



# 航空機搭載合成開口レーダに ついて

2015/3/24



独立行政法人 情報通信研究機構  
浦塚清峰

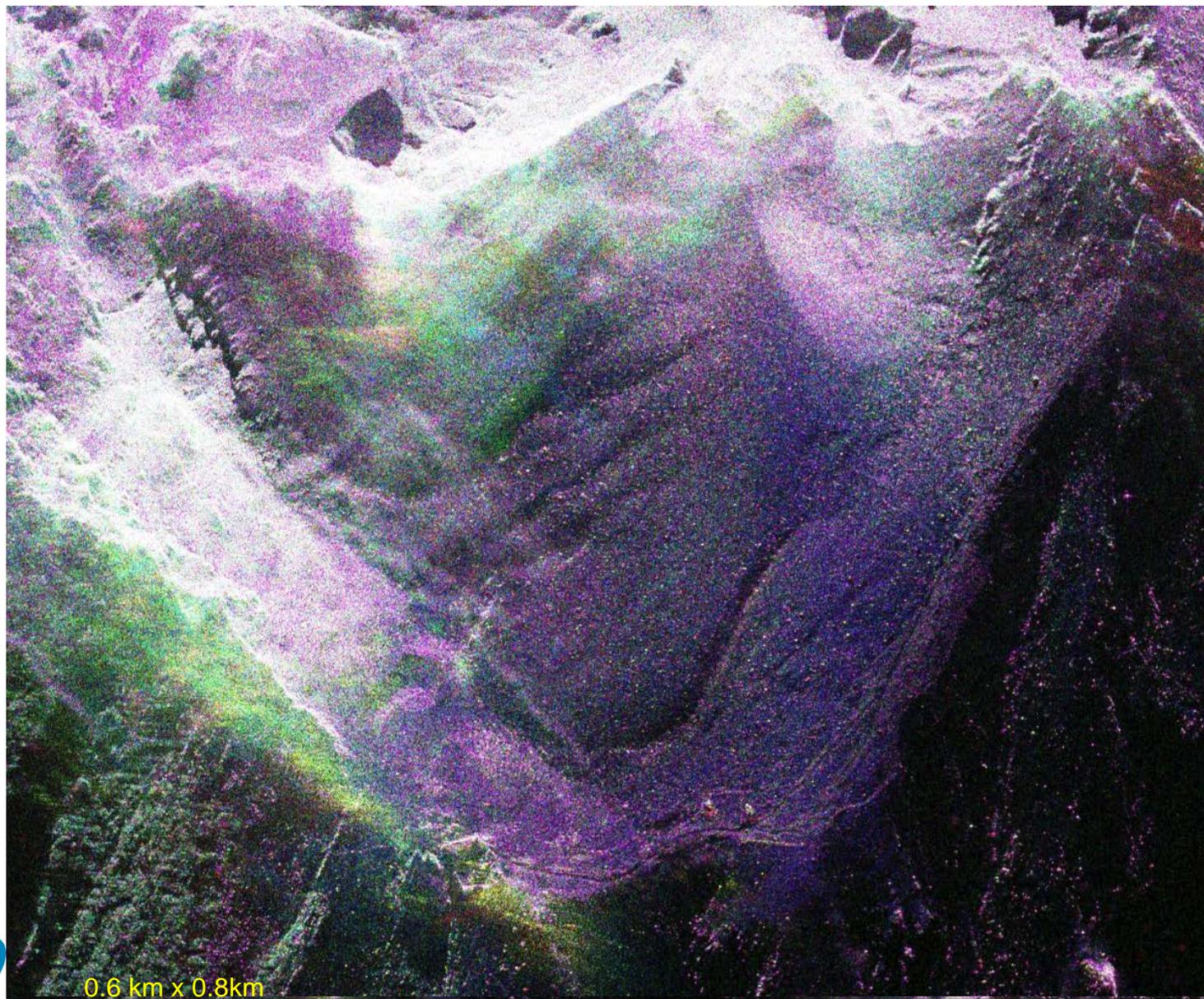
# 御嶽山噴火(2014/9/27~)



Image © 2014 DigitalGlobe

09月28日 11:06

Google earth 地理院撮影



## SARの特徴

### ➤ 一見航空写真

直下でなく斜め横を観測

### ➤ 全天候

雲・雨・噴煙を透過

### ➤ 夜でも昼でも

### ➤ 高高度からも高分解能

### ➤ 広域の観測幅

### ➤ 立体視(インターフェロメトリ)

### ➤ 偏波を使った詳細な識別 (ポラリメトリ)

## NICT開発の航空機SAR

(Pi-SAR:1998-2005)

(Pi-SAR2: 2008- )

