

災害監視衛星システム SAR衛星プロジェクトについて

平成20年7月4日

宇宙航空研究開発機構
宇宙利用ミッション本部

執行役 本間 正修

災害監視衛星

プリプロジェクトチーム長 大沢 右二

防災利用システム室長 滝口 太

目次

1. 背景及び位置付け

- 1.1 衛星による災害監視の重要性
- 1.2 宇宙開発委員会等での議論
- 1.3 防災関係府省庁等のニーズ
- 1.4 災害監視衛星システムの要件
- 1.5 災害監視における国際貢献
- 1.6 災害監視以外の分野へのデータ活用

2. SAR衛星プロジェクト

- 2.1 目的
- 2.2 目標
- 2.3 開発方針
- 2.4 システム選定および基本設計要求
- 2.5 開発計画
- 2.6 リスク管理

1. 背景及び位置付け

1.1 衛星による災害監視の重要性

- 近年、大規模自然災害が国内外で頻発しており、本年は、6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震や、5月のミャンマーのサイクロン災害、中国四川省の大地震の発生など、国民の安全・安心の確保の観点から、被災地全体の迅速な状況把握の重要性が益々高まっている状況にある。
- 特に我が国は、地震、火山噴火、暴風、豪雨、洪水、地すべり、津波など、多種の自然災害が発生しやすい自然条件下にあるため、防災対策の一層の充実・強化が求められている。
- 被災地全体の迅速な状況把握のためには、人工衛星の広域性と全天候性を活かすことが極めて有効であり、災害監視分野における衛星の活躍が期待されていることから、災害監視衛星システム(仮称 DiMOS)の研究を進めている。

1.2 宇宙開発委員会等での議論

- 宇宙開発委員会地球観測特別部会(平成16～17年)において、全地球観測システム(GEOSS)貢献3分野(図1)の内、災害分野に対応する計画として「次期災害監視衛星ミッション」が議論された(図2、図3)。
- 上記を受け、本ミッションに対する具体的なニーズが防災関係府省庁・機関等によりとりまとめられ、光学センサと合成開口レーダ(SAR)による高分解能かつ広域観測が迅速にできるシステムが必要とされた。
- 「だいち」による防災利用実証実験を通じて、防災関係機関による衛星データの利用が着実に進められており、その継続性の確保が求められている。
- また、「だいち」はセンチネルアジア、国際災害チャータを通じて、アジア太平洋地域等の災害管理に貢献しており、継続的な貢献が求められている。

GEOSS10年実施計画(9つの社会経済的利益分野)

- | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------------|-------|-----------|-------|------------|----------|-----------|
| ①災害の防止・軽減 | ②人間の健康と福祉 | ③エネルギー資源管理 | ④気候変動 | ⑤水資源管理の向上 | ⑥気象情報 | ⑦生態系の管理と保護 | ⑧農業及び砂漠化 | ⑨生物多様性の保護 |
|-----------|-----------|------------|-------|-----------|-------|------------|----------|-----------|

我が国の貢献3分野

①災害の防止・軽減

「だいち」

災害監視衛星システム



・浸水域、地殻変動量、バイオマス等

②地球温暖化・炭素循環変化

炭素循環変化

温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)

・二酸化炭素・メタン等



③気候変動・水循環

地球環境変動観測ミッション(GCOM)

・降水量、水蒸気量、海面水温等

二周波降雨レーダ(DPR)

・降水・降雪の三次元分布等

雲プロファイリングレーダ(CPR)

・雲・エアロゾルの光学的厚さ
・三次元分布等



国際協力

センチネル・アジア

アジア地域で、衛星データから得られた災害関連情報を共有するシステムを構築。

国際災害チャータ

宇宙機関を中心とする災害管理に係る国際協力枠組み。

両枠組みとも災害発生時はALOSによる緊急観測等を実施。

GOSAT/OCO

米国で開発中の炭素観測衛星(OCO,H20年度打上げ予定)とデータの相互校正を行うと共に、検証実験等の協力を実施。

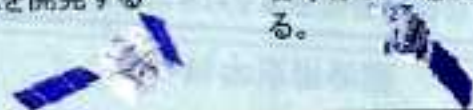
GCOM/NPOESS 全球降水観測(GPM)

米国軌道循環観測システム(NPOESS)及び欧州気象衛星(METOP)と協力し、統合的な気象・環境衛星システムを構築。

日米共同プロジェクト。全球的な水循環の解明に必要な不可欠な降水システムの水平・鉛直構造の解明に貢献。日本はDPRを開発する。

雲エアロゾル放射ミッション(EarthCARE)

日欧の共同プロジェクト大気中の雲・エアロゾルの三次元観測を行う。日本はCPRを開発する。



(アジア水循環イニシアティブ)

アジア地域における水害、水利用、水環境などの問題の解決に資するため、ALOS等人工衛星による観測データ、気象予測情報、数値予測モデルの結果などを統合することによって、アジア地域の水資源管理機関に流域管理に関する情報を提供する。

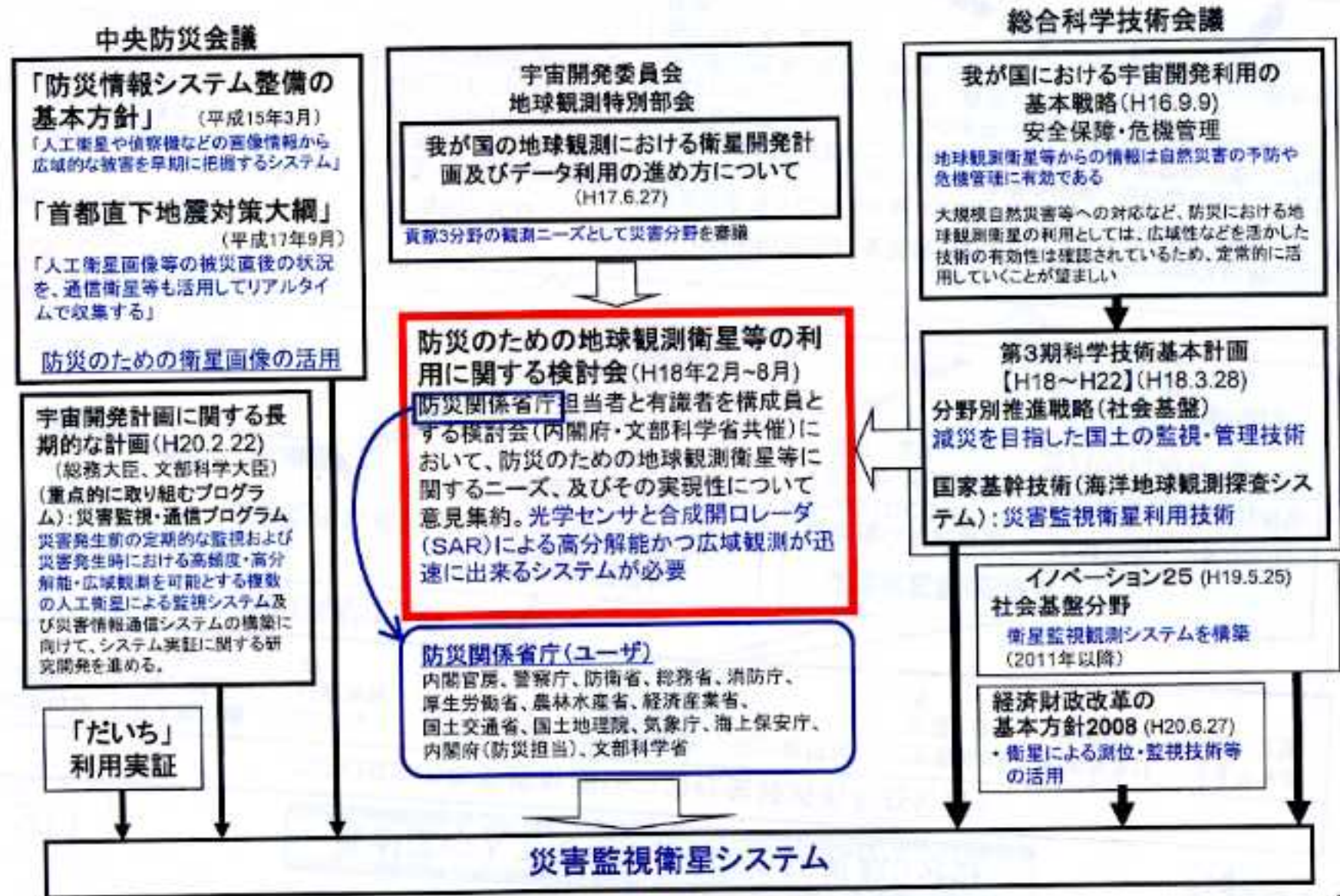
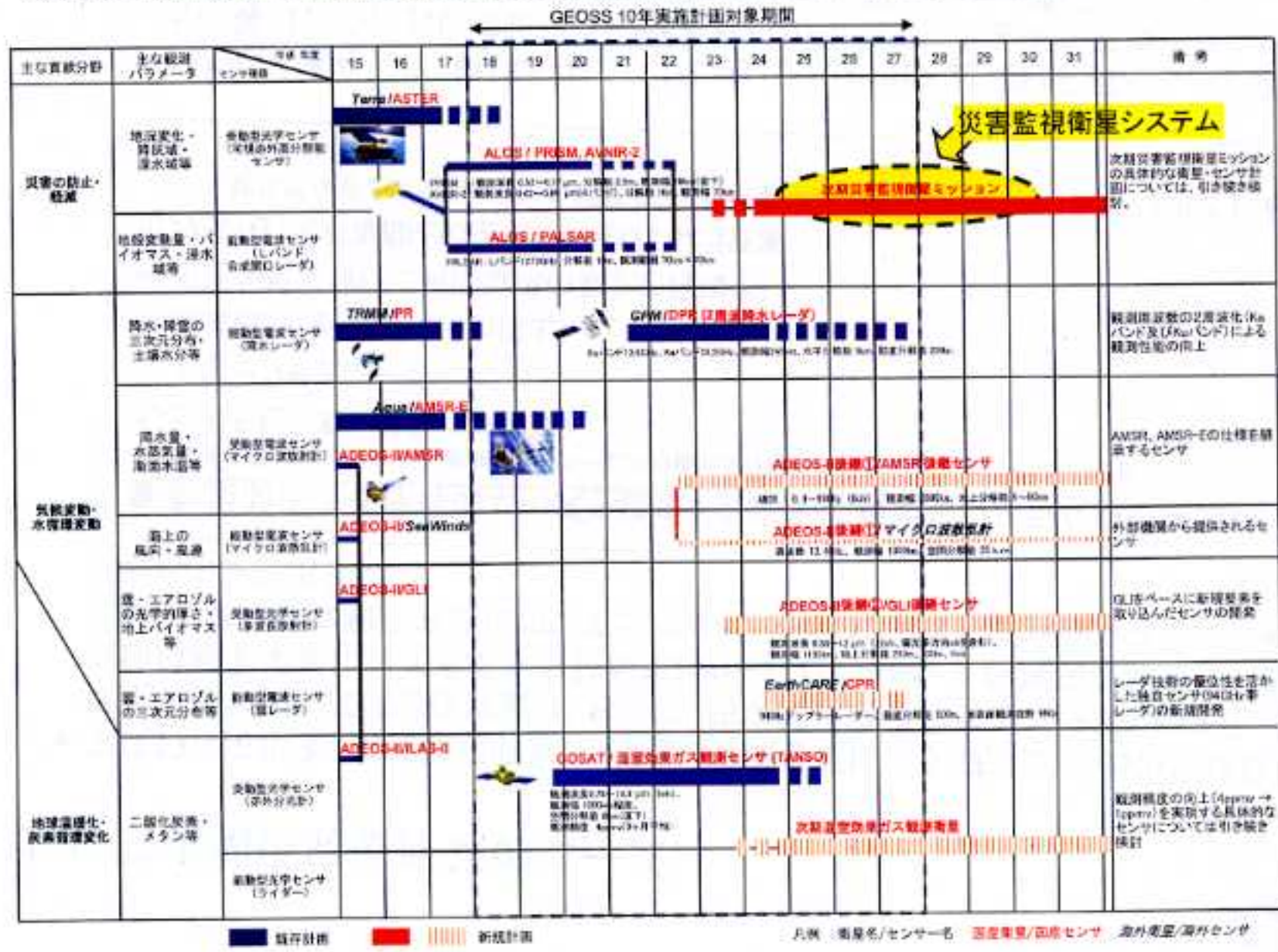


図3



我が国の地球観測衛星計画(宇宙開発委員会地球観測特別部会:H17.6.27)における災害監視衛星システムの位置付け



1.3 防災関係府省庁等のニーズ

- 平成17~18年度、防災関連府省庁・機関、有識者等による「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」において、防災関連府省庁等のニーズを踏まえ、次期地球観測衛星に対する基本方針がまとめられた。以降、各防災関連府省庁・機関に対し、具体的な利用方法についてヒアリングを行い、災害監視衛星システムに対するミッション要求とした。

■ 防災関係府省庁等のニーズを踏まえた災害監視衛星システムの基本方針

(報告書「防災のための地球観測衛星システム等の構築及び運用の進め方について」平成18年9月)

