

日本気象学会誌 気象集誌

(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第90B巻 2012年3月 目次と要旨

論文

- 稲津 将・佐竹祐哉・木本昌秀・安富奈津子：双方向ネスティングシステムによる西太平洋夏季モンスーンの GCM バイアスとその低減1-10
- 青柳曉典・萱場互起・清野直子：関東甲信地方における都市域の拡大・人工排熱の増加・都市ビル群の縦横比増大に起因する地上気温変化に関する数値実験11-31
- 日下博幸・Fei CHEN・Mukul TEWARI・Jimmy DUDHIA・David O. GILL・Michael G. DUDA・Wei WANG・宮 由可子：水平格子間隔 4 km の WRF を用いた都市のヒートアイランド現象の数値シミュレーション：都市キャノピーモデルと平板モデルの比較研究33-45
- 日下博幸・原 政之・高根雄也：水平格子間隔 3 km の WRF モデルを用いた都市気候の将来予測：2070年代 8 月の東京・大阪・名古屋都市圏を対象とした力学的ダウンスケーリングと熱ストレス予測47-63

要報と質疑

- 石崎紀子・塩竈秀夫・高橋 潔・江守正多・大楽浩司・日下博幸・仲江川敏之・高藪 出：温暖化時の日本における確率論的な地域気候アナログ推定の試み65-74
- 吉田龍平・飯泉仁之直・西森基貴：力学的および統計的ダウンスケールモデルで計算された下向き短波放射量と気温の関係におけるモデル間差75-82
- 飯泉仁之直・宇野史睦・西森基貴：地域気候変化影響評価の不確実性要因としてのダウンスケーリング83-90
- 飯塚 聡・大楽浩司・佐々木 亘・足立幸穂・石崎紀子・日下博幸・高藪 出：複数の領域モデルで力学的ダウンスケーリングされた日本周辺の海上風と台風の評価91-102

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

稲津 将・佐竹祐哉・木本昌秀・安富奈津子：双方向ネスティングシステムによる西太平洋夏季モンスーンの GCM バイアスとその低減

Masaru INATSU, Yuya SATAKE, Masahide KIMOTO, and Natsuko YASUTOMI: GCM Bias of the Western Pacific Summer Monsoon and Its Correction by Two-way Nesting System

亜熱帯西大西洋に張り出すアジアモンスーンと関係した対流は重要であるにもかかわらず、多くの大循環モデルにおいてその正確なシミュレーションは困難である。本研究では、高解像度領域モデルと大気大循環モデルを西太平洋域で結合した双方向ネストモデルを

使って、バイアスが低減した例を報告する。また、追加的に実施した部分結合実験により、大循環モデルのバイアス低減は結合領域に対し鋭敏でないことが明らかになった。双方向ネスト効果はこの系における自然変動の主成分の一方のフェーズに類似していた。この

ことにより双方向ネスティングモデルでは、より現実的な熱帯の加熱がシミュレートされ、バイアスを低減

するように内在する力学モードを励起したと推測できる。

青柳曉典・萱場互起・清野直子：関東甲信地方における都市域の拡大・人工排熱の増加・都市ビル群の縦横比増大に起因する地上気温変化に関する数値実験

Toshinori AOYAGI, Nobuyuki KAYABA and Naoko SEINO: Numerical Simulation of the Surface Air Temperature Change Caused by Increases of Urban Area, Anthropogenic Heat, and Building Aspect Ratio in the Kanto-Koshin Area

関東甲信地方を対象とし、1976年から2006年の約30年間にみられた地上気温の上昇について調査した。

アメダス観測地点では、夏・冬ともに平均して30年間で約1.3°C弱の地上気温の上昇傾向が解析された。この気温上昇には、大規模な地球温暖化による変化に加えて、都市温暖化のような局地的な気温上昇が重畳していると考えられる。