➤ 1.5m → 30cm

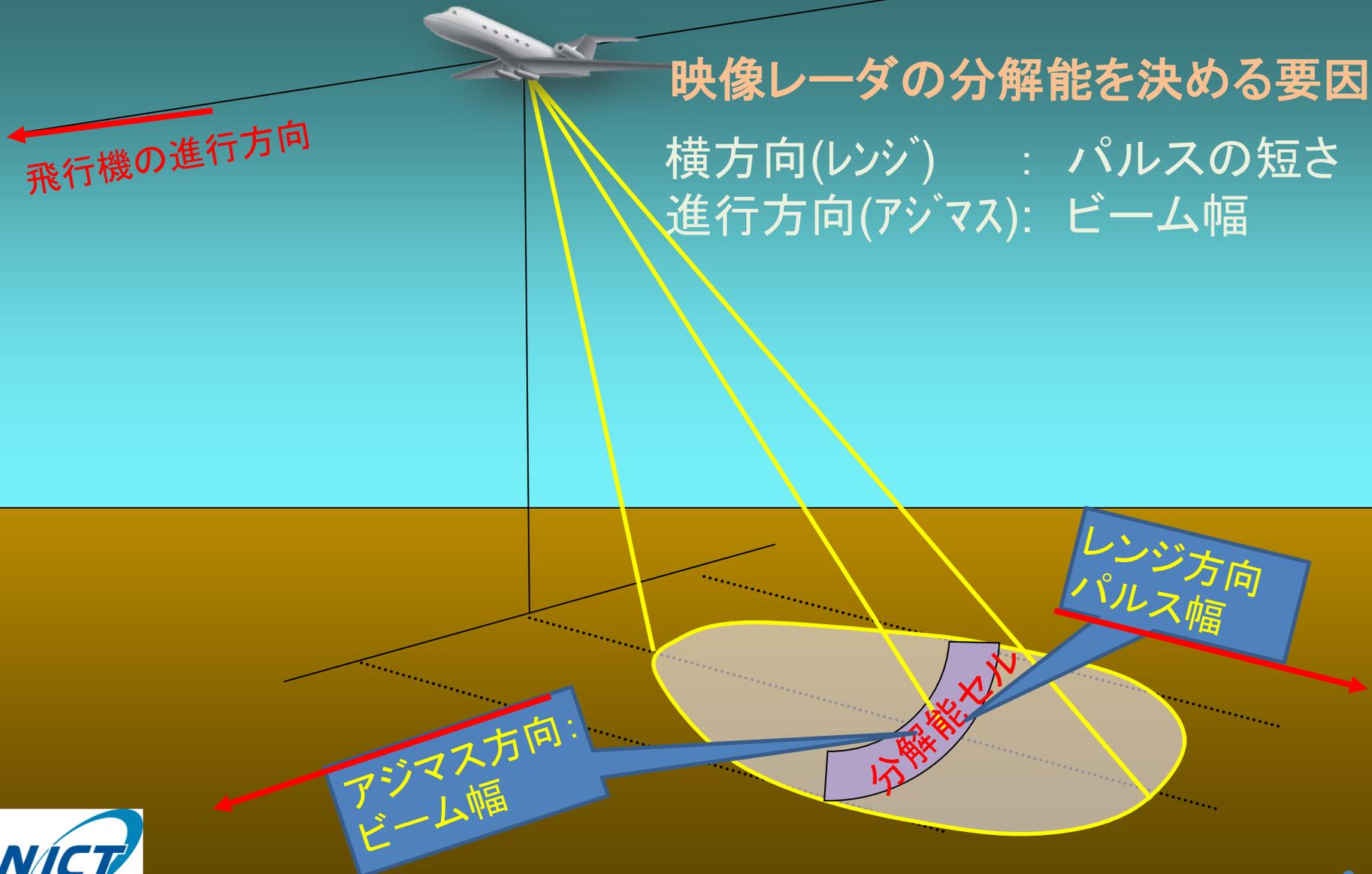
➤ 5~10km

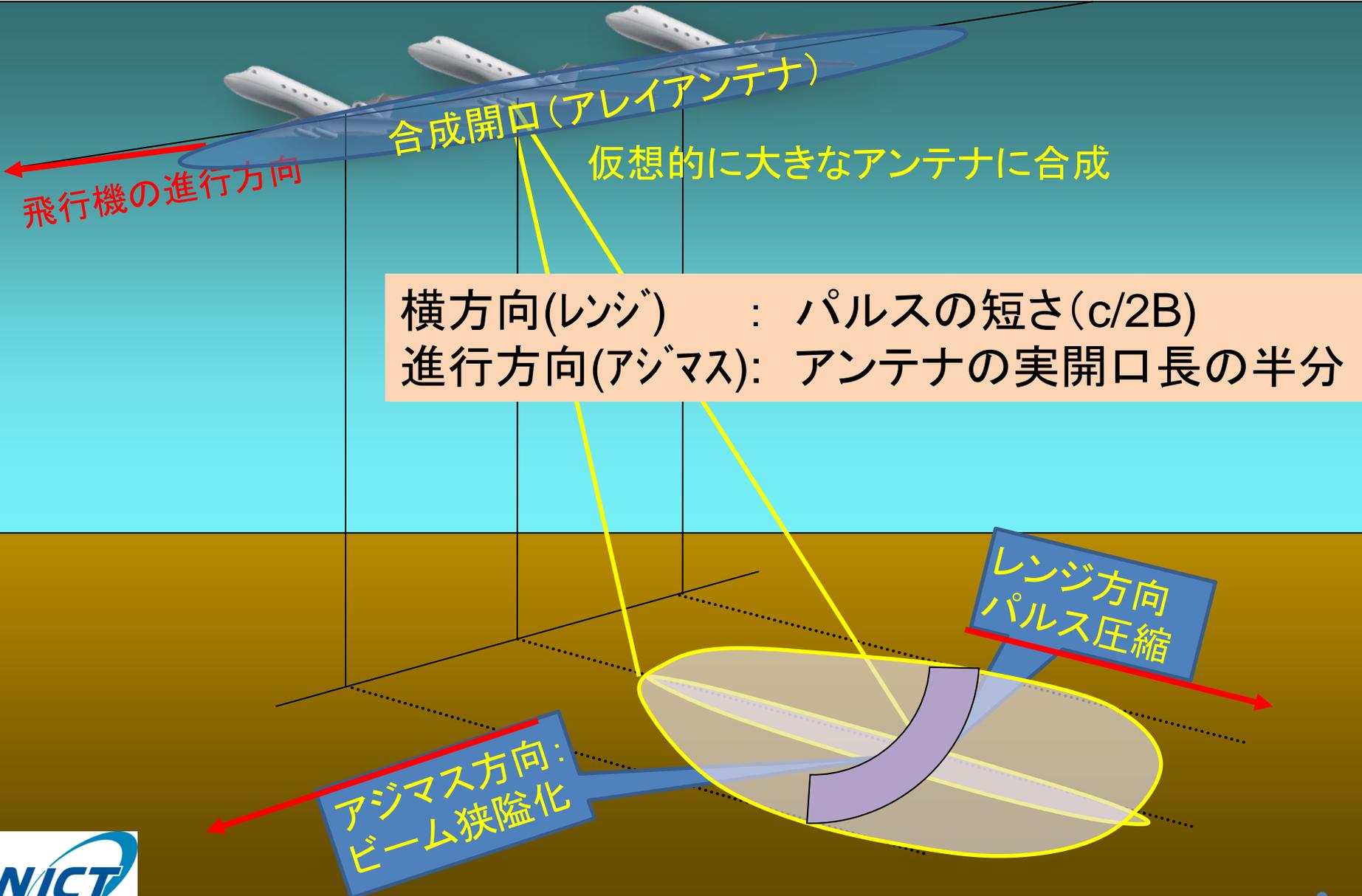
➤ 2つのアンテナ:2m以下の高さ精度

➤ 疑似カラー画像

➤ 迅速な観測性(航空機)

➤ 迅速な処理とデータ提供  
(リアルタイム)

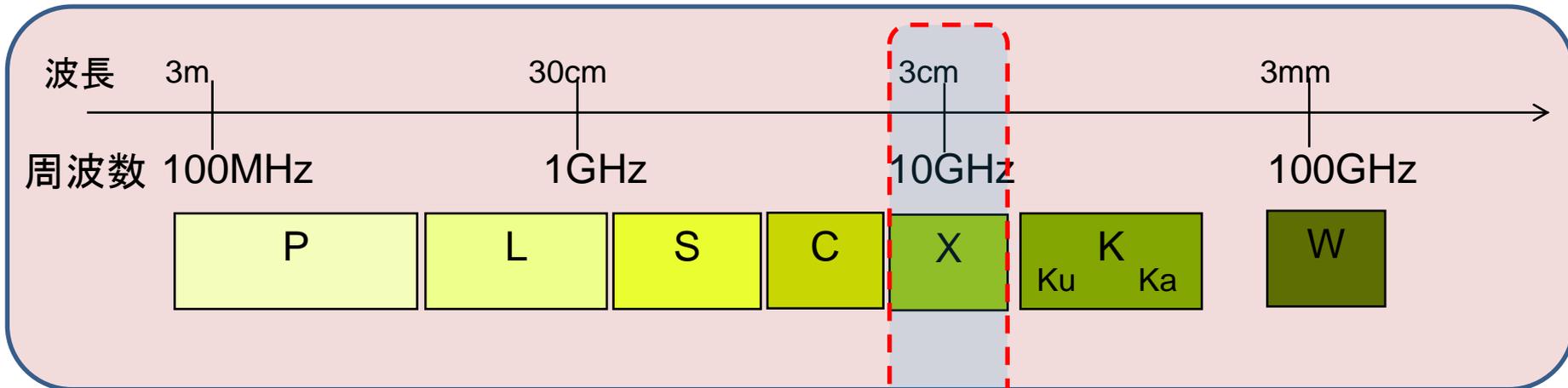




# 航空機だからできること

|                | 航空機SAR                 | 衛星SAR                     |
|----------------|------------------------|---------------------------|
| 分解能            | 30cm~2m                | 1m~10m                    |
| 観測領域<br>(観測幅)  | リージョナル(国内)<br>5km~10km | グローバル<br>10km~100km       |
| 観測(プラットフォーム)高度 | 3km~12km               | 400km~800km               |
| 観測機会・          | 即時・毎日                  | 回帰周期による<br>数日の遅れの可能性      |
| データの即時性        | リアルタイムに画像を提供           | 衛星からのダウンリンク以降に処理          |
| 入射角            | 自由に選べる                 | 軌道の条件により決まる               |
| 観測(電波照射)方向     | 自由に選べる                 | 基本的にほぼ東西                  |
| 軌道の安定度         | 大気の状態に左右               | 安定な軌道                     |
| ポラリメトリ         | 実現済み                   | アンテナ設計/データ容量のため<br>試験的    |
| インターフェロメトリ     | 常時可能<br>ただしリピートパスは困難   | シングルパスは困難<br>リピートパス・差分に有利 |

