

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

第98巻 第6号 2020年12月号 目次と要旨

招待論文

川合秀明・重 尚一：海上の下層雲と気候モデルにおけるそのパラメタリゼーション[†] 1097-1127

論 文

- Liang LIAO・Robert MENEGHINI・Ali TOKAY・Hyokyung KIM：Ku 帯と Ka 帯の二周波レーダによる降雪推定の評価* 1129-1146
- Sridhara NAYAK・竹見哲也：非常に激しい降水のクラウドジウス・クラベイロンスケーリング：日本における2017年7月と2018年7月の豪雨イベントの事例研究^{†**} 1147-1162
- 大泉 伝・斉藤和雄・Le DUC・伊藤純至：京コンピュータを用いた豪雨の広域・超高解像度実験：Part 2 2014年8月の広島豪雨事例と対流コアのモデルの解像度依存性[†] 1163-1182
- 竹村和人・向川 均：夏季におけるロスビー波の碎波と太平洋・日本パターンの持続メカニズム[†] 1183-1206
- 原田やよい・遠藤洋和・竹村和人：西日本の大雨時における大気大循環場の特徴～平成30年7月豪雨との比較～[†] 1207-1229
- Xingyang ZHOU・Liguang WU・Qingyuan LIU・Yan ZHENG：熱帯低気圧の強度に及ぼす下層の高エントロピー空気の影響：トラジェクトリー解析 1231-1243
- 岩切友希・渡部雅浩：多年ラニーニャ現象が夏季日本の気温に与える影響[†] 1245-1260
- 田村健太・佐藤友徳：ユーラシア大陸東岸の地形強制に対する寒気内のメソスケール低気圧発生の応答[†] 1261-1277
- Nathan P. ARNOLD・William M. PUTMAN・Saulo R. FREITAS：全球非静力学モデルによる降水の日変化に対する解像度および対流パラメタリゼーションの効果*** 1279-1304
- 川添 祥・藤田実季子・杉本志織・岡田靖子・渡辺真吾：20km メッシュ大規模アンサンブル実験を用いた北東日本における極端低温日の将来変化予測[†] 1305-1319
- 山口宗彦・前田修平：太平洋十年規模振動と地球温暖化の影響による9月の中緯度帯における台風の移動速度の鈍化[†] 1321-1334
- Qijun HUANG・Xuyang GE・Melinda PENG：2010年台風第13号 (Megi) の進路急変に対する対流圏上層の偏東風波動の影響 1335-1352
- Shan ZOU・Jibili ABUDUWAILI・Jianli DING・Weili DUAN・Philippe de MAEYER・Tim van de VOORDE：2017年4月にカザフスタンで生じた洪水に係わる異常高温の実態と気候変動影響** 1353-1368

* 特集号『GPM』

** 気象集誌・SOLA 合同特別号『2017・2018年の豪雨イベント』

*** 特集号『DYAMOND』

† 和文要旨掲載論文

Wan-Ling TSENG・Chi-Cherng HONG・Ming-Ying LEE・Huang-Hsiung HSU・Chi-Chun CHANG：2018年夏季の特異な北西太平洋モンスーンに対する局所および遠隔海面 水温の複合影響**	1369-1385
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2020年9月号・10月号）	1387
英文レター誌 SOLA の論文リスト（2020年162-197）	1388
気象集誌次号掲載予定論文リスト	1389
第98巻（2020）総目次	1395-1399
索引：A. 著者別索引	1401-1422
索引：B. 主題別索引	1423-1425

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

川合秀明・重 尚一：海上の下層雲と気候モデルにおけるそのパラメタリゼーション

Hideaki KAWAI and Shoichi SHIGE: Marine Low Clouds and their Parameterization in Climate Models

本レビュー論文は、気象学の幅広い分野の読者を対象に、海上の下層雲の基本的な知識と、全球気候モデルで使用されるそのパラメタリゼーションの概念について説明することを目的としている。論文の前半では、海上の下層雲の基本的な知識と、気候モデルにおけるその重要性についてわかりやすく説明する。ここでは、海上の下層雲の全球分布、関連する重要な物理プロセス、観測的研究とモデル研究の代表的な例、気候シミュレーションにおける下層雲変化の重要性など

