



によるシミュレーションを実行した。RICOとIHOPにおける3次元の雲の特徴は、それぞれ亜熱帯の海上と中緯度の大陸での高層観測という環境場のために全く異なっていた。それぞれのWRFのシミュレーションに対応して、ETTMによる1次元の雲のシミュレーションを行った。3次元の雲シミュレーションで用いたものと同様のオリジナルの熱バブルを与えた(熱バブルに水蒸気を加算しない)場合、シミュレーションされた1次元の雲はかなり弱いものであった。相対湿度に対するモデル結果の感度を、ETTMシミュレーションでの熱バブル内の相対湿度を88%

(ER88)と95%(ER95)とすることで調べた。オリジナルシミュレーションと比べると、ER88とER95の1次元の結果には明白な改善が見られたが、3次元の雲に対してまだ過小評価になっていて、IHOPの結果はRICOの結果よりわずかに悪かった。雲が傾いていない場合や下降流のサイズに対する感度実験も行った。雲が傾いていることによる下降流は熱や水蒸気フラックスの観点からETTMの性能をわずかに改善することができたが、1次元のシミュレーション結果に対する下降流のサイズの影響ははっきりしなかった。

### 和田 晃・村山昌平・近藤裕昭・松枝秀和・澤 庸介・坪井一寛：大気観測用高精度ラドン測定装置の開発

Akira WADA, Shohei MURAYAMA, Hiroaki KONDO, Hidekazu MATSUEDA, Yousuke SAWA, and Kazuhiro TSUBOI : Development of a Compact and Sensitive Electrostatic Radon-222 Measuring System for Use in Atmospheric Observation

大気観測に幅広く応用できる高精度ラドン観測装置を開発した。本装置は静電捕集法を測定原理として採用し、検出部には半導体検出器を使用した。この半導体検出器を使用することでラドンの子孫核種であるポロニウム-218とポロニウム-214とをほぼ完全に分離して測定可能となった。このことで半減期の短いポロニウム-218(半減期3.10分)のみからラドン濃度を決定できるため測定時間の大幅な短縮が可能となった。また、鉛-210の子孫核種であるポロニウム-210もほぼ完全に分離できることから、鉛-210の蓄積によるラドン濃度の過大評価を防ぐことができ、長期間にわたって濃度のドリフトを生じることなく使用することが可能となった。さらに、捕集容器としてステンレス製容器を使用し、捕集容器内面を研磨して容器自身から発生するラドンを最小限にすることで検出限界を従来の装置より大幅に改善できた。本装置の性能を従来の静電

捕集法を用いたラドン観測装置と比較した結果、本装置が検出限界、感度、測定頻度において優れていることが確認できた。本装置による気象研究所内(36.1°N, 140.1°E)での試験的な観測結果から明瞭なラドン濃度の日変動を観測することができた。この日変動は境界層内において短時間に急激に起こる鉛直混合とよく対応していた。また南鳥島(24.3°N, 154.0°E)における本装置を用いた観測から非常に低濃度のラドンピークが観測された。このピークは同時に観測された大気中一酸化炭素濃度の変動ともよく一致しており、南鳥島から約2000km離れたアジア大陸起源の空気塊であることが確認できた。これらの観測結果から、本装置が高濃度環境下での高頻度観測から低濃度環境下での高精度観測にまで幅広く応用できることが示された。

### 野田 暁・新野 宏：スーパーセルに伴って発生する竜巻の数値的研究：竜巻の発達機構とその渦度収支

Akira T. NODA and Hiroshi NIINO : A Numerical Investigation of a Supercell Tornado : Genesis and Vorticity Budget

