4. 初期校正検証結果



ALOS-2 characteristics, CALVAL results and operational status

JAXA team

CVST4

Dec. 3-5, 2014

4. 初期校正検証結果



This chapter describes the initial calibration results on ALOS-2/PALSAR-2. It shows that the PALSAR-2 has good performances on the raw data quality, and processed data. It shows that PALSAR-2 has the good potential to archive the ALOS-2 missions. This reports contains the followings,
Objectives

Calibrations Validations

Summery

4.1 目的



対象	内容
校正	標準成果品が要求性能 ^{注1)} を満たすこと。 (初期校正期間中は基本観測計画(Basic Observation Scenario : BOS)で使用頻度の高い5 6ビーム優先 ^{注2)} 、その他はJFY26内の終了を目 指す。PALSARとの性能比較を行い,性能の改 善を評価する。)
検証(高次成果品)	主要な高次成果品を作成し、その精度を評価するとともに、PALSAR-2が実用に供するポテンシャルを有することを確認する。また、PALSARと比較し、能力の改善を調べる。

ベースライン文書:ALOS-2解析研究実施計画書(NDX-100010)/PALSAR-2校 正検証計画書(NDX-120025 B改訂)

注1)精度規定は次ページ参照

注2)F-5-6-7, U-6-7-8-9, H-3-4-5-6-7, W-2, V-2の58ビーム(偏波考慮)がBOSで5 0000秒以上観測の為に、初期校正期間中に優先的に実施。全部で116ビーム

4.2 校正



- 4.2.1 モード整理および校正の手順(Mode summary)
- 4.2.2 校正検証(方針等)(objectives9
- 4.2.3 ARC
- 4.2.4 生データ評価(raw data characteristics)
- 4.2.5 画像生成と画質評価(Image generation and image quality)
- 4.2.6 アンテナパターン推定(antenna pattern estimation)
- 4.2.7 ポラリメトリック校正(Polarimetric calibration)
- 4.2.8 幾何学校正(geometric calibration)
- 4.2.9 ラジオメトリック校正(radiometric calibration)
- 4.2.10 L2.1
- 4.2.11 L3.1
- 4.2.12 初期校正サマリ(PALSAR2+PALSAR)(Initial cal summery)
- 1912 キレめ

4.2.1 PALSAR-2仕様及びモードの整理



Exploration Agency

SP:HH or VV or HV,DP:HH+HV or VV+VH,FP:HH+HV+VH+VV,CP:Compact pol (Experimental mode) REC: Number of receivers(受信機数:Dual, S: Single), DC: Data Compression, DB4:DS-BAQ4,B4:BAQ4

Spotlight (S):Detail observation of damaged areaUltra Fine(U):High Resolution (Japan area baseline)High sensitive(H):Flood / Coast monitoringFine(F):Global observation (deformation/forest)ScanSAR nominal(W):ScanSAR InSAR (28MHz)ScanSAR wide(V):Ice monitoring, Ship detection

4.2.2 校正・検証(方針:観測モード)(2/12)



- 2種類の成果品(利用情報処理設備から出される標準成果品とEORC内で利用する研究 成果品)を校正検証する。校正はSigma-SARでまとめて行い、最大の共通化を計る。
- 全世界で均質な精度を保持するように校正することとし、全世界の校正サイトと研究者の 知を共有する。
- 初期校正で概ねの校正を,残りを定常校正で行う。
- 基本観測計画で2年間の観測要求が通算500秒以上のものを校正対象とする。
- 右観測を使用(一部は左観測で検証)
- アンテナパターン校正はアマゾン森林を用いる。
- ・ ポラリメトリ校正は森林とCRを用いる。
- 幾何学校正はCR、ラジオメトリックの値付けはCRとアマゾン(森林の後方散乱係数が入射 角によらず一定なこと)を用いる。
- 試験モード(C-pol)は限定領域で実施
- AD変換機の圧縮モードも幾つかの領域で実施







CVST All Sites





Red circle and square indicates CR sites (including JAXA Cal sites)







4.2.2. 校正用観測データー覧



11月12日の時点での、
1)CRサイトを観測したPALSAR-2画像数、
2)アンテナパターンの推定に使用した画像数、
3)受信機によるアジマスアンテナパターン計測数
は以下のとおり。

観測モード	CRサイト(CR sites)	アンテナパターン 使用/観測/計画 Antenna patterns	10/26時点の美績 初期COおよび初期校正 ノンマ人ノンテナハ ターン(国内) Azimuth antenna patterns
SL	0/47	_	0/4
UB	22/ <mark>68</mark>	32/43/288	10/17
FB	27/1 <mark>29</mark>	3/115/132	11/21
WB	0/7	4/36/80	0/7
VB	-/4	3/8/36	-/4
HBQ	17/ <mark>94</mark>	5/X	1/13

4.2.3 Active Radar Calibrator and SAR signal receiver **XA**



- •Geometric calibrator with location uncertainty of 1 cm
- •45 (0, 90 deg) degree rotational ARC.
- •Manually controlled for off nadir angle.
- High RCS stability using thermally insulated units
- •Wide resistance for temperature and humidity
- •ARC mode prepares the H and V phase difference

	GCx2	Receiver
Frequency band	1215-1300MHz	1215-1300MHz
Off nadir angle	9.9 ~ 50.8°	9.9 ~ 50.8°
RCS or receiving capability	25dBm2:Spotlight 30dBm2:3m strip 35dBm2:6m strip 40dBm2:10mstrip	100Mhz AD conversion
ALOS tracking	No	No
temperature range	-10 ~ +50°C	$-10 \sim +50^{\circ}C$
Humidity range	35~100%RH	35~100%RH

Receiver

4.2.3 Direct Pulse receptions at the ground





送信パルスは交互にUp-chirp, down-chirpされることを確認



4.2.3 送信アジマスアンテナパターンの地上での確認(地上計測)



4.2.4 校正(生データ評価):Calibration(Raw data evaluation)

全モードについて生データを評価: S, U, H, F, W-V Cal Data及びRaw dataの評価 評価項目は、周波数特性, SNR、I-Q直交性、I-Q振幅差、I-Q飽和 率(ヒストグラム含む)、不要波特性である。 代表例を次ページに示す。 データ圧縮モードはBAQ(4,2), DS-BAQ(4)とされる。Data compressions are 2 modes, i.e., BAQ(4 and 2) and DS-BAQ(4).

