

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03819

研究課題名(和文)連鎖複合型災害現象のメカニズムと人口急減社会での適応策

研究課題名(英文) Mechanism of multiple hazard chains and adaptations for rapidly population decline in Japan

研究代表者

小山内 信智 (Osanai, Nobutomo)

北海道大学・広域複合災害研究センター・客員教授

研究者番号：30355862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 23,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、気候変動により激甚化するであろう水災害を始め、大規模地震や津波、火山噴火等との相互作用の中で複合的に発生する災害現象を整理し、それらによる被害を軽減するために必要な調査手法、シミュレーション手法などを提示した。北海道は少子高齢化・過疎化が進んでいるとされ、人口急減社会における防災のあり方も、地域の活力維持とセットで考える必要があった。これからの日本は投資余力が潤沢ではなく、完全移転(移住)は移転先の各種災害への安全確保が簡単ではない。人口急減社会においてはパイの取り合いとなる可能性があるため、“2拠点生活(デュアルライフ)”が危機回避と地域の活力維持につながる手掛かりとなりえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

連鎖複合災害は海外では未だ我が国ほど注目を集めておらず、我が国での研究が世界をリードしている現状にある。こうした現状のなか、本研究では、これまでの研究蓄積を参照しつつ、分野横断の研究者チームがより広く様々な災害現象を網羅して、それぞれについての連鎖や複合の形やメカニズムを捉え、今後の新たな社会形態への移行を視野に入れながら具体的に行政機関との連携を取りつつ研究を進め、連鎖複合型災害の特性とその対応策を検討した点に学術的意義がある。さらに、北海道は内地に比べて十年早く少子高齢化・過疎化が進んでいるとされ、北海道の現状を踏まえた本研究成果はわが国においても先進的であるという点に社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have organized disaster phenomena that occur in combination with large-scale earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, etc., including water disasters that will be exacerbated by climate change. Furthermore, the survey methods and simulation methods necessary to reduce the damage caused by them were presented. Hokkaido has an aging population and depopulation. It was also necessary to consider how disaster prevention should be in a society with a rapidly declining population in combination with maintaining the vitality of the region. In the future, Japan will not have abundant investment capacity, and complete relocation (migration) will not be easy to ensure safety against various disasters at the relocation destination. In a society with a rapidly declining population relocation destinations may be limited, so "dual life" can be a clue to avoid a crisis and maintain the vitality of the region.

研究分野：防災工学

キーワード：連鎖複合災害 豪雨・風雪・火山・地震・津波 気候変動 人口急減社会 国土強靱化 リスク認知・避難 地域形態 住まい方

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

自然災害多発国である日本の防災技術・システムは種々の災害経験を通して発展してきたものの未だ被害は後を絶たず、自然災害を未然に予想し、対策し、被害を食い止めるための技術・システムをより効果的なものへと高めていく不断の努力が求められている。近年増加傾向にある災害の分析や対応を通じて、「連鎖型複合災害」が注目されるようになった。複合災害とは、複数の災害が同時あるいは連続して発生し、それぞれが個別に発生する場合以上に被害が拡大する災害であり、災害への対応やその後の復興への負担も拡大する。一方で、災害とは自然現象による人的被害と物的(経済的)被害であり、災害の大きさは自然現象の規模とその影響が及ぶ空間にある社会の規模や特性で決まるため、災害での被害の推定、防災・減災への対策に当たっては社会科学に基づいた分析が欠かせない。我が国では人口減少が今後も続くとの見方が一般的であり、そうなれば今後は「ハブ・アンド・スポーク型社会」に代表される地域形態へ移行していかざるを得ず、そうした新たな形態で運営される地域社会ではこれまでの面的な社会に比べて災害への脆弱性が高まることは不可避であると指摘されている。

2. 研究の目的

直面する気候変動を踏まえつつ、これまで総合的な見地からは十分に捉えられてこなかった「連鎖型複合現象のメカニズム」と「連鎖現象 - 社会間のつながり」を分析して、連鎖型複合災害への課題を整理し、適応策を提示することを目的とする。このことを通じて、「ハブ・アンド・スポーク型社会」に代表される地域形態へ移行していく我が国の国土強靱化へ向けた国土保全・社会防災力のあり方・方向性を示していく。また、これからの人口急減社会にあって我が国が向かうであろう地域形態の自然災害への脆弱性に対する問題点も明らかにしていく。

