

JAXAタウンミーティング in 淡路島

社会に役立つ人工衛星

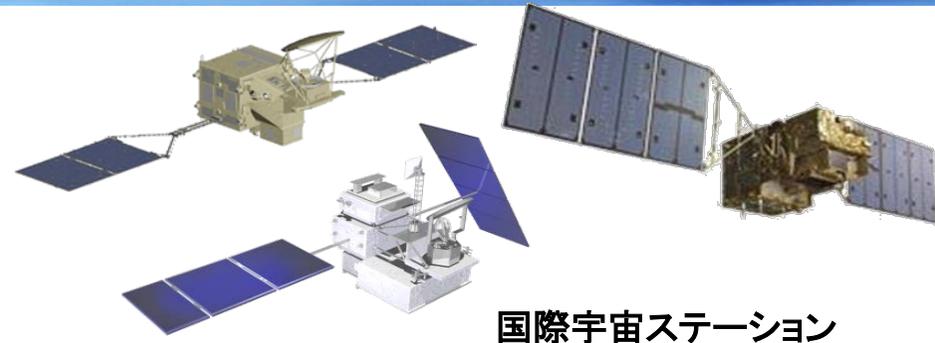
平成28年2月14日

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
地球観測研究センター (EORC)

金子 豊

◆ 地球を見守る/暮らしを支える

- 人工衛星の開発、利用 (地球観測)



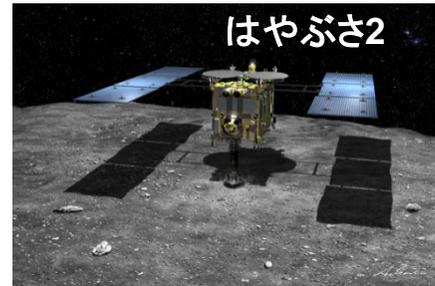
◆ 宇宙環境を利用し、暮らしに役立てる

- 宇宙環境利用・有人宇宙活動



◆ 宇宙と生命の謎に迫る

- 宇宙科学探査



◆ 人類の活動領域を広げる

- ロケット・輸送システム



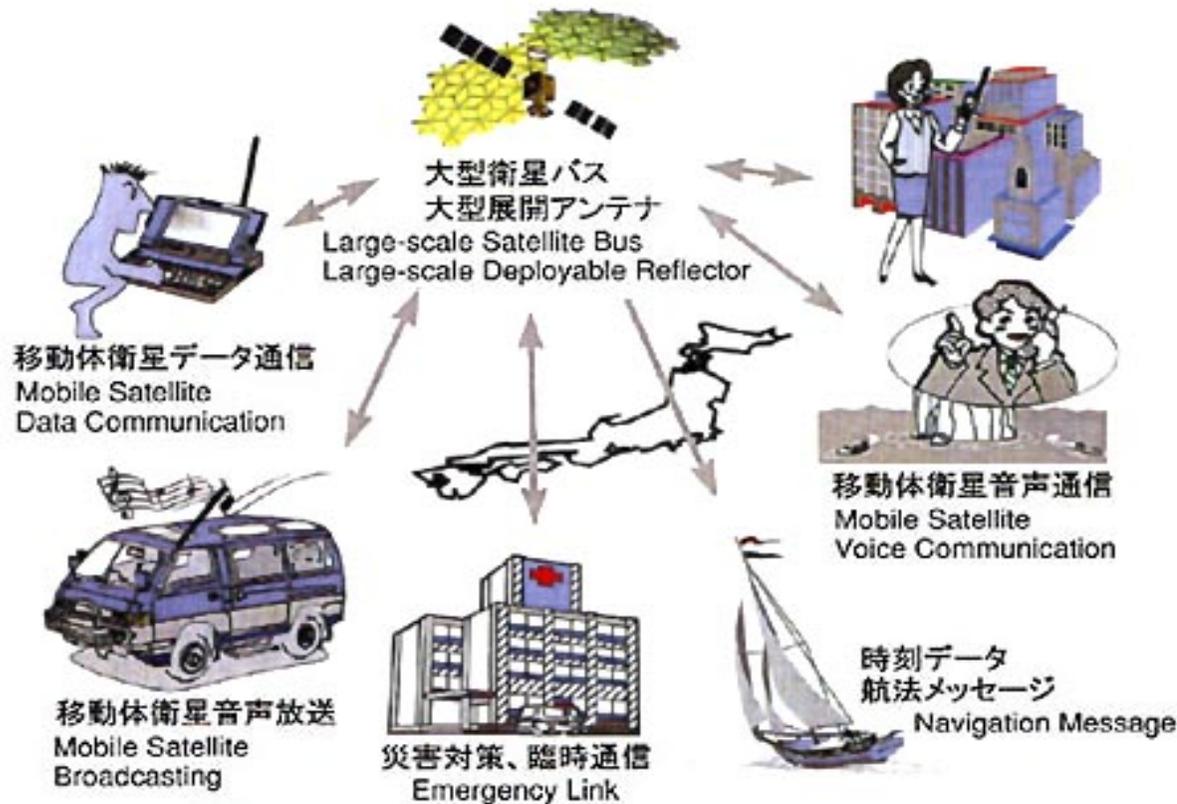
イプシロンロケット

H-IIBロケット

JAXAにおける衛星開発計画

分野	観測センサ等	~2007 ~H19	2008 H20	2009 H21	2010 H22	2011 H23	2012 H24	2013 H25	2014 H26	2015 H27	2016 H28	2017 H29	2018 H30	2019 H31
通信・放送	移動体通信		▲ 「きく8号」(ETS-VIII) 2006											
	超高速インターネット通信			▲ 「きずな」(WINDS) 2008										
測位	準天頂衛星					▲ 「みちびき」(QZS-1)								
防災等	合成開口レーダ		▲ (合成開口レーダ) 「だいち」(ALOS) 2006					▲ 「だいち2号」ALOS-2 (合成開口レーダ)						
	光学センサ										▲ SLATS (光学)			▲ 先進光学衛星
リモートセンシング	データ中継衛星		▲ 「こだま」(DRTS) 2002										▲ 光データ中継衛星	
	降雨レーダ	▲ TRMM/PR【日米協力】 1997						▲ GPM/DPR 【日米協力】						
	雲レーダ												▲ EarthCARE/CPR 【日欧協力】	
地球環境観測	マイクロ波放射計		▲ Aqua/AMSR-E【日米協力】 2002					▲ [海面水温, 水蒸気, 土壌水分] 「しずく」(GCOM-W/ AMSR2)						
	可視・赤外センサ				▲ 「いぶき」(GOSAT) [CO ₂ , メタン]					▲ GCOM-C/ SGLI [海面水温, 海色]				▲ GOSAT-2 [CO ₂ , メタン, CO]

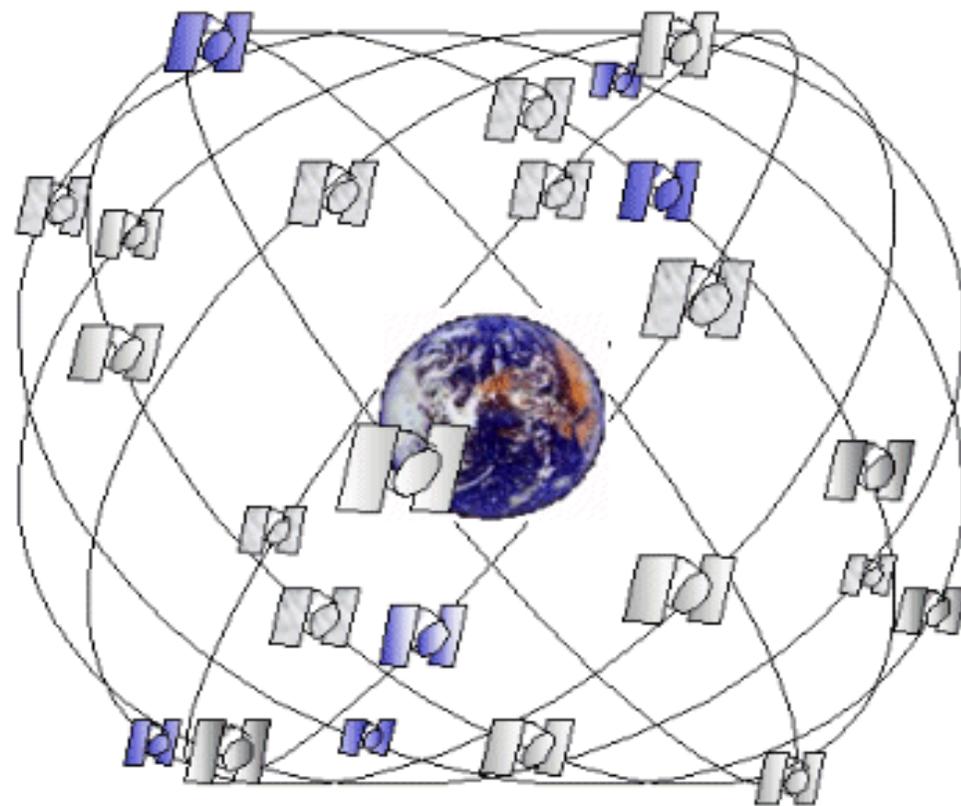
TV放送や電話回線などに使われる電波や、人工衛星からの電波を中継することを目的とする人工衛星



キーワード

- 衛星放送 (BS、CS)
- 衛星中継
- 国際電話
- 衛星携帯電話
- 情報通信、インターネット

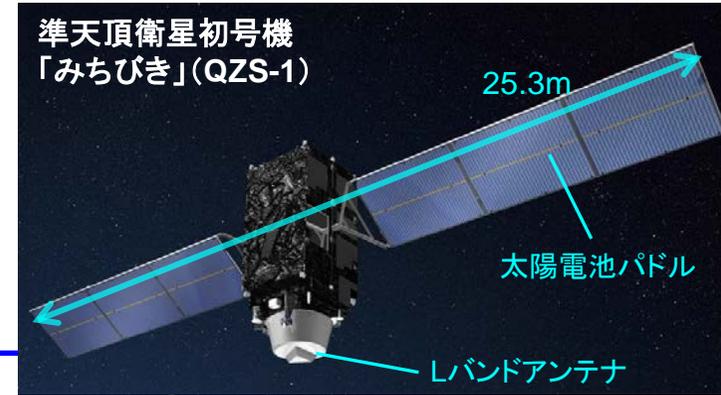
カーナビ



GPS: 6軌道 × 4衛星
軌道傾斜角: 55度

準天頂衛星初号機「みちびき」(QZS-1)

