

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

第90A巻 2012年2月 目次と要旨  
「温暖化予測モデルの高度化と予測に関する特別号」

論文

- 近本喜光・木本昌秀・石井正好・渡部雅浩・野沢 徹・望月 崇・建部洋晶・坂本 天・  
小室芳樹・塩竈秀夫・森 正人・安中さやか・今田由紀子・小山博司・野津雅人・  
Fei-fei JIN：MIROC を用いた過去予測実験における90年代後半に起きた  
太平洋気候の急激なシフトの予測可能性……………1-21
- 行本誠史・足立恭将・保坂征宏・坂見智法・吉村裕正・平原幹俊・田中泰宙・新藤永樹・  
辻野博之・出牛 真・水田 亮・藪 将吉・小畑 淳・中野英之・神代 剛・  
尾瀬智昭・鬼頭昭雄：気象研究所の新全球気候モデル：MRI-CGCM3  
—モデルの記述と基本的性能— ……………23-64
- 金田幸恵・中野満寿男・加藤輝之：5 km 格子領域気候モデルを用いた梅雨期日本周辺域の  
降水および前線帯の鉛直構造の将来変化予測 ……………65-86
- 西井和晃・宮坂貴文・中村 尚・小坂 優・横井 覚・高薮 縁・遠藤洋和・市川裕樹・  
井上知栄・大島和裕・佐藤尚毅・對馬洋子：気候モデルの現在気候再現性能の  
変数間での関係性……………87-100
- 村田昭彦・中野満寿男・金田幸恵・栗原和夫・佐々木秀孝：高解像度地域気候モデルによって  
予測された21世紀末の日本における夏季の顕著な高温 ……………101-122
- 遠藤洋和：CMIP3 マルチモデルにおける北東日本に不順な夏をもたらすヤマセの将来変化…………123-136
- P. B. HUNUKUMBURA・立川康人：MRI-GCM3.1S 出力データを用いた  
タイ国チャオプラヤ川流域における気候変化時の河川流量予測 ……………137-150
- 荒川 理・鬼頭昭雄：全球60km 格子大気大循環モデルによるヒマラヤ・チベット域における  
夏期降水量標高依存性とその将来変化 ……………151-165
- 伊藤彰記：海洋へ供給される可溶性鉄に与える鉄変質効果の北半球と南半球における対比 ……167-188
- 竹見哲也・野村昇平・奥 勇一郎・石川裕彦：夏期午後の降水現象に関する環境安定度の  
温暖化時の将来変化についての超高解像度大気大循環モデル計算による領域規模  
での評価：関東平野での事例に対する研究 ……………189-212
- 小室芳樹・鈴木立郎・坂本 天・羽角博康・石井正好・渡部雅浩・野沢 徹・横島徳太・  
西村照幸・大越智幸司・江守正多・木本昌秀：MIROC 新結合モデルで再現された  
20世紀の海水場：高解像度モデルと海水厚さ分布を組み込んだモデルの比較 ……………213-232
- 水田 亮・吉村裕正・村上裕之・松枝未遠・遠藤洋和・尾瀬智昭・上口賢治・保坂征宏・  
杉 正人・行本誠史・楠 昌司・鬼頭昭雄：20km 格子 MRI-AGCM3.2を用いた  
気候シミュレーション ……………233-258
- 立入 郁・伊藤昭彦・羽島知洋・Julia C. Hargreaves・James D. Annan・河宮未知生：  
気候変動シミュレーションにおける陸域炭素量変化の非線形性 ……………259-274
- 建部洋晶・石井正好・望月 崇・近本喜光・坂本 天・小室芳樹・森 正人・安中さやか・

- 渡部雅浩・大越智幸司・鈴木立郎・西村照幸・木本昌秀：気候変動予測に向けた  
海洋データ同化による気候モデル MIROC の初期値化について ……………275-294

### 要報と質疑

- 渡邊真吾・横島徳太：地球システムモデルが予測する将来のアジア域における  
全天 UV-B の増加 ……………295-305
- 廣田渚郎・高菺 縁：CMIP3 及び MIROC5 気候モデルにおける将来降水量変化の  
モデル間の違い ……………307-316
- 二宮洸三：CMIP3 モデルによる20世紀再現実験におけるメイユ・梅雨前線降水帯の年々変動 ……317-325
- 二宮洸三：CMIP3 20世紀実験と21世紀予測における南西日本の梅雨季強雨の特徴 ……………327-338
- 中野満寿男・加藤輝之・林 修吾・金田幸恵・山田芳則・栗原和夫：気象研究所における  
5 km メッシュ雲システム解像領域気候モデルの開発 ……………339-350
- 渡邊真吾・河谷芳雄：地球システム統合モデルによりシミュレートされた  
成層圏準二年周期振動の熱帯残差平均上昇流への依存性 ……………351-360
- 高橋千陽・米山邦夫・佐藤尚毅・清木亜矢子・城岡竜一・高菺 縁：IPCC AR4 気候モデルに  
おける北半球冬季東アジアの MJO テレコネクション再現性 ……………361-371
- 望月 崇・近本喜光・木本昌秀・石井正好・建部洋晶・小室芳樹・坂本 天・渡部雅浩・  
森 正人：大気海洋結合大循環モデル MIROC 最新版を用いた  
十年規模気候変動予測 ……………373-383
- 大島和裕・谷本陽一・謝 尚平：CMIP3 マルチ気候モデルを用いた冬季北太平洋における  
SLP 変化の地域分布とその不確実性の評価 ……………385-396
- 杉 正人・村上裕之・吉村 純：地球温暖化による熱帯低気圧発生数の変化の  
メカニズムについて ……………397-408

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

- 近本喜光・木本昌秀・石井正好・渡部雅浩・野沢 徹・望月 崇・建部洋晶・坂本 天・小室芳樹・塩  
竈秀夫・森 正人・安中さやか・今田由紀子・小山博司・野津雅人・Fei-fei JIN：MIROC  
を用いた過去予測実験における90年代後半に起きた太平洋気候の急激なシフトの予測可能性  
Yoshimitsu CHIKAMOTO, Masahide KIMOTO, Masayoshi ISHII, Masahiro WATANABE, Toru NOZAWA,  
Takashi MOCHIZUKI, Hiroaki TATEBE, Takashi T. SAKAMOTO, Yoshiki KOMURO, Hideo  
SHIOGAMA, Masato MORI, Sayaka YASUNAKA, Yukiko IMADA, Hiroshi KOYAMA, Masato  
NOZU, and Fei-fei JIN: Predictability of a Stepwise Shift in Pacific Climate during the Late 1990s in  
Hindcast Experiments Using MIROC

