国土地理院報告会　＠新宿明治安田生命ホール

災害に対する人工衛星の働き

-巨視的な観測と通信回線の代替-

平成23年6月3日

宇宙航空研究開発機構
理事　　本間　正修

災害に対する人工衛星の働き

(1) 宇宙からの観測

- 衛星高度からの観測により広域の災害状況を把握
- 継続的な広域観測、航空機による観測が困難な地域の状況把握に有効

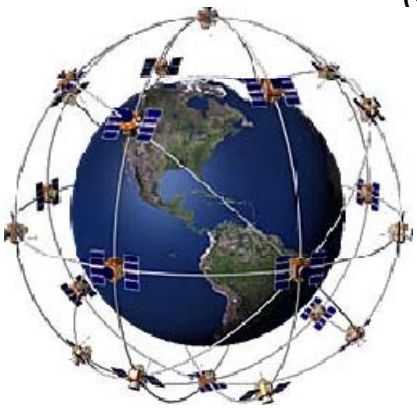
Observed by AVNIR-2 (about 70km x 750km)

(2) 通信回線の提供

- 災害により交通手段や地上の通信インフラから孤立した住民に対して、衛星通信は生命線となる

(3) 高精度位置情報の提供

- GPSは地殻変動の観測に用いられている

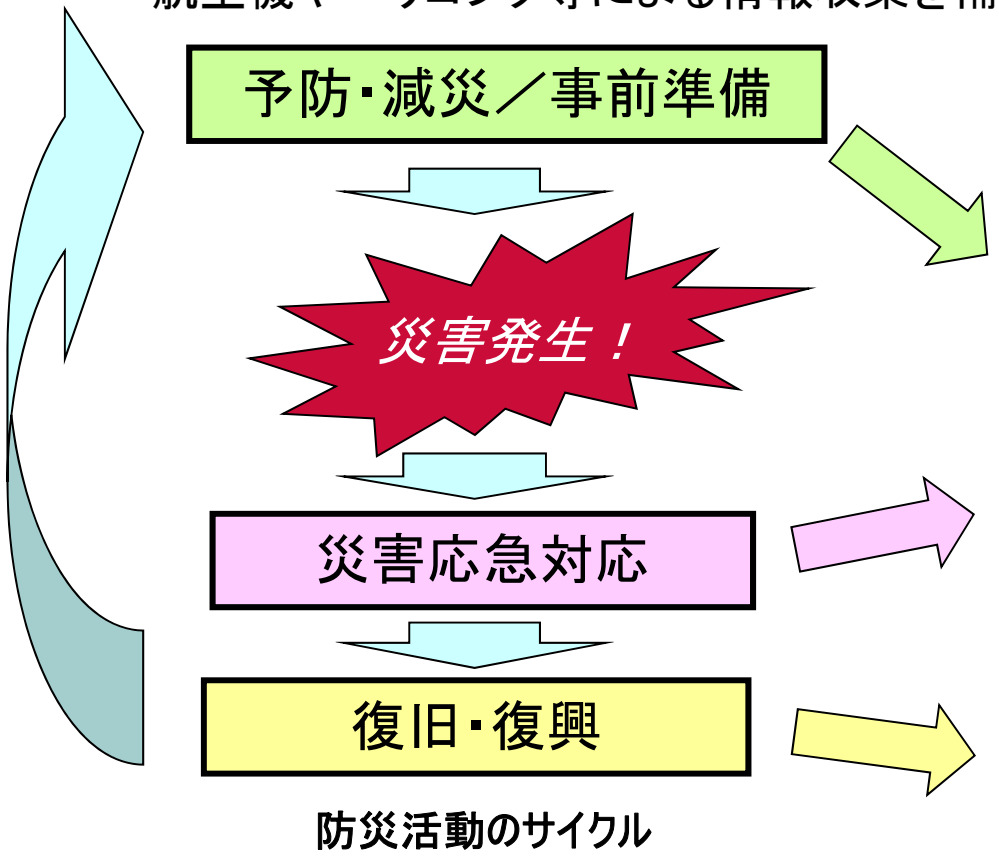


1．災害サイクルに対応した衛星の役割

＜衛星は、自然災害の影響を受けない＞

●衛星観測の特長：「夜間・悪天候時の観測」、「広域の観測」、「繰り返しの観測」により得られた情報を、防災活動に提供する。

航空機やヘリコプタ等による情報収集を補い、防災活動に貢献



防災活動のサイクル

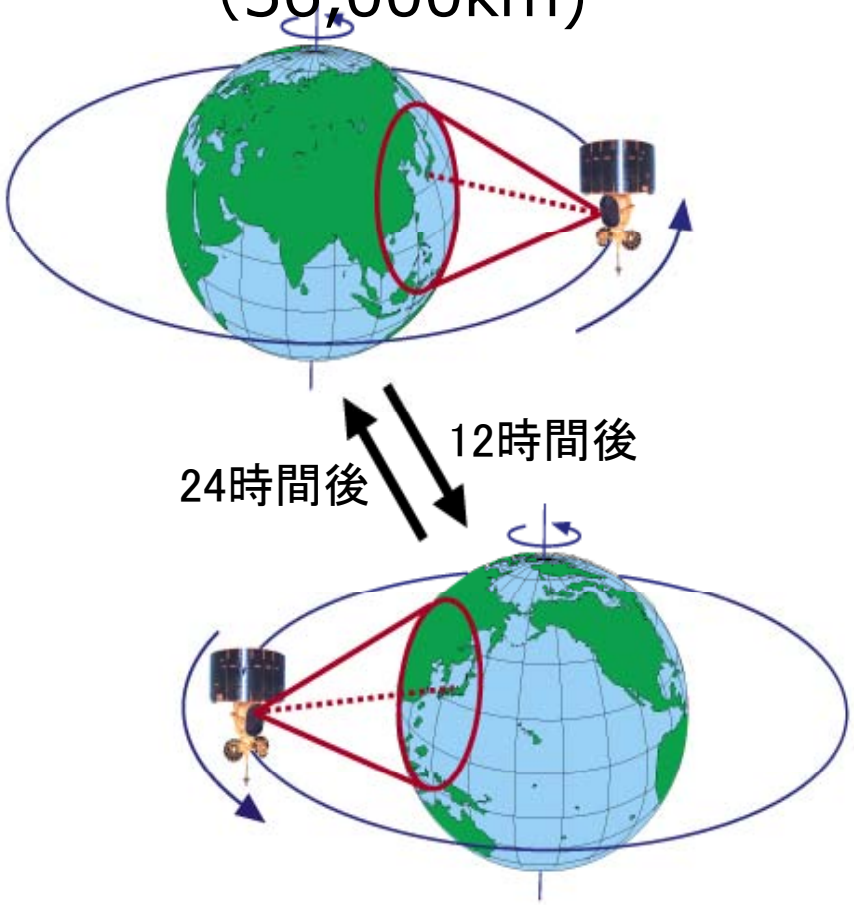
衛星が提供できる情報	左記に基づく対応活動
火山・地すべり危険地域モニタ、地形図修正情報など【広域、繰り返し】	防災計画の策定、ハザードマップの更新
家屋被害、道路・鉄道被害、火災・浸水などの状況【夜間・悪天候、広域】	救助活動・避難ルート・救助隊集結・ヘリ発着場所確保、交通規制
復興進捗状況、火山変化、土地利用状況など【広域、繰り返し】	二次災害の防止、復旧・復興対応の検討

●衛星通信の特長：「広域性」、「同報性」により防災情報を、伝達する。

I. 宇宙からの観測

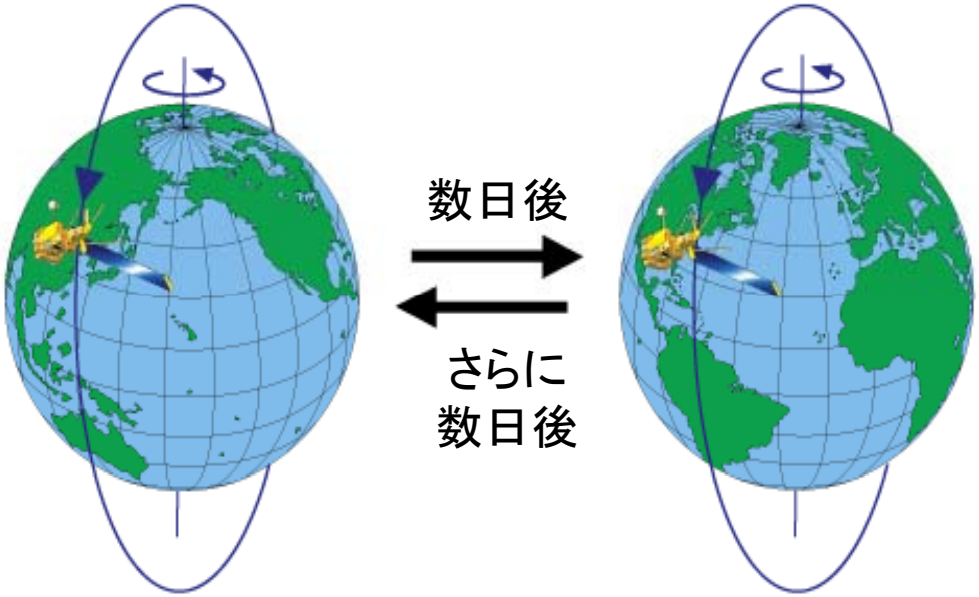
よく使われる人工衛星の軌道について

1．静止軌道（36,000km）



（気象衛星、通信衛星など）

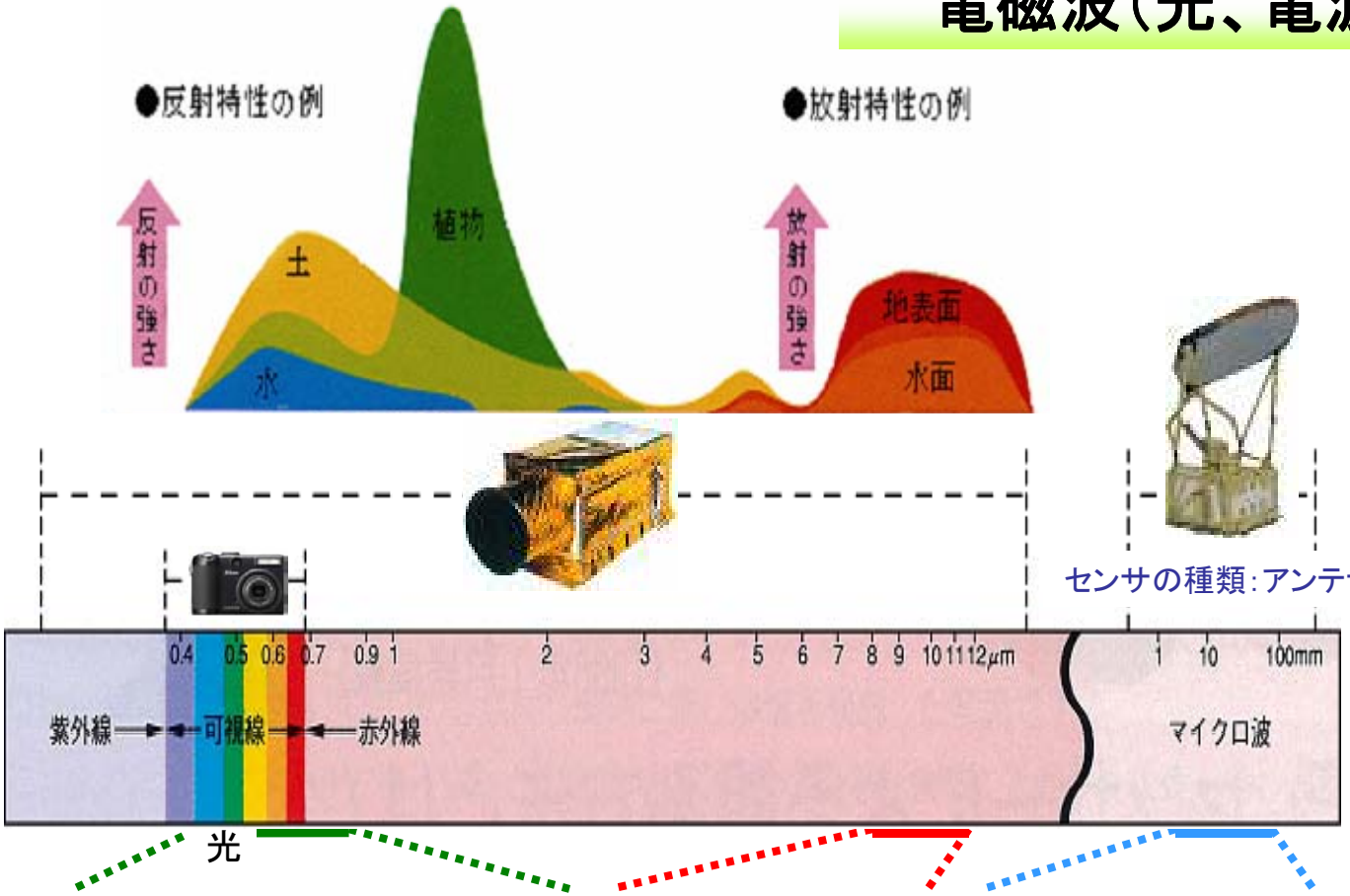
2．低軌道(600～800km)



（地球観測衛星など）

2. 観測衛星の仕組み

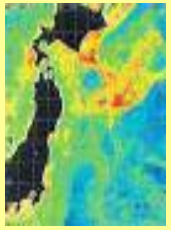
電磁波(光、電波)の計測



・人の見た目と同様の画像(関東地方)

・植物活性度

・森林
風倒被害



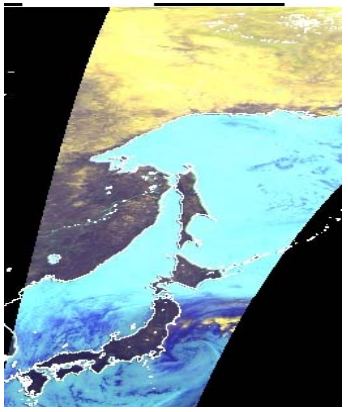
・水色
(植物プランクトン)

・地表面温度

・海面温度

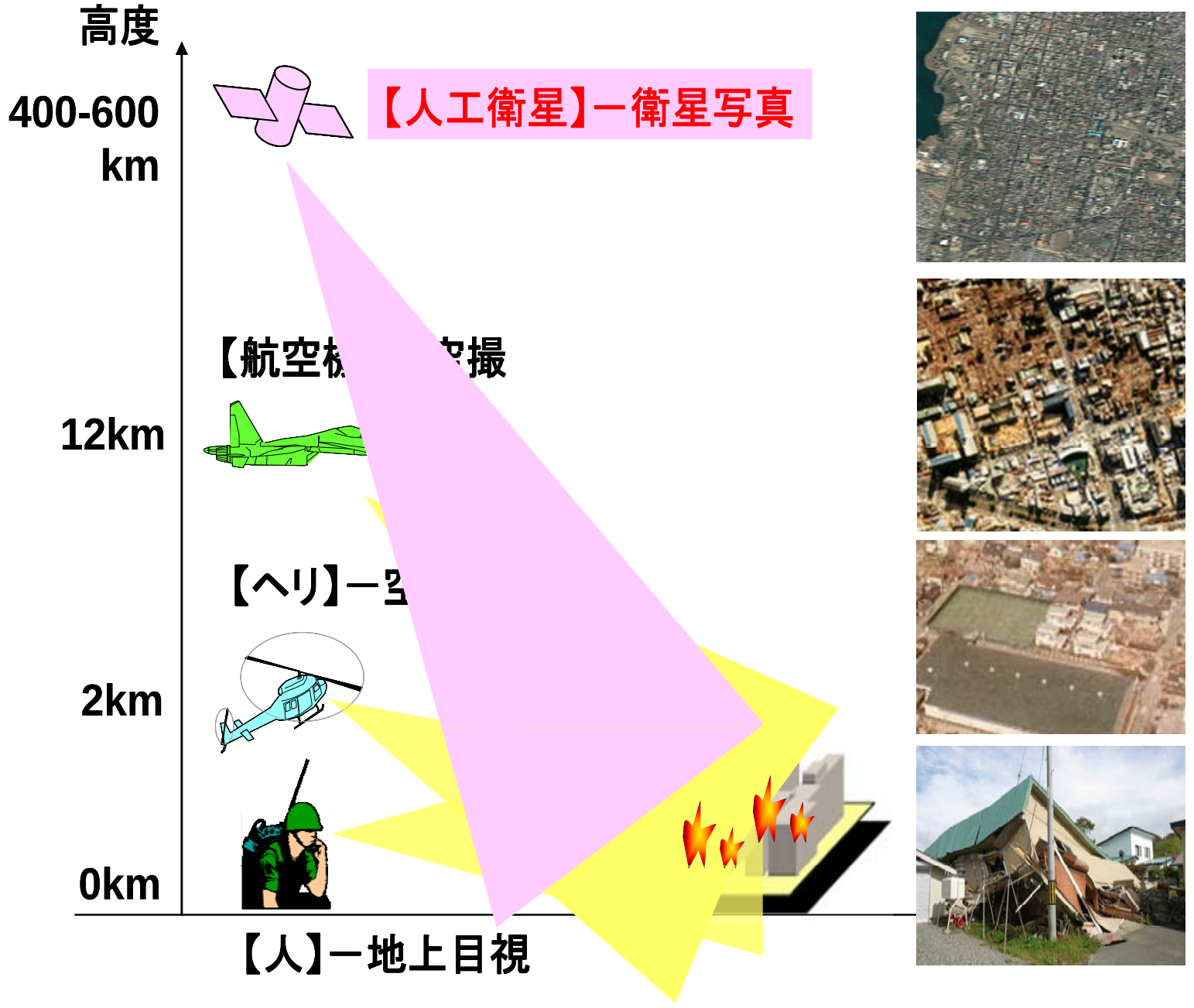
・海面温度
(雲透過)

・海氷の分布



・マイクロ波の画像

巨視的観測（衛星と航空機/ヘリとの比較）



巨視的観測（衛星画像の比較）

●航空写真は1～2km幅で、約30cm分解能
●米国商業観測衛星（IKONOS）は11km幅で約1m分解能
●だいちは70km幅で2.5m分解能
●だいちは広域観測に重点を置き、なおかつ、1/25000の地図利用が可能

（大凡の目安）

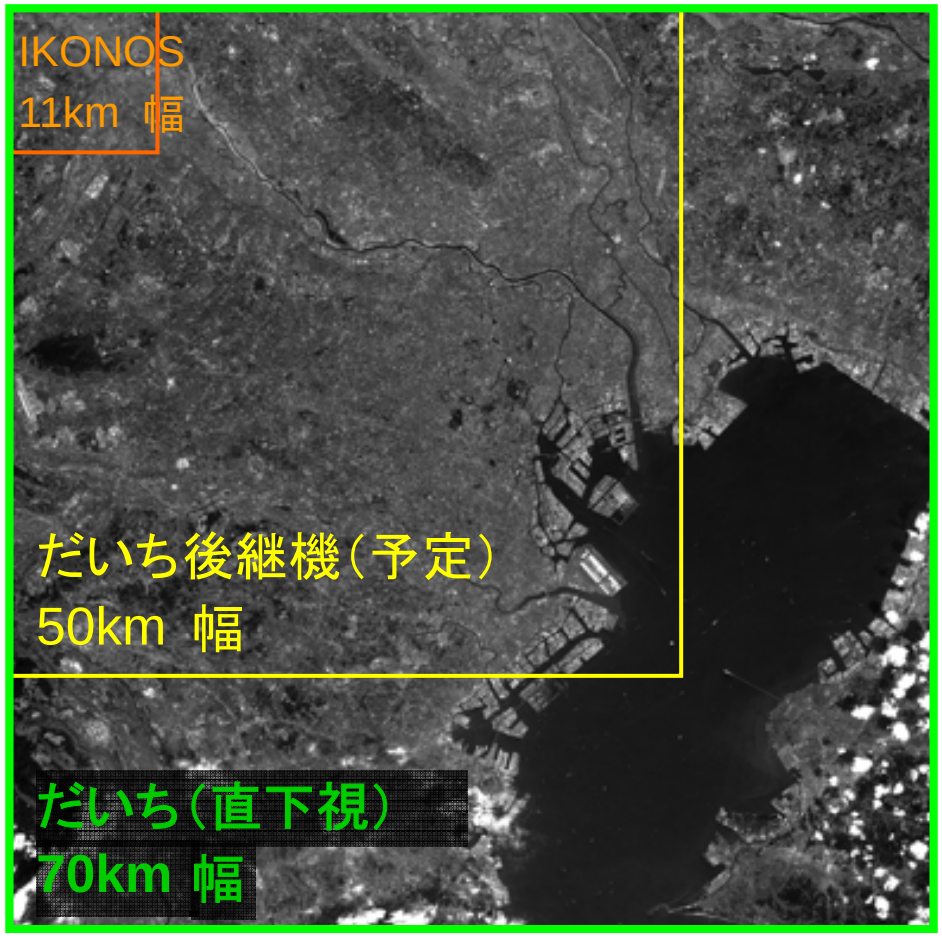
市町村域

≦

大都市域

≦

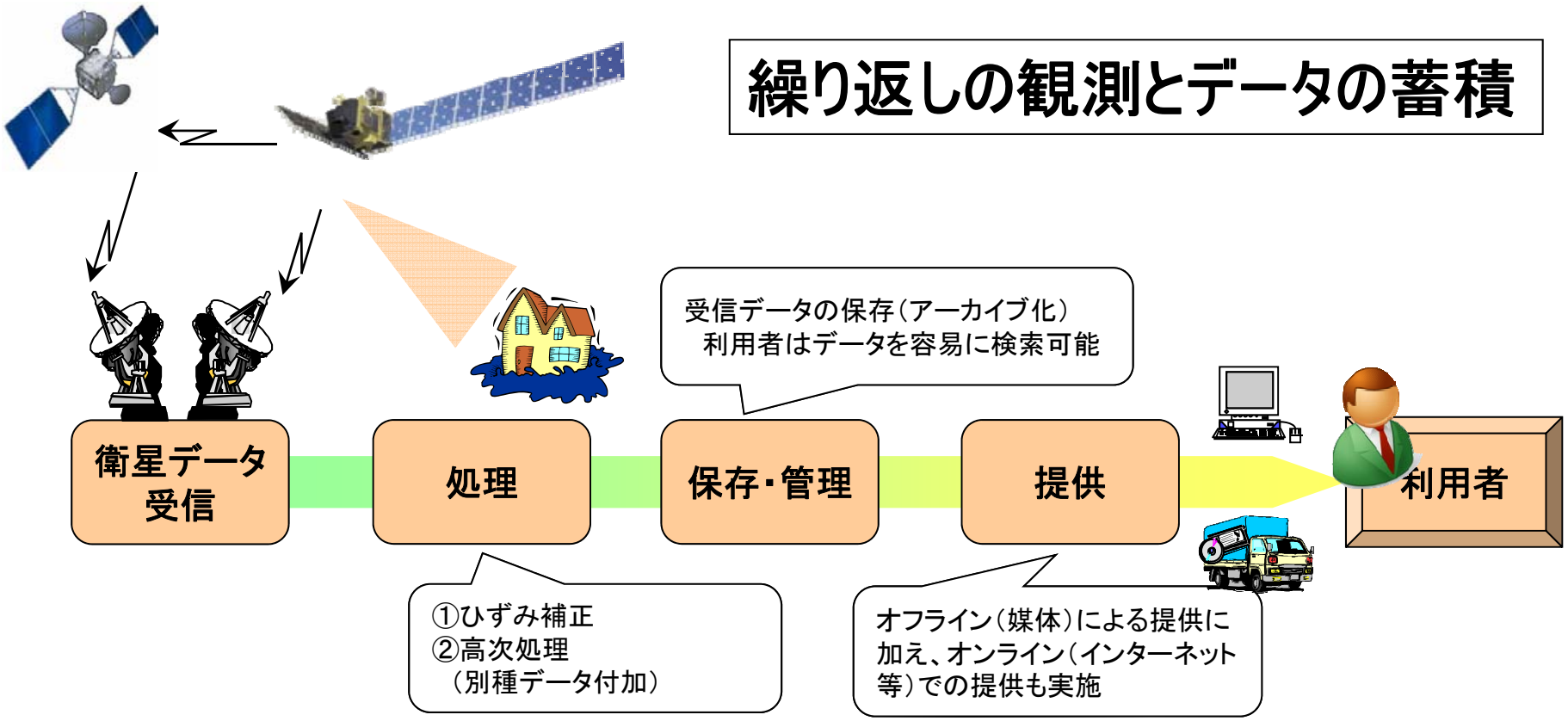
県域



2.5m
分解能

1m相当
分解能

地球観測衛星　データ取得から提供までの流れ



4. JAXAの衛星計画

宇宙基本計画に沿った地球観測衛星の分類

○　我が国の衛星と世界の主な衛星を、宇宙基本計画の3つのシステム・プログラムに沿って整理

アジア等に貢献する陸域・海域観測衛星システム

- 大規模災害状況把握等の安全保障、地図作成、森林や土壌観測による農業等、公共利用が多い。
- 広域・グローバル観測のみならず、高解像度観測による軍事・民生共用（デュアルユース）や商業利用も進展。（欧米商業衛星、ASNARO（経産省））

○陸域・海域観測に利用される衛星

＜主な特徴＞
・中解像度・広観測幅
・災害監視、資源探査等主に公共目的

- だいち《JAXA/経産省》
- LANDSAT
- Terra/ASTER《経産省》
- SPOT
- Sentinel(GMES)(開発中)

