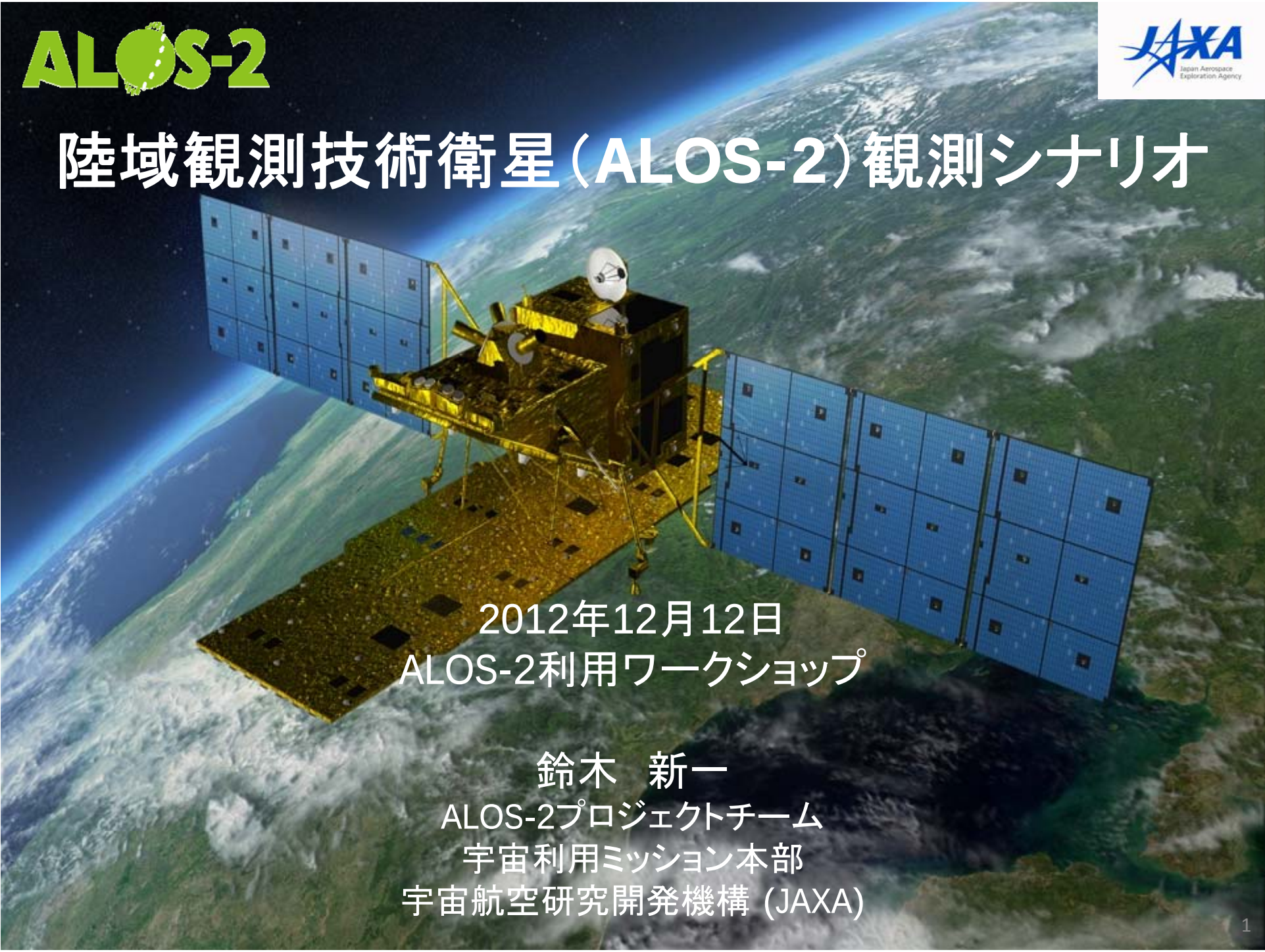


The background of the slide is a photograph of the ALOS-2 satellite in orbit. The satellite is a large, rectangular structure with a central body and two large, blue, rectangular solar panel arrays extending outwards. It is positioned over a view of the Earth from space, showing green landmasses, blue oceans, and white clouds. The satellite's central body is gold-colored and has various instruments and antennas attached to it.

