

2011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：岡本 創

(九州大学応用力学研究所)

業績：能動型地球観測センサーによる雲・エアロゾル特性に関する先駆的研究

選定理由：

近年、降雨レーダーを搭載する TRMM 衛星、雲レーダーを搭載する CLOUDSAT 衛星およびミーライダーを搭載する CALIPSO 衛星が打ち上げられ、「能動型リモートセンサーによる大気科学」とも呼べる新しい分野が急速に発展しつつある。これらのセンサーから得られるデータには、降水過程、雲、エアロゾルに関する教科書を書き換えるような新知見が含まれており、その利用が世界の研究者の焦眉の課題となっている。岡本 創氏は、特にこのうち、雲レーダーとミーライダーによる雲とエアロゾルの能動型リモートセンシング手法の確立に1990年代から取り組み、次に述べるような顕著な成果をあげている。

95 GHz 雲レーダーとミーライダーのデータ解析には、電磁波の散乱問題、特に氷晶粒子や土壌粒子による非球形散乱問題に対する高度な知識と技術が無ければ不可能である。岡本氏は、この問題にディスクリート・ダイポール法などの新しい理論を適用し、これらの粒子のリモートセンシング手法の開発を行った。

同氏はこの手法を、航空機搭載型および船舶搭載型の SPIDER 雲レーダー（情報通信研究機構所有）および2波長偏光ミーライダー（国立環境研究所所有）に適用し、世界に先駆けてレーダーとライダーによる雲とエアロゾルの成層状態の同時解析に成功した。特に観測船「みらい」による観測によって、北半球広域での雲の出現頻度分布の統計的特徴を衛星観測に先駆けて示すことができた。この事例解析では、中緯度や熱帯域での雲の出現頻度の高度分布を明らかにし、それぞれの緯度帯での平均出現頻度と平均的な雲層の数を初めて求めた。同時に、大気大循環モデルで再現さ

れる雲の出現頻度を検証するために、レーダーとライダーの計算機シミュレータを開発し観測値との比較を行った。その結果、モデルでの出現頻度が、中緯度、熱帯ともに上層雲を過大評価、下層雲を過小評価、総雲水量と降水頻度を過大評価する傾向があることを示し、これらが、モデル中で深い対流の発生頻度や降水頻度が多すぎることと整合的であることを指摘した。また、雲の出現頻度の比較だけでなく、モデルで再現されたレーダー反射因子とライダー後方散乱係数を観測値と直接比較することで、モデル中で再現される雲微物理量の検証も可能になることを初めて示した。この検証手法により、氷粒子の粒径は、光学的に薄い上層雲ではモデル結果が比較的良いが、光学的に厚い領域では過小評価となり、下層雲では雲水量を過大評価する傾向があることを指摘した。

岡本氏はこのような経験をもとに、2006年に打ち上げられた CLOUDSAT 衛星と CALIPSO 衛星による 95 GHz 雲レーダーと 2 波長偏光ミラーライダーの同時解析システムを世界に先駆けて開発した。このシステムには、雲の検出システム、雲粒子タイプ識別手法、そして、偏光と鏡面散乱現象を考慮した精緻な雲微物理量の解析システムが含まれている。全球的な観測データ解析の結果、氷晶粒子の有効半径は、全緯度帯にわたって上層では40ミクロン程度だが、高度が下がるに従って大きくなること、気温が摂氏-20度から-10度の間では平板状の粒子が多くなること、そこでは200ミクロン程度の大きな粒子が多くなることなどの新知見を得た。また、氷水量も高度が下がるに従って大きくなり、その値は1立方メートルあたり1mgから数百mgであり、熱帯では、氷水量は対流圏の上部と中部の二つの高度で極大値を持つことを明らかにした。さらに、雲微物理量の地域による違いを解析した結果、陸上では海上に比べて対流活動がより活発であることを反映して、氷水量が大きいこと、また有効半径は高緯度を除いて比較的海陸の差が小さいことがわかった。

この解析システムは進化を続けており、現在では、雲タイプとエアロゾルタイプの全球3次元分布をアーカイブする段階に到達している。これらの開発過程で、NASAのアルゴリズムではノイズやエアロゾルの誤判定によって下層雲を倍程度過大評価している点を指摘し、性能テストではNASAの解析性能をしのぐものであることを示した。構築された解析データは、現在、NASAを含めて国内外の研究コミュニ

ティに配布され、それを使った研究も開始されており、大きな波及効果が生まれ始めている。このように、同氏は世界の当該研究コミュニティの中でリーダー的な役割を果たしつつある。また、2013年には我が国と欧州が協力して開発している EarthCARE 衛星で同一プラットフォームからの雲レーダーと高波長分解能ライダーの同時観測が開始される予定であるが、同氏のアルゴリズムが日欧 (JAXA-ESA) の運用システムの正式アルゴリズムとして採用された。これは、本研究成果が大きな将来性を持っていることを示している。

