

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

第85巻 第3号 2007年6月 目次と要旨

論文

- S. SAJANI・中澤哲夫・鬼頭昭雄・K. RAJENDRAN：インド夏季モンスーン降水量の
大気大循環モデルによるアンサンブルシミュレーション213-231
- George Tai-Jen CHEN・Chung-Chieh WANG・Hong-Chi CHOU：冬期の
台湾近傍で発生したポーエコーの事例解析233-253
- 川畑拓矢・瀬古 弘・斉藤和雄・黒田 徹・田宮久一郎・露木 義・本田有機・
若月泰孝：雲解像度4次元変分法データ同化システムを用いた練馬豪雨に
関するデータ同化・予報実験255-276
- 二宮洗三：大気大循環モデルでシミュレートされた南大西洋収束帯と梅雨前線帯の
類似点と相違点277-299
- 井村真悟・古本淳一・津田敏隆・中村卓司：VHF及びUHFウインドプロファイラ
データを組み合わせた水蒸気プロファイル推定301-319
- 小林文明・杉本ゆかり・鈴木智幸・前坂 剛・茂木耕作：寒気吹出し時に日本海沿岸で
発生した竜巻のドップラーレーダー観測321-334
- 大庭雅道・植田宏昭：インド洋のSST偏差のエル・ニーニョからラ・ニーニャへの
遷移加速効果335-348

要報と質疑

- Mathew ROXY・谷本陽一：インドモンスーン季節内変動に対する
インド洋海面水温場の役割349-358
- 篠田雅人・伊藤俊介・G. U. NACHINSHONHOR・Divaa ERDENETSETSEG：
モンゴル草原の植物季節と水分条件359-367

JRA-25長期再解析特集

- 序文i
- 大野木和敏・筒井純一・小出 寛・坂本雅巳・古林慎哉・初鹿宏壮・松本隆則・
山崎信雄・釜堀弘隆・高橋清利・門倉真二・和田浩治・加藤浩司・
小山 亮・尾瀬智昭・萬納寺信崇・平 隆介：JRA-25長期再解析369-432
- 学会誌「天気」の論文・解説リスト（2007年3月号・4月号）433
- 英文レター誌 SOLA の論文リスト（2007年041-064）434
- 気象集誌次号掲載予定論文リスト435-436

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

S. SAJANI・中澤哲夫・鬼頭昭雄・K. RAJENDRAN：インド夏季モンスーン降水量の気候大循環モデルによるアンサンブルシミュレーション

S. SAJANI, T. NAKAZAWA, A. KITO, and K. RAJENDRAN : Ensemble Simulation of Indian Summer Monsoon Rainfall by an Atmospheric General Circulation Model

本研究は、観測された月平均の海面水温を境界条件として、気象研究所大気大循環モデルのアンサンブルシミュレーションを行い、インド夏季モンスーン降水量 (ISMR) とその年々変動再現性の妥当性に焦点を置いた。単純アンサンブル平均 (SEM) は、気候学的な ISMR と、赤道太平洋での卓越する年々の海面水温変動と関連した ISMR の大きな偏差について、その主要な様相を表現できているが、アジア太平洋域での降水量の季節変化に系統的なバイアスを持っている。同時に、解析期間中の ISMR の年々変動もうまく再現されていない。

系統的なバイアスを取り除くために、バイアス修正法を適応した。この方法は、24年間の解析期間のうち、23年の訓練期間から、全格子点で観測された日降水量とアンサンブルの各メンバーでの日降水量が合うように、それぞれのメンバーごとの重み係数をすべての格子点で太陽暦日ごとに求め、1979年から2002年までの任意の予報期間1年に対して、バイアス修正されたアンサンブル平均 (BREM) を、各格子点で太陽暦日ごとに重み付けされたメンバーの最適な線形結合として計算した。この手法により、熱帯のアジア太平

洋域での降水量の気候学的な季節変化に見られた系統的なバイアスを取り除くことができる。さらに、BREM は、SEM に比べて、平均的な ISMR パターンの改善にとどまらず、全解析期間で ISMR の年々変動をよりうまくとらえることに成功した。

2002年は、近年で特にひどい早魃だった年にあたっていたため、この年について BREM が ISMR のパターンや季節内変動をどの程度予報することができるスキルがあるのかを調べてみた。BREM では系統的なバイアスがうまく取り除かれており、海面水温の境界強制に対応した熱帯の降水応答が見られている。BREM では、2002年の季節降水偏差の強さ、空間分布ともに再現されており、しかも季節内変動と関連している季節より短い変動も改善されている。