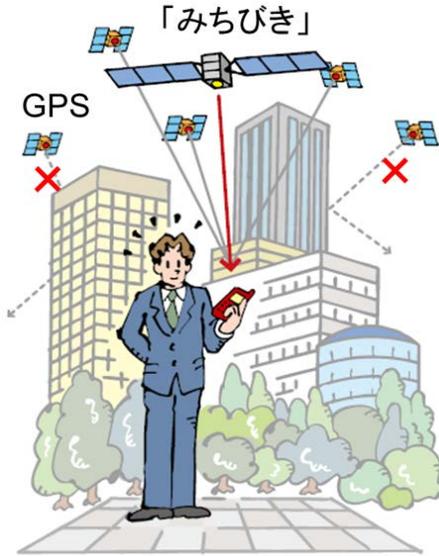
「みちびき」は、複数の衛星により構成される地域衛星測位システムである準天頂衛星システムの初号機。日本のほぼ真上(準天頂)に長時間留まるように工夫されている軌道(準天頂軌道)を通る。



「みちびき」の2大効果

①GPS補完効果

測位が可能な時間やエリアが増える



「みちびき」は日本のほぼ天頂に長時間とどまるため、山間部や高層ビル街でも測位可能な時間・エリアが拡大します。

②GPS補強効果

高精度な測位を行うことが可能



...GPSのみの従来の測位(単独測位)
 ...「みちびき」の信号を用いた高精度測位

「みちびき」から放送される補強信号を利用することで測位精度をセンチメートル級まで高めることができます。

「みちびき」の主要諸元

形状	2.9 × 3.1 × 6.2m(※)
質量	約4トン(※)
発生電力	約5kw
寿命	10年以上
軌道高度	約33,000~39,000km

(※打上げ時)

衛星測位の様々な利用分野

「みちびき」によって測位利用が可能なエリア・時間が増え、高精度で信頼性の高精度測位が可能となり利用が拡大

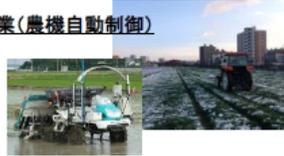
→高品質・高信頼性の測位信号の安定した提供が継続されていることを受け、「みちびき」に対応した民製品もますます増えてきている

精密測位 (数cm~10cm)

変位観測(ダム・大型橋梁、地滑り監視)
国際航業と古野電気を始め、民間企業複数社がサービス



精密農業(農機自動制御)



米国や豪州では、cm級の補正情報サービスとともに普及
日本では、北海道大や、農研機構(中央農業総合研究センター)が研究実施



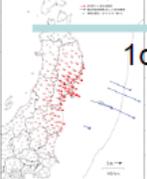
精密地図(三次元点群データ)
三菱電機、トプコン、ニコントリプルがハードウェアを販売、測量会社・レンタル会社などが運用



鉱山:自動ダンプ運行
コマツ+トプコン:チリと豪州で運用中



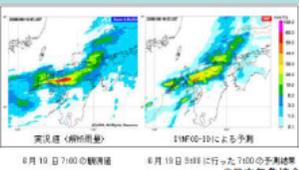
地殻変動観測・測地観測



国土地理院・気象庁



波浪・津波監視ブイ
国交省港湾局:15基を設置リアルタイムにデータ公開。気象庁も利用



可降水量推定

- ・気象庁、気象協会: GPSによる推定値を初期値として数値天気予報精度改善
- ・京都大: みちびきを用いたより詳細な可降水量分布に関する研究

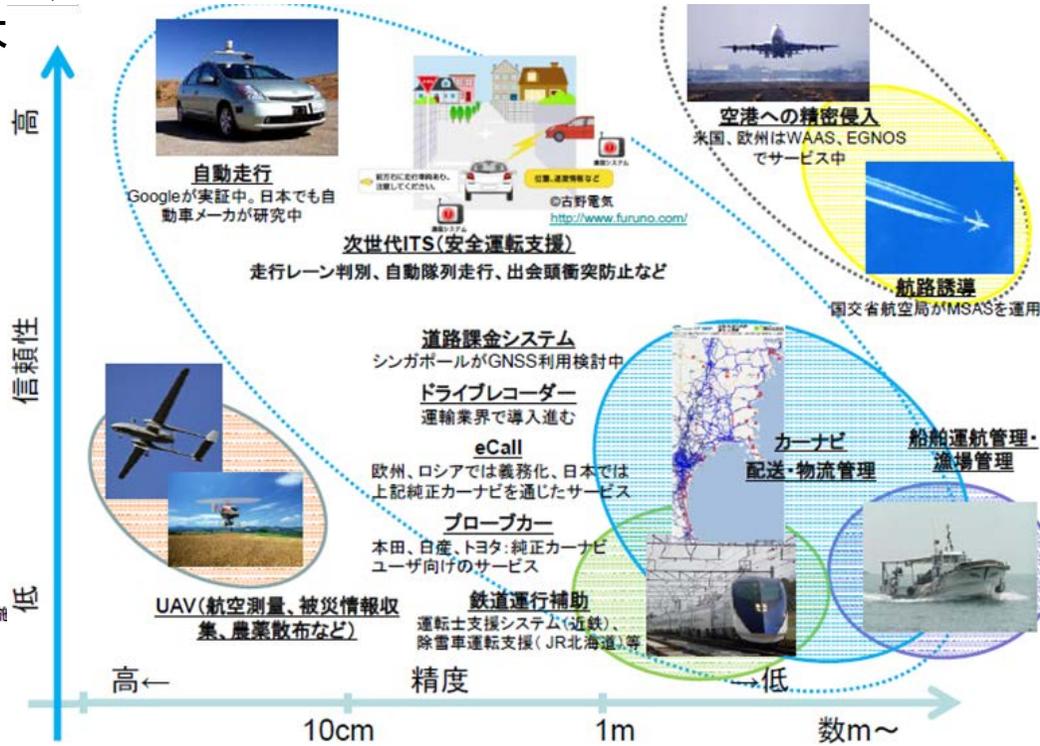


測量
バスコ、ジェバ他:電子基準点データを使った補正情報配信サービス



情報化施工(建設機械制御)
国交省が情報化施工戦略に基づき推進会議を設置、産官学で普及を推進

航法誘導(10数cm~数m)



「みちびき」対応民製品の例

気象衛星のみ



雲の動きはわかるが、雲の下の情報がわからないため、正確な降水量の推定は難しい。

衛星観測

- 複数の地球観測衛星による観測

データ処理

- アルゴリズムによる処理
 - 標準処理(「観測値」を「画像・物理量」に変換)
 - 高次処理(「画像・物理量」を「情報」に変換)
- 校正(センサ特性の補正)
- 検証(地上観測データを用いた品質・精度を保証)

地球科学研究
の蓄積

気象衛星+複数の地球観測衛星



複数衛星のデータ及び処理アルゴリズムを通して、正確な降水分布及びその変化がわかることによって、初めて水資源管理、農業等の利用分野や、洪水予測などの防災分野に貢献することが可能となる。

陸域観測技術衛星2号 「だいち2号」(ALOS-2)

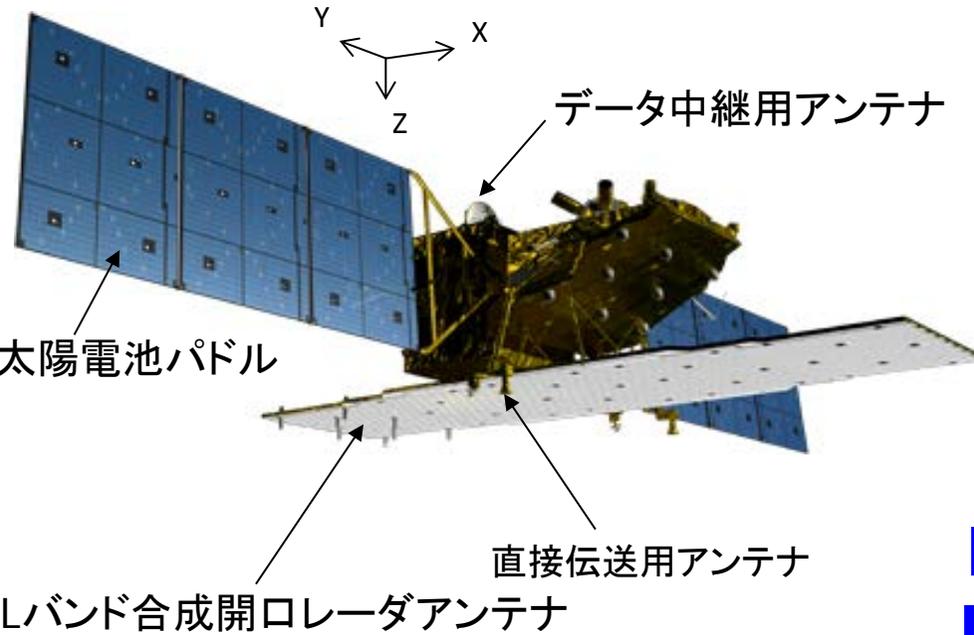
2014年5月24日(土) 打上げ成功

Lバンド合成開口レーダ (PALSAR-2)

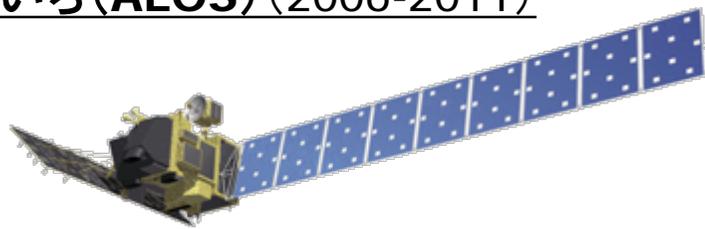
- 広い観測可能範囲 (2,320km)
 - 左右観測機能
 - 高分解能 (1-3m)
 - 昼夜・天候の影響を受けずに観測
- 「だいち」(ALOS) 搭載のPALSARを元に、さらに高性能化

