

東日本大震災対応報告書

～地球観測衛星及び通信衛星による対応の記録～



2011 年 11 月

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

目 次

1. はじめに	1
2. JAXA の活動	2
2.1 地球観測衛星による活動.....	2
2.1.1 防災分野における衛星画像利用.....	2
2.1.2 「だいち」の緊急観測実績.....	5
2.1.3 JAXA による画像解析	7
2.1.4 海外機関の協力.....	22
2.1.5 プロダクトの提供と防災ユーザによる利用	35
2.1.6 航空機 SAR による観測.....	48
2.1.7 現地調査結果.....	50
2.1.8 まとめ	56
2.2 通信衛星による活動.....	58
2.2.1 「きずな」(WINDS)	58
2.2.2 「きく 8 号」(ETS-VIII)	67
2.2.3 まとめ	79
3. 他機関がとらえた JAXA 活動	85
3.1 メディアにおける JAXA 関連の掲載状況.....	85
3.2 他機関による JAXA 衛星利用	86
3.2.1 地球観測衛星による活動.....	86
3.2.2 通信衛星による活動.....	91
4. 課題と今後の対応.....	92
4.1 課題	92
4.1.1 衛星画像データ提供に関する課題.....	92
4.1.2 通信回線提供支援に関する課題.....	93
4.1.3 情報発信に関する課題.....	94
4.2 今後の対応	95
4.2.1 被災地支援活動にあたっての考え方.....	95
4.2.2 衛星画像データ提供における改善.....	95
4.2.3 通信回線提供支援に関する改善.....	97
4.2.4 情報発信に関する改善.....	99
4.2.5 災害対応マニュアルの整備.....	99
5. おわりに	100

参考資料 (Web 掲載版のみ)

- 「だいち」防災利用実証実験
- センチネルアジア
- 国際災害チャータ
- 陸域観測技術衛星「だいち」の概要

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日、14 時 46 分（日本時間）、東北地方の太平洋沖で国内観測史上最大となるマグニチュード 9.0 の地震が発生した¹。震源は、東北地方の太平洋沖（北緯 38.32°、東経 142.37°）²、震源の深さは 32km であり、発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ低角逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である³。この地震により東北から関東にかけて大規模な津波が発生し、岩手県大船渡での津波は 11.8 メートル³の高さにまで達し、沿岸地域に甚大な被害を与えた。この地震は、「東北地方太平洋沖地震」と称され、観測史上、世界 4 番目の規模となる大地震であり、東北から関東まで東日本の太平洋岸一帯に及ぶ甚大な被害をもたらした。また、この地震により発生した津波による福島第一原子力発電所の事故も含め、「東日本大震災」と呼称されることとなった。

地震による人的被害は、死者 15,783 名、行方不明者 4,086 名、負傷者 5,932 名である⁴。物的被害は、地震による建物倒壊のみならず、津波による家屋流出や浸水と、道路の損壊が主な被害であった。建物全壊は 115,000 戸以上、半壊等の建物被害は 795,000 戸以上である⁴。さらに、この地震に伴い余震が多数発生しており、3 月 11 日から 9 月 12 日時点までの間でマグニチュード 5 以上の余震が 550 回以上、特にマグニチュード 7 以上の余震が 5 回（うち、3 回は発災当日の 3 月 11 日に発生）観測されている。

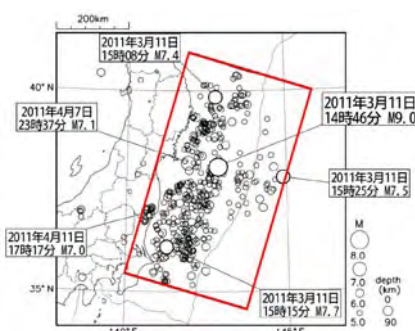


図 1-1 東北地方太平洋沖地震及び余震活動

（気象庁／東日本大震災 ～東北地方太平洋沖地震～ 関連ポータルサイト
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html>）

本報告書は、東日本大震災に対応して（独）宇宙航空研究開発機構（以降 JAXA）が国内外の機関と協力して実施した、地球観測衛星及び通信衛星を活用した種々の活動を整理したものである。

なお、本報告書中に記載の組織・部署名は活動当時の名称である。また、本報告書は、JAXA の衛星利用推進センターホームページ（<http://www.sapc.jaxa.jp/antidisaster/index.html>）にて公開している。

¹ 地震発生当初は、マグニチュード 7.9 と発表されたが、3 月 13 日に現在のマグニチュード 9.0 に修正。

² 地震の規模・位置は米国地質調査所(USGS)による発表を参照。

³ 気象庁による発表資料を参照。

⁴ 2011 年 9 月 12 日現在、警察庁による発表資料を参照。

2. JAXAの活動

2.1 地球観測衛星による活動

2.1.1 防災分野における衛星画像利用

JAXA では、衛星利用推進センター内に「防災利用システム室」（防災室）を設置し、陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS：Advanced Land Observing Satellite）及び海外衛星の観測データを用いた災害対応活動への協力、「だいち」の運用経験に基づく将来の利用構想の策定・調整を推進するために活動している。

国内での取り組みにおいては、防災関係省庁、地方自治体などの防災関連機関とともに地球観測衛星による防災活動への利用実証を行っている。国際的な取り組みにおいては、大規模災害時に宇宙機関の衛星データをユーザへ提供する国際協力の枠組みである「国際災害チャータ」、及びアジア太平洋地域の自然災害の監視を目的とした国際協力プロジェクトである「センチネルアジア」の加盟機関として活動している。特にセンチネルアジアでは JAXA が事務局を務めている。

また、筑波にある地球観測研究センターの ALOS 解析研究チームでは、平時での地球観測の研究と並行し、災害発生時は防災室と連携して衛星データの解析にあたっている。

東日本大震災に対しては、発災後直ちに「だいち」の緊急観測計画を立案、及び国際災害チャータ及びセンチネルアジアへの緊急観測を要請し、被災地の集中観測が行われた。収集した膨大な衛星データ、及びそれらの解析結果によっては、広範囲に及んだ被災地域の全容や被災状況を捉えていた。

「だいち」、国際災害チャータ、及びセンチネルアジアの枠組みによる観測実績は表 2.1-1 の通りである。

表 2.1-1 「だいち」、国際災害チャータ及びセンチネルアジアによる観測実績（2011 年 3 月 12 日～24 日）

観測日	JAXA/ 海外衛星	宮古	釜石	南三陸	女川 牡鹿半島	石巻 塩釜 東松島	仙台	仙台空港	亶理 鳥の海	相馬	福島原発
3 月 12 日	日本 (JAXA)						AVNIR-2 PRISM	AVNIR-2 PRISM			
	海外	LANDSAT-7 WorldView-2	LANDSAT-7 WorldView-2 RADARSAT IKONOS	LANDSAT-7 SPOT-5 WorldView-1 WorldView-2 FORMOSAT-2	LANDSAT-7 SPOT-5 GeoEye RapidEye WorldView-2 FORMOSAT-2 THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 GeoEye RapidEye WorldView-1 WorldView-2 FORMOSAT-2 TerraSAR-X IKONOS THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 WorldView-2 FORMOSAT-2 TerraSAR-X RADARSAT IKONOS THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 WorldView-2 FORMOSAT-2 TerraSAR-X RADARSAT THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 WorldView-2 FORMOSAT-2 TerraSAR-X RapidEye TerraSAR-X THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 IKONOS WorldView-1 WorldView-2 TerraSAR-X RapidEye RADARSAT THEOS	LANDSAT-7 SPOT-5 IKONOS WorldView-1 WorldView-2 FORMOSAT-2 TerraSAR-X RapidEye Quickbird
3 月 13 日	日本 (JAXA)						PALSAR	PALSAR	PALSAR	PALSAR	PALSAR
	海外	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 THEOS	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 THEOS	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 EO-1 FORMOSAT-2 THEOS GeoEye	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 EO-1 FORMOSAT-2 THEOS	SPOT-5 TerraSAR-X RapidEye LANDSAT-5 WorldView-2 EO-1 FORMOSAT-2 THEOS	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 EO-1 FORMOSAT-2 THEOS WorldView-2	SPOT-5 RapidEye LANDSAT-5 EO-1 THEOS WorldView-2	SPOT-5 RapidEye FORMOSAT-2 LANDSAT-5 EO-1 THEOS	SPOT-5 LANDSAT-5 EO-1 FORMOSAT-2 THEOS	LANDSAT-5 WorldView-2 FORMOSAT-2 THEOS Quickbird
3 月 14 日	日本 (JAXA)	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR
	海外	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2 WorldView-1	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2 TerraSAR-X WorldView-1	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2 HJ	RapidEye SPOT-5 FORMOSAT-2 KOMPSAT-2 CARTSAT-2 WorldView-2	RapidEye SPOT-5 KOMPSAT-2 WorldView-2	RapidEye FORMOSAT-2 WorldView-2	KOMPSAT-2 FORMOSAT-2 WorldView-2	KOMPSAT-2 GeoEye WorldView-1 WorldView-2
3 月 15 日	日本 (JAXA)	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2
	海外					FORMOSAT-2	SPOT-4 FORMOSAT-2 DubaiSat-1	SPOT-4 DubaiSat-1	FORMOSAT-2 DubaiSat-1	SPOT-4	DubaiSat-1
3 月 16 日	日本 (JAXA)	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR	AVNIR-2 PALSAR
	海外	FORMOSAT-2	FORMOSAT-2	FORMOSAT-2	FORMOSAT-2	FORMOSAT-2 WorldView-2	FORMOSAT-2 WorldView-2	FORMOSAT-2 WorldView-2	FORMOSAT-2 WorldView-2	FORMOSAT-2 WorldView-2	FORMOSAT-2 QuickBird-1 QuickBird-2 GeoEye WorldView-1 WorldView-2

[illegible]

2.1.2 「だいち」の緊急観測実績

「だいち」による緊急観測実績を表 2.1-2 に示す。発災当日においては観測の機会がなかったが、翌日の3月12日には東北内陸部、及び仙台市付近が AVNIR-2 と PRISM により観測された。13日には PALSAR により宮城県・福島県沿岸から仙台市を含む地域が観測され、14日には AVNIR-2 により東北から千葉にかけての広範な太平洋沿岸域が観測された。以降、4月20日まで観測を継続し、総計 643 シーンの観測を行った（表 2.1-3 参照）。

「だいち」は、4月22日に発生した電力系の異常によって以降の観測ができなくなり、5月12日に運用を終了した。このため、東日本大震災の観測は、4月20日が最後となった。

表 2.1-2 「だいち」による緊急観測実績

観測日	下降軌道	上昇軌道	センサー	AVNIR:ボイニング角 PALSAR:入射角	観測地域
2011 年 3月12日	○		PRISM	0	東北内陸部（青森から福島）、仙台付近
	○		AVNIR-2	0	東北内陸部（青森から福島）、仙台付近
3月13日	○		AVNIR-2	44	新潟、長野、岐阜
		○	PALSAR	46.6	宮城・福島沿岸から内陸部をへて津軽半島
3月14日	○		AVNIR-2	-23	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PALSAR	27.1	北海道から東北、関東、東海
3月15日	○		AVNIR-2	37	青森から福島にかけての太平洋沿岸及び内陸部
		○	PALSAR	34.3	岩手沿岸から下北半島
3月16日	○		AVNIR-2	-42	青森から福島にかけての太平洋沿岸及び内陸部
	○		PALSAR	43.4	下北半島から岩手内陸部をへて宮城・福島・茨城の沿岸部
3月17日	○		AVNIR-2	16	太平洋沿岸（東北から茨城）
		○	PALSAR	14	太平洋沿岸（岩手から青森）
3月18日		○	PALSAR	50	宮城・福島沿岸部から秋田内陸部をへて津軽半島
3月19日	○		AVNIR-2	-12.8	太平洋沿岸（東北から茨城）
	○		PALSAR	14	太平洋沿岸（東北から茨城）
3月20日	○		AVNIR-2	42	青森から福島にかけての太平洋沿岸及び内陸部
		○	PALSAR	34.3	茨城沿岸部から内陸部をへて秋田沿岸部
3月21日	○		AVNIR-2	-36.5	青森から福島にかけての太平洋沿岸及び内陸部
	○		PALSAR	34.3	岩手沿岸部
3月22日	○		AVNIR-2	25	太平洋沿岸（東北から茨城）
		○	PALSAR	14	宮城・福島沿岸部から内陸部をへて秋田沿岸部
3月23日	○		PALSAR	50	青森沿岸部から岩手内陸部をへて宮城・福島沿岸部
3月24日	○		PRISM	0	太平洋沿岸（東北から茨城）
	○		AVNIR-2	0	太平洋沿岸（東北から茨城）
3月25日	○		AVNIR-2	44	東北内陸部・日本海沿岸、仙台付近
		○	PALSAR	43.4	宮城・福島沿岸部から秋田内陸部をへて津軽半島
3月26日	○		AVNIR-2	-28.5	太平洋沿岸（東北から茨城）
	○		PALSAR	28.8	太平洋沿岸（東北から茨城）
3月27日	○		AVNIR-2	32.5	太平洋沿岸（東北から茨城）

観測日	下降軌道	上昇軌道	センサー	AVNIR:ボイニング角 PALSAR:入射角	観測地域
		○	PALSAR	25.8	宮城・福島沿岸部から秋田内陸部をへて津軽半島
3月28日	○		AVNIR-2	-44	太平洋沿岸（東北から福島）
3月29日	○		AVNIR-2	1.9	下北半島から東北・関東内陸部をへて神奈川沿岸部
3月30日		○	PALSAR	47.8	宮城・福島沿岸部から秋田内陸部をへて津軽半島
3月31日	○		AVNIR-2	-25	下北半島から東北・関東内陸部をへて神奈川沿岸部
	○		PALSAR	27.1	東北から中部
4月1日	○		AVNIR-2	38	青森から千葉・神奈川にかけての太平洋沿岸部及び内陸部
		○	PALSAR	34.3	宮城・福島沿岸部から秋田内陸部をへて津軽半島
4月2日	○		AVNIR-2	-41	青森から千葉にかけての太平洋沿岸部及び内陸部
	○		PALSAR	41.5	青森太平洋沿岸部から岩手内陸部をへて太平洋沿岸（宮城から千葉）
4月3日	○		AVNIR-2	14	青森から東京・神奈川にかけての内陸部
4月5日	○		AVNIR-2	-9	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PALSAR	27.1	東北日本海側から北陸・中部
4月6日	○		AVNIR-2	43	青森から千葉にかけての太平洋沿岸部及び内陸部
4月7日	○		AVNIR-2	-34	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PALSAR	34.3	太平洋沿岸（東北から千葉）
4月8日	○		AVNIR-2	28	太平洋沿岸（東北から千葉）
		○	PALSAR	21.5	奥羽山脈から仙台
4月10日	○		AVNIR-2	0	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PRISM	1.2	北海道から太平洋沿岸（東北から千葉）
4月11日	○		AVNIR-2	44	北海道から東北日本海側
4月12日	○		AVNIR-2	-26	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PALSAR	34.3	東北日本海側
4月13日	○		AVNIR-2	35.3	太平洋沿岸（東北から千葉）
		○	PALSAR	34.3	宮城・岩手沿岸
4月14日	○		AVNIR-2	-44	太平洋沿岸（東北から千葉）及び東北内陸部
4月15日	○		AVNIR-2	12.5	太平洋沿岸（東北から千葉）
4月17日	○		AVNIR-2	-16	太平洋沿岸（東北から千葉）
	○		PALSAR	27.1	東北から中部
4月18日	○		AVNIR-2	41	太平洋沿岸（東北から茨城及び千葉南部）
		○	PALSAR	34.3	宮城・福島から秋田・青森日本海沿岸
4月19日	○		AVNIR-2	-39	太平洋沿岸（東北から千葉）及び東北内陸部
4月20日	○		AVNIR-2	22.5	太平洋沿岸（東北から千葉）

表 2.1-3 センサごとの観測シーン数（2011年3月12日～4月20日）

センサ		観測シーン数		
		3/12-3/31	4/1-4/20	3/12-4/20
AVNIR-2		162	217	379
PRISM	OB1	0	25	25
	OB2	32	0	32
PALSAR	FBS	111	74	185
	FBD	8	0	8
	WB1	8	6	14
総計		321	322	643

※観測期間：2011年3月12日から4月20日まで

2.1.3 JAXAによる画像解析

JAXA は、東日本大震災以降、「だいち」による緊急観測を継続的に行い、東日本広域及び北海道の解析結果を公開し、内閣府を始めとする防災関係省庁、及び関係する地方自治体等に情報提供を行った。また、国際災害チャータやセンチネルアジアの枠組みを通じて、提供された衛星画像の解析も実施し、関係機関に情報を提供した。

ここでは、災害直後からの JAXA による画像解析結果について述べる。また、海外機関からの協力については、2.1.4 項でも報告する。

2.1.3.1 被災状況全体像の把握

震災発生直後においては、地上において被災状況を把握することは難しく、広域を観測することができる衛星観測画像は、被災状況の全体像の把握に有効である。

JAXA は緊急観測により取得されたデータ、及び過去に観測されたアーカイブデータにより被災地画像に地理情報を重畳した衛星地形図の作成や被災地域の被害状況について解析を実施した。図 2.1-1 (左) は、アーカイブデータを利用した災害前の衛星地形図、図 2.1-1 (中) (右) は、3 月 12 日 10 時 25 分頃、及び 3 月 14 日 10 時 11 分頃（日本時間）に緊急観測により取得された災害後の AVNIR-2 の観測画像をモザイクして作成した衛星地形図である。また、図 2.1-2 は、同じく 3 月 14 日に AVNIR-2 により取得された被災地の画像全体の様子を示したものである。

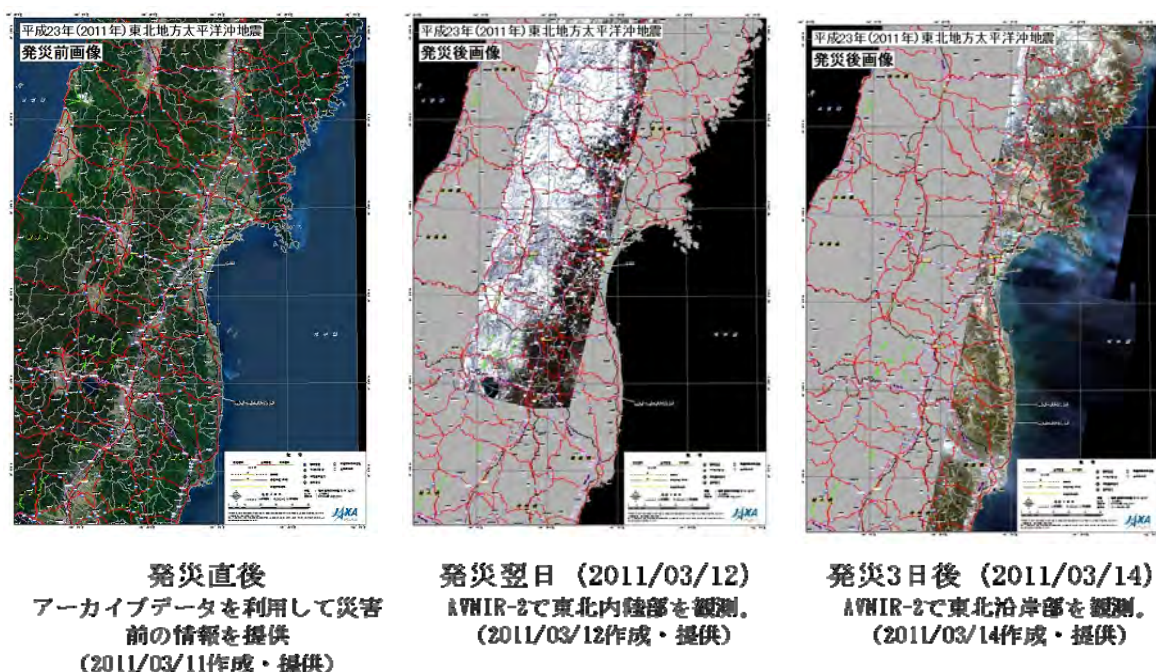


図 2.1-1 震災前後の衛星地形図

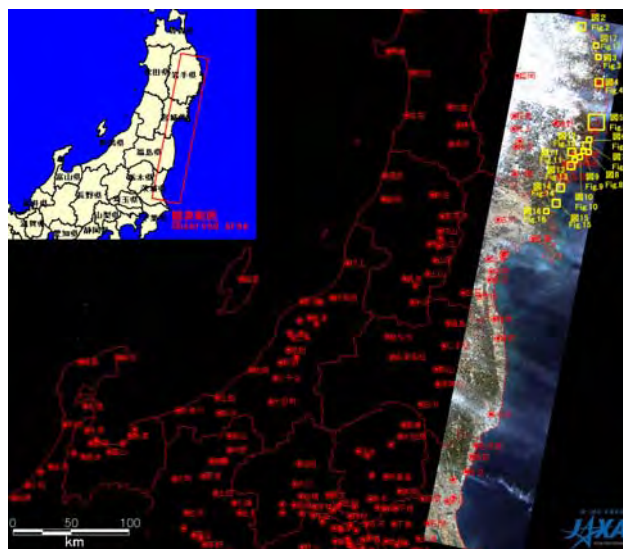


図 2.1-2 3月14日の被災地観測画像全体

2.1.3.2 地域被害解析

発災3日後の3月14日のAVNIR-2による観測では、雲の少ない画像を取得することができ、岩手県、宮城県の被災地域について詳細に確認を行った（図 2.1-2 中の黄色枠）。例えば、図 2.1-3 は、地震後の2011年3月14日、及び地震前の2011年3月10日に観測されたAVNIR-2のバンド4, 3, 2を合成したフォールスカラー画像から、岩手県岩泉町小本付近を拡大したものである。植生（赤色）と雲（白色）が明瞭に区別できるため、地表面の様子をとらえることができ、田畑が冠水している様子（災害後紺色に変化）と河口部分の土砂が流された様子が分かる。

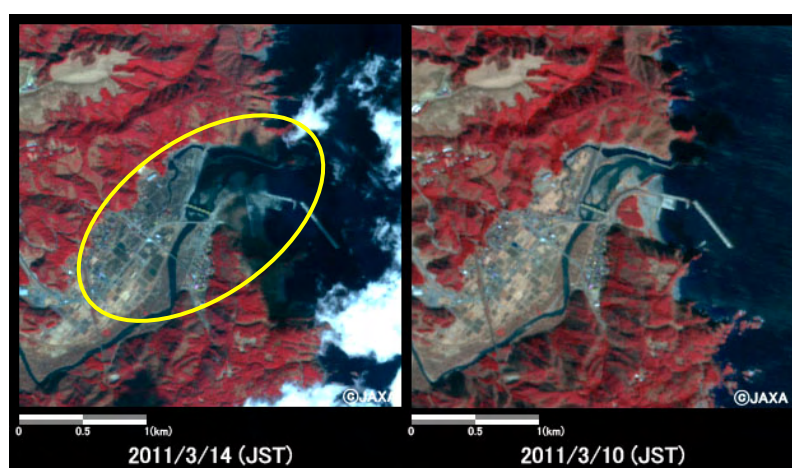


図 2.1-3 岩手県岩泉町小本の冠水の様子(約 3km×3km のエリア)
左: 地震後(2011年3月14日)、右: 地震前(2011年3月10日))

図 2.1-4 は、茨城県北茨城市付近の発災前後の観測画像を拡大したもので、黄枠内の堤防が決壊している様子が分かる。



図 2.1-4 茨城県北茨城市付近の様子（約 3km×3km のエリア）

図 2.1-5 は、茨城県鹿行大橋付近を拡大したもので、橋の中央が崩落した鹿行大橋の様子が分かる。（上部は建設中の新橋）



図 2.1-5 茨城県鹿行大橋付近の様子（約 1km×1km のエリア）

図 2.1-6 は、福島県いわき市八幡町付近を拡大したもので、黄枠内で複数の建物が倒壊しているなどの何らかの大きな変化が生じている様子が分かる。

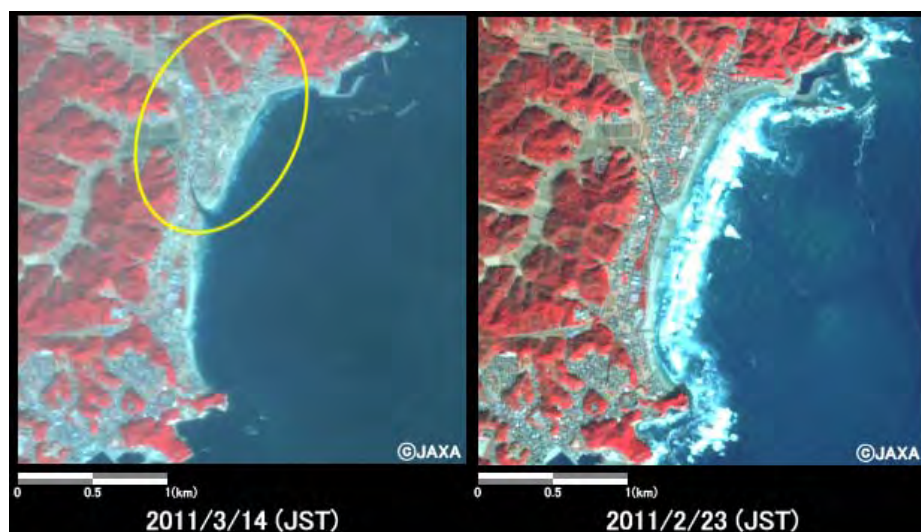


図 2.1-6 福島県いわき市八幡町付近の様子（約 3km×3km のエリア）

また、図 2.1-7～図 2.1-9 は、2011 年 3 月 24 日、2010 年 11 月 6 日に観測された AVNIR-2 と PRISM から作成したパンシャープン画像と、PRISM に数値地表データ（Digital Surface Model : DSM）を付加した画像を組み合わせで作成した、岩手県陸前高田市、及び岩手県上閉伊郡大槌町の地震前後の鳥瞰図である。津波により橋や堤防が損壊し、市街地や植生が広く失われている様子を立体的に見ることができる。

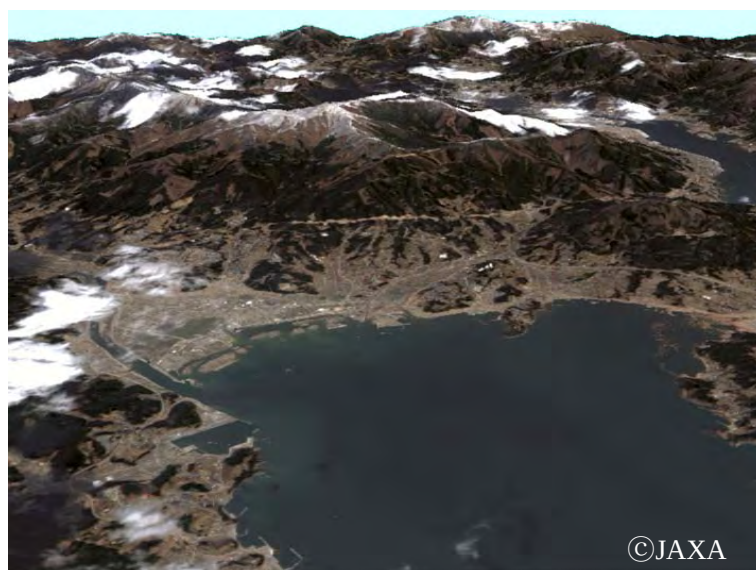


図 2.1-7 岩手県陸前高田市付近の地震後の鳥瞰図
（明るい白色は雲や雪）



図 2.1-8 岩手県陸前高田市付近の地震前の鳥瞰図

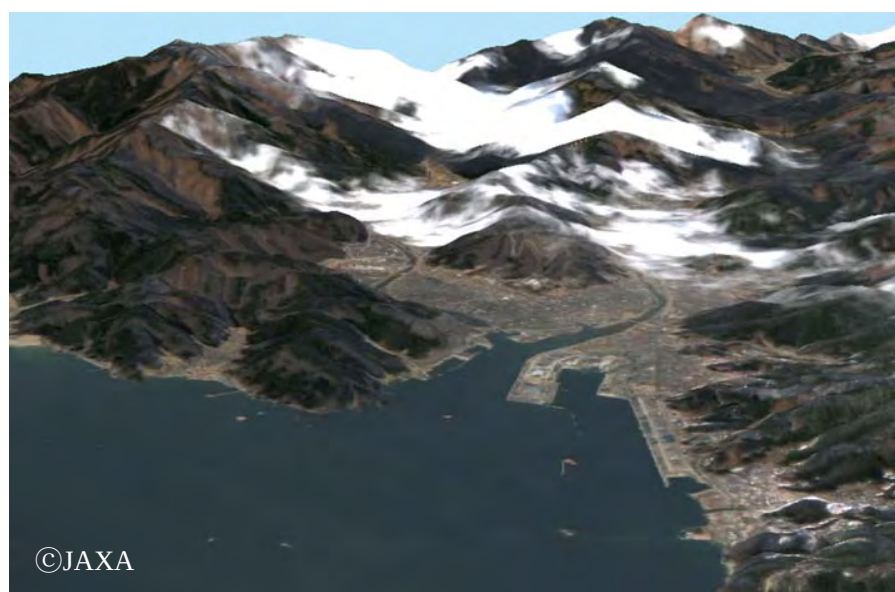


図 2.1-9 岩手県上閉伊郡大槌町付近の地震後の鳥瞰図
(明るい白色は雲や雪)

2.1.3.3 土砂崩れ

図 2.1-10 は、地震後の 2011 年 3 月 29 日（図左）、及び地震前の 2011 年 2 月 27 日（図中央）、2008 年 12 月 4 日（図右）に観測された AVNIR-2 画像から、栃木県那珂川町押野地区付近を拡大したものである。黄枠内で示した箇所では土砂崩れで植生が失われ、さらに北側にある建物に土砂が迫っている様子が分かる。

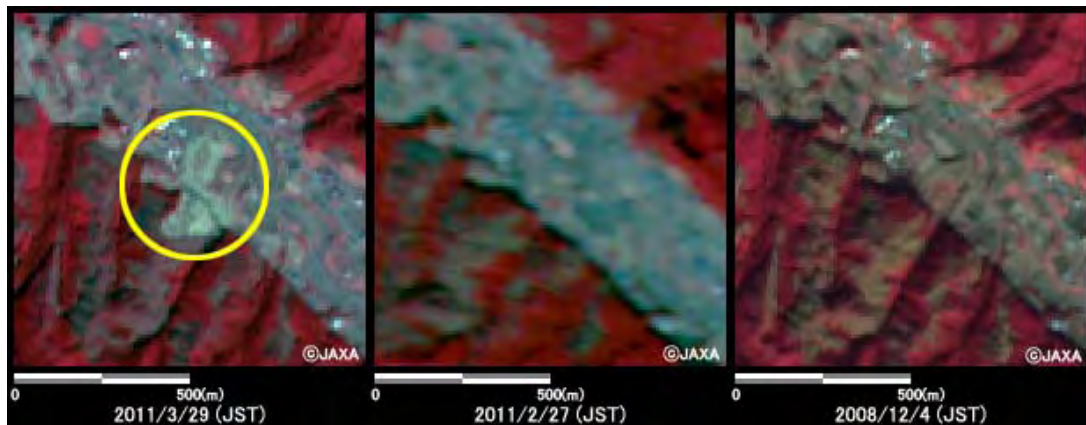


図 2.1-10 栃木県那珂川町押野地区付近の様子（約 1km×1km のエリア）

図 2.1-11 は、地震後の 2011 年 3 月 29 日、2011 年 3 月 12 日、及び地震前の 2008 年 12 月 4 日に AVNIR-2 で観測された画像から、福島県須賀川市にある藤沼湖周辺を拡大したものである。3 月 12 日の画像中の黄枠で示した箇所で湖が決壊し、湖水が川に沿って下流にある滝地区や長沼地区に流れ込んでいる様子が分かる。また、湖に水があまり残っていないことも分かる。

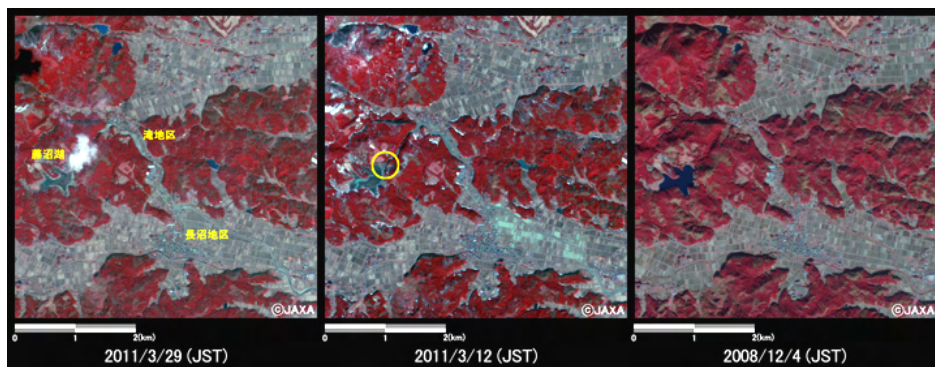


図 2.1-11 福島県須賀川市藤沼湖周辺の様子(約 5km×5km のエリア)

