

推進 9-2-2

評価項目 1(プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認))に
関連する質問

1-1	データ中継衛星	3 ページ
1-2	Lバンド SAR の技術開発について	4 ページ

評価項目 2(プロジェクトの目標)に関連する質問

2-1	フルサクセスの期間について	5 ページ
2-2	データの利用等について	6 ページ
2-3	平時利用について	8 ページ
2-4	分解能と観測頻度について	9 ページ

評価項目 3(開発方針)に関連する質問

3-1	SAR の高空間分解能化	11 ページ
-----	--------------	--------

評価項目 4(その他)に関連する質問

4-1	より広い分野における研究	12 ページ
4-2	「だいち」PALSAR での実験	13 ページ

**災害監視衛星システム
SAR 衛星プロジェクトの事前評価
質問に対する回答(その 2)**

平成 20 年 8 月 7 日
宇宙航空研究開発機構

【本資料の位置付け】

本資料は、平成 20 年 7 月 4 日に開催された第 7 回推進部会および平成 20 年 7 月 25 日に開催された第 8 回推進部会における災害監視衛星システム SAR 衛星プロジェクトの説明に対する構成員からの追加質問に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の回答をまとめたものである。

評価項目 1(プロジェクトの目的(プロジェクトの意義の確認))に関達する質問

【質問番号 1-1】 データ中継衛星

【質問内容】

災害監視衛星システムとして、光学衛星と SAR 衛星という 2 つの衛星に機能分離させる理由は、光学センサーと SAR センサーで得られる情報量が多過ぎて同時に地上に送ることが困難になるためであると解釈していますが、これでよろしいでしょうか？

もしそうであるならば、衛星「きらり」での追加実験として衛星から地上への光通信実験が成功していますが、大量データを高速送受信できるこの光通信がより性能アップして実用化されれば、それぞれの衛星で両方のセンサーを搭載することできるようになり、より有用な情報が得られるものと期待できそうに思います。災害監視衛星シリーズになるべく早く光通信が使用されるように、JAXA 内で光通信の実用化研究の具体的動きはあるのでしょうか？

【資料の該当箇所】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

光学衛星と SAR 衛星に分けた理由は、迅速な災害観測要求に対応する(2機あれば1機の場合に比べ2倍の頻度で観測可能)とともに、災害監視衛星の大容量データ伝送に係る問題を解決する(光学センサーあるいは SAR センサを個別に伝送可能となる)ためです。

「きらり」による衛星から地上への光通信実験は成功しており、データレートは 50 Mbps ですが、実用化研究については、大気による減衰・ゆらぎの補償など技術課題があり、JAXA と NICT((独) 情報通信研究機構) が共同して第 3 期中期計画後半の実用化を目指した高速光通信技術の研究を行っています。

【質問番号 1-2】 L バンド SAR の技術開発について

【質問内容】

目的に関達し、L バンド SAR の技術開発もあるので、目的として、「SAR による災害監視に関する技術開発・利用実証を行う。」としてはどうか？

【資料の該当箇所】 推進 7-2-2 15 ページ

【回答者】 JAXA

【回答内容】

資料に反映しました。

2. SAR衛星プロジェクト



2.1 目的

下記対応により、SARによる災害監視に関する技術開発・利用実証を行う。

(1)大規模な災害に対して迅速に対応すること

大規模災害の状況を迅速に俯瞰するため、悪天候や昼夜の別なく広域の観測を迅速に行うこと。また、地震による地殻変動を広域・詳細に観測すること。

(2)風水害、火山の警戒に対応すること

警報発令後の河川状況、山体変化状況の観測を定期的に行うこと。

(3)二次災害危険箇所、復旧状況等を継続的に観測すること

地滑り、土砂災害の発生状況の観測を継続して行うこと。

(4)冬季オホーツク海の海水分布を定期的に観測すること

評価項目 2(プロジェクトの目標)に関連する質問

【質問番号 2-1】フルサクセスの期間について

【質問内容】

フルサクセスにおいて、現在の資料では、「打上げ5年後まで」となっているが、これは、「打上げ後5年間継続して、注釈に記した災害全てに対応」という趣旨か。その場合、「継続して行く」ニュアンスを出すため「5年間にわたって」と修正してはどうか。また、ミニマムサクセスで「打上げ1年後まで」となっているが、これは打上げ後1年間継続するという趣旨か？ その場合、「1年間にわたって」と修正してはどうか？

【資料の該当箇所】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

ご指摘のとおり、ミニマムサクセスは『打上げ後1年間にわたって』継続して行くこと、フルサクセスは『打上げ後5年間にわたって、官邸対策室が設置される全ての災害に対応する』ことがフルサクセスとの理解です。資料を以下のように修正します。

2.2 目標

SAR衛星プロジェクトの達成目標

a) ミニマムサクセス(打上げ後1年間にわたって)

災害時: 国内または海外の災害時* (防災訓練などの対応を含む) の観測を1回以上行い、機関毎に取り決めたプロダクト**を提供すること。

平常時: いずれかの観測モード***により、日本の国土を一回以上観測し、データを蓄積・提供すること。

b) フルサクセス(打上げ後5年間にわたって)

