

# Japanese activity of satellite missions for the air quality

Yasko Kasai<sup>1</sup>, Yugo Kanaya<sup>2</sup>, Kazuyuki Kita<sup>3</sup>, Sachiko Hayashida<sup>4</sup>, Naoko Saito<sup>5</sup>, Naho Eguchi<sup>6</sup>, Tomohiro Sato<sup>1</sup>, and Japan Society of Atmospheric Chemistry

<sup>1</sup> National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

<sup>2</sup>JAMSTEC

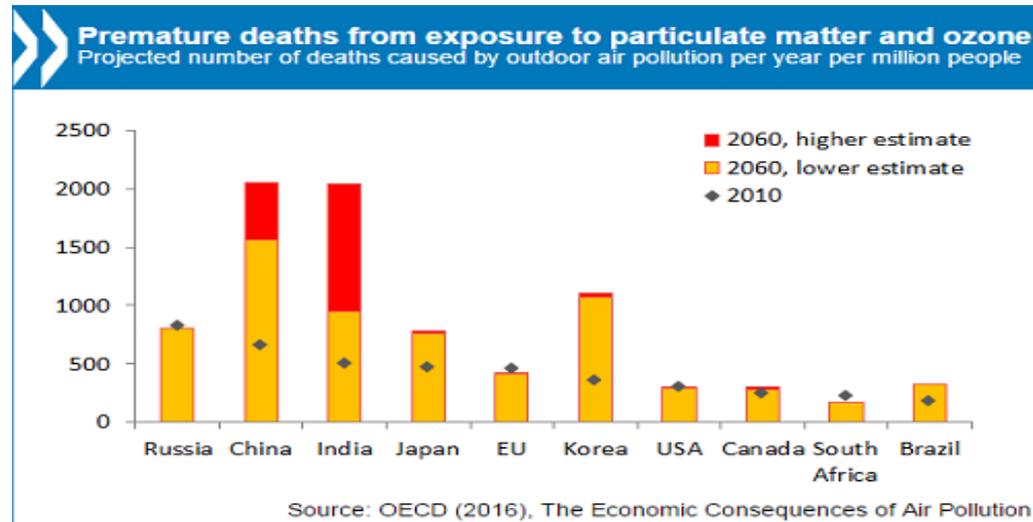
<sup>3</sup> Ibaraki University

<sup>4</sup> Nara Women's University

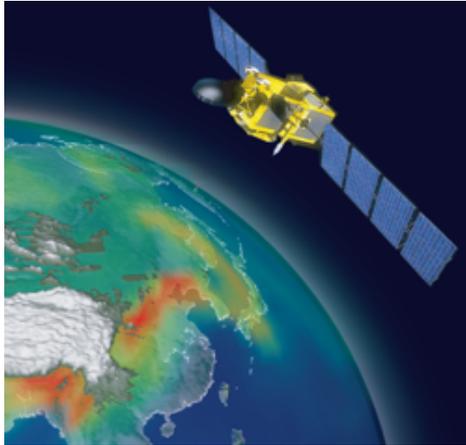
<sup>5</sup> Chiba University

# Problems

People of Death Number of the people of death cause by air pollution become 4.20million over the world which is 3 times more than death people of traffic accident Feb 2017Health Effects Institute (H E I ) report, WHO report 2014



# Our final target is Air Quality Weather Forecast with HIMAWARI 10-11, or 12-13

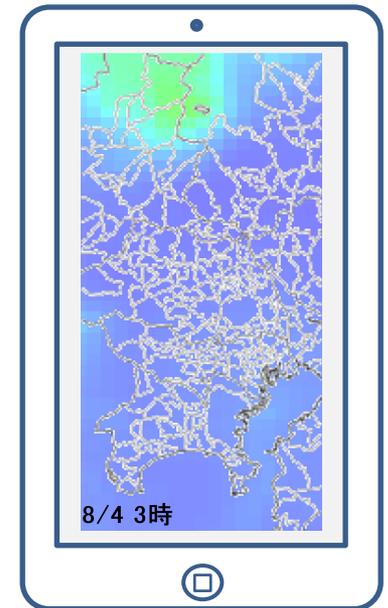
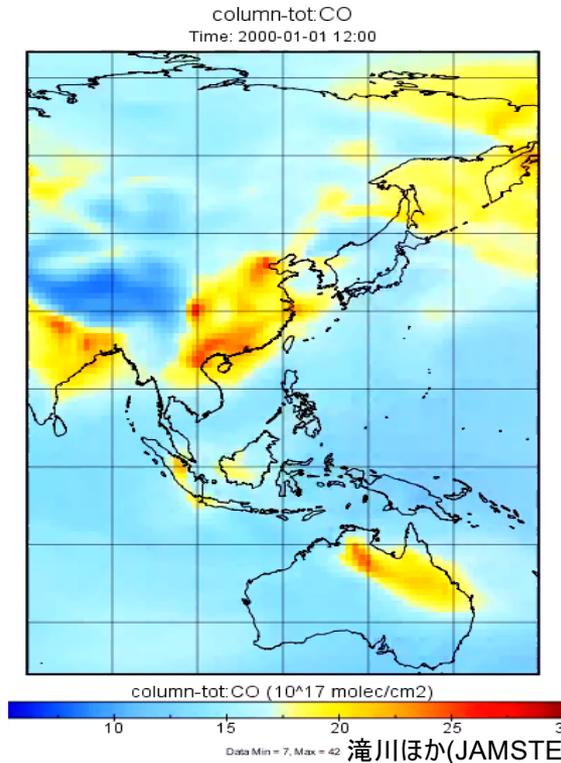


GEO Sat

Observation



Assimilation



ADMER-PRO (産総研・井上氏)を利用

©Life scale (5km mesh、every 10min)

©LOCAL CITY



# Health-tourism

## Air quality and Health

Health tourism . . . Health · undise · sick people, also from the elderly, adults to children all the people, Based on scientific evidence Evidence Based Health (EBH) philosophy, Contribute to promotion, maintenance, recovery, disease prevention

(From Japan Health Tourism Promotion Organization HP)



熊野古道健康ウォーキング  
(和歌山県熊野古道)



森林浴お出かけツアー  
(大分県別府市)

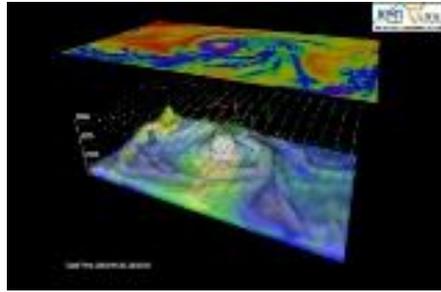


越後薬膳ツーリズム  
(新潟県)

