



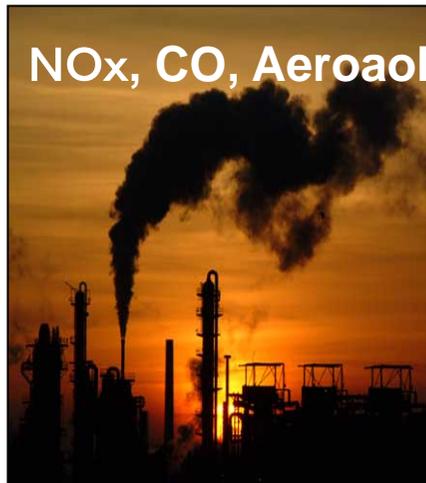
地球大気環境監視システム Air PoLLution Observing mission (*APOLLO*)

笠井康子(情報通信研究機構)・林田佐智子(奈良女子大)・
北和之(茨城大)・入江仁士(海洋研究開発機構)・
秋元肇(アジア大気汚染研究センター)
大気化学研究会・大気環境衛星検討委員会

大気微量成分(温室効果気体・大気汚染物質)から眺めたアジアを中心とする環境問題:

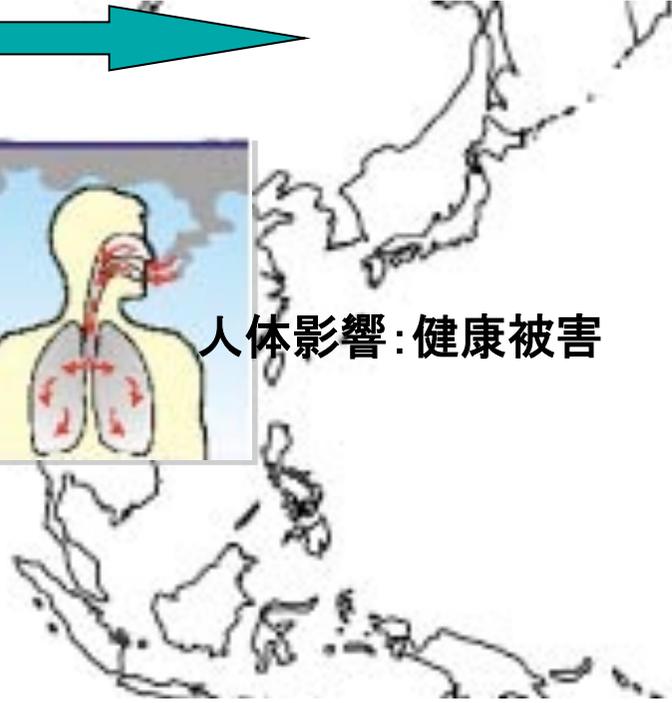
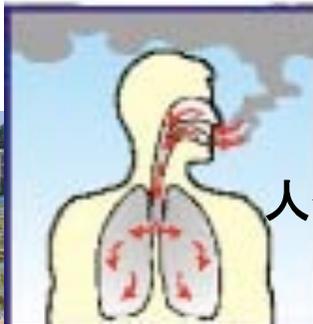
オゾン前駆物質の放出とオゾン影響・気候影響

工業化・車による大気汚染



O₃ 増加

農業被害



CO, CH₄, VOC, Aerosol (BC)



オゾン前駆気体
エアロゾル増加

温暖化関連物質増加

紫外・可視～赤外分光計の提案

- O₃, NO₂, HCHO, SO₂などに観測実績大
 - 大気汚染監視が可能になる
 - 越境汚染・気候影響把握
- 海上・陸上のエアロゾルが導出可能
 - 多波長観測によって粒径観測が可能
 - エアロゾルタイプ検出の可能性(分光計の利点)
- 熱赤外分光計(FTS)を同時搭載することはさらに好ましい

対流圏微量気体成分観測用センサ(周回:太陽同期極軌道)



ERS-2 (ESA) 1995年4月～

GOME (Global Ozone Monitoring Experiment)

