

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

第81巻 第2号 2003年4月 目次と要旨

論文

- 二宮洸三・柴垣佳明：1991年7月1～10日に観測された梅雨前線雲システム家族 .....193-209  
柴垣佳明・山中大学・北（深瀬）美紀・橋口浩之・前川泰之・深尾昌一郎：MU レーダーによって  
観測された台風9426号（Orchid）のメソ  $\alpha$  スケール風速場と降水雲 .....211-228  
陳 敬陽・上田 博・李 東仁：レーダー反射因子を用いた梅雨期の降雨タイプの  
客観的分類 .....229-249  
Keqin DUAN・Tandong YAO：地球温暖化に伴うヒマラヤのモンスーン変動 .....251-257  
梶川義幸・安成哲三・川村隆一：インド洋の東西非対称偏差に対する西部太平洋の  
局所ハドレー循環の役割 .....259-276  
馬 耀明・石川裕彦・塚本 修・Massimo MENENTI・Zhongbo SU・王 介民・  
姚 檀棟・小池俊雄・安成哲三：土地利用が非一様なチベット高原を対象とした  
衛星データを用いた地表面フラックスの算出 .....277-293  
廣田道夫・宮川幸治・吉松和義・柴田清孝・永井智広・藤本敏文・牧野行雄・内野 修・  
赤木万哲・H. FAST：ECC オゾンゾンデで観測された1999/2000年の  
カナダ・ユーレカ基地上空における成層圏オゾンの減少について .....295-304  
Toni PUJOL：放射対流次元モデルにおける最大散逸過程の渦熱拡散 .....305-315  
米山邦夫：熱帯西部太平洋海域における湿度変動 .....317-337  
Chung-Chieh WANG・George Tai-Jen CHEN：TAMEX における異なる  
フルード数の流れのレジーム下での風下メソ低気圧の形成 .....339-365  
清野直子・吉門 洋・小林文明・佐藤純次・つくば域降雨観測実験グループ：  
関東で観測された局地前線の鉛直構造 .....367-391  
久芳奈遠美・岩淵弘信・圓山憲一・早坂忠裕・武田喬男・藤吉康志：非降水性層状水雲の  
光学特性に及ぼす雲凝結核の影響に関するパラメタリゼーション .....393-414

要報と質疑

- 安中さやか・花輪公雄：北半球海面水温場に見出されたレジームシフト：熱帯変動に関する再訪  
.....415-424  
大崎祐次：W バンド帯電波を使った衛星搭載型雲レーダにより観測されたドップラ速度の誤差の  
シミュレーションによる評価 .....425-435  
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2003年1月号・2月号） .....437  
気象集誌次号掲載予定論文リスト .....438

.....◇.....◇.....◇.....

## 二宮 浩三・柴垣 佳明：1991年7月1～10日に観測された梅雨前線雲システム家族

Kozo NINOMIYA and Yoshiaki SHIBAGAKI: Cloud System Families in the Meiyu-Baiu Front Observed during 1-10 July 1991

1991年7月1～10日の期間について梅雨前線に沿って並ぶ sub-synoptic-および meso- $\alpha$ -scale の雲システムの様相を TBB (雲頂相当黒体温度) データと ECMWF 再解析データによって調べた。

この期間、4個の sub-synoptic-scale の雲システムが通過した。その波長と周期は2000～3000 km、および2～3日であり、短波トラフと梅雨前線 sub-synoptic-scale 低気圧に伴って発現した。低気圧の最盛期には850 hPa 相対湿度は $6 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 以上で、対流圏中層に達する鉛直構造を示す。この雲システム全体は～3日以上持続し、南西部には対流雲の微細構造をもち、その北東部には広く広がる雲域を伴う。

