

干渉 SAR 時系列解析によるチャオプ Raya 河流域の地表変動の検出
Ground deformation signals detected by SAR interferometry time series analysis along
the Chao Praya River areas

田中 明子^{1*}, 三尾 有年¹
Akiko Tanaka^{1*}, Aritoshi Mio¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

The metropolitan area of Bangkok, Thailand, has been subsided during the past decades. This ground deformation has been monitored using leveling surveys since 1978 and InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) analysis. These results show that the Bangkok metropolitan city is subsiding with a rate of 20 mm/year in recent years, due to the law limiting groundwater pumping since the late 1980s, although in 1981 the highest subsidence rate up to 120 mm/year had been recorded in the eastern area [Phien-wej et al., 2006]. However, these studies were focused in the Bangkok metropolitan city using C-band satellites images.

In this study, we applied the method of measuring long-term land subsidence by InSAR time series analysis using ALOS (Advanced Land Observing Satellite) PALSAR (Phased Array type L-band SAR) data acquired between 2007 and 2010 to investigate ground deformation in and around Bangkok area. The ground deformation were detected near the Tha Chin river, which is a tributary of the Chao Phraya river and flows westerly from the Chao Phraya through the central plains of Thailand until it mouths into the Gulf of Thailand. We compared our results with previous leveling and InSAR studies to find an overall consistency in the deformation estimates. The deformation rates have been monitored, with velocity a maximum rate of about -20 mm/year, and showed consistent with previous studies [e.g., Aobpaet et al., 2009]. These results verify the validity of the method and data used.

キーワード: 干渉 SAR 時系列解析, 地殻変動, ALOS/PALSAR, Chao Praya River

Keywords: InSAR time series analysis, ground deformation, ALOS/PALSAR, Chao Praya River

PSInSAR 解析によって推定された近年のバンコクの地盤変位

Surface displacements after the ground water regulation in Bangkok derived from persistent scatterer SAR interferometry

石塚 師也^{1*}, 辻 健², 山田泰弘¹, 松岡俊文¹, 福島洋³

Kazuya Ishitsuka^{1*}, TSUJI, Takeshi², YAMADA, Yasuhiro¹, MATSUOKA, Toshifumi¹, FUKUSHIMA, Yo³

¹ 京都大学大学院 工学研究科, ² 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所, ³ 京都大学 防災研究所

¹Graduate School of Engineering, Kyoto University, ²International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I2CNER), Kyusyu University, ³DPRI, Kyoto University

主として発展途上国の都市部では地下水の過度な汲み上げにより、地盤沈下が発生し、構造物や住環境への被害等が問題となっている。そのため、近年、一部の都市では、地下水汲み上げの規制を行い、地盤沈下抑制を試みる動きが見られる。タイの首都であるバンコクも地下水汲み上げ規制を行っている都市の1つである。規制により、2000年以降、地下水利用量の減少が報告されており、本研究では、地下水汲み上げ規制に伴う地下水システムの変化過程を理解するために、2007年11月から2010年12月の約3年間に取得されたALOS/PALSARのデータ12シーンをを用いて Persistent scatterer SAR interferometry (PSInSAR) 解析を行い、バンコクの近年の地盤変位傾向の把握を行った。また、JERS-1/SAR データを用いた Differential SAR interferometry (DInSAR) 解析によって推定された90年代の地盤沈下傾向や地下水位の変化との比較を行い、近年の地盤変位傾向の考察を行った。

PSInSAR 解析を行った結果、バンコク中心部から東部において年間1cm程度の隆起が推定された。また、隆起速度の空間的分布より、隆起速度はバンコク中心部よりも東部の方がやや大きいことが分かった。さらに、地盤隆起の速度が大きい地域では、地下水位の上昇速度も大きいことから、推定された地盤隆起は、地下水位上昇の影響であると言える。また、JERS-1/SAR データから推定された90年代の地盤沈下とPALSAR データから推定された近年の地盤隆起を比較した結果、地表変動の空間的分布はよい一致を示していた。過去の沈下の地域と現在の隆起の地域が一致していることから、過去の地下水汲み上げによる帯水層環境の変化が近年の地盤隆起の傾向と関係している可能性があると言える。

キーワード: PS 干渉 SAR 解析, 地表変位, バンコク, 地下水

Keywords: PSInSAR analysis, Surface displacement, Bangkok, Groundwater

ALOS/PALSAR データを用いた InSAR 時系列解析によるスマラン (インドネシア) の地盤沈下

Land subsidence in Semarang, Indonesia, observed by InSAR time-series analysis using ALOS/PALSAR data

有本 美加^{1*}, 福島 洋², 橋本 学², 高田 陽一郎²

Mika Arimoto^{1*}, Yo Fukushima², Manabu Hashimoto², Youichiro Takada²

¹(株)パスコ, ²京都大学防災研究所

¹PASCO Corporation, ²DPRI, Kyoto University

主に発展途上国の都市部において、地下水の過剰汲み上げ等による地盤沈下が問題になっている。本研究では、スマラン (インドネシア) の地盤沈下の詳細をしらべるため、短基線長 InSAR 時系列解析を行った。解析には、2006 年 6 月から 2011 年 2 月の間に北行および南行軌道から撮像された ALOS/PALSAR 画像 34 枚を用いた。まず短基線長の干渉画像を得た後、軌道の不確定性・電離層擾乱・対流圏遅延によって生じる位相変化を推定し、補正した。次に、北行軌道と南行軌道のデータセットそれぞれについて、最小二乗法を用いて変動時系列を推定した。最後に、二方向での変動時系列の線形結合により、準上下成分の変動時系列を得た。

