測量新技術の精度検証と今後の活用
－ＭＭＳ及び航空機ＳＡＲ－

国土地理院　基本図情報部
地図情報技術開発室　大野裕幸

平成25年6月7日

はじめに

国土地理院

「地理空間情報」に求められるニーズの変化

- 高度化・多様化・詳細化
- 位置の信頼性
- 情報収集・提供の迅速化　　など

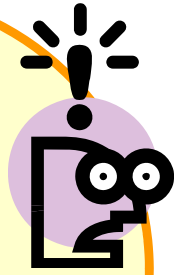
ハード・ソフト両面で技術開発が進展

日々進歩するインフラ・要素技術＋創意工夫

衛星・カメラ
各種センサ

通信環境
演算処理能力
新デバイス

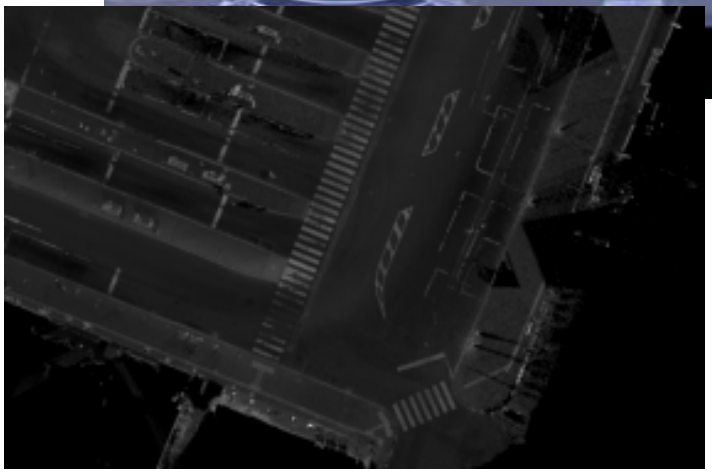
新発想
やり方の工夫



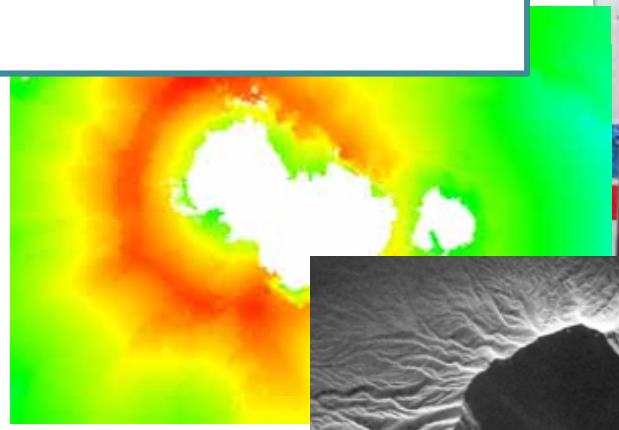
国土地理院

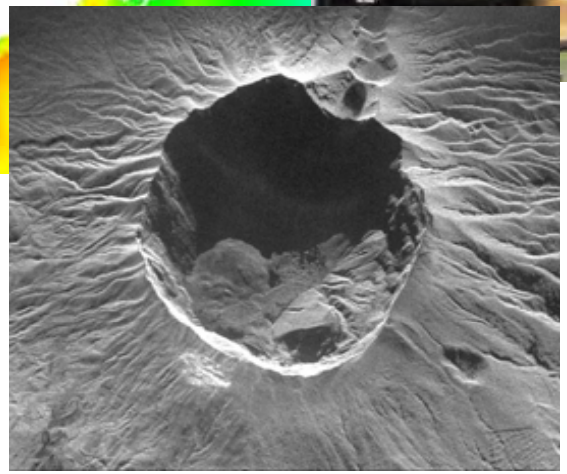
本日の紹介内容

MMS



航空機SAR





1. 概要
2. 得られるデータとその精度
3. 今後の展開

ＭＭＳ（Mobile Mapping System）とは

車両等の移動体にGNSSアンテナ、レーザスキャナ、カメラなどの機器を搭載し、走行しながら3次元空間データを高精度で効率的に取得できるシステム

公共測量での実績も増加

公共測量作業規程の準則第17条（機器等及び作業方法に関する特例）を適応して実施

国土地理院では「移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル（案）」を平成24年5月に公表

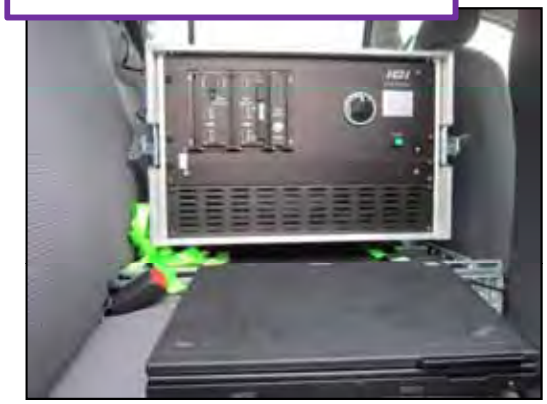
国土地理院

国土地理院が使用しているＭＭＳの構成

全方位カメラ

光学
オドメータ

【車内装置】
計測制御・記録装置



GNSS
アンテナ

IMU

レーザ
スキャナ

■特徴
・着脱式（30分程度）
・2名乗務による現地作業が可能
・高密度なレーザ点群の取得が可能
・通常50～60km/hでの計測を想定
・防雨性能（水没、噴流水×）