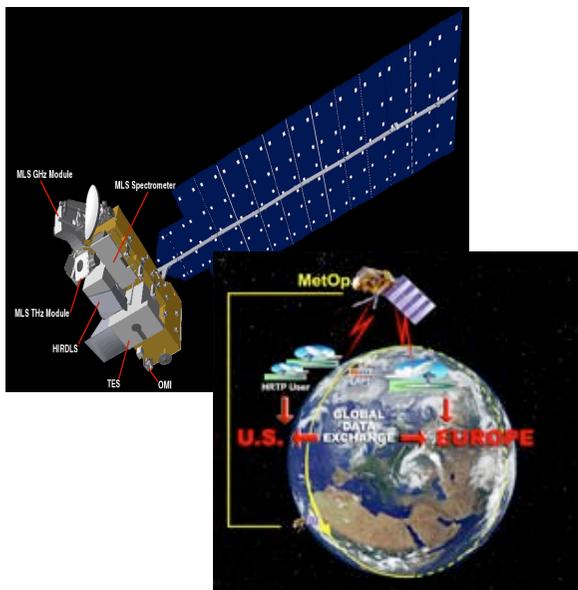
- 可視・紫外、直下視
- 分解能 0.2 - 0.4 nm、センサ視野 320×40 km



ENVISAT (ESA) 2002年3月～

SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY)

- 可視～近赤外、直下視・周縁・太陽/月掩蔽
- 分解能 0.2 - 1.5 nm、センサ視野 30×60 km (直下視時)



EOS-Aura (NASA) 2004年7月～

OMI (Ozone Monitoring Instrument)

- 可視・紫外、直下視
- 分解能 0.45 - 1.0 nm、センサ視野 13×24 km

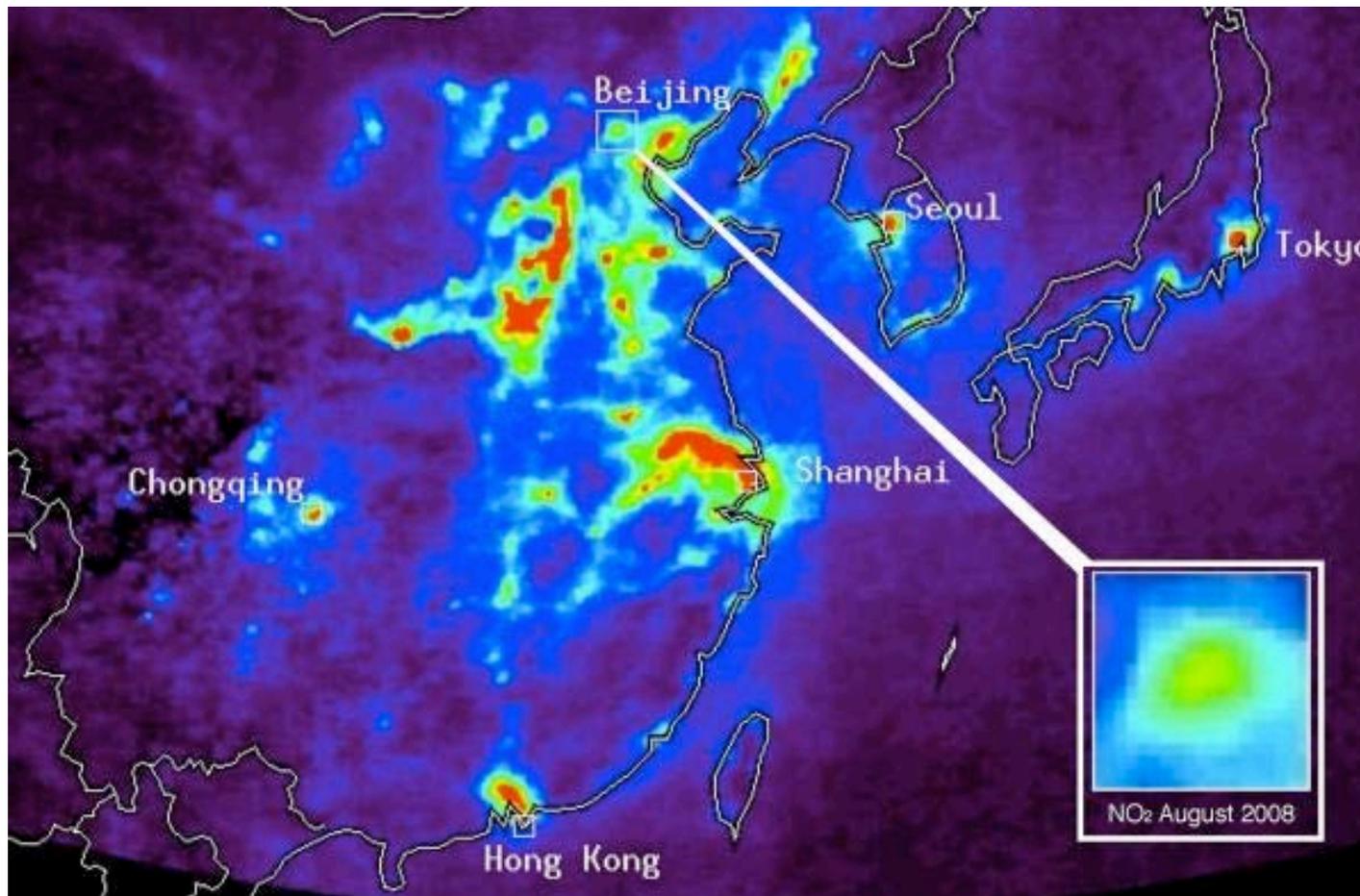
TES (Tropospheric Emission Spectrometer)