高解像度3次元雲解像モデルを用いてスーパーセルに伴って発生する竜巻の再現実験を行ない、竜巻の発

生機構とその渦度収支を調べた。用いた水平格子間隔は均一で70mであり、対象とした事例は1977年米国

オクラホマ州に発生し竜巻をもたらしたデルシティブームである。竜巻の発生機構は以下の様にまとめられる：シミュレーション開始から50分後の高度1.8kmでは、ストームの発達によって強化された水平風の鉛直シアとストームに伴う上昇流との非線形相互作用によりメソ・ローが形成される。このメソ・ローに伴う鉛直気圧傾度力により、その下の層で上昇流が強化される。この上昇流の発達により、環境風に伴う水平渦度と傾圧効果によって生成された水平渦度が鉛直方向に立ち上げられる。この水平渦度の立ち上げにより、下層メソサイクロンが発達する。この下層メソサイクロンはその発達に伴って高度1.5kmで $43\text{ms}^{-1}$ を超える下層の強い上昇流を作り出す。一旦、下層の強い上昇流が発達を始めると、ガストフロント上で発達する複数の小渦のうち、この上昇流の直下に存在するもの

が、鉛直渦度を鉛直方向に引き伸ばされることで、選択的に竜巻にまで成長する。竜巻の発達に伴って起こる気圧の低下により、下向き気圧傾度力が強まっていく。これにより竜巻渦内部の北側から竜巻渦スケールの下降流が発達し始める。竜巻の最盛期（75分後）を過ぎると、竜巻はこの下降流によって起こる鉛直渦の圧縮により中心部から弱められて消散する。

竜巻渦を構成する典型的な気流を通る空気塊に沿った渦度収支解析を行なった結果、成熟期の竜巻渦を構成する空気塊は主に竜巻に対して北西側の高度10m～500mから来ることがわかった。そして、成熟期における竜巻の鉛直渦度は空気塊が持つストームによって強化された水平渦度を、空気塊が下降する過程において、鉛直方向に立ち上げることで作られていた。

佐々木華織・沢田雅洋・石井昌憲・菅野洋光・水谷耕平・青木哲郎・板部敏和・松島 大・余 偉明・野田 暁・氏家将志・松浦陽介・岩崎俊樹：日本の局所偏東風“清川ダシ”の時間的変化と空間的構造 PART II：数値シミュレーション

Kaori SASAKI, Masahiro SAWADA, Shoken ISHII, Hiromitsu KANNO, Kohei MIZUTANI, Tetsuo AOKI, Toshikazu ITABE, Dai MATSUSHIMA, Weiming SHA, Akira T. NODA, Masashi UJIIE, Yousuke MATSUURA, and Toshiki IWASAKI: The Temporal Evolution and Spatial Structure of the Local Easterly Wind “Kiyokawa-dashi” in Japan Part II: Numerical Simulations

2004年8月30日に観測された局所偏東風清川ダシについて非静力学モデル（NHM）を用いて3次元数値シミュレーションを行い、コヒーレントドップラーライダー（CDL）観測結果と比較した。モデルの最適設定条件を検証するため、水平、鉛直解像度、地表面粗度、地表面温度に対する感度実験を行った。その結果、水平解像度1km、鉛直85層で現実植生に合わせた粗度を用いた実験において、清川ダシの観測結果から得られた特徴がよく再現された。すなわち、 $10\text{ms}^{-1}$ を超える強風帯は地上0.1-0.5kmと非常に薄く、最大風速は安定層直下に現れ、地上0.1-0.2kmで $12\text{ms}^{-1}$ に達した。また、最下層の風速の水平分布を見たところ、強風域は最上峡谷の走向には沿っておらず、庄内平野に面した山麓、最上峡谷より約1km南に現れた。この特徴はCDL観測結果ともよく一致した。流線解析により、清川ダシは上空の南東風、すなわち月

