

2-4

氷河・氷床環境変動監視のための SAR データの利用

Application of SAR data for Monitoring of Cryospheric Change

著者: 山之口勤(RESTEC)他

Author: Tsutomu Yamanokuchi et al.

要旨.

南北両極、加えて第三の極といわれる山岳氷河域は、気候変動に対しての応答が顕著に現れる領域である。その広大な領域の監視には、衛星データの利用が有効だが、光学センサでは極域では条件的に悪天候の場合が多く、SAR データの利用が期待されている。本研究では、その一端として南極氷床での SAR データ解析結果と、山岳氷河域における解析事例について示す。

右の図上段は、南極大陸縁辺 Lazarevisen (東経 14.5 度) 付近の ALOS/PALSAR による 3Pass Interferogram、下段は ERS-1/2 による Interferogram である。下段画像中央、フリンジの集中している部分は、潮汐により上下動する棚氷域と、そうした変動がない大陸氷床域の境目にあたる。この境目を grounding line と呼び、近年西南極域では grounding line の後退と棚氷域や氷河域の減少が観測されている。画像下段、1996 年のタンデムペアである ERS-1/2 ではその抽出は容易であったが、PALSAR の場合は 46 日の回帰周期がネックとなり単純な 2 パス干渉画像からはこうしたフリンジの集中が観測できない。しかし 3 パス InSAR を適用することにより、氷床流動が弱く、decorrelation の小さい領域については grounding line の抽出を行うことが可能である。PALSAR と ERS-1/2 の間の grounding line の位置については、両者は良い一致を示しており、13 年の間でその後退は見られなかったことが本解析結果よりいえる。ALOS-2 では、より短い回帰周期のデータが得られることから、氷床流速の速い領域も含め汎大陸的に南極全体の grounding line モニタリングが期待できる。

また本公演の中ではこれ以外に、山岳氷河域での SAR データの解析事例についても報告する予定である。

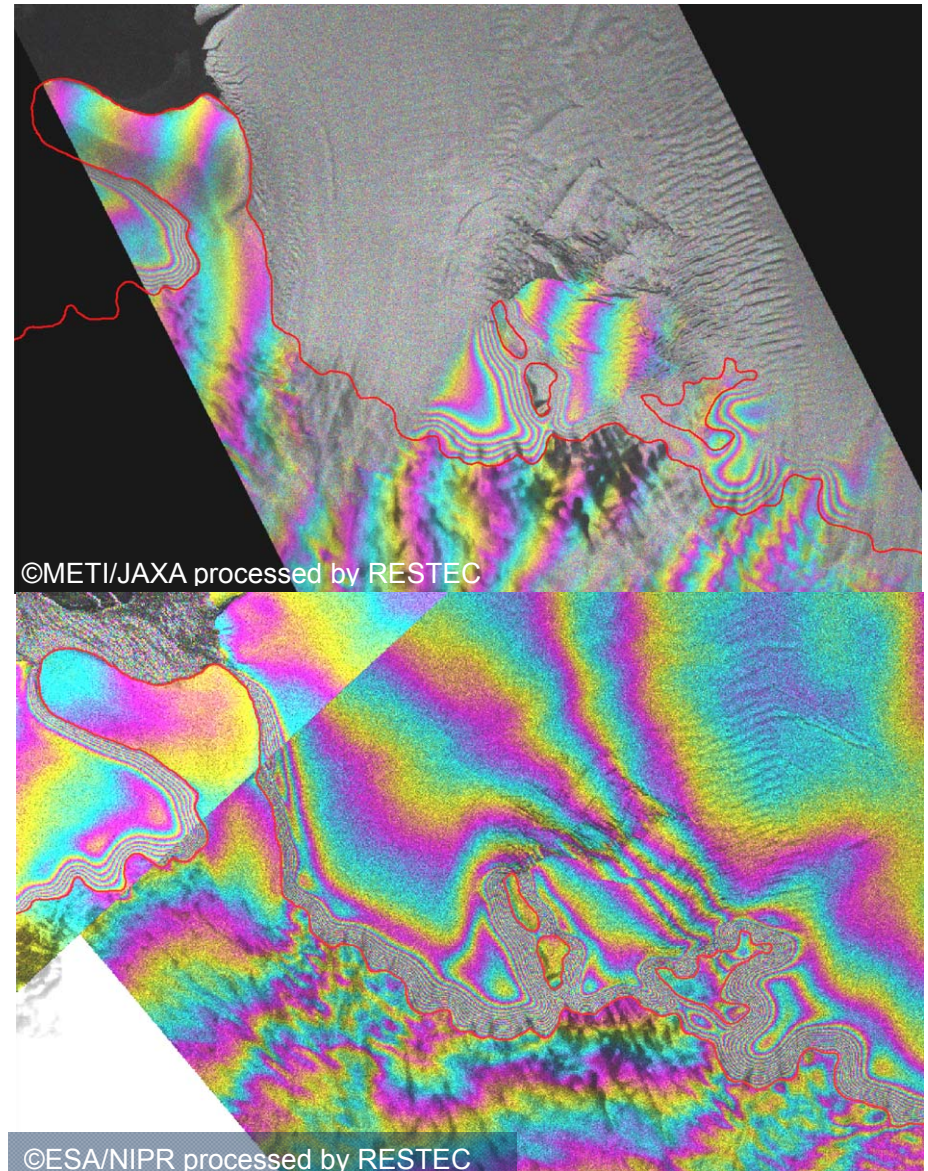


図. 東南極 Lazarevisen 地域の Interferogram. 上段は ALOS/PALSAR による 3 パス処理、下段は ERS-1/2 タンデムデータによる 2 パス処理によるものである。赤色の線は grounding line 位置を示す。