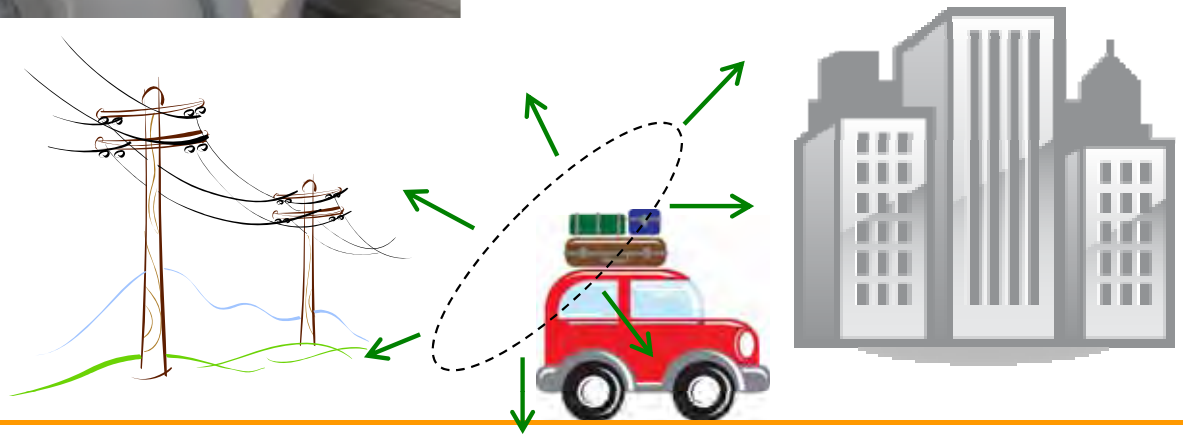
■取得できるデータ
・レーザ点群データ
・全方位カメラ画像

ＭＭＳ：概要

①レーザスキャナー

1秒に100回転しながら
1回転の間に2000発のレーザを飛ばし
周りの物までの距離を計測

自分の位置はＧＮＳＳ／IMUで検出
自分の位置とレーザの角度と距離から対象物の位置を計算



車で走りながら観測

国土地理院

②全方位カメラ

パノラマ写真画像

※５つのレンズで撮影された画像をつなげたもの

ＭＭＳ：概要

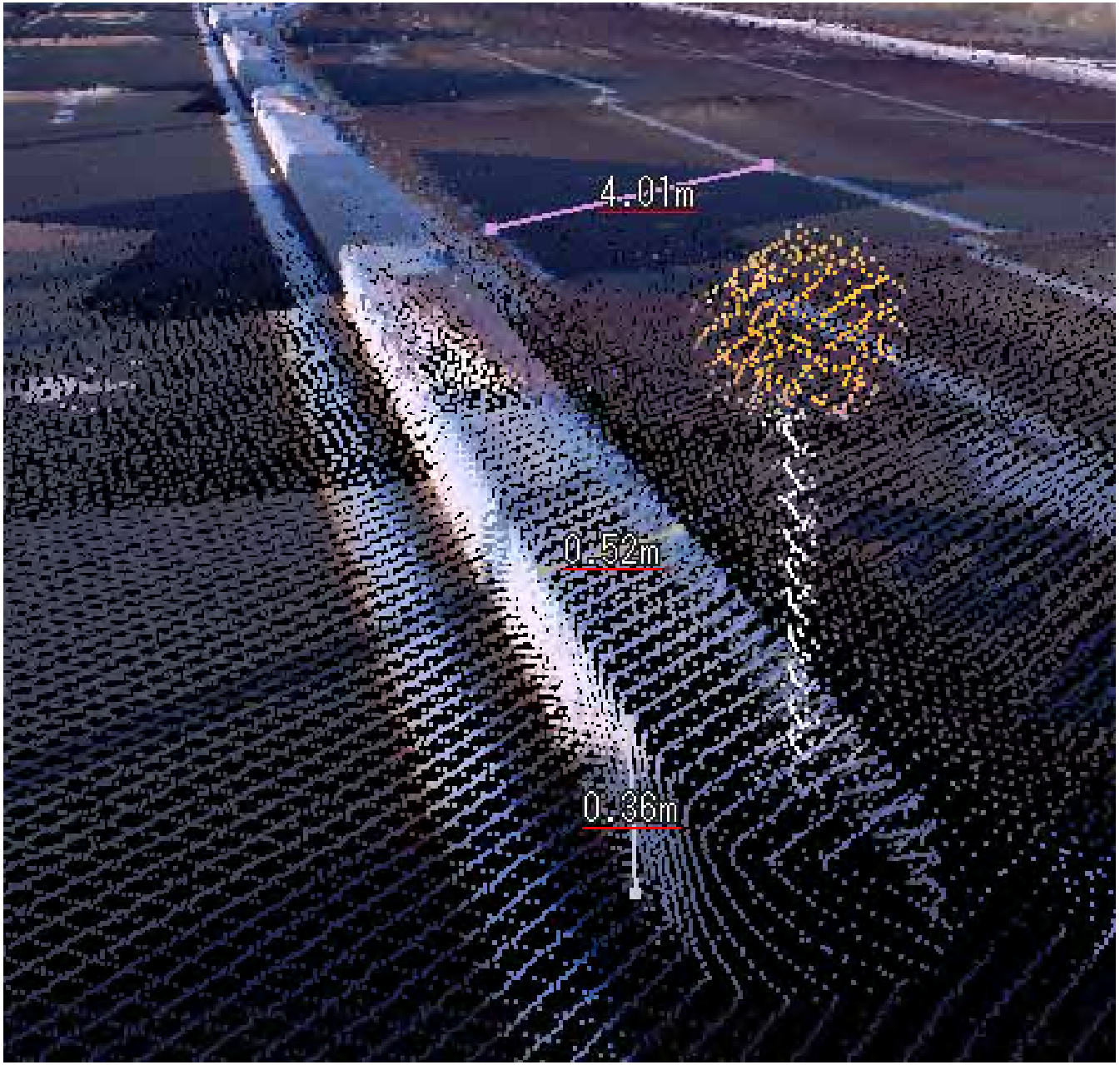
国土地理院

①レーザスキャナー＋②全方位カメラ

レーザ点群データ

※色については全方位カメラの画像を位置合わせしたピクセルの色から決定

ＭＭＳ：概要



点の一つ一つが三次元座標を持っています

ＭＭＳ：観測で得られるデータと精度

国土地理院

