

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES)による最近の成果

空へ挑み、宇宙を拓く



塩谷雅人(京都大学・生存圏研究所),
SMILESミッションチーム



SMILES ミッションの目的

(SMILES: Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder)



- 4K機械式冷凍機と超伝導技術を用いたサブミリ波帯リム放射サウンダの世界で初めての軌道上技術実証
- 中層大気微量気体成分のグローバルな時空間分布に関する観測実験



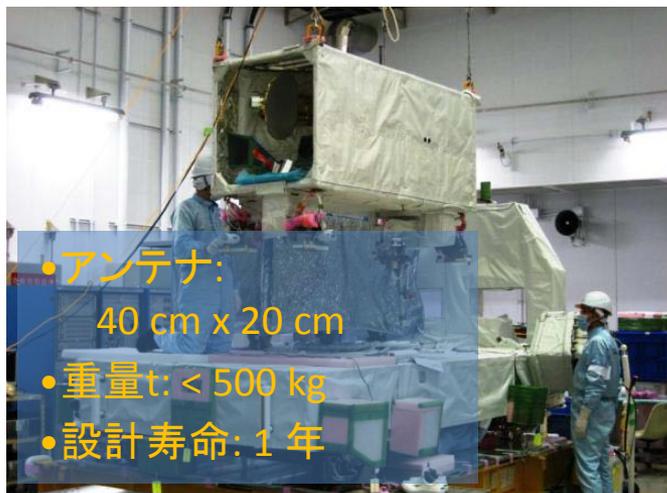
[標準プロダクト]

O_3 , HCl, ClO, CH_3CN , O_3 isotopes, HOCl, HNO_3 , HO_2 , BrO

[研究プロダクト]

volcanic SO_2 , H_2O_2 , UTH, Cirrus Clouds

SMILES打ち上げからの経過

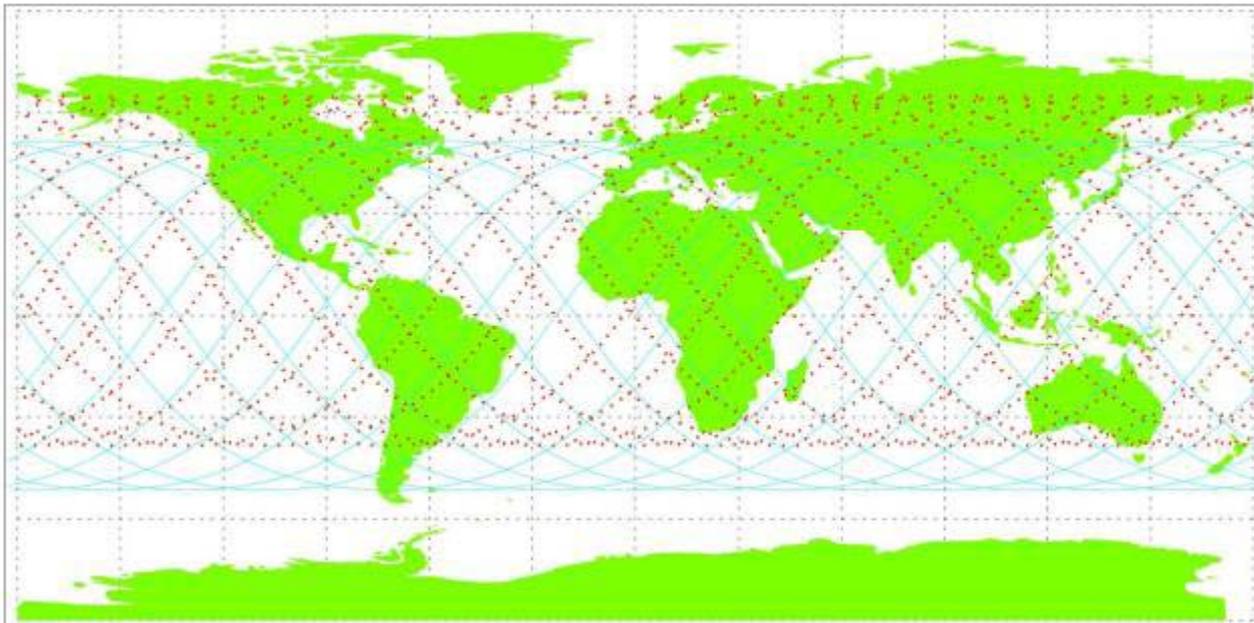
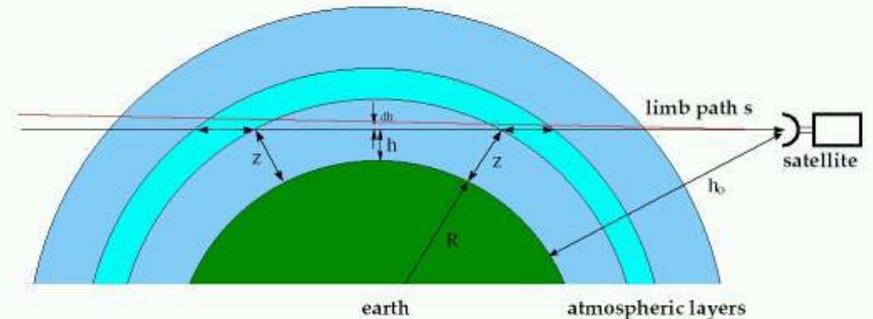


2009年9月11日 H-IIB を使ったH-II Transfer Vehicle (HTV)で打上げ
9月18日 HTVはISSとドッキング, 9月25日 JEMに設置
9月28日 冷却機が4Kに到達, 10月12日 連続的な観測を開始
10月19日 ファーストライト発表, 11月6日 定常運用移行

2010年4月21日 一部の機器(サブミリ波受信)の不具合から観測の停止
6月5日 JEM熱制御系の不具合に伴い, SMILES冷凍機を停止

SMILES観測の概要

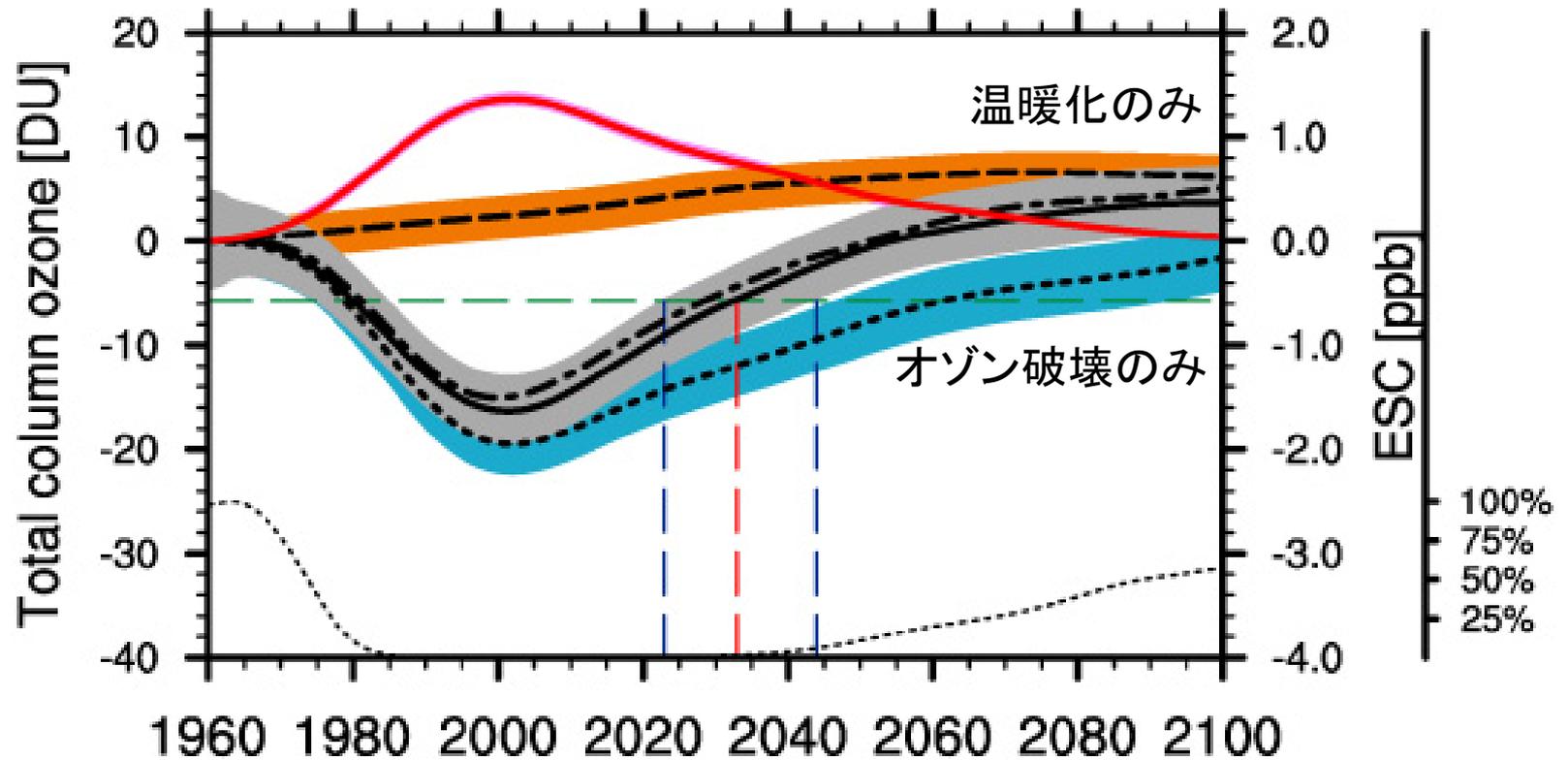
- 超伝導センサを用いた624- 650 GHz帯における超高感度測定
- 大気のリム観測に基づく鉛直プロファイルの測定(高度分解能約3km)
- 国際宇宙ステーションでの実証・地球大気のグローバル観測(65N- 38S)



