

ALOS-2校正検証・利用研究 ALOS-2 CAL/VAL and Application Researches

島田政信

第一宇宙技術部門 地球観測研究センター

Masanobu Shimada

Earth Observation Research Center,
Space Technology Directorate I, JAXA

2015年11月17日

PALSARからPALSAR2へ

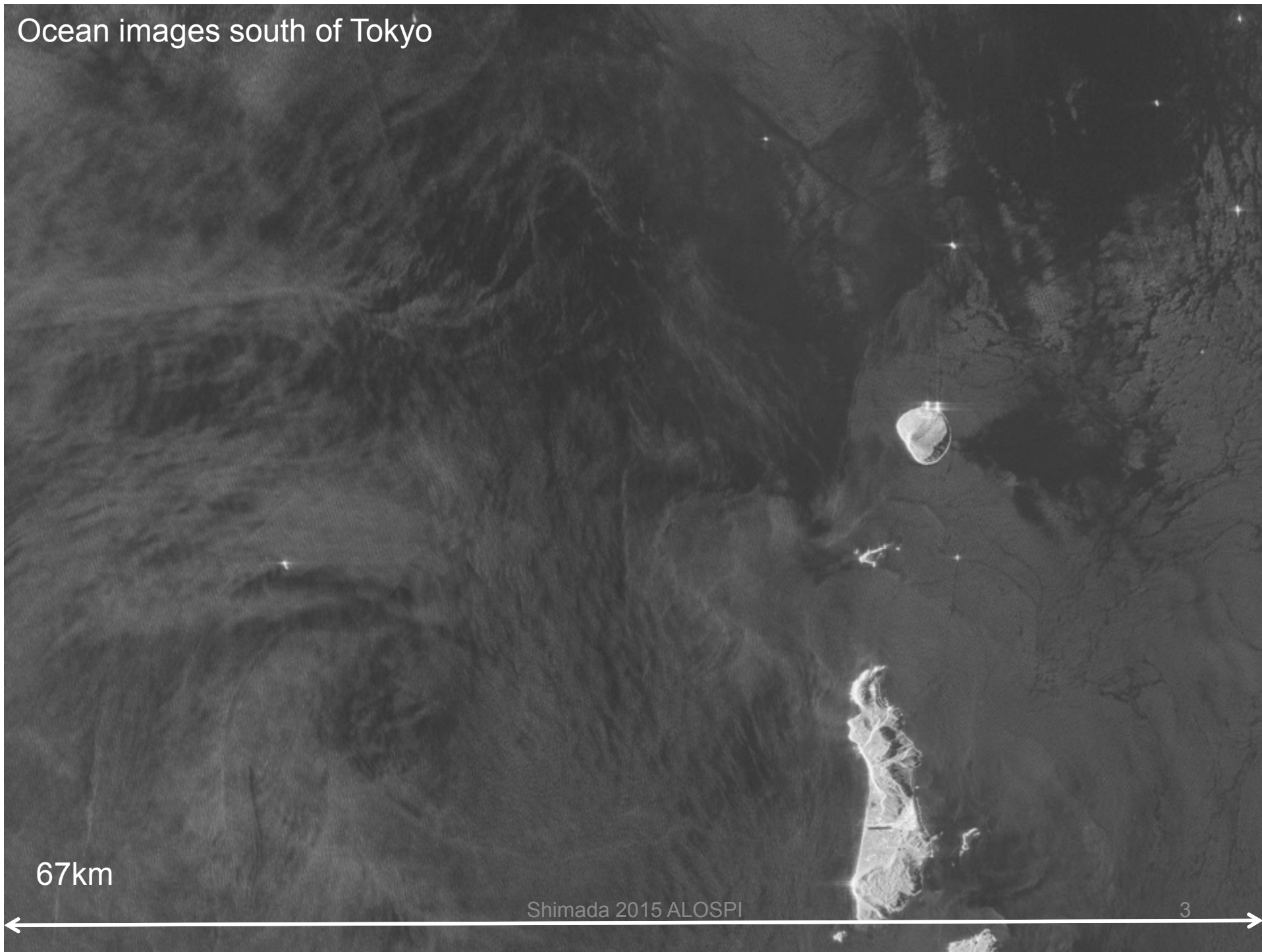
画質と改善

精度 (Geometry, Radiometry)

アプリケーション
(Interferometry-Polarimetry-ATI-森林)

まとめ

Ocean images south of Tokyo



67km

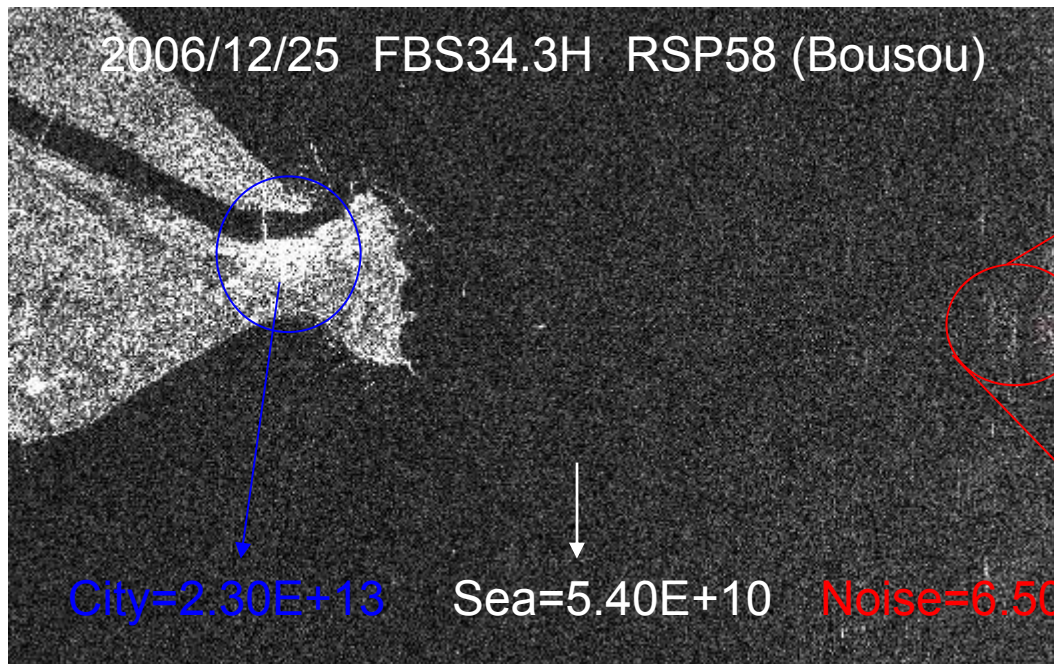
Shimada 2015 ALOSPI

3

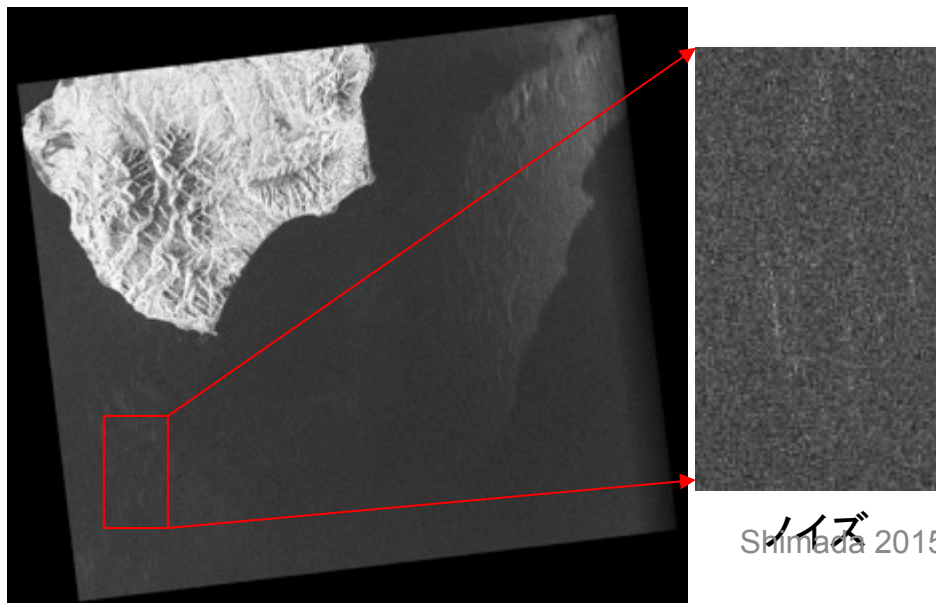
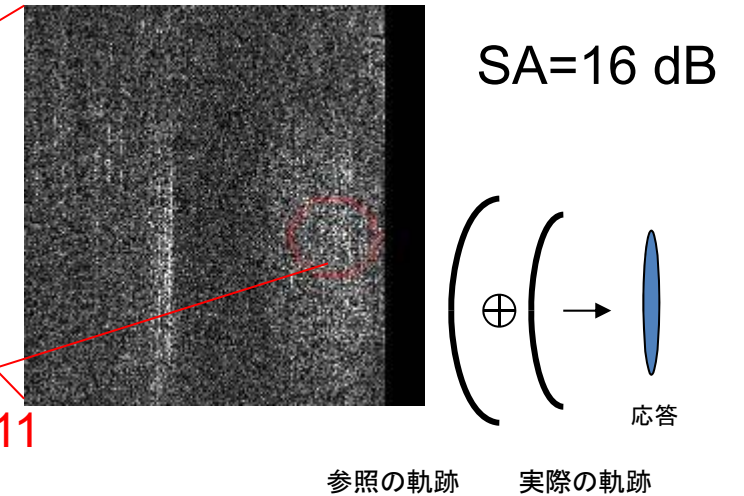
Near Range 2000 pixels(~4Km)

Farest 2000 pixels
(~4Km)

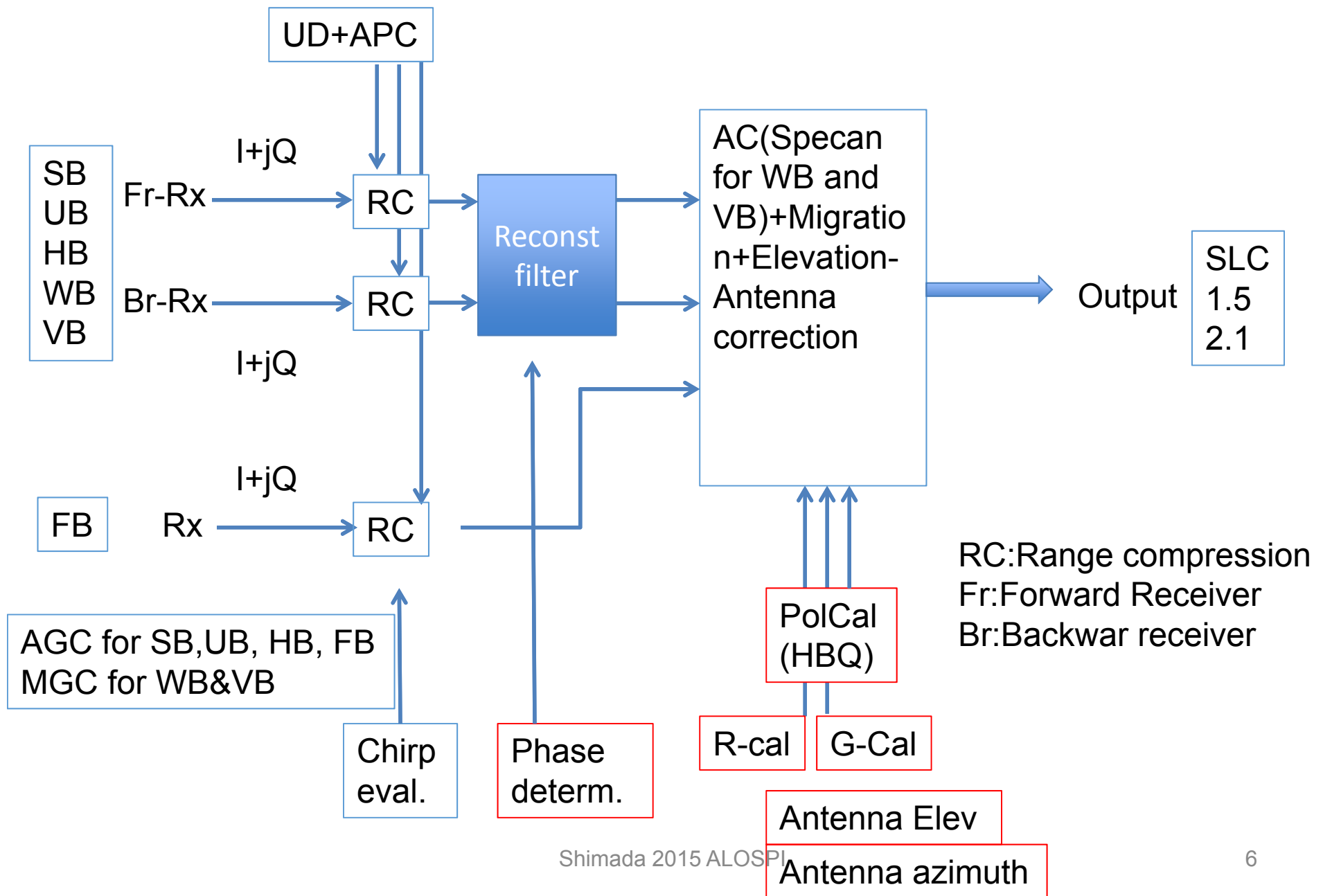
Range ambiguities in PALSAR images




画像端で衛星進行方向に線状雑音が見られることがある。
理由:レンジアンビギュイティ



Imaging and calibration Strategy (i.e., Range Doppler)



One example of the UD-chirp and the azimuth phase codings (UBD)



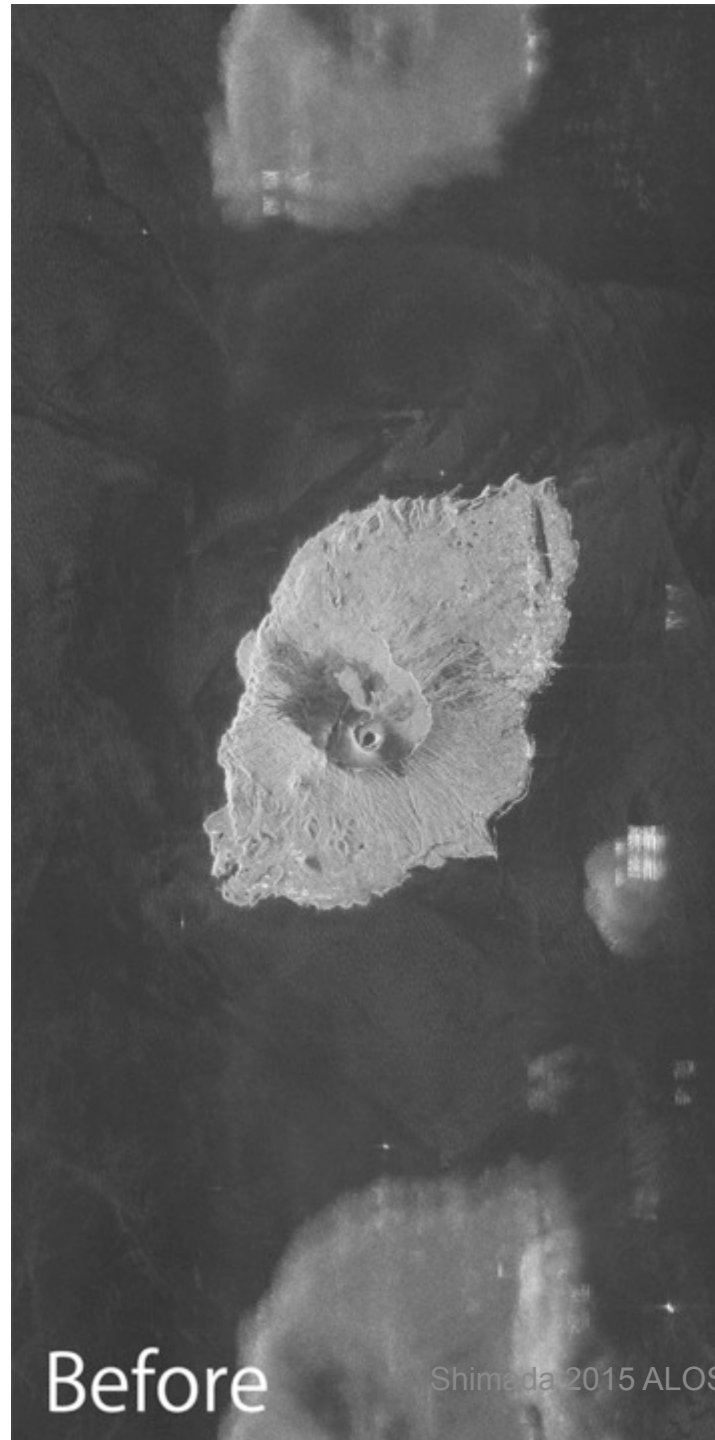
| no | HH | updown | 0-pai | moden | re | no | HV | updown | 0-pai | moden | repID |
|----|----|--------|-------|-------|----|----|----|--------|-------|-------|-------|
| 0 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 12 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 13 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | | 1 | 1 | 3 | 0 | 16 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 17 | | 1 | 1 | 3 | 0 | 17 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 18 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | | 1 | 1 | 3 | 0 | 20 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |

Shimada 2015 ALOSPI

UB HH image

2014/6/19

伊豆大島



Shimada 2015 ALOSPI

ALOS-2 Schedule and status

ALOS-2 is in good condition and the everything is on-going.

2014

- May 24-26 launched and PALSAR-2 antenna deployed.
- June 19-21 PALSAR-2 first images were acquired.
- Aug. 4 Initial Calibration started
- Aug. 20 Move to the operational observation phase。
- Nov. 25 starts the product distribution

2015

Ongoing global observation and the emergency observation

Initial Cal.

Routine Cal.