左図: 地震後 2011 年 3 月 29 日、中央図: 地震後 2011 年 3 月 12 日、右図: 地震前 2008 年 12 月 4 日

4 月 11 日 17 時 17 分に福島県浜通りで発生したマグニチュード 7.1、及び 6.0 の余震により、いわき市を中心に各地で土砂崩れが発生した。図 2.1-12 は、余震後の 2011 年 4 月 12 日と余震前の 2011 年 4 月 10 日に観測された画像から、常磐道のいわき勿来 IC といわき湯元 IC の間で土砂崩れが起きたと思われる箇所を拡大したものである。4 月 12 日の画像中の黄枠内で示した箇所を見ると、土砂崩れにより高速道路上に土砂が流出している様子を確認できる。

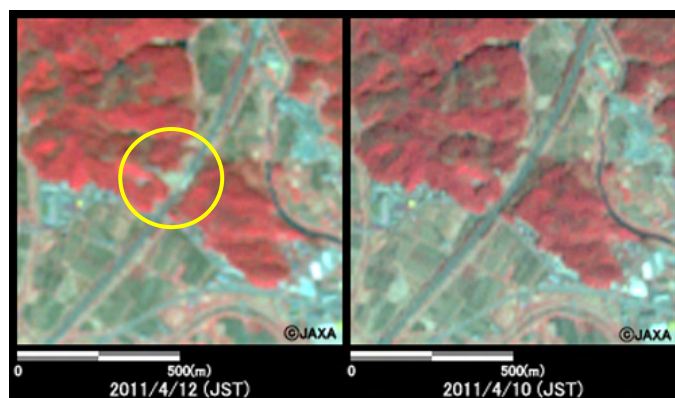


図 2.1-12 福島県いわき市内の常磐道の様子(約 1km×1km のエリア)

左図: 余震後 2011 年 4 月 12 日、右図: 余震前 2011 年 4 月 10 日

2.1.3.4 海上流出がれき

図 2.1-13 は、地震後の 2011 年 3 月 14 日、及び地震前の 2011 年 2 月 27 日に AVNIR-2 で観測された画像から、岩手県陸前高田市油崎付近を拡大したもので、湾に押し寄せた大量の漂流物の様子と平野部の冠水が識別できる。

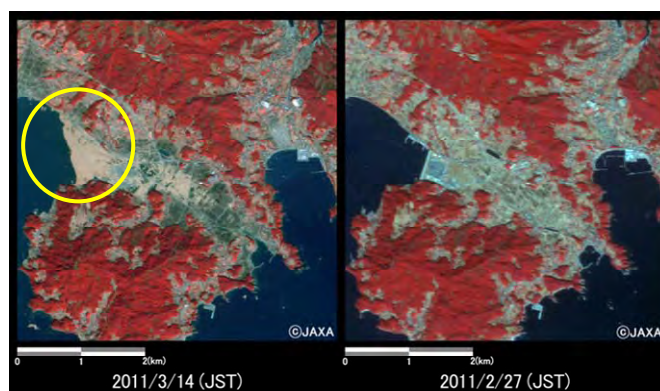


図 2.1-13 岩手県陸前高田市油崎付近の様子(約 5km×5km のエリア)

左: 地震後(2011 年 3 月 14 日)、右: 地震前(2011 年 2 月 27 日)

図 2.1-14 に、PALSAR によって 3 月 13 日に観測された仙台湾周辺の観測画像を示す。緑色円内は検出された漂流物で、画像内で約 30 個の目標を認識できていることがわかる。なお海上には他にも縦方向に伸びる白い線状が多数確認されるが、これは暗い海面に明るい陸域が写り込むアンビギュイティという現象である。

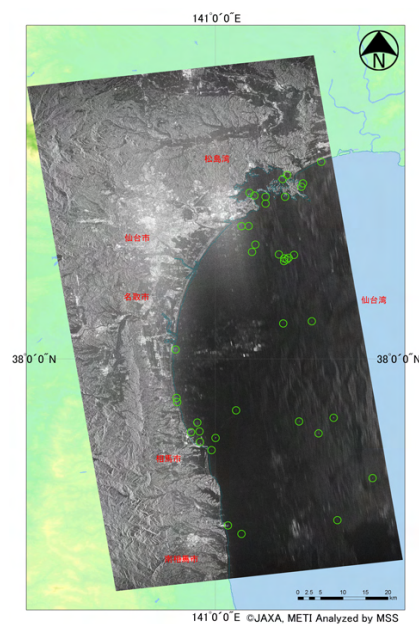


図 2.1-14 PALSAR 観測による洋上流出がれき（仙台湾周辺）
(2011 年 3 月 13 日 22 時 11 分頃)

2.1.3.5 冠水・湛水

広範囲に渡って被害をもたらした津波の冠水域を把握するために、衛星による観測は有効な手段である。図 2.1-15 は、3 月 14 日の AVNIR-2 による観測画像と、発災前の 2 月 23 日の観測画像について福島県相馬市小高区付近を拡大したものである。植生（赤色）域を明瞭に視認できるが、田畑が広域にわたり冠水している様子（災害後紺色に変化）として見ることができる。

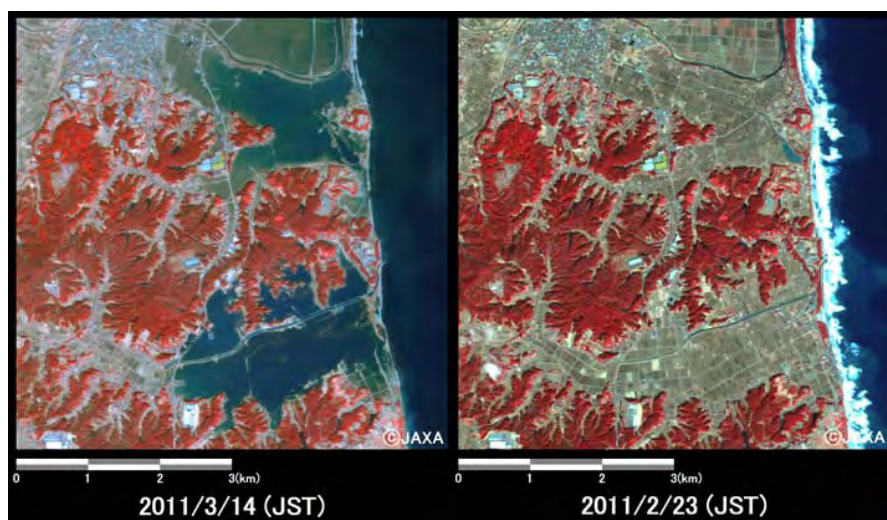


図 2.1-15 福島県南相馬市小高区付近の冠水の様子（約 6km×6km のエリア）

また、PALSAR による観測でも冠水域の識別が可能である。これは図 2.1-16 に示すように、冠水時には衛星からの信号が水面でほぼ全反射し、衛星方向に反射が少なくなるために画像は暗くなること（左図）、そして水が引いた後は地表面や畦道等地表面上の凹凸によって衛星方向に反射する信号が増えて明るくなる特性（右図）を利用する。

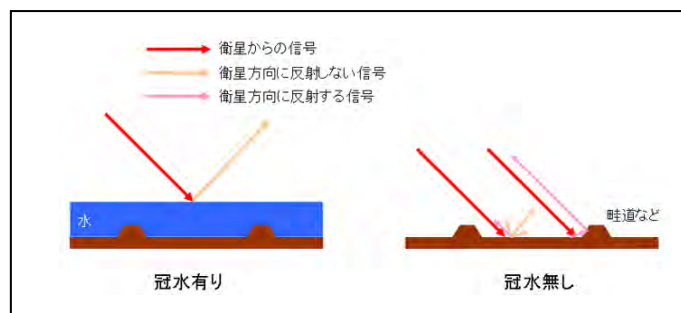


図 2.1-16 冠水有無による信号反射の違い

この特性を利用し、赤に 2011 年 4 月 2 日観測（入射角 41.4 度）緑・青に 2011 年 3 月 16 日観測（入射角 43.4 度）の画像をそれぞれ割り当てた PALSAR 疑似カラー画像を図 2.1-17 に示す。下北半島から千葉県の太平洋沿岸の変化が見えるように重ね合わせている。

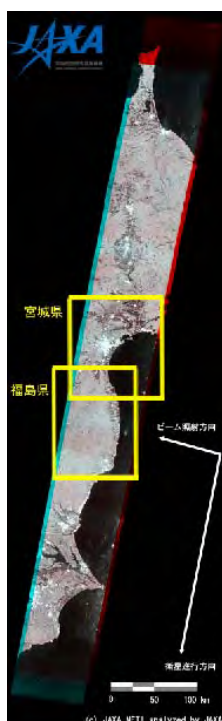


図 2.1-17 PALSAR 疑似カラー画像

(R : 4 月 2 日観測 入射角 41.4 度、G,B : 3 月 16 日観測 入射角 43.4 度)

津波により真野川流域の大瓜地区、根岸地区、高木地区の水田は冠水によって暗く映っているが、4月画像ではどの地区も明るくなっている。これは水が引いて地表面が出てきたため、反射があったためと考えられる。

また、AVNIR-2 及び PALSAR を用いて、被災地域の湛水域抽出を行った。

震災前後の AVNIR-2 画像を用いて、県単位に集計した湛水域面積を表 2.1-4 に示す。被雲のため使用出来ない、もしくは湛水域がない箇所は、「0」となっている。中央省庁等に提供したものは、市区町村単位の抽出結果である。一例として、福島県相馬市から南相馬市周辺の湛水域抽出結果画像を図 2.1-20 に示す。発災後の3月14日では、海岸部が広域に湛水しているが、時間の経過と共に水が引いているのが分かる。同様の解析は PALSAR 画像でも実施した（2.1.7.2 項の PALSAR 画像解結果を参照）。

表 2.1-4 AVNIR-2 による県単位の湛水域面積

県名	湛水面積[km ²]						
	3月14日時点	3月19日時点	4月5日時点	4月12日時点	4月17日時点	4月20日時点	
	3月14日観測	3月19日観測	4月5日観測	4月12日観測	4月17日観測	4月18日観測	4月20日観測
岩手県	2.74	1.96	1.10	1.03	0.75	0.69	0
宮城県	109.09	64.68	22.28	14.21	7.61	4.28	0
福島県	25.90	21.52	13.94	11.03	5.85	0	0.09
茨城県	2.62	0.05	0.10	0.09	0.04	0	0.02
千葉県	1.07	0.16	0.02	0	0	0	0.00

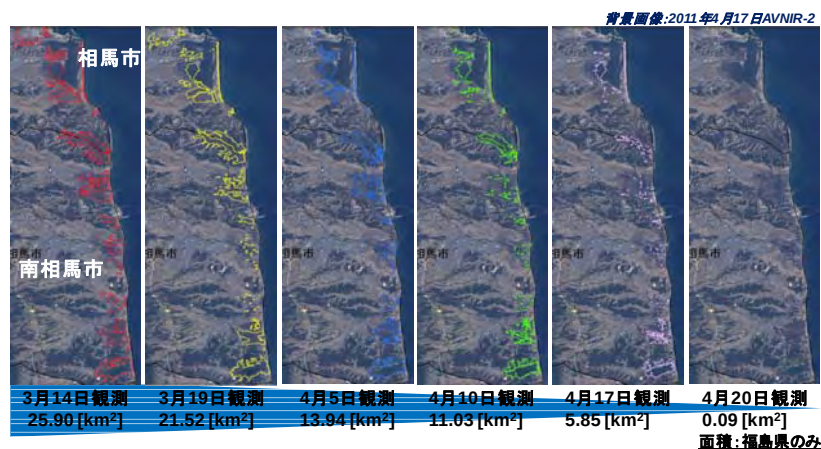


図 2.1-20 福島県相馬市から南相馬市の AVNIR-2 による湛水域抽出結果

2.1.3.6 地殻変動

(a) 地殻変動の検出

地震後の2011年4月18日、及び地震前の2011年3月3日に観測された、同じ軌道から取得した画像を比較し、東日本大震災に伴った地殻変動を検出するため、差分干渉解析（Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar : DInSAR 解析）を実施した。

また、2011年4月11日に福島県浜通りで発生した M7.0 の地震によると思われる地殻変動の検出も実施した。

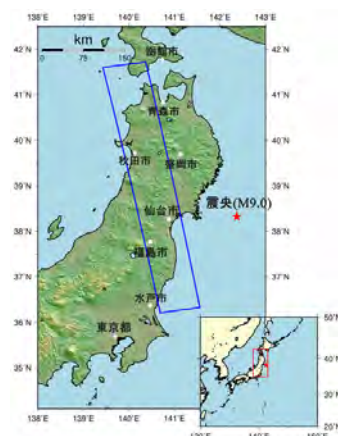


図 2.1-21 地殻変動の検出を実施した PALSAR 観測範囲

数値標高データは SRTM3 を使用。赤い星印は東日本大震災の震央位置を示す

図 2.1-22 左は、地震前（3 月 3 日）と地震後（4 月 18 日）の PALSAR データから得られた差分干渉画像（地殻変動図）で、図 2.1-22 右は、地震後に観測された PALSAR 画像である。図左の差分干渉画像中、ほぼ全体に多くの干渉縞（虹色の縞模様）が確認できる。これは広範囲に渡って地殻変動があったことを示しており、今回の地震が非常に規模の大きなものであったことが分かる。また、震央に近い仙台市周辺の沿岸部では、少なくとも 2.6 m 程度で衛星から遠ざかる（東方向へのずれを含む）方向で地殻変動があったことが分かる。

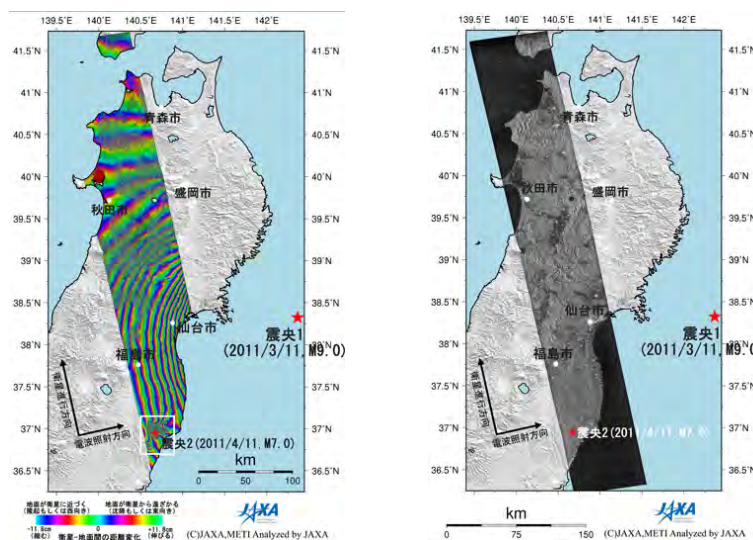


図 2.1-22 PALSAR 差分干渉解析による地殻変動抽出

(左)PALSAR 差分干渉画像（地殻変動図）。白枠は図 2.1-23 で示す範囲を示す。

(右)地震後に観測され PALSAR 画像。震央 1 は東日本大震災（M9.0）の震央を、震央 2 は 2011 年 4 月 11 日福島県浜通り地震（M7.0）の震央を示す（震央 2 は気象庁発表資料を参照）。

図 2.1-23 では、周囲の干渉縞のパターンとは明らかに異なる局所的な干渉縞が確認できる。これは、4 月 11 日に発生した M7.0 福島県浜通り地震による地殻変動を表していると思われる、この地震により震央周辺で 2m 以上の地殻変動があったと思われる。

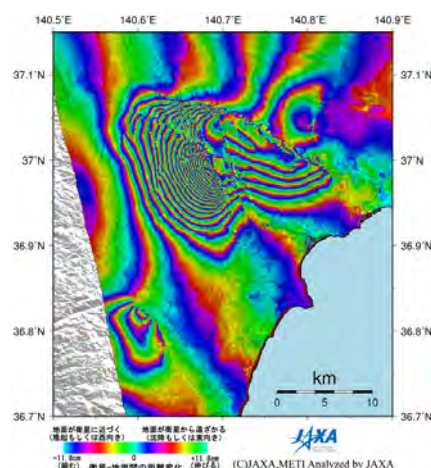


図 2.1-23 PALSAR 差分干渉画像（地殻変動図）の拡大図（図 2.1-22 左中白枠内）

2.1.3.7 液状化

図 2.1-24 は、地震後の 2011 年 3 月 17 日（図左）と地震前の 2011 年 2 月 23 日（図右）に観測された AVNIR-2 画像から京葉線海浜幕張駅付近を拡大したものである。黄枠内で示した部分は地震後に灰色に見え、液状化により噴出した地中の水分を含んだ砂などが、地表を覆っていると考えられる。図 2.1-25 に、2011 年 3 月 18 日に撮影した現地の写真を参考にする。



図 2.1-24 千葉県幕張海浜公園の様子（約 3km×3km のエリア）



図 2.1-25 幕張海浜公園の液状化の様子（3 月 18 日撮影）

また、国際災害チャータの枠組みを通じて提供された、米国の WorldView-2 が 3 月 17 日 10 時 57 分（日本時間）に観測された幕張本郷駅～幕張駅の海岸付近の高分解能光学観測画像から、液状化した地域を判読した結果を図 2.1-26 に示す。



図 2.1-26 幕張本郷駅～幕張駅周辺の液状化の様子
（左）観測全体画像 （右）一部拡大画像

2.1.3.8 火災

図 2.1-27 は、地震後の 2011 年 3 月 17 日（図左）と地震前の 2011 年 2 月 23 日（図右）に観測された AVNIR-2 画像から千葉県市原市にある石油製油所付近を拡大したものである。

当該個所は地震後に火災が起きた場所であるが、黄枠内で示した場所が地震後黒く変色しており、火災の跡であることが分かる。



図 2.1-27 千葉県市原市の石油製油所の様子（約 3km×3km のエリア）

また、センチネルアジアの枠組みを通じて提供された、Formosat-2 が 3 月 13 日に観測された火災が発生した石油精製所の観測画像を用いて作成した衛星地形図を図 2.1-28 に示す

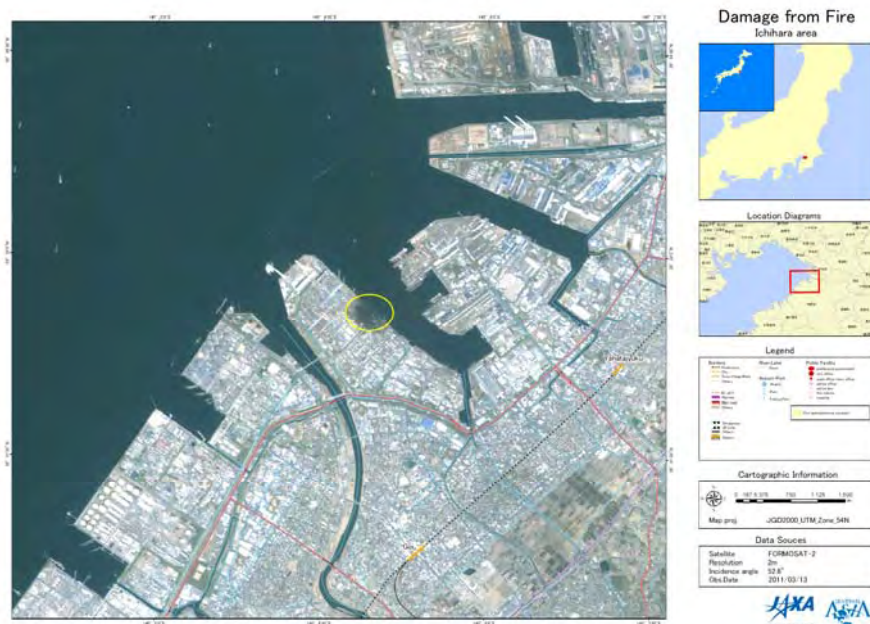


図 2.1-28 千葉県市原市の石油製油所の観測画像から作成した衛星地形図

2.1.4 海外機関の協力

JAXA は、3 月 11 日 14 時 46 分の地震発生を受け直ちに、センチネルアジア及び内閣府の代理として国際災害チャータへの緊急観測を要請した（同 15 時 24 分）。

2.1.4.1 国際災害チャータ等の対応

国際災害チャータへの緊急観測の要請に対し、参加する各国宇宙機関が保有する地球観測衛星により 5000 シーン以上の観測データが日本に提供された。「だいち」を除き、国際災害チャータ等において、被災地の観測がおこなわれた協力機関と衛星を表 2.1-5 に示す。また、国際災害チャータによって観測されたフットプリント（観測域）を図 2.1-29 に示す。

表 2.1-5 国際災害チャータ等で観測を行った衛星（「だいち」を除く）

センサ種別	衛星名	提供機関	所在国
SAR データ	TerraSAR-X	ドイツ航空宇宙センター (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt : DLR)	ドイツ
	RADARSAT-1, 2	カナダ宇宙庁 (Canadian Space Agency : CSA)	カナダ
	ENVISAT	欧州宇宙機関 (European Space Agency : ESA)	欧州
	COSMO-SkyMed	イタリア宇宙機関 (Agenzia Spaziale Italiana : ASI)	イタリア
光学センサ データ	IKONOS-2	米国地質調査所 (U.S. Geological Survey : USGS)	米国
	GeoEye-1	USGS	米国
	QuickBird-2	USGS	米国
	WorldView-1, 2	USGS	米国
	SPOT-4, 5	仏国立宇宙研究センター (Centre National d'Etudes Spatiales : CNES)	フランス
	Kompsat-2	韓国航空宇宙研究院 (Korea Aerospace Research Institute : KARI)	韓国
	RapidEye	DLR	ドイツ
	HJ	中国国家航天局 (China National Space Administration : CNSA)	中国
	LANDSAT-5, 7	USGS	米国
	EO-1	USGS	米国
	Cartosat	インド宇宙研究機関 (Indian Space Research Organization : ISRO)	インド
	Dubaisat	アラブ首長国連邦（ドバイ首長国）先端科学技術研究所 EIAST(Emirates Institution for Advanced Science and Technology)	アラブ 首長国連邦

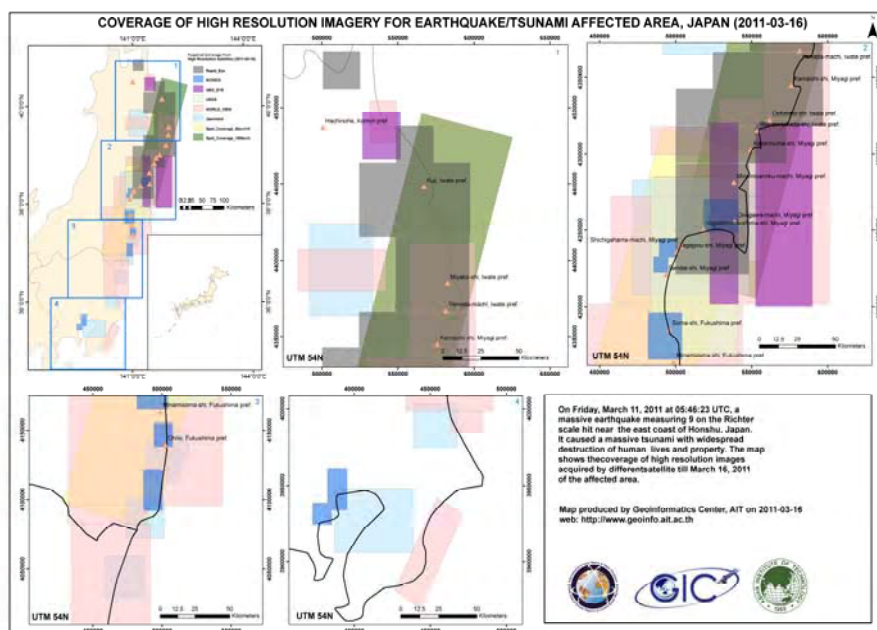


図 2.1-29 国際災害チャータによる観測の全体像

観測された被災地の画像は、JAXA、及び本大震災に対応する国際災害チャータの発動においてデータ処理・解析を担当したアジア工科大学（AIT）に加え、チャータの了解を受けた世界各国の機関でも被害状況等の把握に有効な 90 以上の処理・解析プロダクトが作成され、国際災害チャータのホームページで公開された（図 2.1-30）。



図 2.1-30 国際災害チャータホームページ上での被災地観測画像解析プロダクト公開
(<http://www.disasterscharter.org/web/charter/home>)

ここで、国際災害チャータのホームページで公開された、被災地観測画像解析プロダクトを作成した機関を表 2.1-6 に示し、いくつかの作成されたプロダクトを図 2.1-31～図 2.1-41 に示す。

表 2.1-6 国際災害チャータで被災地観測画像解析プロダクトを作成した海外機関

所在国	プロダクト作成機関	データ使用衛星	プロダクト例
国連	United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) / UNITAR's Operational Satellite Application Programme (UNOSAT)	RADARSAT-1 RADARSAT-2	図 2.1-31
米国	Clark Labs, Clark University	GeoEye-1, WorldView	図 2.1-32
	Earthquake Data Enhanced Cyber-Infrastructure for Disaster Evaluation and Response (E-DECIDER)	WorldView, QuickBird-2	図 2.1-33
	Rochester Institute of Technology (RIT)	GeoEye-1, WorldView	図 2.1-34
	USGS	WorldView-1	図 2.1-35
	George Mason University	WorldView-2	図 2.1-36
	GISCorps, Auburn University	WorldView-1	図 2.1-37
	ImageCat inc.	GeoEye-1	図 2.1-38
	Pennsylvania State University	WorldView-2	図 2.1-39
ドイツ	DLR / Center for Satellite Based Crisis Information (ZKI)	RapidEye TerraSAR-X	図 2.1-40
フランス	Regional Service of Image Treatment and Remote Sensing (SERTIT)	WorldView-1, 2 IKONOS-2 SPOT-5 Landsat-7	図 2.1-41

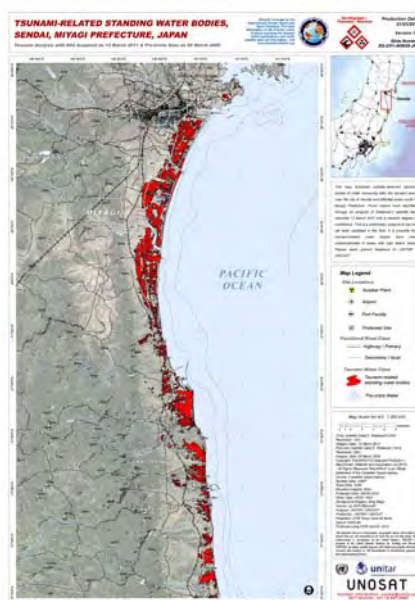


図 2.1-31 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（UNITAR／UNOSAT）

被災前後の SAR による観測画像による、仙台市から宮城県南部における津波後の湛水域抽出
使用画像：RADARSAT-1（被災後：2011 年 3 月 12 日観測）、RADARSAT-2（被災前：2006 年 3 月 26 日観測）

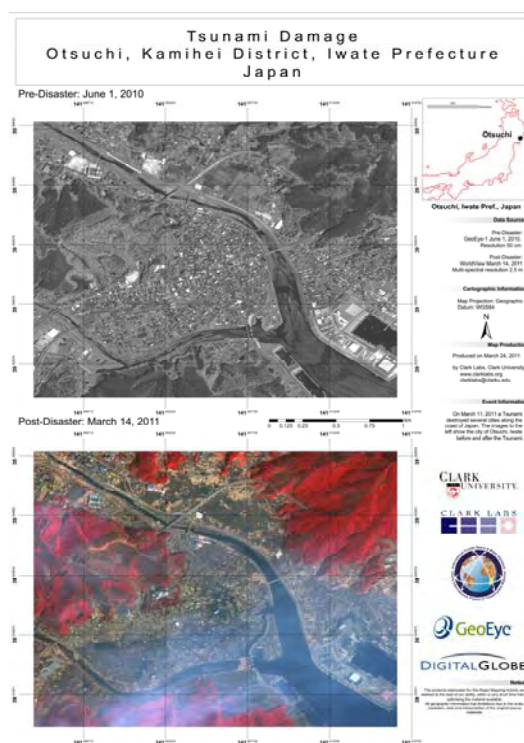


図 2.1-32 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（Clark Labs, Clark Univ.）

高分解能光学センサによる、岩手県大槌町の被災前後の観測画像

使用画像：上図／GeoEye-1（被災前：2010年6月1日観測）、下図／WorldView（被災後：2011年3月14日観測）

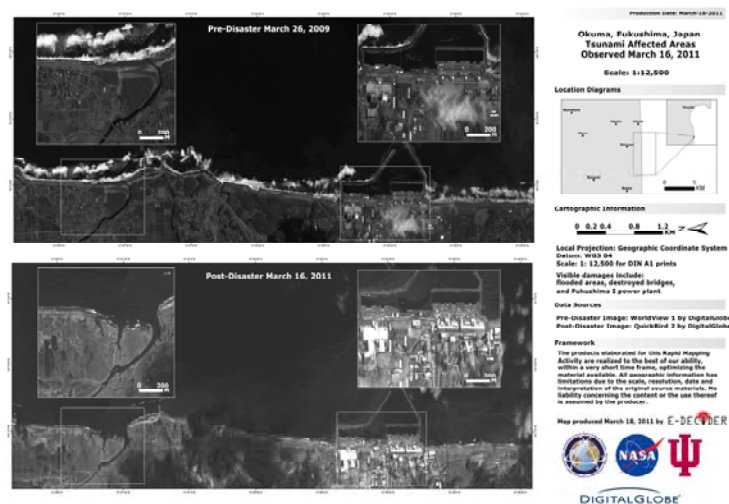


図 2.1-33 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（E-DECIDER）

高分解能光学センサによる、福島第一原子力発電所の被災前後の観測画像

使用画像：上図／WorldView-1（被災前：2009年3月26日観測）、下図／QuickBird-2（被災後：2011年3月16日観測）

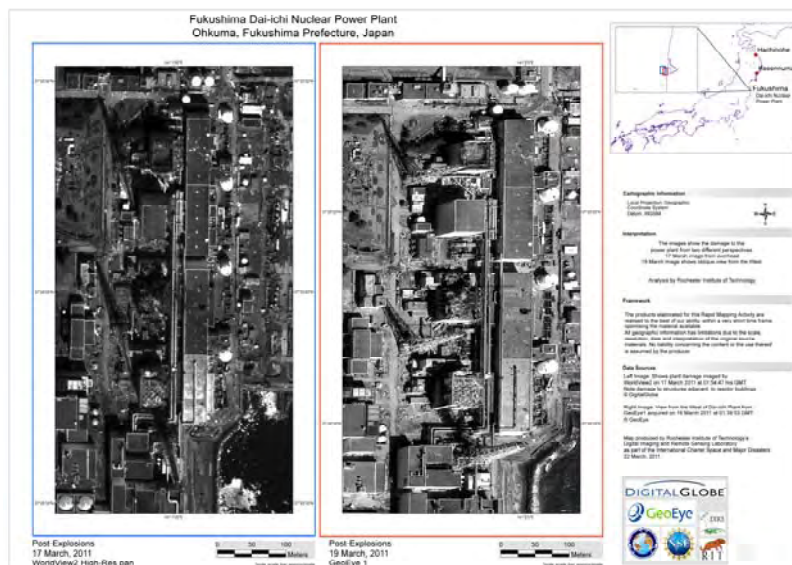


図 2.1-34 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（RIT）

高分解能光学センサによる、福島第一原子力発電所の爆発後の観測画像

使用画像：左図／WorldView-2（2011年3月17日観測）、右図／GeoEye-1（2011年3月19日観測）

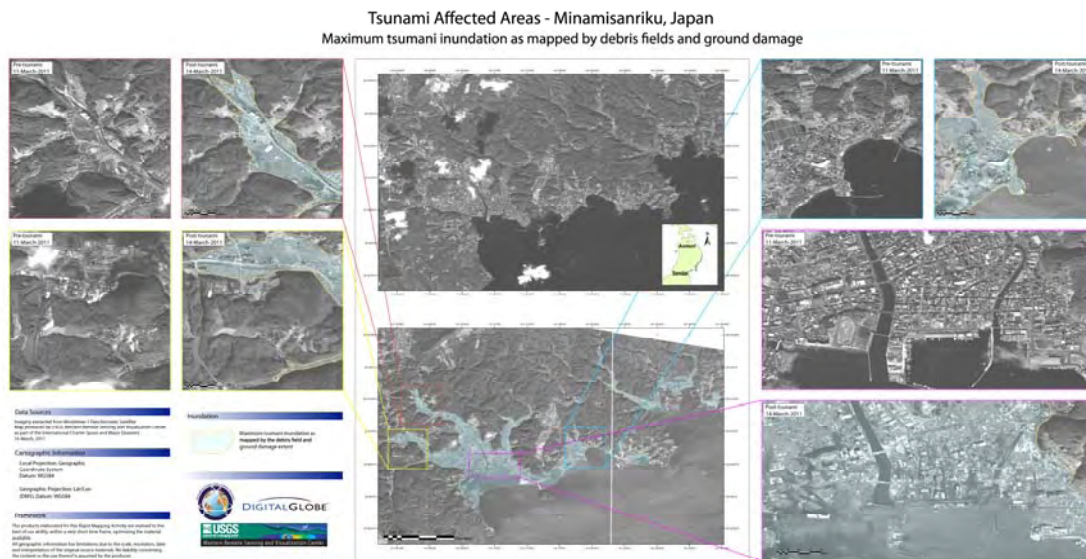


図 2.1-35 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（USGS）

高分解能光学センサでの宮城県南三陸町の津波被害前後の観測画像による津波被害域抽出

使用画像：Worldview-1（被災前：2011年3月11日観測、被災後：2011年3月14日観測）



図 2.1-36 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（George Mason Univ.）

高分解能光学センサによる、宮城県多賀城市の津波被害前後の観測画像

使用画像：Worldview-2（上図／被災前：2010年8月4日観測、下図／被災後：2011年3月14日観測）



図 2.1-37 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（GISCorps, Auburn Univ.）

高分解能光学センサによる、岩手県宮古市の津波被害前後の観測画像

使用画像：Worldview-1（上図／被災前：2011年3月11日観測、下図／被災後：2011年3月19日観測）

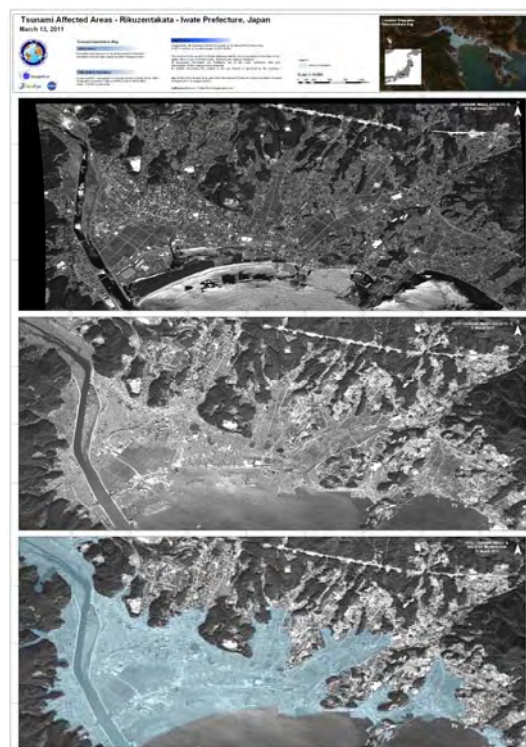


図 2.1-38 海外機関により作成された画像解析プロダクト例 (ImageCat)

高分解能光学センサでの岩手県陸前高田市の津波被害前後の観測による津波被害域抽出
 使用画像：GeoEye-1（上図／被災前：2010年9月29日観測、中図／被災後：2011年3月13日観測、下図／被災後画像における津波被害域）

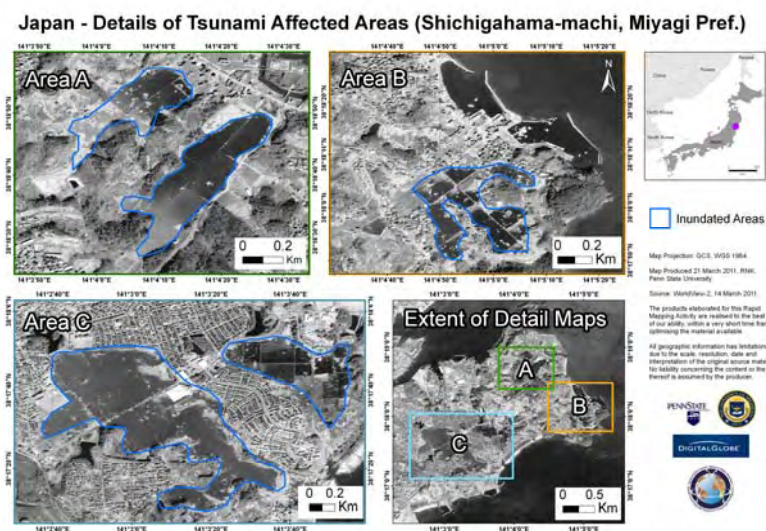


図 2.1-39 海外機関により作成された画像解析プロダクト例 (Pennsylvania State Univ.)

