

PIXELの10年

小澤拓（防災科学技術研究所）

PIXELコアメンバー

1995年兵庫県南部地震に関するInSAR解析

地理院による解析結果

村上ほか(1995)

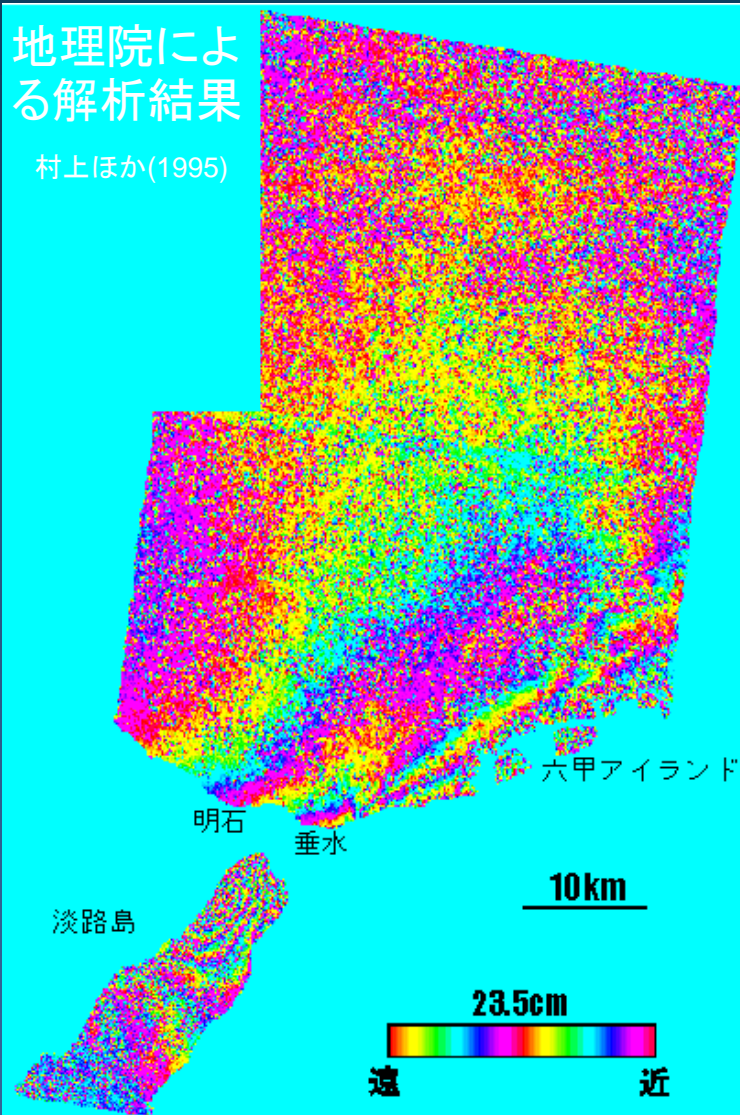
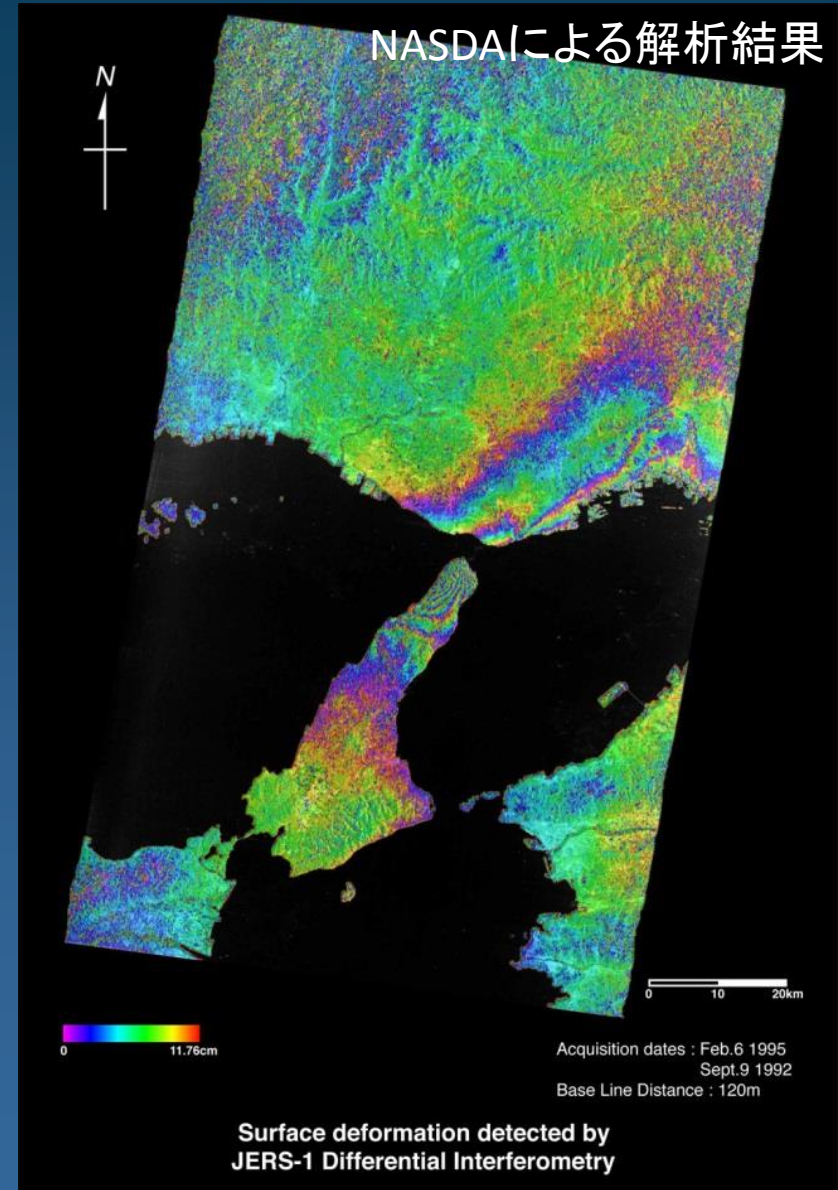


