

日本気象学会誌 気象集誌
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第86A 巻 2008年11月 目次と要旨
高解像度・雲モデリングに関する国際ワークショップ (2006年) 特別号

巻頭言：佐藤正樹・Björn STEVENS	i
目次	iii
井上豊志郎・佐藤正樹・三浦裕亮・Brian MAPES：全球雲解像モデルによってシミュレートされた 西部熱帯太平洋における深い対流雲の雲サイズの特徴	1-15
佐藤友徳・吉兼隆生・佐藤正樹・三浦裕亮・藤波初木：チベット高原上における対流活動の日変化を 対象としたメソモデルの解像度依存性について	17-31
Jimmy DUDHIA・Song-You HONG・Kyo-Sun LIM：バルク雲微物理パラメタリゼーションに おける混相粒子の落下速度に関する新しい表現方法	33-44
Xiping ZENG・Wei-Kuo TAO・Stephen LANG・Arthur Y. HOU・Minghua ZHANG・ Joanne SIMPSON：長期雲解像モデルシミュレーションにおけるアンサンブルの 雲物理過程への感度について	45-65
Anning CHENG・Kuan-Man XU：低次および3次の乱流クロージャーを用いた雲解像モデル による境界層の積雲と層積雲の数値実験	67-86
Hermann E. GERBER・Glendon M. FRICK・Jorgen B. JENSEN・James G. HUDSON： 貿易風帯積雲中のエントレインメント，混合，微物理	87-106
富田浩文：新しい格子変換法による可変20面体格子	107-119
富田浩文：雲氷の生成を診断的に表現する5/6クラスの新微物理スキーム	121-142
Björn STEVENS・Axel SEIFERT：浅い積雲対流のシミュレーションにおける微物理過程 の選択がもつ巨視的効果	143-162
高藪 縁・木本昌秀：T106大気大循環モデルにおいて再現された降水の日周期長距離移動と その積雲スキーム依存性	163-173
Brian MAPES・Stefan TULICH・那須野智江・佐藤正樹：対流を陽に計算した水惑星数値実験 における予測可能性	175-185
伍 培明・山中大学・松本 淳：西カリマンタン（ボルネオ）島上の対流が沖に形成する夜間 の雨	187-203
Paquita ZUIDEMA・Brian MAPES：衛星および船舶から観測されたベンガル湾と 熱帯東太平洋域の雲の鉛直構造	205-218
那須野智江：全球非静力学水惑星数値実験における赤道域の平均東西風	219-236

.....◇.....◇.....◇.....

井上豊志郎・佐藤正樹・三浦裕亮・Brian MAPES：全球雲解像モデルによってシミュレートされた西部熱帯太平洋における深い対流雲の雲サイズの特徴

Toshiro INOUE, Masaki SATOH, Hiroaki MIURA, and Brian MAPES : Characteristics of Cloud Size of Deep Convection Simulated by a Global Cloud Resolving Model over the Western Tropical Pacific

全球雲解像モデル NICAM の3.5 km メッシュおよび7 km メッシュでシミュレートされた雲クラスターの空間サイズについて調べた。3.5 km メッシュは2006年12月25日00 UTC の再解析データを基に7日間、一方7 km メッシュは2006年12月15日00 UTC から32日間の実験をした。深い対流雲として NICAM では外向き長波長放射 (OLR) を用い、日本の静止気象衛星 (MTSAT-1R) の11ミクロンチャンネルの赤外輝度温度 (TBB) との比較から解析を行った。アンピルも含めた深い対流雲を分類する閾値として輝度温度208 K と253 K を用いた。本研究では208 K を“より深い”対流雲とした。海洋大陸と西部熱帯太平洋を含む熱帯域 (10 N-10 S, 90 E-160 W) で、二つの輝度温度の閾値で定義された雲域の大きさと対応する OLR の閾値 90 Wm^{-2} と 210 Wm^{-2} (輝度温度と OLR の積算ヒストグラムから選別された) で定義された雲域の大きさについて調べた。