が説明される。論文の後半では、全球気候モデルで雲量と雲水量を決定するための雲のパラメタリゼーションの概念（雲マクロ物理“cloud macrophysics”と呼ばれることもある）を紹介する。そうしたパラメタリゼーションにおいて鍵となる要素は、大きさが数十～数百 km の大きさのモデル格子内の水蒸気と雲水量の非一様性をどう仮定、または決定するか、ということである。そうしたモデルにおける雲の表現に関して今後20年程度の間に取り組むべき課題についても議論する。

Sridhara NAYAK・竹見哲也：非常に激しい降水のクラウジウス・クラペイロンスケールリング：日本における2017年7月と2018年7月の豪雨イベントの事例研究

Sridhara NAYAK and Tetsuya TAKEMI: Clausius-Clapeyron Scaling of Extremely Heavy Precipitations: Case Studies of the July 2017 and July 2018 Heavy Rainfall Events over Japan

極端降水の振る舞いを説明する上でのクラウジウス-クラペイロン（CC）スケールリングの有用性について、現在気候および疑似地球温暖化（PGW）条件で調べた。日本で発生した最近の2つの極端降水イベント、すなわち2017年7月5～6日の九州北部での豪雨および2018年7月5～8日の四国での豪雨を対象として、格子解像度1 kmでの領域気象シミュレーションにより解析した。数値シミュレーションにはWeather Research and Forecasting（WRF）モデルを用い、モデルデータは1時間間隔で格子点毎の値として出力し、解析に用いた。極端に強い降水の発生頻度とその強度は、時間雨量強度で評価すると、2つのイベントともに、PGW条件下で増大する。極端に強い降水（>

50mm h⁻¹）は、現在気候条件では気温22°Cに上がるまでCCスケールリングにしたがい、PGW条件では24°Cの気温に上がるまでCCスケールリングにしたがう。降水と気温の関係において、極端降水のピーク強度は、現在気候条件では25°Cで約140mm h⁻¹であり、一方、PGW条件では27°Cで約160mm h⁻¹となる。極端降水の気温に対する増加率は、現在気候条件では約3% °C⁻¹であり、PGW条件では約3.5% °C⁻¹であることが分かった。将来の温暖化気候におけるピーク降水強度の増加と気温に対する降水量の増加率は、気温減率の減少にもかかわらず、大気中の水蒸気および不安定エネルギーが増加することに起因する。著者の知る限りでは、本研究の結果は、事例解析ではあるもの

の、極端降水に対する CC スケーリングについて定量的に調べた最初の取り組みであると言える。

大泉 伝・斉藤和雄・Le DUC・伊藤純至：京コンピュータを用いた豪雨の広域・超高解像度実験：Part 2 2014年8月の広島豪雨事例と対流コアのモデルの解像度依存性

Tsuta OIZUMI, Kazuo SAITO, Le DUC, and Junshi ITO: Ultra-high Resolution Numerical Weather Prediction with a Large Domain Using the K Computer. Part 2: the case of the Hiroshima Heavy Rainfall Event on August 2014 and Dependency of Simulated Convective Cells on Model Resolutions

数値気象予測モデルの要素が豪雨のシミュレーションに与える影響を調べるため、広い領域を対象とした超高解像度実験を2014年8月の広島の豪雨事例で行った。本研究はPart 1の2013年10月伊豆大島での研究に続くものであり同様の実験を行った。これらの研究から豪雨のシミュレーションにおいて広い領域で高解像度モデル（解像度500m以下）を用いる有用性を示した。

広島の実例では降水帯の位置や強度はモデルの解像度に影響を受けることがわかった。解像度2 kmの実験では降水帯は再現されたがその位置は北東にずれて

いた。解像度500mと250mの実験ではこの降水帯の位置ずれは軽減された。最も降水帯の位置と強度をよく再現したのは解像度250mの実験であった。降水帯に対する境界層スキームの影響は小さく、この点は伊豆大島の事例と異なっていた。