これらの sub-synoptic-scale 低気圧の後面では東西に伸びる大きな渦位ゾーンが形成され、また寒気・乾気移流により幅の狭い雲ゾーンが形成される。

この低気圧後面の trailing portion では複数の meso- $\alpha$ -scale の雲システムが配列し、sub-synoptic-scale の雲システムと後続する複数の meso- $\alpha$ -scale の雲システムから構成される「梅雨前線雲システム家族」が形成される。Meso- $\alpha$ -scale の雲システムは主と

して対流雲からなりたつクラスターであり、長円状、あるいは南西端に雲のバンド構造を持つ木の葉状の形態を示す。

これらの meso- $\alpha$ -scale の雲システムは持続時間と鉛直構造により更に3種類に分類される。Type-A は対流圏下中層の $4 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 程度の過度を持ち2日ほど持続するが、梅雨前線低気圧には発達しない。Type-B は $2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 程度の過度を持ち、1日ほど持続する。Type-C は大陸上で昼間に発生し夜間に消滅する。

線形論に基づき環境場のデータを用い傾圧波の波長を吟味した。その結果から sub-synoptic-scale の雲システムは乾燥大気中の傾圧波、また、Type-A の meso- $\alpha$ -scale の雲システムは湿潤大気中の傾圧波であると考えられる。

この「梅雨前線雲システム家族」は東経110-140度で最も顕著に見られる。これは、太平洋亜熱帯高気圧と北の寒冷低気圧がこの経度帯での雲システムの発達に必要な条件を与えるからである。観測事実に基づき、「梅雨前線雲システム家族」とそれにかかわる大規模循環系の模式図を示した。

柴垣 佳明・山中 大学・北 (深瀬) 美紀・橋口 浩之・前川 泰之・深尾 昌一郎：MU レーダーによって観測された台風9426号 (Orchid) のメソ  $\alpha$  スケール風速場と降水雲Yoshiaki SHIBAGAKI, Manabu D. YAMANAKA, Miki KITA-FUKASE, Hiroyuki HASHIGUCHI, Yasuyuki MAEKAWA, and Shoichiro FUKAO: Meso- $\alpha$ -Scale Wind Field and Precipitating Clouds in Typhoon 9426 (Orchid) Observed by the MU Radar

1994年9月29～30日に台風9426号の内部コアを含む下部成層圏までの全体構造を MU レーダーによって観測した。本論文では、台風のメソ  $\alpha$  スケールの風速場と降水雲のメソ  $\beta \cdot \gamma$  スケールの特徴を調べた。

台風前面・後面の運動学的構造は、その最盛期から衰弱期への移行や雲・降水の非対称分布によって大きく異なっていた。台風前面では、メソ  $\alpha$  スケールの風速場は下層で最大を持つ低気圧性循環、高度とともに外向きに傾くアウトフロー域、対流や地形に影響された鉛直流によって特徴付けられた。台風中心付近では、接線風は衰弱した台風中心の形状の変化として考えられる鉛直方向の螺旋状構造を示していた。降水雲が存

在しない台風後面では、低気圧性循環は弱まり、前面のようなアウトフローや鉛直流運動はみられなかった。

台風前面では、眼の壁雲と幅の広い降水バンドが観測された。眼の壁雲では、鉛直循環の一部として考えられるアウトフローに対応したメソ  $\gamma$  スケールの顕著な上昇流域が上部対流圏で発見された。眼の壁雲の下層では、外向きに傾いたアウトフロー域が接線風の動径シアの最大域で形成され、それは台風中心から離れた上層のバンド状雲の上昇流域まで伸びていた。幅の広い降水バンド (バンド幅50-70 km) はバンド状雲の外端に位置し、その上層雲の発達の中で持続した。

降水バンドは高度6 kmまで外向きに傾くアウトフロー域を伴い、その下部には低気圧性循環の最大域が位置していた。また、他の場所に設置された境界層レーダーによって、寿命が極めて短い(1.5時間)幅の

狭い降水バンド(バンド幅20-40 km)が観測された。降水バンド外側の対流域には外向きに傾くアウトフロー域が存在し、その下部には幅の広い降水バンドのような強い低気圧性循環を伴わなかった。