- 熱赤外(FTS)、直下視・周縁
- 分解能 0.06 cm⁻¹、センサ視野 0.5×5 km (直下視時)

Metop **GOME-2** 可視・紫外、直下視
ESA 2006～ **IASI** 熱赤外(FTS)

濃度変化から見えること 例:オリンピック時の排出規制

■ 2008年8月の北京のNO₂濃度は規制効果でそれまでの半分に！



NASAのHomepageより抜粋

太陽同期の周回衛星は観測地方時刻が固定

GOME

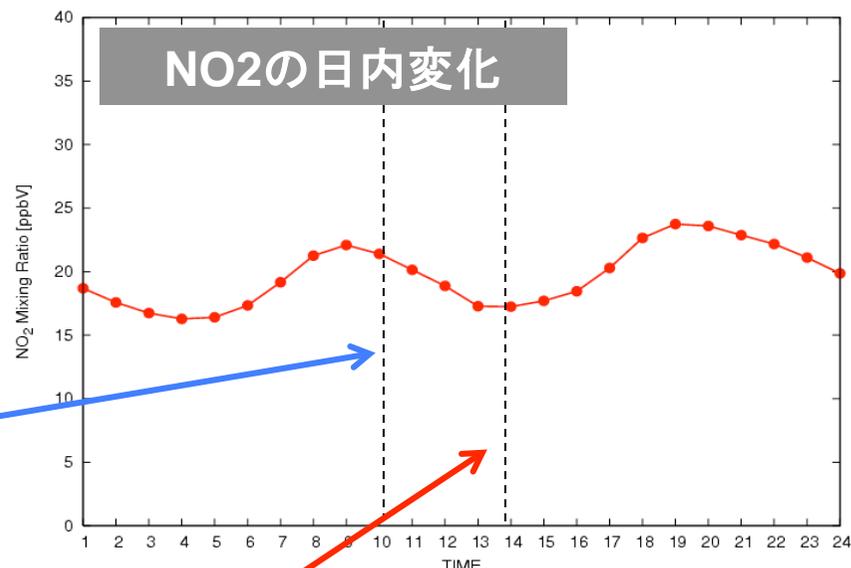
観測期間: 1996~2002
観測時刻: **10:30**
空間分解能: 320km×40km

