

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02050

研究課題名（和文）InSARによる平常時・災害時の都市インフラ施設の変形計測と被害検知技術の開発

研究課題名（英文）Development of deformation measurement and damage detection technology for urban infrastructure facilities during normal times and disasters using InSAR

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）：熊本地震の液状化発生地域における地震前後のPALSAR-2画像のコヒーレンスが変化することをシミュレーションによって明らかにした。また、北海道胆振東部地震の液状化発生地域でも同様の傾向がみられることを示した。そして、熊本地震の建物被害データから被害関数を構築すると共に、ガス管を対象にして、SAR画像から計算した地盤ひずみとガス導管被害との関係を明らかにした。橋梁モニタリングの実例として、イランの北西部に位置するウルミア湖に架かる橋梁を対象に、2004年から2017年の長期に渡るInSAR解析を4つの人工衛星SAR画像を用いて実施し、橋梁の沈下の要因等を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市インフラ施設の機能を平常時からモニタリングし、地震等の大規模災害後の復旧・復興活動においては、施設の利用可否を判断する必要がある。また、都市における広域的な地盤災害や建物被害の状況を把握することは迅速な災害対応を行う上で重要である。本研究成果は、被災地の現場に行くことなく、宇宙からの人工衛星リモートセンシングにより定常時や災害時の被害状況の把握を可能にする技術で、実際の観測データに基づいて実証していることから、今後、南海トラフ巨大地震や首都直下地震などへの応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：It was clarified by simulation that the coherence of PALSAR-2 images before and after the earthquake changed in the liquefaction area of the Kumamoto earthquake. It was also shown that a similar tendency was observed in the liquefaction area of the Hokkaido Iburi Tobu Earthquake. Then, the fragility function was constructed from the building damage data of the Kumamoto earthquake, and the relationship between the ground strain calculated from the SAR image and the gas pipeline damage was clarified. As an example of bridge monitoring, a long-term InSAR analysis from 2004 to 2017 was carried out using four satellite SAR images for a bridge over Lake Urmia, located in the northwestern part of Iran, and clarified the factors of bridge settlement.

研究分野：防災リモートセンシング

キーワード：リモートセンシング 合成開口レーダ 建物被害 ガス管被害 橋梁沈下 液状化被害

## 様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

広域的に分布するインフラ施設の健全性の評価には人工衛星や航空機からの観測が有効である。とくに、我が国においては、1995年の阪神・淡路大震災以降、面的に被害情報が取得できるリモートセンシング技術が注目され、被災地を観測した航空写真や人工衛星画像と実際の被害状況との比較が様々な研究者により精力的に実施された。当初は合成開口レーダ(SAR)の強度情報に着目し、建物被害の定量的な把握を目的とした画像処理手法が提案されていた。一方、SARの位相情報の干渉処理(InSAR)から建物の詳細被害を検出できる可能性が以前より指摘されていたものの、SAR観測システムの性能限界によって実用的な手法には至らず、InSAR解析から抽出できる情報は地震や火山に起因した大域的な地盤変動に限られていた。このような問題の解決策として、複数のSAR画像を同時に解析するInSAR時系列解析が2000年頃に提案され、手法の改良等を経て現在ではミリメートル精度の地盤変位を検出できるまでになってきている。また、2014年より稼働したALOS2衛星やSentinel-1衛星は高精度な軌道制御によって位相の劣化が低減し、従来よりも干渉性が高まったことで、強度情報では抽出困難であった詳細な変化の抽出ができる可能性がある。

### 2. 研究の目的

SARリモートセンシング技術と防災への応用における急速な発展の背景があるが、位相の干渉度と建物被害との関係を定量的に評価した事例が少ないため、手法をより高度化する必要があること、また、従来のInSAR解析の多くは地盤変位検出を目的としており、最近のSAR画像の高分解能化は橋梁のモニタリングやライフライン被害抽出の実証研究がほとんどないことから、これらの点を明らかにすることを目的としている。

### 3. 研究の方法

地震被害の評価に際しては、ALOS-2衛星の合成開口レーダ(SAR)センサであるPALSAR-2画像を用い、熊本地震の液状化発生地域における地震前後のSAR画像のコヒーレンスが変化することをシミュレーションによって明らかにし、2018年北海道胆振東部地震の液状化発生地域でも同様の傾向がみられることを示す。また、熊本地震の実被害データから振動による建物被害のみを評価する被害関数の構築を行う。

