

STT057-01

会場:105

時間:5月24日 10:45-11:00

## 岩手宮城内陸地震 (Mw6.9) に伴う地殻変動データに基づく非平面形状断層モデルの推定

Estimate of a non-planar fault model based on crustal deformation data due to the Iwate-Miyagi Nairiku earthquake (Mw6.9)

阿部 隆博<sup>1\*</sup>, 古屋 正人<sup>1</sup>, 高田 陽一郎<sup>2</sup>

Takahiro Abe<sup>1\*</sup>, Masato Furuya<sup>1</sup>, Youichiro Takada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北大院理, <sup>2</sup> 京大防災研

<sup>1</sup>Natural History Sci., Hokkaido Univ., <sup>2</sup>DPRI, Kyoto Univ.

### 岩手宮城内陸地震

2008年6月14日午前8時43分、岩手県内陸南部を震源とする Mw6.9 の岩手宮城内陸地震が発生した。この地震の震央は奥羽脊梁山地に沿っているひずみ集中帯に位置しており (Miura et al., 2004), その中で東西圧縮による逆断層型の地震が起こった。しかしながら、この震央付近にはそれまで既知の活断層がなく、むしろその北東に位置する出店断層周辺の観測が中心に行われており、近隣の GEONET 観測点の空間分布も粗い。また、この地震による被害は、岩手、宮城、秋田、山形、福島 の 5 県で死者 17 名、住家被害は 2600 棟以上にも及んでいる (内閣府発表, 2010 年 6 月 23 日午前 11 時現在)。傾向としては、内陸地震ではあるものの震央が山中だったために、人的被害よりも建物崩壊や土砂崩れの方が多かったようだ。

### 先行研究と研究目的

この地震の断層モデルに関する研究はいくつか発表されている。例えば、Takada et al. (2009) は本研究と同様に SAR データを用いてモデル推定を行ったが、仮定された 5 枚の断層モデルの滑り分布は矩形一様であり、詳細な滑り分布は求めていない。Iinuma et al. (2009) は GPS データに基づき 2 つの西落ち断層モデルを仮定した。しかし、震央周辺は GPS 観測点が少なく、SAR で得られた詳細な地表変動を説明するには不十分である。さらに、いずれの研究も矩形の平面形状モデルを仮定しているのに対し、SAR で得られた地殻変動データは非常に複雑な空間分布を示している。観測された地殻変動を説明するには非平面形状の断層モデルの推定が必要だと考えた。

### 観測結果

InSAR と Pixel Offset 法によるデータ解析の結果、Ascending(北行軌道)、Descending(南行軌道) 両方のデータにおいて、視線方向に沿ってメートル級の地表変位が検出された。InSAR データは、この主要な断層運動が東西圧縮による逆断層のセンスであることを示唆している。また、Pixel Offset 法による解析では、栗駒山の東端付近に非常に特徴的な変動が見られた。これは、明らかに西落ち断層では説明できないシグナルである。そこで、我々は地表面にほぼ垂直な断層面があると推定し、そこに非平面形状の東落ち断層を仮定した。

### 非平面形状断層モデルの推定

InSAR と Pixel Offset 法によって得られたデータをもとに、複数の非平面断層モデルを設定し、インバージョン解析を行った。モデリングに際しては、半無限均質弾性体を仮定した Triangular dislocation model を使い、形状に関しては Gmsh (Geuzaine and Remacle, 2009) を利用して決定し、三角形要素に分割した。そして、Meade (2007) の Matlab スクリプトを利用して三角形要素ごとの食い違いによるグリーン関数を計算した。滑り分布の推定においては、滑り分布の平滑化条件 (Maerten et al., 2005) と滑り方向への制約を与えている。

連合大会では観測データを上手く説明できる断層モデルと、GPS データも加えた解析結果を報告する予定である。

STT057-02

会場:105

時間:5月24日 11:00-11:15

## InSAR データにより検出された 2008 年岩手・宮城内陸地震後の長期的余効滑り Long-term afterslip after the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake deduced from InSAR data

太田 雄策<sup>1\*</sup>, 小澤 拓<sup>2</sup>, 大園 真子<sup>1</sup>, 三浦 哲<sup>1</sup>  
Yusaku Ohta<sup>1\*</sup>, Taku Ozawa<sup>2</sup>, Mako Ohzono<sup>1</sup>, Satoshi Miura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学 地震・噴火予知研究観測センター, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所  
<sup>1</sup>RCPEVE, Tohoku University, <sup>2</sup>NIED, Japan

We detected the anomalous long-term crustal deformation after the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake (hereafter IMEQ) deduced from ALOS/PALSAR interferograms. This anomalous crustal deformation possibly caused by afterslip near the mainshock fault.

The 2008 Iwate-Miyagi Nairiku (inland) earthquake occurred beneath the border between the Iwate and Miyagi prefectures at northeastern Japan in 13 June 2008. Based on the long-term GPS time series (~1.5 years), Ohzono et al. (in revision) detected clear postseismic signal, which indicates wider-area crustal shortening between the focal area and the subsidence signal in the focal area. They conclude that this postseismic signal is caused by viscoelastic relaxation process in the lower crust and/or upper mantle, and constructed a simple spherical 2-layered (elastic and Maxwell viscoelastic layer) model. The viscoelastic model, however, could not explain the large GPS displacement near the focal area. In this study, we discuss the long-term crustal deformation after the IMEQ deduced from ALOS/PALSAR InSAR data.

