

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

第81巻 第5号 2003年10月 目次と要旨

論文

- 伊賀啓太・渡部 威：弱いエネルギー散逸を伴った準地衡流乱流のスケーリング則895-907
- 阿部 学・鬼頭昭雄・安成哲三：山岳上昇に関連する夏季アジアモンスーンの発達
—気象研究所大気海洋結合モデルを用いたシミュレーション—909-933
- 笠原 彰：地球回転角速度の水平成分の項を含めた非静力大気モデルについて935-950
- 玉木克美・宇加治一雄：傾斜した底面をもつ回転水槽中に生じる分散性の傾圧波動951-962
- Myong-In LEE・In-Sik KANG・Brian E. MAPES：水惑星上の
熱帯季節内変動実験における対流パラメタリゼーションの影響963-992
- 加藤輝之・吉崎正憲・別所康太郎・井上豊志郎・佐藤芳昭・X-BAIU-01観測グループ：
X-BAIU-01期間中に観測された豪雨のシミュレーションの失敗の原因
—数値シミュレーションにおける水蒸気の鉛直プロファイルの重要性—993-1013
- 都田菊郎・J. L. KINTER・S. YANG：南アジアモンスーンおよびチベット高原上の
プレモンスーンシグナルにおける ENSO の役割1015-1039
- 仲江川敏之・杉 正人・松丸圭一：AGCM 長期積分実験に基づく季節平均水資源量の
潜在的予測可能性に関する研究1041-1056
- 猪上 淳・小野 純・立花義裕・本田明治・岩本勉之・藤吉康志・竹内謙介：
寒気吹き出し時の海水に覆われたオホーツク海上の熱輸送特性1057-1067
- 湯本道明・松浦知徳・飯塚 聡：高解像度大気海洋結合モデルで再現された
北西太平洋における台風発生数の数十年変動1069-1086
- Jung-Moon YOO・C. PRABHAKARA・R. IACOVAZZI, Jr.：マイクロ波衛星観測と
モデル再解析から得られた地表面射出率と雲粒子・降水粒子について1087-1109
- Mahadevan PATHMATHEVAN・小池俊雄・李 新：土壌水分と地温プロファイルの
時空間変化算定のための衛星データを用いたデータ同化アルゴリズムの開発1111-1135
- 上野 充：ステアリング係数の概念と鉛直シア実験で得られた台風渦への適用1137-1161
- Ming-Jen YANG・Quen-Chi TUNG：4つの積雲対流スキームを用いた台湾域での
降水予測実験の比較1163-1183
- S. K. DHAKA・高橋正明・河谷芳雄・S. MALIK・柴垣佳明・深尾昌一郎：熱帯域における深い
積雲対流内の上昇流の観測と重力波生成への役割1185-1199
- Haiyan HE・Chung-Hsiung SUI・Maoqiu JIAN・Zhiping WEN・Guangdong LAN：
対流圏の温度場の季節進行と夏のアジアモンスーンとの関係1201-1223
- Sung-Dae KANG・木村富士男：北西太平洋亜熱帯高気圧の変動に及ぼす熱帯 SST の影響
Part I：線形的ロスビー波伝搬に関する数値実験1225-1241
- 山田広幸・耿 驃・Krishnareddigari Krishna REDDY・上田 博・藤吉康志：
長江下流域で発生した梅雨前線の低気圧に伴うメソスケール
対流システムの3次元構造1243-1271

要報と質疑

佐々木太一・伍 培明・木村富士男・吉兼隆生・劉 晶淼：チベット高原南東部における
 夕方の可降水量急増1273-1281
 植田宏昭・堀 正岳・野原大輔：筑波山の斜面温暖帯観測1283-1288
 栗原和夫：日本の夏の地上気温の準6年周期変動1289-1297
 学会誌「天気」の論文・解説リスト（2003年7月号・8月号）.....1299-1300
 訂正1300
 気象集誌次号掲載予定論文リスト1301-1300



伊賀啓太・渡部 威：弱いエネルギー散逸を伴った準地衡流乱流のスケーリング則

Keita IGA and Takeshi WATANABE: The Scaling Law of Quasi-Geostrophic Turbulence with Weak Energy Dissipation

理想的なケースとして粘性のない問題を考えている時でも、この問題を数値計算する場合には、小さな散逸項が必要になることがよくある。順圧の準地衡流渦度方程式（同等なものとしてチャーニー—長谷川—三間方程式とも呼ばれる）で記述される準地衡流乱流もそのような一例で、数値計算においては高波数域にエネルギーが溜るのを防ぐために散逸項をおかなければいけない。そのため、理想的な条件なら保存されるべきエネルギーが少しずつ散逸していく。本論文では、この準地衡流渦度方程式における全エネルギー散逸率

を、この系におけるエネルギー散逸は大きな波数領域に輸送されるエネルギーに等しいという仮定に基づいて見積もった。Watanabe et al. (1998) によって行なわれた準地衡流乱流の動的スケーリング則の理論では、全エネルギー散逸率だけは決められないまま数値計算を実際に行なった後に決められていたが、この計算条件の設定として与えられたパラメータからの見積もりによって、彼らの理論は完全なものとなる。この見積もりはまた、数値シミュレーションで用いられる人工的な超粘性係数の最適な値も決定する。

