

## 2012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：渡部雅浩

(東京大学大気海洋研究所)

業績：階層的数値モデル群を用いた気候変動モード  
のメカニズム研究

選定理由：

一般に大気海洋結合気候系における変動現象の研究においては、全球的な観測・解析データや、大気大循環モデルや大気海洋結合気候モデル（合わせてGCMと略記）出力データの解析のみでは、その理解に限界がある。ある偏差シグナルが海洋から大気へ伝わり、それが大気中を平均基本場や総観規模擾乱等と相互作用しながら伝播し、特定の空間パターンが励起され、さらに大気から海洋へ影響するなどの、多様なフィードバックを丁寧に分解して解析する必要がある。渡部雅浩氏は、自ら開発した線型大気モデルやGCMを駆使して、大気の大規模変動や大規模大気海洋相互作用等、多岐にわたる気候変動現象のメカニズム解明に資する研究を行ってきた。複雑な非線型過程のすべてを計算するGCMだけでなく、GCMの力学コア部分をもとに線型大気モデルを構築し(Watanabe and Kimoto 2000a, 2001; Watanabe *et al.* 2006)、さらに、世界で初めてそれに湿潤過程を取り込んだ湿潤線型大気モデルを開発して(Watanabe and Jin 2003)、大気あるいは大気海洋結合系の変動解析における仮説検証型研究の可能性を大いに拡張した。そして、これらの階層的数値モデル群を駆使した数値実験によって、各種気候変動モードの成り立ちの力学的メカニズムを明らかにした。

渡部氏は、北極振動の中立モード理論の構築(Kimoto *et al.* 2001; Watanabe and Jin 2004; Watanabe 2009)、熱帯軸対称モードの発見(Watanabe *et al.* 2002)、アジアジェット上の波動伝搬の解析(Watanabe 2004)など、線型大気モデルを駆使した数値実験により大気の大規模変動に関するメカニズム研究を次々に行ってきた。これらの研究は、気候平均場のもとで卓越する長周期変動を線型モデルで演繹的力学的に抽出できることを実証したもので、大気大規模変動研究の分野において特筆すべき成果である。また、新たに開発された湿潤線型大気モデルでは、それまでの線型大気モデルのように加熱分布を外部条件として与える必要がないので、GCMを用いる

ことなく領域別の海水温の大気影響を診断できるばかりか、湿潤過程を含んだ力学モードの同定が初めて可能となった。渡部氏は、この湿潤線型大気モデルを用いて、エルニーニョ後の西太平洋における高気圧性循環偏差形成におけるインド洋海水温の役割を解明した(Watanabe and Jin 2002)。同氏の開発した線型モデル群はパッケージ化されて世界の研究者に提供され、大気海洋相互作用(Annamalai *et al.* 2007)や長周期変動モードのメカニズム解明(Kosaka *et al.* 2009; Yasui and Watanabe 2010)に大いに貢献している。我が国の気象庁でも、異常天候の要因分析のツールとして現業的に用いられている。

渡部氏は、線型大気モデルだけでなく、目的に応じて理想化簡略化したGCMを構築して、十年規模気候変動の振動メカニズムの提唱(Watanabe and Kimoto 2000b)や、中緯度海洋における季節を越えた海面水温偏差の再起過程(Watanabe and Kimoto 2000c)のメカニズム解明を行い、さらに、熱帯(Watanabe 2008a, b; Lestari *et al.* 2011)および中高緯度域(Watanabe 2005, 2007; Koseki *et al.* 2008; Koseki and Watanabe 2010)における大気海洋結合気候形成の理解も進展させた。また、現実的GCMを用いた研究では、1988-89年冬に起こった十年規模気候モードのシフトの発見と海水温、積雪偏差の影響の特定(Watanabe and Nitta 1998, 1999)や、北大西洋十年規模変動の大気海洋結合メカニズムの解明(Watanabe and Kimoto 1999, 2000a, 2001; Watanabe *et al.* 1999)等を通じて、観測データのみからでは同定しにくい中高緯度の十年規模気候変動の解明に大きな貢献をした。

