

2025 Disaster Resilience Co-Creation Research Project

Research Title	Citywide Digital Twin System for Human Mobility Simulation and Prediction under Extreme Weather	Research Topic	1-DT
Name	Wei Yuan	Job Title	
Affiliation	Tohoku University	Associate Professor	

Research members (Select "○" for faculty member in charge at IRIDeS)	
Name	Affiliation
<input type="radio"/> Wei Yuan	IRIDeS, Tohoku University
<input type="radio"/> Ryosuke Shibasaki	Reitaku University
<input type="radio"/> Shunichi Koshimura	IRIDeS, Tohoku University
<input type="radio"/> Yao Yao	LocationMind Research Institute
<input type="radio"/> Zipei Fan	Jilin University
<input type="radio"/> Zhiwen Zhang	LocationMind Research Institute
<input type="radio"/> Hongjun Wang	The University of Tokyo
<input type="radio"/> Weihang Ran	The University of Tokyo

Research Period	June 1, 2025 to March 31, 2026	Budget Amount	993,000
-----------------	--------------------------------	---------------	---------

(JPY)

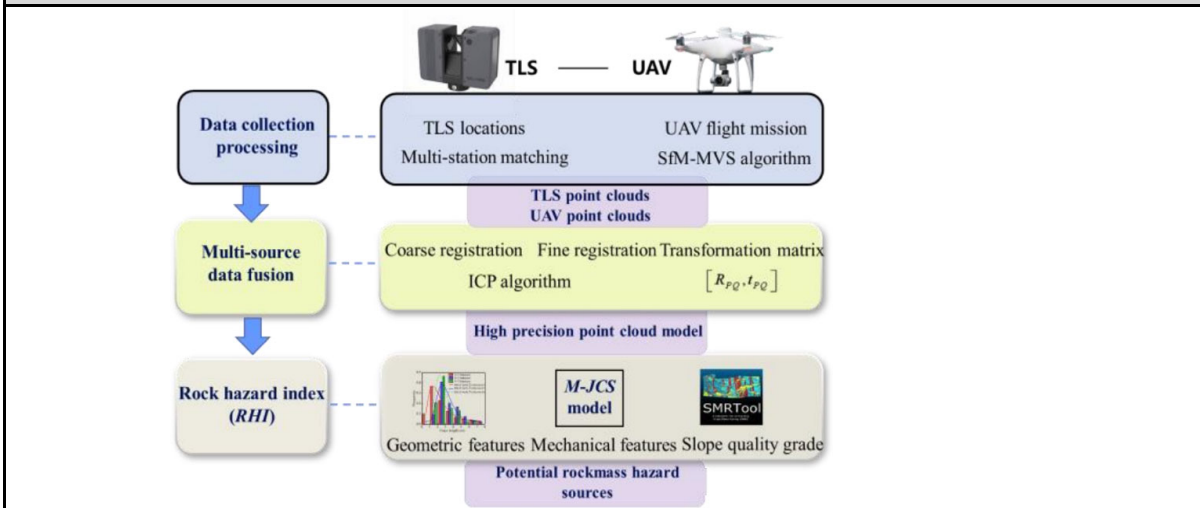
Brief Description of Research Outline
<p>This research developed a disaster digital twin framework for understanding, reconstructing, and evaluating hazard-prone environments under extreme conditions. While the original proposal focused on multi-source data integration and digital twin prediction for disaster resilience, the project outcomes were advanced through the study of high-steep rock slopes, where accurate three-dimensional reconstruction is essential for identifying potential rock mass hazards. The research integrated multi-source spatial data, especially Terrestrial Laser Scanning (TLS) point clouds and UAV photogrammetry, to overcome the limitations of single-sensor observation in complex mountainous terrain.</p> <p>Two major studies were conducted. The first developed a multi-source 3D point cloud fusion approach for evaluating potential rock mass hazards in high-steep rock slopes. The second further improved digital reconstruction accuracy by introducing a Transformer-based multi-sensor fusion method, enabling more complete and precise slope modeling. These studies support the construction of reliable 3D disaster digital twins by capturing detailed terrain structures, rock discontinuities, and hazardous slope features. Overall, the research contributed to disaster resilience by providing data-driven methods for geohazard monitoring, risk interpretation, and future decision support in complex mountain and infrastructure environments.</p>

