

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

第84巻 2号 2006年4月 目次と要旨

論文

- 鬼頭昭雄・内山貴雄：マルチモデルアンサンブル温暖化実験によるアジアの夏の
雨期の変化247-258
- 大内和良・吉村 純・吉村裕正・水田 亮・楠 昌司・野田 彰：20 km 格子
全球大気モデルで予測された地球温暖化時の熱帯低気圧の気候学的性質
—頻度と風速に関する解析—259-276
- 村田文絵・山中大学・橋口浩之・森 修一・Mahally KUDSY・Tien SRIBIMAWATI・
Budi SUHARDI・EMRIZAL：スマトラ島で観測された東進する総観規模
スケールの雲システムに伴う乾燥貫入277-294
- 佐藤康雄・行本誠史・辻野博之・石崎 廣・野田 彰：温室効果ガス強制による
北半球大気循環の北極振動（AO）的な変化に対する黒潮解像海洋モデルにおける
北太平洋海洋循環の応答295-309
- 藤部文昭・山崎信雄・小林健二：日本における106年間（1898～2003）の降水日変化の
経年変化311-317
- 田中 博・寺崎康児：球面 Rhines スケールで順圧エネルギーがロスビー波飽和点を越えて
集積することによるブロッキングの形成319-332
- 行本誠史・野田 彰・鬼頭昭雄・保坂征宏・吉村裕正・内山貴雄・柴田清孝・荒川 理・
楠 昌司：気象研究所大気海洋結合モデル・バージョン2.3（MRI-CGCM2.3）
における現在気候と気候感度333-363
- 高井 博・川村 宏・磯口 治：散乱計導出海上風ベクトルによって観測された
日本周辺海上におけるヤマセ風の特性365-373
- 石崎紀子・植田宏昭：1998年夏季アジアモンスーン開始期のインドシナ半島と
ベンガル湾における大気加熱の季節変化375-387
- 佐々木秀孝・栗原和夫・高藪 出・村崎万代・佐藤康雄・辻野博之：
気象研究所大気海洋結合地域気候モデルの予備的実験389-403
- 吉村 純・杉 正人・野田 彰：地球温暖化が熱帯低気圧の発生数に及ぼす影響405-428

要報と質疑

- 学会誌「天気」の論文・解説リスト（2006年1月号・2月号）429
- 英文レター誌 SOLA の論文リスト（2006年001-028）430
- 気象集誌次号掲載予定論文リスト431

.....◇.....◇.....◇.....

鬼頭昭雄・内山貴雄：マルチモデルアンサンブル温暖化実験によるアジアの夏の雨期の変化

Akio KITOH and Takao UCHIYAMA : Changes in Onset and Withdrawal of the East Asian Summer Rainy Season by Multi-Model Global Warming Experiments

最新の15の全球大気海洋結合モデルによる温暖化実験で得られた日降水量データを用いて、アジアの夏季の雨期の変化について調べた。20世紀気候再現実験による20世紀末の20年間とSRES AIBシナリオ実験による21世紀末の20年間の比較によると、温暖化により、夏季のアジアの雨期の降水量が増加する。雨期の入

り・明けについては、雨期入りの期日の変化は比較的小さいものの、台湾・琉球諸島から日本南方にかけての地域では梅雨明けが遅れること、揚子江流域では梅雨明けが早まる傾向が示された。ただし中国での変化についてはモデル間で早い・遅いに関する一貫性が低かった。

大内和良・吉村 純・吉村裕正・水田 亮・楠 昌司・野田 彰：20 km 格子全球大気モデルで予測された地球温暖化時の熱帯低気圧の気候学的性質—頻度と風速に関する解析—

Kazuyoshi OOUCHI, Jun YOSHIMURA, Hiromasa YOSHIMURA, Ryo MIZUTA, Shoji KUSUNOKI, and Akira NODA : Tropical Cyclone Climatology in a Global-Warming Climate as Simulated in a 20 km-Mesh Global Atmospheric Model : Frequency and Wind Intensity Analyses

20 km 格子の全球大気モデル(MRI/JMA)を用いた現在気候ランと温暖化ラン(いずれも10年間)において自発的に発生した台風やハリケーンなどの熱帯低気圧の気候学的性質のうち、主に頻度と風速について調べ、両者のランの結果を比較した。温暖化ランでの熱帯低気圧は、年平均発生数が(北大西洋では増加するものの)全球では現在気候ランと比べて約30%減少することが示された。強度については、例えば地表の最

