

ALOS-2を使った、植生地域における InSAR モニタリングの運用

「変動をモニタリングし、危険を低減」

2019年3月11日

何故 InSAR なのか？

ブルマジーニョ尾鉱ダム決壊事故 ブラジル・ミナスジェライス州

2019年…

- 1,200万m³ の尾鉱が流出
- 177名が死亡、133名が行方不明
- 300km に及ぶ河川の汚染
- 190億ドル(2兆1千億円)の企業価値が毀損



ビンガム郡鉱山 米国ユタ州

2013年4月…

- 25億立方フィート
(7,000万km³)の土
砂と岩石が流出
- 北米史上最大級の
地すべり

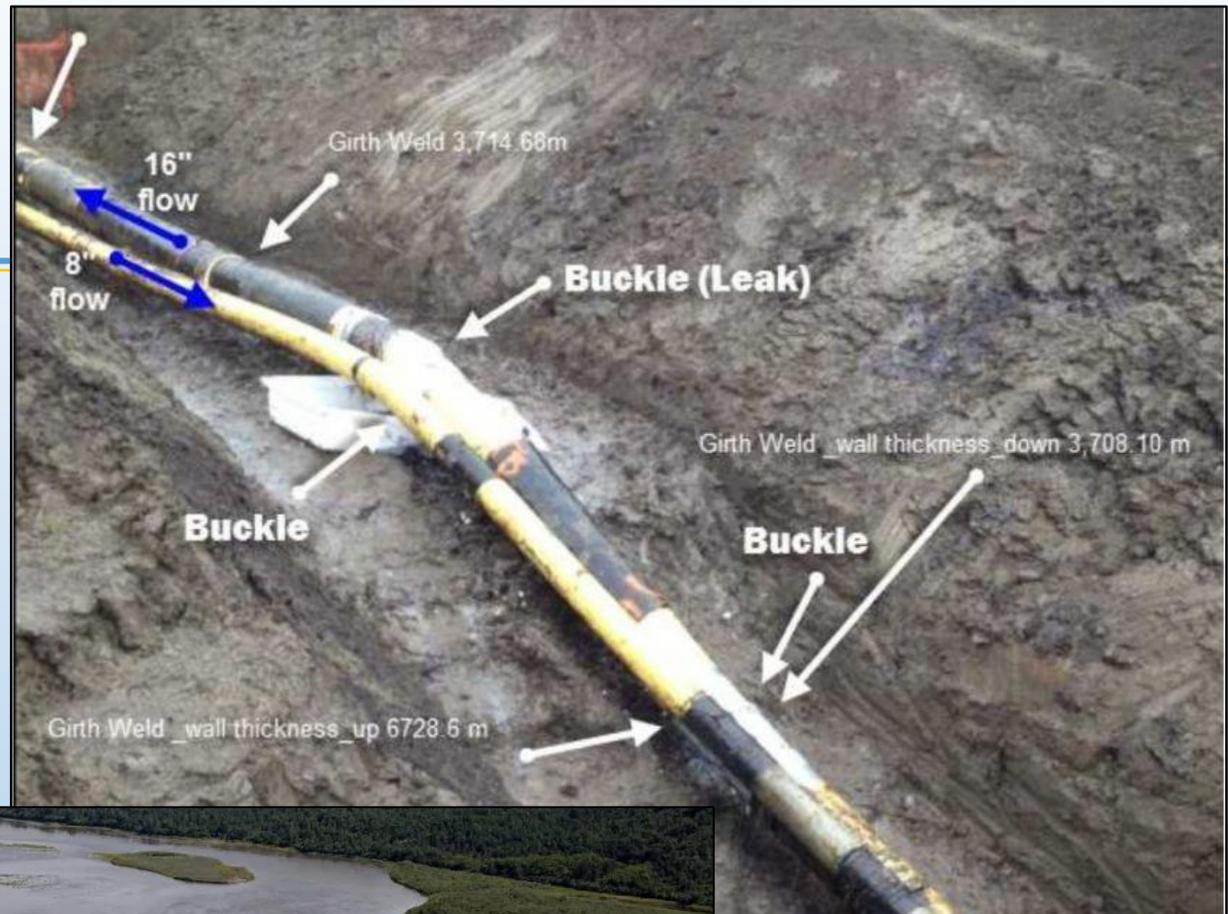


InSAR で事故前日に崩壊を予知し、作業員は避難していた

ハスキー・エナジー社のパイプライン 流出事故 カナダ・サスカチュワン州

2016年7月…

- 22万5千リットルのオイルが河川に流出
- 主要 2 都市に供給される飲料水が汚染
- 1億1千万ドル(123億円)の除去費用

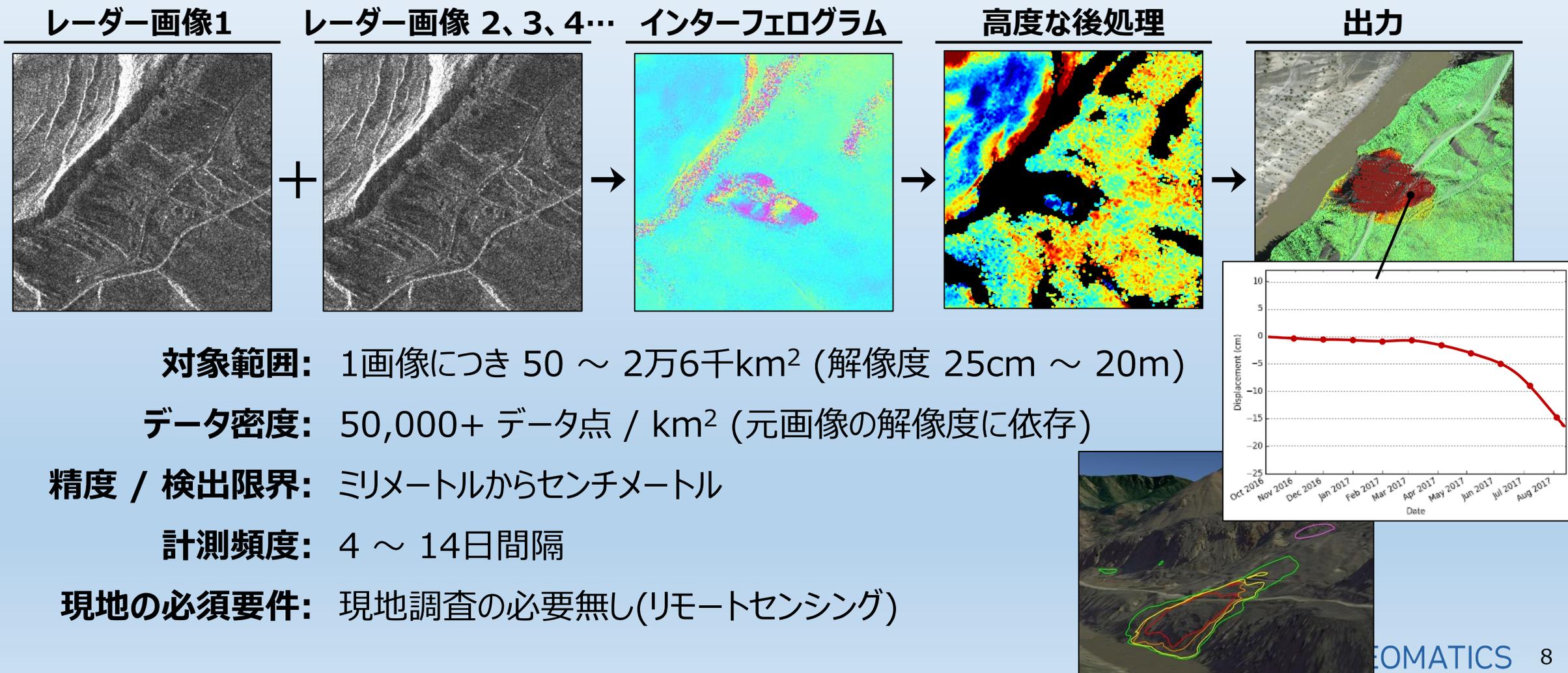


3vGeomatics (3vG) スリー・ヴィー・ジオマティクス

- カナダ・バンクーバーにて2007年に創立
- 従業員数40+、InSAR に100%特化… 我々の仕事の全てです!
- 50~100% の年間成長率
- 衛星に中立… 個別のプロジェクトに合わせて最適なデータ源を選択
- 実証された技術力: 年間1,500以上の InSAR レポートを世界30カ国以上の顧客に対して提供中

