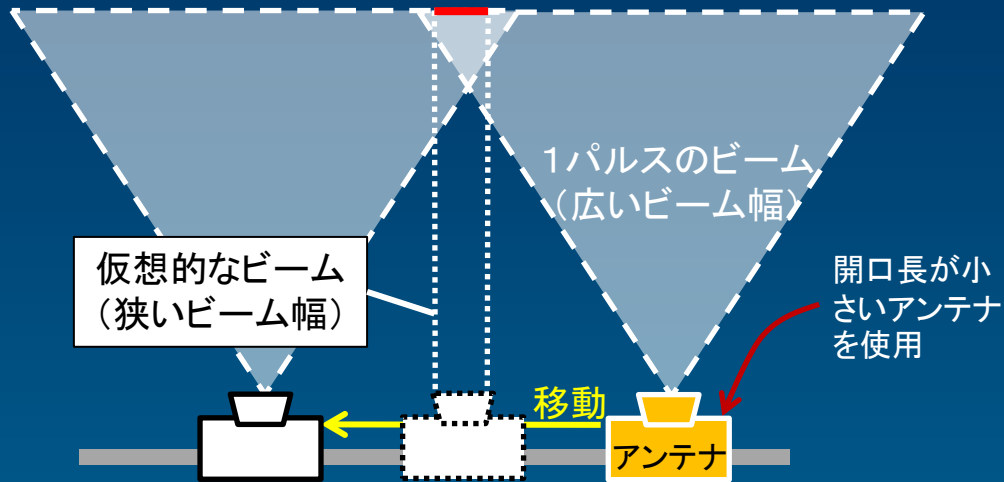


地上設置型レーダー干渉計 による火山性地殻変動の モニタリングに向けて

小澤拓・宮城洋介（防災科学技術研究所）

2種類の地上設置型レーダー干渉計

地上設置型合成開口レーダー

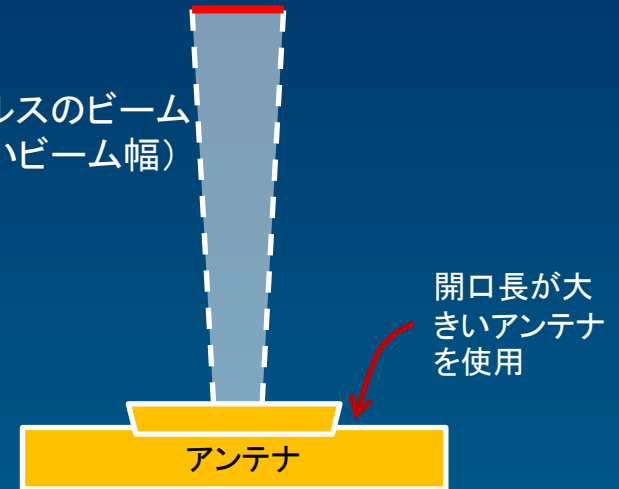


レール上で得られたデータを処理(合成開口処理)し、大きなアンテナによる観測に相当する画像を得る。



地上設置型実開口レーダー

1パルスのビーム
(狭いビーム幅)



高い空間分解能を得るためには、大きなアンテナが必要。

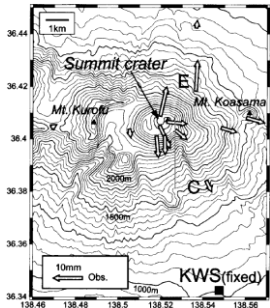


火口周辺に関する地殻変動観測

火口周辺では、多くの火山で顕著な地表変動が検出されている。

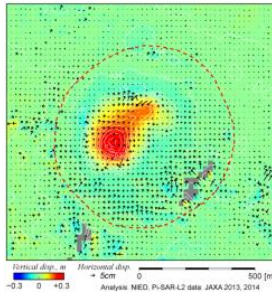
- ・マグマの上昇・下降
- ・ガスだまり・帯水層の膨張・収縮 などなど...

浅間山(噴火前)



(高木ほか, 2005)

新燃岳(噴火後)



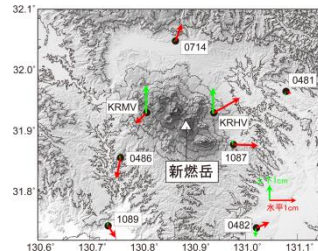
(Ozawa et al., 2015)

高時間・空間分解能で火口周辺の地殻変動を計測し、**噴火の直前・直後にどのような変化が生じているか**を知りたい。

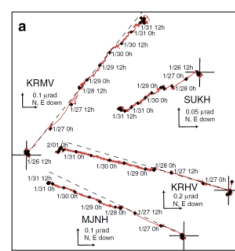
- ➡ 噴火メカニズムの理解
- ➡ 前駆変動から噴火発生予測

基盤的火山観測網(V-net)

GPSによる地殻変動



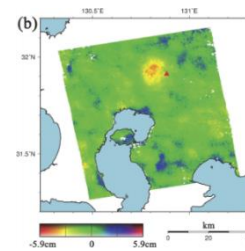
傾斜計による地殻変動



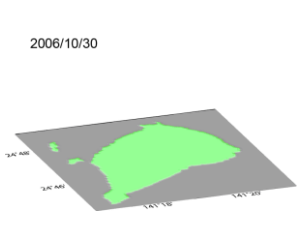
- GNSSや傾斜計により、**高時間分解能で精度の高い地殻変動**が得られる。
- **空間分解能向上には限界**がある。