- ① 出来るだけ高い分解能(約1m)
- ② 光学センサとレーダ
- ③ 広域観測(観測幅:50km以上)
- ④ 迅速な観測(概ね3時間以内の観測を目指す)*
- ⑤ 「だいち」運用期間との空白ができないよう考慮

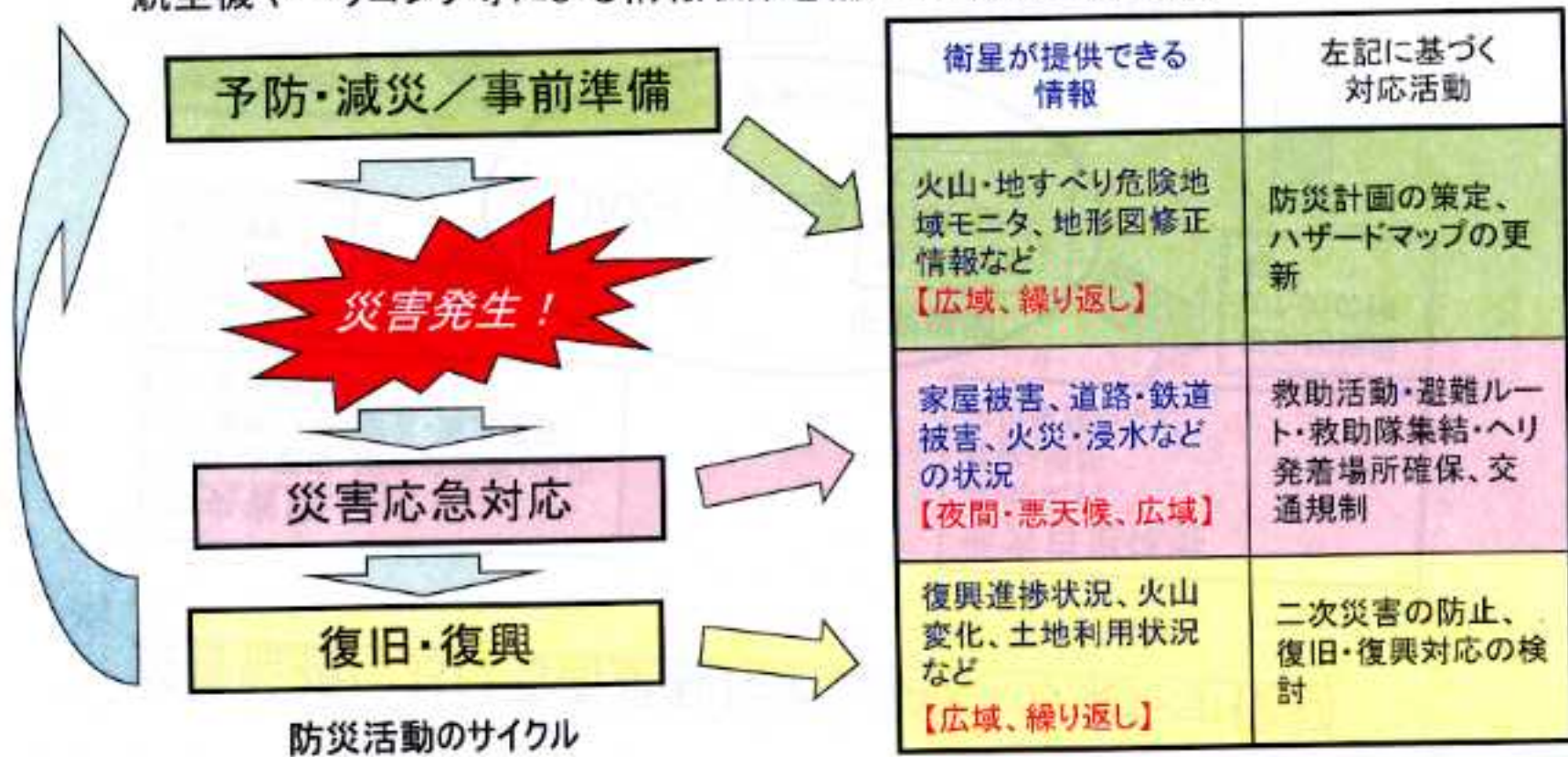
*: 防災関係者と衛星開発側との調整を行った結果として「概ね3時間以内の観測を目指す」とされた。

- また、防災関連府省庁・機関と共に、「だいち」防災利用実証実験を実施し、衛星地形図、火山等の分野において防災ユーザ業務への衛星データ活用が進展しつつあるが、「だいち」1機では迅速な災害観測要求に対して観測機会が限定されている。

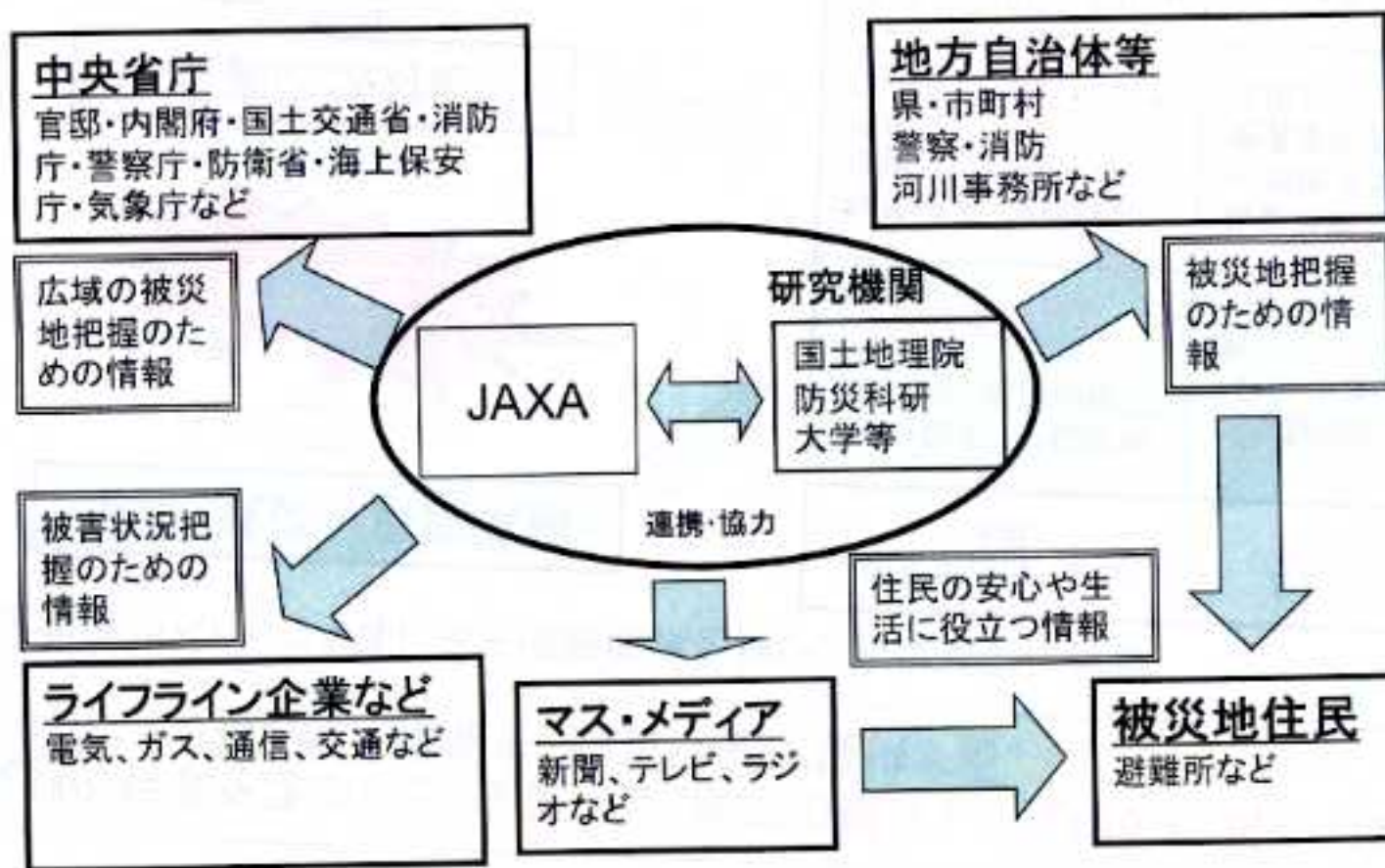
災害監視における衛星の役割

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



災害監視における衛星利用者とJAXAの果たす役割



- 衛星を用いることで、他のシステムでは得られない夜間・悪天候時や広域の被災地情報を取得し、研究機関等と連携することにより、防災活動に有益な情報に加工し、中央省庁、地方自治体、ライフライン企業、被災地住民等へ適切なタイミングで配布する。

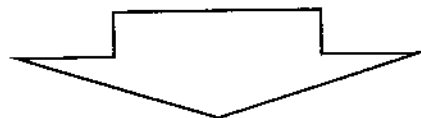
1.4 災害監視衛星システムの要件

➤ 発災時:

- ✓ 応急対応計画策定のため、現地の広域かつ詳細な地勢情報を即時提供できること
- ✓ 夜間・悪天候下、火山噴火等いかなる条件下でも観測が可能であること
- ✓ 大規模災害発生後、速やかに被災地を識別・特定できるとともに、詳細状況を把握できること
- ✓ 警戒時において、危険地域を広域に監視出来ること

➤ 平時:

- ✓ 災害対応・防災活動の基本となる平時の地勢情報、基礎情報を蓄積・更新すること



光学センサによる情報と、SARによる情報の両方が必要

災害監視衛星システムの初号機について

前頁の災害監視衛星システムの要件より、SAR衛星と光学衛星の組み合わせとなるが、初号機は以下の2点を満たす必要がある。

(1) 日本で最も多発する風水害に迅速に対応できること

日本の災害は風水害が最も多い。悪天候下、昼夜の別なく発生する風水害にも迅速な対応が出来なければならない。

(2) 大規模な災害に対して迅速に対応できること

大規模な災害の状況を迅速に俯瞰するため、悪天候下、昼夜の別なく広域の観測が出来なければならない。

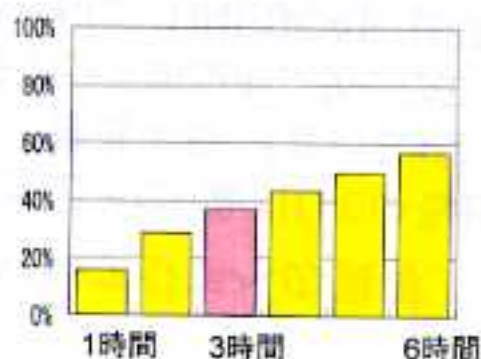
上記(1)、(2)の両条件を満たすためには、全天候、昼夜によらず広域の観測が可能なSAR衛星が先ず必要である。従って、初号機をSAR衛星とし、機動的な観測手段を確保するとともに、地震や火山活動に伴う地殻変動観測等にはLバンドが最適であることから、我が国特有技術を用いたLバンド観測を継続的に行うことで内外の要求に応える。

なお、家屋や道路等の被害状況の詳細な把握には、画像の情報量が多く判読性が高い光学衛星が不可欠であるので、可能な限り早期の打上げを目指して研究を進める。光学衛星の打ち上げまでは、「だいち」搭載の光学センサにより整備中の日本全土の平時画像や海外衛星を活用することで対応する。

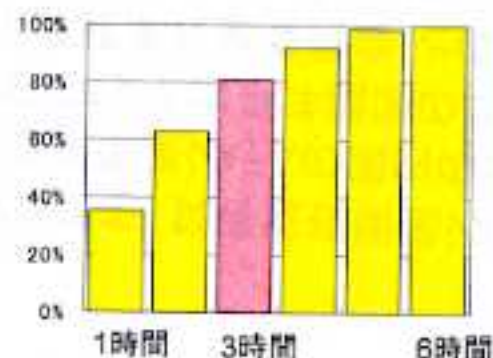
迅速な観測に対する対応

- 災害時、迅速な観測として概ね3時間以内の観測が要望されている。
- 災害監視衛星システムとして、SAR衛星1機、光学衛星1機を用いることを想定すると、3時間以内となる観測待ち時間(最初の衛星が飛来するまでの時間)の割合が4割程度となる(左下グラフ(1))。
- これに加えて、例えば海外衛星3機(SAR衛星2機、光学衛星1機)を補完的に用いることにより、日中3時間以内、夜間6時間以内の観測待ち時間で約8割の観測が可能となる(右下グラフ(2))。
- 海外宇宙機関(カナダCSA、ドイツDLR、タイGISTDA等)と災害時の観測に係る相互協力について調整を進めているが、ターンアラウンド時間*は各衛星の運用システムに依存するため、本結果は最良のケースである。

*: 観測待ち時間の他に、観測要求からコマンド送信迄に要する時間及び観測から提供迄の時間が必要。「だいち」ではそれぞれ数時間を要するのに対し、災害監視衛星ではそれぞれ1時間以内を目標としている。



(1) 災害監視衛星 2機
(SAR衛星1機、光学衛星1機)



