

ALOSデータの校正検証状況と観測画像から見るALOSの特徴

島田政信

宇宙航空研究開発機構

地球観測研究センター

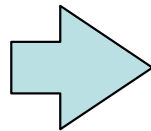
平成18年6月22日、
陸域観測技術衛星（ALOS）データ利用シンポジウム

目次

1. 校正検証の現状
2. 画像から見えること
3. 観測計画

校正・検証

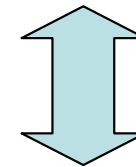
| |
|------------|
| ミッション目標 |
| 地図作成 |
| 地域観測 |
| 災害状況把握 |
| 資源探査 |
| 陸域観測技術の高度化 |



画像から：ライン、ピクセル、カウント値



緯度、経度、明るさ

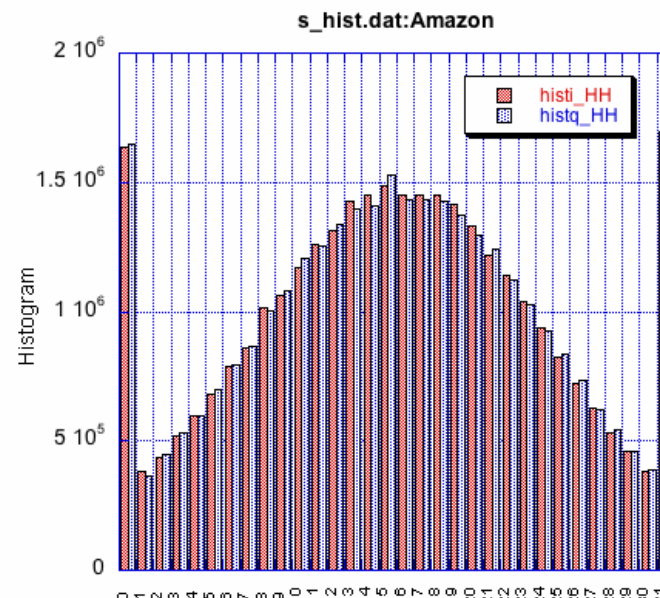
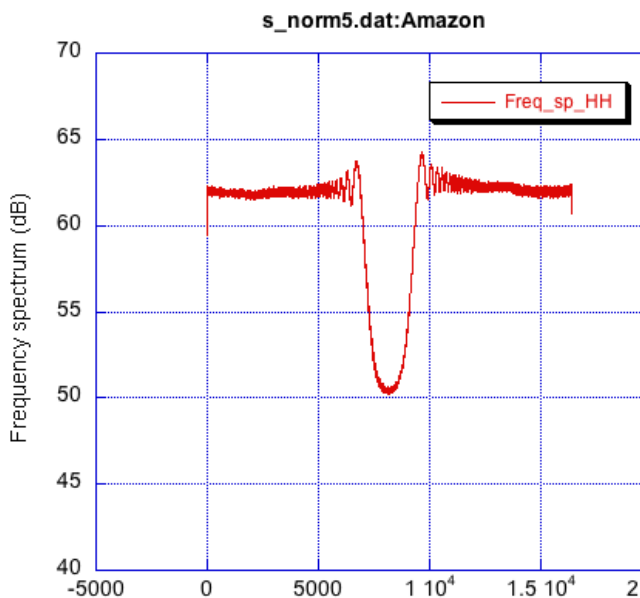
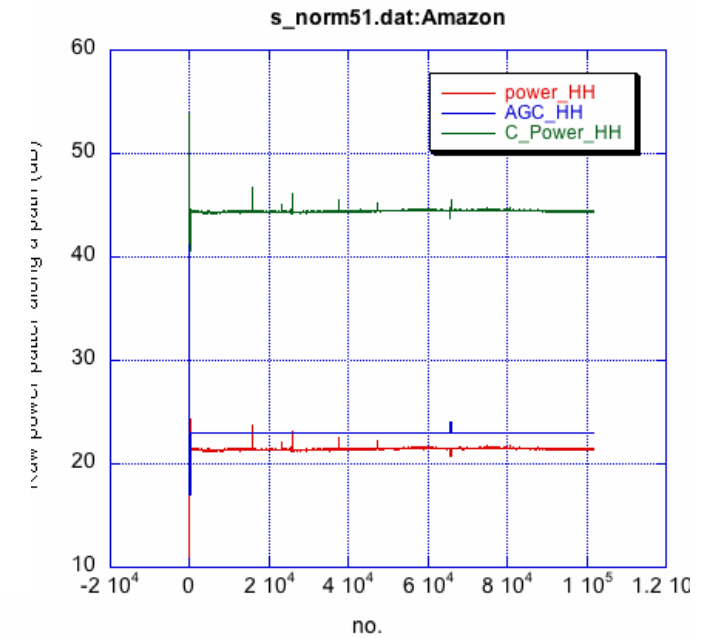
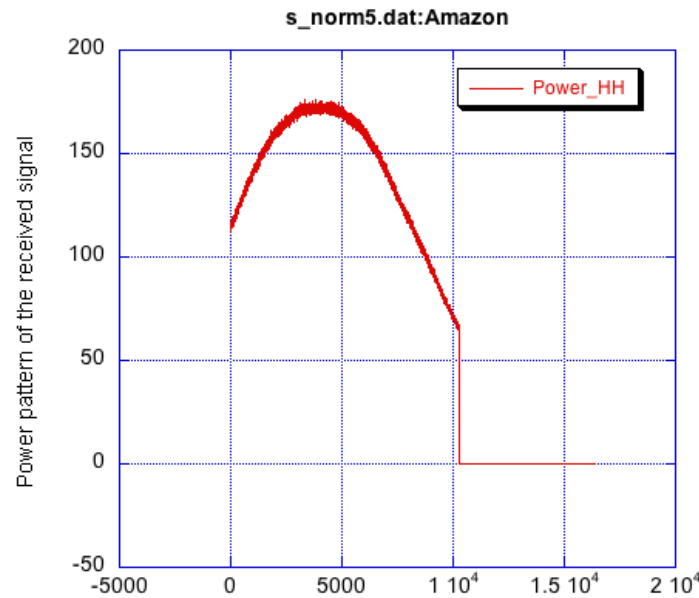
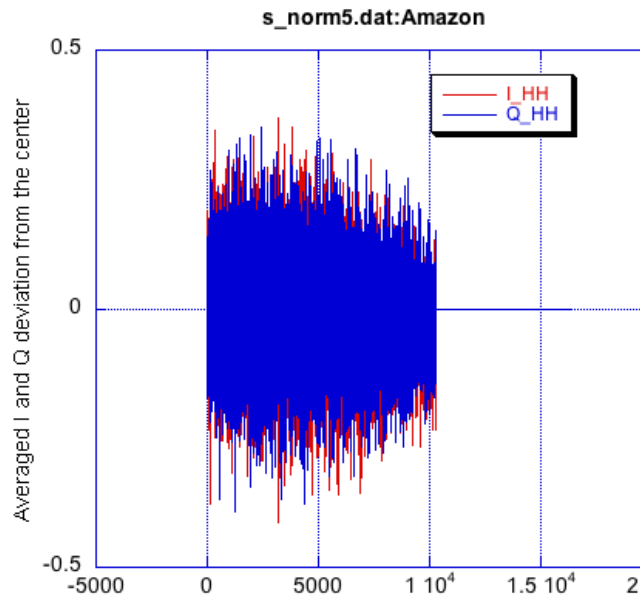


真値
緯度、経度、明るさ

標準／高次／試作・プロダクト

| 成果品 | ラジオメトリ精度 | 幾何精度 | 生産数 |
|---|--|---|--|
| 標準成果品 1.1 1.5 1B2 | 1.5dB (絶対値) 1.0dB [相対値] 5% (相対:1 σ) , 10%(絶対:1 σ) | 100m 6.0m(3 σ :Prism) 283.7m(3 σ :AV2) | 60シーン／8h |
| 高次成果品 PALSAR DEM PALSAR オルソ PRISM DSM絶対 PRISM DSM相対 PRISM オルソ AV2 オルソ | 30m垂直 1.5 dB 5.0m(1 σ) 5.0m(1 σ) | 50m水平 50m水平 2.5m(1 σ) 2.5m(1 σ) 5m(1 σ) 10m(1 σ) | 10シーン/日 10シーン/日 20シーン/年 2シーン/日 2シーン 10シーン |
| 試作成果品 全世界森林図 (PALSARモザイク画像) 地殻変動図 土壌水分分布図 雪氷分布図 バイオマス図 全世界海氷図 アルベド図 土地被覆分類図 | 1.5dB以下 5cm以下 | 約50m 約50m | |

PALSAR : 特性評価 (アマゾン観測画像 : 2.8 MHz)



評価項目

- AD変換器零点特性
- AD変換器 (位相差、利得)
- 周波数スペクトラム
- 飽和率
- チャープ特性
- 雑音特性
- 時間変化
- 不要波

PALSAR : アンテナパターンの推定

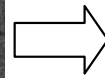
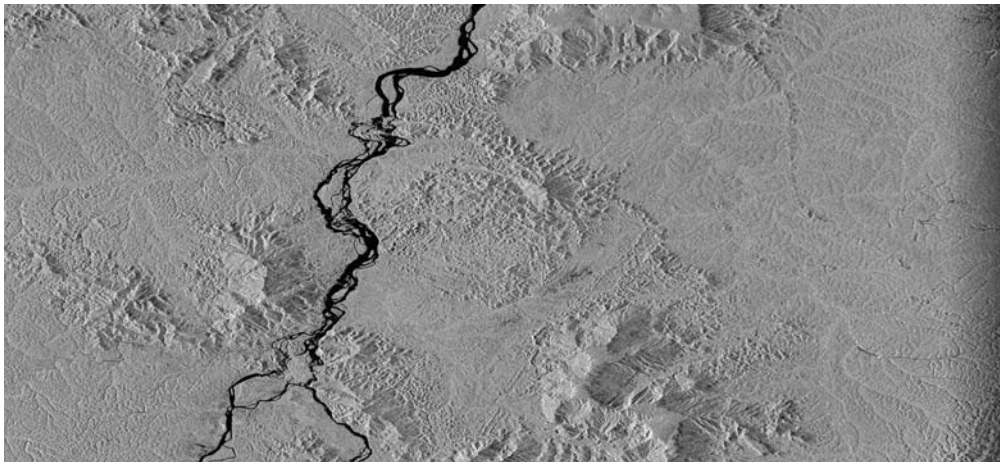
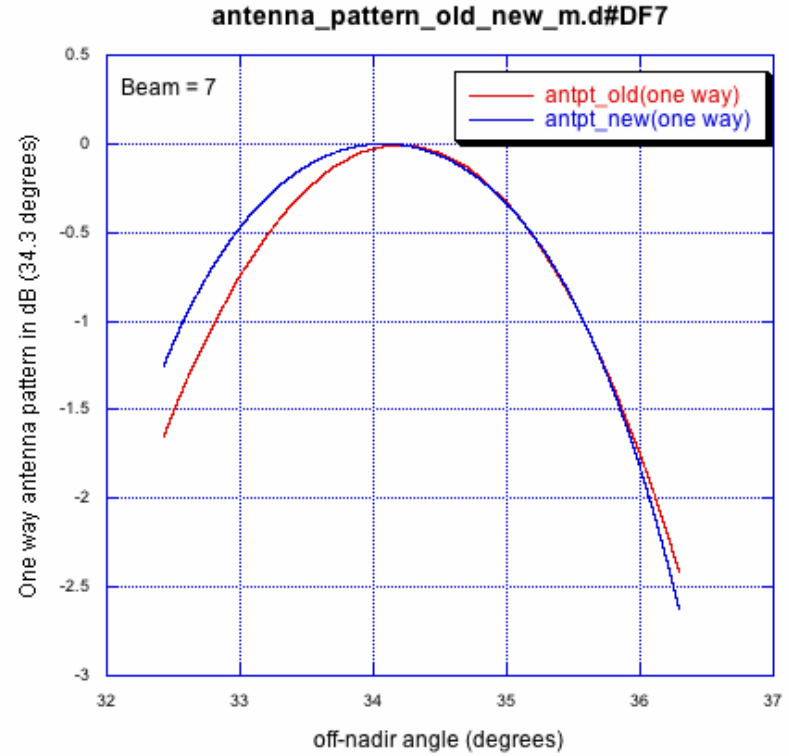
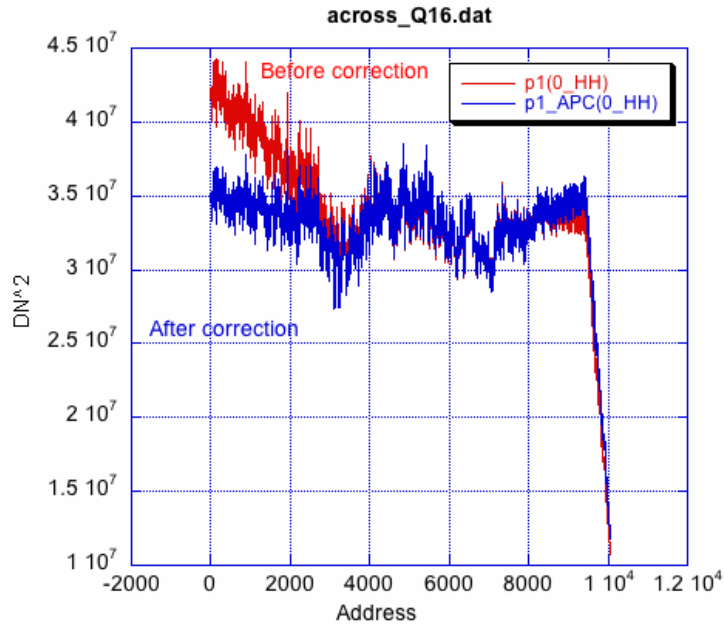
アマゾンの一様ターゲットを選定

一様な領域だけを選定

以下の4次関数を適用してモデルの推定

アンテナパターン関数を更新

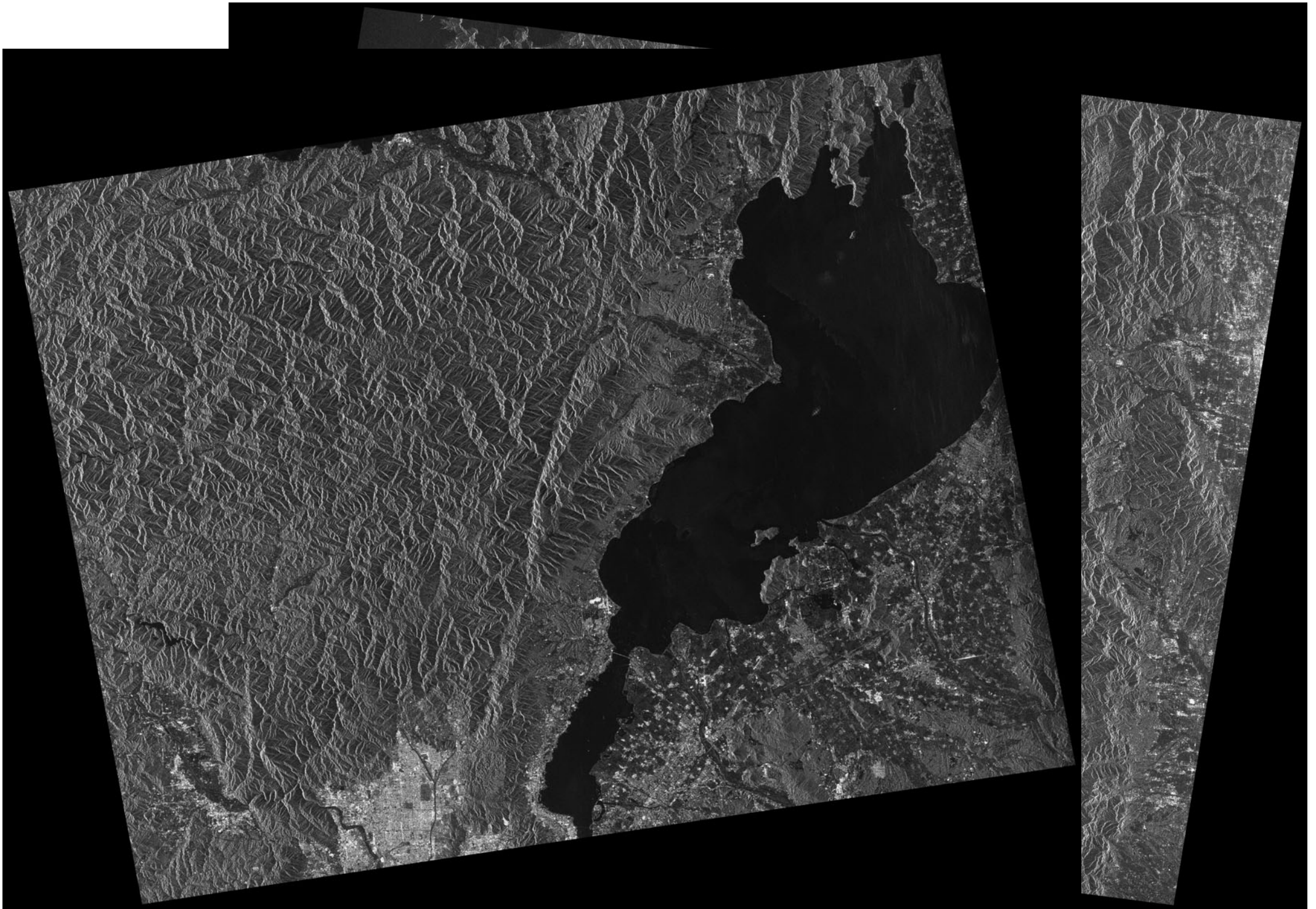
$$G(\theta) = a + b(\theta - \theta_0)^2 + c(\theta - \theta_0)^4$$



