

2014年度日本気象学会賞の受賞者決まる

受賞者：阿部 彩子（東京大学大気海洋研究所）

業績：氷期・間氷期サイクルの機構解明に関する研究
選定理由：

第四紀の氷期・間氷期サイクルの根本的原因はミランコビッチによる北半球高緯度の夏季の日射強度の変化と考えられているものの、日射変動の中では大きな成分でない10万年の周期が氷期・間氷期サイクルの基本になっているのはなぜか、ゆっくりとした氷期の進行と急激な温暖化という「鋸の歯」状の変化を起こすのはなぜか、など、そのメカニズムは未解明のままであった。阿部彩子氏は大気-氷床-地殻相互作用モデルを開発し、よく練られた実験計画のもとに一連の数値実験を行って、10万年周期が氷床と気候の相互作用の結果としてあらわれることを示し、氷期・間氷期サイクルの機構解明に一石を投じた。

阿部氏は氷床および古気候に関するモデリング研究で2007年度堀内賞を受賞したが、大学院生であった齋藤冬樹氏を指導して独自に開発した3次元氷床モデルを用いて、過去12万年間の氷期・間氷期サイクルの鋸の歯状の変化の特徴や、氷床の世界的な分布を再現することに成功した。このモデル実験では、氷床変動による強制やフィードバックを大気大循環モデルから見積もり、その情報に加えて、軌道要素変化と大気中二酸化炭素濃度変化を入力としている。この実験の重要な点は、水蒸気や雲など早い時間変動の気象学的な応答と、氷床の沈み込みと回復という遅い時間変動の応答を共存させて計算したことにある。

その後、この研究をさらに発展させ、過去40万年間の氷期・間氷期サイクルに対して、地球軌道要素パラメータや二酸化炭素濃度、基盤岩がアイソスタシーを保とうとする時の遅れ時間、などを変えた実験を行い、それぞれの効果の役割を明らかにした。その結果、近日点の位置や離心率の変化による日射の変化に対する大気-氷床-地殻の相互作用によって、10万年周期が生まれていることを明らかにした。また大気中二酸化炭素濃度は氷期・間氷期サイクルに伴って変動し、その振幅を変調させる働きがあるが、二酸化炭素が主体的に10万年周期を生み出しているわけではないことを示した。さらに、日射強度に対する氷床の平衡応答が、氷床の初期条件に依存する2重平衡状態にある事は既に知られていたが、北米の場合には、氷床成

長・減衰の周期的変動でヒステリシス効果が働いて氷床面積が鋸の歯状の変動を示し、一方、ヨーロッパでは氷床が徐々に成長し徐々に後退するという変動を示すことを明らかにした。10万年周期には大気中二酸化炭素の平均的濃度が重要である事も示しており、約100万年より以前の4万年周期変動が、その後10万年周期に変調したことの解釈を与えている。

以上のように、阿部氏は、氷期・間氷期サイクルの再現に世界で初めて成功した。モデルには二酸化炭素濃度を外部強制として与えており、海洋大循環は入っていないなど、氷期・間氷期サイクルの完全な理解までには至っていないが、一つの大きなステップを踏み出した事は間違いない。この業績は、日本気象学会賞にふさわしいものである。また同時に阿部氏は気候モデルを用いた古気候の復元研究を長年にわたって行い、最終氷期最盛期の気候復元などの古気候モデリング相互比較計画に主要メンバーとして参画してきており、この分野において日本と世界をつなぐ重要な役割も果たしている。

以上の理由により、阿部彩子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

- Abe-Ouchi, A., T. Segawa and F. Saito, 2007: Climatic conditions for modelling the Northern Hemisphere ice sheets throughout the ice age cycle. *Clim. Past*, **3**, 423-438.
- Abe-Ouchi, A., F. Saito, K. Kawamura, M. E. Raymo, J. Okuno, K. Takahashi and H. Blatter, 2013: Insolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume. *Nature*, **500**, 190-193.
- Blatter, H., R. Greve and A. Abe-Ouchi, 2011: Present state and prospects of ice sheet and glacier modelling. *Surv. Geophys.*, **32**, 555-583.
- Braconnot, P., B. Otto-Bliesner, S. Harrison, S. Jouxsaume, J.-Y. Peterchmitt, A. Abe-Ouchi, M. Crucifix, E. Driesschaert, Th. Fichefet, C.D. Hewitt, M. Kageyama, A. Kitoh, A. Laine, M.-F. Loutre, O. Marti, U. Merkel, G. Ramstein, P. Valdes, S.L. Weber, Y. Yu and Y. Zhao, 2007: Results of PMIP2 coupled simulations of the mid-Holocene and Last Glacial Maximum-Part 1: experiments and large-scale features. *Clim. Past*, **3**, 261-277.

Saito, F. and A. Abe-Ouchi, 2005: Sensitivity of Greenland ice sheet simulation to the numerical procedure employed for ice-sheet dynamics. *Ann. Glaciol.*, **42**, 331-336.