We use SAR data from the JAXA ALOS satellite acquired between July 2008 and December 2010 to construct interferograms across the focal area that include 14 scenes. A single frame (2830) from descending (north to south) orbit path 57 was used. Several obtained interferograms shows the LOS (Line of Sight) anomaly. For example, between July 2008 and June 2009 interferograms clearly shows the increase LOS in the footwall side of the mainshock fault. In contrast, LOS shortening appears in hanging wall side, which mainly concentrated in northerly of Mt. Kurikoma. In contrast, there is no similar anomaly between July 2008 and October 2008 interferogram. It suggests that the anomalies may generate during October 2008 to June 2009. These LOS anomalies are possible to explain by simple reverse fault model at deeper portion of the mainshock as first order of approximation.

### Acknowledgements

PALSAR level 1.0 data are provided by JAXA through PIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface) under a cooperative research contract with ERI, Univ. Tokyo. PALSAR data belongs to the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan and JAXA.

STT057-03

会場:105

時間:5月24日 11:15-11:30

## ALOS/PALSAR ScanSAR で捉えた 2010 年ニュージーランド南島の地震 Image of earthquake in South Island, New Zealand detected by ALOS/PALSAR

橋本 学<sup>1\*</sup>

Manabu Hashimoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> DPRI, Kyoto University

2010年9月3日にニュージーランド南島で発生したカンタベリー地震 (M7.0) に伴う地殻変動を, ALOS/PALSAR データを用いてしらべた。この地震は, カンタベリー平原下のこれまで知られていない断層で発生したとされている。ニュージーランドの研究者らにより, 見事な地表地震断層がつけられている。地表地震断層にはジョグやステップも見られる。我々は北行および南行の両軌道から撮像された画像を用いて, 干渉画像とピクセル・オフセットを得た。得られた干渉画像は, 非常に複雑な地表の破壊を示し, 地下の断層も幾何学的に複雑な形状を持っていることを示唆している。干渉画像で見られる最大視線方向変位は, 北行軌道に対しては130 cmを超える。これらのデータをインバージョンすることにより, この内陸地震の断層運動を明らかにする。

キーワード: ALOS/PALSAR, InSAR, ニュージーランド, カンタベリー地震, 地震時変動

Keywords: ALOS/PALSAR, InSAR, New Zealand, Canterbury Earthquake, Coseismic deformation

STT057-04

会場:105

時間:5月24日 11:30-11:45

## ALOS/PALSAR データにより検出された 2010 年イラン南東部の地震に伴う地殻変動

Crustal deformation due to the 2010 southeastern Iran earthquake, obtained from InSAR analysis using ALOS/PALSAR data

小林 知勝<sup>1\*</sup>, 飛田 幹男<sup>1</sup>, 鈴木 啓<sup>1</sup>, 野口 優子<sup>1</sup>

Tomokazu Kobayashi<sup>1\*</sup>, Mikio Tobita<sup>1</sup>, Akira Suzuki<sup>1</sup>, Yuko Noguchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土交通省国土地理院

<sup>1</sup>GSI of Japan

はじめに:

イランはアラビアプレートがユーラシアプレートに対して北進して沈み込む形で衝突するテクトニクス場に位置する。イラン東部には、右横ずれ成分が卓越した2つの主要な断層帯が南北方向に走っており、これら断層帯ではM 6 ~ 7級の比較的大きな地震が発生してきた。2003年にはM6.5の地震(バム地震)がバム断層にて起こり、4万人を超える犠牲者を出す甚大な被害が発生している。このような背景の下、2010年12月20日、イラン南東部においてM6.5(USGS)の地震が発生した。震央は、バム断層と東側の断層帯の南端に位置するKahurak断層の南部延長上に位置し、バム地震の震央から南東約100kmほど離れた場所に推定されている。この地震を受けて、ALOS/PALSARによるSAR観測が行われた。我々は、PALSARデータを用いたSAR干渉解析により、本地震に伴う地殻変動を検出した。本発表では、干渉解析により得られた地殻変動について報告する。

干渉解析:

解析には、震源領域をカバーするパス559(北行軌道)で撮像されたSARデータを用いた。地震前および地震後のデータはそれぞれ2010年9月30日、2010年12月31日に観測されたものである。これらデータのオフナディア角は34.3°である。干渉解析にはGSISARソフトウェアを使用した。また、地形縞の除去には、Jarvis et al.(2008)によるSRTM3のデータ欠損部を補間したDEMを用いた。

上記のデータを用いて解析を行ったところ、干渉性の高い良好な干渉縞が得られた。干渉縞は東西に正負2つのFRINGEをもっており、西側のFRINGEでは約25cmの衛星-地表間の距離伸張が、東側のFRINGEでは約11cmの衛星-地表間の距離短縮が観測された。変位の方向が逆転する境界線の方法を考慮すると、北東-南西方向の走向を持った断層運動であったと推定される。

本発表では、今後新たに撮像されるSARデータの解析結果を追加・統合した地殻変動およびそれに基づいた断層モデルを報告する予定である。

謝辞:本研究で用いたPALSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ(地震WG)を通じて提供を受けた。PALSARデータの所有権は経済産業省及び宇宙航空研究開発機構(JAXA)にある。