Concrete outcomes and social impacts of this research
<p>This research produced concrete outcomes in multi-source 3D data fusion, high-precision terrain reconstruction, and geohazard-oriented disaster digital twin development. First, the project resulted in a peer-reviewed conference paper entitled "Multi-source 3D point clouds fusion for potential rock mass hazard evaluation in high-steep rock slopes", published in The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. This study proposed an integrated approach combining TLS and UAV photogrammetry to address data limitations in complex high-steep slope environments. By fusing complementary point cloud data, the research improved the representation of rock mass structures and supported more reliable evaluation of potential rockfall hazards.</p>

Second, the project contributed to the journal article “Accurate Digital Reconstruction of High-Steep Rock Slope via Transformer-Based Multi-Sensor Data Fusion”, published in Remote Sensing. This work introduced a Transformer-based fusion framework for integrating TLS and UAV data, improving the completeness, density, and accuracy of reconstructed slope models. The study demonstrated that advanced deep learning methods can enhance fine-scale 3D modeling of complex rock slopes and provide a stronger technical basis for geohazard identification and monitoring.

The social impact of this research lies in its contribution to safer infrastructure corridors and more effective disaster risk management in mountainous regions. High-steep rock slopes often pose serious threats to roads, railways, settlements, and emergency transportation routes. Accurate 3D reconstruction can help engineers, disaster managers, and local authorities identify unstable rock masses, evaluate potential hazard sources, and plan preventive measures before disasters occur. These outcomes also extend the original digital twin concept from urban mobility prediction to physical geohazard environments, demonstrating how multi-source sensing, spatial modeling, and visual analytics can support disaster preparedness, monitoring, and resilience-oriented decision-making.

Figure



Publications

Yuan, Wei, et al. "Multi-source 3D point clouds fusion for potential rock mass hazard evaluation in high-steep rock slopes." The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 48 (2025): 1663-1668. 10.5194/isprs-archives-XLVIII-G-2025-1663-2025

Yuan, Wei, et al. "Multi-source 3D point clouds fusion for potential rock mass hazard evaluation in high-steep rock slopes." The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 48 (2025): 1663-1668. 10.5194/isprs-archives-XLVIII-G-2025-1663-2025

Liu, C., Bao, H., Zhang, J., Lan, H., Adriano, B., Koshimura, S., & Yuan, W. (2025). Accurate Digital Reconstruction of High-Steep Rock Slope via Transformer-Based Multi-Sensor Data Fusion. Remote Sensing, 17(21), 3555. <https://doi.org/10.3390/rs17213555>

Total Publications (3)

Symposium, Seminars and Workshops related to this study.			
Event Date	2025/11/8	Host City	Xian,China
Conference Name	Workshop on Photogrammetry for Urban Monitoring		
Organizers	Prof.Bo Han		
Overview	We have planned a collaborative workshop to share and discuss the very latest advances in Photogrammetry and foundation model architectures—with particular emphasis on multi-modal data fusion for Road monitoring		

Total events: (1)

International Activities (Not necessary if you described already in the previous sections)			
Date	2025/11/11	Partner Institution	Jilin University
Activity Name	kick-off meeting		
Exchange of Knowledge, Meetings	We planned a collaborative workshop to share and discuss the very latest advances in computer science and disaster-response methodologies		

Total activities:(1)

2025年度 災害レジリエンス共創研究プロジェクト

研究課題名	大規模災害の被災を契機とした過疎・超高齢化地域の社会・コミュニティ・マクロ経済・行政のレジリエントな適応・変容シナリオの検討に資するソーシャルデジタルツイン開発に関する基礎的研究	研究課題	1-DT
研究代表者氏名	立木茂雄	職名	研究員 (同志社大学名誉教授)
所属機関等	同志社大学インクルーシブ防災研究センター		