そこで本研究では、メソスケール大気モデルの下部境界条件を変化させることで30年前と現在の土地利用の違いを模擬し、数値実験から得られた季節平均の地上気温の変化が観測データから解析された気温上昇をどの程度説明できるのか、評価を試みた。より現実的なシミュレーションをめざすため、1976年版と2006年版の国土数値情報をもとにした土地利用分布を設定し、さらに日変化も考慮した最新の人工排熱分布データを用意した。さらに、東京都については個々のビル形状を属性として持つ空間詳細なGISデータセットを利用して都市サブモデルの設定に反映させた。これら設定のもと、夏・冬ともに2か月間の連続積分を行い、観測データと整合する季節平均気温を求めたこととした。大気モデルには気象庁の現業モデルでもあるJMA-NHMを採用し、都市域の建物形状変化による放射配分変化や熱輸送量の変化も考慮できるように、その陸面過程に単層都市キャノピースキームを結合さ

せた。

結果、数値実験で表現された、この30年間における地表面改変に起因する平均気温変化は、夏・冬ともに上昇傾向にあることが示され、観測データから得られたトレンドとの間には、低いながらも程度の相関を持つことが確かめられた。気温変化の日時系列については、都市グリッドで平均して夜間の気温上昇が大きく昼に小さい様子が見られ、観測データにみられた傾向と矛盾しない結果となった。土地利用分布の変化（主に植生から都市地表面への改変）は主に昼間の気温上昇をもたらす、夏に効果的であることが示された。人工排熱の増加も気温上昇をもたらすが、冬に効果的であることがわかった。またその気温上昇の平均的な日変化は、朝と夕方に大きくなるダブルピークの形をとる。ビル群の縦横比の増大（高層化）も他の要因と同様に平均して大気を温める効果を持ち、夏に比べて冬にその上昇量が大きくなることがわかった。日変化でみると、明け方にシングルピークを持つ形が示された。

今回の結果は、大気モデルの下部境界条件を変化させ、観測で得られた過去の気温上昇の再現及びそれらの要因を分析したものである。そして、現実的な設定を与えれば、ある程度の相関をもってその気温上昇傾向の再現が可能であることを示すものであった。

日下博幸・Fei CHEN・Mukul TEWARI・Jimmy DUDHIA・David O. GILL・Michael G. DUDA・Wei WANG・宮 由可子：水平格子間隔4 kmのWRFを用いた都市のヒートアイランド現象の数値シミュレーション：都市キャノピーモデルと平板モデルの比較研究

Hiroyuki KUSAKA, Fei CHEN, Mukul TEWARI, Jimmy DUDHIA, David O. GILL, Michael G. DUDA, Wei WANG, and Yukako MIYA: Numerical Simulation of Urban Heat Island Effect by the WRF Model with 4-km Grid Increment: An Inter-Comparison Study between the Urban Canopy Model and Slab Model

本研究では、2004年から2007年の8月の首都圏の気

候を対象に、単層都市キャノピーモデルを導入した

WRF モデル (WRF_UCM) を用いた数値シミュレーションを実施し、観測値と比較することにより精度検証を実施した。さらには、平板都市モデルを導入した WRF モデル (WRF_SLAB) の結果と比較した。その結果、対象領域において、WRF_UCM は日中および夜間の 8 月平均気温分布を良好に再現できる一方で、WRF_SLAB は夜間の気温分布を良好に再現できないことがわかった。また、WRF_UCM は東京および熊谷における気温の日変化も良好に再現でき

る一方で、WRF_SLAB は日変化の位相が 1 時間早い、日較差が 6.2°C 大きいなどの問題点が見られた。さらには、WRF_UCM は 27°C を中央値とする気温の出現頻度分布を表現できること、WRF_SLAB は 23°C と 33°C の二カ所にピークを持つ頻度分布を生みだす、すなわち観測の頻度分布を十分に表現できないことがわかった。最後に、相対湿度の再現精度を確認した。WRF_UCM は頻度分布を再現できたが、WRF_SLAB はできなかった。

日下博幸・原 政之・高根雄也：水平格子間隔 3 km の WRF モデルを用いた都市気候の将来予測：2070年代 8 月の東京・大阪・名古屋都市圏を対象とした力学的ダウンスケーリングと熱ストレス予測