キーワード: 2010年イラン南東部の地震, SAR干渉解析, ALOS/PALSAR, 地殻変動

Keywords: 2010 Iran Earthquake, InSAR, ALOS/PALSAR, Crustal deformation

STT057-05

会場:105

時間:5月24日 11:45-12:00

## ALOS/PALSAR データによる桜島火山周辺域の地盤変動 Ground deformation in and around Sakurajima volcano revealed by ALOS/PALSAR data

山本 圭吾<sup>1\*</sup>

Keigo Yamamoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup>DPRI, Kyoto university

桜島火山では、1955年に始まった南岳の山頂噴火活動が盛衰を繰り返しながら現在まで続いている。1990年代以降は比較的噴火活動が静穏化していたが、2006年6月には1946年に溶岩を流出させた昭和火口において噴火活動が再開した。昭和火口における噴火活動は、2010年の総爆発回数が1000回を超えるなど、近年激化する傾向が見られる。桜島火山周辺においては、桜島の火山活動に伴う地盤の上下変動を測定するための水準測量が繰り返されてきた（Yoshikawa, 1961；江頭・他, 1997）。1973・74年以降の活発な噴火活動によりマグマの放出量が増え、桜島の北東部から内部にかけての地盤の沈降が継続していたが、1990年代以降の噴火活動静穏化に伴って桜島北部の地盤が隆起に転じた事が確認された（江頭・他, 1997）。最近では、2007年10月 - 12月（山本・他, 2008）、2009年11月および2010年4月（山本・他, 2010）、2010年11月と水準測量が行われたが、これらの測量により桜島北部の地盤隆起傾向が継続している事が確認されている。

京都大学防災研究所では、桜島火山の火山活動に伴った地盤変動を十分な空間分解能で検出する事を目的として近年 InSAR 解析を行っている。水準測量等で観測されている最近の桜島火山の地盤隆起量は年間1cm程度以下と小さいが、ALOS/PALSAR のデータ取得期間も4年を超え干渉可能な画像ペアの数も蓄積されてきた。本講演では、これらのALOS/PALSAR データを用いて検出された最近の桜島火山の地盤変動について報告する。

今回、桜島火山周辺を撮像したALOS/PALSAR データの中から最近取得されたものを加えて干渉可能な画像ペアを選び出し、InSAR 解析を行った。その結果、2007年から2010年の期間における干渉画像において、桜島北部の地盤が衛星視線方向に近づく変動パターンが検出された。得られた干渉画像についてスタッキングと2.5次元解析を行い、準上下方向の地盤変動を計算したところ、水準測量によってこの期間に測定された桜島北部の地盤の隆起量とも調和的であった。また、このInSAR 解析結果を用いて茂木モデルによる圧力源を求めたところ、桜島北部の地下に増圧源が決定された。一方、桜島東部から南部にかけての地域では、地盤が衛星視線方向から遠ざかる変動パターンが検出され、比較的新しい溶岩流の存在領域付近における地盤沈降に関係するのではないかと考えられる。

謝辞：本研究の解析には、JAXA で開発されたSIGMA-SAR ソフトウェア（Shimada, 1999）を使用させていただきました。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。また、本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。

キーワード: 桜島火山, 地盤変動, 干渉 SAR

Keywords: Sakurajima volcano, ground deformation, InSAR

STT057-06

会場:105

時間:5月24日 12:00-12:15

## ALOS/PALSAR を用いた、活動的火山地域 (カムチャッカ, 中米, インドネシア) における地殻変動観測

### Crustal Movement Observation in Active Volcanic Region (Kamchatka, Central America, and Indonesia) using ALOS/PALSAR

宮城 洋介<sup>1\*</sup>

Yosuke Miyagi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup>JAXA, EORC

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) により、2006年1月に打ち上げられ5年が経過した現在も順調に運用されている陸域観測技術衛星 ALOS (日本名: だいち) は、この5年の間に世界中を観測し続け、膨大な量のデータが蓄積されてきた。ALOS に搭載されている合成開口レーダ・PALSAR は、雲の有無・昼夜を問わず地表の観測ができる能動型のマイクロ波センサーで、DInSAR 解析 (差分干渉 SAR 解析) 法を使うことにより、2 時期のデータを使ってその間に発生した地殻変動を検出することができる。また PALSAR の使用マイクロ波の波長 (L-band) は 23.6cm と他国の SAR 衛星に比べて長く、植生の多い熱帯地域や山岳地帯における地殻変動観測に優れている。カムチャッカ半島には Kliuchevskoi 火山群、Shiveluch 火山を始めとして、近年も活発な活動を続けている火山が多くある。また近年目立った活動をしていなくても、次の噴火に向けて地下で火山活動が活発化している火山もあると思われる。このカムチャッカ半島全域を PALSAR/DInSAR を使って観測し、火山活動に伴う地殻変動の検出を行った。カムチャッカ半島は雪の影響と高緯度による大きな軌道間距離のため、DInSAR 解析に困難が伴う。しかし、5年以上蓄積されたデータの中から DInSAR に適したデータを選び出し、全域に渡る DInSAR 解析に成功した。この結果、例えば Gorely 火山における地殻変動と思われる干渉縞を検出した。また、同様に多数の活動的火山が存在するインドネシア (Merapi 火山等) や中米 (Arenal 火山等) においても全域に渡る DInSAR 解析を行い、火山性地殻変動の検出を試みた。

キーワード: だいち, パルサー, 干渉 SAR, 地殻変動, 火山

Keywords: ALOS, PALSAR, DInSAR, crustal movement, volcano

STT057-07

会場:105

時間:5月24日 12:15-12:30

## Application of 3-D migration in problem of subsurface sensing on an uneven ground surface

## Application of 3-D migration in problem of subsurface sensing on an uneven ground surface

Andrey Klokov<sup>1\*</sup>, Motoyuki Sato<sup>1</sup>

Andrey Klokov<sup>1\*</sup>, Motoyuki Sato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNEAS, Tohoku Univ.

