



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

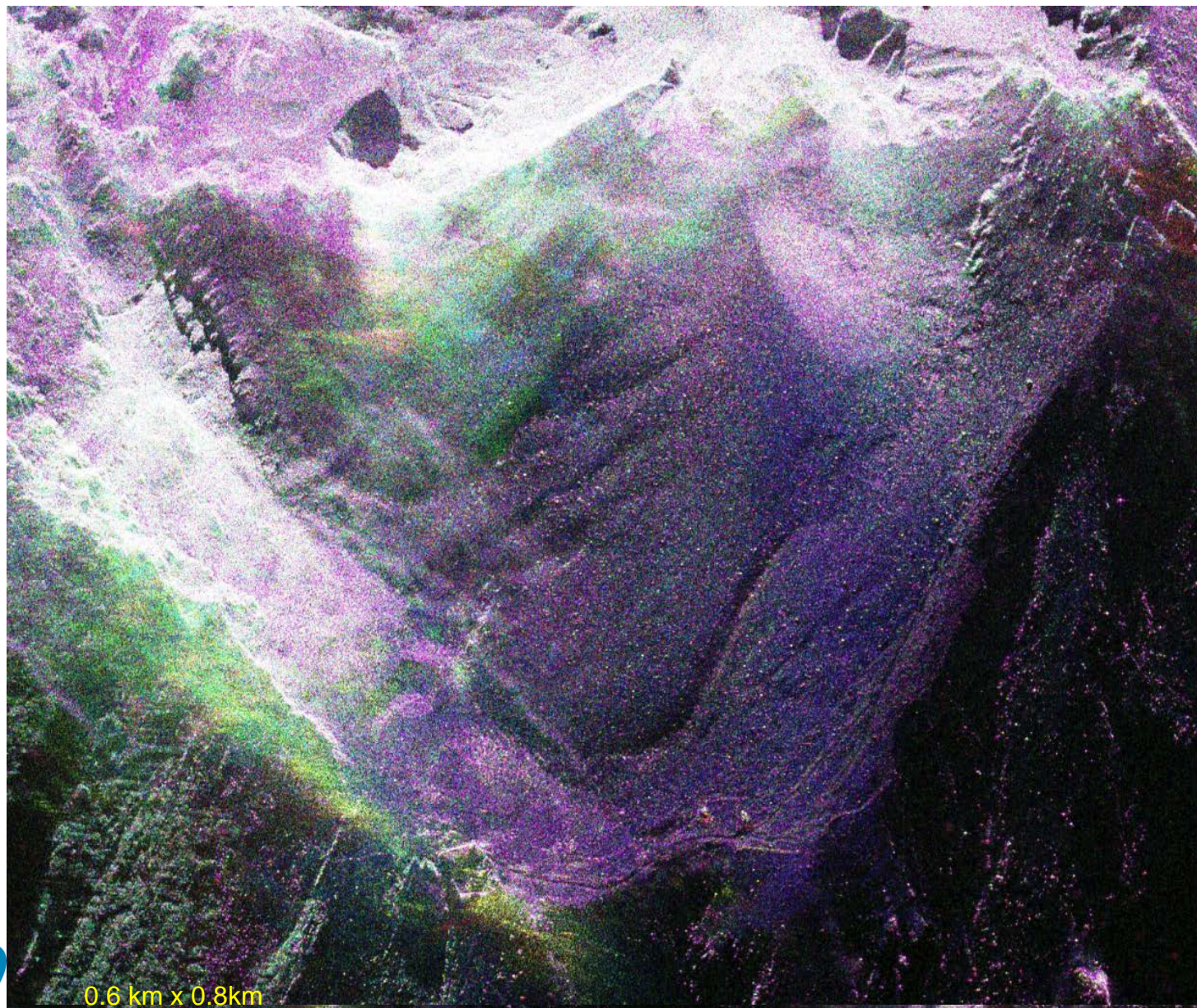
御嶽山噴火(2014/9/27~)



