

日本気象学会 2015 年度正野賞

受賞者：山口宗彦（気象研究所）

研究業績：アンサンブル手法と特異ベクトル法による台風予測技術の開発と研究

選定理由：台風を含む熱帯低気圧の進路予報の精度は、数値予報モデルやデータ同化技術の改良、気象衛星などから得られる観測データの増加により、過去数十年の間に大きく改善した。しかし、数値予報には不可避の誤差が存在し、モデルの初期値の誤差が原因となって大きな予報誤差が生じる事例も依然として存在する。

山口氏は、台風を対象とするアンサンブル初期摂動の研究を行い、任意の領域で最大成長するという特徴をもつ特異ベクトルの性質に着目し、特異ベクトルが台風予報のためのアンサンブル初期摂動として有効であるかどうかを詳細に調査した。全球数値予報モデルの接線形モデル・随伴モデルから降水過程等の物理過程を含んだ特異ベクトルを算出してアンサンブル初期摂動を作成するプログラムを開発し、特異ベクトルの成長を評価するノルムや評価時間を最適化することにより、アンサンブルスプレッドが予報の信頼度情報として有益であること、またアンサンブル平均が台風の進路予報、特に4日、5日予報で極めて有効であることを明らかにした。山口氏が主担当者として開発した台風アンサンブル予報システムは、2009年から気象庁で現業運用されている。このシステムにより、それまで3日先までであった台風の進路予報が5日先まで延長され、また予報の不確実性を表す「予報円」の大きさがそれまでの統計的手法からアンサンブル予報に基づいて動的に決められるようになった（業績1）。

山口氏はその後、海外の数値予報センターが運用する複数のアンサンブル予報結果を収集してマルチセンターグランドアンサンブル予報の有効性を実証した（業績2）。山口氏は、「北西太平洋熱帯低気圧アンサンブル予報プロジェクト」と呼ばれる世界気象機関(WMO)のプロジェクトを主導しており、このプロジェクトのもとで公開されているマルチセンターアンサンブル手法による台風予報は、国内のみならず、東アジアを中心とした各国でも利用されている（業績3）。

山口氏は台風の予測可能性研究を通じて、気象学の発展にも多大な貢献を果たしてきている。中でも、台風を対象とする最適観測法の研究では、特異ベクトル法による感度解析に基づくデータ同化実験を行い、観測システム研究・予測可能性実験（THORPEX）が提唱する双方向型数値天気予報システムの有効性を実証し（業績4）、THORPEXの一環として行われた国際的共同観測実験（T-PARC）の実施に大きく貢献した。また、台風進路予報における数値予報モデルと初期値の影響について調べるとともに（業績5）、台風を対象とした特異ベクトルの特徴と台風の進路との関係を調査した研究（業績6,7）では、台風に対して算出される特異ベクトルの普遍的な性質を明らかにし、その力学特性の理解を深めた重要な基礎研究を行っている。

以上のように山口氏は、我が国にとって極めて重要な台風予報の分野でアンサンブル手法という新しい気象技術を実用化し、予測精度の向上と新しい予測情報の提供という観点から気象予測の高度化に大きく貢献した。また台風の観測、データ同化、予報、その利用に関して、特異ベクトル法を用いた優れた研究を行い、気象学の発展にも大きく貢献している。

以上の理由により、日本気象学会は山口宗彦氏に2015年度正野賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Yamaguchi, M., R. Sakai, M. Kyoda, T. Komori and T. Kadowaki, 2009: Typhoon Ensemble Prediction System developed at the Japan Meteorological Agency. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 2592-2604.
2. Yamaguchi, M., T. Nakazawa and S. Hoshino, 2012: On the relative benefits of a multicenter grand ensemble for tropical cyclone track prediction in the western North Pacific. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 138, 2019-2029.
3. Yamaguchi, M., T. Nakazawa and S. Hoshino, 2014: North Western Pacific Tropical Cyclone Ensemble Forecast Project. *Trop. Cyclone Res. Rev.*, 3, 193-201.
4. Yamaguchi, M., T. Iriguchi, T. Nakazawa and C.-C. Wu, 2009: An observing system experiment for Typhoon Conson (2004) using a singular vector method and DOTSTAR data. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 2801-2816.
5. Yamaguchi, M., T. Nakazawa and K. Aonashi, 2012: Tropical cyclone track forecasts using JMA model with ECMWF and JMA initial conditions. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L09801, doi: 10.1029/2012GL051473.
6. Yamaguchi, M., D. S. Nolan, M. Iskandarani, S. J. Majumdar, M. S. Peng and C. A. Reynolds, 2011: Singular vectors for tropical cyclone-like vortices in a nondivergent barotropic framework. *J. Atmos. Sci.*, 68, 2273-2291.
7. Yamaguchi, M. and S. J. Majumdar, 2010: Using TIGGE data to diagnose initial perturbations and their growth for tropical cyclone ensemble forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, 138, 3634-3655.

