

高機能超小型衛星とコンステレーションが拓く 異次元地球モニタリング

高橋 幸弘

北海道大学・大学院理学研究院

©JAXA/NASA

宇宙産業とは？

例えば農業

？



遠い！



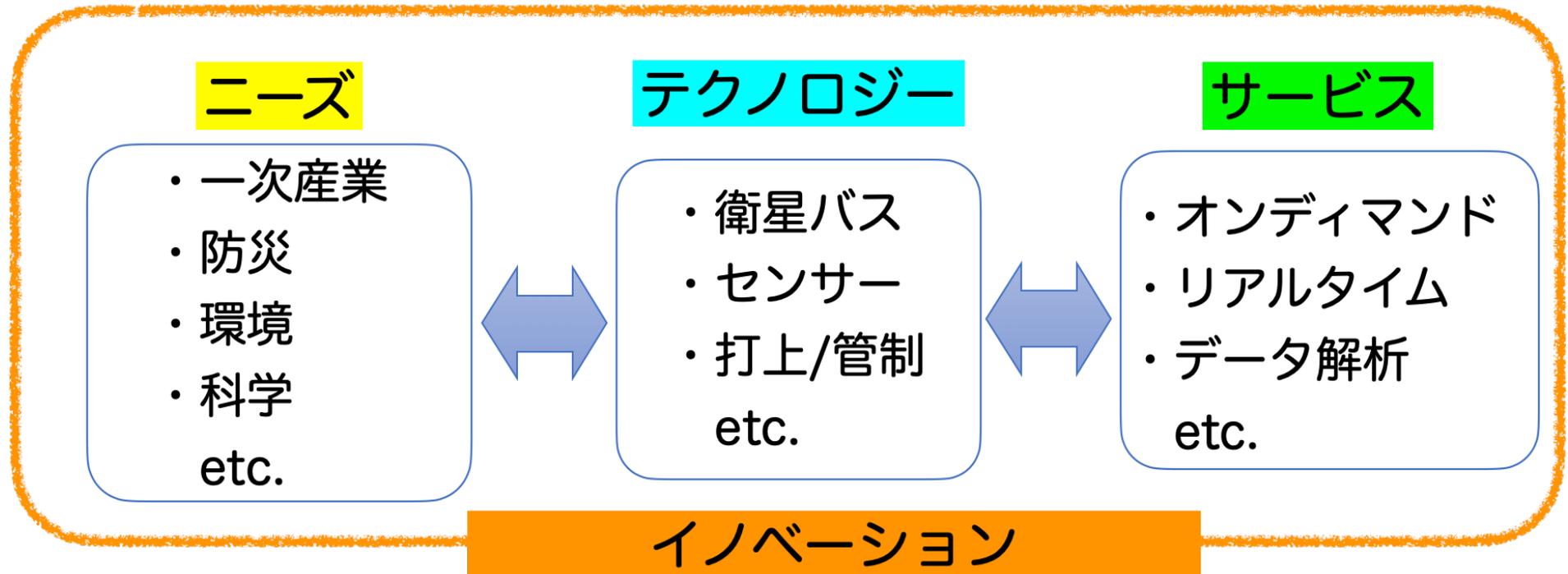
ロケット、衛星の製造

？



農業生産

宇宙リモートセンシングはソリューションビジネスへ 宇宙に閉じない宇宙利用



x

現状の宇宙利用の課題を見極め、世界のライバルと戦う

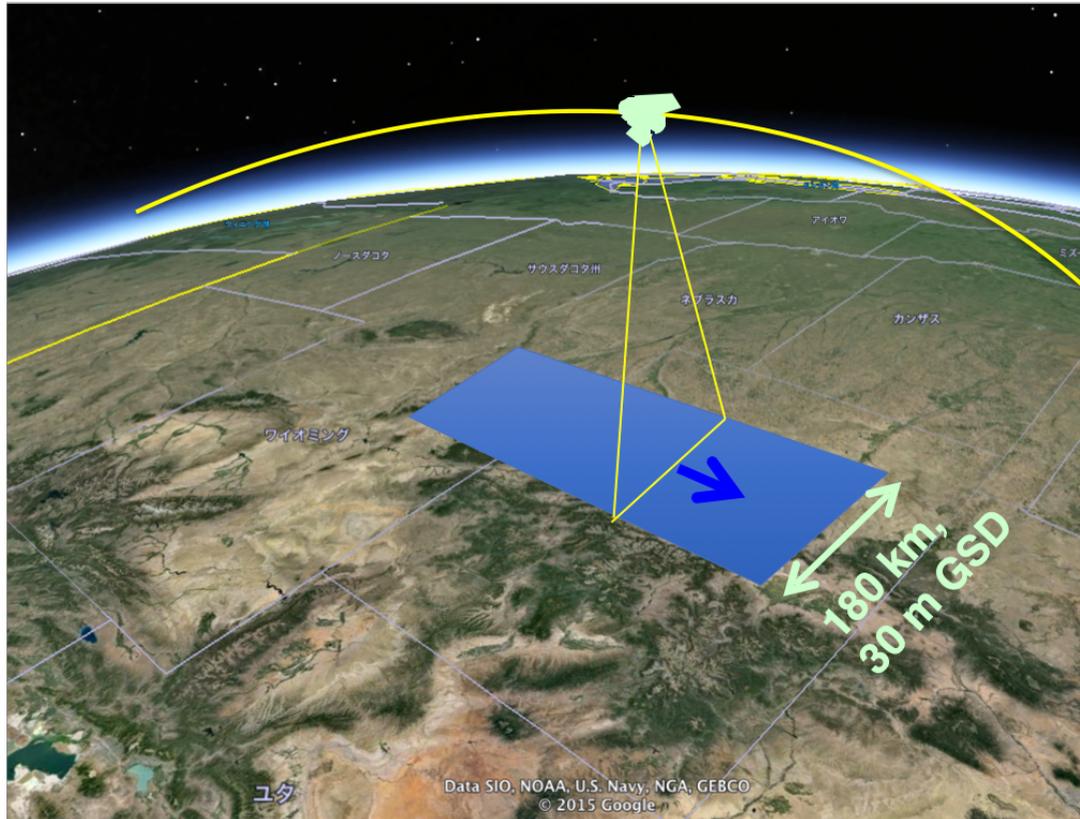
危機感

今踏み出さなければ、日本はどうか？
（“宇宙産業”だけの問題ではない）

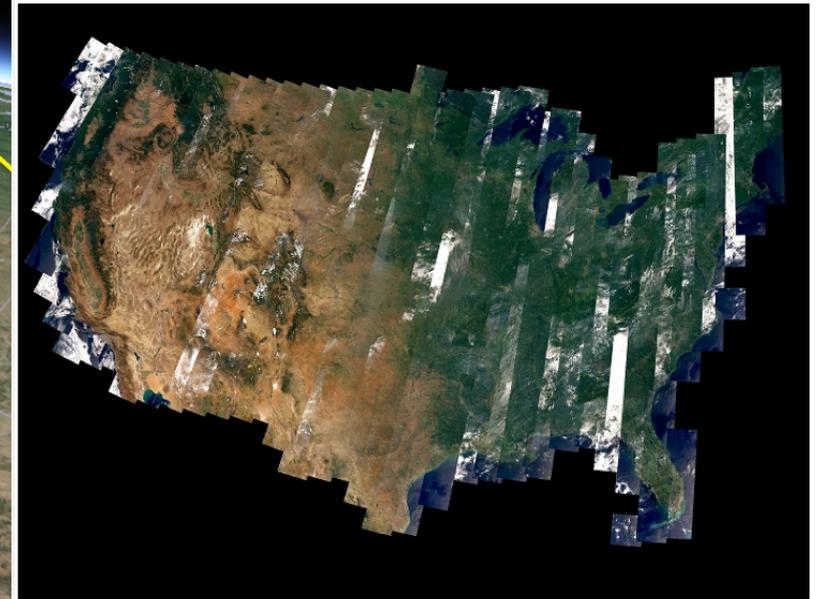
- ✓ 新しい宇宙利用で大幅に出遅れており、その差は広がっている。
- ✓ 日本は、使う側で終わるか、ビジネスを創り出せる側になるか。
 - ・ 世界は大きな資金で大きな展開
 - ・ 宇宙に国境はない。「日本」にこだわれば税金の消費にしかない。

