

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25281006

研究課題名(和文) 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ衛星観測データの精緻化による中層大気科学の推進

研究課題名(英文) Promoting the middle atmosphere science based on detailed satellite data from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder

研究代表者

塩谷 雅人 (SHIOTANI, MASATO)

京都大学・生存圏研究所・教授

研究者番号：50192604

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)が観測したオゾンおよびその収支に密接に関わる大気微量成分のデータにもとづき、これまでにはない精度でそれらの時間・空間変動の特徴を明らかにした。既存の観測データとの比較から、オゾンゾンデが測器の応答時間に由来するバイアスを持ちうることを示した。また、実況の気象場をナudgingした化学輸送モデルの結果を援用して、これまでの衛星観測からは明瞭に捉えることのできなかつたオゾンの日変化とそのメカニズムを明らかにした。さらに、北半球冬季極渦内の微量成分分布をSMILES観測と化学輸送モデル結果とで比較することにより、極渦内のオゾン破壊プロセスを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) had made high-sensitivity measurements in the middle atmosphere. On the basis of the SMILES data for ozone and other minor species which are critical to ozone budget, we have clarified the space-time variations with unprecedented precision. By comparing the SMILES data with existing observations we found ozonesonde measurements could have a bias due to the response-time problem. Using outputs from chemistry transport models nudged with the real atmospheric analysis data, we found the ozone diurnal variation that had not been observed clearly by the former satellite observations. We clarified chemical processes of ozone destruction in the polar vortex using the SMILES data and the chemistry transport model outputs of minor species in the northern winter hemisphere.

研究分野：大気科学

キーワード：環境計測 衛星観測 中層大気 大気微量成分 物質循環

## 1. 研究開始当初の背景

現在、われわれを取り巻く地球大気中では、オゾンホールや温暖化など人為起源による擾乱によって作り出された環境変化が顕在化している。これらの問題に対して、各国の研究機関では将来予測のための大規模な数値モデル計算がおこなわれているが、それらの予測結果には大きなばらつきが見られる。その主な要因は、たとえばオゾン層の将来予測についていうと、予測シナリオの鍵となる塩素・臭素系微量成分の存在量の把握が不十分であること、またモデルで実装されている化学過程や輸送過程の表現が不十分であることなどが指摘されている。すなわち、観測の高精度化とモデルの精緻化が求められるようになってきているといえる。

このような中で、2009年9月、国際宇宙ステーション日本実験モジュール「きぼう」の暴露部に超伝導サブミリ波リム放射サウンド(Superconducting Sub-millimeter-Wave Limb-Emission Sounder: SMILES)が設置され、中層大気領域の大気観測をおこなった。SMILESは機械式4K冷却機と超伝導技術を利用したサブミリ波リム放射観測装置で、残念ながら測器の不具合から観測期間は2010年4月末までの約半年にとどまったが、大気微量成分の3次元グローバル分布の超高感度観測をおこなった。得られた放射データは過去の衛星観測を遙かに凌ぐ高品質のものであり、その実力を生かすべく高度なアルゴリズムにもとづいて高精度な微量成分分布が導出されている。なお、本研究計画の研究代表者はSMILESミッションチームの代表研究者を務め、研究分担者・連携研究者の多くもチームメンバーとしてさまざまな課題を担当した。

SMILESの測定から得られた大気微量成分データを吟味する作業は継続的におこなわれているが、比較・検証の対象とすべき他の高精度観測データが十分でない中で、われわれは気象場をナッジング(現況で緩く拘束)した化学輸送モデルの出力との比較をおこなった。その結果、両者は予想以上によい一致を示し、その示唆するところは衛星測器と数値モデルという異なる2つの手段によって“観測”された地球大気の情報に妥当なものであり、そこから両者の整合性を力学・化学の両面から読み取ることができると確信した。

