

## 2007年度堀内賞の受賞者決まる

**受賞者：**阿部彩子（東京大学気候システム研究センター）

**研究業績：**氷床および古気候に関するモデリング研究

**選定理由：**阿部彩子氏は、氷床モデルの開発やそれと大気大循環モデルを合わせ用いた研究を推進し、グリーンランド氷床や南極氷床への気候の影響、氷期-間氷期サイクルといった極めて長い周期の気候変動における氷床の役割を明らかにした。

阿部氏は、1990年代に2次元の氷床モデルを開発し、グリーンランド氷床に適用することにより、氷期-間氷期における氷床の状態について考察を行った。その後、ヨーロッパ氷床モデル研究計画（EISMINT：European Ice Sheet Modeling Initiative）に参加するとともに、現実的な氷床に適用可能な3次元氷床モデルの開発やそれを用いた研究を精力的に実施し、氷床力学の発展や氷床の諸物理量の再現と変動の解釈に貢献した。たとえば、南極氷床の形状や流動、温度を計算し、観測データと整合することを示すとともに、当時まだコア掘削が到達していなかった南極ドームふじ基地の氷床底面が融解している可能性が高いことを予想した。実際、底面融解はその後の掘削によって確認され、高度な氷床モデルは深層氷床掘削に重要な指針を与えることができることを示した。また、グリーンランド氷床の縁辺付近の形状変化の再現や、気候が温暖化した際のグリーンランド氷床の変化についても研究を行った。

上記の氷床モデルによる研究に加え、阿部氏は高解像度のCCSR/NIES大気大循環モデルを用いた研究も広範に展開し、氷床上の降水量や大気循環について解析を行うとともに、氷床モデルのためのパラメタリゼーションを改良した。これらの研究から得られた結果を基に数多くの感度実験を実施して、氷期-間氷期サイクルにおける氷床変動に関わる物理過程を検討し、氷床モデルを10年以上にわたって長期積分する方法を新たに提案した。また、地球軌道要素に基づいて計算した日射量変化と氷床コア分析によって復元された大気中二酸化炭素濃度変化を用いることによって、氷期-間氷期サイクルを再現することに初めて成功し、さらに結果がモデルパラメーターにどのように依存するかについても詳細

に検討した。

阿部氏は古気候に関しても優れた研究を行っている。たとえば、新生代に南極氷床が形成された際に生じた地上気温の低下は南極大陸付近に限定され、それによる全球的な寒冷化の効果は大気中二酸化炭素濃度の低下によるものより小さいことを、大気大循環モデルを用いて明らかにした。また、古気候モデル相互比較研究（PMIP：Paleoclimate Model Intercomparison Project）に参加し、約2万年前の最終氷期や約6000年前の最適温暖期の気候状態を再現する研究を行った。なお、阿部氏は、現在、PMIPやIGBP-GAIM（現AIMES：Analysis, Integration and Modeling of the Earth System）などの科学運営委員会メンバーとして、古気候研究の分野において日本と世界をつなぐ重要な役割も担っている。

以上の研究は、力学や熱力学などを基礎とした氷床ダイナミクスの理解のみならず、地球温暖化の予測や古気候の復元にとっても極めて重要であり、氷床-大気相互作用に関する特筆すべき学際的研究と位置づけられる。

以上の理由から、日本気象学会は阿部彩子氏に2007年度堀内賞を贈るものである。

### 参考文献

- 1) Abe-Ouchi, A. and H. Blatter, 1993 : On the Initiation of Ice Sheets, *Annals Glaciology*, **18**, 200-204.
- 2) Abe-Ouchi, A., H. Blatter and A. Ohmura, 1994 : How does the Greenland ice sheet geometry remember the ice age?, *Global Planet. Change*, **9**, 133-142.
- 3) Huybrechts, Ph, T. Payne, A. Abe-Ouchi and others, 1996 : The EISMINT benchmarks for testing ice-sheet models, *Annals Glaciology*, **23**, 1-12.
- 4) Harrison, S. P., D. Jolly, F. Larrif, A. Abe-Ouchi, K. Herterich, C. Hewitt, S. Joussaume, J. E. Kutzbach, J. Mitchell, N. de Noblet and P. Valdes, 1998 : Intercomparison of simulated global vegetation distributions in response to 6kyr B. P. orbital forcing, *J. Climate*, **11**, 2721-2742.
- 5) Ogura, T. and A. Abe-Ouchi, 2001 : The influence of the Antarctica ice sheet on southern high latitude climate, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 587-590.

- 6) Saito, F. and A. Abe-Ouchi, 2004 : Thermal Structure of Dome Fuji and East Queen Maud Land, Antarctica, simulated by a three-dimensional ice sheet model, *Annals Glaciology*, **39**, 433-438.
- 7) Saito, F. and A. Abe-Ouchi, 2005 : Sensitivity of Greenland ice sheet simulation to the numerical procedure employed for ice-sheet dynamics, *Annals of Glaciology*, **42**, 331-336.
- 8) Yamagishi, T., A. Abe-Ouchi, F. Saito, T. Segawa and T. Nishimura, 2005 : Re-evaluation of paleo-accumulation parameterization over Northern Hemisphere ice sheets during the ice age examined with a high-resolution AGCM and a 3-D ice-sheet model, *Annals of Glaciology*, **42**, 433-440.
- 9) Saito, F. A. Abe-Ouchi, H. Blatter, 2007 : Improvement in the numerical scheme to compute horizontal gradients at the ice-sheet margin and its effect on the simulated ice sheet topography, *Annals of Glaciology*, **46**, (in press)
- 10) Abe-Ouchi, A., S. Segawa, F. Saito, 2007 : Climatic conditions for modelling the Northern Hemisphere ice sheets throughout the ice age cycle, *Climate of the Past Discussions*, **3**, 423-438.