氷河・氷床監視のための SARデータの利用

Tsutomu Yamanokuchi

Remote Sensing Technology Center of Japan

Contents of my talk

- Background
- <Study-1> Grounding line extraction by ALOS / PALSAR
- <Study-2> Rock Glacier extraction by ALOS / PALSAR DInSAR
- Summary

氷河・氷床域へのSARデータの利用

SARへの期待

- ・現地観測の困難さ
- ・光学センサの利用の困難さ(天候条件)
- ・位相情報の利用: InSAR、DInSAR
- ・偏波情報の利用: 氷のタイプの分類
- ・氷河氷床の流動速度

SARの難点:

- ・どこを見ているのか? もぐってる深さは?
- ・コヒーレンス低下の問題: 時間的コヒーレンス
- ・電離層の問題

◆干渉SARを氷床で行う場合は、時間的コヒーレンスの影響が大きいため、どうしてもERS-1/2のタンデムもしくはIce Modeデータが優位であった → PALSARの波長が長いという利点が、46日という長い回帰により生かせなかった。

◆山岳氷河域では、流動速度が速いことや表面の融解に伴う変化が大きいため、InSARよりOffset Trackingが多用されている。空間分解能が精度に直結

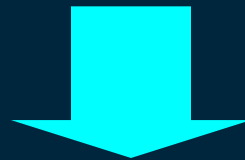
Study-1.

Grounding line extraction
using ALOS / PALSAR

T. Yakamokuchi (RESTEC), K. Doi (NIPR), K. Shibuya(NIPR)
and K. Nakamura (Nihon Univ.)

Background

- Global environmental Change
 - **Ice mass balance** at **Antarctica** have serious effect, sea level change, global warming...
- Understanding the Ice mass : 3 parameters are necessary
 - 1) **Position of grounding line (Gate of water outflow)**
 - 2) Flow **velocity** and **direction** of glacier / ice sheet
 - 3) **Thickness** of ice sheet (Digital Elevation Model :DEM)
- Ground survey approach
 - Ground Survey : Very tough work because of under the tough weather condition and difficulties of broad area coverage

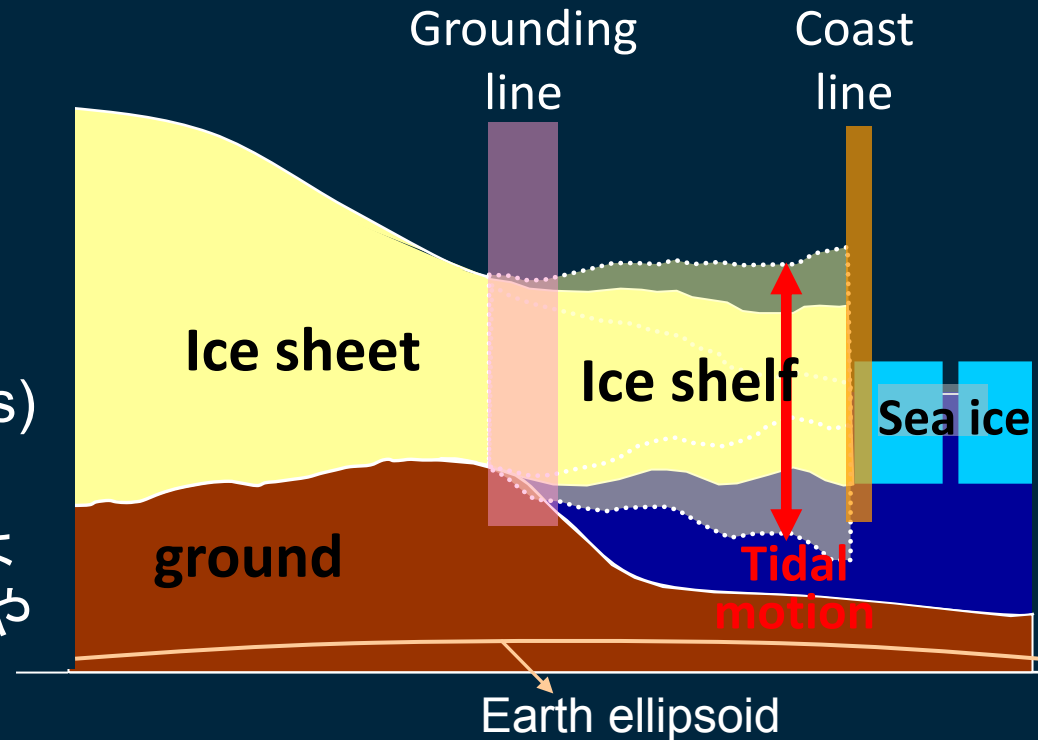


Satellite remote sensing is the most suitable tools !!

Study-1.