### 陳 敬陽・上田 博・李 東仁：レーダー反射因子を用いた梅雨期の降雨タイプの客観的分類

Jingyang CHEN, Hiroshi UYEDA, and Dong-In LEE : A Method Using Radar Reflectivity Data for the Objective Classification of Precipitation during the Baiu Season

梅雨期の降水の複雑な特性を解明するために、降雨タイプを分類する方法を提出した。1995年梅雨期に関東地方で記録した三次元レーダー反射因子データを用い、レーダーエコーの鉛直構造に着目して降雨の特徴を分類する方法であるBBF (Bright Band Fraction) 法に基づき、梅雨期に三つの降雨タイプ、対流型、層状型及び混合型が存在することを示した。

降水の総合特徴を把握するために、四つの診断パラメーターを導入した。それらのパラメーターを降雨サンプルの特徴とし、ファジークラスター解析に代入した。ファジークラスター解析の結果は、改良したBBF方法で主な降雨タイプの分類ができることを示した。更に、三つのタイプの中に、詳しいパターンも認識で

きた。対流型は複数のパターンに分けられ、その中の一つのパターンが最強の降水強度をもたらしている。層状型はパターンに分けられず、単一の特性を持っていることを示している。混合型は複数のパターンに分けられ、その特性は多様である。

改良したBBF方法を1997年梅雨期に長崎で観測した降雨ケースに応用した。三つのタイプの運動学的特徴がそれぞれの定義に一致していることが二台ドップラーレーダーによる風の場の解析で証明できた。さらに、混合型タイプの中に、比較的強い雨をもたらす“浅い対流”があることがわかり、これが梅雨期における重要な降雨タイプの一つであると認識された。

### Keqin DUAN・Tandong YAO：地球温暖化に伴うヒマラヤのモンスーン変動

Keqin DUAN and Tandong YAO : Monsoon Variability in Himalayas under the Condition of Global Warming

中央ヒマラヤのDasuopu 氷河堆積地帯(北緯28度23分、東経85度43分、標高7100 m)において、氷床コア掘削研究が1977年に実施された。掘削された氷床コア全体を通して、連続的に酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )と主成分イオンが分析された。 $\delta^{18}\text{O}$ とイオン成分が示す周期として、最大・最小値から季節変動や年増加が同定・計数された。氷床コアから300年間の純堆積量(水分当量として)を見積もった結果、インドモンスーンと良

い相関が認められ、中央ヒマラヤにおける降雨量の長期変動を反映しているもとと考えられた。時系列データから抽出された堆積量の長期変動は、北半球の気温変動に対して強い負の相関を示した。全体として、北半球の気温が0.1度上昇するのに対して堆積量は約80 mm減少しており、中央ヒマラヤにおけるモンスーンによる降雨量がこれまでの地球温暖化に伴って減少した事を反映しているものと考えられた。

## 梶川義幸・安成哲三・川村隆一：インド洋の東西非対称偏差に対する西部太平洋の局所ハドレー循環の役割

Yoshiyuki KAJIKAWA, Tetsuzo YASUNARI, and Ryuichi KAWAMURA : The Role of the Local Hadley Circulation over the Western Pacific on the Zonally Asymmetric Anomalies over the Indian Ocean

インド洋における対流活動と海面水温 (SST) の東西非対称偏差について、アジアモンスーン域における季節進行や対流活動の経年変動に着目しながら、その発生過程について調べた。用いたデータは、外向き長波放射量 (OLR), SST, NCEP/NCAR 再解析データである。この東西非対称偏差は EOF 解析からも示される通り、インド洋の対流活動偏差の中で、北半球の秋季にもっとも顕著なパターンである。またこの現象は、循環場を含めた大気海洋相互作用の基に成り立ち、正のフィードバックを伴って維持、発達することが知られている。