<sup>1</sup>CNEAS, Tohoku Univ.

At the present time due to technological progress and cost reduction are widely distributed GPR (Ground Penetration Radar) systems. These systems allow carrying out subsurface studies and successful results have been obtained for industrial applications such as searching for lost communication lines, control of pipes state of water and gas supply systems, landmine detection, groundwater investigations, exploration of mineral resources, and also for archaeological and historical applications, i.e. study of archaeological layers of the Earth, searching for different types of artifacts and etc. Methods of seismic data processing come to the help us. The main method of seismic data processing is migration.

As a result of diffraction of each point reflector located in a homogeneous medium is displayed in the form of a hyperbola. In this case the true position of the point scatterer corresponds to the apex of hyperbola. Process of migration moves reflections to their true positions and collapses diffractions, thus increasing spatial resolution and yielding image. In seismic data processing the most commonly used methods of migration are the method of diffraction summation in time-domain and Stolt method in f-k domain. We have compared these methods using simulation of reflection of point scatterers. Using both methods we can find the true position of a scatterer. The main limitation of Stolt migration consists in the fact that a velocity of wave propagation in a medium is constant and another limitation is the interpolation a dataset on a regular grid. Diffraction summation method is more universal method, but Stolt migration using the Fourier transform is faster more than 1000 times.

The experiments were carried out in different sites of Japan. For positioning of the antenna was used rotary laser positioning system. This system gives more accuracy spatial coordinates, than GPS. The datasets are processed using the following steps: time zero correction, gain application, background removal and 3D migration. Migration was processed using by diffraction summation algorithm and under the assumption of a flat surface. But, really, survey area is not flat, and we need take into account topographical properties of surface and make correction on height in the migration process. We developed algorithm based on diffraction summation method which takes into consideration irregularity of surface. Simulation tests of this algorithm were successful in 2D and 3D migration cases. Now we are trying to apply algorithm for real datasets.

The experiment result demonstrates the possibility of performing a full 3-D migration. We found some targets with small slope in depth direction due to topographical properties of surface. Further work will focus on implementing and testing these methods for reconstructing images takes into account topographical properties of surface.

キーワード: Remote sensing, Ground Penetration Radar, Migration

Keywords: Remote sensing, Ground Penetration Radar, Migration

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



STT057-08

会場:105

時間:5月24日 12:30-12:45

## SAR 技術応用研究会の取り組み Recent Progress of PASCO's SAR Application Studies

笹川 正<sup>1</sup>, 野中 崇志<sup>1\*</sup>, 高岸 且<sup>1</sup>  
Tadashi Sasagawa<sup>1</sup>, Takashi Nonaka<sup>1\*</sup>, Susumu Takagishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 株式会社パスコ

<sup>1</sup>PASCO CORPORATION

Great disasters (1995 South Hyogo Prefecture Earthquake, Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004, 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, and 2004 Indian Ocean Earthquake, etc.) have increased worldwide in the recent years and caused huge damages. In the basic plan for earthquake disaster prevention, the Central Disaster Prevention Council emphasizes the necessity of the research and development activities for minimizing the risk and scale of the damages at different stages of the countermeasures, e.g., beforehand, disaster emergency response, and disaster recovery.

Based on these backgrounds, PASCO CORPORATION started organizing TerraSAR-X Workshops about various application studies since 2005. Application studies were selected especially from a viewpoint of National Land Environment and Disaster Prevention. This was the basis since most of the committee members are specialists of disaster prevention field. We also discuss the technical development plans of handling SAR data such as Differential Interferometry, Polarimetric aspects etc., during the workshops. TerraSAR-X is one of the sophisticated modest high-resolution SAR satellite launched in 2006, and second series as TanDEM-X with the same specification of TerraSAR-X, was also launched in 2010. More than thirty thousand imageries of the data were acquired for the past five years, and are available as reference in case of disaster occurrence.

We have adopted 16 research subjects so far, in the past couple of years we were focusing on the earthquakes, volcanoes, wind-storm and flood monitoring but recently we have also started dealing with environmental monitoring and notification of snow and ice events. In our presentation, we summarize the outcomes of five subjects in the second series of Workshops held in 2010. In addition to these workshops, we also introduce the progress of our internal project of Himalayan Glacier Lake monitoring using TerraSAR-X data, and the future plans.