この解析は、ISM の年々変動や気候学的な ISMR のパターンをとらえることができるだけでなく、その季節内の変動についても改善できたと言う点で平均的な季節変動の重要性も示している。現実的な海面水温の予報が行えれば、ISMR の力学予報を行える可能性が高いことをこの方法は示している。

George Tai-Jen CHEN・Chung-Chieh WANG・Hong-Chi CHOU：冬期の台湾近傍で発生したボーエコーの事例解析

George Tai-Jen CHEN, Chung-Chieh WANG, and Hong-Chi CHOU : Case Study of a Bow Echo near Taiwan during Wintertime

1997年11月26日の早朝に、台湾海峡で人參状雲に関係したスコールラインが寒冷前線に沿って発生し、南南東へ移動した。スコールラインの一部はボーエコー (弓状エコー) へと発達し、台湾の北部に上陸した。冬期にボーエコーが観測されることは非常に珍しく、東アジアでの最初の報告事例であるため、この冬期ボーエコーの環境場、構造、発達過程について、主に、桃園国際空港に設置されたドップラーレーダの観測データを解析した。このボーエコーは、高度0-3

km で $9.3 \text{ ms}^{-1}/\text{km}$ という非常に強い鉛直シアーと $1288 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ という中程度の CAPE をもった大気条件で発達した。寒冷前線は対流を組織化させるだけでなく、ボーエコーが発達するのに適した鉛直シアーや熱力学的な条件を整えるのに本質的に重要であった。米国のボーエコーと比較すると、基本的な構造は同じであるが、本事例では、寒候期に発生したことと、大雨を伴っていたことの二つ異なる特徴があった。

ボーエコーは、60-90 km の長さで約4時間の寿命

を持っていた。台湾海峡で形成された後、急速に東に移動し、06 LST にレーダーサイトに近づき、地上では 18.5 ms^{-1} の北西からのガストが観測された。このボーエコーの両端にできる低気圧性と高気圧性の1対

の渦など、典型的なボーエコーの特徴を兼ね備えていた。1対の渦は高度2 kmで明瞭に観測され、2-3時間にわたり維持されていた。

川畑拓矢・瀬古 弘・斉藤和雄・黒田 徹・田宮久一郎・露木 義・本田有機・若月泰孝：雲解像度4次元変分法データ同化システムを用いた練馬豪雨に関するデータ同化・予報実験

Takuya KAWABATA, Hiromu SEKO, Kazuo SAITO, Tohru KURODA, Kyuichiro TAMIYA, Tadashi TSUYUKI, Yuki HONDA, and Yasutaka WAKAZUKI: An Assimilation and Forecasting Experiment of the Nerima Heavy Rainfall with a Cloud-Resolving Nonhydrostatic 4-Dimensional Variational Data Assimilation System

気象庁気象研究所では、メソ対流系(MCS)によって引き起こされる豪雨のメカニズムを調べるために、気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)に基づく雲解像度非静力学4次元変分法データ同化システム(NHM-4DVAR)を開発してきた。NHM-4DVARの水平解像度はMCSを解像する2 km、同化ウィンドウの長さは1時間となっている。NHM-4DVARの制御変数は、水平風、鉛直風、非静水圧気圧、温位、地表面気圧、偽相対湿度である。力学過程と水蒸気の移流に対する摂動が考慮され、ほかの物理過程については考慮されていない。

NHM-4DVARを、1999年7月21日に東京都心の練馬で観測された豪雨事例に適用した。ドップラー

レーダー動径風データ、GPS可降水量データ、地上気温、地上風データを時空間的に高解像度なデータとして同化を行った。練馬豪雨はデータ同化とそれに続く予報によって、10分間降水量の時系列と比較して、よく再現された。練馬豪雨の形成過程がこの研究によって解明された。地表面の水平風収束が、南よりの海風と関東平野の北東風によって、練馬周辺で形成された。関東平野北部の気温の上昇が、雲による日射の遮蔽によって抑えられたために、収束線上とその北側では、気温差が大きくなった。この結果、風の収束は練馬付近で強化された。高相当温位気塊がこの強化された収束線上に持ち上げられ、練馬豪雨をもたらした積乱雲を発生させた。