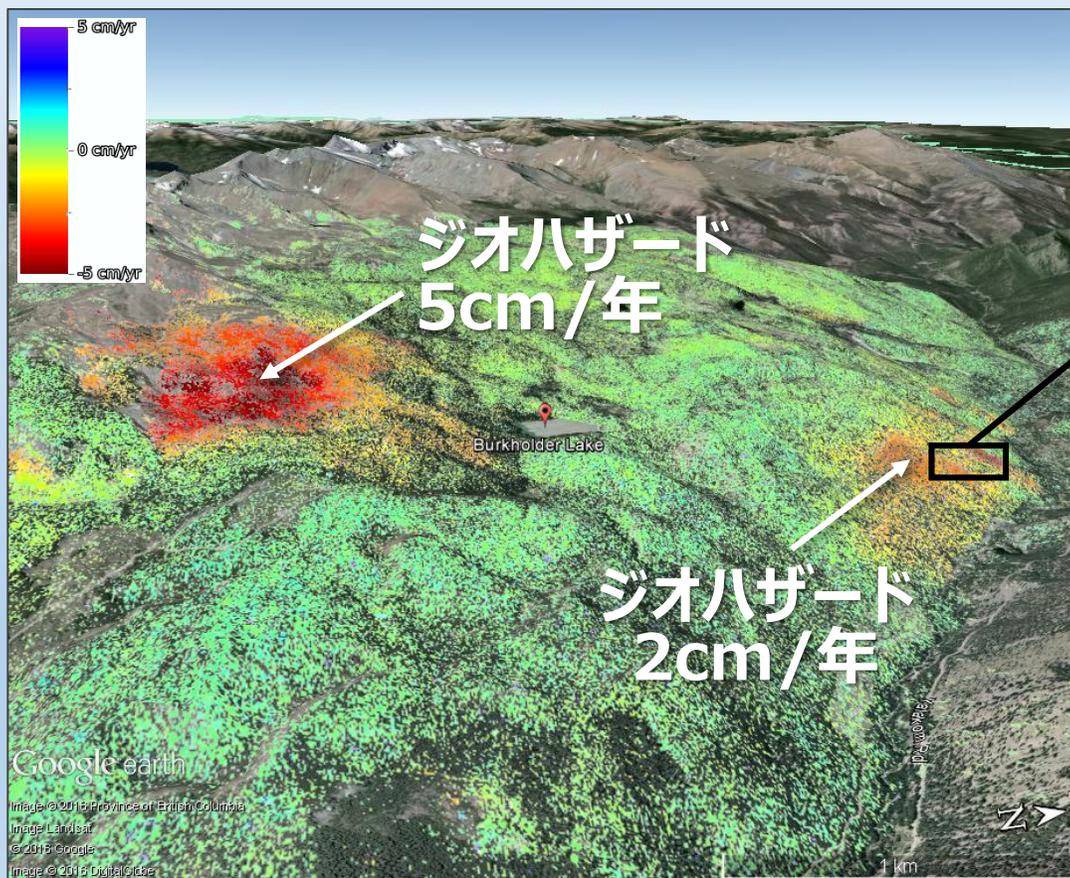
InSAR とは?

InSARは複数時期に撮影されたレーダー衛星の画像を使い、地面や構造物の動きを正確に計測

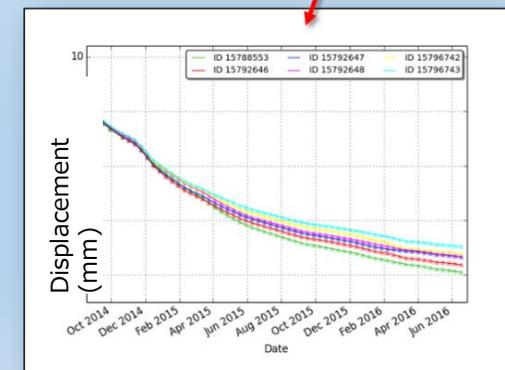
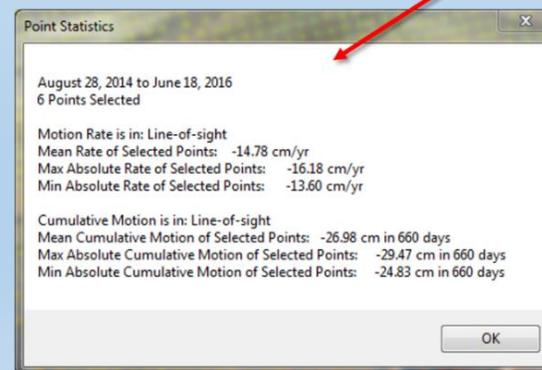
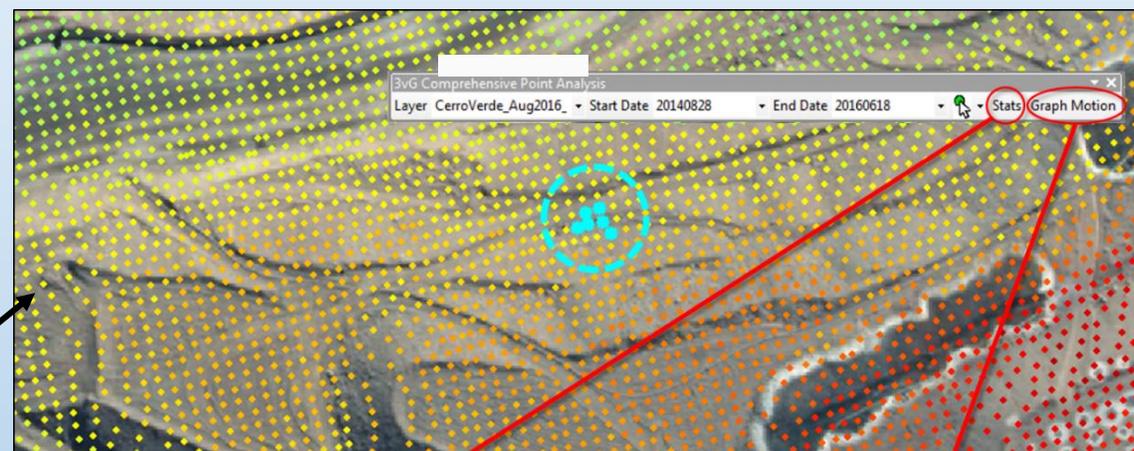


提供される解析結果で、(地すべり等の)ジオハザードを検出し経過を追跡

変位速度



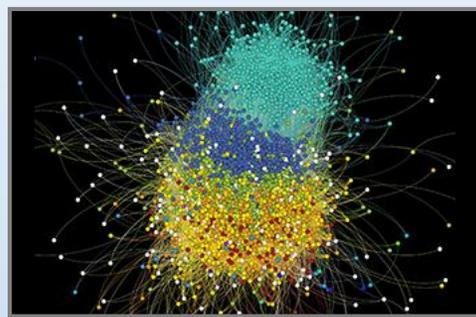
各データ点毎の時系列グラフ



近年の技術革新が InSAR の成長を牽引



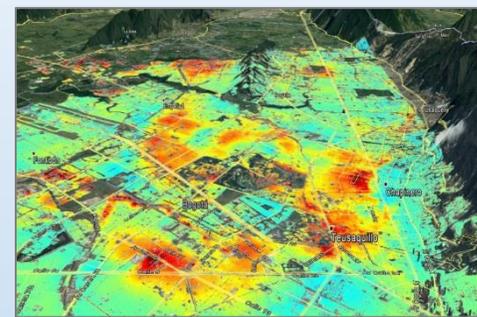
+



+



=



衛星画像の潤沢化

処理アルゴリズムの革新

ITハードウェアの改善

広大なエリアの迅速な解析

- 更に多くの衛星
- より高い解像度
- より高頻度な撮影
- 画像の低価格化

- 更なる自動化
- 精度の向上
- データカバレッジの増加

- より大きなストレージ
- より高速な処理

- 1画像につき6千万個以上のデータ・ポイント
- 数時間以内のレポート出力
- 運用技術
- 即時使用可能な情報

学術研究
(1990s – 2000s)

→

早期先行導入
(2005 – 2015)

→

大規模な運用
(2015 – 現在)

顧客による 4つの主な InSAR の使われ方

継続した モニタリング

1 リスク緩和

未知のジオハザードを発見し不
具合や事象を能動的に防ぐ

2 資産管理

変位箇所場所と大きさを検出し、検
査・保守エリアの優先度を決定する

一回限りの 解析

3 経年評価

どこが、いつ、どの程度移動した
のかを計測

4 計画立案

広域エリア内で最も安定した地域を
特定し、基準を設定

現在の SAR衛星 の選択肢

衛星	バンド	精度	植生透過性	解像度*	画像サイズ	撮影年	回帰日数
TerraSAR-X	X	4 mm	×	3m	50km x 30km	2007 – 現在	(4, 7) 11
Cosmo (CSK)	X	4 mm	×	3m	40km x 40km	2007 – 現在	4
Sentinel	C	8 mm	△	20m	250km x 160km	2014 – 現在	12
Radarsat-2	C	5 mm	△	3m	20km x 20km	2008 – 現在	24
ALOS-2	L	2 cm	◎	3m	50km x 70km	2014 – 現在	14