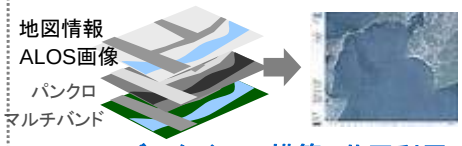
地球環境観測・気象衛星システム

安全保障を目的とした衛星システム

災害監視・通信プログラム

防災利用例

地図基盤整備

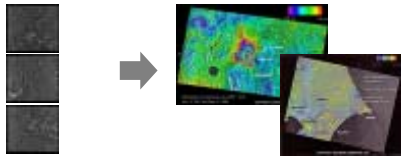


データベース構築、共同利用

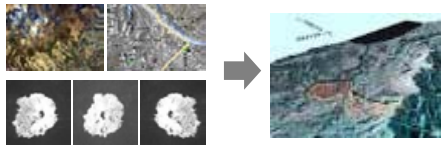
火山監視

沿岸災害

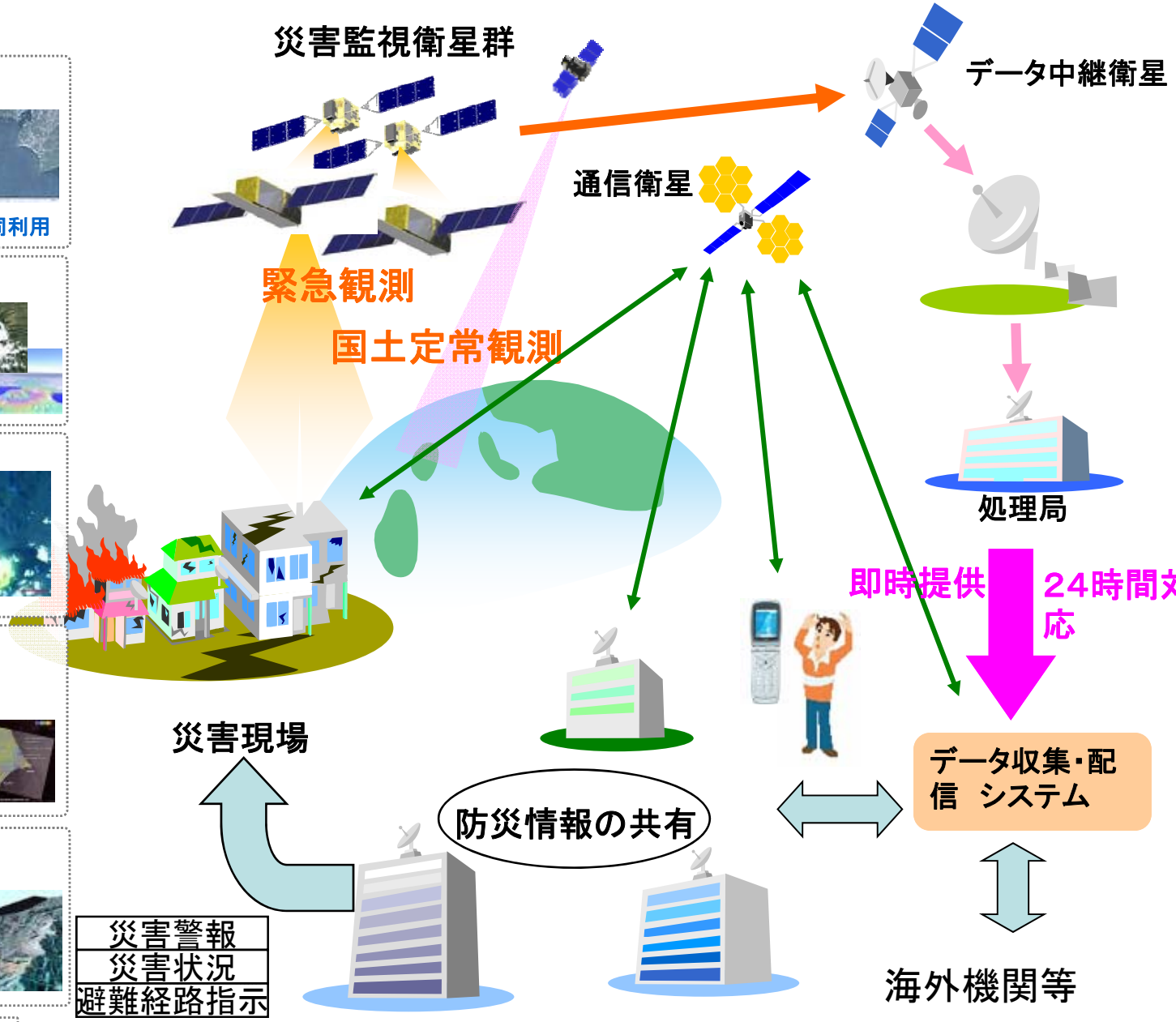
地殻変動



土砂流出



その他：風水害等

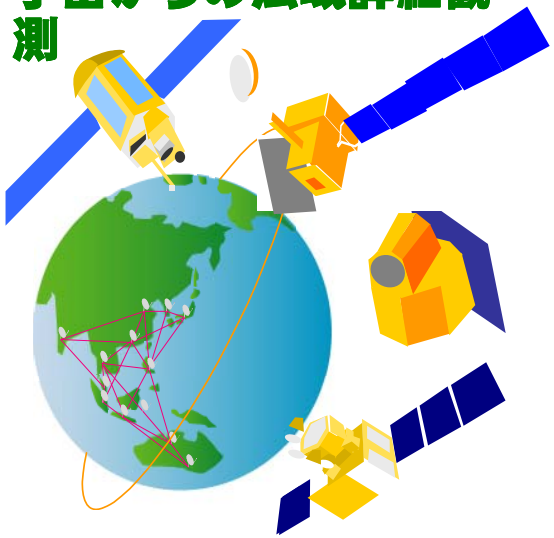


5. 国際協力の仕組み

＜①　センチネルアジア＞

アジア太平洋地域における宇宙利用促進を目的とした協力枠組みである「アジア太平洋地域宇宙機関会議」（APRSAF）が先導する活動、平成18年から運用中

宇宙からの広域詳細観測



「だいち」日本　台湾
インド　タイ　韓国

・衛星保有国（インド、タイ、韓国、台湾）との連携による衛星観測を実現。

災害情報の伝達

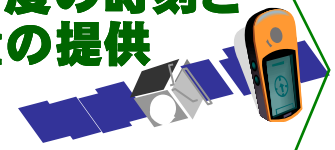
きずな　日本

・フィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア、モンゴル、スリランカ、ベトナム、キルギス、カザフスタン、フィジー、ネパールに受信局を設置。

災害情報の共有

・ホストサーバーをJAXAに設置
・ミラーサーバーをフィリピン、タイに設置。各国にも展開中

高精度の時刻と位置の提供



準天頂衛星

能力開発　人材育成

防災機関と宇宙機関の連携

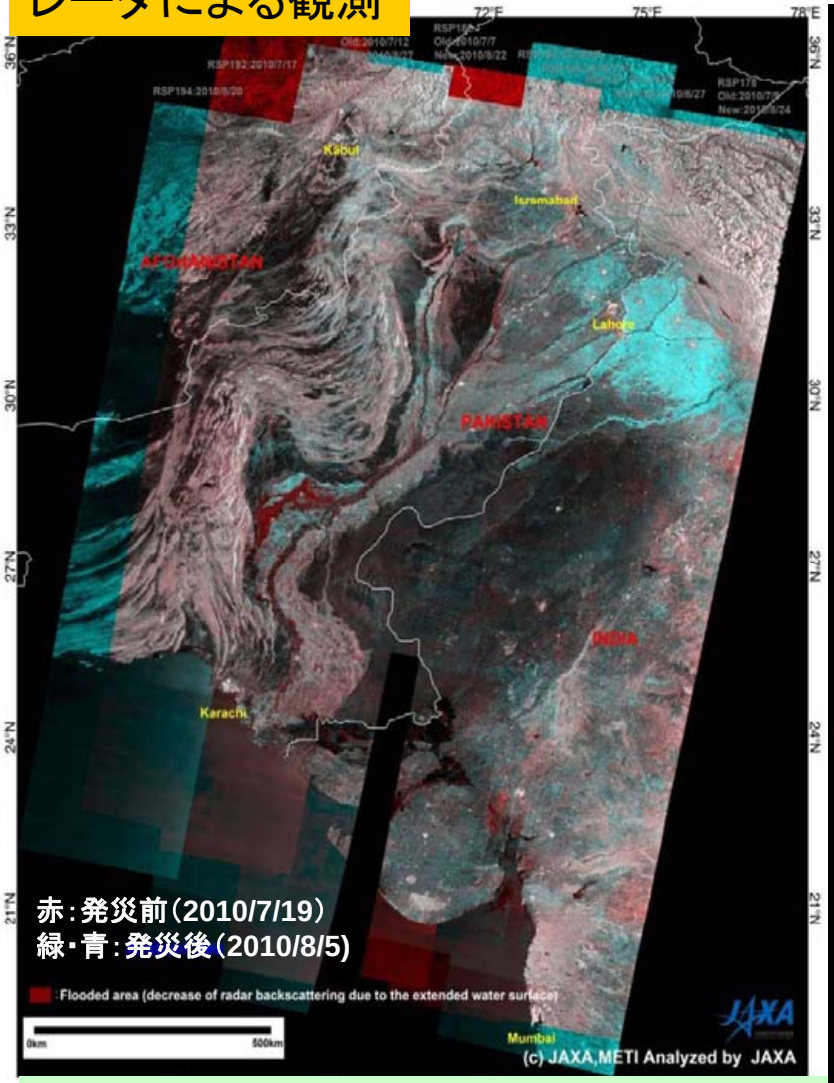
これまで101件の災害に対応

24ヶ国・地域64機関
10国際機関が参加。

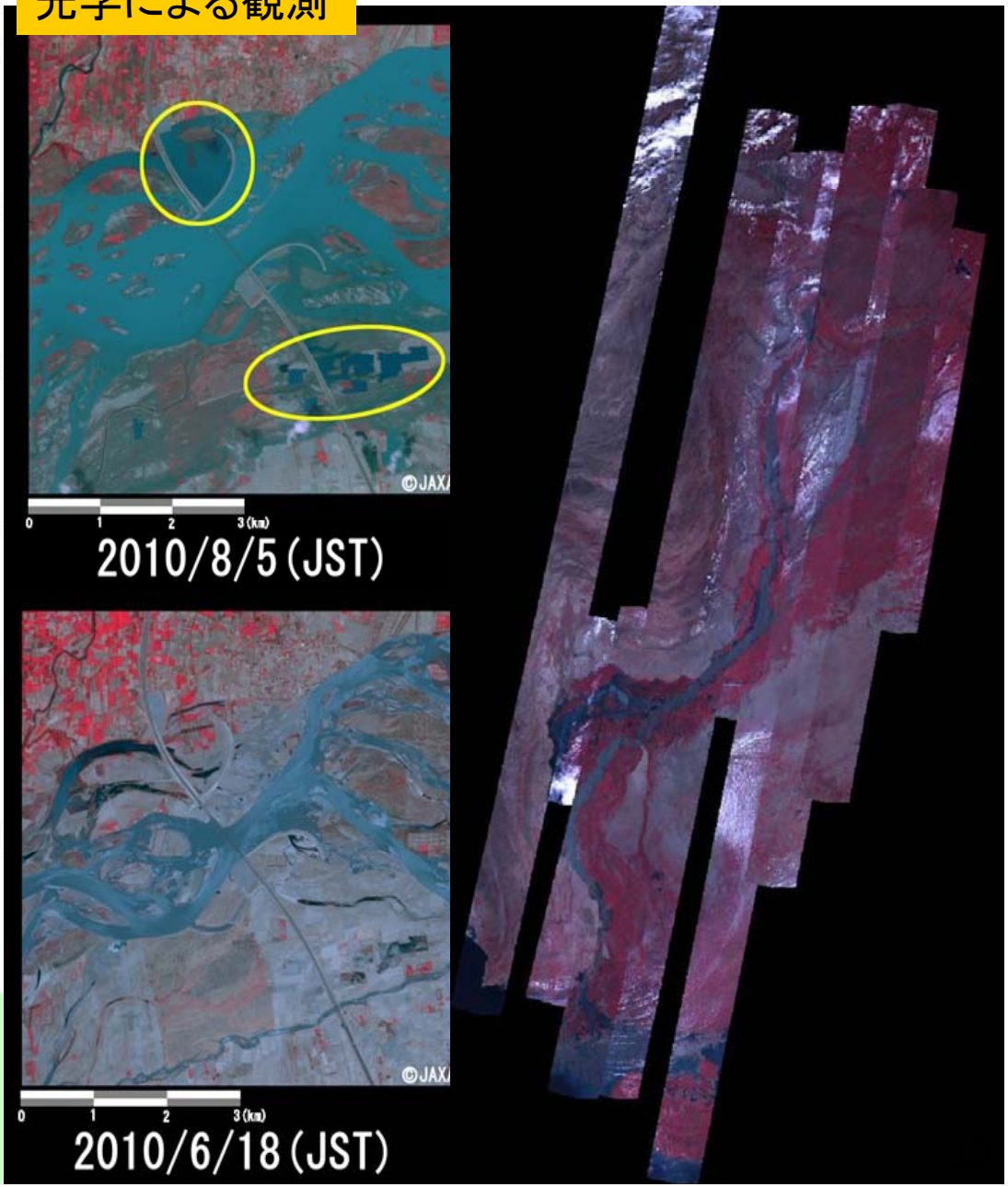
NPOや住民へ

H22年7月　パキスタン北西部　豪雨による洪水災害

レーダによる観測

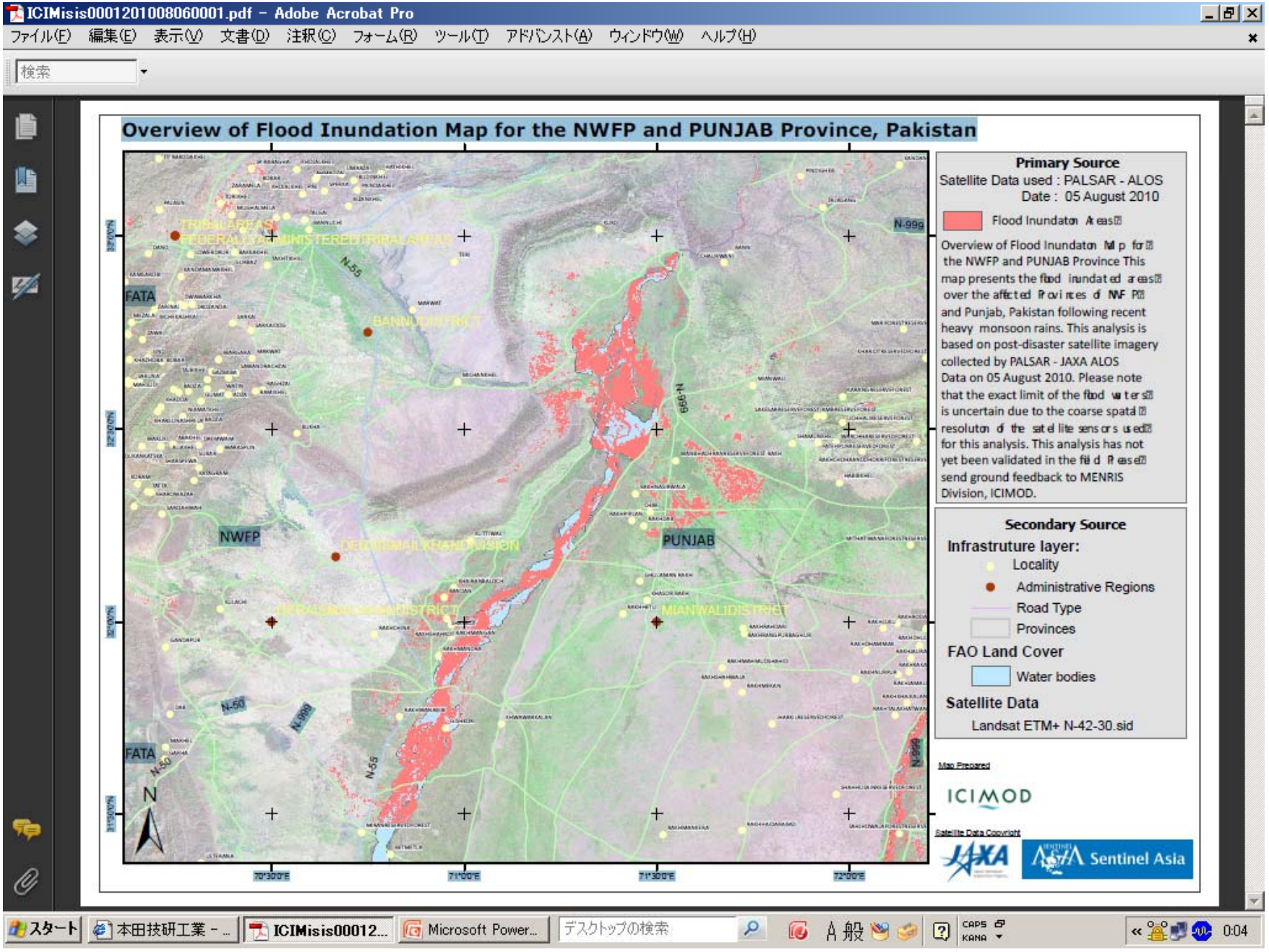


光学による観測



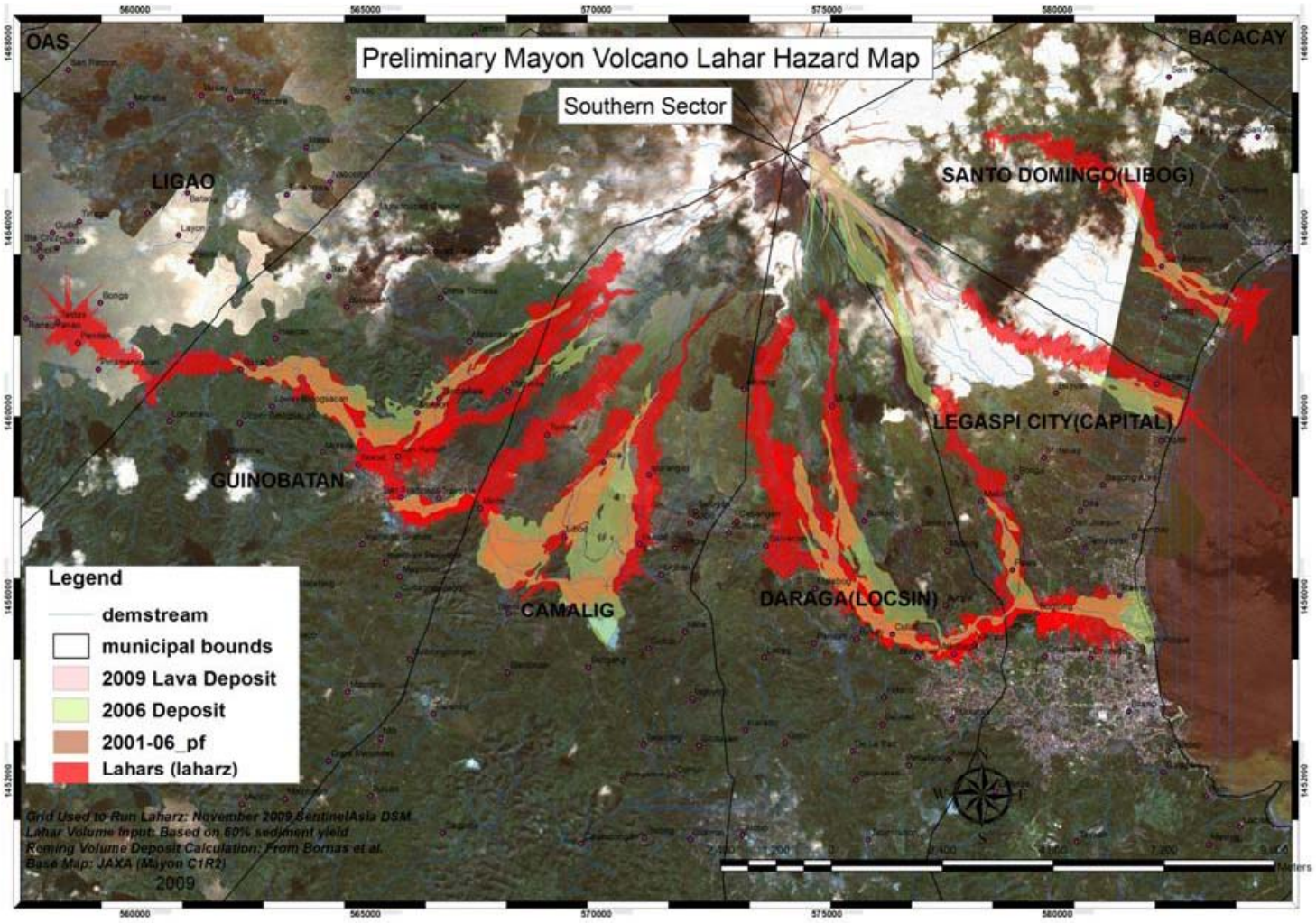
図は観測幅250km以上のScanSARデータによるモザイク及び変化抽出画像です。大雨後に暗くなった箇所は赤色に、明るくなった箇所は水色にみえます。
洪水後の同国を継続的に集中観測した結果、1500km四方の変化を抽出した本画像を作成することができた。

Flood Inundation Map by ICIMOD

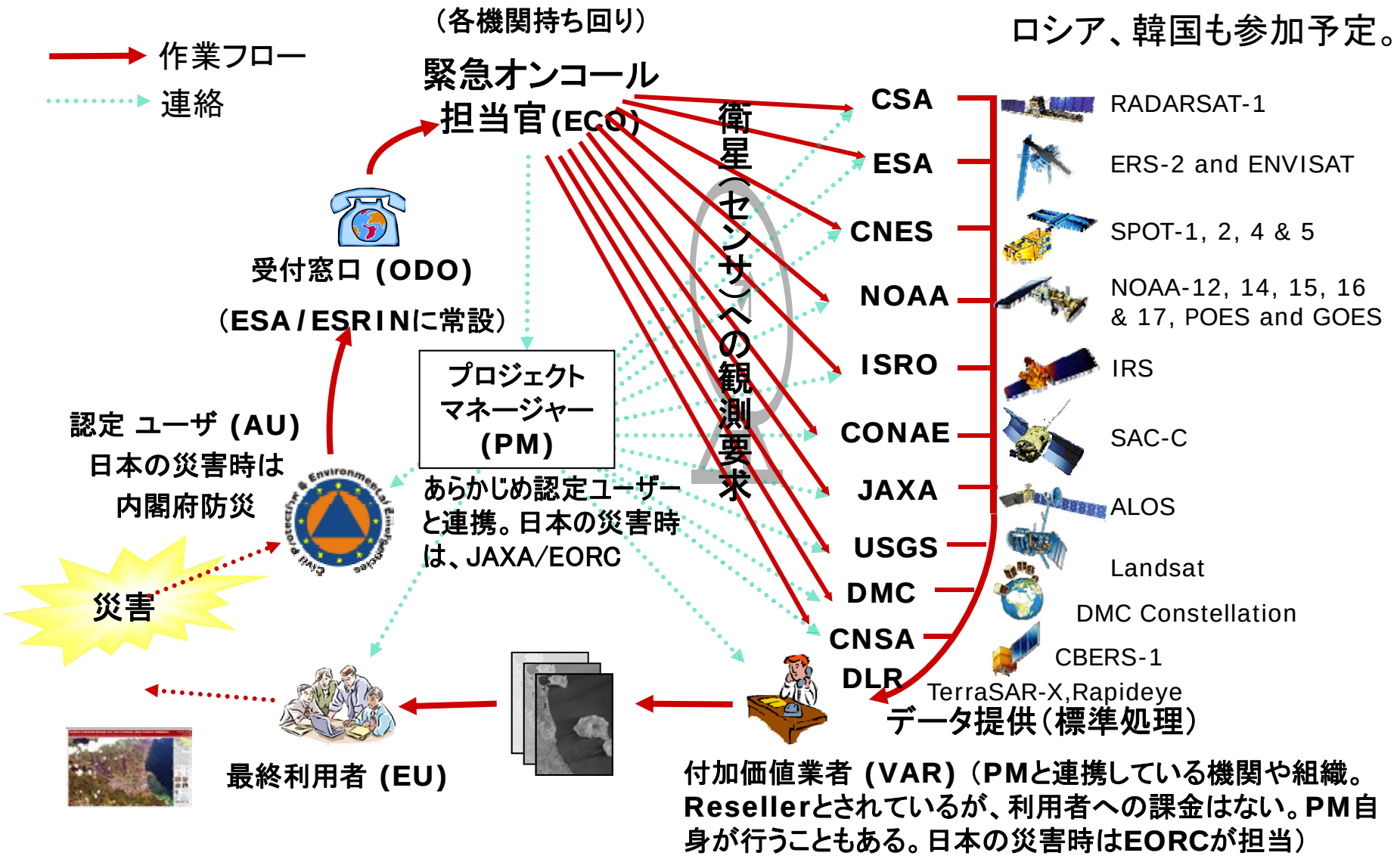


マヨン山ハザードマップの例

- 災害への備えとしてALOS PRISMを利用して火山泥流（ラハール）の流出解析（図の赤色）を行い、過去の噴火、ラハールの実績（図の薄い黄色）と合わせてハザードマップをセンチネルアジアの枠組みのもと作製。
- 噴火時にはAVNIR-2、PRISM画像をセンチネルアジアを通じて提供（図のピンク色）。
- 上記ハザードマップ、溶岩流出域の把握結果に基づいて避難警報が出され周辺住民４万人が避難した。