**受賞者:** 田近英一 (東京大学大学院理学系研究科)

**研究業績:** 地球環境の進化と変動に関する理論的研究

**選定理由:** 地球環境が地球史を通じてどのように進化・変動してきたのか、またその長期的な安定性・変動性を規定する要因は何かという問題の解明は、現在の地球環境のより深い理解やその将来予測に関して有益な洞察を与えるものである。田近英一氏は、こうした問題について、大気・海洋・生命圏・地殻・マントル間の熱輸送と物質循環に注目して多岐にわたる研究を行い、多くの業績を挙げてきた。

まず田近氏は、地球システム進化モデルを構築してその挙動特性の詳細な解析を行うことにより、地球環境システムが擾乱に対して負のフィードバック機構を持ち、長期的には系が安定に維持されること、二酸化炭素大気の変化が地球史を通じた大陸地殻進化・火成活動度の低下や太陽光度の増大に強く依存することなどを明らかにした。これは、地球表層環境の変遷が地球内部の進化と密接な関係にあったことを示唆する重要な知見であり、系外惑星系における地球型惑星と生命の存在可能性を考える上での基本的枠組を与えるものである。

つぎに田近氏は、物質循環の重要な素過程である脱ガス時の物理化学過程を数値モデルに組み込み、地球の熱進化及び火成活動度を制約するとともに、揮発性11元素の地球史を通じた連続脱ガスの寄与を推定し、対象を火星の火成活動度及び内部分化の推定にも拡張した。また、惑星放射の二酸化炭素分圧依存性を考慮したエネルギー平衡モデルに基づき、気候進化を大気二酸化炭素濃度と南北熱輸送効率との変化によって解釈する「気候状態の相図」を提唱し、火星の気候系モデルの特性や多重解の解析を通して火星表層環境の進化と変動を論じた。さらに、約1億年前の白亜紀には、大量の二酸化炭素が火成活動により大気に放出される一方で有機物として固定されていたと考えられているが、これら相反する過程が当時の温暖な環境の形成に果たした役割について、炭素循環-気候系結合モデルを用いて高時間解像度で復元・解析し、そのような環境が複数の温暖化要因と寒冷化要因との競合の結果として決まることを定量的に示した。

これらの研究に加え、田近氏は山中康裕氏(北海道大学)と共同で「海洋生物化学大循環モデル」を開発して、現在の海洋炭素循環の3次元的描像の再現と古海洋学的問題への適用を可能にした。さらに田近氏は、長時間積分可能な海洋炭素循環モデルを開発し、氷期・間氷期サイクルにおける生物生産性や海洋混合速度、陸上生物圏の変動を初めて復元し、古環境学の研究に重要な貢献を果たした。また、地表面の大部分が凍結するスノーボールアース現象が原生代に何度か生じた可能性が最近示唆されているが、田近氏は炭素循環-気候系結合モデルを用いて、全球凍結状態への臨界条件を規定する二酸化炭素フラックスや太陽光度の影響などを理論的に評価するとともに、全球凍結イベントと大気中の酸素濃度増加との関連について海外学術調査プロジェクトを実施している。

以上のような研究は、地球惑星システム科学という包括的分野における気象学・気候力学の位置付けを確かなものとし、また両者の橋渡しとしても重要である。

以上の理由から、日本気象学会は田近英一氏に2007年度堀内賞を贈るものである。

#### 参 考 文 献

- 1) Tajika, E. and T. Matsui, 1990 : The evolution of

- the terrestrial environment. *Origin of the Earth*, H. E. Newsom and J. H. Jones, Eds., Oxford Univ. Press, New York, N. Y., 347-370.
- 2) Tajika, E. and T. Matsui, 1992 : Evolution of terrestrial proto-CO<sub>2</sub>-atmosphere coupled with thermal history of the Earth, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **113**, 251-266.
  - 3) Tajika, E. and S. Sasaki, 1996 : Volcanism on Mars constrained from an <sup>40</sup>Ar degassing model, *J. Geophys. Res.*, **101**, 7543-7554.
  - 4) Yamanaka, Y. and E. Tajika, 1996 : The role of the vertical fluxes of particulate organic matter and calcite in oceanic carbon cycle : Studies using an ocean biogeochemical general circulation model, *Global Biogeochemical Cycles*, **10**, 361-382.
  - 5) Tajika, E., 1998a : Climate change during the last 150 million years : Reconstruction from a carbon cycle model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **160**, 695-707.
  - 6) Tajika, E., 1998b : Mantle degassing of major and minor volatile elements during the Earth's history, *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 3991-3994.
  - 7) Ikeda, T. and E. Tajika, 1999 : A study of the energy balance climate model with CO<sub>2</sub>-dependent outgoing radiation : Implication for the glaciation during the Cenozoic, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 349-352.
  - 8) Nakamura, T. and E. Tajika, 2002 : Stability of the Martian climate system under the seasonal change condition of solar radiation, *J. Geophys. Res.*, **107** (E11), doi : 10.1029/2001JE001561.
  - 9) Ikeda, T. and E. Tajika, 2002 : Carbon cycling and climate change during the last glacial cycle inferred from the isotope records using an ocean biogeochemical carbon cycle model, *Global and Planetary Change*, **35**, 131-141.
  - 10) Tajika, E., 2003 : Faint young Sun and the carbon cycle : Implication for the Proterozoic global glaciations, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **214**, 443-453.
-