ALOS-2



陸域観測技術衛星 (ALOS-2) 観測シナリオ

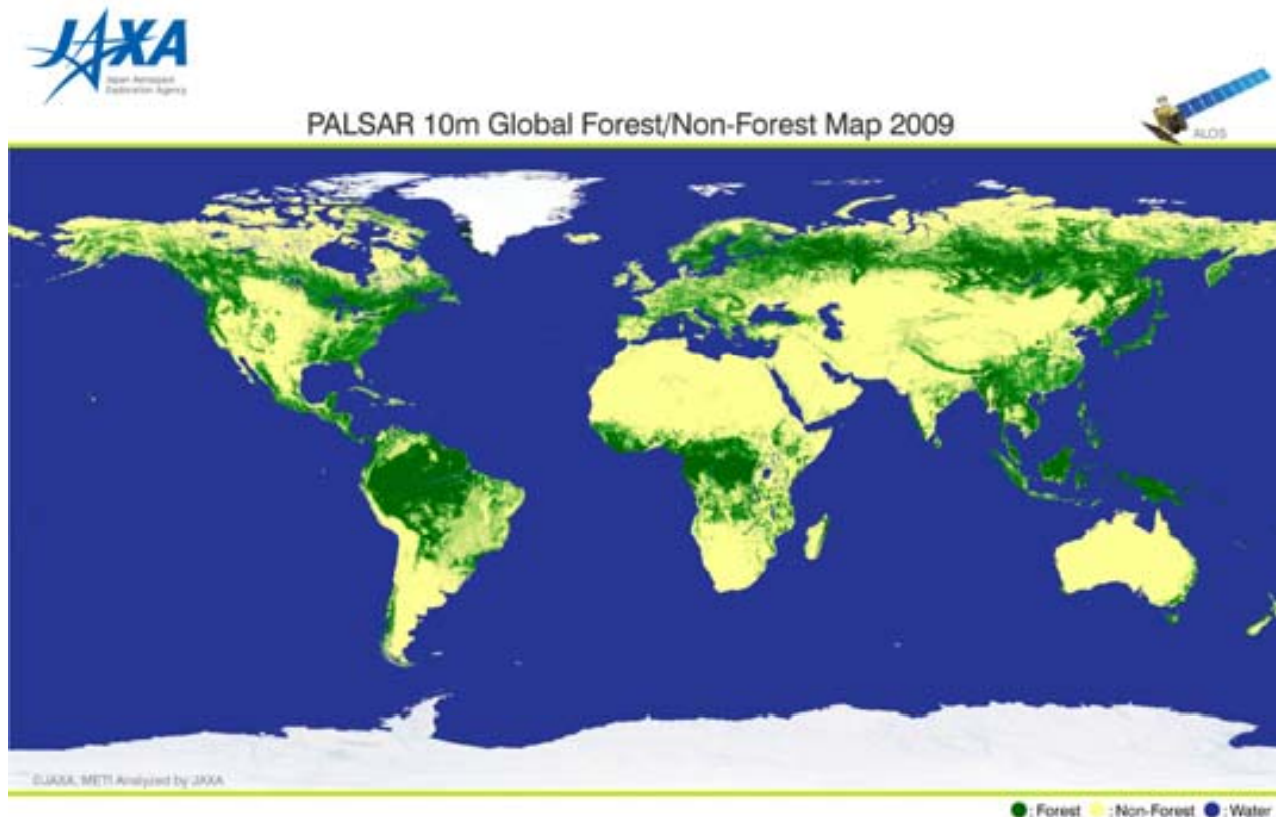
2012年12月12日
ALOS-2利用ワークショップ

鈴木 新一
ALOS-2プロジェクトチーム
宇宙利用ミッション本部
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

ALOSシリーズの特徴

広域かつ高分解能のグローバル観測

=災害前後や経年変化などをとらえるベースマップとして
時間的、空間的に一様なデータアーカイブを作成



基本観測シナリオが必要な理由

- ・ミッション目的に応じたユーザの観測要求はさまざま
- ・複数の観測モード
- ・左右視を含めた入射角の変更



基本観測シナリオ設定の目的

- ・観測リソース*を有効活用するための**共通的な観測**
- ・時間的・空間的に系統的な観測

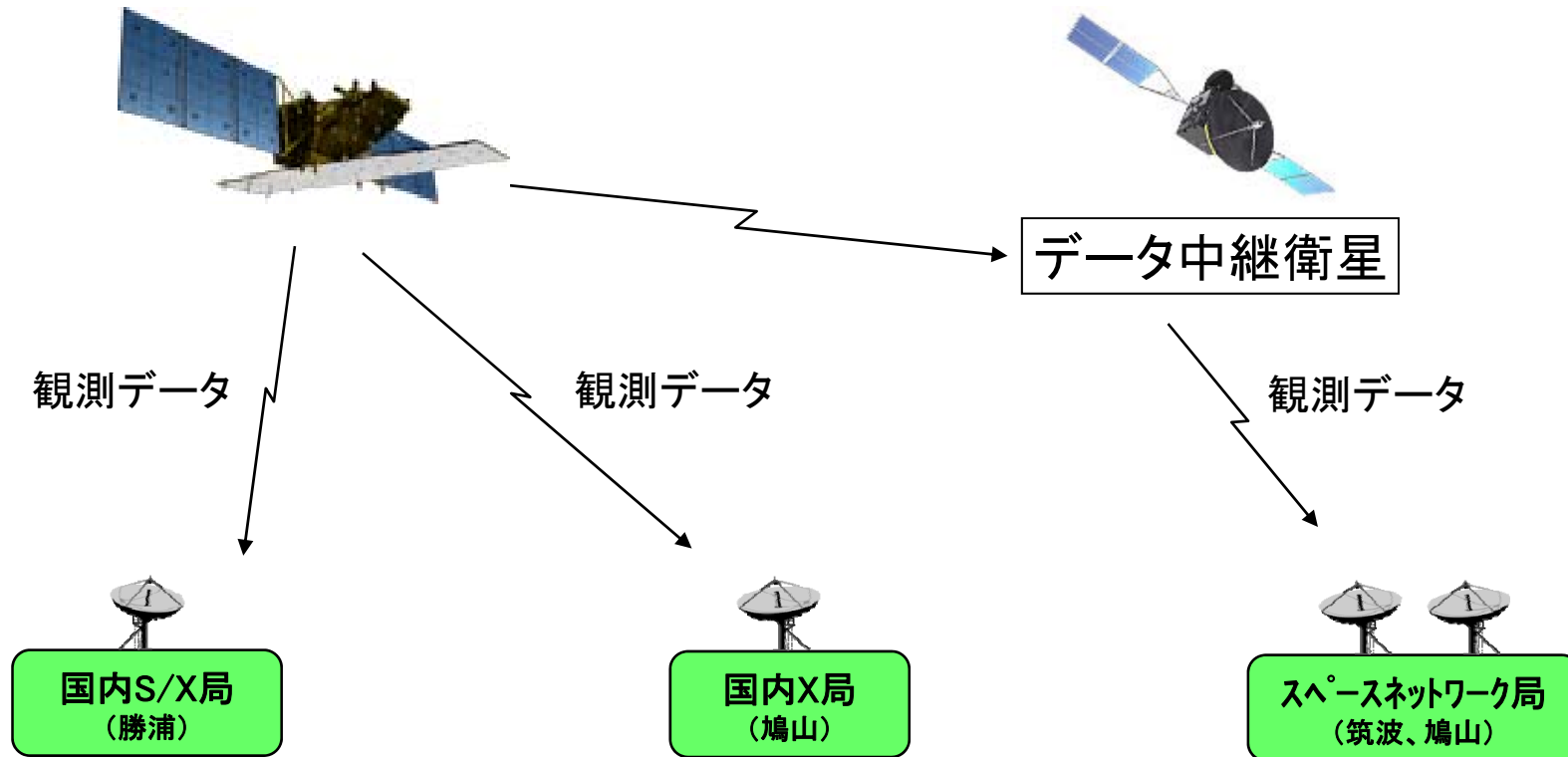
* 観測リソースの例

- ・記録したデータをダウンリンクするための地上局(直接伝送、衛星間通信)
- ・運用デューティ(1周回で48分以内)
- ・観測データ蓄積のための搭載データレコーダの記録容量(約130GByte)

観測データの取得

ALOS-2の観測データは搭載データレコーダに蓄積され、

- ・国内直接受信局（主：勝浦局、従：鳩山局）
 - ・データ中継衛星経由で国内スペースネットワーク局（主：筑波局、従：鳩山局）
- にダウンリンク



基本観測シナリオの考え方

- 観測場所や季節を考慮したグローバル観測を繰り返し行う。
- 緊急観測、校正・検証観測に次ぐ高い優先度を持たせる。
- ミッション目的に合致する利用実証等に必要な観測を効率的に行うための、以下の考え方で観測を行う。
 - ①大陸スケールで、空間的、時間的に一様な高分解能データの取得
 - ②適切な観測頻度（インターフェロメトリの頻度も含む）
 - ③地域ごとの観測時期の考慮
 - ④センサ運用制限の考慮
 - ⑤観測計画の長期間の継続性