3. 研究の方法

(1) 気候変動

土砂流出に関係する気候変動による降水増がどの程度なのかを多数アンサンブル(入力データ集団の組換え)の気候シミュレーションの解析により明らかにする。その解析結果は、今後北海道で想定される降水量の増加によって斜面堆積物、段丘堆積物、その下層の基盤風化層が不安定化して土砂流出量が継続的に増加、あるいは集中豪雨によって短期間に大量流出する可能性に対する分析とモデル構築へ組み込んでいく。

(2) 災害現象

土砂の流れと水の流れが流域の上流部から下流部まで、そして沿岸域へと連鎖する水系一貫のシステムを通じた現象の理解を試みる。流域スケールでの土砂移動に関する分析を行い、また沿岸部における土砂運搬・堆積のバランスから生じる海岸侵食と港内埋没についても、土砂流出の観点から分析する。その他にも地震及び津波による建物倒壊に伴う人的被害の発生機構、冬季災害で損害を拡大させる交通の問題なども取り上げる。

(3) 社会適応

典型的な「ハブ・アンド・スポーク型社会」が形成されている十勝地方の地方事務所・道事務所・市町村と連携して災害時の対応を検証するとともに、上記の災害現象や気候変動の側面での研究成果を踏まえつつ、人口減少社会における今後の街づくりの中で如何に防災・減災へ取り組んでいくのかを模索するため、シンポジウムを共同開催するなどして議論を深める。

4. 研究成果

(1) 気候変動

十勝地方での災害につながる豪雨特性の変化予測

大規模気象シミュレーションデータ(d4PDF)に基づいて、温暖化・寒冷化に伴う十勝地方での豪雨(>50 mm/d)特性の変化を予測した。十勝地域における豪雨頻度は、2 温暖化シナリオで40%、4 温暖化シナリオで70%増加した。また、平均降雨強度は、2 温暖化シナリオでは3.5%、4 温暖化シナリオでは8.2%増加した。温暖化シナリオでの計算結果を用いた推定では、十勝地方では-6~-4 寒冷化すると豪雨がなくなるという結果を得た。十勝地方では少なくとも酸素同位体ステージ(MIS)2の時代には豪雨イベントは起こらなかった可能性がある。降水量分布と海面気圧のパターンは、この地域での大雨イベントが西部北太平洋からの水蒸気を含んだ暖気の流入(主として台風)によって引き起こされることを示している。

2016年8月台風10号による十勝平野西部流域での土砂災害

完新世の環境変化の下で十勝平野西部の河川沿いに形成された低位段丘群を理解することで、被害の主要な原因の一つになった河川の顕著な側方侵食について歴史的な視点から検討した。芽室川沿いに発達する2段の中位段丘は樽前-d火山灰(9000年前)に覆われているが、3段の低位段丘(L1, L2, LL段丘)は覆われておらず、低位段丘は完新世に離水したことが分かる。段丘を構成する堆積物中の火山灰データ及び放射性炭素年代データを古気候データに統合すると、L1段丘の堆積物は3000年前後の寒冷期(弥生海退期)に、LL段丘の最上部の堆積物は900~200年前の寒冷期(小氷期)に堆積した可能性がある。比較的寒冷な環境下での河谷の埋積は、完新世における流域内での植生変化は限定的であったとの理解に立てば、土砂供給量増加よりむしろ土砂運搬能力低下が影響したと推察される。芽室川は現在、小氷期以降の降水量が多い気

候状態が影響した下刻ステージにあると考えられ、台風 1610 号による芽室川の側方侵食は段丘面を低下させることで河谷が低下したプロセスであると解釈できる。

札幌市中小河川における気候変動下での豪雨リスクの評価

札幌市にある望月寒川は、大雨時の急激な水位の上昇により氾濫を起こしやすい中小都市河川である。この望月寒川を対象として大雨時の氾濫可能性を推定するために、タンクモデルによる流出の再現を試みた。その結果、10 分降雨データを入力すると、同河川の水位を概ね再現できた。次に、大規模気象シミュレーションデータ（d4PDF）より温暖化気候での極端降水の降水量増加を見積もった。これをもとに温暖化気候での倍率を定め、2014 年 9 月 11 日の降水が温暖化気候下で起こった場合の同河川の氾濫可能性を評価した。