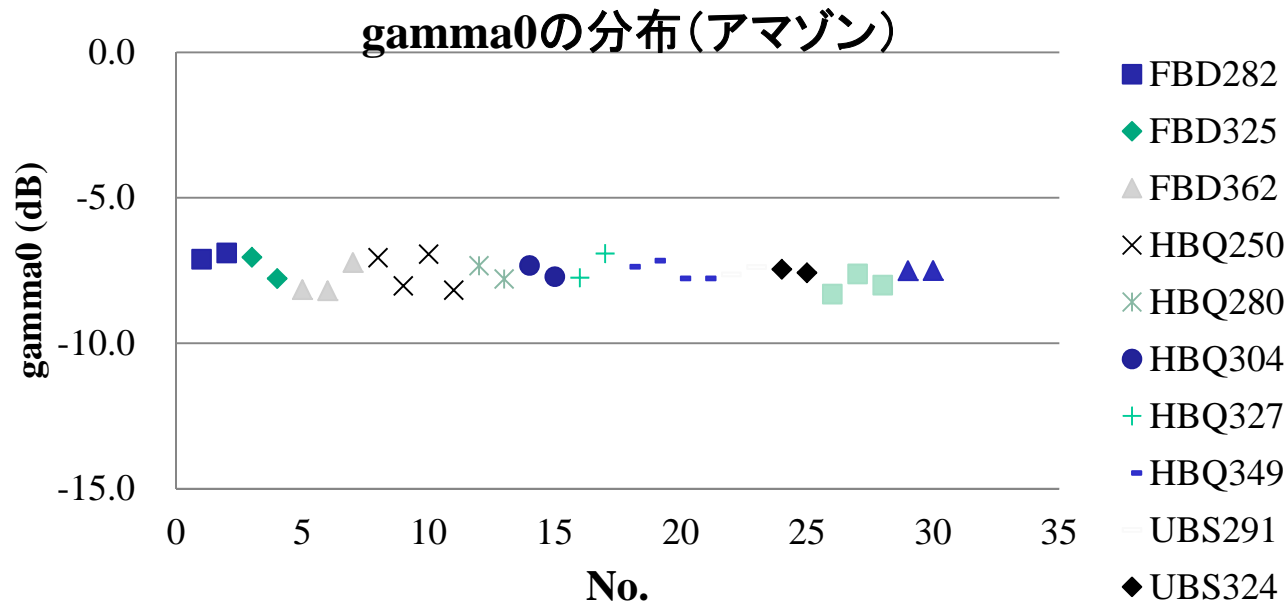
PALSAR-2 mode and specifications (モードと仕様値)

| Mode | Spotlight (SB) | Ultra Fine (UB) | High Sensitive (HB) | Fine (FB) | ScanSAR Nominal (WB) | | ScanSAR Wide (VB) |
|--------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------|----------------------|-------|-------------------|
| Bandwidth | 84MHz | 84MHz | 42MHz | 28MHz | 14MHz | 28MHz | 14MHz |
| Resolution | Rg × Az: 3 × 1m | 3m | 6m | 10m | 100m(3 looks) | | 60m(1.5 looks) |
| Swath | Rg × Az: 25 × 25km | 50km | 50km | 70km | 350km 5scan | | 490km 7scan |
| Polarization | SP | SP/DP | SP/DP | FP/CP | SP/DP | | |
| NESSZ | -24dB | -24dB | -28dB | -26dB | -26dB | -23dB | -23dB |
| S/A | Rg | 25dB | 25dB | 23dB | 25dB | 25dB | 20dB |
| | Az | 20dB | 25dB | 20dB | 23dB | 20dB | 20dB |
| REC | D | D | D | S | D | D | D |
| DC | B4 | DB4 DB2 | B4 DB4 | B4 DB4 | B4 | B4 | B4 |

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: D: Dual, S: Single), DC: Data Compression, DB4: DS-BAQ4, B4: BAQ4

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

Distribution of the gamma-zero from the amazon data



Standard deviation of Calibration
Factor : 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 |

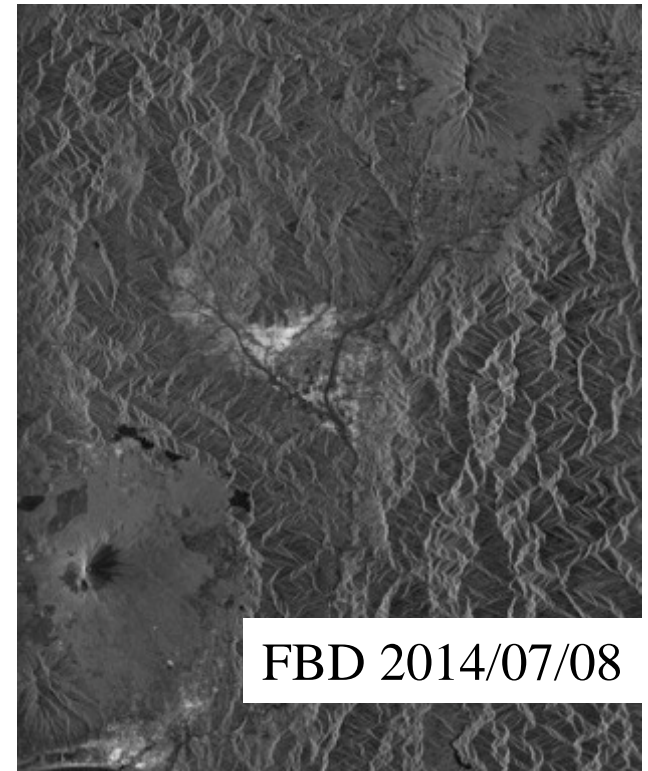
| mode | 平均 [dB] | 標準偏差 | Points |
|-----------------|-------------|-----------------|-----------|
| HBQ250 | -7.5 | 0.640603 | 4 |
| HBQ280 | -7.6 | 0.324443 | 2 |
| HBQ304 | -7.5 | 0.269738 | 2 |
| HBQ327 | -7.3 | 0.588340 | 2 |
| HBQ349 | -7.5 | 0.304128 | 4 |
| HBQ | -7.5 | 0.402768 | 14 |
| All mode | -7.5 | 0.406028 | 30 |

PALSAR-2 Images (UB, HB, FB)

Strip mode (UB, HB, FB)

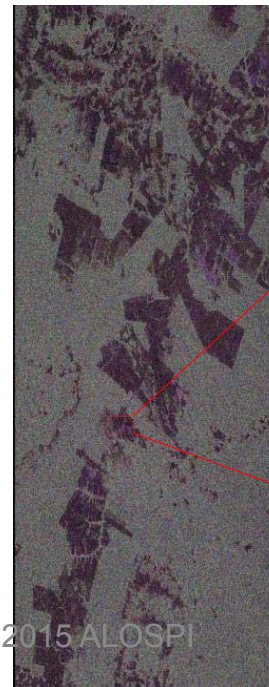


UB : Quebec(2014/06/20)



FBD 2014/07/08

J1 2014/8/13 Ascending FP6-7 Path29



Shimada 2015 ALOSPI

Site1



HBQ-RioBranco 12

PALSAR-2 Images (Spotlight and Ultra Fine)

A



SB

@JAXA Produced by @RESTEC

Shimada 2015/ALOS-2

SB

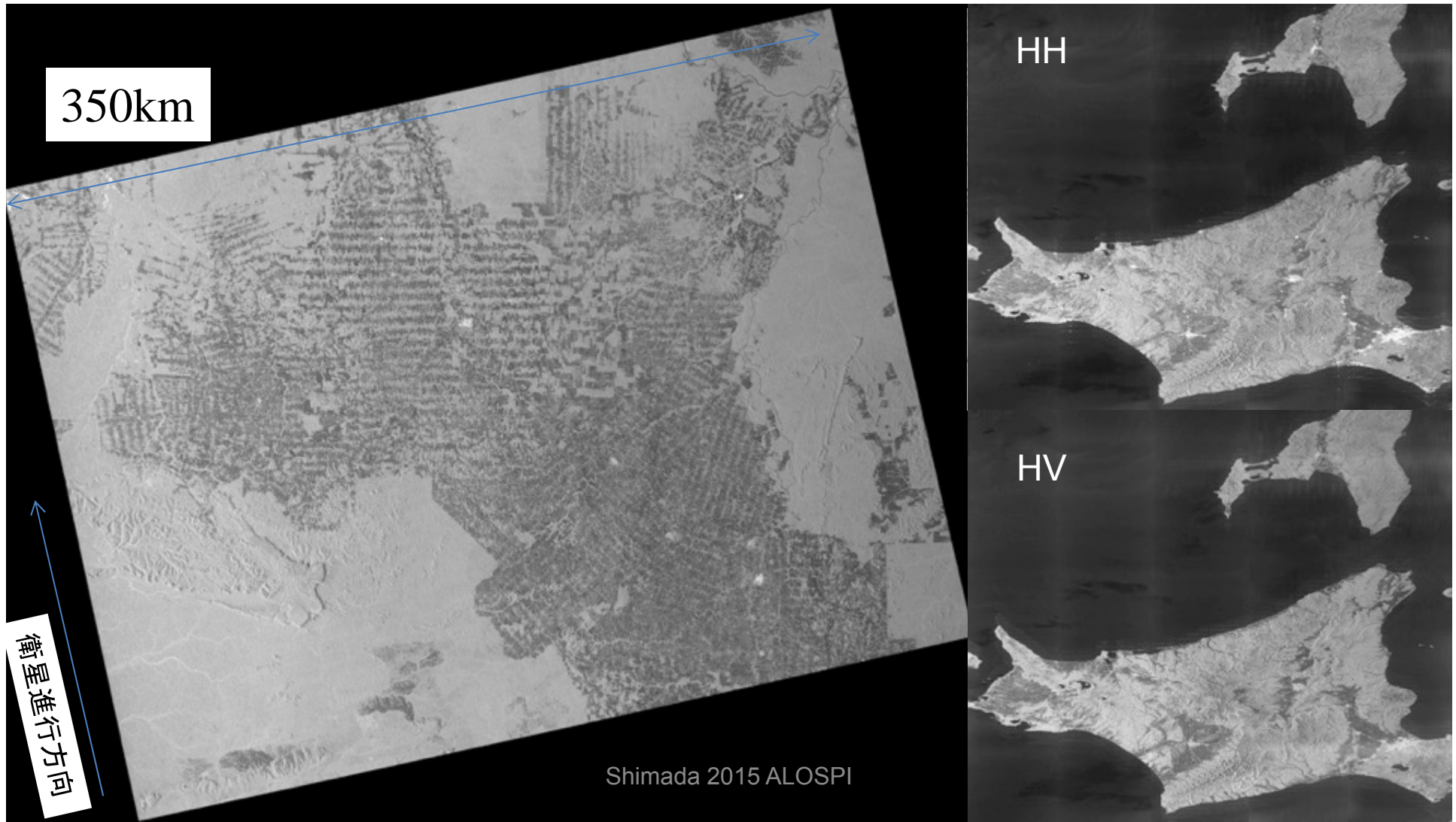
UB

13

PALSAR-2 Images (ScanSAR)

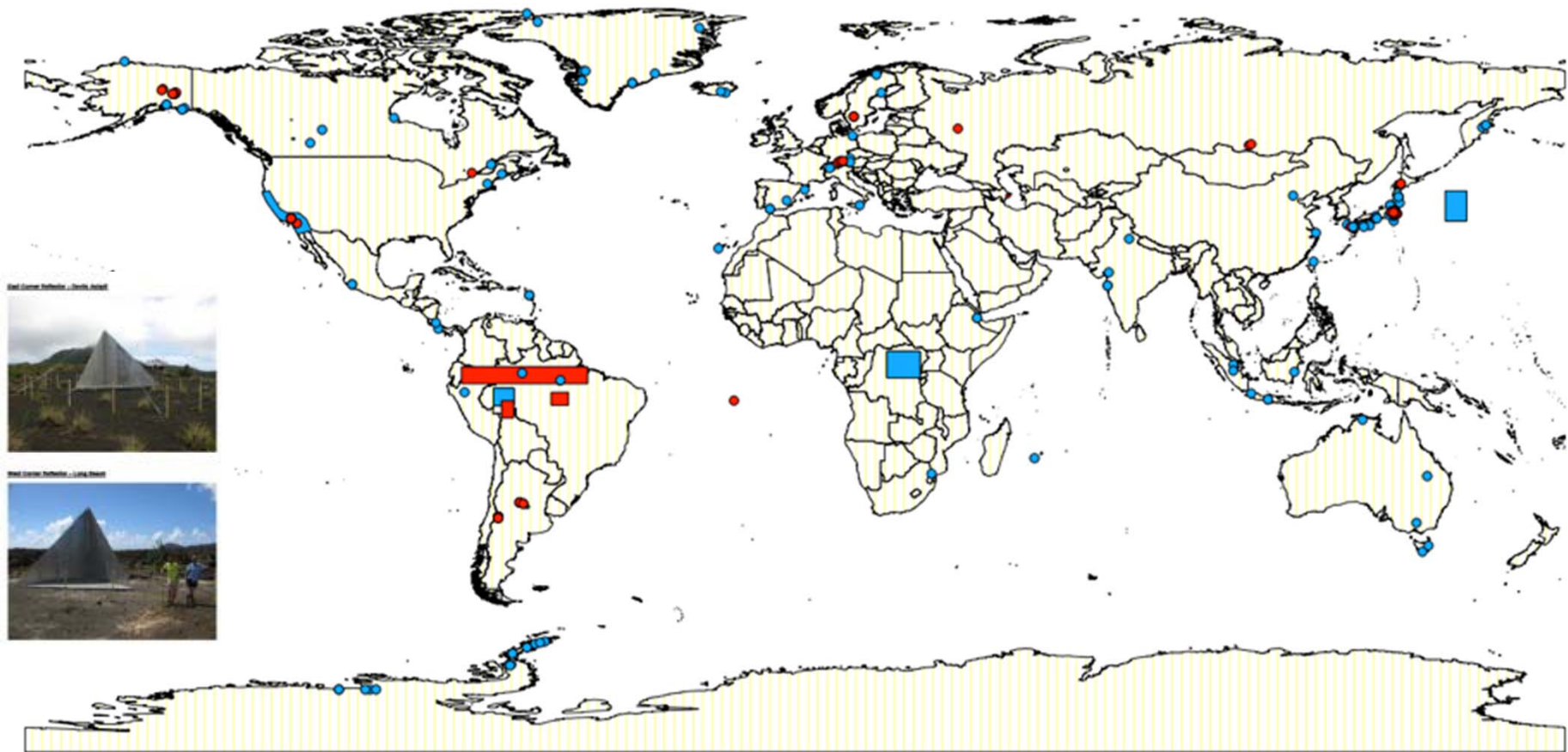
ScanSAR : Amazon Rondonia area (HH)

Area: Hokkaido
Bandwidth: 28 MHz
Mode: W(5 scans)



Global calibration site) (5/12)

CVST All Sites



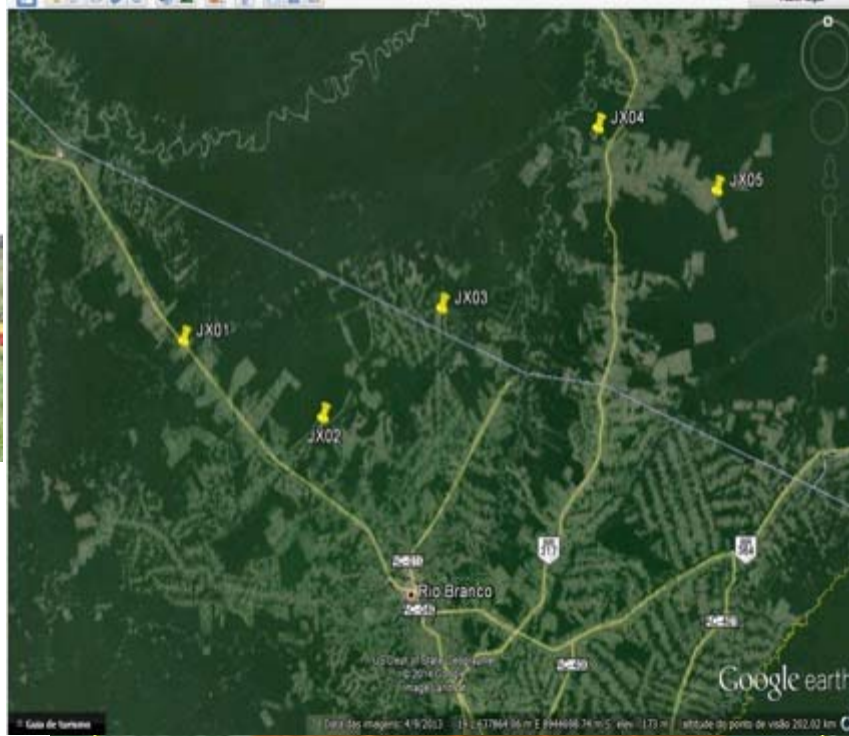
Red circle and square indicates CR sites (including JAXA Cal sites)

