

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

第94巻 第1号 2016年2月号 目次と要旨

巻頭言	1-5
JMSJ 論文賞2015	6

論文

一丸知子・野口峻佑・廣岡俊彦・向川 均：北半球冬季における成層圏循環変動の 予測可能性	7-24
齋藤 泉・石岡圭一：回転球面上の2次元乱流における非等方性の出現に関連する 準保存量について	25-39
Yunjian ZHAN・Guoyu REN・Yuyu REN：東アジアにおける雨期の開始日・終了日と 近年までの長期的な変化	41-53
Rochelle CORONEL・沢田雅洋・岩崎俊樹：表面抵抗係数および境界層スキームが 発達過程の台風 Megi (2010) の構造とエネルギー収支に及ぼす影響	55-73
Yufang GAO・Yaodeng CHEN・Lina ZHANG・Tao PENG：淮河流域での豪雨 事例におけるSバンドレーダーによる降水量推定と流出シミュレーションに 対するインパクト	75-89
Prabir K. PATRA・佐伯田鶴・Ed J. DLUGOKENCKY・石島健太郎・梅澤 拓・ 伊藤昭彦・青木周司・森本真司・Eric A. KORT・Andrew CROTWELL・ Kunchala RAVI KUMAR・中澤高清：大気中メタンの地域別放出量推定 (2002~2012年)	91-113
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2015年11月号・12月号)	115
英文レター誌 SOLA の論文リスト (2015年118-185)	116
気象集誌次号掲載予定論文リスト	117

.....◇.....◇.....◇.....

一丸知子・野口峻佑・廣岡俊彦・向川 均：北半球冬季における成層圏循環変動の予測可能性

Tomoko ICHIMARU, Syunsuke NOGUCHI, Toshihiko HIROOKA, and Hitoshi MUKOUGAWA: Predictability
Changes of Stratospheric Circulations in Northern Hemisphere Winter

2001年から2006年までの北半球冬季の期間における成層圏循環の予測可能性を、気象庁1か月アンサンブル予報を用いて調べた。予測可能期間は、10 hPa等圧面高度場に対し、二乗平均平方根誤差 (RMSE) とアンマリー相関 (AC) を用いて見積もった。冬季成層圏循環は、プラネタリー波の活動が活発な擾乱期と、活動が弱い静穏期からなるため、予測可能性の見

積もりには、この特徴を考慮する必要がある。注意深い考察を行った結果、擾乱期における平均的な予測可能期間は約10日であった。この値は、対流圏の平均的な予測期間である約7日より長い。しかしながら、帯状平均場とプラネタリー波の両者に由来する予報誤差の成長のため、予測可能期間は大きく変動する。一方、静穏期における予測可能期間は、RMSEに基づ

いて評価した場合、非常に長くなることが分かった。これは、RMSE による予測可能期間の定義に、擾乱期も含む期間から算出される気候値的標準偏差を用いているためである。実際、AC に基づいて静穏期の予

測可能期間を見積もると、擾乱期とほぼ同じであることが示される。このことは、予報誤差は小さくても成層圏循環の水平パターンはうまく予測できていないことを表している。

齋藤 泉・石岡圭一：回転球面上の2次元乱流における非等方性の出現に関連する準保存量について

Izumi SAITO and Keiichi ISHIOKA: On a Quasi-Invariant Associated with the Emergence of Anisotropy in Two-Dimensional Turbulence on a Rotating Sphere

回転球面上の2次元乱流からの東西方向に引きのばされた帯状の構造の出現に対する理論的な説明を与えるために、準保存量を最小化問題の解として導出した。最小化問題による準保存量導出の手続きは、先行研究でベータ平面上の2次元乱流のために考案されたものであり、本研究はその手続きの球面への拡張である。準保存量は波数空間上でエネルギー密度に重みをかけた総和として定義される。準保存量の重みの等値線は翼形の分布をしており、この翼形の分布によって

帯状の構造にいたる非等方なエネルギー輸送を説明することができる。

導出された準保存量の保存性を確認するために、回転球面上の減衰性2次元乱流の数値積分を数多く行った。系の非線型性が十分に弱い場合には準保存量は良く保存していた。このとき、波数空間においてエネルギーは見かけ上、準保存量の重みをもつ翼形の等値線に沿って輸送された。