日本のとるべき道は？ 価格？ コスパ？ クオリティ？
All-Japan? 国際協力？

これまでの低軌道衛星撮像観測 – 真下のみを撮影



LANDSAT-8



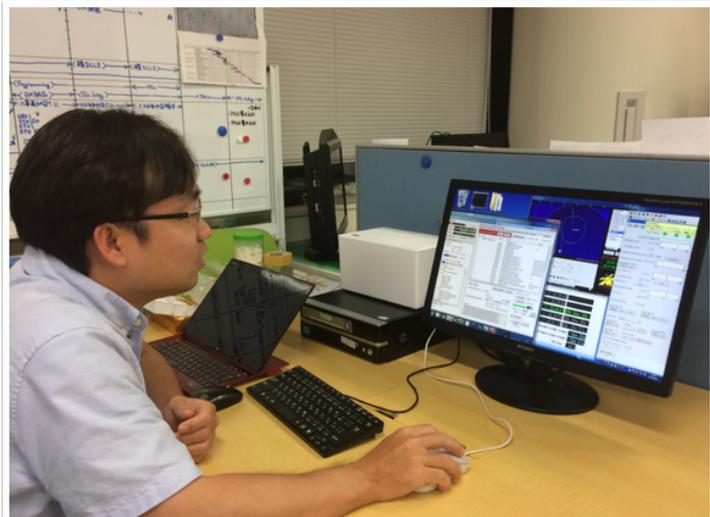
衛星直下しか観測しないので、**16日 (= 260周) に1回**しか観測できない。
一方、**静止軌道衛星**は高頻度だが、**解像度が不足** (ひまわり8号 : 0.5-2 km)

数を増やす作戦（コンステレーション） Planetlabsなど

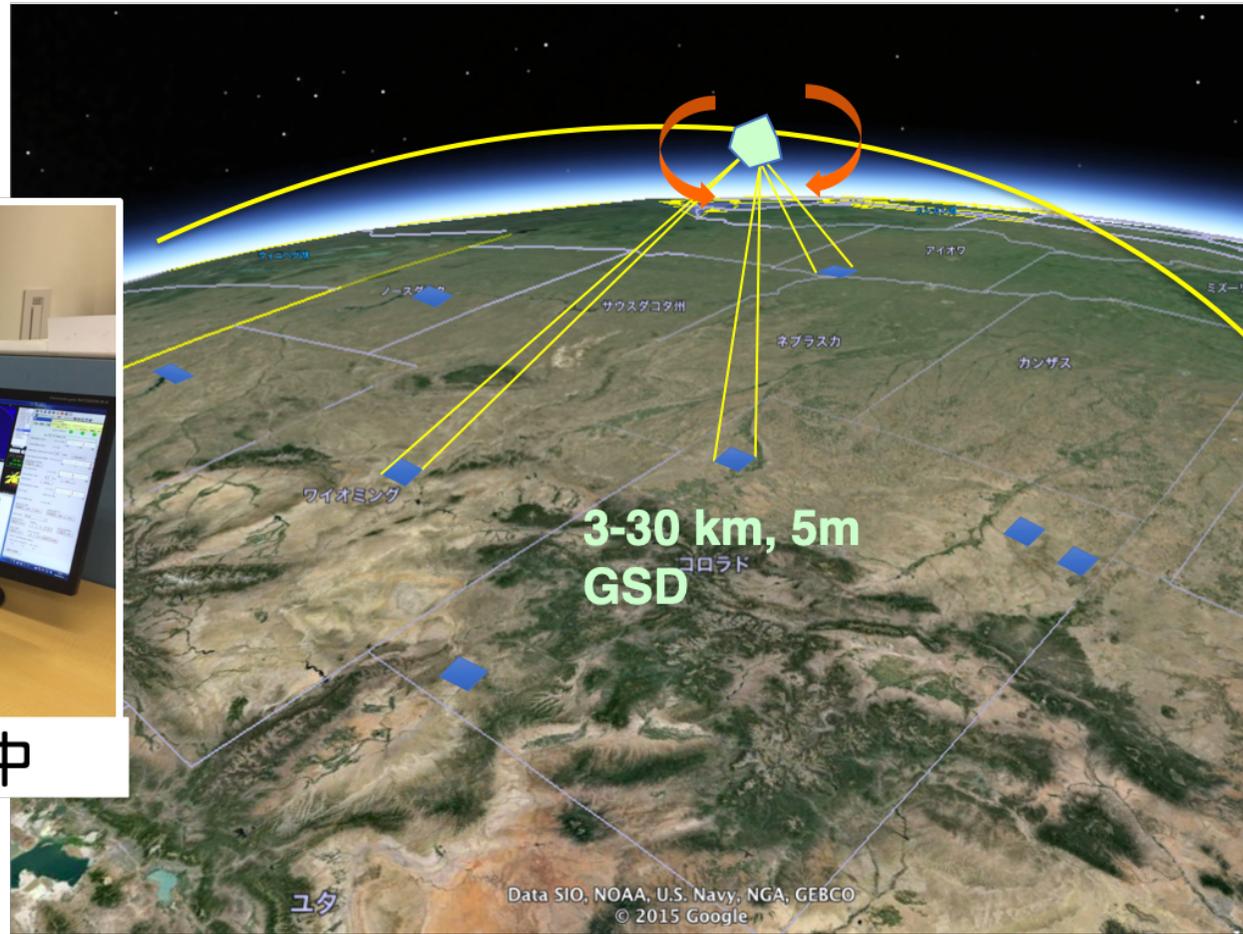


宇宙ゴミが増える、170機あっても1回/日

オンディマンドのターゲット・ポインティング

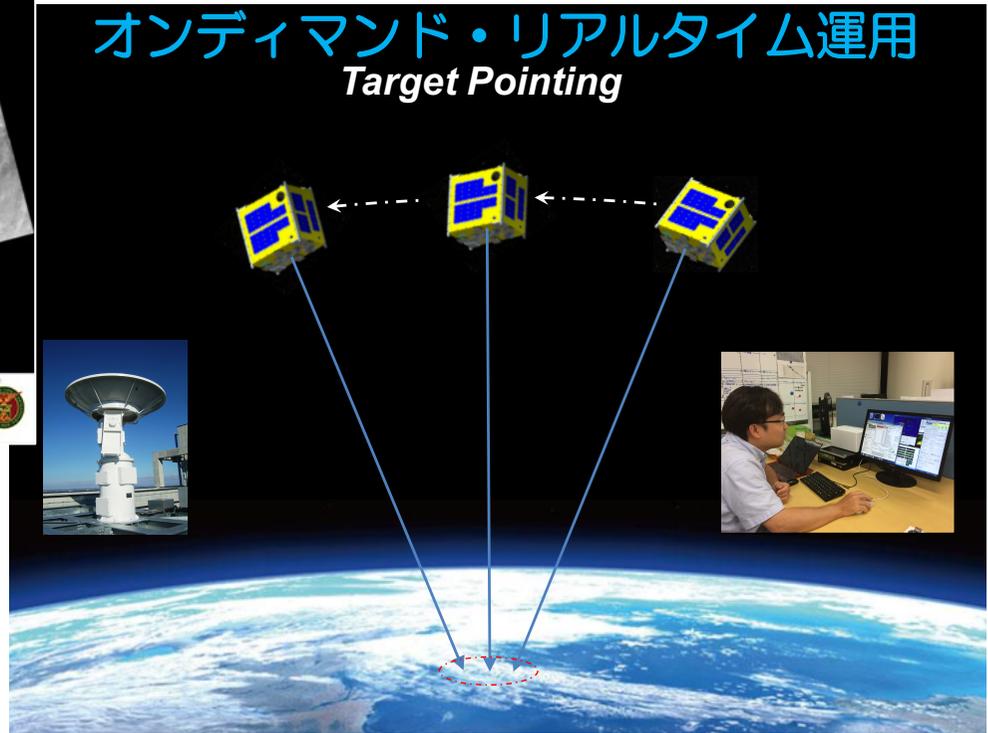
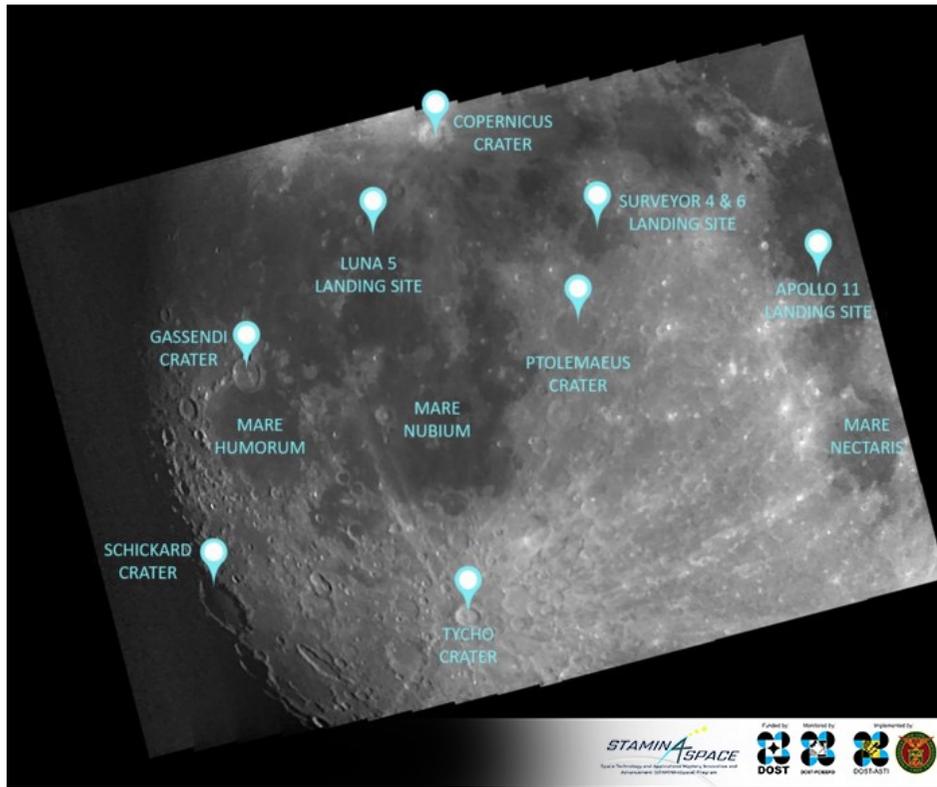