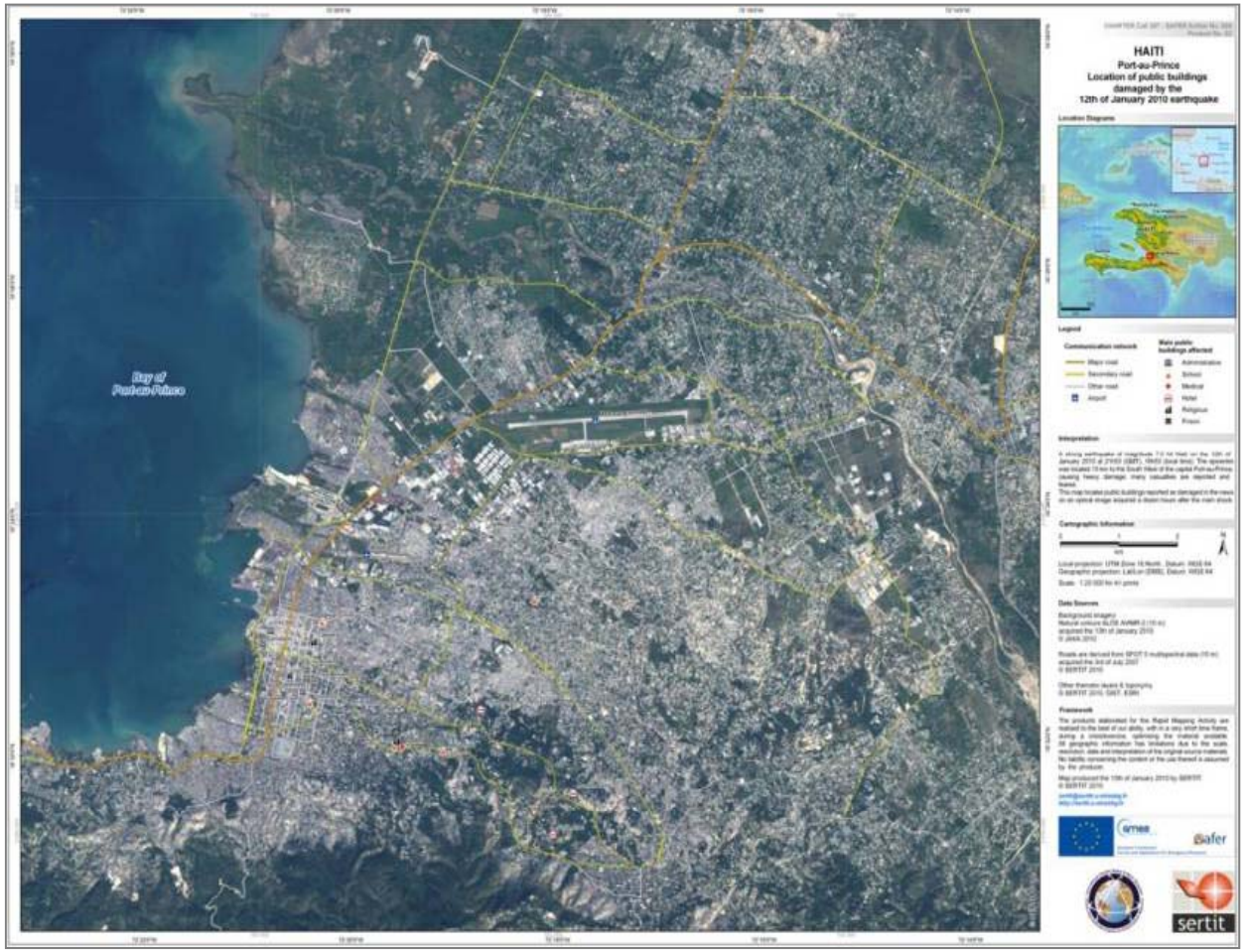


＜② 国際災害チャータ＞


作業フロー
連絡
（各機関持ち回り）
緊急オンコール
担当官(ECO)
受付窓口 (ODO)
（ESA/ESRINに常設）
認定 ユーザ (AU)
日本の災害時は
内閣府防災
災害
プロジェクト
マネージャー
(PM)
あらかじめ認定ユーザーと連携。日本の災害時は、JAXA/EORC
衛星（センサ）への観測要求
CSA
ESA
CNES
NOAA
ISRO
CONAE
JAXA
USGS
DMC
CNSA
DLR
RADARSAT-1
ERS-2 and ENVISAT
SPOT-1, 2, 4 & 5
NOAA-12, 14, 15, 16 & 17, POES and GOES
IRS
SAC-C
ALOS
Landsat
DMC Constellation
CBERS-1
TerraSAR-X,Rapideye
ロシア、韓国も参加予定。
データ提供（標準処理）
最終利用者 (EU)
付加価値業者 (VAR)（PMと連携している機関や組織。Resellerとされているが、利用者への課金はない。PM自身が行うこともある。日本の災害時はEORCが担当）

ハイチ地震対応

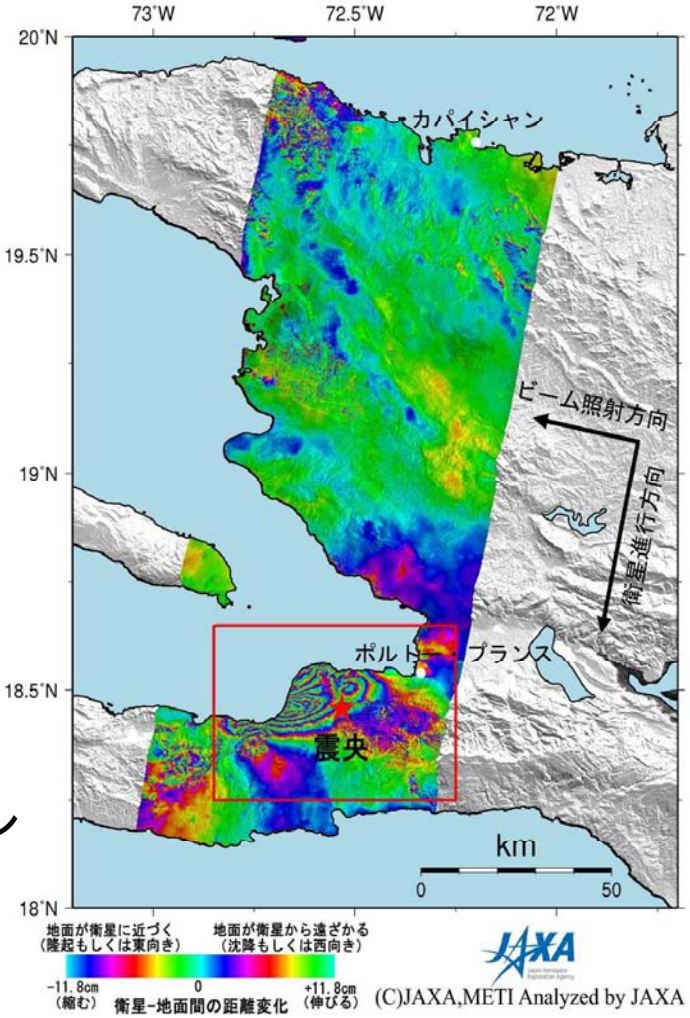
- 災害発生から約17時間後に被災地を観測し、画像を国際災害チャータに提供。（JAXAが最速）
- 提供された画像は、被災地の状況把握、救援ルートの設定、医療部隊・避難所等の設営場所の決定に活用された。



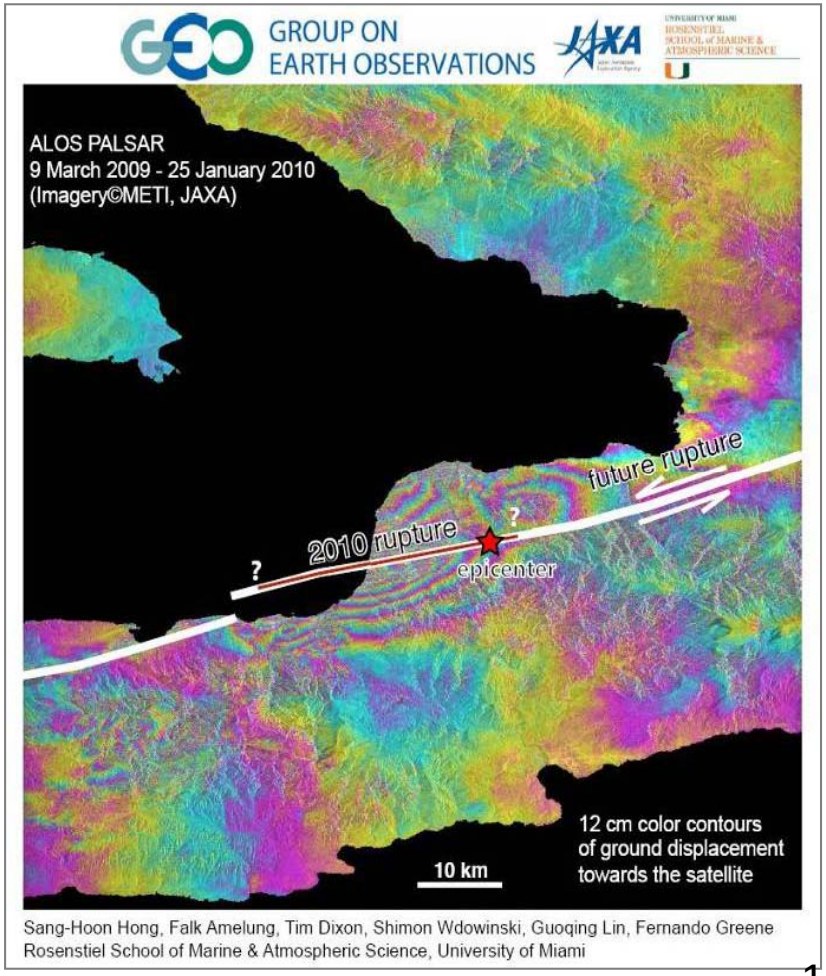
＜③ GEO supersite＞

GEO(地球観測に関する政府間会合)による災害情報共有

- ✓ GEOに提供されたPALSARや、他の衛星データを利用して、世界の研究者は解析を行い、**今後の大地震発生の可能性の評価に活用**
- ✓ L-Band(PALSAR)は、X-Bandと比較して大規模な地殻変動の解析に有効であることを確認



断層のズレを評価

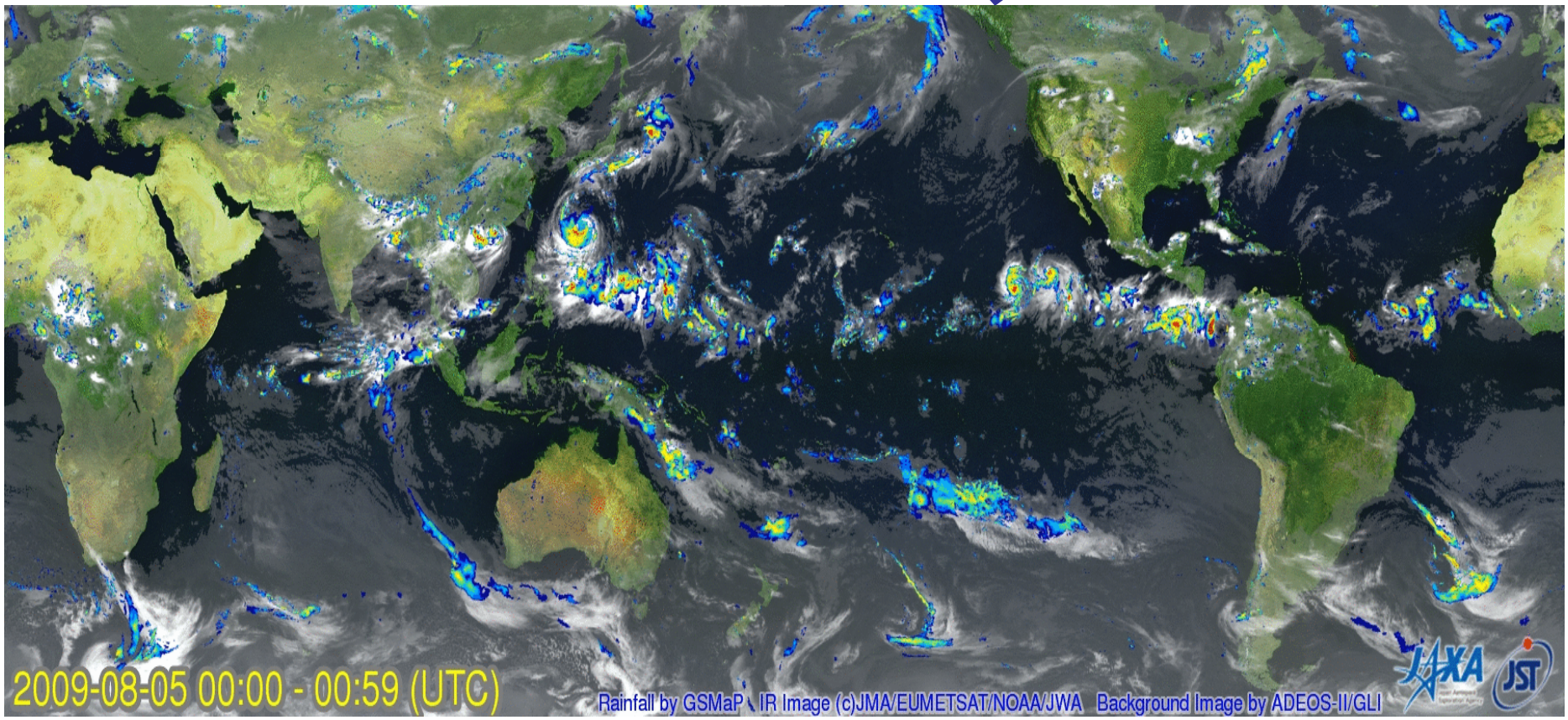


Sang-Hoon Hong, Falk Amelung, Tim Dixon, Shimon Wdowinski, Guoqing Lin, Fernando Greene
Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science, University of Miami

地球全体の降雨を準リアルタイムで把握

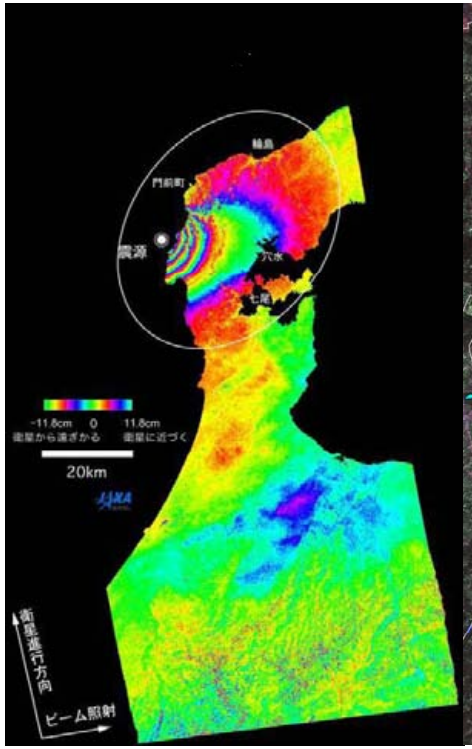
- 生活の必需品かつ農業・工業の基本的な要素である「水」の適切な管理
- 自然災害の半数以上を占める水災害被害の軽減に向けた洪水予警報の精度向上

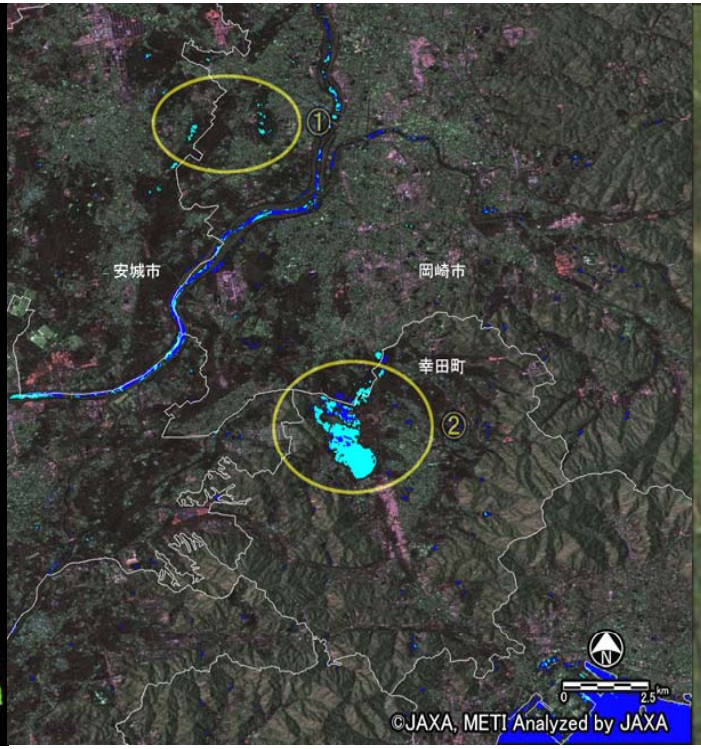
「全球降雨マップ」は観測後4時間での提供、1時間毎の更新、0.1度格子（約10kmメッシュ）の高空間分解能を有する日本の優位技術



６．防災訓練への参加と各機関との協力

・水害（台風・豪雨）は毎年10件以上。
　　→　　悪天候下での情報収集機能が必要
・地震も年1回はある。
　　→　　道路の状況・家の倒壊が識別できるレベルでの広域観測が必要
（我が国のマグニチュード６以上の地震回数は世界の２０％を占める）
・火山は継続監視が必要　→　地殻変動モニタも重要





平成19年3月能登半島地震　　平成20年8月岡崎豪雨　　平成20年6月岩手宮城内陸地震

国内防災利用実証

Japan Aerospace Exploration Agency

だいち防災WEBでの情報共有

岐阜県　和歌山県　新潟県

高知県　徳島県　三重県

6自治体と個別に協定を締結

内閣府と協定締結

観測要求
データ提供
観測要求
データ提供
観測要求
データ提供
観測要求
データ提供
観測要求
データ提供
観測要求
データ提供
…

政府指定防災機関

- 内閣府（防災）
- 内閣官房
- 警察庁
- 消防庁
- 防衛省
- 国土交通省
- 国土地理院
- 海上保安庁
- 気象庁
- その他政府指定防災機関

政府防災訓練・国民保護訓練での利用

訓練施設・エリアを拡大表示したカスタマイズ版「だいち防災マップ」を内閣官房殿及び内閣府殿へ提供。

内閣官房殿
国民保護共同図上訓練（7・23実施）

写真①配布されただいち防災マップ

写真②：だいち防災マップに被災地点をマーク

内閣府殿
防災の日政府総合訓練（9・1実施）

写真③政府現地対策本部にて掲示

写真④政府現地本部会議

内閣官房殿
国民保護共同実動訓練（10・2実施）

写真⑤　コントロールルーム

写真⑥　熊本県庁における合同対策協議会

地方自治体の防災訓練での利用

自治体の総合防災訓練や図上訓練において、発災後の広域被害状況把握としてALOS画像（疑似化画像）を県に提供し、入電から被災状況把握の訓練シナリオとして利活用を展開。

高知県（6・6実施）

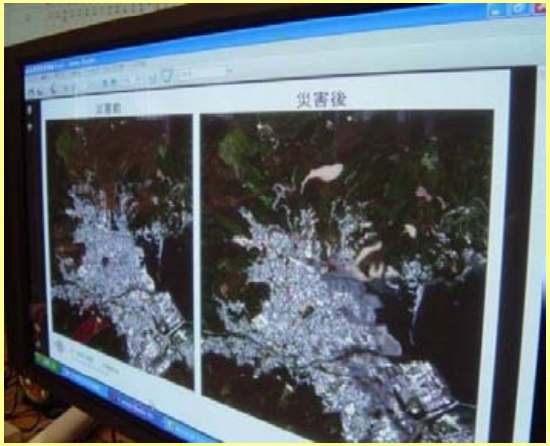
災害対策本部　机上での活用

災害対策本部　机上での活用

衛星画像による災害情報の共有

三重県（8・10実施）

撮像速報による上位室への報告

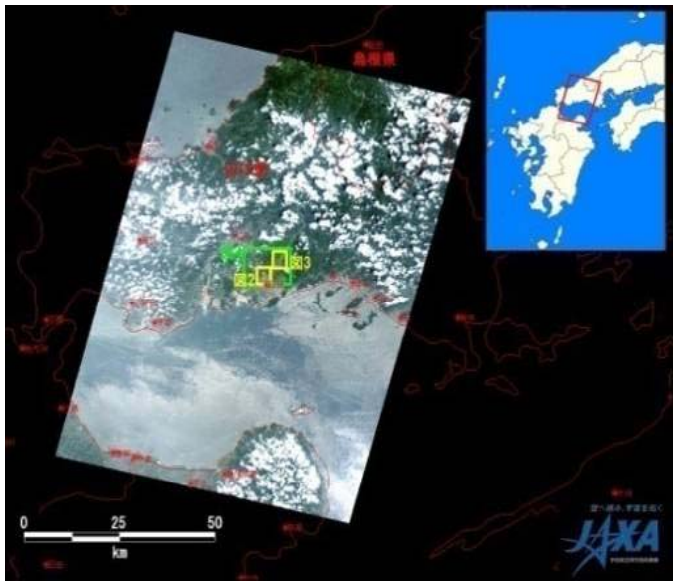


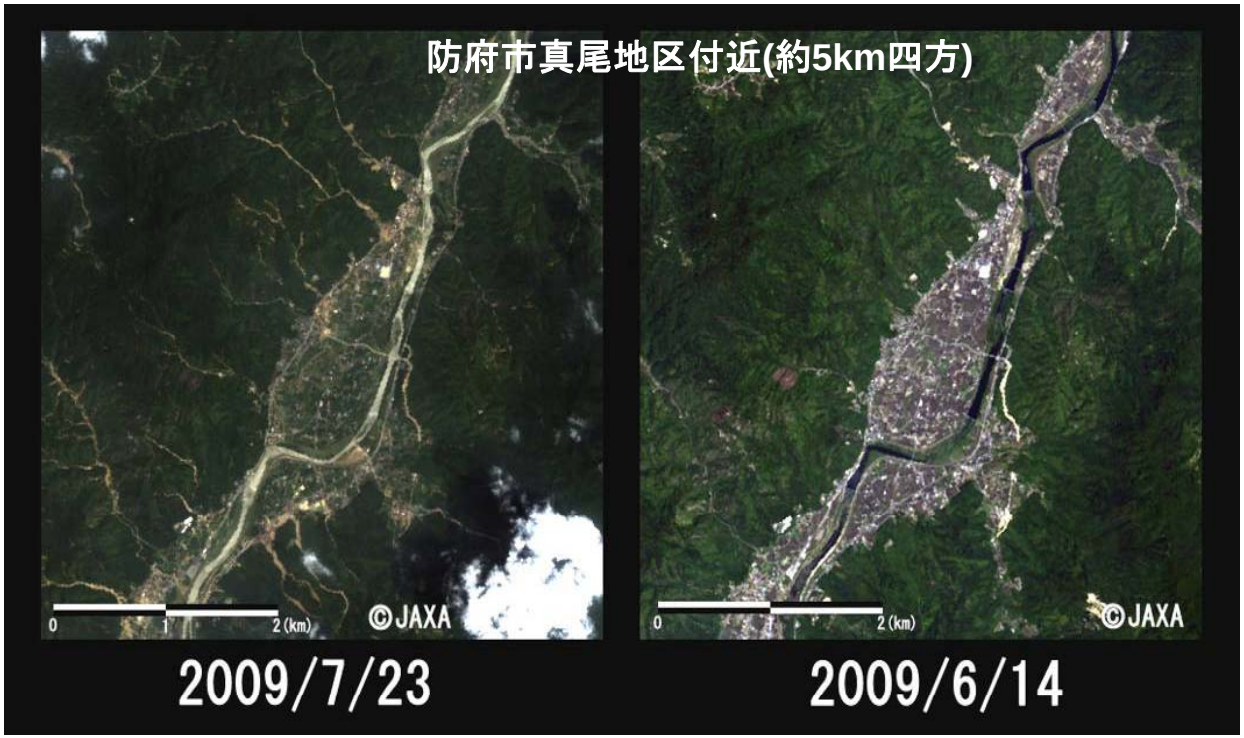
衛星画像による災害情報の共有

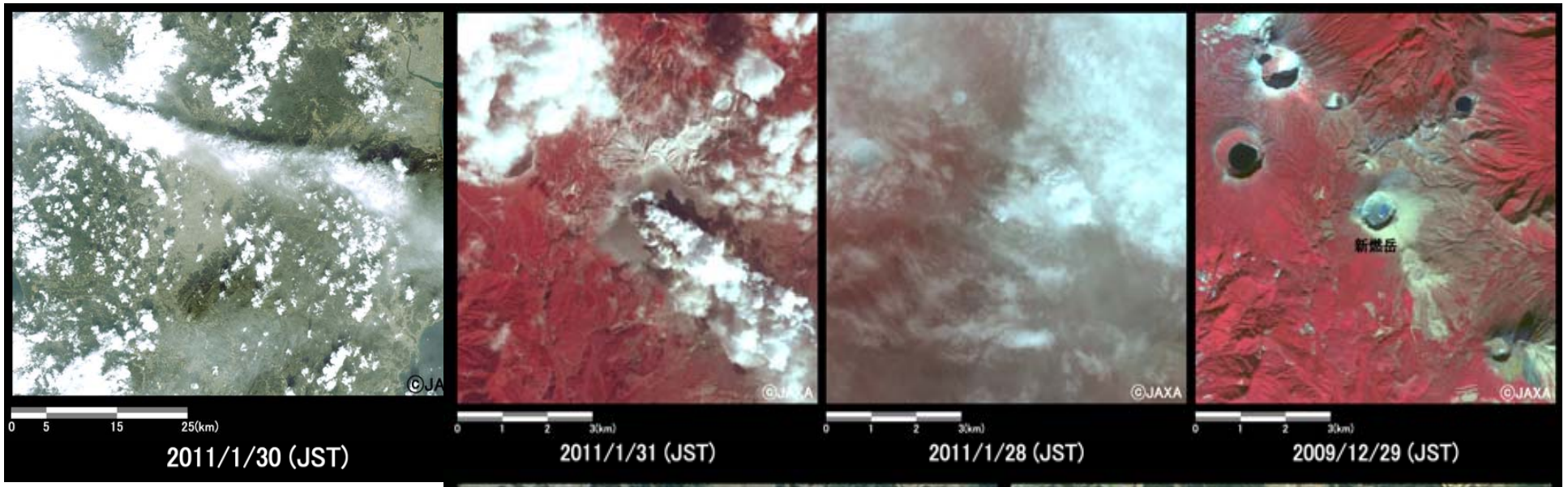
災害対策への展開

中国・九州北部豪雨(H21年7月)における「だいち」(ALOS)画像の利用

- 2009年7月の中国・九州北部豪雨に対して、「だいち」(ALOS)よる現地の緊急観測を実施し、内閣府、国交省国総研に提供。
- 全体像が非常によくわかることから、今後、国交省国総研(TEC-FORCE)からは、<u>当たり前のリソースして活用したい</u>と言われており、利用体制構築に向けた協力協定を結んでいる。