阿部 学・鬼頭昭雄・安成哲三：山岳上昇に関連する夏季アジアモンスーンの発達—気象研究所大気海洋結合モデルを用いたシミュレーション—

Manabu ABE, Akio KITO, and Tetsuzo YASUNARI: An Evolution of the Asian Summer Monsoon Associated with Mountain Uplift—Simulation with the MRI Atmosphere-Ocean Coupled GCM—

山岳上昇による気候変化を調べるため、気候研究所大気海洋結合モデルを用いて、全球について現在の地形の0% (M0), 20% (M2), 40% (M4), 60% (M6), 80% (M8), 100% (M) という山の高さを与えた6つのシミュレーションを行った。本研究では、段階的な山岳上昇に伴う夏季アジアモンスーンの変化を調べた。

南アジア、東アジアでは、山岳上昇とともに対流活動域が広がり、湿潤気候が形成される。下層の南西風や上層の高気圧循環に代表されるモンスーン循環も山岳の上昇とともに強化される。山岳上昇後半の降水量

の増加、南西風の強化は、インド、チベット高原の南から南東の斜面のみで見られる。しかしながら、M0で降水量が最大を示していた沿岸域では、山岳上昇とともに降水量が徐々に減少していく。これらの変化に関連して、山岳上昇前半の湿潤アジアでの地表面の熱フラックスの変化は後半に比べると顕著である。領域平均した降水量のインデックスによりインドモンスーン、東南アジアモンスーン、東アジアモンスーンの強度を定義し、調べた。インドモンスーンは、山岳上昇とともに徐々に強くなっていき、特に、山岳上昇後半に大きな変化がみられる。東南アジアモンスーン強度

は、M4で最大を示し、山岳上昇に伴う対流活動域の北西への進入に関連して、山岳上昇後半に弱くなる。東アジアモンスーンは、山岳上昇に伴い強度が増すけれど、前半の強化が後半に比べると大きく表れる。赤道インド洋では、海面水温が山岳上昇に伴い上昇し、降

水量が増加する。海面水温の上昇は、モンスーン循環の強化による海洋表層の力学の変化の結果であり、大気海洋結合モデルを用いたことで得られた結果である。

笠原 彰：地球回転角速度の水平成分の項を含めた非静力大気モデルについて

Akira KASAHARA: On the Nonhydrostatic Atmospheric Models with Inclusion of the Horizontal Component of the Earth's Angular Velocity

本研究では、静力プリミティブ方程式モデルで慣例的に無視されている二つの非静力効果について研究を行った。非静力効果のひとつは鉛直運動方程式の鉛直加速度項で、もう一つは $2\Omega\cos\theta$ を係数とするコリオリ項である。ここで Ω は地球回転角速度、 θ は緯度である。そのようなコリオリ項は経度方向と鉛直方向の運動方程式に含まれている。

本研究では以下の問題について調べた。(1) この二つの非静力効果にはどのような力学的意義があるか。(2) $\cos\theta$ を係数とするコリオリ項の役割は、慣例的な $\sin\theta$ を係数とするコリオリ項と比較してどうか。(3) 二つの非静力効果のうちどちらが重要か。(4) どのような運動に対してこの二つの非静力効果を大気モデル

に考慮すべきか。

以上の問題に答えるために、地球回転の影響を完全に考慮した等温条件での圧縮成層大気モデルのノーマルモード(固有振動)の解析を行った。この三次元モデルは任意の緯度における接面座標系を用いており、水平方向には無限であるが、鉛直方向にはモデルの上限と下限が存在する。上記の問題について調べるために、様々な条件下で固有解の振動数を数値的に求めてそれを図式化した。将来、数値予報モデルの設定として解像度が更に良くなり、次期世代大気モデルの上限が更に高くなることを考慮すると、非静力効果をもつこれらの力学項は無視出来なくなるという結論が得られた。

玉木克美・宇加治一雄：傾斜した底面をもつ回転水槽中に生じる分散性の傾圧波動

Katsumi TAMAKI and Kazuo UKAJI: An Experimental Study of Wave Dispersion in a Differentially Heated Rotating Fluid Annulus with a Radially Sloping Bottom

半径方向に下り勾配の底面をもつ環状対流槽中に発生する傾圧波動の特性を室内実験によって調べた。表面流速場と温度場の測定および解析をおこない、発生する傾圧波動が地形性 β 効果によって分散性となり、卓越する2つのモードのドリフト角速度の差によって決定される周期で時間的に変動することを定量的に示した。また、環状傾圧波に対する地形性 β 効果の諸特

性を調べるために、底面が水平な場合の実験結果との比較をおこなった。その結果、波数1や波数2の長波を励起すること、傾圧波の発達を抑制することなどがわかった。さらに、室内実験で観測された分散性の傾圧波動による波束と、対流圏の中層から上層で観測される波束との類似性についても言及する。