太平洋における10年規模の時間スケールをもった海面水温の予測可能性を調べるために、低、中、高解像度の気候モデル MIROC による過去予測実験を実施した。これら過去予測実験において、初期値は、観測された水温と塩分の気候値からの偏差をモデルに同化することで得られた。このとき、IPCC の濃度シナリオに基づく自然および人為起源の外部境界条件をモデルに与えた。我々の過去予測実験では、西部

亜熱帯太平洋、インド洋、熱帯から北の大西洋にて、海面水温の予測精度が高かった。これまでの研究は、インド洋と熱帯から北の大西洋における海面水温の予測可能性について調べていたものの、西部亜熱帯太平洋の予測可能性についてはよくわかっていなかった。西部亜熱帯太平洋では、観測された海面水温が南北両半球ともに1990年代前半から2000年代前半にかけて急激に上昇する。これら海面水温の上昇の一部は温暖化

シグナルといった外部強制によって説明される。一方で、1995年および1996年初期値からの予測は、海面水温の上昇パターンやそれに伴う降水の変化パターンもよく再現する傾向にあった。このような1990年代後半

に起きた大きな気候変化は台湾における近年の台風頻度の増加や東アジアモンスーンの弱化と関係しているかもしれない。

**行本誠史・足立恭将・保坂征宏・坂見智法・吉村裕正・平原幹俊・田中泰宙・新藤永樹・辻野博之・出牛 真・水田 亮・籾 将吉・小畑 淳・中野英之・神代 剛・尾瀬智昭・鬼頭昭雄：気象研究所の新全球気候モデル：MRI-CGCM3—モデルの記述と基本的性能—**

Seiji YUKIMOTO, Yukimasa ADACHI, Masahiro HOSAKA, Tomonori SAKAMI, Hiromasa YOSHIMURA, Mikitoshi HIRABARA, Taichu Y. TANAKA, Eiki SHINDO, Hiroyuki TSUJINO, Makoto DEUSHI, Ryo MIZUTA, Shoukichi YABU, Atsushi OBATA, Hideyuki NAKANO, Tsuyoshi KOSHIRO, Tomoaki OSE, and Akio KITO: A New Global Climate Model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3 -Model Description and Basic Performance-

気象研究所において新しい全球気候モデルMRI-CGCM3を開発した。モデルは気象研究所の旧気候モデルであるMRI-CGCM2シリーズから全面的に刷新された。MRI-CGCM3は大気・陸面、エロゾル、および海洋・海水モデルからなり、気象研究所の地球システムモデルMRI-ESM1のサブセットである。大気部分MRI-AGCM3はエロゾルモデルMASINGAR mk-2と相互作用するよう結合され、新しい雲物理スキームによりエロゾルの直接・間接効果を陽に表現する。MRI-CGCM3を用い、基本的な実験である産業革命前基準実験、歴史実験及び気候感度実験を行った。産業革命前基準実験では、少なくとも地表付近の温度や海洋循環の主な指標において気候ドリフトが非常に小さいことからモデルの安定性が確認された。海面では平衡から約 $1\text{ Wm}^{-2}$ のずれがあるものの、海面水温(SST)のドリフトは十分に小さい。

モデルの気候感度はGregoryの方法から2.11Kと見積もられた。年率1%の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の増加に対する過渡的気候応答は、CO<sub>2</sub>の2倍増時および4倍増時にそれぞれ1.6K、4.1Kの昇温を示す。歴史実験で再現された現在気候を、再解析を含む観測と比較評価した。モデルは、季節変化を含め全般的な平均気候を大気および海洋の様々な観点において、現実的に再現している。再現された変動性についても評価を行った結果、エルニーニョ南方振動や北極振動、南極振動を含め現実的であることがわかった。しかし、いくつかの重要な問題点もみられた。再現されたSSTは北半球で全般に低温、南半球で全般に高温のバイアスがあり、北大西洋の冬季に海水面積が過剰となっている。また、ダブルITCZの傾向がみられ、熱帯太平洋の特に南半球の夏に顕著である。

**金田幸恵・中野満寿男・加藤輝之：5 km 格子領域気候モデルを用いた梅雨期日本周辺域の降水および前線帯の鉛直構造の将来変化予測**

Sachie KANADA, Masuo NAKANO, and Teruyuki KATO: Projections of Future Changes in Precipitation and the Vertical Structure of the Frontal Zone during the Baiu Season in the Vicinity of Japan Using a 5-km-mesh Regional Climate Model

水平解像度5 kmの非静力学モデルによる領域気候実験から、日本周辺域における梅雨期の降水および前線帯の鉛直構造の将来変化を調査した。なお、本実験はSRES-A1Bシナリオに基づいて20km格子相当の大気大循環モデルで実行された温暖化実験の現在気候

(1979-2003年)、将来気候(2075-2099年)の結果を初期値・境界値として実行したものである。将来気候時の梅雨後期に、西日本周辺域で顕著な日降水量の増加がみられ、総日雨量に対する日雨量100mm以上の強い降水の割合が有意水準98%以上の確度で著しく増加

していた。7月上旬の北緯30度から35度、東経127度から137度の領域の25年平均降水量において、日雨量100mm以上の強雨の割合は現在気候時では9%前後である一方、将来気候時には15%に上昇する。

この強雨の増加との関係に着目して、西日本周辺における梅雨前線と周辺場の将来変化を調査した。将来気候時、梅雨前線の北上の遅延傾向がみられた。梅雨後期、九州西海上における梅雨前線の平均位置は、現在気候、将来気候でそれぞれ北緯33.5度および33.0度であった。このとき、将来気候の前線南の高度500 mにおける平均水蒸気量は、 $19.7 \text{ g kg}^{-1}$ と現在気候か

ら $2.8 \text{ g kg}^{-1}$ 増加していた。降水量と強雨割合の増加がみられたこの梅雨後期における梅雨前線帯の鉛直構造を調査したところ、将来気候時、相当温位の南北傾度が強化された前線帯において、 $1.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 以上の大きな正の渦度を持つ領域が強い平均上昇気流域や多量の雨水とともにみられた。梅雨前線に付随する特徴的な2つのジェット、前線南の高度700hPaに位置するジェットおよび前線北の高度200hPaに位置するジェットも、将来、それぞれ強まっていた。潤沢な水蒸気の供給と、前線帯での対流活動の強化が、日単位での強雨の割合の増加に影響を与えたと考えられる。

