



JAXAの地球観測衛星

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
研究開発部門 センサ研究グループ

今井 正

12月6日 東京大学弥生講堂
東京大学－国立研究開発法人連携講座 第4回ワークショップ

発表内容

1. 地球観測衛星の目的
2. JAXAの地球観測衛星開発のこれまでと今後
3. JAXAの地球観測衛星の紹介(利用事例も含めて)
4. 今後のJAXA地球観測衛星計画
5. これからの計画に向けた研究

地球観測衛星の目的



安全安心で豊かな社会の実現

地球観測衛星の利用により出来ること

- 気象予報
- 防災、減災
- 災害時の状況把握
- インフラの変化の監視
- 船舶への安全・効率的な航行ルート提供
- 農業効率化
- 地図作成や高精度化
- 気候変動予測(地球温暖化現象の解明)
- 地球環境問題監視(森林減少、オゾン層破壊監視)

初期の衛星

- 地球観測衛星技術の開発・実証
- データ解析技術の向上
- 現象のメカニズム解明、サイエンス研究利用

2000年頃～2020年頃

- 地球観測衛星技術の開発・高度化
- 社会利用、社会実装

2020年頃～

- 社会利用、社会実装を見据えたセンサ技術の開発
- 継続的な利用、定常化
- より高度な観測に向けた新しい衛星技術の開発

3 JAXAの地球観測衛星

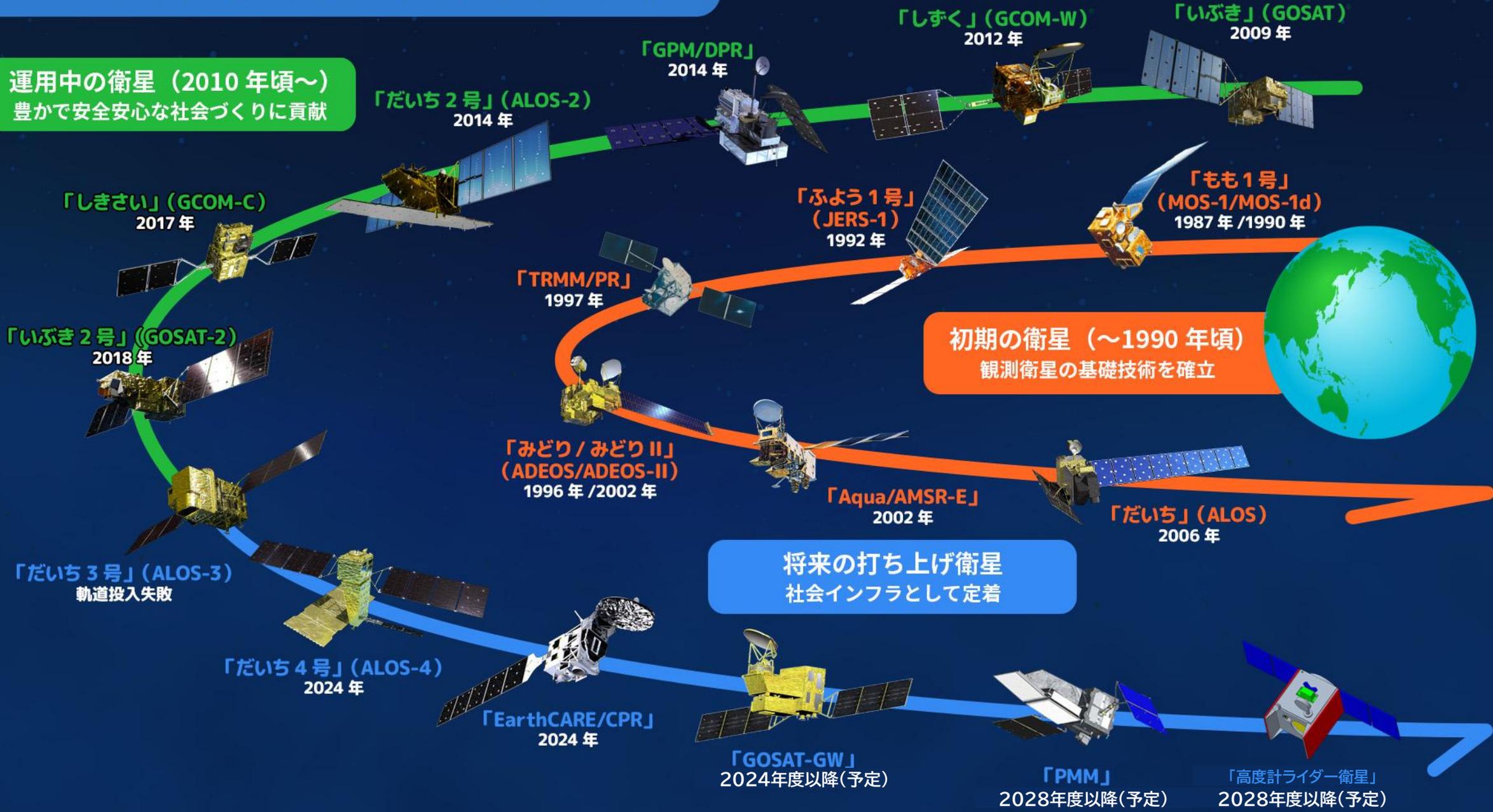
(データ利用事例も含めて紹介)

JAXAの主な地球観測衛星 (過去・現在・未来)

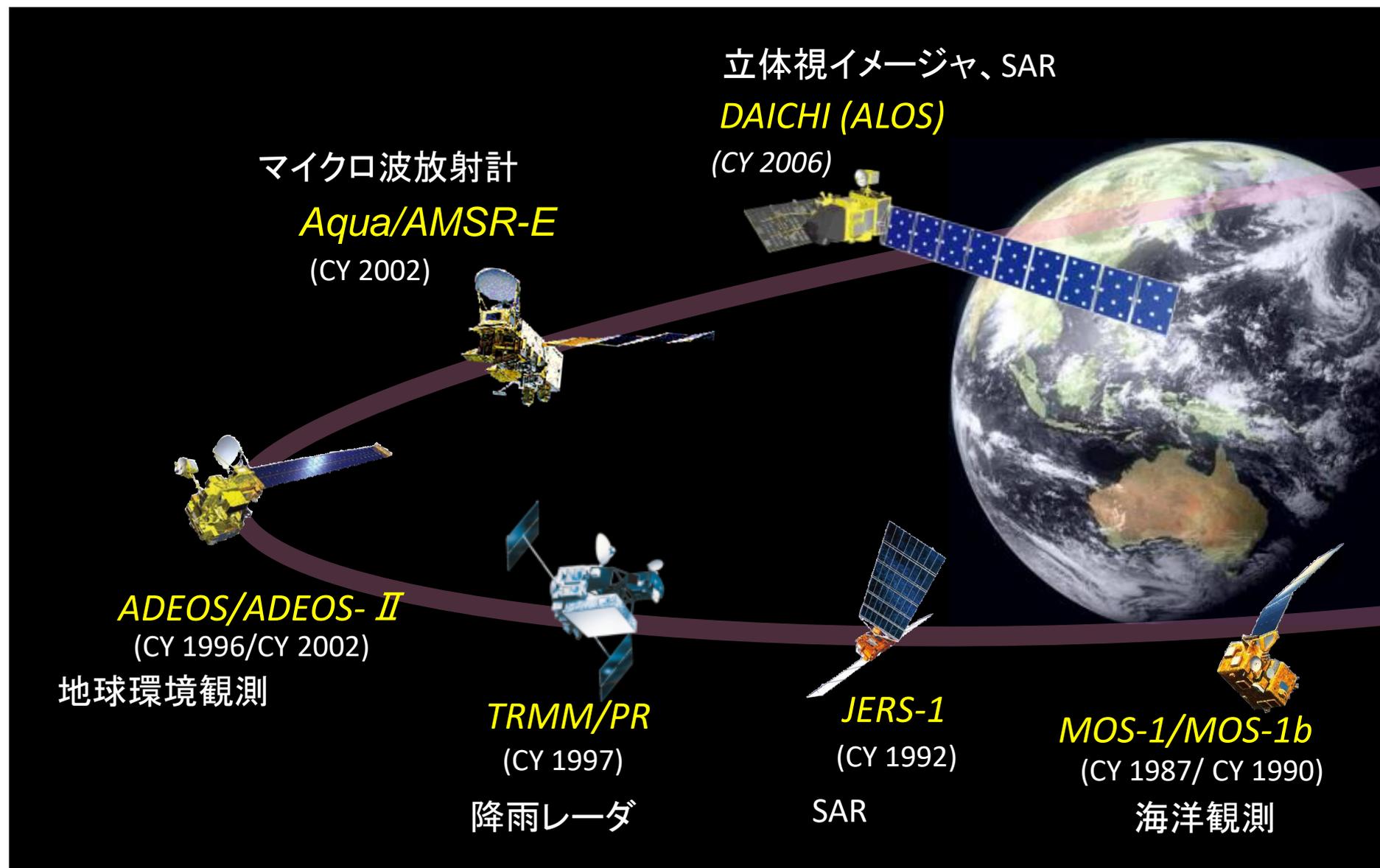
運用中の衛星 (2010年頃～)
豊かで安全安心な社会づくりに貢献

初期の衛星 (～1990年頃)
観測衛星の基礎技術を確立

将来の打ち上げ衛星
社会インフラとして定着



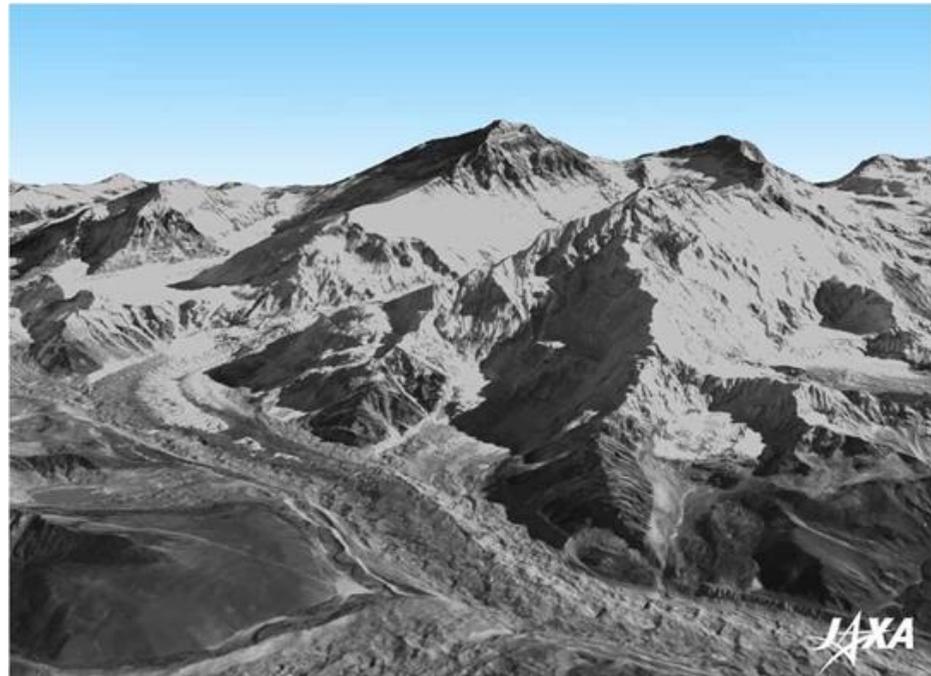
初期の衛星： 技術開発・実証、解析技術の向上、サイエンス研究



利用の一例 : 全球高精度デジタル3D地図 (AW3D)