ライフラインの被害については、熊本地震のガス導管被害を対象にして、地震前後に観測したPALSAR-2画像から視線方向成分の変位を、2.5次元解析により分解し、地震による地盤の水平と上下変位分布を推定し、それらの勾配から地盤ひずみ相当の値を算出して、ガス導管被害との関係を検討する。

橋梁モニタリングの実例として、イランの北西部に位置するウルミア湖に架かる橋梁を対象に2004年から2017年の長期に渡るInSAR解析を4つの人工衛星SAR画像を用いて実施し、橋梁の沈下の要因等を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### 4.1 SAR画像コヒーレンスの特徴と液状化および建物被害の推定

2016年4月14日から、熊本県を中心にM6以上の地震が連続して発生し、14日21時26分(M6.5)の地震および15日0時3分(M6.4)に発生した地震(前震)、16日1時25分にはM7.3の本震が発生した。ここでは、PALSAR-2画像を用い、熊本地震の液状化発生地域における地震前後のSAR画像のコヒーレンスが変化することをシミュレーションによって明らかにし、2018年北海道胆振東部地震の液状化発生地域でも同様の傾向がみられることを示す。また、建物振動にのみ起因したコヒーレンスに基づく建物被害の被害関数の構築を行った。

#### 4.1.1 2016年熊本地震のPALSAR-2画像とコヒーレンスの変化

地震前(2015/11/30および2016/3/7)と、前震後(2016/4/18)に被災地を撮影されたPALSAR-2画像を用いた。地震前の2016/3/7をMaster画像、他の2シーンをSlave画像として位置合わせを行い、地震前のペア2015/11/30(Slave)-2016/3/7(Master)、地震前後のペア2016/3/7(Master)-2016/4/18(Slave)の2ペアを用いて被災地のコヒーレンスの変化を調べた。干渉処理によって得られたコヒーレンス画像とMasterとSlaveの後方散乱強度の画像をRGBに着色合成(R:コヒーレンス画像、G:Masterの後方散乱強度画像、B:Slaveの後方散乱強度画像)することによってRGBコンポジット画像を作成した。なお、各画像のピクセル分解能は5m×5mとして、それぞれのペアについて作成した。水域や植生がある地域は後方散乱強度が低いので暗い色になり、建物群についてはマイクロ波の多重反射により後方散乱強度が高くなるため明るくなる。そして、コヒーレンスが高い地域は赤色になるが、コヒーレンスが低い地域は赤色の成分が少ないのでシアン色になる。それぞれのペアを比較すると、地震前後のペアでは旧鹿児島街道に沿いに帯状にコヒーレンスが低下している地域がみられ、噴砂が確認された地域との対応は良い。この地域を液状化の帯と呼ぶ。図1には液状化の帯によるコヒーレンス値の断面を示す。液状化の帯ではコヒーレンスが0.1程度にまで低下している。なお、この地域では、筆者らが行った現地調査でも噴砂の跡を確認しており、鉛直方向に局所的には最大で約1m~1.5m地盤沈下していた。また、コヒーレンスは建物倒壊など大きな変位があった場合にも低下するが、現地での外観調査や航空写真からの目視からはそのような大きな建物変位は確認でき

なかった。本震の6ヶ月後に観測した PALSAR-2 画像による干渉処理でもコヒーレンス低下がみられるため、地表面が噴砂で覆われたことが原因ではないと考えられる。以降では、コヒーレンス低下の原因をシミュレーションによって明らかにする。