パソコンで衛星運用中



ごく少数の衛星でも**高頻度モニター**が可能に

全球は撮影できないが、必要な場所は高頻度で。
(プッシュブルームなどによる全球掃引は他におまかせ)

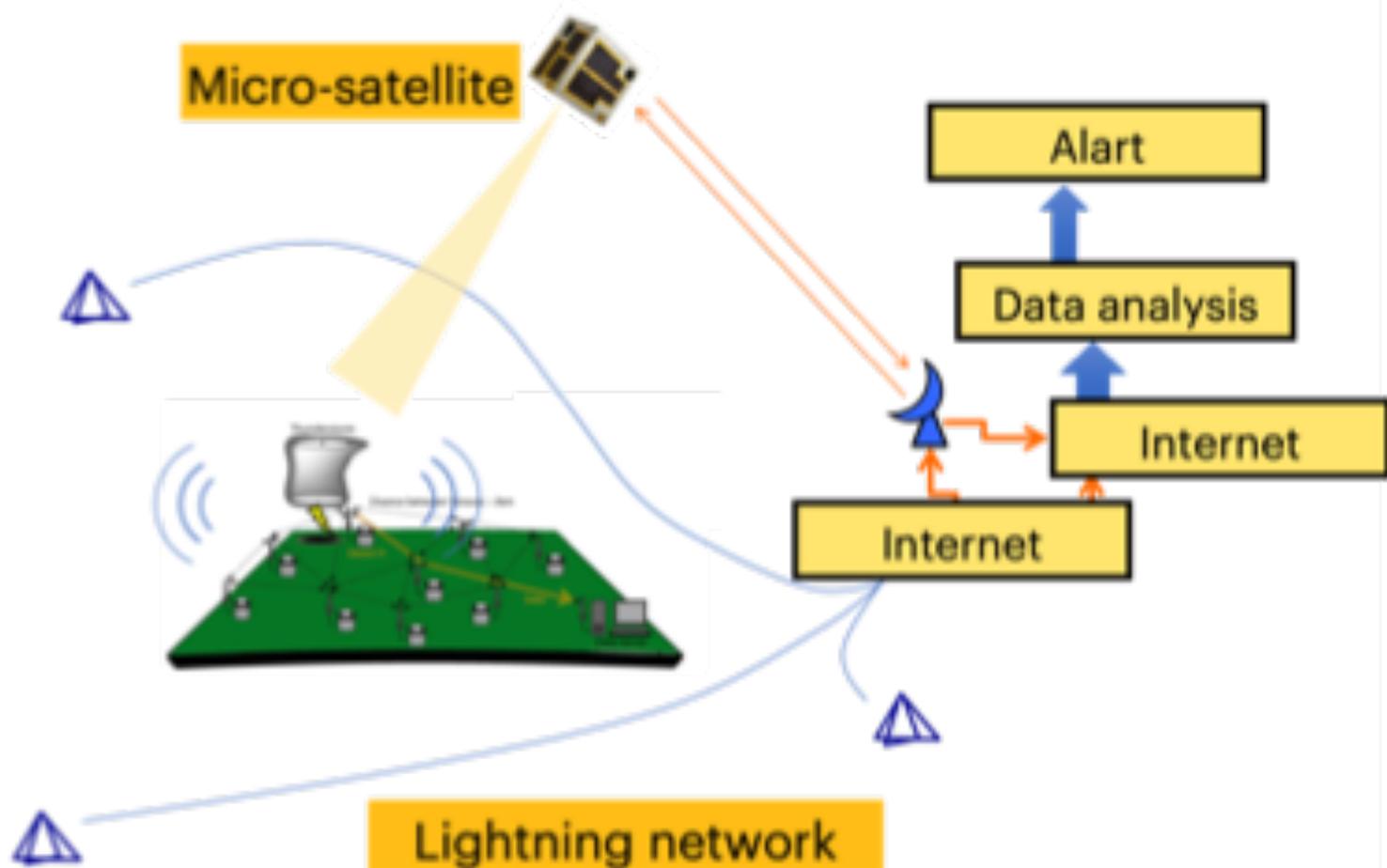


天体観測から、地上の特定の場所の撮影まで。

ULAT/SATREPS フィリピンと日本の5年間の共同プロジェクト (日本側のスポンサーはJSTとJICA)

雷・気象観測網と超小型衛星の連携運用による 次世代防災監視システム

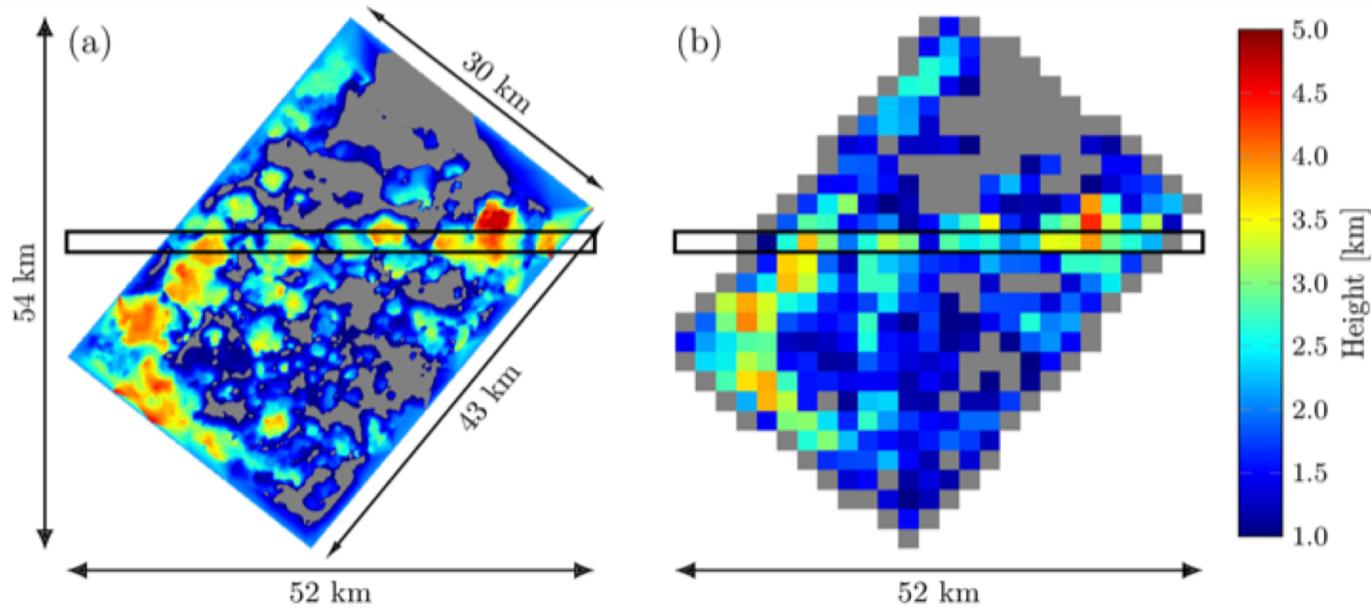
Combination of micro-satellite and lightning network