NTTデータ殿、RESTEC殿、JAXAの共同開発により、ALOSの立体視画像データデータから高精度3次元地図を作製

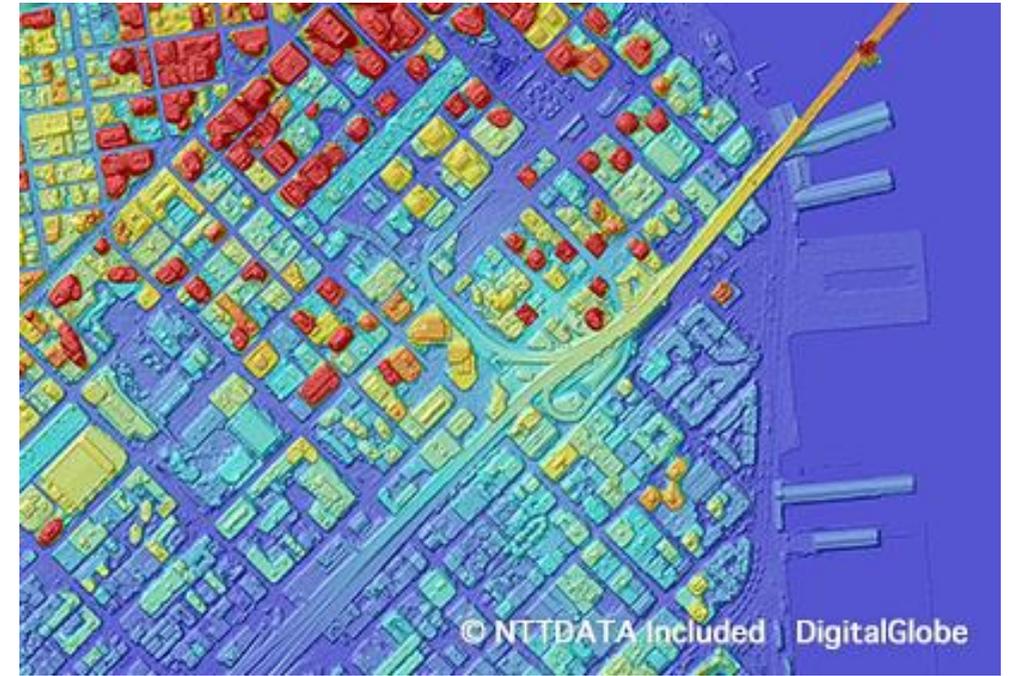
出典:NTTデータ HP



AW3D 30m版
(公開中)



他の高分解能衛星
データを取り込み
高精度化
(NTTデータ殿)



AW3D 高精細版
(販売中)

運用中の衛星: GOSAT(いぶき/いぶき2号)

温室効果ガス観測技術衛星

フーリエ分光計を搭載し、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガス濃度を観測する。「いぶき2号」ではより高精度に観測するとともに、新たに一酸化炭素濃度の観測が可能。



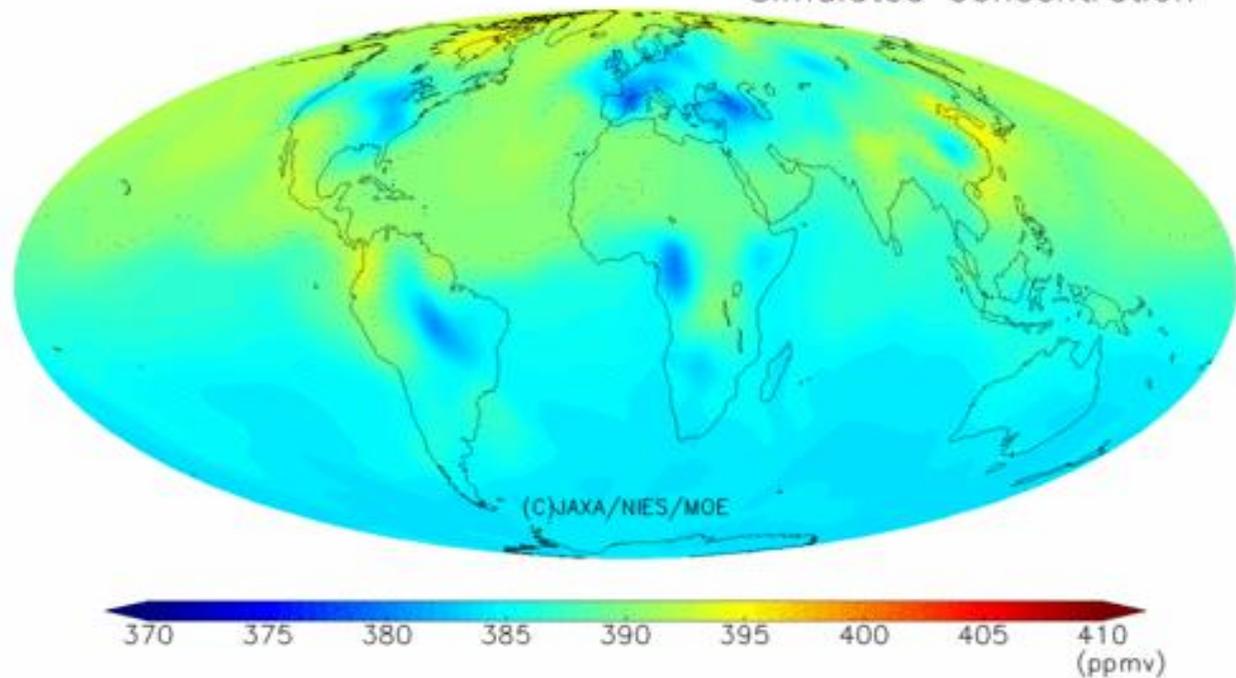
GOSAT-1 2009年1月23日打上げ



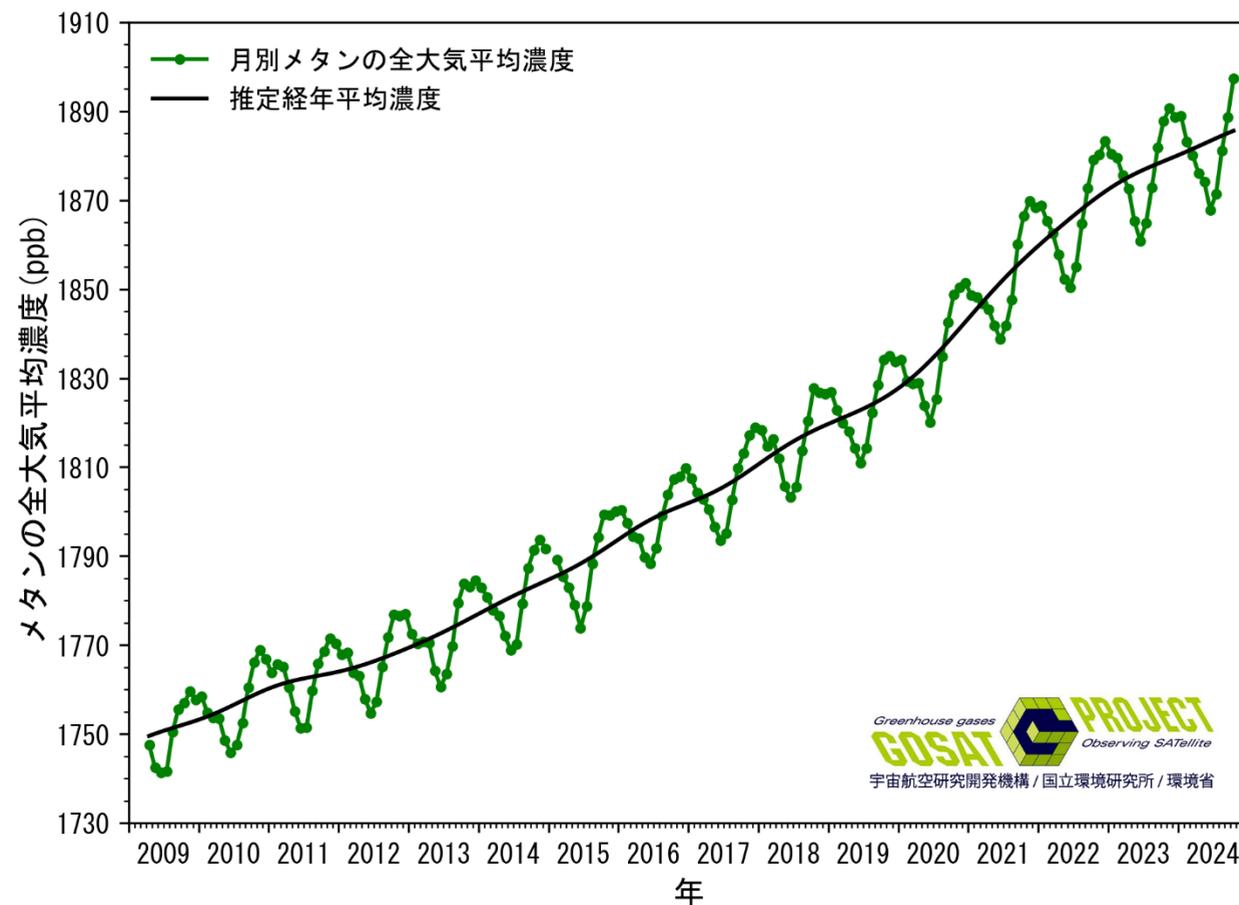
GOSAT-2 2018年10月29日打上げ

GOSAT(いぶき)の観測例

GOSAT L4B V02.02 CO₂ (2009/06/01) ETA:925
Simulated Concentration



二酸化炭素濃度の日平均値
(2009年6月～2011年5月)



メタン濃度の経年変化
(2009年～2024年)

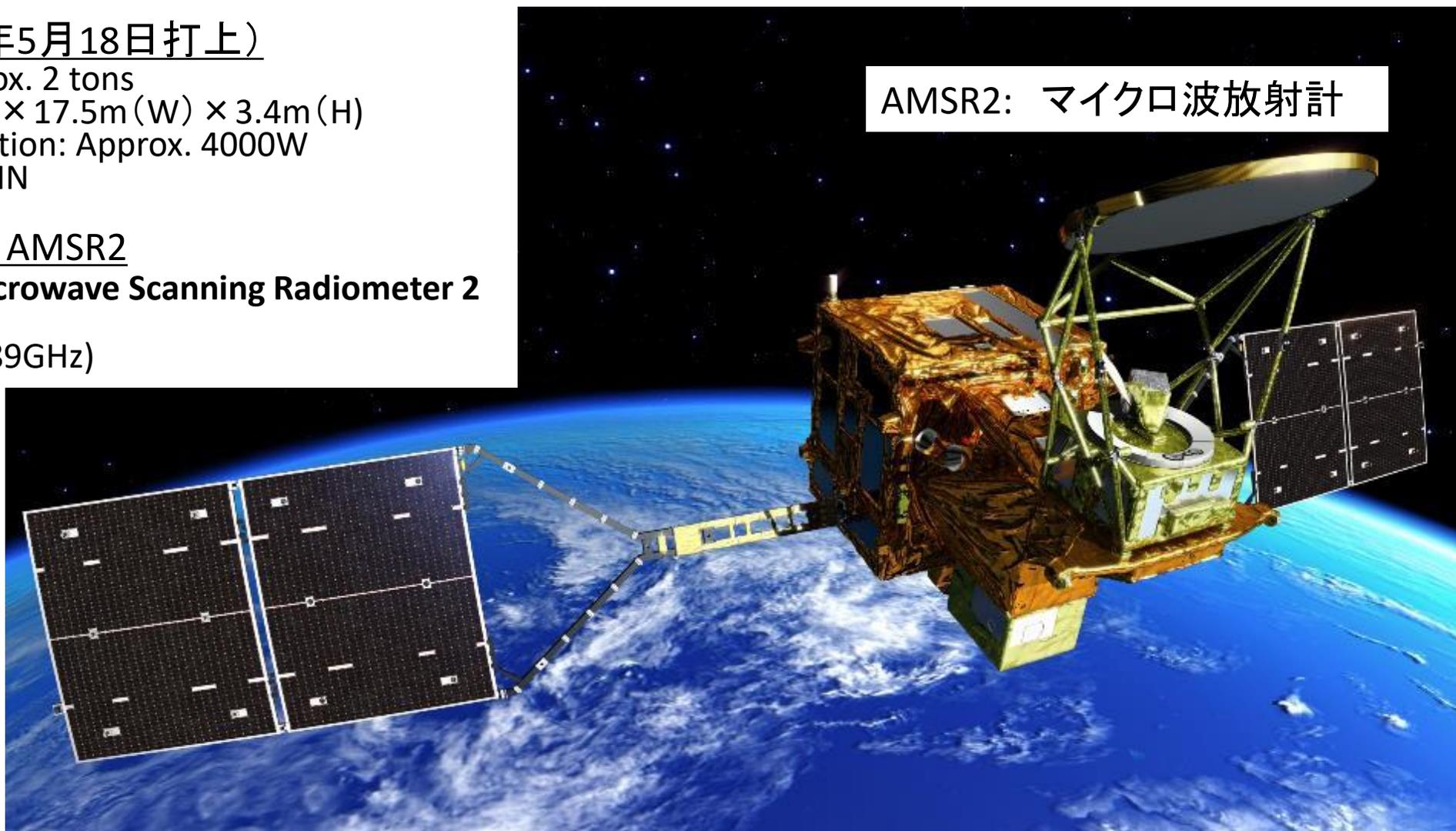
運用中の衛星: GCOM-W

■ しずく(2012年5月18日打上)