Polarimetric Calibration in Brazil site

左上: -8.0° -68.65°
 右下: -12.0° -65.75°



Beam3 cycle6
 Beam4 cycle7
 Beam5 cycle8
 Beam6 cycle9
 Beam7 cycle10



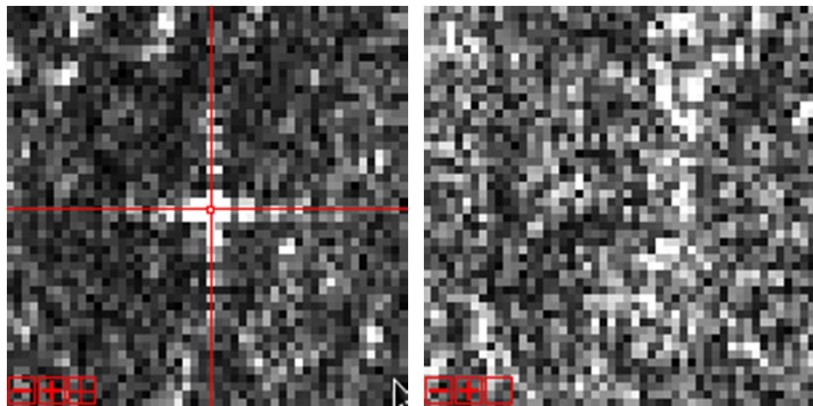
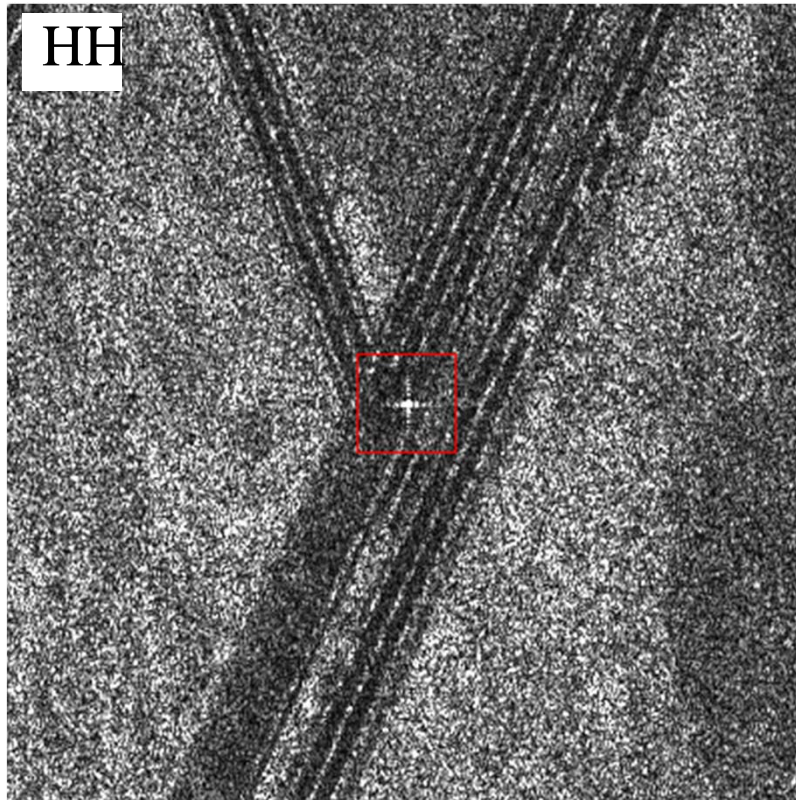
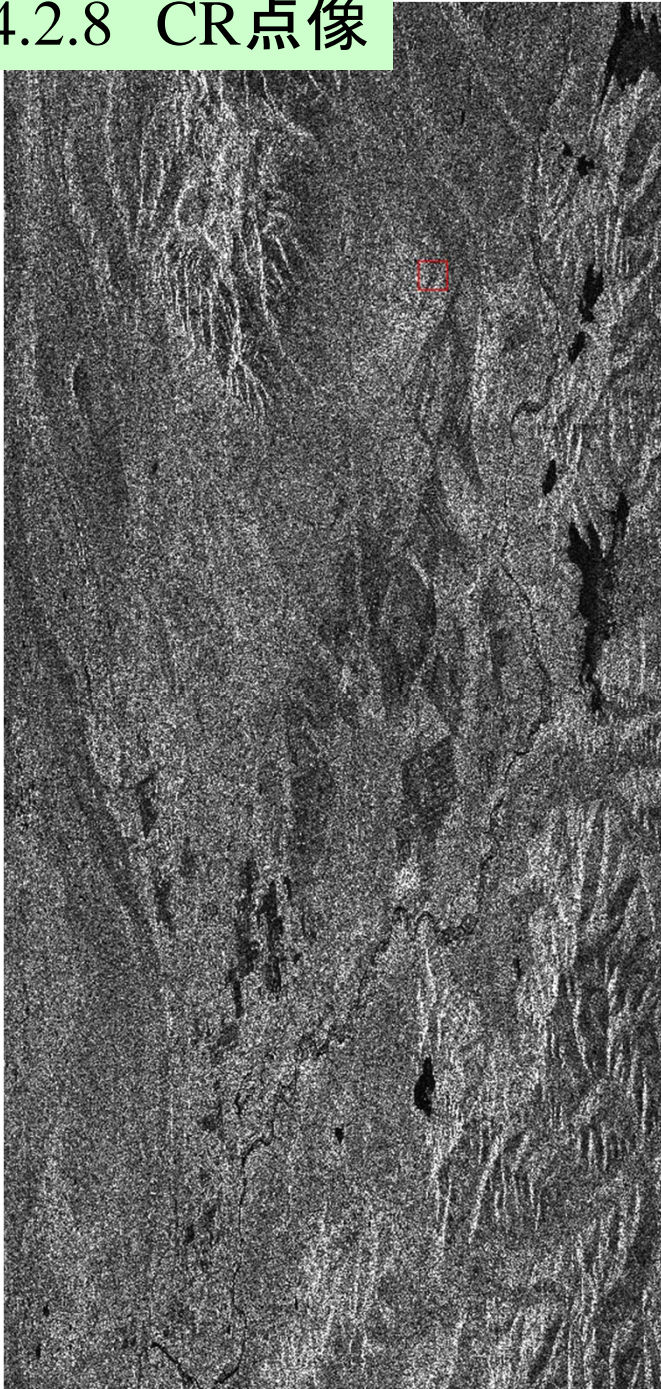
Rio Branco

| Cycle | Site Name | Area | Mode | 28 |
|----------|------------|------|------|----|
| Cycle 6 | RioBranco | S02 | HBQ | 3 |
| Cycle 7 | RioBranco | S02 | HBQ | 4 |
| Cycle 8 | Rio_Branco | S02 | HBQ | 5 |
| Cycle 9 | RioBranco | S02 | HBQ | 6 |
| Cycle 10 | RioBranco | S02 | HBQ | 7 |

7

4.2.8 CR点像

FBD282/RSP076/2014.10.19/Alaska01(CR3.0m)



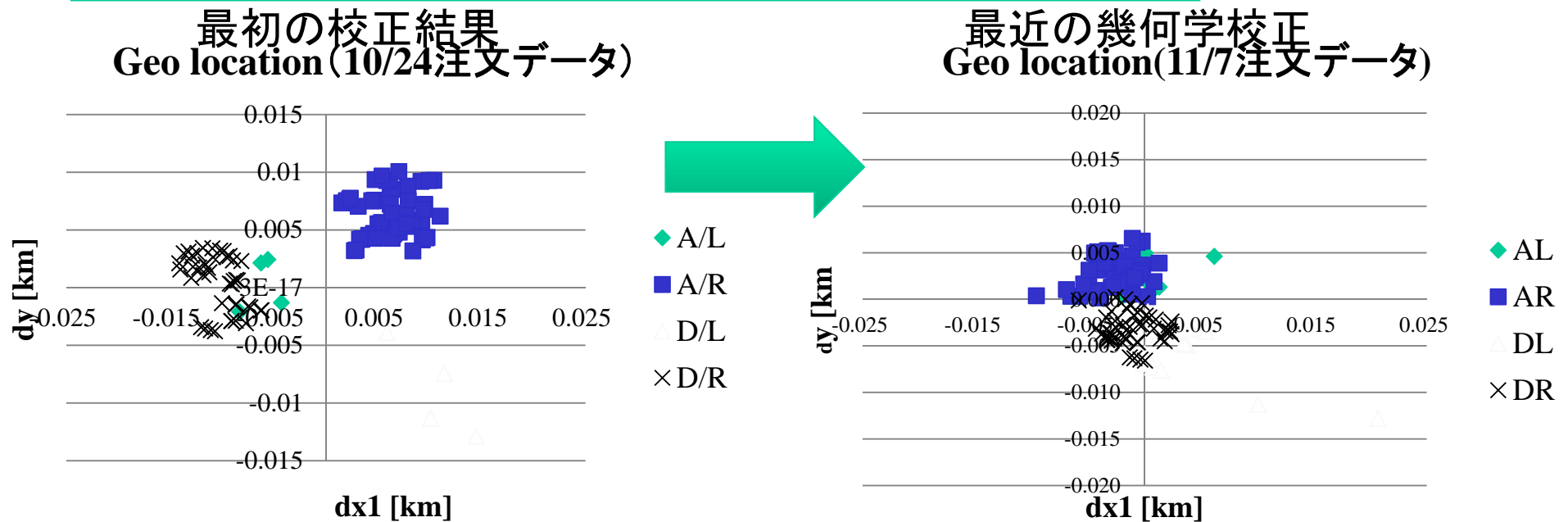
Shimada 2015 ALOSPI

HH

HV

4.2.8 幾何精度評価結果(Strip(U-H-F))

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



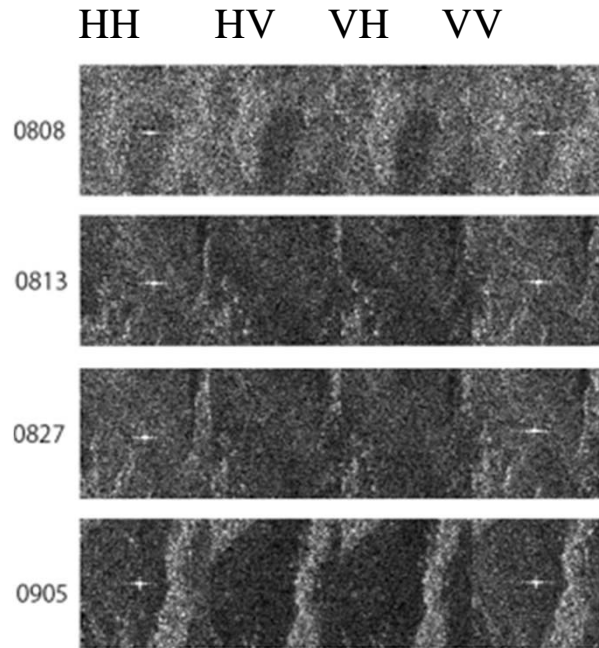
レンジオフセットの調整により幾何学精度の向上

5.34m (RMSE)

| mode | dx1 平均値 [m] | dx1 標準偏差 | dy 平均値 [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 |

Polarimetric Calibration (1/4)

Even the uncalibrated PolSAR data in the Amazon (Rio Branco) shows that the cross talks look very small.



PolCal Equation

$$\begin{pmatrix} Z_{hh} & Z_{hv} \\ Z_{vh} & Z_{vv} \end{pmatrix} = Ae^{\frac{-4\pi r}{\lambda}} \begin{pmatrix} 1 & \delta_3 \\ \delta_4 & f_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\Omega & \sin\Omega \\ -\sin\Omega & \cos\Omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{hh} & S_{hv} \\ S_{vh} & S_{vv} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\Omega & \sin\Omega \\ -\sin\Omega & \cos\Omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \delta_1 \\ \delta_2 & f_1 \end{pmatrix}$$

$$+ \begin{pmatrix} N_{hh} & N_{hv} \\ N_{vh} & N_{vv} \end{pmatrix} \quad \text{RD} \quad \text{TD}$$

→ Determine unknown parameters (Amazon data+CR, reflection symmetry and Model-based analysis)

1) Cross-talk is smaller than -40dB

2) チャンネルインバランスの適切性: 以下のポラリメトリックシグナチャーで確認

Example(23°)

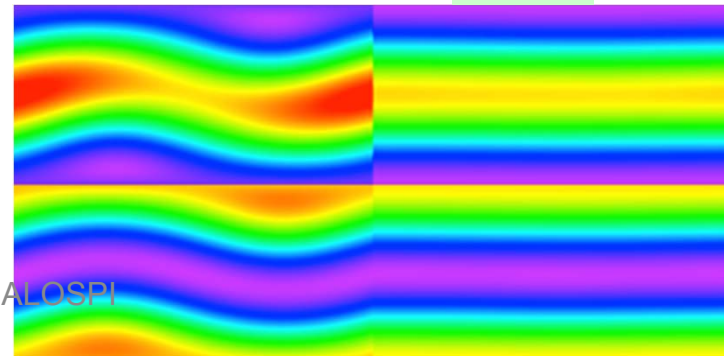
Trans Distorsion

$$= \begin{pmatrix} 1.0000e+00 & 0.0000e+00 \\ 2.7118e-03 & 1.6514e-03 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2.9780e-03 & 2.6764e-03 \\ 9.1212e-01 & -4.8408e-01 \end{pmatrix}$$

Receiver Distorsion

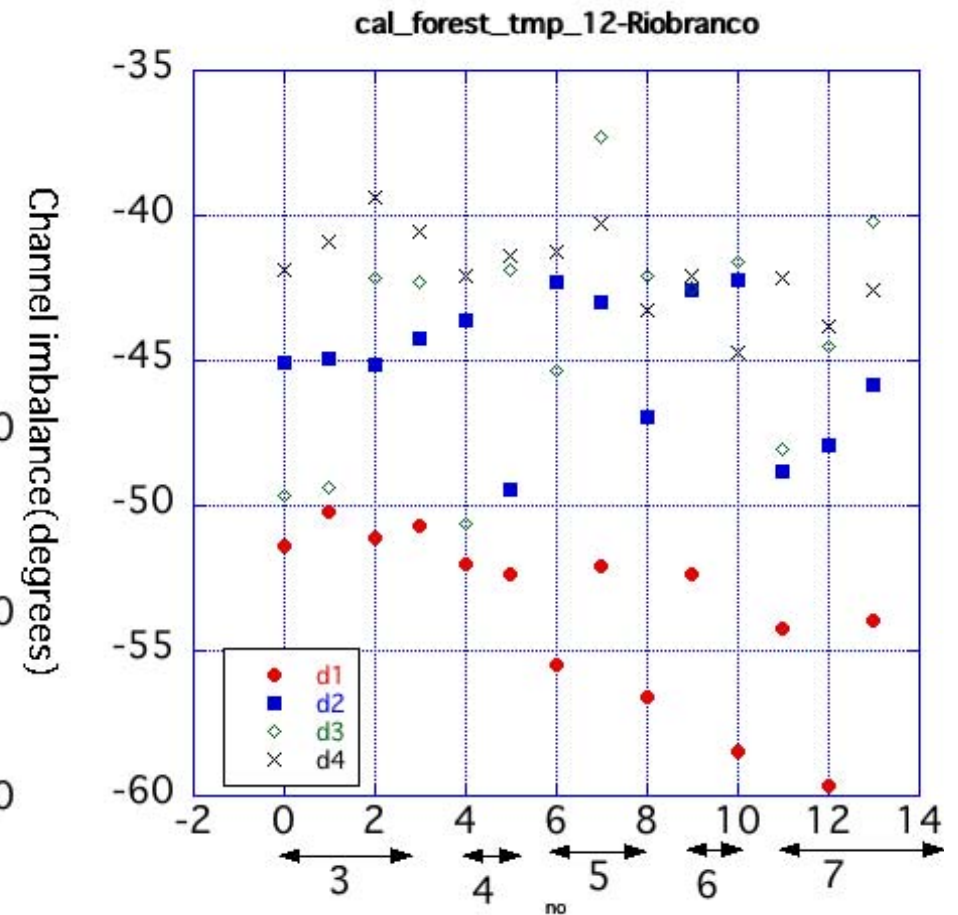
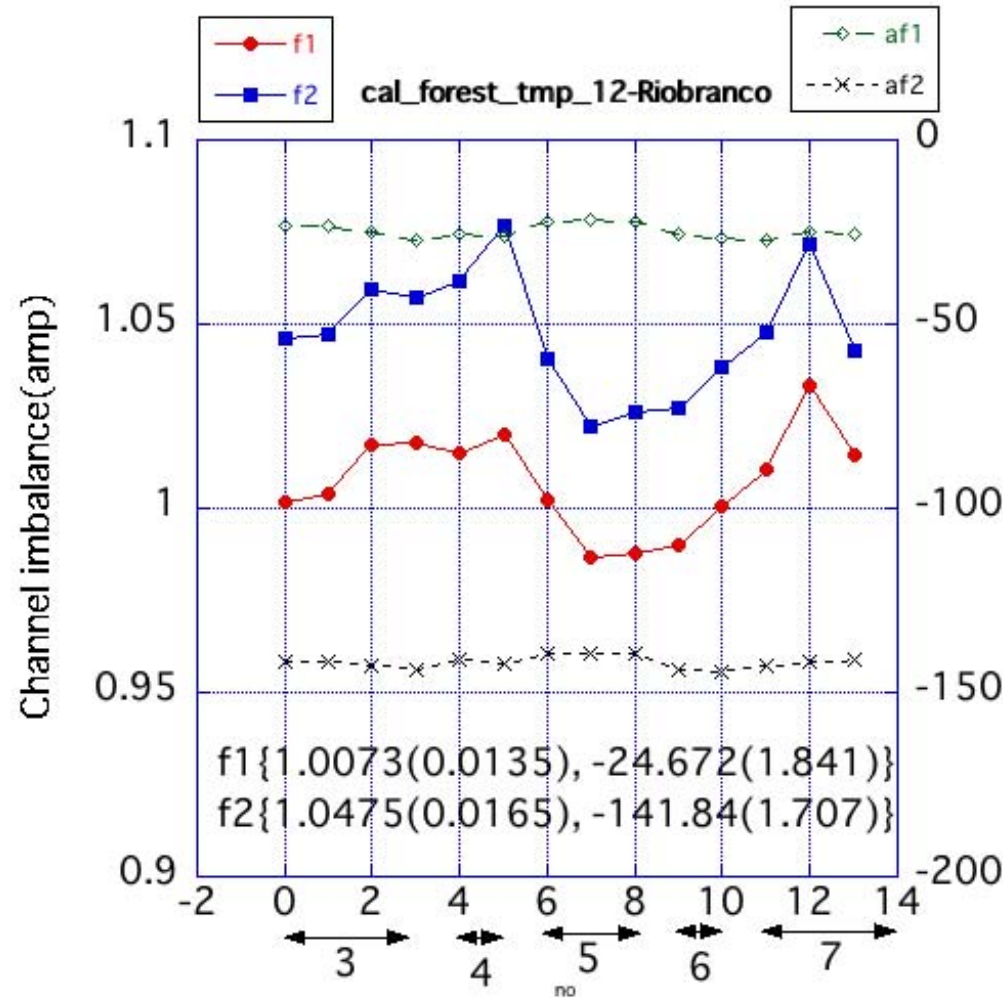
$$= \begin{pmatrix} 1.0000e+00 & 0.0000e+00 \\ 4.7041e-03 & 7.2861e-03 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -3.2790e-03 & 2.6533e-03 \\ 1.0681e+00 & -1.9712e-02 \end{pmatrix}$$

