

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02411

研究課題名（和文）構造物やインフラ施設の非線形挙動を計測する新しいPS-InSAR手法の開発と応用

研究課題名（英文）Developing and applying a new PS-InSAR method to measure the nonlinear behavior of structures and infrastructure facilities

研究代表者

松岡 昌志（Matsuoka, Masashi）

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：80242311

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：これまでのPS-InSAR手法は都市域における大規模あるいは非線形的な変位の推定が困難であったが、本研究では対象地点の高さについては変位速度方向の時系列コヒーレンスの累積値から推定し、対象物の変位は、決定した高さに対して、観測条件のすべての変位速度の位相差について、時系列コヒーレンスで重み付けをして重ね合わせることで計算できる新しい手法（NN-PSI）を提案した。そして、様々な変動パターンおよび観測パラメータによる数値シミュレーション、さらに、建物および地盤を観測した実データに適用して推定精度や適用限界を検証した。また、地震による構造物やライフライン被害とコヒーレンスの関係について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高度経済成長期に建設され長期間にわたって利用されてきた施設には老朽化したものが多く、その維持管理が喫緊の課題になっている。例えば、変形の計測には多大なコストと労力がかかり管理者の負担になっており、リモートセンシング技術への代替が期待されている。本研究は都市域における施設や地盤について、人工衛星の時系列InSAR手法ではこれまで計測が不可能であった非線形的で大規模な変位を計測することを可能にしたものであり、社会的な意義がある。

研究成果の概要（英文）：The PS-InSAR method has had difficulty in estimating large-scale or nonlinear displacements in urban areas, but, in this study, we proposed a new method (NN-PSI), in which the height of the object is estimated from the cumulative values of time series coherence in the displacement velocity direction, and the displacement of the object is calculated by superposing the phase difference of all displacement velocities of the observation condition with the determined height, weighted by the time series coherence. Numerical simulations with various deformation patterns and observed parameters were conducted, and the estimation accuracy and applicability limits were verified by applying the method to actual data obtained from buildings and ground observations. The relationship between coherence and damage to structures and lifelines caused by earthquakes is also discussed.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：人工衛星 合成開口レーダ 時系列干渉処理 2 アンビギュイティ 数値シミュレーション 地盤沈下 構造物被害

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

平常時から都市の建物やインフラ施設をモニタリングし、災害時には被害等の異常を検知して迅速に復旧活動に移行することは、レジリエントな社会を構築する上で重要である。そのために多数のセンサを必要な箇所に設置し、監視するシステムを構築することは、広域かつ複雑な都市において現実的ではない。近年、人工衛星搭載の合成開口レーダ (SAR) の高分解能化と時系列 InSAR 解析技術の高度化に伴い、地盤や構造物の変位を高精度に計測できるようになってきた。しかし、時系列 InSAR 解析手法のひとつである PS-InSAR は非線形挙動やマイクロ波の波長を超えるような大きな変位は計測が困難という欠点がある。一方、医療検査や非破壊検査の分野ではレーダトモグラフィ技術が実用化されており、近年この原理を人工衛星搭載の SAR 画像に応用した差分 SAR トモグラフィは、ノイズを除去しつつ後方散乱体の位置やその変化を計測できることが示されている。

### 2. 研究の目的

本研究は、差分 SAR トモグラフィを参考にして定式化し、散乱係数マップ (時系列コヒーレンスの分布) を用いた PS-InSAR 改良手法を提案する。そして、手法の適用限界をシミュレーションにより明らかにし、実際の SAR 画像に適用して結果の検証を行う。手法の面的拡張性の向上のためには対象物の 3 次元モデルが必要になる。そこで、レーダグラメトリ手法から構築した広域の DSM (Digital Surface Model) の精度検証を行う。また、被害推定モデル構築を目的に、2011 年東日本大震災および 2016 年熊本地震の被害データを用いて InSAR 解析結果との定量的な比較と分析を行う。