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

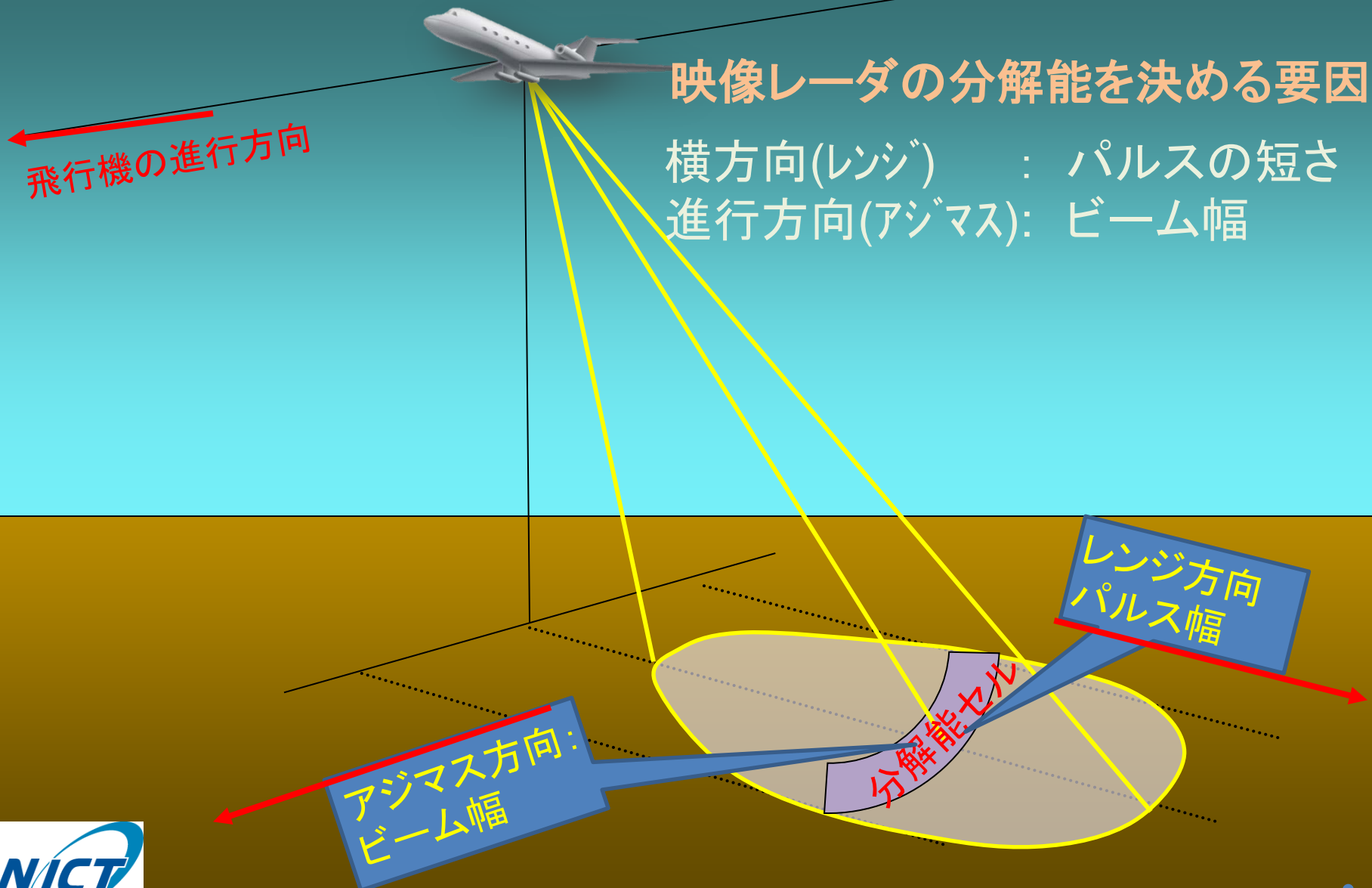
➤ 5~10km

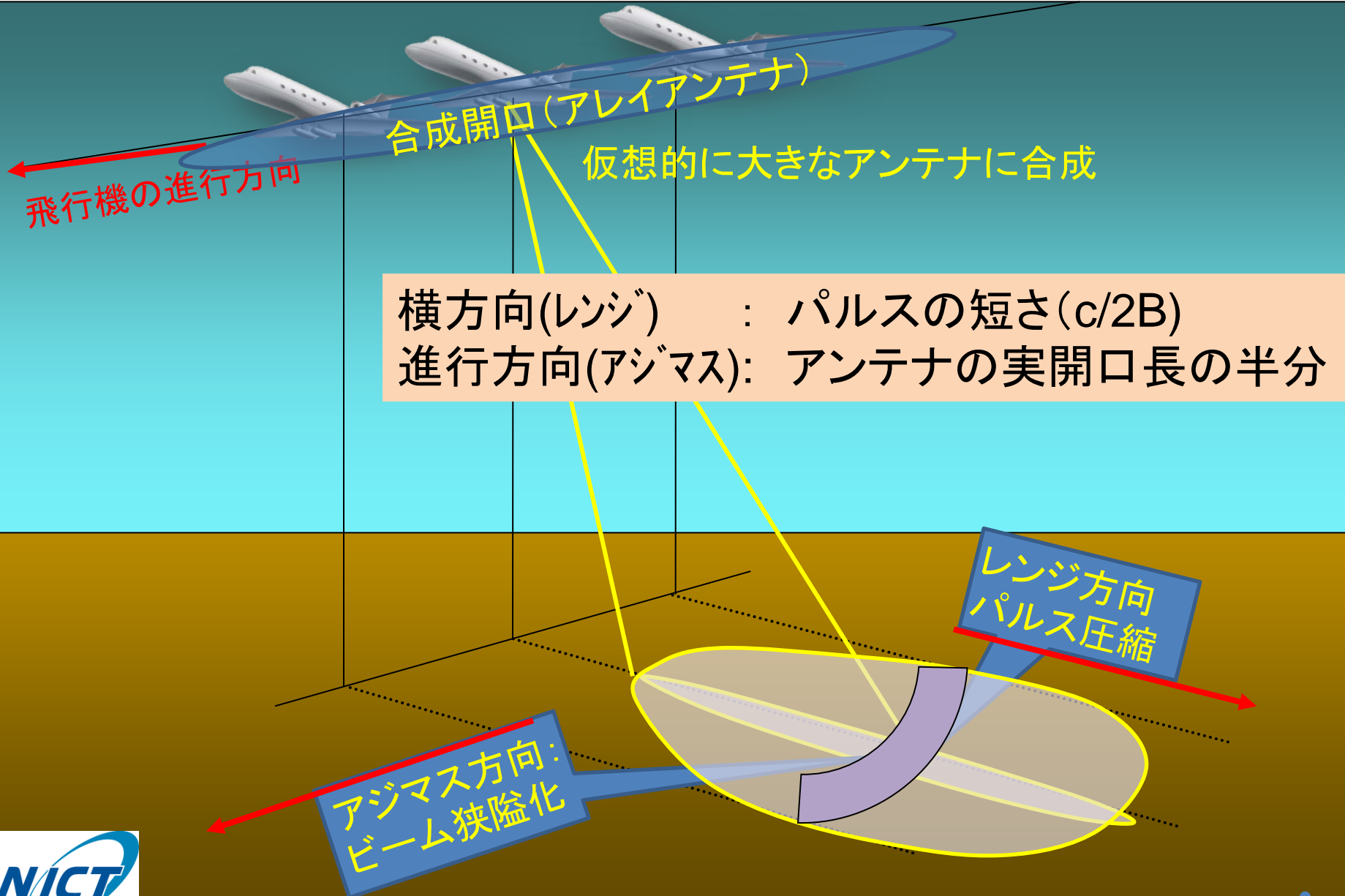
➤ 2つのアンテナ:2m以下の高さ精度

➤ 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)

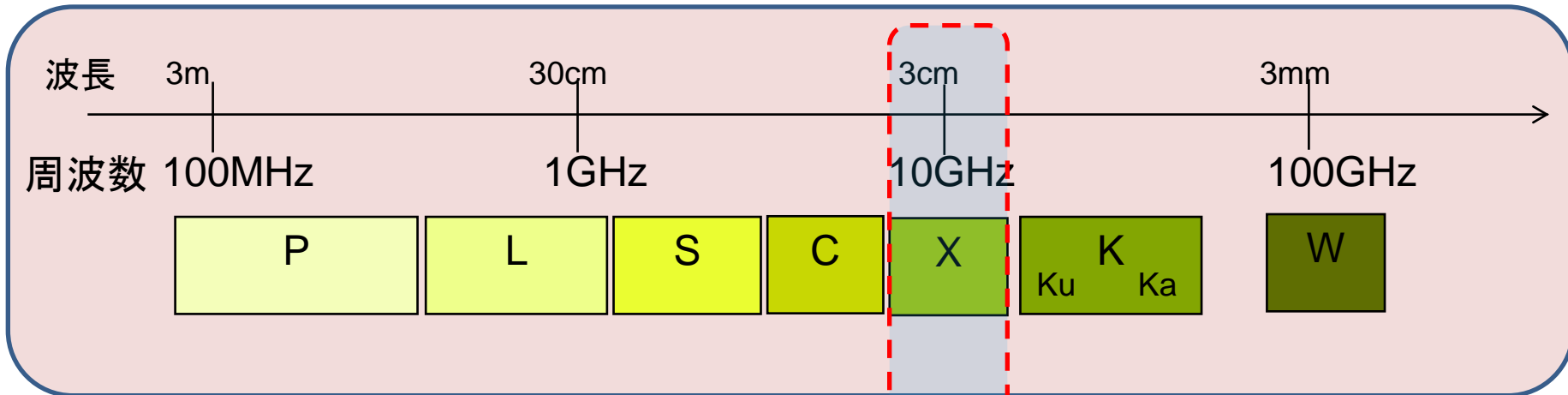




航空機だからできること

	航空機SAR	衛星SAR
分解能	30cm~2m	1m~10m
観測領域 (観測幅)	リージョナル(国内) 5km~10km	グローバル 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 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 試験的
インターフェロメトリ	常時可能 ただしリピートパスは困難	シングルパスは困難 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