高分解能光学センサでの宮城県七ヶ浜町の津波後の観測による湛水域抽出
 使用画像：Worldview-2（被災後：2011年3月14日観測）

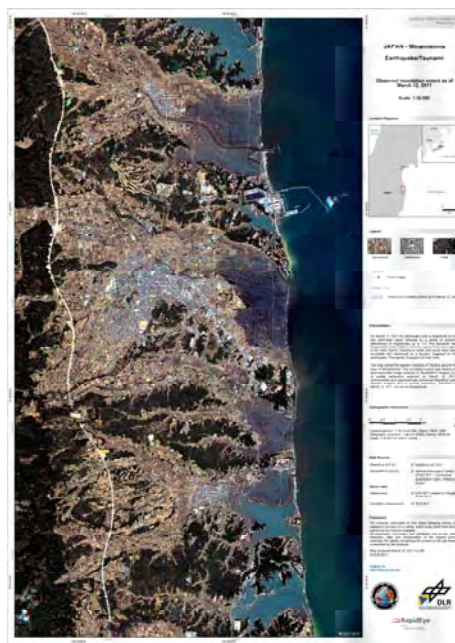


図 2.1-40 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（DLR/ZKI）

福島県南相馬市の SAR 観測画像から抽出された津波被害域と高分解能光学センサによる観測画像の重ね合わせ

使用画像：SAR／TerraSAR-X（被災後：2011 年 3 月 12 日観測）、光学／RapidEye（被災後：2011 年 3 月 12 日観測）



図 2.1-41 海外機関により作成された画像解析プロダクト例（SERTIT）

光学センサによる宮城県石巻市～福島県大熊町の被災前広域観測画像への津波被害域の重ね合わせ画像と、津波被災後の高分解能光学センサによる拡大画像

使用画像：広域観測画像／Landsat-7（被災前：2000 年 9 月 21 日、2001 年 9 月 24 日観測）、拡大画像／SPOT-5（被災後：2011 年 3 月 12 日観測）

2.1.4.2 センチネルアジアの対応

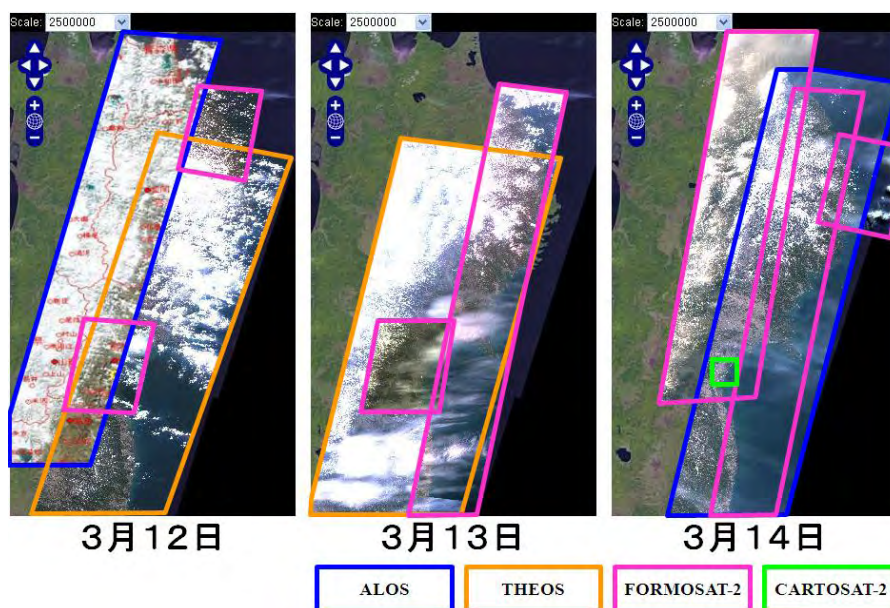
センチネルアジアへの緊急観測対応では、3月11日当日、地震後翌3月12日に「だいち」のPRISM、及びAVNIR-2による東北内陸部の観測が実施される予定であったこと、また、広範囲での津波による深刻な被害が想定されたことから、「だいち」による観測エリアを補完するために東北沿岸部の観測を要請した。

その結果、翌3月12日には台湾国家実験研究院・国家宇宙センター（NARL・NSPO）がFORMOSAT-2により、タイ地理情報宇宙開発機構（GISTDA）がTHEOSにより沿岸部の観測を実施した。3月13日も引き続きFORMOSAT-2、及びTHEOSによる観測が実施され、3月14日にはFORMOSAT-2に加えてインド宇宙研究機関（ISRO）がCARTOSAT-2による仙台の観測を実施した。

特にFORMOSAT-2は、毎日同じ軌道へ衛星が周回する特別な軌道、及び衛星の姿勢（ピッチ軸）を南北に振りながら日本上空を通過する間に3回の観測を行える機能を生かし、3月12日から24日まで連続して、被災地全域の観測協力が得られた。

表 2.1-7 センチネルアジアによる緊急観測（「だいち」を除く）

日付	時間	主な動き
3月11日	14:46	地震発生
	15:24	緊急観測要請
3月12日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	10:07 頃	THEOS 観測
	13:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（3月12日観測分）
3月13日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	09:47 頃	THEOS 観測
	15:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（3月13日観測分）
3月14日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	10:30 頃	CARTOSAT-2 観測
	15:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（3月14日観測分）
	17:09 頃	THEOS データ提供（3月12日観測分）
	23:04 頃	THEOS データ提供（3月13日観測分）
3月15日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	15:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（3月15日観測分）
3月16日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	15:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（3月16日観測分） CARTOSAT-2 データ提供（3月14日観測分）
3月17日～ 3月24日	09:12 頃	FORMOSAT-2 観測
	15:00 頃	FORMOSAT-2 データ提供（当日観測分）



※FORMOSAT-2 は 3 月 24 日まで 14 日と同エリアを観測
背景：LANDSAT, NASA

図 2.1-42 各衛星の観測エリア

(1) 被災地全域のデータを迅速に収集

センチネルアジアの FORMOSAT-2、THEOS、CARTOSAT-2 の協力により、「だいち」との観測と合わせて、地震翌日の 3 月 12 日には内陸部含めて被災地全域の画像を取得した。また、3 月 12 日には雲により状況が把握できなかったエリアも含めて、3 月 14 日までは概ね沿岸部全域の雲のない画像を取得した。

FORMOSAT-2 のデータは、その受信局の地理的条件から観測後すぐに台湾でデータを受信し、同日午後には観測データが提供された。特に、3 月 12 日の画像は 13:00 頃に 3 月 11 日の地震前画像とともに提供され、さらに翌 13 日には災害前後画像の比較解析結果（図 2.1-43、図 2.1-44）も提供され、迅速な被害状況の把握に役立った。



図 2.1-43 FORMOSAT-2 画像（宮城県亶理町付近）

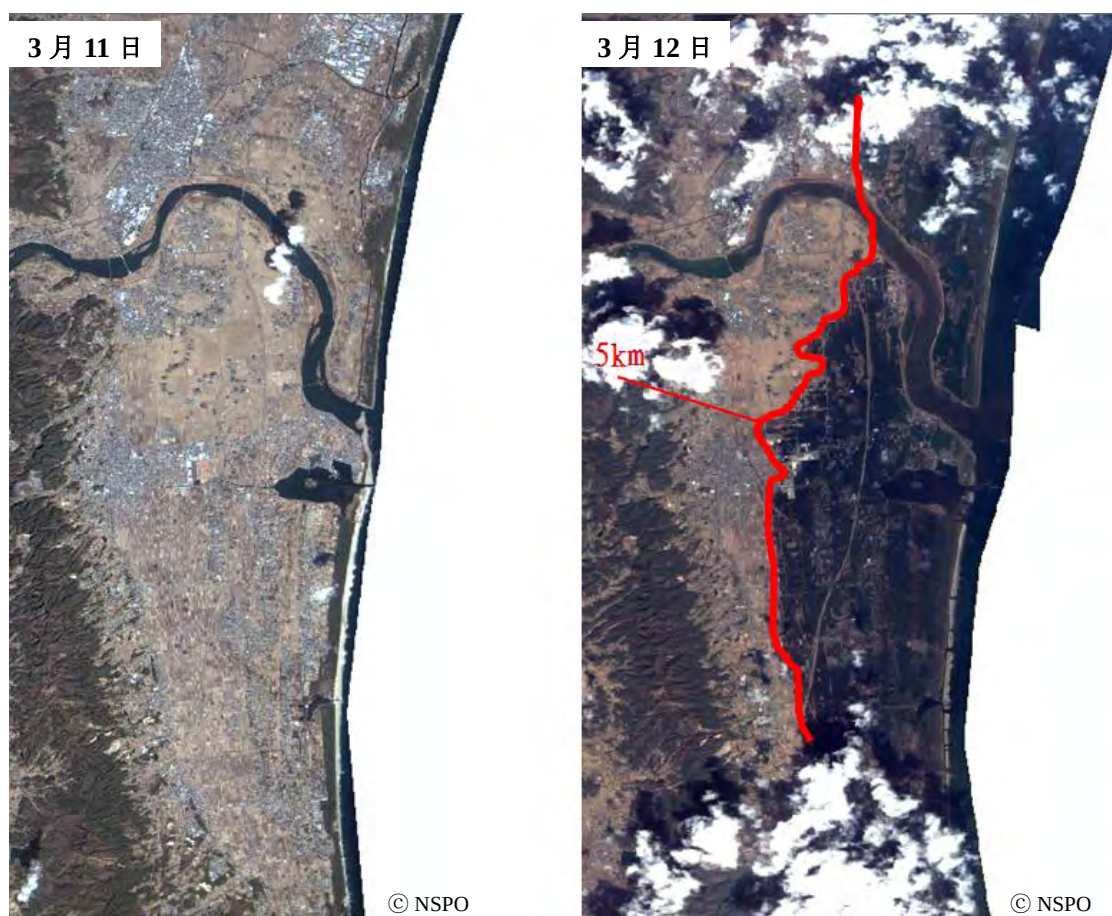


図 2.1-44 FORMOSAT-2 画像（宮城県岩沼市・亘理町付近）



図 2.1-45 FORMOSAT-2 画像（宮城県仙台市宮城野区付近）

3月12日



図 2.1-46 THEOS 画像（宮城県東松島市付近）

3月14日



図 2.1-47 CARTOSAT-2 画像（仙台塩釜港付近）

(2) 継続観測による被災地状況変化の把握

センチネルアジアでは地震発生直後だけではなく、FORMOSAT-2 の協力により 2 週間に渡って被災地全域を継続して観測した。

毎日同一の条件で観測されたデータを比較することで、浸水エリアの変化、火災の発生・鎮火の状況、積雪等の天候変化など、被災地の状況変化を継続的に把握することができた。

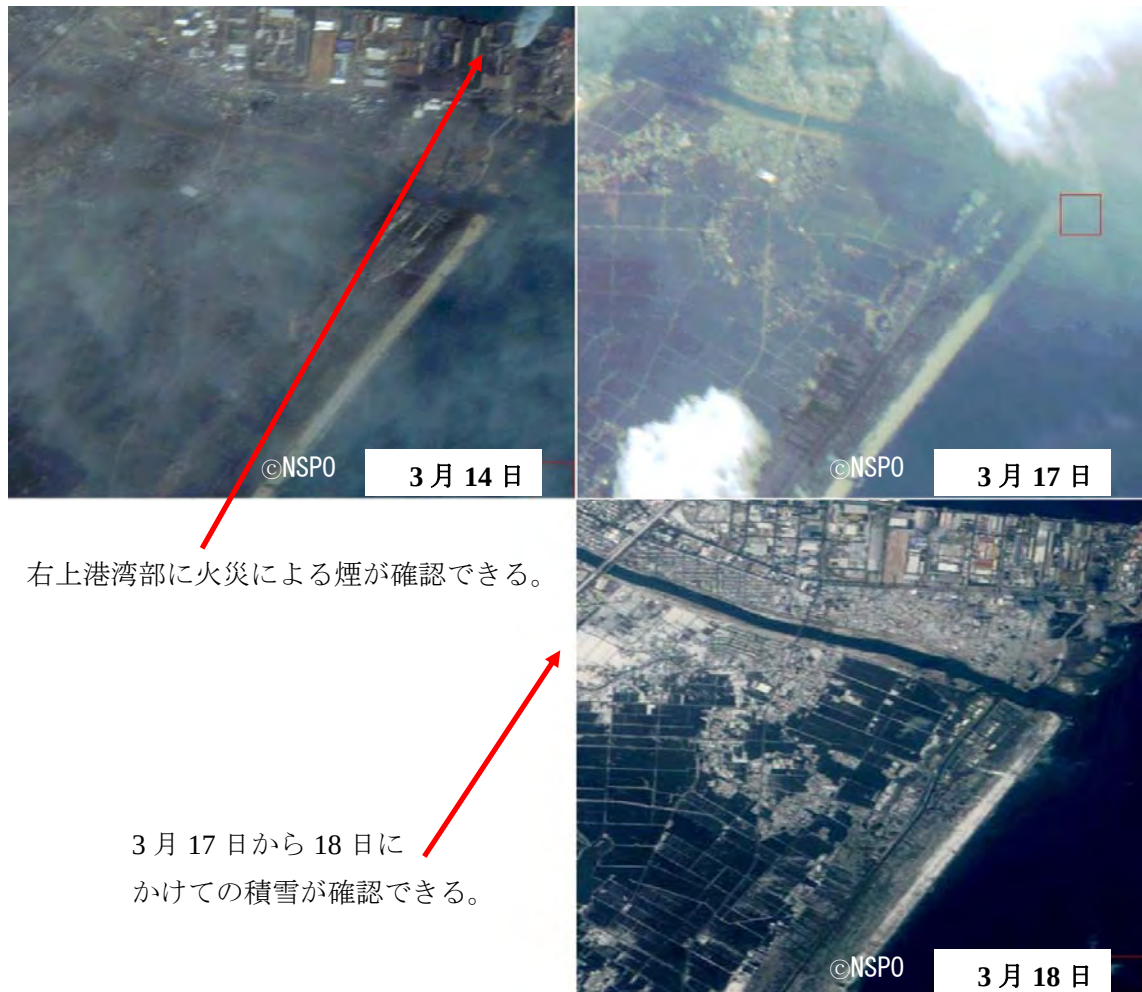


図 2.1-48 FORMOSAT-2 画像（仙台塩釜港付近）

(3) 国内機関への衛星データ提供

センチネルアジアでは、通常データ提供ノード、データ解析ノードと呼ばれる特別なメンバ機関にのみ衛星データを提供しているが、東日本大震災においては台湾国家実験研究院・国家宇宙センター（NARL・NSPO）の協力により、国内機関への自由配布を行った。

その結果、6 つの大学、及び 1 つの民間企業からの利用申請に基づき、FORMOSAT-2 データの提供を行い、各機関での災害支援活動に利用された。

2.1.5 プロダクトの提供と防災ユーザによる利用

2.1.5.1 プロダクトの提供

JAXA は「だいち」をはじめ国際災害チャータやセンチネルアジアから提供された衛星データをを用いて約 1700 プロダクト以上を作成し、防災関係省庁、地方自治体などの防災関連機関へ提供した。

また、だいち標準処理データも防災ユーザ自身による解析用として提供し、各機関にて活用された。

表 2.1-8 JAXA が提供した主な解析プロダクト

主な種類	内容	使用した衛星データ	提供形式
だいち防災マップ	だいち画像に地理情報を重畳・マップ化、各縮尺 標準整備のだいち防災マップ	だいち（緊急観測データ） だいち（アーカイブ）	Geo PDF GeoTIFF JPEG（低解像度） JPEG（高解像度） PDF WEB による配信 シェープファイル パワーポイント 大判印刷物 エクセル（数値情報）
マップ化プロダクト	海外衛星画像に地理情報を重畳・マップ化、各縮尺	国際災害チャータ提供 センチネルアジア提供	
地域被害解析	ユーザ関心地域や画像取得地域の画像化 発災前後画像からの変化抽出 被災地の立体視画像 差分干渉解析	だいち（緊急観測データ） だいち（アーカイブ） 国際災害チャータ提供 センチネルアジア提供	
水害域の解析	津波による湛水エリアの時系列解析 湛水エリアの面積求積 液状化の判読	だいち（緊急観測データ） だいち（アーカイブ） 国際災害チャータ提供	
発電所	福島第 1 原子力発電所施設及び建屋画像 原発距離範囲図及び避難区域を重畳 原発施設及び建屋画像の発災前後比較画像 女川など他の発電所の発災前後比較画像	だいち（緊急観測データ） だいち（アーカイブ） 国際災害チャータ提供	
事象解析	海上がれき・漂流物の変化抽出・判読 火災（山火事、コンビナート火災）の判読 土砂災害の判読	だいち（緊急観測データ） だいち（アーカイブ） 国際災害チャータ提供 センチネルアジア提供	

2.1.5.2 防災ユーザによる利用

JAXA が提供したプロダクトの利用状況について、ユーザよりヒアリングした概要は以下の通りである。

(1) 内閣官房（安全保障・危機管理担当）

地震直後、政府初動対処時における官邸危機管理センターからの要請に対して、患者・物資等の輸送拠点となる航空自衛隊松島基地ならびに仙台空港周辺の発災前後比較や、福島第一原子力発電所敷地内における原子力施設建屋の変化ならびにこれを中心とする広域避難・屋内待避の範囲を、「だいち」画像や国際災害チャータを通じて提供された衛星データを用いたマップ化プロダクトとして提供した。また、避難者の一時帰宅範囲の策定のための資料として依頼を受け、津波による湛水域の衛星データ解析結果等を作成し提供した。特に、福島第一原子力発電所の敷地内については、3 月 15 日から当該施設の半径 30km 圏内が飛行禁止区域に設定され、航空機による上空からの現地状況の把握が容易に行えなくなったことから、国際災害チャータによる高分解能画像も含め、4 月 19 日までほぼ連日当

該施設周辺の光学画像の提供を行い、原子力施設建物の状況変化の把握に活用された。

これら「だいち」等による衛星画像は、震災直後の現地被害状況の全容把握が困難な中、直接的に現地状況を広域・一様に把握するための資料として、発災当初に最も早く届けられ、初動対処期を通じて最も活用された地理空間情報プロダクトであった。特に官邸内の多様なニーズに対して、それぞれの関心領域のスケール（建物～地域全体）に応じて範囲を柔軟に切り出し、比較的最近の前後比較画像として提示されるプロダクトは、その後に提供された航空写真と併用して頻繁に活用された。



図 2.1-49 「だいち」による仙台空港災害前後画像（左図）と国際災害チャータ提供衛星画像による福島第1原子力発電所（右図）

(2) 内閣府（防災）

発災後、ただちに内閣府－JAXA 間で連絡体制を構築し、広域に亘る被災エリアからの観測地選定など緊急観測計画の立案や作成するプロダクトの詳細について内閣府内にて打合せを実施した。

震災直後は、「だいち」データの東北沿岸部を中心とした平時整備の「だいち防災マップ」57 枚（縮尺 5 万分の 1：46 枚、20 万分の 1：11 枚）を大判印刷し、都内交通網が停止のため内閣府内にハンドキャリアにて持ち込んだ。翌 3 月 12 日は、追加要望のあった 19 枚と合わせて、76 枚の平時整備の「だいち防災マップ」を提供し、内閣府を通じて各県の現地対策本部に送付された。

引き続き、「だいち」緊急観測結果、及び発災前のアーカイブデータについて、標準処理データ形式のほか、GeoTIFF やオルソ補正形式も提供した。「だいち」データに各種地理情報を重畳したマップ化プロダクトを各種作成し、デジタルデータや大判印刷物形式で提供、首相官邸の危機管理センターなどにおいて利用された。

また、被災域全体の津波被害把握のため、北海道から千葉県までの湛水域の情報提供要請があり、他機関からも要請のあった東北・関東北部の湛水域とあわせ、全域の判読結果を公開した。このほか、国際災害チャータにより提供されたチャータプロダクトも随時提供した。

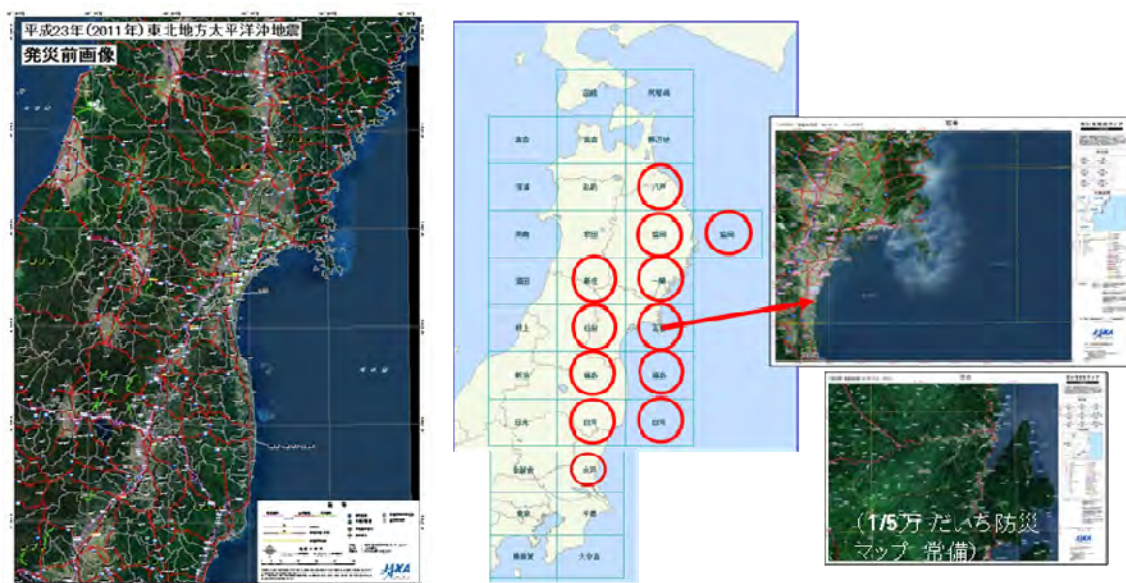


図 2.1-50 1/40 万 「だいち防災マップ」特注版（左図）と
1/20 万 「だいち防災マップ」常備版（右図）

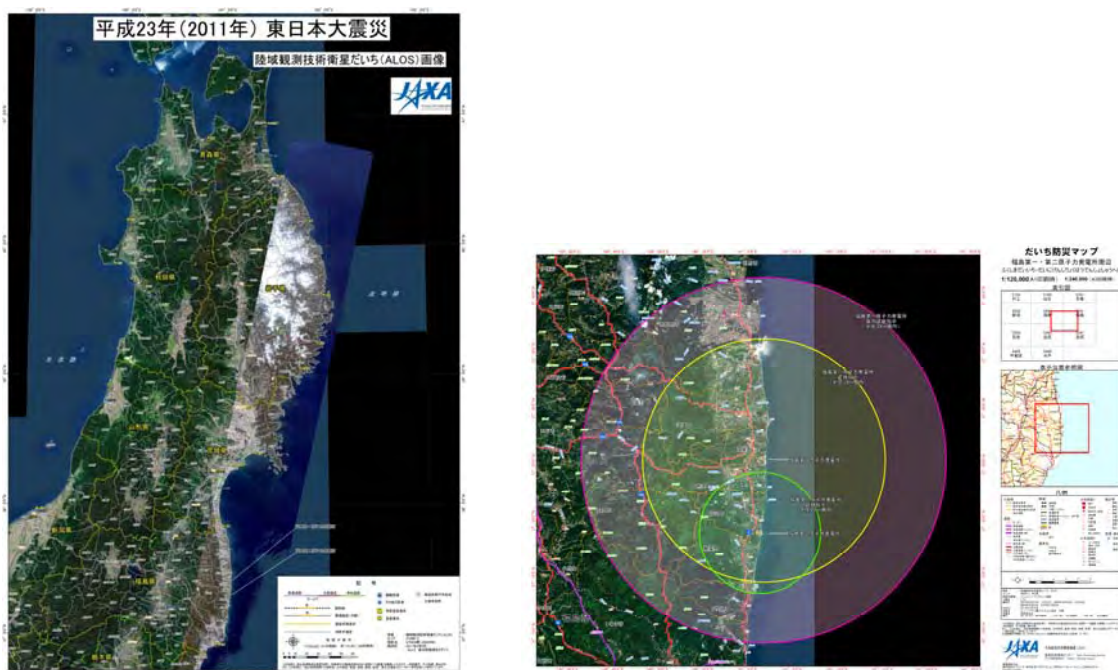


図 2.1-51 災害前「だいち」画像に発災後の「だいち」画像を重畳した「だいち防災マップ」（左図）と災害前「だいち」画像に福島第1原発距離範囲を重畳した「だいち防災マップ」（右図）

(3) 警察庁

「だいち防災 WEB」に掲載した観測画像を警察庁にてダウンロードし、各種プロダクト作成の上、各県現地対策本部へ大判印刷出力を送付した。

(4) 国土交通省

(a) 河川局、都市地域整備局、住宅局、関東地方整備局、近畿地方整備局

震災直後より、「だいち」緊急観測の情報提供の依頼があり、東北沿岸部の観測計画、及び AVNIR-2 画像の被雲状況について情報提供を実施した。次いで、津波の被害が広域に及ぶにあたり、津波被害エリアの湛水状況に関わる情報提供の要請に基づき、3 月 21 日～4 月 22 日まで PALSAR、及び AVNIR-2 による湛水域の判読及び面積求積結果を提供した。それら結果は、他情報との比較検証に使用された。

また、東日本太平洋沿岸の被害状況や山火事の発生状況を把握するため、衛星による情報提供の要請があり、岩手県三陸沿岸の「だいち」画像や、千葉県液状化エリアの国際災害チャータ提供の衛星画像から判読した情報を提供した。

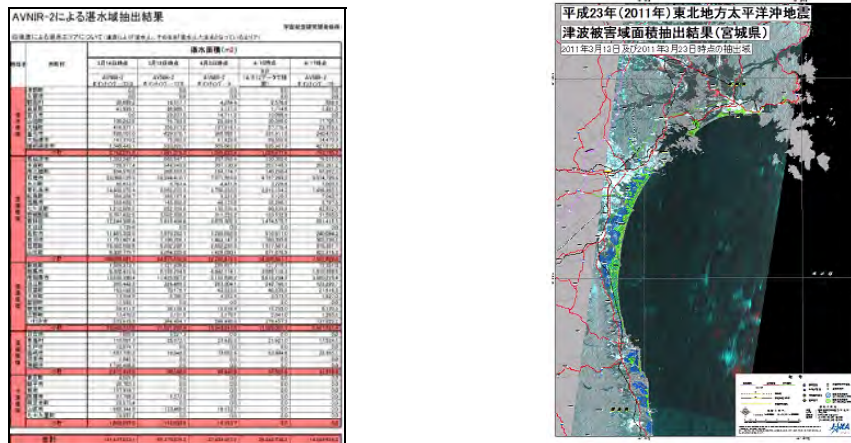


図 2.1-52 AVNIR-2 による湛水域抽出結果（面積）の一覧表示（左図）と

PALSAR による湛水域抽出画像（右図）



図 2.1-53 AVNIR-2 による湛水域抽出画像（左図）、液状化エリアの判読結果（中図）、

山火事判読結果（岩手県大槌町）判読結果（右図）

(b) 国土技術政策総合研究所

震度 5 強が発生したエリア約 40,000 平方キロメートルでは土砂災害の発生の可能性が高く、大規模な崩壊があると余震・降雨により二次的な土砂災害が発生する恐れがあるため迅速に調査する必要があった。JAXA では国総研の依頼を受け、「だいち」による緊急観測を実施し、データを国総研に提供した。国総研は「だいち」画像（AVNIR-2、PRISM パンシャープン、前方視）を用いて、専門家の判読及び崩壊地自動抽出により、約 200 個の土砂崩壊とその可能性のある箇所を発見し、かつ崩壊による大規模な河道閉塞は発生していないことと、崩壊等の集中的な発生がないことが確認された。

ヘリの目視調査のみでは、隙間無く災害発生確認調査は出来ず、また、原発 30km 圏内の飛行禁止区域（当時）では衛星でしか判読する以外の手段が無かったため、「だいち」画像は非常に有効に利用された。