(2) 左記に加え、海外衛星3機を追加

日中における東京付近の観測待ち時間分布*

1.5 災害監視における国際貢献

- センチネル・アジアへの貢献

JAXAが中心となり牽引しているセンチネルアジアを、災害監視衛星システムの利用により更に推進する。「だいち」ならびに災害監視衛星システムの国内の防災利用実証成果をアジア防災センター(ADRC)を通じて、アジア太平洋諸国のユーザへ提供するとともに、UNESCAP(国連アジア太平洋経済社会委員会)との協力により、アジア・太平洋地域の防災機関(ユーザ)との連携を強化し、「だいち」ならびに災害監視衛星システムのアジア太平洋域での防災利用を推進する。上記活動を通じて、衛星による災害監視に関してアジア・太平洋地域における日本の主導的な地位を維持する。

- 国際災害チャータへの貢献

「だいち」で確立した国際災害チャータへの貢献を継続し、災害監視衛星システムでは衛星性能・観測頻度等の向上により貢献のレベルを上げていく。

1.6 災害監視以外の分野へのデータ活用

「だいち」は国の機関を中心に様々な分野で利用されており、平時における災害監視衛星システムを構成するSAR衛星及び光学衛星は以下の対応ができる。

(データ活用例)

- 地図作成(国土地理院)
 - ✓ 2万5千分1地形図更新への利用
- 農業(農林水産省)
 - ✓ 国内の耕地や作付状況把握への利用、頻度向上
- 森林(環境省、林野庁、ブラジル、インドネシア)
 - ✓ みどりの国勢調査への利用
 - ✓ アマゾン、東南アジア等の森林違法伐採の早期把握
 - ✓ 二酸化炭素吸収源としての森林モニタへの利用、頻度向上
- 資源探査・開発(経済産業省)
 - ✓ 資源探査・開発ミッションへの利用
- 民間における利用
 - ✓ インターネット上の地図やアジア諸国の地形図への利用、及び民間企業のインフラ管理等への利用など

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氷分布を定期的に観測すること

2.2 目標

SAR衛星プロジェクトの達成目標

a) ミニмумサクセス(打上げ1年後まで)

災害時: 国内または海外の災害の観測を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5年後まで)

災害時: 国内または海外の災害時***に緊急観測を行い、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、災害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災害活動や防災活動の中で、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、災害活動や防災活動に継続的に利用されること。

*: 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。

***: 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。

2.2 目標

SAR衛星のプロダクト

SAR利用プロダクト*	主な用途	分解能	観測機会	受信後提供時間
標準処理データ	源泉データ	1~3m (10m)	国内:1日1回 (3日に1回)	1時間以内 (3時間以内)
災害速報図	緊急観測画像	1~3m (10m)	国内:1日1回 (3日に1回)	1時間程度 (適宜)
SAR干渉解析画像	地殻変動把握	3m (10m)	ベースマップ取得後 国内:1日1回 (2週間に1回)	数時間 (適宜)
海水分布図	海水速報	100m (100m)	2日に1回 (5日に1回)	2時間以内 (5時間以内)
SAR実証プロダクト**	主な用途	分解能	観測機会	受信後提供時間
被害区域図	被害域の判別	1~3m (なし)	国内:1日1回 (なし)	数時間 (なし)

括弧内の数字は「だいち」の仕様値または実績値

- * :利用プロダクトは、「だいち」の利用実証により成熟度の高いプロダクト
- ** :実証プロダクトとは、JAXAが利用機関と共同で開発するプロダクト
平時の処理は高精度の軌道決定値(数日後)を用いて行う。

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 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

2.4 システム選定および基本設計要求

災害監視衛星システムに係る技術検討は、システム実現可能性の検討とシステム要求仕様の検討を終えている(平成20年3-4月にシステム要求審査を実施済み)。

(1) 衛星システム(SAR衛星)

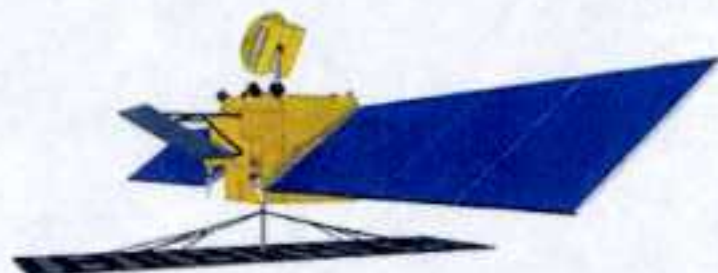
SAR衛星の基本設計要求

- 従来の地殻変動・火山モニタに加え、高分解能画像判読、自動差分抽出による利用を可能とすることで用途を拡大
 - ① 1～3mの高分解能と50km観測幅を両立する高性能SAR技術
 - ② SAR画像の可視判読を可能とする多偏波SAR技術
 - ③ 上記SARの高速・大容量に対応するSARデータ圧縮技術
 - ④ 災害時の緊急観測に対応する機動的な姿勢制御技術と高速伝送技術
 - ⑤ 地殻変動等の確実なモニタを実現する高精度軌道制御技術

2.4 システム選定および基本設計要求

(1) 衛星システム(SAR衛星)

軌道上概観図



SAR観測性能

運用軌道	種類	太陽同基準回帰軌道
	高度	約630km
	LST	12:00(正午) 降交軌道
設計寿命		5年
打上	時期	2012年度
	ロケット	H-2A
衛星	質量	2トン級
	パドル	2翼パネル
ミッションデータ伝送		直接伝送およびデータ中継衛星経由

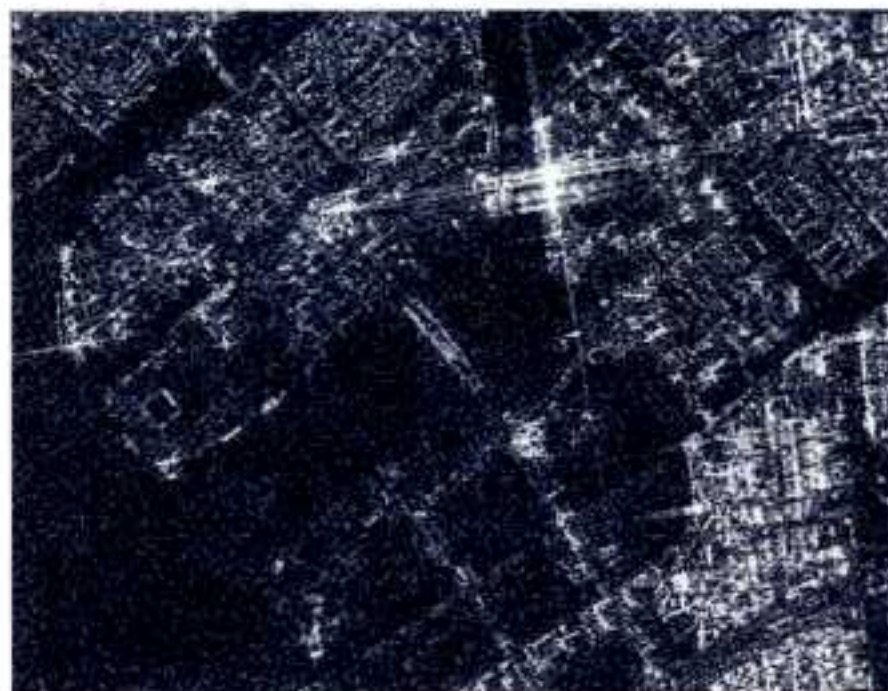
項目	SAR衛星	(参考)「だいち」搭載PALSAR
分解能	基本観測モード: 3m 広域観測モード: 100m 高分解能モード: 1~3m	基本観測モード: 10m 広域観測モード: 100m
観測幅	基本観測モード: 50km 広域観測モード: 350km 高分解能モード: 25km	基本観測モード: 70km 広域観測モード: 350km
周波数帯	バンド(1.2GHz帯)	バンド(1.2GHz帯)
量子化ビット数	8	5
データ発生量	240M~1Gbps(データ圧縮後)	120Mbps/240Mbps(データ圧縮なし)

2.4 システム選定および基本設計要求

(2) 観測システム(SAR)

視認性を向上するために、SAR画像の高分解能化を行う。

東京都中央区晴海付近の画像



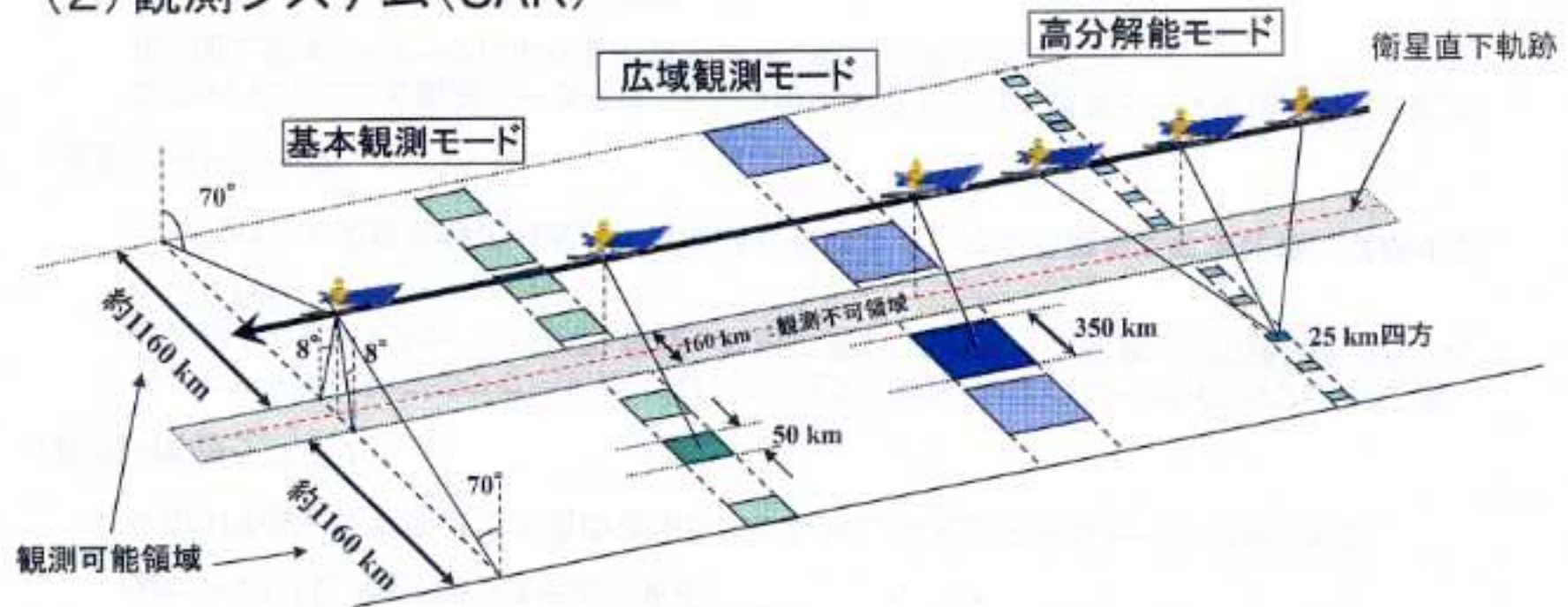
「だいち」PALSAR画像
(分解能10m相当)



SAR衛星 基本観測モード相当の画像
〔 分解能3m相当、航空機搭載SAR
画像によるシミュレーション 〕

2.4 システム選定および基本設計要求

(2) 観測システム(SAR)



●「だいち」搭載PALSARの技術をベースに、災害監視衛星システムに必要な機能・性能とする。

- ① 分解能の向上:PALSARの10mに対し、1~3mへ向上
- ② 柔軟な観測:PALSARは右側だけの観測に対し、左右どちらの観測も可能
- ③ 海外のSAR衛星の軌道(6時の軌道)に対し、本SAR衛星は12時の軌道を採用

2.4 システム選定および基本設計要求

(3) 地上システム

地上システムは、衛星管制・ミッション運用システム、利用・情報システム、追跡ネットワークから構成される。

・衛星管制・ミッション運用システム

計画立案、コマンド作成、衛星状態監視、観測データの受信・レベル0処理、緊急観測データのレベル1処理を行うシステムである。

⇒SAR衛星と光学衛星で共通の運用システムとし、衛星システムと一体で開発する。

・利用・情報システム

データアーカイブ、プロダクト作成、プロダクト注文・検索・提供のユーザインタフェース、海外衛星とのインタフェース、校正・検証、利用／実証プロダクトの開発、応用研究を行うシステムである。