東西非対称偏差は、東部の偏差が西部に先行して出現する。スマトラ沖で負の SST 偏差と正の OLR 偏差は7月に出現し、同時にスマトラ島の西岸に沿った南東風の加速も顕著になる。この南東風加速はインド洋南東部の SST を冷却し、秋季へと続くインド洋の東西非対称偏差を引き起こしている。またこのインド洋

南東部における南東風加速は、南シナ海からフィリピン海と海洋性大陸上との間に見られる対流活動の南北非対称偏差と密接に関わっていると考えられる。言い換えれば、南シナ海およびフィリピン付近での活発な対流活動と海洋性大陸上の抑制された対流活動によって、西部太平洋上の局所ハドレー循環の強化が顕著である。つまり、北半球夏季における西部太平洋上の局所ハドレー循環の強化が、ひき続く秋季におけるインド洋上の東西非対称偏差の顕著な先行現象であると言える。この南北非対称偏差の南側と北側は、それぞれ異なる経年変動を示し、前者はウォーカー循環の変動を通してエルニーニョ南方振動の影響を強く受け、後者はアジアモンスーン域の季節内変動と関係していることが推測された。また、局所ハドレー循環の強化が北半球の夏季に出現することから、東西非対称偏差の季節依存性も示唆された。

## 馬 耀明・石川裕彦・塚本 修・Massimo MENENTI・Zhongbo SU・王 介民・姚 檀棟・小池俊雄・安成哲三：土地利用が非一様なチベット高原を対象とした衛星データを用いた地表面フラックスの算出

Yaoming MA, Hirohiko ISHIKAWA, Osamu TSUKAMOTO, Massimo MENENTI, Zhongbo SU, Jiemin WANG, Tandong YAO, Toshio KOIKE, and Tetsuzo YASUNARI : Regionalization of Surface Fluxes over Heterogeneous Landscape of Tibetan Plateau by Using Satellite Remote Sensing Data

様々な土地利用を含む地域を対象として、NOAA-14/AVHRR データと地上観測データから、地表面変数、植生変数、地表面フラックスを算出する方法を提案する。この方法をチベット高原に適用し、地表反射率、MSAVI、被植率、地表面温度、正味放射、地中熱流量、顕熱フラックス、潜熱フラックスの分布を算出した。これを地上観測と比較したところ、これらの地

域分布やその季節変化は妥当なものであった。しかし、残差として見積もっている潜熱フラックスに関しては、高原上の観測でフラックスのインバランスが観測されていることや高原上での強い移流効果を考えると、必ずしも適切でないかもしれない。今後の改良についても言及する。

廣田道夫・宮川幸治・吉松和義・柴田清孝・永井智広・藤本敏文・牧野行雄・内野 修・赤木万哲・H. FAST : ECC オゾンゾンデで観測された1999/2000年のカナダ・ユーレカ基地上空における成層圏オゾンの減少について

Michio HIROTA, Koji MIYAGAWA, Kazuyoshi YOSHIMATSU, Kiyotaka SHIBATA, Tomohiro NAGAI, Toshifumi FUJIMOTO, Yukio MAKINO, Osamu UCHINO, Kazuaki AKAGI, and Hans FAST : Stratospheric Ozone Loss over Eureka in 1999/2000 Observed with ECC Ozonesondes

1999年12月から2000年3月にかけて、北極圏最北端の基地のひとつであるカナダ北極圏ユーレカ基地 (80° N, 86° W) において、ECC オゾンゾンデによる集中観測 (51回飛揚) を行った。同観測によると、同年冬の月平均オゾン全量及び下部成層圏の気温は、1993年以來の観測に比較して低めに推移した。これはユーレカ上空の下部成層圏が、この時期ほぼ極渦内にあったこと、極渦内の下部成層圏の気温が極めて低かったことによる。この結果、並行して行われたライダー観測では、極成層圏雲が1月中には頻繁に観測されたが、同じ高度で2月には観測されなかった。この結果は、航空機 (ER-2) による粒子の観測や UARS 衛星の MLS

