

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

第90巻 第1号 2012年2月 目次と要旨

巻頭言	i
JMSJ 論文賞2011	ii

論 文

Liang ZHAO・Jingsong WANG・Haijuan ZHAO：中国のモンスーン降水の十年スケール変動における太陽周期のシグナル	1-9
岩朝美晴・荒川 隆・住 明正：高解像度非静力学大気モデル実験から得られた対流圏中層デトレインメント流	11-33
都田菊郎・Annalisa CHERCHI・Antonio NAVARRA・Simona MASINA・Jeff PLOSHAY：ENSO とその大気加熱過程に対する影響	35-57
Changhai LIU・Mitchell W. MONCRIEFF・Hsiao-Ming HSU・Xiaodong LIU：数値実験における大規模対流雲の組織化と結合した波動に対する空間次元数の影響	59-78
沢田雅洋・岩崎俊樹・余 偉明・山崎 剛・岩井宏徳・石井昌憲・水谷耕平・板部敏和・山田 泉：蔵王山地の風下における定常な山岳波の影響下で見られた非定常なおろし風	79-100
杉本憲彦・石井克哉：回転球面浅水系における自発的な重力波放射	101-125
Li TAO・Liguang WU・Yuqing WANG・Jianling YANG：北西太平洋上の熱帯低気圧活動度に対する熱帯インド洋の海面水温上昇と ENSO の影響	127-144
E-Hyung PARK・Eun-Jeong LEE・Won-Tae KWON・Jang Hyun SUNG・Song-You HONG：全分散に対する外的な放射強制力の寄与を測る新手法に基づくマルチモデルアンサンブルによる将来予測の信頼性評価	145-158
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2011年11月号・12月号）	159
英文レター誌 SOLA の論文リスト（2011年185-208）	160
気象集誌次号掲載予定論文リスト	161

. ◇ ◇ ◇

Liang ZHAO・Jingsong WANG・Haijuan ZHAO：中国のモンスーン降水の十年スケール変動における太陽周期のシグナル

Liang ZHAO, Jingsong WANG, and Haijuan ZHAO: Solar Cycle Signature in Decadal Variability of Monsoon Precipitation in China

1901年から2006年までの月平均の高解像度の陸上での降水データと太陽黒点数 (SSN) のデータを用いて、中国夏季の降水と十年規模の太陽の変動の関係を調べた。一般に、中国全体のスケールでは、降水と

SSN との相関はほとんどない。しかし、多くの領域では、夏季降水の変動の長周期成分 (8年以上) は SSN と95%の信頼度で有意な相関がある。いくつかの領域では、99%の信頼度で相関が有意であり、相関

係数の絶対値が0.48を超える。降水の十年規模変動(9-13年)のみを考えると相関はさらに強くなり、99%信頼度で最大(最小)の相関係数が0.73(-0.73)となる。高相関となる領域の中で十年規模変動が降水の低周期変動の最も重要な要素であることを考えると(降水の低周期変動の50%以上を説明する)、太陽変動がこれらの領域の長周期変動の主要因とみることができると結論づけられる。さらに、これらの高相関領域では、夏季降水のパワースペクトルの時間変動パター

ンが、SSNのパワースペクトルの時間変動パターンと似ており、これらの領域での太陽変動と降水の物理的な関連があることを強く示唆する。より説得的なかつ直接的な証拠として、太陽活動が活発な年と不活発な年とで下層のモンスーンの流れに顕著な相違が見出される。これにより、中国中央部で太陽活動が不活発な年よりも活発な年の方がより多くの降水となるだろう。

岩朝美晴・荒川 隆・住 明正：高解像度非静力学大気モデル実験から得られた対流圏中層デトレインメント流

Yoshiharu IWASA, Takashi ARAKAWA, and Akimasa SUMI: Tropospheric Mid-Level Detrainment Flow Obtained from High-Resolution Non-Hydrostatic Atmospheric Model Experiments

