

PALSAR-2観測計画



宇宙利用ミッション本部
ALOS-2プロジェクトチーム
ミッションマネージャ
鈴木 新一

ALOS-2利用ワークショップ#3
@つくば国際会議場
H23.11.17

はじめに

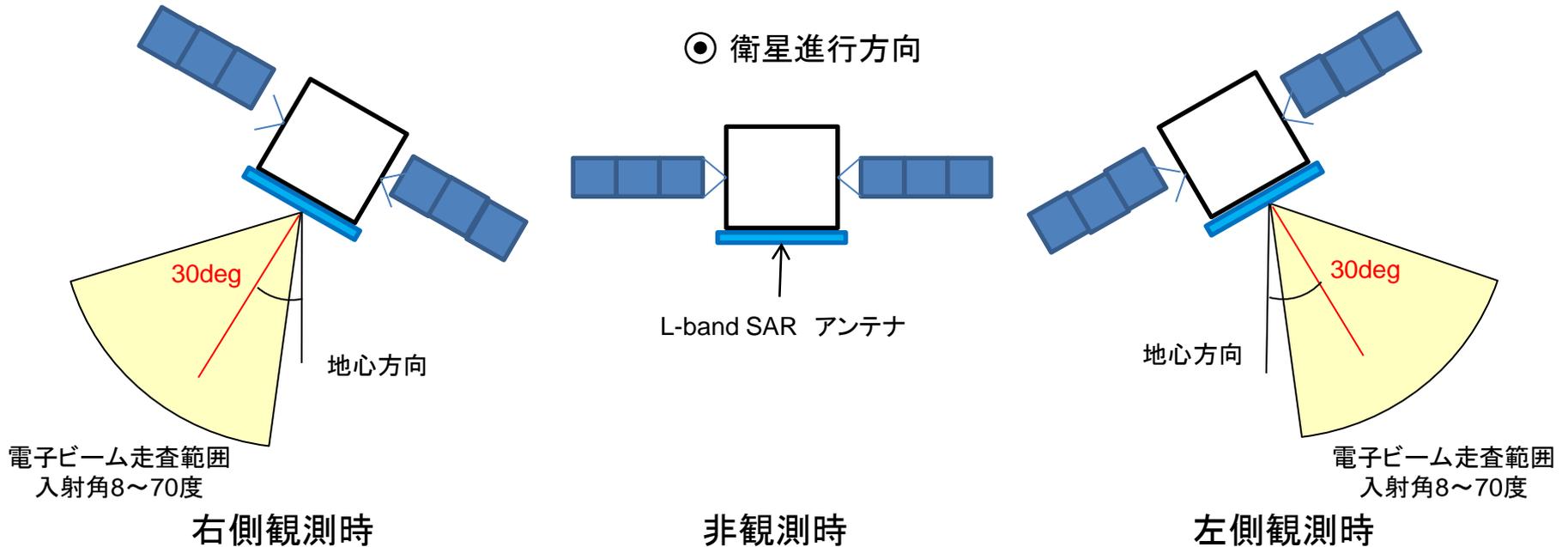
- ALOSにおいては、打上げ前にJAXAが作成した基本観測計画案を利用機関と個別調整しながら準備し、打上げ後は観測運用調整会議により、基本観測計画を維持更新しました。
- ALOS-2の運用体制(運用調整のフレームワーク)は未定ですが、運用体制の検討と並行してALOS基本観測計画に相当する観測シナリオ案の準備が必要と考えております。
 - ✓国内平時観測およびアジアの平時観測の大きなリソースを占める干渉SARベースマップ取得計画について、地震WG(事務局:国土地理院)、火山WG(事務局:気象庁)と検討:[日本域観測シナリオ案への意見を収集](#)
 - ✓海外の平時観測の大きなリソースを占める森林観測計画については、京都・炭素観測計画(K&C)科学諮問会議メンバーの意見を踏まえて検討:[グローバル観測シナリオ案に反映](#)
 - ✓検討にあたっては、利用拡大を考慮し、観測リソースの余裕を考慮
 - ✓[観測シナリオ案を利用ワークショップ\(利用機関、研究者、民間事業者等が参加\)](#)で議論し、その後ALOS-2観測要求調整会議(仮称)に引き継ぐ。

本日の目的:利用者からの意見を収集し、今後の検討に反映!

