

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02408

研究課題名（和文）センシング技術とシミュレーションの融合による広域土砂災害の監視・早期把握技術

研究課題名（英文）Monitoring and rapid identification of landslide disaster by fusion analysis of sensing and simulation technologies

研究代表者

三浦 弘之（Miura, Hiroyuki）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・准教授

研究者番号：30418678

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では地形・地盤データの分析による土石流に対する事前のポテンシャル評価手法の検討、およびセンシング技術とシミュレーションを活用した土砂崩壊箇所・土石流氾濫域の監視・早期把握技術の構築を目指して、以下の項目に関する研究を実施した。
土石流災害の分析および数値シミュレーションによる土砂氾濫域・建物被害の推定、リモートセンシングと数値シミュレーションによる崩壊箇所・崩壊量の推定技術、リモートセンシングによる建物被害把握技術、地震観測網データからの土砂崩壊の発生位置・規模の推定

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で得られた成果は、西日本豪雨災害をはじめとする過去の災害データを基に、土石流の氾濫域の推定、建物被害の自動推定技術、および震動データによる土砂災害発生箇所の特定に資するものである。これらの技術によって災害直後に被害推定を実施し、自治体やインフラ企業など共有することにより、土砂災害をはじめとする様々な災害に対して適切な直後対応を考えることが可能になるものと期待される。

研究成果の概要（英文）： This study aims the development for evaluation of potential for landslide disasters using topographical data, and remote sensing and simulation-based approach for detection of landslide and building damage as shown below.

1. Analysis of spatial data obtained debris flow disasters and simulation-based estimation of flow propagation and building damage, 2. Estimation of collapse areas and volume of debris flows by remote sensing and simulation technique, 3. Remote sensing-based building damage detection, 4. Estimation of source and volume of debris flows from seismic observation records.

研究分野：防災リモートセンシング

キーワード：土砂災害 リモートセンシング 建物被害 シミュレーション 震動解析

1. 研究開始当初の背景

大規模自然災害における直後の応急対応や早期の復旧・復興計画を立案するには、被害状況を迅速に把握することが不可欠である。近年頻発している台風・豪雨では、各種土砂災害、洪水、内水氾濫など様々な形態の災害が複合的に発生しており、いわゆる「相乗型豪雨災害」の危険性が高まっている。特に土石流災害は、発生の有無の予測が困難であること、崩壊箇所や土砂氾濫域および被災箇所の分布を把握することが容易でないこと等の原因から、広範囲を対象とした早期の被災地の把握技術は十分に検討されてこなかった。特に、2018年7月に発生した西日本豪雨災害で得られた観測事実やデータを分析し、土石流災害による危険箇所の事前把握、検知、被災地域の早期把握に関する知見を得ることは、将来の土砂災害に対する防災対策を考える上で喫緊の課題である。

自然災害による被害のうち、建物被害は発生件数が多く、人的被害にもつながることから、建物被害把握は災害後の対応の中でも重要な項目のひとつである。リモートセンシングは地表の状況を広域で把握できることから、災害把握に利用されてきた。しかし、これまでの画像処理技術の限界から自動的に個々の建物被害を精度よく判別することは困難であり、目視による判読が用いられてきた。目視判読は信頼性が高いものの、判読に時間と労力を要することから、自動的な災害把握技術の構築が求められてきた。

2. 研究の目的

上記のような背景を踏まえ、本研究では地形・地盤データの分析による土石流に対する事前のポテンシャル評価手法の検討、およびセンシング技術とシミュレーションを活用した土砂崩壊箇所・土石流氾濫域の監視・早期把握技術の構築を目指して、以下の項目に関する研究を実施した。

- ① 土石流災害の分析および数値シミュレーションによる土砂氾濫域・建物被害の推定
- ② リモートセンシングと数値シミュレーションによる崩壊箇所・崩壊量の推定技術
- ③ リモートセンシングによる建物被害把握技術
- ④ 地震観測網データからの土砂崩壊の発生位置・規模の推定

3. 研究の方法

上記の目的①について、主に2018年7月豪雨災害（以下、西日本豪雨）による広島県での土石流被害を対象として、土砂崩壊発生箇所、土砂氾濫域および建物被害に関する情報を収集・整理する。自治体が定める土砂災害警戒区域と実際の土砂氾濫域の比較から、本災害の特徴を分析する。また、数値地形データ（DEM）による土砂氾濫シミュレーションを通して、実際の土砂氾濫域を再現する計算パラメータについても検討する。また、想定される土石流に対する建物への危険度を評価するために、実際の木造住宅を対象として、図面を基に3次元モデル化し、土石流を想定した荷重増分解析により、倒壊シミュレーションを実施する。複数の解析結果から、土石流高さと建物の被害発生確率の関係を求め、既存の建物被害関数との比較・検討を行う。