Before

After

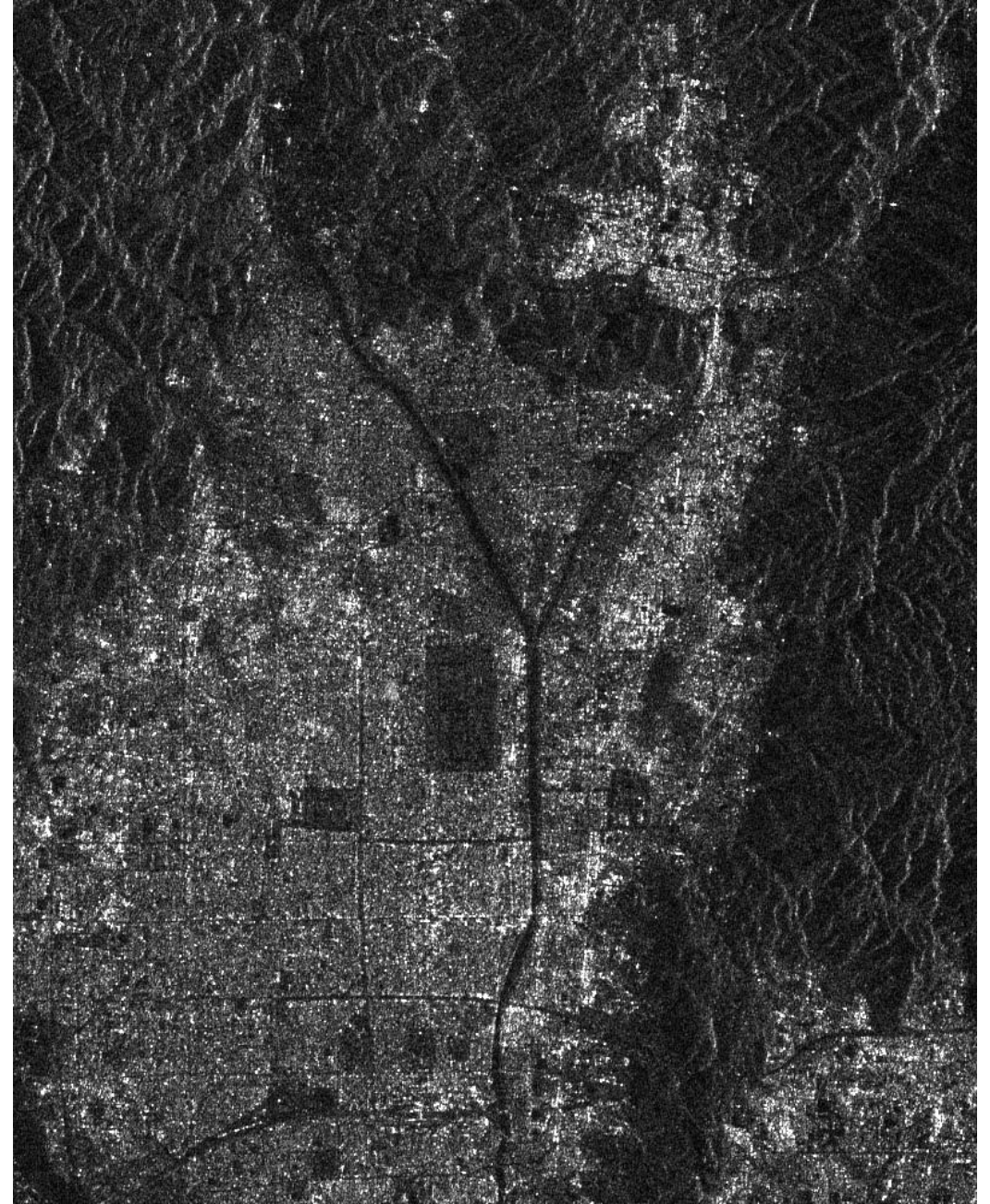
PALSAR(28MHz) vs. JERS-1 SAR(15MHz)@Lake Biwa (1)



PALSAR(28MHz) vs. JERS-1 SAR(15MHz)@Kyoto (3)

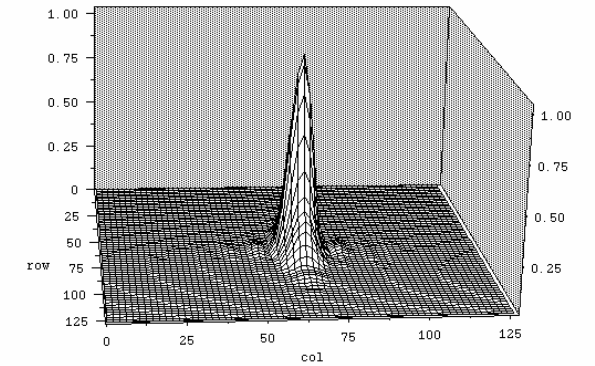
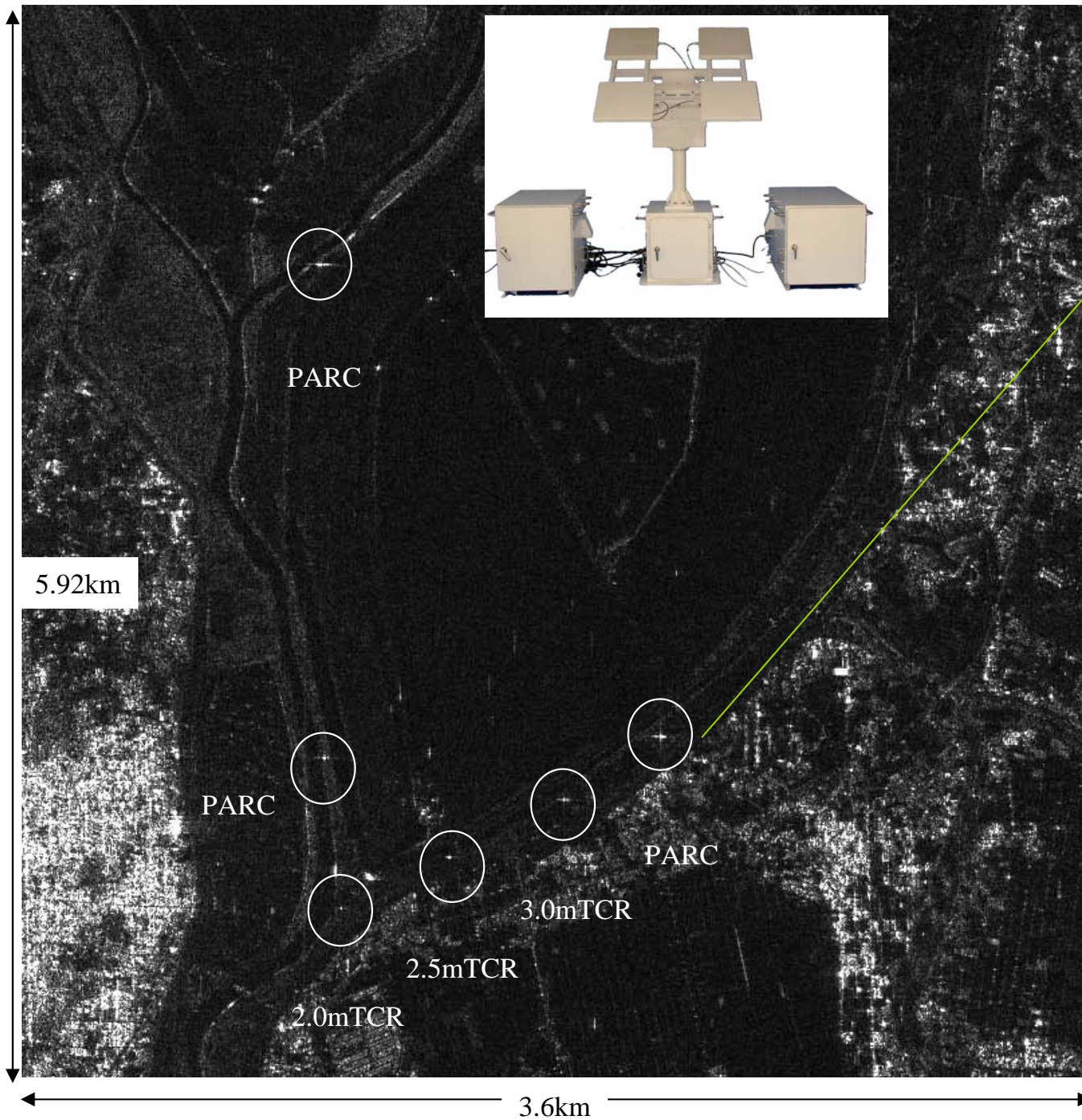


PALSAR

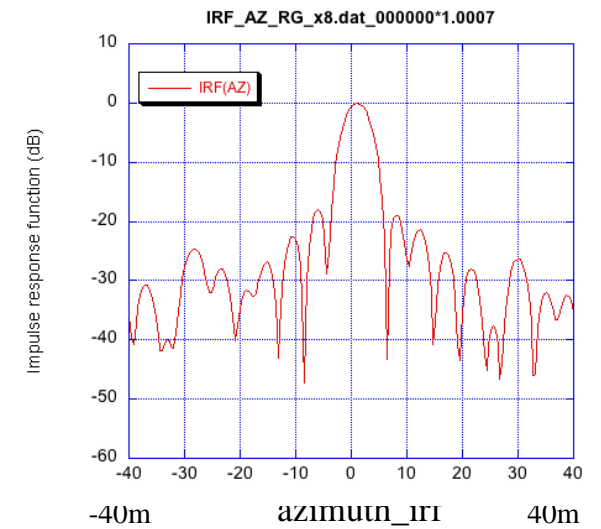
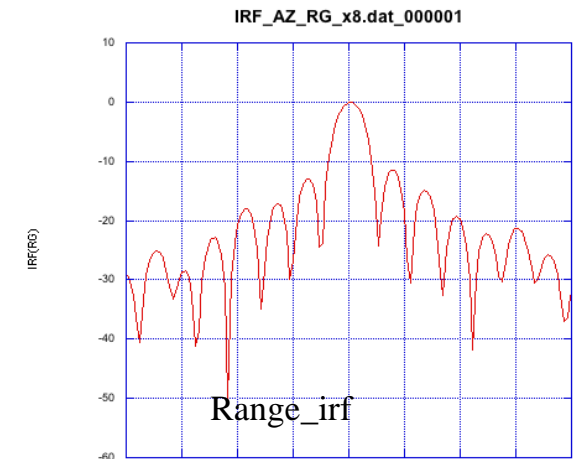


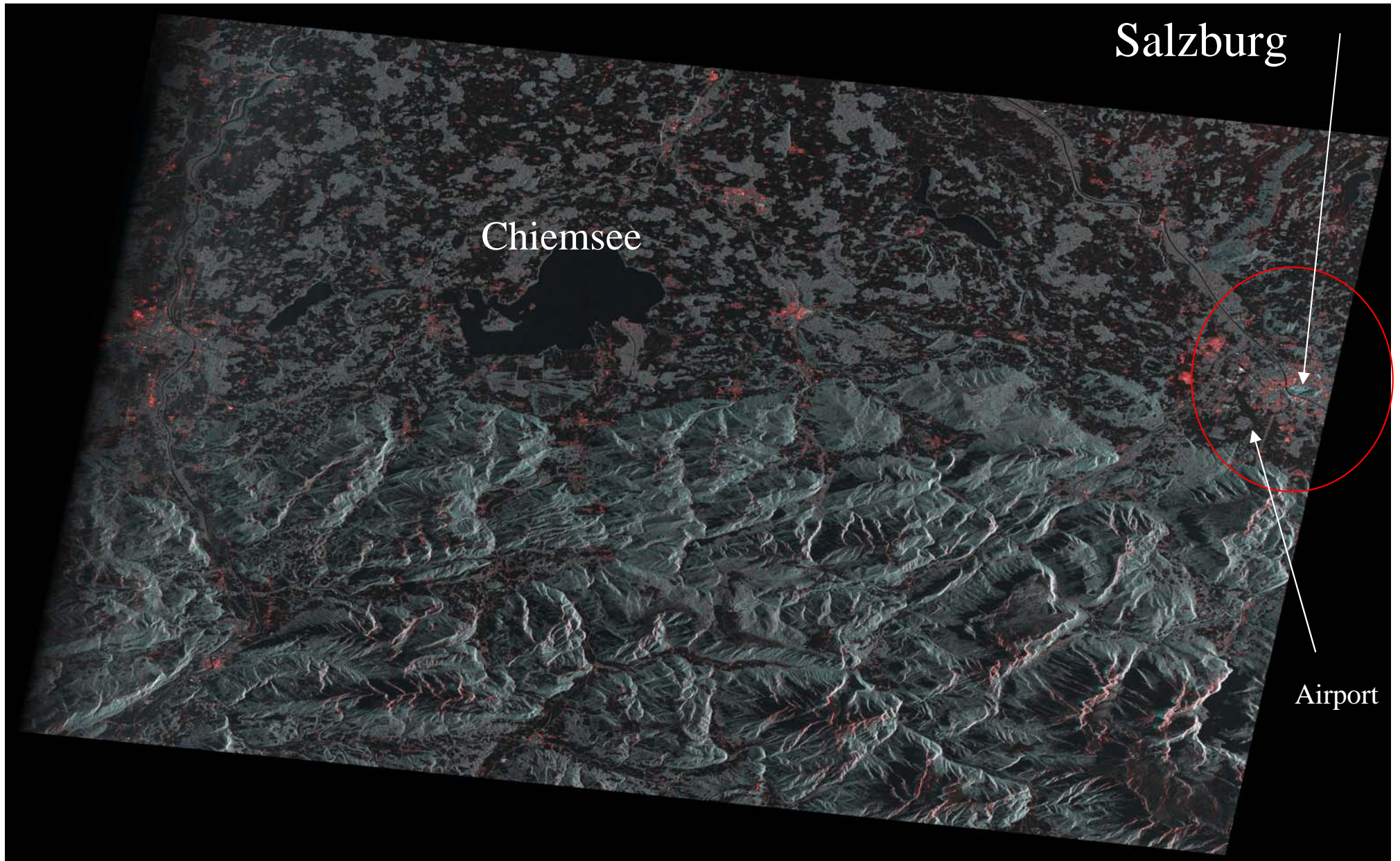
JERS-1 SAR

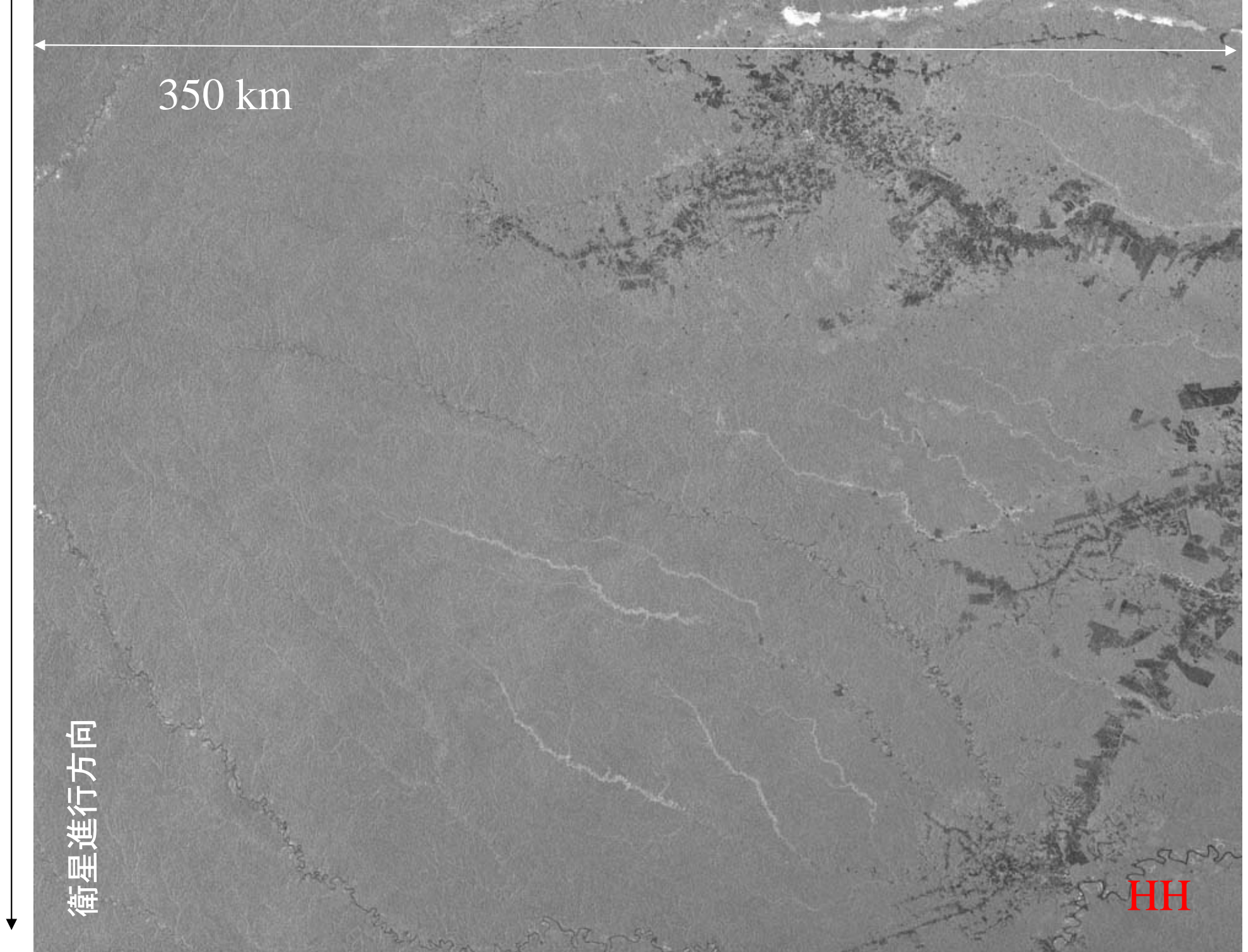
PALSAR : 校正サイト (渡良瀬遊水池)