図1 干渉合成開口レーダーによって画像化された、平成7年兵庫県南部地震による地殻変動

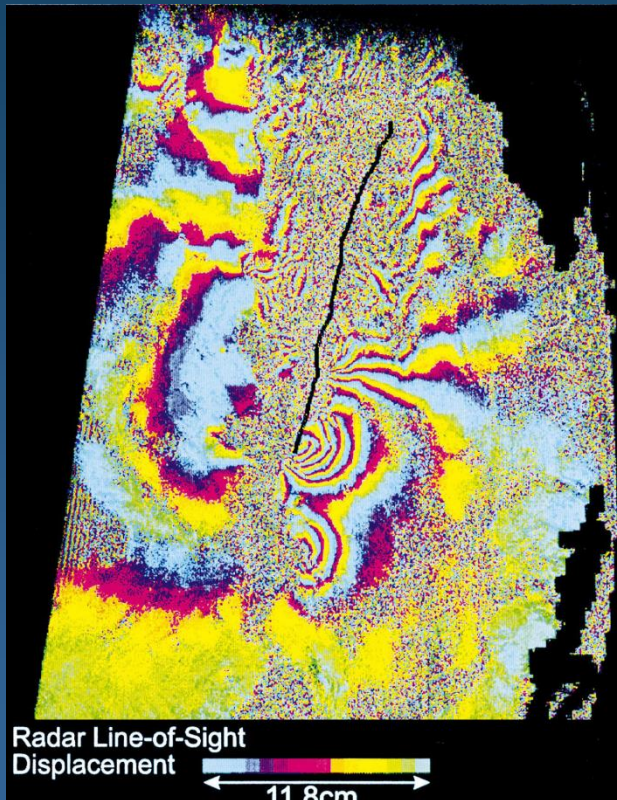
NASDAによる解析結果



Surface deformation detected by
JERS-1 Differential Interferometry

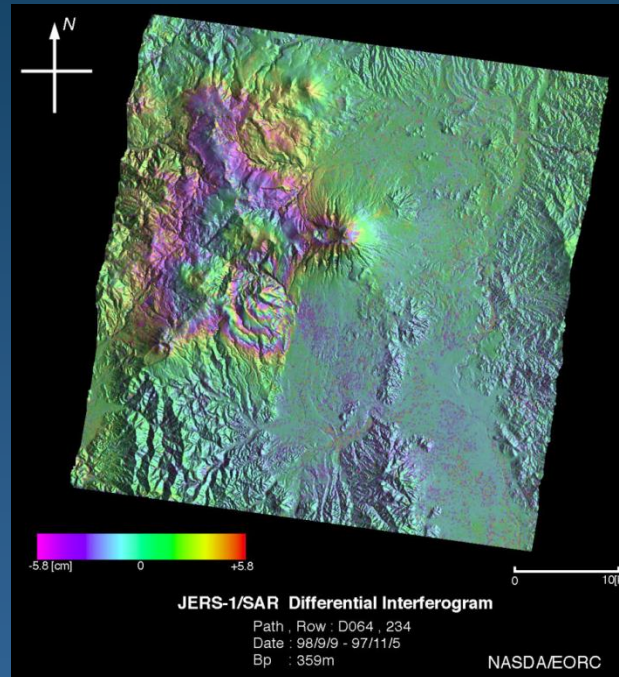
JERS-1 / InSARの解析事例

北サハリンの地震
(1995/5/28, M_w 7.1)



ftp://ftp.eorc.jaxa.jp/cdroms/EORC-041/ev_j/j_005.pdf

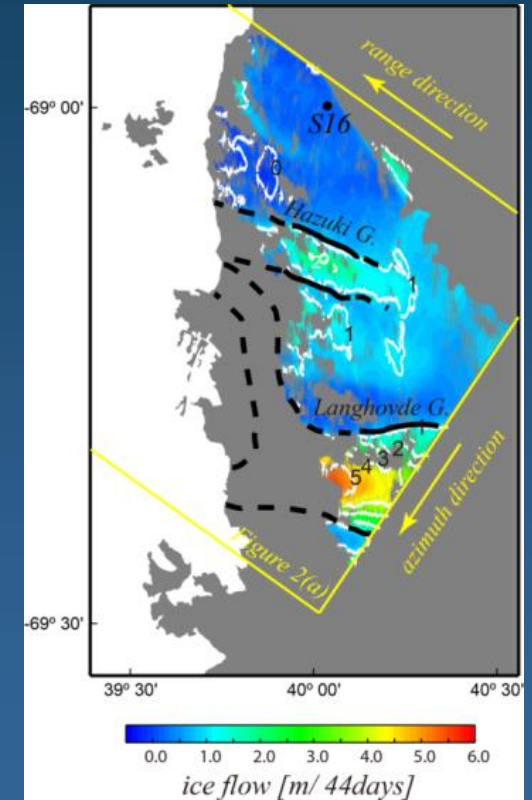
1998年岩手山噴火未遂イベント



M_{JMA} 6.2の地震発生後に収束

ftp://ftp.eorc.jaxa.jp/cdroms/EORC-041/ev_j/j_005.pdf

宗谷海岸域の水床流動



小澤ほか (1999)

JERS-1運用終了...



地球資源衛星1号(ふよう1号)の運用終了について
平成10年10月12日
宇宙開発事業団

平成4年2月11日に打ち上げた地球資源衛星1号「ふよう1号(JERS-1)」は、平成10年10月11日より衛星状態に異常が発生していましたが、平成10年10月12日午前11:50頃沖縄局から交信を試みたところ、衛星からの応答が無かったことから、同日午後12:30頃チリ国サンチアゴ局から停波コマンドを送信し、衛星の運用を終了致しました。原因は今後引き続き調査する予定です。

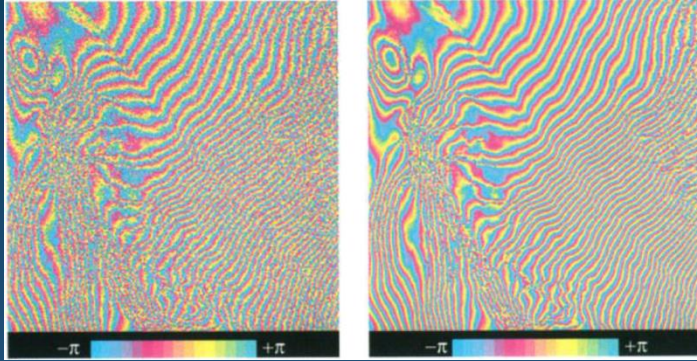
なお、「ふよう1号」のミッション期間は、打上げ後2年間でしたが、約6年半にわたり資源、災害、環境監視等の地球観測データを取得しました。これらのデータを用いた代表的な研究の成果として中国トルファン盆地における石油賦存地域の抽出、アマゾン熱帯雨林の森林伐採の実態や、岩手山火山活動による地殻変動の様子を明らかにしました。



JERS-1運用終了以降(海外)

フィルタリング

Envisat打ち上げ(2002年3月)



Goldstein and Werner (1998)



ERS-2の
運用も継続

アンラッピング

PS-InSAR

Ferretti *et al.* (2000)

SNAPHU - Windows Internet Explorer

http://www.rse.stanford.edu/~suh/snaphu/

SNAPHU: Statistical-Cost, Network-Flow Algorithm for Phase Unwrapping

Description

Two-dimensional phase unwrapping is the process of recovering unambiguous phase data from a 2-D array of phase values known only modulo 2π rad. SNAPHU is an implementation of the Statistical-cost, Network-flow Algorithm for Phase Unwrapping proposed by Chen and Zebker (see references below). This algorithm poses phase unwrapping as a maximum a posteriori probability (MAP) estimation problem, the objective of which is to compute the most likely unwrapped solution given the observable input data. Because the statistics relating the input data to the solution depend on the measured quantity, SNAPHU incorporates three built-in statistical models, for topography data, deformation data, and smooth generic data. The posed optimization problem is solved approximately with use of network-flow techniques. SNAPHU always produces complete unwrapped solutions, and, in our tests, its accuracy is comparable to or better than that of other available algorithms. As SNAPHU uses an iterative optimization procedure, its execution time depends on the difficulty of the interferogram. In single-tile mode the required memory is on the order of 100 MB per 1,000,000 pixels in the input interferogram. The software is written in C and should run on most Unix/Linux platforms. It is freely available to the public, subject to the conditions outlined in the README file included with the distribution.

