

B-12 極端な気象現象を含む高解像度気候変化シナリオを用いた温暖化影響評価研究
 (1) 影響評価に必要な気候モデルの極値再現性の検証と入力データの検討に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室 江守正多・高橋潔
 名古屋大学大学院環境学研究科 神沢博

<研究協力者> 東京大学気候システム研究センター 木本昌秀・安富奈津子・荒井美紀
 独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター
 鈴木恒明
 独立行政法人防災科学技術研究所 大楽浩司
 独立行政法人国立環境研究所
 地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室 長谷川聡・塩竈秀夫
 大気圏環境研究領域 大気物理研究室 野沢徹

平成16～18年度合計予算額 44,359千円
 (うち、平成18年度予算額 17,400千円)

[要旨] 本サブテーマでは、本課題で温暖化影響評価に用いる気候モデルが、豪雨や熱波などの極端な気象現象(極値現象)をどの程度現実的に再現するかを観測データとの比較により検証し、モデルの信頼度を確認するとともに問題点を特定することを目的とする。特に、モデルの極値現象再現性の様々な側面、様々な時間スケールに注目するため、以下の4点について研究を行った。(1)洪水影響評価にかかわる、強い日降水に注目した降水特性の再現性検証[H16年度]、(2)渇水影響評価にかかわる無降水日数の再現性検証[H17,18年度]、(3)20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証[H16,17年度]、(4)東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証[H17,18年度]。(1)では、高解像度(水平解像度 $\sim 1.1^\circ$)気候モデルが中解像度($\sim 2.8^\circ$)モデルに比較して現実的な日降水強度を再現することを示したが、同時にパラメタ化依存性に注意が必要であることも示した。(2)では、モデルが年間無降水日数の地理分布を陸上については概ね現実的に再現できること、連続無降水日数の頻度分布を陸上の多くの地域について良好に再現できることを示した。(3)では、夏季の東アジア領域(日本およびその北方)およびアジアモンスーン領域(主として日本の南方)のそれぞれについて、天候の年々変動の主要なモード(特徴的な変動の空間パターン)が観測とモデルでよく類似していたこと、ならびに過去の現実的な海面水温を与えた場合には変動の位相(過去の特定の年が「冷夏型」か否か)も観測とモデルでよく類似することを示した。(4)では、大気海洋結合モデルに20世紀の現実的な自然および人為起源の外部条件を与えて走らせた結果と観測データとの比較を行い、日最低気温の年間最高値、真冬日数および冬日数の過去の変動を、モデルは自然変動の不確実性の範囲内で現実的に再現していることなどを示した。また、H16年度は、影響評価研究への入力データの検討も行った。

[キーワード] 極端な気象現象、気候モデル、日降水量、極値現象指標、温暖化影響評価

1. はじめに

本課題では、地球温暖化の影響評価をより具体的、説得的なものとするため、豪雨や熱波などの極端な気象現象（極値現象）を含む温暖化影響評価を行うことを目的としている。そのためには、影響評価研究に気候変化シナリオを与える気候モデルが、現在もしくは過去の気候における極値現象を現実的に表現できることが必要である。一般に、気候モデルの空間解像度（大気・海洋を格子に分割して表現する際の格子の細かさ）が高いほど、極値現象の再現性も高いことが期待されるが、気候モデルは半経験的なモデル化の仮定（パラメタ化）を含むため、解像度の向上が必ずしも結果の向上につながらない可能性もある。そこで本サブテーマでは、本課題で影響評価に用いる気候モデルが極値現象をどの程度現実的に再現するかを観測データとの比較により検証する。また、再現性に問題がある個所を特定できれば、影響評価研究の結果を解釈する際に、留意点として役立つことができる。

本課題では、モデルの極値現象再現性の様々な側面、様々な時間スケールに注目して検証研究を行った。具体的には、平成16年度は、強い日降水に注目したモデルの検証、20世紀の極値指標の変動の再現性の予備解析、および影響評価研究への入力データの検討を行った。平成17年度は、無降水日数の再現性検証の初期解析、東アジア夏季の天候の年々変動特性の再現性検証、および20世紀の気温の極値指標変化再現性の統計解析を行った。平成18年度は、連続無降水日数頻度分布の再現性の検証および夏季アジアモンスーン域の天候の年々変動特性の再現性検証を行った。

本報告書では、これらのうち年度をまたがる継続的なテーマを近くにまとめ、2. 研究目的、3. 研究方法、4. 結果・考察のそれぞれについて、以下の構成で報告する。5. 本研究により得られた成果の科学的意義についても、下記(1)～(4)に準じる構成で報告する。

(1) 強い日降水に注目した降水特性の再現性検証[H16年度]

(2) 無降水日数の再現性検証

1) 無降水日数の再現性検証の初期解析[H17年度]

2) 連続無降水日数頻度分布の再現性の検証[H18年度]

(3) 20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証

1) 20世紀の極値指標の変動の再現性の予備解析[H16年度]

2) 20世紀の気温の極値指標変化再現性の統計解析[H17年度]

(4) 東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

1) 東アジア域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証[H17年度]

2) アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証[H18年度]

これらに追加して、結果・考察の項のみについては、以下についても報告する。

(5) 影響評価研究への入力データの検討[H16年度]

なお、本課題で用いる気候モデルおよびその実験は、文部科学省RR2002課題「高分解能大気海洋モデルを用いた地球温暖化予測に関する研究」（代表：東京大学気候システム研究センター住明正教授）において開発ならびに実施されたものであり、大気海洋結合モデルは現時点で世界最高の解像度を持つ。

2. 研究目的

(1) 強い日降水に注目した降水特性の再現性検証

降水量は気温と並んで影響評価研究に最も重要な変数の一つであるが、気温と比較して、気候モデル中での現実的な再現が一般に難しい。特に、本課題で注目する極端に強い日降水の強度や頻度は、従来の気候モデルにおいては十分に検証されてこなかった。本課題では、従来と比較して高解像度の気候モデルを利用するが、解像度の向上が強い日降水などの再現性を向上させるかどうかは自明ではない。ここでは、モデルの日降水量を中心に、観測データと比較することによって、強い日降水の再現性や地域的特性の再現性の検証を行う。これにより、影響評価研究への入力として用いる日降水量がどの程度現実的かを確認するとともに、問題点の特定を行い、影響評価研究の結果を解釈する際に役立てる。

(2) 無降水日数の再現性検証

1) 無降水日数の再現性検証の初期解析

(1) では洪水影響に関係して強い日降水に特に注目してモデルの降水特性の検証を行ったが、渇水影響に関係して無降水イベントの特性の検証を行うことはこれと同様に重要である。特に、本課題サブテーマ2の成果等により、日単位気候モデルデータを影響評価に用いるメリットとして、農業影響評価において連続無降水日発生特性の変化を適切に評価できることが特に重要であることが示されている。また、本課題サブテーマ3では、日本域において温暖化により無降水日数が増加するという予測結果も示されている。そこで本研究では、モデルの無降水日数を観測データと比較することにより、モデルの無降水日数再現性能の評価を行った。

2) 連続無降水日数頻度分布の再現性の検証

これまで、モデルの無降水日数の全球規模での検証例はほとんどなく、あるとしても、年間無降水日数(年間降水日数)や年最大無降水日数についてのものに限られた(例えば、Dai, 2006¹⁾)。農業等に大きな影響を及ぼすのは長期の連続無降水イベントと考えられるため、連続無降水日数の頻度分布を含めた、より詳細な検証を行うことは重要である。1) では、初期的解析として、年間無降水日数の地理分布および日本を例にした連続無降水日数頻度分布の検証を行ったが、これをさらに発展させて、世界の各地域での連続無降水日数の頻度分布の検証を行った。

(3) 20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証

1) 20世紀の極値指標の変動の再現性の予備解析

気候モデルの極値現象再現性の評価にあたっては、実際に観測された極値現象の過去の変化傾向をモデルが再現できるかどうか重要な点の一つである。特に、将来の温暖化に関して問題とされる数10年から100年の時間スケールについて、モデルが過去の変化傾向を再現できるかどうかは、将来予測実験において再現された変化傾向の信頼性に直結する。ここでは、20世紀の自然起源および人為起源の外部条件を与えて計算された気候モデル実験(20世紀再現実験)の結果を用いて、極値現象に関するいくつかの指標を計算し、過去50年の観測データとの比較を行った。