4.2.4 オンボード校正信号(例):Onboard Cal data



84MHz





- チャープレプリカは観 測の前後で取得。
- 振幅はパルス内で変 動するが,位相は時間 の二次関数で正確に 表現可能。
- パルス幅はビーム毎に 異なる為に,映像化処 理には毎回直前のも のを使用する必要性有 り。

42x4mple of raw data characteristidHBQ(High Beam Quad pol) 6m 42MHz



SNR 14.0880 12.7390 8.5330 14.1270

4 Example of raw data characteristid HBQ(High Beam Quad pol) 6m 42MHz

Azimuth profiles





4.2.4 観測データの長期変動モニター





mode	I/Q	depth [deg]	SNR [dB]	Sat [%]	Scene
3m	1.0022 (0.0065)	1.5491 (0.0012)	13.2852 (1.9119)	0.205	21
6m	1.0002 (0.0052)	1.5557 (0.0071)	13.7788 (3.2357)	0.295	29
10m	1.0009 (0.0068)	1.5445 (0.0075)	12.6178 (2.7583)	0.526	26
ScanSAR [350km]	1.0003 (0.0006)	1.5458 (0.0030)	9.3965 (6.7832)	0.012	2
ScanSAR [490km]	1.0029 (0.0021)	1.5446 (0.0005)	13.0030 (3.4342)	5.551	3

(参考) PALSAR

mode	I/Q	dPH	SNR	Sat
FBS	1.007	1.598	8.423	LS 5%
FBD	1.010	1.579	3.358	LS 5%
PLR	1.001	1.577	8.712	LS 5%
WB1	1.015	1.581	7.926	LS 5%
WB2	1.008	1.597	8.733	LS 5%





- 生データの特性は概ね良好である。
- I-Q直交性はほぼ90°, I-Q利得比率は1、飽和率は3%以下 と小さい。
- <u>SNRは約13dBであり、PALSARに比して約5dB大きい。(SNR</u> is around 13 dB and 5 dB bigger than that of PALSAR)
- STRIPはAGC、ScanSARはMGC運用であるが、共に飽和率は 3%以下と小さい。(Saturation rate is less than 3%)
- データは、Up-chirp, Down-chirp、0-pai変調される。4ビットBAQ あるいはDS-BAQ圧縮(一部2ビット)されるが、復調後は8ビット化され、良好な特性を示す。
- 一方、不要波は大きい(JERS-1/ALOSに比べて)。
 - 全体に不要波のレベルが大。
 - ・帯域幅が最大で5MHz程度に増大。
 - 強度が約10dB増加。(後述)

4.2.5 校正(画像生成と画質評価)

Strip mode(UB, HB, FB)



UB:ケベック(2014/06/20)



J1 2014/8/13 Ascending FP6-7 Path29

Site1



HBQ-RioBranco

4.2.5 校正(画像の比較)



Exploration Agency

校正(画像の比較) 4.2.5









場所:アマゾン 観測日:2014年7月20 日 帯域幅:28MHz モード:W2 ロンドニア地方 ScanSAR shows the good image quality)

Exploration Agency

4.2.6 アンテナパターン推定(antenna pattern estimation)



4.2.6 校正 (Antenna elevation pattern:ラジオメトリ ック校正 (エレベーションをディンテレンマ 補正の gitte Elevation pattern: マンチントリ



4.2.6 校正(ラジオメトリック校正(エレベーション・アンテナパターン補正):

antenna elevation pattern for ScanSAR)

ScanSAR W2



4.2.6 校正(ラジオメトリック校正(アジマス・アンテナ パターン補正:W&Vに使用):antenna azimuth pattern))









4.2.7 ポラリメトリック校正(2/2)





4.2.8 幾何精度評価結果(Strip(U-H-F)):Geo location evaluation)



全世界に展開したCRを用いてレンジゲート時間遅れの調整



レンジオフセットの調整により幾何学精度の向上

5.34m (RMSE)

mode	dx1平均值[m]	dx1標準偏差	dy平均值[m]	dy標準偏差	評価点数	RMSE
A/L	0.839451	2.563070	2.574452	2.080054	7	4.23
A/R	-2.874292	2.035313	2.808302	1.734837	58	4.83
D/L	3.835954	5.598194	-5.899280	3.284252	14	9.57
D/R	-1.151538	1.987740	-3.185586	1.653553	48	4.26



地表で認識できる点の評価(沿岸場所の選定を含む)

 Listing测

 30

 20

 10

 20

 10

 40

 -30

 -20

 -10

 -20

 -30

 -20

 -30

 -30

 -30

図 1.2-3 幾何精度評価結果(広域観測モード)

表 1.2-3 幾何精度評価結果(広域観測モード)

mode	∆lon 平均值[m]	∆lon 標準偏差[m]	∆lat 平均值[m]	∆lat 標準偏差[m]	評価点数
A/L	30.63	-	7.28	-	1
A/R	-18.55	11.01	-6.54	6.89	3
D/L	-	-	-	-	0
D/R	19.50	-	-5.55	-	1



ALOS2010420850-140802 モード:WD2/右観測/path:122 ディセンディング /ビームNo:V1



ALOS2010642750-140804 モード:WD1/右観測/path:16 ディセンディング/ ビームNo:W3



基準との距離差	dx(m)	dy(m)	Ds(m)
ALOS2010642750-140804	62.11	22.27	65.98
ALOS2010420850-140802	134.37	-19.46	135.77



HV











HH


4.2.8 ポイントターゲット評価結果:Point target evaluation result

10

5

0

-5

-10

-15

14

12

10

8

6

4

2

0

res_az(m) res_rg(m)

ISLR 2D

Point target analysis (ALL)

Integrated Side Lobe Ratio

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

No.

