

2013年度日本気象学会賞・藤原賞の各受賞者決まる

日本気象学会賞受賞者：黒田友二（気象研究所）

向川 均

（京都大学防災研究所）

業績：成層圏－対流圏結合系の変動と予測可能性に関する研究

選定理由：

冬季成層圏循環の変動は、突然昇温現象や極夜ジェット振動など、周極渦の多重時間スケールの非線型な振る舞いとして特徴づけられてきたが、その力学的過程は未だ問題の本質的理解にはほど遠いものであった。近年、成層圏と対流圏の力学的結合が注目され、このような成層圏変動が対流圏に及ぼす影響が明らかになりつつある。黒田友二氏と向川 均氏は、共同研究および各自の研究を通して、成層圏－対流圏結合系の変動現象を記述し、メカニズムの理解を深め、そして数値天気予報モデルによる予測可能性を調査する研究に取り組み、次に述べるような顕著な成果をあげてきた。

黒田氏は、冬季成層圏域における極夜ジェット振動の発見（Kuroda and Kodera 2001）をはじめとして、11年周期太陽活動変動や赤道大気準2年周期振動などと関連した長周期の成層圏大気変動現象についてのデータ解析の研究をすすめてきた。近年はそれらを発展させて、成層圏突然昇温や周極渦強化など様々な時間スケールで変動する現象が対流圏循環に及ぼす諸影響を大規模大気データのデータ解析により明らかにした（Kuroda 2008a）。一方、向川氏は、大規模大気非線型力学の研究を展開するなかで、気象庁の1か月アンサンブル予報データを活用して成層圏突然昇温現象の予測可能性に関する事例解析を行い、初期条件に敏感に依存して予測可能性が変動する状況を具体的に記述した（Mukougawa and Hirooka 2004; Mukougawa *et al.* 2005）。また、顕著な成層圏突然昇温の発生時における北半球環状モードの予測可能性変動について吟味し、対流圏界面付近の帯状風構造がその予測に大きな影響を与えていることを明らかにした（Mukougawa and Hirooka 2007）。

これらの研究の発展として、両氏は共同して1か月アンサンブル予報データを解析し、北半球環状モードの予測可能性における成層圏循環の影響を明らかにする（Mukougawa *et al.* 2009）とともに、6時間間隔

の再解析データを活用した運動量収支解析に基づいて、南半球環状モード変動における中間規模波動の役割を初めて明らかにした（Kuroda and Mukougawa 2011）。また、成層圏突然昇温現象の予測可能性に関するハインドキャスト実験を行って、対流圏での前兆となる循環アノマリーを同定するとともに、その振幅に対する非線形な初期値依存性を明らかにして、突然昇温現象の発生メカニズムの理解を深める（Mukougawa *et al.* 2007）など、成層圏－対流圏結合系変動の現象解明やメカニズム理解に直結する研究成果を生み出してきている。さらに、これらの研究の発展として、黒田氏は成層圏－対流圏力学的結合の観点から季節予測可能性についての大気大循環モデル実験（Kuroda 2008b, 2010）を行い、極夜ジェットが卓越した場合には季節予測可能性が大きく高まることを見出した（Kuroda 2010）。従来の海面水温や陸面状態に伴う季節予報シグナルに加えて、成層圏－対流圏結合に伴う季節予報シグナルを指摘した点は季節予報に新たな可能性を示すものである。

向川氏らにより推進された気象庁の数値天気予報データを有効活用した解析的研究は、気象学会と気象庁との包括的な共同研究契約「気象研究コンソーシアム」が締結される契機となり、今もコンソーシアム共同研究活動の中心的な課題のひとつであり続けている。また、黒田氏は最近発足したWCRP/SPARCの新課題Stratospheric Network for the Assessment of Predictability (SNAP) の世話役の一人であり、両氏の問題意識の先進性に基づいて今後の国際共同研究を牽引していくことが期待されている。

以上の理由により、日本気象学会は黒田友二氏と向川 均氏に日本気象学会賞を贈呈するものである。

主な関連論文

Kuroda, Y., 2008a: Effect of stratospheric sudden warming and vortex intensification on the tropospheric climate. *J. Geophys. Res.*, 113, D15110, doi:10.1029/2007JD009550.