Before → After



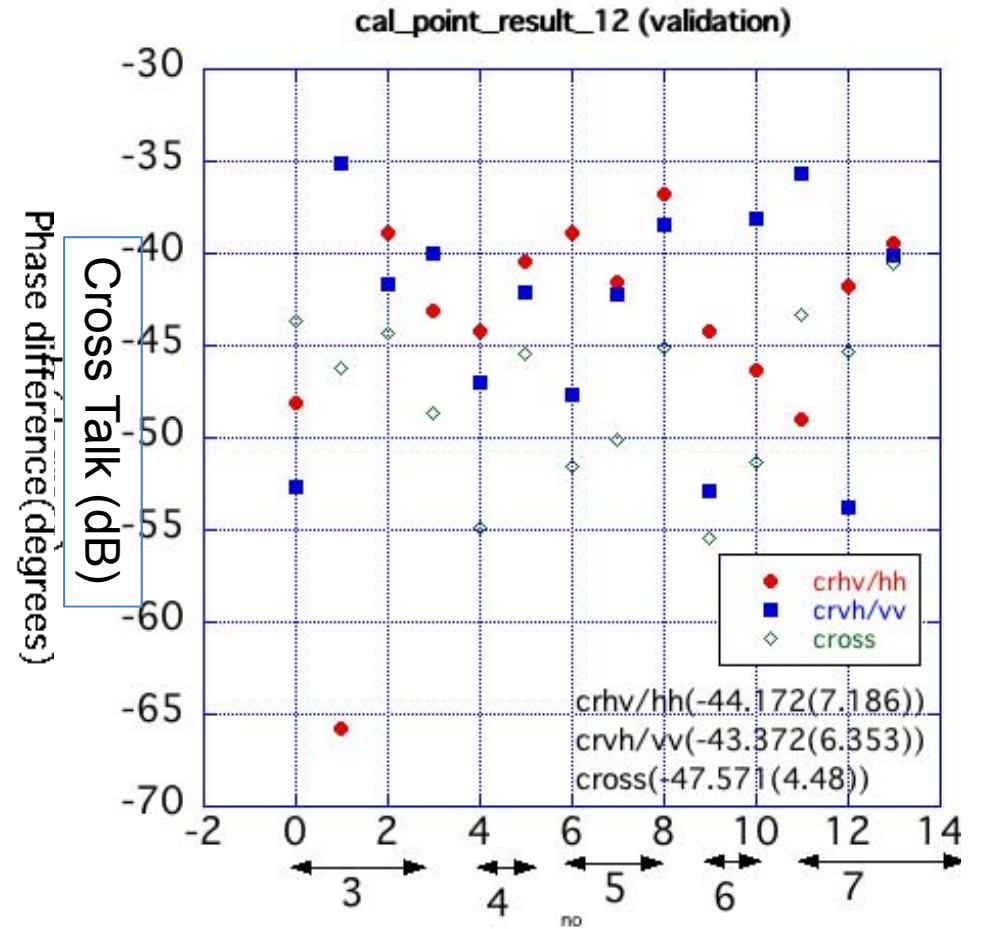
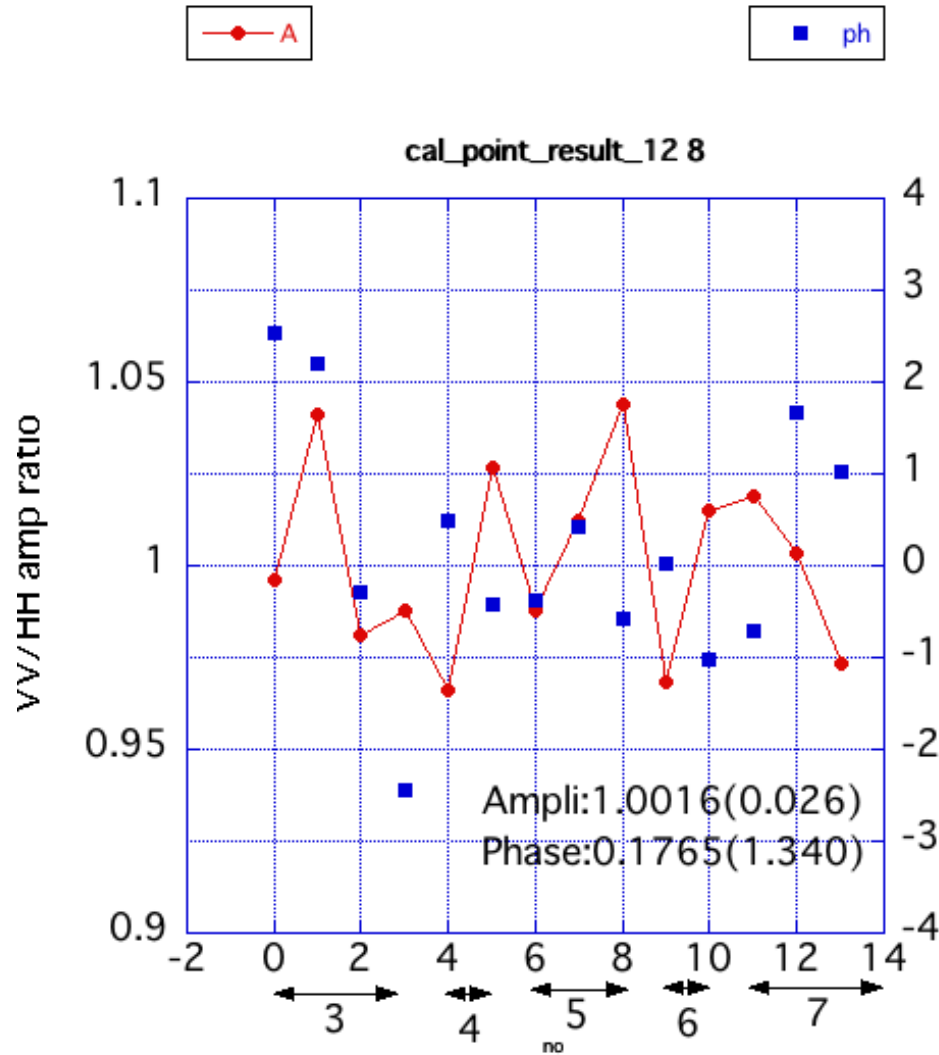
Polarimetric Calibration (2/4)

Calibration using the sigma-sar



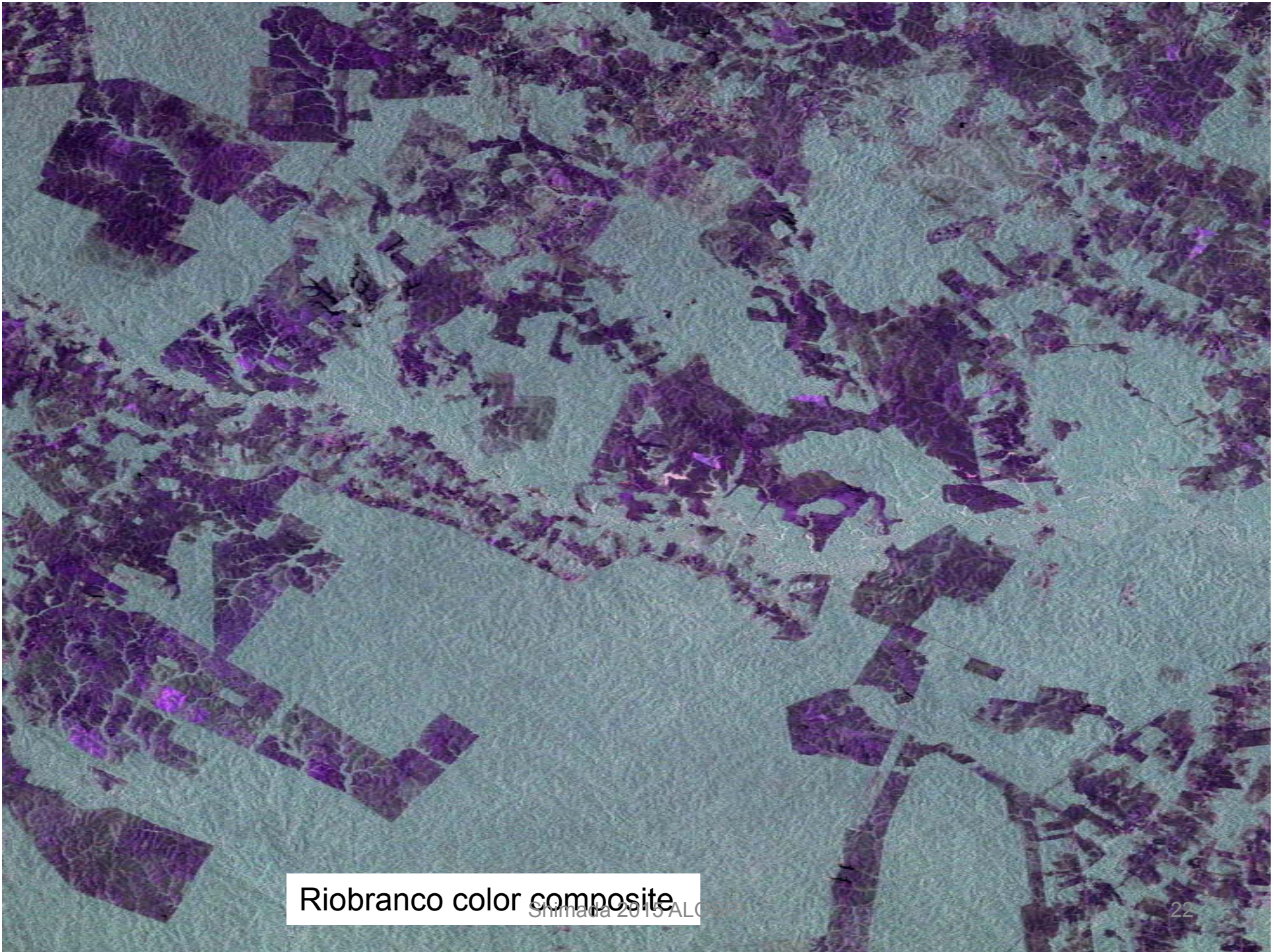
Polarimetric Calibration (3/4)

Validation using the sigma-sar



Determination of the channel Imbalance

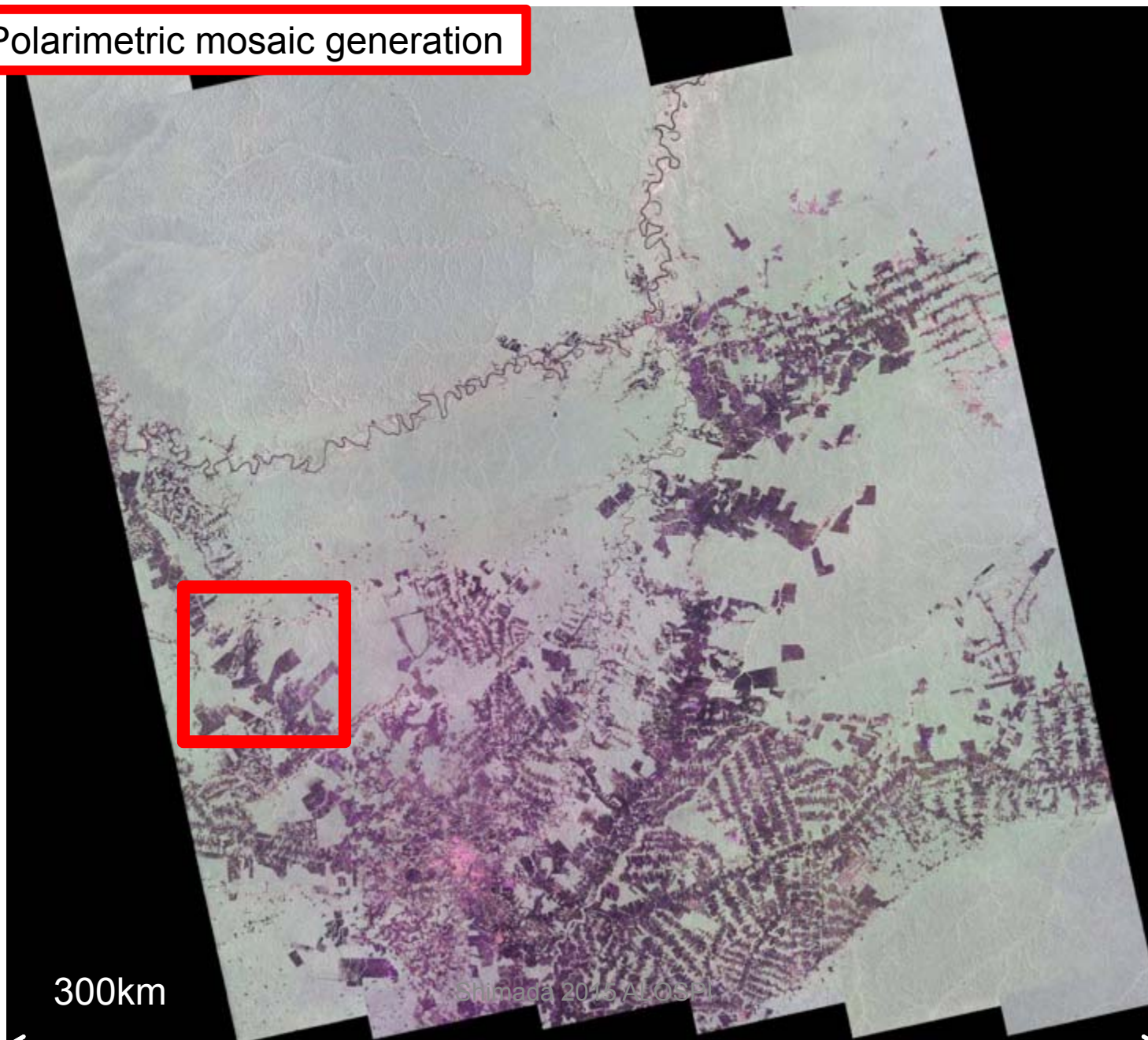
Cross talk (dB)



Rio Branco color composite

HBQ mosaics over the RioBranco regions, 2014

Global Polarimetric mosaic generation



4.2.9 校正(後方散乱係数への変換)

$$\sigma^0_{\text{sigma-sar}, Q16} = 10 \cdot \log_{10} \langle DN^2 \rangle + CF_1$$

$$\sigma^0_{\text{sigma-sar}, slc} = 10 \cdot \log_{10} \langle I^2 + Q^2 \rangle + CF_1 - A$$

| CF | mean(dB) | std (dB) |
|-----------------|----------|----------|
| CF ₁ | -83.0 | 0.406 |
| A | 32.0 | - |

本係数は標準成果物及びEORC成果物について共通的に成立する。

| 係数 | 数値 |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| レンジ方向時刻オフセット | -22.7nsec.(-68.10mのシフト) |
| アジマス方向オフセット | 0 |
| ポラリメトリック校正係数 (一例, 2 3°) | Trans Distorsion = (1.0000e+00 0.0000e+00) (2.9780e-03 2.6764e-03) (2.7118e-03 1.6514e-03) (9.1212e-01 -4.8408e-01) Receive Distorsion = (1.0000e+00 0.0000e+00) (-3.2790e-03 2.6533e-03) (4.7041e-03 7.2861e-03) (1.0681e+00 -1.9712e-02) |

A

4.2.12 校正の結果(サマリ)

| 項目 | 測定結果 | | データ数 | 要求精度(いずれも以下, アンビギュイティを除く) |
|--------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|
| 幾何学精度 (RMSE) | 高分解能モード・スポットライトモード | 5.34m(L 1.1) / 6.73m(L 2.1) | 127/129 | 20m |
| | 広域観測モード | 60.77m(L1.1)/29.93m(L2.1) | 7/8 | 100m |
| ラジオメトリック精度 | コーナー反射鏡 アマゾン(森林) NESZ (F/H/U) HH HV | 1.31 (CF: -81.60) 0.406 (CF: -82.34) -41.1(F)/-36.0(H)/-36.6(U) -49.2(F)/-46.0(H) | 120 30シーン | 1.0 dB 1.0 dB: -6.84dB@アマゾン -26.0(F)/-28.0(H)/-24.0(U) |
| 偏波 | VV/HH VV-HH 位相差(deg) クロストーク (dB) | 1.0143(σ : 0.06) 0.350(σ : 0.286) -43.7(σ : 6.65) hv/hh -44.0(σ : 7.10) vh/vv -48.2(σ : 6.05) corr | 6 | 1.047 5 deg -30dB -30dB -30dB |
| 分解能(m) アジマス/レンジ | スポットライトモード 高分解能モード[3m] 高分解能モード[6m] 高分解能モード[10m] | 0.79(σ : 0.028)/1.66(σ : 0.04) 2.81(σ : 0.034)/1.70(σ : 0.022) 4.06(σ : 0.108)/3.53(σ : 0.317) 5.05(σ : 0.110)/5.36(σ : 0.126) | 3 35 28 61 | 1.00x1.1/1.78 2.75x1.1/1.78 3.75x1.1/3.57 5.00x1.1/5.36 |
| サイドローブ | PSLR(アジマス) PSLR(レンジ) ISLR | -16.20(σ : 2.53) -12.59(σ : 1.84) -8.80(σ : 3.23) | 124 | -13.26dB+2dB -13.26dB+2dB -10.16dB+2dB |
| アンビギュイティ | アジマス レンジ | 23~14(平均:20) 視認せず | 7シーン | 20~25dB以上 25dB以上 |

A

注 PSLR: Peak to Sidelobe Ratio, ISLR: Integrated Sidelobe Ratioは高分解能モード[3m]、Hは同[6m]、Fは同[10m]を表す
CFの標準偏差が1.31であるが、今後の校正作業で1.0以下に調整すると同時に、アマゾン結果と調和させる。