目的:

- 防災機関における広域かつ詳細な被災地の情報把握
- 国土情報の継続的な蓄積・更新
- 農作地の面積把握の効率化
- CO₂吸収源となる森林の観測を通じた地球温暖化対策、等

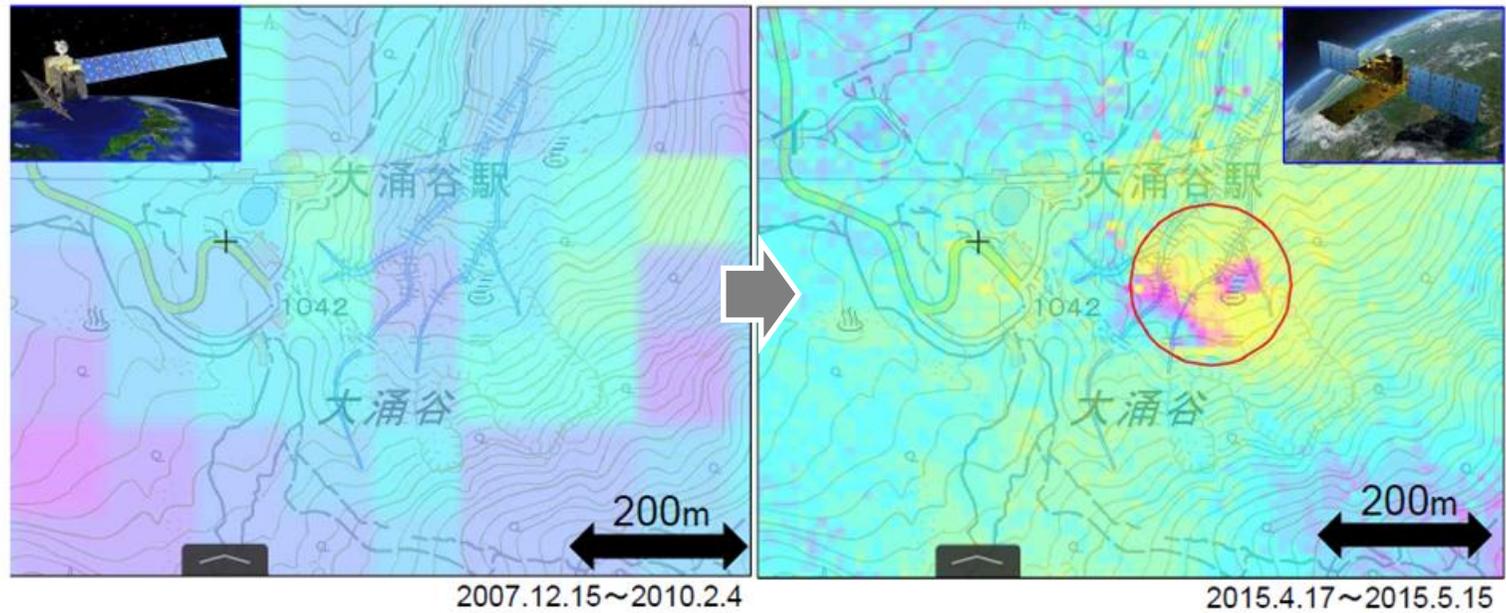


だいち (ALOS) (2006-2011)

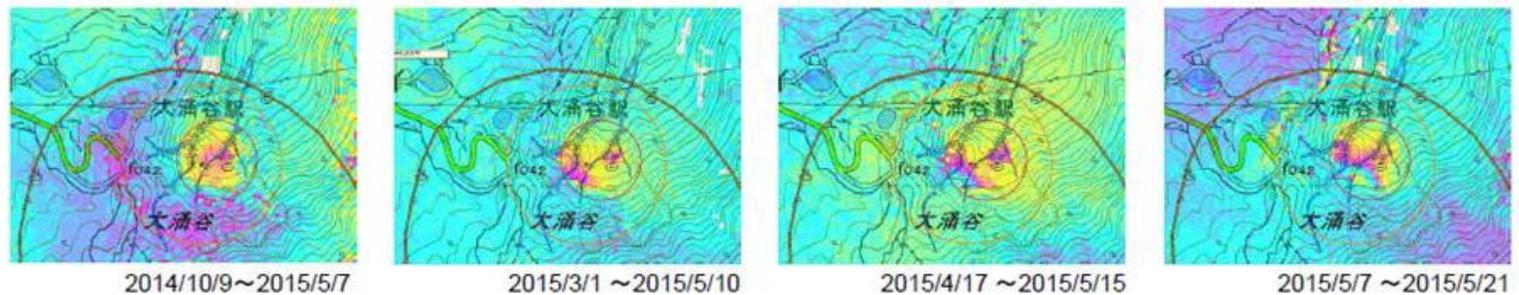


- 2015年5月4日に大涌谷で活動が活発化、気象庁(火山噴火予知連)等の要請により、5月7日から継続的に観測
- 分解能の向上により局所的な変動を捉えることが可能
- 国土地理院はこれらのデータにより変動量を算出し、自治体はその情報を立ち入り規制等の判断に使用
→衛星の防災利用は、利用者が実際にアクションを取るための判断に利用される段階にある

解像度の向上
(ALOS→ALOS-2)

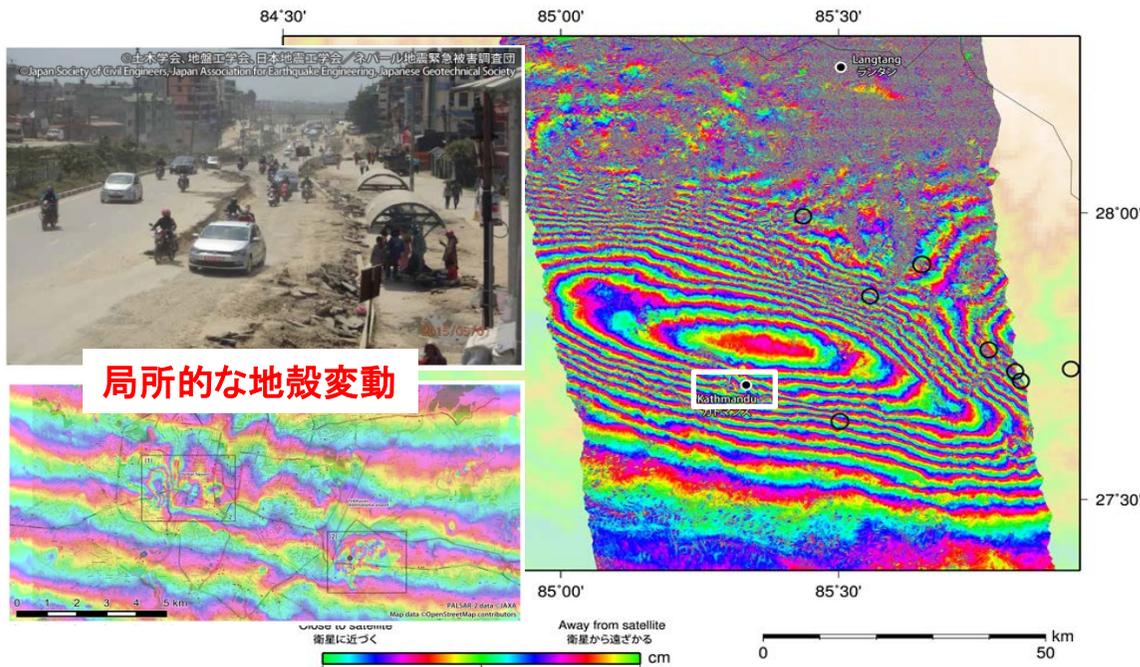


観測の高頻度化

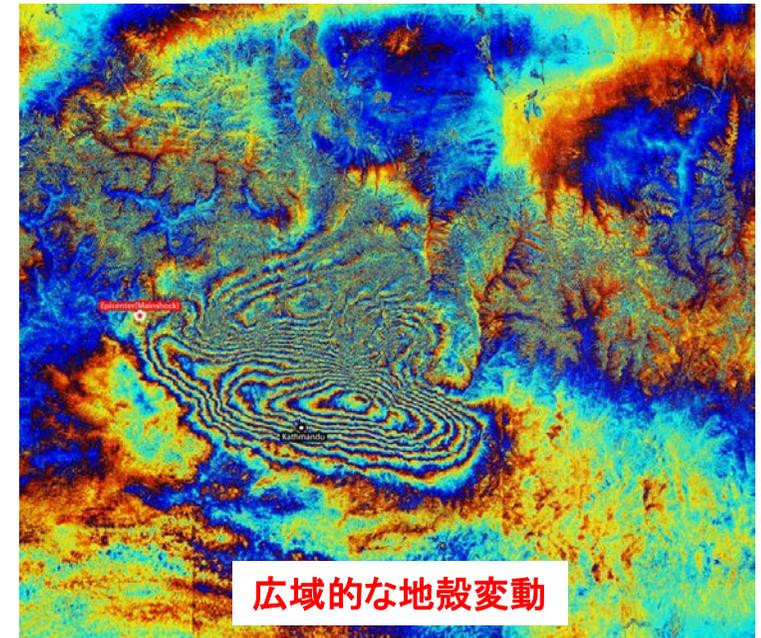


ネパール地震の例(地殻変動量抽出)

- 地殻変動は南北100 km、東西170km以上の範囲に広がり、カトマンズ中心部では約1 mの変位を観測
- ALOS-2では、高分解能モード(観測幅50-70km)のほか、広域観測モード(観測幅350km)のデータでも常時干渉解析が可能となり、地震に伴う広域の地殻変動を一度に把握できるようになった