しかしながら結果を詳細に調べてゆくと様々な相違点が見つかる。それらはSMILESのデータ処理の際に問題となる対象分子の分光パラメータの不確かさや、モデルの側からは各反応系における反応係数等の不確かさに起因するものである。相互比較する中からこれらの問題点を浮き彫りにし、観測データの質をより向上させるとともに化学輸送モデル実験のリアリティをさらに確かなものにする可以考虑。こういったアプローチを通しデータの信頼性を増すことによってはじめて、中層大気科学の重要問題に答えることができる。

## 2. 研究の目的

この研究課題の目指すところは、SMILESが測定した大気の放射データから具体的な大気微量成分分布を導出する際に大きな不確かさを持つ要素(たとえば分光学的なパラメータ)の吟味をおこなうことによって、より信頼性の高い微量成分データを導出することである。その作業は、客観解析データ等から得られる実況の気象場(温度場や流れの場)をナッジングした化学輸送モデル結果との詳細な整合性のチェックを通しておこない、問題点が明らかになった場合にはデータ処理アルゴリズムを改訂してデータプロダクトの再作成をおこなう。

いっぽう化学輸送モデルにおいては、実際にSMILESが観測した時刻と場所について微量成分のプロファイルを抽出し相互に比較することによって、化学輸送モデルの持つ不確定要素である化学反応系のパラメータや力学系の輸送スキームについて検討しモデルの改訂をおこなう。このように相互の整合性をチェックすることで、SMILESの測定から得られる微量成分データをより確かなものにするとともに、化学輸送モデルのパフォーマンスの向上につなげる。こうして得られた観測データに基づいて、さまざまな中層大気科学の重要問題に取り組む。

## 3. 研究の方法

本研究を実施するためは、大きく分けて次の3つの作業をおこなう。1. SMILESデータと化学輸送モデル結果との比較・検討、2. SMILESデータ処理システムにおける不確定要素の把握とその改訂、3. 化学輸送モデルの持つ不確定要素の把握とその改訂である。

この研究で用いるSMILESデータは、取得後約3年を経た時点で既に一般的なデータ利用に供するレベルにあり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)から公開されている。しかしながら、SMILESが測定したおおもとの高精度大気分光データの実力はまだ十分には生かされていない可能性がある。比較・検討の対象として用いる化学輸送モデルとしては、国立環境研究所のMIROC3.2化学気候モデルおよびNCAR(米国大気科学研究センター)が提供するWACCM(Whole-Atmosphere Community Climate Model)大気化学モデルである。これらは、必ずしも完全な数値モデルといえるわけではないが、物理・化学過程のかなりの部分について内的な整合性を持った大気状態を表現していると考えられる。SMILESデータをこれら化学輸送モデルの出力結果と詳細に比較・検討をおこなうのが最初の1.のステップである。その際特に、SMILESが太陽非同期軌道上から観測するため微量成分分布の日変化成分を捉えることができるという長所を生かして、相違点・問題点をより明瞭にすることができ、それらの要因を推論することが容易になる。

このようにして抽出された問題点を SMILES のデータ処理システムあるいは化学気候モデルの不確定要素として探索・把握し、その仮説を SMILES データ処理システムあるいは化学輸送モデルに取り込むことによってそれぞれの改訂作業をおこなう(それぞれ 2. と 3. に対応する)。その結果を再度 1. に戻って比較・検討する。この作業を繰り返すことによって、SMILES の測定から得られる微量成分データをより精緻なものとする。このようにして得られたデータにもとづいて、オゾン層変動の要因あるいは地球大気質変動のプロセスについて解明する。

#### 4. 研究成果

まず、SMILES データと既存の観測データや化学輸送モデル結果との比較・検討をおこなった。作業をおこなうにあたってはこれらデータ間の整合性について注意し、場合によっては既存のデータも批判的に眺めながら SMILES データと化学輸送モデル結果との詳細な比較をおこない、相違点を明らかにしてその問題点を抽出した(5. 主な発表論文等の 18 番目；以下では Imai et al., 2013(18)のように記載)。さらにオゾンゾンデ観測との比較から、特に高度方向にオゾン濃度が急増する熱帯域下部成層圏において、オゾンゾンデの持つ応答時間の問題によりオゾンゾンデの測定結果が数%の負バイアスを持ちうることを示唆した(Imai et al., 2013(15))。