Grounding line extraction using ALOS / PALSAR

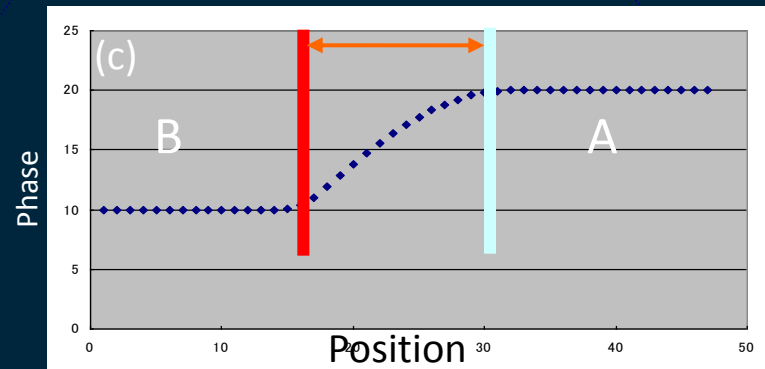
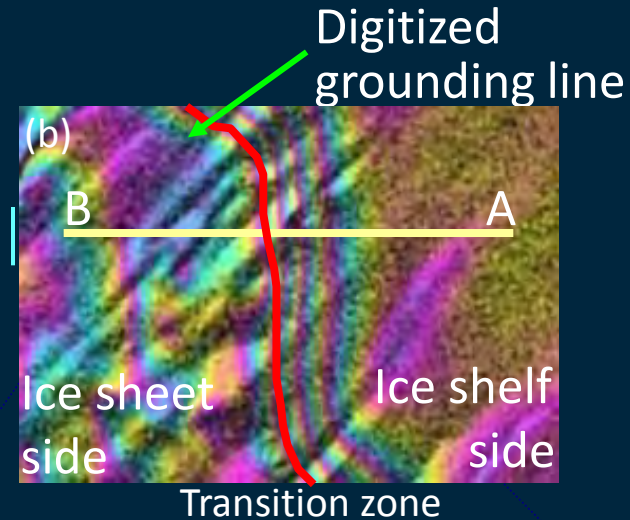
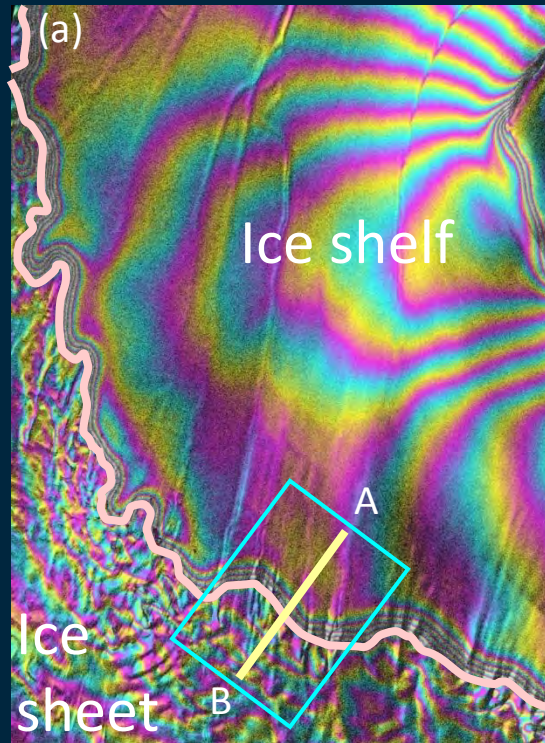
- GLの抽出はこれまでERS-1/2がメインであった。その理由は
 - 観測時間差が短い！
 - 氷床流動を無視できる！
- ALOS / PALSARの場合
 - 回帰周期が長い (46days)
 - Lバンドである(24cm)
- 波長が長いことは氷床流動によるdecorrelationに対して強い(CやXとの比較で)
- ERSのデータは16年以上前なので、もしPALSARでGLが抽出できれば、非常にインパクトがある