### 3. 研究の方法

PS-InSAR は時系列干渉 SAR 解析のひとつであり、マイクロ波が持続的に強く散乱するピクセルについてスラントレンジ方向の時系列変位を計測する方法である。観測の概念図を図 1 に示す。変位計測の精度はマイクロ波の波長に依存し、マイクロ波の位相情報から変位を計測するので精度はミリメートル相当になる。既往の PS-InSAR は変位に関して先験的な知識がない限り、線形的に変化すると仮定しているため、非線形的な挙動を示す変位は推定できず、さらに、2 アンビギュイティを生じる大きな変位についても推定できないことが問題点としてあげられる。

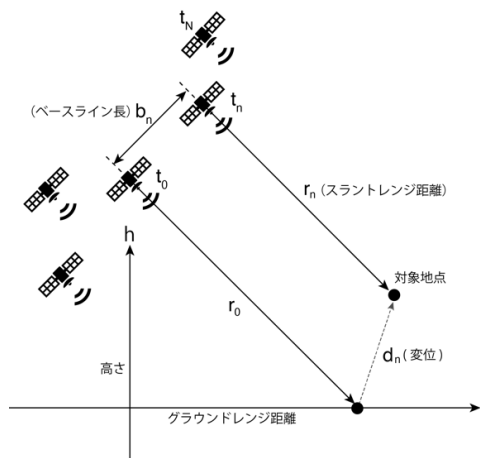


図 1 時系列 SAR 観測による変位計測の模式図

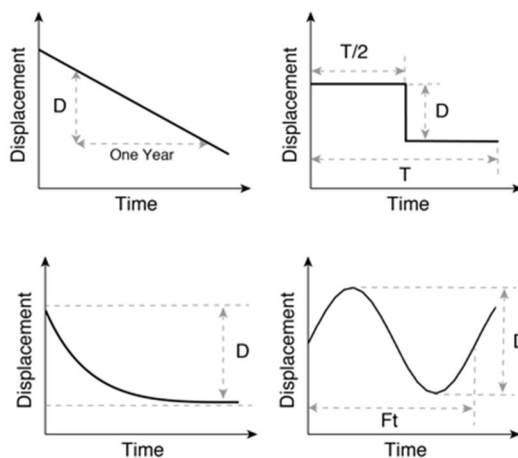


図 2 シミュレーションに用いた時系列変位の変動パターン

図 1 のように人工衛星が  $t_0 \sim t_n$  の期間に対象地点を  $n+1$  回観測するとして、既往の PS-InSAR の手順および改良した手法 (NN-PSI と呼ぶ) の違いを以下に示す。

観測されるマイクロ波の位相差は対象地点の高さと変位速度により決まると考える。変位速度とは、対象物の変動に伴い生じるスラントレンジ方向の変位 ( $r_n - r_0$ ) を観測間隔 ( $t_n - t_0$ ) で除したもので、単位を mm/yr で表現する。

対象地点の高さと変位速度は、時系列コヒーレンスの最大値から推定する。時系列コヒーレンスとは、実際に観測された時系列の位相差と対象地点の高さおよび変位速度から求まる位相差の一致度を示す指標である。対象地点の高さおよび変位速度をある範囲の中でこれらの組み合わせを変化させ、時系列コヒーレンスが最大になる組み合わせが、対象地域の時系列変位に一致すると考えている。

観測される位相差から高さに起因した位相差を差し引いた残差から対象地点の変位を算出する。この計算を、 $t_0$  と  $t_1$ 、 $t_0$  と  $t_2$ 、...、 $t_0$  と  $t_n$  の観測位相差に対して行い、時系列の変

位を求める。

算出した時系列の変位を線形で近似して求めた年平均速度の値は、時系列コヒーレンスが最大になる変位速度の値と同じである。(時間に対して変位が線形になると仮定して、において高さを推定している)

NN-PSI は、②～④の手順および考え方を以下のように改良することで PS-InSAR の問題点を解決している。

- 人工衛星による観測条件(観測期間、観測間隔、ベースライン長、マイクロ波の波長)において、考えられるすべての高さおよび変位速度にて時系列コヒーレンスを計算し、変位速度に対する時系列コヒーレンスの累積値が最も小さくなる高さの値を対象物の高さとする。
- 決定した高さにて、考えられるすべての変位速度について時系列変位を計算し、それらの変位を時系列コヒーレンスの値で重み付けをしながら足し合わせることで最終的な変位を求める。
- 時間に対して連続的な変位を求めていることになるので、2 のオフセットが現れた場合はオフセットの方向に変位を補正する(アンラップする)ことで大きな変位を推定できる。また、変位が時間に対して非線形であっても問題がない。