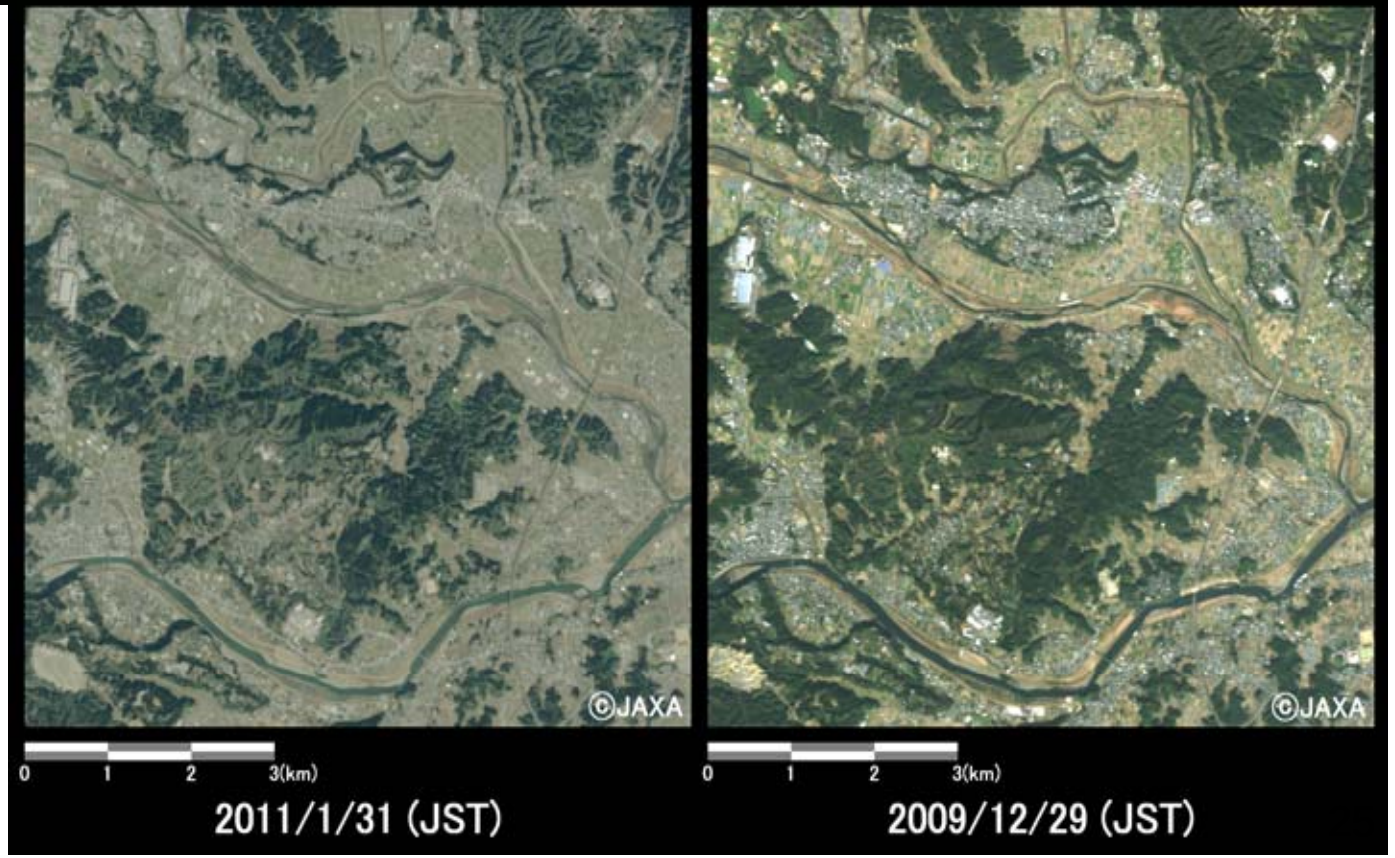






霧島山(新燃岳)噴火

2011年1月19日午前1時27分頃に、宮崎県と鹿児島県の県境にある霧島山(新燃岳)にて小規模な噴火が発生しました。その後噴火が続き、1月27日午後3時41分頃には大きな空気振動を伴う爆発的噴火が観測されました。陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) による観測では、新燃岳火口付近から立ち上った噴煙が、南東方向へ広がっている様子がわかりました。



報　道　発　表　資　料
平成２３年１月３１日
気　　象　　庁

霧島山（新燃岳）の
噴火警戒レベル３（入山規制）を切り替え

霧島山（新燃岳）では、小規模な噴火が現在も継続しています。

気象研究所と防災科学技術研究所が行った、だいち衛星画像（ＪＡＸＡ提供）の解析によると、28 日に東京大学地震研究所によって火口内に確認された直径数 10mの溶岩ドームが、31 日には直径 500m程度の大きさに成長しました。今後、爆発的噴火が発生した場合、溶岩ドームが破壊され、火口から概ね３ｋｍの範囲まで火砕流が流下する可能性があります。

このため、本日（31 日）01 時 35 分に火口周辺警報を発表（噴火警戒レベル３、入山規制、切り替え）し、火砕流に対する警戒範囲をこれまでの２ｋｍから３ｋｍへ拡大しました。

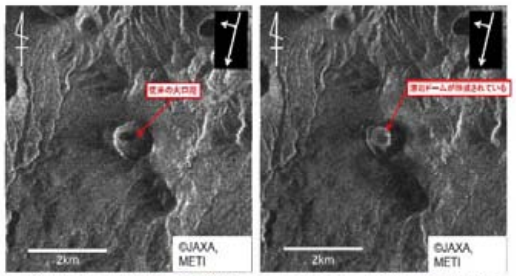
新燃岳火口から概ね３ｋｍの範囲では、噴火に伴う火砕流に警戒が必要です。

新燃岳火口から概ね２ｋｍの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石等に警戒が必要です。

風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石（火山れき）に注意が必要です。

降雨時には泥流や土石流に注意が必要です。

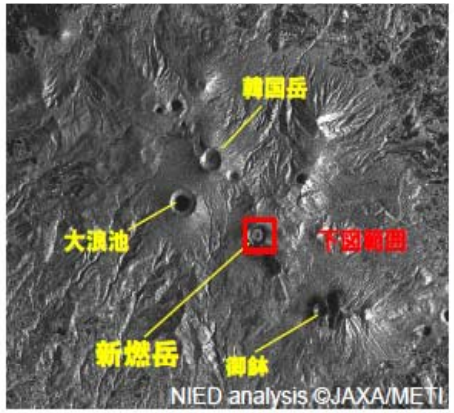
解析：気象研究所



パス73，フレーム2980，2011.1.18撮像　オフナディア角：34.3°
パス71，フレーム2980，2011.1.30撮像　オフナディア角：38.3°
火口湖が消滅し，溶岩ドーム（500m×550m）が形成されていることが確認できる．
※ただし，前日とは逆方向なので，この間成長があったかどうかは要精査．

図1
防災科学技術研究所

霧島山のPALSAR画像（防災科研解析結果）

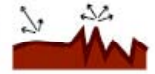


SAR画像の特性

人工衛星から進行方向の斜め下方向にレーダー波を照射し，その後方散乱波を観測する。

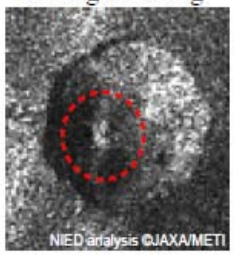
衛星に向いている面からの後方散乱強度は強い（明るい）。逆の面からは弱い（暗い）。

粗い地表面からの後方散乱強度は強い（明るい）。滑らかな面からは弱い（暗い）。

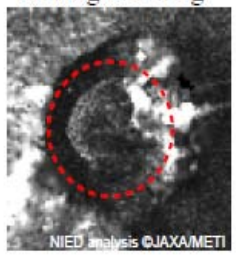


Date: 2010/8/20
Path: 424(Asc.)
Inc.angle: 38deg.

Date: 2011/1/27
Path: 428(Asc.)
Inc.angle: 49deg.



Date: 2011/1/29
Path: 420(Asc.)
Inc.angle: 24deg.



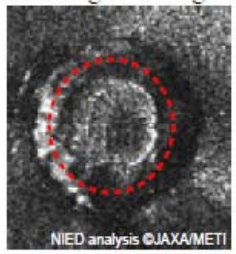
Date: 2011/1/18
Path: 73(Dsc.)
Inc.angle: 39deg.

1km

Asc.：西上空からの観測

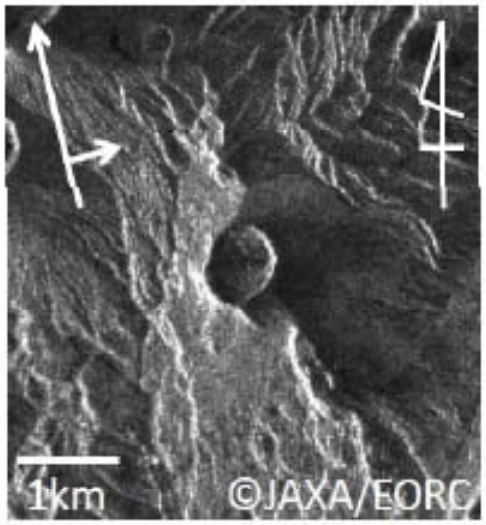
Dsc.：東上空からの観測

Date: 2011/1/30
Path: 71(Dsc.)
Inc.angle: 45deg.

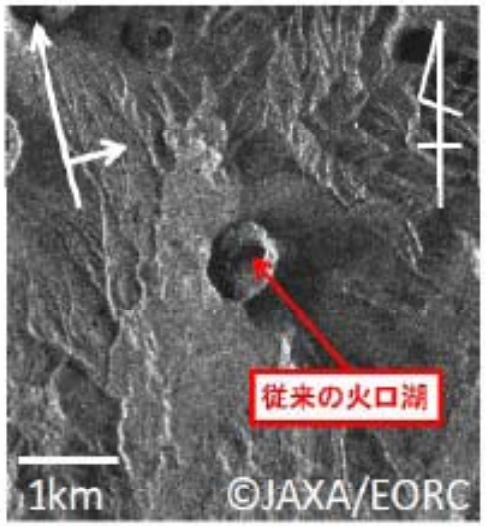


新燃岳周辺拡大図

解析：気象研究所

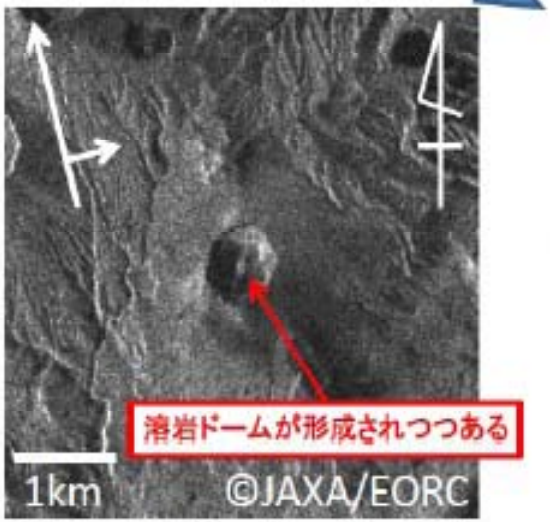


2006.12.3撮像，off-nadia：21.5°

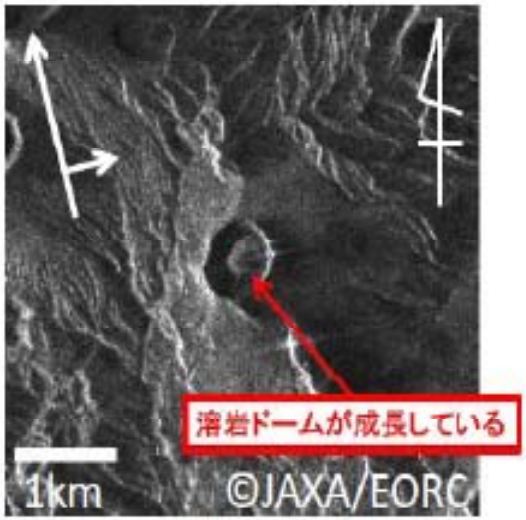


2010.1.2撮像，off-nadia：34.3°

火口湖が消滅し，
溶岩ドーム
（100m×100m）
が形成されている
ことが確認できる．



2011.1.27撮像，off-nadia：43.4°

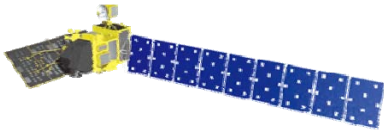


2011.1.29撮像，off-nadia：21.5°

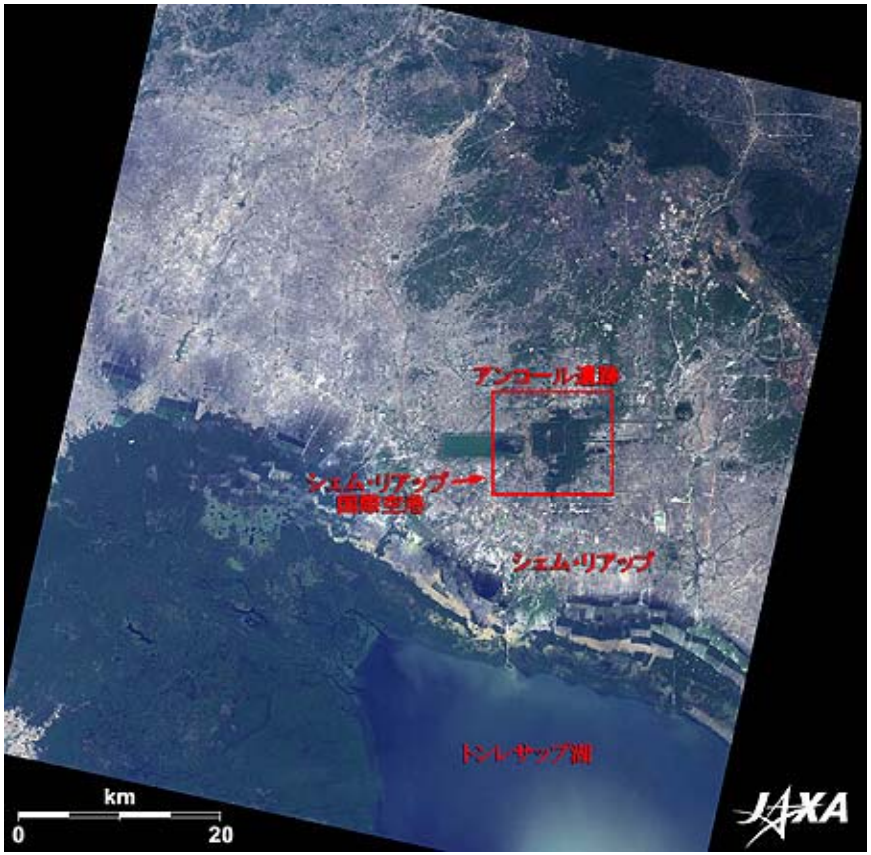
溶岩ドーム（500m×400m）が成長している．

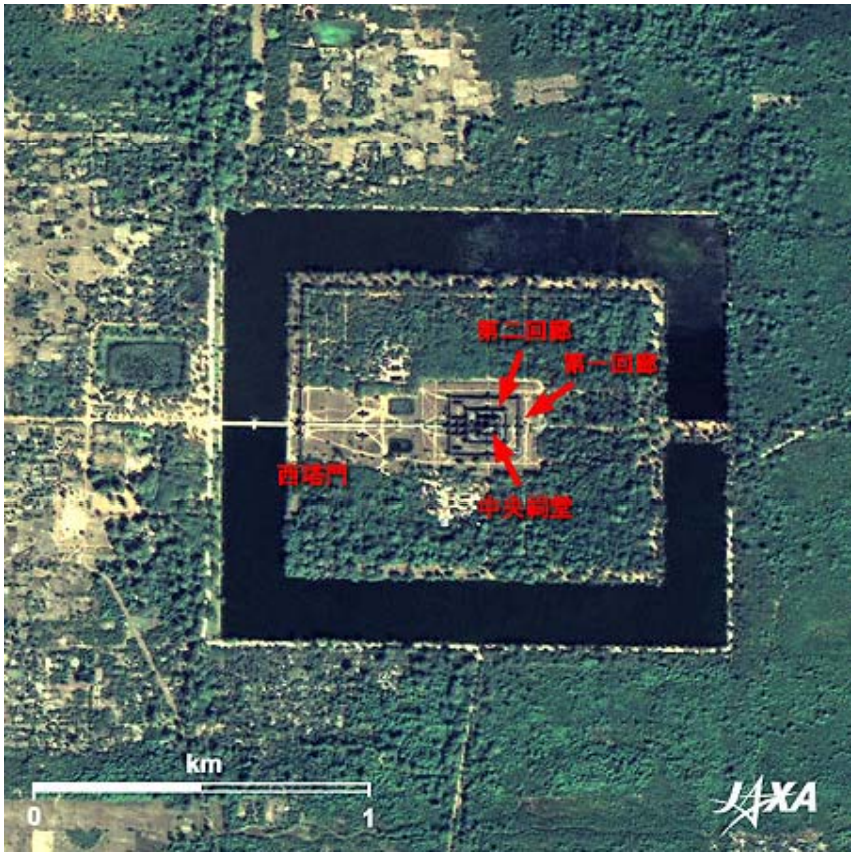
世界遺産、ラムサール条約

に対する協力例

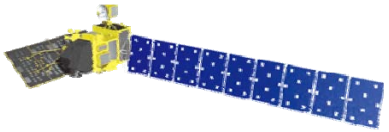


「だいち」がみた世界遺産





アンコールワット
カンボジア



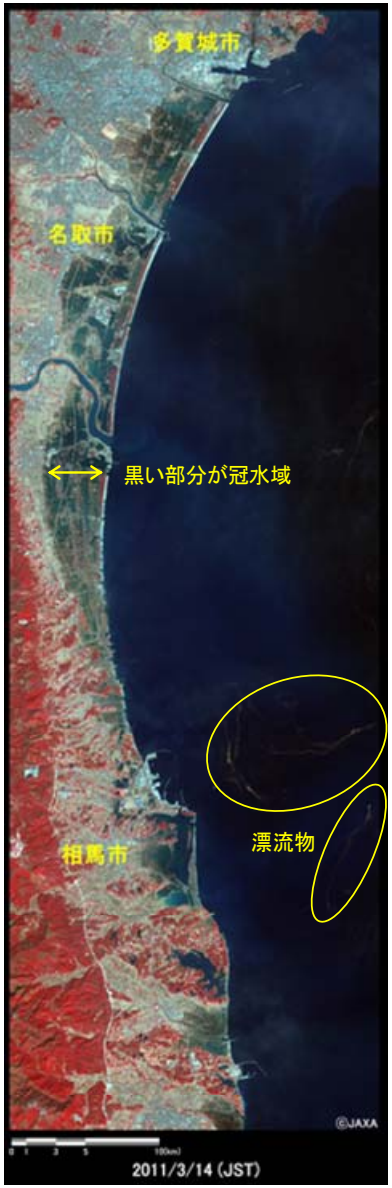
「だいち」がみたラムサール条約　対象地域

東日本大震災発生時における

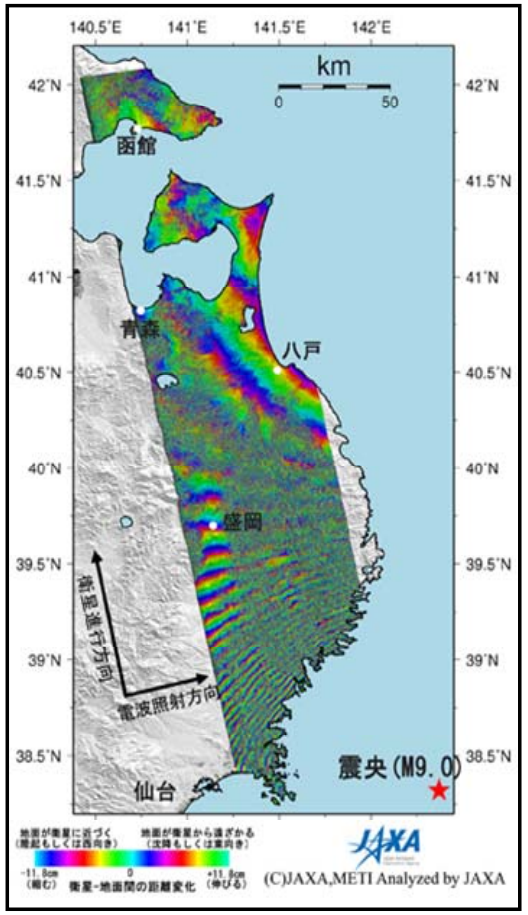
人工衛星の貢献

「だいち」(ALOS)による東日本大震災への対応

- 「だいち」による被災地の緊急観測を最優先に実施し、400シーン以上の衛星画像を取得。
- 国際災害チャータ、センチネルアジア等の国際協力により、14ヶ国・地域、27機の海外衛星による集中観測が行われ、約5,000シーンの衛星画像の提供を受けた。
- これらの衛星画像を防災機関が利用しやすいようJAXAで処理・解析し、内閣官房、内閣府(防災)を始めとする10府省・機関や地方自治体に情報を提供。
- 地上や航空機では取得困難な広域俯瞰的な被害状況の把握や災害対応計画の立案等に用いられている。



←広範囲な冠水の様子
(75km×25kmのエリア)
(3月14日午前撮影)

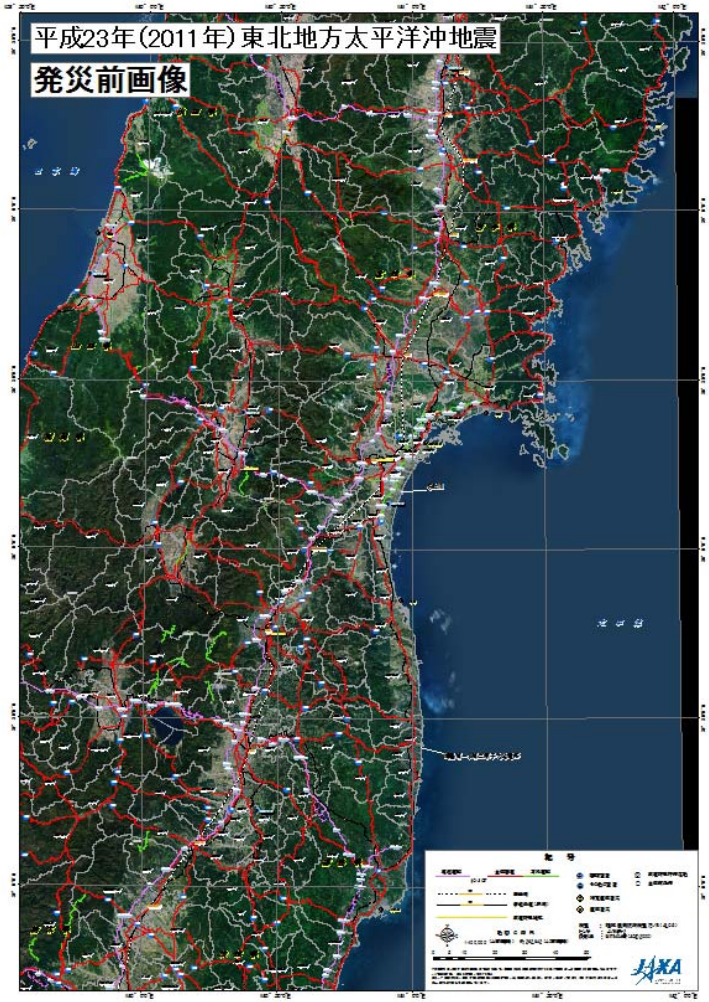


↑地殻変動の様子
(3月15日夜撮影の画像と過去の画像を重ね合わせて解析した結果)

7. 東日本大震災発生時における人工衛星の貢献

1）ALOS災害観測活動の概要

政府の情報集約活動に貢献することを目的として、未だかつてない**広域**巨大災害であることに鑑み以下の観測を実施。内閣府との利用実証取り決めに基づき、取得データは、都度、政府（内閣府等）に提供。