CALVALのサマリ

幾何学精度

非常に良好

ラジオメトリック精度

非常に良好

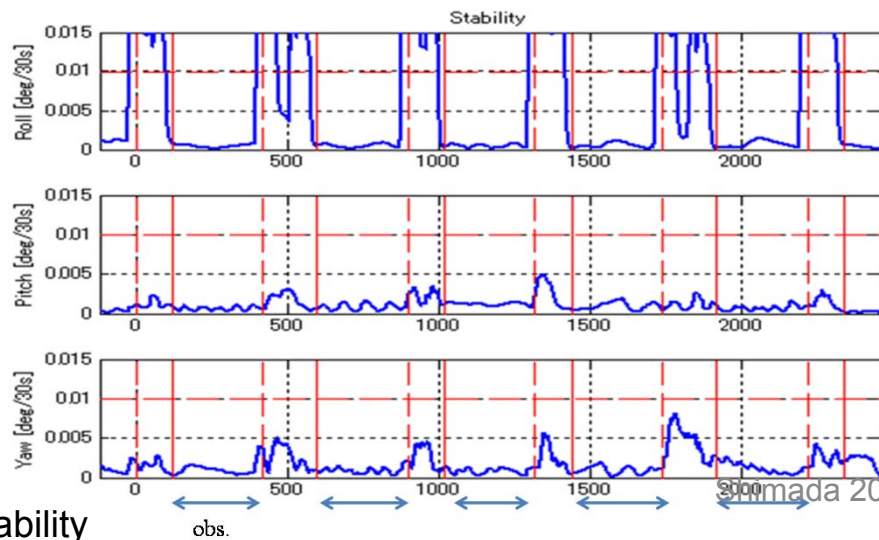
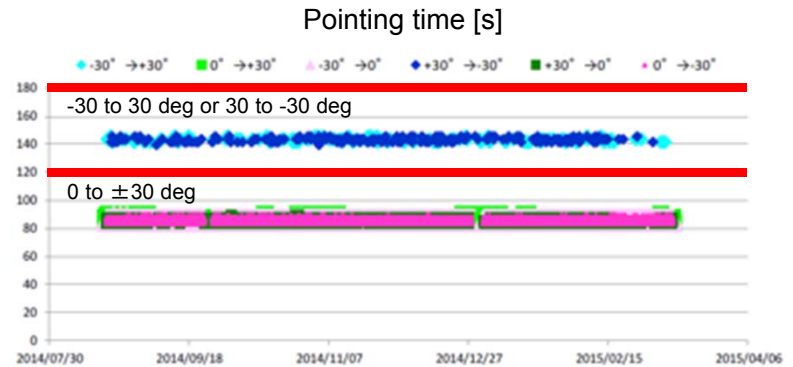
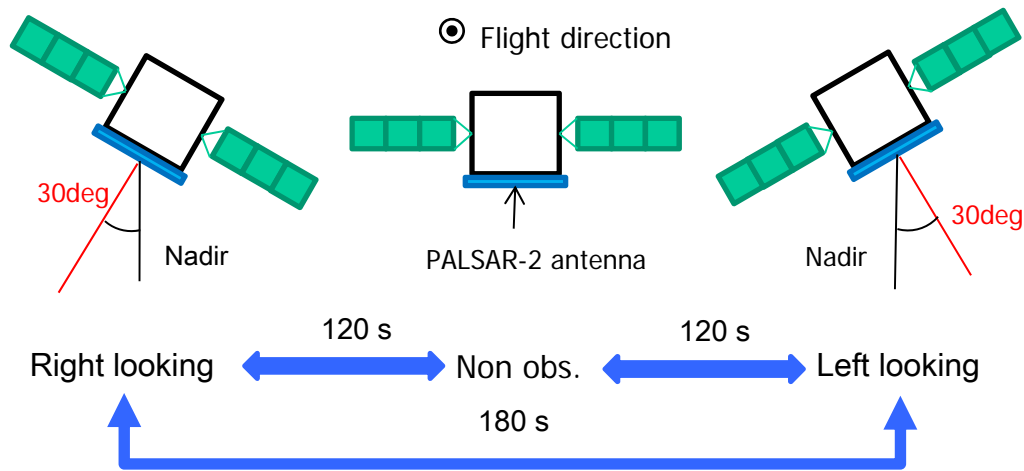
画質

良好

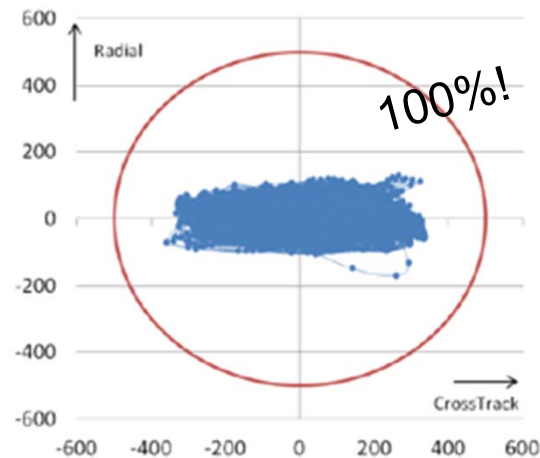
Application (応用)

- Interferometry (干涉SAR) + ATI
- Forest / Non-Forest Mosaic (森林非森林)
- Sea Ice
- Browse Generation

Bus system operation results (Attitude control)



orbit control

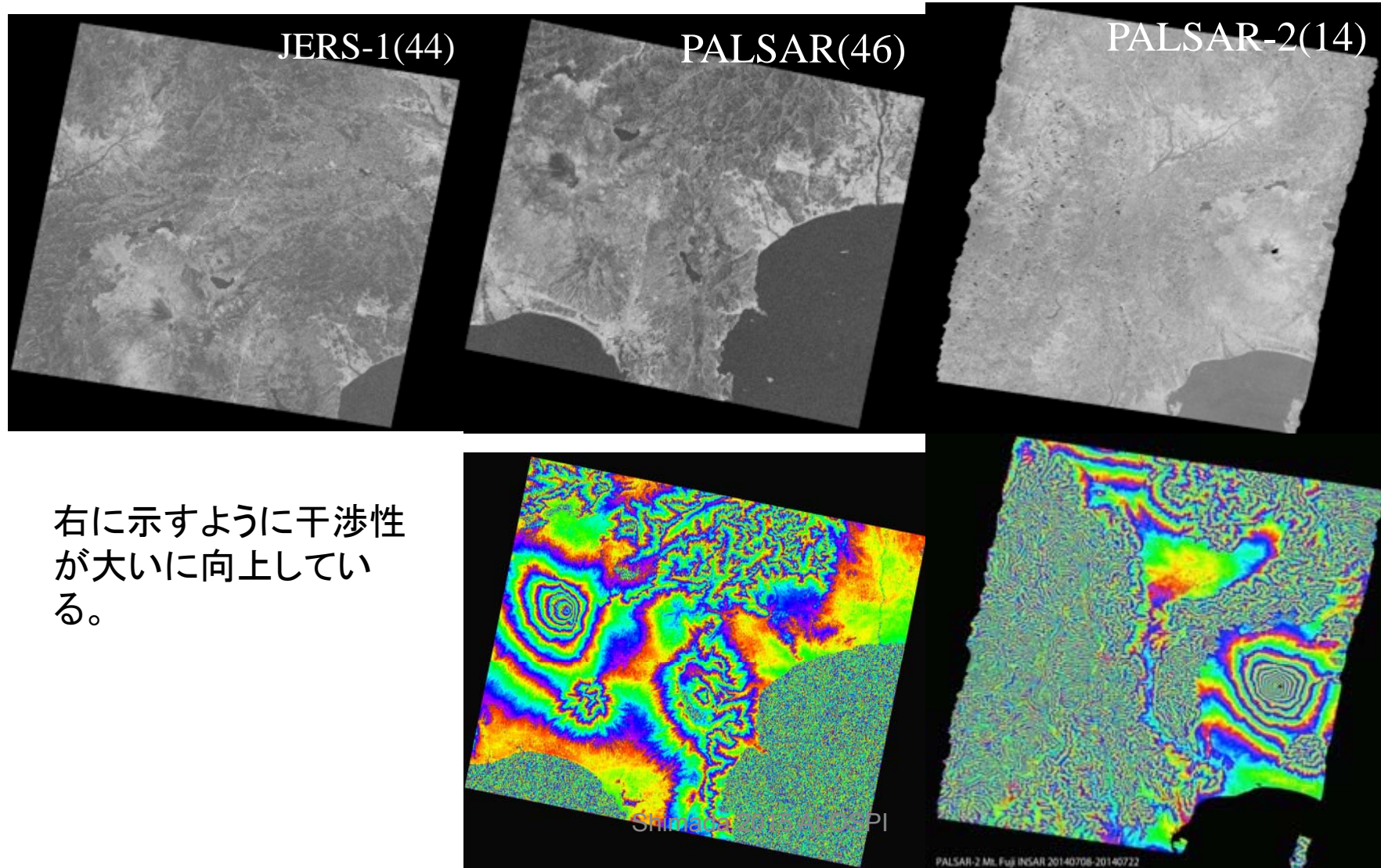


Stability

Coherence improvement of the PALSAR-2

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。

From JERS-1/ALOS/ALOS-2, 1) Transmission power, SNR increases, and bandwidth increase, and autonomous orbit maintenance , improves the interferometric coherence.

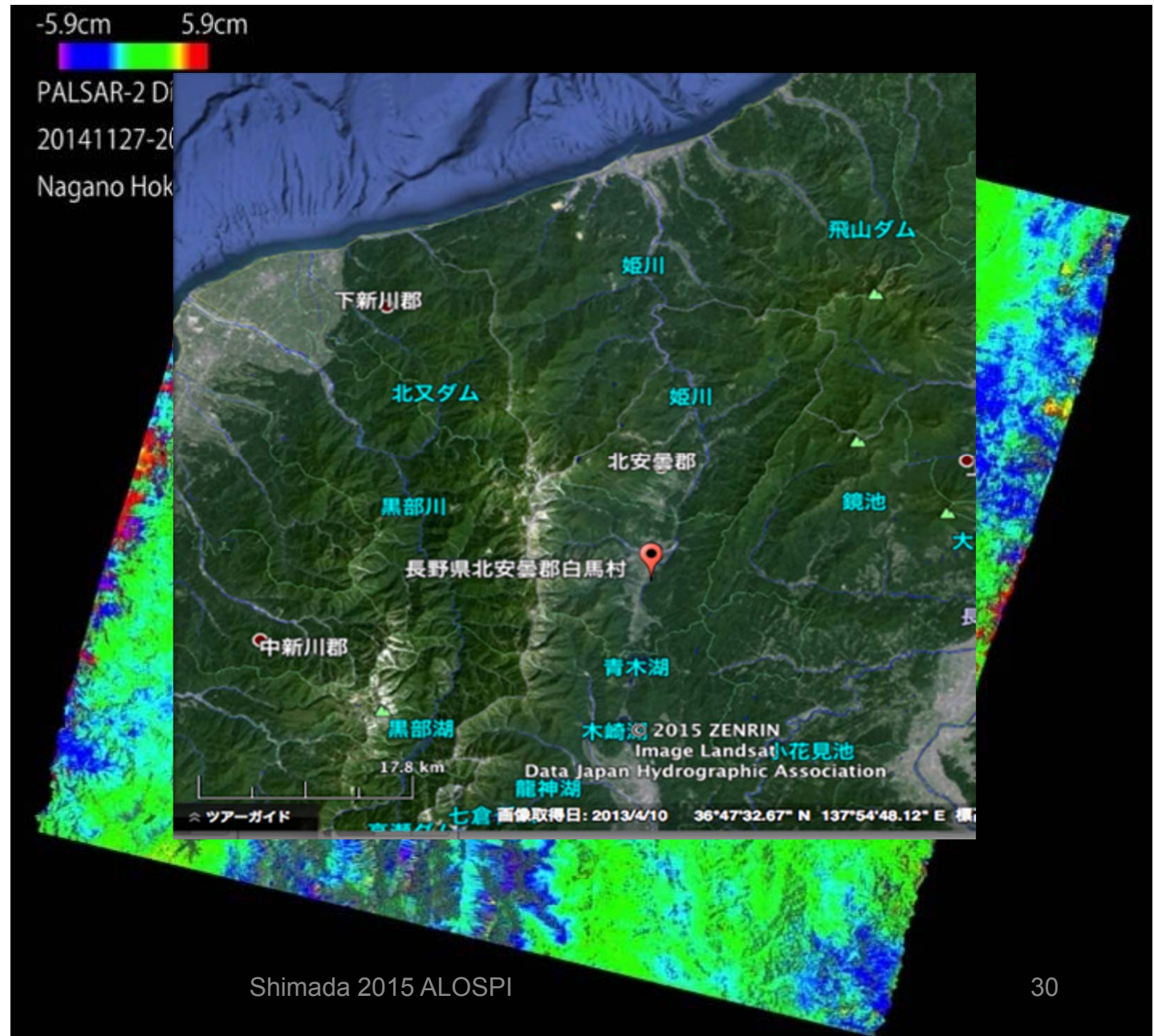


右に示すように干渉性が大いに向上している。

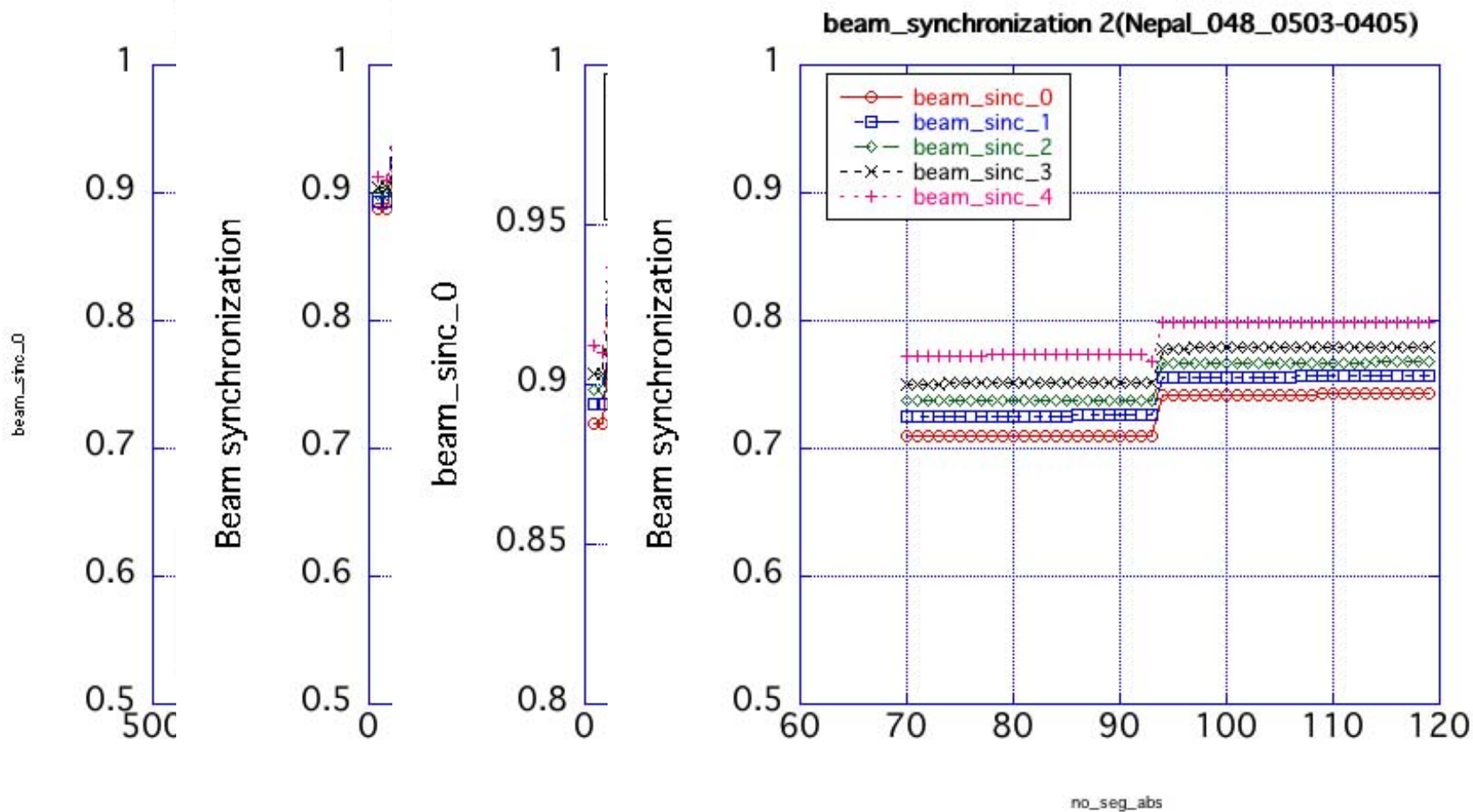
Northern Nagano Earthquake (DinSAR), Nov. 22

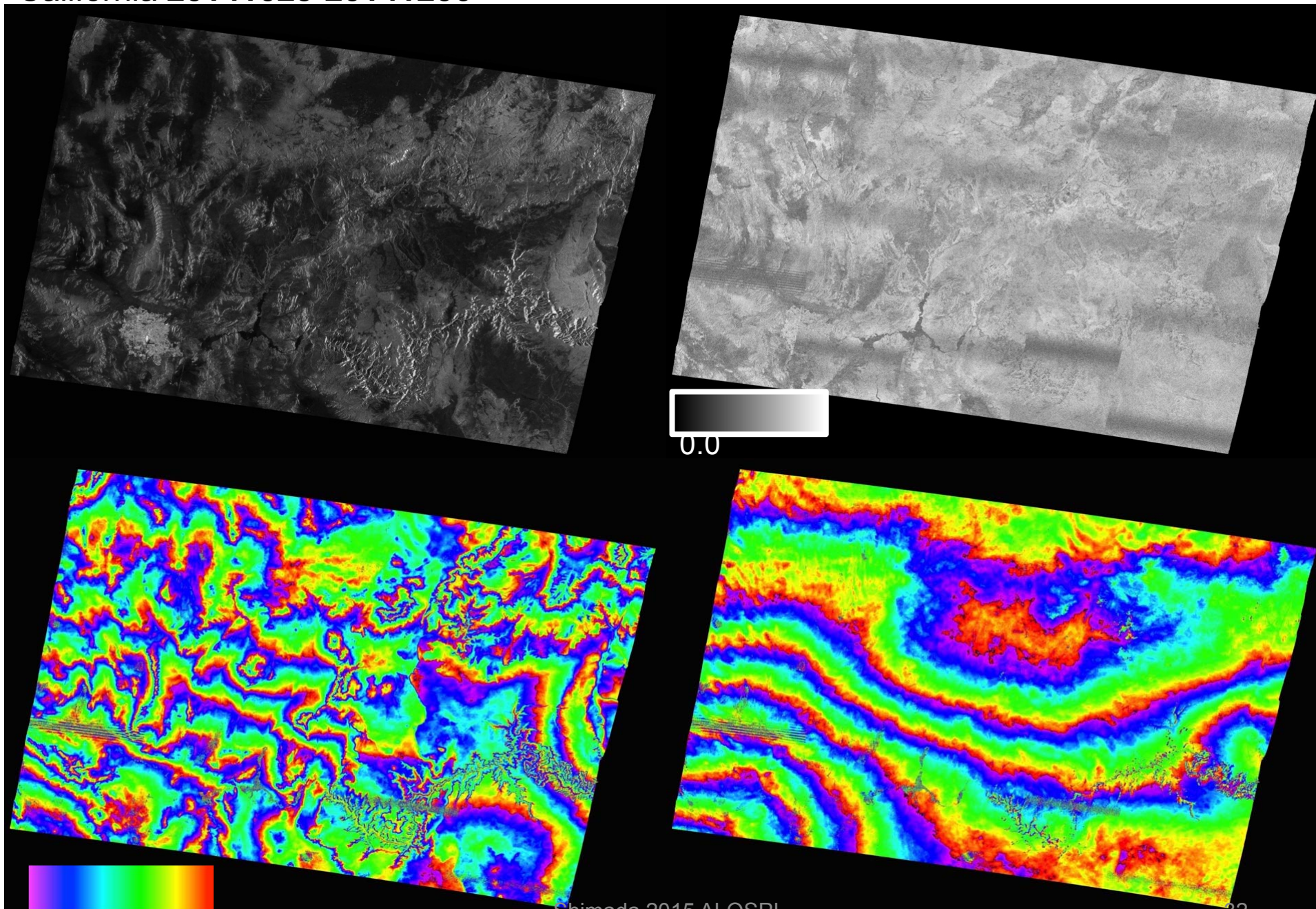
長野県北部地震の観測(干渉SAR)

