

た温室効果ガス濃度とエアロゾルを用いた歴史実験と、2100年までの推移についてはSRES-A2およびSRES-B2の2つのシナリオを用いた予測実験を、それぞれ3例ずつ行った。21世紀末(2071-2100年)のインド年平均気温は現在(1971-2000年)に比べてA2(B2)シナリオで2.35°C(1.64°C)上昇し、インド夏季降水量は9%(6%)増加した。この降水量の増加は、温暖化により大気中の水蒸気量が増加すること、および海陸の温度差が増加し南北循環が強まり水蒸気の南北輸送量が増加したためであることが分かった。水蒸気輸送を発散成分と非発散成分とに分離して評価し、モ

ンスーン降水量の増加は主として非発散成分によることを示した。また、温暖化とともに東部熱帯太平洋の海面水温の昇温が大きく、平均としてエルニーニョ的な偏差を示した。エルニーニョ域の海面水温は平均値が高くなるとともにその年々変動度も増加した。エルニーニョ域海面水温とインドモンスーン降水量との負相関は2050年以降顕著に小さくなった。このENSOとモンスーン関係の弱まりは、季節内の降水量分布に対するエルニーニョ時とラニーニャ時の応答の差としても現れた。

酒井 哲・永井智広・松村貴嗣・中里真久・笹岡雅宏：ラマンライダーとウィンドプロファイラーで観測した非降水性寒冷前線先端部の鉛直構造

Tetsu SAKAI, Tomohiro NAGAI, Takatsugu MATSUMURA, Masahisa NAKAZATO, and Masahiro SASAOKA :
Vertical Structure of a Nonprecipitating Cold Frontal Head as Revealed by Raman Lidar and Wind Profiler Observations

非降水性の寒冷前線通過時における水蒸気とエアロゾル・雲、風ベクトルの鉛直分布を、2002年3月19-20日の夜間、つくばにおいてラマンライダーとウィンドプロファイラーを用いて観測した。

寒冷前線の先端部通過時において、高さ213 m(気象観測鉄塔)の気温は約4度急激に低下し、高度2.7 km以下のエアロゾル後方散乱比が急激に減少した。前線先端部付近の水蒸気混合比は、その前後よりも高い値を示した。また前線先端部付近で上昇流($\sim 1 \text{ ms}^{-1}$)を観測し、その上部の水飽和領域でアーク雲を観測した。

寒冷前線ともなう冷氣は、以下に示す重力流と似た構造を示した：1) 先端部のエアロゾル後方散乱比分布に見られる“鼻”と“頭”状の構造、2) 背面上部のエアロゾル後方散乱比分布に見られる波状の構造、3) 内部での前線面に向かう水平方向の流れ、である。重力流モデルを用いて地表気温・気圧データから計算した冷氣の高さと進行速度は、これらの鉛直分布データが無いために不確かさが大きいものの、観測値とほぼ対応した。

山岬正紀：メイユ前線に伴うクラウドクラスターとメソ- α -スケール低気圧の数値モデルによる研究

Masanori YAMASAKI : A Numerical Study of Cloud Clusters and a Meso- α -scale Low Associated with a Meiyu Front

1998年6月29日に中国大陸上で観測されたクラウドクラスターとメソ- α -スケール低気圧の発生を理解するために数値実験を行った。用いたモデルは、積雲対流の効果はサブグリッドスケールとして扱うがメソスケールに組織化した対流は解像することを意図したモデルで、水平方向の格子間隔は3重格子モデルの細格子域で約5 kmを用いる。数値実験の初期時刻は6月29日00 UTCで、気象庁の全球客観解析データ(GANAL)を初期条件として用いたケース(ケース1)

の他に、下層での相対湿度を少し小さくしたケース(ケース2)について数値実験を行った。

数値実験によれば、両方のケースで、対流雲はバンド状に形成され、メイユ前線が形成された。この前線上にメソ- α -スケール低気圧が形成され、24時間後の位置は両方のケースでほとんど同じで、客観解析データから示唆された位置とも比較的良好に一致している。

対流活動やメソ- α -スケール低気圧の強さに関しては、2つのケースで大きな違いが見られた。ケース1

では単一のメソスケール対流系が急速に成長し、実際に比べていく分強すぎるメソスケール低気圧が得られた。これに対してケース2では、3つのメソスケール対流系が成長し、これに対応する3つの渦のうち、最も東側のものが発達してメソスケール低気圧となった。下層での水蒸気量の大小は対流やメソスケール低気圧の発生、強さに対して重要であるが、これらの振舞いは定性的にも初期の水蒸気場に強く依存する。