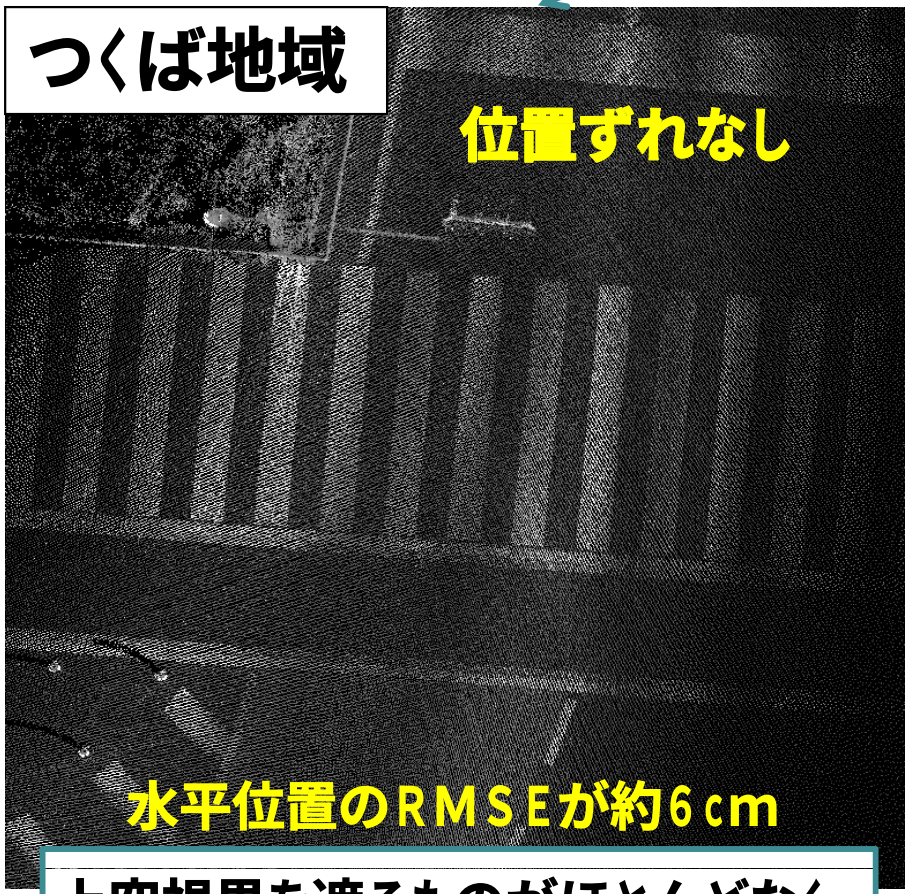
レーザ点群画像の位置ずれ

複数回観測したＭＭＳのレーザ点群にずれが出ることがある

ＧＮＳＳの観測状況が良好

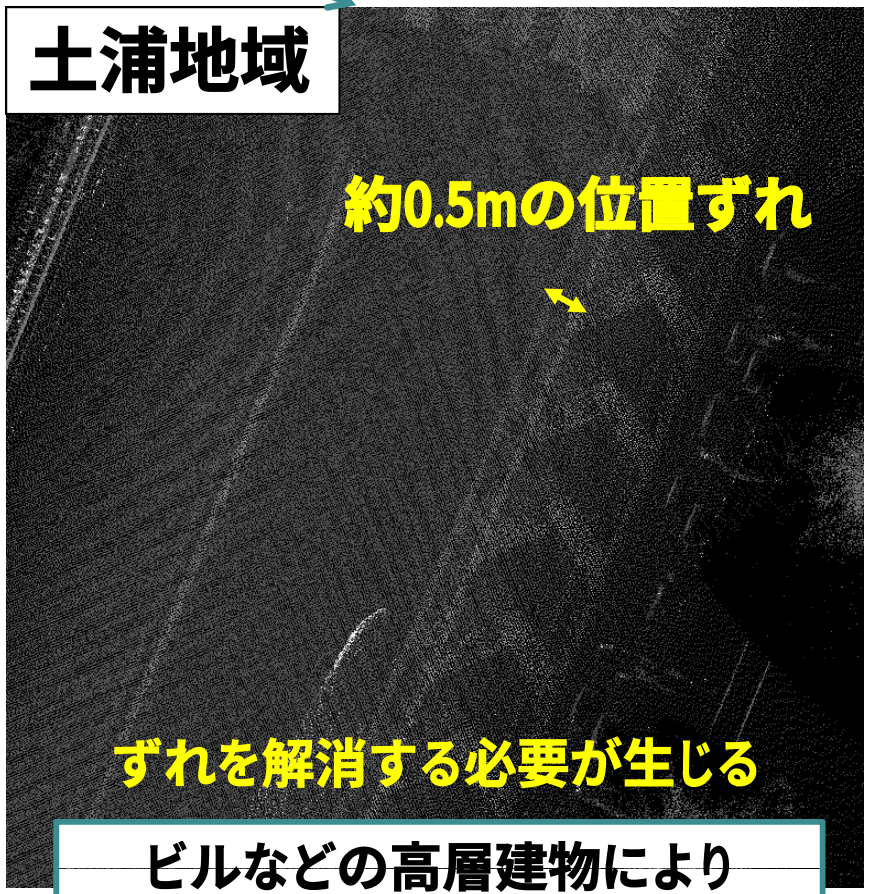
ＧＮＳＳの観測状況が不良

つくば地域



上空視界を遮るものがほとんどなく、
GNSSの取得が良好な地域

土浦地域



ビルなどの高層建物により
上空視界を遮るものが多く、
GNSSの取得が不良な地域

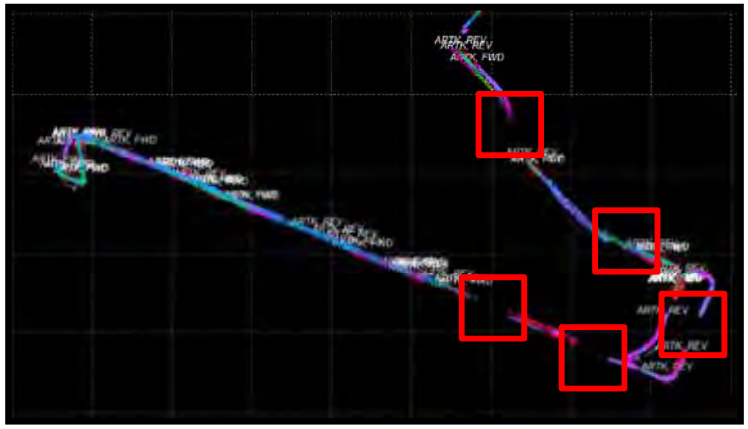
ＭＭＳ：観測で得られるデータと精度

国土地理院

ずれが大きい場合は補正する点を使う（土浦地域）

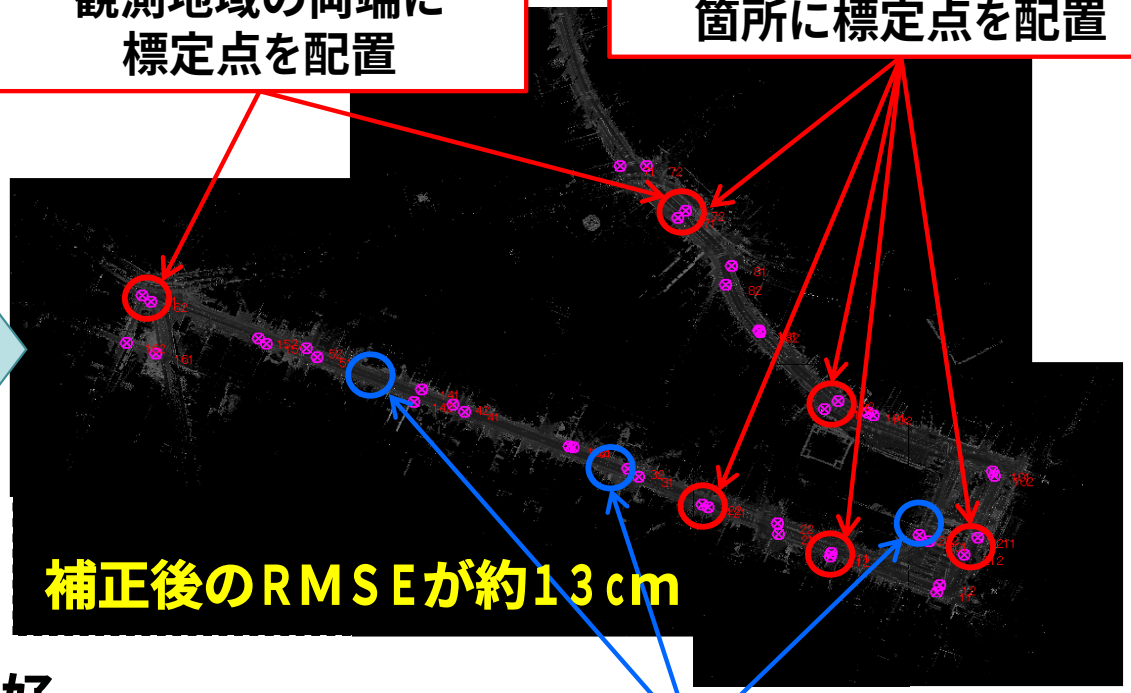
ずれているＭＭＳの画像上で明瞭な箇所の座標として、現地測量した座標を与えていき、補正してずれを無くしていく