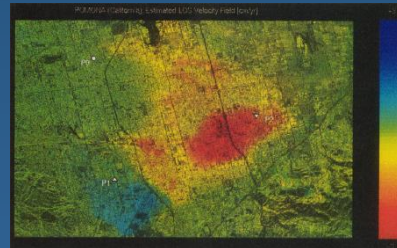
The latest version of the code is 1.42 (February 2002).

Download

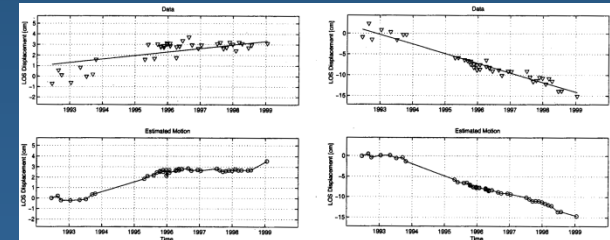
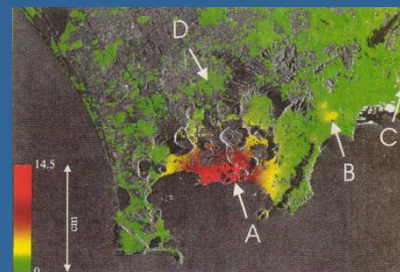
Download the full source distribution here: [snaphu-v1.42.tar.gz](#) (gzipped tar file, 140 kB)

The following files are included in the full distribution, but are listed separately here as well for convenience:
 Distribution README file: [README](#) (text, 5 kB)
 Text version of main page: [snaphu_main.txt](#) (text, 30 kB)
 LICENSE: [LICENSE](#) (text, 10 kB)

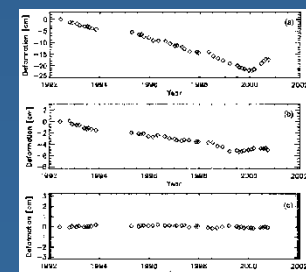
Chen and Zebker (2002)



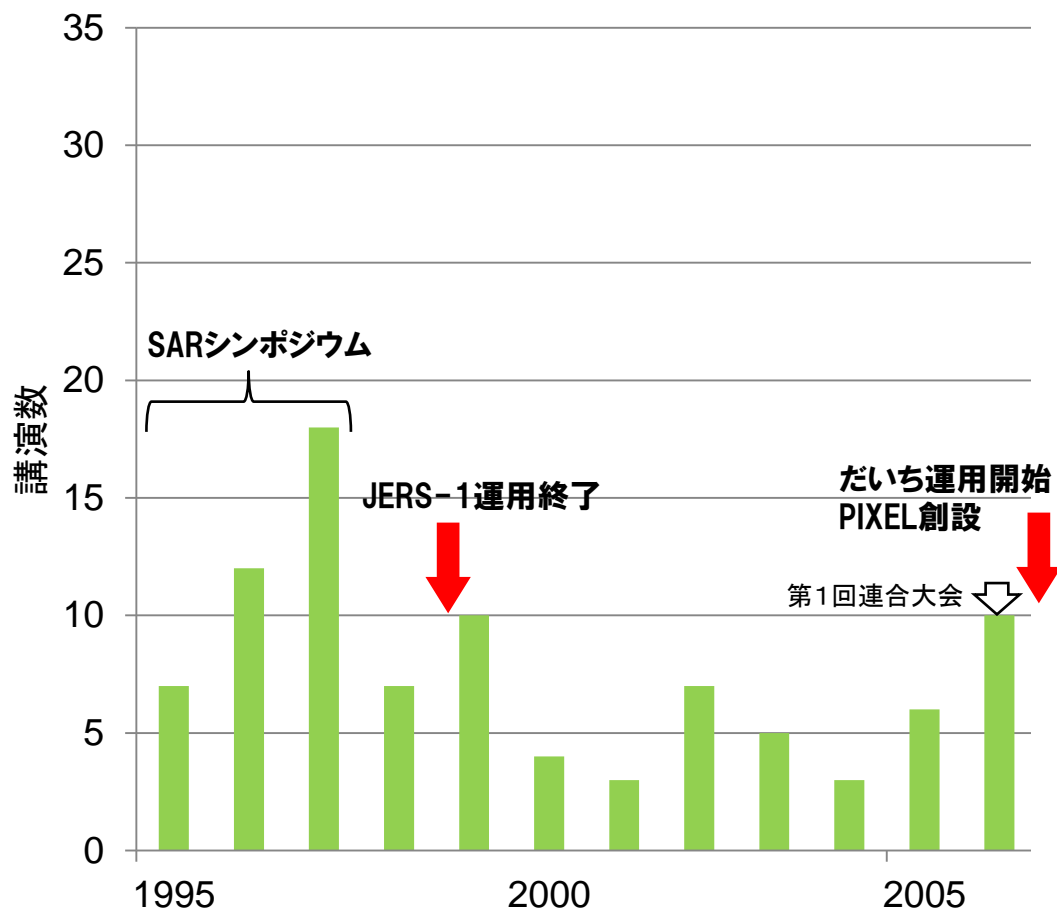
SBAS



Berardino *et al.* (2002)