衛星搭載型SARの利用

新燃岳噴火前の地殻変動



小笠原硫黄島の地殻変動



- **高空間分解能の地殻変動**
- 噴火の直前・直後の変化を捉えるためには**時間分解能が不足**

火口周辺の観測設備

2014年口永良部島噴火による観測施設の停止

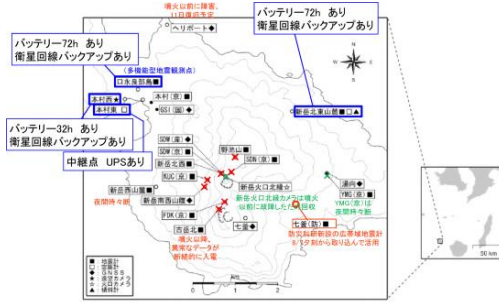
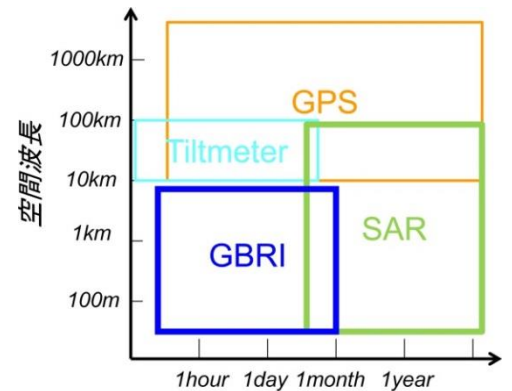


図2 口永良部島 観測点配置図
小さな白丸(○)は観測停止、小さな黒丸(●)は観測停止以外の観測点位置を示しています。
 (図) 国土地理院、(製) 京都大学、(産) 産業技術総合研究所

火口近傍では、避けられない問題

各測地技術で観測可能な帯域



短時間・短波長の帯域を測りたい

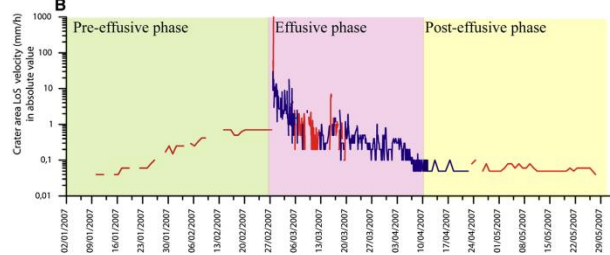
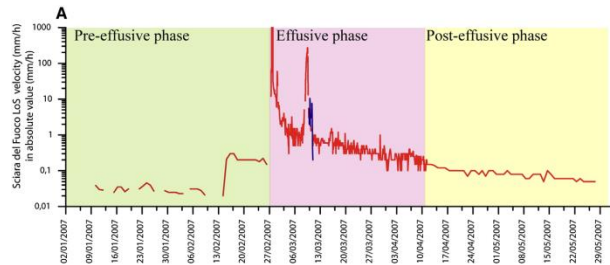
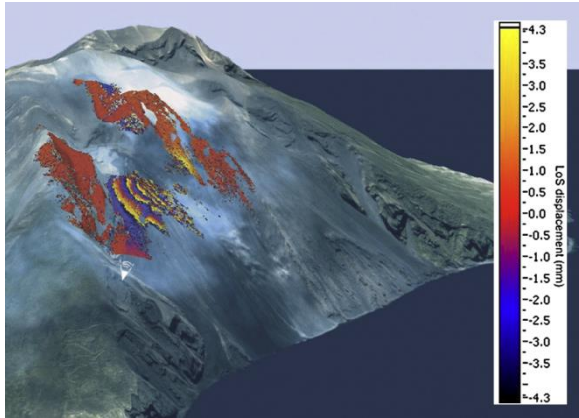
遠隔地から地殻変動を面的に観測する技術が必要



地上設置型レーダー干渉計

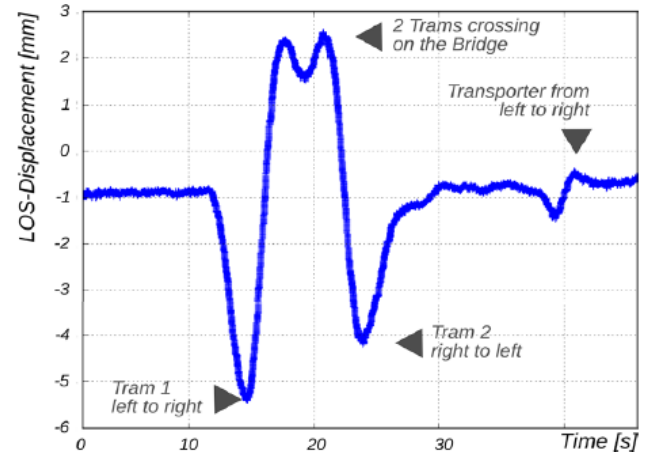
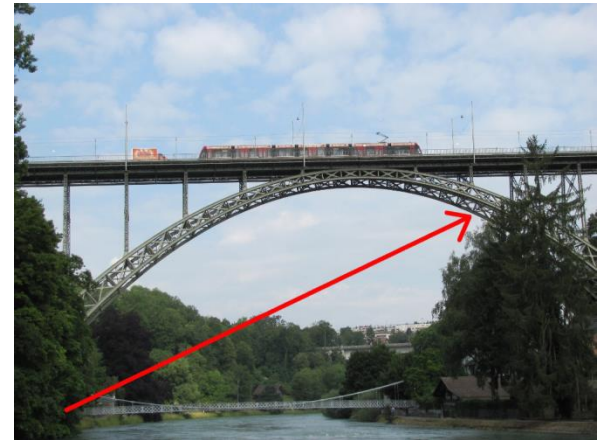
観測事例

ストロンボリ火山における地上設置型合成開口型レーダーの観測例



Casagli *et al.* (2009)