Reference:<http://www.pasco.co.jp/products/survey/satellite/terrasarx/sar-conf/>

STT057-09

会場:105

時間:5月24日 14:15-14:30

## SAR 干渉画像による活動的な地すべり土塊の特定の可能性について Possibility of detection of active landslide block by In-SAR image

岡谷 隆基<sup>1\*</sup>, 佐藤 浩<sup>1</sup>, 鈴木 啓<sup>1</sup>, 飛田 幹男<sup>1</sup>, 関口 辰夫<sup>1</sup>, 中埜 貴元<sup>1</sup>, 小荒井 衛<sup>1</sup>

Takaki Okatani<sup>1\*</sup>, Hiroshi, P. Sato<sup>1</sup>, Akira Suzuki<sup>1</sup>, Mikio Tobita<sup>1</sup>, Tatsuo Sekiguchi<sup>1</sup>, Takayuki Nakano<sup>1</sup>, Mamoru Koarai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院

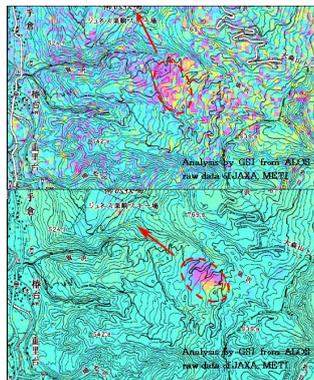
<sup>1</sup> GSI of Japan

SAR 干渉画像は、地震や火山活動などに伴い広域に渡る地殻変動が発生した際に、変動を面的に捉えることに優れていることは従前より知られている。これに加えて、先の平成 19 年能登半島地震において、地震による変動モデルでは説明できない変動があることが確認された。能登半島地震のケースでは、これらの変動が地すべり地形の分布と非常に整合的であり、地震に伴って発生した地すべり性の変動を示していることが示唆されている(宇根ほか、2008)。これらのことは、SAR 干渉画像により地すべりの把握・監視が可能であることを示している。本研究ではこれを踏まえ、秋田県東成瀬地区における地すべりを対象として、ALOS/PALSAR を用いた SAR 干渉画像による地すべり性変動の抽出可能性について精査を行った。

当該地区には谷地地すべりなど著名な地すべりが幾つか存在するが、中でも成瀬川右岸に位置する狼沢地すべりは近年でも年 10cm を超えるような変動が継続しており、SAR 干渉画像(図)においてもその変動が捉えられた。

狼沢地すべりは、微地形の判読により幾つかの土塊に区分することが可能であるが、図の上側に示した 2006-2007 年の変動と下側に示した 2008-2009 年の変動では干渉縞が明瞭な箇所が異なっている。実は、2006-2007 年の変動は下部の土塊と干渉縞が重なり、2008-2009 年の変動はその上部の土塊と干渉縞が重なっている。

これらのことは、SAR 干渉画像で見られる変動は単に地すべり全体の変動の有無を捉えるだけでなく、内部の土塊ごとの変動に言及できる可能性を示している。



キーワード: 合成開口レーダー, ALOS/PALSAR, 地すべり

Keywords: SAR, ALOS/PALSAR, Landslide

STT057-10

会場:105

時間:5月24日 14:30-14:45

## PALSAR 干渉処理を用いた中央カリマンタンに於ける泥炭層の地盤沈下と温暖化ガス発生量の推定 Estimation of the peatland subsidence and Green-house-gas emissions at the Central Kalimantan using the PALSARInSAR

島田 政信<sup>1\*</sup>, 井上京<sup>2</sup>, 波多野隆介<sup>2</sup>, 栗屋善雄<sup>3</sup>, 清野嘉之<sup>4</sup>

Masanobu Shimada<sup>1\*</sup>, Inoue Takashi<sup>2</sup>, hatano ryusuke<sup>2</sup>, awaya yoshio<sup>3</sup>, kiyono yoshiyuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup> 北海道大学, <sup>3</sup> 岐阜大学, <sup>4</sup> 森林総合研究所

<sup>1</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>2</sup>Hokkaido University, <sup>3</sup>Gifu University, <sup>4</sup>Forestry and forest product research ins

全世界で進行している森林減少は大気中の二酸化炭素の増加を増長し、化石燃料の燃焼に伴うその3分の一と大きい。インドネシアは、森林減少のみならず泥炭層の沈降に因る温室効果ガスを発生しており、両者はほぼ拮抗した量になっている。泥炭層の沈降量の面的な計測は SAR の干渉処理を用いる方法が候補の一つであり、いくつかの誤差要因はあるものの、地上データとの照合により GHG の発生量を定量的に計測できる方法といえる。本研究は、2007年以降、中央カリマンタンのパランカラヤを中心とした地方をテストサイトとして、自然森林、再生林、農地毎に沈降量を計測し、その沈降速度と GHG 発生量との関係から、領域に於ける発生量を計測したものである。沈降量の計測精度に関しては、3カ所に於ける沈降量の計測精度の平均値として 2.18 cm を得、テストサイトの沈降状況が良い位置を見ることがわかった。Fig.1 は SAR で計測した沈降量と地上データの比較結果である。