研究組織 (○: 災害研担当教員)	
氏名	所属機関名
○ 越村俊一	東北大学 災害科学国際研究所
本荘雄一	兵庫県立大学
北村美和子	東北大学
川見文紀	同志社大学

期間	2025年6月1日 ~ 2026年3月31日	配分額	700,000 円
----	------------------------	-----	-----------

研究の概要

2024年能登半島地震後の奥能登2市2町（輪島市、珠洲市、能登町、穴水町）の被災後の社会・コミュニティ・経済・行政の変化過程のシミュレーションをもとに、今後の南海トラフ地震で被災が想定されている過疎・超高齢化地域における社会・コミュニティ・マクロ経済・行政のレジリエントな適応・変容シナリオの検討に資するソーシャルデジタルツインを構築し、当該地域の持続可能性を維持・向上させるための政策シナリオとその効果についてシミュレーションを実施し、最適なレジリエントな適応・変容戦略を検討する。

研究の具体的な成果・波及効果

能登半島地震における災害関連死の上振れは、水道管路の耐震化遅延による脆弱性の放置と、人口減少下で一人当たり管路延長が増大した曝露量の拡大に加え、平成期の行政改革による人員削減、とりわけ福祉関係職員の集中的な人減らしが現場対応力を低下させた複合要因によることを明らかにした。また、ODA案件として取り組んだエクアドル共和国におけるインクルーシブ防災プロジェクトで活用した業務フロー図づくりをモデルとし、宮崎県木城町での個別避難計画作成の手順を4回のワークショップにより業務フローを可視化した。さらに、警戒レベル1~3で同町の災害対策本部が実行する災害情報発令・準備に係わる一連の業務フローを社会的プロセスモデルとして形式知化した。

図表

表 輪島市・珠洲市における人口・一般行政職員数・福祉関係職員数の変化 (立木, 2025)

自治体	人口・職員数	2005年4月	2023年12月	増減率(2005年基準)
輪島市	総人口	34,874	23,118 (-33%)	
	65歳以上人口	12,137	10,194 (-16%)	
	75歳以上人口	7,282	6,180 (-15%)	
	要介護認定率(要支援・要介護) 総数	2,824	2,279 (-19%)	
	一般行政職員数(一般管理・福祉関係)	305	273 (-10%)	
	人口千人あたり職員数	8.71	11.81 (29%)	
	福祉関係職員数(民生・福祉士+介護保健)	158	96 (-39%)	2005年中心20%人員減
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	77	106 (+38%)	一人あたり高齢者数は35%増	
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	45	64 (+43%)		
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	12	23 (+95%)		
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	11	5 (-55%)		
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	11	5 (-55%)		
珠洲市	総人口	19,100	12,011 (-37%)	
	65歳以上人口	7,395	5,798 (-22%)	
	75歳以上人口	4,477	3,520 (-21%)	
	要介護認定率(要支援・要介護) 総数	2,241	1,865 (-17%)	
	一般行政職員数(一般管理・福祉関係)	321	281 (-12%)	
	人口千人あたり職員数	6.92	12.01 (80%)	
	福祉関係職員数(民生・福祉士+介護保健)	84	51 (-39%)	2005年中心20%人員減
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	88	105 (+20%)	一人あたり高齢者数は20%増	
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	53	64 (+21%)		
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	15	23 (+53%)		
福祉関係職員一人あたり75歳以上高齢者数	6	5 (-17%)		

