

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

第89巻 第5号 2011年10月 目次と要旨

論 文

Eileen DAHMS・Hartmut BORTH・Frank LUNKEIT・Klaus FRAEDRICH：ITCZの 分離と大規模渦擾乱が熱帯の平均場へおよぼす影響	399-411
那須野智江・佐藤正樹：全球非静力学モデルを用いた水惑星数値実験における雲内鉛直流と 降水の性質	413-439
伊藤昭彦：太平洋十年規模振動と大西洋数十年規模振動によって引き起こされる 陸域炭素収支における十年規模変動	441-454
Soo-Jin SOHN・Chi-Yung TAM・Chung-Kyu PARK：東アジアの冬季気候変動の 主要モードとその予測可能性：APCC マルチモデルアンサンブルの評価	455-474
釜江陽一・植田宏昭・鬼頭昭雄：大気大循環モデルにより再現された鮮新世中期温暖期に おけるハドレー・ウォーカー循環	475-493
中村晃三：条件付き不安定の再考 ―未飽和環境における飽和気塊の静的安定性―	495-516
冨田智彦・山浦 剛・橋本哲宏：相当温位より評価された日本付近の梅雨季の経年 変動特性	517-537
尾瀬智昭・荒川 理：熱帯太平洋の海面水温変化と関連した温暖化による降水量変化予測の 不確定性	539-552

要報と質疑

那須野智江・佐藤正樹：全球非静力学モデルを用いた水惑星数値実験における熱帯の 対流雲内の最大鉛直速度と地上降水の統計的關係	553-561
Wenjun ZHANG・Fei-Fei JIN・Jianping LI・Hong-Li REN：北半球秋季の北西太平洋に おける2種類のエルニーニョの対照的なインパクト	563-569
田口正和：成層圏突然昇温に関連した降温・上昇流シグナルの緯度伸長	571-580
山下克也・村上正隆・橋本明弘・田尻拓也：アジア鉱物ダスト粒子のCCN能力とその 雲粒生成に対する影響	581-587
訂正	589
訂正	591
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2011年7月号・8月号)	593
英文レター誌 SOLA の論文リスト (2011年109-136)	594
気象集誌次号掲載予定論文リスト	595

.◇.◇.◇.

Eileen DAHMS・Hartmut BORTH・Frank LUNKEIT・Klaus FRAEDRICH : ITCZ の分離と大規模渦擾乱が熱帯の平均場へおよぼす影響

Eileen DAHMS, Hartmut BORTH, Frank LUNKEIT and Klaus FRAEDRICH : ITCZ Splitting and the Influence of Large-scale Eddy Fields on the Tropical Mean State

水惑星大気大循環スペクトルモデル (AGCM) を南北対称かつ東西方向に様な海面水温 (SST) 分布により強制した。全実験について、スペクトル波数を全て使った実験 (3次元実験) と東西一様モードだけを残した実験 (2次元実験) の2種類を行った。パラメタリゼーションや境界条件を全ての実験で共通とし、3次元と2次元の大気循環の流れについて一貫した比較を可能とした。

比較の結果、3次元モデルの熱帯の平均場の構造は2次元軸対称モデルによって基本的に捉えられており、渦擾乱はこの構造を若干変形するのみであることがわかった。熱帯の平均場の構造が、SSTの強制の実質的な分布によっておおむね決まってしまうことを示している。これは、顕著な単一のITCZがある場合には3次元と2次元実験のハドレー循環の形や強度がほぼ同じであるという以前の研究の結果を確認するも

のである。したがって、仮想的な軸対称モデルでハドレー循環の強度が過小になることがしばしばみられるが、このことは大規模擾乱を無視したこと以外に原因があることを意味する。

新しい結果として、3次元モデルと2次元軸対称モデルともに、SSTの分布が赤道付近で十分平坦な場合にはITCZの分離がみられる。したがって、ITCZの分離は必ずしも擾乱がなくとも純粹に軸対称なメカニズムで説明できる。渦擾乱は単一のITCZのレジームを安定化しているように見える。ITCZの分離が起こるようなSST分布では、2次元軸対称モデルにおいて多重平衡解が存在する。同一のSST分布のもとで、単一のITCZの状態と2重ITCZの状態を大気循環がスイッチし、中緯度の影響や大気海洋結合の影響がなくとも熱帯における長時間変動を生じる可能性がある。

那須野智江・佐藤正樹 : 全球非静力学モデルを用いた水惑星数値実験における雲内鉛直流と降水の性質

Tomoe NASUNO and Masaki SATOH : Properties of Precipitation and In-cloud Vertical Motion in a Global Nonhydrostatic Aquaplanet Experiment