基本観測シナリオの考え方

日本域とグローバル(日本域以外の世界全域)にわけて
シナリオを作成

日本域シナリオの検討経緯

- 第3回ALOS-2利用ワークショップ(H23.11.17)においてPALSAR-2のベースマップ取得計画を提示、災害ベースマップ、定期的な差分干渉ベースマップについて活発な議論
- 地震WG、火山WGの関係者で会合(H24.2.22)を行い、ベースマップ取得計画を最適化
- 衛星による防災利用実証業務連絡会(H24.3.2)で日本域のベースマップ取得計画を報告
- PALSAR-2ベースマップ取得計画としてWGメンバに配布(H24.5.22)

日本域シナリオ

ベースマップの整備

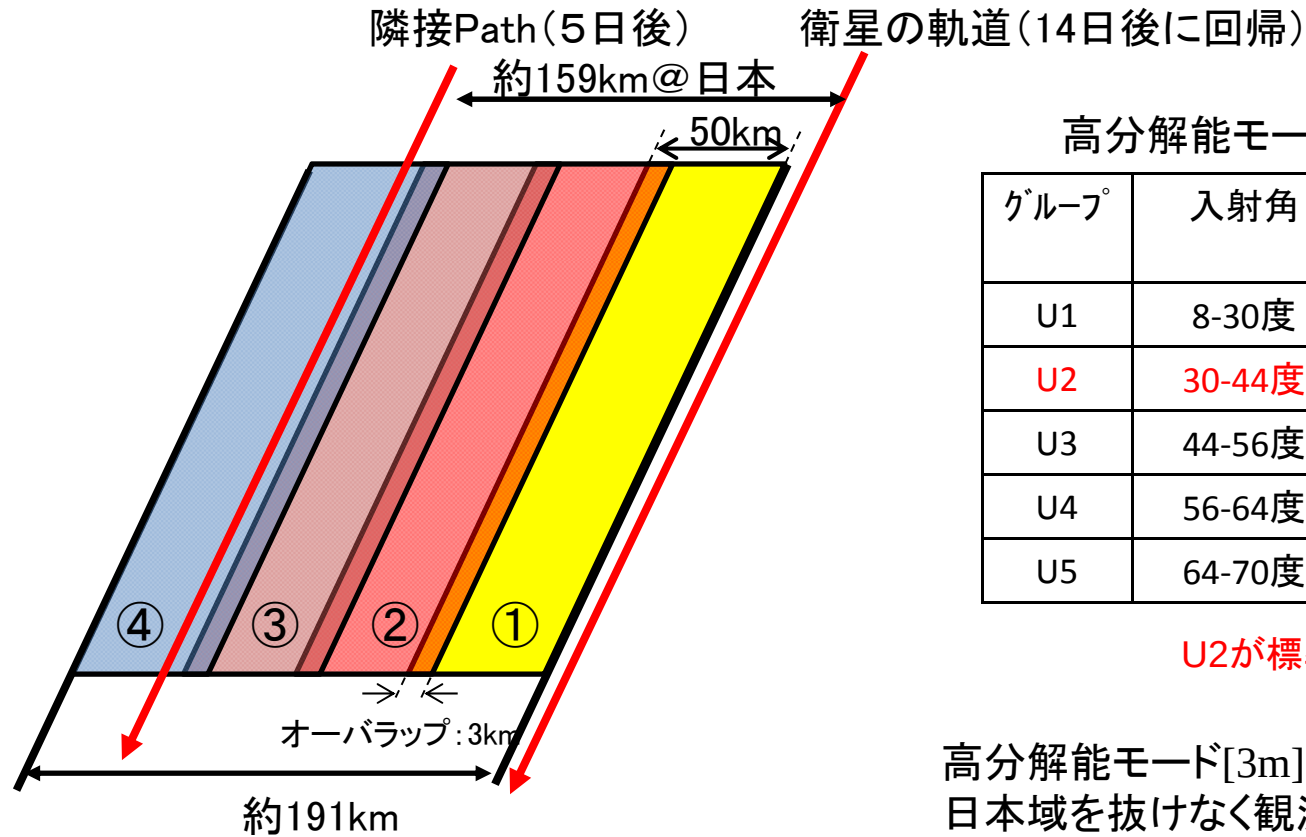
日本全域の観測データ(ベースマップ)は、「災害用」と「定期的な差分干渉用」を整備

種類	内容
災害用	災害発生前／後のデータの比較による被災状況抽出および差分干渉のため、各種入射角のデータを揃えておくための観測
定期的な差分干渉用	定期的な差分干渉取得を目的とした観測

ベースマップは、高分解能[3m]モードと広域観測[350km]モードの2種類のデータを取得

抜けのない観測に必要な観測数

高分解能モード[3m]



高分解能モード[3m]の入射角

グループ°	入射角	Path間カバーに必要なビーム数
U1	8-30度	5ビーム
U2	30-44度	4ビーム
U3	44-56度	5ビーム
U4	56-64度	5ビーム
U5	64-70度	5ビーム

U2が標準の入射角

高分解能モード[3m]は観測幅が50kmであり、日本域を抜けなく観測するには
U2の4ビーム(入射角)を揃える必要がある
⇒最短 $14 \times 4 = 56$ 日必要

「災害用」ベースマップの観測条件

観測条件項目	高分解能[3m]モード		広域観測[350km]モード
衛星飛行方向	降交(南行)および 昇交(北行)	降交(南行)のみ*	降交(南行)および 昇交(北行)
ビーム方向	左および右		
ビーム範囲(入射角)	U2(30.2° ~ 44.4°)	U3(44.3° ~ 55.8°)	W2(19.7° ~ 45.3°)
偏波	単偏波(HH)		2偏波 (HH+HV)
周波数帯域	84MHz		28MHz

* U3を降交に限定、観測リソースを定期的な差分干渉用にまわす

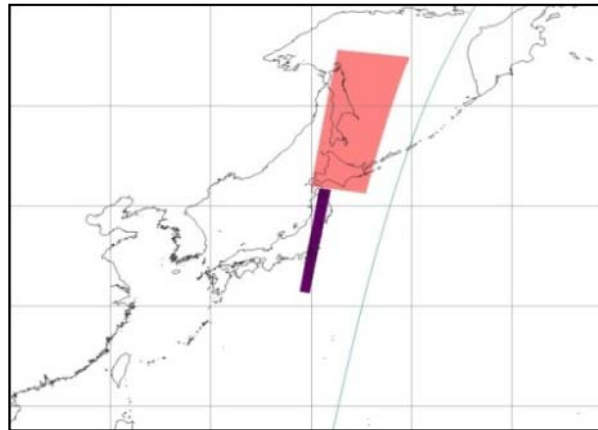
「定期的差分干渉用」ベースマップの観測条件

観測条件項目	高分解能[3m]モード	広域観測[350km]モード
衛星飛行方向	降交(南行)および昇交(北行)	
ビーム方向	右	
ビーム範囲(入射角)	U2(30.2° ~44.4°)	W2(19.7° ~45.3°)
偏波	単偏波(HH)	2偏波 (HH+HV)
周波数帯域	84MHz	28MHz