次に SMILES が異なる地方時の大気観測ができるという長所を生かして、微量成分の日変化に注目した相互比較をおこなった。これまで成層圏領域ではオゾンの日変化成分は無視できるとされていたが、SMILES の高感度観測から明瞭な日変化成分を検出したことは特筆される(Sakazaki et al., 2013(19))。SMILES の観測結果は化学輸送モデル結果と整合性もよく、モデル結果を用いた解析から潮汐にともなう鉛直流変動がオゾンの日変化を引き起こしていることが明らかになった。このオゾンの日周変動成分はハワイにおける地上からの成層圏オゾン観測データにも見られることが確認されている(Parrish et al., 2014(10))。なお Sakazaki et al., 2013(19)の日周変動成分に関する研究は、さまざまな手法によるオゾン測定がその固有な観測時間によってバイアスを持ちうることを示すもので、その重要性に鑑みて 2014 年末に世界気象機構(WMO)から発刊された最新のオゾンアセスメントレポートにおいて取り上げられている。この発展研究として、特に高精度な測定ができることとされる太陽掩蔽法にもとづく日出・日入時における複数の衛星オゾン観測データと化学輸送モデル結果との比較をおこなった。その結果、成層圏領域における日出・日入時のオゾン量に顕著な差が認められ、それが上記 SMILES データで見られた日周変動成分として解釈できることがわかった(Sakazaki et al., 2014(9))。

高精度観測をおこなった SMILES ならではの事例研究として、2010 年 1 月 15 日に起こった部分日食時に、SMILES は中間圏のオゾン量が増加する様子を衛星観測として世界ではじめて捉えた(Imai et al., 2015(5))。簡単な光化学ボックスモデルを用いた解析から、日食時のオゾン変動はオゾン光化学の基本メカニズムを理解する上でよい例となることが明らかになり、水蒸気を中心とした中間圏におけるオゾン光化学のより精密化が必要であることが示唆された。なお本研究成果は共同研究者の所属する複数の機関においてプレスリリースされた(5. 主な発表論文等のうち〔その他〕報道関連情報(プレスリリース)を参照のこと)。

データ処理システムにおける不確定性要素の把握と改訂という観点から、スペクトル線形状を求めるための新たな測定系を製作した。そして従来のデータ解析に用いられてきたモデル関数である Voigt 型関数に加えて、分子の衝突緩和の非線形効果を取り込んだ Galatry 型、速度依存 Voigt 型関数による解析プログラムを新たに作成し 3 種類の形状関数の相互比較を系統的に進めた。亜酸化窒素を測定対象として、サブミリ波領域のスペクトル線の精密測定をおこない、モデル関数の適合性を検証した。その結果、Voigt 型関数に比べて、Galatry 型ないしは速度依存 Voigt 型関数は、低圧領域において系統的な残差はより小さくなるが、分子衝突の効果が支配的になる高圧領域(上部成層圏より低高度に対応する圧力領域)では、Galatry 型はモデル自体が破たんすることが確認できた。以上を踏まえ、500GHz 帯の 3 種類の純回転遷移について、速度依存 Voigt 型関数のモデルパラメータを精度良く決定した。

化学輸送モデルを用いた検証あるいは現象の理解という観点から、2010 年 1 月に起こった成層圏突然昇温時の SMILES による北半球中高緯度下部成層圏の大気微量成分濃度の観測値と化学輸送モデルの計算値との比較を行った。モデルは突然昇温時のオゾンや HCl, ClO 濃度分布の急激な変化をよく再現しているが、極渦内下部成層圏の ClO 濃度は、SMILES による観測値と比較すると 30%程度低いことがわかった(Akiyoshi et al., 2016)。このことは極渦内における塩素系化学反応の表現に問題があることを示唆している。

こういった研究成果にもとづき、SMILES の欠点を補いながらさらに進んだ大気観測をおこなうため新たな衛星計画を検討中であり、特に温度と風の場の観測を中心として理論モデル計算を実行し、十分な測定可能性があることがわかってきている。