熱帯における雲内鉛直流と降水生成の性質に関する知見を得るため、水平格子間隔3.5 kmの全球雲解像モデル (global cloud-system resolving model, GCRM) を用いた水惑星数値実験の3次元出力を用いた解析を行った。

10°N-10°Sの領域における降水と潜熱加熱率の確率分布について Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) による観測値と比較した。モデルの降水頂高度 (precipitation top height, PTH) は観測より高く、融解層付近の再現性にも問題が見られたが、降水と全潜熱加熱率の鉛直分布は概ね再現された。シミュレートされた雲のPTHと雲頂高度 (cloud top height, CTH) の関係は対流の深さ (深い/浅い) の環境場による違い (活発化/抑制) をよく捉えていた。

シミュレートされた雲内鉛直流の速度はアンビル雲内では 0.1 ms^{-1} 、上昇流コア内では 1 ms^{-1} のオー

ダーであり、過去の観測結果と整合的であった。気柱内の最大雲内速度 (maximum in-cloud vertical motion, w_{max}) を定義し、比較的強い上昇流に着目して性質を調べた。 w_{max} の出現分布は2つの高度 ($z = 1-4$ and $7-12 \text{ km}$) にピークを持ち、対流圏中層に極小を持つ。激しい上昇流はよく組織化した対流システムの対流活発域に相当する対流圏上層での出現頻度が最も高く、しばしば対流圏中～下層に w_{max} をもつ領域と隣接して強い上昇域 ($w_{\text{max}} > 1 \text{ ms}^{-1}$) の集合体 (水平スケール数十 km) を形成していた。補償下降流の卓越する領域では上昇流は対流圏中層以下に限定され、小さい水平スケールを持つ傾向があった。いずれの上昇域もそれぞれを特徴づける水平スケールの冷氣プールを伴っていた。

最後に、出現高度の異なる雲内上昇流 ($> 1 \text{ ms}^{-1}$) の雲の発達における役割の違いを調べた。その結果、 w_{max} の出現高度が対流圏中層にある雲内上昇流が

最も激しい地表降水をもたらす、降水に先立って対流圏下層から中層へ水蒸気が輸送されることが分かった。このことは対流圏中層の上昇流が、頻度は少ない

ものの、力学過程と湿潤過程の緊密な連動により最も効率的に地表降水を生成しうることを示唆する。

伊藤昭彦：太平洋十年規模振動と大西洋数十年規模振動によって引き起こされる陸域炭素収支における十年規模変動

Akihiko ITO : Decadal Variability in the Terrestrial Carbon Budget Caused by the Pacific Decadal Oscillation and Atlantic Multidecadal Oscillation

陸域生態系における二酸化炭素 (CO₂) 収支は、地球の気候システムと日内から数百年以上の時間スケールで相互作用を行っており、気候の予測や安定化を論じる際に重要な問題となっている。大気中の CO₂ 増加速度には明らかな年々変動が見られるが、これまでの研究では主にエルニーニョ・南方振動 (ENSO) に対する陸域生態系応答の寄与が指摘されてきた。しかし、時間スケールの異なる応答メカニズムやそれが気候予測にもたらす潜在的影響については依然不明点が多い。本研究では、より長期的性質をもつテレコネクションである太平洋十年規模振動 (PDO) と大西洋数十年規模振動 (AMO) レジームが、陸域炭素収支の十年規模変動に与える影響を検討した。陸域生態系

の炭素収支は、生理生態プロセスに基づく全球陸域モデル (VISIT) で再現されたものであり、それを PDO, AMO, ENSO の指数時系列と異なる平滑化期間およびラグ時間について相関を求めた。その結果、年々変動の場合は陸域 CO₂ 収支と ENSO 指数との間に高い相関があったが、十年規模変動の場合では陸域 CO₂ 収支は PDO もしくは AMO の指数と高い相関を示した。それぞれの気象レジームに対する陸域応答の相関の強さは地域ごとに異なっていた。本研究は、陸域 CO₂ 収支の時間変動を解明するには長期モニタリングが不可欠であり、気候モデルや生態系モデルの十年規模スケールでの予測性を向上させる必要があることを示している。

Soo-Jin SOHN・Chi-Yung TAM・Chung-Kyu PARK：東アジアの冬季気候変動の主要モードとその予測可能性：APCC マルチモデルアンサンブルの評価