山-鳥海山をむすぶ山脈を挟んで東側より流入し山を吹き下ろして中低層に吹き下ろす南東風の影響を受けていることが分かった。また、最上峡谷よりも南側に現れる最強風域については、谷の出口南側の小さな山系の吹き下ろしの影響が加わるためであると考えられた。感度実験により、特に強風の高さは下層安定層の影響を強く受けており、臨界層は下層の南東風の強化にとって重要ではないことが明らかとなった。本実験結果は1事例の解析結果にすぎないが、庄内平野上の大規模な風の場合は、上流側の葉山、月山-鳥海山をむすぶ山脈といった大規模な地形の影響が強く、一方、峡谷出口付近の強風域は峡谷や支流、峡谷出口南側の山といったごく小規模の地形の影響を強く受けていると考えられ、両者の数値実験における水平解像度に対する感度は異なると推測される。

## 近本喜光・谷本陽一・向川 均・木本昌秀：ENSO 発達期の局所ハドレー循環に関わる亜熱帯海面水温変動

Yoshimitsu CHIKAMOTO, Youichi TANIMOTO, Hitoshi MUKOUGAWA, and Masahide KIMOTO : Subtropical Pacific SST Variability Related to the Local Hadley Circulation during the Premature Stage of ENSO

エルニーニョ・南方振動 (ENSO) の発達に伴う亜熱帯域における海面水温偏差の形成過程について、再解析および観測データを用いて調べた。ENSO 発達期の温かいイベント時には、2-3月の北半球亜熱帯太平洋および4月以降の南半球亜熱帯太平洋で負の海面水温偏差が形成され、ENSOの冷たいイベント時にはこれと逆符号の海面水温偏差が形成される。これら亜熱帯域における海面水温偏差の形成より1ヶ月前に、南北両半球ともその負の海面水温偏差が観測された場所で負の大気比湿偏差が現れる。この負の大気比湿偏差は1-2月の北半球および3月の南半球におい

て局所ハドレー循環の下降流の強化を伴っていた。この下降流の強化が北半球から南半球に移行する時期は、気候学的なハドレー循環が北半球から南半球へと移行する時期に対応していた。線形化した潜熱フラックス偏差の解析より、亜熱帯域における海面水温偏差の形成に対して、風速偏差だけでなく、局所ハドレー循環の変化によって引き起こされた大気比湿偏差に伴う大気海洋間の比湿差偏差の寄与も重要な役割を果たしていることを示唆した。局所ハドレー循環に伴う亜熱帯域の大気海洋相互作用がもたらすメカニズムについて議論した。

## Shu-Ping WENG：台湾における気温日較差の変化と大規模場との関係：単変量・多変量トレンド解析

Shu-Ping WENG : Changes of Diurnal Temperature Range in Taiwan and Their Large-Scale Associations : Univariate and Multivariate Trend Analyses

台湾における日較差 (Diurnal Temperature Range, DTR; 昼間の最高気温 ( $T_{\max}$ ) マイナス夜間最低気温 ( $T_{\min}$ )) の1950-2007における長期変動を解析するために、本研究では、21の観測点のDTR,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ のデータに対して、改良 Mann-Kendall テストを組み合わせたトレンドフリーなプリホワイトニングを用いた単変量解析と、EOFに基づいた多変量トレンド解析 (TEOFA) をおこなった。TEOFAの結果の大規模場との関係性を明らかにするために、英国気象局ハドレーセンターが提供する  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , 夜間海上気温, 海面較正気圧の全球グリッドデータも使用する。まず、単変量解析により、トレンドの正負と、 $T_{\max}$ と $T_{\min}$ のトレンドの相対的な大小に基づいて、観測点を3つのタイプに分類した。タイプAとタイプBではいずれも $T_{\min}$ が正のトレンドを持つが、タイプAでは $T_{\min}$ が $T_{\max}$ より、タイプBでは $T_{\max}$ が $T_{\min}$ より速く増加している。一方、タイプCでは $T_{\max}$ が負のトレンドを持つ。従って、タイプAとタイプCではDTRは負のトレンドを持ち、タイプBでは正のトレンドを持つ。多くの観測点で、 $T_{\min}$ の正のトレンドは12-2月に最大となる。また、タイプBすべてで $T_{\max}$ の正のトレンドは6-8