なお、以上の成果を踏まえつつ、SMILES のデータプロダクトの改訂が引き続いておこなわれており、ver. 3.2 の Level 2 データが JAXA/ISAS(宇宙科学研究所)のデータ提供サーバーを通して公開される予定である。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 20 件)

- 1) Bailleux, S., D. DufLOT, S. Aiba, S. Nakahama, and H. Ozeki, 2016: Nitrosyl Iodide, INO: A combined ab initio and high-resolution spectroscopic study. *Chem. Phys. Lett.*, 650, 73-75, doi:10.1016/j.cplett.2016.02.069. 査読有
- 2) Oberländer-Hayn, S., E. P. Gerber, J. Abalichin, H. Akiyoshi, A. Kerschbaumer, A. Kubin, M. Kunze, U. Langematz, S. Meul, M. Michou, O. Morgenstern, and L. D. Oman, 2016: Is the Brewer-Dobson circulation increasing, or moving upward?. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1772-1779, doi:10.1002/2015GL067545. 査読有
- 3) Akiyoshi, H., T. Nakamura, T. Miyasaka, M. Shiotani, and M. Suzuki, 2015: A nudged chemistry-climate model simulation of chemical constituent distribution at northern high-latitude stratosphere observed by SMILES and MLS during the 2009/2010 stratospheric sudden warming. *J. Geophys. Res.*, 121, 1361-1380, doi: 10.1002/2015JD023334. 査読有
- 4) Sakazaki, T., T. Sasaki, M. Shiotani, Y. Tomikawa, and D. Kinnison, 2015: Zonally uniform tidal oscillations in the tropical stratosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 9553-9560, doi: 10.1002/2015GL066054. 査読有
- 5) Imai, K., T. Imamura, K. Takahashi, H. Akiyoshi, Y. Yamashita, M. Suzuki, K. Ebisawa, and M. Shiotani, 2015: SMILES observations of mesospheric ozone during the solar eclipse. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 3576-3582, doi: 10.1002/2015GL063323. 査読有
- 6) Bailleux, S., D. DufLOT, K. Taniguchi, S. Sakai, H. Ozeki, T. Okabayashi, and W. Bailey, 2014: Fourier Transform Microwave and Millimeter-wave Spectroscopy of Bromiodomethane, CH<sub>2</sub>BrI. *J. Phys. Chem. A*, 118, 11744-11750. 査読有
- 7) Motoki, Y., H. Ozeki, and K. Kobayashi, 2014: Terahertz spectroscopy of methanimine and its isotopologues. *Astronomy & Astrophysics*, 566, A28(6 pages), doi:10.1051/0004-6361/201423381. 査読有
- 8) Jiang, J., (21 名省略), and M. Shiotani, 2014: Evaluating the diurnal cycle of upper tropospheric ice clouds in climate models using SMILES observations. *J. Atmos. Sci.*, 72 (3), 1022-1044, doi:10.1175/JAS-D-14-0124.1. 査読有
- 9) Sakazaki, T., M. Shiotani, M. Suzuki, D. Kinnison, J. M. Zawodny, M. McHugh, and K. A. Walker, 2014: Sunset-sunrise difference in solar occultation ozone measurements (SAGE II, HALOE, and ACE-FTS) and its relationship to tidal vertical winds. *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 829-843, doi:10.5194/acp-15-829-2015. 査読有
- 10) Parrish, A., (8 名省略), M. Shiotani, and T. Sakazaki, 2014: Diurnal variations of stratospheric ozone measured by ground-based microwave remote sensing at the Mauna Loa NDACC site: measurement validation and GEOSCCM model comparison. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 7255-7272, doi:10.5194/acp-14-7255-2014. 査読有
- 11) Hassler, B., (33 名省略), M. Shiotani, (14 名省略), 2014: Past changes in the vertical distribution of ozone-Part 1: Measurement techniques, uncertainties and availability, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 1395-1427, doi:10.5194/amt-7-1395-2014. 査読有
- 12) Motoki, Y., Y. Tsunoda, H. Ozeki, and K. Kobayashi, 2013: Submillimeter-wave spectrum of amino acetonitrile and its deuterated isotopologues, possible precursor of the simplest amino acid, glycine. *Astrophys. J. Supplement series*, 209, 23 (6pages), 10.1088/0067-0049/209/2/23. 査読有
- 13) Sugita, T., Y. Kasai, Y. Terao, S. Hayashida, G. L. Manney, W. H. Daffer, H. Sagawa, M. Suzuki, M. Shiotani, K. A. Walker, C. D. Boone, and P. F. Bernath, 2013: HCl and ClO profiles inside the Antarctic vortex as observed by SMILES in November 2009: comparisons with MLS and ACE-FTS instruments. *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 3099-3113, doi:10.5194/amt-6-3099-2013. 査読有
- 14) Khosravi, M., (11 名省略), M. Shiotani, M. Suzuki, T. von Clarmann, K. A. Walker, and S. Wang, 2013: Diurnal variation of stratospheric and lower mesospheric HOCl, ClO and HO<sub>2</sub> at the equator: comparison of 1-D model calculations with measurements by satellite instruments. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 7587-7606, doi:10.5194/acp-13-7587-2013. 査読有
- 15) Imai, K., M. Fujiwara, Y. Inai, N. Manago, M. Suzuki, T. Sano, C. Mitsuda, Y. Naito, F. Hasebe, T. Koide, and M. Shiotani, 2013: Comparison of ozone profiles between Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder and worldwide ozonesonde measurements. *J. Geophys. Res.* 118, 12755-12765, doi:10.1002/2013JD021094. 査読有
- 16) Millan, L., W. Read, Y. Kasai, A. Lambert, N. Livesey, J. Mendrok, H. Sagawa, T. Sano, M. Shiotani, and D. Wu, 2013: SMILES Ice Cloud Products. *J. Geophys. Res.*, 118, 6468-6477, doi:10.1002/jgrd.50322. 査読有
- 17) Smith, A. K., (12 名省略), M. Shiotani, W. R. Skinner, M. Suzuki, and K. A. Walker, 2013: Satellite observations of ozone in the upper mesosphere. *J. Geophys. Res.*, 118, 5803-5821, doi: 10.1002/jgrd.50445. 査読有
- 18) Imai, K., N. Manago, C. Mitsuda, Y. Naito, E. Nishimoto, T. Sakazaki, M. Fujiwara, L. Froidevaux, T. von Clarmann, G. P. Stiller, D. P.