Soo-Jin SOHN, Chi-Yung TAM and Chung-Kyu PARK : Leading Modes of East Asian Winter Climate Variability and Their Predictability : An Assessment of the APCC Multi-Model Ensemble

観測データと APEC 気候センターにアーカイブされたマルチモデルアンサンブル (MME) ハインドキャスト実験データを用いて、東アジアの冬季気候変動とその予測可能性について調べた。850 hPa の月平均風速と気温を用いた多変量 EOF 解析により特定されるアジアの東～北東部冬季における変動の主要なモードに着目した。東アジアの第一気候モードは、シベリア高気圧の北西側から北東アジアにかけての広い領域をカバーする大陸規模の気温偏差で特徴付けられる。第二モードは、韓国や日本、中国の東海岸など東アジア領域上における北よりの季節風や気温の変動と関連している。さらに、第二モードはユーラシア (EU) パターンと密接に関係している一方で、第一モードはスカンジナビア (SCA) パターンに影響さ

れていることが分かった。

一般的に、MME の各モデルで求めた東アジアでの冬季変動の卓越した循環パターンは、いずれも観測とよい一致を示している。しかしながら、これらモードの時間変動をモデルシミュレーションで再現することは難しい。主要モードの変動は大抵のモデルで比較的よく予見されており、第二モードに比べ、北東アジアの大陸部における冬季気候のよりよい予報をもたらす。ENSO 期間中における循環の変化との関連で、MME の性能をさらに評価した。観測された東アジアの第二気候モードの変動のタイミングと強さの両方を再現する上で、大抵のモデルは何らかの問題を抱えていることが分かった。観測に基づく解析により、ENSO 年の北半球初冬にはユーラシアからのロス

ビー波活動が存在することが分かっている。しかしながら、ユーラシアの波列は、モデルシミュレーションでは非常に弱いか、もしくはほとんど存在していな

い。全体的に見て、これらの結果は、現在の季節予報の枠組みにおいては、東アジアの冬季気候の予報における困難さを際立たせている。

釜江陽一・植田宏昭・鬼頭昭雄：大気大循環モデルにより再現された鮮新世中期温暖期におけるハドレー・ウォーカー循環

Youichi KAMAE, Hiroaki UEDA and Akio KITOH : Hadley and Walker Circulations in the Mid-Pliocene Warm Period Simulated by an Atmospheric General Circulation Model

鮮新世中期温暖期（約300万年前）は、気候モデルにより予測されている温暖な気候平衡状態における気候システムの理解に向け、過去に存在した温暖期の一例として注目されている。Pliocene Research, Interpretation and Synoptic Mapping phase 3 (PRISM3) により復元された海面水温 (SST) は、高緯度域と赤道・沿岸湧昇域における顕著な昇温を示している。PRISM3による地表環境の復元に基づいた、当時の境界条件に対する大気大循環モデル (AGCM) の感度を調べた。再現されたウォーカー循環は全体的に弱体化し、アフリカ大陸上における下層

(上層) の収束 (発散) 偏差やアジアモンスーン域における下層 (上層) の発散 (収束) 偏差がもたらされた。ハドレー循環の上昇流域は極方向へ拡大し、高緯度の高い SST により帯状南北循環が弱体化した。低緯度における湿潤・乾燥の気候パターンの変化がもたらされる要因を調べるため、氷床、植生、帯状 SST パターンを変化させる感度実験を行った。SST の南北勾配と低緯度 SST の東西勾配の弱体化は、地質記録が示すアフリカの湿潤な気候の拡大をもたらす要因であったことが示された。

中村晃三：条件付き不安定の再考 —未飽和環境における飽和気塊の静的安定性—

Kozo NAKAMURA : Reconsideration of Conditional Instability —Static Stability of a Saturated Air Parcel in an Unsaturated Environment—

未飽和な大気の静的安定性を、環境と等しい仮温度の気塊に対するパーセル法を用いて調べた。その結果、飽和した気塊の静的安定性は、湿潤断熱過程での仮温度の減率をもとに議論することができ、安定性の基準となる温度減率は、湿潤断熱減率に比べて、乾燥断熱減率と湿潤断熱減率との差の20%程度大きな値に

なることがわかった。

熱帯の対流圏下層の成層は、条件付き不安定な成層であることが多いといわれているが、この新しい基準を使って頻度分布を調べると、未飽和の環境では飽和気塊に関して中立な成層である頻度をもっとも多いことが示された。

冨田智彦・山浦 剛・橋本哲宏：相当温位より評価された日本付近の梅雨季の経年変動特性

Tomohiko TOMITA, Tsuyoshi YAMAURA and Tetsuhiro HASHIMOTO : Interannual Variability of the Baiu Season near Japan Evaluated from the Equivalent Potential Temperature