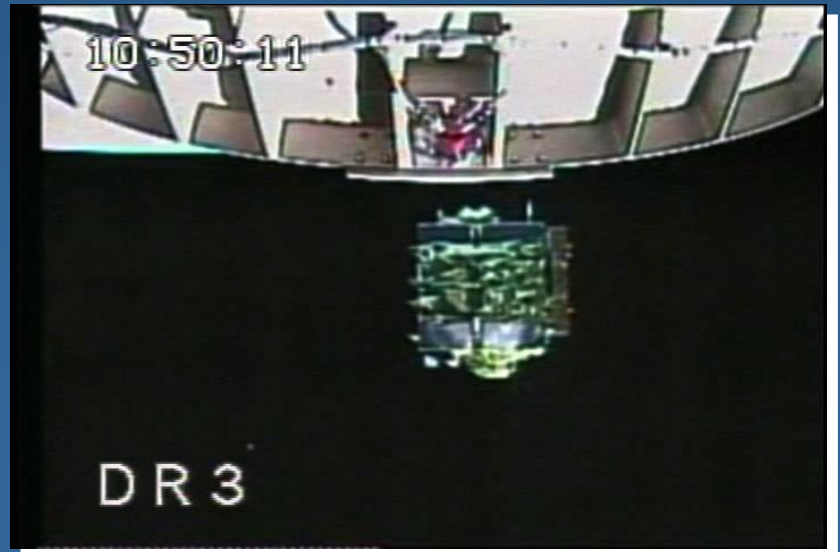
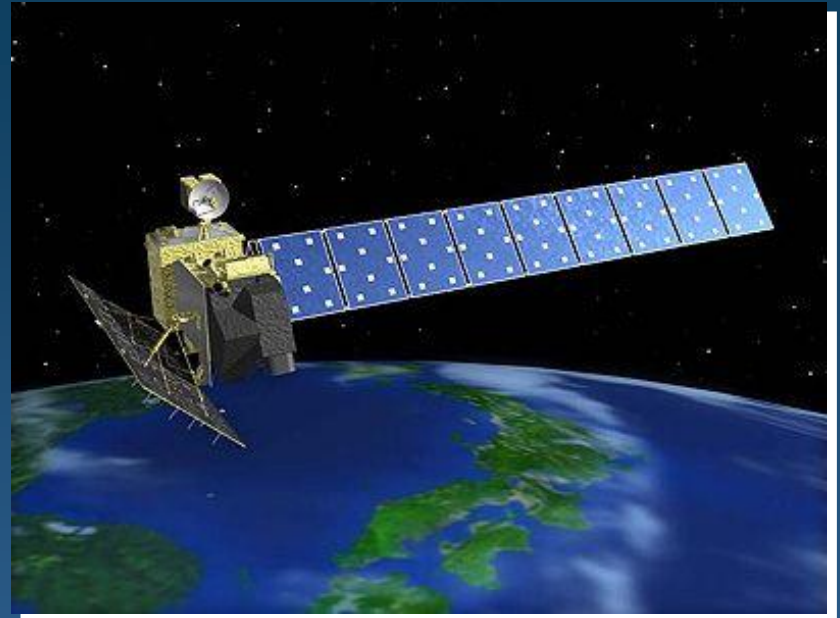


合同・連合大会におけるSAR発表件数の推移



この時期の講演数は低調ぎみだった...

2006年1月24日 だいち打ち上げ



地表変動研究におけるSARユーザーが少ない

InSAR研究が広まる下地が確立されていない

そもそもなんで...

- SARデータの入手が困難
- ソフトウェアが高い
- 解析方法などが解らない

- InSARって派手な縞々の絵が出てくるけど、どういうものを表しているのかがイマイチわからない
- InSARの研究者はオタク集団に見える...

PIXEL設立趣意

干渉SAR (Interferometric SAR; InSAR)を用いて、フランスのMassonnetらが、Landers地震に伴う地殻変動を検出し、ネイチャー誌の表紙を飾ったのは1993年でした。以来、多くの地震火山現象に伴う地殻変動の研究にInSARが用いられ、日本でもL-bandのSARを搭載した国産のJERS-1衛星の活躍により、兵庫県南部地震や岩手山の活動に伴う地殻変動が検出され、地殻変動研究に威力を発揮しました。JERS-1の運用が1998年に停止されて以降は、ESA(欧州宇宙機構)とCSA(カナダ宇宙機構)によるC-bandのSAR衛星が運用されていましたが、C-bandの波長が植生に覆われた日本の国土の地殻変動研究には適用条件が限られたため、日本の地殻変動研究においては、InSARの潜在能力が十分に発揮されるとはいえない状況が続いてきました。さらに、InSARに必要であるSARデータと解析ソフトウェアへのアクセスに関する問題もあり、日本におけるInSAR研究は欧米と比べて大きな遅れを取っているのが実状です。

一方、宇宙航空研究開発機構(JAXA)によってまもなく打ち上げ予定の地球観測衛星ALOSには、JERS-1と同じ波長であるL-bandの合成開口レーダーセンサー PALSARが搭載されています。植生を透過するL-bandマイクロ波の有用性/優位性は国際的にも周知の事実です。さらに、ALOS/PALSARはInSARの適用を考慮に入れて設計されていることから、より簡単かつ高精度に地殻変動の検出が可能になると期待されています。PALSARデータによるInSARは、地殻変動研究者にとっては、文字通り待望のデータとして全世界的規模で注目されています。いま、地殻変動を検出する道具としてInSARを使うための基盤である、SARデータへのアクセス、解析ソフトウェアの問題が解決されれば、より多くの研究者が簡単にInSARを用いて地殻変動データを利用できるようになります。GPSを用いた研究が進んでいる日本において、InSARも合わせて利用可能になれば、地殻変動の研究が、さらに活発に、より先進的なものになっていくことが期待できます。このような背景を踏まえ、地殻変動研究のためのInSARの解析者の育成や利用者の拡大を狙いとして、InSARのユーザグループを立ち上げたいと考えています。

本グループでは、以下のような活動を行う予定です。なお、具体的な活動内容については、変更の可能性もあります。

1. 主として火山・活断層領域のPALSARデータ(level 1(生データ))を本グループ内で共有する。
2. 共有データに関しては、本グループにおいて解析を行い、地殻変動に変換したものを公表する。
3. JAXAで開発された国産の解析ソフトSIGMASARを共同利用し、そのソフトウェア講習会を年1度程度行う。
4. メーリングリストによる情報交換
5. 年1回程度のワークショップの開催

1に関するPALSARデータは、JAXAと全国共同利用研究所である東大地震研究所(ERI)が結ぶ共同研究契約を通して提供を受け、本グループ内で共有します。これらのデータは、担当機関が解析し、随時公開していきます。また、JAXAで開発された解析ソフトSIGMASARを共同利用し、解析者の育成や、利用者の拡大を図ります。

以上の趣旨に賛同して頂ける方には、本共同研究計画の地震研側のCI(Co-Investigator)となって頂きたいと存じます。JAXA-ERI間協定においてデータ提供を受ける地域については、CIの意向が最優先されます。ただし、地震・火山噴火発生時等においては、JAXAの緊急解析をサポートし、その解析結果公開時における地球物理的な解釈をJAXAに提供することとします。

東京大学地震研究所特定共同研究(B)

平成18-20年度

「衛星リモートセンシングによる地震火山活動の解析」
(研究代表者: 古屋さん@東大震研(当時))

平成21-23年度

「SARを用いた地震火山活動に伴う地殻変動の検出」
(研究代表者: 小澤@防災科研)

平成24-26年度

「SARを用いた地殻変動研究」
(研究代表者: 福島さん@京大防災研 & 安藤さん@気象研)

平成27-29年度

「新世代合成開口レーダーを用いた地表変動研究」
(研究代表者: 小澤@防災科研)

