

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

第91巻 第5号 2013年10月 目次と要旨

論 文

山田芳則：Multiple-Doppler synthesis and continuity adjustment technique (MUSCAT) 法 によって算出された風の場の特性 .....	559-583
Jiaoyan ZHANG・Liguang WU・Fumin REN・Xiaopeng CUI：中国における熱帯低気圧 に伴う降水の変化 .....	585-595
Yao HA・Zhong ZHONG・Xiuqun YANG：エルニーニョ衰退期における北西太平洋の 熱帯低気圧の発生頻度アノマリーの東方シフト .....	597-608
西脇夏樹・三隅良平・清水慎吾・前坂 剛・岩波 越・櫻井南海子・真木雅之・鈴木真一・ 加藤 敦・山路昭彦：ステレオ写真測量，Ka バンドレーダおよび X バンドレーダ で観測された山岳域で発達する対流雲の構造と振舞い：北関東での事例研究 .....	609-626
Zhigang SUN・Mekonnen GEBREMICHAEL・Qinxue WANG：リモートセンシングに 基づく経験的な地中熱フラックスの評価式の検討 .....	627-638
高橋 洋・井手永孝文：冬季モンスーンにおける日本海側の降水量と降雪量への海面水温 (SST) の影響—時間スケール依存性— .....	639-653
北村祐二・堀 晃浩・八木俊政：発達する安定境界層でのフラックスリチャードソン数と 乱流プラントル数 .....	655-666
馬淵和雄：近年のエルニーニョ現象と関連した炭素循環と北半球陸域過程との関係に関する 数値的研究 .....	667-686
田尻拓也・山下克也・村上正隆・折笠成宏・斎藤篤思・楠 研一・Lyle LILIE：新たな 断熱膨張型雲シミュレーションチェンバー .....	687-704
川畑拓矢・小司禎教・瀬古 弘・斉藤和雄：4次元変分法による GPS 視線遅延量データ 同化を用いた沖縄本島におけるメソ対流系に関する数値的研究 .....	705-721
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2013年7月号・8月号) .....	723
英文レター誌 SOLA の論文リスト (2013年79-124) .....	724
気象集誌次号掲載予定論文リスト .....	725

. . . . . ◆ . . . . . ◆ . . . . . ◆ . . . . .

**山田芳則：Multiple-Doppler synthesis and continuity adjustment technique (MUSCAT) 法によって算出された風の場の特性**

Yoshinori YAMADA: Characteristics of Wind Fields Derived from the Multiple-Doppler Synthesis and Continuity Adjustment Technique (MUSCAT)

MUSCAT 法 (multiple-Doppler synthesis and continuity adjustment technique) 及び MUSCAT 法で連続の式を質量フラックス保存に置き換えた方法に

よって算出される風の場の特性を，主に数値的に作成したドップラー速度データを用いた実験によって調べた。数値実験では，平坦な地表面上でのデュアルドッ

プラーレーダー解析を仮定した。MUSCAT法と従来の方法によって計算された風の間について、gain factorや風速成分の精度を議論した。データフィット処理では、MUSCAT法で示されているものとは異なる方法が有用であることがわかった。高度変化のない純粋な発散場を用いた実験から、gain factorが1に近い場合には、MUSCAT法及び質量フラックスを用いる方法によって算出された地表付近の風の間精度は同程度であることと、どちらの方法によっても従来の方法によって算出された風速よりも高精度であることが示された。さらに、水平方向と鉛直方向の風速成分

で定義される2次元的な風の間を用いた実験結果から、3次元的な空間内の風速成分についてもMUSCAT法によって従来の方法よりも高精度の風算出ができることがわかった。

1993年に日本海上で観測された浅い対流性のバンド状降雪雲のデータにMUSCAT法を適用した結果から、質量保存の形式や平滑化項に適用される重みの値が、解析される鉛直流の間により大きな影響を及ぼすことがわかった。したがって、よりよい風を算出するには、これらの適切な選択が必要になる場合のあることが示唆された。

### Jiaoyan ZHANG・Liguang WU・Fumin REN・Xiaopeng CUI：中国における熱帯低気圧に伴う降水の変化

Jiaoyan ZHANG, Liguang WU, Fumin REN, and Xiaopeng CUI: Changes in Tropical Cyclone Rainfall in China

熱帯低気圧(TC)活動に伴う地形性の降水はしばしば中国に洪水災害をもたらしており、今までの研究によれば、気候温暖化とともにTCに関係する降水が増加する可能性が高いとされている。本研究では、1965-2009年の514箇所の気象観測点の日降水量の観測値を用いて、中国のTCに伴う降水の主たる特徴を調べる。特に、TCに伴う降水が、降水の気候特性と1個のTC当たりの平均降水の変化における寄与について調べる。