キネマティック軌跡解析の結果



観測地域の両端に標定点を配置

GNSSが取得できなかった箇所に標定点を配置



標定点間に明瞭な特徴点（タイポイント）を補間するように配置

GNSS取得状況

不良 ← **良好**

赤 **紫** **青** **緑**

ＭＭＳ：観測で得られるデータと精度

国土地理院

ＭＭＳで作成したレーザ点群オルソ画像は地図情報レベル500の要求精度（水平位置の標準偏差15cm以下）を満たす

↓

地図情報レベル５００の測量に利用可能

移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル（案）第32条

標定点と図化用データの較差の基準

地図情報レベル	水平位置の標準偏差
500	0.15m以内
1000	0.30m以内
2500	0.75m以内

国土地理院

ＭＭＳの今後の活用

特徴

空間上の三次元位置情報を高精度（地図情報レベル500）で取得が可能。

課題

・現地測量による補正を省くため、上空視界等GNSSの取得を考慮したデータ計測が必要。
・解析処理が複雑かつ工程数が多い。

利用分野

・道路及び道路周辺の地形・地物の位置データの取得
- 道路台帳附図の作成及び更新
- 三次元都市モデル

・全周囲画像を用いた道路や河川等施設の維持管理　など

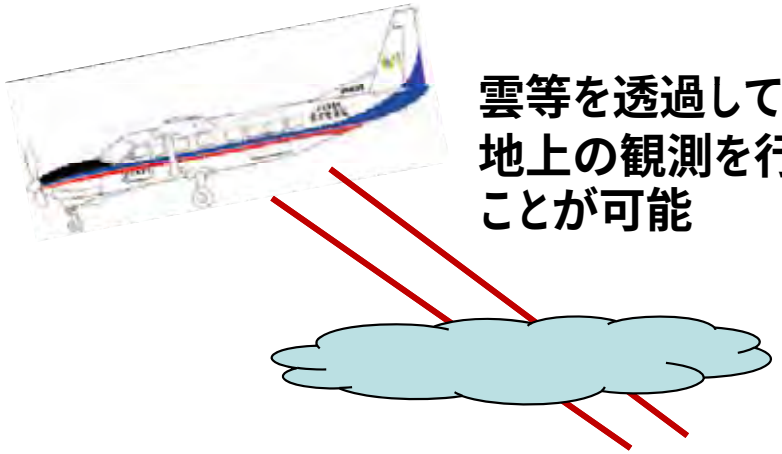
国土地理院ではＭＭＳの高い精度を活かして測量の効率化を図る手法開発等の研究を進めていきます。

国土地理院

航空機ＳＡＲ（航空機搭載型合成開口レーダ）とは

航空機に搭載した装置から電波を地上にむけて照射し、その反射より地表の様子や地形を計測する技術。

- **水蒸気（噴煙や雲）を透過してデータの取得が可能**
- **夜間での観測が可能**
- **航空機搭載のため、観測コースの柔軟な設定が可能**



災害発生時、空中写真の撮影ができない状況下における有効な観測手段

国土地理院

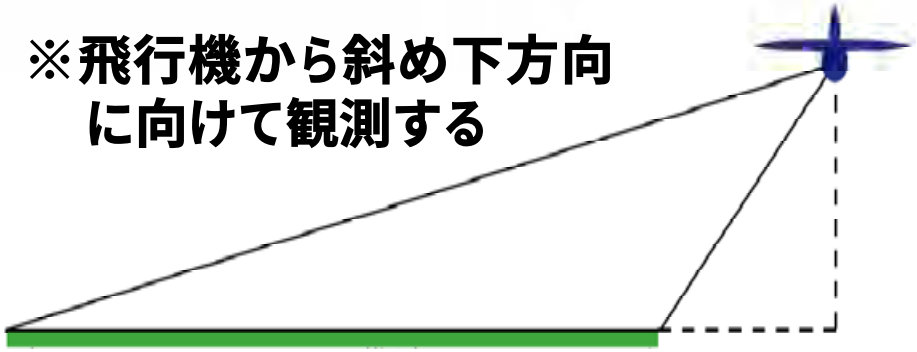
国土地理院の航空機ＳＡＲ

測量用飛行機「くにかぜIII」

航空機ＳＡＲ装置
（アンテナ部）

電波を透過するドア

【くにかぜIIIに搭載可能な機器】
・デジタル航空カメラ
・航空レーザスキャナ
・航空機ＳＡＲ
・映像伝送装置　など



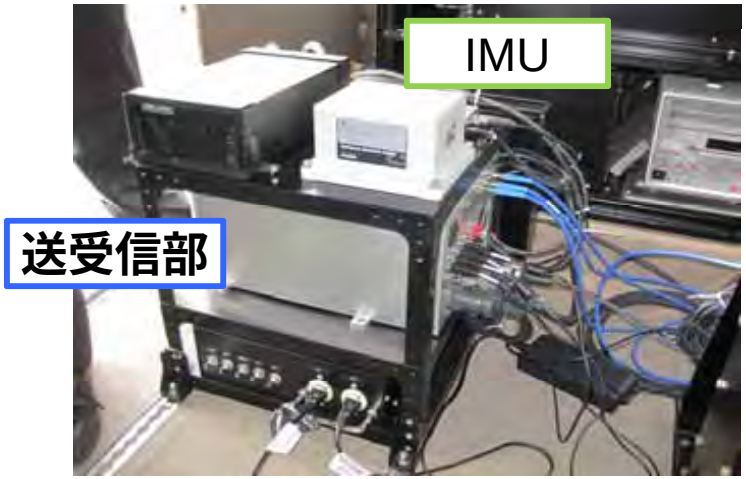
航空機ＳＡＲ装置のスペック

【システム性能】

- **周波数　9.65ＧＨｚ（Ｘバンド）**
- **送信帯域幅　300ＭＨｚ（300ＭＦ３Ｎ）**
- **送信電力 10W**
- **観測幅　最大5ｋｍ（インターフェロモード時）**
- **空間分解能　0.6m～5m**
- **オフナディア角可変範囲　55～75°**
- **再生画像及びDSM作成**
- **映像伝送装置による伝送を可能**