Schematic figure of grounding line

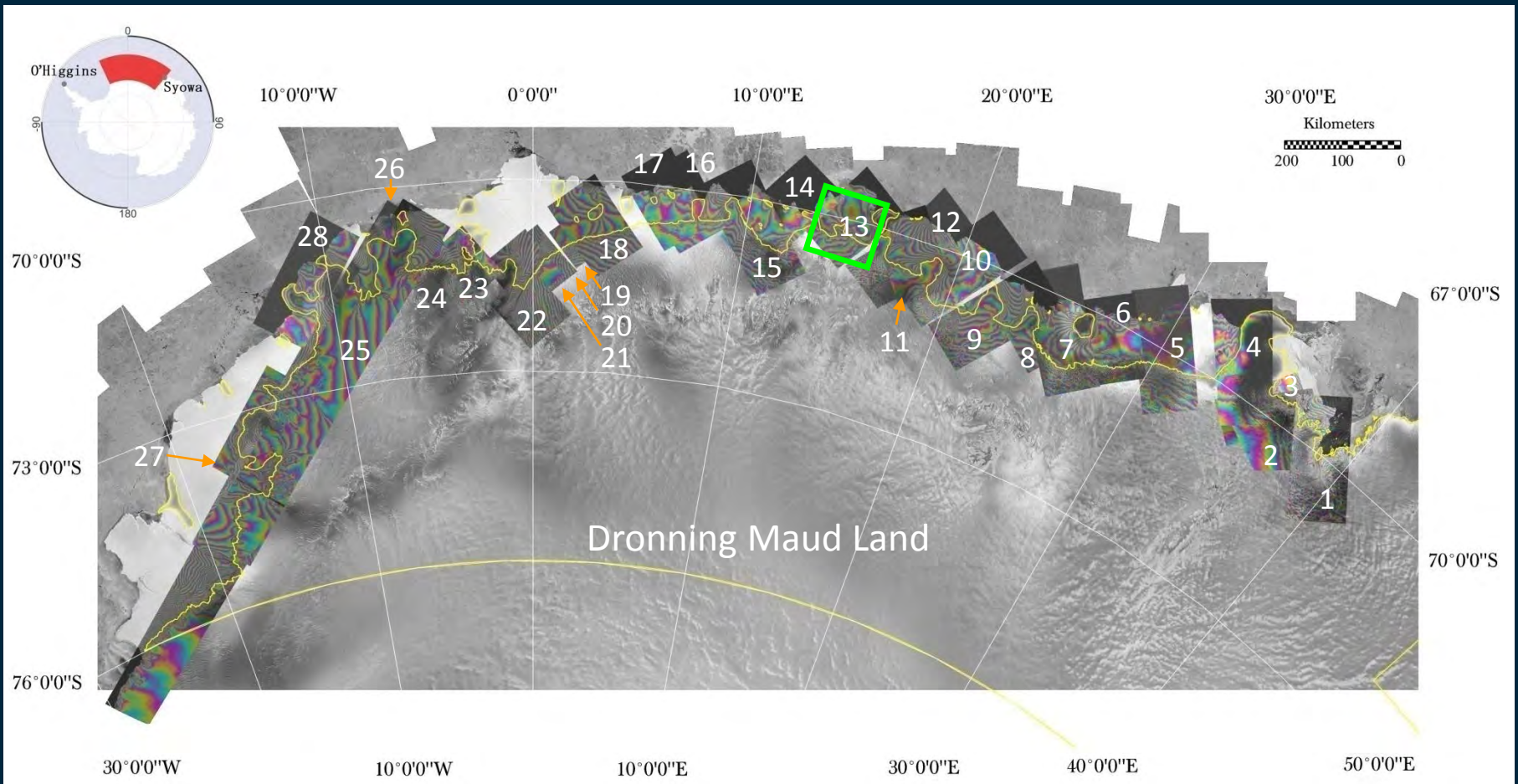
* 実はE.Rignotが作ったGL Databaseも大部分はERS-1/2ベース！

Grounding line extraction



Tidal fringe appears concentrately at the boundary between ice sheet and ice shelf. In this fringe concentrated area (call as Transition zone), define the grounding line as the most inland-side fringe and digitize this fringe manually. (Same definition as Rignot (1996) and Ozawa (1999))

Study Area



Green framed area (Lazarevisen) is chosen as case study area
➡ Slow and stable flow velocity of ice shelf

ERS-1/2 Interferogram

Fringe concentration detected clearly in the interferogram
Fringe phase components;

$$P = P_{\text{topo}} (\text{topo}) + P_{\text{flow}} (\text{flow}) + P_{\text{diff}} (\text{GL}) + P_{\text{noise}}$$

Need to extract P_{diff} component

It is necessary to remove P_{flow} and minimize P_{noise} for grounding line extraction. In case of ERS-1/2 data, it is able to neglect P_{flow} because it has short time difference