Yunjian ZHAN・Guoyu REN・Yuyu REN：東アジアにおける雨期の開始日・終了日と近年までの長期的な変化

Yunjian ZHAN, Guoyu REN, and Yuyu REN: Start and End Dates of Rainy Season and their Temporal Change in Recent Decades over East Asia

1951年から2009年までの日降水量データセットを用いて、東アジアにおける雨期の開始日と終了日の気候学的特徴と長期変化を解析した。雨期は5日降水量を用いて定義し、重みづけ平均によって地域ごとの長期変化データとして集計された。南東から北西に向かうにつれて、雨期の開始が遅く終了は早くなるため、雨期の期間は短くなる。降水帯は春に中国の北緯30度から33度、朝鮮半島や日本の北緯33度から36度へとゆっくりと北上する。1951年から2009年にかけての変化傾向として、中国では雨期の開始が早まっているのに対

し、朝鮮半島や日本では遅くなっていた。また、北緯35度より北側では雨期の終了は早まり、南側では遅くなっていた。研究対象領域全体では、有意でないものの1951年から2009年にかけて雨期の開始日、終了日ともに早まり、期間は長期化していた。雨期の長さは長江-淮河流域でも明瞭に長期化していたが、ロシア極東や中国北部と西部では雨期は僅かに短くなる傾向があり、朝鮮半島と北海道南部では有意な短期化が確認された。

Rochelle CORONEL・沢田雅洋・岩崎俊樹：表面抵抗係数および境界層スキームが発達過程の台風 Megi (2010) の構造とエネルギー収支に及ぼす影響

Rochelle CORONEL, Masahiro SAWADA, and Toshiaki IWASAKI: Impacts of Surface Drag Coefficient and Planetary Boundary Layer Schemes on the Structure and Energetics of Typhoon Megi (2010) during Intensification

Deardorff 境界層パラメタリゼーションを用いて数値実験を行い、2010年台風 Megi に対する摩擦の感度を調べた。ここでは、気象研究所・気象庁非静力学モデル (MRI/JMA NHM) を用い、地表面抵抗を50%増加させた実験 (Cd1.5)、境界層パラメタリゼーションを Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino (MYNN) レベル3に変更した MYNN 実験を行った。2 km の水平解像度では、標準実験はより深い中心気圧と浅い高度に最大風速を持つ台風を再現し、観測と整合していた。

本研究では、Cd1.5と MYNN は、標準実験より傾度風平衡を壊すことで台風 Megi の下層風速の構造に対する重大な変化をもたらすことがわかった。地表摩擦の増加は下層接線風速を減少させ、海面付近かつ台風中心に向かって、より強い吹き込みが生じる。これは最大接線風速の位置を狭め、浅くする。これとは逆

に、MYNN は台風のサイズを増加させ、中心から離れた境界層での非傾度風に伴う強い吹き込みの高度を上昇させる。エネルギー論の観点から、発達初期段階にもたらされる非平衡の影響は2つある。それは運動エネルギーの生成を促進させることと、摩擦消散を増幅させることである。エネルギー保存式において、誘起された吹き込みは二次循環を強め、力学的なエネルギー変換を強化する。一方、数値実験の結果は、Cd1.5と MYNN では風の構造や運動量フラックスに対して違った影響があるため、エネルギー消失のメカニズムは大きく異なることを説明する。それにもかかわらず、どちらの実験においても、増加したエネルギー生成より運動量消散によるエネルギー消失が上回り、さらなる強化のための運動エネルギーは少なくなる。

Yufang GAO・Yaodeng CHEN・Lina ZHANG・Tao PENG：淮河流域での豪雨事例における S バンドレーダーによる降水量推定と流出シミュレーションに対するインパクト

Yufang GAO, Yaodeng CHEN, Lina ZHANG, and Tao PENG: Radar-Rainfall Estimation from S-Band Radar and its Impacts on Runoff Simulation of a Heavy Rainfall Event in the Huaihe River Basin

2007年7月1日から13日に、中国淮河流域で広範囲な豪雨事例が発生し、その領域では平均で465 mm の降水量となった。本研究の主目的は、中国新世代 S バンド気象レーダー (CINRAD-SB) による降水量推定を米国水文工学センターの水文モデルシステム (HEC-HMS) に統合して、CINRAD-SB の降水量推定および複雑地形をとまなう領域での稀な洪水事例の流出シミュレーションに対するインパクトを検証することである。