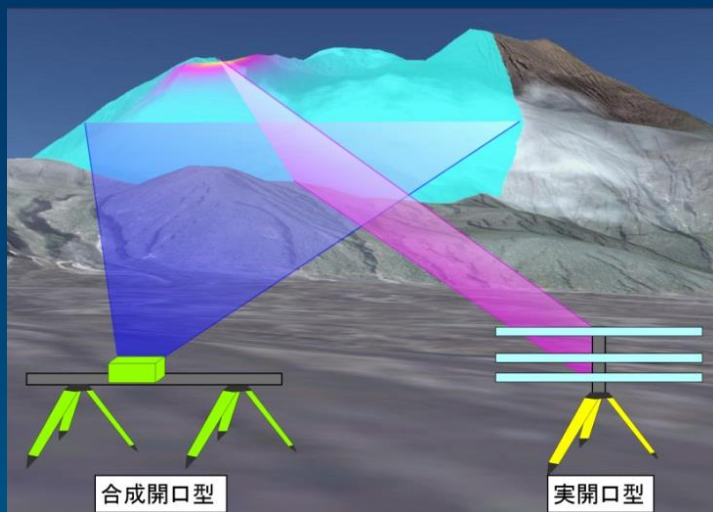
地上設置型実開口レーダーによる橋梁の変形



© Gamma Remote Sensing AG

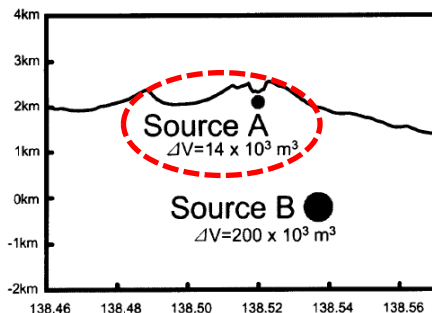
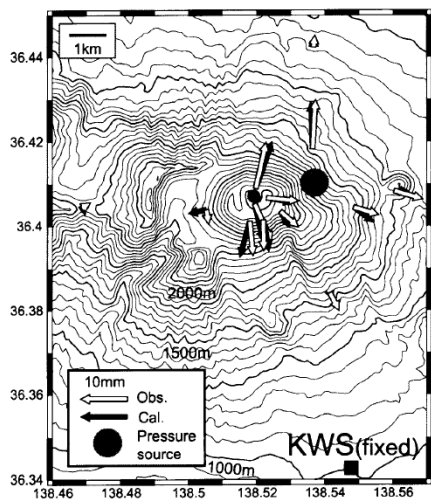
観測事例

観測のイメージ

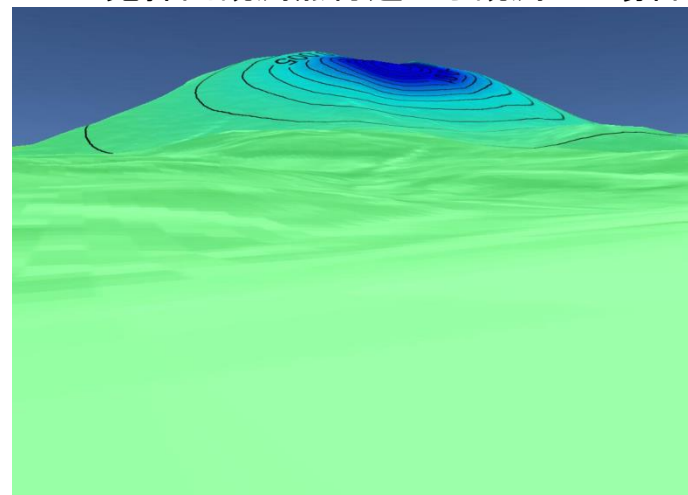


火口直下浅部の膨張に伴う地殻変動(浅間山の観測事例に基づくシミュレーション)

GNSS機動観測による2004年浅間山噴火前の地殻変動(高木ほか, 2005)



V-net鬼押出観測点付近から観測した場合



観測機器の必要要件

浅間山の噴火警戒レベル

— 火山災害から身を守るために —

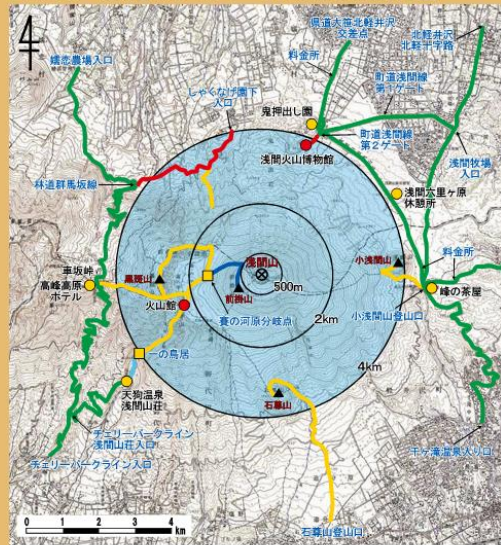
噴火警戒等で発表する噴火警戒レベル

- 噴火警戒レベルとは、噴火時に危険な範囲や必要な防災対応を、レベル1から5の5段階に区分したものです。
- 各レベルには、火山の周辺住民、観光客、登山者等のとるべき防災行動が一目で分かるキーワードを設定しています（レベル5は「避難」、レベル4は「避難準備」、レベル3は「入山規制」、レベル2は「火口周辺規制」、レベル1は「活火山であることに留意」）。
- 対象となる火山が噴火警戒レベルのどの段階にあるかは、噴火警戒等でお伝えします。



【浅間山の特徴】
溶岩や火砕流、火山灰や軽石が堆積した安山岩質成層火山で、爆発的なブルカノ式噴火が多いのが特徴です。最近100年間は50回以上噴火を繰り返しており、火山灰や噴石、空飛ぶ小規模な火砕流などが発生しています。最近では2004年に中噴火しています。

■浅間山 噴火警戒レベル1～3に対応した規制範囲



この図は噴火警戒レベル1～3の時の規制範囲を示しています。
なお、居住地域まで影響が及ぶ場合は、レベル4（避難準備）・レベル5（避難）となります。

●噴火警戒レベル1～3に必要な防災対応

| 噴火警戒レベル (キーワード) | 必要な防災対応 |
|-----------------------|---|
| レベル3 (入山規制) | 防災対応の範囲を拡大(4km)を超える範囲で注意喚起、一時規制等 登山禁止 (山頂火口から4km以内規制) |
| レベル2 (火口周辺立入禁止) | 火口周辺立入禁止 (山頂火口から概ね2km立入禁止) |
| レベル1 (活火山であることに留意) | 火口付近立入禁止 (火口から500m以内規制) |

