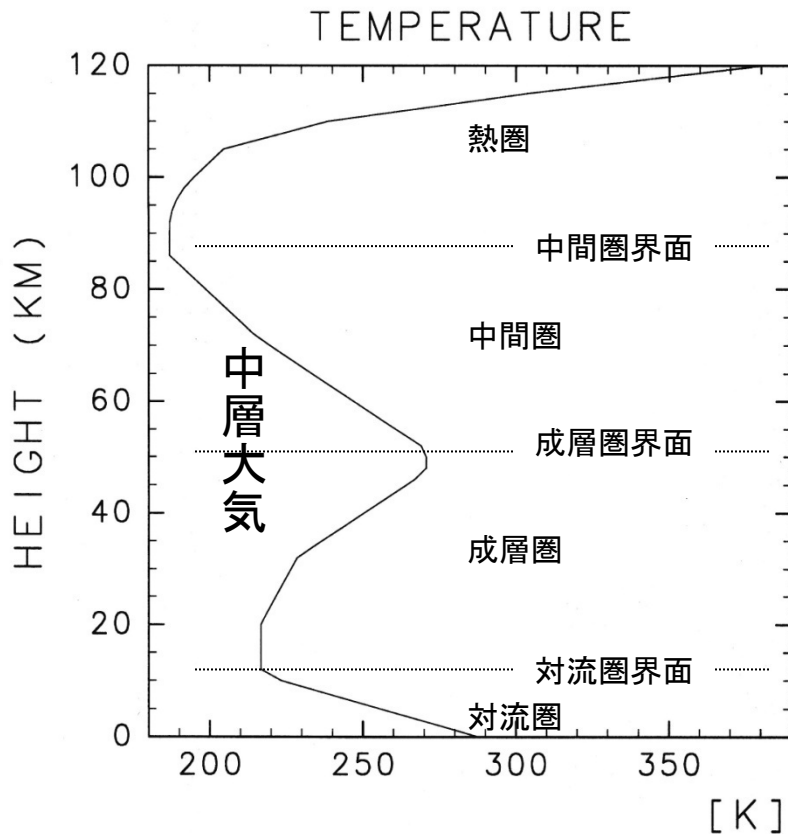


SMILES によって見えてきた 中層大気観測の問題点 - SMILES-2 に向けて -

塩谷雅人(京大生存研), 坂崎貴俊(京大生存研),
鈴木睦(ISAS/JAXA), 佐野琢己(ISAS/JAXA)

地球システムにとっての中層大気



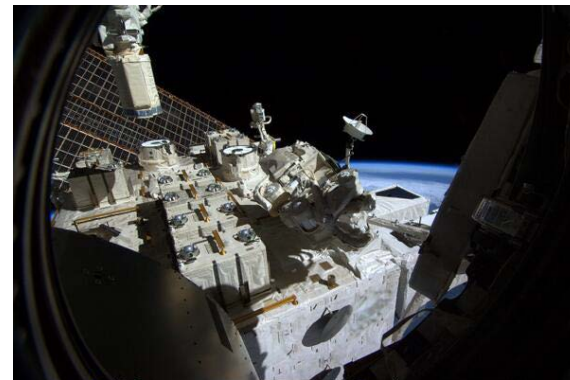
(US standard atmosphere)

- 成層圏界面の高温層～オゾン層
- 極低温の対流圏界面～乾燥した成層圏
-> 多量のオゾンと少量の水蒸気
- 人為起源の擾乱に対して敏感
 - オゾン層破壊や下層大気の温暖化にともなう寒冷化
 - 温暖化にともなう子午面循環の変動
 - 太陽活動性に対する敏感なレスポンス
- 数値予報モデル・化学輸送モデル
 - 地表から中層大気を含む高度80km付近までがモデル領域 -> 中長期予報に対しての重要性(e.g. 北極振動)
 - 入力データ: 気象ゾンデ~30km, 衛星観測データ~40km

SMILES観測の概要

(SMILES: Superconducting Submillimeter-wave Limb Emission Sounder)

- 4K機械式冷凍機と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2-3km)
- 国際宇宙ステーションからのグローバル観測(65N- 38S; 2009年10月~2010年4月)