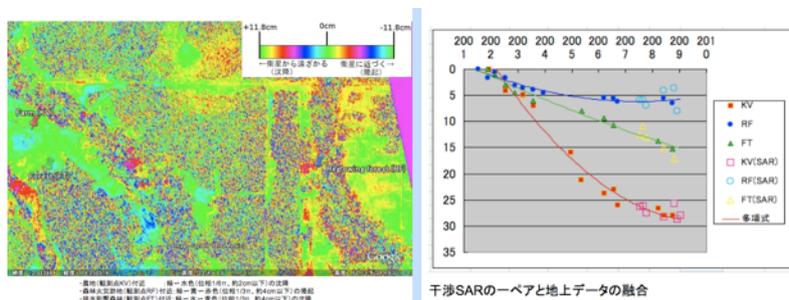


Fig.1 中央カリマンタンのテストサイト近くの地盤沈下 (左) と地盤沈下検証結果 (右) 。

キーワード: SAR, だいち, 地盤沈下, 泥炭層, 干渉 SAR

Keywords: SAR, ALOS, Subsidence, Peatland, SAR interferometry

STT057-11

会場:105

時間:5月24日 14:45-15:00

## InSAR 時系列解析による三宅島の地殻変動 Crustal deformation of Miyakejima by InSAR time-series analysis

小澤 拓<sup>1\*</sup>, 上田 英樹<sup>1</sup>  
Taku Ozawa<sup>1\*</sup>, Hideki Ueda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>NIED, Japan

To investigate volcanic deformation in detail, we developed new InSAR time-series analysis using interferograms for multiple orbit paths. For one-side looking SAR, incidence directions for ascending/descending orbits and different offnadir modes are almost included in a plane, and therefore slant-range changes for their interferograms can be expressed by two components in the common plane. This analysis estimates time-series of those components by the inversion analysis. Since this analysis has noise reduction effect by the least-square analysis, higher accuracy is obtained if many interferograms for different orbits/modes are available. Furthermore this analysis has another advantage that it can connect interferograms for different SAR sensors seamlessly. In a case study in Miyake-jima volcano, we obtained deformation time-series from PALSAR interferograms for six orbit paths, corresponding to GPS observation. Although improvement of accuracy from SBAS approach was negligible, it demonstrated an advantage that can connect interferograms for different orbit paths. Accuracy must have been improved if SAR observations have been carried out more frequently in all orbit paths. Obtained deformation shows the uplift in the west coast and the subsidence with contraction around the caldera. Although speed of uplift was almost constant, the subsidence around the caldera had decelerated from 2009. Its deformation source was estimated to horizontal source located to roughly sea level under the caldera, suggesting that subsidence was induced by the interaction between volcanic thermal activity and the aquifer. If higher accuracy is obtained from such InSAR time-series analysis, more detailed deformation change may be detected.

キーワード: SAR 干渉法, 時系列解析, 三宅島, 地殻変動, 火山

Keywords: InSAR, time-series analysis, Miyake-jima, Crustal deformation, Volcano

STT057-12

会場:105

時間:5月24日 15:00-15:15

## 九州中央部の差分干渉 SAR 解析での標高に相関をもつ位相残差 Elevation Correlating Residuals in D-InSAR Phases for the Central Part of Kyushu, Japan

大村 誠<sup>1\*</sup>, 小林 茂樹<sup>2</sup>, 小池 克明<sup>3</sup>, 富山 信弘<sup>4</sup>

Makoto Omura<sup>1\*</sup>, Shigeki KOBAYASHI<sup>2</sup>, Katsuaki Koike<sup>3</sup>, Nobuhiro Tomiyama<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 高知女子大学, <sup>2</sup> 東海大学, <sup>3</sup> 熊本大学, <sup>4</sup> リモート・センシング技術センター

<sup>1</sup>Kochi Women's Univ., <sup>2</sup>Tokai Univ., <sup>3</sup>Kumamoto Univ., <sup>4</sup>RESTEC

1995年10月に噴火した九州中央部のくじゅう連山の星生山周辺については、これまでも JERS-1 差分干渉 SAR (D-InSAR) による地殻変動の観測結果が報告されてきた(たとえば, Tomiyama et al., 2004)。JERS-1 搭載 SAR のような L バンド SAR は、植生が豊富で地形が急峻な地域での D-InSAR 解析に大変有利である。しかし、気象影響と思われる、地形標高と相関をもつ位相残差が顕著なケースも多かった。詳細な気象データがないときには、標高と位相残差の比例関係を仮定して簡便な気象補正が行われることも多い。今回は、1992年~1998年に JERS-1 SAR によって取得されたデータを用いて、九州中央部の阿蘇山と約 30km 離れたくじゅう連山での D-InSAR 結果において、この比例関係について地域的および方位によって差があるかを調べた。予察的な検討によると、それぞれの山域での南北方向と東西方向では比例係数の大きさが 20% 以上異なり、さらに両山域は隣接しているにもかかわらず、それぞれ同方向での比例係数の大きさが 15% 以上異なった例があった。JERS-1 SAR データの所有権は経済産業省 (METI) および宇宙航空研究開発機構 (JAXA) にあります。本研究では、SIGMA-SAR プロセッサ (Shimada, 1999) を使用させていただきました。また、本研究の一部は、平成 22 年度東京大学地震研究所特定共同研究 (B) 「SAR を用いた地震火山活動に伴う地殻変動の検出」(2009-B-02) として行われました。お礼申し上げます。

[参考文献]

Shimada M. (1999), Adv. Space Res. 23, 8, 1477-1486.

Tomiyama N, K. Koike, M. Omura (2004), Adv. Space Res. 33, 3, 279-283.