大風速で強い熱帯低気圧が増加することがわかった。最大風速の最も強い熱帯低気圧について平均した地表の最大風速の変化を調べたところ、温暖化ランでは、現在気候ランと比較して、北半球では7.3 m/s、南半球では3.3 m/sの風速の増加がみられた。これらの結果から、将来地球が温暖化したときに、熱帯低気圧の強度が増大する可能性が示唆される。

村田文絵・山中大学・橋口浩之・森 修一・Mahally KUDSY・Tien SRIBIMAWATI・Budi SUHARDI・EMRIZAL：スマトラ島で観測された東進する総観規模スケールの雲システムに伴う乾燥貫入

Fumie MURATA, Manabu D. YAMANAKA, Hiroyuki HASHIGUCHI, Shuichi MORI, Mahally KUDSY, Tien SRIBIMAWATI, Budi SUHARDI, and EMRIZAL : Dry Intrusions Following Eastward-Propagating Synoptic-Scale Cloud Systems over Sumatera Island

1998-2004年の間にスマトラ島で行われたレーウィンゾンデ集中観測の中で4例の乾燥貫入イベントを観測した。これらのイベントはスコールラインに似た構造を持つ組織化された総観規模スケールの雲システムの通過に伴って西風の中で生じた。その雲システムに

はケルビン波の特徴がみられ、13 m/sの東進速度と数千kmの水平スケールを持つ。雲システムの通過に伴って強い降水が観測される一方、雲システムの後方では乾燥貫入によって対流が抑制される。

佐藤康雄・行本誠史・辻野博之・石崎 廣・野田 彰：温室効果ガス強制による北半球大気循環の北極振動 (AO) 的な変化に対する黒潮解像海洋モデルにおける北太平洋海洋循環の応答

Yasuo SATO, Seiji YUKIMOTO, Hiroyuki TSUJINO, Hiroshi ISHIZAKI, and Akira NODA : Response of North Pacific Ocean Circulation in a Kuroshio-Resolving Ocean Model to an Arctic Oscillation (AO)-Like Change in Northern Hemisphere Atmospheric Circulation Due to Greenhouse-Gas Forcing

地球温暖化が北太平洋の海洋循環の変化に与える影響を調べるため、黒潮を解像することのできる (水平解像度約20 km)、高解像度北太平洋海洋大循環モデル (NPOGCM) を用いて、タイムスライス実験を行った。NPOGCM は、全球気候モデル (MRI-CGCM2.2) による地球温暖化実験から得られた熱、運動量、淡水フラックスにより駆動した。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の温室効果ガス排出シナリオ SRES A2 に基づいた MRI-CGCM2.2 による温暖化実験において、年平均海面気圧のトレンドは、北極振動の正偏差時と似た環状パ

ターンを示した。これにより、北太平洋上の中緯度では高気圧性循環が強まり、その結果、黒潮の続流が存在する亜熱帯風成海洋循環の北限が高緯度側へ移動することが MRI-CGCM2.2 において示された。

このような大気状態の変化に対する、NPOGCM による海洋循環の応答予測計算によると、温暖化時には日本の東方沖に黒潮続流から切離した暖水渦が頻繁に生じるようになり、現在と比較して年平均海面水温が最大で5 K 上昇する。また、年平均海面水位は、日本の沿岸で12から18 cm、日本の東方沖では約40 cm の上昇が見積もられた。

藤部文昭・山崎信雄・小林健二：日本における106年間 (1898~2003) の降水日変化の経年変化

Fumiaki FUJIBE, Nobuo YAMAZAKI, and Kenji KOBAYASHI : Long-Term Changes in the Diurnal Precipitation Cycles in Japan for 106 Years (1898-2003)

国内46地点における106年間 (1898-2003) の4時間降水量データを使って、降水の日変化形の経年変化を調べた。全国かつ年間の平均においては、降水量は5%/(100年) 程度の割合で、早朝 (02~06時) に相対的増加、午後 (14~18時) に相対的減少がみられた。この変化は春・夏の強い降水 (10 mm/(4時間) 以上)

の経年変化特性を反映したものであり、秋・冬の降水日変化形の経年変化はこれと異なる。弱い降水 (3 mm/(4時間) 以下) については、日変化形の経年変化は概して小さいが、06~14時に弱い相対的増加、14~18時に相対的減少がみられた。

