様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　３ 年　４ 月 ２６ 日現在

機関番号：８２１０２
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2017～2020
課題番号：１７Ｈ０２０６６

研究課題名（和文）災害発生直後の衛星ＳＡＲ画像に基づくマルチハザード被害把握の新展開

研究課題名（英文）New frontier of multi-hazard damage detection based on satellite SAR images taken after natural disasters

研究代表者

山崎　文雄（Yamazaki, Fumio）

国立研究開発法人防災科学技術研究所・災害過程研究部門・主幹研究員

研究者番号：５０２２０３２２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　13,600,000円

研究成果の概要（和文）：合成開口レーダ（SAR)は，マイクロ波を能動的に放射してその反射波を観測する仕組みのリモートセンシングであり，気象条件や昼夜の時間帯の影響を受けない特徴がある．本研究では，災害発生直後に得られたSAR画像と事前の光学衛星画像や地理空間情報を用いて，自然災害による建物や橋梁などの構造物被害，浸水域の把握などの研究を行った．2016年熊本地震による建物被害，2018年西日本豪雨や2019年東日本台風による浸水域，2018年北海道胆振東部地震による斜面崩壊などの抽出において，SAR画像が極めて有効であることを示した．しかし，事前のSAR画像や土地被覆などの情報も必要であることも示された．

研究成果の学術的意義や社会的意義
衛星や航空機に搭載された高分解能の合成開口レーダ（SAR)画像を用いて，自然災害による構造物被害，浸水範囲，土砂災害などを早期に検出する手法を試みた．災害前後のSAR画像の変化抽出による方法に加えて，同じ条件で撮影した事前SAR画像が存在しない場合は，事前の土地被覆分類や地理空間情報を組み合わせによる災害検知の可能性を明らかにした．成果は，我が国や世界において，広域災害発生時の情報収集に寄与することが期待される．

研究成果の概要（英文）：Synthetic Aperture Radar (SAR) has a scheme to emit microwaves to the earth surface and then observes the reflected echoes. SAR sensors onboard satellites or aircraft can be used day-time and night-time and in all weather conditions. In this research, damage detection of man-made structures and extraction of flooded/landslide areas due to natural disasters were carried out using post-event high-resolution SAR images and pre-event optical images and GIS data. Building damage due to the 2016 Kumamoto earthquake, flooding areas due to the 2018 Western Japan torrential rain and the 2019 Typhoon Hagibis, landslides due to the 2018 Hokkaido-Eastern-Iburi earthquake were extracted successfully using satellite SAR data. But the necessity of pre-event SAR data or land-cover and GIS data is suggested to avoid false extraction.

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　地震被害　風水害　地盤災害　被害把握　構造物被害　高分解能SAR衛星

※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。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

衛星リモートセンシングの防災分野への応用は，近年，国内外で非常に盛んになっていた．世界的には，解像度 1m 以下の高解像度光学センサ衛星が 2000 頃に登場し，これらの後継機の WorldView-2, 3 などが稼働している．これらの衛星によって，大規模災害の発生直後より Web 上でもブラウズ画像が公開され，被災状況の把握に使われるようになった．とくに，大災害時の衛星データ利用に関する国際協定"International Charter –Space and Major Disasters"や，そのアジア版といえる"Sentinel Asia"などの枠組みにより，災害発生時の衛星データ相互利用が進みつつある．2011 年東日本大震災，2011 年タイ大洪水，2013 年フィリピン台風，2015 年ネパール地震などの災害では，緊急対応や国際支援活動にも広く利用された．また Google Earth によって，光学衛星画像が平時の世界地図として広く使われるようになった．このように光学センサ画像は写真と同じように分かりやすく，目視による状況把握が容易という利点を有する．しかし，光学画像の撮影は昼間のみで天候に依存し，災害発生後，雲の少ない画像が早期に得られないことも多い．