図 宮崎県木城町における災害対策本部の災害情報発令に係わる一連の組織的プロセスを業務フロー図により形式知化した。

成果として発表した論文
Tatsuki,S.Transforming Inclusive Disaster Risk Reduction in Ecuador (Phase I): Curriculum-Based Capacity Development and Institutionalization, JDR, in print. (査読有)
Tatsuki, S. Transforming Inclusive Disaster Risk Reduction in Ecuador (Phase II): From Institutionalization to Standardized Governance through SOP Co-Production, JDR, in print. (査読有)
立木茂雄、災害関連死はなぜ上振れしたのか：社会基盤×行政基盤の二重脆弱性からの社会学的考察（特集 能登半島地震の災害から学ぶべきこと 第7回）看護（日本看護協会機関誌），77（15），2025年11月20日，75-79。（招待論文）
本庄 雄一，立木 茂雄，青田 良介，紅谷 昇平、近年における事前防災対策による自然災害被害の低減効果の実証分析、地域安全学会論文集、47、129-137、 https://doi.org/10.11314/jisss.47.129 (査読有)

学術論文 合計（ 4 ） 編

シンポジウム・講演会・セミナー等の開催、発表			
開催年月日	2026/3/31	開催都市	東京都江東区
イベント名称	2026年度連合重要政策討論集会	主催者	連合
実施概要	2026年度連合の重要政策討論集会にて能登半島地震における災害関連死の上振れの原因が過疎化・超高齢化による行政基盤、社会基盤の脆弱性にあること、解決の方向性について基調講演を行った。		
開催年月日	2026/1/12	開催都市	エクアドル・キト市
イベント名称	JICA事業成果報告会	主催者	エクアドル人間開発省
実施概要	5年間にわたるJICAのODA案件（エクアドル共和国におけるインクルーシブ防災(i-BOSAI)の能力開発）に関する最終報告会を実施した。		
開催年月日	2026/1/14	開催都市	エクアドル・マンタ市
イベント名称	i-BOSAIの横展開に関するセミナー	主催者	エクアドル人間開発省
実施概要	エクアドル共和国津波防災まちづくりプロジェクト市担当自治体の防災と福祉担当者を対象に、i-BOSAIの7ステップSOPを各ステップの業務フロー図をもとにセミナー実施		

合計（ 3 ） 件

被災地、または災害が想定されている地への貢献（国内外）			
実施年月日	2025/7/4～2026/3/19	フィールド	宮崎県木城町
活動の名称	木城町におけるインクルーシブ防災実装のための体制構築・人材開発		
活動内容	木城町におけるインクルーシブ防災実装のための体制構築・人材開発に向けて4回の現地指導ならびに毎月のオンラインコンサルテーションを実施した。		

合計（ 1 ） 件

国際交流			
実施年月日	2025/5/1～5/2	相手方機関	Dalhousie University
交流活動の名称	From Impact to Action: Building A Culture of Disaster Resilience: An International Symposium		
学術交流・打合せ	日・米・加の防災と福祉の専門家による学際的な災害レジリエンス研究に関する学術ワークショップにて日本の個別避難計画作成努力義務化に係わるSOPをテーマに報告を行った。		
実施年月日	2025/7/16	相手方機関	University of Colorado, Boulder
交流活動の名称	Annual Natural Hazards and Applications Wrokshop		
学術交流・打合せ	NHWSの「災害研究の国際的視点」セッションにて、個別避難計画作成のSOPを中心に、インクルーシブ防災の日本における展開状況を報告した。		
実施年月日	2025/9/15～9/25	相手方機関	エクアドル共和国人間開発省
交流活動の名称	JICA国別研修「エクアドル共和国におけるインクルーシブ防災の技術移転・能力開発		
フィールドワーク	エクアドル共和国でインクルーシブ防災事業を実装化した4自治体および福祉と防災の官庁の職員を大分県別府市、宮崎県木城町、滋賀県高島市に引率し、現地自治体職員と、個別避難計画作成SOPを中心に相互学習の機会を提供した。		

合計（ 3 ）件

2025年度 災害レジリエンス共創研究プロジェクト

研究課題名	水害時における人口変動の要因解析・再現モデル構築による避難シミュレーションの精緻化に関する研究	研究課題	1-DT
研究代表者氏名	山下 慎二	職名	研究員
所属機関等	日本工営株式会社 中央研究所		

