

# TRMM PR データからの潜熱加熱プロファイルのスペクトル推定： 2次元および3次元モデルから作成された参照テーブルの比較

\* 重 尚一 (大阪府大・工)・高 藤 縁 (東大 CCSR)・木田智史 (大阪府大・工)・Wei-Kuo Tao (NASA/GSFC)

## 1. はじめに

我々は、熱帯降雨観測衛星搭載の降雨レーダ (TRMM PR) によって観測された降水プロファイルから Q1, Q2 プロファイル (Yanai et al. 1973) を推定する Spectral Latent Heating (SLH) アルゴリズムを開発している (Shige, et al. 2004, 2007a, 2007b)。このアルゴリズムでは、雲解像モデル・シミュレーションから得られた参照テーブルを用いているが、これまで2次元モデルで作成してきた。本研究では、3次元モデルを用いて参照テーブルを作成し、2次元モデルからのテーブルと比較する。

## 2. 結果と考察

用いたモデルは、Goddard Cumulus Ensemble (GCE; Tao and Simpson 1993; Tao et al. 2003) の2次元モデル (2D) と3次元モデル (3D) である。2Dでは水平解像度 1km で領域 1024km、3Dでは水平解像度 2km x 2km で領域 256km x 256km としている。尚、今回用いている雲微物理過程は GCE 最新版 (Lang et al. 2007) ではない。また、両者ともに TOGA-COARE ゾンデ観測から得られた forcing data を用いているが、3Dのシミュレーション期間は24日間と、2Dの36日に比べて短い。

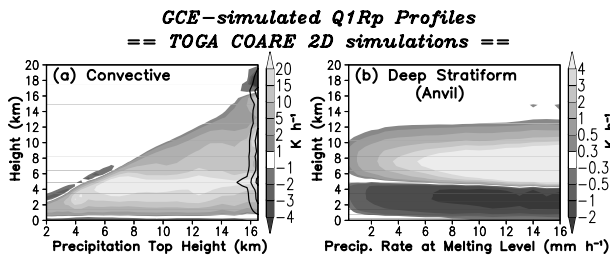


図1 Lookup tables for the (a) convective and (b) deep stratiform (anvil) regions produced from the TOGA COARE 2D simulations.

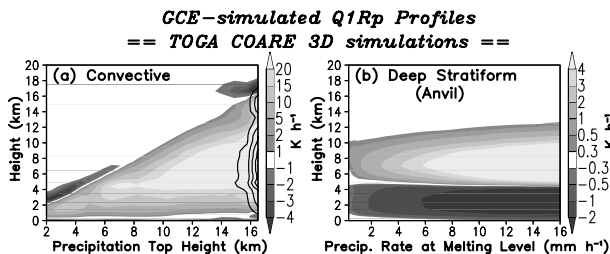


図2 Same as Fig. 1, but produced from the TOGA COARE 3D simulations.

2Dおよび3Dから作成した参照テーブルを、それぞれ図1と図2に示す。2Dのテーブルでは、降雨頂 (PTH) が高くなるにつれて加熱のトップが高くなるものの、加熱ピークの高度は6km以下にとどまってお

り、冷たい雨のプロセスよりも暖かい雨のプロセスが効いている。一方、3Dのテーブルでは、降雨頂が高くなるにつれて加熱のトップだけではなく、加熱ピークの高度も上昇しており、暖かい雨のプロセスよりも冷たい雨のプロセスが効いている。これほど顕著な差は、2Dによる TOGA COARE(西太平洋), GATE(東大西洋), SCSMEX(南シナ海), KWAJEX(中央太平洋) のテーブル比較 (Shige et al. 2007a) でも見られなかったことから、シミュレーション期間の違いでは説明できない。TOGA COARE のレーダ観測 (DeMotte and Rutledge 1998) では、降雨頂の高い雨でも固体降水量は小さいことが報告されており、3Dよりも2Dの結果の方が観測に近いと思われる。深い層状性領域では、対流性領域ほど大きな違いが見られないが、3Dの方がやや上層加熱が小さい。層状性降雨は、対流性領域で生成されて移流されてきた凝結物と層状性領域上層で生成された凝結物からなるが (Houze et al. 1980; Gamache and Houze 1983; Chong and Hauser 1989)、2Dにくらべて3Dでは前者の割合が多いため、上層加熱が小さくなっていると思われる。