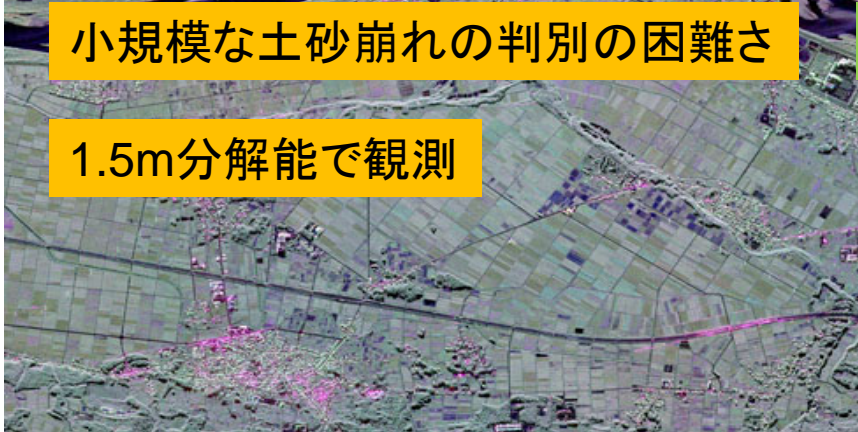


小規模な土砂崩れの判別の困難さ

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

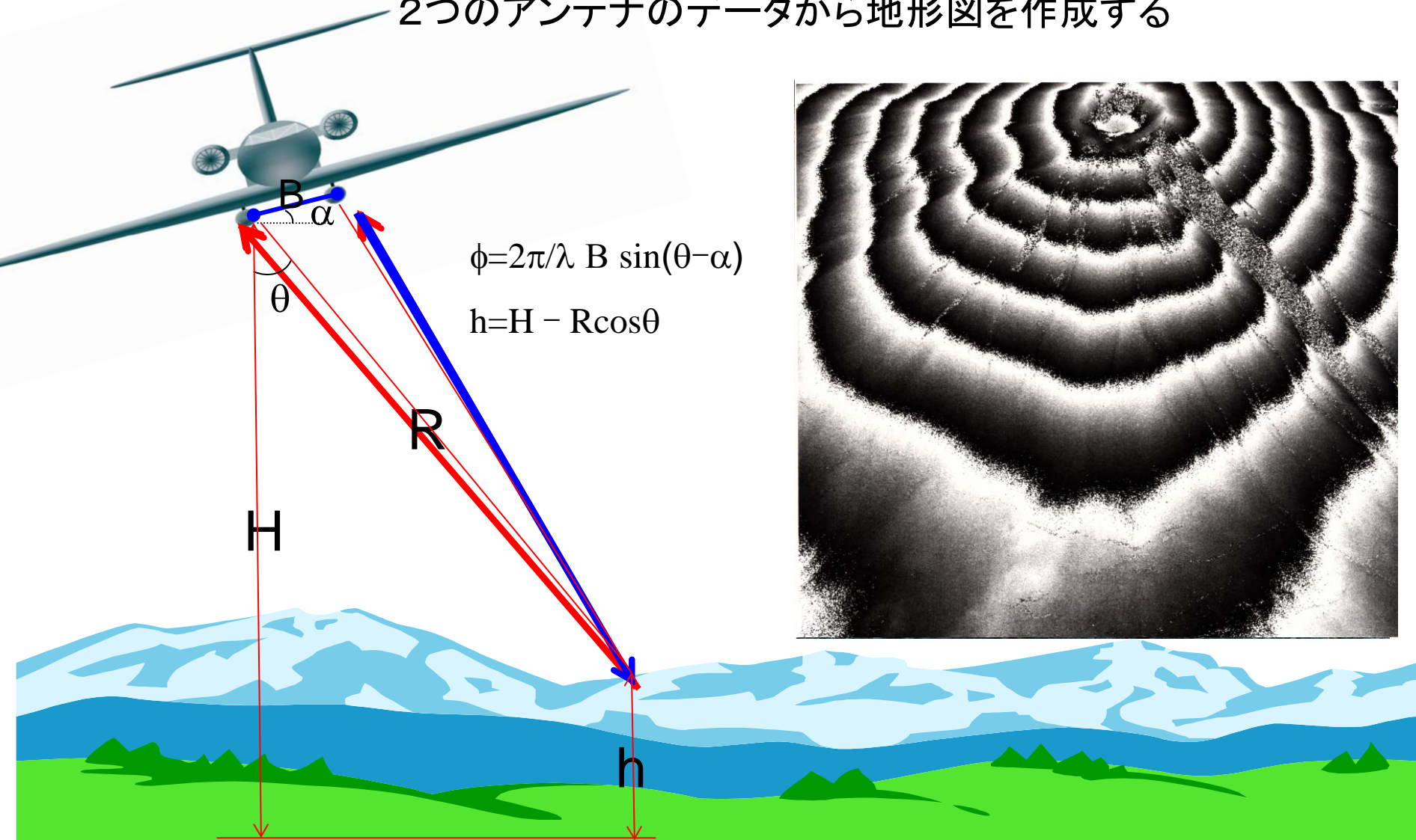