SCIAMACHY

観測期間: 2002~
観測時刻: **10:00**
空間分解能: 30km×60km

OMI

観測期間: 2004~
観測時刻: **13:45**
空間分解能: 13km×24km

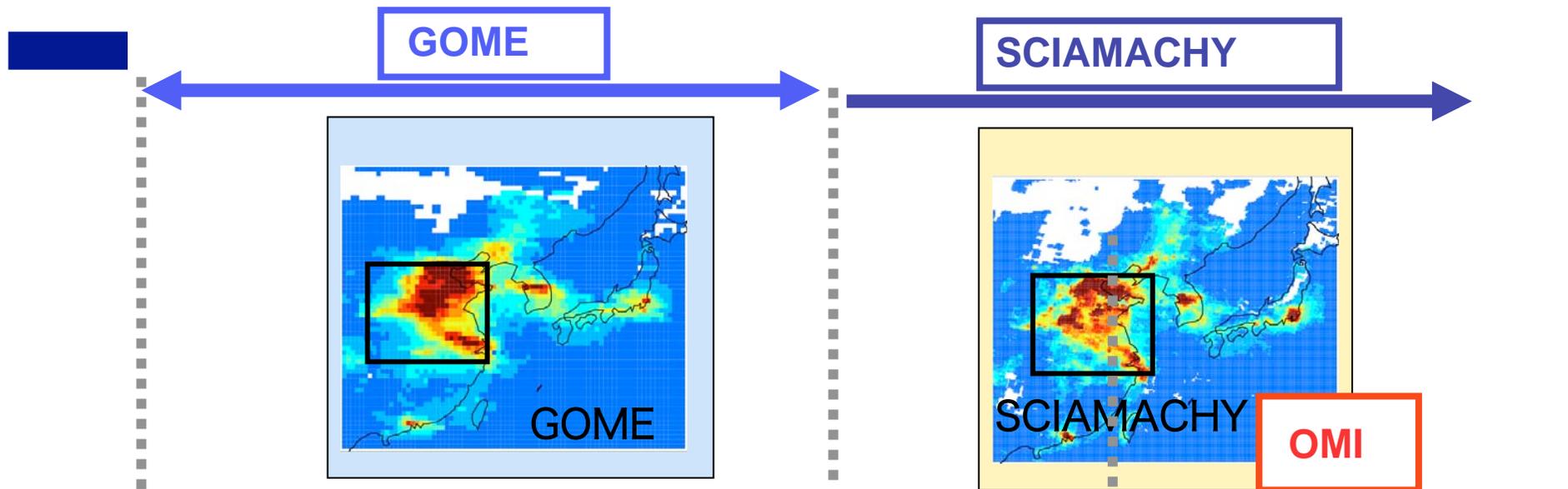


日本国内の測定局データから作成した 平均的なNO2の日内変化

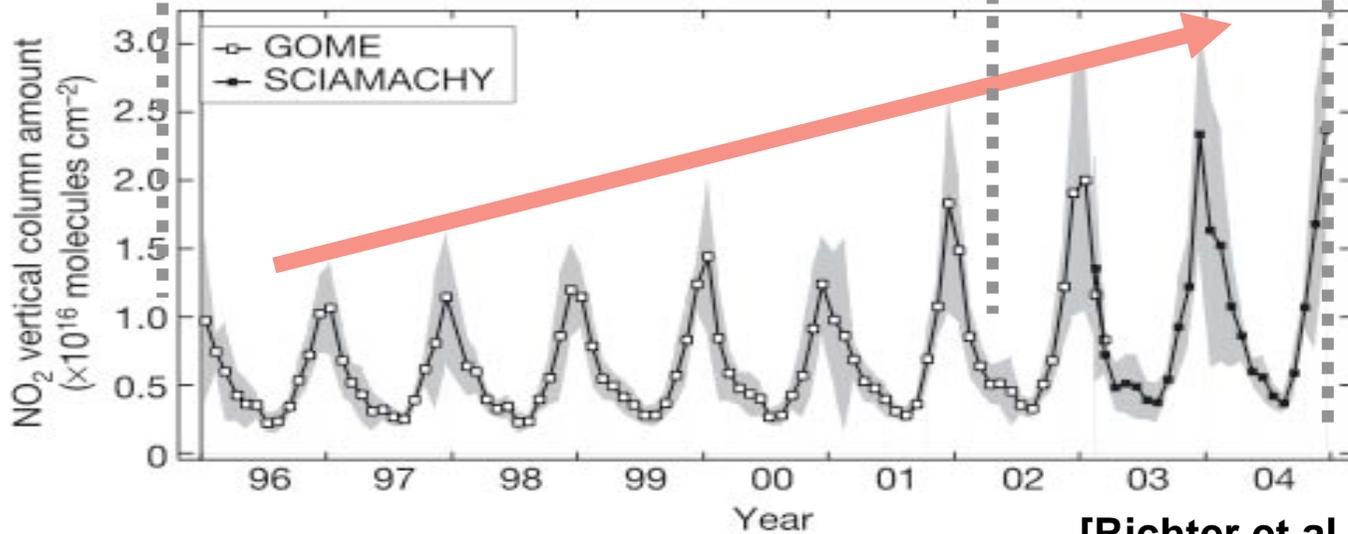