# なぜX(9GHz)帯か



有利 ← 受けにくい 大気や気象の影響 受けやすい →

植生を透過しやすい 判読性 光学写真に近い

広帯域(高分解能)の実現性 有利

Pi-SAR2: 9.55GHz±250MHz  
→30cmの分解能

## PI-SARによる2004年新潟県 中越地震の観測

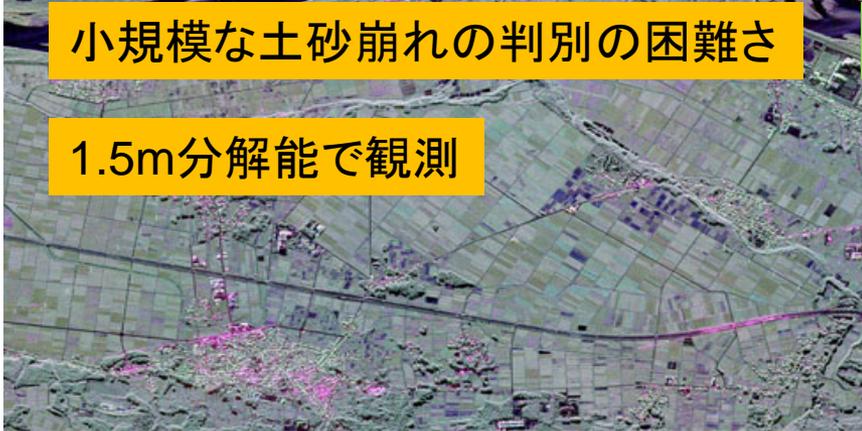


小規模な土砂崩れの判別の困難さ

復旧のための土砂量計測の目安は0.5m

1.5m分解能で観測