雲サイズ分布についての解像度依存性の比較では、

3.5 km メッシュの方が7 km メッシュに比べて MTSAT-1R の観測により近いことが分かった。また、3.5 km メッシュではより深い対流の小さな雲サイズの頻度はやや少なく、非常に大きな雲サイズは表現できていないことが分かった。雲サイズ分布の海洋大陸と海洋域での違いを見ると、海洋域 (160 E より東) よりも海洋大陸 (160 E より西) で MTSAT-1R の観測に近かった。雲域の時間変化を見ると、3.5 km メッシュでは海洋大陸域で、MJO に伴う雲域増加も含めた日変化を表現できていた。海洋大陸の大きな島での朝方と夕方における対流活動の違いも3.5 km メッシュでは表現されていた。

気候研究で全球雲解像モデルを用いる際には、雲サイズ分布の解析は雲特性のシミュレーションの改良に新たな次元をもたらすと考える。深い対流雲の現実的な表現に関連するだけでなくモデルの放射収支の改善にも役立つ。

佐藤友徳・吉兼隆生・佐藤正樹・三浦裕亮・藤波初木：チベット高原上における対流活動の日変化を対象としたメソモデルの解像度依存性について

Tomonori SATO, Takao YOSHIKANE, Masaki SATOH, Hiroaki MIURA, and Hatsuki FUJINAMI : Resolution Dependency of the Diurnal Cycle of Convective Clouds over the Tibetan Plateau in a Mesoscale Model

積雲対流パラメタリゼーションを用いないメソスケールモデルにより、降水の日周期に対するモデルの水平格子間隔の感度を調べた。水平格子間隔の異なる4種類の実験を行い、NCEP再解析データをモデルの境界値として、それぞれ1ヶ月間の積分を行った。実験で採用した格子間隔は3.5 km から28 km の範囲であり、これは積雲対流パラメタリゼーションを使用するか否かの中間的な格子間隔サイズとして知られる。本研究では、明瞭な対流システムの日変化が観測されている春のチベット高原を対象とした。

解像度の低い (14 km や28 km メッシュ) 実験では、観測に比べて積雲対流の発生と最盛期の時刻が遅くなる結果となった。逆に、解像度の高い (3.5 km や7 km メッシュ) 実験では、正午過ぎに雲の発達が

みられ、観測と一致する結果が得られた。また、格子サイズが大きいくほど、鉛直積算した凝結物量や降水強度が大きくなる傾向がみられた。これまでの対流システムの解像度依存性に関する研究は、短期間の数値実験によるものがほとんどであるが、本研究で得られた体系的な解像度依存の特徴は、月平均した日変化においても明瞭に確認できた。これらの結果から、チベット高原で現実的な対流活動の日変化位相を再現するためには、少なくとも7 km 以下の格子間隔が必要であるということが示された。

実験により得られた解像度依存性の原因について考察を行った。春季のチベット高原上で、日中の不安定成層によって発生する初期の対流は、低解像度の実験で解像することのできる水平スケールに比べて小さい

と考えられる。低解像度の実験では雲の発生が遅れることにより、下向きの短波放射や陸面からのフラック

スが大きくなり、結果的に降水量が過大になることが指摘された。

Jimmy DUDHIA・Song-You HONG・Kyo-Sun LIM：バルク雲微物理パラメタリゼーションにおける混相粒子の落下速度に関する新しい表現方法

Jimmy DUDHIA, Song-You HONG, and Kyo-Sun LIM : A New Method for Representing Mixed-Phase Particle Fall Speeds in Bulk Microphysics Parameterizations

部分的に着霜化した粒子をより現実的に表すことのできる混相についてのバルク法微物理スキームの簡単な改良方法を示す。新しい手法では雪と霰の粒子を統合し、両方とも混合比の重み付け平均による単一の落下速度をもつとし、これを落下過程と併合過程に対して適用する。これにより、霰の落下を別途扱うことによる問題、および雪と霰が大きい相対速度をもつために霰が雪を過剰に併合することの問題を回避することができる。その代わりに、統合された霰と雪は一緒になって落下し、着霜によって雪と霰の相対比に応じて成長する。すなわち、粒子は霰と雪の中間的な性質をもち、部分的に着霜化しているようにふるまう。