気候変動下における札幌市の豪雪リスクの評価

大規模気象シミュレーションデータ（d4PDF）を使用し、札幌において豪雪をもたらす大気場とその将来変化を自己組織化マップ(SOMs)分類で解析した。その結果、低気圧偏差が東日本（南岸低気圧）や北海道の北/東海上に発生するパターンと高気圧偏差がシベリア周辺に発生するパターン（西高東低）が豪雪をもたらす大きな要因である事がわかった。将来 4K 昇温した気候では、南岸低気圧パターンに伴う豪雪日頻度は大幅に減少し、西高東低パターン頻度は増加する事が予測された。その要因としては双方の地上気温の特徴にある事が示唆され、前者のパターンでは現在気候でも 0 前後で発生するが 4 K 昇温では 0 以上になる。後者においては非常に低温な日が多いため、4K 昇温気候でも 0 以下であり続ける可能性が示されるうえ、気温上昇に伴う水蒸気量の増加（クラウジウス・クラペイロンの関係式）より、現在気候でも発生しない豪雪イベントも予測された。

(2) 災害現象

地表粗度の変化に基づく土砂移動と危険度評価

複数回の航空レーザー測量データから地表粗度を求め、粗度の増加と、その後の地すべりの移動、深層崩壊の発生、地震後の表層崩壊の発生との関連を調べた。まず地すべりについては、粗度が増加した斜面では、土塊が活発に移動していることがわかった。深層崩壊では、発生前にすでに、尾根直下に広がる緩斜面に亀裂が生じていたこと、またその亀裂と並行して、粗度が増加した単位斜面が多数存在していたこと、が明らかになった。熊本地震後の表層崩壊については、震源断層（布田川断層）からの距離と表面最大加速度に続き、地震による地表粗度の増加が、その発生と強く関連していた。また地表粗度を説明変数に加えることで、崩壊危険度評価の精度も若干向上した。以上から、地表粗度の変化に着目することで、平常時より留意すべき斜面を抽出できる可能性があることが示唆された。粗度は標高値から得られる数値指標であることから、画像からは判読が困難であった地表の変化も、客観的かつ迅速に抽出できる。一方で、データの解析には、測量データの誤差の扱い方や、解析スケールの判断、粗度以外にも取り入れるべき諸条件についても精査する必要があることも分かった。

平成 28 年熊本地震（地震 降雨）

平成 28 年 4 月の熊本地震により強い揺れに見舞われた阿蘇地方では、地震時のほか、地震前の平成 24 年 7 月九州北部豪雨および地震後の 2 回の降雨（地震直後の 4 月と 6 月）によっても斜面崩壊が多数生じた。地震後の降雨による土砂災害に対する警戒避難基準の検討に資するため、地震後の降雨による崩壊発生時の降雨規模を複数の降雨指標により地震前と比較した。その結果、(a)4 月の降雨による崩壊は地震前と比べて極めて小規模な降雨で発生したこと、(b)6 月の崩壊時の降雨も地震前より小規模な降雨であったが、4 月よりは大規模な降雨であったことが分かった。このことから、熊本地震による強い揺れは、亀裂の生成などを通じて斜面を劣化させ、小規模な雨でも崩壊しやすい状況をもたらしたものの、時間の経過により亀裂の癒着等が進行したためにその影響は薄れつつあると考えられた。

平成 30 年北海道胆振東部地震（噴火 地震）

北海道胆振東部地震では、厚真町・安平町を中心に、その西方に位置する火山の噴火に伴って噴出し厚く堆積していた降下火砕物（火山灰、軽石）の崩壊が無数に発生した。崩壊は谷部に多く、すべり面付近は非常に水を多く含んでいたことから、崩壊に対する水の関与が考えられた。そこで、崩壊斜面と同様の層構造を持つ未崩壊斜面において、圧力水頭の経時変化を観測するとともに、各降下火砕物層の水分特性を計測した。その結果、谷部のすべり面付近は常に飽和または飽和に近い状態にあることが分かった。このことから、すべり面付近の降下火砕物の風化が長期にわたって進行し、地震動に対して脆弱になっていたこと、地震時にすべり面付近が飽和していたことですべり面液状化が発生したこと、が地震時の崩壊を引き起こす要因となったと推察された。

