Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P01 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

InSAR 時系列解析を用いたスマラン（インドネシア）における地盤沈下量測定
Measurement of land subsidence at Semarang, Indonesia, using InSAR time-series analysis

有本 美加 [1*], 福島 洋 [1], 高田 陽一郎 [1], 橋本 学 [1]
Mika Arimoto[1*], Yo Fukushima[1], Youichiro Takada[1], Manabu Hashimoto[1]

[1] 京都大学防災研究所
[1]DPRI, Kyoto Univ.

１．はじめに

スマランは、インドネシア・ジャワ島の中央に位置する人口 140 万人の大都市である。沖積地である市の北側では、1979 年から 2006 年までに工場による地下水汲み上げ等によると考えられる最大 15 cm/year 程度の地盤沈下が確認されている。我々は、スマランにおける地盤沈下量を高い空間分解能で測定することを目的に、ALOS/PALSAR データを用いて InSAR 時系列解析を行った。また、二視線方向での結果に 2.5 次元処理を施し、準上下成分の沈下速度を算出し、GPS 繰り返し観測結果 (Abidin et al., 2010) と比較した。

２．データ・解析

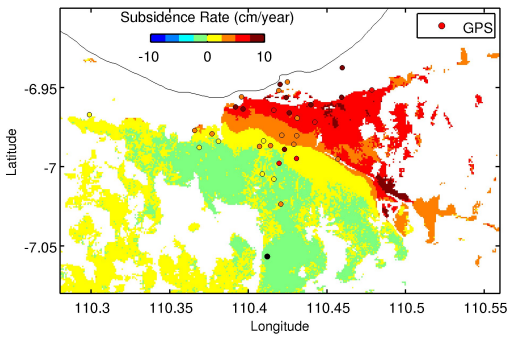
解析には、2006 年 6 月から 2009 年 8 月の間に撮像された PALSAR データ 23 枚 (Ascending:14 枚、Descending: 9 枚) を用いた。垂直基線長 1200m 以下のペアに関して干渉処理を行い、さらにコヒーレンスの平均が 0.4 以上という条件を満たす 68 ペア（Ascending: 49 ペア、Descending: 19 ペア）を選び時系列解析に用いた。位相アンラップした干渉画像から長波長トレンドと大気ノイズに対する補正を行った後、各ピクセルについて SAR 画像取得日毎の変動時系列を線形インバージョンにより推定した。最後に、InSAR 時系列解析から得られた平均速度に 2.5 次元処理を施し、東西成分と準上下成分の平均速度を算出した。

３．結論

Ascending データと Descending データそれぞれの時系列解析結果から、沈下が最も著しい地域で 7.9 cm/year、9.6 cm/year の平均速度を得た。これは、2.5 次元処理での準上下成分において 10.4 cm/year の沈下速度に相当する。地盤沈下速度は北部の沖積地のほとんどで 5 cm/year を超えることが分かった。GPS 繰り返し観測結果 (Abidin et al., 2010) と比較したところ、概ね調和的であった。最大の沈下速度が得られたのは、これまで既存の手法で調査が重点的に行われていた地域ではなく、スマラン都市部東寄りの若干内陸に入った地点であった。この地点の沈下はこれまで認識されていなかったが、その位置に大きな建造物が存在することから、大規模な地下水の汲み上げが行われている事が予想される。

謝辞

本研究で用いた PALSAR データは PIXEL において共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されました。PALSAR データの所有権は経済産業省および JAXA にあります。また本研究は、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」で行われました。さらに、H. Z. Abidin 氏より、GPS 繰り返し観測解析結果をいただきました。ここに記し、関係者に深く謝意を表します。



キーワード: スマラン, 地盤沈下, InSAR 時系列解析
Keywords: Semarang, Land Subsidence, InSAR time series analysis

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P02 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

干渉 SAR と水準測量を利用した地盤沈下監視
Monitoring the subsidence by InSAR and leveling survey

野口 優子 [1*], 鈴木 啓 [1], 唐沢　正夫 [1]
Yuko Noguchi[1*], Akira Suzuki[1], Masao Karasawa[1]