0.25~0.3m程度の分解能が必要



# 高分解能の有効性



北海道苫小牧の森林  
通常は分解能の高さを必要としない  
と想定されるような大規模な森林域  
でも

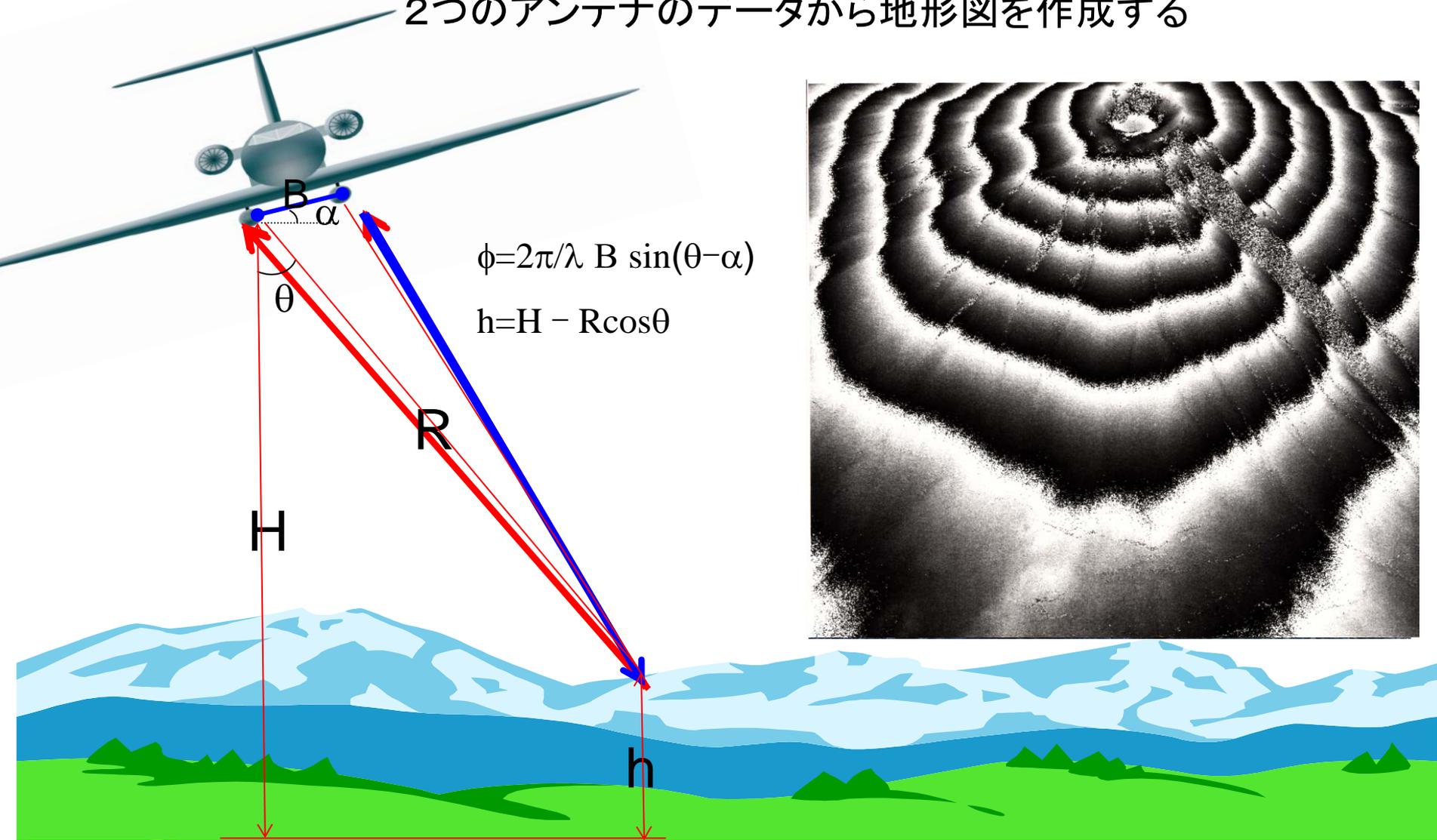


Pi-SAR: 3km x 3km  
1.5m分解能  
2008/10  
RGB: HH, HV, VV

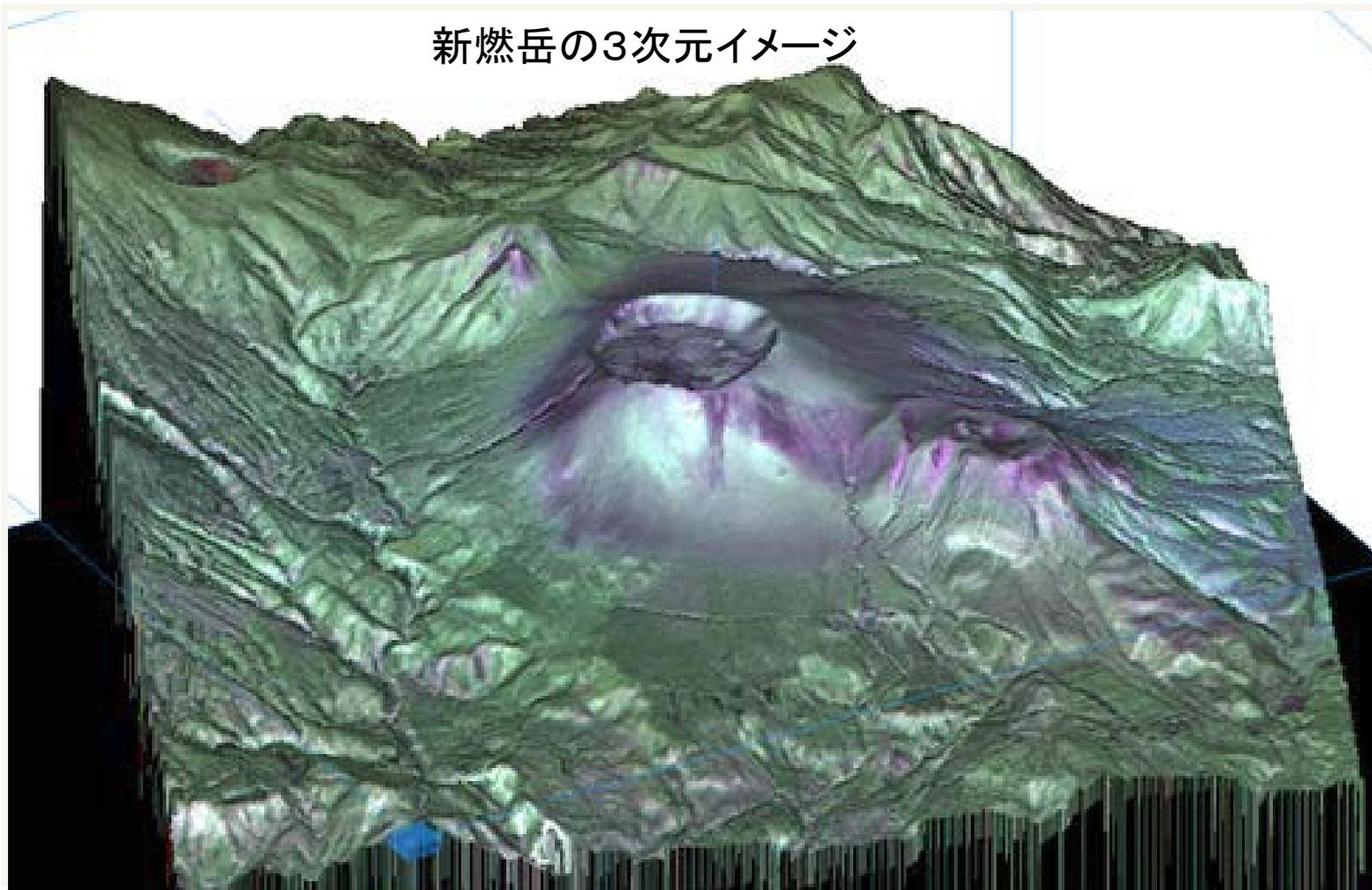