非静力学雲解像モデルであるRAMSを用いて、水惑星を取り巻く低緯度の帯状領域(緯度45°S~45°N)に対し水平格子点間隔5kmで時間積分を12日間行った。熱帯域と亜熱帯域はそれぞれ活発な降水と晴天を伴っており、緯度10°において明確に分離されている。数値実験から0°高度($z \sim 5$ km)付近において熱帯域から亜熱帯域へ流出する明瞭な対流圏中層デトレインメント(TMD)流が得られた。TMD流は熱帯域と亜熱帯域との境界(緯度10°)付近で最大となった。本論文では時間・経度平均場に着目し、TMD流に関与している大気構造について調べた。

時間および経度平均をとると、TMD流が流れ込む亜熱帯中層対流圏は近似的に局所的な熱力学平衡状態にあり、主として実質放射冷却と平均沈降流による断熱加熱との間のつりあいによって維持されている。この熱的なつりあいを考慮し平均沈降流場について熱力

学的な診断を行うことにより平均TMD流について以下のようなメカニズムを考えることができる。(1)融解高度付近の平均大気はその上にある平均大気にくらべて、より強い放射冷却を受けており、より大きな温度減率をもっている。(2)亜熱帯中層対流圏の平均大気中で、この熱的構造の鉛直方向の変化と整合的であり、かつ、浮力のような直接的な力学的強制を受けない自由沈降流は、融解高度の直上に鉛直質量発散層を伴う。(3)この亜熱帯大気中の鉛直質量発散を補償するように対流性の熱帯大気から極向きに流れ出す定常的な平均TMD流が存在するのである。中部対流圏における顕熱および水蒸気の子午線方向の実質輸送はこの平均TMD流によって影響を受けるため、平均TMD流の存在とその維持メカニズムは気候システムの重要な要素となり得る。

都田菊郎・Annalisa CHERCHI・Antonio NAVARRA・Simona MASINA・Jeff PLOSHAY：ENSOとその大気加熱過程に対する影響

Kikuro MIYAKODA, Annalisa CHERCHI, Antonio NAVARRA, Simona MASINA, and Jeff PLOSHAY: ENSO and its Effects on the Atmospheric Heating Processes

エルニーニョ・南方振動(ENSO)は、熱帯域の気候変動に卓越する役割を果たす大気海洋結合系の現象である。大気海洋の再解析データを用いてENSOとそうでない年を分け、ENSOの周期性および大気循環場の典型的な特徴を調べた。とりわけ、ENSOで

ない年の中でタイプIIと呼ばれる、夏季の海面水温(SST)偏差が小さくENSOと赤道域降水の相関を弱めるようなグループを解析した。また、太平洋-インド洋のSSTと蓄熱量(HC)の準2年周期性に関するENSOの特性を調べた。SSTの準2年周期は赤道

上で顕著だが、HCは西太平洋の2つの領域で最大となる。その一つであるミンダナオ東部の北西太平洋では、Niño3領域のSSTと高い相関を示す。Niño3 SSTと北西太平洋のHCに基づきエルニーニョ年、ラニーニャ年を定義し、熱帯太平洋—インド洋における気温と風の分布を同定した。

ENSO時の大気循環場の分布を、11~1月の対流圏の水蒸気場および下層の水蒸気収束について調べた

ところ、エルニーニョ時にはより多くの凝結加熱が中部太平洋に集中するのに対し、ラニーニャ時には海洋大陸と中高緯度へ熱を再配分するという違いが見られた。上記の結果は、20世紀後半のより長い時間スケールでのENSOの変動においては疑問視されるが、大気再解析の精度が不十分であることと、より信頼できるデータの期間が短いことから、最終的な結論には至らなかった。

Changhai LIU・Mitchell W. MONCRIEFF・Hsiao-Ming HSU・Xiaodong LIU：数値実験における大規模対流雲の組織化と結合した波動に対する空間次元数の影響

Changhai LIU, Mitchell W. MONCRIEFF, Hsiao-Ming HSU, and Xiaodong LIU: Effects of Dimensionality on Simulated Large-Scale Convective Organization and Coupled Waves

スーパークラスターのような熱帯対流雲の多重スケールでの組織化および対流と結合した重力波について、2次元および3次元の雲システム解像モデルによる数値実験によって調べた。数値実験は、一定の海面水温、定常かつ水平一様な対流圏での放射冷却、一様な東風の背景風という条件設定で行った。本研究の目的は、大規模対流雲のパターン形成とそれに伴う重力波に対する空間次元数の影響を数値実験によって定量的に調べることである。