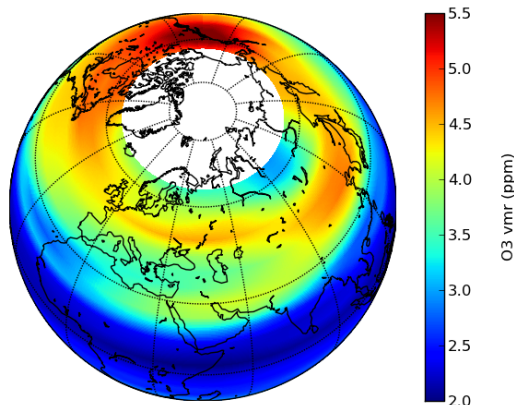


@Astro_Wakata

HCl (AB) 2010-01-23

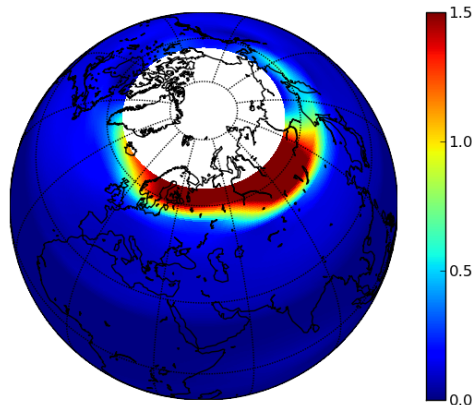
O3 (AB) 2010-01-23

ClO (C) 2010-01-23



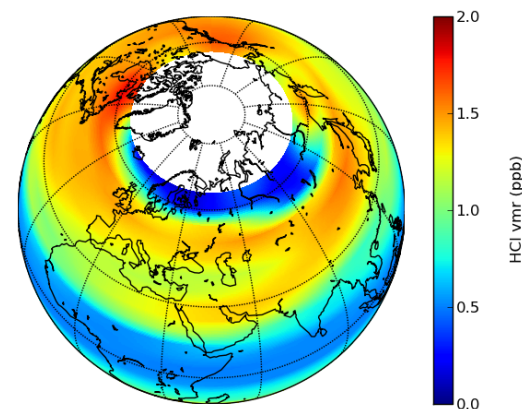
SMILES: 007-08-0310_new

Altitude: 22.00 km



SMILES: 007-08-0310_new

Altitude: 22.00 km



SMILES: 007-08-0310_new

Altitude: 22.00 km

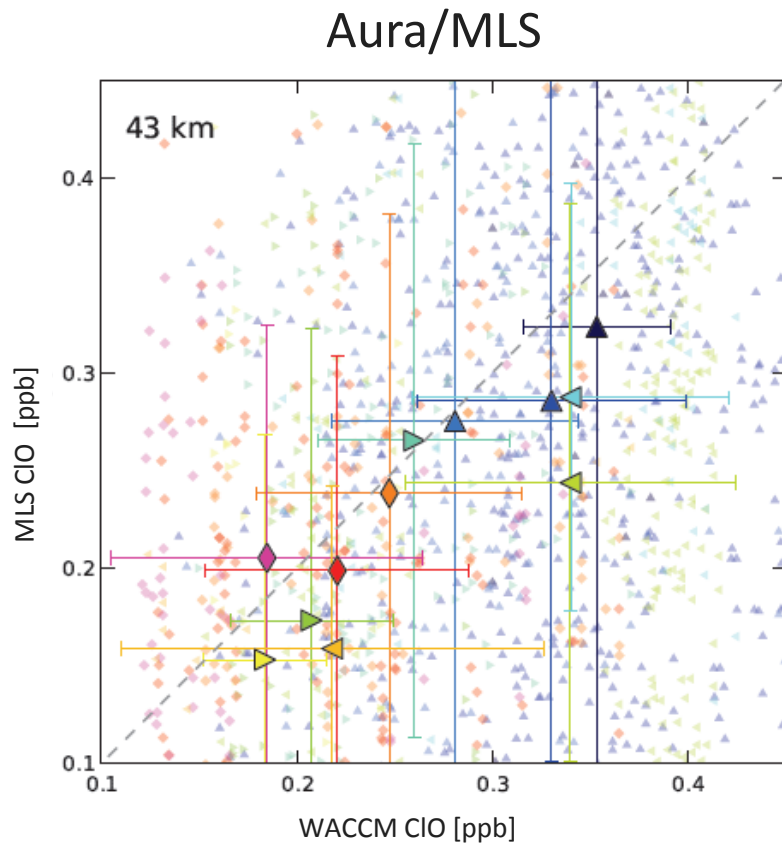
オゾンおよびオゾン化学にとって重要な役割を果たす塩素, 臭素系の大気微量成分観測をおこなう. また, それらの日変化成分を抽出.

(Kikuchi et al., 2010, JGR; Suzuki et al., 2012, T.IEE Japan)