TCに伴う降水は中国東部と中国南東部の半分の領域に主として影響を与え、中国南部と南東部の夏季降水の10%以上の寄与をもつ。TCに伴う降水は揚子江下流域と中国南東部に増加傾向を示しており、中国南

東部の降水の増加による「南部で湿潤化、北部で乾燥化」のパターンをもたらしている。本研究では、1個のTC当たりの平均降水量は1965-2009年の期間に中国南東部でかなり増加したことを示唆している。6月から9月の台風の活発期には、顕著な変化として、東経110度より東側・揚子江より南側で上昇傾向を示している。本研究では、1個のTC当たりの降水の増加はTC強度の強化とは関係しないことを見出した。さらに、1965-2009年の期間には中国に影響を与えたTCの移動速度には顕著な変化傾向は見られなかった。このことは、中国における1個のTC当たりのTCに伴う降水の強化は、TCの移動速度が遅くなったことによるものではないことを示唆している。

### Yao HA・Zhong ZHONG・Xiuqun YANG：エルニーニョ衰退期における北西太平洋の熱帯低気圧の発生頻度アノマリーの東方シフト

Yao HA, Zhong ZHONG, and Xiuqun YANG: Eastward Shift of Northwest Pacific Tropical Cyclone Genesis Frequency Anomaly in Decaying El Niño

本研究では、エルニーニョ衰退(El Niño Decaying; EDC)年における6月から10月の北西太平洋(WNP)における熱帯低気圧の発生頻度(tropical cyclone genesis frequency; TCGF)アノマリーの経度方向の推移とそのメカニズムについて調べる。TCGFアノマリーは東部WNPに負極、西部WNPに正極をもつ双極子パターンを示す結果が得られた。

特に、負(正)のアノマリーの平均位置は、7月の東経130度(120度)から10月の東経160度(145度)に東方へシフトする。さらに、負のTCGFアノマリーの発達する様子がよりはっきりと現れる。このようなTCGFアノマリーの変化は気候学的な熱帯低気圧の運動エネルギーのアノマリーの分布を主として決めており、東方へシフトするとともにEDC年の秋季を通

じて持続する。熱帯インド洋の昇温と赤道域の中央から東部太平洋の低温下がともに大規模大気循環とWNPの環境場の変調をもたらし、EDC年の夏季から秋季のTCGFアノマリーの東方シフトをもたらす。

TCGFアノマリーの推移の理解を進めることにより、EDC年のWNPにおけるそれぞれの領域におけるTCの季節予報の改善に結びつくと考えられる。

西脇夏樹・三隅良平・清水慎吾・前坂 剛・岩波 越・櫻井南海子・真木雅之・鈴木真一・加藤 敦・山路昭彦：ステレオ写真測量，KaバンドレーダおよびXバンドレーダで観測された山岳域で発達する対流雲の構造と振舞い：北関東での事例研究

Natsuki NISHIWAKI, Ryohei MISUMI, Shingo SHIMIZU, Takeshi MAESAKA, Koyuru IWANAMI, Namiko SAKURAI, Masayuki MAKI, Shin-ichi SUZUKI, Atsushi KATO, and Akihiko YAMAJI: Behavior and Structure of Convective Clouds Developing around a Mountainous Area Observed by Stereo Photogrammetry and Ka-Band and X-Band Radars: Case Study of Northern Kanto, Japan

山地周辺で発達する対流雲の挙動や構造を明らかにするために、2009年8月24日に北関東で発達した対流雲をステレオ写真測量，Kaバンドレーダ，Xバンドレーダにより観測した。対流活動は，Xバンドレーダエコーの空間的な分布に基づき，1)エコーがないステージ1 (1006-1200JST)，2)エコーが山地に限られるステージ2 (1200-1400JST)，3)エコーが平地で発達するステージ3 (1400-1600JST)に分けられた。ステージ1と2において，対流雲は繰り返し山

地で発生し山麓で消滅していた。ステージ3において，対流雲は山地で発生後，山麓で消滅することなく平地に到達していた。ステージ2において新しい対流エコーは既存の対流エコーの移動方向後ろ側に発生していたが，ステージ3では移動方向前側で発生していた。山地における比湿はステージ1において増加したが，一方で山麓におけるGPS可降水量はステージ2から3にかけて増加した。対流雲の挙動と局地風循環による水蒸気輸送の関係を議論した。

Zhigang SUN・Mekonnen GEBREMICHAEL・Qinxue WANG：リモートセンシングに基づく経験的な地中熱フラックスの評価式の検討

Zhigang SUN, Mekonnen GEBREMICHAEL, and Qinxue WANG: Evaluation of Empirical Remote Sensing-based Equations for Estimating Soil Heat Flux