本研究では対流コア数のモデル解像度依存性についても調査した。モデルの解像度に対する対流コア数の変化率は解像度500mで小さくなる事がわかった。この結果は、対流コア数は解像度500mより高解像度になると収束する可能性を示す。

竹村和人・向川 均：夏季におけるロスビー波の砕波と太平洋・日本パターンの持続メカニズム

Kazuto TAKEMURA and Hitoshi MUKOUGAWA: Maintenance Mechanism of Rossby Wave Breaking and Pacific-Japan Pattern in Boreal Summer

アジアジェットに沿った準定常ロスビー波束の伝播に伴う、日本の東海上におけるロスビー波の砕波及び太平洋・日本（Pacific-Japan: PJ）パターンの持続メカニズムを明らかにするため、長期再解析データを用いて、日本の東海上で発生した計44の砕波事例を対象として解析を行った。砕波及びPJパターンの持続日数に基づき分類した、持続事例及び非持続事例（それぞれ7事例ずつ）の合成図を比較した結果、持続事例におけるアジアジェット沿いの波束伝播は、より強くかつ持続することがわかった。また、持続事例における、より強い砕波は、北西太平洋亜熱帯域への高高位大気の強い侵入を通して、より強いPJパターンの発現をもたらす傾向が示された。さらに、持続事例における日本の東海上の高気圧偏差は鉛直方向に北傾する構造を維持し、対流圏下・中層では、PJパターンに対

応して強く張り出す太平洋高気圧の周縁に沿って、暖気移流偏差の強化がみられた。Qベクトルを用いた診断や偏相関解析より、対流圏中層における強い暖気移流は、日本～その東海上における断熱過程に伴う力学的上昇流の誘起と密接に関連することが示された。一方、北西太平洋亜熱帯域より太平洋高気圧の周縁に沿って流入する水蒸気は、日本～その東海上における水蒸気フラックスの収束偏差を強化し、非断熱過程に伴う上昇流偏差をもたらすことがわかった。相関解析より、これらの断熱及び非断熱過程と上昇流偏差との関連性は、ほぼ同程度と見積もられた。持続事例における強い上昇流偏差は、対流圏上層における渦管収縮に伴う負の渦度変化傾向を通して、砕波及びそれに関連したPJパターンの強化及び持続に寄与するとみられる。

原田やよい・遠藤洋和・竹村和人：西日本の大雨時における大気大循環場の特徴～平成30年7月豪雨との比較～

Yayoi HARADA, Hirokazu ENDO, and Kazuto TAKEMURA: Characteristics of Large-Scale Atmospheric Fields during Heavy Rainfall Events in Western Japan: Comparison with an Extreme Event in Early July 2018

本研究では、西日本で広範囲に発生した大雨イベントを引き起こす大規模な大気循環場の要因を明らかにすることを目的として、気象庁55年長期再解析を使用して西日本での過去の大雨イベント期間における大気循環場の合成図解析を行った。大雨期間における大気循環場は、朝鮮半島の対流圏上層におけるトラフ、日本の東の対流圏上層におけるリッジ、日本の南東の地上高気圧、および日本に向かって南西から流入する水蒸気フラックスによって特徴付けられる。また、シベリア上の寒帯前線ジェットに沿った準定常ロスビー波束伝播(RWPP)による明瞭な波列が、極端なイベントに先行してみられた。大気変動の時間スケールを分離した解析により、日本の南東の地上高気圧偏差は25～90日周期の変動成分が支配的であるのに対し、東シナ海(ECS)の地上低気圧偏差は8～25日周期の変動成分が支配的であることが分かった。