新しい手法によるテストとして、Weather Research and Forecasting (WRF) モデルの6カテゴリ単一バルク微物理スキーム (WSM6) を用いて高解像度の理想化した実験と、韓国における夏季および冬季のメソスケールの豪雨現象についての実験を行った。新しい手法による雲の構造と降水におよぼす効果は、衝突率の効果の方が、落下速度の効果よりも大きかった。これらのテストにより、霰の生成率の大幅な減少と雪の増加が確認され、雲の構造と地表面での降水分布に影響を与えることがわかった。このスキームは降水強度の改良と降水予報の改善に大きな可能性をもつ。

Xiping ZENG・Wei-Kuo TAO・Stephen LANG・Arthur Y. HOU・Minghua ZHANG・Joanne SIMPSON：長期雲解像モデルシミュレーションにおけるアンサンブルの雲物理過程への感度について

Xiping ZENG, Wei-Kuo TAO, Stephen LANG, Arthur Y. HOU, Minghua ZHANG, and Joanne SIMPSON : On the Sensitivity of Atmospheric Ensembles to Cloud Microphysics in Long-Term Cloud-Resolving Model

2つの集中観測データの一月にわたる広域データを使い、雲解像モデルを走らせ、雲と降水のシミュレーションを行った。結果は観測データを比較することにより評価した。雲物理過程について、氷晶核の数密度を考慮した新しい Bergeron 過程のパラメタリゼーションを考案した。シミュレーション結果は氷晶核の

数密度と氷晶数の増加率により変化した。モデルは2次元と3次元で行い、その結果を比較したところ、氷晶核の数密度が高い時の方が次元の差による変化が大きかった。この変化は、3次元の場合の方がより強い上昇流を持つ多くの対流コアが発生することから説明された。

Anning CHENG・Kuan-Man XU：低次および3次の乱流クロージャーを用いた雲解像モデルによる境界層の積雲と層積雲の数値実験

Anning CHENG and Kuan-Man XU : Simulation of Boundary-Layer Cumulus and Stratocumulus Clouds Using a Cloud-Resolving Model with Low- and Third-order Turbulence Closures

サブグリッドスケール (SGS) の凝結と輸送の効果は、典型的な格子間隔がラージエディシミュレーショ

ン (LES) に使われている大きさから雲解像モデル (CRM) に使われている大きさに増加するにつれて重

要になっていく。このような SGS の効果は、熱力学的、そして力学的変数に対して高次モーメントを用いた確率密度関数による方法を導入することにより実現される。本研究では、浅い積雲と層積雲が低次 (1.5 次; LOC) と 3 次の乱流クロージャー (TOC) の CRM の二つのバージョンでどのようによくシミュレートされるかを調べる。クロージャーの格子間隔に対する感度を、水平格子間隔をコントロール実験 (標準の CRM の格子間隔 4 km) から徐々に細かくすることによって調べた。

実験によると、TOC による CRM の標準的な解像度では、積雲はほぼ SGS 輸送過程により生成されるが、層積雲は SGS と格子スケールの過程によって生成される。一方、LOC による CRM では、モデル内

で雲層内の SGS 輸送が小さいままであるため、積雲と層積雲を生成するための循環が解像される必要がある。雲量や液水量の様な熱力学的量は CRM の二つのバージョン間で大きな差異があり、TOC の方が LOC よりも LES の結果に近い。浅い積雲と層積雲の特徴と時間変化、平均分布は、TOC CRM で用いた水平格子間隔には弱く依存する。しかし、SGS と解像されたスケールのフラックスの比は、水平格子間隔が減少するにつれて小さくなる。雲底下層のフラックスは、水平格子間隔がこの層の厚さに近い場合には、解像されたスケールによるものでほとんど説明できる。TOC を用いた実験を総括すると、浅い積雲や層積雲を表現するための CRM における適当な格子間隔は 1 km である。