結果は、沈下が帯水層の存在する低地地域に限られていることを示しており、沈下の原因が地下水の過剰汲み上げであることを示唆している。また、沈下レートはほぼ一定 (最大 10cm/year) で、明確な季節性の変動はしていなかったようである。最大沈下レートがこれまで沈下が確認されていなかった箇所でも得られたなど、現地調査や C バンド SAR データを用いた研究と比較すると、広範囲の沈下を確認することができた。このことは、地盤沈下モニタリングにおける L バンド SAR の優位性を示している。

キーワード: InSAR, 地殻変動, 地盤沈下, インドネシア, スマラン

Keywords: InSAR, Crustal deformation, land subsidence, Indonesia, Semarang

霧島山新燃岳に対する TerraSAR-X データを用いた DInSAR/PSInSAR 解析 Monitoring of Sakurajima Volcano using Cosmo-SkyMed

宮城 洋介^{1*}, 小澤 拓¹, 小園 誠史¹, 島田 政信²

Yosuke Miyagi^{1*}, Taku Ozawa¹, Tomofumi Kozono¹, Masanobu Shimada²

¹ 防災科学技術研究所, ² 宇宙航空研究開発機構

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Japan Aerospace Exploration Agency

九州南部, 鹿児島県と宮崎県の県境に位置する霧島山新燃岳は, 2011年1月に噴火活動を開始し, 同年9月以来目立った噴火活動は起こっていない。噴火後のGPS及びDInSAR観測の結果, 2011年噴火に関係した主マグマ溜りへの噴火後再充填に伴った地殻変動が検出されたが, この主マグマ溜りの膨張に起因する地殻変動は同年11月頃から鈍化を始めた。噴火後の2011年11月以降, 変化がないように見える火口内溶岩表面が, わずかずつではあるが隆起をしていることがRADARSAT-2及びTerraSAR-Xデータを用いたDInSAR解析から明らかになった。この火口内溶岩表面の隆起は2013年1月現在継続中である。しかし, 隆起量は徐々に低下してきている。また, TerraSAR-Xデータを用いたDInSAR/PSInSAR解析の結果, 新燃岳火口周辺(北東側)が収縮していることが明らかになった。この収縮は浅部ソースから火口内への溶岩流出に伴うものであると解釈できるが, 2011年11月-2012年10月期間に火口内に流出した溶岩の合計体積に比べて, 同期間の地殻変動から見積もられる浅部ソースの体積減少量は小さい。これは, 浅部ソースに対して深部ソースから微小ながらも供給が続いていた可能性を示唆している。また, その後のPSInSAR解析の結果, 火口周辺で検出された収縮の地殻変動は2012年10月以降見られなくなった。これは, 火口内への溶岩の流出量と浅部ソースへの供給量が平衡状態に達した可能性を示唆している。

キーワード: 合成開口レーダ, 霧島, 新燃岳, 地殻変動

Keywords: SAR, Kirishima, Shinmoe-dake, Crustal Deformation

干渉 SAR 時系列解析による伊豆大島の地殻変動 Surface deformation in Izu-Oshima detected by InSAR time-series analysis

山中 雅之^{1*}, 森下遊¹
Masayuki Yamanaka^{1*}, MORISHITA, Yu¹

¹ 国土地理院
¹ Geospatial Information Authority of Japan

干渉 SAR 時系列解析は微小な地表変動の時間変化を測定するための一手法である。

伊豆大島は、島内に多くの GPS 連続観測点が設置されており、膨張・収縮の詳細が把握されている。今回、伊豆大島において、2006 年から 2011 年までの ALOS/PALSAR データを用いて、干渉 SAR 時系列解析を実施し、その結果と GPS 連続観測による結果とを比較した。その結果、一部の観測点では、変動時系列のトレンドが一致しなかったものの、多くの観測点では両者は調和的である。

また、干渉 SAR 時系列解析に際しては GPS 補正（福島・Hooper, 2012）を実施したので、その効果についても報告する。

キーワード: 干渉 SAR 時系列解析, 伊豆大島, ALOS/PALSAR
Keywords: InSAR time-series analysis, Izu-Oshima, ALOS/PALSAR

干渉 SAR 時系列解析を用いた豊後水道スロースリップイベント検出の試み Detection of slow slip event at Bungo Straight by InSAR time series analysis