2014年長野県北部地震は同年11月22日22時8分頃に、日本の長野県北部長野県北安曇野郡白馬村を震源として発生したマグニチュード6.7の地震。長野県は神城断層地震と統一している。小谷村、小川村、長野市で最大震度6弱を観測した。震源断層は、白馬村と小谷村を縦断する神城断層である。

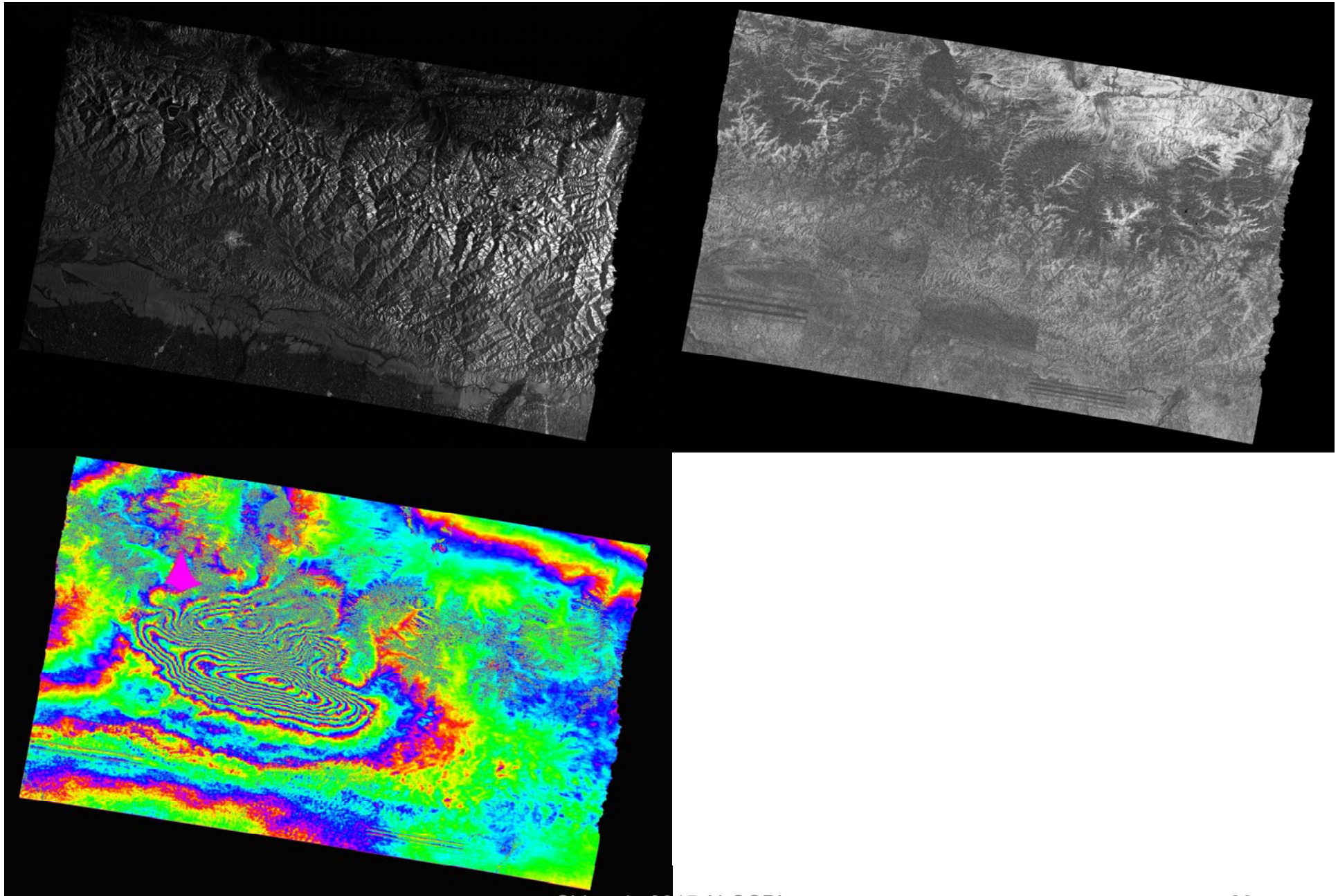


Beam Synchronizations(ビーム同期)





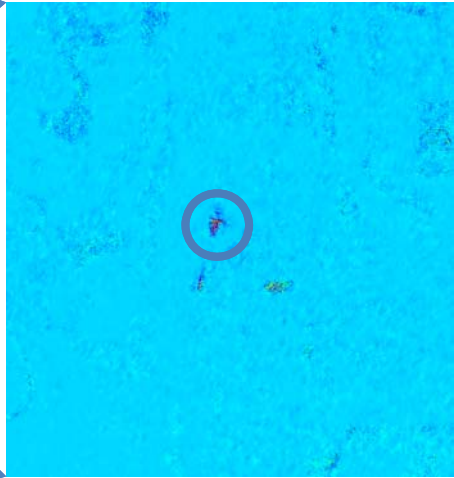
Nepal-048 (20150405-20150503)





ALOS-2/PALSAR-2 Along Track I

移動体(大型航空機?)



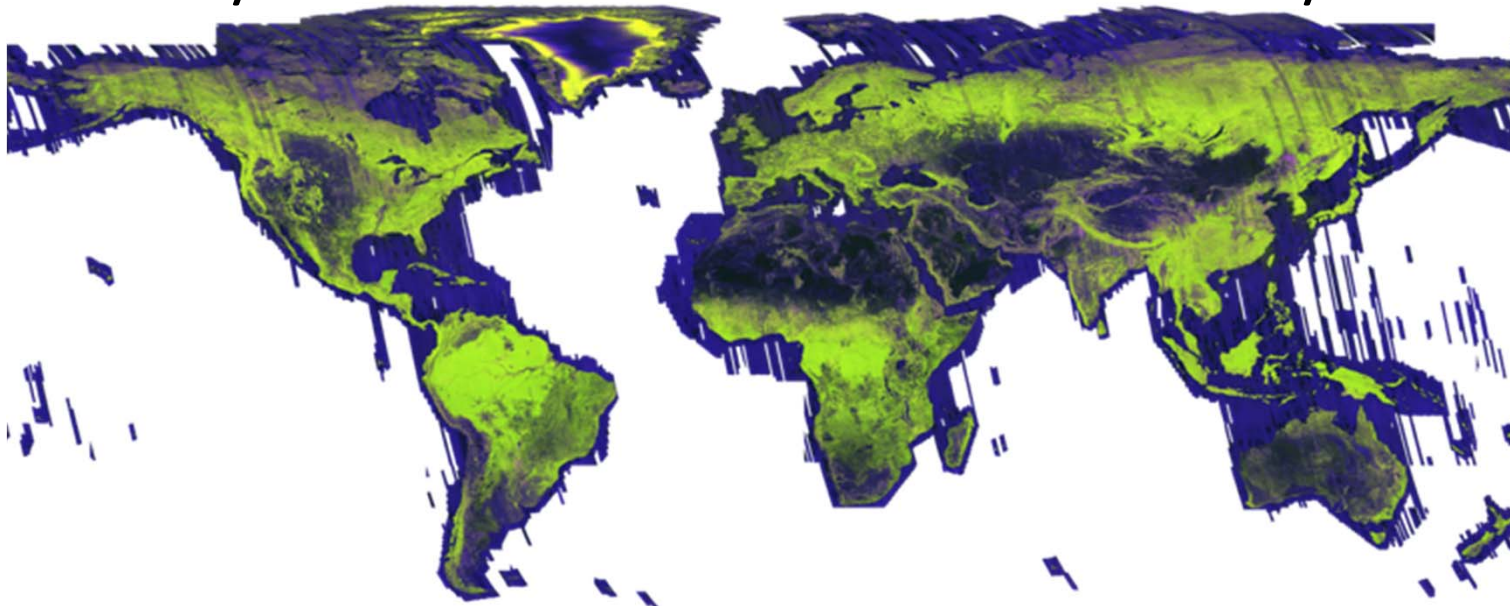
-160m/s 160m/s

カリフォルニア州
ハミルトンシティ

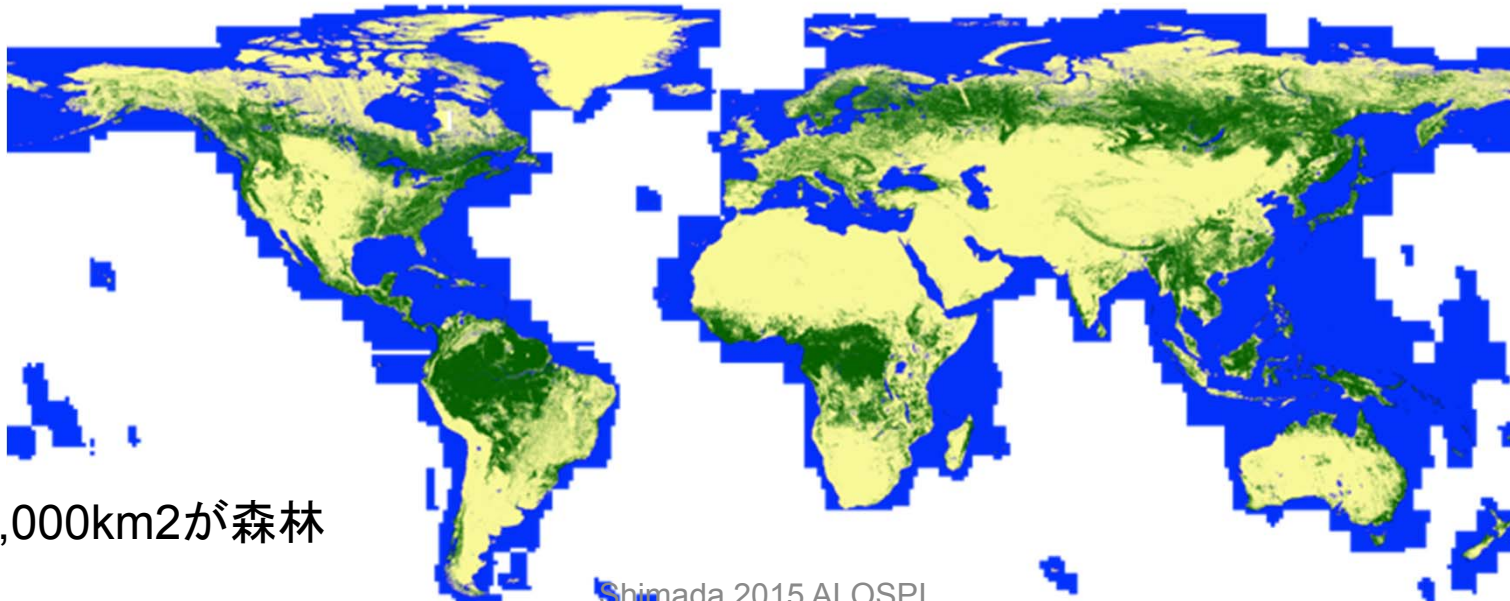
ALOS-2 干渉SAR Summary

- 高い干渉性を保持(短いベースライン)
- ビームオーバーラップ率(Beam synchronization)は80~90%.
- 位相量は地殻変動などの抽出に使用可能(ただし、電離層、水蒸気補正は要検討)
- ATIは移動体検出に初応用(高速移動体)