Myong-In LEE・In-Sik KANG・Brian E. MAPES：水惑星上の熱帯季節内変動実験における対流パラメタリゼーションの影響

Myong-In LEE, In-Sik KANG, and Brian E. MAPES: Impacts of Cumulus Convection Parameterization on Aquaplanet AGCM Simulations of Tropical Intraseasonal Variability

3つの対流スキーム（簡素版荒川—シューバート、クオ、湿潤対流調節）を用いて、水惑星版の大气GCMによる熱帯季節内変動実験を行い、その対流スキーム依存性を調べた。熱帯季節内変動の強さと伝播の特徴は対流スキームに強く依存して、その中で発生条件を厳しくした対流スキームが熱帯においてより強い季節内変動を生じることがわかった。

熱力学的な平均状態および熱帯収束帯の構造もまた、用いた対流スキームによって変化する。このことは季節内変動と熱力学的な平均状態が互いに依存していることを示す。時岡らの研究（1988）による最小エントレインメント率を簡素版荒川—シューバートス

キームに導入して、熱帯季節内変動と帯状平均の降水量分布の関係を調べた。深い対流の発生を強く抑制することによって、熱帯季節内変動は強くなり熱帯収束帯は狭くなることがわかった。水惑星実験で現れた東進波の鉛直・水平構造を調べたところ、波の鉛直構造は観測のマッデン—ジュリアン振動と一致しているが、変動に伴う熱源は対流圏中央部に位置して東進速度は観測に比べて早い。モデルの波の東進のメカニズムを調べたところ、波の対流活発域の東（西）に境界層内の摩擦による収束（発散）があることがわかった。この結果は摩擦が関係したケルビン波—CISKメカニズムが東進波にとって重要であることを示す。

加藤輝之・吉崎正憲・別所康太郎・井上豊志郎・佐藤芳昭・X-BAIU-01観測グループ：X-BAIU-01期間中に観測された豪雨のシミュレーションの失敗の原因—数値シミュレーションにおける水蒸気の鉛直プロファイルの重要性—

Teruyuki KATO, Masanori YOSHIZAKI, Kotaro BESSHO, Toshiro INOUE, Yoshiaki SATO, and X-BAIU-01 observation group: Reason for the Failure of the Simulation of Heavy Rainfall during X-BAIU-01—Importance of a Vertical Profile of Water Vapor for Numerical Simulations—

2001年6月23日南九州で線状の強い降水が観測されたが、その降水をX-BAIU-01を支援するために1日2回実行していた非静力学モデル(NHM)で予報することが出来なかった。その原因をX-BAIU-01での特別観測データと衛星データを用いて調べてみた。豪雨が観測される前、NASAのQuikSCATデータからリトリブされた海上風をみると九州の南西海上に風の収束が存在していた。その収束はNHMの初期場にも解析されていた。エアロゾンで観測された下層大気は相当湿っていたが、NHMで予想されたものはかなり乾燥していた。この下層の湿りの存在はTRMMによる可降水量でも確かめることができた。以上から、

下層大気が実際よりかなり乾燥していたことがNHMの豪雨予測失敗の原因だと考えられる。

この推論について、観測に合うようにNHMの下層大気を湿らせる方法(MOD)とTRMMおよびSSM/Iによる可降水量を4次元同化に組み込んだ方法(4DV)で確かめてみた。MODについては線状の降水をうまく再現することが出来た。4DVでは予想された降水が豪雨を予報できるほど強くなく、その原因は可降水量を用いるだけでは正確に水蒸気の鉛直プロファイルを再現できなかったことにあった。下層に水蒸気が集中していることが梅雨前線帯で豪雨を引き起こすには必要である。

都田菊郎・J. L. KINTER・S. YANG：南アジアモンスーンおよびチベット高原上のプレモンスーンシグナルにおける ENSO の役割

K. MIYAKODA, J. L. KINTER, and S. YANG: The role of ENSO in the South Asian Monsoon and Pre-monsoon Signals over the Tibetan Plateau.

エル・ニーニョ南方振動 (ENSO) と夏季アジアモンスーンは互いに相互作用をしており、これまでの著者らの研究では、南アジアモンスーンから ENSO に至る過程について議論してきた。本研究では、反対の ENSO からモンスーンに至るプロセスについて解析的に明らかにした。

ENSO の結果として中央太平洋から東太平洋にかけて特異的な温度、風および水蒸気場が形成される。これらの偏差は 500 hPa より上の“butterfly”パターンとそれ以下に見られる“horseshoe”パターンとして特徴付けられる。これらのパターンは冬に出現し、春から夏の南アジアモンスーンに影響を与える。“butterfly”構造は ENSO に関係した Matsuno-Gill タイプの熱源応答として説明が可能である。