宮原 伐折羅^{1*}, 鈴木 啓¹

Basara Miyahara^{1*}, Akira Suzuki¹

¹ 国土交通省国土地理院

¹ Geospatial Information Authority (GSI) of Japan

国土地理院では、ALOS/PALSAR のデータを用いた SAR 干渉解析により、地震時の地殻変動をはじめ、火山活動による地殻変動、地盤沈下など、様々な地殻変動を検出してきた。地震による揺れを伴わずプレート間でゆっくりと地殻変動を生じるスロースリップについては、2009 年から 2011 年にかけて豊後水道周辺において生じたイベントについて、干渉 SAR のスタッキング処理により、検出の試みが行われており、GEONET (GNSS 連続観測システム) の GPS 観測がとらえた変動と整合的な変位が、ALOS/PALSAR による SAR 干渉解析からも検出されることが報告されている。(野口他、2011) しかしながら、スロースリップにより一回のイベントで生じる変位は、一般に電離層・対流圏の遅延によるノイズなどに比べて小さいため、特にノイズが大きい場合には、SAR 観測で得られた変位がスロースリップに起因することを認定することは難しい。干渉 SAR 時系列解析は、複数の SAR 画像を処理することで、大気ノイズなど、様々なノイズを軽減することができる手法である。そこで、ALOS/PALSAR のデータを用いて干渉 SAR 時系列解析を行い、2009 年から 2011 年にかけて豊後水道で生じたスロースリップイベントの検出を試みたため、ここで報告する。さらに、干渉 SAR 時系列処理によって得られた変位の時系列を、GEONET による変位の時系列と比較を行うことで、干渉 SAR 時系列処理が検出したスロースリップイベントを検証したため、これを報告する。

野口優子・鈴木啓・飛田幹男(地理地殻活動研究センター)・小林知勝(地理地殻活動研究センター)・矢来博司(測地観測センター)(2011):「だいち」SAR 干渉解析による豊後水道周辺の非正常地殻変動抽出の試み, 国土地理院時報, 第 121 集, 1-8

キーワード: 干渉 SAR, 時系列解析, スロースリップ, GPS, GEONET

Keywords: InSAR, time series analysis, slow slip, GPS, GEONET

アルゼンチンアンデスにおける DInSAR を用いた岩石氷河流動の解析 Analysis of rock glacier flow by Differential InSAR on Argentine Andes

山之口 勤^{1*}, 田殿 武雄², Mariano Masiokas³, 奈良間 千之⁴, 浮田 甚郎⁴, 富山 信弘¹

Tsutomu Yamanokuchi^{1*}, Tadono, Takeo², Mariano Masiokas³, Narama, Chiyuki⁴, Ukita, Jinro⁴, Tomiyama, Nobuhiro¹

¹ (一財) リモート・センシング技術センター, ²JAXA, ³IANIGLA, ⁴新潟大学

¹Remote Sensing Technology Center of Japan, ²JAXA, ³IANIGLA, ⁴Niigata University

岩石氷河 (Rock Glacier) は、気候学的見地からは永久凍土の標高下限を示す指標として、実利用面からは生活用水資源としてアルゼンチンアンデス地域では非常に重要な水資源のひとつとなっている。しかし、その空間的分布は国土の広大さ、現地調査の困難さから調べられていないのが現状である。本研究では、ALOS/PALSAR データを用いた DInSAR により、これら岩石氷河の検出を試みたものである。岩石氷河自体の表面は岩屑に覆われており、その流動速度は 1m/year 程度と遅いため、DInSAR により検出が可能である。

解析対象範囲は、アルゼンチンアンデス域の内陸部の都市メンドーサと、チリの首都サンチャゴの間にある、Cordon Del Plata と呼ばれる地域である。本地域は、共同研究者である IANIGLA (アルゼンチン水文学研究所) により、継続的に観測が続けられている岩石氷河があり、現地データの入手が可能である。

本研究でははじめに、かつて IANIGLA により作成された古い岩石氷河インベントリに基づき、DInSAR 結果との比較を行った。その結果、DInSAR でマッピングされた流動域と岩石氷河の空間分布には、良い一致をみた。また、夏季から冬季に移るともなう流速の季節変動を検知することができた。この夏季には、本解析地域について GPS による精密測量結果を持ち帰る予定であり、今後は、流動量についての定量的な比較を実施していく予定である。

キーワード: 岩石氷河, DInSAR, Argentine Andes

Keywords: Rock Glacier, DInSAR, Argentine Andes

航空機搭載合成開口レーダー Pi-SAR-L2 の校正検証及び環境監視 Calibration and Validation of the Pi-SAR-L2

島田 政信^{1*}, 河野 宜幸¹, 本岡 毅¹, 渡邊 学¹

Masanobu Shimada^{1*}, Noriyuki Kawano¹, Takeshi Motohka¹, Manabu Watanabe¹

¹ 宇宙航空研究開発機構

¹JAXA

航空機搭載合成開口レーダー Pi-SAR-L2 の校正検証及び環境監視

Calibration and validation of the JAXA's airborne SAR, Pi-SAR-L2, and monitoring the environment