* X-バンド衛星にはより高い解像度(25cm、1m等)も存在するがシーン・サイズが小さくなる

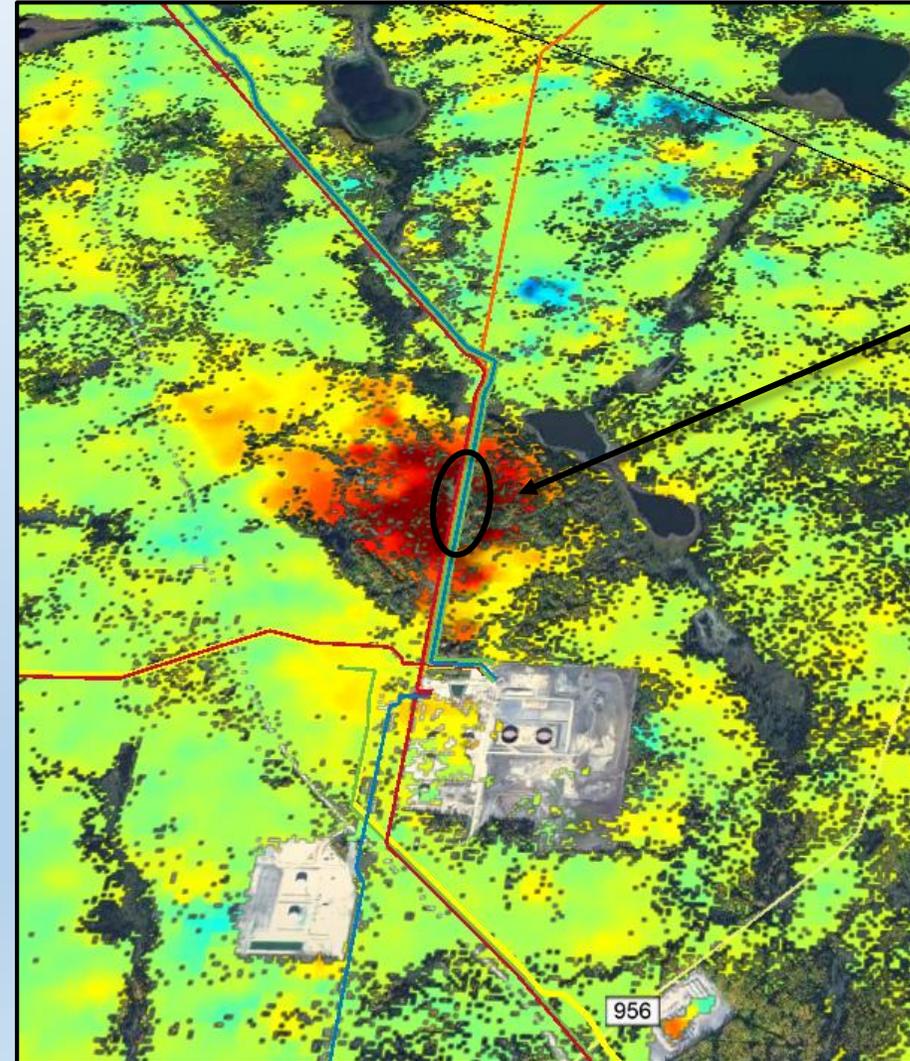
L-バンド InSAR の商業応用

- 広大な地域から未知のジオハザードを特定
- 既知のジオハザードの変位が加速しているかを継続監視



パイプライン: 過去に遡った ALOS-1 InSAR 解析で破断事故前の傾斜面変位を検出

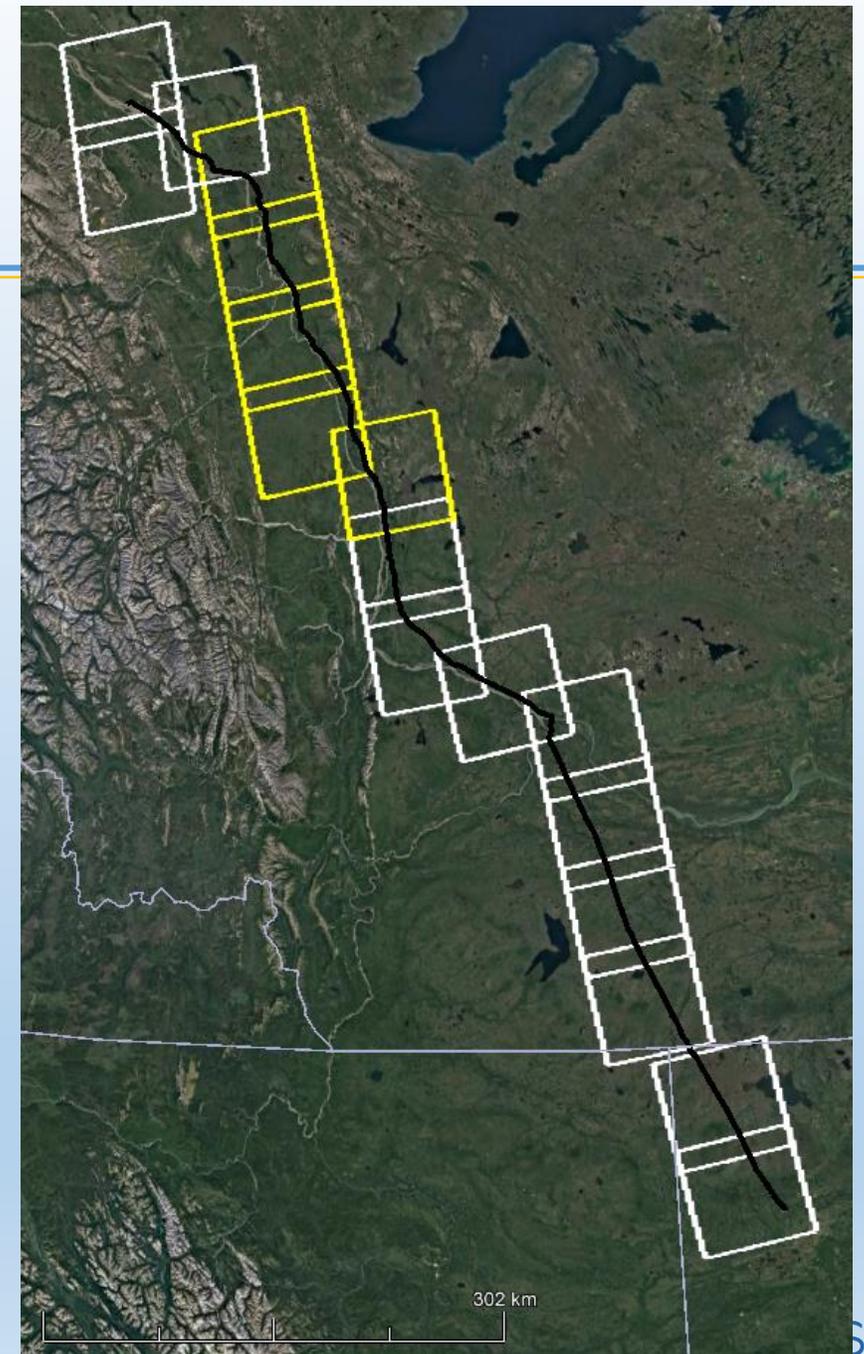
- 2007~2011年に撮影された ALOS-1 の画像を使い、InSAR 解析を2018年に実施
- 最大10cm/年の地表面変位を検出
- パイプラインは2013年6月に地滑りによって破断した



破断箇所

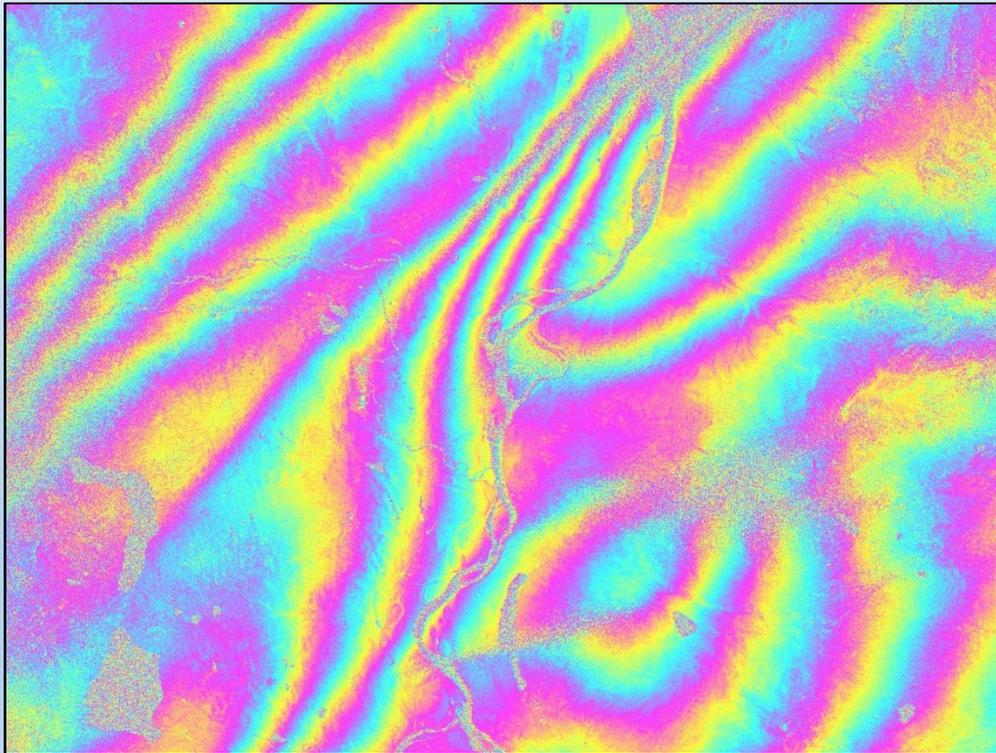
2018年: パイプライン・オペレーターに対して3vGはカナダ北部の300+kmのパイプラインを解析

- 複数個所で進行中のジオハザード、2016年にパイプラインを閉鎖
- 5個のフットプリント毎に15枚のSM3画像を新規撮影
 - ✓ 4月～10月にかけて14日おき
- テキサス州ヒューストンで先週開催されたパイプライン研究交換会(PRCI REX2019)にて解析結果を JAXA 高橋氏と共に結果を発表