災害時: 国内または海外の災害時* (防災訓練などの対応を含む) に観測を行い、機関毎に取り決めたプロダクト**を、取り決めた時間内に提供し、防災活動において利用実証されること。

平常時: 機関毎に取り決めたプロダクト**を提供し、防災活動において利用実証されること。

c) エクストラサクセス

平常時、災害時: 防災関係機関が行う防災活動の中で、現状想定していない衛星データ利用が現れること。

また、設計寿命を越えて観測運用が継続し、防災活動に継続的に利用されること。

*: 国内災害は、官邸対策室が設置される災害に対応。海外災害は、センチネルアジアや国際災害チャータからの要請に対応。

** : プロダクトは次頁の通り。機関毎のプロダクト取り決めは、開発移行時までに行う。

***: SAR観測モードは、基本観測モード、広域観測モード、高分解能モード。

【質問番号 2-2】データの利用等について

【質問内容】

- 1) 時間以内にデータが欲しいというのは、初動をかけるまでに判断材料として使いたいという主旨だと理解したが、現場の具体的要請と、可能になることを知りたい。あったらよい、というのではなく、なければこれができない、といった具体例を示してほしい。
- 2) 分解能 1 m, 50 km 幅になれば広域の被災状況の判断材料のみならず、救助に向かう際の詳細なデータとして使用できるはずである。どの段階でどのように使用することが考えられるのか。
- 3) SAR のデータがあっても、救助に向かうには結局、ヘリコプターからの確認が一番重要で SAR は用いないなどといった現場の要求とのずれはないか。これまでの航空機と衛星の役割が、SAR になってどのように変化するのか。
- 4) たとえば、地震の場合はクラッシュ症候群にならずに救出するには何時間が限界で、その救助に向かうために SAR を用いるとこんな実利があるといった例はないのか。
- 5) 今後、継続的に災害監視衛星を打ち上げるとして、衛星の寿命とコストの関係は妥当か。災害に役立てるならば継続的に打ち上げられていることが重要であり、それならば開発費をかけるよりも「だいち」を継続的に上げることのほうが重要といった議論はないのか。
- 6) 平時の研究で、大きく進展が見込まれる分野等はあるか。

【資料の該当箇所】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

- 1) 初動をかけるまでの判断材料として、防災ユーザからは発災前の衛星画像に地図情報を付加した「衛星地形図」の要求があります。これにより、防衛省、警察庁等の救助・救援部隊は現地地勢情報の把握を行います。
「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」では、「可能な限り早く」に対する目安として概ね 3 時間以内という指標を設けましたが、政府調査団の派遣や自衛隊への派遣要請の実際のタイミング(前回の質問 1-4 への回答参照)に鑑みても、3 時間以内に衛星画像の活用により災害の全体像を早期に一気に掴むことができれば、救助のための要員や機材を、これまでよりも適切かつ迅速に配備することが可能となります。(人命の救助は 72 時間以内が勝負と言われています。)
例えば、大規模災害が発生すると、新潟県では 700 ~ 900 もの孤立集落が発生し、東海大地震クラスになると 4000 あまりの孤立集落が発生すると言われていますが、これらを航空機等の観測手段のみで、早期に状況把握することは困難であり、広域観測手段である衛星画像に期待が寄せられています。
また、現在のところ、夜間や悪天候下での全体把握をするための手段はなく、先日の岩手沿岸北部地震(深夜 0:26 発生)におきましても、明方までヘリコプターは飛ぶことができませんでした。災害監視衛星による SAR 観測により夜間・悪天候下でも全体の概況把握や差分情報が抽出できれば、数時間の空白を埋めることが可能となるため、防災機関から大きな期待が寄せられています。
- 2) 救助に向かう際の詳細なデータとして、以下のような使用を想定しています。
 - 1) の回答と重複しますが、発災直後に、発災前の「衛星地形図」を救助・救援部隊に対して提供することで、現地の広域の地

勢情報把握に使用する旨、防災機関に確認しております。

被災後の現地衛星画像を提供することで、派遣先地域の決定、ヘリ発着場所の選定、通行可能ルート判断等に使用できることを、これまでの省庁検討会の議論及び利用実証実験を通じて確認しております。