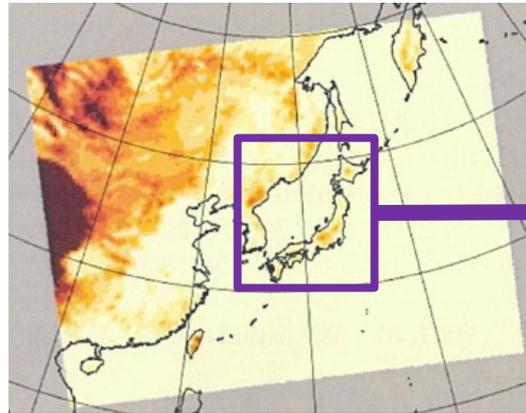
Visitors from  
outside of Japan

# 'Clean Air MAP' for all municipalities in Japan

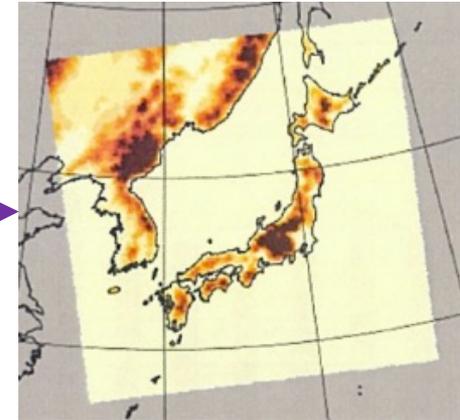
Using WRF-CMAQ(NCAR/EPA)



Domain 1 (40km res.)  
for East Asia



Domain 2 (20km res.)  
for Japan (ex. Okinawa)



- Anthropogenic emission ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , PM, VOC, CO,  $\text{NH}_3$ ): from MIX Asian emission inventory (based on 2010 data with annual correction for each country to estimate the emissions in 2015)
- Boundary conditions of air quality are taken from MOZART4 global model
- Plant emission (VOC): from MEGAN simulation (Plant Functional Type definition from MODIS database)
- Nudging NCEP FNL reanalysis data for T, u, v, q (Resolutions: 1 deg in horizontal, 6 hours in temporal)

# 'Clean Air Map' for all municipalities in Japan

Clean Air Index (temporary definition, still under consideration)

$$1 - \frac{1}{N_1 + N_2} \left( \sum_{i=1}^{N_1} \frac{(\text{Mixing Ratio})_i}{(\text{Environmental Limit})_i} + \sum_{i=1}^{N_2} \frac{|(\text{Mixing Ratio})_i - (\text{Clean Air Standard})_i|}{(\text{Clean Air Standard})_i} \right)$$

If O<sub>3</sub> mixing ratio > 60 ppbv  
N<sub>1</sub>=5 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO,

SPM, O<sub>3</sub>)

N<sub>2</sub>=0

Else

N<sub>1</sub>=4 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO,

SPM)

N<sub>2</sub>=1 (O<sub>3</sub>)

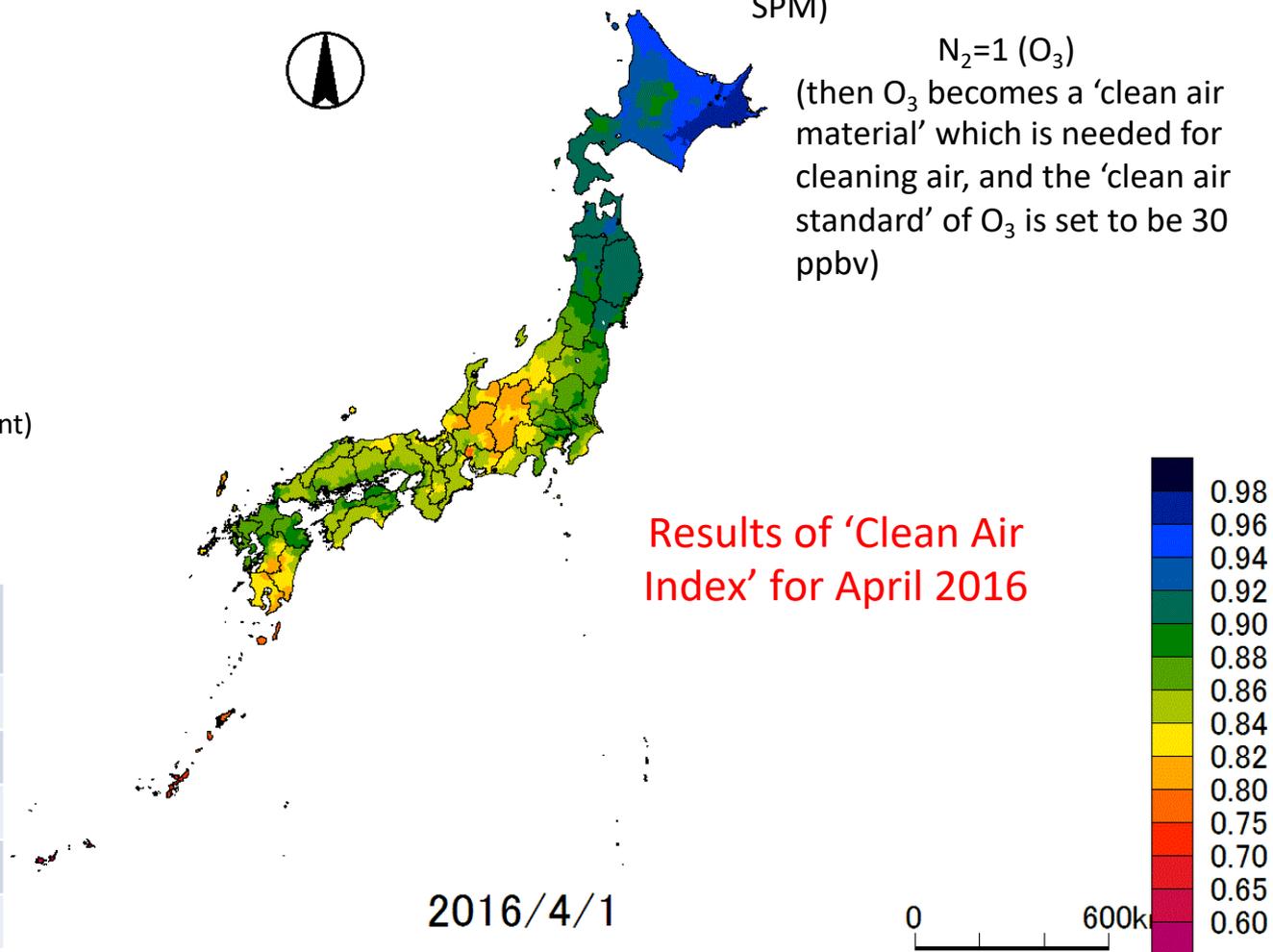
(then O<sub>3</sub> becomes a 'clean air material' which is needed for cleaning air, and the 'clean air standard' of O<sub>3</sub> is set to be 30 ppbv)

Materials	Environmental Limit (day-mean)
SO <sub>2</sub>	40 ppbv
NO <sub>2</sub>	60 ppbv
CO	10 ppmv
SPM	100 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	60 ppbv

(From Japanese Ministry of the Environment)