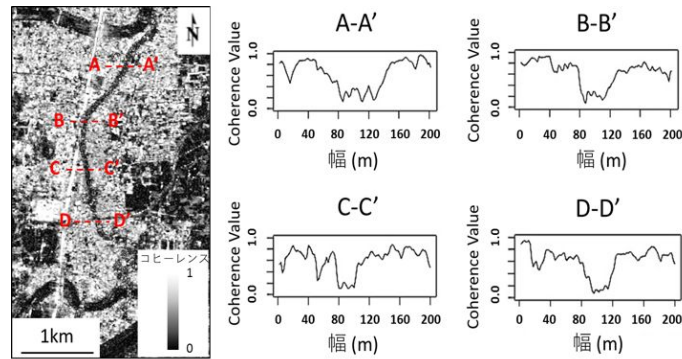


図1 液状化の帯によるコヒーレンスの値の断面

#### 4.1.2 液状化地域におけるコヒーレンスシミュレーション

シミュレーション条件は、PALSAR-2 画像の観測条件に準じて設定した。地盤の沈下は、沈下のないフラットな平面を Master (地震前) として、Slave (地震後) が Master に対して相対的に 0.1m, 0.2m, 0.3m, 0.4m, 0.5m 沈下し、その沈下の幅は約 100m とした。地盤は滑らかに沈下したと仮定した。図 2 に想定した地盤モデルを示す。シミュレーションは Master と各 Slave とのコヒーレンスを求め、コヒーレンス計算時の平均化ウィンドウは 25m とした。なお、2 回の観測で後方散乱係数に変化がなかったと仮定した。シミュレーションで得られたコヒーレンスを図 3 に示す。シミュレーションから地盤沈下によってコヒーレンスが低下し、沈下量が大きくなるとコヒーレンスの低下も大きくなるという結果を得た。今回のモデルでは沈下量が 0.3m を超えるとコヒーレンスの値の低下に乱れが生じた。しかし、いずれの結果も Slave の沈下の勾配が大きいところではコヒーレンスが低くなっているのに対し、沈下の勾配が小さいところではコヒーレンスの低下が緩やかになっている。なお、実際の地盤沈下は滑らかな面には起こらず、局所的に不同沈下になっていると考えられる。そこで、沈下後の地表に凹凸がある場合のシミュレーションも行った。その地表の凹凸は、平均 0.02m、標準偏差 0.02m の乱数を発生させて表現した。地表面に凹凸がある場合は、滑らかな面でのコヒーレンスにさらにバラツキ(乱れ)を与えたような結果になった。