- 3) SAR衛星は、ヘリコプターや航空機が飛行できない悪天候時や夜間において、広域を観測できる点が最も大きな利点であること、また、ヘリコプターや航空機が併用できる状況下においても、SAR衛星画像から概略の被害集中地域を確認することで、限りあるヘリ/航空機等リソースの有効活用が可能になることを防災機関の見解として確認しております。これらの見解は、警察庁・消防庁・防衛省等の現場対応機関へのヒアリングを通じて確認したものです。
- 4) クラッシュ症候群は、身体圧迫により概ね2時間以上の血流遮断により発症する可能性があるとしております。SAR衛星による夜間観測や悪天候時の観測により、救出までの時間を短縮出来る可能性が高まると考えられます。
- 5) 「だいち」の観測頻度、分解能では、災害監視に係る防災関係府省庁のニーズに十分対応出来ていません。このため、新規開発がいずれにせよ必要となります。継続的な災害監視への貢献を考えた場合、大型衛星の開発より、中型衛星で構成する方が最適と考えます。なお、衛星の寿命は、「だいち」が3年、災害監視衛星は5年となっております。また、コストについては、「だいち」は485億円、災害監視衛星システム SAR衛星は約225億円と見込まれています。従って、衛星の寿命とコストの関係は妥当と判断しています。
- 6) 「だいち」搭載のLバンドSAR(PALSAR)を用いた研究から、下記3分野を中心に大きな進展が期待されます。

生物圏

南米アマゾンのような大規模森林の伐採域抽出は、PALSAR

を用いた手法が確立できていますが、東南アジアやアフリカの森林は、小規模かつ傾斜地での森林が多いため、高分解能のLバンドSARによる詳細な観測が必要となります。これにより、全球炭素観測精度向上に大きく貢献することが期待されます。

雪氷圏

南極、北極、グリーンランドの氷の変化の観測において、SARの高分解能化等の性能向上により、陸から海に流れ出る雪氷の体積推定精度が大幅に向上し、地球温暖化による海面上昇の要因を定量的に評価することが期待されます。

固体地球(地震・火山)

LバンドSARの周波数帯域を広げることにより干渉性を向上し、岩手・宮城内陸地震や中国四川大地震のような地表面の変動量の大きな地震においても、正確に変動量を計測できるようになります。また、ScanSARモード同士の干渉を可能とすることで、中国四川大地震のような数百kmにおよぶ大規模な変動もカバーできるようになり、地殻変動研究に大きく貢献することが期待されます。

【質問番号 2-3】 平時利用について

【質問内容】

平時の観測はどのようなデータを出すことを計画しているのか。まとめて示してほしい。

【資料の該当箇所】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

平時利用について別紙 1 にまとめましたので、ご覧ください。

【質問番号 2-4】 分解能と観測頻度について

【質問内容】

3 m の場合は災害監視のためにどの程度貢献できますか。また観測機会が 1 日 1 回であり、大規模な災害に迅速に対応するという目的を達成できますか。

【資料の該当箇所】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

SAR の分解能を 3 m まで向上することにより、「だいち」搭載 PALSAR (分解能 10 m) に比べて検出能力が 10 倍程度向上¹し、大規模災害発生時の被害把握に必要な対象である主要幹線道路、主要橋梁、主要建造物等の被害状況(たとえば、道路上への土砂被覆の有無、建物が倒壊しているか否か等)について、発災後の画像から目視で確認できるようになります。これについては、3 m 分解能の衛星搭載 SAR と同程度の分解能(2.5 m × 5 m)²を有する航空機 SAR を用いた実験により可能であることを確認しています。(別紙 2 の事例 2 上段を参照: 崩落による橋の有無などを目視判読可能)また、光学センサやヘリ等の利用制約のある夜間においても、3 m 分解能の SAR 画像による大規模災害有無の広域判断が可能となることを防災機関の見解として確認しています。

「だいち」搭載 PALSAR では、これまで大規模水害域の検出(特

¹ 分解能の面積比が検出能力相当となります。PALSAR は 10 m × 10 m = 100 m² に対し災害監視 SAR では 3 m × 3 m = 9 m² なので約 10 倍となります。

² *1 と同様、災害監視 SAR では 3 m × 3 m = 9 m²、航空機搭載 SAR では 2.5 m × 5 m = 12.5 m² であるため、災害監視 SAR と航空機搭載 SAR の検出能力は同程度となります。

に、タイ水害、ミャンマー水害、パキスタン水害(一部、橋梁の落下と思われる箇所¹⁾の把握)、大規模地震に伴う被災領域の特定(ジョグジャカルタ近郊の被災領域の推定、2007年8月のペルー地震における被災領域の推定、四川省大地震の土砂崩落箇所²⁾の特定、塞き止め湖の特定、せき止めに伴う河川幅の変化領域の特定)、大規模土砂災害(2006年2月レイテ島の大規模集中豪雨に伴う土砂崩落)等があります。一方、2006年7月天竜川決壊、2006年8月鹿児島地方豪雨と河川の決壊については、「だいち JPALSAR では分解能が10mであり、十分な検出が出来ませんでした。JAXAでは、これまで航空機搭載のPi-SAR(分解能3m相当)を用いた実験を行い、日本の規模の災害検出め事例として、水害、土砂災害、塞き止め湖等を検出することが出来たことから、3m分解能の災害監視 SAR により、十分対応できると考えています。

また、Lバンド SAR の利点である良好な干渉性を用いることで、過去画像との差分処理により、水害域、橋梁の変化場所等、変化域の抽出が出来ます。また、SAR は雲の影響を受けないため、全部自動処理が可能であり、情報抽出までの時間を短縮できるメリットもあります。(別紙2の事例2 下段右:変化箇所を識別、事例3:土砂崩落による水没域の識別)