[1] 国土交通省国土地理院
[1]GSI of Japan

地盤沈下の発生状況を把握する手段として実施されているのが，国及び地方公共団体による水準測量である．平成 21 年度には地盤沈下監視のための水準測量が 22 都道府県 32 地域で実施された．1)　国土地理院測地部宇宙測地課においては，地盤沈下監視を目的の一つとして，陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）に搭載されている PALSAR の観測データを用いて，SAR 干渉解析を定常的に実施している．

本発表では，複数年に渡り年間最大２ cm 以上の地盤沈下が起きている九十九里平野に着目し，千葉県が実施した水準測量の結果と SAR 解析結果の比較を行い、地盤沈下監視の展望について報告する．

1) 環境省（2010）：平成 21 年度　全国の地盤沈下地域の概況,
http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13187

謝辞：ここで使用した「だいち」の PALSAR データの所有権は宇宙航空研究開発機構及び経済産業省にあります.

キーワード: 干渉 SAR, 地盤沈下, ALOS/PALSAR, 水準測量
Keywords: ALOS/PALSAR

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P03 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

2010 年福島県中通りの地震の InSAR 解析結果
InSAR analysis of the 2010 Fukushima-ken Nakadori Earthquake

飛田 幹男 [1*], 小林 知勝 [1], 鈴木 啓 [1], 野口 優子 [1]
Mikio Tobita[1*], Tomokazu Kobayashi[1], Akira Suzuki[1], Yuko Noguchi[1]

[1] 国土交通省国土地理院
[1]GSI of Japan

2010 年 9 月 29 日 17:00 頃に福島県中通りで M5.7 の地震が発生した．この地震は，最大の計測震度が 4 であるが局所的に震度 5 弱のゆれが推定されたこと，及び緊急地震速報のエリアメールが配信された東北・関東・中部地方の 14 都道府県の内，福島県以外では震度 4 以上のゆれは観測されなかったことなど，局所的にゆれが大きかった特徴がある．

この地震に関するこうした特徴の背景に何があるのかを解明することなどを目指しておこなった，InSAR・GEONET による地殻変動，及び現地調査の結果について報告する．

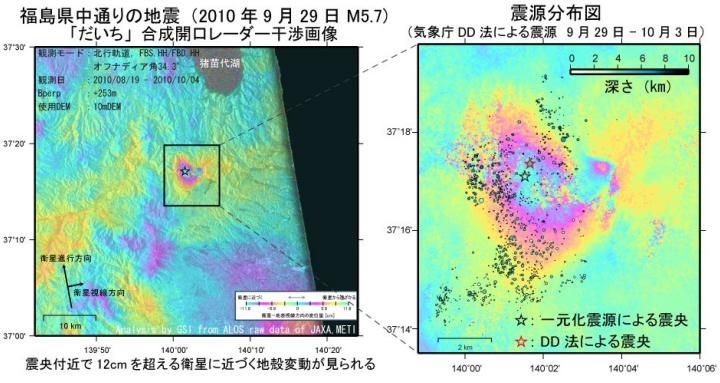
GPS 連続観測による水平変動ベクトル図及び基線変化グラフでは，東西方向の短縮を示すごくわずかな地殻変動が観測された．

「だいち」（ALOS）の PALSAR データが観測した合成開口レーダーデータを用いて，2010/7/4-2010/10/4 と 2010/8/19-2010/10/4 のペアで SAR 干渉解析を行った．西側上空の Ascending 軌道から観測した干渉画像である．震央近くの戸倉山（とぐらやま）を中心に 12cm を超える衛星に近づく地殻変動が観測された．気象庁が観測点補正と DD 法によって再計算した震源位置と干渉画像を重ねた図では，フリンジの円が完全に閉じないがその理由は，戸倉山東側斜面の一部が東 and/or 下方向に変位したためとみている．

SAR 干渉画像から震源断層の深さを推定するために，気象庁の CMT 解を元に深さを変えて位相変化量を計算した．断層面の傾斜方向が西傾斜（左列）でも東傾斜（右列）でも位相変化量に大きな違いはない．断層中心位置の深さとして，2km，5km，8km の 3 パターンを計算したが，2km の場合に観測位相をもっともよく再現する．