CINRAD-SB の降水量推定として4つの方法を考えた：(1) $Z=300R^{1.4}$ (Z : レーダー反射強度, R : 降水強度), (2) カルマンフィルターを用いた降水量推定誤差の補正 (KF), (3) 最適内挿法 (OI) と (4) KF と OI で構成された結合方法。CINRAD-SB の降水量の時空間分布および上述の豪

雨事例の水文シミュレーションに対するインパクトの評価に HEC-HMS を用いた。

4つの方法による降水量推定を雨量計観測と比較した。4つの方法とも降水量を過小に見積もったが、結合方法で相対誤差の値がゼロにより近くなった。4つの方法の相対バイアスの値は降水強度によって変化した。結合方法の変化がもっとも小さかった。この評価はレーダーによる降水量に基づいた流出シミュレーションが観測された流量と同様の総体的なパターンを再現できることを示唆している。雨量計データよりも、結合方法の推定値で駆動させたモデル実行において、例えばスキルスコアが0.6となったように、ピーク流出を明瞭に改善した。これらの結果はレーダーによる降水量での水文予報の改善の方向性を示していると言える。

Prabir K. PATRA・佐伯田鶴・Ed J. DLUGOKENCKY・石島健太郎・梅澤 拓・伊藤昭彦・青木周司・森本真司・Eric A. KORT・Andrew CROTWELL・Kunchala RAVI KUMAR・中澤高清：大気中メタンの地域別放出量推定（2002～2012年）

Prabir K. PATRA, Tazu SAEKI, Ed J. DLUGOKENCKY, Kentaro ISHIJIMA, Taku UMEZAWA, Akihiko ITO, Shuji AOKI, Shinji MORIMOTO, Eric A. KORT, Andrew CROTWELL, Kunchala RAVI KUMAR, and Takakiyo NAKAZAWA: Regional Methane Emission Estimation Based on Observed Atmospheric Concentrations (2002-2012)

メタン (CH_4) は大気化学や短期間の気候強制力に関して重要な役割を果たす。地球の将来環境の持続的発展のためには、 CH_4 収支（放出・消滅量）の明確な理解が必須である。そこで本研究では大気中 CH_4 のシミュレーションのために大気化学輸送モデル (JAMSTEC の ACTM) を使用し、 CH_4 放出量の推定のために全球インバージョン解析システムを開発した。このシステムと39の観測サイトでの観測値を用いて、全球53の陸域の領域における CH_4 放出量を2002年から2012年の期間について推定した。異なる先験放出量を用いて、7つの一連のインバージョンを実施した。正味の全球 CH_4 放出は、2002～2006年と2008～2012年のそれぞれの期間において、505-509 Tg yr^{-1} 、524-545 Tg yr^{-1} （数値の幅は7つのインバージョンの範囲）となり、観測値に対応して放出量は2007年に段階的な増加を示した。インバージョンシステムでは、 CH_4 と反応する OH ラジカルの年々変動は考慮していない。本研究の結果から、最近更新された EDGAR インベントリ（バージョン4.2FT2010）は2010年での放出量を少なくとも25 Tg yr^{-1} 過大評価

していることが示唆された。2004年頃以降の CH_4 放出量の増加は熱帯域と南半球に起因しており、これは、2002年に10.56億頭だった乳牛以外の牧畜牛の頭数が2012年までに10%増加したことと時期的に一致し、反芻動物起源の CH_4 放出が約10 Tg yr^{-1} 増加したことに相当する。また、7つのインバージョン全てにおいて、推定放出量の年々変動は良い一致を示したが、季節変化の振幅と位相については、使用した観測ネットワークが疎であるため、十分に拘束しきれていないことが分かった。インバージョン結果の検証のため、放出量の先験値と推定値を用いたフォワード計算を実施し、得られた CH_4 濃度を航空機による独立観測値と比較した。その結果、全球放出量の上限值 (545 Tg yr^{-1}) は、2008-2012年の期間において14 Tg yr^{-1} ほど過大評価となるため、棄却されることが分かった。このことからさらに、2002-2006年から2008-2012年の期間において、東アジア域（主として中国）での CH_4 放出量の増加は、先験値では1-17 Tg yr^{-1} であったのに対し、7-8 Tg yr^{-1} の範囲であると推定された。