目的②については、リモートセンシングデータとして主に人工衛星画像を用いて、災害前後の変化抽出により、土砂災害で発生した土砂崩壊箇所の検知手法を検討する。補助的にDEMによる土砂氾濫シミュレーションも組み合わせることで検知技術の高精度化を図る。また、災害前後の航空レーザ測量で得られた地形データの分析から、土砂崩壊域における崩壊面積と崩壊土砂量の関係を求める。得られた関係式を用いることで、人工衛星画像のように高さ情報を持たないデータからでも、崩壊面積から崩壊土砂量の推定を可能にする技術の構築を目指す。

目的③については、航空写真をはじめとする高解像度リモートセンシング画像に基づく建物被害把握技術を構築する。既存の建物ポリゴンデータを併用することにより、個々の建物の被害程度を判別するとともに、近年急速に発展している人工知能（AI）技術のうち、深層学習を用いることにより自動的かつ高精度な被害把握技術を構築する。土砂災害のみならず、地震、津波、台風、洪水など近年の各種自然災害で得られた画像データおよび被害データを学習させることにより、様々な自然災害に適用可能な被害把握技術の構築を目指す。

目的④については、実際に土石流が発生した箇所の近傍で計測された地盤震動データを分析することで、土砂崩壊により励起された地盤震動の特徴を分析する。崩壊箇所から観測点までの距離、崩壊土砂量と地盤震動の振幅との関係を調べることで、地震観測網ネットワークによる土砂災害の発生位置、崩壊規模の検知可能性について検討する。

4. 研究成果

(1) 土石流災害の分析および数値シミュレーションによる土砂氾濫域・建物被害の推定

2015年の土砂災害防止法の改正に伴い、全国的に土砂災害警戒区域の再調査が行われており、西日本豪雨が発生した2018年は再調査が行われている最中であった。このため、西日本豪雨による土砂災害では、土石流が発生したにも関わらず、災害当時は警戒区域に指定されていなかった

た地域も多かった。土石流が氾濫した地域内に存在する建物数を調べたところ、2018年7月当時に警戒区域に指定されていたものは全体の約20%に過ぎず、2018年以降に新たに警戒区域に指定された地域に立地する建物は約30%であった。つまり、氾濫域内にあった建物のうち約50%は最新の警戒区域にも指定されていない地域に立地していた。土石流が河川に流れ込み、河道の閉塞および市街地への溢流が発生した地域では、指定されている警戒区域よりも下流側により広い範囲へ土砂が氾濫した地域があったためである。このような広域への土砂氾濫は、既存の警戒区域では想定することが難しい。

本研究では、土砂氾濫シミュレーション手法のひとつであるFlow-Rを用いて、対象地域における土砂氾濫域の再現を試みた。氾濫域を決定づけるパラメータのひとつに下限到達角の設定がある。下限到達角を大きくすると、氾濫域は狭めに推定され、小さく設定するとより下流への氾濫が求められるため、氾濫域は広めに推定される。土砂氾濫域に河川などの水域が存在しない地域では、下限到達角を7度とすると実際の氾濫域を概ねカバーする範囲が推定できること、河川が存在する地域では、下限到達角を1度とすると下流側の広域な氾濫域を概ねカバーする範囲が推定できること(図1)、を明らかにした。この手法を利用することにより、大規模な土石流災害が発生した場合に既存の警戒区域ではカバーされない下流域での氾濫域についても、事前の解析により評価することができる。

現状の建築基準法では土砂災害に対する規定はないため、大量の土砂に襲われた場合、木造家屋などの一般的な建物は大きな被害を受ける。土砂災害を避けるには、災害発生前に安全な避難場所へ水平避難しておくことが望ましいが、災害が夜間に発生した場合や高齢者等の災害弱者にとっては水平避難が困難なケースがある。この際、建物上階へ移動する垂直避難も有効な避難方法であるが、どの程度の土砂量であれば建物が倒壊しないかについて把握しておく必要がある。