これに対して合成開口レーダー(SAR)は，マイクロ波を能動的に放射してその反射波を観測する仕組みであるため，雲などの気象条件や昼夜の時間帯などの影響を受けない特徴がある．これまで SAR は，主として人工衛星に搭載されて地形構造，海氷，土地利用状況，植生などの評価に使用されてきた．また，衛星 SAR 画像の災害利用としては，マイクロ波の位相を用いた干渉 SAR によって，地殻変動や地形変化を捉える研究が進められてきた．一方，研究代表者らのグループは，災害前後の 2 時期 SAR 強度（後方散乱係数）画像を用いて，都市域の災害状況を把握する研究を行ってきた．しかし，SAR 強度画像は主に単バンドであるため，市街地の密度や用途などの付加情報がないと，単独での災害把握は容易ではなかった．このような背景より，研究代表者らは，災害発生前後に得られた SAR 画像を比較して，これに事前の地理空間情報を加味して被災地域を検出する研究を行ってきた．我が国の衛星 ALOS PALSAR (L バンド)やドイツの TerraSAR-X (X バンド)などの SAR 強度画像の 2 時期比較によって，建物倒壊，津波浸水，斜面崩壊，地殻変動などを検出し，広域の被害抽出に関して成果を上げてきた．

しかし近年，SAR 画像を用いた災害把握に関して幾つかの重要な状況変化が生じた．1 番目は ALOS PALSAR の後継機 ALOS-2 PALSAR-2 (L バンド)が 2014 年 5 月より稼働し，高分解能化したデータが蓄積された．2 番目は X バンドの高分解能 SAR 衛星 TerraSAR-X が 2 機体制で，COSMO-SkyMed（イタリア）が 4 機体制で観測実績を積み，個別の構造物の状況把握まで可能になった．3 番目は，2011 年東北地方太平洋沖地震，2013 年フィリピン台風，2015 年ネパール地震，2015 年関東・東北豪雨，2016 年熊本地震などの災害が世界各地で頻発し，SAR による緊急観測が多数実施された．緊急観測において，昼夜・全天候型の SAR は極めて有効であるが，同じ観測条件の事前画像が存在しない場合も多く，災害直後 1 時期の画像からの被害抽出技術の開発の必要性が高まっていた．

２．研究の目的

合成開口レーダ（SAR）衛星画像を用いた従来の被害把握手法は，災害前後画像ペアの変化抽出に基づいており，同じ撮影条件の画像ペアが得られるかどうかがその可否を左右していた．本研究ではこの方法から脱却し，災害直後の画像のみから量的な被害把握を可能にする画像解析技術を確立することを目的とする．とくに，日本の陸域観測 SAR 衛星や，各国の最新の高分解能衛星センサの性能を活かし，災害前画像の有無に縛られない革新的な被害把握技術の開発を目指す．最近発生した世界各地における自然災害を例題として，災害発生直後の SAR 強度画像と，災害前の光学センサ画像と数値標高モデル（DEM）や GIS データ等を併用して，被災状況を把握する画像解析手法を開発し，災害後の光学画像等を用いてその精度を検証する．各種の波長の高分解能 SAR 画像を用いた検討を行い，とくに撮影条件，解像度，偏波などと構造物・被害特性との関係を照査する．

３．研究の方法

以下の項目に関して，緊急撮影SAR画像を用いた被害把握に関する研究を実施する．

(1) 建物被害と土地被覆の把握：　東日本大震災および熊本地震による地震後の航空機・衛星 SAR 画像を用いて，健全な建物や倒壊した建物が，SAR 画像上でどのように投影されるか検討する．この結果を現地調査結果や航空レーザーデータ・光学センサ画像と比較して，１時期 SAR 画像からの建物被害抽出の精度を示す．また，事前の土地被覆分類を行うため，多偏波 SAR 画像のテクスチャ解析を行い，この結果を光学センサ衛星画像や GIS データと比較して分類の精度を示す．

(2) 橋梁被害の把握：　東日本大震災，熊本地震による地震後の航空機 SAR 画像，および最近発生した風水害を撮影した高分解能衛星 SAR 画像を用いて，健全および落橋した橋梁が，SAR 画像上でどのように投影されるか検討する．この結果を現地調査結果や光学センサ画像と比較して，１時期 SAR 画像からの橋梁被害抽出の精度を示す.

