

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

第96巻 第6号 2018年12月号 目次と要旨

論文

和田章義・小山 亮：大気波浪海洋結合モデルによりシミュレートされた2016年台風第10号（ライオンロック）衰弱期における対流バーストと強度変化の関係†	489-509
伊東瑠衣・青柳暁典・堀 直登・大泉三津夫・川瀬宏明・大楽浩司・清野直子・佐々木秀孝：SPUC モデルへの積雪スキーム導入による日本の都市における積雪再現の改善	511-534
門屋寿樹・増永浩彦：対流雲自発的凝集化の新たな指標：方法論および事例解析	535-548
伊藤享洋・西本秀祐・金久博忠：準地衡風系における方位角波数1の渦 Rossby 波の成長	549-564
福井 真・岩崎俊樹・斉藤和雄・瀬古 弘・國井 勝：従来型観測のみを同化する日本域を対象とした高解像度領域再解析の力学的ダウンスケールの代替としての可能性についての研究	565-585
山下陽介・直江寛明・井上 誠・高橋正明：冬季から初夏における南半球大気の成層圏赤道準2年周期振動（QBO）に対する応答	587-600
学会誌「天気」の論文・解説リスト（2018年9月号・10月号）	601
英文レター誌 SOLA の論文リスト（2018年121-158）	602
気象集誌次号掲載予定論文リスト	603
第96巻（2018）総目次	609-613
索引：A. 著者別索引	615-626
索引：B. 主題別索引	627-629

.....◇.....◇.....◇.....

和田章義・小山 亮：大気波浪海洋結合モデルによりシミュレートされた2016年台風第10号（ライオンロック）衰弱期における対流バーストと強度変化の関係

Akiyoshi WADA and Ryo OYAMA: Relation of Convective Bursts to Changes in the Intensity of Typhoon Lionrock (2016) during the Decay Phase Simulated by an Atmosphere-Wave-Ocean Coupled Model

2016年台風第10号（Lionrock）は、北日本の太平洋側に上陸した。興味深い現象の1つとして、8月31日に上陸する前、台風の衰弱期において連続した深い対流（対流バースト）が生じたことが挙げられる。Lionrockはその移動経路に沿って海面水温の低下を生じさせていたにも関わらず、その強度は維持され

た。この台風強度変化に対する対流バーストの影響を海洋との相互作用の観点で調べるため、3 km メッシュの大気波浪海洋結合モデルにより数値シミュレーションを実施した。シミュレーションにより得られた台風は比較的速い移動速度をもち、非対称構造を維持した。台風の接線風速と地表面摩擦により海面付近に

† 特集号「2015年と2016年の台風」

て台風中心方向に流入する風の合流により収束域が形成されること、及びその収束域の北側で対流バーストが生じたことをモデルは良好に再現した。台風による海面水温低下は内部コア内の大気海洋間の潜熱フラックスを減少させる一方、下部対流圏における水平および上向き水蒸気フラックスは収束域付近で局所的に増加していた。対流バーストに関わる上向き水蒸気フラックスは、上流側の中上層対流圏における対流加熱を増加させ、上流側の対流圏下層で気圧傾度力は増加することとなった。これにより、衰弱期かつ海面水温

が低下している状況においても、最大風速と中心気圧は維持された。海洋結合の影響に関する感度実験を実施した結果、結合モデルを用いない場合、台風前面にて上向き水蒸気フラックス及び対流バーストの頻度が増加した。このことは中緯度においても海洋環境場によっては台風の最大風速が局所的に強まる可能性があることを示唆する。つまり対流バーストの頻度及び分布は海洋の状態に敏感であり、台風進路及び最大風速の予測に影響を与えるものと考えられる。

### 伊東瑠衣・青柳暁典・堀 直登・大泉三津夫・川瀬宏明・大楽浩司・清野直子・佐々木秀孝：SPUC モデルへの積雪スキーム導入による日本の都市における積雪再現の改善

Rui ITO, Toshinori AOYAGI, Naoto HORI, Mitsuo OH'IZUMI, Hiroaki KAWASE, Koji DAIRAKU, Naoko SEINO, and Hidetaka SASAKI : Improvement of Snow Depth Reproduction in Japanese Urban Areas by the Inclusion of a Snowpack Scheme in the SPUC Model

都市における積雪・融雪過程の高精度での再現は、積雪のある都市域での信頼度の高い気候変動情報を提供する上で重要である。気象庁の領域モデルでは、都市の大気場を再現するため、Square prism urban canopy (SPUC) モデルと呼ばれる都市キャノピーモデルを実装できる。しかし、これまでのSPUCでは積雪過程を再現することができなかった。そこで本研究では、SPUCに積雪スキームを導入することでSPUCの機能を拡張させ、この拡張したSPUCと単純な植生モデル (iSiB) を使って日本の都市域における積雪を再現し、観測値との比較によって、その再現性を評価した。積雪スキームには2つの方法を用いた。1つ目の診断法 (sSPUCdgn) では、雪温と融雪量・凍結量の算出に経験係数を用い、また熱フラックスの算出にはペンマン法を用い、2つ目の予測法 (sSPUCprg) では、バルク式で求めた熱フラックス