次に、観測機会については、SAR衛星1機のみで災害監視衛星システムを構成するわけではなく、光学衛星とSAR衛星の2機に加え、海外衛星3機との連携も含めることにより、日中3時間以内、夜間6時間以内の観測待ち時間を約8割の確率で行うことを当面の目標としております。(SAR衛星1機はシステム構築に向けた第一歩です。)

なお、SAR衛星1機で、場所によりますが1日にほぼ2~4回の観測が可能です(日本付近)。別紙2の参考に、SAR衛星1機による1日の観測可能範囲を示します。

評価項目3(開発方針)に関連する質問

【質問番号3-1】 SARの高空間分解能化

【質問内容】

本衛星のSARは技術的には多くの点で「だいち」の技術の延長上にあり、開発方針の記述が当てはまる面はあるが、高空間分解能という新たなSAR開発への取り組みは、特記しておく必要があるものと思います。

【資料の該当部分】 推進7-2-2 P18

【回答者】 JAXA

【回答内容】

開発方針に として追加しました。



2.3 開発方針

- ① 利用機関と緊密な連携をとり、利用要求に合致した観測データを、迅速に提供するシステムを開発する。
⇒衛星システムと地上システムの一体設計による緊急観測対応時間の最短化
- ② 既存システム、既存技術を最大限に活用し、信頼性の向上とコスト、リスクの低減、開発スケジュールの短縮を図る。
⇒中型衛星バス(GOSAT、GCOM等)の活用等
- ③ LバンドSAR技術を高度化(広帯域化、高出力化、マルチビーム化など)し、高空間分解能・広観測幅を実現する。
- ④ SAR衛星と光学衛星の共通化設計を通して、信頼性の確保と運用性の向上を図る。
- ⑤ JAXA内のマトリクス体制を強化し、プロジェクトのライフサイクル全般に共通部門の専門技術者が参画し、信頼性の高い衛星開発を行う。
- ⑥ 民間と協力し、災害等におけるデータ利用の更なる拡大や定着を図るとともに、コスト(運用費等)の低減を図る。

評価項目 4(その他)に関連する質問

【質問番号 4-1】 より広い分野における研究

【質問内容】

分解能 1 m レベルの SAR の画像の処理、判読、活用には、その可能性への期待から、興味を持つ研究者が多いと思われる。防災の分野に限らず、より広い分野の研究者の参加を求めるため具体的に何か行っていることはないか。

【資料の該当部分】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

JAXA では各種分野の SAR データ研究者から構成される「SAR 解析 WG」*を組織し、差分抽出技術などの解析手法の評価を含め、高空間分解能 SAR の利用のための活動(昨年 7 月から本年 7 月まで 4 回実施)を行っています。

また、高空間分解能に加えて多偏波情報も活用することにより、森林バイオマスや農業分野の応用などが考えられることから、リサーチアナウンスメントを活用するなどさまざまな分野の研究者の参加を求めています。

【質問番号 4-2】 「だいち」PALSAR での実験

【質問内容】

アジマス分解能 1 m の実現は興味ある課題であるので、「だいち」の SAR で何らかの実験が出来ないか。

【資料の該当部分】

【回答者】 JAXA

【回答内容】

「だいち」搭載 PALSAR は、ご指摘のような観測が可能な設計となっていますが、地上における試験や検証を行っていないことから、リスク等の評価を行い、「だいち」後期利用段階(H21 年 1 月末以降)において、ご提案の高分解能化実験を実施出来るかどうか検討します。