による硝酸の観測結果と共に、極渦内下部成層圏に脱窒が進行したことを示唆している。このような条件下で、極渦内下部成層圏の気塊中のオゾン混合比は、非断熱冷却による降下を考慮して、2月4日 (温位497 K) から3月29日 (温位475 K) にかけて、3.1 ppmv から0.9 ppmv まで、2.2 ppmv 減少しており、この期間のオゾンの減少率としては、 $0.041 \pm 0.008$  ppmv/day (90%信頼区間) となった。これらのことは、この年行われた THESEO 2000/SOLVE キャンペーンの多くの観測と共に、下部成層圏において極渦内の化学的なオゾン破壊が大きかったことを示唆している。

Toni PUJOL : 放射対流一次元モデルにおける最大散逸過程の渦熱拡散

Toni PUJOL : Eddy Heat Diffusivity at Maximum Dissipation in a Radiative-convective One-dimensional Climate Model

気候の平衡状態は散逸が最大となる状態が実現するという仮説を、対流フラックスを混合距離理論に基づいてパラメータ化した1次元放射-対流モデルによって調べた。渦熱拡散は対流によって最大エネルギー散逸を達成するように調整される (最大散逸原理)。比湿の鉛直分布を固定した大気モデルでは、渦熱拡散の値が攪拌状態に対して期待される値にほぼ一致する場合に、渦熱拡散に基づく最大散逸状態が達成される。気

温不透明 (opacity) フィードバック (相対湿度の鉛直分布を固定した場合における凝結可能な赤外吸収ガスなど) を含めることによって、熱拡散の値が期待された範囲にあるときに最大散逸状態が実現される。この場合、気温の鉛直分布は対流的に安定であり、観測とあまり変わらない。このように、ここで示した結果は最大散逸原理を経験的に支持する。

米山邦夫 : 熱帯西部太平洋海域における湿度変動

Kunio YONEYAMA : Moisture Variability over the Tropical Western Pacific Ocean

観測船で得られたラジオゾンデデータを用いて、熱帯西部太平洋海域の暖水プール上空の湿度変動の特徴を調べた。データは1993年から2001年までの9年間に取得されたものである。異なる時期・海域でのデータを系統的に扱うため、帯状風の鉛直シアーにより分類し解析を行った。

結果は1992年11月から1993年2月にかけて同海域で行われた国際集中観測 TOGA COARE (熱帯海洋全球大気変動研究計画-大気海洋応答実験) の多くの結果と共通するものであり、例えば高相対湿度の頻度のピークは混合層の上端に位置する945 hPa、融解層の560 hPa 付近に見られ、下層が東風の場合にはいわゆ

貿易風帯の845 hPa 付近にも現れた。さらにこれらの特徴は帯状風シアアの場によって異なる様子が認められた。興味深い結果として、可降水量と各層における混合比との相関から、可降水量の変動は境界層よりもむしろ800-600 hPa の中層の湿度変動ともっとも高い相関を示した。これは暖水プール上空では10数日程度の総観規模が卓越し、その規模で両者が一致していることに起因していることが示された。ただし、可降水量は2-3日以下(特に日周期)の変動において境界層の湿度変動ともよい相関が得られている。

中層の湿度変動に寄与する重要な因子として対流圏

中層が極端に乾燥した状態について乾燥空気塊の移流の観点から調べた。暖水プール上空への侵入は大きく2通りのパターンがあることが示された。1つはTOGA COAREの研究で示されているように、中緯度での傾圧不安定波の発達に伴い亜熱帯の上層の空気塊が熱帯域に侵入してくるケースである。もう1つは貿易風が卓越している中・東部赤道太平洋に亜熱帯から乾燥空気が侵入し、より乾燥した貿易風として暖水プール上空に流れ込むケースである。