参加組織

東京大学，北海道大学，東北大学，金沢大学，
日本大学，会津大学，横浜国立大学，静岡大学，
名古屋大学，京都大学，高知大学，高知県立大
学，九州大学，東海大学，鹿児島大学，防災科
研，気象研，気象庁，温地研，産総研，東濃研，
極地研，原研，深田研，JAXA（熊本大学，富
士常葉大学， JAMSTEC）（29機関）

特定(B)課題参加者数

平成18年度：23名	平成22年度：46名	平成26年度：46名
平成19年度：29名	平成23年度：46名	平成27年度：55名
平成20年度：31名	平成24年度：40名	平成28年度：51名
平成21年度：42名	平成25年度：43名	

共有データ・ツール

PIXEL 共有データ

PIXEL共有データから得られた結果を公表する場合には、以下のような謝辞をつけてください。

(和文例)
本研究で用いたPALSARデータはPIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface)において共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものである。PALSARデータの所有権は経済産業省およびJAXAにある。本研究(の一部)は、東京大学地震研究所特定共同研究(B)「衛星リモートセンシングによる地震・火山活動の解析」で行われた。

(英文例)
PALSAR level 1.0 data are shared among PIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface), and provided from JAXA under a cooperative research contract with ERI, Univ. Tokyo The ownership of PALSAR data belongs to METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) and JAXA

北海道地方

茂世路岳 泊山 雌阿寒岳 十勝岳 檜前山 有珠山 北海道駒ヶ岳

茂世路岳

image	Path	Frame	Off nadir	Orbit	SceneShift	Scene Center	
	45	2700	34.3	D	3	45.392° 148.802°	ダウンロード
	385	900	34.3	A	-3	45.386° 148.637°	ダウンロード

泊山

image	Path	Frame	Off nadir	Orbit	SceneShift	Scene Center	
						42.956°	

共有データ
6000シーン超?

SIGMASAR
島田さん@JAXA提供

RINC
小澤@防災科研作成

rinc_gui, dismph_okuoku
奥山さん@JAEA作成

10mDEHM
地理院基盤地図情報10m
メッシュ標高+EGM96
CGIAR-SRTM+EGM96
小澤@防災科研作成

StaMPS解析のためのツール
福島さん@ (当時) 京大作成

ソフトウェア講習会

- 平成18年度： SIGMASAR講習会
SIGMASAR勉強会
- 平成19年度： GAMMASAR講習会
- 平成20年度： DORIS講習会
(防災研主催)
- 平成21年度： SIGMASAR講習会
+コーナーリフレクター観測体験
- 平成22年度： GMTSAR勉強会を予定
(地震のため中止)
- 平成23年度： StaMPS講習会
- 平成24年度： StaMPS講習会
- 平成25年度： GIAnT講習会
- 平成26年度： RINC講習会
- 平成27年度： RINC+GIAnT講習会



解析事例

火山：三宅島，霧島山，桜島，口之永良部，ハワイ，メラピ，ニアムラギラ，エイヤフィアトラヨークトル，世界の活火山

地震：四川地震，ハイチ地震，チリ地震，スマトラ地震，岩手・宮城内陸地震，東北地方太平洋沖地震，長野北部の地震，ソロモン諸島地震，ニューギニア地震，イタリア・ラクイラ地震，ニュージーランド地震，など

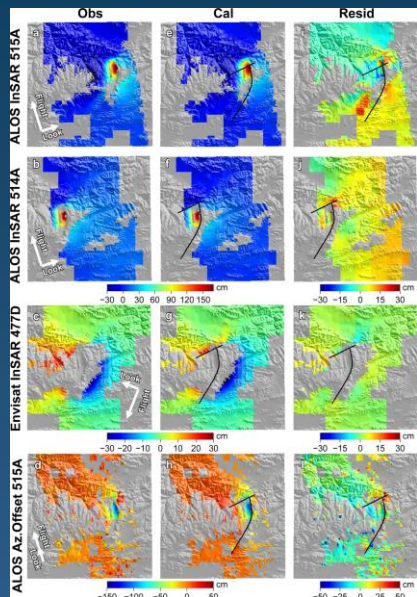
地盤沈下：瑞浪，インドネシアなど

地すべり：白山など

氷河：パタゴニア氷河，世界各国の山岳氷河

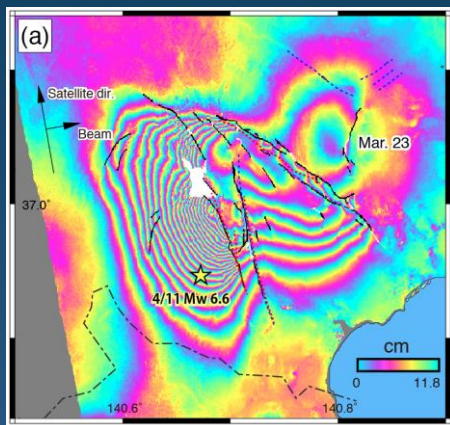
成果1(地震)

于田地震(Mw7.1)



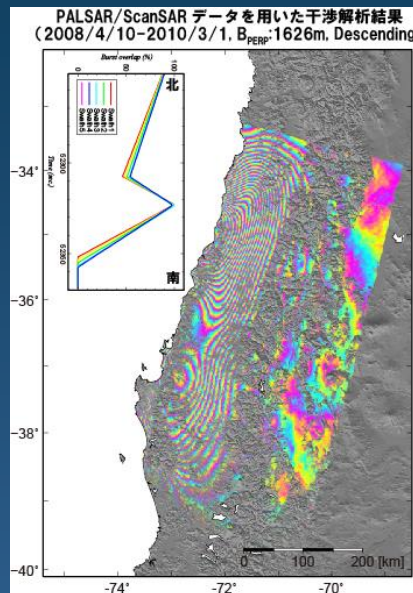
Furuya and Yasuda (2009)
Furuya and Yasuda (2010)

福島県東部の地震



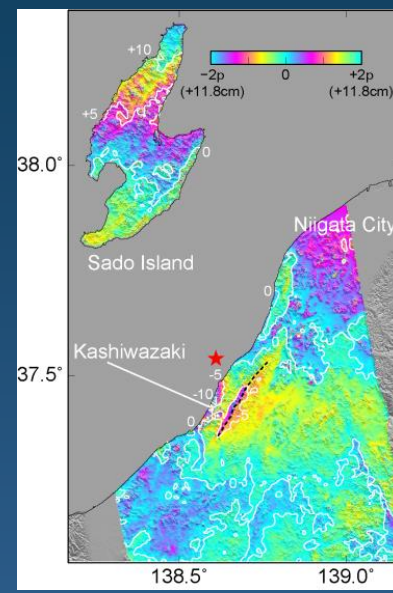
Fukushima et al. (2013)