DIWATA-1

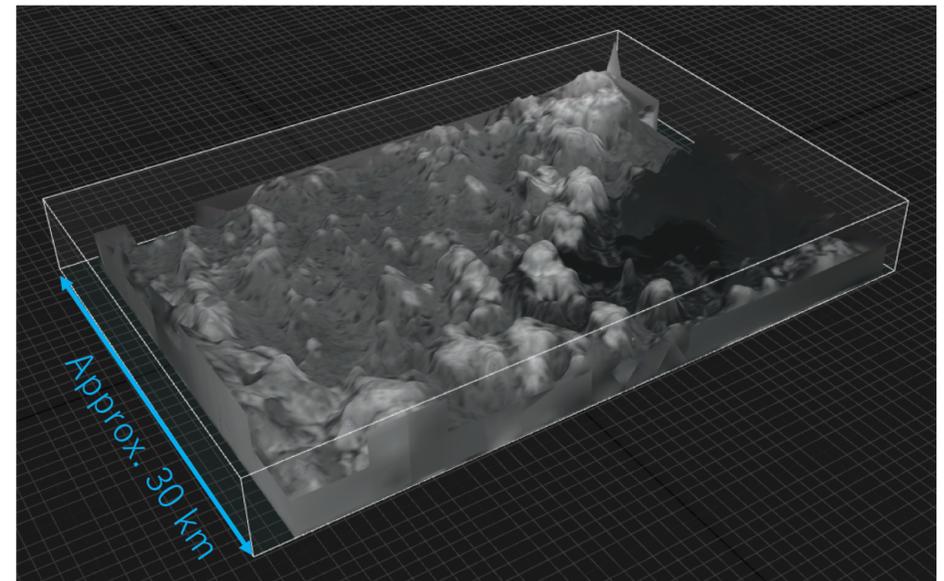
HIMAWARI-8

Castro et al., 2020

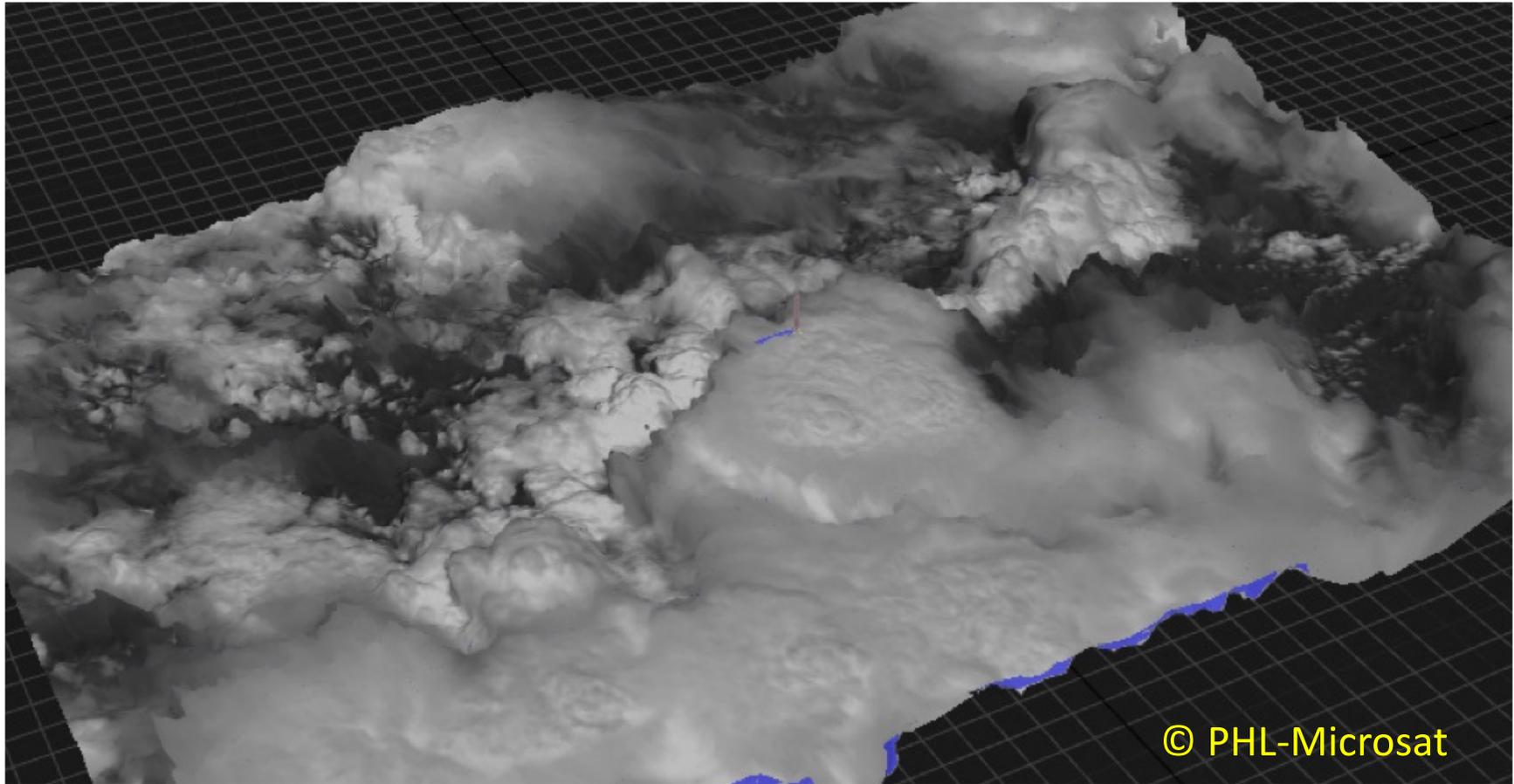


20 times better resolution than Himawari

世界初の高解像度の雲3D



世界最高精度の高解像度の雲3D

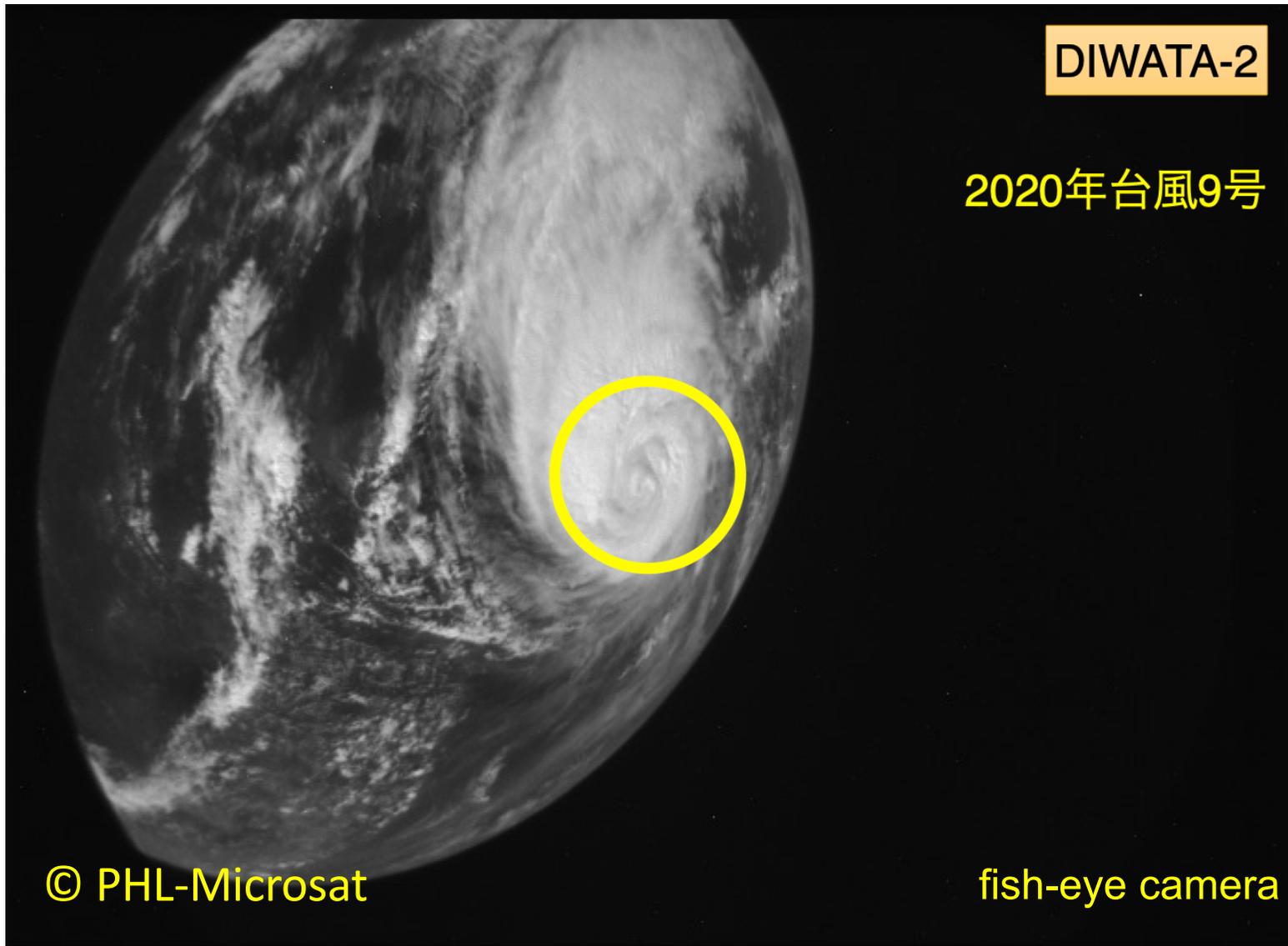


1機の衛星の10秒以内の観測で、最先端レーダーを凌ぐ3D詳細形状を推定。

