

Melting Layer Cloud の生成過程に関する数値実験

*安永 数明¹・橋本 明弘²・吉崎 正憲¹

(1 : IORGC/JAMSTEC 2 : 気象研究所)

1. はじめに

熱帯海洋上では、融解層(0°C, 高度約 4.8km)付近に頻繁に雲層が観測される。これまで雲層の生成原因は、この高度にしばしば現れる安定層による積雲対流の成長抑制と言われてきた(Detrainment shelves by Mapes and Zuidema 1996)。一方, Yasunaga et al. (2006)では、層状性降水域において融解過程により生成されている雲(Melting layer cloud)である可能性を提唱した。本研究では、融解過程と安定層による積雲対流の成長抑制のどちらが 0°C 付近の雲層の生成に関して重要かについて、数値モデルを用いて調べた。

2. モデルと実験設定

本研究では、NCAR で開発中の非静力学モデル WRF を使用した。水平、鉛直解像度は共に 250m, 時間間隔は 3 秒(音波は 0.5 秒)とした。水平、鉛直方向に 500km, 24km の領域を取った(グリッド数 2000×80)。側面境界は、放射条件とし、モデル上部には波の過剰反射を抑えるために約 5km のスポンジ層を置いた。雲微物理過程は、Lin et al. (1983)に基づいたバルク式のパラメタリゼーションを用いた。

標準実験では、TOGA COARE でライン状に組織化した積雲対流が観測された際のゾンデプロファイルを参考に、2km 以上で一定シアアの水平風; 2km 以上でほぼ湿潤断熱減率に沿った温度プロファイル; 2km 以上で水に対して一定(85%)の相対湿度を与えた。即ち安定層は、標準実験では存在しない。初期プロファイルは水平一様とし、対流を発達させるために 1.2km 以下の高度に 20km の水平幅で、温度偏差-3.5K, 水蒸気偏差-3.5g/kg のコールドプールを初期に置いた。積分は、モデル内時間で 17 時間行った。

3. 結果

図 1 は、モデルで再現された Cloud Fraction の時間-高度断面図である。0°C 付近に顕著な雲層の極大が見られる。本実験においては、初期場の安定層は存在しないため、この雲層の生成に関係ないと言える。一方で、中層の雲の出現と共に、モデル内では安定層が生成される(図 2)。この安定層が中層の雲の出現に関係している可能性は、依然として残る。そのため雲の混合比の時間変化量を、力学過程(移流+拡散)と雲微物理過程によるものに分けて調べた(図 3)。どちらも 5km 付近で極大となっているが、雲微物理過程による変化量の方が倍程度大きく、高度も雲層の出現高度に近い。この結果は、5km 付近の雲層が、その高度で生成されており、違う高度から運ばれてきている訳ではないことを示している。更に詳細に調べると、雲微物理過程の内、雲の凝結生成による加熱と融解過程による冷却がほぼバランスしていた(図 4)。このバランスは、局所的にもほぼ保たれている。すなわち、何らかの理由によって強められた凝結過程に引き続く凝固により生成された氷が落下し融解することで、強い冷却が起きているわけではなく、Yasunaga et al. (2006)で提唱した様に、融解冷却を補償する形で凝結が起これば、雲が生成されていることを示している。

また中層に人為的に安定層を置いた感度実験や、氷過程をはずし Warm Rain 過程だけを含んだ感度実験などの結果の比較から、中層の安定層よりも氷過程(融解過程)の方が、中層の雲層の出現には重要であることが分かった(図略)。

参考文献

Lin, Y.-L., R. D. Farley, and H. D. Orville, 1983: Bulk parameterization of the snow field in a

cloud model. *J. Appl. Meteor.*, **22**, 1065–1092.

Mapes, B. E., and P. Zuidema, 1996: Radiative-dynamical consequences of dry tongues in the tropical troposphere, *J. Atmos. Sci.*, **53**, 620-638.

Yasunaga, K, K. Yoneyama, H. Kubota, H. Okamoto, A. Shimizu, H. Kumagai, M. Katsumata, N. Sugimoto, and I. Matsui, 2006: Melting-layer cloud observed during MR01-K05 cruise of Res/V Mirai, *J. Atmos. Sci.*, **63**, 3020-3032.