リモートセンシングデータから蒸発散量を正確に評価するには通常，正味放射量，顕熱フラックス，そして地中熱フラックスの正確な評価を必要とする。そこで本研究では，広く用いられている経験的な地中熱フラックスの評価式の検討を行った。その際，地中熱フラックスの正味放射量に対する比率 $\Gamma$ について検討した。ここで，この比率 $\Gamma$ はTerraとAqua衛星に搭載されたMODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) の250 m 解像度の植生指数データと，湿潤域，半乾燥域，そして乾燥域を代表する中国の三つのサイトにおける地上観測から導出された。

検討の結果，次のことが明らかになった。まず，比

率 $\Gamma$ を植生指数のみに基づいて評価すると非常に不正確な結果になる。また，土壤水分量の情報を加味することでより信頼性の高い比率 $\Gamma$ を得ることができる。そして，裸地における土壤水分量はアルベドの対数と良い相関がある。これらの結果を踏まえ，裸地のアルベドの関数として土壤水分量の効果を取り入れた，比率 $\Gamma$ の新たな評価式を開発したところ，広範囲の気候・土地被覆に対してより正確な結果を与えることが分かった。そのため，この新たな評価式が今後，リモートセンシングデータから蒸発散量を推定する際に利用されることが期待できる。

### 高橋 洋・井手永孝文：冬季モンスーンにおける日本海側の降水量と降雪量への海面水温（SST）の影響—時間スケール依存性—

Hiroshi G. TAKAHASHI and Takafumi IDENAGA: Impact of SST on Precipitation and Snowfall on the Sea of Japan Side in the Winter Monsoon Season: Timescale Dependency

本研究は、日本の本州の日本海側における降水量および降雪量への日本海の海面水温（SST）の影響について、AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) による降水量、降雪量、気象官署による海面更正気圧、JRA25 (Japanese 25-year reanalysis) の気圧面の風のデータ、複数のSSTデータを用いて調べた。日本海上でのSSTは1ヶ月よりも短い時間スケールで変動するため、1日から1ヶ月の様々な時間スケールにおいて、SSTの降水量と降雪量への影響を調べた。

解析の結果、SSTの降水量への影響は、時間スケールに依存していることが分かった。数日から2、3週間の短い季節内変動の時間スケールでは、SST

は降水量に対して明瞭な影響を示したが、15日平均値や月平均値では、その影響が不明瞭であった。一方で、日本海上の寒気の吹き出しは、日本海側の降水量を説明する主要な要因であった。寒気の吹き出しのタイミングと強さは、1日から1ヶ月のすべての時間スケールで降水量変動を支配していた。また、冬季モンスーンの吹き出しによるSSTへの影響は5日平均値よりも、15日平均値で明瞭であった。日本海上での大気海洋相互作用を含めたより詳しいSSTの降水量への影響を調査するためには、季節平均や年々変動の時間スケールに加えて、総観規模と季節内変動の時間スケールにも注目する必要がある。

### 北村祐二・堀 晃浩・八木俊政：発達する安定境界層でのフラックスリチャードソン数と乱流プラントル数

Yuji KITAMURA, Akihiro HORI, and Toshimasa YAGI: Flux Richardson Number and Turbulent Prandtl Number in a Developing Stable Boundary Layer

フラックスリチャードソン数  $R_f$  と乱流プラントル数  $Pr$  を勾配リチャードソン数  $Ri$  の関数として同定する目的で、安定境界層を対象とした風洞実験とラージ・エディ・シミュレーションを実施した。これらの無次元数に共通して含まれる変数について、独立したサンプルを用いることによって自己相関を排除することを試み、 $10^{-3} < Ri < 5$  の範囲で  $R_f$  と  $Pr$  の依存性を確認した。その結果、発達段階にある安定境界層において、 $R_f$  は1を超えうることが明らかになった。

$R_f > 1$  では乱流運動エネルギー (TKE) の生成項が負になることから、このことは局所エネルギーバランスの仮定が破綻することを意味している。それにもかかわらず、生成項が負であっても、TKEの予報方程式においてTKEの輸送に対応する3次の項がTKEを増大させる役割を果たしていることがわかった。したがって、 $R_f > 1$  の領域ではTKEは局所的に決定できず、TKEの輸送の効果を考慮しなければならない。

### 馬淵和雄：近年のエルニーニョ現象と関連した炭素循環と北半球陸域過程との関係に関する数値的研究

Kazuo MABUCHI: A Numerical Study of the Relationship between the Carbon Cycle and the Land Surface Processes in the Northern Hemisphere Related to Recent El Niño Events