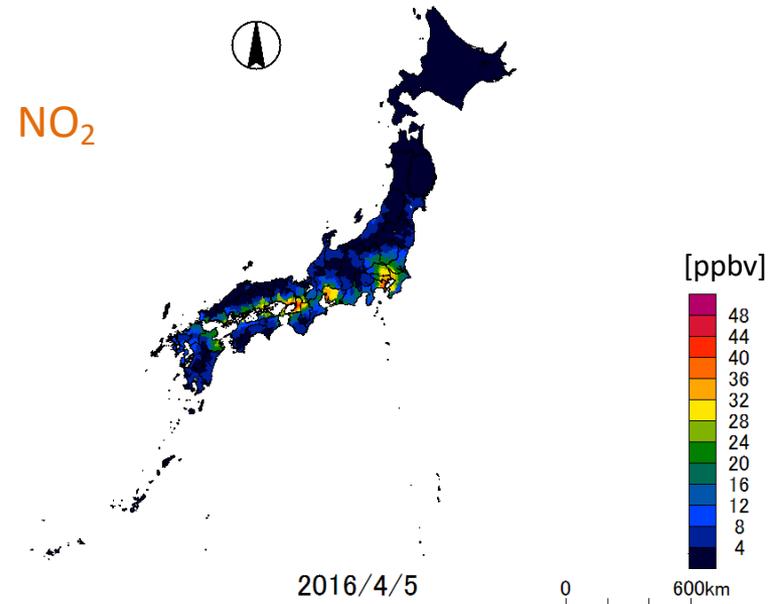
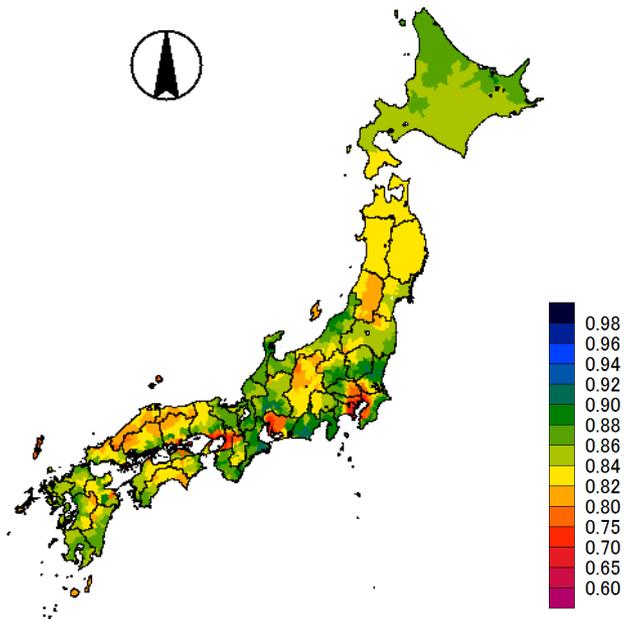
## Monthly Best 'Clean Air' Municipalities

Index (average)	Places
0.9213	Betsukai, Hokkaido
0.9207	Nakashibetsu, Hokkaido
0.9205	Shibetsu, Hokkaido
0.9197	Shibecha, Hokkaido
0.9183	Rausu, Hokkaido



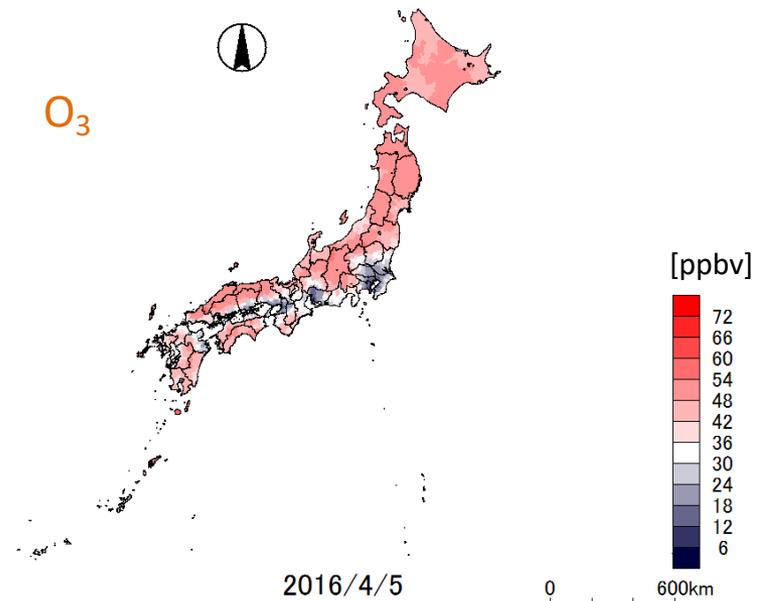
# Properties for specific days

04/05/2016 (urban air pollution)



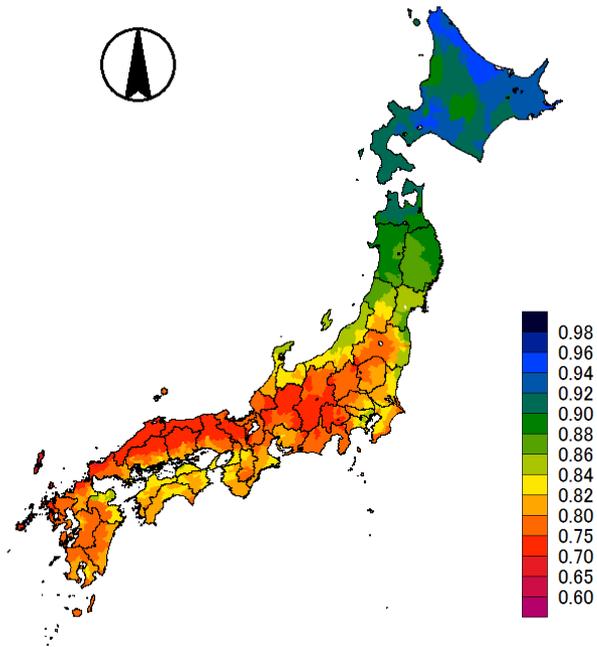
Daily Best 'Clean Air' Municipalities

Index	Places
0.952	Zamami, Okinawa
0.952	Tarama, Okinawa
0.944	Tokashiki, Okinawa
0.943	Miyakojima, Okinawa
0.941	Kitadaito, Okinawa



