

## 2019 年度山本賞の受賞者決まる

**受賞者：道端 拓朗（九州大学応用力学研究所）**

**研究業績：** 数値気候モデルと衛星観測の複合利用によるエアロゾル・雲・降水相互作用に関する研究

**選定理由：** 大気中に浮遊するエアロゾルは、太陽・赤外放射の散乱・吸収を介して気候に影響を及ぼすだけでなく、雲の凝結核や氷晶核の役割を通して雲の微物理・光学特性、さらに降水特性へも影響を及ぼす。しかし、エアロゾル・雲・降水相互作用はプロセスが非常に複雑であり、気候を大きく左右する水循環やエネルギー収支に対する影響のメカニズムは未だ定量的に明らかになっておらず、その結果、気候の将来予測における最大の不確実要因の一つとなっている。

エアロゾル・雲・降水相互作用の理解が遅れてきた主因には、その素過程に関する情報が著しく欠如していたことが挙げられる。道端氏は、エアロゾル・雲相互作用が降雨生成や安定度で特徴づけられる雲のレジームにどのように依存するかに着目し、人工衛星搭載の受動型センサである撮像分光放射計と能動型センサである雲レーダーを複合的に組み合わせることで、雲タイプや環境場を拘束した解析を実施した。その結果、エアロゾルが雲寿命を延ばす効果は層積雲レジームでは強く見られる一方、大気が熱力学的に不安定なレジームでは、エントレインメントと雲粒径減少の効果が雲水の蒸発を促進し、正味で雲量の減少に寄与することを明らかにした。また、気候モデルではこのようなエアロゾル・雲相互作用のレジーム依存性を捉えられていないために、エアロゾル・雲相互作用を過大評価してしまうこと、その主因の一つが気候モデルにおける降水粒子の簡便な取り扱いにあることを指摘した（論文1）。

これを踏まえて、道端氏は、降雨・降雪粒子を陽に予報して水蒸気・雲水・雲氷・降雨・降雪の相互作用を精緻に表現する新しい「予報型降水スキーム」を開発し、エアロゾル気候モデル MIROC-SPRINTARS に導入した。これにより、雲水・雲氷だけではなく、降雨・降雪粒子も含む凝結生成物の大気中での濃度を従来型モデルに比べて衛星観測と整合的に表現できるようになったほか、雲・エアロゾル相互作用の過大評価傾向の軽減にも成功した。開発したスキームは、従来の気候モデルでは無視されてきた雨滴・雪片の放射効果の定量化も可能となった（論文2）。

道端氏は、衛星観測データの解析と気候モデルを複合したアプローチによって、エアロゾル・雲・降水相互作用のプロセスの一端を解明し、その表現に関して気候モデルが抱える系統的な誤差を明らかにした。その上で、この誤差を軽減するために、気候モデルにおいて大きな不確実性を伴う降水過程の表現について、観測情報に基づいて物理素過程レベルで高度化し、気候モデルの基盤的開発に大きく貢献した。

以上の理由により、日本気象学会は道端拓朗氏に 2019 年度山本賞を贈呈するものであ

る。

**授賞対象論文：**

1. Michibata, T., K. Suzuki, Y. Sato, and T. Takemura (2016), The source of discrepancies in aerosol-cloud-precipitation interactions between GCM and A-Train retrievals. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 15413–15424, doi:10.5194/acp-16-15413-2016.
2. Michibata, T., K. Suzuki, M. Sekiguchi, and T. Takemura (2019), Prognostic precipitation in the MIROC6-SPRINTARS: Description and evaluation against satellite observations. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 11, 839–860, doi:10.1029/2018MS001596.

**受賞者：横田 祥（気象庁予報部）**

**研究業績：**データ同化とアンサンブル予報を用いたスーパーセル竜巻の発生要因と予測に関する研究

**選定理由：**竜巻は米国ではハリケーンと並ぶ大きな気象災害の要因となっており、日本でも 2006 年には竜巻により 12 人の死者を生ずる大きな被害が起きている。強い竜巻のほとんどは、雲内に回転上昇気流（メソサイクロン）を持つ積乱雲であるスーパーセルによって発生するが、その回転源に関しては、環境風の鉛直シア、下降流周辺の水平温位勾配による傾圧的生成、地表面摩擦による鉛直シアという三つの異なる要因に伴う水平渦度の立ち上げによる仮説が提案されており、決着がつかない。一方、竜巻に関する防災情報としては、近い将来、数値モデルの予測結果に基づく警報等の実現への期待が高まりつつある。

横田氏は、2012 年 5 月 6 日に関東平野で発生した国内最強クラス（藤田スケールで F3）の竜巻をつくば市にもたらしたスーパーセルを、水平解像度 350m、33 メンバーのアンサンブル予報で予測した（論文 1）。このアンサンブル予報の初期値作成には、局所アンサンブル変換カルマンフィルター（LETKF）を用い、利用が難しい降雨レーダーデータや、これまで利用されたことの無い携帯電話基地局のデータを含む稠密地上観測（水平風・気温・相対湿度）も同化した。その結果、下層のメソサイクロン(LMC)が現実の竜巻の経路に近い位置に予測された。稠密地上観測とレーダー観測のいずれかを同化しないと LMC の位置はずれて予測されたこと、LMC の強度予測には、スーパーセル前方の下層収束と後方の下層水蒸気が重要であったことを示した。

横田氏はさらに同事例について、現実事例としては世界で初めてとなる十分な分解能(水平 50 m)での竜巻のアンサンブル予報を行った(論文 2)。その結果、複数メンバーで鉛直渦度  $1.0 \text{ s}^{-1}$  以上の竜巻が予測された。それぞれに対する解析から、循環の増減に対する傾圧的生成の寄与は小さく、地表摩擦の寄与が卓越していることが示された。しかし、これら起源の強さと竜巻の渦の強さの間には明瞭な関係は見られず、竜巻の強さはむしろ LMC の強さと下層の水蒸気量と相関が高かった。それは比較的粗い解像度のモデルで扱えるため、予

報の実現を期待させる成果と言える。

降雨レーダーデータの同化は、すべてのアンサンブルメンバーで降雨が予測されていない個所ではスプレッドがないために効果的でないという問題がある。横田氏はこの問題に取り組み、その時々に応じた大気場と降雨の相関から、レーダー反射強度のアンサンブル摂動を求めて足しこむという手法を考案した（論文3）。その結果、上記の事例や他の事例について、スーパーセルと降雨の予報がさらに改善することを示した。

以上の研究は、竜巻の発生ならびに強度の決まり方のメカニズムに迫るとともに、新たなデータ同化法の改良や同化に用いる新たなデータの開拓を通して、数値予報に基づく竜巻の警報等への道を拓く優れたものである。

以上の理由により、日本気象学会は横田祥氏に 2019 年度山本賞を贈呈するものである。

#### 授賞対象論文：

1. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and H. Niino (2016), The tornadic supercell on the Kanto Plain on 6 May 2012: Polarimetric radar and surface data assimilation with EnKF and ensemble-based sensitivity analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 144, 3133-3157.
2. Yokota, S., H. Niino, H. Seko, M. Kunii, and H. Yamauchi (2018), Important factors for tornadogenesis as revealed by high-resolution ensemble forecasts of the Tsukuba supercell tornado of 6 May 2012 in Japan. *Mon. Wea. Rev.*, 146, 1109-1132.
3. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato (2018), Improving short-term rainfall forecasts by assimilating weather radar reflectivity using additive ensemble perturbations. *J. Geophys. Res.: Atmos.*, 123, 9047-9062.