2) 20世紀の気温の極値指標変化再現性の統計解析

気候モデルが過去数10年の変化を過小または過大評価している場合、将来予測の関しても同様

に過小または過大評価している可能性が高いものと考えられる。従って、過去の変化傾向の再現性の検証は、できる限り定量的に行われることが望ましい。1) の時点では、比較すべき全球規模の均質な観測データセットが存在せず、モデルの評価を十分に行うことができなかった。このたび、英国Hadley Centreにおいて格子点化された全球の日最高・最低気温データセットが作成され、定量的な検証が可能になった。ここでは、いくつかの気温の極値指標に関して、我々のモデルを用いた20世紀の自然起源および人為起源の外部条件を与えて計算された気候モデル実験（20世紀再現実験）と過去50年の観測データを比較した。

（4）東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

1) 東アジア域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

極値現象を議論する際には、季節内や日々の変動と並んで、年々の天候変動が重要である。すなわち、極端な高温日は暑夏の年に起き易く、極端な豪雨は雨の多い年に起き易いことが考えられる。また、悪天候が続くことによって、農業に深刻な冷害をもたらすことがある。これまで気候モデルの検証は複数年平均により得られる気候値について行われることが多かったため、気候モデルの年々変動パターンが現実的であるかどうかはほとんど明らかでない。本研究では、日本における猛暑や冷害などの影響と関係する東アジア夏季について、モデルの年々変動特性の検証を行った。

2) アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

日本の夏季の天候は、ユーラシア大陸東岸やオホーツク海を含む北側からの影響と、インド亜大陸、東南アジアの海洋大陸を含む南側（アジアモンスーン域）からの影響の両方を受ける。1) では、主に北側を含む領域で解析を行ったため、大陸とオホーツク海の気圧コントラスト等に関する変動を主に考察したことになると考えられる。そこで、今度は南側のアジアモンスーンの年々変動の影響を詳しく考察するため、アジアモンスーン域を含む領域で、1) と同様な天候の年々変動の解析を行った。

3. 研究方法

（1）強い日降水に注目した降水特性の再現性検証

高解像度大気モデルCCSR/NIES/FRCGC AGCM（水平解像度 $\sim 1.1^\circ$ ）による現在気候再現実験の結果を解析した。この実験は、1979年から1998年までの観測された海面水温と海水分布を与え、CO₂濃度を345ppmに固定して計算された。また、一部の解析には、高解像度大気海洋結合モデルMIROC3.2-hires（水平解像度：大気 $\sim 1.1^\circ$ ，海洋 $\sim 0.2^\circ$ ）に、20世紀100年間の自然起源および人為起源の外部条件を与えて計算された、20世紀再現実験の結果を併せて用いた。比較のため、中解像度結合モデルMIROC3.2-medres（水平解像度：大気 $\sim 2.8^\circ$ ，海洋 $\sim 1.0^\circ$ ）の結果も用いた。

検証データには、主に、Global Precipitation Climatology Project (GPCP) の全球 1° 格子日降水量データを用いた。このデータは、衛星観測による推定値であるが、海上を含む全球でほぼ均質なデータが得られるため、モデルの計算結果との比較に適している。また、日本の解析には、気象官署の地点降水量のデータも併せて用いた。

強い日降水のモデルによる再現性は、モデル中の降水過程の取り扱い（パラメタ化）に依存す

る可能性があるため、まず、大気モデルを用いてその依存性を調べた。モデル中で積雲対流の発生する条件として、大気が湿潤対流に対して不安定であればよいとした場合（No Cumulus Suppression; NOCS）と、それに加えて雲層の平均相対湿度が高く（この実験では80%以上）なければ積雲対流が抑制されるとした場合（Cumulus Suppression; CS）の実験をそれぞれ行った結果を比較した（標準のモデルの設定はCSである）。次に、大気モデルと大気海洋結合モデルを併せて用いて、日本付近に注目した詳細な検証を行った。

（2）無降水日数の再現性検証

高解像度大気海洋結合モデルMIROC3.2-hires（大気解像度 $\sim 1.1^\circ$ ）を用い、20世紀再現実験のうち1971–2000年の期間の日降水データを解析した。観測データには、Global Precipitation Climatology Project (GPCP)による衛星データに基づく 1° 格子全球の日降水データ（1997–2003年）を用いた。それぞれの全期間で平均した気候値を比較するため、データ期間の違いは問題にならないと考えられる。

無降水日の基準は、日降水量 1 mm/day未満の日とした。検証結果はこの閾値の取り方に依存すると考えられるが、今回その依存性の調査は行っていない。連続無降水日数は、1 mm/day以上の降水があった翌日から連続して1 mm/day未満の日が続き、次に最初に1 mm/day以上の降水がある前日までの日数として定義される。連続無降水日数の気候値を求める場合には、まず解析対象期間中（モデルであれば30年間、観測であれば7年間）を通しての連続無降水日数を算出（30年間、もしくは7年間の連続データから連続無降水日数を算出）し、それを解析対象年数（モデル：30年、観測：7年）で除することにより求める。つまり、年をまたぐような連続無降水イベントも連続性を保ったまま算出されることになる。

（3）20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証

1) 20世紀の極値指標の変動の再現性の予備解析

高解像度大気海洋結合モデルMIROC3.2-hires（水平解像度：大気 $\sim 1.1^\circ$ ，海洋 $\sim 0.2^\circ$ ）に、20世紀100年間の自然起源および人為起源の外部条件を与えて計算された、20世紀再現実験の結果を用いた。考慮した自然起源条件は、太陽活動の変化および火山噴火、人為起源条件は、温室効果気体濃度変化、エアロゾルおよびその前駆物質の排出量変化、土地利用変化等である。気候システムの持つ内部変動（自然変動）による不確実性を知るため、中解像度結合モデルMIROC3.2-medres（水平解像度：大気 $\sim 2.8^\circ$ ，海洋 $\sim 1.0^\circ$ ）を用いて、異なる初期条件を与えた3つの20世紀再現実験の結果も併せて比較した。

Frich et al. (2002)²⁾を基に、極値現象に関する次の10の指標を計算した。ここで、「平年値」は1961年から1990年の平均値である。

Fd	冬日日数（年間で最低気温が 0°C 以下の日数）
ETR	気温年較差（年間最高気温と年間最低気温の差）
GSL	生育期間日数（平均気温 5°C 以上の日が5日続いてから、平均気温 5°C 以下の日が5日続くまでの日数）
HWDI	熱波持続指数（最高気温が平年値の値を5日以上連続して 5°C 以上上回った場合を熱波とするとき、熱波の年間最長日数）

Tn90	日最低気温が平年の90パーセンタイル値を超える年間日数の割合（夜間の気温上昇の指標）
R10	日降水量が10mmを超える年間日数
CDD	連続乾燥日数（日降水量が連続して1mmを下回る日の年間最大値）
R5d	連続する5日間の合計降水量の年間最大値
SDII	単純日降水強度指数（年降水量を1mm以上の降水のあった日数で割ったもの）
R95T	平年の95パーセンタイル値を超えた日降水量の合計が年降水量に占める割合

2) 気温の極値指標変化再現性の統計解析

中解像度結合モデルMIROC3.2-medres（水平解像度：大気～2.8°，海洋～1.0°）に、20世紀の自然起源および人為起源の外部条件を与えて計算された20世紀再現実験の結果を用いた。考慮した自然起源条件は、太陽活動の変化および火山噴火、人為起源条件は、温室効果気体濃度変化、エアロゾルおよびその前駆物質の排出量変化、土地利用変化等である(以下FULL実験と呼ぶ)。それぞれの外部条件による影響を評価するために、温室効果気体濃度変化のみを与えた実験(以下GHGS実験)および人為起源外部条件のみを与えた実験(以下ANTH実験)も行った。これら3実験に関しては、異なる初期条件を与えた4つの積分を行い、その平均を以下の解析で用いている。また高解像度結合モデルMIROC3.2-hires（水平解像度：大気～1.1°，海洋～0.2°）に、自然起源および人為起源の外部条件を与えた実験(以下HIRS実験)も解析に用いた。ただし、HIRS実験は計算コストの関係で1積分のみ行った。

モデル結果と比較した観測データは、Caesar et al. (2006)³⁾によって整備された、過去50年間にわたる日々の日最高・最低気温格子点データセットである。全球をカバーするデータセットではあるが、十分な観測データがあるのは主に北半球中高緯度陸上とオーストラリアの一部に限られる。

気温の極値現象に関する次の8指標を計算した。

WD	日最高気温の年間最高値(夏期における日中気温の上昇の指標)
WN	日最低気温の年間最高値(夏期における夜間気温の上昇の指標)
CD	日最高気温の年間最低値(冬期における日中気温の上昇の指標)
CN	日最低気温の年間最低値(冬期における夜間気温の上昇の指標)
SU	夏日日数（年間で日最高気温が25℃より高い日の日数）
TR	真夏夜日数（年間で日最低気温が20℃より高い日の日数）
ID	真冬日日数（年間で日最高気温が0℃より低い日の日数）
FD	冬日日数（年間で日最低気温が0℃より低い日の日数）