一方、インド域は陸と海洋間の温度コントラストによって駆動される南北循環によって特徴付けられる。重要な点は、この局地的な循環が大きく ENSO の影響

を受けることである。対流圏中・上層 200-500 hPa の気温偏差は、20°N から 35°N の緯度帯に沿ってアジア域まで西進し、それらは太平洋の“butterfly”パターンと関係している。この気温偏差のシグナルは、夏季モンスーン成立前の 4 月から 6 月のチベット高原上に前兆的な偏差場を作り出す。他のシグナルは 5 月から 7 月にかけて熱帯太平洋からインド域へと進み、それらは海面水温の“horseshoe”モパターンと密接に関係している。これらのシグナルはインド付近の大陸と海洋間の温度コントラストを変調させ、その結果インド亜大陸上の鉛直風を変化させる。

最後に、1976年の気候シフトについて調べた。南アジアモンスーンから ENSO へのシグナルの伝播は 1976年を境に大きく変わっていたが、逆の過程においては明瞭な変化が見られなかった。本研究ではその理由についても議論している。

仲江川敏之・杉 正人・松丸圭一：AGCM 長期積分実験に基づく季節平均水資源量の潜在的予測可能性に関する研究

Tosiyuki NAKAEGAWA, Masato SUGI, and Kei-ichi MATSUMARU: A Long-term Numerical Study of the Potential Predictability of Seasonal Mean Fields of Water Resource Variables using MRI/JMA-AGCM

気象研究所/気象庁 全球大気循環モデルを用いて、4つの水資源に関する物理量、即ち降水量-蒸発量 (P-E)、陸域貯水量、積雪水当量、流出量の季節平均場の潜在的予測可能性 (海水面温度 (SST) が完全に予測された場合に予測可能性が達しえる最大値) について調べた。この目的のために、同一の SST と海水の観測値を与えた 50年積分 (1949年から1998年) を異なる初期値から 6つ行った。

4変数の潜在的予測可能性を定量化する指標として、全変動に対する SST で強制された変動の比 (分散比) を季節平均に対して求めた。P-E の分散比は一般に熱帯で高く、中高緯度で低い。陸域貯水量の分散

比の全球分布は、P-E が陸域に与えられる正味の水量なので、P-E の分布とよく似ている。冬季高緯度帯での積雪水当量の分散比は降水量と同じく低いが、春季のアラスカ湾沿いにのみ分散比の高い地域が見られる。流出量の分散比の全球分布は全陸域貯水量と似た特徴を持っているが、若干流出量の分散比の方が小さい。

高い分散比は中高緯度の幾つかの地域でも見られる。特異値分解解析法により、P-E と積雪水当量の分散比は熱帯 SST により強制されたテレコネクションによって説明することができ、一方陸域貯水量の分散比は自信の持続性によって説明できる。

猪上 淳・小野 純・立花義裕・本田明治・岩本勉之・藤吉康志・竹内謙介：寒気吹き出し時の海氷に覆われたオホーツク海上の熱輸送特性

Jun INOUE, Jun ONO, Yoshihiro TACHIBANA, Meiji HONDA, Katsushi IWAMOTO, Yasushi FUJIYOSHI, and Kensuke TAKEUCHI : Characteristics of Heat Transfer over the Ice Covered Sea of Okhotsk during Cold-air Outbreaks

オホーツク海南西部で行われたラジオゾンデ観測データ(1998-2000年の毎年1・2月)を用いて、海水域における寒気吹き出し時の乱流熱輸送の特性を調べた。大気熱収支法によって見積もられた開放水面の乱流熱フラックスは常に上向きであるが、海水上では海水面温度よりも大気が低温である場合にのみ上向きになっていた。事例により海水密度や気象条件が異なるため、乱流熱フラックスは大きく変動するが、回帰分析の結果から海水域の乱流熱フラックスの大きさの

決定には海水密度、温位、風速の順で影響力があることが分った。さらに海水の断熱係数を導入することにより、海水の熱の遮蔽効果は寒気吹き出しが弱い場合により効果的に作用することが説明できた。また、回帰係数から求めたオホーツク海のバルク熱輸送係数(1.33×10^{-3})は北極域のものに比べ小さな値であったが、これにはオホーツク海の大気-海洋間の温度差が小さいことと低海水密度とが影響していることが示唆された。

湯本道明・松浦知徳・飯塚 聡：高解像度大気海洋結合モデルで再現された北西太平洋における台風発生数の数十年変動

Michiaki YUMOTO, Tomonori MATSUURA, and Satoshi IIZUKA : Interdecadal Variability of Tropical Cyclone Frequency over the Western North Pacific in a High-Resolution Atmosphere-Ocean Coupled GCM

防災科学技術研究所の高解像度大気海洋結合モデル(以下、結合モデルと記す)を用いて北西太平洋における台風年発生数の変動を調べた。50年間の数値実験において台風発生数の数十年変動が確認され、年発生数が年平均発生数を上回る年の多い期間である高頻度期と下回る年の多い期間である低頻度期とが再現された。結合モデルで再現された台風発生数の数十年変動は、1951年から2000年までの過去50年間で確認されている北西太平洋における実際の台風発生数の数十年変動に対応していた。

この結合モデルにおいて高頻度期の海洋場と大気場(海面水温、850 hPa 高度での水平風と相対渦度、温位そして降水強度)は台風発生にとって好条件であることを示した。高頻度期では熱帯北西太平洋の海面水温