Murtagh, P. Rong, M. G. Mlynczak, K. A. Walker, D. E. Kinnison, H. Akiyoshi, T. Nakamura, T. Miyasaka, T. Nishibori, S. Mizobuchi, K. Kikuchi, H. Ozeki, C. Takahashi, H. Hayashi, T. Sano, M. Suzuki, M. Takayanagi, and M. Shiotani, 2013: Validation of ozone data from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) . *J. Geophys. Res.*, 118, 5750-5769, doi:10.1002/jgrd.50434. 査読有

19) Sakazaki, T., M. Fujiwara, C. Mitsuda, K. Imai, N. Manago, Y. Naito, T. Nakamura, H. Akiyoshi, D. Kinnison, T. Sano, M. Suzuki, and M. Shiotani, 2013: Diurnal ozone variations in the stratosphere revealed in observations from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) on board the International Space Station (ISS). *J. Geophys. Res.*, 118, 2991-3006, doi:10.1002/jgrd.50220. 査読有

このほかに査読無のもの 1 件.

〔学会発表〕 (計 70件)

1) Shiotani, M.: Research results from the ten-year ozonesonde observation in Hanoi, The Eighth Aero-Meteorology Workshop, Aero-Meteorological Observatory of Vietnam, Hanoi, Vietnam, December 16, 2015.

2) Akiyoshi, H., T. Nakamura, T. Miyasaka, M. Shiotani, and M. Suzuki: A nudged-CCM simulation of chemical constituent distribution at Northern Hemisphere high latitudes observed by SMILES during the 2010 SSW, 26th IUGG general assembly 2015, Prague congress centre, Prague, Chechrepublic, June 22-July 2, 2015.