⇒ オゾン化学にとって重要な役割を果たすラジカル分子種をターゲットとした観測をおこなう

オゾン層の現状と将来予測

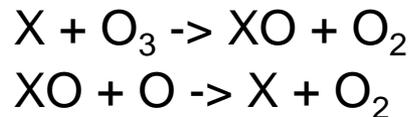
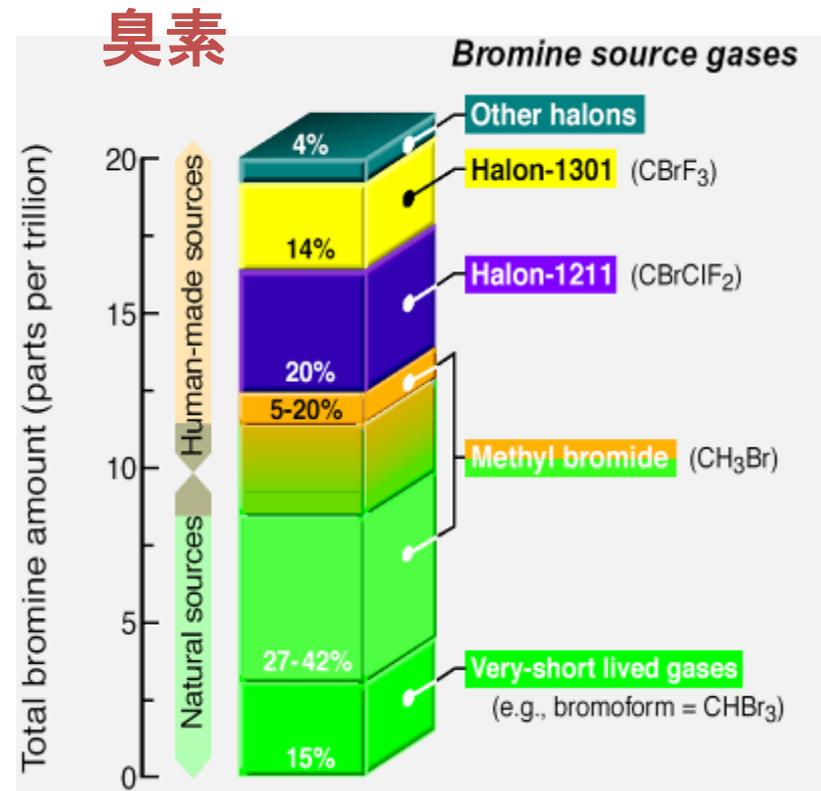
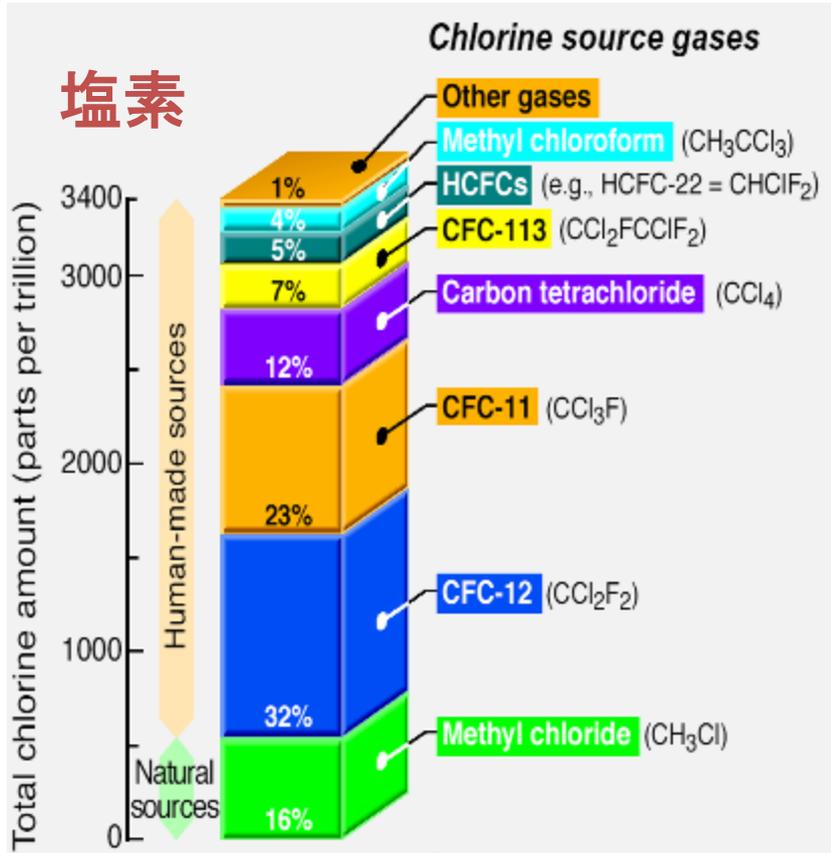
(a) Global annual mean



(Eyring et al., 2010)

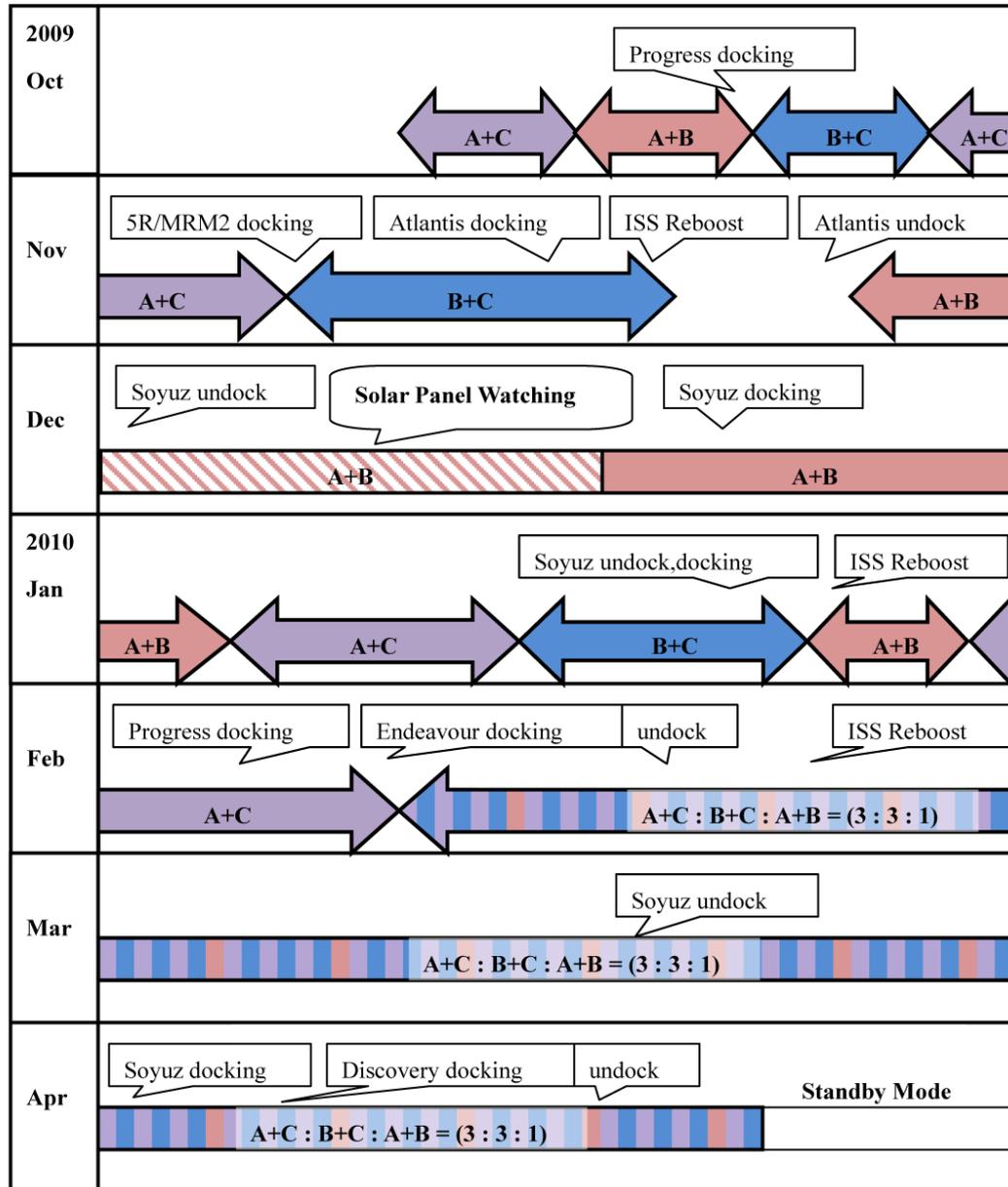


成層圏における塩素と臭素



(X=H, OH, Cl, Br, NO)