ALOS / PALSAR Interferogram

Obs. Date: 20071022/20071207/20080122

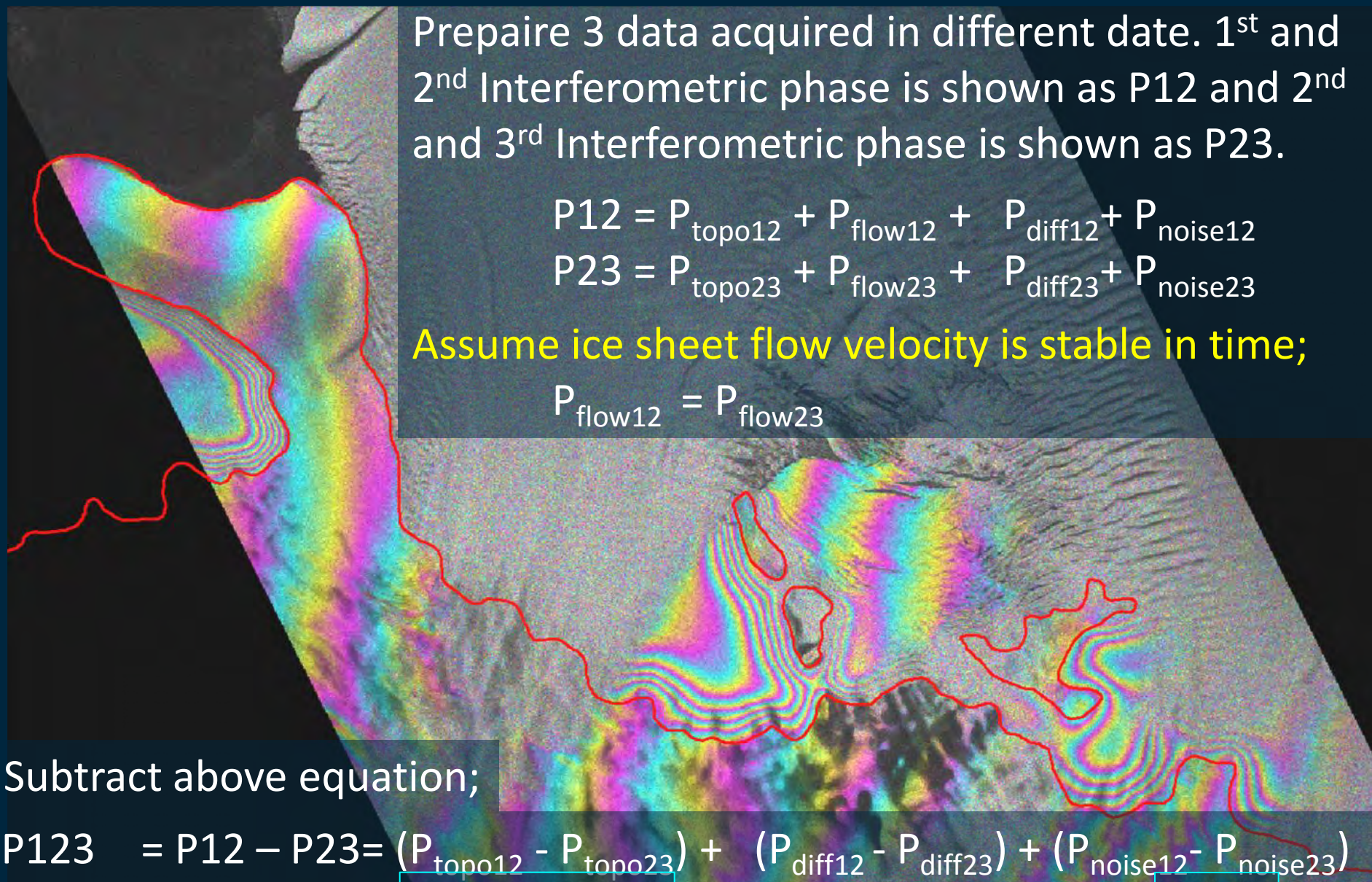
Prepare 3 data acquired in different date. 1st and 2nd Interferometric phase is shown as P12 and 2nd and 3rd Interferometric phase is shown as P23.

$$P_{12} = P_{\text{topo12}} + P_{\text{flow12}} + P_{\text{diff12}} + P_{\text{noise12}}$$

$$P_{23} = P_{\text{topo23}} + P_{\text{flow23}} + P_{\text{diff23}} + P_{\text{noise23}}$$

Assume ice sheet flow velocity is stable in time;

$$P_{\text{flow12}} = P_{\text{flow23}}$$



Subtract above equation;

$$P_{123} = P_{12} - P_{23} = (P_{\text{topo12}} - P_{\text{topo23}}) + (P_{\text{diff12}} - P_{\text{diff23}}) + (P_{\text{noise12}} - P_{\text{noise23}})$$

Relatively small

Small

Summary

- PALSARからGLを抽出するための条件
 - ➡ 3pass InSARの適用 (DEMの問題、GDEM利用?)
 - ➡ 流動速度がコヒーレンスを保てるほど十分遅い
 - ➡ S/Nが高く波長が長い (と、望ましい)
- 流動が速いところはtemporal coherenceの悪化が進むので、46日周期のPALSARでは大変
- ALOS-2 では、短い回帰周期(14日)と高分解能化により、適用範囲が広がることに期待 ➡ E. Rignotより先に日本から結果を！！
- 一方で、14日が潮汐の面から不利な可能性も (長周期潮の中で振幅が大きい M_f 潮の周期が13.66日)

Study-2.

Extraction and mapping of active Rock glacier by PALSAR DInSAR analysis

**T. Yakamokuchi (RESTEC), Mariano Masiokas (IANIGLA),
Jinro Ukita (Niigata Univ), C. Narama (Niigata Univ.),
T. Tadono (JAXA) and N.Tomiyama (RESTEC)**