【装置重量】

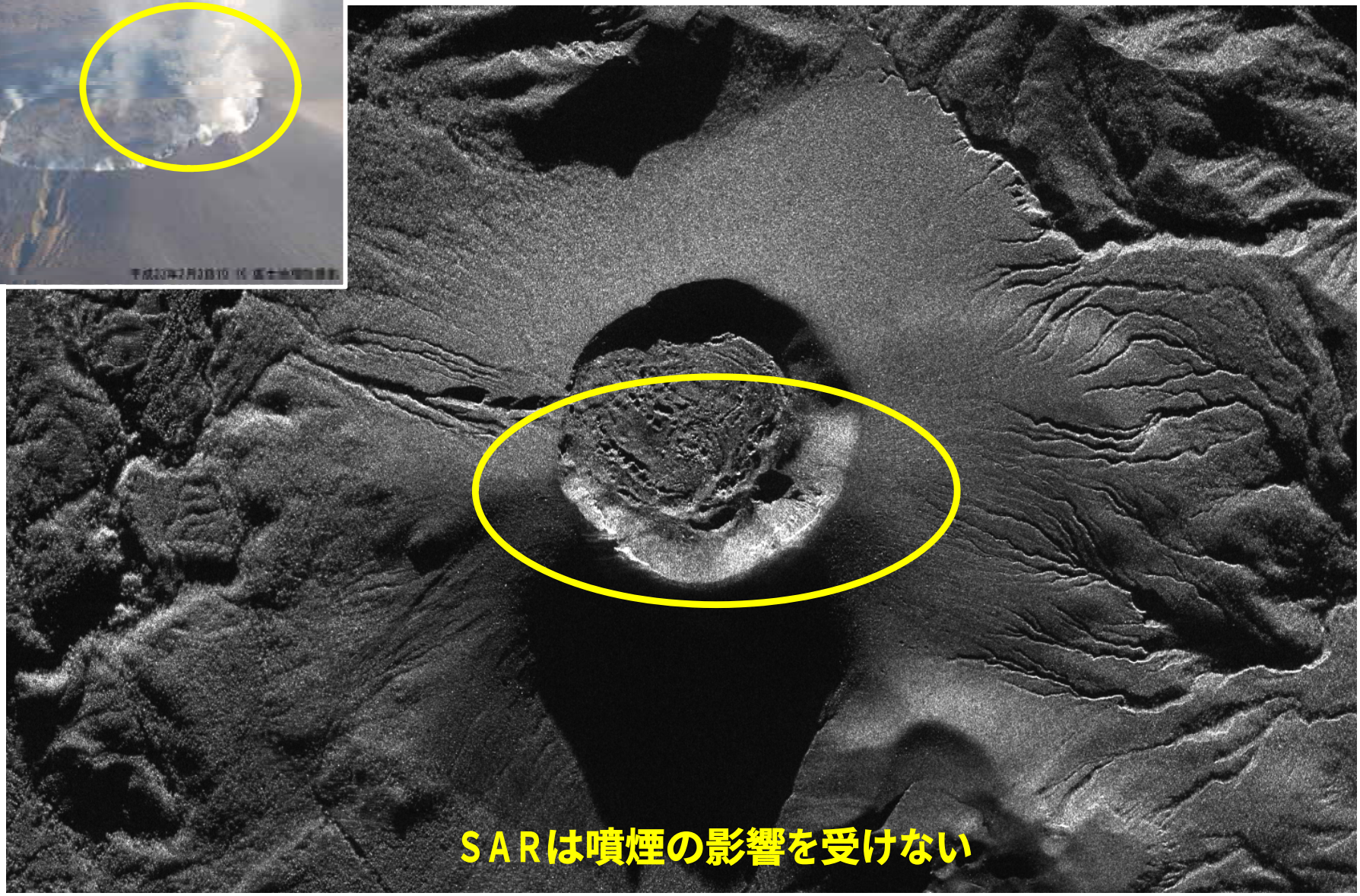
- **送受信部ラック　・・・約30kg**
- **アンテナ部ラック　・・・約30kg**



SAR送受信部

ＳＡＲ観測後は機上処理をして、再生画像を映像として伝送することが可能

航空機ＳＡＲ：ＳＡＲ画像の特徴



火山観測（平成２３年２月、新燃岳）

航空機ＳＡＲ：ＳＡＲ画像の特徴

ＳＡＲは雲の影響を受けない

湛水域観測
(平成２３年８月、
宮城県名取市)