この論文では、潜在不安定（上昇気塊の浮力）の分布と、メソスケール対流系、渦、メソスケール低気圧、メイユ前線の関係に強調をおいて議論する。この事例の特徴は、比較的広い潜在不安定域の中で対流がバンド状に起こりメイユ前線を形成・強化していることで

ある。予想されるように、潜在不安定は対流活動によって弱くなるが、やがて潜在安定域が対流域の付近から北側にかけてあらわれる。後のステージにおけるメイユ前線の北側の潜在安定域は総観スケールの運動によるものではなく対流活動によってつくられたものである。前線の南側では、潜在不安定は徐々に弱くなるが、メソスケール低気圧の後面（西側）でも対流は24時間頃まで断続的に持続し、観測や気象衛星画像からの特徴と比較的よく一致している。

サブグリッドスケールの積雲対流と格子で解像する凝結の効果の相対的重要性についても議論する。後者の重要性はとくにメソスケール低気圧の発達過程でみられる。

大東忠保・坪木和久：海岸部に沿って停滞した2本の降雪バンドの構造と維持過程

Tadayasu OHIGASHI and Kazuhisa TSUBOKI : Structure and Maintenance Process of Stationary Double Snowbands along the Coastal Region

日本海に寒気の吹き出しが起こった2001年1月15日から16日にかけて、金沢平野の海岸部に沿って2本の降雪バンド（降雪バンド1, 2）が停滞した。これらの構造を主にドップラーレーダーと二重偏波レーダーを用いて調べ、維持過程を考察した。2本の降雪バンドは約20時間維持された。海側に形成された降雪バンド1は降雪バンド2より強い反射強度を持ち、高いエコー頂をもっていた。降雪バンド1から広がった弱いエコー域で降雪バンド2のセルが形成されていた。降雪バンド周辺には、厚さ400 m程度の南東成分を持つ陸風が存在していた。この陸風と北西季節風との収束で生じた強い上昇気流域で、降雪バンド1に対応する強いエコーが発達した。また、降雪バンド2には、弱い収束とその結果生じた弱い上昇気流が存在した。偏

波レーダーの解析から、降雪バンド1が紡錘形を含む丸い形の霰で構成されていたこと、一方、降雪バンド2では粒子の軌跡に沿って平らな形をした雪結晶から雪片が形成されたことが示された。降雪バンド1の下では霰が確認され、降雪バンド2の下で行われた降雪粒子の接写観測では雪片のみがみられた。これらの観測結果から、降雪バンド1では陸風前線における強い上昇気流に伴って雲粒捕捉成長過程が卓越し主に霰が形成され、降雪バンド2では弱い上昇気流中で昇華凝結成長過程と凝集過程が卓越し雪片が形成されており、これらの過程によって2本の降雪バンドが維持されていたと考えられる。また、降雪バンド2の雪片の形成には、降雪バンド1で形成された雪結晶が寄与していたと考えられる。

出世ゆかり・坪木和久・耿 驥・民田晴也・武田喬男：鉛直シアの弱い大気場で発生した長寿命の積乱雲内の発達した対流セルの構造と発達過程

Yukari SHUSSE, Kazuhisa TSUBOKI, Biao GENG, Haruya MINDA, and Takao TAKEDA : Structure and Evolution of Deeply Developed Convective Cells in a Long-Lived Cumulonimbus Cloud under a Weak Vertical Wind-Shear Condition

GAME/HUBEX 特別集中観測期間中の1998年7月13日に、中国安徽省淮河流域で長寿命のマルチセル型積乱雲が観測された。その内部で非常に発達した対流

セルの構造と発達過程を、主にデュアルドップラーレーダーデータを用いて解析した。この積乱雲は3時間半以上持続し、最大エコー頂は19 kmに達した。積

乱雲が発達した大気場は、CAPEが 2300 Jkg^{-1} と大きく、一般風の鉛直シアが $1.6 \text{ ms}^{-1}\text{km}^{-1}$ と弱かった。

積乱雲の最盛期には、その内部に40 dBZ以上の一つの強いエコー域が観測された。この強いエコー域は、ほぼ直立し、高度5 kmから15 kmまではほぼ同じ水平面積であった。強いエコー域の鉛直シアの風上側と風下側には、それぞれ鉛直シアの風下側と風上側に傾く2つの強い上昇気流が観測された。積乱雲の東側の下層から中層には、一般場がない、対流セルに相対的な北東風があり、下降気流を形成していた。この下降気流は2つの強い上昇気流の間に位置していた。下降する北東風は、積乱雲の南西側から流入する下層の空