以上で述べたように、岡本氏は能動型の地球観測センサーを活用した雲とエアロゾルの観測とそれらの特性に関する解析で先駆的な研究成果をあげており、また、解析されたデータのアーカイブや研究コミュニティへの配布、新たな衛星観測システムのアルゴリズム開発などでも将来が囑望されており、気象学の発展への貢献は極めて大である。

以上の理由により、日本気象学会は岡本 創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

- Okamoto, H., T. Mukai and T. Kozasa, 1994 : The 10 μm feature of aggregates in comets. *Planet. Space Sci.*, **42**, 643-649.
- Okamoto, H., A. Macke, M. Quante and E. Raschke, 1995 : Modeling of backscattering by non-spherical ice particles for the interpretation of cloud radar signals at 94 GHz. An error analysis. *Contr. Atmos. Phys.*, **68**, 319-334.
- Okamoto, H., 1995 : Light scattering by clusters : the a1-term method. *Opt. Rev.*, **2**, 407-412.
- Okamoto, H. and Y. Xu, 1998 : Light scattering by irregular interplanetary dust particles. *Earth Planets Space*, **50**, 577-585.
- Okamoto, H., Y. Sasano, S. Mukai, I. Sano, H. Ishihara, T. Matsumoto, L. Thomason and M. Pitts, 1998 : ADEOS/ILAS aerosol retrieval algorithm with 5 channels. *Adv. Space Res.*, **21**, 443-446.
- 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.
- Okamoto, H., S. Iwasaki, M. Yasui, H. Horie, H. Kuroiwa and H. Kumagai, 2000 : 95-GHz cloud radar and

- lidar systems : preliminary results of cloud microphysics. *Proc. SPIE*, **4152**, 355–363.
- Iwasaki, S. and H. Okamoto, 2001 : Analysis of the enhancement of backscattering by nonspherical particles with flat surfaces. *Appl. Opt.*, **40**, 6121–6129.
- Okamoto, H., 2002 : Information content of the 95-GHz cloud radar signals : Theoretical assessment of effects of nonsphericity and error evaluation of the discrete dipole approximation. *J. Geophys. Res.*, **107**, 4628, doi : 10.1029/2001JD001386.
- Okamoto, H., S. Iwasaki, M. Yasui, H. Horie, H. Kuroiwa and H. Kumagai, 2003 : An algorithm for retrieval of cloud microphysics using 95-GHz cloud radar and lidar. *J. Geophys. Res.*, **108**, 4226, doi : 10.1029/2001JD001225.
- Iwasaki S., H. Okamoto, H. Hanado, K. K. Reddy, H. Horie, H. Kuroiwa and H. Kumagai, 2005 : Retrieval of raindrop and cloud particle size distributions with 14 GHz and 95 GHz cloud radars. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 771–782.
- Sato, K. and H. Okamoto, 2006 : Characterization of Ze and LDR of nonspherical and inhomogeneous ice particles for 95-GHz cloud radar : Its implication to microphysical retrievals. *J. Geophys. Res.*, **111**, D22213, doi : 10.1029/2005JD006959.
- Nishizawa, T., H. Okamoto, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu and K. Aoki, 2007 : An algorithm that retrieves aerosol properties from dual-wavelength polarized lidar measurements. *J. Geophys. Res.*, **112**, D06212, doi : 10.1029/2006JD007435.
- Okamoto, H., T. Nishizawa, T. Takemura, H. Kumagai, H. Kuroiwa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, S. Emori, A. Kamei and T. Nakajima, 2007 : Vertical cloud structure observed from shipborne radar and lidar : mid-latitude case study during the MR01/K02 cruise of the research vessel Mirai. *J. Geophys. Res.*, **112**, D08216, doi : 10.1029/2006JD007628.
- Nishizawa, T., H. Okamoto, T. Takemura, N. Sugimoto, I. Matsui and A. Shimizu, 2008 : Aerosol retrieval from two-wavelength backscatter and one-wavelength polarization lidar measurement taken during the MR01K02 cruise of the R/V Mirai and evaluation of a global aerosol transport model. *J. Geophys. Res.*, **113**, D21201, doi : 10.1029/2007JD009640.
- Okamoto, H., T. Nishizawa, T. Takemura, K. Sato, H. Kumagai, Y. Ohno, N. Sugimoto, A. Shimizu, I. Matsui and T. Nakajima, 2008 : Vertical cloud properties in the tropical western Pacific Ocean : Validation of the CCSR/NIES/FRCGC GCM by shipborne radar and lidar. *J. Geophys. Res.*, **113**, D24213, doi : 10.1029/2008JD009812.
- Heymsfield, A. J., A. Protat, R. Austin, D. Bouniol, R. J. Hogan, J. Delanoë, H. Okamoto, K. Sato, G. van Zadelhoff, D. P. Donovan and Z. Wang, 2008 : Testing IWC retrieval methods using radar and ancillary measurements with in situ data. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 135–163.
- Sato, K., H. Okamoto, M. K. Yamamoto, S. Fukao, H. Kumagai, Y. Ohno, H. Horie and M. Abo, 2009 : 95-GHz Doppler radar and lidar synergy for simultaneous ice microphysics and in-cloud vertical air motion retrieval. *J. Geophys. Res.*, **114**, D03203, doi : 10.1029/2008JD010222.
- Deng, M., G. G. Mace, Z. Wang and H. Okamoto, 2010 : Tropical Composition, Cloud and Climate Coupling Experiment validation for cirrus cloud profiling retrieval using CloudSat radar and CALIPSO lidar. *J. Geophys. Res.*, **115**, D00J15, doi : 10.1029/2009JD013104.
- Sato, K., H. Okamoto, T. Takemura, H. Kumagai and N. Sugimoto, 2010 : Characterization of ice cloud properties obtained by shipborne radar/lidar over the tropical western Pacific Ocean for evaluation of an atmospheric general circulation model. *J. Geophys. Res.*, **115**, D15203, doi : 10.1029/2009JD012944.
- Yoshida, R., H. Okamoto, Y. Hagihara and H. Ishimoto, 2010 : Global analysis of cloud phase and ice crystal orientation from Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO) data using attenuated backscattering and depolarization ratio. *J. Geophys. Res.*, **115**, D00H32, doi : 10.1029/2010JD012334.
- Hagihara, Y., H. Okamoto and R. Yoshida, 2010 : Development of a combined CloudSat-CALIPSO cloud mask to show global cloud distribution. *J. Geophys. Res.*, **115**, D00H33, doi : 10.1029/2009JD012344.
- Okamoto, H., K. Sato and Y. Hagihara, 2010 : Global analysis of ice microphysics from CloudSat and CALIPSO : Incorporation of specular reflection in lidar signals. *J. Geophys. Res.*, **115**, D22209, doi : 10.1029/2009JD013383.