11 月上旬に地殻変動を最も大きく捉えた福島県岩瀬郡天栄村において現地調査を行った．SAR 干渉画像による変位・コヒーレンスと地表面変位の関連の他，道路の亀裂，墓石の転倒・回転，地鳴り等について報告する予定である．

謝辞：本研究で用いた PALSAR データは，国土地理院と JAXA との「陸域観測技術衛星を用いた地理空間情報の整備及び高度利用に関する協定書」に基づき，国土地理院が JAXA から購入し提供を受けた．



キーワード: 干渉 SAR, 地殻変動, 内陸地震, 地すべり, ALOS, PALSAR
Keywords: interferogram, InSAR, ALOS, Crustal Deformation, landslide

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

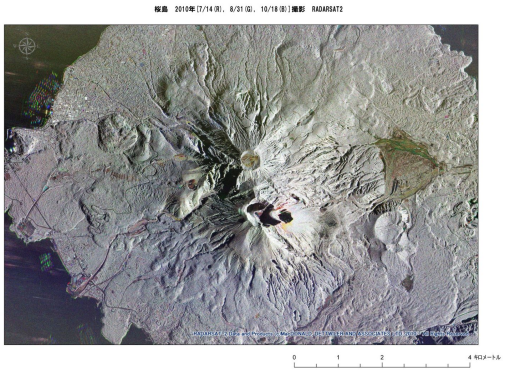
STT057-P04 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

RADARSAT 衛星のアプリケーション利用
Application use for RADARSAT satellite

村木 広和 [1*]
HIROKAZU MURAKI[1*]

[1] 株式会社イメージワン　GEO 事業部
[1]ImageONE Co.,Ltd. GEO Division

RADRSAT 衛星シリーズは、1 号機で運用から 16 年目に入り、2 号機で運用から 4 年目に入りました。2014 年から 2015 年、2016 年と各年度で、1 機ごとに合計 3 機を打ち上げる RCM（RADARSAT Constellation Mission）があります。
これまで弊社では、RADARSAT 衛星により撮像された画像販売を主に行ってきましたが、2009 年以降、合成開口レーダ画像からオルソの生産やレーダ強度画像（db 値）を用いた農作物の分類や生長判別、InSAR 処理等の解析・分析処理を行ってきました。生産体制の整備と共に今後、これらの付加価値商品の提供を行ってゆきます。



キーワード: 合成開口レーダ, 高分解モード
Keywords: SAR, Spot-Light Mode

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P05 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

気象庁非静力学モデルによる大気遅延量の推定と SAR 干渉解析への応用
Estimation of Atmospheric Delay with the JMA-NHM and Its Application to InSAR

新堀 敏基 [1*], 安藤 忍 [1], 福井 敬一 [1], 橋本 明弘 [1], 小司 禎教 [1], 高木 朗充 [2]
Toshiki Shimbori[1*], Shinobu Ando[1], Keiichi Fukui[1], Akihiro Hashimoto[1], Yoshinori Shoji[1], Akimichi Takagi[2]

[1] 気象研究所, [2] 文部科学省
[1]Meteorological Research Institute, [2]MEXT

全地球測位システム（GPS）や光波測距（EDM），合成開口レーダー（SAR）の干渉解析などによる測位データに含まれる誤差の一つに大気遅延誤差がある．数値予報の解析値や予報値の格子点値（GPV）を用いて大気遅延量を推定し測位データを補正する方法は，市川・他（1995）や島田（1999）を始め様々な数値モデルを用いた方法が研究されており，最近では気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）であるメソ数値予報モデル（MSM）の解析値（MANAL）を用いた火山周辺での GPS および EDM 観測値の補正方法が開発されている（高木・他，2010a，2010b）．本発表では現在，水平格子間隔 5 km，鉛直層数 50 の MANAL 作成に用いられている JMA-NHM と同じモデルをさらにダウンスケーリングして実行した温位，気圧，水蒸気の混合比のモデル面予報値を観測時刻に時間内挿して屈折率を求め，対流圏から成層圏下部の視線遅延量を推定する方法について報告する．そして，特に火山の地殻変動の検出を目的としてアンラップする前の干渉 SAR データへの応用事例を紹介する．