Kuroda, Y., 2008b: Role of the stratosphere on the predictability of medium-range weather forecast: A case study of winter 2003–2004. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L19701, doi:10.1029/2008GL034902.

- Kuroda, Y., 2010: High initial-time sensitivity of medium-range forecasting observed for a stratospheric sudden warming. *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L16804, doi:10.1029/2010GL 044119.
- Kuroda, Y. and K. Kodera, 2001: Variability of the polar night jet in the northern and southern hemispheres. *J. Geophys. Res.*, **106**, 20703–20713.
- Kuroda, Y. and H. Mukougawa, 2011: Role of medium-scale waves on the Southern Annular Mode. *J. Geophys. Res.*, **116**, D22107, doi:10.1029/2011JD016293. (Correction: *J. Geophys. Res.*, **116**, D24199, doi: 10.1029/2011JD017241)
- Mukougawa, H. and T. Hirooka, 2004: Predictability of stratospheric sudden warming: A case study for 1998/99 winter. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 1764–1776.
- Mukougawa, H. and T. Hirooka, 2007: Predictability of the downward migration of the Northern Annular Mode: A case study for January 2003. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85**, 861–870.
- Mukougawa, H., H. Sakai and T. Hirooka, 2005: High sensitivity to the initial condition for the prediction of stratospheric sudden warming. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L17806, doi:10.1029/2005GL022909.
- Mukougawa, H., T. Hirooka, T. Ichimaru and Y. Kuroda, 2007: Hindcast AGCM experiments on the predictability of stratospheric sudden warming. *Non-linear Dynamics in Geosciences*, A.A. Tsonis and J.B. Elsner (Eds.), Springer-Verlag, 221–233.
- Mukougawa, H., T. Hirooka and Y. Kuroda, 2009: Influence of stratospheric circulation on the predictability of the tropospheric Northern Annular Mode. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L08814, doi:10.1029/2008GL037127.

日本気象学会賞受賞者：竹村俊彦

(九州大学応用力学研究所)

業績：エアロゾルの気候影響に関するモデル研究
選定理由：

大気中のエアロゾルは、雲凝結核や地球放射収支を変える散乱・吸収体として気候に深く関わっており、その影響を理解することは、将来の気候変動予測にとって極めて重要な課題である。竹村俊彦氏は、大気大循環モデルをベースとした全球3次元エアロゾル輸送・放射モデル SPRINTARS (Takemura *et al.* 2000, 2002, 2005) を開発し、エアロゾルの時空間変動や気候影響に関する研究を行い、大きな成果を挙げ

た。

SPRINTARS は、対流圏の主要エアロゾルを対象として、発生・移流・拡散・化学反応・除去・放射や雲との相互作用といった諸過程をモデル化しており、エアロゾルの変動とその気候影響（直接効果と間接効果）を同時にシミュレーションできる世界初のモデルである。竹村氏は、実際にこのモデルを用いて、人為起源エアロゾルの直接効果と間接効果について放射強制力を評価し、気候変動を理解する上で、エアロゾルの役割が重要であることを明らかにした (Takemura *et al.* 2002, 2005, 2006)。その研究過程において、温室効果気体やオゾン等も含め、産業革命から現在までの放射強制力の変化に関する評価も行った (Takemura *et al.* 2006)。同時に、エアロゾルが雲・降水過程と相互作用して地球規模の水循環に影響を与えることも明らかにした (Takemura *et al.* 2005, 2007; Takemura and Uchida 2011)。これらの放射強制力に関する成果は、2007年に公表された「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」第4次評価報告書にも掲載されている。

時空間変動の激しいエアロゾルに関する研究においては、モデルの再現精度が非常に重要である。竹村氏はこの点についても早くから着目し、観測値との詳細な比較を行うことによってモデルの精度向上に努めて来た (Takemura *et al.* 2003)。その一環として、エアロゾルモデルの相互比較プロジェクトである AeroCom にアジアから唯一データを提供し、他のモデルとの比較を通してエアロゾルの気候影響評価における不確実性の理解に大きく貢献している (Kinne *et al.* 2006など多数)。また、SPRINTARS を用いたエアロゾル週間予測システムを構築した (竹村 2009)。