1. 予備知識

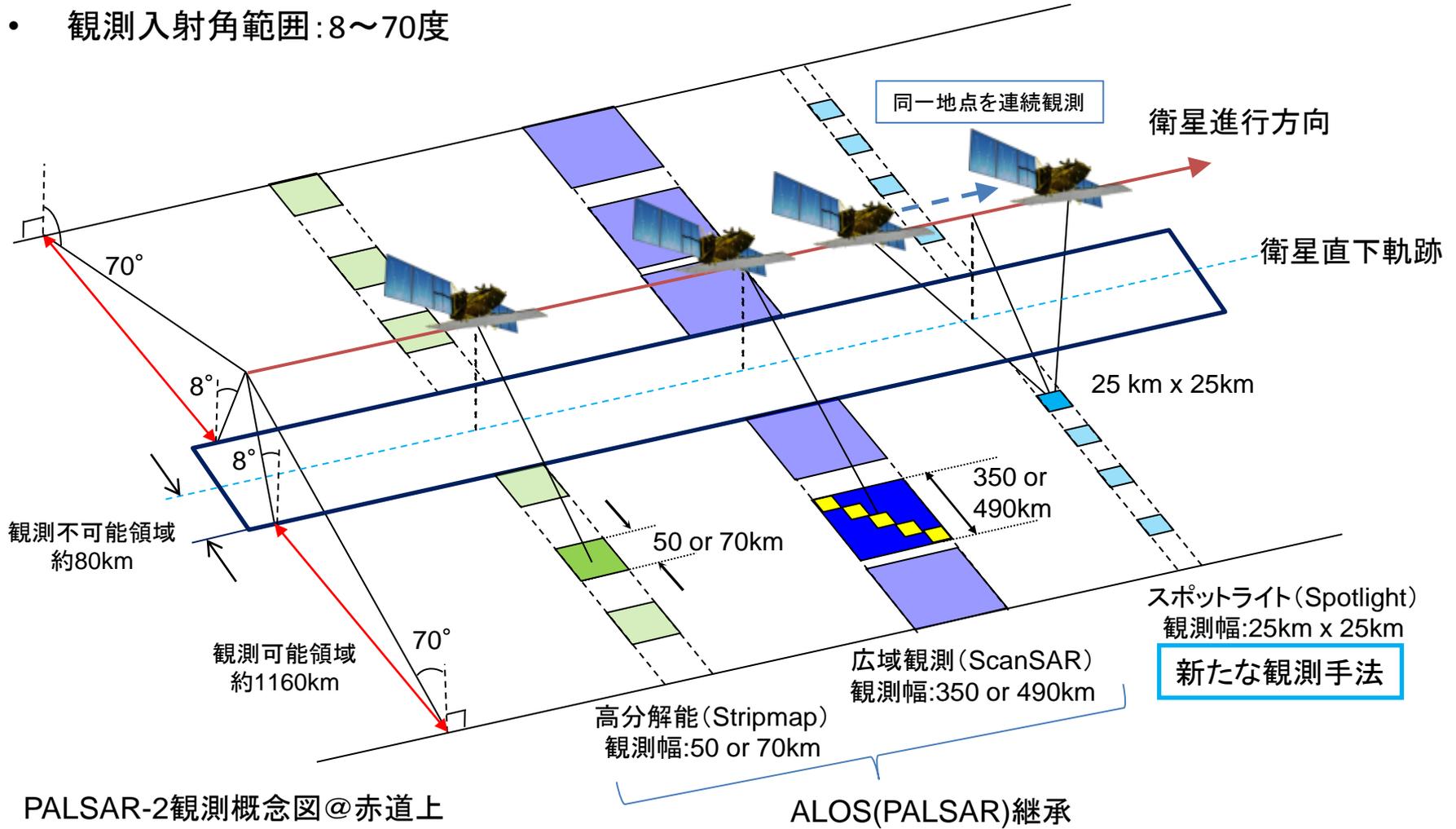
PALSAR-2の観測概念図

- 衛星姿勢の変更により左・右視観測が可能 (ALOS/PALSARは右観測のみ)
- 非観測時 : アンテナ法線方向 \Rightarrow 地心方向
- 観測時 : アンテナ法線方向 \Rightarrow ロール角 $\pm 30\text{deg}$
: 電子ビーム走査範囲 \Rightarrow 観測入射角 $8\sim 70\text{度}$