数値予報 GPV を用いて大気遅延量を補正する方法としてより適切にダウンスケーリングした JMA-NHM の利用や，2009 年 10 月に現業化された MANAL における GPS 可降水量のデータ同化（小司・他，2009）に伴い算出される天頂遅延量の直接利用などは今後の課題である．

謝　辞
本解析で用いた陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）の PALSAR データは，火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（火山 WG）に基づいて観測・提供されたものである．PALSAR に関する原初データの所有権は宇宙航空研究開発機構（JAXA）および経済産業省（METI）にある．なお解析の過程において，JAXA の島田政信氏により開発された SIGMA-SAR を使用させていただいた．記して感謝の意を表します．

参考文献

市川隆一・笠原　稔・萬納寺信崇・内藤勲夫，1995：3 次元数値予報データに基づく大気電波伝搬遅延量の推定．測地学会誌，**41**，379-408.
島田政信，1999：SAR 干渉処理における軌道誤差と大気位相遅延の補正方法－地殻変動検出への応用－．測地学会誌，**45**，327-346.
小司禎教・岩淵哲也・畑中雄樹・瀬古　弘・市川隆一・大谷　竜・萬納寺信崇，2009：GPS 気象学：GPS 水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究．測地学会誌，**55**，17-38.
高木朗充・福井敬一・小司禎教，2010a：火山周辺での GPS 観測における数値気象モデルを用いた対流圏補正．火山，**55**，1-12.
高木朗充・福井敬一・新堀敏基・飯島　聖，2010b：光波測距の数値気象モデルに基づく大気補正－浅間山への適用－．火山，**55**，41-51.

キーワード: 非静力学モデル, 数値予報 GPV, 屈折率, 大気遅延, SAR 干渉解析, 地殻変動
Keywords: JMA-NHM, NWP-GPV, refractive index, atmospheric delay, InSAR, ground deformation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P06 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

衛星データ解析検討小委員会の活動について
Activities about The Subcommittee for Analysis of Satellite Data

北川 貞之 [1], 本田 昌樹 [1*], 上野 寛 [2], 矢来 博司 [3], 村上 亮 [4]
Sadayuki Kitagawa[1], masaki honda[1*], Hiroshi UENO[2], Hiroshi Yarai[3], Makoto Murakami[4]

[1] 文部科学省研究開発局地震・防災研究課, [2] 気象庁, [3] 国土地理院, [4] 国立大学法人北海道大学
[1]Earthquake & Disaster-Reduction,Mext, [2]Japan Meteorological Agency, [3]Geospatial Information Authority of Japa, [4]Hokkaido University

●地震調査委員会
地震調査研究推進本部の地震調査委員会は、毎月定期的に会議を開き、地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集、整理、分析し、これに基づく総合的な評価を行っている。

●衛星データ解析検討小委員会
衛星データ解析検討小委員会は、地震調査委員会の下に平成 19 年 7 月に設置され、地震調査委員会における現状評価の高度化に資することを目的として、収集した衛星データを用いた地震活動に関する解析結果の評価を行うとともに、衛星データの活用方策を検討している。

●地震活動と SAR
ひずみ蓄積過程、地震の破壊過程、余効現象のそれぞれの段階で引き起こされる特徴的な地殻変動は、地震活動を理解するための基本的なデータとして重要である。SAR のように、地殻変動を時間的にも空間的にも高い密度で、高精度に観測する技術や、それらから最大限の情報を読み取る解析技術の高度化は、地震活動の解明のためには欠かすことができない。
近年、SAR を搭載した衛星が、各国から次々と打ち上げられ、宇宙から全地球を満遍なく定期的に観測したデータを用いて、地震活動に伴う地殻変動を観測する技術が急速に進展している。なかでも、2006 年 1 月に打ち上げられた我が国の陸域観測技術衛星「だいち」は、運用開始直後から、我が国を含めた世界各地の様々な地殻変動を明瞭に捉え、地震活動の理解の高度化における衛星データの大きな可能性を示した。

●報告書
衛星データ解析検討小委員会では、主に「だいち」の SAR データを用いて、地震活動に伴う地殻変動の観測について以下のような成果を挙げ、報告書を作成した。本講演では、その内容について紹介する。