1. Cordón del Plata, Mendoza River Basin, Province of Mendoza (around 33° 01'S, 69° 27'W), Arid Andes



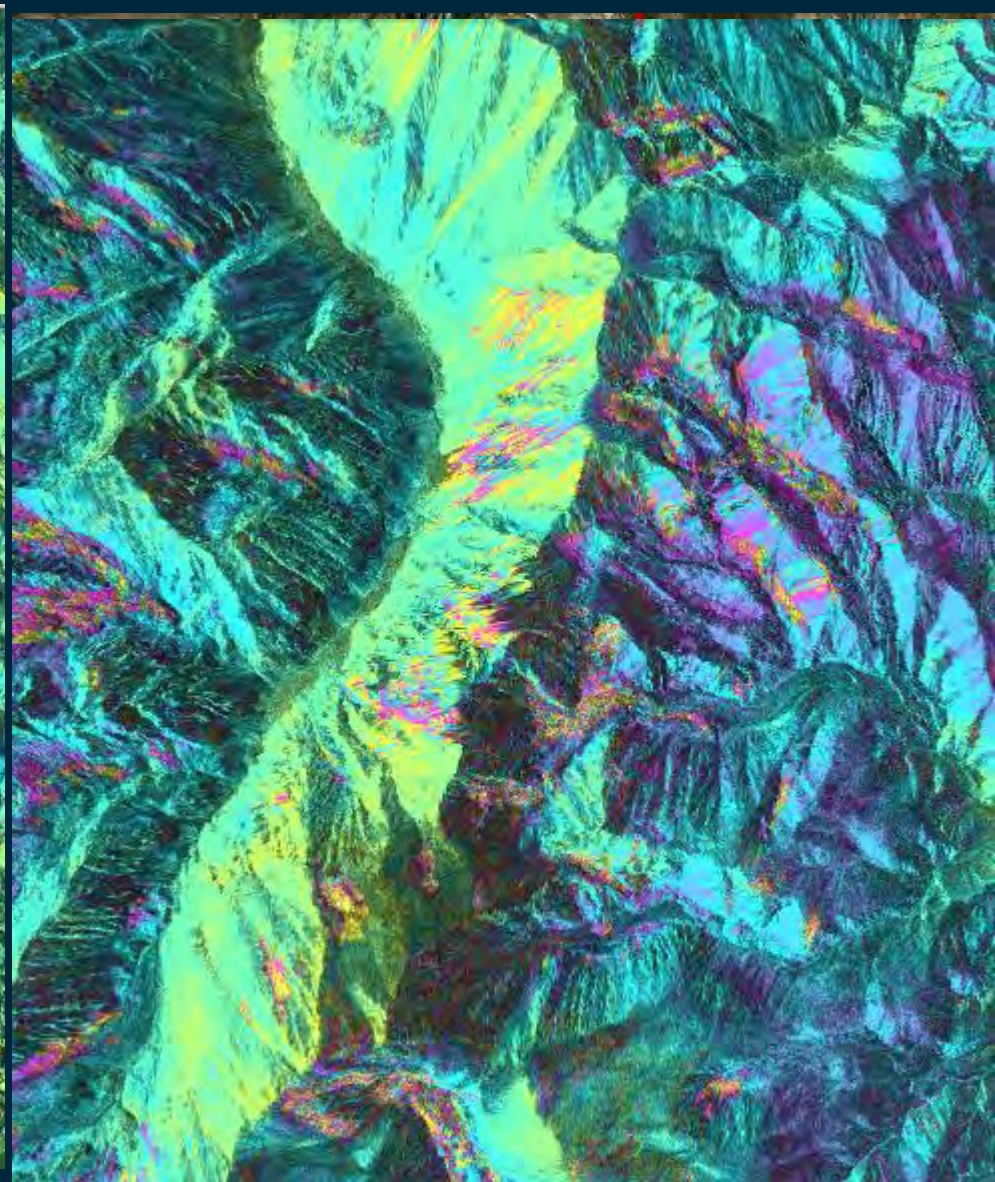
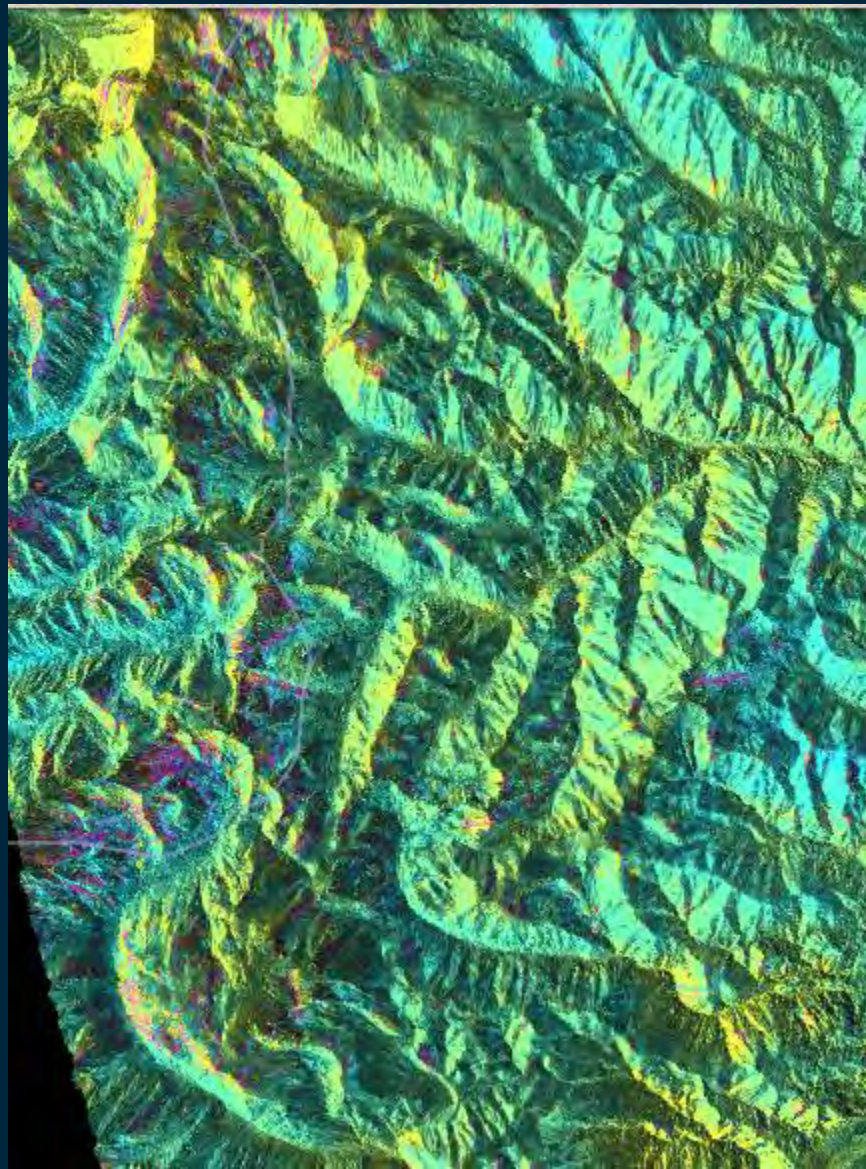
岩石氷河活動のDInSARによる解析