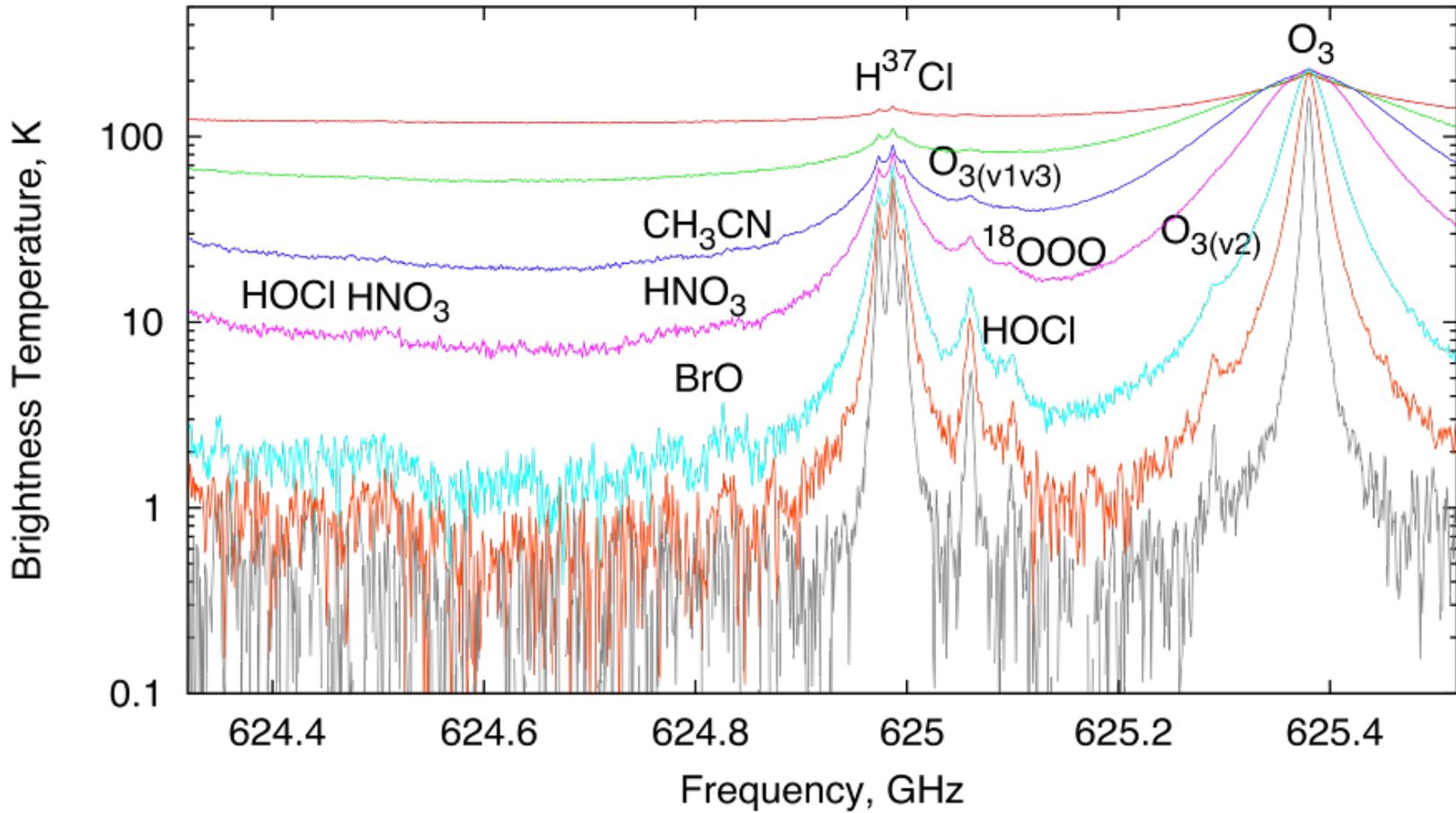
SMILESの観測状況



バンド A のスペクトル

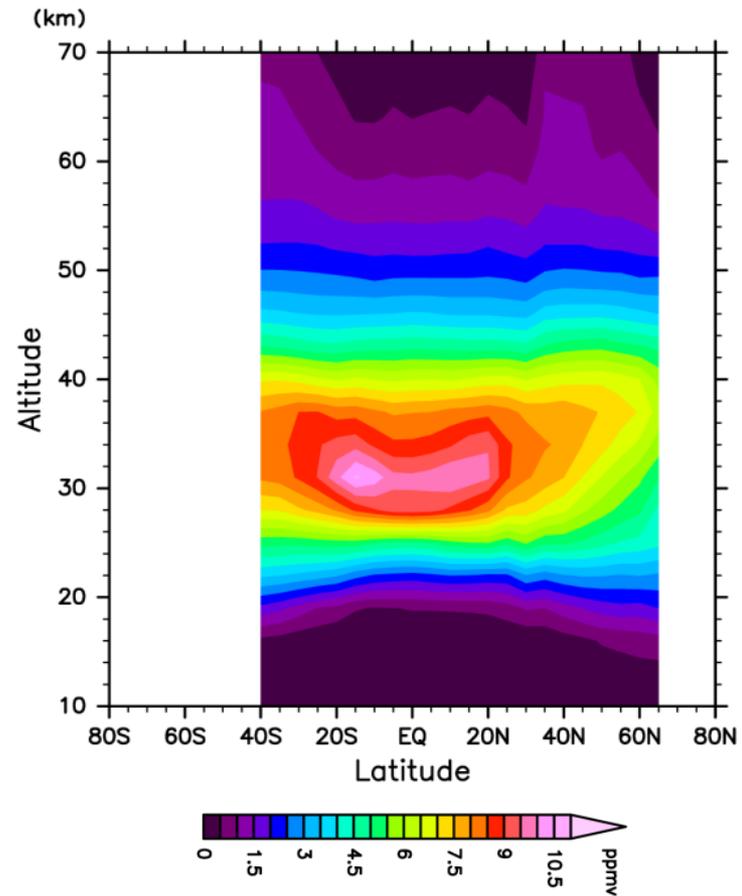
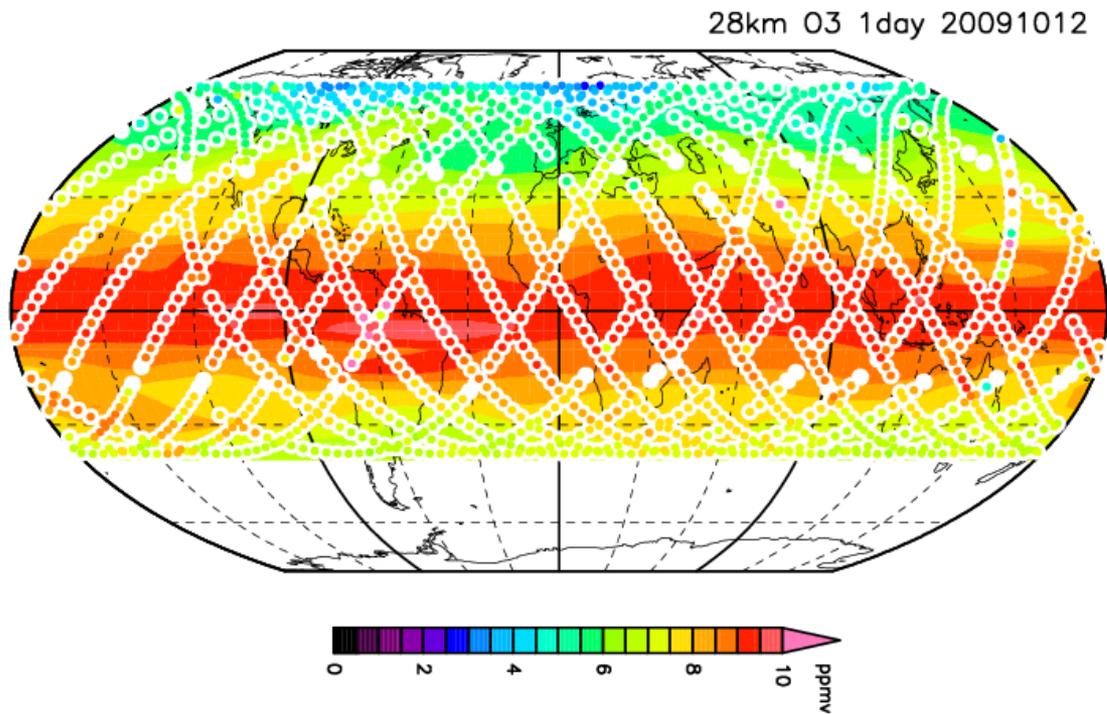
band A (091012000062)

2009/10/12 03:22:14, N23.30 E173.83, SZA 55.8 deg at 30km



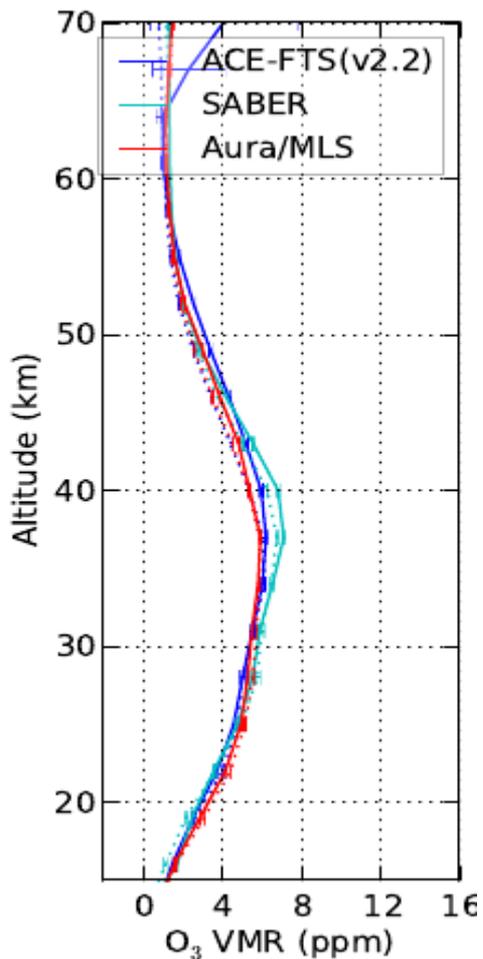
15.9 km	—	25.9 km	—	35.6 km	—	45.2 km	—
19.9 km	—	29.8 km	—	39.5 km	—		

SMILESによる最初の観測 (2009年10月12日)