ここで提案した NN-PSI の適用性や限界を明らかにするために、対象物の時系列変位の変動パターン(図 2 参照)および人工衛星の観測条件、さらに、計算過程における各種パラメータが変位推定結果に及ぼす影響について、数値シミュレーションを用いて明らかにする。変動パターンにおける変動量  $D$  の値は、線形的な変動は一年間の変動量を、ステップ変動は観測期間の途中の変動量を、指数関数的な変動は観測期間全体における変動量を、周期的な変動は年周期  $F_t$  のピークピークの量とした。数値シミュレーションは 4 つの変動タイプの変動量  $D$  を変更した上で RMSE を計算し、各変動タイプにおける推定精度を分析する。表 1 には変動量  $D$  の範囲と計算ステップを示す。各干渉ペアのベースライン距離(衛星間の距離)のばらつきはランダムに与えた時の推定精度のばらつきについても評価する。既往の PS-InSAR についても同じ条件でシミュレーションし、RSME を求めて NN-PSI と比較する。なお、既往の PS-InSAR は周辺ピクセルを使用しない一般的な方法を使用する。そして、実データへの適用性を明らかにするため東京都調布市およびブダペストの地盤陥没・沈下被害に対して NN-PSI を適用する。

表 1 シミュレーションに用いた変動量  $D$  の範囲と計算ステップ (  $\lambda$  はマイクロ波の波長 )

変動のタイプ	1観測期間の最大変動量が1/4波長( $\lambda$ )を超える変動量D	変動量Dの範囲	Dの計算ステップ
線形的な変動	$9\lambda$	$ D : 0 \text{ to } 10\lambda$	$0.5\lambda$
ステップ変動	$0.25\lambda$	$ D : 0 \text{ to } 0.3\lambda$	$0.05\lambda$
指数関数的な変動	$1.4\lambda$	$ D : 0 \text{ to } 2\lambda$	$0.1\lambda$
周期的な変動	$1.5\lambda$	$ D : 0 \text{ to } 2\lambda$	$0.1\lambda$

NN-PSI の面的拡張性や汎用性の向上のためには、計測対象物の位置を同定する必要があり、そのためには建物や都市インフラの 3 次元モデル DSM (Digital Surface Model) が必須になる。途上国など世界の都市では高分解能 DSM が整備されていない地域が多く、高分解能光学センサを搭載した人工衛星による立体視から数 m 精度の DSM が整備されつつあるが、光学センサは天候に左右されるため DSM に抜けがある地域が多い。そこで、本研究では高分解能 SAR 画像を用いて、レーダグラメトリ手法により作成した DSM の精度について検証する。

時系列 InSAR 解析から得られる地盤変位およびコヒーレンスを用いて、地震等に起因するインフラ施設や建物被害の検出可能性について検討する。2011 年東日本大震災でのガス管被害データ、2016 年熊本地震での益城町と宇城市の建物被害データを収集して、地盤変位から推定した地盤ひずみ相当値およびコヒーレンスの値と被害程度との関係を定量的に分析する。ここでは熊本地震の建物被害についての結果を述べる。

## 4. 研究成果

### 4.1 NN-PSI のシミュレーション結果

4 種類の変動パターンについてシミュレーションした結果 (RMSE の平均値と 50 回計算の標準偏差) を示す。グレーのエリアは直近の観測間隔(ここでは 10 日間)の間に  $1/4$  を超える範囲である。(a)に示す線形的な変動は変動量  $D$  が 9 まででは NN-PSI は RMSE が 0 に近く、既往の PS-InSAR と比較すると大きく精度が改善されていることがわかる。(b)のステップ変動は両手法の精度はほぼ同じである。(c)の指数関数的な変動および(d)の周期的な変動における NN-PSI の結果は  $1/4$  を超えなければ RMSE が 0 に近く、PS-InSAR と比較して推定精度が高いことがわかる。なお、周期的な変動において変動量  $D$  が 1.5 に近づくと NN-PSI の推定精度が少しばらつくことも明らかになった。図 3 にて矢印で示している変動量  $D$  の時の時系列変位を図 4 に示す。また、人工衛星の観測条件の内、ベースライン距離の分布や観測頻度が NN-PSI の推定に影響を