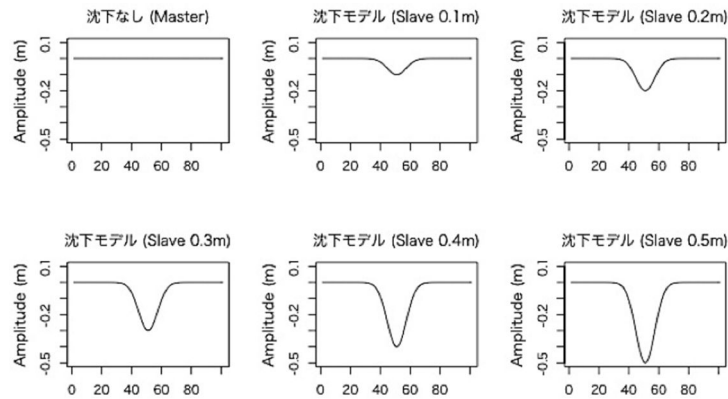


図2 地盤沈下のモデル

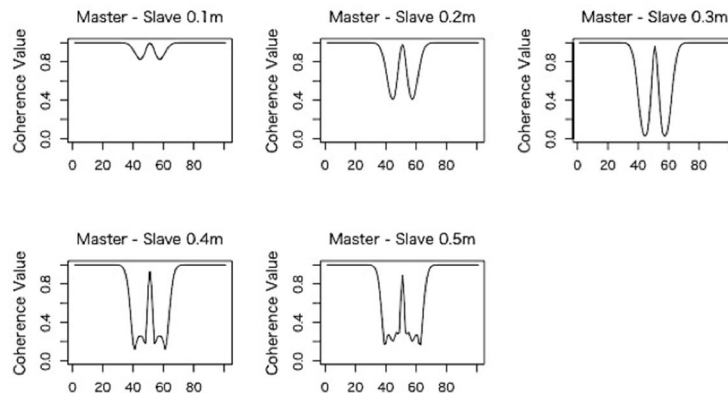


図3 コヒーレンス

#### 4.1.3 2018 年北海道胆振東部地震での液状化地域

前節のシミュレーションにより、液状化等の地盤沈下地域をコヒーレンスの低下から抽出できる可能性を示した。ここでは2018年9月6日の北海道胆振東部地震の液状化被害（札幌市清田区里塚付近・北広島市大曲並木）を観測した PALSAR-2 画像による検証を行った。地震前（2018/8/9 および 2018/8/23）と、前震後（2018/9/6）に被災地を撮影された PALSAR-2 画像を用いた。地震前の 2018/8/23 を Master 画像、他の 2 シーンを Slave 画像として位置合わせを行い、地震前のペア 2018/8/9 (Slave)-2018/8/23 (Master)、地震前後のペア 2018/8/23 (Master)-2018/9/6 (Slave) の 2 ペアを用いて被災地のコヒーレンス画像を計算し、後方散乱係数の画像と組み合わせて RGB コンポジット画像を作成した。その結果は図 1 と同様に地震前後ペアではコヒーレンスの値が低下しシアン色に変化している地域がみられ、これらの地域は液状化被害が報告されている地域や著者らの現地調査とも対応している。液状化に起因した地盤被害地域を視覚的・定量的に抽出するため、コヒーレンス画像を主体として、さらに、強震観測記録および微地形分類図に基づき推定した液状化危険度と地盤の傾斜度を補足的に重畳して求めた液状化ポテンシャル画像を図 4 に示す。この解析では国土地理院の建物ポリゴンデータを参考にして建物以外にマスクをしている。液状化ポテンシャルが高い地域は液状化被害とよく対応し、旧地形における谷筋および旧河道の位置とも対応する。