Hermann E. GERBER • Glendon M. FRICK • Jorgen B. JENSEN • James G. HUDSON : 貿易風帯積雲中のエントレインメント, 混合, 微物理

Hermann E. GERBER, Glendon M. FRICK, Jorgen B. JENSEN, and James G. HUDSON : Entrainment, Mixing, and Microphysics in Trade-Wind Cumulus

RICO (Rain in Cumulus Over the Ocean) 観測期間中の NCAR C-130 研究用飛行機による 1 フライトによって観測された貿易風帯積雲 (Cu) の微物理の鉛直方向の時間発展を解析した。本フライト中に観測された 200 以上の Cu のうち、雲水量が最大となりレーダーによって降水の最初の段階がとらえられる高度である雲頂から約 250 m 下を、単一の成長する Cu 列を貫くように航行して観測したものを選んだ。Cu の一連のサンプルにおける鉛直方向の時間発展はラグランジュ的であると仮定した。エントレインメント率、エントレインされる空気塊の大きさ、混合のメカニズム、雲粒径分布に対する効果を測定し、評価した。パーセルモデルを飛行機観測における 1100 m の最大 Cu 高度に対して適用し、雲核が雲粒径分布の発展と“ドリズル型の長いテールをもつスペクトル分布”の成長へ及ぼす影響を評価するために、観測された多数の微小雲粒とわずかな巨大核 (GN) および超巨大海塩核 (UGN) の関係を決定した。PVM (Particle Volume Monitor 粒子体積計測器) を用いて 10 cm の解像度で雲内の微物理を測定することで、これらの問題における新しい視点を得られる。

結果をまとめると次のようになる; 主としてエン

トレインメントにより雲粒のサイズが大きく変わらないまま希釈化が生じ、エントレインされた冷湿な空気との混合の結果、極端に非均質な混合あるいは均質混合 (この方が可能性が高い) が生じる。エントレインされた空気塊は非常に小さく、Cu に入ると正規対数型分布に従って急速に減衰する。その結果、過断熱の水滴は存在しない。エントレインされた空気塊は、小さい Cu のレーダーでしばしば観測されるブラッグ散乱の「マントルエコー」と整合的である。FSSP (Forward Scattering Spectrometer Probe: 前方散乱スペクトロメーター) によって測定された水滴のスペクトルは高度によらずほぼ一定である。このような自己保存的なスペクトルは、雲底で生じた雲粒のエントレインによる希釈化、エントレインされた CCN (雲凝結核) による雲粒の活性化、およびドレイン及び併合成長することによる減少との近似的なバランスによるものである。海塩核は Woodcock の風依存性に従うとき、パーセルモデルにより、観測された高度とともに増加するというドリズルの形成に重要な役割を果たすことが示された。これらの Cu の雲頂近くでは、捕捉成長が主要な雲粒の成長メカニズムである。

富田浩文：新しい格子変換法による可変20面体格子

Hirofumi TOMITA : A Stretched Grid on a Sphere by New Grid Transformation

本論文では球面上での一様格子に関して一般的な格子変換法を提案する。本方法は現在良く用いられているシュミット変換をも包含し、シュミット変換の直観的な解釈を示す。本方法では、等方性と一様性の両方を考慮し評価関数を導入する。変換関数のための微分方程式は評価関数が最小値を取るという条件のもとで導出される。本論文で提案された変換法はシュミット変換で見られるターゲットとする領域の中心で格子が細くなりすぎる問題を回避するので、本方法は計算

効率の面でもシュミットの方法より有利である。

この変換法を正20面体格子に応用した。本方法での可変格子の効果を調べるため、浅水波方程式の標準実験 (Williamson *et al.* 1992) に基づく移流テストを行った。細かい格子が分布しているターゲット領域ではエラーの成長率が小さくなることが分かった。ターゲット領域と粗い格子の領域の間の遷移領域では、異常なエラーを出すことなくスムーズに移流されることを確かめた。

富田浩文：雲氷の生成を診断的に表現する 5 / 6 クラスの新微物理スキーム

Hirofumi TOMITA : New Microphysics with Five and Six Categories with Diagnostic Generation of Cloud Ice