- Weight: Approx. 2 tons
- Size: 5.1m(L) × 17.5m(W) × 3.4m(H)
- Power generation: Approx. 4000W
- Joining A-TRAIN

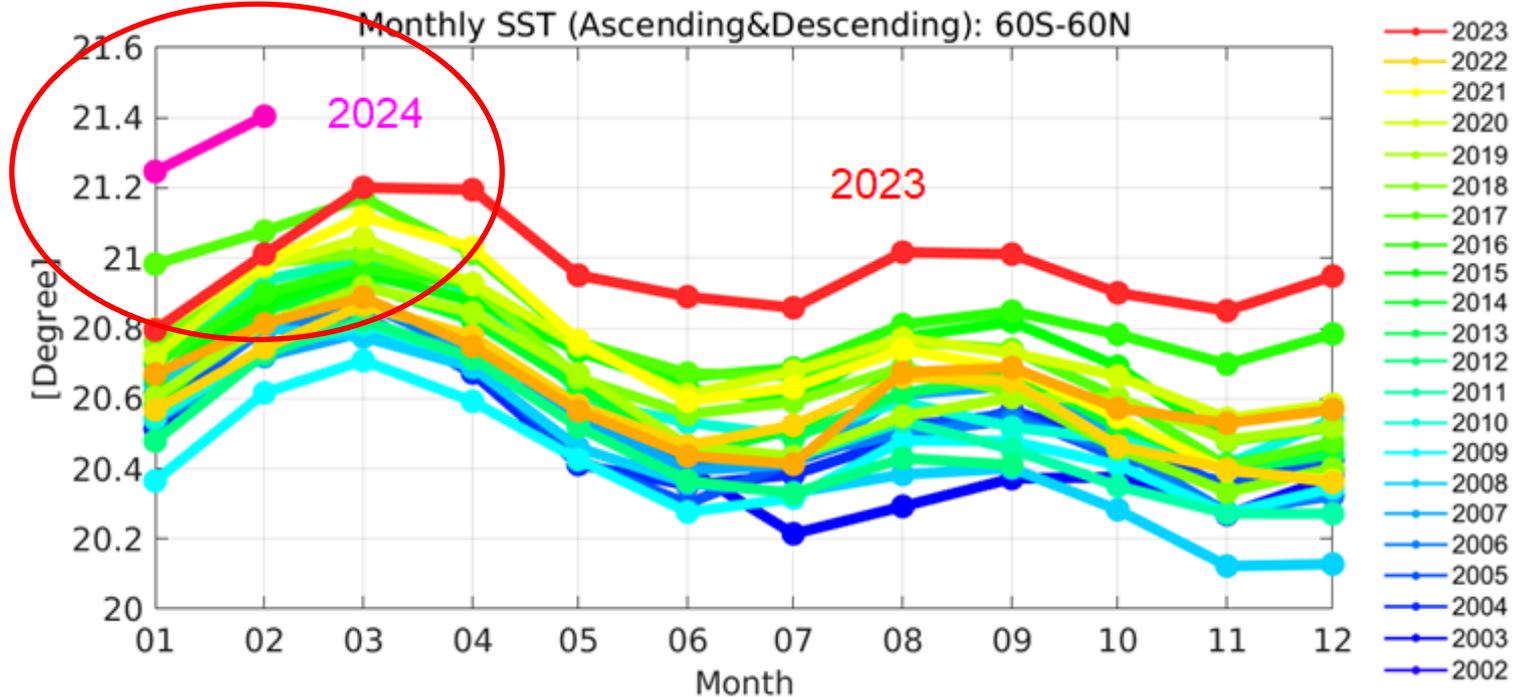
■ ミッション機器: AMSR2

- **Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2)**
- 6bands (6.9~89GHz)

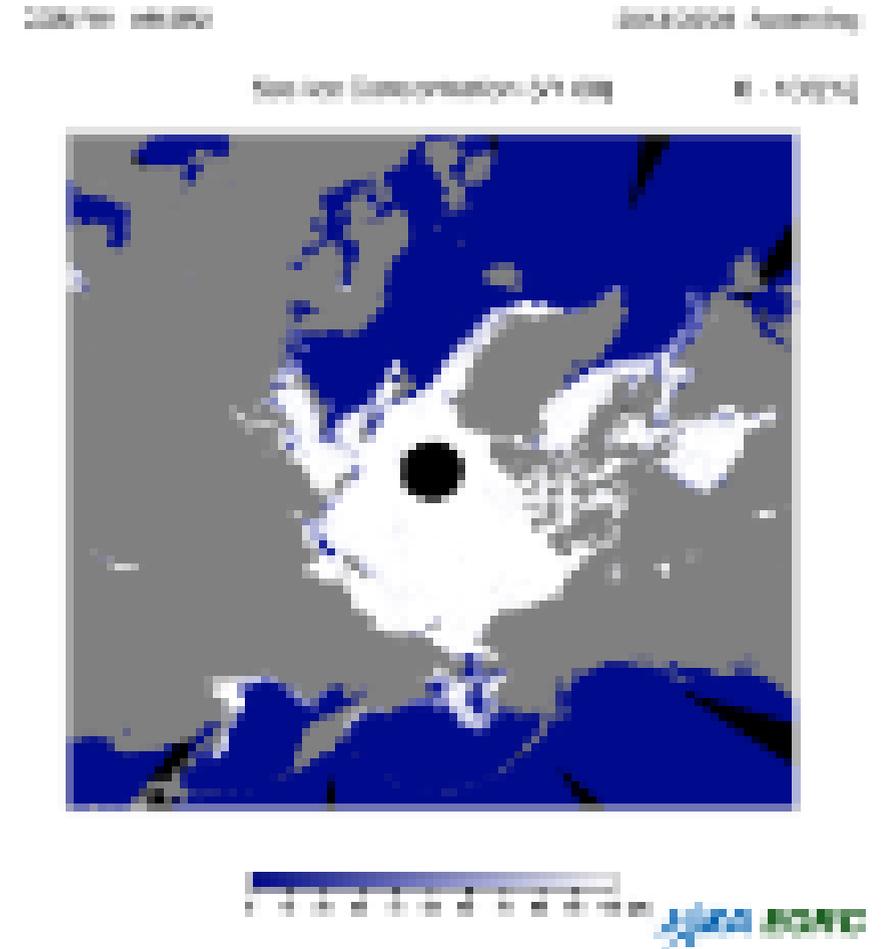


GCOM-Wの観測例

例年よりも高いSST

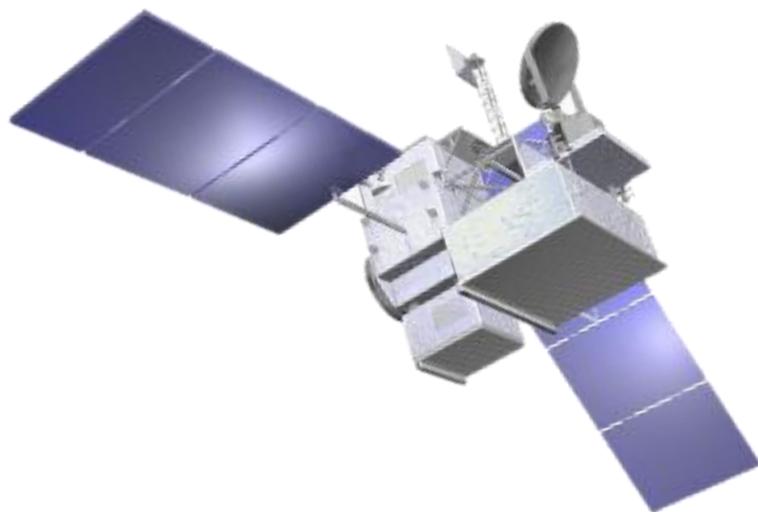


海面温度の月平均温度の変化



北極海の海水密接度のモニタ

運用中の衛星: GPM/DPR (全球降水観測計画/二周波降水レーダ)



GPM/DPR

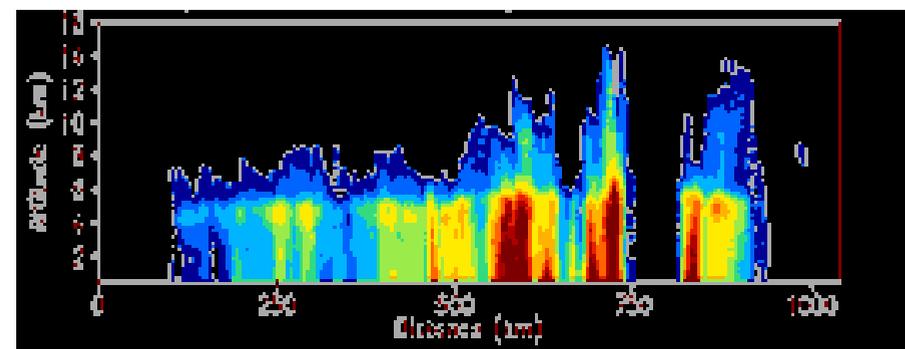
2014年2月28日打上げ

地球全体の降水分布を二周波降水レーダ(DPR)を使って観測する。

衛星全球降水マップ(GSMaP)



DPRによる、降水の立体観測

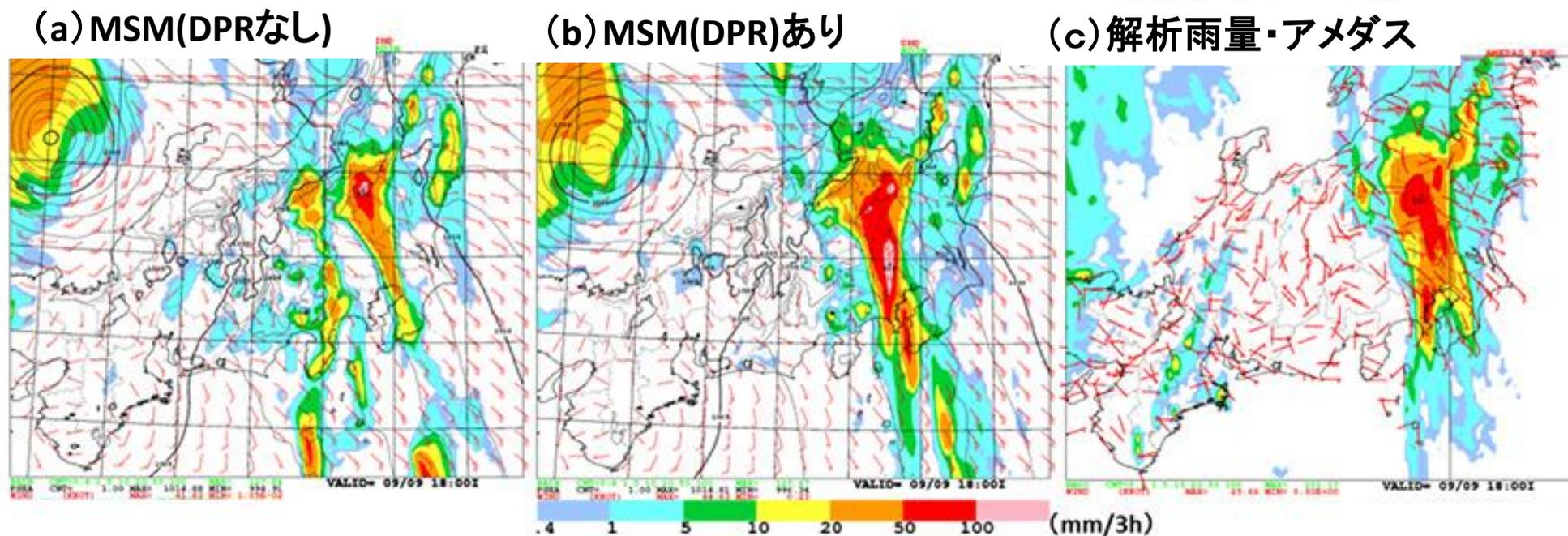


GPM/DPR利用: 台風等による降雨予測

- 気象庁は2016年3月からGPM主衛星データの定常利用(全球数値予報モデル、メソ数値予報モデル)を開始
- 衛星観測による日本の南海上の観測情報を気象予測に使用することで台風等の気象予測精度が向上