大きいことがわかった。具体的には、ベースライン距離の分布が線形になると高さに起因した位相差を決定できず、その結果、変位の推定精度が低下し、周期的な変動を推定する場合、ピークピーク値が 1 の変動量を推定するための観測頻度は、約 11 日以下であることが明らかになった。

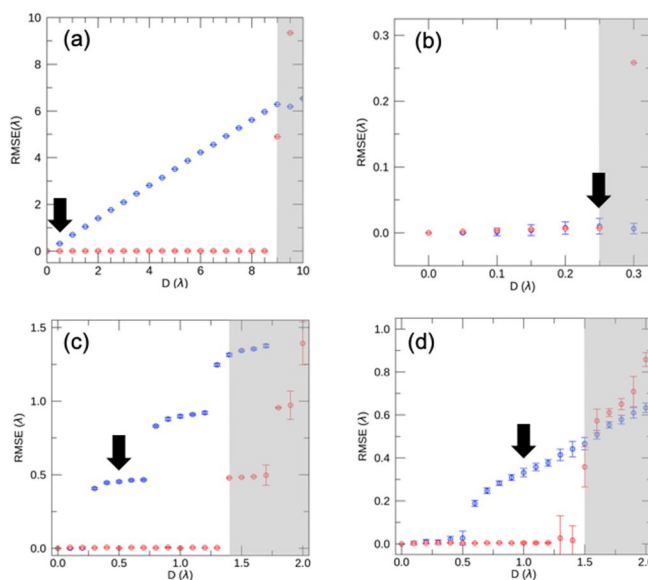


図 3 変動タイプごとのシミュレーションによる変動量  $D$  と RMSE の関係，(a)線形，(b)ステップ，(c)指数関数，(d)周期的，赤色は NN-PSI，青色は既往の PS-InSAR

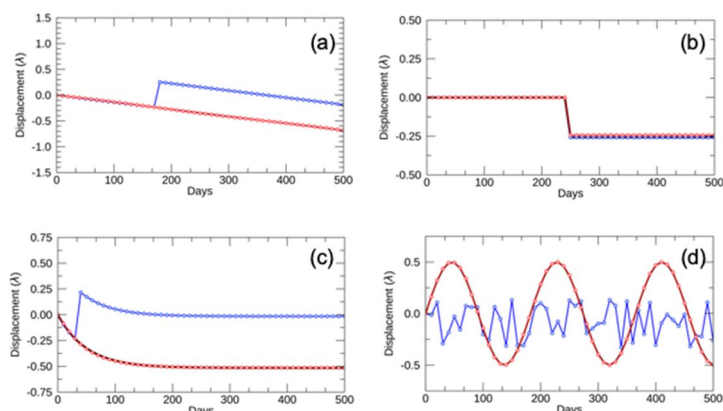


図 4 変動タイプごとのシミュレーションによる時系列変位，(a)線形，(b)ステップ，(c)指数関数，(d)周期的，赤色は NN-PSI，青色は既往の PS-InSAR