日変化する化学種についてはある一面を観測している

中国から発生するNO₂のトレンド:

時刻が異なるデータはつなげられない



中国中央部から放出されるNO₂は工業活動や車起源

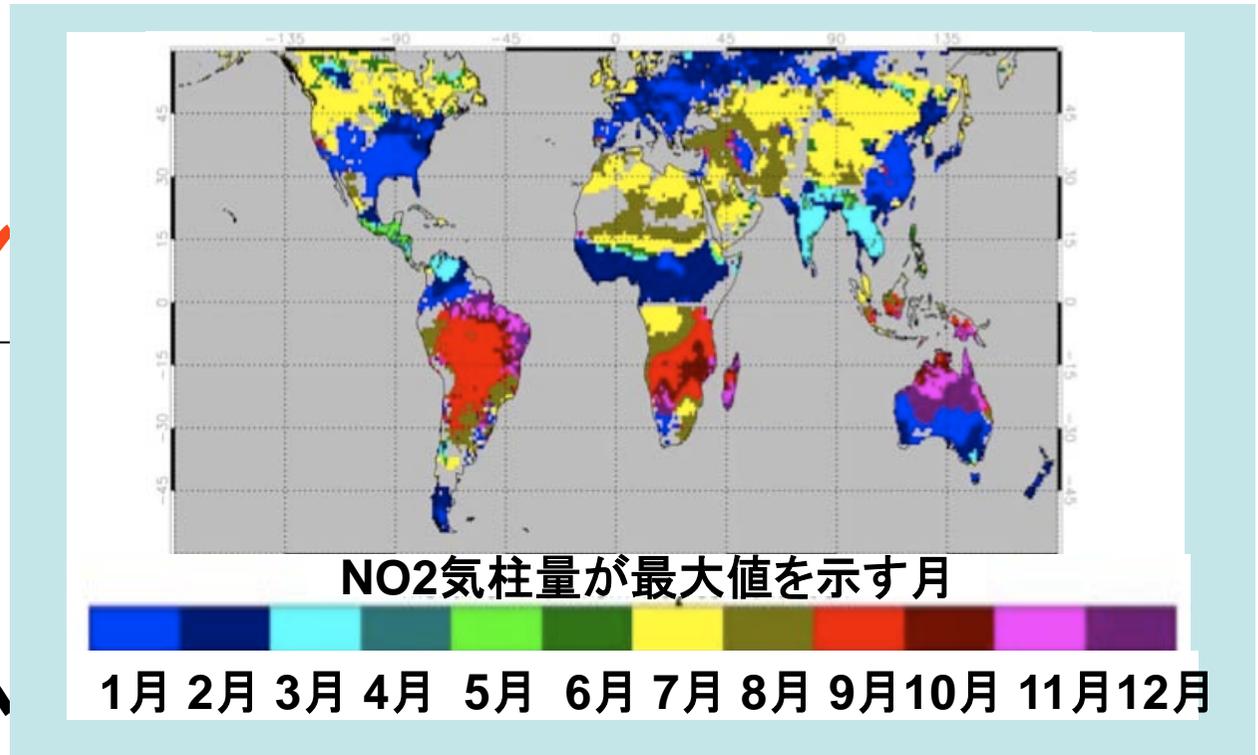
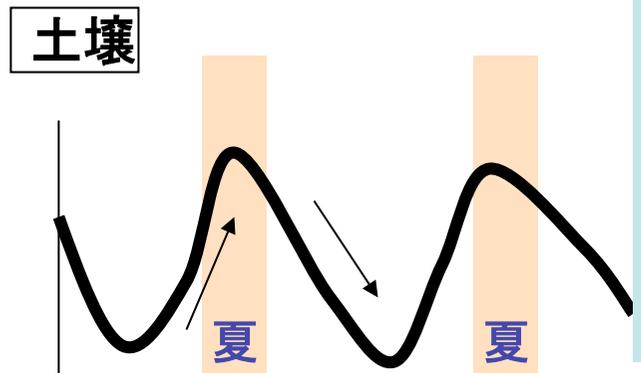
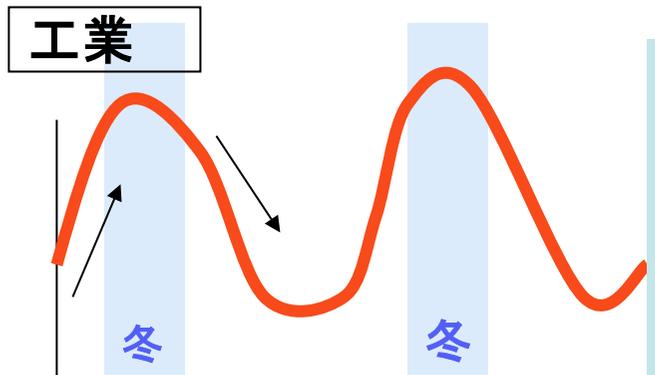