島田政信、河野宜幸、渡邊学、本岡毅

1) 宇宙航空研究開発機構、地球観測研究センター

概要: Pi-SAR-L2、JAXA の第 2 世代航空機搭載 L-band フルポリリメトリック SAR は 2012 年 4 月に試験運用を開始した。基本的な仕様は Pi-SAR-L と同等、分解能の向上と搭載する慣性航法装置と SAR との時系の一致による画質の向上を目的としたもので、帯域幅は 50MHz から 85MHz に拡大し、PALSAR-2 の事前検証、PALSAR では観測出来ない領域、例えば、南北斜面の観測に強みを持つことが想定されている。L-band SAR の大きな利点は、1) 森林監視、2) 干渉性にあり、ALOS/PALSAR を中心として、これらの分野で多用された。Pi-SAR-L2 の校正検証は 2012 年 4 月以降、数ヶ月に渡り、コーナー反射鏡やアクティブレーダー校正装置を用いて行われた。合わせて、土砂、洪水領域の観測飛行と観測感度の評価、干渉性能の評価も行った。また、2012 年 8 月には、インドネシアに飛行し、火山、森林、農耕地等の観測も行ない、L-band SAR の応用に関する研究を進めている。本報告では、Pi-SAR-L2 を用いた校正検証、応用研究についてその結果と現状を報告する。添付は、富士山を観測したものであり、当初の狙い通り、画質、分解能の向上、感度の向上が見られる。

1. 映像化処理

本 SAR はアジマス方向のアンテナ長が 1.6m、飛行高度が約 12 km の為に、地上照射距離は約 2 km、合成開口時間は (レンジ距離にもよるが) 概ね 10 秒? 15 秒程度を持つ。このような長い時間に渡って位相を維持する為には、正しい飛行コースの把握が必要で、Pi-SAR-L では慣性航法装置の計測時刻と SAR の計測時刻が同期してないこと、飛行コースが直線でないこともあり、映像を安定して焦点化出来なかったが、Pi-SAR-L2 では、特に時刻の同期を注力的に行い、結果として高画質化が達成出来た。なお、航空機の位置は搭載した IMU の計算結果を使用し、映像は Auto-focus をかける。

2. 校正検証

アンテナパターンの地上対象物を使用した校正は困難であり、本校正では工場にて取得したデータを用いる。それ以外は、地上に複数の 3 面コーナー反射鏡 (Corner Reflector, CR) を設置して、データ取得を実施した。設置箇所は、北海道苫小牧、筑波宇宙センター、千葉県桜井公園である。まず、レンジ・アジマス位置の校正を行い、その後、CR の後方散乱断面積に合致するように校正係数を決定した。現在、校正方法校正係数については、1] で発表している。

3. 応用解析

3.1 災害感度解析: SAR の最大の売りは全天候性である。災害は、荒天時におこるのが常で、代表的災害である、洪水域、あるいは関連した地滑り領域の抽出が望まれる。Pi-SAR-L2 の 2012 年のフライトでは特にこの点に注目し、他の周波数の SAR と準同期しながら感度解析を実施してきた。例えば、十津川村の台風 12 号による 2011 年 9 月の大規模土砂災害、2012 年 7 月 12 日の九州水害による冠水域解析、やや時間は前後するが、2011 年 3 月 11 の津波に伴う、東北地方沿岸域の冠水域抽出は代表的な対象である。

3.2 森林解析: 赤道域を中心としたところは森林が豊富にあるが、同時に森林減少が進み、森林炭素の減少と大気中への二酸化炭素の放出が進むことで、地球温暖化につながっている。L-band SAR は樹幹部に対する信号の透過性が C,X に比べて良子であり、さらに、森林伐採地での後方散乱が小さいことから森林域の分類把握に利点を有している。

3.3 火山監視: 火山は表面変形と火山灰等の降灰が主立った観測対象である。

3.4 船舶監視: L-band SAR としては小さい後方散乱を有する海面内の輝点 (船舶) 等は比較的抽出が容易な対象物である。国内、国外での実験を通してその性能評価を実施している。

3.5 干渉解析: L-band SAR の最大の利点は、電波の植生域への透過性であり、そのために、二時期の変化抽出や、地盤沈下、あるいは標高情報の収集が可能になる。

5. まとめ: Pi-SAR-L2 は PALSAR-2 の検証用、将来センサ検討用に開発されたセンサであり、現在校正検証をはじめとした各種の検討を行っている。衛星に比べて、飛行経路が直線でないという難点はあるものの、SN、分解能、画質