この結果は国土交通省砂防部に報告され、緊急点検結果として発表された。

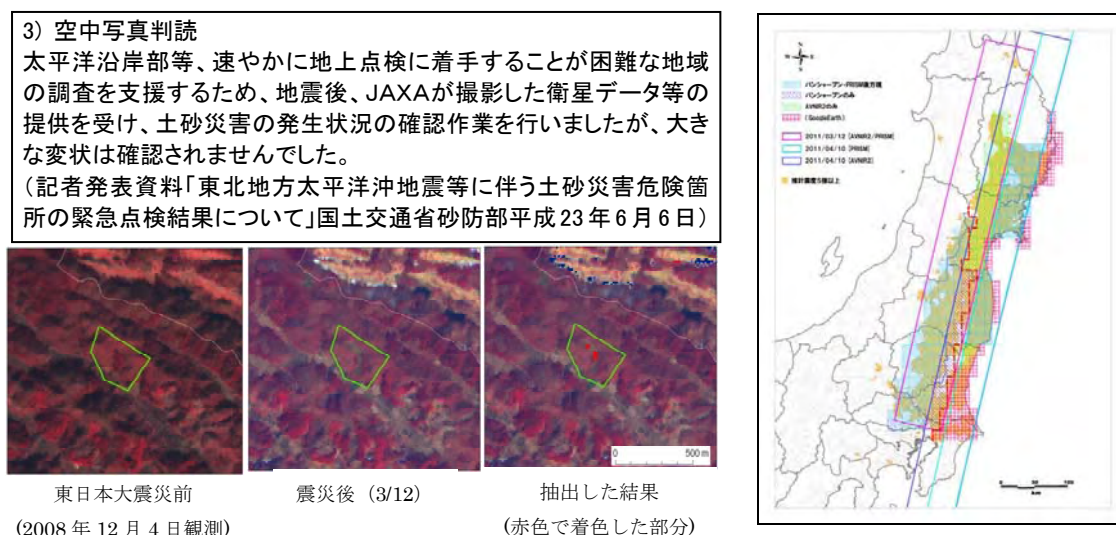


図 2.1-54 判読に使用した衛星画像

(5) 農林水産省

津波被害エリアにおける農地の被害状況把握を迅速に行うため、農林水産省より JAXA へ「だいち」データによる情報提供の依頼。これを受け、JAXA では PALSAR など衛星データによる津波湛水解析を実施し農林水産省へ情報提供を実施した。これら湛水解析結果は、津波により被災した農地情報として活用された。また、その後の情報と共に農地復旧工法検討の材料としても活用された。

この他、農林水産省自ら「だいち防災 WEB」より「だいち」画像をダウンロードし、ベースマップとして活用したほか、福島第 1 原発より 20km 圏内にあるため調査不能な状況下の農業用の大柿ダムについては、被害有無や現状の確認のために周辺の「だいち」画像が利用された。

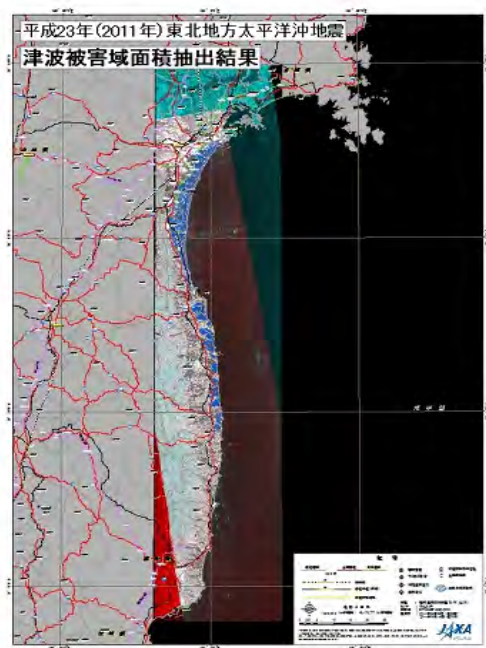


図 2.1-55 農林水産省へ提供した PALSAR による湛水解析結果

(6) 水産庁

水産庁栽培養殖課へ養殖いかだの被害状況把握の参考情報として岩手県山田湾、及び宮城県気仙沼市沿岸の「だいち」画像を提供した。

また、資源管理課において漁船の搜索の参考情報とならないか確認したが、提供時期に時宜を逸していたため、十分な情報とはならなかった。

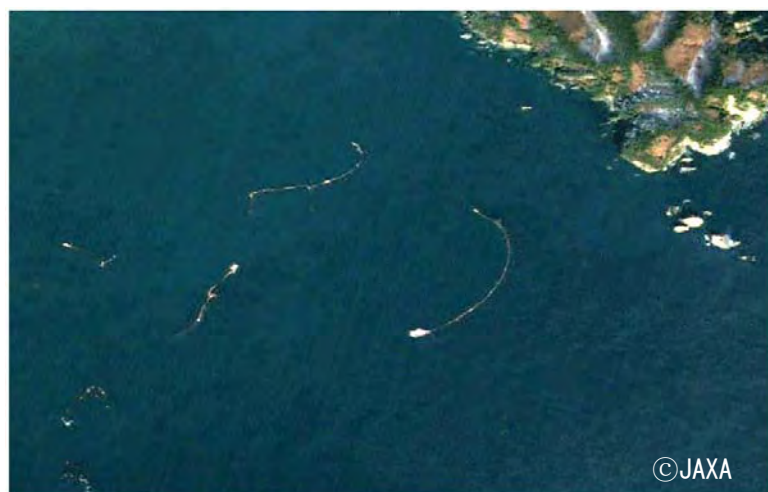


図 2.1-56 水産庁へ提供した「だいち」画像による海上漂流物

(7) 海上保安庁

海上保安庁交通部安全課（航行指導室）より宮城県沖の海上漂流物の広域把握情報として活用するため、情報提供要請があった。4月18日観測の「だいち」データ解析結果を提供し、その後も継続的に提供する予定だったが、「だいち」観測停止に伴い継続提供に至らなかった。また、同庁警備救難部にも参考情報として提供した。

(8) 環境省

三陸沿岸の海上漂流物分布について環境省より衛星データ解析の要請あり、発災前後観測データ（2010年11月6日、及び2011年3月14日観測）による変化抽出を実施したところ、陸前高田周辺のみで約56万平方メートルに亘る漂流物の存在を確認した。この結果は、環境省側の検討結果とほぼ同等であり、立ち入りが難しい海岸、量の測定が困難な沿岸域・海岸等における漂流物・漂着物の量把握に有用な手段となる可能性があった。本結果は海上保安庁にも併せて提供した。

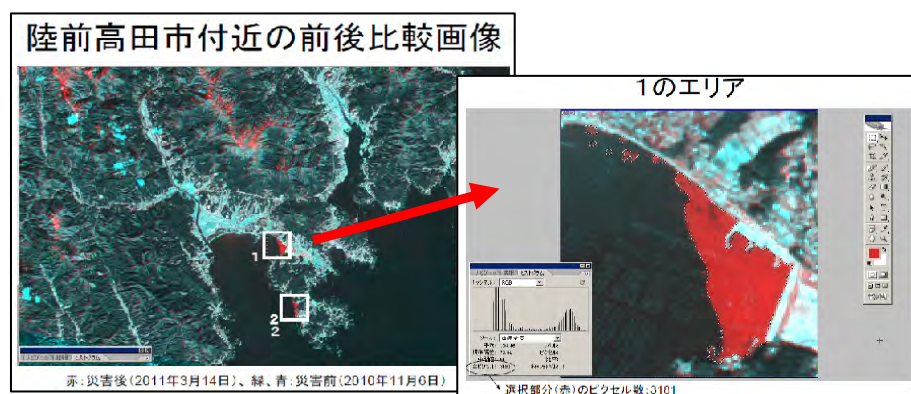


図 2.1-57 「だいち」による沿岸部漂着物解析画像

(9) 文部科学省

文部科学省研究開発局原子力損害賠償対策室からの要請により、「だいち」画像に福島第1原子力発電所からの距離や避難区域を重畳した「福島第1原子力発電所距離範囲図」等の各種原発関係のプロダクトを作成し、大判印刷物として提供した。

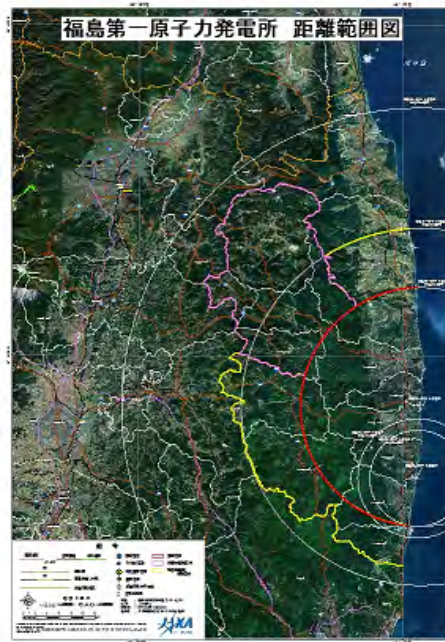


図 2.1-58 福島第 1 原子力発電所距離範囲図

(10) 防災科学技術研究所

(独) 防災科学技術研究所の災害リスク研究ユニットより「だいち」画像公開の要請があり、東北、新潟県及び長野県の「だいち」画像を提供した。提供した「だいち」画像は、地理空間情報の国際標準の流通方式の一つである WMS (ISO-19128) に基づき、防災科研より緊急配信が行われた。配信画像は、「ALL311: 東日本大震災協働情報プラットフォーム」を通じて、被災地の災害ボランティアセンターなどにでも活用され、被災地の災害対応や復旧・復興に役立つ情報として発信された。



図 2.1-59 「だいち」画像の配信案内ウェブページ (左図)、「だいち」画像の WMS 配信 (右図)

(<http://bosai-drip.jp/alos/wms.htm>)

発災前後の「だいち」データを使用し、国土地理院、及び地震ワーキンググループにおいて **SAR** 干渉解析を実施し、結果を公表した。解析結果により、牡鹿半島付近で最大 4m の変動を検出され、**GPS** 連続観測の結果（東南東方向に約 5.3m の移動、約 1.2m の沈下）とも整合した。また、3 月 11 日の本震（**M9.0**）の後に内陸で生じた誘発地震に伴う局所的な地殻変動が複数捉えられていた。



岩手大学リモートセンシング実利用技術開発室横山教授との連携のもと、JAXA 提供のだいちデータを岩手大学が解析及び長尺の印刷物としてプロダクトを作成し、横山教授自ら足を運ぶことによって岩手県などの現地各機関に配布した。被災直後においては、通信線の遮断、ガソリン不足による行動制約から、現地関係機関では被災状況の把握に困難を極めていたところ、だいち画像は対応にあたる現地機関より様々な活用された。

- ① 2011/3/14 観測の AVNIR-2 画像
- ② 2011/3/24 観測のパンシャープン (PS) 画像
- ③ 2011/4/10 観測の PS 画像、及び PS 立体視画像
- ④ 被災前の PS 画像

① 岩手県災害対策本部、岩手県防災航空隊

-
- 岩手県沿岸域の 1;30,000 のだいち画像、被災前後の 2 時期、長さ 7m の印刷物
 - 被害域の全体把握できるとして司令室に掲示され関係者に情報提供された。
- ② 陸上自衛隊の岩手県、及び宮城県災害派遣本部
- 現場で救出活動をおこなっている陸上自衛隊から、県対策本部に掲示されている同プロダクトの要望があり提供した。
- 岩手県沿岸域の 1;30,000 のだいち画像、被災前後の 2 時期、長さ 7m の印刷物
 - 宮城県沿岸域の 1;30,000 のだいち画像、被災前後の 2 時期、長さ 6m の印刷物
- ③ 福島県災害対策本部
- 福島県沿岸の 1;30,000 の PS 立体視画像、2011/4/10 観測
 - 被害域の全体把握できるとして司令室に掲示され関係者に情報提供された。
- ⑤ (社)東北建設協会
- 青森県八戸市から福島県いわき市に至る沿岸域の 1;30,000 のだいち画像、被災前後の 2 時期、長さ 17.5m の印刷物。
- ⑥ 国土交通省東北地方整備局 ((社)東北建設協会を通じて提供)
- 青森県八戸市から福島県いわき市に至る沿岸域の 1;30,000 のだいち画像、被災前後の 2 時期、長さ 17.5m の印刷物。
- ⑦ 農林水産省東北農政局
- 被災前の PS 画像 (青森県八戸市～福島県いわき市)、1;25,000 に印刷
 - 被災後の AVNIR-2 画像 (2011/3/14 観測、青森県八戸市～福島県いわき市))、1;25,000 に印刷。
 - 2011/4/10 の福島県沿岸の PS 立体視画像、1;30,000 に印刷。
 - 2011/3/14 の AVNIR-2 画像の利用結果
 - 東北管内の津波被害域を判読し、初期段階の情報として被災状況を把握。空中写真がない地域の状況も AVNIR-2 画像で判読できた。他の浸水地図ではこの部分を認識していないものが多かった。
 - 画像及び判読結果は、局内での情報共有や視察者の説明にも活用された。
 - 2011/4/10 の PS 立体視画像の利用結果
 - 地震後の空中写真が入手できなかった福島県沿岸部において大規模な土砂災害の発生の有無を衛星画像から確認した。
 - いわき市内、及びその周辺における地すべり地の現地踏査や、4 月 11 日の余震の際にいわき市内で生じた地震断層の調査を行なうに当たって、地形・植生などを衛星画像により把握した。
 - 広域の地形状況の把握に有効である。



図 2.1-61 被災地域の PS 立体視画像（横山教授作成）

⑧ 環境省 東北地方環境事務所

青森県八戸市から福島県いわき市に至る太平洋沿岸域の 6 時期の被災後のだいち 画像と被災前のだいち画像について提供した。（詳細は 3.2.1.2 項に記載）。

⑨ 岩手県山田町

津波によって全て流された山田湾の養殖施設の復旧のため、震災前における養殖施設、特に養殖施設の設置許可線の確認に使用したいとの依頼により、2006/9/10 観測のだいちパンシャープン画像を提供した。

⑩ 青森県八戸市

八戸市域のだいち防災マップ（平成 22 年度青森県・岩手県国民保護共同訓練にて提供）に浸水域の書き込みや住民説明資料として、大いに役に立ったとの市担当者からコメントを頂いた。

(13) 和歌山県

和歌山県は、JAXA との防災利用実験に関わる協定のもと、平時より実証活動を進めている。今回の震災においては、関西広域連合の活動として岩手県に職員を派遣するにあたり、派遣先の土地勘や被災現況が不明であることから、派遣職員の安全性確保、及び状況把握について対策検討する必要があった。JAXA は 3 月 14 日に情報提供協力要請を和歌山県から受け、緊急観測対応を行うと共に岩手県の被災前の「だいち防災マップ」、及び被災後のプロダクト等を提供した。4 月末の職員派遣時に和歌山県側でプロダクトを大量に大判印刷し、CD-R と共に岩手県へ運搬、進入ルート確認や被災状況把握に利用された。CD-R は和歌山県から東北地方整備局にも提供された。

和歌山県を通じた岩手県への支援活動は、大規模、かつ広域災害時における地域間連携、広域連携に非常に重要な事例となり、和歌山県にとっても JAXA を介して他県情報を利活

用できた点は、平時からの和歌山県と JAXA との防災実証への取り組みの成果でもある。

(14) 宮城県

3 月 19 日、国際災害チャータに加盟の USGS（米国）からの情報により、宮城県女川市女川町運動公園上に「SOS」メッセージがあることが衛星画像から確認された。ただちに宮城県に情報提供したところ、数時間後に既に把握されている避難地であることが分かり、孤立集落の疑いは杞憂に終わった。



図 2.1-62 衛星観測画像により捉えられた SOS メッセージ

(15) 京都大学防災研究所

緊急地図作成プロジェクト（EMT）を立ち上げ、JAXA への協力要請に基づき、だいち画像を提供し、地図作成に活用された。（詳細は 3.2.1.1 に記載）

(16) その他機関

AVNIR-2、及び PALSAR を用いて作成した堪水解析結果（岩手県、宮城県、福島県、茨城県の 4 県）を防衛省に提供し、福島第 1 原発警戒区域内における行方不明者の搜索活動等を行うための見積・計画作成などに活用された。

2.1.5.3 WEB からの情報提供

(1) だいち防災 WEB (<https://bousai.jaxa.jp/>)

防災ユーザへ迅速な情報提供を行うため「だいち防災 WEB」において、東日本大震災のページを設け、「だいち」緊急観測計画及び観測結果、「だいち」データを用いた JAXA 作成の各種プロダクト、及び国際災害チャータやセンチネルアジアなど海外機関が作成したプロダクトを掲載した。ユーザが自ら昼夜を問わずに情報を入手することができるツールとして活用され、中央省庁・地方自治体等からのアクセス数は延べ 1500 件を超え、これまでの最大となった。



図 2.1-63 「だいち」防災 WEB 「東日本大震災」ページ

(2) EORC ALOS Web サイト (http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm)

JAXA 地球観測研究センター (EORC) の衛星データ解析結果を随時 Web サイトに掲載したところ、アクセス数は発災後 1 日に約 2 万件のアクセスがあった。月平均では、平時は 10 万件台のアクセス数であるが、地震発生後の 3 月、4 月はそれぞれ 55 万件、34 万件であった。解析結果を閲覧した被災地の方から観測画像の問合せや被災領域で船舶を航行する関係者の方々から海上漂流物についての情報を随時掲載して欲しいという要望を頂いた。



図 2.1-64 EORC ALOS Web サイト

2.1.6 航空機SARによる観測

2.1.6.1 概要

Pi-SAR-L（正式名称は Polarimetric Interferometric Synthetic Aperture Radar in L-band）は JAXA が開発し、1996 年に完成した L-band 航空機搭載合成開口レーダである。小型ジェット機（Gulfstream II）に搭載され、高度約 10,000m から進行方向左側を、観測幅約 15km で帯状に観測する。送信電力は 3,500W と衛星搭載用よりも 2 倍弱と高く、観測対象物との距離が短いことから、高い品質の画像が得られるもので、将来の SAR 開発と研究領域の拡大を目指して開発された。PALSAR よりも、1) レンジ分解能が 2 倍、アジマス分解能が 5 倍と高い、2) 雑音レベルが -45 デシベルと約 10 デシベル低い、3) 常時ポラリメトリ観測可能という利点を有しており、過去、山古志村（2004 年）、三宅島の雄山陥没（2000 年 7 月）、有珠山（2000 年 9 月）等の災害変化抽出に投入された。衛星に比べて直線的な飛行が困難な為、搭載した慣性航法装置のデータを高精度に解析することで初めて高分解画像が得られる。東日本大震災に関しては、2011 年 4 月 4 日と 4 月 13 日に観測された。4 月 4 日は機器が故障したが、4 月 13 日は一部正常な画像が得られ、以下に示す様に解析に使用された。評価領域全体を図 2.1-65 に示す。被災地の中心となった東松島、仙台、名取市を中心とした場所である。

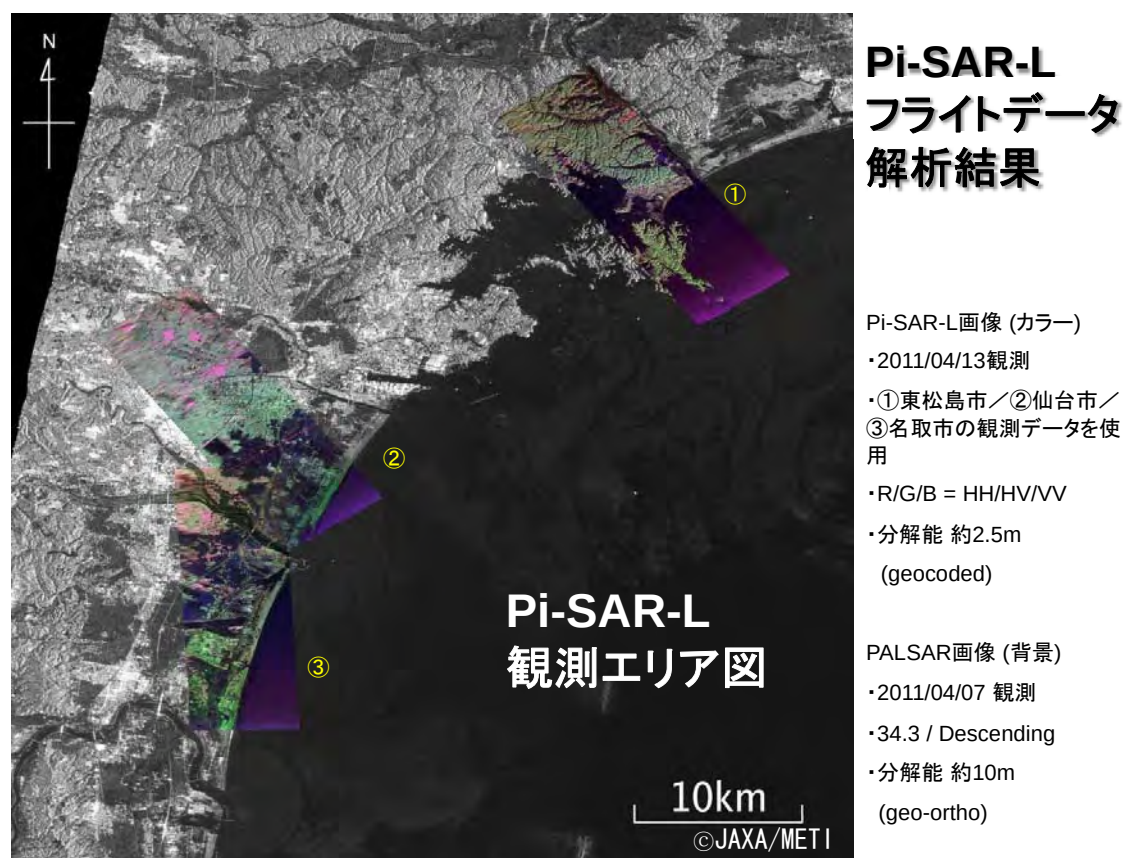


図 2.1-65 Pi-SAR-L の観測領域（背景は PALSAR 画像、Pi-SAR-L の観測幅は 15km）

2.1.6.2 単一画像の解析

4月4日の画像が不十分であった為に、8日間での変化抽出は出来なかった。Pi-SAR-Lは①、②はほぼ海岸に沿い、③は東方向に飛行した(図 2.1-65 参照)。③の拡大図を WorldView-2 とともに図 2.1-66 に示すが、Pi-SAR-L は分解能が約 3m、WorldView-2 は約 50cm であることから、見え方に大きな差異があるものの、瓦礫の散乱の状況をよく示している。また、Pi-SAR-L はフルポラリメトリ機能を有しており、受信信号の HH-HV-VV (ここで、HV は送信を H : 水平偏波で、受信を V : 垂直偏波で受信した信号を表す) に R-G-B の色を当てることで、図 2.1-66 (左) のように疑似天然色で表すことができ、視認性が向上する。緑は複数の物体が折り重なったような状態(体積散乱)、紫はごつごつしたもの(かたまり)(表面散乱)と解釈できる。画像は全体に濃い青紫色であるが、これは全体に平面であることを言っている(平面であれば、VV が HH よりも散乱強度が一般に強い)。それ以外に、この程度の分解能になると、道路、市街地、建物等がよく視認できるとともに、WorldView-2 とよく一致していることが確認できる。現在、次世代型 Pi-SAR-L (Pi-SAR-L2) を開発中であり、分解能と安定性の更なる向上を目指している。2012 年 4 月より本格的な稼働がなされ、災害時の高分解能観測が期待される。

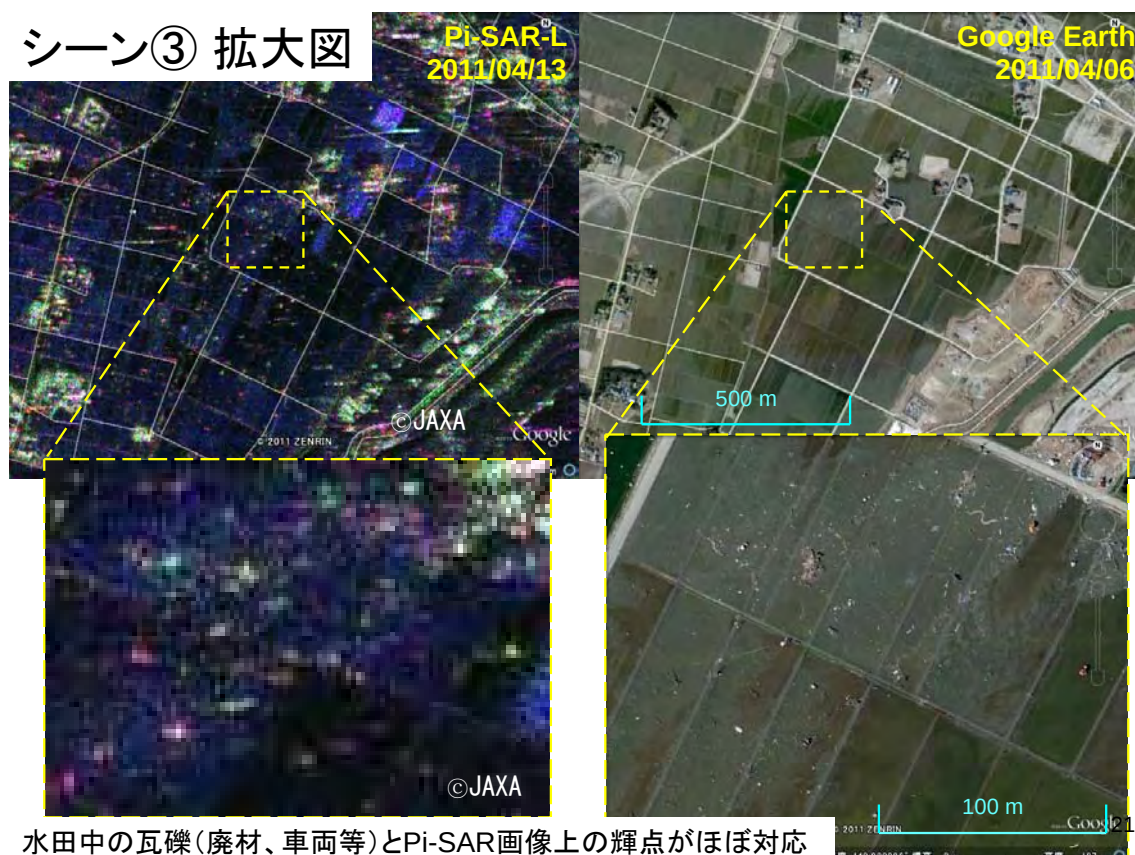


図 2.1-66 名取市の被災地を Pi-SAR-L と WorldView-2 の比較
観測日は1週間異なるが、レーダと光学で瓦礫の散乱状況が同様に見られる。

2.1.7 現地調査結果

2.1.7.1 現地調査

世界観測史上4番目の規模となるM9.0の東日本大震災では広域に亘る津波による被災が発生した。高さ数十メートルの地盤までの浸水、海岸付近の低地部の沈下・海没・湛水・津波の河川遡上、津波堤防の破壊、市街地の破壊、橋梁の流出など津波被害を調査する上で、象徴的な被害事象が多数発生した。JAXAは、震災で実施した緊急観測・解析の評価のため、2011年8月～2012年3月の期間で、現地調査を実施する事にした。本調査ではこれらの被害事象が衛星画像から判読可能か否かを意識しつつ、現地調査・衛星画像の利用調査を行ない検証用のデータを整理していく。

現地被災状況は①浸水・湛水状況、②地殻・地盤変動状況、③人工構造物の被災状況、の3つのカテゴリについて、衛星データの判読からa.明らかに確認できる状況、b.周囲の状況から判断できる状況、c.判読が困難、の3つにレベル分け整理を行う。ただし災害の発生から時間が経過しているため、確認できない被災状況の調査については、国、被災県及び市町村の一般公表資料、本業務分担各社において一般公開可能な調査結果等にもとづき実施していく。また、調査候補地はある程度の目処を立てた上で選別したが、十分な調査ができない場合は類似の候補で代替する。

今回の震災で、衛星画像が実際の災害対策活動等にどのように利用されたか、または利用できなかったのは何が障害になったかを把握することが、今後の衛星情報の利用促進につながると考えられる。そこで、衛星情報の今後の利用促進を考える上で必要な内容を、複数の業態を対象としてインタビュー調査により把握する。具体的には、各業態や団体等が衛星情報を利用する目的、望ましい画像情報の入手のタイミング、実際に利用した上での効果、課題・問題点等を整理していく。

(1) 浸水・湛水状況調査

浸水・湛水の状況について、津波災害の象徴的事象を中心に以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件ごとに1箇所または2箇所の調査を行い、衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-9 調査地の選定（浸水・湛水）

選別すべき場所の条件	理由	場所
①津波対策としての堅固な湾口防波堤が設置されていた地域の浸水	大きな津波が来ても大丈夫だと言われていたが、今回の津波で、湾港防波堤が破壊された。	岩手県釜石市 岩手県大船渡市
②津波対策として、嚴重な防波堤、防潮堤が設置されていた地域の浸水	三陸沿岸の各地では、津波対策として防潮堤の建設がおこなわれてきた。中でも、万全と思われる防潮堤を建設した地区が、大きな被害を被った例がある。	岩手県宮古市田老地区 岩手県釜石市
③通常の港湾の浸水	消波のための防波堤に設置されて、岸壁が設置されていた港湾施設。	宮城県気仙沼市 茨城県北茨城市

選別すべき場所の条件	理由	場所
④近代技術で大規模に構築された港湾の浸水	災害対策にも万全を期して設計されたと思われる港湾施設。	宮城県仙台新港 宮城県名取市仙台空港
⑤防波堤、防潮堤が設置されていなかった市街地の浸水	津波に対して、特別な防護施設を設置していなかった地区で、甚大な被害が発生した。	宮城県名取市閑上地区 千葉県旭市
⑥比較的急峻な地形を呈している地域の遡上（津波の駆け上りの大きかった集落）	三陸沿岸北部には、断崖の切れ目に川に沿って細長い集落が点在している。これらの地域では、押し寄せた津波が狭い地形を駆け上り、浸水が高い地点にまで達した。	岩手県宮古市摂待地区 岩手県大船渡市綾里地区
⑦勾配が緩い平野の遡上（河川遡上による被害が大きかった地域）	津波が勾配が緩く、比較的川幅の広い河川を遡上し、大きな被害を与えた。	宮城県石巻市（北上川） 宮城県名取市（名取川）
⑧海岸林	江戸時代から育成してきた海岸林が、津波により破壊されてしまった。	岩手県普代村普代地区 宮城県東松島市野蒜海岸
⑨干拓地・埋立造成地	海面を埋め立てて、新しい土地を造成した地域。	宮城県石巻市
⑩干潟	環境保全の為に、自然地形を保存していた地域が、津波被害を受けた。	宮城県仙台市（蒲生干潟）



図 2.1-67 岩手県宮古市摂待地区

流された橋と集落

（佐々木宏氏撮影）



図 2.1-68 岩手県宮古市田老地区

被害を受けた津波対策済の地域

（アジア航測撮影）

(2) 地殻・地盤変動状況調査

地殻・地盤変動状況について、今回の大震災により発生した地殻、地盤変動を典型的事例を中心に以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件毎に 2 箇所以上の調査を実施し衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-10 調査地の選定（地殻・地盤変動）

選別すべき場所の条件	理由	場所
① 地盤沈下した住宅地	地震により地盤が沈下した住宅地。	岩手県陸前高田市気仙地区 宮城県石巻市渡波地区
②地盤沈下した港湾施設 （工業港、漁港）	地震により地盤が沈下した港湾施設。	青森県八戸市（工業港、漁港） 岩手県釜石市（工業港、漁港） 宮城県気仙沼市（工業港、漁港）
③消失した海浜	海水浴場として親しまれてきた海浜が流出した。	根浜海岸（岩手県釜石市） 関上海岸（宮城県名取市）
④消失した景勝地・史跡	名勝地、史跡として親しまれてきた場所が流出した。	高田松原（岩手県陸前高田市） 野蒜築港跡（宮城県東松島市）
⑤地震動による地盤変動 （新興住宅地）	地震により丘陵地に開発された新興住宅地において、地盤の変動が生じ被害が多発した。	宮城県仙台市青葉区 （緑ヶ丘地区） 宮城県山元町（太陽ニュータウン）
⑥土砂災害（地すべり、がけ崩れ等）	地震により地すべりやがけ崩れが発生した。	宮城県丸森町 福島県白河市
⑦液状化（住宅地）	地震による液状化により、住宅地に被害が発生した。	茨城県潮来市 千葉県浦安市
⑧液状化（公共用地）	地震による液状化により、公共用地に被害が発生した。	千葉県千葉市美浜区 （稲毛海浜公園）
⑨地表の変動（水平・垂直）	地震による地表が移動（水平移動、隆起・沈降）した。	文献調査



図 2.1-69 宮城県気仙沼港市 地盤沈下した港湾

（アジア航測撮影）

(3) 人工構造物の被災状況調査

人工構造物の被災状況について、震災、津波被害で典型的な事象を中心に、以下に示す条件でそれぞれに示す理由により場所を選定した。各条件ごとに 2 箇所以上の調査を実施し衛星画像からどこまで判読が可能か検証を実施する。