田中 博・寺崎康児：球面 Rhines スケールで順圧エネルギーがロスビー波飽和点を越えて集積することによるブロッキングの形成

H. L. TANAKA and Koji TERASAKI : Blocking Formation by an Accumulation of Barotropic Energy Exceeding the Rossby Wave Saturation Level at the Spherical Rhines Scale

本研究では、北半球のブロッキングのエネルギースペクトルとエネルギー流の特徴を3次元ノーマルモード展開法により調べた。用いたデータは51年間のNCEP/NCAR 再解析であり、長周期変動が卓越する大気の順圧成分に注目した。擾乱の水平スケールは、球面波数の代わりに Rossby 波の位相速度 c によって表現された。

エネルギー解析の結果、ブロッキングが発生する際

には、位相速度空間で定義される球面 Rhines スケール c_R にエネルギーが過剰に蓄積されることがわかった。この時、 c_R でのエネルギーレベルは、 $E=ac^2$ で示される Rossby 波の飽和スペクトルを越えて増大するが、この飽和スペクトルは Rossby 波の碎波条件 $\partial q/\partial y < 0$ から理論的に導くことができる。(ここで、 a は単位面積あたりの大気質量、 q は順圧ポテンシャル渦度である。)

以上の結果から、ブロッキングは、逆カスケードにより大規模場に輸送されるエネルギーが、球面 Rhines スケール c_R に過剰に蓄積され、 $E=ac^2$ で示される飽和スペクトルを越える現象、として解釈することができる。つまり、 $E=ac^2$ の飽和スペクトルを越えて過剰に増幅した Rossby 波は、 $\partial q/\partial y < 0$ で特徴づけられる

ブロッキングの形状を露呈するが、 c_R 付近は波動領域となるため、波は容易に碎波できない。さらに、 c_R は Rossby 波が停滞波となるスケールであることから、同じ場所に長期間停滞し続ける、という特徴が力学的に理解された。

行本誠史・野田 彰・鬼頭昭雄・保坂征宏・吉村裕正・内山貴雄・柴田清孝・荒川 理・楠 昌司：気象研究所大気海洋結合モデル・バージョン2.3 (MRI-CGCM2.3) における現在気候と気候感度
Seiji YUKIMOTO, Akira NODA, Akio KITOH, Masahiro HOSAKA, Hiromasa YOSHIMURA, Takao UCHIYAMA, Kiyotaka SHIBATA, Osamu ARAKAWA, and Shoji KUSUNOKI : Present-Day Climate and Climate Sensitivity in the Meteorological Research Institute Coupled GCM Version 2.3 (MRI-CGCM2.3)

気象研究所 (MRI) 大気海洋結合モデルの新バージョン MRI-CGCM2.3 (MRI2.3) を開発し、旧バージョン (MRI2.0) との比較を行った。MRI2.0 からの変更のうち、雲スキームにおいて対流雲と層状雲に分けて雲量に対する診断関数を与えるようにするなどの変更がモデルの性能改善に大きな効果があった。MRI2.3 は、全球エネルギー収支、大気上端における短波および長波放射の南北分布、および地上気温と降水量の地理分布など、現在気候の再現実験において多くの面で観測とよい一致を示す。それぞれのバージョンの実効気候感度を二酸化炭素 (1%/年) 漸増実験から

評価した。MRI2.3 の実効気候感度 (2.9 K) は MRI2.0 (1.4 K) のおよそ二倍の大きさである。雲強制力、特に短波に対する雲強制力の応答の変化がこの気候感度の増加にとって非常に重要である。熱帯の沈降流域での下層雲の違いが気候変化に対する雲強制力の変化の違いに大きく寄与している。対流圏中層の鉛直速度で定義した循環レジームに基づく解析により、熱帯の雲強制力の応答は、沈降流の強さの変化のような大規模循環の変化よりもむしろ、下部対流圏の安定度の変化といった熱力学的特徴によってより支配されることが示唆された。

高井 博・川村 宏・磯口 治：散乱計導出海上風ベクトルによって観測された日本周辺海上におけるヤマセ風の特徴

Hiroshi TAKAI, Hiroshi KAWAMURA, and Osamu ISOGUCHI : Characteristics of the Yamase Winds over Oceans around Japan Observed by the Scatterometer-Derived Ocean Surface Vector Winds

ヤマセは、5月から8月にかけて、太平洋から北海道・東北地方の東岸に吹く局地北東風の名称である。この風は冷たく湿って、低層雲を伴う。本研究では、衛星搭載散乱計 SeaWinds によって得られた海上風ベクトルを用いて、日本周辺海上のヤマセ風を調べた。