から雪温を求める。どちらのスキームでも積雪の季節変化および年最大積雪深を精度良く再現できるが、積雪層内における現実に沿った物理過程を考慮する際には、sSPUCprgの使用が必要である。積雪の季節変化の再現性は、iSiBに比べてsSPUCprgで良好であり、誤差は20%まで小さくなった。iSiBで積雪を過大評価した期間には、日平均気温で1°C以上の低温バイアスが見られ、これは雪面温度の過剰な低下に起因する。一方、sSPUCprgでは、雪面温度の計算法の違い、そして積雪のない温められた建物の壁面によって低温バイアスが軽減し、その結果として、積雪の再現が改善した。sSPUCprgは、降雪と積雪の季節変化間の関係を観測での関係に近づけ、その季節変化間の相関係数を増大させた。したがって、拡張したSPUCを用いることで、積雪を正確に再現するためには、降雪の再現精度がより重要になってくる。

### 門屋寿樹・増永浩彦：対流雲自発的凝集化の新たな指標：方法論および事例解析

Toshiki KADOYA and Hirohiko MASUNAGA : New Observational Metrics of Convective Self-Aggregation : Methodology and a Case Study

対流雲自発的凝集化 (convective self-aggregation) の兆候を検出する新たな観測基準として、衛星画像上の対流雲の簡易な形態診断に基づき客観的に自発的凝集化の兆候を検出する指標 (morphological

index of convective aggregation : MICA) を開発する。この指標を気象衛星 Meteosat-7 赤外画像に適用するとともに、CINDY2011 (Cooperative Indian Ocean Experiment on Intraseasonal Variability in

the Year of 2011), DYNAMO (Dynamics of Madden-Julian Oscillation), AMIE (Atmospheric Radiation Measurements Madden-Julian Oscillation Investigation Experiment) 観測実験から得られた熱帯大気サウンディング観測網データを用いて評価する。観測期間内における降水現象はMICAにより「凝集イベント」と「非凝集イベント」に分類し、サウンディング観測網に基づく大規模熱力学場の解析により両者の違いを検証する。凝集イベントについて

は、コンポジット時系列は降水ピーク時とそれ以前の6-12時間において乾燥化を示す。このような乾燥化は非凝集イベントでは不明確である。さらに、水蒸気収支解析の結果として、凝集イベントでは隣接する2つのサウンディング観測網間で大きな違いが見られるのに対し、非凝集イベントではそのような非対称的特徴は見られない。これらの結果は、現実大気における自発的凝集化を調査する研究において、提案された指標が潜在的に有用であることを示している。

### 伊藤享洋・西本秀祐・金久博忠：準地衡風系における方位角波数1の渦 Rossby 波の成長

Takahiro ITO, Shusuke NISHIMOTO, and Hirotada KANEHISA : Growing Vortex Rossby Waves with Azimuthal Wavenumber One in Quasigeostrophic System

軸対称な基本渦の上の方位角波数1の渦 Rossby 波 (VRW) の指数関数的な成長は、順圧系では不可能であるが準地衡風系では可能となることを解析的に示す。

Rayleigh 条件と Fjórtoft 条件が満たされれば VRW は指数関数的に成長する。Rayleigh 条件の成立は、異なる半径にある水平方向に並んだ二つの VRW が、互いに逆向きに伝播（ここで「伝播」は「流体に相対的な伝播」を表す）することを意味し、そして Fjórtoft 条件の成立は基本渦による反時計回りの移流の分布が、二つの VRW の位相固定を可能とすることを意味する。このとき VRW の間に強い相互作用が可能となり、その結果、VRW は指数関数的に成長する。

的に成長する。

順圧系では、Rayleigh 条件を満たすことはできても、波数1では互いに逆向きの伝播が強すぎて位相固定は起こらず、指数関数的な成長は起こらない。

準地衡風系では、第一傾圧モードの上層と下層の VRW は、大きさが等しく逆符号である。この傾圧構造により、水平方向に並んだ二つの VRW の逆向き伝播は、上下の VRW の鉛直相互作用によって弱められる。その結果、水平方向に並んだ二つの VRW の位相固定が可能となり、指数関数的な成長が可能となる。準地衡風系で VRW の線形問題を解析的に解くことにより、実際に指数関数的な成長が可能であることを示す。