Resolution

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

No.

ISLR_2D(mean):-8.598669

res az(mean):4.112443

res az(stdv):1.123572

res rg(mean):3.856095

res rg(stdv):1.585901

ISLR 2D(stdv):3.484404



Peak to side lobe ratio Integrated Sidelobe ratio 分解能 幾何学精度 全てに渡って良 好な性能を示す。



4.2.9 ラジオメトリック校正(Radiometric calibration)

ラジをメトリック校正として以下の二種類を使用する。(Two method were used)

1)CRを用いた校正係数の分布(Using CR) 2)アマゾンの一様森林地帯を観測したデータ(gamma-zero)の安 定性及び入射角依存性(Using Amazon backscatter)

標準成果物とEORC成果物を校正する。(Calibrate standard products and the EORC product)





※ SBS, FBD325を除外

※ 標準偏差の大きかったHBQ327から1点, UBS354から2点除外

※ 各モードの平均値、標準偏差は次スライドを参照



mode	平均 [dB]	標準偏差	Points
FBD28.2	-82.3	1.00	29
FBD36.2	-82.0	0.86	8
HBQ25.0	-80.3	0.60	4
HBQ28.0	-81.8	0.51	6
HBQ30.4	-81.3	1.44	2
HBQ32.7	-81.4	1.59	4
HBQ34.9	-80.6	0.36	7
UBS29.1	-81.1	0.38	17
UBS32.4	-79.5	0.89	6
UBS35.4	-80.1	1.96	4
UBS38.2	-81.2	0.49	6
All	-81.4	1.16	93

※画質の悪かったポイントは除去
 ※GCのポイントは除去
 ※11/4注文データのSBSは未補正のため、Allの統計値
 には含まない

4.2.9 アマゾンの評価結果から算出したモード毎の (Amazon data gammanの)が新分布ゾン)





校正係数の標準偏
差:0.406028
(アマゾンの森林の散乱
係数(g0=-6.84dB)は安
定であることが知られて
いる)

mode	平均 [dB]	標準偏差	Points
FBD282	-7.0	0.150726	2
FBD325	-7.4	0.518420	2
FBD362	-7.9	0.549568	3
FBD	-7.5	0.545980	7
UBS291	-7.5	0.179541	2
UBS324	-7.5	0.087127	2
UBS354	-8.0	0.345132	3
UBS382	-7.5	0.002152	2
UBS	-7.7	0.297981	9

HBQ250	-7.5	0.640603	4
HBQ280	-7.6	0.324443	2
HBQ304	-7.5	0.269738	2
HBQ327	-7.3	0.588340	2
HBQ349	-7.5	0.304128	4
HBQ	-7.5	0.402768	14
All mode	-7.5	0.406028	30
	HBQ280 HBQ304 HBQ327 HBQ349 HBQ All mode	HBQ280-7.6HBQ304-7.5HBQ327-7.3HBQ349-7.5HBQ-7.5All mode-7.5	HBQ280-7.60.324443HBQ304-7.50.269738HBQ327-7.30.588340HBQ349-7.50.304128HBQ-7.50.402768All mode-7.50.406028



雑音等価後方散乱係数(NESZ)

Exploration Agency

4.2.9

				取小 個
ファイル名	最低值	平均值	中央値	
FBD282_ALOS2017377150-140918	-50.53501	-35.11314	-34.83520	-41 1
FBD325_ALOS2020930210-141012	-45.97483	-40.21743	-41.06180	
FBD362_ALOS2016050160-140909	-47.88250	-36.53103	-36.55561	
HBQ250_ALOS2016630850-140913	-42.82800	-27.89674	-27.58296	
HBQ280_ALOS2024177180-141103	-47.58296	-31.23381	-31.00234	-36.0
HBQ304_ALOS2022257190-141021	-40.85580	-29.47732	-29.24942	20.0
HBQ327_ALOS2014717190-140831	-44.72372	-33.82870	-33.57417	
HBQ349_ALOS2013230840-140821	-48.84860	-36.17019	-35.95635	
UBS291_ALOS2023513470-141030	-49.37518	-36.36374	-36.59707	-36.6
UBS354_ALOS2024470670-141105	-45.97483	-33.81170	-33.60356	
UBS382_ALOS2023290600-141028	-49.93575	-35.40385	-35.57864	



4.2.9



Point target hyoka graph(site)

Data : /dats4/datam/Cal/Point/Standard-Product_high/PROC/HBQ250/MASTER/RSP02 Site : RioBrancoJ02 (lat:-9.643200 lon:-68.034658)



Point target hyoka graph(site)

Data : /dats4/datam/Cal/Point/Standard-Product_high/PROC/HBQ250/MASTER/RSP02 Site : RioBrancoJ02 (lat:-9.643200 lon:-68.034658)

Signa



[results.dat_HH_000000] time0_time1_dtPSLR(dB)_smainstotal_ISLR(dB) Azi 7.614 9.1051.492 -15.912 1.639e+00 1.713e+00 -13.454