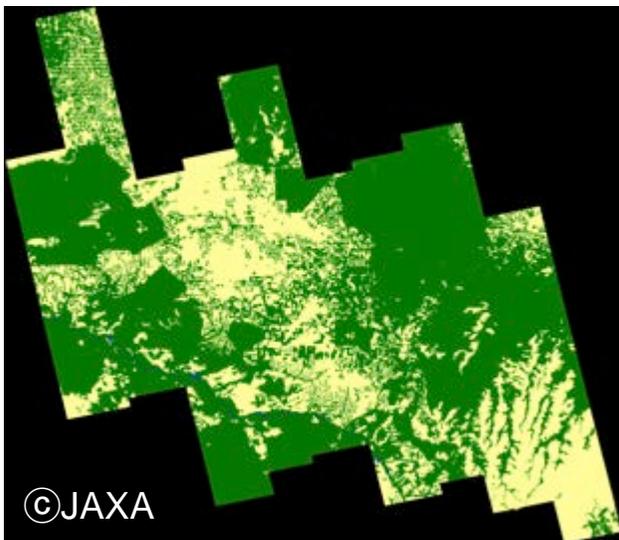


地震前:2015年2月21日、地震後:同5月2日のデータによる干渉SAR画像。
高分解能10mモード(観測幅70 km)使用。

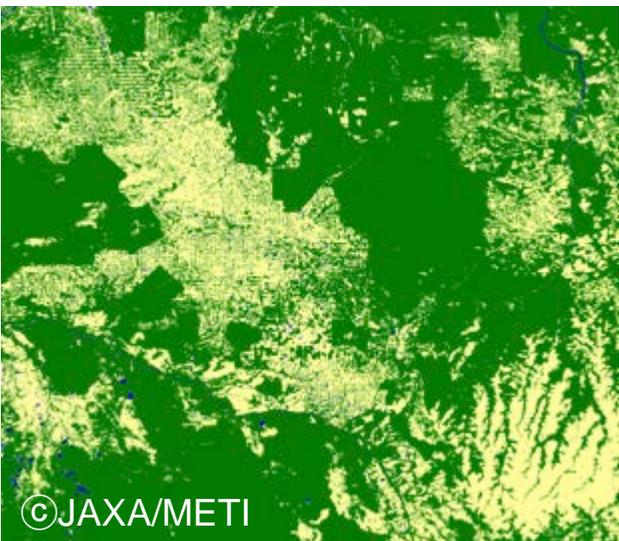


地震前:2015年4月5日、地震後:同5月3日のデータによる干渉SAR画像。
広域観測モード(観測幅350km)使用。

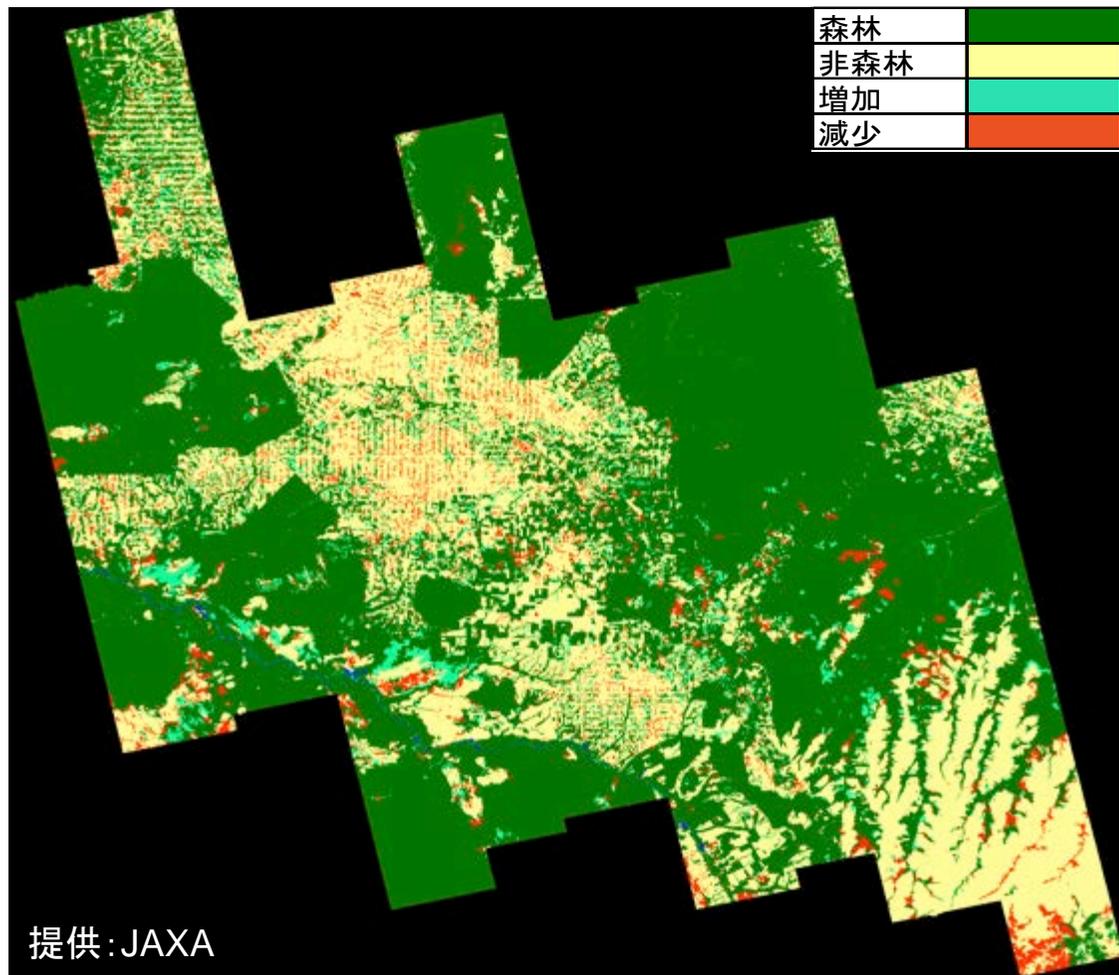
森林管理における利用



2014 (だいち2号 FNF)



2010 (だいち FNF)

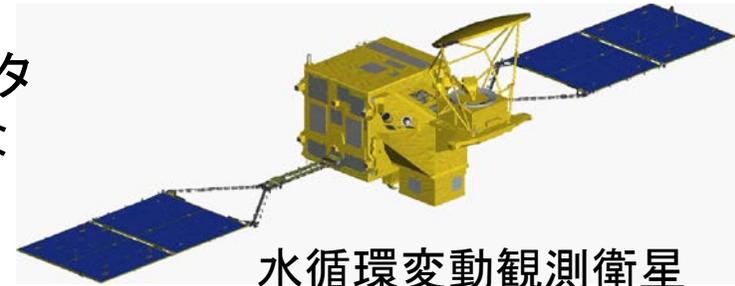


2010年と2014年のアマゾン森林・非森林の比較結果

2010年の「だいち」画像と2014年の「だいち2号」画像を比較すると、森林面積の変化が把握できる。伐採監視のため、観測して3, 4日後に画像をブラジルに提供する。

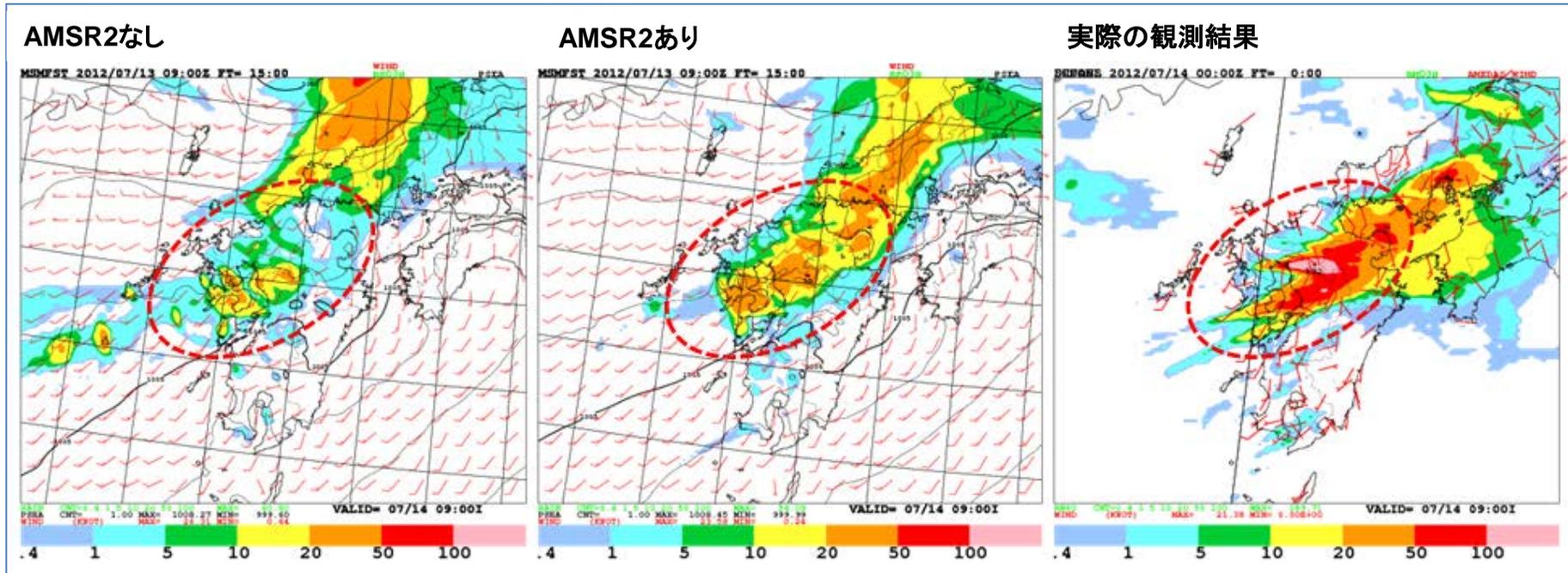
「しずく」(GCOM-W)の気象予報への利用

「しずく」搭載のマイクロ波放射計(AMSR2)の観測データは気象庁をはじめ、世界の気象機関で数値天気予報など、現業に利用。(36か国264機関)



水循環変動観測衛星
「しずく」(GCOM-W)