PALSAR-2の観測概念図

- 観測入射角範囲: 8~70度



PALSAR-2観測性能

観測モード	スポットライト	高分解能			広域観測		
	Spotlight	Ultra-fine	High-sensitive	Fine	ScanSAR nominal	ScanSAR wide	
中心周波数	1257.5MHz			1236.5/1257.5/1278.5MHz			
周波数帯域	84MHz	84MHz	42MHz	28MHz	14MHz / 28MHz	14MHz	
空間分解能	Rg x Az 3m x 1m	3m	6m	10m	100m (3look)	60m (1.5look)	
観測幅	Rg X Az 25km x 25km	50km	50km	70km	350km	490km	
偏波	SP ^{*1}	SP/DP ^{*2}	SP/DP FP ^{*3} /CP ^{*4}	SP/DP FP ^{*3} /CP ^{*4}	SP/DP	SP/DP	
データレート	800Mbps	800Mbps	800Mbps	400Mbps	400Mbps / 800Mbps	400Mbps	
雑音等価後方散乱系数	-24dB	-24dB	-28dB	-26dB	-26dB / -23dB	-26dB	
信号対不要波	Rg	25dB	25dB	23dB	25dB	25dB	20dB
	Az	20dB	25dB	20dB	23dB	20dB	20dB

PALSAR継承モード

@ 入射角 37度

*1 : Single Polarization HH or HV or VV or VH

*2 : Dual Polarization HH+HV or VV+VH

*3 : Full Polarization HH+HV+VV+VH

*4 : Compact Polarization 円または45度直線偏波 (実験モード)

ALOS-2の軌道

ALOS-2の軌道 (ALOSの軌道)

軌道高度(赤道上): 628km(697km)

回帰日数: 14日(46日)

1日の周回数: 15-3/14(14+27/46)

衛星地上軌跡[Path*]: 207本(671本)

注: ALOS-2の軌道では、高分解能モードの抜けない観測のため、複数の回帰で複数の入射角を用いる(次頁)

年間回帰数: 26回帰(8回帰)

赤道上Path間隔: 194km(60km)

* 1回帰分の衛星地上軌跡(昇交点を起点)に東から西へ順番につけた番号

ALOS-2のPathカレンダー

	1周回	2周回	3周回	4周回	5周回	6周回	7周回	8周回	9周回	10周回	11周回	12周回	13周回	14周回	15周回
1日目	1	15	29	43	57	71	85	99	113	127	141	155	169	183	197
2日目	4	18	32	46	60	74	88	102	116	130	144	158	172	186	200
3日目	7	21	35	49	63	77	91	105	119	133	147	161	175	189	203
4日目	10	24	38	52	66	80	94	108	122	136	150	164	178	192	206
5日目	13	27	41	55	69	83	97	111	125	139	153	167	181	195	
6日目	2	16	30	44	58	72	86	100	114	128	142	156	170	184	198
7日目	5	19	33	47	61	75	89	103	117	131	145	159	173	187	201
8日目	8	22	36	50	64	78	92	106	120	134	148	162	176	190	204
9日目	11	25	39	53	67	81	95	109	123	137	151	165	179	193	207
10日目	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	
11日目	3	17	31	45	59	73	87	101	115	129	143	157	171	185	199
12日目	6	20	34	48	62	76	90	104	118	132	146	160	174	188	202
13日目	9	23	37	51	65	79	93	107	121	135	149	163	177	191	205
14日目	12	26	40	54	68	82	96	110	124	138	152	166	180	194	
15日目	1	15	29	43	57	71	85	99	113	127	141	155	169	183	197

5日後に隣接Path

14日後に回帰

ALOSのPathカレンダー

	1周回	2周回	3周回	4周回	5周回	6周回	7周回	8周回	9周回	10周回	11周回	12周回	13周回	14周回	15周回
1日目	1	47	93	139	185	231	277	323	369	415	461	507	553	599	645
2日目	20	66	112	158	204	250	296	342	388	434	480	526	572	618	664
6日目	4	50	96	142	188	234	280	326	372	418	464	510	556	602	648
11日目	7	53	99	145	191	237	283	329	375	421	467	513	559	605	651
16日目	10	56	102	148	194	240	286	332	378	424	470	516	562	608	654
18日目	2	48	94	140	186	232	278	324	370	416	462	508	554	600	646
21日目	13	59	105	151	197	243	289	335	381	427	473	519	565	611	657