→ 現状不可能なゲリラ豪雨予測に道

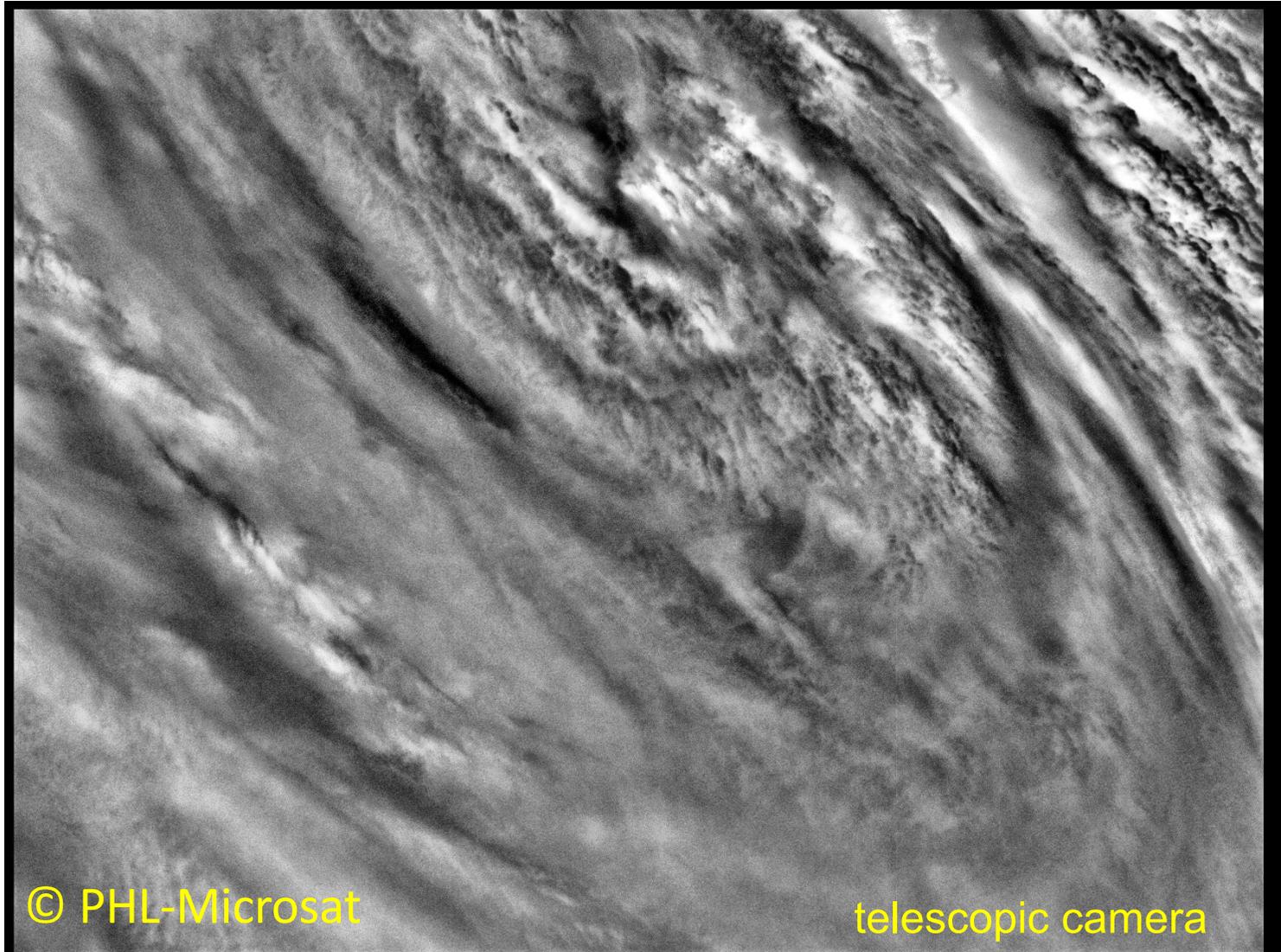
DIWATA-2

2020年台風9号



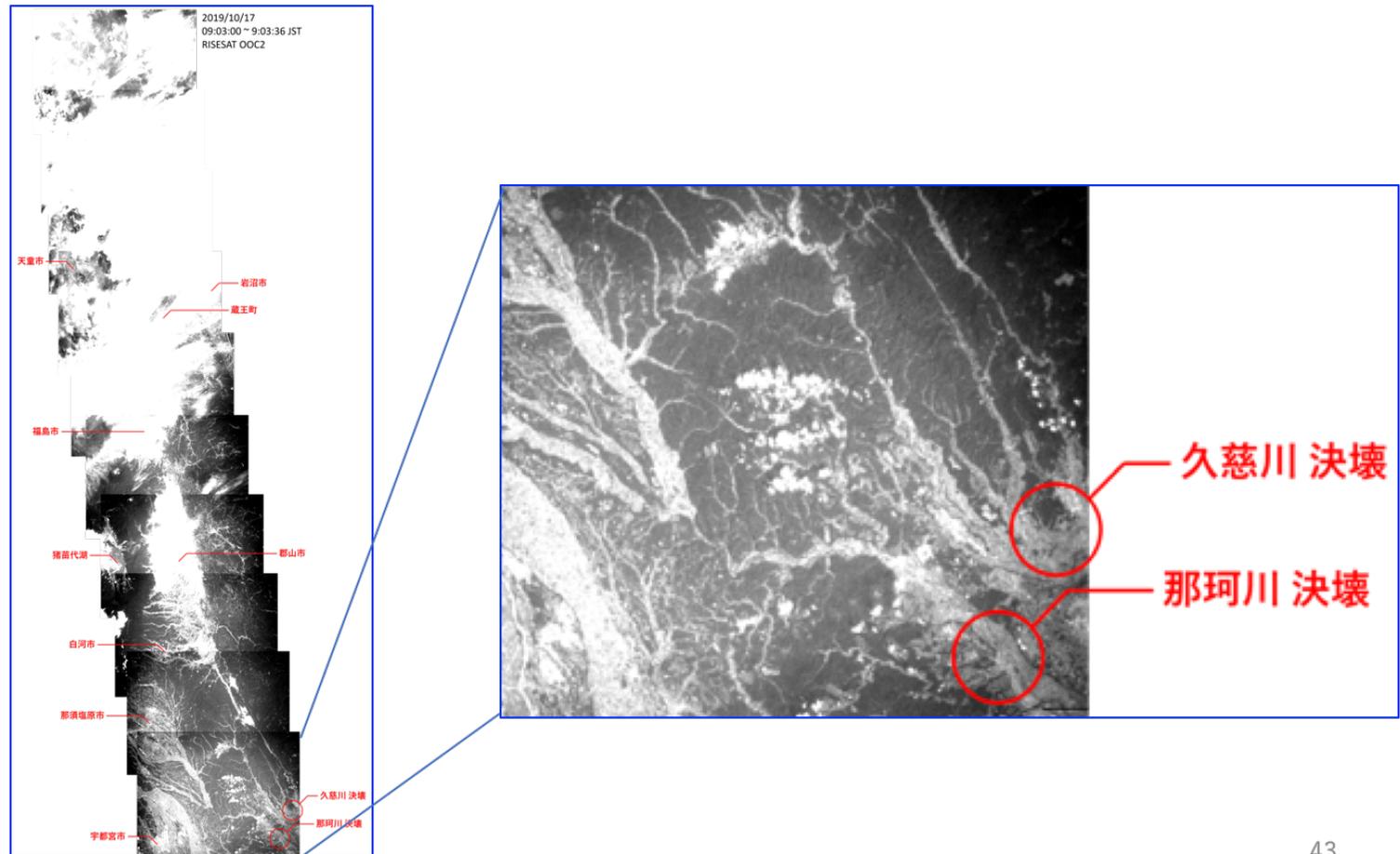
© PHL-Microsat

fish-eye camera

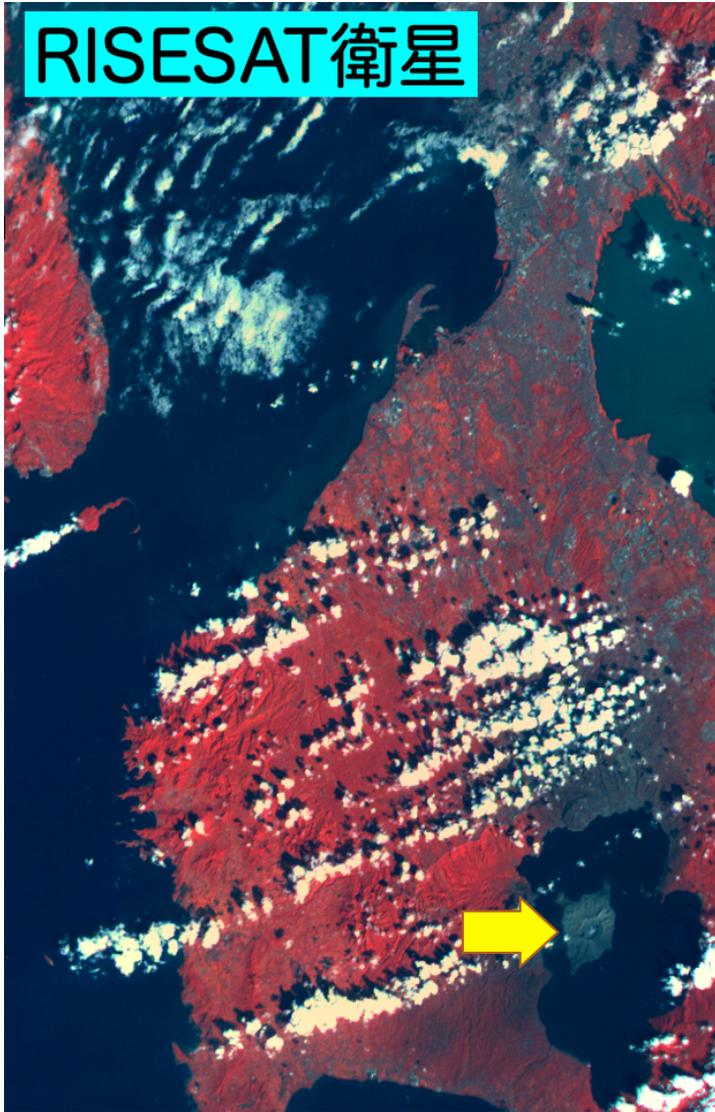


40 times higher resolution than HIMWARI-8

2019年台風19号による氾濫をオンディマンドで撮像 (RISESAT)