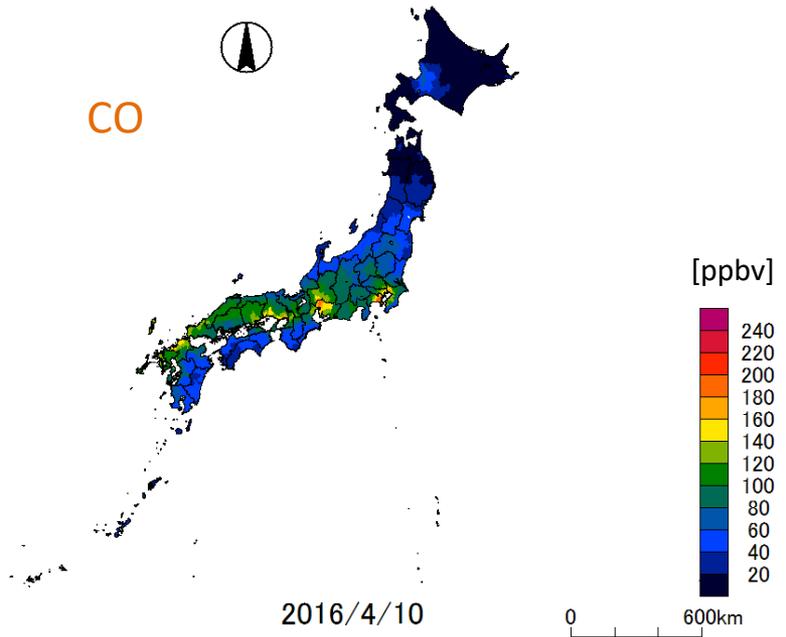
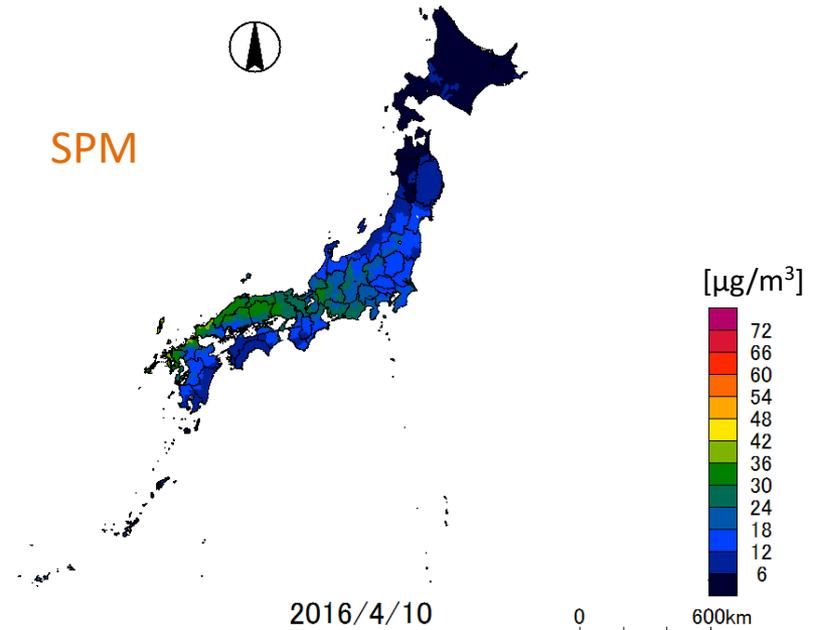
# Properties for specific days

04/10/2016 (cross-border effects)



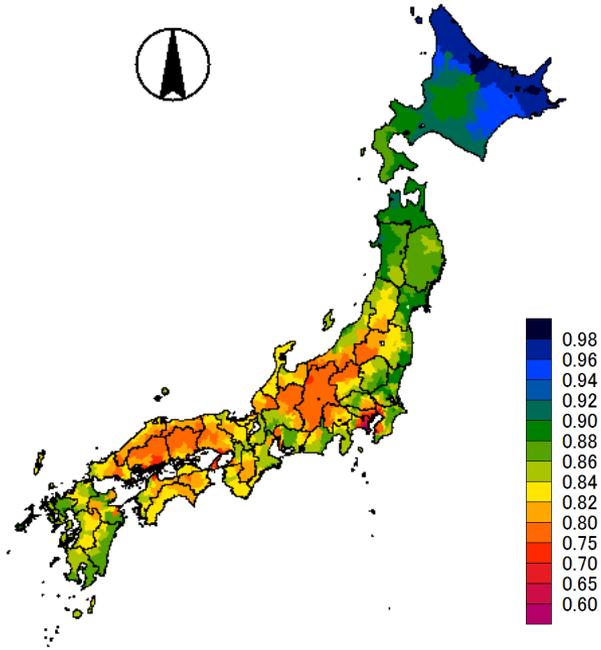
Daily Best 'Clean Air' Municipalities

Index	Places
0.967	Ogasawara, Tokyo
0.954	Toyotomi, Hokkaido
0.953	Horonobe, Hokkaido
0.945	Nakatonbetsu, Hokkaido
0.945	Eniwa, Hokkaido



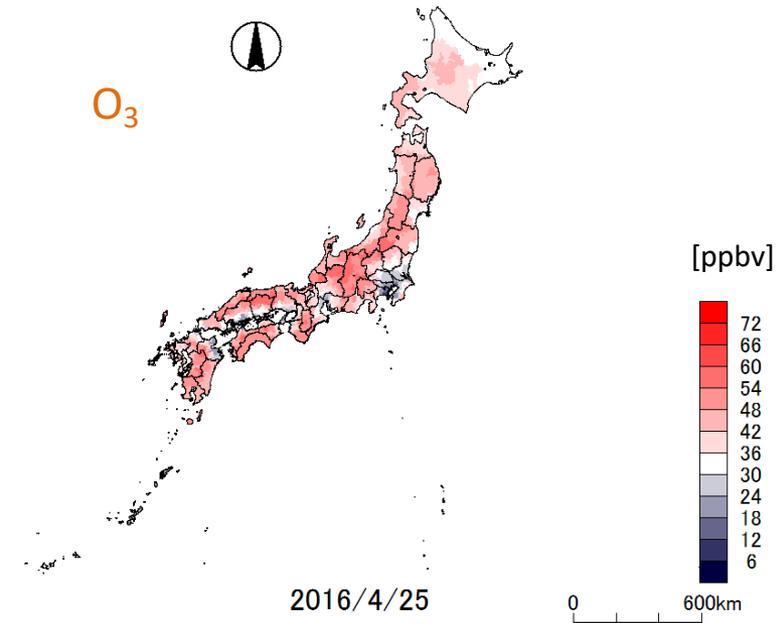
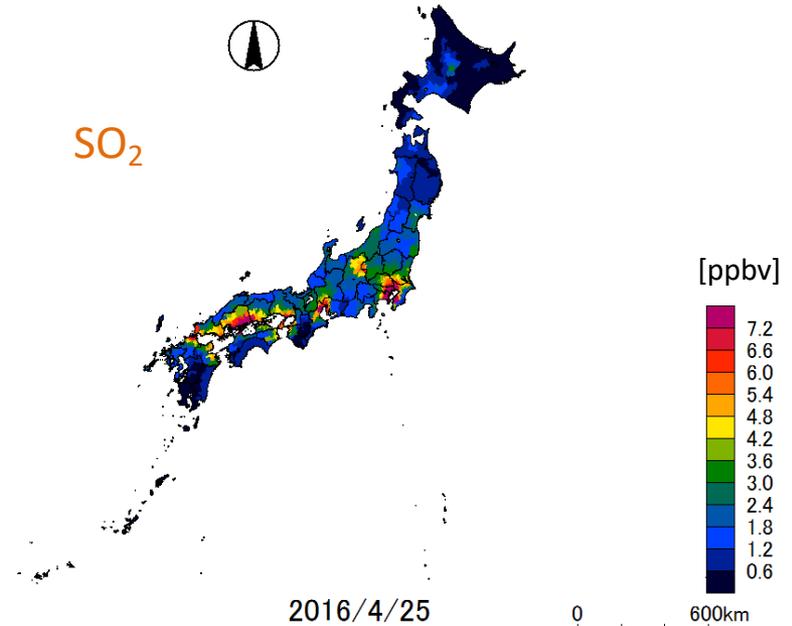
# Properties for specific days