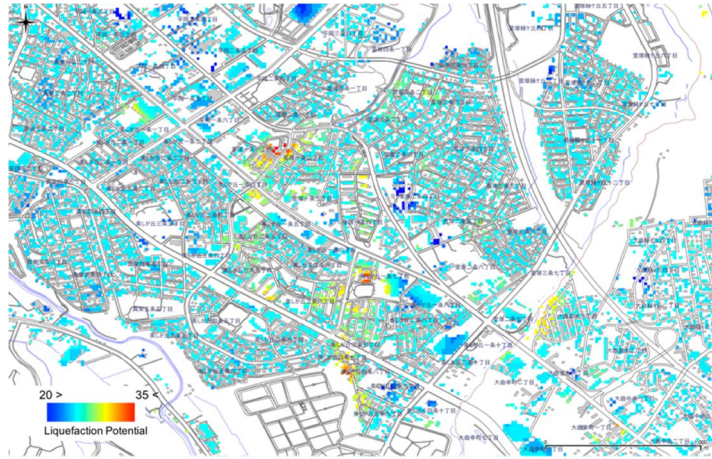


図 4 液状化や地盤変動に起因した被害の抽出（札幌市清田区とその周辺）

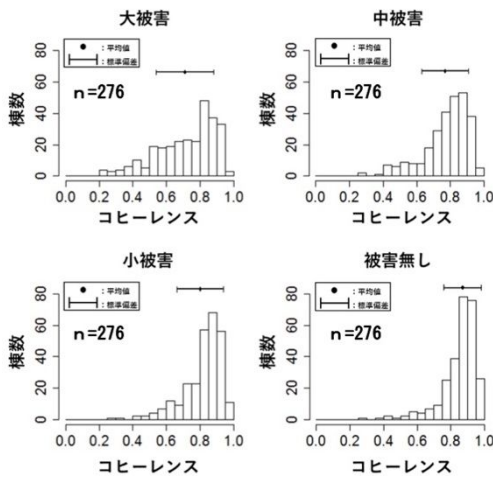


図 5 被害建物棟数の頻度分布

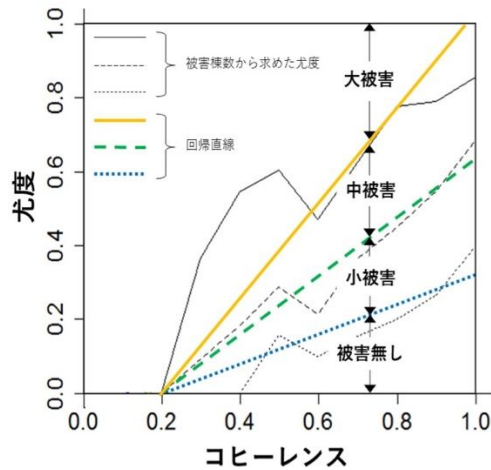


図 6 尤度から求めた被害関数

#### 4.1.4 コヒーレンスによる建物被害関数の構築

熊本地震の地盤変動をより詳細に検討するため、地震前（2015/1/14）と地震後（2016/4/20）の PALSAR-2 画像を追加した。この組み合わせをペア<sub>1</sub>とし、前節にて用いた地震前（2016/3/7）と地震後（2016/4/18）をペア<sub>2</sub>としている。なお、両ペアは下降軌道による観測であるが、ペア<sub>1</sub>は衛星から左側（西から東）にマイクロ波を照射し、ペア<sub>2</sub>は右側（東から西）に照射している。ペア<sub>1</sub>とペア<sub>2</sub>の両方について、InSAR 解析により LOS（衛星視線）方向の変位分布を算出した。その際、観測範囲に存在する GEONET 観測データを用いた補正も行った。PALSAR-2 画像から求めた LOS 変位と GEONET 観測地点における LOS 変位を比較したところ、ペア<sub>1</sub>およびペア<sub>2</sub>共に RMSE が約 0.04m と PALSAR-2 画像からの地盤変位の推定精度は高い。InSAR 解析で得られる変位量は LOS 方向の 1 次元成分のみであり、2 つのペアでは LOS 方向が異なる。そこで、複数の観測結果を組み合わせ、2 次元以上の次元の変位量を推定した（2.5 次元解析と呼ばれている）。2.5 次元解析により求まる地盤変位の水平、鉛直成分は左側観測お

よび右側観測の入射角と照射角の違いから完全な東西、上下方向の変位ではないため、「準」という表現を用いて準東西成分および準上下成分と呼ぶ。求めた準上下方向の変位の一次微分を計算することで変位勾配を求め、地盤の変位勾配が大きい地域ではコヒーレンスに地盤変状の影響が含まれていると考えた。そこで、上述したシミュレーションを参考に、勾配が  $0.05^\circ$  以下の地域にある被害建物の分布から建物被害関数を構築した。建物の被害レベルを航空写真等の目視判読により大被害、中被害、小被害、無被害に分け、コヒーレンス画像と重ね合わせ、それぞれの被害レベルから無作為に抽出した。その建物棟数のヒストグラムを図 5 に、ヒストグラムから求めた尤度を図 6 に示す。また、尤度から求めた回帰直線も図に示す。この回帰直線は建物振動のみに起因した被害関数に位置づけられる。

#### 4.2 熊本地震における PALSAR-2 画像の InSAR 解析による地盤変位とガス導管被害の関係

前節の 2.5 次元解析にて得られた準東西方向および準上下方向の変位分布と熊本地震のガス管被害との関係を検討した。対象は西部ガスの低圧本支管とした。熊本地震での本支管の被害箇所数を本管・支管合わせて 79 箇所である。非耐震管については継手の亀裂や折損等が発生したが、耐震管については全て継手の緩みによる微小なガス漏れで継手破損も発生していなかった。なお、準東西方向や準上下方向の地盤変位にガス本支管被害箇所の分布を重畳しても明確な関係はみられない。地盤変位が大きいからといって必ずしも被害が発生しているわけではなく、地盤変位そのものは被害とは無関係であることを示唆している。

ガス管等の地中埋設ライフラインの被害は地盤の絶対変位よりも相対変位、すなわち地盤ひずみによってもたらされると考えられる。そこで、地盤ひずみに近似できる指標として、準東西方向と準上下方向それぞれの地盤変位について、対象ピクセルの周辺の 8 ピクセルから勾配（傾斜量）を算出した。前者については準東西方向の垂直ひずみ、後者については地盤内の比較的浅い深度まで地表と同じ変位をしていると仮定した時の地盤せん断ひずみに近似できる。ただし、傾斜量を計算しているため垂直ひずみについては圧縮と引張の違いを考慮していない。算出した勾配の分布をガス本支管被害箇所に重畳したところ、勾配が大きい地域に被害箇所が集中しているように見える。そこで、地盤変位とガス本支管被害率との関係を検討した。ここでの被害率とは管延長に対する被害箇所数（箇所 / km）である。管種は、非耐震の鋼管ネジと耐震の鋼管 SGM およびダクタイル鋳鉄管の 2 つに分けた。管延長データは 4 分の 1 地域メッシュ（約 250m）で整理されており、PALSAR-2 画像から算出した地盤変位のピクセルサイズ（約 20m）とは異なる。ここでは、4 分の 1 地域メッシュ内に含まれる PALSAR-2 画像のピクセル数で管延長データを按分することで、各地盤変位における管延長を算出した。図 7 には地盤変位の勾配と被害率の関係を示す。勾配が大きくなると管延長が極端に小さくなるため、被害率の値の信頼性はやや低くなるものの、非耐震管については地盤変位の勾配が大きくなると被害率が大きくなる傾向がみられる。とくに、準東西方向の地盤変位の勾配（軸方向垂直ひずみに相当）は、準上下方向の地盤変位の勾配（せん断ひずみに相当）に比べて被害率が約 2 倍大きい。耐震管については勾配の値に係わらず被害率が小さい。