STT57-08

会場:301B

時間:5月22日 11:00-11:20

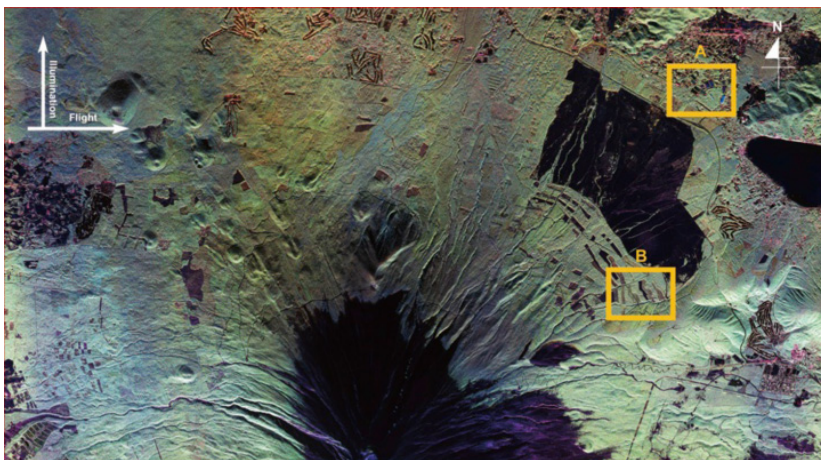
の点で優れており、検証目的のみならず実運用も可能である。

参考文献：

1] M. Shimada, N. Kawano, M. Watanabe, T. Motooka, and M. Ohki “ Pi-SAR-L2 の開発と校正検証, Calibration and Validation of the Pi-SAR-L2, ” 日本リモートセンシング学会 2012 年度秋季大会、予稿集、Nov. 19-20, 2011.

キーワード: 航空機搭載合成開口レーダー, 校正検証, ポラリメトリ, 慣性航法装置, 森林

Keywords: Pi-SAR-L2, Calibration and validation, Polarimetry, IMU



GEONET データを用いた「だいち」 SAR 干渉画像の電離層補正手法の開発 (序報)
On ionospheric correction of ALOS/PALSAR interferograms using GEONET data (preliminary report)

宗包 浩志^{1*}

Hiroshi Munekane^{1*}

¹ 国土交通省国土地理院

¹ GSI of Japan

国土地理院では地盤変動を面的に監視するため、陸域観測技術衛星「だいち」のデータを定常的に解析し、SAR 干渉画像を作成してきた。SAR 干渉解析においては、限られた範囲にある地殻変動の情報が広域的な誤差の中に隠れてしまい、監視の妨げとなることが多い。特に、1 周波電波を用いた観測である SAR データの干渉解析では、電離層擾乱に伴う電波の遅延誤差により、正確な地盤変動情報が抽出できない場合があることが問題となっている。電離層による誤差の補正には、2 周波電波を用いた GNSS 観測データに含まれる電離層電子密度に関する情報に基づく手法が有効であることが知られている。国土地理院は、電子基準点において GNSS の連続観測を実施しており、その 2 周波データに基づき、干渉 SAR の電離層補正手法を構築できる可能性がある。そこで、本発表では、電子基準点の観測データを用いた「だいち」 SAR 干渉画像の電離層補正手法を試作し、実際の SAR 干渉画像に適用して補正効果の評価を行う。

キーワード: 干渉 SAR, 電離層, GEONET

Keywords: InSAR, Ionosphere, GEONET

低コヒーレンス地域における複数衛星の InSAR 結果を使用した変動量推定 Deformation parameter estimation in low-coherence areas using multi-satellite InSAR approach

森下 遊^{1*}, ハンセン ラモン²

Yu Morishita^{1*}, HANSSEN, Ramon F.²

¹ 国土地理院, ² デルフト工科大学

¹GSI of Japan, ²Delft University of Technology

PSI や SBAS といった干渉 SAR 時系列解析は高精度に地表変動を推定するのに使用されてきた。コヒーレンスの低い地域や、PS 点の存在しない地域では、信頼できる位相情報を推定するのは非常に困難である。本発表では、低コヒーレンス地域における変動量推定の実現可能性や精度を向上させる二つの手法について報告する。一つは、適応型マルチルックウィンドウであり、もう一つは複数衛星データの統合解析である。適応型マルチルックウィンドウは、PSI の結果に見られた、地下深くに基礎を持つ建造物の変動を反映した、浅部地盤沈下の過小評価を防ぐことができる可能性がある。複数データの統合は、精度を向上させ、時間範囲を拡張させることも可能となる。これらの手法をオランダにおける泥炭土壌上の牧草地に適用した結果、明らかな地盤沈下及び周期的な変動が検出された。

キーワード: 干渉 SAR, 時系列解析, コヒーレンス, 地盤沈下, 泥炭土壌

Keywords: InSAR, Time series analysis, Coherence, Subsidence, Peat soil

地殻変動観測における Along-track InSAR の有効性の検討 Along-track InSAR for observation of crustal deformation