04/25/2016 (volcanic effects)



Daily Best 'Clean Air' Municipalities

Index	Places
0.985	Nishiokoppe, Hokkaido
0.985	Takinoue, Hokkaido
0.981	Nakashibetsu, Hokkaido
0.980	Monbetsu, Hokkaido
0.979	Oumu, Hokkaido



# We have been trying . . .

Dec 2009	<b>GMAP-Asia</b> Passed JAXA mission Definition Review
Jan 2011	<b>APOLLO</b> air pollution mission Selected as top 2 candidate for ISS large class mission by JAXA Earth observation commission
Dec 2013	<b>uvSCOPE</b> Selected as top 2 candidate for ISS middle class mission by JAXA Earth observation commission
2017	Air quality observation mission was selected TOP3 satellite mission from “remote sensing task force”

**Current: Concept study of micro-satellite for NO<sub>2</sub> hot spot with 1x1 horizontal resolution**



# 2019

# Load MAP



Universität Bremen

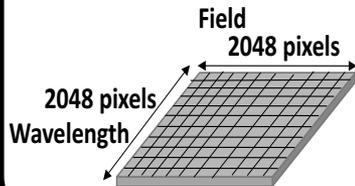
Satellite Comm. of  
Japan Society of Atmospheric Chemistry

**Concept study finished**  
(CEOS AC-VC 15 Poster)

UV/VIS Imaging spectrometer



• 2-D CMOS array sensor



flight direction  
7.7 km/sec

Altitude  
300 km

1 x 1 km<sup>2</sup>

Swath width  
approx. 200 km

波長範囲	425-497 nm
分光分解能	0.4 nm
検出器	2D-CMOS array
素子数	2048 × 2048素子
素子サイズ	6.5μm × 6.5μm
寸法(mm)	約500X400X300
F値	3.5
データレート	約3MBps