受賞者：鈴木健太郎（NASA ジェット推進研究所・カリフォルニア工科大学）

業績：新手法を用いた低層雲微物理特性の研究

選定理由：

地球大気の下層雲は、その著しい日傘効果によって地球のエネルギー収支に大きな役割を果たしている。しかし、その雲放射強制力の評価は気候モデルによって大きくばらついており、気候感度の大きな不確実性の主要因になっていると指摘されている。また、人為起源エアロゾルの雲に対する間接効果についても未だに一致した結論が出ていない状況にある。鈴木健太郎氏は、このような下層雲の形成・消滅過程を決定する雲微物理特性を数値モデリングと衛星観測解析にまたがって研究する新手法を開発し、その知見を大きく進展させた。

まず、2004年の研究においては、東京大学・国立環境研究所・海洋研究開発機構で開発された MIROC 気候モデルにおいて、雲生成パラメタリゼーションによって雲水総量のエアロゾル数密度依存性が系統的に変化することを見いだした。この結果を衛星観測と比較することにより、降水時定数の雲粒子数依存性について制約条件を与え、エアロゾルの雲寿命効果（第2種エアロゾル間接効果）が全球規模で顕著に働いていることを見いだした。引き続き、非静力学正20面体大気モデル NICAM にエアロゾル輸送モデル SPRINTARS と間接効果過程を組み込み、全球での水平格子間隔 7 km シミュレーションを実施し、雲核数の増加とともに雲層高度が増加することを示した。この計算は、従来の気候モデルよりも詳細な雲スキームに基づいた点で画期的なシミュレーションとして位置づけられ、現在重要な課題になっている深い対流雲に対する間接効果の研究の方向性を示した。

さらに、精巧なビン型雲粒子成長モデルを自ら開発し、領域モデル数値実験を行い、人工衛星データと比較した。その結果、下層雲の雲光学的厚さと有効雲粒子半径に見られる特徴的相関を再現し、雲ライフサイクルの各段階でどのような微物理過程が卓越するかについて明確な示唆を与えることができた。この研究を拡張として、A-Train 衛星群に含まれる CloudSat 衛

星搭載雲プロファイリングレーダーと MODIS 多波長イメージャーを組み合わせることで雲微物理過程を統計的に描き出す新たな解析法を開発し、下層雲の発達過程の分類法を提案した。これらの研究は NASA の Cloud-Sat ミッションや A-Train プログラムにも大きく貢献している。

最近の研究では、上記の手法を数値モデルの検証に適用し、いくつかのモデルにおいて、雨生成過程のバイアスの原因の一つが第2種エアロゾル間接効果のモデル化に含まれるパラメータに由来することを示唆した。さらに、従来チューニングの対象であった雲微物理パラメータを衛星観測によって拘束することを提案し、実際に GFDL の気候モデルに適用して最適なパラメータ値を決定した。一方で、最適なパラメータ値を用いたモデルでは観測された気温変化傾向を再現せず、このことは、現在の気候モデルには本質的な補償誤差が内在している可能性を示唆するものである。

上記の一連の研究は、モデル開発から観測的研究までを踏破する鈴木氏が開発した新手法によって初めて成し遂げられたものであり、高く評価される。

以上の理由により、鈴木健太郎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

- Suzuki, K. and G. L. Stephens, 2008: Global identification of warm cloud microphysical processes with combined use of A-Train observations. *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L08805, doi:10.1029/2008GL033590.
- Suzuki, K., T. Nakajima, A. Numaguti, T. Takemura, K. Kawamoto and A. Higurashi, 2004: A study of the aerosol effect on a cloud field with simultaneous use of GCM modeling and satellite observation. *J. Atmos. Sci.*, **61**, 179-194.
- Suzuki, K., T. Nakajima, T. Y. Nakajima and A. Khain, 2006: Correlation pattern between effective radius and optical thickness of water clouds simulated by a spectral bin microphysics cloud model. *SOLA*, **2**, 116-119.
- Suzuki, K., T. Nakajima, M. Satoh, H. Tomita, T. Takemura, T. Y. Nakajima and G. L. Stephens, 2008: Global cloud-system-resolving simulation of aerosol effect on warm clouds. *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L19817, doi:10.1029/2008GL035449.
- Suzuki, K., T. Nakajima, T. Y. Nakajima and A. P. Khain, 2010: A study of microphysical mechanisms for correlation patterns between droplet radius and

- optical thickness of warm clouds with a spectral bin microphysics cloud model. *J. Atmos. Sci.*, **67**, 1126–1141.
- Suzuki, K., G. L. Stephens, S. C. van den Heever and T. Y. Nakajima, 2011: Diagnosis of the warm rain process in cloud-resolving models using joint CloudSat and MODIS observations. *J. Atmos. Sci.*, **68**, 2655–2670.
- Suzuki, K., J.-C. Golaz and G. L. Stephens, 2013: Evaluating cloud tuning in a climate model with satellite observations. *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 4464–4468, doi:10.1002/grl.50874.
-