そこで本研究では、実際の木造住宅の図面から建物の3次元モデルを作成し、土石流に対する倒壊シミュレーションを行った。土石流による土石流高さを変化させた場合の荷重と建物の保有水平耐力を比較し、土石流荷重が保有水平耐力も大きな値となった場合、建物が倒壊する可能性があるものとして解析を行った。その結果、土石流高さが0.7m以下では被害が発生する確率は非常に低いのに対して、1.0mを越えると倒壊可能性があるケースが現れはじめ、1.2m以上では全てのケースで倒壊可能性ありと判定された。この傾向は、過去の土石流災害による土石流高さとの建物被害割合の関係と概ね対応し、2011年東日本大震災での津波による浸水深と建物被害発生割合とほぼ一致することを明らかにした(図2)。

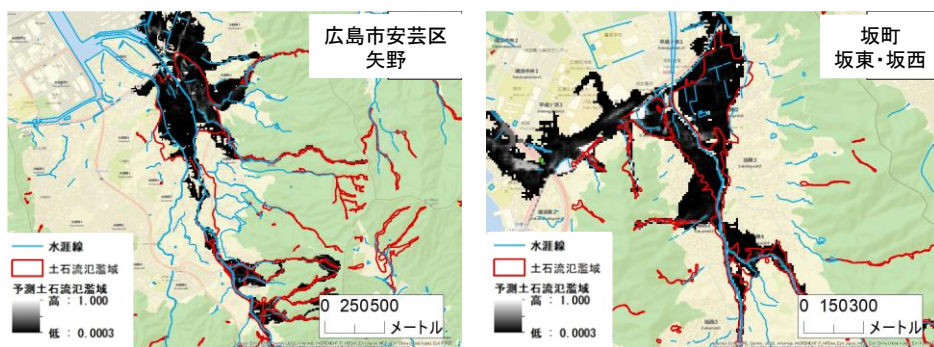


図1 Flow-Rによる土砂氾濫シミュレーション結果と西日本豪雨災害での氾濫域の比較

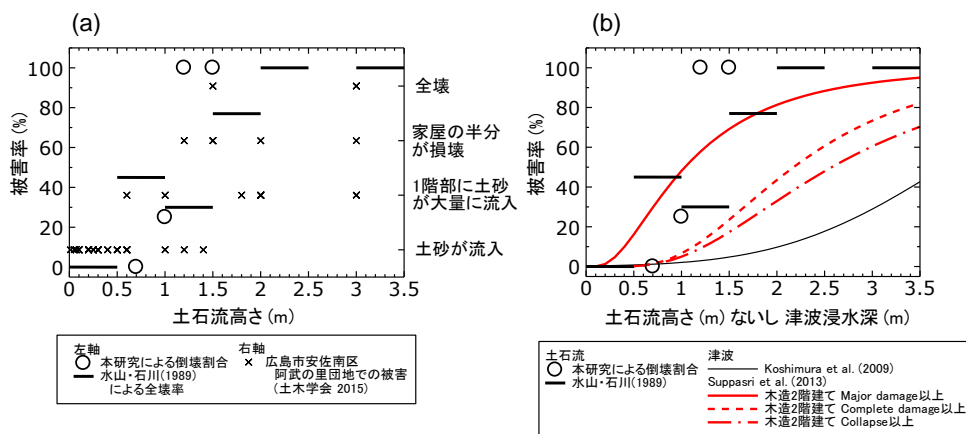


図2 (a) 倒壊シミュレーションによる土石流高さとの被害率の関係、
(b) 過去の津波災害による浸水心との被害率の関係との比較

(2) リモートセンシングと数値シミュレーションによる崩壊箇所・崩壊量の推定技術

日本の山地は植生で覆われていることから、土砂災害が発生すると土砂だけでなく樹木も流されることから、上空からの画像では地表の土壌が現れることになる。災害前後のリモートセンシング画像をみると、土砂崩壊が発生した箇所では植生分布が明らかに変化することから、比較的容易に崩壊箇所を把握することが可能である。本研究では、西日本豪雨災害の前後に撮影された欧州の人工衛星 Sentinel-2 画像から植生指標 (NDVI) を算出し、その差分解析から土砂崩壊箇所を抽出する方法を検討した。DEM による土石流氾濫シミュレーションにより推定される氾濫域との重ね合わせ処理を行うことで、崩壊箇所の誤抽出を軽減させるよう工夫した。