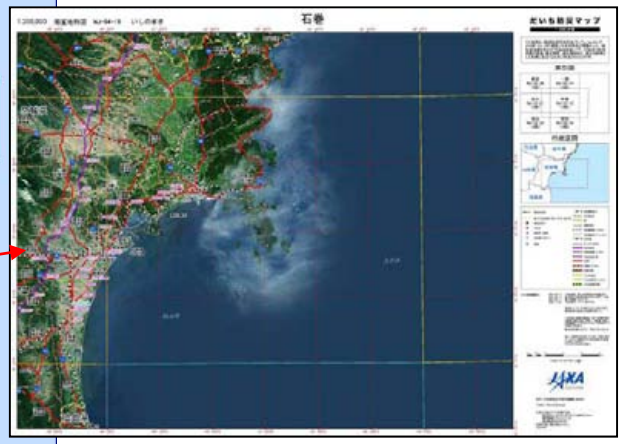


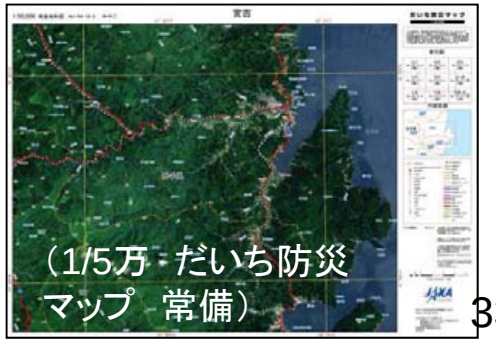
（1/40万　だいち防災マップ　特注）

（1/20万　だいち防災マップ　常備）

①3/11夜～3/12早朝

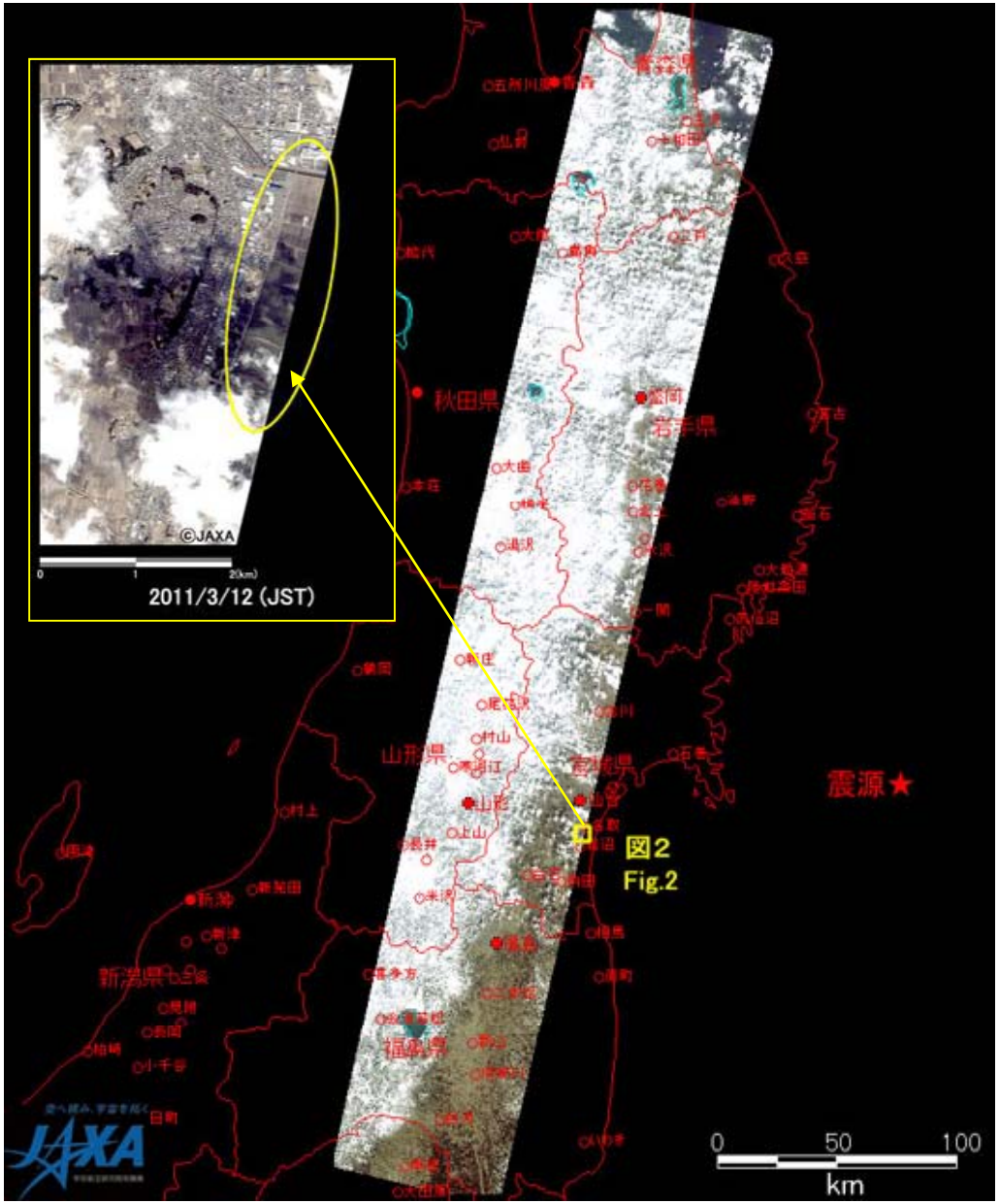
平時画像に地理情報を重畳させた「だいち防災マップ」を大判出力し、内閣府に手渡し。



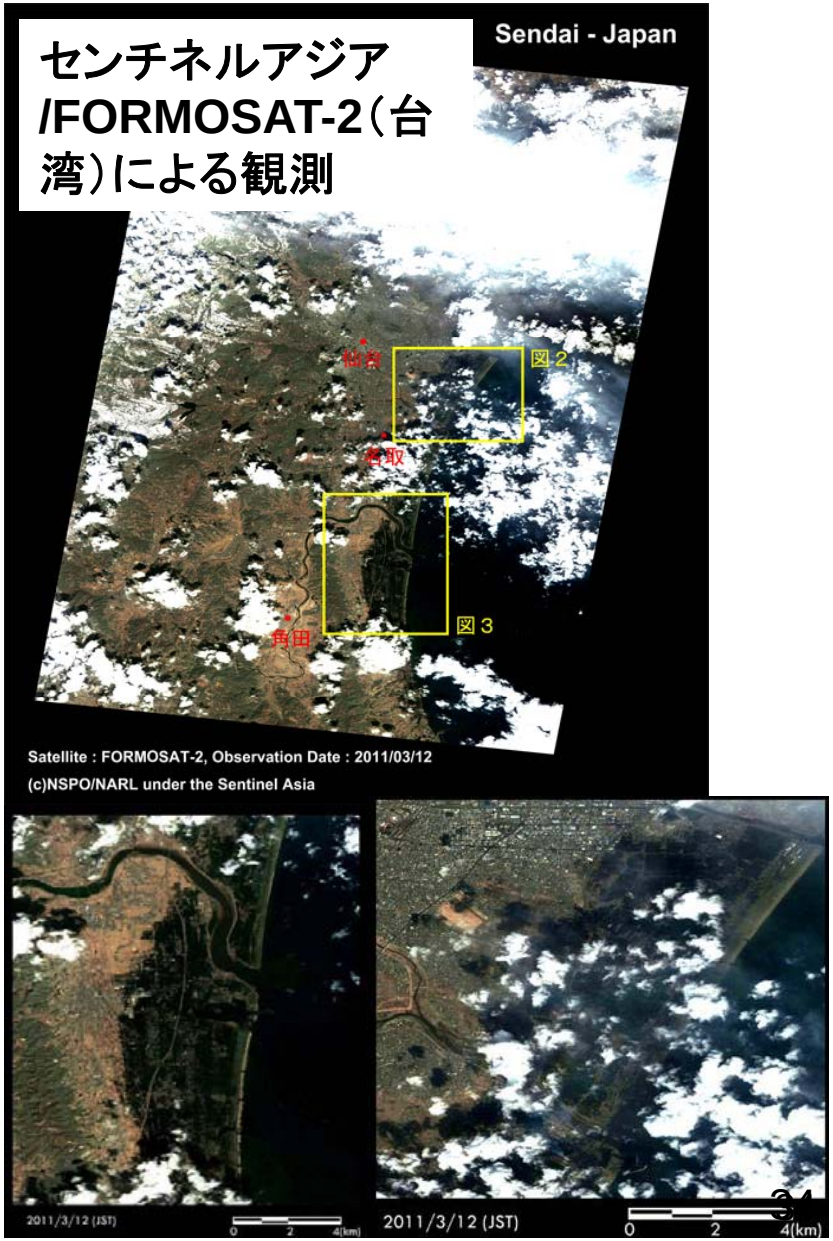


（1/5万 だいち防災マップ　常備）

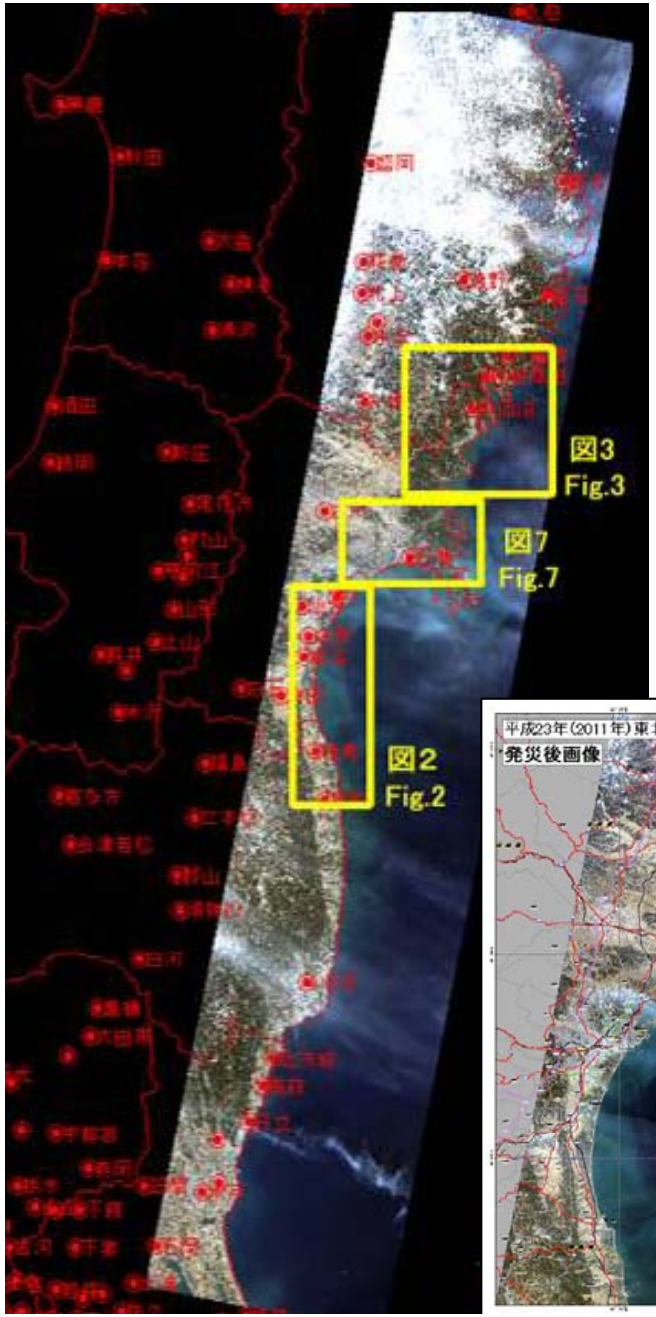
②－１　3/12午前　下北半島から関東に到るまで、広域直下視観測（PRISM/AVNIR-2同時）を実施



②－２　センチネルアジア、国際災害チャータを発動し、各国衛星にも観測を依頼。並行して、範囲を絞った補完的な観測を実施

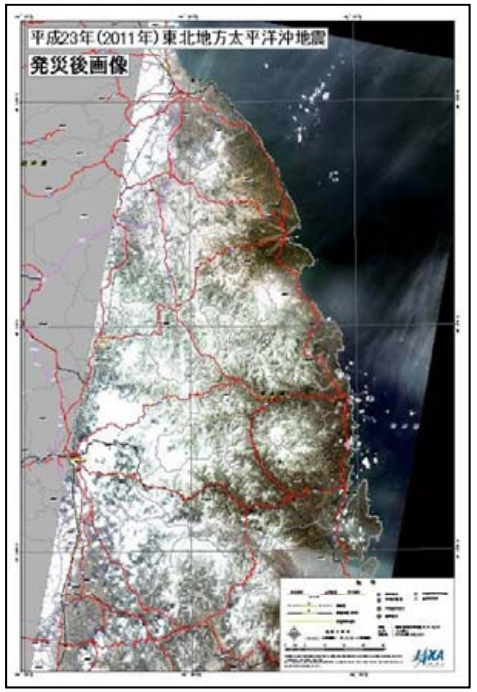


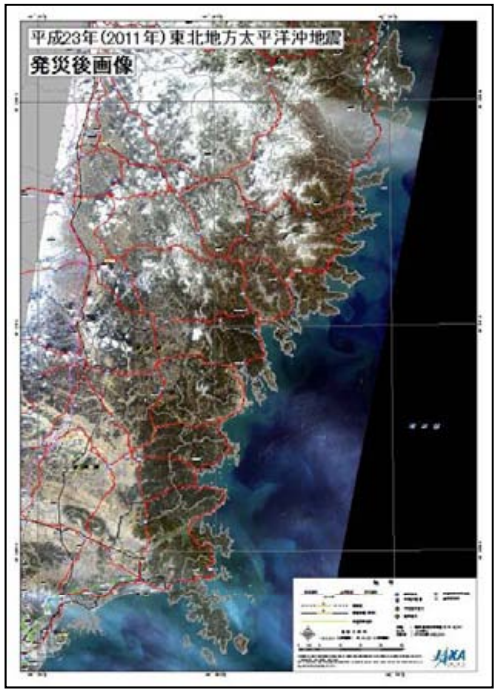
③3/14午前、八戸から茨城県北浦に到るまで、沿岸域の広域観測を実施

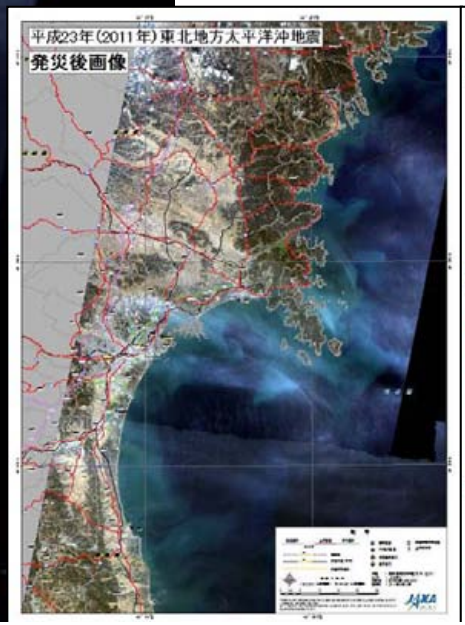


④－1
マップ化して政府に提供（1/40万、1/20万）

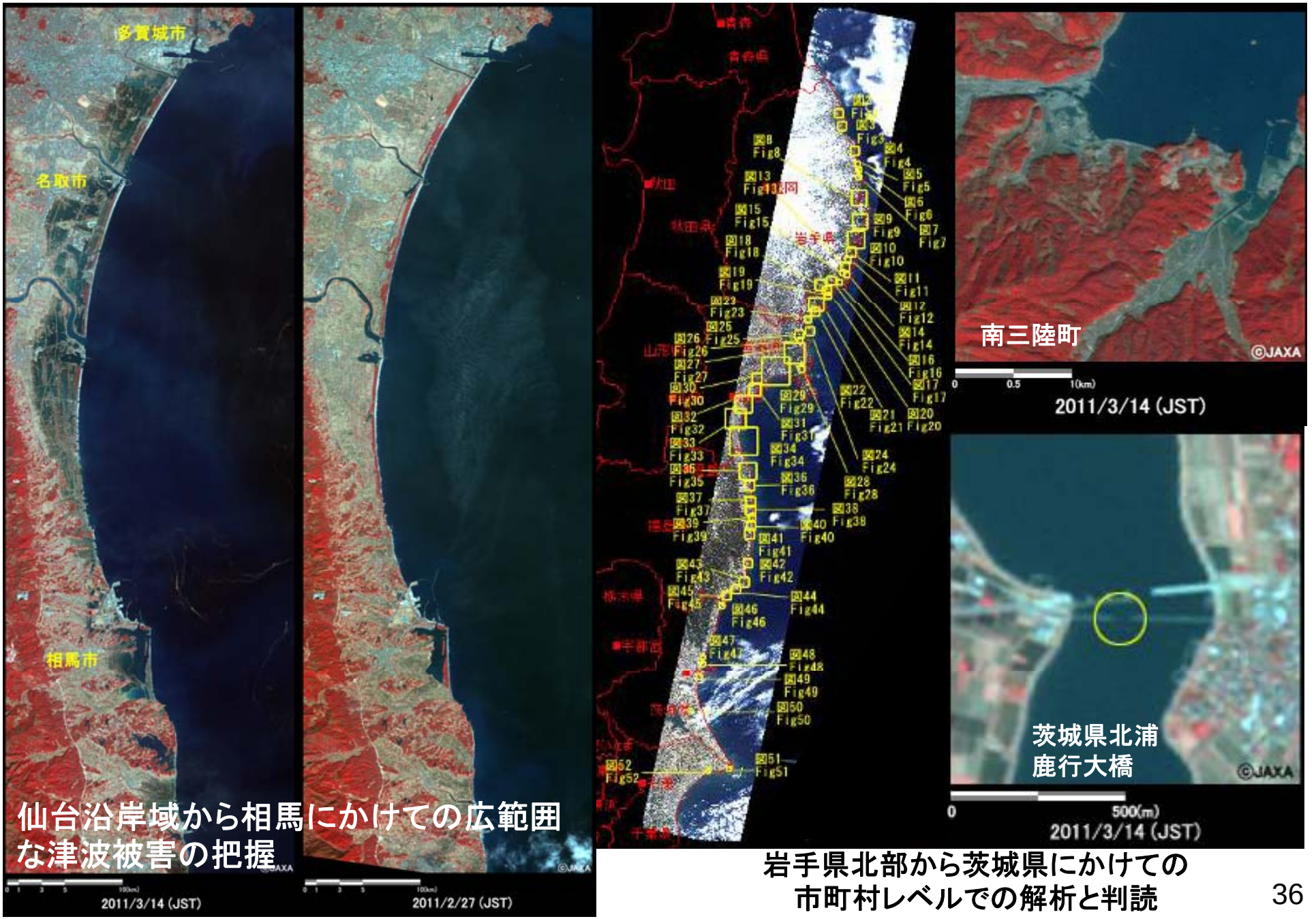
本部における広域俯瞰図としての役割





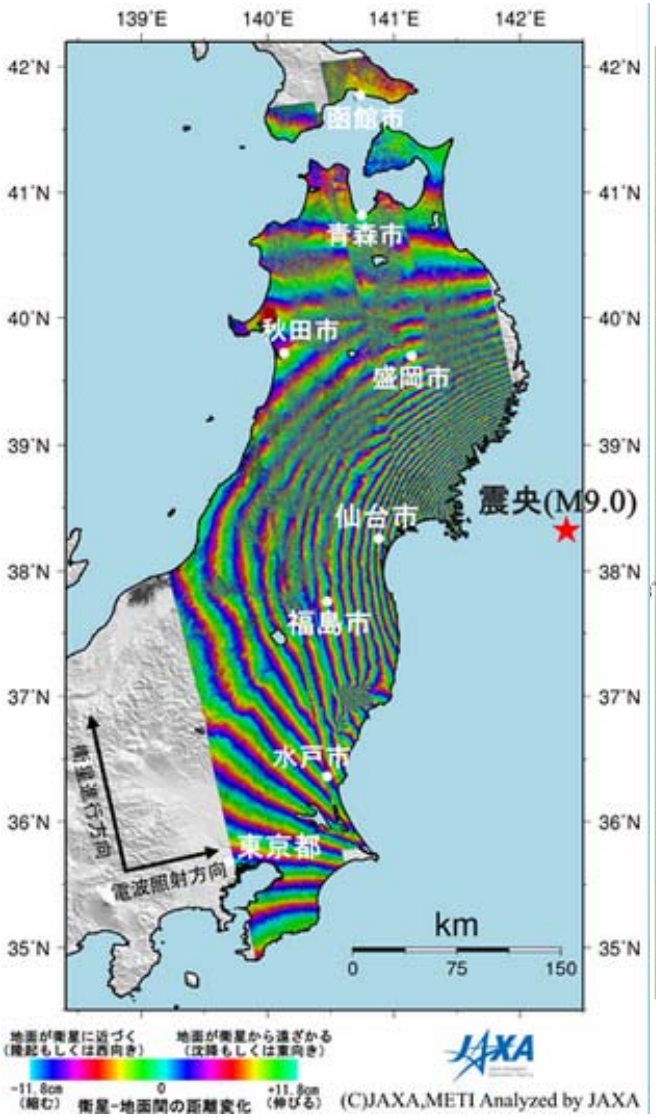


④以降、4月22日の電力異常発生まで、継続した観測と解析を実施

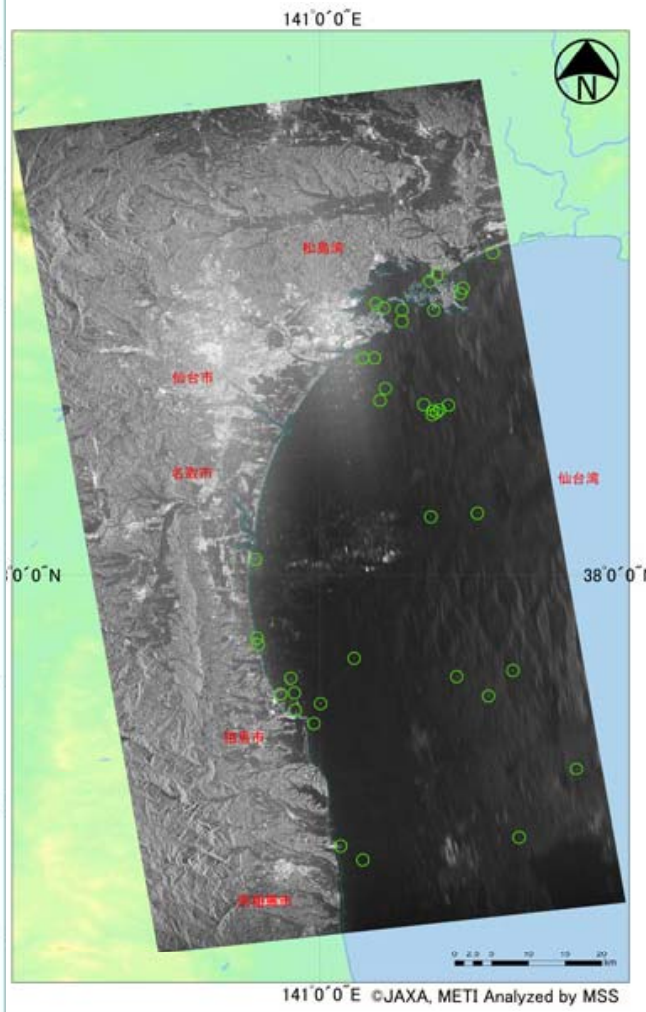


岩手県北部から茨城県にかけての
市町村レベルでの解析と判読

合成開口レーダによる評価解析

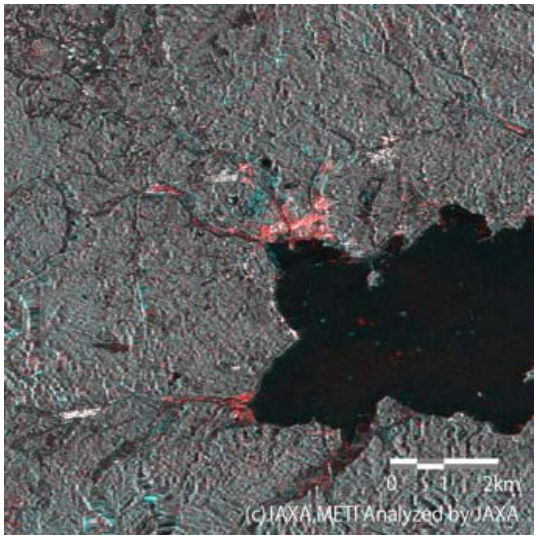


インタフェロメトリによる地殻変動解析

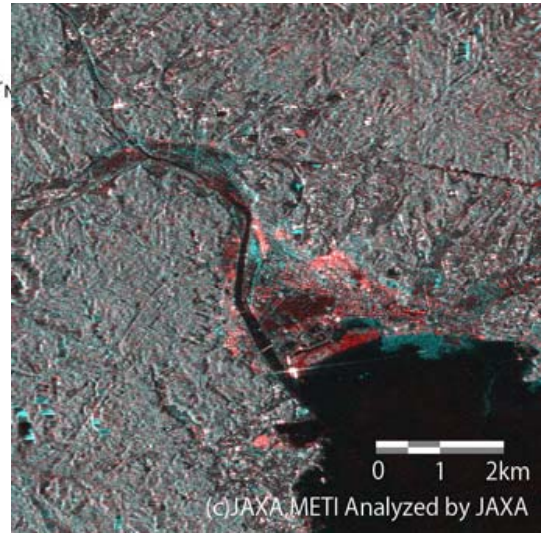


海上浮遊物の検知

湾内浮遊物等の情報を
環境省、海保にも情報提供



宮城県南三陸町付近(約10km四方)