Hiroyuki KUSAKA, Masayuki HARA, and Yuya TAKANE: Urban Climate Projection by the WRF Model at 3-km Horizontal Grid Increment: Dynamical Downscaling and Predicting Heat Stress in the 2070's August for Tokyo, Osaka, and Nagoya Metropolises

本研究では、都市キャノピーモデル (UCM) を導入した水平格子間隔 3 km の WRF モデルを用いて、東京・大阪・名古屋都市圏を対象とした都市気候の将来予測実験 (2070年代を対象) を実施した。この実験では、SRES A1b シナリオ下での全球気候モデル MIROC3.2-Med, MRI-CGCM2.3.2, CSIRO-Mk3.0からの 3 つのダウンスケールを実施し、これらのアンサンブル平均値を予測結果とした。さらには、予測結果を用いて、東京・大阪・名古屋の住民の熱ストレスを簡単に評価した。

はじめに、WRF モデルの再現性を検証した。WRF モデルは、観測された 8 月平均気温の空間分布をよく再現した。解析領域全域でのバイアスは -1.2°C で、二乗平均誤差は 2.7°C であった。東京、名古屋、大阪におけるバイアスはそれぞれ、 -0.6°C 、 -0.1°C 、 -0.4°C であった。WRF モデルは、月平均気温分布だけでなく、気温の日変化も良好に再現した。

次に、都市気候の将来予測実験を実施した。その結

果、東京、大阪、名古屋における 2070年代の 8 月平均気温は、2000年代現在よりも約 2.3°C 高くなると予測された。3 つのアンサンブルメンバー間の予測の幅は 0.4°C あるものの、2070年代になると記録的な猛暑年となった 2010年の 8 月平均気温よりも高くなることを示唆された。

さらには、本研究の結果から、将来においてはほぼ毎日睡眠障害が発生する可能性があることが示唆された。また、ダウンスケール実験の結果を用いて推定された湿球黒球温度 (WBGT) の将来予測の結果から、2000年代の 8 月では屋外での激しい運動を中止すべき時間が日中の 30% であったのに対して、2070年代になるとその時間は 63% ($54\sim 67\%$) に増加する可能性があることが示唆された。

最後に、都市のヒートアイランド強度 (UHII) を推定した。その結果、東京の 8 月平均 UHII は約 1.5°C であり、今後 70 年間の全球規模の気候変化の影響はこれまでの都市化にともなう気温上昇量と同程度であることがわかった。

石崎紀子・塩竈秀夫・高橋 潔・江守正多・大楽浩司・日下博幸・仲江川敏之・高藪 出：温暖化時の日本における確率論的な地域気候アナログ推定の試み

Noriko N. ISHIZAKI, Hideo SHIOGAMA, Kiyoshi TAKAHASHI, Seita EMORI, Koji DAIRAKU, Hiroyuki KUSAKA, Toshiyuki NAKAEGAWA, and Izuru TAKAYABU: An Attempt to Estimate of Probabilistic Regional Climate Analogue in a Warmer Japan

温暖化時における地域気候の適応策や緩和策を検討するために、領域気候モデル(RCM)を用いた力学的下スケールリングが有効である。一方で、将来予測には様々な不確実性が含まれているため、その要因を明らかにし評価することが重要である。本研究では現在の気候分布から将来の各地域の類似気候を検出する「気候アナログ」を、パターンスケールリング手法とブートストラップ法を組み合わせることで確率論的に推定することを試みた。札幌に適用した気候アナログ

の解析から、RCM内の物理過程や力学過程の違いが原因となって引き起こされる気候アナログの不確実性は、温室効果ガスの排出シナリオの違いに基づく不確実性や、全球モデルの遷移気候感度の違いがもたらす不確実性の大きさに匹敵することが示された。また、確率論的な気候アナログの予測は、決定論的な予測よりも温暖化時の影響評価研究により適していることが示唆された。

吉田龍平・飯泉仁之直・西森基貴：力学および統計的ダウンスケールモデルで計算された下向き短波放射量と気温の関係におけるモデル間差

Ryuhei YOSHIDA, Toshichika IIZUMI, and Motoki NISHIMORI: Inter-model Differences in the Relationships between Downward Shortwave Radiation and Air Temperatures Derived from Dynamical and Statistical Downscaling Models