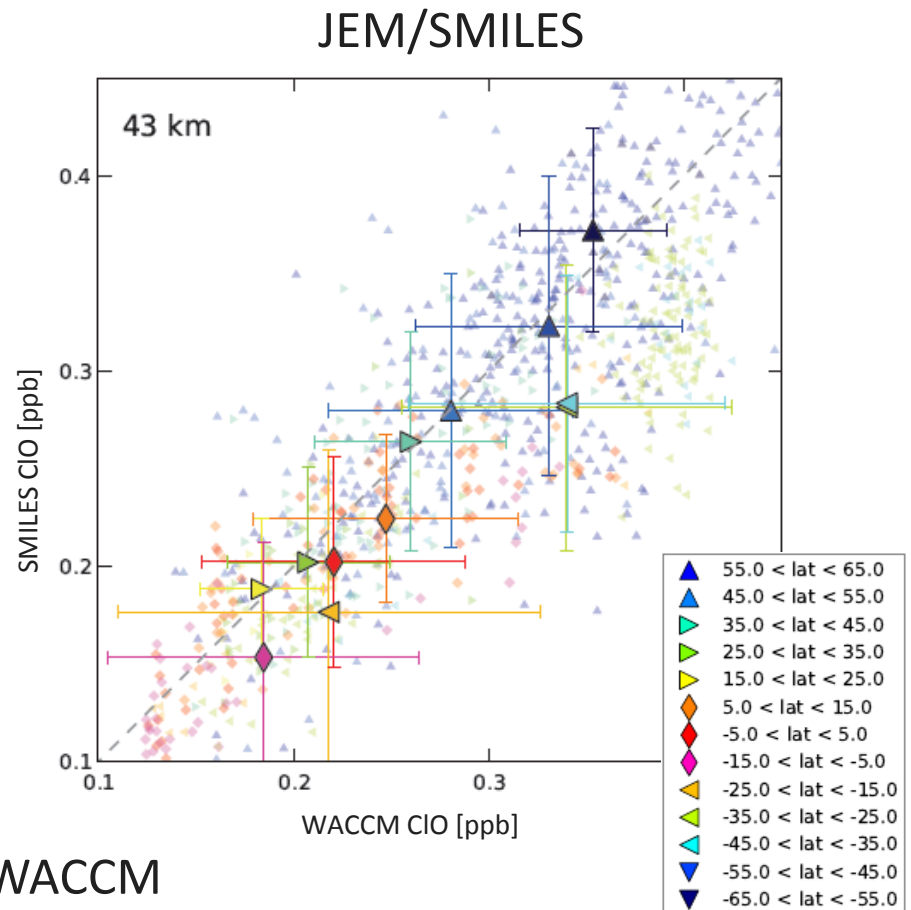
ナッシング化学気候モデル (SD-WACCM)

- Specified Dynamics (SD) version of WACCM
- Whole Atmosphere Community Climate Model
- 気象場としてNASA GEOS5.1の温度場と風の間をナッシング
- 分解能: $1.9^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 鉛直88層(140kmまで)
- 化学場の表現
 - 57化学種(Ox , NOx , HOx , ClOx , BrOx など)
 - 極成層圏雲上での異相反応を含む
 - イオン化学, メタンの酸化過程...
 - 230の光化学反応