2010年チリ地震



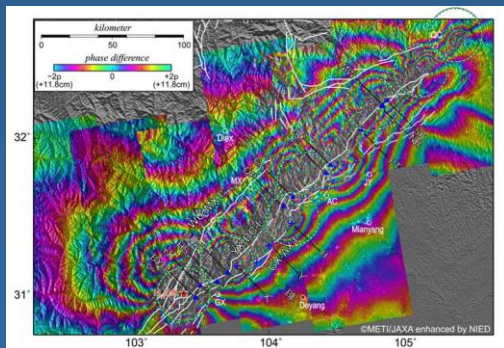
小澤@防災科研解析

新潟県中越沖地震



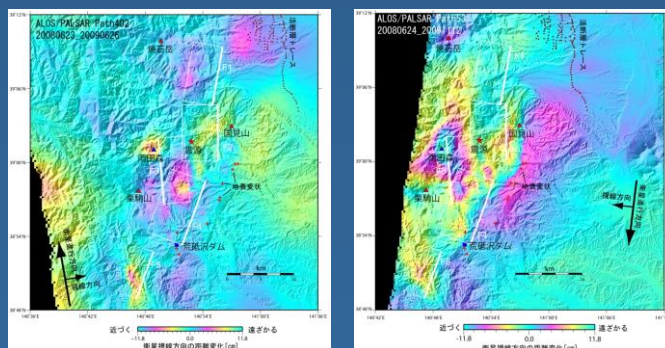
Ozawa (2008)

汶川(四川)地震



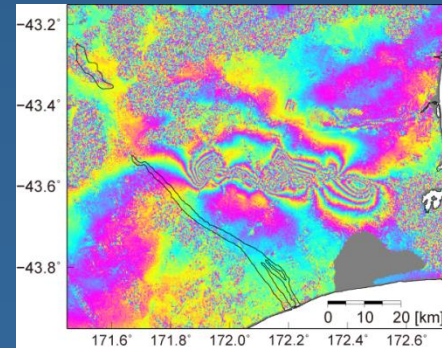
Hao et al. (2009)

2008年岩手宮城内陸地震



Takada and Furuya (2010)

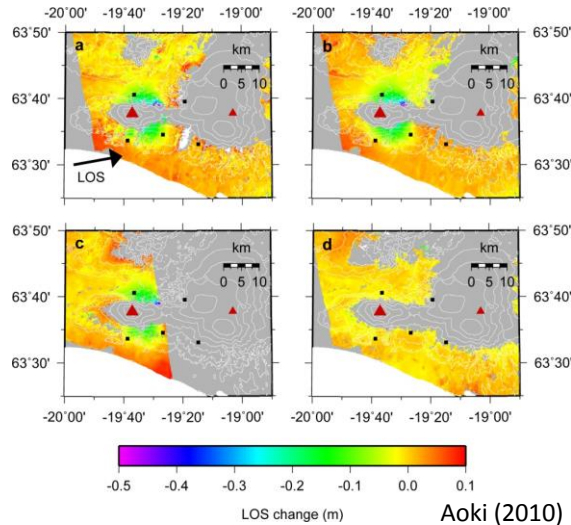
ニュージーランドの地震



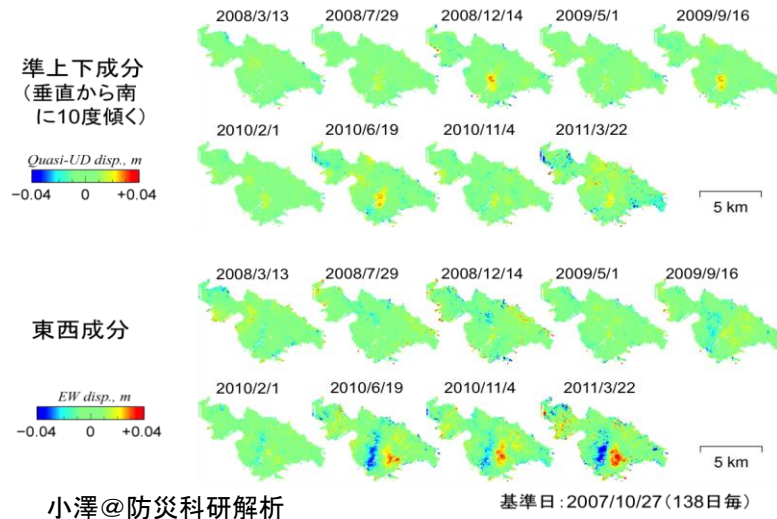
小澤@防災科研解析

成果2(火山)