ALOS-2画像の InSAR 処理には電離層補正が必要

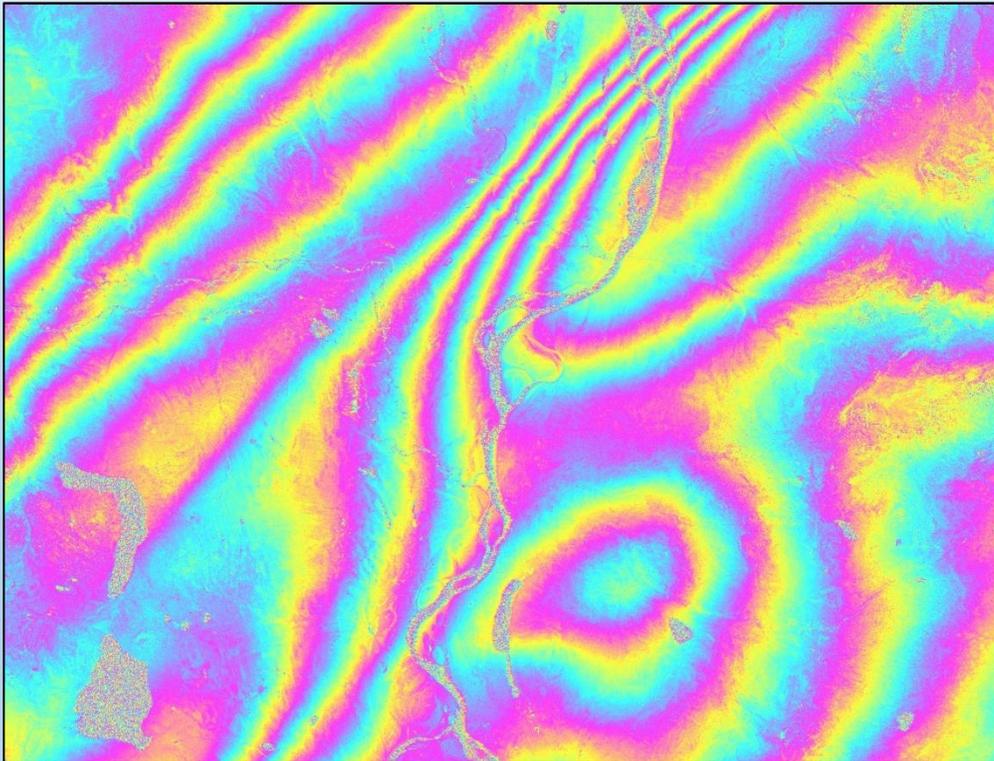
未加工の計測結果



- 電離層のイオンは擾乱を発生させる。その中を通過する際にレーダー波は「汚される」
- この効果はインターフェログラムの中でいくつもの干渉縞となって表れるが、それは数十cm～メートルの変位に相当する

ALOS-2画像の InSAR 処理には電離層補正が必要

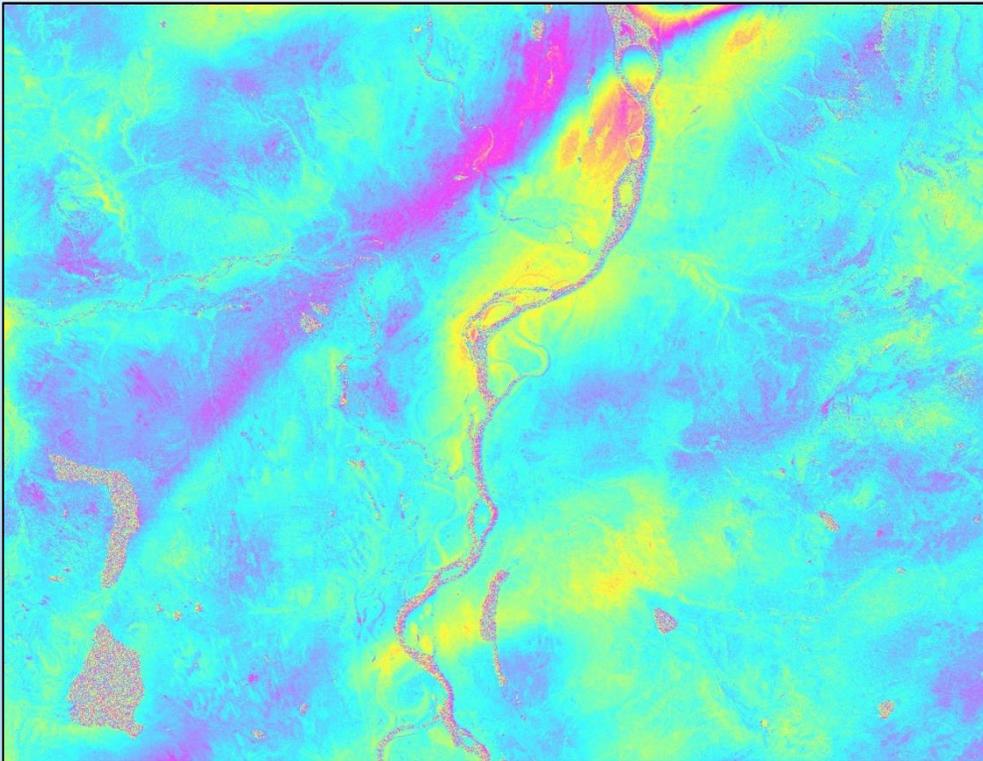
幾何補正後



- 電離層のムラにより、衛星進行方向にピクセルがずれる
- 各シーンにおいて同じピクセルが同じ場所を計測している事を保証するために、区分的な幾何補正が必要

ALOS-2画像の InSAR 処理には電離層補正が必要

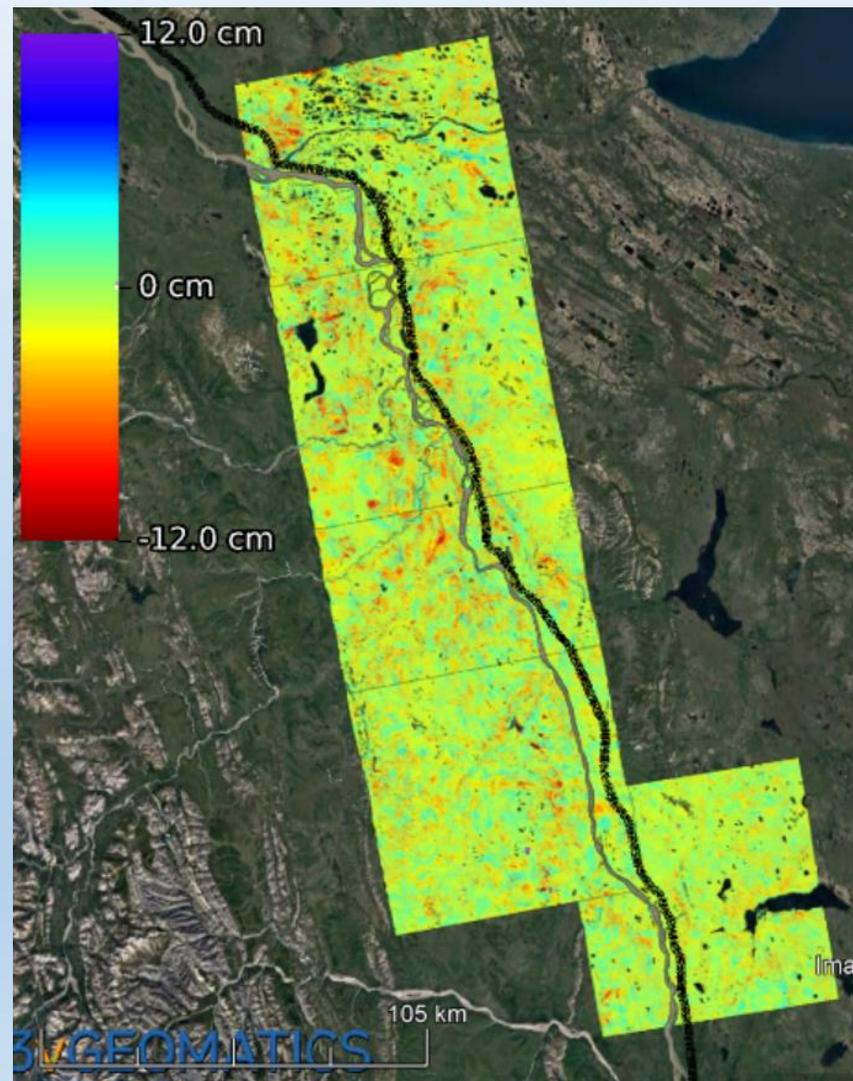
スプリット・バンド法による電離層推定の補正後



- 電離層による位相のずれを計算して相殺する必要がある
- ここでの各FRINGE(カラー・スケールの1巡)は、 $\sim 24\text{cm}$ の位相の差を表している

