

2017 年度正野賞の受賞者

受賞者：小坂 優（東京大学先端科学技術研究センター）

研究業績：熱帯大気海洋結合変動がもたらす気候影響のメカニズムと予測可能性の研究

選定理由：エルニーニョ・南方振動（ENSO）に代表される熱帯大気海洋結合変動は、大気循環を変え世界各地の天候に影響する。この遠隔影響は各地に異常気象をもたらす一方で、熱帯海洋変動のゆっくりした時間発展は季節予測を可能にする。小坂 優氏は、熱帯大気海洋系の年々変動から数十年変動までの様々な時間スケールの変動が駆動する大気循環偏差と、それを介した遠隔気候影響及び季節予測可能性について重要な研究業績を挙げてきた。

第 1 に、小坂氏は熱帯太平洋結合変動がもたらす全球気候影響と放射強制力に起因する気候変化の關係に着目し、地球温暖化の十年規模の加減速メカニズムの解明に本質的な進展をもたらした。温室効果ガス濃度の急速な上昇にも拘わらず 1990 年代末から 2010 年代前半にかけて全球平均地表温度上昇が顕著に減速し近年注目を浴びたが、指摘された様々な要因の定量的寄与は不明であった。小坂氏は、大気海洋結合モデルにおいて、放射強制力に加え、熱帯太平洋における大気海洋結合変動の時間発展を観測履歴に一致させる数値実験手法を考案し、これにより温暖化停滞の再現に成功するとともに、熱帯太平洋に内在する十年規模変動の全球影響により観測された温暖化停滞をほぼ説明できることを明らかにした [業績 1]。さらにこの実験を 19 世紀末以降の地球温暖化の再現と要因分析に応用し、階段状に進んできた全球平均温度上昇の加減速のタイミングを熱帯太平洋変動が決めてきたことを示した [業績 2]。これらの研究で小坂氏が考案した数値実験手法は「ペースメーカー実験」と呼ばれる。地球温暖化の要因分析において、同実験は気候系の内部変動の寄与をその地域性・季節性を含めて定量化することを可能にする科学的有用性を有し、第 6 次結合モデル相互比較計画（CMIP6）の実験規約の 1 つに採用されたのは特筆に値する。

第 2 に、小坂氏は熱帯域の経年変動に由来する遠隔影響のメカニズムの解明とそれに基づく季節予測可能性に関しても多数の成果を上げてきた。特に我が国に夏季異常気象をもたらす「太平洋-日本（PJ）遠隔影響パターン」について、フィリピン付近の積雲対流偏差に励起されたロスビー波列と見做す従来の解釈を覆し、背景場との力学的及び湿潤相互作用により自らを維持する大気内部変動モードという新解釈を提示し [業績 3]、さらに同パターンが水平温度移流偏差により梅雨前線活動を変化させるメカニズムも明らかにした [業績 4]。また同パターンが ENSO 衰退年の夏季に発達する傾向が知られていたが、ペースメーカー実験と季節予測モデルに基づき、小坂氏は熱帯インド洋・熱帯北西太平洋の海盆間に働く大気海洋フィードバックにより PJ パターンが自らを維持しようとする「インド洋-PJ 結合モード」を見出し、ENSO が衰退期に同モードを励起するという新たな描像を提示した [業績 5]。加えて、このモードがもたらす東アジア夏季天候の季節予測可能性が、より予測困難なシルクロード遠隔影響パターンにより制限されることも示した [業績 6]。その他、結合モデルによる気候再現実験における夏季北西太平洋気候平均場の最大バイアスが PJ パターンに似た構造をもち、さらに将来の温暖化に伴って東アジアに冷夏をもたらす PJ パターンが現れ易くなる傾向も見出した [業績 7]。これらの研究成果は我が国を含む東アジア域の夏季異常気象のメカニズムの理解を大きく進展させ、近年急速に発展する東アジアモンスーン変動の研究を牽引している。

このように小坂氏は、熱帯大気海洋変動がもたらす気候影響に関し、国際的に高く評価される重要な成果を多数挙げてきた。それを可能にしたのは小坂氏の気候力学に関する深い理論的洞察とそれに基づく斬新な数値実験やデータ解析・力学診断の発想力であり、今後の更なる発展も十分期待される。