が低頻度期よりも高い状態にあった。また、高頻度期と低頻度期とでの大気場の相違は、高頻度期において、850 hPa 高度では西風偏差と正偏差の相対渦度を、また対流活動では有効なエネルギーの増大を示した。結合モデルによって再現された大気場と海洋場におけるこれらの相違は、観測で確認された高頻度期と低頻度期の相違と一致している。

結合モデルにより観測と対応するような台風発生数の数十年変動とその変動に関連した海洋場と大気場の状況を再現することができた。しかしながら、現段階の結合モデルではいくつかの問題点を抱えていることも事実である。今後も台風活動と大気場・海洋場の状態をより良く再現できる結合モデルとなるよう改良しなければならない。

Jung-Moon YOO · C. PRABHAKARA · R. IACOVAZZI, Jr. : マイクロ波衛星観測とモデル再解析から得られた地表面射出率と雲粒子・降水粒子について

Jung-Moon YOO, C. PRABHAKARA, and R. IACOVAZZI, Jr. : Surface Emissivity Hydrometeors Derived from Microwave Satellite Observations and Model Reanalyses

衛星観測 MSU チャンネル 1 (Ch1) の輝度温度, 大気大循環モデル (GCM) の全球再解析データ, 放射伝達シミュレーションを使って, 1981年1月から1993年12月の期間について, マイクロ波地表面射出率および対流圏下層の雲粒子・降水粒子について調べた。モデルの平均の Ch1温度は MSU 加重関数に基づき, 3種類の GCM を使った再解析から得られた。GCM-再解析の気温から計算された Ch1温度は地表面射出率の差と雲粒子・降水粒子を無視しているため, Ch1温度は夏半球で最も高い。一方, MSU 温度は, 水の表面射出率は低いので, 海洋上より陸上ではるかに高い。高緯度の海域で MSU の Ch1温度は, 氷/雪の射出率のため高くなり, 高緯度の陸域で低くなる。

再解析と MSU の間での Ch1温度差は, 主に MSU 温度が高くなるため, ITCZ, SPCZ, 海水域で減少す

る。ITCZ, SPCZ 域でその温度差は, 雲粒子・降水粒子が原因で, 約4-6 K 下がる。海水域では地表面射出率の変化のため, 約20-30 K 下がる。これらの結果を調べるため, 放射伝達理論を用いて地表面射出率の差と雲粒子・降水粒子の MSU の Ch1温度への寄与を見積もった。ITCZ, SPCZ 域での4-6 K の温度上昇は, MSU の視野角(約110 km)内で水平一様を仮定すると降水強度1-1.5 mm/day の降水粒子に相当し, 非一様の場合には7-11 mm/day となり, TRMM の観測と整合している。高緯度の海洋域での10-30 K の温度上昇は氷の0.6-0.9の射出率によるものであった。海水境界の季節変動についても議論を行っている。この研究は雲粒子・降水粒子について長期間, 全球のデータを提供する独立な技術として価値があり, 現在の AMSU 衛星の期間についても拡張できる。

Mahadevan PATHMATHEVAN · 小池俊雄 · 李 新 : 土壌水分と地温プロファイルの時空間変化算定のための衛星データを用いたデータ同化アルゴリズムの開発

Mahadevan PATHMATHEVAN, Toshio KOIKE and Xin LI : A New Satellite-Based Data Assimilation Algorithm to Determine Spatial and Temporal Variations of Soil Moisture and Temperature Profiles

本研究は衛星データと地上観測データを用いた土壌水分と地温プロファイルの時空間変化算定のための新しい1次元変分法によるデータ同化アルゴリズムの開発と応用を目的とする。本アルゴリズムでは発見的最適化手法であるシミュレーテッドアニーリング法を用いており, これは一般にアジョイントモデルを用いることなく変分法での誤差関数を最小化できる。本アルゴリズムではマイクロ波放射計による輝度温度観測データを陸面モデルの一つである SiB2に同化するも

のであり, 陸面モデルをモデルオペレータとして, またマイクロ波放射伝達モデルを観測オペレータとして用いている。本アルゴリズムは全地球エネルギー水循環観測実験アジアモンスーン観測実験研究 (GAME) チベットプロジェクトのメソスケール観測データを用いて検証されている。陸面スキーム SiB2のみを用いたときと比べて, 本アルゴリズムはより適切な初期値を算出できており, 地表面や植物根層の土壌水分や地温の算定精度を著しく改善できた。

上野 充：ステアリング係数の概念と鉛直シア実験で得られた台風渦への適用

Mitsuru UENO : Steering Weight Concept and its Application to Tropical Cyclones Simulated in a Vertical Shear Experiment

