

2018年度藤原賞の受賞者決まる

受賞者：内野 修（国立環境研究所衛星観測センター
GOSATプロジェクト）

業績：ライダーの技術開発と大気微量成分の観測的研究への応用及び発展に尽くした功績

選定理由：

気象研究の基盤ともいえる大気の観測は、リモートセンシング技術によってその精度や時空間の解像度が格段に向上してきた。特に、レーザー光を利用した能動型リモートセンシング測器であるライダーの気象学及び環境学への応用は、エアロゾルやオゾンといった大気微量成分の鉛直分布観測において大きな威力を発揮している。

内野 修氏は、1970年代の黎明期から九州大学理学部でレーザー技術を応用したライダーシステムの開発に携わり、日本で初めて成層圏エアロゾルの観測に成功した（Hirono *et al.* 1972）。また、当時、同工学部では紫外光のエキシマーレーザーを開発しており、これを用いたライダーにより世界で初めて成層圏オゾン層の観測に成功した（Uchino *et al.* 1978）。そして、1983年にはその顕著な学術業績によって、日本地球電気磁気学会（現地球電磁気・地球惑星圏学会）の田中館賞を受賞した。紫外光レーザーを用いた差分吸収法ライダーは、高精度でオゾン濃度を測定できることから、その後、世界各地に展開され成層圏オゾン層の長期モニタリングや長期変化傾向の検出にも利用されてきた。また、誘導ラマン散乱レーザーを利用した対流圏オゾンライダーの開発も世界に先駆けて成功した（Uchino *et al.* 1983）。このように、内野氏はライダー技術の先進的開発と、エアロゾルやオゾンといった大気微量成分の鉛直分布の観測への応用を推進してきた草分けである。

気象研究所では、1980年代のエル・チヨン火山（Uchino *et al.* 1984 ; Uchino 1985）、1991年のピナトゥボ火山の噴火に際し、成層圏にまで達した火山灰や成層圏に注入された亜硫酸ガスに起因するエアロゾルの、ライダーによる長期モニタリング研究を成功させ、成層圏エアロゾルが気候変化に与える影響の研究に大きく貢献した。特に、ピナトゥボ火山噴火後は、那覇やローダー（ニュージーランド）でのライダー観測をいち早く開始（Uchino *et al.* 1995）するとともに、国内外の研究者を結集し、亜硫酸ガスから均一核生成過程によって生成された硫酸粒子の南北両半球へ

の輸送、下部成層圏オゾンの減少、対流圏気温の低下など、成層圏エアロゾルの動態や気候影響に関する総合的な研究を主導し、多くの研究成果をあげている。これら活発な研究活動を通じ、成層圏エアロゾル研究への光計測技術の有用性を立証したとして、(一財)光産業技術振興協会から第8回(1992年度)櫻井健二郎氏記念賞が贈られている。その後も、後進とともに将来の衛星搭載ライダーを目指した航空機搭載エアロゾルライダーや半導体レーザー励起差分吸収型の水蒸気ライダーシステムを開発するなど、新規技術開発にも積極的に貢献してきた。

気象庁観測部においては、日本におけるWCRP/SPARC(成層圏過程とその気候への影響)関連研究に主体的に参画し、地上及び人工衛星観測データの解析から春季南極のオゾン全量の変動を明らかにする(Uchino *et al.* 1999)など、オゾン層の監視に大きく貢献した。また、2000年代、世界気象機関全球大気監視計画の地域観測所である岩手県大船渡市の大気環境観測所への成層圏エアロゾル観測用の現業ライダーシステムの導入にも尽力し、その後10年にわたる成層圏エアロゾル鉛直分布データの蓄積につながった。

気象庁を定年退職後も、内野氏は国立環境研究所の温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)検証チームの一員として、ライダーやフーリエ変換分光計による大気微量成分のグラウンドトゥルスデータ取得のための観測的研究に主体的に携わり、全球二酸化炭素分布の解析精度の向上にも大きく貢献している(Uchino *et al.* 2012, 2014, 2017; Sakai *et al.* 2016)。

このように内野 修氏はライダーシステムの設計・製作、大気微量成分の観測計画の立案・推進、及び後進への技術継承と若手研究者育成に大きな功績をあげてきたので、ここに2018年度日本気象学会藤原賞を贈呈するものである。

主な関連論文

Hirono, M., M. Fujiwara, O. Uchino and T. Itabe, 1972: Observations of aerosol layers in the upper atmosphere by laser radar. Rep. Ionos. Space Res. Japan, 26, 237-244.

Uchino, O., M. Maeda, J. Kohno, T. Shibata, C. Nagasawa and M. Hirono, 1978: Observation of stratospheric ozone layer by a XeCl laser radar. Appl. Phys. Lett., 33, 807-809.