Lin *et al.* (1983, J. Appl. Meteor.) をもとにして、5クラスと6クラスの新しい雲微物理スキームを開発した。新しいスキームでは、雲氷は飽和調節過程によって作られる。更に、6クラスのスキームでは、あられの湿り効果を見捨てて計算を軽減させた。これらの単純化により、通常の Lin タイプのスキームよりも計算コストが抑えられる。本論文で提案したスキームの妥当性を検討し、及び他のスキームとの比較のため、スコールラインの計算を行った。この実験では、

NICAM の力学コアを使い可変20面体格子を用いた。このテストでの結果、あられの過程を含むスキームはそれを含まないスキームに比べてスコールラインは早く発達することが分かった。新しい6クラスのスキームは、プロセスを簡略化しているにも関わらず、物理的パフォーマンスは Lin タイプのスキームとほとんど同じである。一方、計算パフォーマンスは Lin タイプに比べて高い。

Björn STEVENS・Axel SEIFERT：浅い積雲対流のシミュレーションにおける微物理過程の選択がもつ巨視的効果

Björn STEVENS and Axel SEIFERT : Understanding Macrophysical Outcomes of Microphysical Choices in Simulations of Shallow Cumulus Convection.

微物理過程の表現に対する浅い積雲対流のシミュレーションの感度を、2つのバルクスキーム (Seifert and Beheng および Khairoutdinov and Kogan) で貼られるパラメータ空間に着目して調べた。研究の基底として、LES、簡易モデル、および演繹的な微物理方程式の解析を用いる。数値計算は Rain in Cumulus Over the Ocean (RICO) の観測から得られるデータで初期化した。シミュレートされた雲の深さは 2-3 km の範囲であった。微物理過程に対する感度は、より簡易なモデルの振る舞いにもとづいて理論的に解釈できる。特に、気相-液相変換と凝結物上での一定割

合の付着過程のみからなるパーセルモデルは、複雑なシミュレーションにおける微物理スキームの振る舞いに対する有益な知見を与える。第一近似として、数濃度が単純に雨の形成が始まる雲の深さを選択するが、異なるスキームではその深さも異なる。気相-液相変換と付着過程の相互作用のために、雲の深さの雲粒数濃度への依存性は、気相-液相変換のみから推定されるものよりもかなり弱くなる。このことは、大気中エアロゾルがそれほど降雨を調節していないことを示唆する。降水を伴わない雲がより早く深くなるといった力学的フィードバックは、降水率の数濃度への感度

をさらに弱め、あるいは逆転さえし得る。我々の解析は、共通に仮定される雨粒の指数関数的分布が2モーメント微物理スキームにおける沈着過程を強く歪める

ことおよび、自己凝集や雨滴の分裂といった過程が浅い積雲対流のシミュレーションにとって無視できないことを示唆している。

高藪 縁・木本昌秀：T106大気大循環モデルにおいて再現された降水の日周期長距離移動とその積雲スキーム依存性

Yukari N. TAKAYABU and Masahide KIMOTO : Diurnal March of Rainfall Simulated in a T106 AGCM and Dependence on Cumulus Schemes

全球熱帯域の様々な海陸域において降水活動が日周期で長距離移動する様子が、海面水温を与えた大気大循環モデル (CCSR/NIES/FRCGC 共同開発) の T106解像度実験により、現実的に再現された。

熱帯降雨観測計画 (TRMM) 衛星搭載のマイクロ波放射計 (TMI) および降雨レーダー (PR) データとの比較解析から、予報的 Arakawa-Schubert (PAS) 積雲パラメタリゼーションに相対湿度の閾値

法を導入することにより、降雨の日変化、特に長距離移動の様子が大幅に改善することが示された。その理由として、オリジナル PAS は境界層加熱に従属的であるのに対し、積雲対流の条件として雲層の相対湿度の閾値を設けると、積雲対流と自由対流圏の重力波との結合が強められるようになり、日変化が改善されると考察された。