梅雨は西部北太平洋における北半球初夏の雨季およびこの時期の降雨を表す。本研究では梅雨季の経年変動特性を明らかにすることを目的に、下層の相当温位 (θ_e) のみを用いた日本付近における梅雨入り梅雨明け日を決定する1方法を提案する。まず前線は気団の

境界という定義のもと梅雨前線の位置を θ_e の負の南北勾配の極大より決定する。次に梅雨前線の北進およびその南の気団の発達より日本付近における梅雨入り梅雨明け日を決定する。

本研究により見積もられた平均梅雨入り日は6月2

日で気象庁が公表している南九州の梅雨入り日と近い。しかし両日付の経年変動間の相関は弱い。本研究で決定された梅雨入り日の経年変動は、西部北太平洋における夏季南西モンスーンの南北位置と連動する。一方、平均梅雨明け日は7月21日で気象庁が公表している北東北の梅雨明け日より約1週間早い。しかし両日付の経年変動は有意な正相関を示す。梅雨明け日の経年変動はユーラシア大陸東部から中央北太平洋まで広がる大規模な大気循環の南北双極偏差とともに生じ

る。

梅雨入り日と梅雨明け日の経年変動はともに2-4年周期の卓越を示すが両者間の相関は弱い。両者はまた典型的な大規模経年変動であるエルニーニョ/南方振動、アジアモンスーンの対流圏2年周期変動、そして北大西洋振動のいずれとも相関は有意ではない。これら3者は日本付近における梅雨入り梅雨明け日の経年変動を直接的には決定していないようである。

尾瀬智昭・荒川 理：熱帯太平洋の海面水温変化と関連した温暖化による降水量変化予測の不確定性

Tomoaki OSE and Osamu ARAKAWA : Uncertainty of Future Precipitation Change Due to Global Warming Associated with Sea Surface Temperature Change in the Tropical Pacific

熱帯太平洋海面水温の将来変化が地域の降水量の将来予測に与える影響について、北半球冬季と夏季に分けてCMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project phase 3) 実験データを統計的に調査した。現在気候のエルニーニョ海面水温変動に伴う降水量変動が、降水量の将来変化予測に関するCMIP3モデル間の不確定性として現れることがわかった。

具体的には、エルニーニョ的な海面水温変化を予測するモデルではラニーニャ的な海面水温変化を示すモデルに比べて、北半球冬季の降水量が熱帯中央太平洋・北米南東域・熱帯西部インド洋で多くなる傾向が見られ、熱帯北西太平洋・熱帯南太平洋・南米熱帯域で少なくなる傾向が見られる。北半球夏季の場合、熱帯中央太平洋で多く海洋大陸・中米周辺で少なくなる傾向が見られる。

興味あることには、現在気候において冬季のエル

ニーニョ海面水温変動のあとの夏季に遅延して現れる降水量変動の特徴もまた、将来の冬季にエルニーニョ的・ラニーニャ的な海面水温変化を示すモデル間の夏季降水量変化の差異となって現れる。すなわち、将来の冬季にエルニーニョ的な海面水温変化を示すモデルはラニーニャ的な海面水温変化を示すモデルに比べて、将来の夏季降水量は日本の南方および中央太平洋から東太平洋の赤道南方で多くなり、亜熱帯の北西太平洋で少なくなる傾向が見られる。

CMIP3モデルの解析によれば、冬季・夏季におけるエルニーニョ的な太平洋海面水温変化の将来予測値は、現在気候時の東太平洋赤道周辺における各季節のモデル降水量気候値と関係している。これは、熱帯太平洋の降水量の現在気候値を再現することが将来予測にとって重要であることを示唆している。

那須野智江・佐藤正樹：全球非静力学モデルを用いた水惑星数値実験における熱帯の対流雲内の最大鉛直速度と地上降水の統計的關係

Tomoe NASUNO and Masaki SATOH : Statistical Relation between Maximum Vertical Velocity and Surface Precipitation of Tropical Convective Clouds in a Global Nonhydrostatic Aquaplanet Experiment

水平格子間隔3.5 kmの全球雲解像モデル (global cloud-system resolving model, GCRM) を用いた水惑星数値実験を用いて強い地上降水域における降水と鉛直速度の性質について調べた。10°N-10°Sの領域内における地上降水強度 (pr_sfc) の上位1%および1-10%の格子点について降水頂高度 (precipitation

top height, PTH)、最大雲内鉛直速度 (w_max) を算出し、統計的性質を調べた。得られた結果の一般性を確認するため、現実条件の数値計算も用いて同様の解析を行った。