3) Akiyoshi, H., T. Nakamura, T. Miyasaka, M. Shiotani, and M. Suzuki: A nudged-CCM simulation of chemical constituent distribution at Northern Hemisphere high latitudes observed by SMILES during the 2010 SSW, 26th IUGG general assembly 2015, Prague congress centre, Prague, Chechrepublic, June 22-July 2, 2015.

4) Shiotani, M., K. Imai, Y. Naito, and T. Sakazaki: HCl observations in the middle atmosphere as revealed by SMILES, 26th IUGG general assembly 2015, Prague congress centre, Prague, Chechrepublic, June 22-July 2, 2015.

5) Akiyoshi, H.: Development of CCM and CTM in NIES and their application to ozone layer research, 1st International Workshop on SLCs in Asia: Chemistry-climate modeling and its applications, Seoul National University, Seoul, Korea, April 1-3, 2015. (invited)

6) Shiotani, M.: Planetary wave-mean flow interaction in the stratosphere - global scale waves seen from satellite observations -, John

Gille symposium, Main Auditorium at NCAR's Foothills Laboratory 2 in Boulder, CO., USA, November 21, 2014. (invited)

7) Suzuki, M., N. Manago, and H. Ozeki: Sensitivity study on minor species and temperature for sub-mm limb sounder, SMILES-2 proposal, SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2014, Beijing International Convention Center, Beijing, China, October 13-16, 2014.

8) Manago, N., H. Ozeki, and M. Suzuki: Scientific requirements and frequency selection for SMILES-2 proposal, 40th COSPAR Scientific Assembly, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, August 2-10, 2014.

9) Suzuki, M.: VLS Br<sub>y</sub> estimation from SMILES BrO observation, 40th COSPAR Scientific Assembly, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, August 2-10, 2014.

10) Suzuki, M., N. Manago, C. Mitsuda, K. Imai, T. Sakazaki, H. Ozeki, Y. Naito, E. Nishimoto, T. Akamizu, C. Takahashi, T. Sano, D. Kinnison, and M. Shiotani: Estimation of VLS Br<sub>y</sub> from JEM/SMILES BrO Observation, AOGS 2014 11th Annual Meeting, Royton Sapporo Hotel, Sapporo, Japan, July 28- August 1, 2014.

11) Shiotani, M.: Recent results for middle atmospheric sciences using data from SMILES, AOGS 2014 11th Annual Meeting, Royton Sapporo Hotel, Sapporo, Japan, July 28- August 1, 2014. (invited)

12) Manago, N., H. Ozeki, and M. Suzuki: Band selection study for the sub-mm limb sounder, SMILES-2, IGARSS 2014, Quebec City Convention Centre, Quebec, Canada, July 13-18, 2014.

13) Shiotani, M. and SMILES mission team: Middle atmospheric sciences using data from SMILES, SPARC 5th General Assembly, Millennium Hotel, Queenstown, New Zealand, January 12-17, 2014.

14) Akiyoshi, H., T. Nakamura, and M. Shiotani: A nudged CTM simulation for chemical constituent distribution during the stratospheric sudden warming observed by SMILES in 2010, SPARC 5th General Assembly, Millennium Hotel, Queenstown, New Zealand, January 12-17, 2014.

15) Suzuki, M., K. Imai, T. Sano, N. Manago, C. Mitsuda, Y. Inoue, C. Takahashi, D. Knisson, H. Akiyoshi, H. Ozeki, E. Nishimoto, Y. Naito, and M. Shiotani: VLS Br<sub>y</sub> estimation from JEM/SMILES BrO observation, SPARC 5th General Assembly, Millennium Hotel, Queenstown, New Zealand, January 12-17, 2014.