ヤマセ現象を定義するため、5月から8月にかけての東北地方のアメダス地上気温を用いた EOF 解析を採用した。まず、日平均気温偏差 (ΔT) を、日平均気温気候値からの偏差として各アメダス観測地点について計算した。EOF 第一モード (EOF1) の空間パターンは、東北地方全域で同期した温度変化を示し、EOF

第二モード (EOF2) は太平洋側と日本海側で気温がシーソーのように変動するパターンを示した。EOF 解析で抽出された気温変動と八戸の日平均気温偏差変動 (ヤマセ指数) は高い相関を持つ。ヤマセ指数の EOF1 に対する相関係数は 0.78、EOF1 と EOF2 の和に対しては 0.89 であった。八戸の ΔT 負値で代表されるヤマセ現象は、東北地方の異なった 2 つの温度変動パターンと関係していることが明らかとなった。

八戸の ΔT が -2 度以下を示す日の海上風分布から作成した合成図には、三陸沿岸に吹き寄せる北東気流、オホーツク海東部に中心を持つ高気圧循環、そし

て千島列島沿いの北東気流が現れた。太平洋上の海上風が東北地方に接近するとき、宮古沖の北緯40度付近で2つに分流する。八戸の ΔT 負値に対応するEOF1とEOF2の低温現象時の海上風場は異なっている。前者は北東気流が三陸沿岸に吹きつけるパターンであ

り、後者は千島列島の南の海域から吹く北東気流が東経145度付近で方向を変え、東風となって三陸沿岸に吹く。北上山地は太平洋沿岸海上のヤマセ風に大きな影響を与えている。

石崎紀子・植田宏昭：1998年夏季アジアモンスーン開始期のインドシナ半島とベンガル湾における大気加熱の季節変化

Noriko ISHIZAKI and Hiroaki UEDA : Seasonal Heating Processes over the Indochina Peninsula and the Bay of Bengal Prior to the Monsoon Onset in 1998

本研究では、GAME再解析データを用いて、インドシナ半島と周辺海洋上における加熱プロセスの季節変化を1998年4月1日から6月30日にかけて調べた。対流圏下層の南西風が東方へ拡大する大規模なモンスーンの開始は5月中旬に見られたが、インドシナ半島の内陸部では、4月からすでに降水が観測されていた。この時期、メコン川中下流域で領域平均した非断熱加熱(Q_1)は、500-600 hPaで3 K/dayに達する。水蒸気減少(Q_2)も同様に増加しているが、ピーク高度が Q_1 よりも低いため、プレモンスーン降水は積雲に伴うものと考えられる。鉛直積分した $\langle Q_1 \rangle$ の水平分布は $\langle Q_2 \rangle$ と類似しており、その値が約2倍であることから、インドシナ半島上では凝結加熱による潜熱放出と地表面からの顕熱加熱の寄与が同じくらいであることが示唆される。一方、ベンガル湾では、 -100 W/m^2

を下回る負の $\langle Q_1 \rangle$ が見られ、そこでは強い下降流が卓越している。

大規模なモンスーン開始後は、メコン川中下流域での $\langle Q_1 \rangle$ の値はモンスーン開始前とほとんど変わらない。また、 Q_1 と Q_2 の鉛直プロファイルから、モンスーンオンセット後には積雲と層状性雲の両方が存在していることが示唆された。しかし、ベンガル湾周辺では正の Q_1 と Q_2 が対流圏全層にわたって急増しており、積雲活動に伴う強い大気加熱が起こっていることが推測される。

これらの結果から、メコン川中下流域とベンガル湾の大気加熱プロセスには、特にプレモンスーン期に明瞭な地域差異があるが、モンスーン開始後においても積雲対流の構造に起因すると思われる定性的な差が見られることが明らかになった。

佐々木秀孝・栗原和夫・高藪 出・村崎万代・佐藤康雄・辻野博之：気象研究所大気海洋結合地域気候モデルの予備的実験

Hidetaka SASAKI, Kazuo KURIHARA, Izuru TAKAYABU, Kazuyo MURAZAKI, Yasuo SATO, and Hiroyuki TSUJINO : Preliminary Results from the Coupled Atmosphere-Ocean Regional Climate Model at the Meteorological Research Institute