Pi-SAR: 3km x 3km
1.5m分解能
2008/10
RGB: HH, HV, VV

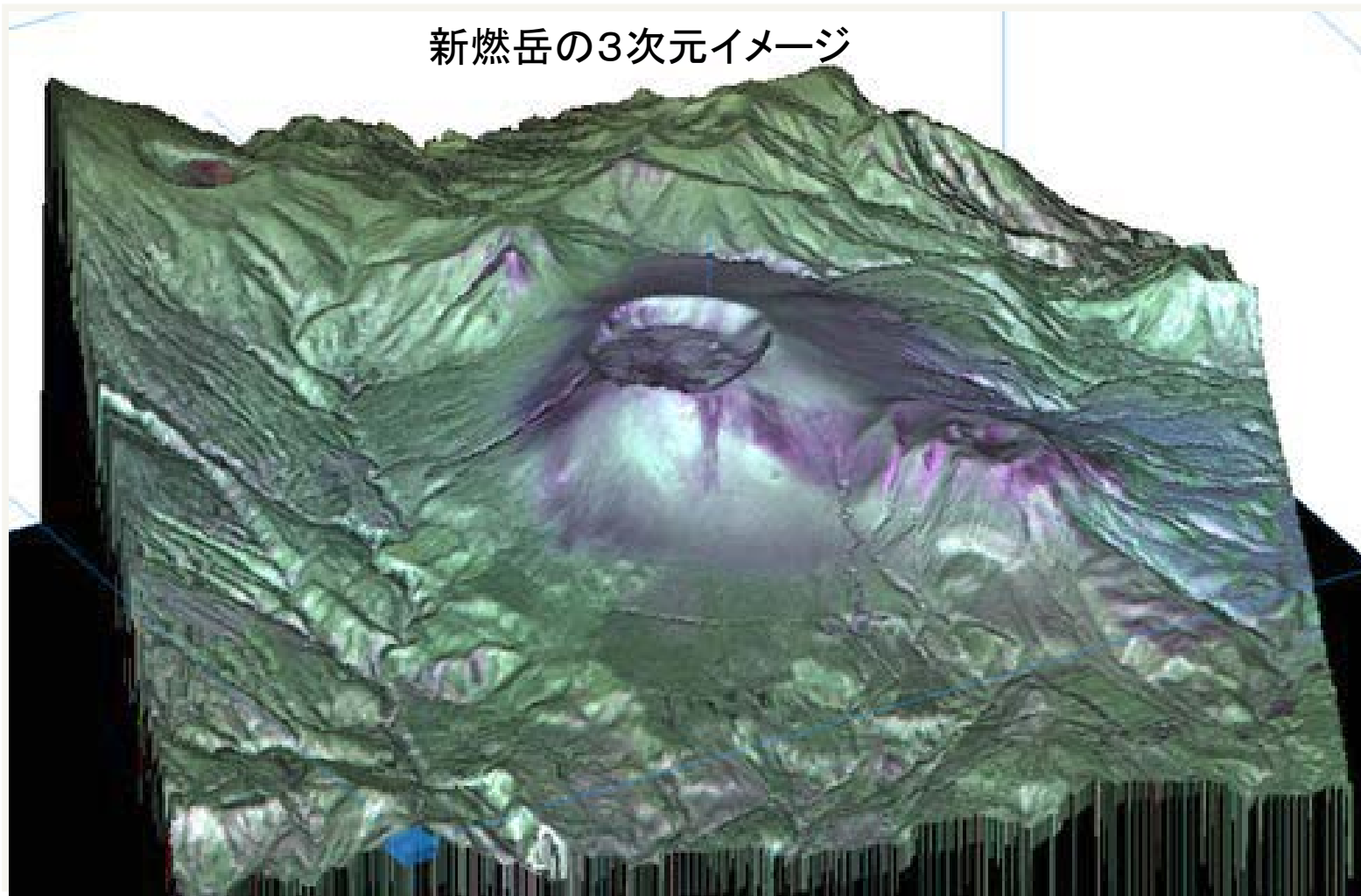


Pi-SAR2: 2km x 2km
30cm分解能
2008/12
RGB: HH, HV, VV