二宮洗三：大気大循環モデルでシミュレートされた南大西洋収束帯と梅雨前線帯の類似点と相違点

Kozo NINOMIYA: Similarity and Difference between the South Atlantic Convergence Zone and the Baiu Frontal Zone Simulated by an AGCM

大気大循環モデルでシミュレートされた南大西洋収束帯(SACZ)と梅雨前線帯(BFZ)の様相を調べた。この大気大循環モデルはCCSR/NIES/FRCGCの共同研究グループが開発したT106L56(プリミティブ・スペクトルモデル、波数106、層数56)である。この研究グループが行った海面水温と海水分布の観測値を与えた1979~2002年積分(AMIP234と呼ばれる)のデータのうち1985~1996年のデータを調べ、代表的な事例を選び解析した。

南アメリカ夏季季節風循環と降水は観測的事実に比較して妥当に再現され、ブラジル南東部から大西洋に南東に伸びるSACZは夏季に維持された。アジア夏

季節風循環と降水も観測的事実に比較して妥当に再現された。中国南部から日本列島に伸びるBFZは6月については維持される。

モデルで再現されたSACZとBFZは、水蒸気前線としての構造、降水システム、それぞれの亜熱帯高気圧の西・極側縁辺における出現等に関して類似性・共通点を示す。

しかしそれらの大規模環境場には大きな差異が見られる。まず海陸分布の差異がある。SACZの極側には低温の海洋があり、SACZは比較的大きな傾圧性を持つためSACZは夏季には比較的定常的に維持される。これに対しBFZの極側には高温の大陸がありBFZ

の傾圧性は弱く、BFZの陸域への北上に伴い不明確になる。

SACZへの水蒸気流入は南大西洋貿易風(南アメリカに北東風として侵入し、アンデス山脈に沿って北風となりさらに北西風となる)および南大西洋亜熱帯高気圧西縁の北西風による。アンデス山脈を超えての南

太平洋からの水蒸気流入や降水系の伝播は見られない。これに対しBFZへの水蒸気流入においてはインド季節風西風の寄与が大きい。北太平洋亜熱帯高気圧西縁の変動に影響を及ぼす北西太平洋熱帯域の降水の変化も大きい。

井村真悟・古本淳一・津田敏隆・中村卓司：VHF及びUHFウインドプロファイラデータを組み合わせた水蒸気プロファイル推定

Shingo IMURA, Jun-ichi FURUMOTO, Toshitaka TSUDA, and Takuji NAKAMURA: Estimation of Humidity Profiles by Combining Co-located VHF and UHF Wind-Profiling Radar Observation

ウインドプロファイラにより観測される乱流エコー強度は大気屈折率の高度勾配の二乗値(M^2)に密接に関連し、 M^2 は湿潤大気中においては水蒸気の高度勾配に強く依存する。我々はこの乱流エコー特性を利用した水蒸気プロファイルのリモートセンシング手法を開発した。推定に必要な M の符号は、レーダー推定値の可降水量がGPSによる推定値と一致するように決めた。本論文では同一サイトに設置された2つのレーダー観測データを組み合わせ、広い高度範囲の水蒸気分布推定を実現した。すなわち、中心周波数46.5 MHzのMU(Middle and Upper atmosphere)レー

ダーと1.3 GHzのL帯下部対流圏レーダー(Lower Troposphere Radar (LTR))のデータを組み合わせることで、高度0.3-7.5 kmにおける水蒸気分布推定を行った。MUレーダーは送信波の洩れこみを防ぐため低高度においてレーダー受信感度を低くしてある。この影響を取り除いた上で2つのレーダーのエコー強度(信号対雑音比)のプロファイルを1.5-1.95 kmで結合した。推定された水蒸気プロファイルは微細な時間高度変動を示し、推定結果をラマンライダーやラジオゾンデによる同時観測結果と比較したところ良く一致した。

小林文明・杉本ゆかり・鈴木智幸・前坂 剛・茂木耕作：寒気吹出し時に日本海沿岸で発生した竜巻のドップラーレーダー観測

Fumiaki KOBAYASHI, Yukari SUGIMOTO, Tomoyuki SUZUKI, Takeshi MAESAKA, and Qoosaku MOTTEKI: Doppler Radar Observation of a Tornado Generated over the Japan Sea Coast during a Cold Air Outbreak