表 2.1-11 調査地の選定（人工構造物の被災）

選別すべき場所の条件	理由	場所
①湾口防波堤	津波対策の象徴として長い期間と莫大な費用をかけて構築されてきたが、今回の津波であえなく破壊されてしまった。	岩手県釜石湾口防波堤 岩手県大船渡湾口防波堤
②防潮堤	市街地を津波から守る為に構築されてきたが、今回の津波により、多くが破壊され、越流されて、甚大な被害につながった。	岩手県大槌町 岩手県大船渡市
③防潮水門	市街地を津波から守る為に構築されてきたが、今回の津波により、多くが破壊され、越流されて、甚大な被害につながった。	岩手県岩泉町（小本川河口水門） 岩手県宮古市（津軽石川河口水門）
④工業港の防波堤・岸壁	地域産業の中核施設の多くが流出した。	岩手県久慈市久慈港 宮城県仙台市仙台南港
⑤漁港の防波堤・岸壁	地域の主要産業の漁業生産施設が破壊・流出した。	岩手県宮古市鉾ヶ崎漁港 宮城県気仙沼市気仙沼漁港
⑥河川堤防	津波が河川をたどって遡上した際に堤防が決壊したもの。	岩手県陸前高田市（気仙川） 宮城県石巻市（北上川） 宮城県亘理町（阿武隈川）
⑦道路	津波による浸水、土砂崩れにより、多くの道路が閉鎖された。	国道 45 号（仙台市宮城野区～多賀城市） 常磐自動車道（水戸 IC～那珂 IC）
⑧橋梁	津波により、河口付近の多く橋梁が流出した。	気仙大橋（岩手県陸前高田市） 鹿行大橋（茨城県行方市～銚田市）
⑨鉄道	津波により、鉄道の線路及び駅舎が流出した。	陸前高田駅（JR 大船渡線） 東松島市（JR 仙石線）
⑩養殖漁業施設	沿岸の湾内に設置されていた養殖施設（生簀、筏、延縄など）の多くが破壊・流出した。	岩手県山田湾 岩手県大船渡湾 宮城県気仙沼湾
⑪市町村庁舎	地域行政の中心となっている市町村庁舎に被害が発生した。	岩手県大槌町役場 岩手県陸前高田市役所 宮城県南三陸町役場
⑫その他公共施設	公立病院や消防署等の公共施設において、被害が発生した。	岩手県立高田病院 岩手県大槌消防署
⑬大規模集客施設	不特定対数が利用する大規模集客施設において被害が発生した。	仙台空港（宮城県名取市）
⑭災害時要援護者施設	災害時の避難が困難である、要援護者施設が被災した。	特別養護老人ホームさんりくの園（岩手県大船渡市）
⑮市街地等の火災による被害	地震に伴う火災によって、市街地等に被害が発生した。	宮城県気仙沼市（市街地） 千葉県市原市（コンビナート）
⑯その他土木構造物	地震により老朽化したダムが決壊し、下流の集落に被害が生じた。	福島県須賀川市（藤沼ダム）



図 2.1-70 宮城県南三陸町

被災した町役場
(アジア航測撮影)



図 2.1-71 宮城県名取市

浸水した仙台空港全景
(アジア航測撮影)

(4) 衛星画像の利用調査

今回の震災において衛星画像をどのように利用しどのようなメリットがあったのか、実際に利用した団体にアプローチしインタビューを行ない、利用方法だけでなく、画像提供のルート、タイミング、継続性、判読サポート等についてもどうあるべきか等実ユーザの意見も整理する。インタビュー対象団体は自治体、大学等研究機関、漁協・農協等の各種団体のほか民間企業、NPO 等を予定している。

(5) 課題の整理

前項までの調査結果から、どのような対象物、状況であれば判読し易く、またはし難いのか、また、衛星画像をどのような形で提供されると利用者にとってメリットがあるかを整理する。その上で現状の課題と対応策について整理する。

2.1.7.2 画像解析結果の評価

(1) PALSAR データを用いた湛水域解析

PALSAR はその全天候性を期待され、発災直後から精力的な観測が行われた。これらのデータを用い、湛水域の解析を継続的に実施した。湛水域解析に用いたデータは表 2.1-12 のとおりである。

表 2.1-12 湛水域解析に用いた PALSAR データ一覧

No.	観測年月日	入射角 / 軌道	過去データ年月日	入射角 / 軌道
1	2011.3.13	46.6 / Asc	2008.6.21	47.8 / Asc
2	2011.3.23	50.0 / Dsc	2009.11.12	41.5 / Dsc
3	2011.3.26	28.8 / Asc	2010.11.20	34.3 / Asc
4	2011.4.1	34.3 / Asc	2010.9.20	34.3 / Asc
5	2011.4.7	34.3 / Asc	2010.11.20	34.3 / Asc
6	2011.4.18	34.3 / Dsc	2011.3.3	34.3 / Dsc

結論として、適切な観測条件を整えることにより、PALSAR においても湛水域解析が可能であった。以下、詳細をしるすと、湛水域の抽出にあたっては、SAR 強度画像（オルソ、勾配補正画像）、規格化差分画像、及び発災前の GoogleEarth 画像を利用した。ここで規格化差分画像とは、以下の式で計算される；

$$NDIF=(DN_1-DN_2)/(DN_1+DN_2)$$

ここで、NDIF とは規格化差分画像、 DN_2 は災害前 PALSAR 画像の DN 値、 DN_1 は災害後の DN 値である。規格化差分により、湛水域を強調して表現することができ、SAR 強度画像のみでは判断が難しい部分の判読に役立った。また、発災前の GoogleEarth 画像から土地被覆の状況を確認し、合わせて湛水域判読の補助として用いた。

また、判読を通していくつかの知見が得られた。具体的にはまず、災害前画像として水稻作付・生育期の画像（概ね 5 月～7 月）の使用を避ける必要がある。その理由は、今回の津波被害域の多くは平野部にあり、多くの場合において水田が広がっている。その場合、水稻の田植期から生育期にあたる時期の PALSAR 画像を災害前画像として選択すると、水田が湛水しているため抽出判読が難しくなるからである。また、発災後画像の観測中あるいはその直前に降雨があった場合、津波の水が引いた冠水跡に水たまりができてしまい、それを湛水と誤判読したケースもみられた。PALSAR データの観測条件についても、入射角が大きいとレンジアンビギュエティの影響で判読性が落ちること、入射角が小さいと空間分解能の悪化に伴う判読性の低下が起こることが明らかになった。以下、図 2.1-72 に湛水域抽出画像、及び規格化差分画像、PALSAR 画像の例を記す。

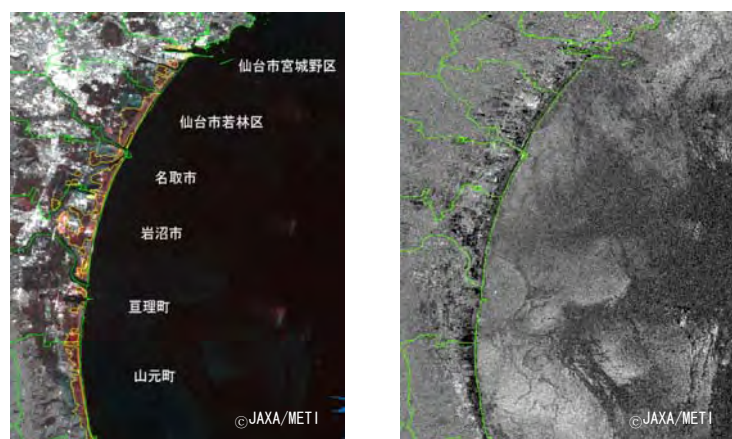


図 2.1-72 PALSAR による湛水解析結果の例（左：抽出結果、右：規格化差分画像）

2.1.8 まとめ

東日本大震災への対応として、JAXA では陸域観測技術衛星「だいち」による災害監視を行うとともに、国際災害チャータ、センチネルアジアなどの災害監視に関する国際協力を活用して、政府や自治体による情報集約活動・支援活動への貢献を行った。

- 「だいち」による被災地の緊急観測を最優先に実施し、643 シーンの衛星画像を取得した。
- これまで海外の大規模災害に対して「だいち」で積極的に国際貢献してきたことにより、東日本大震災では国際災害チャータ、センチネルアジアなどの国際協力の枠組みで、14 ヶ国・地域、27 機の海外衛星による集中観測が行われ、約 5,700 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に 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した。
- また、国際災害チャータ、センチネルアジア、Geo-Supersite といった枠組みの中で、世界の各機関、各研究者による、様々な解析が行われ、広く情報共有がなされた。
- 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た。
- 東日本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「だいち防災 WEB」へのアクセスは延べ 1,500 件にものぼった。
- なお、内閣府からは、国際災害チャータとセンチネルアジアに対して、礼状が発出された。

1-2-2, KARUMIGASEKI
CHYODA-KU, TOKYO
100-8069 JAPAN


CABINET OFFICE

PHONE: +81-3-3501-6906
FACSIMILE: +81-3-3597-9091

To: The Board and Executive Secretariat,
International Charter, Space and Major Disasters

5 July 2011

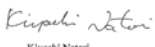
Dear Sir/Madam

I would like to express my gratitude for your support to Japan for providing satellite images to Japan with relate to the Great East Japan Earthquake. I also would like you to extend our sincere appreciation to all the related organizations under the Charter that originally provided those images.

Soon after the Great East Japan Earthquake occurred on 11 March 2011, the operation of the International Charter, Space and Major Disasters took more than 5,000 satellite images on affected areas and provided images, analyzed products and related information to Japan. These images and information helped to recognize the situations in the affected areas. In addition, the Charter's web site displayed the disaster situation and attracted attention from all over the world.

For reciprocating the kind support provided by the international community including International Disaster Charter, I think that it is quite important to share the experience of this disaster and promote further international cooperation. I would appreciate it if we could strengthen the cooperation for disaster management via International Disaster Charter, which would lead the promotion of countermeasures against disaster in whole countries on the earth.

Once again, I would like to express my heartfelt gratefulness for the kindness of you and the related organizations. I strongly hope further progress of the International Charter, Space and Major Disasters and future disaster risk reduction.

Yours sincerely,

Kiyoshi Natori
Director for Disaster Prevention and Preparedness
Cabinet Office, Government of Japan

1-2-2, KARUMIGASEKI
CHYODA-KU, TOKYO
100-8069 JAPAN


CABINET OFFICE

PHONE: +81-3-3501-6906
FACSIMILE: +81-3-3597-9091

To: The Secretariat of Sentinel Asia

5 July, 2011

Dear Sir/Madam

I would like to express my gratitude for your support to Japan for providing satellite images to Japan with relate to the Great East Japan Earthquake. I also would like you to extend our sincere appreciation to all the member organizations of Sentinel Asia that originally provided those images.

Soon after the Great East Japan Earthquake occurred on 11 March 2011, Sentinel Asia operation took so many satellite images on affected areas and provided them and related information to Japan. These images and information helped to recognize the situations in the affected areas. In addition, the Sentinel Asia web site displayed the disaster situation and attracted attention from all over the world.

For reciprocating the kind support provided by the international community including Sentinel Asia, I think that it is quite important to share the experience of this disaster and promote further international cooperation. I would appreciate it if we could strengthen the cooperation for disaster management among members of Sentinel Asia, which would lead the promotion of countermeasures against disaster in many countries, both within Asia and outside.

Once again, I would like to express my heartfelt gratefulness for the kindness of you and the Sentinel Asia members. I strongly hope further progress of Sentinel Asia and future disaster risk reduction.

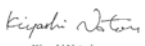
Yours sincerely,

Kiyoshi Natori
Director for Disaster Prevention and Preparedness
Cabinet Office, Government of Japan

図 2.1-73 国際災害チャータとセンチネルアジアへの内閣府の礼状

これらの災害観測画像の提供を通じて、以下の知見を得た。

- 今回の震災のような大規模災害においては、災害前後を比較した衛星画像のプロダクトは、現地の被害状況を把握する初動期の第一次情報源として非常に有用。
特に、衛星画像上に地名や道路等の地理空間情報データが重ね合わされていた点、発災前の画像が数ヶ月程度の最近のものであった点が利便性を高めた。
- 発災直後の情報収集には、広域俯瞰図としての「だいち」画像が非常に有効。
- 飛行機やヘリコプターが、津波被害を受けた沿岸部の観測に集中的に投入される中、役割分担を考慮して、「だいち」による広域直下観測で内陸部の観測も行ったことは、土砂災害の調査点検に大きく貢献。
- 津波による2次災害として原発事故が発生したが、放射能レベルが高い地域に対しては、無人で、繰り返し観測ができる衛星観測は非常に有効であった。
- 地殻変動の面的把握や内陸部の土砂災害危険箇所の点検等は、LバンドSARと光学センサを搭載し、広域の観測が可能な「だいち」でしか出来なかった。
- 干渉SAR画像により東北地方全域の変動が把握できたため、太平洋沿岸で生じた沈下の原因が局所的な表層地盤の収縮による地盤沈下ではなく、プレート境界面上の震源断層の滑りに伴う広域の沈下であることが把握できた。
- 大地震に伴う応力変化によって内陸の活断層や火山が活動し地殻変動を生じていないかどうかを監視するのに用いられた他、内陸で生じた余震による局所的な地殻変動が把握され、複数の余震について断層メカニズムの解明に貢献した。
- 判読精度向上のためには、SAR画像と光学画像の両方が必要。また、立体視観測が有効であり、土砂災害の調査点検でも実体視が用いられている。
- 被災域の変化抽出のためには衛星による長期間の繰り返し観測が重要であり、このためには我が国の衛星が必要。
- 観測頻度向上のためには、国際災害チャータやセンチネルアジアなどの国際協力が有効。欧州ESAでも、今回の大震災に対する、国際災害チャータの活動やGEOの活動をハイライトしている。
- 建物倒壊状況や道路・鉄道の状況把握、原子力発電所の詳細状況把握については、国際災害チャータによる商業高分解能衛星が活用された。
- 原発事故の状況は、可視光やSARによるイメージ画像だけではわからないことから、赤外線センサ等での温度検知も必要。

2.2 通信衛星による活動

2.2.1 「きずな」(WINDS)

2.2.1.1 「きずな」の概要と特徴

超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS : Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite) は、JAXA と (独) 情報通信研究機構 (NICT) が共同で開発を行い、2008 年 2 月 23 日に打ち上げられた。「きずな」は地上インフラとの相互補完による地域格差のない高度情報通信ネットワーク社会の形成に貢献するための技術開発・実証並びに実証実験を行うことを目的とした衛星である。

「きずな」は東経 143 度赤道上空の位置にあり、日本及び東南アジアを固定のマルチスポットビームでカバーするマルチビームアンテナ (MBA) と、ビームをスキャンすることで広いエリアをカバーするアクティブデーズドアレイアンテナ (APAA) を有している (図 2.2-1 参照)。また、交換機を搭載しており、衛星上で信号のスイッチングが可能である。

「きずな」は通常の静止通信衛星が持つ以下の特長を有する。

- 広域性：地理的条件に制約されることなく、地球のほぼ 1/3 をカバー
- 同報性：カバーエリア内では同時に情報が到達
- 耐災害性：災害時などにおいてもネットワークが破壊されず回線の設定が容易

さらに、従来の通信衛星より優れた以下の特長を有する。

- 超高速衛星通信可能 (45cm φ 小型アンテナで 155Mbps、5m φ アンテナで 1.2Gbps) :
超高速通信が可能でありながらアンテナが小型であることから、特に臨時に回線設定する場合に有効であり、可搬型アンテナとして、JAXA では可搬型 VSAT、及び可搬型 USAT を有している (図 2.2-2 参照)。
- ハブ局を介しない通信が可能であり、遅延時間が従来の半分 :
遅延時間が従来のハブ局を介する通信に比べ約半分となり、テレビ会議等での会話において違和感が小さい。
- IP (インターネットプロトコル) インタフェースであり、地上機器と高親和性 :
地球局とのインタフェースが IP インタフェースであり、市販されている多くの地上機器がそのまま使用でき、安価な最新の機器が使用可能である。例えば、テレビ会議、無線 LAN、IP 電話や PC 等が特別なインタフェース装置を介することなく、接続可能である。
- 独自の通信仕様を有し、秘匿性に優れ傍受されにくい :
既存の通信衛星は Ku バンド以下を多用しているが、「きずな」は高い周波数である Ka バンドを採用している。さらに、通信プロトコルは独自仕様を採用していることから秘匿性に優れている。

JAXA は上記特長を生かし、基本実験として通信網システムの基本性能・搭載機器確認、及び実証実験を実施。災害時の非常時通信、デジタル・デバインド解消、遠隔教育、遠隔医

療などの様々な分野に適用可能であることを実証してきた。

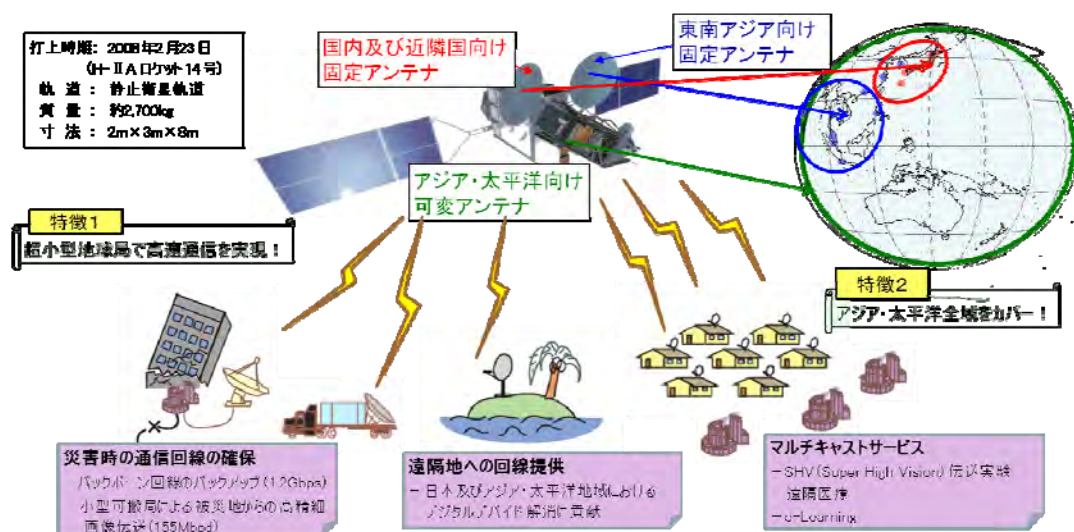


図 2.2-1 「きずな」軌道上外観図及びカバーエリア

地球局設備	HDR- VSAT	可搬型 VSAT	1.2m可搬型 VSAT	可搬型 USAT
アンテナ径	1.2m	1.0m	1.2m	45cm
送信機出力 (定格出力)	250W (TWTA)	40W (SSPA)	40W (SSPA)	10W (SSPA)
伝送速度 Uplink	1.5/6/24/51/ 155Mbps	1.5/6/24/51 Mbps	1.5/6/24/51 Mbps	1.5/6 Mbps
Downlink	155Mbps	155Mbps	155Mbps	155Mbps
サービスエリア (MB A or APAA)	MBA/APAA	MBA	MBA/APAA	MBA
重量 (目安)	442kg	97kg	90kg超	53kg
イメージ				

図 2.2-2 「きずな」実験局の例

2.2.1.2 被災地における通信提供の経緯

- 平成 23 年 3 月 11 日、3 月 12、13 日の新潟県佐渡島で「きずな」を使った防災訓練を JAXA が佐渡市の協力の下、NPO 愛知ネット、茨城レスキューサポートバイク、神奈川レスキューサポートバイクと実施予定で、佐渡島へ向かう新潟県フェリー乗り場付近で東日本大震災に遭遇。東日本大震災を受け、上記の訓練を中止。
- 3 月 12 日、新潟県中越地方で発生した震度 6 強の地震を踏まえ、新潟県災害対策本部（新潟県庁総合防災センター）にて、「きずな」通信回線の提供できる旨を県の防災担当者と調整、回線不通地域が無いとのことから、東北地方沿岸自治体への橋渡しを依頼。福島県対策本部は、連絡できたが岩手県、宮城県の県災害対策本部と連絡が取れない状況あった。福島県への回線提供支援については、福島県の原子力発電所の事故で、安全性確保など見通しが立たない理由から断念。
- 3 月 15 日、岩手県災害対策本部（盛岡）より釜石市の現地対策本部（沿岸広域振興局）について、電話など通信インフラが輻輳など支障を来す状況であり、情報共有やインターネット利用の為の「きずな」回線提供に係る依頼があった。JAXA や文部科学省と調整の上、岩手県総務部総合防災室長から文部科学省研究開発局長宛に“通信衛星「きずな」を利用した通信手段確保について”の依頼がなされた。
- 同日、文部科学省研究開発局長から JAXA 理事長宛に“通信衛星「きずな」を利用した通信手段確保について”の依頼がなされた。これを受けて、岩手県災害対策本部の総務部総合防災室の担当と現地活動の安全性の確認、東北自動車道の一般車両通行止めのためつくば市対策本部へ緊急通行車両許可証発行依頼、宿の確保、公用車の JAXA への提供、ガソリンの調達に関する優先券の発行などを岩手県側に依頼した。
- 3 月 16 日、JAXA 災害対策本部会議にて「きずな」の岩手県派遣が決定された。
- 3 月 17 日、通信機材、要員 5 名を現地に派遣
- 3 月 18 日、県災害対策本部（盛岡）に機材搬送、地球局設備や通信機材を設置
- 3 月 19 日、現地対策本部（釜石）での地球局設備や通信機材を設置、2 地点間で接続確認完了
- 3 月 20 日、災害対策本部（盛岡）、現地対策本部（釜石）間の通信回線を提供
- 3 月 22 日、大船渡市の現地対策本部（沿岸広域振興局）も通信回線に支障を来す状況であり、情報共有やインターネット利用の為の「きずな」回線提供に係る依頼が県災害対策本部から JAXA にあった。JAXA や文部科学省と調整の上、岩手県総務部総合防災室長から文部科学省研究開発局長宛に“通信衛星「きずな」を利用した通信手段確保について”の依頼がなされた。
- 同日、文部科学省研究開発局長から JAXA 理事長宛に“通信衛星「きずな」を利用した通信手段確保について”の依頼がなされた。
- 3 月 23 日、大船渡市の現地対策本部（沿岸広域振興局）へ通信機材、要員 1 名を現地に派遣

- 3月24日、大船渡市の現地対策本部（沿岸広域振興局）にて、釜石の通信回線提供班と合流し、地球局設備や通信機材を設置。以降、3地点による通信回線を提供
- 4月24日、釜石市や大船渡市の現地対策本部（沿岸広域振興局）の商用通信回線が概ね復旧したことから県災害対策本部と文部科学省が調整の上で、「きずな」通信回線提供を終了
- 4月25日、3地点の地球局設備や通信機材の撤去

2.2.1.3 通信形態と通信利用結果

図 2.2-3 に、今回の「きずな」による岩手県への通信回線提供支援の概要図を示す。岩手県庁の県災害対策本部に設置した可搬型 VSAT、釜石市と大船渡市の現地災害対策本部に設置した可搬型 USAT 並びに可搬型 VSAT を「きずな」を経由して接続した。また、筑波 HDR-VSAT は公衆インターネット網への接続を目的として、各拠点からそれぞれ接続した。

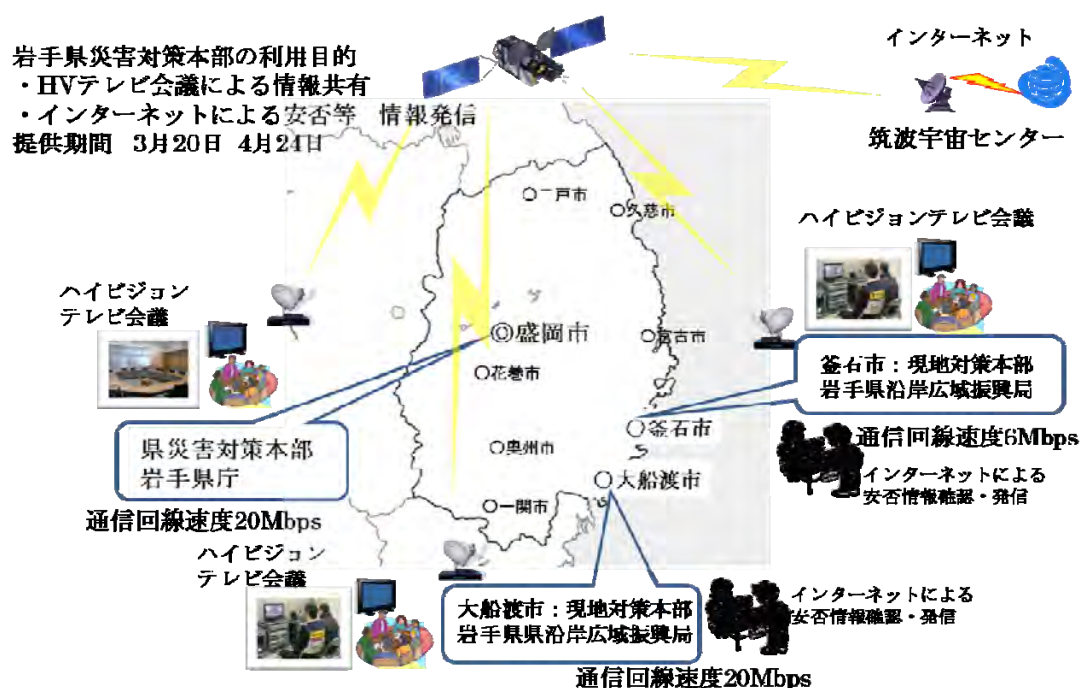


図 2.2-3 「きずな」による岩手県への通信回線提供支援概要図

各拠点には可搬型 VSAT/USAT の実験局の他にも、L3 スイッチや TCP アクセラレータ等の通信関連周辺機器を汎用のラック内に収納し一体化した災害機材セットやテレビ会議システム、無線 LAN のアクセスポイント等のアプリケーション機材も同時に設置しており、テレビ会議利用やインターネット利用などに活用された。各拠点のアンテナ設置状況並びに形態概略図を下記に示す。



図 2.2-6 釜石市沿岸広域振興局への屋外装置（ODU）設置状況

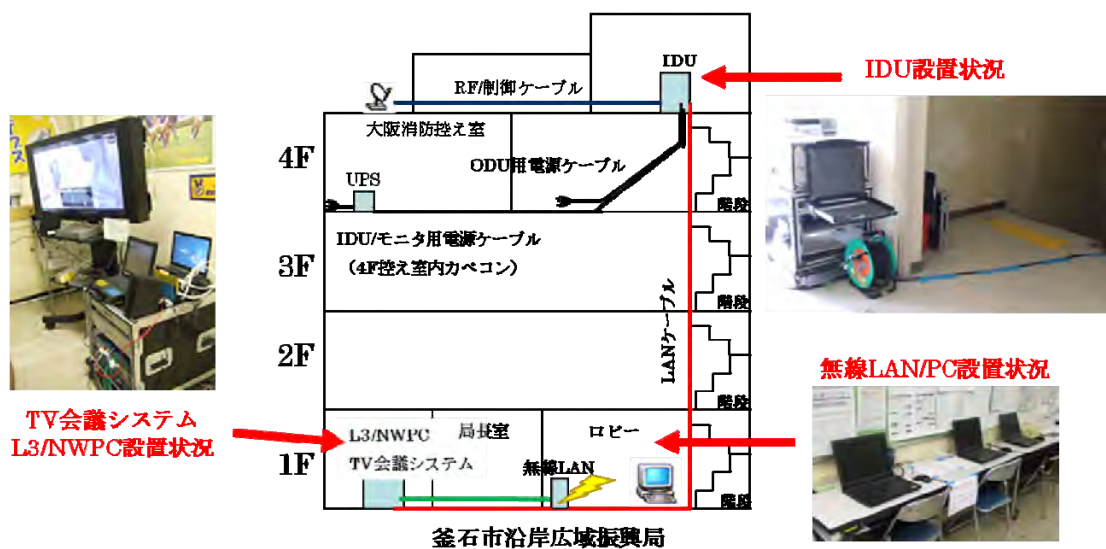


図 2.2-7 釜石市沿岸広域振興局における機材設置概要図



図 2.2-8 大船渡沿岸広域振興局への屋外装置（ODU）設置状況

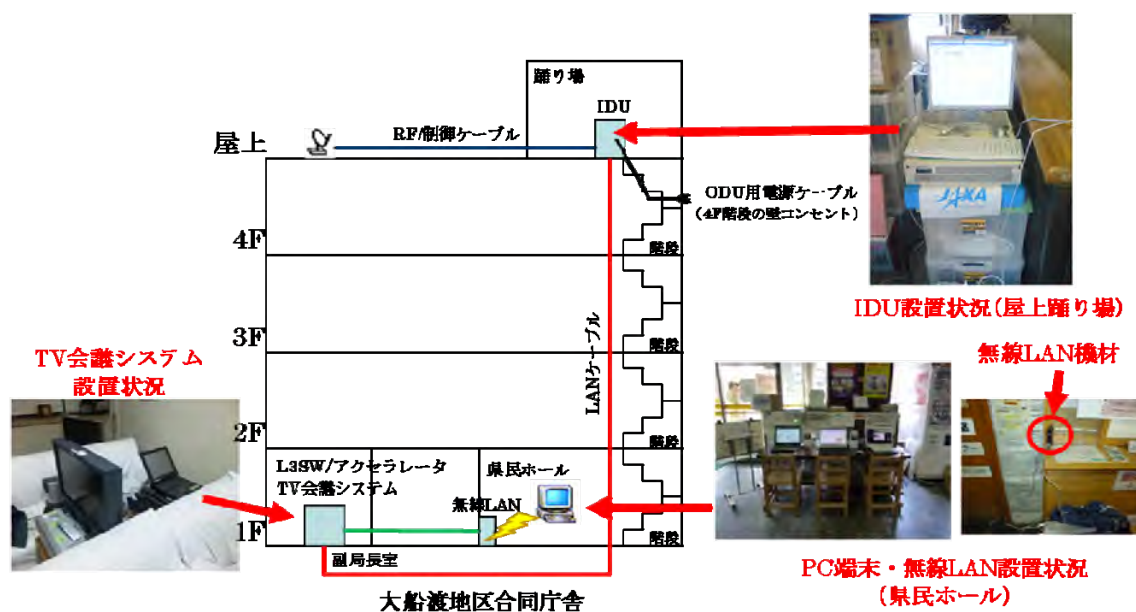


図 2.2-9 大船渡沿岸広域振興局における機材設置概要図

テレビ会議利用

本支援活動では各拠点にテレビ会議システムを設置し、災害対策本部間の情報共有に活用された。災害対策本部での利活用詳細を下記に示す。

県災害対策本部では県庁職員のみならず他府県や府省庁（内閣府、厚生労働省、国土交通省、総務省、消防庁、自衛隊・・・他多数）等から派遣された職員が支援活動を行っており、避難所の衛生状況、被災者の生活状況やニーズ情報、行方不明者の搜索活動状況などの情報共有や復興・復旧に向けた課題解決を目的とした連絡調整会議がほぼ毎日開催されていた。この連絡調整会議等において、県庁側で共有された情報や決定事項等が沿岸地域の現地災害対策本部にまで展開されるには時間を要し、さらにその後の現地対策本部間で情報が共有されるまでに、更に多くの時間を費やしてしまう課題があった。

この課題に対して、現地対策本部と県災害対策本部を「きずな」を経由したテレビ会議システムで接続する事により、上述した県庁において開催されている連絡調整会議に現地災害対策本部からテレビ会議で参加する事が可能となり、県庁側とのリアルタイムでの情報共有、意見交換に役立てられた。

現地災害対策本部からは、従前に岩手県で利用してきた Web 会議システムと比較して、音声もクリアであり、画質は細かい文字まで識別可能なほど鮮明なだけでなく、他にも沿岸地域を上空からヘリコプターなどで撮影した動画像等をリアルタイムで送信する事も出来、沿岸地域の被災状況を迅速に県庁側に伝えることが可能となり、非常に有用であるといったコメントがあった。



図 2.2-10 県庁での情報共有会議の様子（画像中央はテレビ会議システム）

インターネット利用

本支援活動では無線 LAN アクセスポイントを各拠点に設置し、「きずな」を経由して筑波に設置・運用している HDR-VSAT と接続する事で公衆インターネット回線に接続した。盛岡市の県災害対策本部では、無線 LAN アクセスポイントを災害対策本部の隣室（テレビ会議システムを設置した部屋）に設置し、支援機関から派遣された要員の方々によって利用された。特に、岩手県沿岸地域の被災前後の「だいち」画像（PALSAR 及び AVNIR）を「だいち防災 WEB」から「きずな」経由で高速にダウンロードし、がれき撤去作業の計画

策定や進捗状況の可視化に役立てられた。

釜石市及び大船渡市の現地災害対策本部では、一般市民が出入りする玄関ロビーに無線 LAN アクセスポイント並びにインターネット利用可能なノート PC を 3 台設置し、沿岸地域に支援活動に来ている各種機関の派遣メンバーや被災者に利用された。

3 月 20 日の回線提供から 4 月 24 日の提供終了までの期間において、釜石市の災害対策本部では 538 名、大船渡市では 1,252 名の方々に利用された。利用者数の推移を図 2.2-11 に示す。釜石市では平均して 18.6 名、大船渡市では 43.1 名が利用されており、各拠点のノートパソコンの占有率としては 1 日を通してほぼ 50%以上は利用されている状況であり、インターネット利用の需要の高さが伺われる結果であると思われる。