Ran 7.244 8.4651.220 17.726 1.250e+00 1.377e+00 9.939 201.323e+02 1.523e+02 -8.200 pmax64e/2.820+09 pbase=0.000e+00 pcal=6.464e+09 imax=65 pmax64(dB)=9.420e+01 pbase(dB)=-inf pcal(dB)=9.810e+01 res_z(m)=3.96 res_r(m)=3.49e

res_znull(m)=7.97 res_mull(m)=5.72e ht :al =2.431e+06 au=7.599e+00 cf =-7.267e+01 loss(dB)=0.000e+00 ht:al =2.421e+06 au=7.590e+00 cf =-7.265a+01 loss(dB)=0.000e+00 Pnt : al1=9.899e+05 au=7.599e+00 cf =-7.137e+01 loss(dB)=0.000e+00 Int : al16=2.431e+06 au=7.599e+00 cf1=-4.068e+01 loss(dB)=0.000e+00

a[m]=1.000e+00 cr[dB]=3.425e+01 sat=12

[results.dat_VV_000000] time0 time1 diPSLR(dB) smainstotal ISLR(dB) Azi 7.625 9.1311.506 -16.288 1.672e+00 1.737e+00 -14.124

Ran 7.283 8.5091.226 -18.340 1.256e+00 1.371e+00 -10.386 2D1.352a+02 1.545a+02 -8.448 pmax64=2.621e+09 pbase=0.000e+00 pcal=6.489e+09 imax=63 jmax=65 pmax64(dB)=9.418e+01 pbase(dB)=-inf pcal(dB)=9.812e+01 res_z(m)=4.00 res_r(m)=3.51e

res_znull(m)=7.97 res_mull(m)=5.72e ht : al =2.440e+06 au=7.599e+00 cf =-7.268e+01 loss(dB)=0.000e+00 ht2: al 2=2.431e+06 au=7.599e+00 cf =-7.267e+01 loss(dB)=0.000e+00 Pht : al 1=9.857e+05 au=7.599e+00 cf =-7.41e+01 loss(dB)=0.000e+00 Int : al16=2.440e+06 au=7.599e+00 cf1=-4.070e+01 loss(dB)=0.000e+00

a[m]=1.000e+00 cr[dB]=3.425e+01 sat=12





[results.dat HH C_000000] time0 time1 dPSLR(dB) smainstotal ISLR(dB) Azi 7.614 9.1051.492 -15.912 1.639e+00 1.713e+00 -13.454

Ran 7.244 8.4651.220 17.726 1.250e+00 1.377e+00 9.939 201.3229+02 1.5239+02 -8.200 pmax64c-2820+09 pbasec 0.000e+00 pcal=6.464e+09 imax=63 jmax=65 pmax64(dB)=9.420e+01 pbase(dB)=-inf pcal(dB)=9.810e+01 res_z(m)=3.96 res_r(m)=3.49e

res_znull(m)=7.97 res_mull(m)=5.72e Int :al =2.431e+06 au=7.599e+00 cf =-7.267e+01 loss(dB)=0.000e+00 Int: al =2.421e+06 au=7.599e+00 cf =-7.265e+01 loss(dB)=0.000e+00 Pnt : al =9.899e+05 au=7.599e+00 cf =-7.137e+01 loss(dB)=0.000e+00 Int : al16=2.431e+06 au=7.599e+00 cf1=-4.068e+01 loss(dB)=0.000e+00 a[m]=1.000e+00 cr[dB]=3.425e+01 sat=12

[results.dat VV_C_000000] time0 time1 dtPSLR(dB) smainstotal ISLR(dB) Azi 7.625 9.1311.506 -16.288 1.672e+00 1.737e+00 -14.124

Ran 7.283 8.5091.226 -18.340 1.256e+00 1.371e+00 -10.386 2D1.352e+02 1.545e+02 -8.448 pmax64=2.621e+09 pbase=0.000e+00 pcal=6.489e+09 imax=63 jmax=65

pmax64(dB)=9.418e+01 pbase(dB)=-inf pcal(dB)=9.812e+01 res_z(m)=4.00 res_r(m)=3.51e

res_znull(m)=7.97 res_mull(m)=5.72e int :ai =2.440e+06 au=7.590e+00 cf =-7.268e+01 loss(dB)=0.000e+00 int2: al2=2.431e+06 au=7.599e+00 cf2=-7.267e+01 loss(dB)=0.000e+00 Pht :al1=9.857e+05 au=7.599e+00 cf1=-7.341e+01 loss(dB)=0.000e+00 Int : al16=2.440e+06 au=7.599e+00 cf1=-4.070e+01 loss(dB)=0.000e+00

a(m)=1.000e+00 cr(dB)=3.425e+01 sat=12

Processd at 2014/10/29





4.2.9 校正(後方散乱係数への変換)



	0		2^{2}	係数	数値
	σ° sigma–sar, Q16 = σ° sigma–sar, slc = 10	$= 10 \cdot \log_{10} \langle DN \rangle$ $0 \cdot \log_{10} \langle I^2 + Q^2 \rangle$	$+CF_1$ + $CF_1 - A$	レンジ方向 時刻オフ セット	20.093nsec.
				アジマス方 向オフセッ	0
	CF	mean(dB)	std (dB)	F	
	CF ₁	-83.0	0.67	ポラリメト	(1.000000e+00,0.000000e+00)
	А	32.0	-	リック校正	(-2.804701e-02,-2.933507e-03)
				係致	(3.164040e-02 ,-1.038148e-02)
				PLR215	(9.352351e-01,4.073565e-01)
					$(1.000000e+00\ 0.000000e+00)$
本係	本係数は標準成果物及びEORC成				(-3.699034e-02,8.453709e-04)
果物	果物について共通的に成立する。				(2.115907e-02, 5.648345e-03)
- 1 - 17					(7.249998e-01,5.535966e-04)