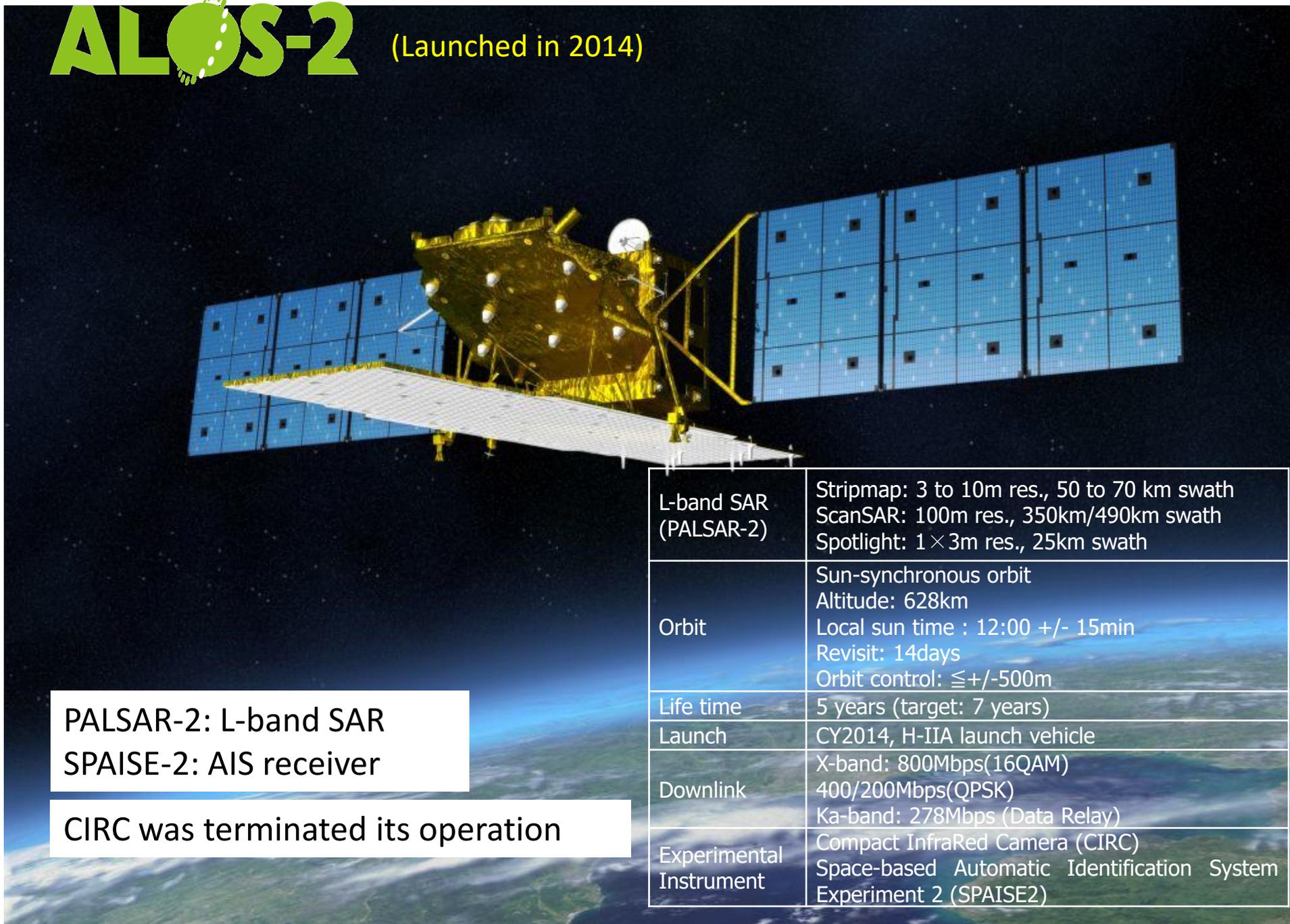
本豪雨は台風から吹き込む湿った風が影響。衛星観測は特に海上から接近する台風の観測情報に貢献。

詳細はIkuta et al. (2020, QJRMS)



平成27年9月関東・東北豪雨の気象庁メソ数値予報モデル(MSM)の33時間予測値で、GPM主衛星搭載二周波降水レーダ(DPR)データを使用することで(中央下)、雨量予測が実際の雨量(右下)に近づき、予報精度の改善が見られる。(気象庁とJAXAの共同プレスリリースより引用)

ALOS-2 (Launched in 2014)



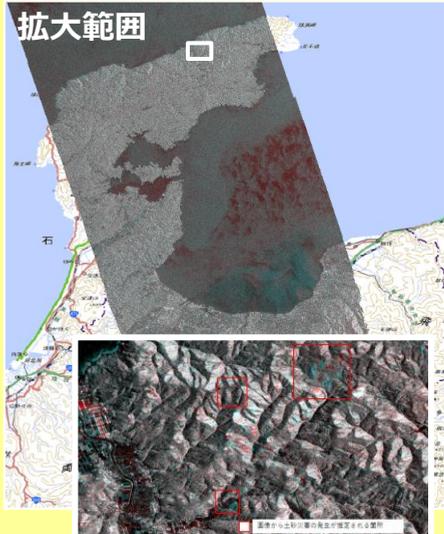
PALSAR-2: L-band SAR
 SPAISE-2: AIS receiver

CIRC was terminated its operation

L-band SAR (PALSAR-2)	Stripmap: 3 to 10m res., 50 to 70 km swath ScanSAR: 100m res., 350km/490km swath Spotlight: 1×3m res., 25km swath
Orbit	Sun-synchronous orbit Altitude: 628km Local sun time : 12:00 +/- 15min Revisit: 14days Orbit control: ≤+/-500m
Life time	5 years (target: 7 years)
Launch	CY2014, H-IIA launch vehicle
Downlink	X-band: 800Mbps(16QAM) 400/200Mbps(QPSK) Ka-band: 278Mbps (Data Relay)
Experimental Instrument	Compact InfraRed Camera (CIRC) Space-based Automatic Identification System Experiment 2 (SPAISE2)

ALOS-2: 防災情報、発災情報の提供

防災インタフェースシステム

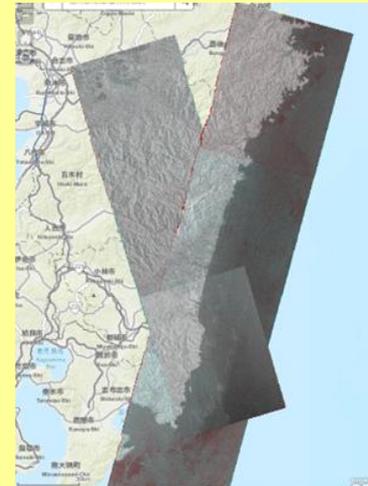


拡大範囲

令和6年1月1日夜観測
同1月2日未明提供
(推定土砂移動域)



令和6年9月22日昼観測
同9月22日午後提供
(推定土砂移動・浸水域)



令和6年8月8日夜,9日昼観測
同8月9日未明・午後提供
(推定土砂移動域)



令和6年9月1日昼観測
同9月1日午後提供
(推定浸水域)

↓

国土交通省



<https://dimaps.mlit.go.jp/dimaps/pdf/leaflet.pdf>

↓

内閣府防災



<https://www.bousai.go.jp/taisaku/soboweb/pdf/soboweb.pdf>

↓

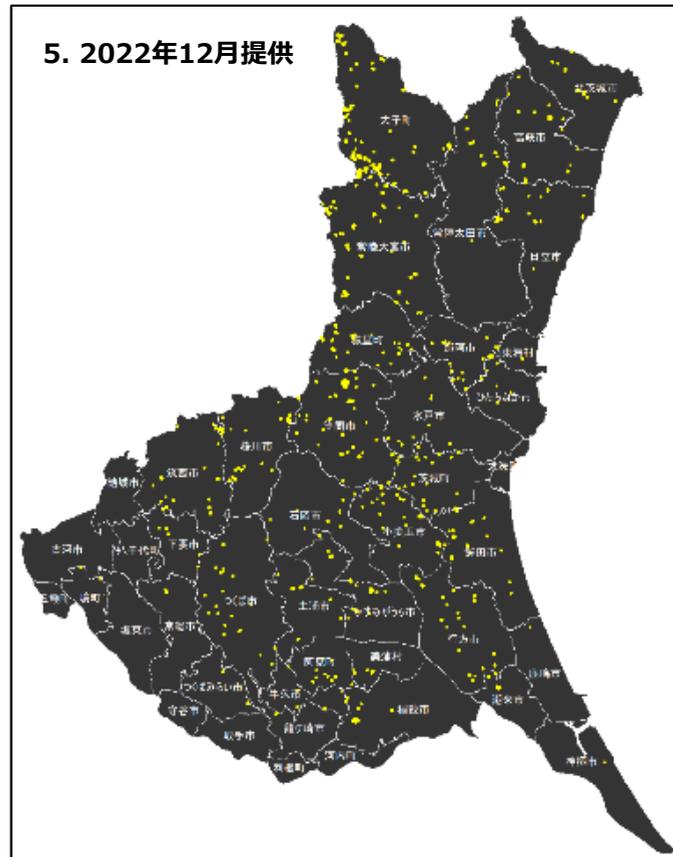
その他ユーザ
(指定行政機関、一部自治体)

(情報・対応)