凡例

- 🔥 火口
- ⊙ 立入禁止区域 (火口から4km以内)

道路：レベルにより規制されます。
 ● レベル3のときは通行できません。
 ● レベル3のときは状況により規制が行われます。

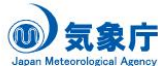
登山道：浅間山では登山して良い登山道が決まっています。
 左図に示した登山道を利用してください。
 火口から500m以内は、レベル1でも立入り禁止です。

登山可能な登山道(レベル別)

- レベル3 ● (状況により規制される場合があります)
- レベル2 ●
- レベル1 ●

●この図は浅間山噴火警戒レベル導入に係る防災対応についての申し合わせ書(平成19年11月11日 浅間山火山防災対策連絡協議会)に基づき作成しています。
 ●浅間山の噴火警戒レベルは、地元自治体等と調整して作成しました。各レベルにおける具体的な規制範囲等については、地域防災計画等で定められていますので、詳細については軽井沢町、御代田町、小諸市、佐久市、横野町、長野原町にお問い合わせください。

4kmより離れた場所から観測したい。



気象庁地震火山部火山課 火山監視・情報センター
 TEL: 03-3212-8341 (内線4526) <http://www.jma.go.jp/>
 ●浅間山火山防災連絡事務所 TEL: 0267-45-2167
 ●長野地方気象台 防災業務課 TEL: 026-232-3773 <http://www.jma-net.go.jp/nagan/>
 ●前橋地方気象台 防災業務課 TEL: 0273-231-1404 <http://www.jma-net.go.jp/maebashi/>