近年は、サブグリッドスケールの雲水確率分布予測を含む新しい物理スキームの開発(Watanabe *et al.* 2009)も含めて、IPCCの次期評価レポートにも資するGCMの構築を精力的に主導(Watanabe *et al.* 2010)している。これまでの多くのGCMの欠点であった二重ITCZ(Hirota *et al.* 2011)やENSO振幅(Watanabe *et al.* 2011a; Kim *et al.* 2011)の問題について解決の糸口を与えると同時に、気候感度問題の理解に資する研究(Watanabe *et al.* 2011b, c, 2012)を推進している。

以上で述べたように、渡部氏は、大気大規模変動

モードの成り立ちや、長周期変動と気候平均場、総観規模擾乱群、あるいは海洋との相互作用について、階層的な数値モデル群を用いることにより、それらのメカニズムに踏み込んだ研究の開拓と展開で多くの先駆的成果をあげてきた。また、作成した数値モデルは広く研究コミュニティに用いられ、気候力学分野の研究を一層拡大・発展させることにも貢献している。

以上の理由により、日本気象学会は渡部雅浩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

- Watanabe, M. and T. Nitta, 1998: Relative impacts of snow and sea surface temperature anomalies on an extreme phase in the winter atmospheric circulation. *J. Climate*, **11**, 2837-2857.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 1999: Tropical-extratropical connection in the Atlantic atmosphere-ocean variability. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 2247-2250.
- Watanabe, M. and T. Nitta, 1999: Decadal changes in the atmospheric circulation and associated surface climate variations in the Northern Hemisphere winter. *J. Climate*, **12**, 494-510.
- Watanabe, M., M. Kimoto, T. Nitta and M. Kachi, 1999: A comparison of decadal climate oscillations in the North Atlantic detected in observations and a coupled GCM. *J. Climate*, **12**, 2920-2940.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000a: Atmosphere-ocean thermal coupling in the North Atlantic: A positive feedback. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **126**, 3343-3369.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000b: Behavior of midlatitude decadal oscillations in a simple atmosphere-ocean system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **78**, 441-460.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000c: On the persistence of decadal SST anomalies in the North Atlantic. *J. Climate*, **13**, 3017-3028.
- Kimoto, M., F.-F. Jin, M. Watanabe and N. Yasutomi, 2001: Zonal-eddy coupling and a neutral mode theory for the Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 737-740.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2001: Corrigendum. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **127**, 733-734.
- Watanabe, M. and F.-F. Jin, 2002: Role of Indian Ocean warming in the development of Philippine Sea anticyclone during ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, **29**, doi:10.1029/2001GL014318.
- Watanabe, M., F.-F. Jin and M. Kimoto, 2002: Tropical axisymmetric mode of variability in the atmospheric circulation: Dynamics as a neutral mode. *J. Climate*, **15**, 1537-1554.
- Watanabe, M. and F.-F. Jin, 2003: A moist linear baroclinic model: Coupled dynamical-convective response to El Niño. *J. Climate*, **16**, 1121-1139.
- Watanabe, M., 2004: Asian jet waveguide and a downstream extension of the North Atlantic Oscillation. *J. Climate*, **17**, 4674-4691.
- Watanabe, M. and F.-F. Jin, 2004: Dynamical prototype of the Arctic Oscillation as revealed by a neutral singular vector. *J. Climate*, **17**, 2119-2138.
- Watanabe, M., 2005: On the presence of annular variability in an aquaplanet model. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, doi:10.1029/2004GL021869.
- Watanabe, M., F.-F. Jin and L.-L. Pan, 2006: Accelerated iterative method for solving steady problems of linearized atmospheric models. *J. Atmos. Sci.*, **63**, 3366-3382.
- Annamalai, H., H. Okajima and M. Watanabe, 2007: Possible impact of the Indian Ocean SST on the Northern Hemisphere circulation during El Niño. *J. Climate*, **20**, 3164-3189.
- Watanabe, M., 2007: Reply to comment by B. A. Cash *et al.* on "On the presence of annular variability in an aquaplanet model". *Geophys. Res. Lett.*, **34**, doi:10.1029/2006GL028669.
- Koseki, S., M. Watanabe and M. Kimoto, 2008: Role of the midlatitude air-sea interaction in orographically forced climate. *J. Meteor. Soc. Japan*, **86**, 335-351.
- Watanabe, M., 2008a: Two regimes of the equatorial warm pool. Part I: A simple tropical climate model. *J. Climate*, **21**, 3533-3544.
- Watanabe, M., 2008b: Two regimes of the equatorial warm pool. Part II: Hybrid coupled GCM experiments. *J. Climate*, **21**, 3545-3560.
- 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.
- Watanabe, M., 2009: Self-limiting feedback between baroclinic waves and a NAO-like sheared zonal flow. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, doi:10.1029/2009GL037176.
- Watanabe, M., S. Emori, M. Satoh and H. Miura, 2009: A PDF-based hybrid prognostic cloud scheme for general circulation models. *Clim. Dyn.*, **33**, 795-816.
- Koseki, S. and M. Watanabe, 2010: Atmospheric bound-