SPRINTARS はその有用性が高く評価されており、各方面において広く活用されている。例えば、東京大学気候システム研究センター・国立環境研究所・地球環境フロンティア研究センターが主要機関となって実施した地球シミュレータを用いた20世紀気候再現実験および温暖化予測実験において、大気海洋結合モデル MIROC や地球システム統合モデル MIROC-ESM にエアロゾルモデルとして組み込まれた。また、SPRINTARS は、全球非静力学大気モデル NICAM などにも移植されている。

竹村氏は、気候変動における大気エアロゾルの役割の理解に大きく寄与しただけでなく、2013年に公表予定である IPCC 第1作業部会第5次評価報告書の第8

章「人為起源と自然起源の放射強制力」の代表執筆者を務め、さらに、福島第一原子力発電所事故に伴う放射性エアロゾルの全球規模輸送に関するシミュレーション結果を国内から世界に向かっていち早く発信する (Takemura *et al.* 2011) など、学術研究の社会対応においても貢献が大きい。

以上の理由により、日本気象学会は竹村俊彦氏に日本気象学会賞を贈呈するものである。

主な関連論文：

- Kinne, S., M. Schulz, C. Textor, S. Guibert, Y. Balkanski, S. E. Bauer, T. Berntsen, T. F. Berglen, O. Boucher, M. Chin, W. Collins, F. Dentener, T. Diehl, R. Easter, J. Feichter, D. Fillmore, S. Ghan, P. Ginoux, S. Gong, A. Grini, J. Hendricks, M. Herzog, L. Horowitz, I. Isaksen, T. Iversen, A. Kirkevåg, S. Kloster, D. Koch, J. E. Kristjánsson, M. Krol, A. Lauer, J. F. Lamarque, G. Lesins, X. Liu, U. Lohmann, V. Montanaro, G. Myhre, J. E. Penner, G. Pitari, S. Reddy, Ø. Seland, P. Stier, T. Takemura and X. Tie, 2006: An AeroCom initial assessment — optical properties in aerosol component modules of global models. *Atmos. Chem. Phys.*, **6**, 1815–1834.
- 竹村俊彦, 2009: 大気エアロゾル予測システムの開発. *天気*, **56**, 455–461.
- Takemura, T. and T. Uchida, 2011: Global climate modeling of regional changes in cloud, precipitation, and radiation budget due to the aerosol semi-direct effect of black carbon. *SOLA*, **7**, 181–184.
- Takemura, T., H. Okamoto, Y. Maruyama, A. Numaguti, A. Higurashi and T. Nakajima, 2000: Global three-dimensional simulation of aerosol optical thickness distribution of various origins. *J. Geophys. Res.*, **105**, 17853–17873.
- Takemura, T., T. Nakajima, O. Dubovik, B. N. Holben and S. Kinne, 2002: Single-scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three-dimensional model. *J. Climate*, **15**, 333–352.
- Takemura, T., T. Nakajima, A. Higurashi, S. Ohta and N. Sugimoto, 2003: Aerosol distributions and radiative forcing over the Asian-Pacific region simulated by Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species (SPRINTARS). *J. Geophys. Res.*, **108**, 8659, doi:10.1029/2002JD003210.
- Takemura, T., T. Nozawa, S. Emori, T. Y. Nakajima and T. Nakajima, 2005: Simulation of climate response to aerosol direct and indirect effects with

aerosol transport-radiation model. *J. Geophys. Res.*, **110**, D02202, doi:10.1029/2004JD005029.

Takemura, T., Y. Tsushima, T. Yokohata, T. Nozawa, T. Nagashima and T. Nakajima, 2006: Time evolutions of various radiative forcings for the past 150 years estimated by a general circulation model. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L19705, doi:10.1029/2006GL026666.

Takemura, T., Y. J. Kaufman, L. A. Remer and T. Nakajima, 2007: Two competing pathways of aerosol effects on cloud and precipitation formation. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L04802, doi:10.1029/2006GL028349.