2Dおよび3Dから作成した参照テーブルを用いて TRMM PR データから SCSMEX NESA 領域の Q1 プロファイルを推定し、ゾンデ観測から診断的に求められた Q1 プロファイル (Johnson and Ciesielski 2002) と比較した (図3)。両者とも大まかな特徴は診断的に求められた結果と一致するが、3Dよりも2Dからの参照テーブルの方が良い一致を示している。3Dからの参照テーブルを用いた推定値 (図3右) では対流域上層の加熱が強くなるため、2Dからの結果 (図3左) や観測結果に比べてより top-heavy が強くでている。

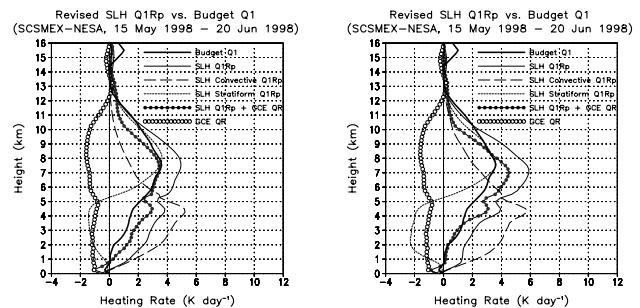


図3 Heating from diagnostic calculations for SCSMEX (15 May - 20 June 1998) (Johnson & Ciesielski 2002) and the SLH algorithm using lookup tables derived from (left) 2D and (right) 3D simulations.

対流圏上層の固体降水量が2Dに比べて3Dで大きいことは、Donner et al.(1999) によっても報告されている。また、永戸ら (2004 春, 2005 秋, 2006 秋) は気象

庁非静力学 (JMA-NHM)3D モデルが NASA の Aqua 衛星に搭載された高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) の観測データと比較して固体降水量を過大評価していると報告しており、3D 雲解像モデルに共通する問題かもしれない。

## 参考文献

Chong, M. and D. Hauser, 1989: A tropical squall line observed during the COPT81 experiment in West Africa. Part II: Water budget. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 728–744.

DeMott, C. A. and S. A. Rutledge: 1998, The vertical structure of TOGA COARE convection. Part I: Radar echo distribution. *J. Atmos. Sci.*, **55**, 2730–2747.

Donner, L. J., C. J. Seman and R. S. Hemler: 1999, Three-dimensional cloud-system modeling of GATE convection. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 1885–1912.

Gamache, J. F. and R. A. Houze Jr., 1983: Water budget of a mesoscale convective system in the tropics. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1835–1850.

Houze, R. A., Jr., C.-P. Cheng, C. A. Leary, and J. F. Gamache, 1980: Diagnosis of cloud mass and heat fluxes from radar and synoptic data. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 754–773.

Johnson, R. H. and P. E. Ciesielski: 2002, Characteristics of the 1998 summer monsoon onset over the northern South China Sea. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 561–578.

Lang, S., W.-K. Tao, R. Cifelli, W. Olson, J. Halverson, S. Rutledge, and J. Simpson, 2007: Improving simulations of convective systems from TRMM LBA: Easterly and westerly regimes. *J. Atmos. Sci.*, **64**, 1141–1164.

Shige, S., Y. N. Takayabu, W.-K. Tao, and D. E. Johnson, 2004: Spectral retrieval of latent heating profiles from TRMM PR data. Part I: Development of a model-based algorithm. *J. Appl. Meteor.*, **43**, 1095–1113.

—, —, —, and C.-L. Shie, 2007a: Spectral retrieval of latent heating profiles from TRMM PR data. Part II: Algorithm improvement and heating estimates over tropical ocean regions. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **46**, 1098–1124.

—, —, and —, 2007b: Spectral retrieval of latent heating profiles from TRMM PR data. Part III: Estimating apparent moisture sink profiles over tropical oceans. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, accepted.

Tao, W.-K. and J. Simpson, 1993: Goddard cumulus ensemble model. Part I: Model description. *Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, **4**, 35–72.

— and Coauthors, 2003: Microphysics, radiation and surface processes in the Goddard Cumulus Ensemble (GCE) model. *Meteor. Atmos. Phys.*, **82**, 97–137.

Yanai, M., S. Esbensen, and J.-H. Chu: 1973, Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets. *J. Atmos. Sci.*, **30**, 611–627.