干渉の頻度を優先。観測は毎年同じ時期に実施。

シナリオ条件

- ①衛星打上げ2ヶ月（初期C/O期間）後、初期校正検証期間からベースマップ整備を開始。
当初は、「災害用」ベースマップ整備のためのデータ取得を優先し、開始から6カ月でU2、5カ月でS2、12カ月でU3 の全てのデータを整備
- ②2年目以降は、「災害用」ベースマップの観測を減らし、3年に1回の頻度で更新
- ③緊急観測等によりデータが取得できなかったパスのリカバリ観測等を目的とし、予め観測を計画しない回帰を確保（6回帰に1回程度）
- ④ベースマップ以外の観測リソースを確保（主に2年目以降）
- ⑤冬期（12月～4月）は、オホーツク海を「海氷観測」のための広域観測モードによる観測。
北海道より以南の本州は高分解能モードによる観測



- ⑥「船舶動静管理」のため、U2およびU3は沿岸域を陸から延長して観測

日本域シナリオ案

■1年目

回帰		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																	
年		2014年																																										
回帰開始月		01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	05	06	06	07	07	08	08	09	09	10	10	10	11	11	12	12																	
回帰開始日		10	24	02	21	07	21	04	18	02	16	30	13	27	11	25	08	22	05	19	03	17	31	14	28	12	26																	
主な観測要求		海上保安庁殿 流水観測(想定)																										流水観測																
										農水殿 観測要求期間(想定)																																		
観測 パターン	降交 軌道	災害用											災害用											災害用											災害用									
		W2R		W 2 R	W2R		W 2 R	W2R	W2L		W 2 L	U2L		W 2 L		U3R						W 2 R		U3L				W2R																
		U2R			U2R		W 2 R			U2L		W 2 L																																
	昇交 軌道	災害用											災害用											定期的な差分干渉用											定期的な差分干渉用									
U2R		W 2 R	U2R		W 2 R			U2L		W 2 L	U2L		W 2 L		U2R		W 2 R	U2R		W 2 R			U2R																					

■2年目

回帰		32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57										
年		2015年																																			
回帰開始月		01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	05	06	06	07	07	08	08	09	09	10	10	10	11	11	12	12										
回帰開始日		09	23	06	20	06	20	03	17	01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	02	16	30	13	27	11	25										
主な観測要求		海上保安庁殿 流水観測（想定）																											流水観測								
										農水殿 観測要求期間（想定）																											
観測 パターン	降交 軌道		定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用													
		W2R	W2R			W2R	W2R		W2R	U2R		W2R		U2R		W2R		U2R		W2R		U2R		W2R		U2R		W2R									
	昇交 軌道		定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用							定期的な差分干渉用							FPR						
			U2R							U2R						W2R		U2R		W2R		U2R		W2R		U2R		W2R									

日本域シナリオ案

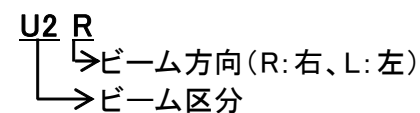
■3年目

回帰		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83				
年		2016年																													
回帰開始月		01	01	02	02	03	03	04	04	04	05	05	06	06	07	07	08	08	09	09	09	10	10	11	11	12	12				
回帰開始日		08	22	05	19	04	18	01	15	29	13	27	10	24	08	22	05	19	02	16	30	14	28	11	25	09	23				
主な観測要求		海上保安庁殿 流水観測(想定)																									流水観測				
									農水殿 観測要求期間(想定)																						
観測 パターン	降交 軌道	定期的な差分干渉用									定期的な差分干渉用									定期的な差分干渉用						定期的な差分干渉用					
		W2R		W 2 R	W2R		W 2 R	W2R	W2R		W 2 R	U2R		W 2 R	U2R				W 2 R	U2R		W 2 R	U2R				W2R	W2R			
		U2R			U2R						U2R			U2R			U2R			U2R			U2R								
	昇交 軌道	定期的な差分干渉用									定期的な差分干渉用									定期的な差分干渉用						定期的な差分干渉用					
		U2R					U2R				W 2 R	U2R		W 2 R	U2R				W 2 R	U2R				W 2 R	U2R				W 2 R		

白字	広域観測[350km]モード	ビーム区分: W2、観測方向: 右、ビーム番号: No.2
黒字	広域観測[350km]モード	ビーム区分: W2、観測方向: 左、ビーム番号: No.2
白字	高分解能[3m]モード	ビーム区分: U2、観測方向: 右、ビーム番号: No.6-9
黒字	高分解能[3m]モード	ビーム区分: U2、観測方向: 左、ビーム番号: No.6-9
白字	高分解能[3m]モード	ビーム区分: U3、観測方向: 右、ビーム番号: No.10-14
黒字	高分解能[3m]モード	ビーム区分: U3、観測方向: 左、ビーム番号: No.10-14
白字	フルポラリメトリ[6m]モード	ビーム番号: No.3-7

【番号体系】

例: U2Rの場合



ベースマップ以外の観測
(他の観測との調整が必要)

日本域シナリオに基づく再訪時間、差分干渉頻度(解析結果)

①災害用ベースマップ整備後の再訪時間(同一条件の発災後観測)

観測モード	平均	最長
U2(降交・昇交)U3(降交のみ)	65時間	74時間*(121)
参考:U2(降交・昇交)W2(降交・昇交)	61時間	132時間

*九州沖縄の極小領域を除いた時間

②定期的な差分干渉観測頻度(注:災害時の緊急観測は別途あり)

軌道方向	高分解能3m		広域観測350km	
	最大観測回数(年)**	干渉SARの間隔	最大観測回数(年)**	干渉SARの間隔
降交・右	4	3ヶ月～3.5ヶ月	6	1.5ヶ月～4.5ヶ月
昇交・右	4	2.5ヶ月～3.5ヶ月	6	1.5ヶ月～4.5ヶ月