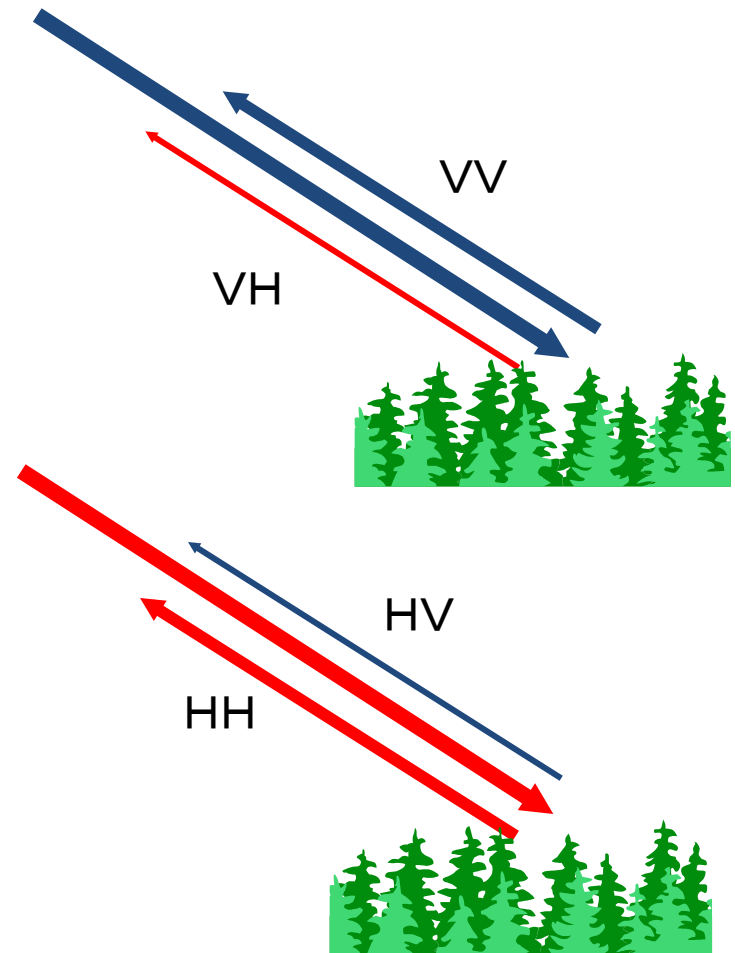
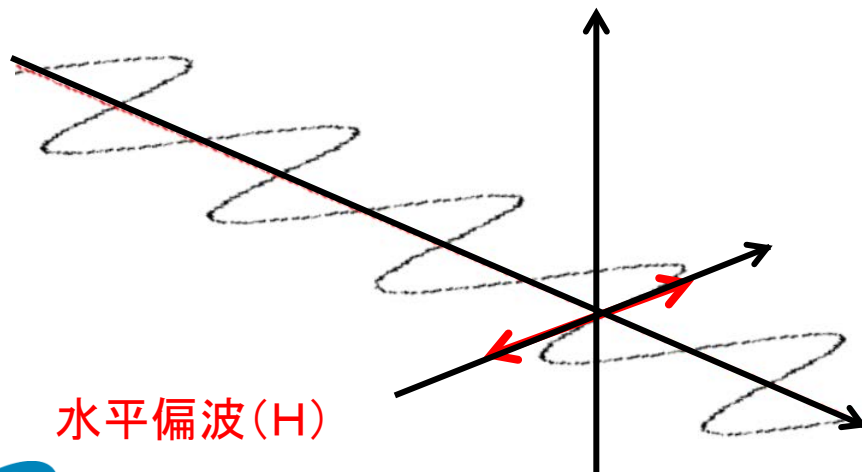
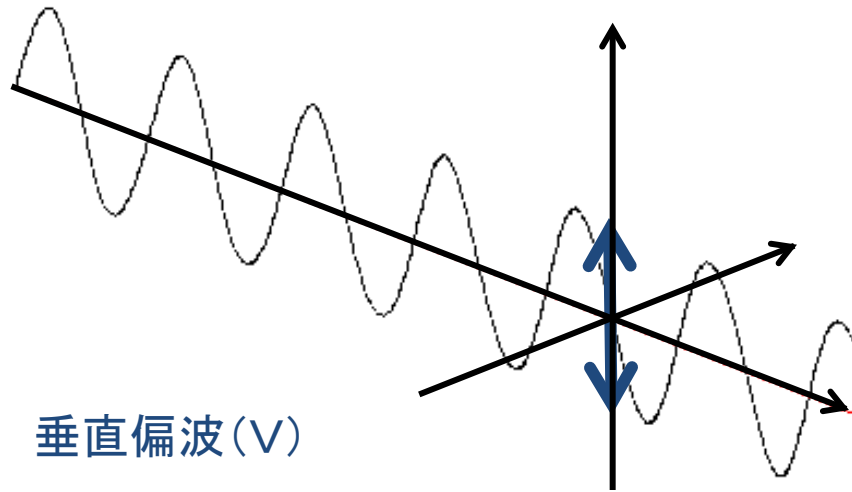
2つのアンテナのデータから地形図を作成する