鉛直シア一流中での台風移動のメカニズムを知るために、一連の理想実験を行った。実験には以前気象庁で使われていた台風進路予報モデルのf面版を用いた。

同じ初期値を用いているにもかかわらず、対流加熱の与え方次第で非常に異なる移動結果が得られた。この鉛直シア下での台風移動経路の多様性を説明するためにステアリング係数の概念を導入した。ステアリング係数は地上気圧の傾向方程式から算出される各レベルごとの重み因子であり、台風渦が各レベルの流れにどの程度流されやすいかの目安となる量である。いくつかの異なる積雲対流のパラメタリゼーションを使った実験から、計算されたステアリング係数は、鉛直シアの有無といった環境の違いにはほとんど左右されず、積雲対流のパラメタリゼーション方式に強く

依存するものとなった。このことは、モデルで得られた台風渦の温度構造は、環境場よりむしろ積雲対流のパラメタリゼーション方式で決まることを意味する。また、台風渦のジグザグ運動でない平均的な移動は、ステアリング係数と指向流の両者によりほぼ説明が付いた。

ここで得られた結果は、環境場の予報結果がモデル間であまり変わらない場合、台風進路予報のモデルによるばらつきは、ステアリング係数の違いによってある程度説明が付くかも知れないことを示唆する。また、ステアリング係数の概念が自然界でも成立することが確認できれば、今までのように指向流を単純に鉛直平均したものより、ステアリング係数を考慮して決めた平均流の方が、現実の台風移動をよりよく説明できるということになる。

Ming-Jen YANG・Quen-Chi TUNG：4つの積雲対流スキームを用いた台湾域での降水予測実験の比較

Ming-Jen YANG and Quen-Chi TUNG : Evaluation of Rainfall Forecasts over Taiwan by Four Cumulus Parameterization Schemes

この研究では、ペンシルベニア州立大学 (PSU)・米国国立大気研究所 (NCAR) の第5世代メソモデル (MM5) (格子間隔15 km 版) を用いて降水予測実験を行い、異なる積雲対流スキーム (Anthes-Kuo, Betts-Miller, Grell および Kain-Fritsch スキーム) を用いた結果を比較した。具体的には、台湾域において6つの降水イベントを選んで各積雲対流スキームを用いた降水予測実験を行い、成績は台湾内の広域降雨観測網を利用して統計的スコア (スレットスコア, イクイタブルスレットスコア, バイアススコア) によって評価した。

寒候期の降水イベント (冬季における寒気の吹き出しおよび秋の寒冷前線) に対する降水域および降水量の予測は、暖候期の降水イベント (春の雨・夏の雷雨) の予測よりも成績が良く、この結果はこれまでの研究と一致する。すべてのスコアで他の積雲対流スキームを上回るスキームはなく、冬季の寒気の吹き出しや梅

雨前線の場合のような明瞭な総観場を背景とした降水イベントでは、積雲対流スキームの違いはわずかな差を生むのみである。

台湾域での積雲対流スキームの特徴的な振る舞いをあげると、(i) Anthes-Kuo スキームでは降水の範囲を大きく予測する傾向がある。特に、降水量が少ない場合にそうである。(ii) 最大降水量の予測を比較すると、Betts-Miller の積雲対流スキームの成績が最も良かった。Betts-Miller スキームでは強い降水を生み出す傾向があり、また降水域を狭く予測する。(iii) Kain-Fritsch スキームでは、冬季における寒気の吹き出し時に降水域予測で最も良い成績を示した。(iv) 全積算降水量の予測を比較すると、Grell の積雲スキームを使った実験の成績が最も良かった。Grell スキームは、梅雨前線や台風のような強い降水の場合に最も良い成績を示す。

S. K. DHAKA・高橋正明・河谷芳雄・S. MALIK・柴垣佳明・深尾昌一郎：熱帯域における深い積雲対流内の上昇流の観測と重力波生成への役割

S. K. DHAKA, Masaaki TAKAHASHI, Yoshio KAWATANI, S. MAILK, Yoshiaki SHIBAGAKI, and Syoichiro FUKAO: Observations of Deep Convective Updrafts in Tropical Convection and their Role in the Generation of Gravity Waves

2000年6月21-22日及び22-23日にインドの Gadan-ki (13.5°N, 79.2°E) にある MST レーダによって、約8-10 m/sの強い上昇流が上部対流圏に連続して観測された。両日ともレーダ上空には降水を伴った対流性ストームが存在した。上昇域は、8-10分の間に鉛直方向に3-4 km 上方へ移動し、15-16 km 付近(中立成層高度)で終了した。上部対流圏及び下部成層圏では、重力波の特徴が見られた。この重力波生成の主要なメカニズムは、対流性の上昇流によって励起された、中

立成層近くに於ける鉛直方向の振動と思われる。励起された重力波の鉛直波長は約2-5 km で、卓越周期は圏界面より上で10-20分、下で10分以下であった。対流圏における周期10分以下の変動は、周期的に生じた上昇流によるものと考えられる。下部成層圏の重力波に対応する水平波長は10-20 km, 固有群速度は10-12 m/s と見積もられる。また、平均群速度の方向は水平から15-20度傾いていると推定される。

Haiyan HE・Chung-Hsiung SUI・Maoqiu JIAN・Zhiping WEN・Guangdong LAN：対流圏の温度場の季節進行と夏のアジアモンスーンとの関係