** 地殻変動以外のユーザとの競合が無い場合

グローバルシナリオ

グローバルシナリオの考え方

①観測要求同士の**競合を回避**し、できるだけ観測頻度を確保

- ・観測条件(観測モード、衛星飛行方向、ビーム方向、偏波)を合わせ、できるだけ同じ
回帰で観測

- **高分解能[10m]モード**の地殻変動と森林観測
- **広域観測[350km]モード**の湿地観測と伐採監視

- ・高緯度地域は、観測頻度を確保できる範囲でパス間引き

②地殻変動のための差分干渉用の観測(**高分解能[10m]モード**および**広域観測[350km]モード**)は、干渉の頻度を優先し、**右観測を基本**(降交・昇交)

③地域毎の**観測時期**は、可能な限り毎年合わせる

④要求領域を1回帰で観測できない場合は、要求領域を分割、複数回帰にて観測

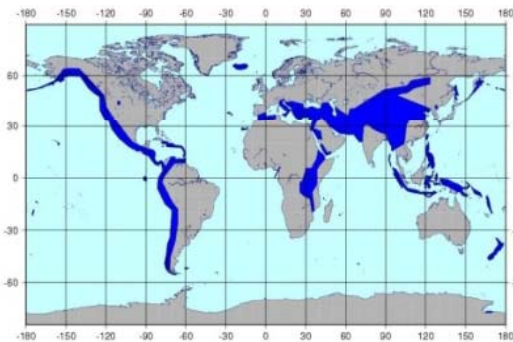
⑤極域は**広域観測モード**を主体とする。また、グローバル観測目的での砂漠、雪氷(グリーランド)などの**高分解モード**は優先度を下げる

利用目的別グローバル観測領域

■衛星進行方向 降交(南行)

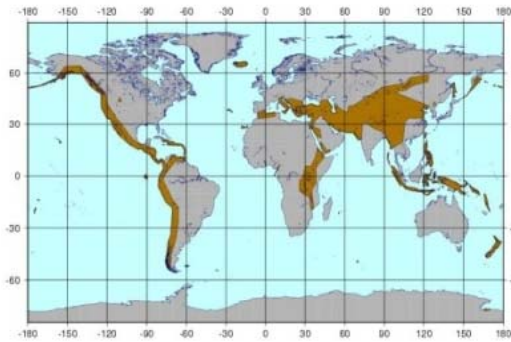
【地殻変動】 年2回(右2回)

・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



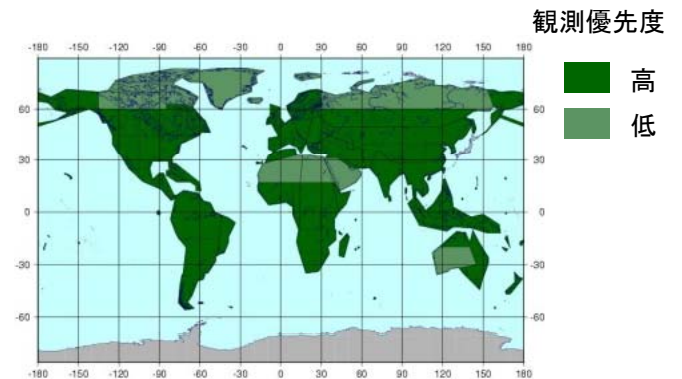
【地殻変動】 年9回(右9回)

・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz



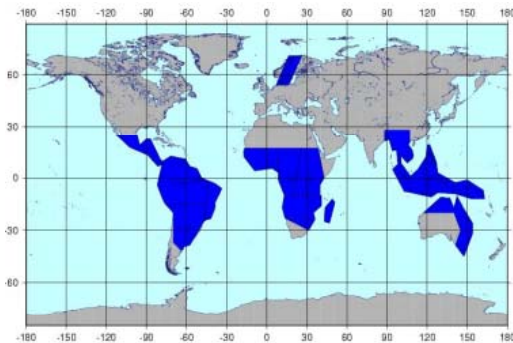
【高分解能観測】 3年に1回(右)

・高分解能[3m]、単偏波(HV)、84MHz



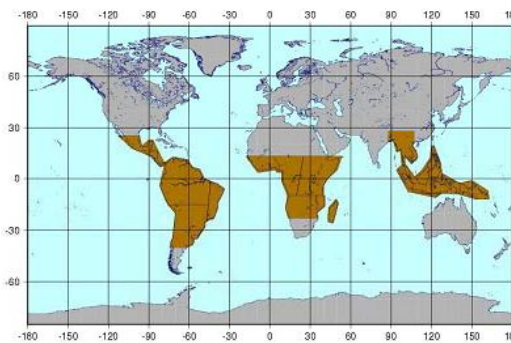
【森林観測】 年2回(右2回)

・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



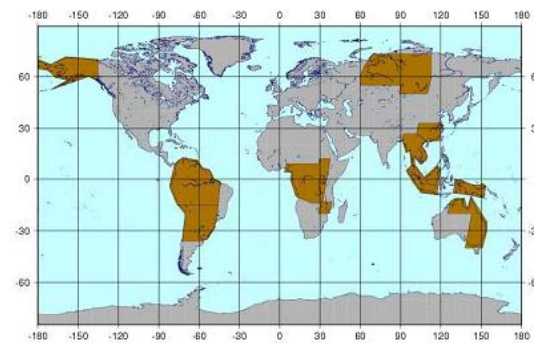
【伐採監視】 年9回(右9回)

・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz



【湿地観測】 年9回(右9回)

・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz

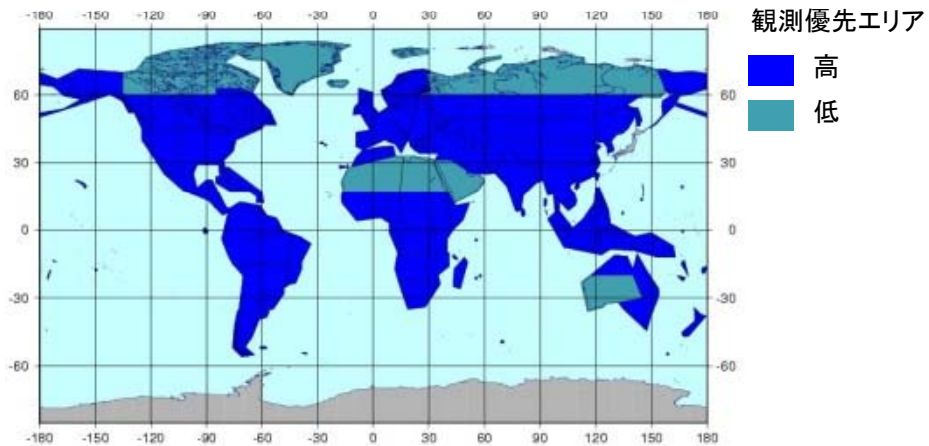


利用目的別グローバル観測領域

■衛星進行方向 昇交(北行)