- ary layer response to meso-scale SST anomalies in the Kuroshio extension. *J. Climate*, **23**, 2492-2507.
- Yasui, S. and M. Watanabe, 2010: Forcing processes of the summertime circumglobal teleconnection pattern in a dry AGCM. *J. Climate*, **23**, 2093-2114.
- Watanabe, M. *et al.*, 2010: Improved climate simulation by MIROC5: Mean states, variability, and climate sensitivity. *J. Climate*, **23**, 6312-6335.
- Hirota, N., Y. N. Takayabu, M. Watanabe and M. Kimoto, 2011: Precipitation reproducibility over tropical oceans and its relationship to the double ITCZ problem in CMIP3 and MIROC5 climate models. *J. Climate*, **24**, 4859-4873.
- Kim, D., Y.-S. Jang, D.-H. Kim, Y.-H. Kim, M. Watanabe, F.-F. Jin and J.-S. Kug, 2011: El Niño-Southern Oscillation sensitivity to cumulus entrainment in a coupled general circulation model. *J. Geophys. Res.*, **116**, D 22112, doi:10.1029/2011JD016526.
- Lestari, R. K., M. Watanabe and M. Kimoto, 2011: Role of air-sea coupling in the interannual variability of the South China Sea summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 283-290.
- Watanabe, M., M. Chikira, Y. Imada and M. Kimoto, 2011a: Convective control of ENSO simulated in MIROC. *J. Climate*, **24**, 543-562.
- Watanabe, M., H. Shiogama, T. Yokohata, T. Ogura, M. Yoshimori, S. Emori and M. Kimoto, 2011b: Constraints to the tropical low-cloud trends in historical climate simulations. *Atmos. Sci. Lett.*, **12**, 288-293, doi: 10.1002/asl.337.
- Watanabe, M., H. Shiogama, M. Yoshimori, T. Ogura, T. Yokohata, H. Okamoto, S. Emori and M. Kimoto, 2011c: Fast and slow timescales in the tropical low-cloud response to increasing CO<sub>2</sub> in two climate models. *Clim. Dyn.*, Online First, doi: 10.1007/s00382-011-1178-y.
- Watanabe, M. *et al.*, 2012: Using a multi-physics ensemble for exploring diversity in cloud-shortwave feedback in GCMs. *J. Climate*, e-View, doi: 10.1175/JCLI-D-11-00564.1.

日本気象学会藤原賞受賞者：中澤高清

(東北大学大学院理学研究科)

業績：二酸化炭素等の温室効果気体に関する総合的研究による全球炭素循環の解明ならびに我が国における温室効果気体の観測的研究の推進への貢献

#### 選定理由：

中澤高清氏は、1970年東北大学大学院理学研究科に入学、地球物理学の研究に携わり、1976年同研究科博士課程を単位習得退学し、東北大学理学部教務系技官に着任した。1980年には東北大学から理学博士の学位を取得した。その後、理学部助手、同助教授、同教授、大学院理学研究科教授として研究並びに教育に携わり、さらに1999年に同研究科附属大気海洋変動観測研究センター長に就任し、今日に至っている。