Takemura, T., H. Nakamura, M. Takigawa, H. Kondo, T. Satomura, T. Miyasaka and T. Nakajima, 2011: A numerical simulation of global transport of atmospheric particles emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *SOLA*, **7**, 101–104.

日本気象学会藤原賞受賞者：宮原三郎

(九州大学名誉教授)

業績：中層および超高層大気力学の発展につくした功績

選定理由：

近年の大気力学は、衛星・レーダー等の観測の進展と相俟って、その研究対象が対流圏天気現象に留まらず中層大気から熱圏・電離圏にまで至る領域に広がってきている。

宮原三郎氏は九州大学理学部において、我が国の大気潮汐論の先駆者であった澤田龍吉先生の薫陶を受けて大気潮汐を中心とした大規模大気力学の研究に従事し、その成果は1985年の日本気象学会賞として高く評価された。

1980年代末以降、宮原氏はその方向を更に発展させ、高度150 kmまでの領域における大気力学を、潮汐波・惑星波・重力波の上方伝搬と背景場との相互作用の見地から、世界に先駆けて発展させてきた (Miyahara and Wu 1989, JATP, ほか多数)。この一連の仕事の中で、従来は地球電磁気学の範囲でのみ扱われてきた電離大気現象を、伝統的気象力学の手法に取り込んだ功績は高く評価されて良い。この新分野開拓の中から宮原門下の多くの若手研究者が育っていることも極めて意義深いことと言える。

宮原氏の近年の特筆すべきもうひとつの大きな業績

は、1970年代中葉に Andrews-McIntyre によって提起された wave activity flux の 2次元表示を 3次元に拡張し現実大気中の種々の波動に適用できる形の理論を創り上げたことである (Miyahara 2006, SOLA)。この理論は、後続の若手研究者群の最近の GCM データ解析等で頻繁に活用され、今や波動力学特性の解釈にとって重要な理論的基礎となっている。

同氏はさらに成層圏の力学、物質循環に関する大型プロジェクトをリードして多大な成果を挙げてきた。

以上のように、宮原三郎氏の功績は本人自身の研究成果の学問的レベルの高さとともに、後続の研究者たちに大きな影響を与えている。

以上の理由により、日本気象学会は宮原三郎氏に日本気象学会藤原賞を贈呈するものである。

日本気象学会藤原賞受賞者：近藤 豊

(東京大学大学院理学研究科)

業績：地球大気環境科学に関わるオゾンとエアロゾル研究の推進

選定理由：

人間活動による地球規模での大気化学組成の変化は人類の生存環境としての大気の質と地球の気候システムに大きな影響を与えている。近藤氏は地球大気環境科学の分野において、人類の生存に必要な環境要素で

ある大気オゾンと地球の気候システムに大きな影響を与えるエアロゾルの動態や変動要因の解明に先駆的な業績を上げた。先端的な測定手法を開発し世界初の観測を実施し、人間が大気環境に影響を与える過程の鍵となる化学・物理過程の解明に多大に貢献した。

同氏は長年にわたって、測定手法の開発と独創的なデータ解析により、大気環境問題の鍵となる大気中のオゾンとエアロゾルの動態や変動要因の研究を一貫して行ってきた。各種の高感度・高時間分解能の直接測定器を開発し、気球、航空機、また地上観測を世界各地で実施するとともに、国内外の研究プロジェクトを推進してきた。

大気環境問題の鍵となるオゾンとエアロゾルの動態や変動要因に関し、同氏が開発した高精度測定装置による観測により見出された数々の新たな知見は国際誌への270編の査読付き論文として現れている。

これらの研究にもとづき、「成層圏オゾンの破壊問題」、「対流圏大気化学環境の保全」、「地球温暖化問題」など、地球大気環境科学の今日的課題に対し多大な貢献をなした。さらに気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第5次評価報告書の Lead author に選ばれ、報告書作成を通して地球環境問題に貢献している。

以上の理由により、日本気象学会は近藤 豊氏に日本気象学会藤原賞を贈呈するものである。