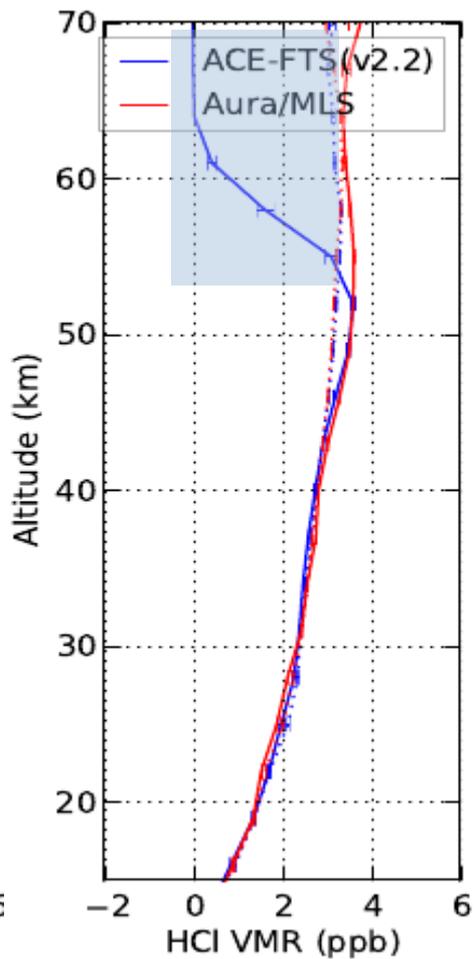


他の衛星データとの比較

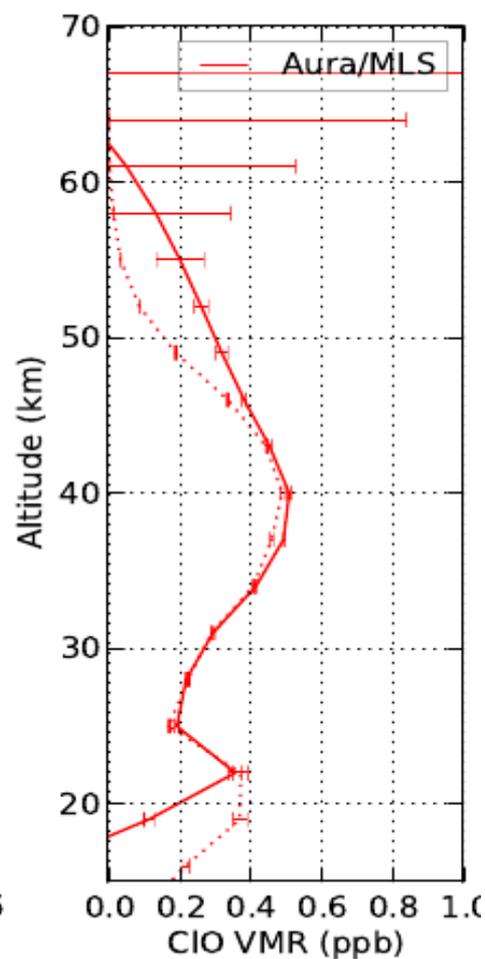
Ozone



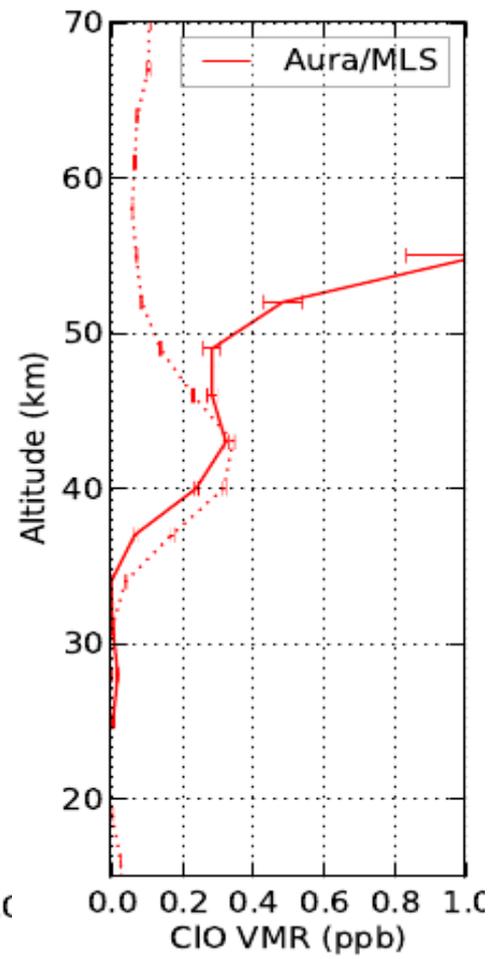
HCl



ClO(day)

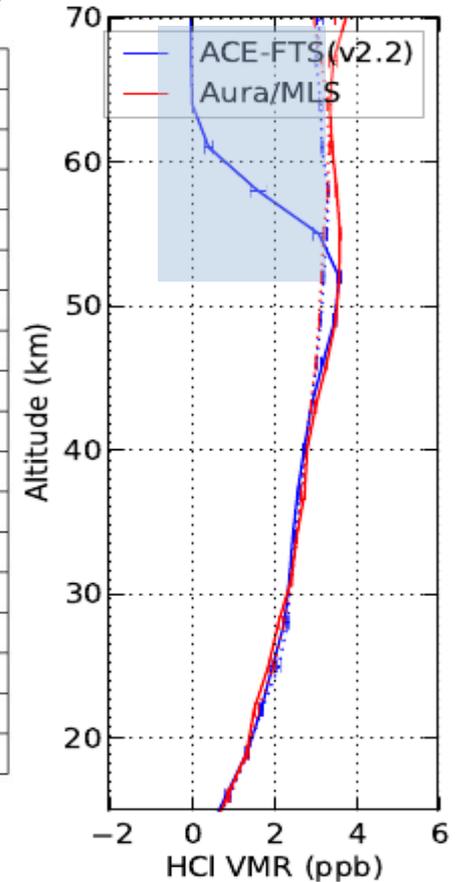
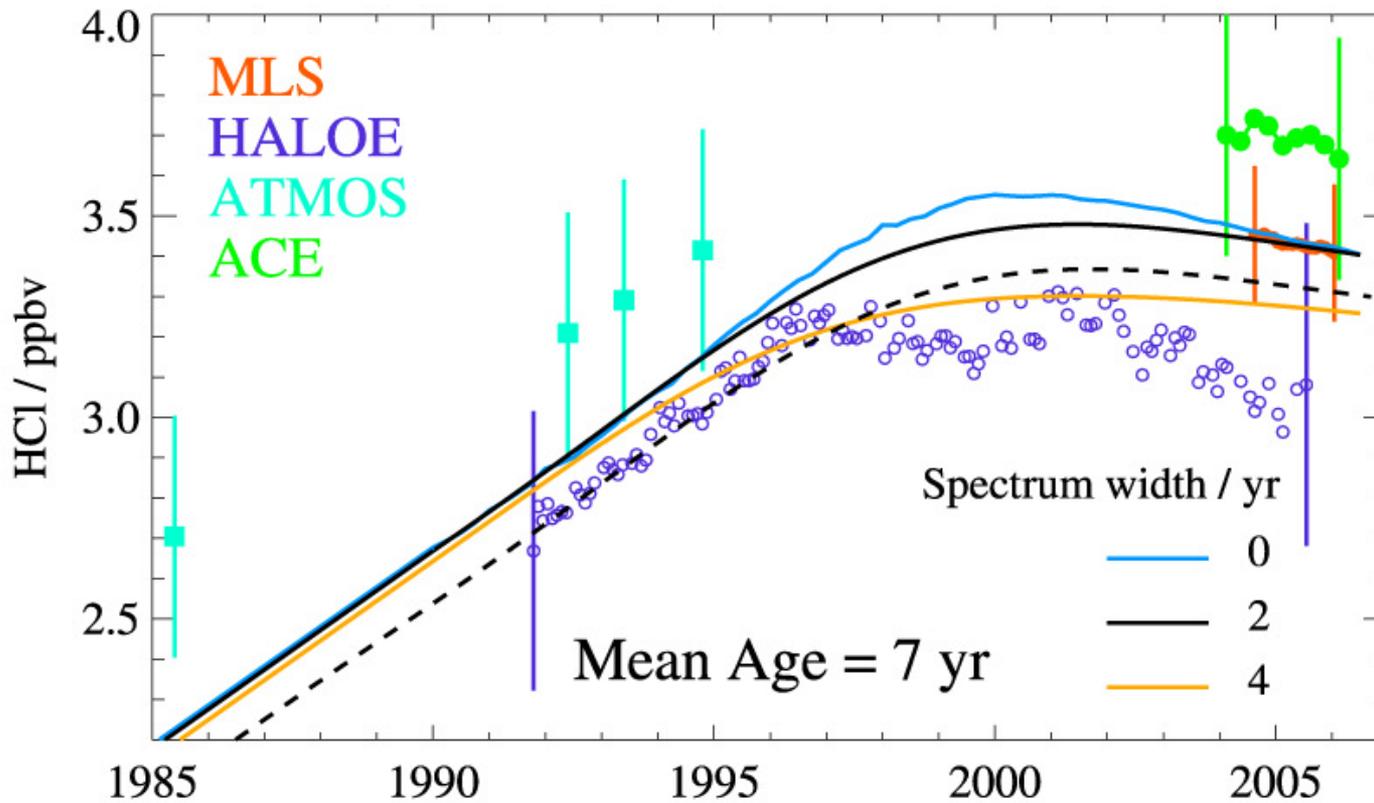


ClO(night)



大気中の塩素量の上限

60S–60N monthly averages at 0.46 hPa (53 km)