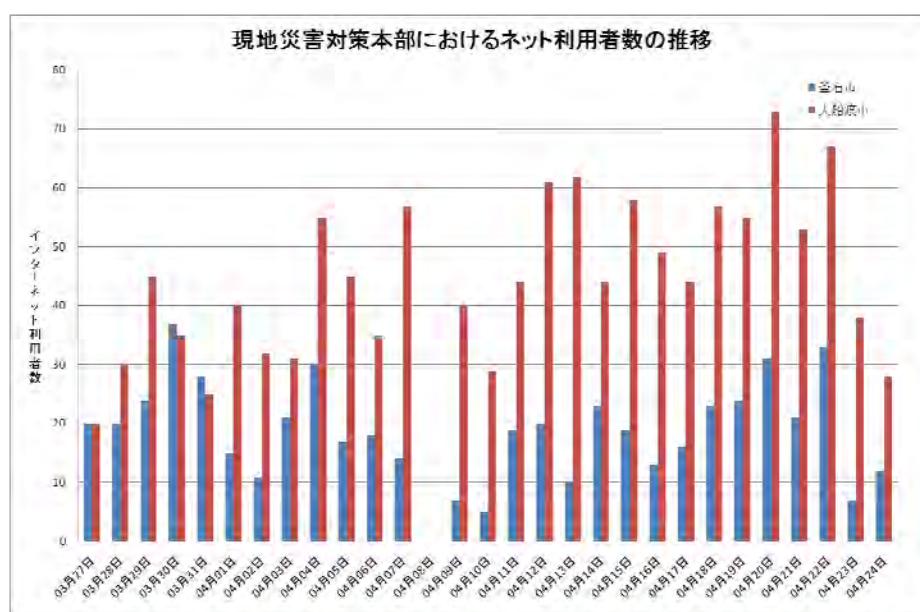


図 2.2-11 ネット利用者数の推移

利活用の状況については、沿岸地域に支援活動に来ていた支援機関の派遣要員は、派遣元への報告手段として Webmail の利用や、支援地域へ交通手段・道路の復旧状況の確認やルート確認などに活用された。また、一般市民によるインターネット利用に関しては、被災後 1～2 週間までは生存安否確認や避難所情報、避難者検索、被災状況などの震災関係の情報収集が主であった。特に市のホームページ上に掲載されていた被災者名簿の閲覧が多く、紙台帳がテーブル上に設置されているものの、インターネット (PC) による閲覧は情報の更新タイミングや検索性に優れているため、利用者が多かったものと考えられる。さらに、2 週間経過以降は罹災証明書の発行や電気・ガス・電話等の生活インフラの復旧状況の確認、仮設住宅の申し込み情報や賃貸住宅、中古車検索、病院・学校や求人情報など、生活面での情報収集に移行していた。これらのことから、被災後の時間経過とともに被災者が求める情報は震災関連の情報から生活環境の情報に変遷していくことが分かった。



図 2.2-12 一般市民によるインターネット利用の様子（左：釜石市、右：大船渡市）

2.2.2 「きく 8 号」(ETS-VIII)

2.2.2.1 「きく 8 号」の概要と特徴

技術試験衛星 VIII 型「きく 8 号」(ETS-VIII : Engineering Test Satellite VIII) は、今後の宇宙活動において必要となる先端的な衛星共通基盤技術の開発、先端衛星通信システムの技術開発を通じて、高度情報化へ進む社会に貢献することを目的とした我が国最大の静止衛星であり、2006 年 12 月 18 日に H-IIA ロケットにより打ち上げられた。

「きく 8 号」のミッションは以下に示す新しい技術の実証である。

- ① 静止軌道上 3 トン級の大型静止衛星バス技術
- ② 19m×17m の大型展開アンテナ技術
- ③ 携帯端末による移動体衛星通信システム技術、並びに画像や高品質な音声の伝送を可能とする移動体衛星デジタルマルチメディア同報通信システム技術
- ④ 静止衛星による衛星測位システム基盤技術

また、「きく 8 号」の特徴は以下のとおりである。

■ テニスコート大 (19m×17m) の大型展開アンテナを2基搭載

大型展開構造物の軌道上展開技術、大型展開アンテナ技術の実証を実施した。この技術は我が国と米国のみ保有。

■ 移動体衛星通信技術

大型展開アンテナを有することから、地上端末の小型化を可能とし、可搬性・携帯性に優れた衛星通信端末により、地上通信網が寸断された場合でも安易に衛星通信回線を確保できる。

また、可搬型通信端末は TCP/IP インタフェースにより、市販のネットワーク機器との親和性に優れている。携帯型の超小型端末は「きく 8 号」との直接通信に対応し、位置情報の送受信、メッセージ送信機能を有しており防災・災害時のツールとしても有効。遠隔地のセンサ情報の送受信を行う端末としての応用利用が可能。

※移動体衛星通信技術の実証については、移動体通信用 S バンド受信系 LNA（低雑音増幅

器)の異常により大型展開アンテナ(受信側)を使用した実験が困難となったため、地上端末側の出力増強、外部アンテナ接続、衛星側での代替アンテナ受信により、当初計画していた実験を継続した。

■ 世界最大級の大型静止衛星及び共通バス技術

静止軌道上3トン級の世界最大級の大型衛星であり、共通バス技術を実証した。「きく8号」のバス「DS2000」は準天頂衛星試験機1号機「みちびき」、気象衛星「ひまわり」、その他海外商用衛星にも採用されている。

■ 静止衛星による衛星測位技術

原子時計を搭載し、静止衛星による衛星測位基盤技術を実証した。得られた成果は準天頂衛星システムにも反映されている。

これまでに大型展開アンテナ特性評価実験などの軌道上技術評価を実施するとともに、移動体衛星通信分野において可搬型通信端末や超小形携帯通信端末を使用した防災実証実験、災害医療実験を行い、「きく8号」の移動体衛星通信技術が様々な分野に適用可能であることを実証してきた。

図 2.2-13 に「きく8号」の移動体通信・測位システムの利用イメージを以下に示す。

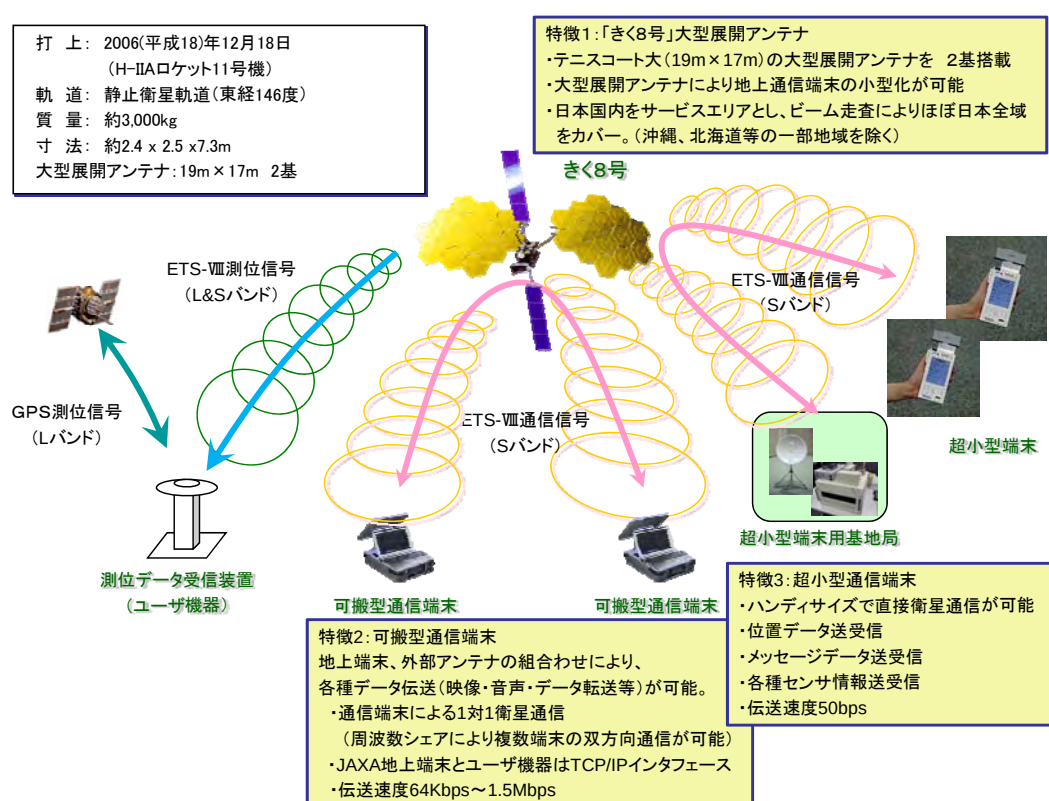


図 2.2-13 「きく8号」の移動体通信・測位システム利用イメージ

2.2.2.2 被災地における通信提供の経緯

東日本大震災における被災地への通信回線提供支援の経緯

- 平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災の発災を受け、3 月 15 日、運用休止していた「きく 8 号」通信端末による被災地への衛星回線提供について検討を開始。併せて、協力会社による通信端末の健全性確認のための要員確保、他機関の実験中であった「きく 8 号」衛星回線の確保について調整を開始。
- 3 月 16 日-18 日、通信端末の健全性確認を実施。併せて、協力会社による被災地への要員派遣、当面の「きく 8 号」回線の確保について調整を実施。
- 3 月 18 日、端末の健全性確認の結果、問題なく通信機器が動作し、被災地における衛星回線提供が可能である目途を得た。
- 同日、通信機材一式の搬出準備完了、JAXA 要員及び協力会社要員の派遣調整、当面の期間の衛星回線の確保も完了し、支援体制を整えた。
- 3 月 19 日、被害が甚大な宮城県の各市町村へ連絡を試みるが、連絡が取れない市町村がほとんどであり、連絡が取れた市町村は回線不通地域が少なかったことから回線支援提供の要請はなかった。
- 同日、被災地への「きく 8 号」の有効活用伝達が困難であったため、「きずな」と防災訓練等で協力関係にあった NPO 法人愛知ネットに対して「きく 8 号」の被災地での活用について照会した。
- 3 月 20 日、NPO 法人愛知ネットより、大船渡市入りした現地スタッフの情報として岩手県大船渡市役所において「きく 8 号」を活用したい旨連絡があった。
- 3 月 22 日、大船渡市役所から文部科学省に対して“技術試験衛星 VIII 型「きく 8 号」を利用した通信手段確保について”の要請があり、同日、文部科学省より JAXA に対して、大船渡市の要請に基づき「きく 8 号」を利用した通信手段確保について支援要請の依頼があった。
- 3 月 23 日、通信機材、要員 2 名を現地に派遣。
- 3 月 24 日午前、大船渡市役所に機材搬入、ETS-VIII 可搬型通信端末、アンテナ類を設置し、大船渡一つくば間宇宙センター間で衛星回線の接続を完了。午後より通信回線の提供を開始した。利用用途は災害対策本部における情報収集のためのインターネット利用。（業務用インターネット及び IP 電話）
- 4 月 2 日、岩手県大船渡市に続き、同県大槌町の災害対策本部兼避難所である中央公民館にて「きく 8 号」通信回線の利用についての要請があり、同日夕刻、現地へ機材輸送、要員 2 名を派遣した。
- 4 月 3 日、大槌町中央公民館へ機材設置、通信確認。
- 4 月 4 日、大槌町における衛星回線提供開始。主な利用用途はインターネットを利用した避難住民による安否情報収集、その他災害対策本部関係者の業務利用。
- 4 月 7 日深夜、最大級の余震（最大震度 6 強）発生。

-
- 4 月 8 日、大船渡市、大槌町ともに余震の影響で停電、携帯電話も一時使用不能。ポータブル発電機を運用し、「きく 8 号」によるインターネット回線を提供。
 - 4 月 10 日、大船渡市災害対策本部のインターネット回線が概ね復旧したことから大船渡市災害対策本部と文部科学省が調整の上、「きく 8 号」通信回線提供を終了。
 - 4 月 21 日、大槌町中央公民館において、NTT による臨時インターネット回線の設置に伴い、「きく 8 号」通信回線提供を終了。
 - 4 月 22 日、宮城県女川町災害対策本部より「きく 8 号」通信回線の利用についての要請があった。
 - 4 月 25 日、機材輸送及び要員 3 名を現地に派遣。
 - 4 月 26 日、女川町高白浜地区避難所「海泉閣」において機材設置、午後より「きく 8 号」通信回線提供開始。主な利用用途は避難住民のインターネットを利用した生活情報収集。
 - 5 月 12 日、女川町高白浜地区避難所において WIDE プロジェクトによる衛星インターネットサービス（IPSTAR）の提供開始に伴い、「きく 8 号」通信回線提供を終了。
 - 5 月 13 日、女川町における機材を撤収。

2.2.2.3 通信形態と通信利用結果

通信端末の健全性確認は単体確認に加え、総合動作確認として実績のあった映像伝送システム（「きく 8 号」回線を使用した 1 対 1 の映像・音声伝送）によりインタフェース確認を実施した。当初、実績のある映像伝送システムによる回線提供支援を検討していたが、被災地のニーズが不明であったこと、映像伝送システムの運用性、機材、提供回線数、要員ともに限られたリソースで「きく 8 号」を最大限に被災地で有効活用することを考慮し、追加でインターネット接続確認を実施した。

「きく 8 号」通信端末によるインターネット接続はこれまで実験実績はなかったが、利用が可能であれば回線速度に制約はあるものの、複数 PC でのインターネット利用、IP 電話回線としての利用が可能であるうえ、映像伝送システムに比較して運用性も簡素化される利点があった。初めての試みであったがインターネット回線としても十分に活用できることが確認できたため、映像伝送システムの活用とインターネット回線としての活用の 2 種類の利用形態を準備した。結果的には被災地のニーズとしてインターネット利用による情報収集の要望が高く、「きく 8 号」によるインターネット回線提供を行うこととなった。筑波における準備状況を図 2.2-14 に示す。

準備項目・機材等	数量、回線速度等	
機能確認期間	3/16-3/18	
ETS-VIII 可搬型通信端末	提供可能台数: 6	
20Wアンプ	提供可能台数: 4	
90cmφアンテナ	3式準備(被災地用)	
1.2mφアンテナ	3式準備(筑波用)	
提供回線速度	上り最大: 768Kbps 下り最大: 768Kbps	
提供回線数	最大3回線 (予備機なしの場合)	
付属装置	インターネット用PC IP電話 FOMA通信カード 映像伝送システム等	
その他	LANケーブル必要数 RFケーブル必要数 発電機等準備	
利用形態	インターネット回線提供。 ユーザのニーズにより、柔軟に 対応することを想定。	筑波における機能確認／準備状況



図 2.2-14 準備状況

図 2.2-15 に、「きく 8 号」による岩手県、宮城県への通信回線提供支援の概要図を、図 2.2-16 に、「きく 8 号」によるインターネット回線提供の概要を示す。

岩手県大船渡市、同県大槌町、宮城県女川町へ ETS-VIII 可搬型通信端末、アンテナ、ノート PC 等を設置し、筑波宇宙センターではインターネット回線に接続された各被災地向けの ETS-VIII 可搬型通信端末を準備した。被災地及び筑波を「きく 8 号」を経由で回線接続することにより、インターネット回線を被災地へ提供した。

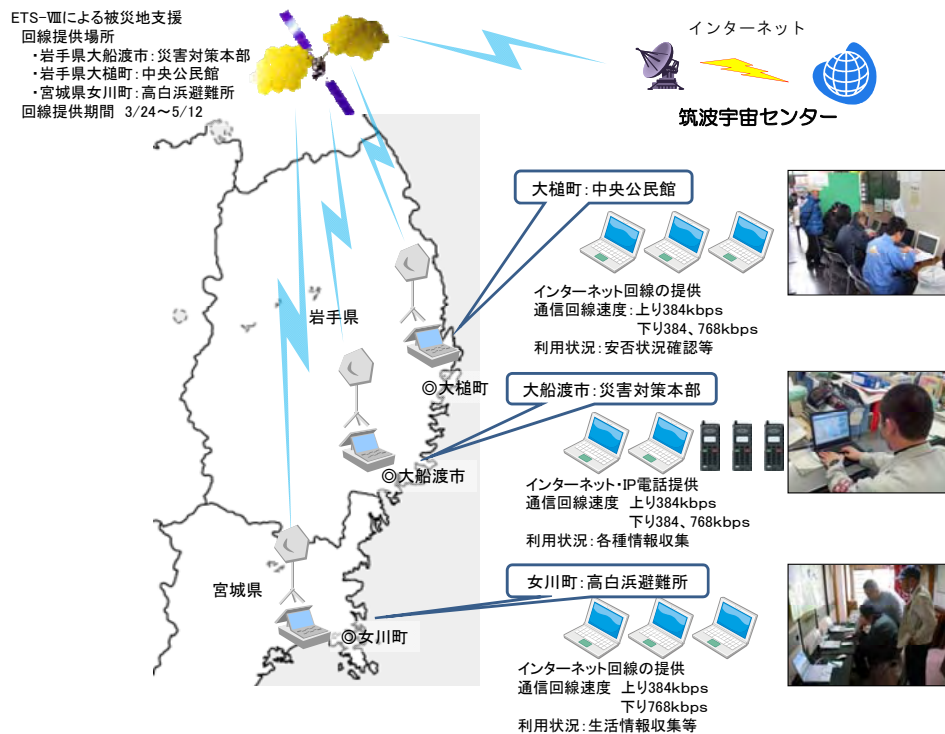


図 2.2-15 東日本大震災における「きく8号」通信回線提供支援概要

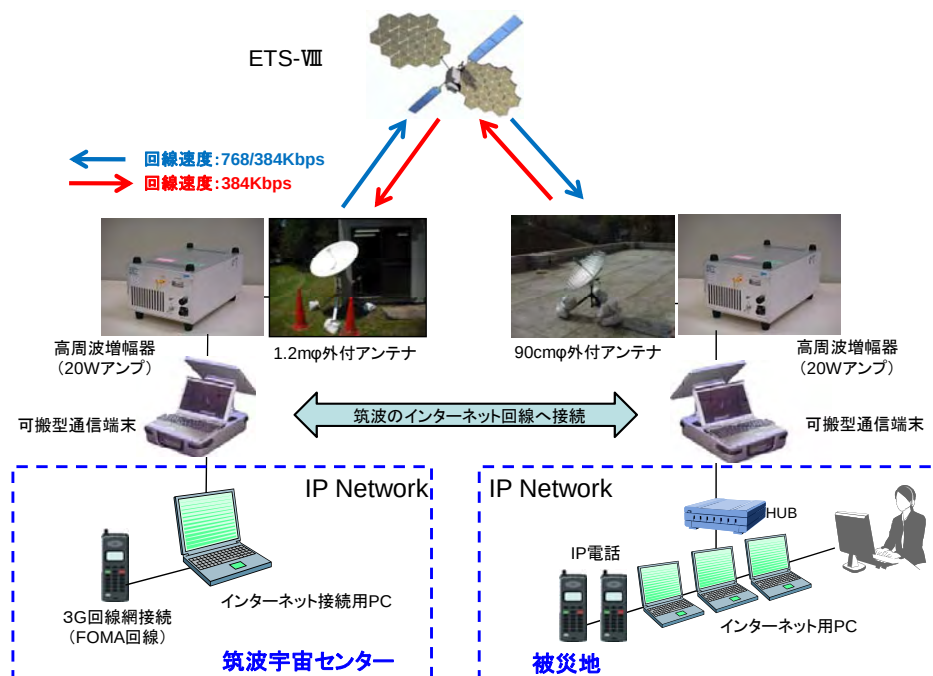


図 2.2-16 「きく8号」によるインターネット回線提供の概要

(1) 岩手県大船渡市役所における利用状況

大船渡市役所では災害対策本部での利用として、インターネット回線及び IP 電話回線として活用され、インターネット用 PC2 台、IP 電話 3 台を設置した。

回線提供した 3 月 24 日の時点の大船渡市役所の通信インフラは、音声回線は数回線確保できているものの、回線数は少なく、情報収集手段としてのインターネット回線が必要な状況であった。

災害対策本部としてのインターネット利用形態は多種多様であり、現地対策本部からはインターネット回線確保により、情報収集が可能となり大変助かっているとのコメントを受けた。また、IP 電話に関しては衛星携帯電話と比較して遅延が少ないため非常に話しやすいとのコメントがあった。

IP 電話については衛星携帯電話がダブルホップ方式であるのに対して、「きく 8 号」は直接中継（シングルホップ）方式であることも一因であると考えられる。

3 月 25 日には、「きく 8 号」によるインターネット回線が確保できたことが大船渡市の定例記者会見でも周知された。

その他、4 月 7 日深夜に発生した最大級の余震（震度 6 強）では 4 月 8 日にかけてこれまで復旧してきた電気・通信インフラが再び使用不能となる事態に陥ったが、停電、携帯電話等は使用不能な状況でも事前に準備したポータブル発電機によりインターネット回線を提供し、対策本部の情報収集に活用された。

大船渡市役所における設置状況、利用状況を以下に示す。

表 2.2-1 大船渡市における通信端末設置・利用状況

支援場所	支援期間	提供回線等	利用用途	備考
岩手県大船渡市 災害対策本部	3/24-4/10 (18日間)	上り: 384Kbps 下り: 768/384Kbps (※) ※4/4-4/10の期間、岩手県 大槌町との周波数シェアによ り、下り回線速度を384Kbpsで 提供。	災害対策本部の情報収集 ・気象庁情報の収集 ・国土地理院航空写真による情報 収集 ・津波シミュレーション情報(既存) ⇒上記を基にした防災マップと 今回の被害状況比較 ・各種法令検索(災害関連) ・ニュース閲覧、メール利用	・ノートPC2台設置 ・IP電話3台設置
支援開始時(3/24)の通信環境(大船渡市役所内) ・一般固定電話／インターネット回線: 不通(復旧目処不明) ・衛星携帯電話: 3回線(NTTドコモ) ・防災専用電話／FAX: 1回線(但し、接続先限定) ・携帯電話回線: 臨時基地局等によりドコモのみ利用可能。(但し、輻輳も多々あり) ・その他消防・警察連絡用無線、警察無線、自衛隊の無線設備が導入されていた。				



図 2.2-17 大船渡市役所（左：市役所外観、右：災害対策室）



図 2.2-18 通信機器等の設置状況（左：90cmφ可搬型アンテナ、中央：可搬型通信端末、右：ポータブル発電機）



「きく 8 号」回線を使用した IP 電話機

図 2.2-19 対策本部における利用状況

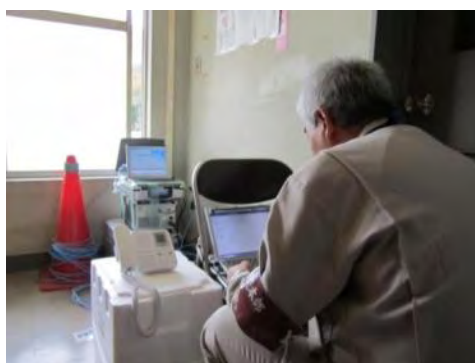


図 2.2-20 4月8日停電時の回線使用状況（執務室停電のため屋上で発電機運転）



図 2.2-21 津波による被害状況（陸前高田市付近）



図 2.2-22 大船渡市／市街地の状況

(2) 岩手県大槌町中央公民館における利用状況

大槌町では災害対策本部兼避難所での回線提供となり、主に一般の被災者向けのインターネット利用として活用された。4月4日時点の大槌町中央公民館の一般市民向けの通信インフラはNTTの臨時衛星電話回線が5回線設置されていたことから、インターネット利用のみの回線提供としてPCを3台設置した。

中央公民館における利用形態は主に安否情報確認であり、罹災証明等震災に関連する情報収集、個人及び災害対策支援者のweb、メール利用であった。

4月7日の余震発生翌日もポータブル発電機により衛星回線を提供した。

設置状況、利用状況を以下に示す。

表 2.2-2 大槌町における通信端末設置・利用状況

支援場所	支援期間	提供回線等	利用用途	備考
岩手県大槌町 中央公民館	4/4-4/21 (17日間)	上り: 384Kbps 下り: 768/384Kbps (※) ※4/4-4/10の期間、岩手県大船渡市との周波数シェアにより、下り回線速度を384Kbpsで提供。4/11以降は下り回線速度768Kbpsで提供。	被災者のインターネット利用 ・安否情報確認、避難者検索 ・避難所情報 ・震災状況、ニュース閲覧 ・罹災証明関連、保険契約確認 ・電気、電話、ガス等解約 ・webメール利用	・ノートPC3台設置 1日あたり利用者 約20-30名

支援開始時(4/4)の通信環境(大槌町中央公民館)

- ・NTTによる臨時衛星電話回線: 5回線
- ・携帯電話回線 : 利用可能(輻輳、データ通信不可などの一部制約あり)
- ・被災者向けインターネット環境: なし

中央公民館屋上



屋上出入り口



図 2.2-23 通信機器等の設置状況 (左: アンテナ、右: 通信機材)

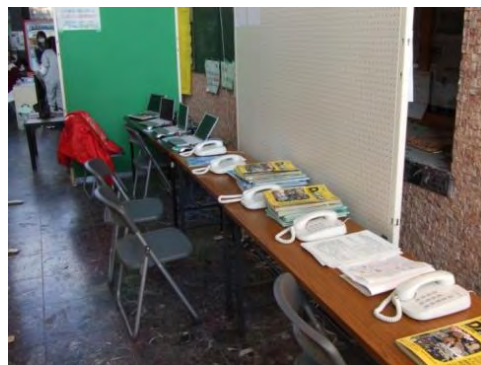


図 2.2-24 中央公民館ロビーに設置された JAXA インターネット用 PC と NTT 臨時電話回線



図 2.2-25 インターネット利用状況

(3) 宮城県女川町高白浜避難所

女川町では避難所での回線提供となり、避難者向けのインターネット利用として活用された。4月25日時点の女川町の通信インフラの状況は、携帯電話は復旧済みであったが、一般電話回線未復旧の状況であり、回線提供を実施した高白浜避難所では立地環境から、携帯電話も繋がりにくい状況であった。

大槌町同様の一般者向けのインターネット回線提供であったが、避難所における利用状況は罹災証明等、震災に関する情報収集に加え、中古車、中古船、衣類等通信販売、求人情報などの生活情報に加え、地盤沈下により市街地が潮の干満により冠水することから毎日の汐見表閲覧等、地域に特化した情報収集も見られた。設置状況、利用状況を以下に示す。

表 2.2-3 女川町における通信端末設置・利用状況

支援場所	支援期間	提供回線等	利用用途	備考
宮城県女川町 高白浜避難所 「海泉閣」	4/26-5/12 (18日間)	上り: 384Kbps 下り: 768Kbps	避難住民のインターネット利用 ・仮設住宅情報、通信販売(衣類、家具) ・潮見表閲覧、震災状況、ニュース閲覧 ・中古車・船舶情報 ・求人情報、病院・学校情報 ・携帯電話契約、その生活情報全般 避難所の要望により14時～21時の時間帯で回線提供	・ノートPC3台設置 1日あたり利用者 約20名
支援開始時(4/26)の通信環境(女川町内および高白浜避難所) ・一般電話回線／インターネット回線: 不通(5月中復旧見込み) ・携帯電話回線: 利用可能(但し、避難所の電波環境は悪く使用不可な場合あり) ・避難所では連絡用携帯電話を複数配備していた。				



図 2.2-26 通信機器等の設置状況（左：アンテナ、右：通信端末）

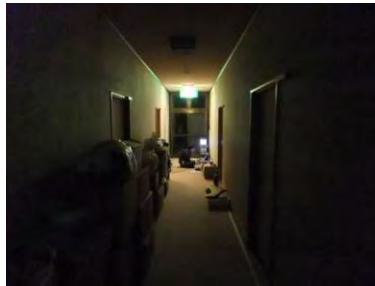


図 2.2-27 夜間の運用



図 2.2-28 インターネット利用状況



図 2.2-29 女川町の状況（左：女川町、右：通勤経路（満潮時））

(4) 支援結果

震災発生後、3月16日の通信機器の動作確認から5月13日の機材撤収まで、約2か月に渡り JAXA 及び協力会社から総勢 15 名がローテーションにより、筑波宇宙センター、岩手

県大船渡市、大槌町、宮城県女川町において衛星回線提供に従事した。

回線提供支援により、災害対策本部の情報収集から避難所における安否情報確認など、行政利用から一般利用まで被災地のニーズに沿ってあらゆる情報収集に活用された。また、可能な限り各支援場所の要望に応じて回線提供時間の延長など柔軟に対応した。

「きく 8 号」については回線速度に制約はあるものの、通信端末の機動性・運用性に優れていることから、大災害発生時の初動対応としての回線確保に有効であることが実証された。被災地のニーズとして、防災アプリケーションよりも通話／インターネット機能が最優先であることも明白であった。長期にわたるインターネット回線提供により利用状況が発災当初の被害情報収集から復興に向けた生活情報収集へシフトしていき、利用ニーズは時間の経過とともに変化していくことが明確に見て取れた。

研究開発衛星である「きく 8 号」による通信回線提供支援は、初の災害対策支援にも関わらず、毎日のように余震が続く約 2 か月の支援の間、衛星・通信機材の大きな不具合の発生、要員の事故等もなく、天候不良（強風）による中断を除いて終始安定した通信回線を提供することができた。

今回の支援では「きく 8 号」が持ちうる機能・性能とリソースを最大限に活用し、その実力を発揮することができ、支援場所で有効活用して頂いた。

2.2.3 まとめ

東日本大震災直後、東北地方沿岸域においては、デジタル・ディバイドの状況下になり、「きずな」や「きく 8 号」の通信回線提供支援を岩手県や宮城県女川町の災害対策本部に提供した。今回の震災において商用通信回線の被災全体状況の推移と被災地支援で得られた知見などを以下でまとめた。

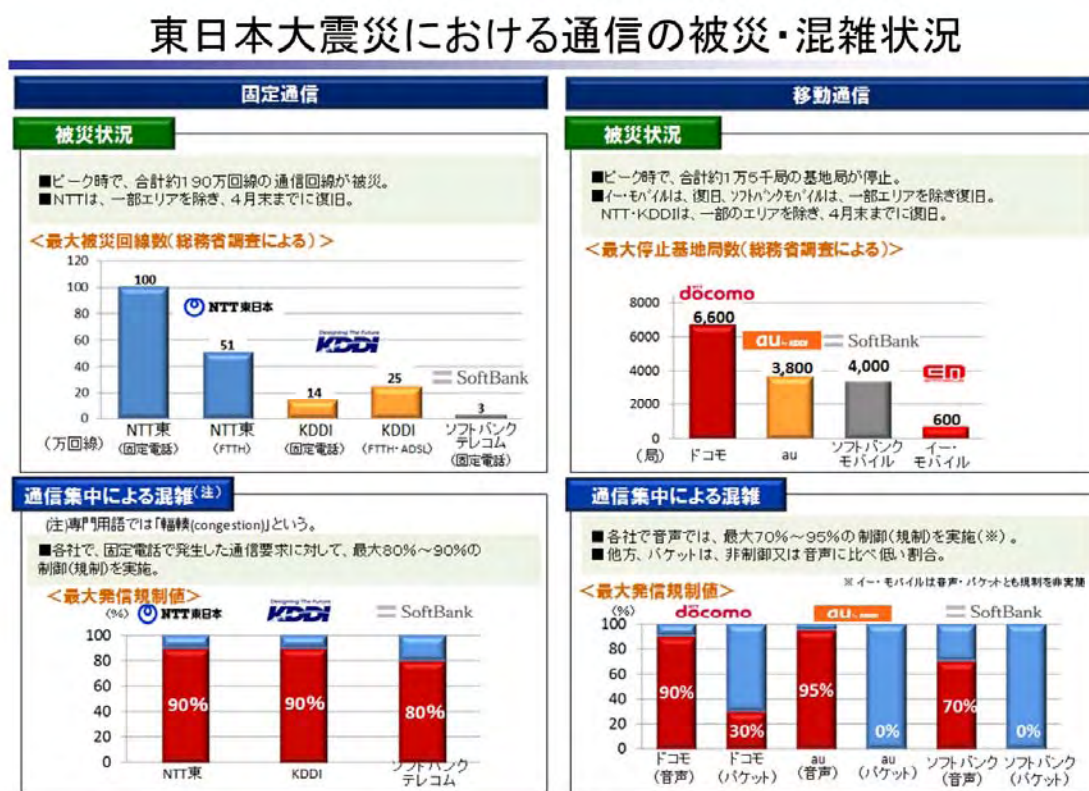
2.2.3.1 東日本大震災における通信の被災状況について

東日本大震災における通信の被災状況等については、総務省情報通信審議会情報通信政策部会（第 37 回）の「情報通信分野における東日本大震災による被害状況とこれまでの復旧状況（資料 37-1-10）」でとりまとめており、その資料を引用する。

図 2.2-30 では、固定通信と移動通信の状況を示しており、固定通信では 190 万回線、移動通信では 1.5 万局の基地局が最大で停止している。

図 2.2-31 では、3 月 11 日から 5 月 6 日までの固定電話の不通回線数、及び携帯電話基地局の停波局数の推移を示しており、3 月 11 日の東日本発生直後に固定や携帯電話の両回線が使用不可になっておらず、翌日以降に使用不可のピークを迎えている。これは、図 2.2-32 に示すとおり震災直後停電したが、中継交換局や基地局制御局の自家発電機が作動、運用できたことに起因し、自家発電機の燃料枯渇停止後に両回線のピークを迎えたためである。