3D







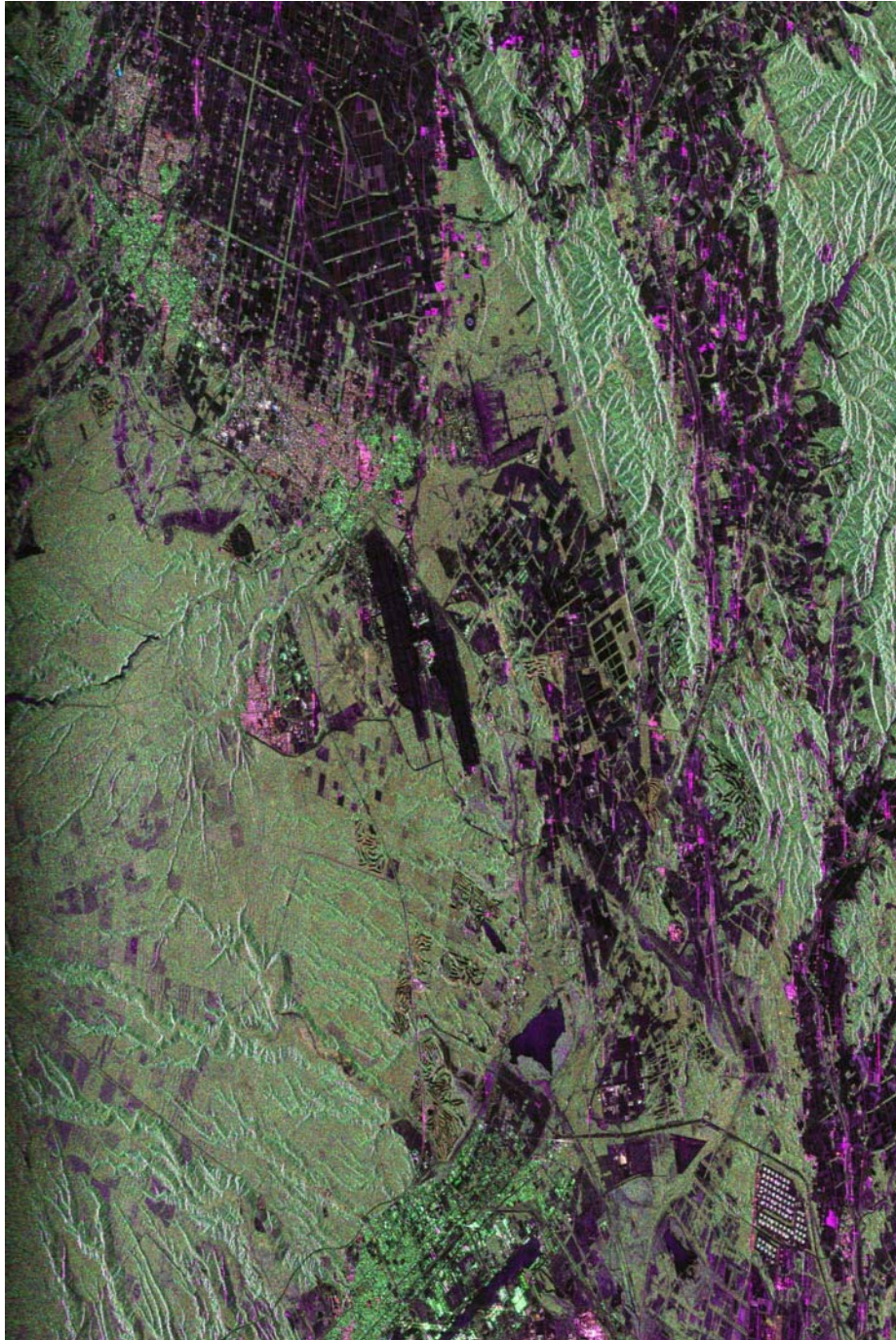
350 km

衛星進行方向

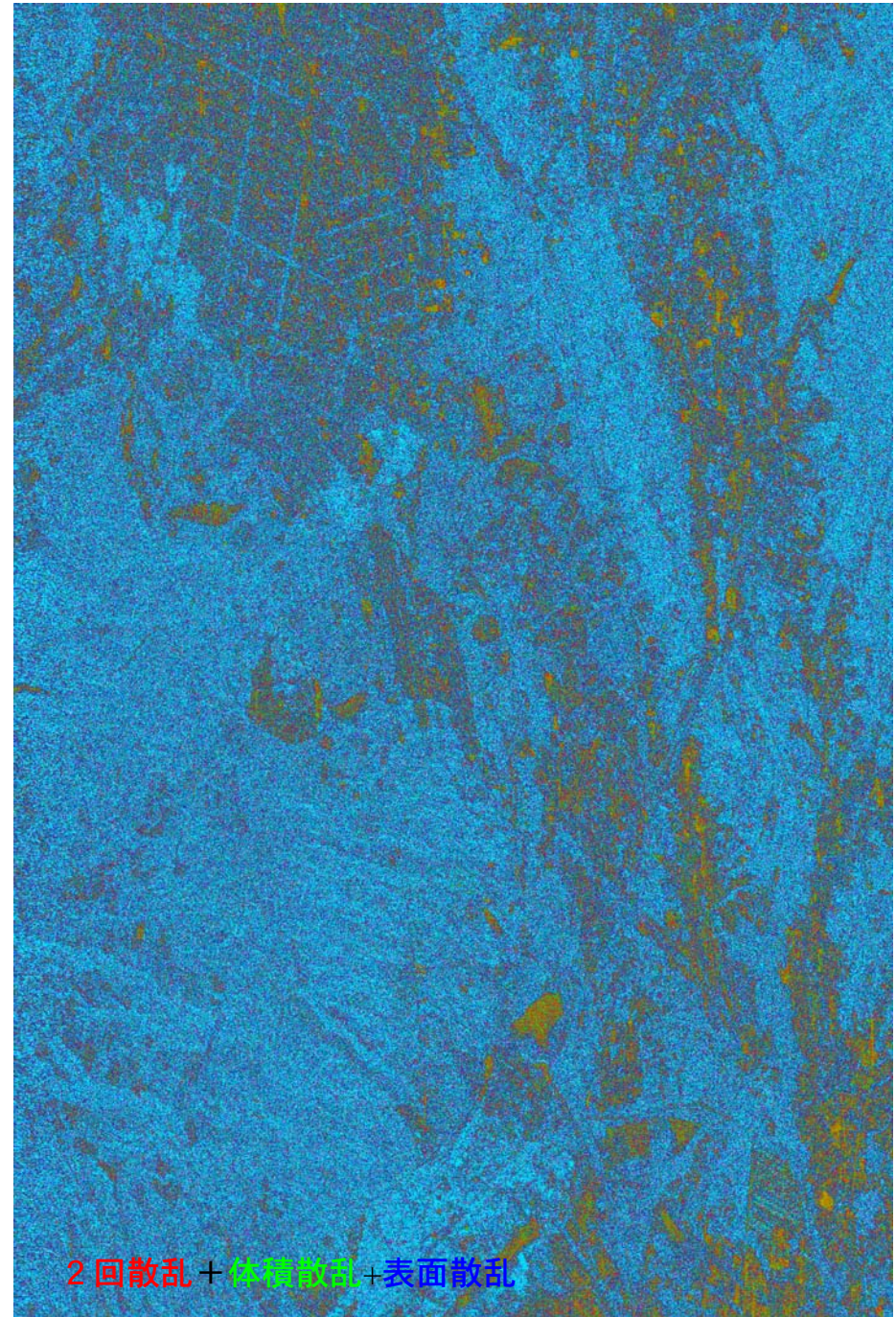
HH

PALSAR : アマゾンのSCANSAR画像 (新アンテナパターンとパス間輝度調整機能ON)

PALSAR : ポラリメトリ : 苫小牧 :



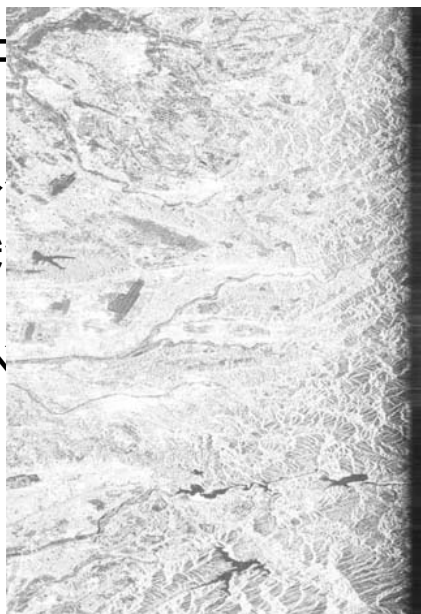
カラー合成 : $HH+HV+VV$



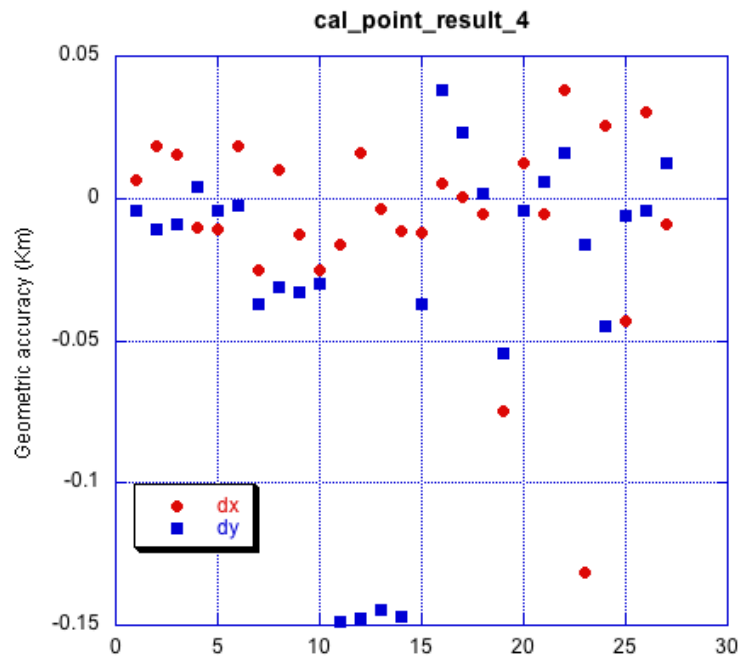
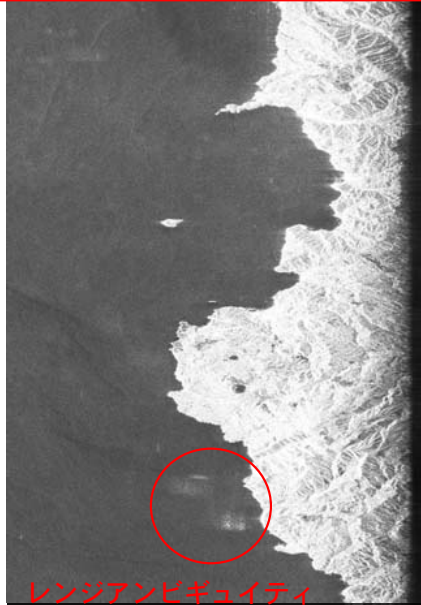
2回散乱 + 体積散乱 + 表面散乱

カラー合成 : $(HH+VV)+(HV+VH)+(HH-VV)$

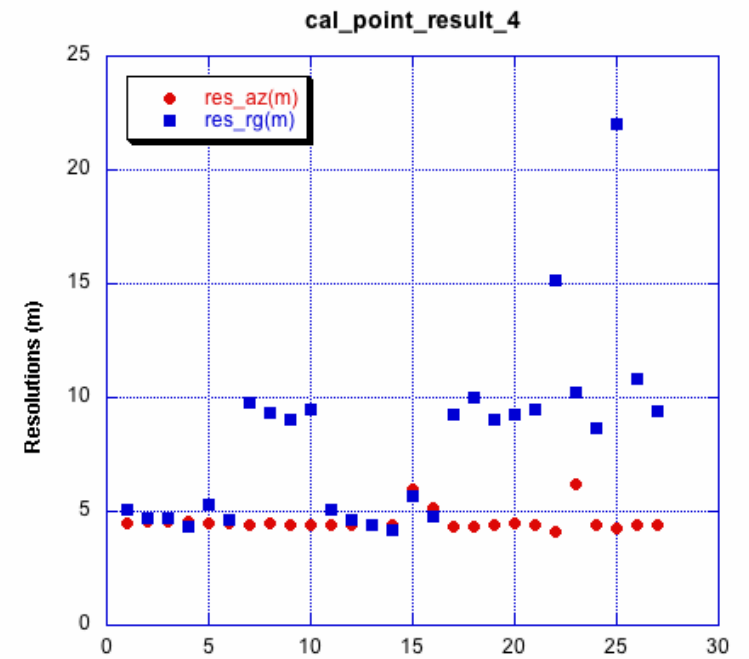
分幾
ラSN
ア



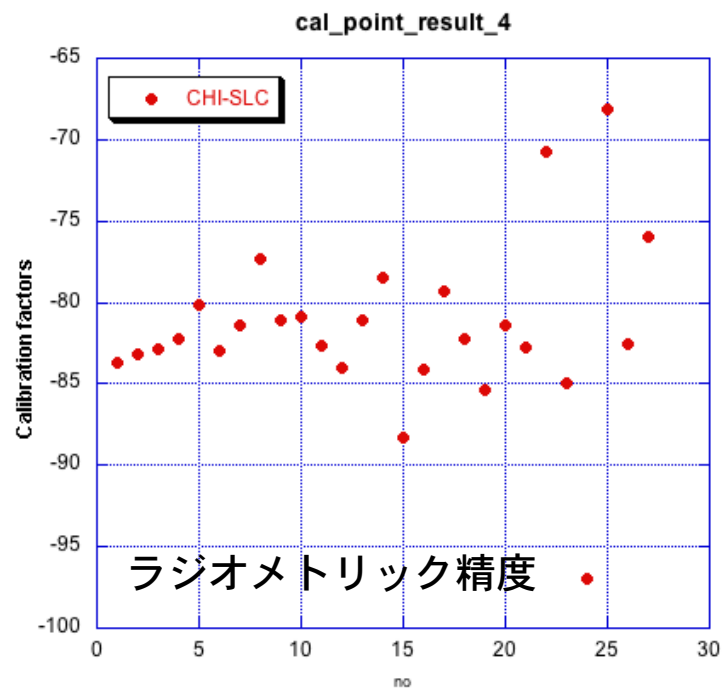
幾何精度：良好
分解能：良好
SNR：良好
小アンビギュイティ



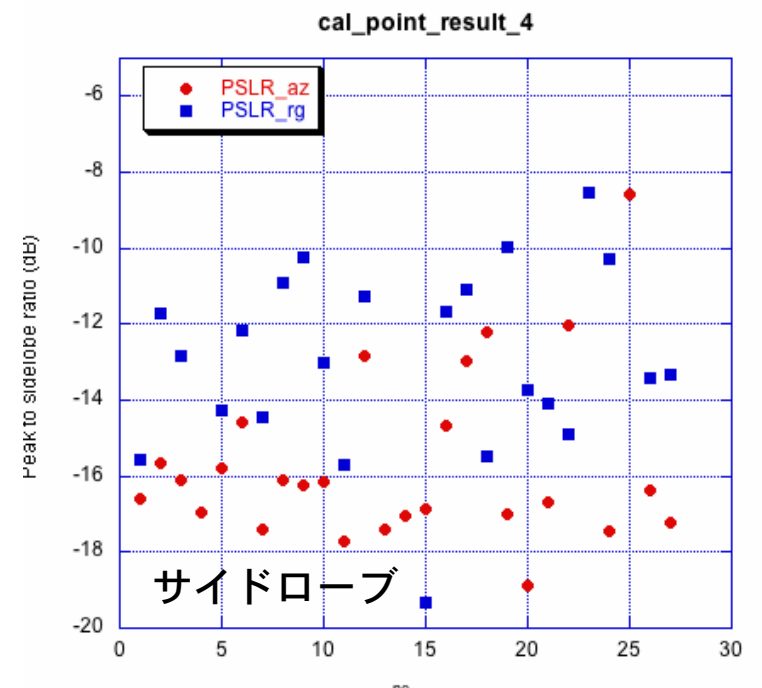
幾何精度



分解能



ラジオメトリック精度



サイドローブ

PRISM初画像による検証

- PRISM初画像による検証：静岡
 - ✓ 2006年3月17日
 - ✓ 輝線ノイズの発生ヶ所調査
 - ✓ 高輝度ターゲットが発生源?
 - ✓ 1CCD分に輝線ノイズが入る
 - ✓ 画質評価, ミスマッチング
 - ✓ 直下視のみ発生：2ヶ所
 - ✓ 前方視のみ発生：4ヶ所
 - ✓ 幾何校正用GCP計測