Pi-SAR2: 2km x 2km  
30cm分解能  
2008/12  
RGB: HH, HV, VV

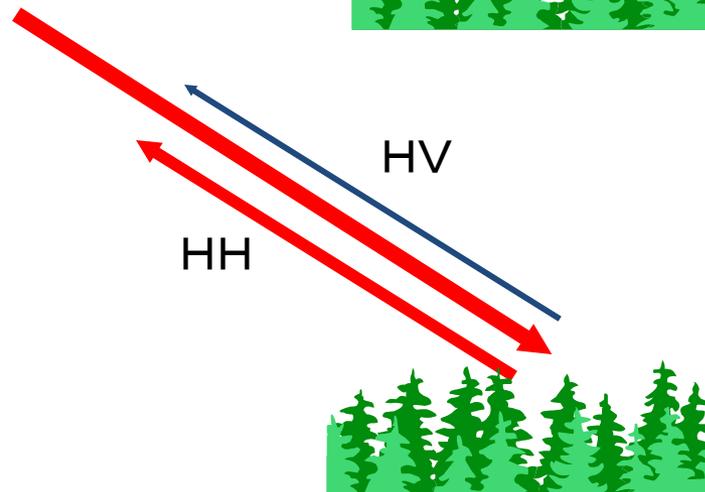
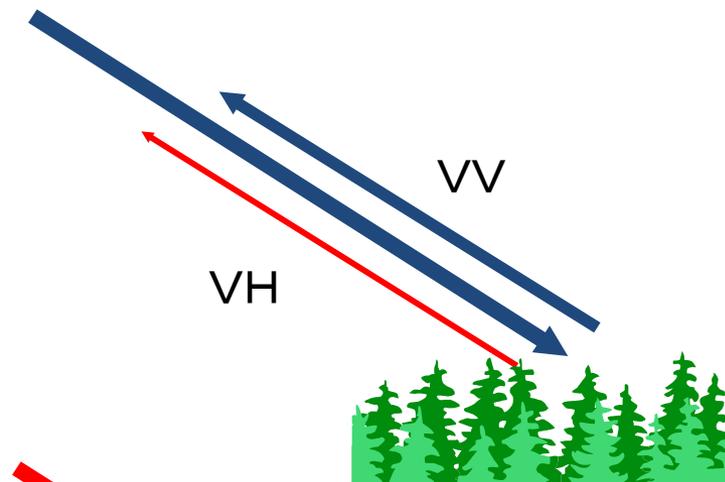
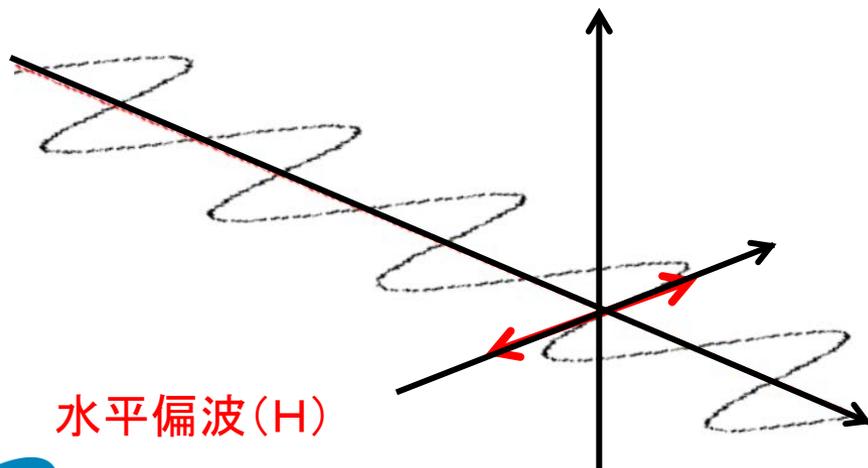
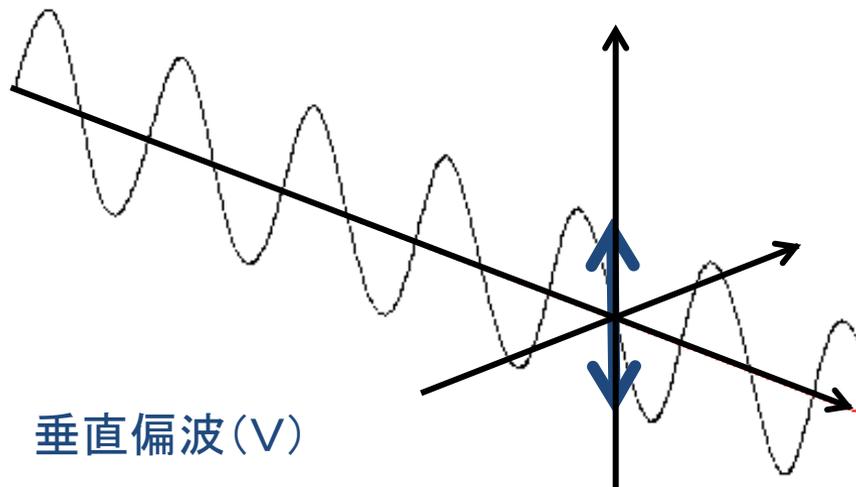
2つのアンテナのデータから地形図を作成する