# ~2022

LEO

GOSAT-III  
NO2

# ~2028

HIMAWARI 10, 11

Or

# ~2038

HIMAWARI 12,13

**GEO**

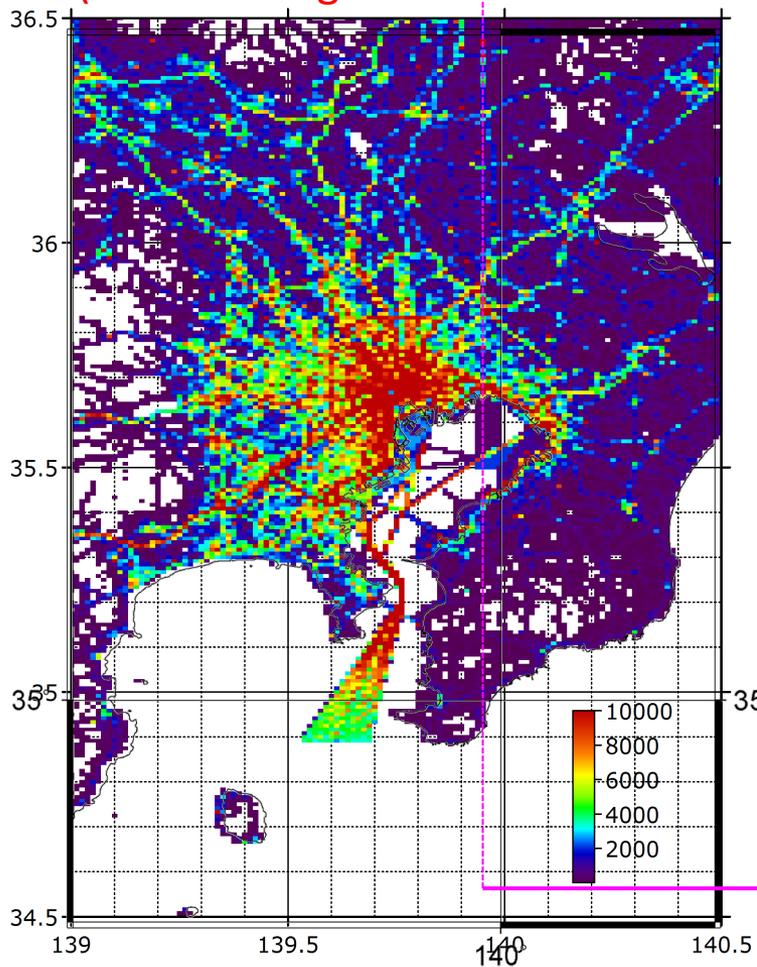
Micro satellite size

Fujinawa et al

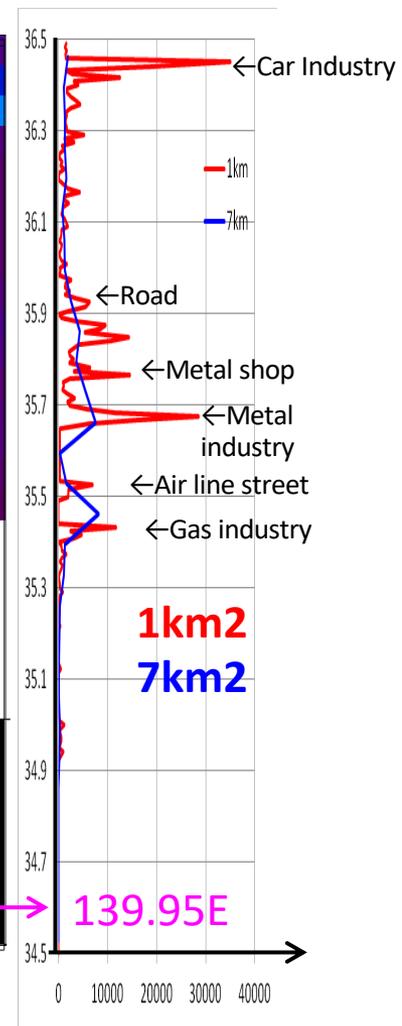
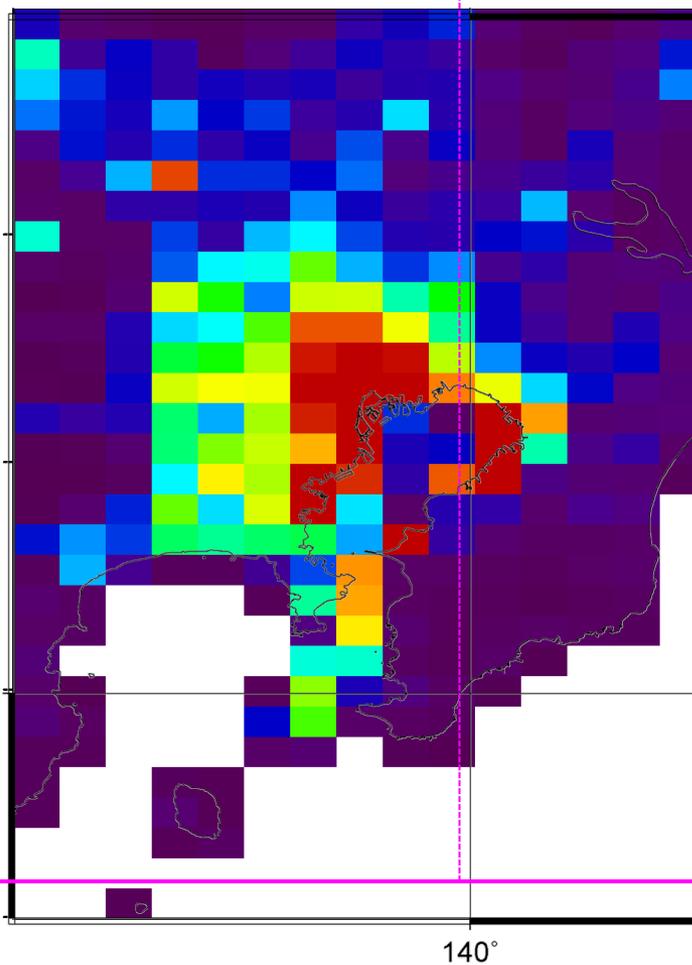
Concept of small satellite UV/visible imaging spectrometer optimized for tropospheric NO2 measurements in air quality monitoring

• [Acta Astronautica](#) 160 · May 2019

1km x 1km  
(APOLLO Target)



7km x 7km  
Other satellite observations



NOx emission data by Kannari et al.,EAGrid2000, JCAP

# Radiative transfer calculation

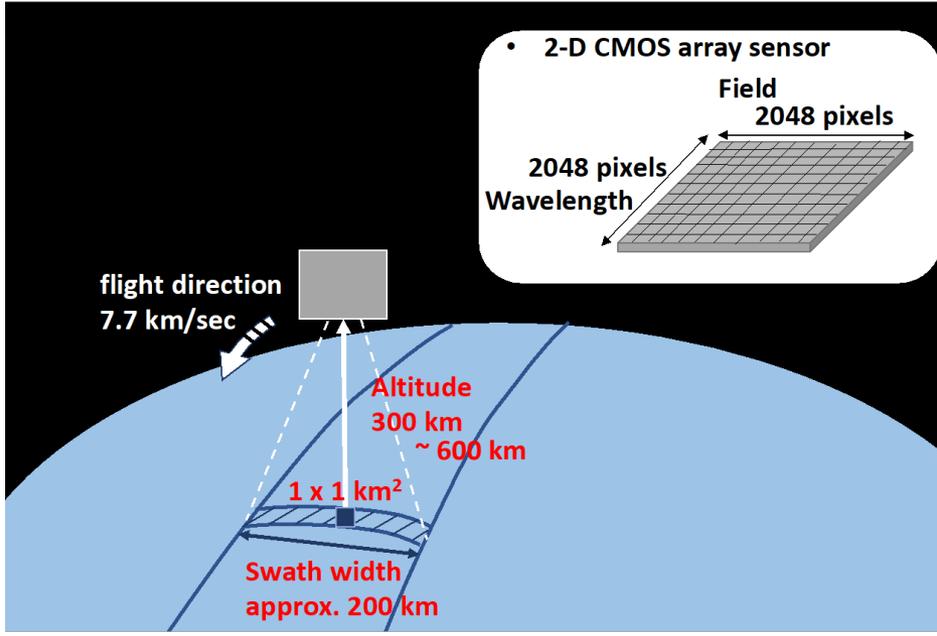
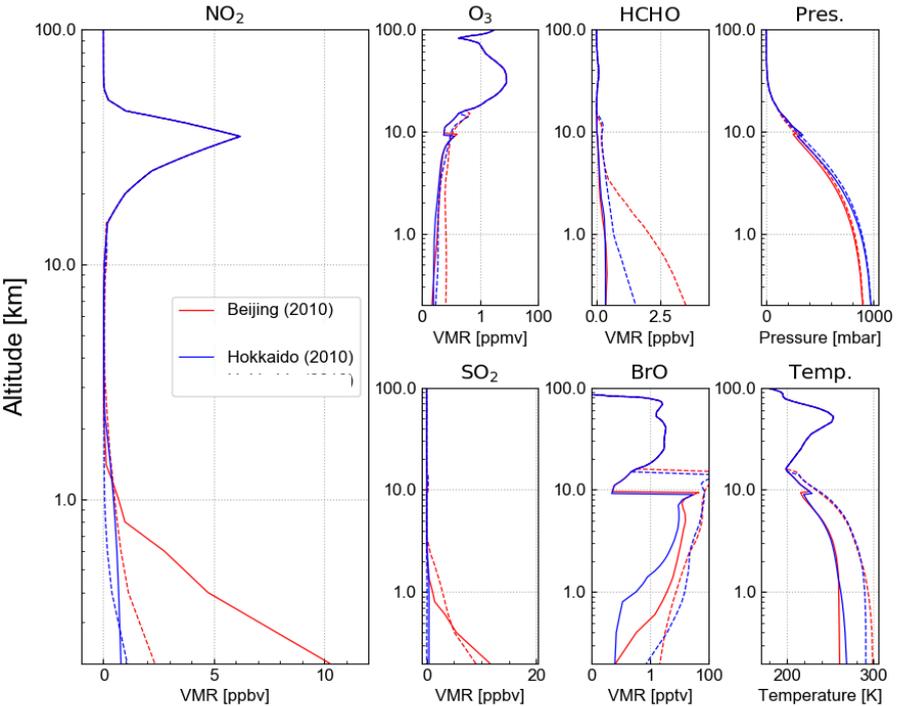
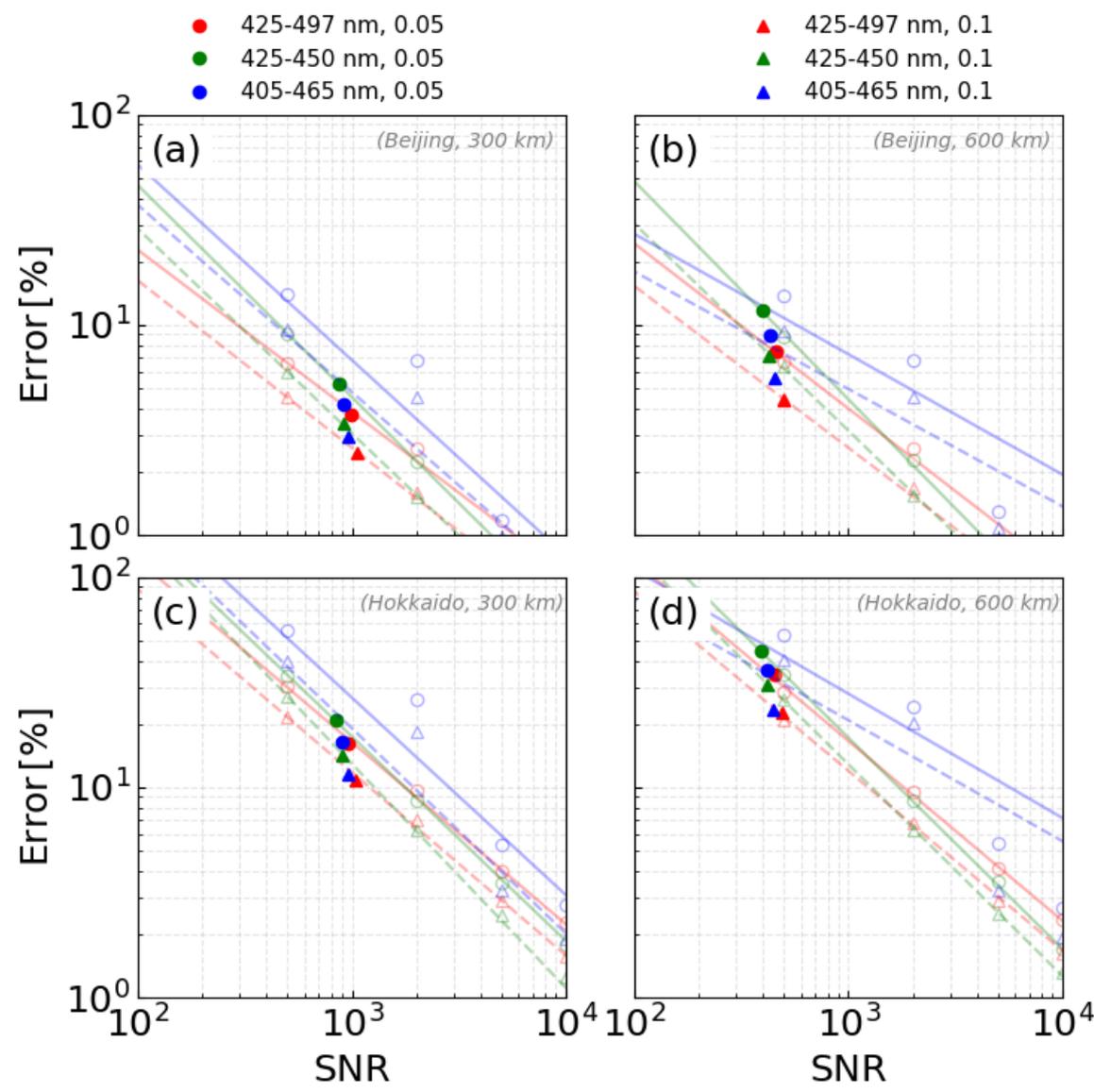