[Richter et al.,2005]

衛星データからNO₂の発生源を区別

(van der A et al., 2008)

施肥による土壌からの放出は夏に活発なため
季節変化の違いから発生源推定が可能
工業活動か？施肥か？



衛星からの目

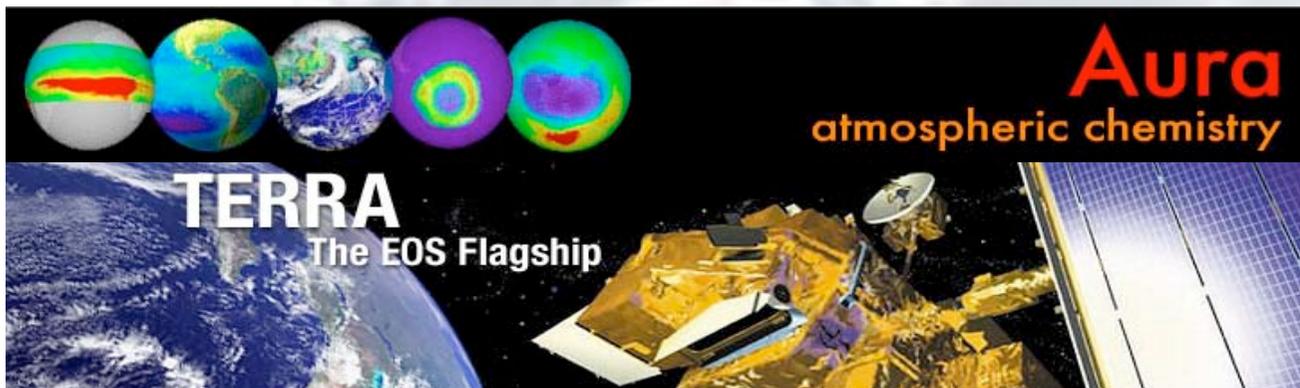
衛星：広域の総合的観測が可能

大気微量成分の観測によって

そこに何があるかだけでなく

そこで何をしているかまで

見える時代



カリフォルニアの森林火災

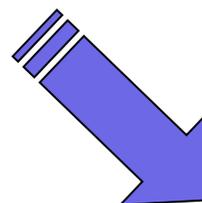
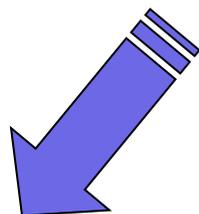
次世代の大気化学種の衛星観測