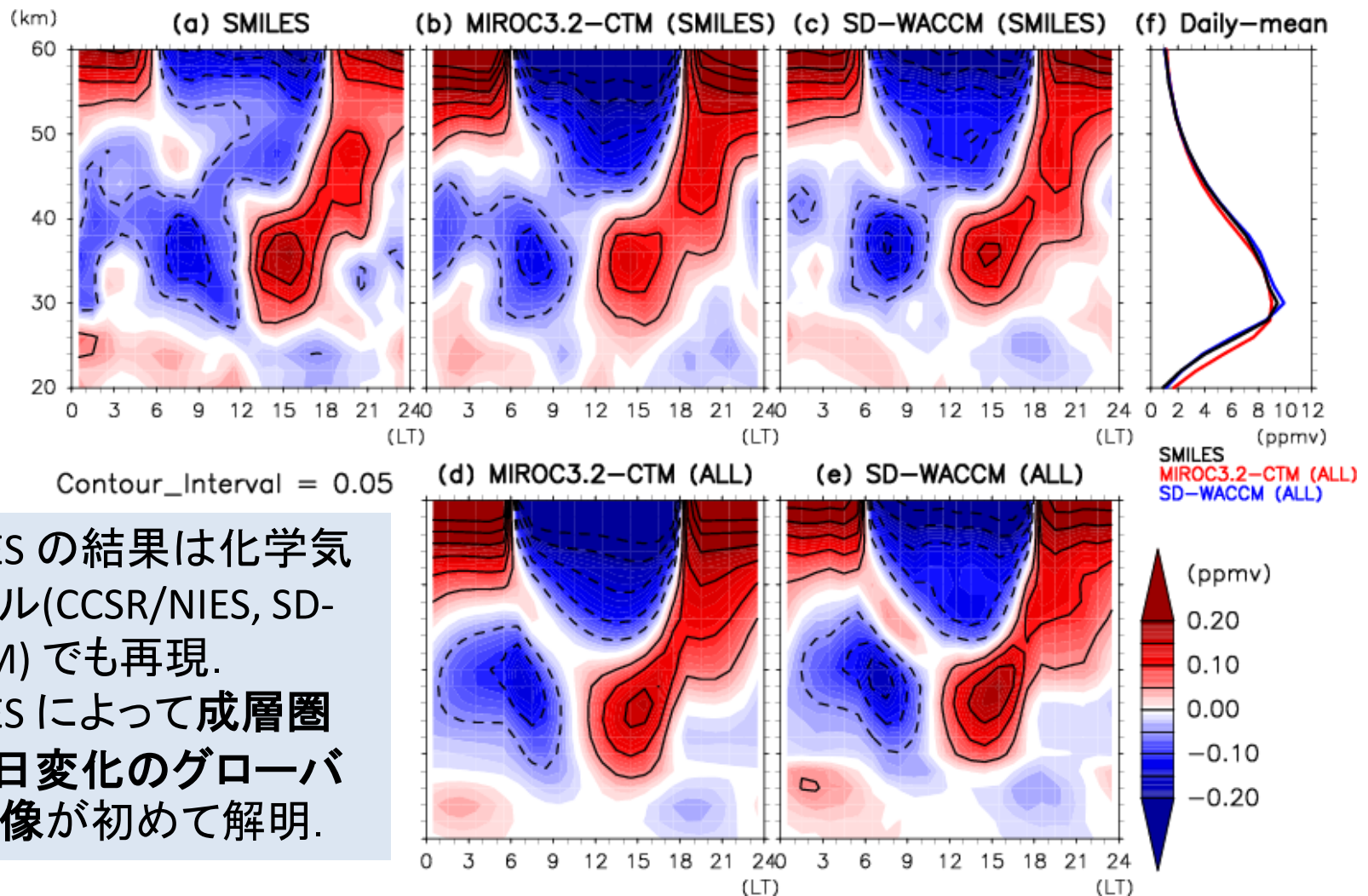
SD-WACCMを参照データとして 夜間CIOのMLSとSMILESの比較



SD-WACCM



オゾンのグローバル日周変動

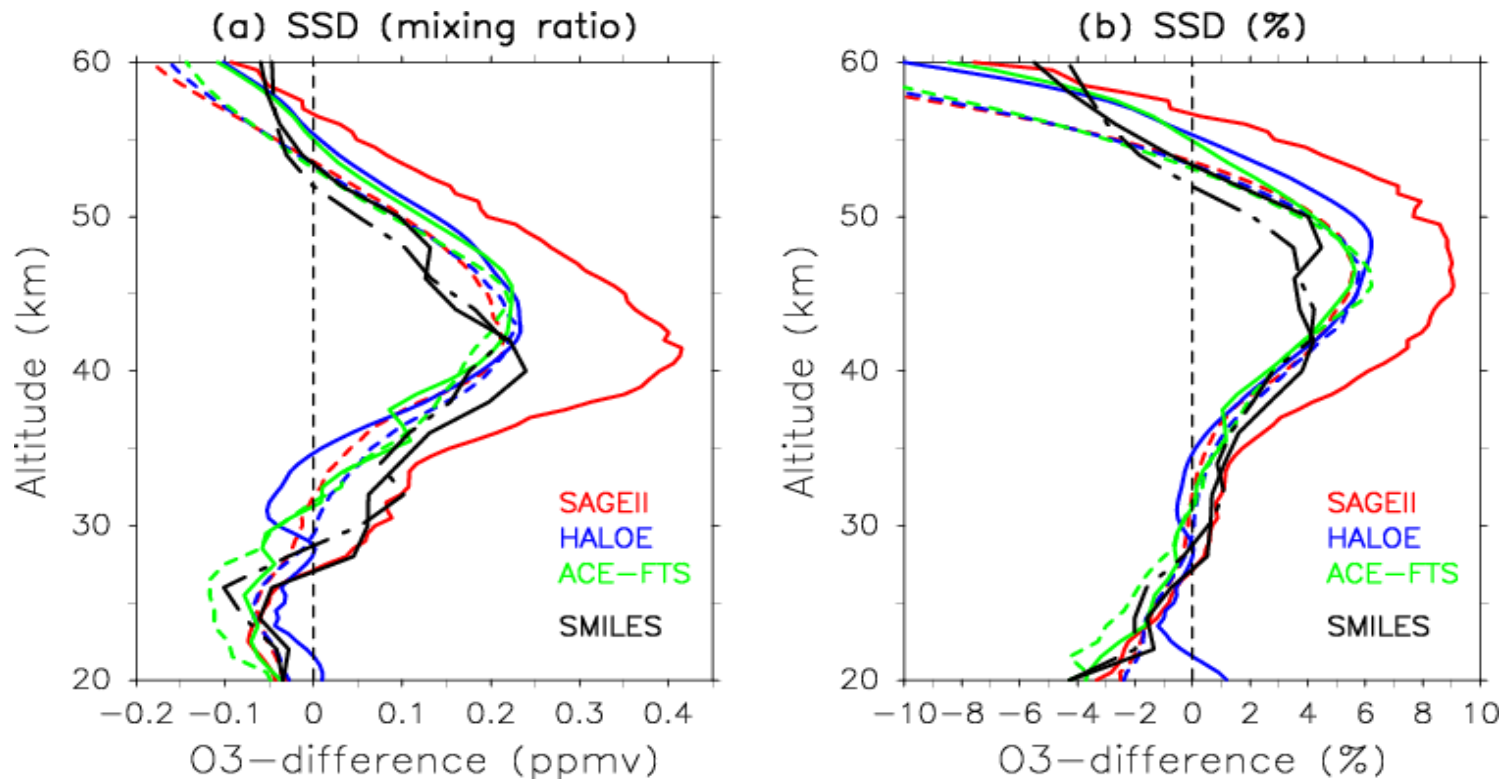


- SMILES の結果は化学気候モデル(CCSR/NIES, SD-WACCM) でも再現.
- SMILES によって成層圏オゾン日変化のグローバルな描像が初めて解明.