RISESAT衛星



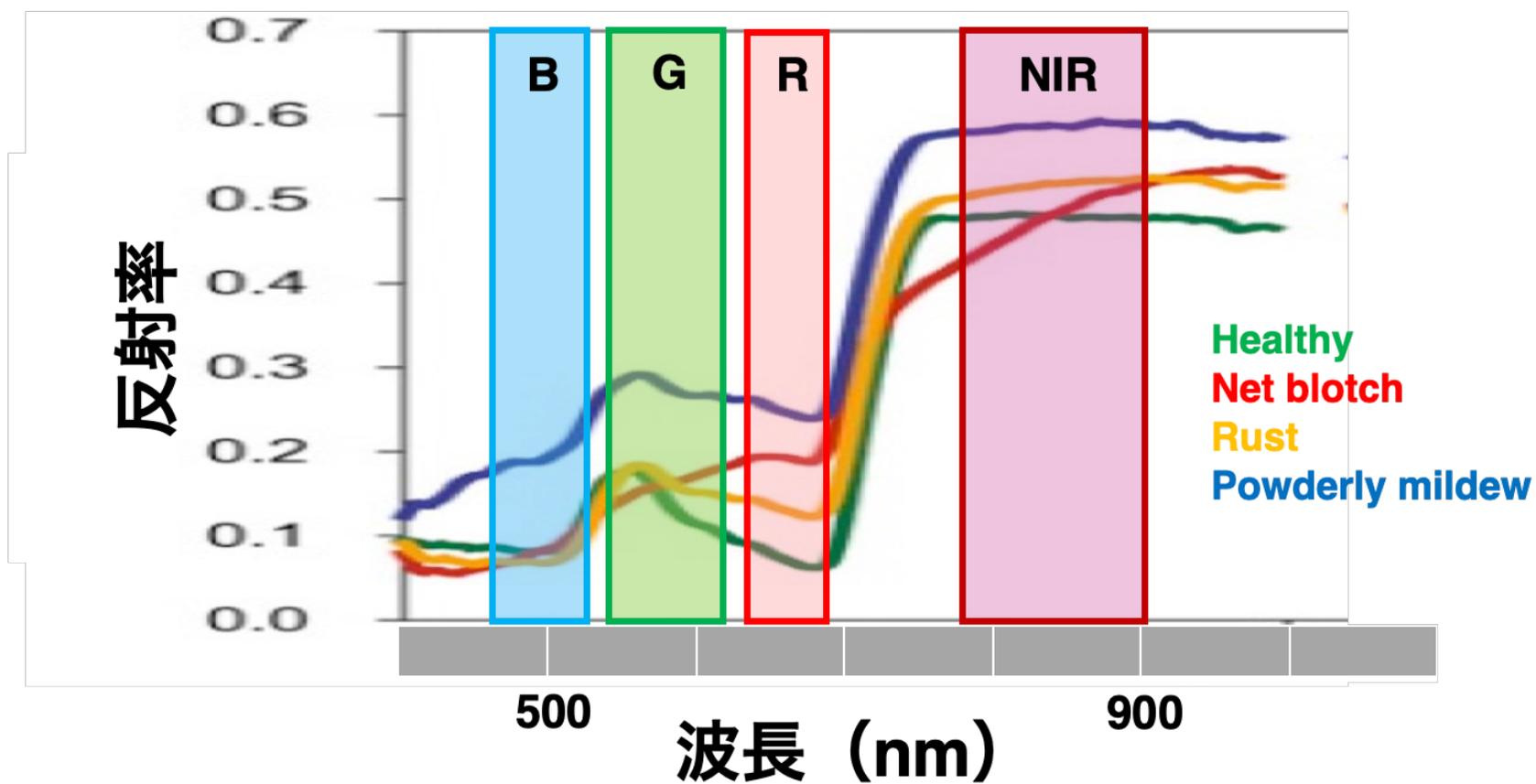
フィリピンのタール火山の噴火 火山灰の分布



詳細スペクトル計測の必要性

麦の病気

従来型 RGB+NIRの4バンド

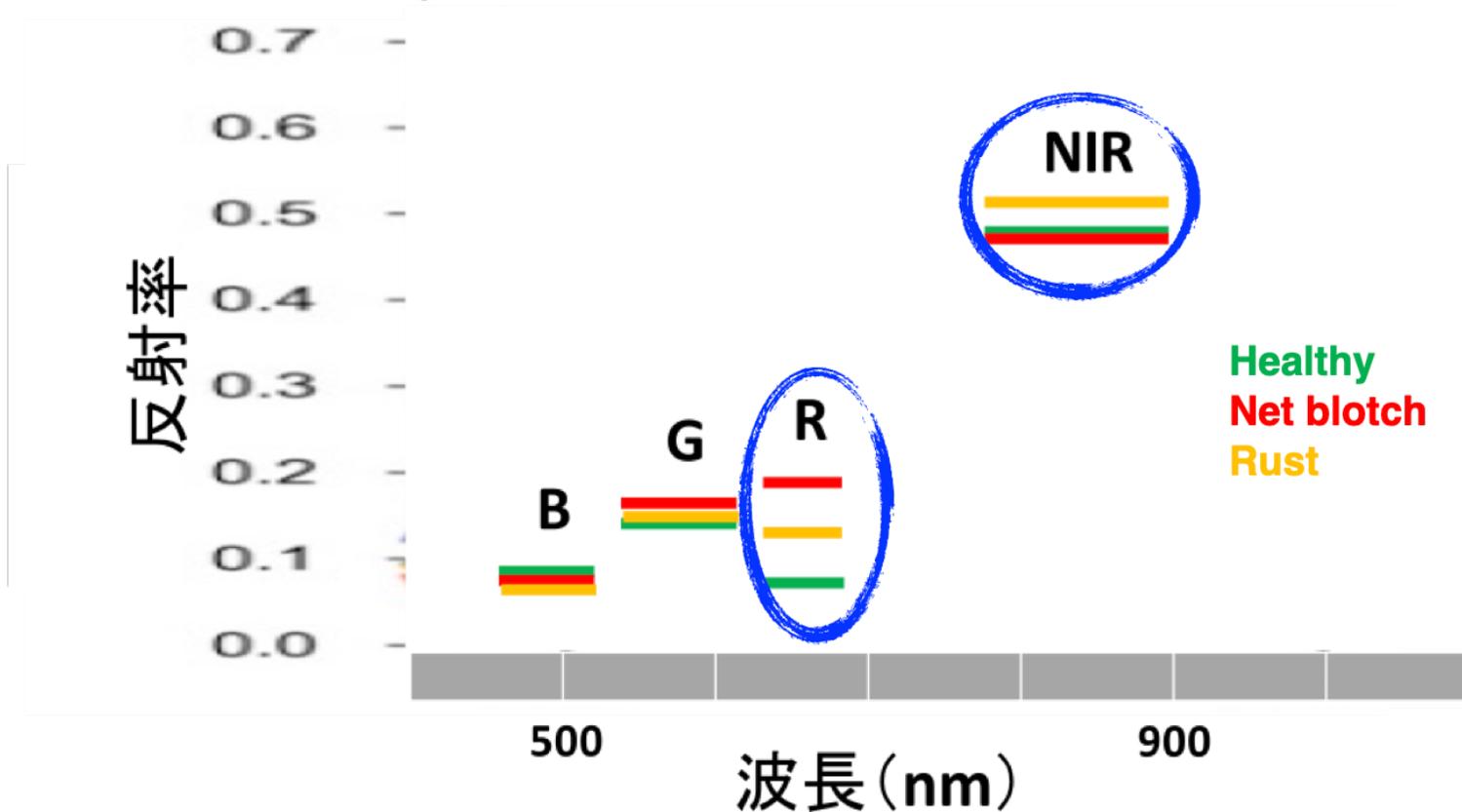


現在スマート農業で使われているNDVIには限界がある

麦の病気

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

従来型 RGB+NIRの4バンド



たったこれだけの情報に激減してしまう

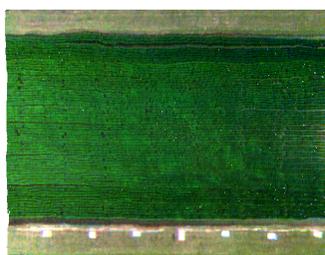
x

AIを使っても、失われた情報は戻らない

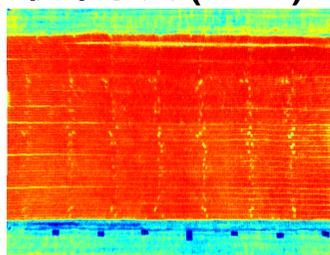
詳細スペクトル計測が**異次元の信頼性**を実現 (ドローンでの例)