以上の理由により、日本気象学会は小坂 優氏に 2017 年度正野賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Kosaka, Y. and S.-P. Xie, 2013: Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. *Nature*, 501, 403-407.
2. Kosaka, Y. and S.-P. Xie, 2016: The tropical Pacific as a key pacemaker of the variable rates of global warming. *Nature Geosci.*, 9, 669-673.
3. Kosaka, Y. and H. Nakamura, 2010: Mechanisms of meridional teleconnection observed between a summer monsoon system and a subtropical anticyclone. Part I: The Pacific-Japan pattern. *J. Climate*, 23, 5085-5108.
4. Kosaka, Y., S.-P. Xie and H. Nakamura, 2011: Dynamics of interannual variability in summer precipitation over East Asia. *J. Climate*, 24, 5435-5453.
5. Kosaka, Y., S.-P. Xie, N.-C. Lau and G. A. Vecchi, 2013: Origin of seasonal predictability for summer climate over the Northwestern Pacific. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110, 7574-7579.
6. Kosaka, Y., J. S. Chowdary, S.-P. Xie, Y.-M. Min and J.-Y. Lee, 2012: Limitations of seasonal predictability for summer climate over East Asia and the Northwestern Pacific. *J. Climate*, 25, 7574-7589.
7. Kosaka, Y. and H. Nakamura, 2011: Dominant mode of climate variability, intermodel diversity, and projected future changes over the summertime western North Pacific simulated in the CMIP3 models. *J. Climate*, 24, 3935-3955.

2017 年度正野賞の受賞者

受賞者：國井 勝（気象庁予報部数値予報課）

研究業績：データ同化およびアンサンブル予測によるメソスケール顕著現象の予測精度向上と予測可能性に関する研究

選定理由：数値予報モデルの予測精度は近年大きく改善してきているものの、災害につながる台風や豪雨などのメソスケール顕著現象の予測はまだ必ずしも十分ではない。これら現象は、数値モデルの初期値の僅かな違いにより予測結果が大きく変わる場合があり、データ同化に基づく初期値の改善や予報誤差の定量的な見積もりが重要である。

國井 勝氏は平成 15 年度から気象研究所台風研究部と予報研究部（平成 22, 23 年度は米国メリーランド大学）において、これらの問題に対し、「データ同化による決定論的予測の精度向上」および「アンサンブル予測による顕著現象の予測可能性」といったアプローチで研究を進めてきた。國井氏はまず、メソスケール気象予測におけるアンサンブル予報の適用を目的とし、気象庁非静力学 4 次元変分法で用いられている接線形モデルとアジョイントモデルを用いたメソ特異ベクトル法の開発を行った。WMO の世界天気研究計画（WWRP）北京オリンピック 2008 研究開発プロジェクト（B08RDP）におけるメソアンサンブル予報の国際比較実験 [業績 1, 2] に参加し、各種初期値摂動手法の特徴などを明らかにするとともに、メソスケールアンサンブル予報が強雨の短時間予測に効果的であることを示した。これらの研究成果は、気象庁の現業メソアンサンブル予報の開発にも貢献しており、2014 年 2 月に気象庁気象研究所から所長表彰を受けている。

國井氏はまた、データ同化による決定論的予測の精度向上に関連して、高解像度・高精度の初期値を作成することで、台風の発生・発達を含めた予測の改善を試みた。2008 年にミャンマーに甚大な被害をもたらしたサイクロン・ナルギスを対象としたデータ同化実験では、気象庁メソ 4 次元変分法を熱帯域で動作するよう改良して台風ポーガスや地上 GPS 可降水量を同化することにより、現実的なサイクロンの経路や強度を再現できることを示した [業績 3]。2007 年台風第 5 号を対象とした実験では、GPS 掩蔽データの同化による水蒸気場の改善により台風の発生・発達予測が改善することを示し、台風予測に対する高解像度データ同化、および GPS 掩蔽データの有効性を実証した [業績 4]。