### 西井和晃・宮坂貴文・中村 尚・小坂 優・横井 覚・高薮 縁・遠藤洋和・市川裕樹・井上知栄・大島和裕・佐藤尚毅・對馬洋子：気候モデルの現在気候再現性能の変数間での関係性

Kazuaki NISHII, Takafumi MIYASAKA, Hisashi NAKAMURA, Yu KOSAKA, Satoru YOKOI, Yukari N. TAKAYABU, Hirokazu ENDO, Hiroki ICHIKAWA, Tomoshige INOUE, Kazuhiro OSHIMA, Naoki SATO, and Yoko TSUSHIMA: Relationship of the Reproducibility of Multiple Variables among Global Climate Models

現在気候を良く再現する気候モデルの将来予測はより信頼できるという期待に基づき、モデル性能の評価が行われてきた。幾つかの研究ではモデル性能の多様な側面を統合化して一つの数値で表した総合指標が提案されている。複数の多変量解析の手法を利用して定義した総合指標に基づき、本研究では全球気候モデルの気候平均場の再現性を多数の変数で評価した。ある変数の再現性は必ずしも他の変数の再現性と独立ではない。これは各変数の再現性を統合化した総合指標に冗長な情報が入り込む可能性を示唆する。また、対流

圏上層および中層の気温場と下層の比湿場の再現性は、上層と中層の比湿場の再現性と負相関をモデル間で持つ傾向にあった。このことは、複数の変数を総合的に評価する際に、上記の様な変数間の冗長性、および負相関に注意する必要を示唆している。総合指標を作成する際、恣意的な変数の選択は変数の冗長性をもたらす。モデル性能の評価が偏る可能性を示している。しかし、総合指標が持つ変数冗長性を低減する幾つかの方法を試したところ、用いる変数の数が十分であれば変数冗長性の問題は小さいことが示唆された。

### 村田昭彦・中野満寿男・金田幸恵・栗原和夫・佐々木秀孝：高解像度地域気候モデルによって予測された21世紀末の日本における夏季の顕著な高温

Akihiko MURATA, Masuo NAKANO, Sachie KANADA, Kazuo KURIHARA, and Hidetaka SASAKI: Summertime Temperature Extremes over Japan in the Late 21st Century Climate Projected by a High-Resolution Regional Climate Model

日本における夏季の顕著な高温の将来変化を様々な改良が施された水平分解能5 kmの高解像度地域気候モデル(RCM)によって予測した。まず、RCMが再現した現在気候の日平均気温・日最高気温・日最低気温について、観測値と比較することによってその再現性を調べた。また、より粗い解像度の大気大循環モ

デル(AGCM)の再現性との比較も行った。両モデルの系統誤差には統計的に有意な違いはなかったが、日平均気温と日最低気温の平方根平均二乗誤差はRCMの方が小さかった。このことは、高解像度のRCMが粗い解像度のAGCMよりも、気温の変動を良く再現することを示している。顕著な高温に対して

は、7月と8月の著しく高い日最低気温のRCMの再現値と観測値が量的に良く一致していた。著しく高い日最高気温については、再現値は量的には過小評価をしているものの空間パターンに観測値との対応関係が見られた。

顕著な高温の将来変化については、7月に北海道の南東地域（日高山脈の風下側）で著しく高い日最低気温の変化量が大きかった。その要因として、風上側で

のフルード数の解析から、フェーン現象が将来強まる傾向にあることが示された。一方、著しく高い日最高気温の将来変化に対しては、8月に東京の西方に位置する多摩丘陵での変化量が大きかった。この要因はフェーン現象のみではないものの、多摩丘陵の西方には関東山地があるため、地上で西風となっている場合にはフェーン現象で説明できる。

### 遠藤洋和：CMIP3 マルチモデルにおける北東日本に不順な夏をもたらすヤマセの将来変化

Hirokazu ENDO: Future Changes of Yamase Bringing Unusually Cold Summers over Northeastern Japan in CMIP3 Multi-Models

オホーツク海やベーリング海など北太平洋高緯度から夏季に吹く北東風はヤマセと呼ばれる。ヤマセは北東日本に不順な冷たい夏をもたらす、その地域の農業や生活に大きな影響を与える。したがって、地球温暖化によるヤマセの変化はその地域の大きな関心事である。本研究では、CMIP3（第3次結合モデル相互比較プロジェクト）に提供された18の全球大気海洋結合モデルの現在気候実験（20世紀末）と将来気候実験（SRES A1B シナリオ、21世紀末）データを用いて、5～8月のヤマセ頻度の将来変化を調べた。ヤマセ頻度を10日平均の地上風をもとに数えた。現在気候では、18モデル平均はヤマセ頻度の季節変化をある程度

再現するが、モデルのヤマセ頻度は再解析データと比べて少なく、モデル間でばらつきが大きかった。将来気候では、多くのモデルはヤマセ頻度が5月に減少、8月に増加することを予測した。一方、6月、7月、5～8月合計のヤマセ頻度の変化傾向はモデル間で大きくばらついた。ウォーカー循環などの熱帯循環の弱体化が8月のヤマセ増加に寄与している可能性がある。また、現在気候の再現性能の高い9モデルを選択して将来予測を試みた。8月のヤマセ頻度増加に加え、オホーツク海や東シベリアの平均海面気圧が6月に低下、7月に上昇する傾向が高い一貫性で見られた。

### P. B. HUNUKUMBURA・立川康人：MRI-GCM3.1S 出力データを用いたタイ国チャオプラヤ川流域における気候変化時の河川流量予測

P. B. HUNUKUMBURA and Yasuto TACHIKAWA: River Discharge Projection under Climate Change in the Chao Phraya River Basin, Thailand, Using the MRI-GCM3.1S Dataset

地球温暖化によって水災害の発生や水資源が変化する可能性のある流域を検出することを目的とし、タイ国チャオプラヤ川全域を対象とする分布型洪水追跡モデルを構築して、将来の河川流量の変化を分析した。河川流量計算に用いた入力データは、気象庁気象研究所の全球20km 格子大気モデル（MRI-AGCM3.1S）によって計算された現在気候実験（1979-2003年）、近未来気候実験（2015-2039年）、21世紀末気候実験（2075-2099年）の水文流出情報である。主要な分析結

果として以下を得た。1）時間単位の洪水ピーク流量、日渇水流量、月流量のそれぞれについて、明瞭な変化が見られる流域が存在した。2）上記の変化は流域内で一様に現れるのではなく、大きな地域差が見られた。3）近未来気候実験で上記の変化が見られ、21世紀末気候実験では一層その変化が明瞭となる傾向にあった。4）バサック川流域では温暖化が進行するにつれて10月の流量が大きく減少する傾向が見られた。