次に2018年7月上旬に発生した極端な大雨イベント

(HR18)の大気循環場を調査した。HR18発生時の大気循環場の特徴は、合成図解析より得られた過去の他の大雨イベントの特徴とおおむね類似している。しかし、2018年6月下旬に亜熱帯ジェット(STJ)に沿って顕著なRWPPが発生し、日本の南東で地上高気圧が強化されたことは、合成図解析の特徴と異なる。また、STJに沿った顕著なRWPPによって引き起こされた砕波に関連して、日本の南で8～25日周期の低気圧性循環が発達し、ECSに向かって北西に伝播した後、日本に伝播した。このような高気圧および低気圧の発達が同時にみられたことが、西日本への南からの極端な水蒸気フラックスに寄与したと考えられる。さらにHR18では、朝鮮半島の対流圏上層におけるシャープな構造をしたトラフによっても特徴付けられ、このトラフは8日未満の周期の高周波変動成分が支配的だった。

岩切友希・渡部雅浩：多年ラニーニャ現象が夏季日本の気温に与える影響

Tomoki IWAKIRI and Masahiro WATANABE: Multiyear La Niña Impact on Summer Temperature over Japan

赤道中東部太平洋の海面水温偏差が負となるラニーニャ現象はしばしば2年以上持続することが知られており、多年ラニーニャ現象と呼ばれる。経験的に、ラニーニャ発生時に日本では暑夏寒冬になりやすいことが知られているが、多年ラニーニャ現象の気候影響はよく理解されていない。本研究では、多年ラニーニャ現象が日本の気温に与える影響を観測データ、大気再解析データ、全球大気モデルによる大規模アンサンブル実験データを用いた合成図解析および、線形大気モデル実験によるメカニズムの調査を行った。

解析の結果、多年ラニーニャ現象が最盛期を迎える年の夏において、日本では1年目と2年目どちらも暑夏傾向を示すが、そのメカニズムは異なっており、暑夏傾向には大きな時間・領域依存性があることが明らか

かとなった。1年目のラニーニャ現象の夏では晩夏(8月から10月)に南西日本が、2年目には盛夏(6月から8月)に北東日本が高温傾向を示した。これらはそれぞれ、大気下層循環場の変化による熱帯からの暖気移流、高圧偏差が北東日本を覆うことによる断熱圧縮で説明される。両者とも、ラニーニャ現象に伴う赤道中東部太平洋の負の海面水温偏差と降水偏差により直接的に強制されるものであったが、1年目と2年目の差異や季節依存性を理解するには、前年に発生したエルニーニョ現象の影響などを考慮する必要がある。20世紀後半から現在にかけて観測されたラニーニャ現象の多くは多年現象の一部であることから、上記の成果は日本の季節予測可能性の向上に貢献することが期待できる。

田村健太・佐藤友徳：ユーラシア大陸東岸の地形強制に対する寒気内のメソスケール低気圧発生の応答
Kenta TAMURA and Tomonori SATO: Responses of Polar Mesocyclone Genesis to Topographic Forcing along the Eastern Coast of Eurasian Continent

日本海北部では寒気内のメソスケール低気圧 (PMC) が頻繁に発生する。本研究では、この地域の PMC の発生に及ぼす地形の影響を36冬期にわたる長期間の数値シミュレーションを用いて調査した。感度実験の結果、ユーラシア大陸東端の山岳地帯を除去すると、日本海北部の一部で PMC の発生が減少することが分かった。例えば、北海道西岸沖では山岳地形が無くなると PMC の発生が著しく減少するのに対し、間宮海峡における PMC の発生は変化しなかった。合成解析によると、この結果は山岳地形の除去に対する海上風の地域的な応答の違いに起因していると考えら

れる。山岳を除去した実験では、大陸からの寒気吹き出しが日本海に直接流入し、北海道西岸沖に強い西風をもたらす。その結果、PMC はより早く、成熟前に上陸する傾向が見られた。また、一様な西風は風の水平シアを弱めるとともに、南北の温度勾配を弱めるため、PMC の発生に負の影響を及ぼす。一方、間宮海峡では PMC 発生前の下層の風は山岳の影響を受けておらず、この領域の PMC の発生に対して地形効果は必要ないと考えられる。これらの結果は、地形強制に対する PMC の応答が地域的に多様であることを示している。