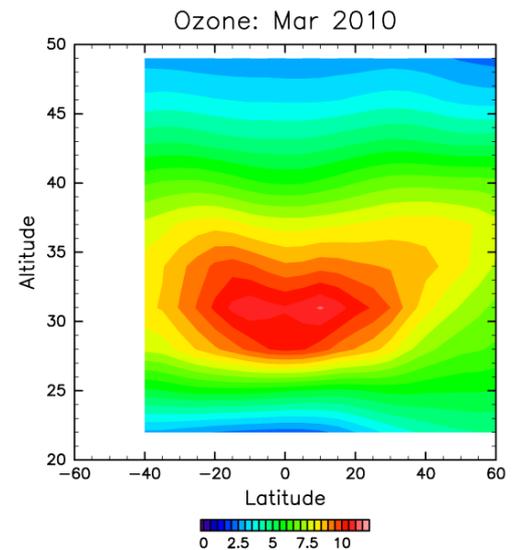
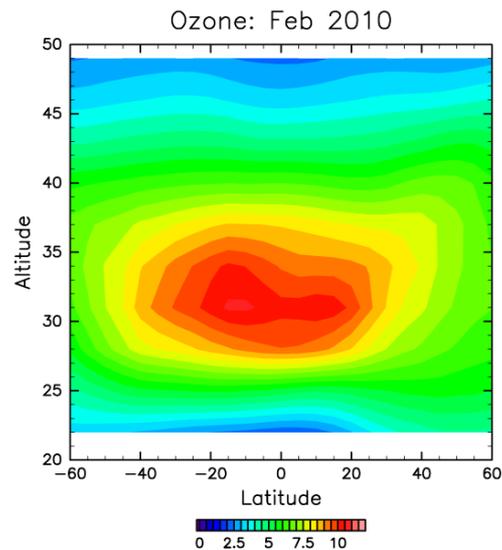
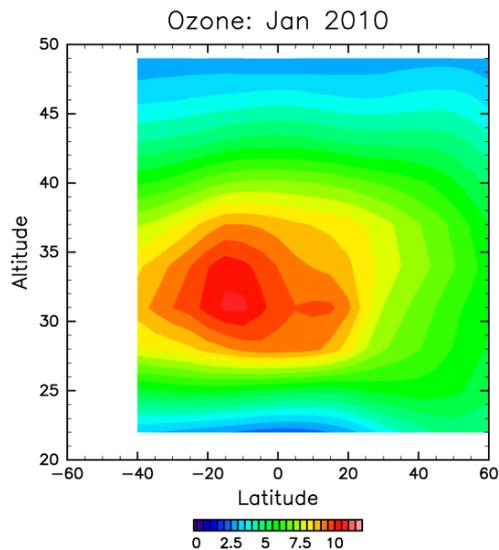
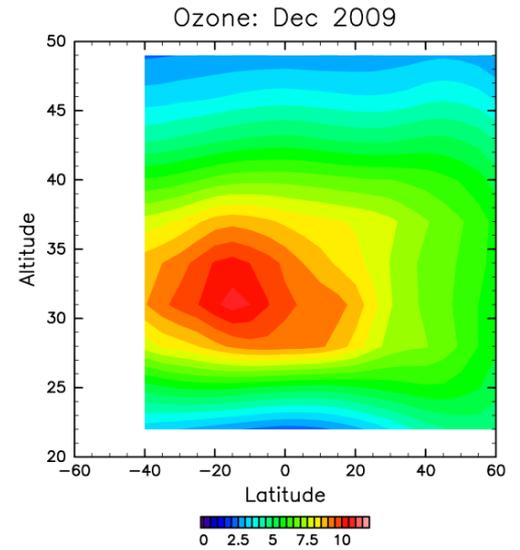
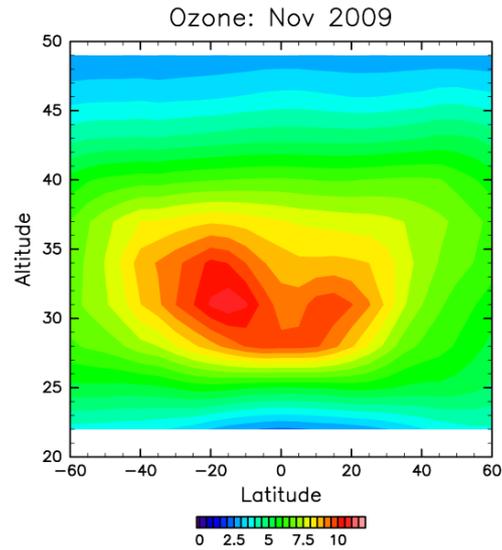
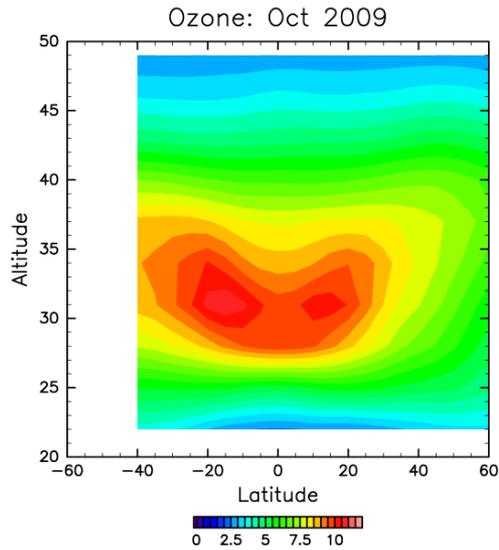
(Froidevaux et al., 2006)

SMILES観測

SMILES観測から得られた成果の例

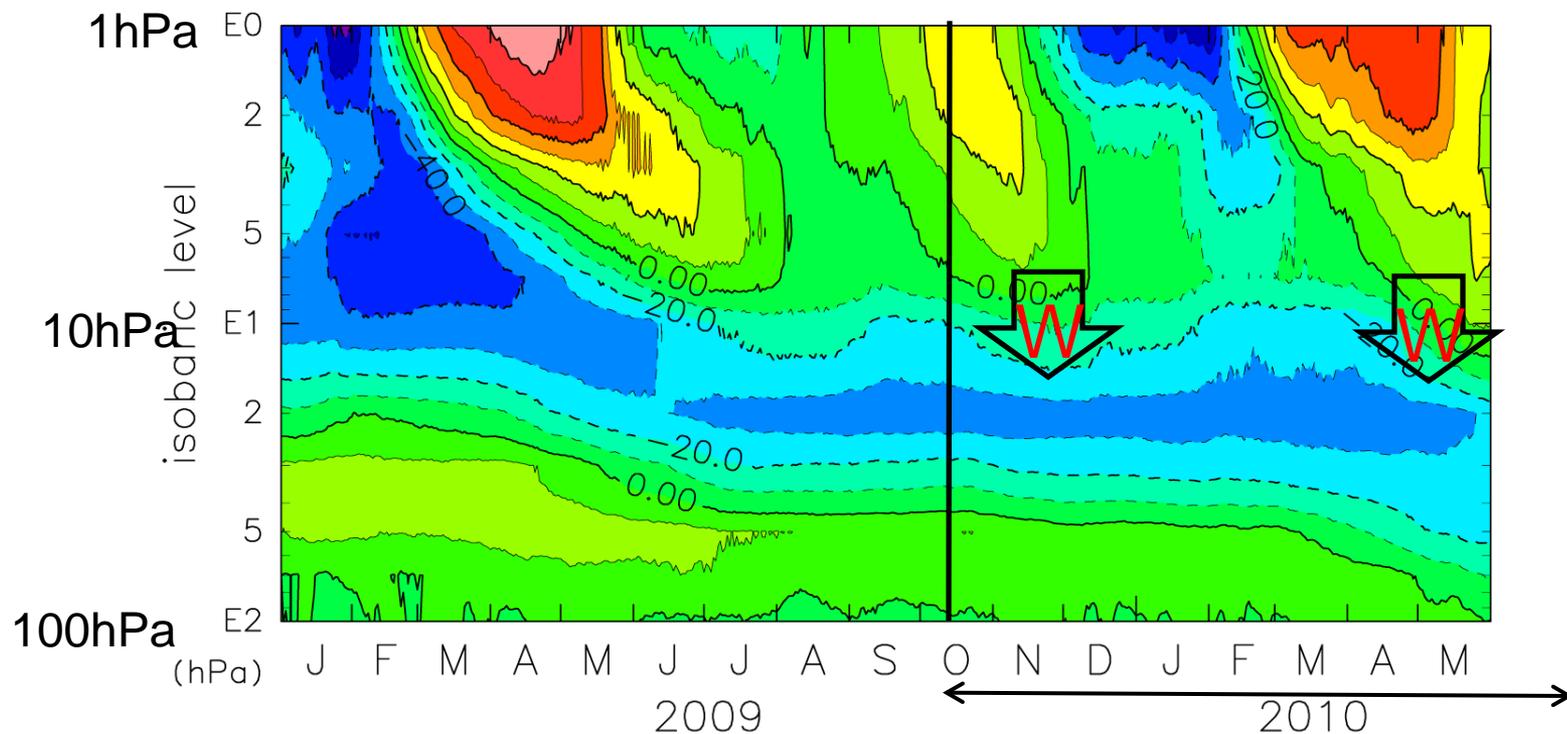
1. 準2年周期振動・半年周期振動と関連した赤道域におけるオゾン, HClの変動
2. 北半球冬季成層圏突然昇温と関連した微量成分分布
3. ClO, HO₂, BrOなどの日変化