上位1% (1-10%) の pr_sfc をもつ気柱においては w_max の発生頻度のピークは高度4-6 (1-4) km,

PTH はその数 km 上方に現われた。これらの強い降水を伴う気柱の熱力学的状態は降水を伴う全ての気柱の平均より暖湿であった。以上の結果はいずれの数値実験においても共通して見られた。水惑星数値実験について強い地上降水を伴う対流の時間変化の合成解析

も行った。その結果、上位 1% (1-10%) の pr_sfc をもつ気柱では、対流圏中層 (下層) の強い上昇流が境界層内の水蒸気の対流圏中層への効率的な輸送をもたらすことが示唆された。

Wenjun ZHANG・Fei-Fei JIN・Jianping LI・Hong-Li REN：北半球秋季の北西太平洋における 2 種類のエルニーニョの対照的なインパクト

Wenjun ZHANG, Fei-Fei JIN, Jianping LI and Hong-Li REN : Contrasting Impacts of Two-type El Niño over the Western North Pacific during Boreal Autumn

本研究は、いわゆる暖水域 (WP) エルニーニョと冷舌域 (CT) エルニーニョの北西太平洋上の大気循環への影響を調べたものである。北西太平洋域の大気循環偏差は、それら 2 つのエルニーニョの発達する秋季に逆符号となる。すなわち、CT エルニーニョ時に

は弱い高気圧性循環偏差が現れる一方、WP エルニーニョでは弱い低気圧性偏差が出現する。こうした逆向きの大気場の応答はエルニーニョの最盛期となる冬季には見られなくなるが、秋季の東アジアの天候、特に中国南部の降水、に対して有意なインパクトをもつ。

田口正和：成層圏突然昇温に関連した降温・上昇流シグナルの緯度伸長

Masakazu TAGUCHI : Latitudinal Extension of Cooling and Upwelling Signals Associated with Stratospheric Sudden Warmings

本研究は、2 種類の再解析データを用いて、北半球冬季における成層圏突然昇温 (SSW) に関連した成層圏降温・上昇流シグナルの南方への伸長を調査した。SSW の合成解析から、降温・上昇流シグナルは、およそ南緯 30 度を越える南半球中緯度まで及ぶことを明らかにした。さらに、事例ごとのばらつきを検

討により、強い波駆動がより赤道寄りで見られる場合に、赤道成層圏の降温シグナルが強い傾向にあることが分かった。波駆動分布のそのような相違は、いくつかの事例においては、惑星波砕波の水平分布に見てとれる。

山下克也・村上正隆・橋本明弘・田尻拓也：アジア鉱物ダスト粒子の CCN 能力とその雲粒生成に対する影響

Katsuya YAMASHITA, Masataka MURAKAMI, Akihiro HASHIMOTO and Takuya TAJIRI : CCN Ability of Asian Mineral Dust Particles and Their Effects on Cloud Droplet Formation

黄砂粒子の凝結核能力を理解するために、黄砂標準粒子の活性化スペクトルと吸湿度を調査した。黄砂標準粒子を回転ブラシ式の乾燥粒子発生器で発生させ、雲凝結核計と凝結核計を用いて測定した。黄砂標準粒子の雲凝結核数濃度と凝結核数濃度の比は過飽和度 0.2% で 0.7、過飽和度 0.4% で 0.8 と高い値を示していた。この結果は、黄砂粒子が単体で浮遊している場合には、効率的に雲凝結核として作用していることを示

唆するものである。臨界過飽和度-乾燥直径図上にプロットされた黄砂標準粒子の測定値から求めた吸湿度 (κ) の平均値は 0.014 であった。カップケーキ理論を組み込んだパーセルモデルで求めた吸湿度を入力して断熱上昇中の黄砂標準粒子の粒径分布の変化を計算した結果、黄砂標準粒子は雲活性化から早い段階では、衝突併合プロセスを引き起こすような大きな雲粒に成長しないということが示された。さらにカップ

ケーラー理論を用いて黄砂標準粒子と海塩粒子の内部混合粒子の吸湿度を計算し、それについても断熱上昇中の粒径分布変化の計算を行った。計算した吸湿度(κ)は内部混合することにより黄砂標準粒子のもの

よりも値が大きくなること、内部混合粒子が活性化した場合、雲粒の大きさも黄砂標準粒子のものより大きくなるということが示された。