Brian MAPES・Stefan TULICH・那須野智江・佐藤正樹：対流を陽に計算した水惑星数値実験における予測可能性

Brian MAPES, Stefan TULICH, Tomoe NASUNO, and Masaki SATOH : Predictability Aspects of Global Aquaplanet Simulations with Explicit Convection

東西一様条件の高解像度水惑星実験について東西方向のフーリエ解析を行った。本研究では熱帯に着目する。熱帯では大規模な天候が対流に結合した波動を多く含むため対流を陽に扱う意義が特に大きい。2つの計算の間の差異の二乗値は初期の微小値から成長して飽和値すなわち気候値の分散の2倍にまで達した。差異は103 km 以下の東西波長域においてはほぼ1日で飽和する。熱帯の長波について飽和までにかかる時間は少なくとも2週間の予測可能性を示唆する。この時間スケールは中緯度の流れに対しても同様である。中緯度の流れは3次元モデルでは熱帯の波動と相互作用するが、赤道道を想定した2次元モデルにおける純粋な対流結合波動についても同様の時間スケールが見られた。これらの結果からは、熱帯の予測可能性が熱帯のカオスと熱帯-中緯度間相互作用のどちらによってより制約されるかに関して単純な結論は引き出しえない。

差異の成長は飽和エネルギースペクトルを水平 (スケールの拡大) よりはむしろ鉛直 (値の増加) 方向に埋める形で現れる。成長率のスケール拡大は従って小スケール飽和後の大スケールの連続的増幅の形で起こる。このことは何が飽和 (気候) パワースペクトルの形状を決めているのかという疑問を誘引する。風速のパワースペクトルは自由大気中では対数傾斜 $-3/5$ の冪乗則にほぼ従い、特筆すべきことに2次元計算でも同様である。これは、風の発散が白色スペクトルであった場合に予想される -2 乗の傾きとは明らかに異なる。よく知られた $-3/5$ 乗の傾きについての解釈——即ちカスケードを示唆するような、起点のスケールから終点のスケールへの規則的で保存性の成り立つ変換——対数波長空間における局所的な相互作用によってなされる——はこれらの熱帯の湿潤波動に対しては殆ど成り立たない。

伍 培明・山中大学・松本 淳：西カリマンタン（ボルネオ）島上の対流が沖に形成する夜間の雨

Peiming WU, Manabu D. YAMANAKA, and Jun MATSUMOTO: The Formation of Nocturnal Rainfall Offshore from Convection over Western Kalimantan (Borneo) Island

本論文は現地気象観測、衛星観測データと数値モデルを用いてカリマンタン（ボルネオ）島西部及び近海における対流活動の日変化を調べた。熱帯降雨観測衛星（TRMM）で観測された降水データの解析により、降水はカリマンタン島沿岸では午後から夕方にかけて、島の中央部及び近海上では夜半から早朝にかけて多く発生していることが示された。島の西岸部における地上気象観測結果から、雨天日も含めたほとんどの日で太陽短波放射が強く、海陸風循環が顕著にみられる。また、QuikSCAT 衛星の海上風データによると、早朝に西カリマンタン島沖で海へ向かう強い突風が時々、観測される。

この地の雨期における1ヶ月間のモデル気候実験を行った結果、衛星で観測された対流日変化の特徴がよ

く再現された。午後に海風の進入に伴い、島上の海岸に沿って対流が広範囲に同時に発生する。この午後から夕方にかけての対流・降雨により沿岸部陸下の下層大気が冷却されて、海上の下層大気との間に温度勾配が形成される。この温度勾配によって夜半から早朝にかけて形成された局地循環に伴い、島から近海に向かう突風が引き起こされると共に、沖合では気流の収束が雲を生じて雨を降らせることがわかった。従って、典型的な陸風循環の場合のような放射を主原因とする夜間陸地冷却とは異なり、カリマンタン島西部及び近海域では午後における島上の対流性降雨による冷却を主原因とする局地循環が、夜間における沖合での降水形成に本質的な役割を果たしていることが示された。