### 荒川 理・鬼頭昭雄：全球60km 格子大気大循環モデルによるヒマラヤ・チベット域における夏期降水量標高依存性とその将来変化

Osamu ARAKAWA and Akio KITOH: Elevation Dependency of Summertime Precipitation and its Change by Global Warming over the Tibetan Plateau and the Surroundings Simulated by a 60-km-mesh Atmospheric General Circulation Model

全球60km 格子大気モデル (AGCM) を用いたタイムスライスアンサンブル実験による、チベット高原とその周辺域における夏期降水量標高依存性とその将来変化について調べた。将来気候実験において AGCM に与える 4 つの異なる下部境界条件は、WCRP/CMIP3 マルチモデルデータセットを基に作成した。まず、現在気候実験における降水量分布について複数の雨量計ベースグリッド降水量データセットと比較を行った。将来気候実験は、高標高帯 (標高4000m 以上) および低標高帯 (標高1500m 以下) において降

水量の増加を示し、その増加は AGCM に与える海面水温の全球平均値の昇温が大きいほど大きい。大気水収支の標高依存性に関する解析から、高標高帯における降水量の増加は、地表面からの蒸発量の増加によって賄われていることが示された。高標高帯における地表面蒸発量の増加は、地表面気温の上昇および無雪面の増加を伴っていた。このことから、夏期アジアモンスーン域の高標高帯における気候変化には、気温の上昇だけでなく氷・雪アルベドフィードバックが重要な役割を果たす可能性が示唆される。

### 伊藤彰記：海洋へ供給される可溶性鉄に与える鉄変質効果の北半球と南半球における対比

Akinori ITO: Contrasting the Effect of Iron Mobilization on Soluble Iron Deposition to the Ocean in the Northern and Southern Hemispheres

本研究では、Ito and Feng の包括的なモデル研究をもとに、全球エアロゾル化学輸送モデルを用いて、粒径分割された粒子中の鉄変質過程が海洋への可溶性鉄供給量に与える影響を調べた。我々のエアロゾル化学モデルは、鉱物エアロゾル中の比較的不溶性鉄が酸性物質と化学反応し、溶解する過程を動的に表現している。また、植生と化石燃料の燃焼起源の鉄はエアロゾルの溶液中で、一定の鉄溶解度 (鉄の全質量に対する可溶性鉄量の割合) に仮定されて、直ちに溶解する。その計算結果によると、北半球の太平洋と大西洋

では酸変質過程により微小粒子が可溶性鉄の主要な供給源 (70-100%) であった。対照的に南大洋の広い範囲では、大気汚染の影響が少なく、微小粒子中の鉄は酸による変質を受けにくい。結果として、南米のパタゴニア砂漠の風下に当たる南大西洋では粗大粒子が可溶性鉄の重要な供給源 (40-60%) となった。鉄溶解度に対する感度実験の結果、鉱物起源と比較して、大規模な植生燃焼は海洋への可溶性鉄にとって重要な供給源となる可能性が示唆された。

### 竹見哲也・野村昇平・奥 勇一郎・石川裕彦：夏期午後後の降水現象に関する環境安定度の温暖化時の将来変化についての超高解像度大気大循環モデル計算による領域規模での評価：関東平野での事例に対する研究

Tetsuya TAKEMI, Syohei NOMURA, Yuichiro OKU, and Hirohiko ISHIKAWA: A Regional-Scale Evaluation of Changes in Environmental Stability for Summertime Afternoon Precipitation under Global Warming from Super-High-Resolution GCM Simulations: A Study for the Case in the Kanto Plain

総観規模の影響が顕著でない状況下で急発達する積乱雲による領域規模での降水現象を理解し予測することは、災害の防止・軽減の観点から重要である。この

ような降水現象の振舞いの将来変化については研究上の科学的興味および社会からの関心が高まっている。本研究では、総観規模の影響が顕著でない条件下で生

じる午後の降水現象に対する環境場の安定度について、約20kmの水平分解能を有する超高解像度大気大循環モデルによる現在・近未来・将来気候の数値シミュレーションのデータを用いて調べた。将来変化は、気候変動に関する政府間パネルのA1B排出シナリオに基づく全球の温暖化による生じるものである。解析対象領域は関東平野である。大循環モデルによる現在気候実験データをラジオゾンデ観測値および気象庁メソ客観解析値と比較することで有用性を示し、午後の降水現象に対する環境場の安定度の将来変化について統計解析により調べた。将来気候においては、対流圏下部での気温減率は減少し、水蒸気混合比は対流

圏全層にわたって増加する。気温および水蒸気量の鉛直分布の変化によって、可降水量および対流有効位置エネルギーがともに増加する。これらの将来変化は、近未来から将来になるほどより顕著に現れる。さらに、気候シミュレーションの各時期において午後の降水の有無による安定度パラメータの違いについて統計解析を行い、降水の有無を峻別する安定度パラメータで診断した環境条件は、現在気候と将来気候とで基本的には違いは生じないことが分かった。この解析結果から、総観場の影響が顕著でない状況下では、午後の降水現象に好都合な環境場の特徴は、温暖化気候においても変わらないということが示唆される。

**小室芳樹・鈴木立郎・坂本 天・羽角博康・石井正好・渡部雅浩・野沢 徹・横島徳太・西村照幸・大越智幸司・江守正多・木本昌秀：MIROC新結合モデルで再現された20世紀の海水場：高解像度モデルと海水厚さ分布を組み込んだモデルの比較**

Yoshiki KOMURO, Tatsuo SUZUKI, Takashi T. SAKAMOTO, Hiroyasu HASUMI, Masayoshi ISHII, Masahiro WATANABE, Toru NOZAWA, Tokuta YOKOHATA, Teruyuki NISHIMURA, Koji OGOCHI, Seita EMORI, and Masahide KIMOTO: Sea-Ice in Twentieth-Century Simulations by New MIROC Coupled Models: A Comparison between Models with High Resolution and with Ice Thickness Distribution