(Sakazaki et al., 2013, Diurnal ozone variations in the stratosphere revealed in observations from the SMILES on board the ISS, JGR)

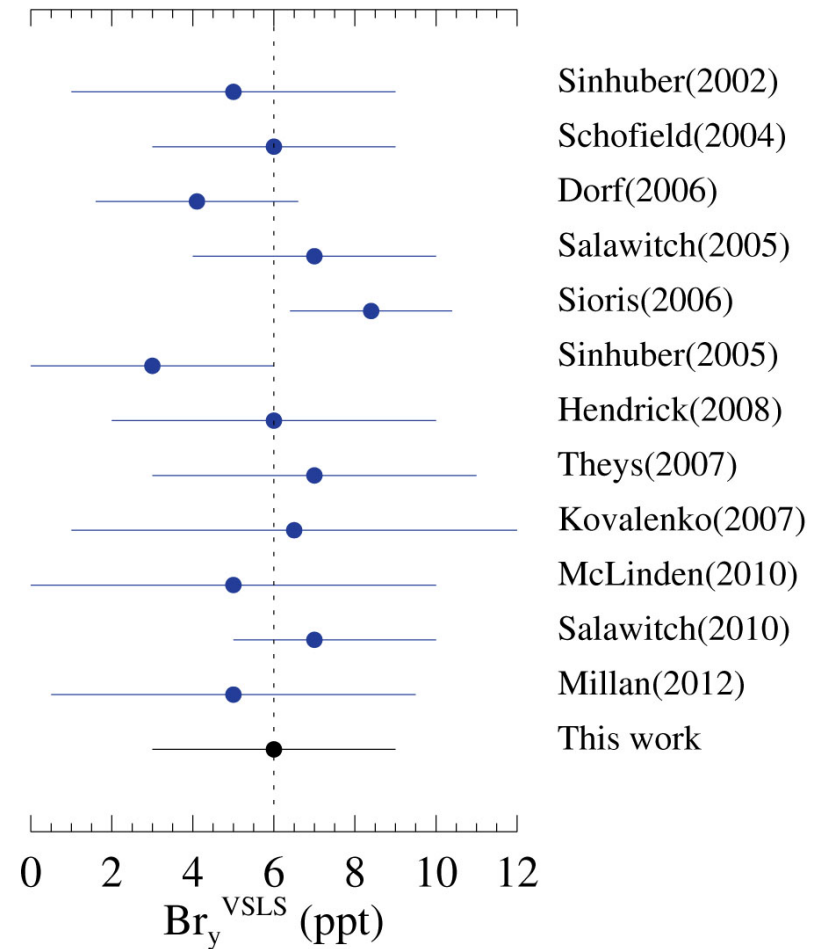
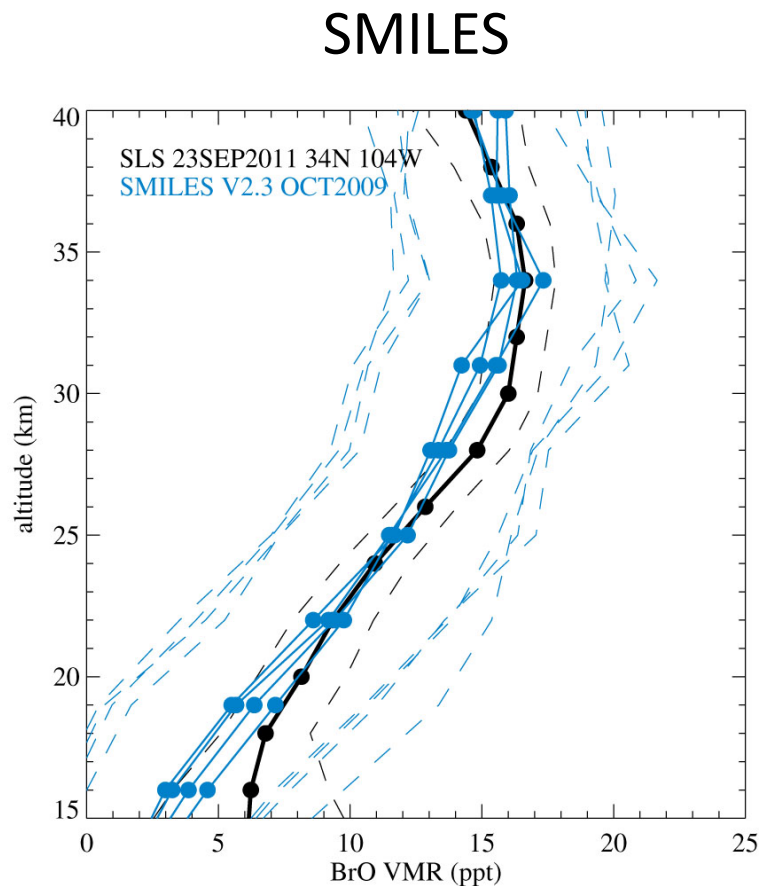
太陽掩蔽観測データの不確定性