キーワード: 差分干渉 SAR, 阿蘇山, くじゅう連山, 標高, 気象擾乱  
Keywords: D-InSAR, Aso, Kuju, Elevation, Atmospheric Disturbance

STT057-13

会場:105

時間:5月24日 15:15-15:30

## 衛星搭載合成開口レーダー観測に与える伝搬性電離圏擾乱の影響 Effect of the traveling ionospheric disturbances on space-borne SAR observation

齊藤 昭則<sup>1\*</sup>, 峰山 大<sup>1</sup>, 橋本 学<sup>2</sup>

Akinori Saito<sup>1\*</sup>, Dai Mineyama<sup>1</sup>, Manabu Hashimoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科, <sup>2</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Kyoto Univer, <sup>2</sup>DPRI, Kyoto University

We investigated the ionospheric effect on the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) observation from the ALOS satellite. The plasma is a dispersive media for radio wave. It will delay the propagation of radio waves according to its density and the radio frequency. The plasma in the ionosphere below the satellite orbit affects the L-band frequency radio wave of PALSAR on the ALOS satellite. The ionospheric structures whose horizontal spatial scale is shorter than the field-of-view of PALSAR cause the error of the ranging. In InSAR observations, the error can cause the pseudo ground movement. We compared the ionospheric plasma structures that was observed by a ground-based GPS network with the InSAR observational data, and concluded that most of the large scale structures of the apparent ground movement seen in InSAR data was error caused by the medium scale traveling ionospheric disturbances whose scale size is a few kilometer. The relation between the ionospheric structures and the structures seen in InSAR data will be discussed in the presentation.

Keywords: SAR, Ionosphere, ALOS, PALSAR, InSAR

STT057-14

会場:105

時間:5月24日 15:30-15:45

## 稠密 GPS データを用いた ALOS/PALSAR 干渉画像の電離層遅延補正 Correction on ionospheric delay in ALOS/PALSAR interferogram using dense GPS data

竹村 裕樹<sup>1</sup>, 鷺谷 威<sup>1\*</sup>

Yuki Takemura<sup>1</sup>, Takeshi Sagiya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名大・環境

<sup>1</sup>Environmental Studies, Nagoya Univ.

Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is a space geodetic technique using radar images to map surface displacement. Recent technical development has enabled us to detect interseismic steady deformation of a few mm/year by stacking multiple images acquired by C-band SAR images. However, the technique has not been applicable to vegetated areas like Japan because of low coherency in the C-band SAR images. Instead, a similar technique for L-band SAR data is necessary. Thus we investigate applicability of stacking technique to data obtained by the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PAL-SAR) on the Advanced Land Observation Satellite (ALOS). We processed 18 images of the area including the Atotsugawa Fault in central Japan. There are mainly two obstacles to perform stacking analysis of InSAR in this area. Firstly, the total number of coherent pairs is too small to resolve interseismic deformation in this area because of the large distances between satellite locations due to the orbital control and low coherency in the mountain areas due to snow. The second obstacle is a systematic long wavelength noise appearing in the interferograms. The amplitude of the long wavelength noise exceeds 10 cm and it is mandatory to make a correction on it. It is considered that this long wavelength noise is caused by ionospheric delay since the L-band SAR is 16 times more sensitive to such disturbance than the C-band SAR. Thus we try to establish methodology to correct ionospheric delay in the SAR interferogram by using continuous GPS data. We estimate spatio-temporal distribution of Total Electron Content (TEC) over the ionosphere using dual-band GPS phase measurement data and project it onto the ground along the line of sight of the SAR satellite to estimate phase delay or apparent crustal deformation. The estimated TEC distribution is verified and calibrated through a comparison with the International Reference Ionosphere (IRI) model. The obtained phase delay distribution on the ground resembles the original interferogram before the correction. Such an ionospheric correction is indispensable to obtain significant signals from L-band SAR analysis.

キーワード: 干渉合成開口レーダー, 電離層遅延, GPS

Keywords: InSAR, Ionospheric delay, GPS

STT057-15

会場:105

時間:5月24日 15:45-16:00

## InSARによる経年的な微小変動検出のための電離層ノイズ除去の試み An approach to reduction of ionospheric noise in SAR interferometry for detecting small and secular deformation

福島 洋<sup>1\*</sup>

Yo Fukushima<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> DPRI, Kyoto Univ.

近年、多数の合成開口レーダー（SAR）画像を用いて微小でゆっくりとした変動を追跡するための手法である InSAR 時系列解析がよく行われている。ALOS 衛星搭載の PALSAR で撮像された SAR 画像から作成された干渉画像は、植生の多い地域でも干渉性がそれほど低下しないという利点がある一方、近年の事例の積み重ねにより、変動の検出に大きな障害となりうる電離層起因のノイズが多くの場合に含まれていることが明らかになってきた。電離層ノイズは、火山や地すべり等、局所的な領域での変動を調べるためには大きな問題とならないが、プレートの沈み込みに伴う変動等の長波長のシグナルを検出したい場合、何らかの方法で軽減させることが不可欠である。本講演では、この電離層起因のノイズ軽減に関するひとつのアイデアを提案する。