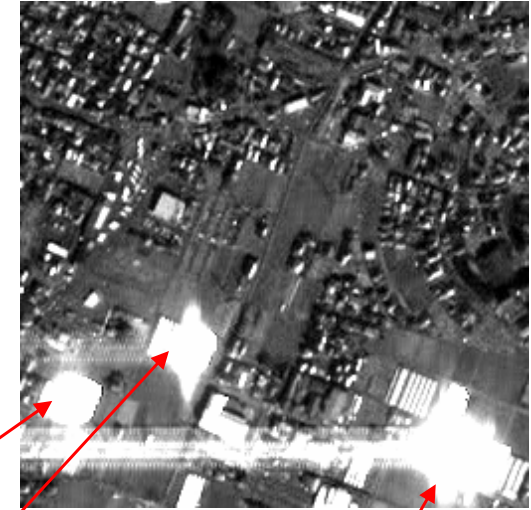
意外なものも写っていました。

PRISM直下視静岡市(ALPSMN003062895-O1B2R_UF, 2006/2/14).

PRISM初画像による検証：輝線ノイズ



直下視切り出し画像



前方視切り出し画像

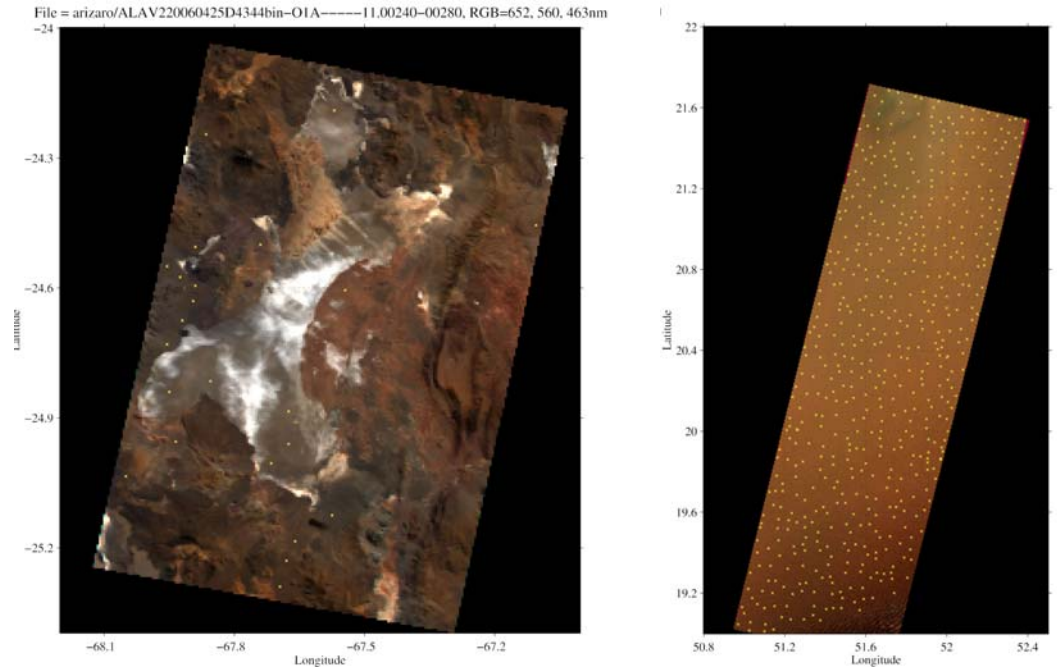


三角屋根のガラスハウスが要因の一つ

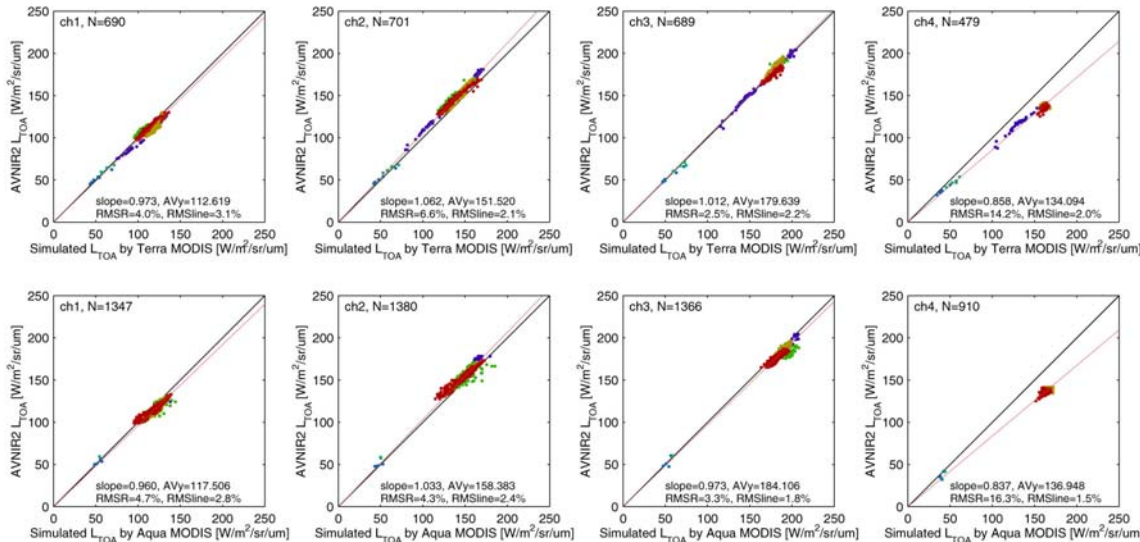
- ✓ 複数棟が併設 → ノイズ大
- ✓ 太陽－屋根の角度と向き

AVNIR-2輝度校正：初期結果

- 均一地表面におけるMODISとの比較
 - ✓ 均一・安定領域における大気上端反射率で比較(角度依存)
 - ✓ Aqua/Terra MODIS 500m分解能
 - ✓ AVNIR-2 500m平均, 分散<3%
 - 06/03/19 サハラ砂漠
 - 06/04/25 南米アリザロ
 - 06/05/02 南米アリザロ
 - 06/05/01 ルブアルハリ砂漠
 - 06/05/21 ルブアルハリ砂漠
 - 06/05/23 ルブアルハリ砂漠



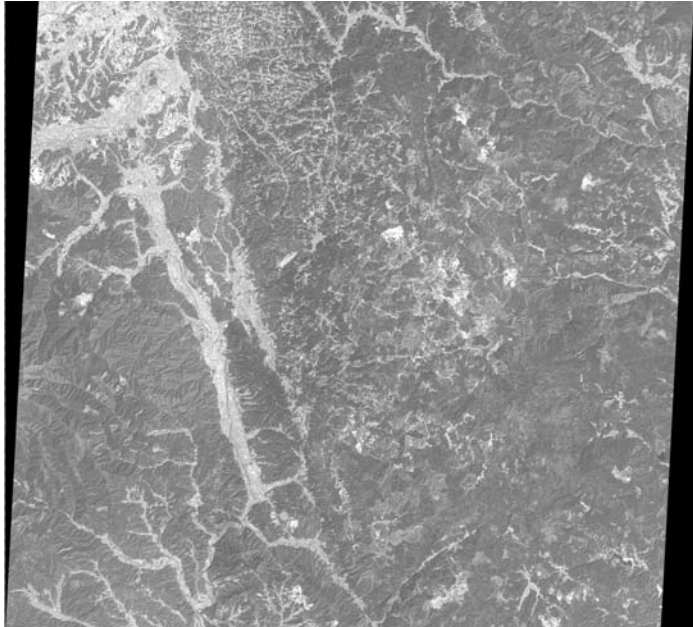
06/04/25 南米アリザロ塩湖. 06/05/23ルブアルハリ砂漠.
黄色プロットは評価点を示す.



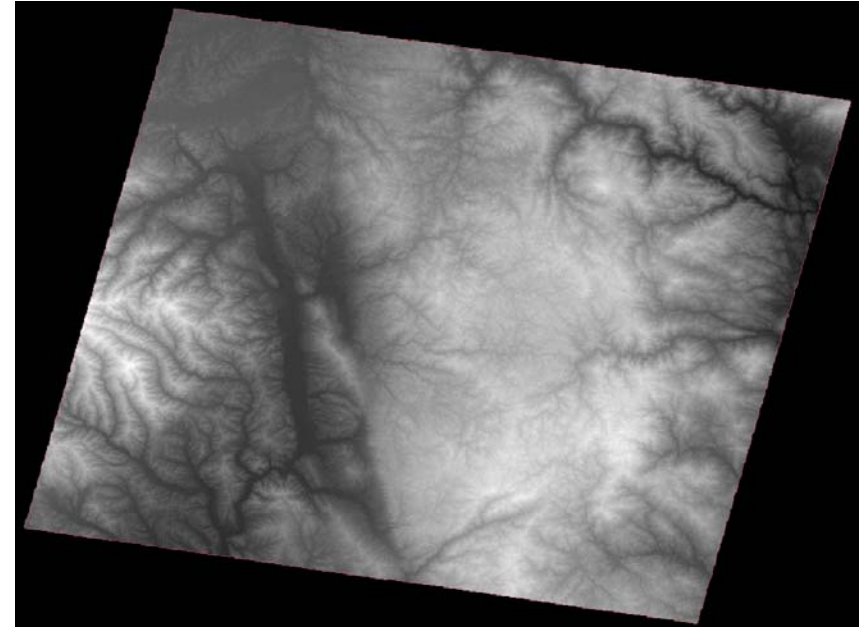
| AVNIR-2 Band | Terra | | | Aqua | | |
|--------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| | Slope | Ave | RMSR | Slope | Ave | RMSR |
| 1 | 0.973 | 112.619 | 4.0% | 0.960 | 117.506 | 4.7% |
| 2 | 1.062 | 151.520 | 6.6% | 1.033 | 158.383 | 4.3% |
| 3 | 1.012 | 179.639 | 2.5% | 0.973 | 184.106 | 3.3% |
| 4 | 0.858 | 134.094 | 14.2% | 0.837 | 136.948 | 16.3% |

Sahara 20060319, 3, 3, 3, 3, 066, 067, 053, 036, 017, 029, 015, 000, 1.873, 0.460, 0.548, 3.085, 1.209, 1.720, 0.530, 0.000
 Arizaro 20060425, 3, 3, 3, 3, 006, 006, 006, 006, 004, 004, 004, 004, 3.226, 1.252, 3.105, 4.149, 3.287, 2.612, 1.447, 7.471
 Arizaro 20060502, 2, 2, 2, 3, 004, 004, 004, 004, 001, 001, 001, 001, 3.718, 2.379, 4.504, 1.433, 13.234, 13.608, 5.255, 10.050
 RaKhali 20060501, 3, 3, 3, 2, 075, 084, 086, 000, 228, 249, 249, 000, 5.471, 2.200, 1.041, 0.000, 1.348, 0.547, 0.037, 0.000
 RaKhali 20060521, 4, 4, 4, 3, 375, 375, 375, 268, 601, 601, 601, 410, 1.326, 0.118, 1.470, 0.841, 0.844, 0.348, 0.969, 0.419
 RaKhali 20060523, 4, 4, 4, 3, 164, 165, 165, 165, 496, 496, 496, 495, 1.952, 0.549, 2.673, 1.768, 0.716, 0.396, 1.131, 0.016

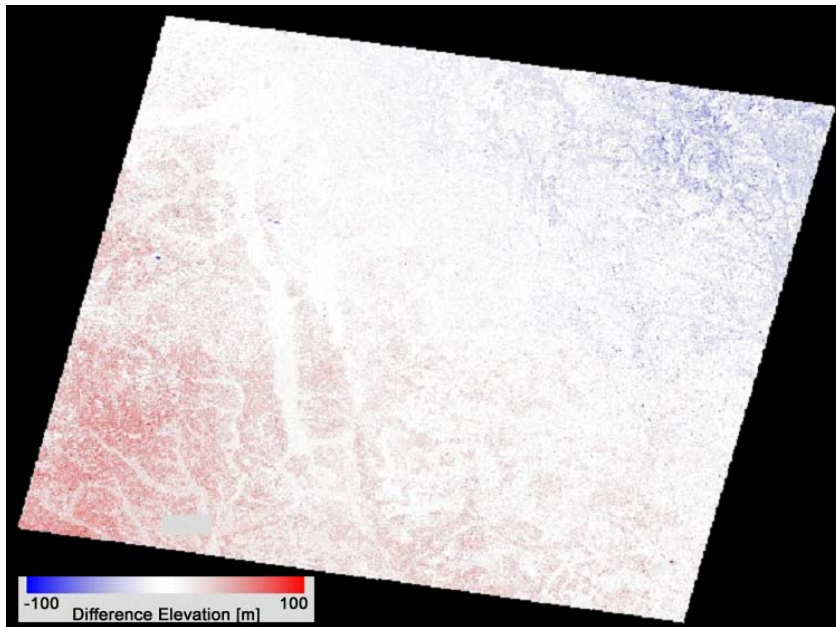
PRISM/DSMの試作：福島県南部



PRISM 直下視画像の例 (福島県南部, 2006年3月27日観測).



3方向視画像から作成したDSM.



国土地理院50mメッシュDEM - PRISM/DSM.

PRISM 3方向視画像を用いて, DSMの試作を行った.

- ・ 3/23 阿蘇山, くじゅう連山
 - ・ 3/27 福島県南部
 - ✓ 国土地理院50mメッシュDEMと比較
 - ✓ 誤差の平均値=7.5m, 標準偏差=16.3m
- ▼
- ✓ 参照用DEMが粗い(1:25,000)
 - ✓ DEM と DSM の差
 - ✓ 現段階では妥当な結果

PRISM+AVNIR-2 : 2.5m分解能のカラー擬似画像



南淡路市(南淡町)付近の拡大.