Fig. (left) Vertical profiles of NO<sub>2</sub> and the other gases used in SCIATRAN and (right) the geometry of simulated satellite instrument

- Atmospheric profile: Monthly mean of CHASER model for the tropospheric profile. Beijing as high polluted area, Hokkaido as clean area at January in 2010 with largest amounts of NO<sub>2</sub> in boundary layer.
- Reasonable sensitivity for 2D CMOS array sensor (provided from Kuze-san/JAXA)
- Altitudes of satellite are at 300 km and 600 km
- Lambertian surfaces with constant albedo of 0.05 and 0.1.
- Nadir viewing geometry
- Simulated backscattered radiance intensity between 401 nm and 500 nm with a step of 0.01 nm.
- Annually mean of SOCRATES model results were interpolated from tropopause to 100 km.

# Error estimation for uvSCOPE measurements



The measurement errors of slant column densities of NO<sub>2</sub> calculated

(a) in Beijing at 300 km of satellite altitude,

(b) in Beijing at 600 km of satellite altitude,

(c) in Hokkaido at 300 km of satellite altitude and,

(d) in Hokkaido at 600 km of satellite altitude.

The differences of colors and symbols indicate the differences of fitting window and surface albedo, respectively. The solid symbols indicate the SNRs calculated using given sensor specification, and the open symbols the constant SNRs.

Table 4: Summary of specifications for existing/future satellite instruments observing NO<sub>2</sub> within the UV/vis range and comparison with the proposed specification used in this study.

Instrument (Platform)	Footprint	Satellite altitude	Spectral coverage	Spectral resolution	Uncertainty <sup>†</sup>
Unit	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[nm]	[nm]	[molec cm <sup>-2</sup> ]
This study	1 × 1	300	425–497	0.35	0.14 (0.19) × 10 <sup>15</sup> <sup>a</sup>
GOME (ERS-2)	40 × 320	800	240–790	0.2–0.4	0.2–0.4 × 10 <sup>15</sup> <sup>b</sup>
SCIAMACHY (ENVISAT)	30 × 60	800	214–812	0.2–0.5	1.4 × 10 <sup>15</sup> <sup>c</sup>
OMI (Aura)	13 × 24	705	270–500	0.45–1.0	0.67 × 10 <sup>15</sup> <sup>d</sup>
GOME-2 (Metop-A,B,C)	40 × 80	817	240–790	0.2–0.4	0.45 × 10 <sup>15</sup> <sup>e</sup>
TROPOMI (Sentinel-5P)	3.5 × 7	824	270–495	0.25–0.55	0.7 × 10 <sup>15</sup> <sup>f</sup>
Spectrolite	1 km <sup>g</sup>	600	320–495	< 0.5	< 3 × 10 <sup>15</sup> <sup>h</sup>

<sup>†</sup>Random errors of total slant columns.

<sup>a</sup>Uncertainties of total (tropospheric) NO<sub>2</sub> SCDs estimated in this study.

<sup>b</sup>Richter and Burrows [7]. Boersma et al. [47] reported  $0.55 \times 10^{15}$  molec. cm<sup>-2</sup>.

<sup>c</sup>Richter et al. [55].

<sup>d</sup>Boersma et al. [64].

<sup>e</sup>Valks et al. [65]. Richter et al. [55] also reported  $1.2 \times 10^{15}$  molec cm<sup>-2</sup> but using 425–497 nm instead of 425–450 nm.

<sup>f</sup>van Geffen et al. [66].

<sup>g</sup>On across track. IFOV = 0.1°.

<sup>h</sup>de Goeij et al. [22].