25m PALSAR/PALSAR-2 Global Mosaic & Forest/Non-Forest



2010 PALSAR 25m Global Mosaic

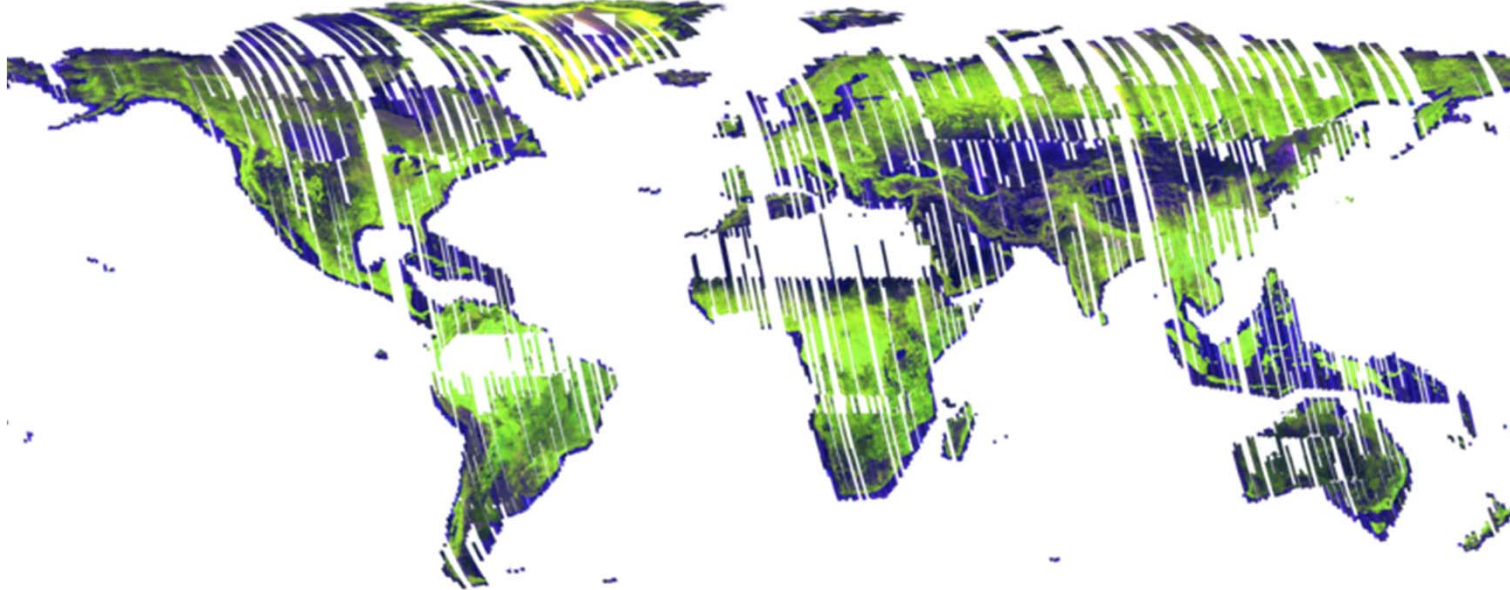


40,000,000km²が森林

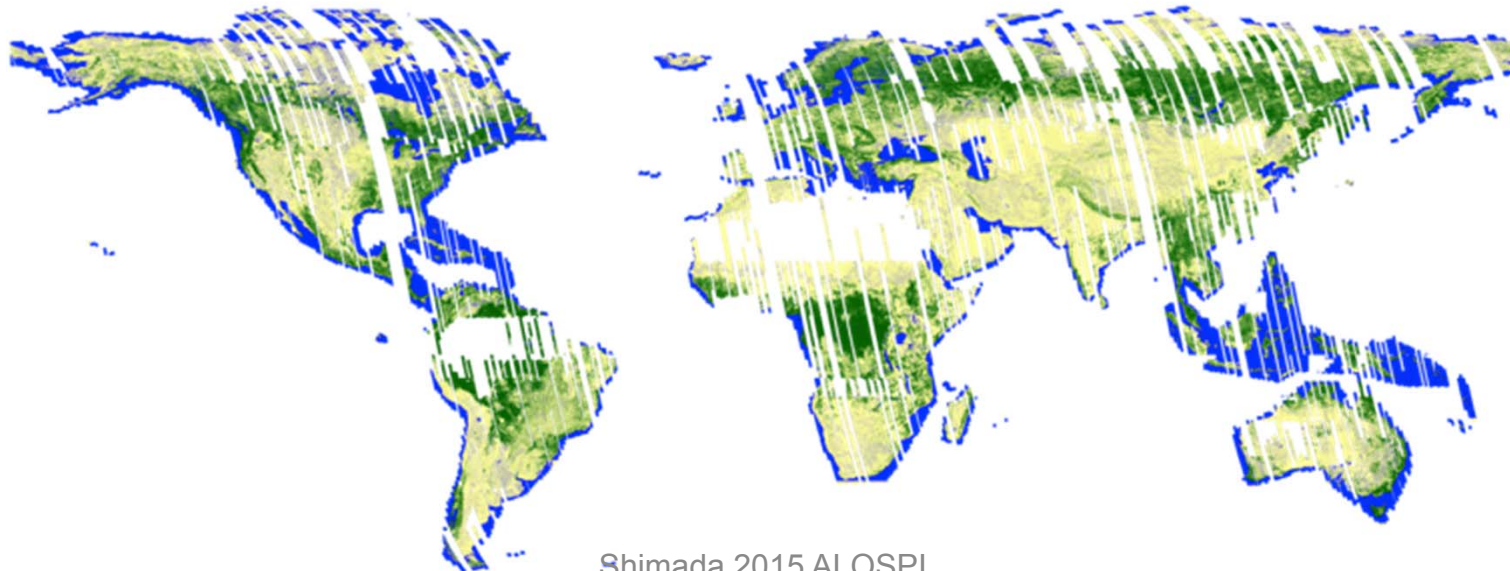
2010 PALSAR 25m Forest/Non-Forest Map

Shimada 2015 ALOSPI

25m PALSAR/PALSAR-2 Global Mosaic & Forest/Non-Forest



2014 PALSAR-2 25m Global Mosaic



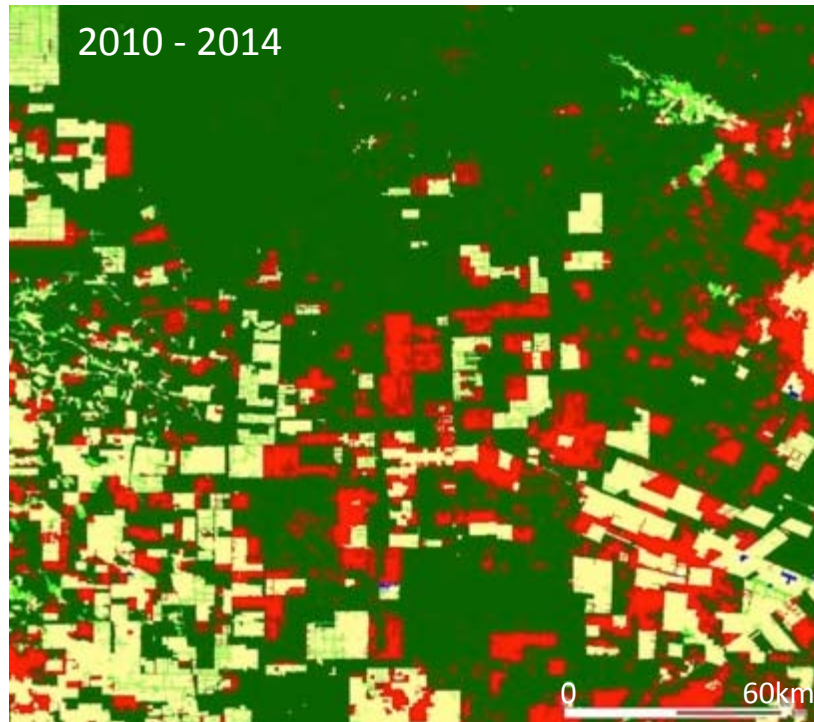
2014 PALSAR-2 25m Forest/Non-Forest Map

Shimada 2015 ALOSPI

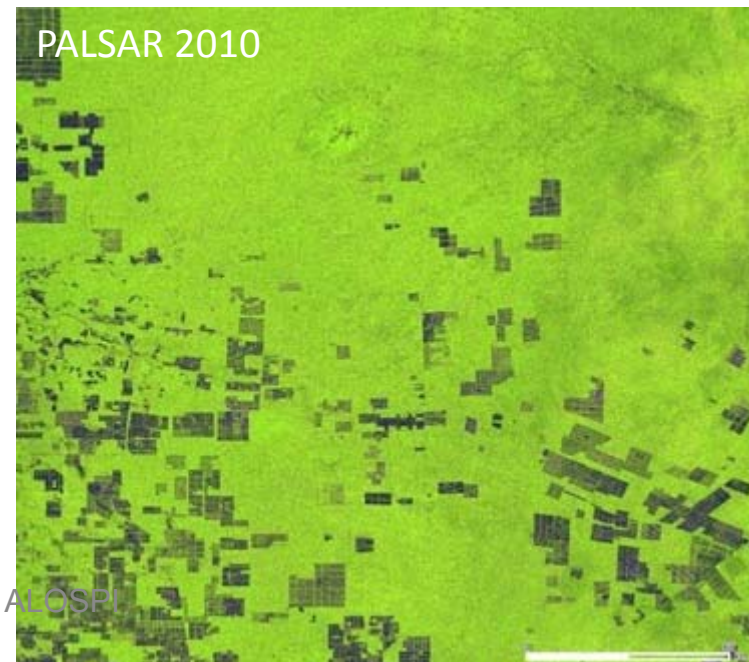
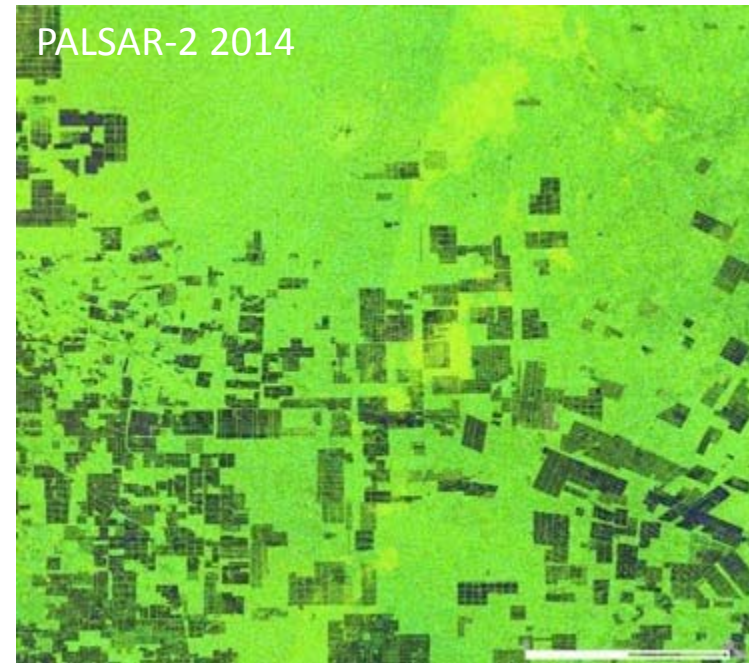
Surface coverage=79%

25m PALSAR/PALSAR-2 FNF

Deforestation in Paraguay

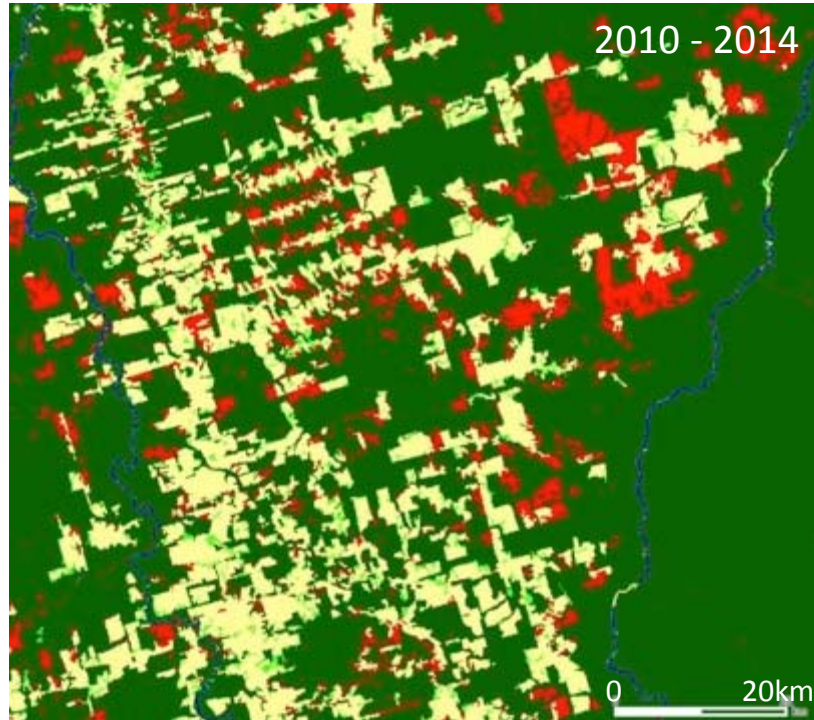


- : Forest
- : Non-Forest
- : Deforestation
- : Reforestation

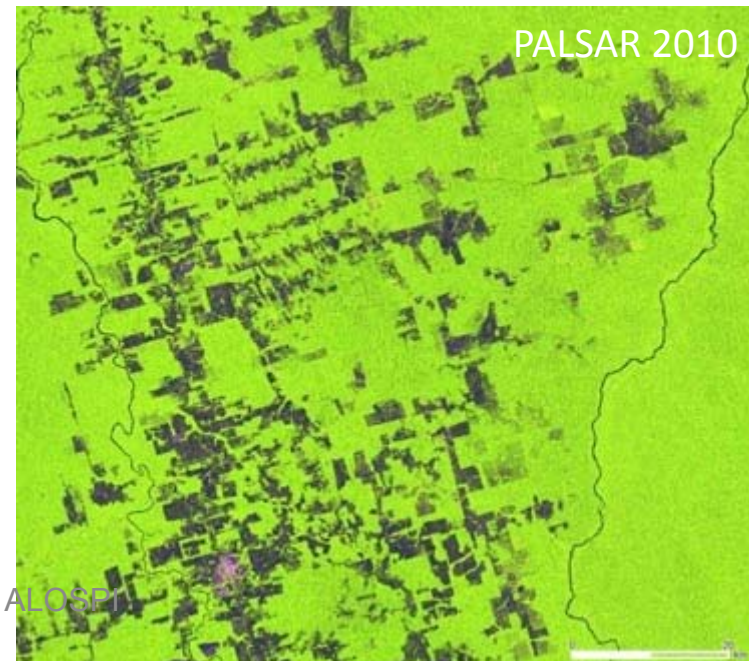
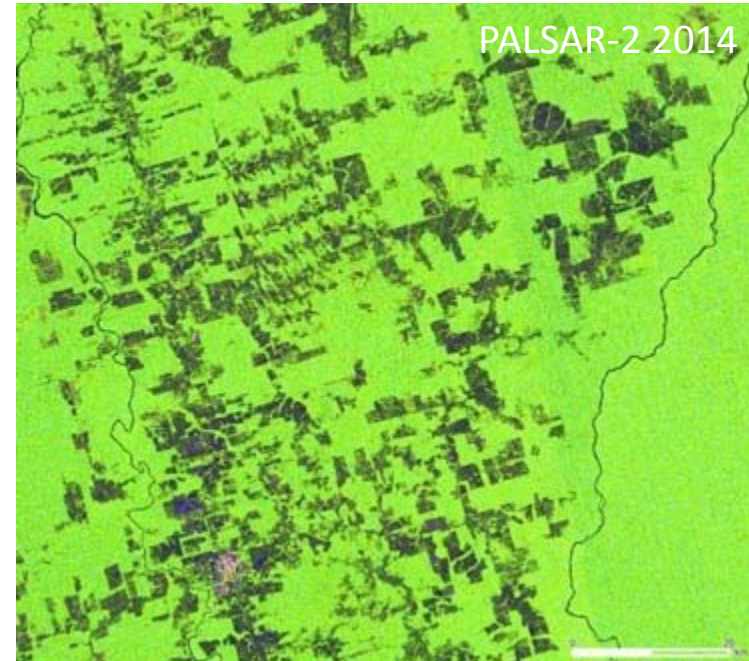


25m PALSAR/PALSAR-2 FNF

Deforestation in Amazon

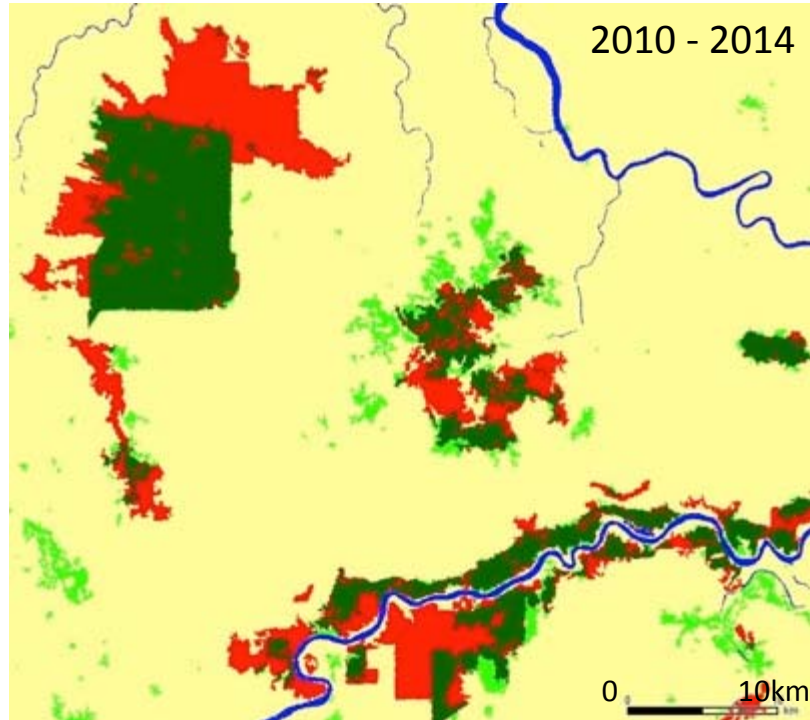


- : Forest
- : Non-Forest
- : Deforestation
- : Reforestation

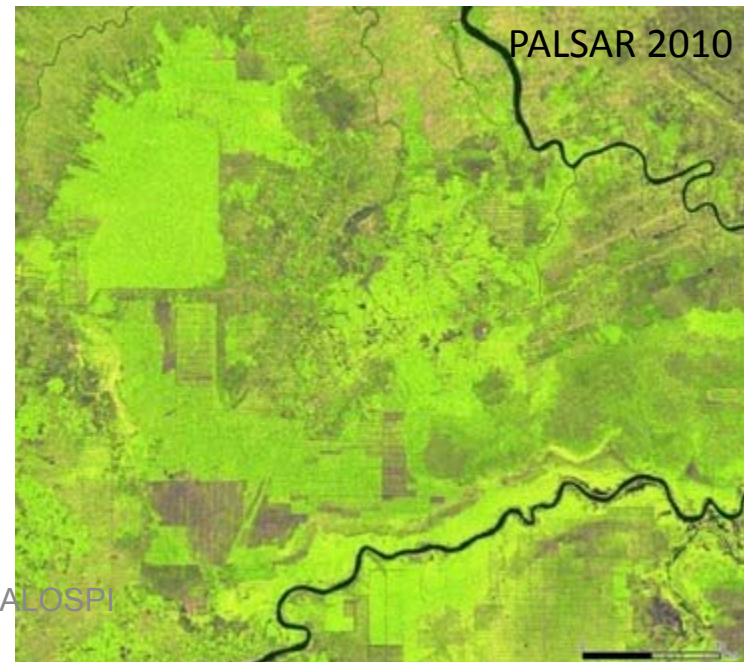
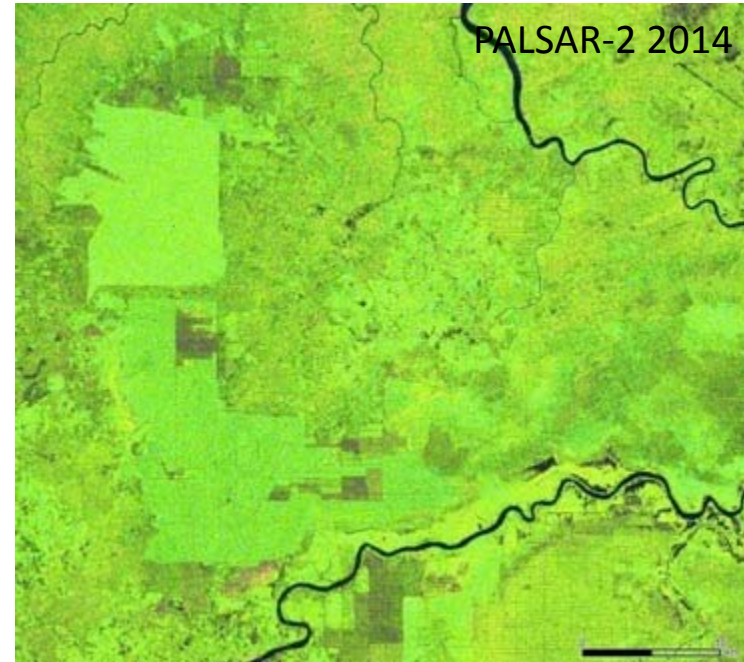


25m PALSAR/PALSAR-2 FNF

Deforestation in Sumatra Is.