* メンバーは、高知女子大学、日本大学、岐阜大学、新潟大学、長岡技術科学大学、東北大学、NICT の研究者等



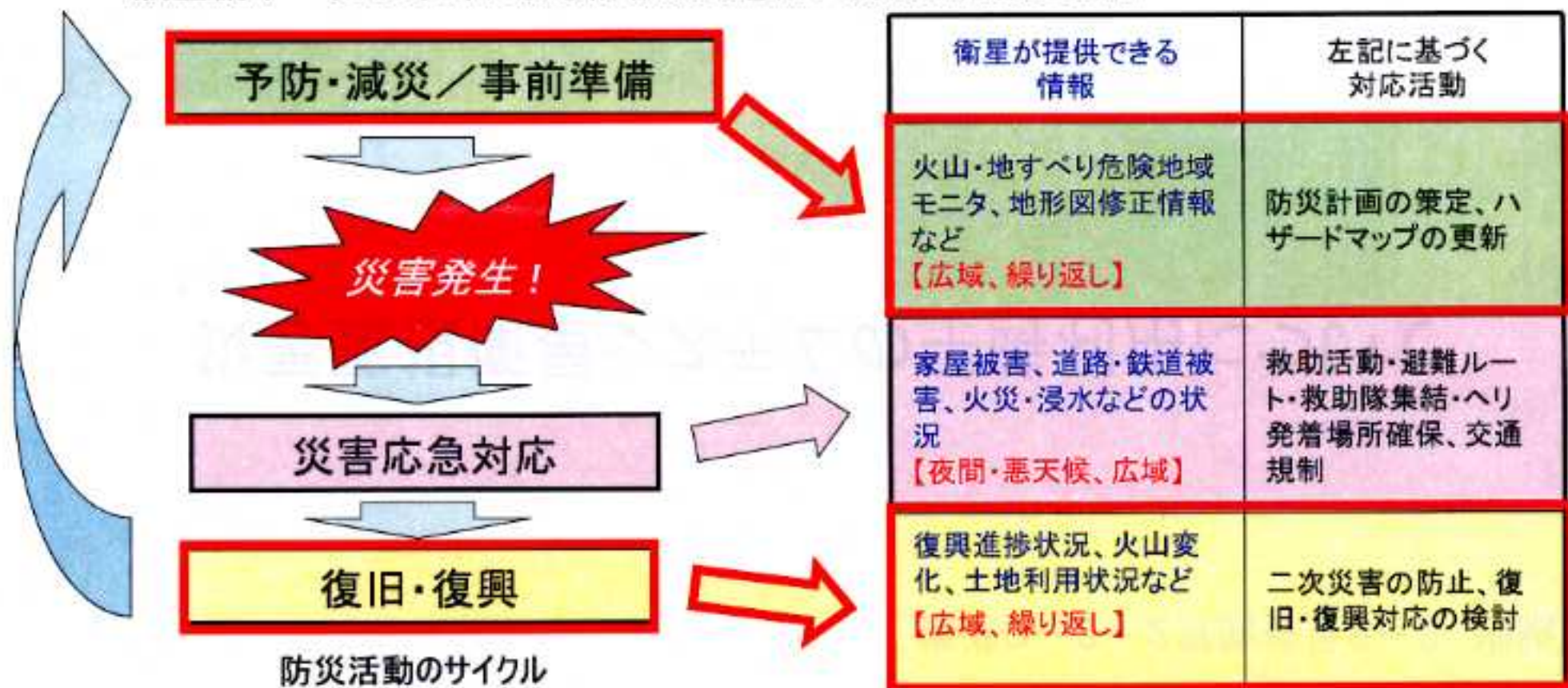
推進9-2-2質問番号2-3 別紙1

災害監視衛星システムの平時利用について

災害監視衛星システムの平時利用について

衛星観測の特長を活かした「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



防災活動においては、発災後の緊急対応のみだけでなく、予防・減災活動や復旧・復興活動といった平時の活動が存在するため、災害監視衛星システムは、平時においても防災活動に必要となる以下の観測を継続して実施し、利用実証する必要がある。