海水は地球の気候システムに大きな影響を与える存在であり、全球気候モデルを用いて未来予測を行う上で、海水の高い再現性は予測の不確実性の低減につながると考えられている。この論文では、大気海洋結合モデルMIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) の新バージョンであるMIROC4hとMIROC5の海水コンポーネントについて記述し、これら新モデルにおける海水場の再現性を評価した。MIROC4hは結合モデルとして非常に高い水平解像度を持つ一方、海水コンポーネントは旧バージョンと同一のものを使用している。一方、MIROC5においては、水平解像度はそれほど高くないものの、海水コンポーネントとしてサブグリッドスケールの海水厚さ分布の表現などを組み込んだ新しいものを用いている。新モデルを用いて行った20世紀再現実験の結果を、海水場を中心に観測およびMIROCの旧バージョンでの結果と比較した。MIROC5では北半球、特に北極海の海水場の再現性が過去のバー

ジョンと比べて分布・厚さも改善し、さらに観測ともよく一致する結果が得られた。MIROC4hにおいても北極海の海水場は過去のバージョンから改善されたが、観測と比較すると夏季を中心に分布域・厚さも過小評価であった。MIROC5で北極海の海水が良好に再現された理由としては、海水厚さ分布の導入により平均厚さが厚くともサブグリッドで海水の薄い部分から多くの熱が海洋から奪われるようになったことやMIROC4hに比べ相対的に高いアルベドパラメータの値を採用したことが挙げられた。南半球においては、MIROC4hが現実的な海水分布を再現する一方、MIROC5は分布を過小評価していた。どちらのモデルも20世紀終盤には北極海において海水の減少傾向が見られた。MIROC5において北極海の熱収支解析を行ったところ、モデル内ではアイス・アルベドフィードバックの強化が北極海の海水減退を加速したことが示唆された。

水田 亮・吉村裕正・村上裕之・松枝未遠・遠藤洋和・尾瀬智昭・上口賢治・保坂征宏・杉 正人・行本誠史・楠 昌司・鬼頭昭雄：20km 格子 MRI-AGCM3.2を用いた気候シミュレーション  
Ryo MIZUTA, Hiromasa YOSHIMURA, Hiroyuki MURAKAMI, Mio MATSUEDA, Hirokazu ENDO, Tomoaki OSE, Kenji KAMIGUCHI, Masahiro HOSAKA, Masato SUGI, Seiji YUKIMOTO, Shoji KUSUNOKI, and Akio KITOH: Climate Simulations Using MRI-AGCM3.2 with 20-km Grid

20kmの水平解像度をもつ気象研究所大気大循環モデルの新しいバージョンを開発した。現業数値天気予報モデルから開発された前のバージョンの20kmモデルは、熱帯低気圧、東アジアモンスーン、極端現象、ブロッキングといった観点での地球温暖化によって起こりうる変化について多くの情報をもたらした。新しいバージョンであるMRI-AGCM3.2では、モデルでの気候を改良する様々な新しいパラメタリゼーション

スキームを導入した。新しいモデルを用いて、観測された海面水温を下部境界条件に用いた現在気候実験を行った。新しいモデルでは、熱帯西太平洋周辺における多量の月平均降水量の分布や、熱帯低気圧の全球分布、東アジアモンスーンの季節進行、太平洋におけるブロッキングの発生頻度などに改善が見られた。モデル気候値の改善はテイラーのスキルスコア等で数値的にも確かめられた。

立入 郁・伊藤昭彦・羽島知洋・Julia C. Hargreaves・James D. Annan・河宮未知生：気候変動シミュレーションにおける陸域炭素量変化の非線形性  
Kaoru TACHIIRI, Akihiko ITO, Tomohiro HAJIMA, Julia C. HARGREAVES, James D. ANNAN, and Michio KAWAMIYA: Nonlinearity of Land Carbon Sensitivities in Climate Change Simulations

気候-炭素循環システムにおいて陸域生態系によるフィードバックは無視できない。炭素循環フィードバック解析においては、生態系のフィードバックのうち最も大きな炭素蓄積量変化の感度を、大気CO<sub>2</sub>濃度に対するもの（陸域については $\beta_L$ ）と気温上昇に対するもの（ $\gamma_L$ ）に分けて理解することができる。この時、生態系には多くの非線形過程が含まれているにも関わらず、 $\beta_L$ や $\gamma_L$ の時間変化やシナリオ依存性は議論されてこなかった。本研究では、この単純化の妥当性とロバスト性を検証するため、プロセスベースの陸域生態系モデルに既存のGCMデータを入力し（後者の実験にはエネルギー・水分バランスモデルも援用）、12の重要なパラメータを摂動させて生成した300アンサンブルメンバーを用いて、2つの実験（CO<sub>2</sub>濃度1%漸増実験およびRCP4.5濃度シナリオ実験）を行った。CO<sub>2</sub>濃度1%漸増実験においては、 $\beta_L$ はCO<sub>2</sub>濃度500ppm付近で最大になった後、CO<sub>2</sub>濃度上昇に伴って減少した。一方、 $\gamma_L$ は年々変動を伴いながらも温度上昇に伴って減少した。少なくとも550ppm以上のCO<sub>2</sub>濃度では $\beta_L$ の時間（CO<sub>2</sub>濃度が変

化）依存性は小さかったが、 $\gamma_L$ の時間（温度が変化）依存性は無視できない程度に大きく、これによる影響は非線形項（CO<sub>2</sub>濃度変化と温度変化の複合効果）による影響よりも大きかった。また、炭素量の感度のシナリオ依存性も無視できなかったが、時間依存性よりは小さかった。これらの効果の原因を調べるため、どのパラメータが1%漸増シナリオにおける $\beta_L$ と $\gamma_L$ をコントロールしているかを調べた結果、最大光合成速度や比葉面積（SLA）の寄与が最も大きく、かつこれらの $\beta_L$ への寄与はCO<sub>2</sub>濃度に依存して変化していた。一方、1%漸増シナリオおよびRCP4.5シナリオの双方における炭素吸収量に対しては、SLAと植物呼吸量の温度依存性の係数の寄与が大きかった。観測データを用いた制約を試みた結果、NPP、土壤炭素量、土壤呼吸量についてはパラメータ摂動のベースとなったデフォルトパラメータセットがよくチューニングされていた一方、葉面積指数についてはデフォルトが過大評価の傾向を持っていたため、強い制約がみられた。

建部洋晶・石井正好・望月 崇・近本喜光・坂本 天・小室芳樹・森 正人・安中さやか・渡部雅浩・大越智幸司・鈴木立郎・西村照幸・木本昌秀：気候変動予測に向けた海洋データ同化による気候モデル MIROC の初期値化について