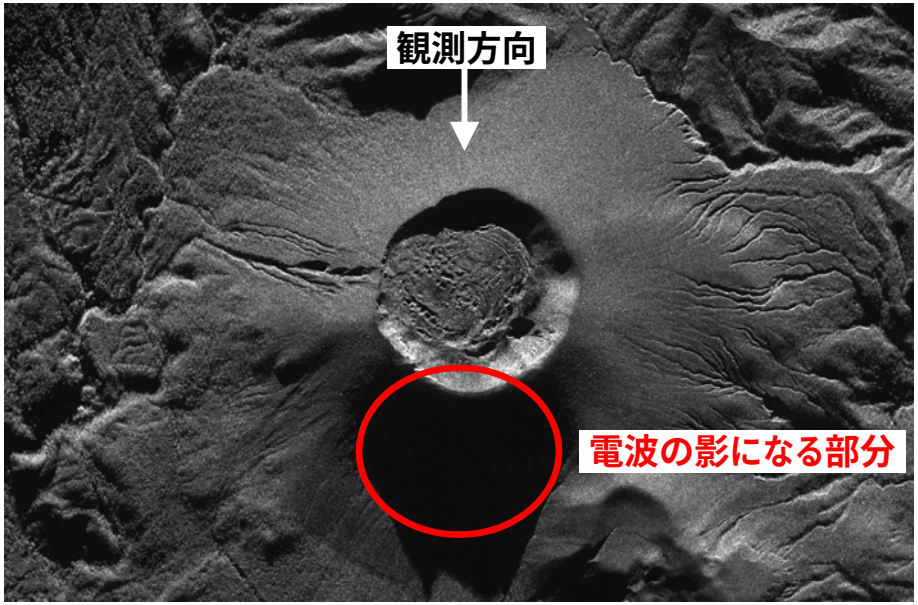
航空機ＳＡＲ：ＳＡＲ画像の特徴

夜間の試験観測（平成２４年８月、岐阜県各務原市）

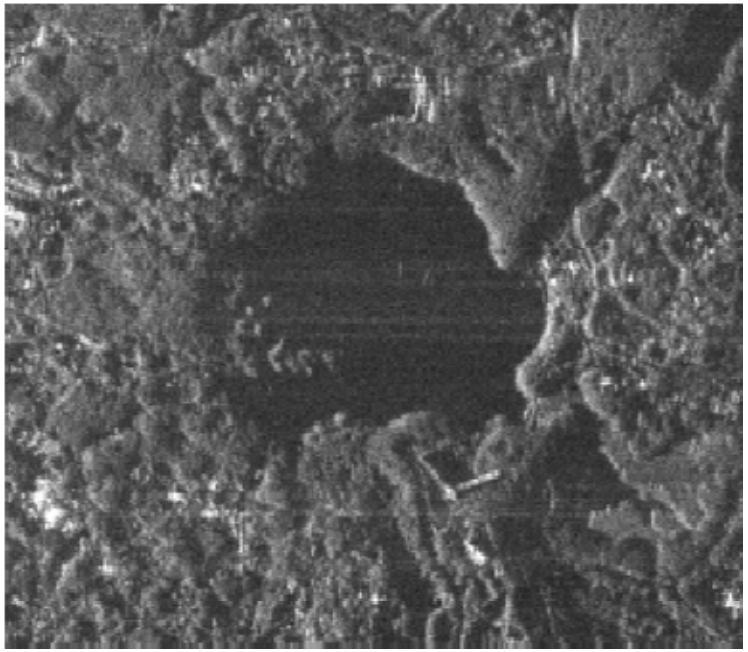
国土地理院

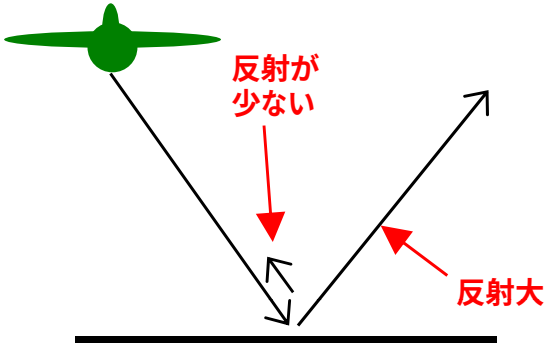
ＳＡＲ画像の特徴

データ欠損部分の発生
（斜め観測による電波が当たらない部分）



滑らかな面は暗くなる
（水面などは再生画像で暗く映る）





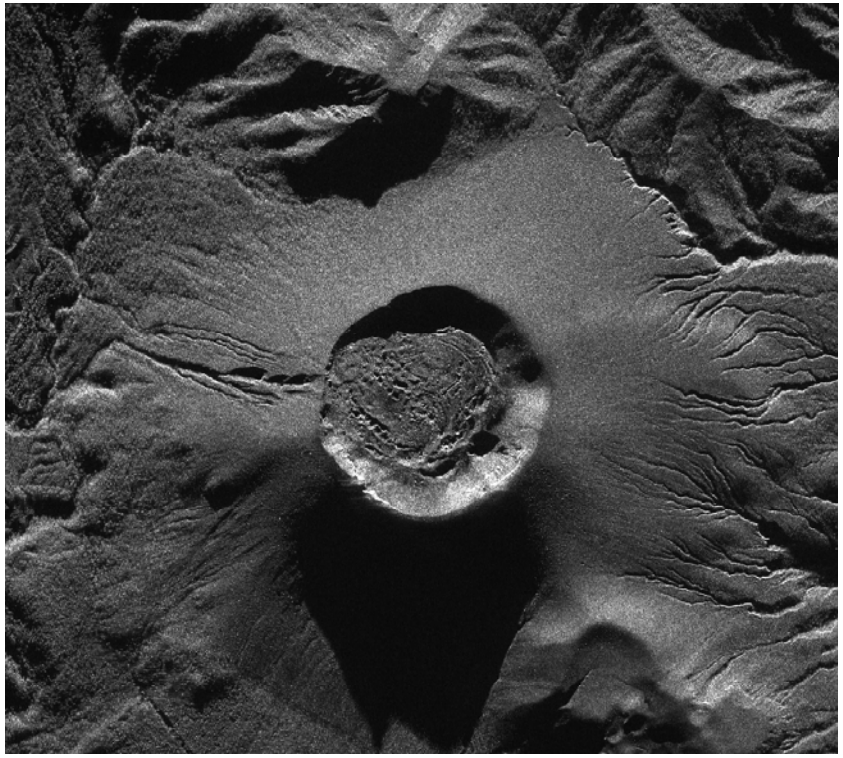
国土地理院

航空機ＳＡＲによる火山観測

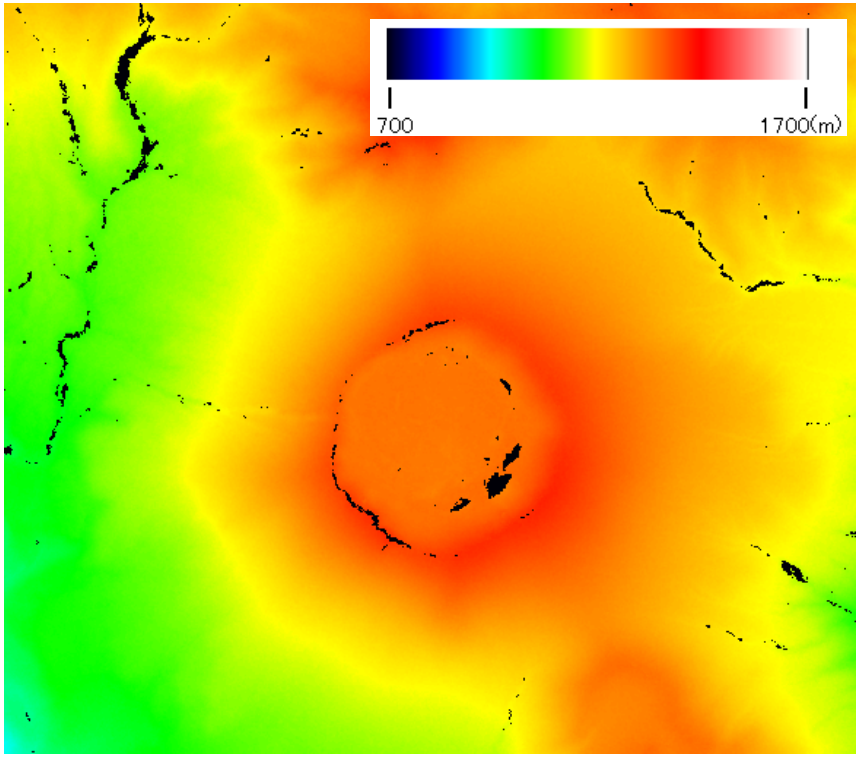
新燃岳（2011年）

国土地理院のＳＡＲは、
解析により、高さデータも取得可能

機上よりカメラ撮影