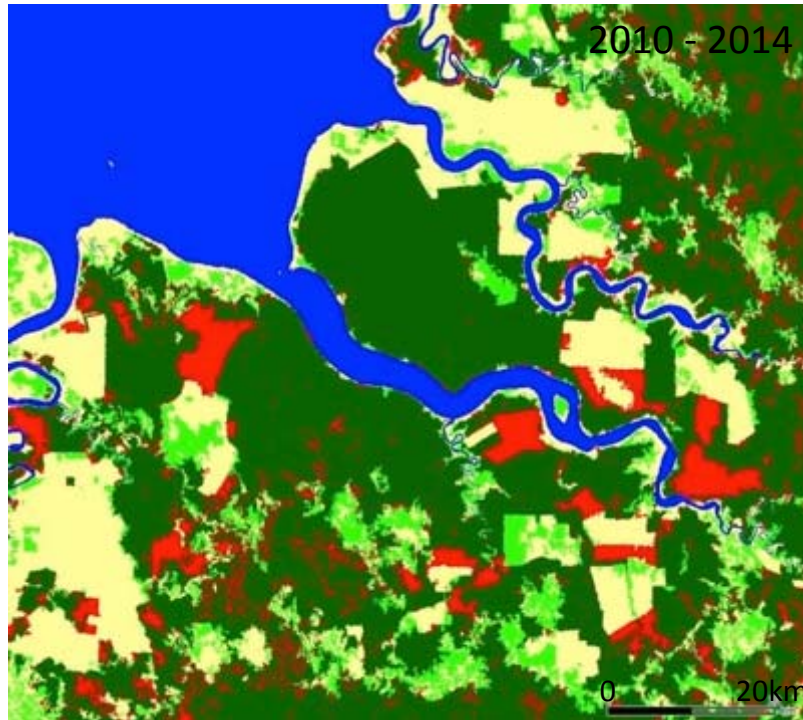


- : Forest
- : Non-Forest
- : Deforestation
- : Reforestation

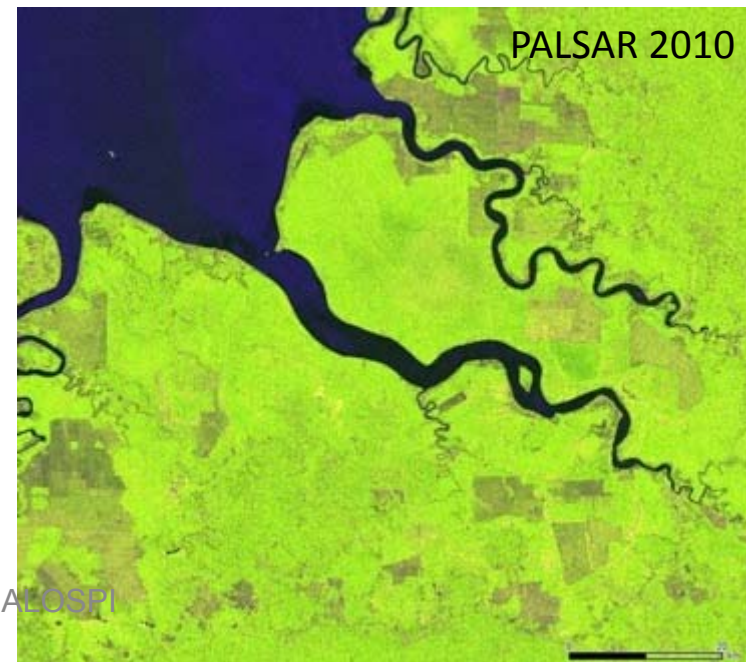
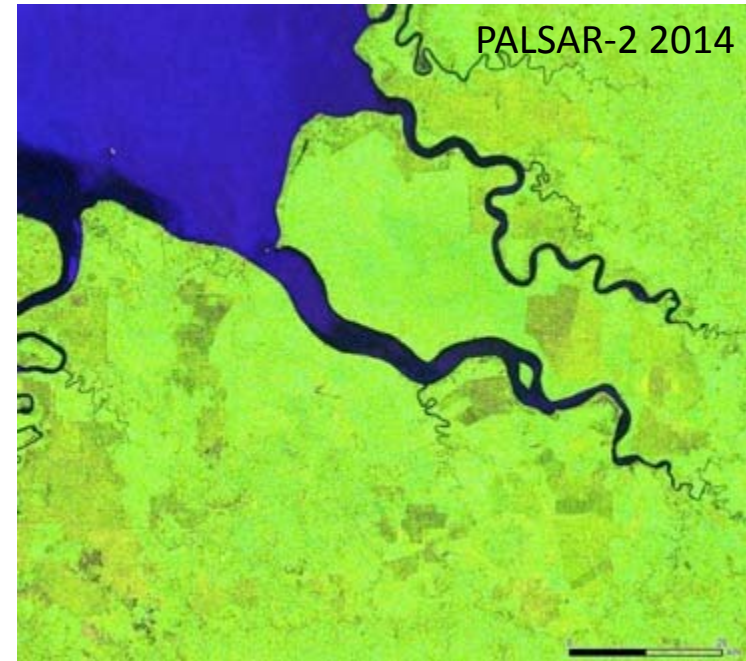


25m PALSAR/PALSAR-2 FNF

Deforestation in Kalimantan Is.



- : Forest
- : Non-Forest
- : Deforestation
- : Reforestation

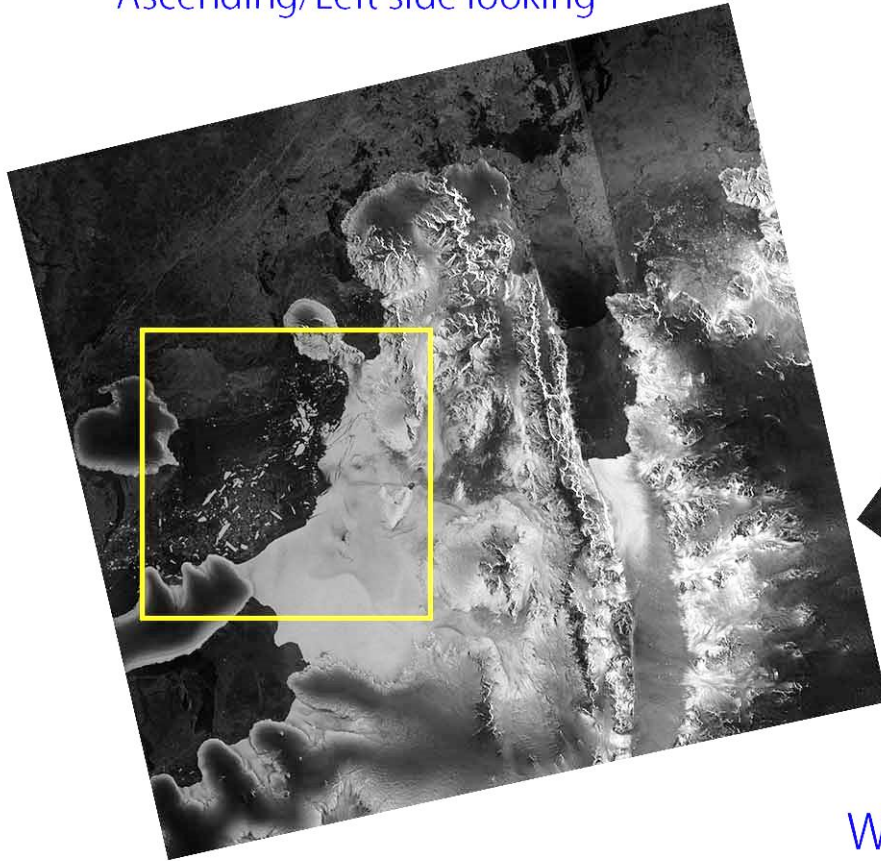


Sea ice retreat around Antarctic Peninsula/Wilkins Sound

ALOS-2/PALSAR-2

2015/06/19

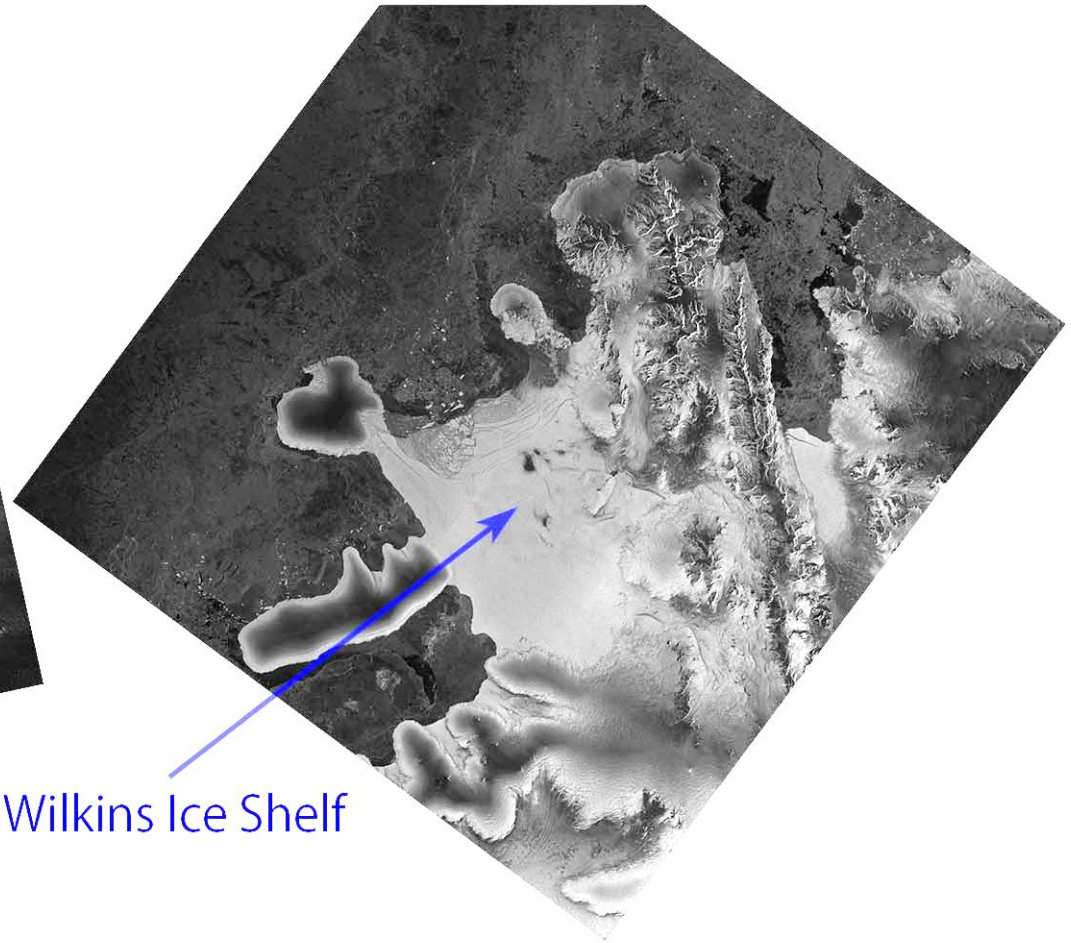
Ascending/Left side looking



ALOS/PALSAR

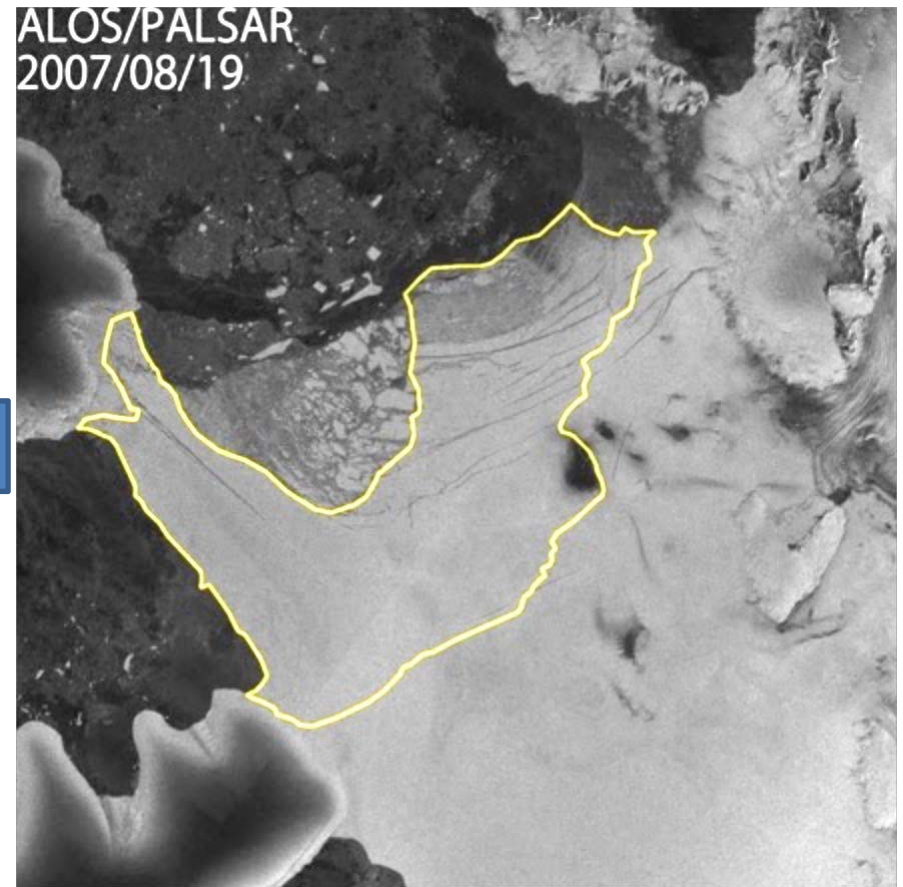
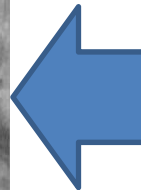
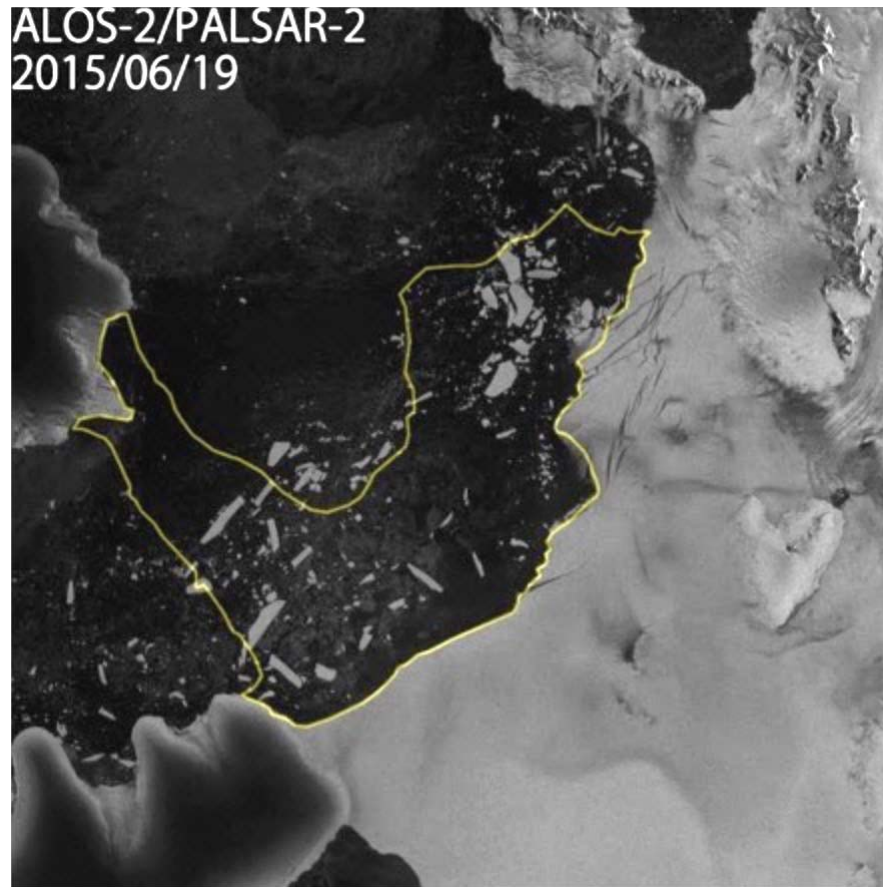
2007/08/19

Descending/Right-side looking



Wilkins Ice Shelf

Sea ice retreat around Antarctic Peninsula/Wilkins Sound



森林・非森林 (Forest/Non-Forest)

- L-band SARを用いた森林面積の変化について観測を継続中。
- PALSAR(2007-2010)を継続するプロジェクトであり、より向上した性能を持つPALSAR-2で森林変化の監視が可能と思われる。

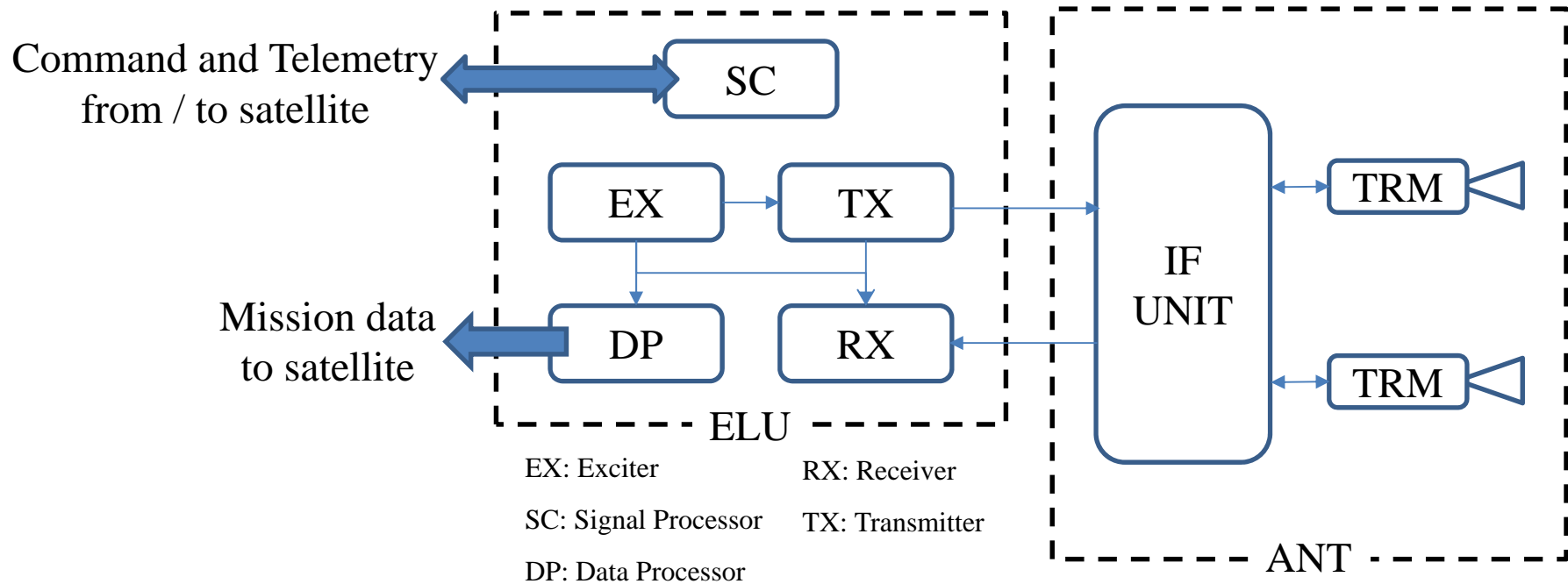
南極の氷

- 一部の地域で、氷の減少が確認される。

Conclusions (まとめ)

- PALSAR-2の校正検証が実施された。幾何学精度、ラジオメトリック精度、画質ともに良好である。初期校正、定常校正は継続的に実施され、PALSAR-2の性能は安定している。(PALSAR-2 was calibrated on Nov. 20 2014 initially and the data were distributed since then.)
- 衛星軌道も安定しており、干渉SARを用いた地殻変動解析や森林減少(増加)に関する解析が行われている。PALSAR CALVAL is successfully conducted and routinely monitored the quality.
- 電離層の影響がやや多く、補正に関しては今後の検討課題である。

2. Technical overview of PALSAR-2



| Mode | Transmit | receive |
|----------------|---------------|---------|
| SB/UB(84 MHz) | 60% aperture | full |
| HB, FB, WB, VB | Full aperture | full |