研究組織（○：災害研担当教員）	
氏名	所属機関名
山下 慎二	日本工営株式会社 中央研究所 技術開発センター
森田 格	日本工営株式会社 中央研究所 技術開発センター
○ Mas Erick	災害科学国際研究所 災害ジオインフォマティクス研究分野
○ 永田 彰平	災害科学国際研究所 災害レジリエンス共創センター
○ 越村 俊一	災害科学国際研究所 災害ジオインフォマティクス研究分野

期間	2025年6月1日 ～ 2026年3月31日	配分額	800,000 円
----	------------------------	-----	-----------

研究の概要
<p>本研究では、防災気象情報の人口変動への影響把握、及び人口変動の要因特定を行い、水害時における人口変動の再現モデルを構築する。複数の水害事例や自治体のデータを使用することでモデルの汎用化を行う。再現モデルを活用して避難シミュレーションの入力条件を設定することで、分析結果の妥当性向上を目指す。</p>

研究の具体的な成果・波及効果
<p>前年後ではDIDから推計した流動量（＝避難者数：図1）を用いて、流動量予測モデルを試作したが十分な精度を得られなかった。今年度は、DIDから推計した流動量の妥当性検証のため、避難所別避難者数データを収集し、データが得られた避難所のみで推計流動量の精度を検証した（図2）。結果、避難者数と流動量の相関は高いものの、RMSEや平均絶対誤差が大きいことが判明した（図3, 4）。そのため、DIDから推計した流動量を避難者数と解釈できないと判断し、代替手法として、避難者以外も含む災害時の包括的な流動を深層学習を用いて予測することを検討した。次年度では、この手法を開発し、予測結果を避難シミュレーションに連携することで条件設定の妥当性改善を目指す。</p>

図表

警戒レベル4の発令
(15:20)に伴って発生した避難人数と解釈

例) 丸森町での避難発令:
14:00(警戒レベル3)、
15:20(警戒レベル4)、
19:50(警戒レベル5)