オルソ補正した再生画像

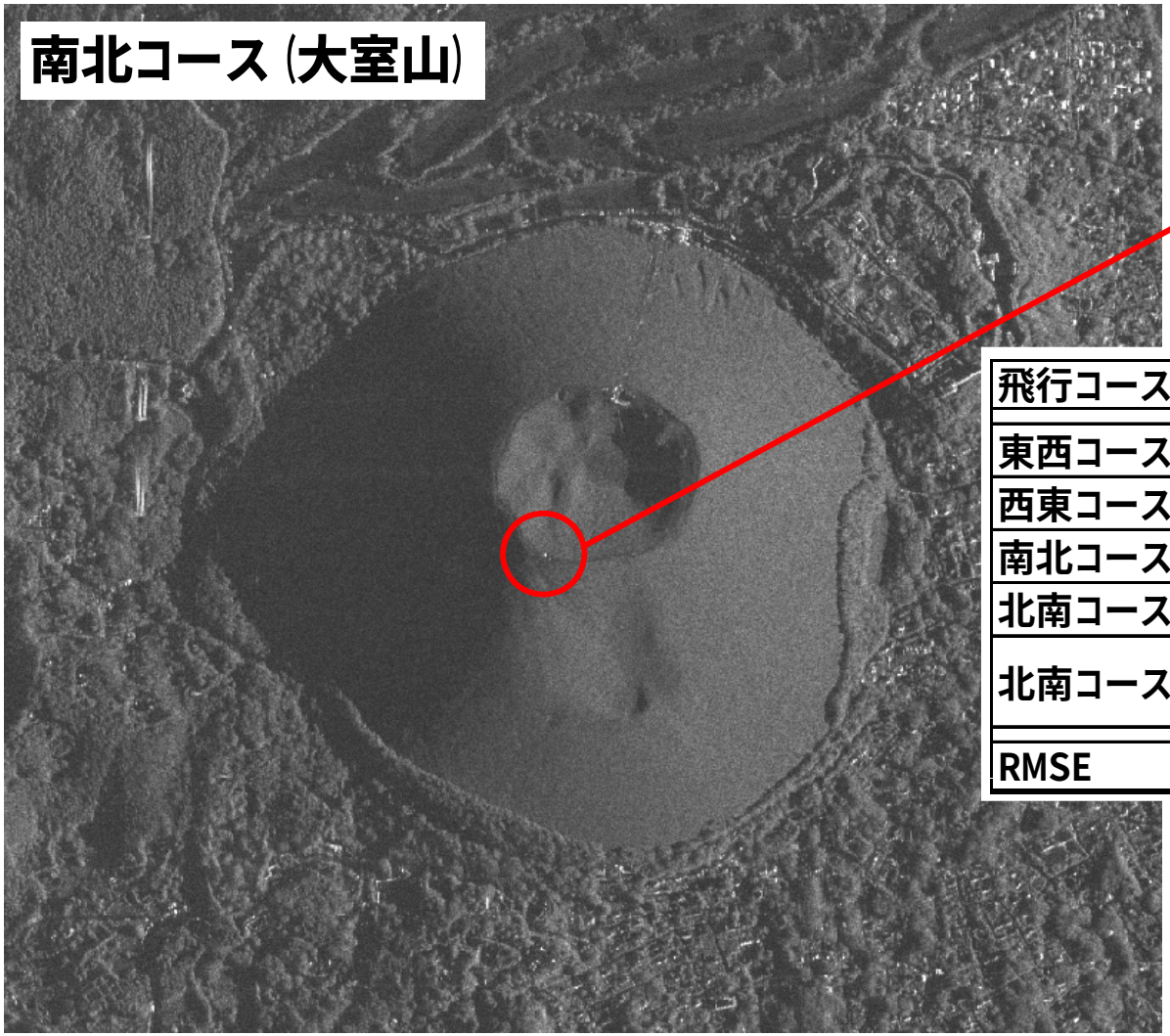


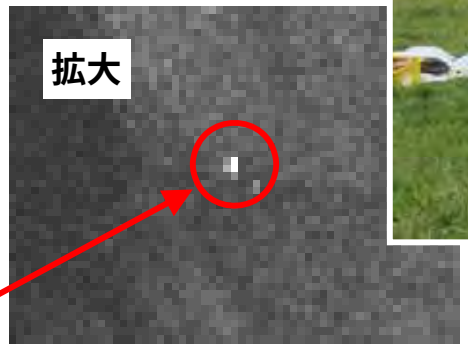
合成したＤＳＭ

国土地理院

○再生画像（オルソ補正）の水平位置精度検証

コーナリフレクタを置いた位置を、現地で測量し、画像上の位置と比較して精度を調べます。





アルミ板でできており、電波をよく反射する

飛行コース	検証点	ΔX(m)	ΔY(m)	ΔXY(m)
東西コース	大室山山頂	-0.524	4.026	4.060
西東コース	大室山山頂	-3.092	-2.375	3.899
南北コース	大室山山頂	-0.990	1.256	1.599
北南コース	大室山山頂	1.296	0.050	1.297
北南コース	伊東市立大池小学校	2.287	1.546	2.761
RMSE		1.883	2.272	2.951