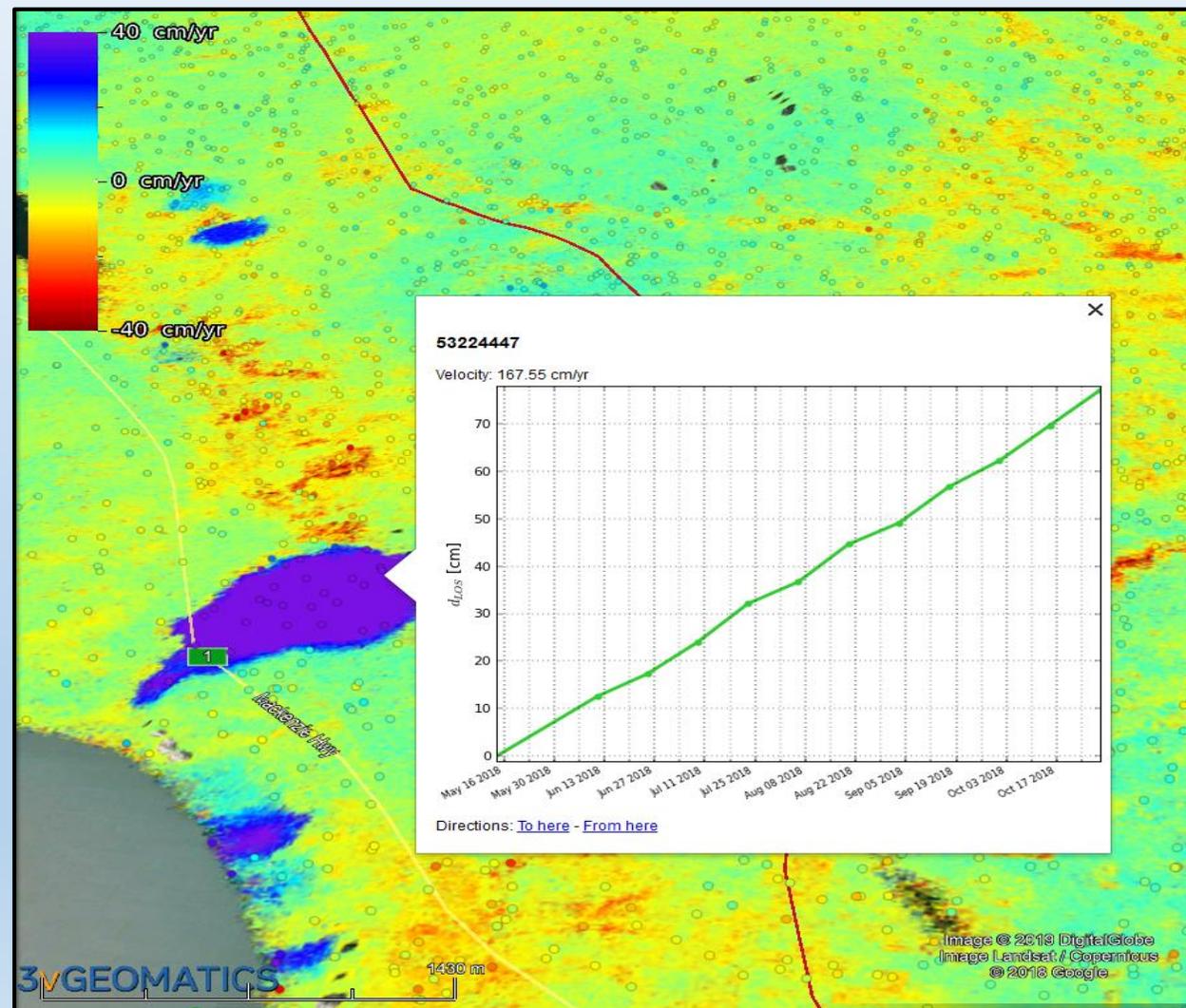
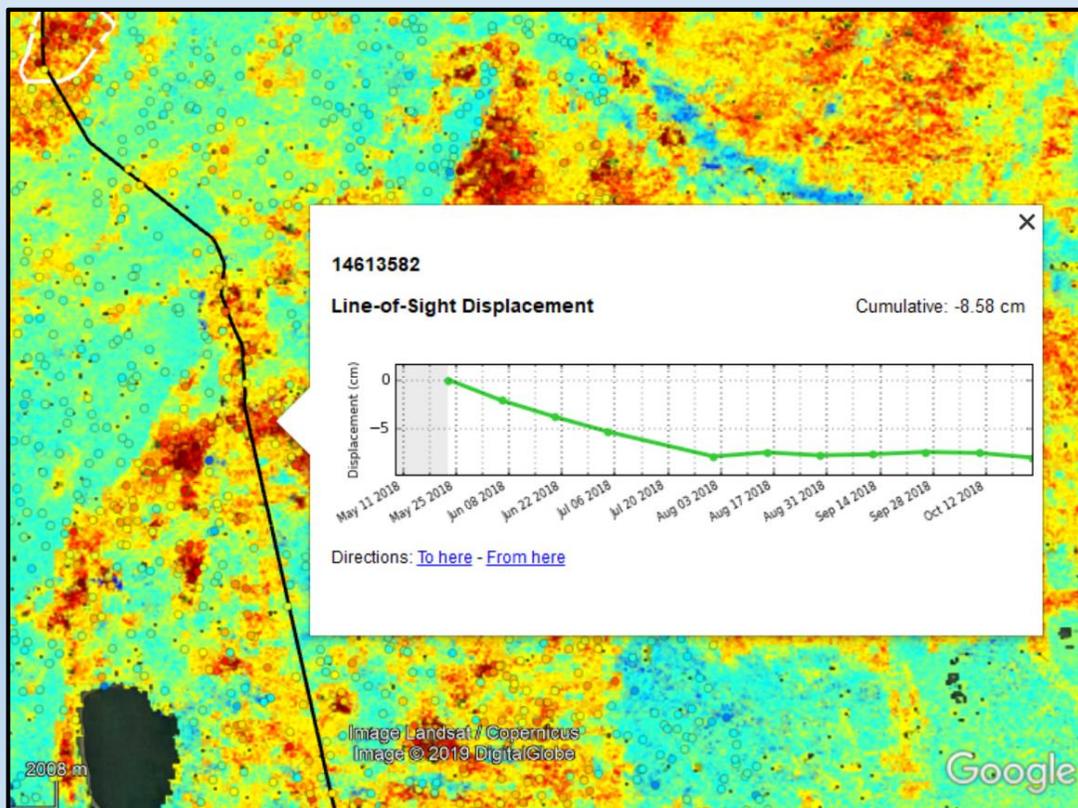
300km のパイプライン InSAR 解析結果

- ✓ ALOS-2 のデータでほぼ100% 対象域をカバー!
- ✓ パイプライン設置箇所(ROW) + 3km幅バッファに対して、920万個強のデータ点
- ✓ 6か月間の観測で変位のノイズレベルは4cm
- ? 10m解像度での最小検出可能変位面積は100m x 100m
 - ALOS-2 の3m解像度… 30mx30m