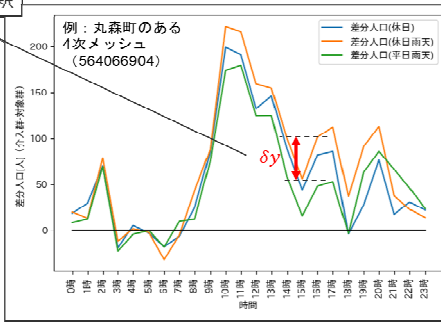


図1 DIDのイメージ

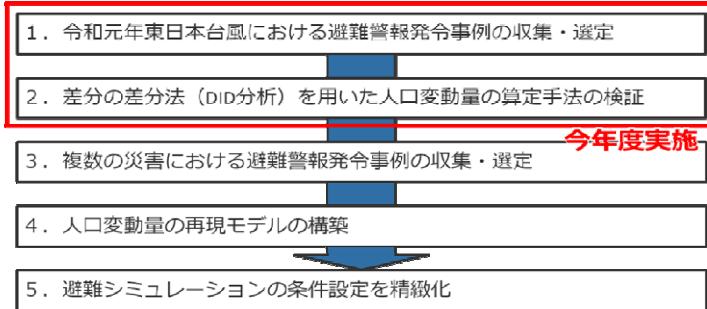


図2 分析フロー

都道府県	市町村	地区名	4_避難勧告	4_避難指示	5_災害発生情報	合計 (推計避難者数)	避難者数 (公表値)	
宮城県	角田市	全域	165	165	0	331	531	
栃木県	宇都宮市	姿川流域	7	42	0	50	126	
		田川流域	245	232	0	478	417	
	栃木市	巴波川流域	13	0	142	155	349	
		永野川流域	0	0	35	35	175	
福島県	いわき市	赤津川流域	45	186	78	308	327	
		その他	1,389	1,345	0	2,734	5662	
		四倉地区	59	56	0	115	235	
		大久地区	32	66	0	98	219	
	郡山市	好間地区	14	7	0	20	441	
		常磐地区	232	138	0	370	411	
	須賀川市	谷田川流域	0	56	73	129	545	
		阿武隈川流域	181	373	0	554	1967	
	長野県	長野市	大東地区	0	77	0	77	50
			釈迦堂川流域	214	76	0	290	82
阿武隈川流域			63	42	0	105	38	
大岡地区			5	0	0	5	14	
大豆島地区			8	0	0	8	10	
朝陽地区			7	0	23	29	13	
長野市	松代地区	119	245	0	364	1981		
	篠ノ井地区	101	95	0	196	1954		
	若穂地区	35	93	0	128	284		
	豊野地区	42	182	385	609	708		
	合計		2,976	3,476	735	7,188	16,539	
平均		129	151	32	313	719		

図3 検証結果 (地域別の比較結果)

RMSE : 856
相関係数 : 0.91
平均絶対誤差率 : 70%

図4 検証結果 (評価指標)

成果として発表した論文

山下・マス・越村・永田・森田、モバイル空間統計を活用した水害時の避難者数推計に関する研究、第34回地理情報システム学会学術研究発表大会予稿集、2025年 (査読なし)

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/gisa2025/presentation/D5-03>

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/gisa2025/presentation/P2-05>

2025 Disaster Resilience Co-Creation Research Project

Research Title	Development and Application of Geospatial Digital Twins to Enhance Tsunami Disaster Response	Research Topic	1-DT
Name	Bruno Adriano	Job Title	
Affiliation	International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS)Tohoku University	Associate Professor	

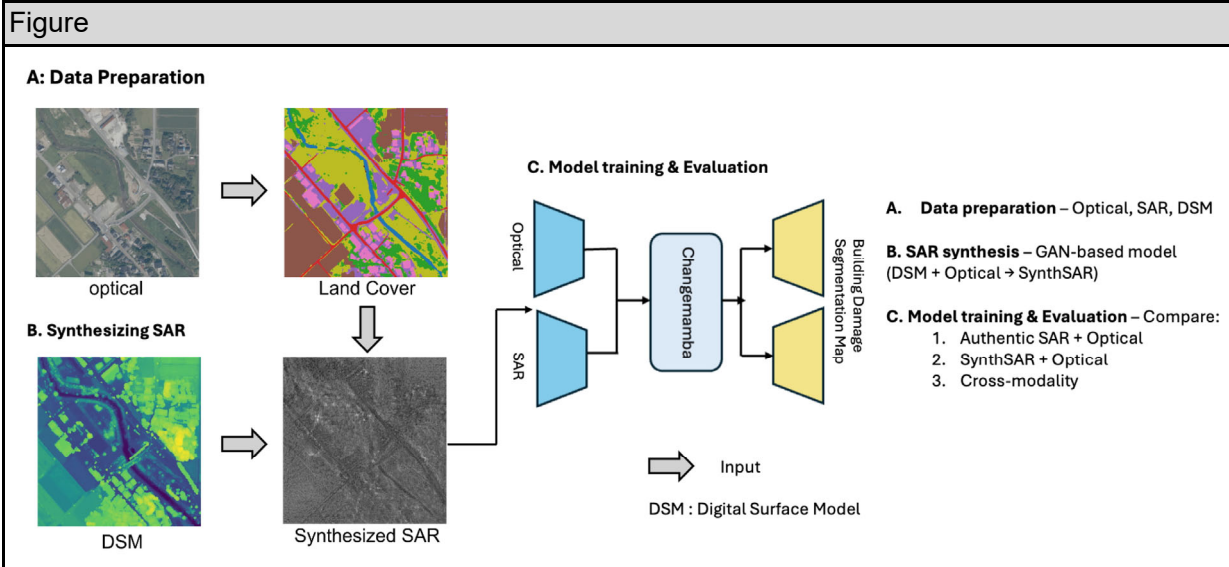
Research members (Select "○" for faculty member in charge at IRIDeS)	
Name	Affiliation
<input type="radio"/> Bruno ADRIANO	International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University
Gerald BAIER	Synspective Inc.
Junshi XIA	RIKEN Center for Advanced Intelligence Project
Wei YUAN	International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University
Shunichi KOSHIMURA	International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University