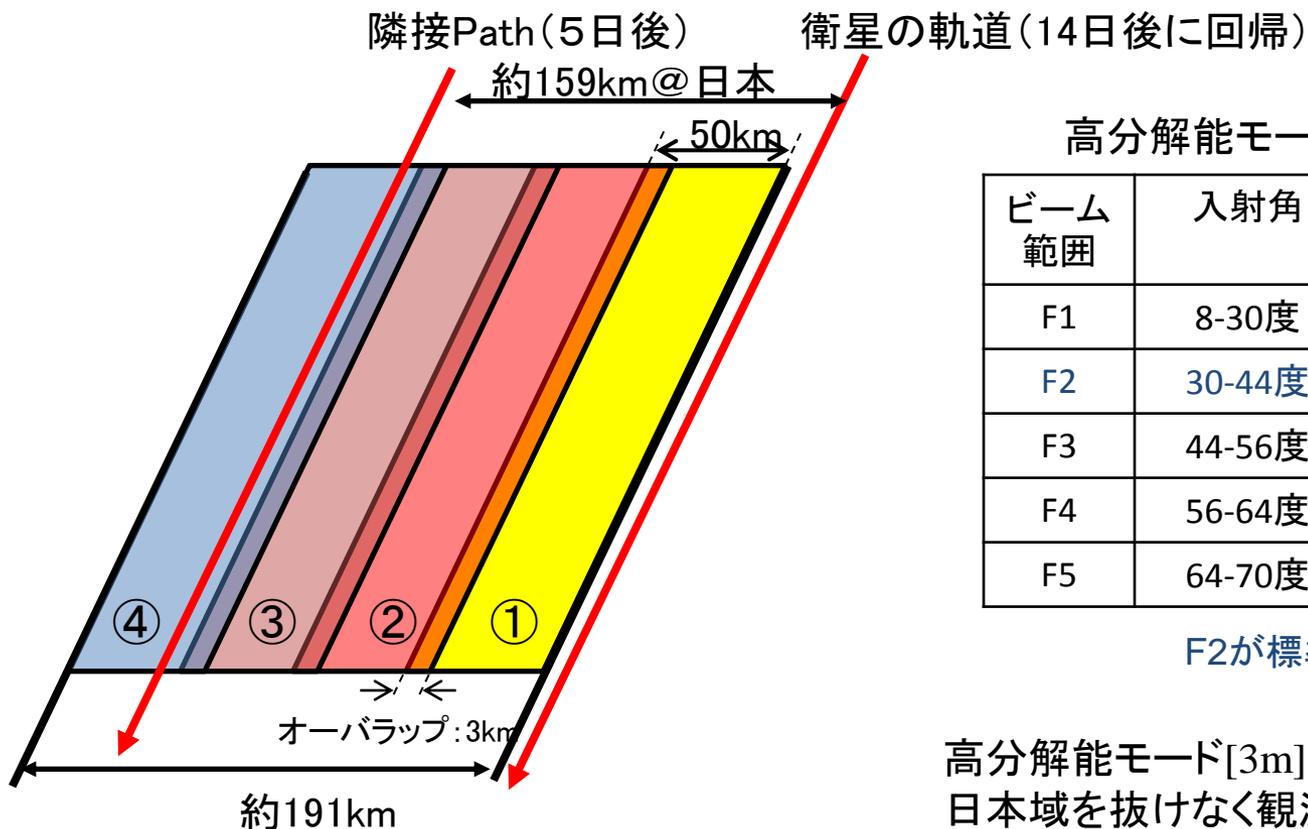
17日後に隣接Path

47日目	1	47	93	139	185	231	277	323	369	415	461	507	553	599	645
------	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

46日後に回帰

抜けのないSAR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

ビーム範囲	入射角	Path間カバーに必要なビーム数
F1	8-30度	5ビーム
F2	30-44度	4ビーム
F3	44-56度	5ビーム
F4	56-64度	5ビーム
F5	64-70度	5ビーム

F2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F2の4ビーム(入射角)を揃える必要がある
⇒最短14日×4回帰=56日必要

2. 日本域の観測シナリオ

PALSAR-2観測シナリオ案(日本域)作成条件

- ①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」を整備する。

「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

- ②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種類のデータを揃える。

- ③「災害用」ベースマップは以下に示す観測条件のデータを揃える。

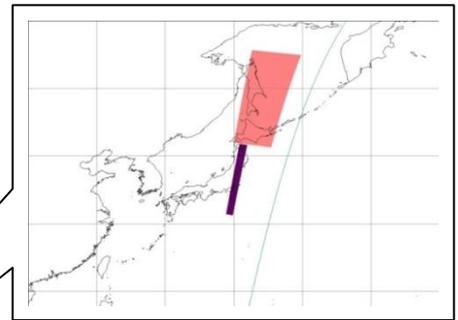
観測条件項目	高分解能[3m]モード	広域観測[350km]モード
衛星飛行方向	降交(南行)および昇交(北行)	
ビーム方向	左および右	
ビーム範囲(入射角)	F2(30.2° ~44.4°) F3(44.3° ~55.8°)	S2(25.7° ~49.0°)
偏波	単偏波(HH)	2偏波 (HH+HV)
周波数帯域	84MHz	28MHz