一方で、災害前後に取得された航空レーザ測量による地形データの差分解析により、土砂崩壊箇所における土砂崩壊量が把握できる。西日本豪雨による被災地での計測データから各土砂崩壊箇所における崩壊面積と崩壊量のデータを収集した。2014 年広島市土砂災害のデータも併せて、崩壊面積と崩壊量の関係を求めたところ、崩壊量 V は崩壊面積 A にほぼ比例して増加する傾向がみられ、 $V=0.8A$ として近似できることを明らかにした。この傾向は、世界各地の土石流災害における崩壊面積と崩壊量の関係と概ね調和的であった。この関係式を適用することで、衛星画像から推定された崩壊箇所の面積から崩壊量を推定できる (図 3)。広島県内での航空レーザ測量データから得られた崩壊量と関係式から推定された崩壊量を比較したところ、両者はほぼ一致し、得られた関係式が崩壊量の推定に役立つことが示された。

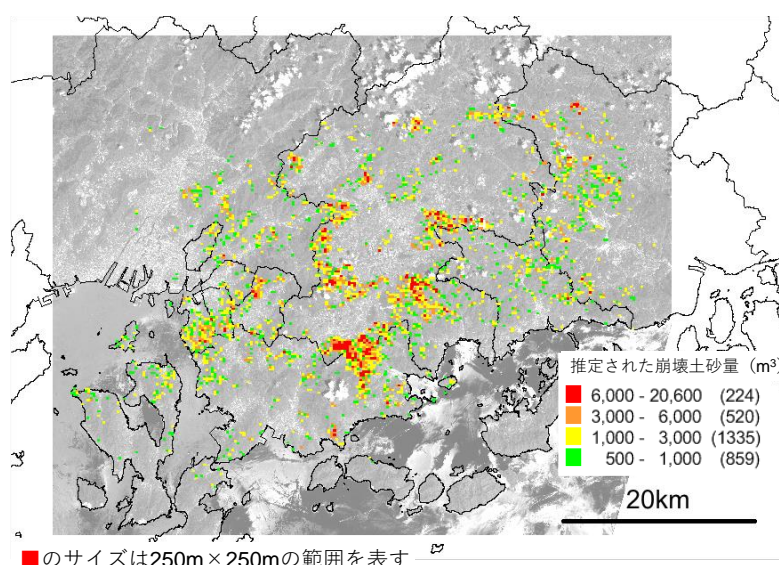


図 3 衛星画像から推定した崩壊土砂量の分布 (広島県南部)

(3) リモートセンシングによる建物被害把握技術

リモートセンシング画像から自然災害により被災した建物の被害判別技術を構築するために、建物被害数の多い地震災害を対象として、画像データと被害データを収集した。上空からでは中程度の被害レベルを判別することは困難であることから、被害レベルとして無被害、倒壊被害の他に屋根面にブルーシートのある建物も抽出することを試みた。1995 年兵庫県南部地震および 2016 年熊本地震での被災地の航空写真と建物被害データから、各建物のパッチ画像と被害レベルの紐付けを行った上で、両者の関係を深層学習のひとつである畳み込みニューラルネットワーク (CNN) で学習させた。CNN は畳み込み層、活性化層、プーリング層の組み合わせを複数層に渡って用意し、これらを通して推定値を算出し、正解値との誤差が最小となるように誤差逆伝播法による学習を繰り返すことで、最適な推定モデルを構築するものである。その結果、学習に用いなかった検証用データに対しても 90%以上の精度で被害レベルを推定できることを明らかにした。図 4 に熊本地震での建物被害推定結果を示す。本手法により、大被害が発生した地域を精度よく推定できることがわかった。

地震災害以外の災害として 2011 年東日本大震災での津波被害 (宮城県女川町)、2017 年九州北部豪雨による土砂災害 (福岡県朝倉市)、2018 年西日本豪雨による土砂災害 (広島県坂町)、2019 年台風 15 号による台風被害 (千葉県南東部)、2020 年熊本豪雨での洪水被害 (熊本県人吉市・球磨村) における航空写真・パラモータ画像を収集した。これらの災害による画像データおよび建物被害データを上記の地震災害データと併せて CNN による学習を行ったところ、地震災害データのみで学習したモデルでは、他の自然災害に適用した場合、精度はそれほど高くなかったが、様々な自然災害のデータを学習したモデルでは、地震以外の自然災害でも高い精度で被害レベルを推定できることを明らかにした。