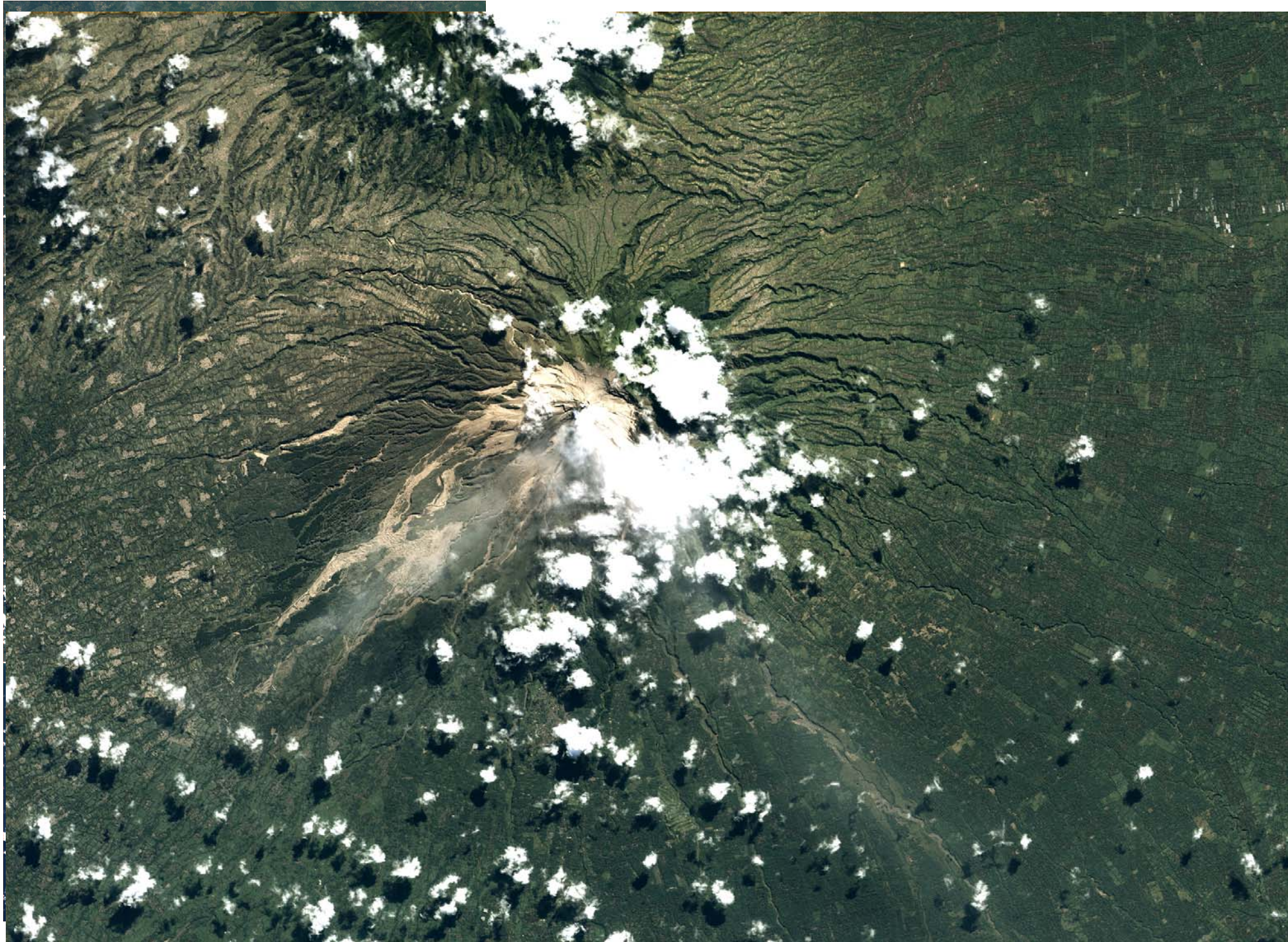
PRISMとAVNIR-2画像を用いたパンシャープン画像.
(2.5mカラー擬似画像, 淡路島, April 28, 2006).

PRISM+AVNIR-2：パンシャーブン鳥瞰図



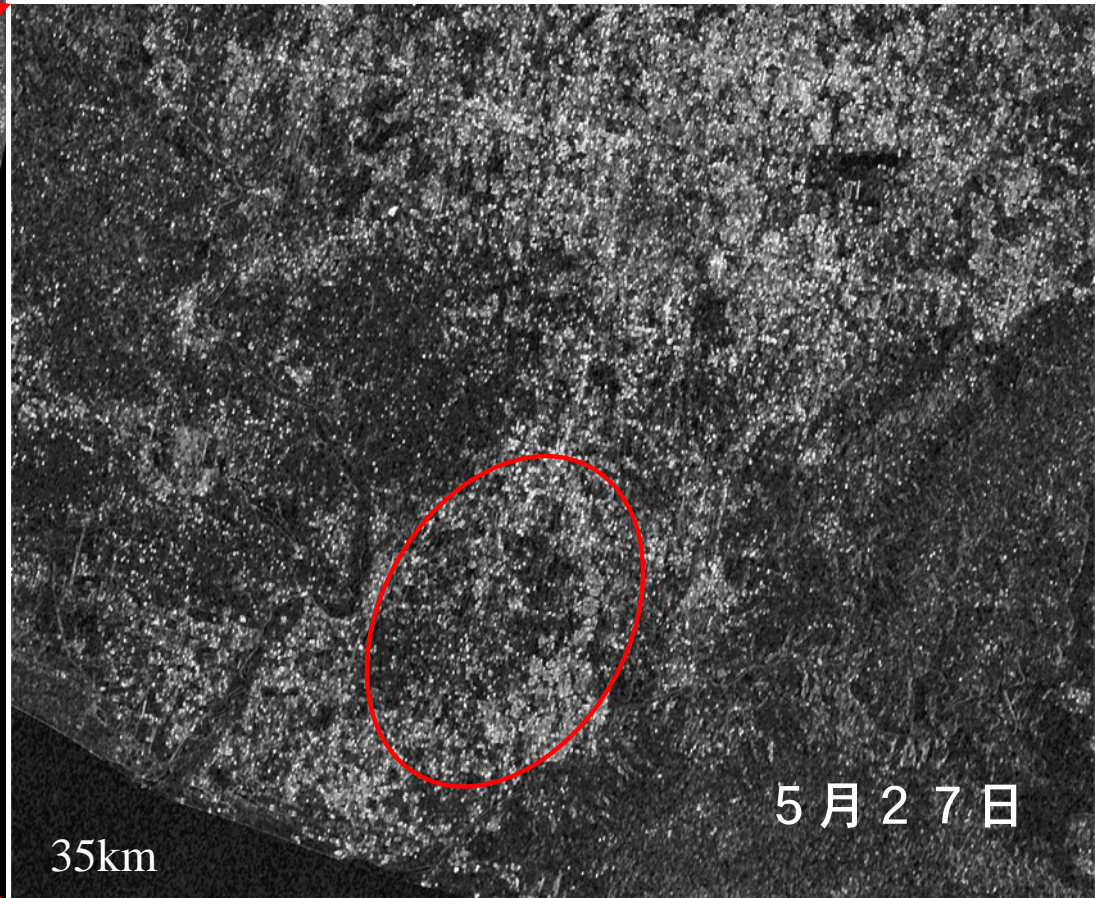
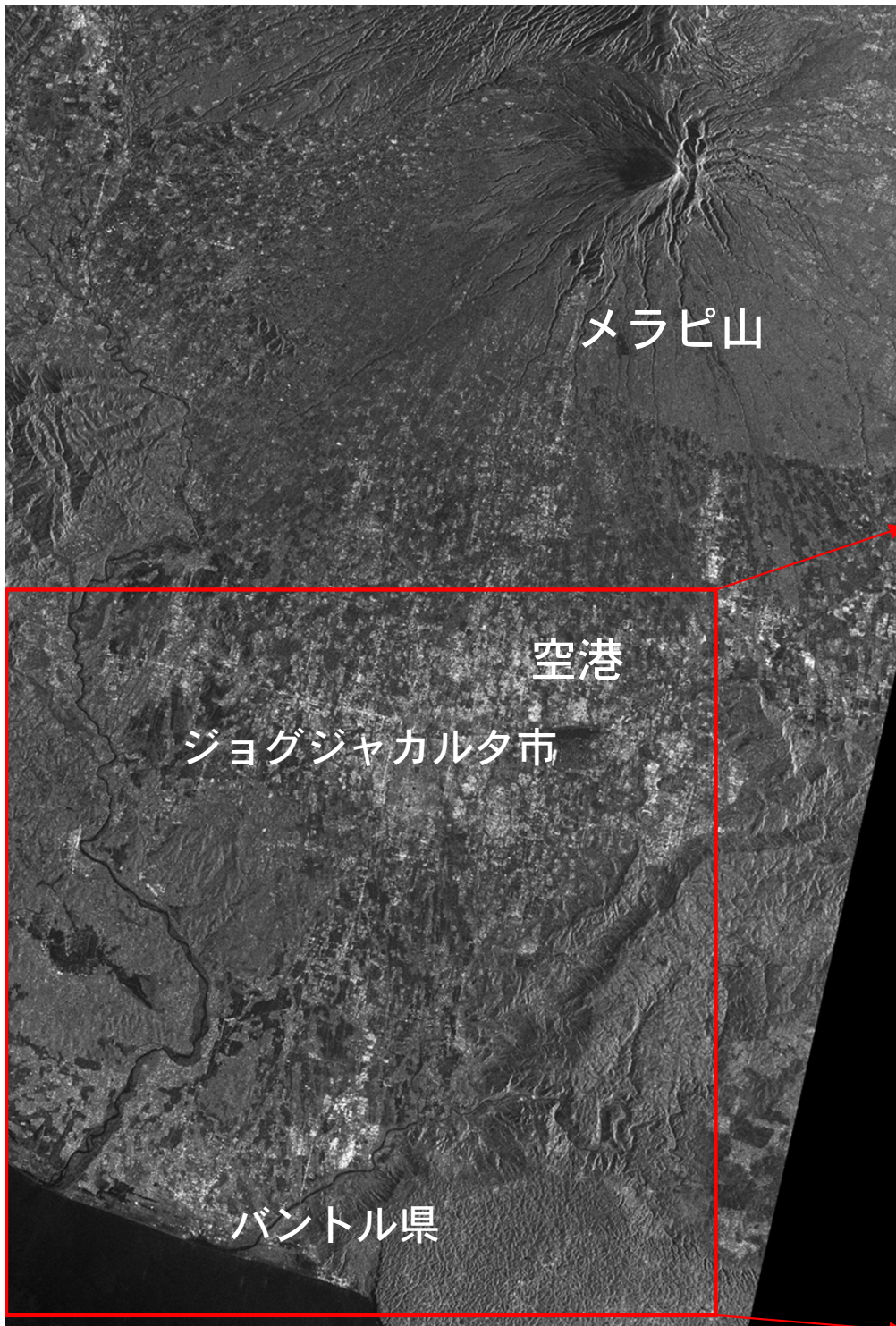
AVNIR-2(06/2/17)とPRISM(06/3/23)で作成したパンシャーブン鳥瞰図.
(2.5mカラー擬似画像, くじゅう山).

PRISM + AVNIR-2パンシャープ画像



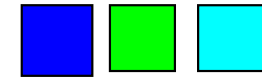
PALSARによる地震前後の画像解析

レーダーテクスチャー解析による被災領域の割り出し

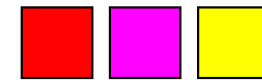


地震前後のSAR強度オルソ画像

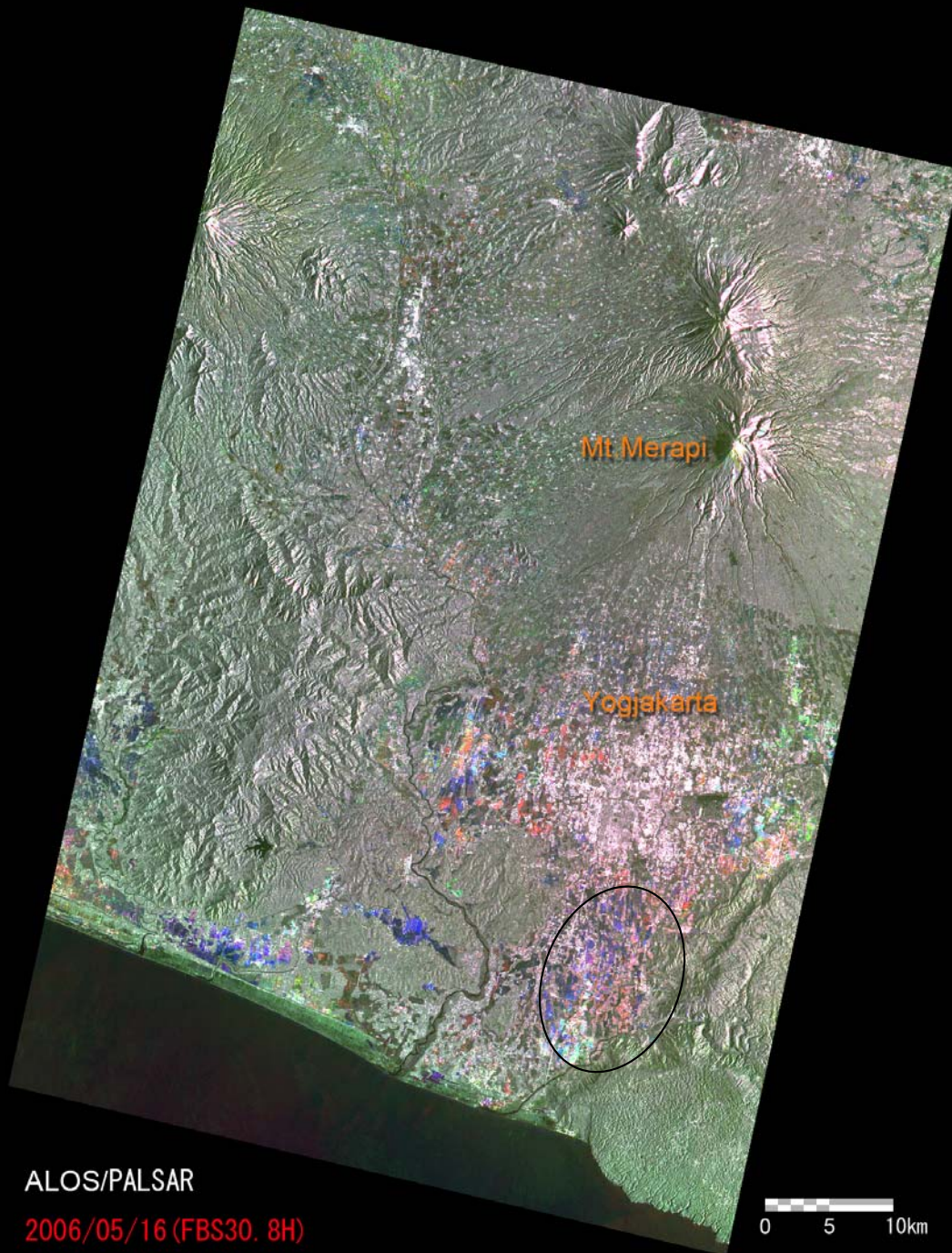
散乱係数増大



散乱係数減少



SRTM DEMの使用



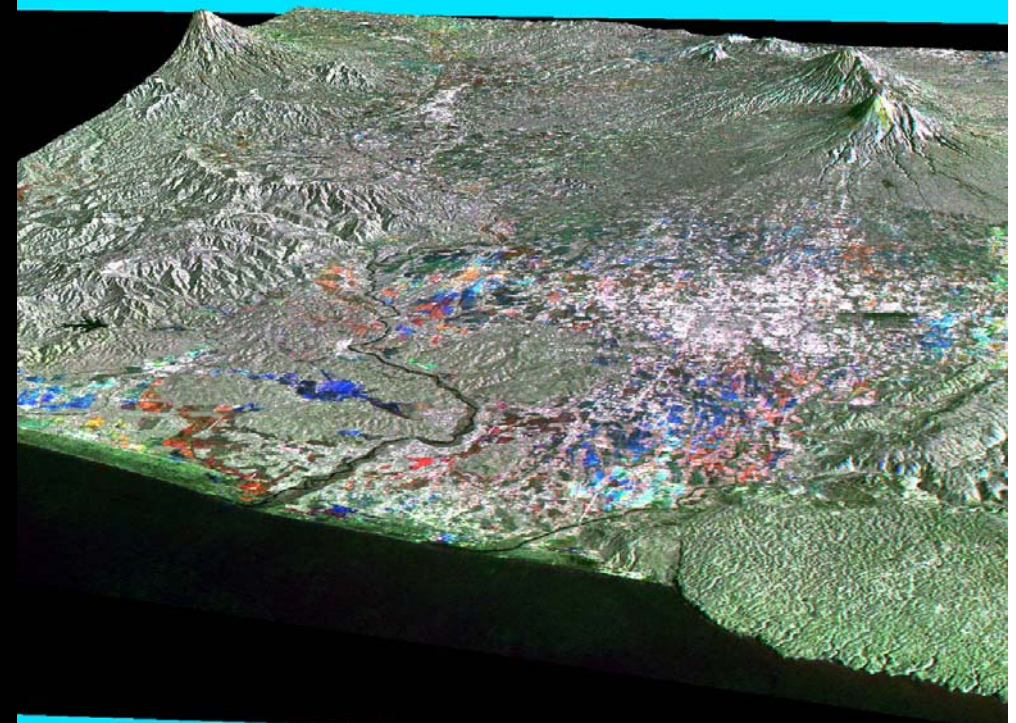
ALOS/PALSAR

2006/05/16 (FBS30. 8H)