Research Period	June 1, 2025 to March 31, 2026	Budget Amount	700,000
-----------------	--------------------------------	---------------	---------

(JPY)

Brief Description of Research Outline
<p>This research develops and evaluates a Geospatial Digital Twin (GDT) framework tailored to tsunami disaster risk management, thereby improving preparedness and response efforts. The methodology leverages state-of-the-art machine learning techniques alongside remote sensing technologies, specifically Synthetic Aperture Radar (SAR) and Light Detection and Ranging (LiDAR).</p>

Concrete outcomes and social impacts of this research
<p>A primary scientific outcome, detailed in the MDPI Remote Sensing publication, is the successful integration of GAN-generated SAR and optical imagery to map building damage. The study demonstrated that pre-disaster SAR imagery synthesized with GANs can effectively substitute for authentic SAR data in damage classification. Using advanced AI architectures such as U-Net, the researchers accurately delineated land cover and extracted critical infrastructure features, generating reliable segmentation maps. Furthermore, the technology's practical applicability was validated during the Noto Peninsula Tsunami, as documented in the Ocean Engineering publication. By deploying a subset of the developed machine-learning and remote-sensing frameworks, researchers rapidly mapped tsunami-induced damage in the affected regions. This real-world application demonstrated the framework's operational effectiveness in delivering actionable data to emergency responders.</p> <p>The societal impact of this research is profound. By simulating multi-scenario tsunami events within the GDT, the technology enables bidirectional interaction between physical and virtual environments to identify vulnerable zones and safer areas. Initially focused on the highly vulnerable Tanesaki Peninsula in Kochi City near the Nankai Trough, the methodology provides a scalable framework to improve global disaster preparedness. Ultimately, these innovations empower policymakers and emergency response teams to make data-driven decisions for urban planning, risk mitigation, and rapid post-disaster recovery, significantly enhancing overall community resilience.</p>



Publications

C.Y. Ho, B. Adriano, G. Baier, E. Mas, S. Wiguna, M. Koch, S. Koshimura, 2025, "Integrating GAN-Generated SAR and Optical Imagery for Building Damage Mapping," Remote Sensing, vol. 18(1), pp. 134. DOI:10.3390/rs18010134 (peer-reviewed)

B. Adriano, H. Gokon, A. Mizutani, E. Mas, S. Koshimura, 2025, "Understanding the relationship between building damage and tsunami inundation due to the 2024 Noto Peninsula Earthquake," Ocean Engineering, vol. 340(1), pp. 122179, DOI: 10.1016/j.oceaneng.2025.122179 (peer-reviewed)

R. Nagato, I. Karrel San Jose, S. Wiguna, R. Kametaka, B. Adriano, E. Mas, S. Koshimura, 2025, "Comparative Analysis of PALSAR-2 and Geographical Features for Mapping Urban and Non-Urban Flooded Areas," Journal of Disaster Research, vol. 21(1), pp. 201-21, DOI: 10.20965/jdr.2026.p0201 (peer-reviewed)

Total Publications (3)

Symposium, Seminars and Workshops related to this study.

Event Date	2025/10/5-9	Host City	Shimane
Conference Name	The 9th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR 2025)		
Organizers	IEEE Geosciences and Remote Sensing Society (GRSS)		
Overview	Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR) is an international conference devoted to SAR technology development and applications.		

Total events: (1)

International Activities (Not necessary if you described already in the previous sections)

Date	2026/2/20	Partner Institution	Western Sydney University
Activity Name	Invited special seminar		
Invitation of Researchers	In this seminar, we presented the technologies developed in this research and their application to tsunami and flood damage mapping		

Total activities:(1)