モデルがどの程度観測された極値指標の変動を正しく表現しているかを定量的に評価するために、optimal fingerprinting (Allen and Stott, 2003⁴⁾)と呼ばれる下記の式で表される回帰分析手法を用いる。

$$y = (x - u_x)\beta + u_y$$

ここで y は観測された極値指標の時空間変動で、 x は任意の外部条件Aを与えたモデル結果の時空間変動を表す。また u_x および u_y は x 、 y に含まれる自然変動である。回帰係数 β は右辺が左辺を最もよく再現できるように選ばれる。気候システムの自然変動に伴う回帰係数 β の不確実性は、産業革命前の外部条件を与えて中解像度モデルを長期間(約1000年)積分した結果から求める。 β が正の場合、

外部条件Aの影響は自然変動の大きさを超えて検出されたことになる。また β が1の時は、モデルは観測にみられる変動を正しい振幅で表現していると評価される。 β が1より大きい場合モデルは過小評価であり、 β が1より小さい場合過大評価である。

(4) 東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

1) 東アジア域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

高解像度大気モデルCCSR/NIES/FRCGC AGCM 5.7b (水平解像度 $\sim 1.1^\circ$)を用いた。1979-1998年の観測された海面水温・海水量を与え、異なる初期条件を与えた5本のアンサンブル実験(現在気候実験)を用いた。積分期間は各20年である。モデルの現在気候実験が東アジア域の気候の年々変動を再現出来ているかどうかを調べるため、東アジア域($80-160^\circ\text{E}$, $20-70^\circ\text{N}$)夏季(6-8月平均)の500hPa高度場(Z500)の変動に対して経験直交関数(EOF)解析を行い、主変動パターンを観測のそれと比較した。比較に用いた観測データは、同期間のECMWF ERA-40客観解析データ及びCMAP降水量データである。なお、高解像度大気海洋結合モデルを用いてもほぼ同様の主変動パターンが得られたが、ここでは大気モデルによる結果を報告する。

2) アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

高解像度大気モデルCCSR/NIES/FRCGC AGCM 5.7b (水平解像度 $\sim 1.1^\circ$)および高解像度大気海洋結合気候モデルMIROC3.2-hires (水平解像度:大気 $\sim 1.1^\circ$, 海洋 $\sim 0.2^\circ$)を用いた。大気モデルは1979-1998年の観測された海面水温・海水量を与え、積分期間は各20年である。大気海洋結合モデルは20世紀再現実験の後半50年(1951-2000年)を用いた。アジアモンスーン域($40^\circ-180^\circ\text{E}$, $20^\circ\text{S}-40^\circ\text{N}$)夏季(6-8月平均)の水蒸気フラックス鉛直積分の変動に対して、季節進行とトレンドは除去してから経験直交関数(EOF)解析を行い、主変動パターンを観測のそれと比較した。比較に用いた観測データは、同期間のNCEP客観解析データ及びCMAP降水量データである。

4. 結果・考察

(1) 強い日降水に注目した降水特性の再現性検証

1) 強い降水の再現性のパラメタ化依存性

積雲対流に関する条件を違えた2つの大気モデル実験CSとNOCSは、年平均降水量の地理分布に関してはどちらも同程度に現実的な結果を与えたが(図略)、強い日降水の再現性に関しては両者に明瞭な違いが見られた。図1は、2つの実験と観測データについて、各格子点で年間第4位の日降水量をデータの存在する期間(モデルは各20年、観測データは7年)で平均したものである(観測データは解析前にモデルの格子点に内挿した)。これは年間の日降水量のおよそ99パーセントイル値(値の小さい順に並べたとき、下から99%の値)にあたる。大気の乾燥による対流の抑制を考慮した実験CS(図1a)は、衛星観測から推定された強い日降水の分布(図1c)を定量的にも分布の特徴としても非常によく再現することが確認された。それに比べて、対流の抑制を考慮しない実験NOCS(図1b)は、低緯度で全体的に降水強度が弱く、特に東シナ海周辺の強度のピークが全く再現されないなどの問題がある。このことから、気候モデルによる強い降水の再現性は、積雲対流過程のパラメタ化に大きく依存することが示された。また、詳細は略すが、この違いは対流有効位置エネルギー(CAPE)のモデルによる再現性と深く関係していることも分かった。

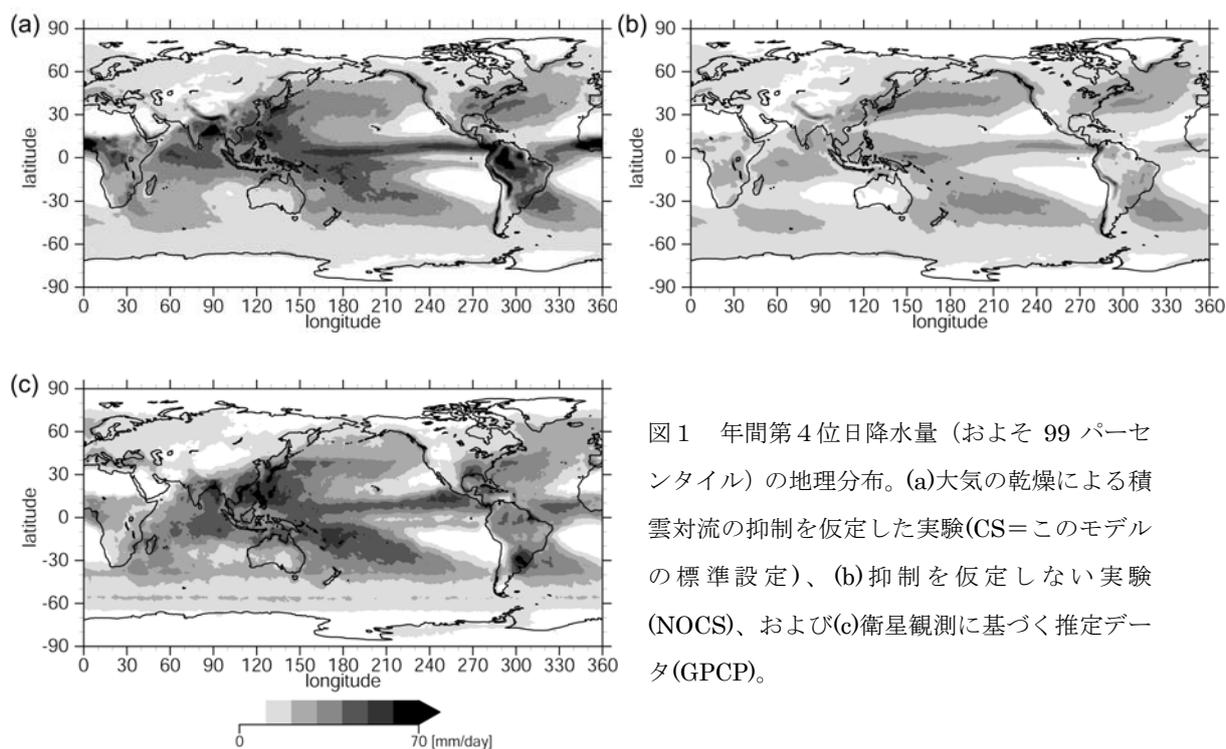


図1 年間第4位日降水量（およそ99パーセントイル）の地理分布。(a)大気の乾燥による積雲対流の抑制を仮定した実験(CS=このモデルの標準設定)、(b)抑制を仮定しない実験(NOCS)、および(c)衛星観測に基づく推定データ(GPCP)。

これ以降の結果は、サブテーマ2の影響研究に利用するものを含め、全て実験CSと同じパラメタ化を用いたモデルの結果であるため、強い日降水量の良好な再現性が期待できる。ただし、このモデルでは熱帯陸上（東南アジア、南米、アフリカ）において、強い降水を過大評価する欠点があることも分かった（図1a, c）。

2) 日本及び日本周辺の降水特性の検証

地域的な降水特性の再現性を調べるため、日本域に注目した解析を行った。特に、解像度の向上による再現性の向上を見るため、中解像度モデルとの比較を行った。

図2は、代表的な2地点として秋田と潮岬について、月平均降水量気候値の季節変化を高解像度大気モデルの結果と気象官署のデータと比較したものである。モデルの結果は観測地点周辺の格子点値を基に観測地点の緯度経度に線形内挿した。日本海側の秋田では、冬季に降水量が多いという特徴をモデルは定性的に再現できており、高解像度モデルは日本の脊梁山脈をある程度解像し、その影響を表現できることを示している。中解像度モデルでは、この影響が表現できない