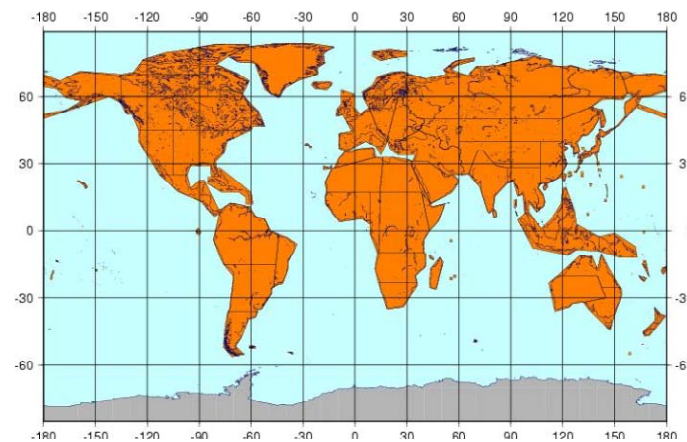
【全球観測】 年2回(右)

- ・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



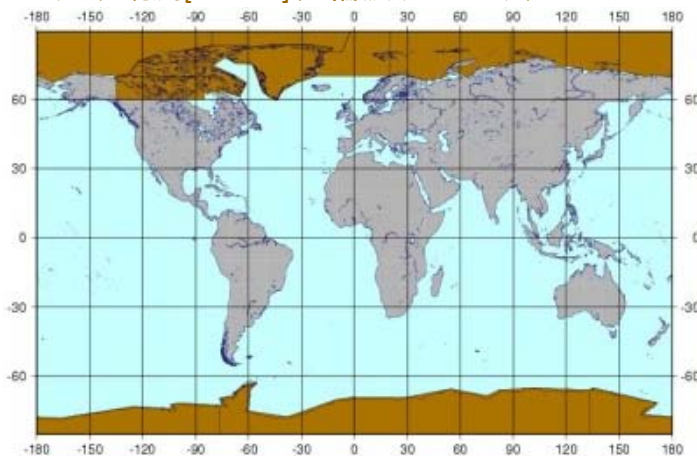
【フルポラリメトリ観測】 5年1回(右)

- ・高分解能[6m]、4偏波(HH+HV+VH+VV)、42MHz



【極域観測】 年2回(北極右、南極左)

- ・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz



グローバルシナリオ案

(1) 降交(南行)軌道

- ① 高分解能[3m]モードで3年に1回全球をカバー
- ② 湿地/伐採/森林の環境変化をモニターするために1年に9回、広域観測[350m]モードで定期的に観測
- ③ 地殻変動の差分干渉および、森林のバイオマス量推定のため、高分解能[10m]モードにより連続した2回帰で同じ場所を観測

(2) 昇交(北行)軌道

- ① PALSARから継承したデータを取得するため、全球を高分解能[10m]モードで年2回観測
- ② 極域(北極/南極)では季節による氷河変化の把握のため、広域観測[350km]モードで年3回観測(夏期・冬期合計)。但し、南極は大陸全土網羅のため、左観測
- ③ SAR多偏波などの研究促進のために、全球を5年に1回フルポラリメトリで観測

グローバルシナリオ案

1年間の観測パターン*

Year	Annual																											
Week of year	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52		
Cycle	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Desc	地殻 湿地 伐採			地殻 湿地 伐採	14-day InSAR		地殻 湿地 伐採	14-day InSAR		地殻 湿地 伐採	14-day InSAR		地殻 湿地 伐採		地殻 湿地 伐採			地殻 湿地 伐採			地殻 湿地 伐採	全球		地殻 湿地 伐採	全球(1/3)			
	W2R			W2R	F2R	F2R	W2R	F2R	F2R	W2R	F2R	F2R	W2R		W2R			W2R			W2R	U2R(3m)	W2R	U2R(3m)				
Asc	地殻	全球10m (観測パターン①)					全球ポリリメトリ(1/5)					全球10m (観測パターン②)			南極	北極 南極	全球10m (観測パターン①)					全球10m (観測パターン②)			北極 南極			
	W2R	F2R (10m)					FPR (6m)					F2R (10m)			W2L	W2R	F2R (10m)					F2R (10m)			W2R			
																		W2L	W2L							W2L		

F2R 高分解能10m (HH+HV)(右)

W2R 広域観測350km(HH+HV)(右)

U2R 高分解能3m (HV)(右)

WBL 広域観測350km(HH+HV)(左)

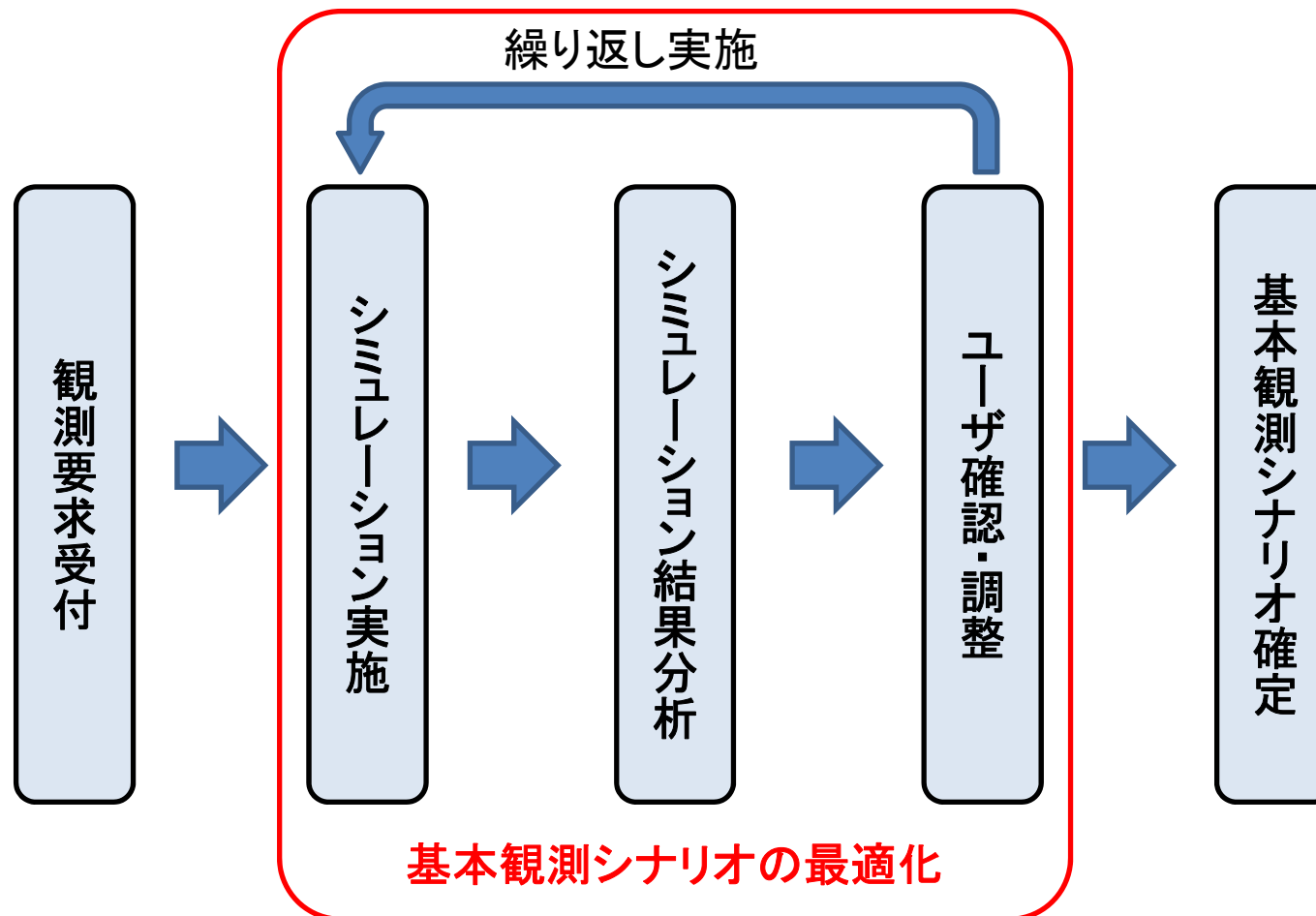
FPR 高分解能6m (HH+HV+VH+VV)(右)

