, 708-721.
- [5] Baba, Y. et al., 2010: *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 3988-4005.
- [6] McFarquhar, G. M., Heymsfield, A. 1998: *J. Atmos. Sci.*, **55**, 2039-2052.
- [7] Grabowski, W. W., 1998: *J. Atmos. Sci.*, **55**, 3283-3298.
- [8] Weisman, M. L. & Klemp, J. B., 1984: *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 2479-2498.
- [9] Redelsperger, J.-L. et al. 2000: *Q. J. R. Meteor. Soc.*, **126**, 823-863.
- [10] Grabowski, W. W., 2006: *J. Climate*, **19**, 4664-4682.