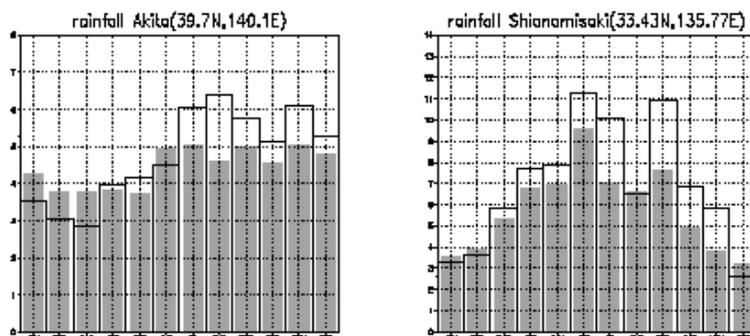


図2 秋田(左)および潮岬(右)における月平均降水量気候値の季節変化。白抜きが気象官署における観測データ、グレーが高解像度大気モデルの結果。

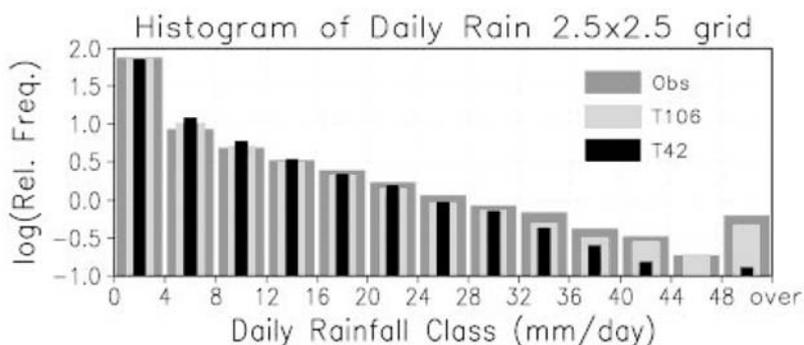


図3 東アジア領域(30-40° N, 120-150° E)における日降水の強度別頻度分布。濃いグレーが衛星観測による推定値(GPCP)、薄いグレーが高解像度大気海洋結合モデル、黒が中解像度結合モデルの結果。

ため、降水量は夏に顕著なピークを持ってしまう（図略）。太平洋側の潮岬では、6月の梅雨による顕著なピークが表現できており、秋雨と台風による9月のピークも弱いながらも見られる。ただし、内陸部や瀬戸内地方、南西諸島に関しては、モデルは観測データの季節変化をうまく表現できないことも分かった（図略）。これらの地域の再現性の向上のためにはさらに高い解像度が必要な可能性がある。

図3は、中解像度および高解像度大気海洋結合モデルおよび観測データ（GPCP）について、九州から本州を含む東アジア領域（30-40°N, 120-150°E）における、日降水の強度別の頻度分布を示したものである。全てのデータを、解析前に（中解像度モデルの格子間隔に近い）2.5°格子に内挿している。高解像度モデルは、観測された頻度分布をよく表現しているが、中解像度モデルは強い降水（特に32mm/day以上）の頻度を過小評価し、弱い降水（4~12mm/day）の頻度を過大評価していることが分かる。

(2) 無降水日数の再現性検証

1) 無降水日数の再現性検証の初期解析

図4に年間無降水日数の地理分布におけるモデルと観測データの比較を示す。全体的に、熱帯と中高緯度の主要な降水帯で無降水日数が小さく、亜熱帯の乾燥域で無降水日数が大きいという分布がモデルと観測に共通して見られる。モデルのバイアスは降水量の閾値にもよる可能性が高いが、南北半球海上のストームトラック（40~60°）における無降水日の過小が顕著である。陸上

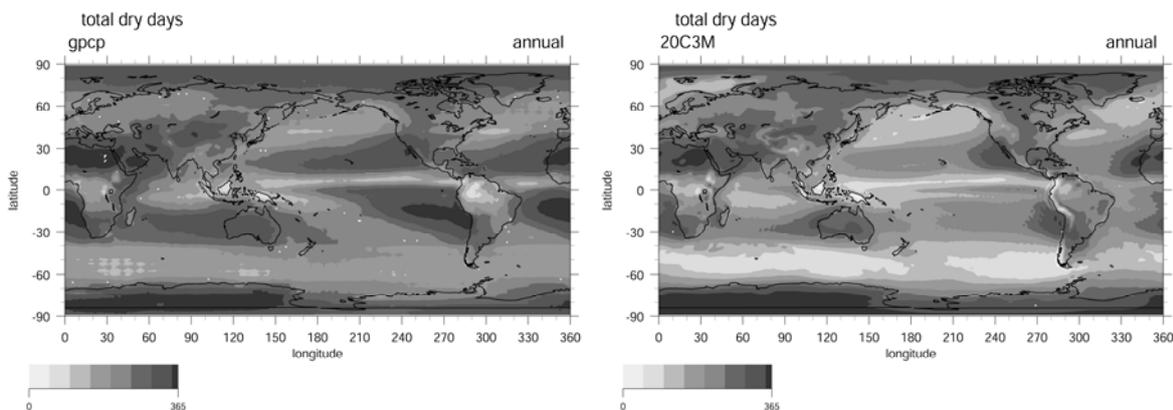


図4 年間無降水日数の地理分布。a(左)：衛星観測による推定値、b(右)：高解像度気候モデルの結果。

に限れば、モデルは概ね観測データの分布を定量的にもよく再現している。

さらに詳細な検証の例として、東京に最も近い格子点のデータを用いて、連続無降水日数の頻度分布をモデルと観測で比較した（図略）。連続無降水日数の頻度分布は、日数が長いほど頻度が低くなる指数関数型の分布を取り、この分布形状はモデルと観測でよく一致していた。冬季と夏季に分けて比較したところ、モデルでも観測でも、連続10日間の無降水イベントが冬季には年間0.5回程度の頻度で発生するが、夏季にはほとんど頻度ゼロであった。この例ではモデルは観測データの連続無降水日数頻度をよく再現していたが、今後、さらに面的にこのような詳細な検証を行う方法を検討する。

2) 連続無降水日数頻度分布の再現性の検証

世界にいくつかの矩形領域を設定し、領域に含まれる陸上の格子点に対して、観測データおよびモデル結果における連続無降水日数の頻度分布を集計した。図5は、例として中央アジア(70°-120°E, 30°-62°N)、北米大陸南部(125°-70°W, 10°-49°N)、東南アジア(95°-150°E, 9°S-19°N)、および地中海周辺(10°W-36°E, 30°-47°N)における結果を示したものである。中央アジア、北米大陸南部では、20日程度より長い連続無降水日数の頻度を若干過小評価しており、東南アジアでは10~50日程度の連続無降水日数の頻度を若干過小評価している。また、東南アジアの結果に見られるように、モデルの連続無降水日数の最大値が観測のものより大きい地域がいくつか見られたが、これはモデルのデータ期間(30年)が観測のデータ期間(7年)よりも長いことが一因となっている。