* 高分解能3m と 6m フルポリリ はグローバルカバーに3~5年必要

運用シミュレーション

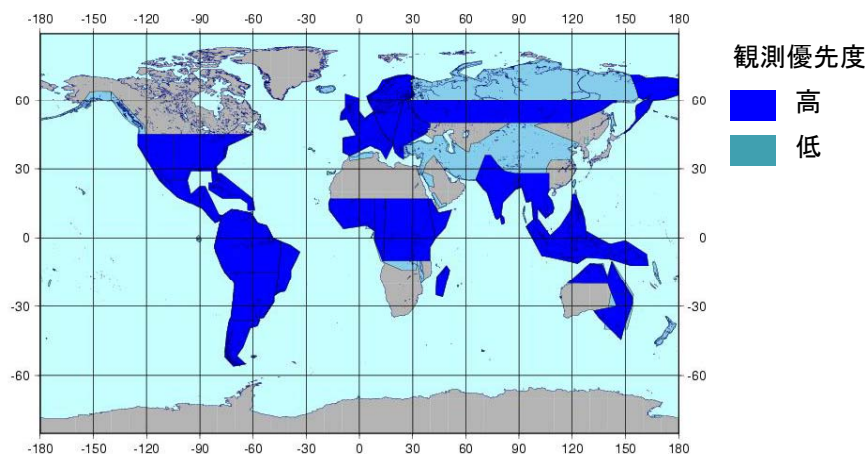
計算機シミュレーションを繰り返し実施し、基本観測シナリオを最適化

- ・観測要求毎の取得率評価
- ・観測リソース使用率評価

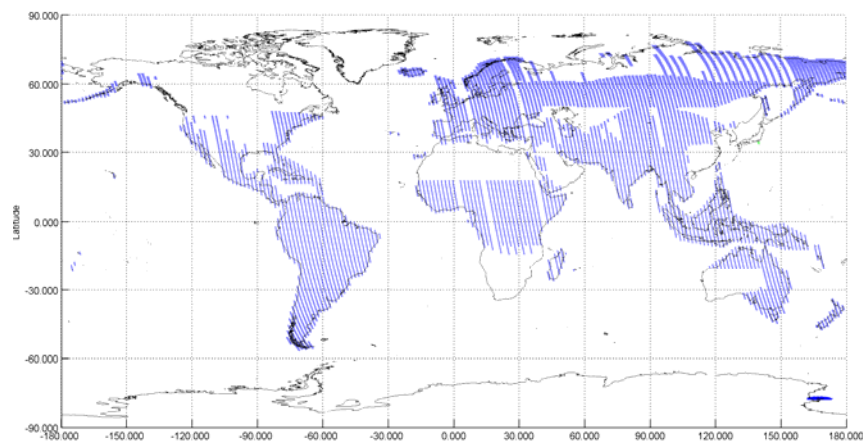


運用シミュレーション

【計画】



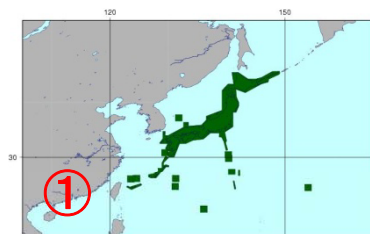
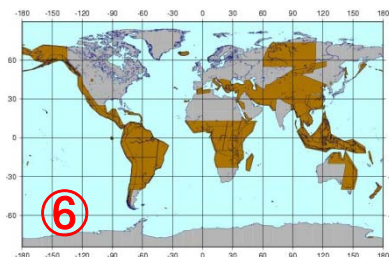
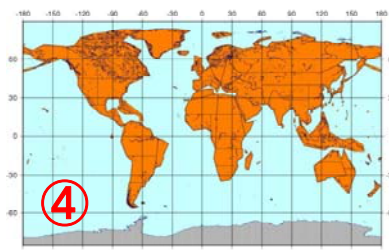
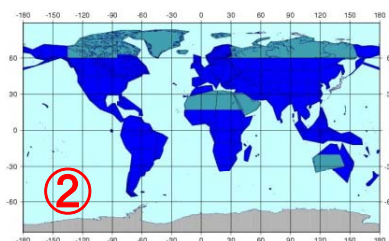
【シミュレーション結果例】



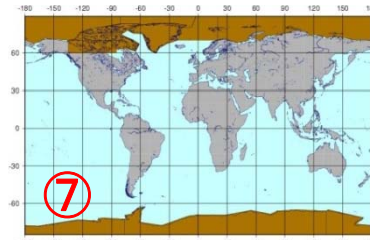
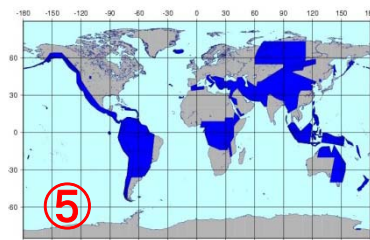
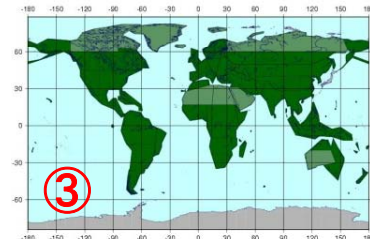
ビームno.7(オフナディア角36.2度)(51回帰目)