火山地域での地震による土砂災害の影響範囲と対応の考え方

2018 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震の崩壊エリアでは地震加速度は一様に大きい、凸型斜面も凹型斜面も軒並み崩壊しており、斜面勾配が比較的緩い斜面での崩壊も目立っていた。今回の崩壊土砂は谷地形を呈する斜面だけでなく、平行斜面における崩壊土砂もがけ崩れや地すべりの一般的な想定移動範囲を大幅に超えているものが多数見られる。急傾斜地崩壊危険箇所内での発生が 7 件（6%）、家屋被害 4 箇所、人的被害 4 箇所であるのに対して、急傾斜地崩壊危険箇所以外での発生は 104 件（94%）、家屋被害 13 箇所、人的被害 8 箇所と、被害の規模は小さくない。急傾斜地崩壊危険箇所としては把握されない 30°未満の斜面が全体の 79%であり、事前にはハード対策でもソフト対策でもカバーすることができない事案が大半を占めてい

た。火山地域において大規模地震で発生する土砂災害の問題は大きく分けて、まず、既往の危険箇所以外での土砂移動の発生およびその挙動の特異性、次に、地震発生後の降雨等に対する斜面安定性の低下、の2つに整理できる。

2018年北海道胆振東部地震後の崩壊土砂・流木の移動実態

胆振東部地震によって表層崩壊が多発した厚真川水系八ピウ川流域において、地震発生後約2年間の土砂移動状況を明らかにした。現地調査、オルソ写真の比較、2時期の標高データの差分解析から、地震後も崩壊斜面から新たに生産された土砂が河道に供給されるとともに、出水時には河道内に堆積した土砂流木のうち土砂のみ移動していると考えられた。一方、崩壊斜面は南向き斜面のほうが、北向きの斜面より全面的に侵食が卓越しており、ガリーも発達していた。こうしたガリー侵食の進行は現地調査からも確認できた。南向き斜面で侵食が卓越している理由として日射量の違いによる冬季の凍結融解および融雪の影響が考えられる。

2018年9月北海道胆振東部地震による厚真川流域での土砂災害

厚真川流域において、表層崩壊の発生を火山灰層の堆積状況から検討した。このイベントで発生した表層崩壊には、「火山灰風化層型」、「基盤風化層型」、「埋没腐植層型」の3パターンあり、最も多く発生した火山灰風化層型では樽前-d火山灰層及び恵庭-a火山灰層の状態及び火山灰層全体の層厚などが強く影響した。また、厚真川流域には背斜軸自体が鉛直方向に上下(褶曲)するドーム構造が認められ、ドーム構造付近では崩壊が多発した。その背景の下、地形構造と地質構造の関係を検討したところ、ドーム構造の内側へ向けて長い斜面、外側へ向けて短い斜面が発達していることが読み取れた。さらに、斜面崩壊で荒廃した流域から土砂がどのように流出するのかをつきとめるため、東和川においてモニタリングを実施している。1年目の観測では40,000ppmを超える超高濁度の流出が数回起こったことが捉えられ、2年目の観測では雨が少なかったことが強く影響し、流出量は減少した。

暴浪時の港湾の漂砂埋没機構

浮遊砂の輸送外力として吹送流も考慮した地形変化予測法を開発した。まず、石狩湾新港、釧路港、抜海漁港周辺で、流動・漂砂の現地観測を実施し、吹送流と吹送流によって輸送される土砂の特性を明らかにした。次に、低気圧の通過パターンにより、外力である波と風の強さ・方向の時系列変化特性を明らかにした。さらに、その外力の下での地形変化予測モデルを開発し、実際の地形変化と比較検討し、吹送流を考慮することにより、予測精度が向上することを確認した。また、地形変化予測の際、吹送流を考慮すべき港は、大水深のため航路周辺で海浜流が相対的に弱まる大型港湾と、北海道では強風地帯で港の沖側に島のある抜海漁港等である。