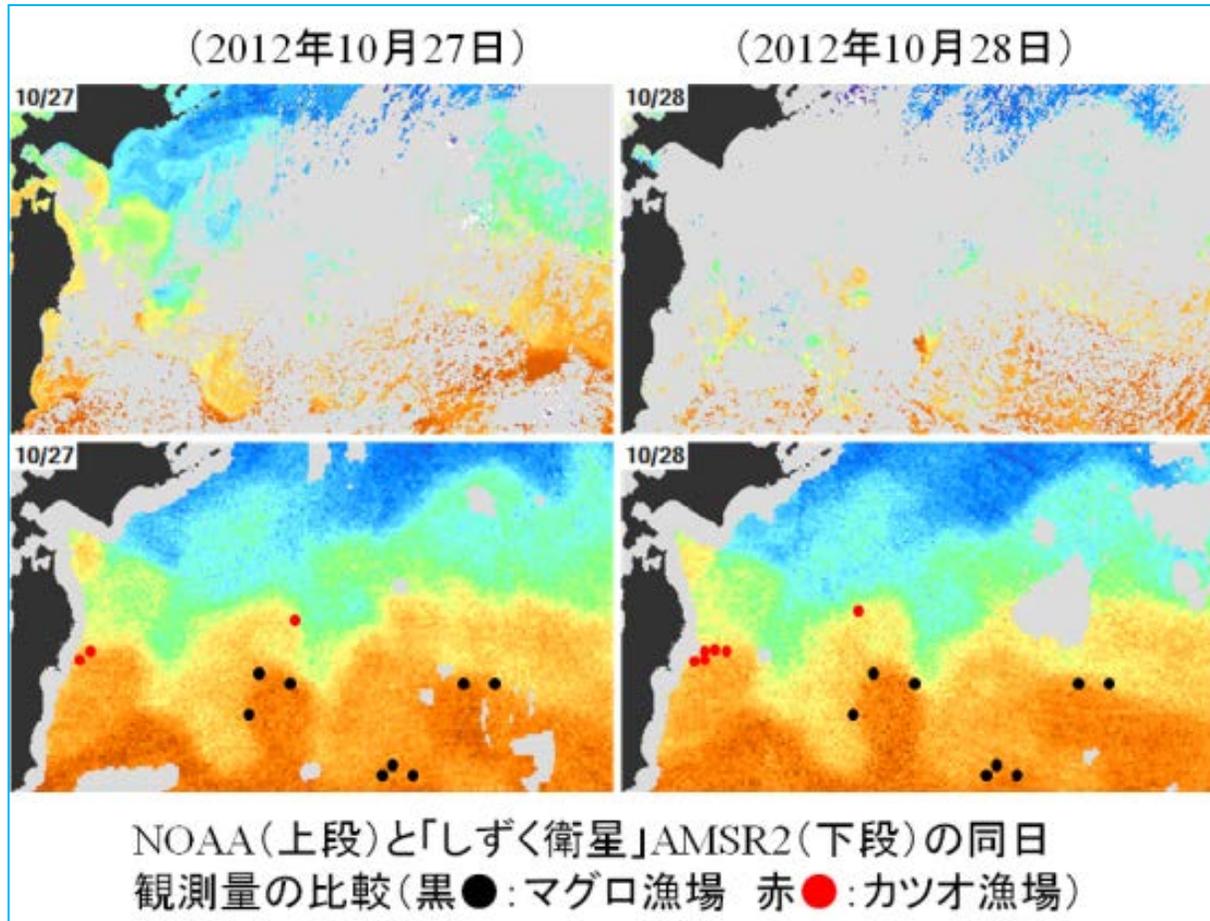
数値予報モデルの改善例(平成24年7月九州北部豪雨) 気象庁提供



モデルに「しずく」データを加えることで、降雨予測の精度が大幅に改善している

「しずく」(GCOM-W)の漁業への利用

「しずく」による海面水温データ等は、漁業情報サービスセンターが作成する漁海況情報に定期的に利用されており、漁船の漁場選定などに活用されている。→**漁船の燃油を16%節減**



これらの成果により、「しずく」の観測技術の開発が平成26年度文部科学大臣科学技術賞を受賞。

海面水温を利用した漁場予測 (漁業情報サービスセンター提供)

「しずく」(GCOM-W)の農業への利用

米国における干ばつ状況の把握

地図 北米の土壤水分量平年対比(青円 コーンベルト) 土壤水分大幅低下
2012年6月 1日~15日

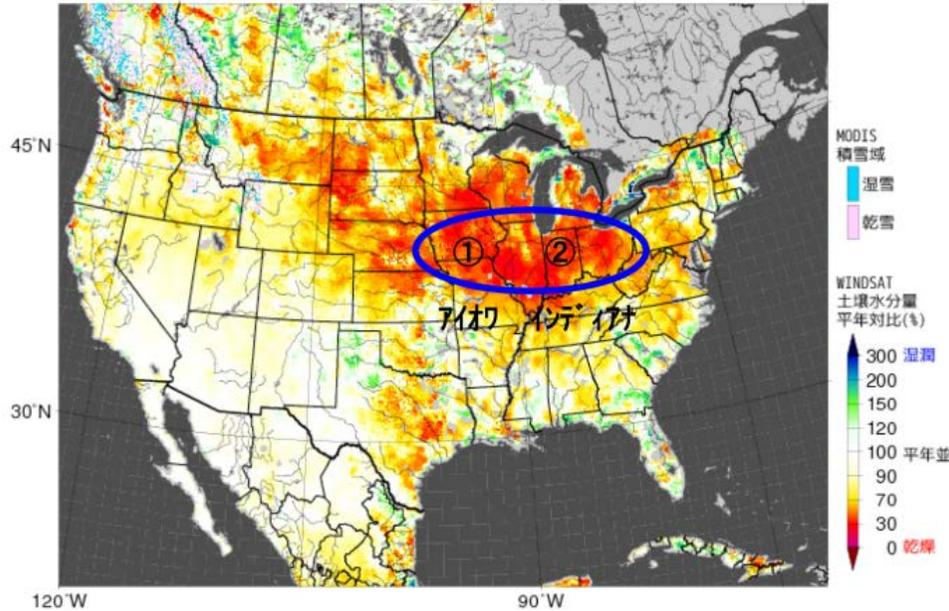
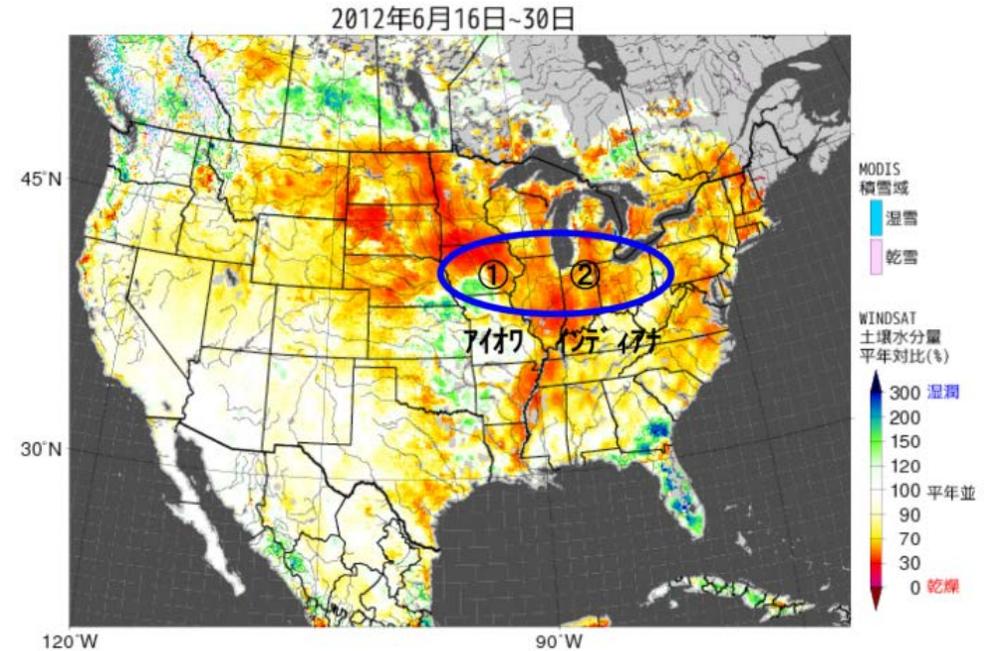


図 北米の土壤水分量平年対比(青円 コーンベルト) 乾燥状態が継続



[農林水産省 海外食料需給レポート2012年6月、7月より]

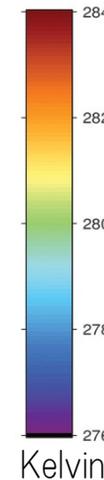
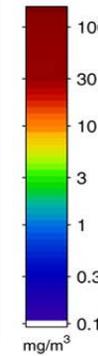
- コーンベルトにおける受粉期の干ばつを検出(2012年6、7月)
- 同年の米国のトウモロコシ輸出量は前年から40%以上減少

気候変動観測衛星 (GCOM-C)

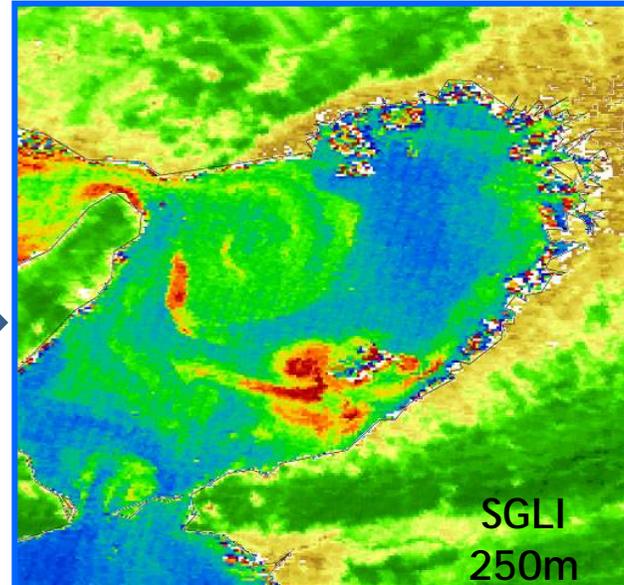
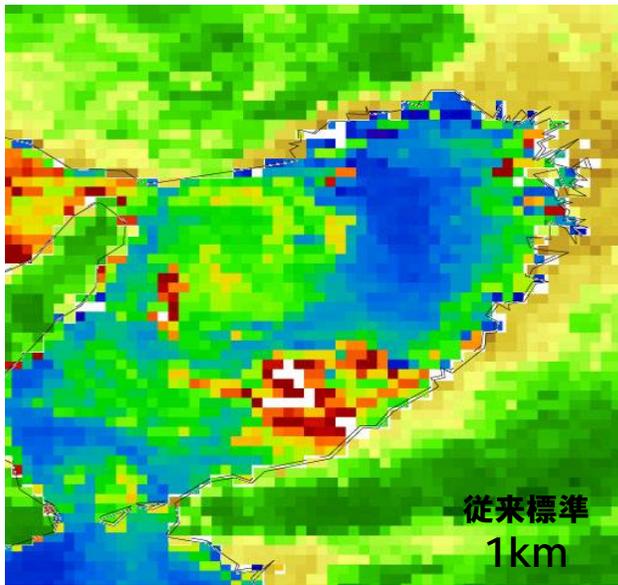
空間分解能の向上による 高精度化