L2.1の評価結果(L1.5との比較及び幾何」 4.2.10 学精度):L2.1 evaluation



L1.5

L2.1 (オルソ) 4.2.10 L2.1 幾何学精度(Geometric accuracy)

• 国内 (GISMAP)		RMSE=6.	83m		
	点数	dE [m]	dN [m]	σ(dE) [m]	σ(dN) [m]
スポット	6	-3.9	0.0	2.9	0.3
高分3m	14	0.4	-1.0	4.7	1.9
高分6m	14	-4.9	-0.7	3.3	2.1
高分10m	18	-0.5	-0.4	6.5	2.9

• 国内 (SRTM90)

	点数	dE [m]	dN [m]	σ(dE) [m]	σ(dN) [m]
スポット	6	-5.0	-0.2	2.3	0.7
高分 3m	14	-0.5	-0.7	4.4	1.7
高分 6m	14	-6.0	-0.2	6.9	1.8
高分10m	18	-1.2	0.2	7.2	3.4

• 海外 (SRTM90)

	点数	dE [m]	dN [m]	σ(dE) [m]	σ(dN) [m]
スポット	7	0.6	0.5	2.7	1.6
高分 6m	7	-3.0	-1.6	9.6	2.1
高分10m	11	0.2	-0.8	4.5	2.5

L3.1プロダクト 4.2.11



6/30 吉見運動公園 高分解能3mモード



20000

30000

----- DN(L1.5) ----- DN(L3.1)

40000

50000 60000

標準偏差:6366.2

平均 :20674.1 標準偏差:11447.5

4.2.12 初期校正の結果(サマリ)(2014/11/11時 点:Summary)



Note: PSLR:Peak to sidelobe Ratio, ISLR: Integrated Sidelobe Ratio:

PALSARの校正結果(最終版)(参考) 4.2.12



Table 6 PAI	LSAR Calibration Accura	acy₄		
Items₄	Measured values ⁴¹		No. of Data	Specification
geometric	9.7m(RMS): STRIP mc	ode₄	572+2	100m41
accuracy+1	70m(RMS): SCANSAF	₹ #	7	
radiometric	0.219 dB(1 sigma) from	n Amazon forest₄	له	1.5 dB₄
accuracy+1	0.76 dB (1 sigma) from	CRs₊	572₄	1.5 dB₄
	0.17 dB (1sigma: Swed	en CRs)₊	16 ₽	1.5 dB₄
	-34 dB (Noise equivale	nt Sigma-zero for HV)∉		-23 dB₄
	-32 dB (as a minimum	of FBD-HH)∉		
	-29 dB (as a minimum	of FBS-HH)₄		
Polarimetric	VV/HH ratio 🛛 🖉	1.013 (0.062)*4	81 ∉	0.2 dB₄
calibration ⁴	VV/HH phase diff ⁴	0.612deg(2.66)*↓		5 deg.₄
	Crosstalk	-31.7 (4.3)		-30 dB₄
resolution.4	azimuth⊬	4.49 m (0.1) *₄	572+2	4.5m₄ .
	range (14MHz)+	9.6m(0.1m) *₄		10.7m ^{₄/}
	range (28MHz)	4.7m(0.1m)*₄		5.4m ⁴³
Side lobe+1	PSLR in azimuth₄	-16.6dB↔	572₄	-10dB⊷
	PSLR in range ⁴	-12.6 dB⊷		-10dB⊷
	ISLR₽	-8.6 dB₄		-8dB₄
Ambiguity₄	Azimuth₄	not appeared₄	ф.	16dB₄
	Range₄	23 dB4		16 dB₄
Transmission	Sum of 80 TRM@	2220W+1	ф.	2000W«1
power ⁴¹				

÷

M. Shimada, O. Isoguchi, T. Tadono, and K. Isono, "PALSAR Radiometric and Geometric Calibration," IEEE Trans. GRS, vol. 47, no. 12, pp.3915-3932, Dec 2



校正対象のPALSAR2観測モードと初期校正期間中の取得データ数一覧:List of the clbrated beams)

Mode	帯域幅	偏波	校正状況	全数	
Spotlight (SBS)	84	HH/HV	済み		
Ultrafine(UBS)	84	HH && VV	4(6-7-8-9)	24	
High Sensitive(HBQ)	42	Quad	5(3-4-5-6-7)	5	
	20		$\mathcal{O}(E, C, \mathbf{Z})$	20	
FINE(FBD)	20		3(5-6-7)	22	
ScanSAR-N	14/28	HH+HV	1(2)	4	
ScanSAR-W	14	HH+HV	1(2)	3	
全ビーム数			58(偏波+アンテナ ビーム数+モードを 考慮)	116(偏波+アンテ ナビーム数+モード を考慮)	

BOSで使用するビームは全て校正済み



- 校正用のデータとして、人為的信号参照源として全世界に配置した CR、自然参照源としてアマゾン森林を観測したPALSAR-2データを 用いた。(CR and amazon data were used for PALSAR-2 calibration)
- 特性評価、アマゾンデータを用いたアンテナパターン計測, CRを用いたラジオメトリック校正, ジオメトリック校正、ポラリメトリック校正、 更には、画質評価の一環として、点像応答評価を行った。
- 分解能は全てのモードで仕様を満たした。ラジオメトリック校正精度として、0.406dB(Amazon data)、1.16dB(CR data)を、幾何学精度として、5.34m(STRIP-SPOT-SLC),60.77m(ScanSAR), 6.83m(2.1)を確認した。ポラリメトリはHH-VVとして(0.06dB, 0.2 degrees)、-40dB
 以下のクロストークを確認した。
- 機能確認済みのビームは58/116となり、BOSに用いるビームは全て確認が終了し、良好の性能が確認された。