日本気象学会藤原賞受賞者：田中 浩

(名古屋大学名誉教授)

業績：成層圏気象学・気候学ならびに地球環境学の研究推進への貢献

選定理由：

田中 浩氏は、1964年東京大学理学部を卒業後大学院に進学し、乱流や流れの安定性の研究に携わった。1969年より郵政省電波研究所に勤務し、1973年には、学位論文「波動および乱流の非線形力学」により、東京大学より理学博士の学位を取得した。1978年に名古屋大学水圏科学研究所助教授に着任し、中層大気の研究を開始した。その後、同研究所教授、同大気水圏科学研究所教授、同大学院環境学研究科教授を務め、2003年に名古屋大学を退官し名誉教授となった。その後、高野山大学、名城大学理工学部において教育に携わった。

田中氏は水圏科学研究所着任以来、これまで行ってきた大気中の波動と乱流に関する力学的な研究を進展させつつ、1980年代に行われた中層大気国際共同観測計画（MAP）に、理論的基盤に立脚したフィールド観測という新たな研究手法で参加し、大気中を上方に伝播する地形性内部重力波が砕波することにより対流圏界面偏西風ジェット気流と中層大気風系の間に弱風層が作られることを明らかにして、大気大循環における運動量のミッシング・シンクの謎を解明した。この研究業績に対して1989年に日本気象学会より気象学会賞が授与された。これらの一連の研究によって、大気運動とその変動を物質循環過程の一部をなす力学過程として位置づけることに大きく貢献した。

1990年代に入り地球環境問題がクローズアップされる中でWCRP/SPARC（成層圏・気候影響研究計画）が組織され、田中氏はSPARC科学運営委員会に参

加し、成層圏の対流圏気候への影響の研究の発展を、上記の力学過程を物質循環過程の一部として位置づける視点から積極的に推進し、日本における物質循環研究に大きく貢献した。

気象学・大気科学が気候変動の解明、地球環境問題の解決に資することが社会的にも強く求められた時代的要請を受け、田中氏は改組作業委員会委員長として名古屋大学水圏科学研究所の全国共同利用型の大気水圏科学研究所への改組に尽力した。さらに、地球環境研究の中核的研究機関の必要性が各方面から指摘されるに至り、田中氏は文部省地球環境科学研究所（仮称）準備委員会委員、総合地球環境学研究所（仮称）創設調査委員会委員を歴任し、日本の地球環境研究のあり方および研究機関のビジョンの作成に積極的に取り組み、総合地球環境学研究所の設立、さらに軌を一にして行われた名古屋大学大気水圏科学研究所の地球水循環研究センターへの改組ならびに環境学研究科創設に大きく貢献した。

田中氏は、このような研究管理業務に携わりつつ、放射・力学・化学等の基礎分野に加え、生物圏・物質循環・気候変動等の広範囲の内容を体系的に記述した教科書「大気科学とその周辺」を刊行し、さらに、アジア各国からの留学生を含む多くの後進の指導にも尽力した。また、名古屋大学退官後も、高野山大学や名城大学において地球環境学の教育に貢献した。

このように田中氏は、永年にわたって成層圏の気象学・気候学の研究と教育、わが国の地球環境学研究の推進体制確立への貢献を通して、気象学の発展・向上に寄与した。

以上の理由により、日本気象学会は田中 浩氏に藤原賞を贈呈するものである。