●火山、海氷等の定常的な監視

火山活動による山体膨張(SAR)や噴煙(光学)の監視、地滑り危険地域の監視(SAR、光学)、冬季の海氷監視(SAR)などを継続的に行う。

●予防・減災のためのハザードマップ更新

●比較判読や地理情報把握を行うためのアーカイブ整備

①SAR干渉解析用のベースデータを取得

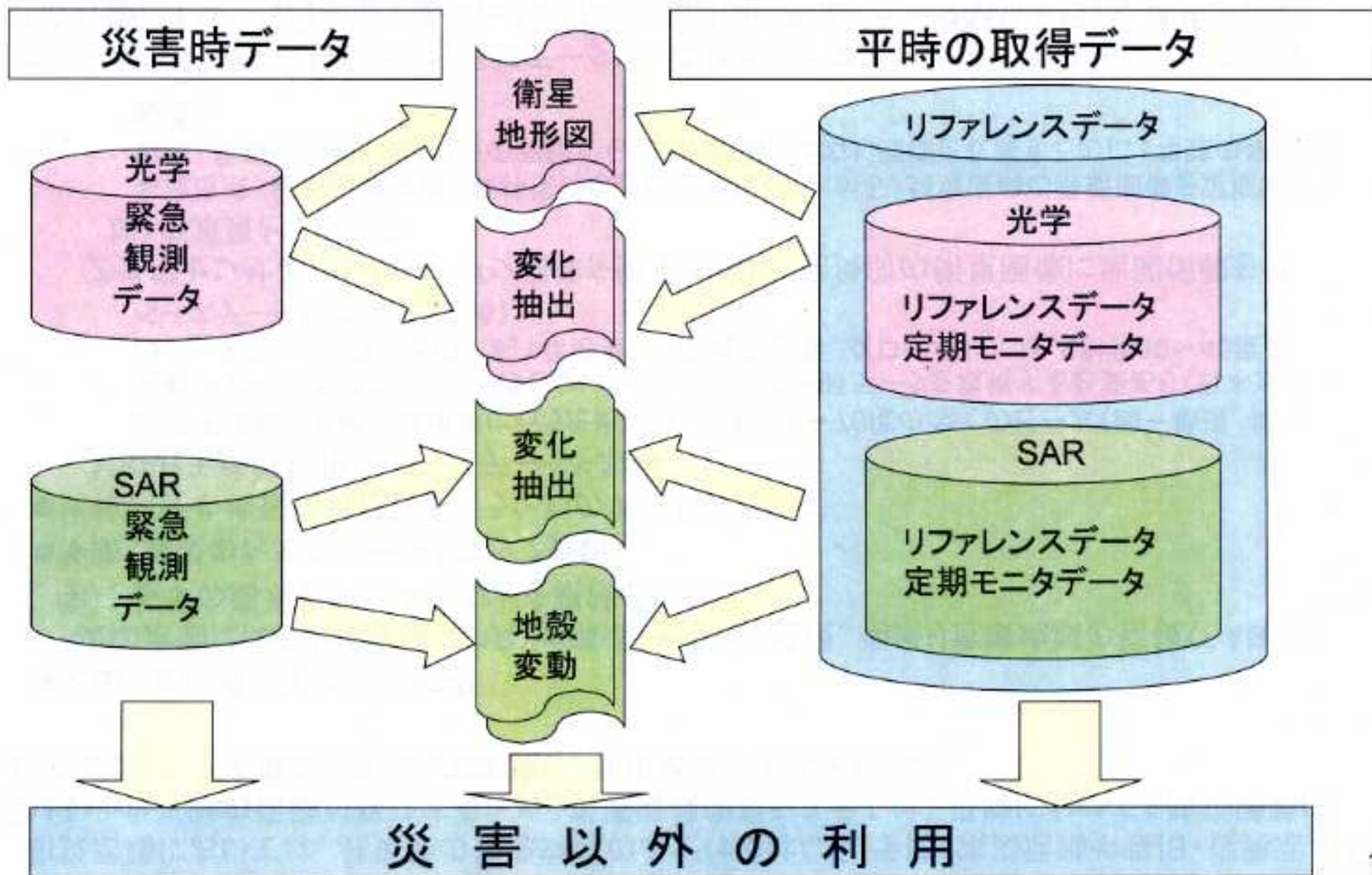
SAR干渉解析を発災後迅速に行うためには、入射角8~70度の全てのビーム(同一軌道、同一入射角の観測ペアでないと干渉しないため)について平時データを取得する必要あり(日本全土のベースデータを揃えるのに約1年必要、以降毎年更新。グローバルには入射角30~45度のベースデータを定期的に取得)。

②光学センサのパンシャープン画像を衛星地形図(発災前の衛星画像に地図情報を付加)の源泉として取得

宅地造成、新設道路工事、森林伐採などが行われることから、発災直前の最新画像を定期的に取得、更新が必要(「だいち」の実績から、日本全国の雲なし画像を収集するのに1年強の期間が必要)。

これら災害監視を主目的とした観測データは、森林バイオマスや地図への応用など、災害以外の分野にも広く利用可能であるため、「だいち」同様に幅広くデータ配布を行い、活用を図る。また、「だいち」搭載PALSARを用いた研究成果から、生物圏、雪氷圏、固体地球を中心とした研究分野に大きな進展が期待される。

災害監視衛星システムのデータ利用の考え方



事例1) 都市部建築物の識別例(東京ディズニーランド付近)

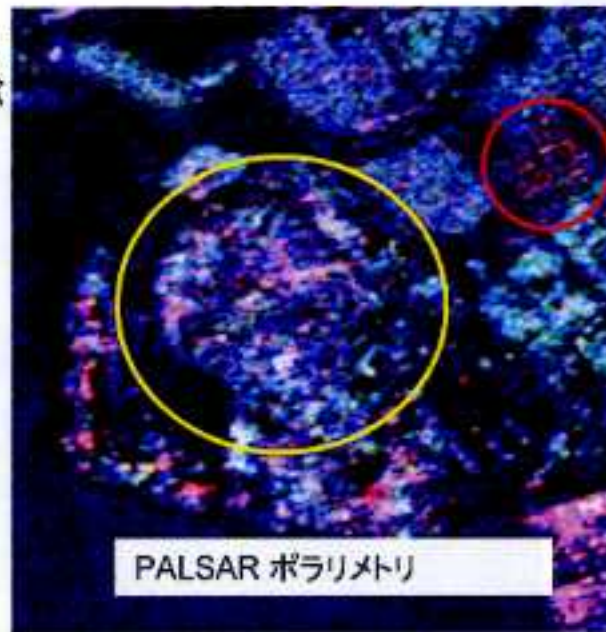
© JAXA

東京ディズニーランド付近の画像を

- ALOS PALSAR(左: 分解能10x23m)
- 航空機Pi-SAR(右: 分解能2.5x5m)

について比較したもの(双方とも、LバンドSAR)。
 (3偏波(HH,HV,VV)をRGBで色付し、紫赤青は飛行方向
 に対し平行か垂直の建物を、飛行方向に対し緑は傾いた
 建物か森林を示す)

Pi-SAR画像では、ALOSでは識別不可能であった赤丸内の
 のマンション群の形状や、
 東京ディズニーランド周辺
 (黄丸内)の主要建造物が
 識別可能であり、視認性
 が大幅に向上している。