Hiroaki TATEBE, Masayoshi ISHII, Takashi MOCHIZUKI, Yoshimitsu CHIKAMOTO, Takashi T. SAKAMOTO, Yoshiki KOMURO, Masato MORI, Sayaka YASUNAKA, Masahiro WATANABE, Koji OGOCHI, Tatsuo SUZUKI, Teruyuki NISHIMURA, and Masahide KIMOTO: The Initialization of the MIROC Climate Models with Hydrographic Data Assimilation for Decadal Prediction

本稿では、IPCC 第 5 次報告書へ向けに行われている十年規模気候変動予測実験に際して必要な、海洋データ同化による気候モデル MIROC3m, MIROC4h, 及び MIROC5 の初期値化実験及びその結果を記述する。我々の初期値化手法では、予測時におけるモデル気候のドリフトを防ぐため、モデル及び観測月毎気候値からの偏差成分のみに着目してデータ同化を行っている。高解像度モデル MIROC4h については、海洋中規模渦への同化による制約がかからないよう工夫がなされている。初期値化実験では、海面水温 (SST) 変動や海洋上層貯熱量変動、太平洋十年規模変動や大西洋数十年規模変動など代表的な気候変動パターン、は観測と整合的に再現されていた。SST 変動への大気変数の応答 (特に海面圧力や降水)

は、MIROC3m と比較して MIROC4h, MIROC5 において、より良く再現されていた。これは MIROC4h の高分解能と MIROC5 の新物理パッケージ、特に雲物理過程のパラメタリゼーションの改良のためと考えられる。MIROC4h における海洋中規模渦はデータ同化により減衰されることなくモデルで表現されており、また、中規模渦活動の十年規模変動は観測と整合的に再現されていた。初期値化を経て行われた予測実験の結果からは、北大西洋、北太平洋亜熱帯域、及びインド洋において顕著な十年規模気候変動の予測可能性が示唆されており、IPCC 第 5 次報告書ひいては将来的な政策決定に対する気候変動予測の貢献が期待される。

渡邊真吾・横島徳太：地球システムモデルが予測する将来のアジア域における全天 UV-B の増加

Shingo WATANABE and Tokuta YOKOHATA: Future Increase in the All-sky UV-B Radiation over Asia Projected by an Earth System Model

地球システムモデル (MIROC-ESM-CHEM) を用いて行った有害紫外線 (UV-B) の直接シミュレーション結果を、札幌・館野・鹿児島・那覇・成功 (台南) の全天 UV スペクトル地上観測データを用いて検証した。モデルは札幌と那覇において気候値的な UV-B 量の季節進行を概ね再現する一方、館野と鹿児島では夏季の UV-B 量を大幅に過大評価した。これら 2 地点で雲による反射が不足することが、UV-B

量の過大評価の主な原因であった。モデルの将来予測シミュレーションによれば、2090年代にはアジアのほぼ全域で毎月の UV-B 量が増加する。これには、わずかなカラムオゾンの減少が影響する一方、雲と、とくにエアロゾルの減少が大きく貢献する。UV-B 量の増加が最大となる月は、エアロゾルや雲の局所的な変化を反映するため、個々の地点で異なる。

廣田渚郎・高藪 縁：CMIP3 及び MIROC5 気候モデルにおける将来降水量変化のモデル間の違い

Nagio HIROTA and Yukari N. TAKAYABU: Inter-Model Differences of Future Precipitation Changes in CMIP3 and MIROC5 Climate Models

Coupled Model Intercomparison Project phase 3 (CMIP3) 及び Model for Interdisciplinary Research

on Climate の version 5 (MIROC5) による、熱帯海上 (30°S-30°N) における年平均降水量と大規模循

環の1981-2000年から2081-2100年の将来変化について調べた。MIROC5はCMIP3には含まれていない新しく開発されたモデルである。まず、熱帯の降水分布再現性を表すスキルスコアを評価し、CMIP3モデルでスコアの高い5つのモデル(HSMs)と低い5つ(LSMs)を選択した。MIROC5は、フラックス調節をしていないモデルとしては、CMIP3のどのモデルよりも高いスコアを示した。HSMs, LSMs, MIROC5による将来変化は、共通して赤道付近の中部から東部太平洋における降水量の増加とウォーカー

循環の弱化を示すが、それらの変化の大きさは、HSMsでLSMsのものより有意に大きい。これらの変化の大きさの違いは、深い対流の環境場の湿度に対するHSMsとLSMsとの感度の違いと整合的である。また、変化の鉛直構造を調べると、HSMsとLSMsにおける160°E-150°W付近の降水量増加は深い対流によるものであるのに対し、MIROC5のものは中程度の高さの対流の増加に対応することが示された。

### 二宮洗三：CMIP3モデルによる20世紀再現実験におけるメイユ・梅雨前線降水帯の年々変動

Kozo NINOMIYA: Year-to-Year Variations in the Meiyu and Baiu Frontal Precipitation Zones in the CMIP3 20th Century Simulation

第3次結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP3)に参加した22のモデルの20世紀再現実験(20C3M)において見られた1980-1999年の20ヵ年の6月におけるメイユ・梅雨前線降水帯の年々変動を二つの観測データと比較して調べた。モデルにより再現されたメイユ前線降水帯(MFZ, 110°E-125°E)と梅雨前線降水帯(BFZ, 125°E-140°E)の出現緯度と降水帯内降水量の年々変動を調べた。

観測データによっては、どの年の6月についても、極大降水帯としてMFZ, BFZが検出されたが、幾つかのモデルによっては、MFZ, BFZが認められない年があった。多くのモデルでは、緯度、降水量の中央

値が観測のそれらと異なっていた。さらに幾つかのモデルは非現実的に大きな変動幅を示していた。その一方、他の幾つかのモデルは、非現実的に小さな変動幅を示していた。

さらに、年々変動におけるMFZ, BFZの緯度と降水の相関関係について再現実験と観測を比較した。幾つかのモデルは観測に比し、非現実的な高い相関関係を再現し、その一方、他の幾つかのモデルは非現実的に低い相関関係や、観測に対して逆の相関を再現した。

大多数のモデルは、6月における妥当なメイユ・梅雨前線降水帯の年々変動の様相を再現していない。

### 二宮洗三：CMIP3 20世紀実験と21世紀予測における南西日本の梅雨季強雨の特徴

Kozo NINOMIYA: Characteristics of Intense Rainfalls over Southwestern Japan in the Baiu Season in the CMIP3 20th Century Simulation and 21st Century Projection

CMIP3に参加した18モデルの20世紀再現実験(20C3M)と21世紀予測実験(SRES A1B)における南西日本の梅雨季(6, 7月)の強雨の特徴を調べた。

20世紀実験については、30°N-35°N, 130°E-135°E領域の日降水量を1997-1999年について観測データと比較する。この領域は、緯度・経度2.5°×2.5°の4個のサブ領域を含む。