SGLIの250m分解能観測により、**高精度かつ高頻度**で地表面の詳細情報を得ることができる。

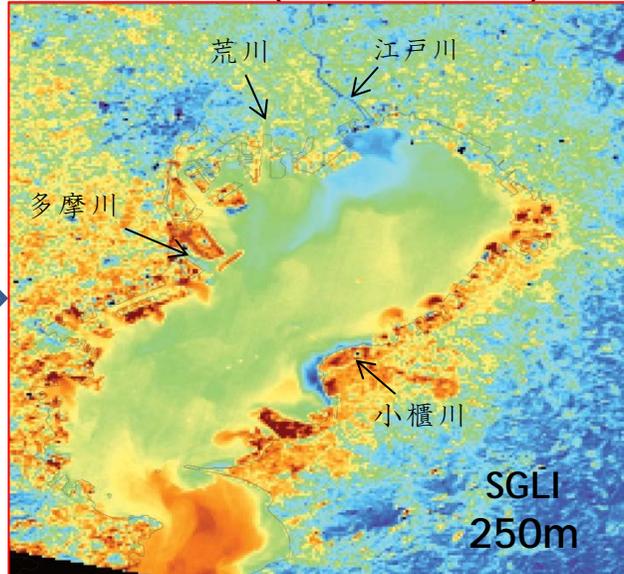
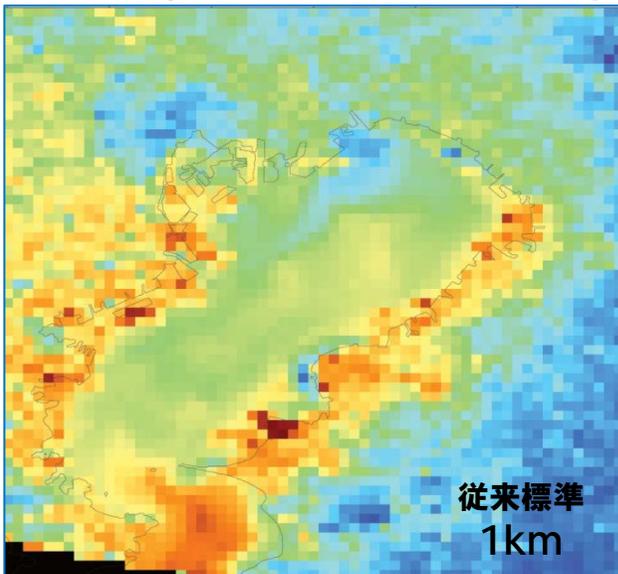
沿岸域に見られる**河川流出物**やブルージング、**小さな渦構造**などをより詳細に検出することが可能になると期待される。



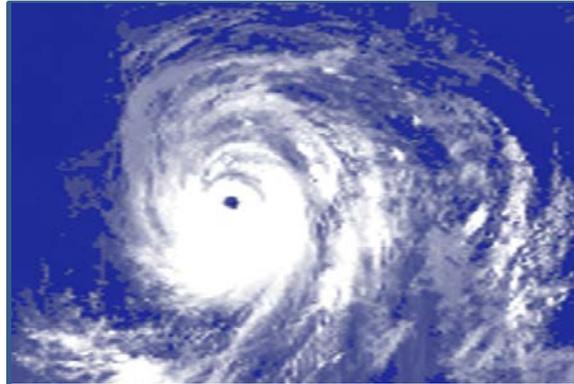
陸・沿岸海洋域における都市や河川流出などの影響を受けた**表面温度の微細構造**および季節変動を検出可能



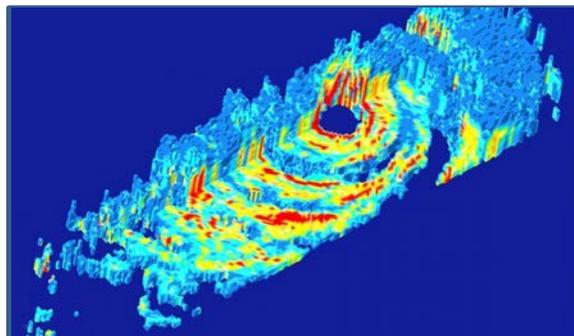
分解能によるクロロフィル-a(海域)と植生指数(陸域)(2003年10月1日)



東京湾付近の地表面温度分布(2014年1月23日)



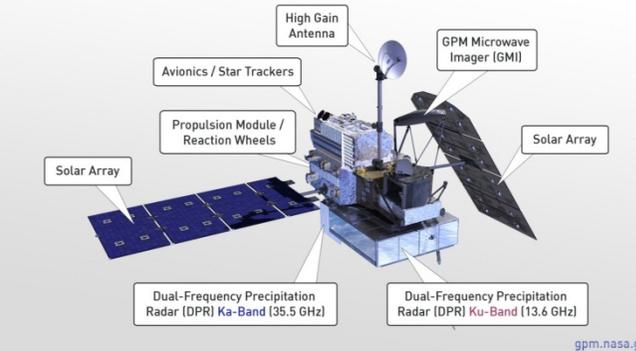
ひまわりによる雲の平面画像



DPRによる降水3次元画像



Global Precipitation Measurement Mission
Core Observatory



GPMの全体構成

◆ 1機の主衛星＋複数機の副衛星（日本、米、仏、印、欧が参加）

◆ 日本が開発した主衛星搭載センサ；二周波降水レーダ（DPR）

◆ 全球降水観測計画（GPM）：

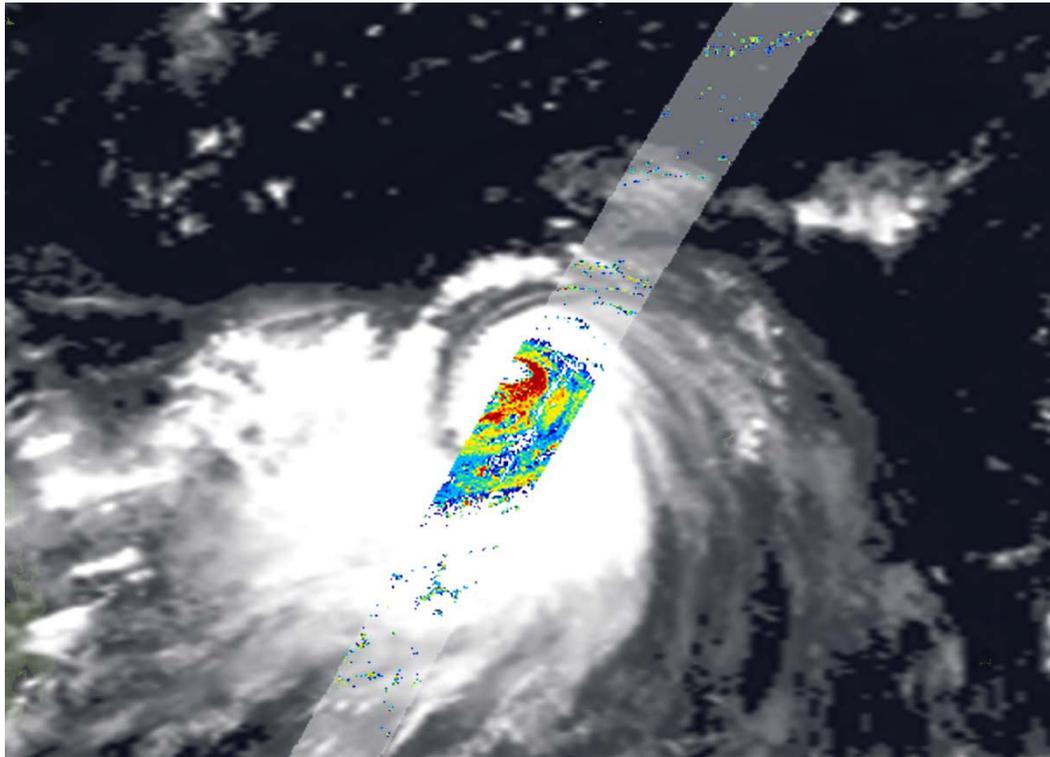
気候変動・水循環変動の解明の為、全球降水の高精度・高頻度観測を行う国際協力ミッション