東京調布市において地下工事に起因すると考えられている道路陥没の箇所に NN-PSI を適用して手法の有効性を確認した。地下工事は 2019 年 1 月に Pt1 から Pt2 の Pt3 順に進められ、2020 年 10 月に Pt3 付近において道路陥没が報告されている（図 5 左の地図を参照）。ここでは、Sentinel-1 衛星のディセンディングデータ、2019 年 1 月から 2020 年 3 月までの 68 シーンを使用した。Pt1～Pt3 の地点における NN-PSI および既往の PS-InSAR による時系列変位の結果を図 5 に示す。なお、各点周辺における地下工事の施工開始時期と終了時期を点線に示している。Pt1 と Pt2 は、NN-PSI と既往手法の推定結果は同じ傾向を示し、そして、Pt1 にはやや沈下傾向がみられ、沈下が発生した時期と地下工事の時期はおおむね一致している。Pt3 においては地下工事の時期の直後から NN-PSI と既往手法では変位が大きく異なり、NN-PSI では大きく沈下している。Pt3 周辺は水準測量が実施されており 20 mm 程度の垂直方向の沈下が確認されている。NN-PSI 法は LOS 方向で 20 mm 以上の沈下を示しており、水準測量の結果と矛盾がない。一方、既往の手法では位相アンビギュイティにより不連続性が発生し、沈下傾向を過小評価している。

ハンガリーのブダペストの地盤沈下が確認されているエリアにて、NN-PSI を適用した。ブダペストの北西部では 2006 年から 2013 年にかけて、全長 12.7 km、16 駅の地下鉄工事が行われたが、2009 年後半に現在の Szent Gellért tér 駅周辺の地下工事を実施している際、その真上にある道路や建物が地盤沈下していることが確認され、年間平均変動量は約 -10 mm/year であったことが報告されている。この地下鉄工事に伴う地盤沈下による変動を NN-PSI により推定したところ、約 3 ヶ月間で 1.5 cm の地盤沈下による地表面変動を確認した。この変動量は現地の水準測量の変動量とほぼ一致することから、急激に地面が変動するエリアにおいて、提案した NN-PSI は正確に変位を推定できることを確認した。



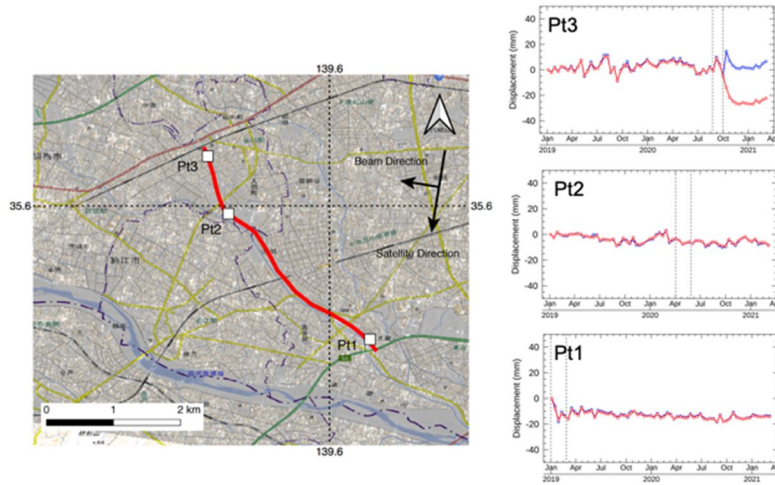


図5 調布市周辺における地下工事のルートと変位計測地点の分布（左図）と推定した時系列変位（右図），赤色はNN-PSI，青色は既往のPS-InSAR

#### 4.2 レーダグラメトリによる DSM の精度検証

DSM の整備が不十分な途上国に NN-PSI を応用するための基礎研究として高分解能 SAR から生成した DSM の精度について検証した。本研究では，Radarsat-2 衛星と ASNARO-2 衛星の SAR 画像それぞれについて，オフナディア角が異なるペアを用いて，渡良瀬遊水池を含む範囲および新千歳空港の周辺の地域に対してレーダグラメトリにより DSM を生成し，SRTM の DSM との比較を行った。Radarsat-2 衛星による結果を図 6 に示す。SAR から推定した DSM には多くの抜けがある。これは同じ地点であってもオフナディア角が異なることにより後方散乱特性が異なることから，ペア画像のマッチングが出来なかった範囲を示している。しかし，DSM が生成できた範囲については SRTM DSM との相関が比較的高いことが確認できた。