- 4.3.2 モザイク(mosaic)
- 4.3.3 森林•非森林(Forest non-forest)

Exploration Agency

- 4.3.4 地殻変動(deformation)
- 4.3.5 DEM作成(DEM generation)
- 4.3.6 海氷分類(Sea ice detection)
- 4.3.7 船舶検出(Detection of the ships)
- 4.3.8 L-帯の外来干渉波(RFI)
- 4.3.9 まとめ



CR設置場所と画像上のCR位置の比較(中点からの距離(m))

※U2の中点(5.8,-10.4)をセロとしてフロット ※F2の中点(-4.2,-8.3)をゼロとしてプロット

	U2-6		U2-7		U2-8	U2-9	F2-5	F2-6	F2	-7	
$\Delta X(m)$	-18.3	-8.3	-0.8	9.2	4.2	_	14.2	—	10.4	-14.6	4.2
$\Delta Y(m)$	-12.1	2.9	2.9	0.4	10.4	_	-4.6	—	-4.2	2.1	2.1
Δ distance(m)	22.0	8.8	3.0	9.2	11.2	_	14.9	_	11.2	14.7	4.7

※ Δ distanceは中点からの距離($\Delta X^2 + \Delta Y^3$)

4.3.2 25m PALSAR-2 モザイク(Mosaic)



F2-5(Off Nadir: 28.2)/F2-6(Off Nadir: 32.5)/F2-7(Off Nadir: 36.2)の異なる3モードを使用



HH



カラー合成図 R: HH, G: HV, B: HH/HV

ビームモードの異なる複数パスを位置ズレなく良好に接続 (例は9パス,南米ブラジル・ロンドニア周辺の森林と伐採地を含む領域)

4.3.3 25m PALSAR-2 モザイクによる森林・非森林図(FNF) map generation)



り,森林伐採の状況把握が可能 (例は9パス,南米の森林と伐採地を含む領域)

4.3.3 25m PALSAR-2 モザイクによる森林・非森林図(AFA) FNF: change detection of the forest area)



2010 (PALSAR FNF)

2010年から2014年の森林面積変化が把握可能 PALSARに比べて分解能の向上, NESZが小さい為に良好な分類が可能になる。

PALSAR/PALSAR-2比較(Comparison)



PALSAR FBD HV

PALSAR-2 F2-5 HV



PALSAR FNF (2010)

PALSAR-2 (2014)

PALSAR HVと比較し、PALSAR-2 HVは植生の異なる領域のエッジがはっきりしており、森林・非森林の視認精度が向上した。

4.3.4 地殻変動抽出(1/2): Deformation detection





©JAXA

4.3.4 干涉SAR: InSAR

JERS-1/ALOS/ALOS-2の変遷において1)送信電力, 2)SNR、3)軌道制御, 4)帯域幅が向上しており, 合わせて干渉性が向上している。以下に、事例を紹介する。



PALSAR-2 Mt. Fuji INSAR 20140708-2014072







詳細な干渉情報が得られる。

4.3.5 高次成果品(パスDEM)



スラントレンジ画像(master)

使用データ 軌道間隔:150m 観測日:2014/7/22 および 2014/7/8 観測モード:FBS (10m観測モード) 観測領域:富士山周辺 昇降ノード:Descending オフナディア角:32.5° 参照DEMデータ:国土地理院10mDEM

平均誤差	23.19m
標準偏差	21.49m











パスDEM処理結果 (画像を東西方向に反転させた上で3次元表示したもの)



4.3.6 ScanSAR 海氷モザイクプロダクト:Sea Ice mosaic using ディセンディング the ScanSAR







A. <mark>海氷</mark> ※黄色:陸域



A. 海氷密接度(高) ^{※黄色:陸域}

B. 海氷密接度(低)

C. 船舶

4.3.7 船舶検出事例(Ship detection)



船舶の検出(位置,進行方向、速度)が 可能 右はFBで観測したマレーシア沖の船舶 群。左下はVVでの航行船舶の検出例, どの偏波ともに船舶検出に有効 (観測日:2014/7/14) PALSARに比べてNESZが小さく海面状 況の把握が容易。















4.3.8 L-帯の外来干渉波について(RFI)



10.0

- 外来干渉波がSAR信号帯域内に含まれると、SARの画質が劣化し問題となる。
- JERS-1/ALOSに比べて、外来干渉波の帯域幅が3~5MHz、電力レベルが最大で25dB増加している。
- JERS-1-SAR/ALOS-PALSARの全球データから計測した不要波分布を以下に示す。



JERS-1で観測した不要波の分布

JERS-1とALOSの10年間に不要波の増加が顕著 1)混入帯域幅の増加 2)混入信号帯域幅の増加(100K->3M->5M) 3)混入信号強度の増大(数dB->10dB->20dB)



PALSARで観測した不要波の分布

4.3.8 外来不要波とL-band SARについて(RFI)









地上レーダ・携帯電話等からの信号がSAR信号に重畳し、画像が一部白濁する(左)。一方,不要波除去フィルターの挿 入で画質は改善される(右)。(場所:能登半島、輪島市沖合)






- PALSAR-2データを用いた検証作業を進めている。全ての評価が終了した訳ではないが、
- オルソ画像
- モサイク画像
- 森林•非森林
- 干渉SARを用いた地殻変動抽出
- 干渉SARを用いたDEM作成
- ScanSARを用いた北極圏の海氷観測及び船舶抽出
- 船舶検出
- の試作を行い、ALOS-2が、ALOS-2の幾つかのミッションを達成するに十分な感度を有することを確認した。
- While the validation of the ALSAR-2 high level product is underway, we confirmed that the PALSAR-2 has good enough potential to achieve the predefined ALOS=2 mission objectives.