白老海岸における越波発生機構

近年の気象変化もあり、白老海岸では度々越波が発生し、家屋の破壊や道路の通行止め等が発生している。越波については、越波についての数値解析の精度が十分でなく、越波発生限界等、不明な点が多いのが現状である。本研究では、まず、越波現象の実態を明らかにするため、3年間にわたり、白老海岸に設置されたビデオカメラを用い、越波時の映像を撮影し、越波の特性を明らかにした。得られた主な結果は、越波規模や越波流量規模等の越波発生特性を明らかにした。周期別に、波高と潮位+長周期波高(周期1分程度)による越波流量規模別の発生限界をある程度定量的に明らかにした。白老海岸は砂浜海岸であり、時化の後半で波による海底地形変化が発生し、同じ外力条件でも大規模な越波が発生することを明らかにした。

巨大地震に伴う海底斜面崩壊による津波

巨大地震に伴う海底斜面崩壊による津波の数値計算手法を開発し、1929年 Grand Banks Tsunami の再現数値実験を行った。巨大地震は発生しないとされているアメリカ東海岸の沖で1929年 Grand Banks 地震(M7.2)が発生した。この地震直後に震源近傍のケーブルが切断され、海底地すべりが発生したことが確認されている。本研究では、海底地すべり域を海底ケーブルが切断された位置から想定した。海底地すべりの数値計算を実施するにあたり、計算手法 Tsunami Squares を改良する。その計算結果を用いて津波計算を実施した。Halifax での観測波形を説明できかつ海底ケーブルの切断位置を説明できる最適な海底地すべりモデルをトライアンドエラーで推定した。

津波波観測網(S-net)のデータを用いた津波即時予測手法

海溝型巨大地震が発生すると海溝沿いで上記のような海底地すべりが複合的に発生し、津波が地震の地殻変動から予測するよりもはるかに大きくなることもある。2011年東北地方太平洋沖巨大地震の発生を受けて、国は日本海溝・千島海溝沿いにケーブル式地震津波観測網(S-net)を設置し、世界で唯一の高密度海底圧力観測網(150点)を設置した。本観測網の設置により、巨大地震による津波予測は地震観測データに頼ることなく、海底圧力観測データそのものから津波を計算することが可能となった。本研究では海底圧力データ同化手法を用いて津波数値計算を実行する手法を開発し、M9クラスの巨大地震が北海道太平洋沖で発生した場合とM8クラスの根室沖巨大地震が発生した場合に地震の地殻変動による津波が予測可能であることを示した。

恵山の山頂溶岩ドーム崩壊の危険性評価の研究

道内活火山の一つである恵山において、過去の火山活動で形成された溶岩ドームが急斜面に沿って滑動している事実が、最近明らかになった。この滑動は、溶岩ドーム内部に、将来のすべり面となる弱面が既に形成されており、噴火や地震による振動をきっかけにして、山体崩壊が一気に発生する可能性があることを強く示唆している。山体の不安定現象のモニタリングには、2014年に打ち上げられたALOS2のデータを活用した恵山の東西両方向からの干渉解析により、

噴気活動が活発な山体西部の急斜面地帯と、山頂およびその東側にかけての溶岩ドームがそれぞれ重力の作用で傾斜に沿って滑動する現象が明らかになっている。その移動速度は、1 cm/年程度であり、それらの結果は、気象庁が2005年ころから山頂で繰り返し実施しているGPS観測とも整合的である。なお、GPS観測単独では、その成因が特定できず、長い間、原因不明とされてきたが、本研究により、溶岩ドームの滑動であることが解明された。

融雪に伴う土砂災害（融雪 土砂移動）

積雪地域では、融雪水が地盤内に浸透することにより崩壊や地すべりが発生する。こうした融雪土砂災害の発生タイミングを予測するため、現在降雨による土砂災害に対して運用されている土砂災害警戒情報の発表スキームに、融雪の影響を組み込んで発表する手法を提案し、既往の融雪土砂災害事例に適用を試みた。その結果、こうした手法では発生を予測できないことが分かった。これは融雪によりよく発生する現象（地すべり、大規模崩壊）が、現行の土砂災害警戒情報の対象とする現象（集中的に発生するがけ崩れ、土石流）ではないためと考えられた。代わりに、融雪を考慮した実効雨量に発表基準値を設定することで発生を予測できる可能性を示した。