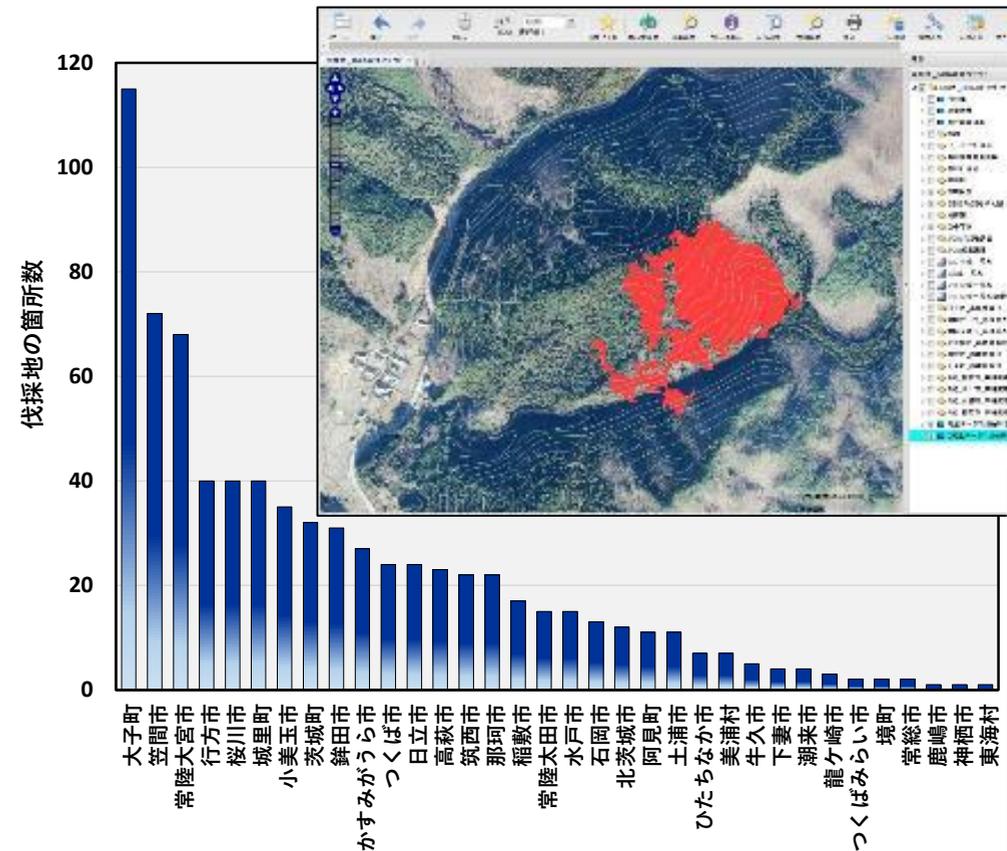
被災地域

ALOS-2: 違法伐採検知

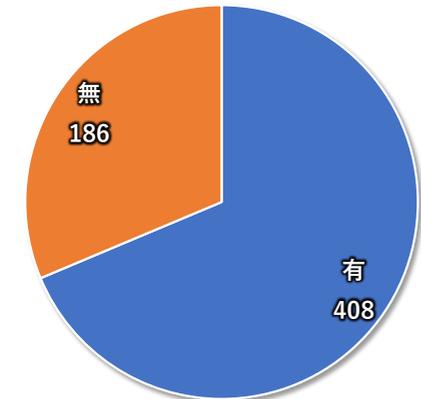
- 近年の**森林クラウド**の普及により、地方自治体で森林管理情報の共有促進。
- 2021年 茨城県・森林総研と3者協定を締結し、**だいち2号による伐採検知情報**の利用検討。
- 2021年11月から定期的に森林クラウドに情報登録し、**市町村による利用実証**中。



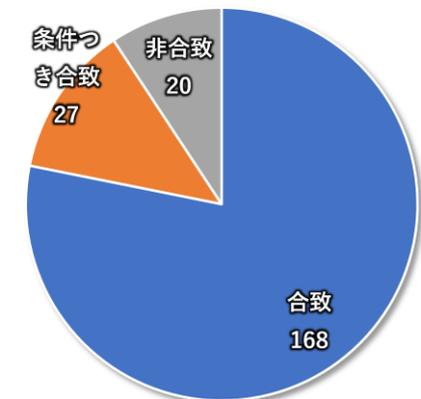
伐採検知箇所の分布



市町村別の伐採検知数・森林クラウド画面



行政情報との突合結果

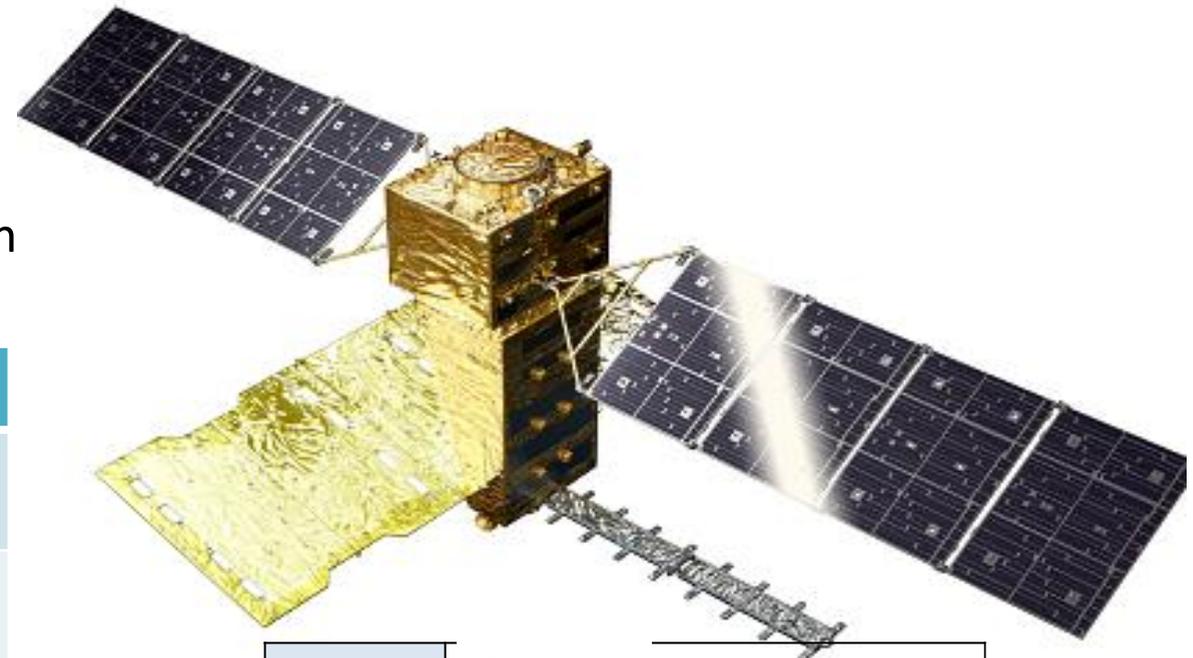


現地確認の結果

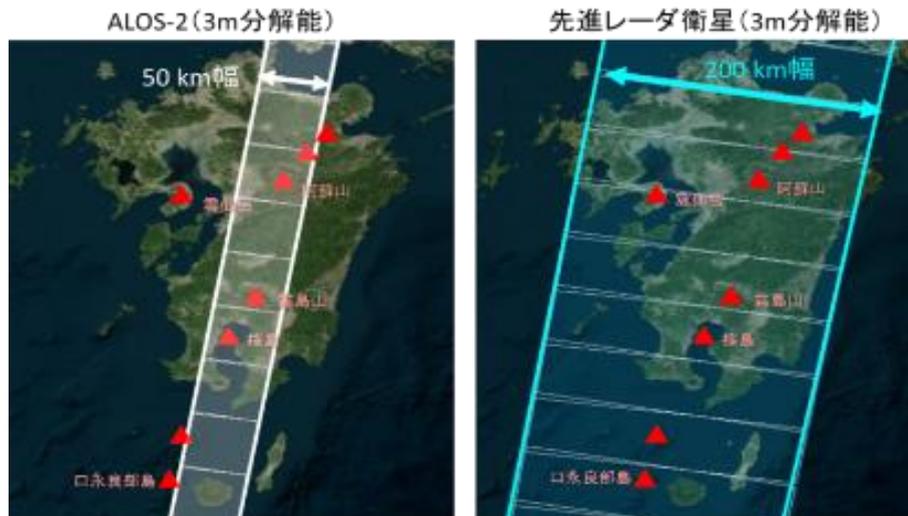
ALOS-4 (SAR) [2024年7月1日打上]

Continuation of PALSAR-2 enhancing its swath

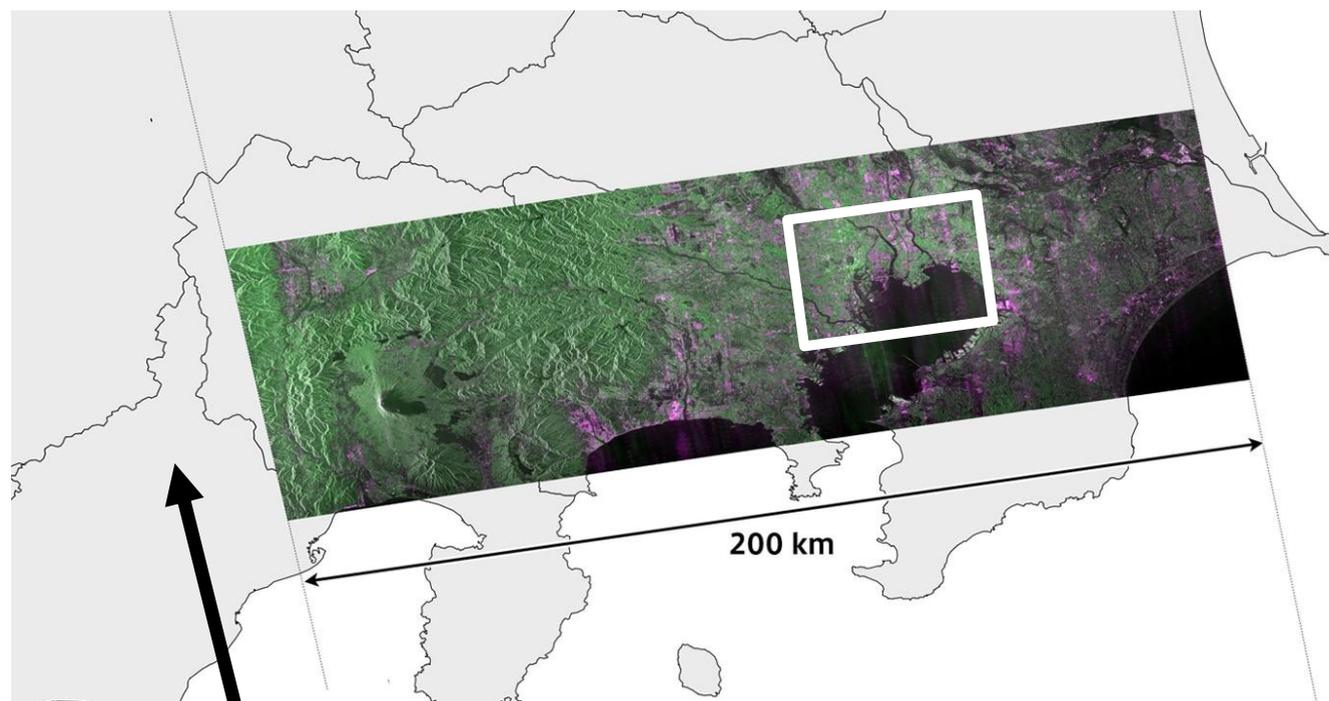
	ALOS-2	ALOS-4
Stripmap Mode (3m, 6m, 10m)	50 km, 70 km	200 km
Scan SAR Mode (25m)	350 km, 490 km	700 km
Spotlight Mode (1m × 3m)	25 km × 25 km	35 km × 35 km



Launch	JFY2024 H3 launch vehicle
Orbit	Same orbit as ALOS-2 Sun-synchronous sub-recurrent orbit Altitude: 628 km Inclination angle: 97.9 degree Local sun time at descending: 12:00 ± 15 min. Revisit time: 14 day (15-3/14 rev/day)
Lifetime	7 years
Satellite Mass	approx. 3 tons
Downlink	3.6 Gbps/1.8 Gbps (Ka-band)
Mission Instruments	- PALSAR-3 (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-3) - SPAISE3 (SPace based AIS Experiment 3)