小林 知勝^{1*}

Tomokazu Kobayashi^{1*}

¹ 国土交通省国土地理院

¹ GSI of Japan

干渉合成開口レーダー (InSAR) は、地震や火山活動に伴う地殻変動を数 cm の精度でマッピングする技術として利用され、地殻変動観測・研究に多くの成果をもたらしてきた。しかしながら、InSAR は衛星と地上ターゲットを結ぶ方向の距離変化の 1 次元成分のみの計測にとどまり、地殻変動観測ツールとしての InSAR の欠点の 1 つとして挙げられてきた。特に、SAR 衛星の場合、進行方向がほぼ南北のため、南北方向の変位計測にはほとんど感度がない欠点がある。位相情報を利用する InSAR に対して、振幅情報を利用したピクセルオフセット解析を適用すれば、プラットフォームの進行方向 (アジマス方向、Along-track 方向) の変位成分が獲得できるものの、その計測精度は InSAR より低く (数 10cm 程度)、また空間解像度も数 100 m ~ 1 km 程度となり、実際の地殻変動観測に適用する場面は限られるのが現状である。このような背景の中、Bechor and Zebker (2006) は、プラットフォームの進行方向の変位をリピートパス InSAR により抽出する技術を提案した (Multiple-aperture SAR interferometry: MAI)。この手法では、照射するビームを前方視・後方視に相当する帯域に分割し、それぞれの干渉処理から得られる位相差を利用して、進行方向の変位を獲得する。ピクセルオフセットより高い計測精度で変位が獲得できるとされ、今後の地殻変動観測への応用がますます期待される。このような背景の下、本研究では、ALOS/PALSAR データに MAI 法を適用し、特に計測精度に着目して、地殻変動観測ツールとしての利用の適用範囲と限界に関して考察を行う。これまでの予備的な解析の結果、アジマス方向に 20 ~ 40 ルック程度とすると、コヒーレンスが 0.5 以上のピクセルでは 5 ~ 10cm 程度 (1) のばらつきで衛星進行方向の変位が計測されることが確認できた。ピクセルオフセット解析 (相関窓 128x256 ピクセルの場合) では同データによる解析で 20cm (1) 程度のばらつきをもってしまふ。このことは、ピクセルオフセットより高い空間解像度で精度の高い計測が可能であることを示している。

謝辞:「だいち」のデータは、国土地理院と JAXA 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 から購入したものを使用しました。データの著作権は JAXA、METI にあります。

キーワード: SAR 干渉解析, Along-track InSAR, MAI, 計測精度, 地殻変動

Keywords: SAR interferometry, Along-track InSAR, MAI, Measurement accuracy, Crustal deformation

PALSAR データを利用した西南日本変動マップの作成 Mapping of Deformation of SW Japan using PALSAR images

橋本 学^{1*}

Manabu Hashimoto^{1*}

¹ 京大防災研

¹ DPRI, Kyoto University

我々は、西南日本の定常的な地殻変動を面的に高分解能で捉えることを目的に、PALSAR データの干渉処理およびスタッキング解析を行っている。これまで四国東部および紀伊半島・丹後半島の2領域について解析結果を報告しているが、四国・九州について新たな解析を行ったので結果と、この間見えて来た技術的な検討課題を報告する。

四国地域に関しては、北行軌道のパス 417・420 を用いた。観測期間は、2006 年半ばから 2010 年末で、全パスとも平均的に 20 以上の観測がある。ただし、電離層の影響と考えられる擾乱が大きいペアがあるので、これらを除いてスタッキングを行った。

四国西部のパス 419 のスタッキング干渉画像は、Peak to Peak では、GPS 変位速度からシミュレートされる干渉画像と同程度である。しかし、417 のスタッキング干渉画像とは異なり、北西・南東方向のトレンドが明瞭に認められ、GPS 変位速度から予想される空間分布と異なる。よく見るとパス 417 にも北西・南東方向のトレンドが見られる。また、いずれのパスにおいても、中国地方の変位分布が不自然である。なお、電離層擾乱と相関があると考えられるアジマス・オフセットを、GPS・TEC の変動の大きい日を含むペアと含まないペアを比較すると、明らかに前者に顕著な北西・南東方向の擾乱が認められる。しかし、GPS-TEC の波長とアジマス・オフセットに見られる擾乱の波長は、後者の方が短いことが特徴であり、GPS-TEC のみを用いた干渉画像の補正は困難と考えられる。

一方、四国では南行軌道での観測回数が少ない上に、電離層の影響が皆無ではなく、定常的な変動を抽出するのは困難である。九州東岸のパス 72 は比較的條件がよく、GPS 変位速度と調和的な結果が得られた。

これらの結果から、十分な観測回数の確保、電離層擾乱の影響の適切な除去、が不可欠であるといえる。電離層擾乱の影響を評価するために、ピクセル・オフセットなどの情報の活用が考えられる。

キーワード: SAR, 地震間変動, PALSAR, SAR 干渉法, 西南日本, 地殻変動

Keywords: SAR, interseismic deformation, PALSAR, SAR interferometry, SW Japan, crustal deformation

SAR 干渉解析を利用した関東地方における地盤変動検出の試み Study of ground deformation in Kanto region detected by InSAR

鈴木 啓^{1*}, 宮原 伐折羅¹, 森下 遊¹
Akira Suzuki^{1*}, Basara Miyahara¹, Yu Morishita¹

¹ 国土地理院

¹GSI of Japan

国土地理院では、ALOS/PALSAR のデータを用いた SAR 干渉解析により、活動的な火山の周辺地域や地盤沈下が報告される地域等において定常的な監視を行ってきた。特に画像 1 シーン程度 (約 70km × 100km) の地盤沈下監視地域では、スタッキング処理により気象ノイズ等を軽減することで、地盤沈下の大きさや範囲を精度よく検出できることが報告されている。