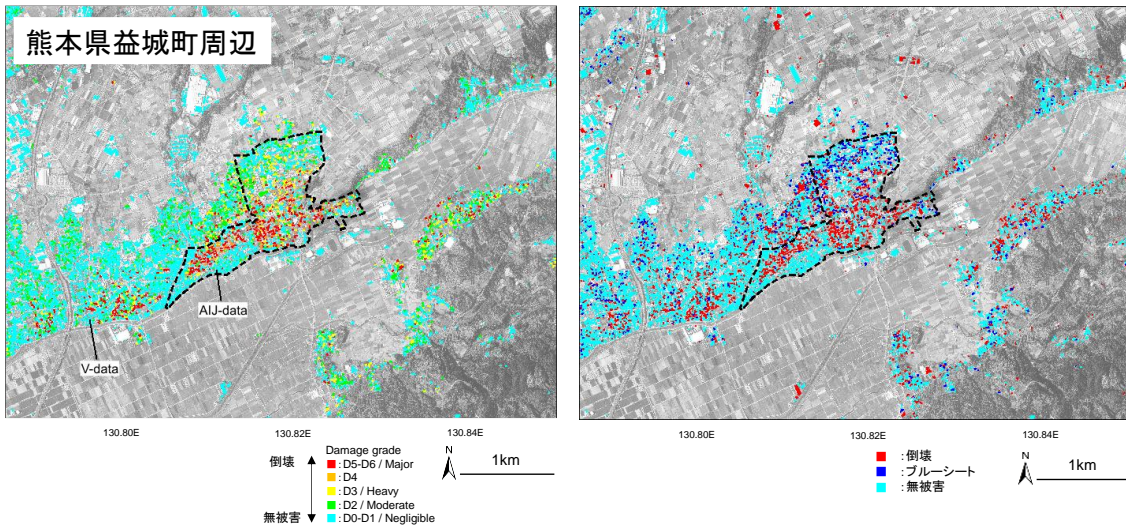


図4 2016年熊本地震における益城町での建物被害分布とCNNにより推定した建物被害分布の比較

(4) 地震観測網データからの土砂崩壊の発生位置・規模の推定

本研究では、2018年7月豪雨災害において呉市郷原で観測されたHi-net地震観測網による震動データと周辺で発生した土石流の関係について検討した。土石流による震動は10~40秒程度の継続時間であったこと、周期0.2~0.4秒の成分が卓越していたこと、オービットによる卓越方向には明瞭な関係はみられなかったこと、を明らかにした。また、震動データからEnergy parameterを計算し、土石流までの距離や規模の関係を検討し、既往の研究による結果を参照して、両データの関係式を推定した。その結果、観測点から1kmの範囲であれば土砂量1500m³以上、3km程度の範囲であれば4000m³以上、5km程度の範囲であれば7000m³以上の土石流であれば、Hi-net観測データにより検知ができる可能性があることがわかった(図5)。

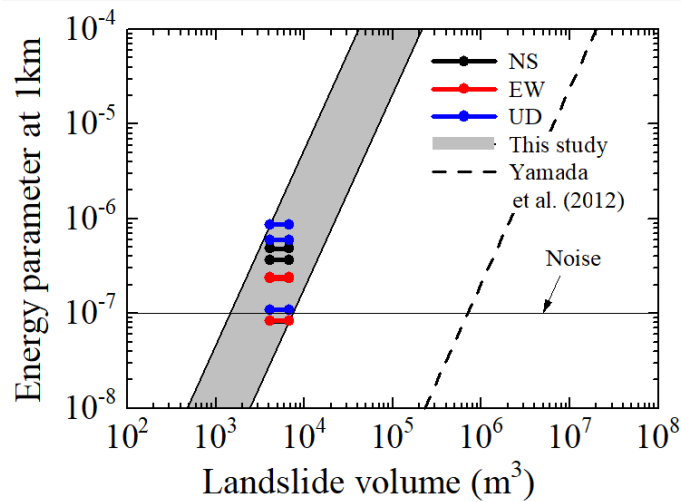


図5 崩壊土砂量と震動データによるEnergy Parameterの関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 7件）