國井氏は、2010 年より非静力学メソモデルを用いた局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）の開発を行って、大雨や台風といった顕著現象の予測改善に取り組んできた。平成 24 年 7 月九州北部豪雨について、LETKF を用いたデータ同化実験、京コンピュータを用いたアンサンブル予報実験を実行し、アンサンブルデータ同化の顕著現象予測に対する有用性を示すとともに、メソアンサンブル予報に基づく降水確率予測やシナリオ予測について先駆的な研究成果を示した [業績 5]。また京コンピュータを用いた 1000 メンバーアンサンブルデータ同化実験を行い、誤差共分散構造の変化や共分散局所化、膨張手法の必要性、および予測精度への影響についても調べている [業績 6]。2015 年 9 月の関東・東北豪雨事例では、ひまわり 8 号の高頻度大気追跡風データを同化することで、下層風の収束が改善され現実に近い大雨が再現されること、アンサンブル予報に基づく降水確率予測で、24 時間前から大雨発生を予見できる可能性があることを示した [業績 7]。また、LETKF を用いた台風初期値化に関しては、中心気圧データの同化手法の違いによる台風予測への感度調査や、

強風半径データの同化手法の開発を行った [業績 8]。さらに、アンサンブルデータ同化に基づく数値予報への観測インパクト研究にも携わり、T-PARC などの国際キャンペーンで得られた特別観測データを用いた実証実験を行っている [業績 9]。またアンサンブルデータ同化において海面水温摂動を与えることで、大気下層の誤差共分散構造が変化し、台風進路・強度予測に正のインパクトがあることを示した [業績 10]。さらに、大気海洋混合層結合モデルを用いたアンサンブルデータ同化システムを開発して、ひまわり 8 号の海面水温データの同化を行い、台風の進路・強度予測改善に対する大気・海洋結合データ同化の有効性を示した [業績 11]。

國井氏は、データ同化およびアンサンブル予測によるメソスケール顕著現象の予測精度向上と予測可能性に関して、新規性に富む多くの研究開発を行っており、その成果は今後の有力な手段として国際的にも注目されている。

以上の理由により、日本気象学会は國井 勝氏に 2017 年度正野賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Kunii, M., K. Saito, H. Seko, M. Hara, T. Hara, M. Yamaguchi, J. Gong, M. Charron, J. Du, Y. Wang and D. Chen, 2011: Verification and intercomparison of mesoscale ensemble prediction systems in the Beijing 2008 Olympics Research and Development Project. *Tellus*, 63A, 531-549.
2. Kunii, M., K. Saito and H. Seko, 2010: Mesoscale data assimilation experiment in the WWRP B08RDP. *SOLA*, 6, 33-36.
3. Kunii, M., Y. Shoji, M. Ueno and K. Saito, 2010: Mesoscale data assimilation of Myanmar cyclone Nargis. *J. Meteor. Soc. Japan*, 88, 455-474.
4. Kunii, M., H. Seko, M. Ueno, Y. Shoji and T. Tsuda, 2012: Impact of assimilation of GPS radio occultation refractivity on the forecast of Typhoon Usagi in 2007. *J. Meteor. Soc. Japan*, 90, 255-273.
5. Kunii, M., 2014: Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system. *Wea. Forecasting*, 29, 1093-1105.
6. Kunii, M., 2014: The 1000-member ensemble Kalman filtering with the JMA nonhydrostatic mesoscale model on the K computer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92, 623-633.
7. Kunii, M., M. Otsuka, K. Shimoji and H. Seko, 2016: Ensemble data assimilation and forecast experiments for the September 2015 heavy rainfall event in Kanto and Tohoku regions with atmospheric motion vectors from Himawari-8. *SOLA*, 12, 209-214.
8. Kunii, M., 2015: Assimilation of tropical cyclone track and wind radius data with an ensemble Kalman filter. *Wea. Forecasting*, 30, 1050-1063.
9. Kunii, M., T. Miyoshi and E. Kalnay, 2012: Estimating impact of real observations in regional numerical weather prediction using an ensemble Kalman filter. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 1975-1987.
10. Kunii, M. and T. Miyoshi, 2012: Including uncertainties of sea surface temperature in an ensemble Kalman filter: A case study of Typhoon Sinlaku (2008). *Wea. Forecasting*, 27, 1586-1597.

- 11 .Kunii, M., K. Ito and A. Wada, 2017: Preliminary test of a data assimilation system with a regional high-resolution atmosphere-ocean coupled model based on an ensemble Kalman filter. *Mon. Wea. Rev.*, 145, 565-581.