北大・栗原による

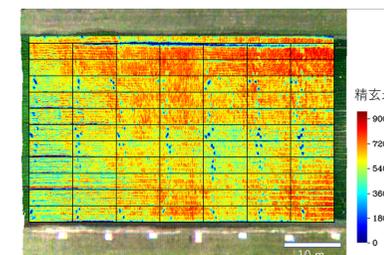
水稻の生育診断



従来手法 (NDVI)



詳細スペクトル利用



高精度の収量予測

相関係数: 0.5

相関係数: 0.9

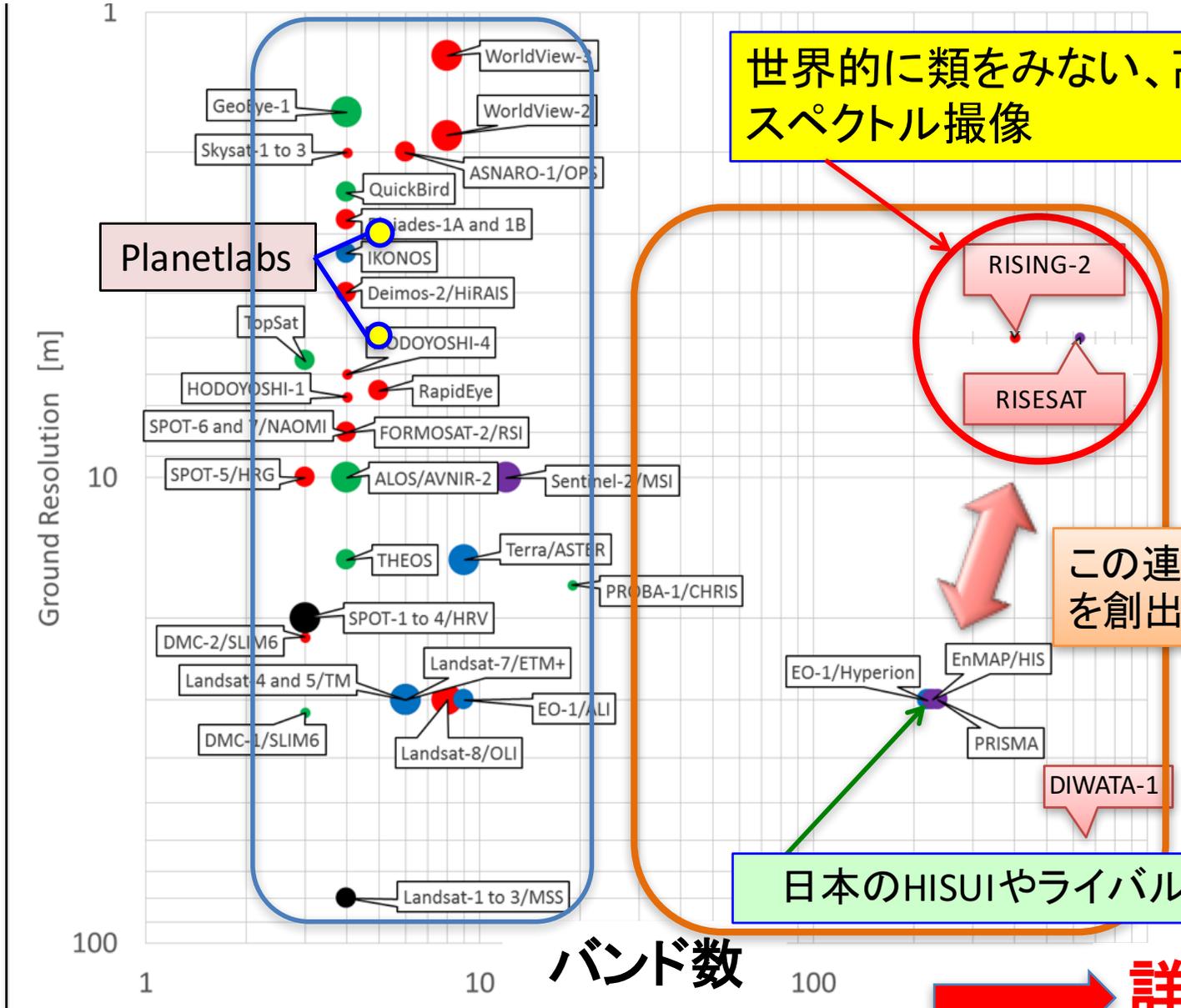
従来のほぼ全ての現行の衛星・ドローン計測 (NDVI) では
多くの場合要求に応えられない

細かく見える

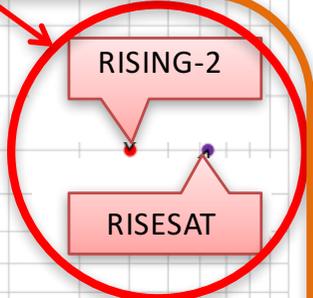
(c) 栗原



解像度 (m/画素)