Paquita ZUIDEMA・Brian MAPES：衛星および船舶から観測されたベンガル湾と熱帯東太平洋域の雲の鉛直構造

Paquita ZUIDEMA and Brian MAPES: Cloud Vertical Structure Observed from Space and Ship over the Bay of Bengal

熱帯海洋上の2つの離れた地域における雲の鉛直構造を、船舶搭載（35 GHz）および衛星搭載（94 GHz）雲レーダーデータにより特徴づけた。野外観測の船舶データは日変化全体と鉛直の詳細構造を捉えることができ、CloudSat はより広い地域からのサンプリングが可能である。野外観測とCloudSatの結果は完全に一致はしなかった。解析域のひとつはJASMINE 観測の行われたベンガル湾、もう片方は、EPIC 実験の行われた東太平洋熱帯収束帯域を選んだ。船舶データも衛星データも共に、高度の高い雲（高度9-14 km, 最大11-12 km）については、熱帯東太平洋よりもベンガル湾でより多く観測した。これは上層の東風による移流の効果であると推測される。雄大積雲を一部含む下層の雲は、ベンガル湾よりも東太平洋に多い特徴があった。東太平洋上の下層雲量は、野外実験中データによるベンガル湾とほぼ同等だったのに対して、CloudSat 観測によるとたったの1/3であった。融解層高度の雲についても、野外観測ではJASMINE データの方がEPIC データよりも明瞭で

あったが、よりデータ量の多いCloudSat データでは、その傾向が逆であった。これらの違いは、数週間のポイント的な観測では、雲の地域性について一般化した議論はできないことを示唆している。

プレモンスーンオンセットの状況では、午後の下層雲量の小さな極大があり、典型的に一晩一回の雨が見られた。また高く薄い巻雲はよく見られた（光学的厚さが2以下でice water pathが40 gm⁻²未満の雲量が35%）。モンスーンオンセット後には、船舶搭載の雲レーダー観測から雲の構造、降水、大規模風の間に相関関係が示された。CloudSat は、プレモンスーンの期間には、降雨を伴う低い雲をあまり検知しなかったが、下層雲のほぼ最大および最小の時刻に高い雲を観測した。興味深い発見としては、CloudSat ではどちらの領域においても10 dBZ 未満の反射強度の非常に高い雲が日中に多いことであった。これは海上のみの熱帯ベルト全体をカバーする一年のデータでも同じであった。この日中の高い雲は先行する対流からの流れ出しの残りを反映していたかもしれない。2つの

レーダーの比較からは、レイリー散乱とミー散乱の違いも顕著であった。

那須野智江：全球非静力学水惑星数値実験における赤道域の平均東西風

Tomoe NASUNO: Equatorial Mean Zonal Wind in a Global Nonhydrostatic Aquaplanet Experiment

対流を陽に計算した7 km 格子の全球非静力学モデルによる水惑星数値実験の結果について平均東西風に関する解析を行った。30日間の数値計算における平均風は赤道に上昇域をもつハドレー循環を形成し、赤道域の平均東西風は対流圏下層で東風、上層で西風であった。湿潤対流の影響の大きい赤道域に着目し、平均東西風に対する運動方程式の各項を診断的に求めた。赤道付近において平均風を維持する主要な項は移流項である。東西風を平均と平均からの偏差とに分離し、それぞれの成分による移流項を算出した。赤道域(1°N–1°S)においては偏差風による西風加速が平均風による下層東風成分の上方輸送とバランスしてい

た。西風加速の主要因を特定するため、偏差風を水平スケールによって分離し、それぞれの成分について運動量流束発散量を求めた。同様の手法により非断熱加熱率による分離も行なった。その結果、対流圏上層の主な西風加速源は惑星規模の擾乱に伴う運動量輸送であり、特に湿潤ケルビン波の役割が大きいことが分かった。一方、対流圏中下層においては総観規模およびメソスケールの擾乱が西風加速をもたらしていた。また、上層の西風加速は主に雲のない場所で、中下層の加速は対流性の雲のある場所で起こることも示された。