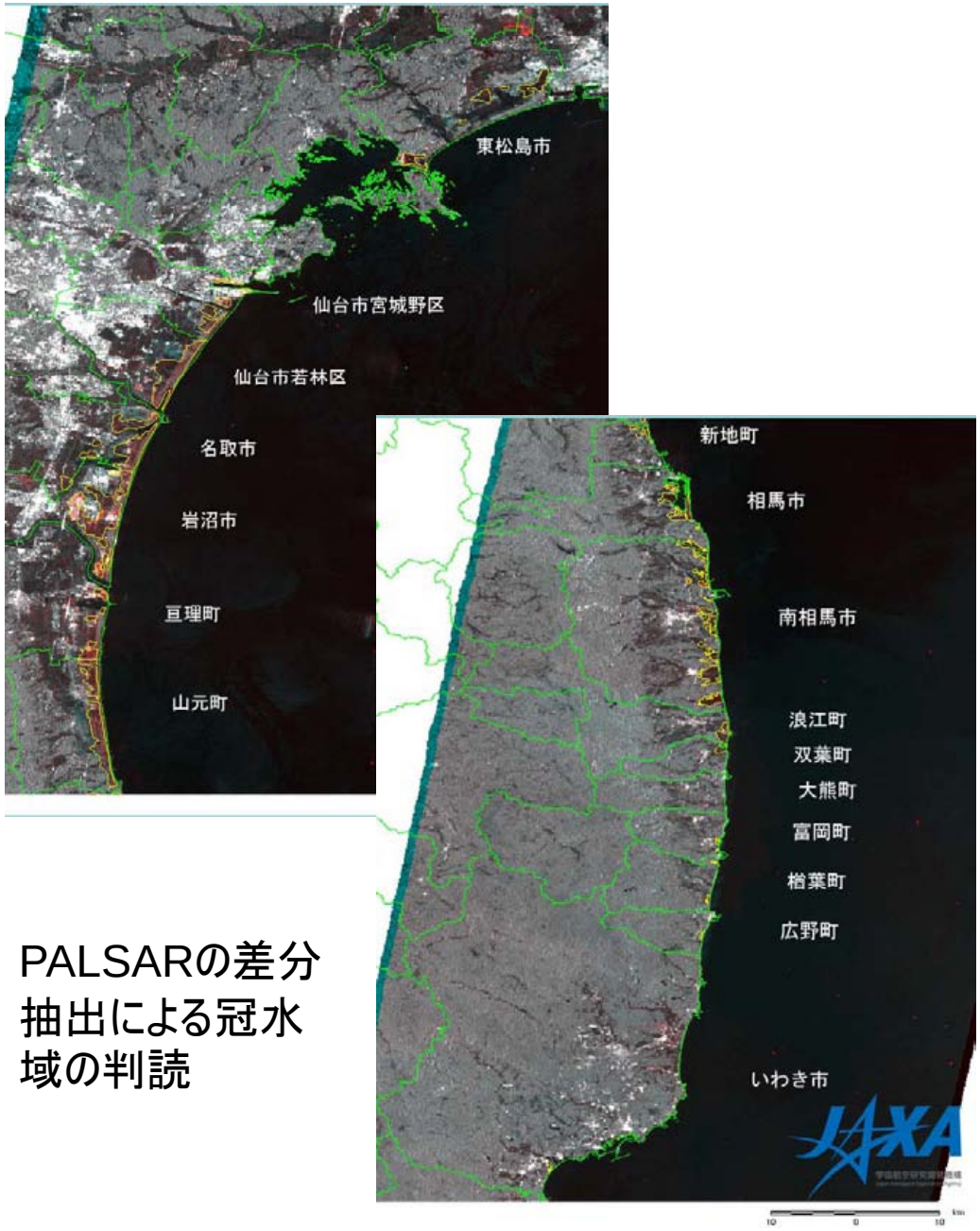


岩手県陸前高田市付近 (約8km四方)

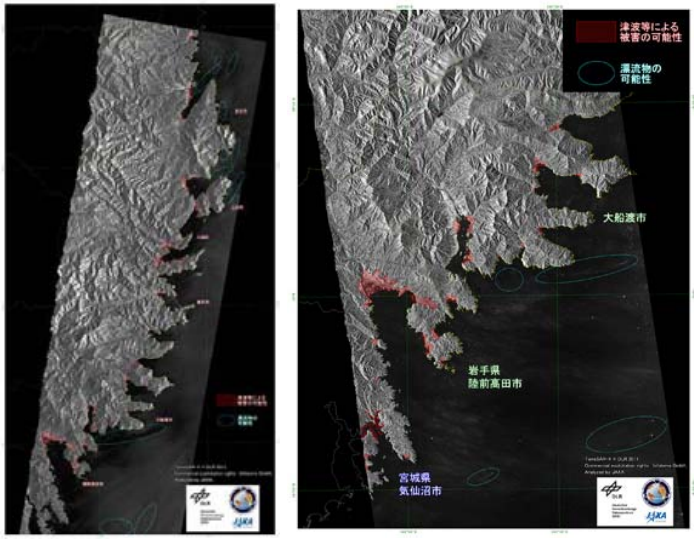
三陸沿岸域　被災前後の
差分による変化抽出

（赤色部が、災害による影響（変化）
があったと想定される地域）

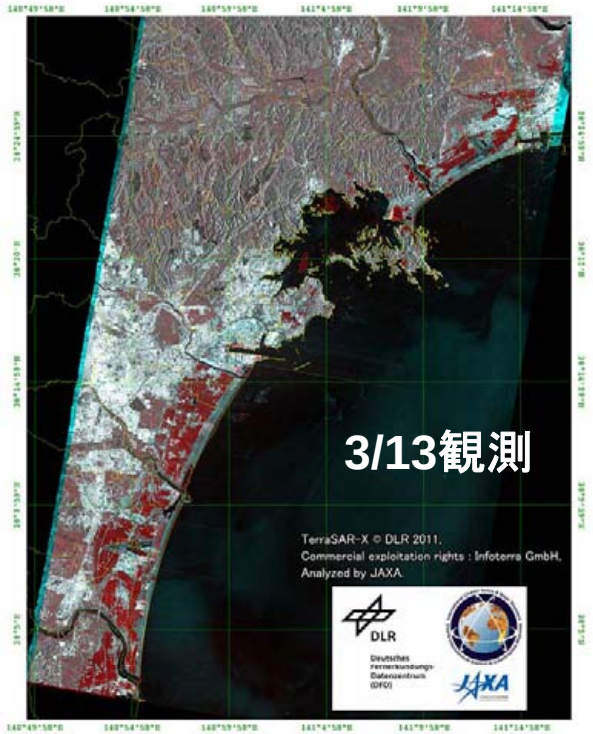
冠水域の判読



PALSARの差分抽出による冠水域の判読



3/13観測と3/14観測の比較評価

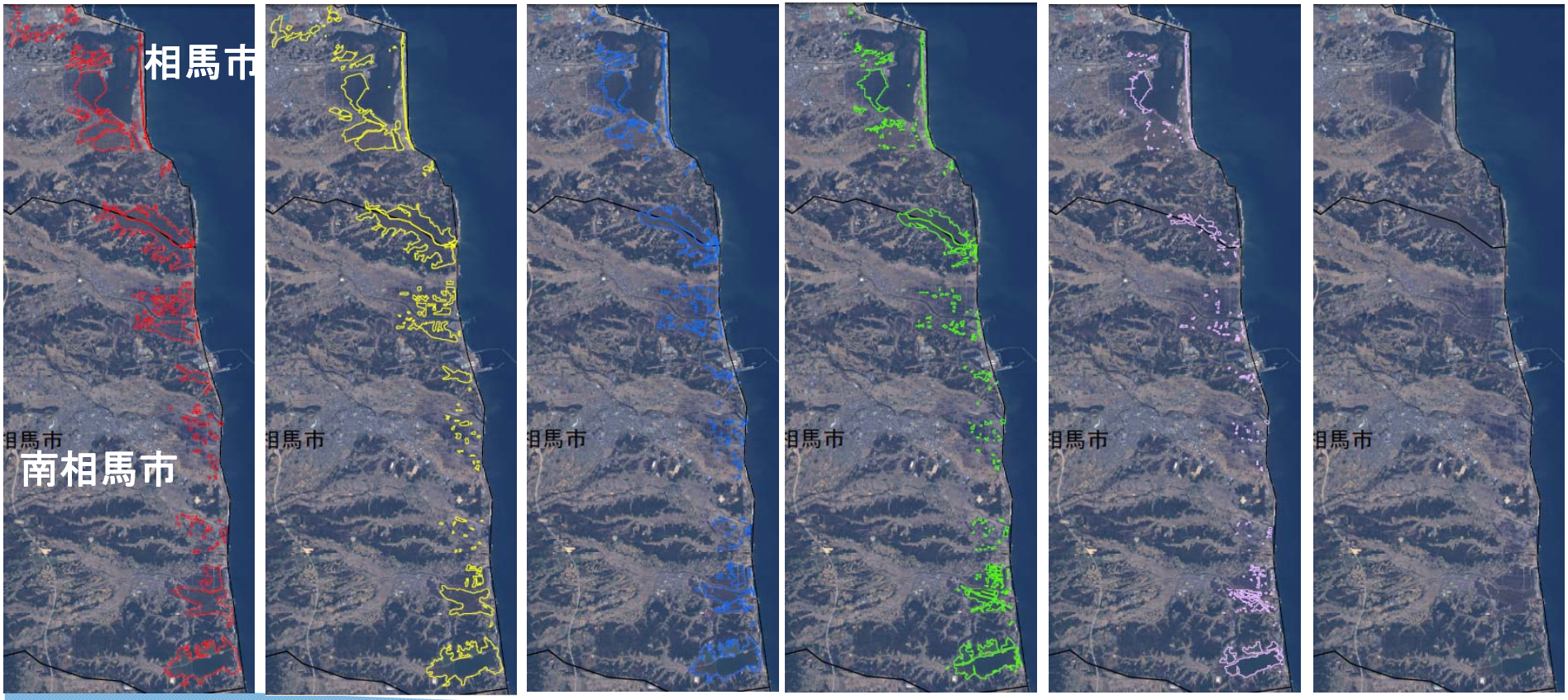


国際災害チャータから得られた、Terrasar-Xのデータも用いて評価

冠水域の判読

AVNIR-2からの目視判読

背景画像:2011年4月17日AVNIR-2



3月14日観測
25.902 [km²]

3月19日観測
21.521 [km²]

4月5日観測
13.943 [km²]

4月10日観測
11.025 [km²]

4月17日観測
5.847 [km²]

4月20日観測
0.094 [km²]
面積:福島県のみ

市区町村単位で湛水ポリゴン作成、面積抽出
湛水域抽出結果提供先:内閣官房、内閣府、国土交通省、農林水産省 等

AVNIR-2湛水域抽出結果(宇宙利用ミッション本部WEB)
http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos/news/2011/pdf/110422_alos.pdf

時間と共に
湛水域が減少

2）東日本大震災での各省庁等への「だいち」データ提供・利用状況

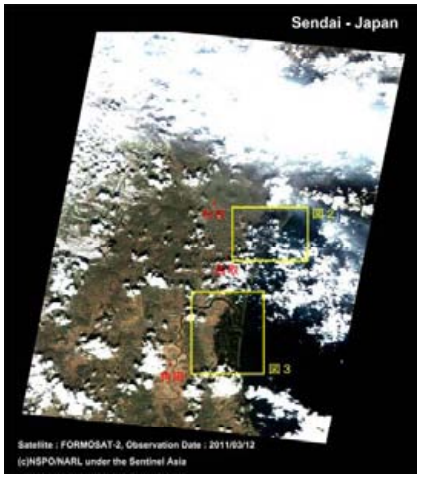
- 今回の災害における災害対応機関への解析画像提供は約80種類。中央省庁、地方自治体等による防災WEBへのアクセスは述べ1,430件。
- 国際災害チャーターにより、海外衛星の画像を5,000シーン分取得。

内閣官房	仙台空港、福島原発等関心域の前後比較画像等提供。原発については、国際災害チャータによる高分解能画像も含め、4/19まで提供。その他、浸水域の解析結果を提供。
内閣府	発災当日に57枚（翌日に追加要望のあった19枚）のだいち防災マップを提供し、各県の対策本部に送付。引き続き観測結果、チャータプロダクト、原発関連のプロダクト／大判印刷物を随時提供。また、北海道から千葉までの湛水域の判読結果を提供。
国土交通省	・津波被害エリアの湛水状況について情報提供要請あり、3/21～4/22までPALSAR、AV-2による解析結果を提供。 ・沿岸の被害状況について提供要請あり、三陸沿岸、千葉液状化エリアの情報を提供。都市地域整備・住宅関連部局へも展開。 ・強震度地域にある土砂災害危険箇所（約4万カ所）の点検を行うため内陸部の観測要請あり。国土技術政策総合研究所で解析実施中。その他、関心地域（山火事の可能性）の画像を提供。
農林水産省	津波被害エリアの農地の湛水状況について情報提供。農水省は、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県で約2万4千haの浸水と推定されると発表(3/29、被災地域の衛星画像写真を活用）。 また、千葉県北部（九十九里浜周辺）から茨城県沿岸の浸水状況について解析結果を提供。本データは農水省の調査結果の検証および今後の農地復旧工法検討の材料として利用されるとのこと。
水産庁	水産庁との間で、沖合に流された漁船の捜索の参考情報として岩手沿岸画像を提供。
海上保安庁	海上安全部より海上漂流物について情報提供要請あり、3/13,16,及び4/18観測解析結果を提供。
環境省	三陸沿岸の漂流物分布について要請あり、陸前高田周辺のみで約56万m^2の漂流物の存在を確認。環境省側の検討とほぼ同等。本結果は海上保安庁にも提供済み。
文部科学省	原発関係の画像を提供。
防災科学研究所	災害リスク情報PF上での「だいち」画像公開要請があり、東北、及び新潟長野の画像を提供。NPO活動のSinsai.infoにも展開された。
国土地理院、地震WG	発災前後の画像を順次提供。国土地理院は干渉SARと電子基準点の融合解析により、牡鹿半島付近で最大3.5m以上の地殻変動と発表。
宮城県	国際災害チャータ（海外衛星）からの情報により、女川運動公園上のSOSメッセージが確認され、宮城県に情報提供。
岩手県・岩手大	岩手大を通じて関係機関（岩手県等）に画像、解析結果を随時提供中。国道45号線の状況については光学での判読結果を提供。岩手県より発災前後の画像の利用要請あり提供。
関東地方整備局	国土地理院経由で千葉県の液状化エリアの状況把握の要請あり。海外衛星画像による判読結果を提供。
和歌山県	岩手県－和歌山県の協定に基づき、4月末より支援のため現地入り。現地活動用だいち防災マップ等の要請あり提供。
京都大学防災研	内閣府への協力として、緊急地図作成プロジェクトを立ち上げ。JAXAへの協力要請あり、画像提供。

3）センチネルアジア、国際災害チャータからの支援

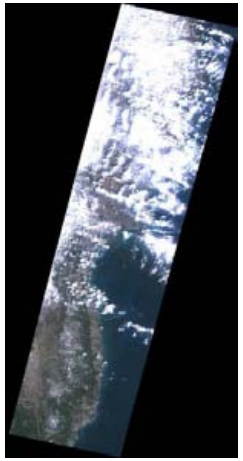
センチネルアジア
https://sentinel.tksc.jaxa.jp/sentinel2/topControl.action

・FORMOSAT-2（台湾）



國家實驗研究院
National Applied Research Laboratories

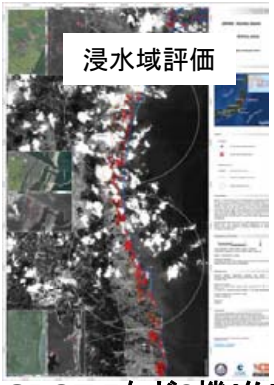
・THEOS（タイ）



・CARTOSAT（インド）

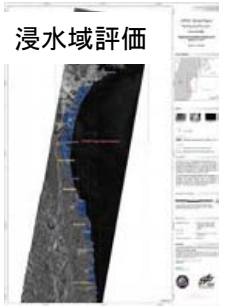
国際災害チャータ
http://www.disasterscharter.org/web/charter/

アジア工科大学をプロジェクトマネージャに指定して、各国画像を取得。また、平行して、各解析機関による解析も実施。
「だいち」画像とともに、災害対応機関の情報把握に活用。（浸水域の多面的評価や特定地域の詳細解析などが可能となったことなど）

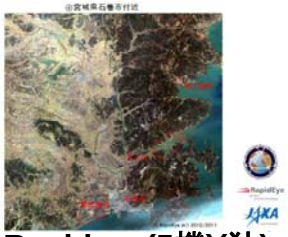


SPOT-5など3機(仏)

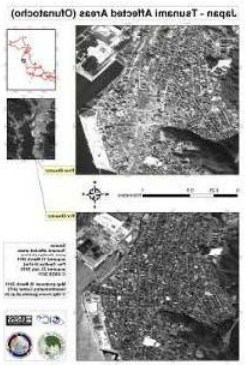
RADARSAT(加)



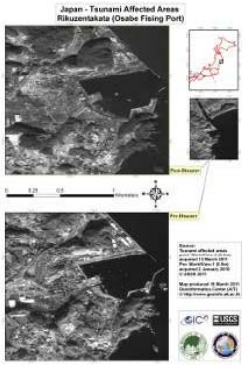
Terrasar-X(独)



Rapideye(5機)(独)



Geoeye(米)



Worldview-1,2(米)

IKONOS(米)

この他、LANDSAT(2機）、EO-1、Quickbird(米)、ENVISAT（ESA)、Kompsat-2(韓)、中国からも提供あり。

この他、JAXA-ASI協定に基づき、ASI（イタリア）からCosmo-Skymed観測データの提供あり

衛星による災害監視の今後の方向性

「だいち」による東日本大震災への対応の教訓を活かして、今後は以下に示す取り組みを進める。

□ 「だいち2号（SAR衛星）」及び「だいち3号（光学衛星）」を早期に打上げ、今回の震災対応で有効であった、「広域観測」と「高分解能観測」を同時に実現し、「SARと光学による組み合わせ」で精度を向上する。また、ASNAROや海外衛星との連携も進める。

□データ中継衛星を利用することで即時の観測、データ提供を可能としていることから、この取り組みを継続する。

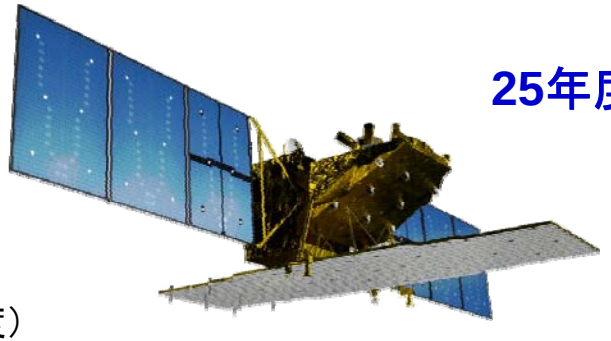
□震災対応を通じて認識された新たなニーズ（熱的変化把握、津波観測等）に対応するため、光学センサやレーダに加え、新たな地球観測センサの研究開発を推進する。

陸域観測技術衛星2号、3号システムの概要

陸域観測技術衛星２号（ALOS-2）、同３号（ALOS-3)は、陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）による観測を継続・発展させ、Lバンド合成開口レーダと可視・近赤外光学センサによる総合的な陸域観測のための技術開発・利用実証とともに、多様な用途での利用に供するためのデータ取得、提供を行うことを目的に研究開発を進めている。

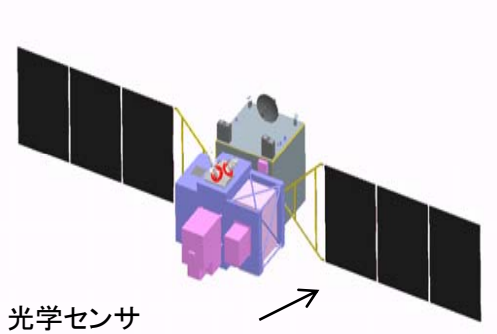
〔衛星の主な諸元〕

○ 陸域観測技術衛星2号（SAR衛星）
- 2トン級中型衛星
- 分解能：3m（SpotLightは、3m×1m）
- 観測幅：50km～350km（SpotLightは、25km程度）
- 周波数帯：Lバンド（ALOSを継承）



○ 陸域観測技術衛星3号（光学衛星）
- 分解能：0.8m（パンクロ）、立体視機能
- 観測幅：50km
- 観測波長帯：可視・近赤外（ALOSを継承）
- 経産省が開発中のハイパースペクトル・マルチセンサの搭載について調整中

27年度打上げ
↓
26年度打上げ
（前倒し要求）



大規模災害時に迅速な観測ができるように、海外宇宙機関の衛星を補完的に利用するための調整を実施中。

〔連携を想定している海外衛星例〕

○ RADARSAT－2（カナダ）、CバンドSAR搭載、分解能3m、観測幅20km
○ TerraSAR－X（ドイツ）、XバンドSAR搭載、分解能1m、観測幅10km
○ COSMO-SkyMed（イタリア）、XバンドSAR搭載、分解能1m、観測幅10km
○ THEOS（タイ）、可視・近赤外光学センサ搭載、分解能2m（パンクロ）、観測幅22km（パンクロ）

震災直後の筑波宇宙センター衛星試験室

（2011年3月11日午後5時）

II. 通信回線の提供

３．通信衛星の特徴

- 広域性
  - 高い位置から広範囲が見渡せる。
- 同報性
  - 高い位置から多数の人に同時に伝達できる。
- 対災害性
  - 地表から離れている。
  - メンテナンスフリーで数年に亘って宇宙空間に滞在。

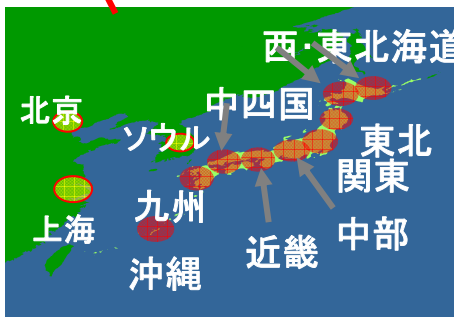
高速大容量の衛星通信

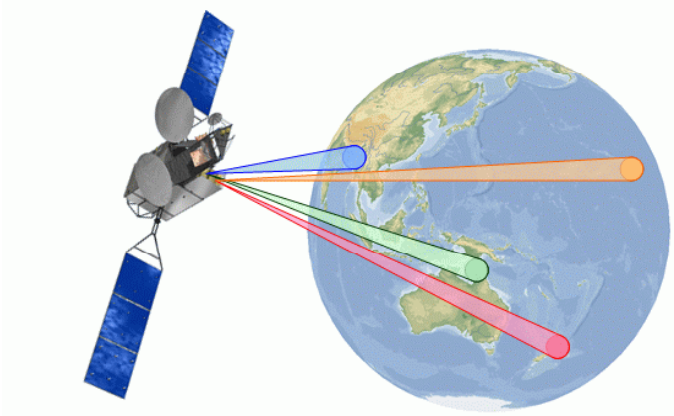
きずなの特長1：　アジア太平洋地域をカバー
きずなの特長2：　小さなアンテナで高速伝送

MBA：マルチビームアンテナ

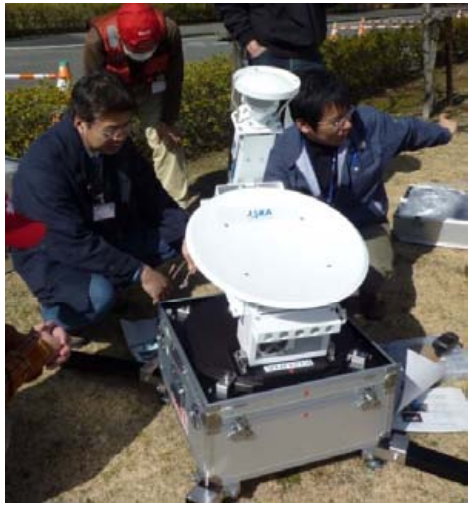
国内向けMBA

東南アジア向けMBA





APAA：アクティブフェーズアレイアンテナ



超小型地球局(USAT)
45cmΦ級）

「きずな」(WINDS)による東日本大震災支援活動

《岩手県災害対策本部の活動を支援》
・ハイビジョンテレビ会議による情報共有
・IP電話による情報共有
・安否情報発信　等

インターネット

筑波宇宙センター

ハイビジョン
テレビ会議

IP電話

○二戸市
○久慈市
◎盛岡市
○宮古市
○花巻市
○釜石市
○奥州市
○大船渡市
○一関市

県災害対策本部
岩手県庁

IP電話

ハイビジョン
テレビ会議

釜石市：現地対策本部
岩手県沿岸広域振興局

インターネットによる
安否情報確認・発信

ハイビジョン
テレビ会議

IP電話

大船渡市：現地対策本部
岩手県沿岸広域振興局

インターネットによる
安否情報確認・発信

※通信回線提供期間：3月20日～4月24日

岩手県への「きずな」通信回線の提供（利用状況）

岩手県災害対策本部と釜石の現地対策本部間でのテレビ会議の模様（県庁で撮影）

釜石の現地対策本部の１階ロビーでインターネット利用している住民の模様

県職員コメント：Web会議の品質に比べ、このテレビ会議は綺麗で音も良い。

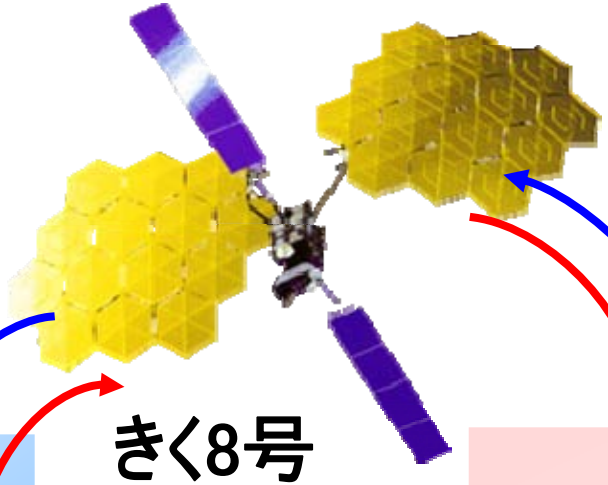
避難者名簿の確認は、名前探しに一苦労。紙台帳と比較し、ネット上で、最新情報と氏名の検索可能

岩手県庁に設置された可搬型VSATの外観写真（アンテナ径1.0m）

現地対策本部（釜石）に設置された可搬型USATの外観写真（アンテナ径45cm）

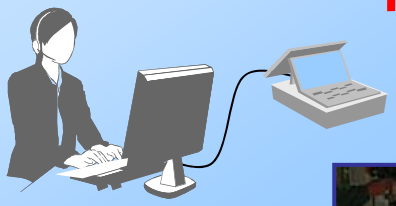
現地対策本部（大船渡）に設置された可搬型VSATの外観写真（アンテナ径1.0m）