10S-10Nの領域で見た日入と日出の差



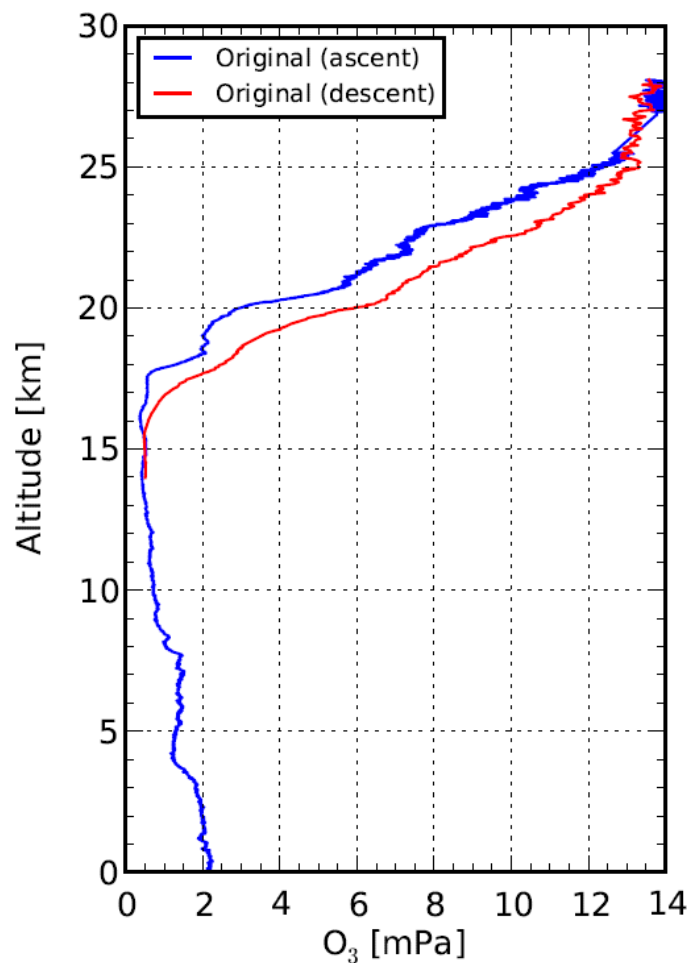
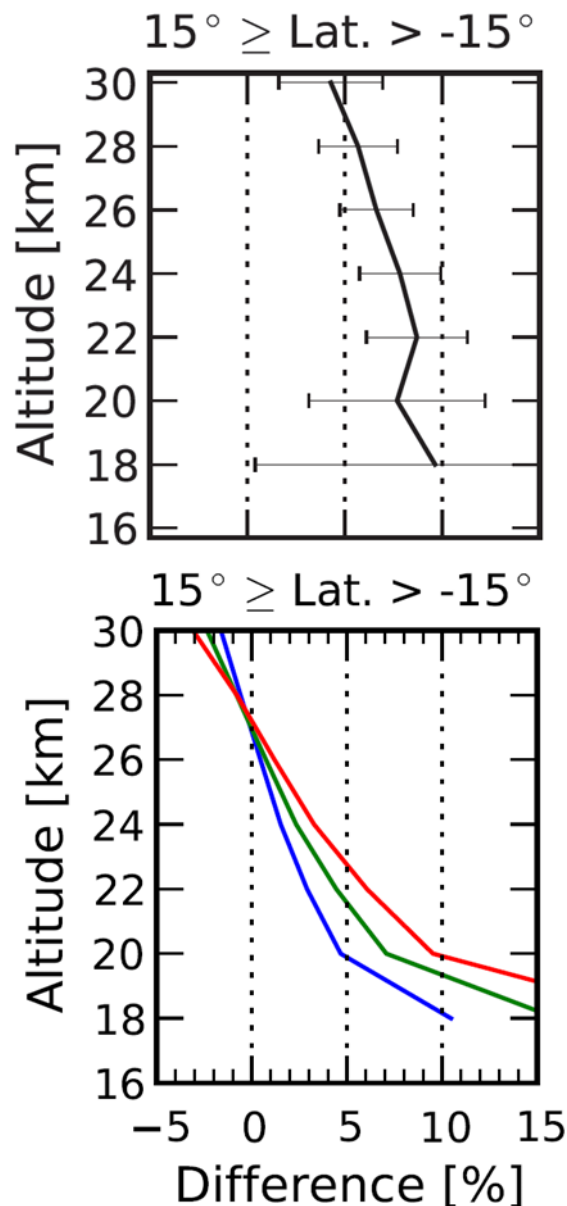
(Sakazaki et al., 2014, Sunset–Sunrise Difference in Solar Occultation Ozone Measurements (SAGE II, HALOE, and ACE–FTS) and its Relationship to Tidal Vertical Winds, Submitted to ACP)

BrOの観測 – 気球観測との比較



(Stachnik et al., 2013, Stratospheric BrO abundance measured by a balloon-borne submillimeter wave radiometer, ACP)