図 2.2-33 では、震災 2 週間、1 ヶ月、1.5 ヶ月後の岩手県における通信回線被害状況の推移を示したものである。震災 2 週間後は今回、回線提供を実施した釜石市、大船渡市、大槌町を含む 10 市町村について、震災 1 ヶ月後は釜石市、大船渡市、大槌町を含む 5 市町の一部について回線復旧してない状況であるが、震災 1.5 ヶ月後でようやく全ての回線が復旧している。



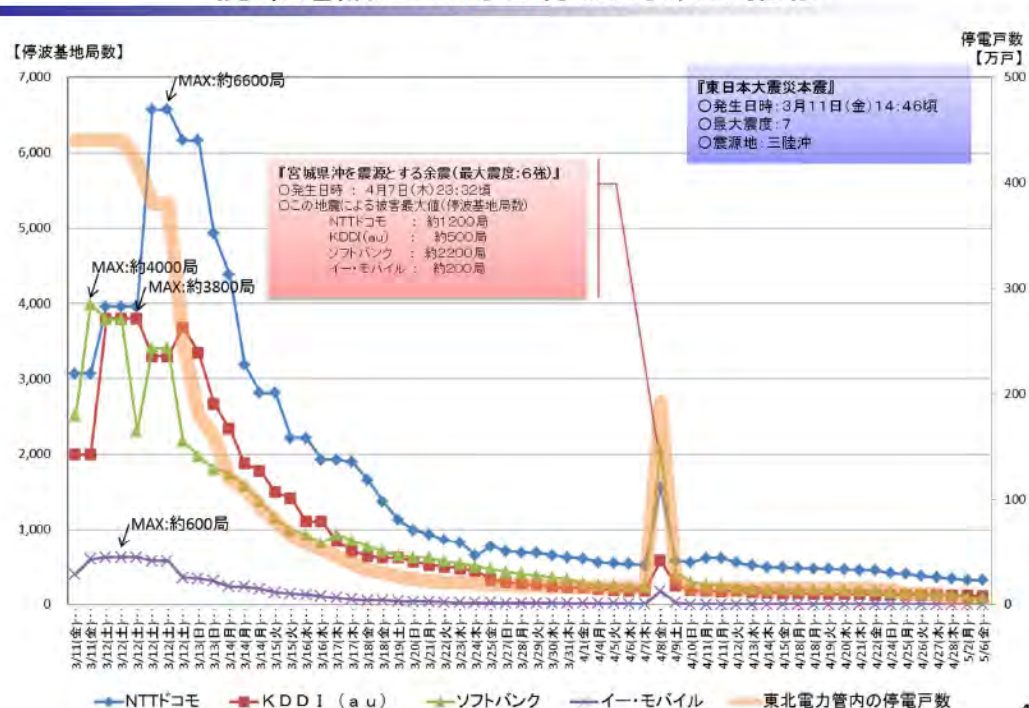
(第 37 回 総務省情報通信審議会情報通信政策部会資料)

図 2.2-30 東日本大震災における通信の被災・混雑状況

固定電話の不通回線数の推移



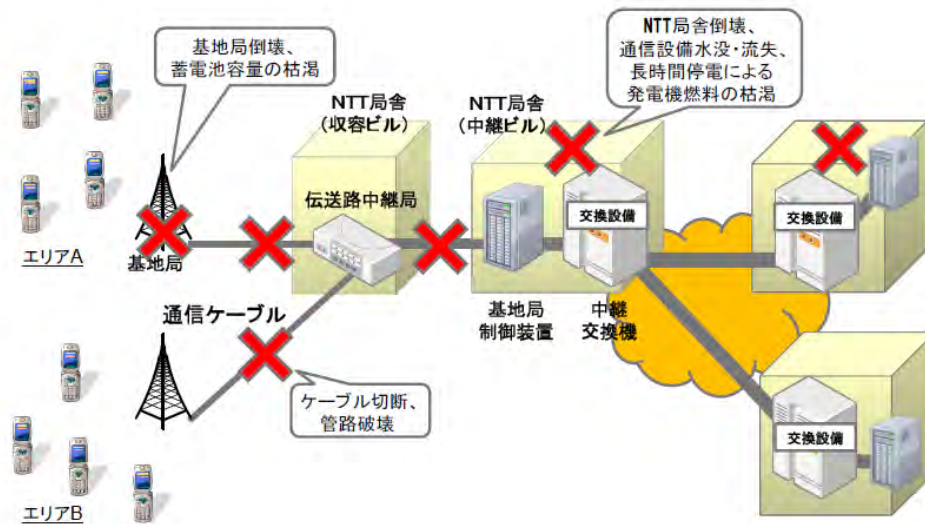
携帯電話基地局の停波局数の推移



(第37回 総務省情報通信審議会情報通信政策部会資料)

図 2.2-31 固定電話の不通回線数及び携帯電話基地局の停波局数の推移

携帯電話ネットワークの被災箇所



(第 37 回 総務省情報通信審議会情報通信政策部会資料)

図 2.2-32 携帯電話ネットワークの被災箇所

東日本大震災による被害状況の推移(地理的分布)

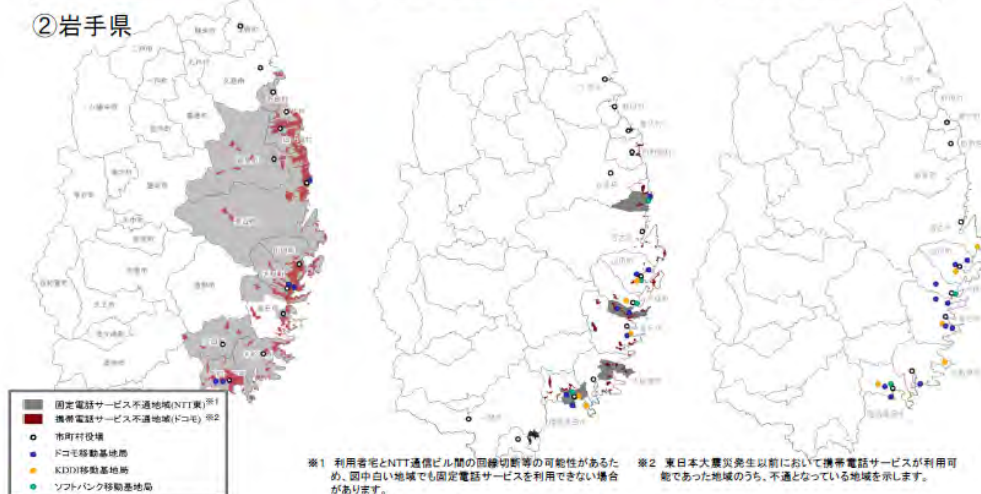
①全体 ※東北・関東地方における被害状況

3/25(震災後2週間)
【NTT固定電話※】
リ障回線数:約94,200回線
機能停止交換局数:72局
【携帯電話(ドコモ)※】
停波基地局数:771局

4/11(震災後1ヶ月)
【NTT固定電話※】
リ障回線数:約54,800回線
機能停止交換局数:33局
【携帯電話(ドコモ)※】
停波基地局数:612局

4/25(震災後1.5ヶ月)
【NTT固定電話※】
リ障回線数:約35,400回線
機能停止交換局数:22局
【携帯電話(ドコモ)※】
停波基地局数:403局

②岩手県



(第 37 回 総務省情報通信審議会情報通信政策部会資料)

図 2.2-33 岩手県における通信回線被害状況の推移

2.2.3.2 被災地での通信回線提供支援で得られた知見

県の災害対策本部や現地対策本部や、現地対策本部に訪れていた被災者住民との直接のふれあいを通じ、並びに国や自治体の派遣チームなどとのやり取りなどで得た知見の総括を以下に示す。

- 災害前まで使えた電話やインターネットが災害後でも同質で使えることが理想
 - 災害直後は、食糧やガス・水道ではなく、救急患者や助けを伝える通信手段が必要。
 - 実際に岩手県では、通信できないことから救命活動の遅延にも繋がった。
 - 携帯電話については、生存者は携行していることが多いが、インターネット利用の PC 端末については、被害のある家屋等の建屋にあることが多いことからインターネット回線が早期復旧したとしても PC 端末が無いことから情報の送受信が困難であった。岩手県釜石市、大槌町や宮城県女川町は津波被害で庁舎が被害を受け、使用できる PC の制限もあった。
- 津波被害の沿岸域は、基地局や地上回線ケーブル等の切断・破壊により瞬時にデジタル・ディバイドとなり、自治体間での情報共有、余震や津波速報など同報が重要。
 - 震災・津波直後に連絡がとれない市町村こそ甚大な被害を受けており、最も恐れる事態。
 - 実際に岩手県の沿岸域においては、津波被害後の余震や余震に伴う津波情報など住民への同報が出来なかった。
- 利用時期、場所、用途によって多様な情報通信回線が求められる。総じて、通話利用については、被災者・自治体で利用者の違いであるが、インターネット利用について、被災者はダウンロード利用、自治体は被災地からのアップロード利用が多い。
 - 発災直後～2 週間：通話回線やインターネット回線不通
 - ✓ 被災者
安否情報発信のための通話利用、インターネットではメール送受信、被災者検索や被災状況確認。通話回線容量程度。
 - ✓ 被災地外自治体などからの被災地派遣チーム
活動拠点と派遣隊員との通話利用、インターネットでは被災現場映像の派遣元への伝送、派遣地の地図・道路状況の確認
 - ✓ 被災地自治体
状況把握と情報共有のための通話やインターネット利用、災害対策本部と現地対策本部を結んだテレビ会議利用。釜石市の現地対策本部（沿岸広域振興局）での「きずな」実績では、上り回線最大 6Mbps 程度。
 - 発災 2 週間～：通話回線はほぼ復旧。インターネット回線は通信事業者の通信カードでの回線容量（数百 Kbps 以上ベストエフォート）程度の利用可能。
 - ✓ 被災者・避難所

インターネット利用としては、生活関連情報利用（り災証明手続き、避難所、保険適用確認、ライフライン解約、求人、学校、中古車他）。女川町の避難所での「きく 8 号」実績では、最大 768kbps 回線程度。

✓ 被災地外自治体などからの派遣チーム

活動拠点と派遣隊員との通話利用、インターネットでは被災現場映像の派遣元への伝送、派遣地の地図・道路状況の確認

✓ 被災地自治体

状況把握と情報共有のための通話やインターネット利用、災害対策本部と現地対策本部を結んだテレビ会議利用。「きずな」実績では、釜石市の現地対策本部（沿岸広域振興局）に上り回線最大 6Mbps 程度。

以上をまとめると表 2.2-4 になる。

表 2.2-4 被災地での回線利用についてのまとめ

対 象	詳 細	用 途	回線容量	備 考
被災者		安否確認のための通話、メール利用	数十 Kbps～ （上下回線）	生存安否や救急救命連絡等で通話必須
避難所		安否確認、被災情報や生活関連情報収集のための通話、インターネット利用	「きく 8 号」実績：768kbps～	岩手県大槌町、宮城県女川町の避難所
派遣チーム		現地からの情報発信と派遣元との共有、映像配信、地図情報等の情報収集利用	数 Mbps～	現地映像配信から避難所と被災地自治体の間の回線容量とした。
被災地自治体	現地対策本部あり	情報収集、共有、発信のためのインターネット利用、情報共有のための TV 会議利用	「きずな」実績：6Mbps～	岩手県災害対策本部、釜石及び大船渡の現地対策本部（沿岸広域振興局）
	現地対策本部なし	情報収集、共有、発信のためのインターネット利用	「きく 8 号」実績：768kbps～	岩手県大船渡市役所

「きずな」や「きく 8 号」の回線提供については、これまでの実験や訓練の成果をそのまま適用可能なことを実証した。また、回線提供を通じて、衛星回線網については、「きずな」、「きく 8 号」のみならず商用通信衛星など被災地自治体などで活用された。このことは、地上回線網のみに頼るのではなく補完回線として衛星回線網が必要な証左でもある。地上回線網は、今回のような甚大な災害時には、通信ケーブルの切断や基地局が破壊されるという弱点を有しており、国民の尊い生命・財産を守る為にも、補完回線である衛星回線系が重要である。震災・津波直後に連絡がとれない地域こそ甚大な被害を受け、最も恐れるべき事態であることから、災害に強い我が国の情報通信のあり方の検討が喫緊の課題であると考えらる。

3. 他機関がとらえたJAXA活動

3.1 メディアにおけるJAXA関連の掲載状況

東日本大震災に対応し、JAXA が実施した「だいち」による被災地の観測、「きずな」「きく 8 号」による被災地通信支援の活動は、多くの新聞、ニュース等によるメディアで報道された。メディアにより報道された、東日本大震災に対応する JAXA の活動を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 メディアにより報道された JAXA 活動

掲載日	掲載メディア	種別	紙面	見出し もしくは 掲載内容	衛星
2011 年 3 月	15 日 Yahoo ニュース	web	-	【地震】JAXA、陸地観測衛星「だいち」による被災地域の画像を公開	「だいち」観測画像を紹介
	16 日 goo ニュース	web	-	JAXA、陸地観測技術衛星「だいち」による東北地方の緊急観測を追加実施	「だいち」観測画像を紹介
	Yomiuri Online	web	-	大津波にさらわれた家屋、沖合い 20 キロまで漂流	「だいち」観測画像を紹介
	読売新聞	新聞/朝	7	東日本巨大地震 沖合 20 キロまで漂流物	「だいち」観測画像を紹介
	goo ニュース	web	-	【東日本大地震】3m 以上地殻変動 JAXA が緊急観測	「だいち」観測画像を紹介
	17 日 日経 BPnet ITpro	web	-	JAXA が陸地観測技術衛星を使った被災地域の地殻変動観測結果を Web で情報提供	「だいち」観測画像を紹介
	NHK ニュース	web	-	実験中の衛星 被災地通信	「きずな」の被災地通信を紹介
	日本経済新聞	新聞/夕	10	超高速通信衛星、被災地で活用、JAXA	「きずな」の被災地通信を紹介
	河北新報	新聞/朝	1	奪われた名勝松原 衛星「だいち」 陸前高田撮影	「だいち」観測画像を紹介
	18 日 日本経済新聞	新聞/朝	30	太平洋沿岸 海岸線の形変わる 専門家が衛星画像解析	「だいち」観測画像を紹介
	岩手日報	新聞		決壊浸水ははっきり 岩手大チーム衛星画像解析	「だいち」観測画像を紹介
	岩手日報	新聞	4	東日本大震災 宇宙研究開発機構 衛星で釜石市一県庁の通信支援	「きずな」の被災地通信を紹介
	Yahoo ニュース	web	-	【東日本大地震】JAXA、「きずな」用の通信システムを被災地に提供	「きずな」の被災地通信を紹介
	日刊工業新聞	新聞		東日本大震災/JAXA、ネット衛星「きずな」利用し岩手にアンテナ設置	「きずな」の被災地通信を紹介
	response.jp	web	-	【東日本大地震】JAXA、「きずな」用の通信システムを被災地に提供	「きずな」の被災地通信を紹介
	asahi.com	web	-	福島沿岸、津波のつめ跡くっきり 衛星「だいち」画像	「だいち」観測画像を紹介
	毎日新聞	新聞/夕		東日本大震災：牡鹿半島 3.5 メートル東へ衛星「だいち」観測	「だいち」観測画像を紹介
	日刊工業新聞	新聞	19	東日本大震災 JAXA インターネット衛星きずな利用 岩手にアンテナ設置 要因も 5 人派遣	「きずな」の被災地通信を紹介
	フジサンケイビジネスアイ	新聞	6	東日本大震災 津波の傷跡 広範囲でくっきり	「だいち」観測画像を紹介
	電経新聞	新聞	3	衛星携帯 総務省が貸与を要請 NTT ドコモ 324 台、KDDI144 台	「きずな」の被災地通信を紹介
	23 日 日本経済新聞	web	-	超高速通信衛星「きずな」、被災地で活用 JAXA	「きずな」の被災地通信を紹介
	27 日 テレビ朝日 サンデーフロントライン	TV	-	巨大堤防超えた・まさかの津波	「だいち」観測画像を紹介
	28 日 日本情報産業新聞	新聞	2	災害対策を円滑に ブロードバンド回線提供 NICT	「きずな」の被災地通信を紹介

掲載日	掲載メディア	種別	紙面	見出し もしくは 掲載内容	衛星
	電経新聞	新聞	3	東北地方太平洋沖地震 JAXA 大船渡市に「きく 8 号」用端末 技術試験衛星で被災地を支援	「きく 8 号」の被災地通信を紹介
29 日	茨城新聞	新聞	18	陸地、東に 3.5 メートルずれる	「だいち」観測画像を紹介
	福島民友	新聞	3	東北最大 3.5 メートルずれる 地殻変動、伊達は 1 メートル	「だいち」観測画像を紹介
	テレビ朝日 やじうまテレビ!	TV	-	市民へ届け希望の光・生き残った一本松	「だいち」観測画像を紹介
30 日	日刊工業新聞	新聞	25	大船渡市のネット整備 JAXA「きく 8 号」利用	「きく 8 号」の被災地通信を紹介
31 日	日本経済新聞 WEB	web	-	日本経済新聞 HP の TOP で「だいち」観測画像を動画配信	「だいち」観測画像を紹介
2011 年 4 月	1 日 東海新報	新聞	3	無料で超高速ネット 宇宙開発機構 合庁にパソコン 3 台	「きずな」の被災地通信を紹介
	3 日 時事ドットコム	web	-	情報衛星、貢献見えず＝災害対応も機密の壁－専門家「公開、活用を」	「だいち」観測画像を紹介
	8 日 読売新聞	新聞/朝	11	緩和急題＝震災で通信網打撃 災害に「きずな」は強いが...	「きずな」の被災地通信を紹介
	19 日 日経産業新聞	新聞	1	第 6 部震災復興への一步（下）「現場発」の研究、使命（強い大学）	「だいち」観測画像を紹介
	21 日 宇宙ニュース(テレビ東京)	TV	-	「利用本部の東日本大震災支援＋古川飛行士ロシアでの訓練公開」 (防災利用システム室 滝口室長出演)	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
	22 日 マイコミジャーナル	web	-	陸域観測技術衛星「だいち」に電力異常－東日本大震災の被災地確認などで活躍	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
	29 日 FRIDAY	雑誌	-	JAXA の観測衛星「だいち」が捉えた地震の爪痕 「大地が削られた！」衝撃の画像	「だいち」観測画像を紹介
2011 年 5 月	15 日 宇宙ニュース(テレビ東京)	TV	-	東日本大震災以降の「だいち」の状況、「だいち」のラストショット、運用終了	「だいち」観測画像を紹介
	18 日 日経 BP オンライン	web	-	JAXA 高速インターネット衛星「きずな」チームの活動 インターネット接続環境を宇宙から支援	「きずな」の被災地通信を紹介
	24 日 読売新聞	新聞/朝	11	大地震と宇宙技術 日本の衛星 影薄く「だいち」粗い画像 「情報衛星」機密が壁	「だいち」観測画像を紹介
2011 年 6 月	12 日 日本経済新聞	新聞/朝	12	GPS など民間利用続々（準天頂、「だいち」・「きずな」・「きく 8 号」の震災での貢献）	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
	15 日 フジテレビ めざまし TV	TV	-	3/11 震災による地形変化や地盤沈下などの事実紹介における参考資料として「だいち」観測画像を紹介	「だいち」観測画像を紹介
	30 日 河北新聞	新聞/朝	4	被災前後の衛星写真 「だいち」撮影 あすからネット公開	「だいち」観測画像を紹介
2011 年 7 月	2 日 朝日新聞	新聞/朝		宇宙学校 震災復興支援、宇宙からもして	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
	28 日 週刊新潮	雑誌	-	サイエンス宅急便 知られざる日の丸「宇宙開発」の裏側	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
2011 年 8 月	2 日 Wirelesswire News	web	-	ICT 各分野の専門家が発表『大震災と情報通信：果たした役割と未来』	「だいち」「きずな」「きく 8 号」
	25 日 政府インターネットテレビ	web	-	徳光&木佐の知りたいニッポン！～地球を守る・命を守る宇宙科学技術	「だいち」観測画像を紹介

3.2 他機関によるJAXA衛星利用

「だいち」により観測された被災地の画像は、JAXA 以外の機関による震災対応でも利用された。以下に、JAXA 以外の機関による「だいち」観測データの利用を紹介する。

3.2.1 地球観測衛星による活動

3.2.1.1 東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム (EMT)

全国規模での状況認識の統一を可能にするために、京都大学防災研究所巨大災害研究セ

ンターを中心に志を同じくする者が集い「東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム (EMT : Emergency Mapping Team)」を結成し、内閣府防災担当の協力を得て地図作成活動を開始、作成した地図を Web 上で配信している (図 3.2-1)。

EMT では、全国に広がる各種の被害及び対応に関する状況認識の統一のため、以下の活動が行われている。

- 国レベルでの広域的な状況認識のための情報の地図による可視化
- 都県レベルでの活動の調整に必要な情報の地図による可視化
- 緊急性・重要性が高い現場での活動を支援する情報の地図による可視化

この活動において、「だいち」により観測された衛星画像を利用した画像地図の作成、配信が行われた。

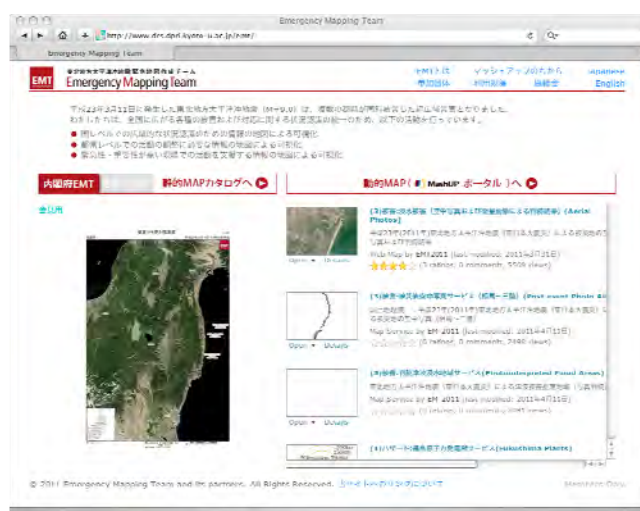


図 3.2-1 EMT による地図配信サイト

(<http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/emt/>)

3.2.1.2 環境省東北地方環境事務所・(株)横山空間情報研究所

環境省東北地方環境事務所では、東北地方において、「だいち」画像の地域利用に取り組んできた産官学の諸機関の連携により、東日本大震災後に観測された 6 時期の画像と被災前の画像を 2011 年 7 月 1 日から 2012 年 3 月 31 日までの間、インターネットにおいて公開している。本活動は、環境省東北地方環境事務所をコーディネータとし、(株)横山空間情報研究所が企画・プロジェクト管理を担当、環境省、JAXA、(社)東北建設協会、岩手大学地域連携推進センター、及び(株) NEC ソフトウェア東北の協力・連携により実施されている。

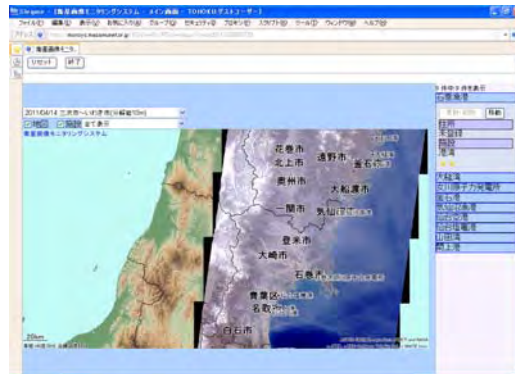


図 3.2-2 東北地方環境事務所による被災域観測画像の公開ページ

(http://tohoku.env.go.jp/to_2011/0701a.html よりゲストログイン)

3.2.1.3 shinsai info 東日本大震災

「sinsai.info 東日本大震災|みんなでつくる復興支援プラットフォーム」は、東日本大震災の復興を支援するために作成された。ニュージーランド地震の際にも多方面より活用されたクラウドソーシングツール Ushahidi で構築されており、ボランティアの開発者、ボランティアのデータ管理者、OpenStreetMap Japan 及び OpenStreetMap Foundation Japan の有志、により自発的に運営されている。

ウェブサイト、メール、ツイッターから送られてくる被災地のレポートを「モデレーター：投稿されたレポートの受付/内容確認チーム」が内容を目視にて確認し、公開している。

この sinsai.info 東日本大震災上のレポートとして、「だいち」衛星画像地図の A0 大判印刷への協力依頼を掲示したところ、日本ヒューレット・パカード株式会社及び帝塚山学院大学／リベラルアーツ学部からの賛同を得た。



図 3.2-3 sinsai.info 東日本大震災

(<http://www.sinsai.info/>)



図 3.2-4 sinsai.info に掲載された「だいち」衛星画像地図大判印刷レポート

3.2.1.4 (株) NTT データ・RESTEC

(株) NTT データと (財) リモート・センシング技術センター (RESTEC) は共同で、東北地方太平洋沖地震の被害地域の復興支援のために岩手県、宮城県、福島県の沿岸地域の衛星画像地図を整備し、2011年3月31日よりWEBサイト等による公開を行なった(図 3.2-5 左図)。

衛星画像地図は、「だいち」及びタイの地球観測衛星 THEOS により撮影された震災前後の衛星画像を使用して作成、衛星画像と道路や公共施設等の地図情報を重ね合わせた座標情報を含む PDF 形式 (Geo PDF) の地図データである (図 3.2-5 右図)。

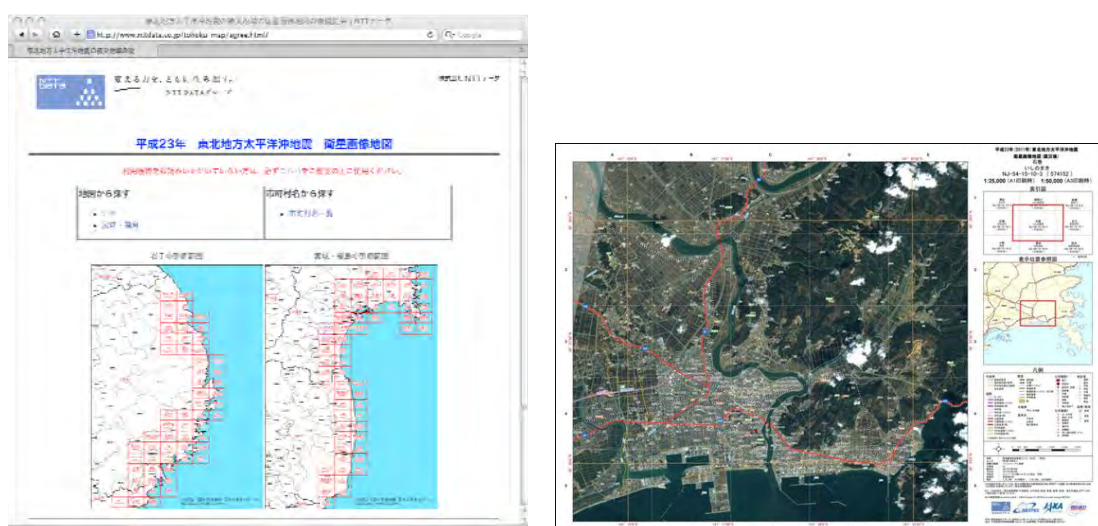


図 3.2-5 衛星画像地図の配信サイト (左) と配信された衛星画像地図の例 (右)

(http://www.nttdata.co.jp/tohoku_map/index.html)

3.2.1.5 (株) パスコ

(株) パスコでは地震発生直後より X バンド SAR 衛星 TerraSAR-X をはじめ、光学衛星、航空機、地上計測車両等のマルチプラットフォームによる観測を実施し、被災状況の広がりと中心の把握、及び情報配信に取り組んできた。(図 3.2-6) 光学衛星については「だいち」の災害時緊急観測画像を用いた。



図 3.2-6 マルチプラットフォームによる対応

(1) 災害前画像の活用

(a) 解析結果重畳用背景図として活用

パスコは各種衛星画像から作成した解析結果の背景に「だいち」パンシャープンオルソ画像を利用し各災害対策機関等へ提供した。(図 3.2-7 左図)

(2) 災害後画像の活用

(a) 「推定浸水区域図（詳細図）」作製への活用

パスコは TerraSAR-X 画像及び「だいち」画像等の衛星画像や航空写真等を用いて、青森県から茨城県にかけて津波浸水範囲の広域詳細判読図「推定浸水区域図（詳細図）」を作製し、首相官邸、国土交通省、農林水産省等の各災害対策機関の他、研究機関、学会、企業、報道機関等へ情報提供を行った。(図 3.2-7 右図)

(b) 海岸林変化状況把握への活用

地震前の 2011 年 2 月 27 日と地震後の 2011 年 3 月 14 日に観測された AVNIR-2 画像を用いて、地震発生直後の津波により沿岸域における海岸林の活性度が下がった状況や海岸林が大きく減少していることを確認した。(5 月 18 日から開催の砂防学会にて発表)

(c) 衛星活用事例紹介資料への活用

2011 年 3 月 14 日撮影の ALOS 画像（青森県南部～茨城県北部）に、先に紹介した「推定浸水区域図」を重畳した図面を大判出力（最大 2.8m 幅）した資料を作成・配布した。本資料によりだいち画像から津波被害の状況や海面の濁り、海上浮遊物の漂流状況等を確認可

能であることを説明し、国等の災害対策機関の他、報道機関等からも高い反響があった。

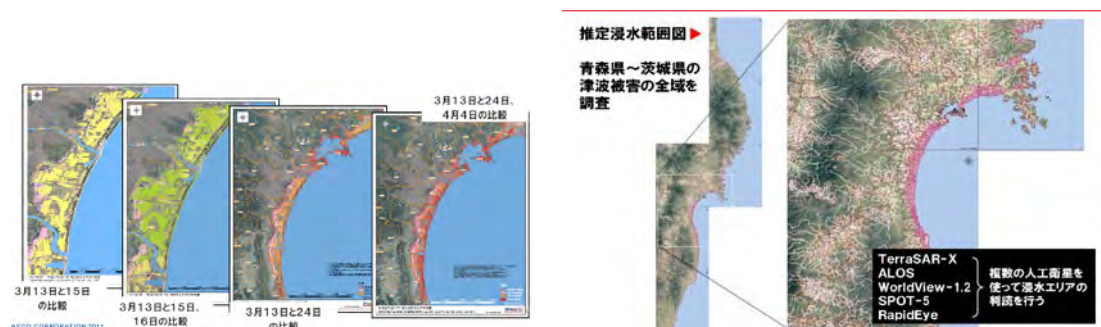


図 3.2-7 災害発生前画像の利用（左図）、推定浸水区域図の作製（右図）

3.2.2 通信衛星による活動

3.2.2.1 （独）情報通信研究機構

（独）情報通信研究機構は、3月13日の東京消防庁からの支援要請に基づき、3月14日に持ち運び可能なVSAT（超小型地球局）等の機材を気仙沼市に搬入し、気仙沼市に設置された緊急消防援助隊指揮支援本部（現地本部）と東京都大手町の東京消防庁作戦室との間に「きずな」を用いたブロードバンド回線接続を3月15日より提供開始した。これにより、現地本部と東京消防庁作戦室との間でリアルタイムに高品質映像の双方向伝送や、ハイビジョン画像を活用した被災状況の伝達等が可能となった。また、電話音声では困難な画像や地図の閲覧等も可能となり、両拠点間の円滑な情報共有に貢献した。

東北関東大震災におけるWINDSを用いた災害対策活動支援

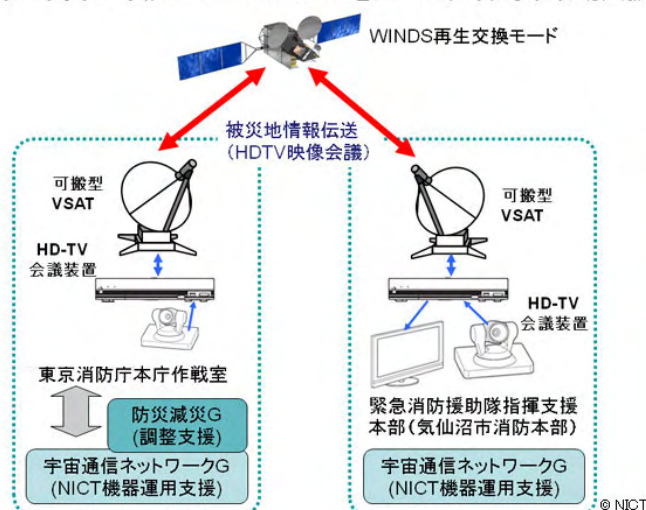


図 3.2-8 情報通信研究機構による「きずな」を用いた災害対策活動支援

(<http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h22/announce110316/index.html>)

4. 課題と今後の対応

4.1 課題

平成 17 年の JAXA 長期ビジョン策定以降、宇宙利用ミッション本部として、防災分野における衛星利用を推進し、実証を進めてきた中で、今回、未曾有の大震災に直面したことを踏まえて、改めて、現状の認識と課題等の確認を行った。