⇒「だいち」の実証実験の成果、利用機関や民間業者との調整結果を要求仕様に反映する。

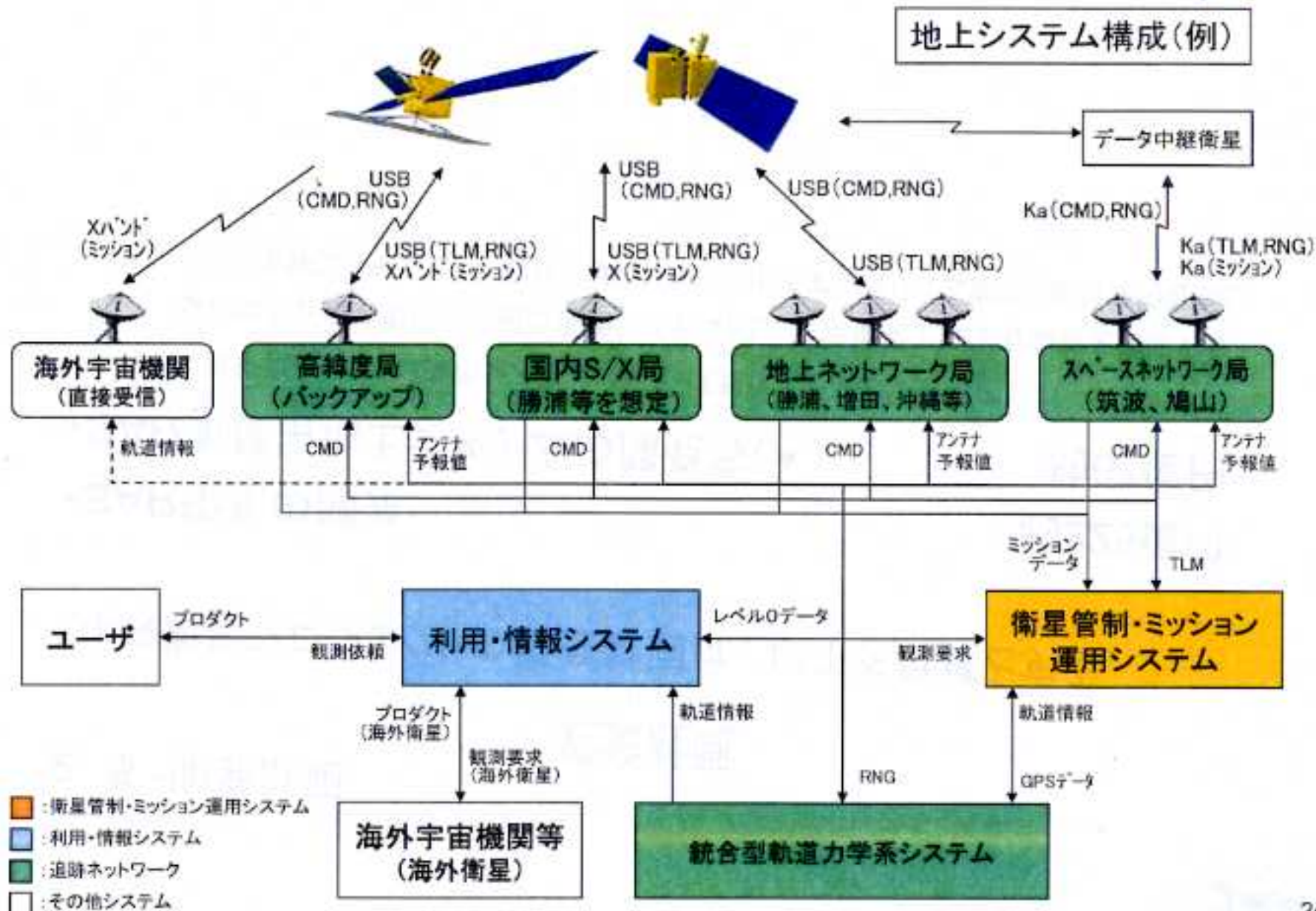
・追跡ネットワーク

高速Xバンドによる観測データ受信、データ中継衛星を介した観測データ受信・追跡管制運用、地上局ネットワークによる追跡管制運用、軌道決定を行う。

⇒共通設備に必要な機能付加を行う。

(3) 地上システム

地上システム構成(例)



2.5 開発計画

資金計画

SAR衛星プロジェクトの資金計画は、以下を目標とする。

- SAR衛星の開発: 約225億円
- SAR衛星用地上システムの開発等(*): 約67億円

*: 衛星管制・ミッション運用システム、利用・情報システムの開発等の合計

SAR衛星と光学衛星で共通の運用システムとし、光学衛星では固有機能を付加する
利用・情報システムには、利用／実証プロダクトのアルゴリズム開発・実験費用も含む

2.5 開発計画

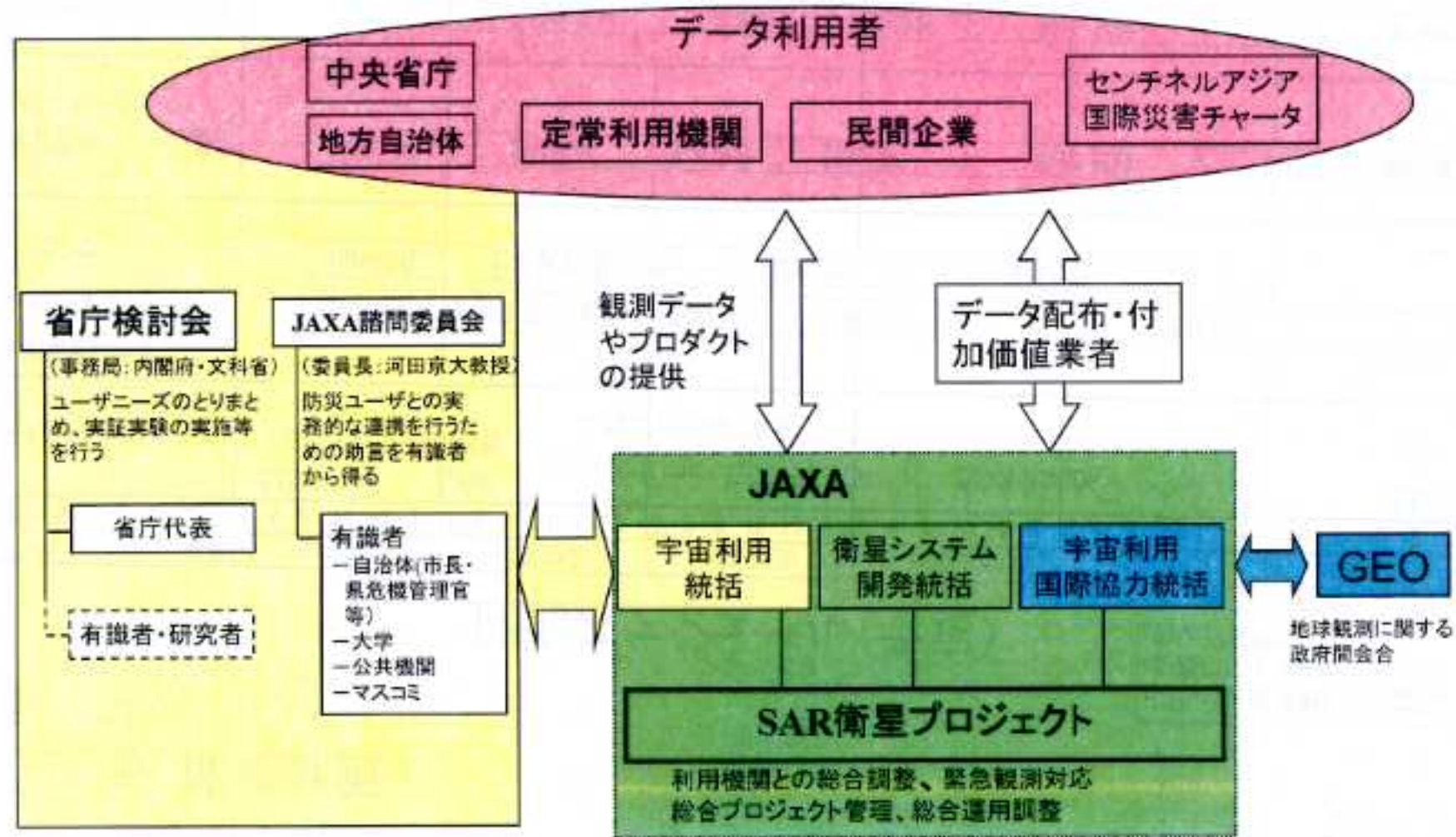
開発スケジュール(予定)

「だいち」運用期間との空白を最小にするため、FY24に打上げを設定

項目	年度																													
	H19(2007)		H20(2008)		H21(2009)		H22(2010)		H23(2011)		H24(2012)																			
	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2
マイルストーン	△MDR △プロジェクト準備審査		△SRR △プロジェクト準備審査		△SAR衛星SDR △プロジェクト移行審査		△システムPDR		△システムCDR		打上げ△																			
SAR衛星の開発																														
SAR衛星システム	概念設計		計画決定		予備設計		基本設計		詳細設計		維持設計																			
センサ	BBM試作		計画決定/基本設計				詳細設計		維持設計																					
衛星管制・ミッション運用システム開発	概念設計		全体設計		基本設計		詳細設計		製作・試験		INT&T		運用訓練																	
利用・情報システム開発	概念検討				基本設計		詳細設計		製作・試験		INT&T		運用訓練																	
参考																														
「だいち」運用	定常運用						後期利用																							
							△設計寿命						△目標寿命																	

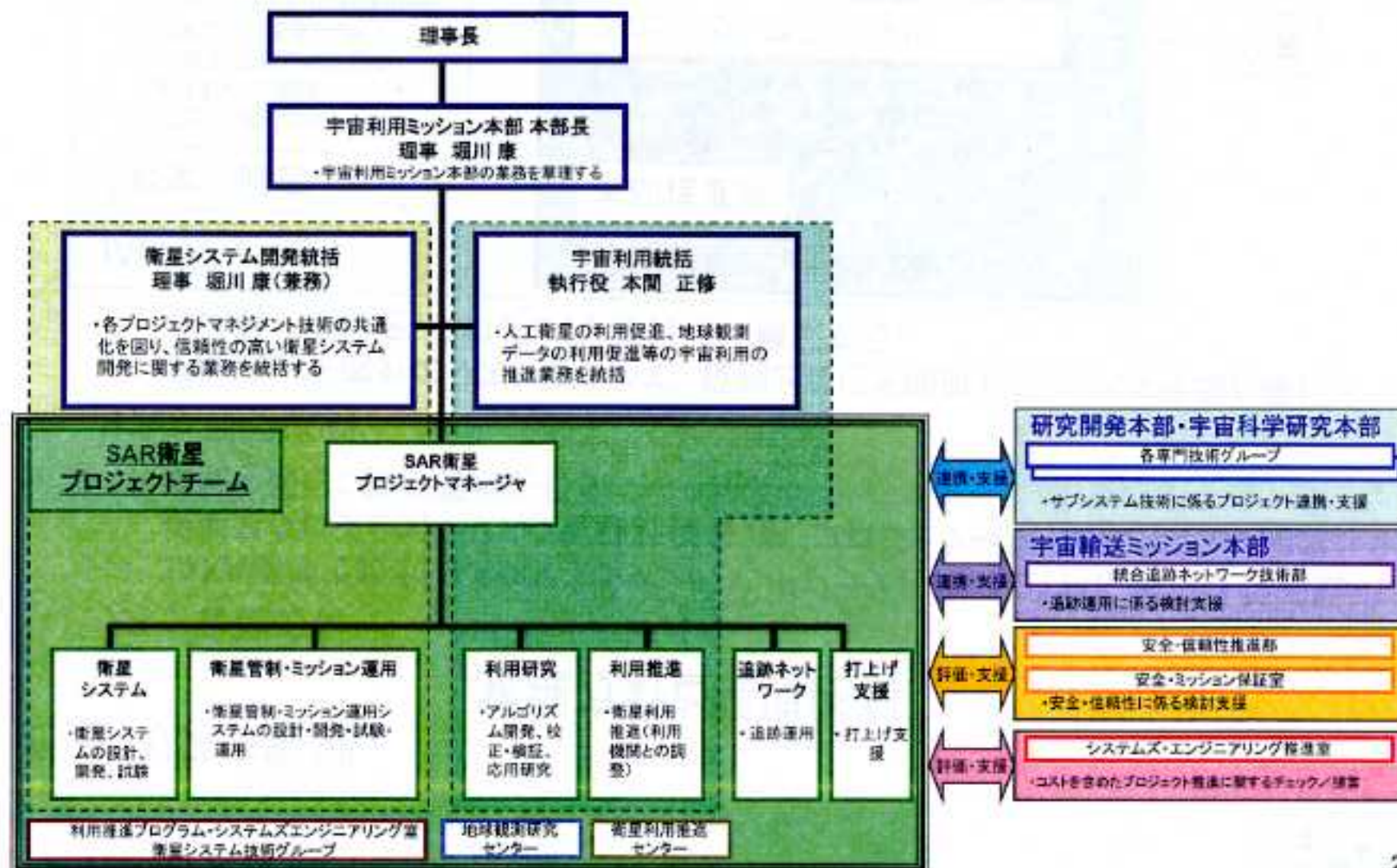
2.5 開発計画

実施体制(外部機関との関係)