オゾン分布の季節進行



赤道上で の 帯状平均東西風

u-component of wind

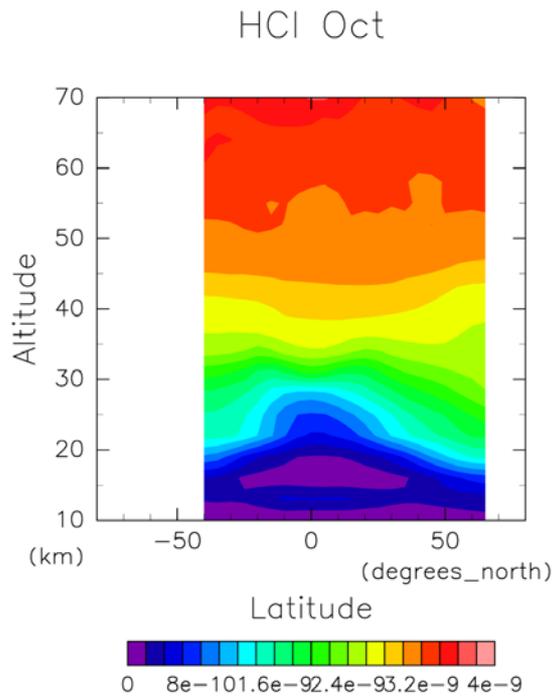


CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01



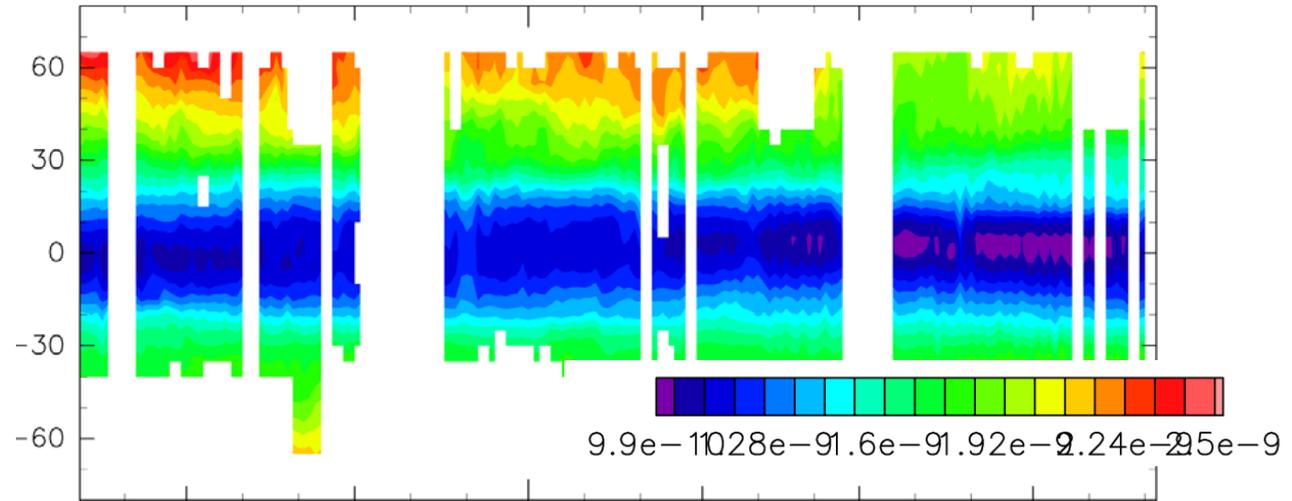
lat=0 degrees_north
(mean) lon:0..358.5

HClの帯状平均分布と時間緯度断面



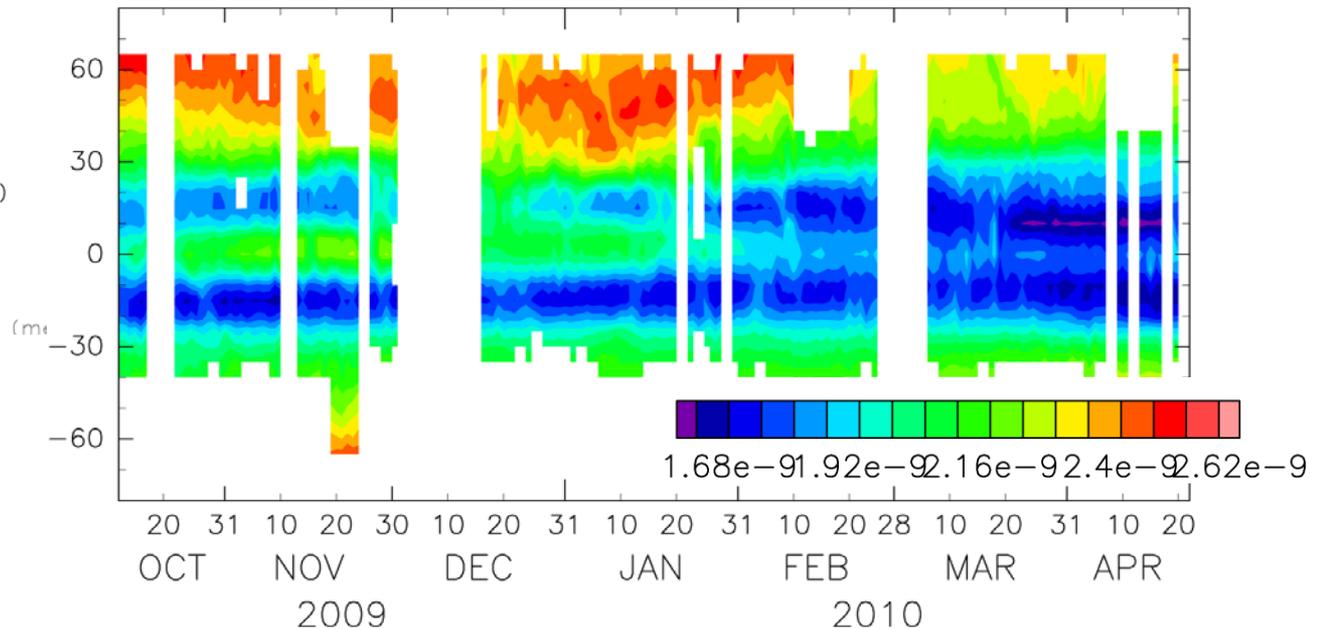
Zonal mean HCl: 28km

28Km

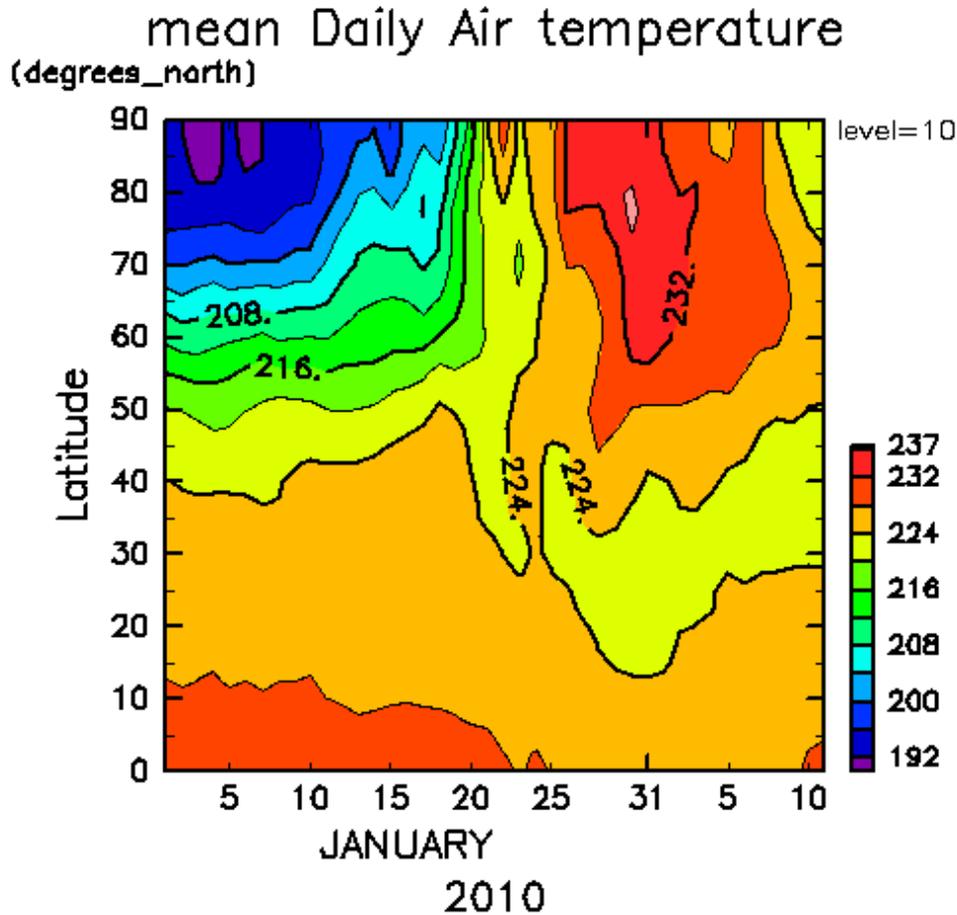


Zonal mean HCl: 31km

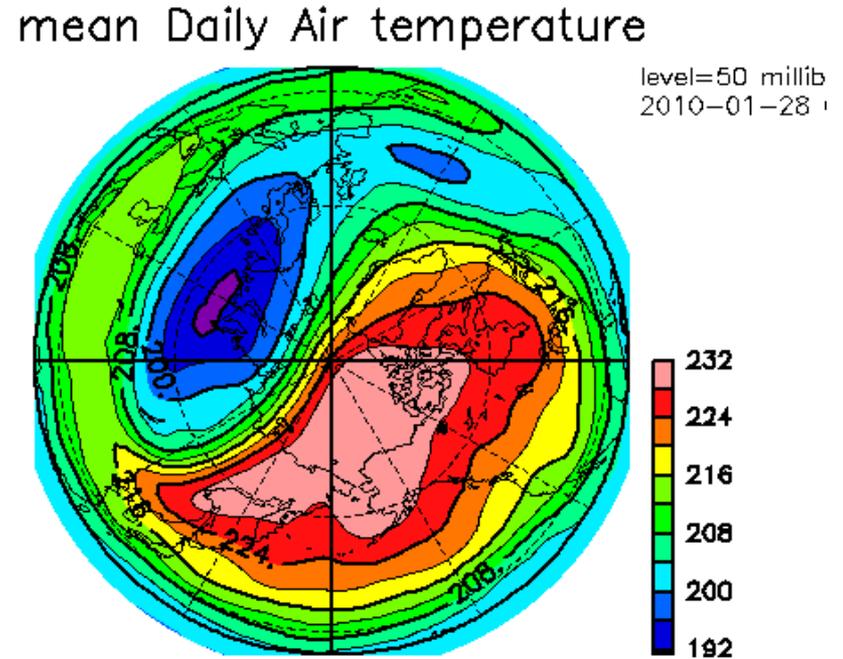
31Km



2010年成層圈突然昇溫



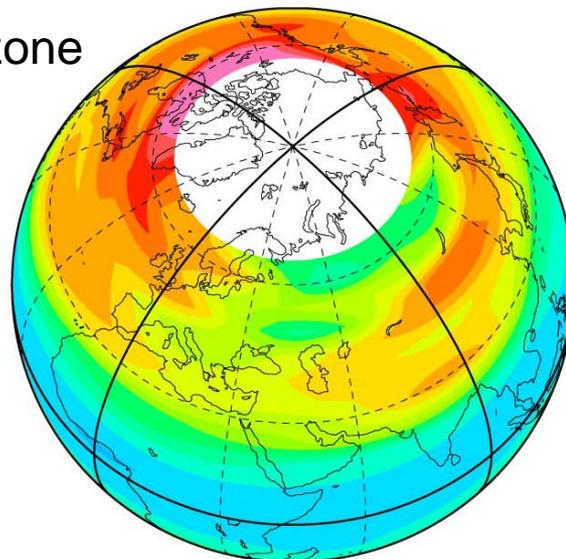
10hPa, NP temp.