### 福井 真・岩崎俊樹・斉藤和雄・瀬古 弘・國井 勝：従来型観測のみを同化する日本域を対象とした高解像度領域再解析の力学的ダウンスケールの代替としての可能性についての研究

Shin FUKUI, Toshiki IWASAKI, Kazuo SAITO, Hiromu SEKO, and Masaru KUNII : A Feasibility Study on the High-Resolution Regional Reanalysis over Japan Assimilating Only Conventional Observations as an Alternative to the Dynamical Downscaling

従来型観測のみを同化する領域再解析について、力学的ダウンスケールに代わり、過去約60年に渡って三次元高解像度大気場を均質に推定する手法としての可能性を検討した。力学的ダウンスケールにはよく用いられているものが二種類あるが、それぞれ問題を抱えている。一方は、長期間連続的に時間積分を行うものであるが、総観場を再現できず、降水分布がずれてしまうことが多い。もう一方は、定期的に再初期値化を

行うものであるが、スピンアップの問題により降水量を過小評価しがちである。こうした問題に長期間の均質性を保ちながら対応するために、従来型観測のみを同化する領域再解析を提案する。本研究は、長期再解析を実施する前に、特に夏季の降水に着目しつつ一カ月間の実験を通じ、従来型観測のみを同化する領域再解析について検討した。

領域再解析システムは、地上気圧及びラジオゾンデ

による高層観測を、気象庁非静力学モデル及び局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を用いて同化した。気象庁55年長期再解析に対して、一方向二重ネスティングを適用し、東アジア域を水平格子間隔25 kmで、さらに、日本とその周辺域を水平格子間隔5 kmで覆うように設定した。

領域再解析は、二種類の力学的ダウンスケール手法がそれぞれ持つ問題点を大きく改善した。領域再解析は、個々の総観場を精度よく再現し、降水パターンの精度も向上した。さらに、現実的な空間変動度や降水強度の再現性向上も見られた。水平解像度を5 kmに高めることで、低解像度の再解析に対して、強雨頻度の再現及び局地循環や日射といった地形の影響を大きく

受けた地域スケールの特徴的な場の分布が改善した。

感度実験を通じて、長期領域再解析システムのための最適化をNHM-LETKFに対して行った。JRA-55に対して経験的直交関数解析を行い生成した側面境界摂動を導入することで、計算資源を節約しながら、安定した解析ができることを確認した。アンサンブルメンバー数は少なくとも30は必要である。更に少なくすると解析精度の悪化が見られた。解析を行う際の第一推定値として、一般的にLETKFでは摂動メンバーによる予報のアンサンブル平均が用いられるが、解析からの決定論的予報を用いることで、大気場の空間変動度や降水強度をより現実的な量で扱うことができるようになった。

### 山下陽介・直江寛明・井上 誠・高橋正明：冬季から初夏における南半球大気の成層圏赤道準2年周期振動 (QBO) に対する応答

Yousuke YAMASHITA, Hiroaki NAOE, Makoto INOUE, and Masaaki TAKAHASHI: Response of the Southern Hemisphere Atmosphere to the Stratospheric Equatorial Quasi-Biennial Oscillation (QBO) from Winter to Early Summer

1960～2010年の期間のJRA-55再解析データを使用して、南半球冬季から初夏にかけての南半球中高緯度大気循環への成層圏赤道準2年周期振動 (QBO) の影響を調べた。南半球における極渦の東西風速の変動に対して、等価実効成層圏塩素 (EESC)、中部成層圏に極値を持つQBO、下部成層圏に極値を持つQBO、太陽活動、エルニーニョ・南方振動 (ENSO)、火山噴火の項を説明変数とした重回帰分析をおこない、重要な要因を特定した。南半球極渦変動に対するENSOの寄与が初冬 (6月)～真冬 (7月) に大きいこと、中部成層圏に極値を持つQBOの寄与が春季 (9～11月)～初夏 (12月) に大きいことが示された。

中部成層圏QBOと下部成層圏QBOの回帰係数の解析により、季節進行の中で南半球冬季から初夏にか

けてそれらが南半球極渦に影響を与えることが示唆された。影響を与える経路として可能性のあるものの1つとして、中部成層圏QBOが子午面循環を誘発することで低緯度域の南半球大気応答を引き起こし、さらに高緯度域の応答をもたらすというプロセスがある。これにより極夜ジェット (PNJ) の下降が、QBO西風年の晩冬 (8月) から春季 (9～11月) に高緯度域 (60°S付近) で遅くなり、結果的に南半球春季において成層圏から対流圏の西風を強化しやすくなる。もう1つの可能性として、下部成層圏QBOに伴う応答があり、南半球晩冬において中高緯度域の対流圏から成層圏への惑星波の上向き伝播の増大が引き起こされる。これはその時期に極夜ジェットが弱まる傾向と整合的である。