

日本気象学会誌 気象集誌

(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第100巻 第3号 2022年6月号 目次と要旨

SISWANTO・Gerard van der SCHRIER・Bart van den HURK：地上気温上昇に伴って観測された都市域極端降雨の増加：ジャカルタの事例 [†]	475-492
Md. Rezuatul ISLAM・佐藤正樹・高木泰士：1980年以降に日本中央部の沿岸に襲来した熱帯低気圧と高潮ハザードの変化 [†]	493-507
茂木厚志・渡部雅浩：日本における夏の猛暑へのテレコネクションパターンの寄与の定量化 [†]	509-522
水田 亮・野坂真也・仲江川敏之・遠藤洋和・楠 昌司・村田昭彦・高薮 出：20km, 60km 全球大気大循環モデルおよび20km 領域気候モデル力学的ダウンスケーリングによる150年連続シミュレーションにおける極端降水 ^{†*}	523-532
露木 義・田村亮介：アンサンブルカルマンフィルタに埋め込まれた深層学習による非線形データ同化 [†]	533-553
Min-Ken HSIEH・Yu-Wen CHEN・Yi-Chun CHEN・Chien-Ming WU：台湾中部の複雑地形上の物質輸送に対する局地循環や境界層発達への寄与 [†]	555-573
Li JIA・Fumin REN・Chenchen DING・Zuo JIA・Mingyang WANG・Yuxu CHEN・Tian FENG：上陸台風の降水量予測に向けた力学的-統計的-アナログ予報モデルのアンサンブル手法改善 [†]	575-592
学会誌「天気」の論文・解説リスト (2022年3月号・4月号)	593
英文レター誌 SOLA の論文リスト (2022年25-87・A8-20)	594
気象集誌次号掲載予定論文リスト	595

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

SISWANTO・Gerard van der SCHRIER・Bart van den HURK：地上気温上昇に伴って観測された都市域極端降雨の増加：ジャカルタの事例

Siswanto, G. van der Schrier, and B. van den Hurk: Observed increase of urban extreme rainfall as surface temperature rise: The Jakarta case

ジャカルタにおける1日より短期間の極端降水には、局地的な気温、季節的な熱帯モンスーン循環、その他の環境要因に関連した傾向がある。1900年から2010年の間の81年分の時間雨量解析から、雨季の短時間降雨イベントの回数がほぼ倍増したことを示す。最近数十年の降雨は、それ以前の数十年と比較して強度は強く、継続時間は短いことがわかる。これらの短時間降雨は通常午後から深夜にかけて、または早朝に発

生ずる。最近約100年間の短時間降雨特性の変化の一因は、ジャカルタ市街地の地表環境の変化によるものと考えられる。近年の気温上昇と地表面舗装による乾燥化は、大気中の水分量のわずかな上昇と相まって、大気対流を激しくしている。2002~2016年の雨量計データと高層気象観測の比較から、都市化による市内地表面温度上昇とそれに伴う大気水分増加により対流有効位置エネルギー (CAPE) が増加し、強い降水の

[†] 和文要旨掲載論文

* 要報と質疑

発生が促進されることが明らかになった。気温上昇に伴う雨量増加がクラウドジウス・クラベイロン (CC) 関係式から予想される飽和水蒸気量増加以上になるのは、朝の地表面すぐ上の大気温度と水分量の増加に起因している。このような超 CC 関係は、地上気温の比較的狭い範囲で現れる。本研究の結果は、極端な朝

方の降水量の強化、および局地的な温暖化に対応して日周期対流極大時刻が夕刻から夜間・早朝にずれてきたという先行研究結果と一致している。対流が活発で降水量が多く河口に位置するジャカルタのような都市では、整備された降雨データベースが市街地洪水早期警報に極めて重要である。

Md. Rezuani ISLAM・佐藤正樹・高木泰士：1980年以降に日本中央部の沿岸に襲来した熱帯低気圧と高潮ハザードの変化

Islam, M. R., M. Satoh, and H. Takagi: Tropical cyclones affecting Japan central coast and changing storm surge hazard since 1980

本研究では、1980年から2019年までの潮汐記録と上陸した熱帯低気圧 (TC) のベストトラックを調査し、東京を含む日本中央部の沿岸地域における高潮偏差の変化を明らかにした。その結果、年平均の高潮偏差は1980-1999年に比べて最近20年間 (2000-2019年) で上昇しており、特に東京湾ではその変化が顕著であることがわかった。また、1980年から2019年にかけて、高潮偏差の増加に対応して、上陸時間帯の TC に伴う風

速と TC の大きさがそれぞれ強く、大きくなっている。また、より北東方向に進路をとる TC の出現頻度が高くなっていることも東京周辺の高潮ハザードを増加させている要因の一つと考える。さらに、高潮偏差とハザード指数の間に正の相関関係があることも、これらの統計結果を裏付けている。日本中央部の沿岸地域では、現在の増加傾向が続くならば、将来的に極端な高潮現象の発生数が増加する可能性が高い。

茂木厚志・渡部雅浩：日本における夏の猛暑へのテレコネクションパターンの寄与の定量化

Mogi, A., and M. Watanabe: Qualifying contributions of teleconnection patterns to extremely hot summers in Japan