東向きに伝播する大規模降水対流は、数値モデルの空間次元によらずに発生する。組織化した対流は、計算領域内で波数1の構造を持ち、対地速度としては

13-17ms⁻¹で、対背景風では19-23ms⁻¹の速度で移動する。しかし、2次元の場合と比べると3次元の場合では、対流により励起された波のシグナルはずっと弱く、また波は高速で移動し、鉛直方向の傾きは小さい。さらに、2次元計算においては、3次元計算の場合と比べると、別の組織化のモードが出現する。例えば、東向きに伝播する波数1成分と同程度の高速（対背景風）で西向きに伝播する雲システム、あるいは背景風に対して準定在的な高波数の降水システムが出現する。しかしながら、これらの2次元計算特有のモードは、必ずしも2次元性に起因する人工的なものではない。

沢田雅洋・岩崎俊樹・余 偉明・山崎 剛・岩井宏徳・石井昌憲・水谷耕平・板部敏和・山田 泉：蔵王山地の風下における定常な山岳波の影響下で見られた非定常なおろし風

Masahiro SAWADA, Toshiki IWASAKI, Weiming SHA, Takeshi YAMAZAKI, Hironori IWAI, Shoken ISHII, Kohei MIZUTANI, Toshikazu ITABE, and Izumi YAMADA: Transient Downslope Winds under the Influence of Stationary Lee Waves from the Zao Mountain Range

冬季、蔵王山地の風下では、非定常風を伴う強いおろし風が発生し、航空機の安全運航という立場からも大きな関心もたれている。2008年2月14日に仙台空港周辺で観測されたおろし風の事例について、ドップラーライダーによる特別観測と100mの水平格子を用いた数値実験を行った。数値モデルは、水平波長約20 kmの定常な山岳波を再現し、これは運輸多目的衛星1号(MTSAT-1R)の水蒸気画像により観測された波列構造の水平スケールと整合的であった。数値モデ

ルでは、定常な山岳波に伴う鉛直シアが渦層を地上から剥離させ、そこで小さな渦が次々と発生していた。渦層ではケルビンヘルムホルツ不安定の起こりやすい条件下にあり、小さな渦の発生に関与することが示唆された。小さな渦は下流へ流され、弱風域を伴っていた。ドップラーライダー観測でも水平スケール約1000 mの弱風域が捉えられ、地上付近を下流へと移動した。観測された視線風速の時間変動は、地上から高度が上がるにつれ減少した。この特徴は、数値モデルで

は高度約800mより下(上)で過大評価(過小評価)する傾向があったが、定性的には再現された。

杉本憲彦・石井克哉：回転球面浅水系における自発的な重力波放射

Norihiko SUGIMOTO and Katsuya ISHII: Spontaneous Gravity Wave Radiation in a Shallow Water System on a Rotating Sphere

回転球面浅水系において、非定常な渦の流れからの自発的な重力波放射過程に地球の回転効果が与える影響について、ロスビー数 ($1 \leq Ro \leq 30$), フルード数 ($0.1 \leq Fr \leq 0.7$), ジェットの緯度 ($11.25^\circ N \leq \theta_0 \leq 78.75^\circ N$) の3つのパラメータを変化させた数値実験を行った。数値計算では、スペクトル的な解像度を持つ3点の結合コンパクト差分法を用い、スペクトル法と同程度の高精度・高解像度で重力波振幅を定量的に評価した。実験設定では、基本場の順圧不安定なジェットに緩和強制を与えることで、ほぼバランスした渦の流れの非定常運動に伴う、継続的な重力波放射を実現した。その結果、比較的大きなロスビー数 ($Ro \geq 10$) では、重力波フラックスはどの緯度にジェットを配置した場合でもほとんど一定な一方で、比較的小さなロスビー数 ($Ro < 10$) では、重力波フラックスは

ジェットの配置緯度や観測緯度に大きく依存した。第一に、高緯度のジェットからは重力波はほとんど放射されない。第二に、低緯度のジェットから重力波が放射される場合でも、ほとんどが高緯度まで伝播できない。得られた結果を議論するため、ジェットの配置緯度で f 平面近似を行い、渦からの音波放射理論(ライトヒル理論)を援用して、重力波ソースを導出した。得られた結果は、ソースのスペクトル解析によって、合理的に説明できる。球面では地球の回転効果が緯度変化するため、ジェットの配置緯度のコリオリ周波数より高い周波数成分のソースからのみ重力波が放射される。同様に、高緯度まで伝播可能な重力波は、その緯度でのコリオリ周波数より高い周波数を持たなければならない。