本研究では、これら湿度変動と ENSO などの大規模場との関連についても議論を行った。

### Chung-Chieh WANG・George Tai-Jen CHEN : TAMEX における異なるフルード数の流れのレジーム下での風下メソ低気圧の形成

Chung-Chieh WANG and George Tai-Jen CHEN : On the Formation of Leaside Mesolows under Different Froude Number Flow Regime in TAMEX

梅雨期に地表前線が近づいて前線前面の南東風が強化されるときに台湾中央山脈の風下側台湾南東部に背の低い短寿命のメソ低気圧がしばしば発生する。類似した総観場の下で発生するものの、1987年の TAMEX の期間中に観測された事例は、上流側のフルード数(Fr)や風上降水量にケース毎の違いが見られた。本研究では対照的な特徴を持つ2つのケースを選び流れの場ほかの違いを理論と比較して議論した。

Frがある値を超えるとFrの値により異なる過程の組み合わせを通じて2つのシナリオが風下メソ低気圧の形成をもたらす。Frの大きな(0.5)6月7-8日のケースでは、一般流が強く山を乗り越えるレジームになりやすい流れの構造になっていた。流れは風上側に多量の降水を生じ、非断熱加熱がメソ低気圧の形成をもたらす。期間中のほとんどでロスビー数が大きく( $Ro \sim 2$ )低気圧に対応するメソ渦は生じなかったが、

メソ低気圧とは無関係な局所的な渦が山の近くに出現した。

2つ目のケース(6月2日)は $Fr (< 0.2)$ と $Ro (< 1)$ が小さいケースで、コリオリ転向力と上流ブロッキング効果が強いいため、流れは迂回レジームの特徴を示した。中央山脈山頂よりも下の薄い層の大気のみが山を越えるため降水は生じないが、ブロッキングにより山頂よりも上の大気が風下に直接沈降するため、潜熱解放の寄与がなくてもメソ低気圧が形成される。 $Ro$ が小さなこのシナリオでは、低気圧は長時間閉じた循環を持つ。

これら2つのケースで見られた過程を示す図を提出する。それらは、理論と一般的整合を持ち観測的立場から現実大気でのFrとRoの違いによる流れの構造の違いを例証するものである。2つのシナリオの間の特徴をもつケースも予見される。

### 清野直子・吉門 洋・小林文明・佐藤純次・つくば域降雨観測実験グループ : 関東で観測された局地前線の鉛直構造

Naoko SEINO, Hiroshi YOSHIKADO, Fumiaki KOBAYASHI, Junji SATO, and Coauthors : Vertical Structure of Local Fronts Observed in Kanto, Japan

局地前線は総観規模の流入風に伴って発現するメソスケール現象の一つである。寒冷前線の接近時に発生した、関東の2例の局地前線について解析を行った。

一つは典型的な局地前線の例であり、もう一方は内陸で4時間にわたり停滞した顕著な事例である。いずれの局地前線も総観規模の南西風の下で生じている。

これらの前線の発生から消滅までの挙動を詳述した。一つ目の事例で客観的な基準に基づき前線の通過を評価したところ、局地前線は関東域内に長さ200 km 程度の規模で生じていた。

観測ネットワーク、つくば域降雨観測実験によって得られたデータから、局地前線近傍の詳細な鉛直構造を調べた。総観場の条件の違いにも関わらず、2例の局地前線には共通の特徴がみられた。局地前線の形成はいずれも夜間に始まり、夜間冷却が局地前線北側の寒気形成に寄与していた。さらに総観規模での南西風暖気がこの冷却層の上に流入し成層を強化していた。この結果、発達した局地前線の内陸側には厚さ約400 m の安定層がみられる。安定層の内部では、最下層の50~200 m を除き上層の流入暖気と同じ南西寄りの風となっている。

観測された構造の特徴から、局地前線が維持される機構を考察した。局地前線の内陸への進入は上述の安定層の消長と結びついている。関東の東部では、流入する南西風が局所的に強まっていることが示唆され、安定層は解消されやすい。一方、関東北西部では、一般により大きな夜間冷却が生じているが、西部山地の山越え気流によって安定層直上の成層がより安定化する可能性がうかがえる。局地前線が内陸に進入した後日中も解消されない事例では、このような前線寒気側での安定化が前線の維持に結びついている可能性がある。つまり、地形の影響を受けた風の場合が日中の局地前線の挙動に大きく影響すると推察される。