2001年1月18日寒気吹き出しによる豪雪期間中、北陸沿岸(福井県三国町)の日本海上で雪雲(冬季雷雲)に伴い竜巻(“三国竜巻”と呼ぶ)が発生した。竜巻に伴う漏斗雲とマイソサイクロン(misocyclone)の詳細な構造は至近距離における写真やビデオ画像、ドップラーレーダーデータ、GPSゾンデデータなどから解析された。本論文は冬季日本海上で発生する竜巻(“winter tornado”)の構造を初めて議論したものである。三国竜巻は発達中のセルに伴い海岸線から3 km沖合いで発生し、マイソサイクロンに対応した単一の漏斗雲が形成された。親雲内におけるメソサイクロンは観測されなかった。漏斗雲はマイソ

サイクロンの直下で形成され、両者はほぼ同時に発生した。マイソサイクロンは直径400 m~800 mを有し、 10^{-1} s^{-1} オーダーの渦度であった。漏斗雲のスケールは雲底で最大直径150 m、海面付近で30 mであり、 10^0 s^{-1} オーダーの渦度を有していた。雲底における漏斗雲の直径は著しい時間変化を示したが、海面付近ではほぼ一定値を保っていた。三国竜巻のライフサイクルは7分間で、最大風速は 30 ms^{-1} (F0)と推定された。この竜巻は上陸後衰弱したが、1 km離れた観測サイトでは竜巻に伴う強風は観測されなかった。三国竜巻の発生環境は雲底下の大きな風速鉛直シア($3.5 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$)が特徴的であった。三国竜巻は一樣

な冬季季節風下で発生したノンスーパーセルタイプの竜巻であり、この観測事実は厳冬期の寒気吹き出し時

に日本海上で形成されるスケールの小さい雪雲から竜巻が発生することを示している。

大庭雅道・植田宏昭：インド洋の SST 偏差のエル・ニーニョからラ・ニーニャへの遷移加速効果

Masamichi OHBA and Hiroaki UEDA : An Impact of SST Anomalies in the Indian Ocean in Acceleration of the El Niño to La Niña Transition

気象研究所大気海洋結合モデルを用いて、インド洋の海面水温偏差のエル・ニーニョの進行に与える影響を調べた。エル・ニーニョに関連したインド洋海面水温偏差の太平洋側へのフィードバック効果を評価するために、東西非対称海面水温偏差と全域昇温をインド洋に強制する一連の実験を行った。秋に東西非対称の海面水温偏差を強制した場合、太平洋側には顕著な応答が見られなかった。一方で、全域昇温を冬に強制した実験ではエル・ニーニョ遷移期における赤道西太平

洋上での東風偏差を強めた。インド洋の全域昇温によって強化された東風偏差は西太平洋上での海面水温の冷却と一致し、結果的にインド洋と西太平洋の海面水温の東西勾配をより強める。さらに海面表層での浅水ケルビン波の励起によりラ・ニーニャへの遷移を推進させる方に働く。これらの結果より、インド洋の全域昇温はエル・ニーニョからラ・ニーニャへの遷移をある程度加速させる役割があることが示唆された。

Mathew ROXY・谷本陽一：インドモンスーン季節内変動に対するインド洋海面水温場の役割

Mathew ROXY and Youichi TANIMOTO : Role of SST over the Indian Ocean in Influencing the Intraseasonal Variability of the Indian Summer Monsoon

インド洋北部における海面水温の季節内変動とそれがインド亜大陸の降水変動に与える影響について解析した。ここでは、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) による海面水温、雲水量、降水量データ、米国気候予測センター作成の解析降水量データ (CMAP)、米国環境予測センター作成の再解析データセット (NCEP II) を用いている。インド亜大陸南西部の西ガーツ (WG) 地域と北東部のガンジス-マハナジ (GB) 域では降水の大きな季節内変動が見られる。これらの地域における降水の活発期 (不活発期) はアラビア海やベンガル湾において北向きに伝播する降水の正偏差 (負偏差) によって生じる。WG 地域の降水活発期における緯度-時間断面図はアラビア海上で潜熱の抑制

と下向き太陽入射量の増加によって形成される正の海面水温偏差が降水偏差に対して先行して北向きに移動していることを示している。この海面水温偏差に追従する海上気温偏差は1000 hPa と700 hPa 間の大気下層を不安定化させている。これらの結果は、北進する力学的な海上収束場に対して、その下に形成される海面水温偏差が対流活動に有利な状態をもたらす、収束している領域での活発な降水を維持していることを示唆している。WG 地域の活発期をもたらすこの活発な降水はさらに北東に移動してベンガル湾で北向きに伝播してくる降水偏差と合わさり、GB 地域の活発期をもたらしている。