本冊子は、FSC認証および植物由来インクを使用しています。

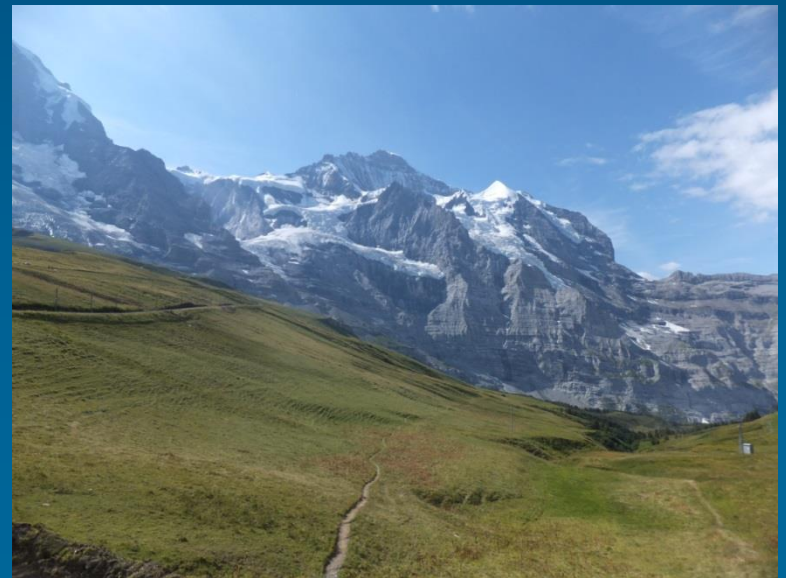
本プロジェクトで導入したセンサー

GAMMA社製 GPRI2

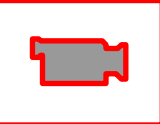
LiSA Lab社製
LiSAmobile k09

周波数: 17.1, 17.15GHz (Kuバンド)
波長: 17.5mm
バンド幅: 200, 300MHz

スイスアルプスの氷河におけるテスト観測



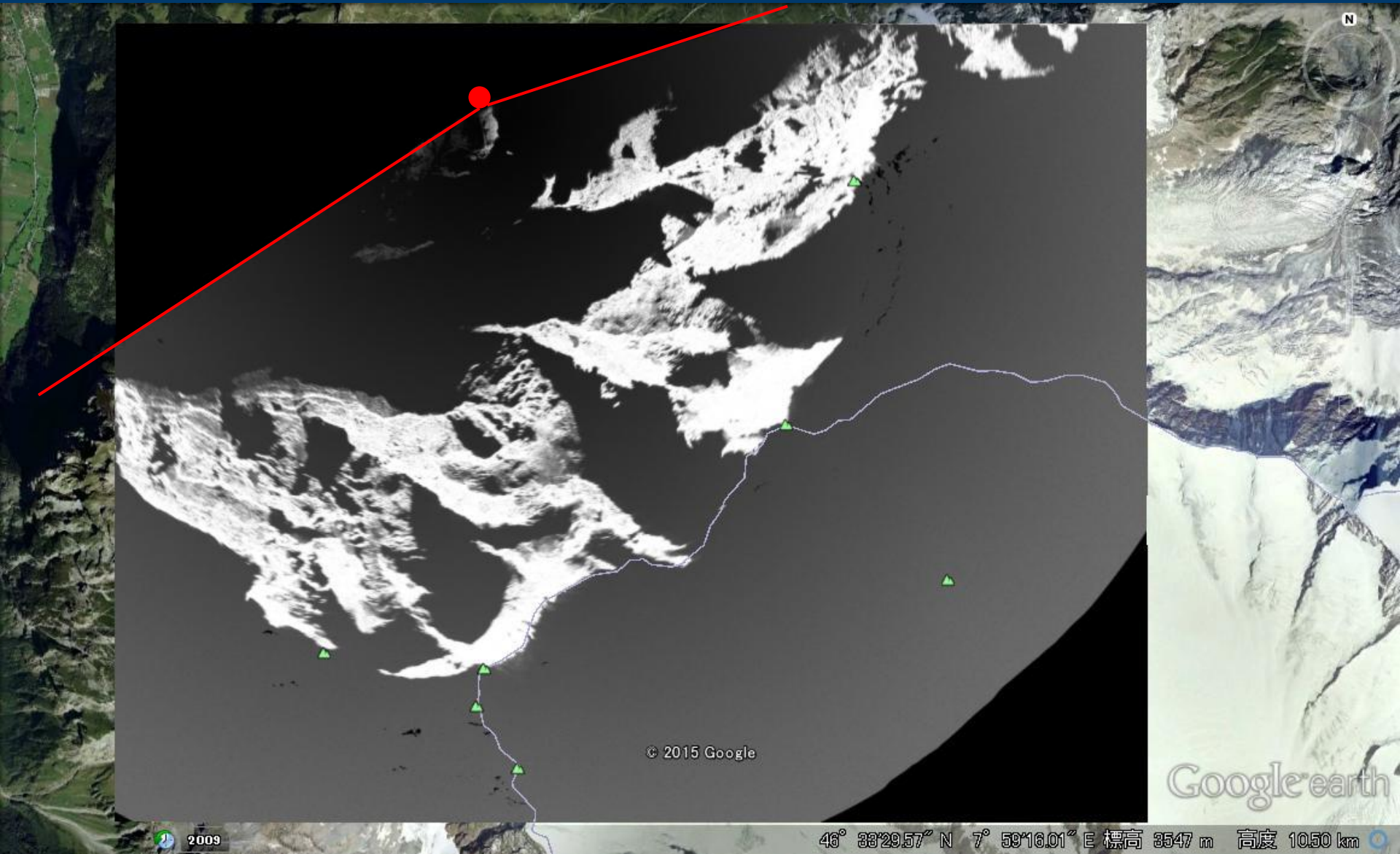
スイスアルプスの氷河におけるテスト観測



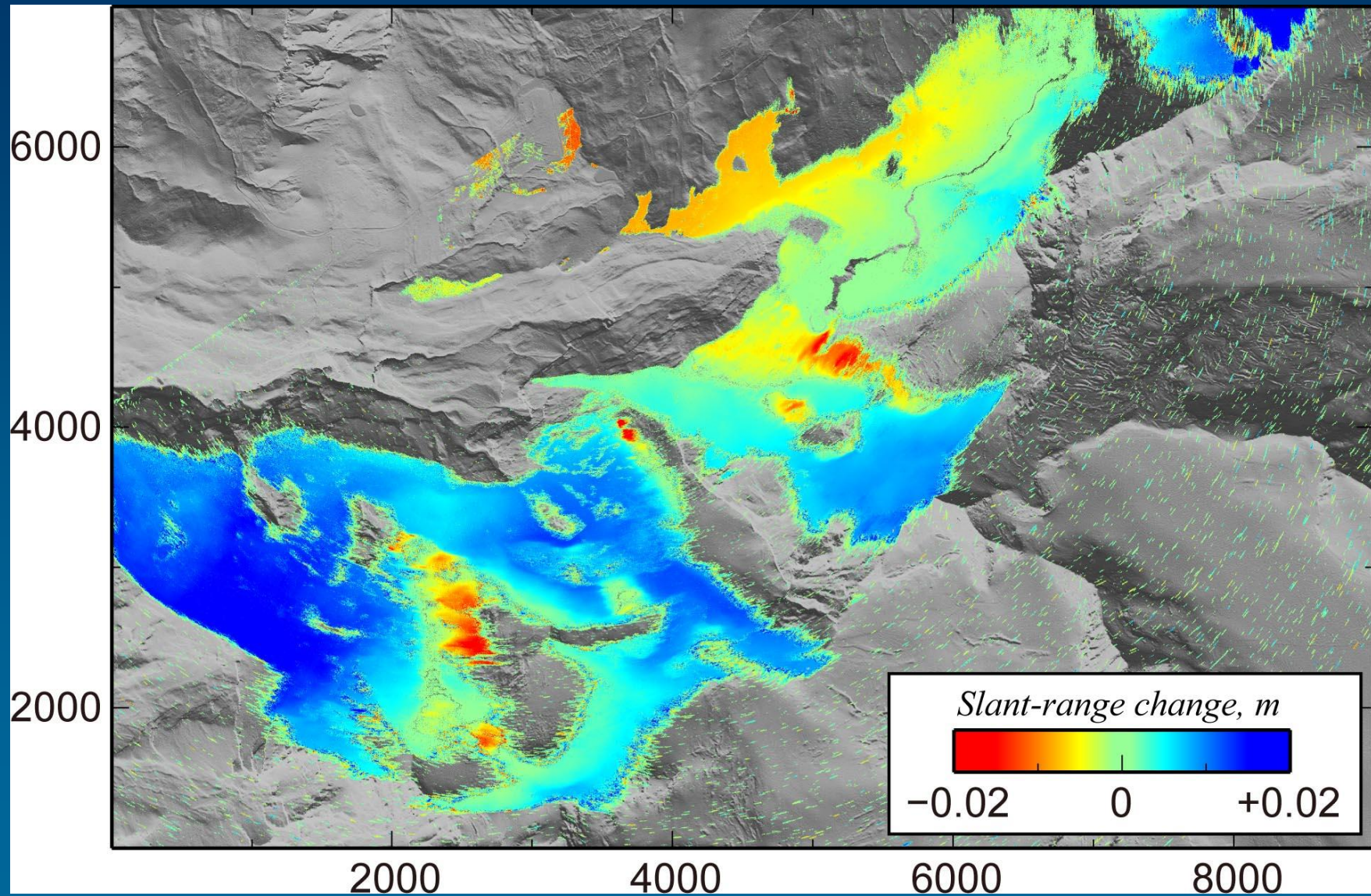
散乱強度画像



散乱強度画像



推定された速度分布



推定された速度分布(鳥瞰図)