Uchino, O., M. Tokunaga, M. Maeda and Y. Miyazoe,

- 1983: Differential-absorption-lidar measurement of tropospheric ozone with excimer-Raman hybrid laser. *Opt. Lett.*, 8, 347-349.
- Uchino, O., K. Takahashi, I. Tabata, I. Akita, Y. Okada and K. Naito, 1984: Ruby lidar observations of the El Chichon dust clouds at Tsukuba (36.1°N) and comparisons with UV lidar measurements at Fukuoka (33.6°N). *J. Meteor. Soc. Japan*, 62, 679-687.
- Uchino, O., 1985: On dispersion processes of the El Chichon dust particles in the lower stratosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 63, 288-293.
- Uchino, O., T. Nagai, T. Fujimoto, W. A. Matthews and J. Orange, 1995: Extensive lidar observations of the Pinatubo aerosol layers at Tsukuba (36.1°N), Naha (26.2°N), Japan and Lauder (45.0°S), New Zealand. *Geophys. Res. Lett.*, 22, 57-60.
- Uchino, O., R. D. Bojkov, D. S. Balis, K. Akagi, M. Hayashi and R. Kajihara, 1999: Essential characteristics of the Antarctic-spring ozone decline: Update to 1998. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1377-1380.
- Uchino, O., N. Kikuchi, T. Sakai, I. Morino, Y. Yoshida, T. Nagai, A. Shimizu, T. Shibata, A. Yamazaki, A. Uchiyama, N. Kikuchi, S. Oshchepkov, A. Bril and T. Yokota, 2012: Influence of aerosols and thin cirrus clouds on the GOSAT-observed CO₂: a case study over Tsukuba. *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 3393-3404.
- Uchino, O., T. Sakai, T. Nagai, I. Morino, T. Maki, M. Deushi, K. Shibata, M. Kajino, T. Kawasaki, T. Akaho, S. Takubo, H. Okumura, K. Arai, M. Nakazato, T. Matsunaga, T. Yokota, S. Kawakami, K. Kita and Y. Sasano, 2014: DIAL measurement of lower tropospheric ozone over Saga (33.24°N, 130.29°E), Japan, and comparison with a chemistry-climate model. *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 1385-1394.
- Sakai, T., O. Uchino, T. Nagai, B. Liley, I. Morino and T. Fujimoto, 2016: Long-term variation of stratospheric aerosols observed with lidars over Tsukuba, Japan, from 1982 and Lauder, New Zealand, from 1992 to 2015. *J. Geophys. Res.*

Atmos., 121, 10283-10293.

Uchino, O., T. Sakai, T. Izumi, T. Nagai, I. Morino, A. Yamazaki, M. Deushi, K. Yumimoto, T. Maki, T. Y. Tanaka, T. Akaho, H. Okumura, K. Arai, T. Nakatsuru, T. Matsunaga and T. Yokota, 2017: Lidar detection of high concentrations of ozone and aerosol transported from northeastern Asia over Saga, Japan. Atmos. Chem. Phys., 17, 1865-1879.

受賞者：佐藤 薫（東京大学大学院理学系研究科）

業績：南極昭和基地レーダーPANSY計画の立案・推進と中層大気力学の発展に尽くした功績

選定理由：

佐藤 薫氏は、京都大学大学院生時代から信楽 MU レーダー観測を中心とした大気重力波の研究に従事し、その成果により 1991 年度の山本・正野論文賞を受賞した。更に京都大学理学部助手時代には重力波に関する国際的レベルの成果を多々発表し、1998 年度の気象学会賞を受賞している。

その後、国立極地研究所勤務期間中の 2002～2004 年には中層大気大循環・物質循環の見地から極域観測の重要性に着目し、第 44 次南極越冬隊員として昭和基地でのオゾンホール観測と大型大気レーダー設置の基礎的準備を行った（佐藤ほか 2003）。引き続き国立極地研究所及び京都大学大学院情報学研究科の関係者と協力し京都大学 MU レーダー・赤道大気レーダーの改良型大型レーダー PANSY 計画の代表として活動し、2010 年 12 月から建設開始、2011 年 3 月に初観測に成功した。2012 年から連続観測を開始し、2015 年には正式に完成の運びとなり現在に至っている。極域大気観測に果たす PANSY プロジェクトの意義（佐藤ほか 2013；佐藤 2015）は大きく、気象学の新境地を開拓するこのような大型プロジェクトの代表者として立案段階から今日まで先頭に立って活動を続けてきたことは極めて高く評価される。このチームに対しては、2014 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰（科学技術賞）及び 2015 年第 8 回海洋立国推進功労者表彰（内閣総理大臣賞）が授与されている。

PANSY 観測開始以降、すでに 10 編余りの国際学術誌発表の論文があり、佐藤氏は常にその共同研究の中心となっている。すなわち、PANSY システムの記述および対流圏から中間圏に至る最初の観測事例解析（Sato *et al.* 2014）、強い鉛直風擾乱の存在及び特徴