オゾンゾンデとの比較



2010年1月のSOWER
キャンペーンデータ

Miloshevich et al.
[2004] による応答
時間の見積もり

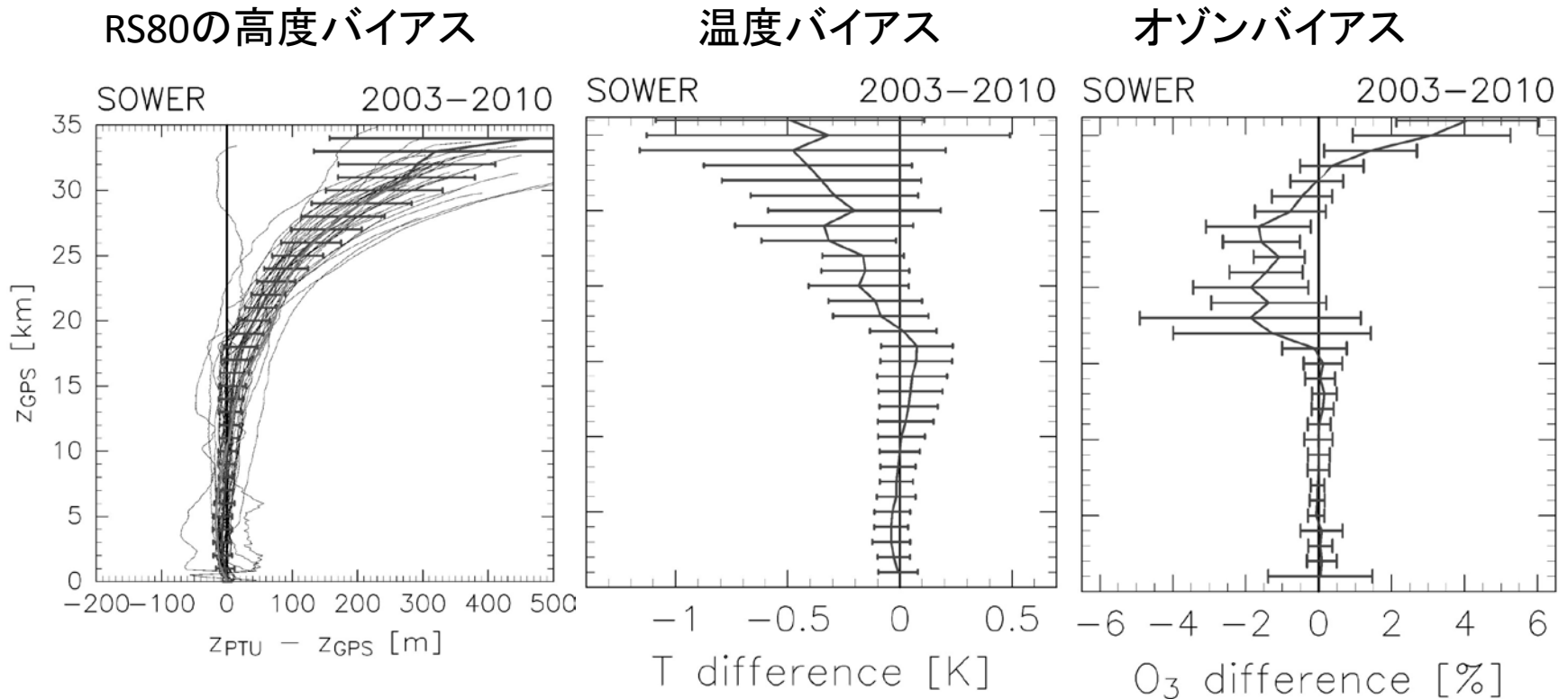
$$\frac{dX_m}{dt} = k(X_a - X_m)$$

$$X_m(t) = X_a - [X_a - X_m(t_0)]e^{-\Delta t/\tau}$$

応答時間は平均し
て28秒(これまでい
われている値は20-
30秒[e.g. Smit et
al., 2007])

(Imai et al., 2013, Comparison of ozone
profiles between SMILES and worldwide
ozonesonde measurements, JGR)

ラジオゾンデの圧力バイアス問題



成層圏領域において0.5hPaのバイアス

(Imai et al., 2013, JGR; 詳細はInai et al., 2014, to be submitted)