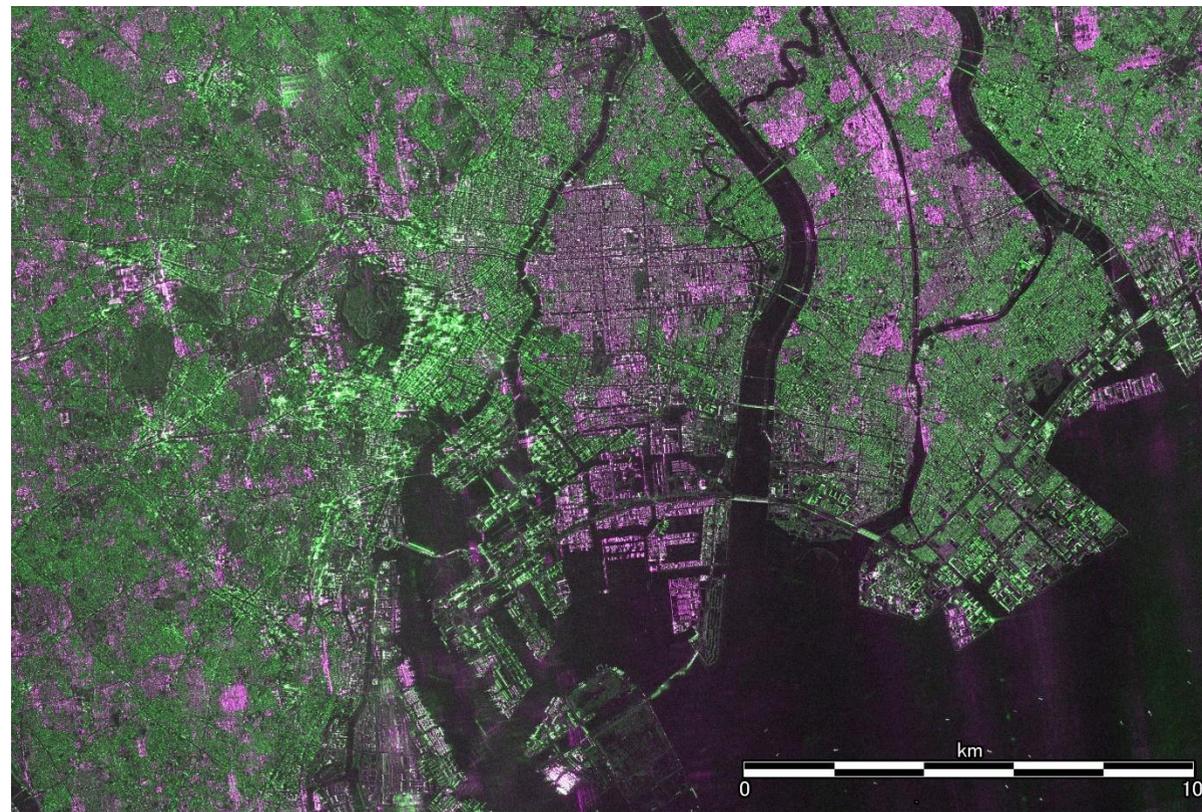
First Image of Tokyo area by ALOS-4/PALSAR-3



飛行方向

200x70km Stripmap Mode (3m)

15 July 2024



Close-up image of Tokyo-bay area



GCOM-C1: Climate

(launched in 2017)

shortwave & thermal
InfraRed (T) Scanner
(IRS)

Polarization (along-
track slant) radiometer
(P)

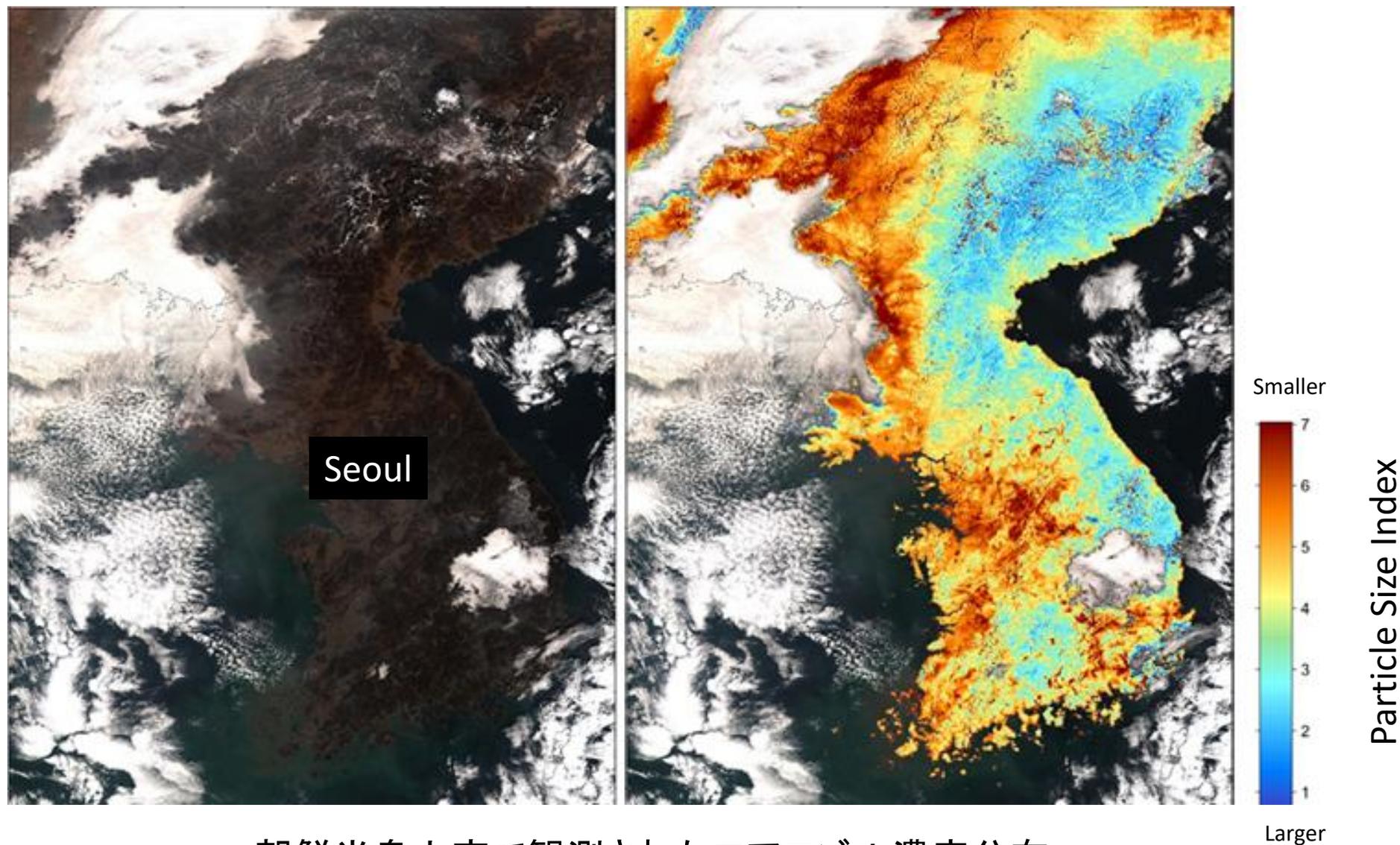
Visible & Near infrared
push-broom Radiometer
(VNR)

GCOM-C SGLI characteristics (Current baseline)	
Orbit	Sun-synchronous (descending local time: 10:30), Altitude: 798km, Inclination: 98.6deg
Launch Date	FY2017
Mission Life	5 years (3 satellites; total 13 years)
Scan	Push-broom electric scan (VNR: VN & P) Wisk-broom mechanical scan (IRS: SW & T)
Scan width	1150km cross track (VNR: VN & P) 1400km cross track (IRS: SW & T)
Digitalization	12bit
Polarization	3 polarization angles for P
Along track tilt	Nadir for VN, SW and T, & +/-45 deg for P
On-board calibration	VN: Solar diffuser, Internal lamp (LED, halogen), Lunar by pitch maneuvers (~once/month), and dark current by masked pixels and nighttime obs. SW: Solar diffuser, Internal lamp, Lunar, and dark current by deep space window T: Black body and dark current by deep space window All: Electric calibration

NEC

SGLI: Global Multiband-Multiangle Imaging radiometer and polarimeter from near UV to TIR

GCOM-C利用例: エアロゾル観測、PM2.5分布状況の把握



朝鮮半島上空で観測されたエアロゾル濃度分布

<https://earth.jaxa.jp/en/earthview/2019/01/18/1532/index.html>

EarthCARE: Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer

Detail specification of CPR

Radar Type	94GHz Doppler Radar
Center Frequency	94.05 GHz
Pulse width	3.3 micro seconds
Beam width	0.095 degree
Polarization	Circular
Transmit Peak power	> 1.5kW (as Klystron output)
Height range	-0.5~12/16/20 km
Sensitivity	-35 to +21 dbZ (10km integ.)
Radiometric accuracy	< 2.7 dBZ
Doppler measurement	Pulse pair method
Doppler range	-10 to 10 km/s
Doppler accuracy	< 1.3 m/s for -19dBZ clouds
Pulse repetition frequency	Variable 6100~7500 Hz
Pointing accuracy	< 0.015 degree

EarthCARE major characteristics

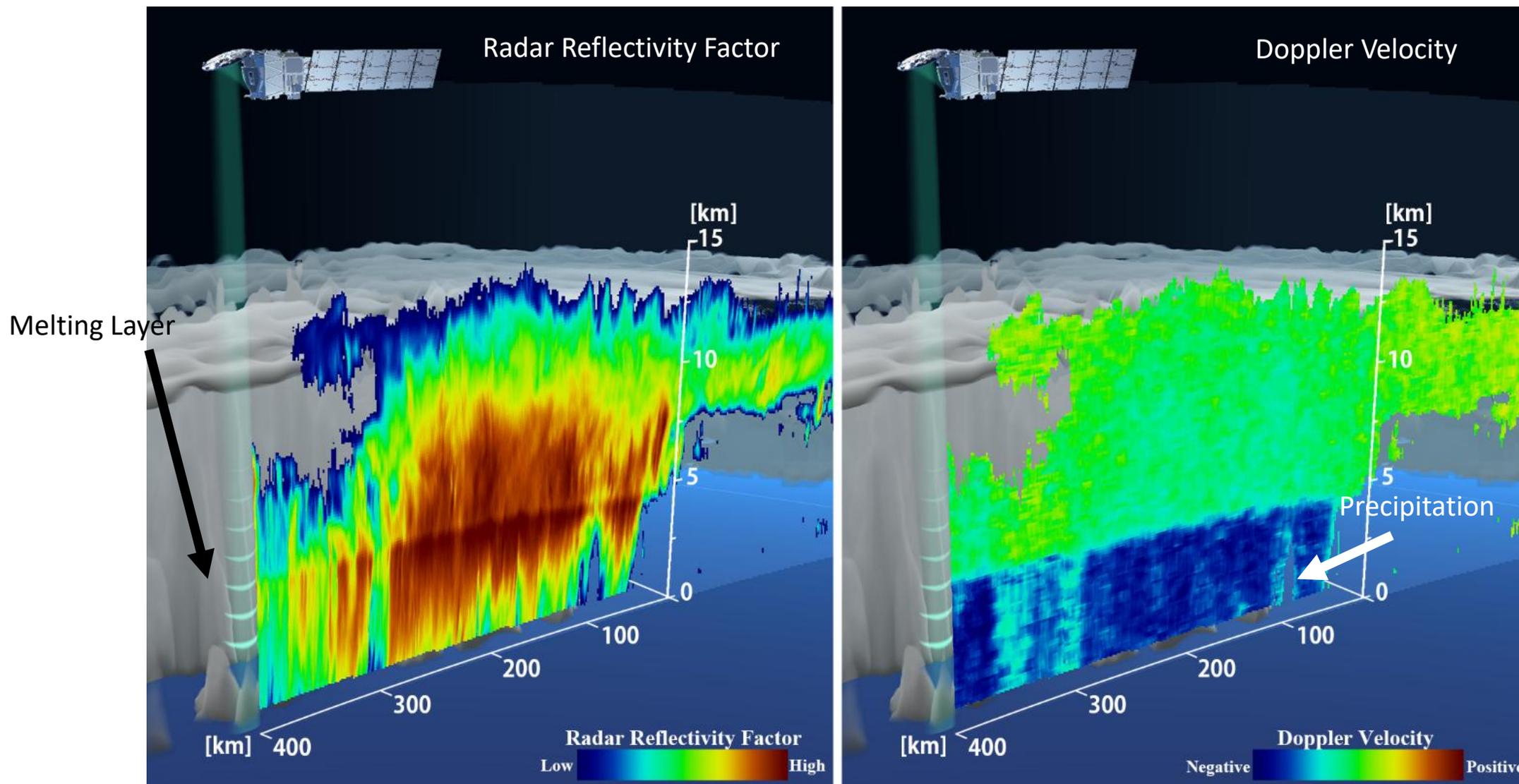
- Launch schedule : 2024年5月29日
- Mission life : 3 years
- Total Mass : 2,250kg(wet)
- Orbit : Sun-synchronous orbit
- around 400km
- observation instruments
 - CPR : Cloud Profiling Rader  (JAXA/NICT)
 - ATLID : Atmospheric Lidar 
 - MSI : Multi-Spectral Imager 
 - BBR : Broadband Radiometer 
- Satellite & Launch 



Launched on 29th May 2024

CPR: W-band Doppler Cloud Profiling Radar

First Doppler Image of EarthCARE/CPR, Rain Cloud



Three-dimensional diagram showing the vertical distribution of the radar reflectivity factor (left) and Doppler velocity (*3) (right) by the CPR. The horizontal distribution of clouds is calculated using data from the geostationary meteorological satellite, Himawari-9. Himawari-9 data was provided by the Japan Meteorological Agency.