本研究では、陸域物理生物過程モデルを組み込んだ大気大循環モデルを用い、近年発生した2例のエルニーニョ現象に関連する、炭素循環と北半球陸域過程との関係について数値実験を行った。1例目は1996年

から2000年の5年間、2例目は2001年から2005年にかけての5年間を対象とした。1例目は1997年から98年にかけての、2例目は2002年から03年にかけてのそれぞれのエルニーニョ現象を数値実験期間に含んでい

る。陸域生物圏-大気圏フルカップル相互作用を再現できる全球気候モデルを用いた数値実験により、気候条件の変動に伴う陸域過程変動と陸域-大気間 CO<sub>2</sub> 交換の変動の関係の、物理的・生物生態学的メカニズムを解析した。その結果、1998年および2003年の北半球暖候期のユーラシア大陸および北アメリカ大陸における高温・乾燥傾向が、これらの年の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の相対的高濃度化をもたらしたと考えられ、エル

ニーニョ現象と関連した炭素循環と北半球陸域過程との関係には、2例に共通した特徴があることが分かった。エルニーニョ現象が終息する年の北半球暖候期において、熱帯海面水温偏差に伴うテレコネクションによると考えられる大気循環偏差を原因とする陸域過程変動が、陸域圏による炭素吸収量の減少傾向をもたらし、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度年々増加率の変動に影響を及ぼしていると考えられる。

### 田尻拓也・山下克也・村上正隆・折笠成宏・斎藤篤思・楠 研一・Lyle LILIE: 新たな断熱膨張型雲シミュレーションチェンバー

Takuya TAJIRI, Katsuya YAMASHITA, Masataka MURAKAMI, Narihiro ORIKASA, Atsushi SAITO, Kenichi KUSUNOKI, and Lyle LILIE: A Novel Adiabatic-Expansion-Type Cloud Simulation Chamber

雲形成に関する素過程を詳細に調べるために、気象研究所に新たに雲シミュレーションチェンバーを整備した。このチェンバーは断熱膨張型雲チェンバーとして設計され、気温30~100°C、気圧1030~30 hPa、上昇速度に換算すると0~30 ms<sup>-1</sup>の範囲の断熱膨張実験を実施することが可能である。実験施設の有する冷却装置およびエアロゾル・雲粒子測定機器には、かつて稼働していたこのタイプの設備（コロラド州立大学チェンバー）と比較し、格別の技術改良が施されている。また、実験能力においては近似的断熱膨張をより広範囲な大気条件下で再現できる点で、現在稼働中

の他の施設（Aerosol Interactions and Dynamics in the Atmosphere (AIDA) チェンバー）を超えている。

予備的実験の結果から、気圧・気温制御は乾燥および湿潤断熱過程を含む雲生成過程を再現するための十分な精度を有すること、また、チェンバー付属の測定装置はエアロゾル・雲粒・氷晶の物理特性の測定に十分な性能を有することが示された。これら総合的性能試験から、新たな雲生成チェンバーは種々のエアロゾルの活性化を通じた雲粒生成・氷晶生成の過程を究明するために有用な研究施設であることが実証された。

### 川畑拓矢・小司禎教・瀬古 弘・斉藤和雄: 4次元変分法によるGPS視線遅延量データ同化を用いた沖縄本島におけるメソ対流系に関する数値的研究

Takuya KAWABATA, Yoshinori SHOJI, Hiromu SEKO, and Kazuo SAITO: A Numerical Study on a Mesoscale Convective System over a Subtropical Island with 4D-Var Assimilation of GPS Slant Total Delays

4次元変分法データ同化システムを用いて、Global Positioning System (GPS) 視線遅延量データ同化手法を開発し、2009年8月19日、沖縄本島で線状の局地的大雨に対して適用した。

まず、本線状降水帯の発生要因を調べるために、水平解像度5 kmの気象庁非静力学モデルを用いてインパクト実験を行った。沖縄本島の地形を除いた実験で沖縄本島南部の降水帯の再現に成功し、降水帯発生の主要な要因は地表面の温度上昇であることが分かった。しかし、これらの実験では発生のタイミングが実際より遅くなり、降水強度も弱かった。

これらの欠点を改善するために水平解像度2 kmの高解像度実験(NODA)を行った。それから、同じ解像度でGPS視線遅延量観測データ(GPS-STD)、GPS天頂遅延量観測データ(GPS-ZTD)、GPS可降水量観測データ(GPS-PWV)をそれぞれ同化する同化実験を行った。その結果、解像度の強化(NODA)は降水強度の改善をもたらした。さらにGPS-ZTD、GPS-PWVではNODAと比べて降水帯の発生のタイミングを改善した。しかし、GPS-STDでは、広い領域で水蒸気と気温の場を改善し、降水強度とタイミングの双方を明瞭に改善した。