2.5 開発計画

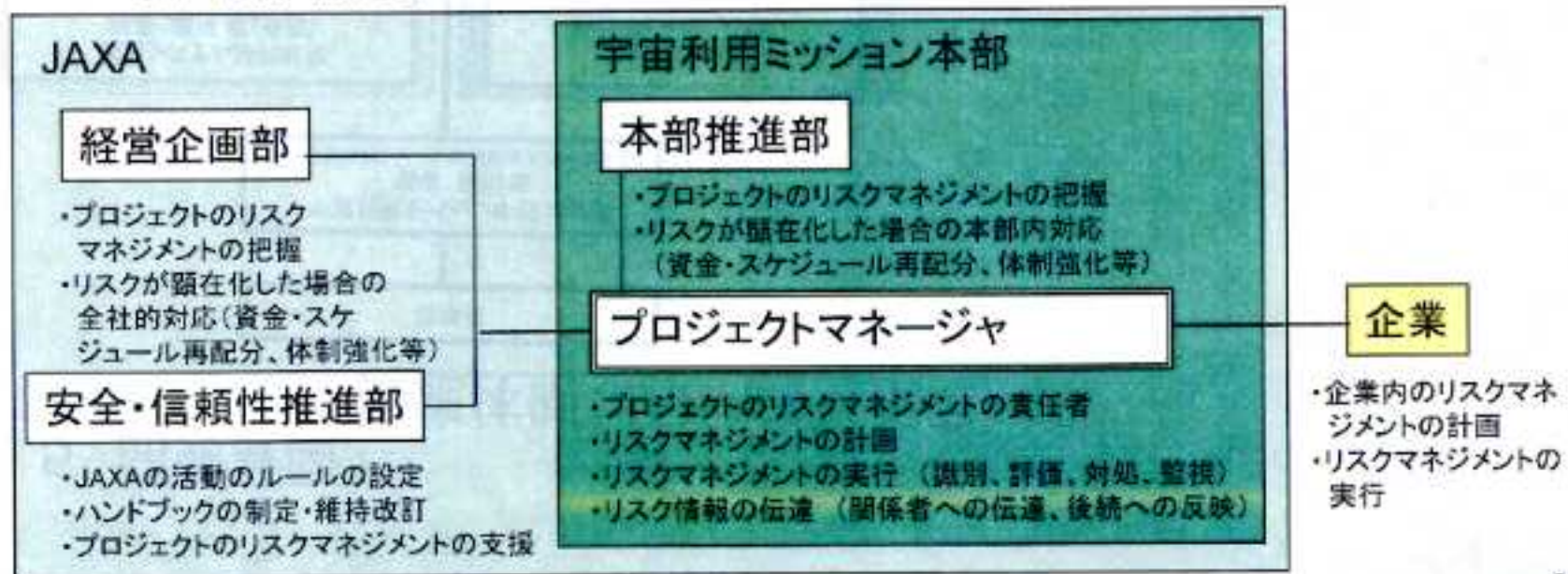
実施体制(JAXA内)(予定)



2.6 リスク管理

管理方針と管理体制

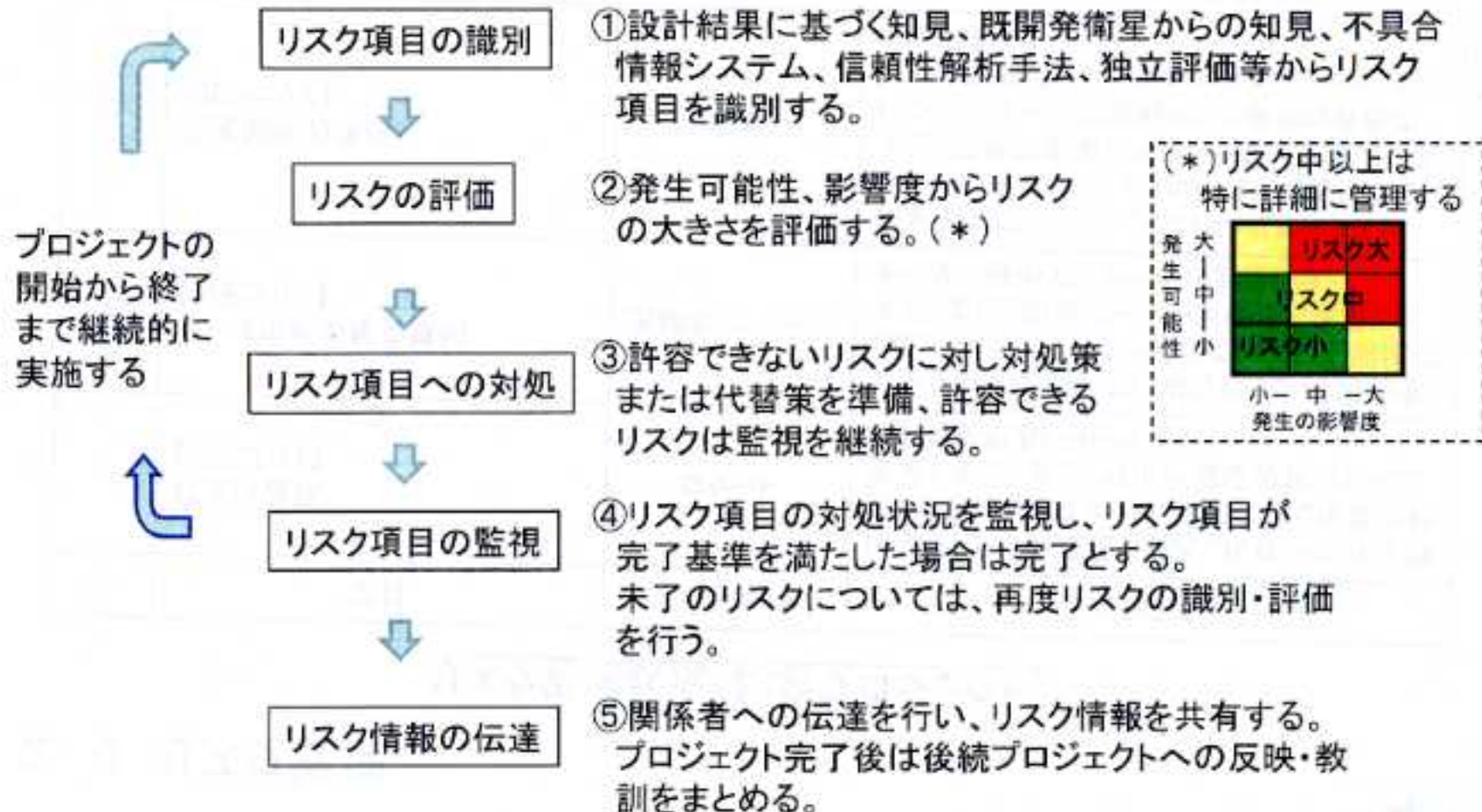
- リスク管理方針
 - JAXA標準である「リスクマネジメントハンドブック」(JMR-011)に基づく「災害監視衛星プロジェクト リスク管理計画書」を、プロジェクト移行時に作成し、開発期間を通して維持管理を行う。
- リスク管理体制
 - プロジェクト内外のリスクについて、役割と責任を明確化し、リスク管理を実行する体制(下図)を、プロジェクト移行時に構築する。



2.6 リスク管理

➤リスク管理の実行

プロジェクトの開始から終了まで、継続的に以下のリスク管理を実行し、開発へのフィードバックを図る。



2.6 リスク管理

リスク管理状況(総合プロジェクト)

No.	項目	プロジェクト	対処方針
1	打上げ遅延 【カテゴリ1】	ロケット	H-IIA打上げの遅延に備え、代替ロケットを想定し、それらのロケットに適合できる衛星設計要求とする。また、打上げ遅延の状況に応じた対応を取る計画とする。
2	データ中継衛星の継続 【カテゴリ1】	追跡ネットワーク	データ中継衛星がない場合のインパクトを整理し、プロジェクト移行時までに対応を明確にする。また、海外データ中継衛星も考慮したデータ中継用アンテナの設計を行う。
3	衛星開発の遅延 【カテゴリ2】	衛星	衛星開発の全フェーズにおいてマスタスケジュール等でクリティカルパスを明確にする。また、開発作業項目をブレイクダウンし、コスト・スケジュールの客観的・定量的な管理のためにEVM(Earned Value Management)手法を採用する。

【カテゴリ1】プロジェクトのコントロールが困難な外的要因が主で、必要に応じ、追加コスト、スケジュール見直しを要するもの
 【カテゴリ2】内的要因が主で、プロジェクトでコントロールが可能なもの

まとめ



- (1) 防災機関の利用ニーズを満たすためには、昼夜・全天候観測が可能な高分解能のSAR衛星が先ず必要であり、技術的な見通しが得られている。
- (2) 「だいち」による防災利用実証実験を通じて、防災関係機関による衛星データの利用が着実に進んでおり、その継続性を確保するため、「だいち」との空白期間を極力作らないようにする必要がある。
- (3) 国際貢献の観点から、センチネルアジア、国際災害チャータに対し、継続的に貢献する必要がある。

以上より、災害監視衛星システムの最初の衛星として、SAR衛星プロジェクトの開発研究へのフェーズアップを要望する。

付録

国内災害原因別 死者・行方不明者内訳

出展：平成20年版防災白書



年	風水害	地震・津波	火山	雪害	その他	合計
平成5年	183	234 北海道 南西沖地震	1	9	11	438
6	8	3	0	21	7	39
7	19	6437 阪神淡路 大震災	4	14	8	6482
8	21	0	0	28	35	84
9	51	0	0	16	4	71
10	80	0	0	28	1	109
11	109	0	0	29	3	141
12	19	1	0 有珠山噴火 三宅島噴火	52	6	78
13	27	2	0	59	2	90
14	20	0	0	26	2	48
15	48	2	0	12	0	62
16	240 台風 23号	68 中越地震	0	16	3	327
17	48	1	0	98	6	153
18	87	0	0	88	2	177
19	14	16 能登半島地震 中越沖地震	0	9	0	39
合計	974	6764	5	505	90	8338

注：赤字は、当該年に発生した大きな災害

アジアの自然災害

● アジアにおける自然災害の被害は甚大、とくに洪水の割合が大きい(2006年統計)

災害発生件数

- 全世界 457件
- アジア 183件



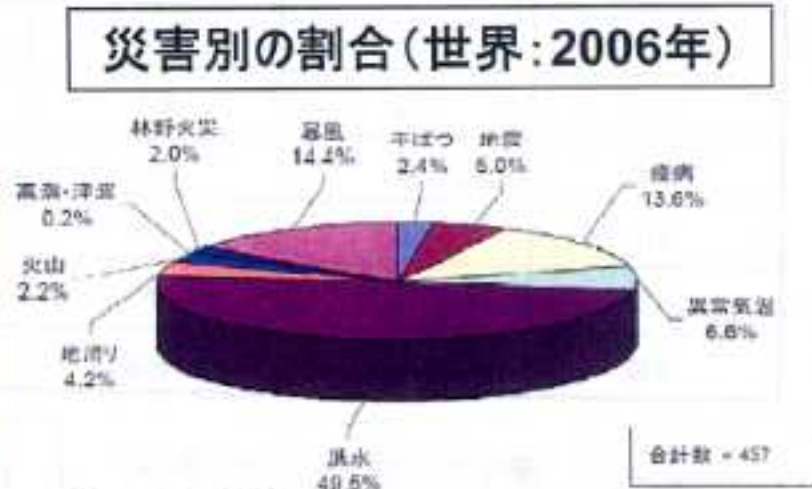
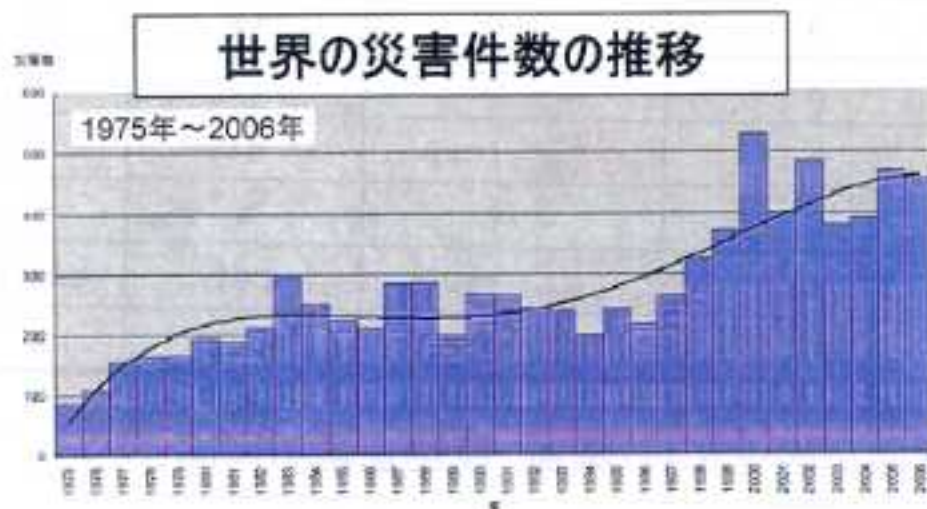
被害額

- 全世界 2.1兆円
- アジア 1.5兆円



被災者数

- 全世界 1.35億人
- アジア 1.2億人



出典: アジア防災センター、CRED-EMDAT



災害対策本部

地震災害時の衛星利用フロー

(岩手・宮城内陸地震での「だいち」を用いた実証例)