篠田雅人・伊藤俊介・G. U. NACHINSHONHOR・Divaa ERDENETSETSEG : モンゴル草原の植物季節と水分条件

Masato SHINODA, Shunsuke ITO, G. U. NACHINSHONHOR, and Divaa ERDENETSETSEG : Phenology of Mongolian Grasslands and Moisture Conditions

モンゴル草原では長期間にわたり独特の農業気象観

測が行われている。本解析では、1993-2002年のデー

タを用いて、各植生帯を代表する3地点において、多年生優占種の *Stipa* spp. の植物季節と水分状態の関係を調べた。

その結果、出芽時期は特定の気温や積算温度との関係はないが、出芽日から5日前以降の降水と関係があることが分かった。次に、出芽から出穂までの期間の長さとその期間内の降水量の関係をみると、一番北の森林ステップ (Bulgan) では有意な正の相関が得られたが、南の典型ステップ (Arvaikheer) では正の

相関はあるものの有意ではなかった。これは、Bulgan の干ばつ年には、植物がバイオマスを増加させる栄養成長から種子生産する繁殖成長に早めに切り替えることを示し、モンゴル草原のような乾燥地域では植物季節に水分条件がより重要な役割を果たしていると考えられる。その切り替えの時期には雨季の中休みによる土壌水分の減少がきっかけになっている可能性がある。

大野木和敏・筒井純一・小出 寛・坂本雅巳・古林慎哉・初鹿宏壮・松本隆則・山崎信雄・釜堀弘隆・高橋清利・門倉真二・和田浩治・加藤浩司・小山 亮・尾瀬智昭・萬納寺信崇・平 隆介：
JRA-25長期再解析

Kazutoshi ONOGI, Junichi TSUTSUI, Hiroshi KOIDE, Masami SAKAMOTO, Shinya KOBAYASHI, Hiroaki HATSUSHIKA, Takanori MATSUMOTO, Nobuo YAMAZAKI, Hirotaka KAMAHORI, Kiyotoshi TAKAHASHI, Shinji KADOKURA, Koji WADA, Koji KATO, Ryo OYAMA, Tomoaki OSE, Nobutaka MANNOJI, and Ryusuke TAIRA : The JRA-25 Reanalysis

気象庁の数値解析予報システムを用いて、全球大気再解析 JRA-25 (Japanese 25-year Reanalysis) を実施した。JRA-25はアジアではじめての長期再解析であり、1979年から2004年を対象としている。JRA-25では最新の数値解析予報システムと可能な限り収集した過去の観測データを取り込んで、気候に関する業務・研究への利用に供することを目的に、均質で高品質の大気解析データセットを作成した。JRA-25では、アジア領域での解析精度の向上を主目的のひとつとしている。

JRA-25では6時間間隔のデータ同化サイクルを実行し、6時間ごとの大気解析値とそれに付随する100種類以上の物理量を算出した。分解能は水平方向にT106 (約120 km 間隔)、鉛直には40層をとり、モデル上端は0.4 hPaである。データ同化に使用した観測データは、従来の地上・高層観測に加えて静止衛星による風データ、極軌道衛星による大気鉛直サウンダデータやマイクロ波輝度温度から算出した可降水量データなどで、これらを3次元変分法で同化した。また、SST、海水、積雪域、3次元オゾン分布には

JRA-25用に日別データを作成して与えた。TOVSデータについては事前に可能な限りの品質管理を実施した。

本論文では、まずJRA-25において使用した観測データとその品質管理手法、データ同化システムと予報モデルなどの概要を解説し、次に再解析値の特長を述べる。JRA-25は、第一に降水の表現が良好であり、その空間的な分布・量ともに適切であることが挙げられる。長期間の変化でも火山噴火等による衛星データの品質低下に起因する不自然な変動等が見られず既存の再解析の中では最も優れている。また、過去の熱帯低気圧位置情報から推定された風データを再解析としては初めて使用し、全世界の熱帯低気圧が、解析値に適切に表現されている。さらには亜熱帯大陸西岸下層雲の表現が優れていること、積雪深解析の精度が良いことなどが挙げられる。長期的な地上気温の変化傾向についても、他の再解析と整合している。JRA-25のプロダクトの内容、年代による観測データの変動の影響など、JRA-25データ利用上の注意点についても詳しく述べた。