運用シミュレーション結果例(グローバル)(高分解能[10m]、昇交軌道)

運用シミュレーション



6mと350kmも同等のエリア

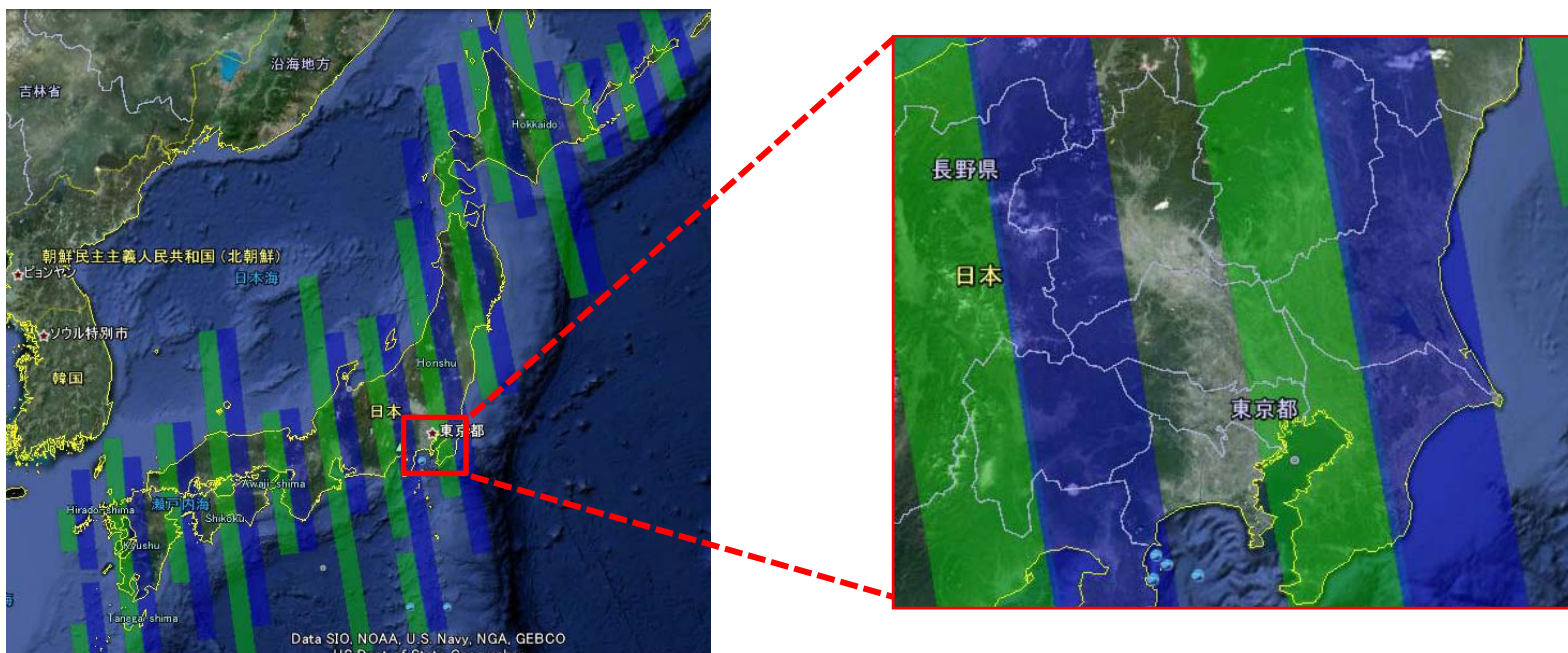


観測回数(運用シミュレーション結果例)

地図番号	観測場所	観測モード	観測回数 (1年間)	観測間隔 (計画)
①	日本(A)	3m	4回	2.5～3.5ヶ月
		350km	6回	1.5～4.5ヶ月
		6m	2年に1回	
①	日本(D)	3m	4回	2.5～3.5ヶ月
		350km	5回	1.5～4ヶ月
②	全球(10m)(A)	10m	2回	5～8ヶ月
③	全球(3m)(D)	3m	3年に1回	
④	全球(ポラリメトリ)(A)	6m	5年に1回	
⑤	森林・地殻(A)	10m	2.5回	2.5～5ヶ月
⑤	森林・地殻(D)	10m	2回	14日
⑥	地殻・湿地・伐採(D)	350km	7.5回	1～1.5ヶ月
⑦	極域(北極/南極)(A)	350km	2.5回	14日～7ヶ月

運用シミュレーション

シミュレーション結果の評価にはKML形式のアウトプットも活用



-  ビームno.8(オフナディア角35.4度)(3回帰目)
-  ビームno.9(オフナディア角38.2度)(4回帰目)

運用シミュレーション結果例(日本域)(高分解能[3m]、昇交軌道)

おわりに

- 基本観測シナリオを予め準備しておくことにより、系統的かつ時系列的な観測データを揃えることができ、日本において災害が発生した場合に速やかに被災状況抽出や差分干渉を可能とする
- ALOS-2の打上げまでに運用シミュレーションによる最適化を行い、ユーザと相談しながら準備を進める

バックアップ

PALSAR-2の観測モード

観測モード		スポットライト Spotlight	高分解能 Ultra Fine	高分解能 High sensitive	高分解能 Fine	広域観測 ScanSAR nominal		広域観測 ScanSAR wide
周波数帯域		84MHz	84MHz	42MHz	28MHz	14MHz	28MHz	14MHz
空間分解能		Rg × Az : 3 × 1m	3m	6m	10m	100m(3 looks)		60m(1.5 looks)
観測幅		Rg × Az : 25 × 25km	50km	50km	70km	350km 5scan		490km 7scan
偏波		SP	SP/DP	SP/DP/FP/CP		SP/DP		
NESZ		-24dB	-24dB	-28dB	-26dB	-26dB	-23dB	-23dB
S/A	Rg	25dB	25dB	23dB	25dB	25dB		20dB
	Az	20dB	25dB	20dB	23dB	20dB		20dB

SP : HH or VV or HV , DP : HH+HV or VV+VH , FP : HH+HV+VH+VV , CP : Compact pol (Experimental mode)

Spotlight :

Ultra Fine:

High sensitive:

Fine:

ScanSAR nominal :

ScanSAR wide:

被害状況詳細把握等

国内ベースマップ等

浸水状況等

海外ベースマップ、森林観測、地殻変動等

森林観測、地殻変動等

流氷、船舶検出等