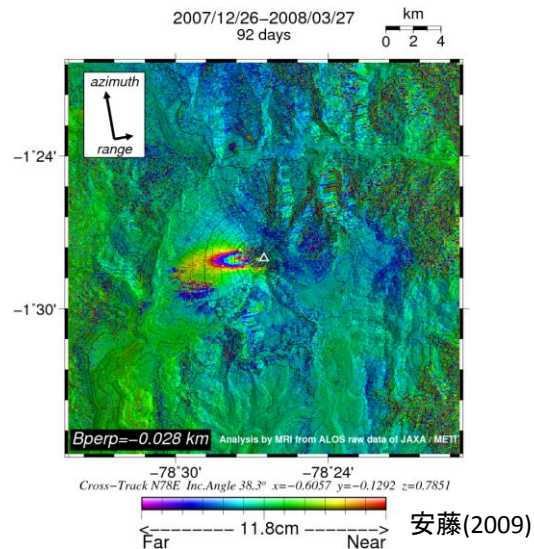
Eyjafjallajökull



口之永良部島

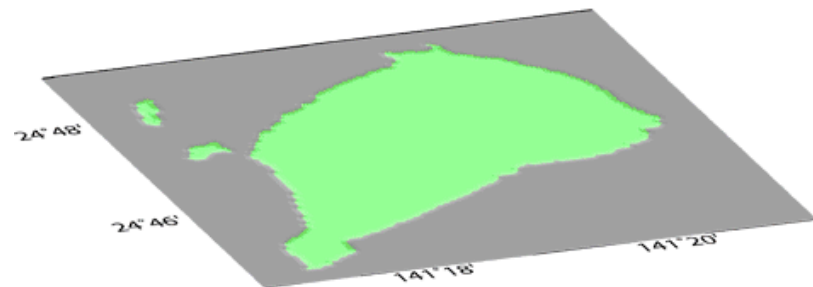


トウングラワ火山・エクアドル



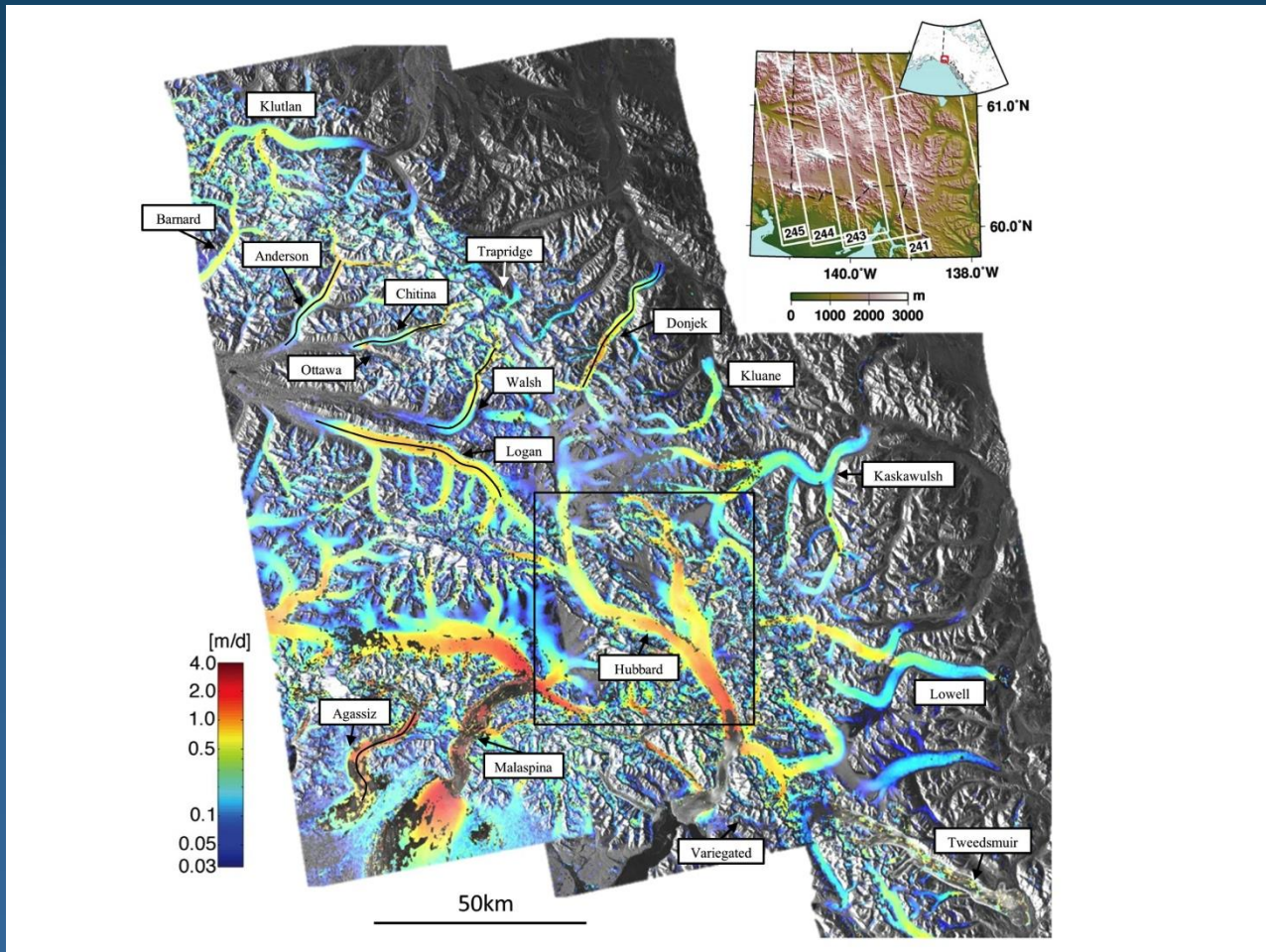
小笠原硫黄島

2006/10/30



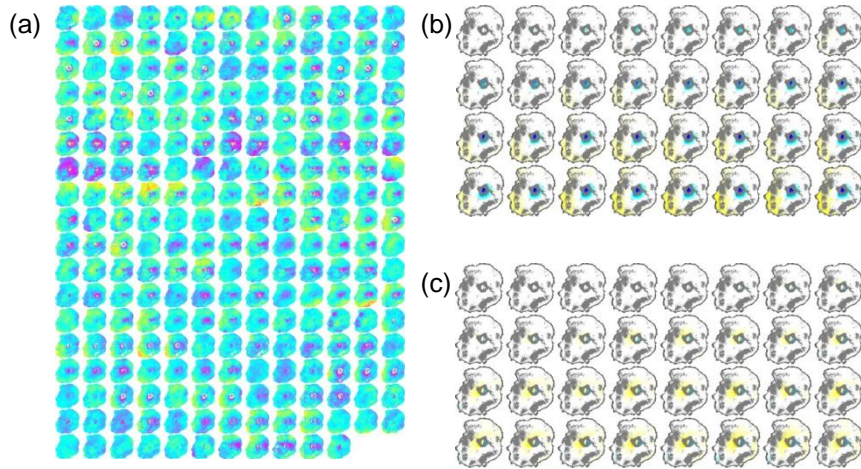
成果3(氷河)

ユーコン地域における氷河流動



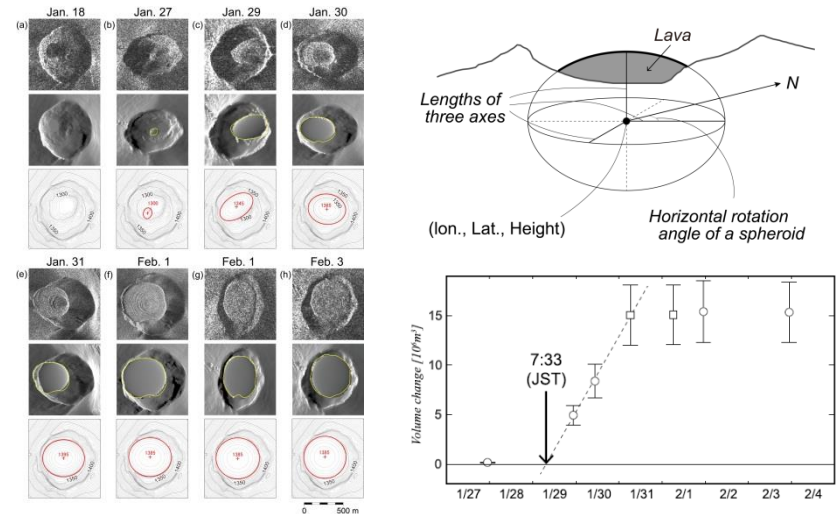
成果4(新たな解析技術)

複数軌道データを用いたInSAR時系列解析



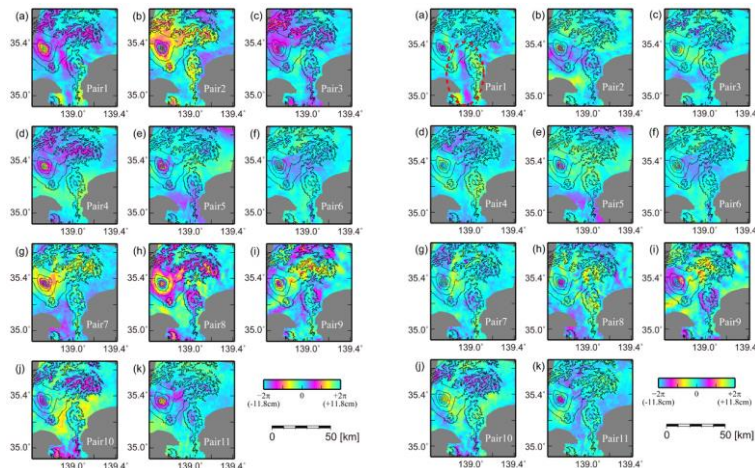
Ozawa and Ueda (2011)