平時の現地地勢情報

大規模被害情報

災害監視衛星システム
利用シナリオ

岩手・宮城内陸地震
でのALOS対応



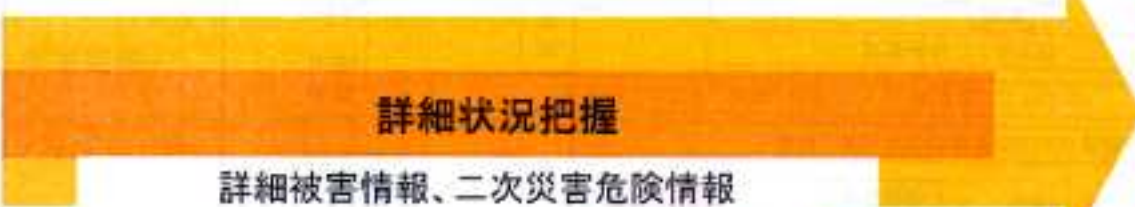
衛星地形図

発災後2時間半(オンライン)で提供
→システムの有効性を確認出来た

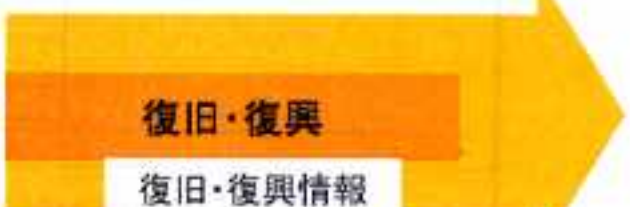


被災後 光学画像・SAR画像

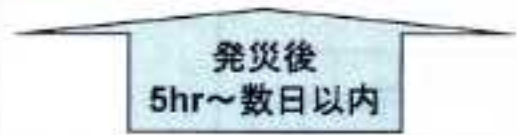
ALOS PALSARは分解能10m。
観測タイミングが合わず、10日後
にPALSAR差分抽出を実施



詳細被害情報、二次災害危険情報



復旧・復興情報



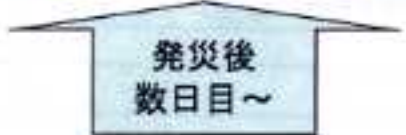
被災後光学画像

発災後1日半程度でAVNIR2画像
(分解能10m)を、中央省庁の防災機関
と岩手県・宮城県関係者に提供
→全体状況把握の一環に利用



SARインタフェロメトリ

解析結果を12日後に地震調査委員会
へ報告(ALOS PALSAR観測機会と
過去画像アーカイブの関係で時間を要す)
→検討スキームの有効性を確認できた



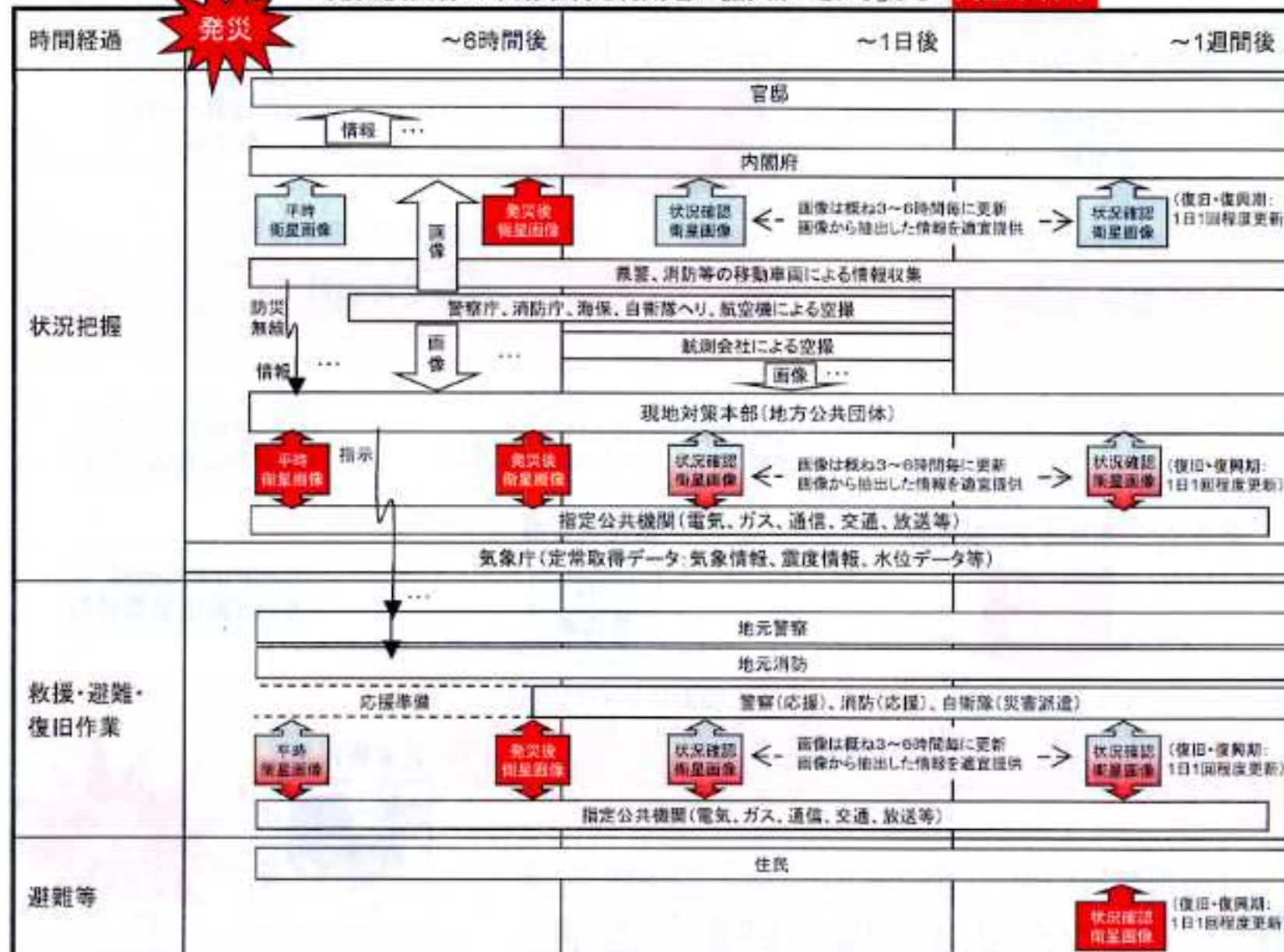
復旧状況光学画像

継続的に提供中

発災後の情報の流れと関係者(例)

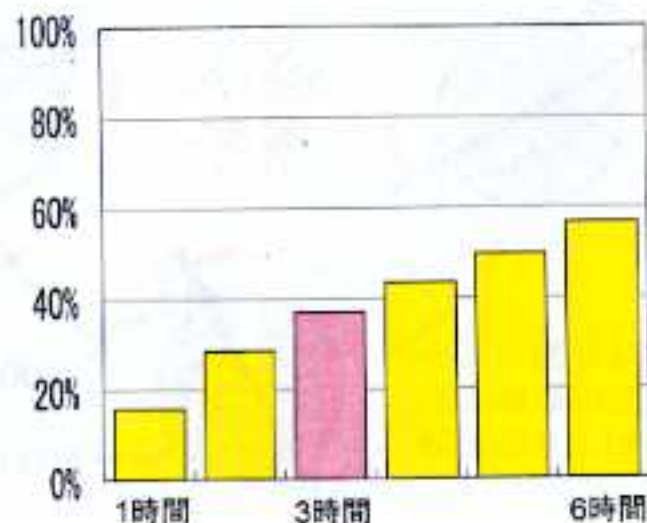


発災後画像の早期取得と利用者の拡大が「だいち」からの**向上ポイント**

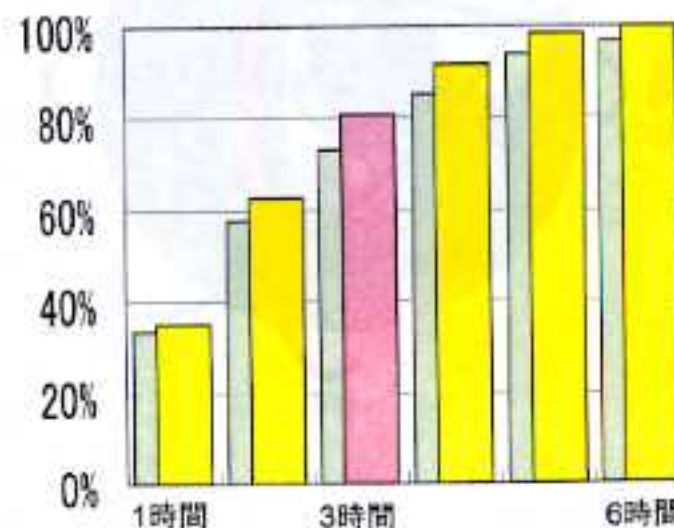


災害監視衛星4機体制の観測待ち時間

- P.12の災害監視衛星2機(SAR衛星1機および光学衛星1機) + 海外衛星3機の観測待ち時間分布と比較するため、災害監視衛星4機(SAR衛星2機および光学衛星2機)の観測待ち時間分布を示す(下図右側の水色のバー)。
- 4機を最適な軌道に配置した場合、海外衛星3機を補完的に加えたケースとほぼ同様な時間分布となる。



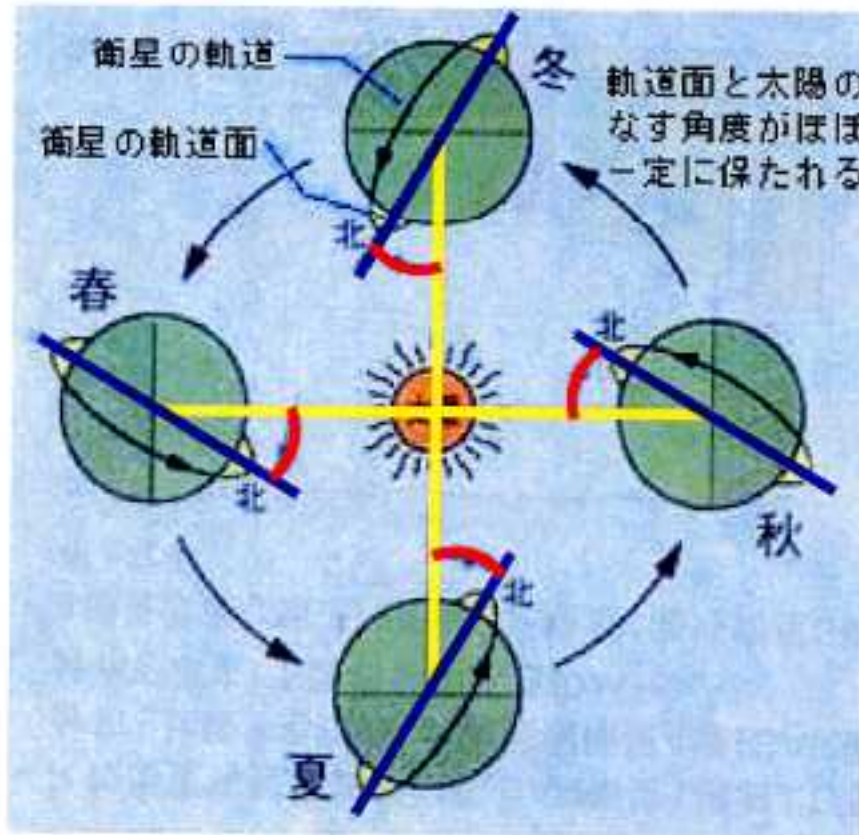
(1) 災害監視衛星2機
(SAR衛星、光学衛星各1機)



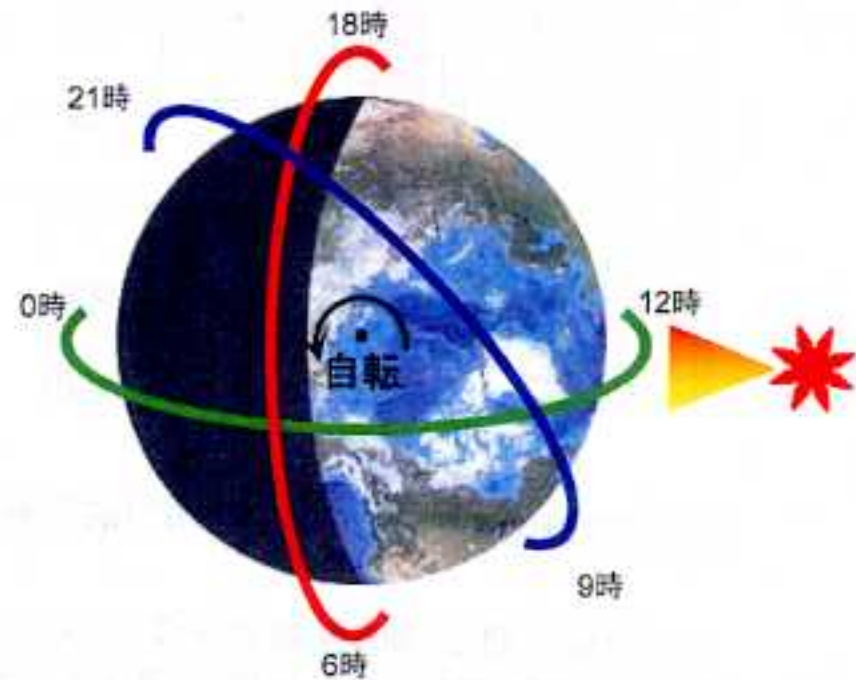
(2) 左記に加え、海外衛星3機を追加
水色のバーは災害監視衛星4機
(SAR衛星、光学衛星各2機のみ)