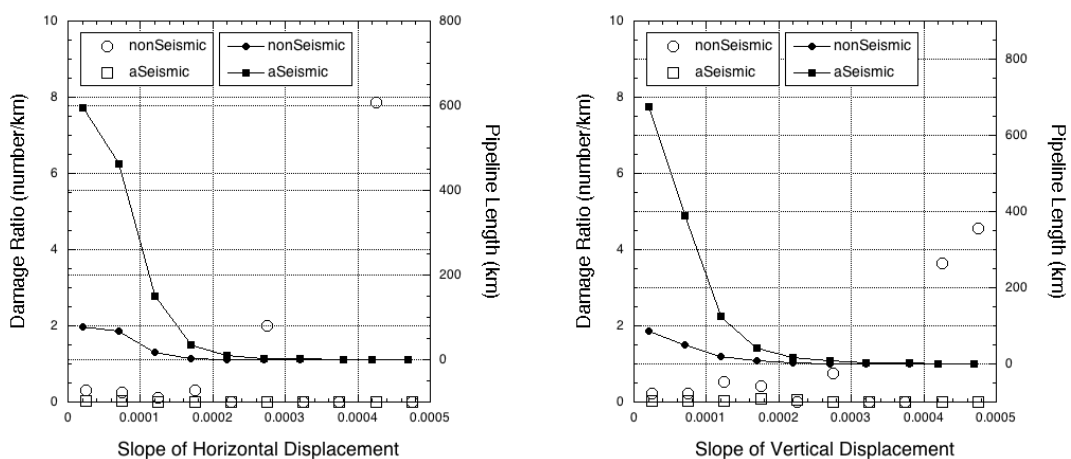


図 7 地盤変位の勾配に対するガス本支管の延長と被害率（左：準東西方向，右：準上下方向）

#### 4.3 時系列 InSAR 解析による橋梁モニタリングと沈下分析

時系列 SAR 画像の InSAR 解析（SBAS）が橋梁の変形モニタリングへの有効性を検討した。イランの北西部に位置するウルミア湖は橋の建設に伴う埋め立てや流入水量の減少により湖の水位が低下し、建設された橋は経年沈下が進んでいることが示唆されている。すでに、既往研究にて C バンドと X バンドによる SBAS 解析が実施されているが、観測空白期があるなど変形の長期評価や干渉性の問題から結果の信頼性は十分とはいえない。その問題点を解決するために PALSAR による時系列 InSAR 解析を追加して、長期間の橋の沈下モニタリングを行い、橋梁の長期にわたる沈下分布を明らかにした。また、SBAS の時系列変動について主成分分析を行い、第 1 成分の建設からの経年がもっとも影響があること、第 2、第 3 成分はそれぞれ水位、外気温と相関があることを示し、これらを説明変数とした沈下予測のモデルを構築した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Karimzadeh Sadra, Matsuoka Masashi	4. 巻 8
2. 論文標題 A Weighted Overlay Method for Liquefaction-Related Urban Damage Detection: A Case Study of the 6 September 2018 Hokkaido Eastern Ibari Earthquake, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geosciences	6. 最初と最後の頁 487 ~ 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/geosciences8120487	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, Ogushi Fumitaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Spatiotemporal deformation patterns of the Lake Urmia Causeway as characterized by multisensor InSAR analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1038/s41598-018-23650-6	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 Moya Luis, Mas Erick, Adriano Bruno, Koshimura Shunichi, Yamazaki Fumio, Liu Wen	4. 巻 31
2. 論文標題 An integrated method to extract collapsed buildings from satellite imagery, hazard distribution and fragility curves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 1374 ~ 1384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1016/j.ijdrr.2018.03.034	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 Bai Yanbing, Mas Erick, Koshimura Shunichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Towards Operational Satellite-Based Damage-Mapping Using U-Net Convolutional Network: A Case Study of 2011 Tohoku Earthquake-Tsunami	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1626 ~ 1626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/rs10101626	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, Feizizadeh Bakhtiar, Matsuoka Masashi	4. 巻 22
2. 論文標題 From a GIS-based hybrid site condition map to an earthquake damage assessment in Iran: Methods and trends	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 23 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijdr.2017.02.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Bai Yanbing, International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University Aoba 6-6-03, Sendai 980-8579, Japan, Adriano Bruno, Mas Erick, Koshimura Shunichi	4. 巻 13
2. 論文標題 Identifying Building Damage Patterns in the 2016 Meinong, Taiwan Earthquake Using Post-Event Dual-Polarimetric ALOS-2/PALSAR-2 Imagery	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 291 ~ 302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2018.p0291	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 Bai Yanbing, Gao Chang, Singh Sameer, Koch Magaly, Adriano Bruno, Mas Erick, Koshimura Shunichi	4. 巻 15