日本における夏季の極端高温日は1週間以上持続することが知られており、JRA-55再解析データから求められる日本域平均の850hPa 面気温で測ることができる (本研究では T850JP と呼ぶ)。異常気象と言えるような高温偏差はしばしば、日本域の気象に影響するいくつかのテレコネクションパターンに伴って生じるが、個々の高温事象に対するそれらの相対的寄与はいまだ定量化されていない。そこで本研究では、3つのテレコネクションパターン、すなわち Pacific-Japan (PJ)、circumglobal teleconnection (CGT)、Siberian パターンの、1958~2019年の7、8月の T850JP への影響を、再解析データから得られる、8日のカットオフ時間スケールでローパスフィルタを施された偏差場を用いて調査した。

線型回帰分析によって、上記の3パターンのピーク1~2日後に T850JP は大きな正偏差を示す傾向にあることが分かった。この関係に基づいて、T850JP と

3テレコネクションパターンの指数との間の回帰分析から求めたパラメータを用いて、重回帰モデルにより日々の T850JP 時系列を再現した。再現された T850JP から、極端な猛暑年においては、3テレコネクションパターンは T850JP の分散の半分程度を説明し、その寄与は同程度であることが分かった。統計モデルは、日々の T850JP の偏差だけでなく、7~8月平均 T850JP の年々変動および長期変化傾向も再現できた。PJ パターンは T850JP の年々変動に最も大きく寄与しており、これは PJ パターンが他の2パターンに比べて長い時間スケールを持つことによるものと考えられる。再現された T850JP には温暖化トレンドも見られ、CGT 指数の上昇トレンドが寄与していることが分かった。このことは、地球温暖化による熱力学的効果とともに、循環場の変化による力学的効果が日本域における高温事象の長期的な増加を説明する一因であることを示唆する。

水田 亮・野坂真也・仲江川敏之・遠藤洋和・楠 昌司・村田昭彦・高藪 出：20km, 60km 全球大気大循環モデルおよび20km 領域気候モデル力学的ダウンスケーリングによる150年連続シミュレーションにおける極端降水

Mizuta, R., M. Nosaka, T. Nakaegawa, H. Endo, S. Kusunoki, A. Murata, and I. Takayabu: Extreme precipitation in 150-year continuous simulations by 20-km and 60-km atmospheric general circulation models with dynamical downscaling over Japan by a 20-km regional climate model

地域的な極端現象の過去から将来への連続的な変化を調べるために、20km 全球大気大循環モデル (AGCM)、および60km AGCM と20km 領域気候モデル (RCM) 力学的ダウンスケーリングを用いて、20世紀中頃から21世紀末までの連続したシミュレーションを行った。AGCMによる代表的なシナリオについてのシミュレーションは高解像度モデル相互比較プロジェクト実験の手法に従った。また、60km AGCM および20km RCM ダウンスケーリングでは4つのシナリオを用いたアンサンブル実験を行った。

全球平均の年最大日降水量 (Rx1d) 増加率は、シナリオによらず、全球平均の地上気温 (SAT) 上昇とほ

ぼ比例していた。この関係は低解像度の気候モデルでの結果と整合的で、それより高解像度のモデルでも有効であることを示している。日本の陸域で平均した Rx1d と SAT についても、10年移動平均で見れば、20km AGCM と20km RCM でよく似た相関関係が見られた。しかし60km AGCM では、日本の陸域の格子点数が不十分なためノイズが大きく、関係は明瞭ではなかった。これは、アンサンブル実験を使用しない場合には、日本の陸域といった地域スケールの Rx1d の連続的な変化は20km 程度の解像度により初めて表現可能であることを示唆している。

露木 義・田村亮介：アンサンブルカルマンフィルタに埋め込まれた深層学習による非線形データ同化
Tsuyuki, T., and R. Tamura: Nonlinear data assimilation by deep learning embedded in an ensemble Kalman filter

粒子フィルタの最近の発展により、これを高次元系の非線形もしくは非ガウスデータ同化に用いることが可能になった。しかし、アンサンブルカルマンフィルタ (EnKF) の精度を上回るためには、比較的大きなアンサンブルが依然として必要である。本研究ではこれに代わるものとして、ディープニューラルネットワークを EnKF に局所的に埋め込んだ、深層学習に基づくアンサンブルデータ同化法を示す。この方法を深層学習アンサンブルカルマンフィルタ (DL-EnKF) と呼ぶ。DL-EnKF の解析アンサンブルは、DL-EnKF の解析値と EnKF の解析偏差アンサンブルから作成される。DL-EnKF の振舞いを、3つのバージョンの Lorenz 96モデルとアンサンブルサイズ10の決定論的

EnKF を用いて、完全モデルと不完全モデルの両方のシナリオによるデータ同化実験によって調べた。データ同化における非線形性の強さは、観測データの時間間隔を変えることによって制御した。その結果、このような小さなアンサンブルサイズにもかかわらず、非線形性が強い場合には DL-EnKF の精度は EnKF より上回り、かつ同化サイクルにおける正のフィードバックによって、深層学習の出力より精度が向上することが示された。また、DL-EnKF による精度の改善は、学習のターゲットとして大アンサンブル EnKF 解析値や不完全モデルによるシミュレーションを用いても、真値を用いた場合と大差ないことが示された。