気象研究所大気海洋結合地域気候モデルの日本付近の気候再現性を調べるため、このモデルによる10年積分を行なった。このモデルは20 km分解能の大気モデル(RCM20)と $1/4^\circ$ (緯度) $\times 1/6^\circ$ (経度)分解能の高分解能北太平洋海洋モデルを結合している。大気部分にはマルチネスティングの手法が使われている。まず60 km分解能地域気候モデル(RCM60)が気象研究所大気海洋結合モデル(MRI-CGCM2.2)にネスティングされ、さらにRCM20がRCM60にネスティングされ

る。大気と海洋の結合の効果を評価するため、海面水温をMRI-CGCM2.2の結果から与えたRCM20の10年積分を行い(ARCM実験)結合モデルの結果と比較した。冬季日本海では海面温度(SST)は両方の結果とも過大評価であったが、結合モデルのSSTはARCM実験のSSTより低く、結合することによりその再現性は幾分改善されていた。結合モデルの地上気温はARCM実験の地上気温より低く再現されていた。

日本を気候的特徴によって7つの領域に分け、その領域内における結合モデル及びARCM実験の地上気温を観測と比べた。地上気温は夏季には日本南部を除いてほとんどの領域で過大評価であった。結合モデルの地上気温は、ARCM実験よりいつも低く、バイアスが幾分改善されている。結合モデルによる再現性はARCM実験の再現性より良く、特に北日本ではその傾向が顕著であり、両者の地上気温差は1.5Kを超えている。さらに結合モデル及びARCM実験によって再現された降水量をレーダーアメダス解析雨量と比較した。どちらの結果でも、冬季に日本海側で降水量が多く太平洋側で少ないという特徴は良く再現されてい

る。しかし、定量的には冬季の太平洋側で降水量が過大評価となっている。また、1年を通してみると北日本では降水量は過大評価で、西日本では過小評価となっている。結合モデルによって計算された降水量はARCM実験によって計算された降水量より少なく表現されている。これは、結合モデルのSSTがARCM実験のSSTより低くなっているため、結合モデルではARCM実験より潜熱フラックスが少なくなっているためと考えられる。結合モデルはまだ気温や降水にバイアスがあり改善すべき点があるが、日本の気候を再現するためには有効な方法であり、今後継続して改良を行う必要がある。

吉村 純・杉 正人・野田 彰：地球温暖化が熱帯低気圧の発生数に及ぼす影響

Jun YOSHIMURA, Masato SUGI, and Akira NODA : Influence of Greenhouse Warming on Tropical Cyclone Frequency

地球温暖化に伴う熱帯低気圧発生頻度の変化に関し、海面水温の空間パターンや大気モデルの積雲対流パラメタリゼーションの違いによる影響を、水平分解能T106の大気大循環モデルを用いて調べた。この高分解能モデルにおいて発生した熱帯低気圧を、熱帯ストーム(TS)と弱い熱帯低気圧(TD)に分類した。荒川-シューベルト型の対流パラメタリゼーションを用いた実験では海上最大風速16 m/s以上の熱帯低気圧、クオ型の対流パラメタリゼーションの場合は海上最大風速14 m/s以上の熱帯低気圧をそれぞれTSと定義し、それらより弱い熱帯低気圧をTDと定義した。強い熱帯低気圧に伴う最大風速や中心気圧は現実的にはシミュレートされなかったものの、気候値およびエルニーニョ/ラニーニャの海面水温を与えた実験におけるTS発生地点の地理的分布は現実に近いようであった。

二酸化炭素濃度を倍増させ、温暖化した海面水温を与えた一連の実験を実施した。全球の海面水温を同様

に2K上昇させた条件では、2つの対流パラメタリゼーションを用いた実験をおこない、エルニーニョ/ラニーニャに似た温暖化パターンを持つ海面水温条件では荒川-シューベルト型対流パラメタリゼーションによる実験を実行した。これらの温暖化実験において、全球のTS発生数は現在気候実験に比べて9.0~18.4%減少し、その一部が統計学的に有意な変化であった。比較的強い熱帯低気圧(例えば海上最大風速25 m/s以上)に限ると一貫した変化は見られなかったが、その一方で、TSとTDの合計発生数については全ての温暖化実験で有意に減少した。これらの結果は、将来の高温な気候において、比較的弱い熱帯低気圧の全球発生数は減少するかもしれないが、強い熱帯低気圧については減少と増加のどちらの可能性もあるということを示唆している。熱帯低気圧の中心付近での平均降水量は、同じ最大風速を持つ熱帯低気圧について現在気候実験と比較すると、地球温暖化実験では顕著に増大した。