気を持続的に持ち上げ、鉛直シア風上側の上昇気流を維持していた。この下降気流とそれに伴う地上発散流は、鉛直シア風下側の上昇気流へ北側から流入する下層の空気を遮断しなかった。このような構造を持つ近接した2つの対流セルの強い発達が発達した積乱雲の著しい発達をもたらした。この最盛期の構造が形成される過程においては、対流セルに相対的な北東風領域における下降気流の強化に伴って、鉛直シアの風上側で対流セルが持続したこと、鉛直シアの風下側で上昇気流の傾きが鉛直シアの風下側から風上側へ変化したことが重要であった。

松島 大：バルク式における熱伝達に関する空気力学的パラメータと放射温度計測の関係

Dai MATSUSHIMA: Relations between Aerodynamic Parameters of Heat Transfer and Thermal-Infrared Thermometry in the Bulk Surface Formulation

熱赤外リモートセンシングとバルク法を用いる地表面の熱フラックス推定において重要な問題は、放射温度測定値が一般に、代表性のある空気力学的地表面温度と一致しないことである。本研究では、この温度の不一致を調整する二つの方法について詳細に検討した。一つは熱粗度を放射温度に対して改めて定義する放射熱粗度法で、もう一つは経験的なパラメタリゼーションを用いて放射温度を空気力学的地表面温度に調整する方法（調整パラメータ法）である。これまでは

調整パラメータ法を優位とする研究が多かったが、本研究は放射熱粗度と調整パラメータは理論的に等価であることを示し、不安定条件における水稲群落での実測値によって、二つの推定法が顕熱フラックス推定精度において、幅広い植生密度の範囲で同等であることを示した。さらに、調整パラメータが放射温度測定値の測定角による効果を定量化するものであることを示した。

中田 隆・新野 宏：日本域におけるメソ対流の環境パラメータの気候学

Takashi CHUDA and Hiroshi NIINO: Climatology of Environmental Parameters for Mesoscale Convections in Japan

メソスケール対流系の環境場を特徴づける際に良く用いられるパラメータに関して日本域での気候学的な研究を行なった。解析には気象庁が1日2回(09JSTと21JST)18地点で行なっている高層観測データを用いた。解析期間は1990～1999年である。

環境パラメータとしてはCAPE (Convective Available Potential Energy), CIN (Convective Inhibition), 可降水量, SSI (Shower Stability Index), バルクリチャードソン数を扱った。これらのパラメータの月別のメディアンには以下のような特徴が見られた:

- 1) 一般に、CAPEが最大となるのは夏季である。一年のうちで、CAPEのメディアンが最大となる月は日本列島の南西にいくほど早く、その値は南西にいくほど大きくなる。また、多くの観測地点でCAPEのメディアンは6月に急に大きくなり、9月まで大きな値をとった。
- 2) SSIの最小値は一般に夏季に見られ、CAPEが大きいときには、SSIは小さくなる傾向にあった。全ての観測地点で、SSIが -2 K 以下となる頻度は09JSTよりも21JSTの方が高かった。SSIが -2 K あるいは 0 K 以下となる頻度分布から、対象

とした観測地点の中では8月の21JSTの館野が最も不安定であることがわかった。

- 3) ほとんどの観測地点で、CINは冬に大きく、夏(7月と8月)に小さかった。このことは、対流が夏に起こりやすいという経験的事実と整合的である。

4) 可降水量は夏に一つのピークをもつ滑らかな季節変化を示しており、一年を通して、全ての観測地点で夜(21JST)の可降水量が朝(09JST)よりわずかながら多かった。

- 5) パルクリチャードソン数は、CAPEが大きく、シアが小さい夏季に最も大きかった。

毛利英明・萩野谷成徳・栗原和夫・堀 晃博・川島儀英：非一様面上の境界層内への乱流拡散に関する風洞実験

Hideaki MOURI, Shigenori HAGINOYA, Kazuo KURIHARA, Akihiro HORI, and Yoshihide KAWASHIMA :
Turbulent Diffusion from a Patchy Surface into the Boundary Layer

地表面上に熱源・物質源が非一様に分布している場合に非一様性が地表面と大気境界層との間の熱・物質のやり取りに及ぼす影響を調べるため、乱流拡散に関する風洞実験を行った。風洞の床面に帯状のヒータを平均風に直交して置き、ヒータからの熱を移流拡散スカラーとみなして、床面上に形成された乱流境界層内

の気流温度を測定した。スカラーは平均風方向に移流すると同時に高さ方向に拡散する。スカラーが境界層全体に拡散する様子は平均風方向の長さスケールで特徴づけられることが解った。パラメータを変化させ数例の実験を行ったが、この特徴的スケールは常に境界層の風速分布に関する99%厚さの2倍であった。