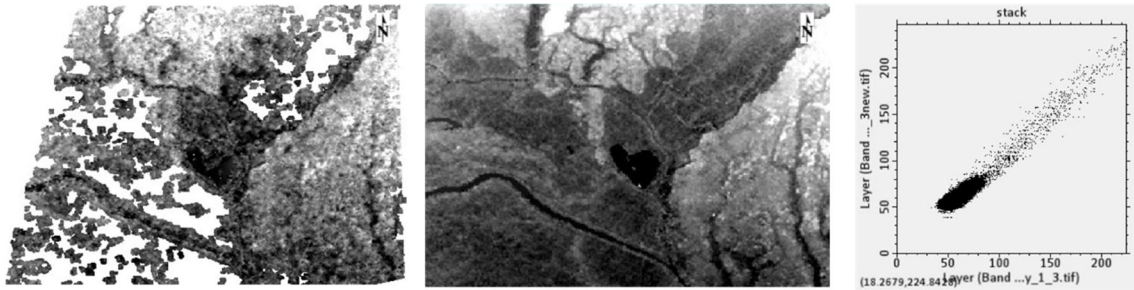


図6 Radarsat-2 衛星の SAR 画像ペアから生成した渡良瀬遊水池周辺における DSM（左図），同じ地域における SRTM の DSM（中央図），両者の関係（右図）

#### 4.3 InSAR コヒーレンスによる地震建物被害の把握

2016 年熊本地震の益城町と宇城市における罹災調査データに基づき，全壊判定の建物についてより詳細な 5 クラスの被害細分類を実施した。地震前 2 時期，地震後 1 時期の時系列 SAR 画像から計算したコヒーレンス差分値と建物被害程度との関係を図 7 に示す。益城町は震源が近いため地盤災害や変化によるコヒーレンスの低下がみられるが，被害が大きくなるにつれて差分値の値は大きくなる傾向があり，マン・ホイットニーの U 検定により被害を詳細に判別できる可能性を示唆した。