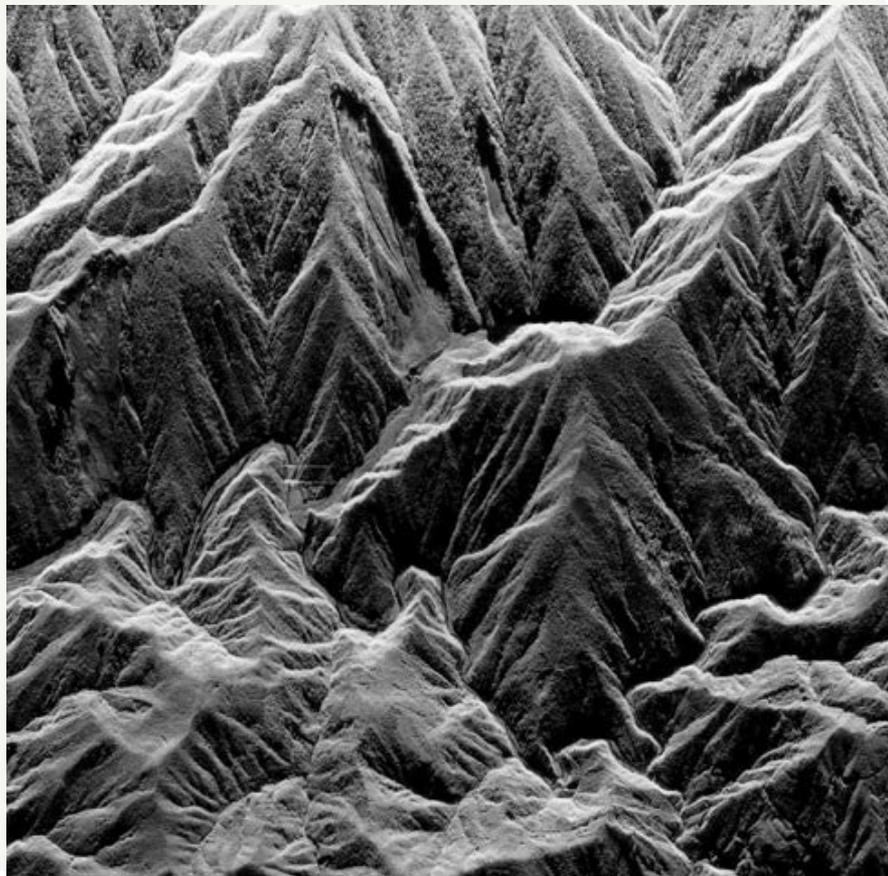
新燃岳の3次元イメージ



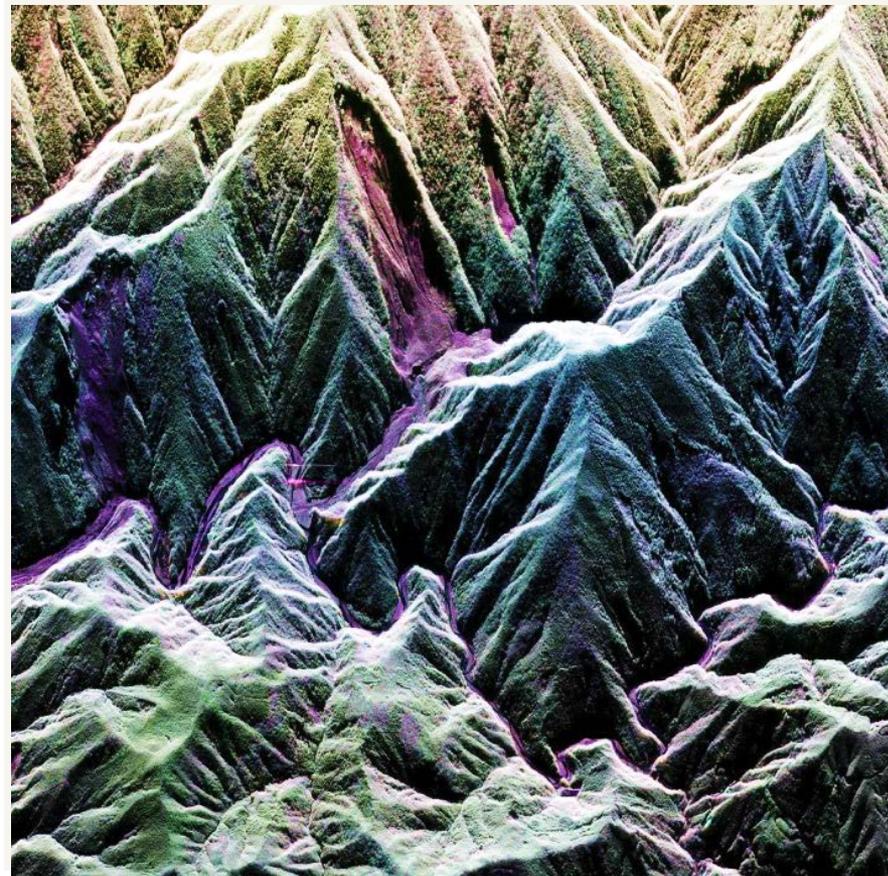
# ポラリメトリ: 偏波の応答性の違いを利用して識別



単偏波(VV)画像



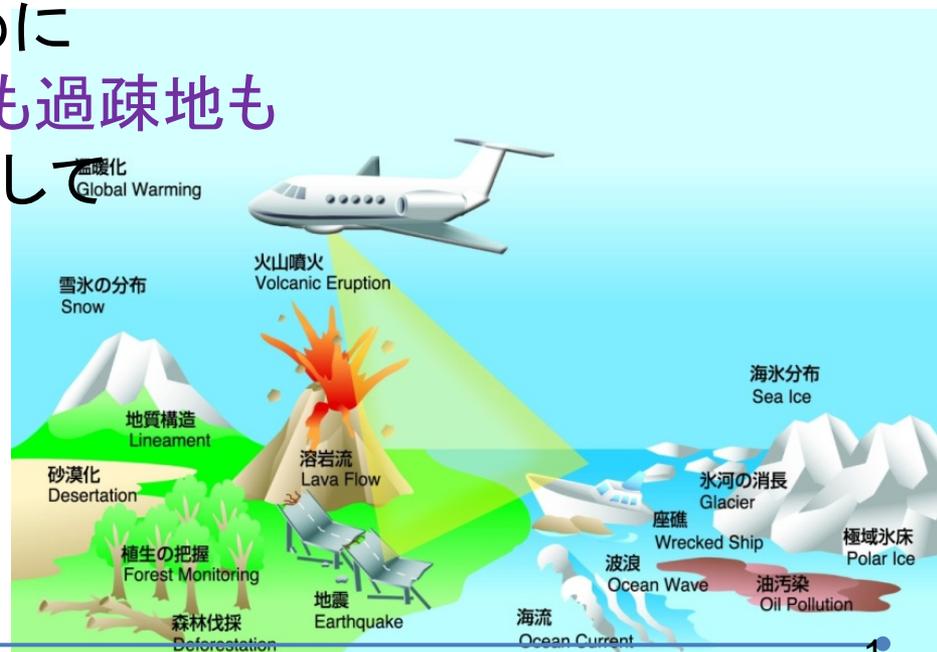
3偏波カラー合成画像



→Pi-SAR2は機上でも画像をカラー化

## Pi-SAR2同等(X帯,30cm分解能)航空機SARを想定して

1. 災害時の状況把握および減災のために  
地震・火山・風水害時の状況、河川等の管理
2. 環境の広範囲な計測に  
森林・植生の広域な把握、海洋汚染、温暖化の影響の把握
3. 農業・水産業のために  
作物の生育状況(小規模の農場も)、海洋状況の広域把握
4. 地理情報の迅速な更新のために  
写真測量の迅速化、都市部も過疎地も
5. 安全保障ニーズの基盤技術として



1. 航空機SARであることの有用性
  - 観測のフレキシビリティ、リアルタイム性
  - 高次機能(インタフェロ、ポラリメトリ)を標準的に装備可能
2. X帯
  - 判読性と高分解能(広帯域)の実現
3. 30cm級の高分解能性
  - 災害時の必要性、小規模の目標への有用性
4. さまざまなニーズ
  - 判読性の良さと、高分解能性、高次機能を同時に利用
  - 災害時(緊急時)以外にもニーズがある
5. 実現性と実用化
  - Pi-SAR2で機能・性能等の技術実証済み
  - 準リアルタイムの伝送(衛星経由, ミリ波による直接伝送)
  - 伝送も含め災害時の有効性もPi-SAR2が実証
  - プラットフォームを選ばない小型化も進捗(総務省殿H24-26)

|          | R-SLAR (SLAR-1)   | SLAR-2    | Pi-SAR  | PiSAR2  |
|----------|---|-----------|---|---|
| 開発・運用    | 1984-1986   | 1987-1994 | 1993-2006   | 2006-現在   |
| 分解能      | 約30m<br>(高度2000m時)  |           | 1.5m<br>(高度によらず)  | 30cm/50cm/1m<br>(高度によらず)  |
| 観測幅      | 約20km以上   |           | 10km以上  | 7km以上   |
| 方式       | 実開口レーダ  |           | 合成開口レーダ(SAR)  |   |
| 中心周波数    | 9.53GHz   |           | 9.55GHz   | 9.55/9.65MHz  |
| 周波数帯域幅   | 10MHz   |           | 100MHz  | 500/300/150MHz  |
| 送信電力     | 70kW  |           | 8kW   | 8kW   |
| プラットフォーム | 双発プロペラ機<br>Fairchild Swearingen Merlin-IV-A   |           | 双発ジェット機<br>Gulfstream-II  |   |
| 最大観測高度   | 約5000m  |           | 約13,000m  |   |
| 付加機能     |   | H偏波追加     | ポラリメトリ/インターフェロメトリ<br>準リアルタイム伝送  |   |
| 外観       |  |           |  |  |

|                     |                          | 数cm | 数10cm       | 数m         | 数10m                       |