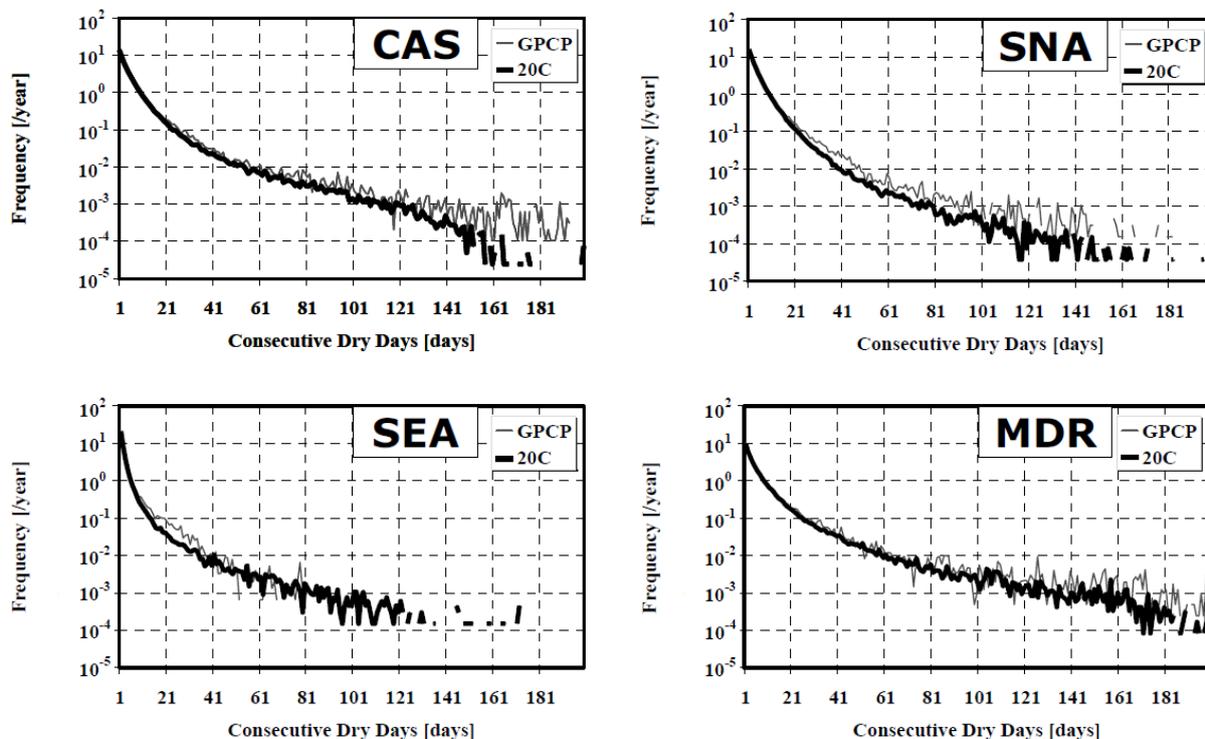


図5 連続無降水日数の頻度分布。例として世界の4つの地域について示した。CAS:中央アジア、SNA:北米大陸南部、SEA:東南アジア、MDR:地中海周辺。細線が観測データ(GPCP)、太線がモデル結果。横軸が連続無降水日数、縦軸が頻度(対数軸)。

る可能性がある。図に示さなかった領域の中では、長い連続無降水日数をモデルが過大評価している地域が南米大陸に多く見られた。しかしながら、全体的には、モデルは観測データに見られる連続無降水日数の出現頻度とその地域ごとの特性を概ね良好に再現していることが確認できたといえる。

(3) 20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証

1) 20世紀の極値指標の変動の再現性の予備解析

Frich et al. (2002)²⁾は、20世紀後半の約50年について、観測データから上記の10種の指標を計算し、トレンドを求めている。観測データがあるのは主に北半球中緯度陸上とオーストラリアの一部に限られる。彼らの結果によれば、気温に関する指標(Fd, ETR, GSL, HDWI, Tn90)は、多くの地域で同じ符号の変化が見られるが、降水量に関する指標(R10, CDD, R5d, SDII, R95T)は、場所によるばらつきが大きい。本研究においても、降水量に関する指標はどれも変化の分布が自然変動により実験間で大きくばらつき、また、明瞭なトレンドが見られなかったため、ここでは気温に関する指標について結果を述べる。

冬日日数Fdは、観測データによればほとんどの地点で減少しており、データのある地点で全球平均した値は、過去50年で25%程度の減少トレンドを示す。モデルは、高解像度モデル、中解像度モデル共に、このトレンドをよく再現したが、中解像度モデルの結果から、自然変動によるばらつきもかなり大きいことが示唆された(図略)。

気温年較差ETRは、観測データによればほとんどの地点で減少する。これは、年最低気温の上昇が最高気温の上昇を上回るためである。過去50年で4%程度の減少トレンドを示す。モデルでは、顕著なトレンドは見られず、自然変動によるばらつきが非常に大きいことが分かった(図略)。

生育期間日数GSLは、観測データによればほとんどの地点で増加し、過去50年では3%程度の増加トレンドを示す。モデルはこれに近いトレンドを再現したが、自然変動によるばらつきも大きかった(図略)。

熱波持続指数HWDIについて、モデルと観測データにおける全球平均値の時系列を図6に示す。

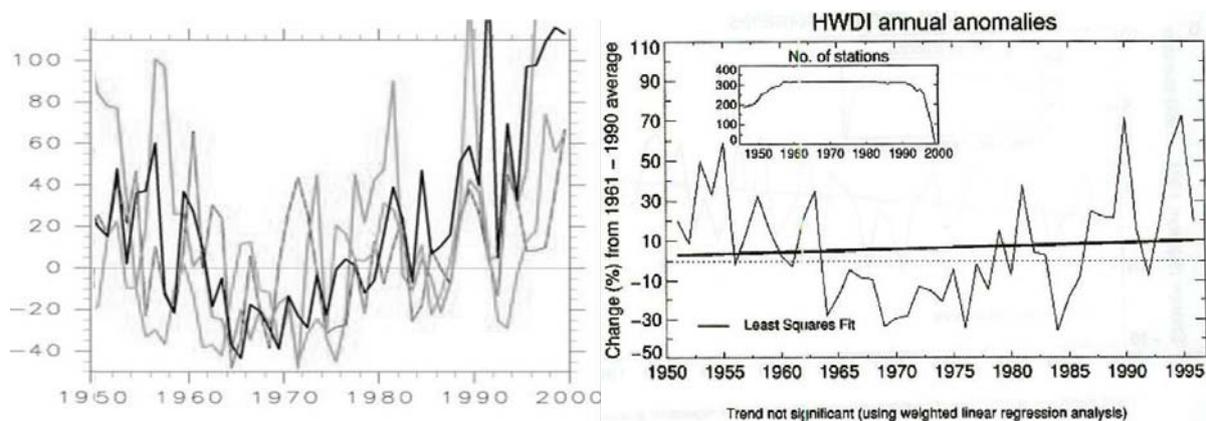


図6 熱波持続指数(HWDI)の20世紀後半の時系列。モデル(左)は全陸上の値を平均したもの。黒い線が高解像度大気海洋結合モデル、グレーの線(3本)が中解像度結合モデルの結果。観測データ(右)はデータのある地点(主に北半球中緯度)で平均したもの。Frich et al.(2002)より。

観測データによれば指標は50年間を通して見ると若干増加しているが(統計的には有意でない)、1960から70年代に平均的に小さい期間がある。この時系列はモデルでよく再現された。この変化は全球平均気温の変化とよく類似しているが、全球平均気温の時系列については、1960から70年代の低温は火山噴火などの自然起源条件をモデルに与えることにより、モデルでよく再現できることが分かっている。モデルが熱波持続指数の20世紀後半の変化を平均気温の変化と同様に再現できることは興味深い。ただし、地理分布等に注目してさらによく調べる必要がある。

夜間の気温上昇の指標Tn90は、観測データによればほとんどの地点で増加し、過去50年で15%程度の顕著な増加トレンドを示す。モデルは、これと同様あるいはさらに顕著な増加トレンドを再現し、場所による違いや実験間のばらつきは小さかった(図略)。

2) 気温の極値指標変化再現性の統計解析

図7に各極値指標の回帰係数 β を不確実性の幅とともに示す。中解像度モデル実験の結果を見ると、日最高気温の年間最高値WDと夏日日数SU以外の6指標では、温室効果気体濃度変化を考慮したすべての実験で回帰係数 β が正である。これは、これらの6指標の観測された変動(気温上昇、真夏夜日数の増加、冬日および真冬日日数の減少)に、気候システムの自然変動の幅を超える温室効果気体濃度変化の影響が含まれることを示している。

日最低気温の年間最高値WNは、観測では全球平均で上昇している(図略)。温室効果気体濃度変化だけを考慮したGHGS実験では回帰係数 β は1より小さくなっており、観測された極値指標上昇を過大評価している。エアロゾル変化も考慮したANTH実験では、回帰係数 β の不確実性の幅が1を含み、観測された極値指標上昇をほぼ正しい振幅で再現している。温室効果気体濃度増加に伴う温暖化と共に、エアロゾル増加による冷却効果を考慮することが、過去の極値指標の変化を再現するために重要であ

る。一方、自然起源の外部条件も考慮したFULL実験の回帰係数 β がANTH実験とほとんど変わらないことから、自然起源の外部条件は重要な役割を果たしていないことがわかる。日最高気温の年間最低値CDと日最低気温の年間最低値CNも、観測では多くの地点で上昇している(図略)。FULL実験の回帰係数 β は1より大きく、モデルは観測された極値指標の上昇(気温上昇)を過小評価している。真