これまで、計算機の性能の制限や、広域の解析結果に見られる空間波長の長い電離層などのノイズの取り扱いが難しいことから、解析・監視を行う範囲は、対象地域を限定してきた。しかし、計算機の性能の向上し、ノイズをより適切に扱うことのできる干渉 SAR 時系列解析が行われるようになったことにより、より広域のデータを同時に扱うことが可能となってきた。そこで、活断層・火山活動による地殻変動、地盤沈下など、変動が SAR 観測により検出されることが想定される関東地方において、解析範囲を全域に拡大して、干渉処理からスタッキング処理を行い、地盤変動の検出精度について検討した。また、当該地域において SAR 時系列解析も実施したので、その結果についても報告する。

キーワード: 干渉 SAR, 時系列解析, スタッキング, 関東地方

Keywords: InSAR, Time series analysis, Stacking, Kanto region

X-band SAR 衛星・Cosmo-SkyMed を利用した桜島のモニタリング Monitoring of Sakurajima Volcano using Cosmo-SkyMed

宮城 洋介^{1*}, 小澤 拓¹, 島田 政信¹
Yosuke Miyagi^{1*}, Taku Ozawa¹, Masanobu Shimada¹

¹ 防災科学技術研究所, ² 宇宙航空研究開発機構

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Japan Aerospace Exploration Agency

九州南部, 鹿児島県に位置する桜島は, 現在日本で最も活発な火山である。2006年6月に昭和火口から再開した噴火活動は, 2009年以降, より活発になり, 現在でもたびたび爆発的噴火を起こしている。また2012年7月24日には, 南岳山頂火口でおよそ1年半ぶりに噴火が起こった。桜島における現在の噴火活動を理解し, 今後の噴火活動を予測するためにも, 定期的なモニタリングを行う必要がある。活動中の火山における現地観測は危険を伴うため, 一般には困難であるが, 人工衛星搭載のセンサを利用したリモートセンシング観測であれば, 活動中の火山であっても定期的に, しかも広域を一度に観測することができる。とりわけ能動型のマイクロ波センサである合成開口レーダ(SAR)は, 昼夜を問わず観測が可能で, 雲や噴煙を透過し地上を観測することができる。このため, 噴火活動中でも火口のモニタリングが可能であり, またその位相情報を利用した差分干渉解析(DInSAR解析)により面的な地殻変動の検出も可能となる。本発表では, イタリアのX-band SAR衛星・COSMO-SkyMed(以下CSK)によるデータを利用し, 桜島南岳の火口の変化を検出した。CSKは同じスペックの衛星が4機同時に運用されており, 高頻度の観測が可能となる。また, 噴火活動に伴った地殻変動を検出するため, DInSAR(Differential Interferometric SAR: 差分干渉SAR)解析も試みた。

キーワード: 合成開口レーダ, 桜島, 干渉解析, コスモスカイメッド
Keywords: SAR, Sakurajima, DInSAR, Cosmo-SkyMed

干渉合成開口レーダーとGPSによる氷流流速測定 Flow velocity measurements of an ice stream using SAR interferometry and GPS

土井 浩一郎^{1*}, 早河 秀章¹, 青山 雄一¹, 山之口 勤², 中村 和樹³, 高岸 且⁴
Koichiro Doi^{1*}, Hideaki Hayakawa¹, Yuichi Aoyama¹, Tsutomu Yamanokuchi², Kazuki, NAKAMURA³, Susumu, TAKAGISHI⁴

¹ 国立極地研究所, ² リモートセンシング技術センター, ³ 日本大学工学部, ⁴ 株式会社パスコ
¹National Institute of Polar Research, ²RESTEC, ³Nihon University, ⁴PASCO Corp.

干渉合成開口レーダーは南極大陸上の氷流の流速を測定するための有効な方法のひとつである。ドイツの衛星 TerraSAR-X で観測された X バンド SAR データに干渉 SAR 手法を適用し、東南極プリンスオラフ海岸から流出している氷流フラッツンガ (Flattunga) の流速測定を試みた。使用したデータは、2011 年 3 月 21 日と 4 月 1 日に観測された 2 シーン (ディセンディング軌道 166、StripMAP mode) である。この 2 回の観測の垂直ベースライン長は 96.9m である。差分干渉画像を求めるために ASTER GDEM を用いた。

一方、フラッツンガ上流域は南極地域観測隊が使用している内陸ルートの開始点付近であり、第 53 次観測隊越冬中の 2012 年 4 月から 5 月にかけてルート上の S19 (69 °00 '28.6 "S、40 °08 '22.6 "E、楕円体高: 615.0m) において GPS 観測を実施した。初期的な解析結果によると、15cm/day の速さで北西方向 (N44 °W) に流動していることがわかった。

TerraSAR-X データの差分干渉処理で得られた S19 付近における視線方向の移動量は 11 日間で約 40cm であった。これは GPS で得られた変動量よりかなり小さく、方向を一致させてより詳細な比較を行う予定である。

