

## 2010年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

受賞者：小坂 優(ハワイ大学国際太平洋研究センター)

対象論文：Kosaka, Y., H. Nakamura, M. Watanabe and M. Kimoto, 2009: Analysis on the dynamics of a wave-like teleconnection pattern along the summertime Asian jet based on a reanalysis dataset and climate model simulations. *J. Meteor. Soc. Japan*, 87, 561-580.

選定理由：夏季アジアモンスーンに伴い40°N付近に形成される対流圏上層のアジアジェットは、重畳する準停滞性波動擾乱により蛇行する。この擾乱は「シルクロードパターン」と呼ばれ、梅雨明け時の小笠原高気圧の強化をもたらす気候平均場の東西非一様成分として数年前に同定された。今日では、小笠原高気圧の勢力や梅雨前線の降水活動を変動させ、東アジアの夏季気候に影響する主要循環変動パターンの1つとされている。その力学特性の解明やその予測可能性に関する知見の蓄積は、梅雨明けや夏季天候など東アジアの中・長期予報精度の向上や温暖化した将来における夏季天候変動特性の予測に極めて重要である。初期の研究では、同パターンがアジアジェットを伝播する自由ロスビー波列と解釈された。その後の研究で、ジェットの僅かな東西非一様性が着目され、「ジェットから最も効率的に運動エネルギーを獲得し得る特定の東西位相の循環偏差が卓越する」との仮説が示されたが、そのエネルギー変換効率は低く、同パターンの卓越性を説明し得ないものであった。

対象論文で小坂氏は、気象庁再解析(JRA-25)の月平均データに経験直交関数(EOF)解析を適用し、アジア域対流圏上層の南北風に最も卓越する経年変動としてシルクロードパターンを抽出し、7・8月いずれにおいても特定の東西位相の変動パターンが有意に卓越することを示した。そして、同パターンの渦度偏差が上空ほど西傾する傾圧構造を示すことを発見し、傾圧的なアジアジェットの持つ有効位置エネルギーを極めて高い効率で変換し得ることを見出した。この傾圧エネルギー変換により自身を維持するという同パターンの「力学モード性」ともいべき実態を明らかにした。一方、観測される擾乱を東西方向に人為的に変位させた上で実施したエネルギー収支解析から、順圧的な運動エネルギー変換の

効率は傾圧エネルギー変換に比して無視できるほど低いものの、アジアジェットの僅かな東西非一様性を反映し、擾乱からジェットへの運動エネルギーの受渡しが最小となる東西位相の擾乱パターンが卓越するという「力学モード性」の特徴を見出した。

さらに、渦度方程式と熱力学方程式を、北半球夏季に観測される東西非一様な気候平均循環場の周りに線形化した全球傾圧モデル演算子の特異値分解解析を通じて、強制に対する系の定常応答として卓越し易い少数の力学モードの同定を試みた。その結果、観測されるシルクロードパターンに酷似した空間構造とエネルギー変換特性を有する擾乱が、7・8月とも第2特異モード(2番目に減衰し難いモード；第1モードは冬季に当たる南半球中緯度ジェット沿いの波動擾乱)として同定され、同パターンの「力学モード性」の数理的検証に初めて成功した。

対象論文においては、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第4次評価報告書」に用いられた24の気候モデルによる20世紀気候再現実験にも、その解析対象を拡大した。その結果、夏季アジアジェットの微妙な東西構造まで現実的に再現できる複数の気候モデルにおいては、シルクロードパターンに酷似し、同様の力学特性を具有する循環偏差が再現されることが確認された。気候平均場の再現性の高い気候モデルほどシルクロードパターンの構造の再現性も高いという傾向は、同パターンの「力学モード性」の反映と解釈された。また、気候モデルにおける同パターンの再現性を評価するための指標(metric)も提案された。