干渉画像には、地殻変動シグナル（LOS 変位）と、電離層擾乱・対流圏遅延・軌道データの誤差に起因するノイズが含まれている。これらのノイズを無視すると、時系列解析により LOS 変位の時系列を求めることができる。一方、干渉画像において LOS 変位が含まれていないと仮定し、さらに、ある撮像日においてはノイズが十分小さい等の拘束条件を加えると、各 SAR データに含まれるノイズを推定することができる。このようにしてノイズ推定を複数の期間について独立に行い、すべての SAR 画像の位相データに含まれるノイズを除去した後、期間をまたぐ InSAR 画像を計算すると、LOS 変位が正確に求まるはずである。

講演では、合成データを用いたテストと、プレートの沈み込みに伴う変動に関して ALOS/PALSAR データに適用した結果について話す予定である。

キーワード: InSAR, 電離層, 地殻変動, ALOS, PALSAR

Keywords: InSAR, Ionosphere, Crustal deformation, ALOS, PALSAR

STT057-16

会場:105

時間:5月24日 16:00-16:15

## InSAR で捉えた集中豪雨 その2 : Azimuth offset データに基づく電離層モデルの推定 Concentrated heavy rain detected by InSAR Part2 : Ionospheric model estimated from azimuth offset data

木下 陽平<sup>1\*</sup>, 島田 政信<sup>2</sup>, 古屋 正人<sup>1</sup>  
Youhei Kinoshita<sup>1\*</sup>, Masanobu Shimada<sup>2</sup>, Masato Furuya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北大院理, <sup>2</sup>JAXA/EORC

<sup>1</sup>Natural History Sci. Hokkaido Univ., <sup>2</sup>JAXA/EORC

L-band SAR や GPS のような低周波マイクロ波を使った宇宙測地技術にとって電離層の影響は非常に大きい。電離層の影響は周波数依存性があることから、GPS では2周波観測によってその影響をほぼ取り除くことができる。しかし基本的に単周波観測しか行われていないSARの場合、電離層の影響を地殻変動や対流圏遅延等と分離することは出来ない。それゆえL-band SARでの電離層の影響を補正することは必要不可欠な問題である。

前回の発表(木下ほか, 日本測地学会第114回講演会)では、我々はInSARデータに見られる局所的シグナルに対しこれが対流圏遅延によるものであることを調べるために、別のInSARデータやOffset tracking (Pixel offset法)のazimuth成分を用いてシグナルの要因の検証を行った。結果、シグナルは地殻変動でもDEMの誤差によるものでもないことが分かった。ただ、このシグナルはおそらく電離層の影響では無いであろうが、その可能性を完全に否定することは出来なかった。電離層による影響ではないことをはっきりさせるためには、電離層の影響に対する何か別のアプローチが必要である。

SARの電離層の影響がOffset trackingのazimuth成分に筋状(azimuth streaking)で現れるということ Gray et al. (2000)は世界で初めて報告した。Offset trackingはSARの振幅データを二つ使って地殻変動を検出する手法である。その後Meyer et al. (2006)はazimuth streakingがマイクロ波の経路上にある総電子数(TEC)の差(dTEC)の勾配に比例しているということ報告した。これはWegmuller et al. (2006)にも同様の手法が記されている。Meyer et al. (2006)による関係に基づき、Raucoules and Michele (2010)はMeyerの補正手法を2008年四川・汶川地震のシグナルを含むInSARデータに適用し、その有効性を示した。

この手法に基づき、我々もInSARデータの電離層補正を試みた。この補正方法は以下の手順で行う; 1) Offset trackingでazimuth成分の変位量を計算する; 2) azimuth offsetデータをazimuth方向に沿って数値積分し、InSARデータのdTECモデルを計算する; 3) このモデルを係数倍し、バイアス値を加えてInSARデータに最もよく合うように最小二乗法で係数とバイアス値を決めてInSARデータから引く。我々は二つのInSARデータでこの手法の有効性を検証した。選んだデータの地域は十勝岳を含むデータと新潟周辺のデータで、どちらもInSARデータに強い電離層の影響が見られ、それぞれのazimuth offsetデータにはazimuth streakingがはっきりと見て取れる。補正の結果、どちらのInSARデータでも有効な補正がなされた。この結果を踏まえ、先程の局所的シグナルを含むInSARデータにもこの手法を適用した。講演ではこれらの結果を報告し、補正の有効性について考察する。

### References

- [1] Gray, A., and K. Mattar (2000): Influence of ionospheric electron density fluctuations on satellite radar interferometry, *Geophys. Res. Lett.*, 27 (10), 1451-1454.
- [2] Meyer, F., R. Bamler, N. Jakowski, and T. Fritz (2006): Methods for small scale ionospheric TEC mapping from broadband L-band SAR data, in *Proc. IGARSS, Denver, CO, Jul. 31-Aug. 4.*, 3735-3738.
- [3] Wegmuller, U., C. Werner, T. Strozzi, and A. Wiesmann (2006): Ionospheric electron concentration effects on SAR and INSAR, in *Proceeding of 2006 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3731-3734, IEEE Press, New York.
- [4] Raucoules, D., and M. de Michele (2010): Assessing Ionospheric Influence on L-Band SAR Data: Implications on Coseismic Displacement Measurements of the 2008 Sichuan Earthquake, *IEEE. Trans. Geosci. Remote Sens.*, 7 (2), 286-290.

キーワード: InSAR, 電離層, azimuth offset

Keywords: InSAR, ionosphere, azimuth offset