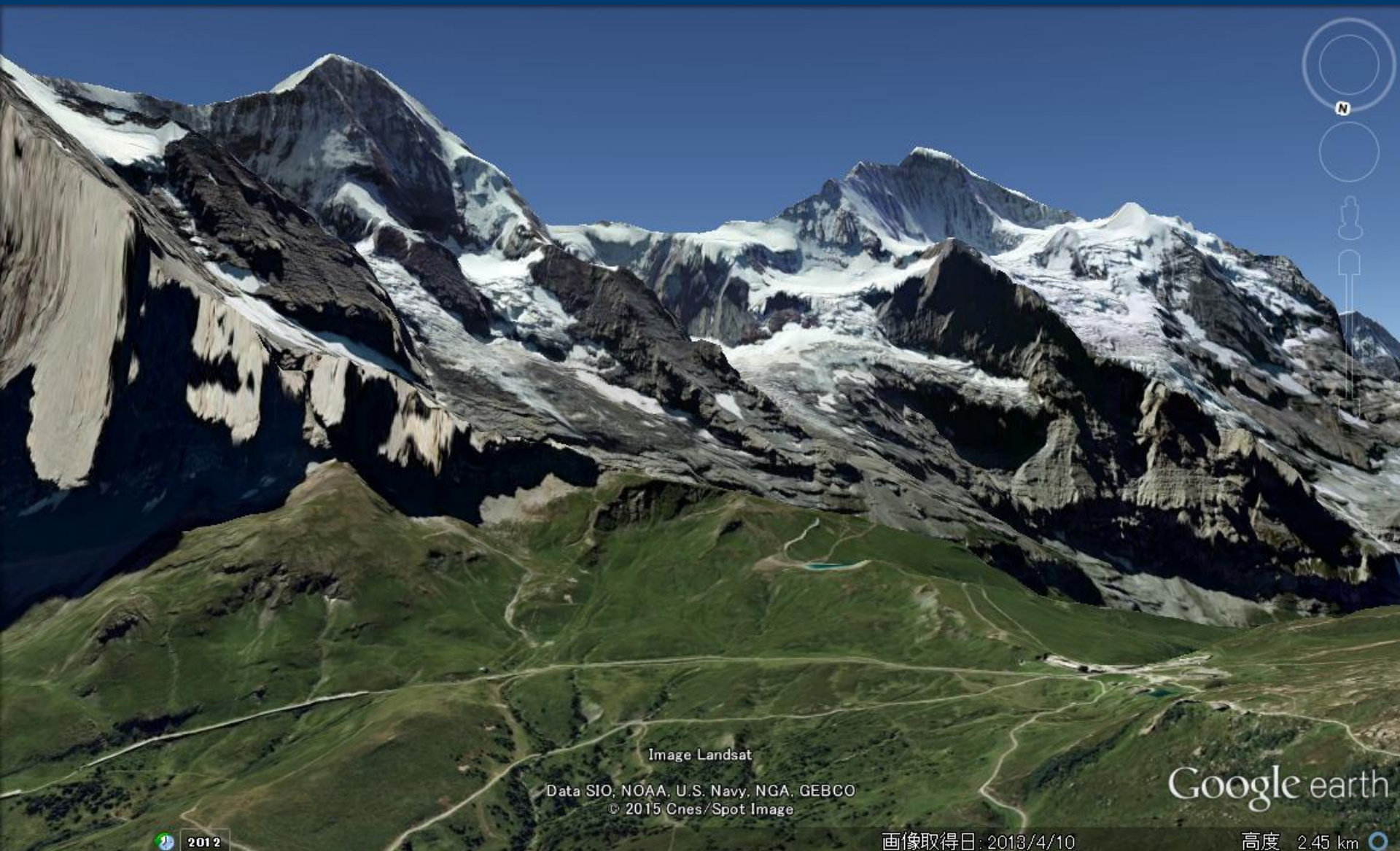


Image Landsat

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2015 Cnes/Spot Image

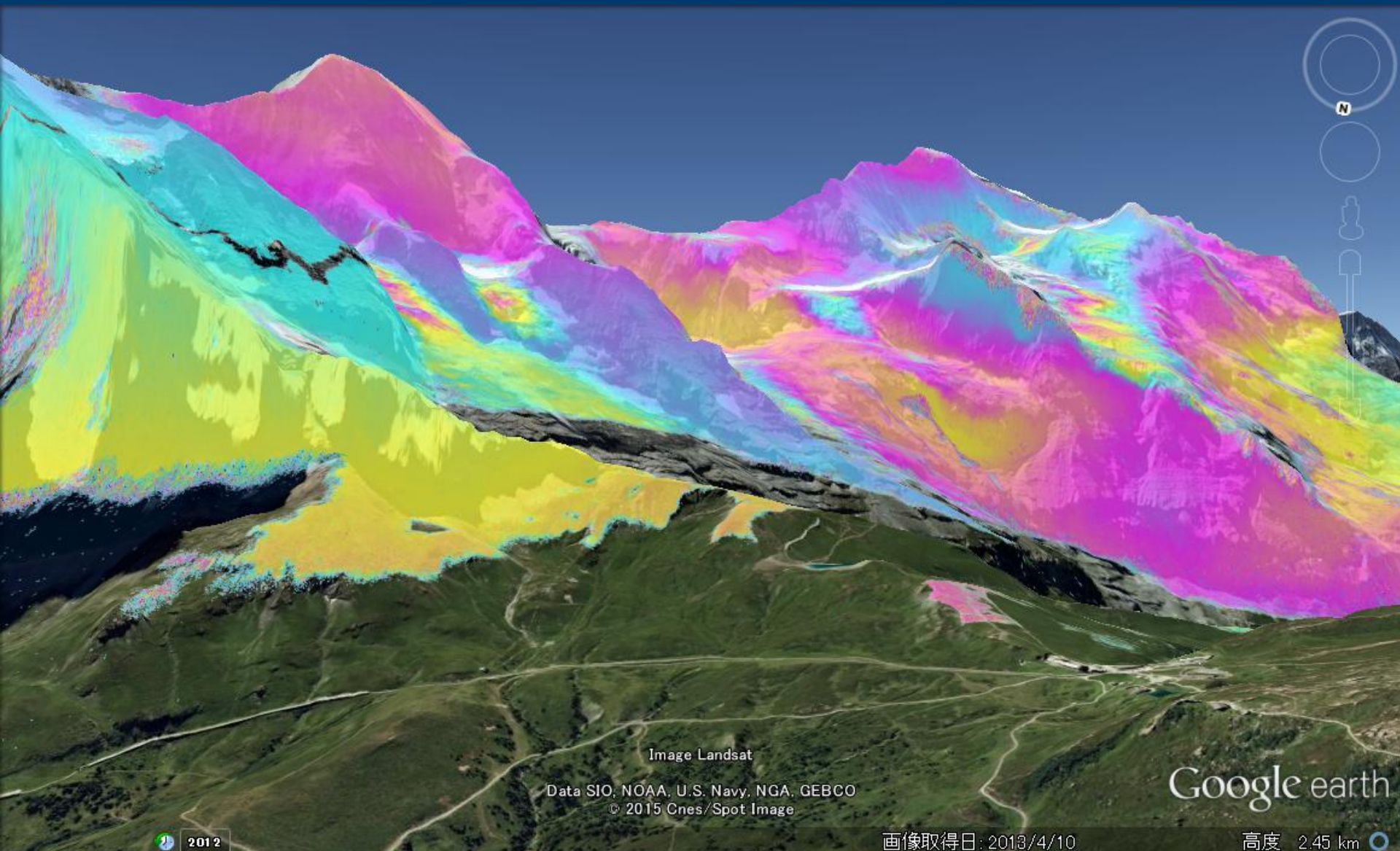
Google earth

2012

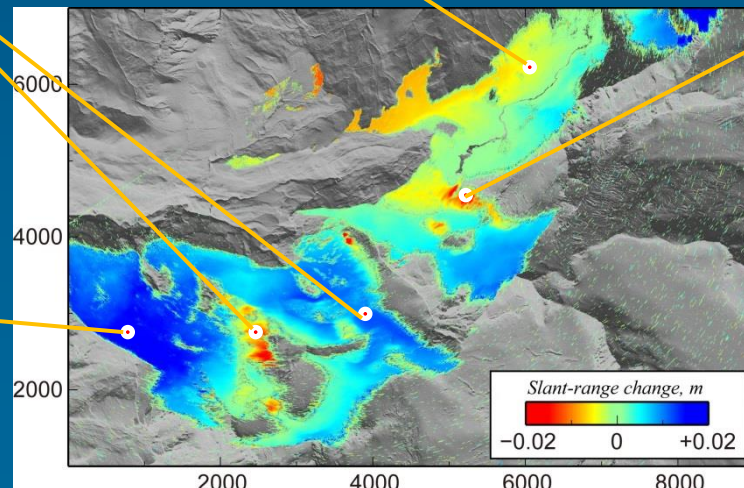