月に最大となる。なお、タイプBの観測点9つのうちの6つが島か港町にあり、海の影響を強く受けている。TEOFAにより3つのDTRトレンドのモードが抽出された。第一モード ( $TEOF_1$ ) は、4つのタイプBの観測点でDTRの正のトレンドを、他の観測点でDTRの負のトレンドをとらえている。対応する $T_{\min}$ の正のトレンドは夜間の雲量の増加と整合的であり、 $T_{\max}$ の正のトレンドは昼間の雲量の減少と整合的であり、大規模場の変化とよい相関がある。従って、地球温暖化に伴う変化であると考えられる。しかしながら、 $TEOF_1$ は人間活動の活発な台湾西部平原 (タイプC観測点) と中国大陸東部において $T_{\max}$ の負のトレンドもとらえている。この地域では海面較正気圧に正のトレンドが見られることから、DTRのトレンドに人為起源のフォーシングが効いていることを示唆する。第二モード ( $TEOF_2$ ) と第三モード ( $TEOF_3$ ) は、それぞれ台湾中央部と北部台湾において、10年から数10年スケールのDTR変動を示している。 $TEOF_2$ は1970年代以前では振幅が小さく、1980年代半ば以降では振幅が大きくなっている。対応する大規模場のパターンによると、 $TEOF_2$ は東アジア冬季モンスーンの強まりと東部赤道太平洋のLa Niña

的な状態とのリンクを示し、TEOF<sub>3</sub>は東アジア冬季モンスーンの弱まりと中央赤道太平洋のEl Niño的な状態とのリンクを示していると考えられる。また、Pacific-Japan テレコネクションのようなパターンに

埋め込まれる形で、南西モンスーンの弱まりに対応する6-8月の太平洋亜熱帯高気圧の南西方向への広がりもTEOF<sub>2</sub>によりとらえられている。

### 小田真祐子・金久博忠：重力波の鉛直伝播の解析解—BV thinking の観点から

Mayuko ODA and Hirofusa KANEHISA: Analytical Solutions of Vertically Propagating Gravity Waves —From the Perspective of Buoyancy-Vorticity Thinking

Harnik *et al.* (2008) の浮力-渦度の定式化に基づいて、東西-鉛直2次元の方程式系で、重力波の鉛直伝播の初期値問題の解析解を求める。この解析解は、Harnik *et al.* (2008) の浮力-渦度 thinking に、目に見える形の具体化を与える。また解析解は、鉛直勾配を持つ水平基本流の中での重力波の成長（いわゆる重力波のシア不安定）に、浮力-渦度 thinking による定性的理解を与える。解析的に解くために、基本浮力（すなわち基本温位）は鉛直方向に区間一様と仮定し、グリーン関数の方法を用いる。得られた解析解は次のことを示す。鉛直方向に一様な水平基本流の中では、初期に最下層にあった重力波は鉛直上方へ伝播し、最上層で下層へ向かって反射される。そして最上層と最下層の間の反射を繰り返す。鉛直勾配を持つ水平基本流の中では、重力波の振る舞いは水平波数に依

存する。これは水平伝播速度が水平波数に依存することによる。但しここでの水平伝播速度は流体に相対的な伝播速度を意味する。水平伝播速度が基本流による移流速度と上手くバランスして上層と下層の位相速度がほぼ等しく成る場合、重力波は鉛直方向へ伝播し、上層と下層の擾乱の位相固定・相互作用がおり指数関数的に成長する。他方、水平伝播速度が基本流による移流速度と上手くバランスせず上層と下層の位相速度が異なる場合、重力波は鉛直方向に殆ど伝播せず、上層と下層の擾乱は互いに水平方向に流れ去ってしまい相互作用も殆どなく成長しない（すなわち振動するのみ）。成長と振動の境目の臨界点においては、重力波は時間の一次関数で成長する。得られた解析解の振る舞いは、Harnik *et al.* (2008) の浮力-渦度 thinking によって定性的に解釈できる。