\* 吉崎正憲, 瀬古 弘, 加藤輝之, 永戸久喜,  
藤部文昭, 栗原和夫, 嶋村 克, 中村 一,  
斎藤和雄, 高野 功, 高山 大, 上清直隆

#### 久芳奈遠美・岩淵弘信・圓山憲一・早坂忠裕・武田喬男・藤吉康志：非降水性層状水雲の光学特性に及ぼす雲凝結核の影響に関するパラメタリゼーション

Naomi KUBA, Hironobu IWABUCHI, Ken-ichi MARUYAMA, Tadahiro HAYASAKA, Takao TAKEDA, and Yasushi FUJIYOSHI: Parameterization of the Effect of Cloud Condensation Nuclei on Optical Properties of a Non-precipitating Water Layer Cloud

降水を伴わない薄い層状の水雲は、面積が広い上に寿命が長いために、地球の放射収支には影響が大きい。気候変動予測にはこのような雲の光学特性の見積もりを雲凝結核 (CCN) となり得るエアロゾルの影響を考慮した上で行うことが重要である。このような雲の光学的厚さ・雲粒の数密度および有効半径を CCN の過飽和度スペクトル・上昇流速度・鉛直積算雲水量 (LWP) から予測する新しい方法を提案する。逆に、雲の光学的厚さの観測値から CCN の数密度を推定する手法も提案する。

雲粒の粒径分布は、新たに開発した詳細雲微物理モデルを用いて、雲底付近の上昇流速度と CCN 過飽和度スペクトルから計算した。このモデルでは、雲底付近では、CCN が雲粒の凝結成長に与える効果を精度良く考慮するために、CCN の雲粒への活性化および雲粒の凝結成長を Lagrange 流に計算する。また、雲の中層および上層では、雲粒の併合成長も考慮するために、雲粒の粒径分布の時間変化を Euler 流に計算する。短波放射に対する雲の光学的特性は、雲内各高度の計算された雲粒粒径分布を用いて、放射伝達方程式を厳密に解いて求めた。

雲底付近の上昇流速度と過飽和度0.075%で活性化する CCN 数密度 ( $N_c$  (0.075%)) の観測値が得られれば、ここで提案する近似式を用いて雲の中の最大達成過飽和度 ( $S_{max}$ ) を見積もる事ができる。臨界過飽和度が  $S_{max}$  より低い CCN の数密度  $N_c$  ( $S_{max}$ ) を用いて雲粒数密度  $N_d$  を求める近似式も提案する。従来、 $N_d$  は  $N_c$  ( $S_{max}$ ) と等しいと仮定される事が多かったが、ここで提案するパラメタリゼーションは、 $N_c$  ( $S_{max}$ ) が大きい時、 $N_d$  が  $N_c$  ( $S_{max}$ ) より小さくなるという傾向も表現できる。さらに、非降水性の雲の光学的厚さおよび雲粒の有効半径を、LWP と  $N_d$  の関数で計算する近似式も提案する。

また、精度は落ちるが  $S_{max}$  を予測せずに直接に  $N_c$  (0.2%) から  $N_d$  を求める簡便法も提案する。この方法は逆方向の計算が可能で、雲の光学的厚さと LWP から CCN の数密度を求めるリトリーバル手法となる。現状では衛星観測データから算出されるのはエアロゾルの情報であるが、この方法により全球的な CCN の情報が得られるので、エアロゾルの間接放射強制力の見積りに有効な手段となる。

ここで開発されたパラメタリゼーション (近似式)