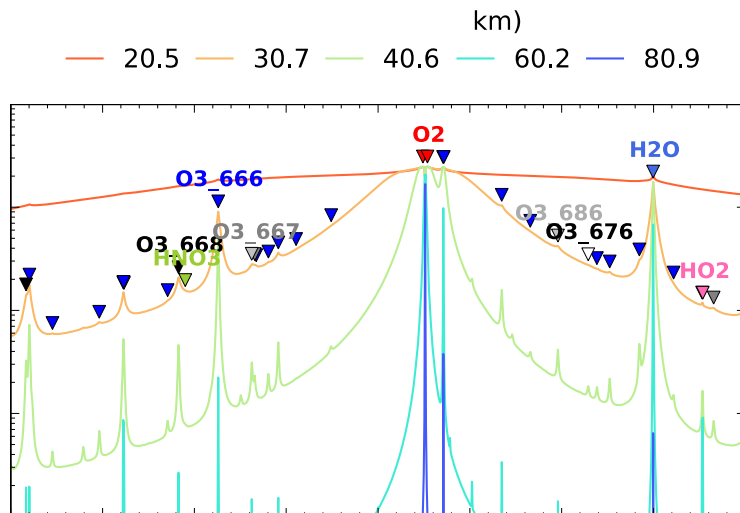
SMILES観測の弱点

- 温度情報を得ていない – リトリバルの際の困難(微弱なシグナルの解釈), 特に中間圏領域
- 寿命の長いトレーサーの測定がない - 輸送過程を見る上で重要
- 観測期間が半年と限定 – 季節変動・準二年振動・経年変化が論議できない. 3-5年は欲しい.
- 高度決めに関する不確定性 – すべての観測が見直すべき重要な問題

ミッション構成の構想

	mass	Scientific Target	organization	Status
SMILES-2	150 kg ?	Minor species : O ₃ , H ³⁵ Cl, H ³⁷ Cl, ³⁵ ClO, HO ₂ , ⁸¹ BrO, O ₃ isotopes, HNO ₃ , CH ₃ CN + New: LOS wind, Temp., N ₂ O, H ₂ O and other species.	JAXA/ISAS + National Astronomical Observatory of Japan + Universities	Cooler weight reduction study completed. only preliminary concept study.
Airglow Imager	10 kg	O (557.7 nm) and OH (670 nm) airglow	JAXA/ISAS + Tohoku Univ.?	Updated form MAS instrument onboard Reimei Satellite
DWTS	10 kg	CT wind 2 m/s (20-200 km) AT wind 10 m/s Temp. < 1% (25-250 km)	GATS Inc. by US government funding	
OSIRIS-2, or SCIA-limb	10 kg	limb O ₃ , NO ₂ , BrO, OCIO, aerosol etc. Airglow	CSA or DLR	1) CSA: ? 2) DLR: ?
GPS occultation	5-8 kg	Temp. and Total Electron Concentration	JAXA/TKSC (ISAS budget)	JAXA-NGPSR (2014) GPS occultation, Phase-A done, Drawing/EEE parts list ready. 24 months, \$2M to Flight Model.

気温の測定(ライン選択の例)

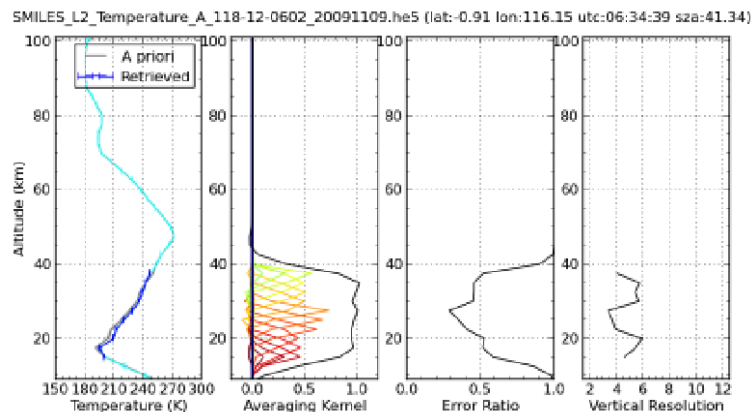


485-489 GHz Spectra at
20, 30, 40, 60, and 80 km

- (1) 487 ± 2 GHz (O2=Temp., H2O),
- (2) 525 ± 2 GHz (BrO, NO2, H2CO, N2O, HO2, etc),
- (3) 614 ± 2 GHz (HOCl)
- (4) 625 ± 2 GHz (SMILES Bands A+B extended, O3, HCl)
- (5) 650 ± 2 GHz (SMILES Band C extended, ClO, HO2)



$T_{\text{sys}} = 250$ K, 4 K cooled



SMILES Temp. using O3 and HCl lines.

科学目標

- 中層大気における熱収支・運動量収支の見積もりの精緻化
 - 1Kの精度で高度100kmまでの温度分布を導出
 - 視線方向の風観測と同化手法を用いた風速場の導出
 - 中間圏領域における大気潮汐の動態解明
- 対流圏起源物質の成層圏への流入過程
 - ClOとBrOの高精度観測
 - H₂O, N₂Oトレーサー観測による子午面循環の定量化
- 太陽活動の超高層大気に対する影響
 - 太陽周期(27日周期, 11年), ソーラープロトンイベントにともなう中層大気の変動についての動態解明

ま と め

- SMILESがコミュニティに問いかけたもの -

- 日変化という観点での大気現象の見直し
- 高感度観測から見えてくる既存の観測データの不確定性(地上観測さらには衛星観測)
- 成層圏から中間圏までを一つの測器で観測することの優位性
- 化学輸送モデルのパフォーマンス検証の有効性 – (将来予測)モデルの改良に対して厳しい束縛条件を与えることになるよい素材