(3) 社会適応

地震・都市建物災害に関するメカニズム分析

連鎖型複合災害に関し、地震動+津波+余震の連鎖事象に加え少子高齢化に代表される社会構造変化の影響を併せてシミュレーションし、住家被害と人的被害の影響評価方法を展開した。フィールドに札幌市及び釧路市を想定し、事象単発発生に比較し連鎖することによる被害拡大を数量的に示し、その減災のための対策を自助・共助の観点から提示し、その効果の限界についての議論を行い、公助の果たす役割の大きさも数値評価した。シミュレーション技法の精度検証に2018年胆振東部地震の調査結果を用い、内閣府中央防災会議の標準手法と推定値比較を行った。その結果、本提案手法が住家被害・人的被害(死者、重傷者、軽傷者)全てにおいて推定精度が上回っていることを確認した。加えて、災害発生時における医療体制支援を目的とし、北海道内で想定されている最大級の地震発生に対し、各地域における二次救急病院の病床数充足についてシミュレーションを行った。その結果、道内では札幌市域及び稚内市域において病床数不足の懸念があることを指摘した。

GISを用いた避難訓練移動の可視化と避難訓練可視化システムの開発

本研究は避難訓練移動をGISで可視化する避難訓練可視化システムを開発し、集団避難実験における運用を通して、システムの効果及び課題を検証することを目的とした。避難訓練可視化システムの運用はおおむね良好に進められた。特に端末側アプリの機能簡略化によって、参加者もアプリを意識することなく、避難行動を行うことができた。システムを利用したフィードバック学習に関しては、動的な訓練結果と災害関連情報を可視化することによって、参加者の防災意識を変化させる効果があったと考えられる。まず、訓練成否の自己評価に関して、主観的な評価から客観的な評価に変化した点が特徴として挙げられる。また、システムによる津波発生からの経過時間を意識した訓練結果の提示により、自身の避難速度や津波浸水の特徴といった点も参加者に意識させたことが評価できた。

(4) まとめと人口急減社会での適応の方向性

本研究では、気候変動により激甚化するであろう水災害を始め、大規模地震や津波、火山噴火等との相互作用の中で複合的に発生する災害現象を整理し、それらによる被害を軽減するために必要な調査手法、シミュレーション手法などを提示した。

火山地域での地震は降下火砕物の特性から、稠密な崩壊を発生させ、長距離の土砂移動を助長するとともに、その後も細粒分を多く含む土砂供給が続くことで、流域全体に影響を与えることが示された。また、地震による海底地すべりの発生は津波の規模を増大させうることで、溶岩ドームを不安定化させて山麓部のリスクを高めることなども示した。暴浪時には海底地形が変化することで大規模な越波や港湾への影響が生ずるなど、一連の外力継続時間内にも条件変化が起こっていることも明らかにした。

一方、北海道は内地に比べて十年早く少子高齢化・過疎化が進んでいるとされ、人口急減社会における防災のあり方も、地域の活力維持とセットで考える必要があった。コンパクトシティへの誘導が合理的であるとの考えが一般的であるが、それはハブ・アンド・スポーク型の地域形態形成を促進することにつながり、都市機能連結の長距離化は災害への脆弱性を高めることにもなる。すなわち、地域防災はひとまとまりの都市機能の維持が可能なエリア全体を対象とし、また連鎖複合型災害に対応できる総合的な整備が必要であるといえる。しかしながら、これからの日本には投資余力が潤沢にあるわけではなく、効果的な施設整備を進めることと並行して被害を受けにくい住まい方の工夫をすることも重要である。被害軽減施策として既存危険箇所からの移転促進事業などもあるが、現実には、特に高齢者の移転はハードルが高い。一方で、コロナ禍によるライフスタイルの変化が居住の流動化を高める動きにつながってきたようだが、完全移転(移住)は移転先の各種災害への安全確保が簡単ではないだろうし、人口急減社会においてはパイの取り合いとなる可能性があるため、むしろ“2拠点生活(デュアルライフ)”が危機回避と地域の活力維持につながる手掛かりなのではないかと考える次第である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計83件（うち査読付論文 51件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 31件）