4.1.1 衛星画像データ提供に関する課題

「だいち」を中心とした衛星画像データの提供活動に関し、災害関連府省等の利用結果の情報を元に議論を行い、以下の課題が抽出された。

① 政府の情報集約に対応するための、画像処理・解析等の体制強化

ALOS 防災利用実証活動は、内閣府を初めとする中央省庁への情報提供を主眼としており、今回の震災においても一定の成果が得られた。防災室、EORC の緊密な連携により、ユーザニーズを踏まえ、かつ新たなニーズにも応える（湛水域や海上漂流物の抽出等）情報提供が実施できた。

しかしながら、大量の画像の処理、解析、提供への対応は、防災室、EORC とともにマンパワー的な観点で限界があり、今後より迅速かつ多様な情報提供を行うためには、防災室や EORC だけでなく、外部機関を含めた画像処理、解析、提供に関わる体制構築が必要である。

② 災害現場である自治体展開のための拠点形成

今回の災害現場である東北地方各自治体への展開は、5 年間に亘り JAXA との協力関係を構築してきた岩手大学 横山名誉教授の支援により実施したが、他の地域においても同様の拠点構築が必要である。特に九州は空白域である。

③ 「だいち」後継機までの空白期間の対応

今回の震災では、平時の防災訓練や画像利用の成果により情報提供、利用が円滑に行われた。今後は「だいち」運用停止に伴い、後継機打上げまでの間のユーザ対応を検討する必要がある。ユーザ自身による平時からの画像利用が重要であり、海外機関との連携や航空機の活用等を早急に具体化し、関係を維持していくことが重要である。

4.1.2 通信回線提供支援に関する課題

「きずな」や「きく 8 号」について被災現場での通信回線提供に貢献し、被災地の自治体、住民や被災地外の災害関連機関者に役立てられたが、以下の課題や教訓も得た。

① 発災直後の迅速な通信回線の提供

- 支援を実施するに当たっての考え方や発動クライテリアを整理する。
- 迅速に被災地入りするための要員派遣や機材輸送手段の確保
- 上記に必要な事前の体制構築化や災害・危機管理機関との連携を図る。
- 派遣要員などへの情報共有や指揮命令系統の仕組みやオペレーションフローの明確化を図る。

② 現地における情報サービス

- 災害前まで使えた電話やインターネットが災害後でも同質で使えることが理想
- 津波被害の沿岸域は、瞬時にデジタル・デバイドとなり、被災地住民の安否確認や地震や津波速報など同報が重要
- 場所や場面によって多様な情報通信回線容量が必要
 - (小容量) 被災者、避難所
安否確認のための通話、インターネット環境の確保
 - (中容量) 派遣チーム
DMAT は震災 100 分後に出動、DMAT 本部や派遣チーム他と広域災害救急医療情報システム (EMIS) とのインターネット接続の為の回線確保
 - (大容量) 被災地自治体
通話、インターネット環境と TV 会議の確保

③ 自律通信設備

- 被災地の現場で可及的速やかに設営可能な通信設備 (重量・サイズのコンパクト化)
- 設営や運用性の改善
- 通信設備の価格の低廉化

4.1.3 情報発信に関する課題

東日本大震災に対する JAXA の活動が、対外的には十分理解されていなかったことを踏まえ、以下の課題を抽出した。

① 自発的な CSR (Corporate Social Responsibility) としての災害対応に関する情報発信の必要性

- JAXA 全体として、事業継続（防災機関への対応も含む）に注力し、災害対応について積極的に情報発信を行うという意識が希薄だった。

② マンパワーの確保、特定施設設備等に関する知見の蓄積

- 解析対応、HP 掲載対応（含：解説）、メディア対応等において、十分なマンパワーの確保に努めることが必要。また、解析対応、情報発信対応の情報共有を図る必要がある。
- 二次的災害である、原発、コンビナート等の大規模施設被害の際の解析に必要とされる知見を充実させる必要がある。

③ ステークホルダーへの情報発信強化

- ステークホルダーに対し、JAXA の災害対応に関する情報発信がほとんど行われなかった。

④ プレスへの情報発信強化・迅速化

- 「地震津波の被害状況をとらえた衛星画像」のニーズが大きかった 3 月 12 日に、これを提供できなかった。
- 原発問題がクローズアップされてから（3 月 12 日夜以降）は、「原発画像」のニーズ大であり、広報担当がプレスに対して「だいち」画像をアピールしたが、報道においては「原発画像」が求められていた。
- 「だいちは広域観測、部分観測は海外高分解能衛星／航空機」という「役割分担」が正しく理解されていない。

⑤ 利用機関、外部機関との連携強化（情報発信、解析）

- 東日本大震災発生後、国土地理院からは、「だいち」画像を活用した旨の外部情報発信がすぐに行われたが、日ごろから連携している他の利用機関からの情報発信は、業務の状況により時間を要した。

4.2 今後の対応

4.2.1 被災地支援活動にあたっての考え方

4.2.1.1 基本的立場

国民の安全・安心に資する研究開発を実施する機関として、災害が発生した際には、JAXAが有するリソースを最大限に活かして必要な支援が行えるよう、平時より心がける。

4.2.1.2 政府等からの要請への対応

国の指定公共機関ではない JAXA は、公的機関が社会における責務を果たす範囲において、研究開発成果等を活用した貢献を行う。現地の安全と活動可能な事を確認し、速やかに、被災地支援活動業務をベストエフォートの範囲で実施する。

4.2.2 衛星画像データ提供における改善

残念ながら、「だいち」は平成 23 年 4 月 22 日に電力異常のため観測を停止し、5 月 12 日を以って運用終了となった。既に、設計寿命 3 年、目標寿命 5 年を超えた運用フェーズに入っており、東日本大震災の観測という大仕事を成し遂げて、そのミッションを全うした。しかし、自然災害が無くなることはなく、今回の教訓を元に、さらなる対応強化が求められることを踏まえ、今後は以下に示す取り組みを進めることとする。

- 「だいち」の後継として、SAR を搭載した陸域観測技術衛星 2 号 (ALOS-2)、及び光学センサを搭載した陸域観測技術衛星 3 号 (ALOS-3) 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 と光学の相互利用」で被災状況把握の精度を向上する。特に、機動力を高めることにより、今回の大震災では実現できなかった、震災当日の広域詳細観測をいつでも実現できるようにする。
- 政府防災関係機関から示された、以下の要求（平成 23 年 8 月 17 日 宇宙開発委員会）を実現する。
 - ・ 浸水域の観測のためには、観測幅 30～50km であれば、被災全域の画像取得が可能となる。
 - ・ 通行可能なルートを特定するためには、分解能 1m であれば、良好な判別が可能となる。
 - ・ 堤防決壊や橋梁倒壊、家屋倒壊を観測するためには分解能 1m 以下であることが必要。
 - ・ SAR 干渉解析による地殻変動の監視（地震、火山、地盤沈下、地すべりなど）は、観測幅 40～70km の広域観測が必要。
- 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（熱的变化把握、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。

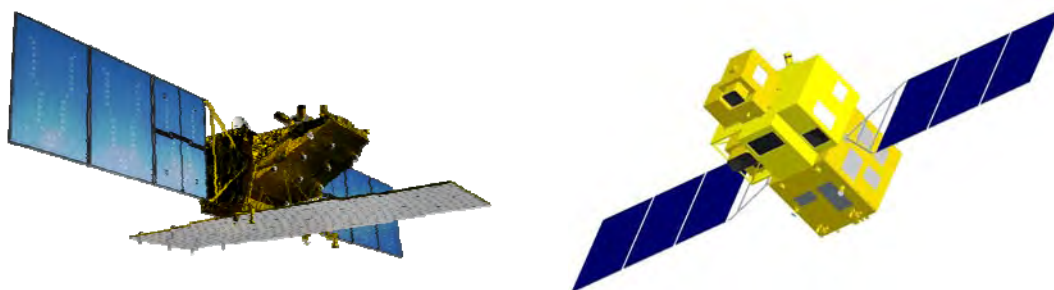


図 4.2-1 「だいち」後継機（左：ALOS-2、右：ALOS-3）

観測衛星を利用した被災地等への情報提供にあたっては、自治体等の災害対策に資する情報である必要があり、地域情報と融合させた判読・分析が求められることから、自治体等と JAXA との共同活動だけでなく、地域拠点（大学等）の構築を行う。

上記のような体制が整っていない被災地においても、JAXA は被災地で可能な限り情報提供を実施する。

- 災害発生時の画像処理から提供までの作業体制については、地理院や防災科研等、国の指定防災機関との戦略的連携、及び民間や大学を含む体制構築を図る。
- 岩手大学（北東北地方）と同様に、例えば、京都大学（近畿地方）、広島工業大学（中国地方）等と ALOS-2、3 に向けた地域拠点形成を進める。拠点形成までの間、自治体の依頼に応じて被災地自治体等での活動を、地球観測と通信がタイアップして進める。

また、ALOS-2、ALOS-3 のみの観測に頼るのではなく、特に、広域巨大災害では、海外衛星との連携を効果的に利用することが重要である。

- 国際災害チャータやセンチネルアジアを、より国内災害に活用できるよう、防災機関等と連携して、現時点から国内災害発生時に積極的に発動するとともに、対応クライテリアや画像利用スキーム等について関係機関と調整を進める。また、Pi-SAR や他の航空機などの利活用を行う。航空機の利用に当たっては、運用計画管理をするための体制構築を図る。

4.2.3 通信回線提供支援に関する改善

通信衛星を利用した被災地支援において、自治体などとの連携強化や次期情報通信衛星への反映について以下に示す。なお、支援実施に当たっての発動クライテリアや体制構築については、4.2.5 項で後述する。

■ 連携の強化

- 被災地現地での通信回線提供を図ることから、自治体との事前の取り決めにより、災害時においても円滑に通信回線提供支援活動が実施出来ることから、今後は自治体へ、より一層の利用推進を図る。
- 通信設備の無線従事者免許を持つ NPO などに貸し、運用してもらうことで、継続的な対応に努めるよう考慮する。
- JAXA と協定締結してない機関については、今回の対応と同様に文部科学省からの要請を受けて支援活動を行う。このため、事前にクライテリアなど文部科学省や総務省へ説明を行う。

■ 次期情報通信衛星への反映

支援活動を通じて得た要求条件を以下に示す。次期情報通信衛星にこれら要求条件を反映させることが重要である。図 5.2.3 に、次期情報通信衛星の概念図を示す。

- 1 人で開設できるポータブル端末
 - ✓ バックパックあるいはアタッシュケース 1 個に収まるサイズ・重量で、無線 LAN 内臓のポータブル端末
 - ✓ 組立て不要
 - ✓ 電源 ON で衛星指向調整は自動で、特別な操作不要でネット接続可能
 - ✓ 既存端末（携帯電話や商用地球局）と互換性あり
 - ✓ 回線断なし
- 場面に応じた回線容量
 - ✓ 被災者、避難所：ベストエフォート（「きく 8 号」実績 768kbps 以上）
 - ✓ 自治体、派遣チーム拠点：きずな実績 20Mbps 以上
- 被災地仕様に適した端末
 - ✓ 超低消費電力で、家庭用蓄電池や車載 AC 電源などで動作可能
 - ✓ 太陽電池と蓄電池の一体化電源供給
 - ✓ 屋外装置の防水、防風、耐久性
- オペレータフリー
 - ✓ 無線免許従事者が不要
 - ✓ 端末の基準局で管理制御

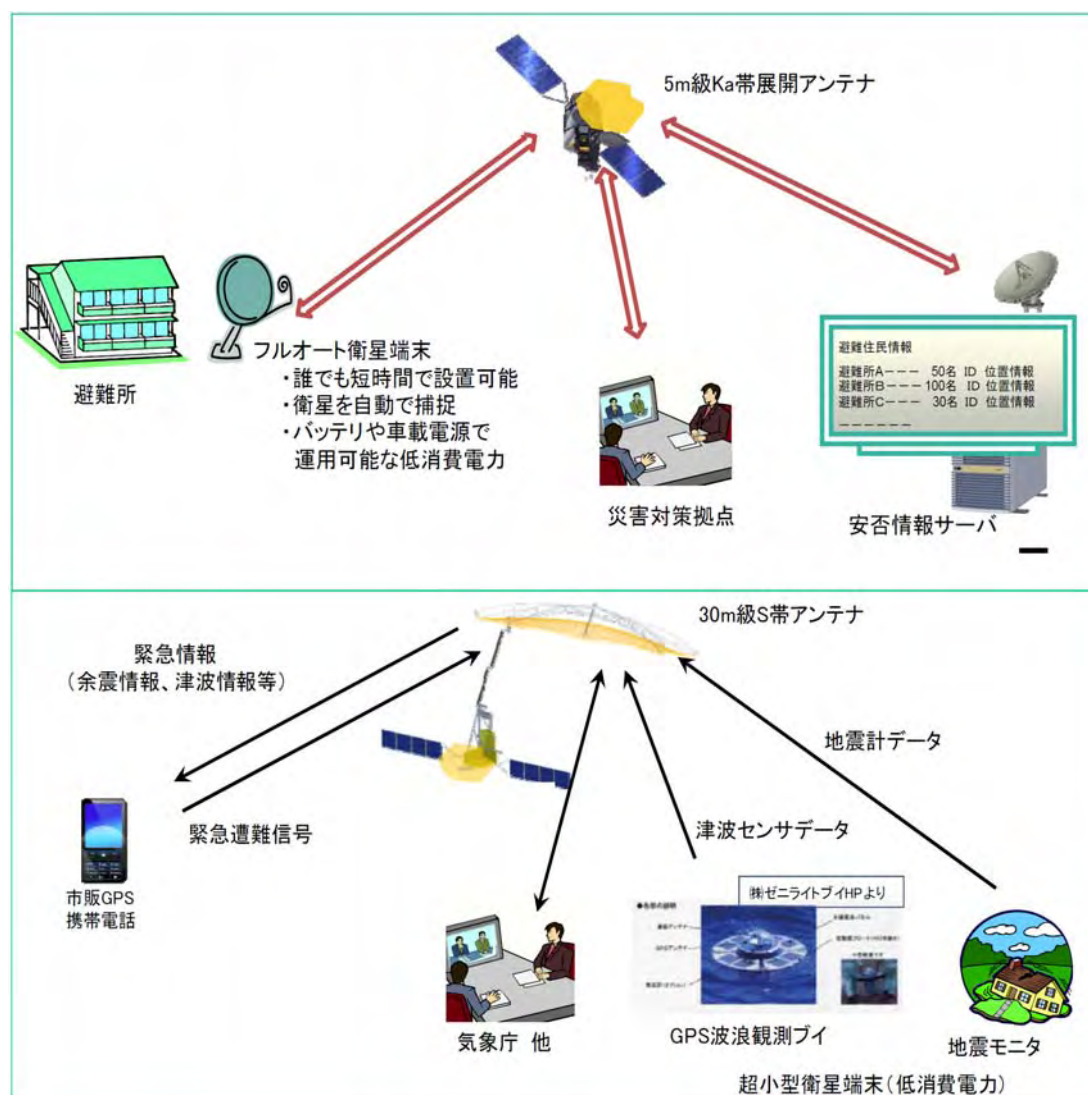


図 4.2-2 次期情報通信衛星の概念

■ 衛星測位との連携

災害時における情報通信では、発信者の位置情報は重要なコンテンツであり、次期情報通信衛星の通信設備や通信端末では、衛星測位信号を受信・利用できるようにすべきである。準天頂衛星計画の動向も踏まえ、より高度な測位信号を利用し、位置情報を伝達することを検討していくべきである。

地上センサ網の耐性強化・高度化を考える上でも、衛星通信と衛星測位は今後、重要な役割を担う。例えば、津波早期警戒に対しては、GPS 波浪計（ブイ）や水圧計といった、海洋モニタリングセンサの高度化が進められることになるが、より沖合いにセンサを設置し、変位や変化を検知していくためには、衛星通信や衛星測位の高度化を図り、インフラ面から支援していくべきである。

4.2.4 情報発信に関する改善

- 災害対応を、世の中から求められている「JAXA の責務」として行う以上、この JAXA の社会貢献活動内容を適時適切に、社会に伝えることが必要であり、組織風土の形成も含め、JAXA の CSR として明確に位置づける。
- 大規模災害発生後、速やかに情報発信要員が、災害対応のためのコントロールルームに集まり、情報共有を図ったうえで、情報発信を実施。迅速かつ広範囲な情報発信を行う。
- 解析及び HP 掲載作業を行う要員もバックアップを含め十分な体制にする。
- 特に原子力関連については、文部科学省とも十分な連携を図る。
- 大規模施設被害等に関し、今後起こり得る災害を想定した知見の習得、事前のシミュレーションの実施等を検討する。
- ステークホルダーに対しての情報発信の方策について検討する。
- JAXA の災害対応に関する記者レクを定期的に行い、関心・理解を深める。（大規模災害発生時は記者レクの頻度を多くし、積極的に情報発信する）
- 衛星の観測結果だけでなく、今回活躍した「きずな」や「きく 8 号」、航空機等のような活動についても積極的に情報発信する。
- プレスへのお知らせ文送付（HP に情報掲載したこと等の連絡）等について、大規模災害発生時は簡易な手続きで情報発信できる、または事後報告でも可能とする等、迅速に情報発信できるように取り決める。
- これまでの利用機関との連携をさらに発展させ、持続した活動（「だいち」や「きずな」の後継機導入）となるよう、利用機関からもアピールしてもらうよう働きかける。
- また、解析及び情報発信の迅速化、広く情報発信配信するための更なる方策としての外部連携として、以下についての検討を行う。
 - 学会、大学等をデータ解析に動員できるような体制を協定や取り決め等により構築。JAXA では作れない高次情報プロダクト、裾野のさらなる拡大、研究者として情報発信といった効果に期待。
 - HP による情報発信の有効性は確認できたが、いっそうの情報発信のために、民間の情報事業者との連携も視野に入れ、インターネットを通じた緊急観測結果の配信を強化することも検討。
 - 内外の画像解析機関に有償ベースで解析を依頼することも考慮する。

4.2.5 災害対応マニュアルの整備

大規模災害の規模や JAXA 施設の被災状況の想定を踏まえて、災害対応の発動クライテリアを整理し、衛星画像データや通信回線の提供といった災害対応オペレーションと、これに伴う適時適切な情報発信を行うための対応体制強化の検討を行い、人員確保計画も含めて、対応レベルごとにパターン化された災害対応マニュアルを整備する。

5. おわりに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災発生後、JAXA では政府災害対策本部、中央省庁、地方自治体並びに関係機関に、「だいち」画像及び海外衛星画像、また、その解析結果を随時提供し、災害の全貌把握や復旧活動への貢献を行った。また、大震災発生後に被害を受けた地上回線網の補完として、「きずな」や「きく 8 号」の衛星通信回線を岩手県や宮城県女川町の災害対策本部等に対して提供し、安否情報の収集等を目的としたインターネット回線や IP 電話回線を臨時復旧させ、被災地後支援に貢献した。これは、防災分野における衛星利用促進を数年に亘って持続し、日常からの防災機関等とのコミュニケーションや、防災訓練等への参加を通じて培った 1 つの成果である。

東日本大震災から半年以上が経ち、政府機関でも多くの報告書が取りまとめられているが、政府復興対策本部の「東日本大震災からの復興の基本方針」（平成 23 年 7 月 29 日）には、衛星通信の強化、被害状況把握等のための衛星システム活用が盛り込まれ、広域災害における衛星の有効性が改めて認識されることとなった。

また、中央防災会議や気象庁の報告書では、津波観測の強化、津波警報の改善が課題とされており、今後、JAXA としては、衛星通信技術や衛星測位技術の高度化を図り、GPS 波浪計や水圧計との連携を図っていくべきと考えている。

科学技術政策においても、この大震災を踏まえ、「震災からの復興・再生並びに災害からの安全性向上」がアクションプランとして掲げられ、具体的に、ALOS-2 の開発、次世代情報通信技術試験衛星の開発が施策として位置づけられており、衛星に大きな期待がかけられている。

特に、「だいち」においては、寿命による運用停止以降、各方面から ALOS 後継機（2 号機及び 3 号機）の早急な打上げを強く切望されており、「だいち」画像の利用を前提とするシステム整備や体制等も動きつつある。

このように、国の安心・安全のために衛星は必要不可欠な存在となりつつあるが、衛星は決して神器ではない。オペレーションとは、地上設備と組織・人の動きが必ず伴うものである。実際にシステムとして、真に必要な不可欠な存在となるには、今後も、技術の高度化のみに留まらず、防災機関と一体となった協働活動を持続し、抽出された課題を克服していくことが肝要である。

最後に、東日本大震災によりお亡くなりになられた方々に深く哀悼の意を表するとともに、被災されました皆さまに心よりお見舞い申し上げます。また、大震災への JAXA の対応において、御指導、御支援、御協力頂いた関係機関、国際災害チャータ、センチネルアジア加盟の各機関に深く謝意を表します。

参考資料(Web 掲載版のみ)

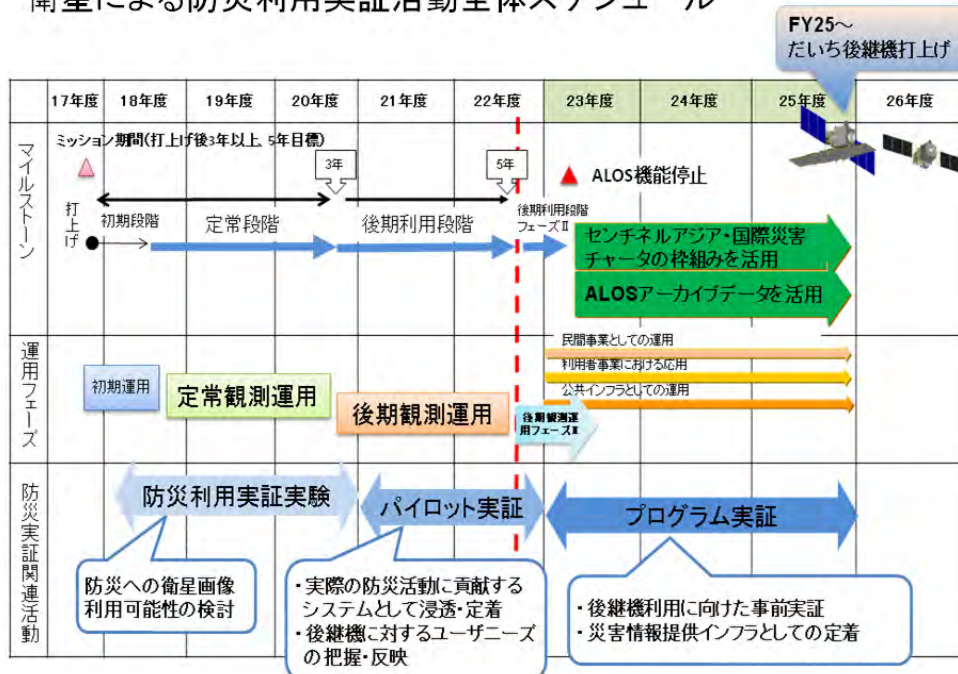
■ 地球観測衛星による防災利用実証活動

JAXA は、防災関係府省庁、地方自治体などの防災関連機関とともに地球観測衛星による防災活動への利用実証を行っている。これらの活動成果は、防災関連のユーザに利用されるとともに、「だいち」以降の地球観測衛星や防災システム作りへと反映していく。地球観測衛星による防災利用実証活動は、平成 18 年度に開催された「防災のための地球観測衛星当の利用に関する検討会」で明確になった地球観測衛星に関わる防災ニーズに基づいて活動を開始し、順次実利用に向けステップアップを行っている。

地球観測衛星による防災利用実証活動内容

活動	内容
プログラム実証	・災害観測画像の提供 ・だいち防災マップの提供（防災訓練への提供含む）
土砂 WG	・地すべりの予兆把握や土砂崩れなどの災害への適用
水害 WG	・浸水域等の水害状況把握や関連する防災活動への適用
火山 WG	・活火山のモニタリングや噴火時の被害状況把握への適用
地震 WG	・地殻・地盤変動等の異常検出や災害時の被害状況把握への適用
地方自治体等の災害利用に向けた実証実験	・災害発生時の地域における衛星画像利用体制の検討 ・地域連携防災活動における衛星画像利用の促進

衛星による防災利用実証活動全体スケジュール



地球観測衛星による防災実証の取り組み

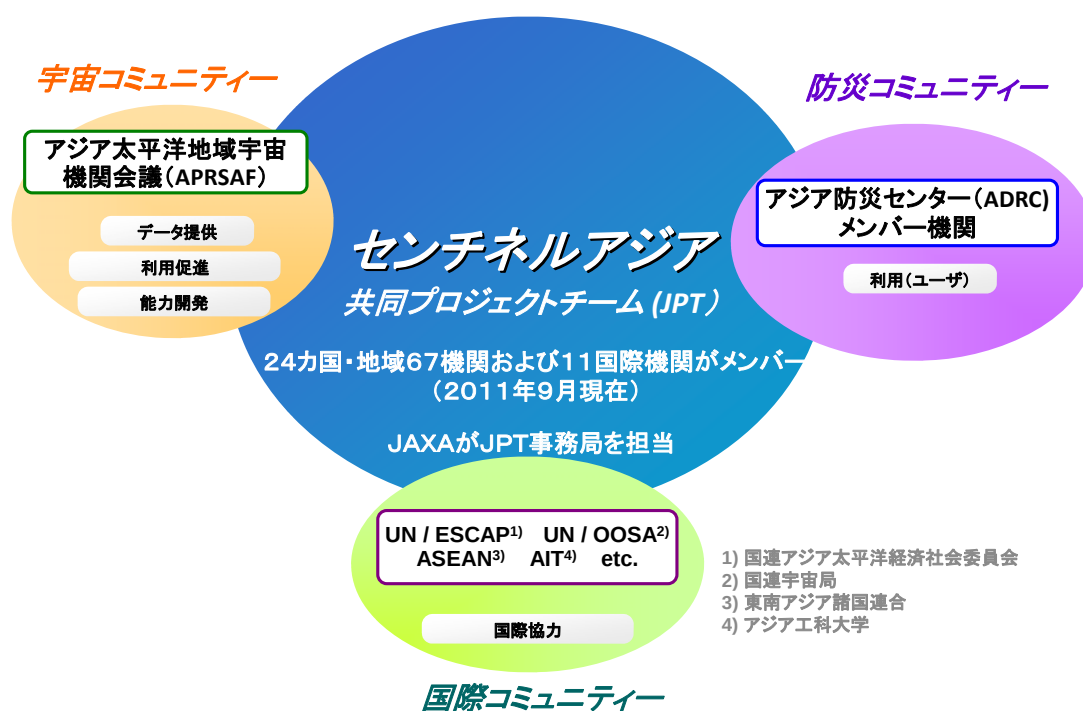
■ センチネルアジア

センチネルアジアは、アジア太平洋地域の自然災害の監視を目的とした国際協力プロジェクトである。地球観測衛星などの宇宙技術を使って得た災害関連の情報をインターネット上で共有し、台風、洪水、地震、津波、火山噴火、山火事などの自然災害による被害を軽減し、予防することを目的としている。

センチネルアジアは、2005（平成 17）年にアジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSF）において提唱され、翌年にプロジェクトチームが発足した。現在、24 カ国・地域 67 機関、11 国際機関が参加し、その活動は着実に広がっている。

「だいち」が取得した画像も、センチネルアジアに提供し、自然災害が発生した際に被害の把握などに貢献している。国連アジア太平洋経済社会委員会（UNESCAP）との協力や、アジア太平洋地域の各国の防災機関との連携を通じて、アジア太平洋地域の災害監視を支えている。

日本で培われてきた地震・津波情報のシステムや警戒情報の告知システムを広くアジアの諸地域へも普及させていく取り組みとも連動させ、人工衛星から映像を利用した防災活動で、日本の技術や経験を広くアジア地域で共有していこうというのがセンチネルアジアの活動である。（URL <http://sentinel.tksc.jaxa.jp/>）



センチネルアジアの体制

■ 国際災害チャータ

国際災害チャータは、正式名は「自然または技術的な災害時における宇宙施設の調和された利用を達成するための協力に関する憲章」(Charter on Cooperation to Achieve the Coordinated Use of Space Facilities in the Event of Natural or Technological Disasters) といい、1999 年に欧州宇宙機関 (ESA) 及びフランス国立宇宙研究センター (CNES) が提唱した、大規模災害時に宇宙機関の衛星データをユーザへ提供する国際協力の枠組みである。参加宇宙機関間は無償の国際協力として、「最善の努力ベース」で協力を行っている。JAXA は、2005 年に正式加入し、「だいち」による観測データ提供による協力体制を構築、国際災害チャータへの貢献として、2010 年 1 月 13 日に発生したハイチ地震や、2010 年 12 月 6 日に発生したコロンビアの洪水などで「だいち」のデータによる有効な情報を提供している。

2011 年 9 月時点において世界の宇宙機関 12 機関が参加、また 2 機関が参加手続き中であり、その輪は宇宙機関にとどまらず、ますます広がっていくことが期待されている。

参加機関及び主な衛星 (2011 年 9 月現在)

参加機関	主な利用衛星	センサの種類及び空間分解能
欧州宇宙機関 (ESA)	ERS-2 ENVISAT	合成開口レーダ : 30m~1km
仏国立宇宙研究センター (CNES)	SPOT シリーズ	パンクロ : 2.5~5m マルチスペクトル : 10m~1km
カナダ宇宙庁 (CSA)	RADARSAT-1,2	レーダ : 3~100m
インド宇宙研究機関 (ISRO)	IRS シリーズ	パンクロ : 2.5m マルチスペクトル : 24~523m
米国海洋大気庁 (NOAA) 米国地質調査所 (USGS)	POES, GOES, Landsat	パンクロ : 15m マルチスペクトル : 80~1.4km
アルゼンチン国家宇宙活動機関 (CONAE)	SAC-C	パンクロ : 35m マルチスペクトル : 175m
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	「だいち」 (ALOS)	パンクロ : 2.5m マルチスペクトル : 10m 合成開口レーダ : 10~100m
DMC インターナショナル・イメー ージング (DMCii)	DMC (Disaster Monitoring Constellation)	パンクロ : 12m マルチスペクトル : 32m
中国国家航天局 (CNSA)	CBERS シリーズ	パンクロ : 2.7m~80m マルチスペクトル : 20m~258m
ドイツ航空宇宙センター (DLR)	TerraSAR-X	合成開口レーダ : 0.6~19.2m
韓国航空宇宙研究院 (KARI)	Kompsat-2	パンクロ : 1m マルチスペクトル : 4m

■ 陸域観測技術衛星「だいち」の概要

「だいち」は、高精度で標高抽出を行うためのパンクロマチック立体視センサ (PRISM)、土地被覆の観測を高精度に行うための高性能可視近赤外放射計 2 型 (AVNIR-2)、および昼夜や天候によらず陸域観測が可能なフェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー (PALSAR) の 3 つの地球観測センサを搭載している。高性能な観測センサから得られる、画像データを有効に使うため、高度な技術を「だいち」は採用した。例えば、海外を含む陸域・沿岸域を全面観測するため、観測した画像データを地上に送信する能力を従来衛星の約 20 倍に高めている。また、高精度な画像に正確な位置の情報を加えることで画像が使い易いものになるが、そのために恒星や GPS を基準にした高精度の位置を日々算出して画像に付加した。その結果として、伝送の能力や位置の精度は世界最高レベルとなっている。

人工衛星 だいち(ALOS)の形状や搭載パーツについて



「だいち」の主要諸元

打上げ	2006 年 1 月 24 日 (H-IIA 8 号機)
衛星質量	約 4t
設計寿命	3 年以上、5 年目標 2011 年 5 月 12 日運用終了
軌道	太陽同期 準回帰軌道 回帰日数: 46 日 サブサイクル: 2 日 高度: 691.65km (赤道上空) 傾斜角: 98.16°

「だいち」の軌道上外観

PRISM の主要諸元

バンド数	1 (パンクロマチック)
観測波長帯	0.52~0.77 μm
光学系	3 式 (直下視、前方視、後方視)
地上分解能	2.5m
観測幅	70km(直下視のみ)/ 35km(3 方向視モード)
ポインティング角	$\pm 1.5^\circ$ (3 方向視モード、クロストラック方向)
前方視・後方視の角	$\pm$ 約 24°

AVNIR-2 の主要諸元

バンド数	4
観測波長帯	Band1 : 0.42 ~ 0.50 μm Band2 : 0.52 ~ 0.60 μm Band3 : 0.61 ~ 0.69 μm Band4 : 0.76 ~ 0.89 μm
地上分解能	10 m (直下)
観測幅	70 km (直下)
ポインティング角	$\pm 44^\circ$

注記: 北緯 88.4° および南緯 88.5° を超える範囲は観測不可能。

PALSAR の主要諸元

モード	高分解能		広観測域	多偏波 (実験モード *1)
中間周波数	1270 MHz (L-band)			
バンド幅	28MHz	14MHz	14MHz, 28MHz	14MHz
偏波	HH or VV	HH+HV or VV+VH	HH or VV	HH+HV+VH+VV
入射角範囲	8~60°	8~60°	18~43°	8~30°
地上分解能	7~44m	14~88m	100m (multi look)	24~89m
観測幅	40~70 km	40~70 km	250~350km	20~65km

注記: オフナディア角 41.5° の時、北緯 87.8° および南緯 75.9° を超える範囲は観測不可能。

*1 電力の関係により、運転時間に制限がある。