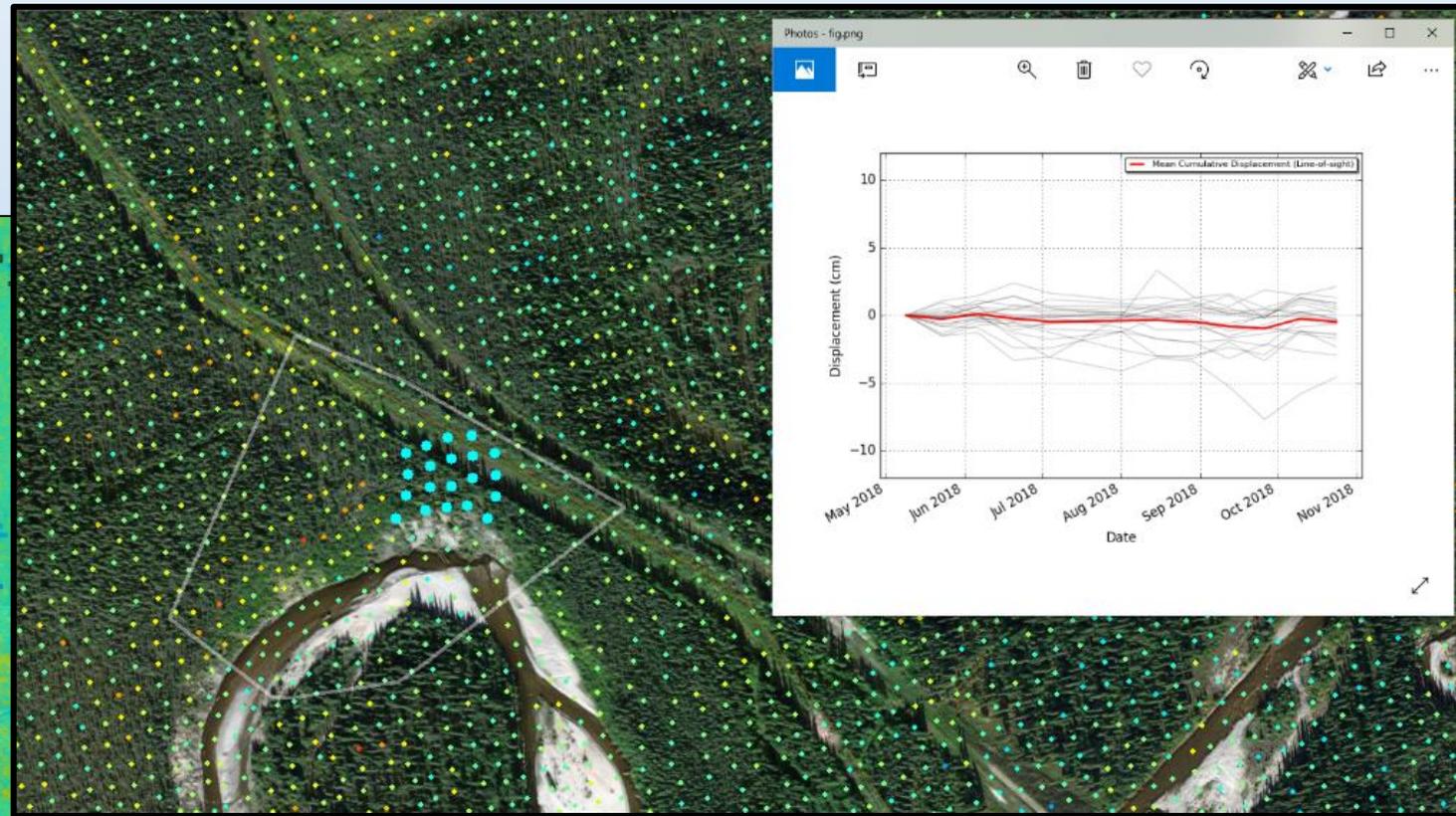
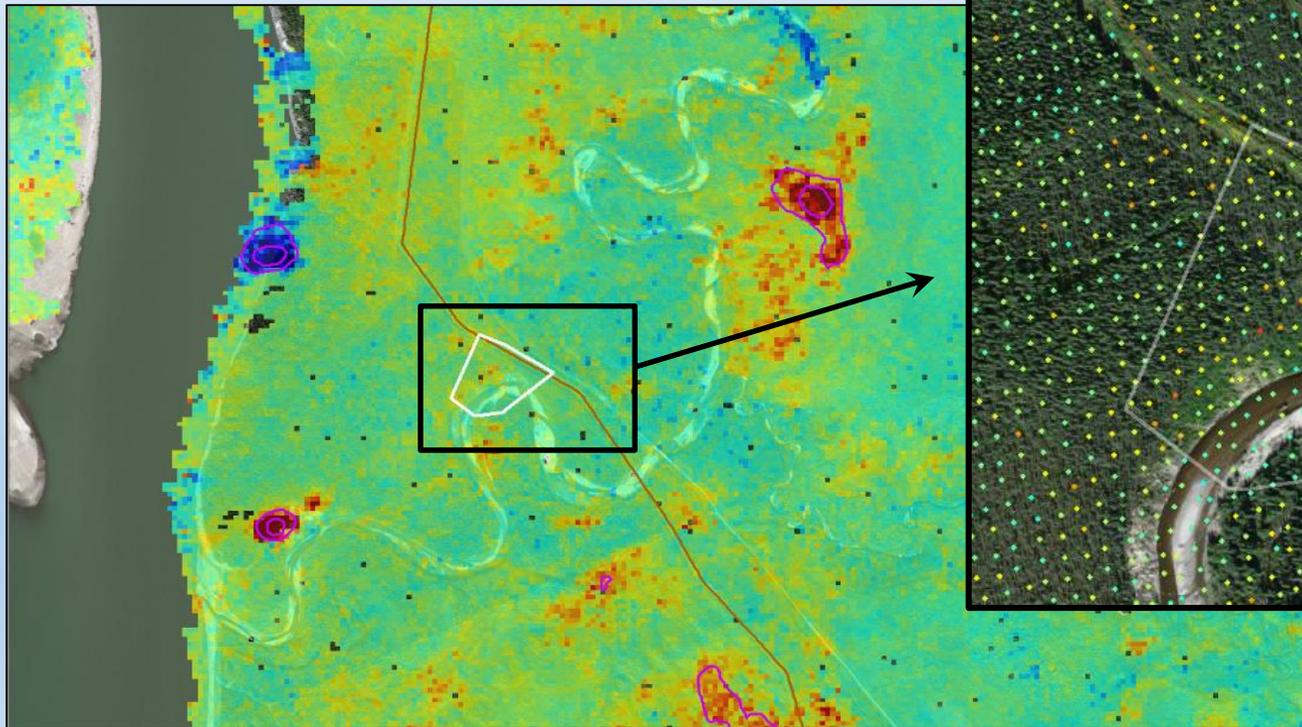
5スタックによるALOS-2 InSARの結果