(3) 浸水域の把握：　台風や豪雨によって発生する洪水による浸水範囲に対し，事後に撮影された SAR 画像からの抽出を試みる．事前 SAR 画像が存在する場合は，それぞれ水域の抽出を行い，その差分を浸水域と見なす．また，事前 SAR 画像が存在しない場合は，閾値を用いた判別分析により水域の抽出を行い，この範囲から事前の水域を差し引いて浸水域を抽出する．とくに水田は季節によって浸水域と判別されやすいので，土地被覆や標高データなども用いた誤判別の除去が必要となる．こ抽出結果を現地調査結果や光学センサ画像と比較して，１時期 SAR 画像からの浸水域抽出の精度を示す.

(4) 地盤災害の把握：　地震や豪雨によって発生する斜面崩壊などの地盤災害の SAR 画像からの抽出を行う．同じ撮影条件の災害前後 SAR 画像が存在する場合は，その変化抽出によって崩壊範囲を特定する．事前 SAR 画像が得られていない場合は，土地被覆分類，事前光学センサ画像，さらに傾斜角データにより対象範囲を特定し，そのうえでの閾値設定や偏波解析による抽出を行う．その結果を事後の航空写真や光学衛星画像と比較して，SAR 画像による地盤災害の抽出性能を評価する.

４．研究成果

(1) 建物被害と土地被覆の把握

2016 年 4 月に発生した一連の熊本地震に関して，地震前後の複数パスの PALSAR-2 によるコヒーレンス，差分，相関などの画像を用いて，建物被害が卓越した益城町中心部において，これらの指標にどのような変化が生じるかを現地調査結果と対比して明らかにした．また，PALSAR-2 による変化抽出範囲を 2 時期 Lidar データの差分と比較して，倒壊建物の抽出精度を検討した.

世界の発展途上国においては，都市域の急激な拡大と災害リスクの増大は著しいが，これを把握するための国勢調査や詳細な地図作製は進んでいない．イランの首都テヘランを対象として，多偏波 PALSAR-2 画像のテクスチャ解析に基づいて，市街地の範囲と土地被覆分類を試みた.

また，高解像度 SAR 画像の強度と位相情報を用いて，高層建物の高さ推定手法を提案した.

これらに関連する査読付き論文を以下に示す.

- Texture analysis and land-cover classification of Tehran using polarimetric Synthetic Aperture Radar imagery, H. Zakeri, F. Yamazaki, W. Liu, Applied Sciences, 7, 452, doi:10.3390/app7050452, MDPI, 2017.

- Detection of collapsed buildings from lidar data due to the 2016 Kumamoto earthquake in Japan, L. Moya, F. Yamazaki, W. Liu, M. Yamada, Natural Hazards and Earth System Sciences, European Geosciences Union, 18, pp. 65-78, doi:10.5194/nhess-18-65-2018, 2018.

- Novel unsupervised classification of collapsed buildings using satellite imagery, hazard scenarios and fragility functions, L. Moya, L. R. Marval Perez, E. Mas, B. Adriano, S. Koshimura, F. Yamazaki, Remote Sensing, MDPI, Vol. 10, doi:10.3390/rs10020296, 2018.

- Synthetic building damage scenarios using empirical fragility functions: A case study of the 2016 Kumamoto earthquake, L. Moya, E. Mas, S. Koshimura, F. Yamazaki, International Journal of Disaster Risk Reduction, 31, pp. 76-84, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.04.016, 2018.

- 高解像度 SAR 画像の強度と位相情報を用いた高層建物の高さ推定，リュウ・ウェン，山崎文雄，日本リモートセンシング学会誌，Vol. 38, No. 2, pp. 149-162, 2018.

- An integrated method to extract collapsed buildings from satellite imagery, hazard distribution and fragility curves, L. Moya, E. Mas, B. Adriano, S. Koshimura, F. Yamazaki, W. Liu, International Journal of Disaster Risk Reduction, 31, pp. 1374-1384, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.03.034, 2018.