強度画像解析(新燃岳噴火における溶岩の成長)



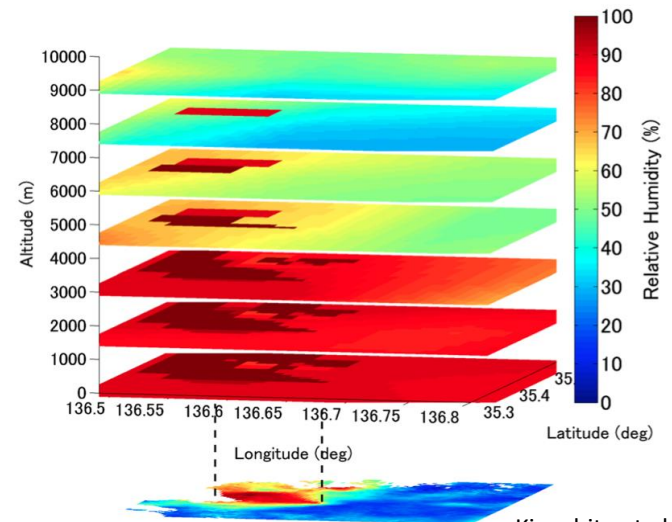
Ozawa and Kozono (2013)

数値気象モデルに基づく大気遅延量の推定



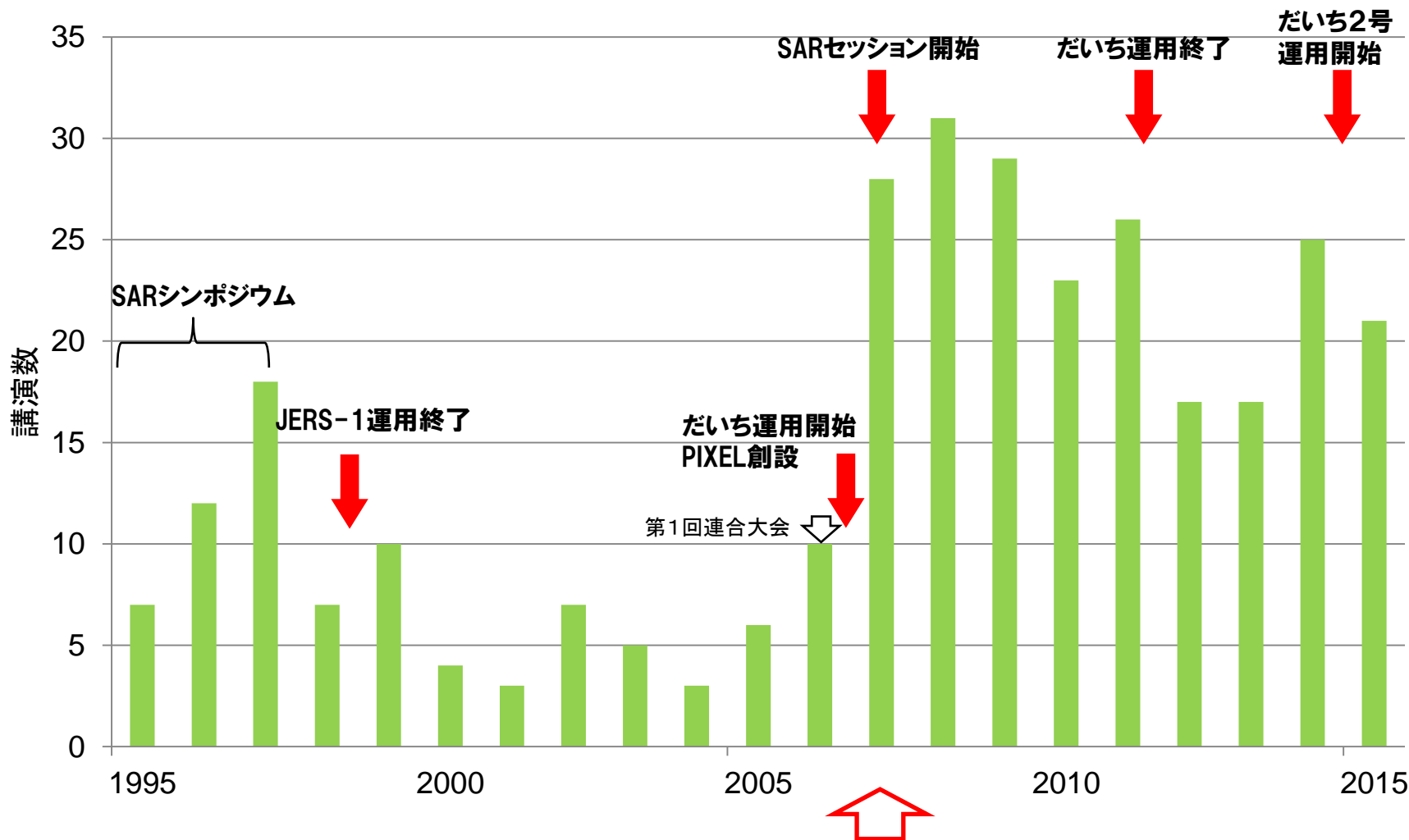
小澤・清水 (2010)

SARの気象学への応用



Kinoshita et al. (2013)

講演数が約3倍に！



第3期における研究成果の発表

査読論文：36編（第2期は23編）

紀要など：8編（第2期は28編）

学会発表：数えきれない．．．

委員会等への資料提供：数えきれない．．．

卒業・修了論文：78編（第2期は13編）

PIXELは日本のSAR研究に関する基盤的組織

PIXEL開設当初の問題はクリアされたか？

- 地表変動研究におけるSARユーザーが少ない
 - ⇒ PIXEL参加者は倍増？
- SARの入手が困難
 - ⇒ PALSARデータの共有
- ソフトウェアが高い
 - ⇒ 解析ソフトウェアの共有
- 解析方法などが解らない
 - ⇒ ソフトウェア講習会
- InSARって派手な縞々の絵が出てくるけど、どういうものを表しているのかがイマイチわからない
 - ⇒ ???
- InSARの研究者はオタク集団に見える...
 - ⇒ InSAR技術の一般化

今後の課題

○ パワーユーザーの増加
成果の量産

○ PALSAR-2データ数

**PALSAR-2は年間200シーンではまったく足りない！
PALSAR-2のLevel1.0からの処理が必要！！**

○ 解析ソフトウェアの改良

2パスInSARだけでなく、時系列解析、SAR処理など

○ ソフトウェア講習会の継続

より大規模な講習会の開催（解析、観測、解釈など）

 先立つものは予算...