このように小坂氏は、対象論文において、観測データの解析や力学診断、現実的な線型循環モデル演算子の特異値分解解析、さらには気候モデルにおける再現性評価など多角的な研究手法を駆使し、アジア域の夏季大気循環変動に卓越するシルクロードパターンの力学特性の理解を本質的に深める画期的成果を挙げた。利用した線型全球傾圧モデルは共著者の渡部・木本両氏の開発によるが、その演算行列の特異値分解解析はその計算負荷のため従来は比較的低い空間解像度でしか実行できなかった。東西非一様な基本場に基づく線型演算子の特異値分解を、このような高い解像度(T42波数切断、鉛直20層)

で可能にし、南北幅の狭いアジアジェットに捕捉されるシルクロードパターンを力学モードとして同定できたのは、小坂氏の卓抜なプログラミング技法の賜物である。

以上の理由により、日本気象学会は小坂 優氏に2010年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。

**受賞者：**弓本桂也（九州大学応用力学研究所）

**対象論文：**Yumimoto, K., I. Uno, N. Sugimoto, A. Shimizu, Z. Liu and D. M. Winker, 2008 : Adjoint inversion modeling of Asian dust emission using lidar observations. *Atmos. Chem. Phys.*, **8**, 2869-2884.

**選定理由：**本論文で著した研究では、4次元変分同化手法を導入した新しいダスト輸送モデルを開発し、アジア内陸域からのダスト発生・輸送過程に対して地上ライダーネットワークの計測結果をデータ同化することで、発生量と発生域の逆推定を行い、開発された手法の有効性を示した。

自然現象や人間活動によって発生するダストや大気汚染物質は、気候変動に影響を及ぼすとともに、大気環境・海洋・土壌など多くの系に対して影響を与えている。このような大気中の物質の挙動や影響を理解するには、その発生から輸送・拡散・沈着といった一連の過程をとらえる必要があり、対流圏物質輸送モデル（CTM）を用いた数値シミュレーションが有効な手段の一つとなる。数値モデルに対するデータ同化手法の適用に関しては、海洋や気象学の分野で研究され高度化されてきた。しかし、物質輸送過程へのデータ同化手法の適用の歴史は浅い。従来、大気中の微量気体やエアロゾルの観測データは、主に単純な比較を通してCTMの精度の検証に使われてきただけであり、データ同化手法によるモデルと観測との統合化は不十分であった。

本論文の研究では、観測データを拘束条件とした4次元変分法を、領域気象モデルと結合した土壌性ダストの発生・移流・拡散・除去過程へ適用し、アジア域のダスト現象のシミュレーションへ初めて導入した。その結果は、データ同化に利用しなかった地上観測データやNASA/CALIPSO衛星に搭載されたライダーによる計測結果を用いて、アジアの広域規模で詳細に比較され、数値モデルによるダスト分布の再現性が大きく向上することが確認された。特に、CTMでは排出量の見積もりがシミュレーションの精度を大きく左右するが、本論文の研究では、数値モデルと大気中のダスト観測を融合させることにより、ダストの発生源強度およびその分布を4次元変分法を用いて逆推定する手法を確立した。また、本論文で開発された手法は、他のダストイベントにも適用され、その結果得られたダストの排出量および3次元分布はアジア域のダストの発生・輸送過程の解明に大きく寄与している。なかでも、春季のタクラマカン砂漠で発生したダストが北米に達することや、地球を一周以上することをモデル解析と可視化手法を駆使して解析し、その結果をNature Geoscienceに発表するなど、一連の論文のダストの動態解析と気候影響に関する研究展開へのマイルストーンとしても重要な論文として位置づけられる。

このように、本論文の研究では、気候変動や大気環境を考える上で重要である土壌性ダストのシミュレーション精度の向上に対して、4次元変分法によるデータ同化手法の開発・実用化により寄与をされており、気象学の発展に大きく貢献した。また、この手法は、他の大気中の微量気体やエアロゾルに対して適用することが可能であり、当該分野の今後の発展にも大きく貢献するものである。

以上の理由により、日本気象学会は弓本桂也氏に2010年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。