- 3D gray level co-occurrence matrix and its application to identifying collapsed buildings, L. Moya, H. Zakeri, F. Yamazaki, W. Liu, E. Mas, S. Koshimura, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 149, pp. 19-28, https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.01.008, 2019.

(2) **橋梁被害の把握**

東日本大震災，熊本地震による地震後の高分解能衛星・航空機 SAR 画像，および最近発生した風水害を撮影した高分解能衛星 SAR 画像を用いて，健全および落橋した橋梁が，SAR 画像上でどのように投影されるか検討した．この結果を現地調査結果や光学センサ画像と比較して，1 時期 SAR 画像からの被害抽出の精度を示した．SAR 画像を用いた橋梁被害抽出に関連する査読付き論文を以下に示す．

- 高分解能衛星 SAR 画像の変化抽出に基づく津波による橋梁被害把握，井上和樹，リュウ・ウェン，山崎文雄，日本地震工学会論文集，Vol. 17, No. 5, pp.48-59, doi: https://doi.org/10.5610/jaee.17.5_48, 2017.
- Extraction of collapsed bridges due to the 2011 Tohoku-oki earthquake from post-event SAR images, W. Liu, F. Yamazaki, Journal of Disaster Research, Vol. 13, No. 2, pp. 281-290, doi: 10.20965/jdr.2018.p0281, 2018.
- 高分解能 SAR 画像における橋梁の後方散乱特性，劉ウェン，山崎文雄，リモートセンシングの応用・解析技術－農林水産・環境・防災から建築・土木、高精度マッピングまで－，監修：中山裕則・杉村俊郎，㈱エヌ・ティー・エス，ISBN: 978-4-86043-612-4 C3055, pp. 340-350, 2019.

(3) **浸水域の把握**

2015 年関東・東北豪雨における茨城県常総市の浸水被害状況を多時期の PALSAR-2 画像を用いて，洪水前後画像の後方散乱係数の差分に基づいて抽出し，土地被覆も考慮して，現地調査結果や国土地理院による浸水マップと比較検討した．

2018 年西日本豪雨災害の前後に被災地域を撮影した ALOS-2 PALSAR-2 画像を用いて，倉敷市および岡山市における浸水域の把握を強度画像およびコヒーレンスを用いて行った．この結果を筆者らによる現地調査結果および国土地理院による抽出結果と比較し，SAR 画像による浸水域抽出の有効性と課題を示した．

2019 年台風 19 号の時の茨城県の久慈川と那珂川を対象とし，洪水前後に撮影された Sentinel-1 と PALSAR-2 の強度画像を用いて，異なる検出プロセスで茨城県内の浸水域を検出した。また，台風通過 2 週間後に現地調査を行い，浸水箇所と復旧状況を確認した．SAR 画像から検出された結果と，現地調査，国土地理院が公開した浸水推定範囲を比較し，精度の検証を行った．

これら SAR 画像を用いた浸水域の抽出に関連する査読付き論文を以下に示す．

- Detection of inundation areas due to the 2015 Kanto and Tohoku torrential rain in Japan based on multi-temporal ALOS-2 imagery, W. Liu, F. Yamazaki, Natural Hazards and Earth System Sciences, European Geosciences Union, 18, pp. 1905-1918, https://doi.org/10.5194/nhess-18-1905-2018, 2018.

- Extraction of Inundation Areas Due to the July 2018 Western Japan Torrential Rain Event Using Multi-Temporal ALOS-2 Images, W. Liu, F. Yamazaki, Y. Maruyama, Journal of Disaster Research, Vol. 14, No. 3, 445-455, 2019.

- Inundation assessment of the 2019 Typhoon Hagibis in Japan using multi-temporal Sentinel-1 intensity images, W. Liu, K. Fujii, Y. Maruyama, F. Yamazaki, Remote Sensing, MDPI, 13(4), 639; https://doi.org/10.3390/rs13040639, 2021.