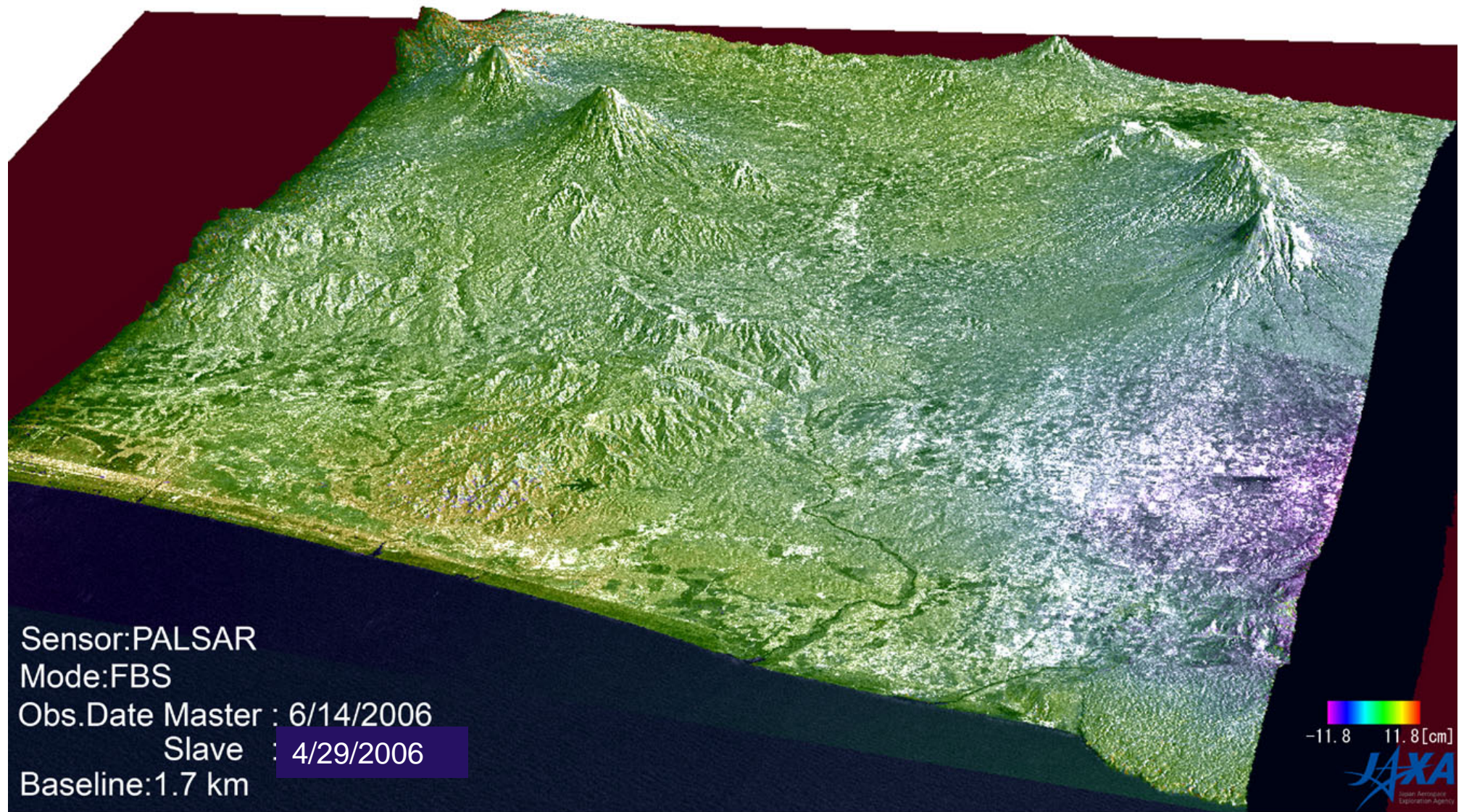
2006/05/28 (FBS36. 9H)

2006/06/14 (FBS34. 3H)

0 5 10km

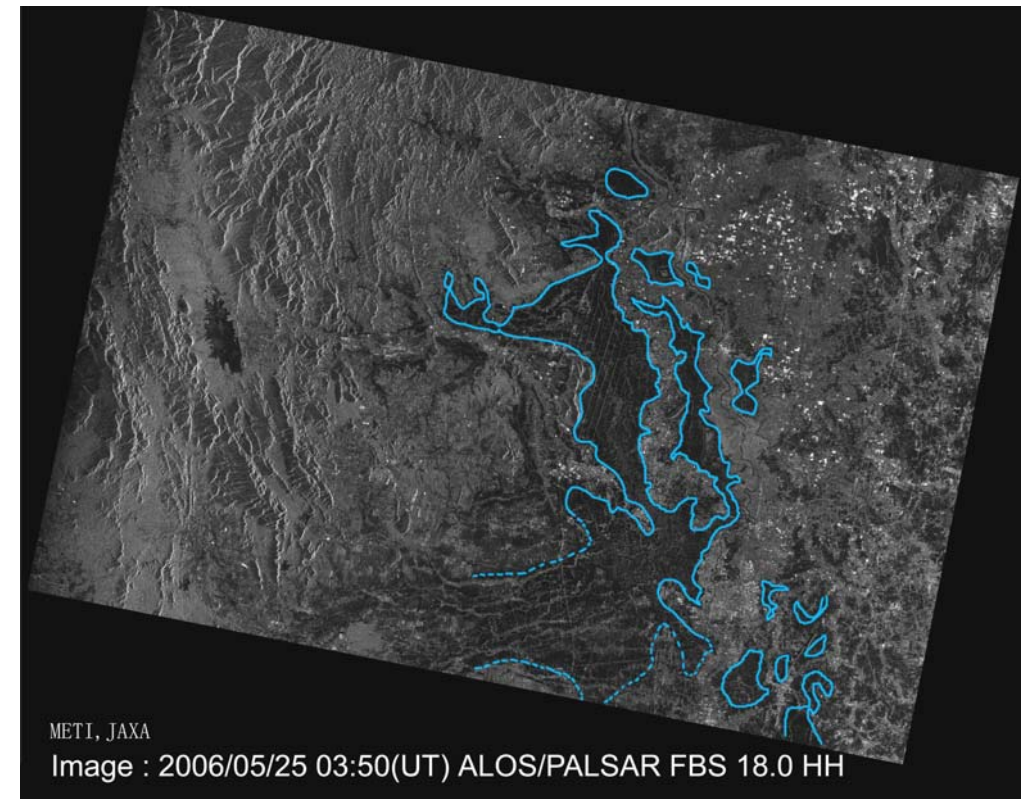
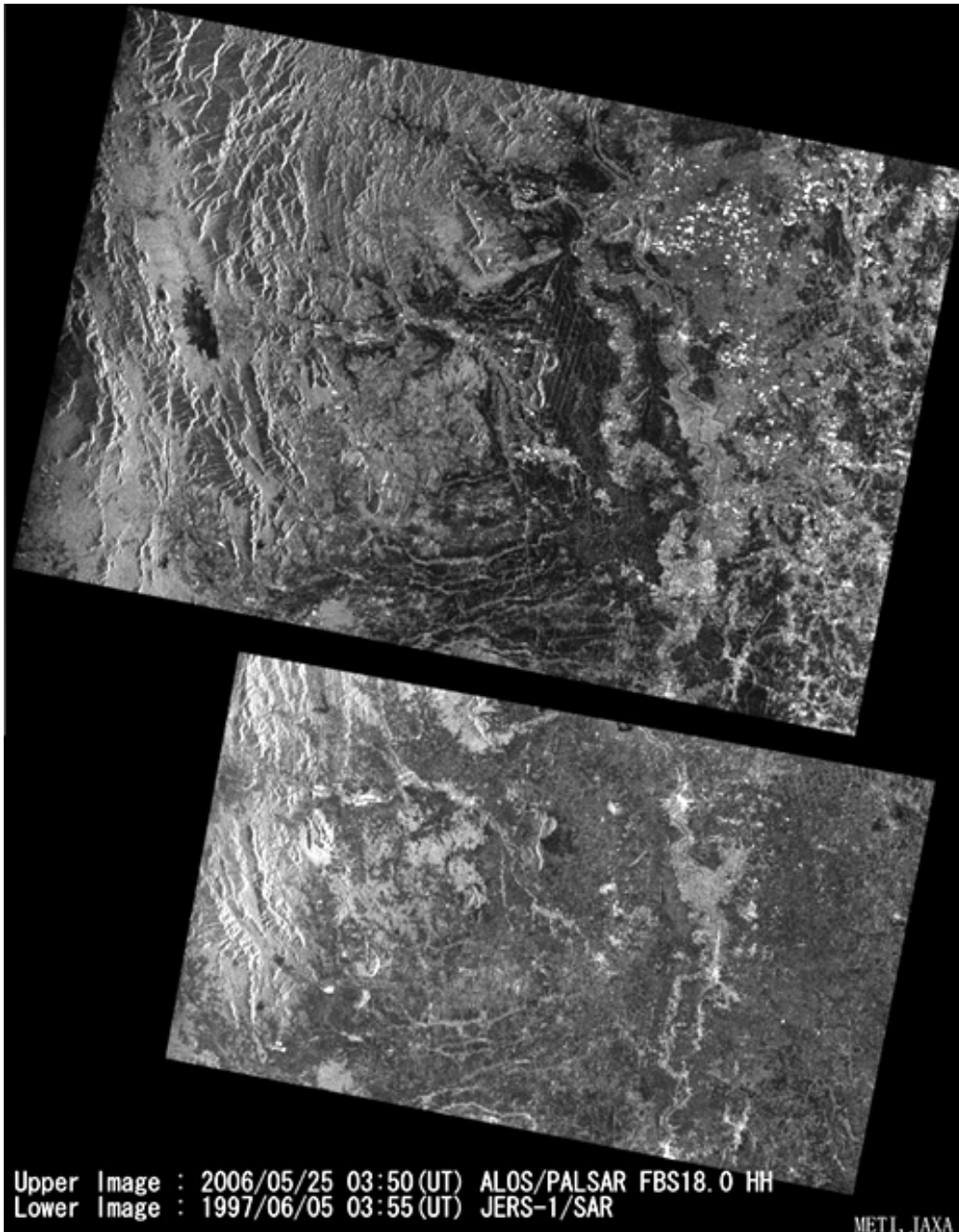


SAR干渉処理によるジャワ中部地震解析（中間結果）



協力：国土地理院等で構成される横断的検討チーム

タイ北部洪水：GISTDAから要請（5 / 2 4）、緊急観測（5 / 2 5）
PALSAR使用：約20機関に提供

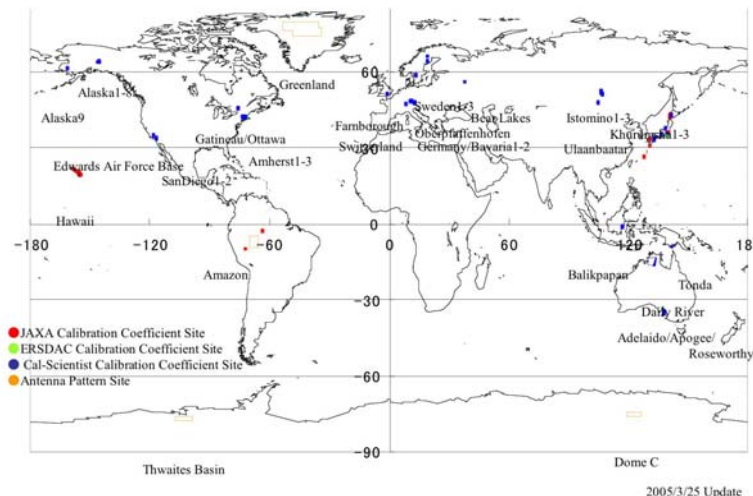
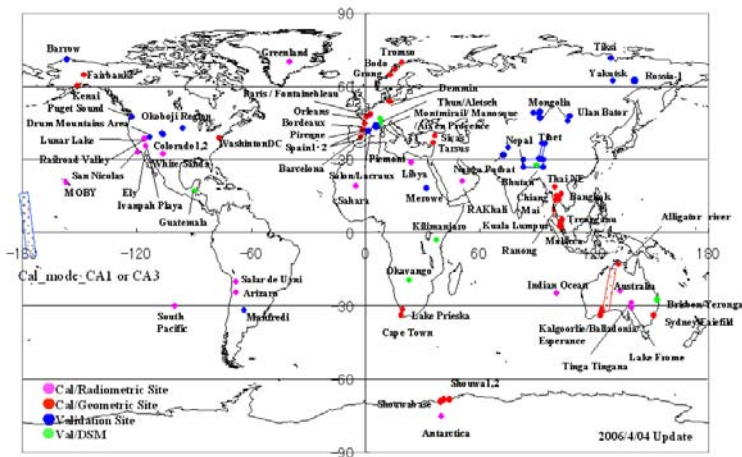


校正・検証要求と取得計画

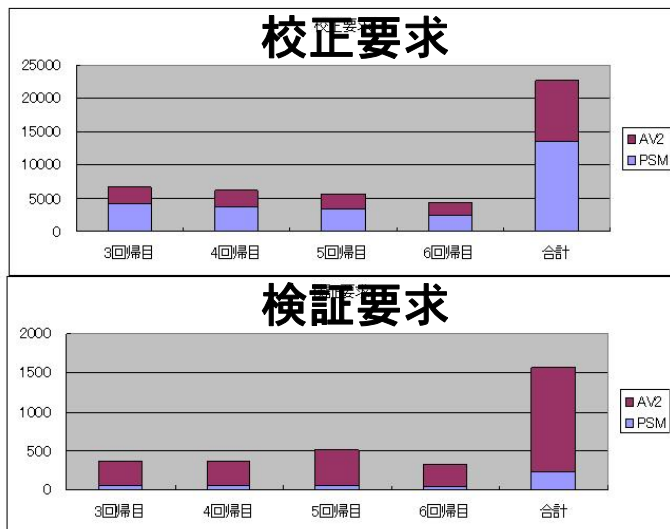
光学センサ

PALSAR

サイト



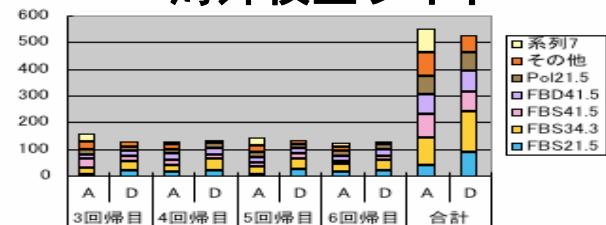
回帰毎 データ 取得量



国内校正サイト



海外校正サイト



取得予定 シーン数

| | PRISM | AVNIR-2 |
|----|--------|---------|
| 校正 | 13,726 | 9,326 |
| 検証 | 228 | 1,340 |

PALSAR

14,385
6,298

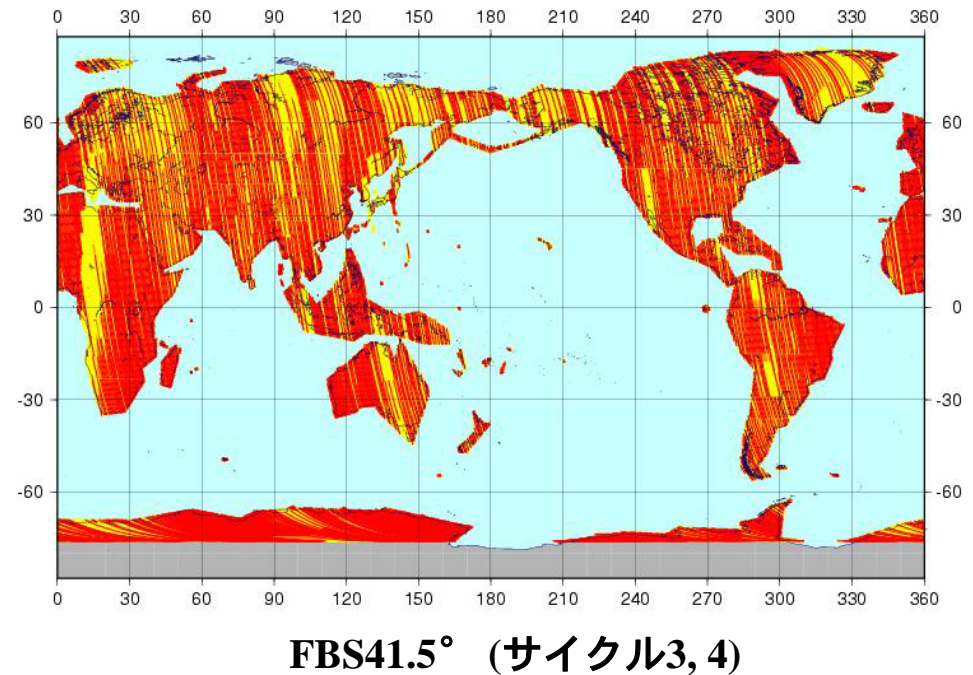
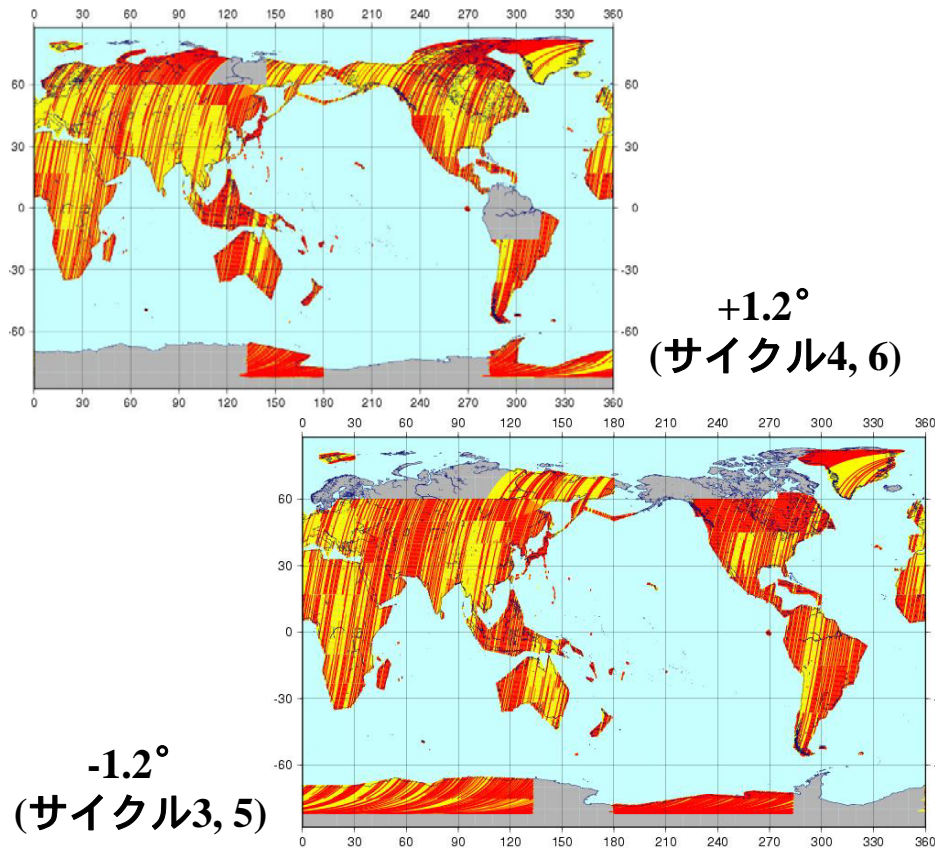
運用解析シミュレーション(2006年4月実施)からの見積もり