とその成因に関する解析 (Tomikawa *et al.* 2015)、南極域多重圏界面形成における重力波の効果 (Shibuya *et al.* 2015)、長期間データを用いた対流圏の周波数スペクトル解析 (Minamihara *et al.* 2016)、白夜の太陽放射による電離を活かした世界初の中層圏連続観測による広帯域の運動量フラックススペクトル解析 (Sato *et al.* 2017)、等々の極めて優れた成果をあげてきている。これら南極観測の新分野開拓における佐藤氏の功績は国際的にも高く評価されており、中層大気科学の国際プロジェクトである WCRP/SPARC (成層圏-対流圏過程とその気候への影響) 関連研究の科学運営委員に選出され活動を続けている。

佐藤 薫氏は 2005 年に東京大学地球惑星科学専攻気象研究室の教授着任以後、後進の教育にもその力量を発揮してきた。中層大気力学に関する観測・理論両面にわたる研究指導で、気象学会山本賞や気象集誌論文賞受賞の受賞者を含め後進若手研究者を多数育成し、学界に送り出している。さらに、観測と大循環モデルとを融合させた研究グループ KANTO を立ち上げ、全国から集まった学位取得後の若手研究者と共同して、重力波及び各種大気波動と赤道 QBO・成層圏突然昇温現象などとの力学的関連について、高分解能モデルを駆使した顕著な業績をあげてきた (Watanabe *et al.* 2008; Sato *et al.* 2009, 2012; Kawatani *et al.* 2010; Sakazaki *et al.* 2015 など)。

このように佐藤 薫氏の中層大気力学分野における功績は極めて大きいので、ここに 2018 年度日本気象学会藤原賞を贈呈するものである

主な関連論文

- 佐藤 薫, 堤 雅基, 麻生武彦, 佐藤 亨, 山内 恭, 江尻全機, 2003: これからの南極観測—南極昭和基地大型大気レーダー計画—. 天気, 50, 619-624.
- Watanabe, S., Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, M. Takahashi and K. Sato, 2008: General aspects of a T213L256 middle atmosphere general circulation model. J. Geophys. Res. Atmos., 113, D12110, doi:10.1029/2008JD010026.
- Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki and M. Takahashi, 2009: On the origins of mesospheric gravity waves. Geophys. Res. Lett., 36, L19801, doi:10.1029/2009GL039908.
- Kawatani, Y., K. Sato, T. J. Dunkerton, S. Watanabe,

- S. Miyahara and M. Takahashi, 2010: The roles of equatorial trapped waves and internal inertia-gravity waves in driving the quasi-biennial oscillation. Part I: Zonal mean wave forcing. *J. Atmos. Sci.*, 67, 963-980.
- Sato, K., S. Tateno, S. Watanabe and Y. Kawatani, 2012: Gravity wave characteristics in the Southern Hemisphere revealed by a high-resolution middle-atmosphere general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 69, 1378-1396.
- 佐藤 薫, 堤 雅基, 佐藤 亨, 中村卓司, 齊藤昭則, 富川喜弘, 西村耕司, 山岸久雄, 山内 恭, 2013: 新しい南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY) から見えるもの. *天気*, 60, 883-888.
- Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, M. Kohma, H. Yamagishi and T. Yamanouchi, 2014: Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY). *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 118, Part A, 2-15.
- 佐藤 薫, 2015: 南極昭和基地大型大気レーダープロジェクト. *極地*, (100), 17-25.
- Sakazaki, T., K. Sato, Y. Kawatani and S. Watanabe, 2015: Three-dimensional structures of tropical nonmigrating tides in a high-vertical-resolution general circulation model. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 1759-1775.
- Shibuya, R., K. Sato, Y. Tomikawa, M. Tsutsumi and T. Sato, 2015: A study of multiple tropopause structures caused by inertia-gravity waves in the Antarctic. *J. Atmos. Sci.*, 72, 2109-2130.
- Tomikawa, Y., M. Nomoto, H. Miura, M. Tsutsumi, K. Nishimura, T. Nakamura, H. Yamagishi, T. Yamanouchi, T. Sato and K. Sato, 2015: Vertical wind disturbances during a strong wind event observed by the PANSY radar at Syowa station, Antarctica. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 1804-1821.
- Minamihara, Y., K. Sato, M. Kohma and M. Tsutsumi, 2016: Characteristics of vertical wind fluctuations in the lower troposphere at Syowa Station in the Antarctic revealed by the PANSY radar. *SOLA*, 12, 116-120.
- Sato, K., M. Kohma, M. Tsutsumi and T. Sato, 2017: Frequency spectra and vertical profiles of wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere

revealed by MST radar observations. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 3-19.