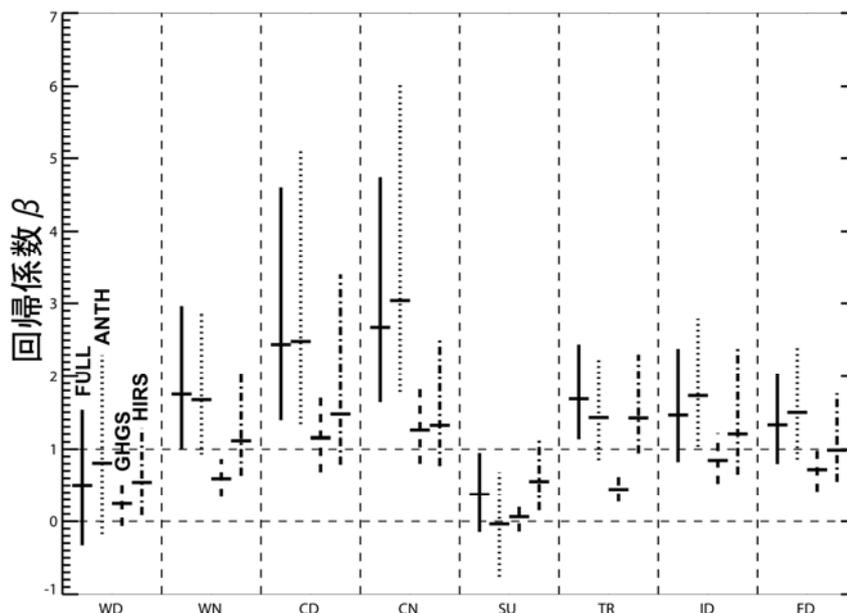


図7 気温の極値指標に関する回帰係数 β 。エラーバーは不確実性の5-95%幅。FULL、ANTH、GHGSおよびHIRS実験を回帰分析に用いた結果を示している(WDの欄を参照)。

冬日日数IDと冬日日数FDは多くの地点で減少している(図略)。FULL実験の回帰係数 β の不確実性の幅が1を含み、モデルが観測された変動を正しく再現していることが示された。真夏夜日数TRはFULL実験の回帰係数 β が1より大きく、モデルが観測された変動(真夏夜の増加)を過小評価している。ただし、真夏夜日数に関しては、本来真夏夜が多く発生する熱帯域で観測データが少ないという問題がある。夏期の日最高気温に關係する日最高気温の年間最高値WDと夏日日数SUの2指標は回帰係数 β が0と区別できない。これは、この2指標の観測された変動の振幅が小さく、気候システムの自然変動と区別できないこと示している。夏期の日最高気温の変動に関しては、英国Hadley CentreのNikolaos Christidisと共に、より検出力の高い極値指標を用いた解析を行う計画を進めている。

HIRS実験(高解像度モデル実験)をFULL実験(中解像度モデル実験)と比較すると、HIRS実験の回帰係数 β がFULL実験と同程度かより1に近い値を持つことがわかった。FULL実験が4積分の平均を用いているのに対して、HIRS実験は1積分のみであるため単純な比較はできないが、高解像度モデルが中解像度モデルと同程度かそれ以上の過去の極値指標変動の再現性を持つことが示唆された。

(4) 東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証
 1) 東アジア域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

観測でもモデルでも、変動の第一主成分(EOF1)と第二主成分(EOF2)とで全変動の50%以上を説明する。図8 a,bに示したように、EOF1は、ユーラシア大陸東岸に卓越する子午面方向に3極の波型構造

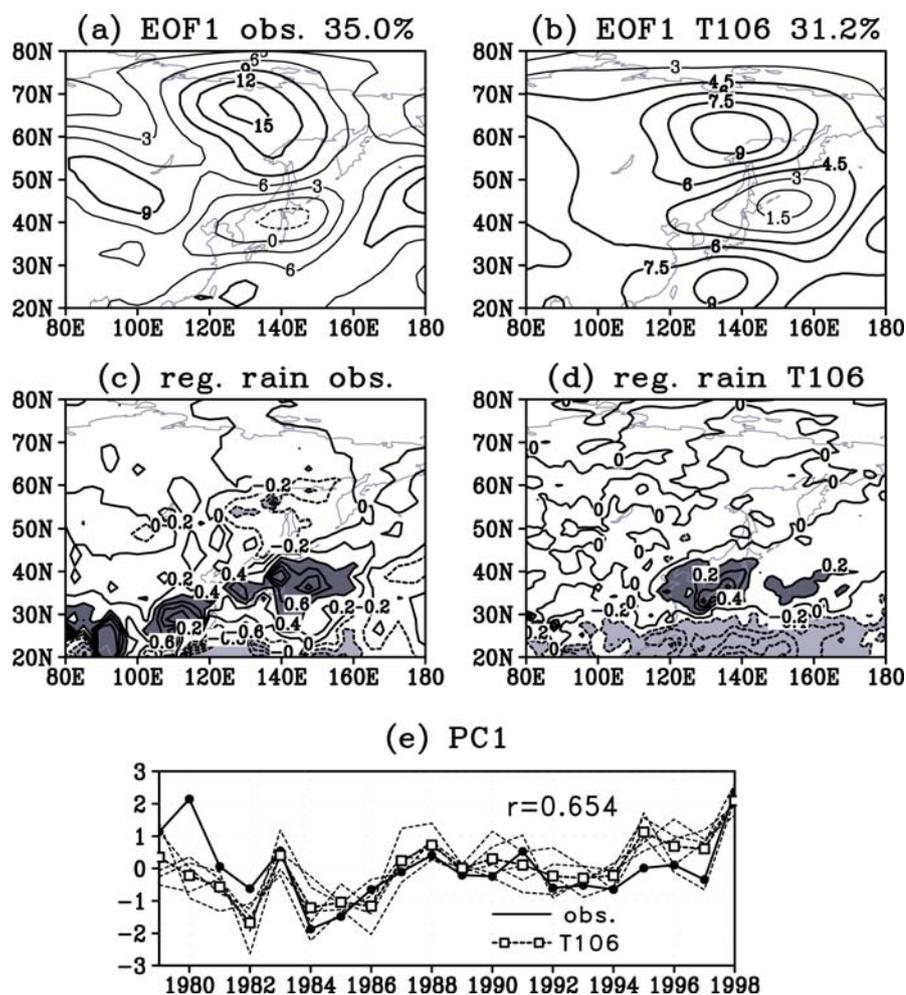


図8 a: 観測のZ500の変動第一主成分、b: モデルのZ500の変動第一主成分、c: 第一主成分に回帰した観測の降水量。d: 第一主成分に回帰したモデルの降水量、陰影の濃色は降水量偏差が正、淡色は負の絶対値の大きい領域、e: 第一主成分スコア時系列、実線は観測、点細線はモデルの各メンバー。太点線はアンサンブル平均。

を持ち、その寄与率は観測で35.0%、モデルで31.2%に及ぶ。このパターンはよく知られている梅雨前線強化時の典型的な気圧配置と酷似しており、実際にEOF1のスコアと降水量との回帰パターン（図8c,d）から、北緯30-40度に降雨帯が強調されていることがわかる。さらに、この観測、モデルのEOF1スコア時系列の相関係数は0.65と非常に高い値を示し、観測の年々変動を再現することに成功していると言える（図8e）。同様に、EOF2の水平パターン、降水パターンも観測と酷似したものが得られ、スコア時系列の相関も0.50（有意水準99%以上）と高かった。これより、用いた気候モデルは夏季東アジア域の天候の年々変動を現実的に再現できたものと考えられる。

2) アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

変動の第一主成分（EOF1）は、観測データで23.4%、大気モデル実験で25.0%、大気海洋結合モデルの20世紀再現実験で20.2%の変動を説明する。図9に観測データおよび結合モデル実験におけるEOF1に対応する鉛直積分水蒸気フラックスと降水量の変動の空間パターンを示した。フィリピン周辺で低気圧性循環、フィリピンから亜熱帯北西太平洋域で降水量が増加、インドネシア近海で減少という水平構造が共通している。この特徴は過去の海面水温変動を与えた大気モデル実験からも共通に得られた。大気モデル実験とNCEP再解析データのスコア時系列は相関係数0.42で、有意水準95%で有意な相関があった。これより、用いた気候モデルは夏季アジアモンスーン域の天候の年々変動を現実的に再現できたものと考えられる。

（5）影響評価研究への入力データの検討

従来、気候モデル実験の出力データの変数の種類や時間解像度が、影響評価研究への必要性から見て不十分であるという問題があったため、本課題では、気候モデル実験を行う前に影響研究者の希望を聞いて、出力データの調整を行った。実際には、IPCCの第4次報告書に向けて計算結果を提出するための実験のスケジュールが厳しく、十分に議論する時間が無かったが、IPCCのデータベースに提出を要求されたデータを漏れなく出力したところ、結果的に影響評価研究において必要なデータをほ