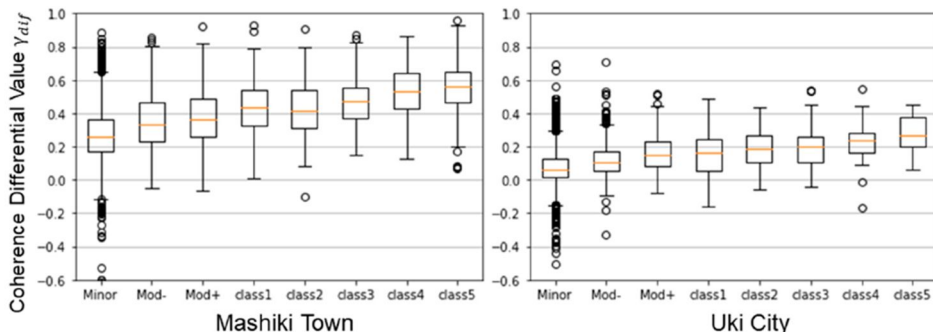


図7 熊本地震の益城町および宇城市における時系列 SAR 画像のコヒーレンス差分値と被害程度の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Abdikan Saygin, Bayik Caglar, Sekertekin Aliihsan, Bektas Balcik Filiz, Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi, Balik Sanli Fusun	4. 巻 13
2. 論文標題 Burned Area Detection Using Multi-Sensor SAR, Optical, and Thermal Data in Mediterranean Pine Forest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 347 ~ 347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f13020347	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Zhan Yihao, Liu Wen, Maruyama Yoshihisa	4. 巻 14
2. 論文標題 Damaged Building Extraction Using Modified Mask R-CNN Model Using Post-Event Aerial Images of the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1002 ~ 1002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14041002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tumurbaatar Zorigt, Miura Hiroyuki, Tsamba Tsoggerel	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of Building Inventory Data in Ulaanbaatar, Mongolia for Seismic Loss Estimation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS International Journal of Geo-Information	6. 最初と最後の頁 26 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijgi11010026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Omarzadeh Davoud, Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi, Feizizadeh Bakhtiar	4. 巻 13
2. 論文標題 Earthquake Aftermath from Very High-Resolution WorldView-2 Image and Semi-Automated Object-Based Image Analysis (Case Study: Kermanshah, Sarpol-e Zahab, Iran)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 4272 ~ 4272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13214272	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ghaseni Mohammad, Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi, Feizizadeh Bakhtiar	4. 巻 10
2. 論文標題 What Would Happen If the M 7.3 (1721) and M 7.4 (1780) Historical Earthquakes of Tabriz City (NW Iran) Occurred Again in 2021?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS International Journal of Geo-Information	6. 最初と最後の頁 657 ~ 657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijgi10100657	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 13
2. 論文標題 A Preliminary Damage Assessment Using Dual Path Synthetic Aperture Radar Analysis for the M 6.4 Petrinja Earthquake (2020), Croatia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2267 ~ 2267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13122267	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Adriano Bruno, Yokoya Naoto, Xia Junshi, Miura Hiroyuki, Liu Wen, Matsuoka Masashi, Koshimura Shunichi	4. 巻 175
2. 論文標題 Learning from multimodal and multitemporal earth observation data for building damage mapping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 132 ~ 143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isprsjprs.2021.02.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 21
2. 論文標題 Development of Nationwide Road Quality Map: Remote Sensing Meets Field Sensing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2251 ~ 2251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21062251	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hasanlou Mahdi, Shah-Hosseini Reza, Seydi Seyd Teymoor, Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Earthquake Damage Region Detection by Multitemporal Coherence Map Analysis of Radar and Multispectral Imagery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1195 ~ 1195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13061195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ogushi Fumitaka, Matsuoka Masashi, Defilippi Marco, Pasquali Paolo	4. 巻 21
2. 論文標題 Implementation of Non-Linear Non-Parametric Persistent Scatterer Interferometry and Its Robustness for Displacement Monitoring	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1004 ~ 1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21031004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hajeb Masoud, Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 10
2. 論文標題 SAR and LIDAR Datasets for Building Damage Evaluation Based on Support Vector Machine and Random Forest Algorithms?A Case Study of Kumamoto Earthquake, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 8932 ~ 8932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10248932	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mohammadi Ayub, Karimzadeh Sadra, Valizadeh Kamran Khalil, Matsuoka Masashi	4. 巻 20
2. 論文標題 Extraction of Land Information, Future Landscape Changes and Seismic Hazard Assessment: A Case Study of Tabriz, Iran	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 7010 ~ 7010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20247010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する



1. 著者名 Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 20
2. 論文標題 Ground Displacement in East Azerbaijan Province, Iran, Revealed by L-band and C-band InSAR Analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6913 ~ 6913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20236913	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 20
2. 論文標題 Remote Sensing X-Band SAR Data for Land Subsidence and Pavement Monitoring	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 4751 ~ 4751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20174751	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Liu Wen, Fujii Kiho, Maruyama Yoshihisa, Yamazaki Fumio	4. 巻 13
2. 論文標題 Inundation Assessment of the 2019 Typhoon Hagibis in Japan Using Multi-Temporal Sentinel-1 Intensity Images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 639 ~ 639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13040639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Bellanie Lopian, Wen Liu, Fumio Yamazaki, Yoshihisa Maruyama
2. 発表標題 Detection of Building Damage due to the 2016 Kumamoto Earthquake using Texture Combinations of Single Post-event Airborne SAR Data
3. 学会等名 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (AP SAR) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fumio Yamazaki, Wen Liu, Takanobu Suzuki
2. 発表標題 Damage Extraction of the 2021 Off-Fukushima Earthquake based on PALSAR-2 Intensity Images
3. 学会等名 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Miura, Naoko Takeya
2. 発表標題 Urban Flood Mapping of the July 2020 Kyushu, Japan Heavy Rain Based on Interferometric Coherence of Sentinel-1 Images
3. 学会等名 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wen Liu, Yoshihisa Maruyama, Fumio Yamazaki
2. 発表標題 Damage assessment of bridges due to the 2020 July Flood in Japan using ALOS-2 intensity images
3. 学会等名 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	三浦 弘之  (MIURA HIROYUKI)  (30418678)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授    (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	劉 ウェン  (LIU WEN)  (60733128)	千葉大学・大学院工学研究院・助教    (12501)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	大串 文誉  (OGUSHI FUMITAKA)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関