宇宙基本計画

平成25年1月25日  
宇宙開発戦略本部決定

# Basic Plan for Space Policy

25 Jan. 2014

Established by  
**Strategic Headquarters for Space Policy**

# 宇宙基本計画の工程表改訂に向けた重点事項(令和元年度)(概要)

内閣府宇宙開発戦略推進事務局  
令和元年6月4日

## I 宇宙安全保障の強化

宇宙状況把握(SSA)	2023年度の着実な運用開始に加え、防衛省による宇宙設置型光学望遠鏡及びSSALレーザ測距装置導入に向けた取組の実施。国内外における民間も含めたSSA衛星等の技術動向等を調査。
海洋状況把握(MDA)	政府衛星及び民間衛星の活用を視野に入れた海洋情報の収集に関する体制や取組を強化。AIS関連技術の調査研究も行う。
情報収集衛星	情報収集衛星10機体制に向けた整備の着実な実施。
早期警戒機能等	2波長赤外線センサ搭載衛星の打上げ。米国との連携強化。
宇宙システムの機能保証(Mission Assurance)強化	宇宙システムに関するリスクアセスメントを強化するための調査研究を実施。量子暗号技術等の動向を踏まえた取組の推進。
JAXAと防衛省の連携強化	SSAシステム連携や人事交流に加え、防衛省の教育制度検討へのJAXAの助言を含む人材育成に係る取組の連携強化。
宇宙安全保障の確保に向けたその他の取組	大綱・中期防の決定を踏まえ、防衛省の宇宙領域専門部隊新編を含む宇宙分野における更なる能力強化(宇宙領域を専門とする職種の新設、教育の充実、JAXAとの連携)の具体化に向けた検討。米国とのホステッド・ペイロード協力を含む宇宙安全保障連携の強化。

## II 宇宙産業の更なる拡大

### (1) 衛星データの利用拡大

準天頂衛星システムの開発・整備・運用	準天頂衛星7機体制構築及び機能・性能向上と、これに対応した地上設備の開発・整備等について効率化を図りつつ、着実に実施。
準天頂衛星システムの利用促進	G空間プロジェクト等とも連携し、農業、交通、物流など、より多くの分野における実証事業を通して、利用拡大を図る。
新事業・新サービス創出のための民間資金や各種支援策	衛星データプラットフォーム(Tellus)の一層の利便性向上、機能向上に向けた本格的な開発・改良。地域創生ビジネスにも貢献。本年度から、宇宙セクターの現役・OB人材のベンチャー企業出向の円滑化等を図る人材プラットフォームの本格運用開始。政府による積極的な民間サービスの長期購入(アンカーテナンシー)の推進に向けた検討。アジア大のビジネスアイデアコンテスト(S-Booster)や投資マッチング支援(S-Matching)等による、すそ野拡大とベンチャー育成支援。JAXAと民間事業者等との協業により宇宙イノベーションパートナーシップ(J-SPARC)の一層の充実。
先進光学衛星・先進レーダ衛星	先進光学衛星(ALOS-3)・先進レーダ衛星(ALOS-4)の後継機に関して、様々な政策的視座、利用ニーズ、技術動向、国際協力の在り方、開発コスト、利用者負担等を考慮し、考えうる衛星システムのオプションを洗い出すことを基本方針として検討を進める。
温室効果ガス観測技術衛星	各国の気象変動対策への衛星観測データの利活用を促進しつつ、3号機の開発を着実に進める。
リモセン衛星・センサ技術開発	小型・超小型の人工衛星用のセンサ技術の事業化を見据えた開発を民間事業者等との協業により推進。

### (2) 宇宙機器の国際競争力

技術試験衛星	9号機による、5G・IoT等の地上システムと連携した次世代ハイブールプット(大容量通信)衛星実現のための実証実験を2022年度から実施。また、次々期技術試験衛星(10号機)の検討に向け、2021年までに技術分野を整理する。
H3ロケット	厳重なスケジュール管理と必要な資源の投入を図りつつ、着実に開発を実施し、2020年度に試験機初号機を確実に打ち上げる。
イプシロンロケット	民間移管を前提とした具体的な取組方策を2020年度までに検討。
再使用型宇宙輸送システム	2019年度に再使用型宇宙輸送システムの小型実験機の飛行実験を実施。併せて、再使用型宇宙輸送システムを実現するにあたっての課題(技術・コスト等)の検討工程を明確化。

### (3) 基盤整備

射場の在り方に関する検討	打上げ施設の認定に際し、必要最小限の規制で安全確認を行う等、事業が円滑に行われるよう必要な取組を実施。
軌道上実証	革新的衛星技術実証プログラムの2号機以降の取組の具体化。国内民間ロケットの活用等による、低価格・高性能な部品を組み込んだ小型衛星の軌道上実証支援(SERVISプロジェクト)を実施。
調査分析・戦略立案機能	関係機関による自発的な調査分析活動と連携、測位衛星システム等の政策的に今後必要となる分野の調査分析機能の強化
国際協力関連	本年、日本でAPRSAFを開催し、アジア宇宙協力を一層強化。ERIAとの連携強化。SDGsに貢献するため、2020年度中に具体的なパイロット事業を実施。

## III 産業・科学技術基盤の強化(国際宇宙探査、宇宙デブリ対策)

宇宙科学・探査	JAXAの宇宙科学・探査の着実な実施に向け、プログラム化を進めるとともに、フロントローディングの対象技術を検討。DESTINY+(深宇宙)やJUICE(木星)、SLIM(月)、MMX(火星)などの個別プロジェクトを着実に実施。
国際宇宙ステーション計画を含む有人宇宙活動	低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、民間活力の積極的な活用も含めて、国際宇宙探査の計画等を踏まえ、2019年度中に整理。
国際宇宙探査	米国が構想する月近傍の有人拠点(Gateway)について、民間の活力も十分に活用しつつ、参画に関する方針を年内に決定。小型月着陸実証機(SLIM)の開発、火星衛星探査計画(MMX)のプロジェクト化の検討。インド等との協力による月極域着陸探査を目指した検討。
民間事業者の新規参入を後押しする制度的枠組み整備	軌道上補償や宇宙資源開発についても国際動向を踏まえつつ、必要な事業環境について調査・検討。サブオービタル飛行に関して、関係府省等及び民間事業者による官民協議会を設置するなど、民間の取組状況や国際動向を踏まえつつ、必要な環境整備の検討を加速する。

Important issue  
For space policy  
4 Janu . 2019

## [II (1)-5] 温室効果ガス観測技術衛星(工程表10) [文部科学省、環境省]

- 2019年5月のIPCC総会で採択された、温室効果ガス排出量の算定に関する改良ガイドラインにおいて、「いぶき」をはじめとする衛星観測データの有用性が示されたことを踏まえ、我が国がリードして国際標準化を進めつつ、各国の気候変動対策への衛星観測データの利活用を促進する。
- 2号機の観測を発展的に継承するため、人為起源による温室効果ガス排出源及び排出量の監視機能を強化した3号機の開発を着実に進める。

Thank you so much for your attention!