- 分解能、サイドローブ比等の画質
- 幾何学精度
- ラジオメトリック精度(後方散乱係数推定精度, 雑音等価後方散 乱係数)

Exploration Agenc

- 但し、散乱係数の入射角依存性やCal校正係数の安定性に改善の余地がある。
- 検証に関して、EORCのSAR処理装置(Sigma-SAR)の校正を行った後に、幾つかの高次成果品の試作を行い、森林監視、船舶監視、地震(火山)監視に十分な感度と能力があることが確認した。
- ただ、PALSAR-2は外来干渉波の影響を受けており、外来不要波の 世界的な兆候(空間一時間分布)の調査や、影響除去に関する研 究が必要である。

• Confirmed that the PALSAR-2 standard products satisfied all of the product specifications, i.e., resolution, Sidelobe ratios, geometric accuracy, radiometric accuracy(calibration accuracy and the noise equivalent sigma-zero). Some more improvements for stabilized cal factor are necessary.

Exploration Agence

- 校正に関して、PALSAR-2標準成果物は以下の点から仕様値を満足していることを確認した。
 - 分解能、サイドローブ比等の画質
 - 幾何学精度
 - ラジオメトリック精度(後方散乱係数推定精度, 雑音等価後方散乱係数)
 - 但し、散乱係数の入射角依存性やCal校正係数の安定性に改善の余地がある。
- 検証に関して、EORCのSAR処理装置(Sigma-SAR)の校正を行った後に、幾つかの高次 成果品の試作を行い、森林監視、船舶監視、地震(火山)監視に十分な感度と能力がある ことが確認した。
- Confirmed that the PALSAR-2 is capable of achieving the ALOS-2 mission objectives.
- ただ、PALSAR-2は外来干渉波の影響を受けており、外来不要波の世界的な兆候(空間一時間分布)の調査や、影響除去に関する研究が必要である。
- However, the RFI to the PALSAR-2 appear more serious than JERS-1 and ALOS. Global distribution of the RFI needs to be investigated.



- RA-4を2012年7月に発出し、379名のPIを選出(第一回PI 会議を2013年9月19/20日に筑波エポカルで実施)
- RA-5として航空機SARのPIを34名選出し、現在PIの希望領域を観測中。2015年2月13日にPI会議を開催予定
- その後、ALOS-2RA発出への希望が多く、RA-6の発出とPIの 選定を2015年に実施する。
- ・ 第一回成果報告会を2015年秋に開催予定。

付録



- ・ ALOS-2解析研究の基本方針
- 解析研究計画(1/7)

付録:3.1 ALOS-2解析研究の基本方針



□ ALOS/PALSARで培った解析技術を基礎に、より高性能なPALSAR-2を用いた地球物 理量精度の向上と種類の拡大:

→ SARデータ(振幅、位相)や地上データを用いて、様々な地球物理量を効率的に抽 出するアルゴリズムの開発と運用を通した検証を行う。

□ 将来の技術開発へのフィードバック:

→ PALSAR-2で得られる地球物理量の誤差解析を以って、将来のレーダーセンサ技術開発へ反映する(仕様とニーズ)

□ PALSAR-2解析を通した社会貢献:

→ ①災害抽出等に代表される小領域高分解能画像を用いた解析事例、及び②森林 劣化やREDD+等に代表される広領域且つ時空間横断的な環境解析事例の蓄積を通 し、より社会ニーズに即した科学的な検証を行う。

□ 効率的な運用:

→ 厳しい財政状況に鑑み、PALSARで開発した成果を活用して、センサ及び地上処 理ソフトウェアの校正・検証をより効率的に行う。また、先端的な解析研究に選択と集 中を行うとともに、外部機関との連携を進める。また、実用レベルに達した技術は、利 用省庁または民間企業による自立的な運用への移行を進める。

(例:PALSARによる地殻変動監視は、国土地理院・気象庁・防災科学研究所・京都大学防災研究所が既に自立して運用を行っている。)



ALOS-2における解析研究計画案

1) 校正•検証

センサの評価、特性評価、標準成果物のラジオメトリック・ジオメトリックな値付け、 校正実験を行う。また、これらに必要な地上校正装置、ソフトウェアを開発する。

2) 高次成果品の作成(フルサクセス)

ALOS-2ミッションの達成に必要な高次成果品に関わるアルゴリズム開発及び 航空機SAR(Pi-SAR-L2)による事前実証、打上げ後のデータ作成及び検証を行 う。また、必要な計算機等を整備する。高次成果品の客観的評価には、比較検証 のための地上データ、総合的な解釈が必要であり、外部研究機関との共同研究 等により実施する。

3) 高次成果品の試作(エクストラサクセス)

ALOS-2で期待される新たな利用のうち、海洋監視手法の研究に係る船舶検出アル ゴリズムの開発については、関係研究機関等と共同研究を行う。

上記以外の研究については、RA(研究公募)による活動を主体とする。

付録:3.2 解析研究計画(2/7)



●標準成果物の校正目標(ミニマム、フル、エクストラ)

観測モード	ラジオメトリック精度	幾何学精度	
スポットライトモード			
高分解能モード[3m]		20m以内	
高分解能モード[6m]	1.00BMM		
高分解能モード[10m]			
広域観測モード	_	100m以内	