１．地震調査の基礎資料としての標準的な解析方法及び解析結果の表現方法の取りまとめ
SAR 干渉解析とピクセルオフセットの標準的な解析手法を検討した。SAR 干渉解析については、通常のストリップマップモードによる観測の解析に加え、ScanSAR による観測の解析に挑戦し、地殻変動の検出に成功したことを紹介する。
従来、解析結果の表現方法は各機関でまちまちであった。これは、地震調査委員会における図の解釈の際に混乱の原因になることから、地震調査の基礎資料としての標準的な表現方法を検討し、決定した。

２．観測誤差の原因推定
SAR 干渉解析では、軌道推定の誤差、水蒸気による電波の屈曲、電離層による電波の屈曲が誤差の要因になる。ここでは、これらの誤差の特徴と軽減策について紹介する。

３．広域の定常的な地殻変動の検出方法の開拓
地震発生にいたるひずみ蓄積過程や大地震後の余効変動などは、地震時変位に比べてかなり小さいため、SAR による地殻変動の検出は困難であった。しかし、多数の干渉画像を用いて誤差を軽減し、微小な変動のみを抽出する試みに成功した。ここでは、我が国において重要な課題である南海トラフの海溝型地震に向けたひずみ蓄積の検出の試みと問題点を紹介する。

４．信頼性の評価など
地震調査委員会で実際に評価された SAR 干渉解析の事例を紹介する。

キーワード: 合成開口レーダー, 地震, 地殻変動, 地震調査委員会, SAR
Keywords: SAR, Earthquake, crustal movement, Headquarters for Earthquake Research Promotion

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

STT057-P07 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 16:15-18:45

SAR 干渉解析による全国の活火山（４）
The Active volcanoes in Japan as viewed from the ALOS/PALSAR Interferometry (4)

安藤 忍 [1*], 福井 敬一 [1], 斉藤 誠 [2]
Shinobu Ando[1*], Keiichi Fukui[1], Makoto Saito[2]

[1] 気象研究所, [2] 気象庁火山課
[1]MRI, [2]Volc,JMA

2006 年 1 月に打ち上げられた陸域観測衛星だいち（ALOS）に搭載されている PALSAR は、L バンド波長帯であるため植生の影響を受けにくく山岳地帯でも干渉性が良いことから、活火山地域での地殻変動観測に有効である。
気象研究所では、2007 年から北方領土を含む日本全国の活火山地域周辺を対象に SAR 干渉解析を行い、火山噴火予知連絡会および合同学会などにおいて報告を行っている。ALOS/「だいち」は現在まで順調に稼動しており、最長で約４年分のアーカイブデータが蓄積された。2008 年６月および８月に行われた面外制御操作により、基線長が長くなり干渉解析ができない期間が生じたほか、北海道地域などでは積雪により干渉ペアが限られるなどの影響を受けたが、離島火山を含めて短・長期間のペアにおいて干渉解析が可能となった。懸念された時間経過によるコヒーレンス劣化についても，JERS-1 衛星ほどの影響はなく、３年超のペアでも概ね良好な干渉結果が得られている。これまでに干渉解析により吾妻山や霧島山新燃岳などで火山活動に関連した地殻変動が得られているほか、その他の静穏な活火山周辺地域においても長期ペアでの面的な地殻変動の把握が可能となっている。本報告では長期ペアを中心に SAR 干渉法による全国の活火山周辺における地殻変動解析結果について報告する。

本解析で用いた PALSAR データの一部は、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（火山 WG）に基づいて観測・提供されたものである。また、一部は PIXEL で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 に関する原初データの所有権は経済産業省および JAXA にある。なお解析には、宇宙航空研究開発機構の島田政信氏により開発された SIGMA-SAR を使用させていただいた。また、干渉画像の描画については GMT を用い、その方法について北海道大学の奥山哲氏および JAXA の宮城洋介氏に多くの助言を頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

キーワード: 合成開口レーダ, 干渉解析, 地殻変動, だいち/PALSAR, 活火山
Keywords: SAR, Interferometry, ground deformation, ALOS/PALSAR, active volcano