16) Shiotani, M. and SMILES mission team: Diurnal variations of minor constituents in the middle atmosphere as revealed by the superconducting submillimeter -Wave limb-

emission sounder (SMILES), IAGA 2013 The XIIth Scientific Assembly, Fiesta Americana and Presidente Intercontinental, Merida, Mexico, August 26-31, 2013. (invited)

17) Suzuki, M., K. Imai, C. Mitusuda, H. Ozeki, Y. Naito, N. Manago, H. Akiyoshi, and M. Shiotani: Observation of O<sub>3</sub>, ClO, HOCl, HO<sub>2</sub>, and BrO by JEM/SMILES, AOGS 2013, Brisbane Convention & Exhibition Centre, Australia, June 24-28, 2013.

18) Imai, K., H. Akiyoshi, Y. Yamashita, M. Suzuki, and M. Shiotani: Atmospheric response during annular solar eclipse on 15 January 2010, AOGS 2013, Brisbane Convention & Exhibition Centre, Australia, June 24-28, 2013.

19) Suzuki, M., C. Mitsuda, N. Manago, K. Imai, H. Akiyoshi, D. Kinnison, T. Sano, Y. Inoue, E. Nishimoto, Y. Naito, and M. Shiotani: Observation of ClO, HO<sub>2</sub>, HOCl, and BrO by ISS/JEM/SMILES, 7th International Atmospheric Limb Conference and Workshop, Haus der Wissenschaft, Bremen, Germany, June 17-19, 2013.

20) Imai, K., M. Suzuki, T. Sano, C. Mitsuda, N. Manago, Y. Naito, H. Akiyoshi, and M. Shiotani: Validation of SMILES level 2 version 2.4 products, 7th International Atmospheric Limb Conference and Workshop, Haus der Wissenschaft, Bremen, Germany, June 17-19, 2013.

21) Shiotani, M. and Y. Naito: Ozone and HCl distributions in the equatorial stratosphere in relation to the QBO and the SAO observed by SMILES and MLS, AMS 19th Conference on atmospheric and oceanic fluid dynamics, 17th conference on the middle atmosphere, Hotel Viking, Newport, RI, USA, June 16-21, 2013.

このほかに国内外での学会発表 49 件(国内での招待講演 2 件を含む) .

[ 図書 ] ( 計 1 件 )

1) Suzuki, M., T. Sano and M. Shiotani: Overview of SMILES observations, The Atmospheric Chemistry Experiment ACE at 10: A Solar Occultation Anthology, Peter Bernath, Ed., A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia, U.S.A., 2013, pp.179-187.

[ その他 ]

・報道関連情報(プレスリリース)

Imai, K., et al., 2015: SMILES observations of mesospheric ozone during the solar eclipse. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 3576-3582, doi: 10.1002/2015GL063323. 査読有

公開先 HP :

[http://www.jaxa.jp/press/2015/06/20150612\\_smiles\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2015/06/20150612_smiles_j.html)

<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2015/20150612/20150612.html>

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2015/150612\\_2.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2015/150612_2.html)

・ホームページ等

JEM/SMILES - JAXA 宇宙航空研究開発機構  
<http://smiles.tksc.jaxa.jp/indexj.shtml>

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

塩谷 雅人 (SHIOTANI Masato)  
京都大学・生存圏研究所・教授  
研究者番号 : 50192604

### (2)研究分担者

鈴木 睦 (SUZUKI Makoto)  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・上席研究員  
研究者番号 : 60142098

秋吉 英治 (AKIYOSHI Hideharu)  
国立研究開発法人 国立環境研究所・地球環境研究センター・室長  
研究者番号 : 80211697

尾関 博之 (OZEKI Hiroyuki)  
東邦大学・理学部・教授  
研究者番号 : 70260031

眞子 直弘 (MANAGO Naohiro)  
千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・助教  
研究者番号 : 00644618

今井 弘二 (IMAI Koji)  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・研究員  
研究者番号 : 50711230

### (3)連携研究者

高橋けんし (TAKAHASHI Kenshi)  
京都大学・生存圏研究所・准教授  
研究者番号 : 10303596

西 憲敬 (NISHI Noriyuki)  
福岡大学・理学部・准教授  
研究者番号 : 00222183

内藤 陽子 (NAITO Yoko)  
京都大学・理学部・助教  
研究者番号 : 50324603