- 地すべり検出
- 永久凍土融解の境界線



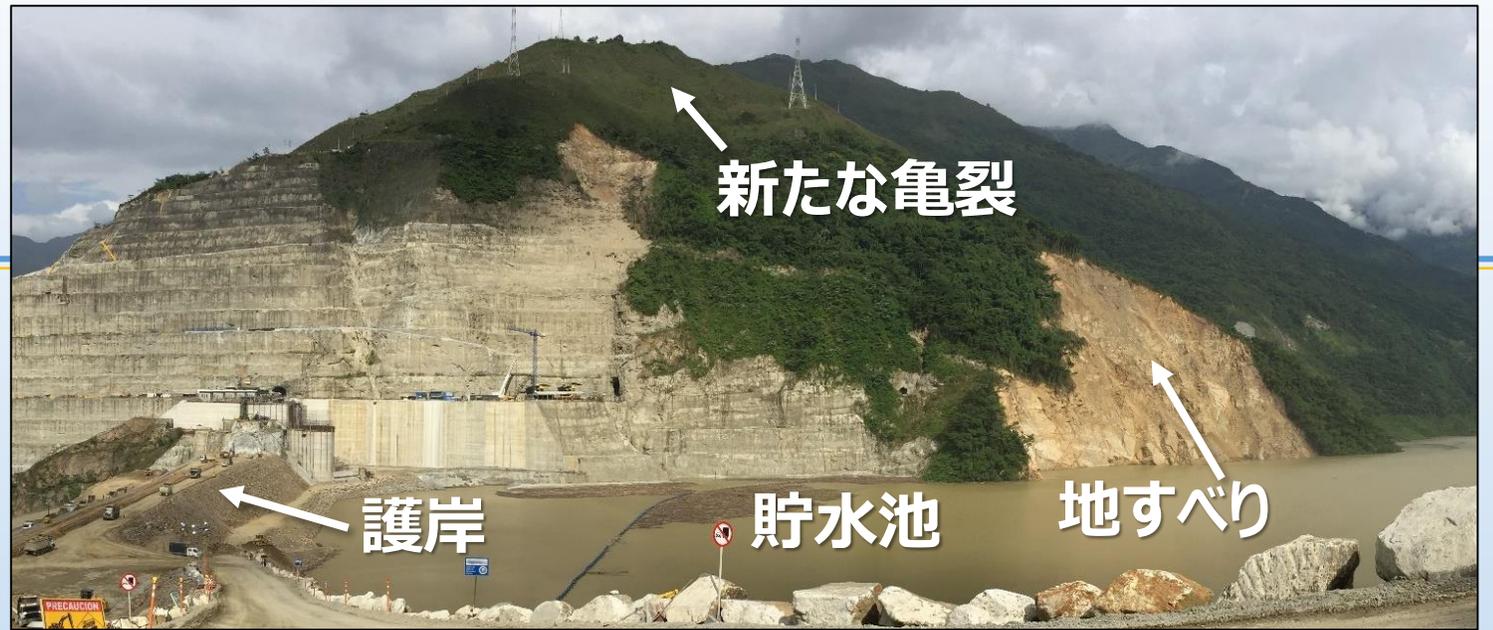
5スタックによるALOS-2 InSARの結果

- 河川浸食によるパイプライン設置個所(ROW)の影響

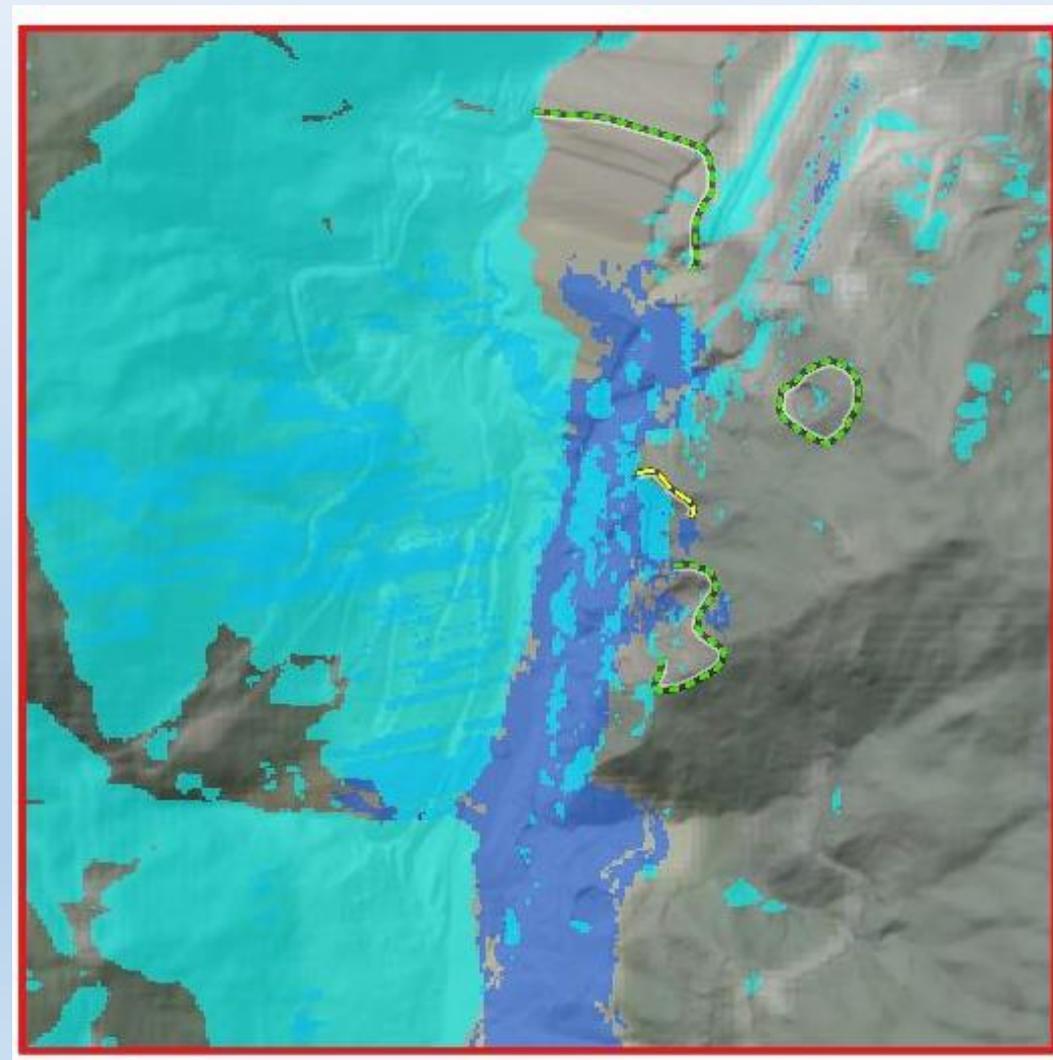
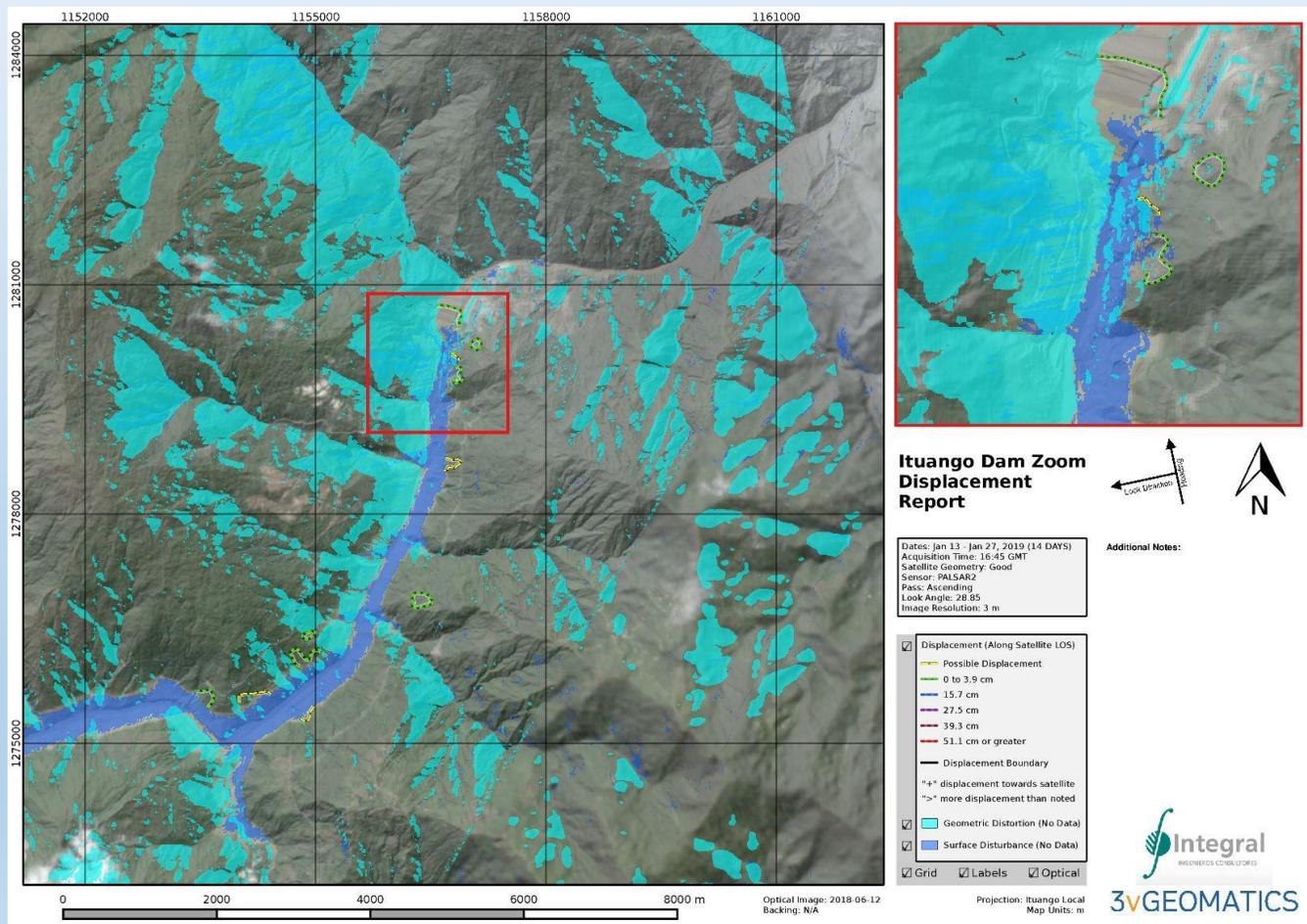


コロンビア イテュワンゴ・ダム

- ダム建設中に、地すべりが仮設排水トンネルを閉塞
- 計画より6カ月も早く、ダムの完成前に貯水池が溜まり始める
- 28,000 人が避難
- 2018年7月から14日おきにSM1画像を撮影(継続中)

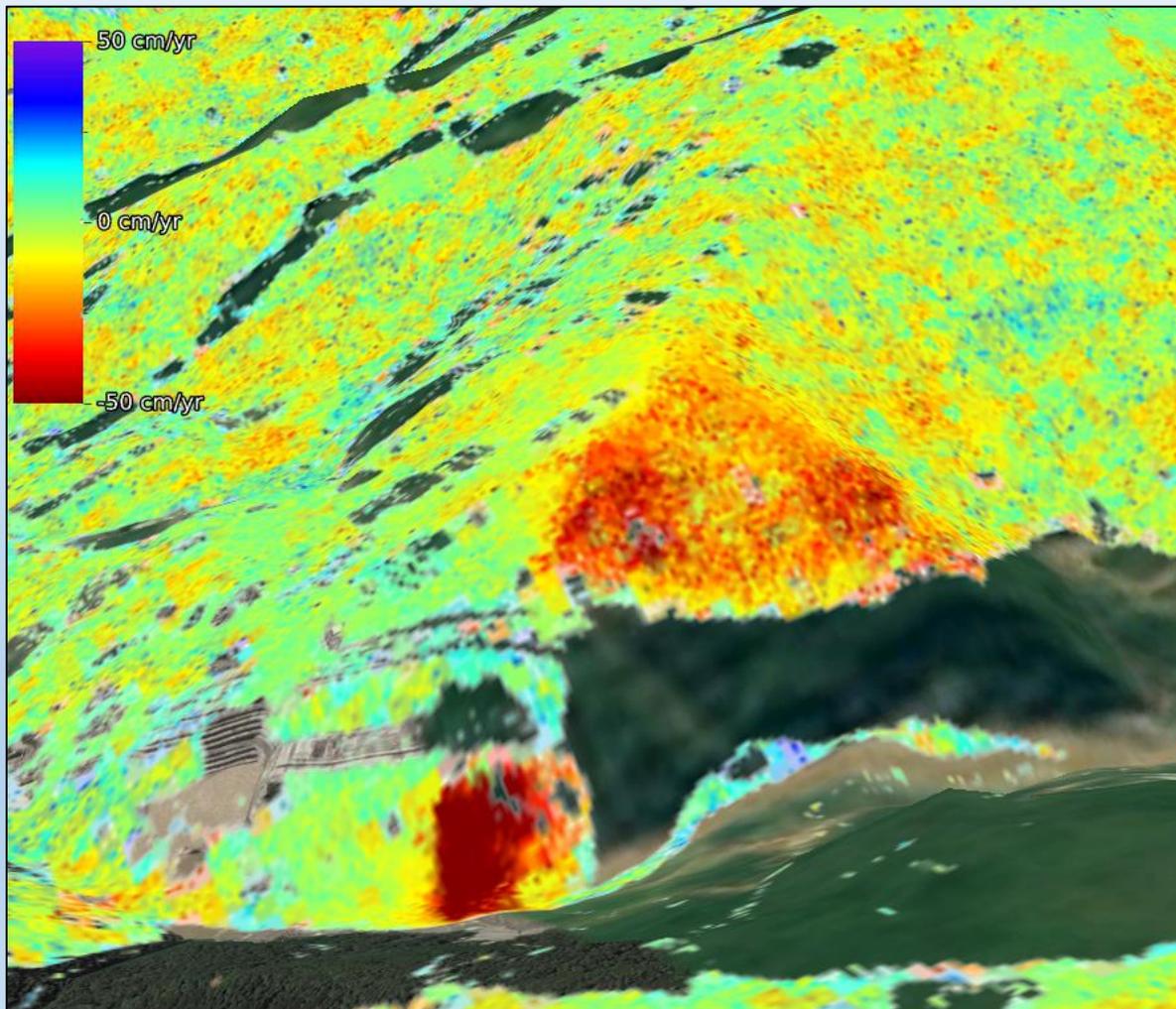


イテュアング InSAR 結果 – 顧客へ渡された解析結果 速報レポート (ALOS-2 の観測毎に配信)