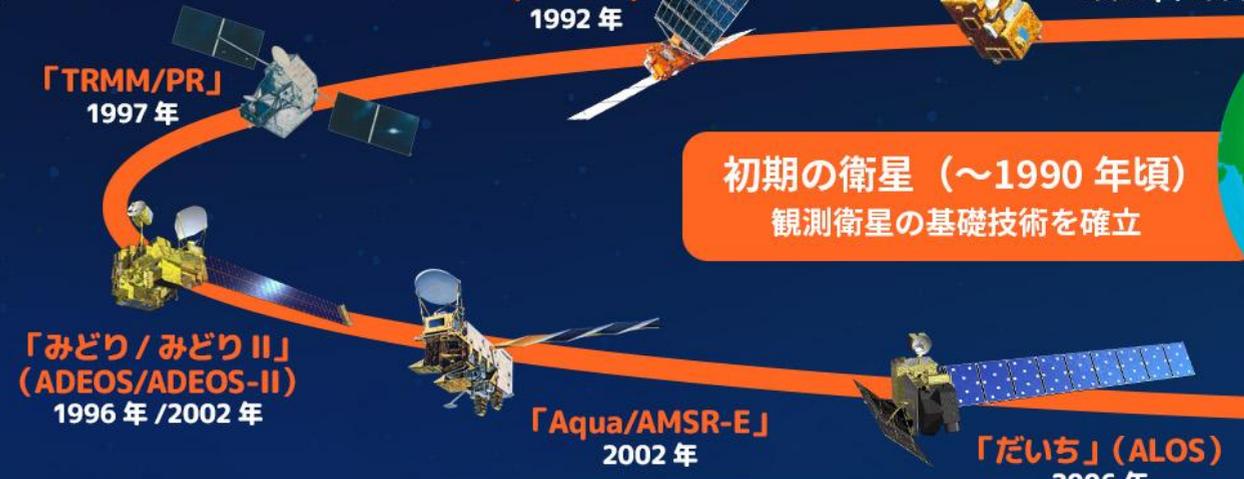
4 今後のJAXA地球観測衛星

JAXAの主な地球観測衛星 (過去・現在・未来)