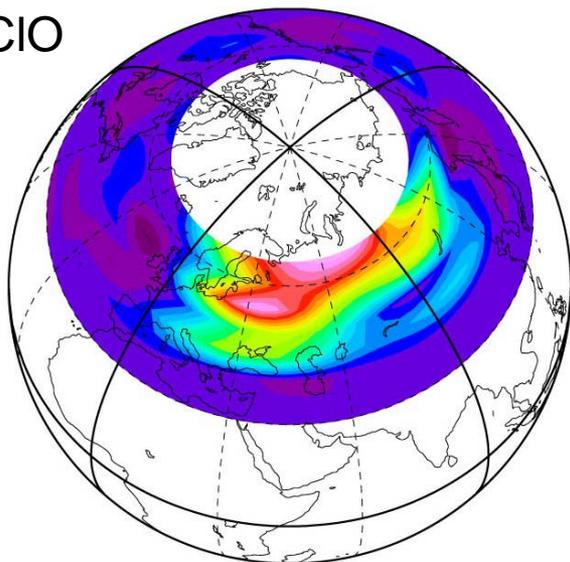
50hPa temp., Jan 28, 2010

O₃とClO, HClの分布 (2010/01/28)

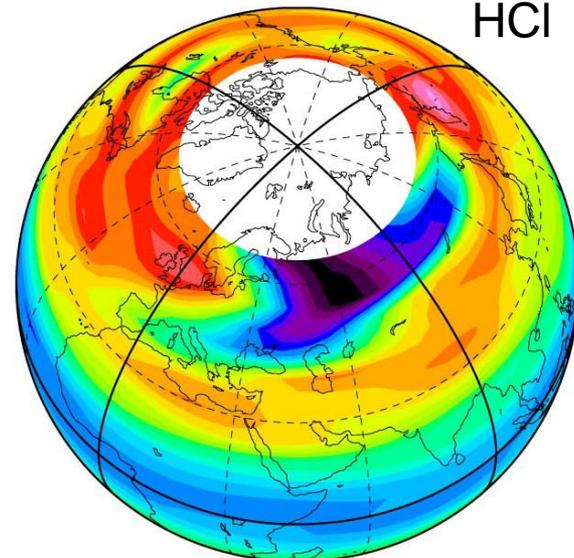
Ozone



ClO

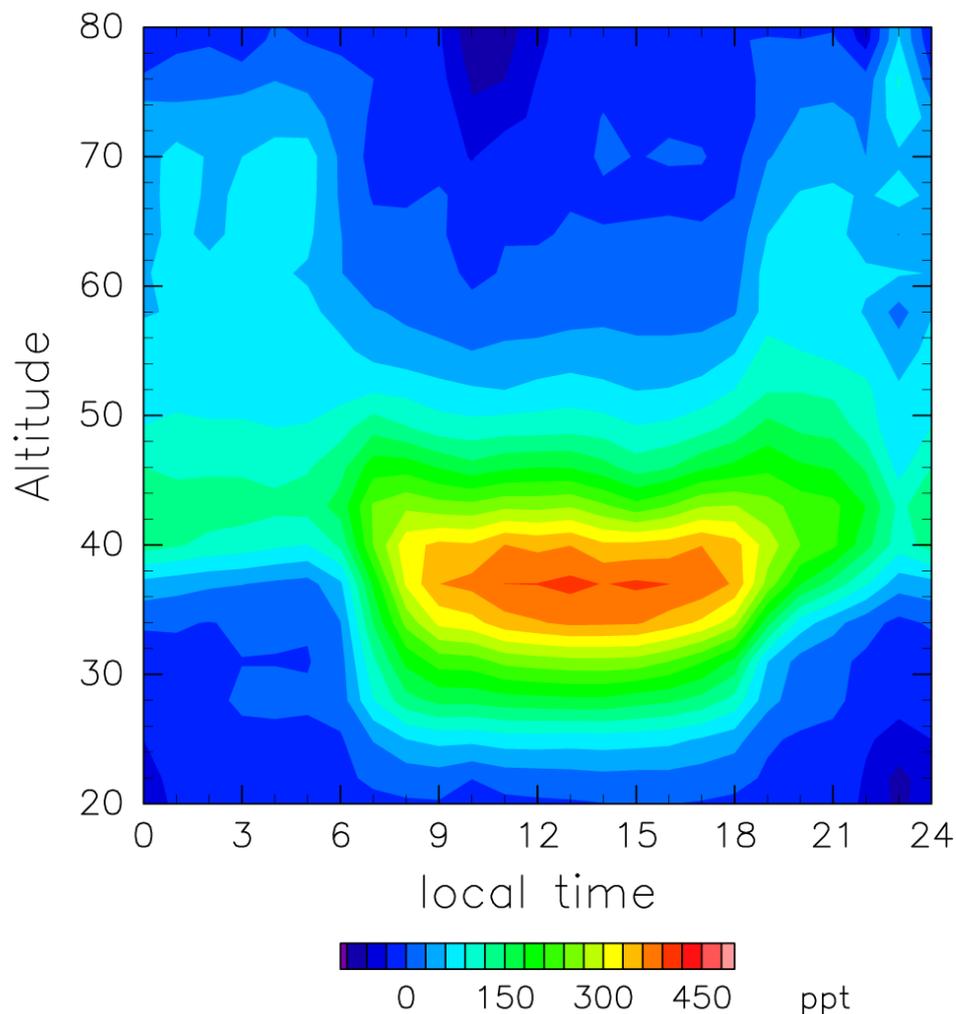


HCl



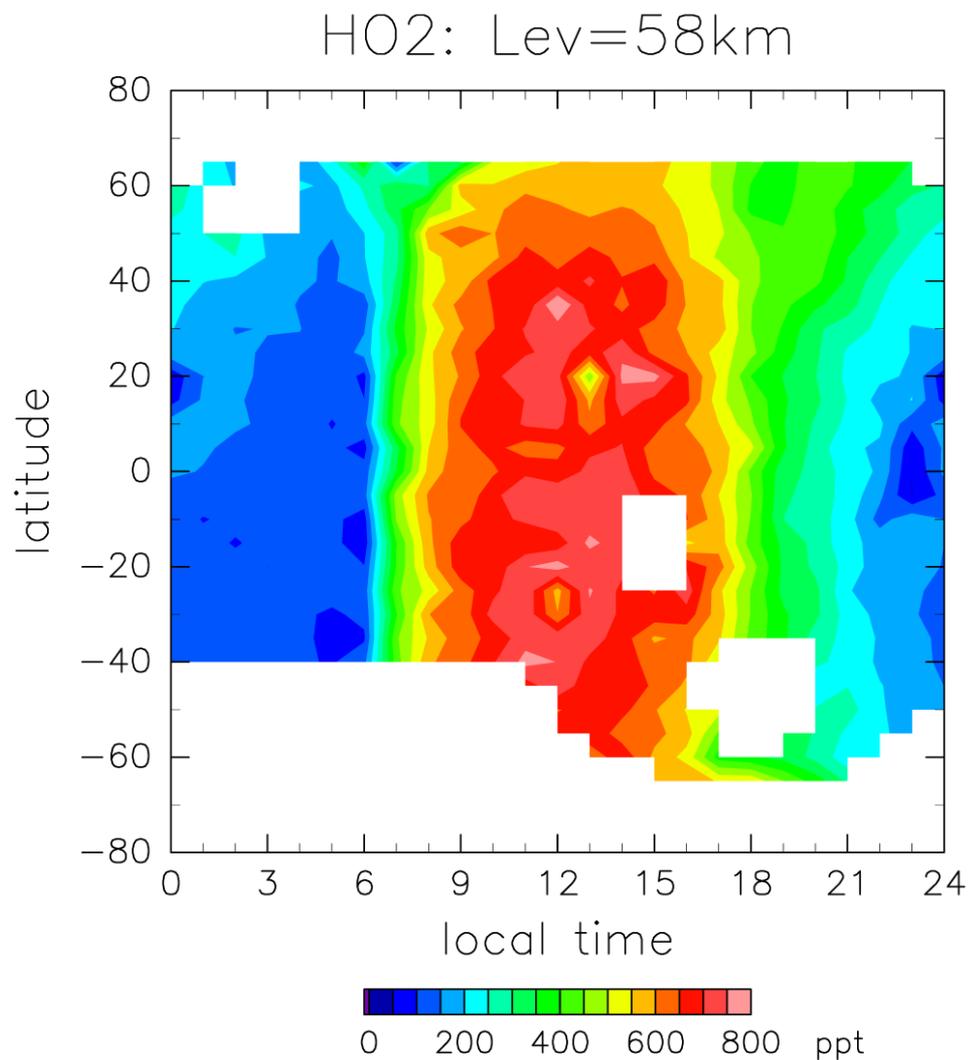
CIOの日変化(時間-高度断面)