移動体衛星通信



きく8号
（ETS-Ⅷ）

対策本部



調査員

被災地

調査員

映像伝送システム基地局PC
（最大10回線対応可能）
（防災端末とLAN接続）

防災端末＋アンプ
（1回線につき1組）

映像伝送システム端末PC
（ポータブル端末とLAN接続）

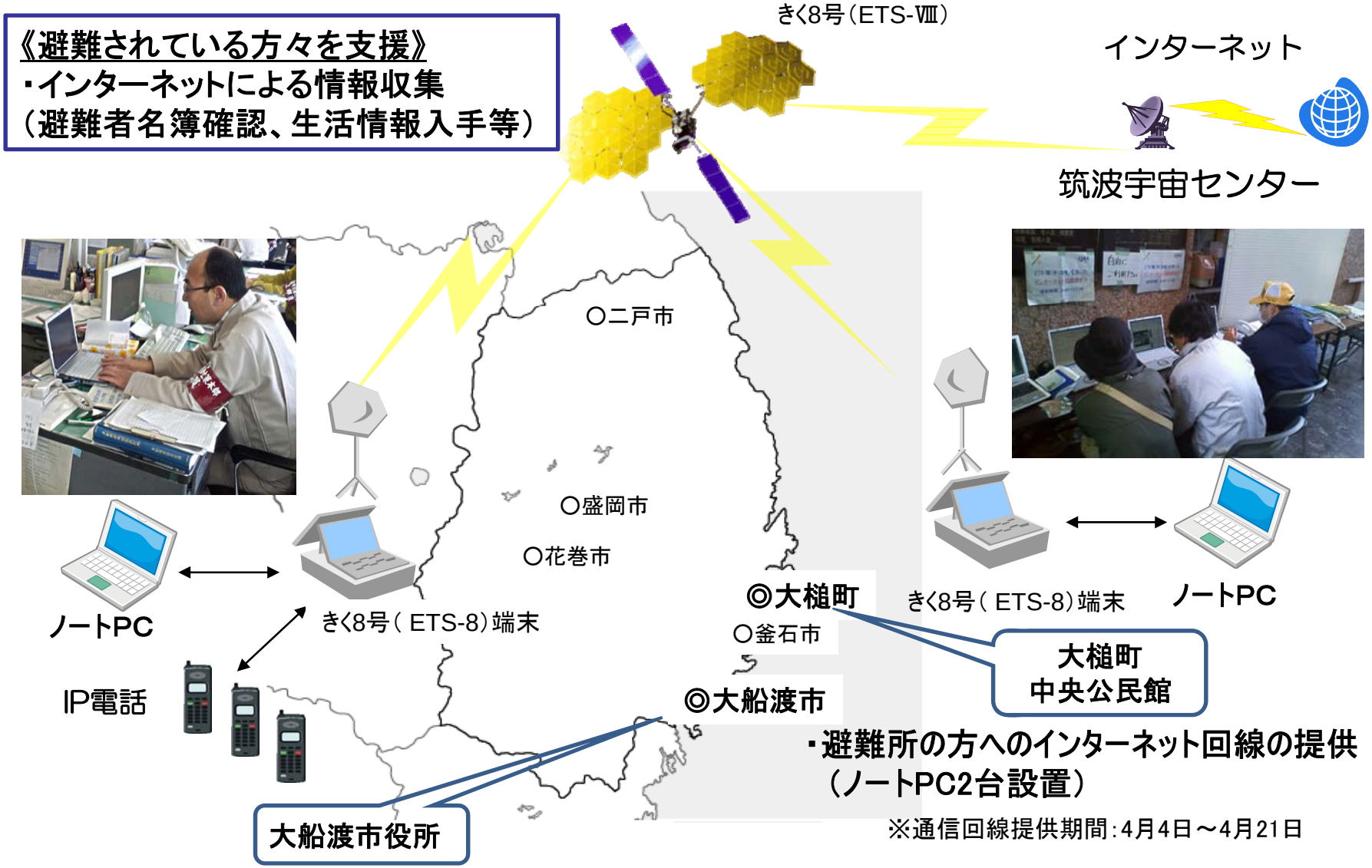
ビデオカメラ
（PCとi-link接続）

外部アンテナ

ポータブル端末
＋アンプ

「きく8号」(ETS-Ⅷ)による東日本大震災支援活動

《避難されている方々を支援》
・インターネットによる情報収集
（避難者名簿確認、生活情報入手等）



・避難所の方へのインターネット回線の提供
（ノートPC2台設置）

※通信回線提供期間：4月4日～4月21日

- **大船渡市役所（防災対策本部）における情報収集。**
- **大船渡市役所へのIP電話回線（3回線）の提供**

※通信回線提供期間：3月24日～4月10日

- **さらに、宮城県女川町高白浜避難所においてもインターネット回線を提供**

※通信回線提供期間：4月26日～5月12日

衛星による災害時通信の今後の方向性

「きずな」、「きく8号」による東日本大震災への対応の教訓から、以下の機能が重要である。

□「被災下でもインターネットへの期待が高い」

■インターネットは情報収集手段として非常に強力であり、安否確認の最新情報を検索する等の利用要望が多い。

■被災地では、音声だけでなく、地図情報やリアルタイム映像等が非常に重要。

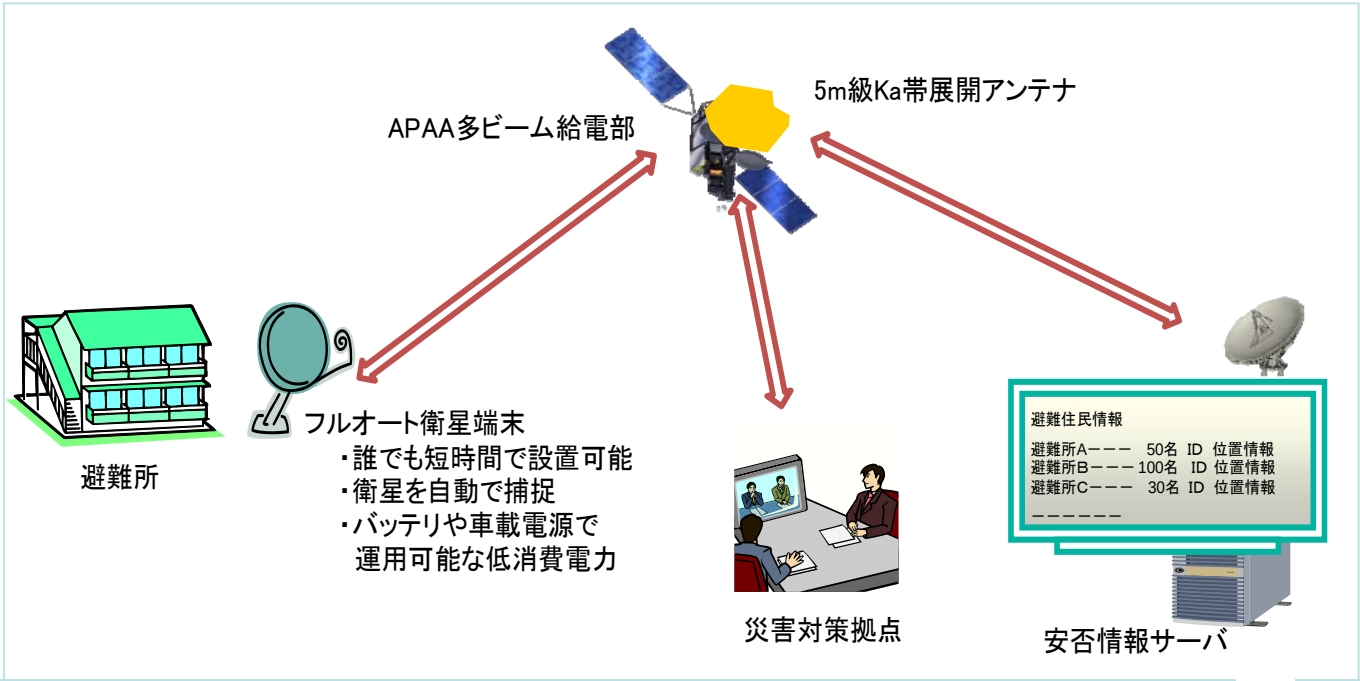
■このため、災害発生後に、バッテリや自動車の電源等で使える衛星通信の可搬局によりブロードバンド・インターネット接続環境を確保する。

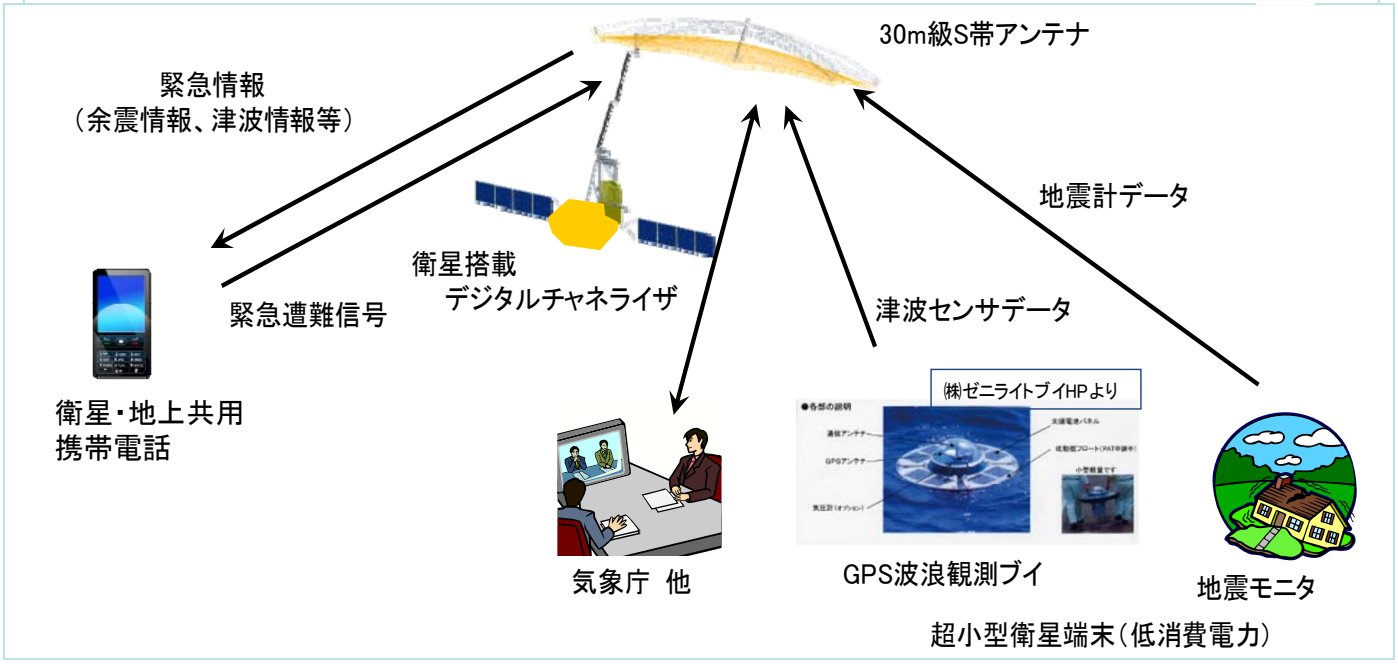
□「緊急情報の提供」

■災害発生直後に、緊急情報（余震情報、津波警報、避難経路等）を被災者の普通の携帯電話に人工衛星から直接、伝達する。

■また、緊急遭難信号の収集や、災害発生を想定し日頃から、地震計や津波センサのデータ伝送を地上通信網に加えてバックアップとして衛星通信で収集する。

災害時非常用通信衛星の検討



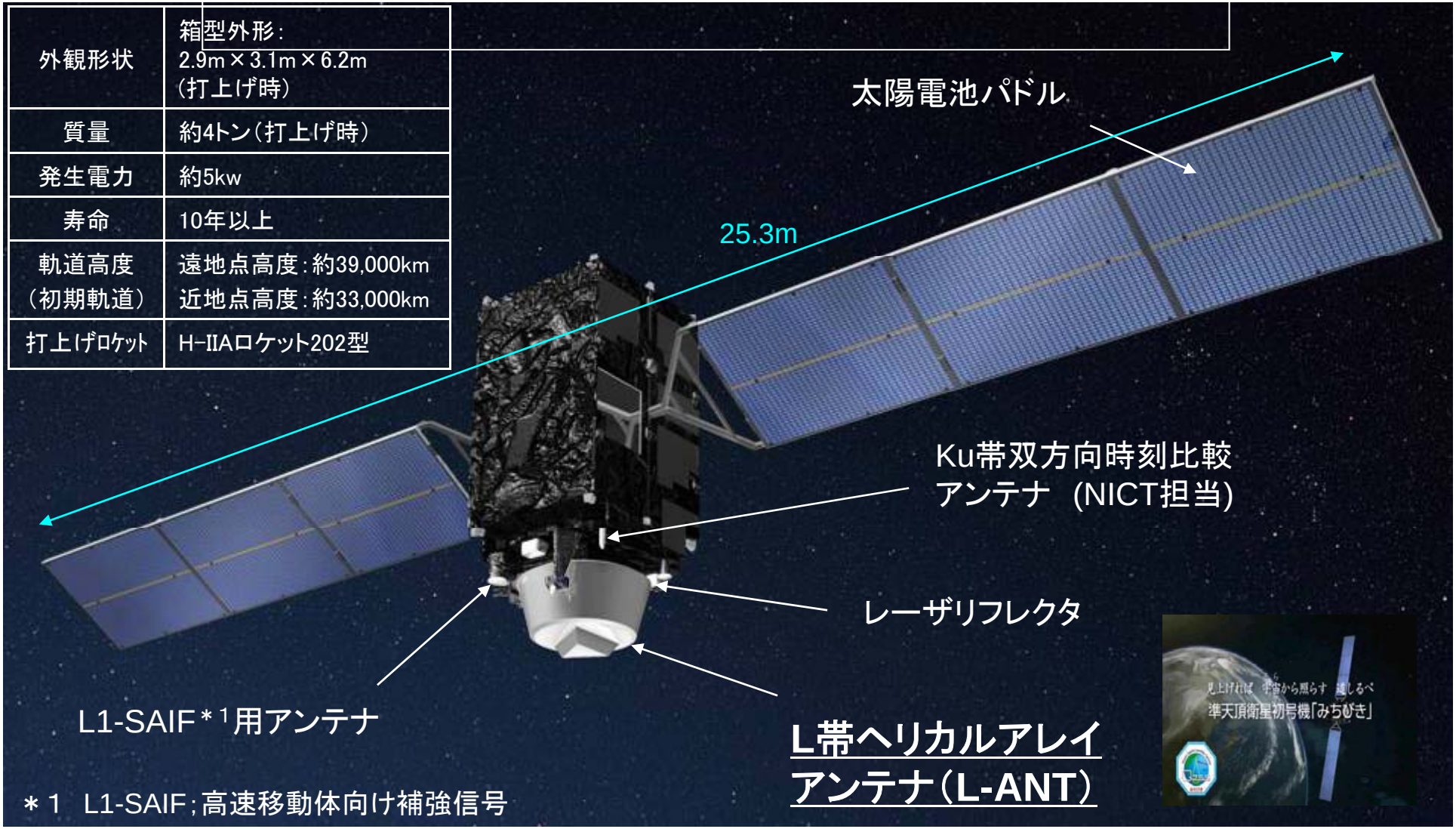


III. 高精度位置情報の提供

8. 測位衛星

準天頂衛星初号機「みちびき」

外観形状	箱型外形： 2.9m×3.1m×6.2m （打上げ時）
質量	約4トン（打上げ時）
発生電力	約5kw
寿命	10年以上
軌道高度 （初期軌道）	遠地点高度：約39,000km 近地点高度：約33,000km
打上げロケット	H-IIAロケット202型

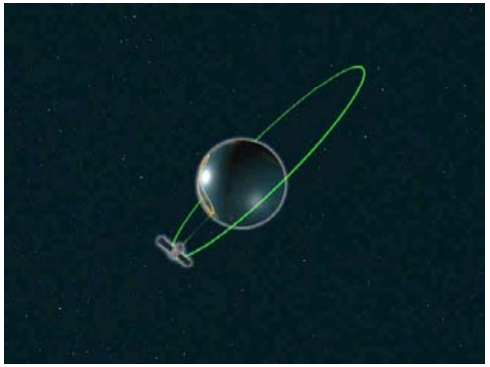


＊1 L1-SAIF；高速移動体向け補強信号

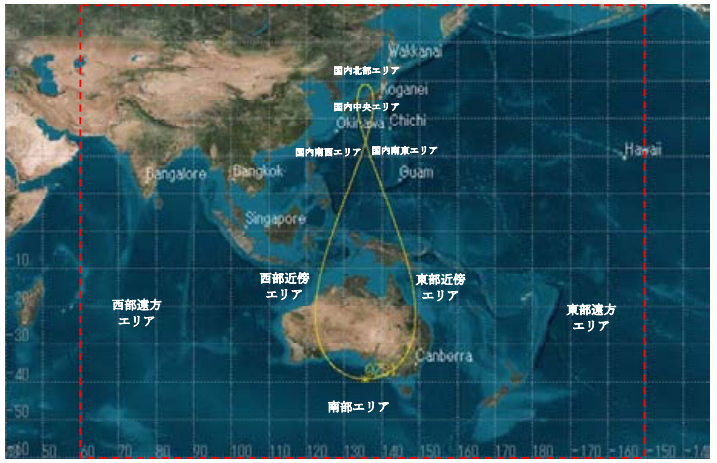
2号機以降の在り方については、8月までに、政府として、我が国測位衛星システムの事業化に係る平成24 年度概算要求の是非を判断することとされている。

「みちびき」の打ち上げ

■ 準天頂衛星初号機「みちびき」
2010年9月11日　20:17　満天の星空の中へ
＠種子島宇宙センター



■9月11日　20:45　衛星分離
（ロケット搭載カメラより）



- 9 月27 日準天頂軌道へ投入。
- 衛星の初期機能確認を経て12月15日技術実証・利用実証を開始。

準天頂衛星システムでどう変わる？

■ 測位精度の向上

- □ 通常、誤差10m程度の測位精度が、誤差1m以下に改善

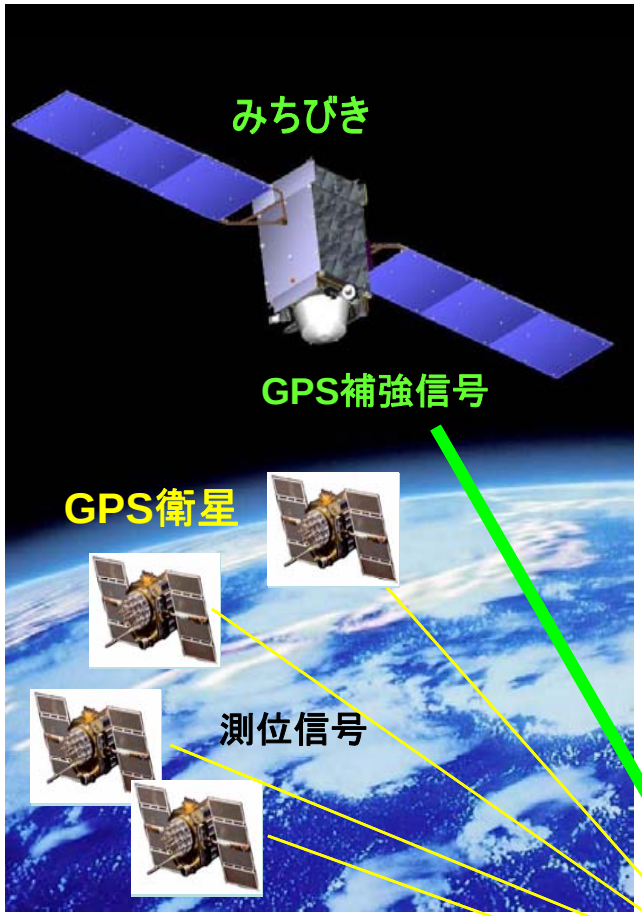
■ 測位可能時間の向上

- □ 天頂付近に常に1機の衛星を観測でき、測位可能時間が大幅に改善

■ メッセージを地上に送信

- □ 災害情報などの緊急情報を測位受信機で受信

準天頂衛星初号機「みちびき」の最新実験成果例



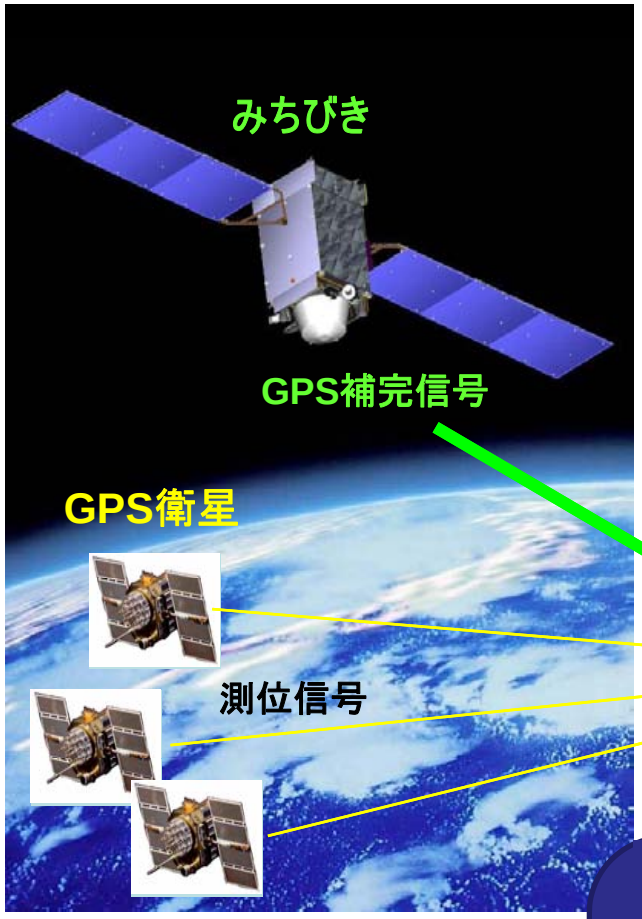
GPS測位誤差を補正する信号
（GPS補強信号）を使用した
高精度測位実験

【低速移動体】

測位誤差

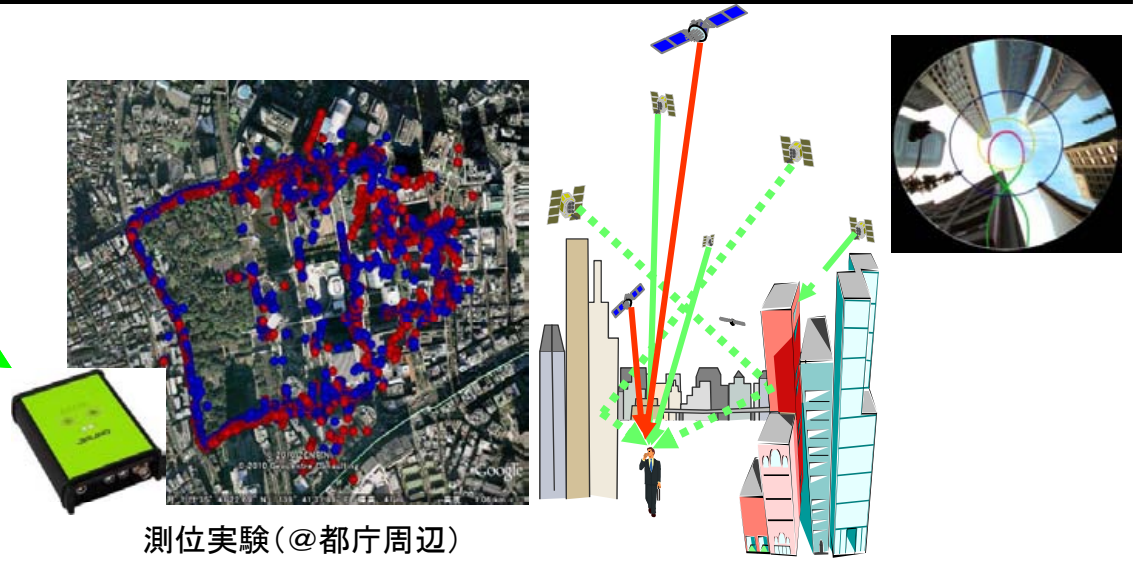
- GPSのみの場合
  ⇒10m程度
- “みちびき”の
  GPS補強信号を利用
  ⇒2.8cm