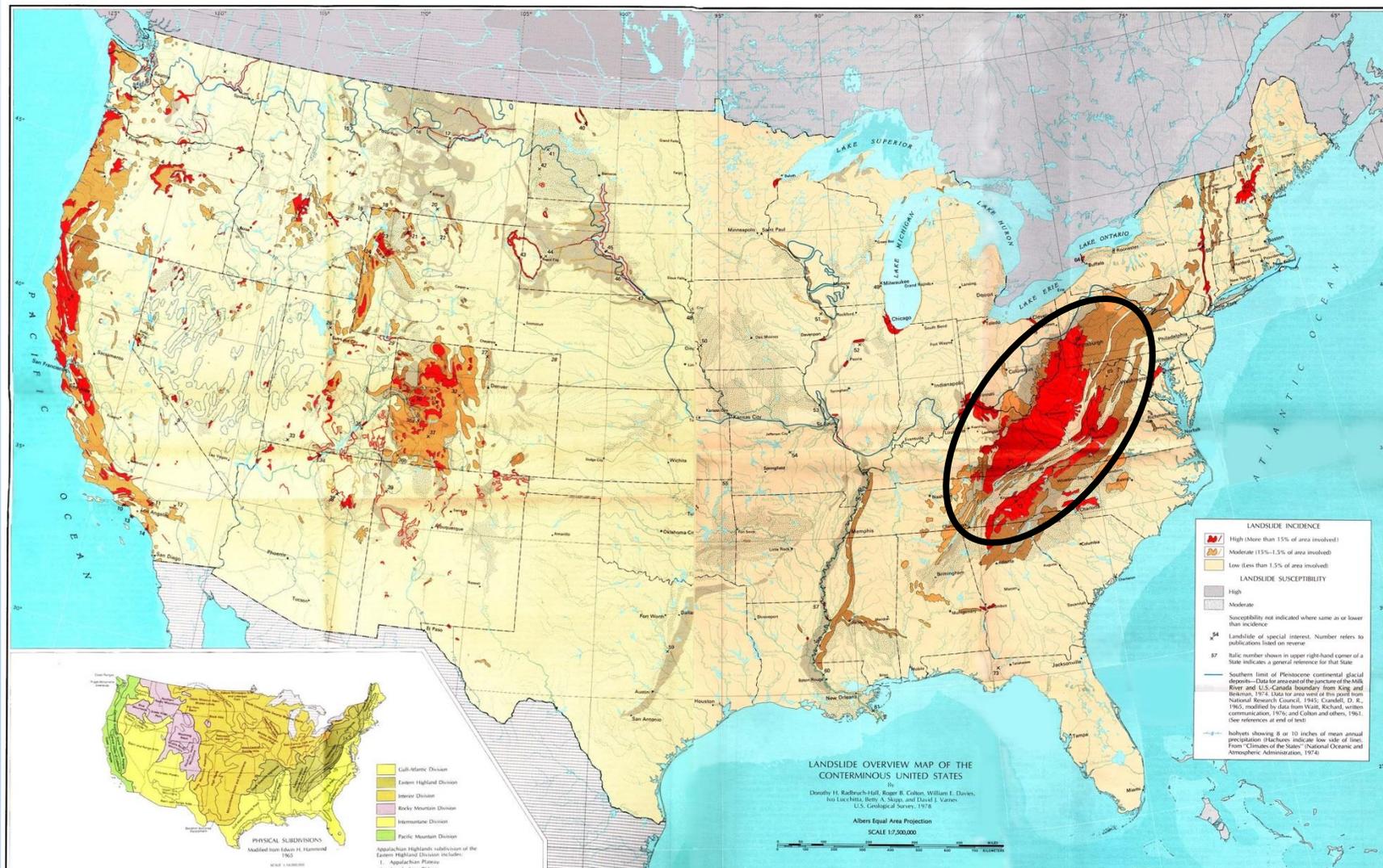


イテュアンゴ InSAR 結果 –顧客へ渡された解析結果

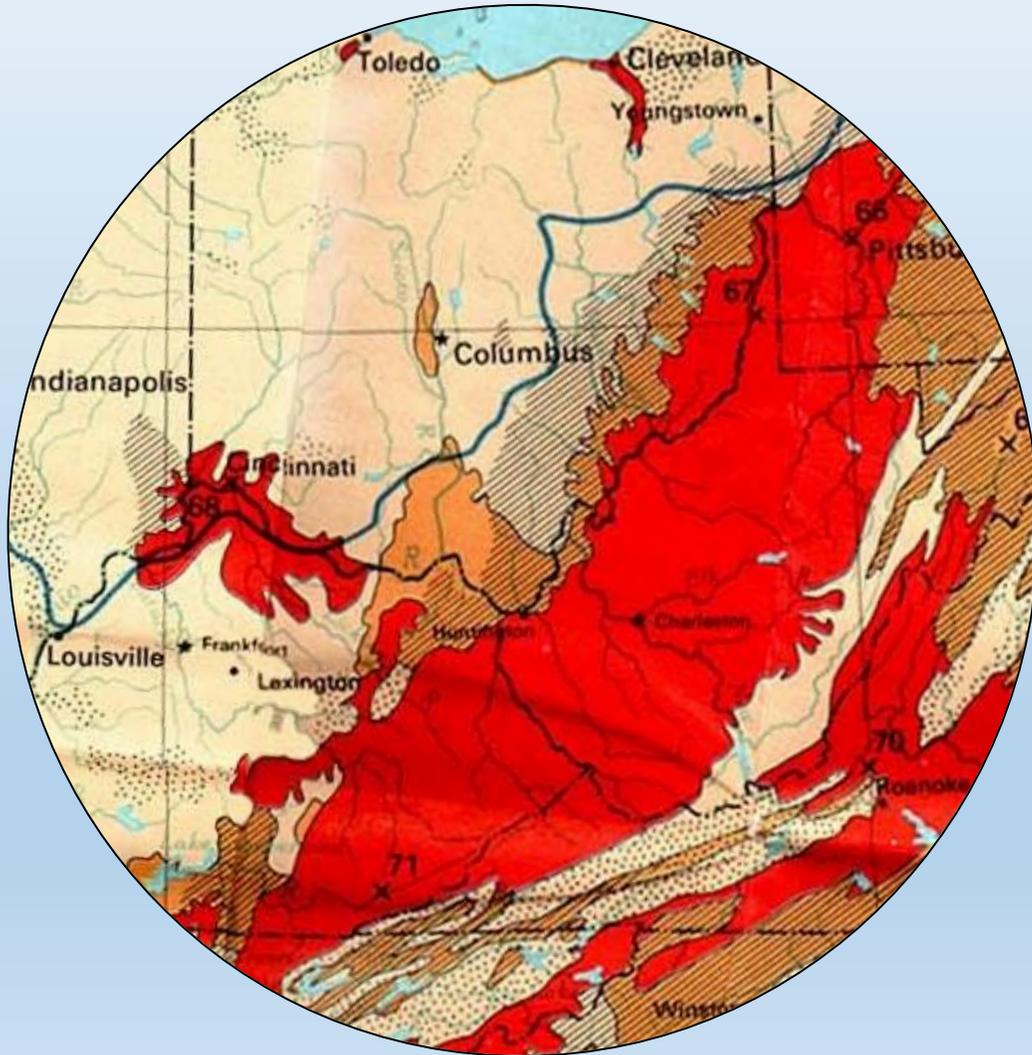
変位速度 (10 画像を使った解析)



2019年のフォーカス –アパラチア山脈(ウェスト・バージニア地域) 米国の地すべり予想マップ



パイプライン網: アパラチア山脈



アパラチア山脈の地すべりは天然ガス・パイプラインを頻繁に破損

Columbia Gas pipeline explosion rocks West Virginia town

A gas line exploded in the town of Sissonville, 10 miles north of Charleston on December 11, starting a blaze that destroyed a number of homes and closed the main north-south arterial Interstate 77 freeway. Governor Earl Ray Tomblin told reporters that several people were transported from the scene for smoke inhalation-related injuries, but there were no deaths and everyone had been accounted for.

Tomblin said that the area within 1,000 feet of the explosion site has been evacuated. Flames from the fire are reported to have risen more than 100 feet in the air, and jumped the highway caused the freeway asphalt top to melt.



Feds Say Land Shift Likely Caused Explosion, Pipeline Still at Risk

By BRITTANY PATTERSON • JUL 13, 2018

- [Tweet](#)
- [Share](#)
- [Google+](#)
- [Email](#)



West Virginia gas pipeline explodes in a giant fireball



...ccurred last month in Marshall County was ...vement, according to federal regulators.

アパラチア山脈の InSAR 監視には L-バンドが必要



カナダ・ブリティッシュ・コロンビアの InSAR 解析 ALOS-1

- ジオ・ハザード検出のためにブリティッシュ・コロンビア州全土(945,000 km²)を解析
- ALOS-1 データ (2007~2011年)
 - ✓ 502スタック、6,675枚の画像
- 3,000箇所以上の地盤変位を検知
- 広域地すべり警戒システム(WALAS)に結果を取り込み中