観測目的

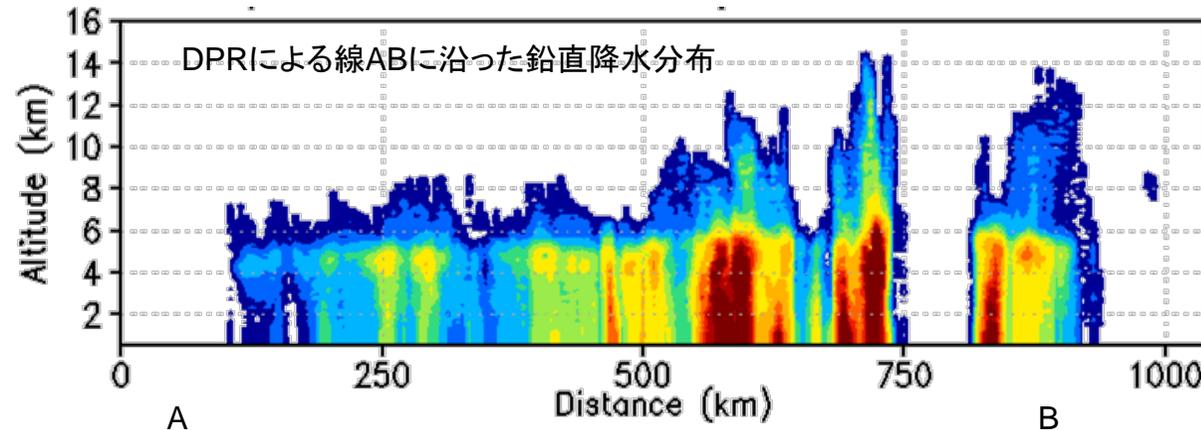
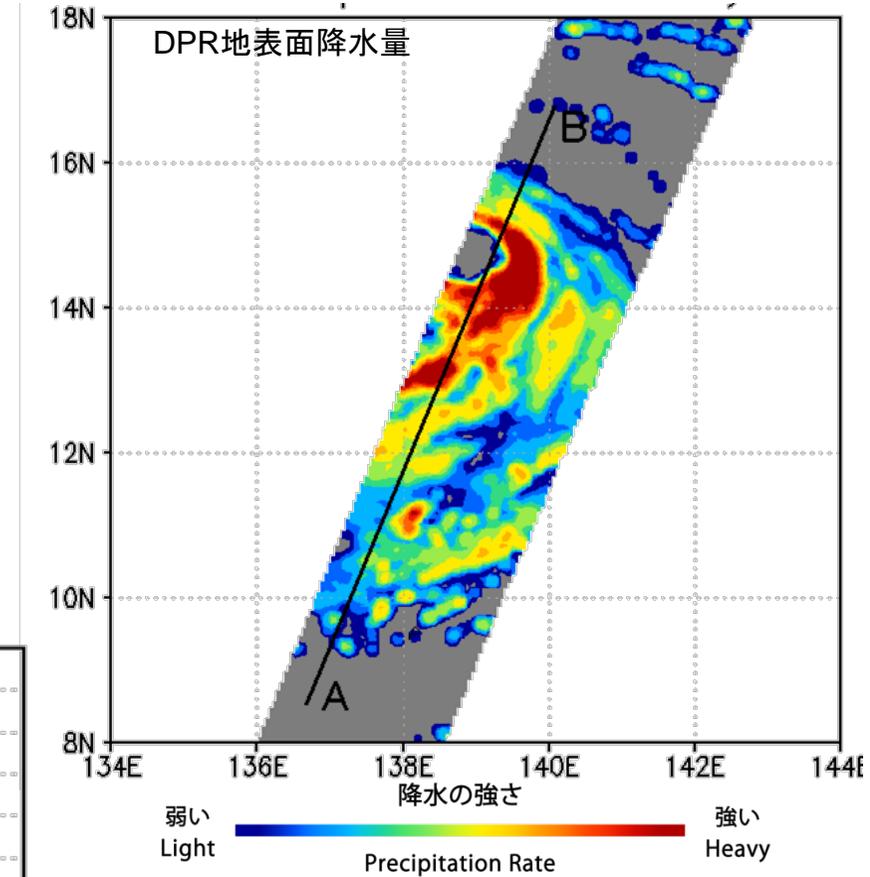
- ✓ 二周波降水レーダによる雨の高精度な三次元観測
- ✓ 複数の衛星コンステレーションと連携して、高頻度な全球降水マップを提供

2014年2月28日 種子島宇宙センターから打上げ成功

GPM/DPRによる2014年台風8号の高精度観測



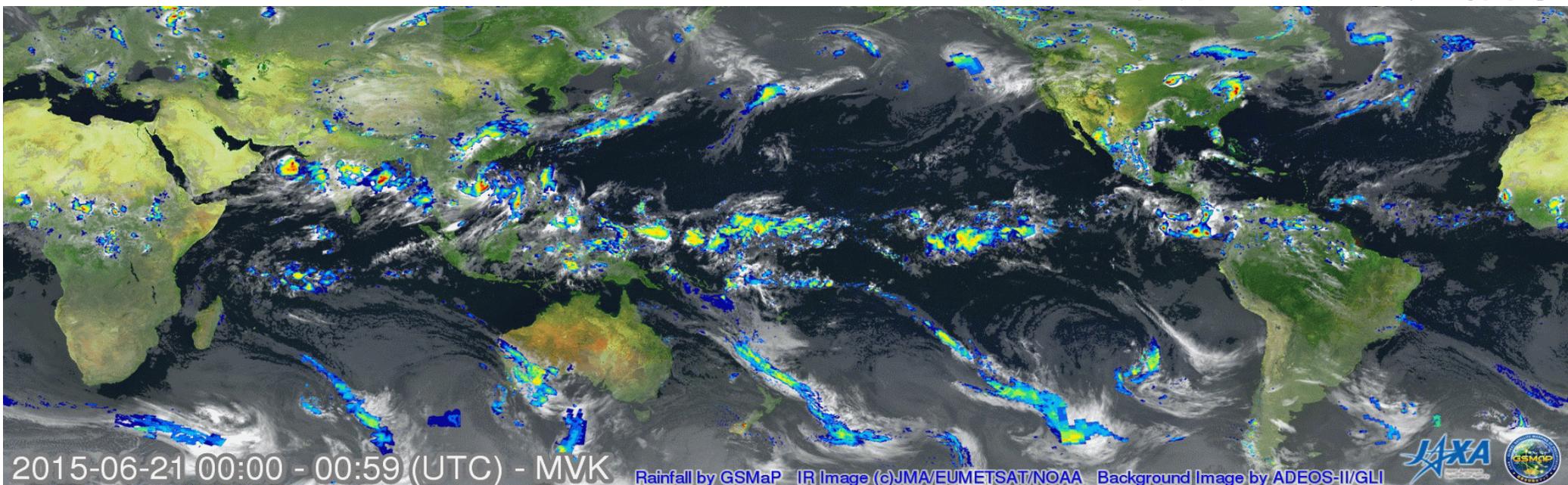
2014年7月5日
4時27分頃(日本時間)



GPMを含む日米欧の地球観測衛星群の観測データを元に作成した「世界の雨分布速報(GSMaP)」

- 緯度・経度0.1度格子(赤道付近で約11km四方)毎に雨量を算出
- 世界の降雨分布の準リアルタイム(観測から約4時間遅れ)を公開
- 現在、ナウキャスト版(GSMaP_NOW)も公開準備中 → インドネシアなどの海外気象局での利用

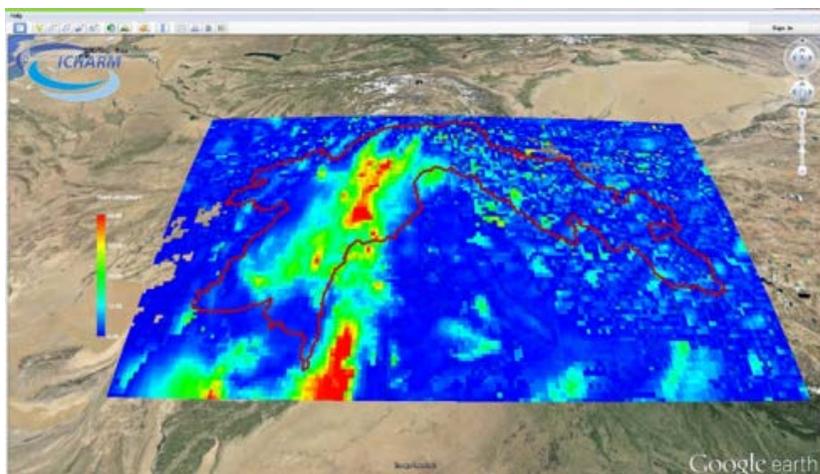
2015年6月21日～30日、3時間毎



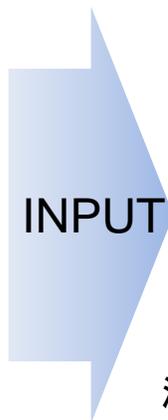
豪雨により度重なる洪水の被害を受けるパキスタンにおいて、地上観測が普及していない状況を踏まえ、ユネスコプロジェクトとして、現地の洪水解析システム※に地上雨量計データで補正したGSMaPデータを用いたところ精度の高い河川流量が得られその有用性が評価された結果、平成27年度よりパキスタン気象局での実運用が予定されている。(さらにインダス川の対象域を広げたプロジェクトも計画されている。)また、バングラディシュ・フィリピン・ベトナムにおいても、GSMaPを利用した洪水予測システムが構築され、実運用に向けた準備が進められている。

※)土木研究所が開発したインダス統合洪水解析システム(Indus_IFAS)

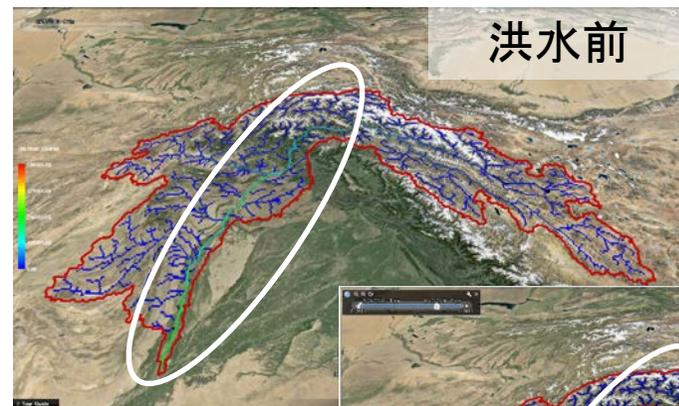
全球降水マップ(GSMaP)による降水量
(黄色～赤色が雨の強いことを示す)



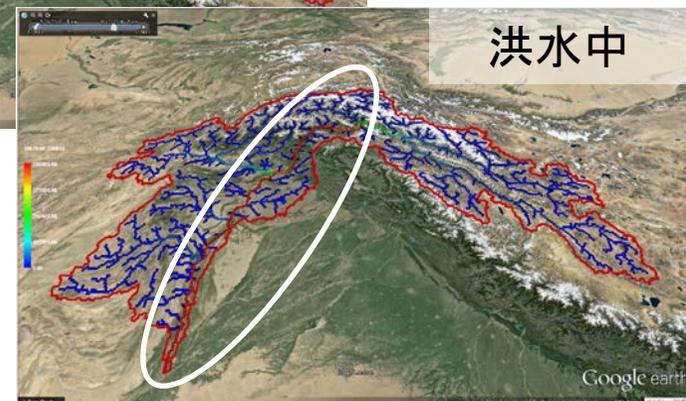
(赤線内が対象のインダス川流域)