(4) **地盤災害の把握**

千葉県浦安市では長期にわたって地盤沈下が続いている．本研究では 1993-2006 年（ERS-1/2），2006-2010 年（PALSAR），2014-2017 年（PALSAR-2）の期間における地盤沈下の状況について，差分干渉（DInSAR）解析，Persistent Scatterer (PS)解析と SBAS-InSAR 解析などにより行い，現地観測データと比較検討を行った．

2018 年北海道胆振東部地震による札幌市と北広島市の液状化被害地域の検出を行った．14 日周期ごとの地震前 2 時期画像と地震当日の ALOS-2 PALSAR-2 画像を用いて，画像処理による液状化被害地域の抽出を行った．また厚真町を中心に大規模に発生した斜面崩壊を 2 時期のコヒーレンスと強度差分を用いて抽出した．これらの結果を著者らが地震約 1 ヶ月後に行った現地調査の結果や光学画像と比較し，精度を検証した．

これら SAR 画像に基づく地盤災害抽出に関連する査読付き論文を以下に示す．

- Multi-sensor InSAR analysis of progressive land subsidence over the coastal city of Urayasu, Japan, Y. Aimaiti, F. Yamazaki, W. Liu, Remote Sensing, MDPI, Vol. 10, doi:10.3390/rs10081304, 2018.

- Earthquake-induced landslide mapping for the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake using PALSAR-2 data, Y. Aimaiti, W. Liu, F. Yamazaki, Y. Maruyama, Remote Sensing, MDPI, Vol. 11(19), 2351; https://doi.org/10.3390/rs11202351, 2019.

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計11件（うち査読付論文　11件／うち国際共著　3件／うちオープンアクセス　9件）

１．著者名 Liu Wen、Yamazaki Fumio、Maruyama Yoshihisa	４．巻 11
２．論文標題 Detection of Earthquake-Induced Landslides during the 2018 Kumamoto Earthquake Using Multitemporal Airborne Lidar Data	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Remote Sensing	６．最初と最後の頁 2292～2292
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/rs11192292	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 Aimaiti Yusupujiang、Liu Wen、Yamazaki Fumio、Maruyama Yoshihisa	４．巻 11
２．論文標題 Earthquake-Induced Landslide Mapping for the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake Using PALSAR-2 Data	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Remote Sensing	６．最初と最後の頁 2351～2351
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/rs11202351	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 リュウ ウェン、山崎 文雄	４．巻 38
２．論文標題 高解像度SAR画像の強度と位相情報を用いた高層建物の高さ推定	５．発行年 2018年
３．雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	６．最初と最後の頁 149～162
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11440/rssj.38.149	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 Yamazaki Fumio、Ueda Hideomi、Liu Wen	４．巻 22
２．論文標題 Basic Study on Detection of Deteriorated RC Structures Using Infrared Thermography Camera	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Engineering Journal	６．最初と最後の頁 233～242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4186/ej.2018.22.3.233	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 Liu Wen、Yamazaki Fumio	4．巻 18
2．論文標題 Review article: Detection of inundation areas due to the 2015 Kanto and Tohoku torrential rain in Japan based on multi-temporal ALOS-2 imagery	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6．最初と最後の頁 1905～1918
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/nhess-18-1905-2018	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 Aimaiti Yusupujiang、Yamazaki Fumio、Liu Wen	4．巻 10
2．論文標題 Multi-Sensor InSAR Analysis of Progressive Land Subsidence over the Coastal City of Urayasu, Japan	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Remote Sensing	6．最初と最後の頁 1304～1304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/rs10081304	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 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） 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 該当する

1．著者名 Y. Aimaiti, F. Yamazaki, W. Liu, A. Kasimu	4．巻 Volume 7, Issue 8
2．論文標題 Monitoring of Land-Surface Deformation in the Karamay Oilfield, Xinjiang, China, Using SAR Interferometry	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Applied Sciences, MDPI	6．最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app7080772	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 T. Nonaka,T. Asaka, K. Iwashita, W. Liu, F. Yamazaki, T. Sasagawa	4．巻 Volume 11, Issue 4
2．論文標題 Quantitative analysis of relative geolocation accuracy of the TerraSAR-X enhanced ellipsoid corrected product	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Journal of Applied Remote Sensing, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)	6．最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/1.JRS.11.044001	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 －