- ④「定期的な差分干渉用」ベースマップは、電離層の影響を考慮し、降交軌道(昼間)の観測データを揃える。観測は毎年同じ時期に実施。具体的な観測条件は以下のとおり。

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)のみ	
ビーム方向	左および右	
ビーム範囲(入射角)	F2(30.2° ~ 44.4°)	S2(25.7° ~ 49.0°)
偏波	単偏波(HH)	2偏波(HH+HV)
周波数帯域	84MHz	28MHz

- ⑤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する。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F2、5カ月でS2、1年半でF3の全てのデータを揃える。
- ⑥2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回の頻度で更新する。
- ⑦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設ける(6回帰に1回程度)。
- ⑧ベースマップ以外の観測リソースを確保する(2年目までは主に昇交軌道)。
- ⑨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を行い、北海道より以南の本州は高分解能モードによる観測を行う。
- ⑩「船舶動静管理」のため、F2およびF3は沿岸域を陸から延長して観測する。

PALSAR-2観測シナリオ案(日本域) 1~3年目(1/2)



■1年目

回帰年		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
回帰開始月		10	10	11	11	12	12	01	01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	06	06	07	07	07	08	08	09	09
回帰開始日		10	24	07	21	05	19	02	16	30	13	27	13	27	10	24	08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25
主な観測要求		農水				海上保安庁殿 流水観測(想定)											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					定期的な差分干渉用					災害用										
	昇交軌道	F2R	S2R	F2R	S2R			F2L	S2L	F2L	S2L			F2R	S2R	F2R	S2R			F3L							
観測パターン		災害用					災害用					災害用					F3L					FPR					

■2年目

回帰年		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
回帰開始月		10	10	11	11	12	12	01	01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	06	06	07	07	07	08	08	09	09
回帰開始日		09	23	06	20	04	18	01	15	29	12	26	12	26	09	23	07	21	04	18	02	16	30	13	27	10	24
主な観測要求		農水				海上保安庁殿 流水観測(想定)											農水殿 観測要求期間(想定)										
観測パターン	降交軌道	災害用					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										
	昇交軌道		F3R	S2R				F2L	S2L	F2L	S2L			S2R	F2R	S2R	F2R	S2R			F2L				S2L		
観測パターン			災害用					F3R																FPR			

補足

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)

1年目 高分解能(F2)

降交・右:ベース観測+1回

降交・左:ベース観測のみ

広域(S2):

降交・右:ベース観測+3回

降交・左:ベース観測+1回

2年目 高分解能(F2)

降交・右:1回

降交・左:2回

広域(S2):

降交・右:3回

降交・左:1回

3年目 高分解能(F2)

降交・右:2回

降交・左:2回

広域(S2):

降交・右:3回

降交・左:3回

地震WG・火山WGからの意見

意見1

定期的な差分干渉用ベースマップは、「降交(南行)と昇交(北行)軌道の両方で、左か右のいずれかのビーム方向のみ、広域観測モードで」実施すべき。

理由

- ・広域観測モードで14日間隔でデータがあれば、相当干渉性がよい
- ・降交でも昇交でも電離層の影響に劇的な差はなく(JAXAコメント:違いはある。別途、データを提示)、干渉SAR用途にとっては、二方向以上での計測があるとだいぶ有利になるので、降交と昇交の両方あるとよい
- ・降交と昇交から左と右の両方の観測があると3次元的な変動が検出できるというメリットがあるが、それよりも干渉性を確保したほうがよいのでビーム方向はいずれかとすべき(ESA Sentinel-1A/Bとの相補性から左がよい)

論点

- ・国内の定期的な差分干渉は広域観測モードのみでよいか。
(仮にそうであっても、災害観測等のミッション要求から高分解能[3m]モードの国内観測は必須)
- ・降交の左・右(現行案)に対して、電離層の影響があっても降交と昇交の両方で左か右のいずれかの方がよいか。
- ・PALSARとの継続性から右観測か、海外CバンドSARとの相補性から左観測か。

地震WG・火山WGからの意見

意見2

国内の災害用ベースマップについて、F3は不要。そのリソースを定期観測に回すべき。別の入射角による観測が必要であるならば、他の分野からの要求(例えば、4~9月の「農業要求との競合」との共存を考えるべき。別の入射角による観測の要求(Polのモードは問わない)があるならば、それをもってベースマップとすれば良い。