|---------------------|--------------------------|-----|-------------|------------|----------------------------|
| 推定<br>・<br>計測<br>手法 | 形状判読                     |     | ← Pi-SAR2 → | ← Pi-SAR → |                            |
|                     | 画像マッチングによる変位量推定          |     |             | ← Pi-SAR → |                            |
|                     |                          |     |             |            | ← ALOS2 →<br>← TeraSAR-X → |
|                     | 干渉SARによるDEMの比較           |     |             | ← Pi-SAR → | ← Pi-SAR2 →                |
| 差分干渉SARによる変位量推定     | ← ALOS2 →<br>← TeraSAR → |     |             |            |                            |

|                   | 高分解能           | インターフェロメトリ         | ポラリメトリ       | その他              |
|-------------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|
| 地殻変動<br>(ゆっくりとした) | -              | -                  | -            | 植生・積雪被覆により長波長が有効 |
| 地震前後の変動           | 地上事物(形状)       | 隆起/沈降              | 地上事物<br>土砂崩壊 | 植生・積雪被覆の影響       |
| 火山                | 火口内外の詳細な形状     | 隆起/沈降<br>火山灰堆積量    | 火山灰堆積領域      |                  |
| 森林・植生             | 樹種・密接度         | 樹高                 | 樹種・密接度       | 多波長が有効           |
| 土壌                | テクスチャー         | -                  | 含水率          |                  |
| 積雪                | 雪崩危険性?         | 積雪深                | 含水量          | 含水量の影響           |
| 雪溪・氷河・氷床          | 流動速度           | 氷域消長               | 内部構造         |                  |
| 海洋                | 波浪スペクトル        | 波高<br>海流(アロングトラック) | -            |                  |
| 海氷                | 密接度<br>氷盤形状・寸法 | -                  | 海氷分類<br>(氷厚) | 広域性、全天候性         |