1 km



事例2) 都市部橋梁等の識別例(豊洲付近)

© JAXA



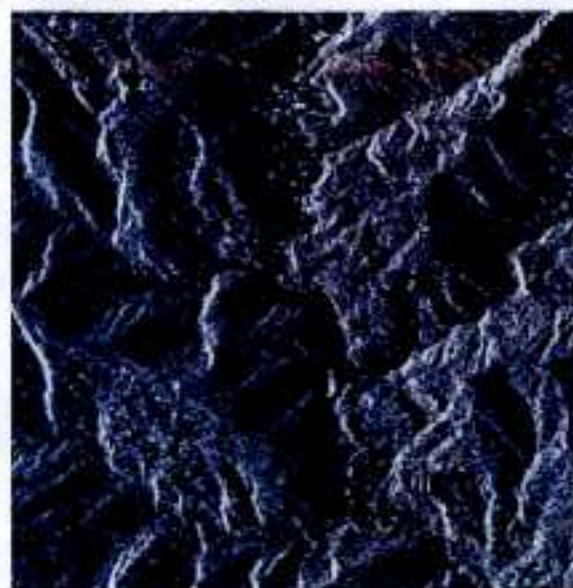
1km



晴海・豊洲地域の1999年11月と2008年1月の8年間の変化をPi-SAR(LバンドSAR)で捕らえたもの(分解能 $2.5 \times 5m$)。晴海大橋(全長580m、幅員:約12m~23m)の敷設、豊洲商業施設群(約300m四方)の建設等が目視判読できる(赤丸:災害シミュレーションとしては、橋の崩落、商業施設崩壊等を模擬)。橙に色付けした差分を地形図と衛星地形図に貼付け、変化箇所(青丸)が把握できる。

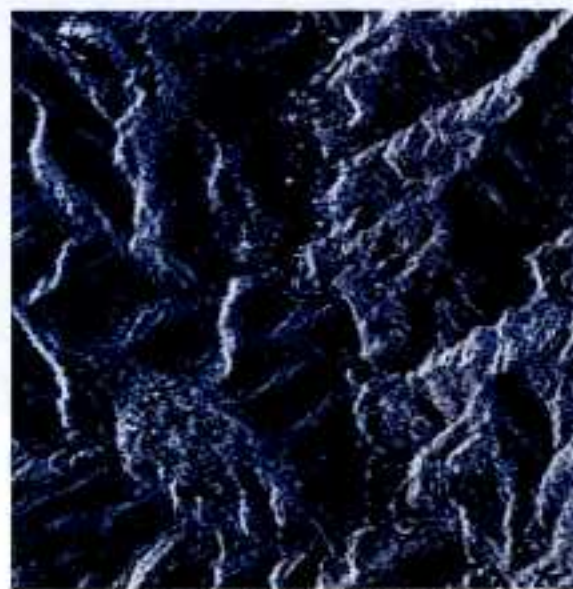


事例3) 山古志村の土砂災害に伴う水没箇所の差分抽出

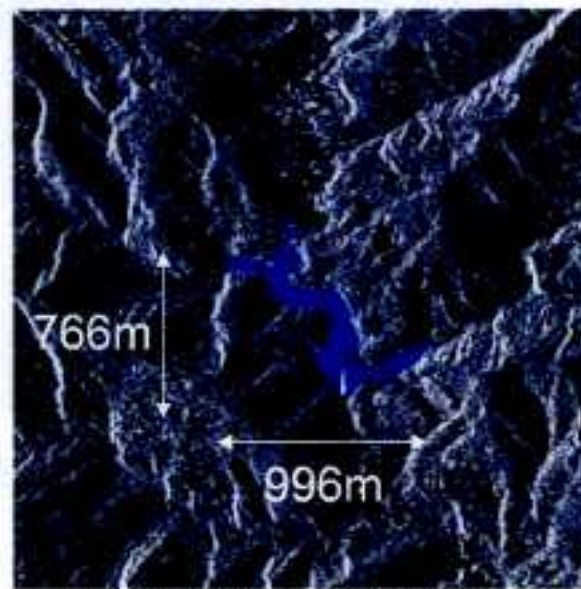


画像1:2004/11/3

中越地震後の山古志村における土砂災害で河道閉塞が生じ、堰止湖が発生した様子を、2004年10月下旬と11月上旬のPi-SAR (LバンドSAR)観測で捕らえたもの。画像1と画像2の差分抽出箇所(水域)を青で表示:分解能は約2.5m