この4サブ領域平均雨量と、4サブ領域の極大雨量を調べた。極大雨量の順位統計を調べると、モデル間

の相違は大きい。強雨の雨量の空間的・時間的集中度を示すため、集中度=(第1-6位の極大雨量の平均値)/(雨量の空間時間平均値)を定義して調べる。幾つかのモデルは観測値と整合的な集中度を再現するが、他の多くのモデルは現実的な集中度を再現しない。Arakawa-Schubert積雲スキムを使用した中～高分解能モデルは比較的に現実に近い集中度を再現する。梅雨前線降水帯を良く再現するモデルは現実的な集中度を再現する。

21世紀予測実験については、2097-2099年について

調べた。20世紀再現実験において見られた各モデルの特性は21世紀予測実験においても共通して見られる。各モデル間の集中率の差異は、20世紀から21世紀への

集中率の変化に比べ非常に大きい。従ってCMIP3データから、集中率の変化は有意に評価できない。

### 中野満寿男・加藤輝之・林 修吾・金田幸恵・山田芳則・栗原和夫：気象研究所における5 km メッシュ雲システム解像領域気候モデルの開発

Masuo NAKANO, Teruyuki KATO, Syugo HAYASHI, Sachie KANADA, Yoshinori YAMADA, and Kazuo KURIHARA: Development of a 5-km-mesh Cloud-System-Resolving Regional Climate Model at the Meteorological Research Institute

気象庁現業メソスケールモデル (MSM) をもとに、5 km メッシュ雲システム解像領域気候モデル (NHM-5km) を開発した。MSM から主に3つの変更を加えた。第一に、暖候期において観測されていない降水域が、海岸線に沿って誤って予報されるのを軽減するために、Kain-Fritsch 対流パラメタリゼーションの改良を行った。第二に外側モデルと内側モデル (NHM-5km) との間の位相のずれを抑えるため、スペクトルナッジング法を導入した。第三に地表面過程を精緻に表現するため簡易植物圏モデルを用いた。本論文では前二者の変更について詳しく示す。

NHM-5km を20km メッシュ全球気候モデル (MRI-AGCM3.2S) にネストした現在気候再現実験を行った。NHM-5km と MRI-AGCM3.2S によって計算された、日本列島における降水極端指標の空間パターンの再現性能を Taylor のスキルスコアを用いて比較した。その結果、NHM-5km は現在気候における連続無降水日数や単純日降水強度指数といった指標の再現性能を著しく改善することができることがわかった。このため NHM-5km は空間的に詳細で高い精度を持つ、極端現象の将来変化を得るための信頼できる道具であると示唆される。

### 渡邊真吾・河谷芳雄：地球システム統合モデルによりシミュレートされた成層圏準二年周期振動の熱帯残差平均上昇流への依存性

Shingo WATANABE and Yoshio KAWATANI: Sensitivity of the QBO to Mean Tropical Upwelling under a Changing Climate Simulated with an Earth System Model

成層圏準二年周期振動 (QBO) の温室効果気体濃度への依存性をモデル上端約85kmの地球システム統合モデルを用いて調べた。このモデルは非地形性重力波抵抗パラメタリゼーションを用いることによってQBOを生成する。1850年条件の標準実験を基準として、CO<sub>2</sub>濃度を半減あるいは4倍増させる感度実験を行うとともに、1850-2005年の歴史気候実験および2006-2100年の将来予測実験におけるQBOの長期的な振る舞いを調べた。このモデルでシミュレートされたQBOの周期は、温室効果気体が高濃度の対流圏が温暖な気候では長くなる傾向が示された。1850-1980

年にかけては、ほぼ規則正しい24カ月であったものが、1980-2050年にかけてはサイクルによって周期が変動するようになり24-31カ月へと延びた。一方、最も対流圏気候が温暖になる二酸化炭素濃度4倍増実験でも周期31カ月を超えることはなかった。このようなQBO周期の増加は主に、Brewer-Dobson循環を構成する熱帯下部成層圏の上昇流が温室効果ガスの増加にともなって強化され、それによる鉛直移流の効果がQBOを駆動する波動強制の効果を従前に比べてより強く相殺するようになるためである。このメカニズムは同時にQBOの東風の最大風速を弱体化させる。

## 高橋千陽・米山邦夫・佐藤尚毅・清木亜矢子・城岡竜一・高藪 縁：IPCC AR4 気候モデルにおける北半球冬季東アジアのMJOテレコネクション再現性

Chiharu TAKAHASHI, Kunio YONEYAMA, Naoki SATO, Ayako SEIKI, Ryuichi SHIROOKA, and Yukari N. TAKAYABU: The Madden-Julian Oscillation and Extratropical Teleconnection over East Asia during the Northern Winter in IPCC AR4 Climate Models

IPCC AR4 に参加した16個のマルチ気候モデルの20世紀再現実験データセットを用いて、北半球冬季の東アジアにおけるマッデン-ジュリアン振動 (MJO) のテレコネクション再現性を評価した。5モデル (BEST モデル) が、MJO による東アジア域の対流活動のテレコネクションを高スキルで再現しており、他モデルより MJO 対流シグナルの強さを良く再現している事が分かった。

波活動フラックスとロスビー波ソース (RWS) の解析から、MJO 対流によって励起された中緯度上層波列は、増幅しながらアジアジェットに沿って北東へ伝播し、東アジアの対流活動の変動に影響を与える事が示された。全てのモデルは、アジアジェット上の気

候学的絶対過度を良く再現しているが、中緯度波列と RWS は、BEST モデルでのみ再現性が良かった。さらに BEST モデルのみが、熱帯から東アジア域への下層の水蒸気輸送を良く再現していた。これは特に、熱帯太平洋上の MJO 対流抑制域において、冷却偏差に対するロスビー応答として形成される北太平洋高気圧性循環偏差が BEST モデルでのみ良く再現されている事に起因する。

本研究を通して、東アジアの冬季気候変動予測にとって、MJO の対流強度とその太平洋への東方伝播をモデルで正しく表現することが必要であると提案される。

## 望月 崇・近本喜光・木本昌秀・石井正好・建部洋晶・小室芳樹・坂本 天・渡部雅浩・森 正人：大気海洋結合大循環モデル MIROC 最新版を用いた十年規模気候変動予測

Takashi MOCHIZUKI, Yoshimitsu CHIKAMOTO, Masahide KIMOTO, Masayoshi ISHII, Hiroaki TATEBE, Yoshiki KOMURO, Takashi T. SAKAMOTO, Masahiro WATANABE, and Masato MORI: Decadal Prediction Using a Recent Series of MIROC Global Climate Models