洪水解析システムにGSMaP降水量を入力し得られた河川流量
(流域で雨が降ると、それに対応して河川流量が増加)



←洪水前は本流の流量は中程度の量(緑色)



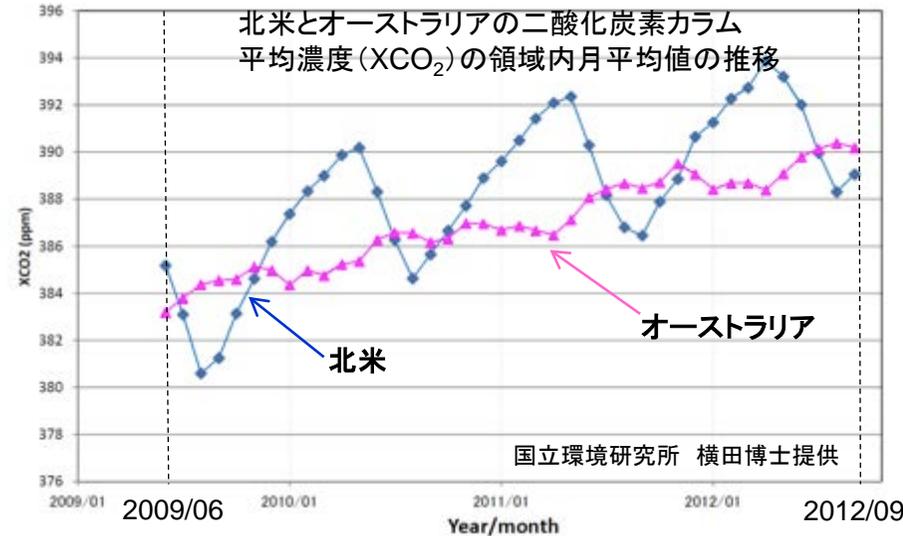
洪水発生時は本流の流量が大きく増加(赤色)→

パキスタンにおける運用事例
(画像提供:土木研究所)

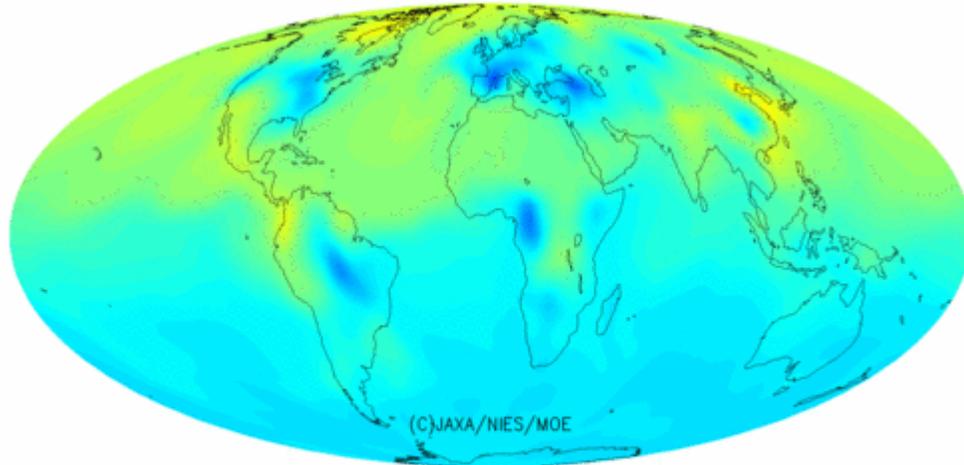


いぶき(2009年1月打上げ)

- 目的: 温室効果ガスの全球の濃度分布を測定し、先進国の排出量削減効果の把握に貢献
- 国際的優位性: 世界唯一の二酸化炭素・メタン観測専用衛星、センサ技術・データ処理技術で世界をリード

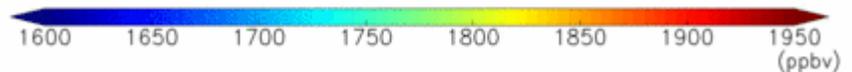
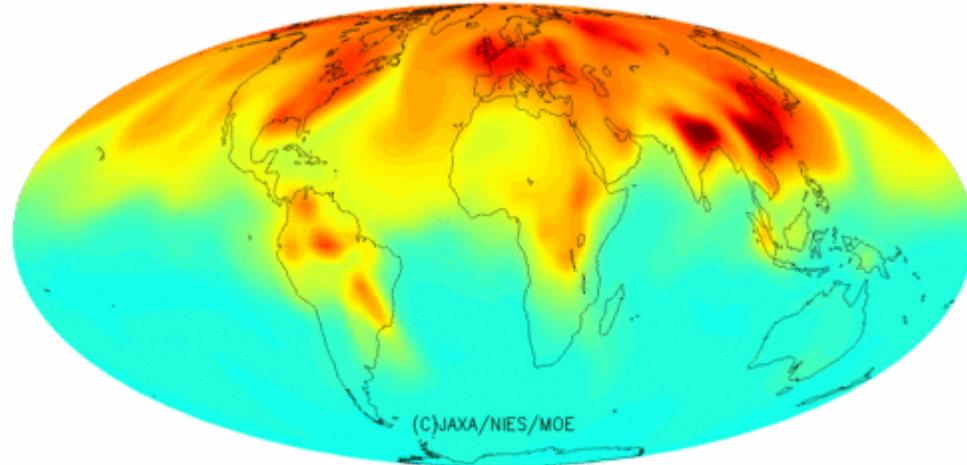


GOSAT L4B V02.02 CO₂ (2009/06/01) ETA:925
Simulated Concentration



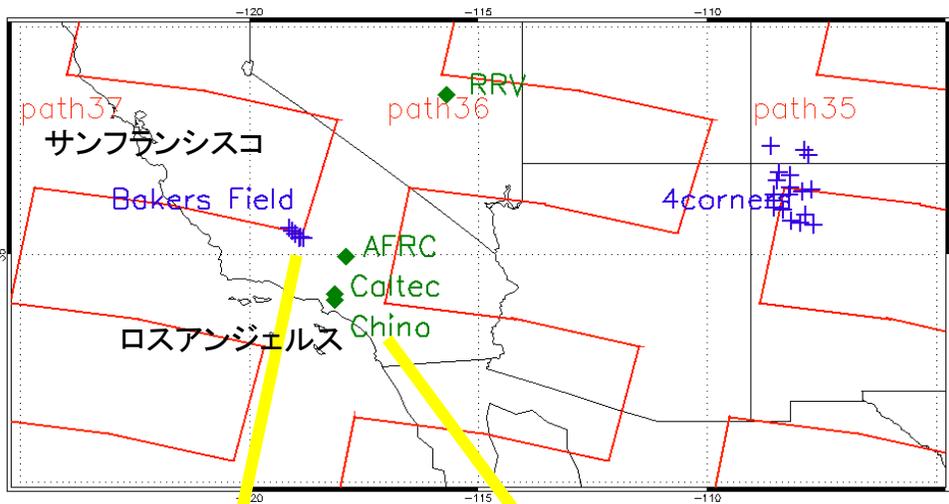
二酸化炭素濃度の日平均値の動画(2009年6月~2011年5月)
高度約800 m

GOSAT L4B V01.01 CH₄ (2009/06/01) ETA:925
Simulated Concentration



メタン濃度の日平均値の動画(2009年6月~2011年5月)
高度約800 m

GOSAT後期利用段階に おける観測最適化 単純な格子観測(赤線)から 大規模排出源重点観測へ

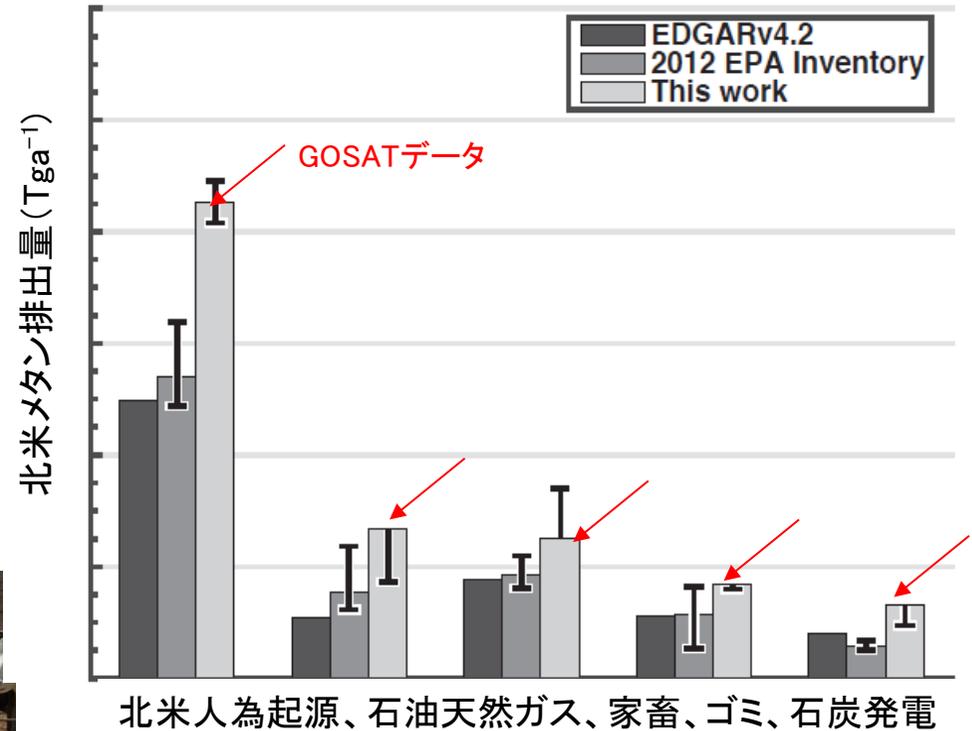


カリフォルニア中央バレー油田



ロスアンゼルス郊外の酪農地帯

北米メタン排出(従来のモデル、 米国環境保護庁のインベントリ、 GOSATデータからの解析



GOSATのCH₄観測データにより従来のEPAの北米の排出インベントリは過小評価であることを示した。(Harvard大Turner氏)