世界的に類をみない、高解像度
スペクトル撮像



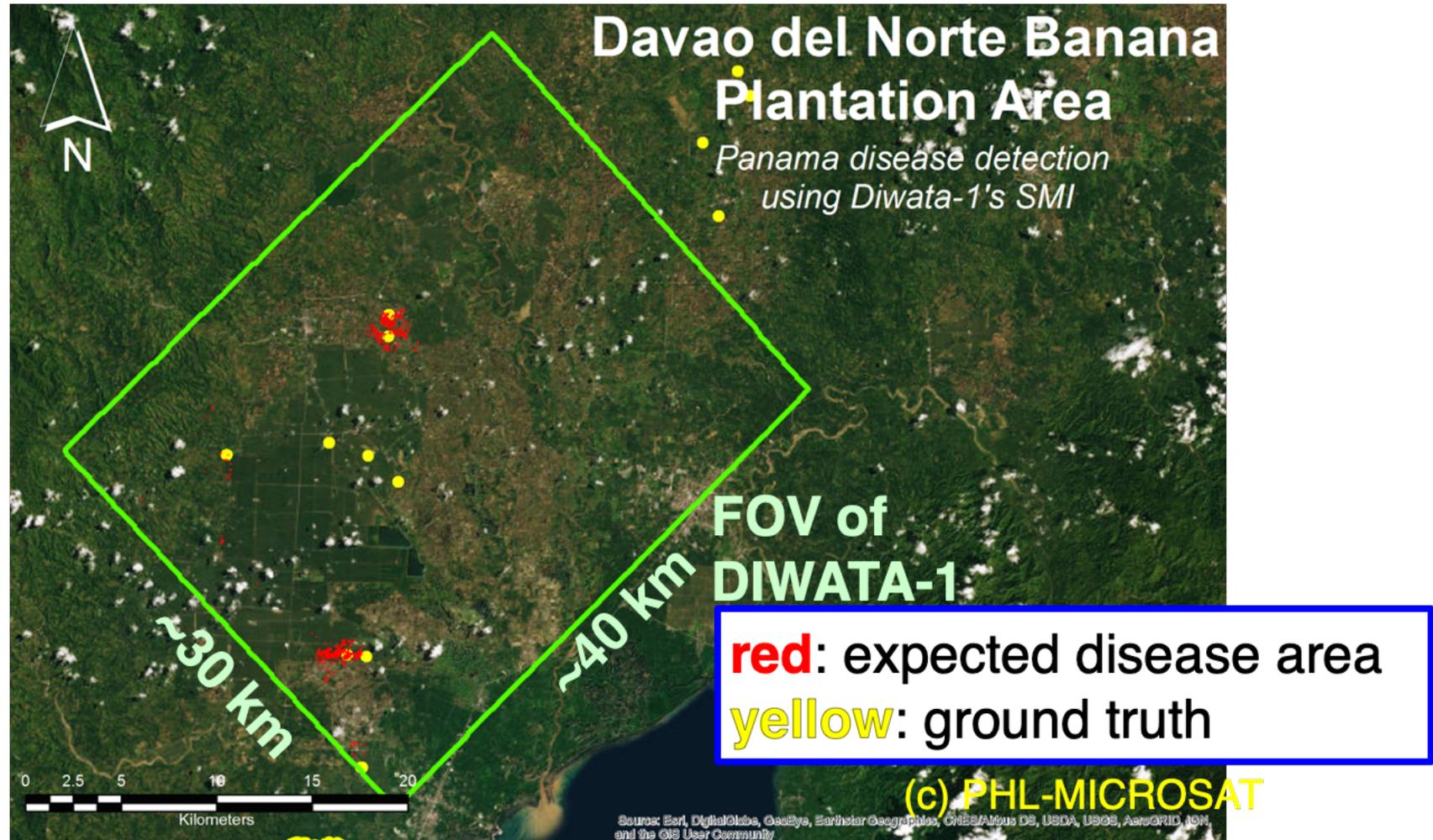
この連携で新事業
を創出する

日本のHISUIやライバルの独EnMAP

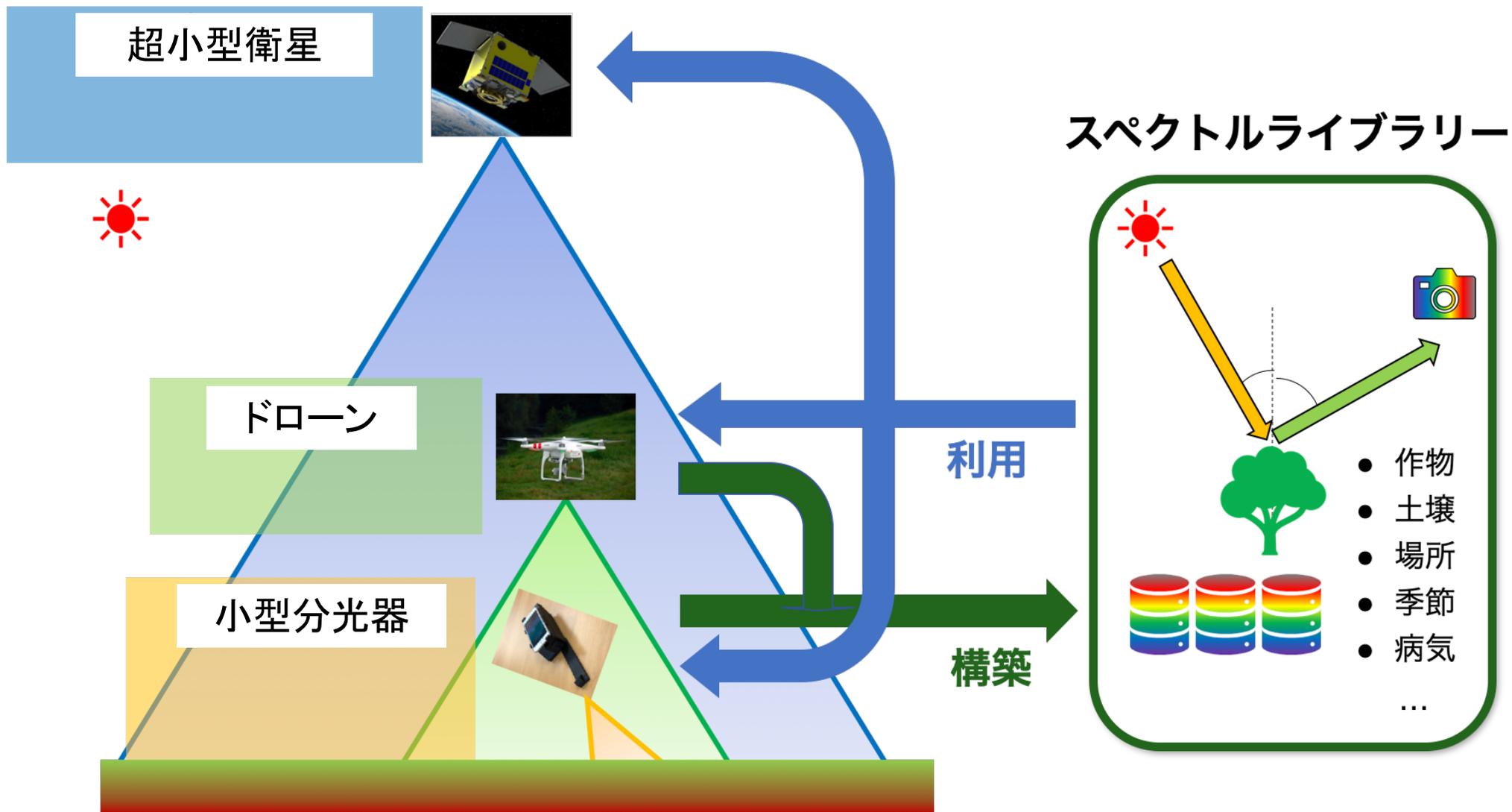


詳しく見える

Successful identification of **Panama disease** by DIWATA-1/SMI



applicable to various kinds of targets



宇宙リモセンビジネスの価値を決めるのは、**地上計測**である

手持ち計測



A-1 手持ちでのターゲット固定計測



電動ジンバルを用いた、牧草および稲の計測



ライダーと小型分光器によるドローン計測
工学研究院・江丸准教授とのコラボ



国際協力で世界へ展開

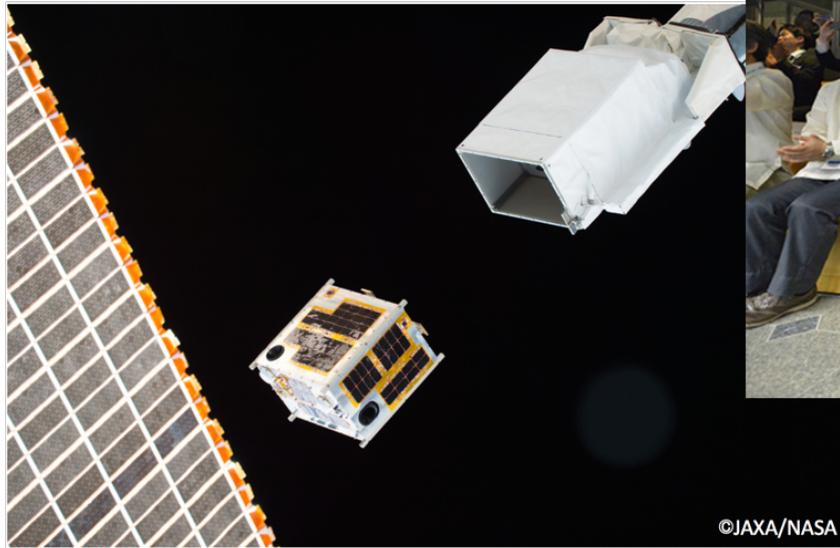
All-Japan ?



Whole globe

途上国も主役になれる時代に

国際宇宙ステーションからDIWATA-1を放出
(2016年4月27日@JAXAつくば)



2019年8月8日フィリピンに宇宙庁（PhilSA）が設立

- ・カウンターパートのフィリピン大学教授が長官（閣僚）

The image shows a screenshot of the Philippine Space Agency (PhilSA) website and a video conference. The website header includes the Philippine coat of arms, navigation links (GOV.PH, About PhilSA, Transparency, Programs, Careers, Space Data Dashboard, Communications, Our Place in Space, Interactives, Contact Us), the Office of the President logo, the PhilSA logo (Philippine Space Agency), the Philippine Standard Time (Thursday 27th of May 2021 08:45:56 AM), and the Philippine coat of arms. Below the header is a banner with the text "Welcome to Philippine Space Agency (PhilSA)" and a link to read the message of the Director General. The video conference shows a man in a white shirt speaking, with a screen behind him displaying the PhilSA logo and name. Other participants are visible in smaller windows, including a woman in a blue shirt and a man in a white shirt. The video title is "Philippines_(PhilSA) Joel Marciano".

群を抜くミッション本位の超小型衛星開発

国内随一の超小型衛星開発/成功実績

大型衛星も凌ぐ撮影性能

(青字: 東北大学の衛星バス)

SPRITE-SAT (2009) : 科研費

RISING-2 (2014) : 文科省事業

UNIFORM-1 (2014) : 文科省事業

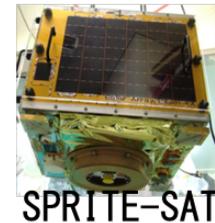
DIWATA-1 (2016) : フィリピン科技省

DIWATA-2 (2018) : フィリピン科技省

RISESAT (2019) : JSPS(FIRST)

MicroDragon (2019)Vietnam: ODA

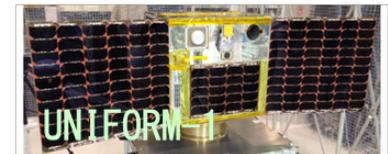
LAPAN A-4 (2021) Indonesia : JST e-ASIA



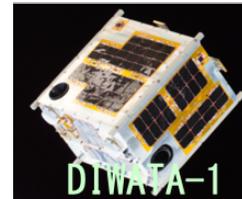
SPRITE-SAT



RISING-2



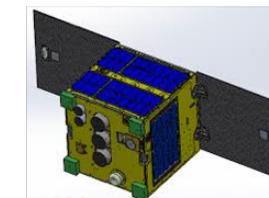
UNIFORM-1



DIWATA-1



RISESAT



MicroDragon



DIWATA-2

LCTF

LCTF

LCTF

LCTF

LCTF

アジア・マイクロサテライト・コンソーシアム

新しい宇宙利用の世界標準/秩序を日本から！

- 衛星及び搭載センサー技術、データ、データ利用手法を共有
- 標準化されたセンサーと衛星・運用システムの共同開発
- 地上検証の促進



6年かけて北大からアジア9カ国に参加を呼びかけ。

(大学総長、政府高官、10名以上の大臣などに直接面談)

16機関による署名、2016/11/18発効。

将来的に、連続撮像を可能にする約50機のコンステレーションを目指す。

さらに、南米、アフリカへ

人類の未来を担う地球の理解と利用を実現する体制の構築へ

- 超大国、世界的IT企業に支配されない各国が自立した開発利用を。
- 異次元の地球情報の取得と共有を、途上国を含む国際連携で。
- 新しい宇宙開発利用・地球監視秩序の構築を国際的な産学連携で。