●高次成果品(フルサクセス)●高次成果品(エクストラサクセス)

プロダクト名	精度目標	プロダクト名	精度目標
オルソ・モザイク画 像	10m以内(幾何精度), 1dB以下	船舶検出	検出精度:90%、位置精度分解 能程度20m以下
災害情報抽出 70%以上(土砂域、洪水域		高分解能DEM	10m以内(高さ)
	面積検出精度)	森林火災	70%以上
地殻変動抽出	2cm以下(変位量:電離層, 水蒸気の影響がない場合)	沿岸海域の海上風、渦	1.5m/s以上
└────────────────────────────────────		土地利用分類	分類クラス10、平均精度70%
本社八哲		土壤水分量	10%以下(RMSE)
菻М汀頖 	90%(森林非森林)、森林土 地利用分類(70%以上)	水害・変化抽出の感度	NA 80
バイオマス推定	70t/ha以下(RMSE)	同上の研究	
	Ň.	│ 農業•食料安全保障	水田面積80%以上



ミッションに対応した解析研究実施計画

項目		フルサクセス対応		エクストラサクセス対応		
		JAXAが実施	利用機関と共同	JAXAが実施	利用機関と共同	
校正検証	センサ評価・特 性評価、標準プ ロダクト値付け、 校正実験、校正 装置・ソフトウェ ア開発	衛星運用、CR設置、校 正係数計算、サイエン スチーム運用	標準成果物の校正、検 証(バグ抽出)、定常運 用開始前までに成果品 の信頼性確保	_	_	
高次成果 品	災害情報抽出	アルゴリズム開発 Pi-SAR-L2による評価	現場データを用いて変 化抽出結果の検証	_	—	
	地殻変動情報 抽出・解析の高 度化(定常処理 はユーザ)	アルゴリズム開発	現場データを用いて地 殻変動抽出結果の検証	_	_	
	海氷判別精度 の向上(定常処 理はユーザ)	アルゴリズム開発 Pi-SAR-L2による評価	現場データを用いて海 氷判別結果の検証	—	—	
	森林分類	アルゴリズム開発 Pi-SAR-L2による評価	現場データを用いて森 林面積変化抽出結果の 検証	_	—	
	バイオマス推定	アルゴリズム開発	現地データとの比較評 価	_	_	
	船舶監視	-	—	アルゴリズム開発 Pi-SAR-L2による評価	│ 現地データとの比較 評価 8	



●校正検証における研究計画

項目	研究内容
特性評価	1)PALSAR以上に多いPALSAR-2のセンサーデータ(生データ)の特性評価と、最 適運用モデルの設定
	2)不要波特性:今以上に増加する不要波の特性を評価し、画像処理でそれを抑制 する方法の研究
アンテナパ ターン	1)レンジアンテナパターン:アマゾンデータを使用して、運用に主として使用する ビームを校正する。
	2)アジマスパターン:特にScanSARデータはアマゾンデータを用いてアジマスパ ターンを計測する。
幾何学校正、 ラジオメト	1)CR(コーナリフレクタ)及びPARC(偏波校正器)を用いた全ビームの値付け 2)CRとアマゾン森林を用いたポラリメトリ校正
リック校正	3)CRを用いた幾何学校正の実施特に、レンジ方向、アジマス方向の時間遅れ量 の計測
	4)上記3項目を複数モードに対して統一的に実施する。
	5)コンパクトポラリメトリの校正実施
時間モニ ター	上記項目の長時間変化をモニターし時間劣化の有無を監視、変更時にデータベー スの変更

4.2.2 校正•検証(方針:目標)(1/12)



- 2種類の成果品(利用情報処理設備から出される標準成果品とEORC内で利用する研究成 果品)を校正検証する。校正はSigma-SARでまとめて行い,最大の共通化を計る。
- 全世界で均質な精度を保持するように校正することとし、全世界の校正サイトと研究者の知 を共有する。
- 初期校正で概ねの校正を,残りを定常校正で行う。



4.2.2 校正・検証(方針:観測モード)(2/12)



- 基本観測計画で2年間の観測要求が通算500秒以上のものを校正対象とするが、そのうち5000秒以上を初期校正期間中の校正対象とする。
- 右観測を使用(一部は左観測で検証)
- アンテナパターン校正はアマゾン森林を用いる。
- ポラリメトリ校正は森林とCRを用いる。
- 幾何学校正はCR、ラジオメトリックの値付けはCRとアマゾン(森林の後方散乱係数が入射 角によらず一定なこと)を用いる。
- 試験モード(C-pol)は限定領域で実施
- AD変換機の圧縮モードも幾つかの領域で実施

校正対象のPALSAR2観測モードと初期校正期間中の取得データ数一覧

Mode	帯域幅	偏波	Antenna Cal対象ビーム(森林)		R/G-Cal対象ビーム(CR使用)		
Spotlight (SBS)	84	HH/HV	NA	観測回数*	NA	観測回数*	
Ultrafine(UBS)	84	HH && VV	(1-24):9.6~58.4	4	(6-9):29.1-38.2	46	
High Sensitive(HBQ)	42	Quad	(3-7):25.0-34.9	19	(3-7):25.0-34.9	2	
Fine(FBD)	28	HH+HV	(1-22): 9.8~58.5	4	(5, 6, 7): 28.2-36.2	74	
ScanSAR-N	14/28	HH+HV	(1-4):	8	(2): 26.2-41.8	34	
ScanSAR-W	14	HH+HV	(1~3):	2	NA	2	
C-Pol	42	右旋H+右旋V	29.1~38.2	5		4	
注)*:初期校正期間中に一ヒーム当りの観測回数、1回以上が必要>宮に2以上							