論点

・宇宙基本計画の「地殻変動の予測・監視のニーズ」“大規模な地殻変動の予兆が認められたり火山の活動度が高まったりした場合には、GPSによる現地での臨時観測等と合わせ、少なくとも3時間毎に対象地域の監視を行い、今後の地殻変動や火山活動の推移に関する予測精度を向上させる”に対応し、(衛星1機の可能な範囲で)差分干渉データ取得の時間短縮を目指している。

国内は広域観測モードS2のベースマップをそろえることで、109時間以内(平均64時間以内)に差分干渉データ取得可能。

F2のみをベースマップとした場合は、高分解能モードの差分干渉データは204時間以内(平均92時間以内)となるが、ユーザ側で許容可能か。

F2に加えてF3のベースマップをそろえると、62時間以内(平均48時間以内)に差分干渉データ取得が可能。

地震WG・火山WGからの意見

意見3

高分解能モードによる定期観測があまりにも少ない。

28MHz(観測幅70km)のモードによる観測は計画に入っているのか？

定期観測では3m分解能の観測は不要。より高頻度な観測が必要。

論点

- ・原案では、国内ベースマップがそろったのち、**高分解能[3m]モード**で年4回、**広域観測モード**で年6回、国内の定期的な差分干渉観測を計画している。
- ・災害観測(被害状況把握)等の観点から高分解能[3m]モードの国内観測は必須。
- ・国内観測に、高分解能[3m]モード、広域観測モードに加えて、高分解能[10m]モードを追加すると**必要なベースマップの種類が増える**ため、かえってリソースを圧迫する。

3. 日本域以外の観測シナリオ

ALOS-2グローバル観測シナリオ

ミッション目的に合致する利用実証・研究に必要な観測を効率的に行うため、以下の考え方でグローバル観測を行う。

- ✓ 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
- ✓ 適切な観測頻度
- ✓ 地域毎の観測時期の考慮
- ✓ 観測計画の長期間の継続性

利用拡大を考慮し、上記の基本観測以外に観測リソースの余裕を考慮(3割程度)するものとし、優先度に応じて上書き可能なバックグラウンド観測を設定しておく。

PALSAR-2観測シナリオ案(グローバル)作成条件

- 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する。
 - ・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に観測を行う。
 - －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の間引きを行う。

- 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、電離層の影響を考慮し、降交軌道(南行)で観測を行う。
地震・火山WGで議論あり:降交で左・右観測(原案)か、降交・昇交で右観測か

- 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回帰観測するダウンリンクリソースが不足する場合は、要求領域を分割し、複数回帰にて観測を行う。

- 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(グリーンランド)などの高分解モードは優先度を下げる。

PALSAR-2観測シナリオ案(グローバル)

観測地域	モード	観測対象	観測回数/年	観測計画					備考
				入射角	観測方向	軌道	偏波	周波数	
グローバル (日本以外)	高分解能 [10m]	地殻変動	2回(左1+右1) あるいは 2回(右2)	C2	左 and 右 あるいは 右	降交	2偏波 (HH+HV)	28MHz	
		森林観測	2回(左1+右1) あるいは 2回(右2)	C2	左 and 右 あるいは 右	降交	2偏波 (HH+HV)	28MHz	
		全球観測(森林観測、資源探査を含む)	2回	C2	右	昇交	2偏波 (HH+HV)	28MHz	地殻変動(昇交)の相乗りも可能
	広域観測 [350km]	地殻変動	2回(左1+右1) あるいは 2回(右2)	S2	左 and 右 あるいは 右	降交	2偏波 (HH+HV)	14MHz	
		伐採監視	4回	S2	右	降交	2偏波 (HH+HV)	14MHz	重点監視期間は雨季(11月~4月)
		湿地観測	4回	S2	右	降交	2偏波 (HH+HV)	14MHz	アフリカは年2回
	広域観測 [490km]	極域観測	2回	W2	右 (一部左)	昇交	単偏波 (HH)	14MHz	観測時期は12月、6月
	高分解能 [6m]	森林観測など	1回	ビームNo. 3~7	右	昇交	4偏波 (HH+HV+VH+VV)	42MHz	フルポラリメトリ
	高分解能 [3m]	全球観測	5年で1回以上	F2	右	昇交	単偏波 (HH)	84MHz	バックグラウンド観測
		船舶管理 など	未定	F4	左 or 右	降交 or 昇交	単偏波 (HH)	84MHz	SARとAISの同期観測