Li TAO・Liguang WU・Yuqing WANG・Jianling YANG：北西太平洋上の熱帯低気圧活動度に対する熱帯インド洋の海面水温上昇と ENSO の影響

Li TAO, Liguang WU, Yuqing WANG, and Jianling YANG: Influence of Tropical Indian Ocean Warming and ENSO on Tropical Cyclone Activity over the Western North Pacific

本研究では、1948年～2010年の北西太平洋での熱帯低気圧(TC)発生数の年々変動に対する熱帯インド洋の海面水温(SST)上昇とエルニーニョ・南方振動(ENSO)の影響、そして内在する物理的メカニズムについて調べた。ENSOと熱帯インド洋海盆モード(IOBM)に伴うSST上昇が北太平洋のTC発生頻度の変動に重要な役割を果たしていることが分かったが、両者の影響は大きく異なっている。

トレンドならびに数十年変動を除去した熱帯インド洋と熱帯太平洋のSSTの季節の経験的直交関数の時系列を、それぞれIOBMインデックスならびにENSOインデックスと定義している。インド洋温暖年は、通常、エルニーニョ衰退期である。赤道から外れた熱帯北西太平洋で強い高気圧循環が観測されている熱帯インド洋温暖年には、TCの総数、特に弱い

TCの数が減少している。一方、エルニーニョ発達期は、西太平洋モンスーン・トラフならびに赤道域西風の低気圧性シアーが東に移動し、主要なTC発生域が東に移動するため、強いTCの数が増加している。また、ENSOと強いTC発生数との間の関係に、10年変動があることが分かった。強いTCの数とENSOの関係は、1968年～1987年の期間は相関係数がわずか0.19と弱く、1948年～1967年の期間ならびに1988年～2007年の期間は、相関係数がそれぞれ0.63ならびに0.73であった。

インド洋の海面水温上昇が、強い高気圧循環をどの程度励起するかについて、全球気候モデル(ヨーロッパセンターハンブルグモデル, ECHAM)にSST偏差を与えて調べた。その結果、7月から9月の間に発達する北西太平洋の強い高気圧循環は、主に熱帯イン

ド洋の海面水温上昇域が北半球の春から夏に北へシフトすることによって生じていることが分かった。

E-Hyung PARK • Eun-Jeong LEE • Won-Tae KWON • Jang Hyun SUNG • Song-You HONG : 全分散に対する外的な放射強制力の寄与を測る新手法に基づくマルチモデルアンサンブルによる将来予測の信頼性評価

E-Hyung PARK, Eun-Jeong LEE, Won-Tae KWON, Jang Hyun SUNG, and Song-You HONG: An Assessment of Reliability of Future Projections by Multi-Model Ensemble Based on a New Method Measuring Contribution of External Forcings to Total Variance

本研究では、21個の大気海洋結合モデルを用いたマルチモデルアンサンブル (MMEs) から求めた将来気候予測における温室効果ガス (GHGs) の効果を見積もった。将来気候予測における GHGs の影響の信頼性を評価するために、本研究では潜在的予測可能性 (P) を適用した。 P は全分散に対する外的な分散の比であり、外的な強制力の影響を測るために用いられる。内的な分散が非常に小さい場合、 P は1に近くMMEsは高度に予測可能であり、変動は主として外的な強制力に支配されることを示している。 P は

GHGsによる21世紀の将来の気候変化が地上気温に対しては低緯度域よりも高緯度域で、海上よりも陸上でより統計的に有意であることを明らかにした。降水量に対しては、南アフリカ、北東太平洋、北大西洋、中南米、東アジアを除くほとんどの地域で P は0.5以下であった。MMEと観測の間に強い相関がある地域ではモデル間の差異が小さいことも明らかとなった。本研究により、 P のような解析手法が地上気温や降水量などの変化予測シグナルの信頼性に関する情報を提示することが示唆された。