岩石氷河

- 氷河縮小起源と岩壁デブリ起源の二つ
- 現成, 停滞, 化石の3つ状態区分
- 現成の流動速度は1m/yrほど
- 永久凍土帯に形成され, 永久凍土不連続帯の下限高度の指標
- 表面は巨レキからなるうねみぞ形態で, 内部は細粒+氷
- チリ (サンティアゴ) では岩石氷河の融氷水を生活用水に利用

岩石氷河活動のDInSARによる解析

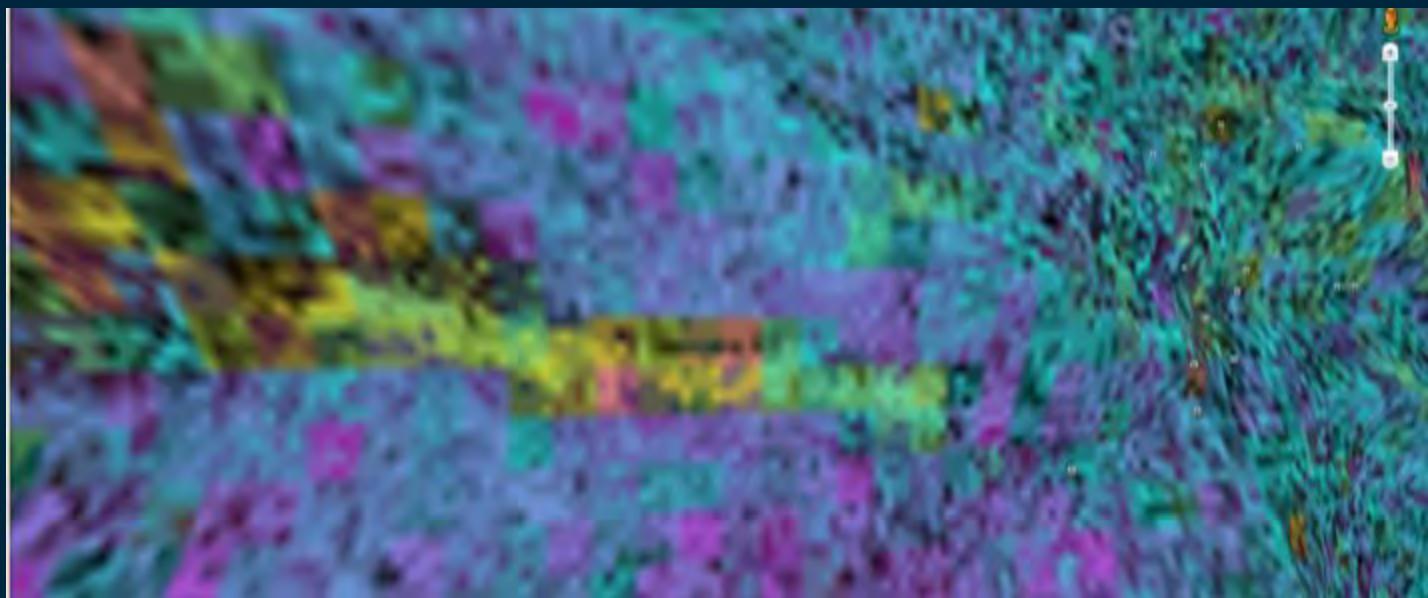


DInSARデータ解析結果（46日）

Google Earth

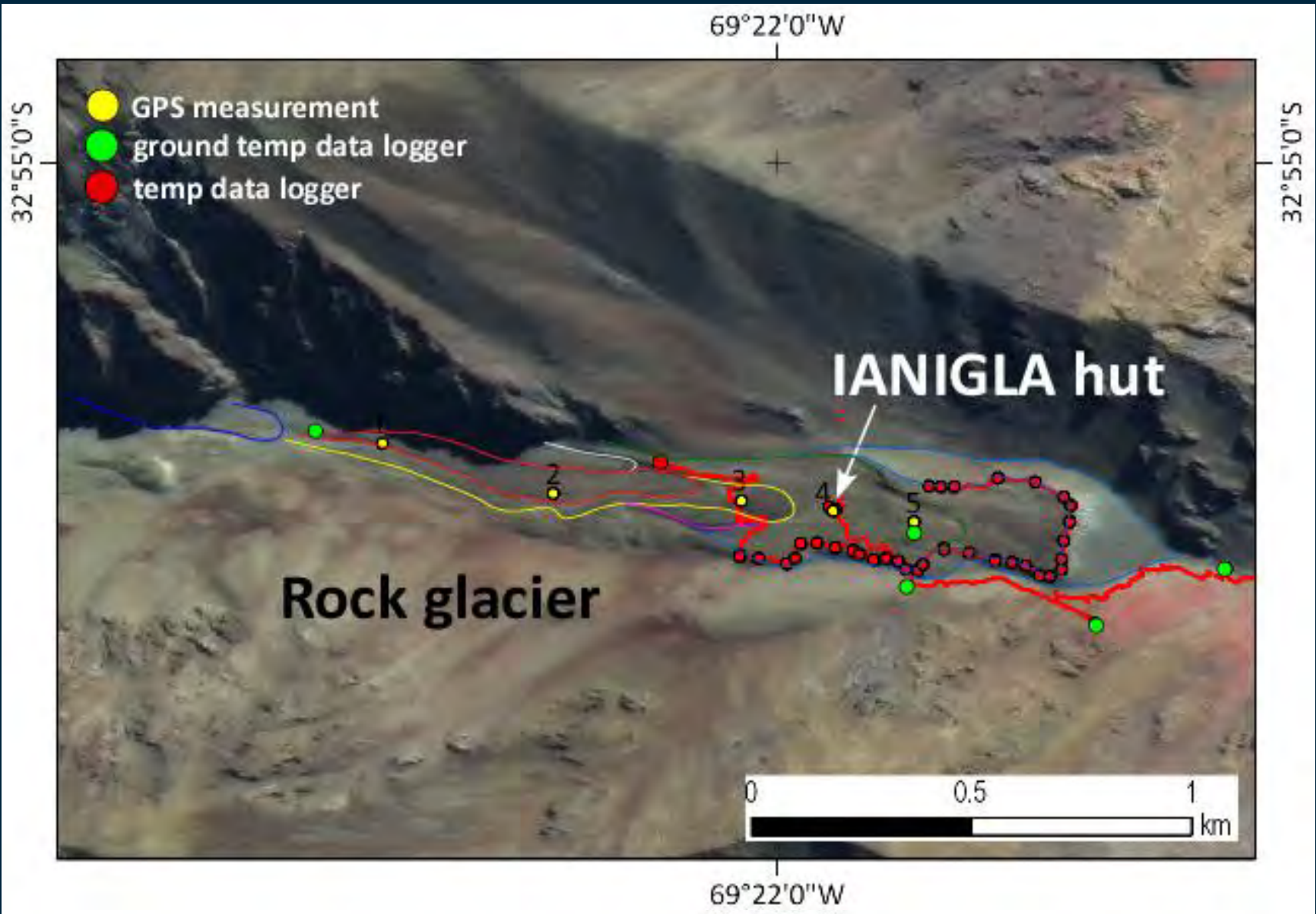


ALOS/PALSAR DInSAR 20100227/ 20100414



46日間で1/3位相程度
の変動あり。
年間にすると30cmくら
いの流動

岩石氷河調査：2012年3月12～15日



GPS観測（5点1時間計測，その他26地点で5分間GPS観測）



まとめと今後の予定

- アルゼンチンIANIGLAの氷河台帳作成を共同研究を通じて支援中。
ターゲットサイトとして4か所を設定している
- 衛星データ、特にALOS/PRISMによるDEMを用いたアルゼンチンア
ンデスの詳細氷河台帳をめざした技術移転を実施予定
- Rock Glacierの活動度をDInSARでモニターする解析を実施中
- 氷河の実踏調査、AWS設置や地温測定等、気象学的なデータも収集
し、氷河の変動についても解析を行っていく予定

まとめ・課題