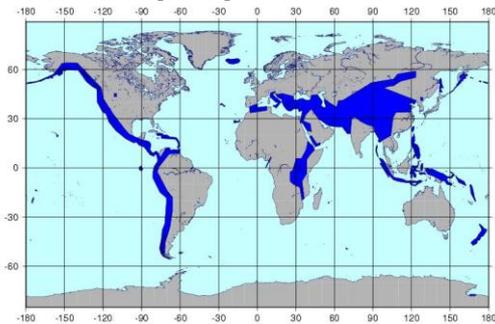
PALSAR-2観測シナリオ案(グローバル) 目的別観測領域(1/2)

■衛星進行方向 降交(南行)

【地殻変動】 年2回(左1回+右1回)

あるいは年2回(右2回)

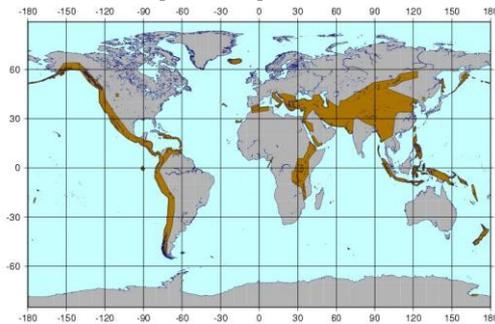
・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



【地殻変動】 年2回(左1回+右1回)

あるいは年2回(右2回)

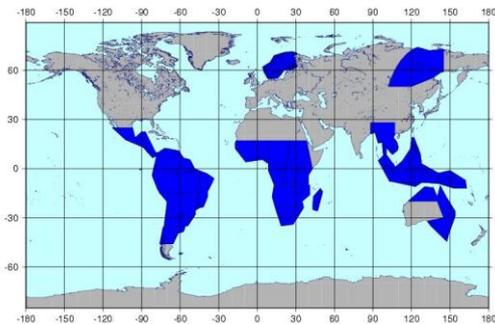
・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz



【森林観測】 年2回(左1回+右1回)

あるいは年2回(右2回)

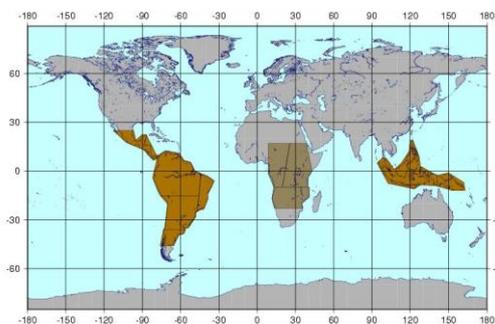
・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



【伐採監視】 年4回(右)

アフリカは年2回(右)

・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz



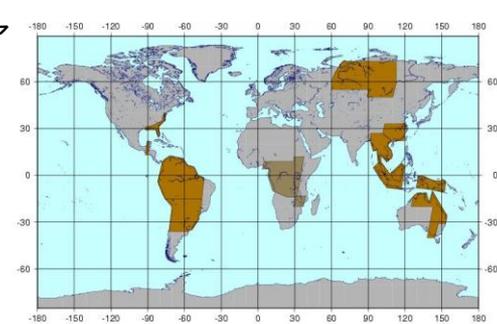
【湿地観測】 年4回(右)

アフリカは年2回(右)

・広域観測[350km]、2偏波(HH+HV)、14MHz

観測優先エリア

■ 高
■ 低

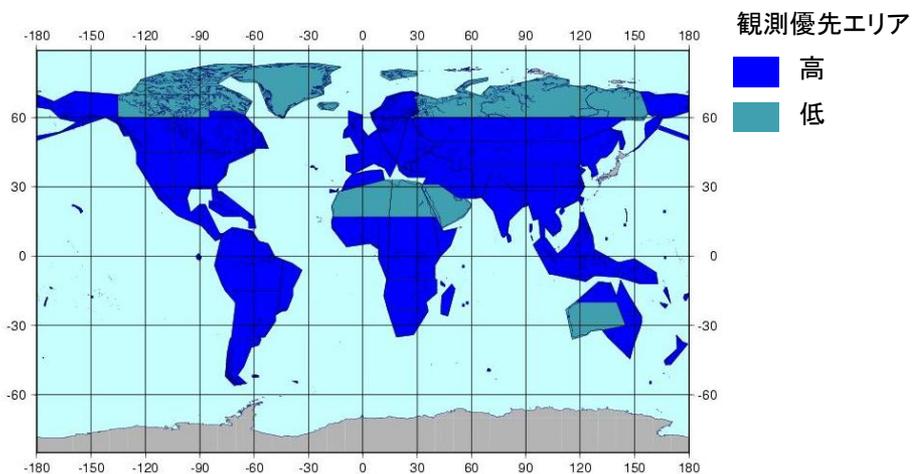


PALSAR-2観測シナリオ案(グローバル) 目的別観測領域(2/2)