日中における東京付近の観測待ち時間分布

地球観測衛星の軌道



太陽同期軌道 (観測時刻が一定)



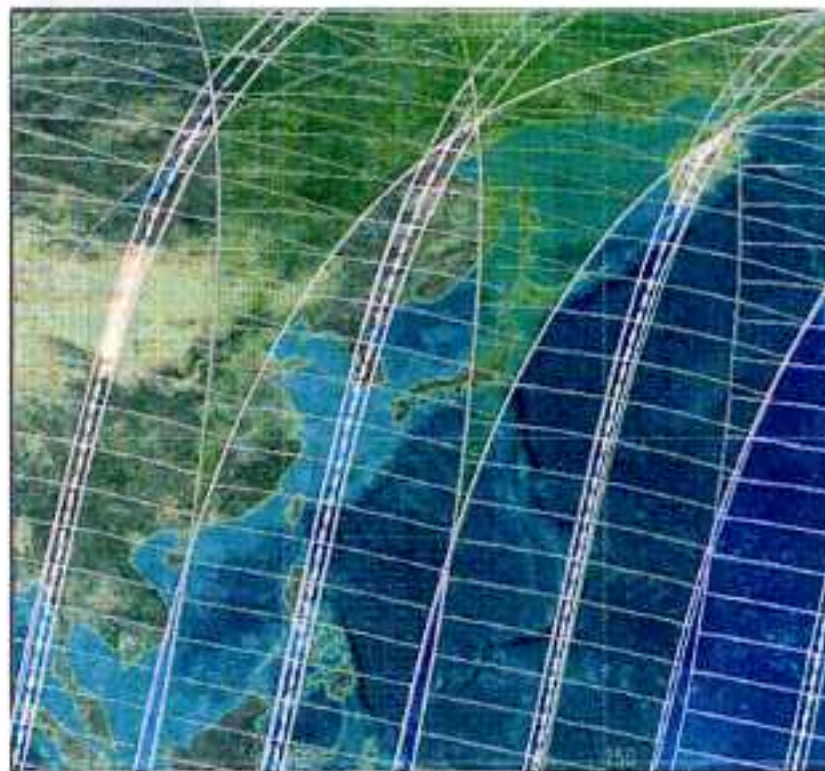
迅速な観測のためには、
複数の軌道が必要

災害監視衛星の観測可能範囲(例)

(SAR衛星、高度約630km、日本付近、1日分)

衛星の通過毎に、観測可能範囲(2,320km)
のうち、50km幅の観測が可能

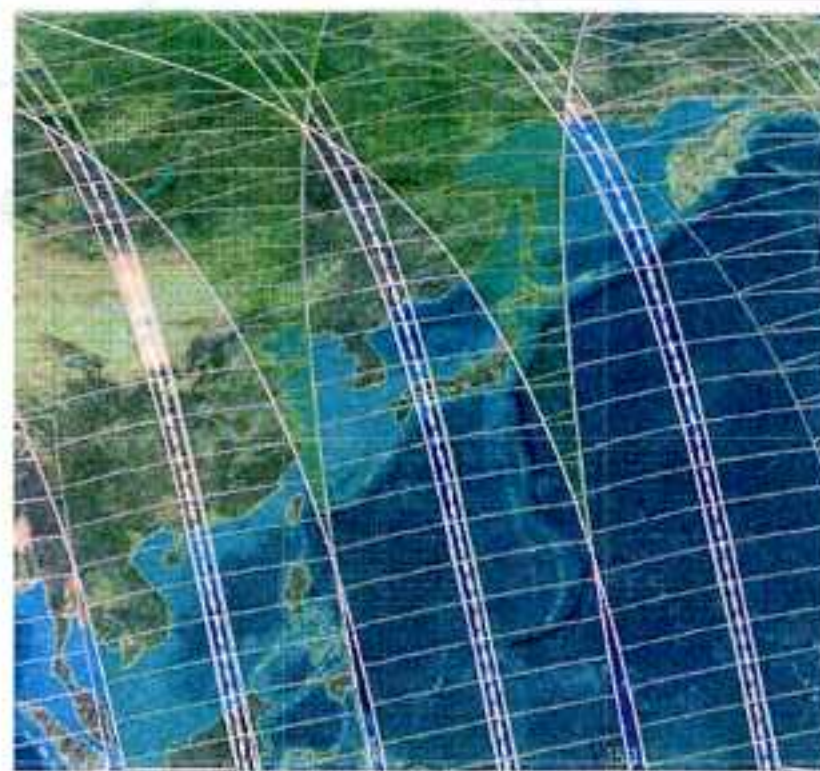
白破線:衛星直下軌跡
白実線:入射角8度
紫実線:入射角70度



更に
約100分後

約100分後

日中



更に約100分後

約100分後

夜間

総合システム(イメージ図)



SARの仕様比較とLバンドSARの優位性

衛星	観測モード	分解能	観測幅	周波数帯等
災害監視 SAR衛星 (日本)	高分解能	1~3 m	25 km	Lバンド 帯域: 85MHz 4偏波
	基本	3 m	50 km	
	広域	100 m	350 km	
TerraSAR-X (ドイツ)	高分解能	1 m	10 km	Xバンド 帯域: 150MHz 2偏波
	基本	3 m	30 km	
	広域	16 m	100 km	
Radarsat-2 (カナダ)	高分解能	3 m	20 km	Cバンド 帯域: 100MHz 4偏波
	基本	25 m	100 km	
	広域	130 m	500 km	

- LバンドSARは、Xバンド、CバンドSARに比べ、差分干渉処理の精度が高く、変化抽出に優れる。また、道路や滑走路、沼地等の識別性が高い。一方、Lバンドは電波法上の帯域の制約により、レンジ方向(進行方向に垂直)の分解能が制約される。

災害監視衛星システムに求められている役割

平常時

災害に備えたデータ整備
多様な利用が可能

災害時の参照データの整備 (SAR、光学)

・災害前データ(平時画像)の全国整備・更新

国土の保全・管理 (SAR、光学)

・地図修正、地殻変動図作成、火山監視
・地滑り危険地域の監視 等

衛星地形図の整備・更新 (光学)

・5万分の1、2万5千分の1、1万分の1
・地理空間情報(GIS)の基盤として普及

全球の森林、湿地帯等の監視 (SAR)

・科学技術外交の展開(Lバンドは世界唯一の技術)
・ODAとの連携

地域観測 (SAR、光学)

・海水監視(海上保安庁)
・産廃不法投棄監視(地方自治体)
・緑の国政調査(環境省)
・耕地利用状況把握(農林水産省) 等

資源探査・開発 (SAR、光学)

一般利用 (光学、SAR)

・付加価値製品

等

災害監視
衛星システム



SAR衛星



光学衛星

海外衛星
(災害発生時)

災害発生時

災害監視を最優先

被災地域の緊急観測

・コアシステム(2機)と海外衛星により、
緊急観測要請後8時間以内のデータ提供
を目標
(SAR衛星による昼夜・全天候観測)

災害状況の広域把握

・災害発生前後の観測データとの比較に
よる被災地域の抽出(自動処理)
・衛星地形図と重ね合わせによる被災地
域の特定

災害状況の詳細解析

・SAR干渉解析による地殻変動量推定
(地震、火山)
・光学画像による詳細被災状況評価

復興・復旧支援情報の提供

・SAR干渉解析による噴火活動終息判断
・光学画像による危険箇所の監視、復旧
状況評価

予防・減災情報の提供

・SAR差分画像による河川状況の警戒観測
・SAR干渉解析、光学画像による火山の
警戒観測

※センチネルアジア、国際災害チャータ等にも貢献

防災・災害における衛星データの 利用シナリオ (風水害の例)

大規模風水害発災時の利用シナリオ



① 警戒段階からの事前整備

- 気象情報、河川情報に基づく、緊急観測要求を発出
- SAR衛星による河川状況モニタの支援



災害監視衛星システム
(SAR衛星)

② 大規模洪水域の緊急観測

- SAR衛星で広域を高頻度に網羅(海外衛星も活用)
- 差分抽出による浸水推定域図の即時作成
- GIS/ハザードマップとの組合せによる避難・救援活動への活用



TerraSAR-X



Radarsat-2



災害監視衛星システム
(光学衛星)

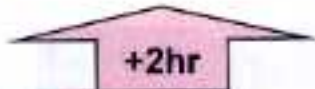
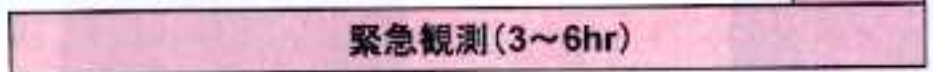
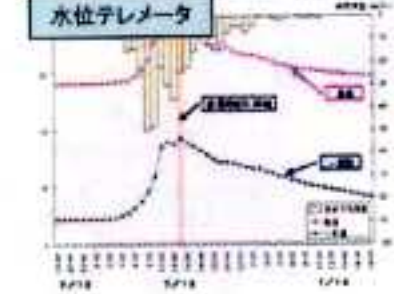
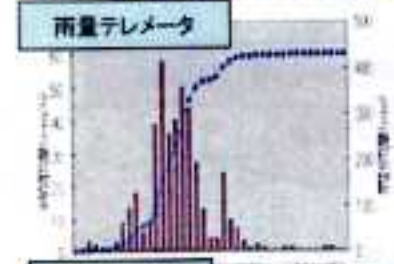
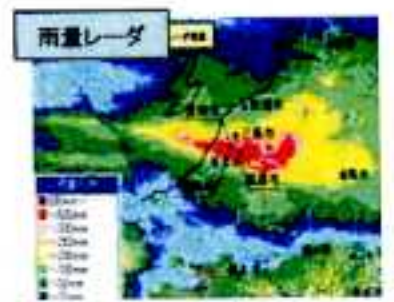
③ 応急対応～復旧・復興までの繰り返し観測

- 土砂災害危険箇所、復旧状況等を継続監視

風水害時の衛星利用フロー(1/3)



災害対策本部



SAR画像

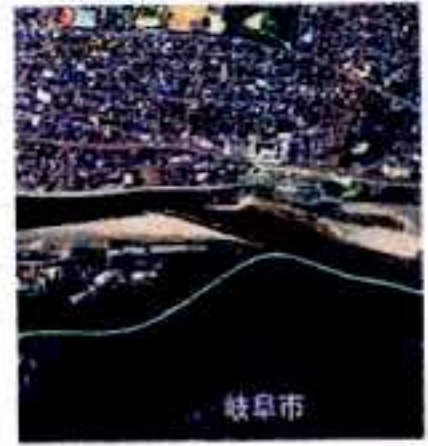
画像のみでは状況変化を識別困難



衛星画像アーカイブ
全国整備
(打上・C/O後
1ヶ月程度)



衛星地形図アーカイブ
ALOS運用中に
全国を整備・更新



差分画像(衛星地形図上)

自動差分抽出による
水位変化の判別例

風水害時の衛星利用フロー(2/3)



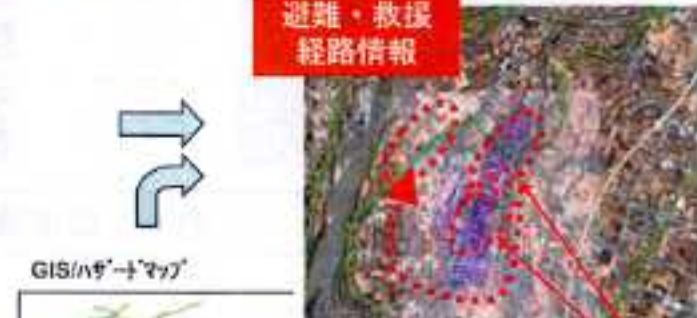
SAR画像

SAR強度画像から
大規模洪水有無を判断
(数百m規模)



浸水域図(差分画像)

自動差分抽出により
洪水想定地域を判別
(数十~百m規模)