< study-1 >

- 一定の条件下であれば、PALSARでも3pass DInSARによりgrounding lineを抽出することが可能であった
- ただし、氷床流速が速い場合はそれは難しい
- ERS-1/2による干渉SARによるgrounding line は1996年なので、更新を！
- ALOS-2によるgrounding line抽出はその14日間という短い時間差から可能性は十分ある(潮汐の問題はあるが)
- ALOS-2で是非南極大陸沿岸部のFBによる観測を希望！

< study-2 >

- アクティブな岩石氷河のマッピングがクリアに出来る可能性が高い
- 氷河の融け水が生活用水のため、実用面からもこうした分布を知ることは重要
- 積雪があると抽出はできない場合がある。これは避けようがない・・・
- IANIGLA自身もアンデス山脈全体のRockGlacierの分布まではわかっていないので、ActiveなRockGlacierの分布がわかると非常に有効な情報となる

謝辞：記して御礼を表します

- 本研究のデータは JAXA Research Announcement (PI No.371<Study-1> and No. 577<Study-2>) に基づき提供していただいた。
- 南極域のERS-1/2データはJARE昭和基地受信チームによりなされたものを用いた
- アルゼンチンにおける現地解析等は「ALOS高解像度衛星画像を用いたアルゼンチン・アンデス山岳地帯における氷河台帳作成」によるサポートを受けた