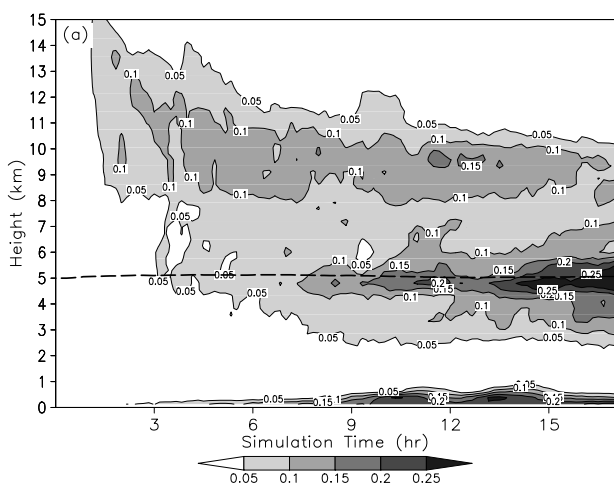


図 1 : モデルで再現された雲(雲水+雲氷+雪) > 0.05 g kg⁻¹で定義)のモデル領域に対する割合の時間-高度断面図. 高度 5 km 付近の点線は, 0°C 高度を示す.

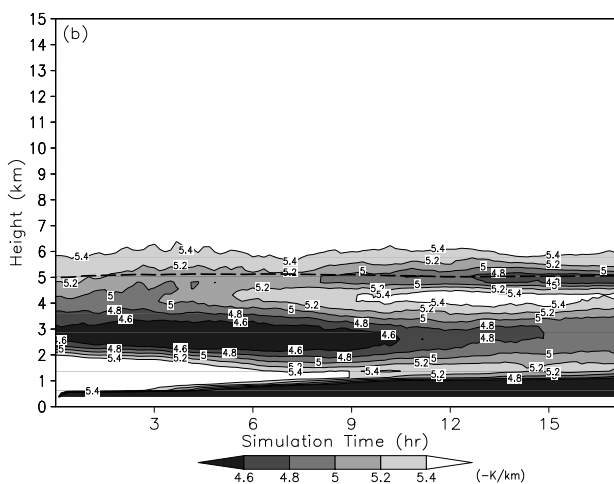


図 2 : 水平平均した温度プロファイルから計算した温度減率の時間-高度断面図. 高度 5 km

付近の点線は, 0°C 高度を示す.

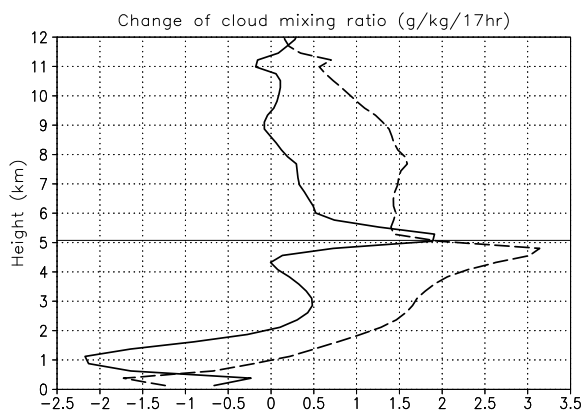


図 3 : モデル領域で平均した雲(雲水+雲氷+雪)の混合比の時間変化量. 実線が力学過程, 破線が雲微物理過程による変化量. 高度 5 km 付近の実線は, 0°C の高度を示す.

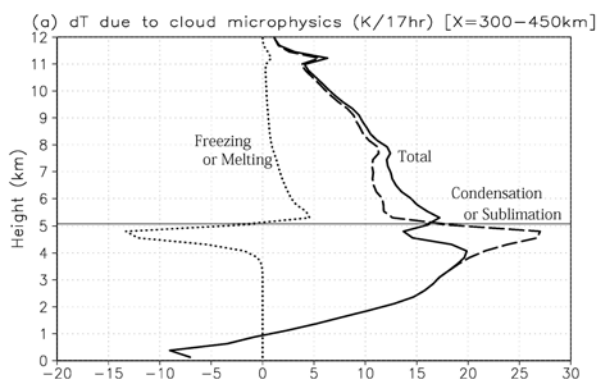


図 4 : 雲微物理過程による温度の変化量(領域平均値). 高度 5 km 付近の実線は, 0°C の高度を示す. 実線: 総加熱量, 破線: 水蒸気と氷もしくは水蒸気と水の相変化による加熱量, 点線: 氷と水の相変化による加熱量.