1．著者名 井上和樹，リュウ・ウェン，山崎文雄	4．巻 Vol. 17, No. 5
2．論文標題 高分解能衛星SAR画像の変化抽出に基づく津波による橋梁被害把握	5．発行年 2017年
3．雑誌名 日本地震工学会論文集	6．最初と最後の頁 48-59
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 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 －

1．著者名 L. Moya, F. Yamazaki, W. Liu, M. Yamada	4．巻 Volume 18, issue 1
2．論文標題 Detection of collapsed buildings from lidar data due to the 2016 Kumamoto earthquake in Japan	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences, European Geosciences Union	6．最初と最後の頁 65-78
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/nhess-18-65-2018	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12件（うち招待講演　1件／うち国際学会　12件）

1．発表者名 W. Liu, F. Yamazaki
2．発表標題 Mapping the inundated area caused by the July 2018 Western Japan torrential rain using multi-temporal ALOS-2 data
3．学会等名 2019 Joint Urban Remote Sensing Event（国際学会）
4．発表年 2020年

１．発表者名
W. Liu, F. Yamazaki

２．発表標題
Bridge damage assessment using single post-event TerraSAR-X image

３．学会等名
IEEE 2019 International Geoscience and Remote Sensing Symposium（国際学会）

４．発表年
2020年

１．発表者名
F. Yamazaki, W. Liu

２．発表標題
Analysis of PALSAR-2 images to extract geological effects caused by the 2018 Hokkaido-Eastern-Iburi earthquake

３．学会等名
International Conference in Commemoration of 20th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake,（国際学会）

４．発表年
2020年

１．発表者名
W. Li, F. Yamazaki

２．発表標題
Monitoring of the 2018 eruption on Kilauea’s lower East Rift Zone using multi-temporal PALSAR-2 imagery

３．学会等名
6th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar（国際学会）

４．発表年
2020年

１．発表者名
H. Hirano, F. Yamazaki, W. Liu

２．発表標題
Extraction of collapsed bridges due to tsunamis using a post-event airborne full-polarimetric SAR image

３．学会等名
International Symposium on Remote Sensing 2018（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名
F. Yamazaki, L. Moya, W. Liu

２．発表標題
Extraction of building damage in the Kumamoto earthquake from multi-temporal Lidar and PALSAR-2 data

３．学会等名
International Symposium on Remote Sensing 2018（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名
F. Yamazaki, S. Miyazaki, W. Liu

２．発表標題
3D visualization of landslide affected area due to heavy rainfall in Japan from UAV flights and SFM

３．学会等名
IEEE 2018 International Geoscience and Remote Sensing Symposium（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名
W. Liu, F. Yamazaki

２．発表標題
Damage assessment of bridges using post-event high-resolution SAR Images

３．学会等名
IEEE 2018 International Geoscience and Remote Sensing Symposium（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名
F. Yamazaki

２．発表標題
New Monitoring and Sensing Technologies of Earthquake Engineering in Japan

３．学会等名
7th Asia Conference on Earthquake Engineering（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名 Fumio Yamazaki, Natsuki Samuta, Wen Liu
２．発表標題 Land-cover Classification of Suburban Areas Based on Multi-polarized Airborne SAR Data Using Texture Measures
３．学会等名 The 38th Progress In Electromagnetics Research Symposium（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 Fumio Yamazaki, Kasumi Kubo, Ryoto Tanabe, Wen Liu
２．発表標題 Damage Assessment and 3D Modeling by UAV Flights after the 2016 Kumamoto, Japan, Earthquake
３．学会等名 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 Fumio Yamazaki, Luis Moya, Wen Liu
２．発表標題 Use of multitemporal lidar data to extract changes due to the 2016 Kumamoto earthquake
３．学会等名 SPIE. RemoteSensing（国際学会）
４．発表年 2017年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

researchmapに論文掲載 https://researchmap.jp/read0157827

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	劉　ウェン (Liu Wen) (60733128)	千葉大学・大学院工学研究院・助教 (12501)	

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