PRISMのシーン数は、直下視シーンのみカウント

全球観測要求と取得計画

PRISM

PALSAR



赤：取得予定領域 黄色：取得失敗（リソース不足、校正・検証用要求との競合等のため）

取得予定
シーン数

140,609

運用解析シミュレーション(2006年4月実施)からの見積もり

63,383

PRISMのシーン数は、直下視シーンのみカウント

まとめ

校正：現在進行中であるが、画像にセンサ・衛星の高性能ぶりが確認できる。

全センサともに：高いSNR、分解能が確認される。

PRISM/AVNIR-2：ラジオメトリ精度を把握。

PALSAR：幾何精度を把握。

検証：高次成果物の検証が進行中。

PRISM/AVNIR-2：試験作成のDEMは良好な高さ精度を保有。

PALSAR：オルソは仕様を満たす。干渉SARを試行中。

災害：打ち上げ以降、4回の緊急観測を行う。

AVNIR-2：多方位観測で高頻度にメラピを観測。

PALSAR：複数時期データの差分で変化量を抽出（地形変化、冠水）

今後：残りの校正作業を進める。

ソフトウェアのアップデート

10月中旬の校正完了、およびデータ配布開始を目指す。

関連情報：JAXA/EORC：http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm

サンプルデータ配布

校正の定義

センサ及びその出力を基準信号を用いて正しくすること

校正

•特性把握
(温度、
時間、
等)

真値
 σ^0
Lt
位置

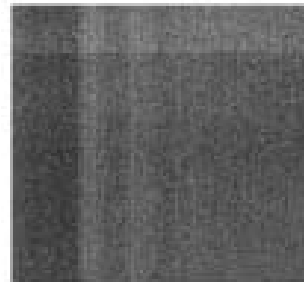
宇宙
観測機

地上/解析
映像化处理
ラジOMETリック補正
幾何補正

推定値
0-255
0-16383
位置

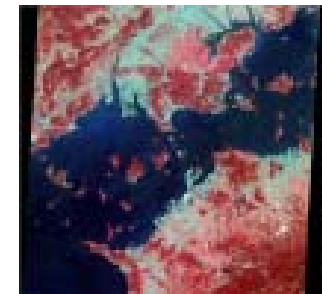
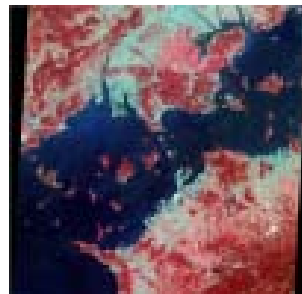
•応答関数
の把握

SAR



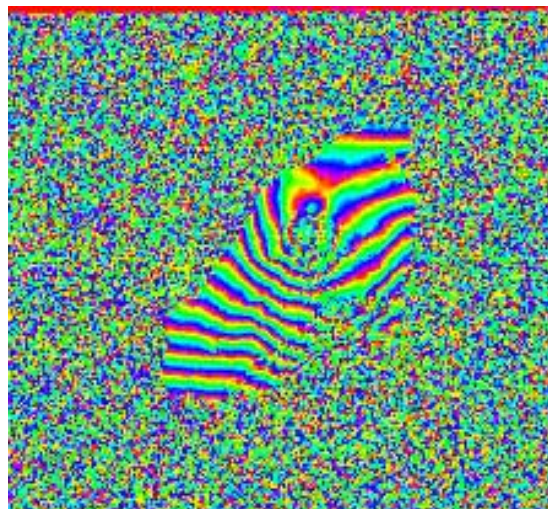
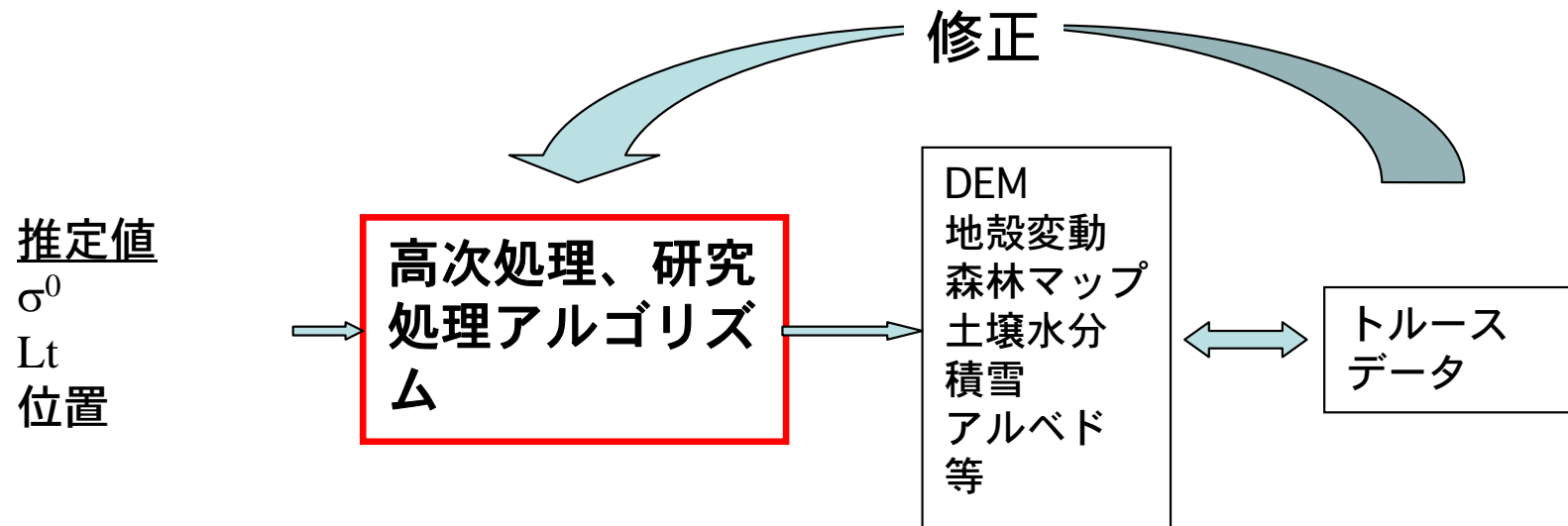
•地上基準
点の取得

PRISM/
AVNIR2

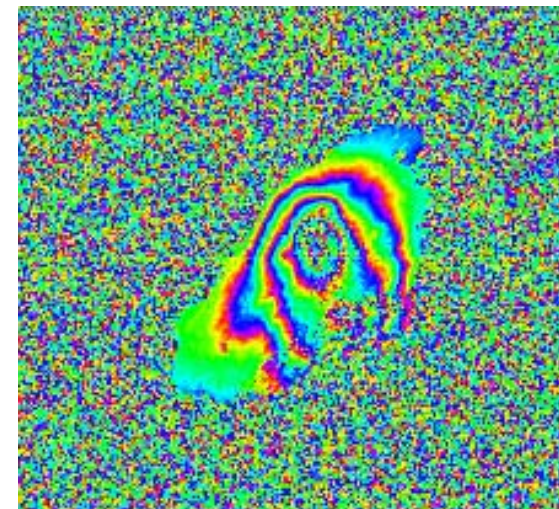


検証の定義

推定された地球物理量をトランスデータを用いて正しくすること



GCPを使用



成果物一覧表

| 成果物 | 定義 | 詳細 |
|-------|------------------------|---|
| 標準成果物 | 観測データ・姿勢・軌道から作成 | PALSAR:1.0, 1.1, 1.5 (60シーン/日) PRISM : 1A,1B (60シーン/日) AVNIR-2:1A, 1B (60シーン/日) |
| 高次成果物 | 標準成果と地上基準点、モデルで作成 | DEM (PRISM, AVNIR-2, PALSAR) オルソ (PRISM, AVNIR-2, PALSAR) |
| 研究成果物 | 標準・高次成果物とアルゴリズムを用いて作成。 | 地殻変動図 世界森林図 (バイオマス図) 流氷マップ 土壌水分図 積雪図 アルベド図、土地利用分類図 |

PRISM 成果物の目標精度

| 成果物 | ラジオメトリック | ジオメトリック |
|--------------------------|---|--|
| ▶ 標準成果物 ▶ 1B2 | 相対精度 5% (1σ) 絶対精度 10% (1σ) | 6.0m (3σ) 直下視, 高精度軌道・姿勢決定値を使用 高精度指向決定システム |
| ▶ 高次成果物 ▶ 相対精度 DEM | 標高5.0m (1σ) | 水平2.5m (1σ)の相対精度 相互標定結果, 高精度軌道・姿勢決定値を使用 |
| 絶対精度DEM | 標高5.0m (1σ) | 水平2.5m (1σ)の絶対精度 絶対標定結果, 高精度軌道・姿勢決定値を使用 |
| オルソ画像 | | 水平5.0m (1σ) 直下視 |

AVNIR2幾何精度根拠資料

| No. | 項目 | 適用周波数帯 | 仕様 | PFT結果 または解析値 | 地表面距離換算 (h=691.65km) | | 備考 |
|---|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|---|------------|
| | | | | | ポインティング角0° | ポインティング角44° | |
| 1 | 高精度姿勢決定(オンボード) | 0~10Hz | | ± 2.99E-04 ° | ± 3.62 m | ± 9.64 m | |
| 2 | 衛星位置決定精度(オフライン) | 0~1Hz | | ± 0.51 m | ± 0.51 m | ± 0.51 m | |
| 3 | 長周期姿勢安定度 | 全 | | ± 3.80E-04 ° | ± 4.60 m | ± 12.25 m | DRC駆動時 |
| 4 | STT基準座標系-AVNIR-2間熱歪 AVNIR-2内熱歪 | 全 全 | | ミ: ± ° 軌: ± ° シ: ± ° | ミ: ± 84.8 m 軌: ± 35.3 m シ: ± 0.3 m | ミ: ± 226.1 m 軌: ± 94.1 m シ: ± 0.7 m | |
| 5 | ポインティング角決定精度 | 0~1Hz | | ± 2.20E-02 ° | ± 266.4 m | ± 709.4 m | 14bitエンコーダ |
| 6 | ポインティング角設定精度(再現性) | 全 | | ± 9.85E-03 ° | ± 119.3 m | ± 317.5 m | |
| 7 | ポインティング角安定度 | 全 | | ± 3.94E-03 ° | ± 47.7 m /12s p-p | ± 127.0 m /12s p-p | |
| 8 | 撮像時刻精度 | 0~676Hz | | ± | ± 5.0 m | ± 5.0 m | |
| RSS(1,2,3,4,5,7,8) ポインティング角決定精度を用い算出 | | ミッション期間 1軌道中 1シーン内 | (0~676Hz) (0~676Hz) (0~676Hz) | ± ± ± | ± 283.7 m ± 273.0 m ± 270.7 m | ± 755.5 m ± 727.0 m ± 720.9 m | |
| RSS(1,2,3,4,6,7,8) ポインティング角設定精度を用い算出 | | ミッション期間 1軌道中 1シーン内 | (0~676Hz) (0~676Hz) (0~676Hz) | ± ± ± | ± 154.1 m ± 133.5 m ± 128.7 m | ± 410.3 m ± 355.0 m ± 342.4 m | |
| RSS(1,2,3,4,8) ポインティング分を除く | | ミッション期間 1軌道中 1シーン内 | (0~676Hz) (0~676Hz) (0~676Hz) | ± ± ± | ± 85.2 m ± 36.1 m ± 7.7 m | ± 226.7 m ± 95.5 m ± 16.4 m | |

PALSAR標準成果物・精度要求

(1) ラジオメトリック精度目標： 1シーン内1.0dB(相対) 1周回内1.2dB(相対)
1.5dB(絶対)

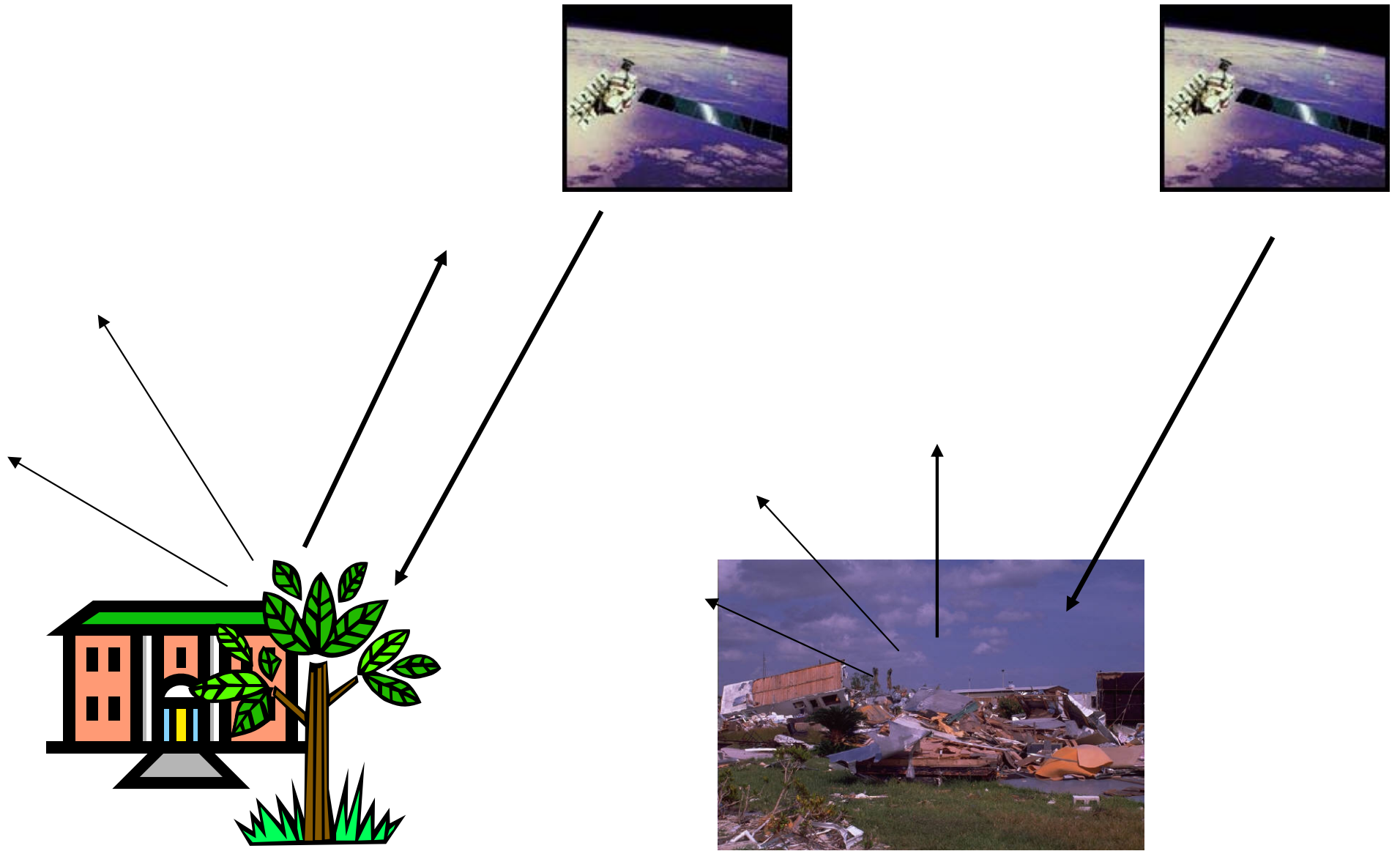
| | | 高分解能モード | | 直接ダウンリンクモード | | SCANSARモード | | ポラリメトリモード | |
|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | シーン内 | 1周回内 | シーン内 | 1周回内 | シーン内 | 1周回内 | シーン内 | 1周回内 |
| 相対精度 | 送信電力 | 0.0dB | 0.6dB | 0.0dB | 0.6dB | 0.3dB | 0.6dB | 0.0dB | 0.6dB |
| | 空中線利得 | 0.0dB | 0.2dB | 0.0dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.0dB | 0.2dB |
| | アンテナパターン(Az) | 0.0dB | 0.2dB | 0.0dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.0dB | 0.2dB |
| | アンテナパターン(EI) | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB | 0.2dB |
| | ビーム指向方向 | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB | 0.7dB |
| | 受信系利得 | 0.0dB | 0.4dB | 0.0dB | 0.4dB | 0.1dB | 0.4dB | 0.0dB | 0.4dB |
| | 量子化 | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.3dB |
| | その他 | 0.1dB | 0.3dB | 0.1dB | 0.3dB | 0.3dB | 0.4dB | 0.1dB | 0.3dB |
| 相対精度 | | 0.79dB | 1.14dB | 0.79dB | 1.14dB | 0.94dB | 1.17dB | 0.79dB | 1.14dB |
| ARC精度 | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | 0.1dB | |
| 絶対精度 | | 0.80dB | 1.15dB | 0.80dB | 1.15dB | 0.95dB | 1.18dB | 0.80dB | 1.15dB |