本講演では、ALOS/PALSAR データに差分干渉 SAR 法を適用して得られた流動速度についても示す予定である。

キーワード: 差分干渉 SAR, GPS, 氷流, 南極

Keywords: Differential SAR interferometry, GPS, ice stream, Antarctica

防災科研における InSAR 解析ツールの開発 Development of InSAR processing tools in NIED

小澤 拓^{1*}, 宮城 洋介¹
Taku Ozawa^{1*}, Yosuke Miyagi¹

¹ 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

合成開口レーダー (SAR) は、有用な地殻変動検出ツールの一つとなった。最近では、無償で利用できる SAR 解析ソフトウェア (たとえば, ROI-PAC, GMTSAR, Doris) が公開され、誰でも SAR 解析を用いた地殻変動検出が可能になった。特に、一般的によく用いられる 2パス差分 SAR 干渉法については、解析アルゴリズムがある程度まで成熟したことにより、誰がどのソフトウェアを用いて解析しても、ほぼ同じ結果を得られるようになった。一方、最近では、時系列解析などの高度 SAR 解析手法を用いて、より高精度な地殻変動検出が試みられている。しかし、その解析については、改良すべき課題が多く残されている。それらの改良に向けた研究開発を効率的に進めるためには、解析アルゴリズムを隅々まで理解できる解析ソフトウェアを用いる必要がある。そこで、防災科研においては、解析アルゴリズムの高度化に向けた InSAR 解析ツールを開発することにした。

本解析ツールは、次のような一般的な解析手順を採用している。 SLC フォーマット変換およびパラメータファイル作成。 平行移動のみを考慮した SLC の大まかな位置合わせ。 飛田ほか (1999) による高精度マッチング手法によるアフィン変換係数の決定。 SLC のリサンプリング。 初期干渉画像の作成。 DEM に基づく散乱強度画像シミュレーションおよび地理座標系からレーダー座標系への変換テーブルの作成。 シミュレート散乱強度画像と観測強度画像とのマッチング。 変換テーブルの修正。 軌道縞および地形縞のシミュレーション。 差分 SAR 干渉画像の作成。 干渉画像フィルターの適用 (Goldstein and Werner (1998) もしくは Baran et al. (2003))。 干渉画像等のジオコーディング。

本解析ツールについて、2010/12/21 にイラン南東部で発生した地震に関する PALSAR 画像ペア (Path:559, Frame:550, 2010/9/30 - 2010/12/31) を用いたテスト解析をおこなった。テスト解析に入力した SLC は、宇宙航空研究開発機構の島田政信氏が開発した SIGMA-SAR により作成したものを用いた。同データペアを SIGMA-SAR や GAMMA を用いて解析したところ、ほとんど軌道縞が残らない結果が得られた。本解析ツールにより得られた結果は、地震に伴う地殻変動については、SIGMA-SAR および GAMMA による結果とおおよそ調和的であった。また、干渉性もほぼ同じに見える。ただし、画像内で 1 サイクル程度変化する軌道縞成分が残存した。

本解析ツールには、解析アルゴリズムの精密化が必要な部分が残されており、その改良は今後の課題である。また、防災科研では、これまでに大気遅延シミュレーション (小澤・清水, 2010) や複数軌道データを用いた時系列解析 (Ozawa and Ueda, 2011) などのアルゴリズムを開発しており、今後は、それらのアルゴリズムを統合的に適用できるツール群にしていく予定である。

InSAR を用いた釧路平野における局所的な水位および地盤変動の検出 Localized water-level and ground surface changes at Kushiro basin detected by InSAR

齊藤 敦¹, 古屋 正人^{1*}
Atsushi Saito¹, Masato Furuya^{1*}

¹ 北海道大学大学院理学研究院

¹Hokkaido University, Graduate School of Science

釧路湿原は日本最大の湿原であり、貯水機能をはじめ重要な役割を持つ。その一方、人間活動の影響などによって湿原環境の急激な変化が指摘されており、湿原の保全と回復への取り組みが行われている。

InSAR は SAR の反射波を利用して地表変動を観測する技術である。静穏な水面上では反射波が得にくく、さらにデータ取得時期が異なると反射波自体の相関が低くなり、InSAR による観測を行うことはできないが、湿原など水面上に植生が繁茂している環境の場合には植生から反射波が得られ、それにより湿原の水位変化を観測することができるとされる (Wdowski et al., 2004)。釧路湿原においては、面的な水位変化を目的として観測した事例はこれまでに見られない。そこで、我々は InSAR を用いて釧路湿原の水位変化の観測とその考察を試みた。

2006 年に JAXA (宇宙航空開発研究機構) が打ち上げた ALOS/PALSAR のデータを用いて釧路湿原を含む釧路平野を解析したところ、釧路湿原の北部にある茅沼地区や、湿原の西にあたる雪裡川の湿原流入部において大きな変動が観測された。さらに、釧路平野の南にある釧路市街地においては市街の境界に沿って変動している様子が見取れた。これは地盤沈下のような変動ではなく、時期により浮き沈みのある変動を示しており、通常見られない事例である。

降水量と比較しながら解析を行ったところ、湿原部では多量の降雨に応じて表面が浮き上がる様子が見られたことから、湿原における変動は降雨などに伴う水位の変化を反映している可能性がある。一方で、釧路市街地に見られた変動を説明できる要因はまだ分かっていない。

キーワード: 釧路湿原, 水位変化, 地盤変動, SAR 干渉法, ALOS

Keywords: Kushiro wetland, water level change, ground deformation, InSAR, ALOS