CIO: Lat=10S-10N



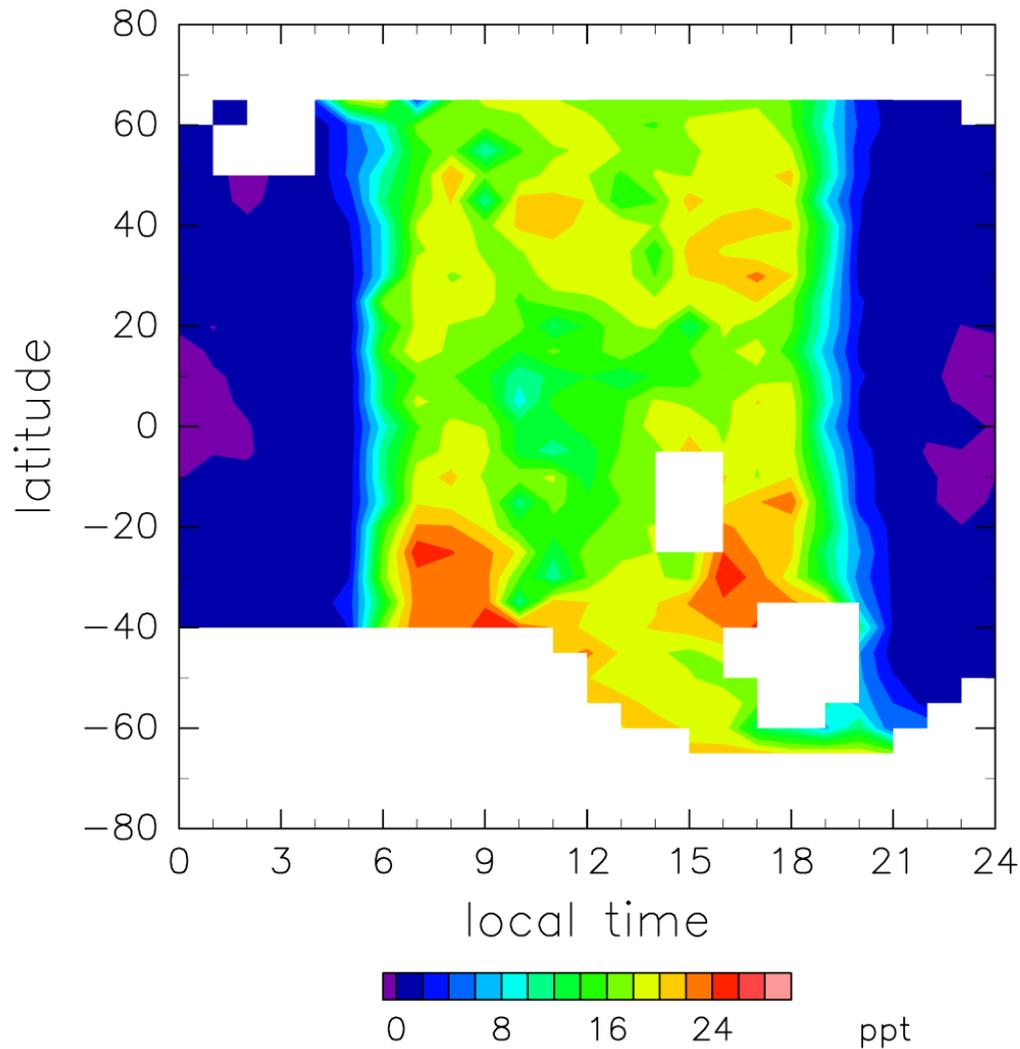
2010年2月から4月の
データを使用; 1時間,
緯度5度ボックス平均

HO₂の日変化(時間-緯度断面)



BrOの日変化(時間-緯度断面)

BrO: Lev=35km



ま と め

- JEM/SMILES は ISS に取り付けられ, 4K 冷却を達成し, 予想以上に精密な大気サブミリ波スペクトルを観測.
- これまでにない高い精度で, 大気微量成分の高度分布を導出(従来は検出が難しかったBrOなどの微弱な信号のデータも取得).
- データ処理システムのさらなる改訂を重ねることによって, より高精度のプロファイル算出を目指す.
- 2010年3月: データ取得後初の国際ワークショップ
- 2010年9月: 国内ワークショップ
- 2011年3月: 国際ワークショップ(+第6回リム会議)を予定

SMILES第1論文

Overview and Early Results of the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES)

KIKUCHI Ken-ichi,¹ NISHIBORI Toshiyuki,¹ OCHIAI Satoshi,³ OZEKI Hiroyuki,⁴
IRIMAJIRI Yoshihisa,³ KASAI Yasuko,³ KOIKE Makoto,⁵ MANABE Takeshi,⁶
MIZUKOSHI Kazuo,¹ MURAYAMA Yasuhiro,³ NAGAHAMA Tomoo,⁷ SANO
Takuki,² SATO Ryota,¹ SETA Masumichi,⁸ TAKAHASHI Chikako,^{2,9} TAKAYANAGI
Masahiro,¹ MASUKO Harunobu,³ INATANI Junji,¹⁰ SUZUKI Makoto,² and
SHIOTANI Masato^{11*}

(just appeared in JGR)

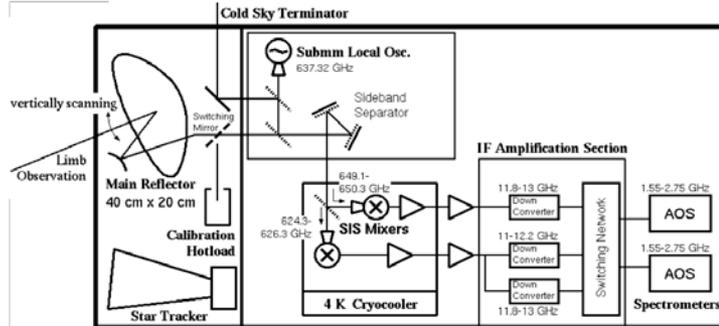
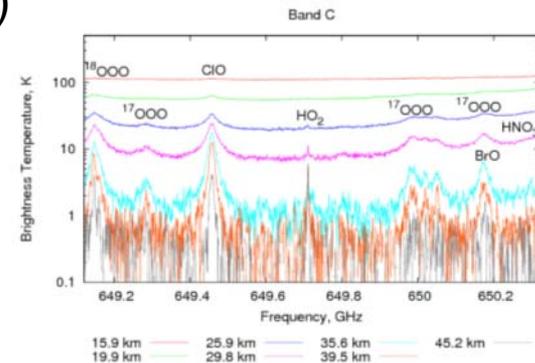


Figure 1. Block diagram of SMILES instrument. See text (Subsection 3.1) for details.



(c)

Figure 4. Observed spectra at several altitudes for (a) Band A, (b) Band B, and (c) Band C. Band A and C measurements were done at 03:22:14 UT on October 12, 2009 at 23.30°N and 173.83°E, and Band B at 00:53:32 UT on October 17 at 21.52°S and 138.83°E; latitude-longitude and time information is defined at 30 km along the scan.

SMILESに関するレポート

SHADOZ Newsletter No. 11, 2010

SHADOZ Contributes to the Validation of Japan's Space-borne Instrument SMILES

By Masatomo Fujiwara (Hokkaido University, Japan; fuji@ees.hokudai.ac.jp),
Françoise Posny (University of La Réunion, France),
and Masato Shiotani (Kyoto University, Japan)

On 11 September, 2009, a Japanese H-II/B rocket carrying the H-II Transfer Vehicle (HTV) was launched to transport a middle atmosphere instrument called SMILES to the International Space Station (ISS). SMILES stands for the Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder and was developed by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and the National Institute of Information and Communications Technology (NICT) to make high sensitivity measurements of stratospheric constituents, such as ozone. SMILES was installed on the Japanese Experiment Module (JEM) of the ISS and started taking measurements on 12 October, 2009. Figure 1 shows a photograph of the SMILES taken from the ISS on 23 November 2009. More details of the SMILES can be found at <http://smiles.tkscc.jaxa.jp/indexe.shtml> and



Figure 1. The SMILES instrument (the middle box to the right) aboard the JEM/ISS. Copyright NASA.

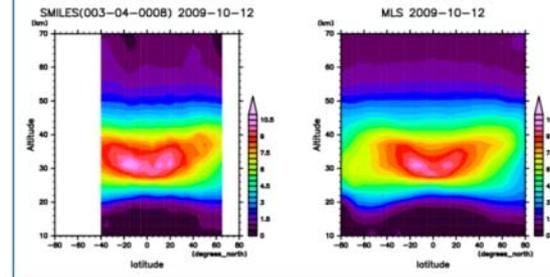
Report on the 5th Limb conference and workshop

16-19 November 16-19, 2009, Helsinki, Finland

Erkki Kyrölä, Finnish Meteorological Institute, Finland (erkki.kyrola@fmi.fi)
Christian von Savigny, University of Bremen, Germany, (csavigny@iup.physik.uni-bremen.de)
Didier Rault, NASA/Langley Research Center, USA (didier.f.rault@nasa.gov)

Report on the 5th Limb conference and workshop

Comparison with MLS O₃



< Figure 1

Left: Ozone retrieval from the Superconducting Submillimeter Wave Limb Emission Sounder (SMILES) onboard the International Space Station. Compared with MLS ozone data (right). (Figure courtesy of Shiotani (Kyoto University), Takayanagi (JAXA), Murayama (NICT), Koike (University of Tokyo), Kikuchi (JAXA), Kasai (NICT), Nagahama (Nagoya University), Sano (JAXA).)

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)による中層大気微量成分観測

塩谷 雅人(京都大学 生存圏研究所)、SMILESミッションチーム

1. はじめに

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES: Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder)は、2009年9月11日(日本時間、以下同様)、宇宙ステーション補給機(HTV: H-II Transfer Vehicle)に搭載され、H-II/B ロケットによって打ち上げられた。同月25日に国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに取り付けられ、翌26日から稼働を開始した(図1)。2日後の28日には機械式冷凍機が絶対温度4K台に達し、その後、装置の初期チェックアウトを経て、10月12日からは本格的に地球大気の観測をはじめた。SMILESは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と情報通信研究機構(NICT)とが共同開発した地球大気観測センサで、地球大気から放出される微弱なサブミリ波帯の電磁波を測定して大気中の微量成分の分布を観測する。残念ながら今年4月21日より、サブミリ波受信系一部の機器における不具合によりSMILESは観測を中断しているが、それまでに得られた高精度観測データにもとづいて、オゾンをはじめ塩素や臭素を含む大気微量成分の時空間分布を得ており、オゾン層化学や環境変動に関する地球大気の問題の解決に貢献する[SMILES Mission Team, 2007]。



図1: 船外実験プラットフォームに取り付けられた観測機器類。手前から2つめがSMILESである。© NASA

約100点、一日で約1600点となる。ただし実際には、SMILESの観測視野を太陽電池パネルがあることがあること、さらに日本時間と

SHADOZ Newsletter No. 11
SPARC Newsletter No. 35
JSAC Newsletter No.23