C. MARQUARDT・S. B. HEALY：GPS 掩蔽データから得られる測定ノイズと成層圏重力波の特性

C. MARQUARDT and S. B. HEALY : Measurement Noise and Stratospheric Gravity Wave Characteristics Obtained from GPS Occultation Data

Tsuda and Hocke(2002)では、成層圏におけるGPSにもとづく温度リトリーバルの鉛直分解能を上げるために、生の電波掩蔽データに程度を弱めたフィルターをかけた。そして彼らは、この最適化されたリトリーバルによって得られた、鉛直波長が2 km以下の鉛直波数スペクトルの特徴をも含む重力波の特性とそのような波長に関するポテンシャルエネルギーの緯度分布について論議している。

現実の観測データにはノイズが含まれるので、生のデータにはフィルターをかける必要がある。このノートでは、GPSを用いた電波掩蔽探査にもとづく乾燥温

度のリトリーバルから得られる重力波の特性に対する測定ノイズの影響について論じる。現実的なノイズレベルに対して、30 km以下の高度領域で波長が2 km以上のものについては、温度変動が小規模大気波動からきたものであると解釈できる。しかしながら、Tsuda and Hockeで適用されたような最適化手法は、波長の短い大気波動に対してノイズと関連した効果を及ぼしうる。ここでは、観測の実際的なノイズの特性やリトリーバルに適用されるフィルター操作の詳細を考慮してはじめて、鉛直波長が2 km以下の変動に関する論議が可能になることを示した。

青木忠生：熱赤外域の放射伝達における温度及び水蒸気的非線形効果の補正法—仮想的チャンネルの輝度温度への適用—

Tadao AOKI: A Method for Correcting Nonlinear Effects of Temperature and Water Vapor in Radiative Transfer in Thermal Infrared Regions—An Application to the Brightness Temperature of Hypothetical Channels

最近 Aoki (2004, 2005) によって多チャンネルの放射データが、情報をほとんど失うこと無く、2桁くらい少ない仮想的チャンネルに圧縮できる事が示された。この方式においては、加重関数を経験的直交関数で表し、新たに経験的直交関数を加重関数とする仮想的チャンネルのセットを構築する。仮想的チャンネルの輝度温度は元のチャンネルの輝度温度の線形結合で得られる。この方式を大気場の同化システムに導入するためには各種大気鉛直分布データを格納した参照表が必要になる。この表には各種大気の種類、水蒸気鉛直分布のほか、元の輝度温度から仮想的チャンネルの輝度温度に変換するための係数、経験的直交関数などが格納される。仮想的チャンネルの輝度温度を元のチャンネルの輝度温度の

線形結合で表現するためには、この表の各種大気の種類差や水蒸気量の差は十分きめ細かくとる必要がある。この結果この表は非常に大きくなる可能性があった。

本論文では熱赤外域 $640\text{--}760\text{ cm}^{-1}$ と $1300\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ において、仮想的チャンネルの輝度温度に対する非線形効果の大きさについて初歩的な調査を行った。また、非線形効果を補正するための簡単な経験式を提案し、その精度を調べた。この結果、この補正式を使うことで参照表の各種鉛直分布の温度の間隔は6 K、水蒸気柱量の間隔は 0.3 g/cm^2 程度まで広げられることが分かった。

折笠成宏・村上正隆・星本みずほ・山田芳則：乾いた降雪粒子に対する雲粒子ゾンデの捕捉率の再評価 Narihiro ORIKASA, Masataka MURAKAMI, Mizuho HOSHIMOTO, and Yoshinori YAMADA: Re-Evaluation of the Collection Efficiency of the Hydrometeor Videosonde for Dry Snow Particles

乾いた降雪粒子に対して、雲内の微物理測定を行う雲粒子ゾンデ (HYVIS) の捕捉率を再評価した。これまでゾンデ飛揚観測時における実際の捕捉率は実験で調べていなかったが、温暖前線の雲を同期観測して得られた航空機による雲物理測定データと比較することにより捕捉率評価を行った。観測した雲は、高度5.5 km以下の雲層で比較的一様であり、氷晶数濃度は標

準偏差40%以内の変動幅を示した。航空機搭載した2D-Cプローブと気球搭載したHYVISの両者から観測して得られた粒径分布を $300\text{--}1500\text{ }\mu\text{m}$ までの範囲で比較した。その結果、2D-Cが少なくともこの粒径範囲内で真の氷晶数濃度を与えると仮定すれば、HYVISは乾いた降雪粒子に対して約0.5 (不確定性は50%) の捕捉率であることが示された。