Haiyan HE, Chung-Hsiung SUI, Maoqiu JIAN, Zhiping WEN and Guangdong LAN: The Evolution of Tropospheric Temperature Field and its Relationship with the Onset of the Asian Summer Monsoon

対流圏の温度場の平均構造と年々変動について夏の東アジアモンスーン (EASM) およびインドモンスーン (INM) の成立の観点から解析を行った。解析には NCEP-NCAR 再解析 (1982-1996) およびヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) の再解析データ (ERA) を使用した。解析したほとんどの年において、対流圏での南北の温度勾配の逆転が EASM および INM 地域の夏のモンスーンの開始と同じか、あるいはその前に生じていた。熱収支解析の結果、強い水平の暖気移

流と非断熱加熱が対流圏上部の温度上昇をもたらしていることが明らかとなった。これに対しインド地域ではチベット高原の南西を迂回する北西風による寒気移流と非断熱冷却に対し、下降流による断熱加熱が主要な昇温の要因である。上記事実から南アジア域での上層の高気圧の季節的なシフト、EASM および INM の成立は季節的な昇温と密接に関係しており、結果として上部対流圏の子午面方向の温度傾度の逆転を引き起こしていることが示された。

Sung-Dae KANG・木村富士男：北西太平洋亜熱帯高気圧の変動に及ぼす熱帯 SST の影響 Part I：線形的ロスビー波伝搬に関する数値実験

Sung-Dae KANG and Fujio KIMURA: Effect of Tropical SST on the Northwest Pacific Subtropical Anticyclone. Part I: Linear Rossby Wave Propagation

東アジア域の亜熱帯高気圧の発達には日本や韓国周辺の大気場に大きな影響を与える。熱帯の海面温度が亜熱帯高気圧に与える影響を、客観解析値による初期条件と境界条件を与えた領域モデル MM5 (Ver 3.5) により調べた。

数値実験の結果、以下のような結論を得た。(1) フィ

リピン周辺の海域の海面温度を一様に1.0°C程度昇温させると、ロスビー波的伝搬を生じ日本および韓国周辺に高気圧アノマリーを生じる。(2) ロスビー波伝搬の振幅は海面温度の昇温量に線形的であり、それは SST を冷却した場合にも符号は反転するものの当てはまる。波列の振幅が SST の昇温量に線形的である

ことは波列伝搬を決定論的に扱えることを意味する。しかしながら、計算領域に台風や熱帯低気圧が存在しているときには非線形性が強まる。(3) 該当地域の海面温度の上昇はロスビー波の伝搬と同時に、上層ジェットを弱め下層の南西ジェットを強化する傾向がある。(4) 海面温度が大気循環に影響を及ぼす時間スケールは約5日程度である。(5) 波列のなかで領域1(40°N~55°N, 100°E~160°E)および領域2(10°N~40°N, 100°E~140°E)ではそれぞれ順圧的および傾圧的鉛直構造を持つ。(6) 海面温度の1°C上昇に伴うロスビー波の振幅は、予測可能性限界による標準偏差よりも約4倍大きい。(7) 日本及び韓国の降水に与える影響は、

SSTの昇温量に必ずしも線形的ではなく、SSTの昇温時のみ影響を受ける。また降水量の変化は日本と韓国では対照的であり、SST昇温に対して日本では降水量が減少、韓国では増大する。SSTの昇温および降温はフィリピン付近の降水をそれぞれ増大・減少させる。(8) 日本/韓国に及ぼすロスビー伝搬はSSTの昇温域の位置に極めて敏感であり、昇温実験を行った範囲の中では、(110°E~140°E, 10°N~20°N)の領域が最も大きな感度を持つ。

ここで得られたロスビー波の南北伝搬とそれによる亜熱帯高気圧の変動に関する性質は東アジアにおける夏の気候特性を理解する上で重要である。

山田広幸・耿 驍・Krishnareddigari Krishna REDDY・上田 博・藤吉康志：長江下流域で発生した梅雨前線上の低気圧に伴うメソスケール対流システムの3次元構造

Hiroyuki YAMADA, Biao GENG, Krishnareddigari Krishna REDDY, Hiroshi UYEDA, and Yasushi FUJIYOSHI :
Three-Dimensional Structure of a Mesoscale Convective System in a Baiu-Frontal Depression Generated in the Downstream Region of the Yangtze River

長江下流域に展開したメソスケール観測領域内で、2001年6月18日に梅雨前線に伴うメソスケール低気圧が発生した。この観測で得られたデータをもとに、我々は低気圧に伴うメソ α スケール対流システムの3次元構造を解析した。本論文ではその構造について述べ、梅雨期の大陸東岸における対流システムの発達機構について議論した。この対流システムは、それより小さい水平規模を持つ複数のメソ β スケール対流群によって構成された。対流群は低気圧中心部ではバンド状エコー、低気圧前方では海岸付近で次々と形成されたセル状エコー、そして後方では500 km以上伸びたバンド状エコーにより構成されていた。メソ α スケール対流システムに向かう下層の気流には、湿潤な南西風ジェットと、乾燥した西~北西風、そして海岸付近に出現した浅く低温な東風の3つがあった。全てのメソ β スケール対流群は、対流不安定な南西風の気塊が自