画像2:2004/10/26

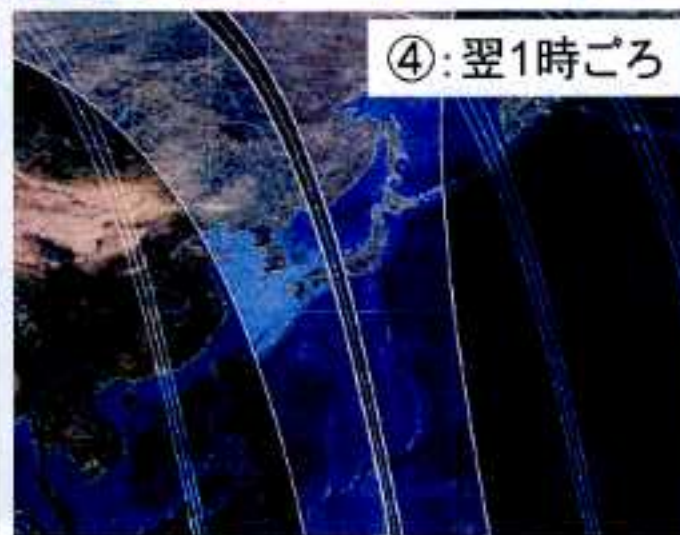
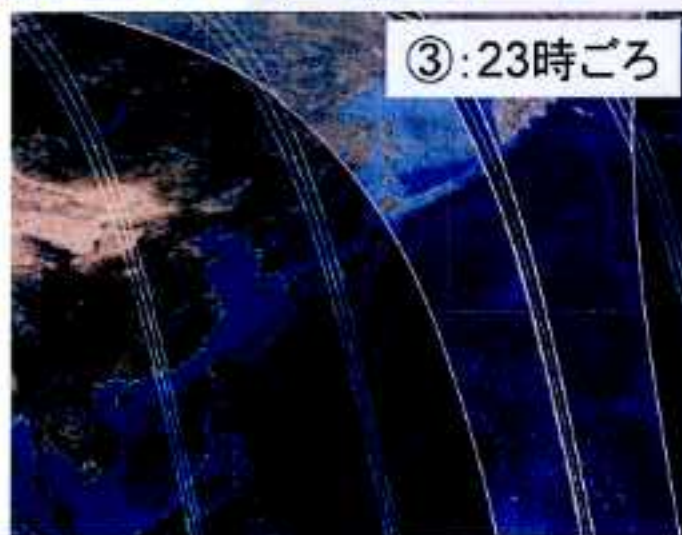
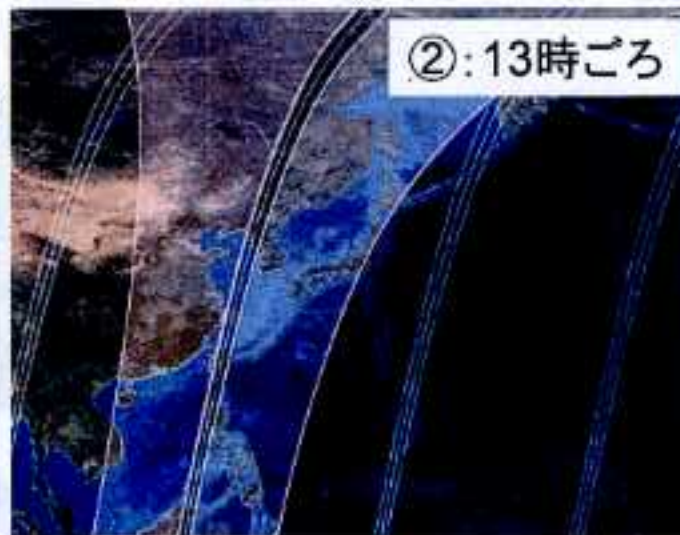
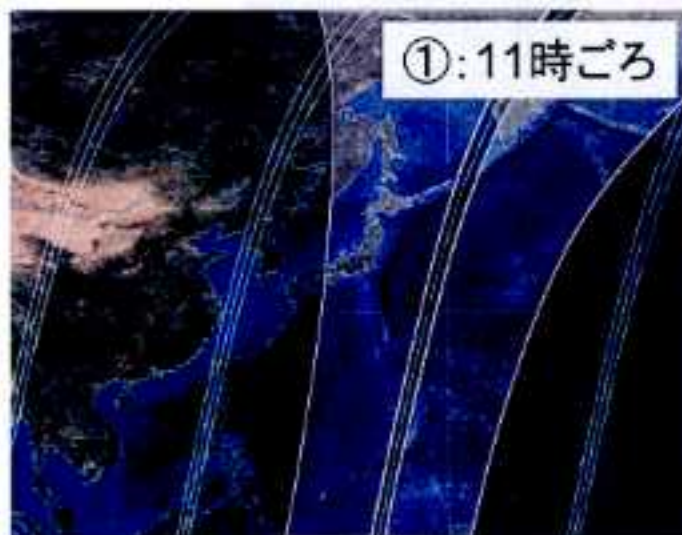


画像1と画像2の差分抽出画像
(水域を青で表示)

© JAXA

(参考) SAR衛星1機による1日の観測可能範囲

1日に、ほぼ2~4回の観測がSAR衛星1機で可能



- 観測可能範囲(ピンク)の内、50km幅を観測可能
- 観測可能範囲は日によって東西に平行移動するため、左図は一例である。
- SARは原理上、衛星の真下近傍は観測できないため、ピンクの領域中心部に空白が出来ている。