本論文では、IPCC 第5次評価報告書 (IPCC-AR5) や結合モデル相互比較プロジェクト CMIP5 のために近未来予測データを一般に公開することを目的として、新たに開発した MIROC4h (解像度 T213L56 の大気モデルと水平 1/6-1/4 度で鉛直 48 層の海洋モデル) と MIROC5 (解像度 T85L40 の大気モデルと水平 0.56-1.4 度で鉛直 50 層の海洋モデル) を用いた十年規模気候変動アンサンブル予測実験をおこなった。1961年以降について5年毎に、初期値化を施した9アンサンブル10年予測実験 (MIROC4h は3アンサンブル、MIROC5 は6アンサンブル) をおこなった。

十年規模気候変動において予測可能性が最も高いのは地球温暖化シグナルであり、これには二酸化炭素濃度のような外部強制に対する気候モデルの現実的な応答が大きく寄与している。それに加えて、初期値化を

施すことによって十年規模気候変動の予測性能が向上すること (太平洋十年規模振動 (PDO) については数年程度、大西洋数十年規模振動 (AMO) については十年程度) を改めて実証した。特に海洋上層水温の予測誤差に注目すると、初期値化による改善が明瞭にあらわれるのは北太平洋中高緯度や北大西洋高緯度であり、これらは PDO や AMO のシグナルが最も強く観測される海域である。したがって、MIROC4h や MIROC5 を用いた近未来予測データは、IPCC-AR5 や CMIP5 におけるプロセス研究やアセスメント研究に利用価値が高いと言える。ただし、現状においてはアンサンブル数が必ずしも十分ではなく統計的信頼性に限りがあることや、関連してアンサンブル平均値における予測性能は MIROC4h のほうが MIROC5 よりもやや劣っていることに注意しなければならない。

## 大島和裕・谷本陽一・謝 尚平：CMIP3 マルチ気候モデルを用いた冬季北太平洋における SLP 変化の地域分布とその不確実性の評価

Kazuhiro OSHIMA, Youichi TANIMOTO, and Shang-Ping XIE: Regional Patterns of Wintertime SLP Change over the North Pacific and Their Uncertainty in CMIP3 Multi-Model Projections

第3次結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP3) のマルチ気候モデルによる A1B シナリオに基づく地球温暖化予測実験を使用し、冬季北太平洋における海面気圧 (SLP) トレンドの地域分布を調べ、その不確実性を検討した。24の CMIP3 モデルによる2000年から2099年まで100年間のデータから算出した SLP トレンドのマルチモデルアンサンブル平均はアリューシャン低気圧 (AL) の北上を示すが、各モデルに示される SLP トレンドの地域分布は様々である。幾つかのモデルでは AL の強化を予測し、他の幾つかのモデルでは北上を予測する。このように AL の応答はモデル間で大きく異なるため、北太平洋における SLP トレンドのモデル間スプレッドは、同じ領域のアンサンブル平均の大きさと同程度の大きさを持ち、北半球で最大となる。すなわち、北太平洋における21世紀100年間の SLP トレンドの予測は不確実性が高い。

将来予測の不確実性には、物理プロセスや数値計算スキームの取り扱いが各モデルで異なることに起因するモデル不確実性とモデル内部で生じる大気海洋系の

内部変動による不確実性の寄与がある。北太平洋における SLP トレンドの不確実性をもたらす要因を評価するため、A1B シナリオの下で行われた実験のうち、アンサンブルメンバーをもつ10の CMIP3 モデルを用いた次の2つのグループ、(1) 単一のアンサンブルメンバーを取り出したグループ、(2) 3つのアンサンブルメンバーの平均を求めたグループを定め、これらのグループにおけるモデル間スプレッドを比較した。さらに、各モデルのバックグラウンドとして見られる内部変動を評価するため、産業革命前の条件で行われた実験についても調べた。その結果、北太平洋における21世紀100年間の SLP トレンドの不確実性には内部変動に加えて、モデル不確実性による寄与がみられた。一方、21世紀前半50年間の SLP トレンドの不確実性には内部変動が大きく寄与する。

さらに、モデル毎のアリューシャン低気圧の応答の違いと関連した海面熱フラックスと北太平洋亜熱帯循環系の変化は、海面水温トレンドの地域分布に影響を与えることが明らかになった。

## 杉 正人・村上裕之・吉村 純：地球温暖化による熱帯低気圧発生数の変化のメカニズムについて

Masato SUGI, Hiroyuki MURAKAMI, and Jun YOSHIMURA: On the Mechanism of Tropical Cyclone Frequency Changes Due to Global Warming

地球温暖化による全球熱帯低気圧発生数の変化のメカニズムに関して提案されている仮説を検討するために、新しい積雲対流スキームを用いた気象研究所全球大気モデルによる温暖化予測実験を行った。実験では、通常の現在気候実験と将来気候実験のほかに、海面水温 (SST) は現在の値にして、CO<sub>2</sub>およびその他の温室効果気体濃度だけを将来の値とした CO<sub>2</sub>F 実験、CO<sub>2</sub>およびその他の温室効果気体濃度は現在の値にして、SST だけを将来の値にした SSTF 実験を行った。将来気候実験、CO<sub>2</sub>F 実験、SSTF 実験における熱帯低気圧の発生数は、現在気候実験の発生数と比べて、それぞれ、25%、9%、18%少なくなった。これは、これまでの研究と整合している。実験結果は、大気の放射冷却と降水の変化がバランスするとい

う関係が、CO<sub>2</sub>以外の温室効果気体に変化する場合でも成り立っていることを示している。また、降水の変化と上昇流の変化の関係は、単純化された熱力学の式で表されることが示された。熱帯低気圧の発生数の変化に関係が深いと考えられる熱帯の対流活動に関する4つのパラメータ (降水、対流圏中層の上昇流、対流圏上層と下層の水平風の鉛直シア、対流圏中層の飽和比湿と比湿の差) の変化を調べた。実験結果は、対流圏中層の上昇流の変化が熱帯低気圧の発生数の変化とよく対応している (因果関係は十分解明されていない) というこれまでの研究結果を支持している。さらに、対流圏中層の飽和比湿と比湿の差の変化も熱帯低気圧の発生数の変化に影響している可能性を示唆している。