現在

周回衛星(極軌道太陽同期)

GOME/SCIAMACHY/OMI.....

一日一回の観測から日変化・短時間変動の観測へ



静止衛星

太陽非同期低高度周回衛星

アジア限定

相補的

グローバル

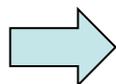
静止大気観測ミッション検討委員会
2008.11~ 2009.12 MDR採択

将来ミッション検討委員会への提案
2009.3 第3位

大気化学研究会 大気環境衛星検討委員会

これまでの活動実績

- 静止衛星からの大気環境観測の検討
 - 2006年頃から活動開始
 - 2008年11月に「静止大気観測ミッション検討委員会」
 - 2009年12月にMDR採択
 - 2010年度はJAXA内での検討
- 将来ミッション検討委員会への提案
 - 2008年度提案・審査
 - 「未来型大気微量成分監視衛星システム 大気環境監視ミッション(周回衛星)」一審査結果 第3位
 - 静止衛星の相補的役割としての周回衛星
 - 太陽非同期・傾斜軌道による1日数回の観測を提案



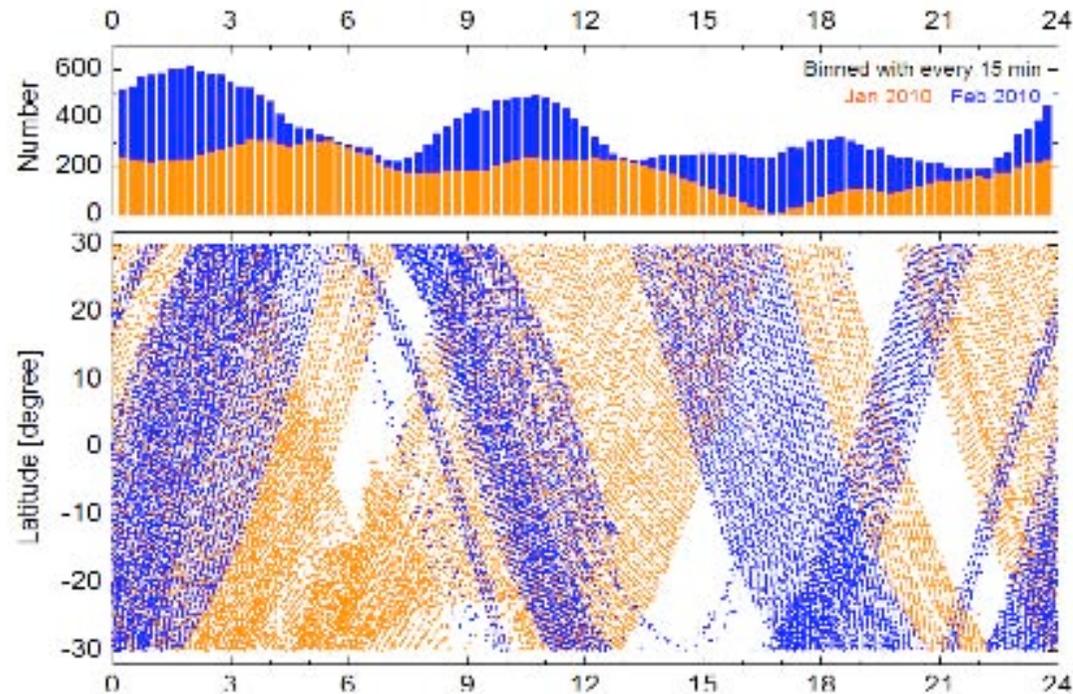
今回のISSへの提案への発展

周回衛星と静止衛星：相補的利点

- 日変化を常時観測するには静止衛星が有利
 - 軌道高度が高く、観測精度・条件に制約がある
 - 全球観測ができない
- 太陽同期軌道
 - 同一地方時に観測可能：日変化は観測できない
 - 同じ条件：境界層の厚さが同じなど
 - 長期傾向や気候値解析が可能
- 太陽非同期低高度軌道(ISSなど)
 - 一日数回の観測が可能
 - 低高度：高空間分解能