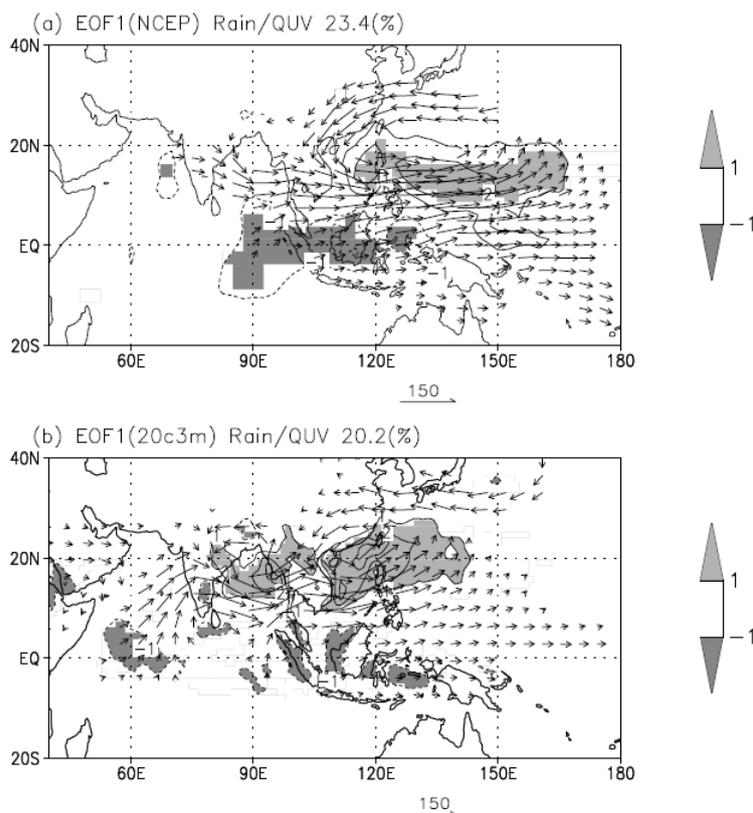


図9 鉛直積分水蒸気フラックスの変動第一主成分（矢印）および第一主成分に回帰した降水量変化（陰影）。a: NCEP再解析データ、b: 大気海洋結合モデルの20世紀再現実験。

ば出力することができた。

すなわち、従来の影響評価研究では気候モデルの月平均の降水量、風速、最高気温、最低気温などのみしか利用できなかったが、今回は、3時間毎の降水量、気温、湿度、風速、地表放射量、蒸発量や、日平均の土壌水分量、土壌温度などを利用することができ、これらのデータを入力として河川モデルや農業モデルによる詳細な影響評価研究を行うことが可能となった。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) 強い日降水に注目した降水特性の再現性検証

本課題において影響評価研究に用いられる高解像度（水平解像度 1.1° ）大気モデルおよび大気海洋結合モデルが、 1° 程度の空間スケールにおいて、強い降水の頻度、強度およびその空間分布を概ね現実的に表現できることが明らかになった。これまでの気候モデルの検証過程においては、主として平均降水量に注目した検証が行われてきたが、強い日降水に注目してモデルの良好な性能をこれほど明瞭に示した例は今までに無い。解像度が向上（水平解像度 2.8° から 1.1° ）することにより、地域的な降水特性や強い日降水の頻度の再現性が向上することが示されたが、一方で、同じ解像度でもモデル化の仮定（ここでは、積雲対流過程のパラメタ化）の違いにより強い日降水の再現性は大きく変化することも示された。従って、解像度が高いモデルといえども、今回行ったような強い降水に注目した検証は必須であると言える。

また、このモデルでは、熱帯の陸上で強い降水の強度が過大評価になること、日本では内陸や瀬戸内地域などで季節変化の再現に限界があることが分かった。このようなモデルの欠点や限界の情報は、このモデルの出力を用いて影響評価を行った結果を検討する上で有用である。

2) 無降水日数の再現性検証

温暖化による渇水変化の予測を行う上で極めて重要な、気候モデルによる無降水日数の再現性の検証を行い、本課題において用いるモデルが陸上の年間無降水日数の地理的分布を概ね現実的に再現できることが分かった。一方、海上ではストームトラック域などで年間無降水日数を過小評価する傾向があることが分かった。影響評価の観点からは主として陸上について関心があることを考えると、当面の利用においては問題が少ないと考えてよいが、今後、モデルが改良される際の留意点としては重要となるだろう。また、モデルは世界の多くの地域における連続無降水日数の頻度分布を概ね現実的に再現できることが分かった。これまで、モデルの無降水イベントに関する全球規模での詳細な検証は行われてこなかったもので、今回の結果は、今後このモデルを渇水予測に用いる上で重要な知見となる。

3) 20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証

本課題において影響評価研究に用いられる大気海洋結合モデルに20世紀の現実的な自然および人為起源の外部条件を与えて走らせた結果は、観測データの不確実性と自然変動の不確実性の範囲内で、過去50年の気温に関する極値現象を現実的に再現していることが明らかになった。特に冬日日数の減少および夜間の気温上昇が顕著であった他、熱波持続指数については自然起源外部条件の変動によると思われる数十年スケール変動を現実的に再現した。これは、このモデルの将

来予測実験によって得られた将来の極値現象のトレンドを影響評価に利用する上で、有用な知見である。

初期的解析では既存の論文に掲載された図との比較を行ったが、次のステップでは、英国Hadley Centreとの共同研究により、彼らが作成した日最高気温、最低気温の格子点化データセットを入手し、さらに詳細な統計解析を行うことが可能になり、下記の知見を得た。

- 日最低気温の年間最高値、日最高気温の年間最低値、日最低気温の年間最低値、真夏夜日数、真冬日日数および冬日日数に関しては、過去50年の間に既に自然変動から区別できる温室効果気体濃度増加に伴う温暖化の影響が現れている。また日最低気温の年間最高値に関して、エアロゾル増加による冷却効果は温暖化を打ち消す向きに大きな効果を持っており、将来エアロゾルおよびその前駆物質の排出削減が進んだ場合、温暖化の影響がより顕著に表れることを示唆している。
- 日最低気温の年間最高値、真冬日日数および冬日日数の過去の変動を、モデルは自然変動の不確実性の範囲内で現実的に再現していることが明らかになった。
- 日最高気温の年間最低値、日最低気温の年間最低値に関しては、モデルは過去の観測された変動を過小評価していることがわかった。そのため、このモデルを用いた将来予測は、変動の大きさを控えめに予測している可能性があることが示唆された。
- 過去の極値指標変動に関して、高解像度モデルは中解像度モデルと同程度がそれ以上の再現性を持っていることがわかった。このことは、高解像度モデルの将来予測実験によって得られた将来の極値現象の変化に影響評価に利用する上で、有用な知見である。

4) 東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証

観測された年々の海面水温データにより強制された大気モデルの結果を解析し、東アジア域（日本およびその北側のユーラシア大陸東岸やオホーツク海を含む）およびアジアモンスーン域（主に日本の南側のインド亜大陸や東南アジアの海洋大陸を含む）における夏季の天候の年々変動が現実的に再現されていることを検証した。年々変動の主要なモード（特徴的な変動の空間パターン）が観測とモデルでよく類似していただけでなく、変動の位相（過去の特定の年が「冷夏型」か否か）も観測とモデルでよく類似していた。このことは、我々の特定のモデルの性能が良好であることを示すのみならず、東アジア域およびアジアモンスーン域の夏季の天候の年々変動の大部分が海面水温の強制により決定されていることを示しており、一般的にも重要な成果である。

(2) 地球環境政策への貢献

本サブテーマは、本課題の他のサブテーマで議論される気候変化予測および影響評価の基本的な信頼性を下支えする性格のものであり、本サブテーマの成果の政策的な寄与・貢献は、主として他のサブテーマを通して間接的に成されると考えている。ただし、IPCC第4次評価報告書、第一作業部会の8章（気候モデル評価）に本サブテーマの成果が引用されており、温暖化の科学的な知見の一部として政策に貢献した。

6. 引用文献

- 1) Dai, A. (2006) Precipitation characteristics in eighteen coupled climate models. *J. Climate*, **19**,

46054630.

- 2) Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank, and T. Peterson (2002) Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.*, **19**, 193-212.
- 3) Caesar, J., L. Alexander, and R. Vose (2006), Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set, *J. Geophys. Res.*, **111**, D05101, doi:10.1029/2005JD006280.
- 4) Allen, M. R., and P. A. Stott (2003), Estimating signal amplitudes in optimal fingerprinting, part I: theory, *Clim. Dyn.*, **21**, 477-491, DOI 10.1007/s00382-003-0313-9.