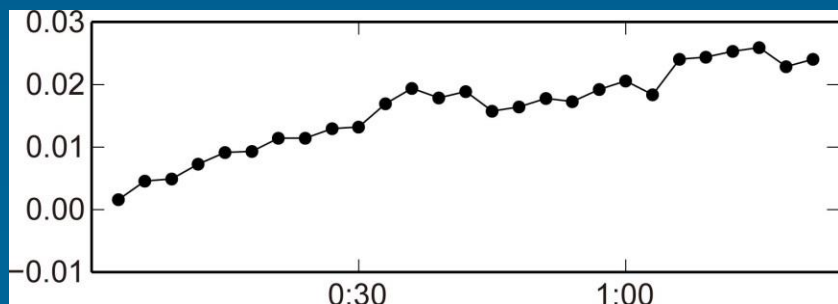
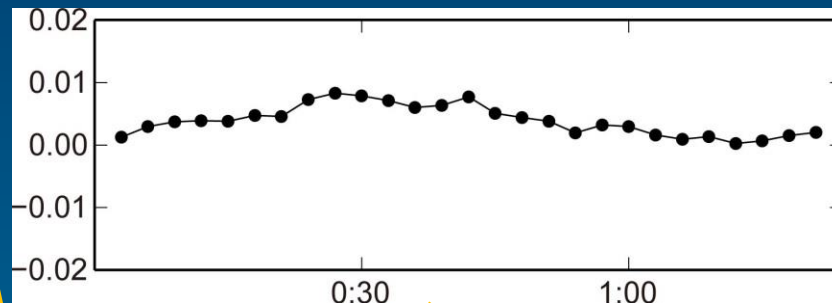
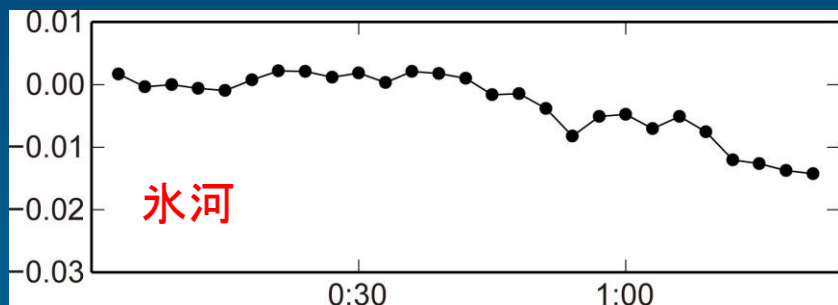
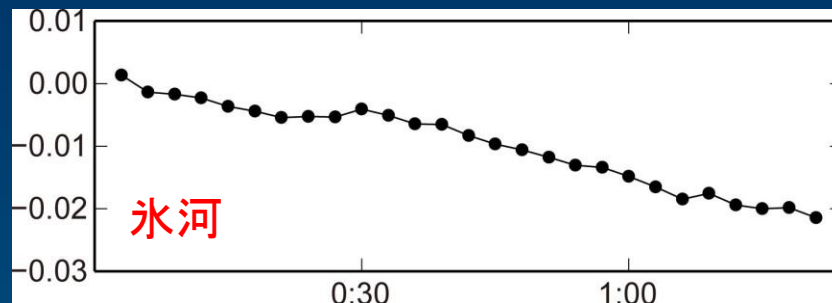
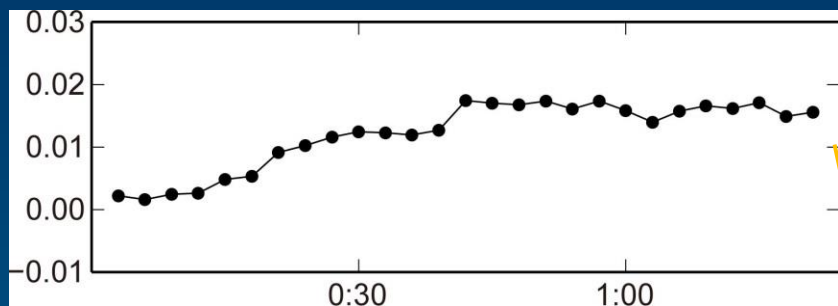
画像取得日: 2013/4/10