1. 著者名 Aoki Toshiya, Katsura Shin'ya, Yoshino Takahiko, Koi Takashi, Tanaka Yasutaka, Yamada Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Pressure Head Dynamics on a Natural Slope in Eastern Iburi Struck by the 2018 Hokkaido Earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk. WLF 2020. ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 81 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-60319-9_7	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 SHINODA Akane, OKADA Shigeyuki, NAKASHIMA Tadayoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Earthquake Protection View on Expanding Damage to Wooden Building in a Region Exposed by a Series of Cyclic Events: Simulation of Secondary Damage Caused by Aftershocks with Probabilistic Estimation of Degrading Seismic Resistant Performance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Association for Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 3_51 ~ 3_69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.20.3_51	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 Inatsu Masaru, Yoshida Ryo, Karino Shota, Takeuchi Shinji, Kobayashi Satoshi	4. 巻 297
2. 論文標題 A high-resolution prediction system for birch pollen in Sapporo	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 108229 ~ 108229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.agrformet.2020.108229	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 IWASA Takahiro, NIKAIIDO Ryuji, HIRAMA Fumiyasu, TADOKORO Masaya, IIJIMA Naoki, SAITO Koji, YOSHIKAWA Keitaro, NAKATSU Takafumi, KUMAGAI Naoya, MIZUNO Yuzou, YAMASHITA Toshihiko, KIMURA Katsutoshi, KATO Fuminori, HIRAI Yasuyuki	4. 巻 76
2. 論文標題 STUDY ON HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL REEFS WITH HIGH CROWN HEIGHT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_757 ~ I_762
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_757	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 Tanioka Yuichiro, Cabrera Amilcar Geovanny, Arguello Greyving Jose, Yamanaka Yusuke	4. 巻 62
2. 論文標題 Tsunami hazard in the Caribbean coast of Honduras due to large earthquakes occurred along the Cayman Trough at the northwest boundary of Caribbean plate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 405 ~ 412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2020.1744061	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 Kasai Mio, Yamada Takashi	4. 巻 71
2. 論文標題 Topographic effects on frequency-size distribution of landslides triggered by the Hokkaido Eastern Iburu Earthquake in 2018	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-019-1069-8	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 Narita Shohei, Murakami Makoto, Tanaka Ryo	4. 巻 71
2. 論文標題 Quantitative relationship between plume emission and multiple deflations after the 2014 phreatic eruption at Ontake volcano, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-019-1124-5	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 Furuichi Takahisa, Osanai Nobutomo, Hayashi Shin-ichiro, Izumi Norihiro, Kyuka Tomoko, Shiono Yasuhiro, Miyazaki Tomoyoshi, Hayakawa Tomoya, Nagano Norihiro, Matsuoka Naoki	4. 巻 15
2. 論文標題 Disastrous sediment discharge due to typhoon-induced heavy rainfall over fossil periglacial catchments in western Tokachi, Hokkaido, northern Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Landslides	6. 最初と最後の頁 1645 ~ 1655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10346-018-1005-1	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 -

〔学会発表〕 計137件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 27件）

〔図書〕 計1件

1. 著者名 橋本 雄一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 古今書院	5. 総ページ数 188
3. 書名 五訂版 GISと地理空間情報	

〔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	泉 典洋 (Izumi Norihiro) (10260530)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	山田 孝 (Yamada Takashi) (20333635)	北海道大学・農学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	谷岡 勇市郎 (Tanioka Yuichiro) (40354526)	北海道大学・理学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	桂 真也 (Katsura Shin'ya) (40504220)	北海道大学・農学研究院・助教 (10101)	
研究分担者	厚井 高志 (Koi Takashi) (40845294)	北海道大学・広域複合災害研究センター・准教授 (10101)	

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	岡田 成幸 (Okada Shigeyuki) (50125291)	北海道大学・広域複合災害研究センター・特任教授 (10101)	
研究分担者	村上 亮 (Murakami Ryo) (50370804)	北海道大学・理学研究院・特任教授 (10101)	
研究分担者	萩原 亨 (Hagiwara Toru) (60172839)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	古市 剛久 (Furuichi Takahisa) (60464202)	宮城教育大学・教員キャリア研究機構・研究員 (11302)	
研究分担者	山下 俊彦 (Yamashita Toshihiko) (80143692)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	笠井 美青 (Kasai Mio) (80294966)	北海道大学・農学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	稲津 將 (Inatsu Masaru) (80422450)	北海道大学・理学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	橋本 雄一 (Hashimoto Yuichi) (90250399)	北海道大学・文学研究院・教授 (10101)	

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	小泉 章夫 (Kozumi Akio) (40183040)	北海道大学・農学研究院・教授 (10101)	

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