日本気象学会 2015 年度正野賞

受賞者：吉田幸生(国立環境研究所)

研究業績：温室効果観測技術衛星（GOSAT）のデータ品質の向上に関する研究

選定理由：大気中の温室効果気体の全球分布と変動を監視し、炭素循環や気候—炭素循環フィードバックのメカニズムを明らかにしていくことは、将来の気候予測の精度を向上させる上で極めて重要な課題である。そのため、世界各地で温室効果ガスの測定が行われてきているが、観測の空白地帯が多く存在し、この課題に十分対処できていないのが現状である。この問題を解決するため、宇宙から CO₂ や CH₄ の濃度を測定する温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）が 2009 年 1 月に打ち上られた。GOSAT の主センサーである TANSO-FTS は、短波長赤外（SWIR）に 3 バンド（0.76, 1.6, 2.0 μm）を有し、太陽光の地表面散乱光を観測することで CO₂ や CH₄ のカラム量の推定を行う。国立環境研究所では、この 3 バンドの観測スペクトルから CO₂、CH₄ のカラム量平均濃度（XCO₂、XCH₄）の導出（リトリーバルアルゴリズム開発）を担当している。

吉田幸生氏は、GOSAT 開発段階からリトリーバルアルゴリズムの開発・改良に従事し、GOSAT プロダクトのデータ品質向上に努めてきた。まず、吉田氏は、GOSAT 打ち上げ前に開発を進めてきたリトリーバルアルゴリズムの妥当性を確認するため、筑波山頂で TANSO-FTS のブレドボードモデルによって観測された 1.6 μm の太陽光地表面反射スペクトルから求めた CO₂ のカラム量と航空機による直接測定値が一致することを示した（業績 1）。GOSAT の打ち上げ後、吉田氏は、TANSO-FTS で観測された 1.6 μm の吸収スペクトル帯のみを用いて XCO₂ と XCH₄ を独立に算出し、大気輸送モデルの計算値と比較した結果、それらの緯度方向の傾きは類似しているが、GOSAT の値が過小評価であることを示した（業績 2）。そこで、誤差要因と考えられる雲やエアロゾルの影響を軽減するため、0.76 μm と 1.6 μm 帯の吸収スペクトルから地表面気圧と CO₂・CH₄ のカラム量などを同時推定することにした。この際、吉田氏は、GOSAT の雲・エアロゾルイメージャー（TANSO-CAI）による雲フラッグでは検出できない海上のサブピクセルサイズの小さな雲に対して TANSO-CAI の空間的なコヒーレンステストの結果を利用した（業績 3）。このリトリーバルアルゴリズムで処理された GOSAT プロダクト（Ver01.xx）をデータ品質の優れた地上設置の高分解能 FTS の観測網 TCCON データを用いて検証した結果、XCO₂ 及び XCH₄ の誤差のバイアスと標準偏差が共に改善されたことを示した。

次に、吉田氏は、TANSO-FTS SWIR のスペクトル輝度データを詳細に調べ、主センサーに経時変化のあることを発見した。そこで、GOSAT に搭載された拡散板のデータを用いて、その経時変化を補正した（業績 4）。さらに、吉田氏は、これまで使用している太陽照度データの見直しや、つくばにおける TCCON-FTS とライダーを用いた事例研究の成果を取り入れて、リトリーバルアルゴリズムの改善を行った。それを基に処理された GOSAT プロダクト（Ver02.xx）を TCCON データで検証した結果、XCO₂ の誤差のバイアスは -1.48 ppm、標準偏差は ±2.09 ppm、XCH₄ のバイアスは -5.9 ppb、標準偏差は ±12.6 ppb となり、Ver01.xx に比べて精度が大幅に改良された（業績 5）。これにより、GOSAT の XCO₂ と XCH₄ データの不確かさは 1 % 以下となり、これまでの衛星リモートセンシングでは通常考えられないほどの優れたデータ品質となった。その結果、地上観測データと GOSAT のデータを組み合わせた逆解析により、亜大陸規模の CO₂ や CH₄ のフラックスの推定精度が地上データだけを用いた場合に比べて向上し、GOSAT データによる応用研究も行われつつある。なお、吉田氏のこれらの論文は国際的に広く引用されている。

このように、吉田幸生氏は、GOSAT のデータ品質の向上に大きく寄与し、GOSAT データの利用や炭素循環の研究の進展に貢献した功績は非常に大きい。

以上の理由により、日本気象学会は吉田幸生氏に 2015 年度正野賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Yoshida, Y., H. Oguma, I. Morino, H. Suto, A. Kuze and T. Yokota, 2010: Mountaintop observation of CO₂ absorption spectra using a short wavelength infrared Fourier transform spectrometer. *Appl. Opt.*, 49, 71-79.
2. Yokota T., Y. Yoshida, N. Eguchi, Y. Ota, T. Tanaka, H. Watanabe and S. Maksyutov, 2009: Global concentrations of CO₂ and CH₄ retrieved from GOSAT: first preliminary results. *SOLA*, 5, 160-163. (*Yoshida, corresponding author).
3. Yoshida, Y., Y. Ota, N. Eguchi, N. Kikuchi, K. Nobuta, H. Tran, I. Morino and T. Yokota, 2011: Retrieval algorithm for CO₂ and CH₄ column abundances from short-wavelength infrared spectral observations by the Greenhouse gases observing satellite. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 717-734.
4. Yoshida Y., N. Kikuchi and T. Yokota, 2012: On-orbit radiometer calibration of SWIR bands of TANSO-FTS onboard GOSAT. *Atmos. Meas. Tech.*, 5, 2515-2523.
5. Yoshida, Y., N. Kikuchi, I. Morino, O. Uchino, S. Oschepkov, A. Bril, T. Saeki, N. Schutgens, G. C. Toon, D. Wunch, C. M. Roehl, P. O. Wennberg, D. W. T. Griffith, N. M. Deutscher, T. Warneke, J. Notholt, J. Robinson, V. Sherlock, B. Connor, M. Rettinger, R. Sussmann, P. A. Ahonen, P. Heikkinen, E. Kyro, J. Mendonca, K. Strong, F. Hase, S. Dohe and T. Yokota, 2013: Improvement of the retrieval algorithm for GOSAT SWIR XCO₂ and XCH₄ and their validation using TCCON data. *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 1533-1547.