運用中の衛星 (2010年頃～)
豊かで安全安心な社会づくりに貢献



初期の衛星 (～1990年頃)
観測衛星の基礎技術を確立



将来の打ち上げ衛星
社会インフラとして定着



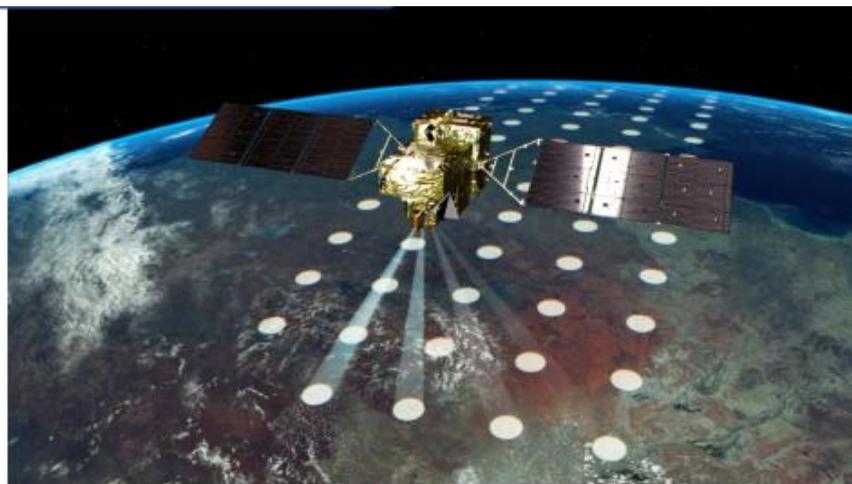
GOSAT-GW

温室効果ガス・水循環観測技術衛星

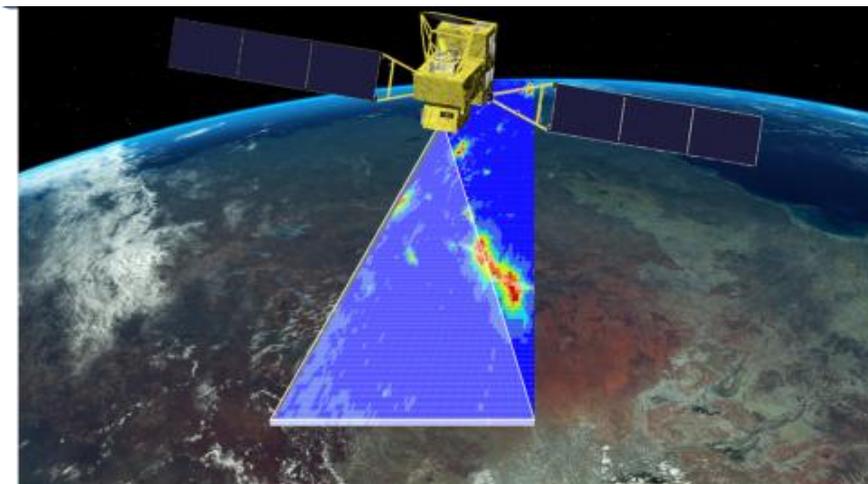
2024年度以降打上予定



面的に観測する事が可能となり、より多くの観測データの取得が可能となる。また、二酸化炭素、メタンに加え、新たに二酸化窒素（NO₂）を観測する。

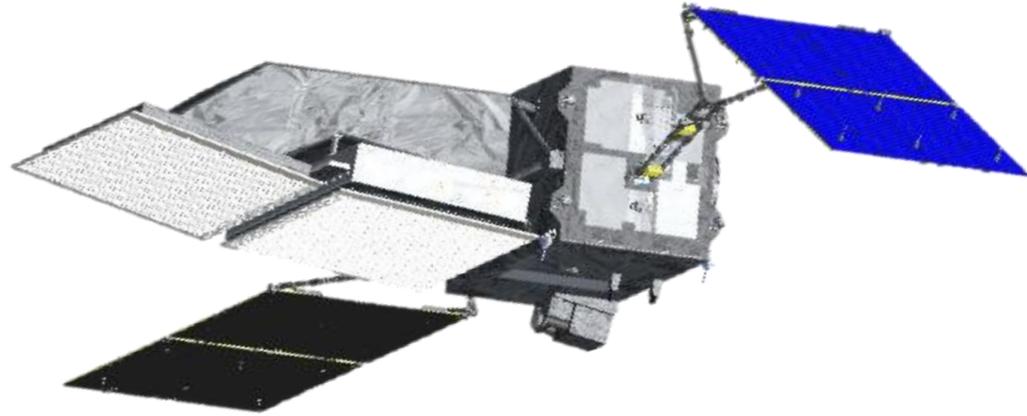


GOSAT-1、2 点観測



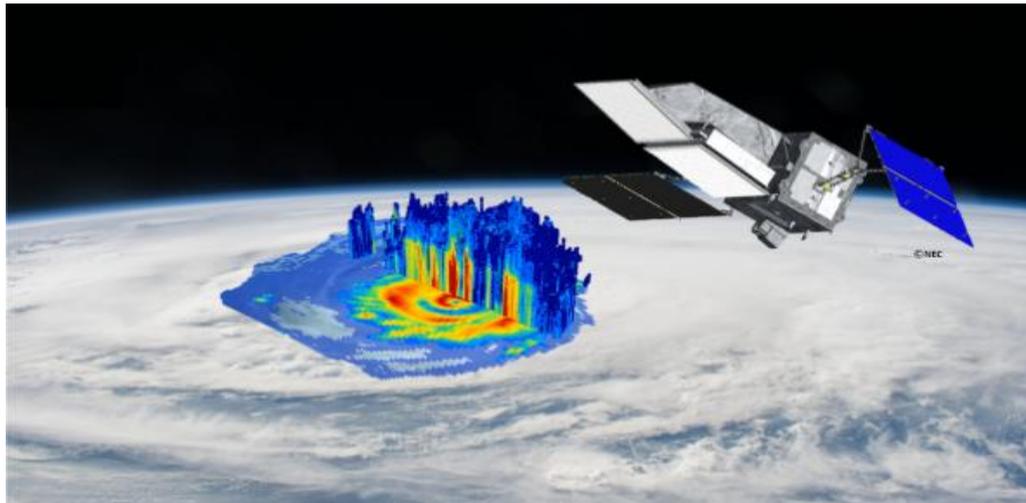
GOSAT-GW 面観測

降水レーダ衛星 Ku帯ドップラー降水レーダ (KuDPR) 2028年度以降打上げ予定



降水の三次元構造を観測するとともに世界初の衛星からの降水粒子のドップラー速度観測を実現し、気象予報や洪水予測の精度向上が期待される。

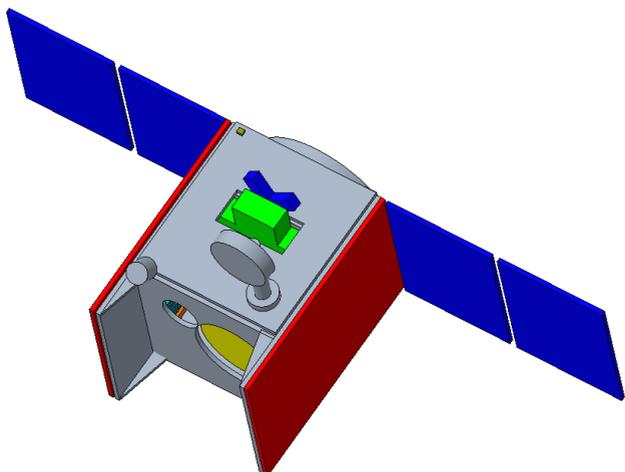
PMMによる三次元降水観測イメージ図



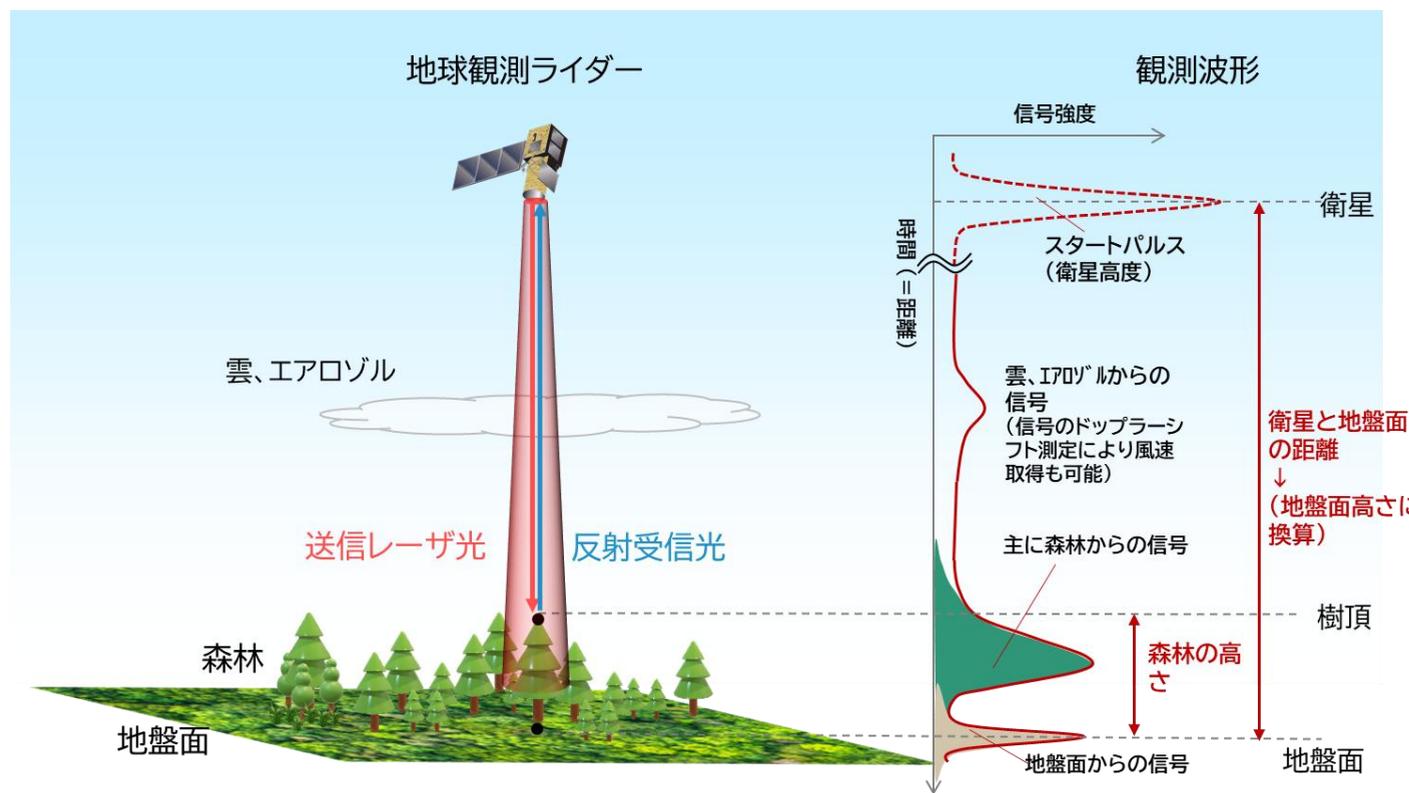
- KuDPRを用いて雨や雪を立体的に観測することで、例えば地上での雨の強さを精度よく、測ることができる。
- KuDPRでは受信機の高感度化により、今まででは観測が難しかった上空の弱い雪についても観測が可能。

高度計ライダー衛星

2028年度以降打上げ予定



高度計ライダーによって、高精度な鉛直方向の情報を観測。都市や森林等を含めた地表面形状に係る3次元的な理解が可能となることが期待される。



Lidarによる鉛直方向の観測

森林や地盤面の高さなどの地表面情報や、雲・エアロゾル等の大気微粒子の鉛直プロファイルを計測。

MOLI (Multi-sensing Observation Lidar and Imager)

• 目的

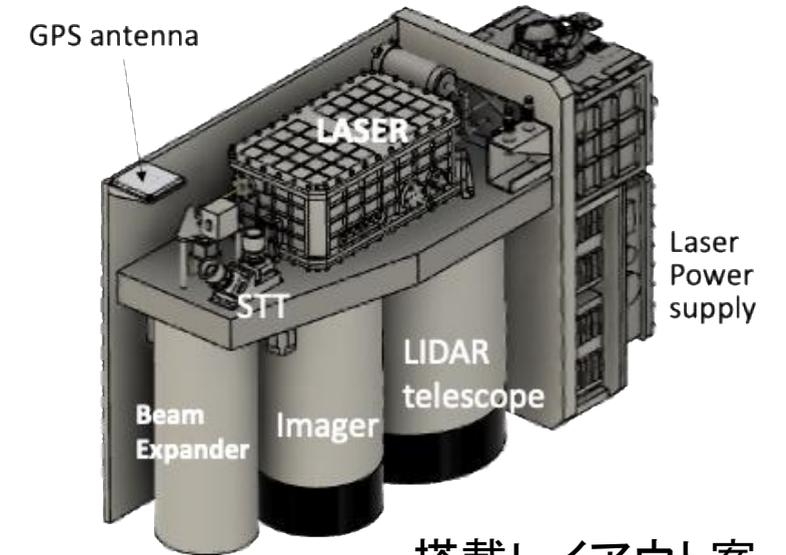
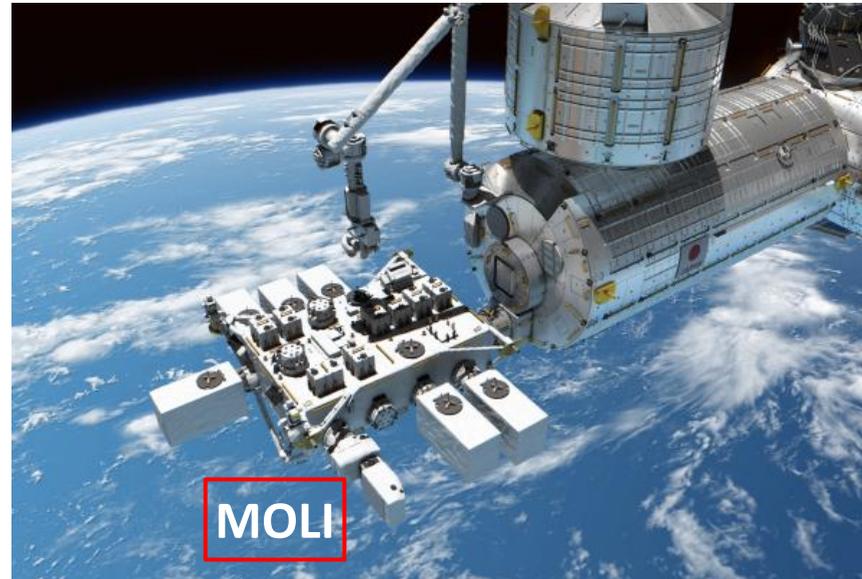
- 3次元地図高精度化技術の獲得
- 高精度森林観測技術の獲得
- 宇宙用ライダー開発技術の獲得

• センサ

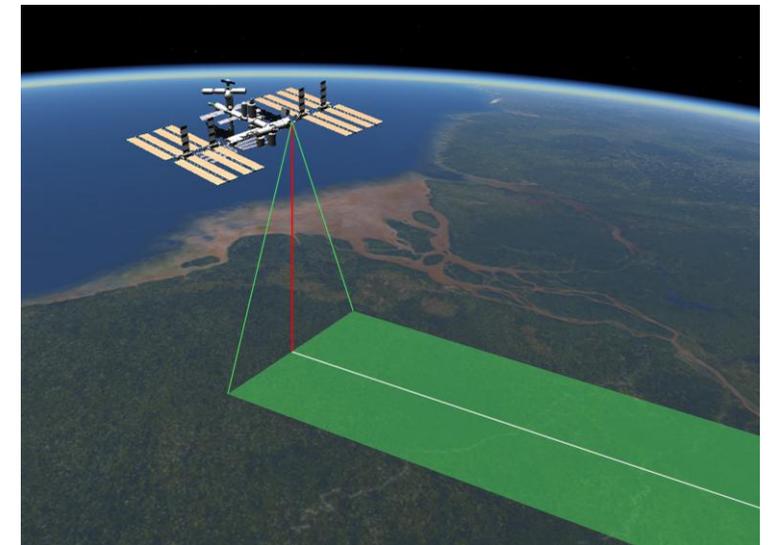
- LIDAR
 - ✓ 1064nm(YAG)
 - ✓ Output 30mJ
 - ✓ Diameter of footprint: 25m
- Imager(Green, Red, NIR, Pan)
 - ✓ GSD:5m, swath : 1km

• 観測プラットフォーム

- ISS JEM曝露部搭載
- Orbit: Inclination : 51.6 deg, 太陽非同期、高度400km



搭載レイアウト案

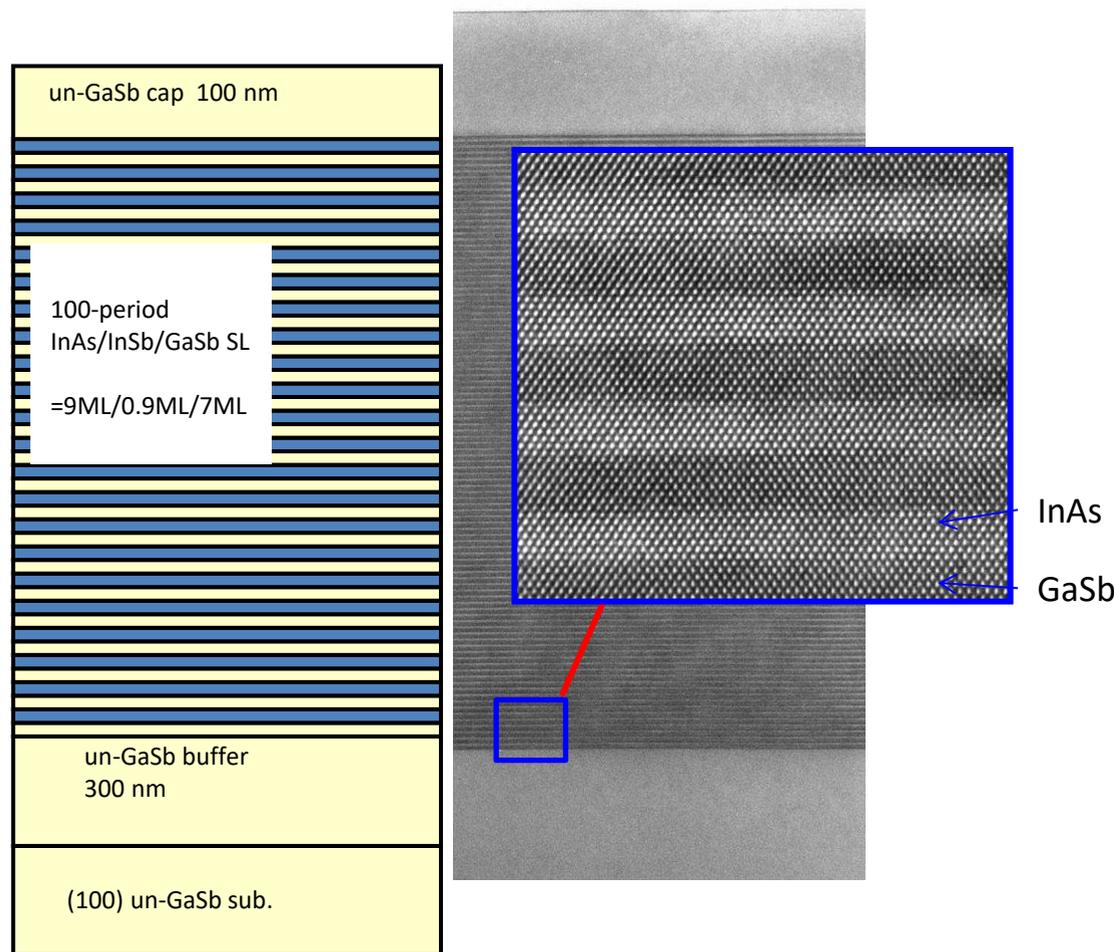


観測イメージ

5 これからの計画に向けた研究の紹介

JAXAで実施中の要素技術、次世代システム研究

- 超広帯域アンテナ(1-41GHz)を用いたマイクロ波観測 SAMRAI
- 小型赤外カメラミッション等の赤外観測センサに向けた高感度大フォーマット赤外検出器研究
- 高周波化、テラヘルツイメージャに向けたテラヘルツ観測技術の研究
- バイスタティックSAR、協調観測SARの研究
- 風向風速観測ライダー(ドップラーライダー:DWL)システムの研究
- イメージングライダー用 多素子検出器の研究
- 観測センサ校正技術の研究(観測データの正しさの保証)



640x512 MTIR JAXA

- Type2超格子検出器: InAs、GaSbを交互に正確な厚さで多層状に形成
- 分子線ビーム(MBE)により高精度に積層
- 上図は超格子のTEM画像(断面)

試作した検出器を用いた赤外画像

まとめ

- これまでのJAXA地球観測衛星を紹介した。
- 今後、打上が計画されているJAXA地球観測衛星を紹介した。
- 今後の計画に向けた技術研究を紹介した。