ISSへの提案の意義

- 【太陽非同期軌道】
 - 汚染物質の日変化観測が可能になる。



参考: SMILESによる観測イベント数。30N-30Sの範囲の観測数。
二か月で24時間をカバーしている。(佐川・笠井提供。、非公開)

科学的要求(静止衛星に準拠)

■主要な物質(すべて対流圏量)＝標準プロダクト

1. O_3
2. NO_2 、 CO 、 $HCHO$ 、 CH_4
3. エアロゾル(光学厚さ)、粒径($PM_{2.5}$ 対応)、タイプ(吸収性・非吸収性)

■そのほかの物質など(努力目標)

オゾン前駆気体: C_2H_2 、 C_2H_6 、 C_3H_8 など

エアロゾル前駆気体: NH_3 、 SO_2 など、

光化学変化指標: $CHOCHO$ 、 PAN 、アセトンなど、

■一日複数回の観測 によって日変化観測を目指す

■空間分解能3km四方以下を目指す

対流圏カラム観測精度要求(暫定)

	東アジア平均値	都市汚染域	要求精度
O ₃	1.05×10 ¹⁸ (BL 0.26×10 ¹⁸)	1.94 ×10 ¹⁸ (BL 0.34 ×10 ¹⁸)	10% (BL 50ppb)
NO ₂	7.28×10 ¹⁴ (BL 4.12×10 ¹⁴)	6.04×10 ¹⁶ (BL 4.66×10 ¹⁶)	3% (BL0.4ppb)
CO	2.48×10 ¹⁸ (BL 0.92×10 ¹⁸)	5.27×10 ¹⁸ (BL 1.93×10 ¹⁸)	10% (BL100ppb)
HCHO	3.21×10 ¹⁵ (BL 1.65×10 ¹⁵)	1.19×10 ¹⁶ (BL 7.40×10 ¹⁵)	25% (BL 0.5ppb)
HNO ₃	3.28×10 ¹⁵ (BL 1.48×10 ¹⁵)	1.37×10 ¹⁶ (BL 5.67×10 ¹⁵)	25% (BL 0.5ppb)

エアロゾルについては現在検討中、精度%値は汚染域の値に対する(BLは、全てBLでの混合比変化と考えた場合)

単位:molecules/cm²

センサ(案)

センサ	UV/VIS/SWIR	MIR	
周波数範囲	290-1700nm 1900 - 2400 nm	650-2300cm ⁻¹	
分解能	0.4nm (0.1nmサンプリング)	0.1-0.2 cm ¹	
感度	SNR=500以上	SNR=500	
IFOV	5 km ² -10 km ²	5 km ² -10 km ²	
観測領域	極付近を除く全球 (+/- 50度)		
時間分解能	一日複数回		

提案ミッションの実現可能性

- UV/VIS/SWIR
 - すでに欧米では長い歴史があり、TOMS/GOME/SCIAMACHY/OMIのheritageとしてセンサー技術は確立している。
 - 日本ではODUS/OPUS開発の経緯があり、JAXA内で十分に検討された実績がある。
 - 静止衛星センサーはMDRが採択されている。
 - 太陽非同期・低高度周回衛星搭載は**これまでにない**。
- MIR
 - 欧米ではTES, IASIの実績がある
 - 日本ではIMG, GOSATでのFTS搭載の実績がある。
- 新規性・実現性ともに高く、国際的インパクトの大きなミッションとなる。



人間の

営みを観る

アポロかな