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 該当する
1. 著者名 Atefi Mujeeb Rahman, Miura Hiroyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Volumetric Analysis of the Landslide in Abe Barek, Afghanistan Based on Nonlinear Mapping of Stereo Satellite Imagery-Derived DEMs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 446 ~ 446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13030446	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 Yokoya Naoto, Yamanoi Kazuki, He Wei, Baier Gerald, Adriano Bruno, Miura Hiroyuki, Oishi Satoru	4. 巻 -
2. 論文標題 Breaking Limits of Remote Sensing by Deep Learning From Simulated Data for Flood and Debris-Flow Mapping	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2020.3035469	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 Miura Hiroyuki, Aridome Tomohiro, Matsuoka Masashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Deep Learning-Based Identification of Collapsed, Non-Collapsed and Blue Tarp-Covered Buildings from Post-Disaster Aerial Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1924 ~ 1924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12121924	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 Shinohara Takayuki、Xiu Haoyi、Matsuoka Masashi	4. 巻 20
2. 論文標題 FWNet: Semantic Segmentation for Full-Waveform LiDAR Data Using Deep Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3568 ~ 3568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20123568	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 三浦 弘之、池奥 和歩	4. 巻 37
2. 論文標題 2018年7月豪雨災害における広島県での土石流による被害地域と土砂災害警戒区域の空間分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地域安全学会論文集	6. 最初と最後の頁 11 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11314/jiss.37.11	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 Miura Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Fusion Analysis of Optical Satellite Images and Digital Elevation Model for Quantifying Volume in Debris Flow Disaster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1096 ~ 1096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs11091096	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 Cheng Min-Lung、Matsuoka Masashi	4. 巻 -
2. 論文標題 An Enhanced Image Matching Strategy Using Binary-Stream Feature Descriptors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LGRS.2019.2943237	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 Adriano Bruno, Yokoya Naoto, Miura Hiroyuki, Matsuoka Masashi, Koshimura Shunichi	4. 巻 12
2. 論文標題 A Semiautomatic Pixel-Object Method for Detecting Landslides Using Multitemporal ALOS-2 Intensity Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 561 ~ 561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12030561	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, Baier Gerald, Koshimura Shunichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Cross-Domain-Classification of Tsunami Damage Via Data Simulation and Residual-Network-Derived Features From Multi-Source Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	6. 最初と最後の頁 4947-4950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS.2019.8899155	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 該当する

1. 著者名 Xia Junshi, Adriano Bruno, Baier Gerald, Yokoya Naoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Building Damage Mapping Via Transfer Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	6. 最初と最後の頁 4841-4844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS.2019.8900447	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 該当する

1. 著者名 Baier Gerald, He Wei, Adriano Bruno, Xia Junshi, Yokoya Naoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Robust Nonlocal Low-Rank Sar Stack Despeckling With Application To Change Detection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	6. 最初と最後の頁 5205-5208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS.2019.8900331	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 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 白川隼也, 三浦弘之
2. 発表標題 津波波力計算法を利用した土石流による木造家屋の安全性評価
3. 学会等名 日本建築学会中国支部研究報告集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦弘之
2. 発表標題 2020年7月豪雨で被災した熊本県球磨村周辺でのパラメーターによる空撮データのオルソ化と深層学習による建物被害推定
3. 学会等名 第47回地域安全学会研究発表会（秋季）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦弘之, 戸川肇
2. 発表標題 2018年7月豪雨災害における土石流の近傍で観測された地盤震動データの分析
3. 学会等名 第46回地域安全学会研究発表会（春季）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayuki SHINOHARA, Haoyi XIU, Masashi MATSUOKA
2. 発表標題 Semantic Segmentation for Full-Waveform LiDAR Data Using Local and Hierarchical Global Feature Extraction
3. 学会等名 28th International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM SIGSPATIAL) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Huang, P.-J., Cheng, M.-L., Matsuoka, M. and Miura, H.
2. 発表標題 Geometric Correction and Soil Volume Estimation in Debris Flow Areas Using LiDAR Data
3. 学会等名 The 40th Asian Conference on Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Cheng, M.-L. and Matsuoka, M.
2. 発表標題 Evaluation on Structure from Motion Using Binary Robust Invariant Scalable Keypoints
3. 学会等名 The 40th Asian Conference on Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有留那博, 三浦弘之
2. 発表標題 深層学習に基づく地震後の航空写真からの建物被害判読
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦弘之
2. 発表標題 2018年西日本豪雨による被害と土砂災害警戒区域
3. 学会等名 防災推進国民大会2019 (名古屋市) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有留那博, 三浦弘之
2. 発表標題 災害後の航空写真を用いた深層学習モデルによる建物被害の自動判読
3. 学会等名 日本建築学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中山裕則, 杉村俊郎, 三浦弘之ほか	4. 発行年 2019年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 506
3. 書名 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	

〔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	横矢 直人 (Yokoya Naoto) (40710728)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師 (12601)	
研究分担者	Adriano Bruno (Adriano Bruno) (40831889)	国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・特別研究員 (82401)	
研究分担者	松岡 昌志 (Matsuoka Masashi) (80242311)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	

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
---------	---------