高度 2.45 km

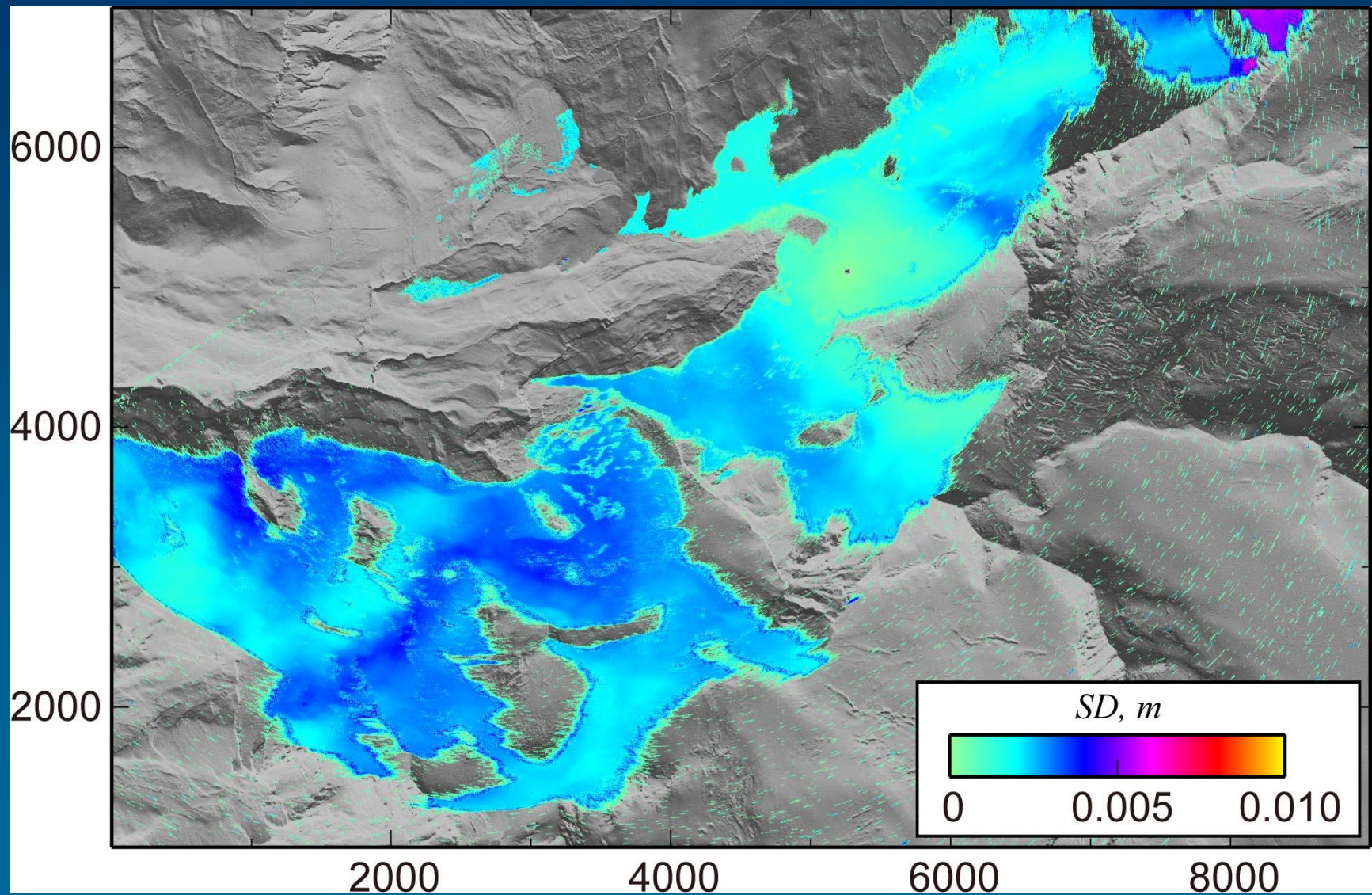
推定された速度分布(鳥瞰図)



スラントレンジ変化時系列



Post-fit residual (RMS)



まとめ

地上設置型レーダー干渉計による火山性地殻変動のモニタリングに向けた研究に着手

- 地上設置型レーダー干渉計により、火口周辺の地表変動を高時間分解能で観測したい。
- 合成開口型と実開口型の地上設置型レーダー干渉計を浅間山の山麓に設置予定
- 平成28年度から、本格的に運用を開始する予定
- 小領域に限定すれば、1cm/hrの変化は捉えられそう
- 大気遅延成分をいかに軽減するかが大きな研究課題
- 準リアルタイム処理
- 植生のある領域では、干渉性劣化が速い