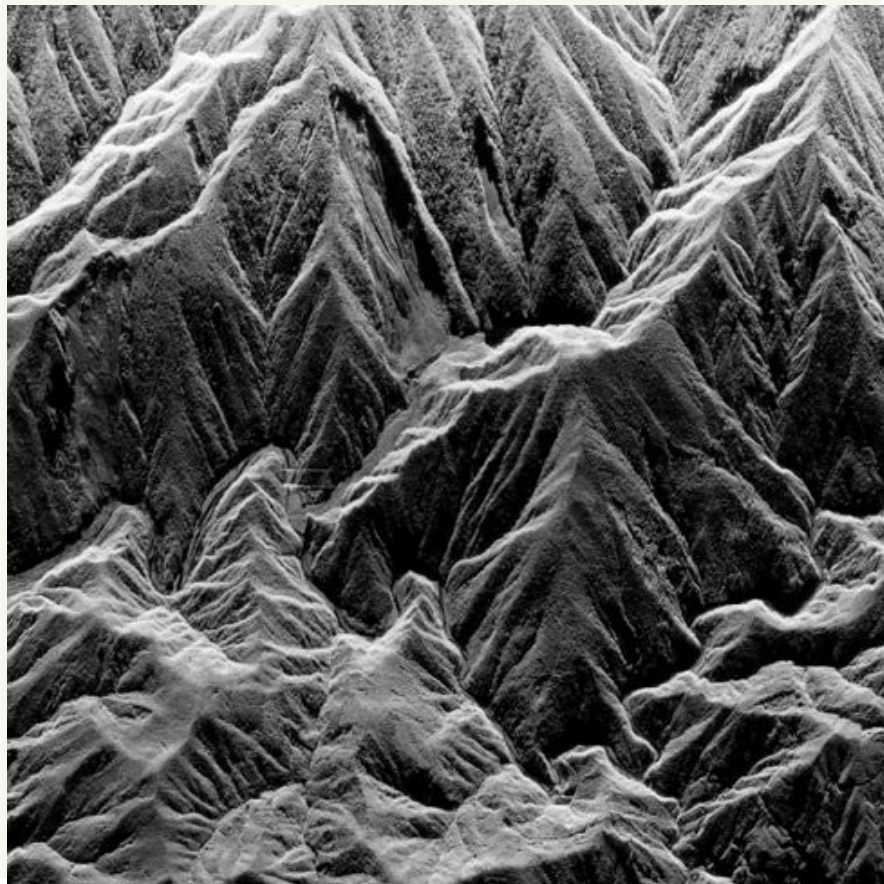
新燃岳の3次元イメージ



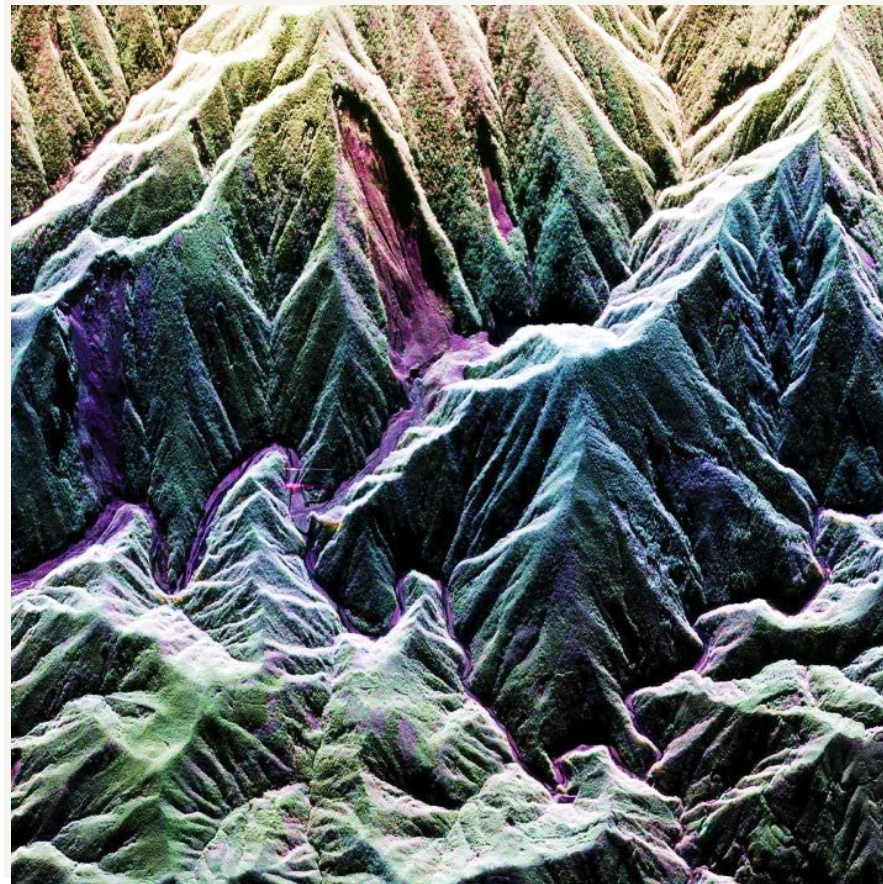
ポラリメトリ: 偏波の応答性の違いを利用して識別



単偏波(VV)画像



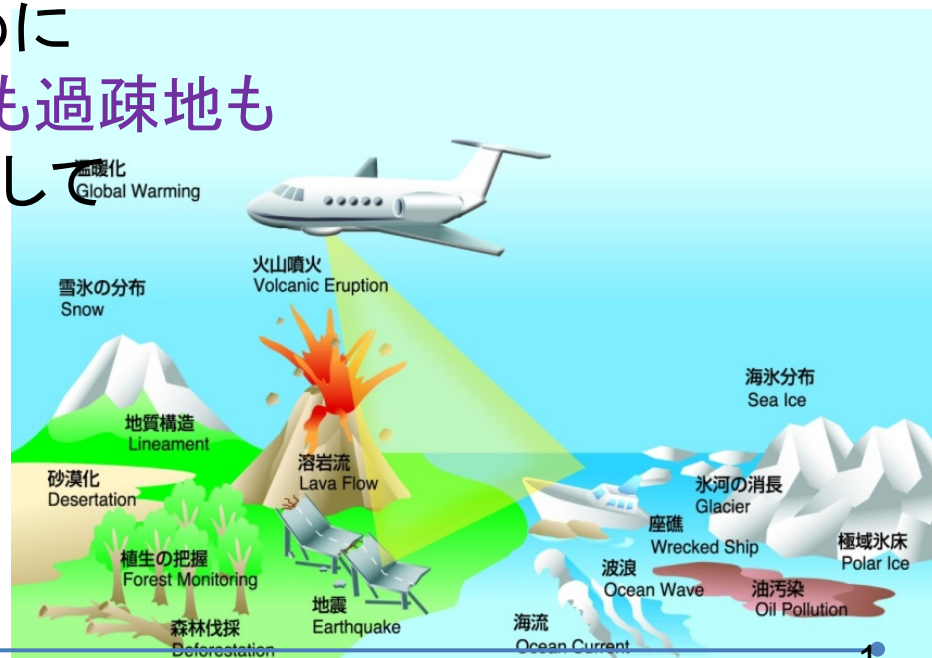
3偏波カラー合成画像



→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 (高度2000m時)		1.5m (高度によらず)	30cm/50cm/1m (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 Fairchild Swearingen Merlin-IV-A		双発ジェット機 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 準リアルタイム伝送	
外観				

		数cm	数10cm	数m	数10m
推定 ・ 計測 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			← ALOS2 →	
					← TeraSAR-X →
	干渉SARによるDEMの比較			← Pi-SAR2 →	← Pi-SAR →
				← ALOS2 →	
				← TeraSAR-X →	
差分干渉SARによる変位量推定	← ALOS2 →				
	← 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 (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 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 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
雪渓・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 海流(アロングトラック)	-	
海氷	密接度 氷盤形状・寸法	-	海氷分類 (氷厚)	広域性、全天候性