7. 国際共同研究等の状況

- 1) 英国Hadley CentreのJohn CaesarとロシアHydrometeorological Centre of RussiaのDmitry Kiktevが中心となって、1950-2000年の日最高・最低気温観測データと気候モデルの相互比較（非公式プロジェクト）を進めている。我々のモデルも気候モデルの比較で参加している。英国の他、オーストラリア、ロシアのモデルが参加している。
- 2) 英国Hadley CentreのNikolaos Christidis、Peter Stottと共同で、我々のモデルと英国のモデルを用いて、過去の気温の極値現象変動の要因推定研究を進めている。
- 3) IPCC TGICA（影響および気候解析のためのデータおよびシナリオ支援に関するタスクグループ；共同議長：米国UN Foundation Richard MossおよびブラジルCPTEC Jose Marengo）に本サブテーマのメンバー（江守）が委員となり、影響研究のための国際的な気候データ配信等の議論に参加している。
- 4) 本課題で用いている気候モデル(MIROC3.2)の計算結果は、WCRP（世界気候研究計画）CLIVAR（気候変動と予測に関する国際研究プログラム）のWGCM（結合モデルに関するワーキンググループ；米国NCAR Gerald Meehlら）が主導するIPCC第4次評価報告書に向けたデータベース（米国PCMDI）に提出されており、世界中の研究者によるモデル相互比較や検証研究に用いられている。
- 5) IPCCの第4次評価報告書、第一作業部会のモデル評価の章において、本サブテーマのメンバー（江守他）は貢献執筆者としてこの課題の研究成果を代表執筆者に情報提供した。

8. 研究成果の発表状況

（1）誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Emori, S., A. Hasegawa, T. Suzuki and K. Dairaku: *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L06708, doi:10.1029/2004GL022306 (2005)
 “Validation, parameterization dependence, and future projection of daily precipitation simulated with a high-resolution atmospheric GCM”
- 2) Kimoto, M., N. Yasutomi, C. Yokoyama and S. Emori: *SOLA*, **1**, 85-88, doi:10.2151/sola.2005-023 (2005)
 ”Projected changes in precipitation characteristics near Japan under the global warming”

- 3) Hirota, N., M. Takahashi, N. Sato, and M. Kimoto: SOLA, 1, 137-140, doi:10.2151/sola. 2005-036 (2005)
 “Change of the Baiu season climate in the East Asia during 1979 to 2003”
 - 4) 江守正多：地球環境, 11, 3-10 (2006)
 「高解像度気候モデルによる気候変化予測とその信頼性」
 - 5) Emori, S.: Global Environmental Research, 10, 143-149 (2007)
 “The Reliability of Future Climate Change Projection by High-Resolution Climate Models”
 - 6) Shiogama, H., N. Christidis, J. Caesar, T. Yokohata, T. Nozawa, and S. Emori: SOLA, 2, 152-155, doi:10.2151/sola.2006-039 (2006)
 “Detection of greenhouse gas and aerosol influences on changes in temperature extremes”
 - 7) Kiktev, D., J. Caesar, L. Alexander, H. Shiogama, and M. Collier: Geophys. Res. Lett. (2007)
 “Comparison of observed and modeled trends in annual extremes of temperature and precipitation using the results of several climate models” (in press)
- <その他誌上発表（査読なし）>
- 1) 名古屋大学環境学研究科編：「環境学研究ソースブック—伊勢湾流域圏の視点から」2.1節、藤原書店, 54-57 (2005)
 「地球温暖化（執筆担当：神沢博）」
 - 2) Kimoto, M.: Proceedings of the 2nd Symposium on Water Cycle in Northern Eurasia, 14-16 December, 2005, Hokkaido Univ., 3-4 (2006)
 “Influence of Eurasian Continent on the East Asian Monsoon”
 - 3) Nozawa, T., T. Nagashima, T. Ogura, T. Yokohata, N. Shiogama, and H. Shiogama: CGER'S SUPER COMPUTER MONOGRAPH REPORT Vol.12 (2007)
 “Climate Change Simulations with a Coupled Ocean-Atmosphere GCM Called the Model for Interdisciplinary Research on Climate, MIROC”
- (2) 口頭発表（学会）
- 1) 江守正多：日本気象学会春季大会（2004）
 「CCSR/NIES/FRSGC T106 AGCM における対流抑制条件の導入と日降水強度の再現性」
 - 2) 中村卓也, 木本昌秀, 江守正多：日本気象学会春季大会（2004）
 「高解像度大気大循環モデルで再現されたモンスーン域の季節内変動」
 - 3) 鈴木恒明, 江守正多, 西村照幸, 高藪縁：日本気象学会春季大会（2004）
 「CCSR/NIES/FRSGC AGCMで再現される対流と結合した赤道波の解析」
 - 4) 安富奈津子, 木本昌秀, 江守正多：日本気象学会秋季大会（2004）
 「CCSR/NIES/FRCGC T106 AGCMによって再現された日本付近の降水分布」
 - 5) 鈴木恒明, 江守正多, 高藪縁, 西村照幸：日本気象学会秋季大会（2004）
 「赤道波と対流の結合メカニズムに関する考察」
 - 6) 鈴木恒明・二宮洸三・江守正多・長谷川聡：日本気象学会秋季大会(2005)
 「夏季アジア域の降水シミュレーションにおける対流抑制の効果」
 - 7) 荒井美紀, 木本昌秀：日本気象学会秋季大会(2005)

「夏季東アジア域の天候の年々変動と将来予測」

- 8) 荒井美紀, 木本昌秀: 平成17年度「異常気象と長期変動」研究集会(2005)
「夏季東アジア域の天候の年々変動」
- 9) Emori, S.: APN Scoping Workshop on Global Earth Observations and the Capacity Building Needs of the Region: Focus - Climate, Tokyo, Nov., (2005)
“Future climate change projection by high-resolution climate models and its implication for impact assessments”
- 10) 塩竈秀夫, Nikolaos Christidis, John Caesar, 横島徳太, 野沢徹, 江守正多: 日本気象学会秋季大会 (2006)
「20世紀後半において温室効果ガス濃度とエアロゾル排出量の変化が気温の極端現象に及ぼした影響」
- 11) 安富奈津子, 木本昌秀, 江守正多: 日本気象学会秋季大会 (2006)
「CCSR/NIES/FRCGC T106 CGCM から得られた 地球温暖化時の夏季アジアモンスーン域の主要変動モード」
- 12) 日名啓太, 神沢博, 江守正多: 日本気象学会秋季大会 (2006)
「地球温暖化に伴う無降水日数の変化」
- 13) 塩竈秀夫: 日本気象学会夏期特別セミナー (2006)
「20世紀後半において温室効果ガス濃度とエアロゾル排出量の増加が気温の極値現象に及ぼした影響」
- 14) 荒井美紀: 北ユーラシア気候変化・水循環変動に関する研究集会 (2006)
「シベリア域の地表面状態が夏季東アジア域の気候に及ぼす影響」
- 15) Emori, S.: IR3S/ICAS International Symposium (2006)
“Future climate change projection by high-resolution climate models and its reliability”
- 16) Kimoto, M.: Climate and Environmental Studies for Global Sustainability, the University Allied Workshop (2006)
“High-resolution coupled ocean-atmosphere modeling for climate studies”
- 17) Kimoto, M., A. Sumi, and M. Inatsu: Workshop on polar and global climate modeling: connection and interplay, Fairbanks, Alaska, US (2006)
“High-resolution coupled ocean-atmosphere modeling for climate studies”
- 18) Kimoto, M.: Eighth AMIP/East Asian climate workshop, Nantou, Taiwan (2006)
“Tropical and extratropical factors affecting the East Asian climate”
- 19) Kimoto, M.: Second Korea-Japan-China Joint Conference on Meteorology, Goyang, Korea (2006)
“Tropical and extratropical factors affecting the interannual variability of the East Asian climate”
- 20) Emori, S.: ESSP Open Science Conference, Beijing, China (2006)
“Japan’s progress in earth system modelling catalyzed by the Earth Simulator and its future prospect”
- 21) Kimoto, M.: Fourth EU-Japan Workshop on Climate Change Research, Brussels, Belgium (2007)
“High-resolution coupled ocean-atmosphere modelling for climate change studies”

22) Emori, S.: International symposium on Dialogue between Social and Natural Sciences, Honolulu, US (2007)

“Future climate change projection and its reliability”

23) Emori, S.: The 9th International Workshop on Next Generation Climate Models for Advanced High Performance Computing Facilities, Honolulu, US (2007)

“Future climate change projection and its reliability”

24) Kiktev, D., J. Caesar, L. Alexander, H. Shiogama, and M. Collier: 87th American Meteorological Society Annual Meeting, San Antonio, US (2007)

“Comparison of observed and modeled trends in annual extremes of temperature and precipitation”

(3) 出願特許

なし。

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし。

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし。

(6) その他

なし。