(2) 幾何精度目標： 200m (方法2による)

| 方法1：ビーム指向精度による決定(Az方向) | 方法2：ドップラーによる決定(Az方向) |
|---|--|
| $R \times \Delta\alpha = 2250m$ <p>R：スラントレンジ 860km@34.3度 $\Delta\alpha$：ビーム指向誤差 0.15度</p> | $\frac{1}{\sqrt{N}} \times \frac{\Delta f_D}{f_{DD}} \times V_g = 200m$ <p>Δf_D:ドップラセンタ周波数誤差 50Hz f_{DD}:ドップラ周波数変化率 500Hz V_g:対地速度 6.6Km N:サンプル数 10</p> |
| (注)Rg方向精度は数m程度なので、上記Az方向誤差が支配的 | |

高次成果物（PALSAR）の精度要求

| 成果物 | ラジオ精度/物理量 | 幾何精度 |
|-------|---|--|
| DEM | 30 m（1 シグマ）（大気の影響は除く） | 50m（水平） |
| | <p>に、 $\Delta z = \Delta \phi \frac{\lambda}{4\pi} \frac{r \cdot \sin \theta}{B_p}$ $r=860\text{km}, \delta\phi=80^\circ, B_p=0.5, \lambda=23.5\text{cm}, \theta=39^\circ$ を代入して上を得る。 大気の影響は客観解析データによる補正と、平均化を併用して除去する。</p> | <p>50m程度の水平分解能データである（位相情報の平均）。</p> $\Delta \phi = \sqrt{\frac{1-\gamma^2}{N\gamma^2}}$ |
| オルソ画像 | 1.5 dB | 50m（水平） |
| | 標準成果物に準拠 | 地理院DEMを用いる。 |



被災前

被災後

大

小

60m四方の明るさのばらつき



ALOS研究プロジェクトの項目

標準成果物の校正検証

高次成果物、試作成果物の作成（アルゴリズム開発含む）

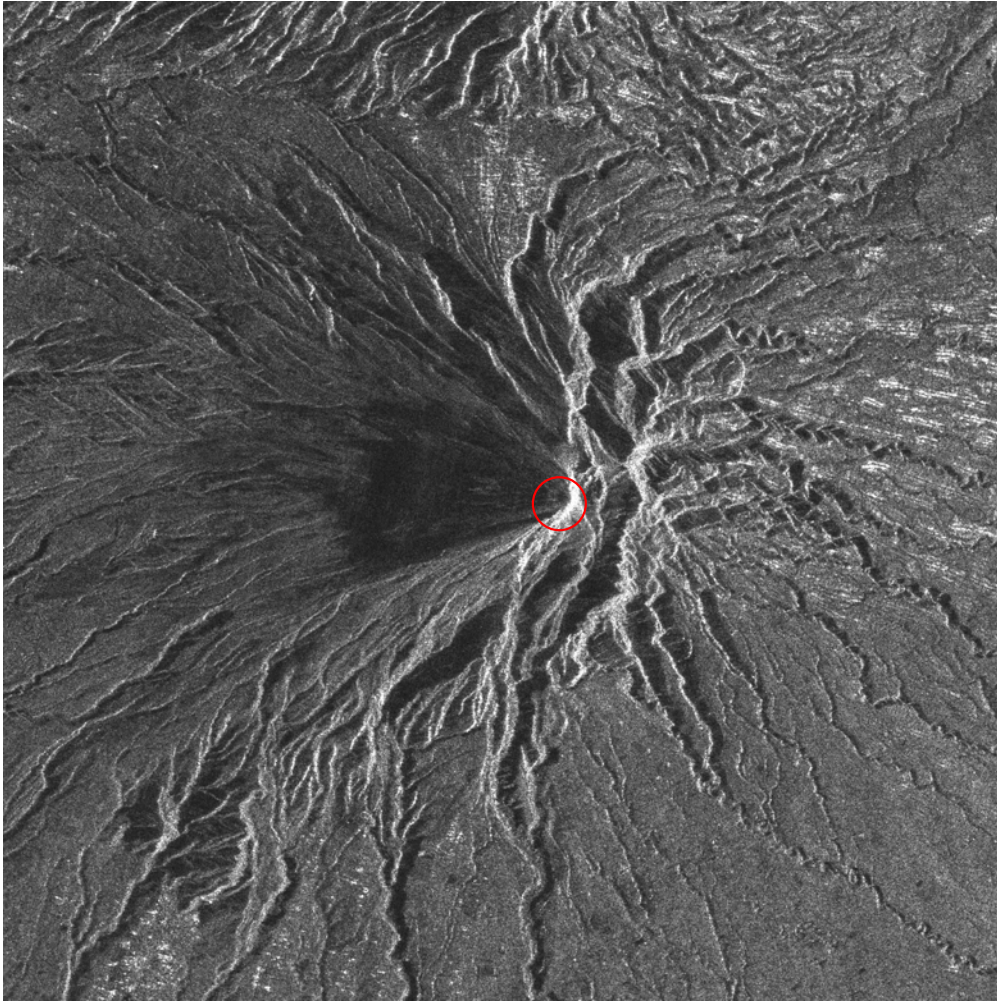
ALOS 研究公募に対応した研究活動の実施

ALOSの観測計画の最適化

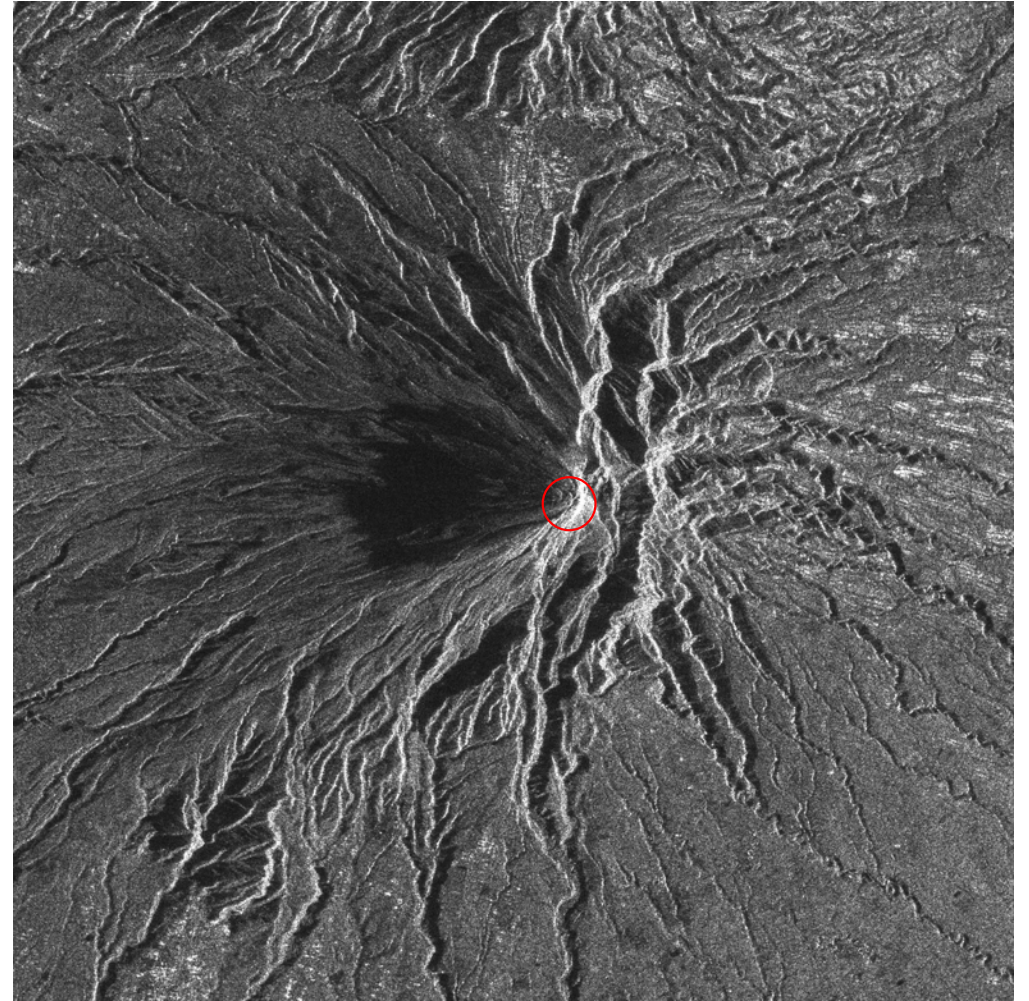
災害解析の実施、京都炭素プロジェクト

| ミッション目標 | 達成基準 |
|------------|--|
| 地図作成 | 縮尺2万5千分の1地形図の作成に必要な正射投影画像、数値標高データを、国土地理院と協力して試作し、検証し、実証すること |
| 地域観測 | 全球森林分布図を試作し、検証すること 現存植生図、流氷分布図、耕地及び作付け面積把握のための利用化研究を実施し、検証すること |
| 災害状況把握 | 大規模災害時2日以内に観測を実施し、データ受信後、迅速に提供できることを実証すること (速報画像：1時間以内、標準処理画像3時間以内) |
| 資源探査 | 資源探査に必要な観測及びデータ提供を実施すること |
| 陸域観測技術の高度化 | 高分解能・広域観測・高精度の光学センサ技術 ポインティング機能・高分解能合成開口レーダ技術 迅速なデータ処理及び配布を可能にする地上システム技術 |

PALSARによるメラピ火山の観測



2006年5月16日オフナディア角30.8度 (RSP97)



2006年4月29日オフナディア角34.3度 (RSP96)

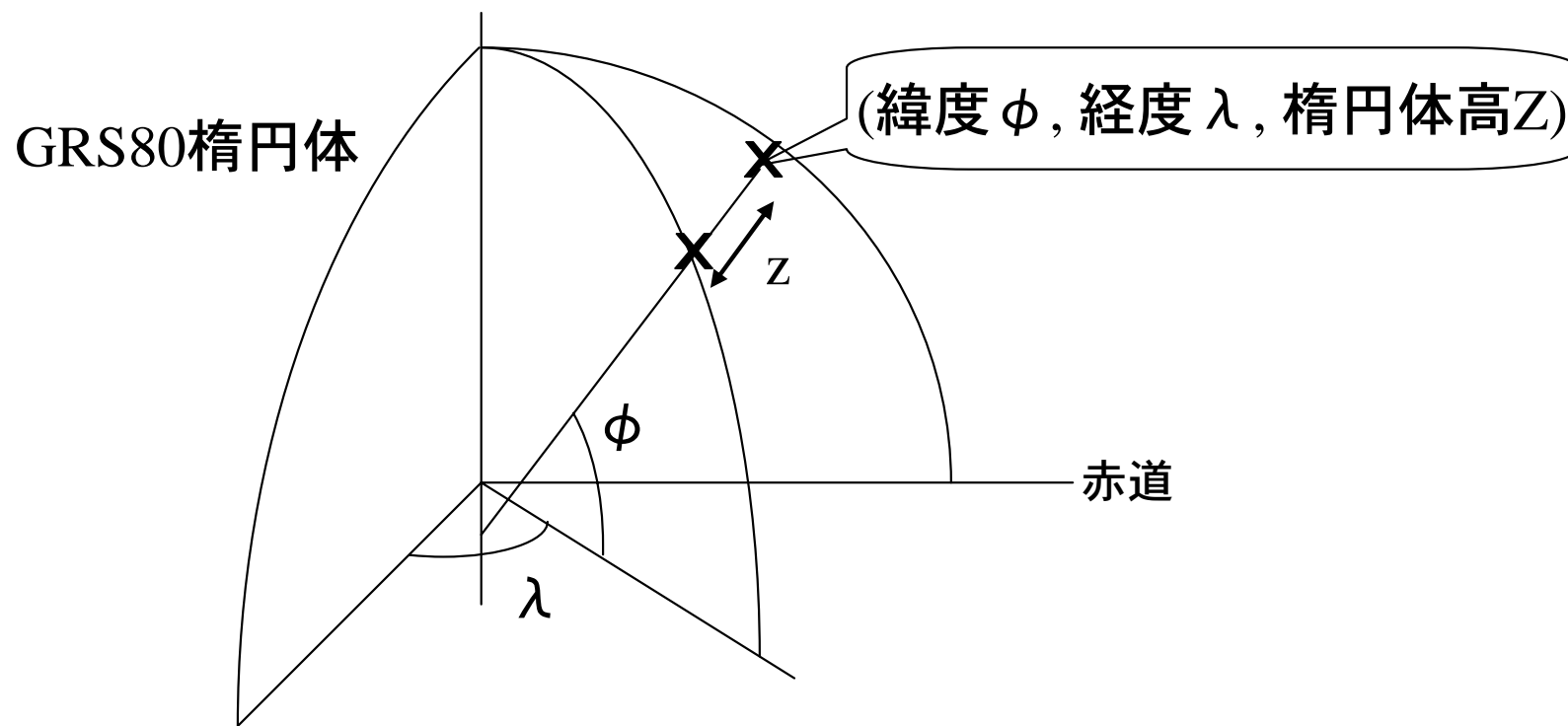


3km

今後インターフェロメトリ観測

標準成果物、高次成果物：リファレンス

| | |
|--------|---|
| 使用楕円体 | ITRF97：International Terrestrial Reference Frame 97 座標系 楕円体：GRS80 (長半径：6,378,137m, 扁平率：1/298.257222101) |
| 位置の表現 | 測地緯度、経度、楕円体高 |
| 明るさの表現 | ラジアンズ (W/sr/m ² /μm) 規格化後方散乱断面積 (dB) |



AVNIR-2 ラジオメトリック精度（目標）

- 相対精度 目標値：5%
 - 時間：1シーン（10秒）
 - 観測対象：一様
 - ラジオメトリック補正後のバラツキの標準偏差（ 1σ ）で定義
 - 誤差源：画素間感度偏差、短期安定度（温度特性含む）
- 絶対精度 10%
 - 観測対象：任意（トゥルースデータを取得した複数点）
 - ラジオメトリック補正後（校正係数の見直し後）のデジタル値と入射輝度との対応精度（ 1σ ）
 - 誤差源：画素間感度偏差、短期～長期安定度（温度特性、各部経時変化含む）、リニアリティ、暗時出力変動

幾何精度：直下視で283.7m

成果物目標精度

9 ヶ月目に一般配布する成果物の精度目標の規定

- ラジOMETリック精度
- 幾何精度

観測について

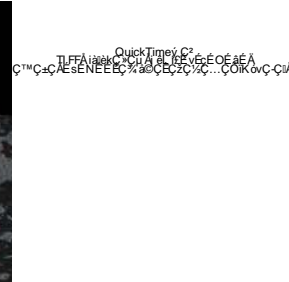
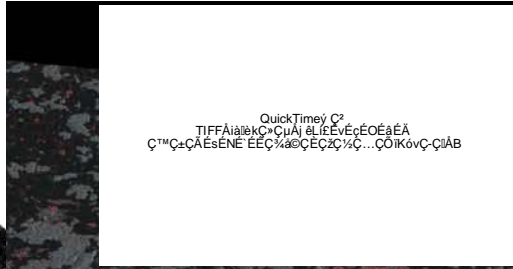
優先順位：校正、シナリオ、協定機関、ノード、研究者、他

校正期間：校正に多くの時間を割く

定常運用：シナリオに時間を割く

FBD : ザルツブルグ近郊

Salzburg Festspiel



Chiemsee

色合成 : **H**H+**H**V+**H**V