日本を対象として、4つの力学モデルおよび1つの統計モデルでダウンスケールされた1985年から2004年における下向き短波放射量と日平均、日最高、日最低気温の評価を行った。これらの変数は作物モデルのような影響評価モデルの入力データとなるため、観測値に対するバイアスと、バイアスの変数間におけるモデル間差を評価する必要がある。統計モデルを除き、力学モデルはいずれも下向き短波放射量を通年で大きく過大評価していたが、1つの力学モデル

で過小評価が見られた以外は、気温の季節変化がよく再現されていた。統計モデルは力学モデルに比べ、下向き短波放射量、気温ともに観測値に近い値であった。この傾向は全期間および領域で平均した値でも同様であった。力学モデルで見られる要素間の不一致は、各モデルで使用した放射スキーム、雲のパラメタリゼーションや陸面過程モデルの違いに由来することが挙げられる。

飯泉仁之直・宇野史睦・西森基貴：地域気候変化影響評価の不確実性要因としてのダウンスケールリング
Toshichika IIZUMI, Fumichika UNO, and Motoki NISHIMORI: Climate Downscaling as a Source of Uncertainty in Projecting Local Climate Change Impacts

本研究では、牧草収量を対象に、日本の領域気候変化予測アンサンブルデータセットを例として、複数のダウンスケールリングモデルから得られる生育期間中の降水変化予測に対する気候変化影響の感度を評価した。A1B排出シナリオ下における全球気候モデル(MIROC-HI)の気候変化予測に基づいて、3つの領

域気候モデル(NHRCM, NRAMS, TWRF)と1つの統計モデル(CDFDM)から、日本周辺域について格子間隔20kmの詳細な空間解像度の気候データを得た。同一のGCMから得られたRCMの境界条件と統計モデルの説明変数の下で、予測された将来の夏期降水が増加する傾向が一致して示された。しかし

ながら、増加の程度と最大連続無降水日数の変化傾向にはダウンスケーリングモデル間でばらつきが見られた。これらの降水変化予測の相違は、今世紀末(2081-2100)における全国平均の牧草収量に対する将来影響のシミュレーション結果に3.3-11.4%のばらつ

きを生じさせた。このことは、ダウンスケーリングモデルに基づく気候シナリオとGCMに基づくシナリオとでシミュレートされる将来影響が異なることを示し、ダウンスケーリングが影響評価における不確実性の源であることを示唆する。

飯塚 聡・大楽浩司・佐々木 亘・足立幸穂・石崎紀子・日下博幸・高藪 出：複数の領域モデルで力学的ダウンスケーリングされた日本周辺の海上風と台風の評価

Satoshi IIZUKA, Koji DAIRAKU, Wataru SASAKI, Sachiko A. ADACHI, Noriko N. ISHIZAKI, Hiroyuki KUSAKA, and Izuru TAKAYABU: Assessment of Ocean Surface Winds and Tropical Cyclones around Japan by RCMs

本研究では、複数の領域モデルを用いて力学的ダウンスケーリングされた海上風と台風の評価を行った。いずれの領域モデルにおいても、海陸分布の表現の向上に伴い、日本周辺の夏季における海上風の平均値の精度は、境界条件の再解析データよりも向上する。しかし、その極値には、いずれのモデルにおいても、日本の南で大きな誤差が見られた。

解析期間に日本周辺を通過した台風の約40%については、いずれのモデルもほぼ観測に近い経路を再現することに成功していたが、残りの台風の経路に関しては、いずれかまたはすべてのモデルに大きな誤差が見

られた。この経路の誤差のピークは、100~200km程度であった。モデル台風の風速分布を調べると、二つのモデルは観測値を過小評価していたが、一つのモデルではほぼ観測に近い風速を再現していた。このことから、現実的な台風強度を再現できるモデルにおいても、経路の誤差によって海上風の極値分布に誤差が生じることが推測される。さらに、このような経路の誤差は、台風による地形性降雨にも誤差を引き起こす可能性もある。従って、領域モデルを用いて力学的ダウンスケーリングされた結果の極値は、注意深く取り扱う必要がある。