準天頂衛星初号機「みちびき」の最新実験成果例



測位するには、
4機以上のGPSが必要

GPS補完信号を使用した 東京都庁（新宿）周辺での測位実験



測位実験（@都庁周辺）

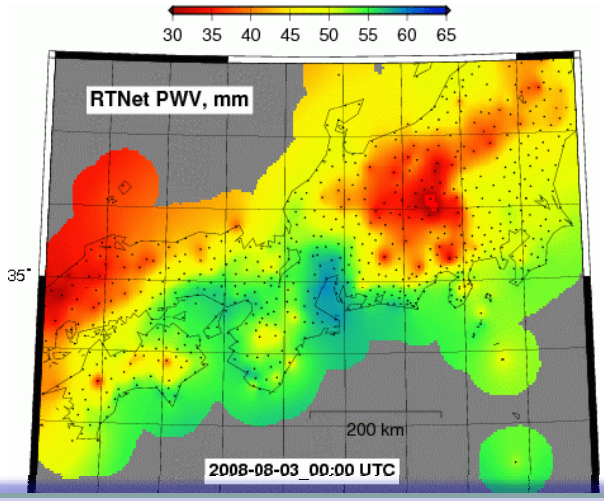
測位可能な確率（測位率）が10%以上向上

●GPSのみの場合：72.5%

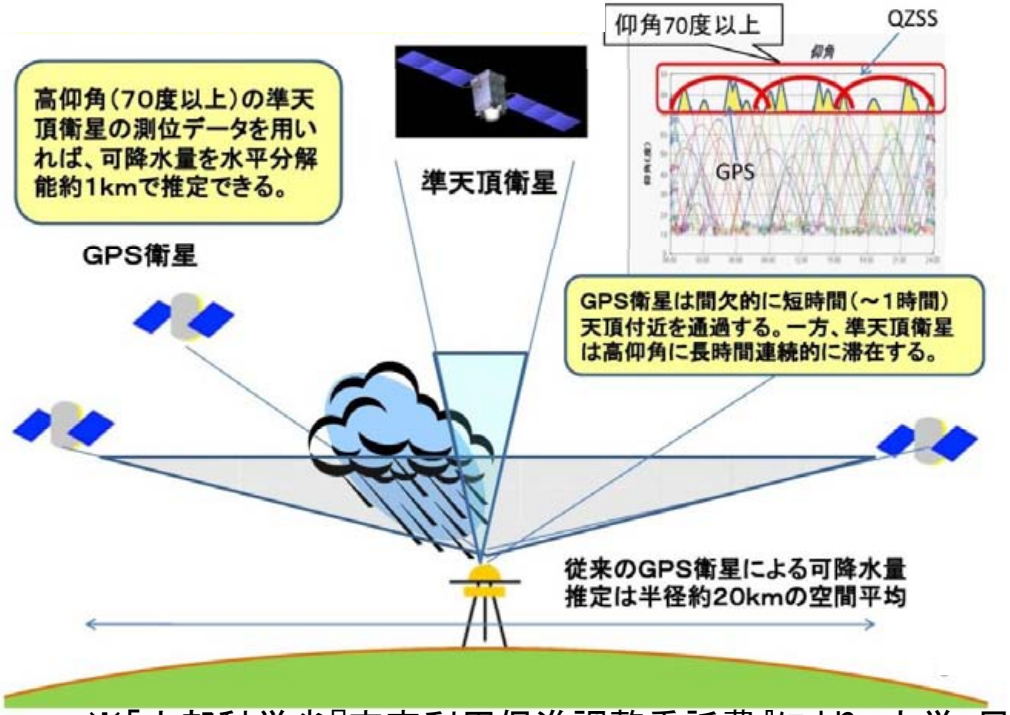
●“みちびき”のGPS補完信号を利用：84.7%

※時間帯によっては、40%以上も向上

局所豪雨を予測！予測精度はどう変わる？



GPSにより可降水量を推定



「みちびき」は、GPSに比べ高仰角で長時間連続観測

20 kmのメッシュの予測から
1 kmメッシュの予測へ

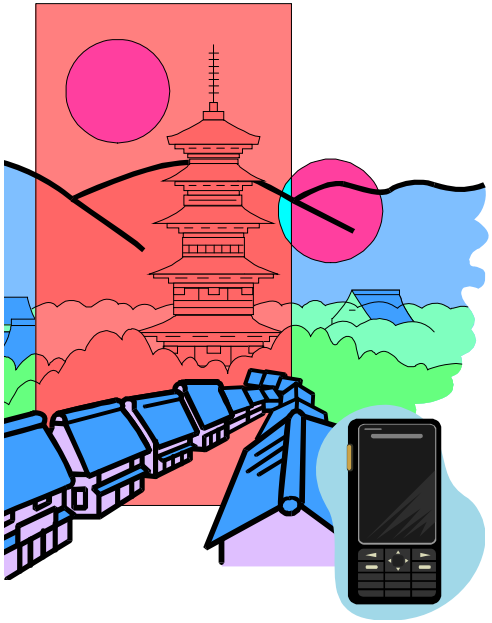
※「文部科学省『宇宙利用促進調整委託費』により、大学・民間等において研究・開発中のシステム例

防災への貢献:災害時の緊急情報の提供

GPS、「みちびき」に対応した
携帯電話などで、緊急情報を受信

レジャーへの応用:利用エリアの拡大

- 携帯電話のGPS機能使った観光サービス
  - 地域の名所を効率よく訪問。立ち寄り行動の促進、地域活性化に貢献。
  - さらに山間部や都心部の高層ビル街でも準天頂システムで常に天頂付近に測位衛星を捉えることが出来ると、これらの地域でも位置情報がすばやく正確に手に入る。

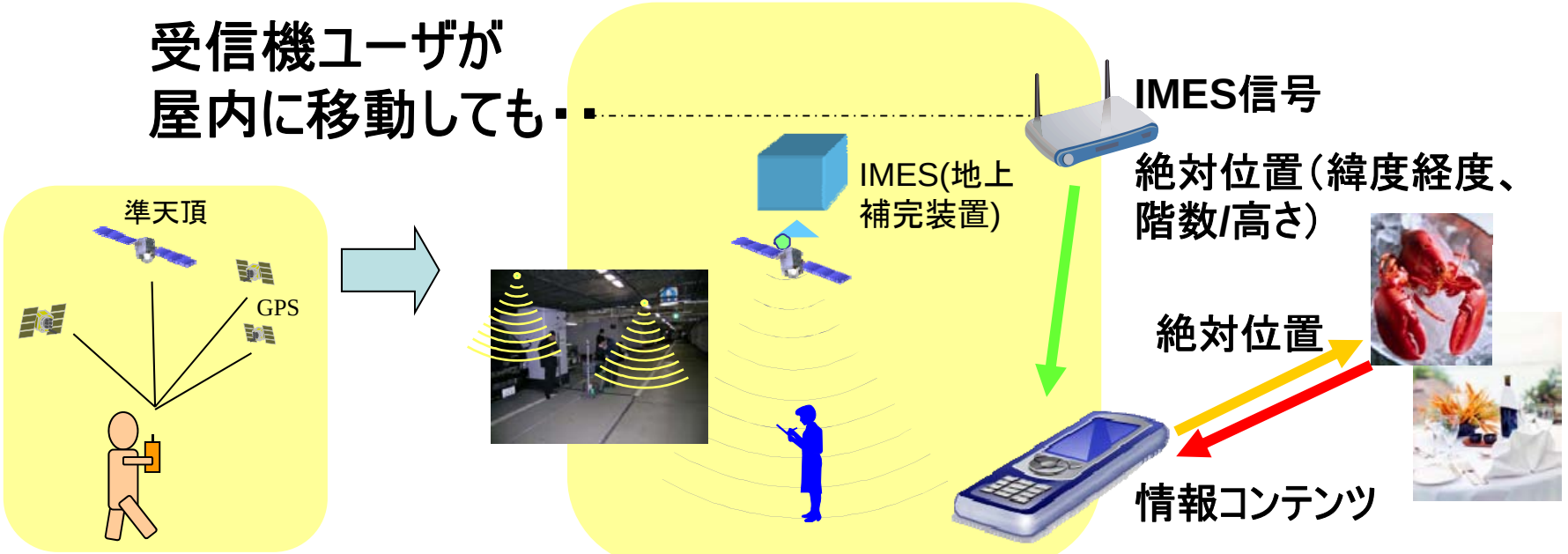


話題のスポットが集中している都心への観光や、峡谷や森林のトレッキングでもこのようなサービスが利用しやすくなる。
また、峡谷や森林の中で万一迷子になったとしても、天頂付近にある「みちびき」からの信号を受信して自分の位置を知ることができる。

いつでもどこでも位置情報を！
～地下や屋内、そしてアジア・太平洋地域での利用へ～

地上補完システムにより、屋内でも位置情報を取得

受信機ユーザが
屋内に移動しても・・・



屋内・屋外に関わらず、
シームレスなサービスを実現

各国が整備する衛星測位システム

米国：GPS（運用中）

(Global Positioning System)
システム構成：
6軌道面×各4機の計24機の衛星で構成
（2011年2月現在、31機運用中）

WAAS（運用中）

(Wide-Area Augmentation System)
システム構成：
静止軌道　3機　（2機運用中）

欧州：Galileo（実験中）

システム構成　：
3軌道面×各10機の計30機の衛星で構成
（2005年12月に1機目、2008年4月に2機目の実験機を打上げ。全体システムの整備完了は2016～2019年の予定。）

EGNOS（運用中）

(European Geostationary Navigation Overlay Service)
システム構成：
静止軌道　3機　（3機運用中）

ロシア：GLONASS（運用中）

(Global Navigation Satellite System)
システム構成：　3軌道面×各8機の計24機の衛星で構成
（2011年2月現在、22機運用中）

SDCM（運用中）

(System of Differential Correction and Monitoring)
システム構成：
静止軌道　2機　（2機運用中、フル稼働は2014年予定）

中国：COMPASS(北斗)（一部試験運用中）

(Compass Navigation Satellite System)
システム構成：　静止衛星5機、中高度軌道衛星30機
（2000年10月の初号機以降、4機の試験衛星を打上げ。第2世代の衛星を2007年4月から7機打上げ。全体システムを2020年までに整備予定。）

インド：IRNSS/GAGAN（開発中）

(Indian Regional Navigation Satellite System)
システム構成：　静止衛星3機、地球同期軌道衛星4機
（最初の衛星を2011年後半に打上げ予定、全体システムを2014年までに整備予定。）

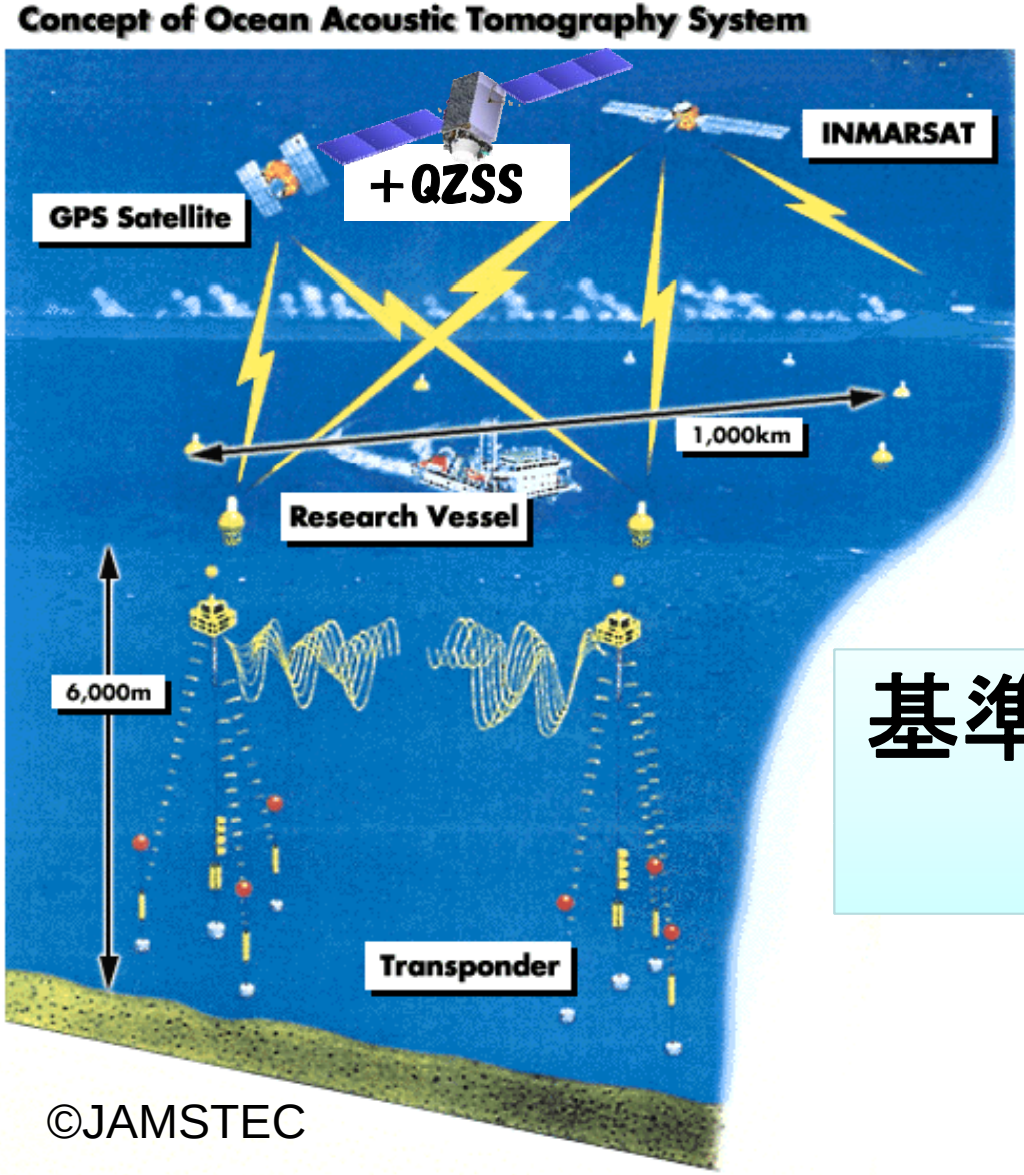
日本：QZSS（開発中）

システム構成：　準天頂軌道3機(TBD)　（1機試験中）

MSAS（運用中）

システム構成：　静止衛星2機（2機運用中）

どこでも高精度な位置情報を入手
～例えば、海でも～



©JAMSTEC

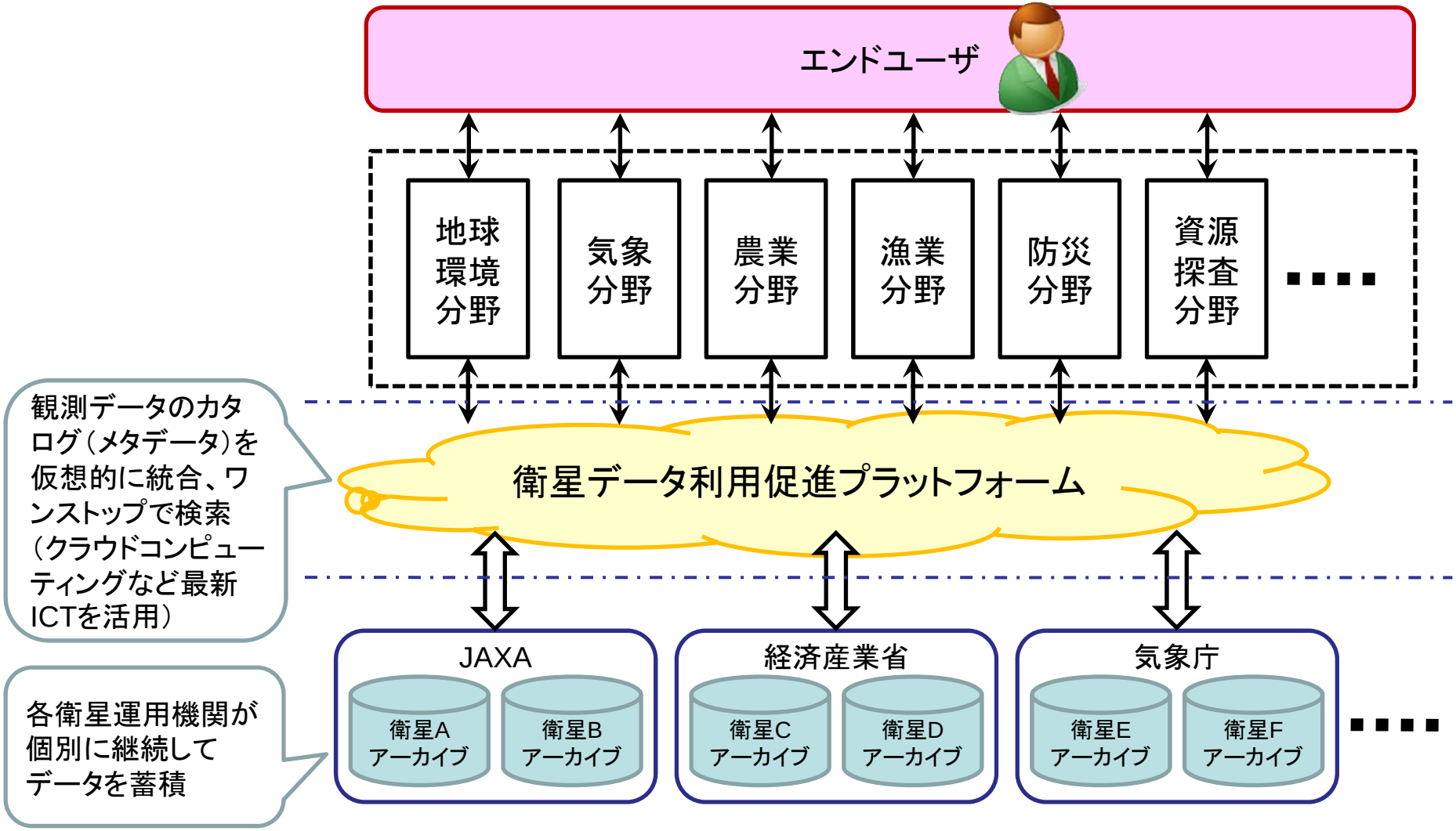
GPS相対測位を使った既存のシステムは基準点網から20kmを越えると精度が劣化し精度要求を満たせない

基準局のない遠洋でも精密測位

まとめ

9. 今後の方向性について

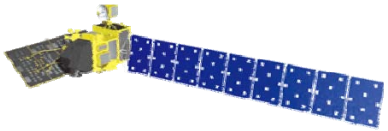
1）衛星データと地上の知見との融合の更なる推進



2）平常時における衛星利用の定着

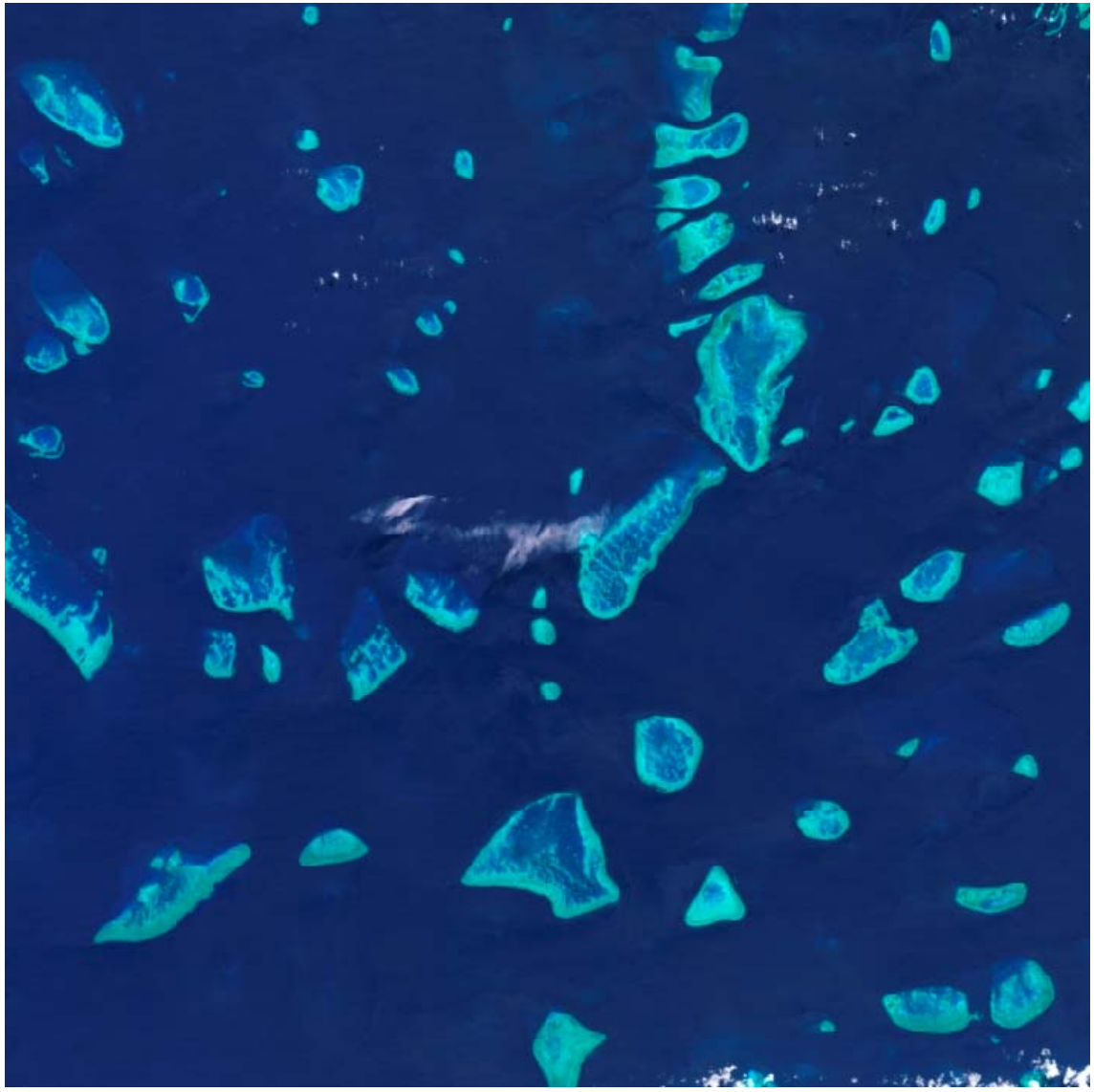
地上からは姿が見えない当たり前のインフラに

地上の点と点を繋ぐ縦割りの情報コミュニケーションだけではなく、面と空間を活用した多次元の情報コミュニケーションを実現。

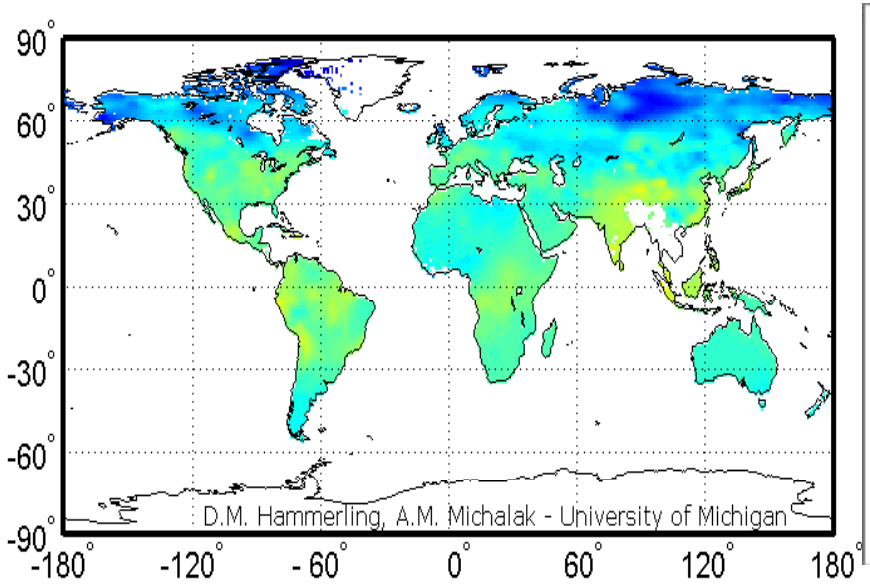


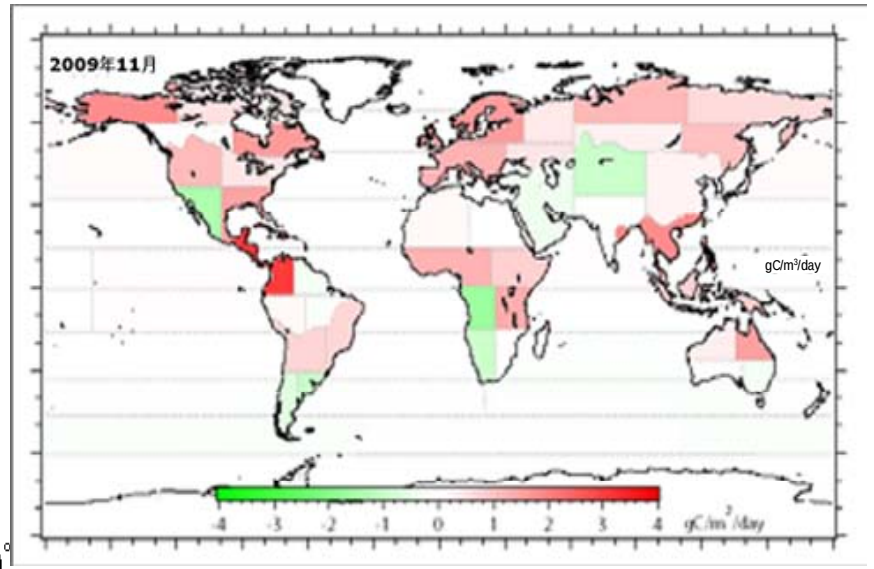
「だいち」がみた世界遺産

グレートバリアリーフ



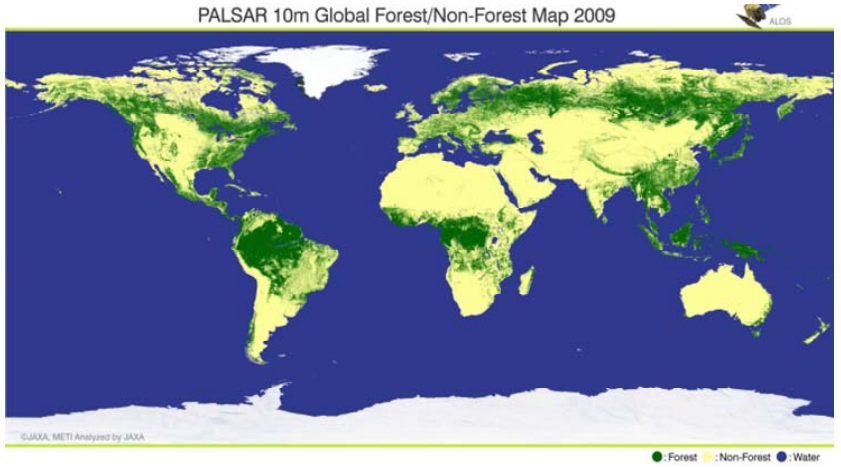
課題：温室効果ガス削減





- GOSATにより全球温室効果ガス濃度分布を観測（3ヶ月平均で0.05～0.08ppm）
- 今後は、国別、地域別の炭素吸収排出量を算定、排出量削減対策の検証に活用

- ALOSにより森林分布を観測（10m分解能）
- インドネシア、ブラジル等の森林大国に展開



「だいち」（ALOS）による全球森林分布図