川添 祥・藤田実季子・杉本志織・岡田靖子・渡辺真吾：20km メッシュ大規模アンサンブル実験を用いた北東日本における極端低温日の将来変化予測

Sho KAWAZOE, Mikiko FUJITA, Shiori SUGIMOTO, Yasuko OKADA, and Shingo WATANABE: Projected Changes of Extremely Cool Summer Days over Northeastern Japan Simulated by 20km-mesh Large Ensemble Experiment

本研究では、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) による大規模アンサンブル実験を使用し、北東日本で夏季 (6月-8月) に発生する極端低温日 (ECD) の将来変化を自己組織化マップ (SOMs) 分類で検証した。将来の ECD に対する将来気候変化の影響を調べるために二つの SOMs、すなわち、気候モデルの再現性の検証においては JRA-55 と d4PDF の海面気圧で学習させた SOMs、気候変動の影響評価においては d4PDF 過去、2 K 昇温、4 K 昇温実験の海面気圧で学習させた “master” SOM を作成した。再現性検証に用いた SOMs からは、JRA-55 と d4PDF との間で夏季の気候的な循環場及び ECD が同様の頻度で出現した。さらに、ECD が高頻度で発生したノードにおいて地上気温偏差と地上水平風を合成し比較したところ、全抽出日および ECD 発生日の双方においてそれぞれ良く再現されており、特に ECD の発生要因としては高緯度か

ら北東日本に移流してくる強い南西風 (ヤマセ) の出現が確認された。“master” SOM を用いた将来変化の検証では、ECD の発生に好都合な循環場の変化は 2 K 昇温実験よりも 4 K 昇温実験で顕著にみられた。ECD 発生頻度の将来変化として、東日本周辺にみられる強い低気圧とやや強いオホーツク海高気圧が同時発生しているパターンでは増加傾向を、非常に強いオホーツク海高気圧または太平洋高気圧の西への張り出しが卓越するパターンでは減少傾向を示すことが示唆された。ECD 強度の将来変化を明らかにするために、下層大気の温度移流についても調べた。循環場の違いによって ECD 強度が異なるものの、過去・将来実験共に、ECD の発生しやすい循環場においては非常に強い寒気移流が検出される。しかし、将来気候で見られる寒気移流は現在気候と比較して弱く、それに伴い ECD 強度も低下する。これは将来東日本周辺で弱化する温度勾配に起因する。

山口宗彦・前田修平：太平洋十年規模振動と地球温暖化の影響による9月の中緯度帯における台風の移動速度の鈍化

Munehiko YAMAGUCHI and Shuhei MAEDA: Slowdown of Typhoon Translation Speeds in Mid-latitudes in September Influenced by the Pacific Decadal Oscillation and Global Warming

地球温暖化はすでに世界中の気象・気候に影響を与えており、気候変動が熱帯低気圧に与える影響を理解するために様々な研究が行われている。熱帯低気圧の移動速度が遅くなるとその影響を受ける時間が長くなることから、熱帯低気圧の移動速度は特に重要な要素である。本研究では、観測データに基づいて、北西太平洋中緯度において、熱帯低気圧の移動速度が過去40年間で9月に著しく低下していることを明らかにした。過去の実際の温暖化がある気候条件と、温暖化がなかったと仮定した気候条件のそれぞれのシミュレ-

ーション結果に基づくと、太平洋十年規模振動と地球温暖化が移動速度の鈍化の主な原因であることがわかった。この二つの要因は、日本の西側で偏西風帯に高気圧性偏差を生じさせ、この高気圧性偏差が緯度方向のジオポテンシャル高度の勾配を緩め、熱帯低気圧を移動させる環境風を弱めている。さらに、将来の温暖化を想定したシミュレーションでは、地球温暖化により熱帯低気圧を移動させる環境風が一層弱くなり、秋の熱帯低気圧の移動速度が遅くなることが示された。