2. 論文標題 A Framework of Rapid Regional Tsunami Damage Recognition From Post-event TerraSAR-X Imagery Using Deep Neural Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	6. 最初と最後の頁 43 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LGRS.2017.2772349	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 松岡昌志	4. 巻 33
2. 論文標題 リモートセンシングによる液状化被害の広域把握	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地震工学会誌	6. 最初と最後の頁 19 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 三浦弘之	4. 巻 33
2. 論文標題 建物被害把握への適用について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地震工学会誌	6. 最初と最後の頁 6~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 越村俊一	4. 巻 33
2. 論文標題 リモートセンシングによる津波の広域被害把握	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地震工学会誌	6. 最初と最後の頁 26~29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Min-Lung CHENG, Toshiaki SATOH, Masashi MATSUOKA
2. 発表標題 Region-Based Co-Seismic Ground Displacement Detection Using Optical Aerial Imagery
3. 学会等名 International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bruno ADRIANO, Shunichi KOSHIMURA, Sadra KARIMZADEH, Masashi MATSUOKA, Magaly KOCH
2. 発表標題 Damage Mapping after the 2017 Puebla Earthquake in Mexico Using High-Resolution ALOS2 PALSAR2 Data
3. 学会等名 International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 松岡昌志
2. 発表標題 強震観測記録に基づく2016年熊本地震の地震動分布の推定
3. 学会等名 地域安全学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有留那博, 三浦弘之
2. 発表標題 深層学習に基づくリモートセンシング画像からの建物被害の自動判読
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤智博, 三浦弘之
2. 発表標題 リモートセンシング画像解析と地震動強さの統合処理による建物被害推定
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki MIURA, Tsunehiro ARIDOME
2. 発表標題 Deep Learning-based Approach for Automated Classification of Building Damage from Remote Sensing Images
3. 学会等名 15th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sadra KARIMZADEH, Sergey SAMSONOV, Masashi MATSUOKA
2. 発表標題 Block-based Damage Assessment of the 2012 Ahar-Varzaghan, Iran, Earthquake through SAR Remote Sensing Data
3. 学会等名 Proc. International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Longze CHEN, Toshiaki SATOH, Kanichiro MOCHIZUKI, Hiromichi KOIWA, Masashi MATSUOKA
2. 発表標題 Ground Displacement Detection by Aerialphotographs-Based Digital Surface Model of the 2016 Kumamoto Earthquakes
3. 学会等名 Proc. of International Symposium on Remote Sensing 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>2018年9月北海道胆振東部地震の解析速報  <a href="https://drive.google.com/file/d/1VvX22vRXc_Aiq0TjgggyMyC62Y03iGL8l/view">https://drive.google.com/file/d/1VvX22vRXc_Aiq0TjgggyMyC62Y03iGL8l/view</a>  2018年9月北海道胆振東部地震の解析速報  <a href="https://drive.google.com/file/d/1RODzhaXt10R76l-8l2ZZtElmGxBbCKsW/view">https://drive.google.com/file/d/1RODzhaXt10R76l-8l2ZZtElmGxBbCKsW/view</a></p>
---

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・工学研究科・准教授    (15401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	越村 俊一  (Koshimura Shunichi)  (50360847)	東北大学・災害科学国際研究所・教授     (11301)	