■衛星進行方向 昇交(北行)

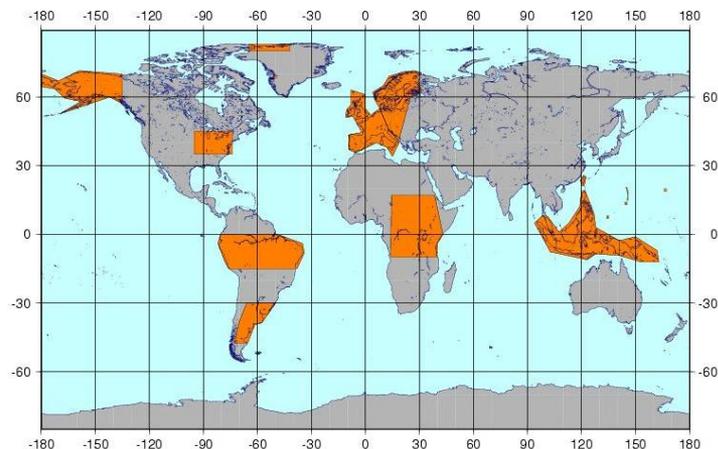
【全球観測】 年2回(右)

・高分解能[10m]、2偏波(HH+HV)、28MHz



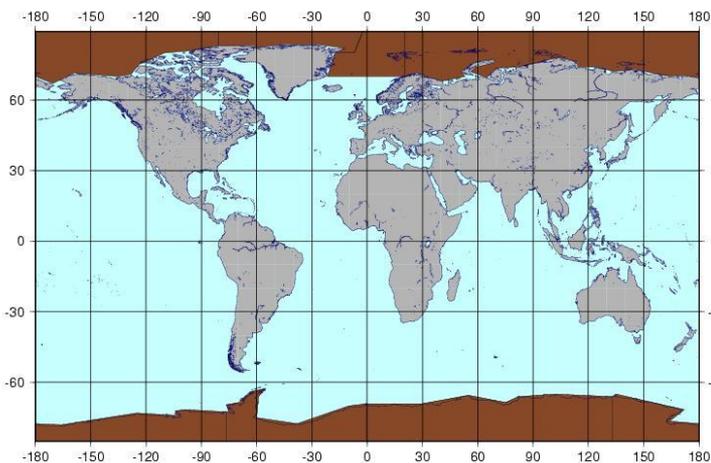
【フルポラリメトリ観測】 年1回(右)

・高分解能[6m]、4偏波(HH+HV+VH+VV)、42MHz



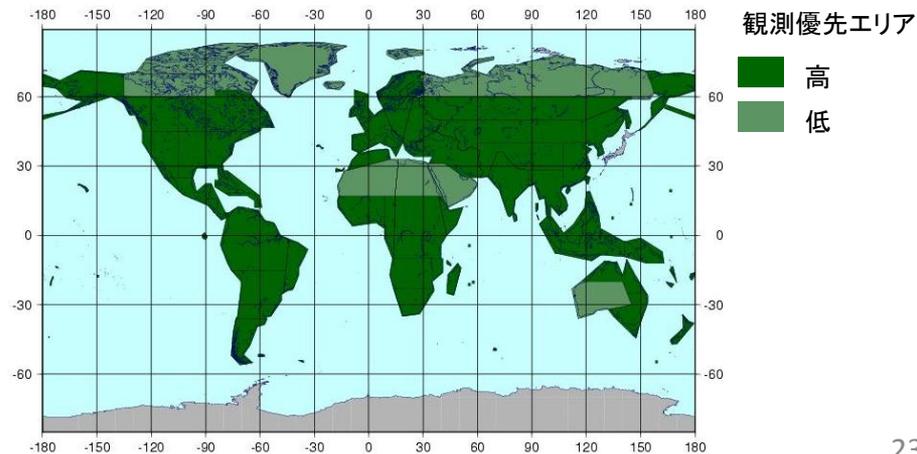
【極域観測】 年2回(右、南極の一部左)

・広域観測[490km]、単偏波(HH)、14MHz



【バックグラウンド観測】 5年に1回(右)

・高分解能[3m]、単偏波(HH)、84MHz



おわりに

打上げ後早い時期からALOS-2/PALSAR-2を活用し、最大限の利用がなされるよう、利用者の方々のご意見をPALSAR-2の観測シナリオへ反映したいと考えておりますので、セッション7にて議論をお願いいたします。