中澤氏は1980年代から地球温暖化問題、特に温室効果気体の重要性に着目し、人間活動に伴う大気中の温室効果気体濃度の増加を定量的に把握するための研究を開始した。まず、二酸化炭素やメタン、一酸化二窒素などの温室効果気体の濃度と同位体比を世界最高レベルの精度で計測する技術を開発し、日本や中国、南極、北極で大気中二酸化炭素濃度の地上観測を行うとともに、航空機・船舶・大気球等の観測プラットフォームを駆使した機動的観測を広域にわたって展開し、地球規模での大気中二酸化炭素濃度分布の実態を明らかにした。この間、1989年に日本気象学会より学会賞が授与された。

中澤氏は、全球炭素循環にとって重要な役割を持つ海洋にも注目し、大気-海洋間の二酸化炭素交換を解明するために、観測船や商船などを利用して、海洋の二酸化炭素分圧や溶存無機炭素等の観測を世界各地の海洋で実施し、二酸化炭素交換のプロセスの解明と交換量の推定を行った。

さらに、中澤氏はこれらの観測データの解析、全球大気輸送循環モデルの開発とそれを用いた数値解析を実施し、温室効果気体の変動と循環の定量的理解を図った。二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の季節変化と年々変動の原因、全球炭素循環における陸上生物圏の吸収源としての役割などについて新たな知見を見いだした。また、二酸化炭素の放出・吸収量の変動をエルニーニョ現象や火山噴火に起因する気候変動の観点から詳細に明らかにした。この他、高精度酸素濃度計測法を開発し、地上のみならず、対流圏から成層圏にかけての酸素の挙動を世界で初めて明らかにし、酸素変動の視点から近年の人為起源二酸化炭素の収支を推定した。

さらに、中澤氏は南極やグリーンランドで掘削された多くの氷床コアを高精度で分析することによって、過去250年間の人間活動による二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の増加を詳細に明らかにするとともに、

酸素／窒素比を基にして深層氷床コアの絶対年代の決定法を確立し、深層氷床コアから過去35万年間の大気成分の変動を復元した。

このように、中澤氏は計測技術の開発、観測・分析、データ解析、モデルによる数値解析など、広範かつ一貫した研究を長期にわたって実施し、地球表層における温室効果気体の変動と循環の解明に貢献する多くの科学的知見を得、その業績により、1993年に山崎賞、1996年に日産科学賞、2002年に地球温暖化防止活動環境大臣表彰（学術部門）、2007年に三宅賞、2008年に島津賞を受賞し、さらに2009年には紫綬褒章を受章した。また、当該分野の研究者を育成し、わが国の当該分野での研究の発展に大きく寄与している。

さらに、中澤氏は、「気象庁品質評価科学活動委員会」委員長、日航財団「航空機による地球環境観測推進委員会」委員長として、我が国における温室効果気体の観測推進に大きく貢献するとともに、(社)日本気象学会理事、大気化学研究会会長、国際学術誌「Tellus B」アドバイザリーボードメンバー、第6回二酸

化炭素国際会議組織委員長などを歴任し、国内外の当該分野の学術振興に大きな貢献を果たした。

この他、中澤氏は、文部科学省宇宙開発委員会専門委員会委員、文部科学省科学技術学術審議会研究計画評価分科会地球観測推進部会委員、名古屋大学大気水圏科学研究所運営協議会委員、京都大学生存圏研究所外部評価委員会委員、国立極地研究所運営会議委員、国立環境研究所外部評価委員会委員、宇宙航空研究開発機構大気球研究委員会委員、地球観測連携拠点地球観測推進委員会委員、等の活動によって、我が国の研究教育行政ならびに気象学・地球環境科学の推進に貢献するとともに、宮城県環境審議会副会長として地方自治体における環境行政にも貢献した。

このように中澤氏は、永年にわたって温室効果気体に関連する研究分野の研究の推進、ならびに、我が国の気象学・地球環境科学研究の推進体制の確立等への貢献を通して、気象学の発展・向上に寄与した。

以上の理由により、日本気象学会は中澤高清氏に藤原賞を贈呈するものである。