由対流高度まで持ち上げられたところで発生していた。南西風の持ち上げは、低気圧中心では東風と西~北西風の両方によりもたらされ、低気圧の前方(後方)ではそれぞれ東風(西~北西風)によりもたらされた。

低気圧の前方部では後方部に比べて、システムに相対的な南西風の流入が強く、この強い流入により前方部では圏界面まで達する背の高い対流が作られたと考えられた。東風は、このような強いインフローを持ち上げ、対流システム内に深い対流群を形成するのに重要な役割を果たし、そして上昇流域の拡大によってメソスケール低気圧の発達に寄与した。この東風の成因について議論を行なった。このような局所的な気流の形成による下層収束の強化が、梅雨期に大陸東岸付近でメソスケール対流システムが発達する原因の一つと考えられた。

佐々木太一・伍 培明・木村富士男・吉兼隆生・劉 晶淼：チベット高原南東部における夕方の可降水量急増

Taichi SASAKI, Peiming WU, Fujio KIMURA, Takao YOSHIKANE, and Jingmiao LIU : Drastic Evening Increase in Precipitable Water Vapor over the Southeastern Tibetan Plateau

チベット高原南東部のラサ (北緯29.7度, 東経91.1度)において, 夕方における可降水量の急増がGPSにより2000年10月に頻繁に観測された. そのメカニズムを調べるため, 領域大気数値モデルを用いてある典型日について数値シミュレーションを実施した. 日中, 熱的に駆動された斜面上昇流がヒマラヤ山脈南斜面で卓越し, 山麓のヒンドスタン平原から水蒸気を輸送する. 水蒸気はヒマラヤ山脈の峡谷に沿ってチベット高原内部へ進入し, 山脈北麓に蓄積する. この湿潤域と高原内部の乾燥域との間で水蒸気の水平傾度が増加

し, 前線帯が形成される. 夕方以降, この前線帯構造は崩れ, 多量の水蒸気が重力流的に高原内部へ北進し, 可降水量が急増する. すなわち, チベット高原~ヒンドスタン平原間の高原スケールの風の日変化が, チベット高原南東部における夕方の可降水量急増を引き起こしているものと思われる. 翌日中には, 高原内部において混合層が発達し, 鉛直方向の運動量輸送に伴い大気下層の西風が強化される. 大気下層の西風強化により, 高原全体で乾燥空気の移流が強まり, 可降水量が減少する.

植田宏昭・堀 正岳・野原大輔：筑波山の斜面温暖帯観測

Hiroaki UEDA, Masatake HORI and Daisuke NOHARA : Observational Study of the Thermal Belt over the Slope of Mt. Tsukuba

筑波山の西側斜面において2002年の12月19日15時から20日08時にかけて斜面温暖帯の観測を行った. 温度ロガーを西側斜面に展開し, 地上1.5 mでの気温観測を10分間隔で行った. 山岳斜面における気温の相対的に暖かい領域は, 標高200 mから250 m付近を中心に明け方にかけて出現していた. 繫留気球を用いて気温の鉛直プロファイルを1時間間隔で計測した. 山麓平野部では早朝に温度差が4°C以上の強い接地逆転が生じていたが, みかん園のある標高150 m付近では, 地上から上方約40 m付近まで3.5°C~4.5°Cの様な温度

構造をしていた. 明け方にかけての急激な気温低下は, 急速な天候回復と同時に生じていた. このことは斜面温暖帯の形成において放射冷却が重要な役割を果たしていることを示している. サーモグラフィから得られた熱映像解析の結果, 山岳斜面の高温域は山地の中腹にはぼ帯状に分布していることが確認された. しかしながら, 場所によっては水平方向に不均一な温度分布が見られる. このことは地形に関係した冷気流が, 斜面温暖帯の形成に何らかの影響を及ぼしていることを示唆している.

栗原和夫：日本の夏の地上気温の準6年周期変動

Kazuo KURIHARA : Quasi-Six-year Fluctuation in Summer Surface Air Temperature in Japan

日本の夏の地上気温に4-6年の間隔で高温年(H1)が現れることが見いだされた. 高温年の間隔はほとんどの場合6年である. この日本の夏の気温の変動(以下では「準6年変動」と呼ぶ)は日本の北部で明瞭であるが, 南西諸島以外の他の地域でも見られる. 高温年以外の年も北日本では夏の気温に以下のような特徴が見られる. (i) H1-2 (高温年の2年前)とH1-1 (高温年の1年前)は低温である. (ii) 著しい低温はH1-

1の年に起こる. (iii) H1+1 (高温年の1年後)は気温が高い. (iv) H1+2 (高温年の2年後)は低温である.

6年周期は北太平洋の海面水温の変動にも見られる(Saiki and Nagasaka 1986). 日本の夏の気温の準6年周期変動と北太平洋の海面水温の変動との間の高い相関は, 2つの変動が密接に関連していることを示唆している.