は標準大気を仮定して得られたものであるが、必要なら著しく異なる温度鉛直分布に対して同様の方法で適

切な近似式を作ることが可能である。

### 安中さやか・花輪公雄：北半球海面水温場に見出されたレジームシフト：熱帯変動に関する再訪

Sayaka YASUNAKA and Kimio HANAWA : Regime Shifts in the Northern Hemisphere SST Field : Revisited in Relation to Tropical Variations

以前の著者らの研究 (Yasunaka and Hanawa 2002) で見出された1910年代から1990年代に北半球で起こったレジームシフトと熱帯海面水温 (SST) 変動との関係を調べた。El Niño/Southern Oscillation のよい指標として知られている Niño 3.4域の SST は、レジームシフトに伴って、有意に変化することが分かった。Niño 3.4 SST に対する回帰場は、典型的なエル・ニーニョの状態を示す。この回帰場を元の場合から差し引くことにより、熱帯変動とは線形独立な SST 場 (残差場) を求めた。経験的直交関数 (EOF) 解析を行ったところ、残差場に最も卓越する変動は北太平洋モードと呼ばれる、北太平洋中高緯度限定の太平洋/北アメリカ (PNA) パターンに対応する変動だった。

第2に卓越する変動は、元の場合と同様に北極振動と関連する変動だった。

著者らが同定した6つのレジームシフトは全て、残差 SST 場においても検出されることが確認された。さらに、ほとんどのシフト (1925/26年, 1945/46年, 1957/58年, 1970/71年, 1976/77年) は Niño 3.4 SST の変化と同時に発生したものである一方、1988/89年のシフトは Niño 3.4 SST の変化とは無関係であったことが分かった。このことは、レジームシフトを2つのグループに分類できることを示している。すなわち、1つは太平洋熱帯域やインド洋の変動と強く結びついたものであり、他の1つは熱帯変動とは独立なものである。

### 大崎祐次：Wバンド帯電波を使った衛星搭載型雲レーダにより観測されたドップラ速度の誤差のシミュレーションによる評価

Yuji OHSAKI : Simulation-Based Error Analysis of Doppler Velocity Measured by a Spaceborne Cloud-Profiling Radar in the W-Band

通信総合研究所ではドップラ観測機能を有した衛星搭載型雲レーダの研究を行っている。この研究ではドップラ速度を観測するために、偏波ダイバーシティ技術を用いたパルスペア法を導入している。観測されたドップラ速度の誤差をパルスペア間隔  $T_s$  および信号対雑音比をパラメータにしてシミュレーションにより評価した。パルスペア間隔はドップラ速度のダイナミックレンジやその観測精度を決める重要なパラメータである。本研究ではドップラ観測に最適なパルスペア間隔を調べた。また、本研究では大気の上昇下降流がない場合における、雲粒の終端落下速度を観測する可能性について調べる。

本研究では最適なパルスペア間隔として10 $\mu$ secと60 $\mu$ secの二つのパルスペア間隔を採用した。 $T_s=60\mu$ secの時の観測可能なドップラ速度のダイナミックレンジは13.3 m/secである。もしこのドップラ

速度のダイナミックレンジでドップラ速度の折り返しが十分に避けられるならば、60 $\mu$ secのパルスペア間隔はより少ない誤差でドップラ速度を観測できる点で有利である。もしアンテナの指向性精度が一般的な要求精度である0.1度を確保できなかった場合、ドップラ速度の折り返しを避けるために、ドップラ速度のダイナミックレンジを広げる必要がある。10 $\mu$ secのパルスペア間隔は、ドップラ速度のダイナミックレンジをさらに広げることが可能である。10 $\mu$ secのパルスペア間隔ではドップラ速度の観測精度は必ずしも良くないが、広いドップラ速度のダイナミックレンジを確保できる点で採用を検討するに値するオプションだと考える。また10から60 $\mu$ secの範囲のパルスペア間隔も、ドップラ速度のダイナミックレンジをある程度広げつつ、ドップラ速度の観測精度を良くすることができる点で採用を検討するに値するオプションだと考える。