避難・救援
経路情報



逃げ遅れ、孤立者
の救援

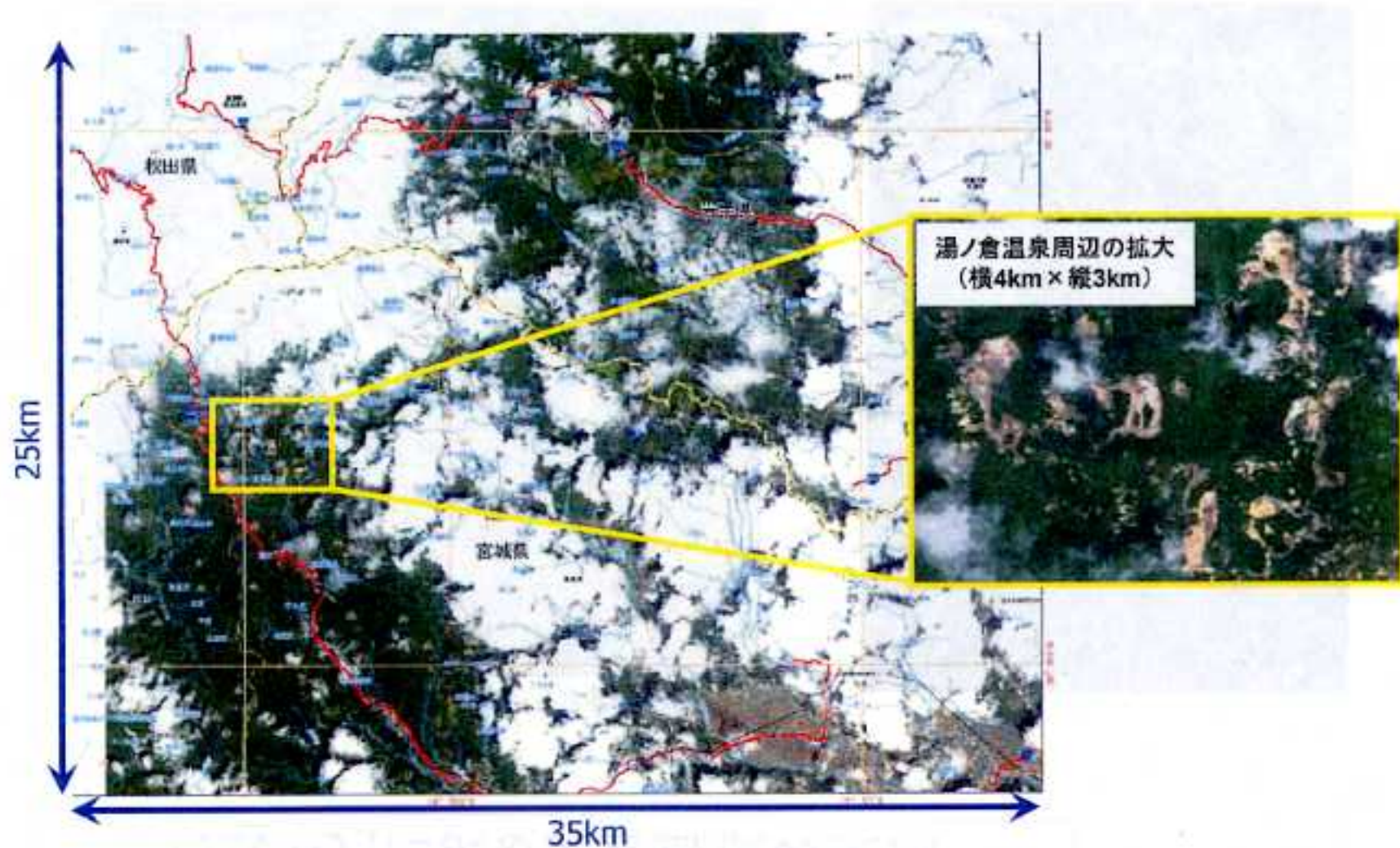
GIS/Heartマップへの重ね画像

風水害時の衛星利用フロー(3/3)



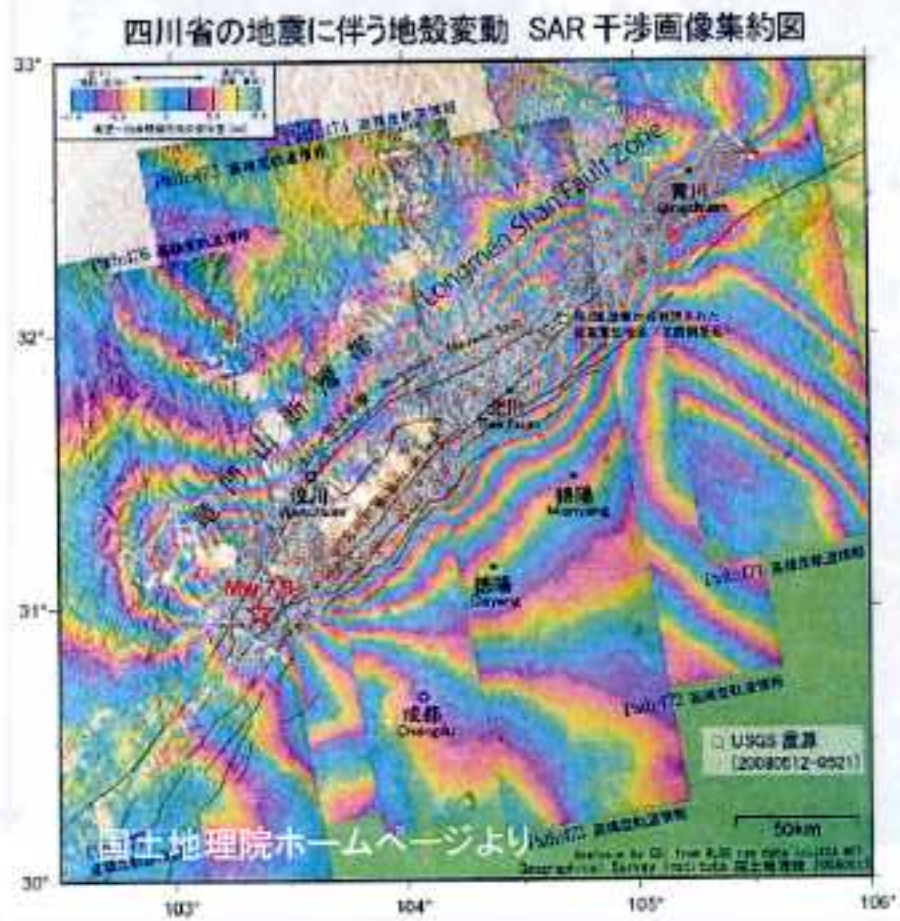
ALOS利用成果

「だいち」による災害監視の実例

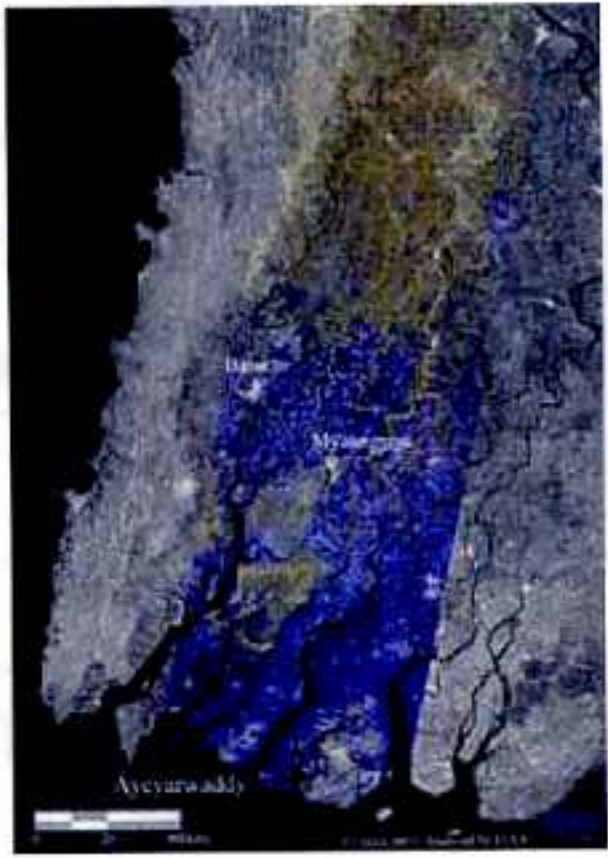


岩手・宮城内陸地震(2008年6月14日発生、翌15日観測)

「だいち」による災害監視の実例



中国四川大地震(2008年5月)



ミャンマー 洪水(2008年5月)

防災利用実証実験 1/2

防災利用実証実験とは、「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」での議論を踏まえ、将来の災害時に備えて防災機関による衛星利用を「だいち」を用いて実証するためのものである。

	課題(テーマ)	主な成果	参加機関
1	衛星地形図の作成及び 防災利用に関する実証 実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ要求に基づき、発災後2時間以内に全国任意地域の衛星地形図を、紙及び電子データで配信するシステムを構築(AVNIR-2による 日本全国5万分1衛星地形図約1500枚を2008年度より配信開始) 	内閣府、警察庁、消防庁、防衛庁、国土地理院、(独)防災科学技術研究所、(独)宇宙航空研究開発機構
2	RASにおける「だいち」データ利用に関する実証実験 RAS:Real damage Analysis System	<ul style="list-style-type: none"> ・6月14日の岩手・宮城内陸地震において、発災直後に内閣府、内閣官房、防衛省、警察庁等へ衛星地形図の配信又は配布を行い、必要に応じ各機関において現地の地理情報把握・総合判断等に活用 	
3	火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する実証実験	<ul style="list-style-type: none"> ・気象庁取纏めにて火山防災機関・大学での衛星データの利用評価が開始され、観測装置の設置が難しい火山も含め成果が出されている ・特に気象研においては、全国108火山に衛星データを活用する等、利用を積極的に行っている。 	火山噴火予知連絡会(事務局:気象庁、実験参加機関:気象庁、国土地理院、海上保安庁、(独)防災科学技術研究所、(独)産業技術総合研究所、大学等)、(独)宇宙航空研究開発機構

	課題(テーマ)	主な成果	参加機関
4	地震・地盤変動災害の発生メカニズム解明等に関する実証実験	・国の地震調査活動の主体である地震調査研究推進本部内に衛星利用による解析結果の評価を行う「衛星データ解析検討小委員会」を設置済み(岩手宮城内陸地震等の解析結果を評価)。上記小委員会等の活動に資する解析活動等の母体として、国土地理院が関係研究機関・大学を取纏めた地震ワーキンググループを設置し、活動中	地震調査研究推進本部、国土地理院、(独)産業技術総合研究所、(独)防災科学研究所、東京大学地震研究所、(独)宇宙航空研究開発機構
5	海上・沿岸の災害状況把握に関する実証実験	・宮城沖の貨物船油流出状況を観測し、薄い油膜でも衛星で観測できることを確認したほか、流木や船舶座礁の状況把握に貢献	海上保安庁、(独)宇宙航空研究開発機構
6	土砂災害の予兆及び被害把握に関する実証実験	・新潟県等を対象に広域土砂災害モニタリング等の手法検討を行った。現地調査との衛星同期観測による土砂災害検出実施中	国土技術総合政策研究所、(独)宇宙航空研究開発機構
7	水害の被害把握等に関する実証実験	・SAR画像に基づく水害域検出および衛星地形図とGISの組み合わせによる災害情報利用等の実証実験を岐阜県、見附市／三条市、四万十市と実施中	岐阜県、見附市／三条市、四万十市、(独)宇宙航空研究開発機構等

地図作成への適応(国土地理院)



国土地理院による地図作成・修正への利用

修正作業

変化を抽出して、迅速な部分修正に利用する



空中写真(平成13年撮影)



清水庵原球場

「だいち」画像(平成18年撮影)



修正前



修正後

インターネット公開



国土地理院「電子国土」



地図閲覧サービス ウォッチず

海水観測への適用(海上保安庁)



海上保安庁による海水速報図作成への利用

特に曇天時の作成に有効(PALSAR)

2007.1.23

ScanSAR 画像

海水密接度画像



(JAXA作成)

準リアルタイム提供

海水速報図は
船舶の航行に重要な情報
(海難防止等)



2007.1.24

ScanSAR 画像ない場合

赤域: 高密接度域
青域: 低密接度域

提供データ

海水速報図(海上保安庁作成)



(海上保安庁作成)

数字は密接度 密接度: ある海域の水の氷有状態が1/9以上になっているか、つまっているか、その平均の密接度を10段階で表したものを、

植生調査への適用(環境省)

環境省による自然環境保全基礎調査「緑の国勢調査」への利用

判読参照図として現地調査法人が植生図作成に利用



衛星画像利用のメリット

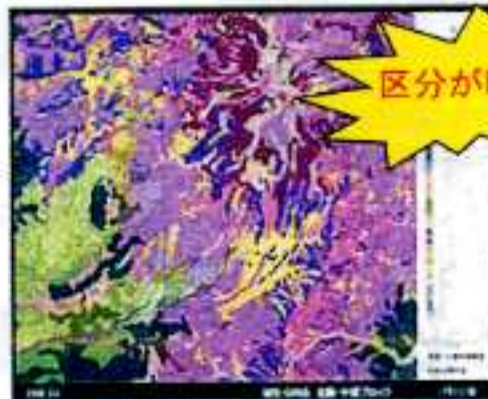
- ・広い範囲を一度に均一に見られる、
- ・二時期(新緑期と落葉期)の画像の比較が可能
- ・地形の起伏の変化の激しいところでも撮影可
- ・位置情報正確、etc.

植生判読

ALOS/AVNIR-2

ALOS画像利用前の植生図

ALOS画像利用後の植生図



区分が明確に

従来の植生図作成手法



衛星画像を利用した植生図作成手法



効率化

©環境省生物多様性センター

耕地把握(農林水産省)

農水省による母集団整備作業(統計処理作業)への利用

ALOSオルソパンシャープン画像を使用



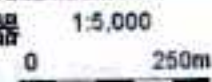
PRISM画像



AVNIR-2画像



* デジタルプランメータ: 面積測定器



耕地把握のための母集団整備作業の補助的な判読参照図としての有効