検証結果(4コースまとめ)
水平誤差: RMSE　2.951m
誤差最大　4.060m

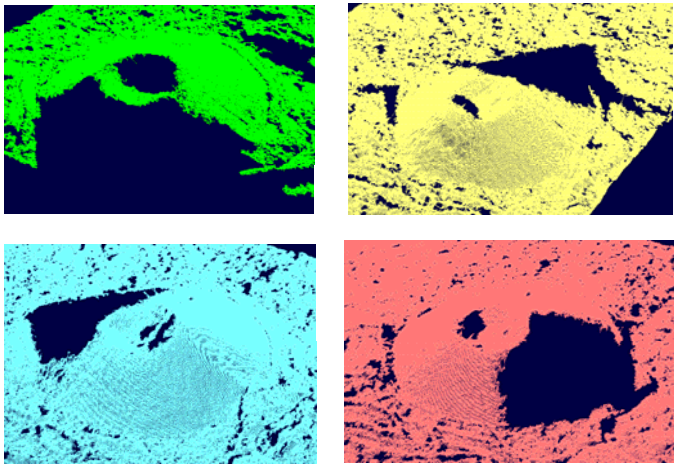
航空機ＳＡＲ：観測で得られるデータと精度

国土地理院

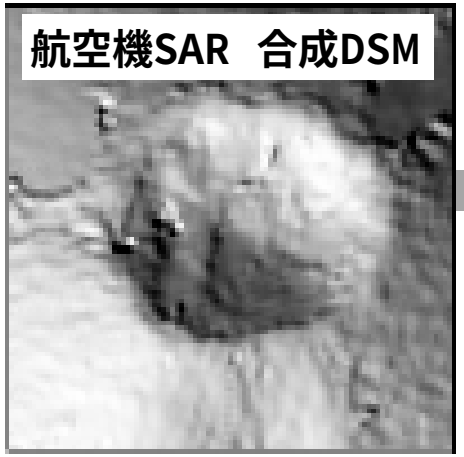
○ＳＡＲで得られる高さデータの精度検証

大室山のデータを使って、同じ場所の基盤地図情報（数値標高モデル）5mメッシュ（標高）と比較して高さ精度を調べました。

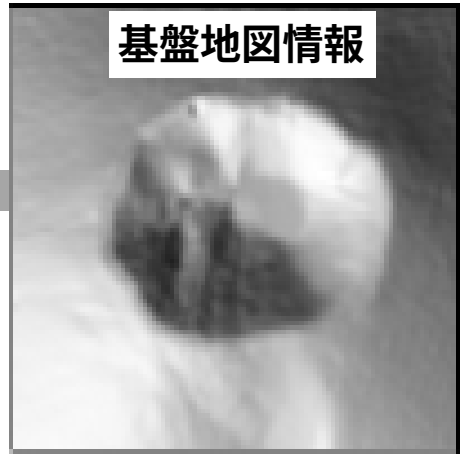
各コースDSM

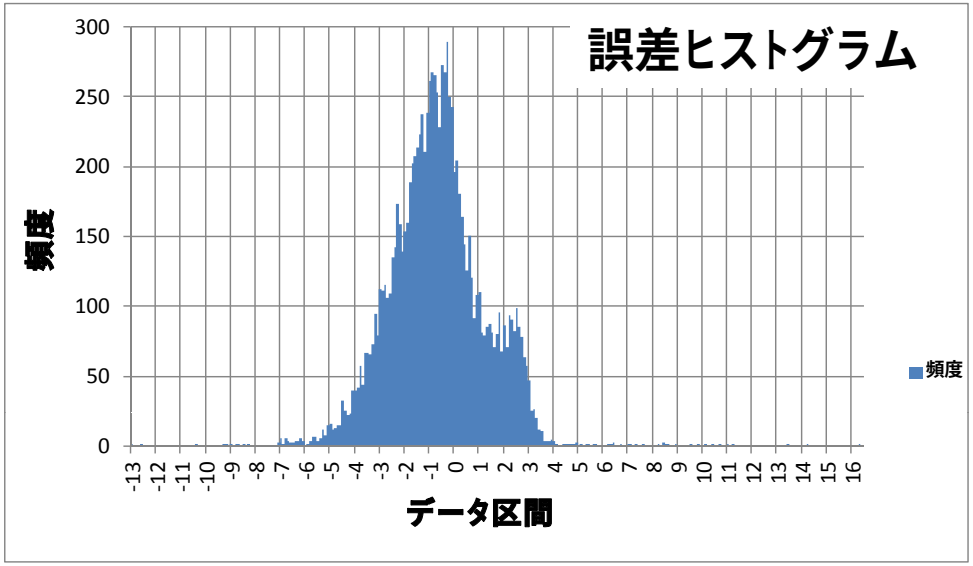


合成



差分抽出





検証結果

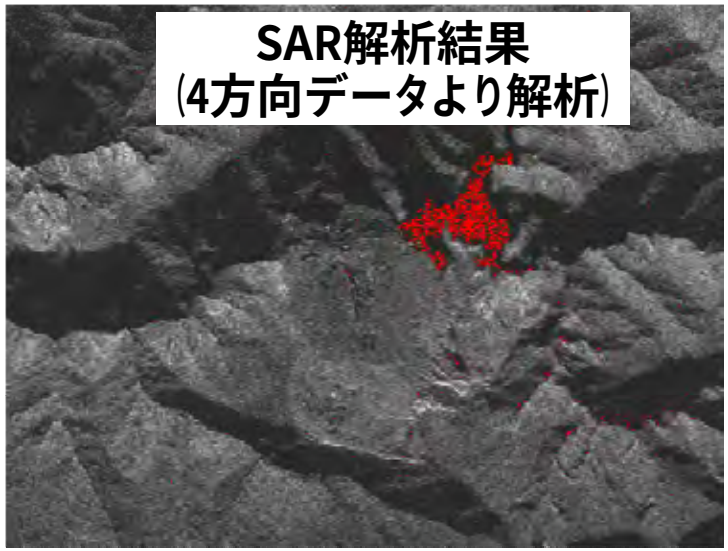
高さ誤差: RMSE　2.035m

誤差最大　16.278m

国土地理院

航空機ＳＡＲによる湛水域の観測

平成２３年台風12号による河道閉塞箇所
(奈良県十津川村栗平)



観測日	2012/07/04
観測方向	4方向
オフナディア角	55 °
飛行高度	約3,000m

国土地理院

航空機ＳＡＲの今後の活用

現在は火山活動時の地形観測に使用
→平成23年2月の霧島山（新燃岳）では、火口に溜まった噴出物の量を観測

↓

災害時における活用範囲を拡大する技術開発を実施
●山間部での湛水抽出（河道閉塞箇所の把握）

↓

将来的に
●夜間観測を可能にし、発災当日夜間の情報収集手段としての活用を模索

おわりに

新技術のトピックとしてMMSと航空機ＳＡＲを取り上げ、取り組みを紹介しました。

今後も測量に関する新技術に対して、活用に向けた調査研究を積極的に実施し、地図･測量事業の発展に貢献していきます。

ＭＭＳと航空機ＳＡＲに関する詳細をご覧になりたい場合は、国土地理院Webサイトに掲載している国土地理院時報第１２４集をご覧ください。

国土地理院時報１２４集のＵＲＬ

http://www.gsi.go.jp/REPORT/JIHO/vol124-main.html