

ベルモント・フォーラム
災害リスク低減とレジリエンス
終了報告書 概要

- 研究課題名：「スマートシティー技術によるレジリエントな社会
：超高分解能の地震リスク評価」
- 研究期間：令和2年4月～令和6年3月
- 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	平田 直	名誉教授/特任研究員	東京大学地震研究所	WP(2) WP(3)
主たる共同研究者	田村 圭子	教授	新潟大学 危機管理本部 危機管理センター	WP(3)
研究参加者	酒井 慎一	教授	東京大学地震研究所/情報学環	WP(2)
研究参加者	鶴岡 弘	准教授	東京大学地震研究所	WP(2)
研究参加者	長尾 大道	准教授	東京大学地震研究所	WP(2)
研究参加者	井ノ口 宗成	准教授	富山大学学術研究部 都市デザイン学系	WP(3)
研究参加者	古屋 貴司	リサーチフェロー	東京大学生産技術研究所 目黒研究室	WP(2)
研究参加者	郡司 文彦	協力研究員	東京大学生産技術研究所 目黒研究室	WP(2)
研究期間中の全参加研究者数			10名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Ma Kuo-Fong	Professor	Institute of Geophysics, National Central University	WP(2)
主たる共同研究者	Yousef Bozorgnia	Professor	Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of California, Los Angeles	WP(1)
研究参加者	Matthew Charles Gerstenberger	Principal Scientist	Earth Structure and Processes, GNS Science	WP(1) WP(3)
研究参加者	Warner Marzocchi	Professor	Dept. of Earth, Environmental, and Resources Sciences, DiSTAR, University of Naples	WP(3)
研究参加者	Danijel Schorlemmer	Senior Researcher	GFZ Potsdam Earth Science	WP(1) WP(2)
研究期間中の全参加研究者数			20名	

4. 国際共同研究の概要

わが国は、1995年の阪神・淡路大震災の後に地震の観測を非常に強化し、現在では、陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）や首都圏地震観測網（MeSO-net）など世界で最も観測網が充実した国となった。それでも、気象庁から発表される震度情報は、数 km 毎に1つという密度で、建物一棟一棟毎の揺れは把握されていない。実際には、地震による揺れは、数百m離れると、地盤の強弱によって異なり、さらに、建物の種類、階数によっても大きく変わっており、揺れによる被害も建物毎に異なる。

社会の地震災害に対する防災力（レジリエント力）を高めるには、まず地震災害の自然現象としての「社会への外力（ハザード）」と被害の空間的・時間的分布を把握する必要がある。とりわけ、社会経済活動の中核として、都市機能、人口が集中する首都圏では、こうした技術の開発が必要とされている。

現況の地震観測体制で得られるデータは、空間的には各 5 kmに一地点程度であり、これを安価な地震計を用いて、またすでに運用されている高品質の観測データから補完することにより高密度な観測を行うことで、各地点、建物にピンポイントな地震観測と災害対応を実現することを目的としている。さらに、得られた揺れ（震度など）の空間分布から適切な防災行動に結びつける標準手順を確立させ、我が国、そして世界のレジリエンス力向上に寄与するものである。

本研究は、スマート社会技術を用いて地表と建物の揺れを高密度で測定することで、地震ハザードとリスクを可視化し、社会の災害リスクの低減とレジリエントな社会の創出を目指したものである。台湾、米国、日本のほか、ニュージーランド、イタリア、ドイツの専門家らが、次の3つのワーキングパッケージを構成して、研究活動を行った。

WP（1）都市圏における損失・影響度シナリオの研究開発

WP（2）高密度観測に基づく地表・建物内における観測器及び建物応答モデル開発

WP（3）、産官学民連携に関する先行事例・研究成果のアウトリーチ活動

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

国際共同研究を通じて、市民参加型地震学への関心が高まり、その重要性が広く認識された。市民の参加により、現行よりも密度の高い地震観測が可能となり、防災意識の向上にも寄与することが示された。しかし、地震計で得られる情報の公開と活用には、個人情報保護の観点などから地域住民の同意を得ることが難しいという課題が共通して存在する。

5-2 国際共同研究による相乗効果

COVID-19の影響で、当初計画されていた米国でのワークショップの中止や研究者の派遣・受け入れが制限され、人的交流の相乗効果は限定的であった。しかし、2021年度には各国の研究者がオンラインで毎月合同ミーティングを実施し、積極的に意見交換を行った。2023年度には対面での会議を台湾で開催し、直接的な交流が再開された。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

2023年5月のAGUとJPGUの共同大会では、地震学のセッションではなく「From outreach to knowledge co-creation: Advancing inclusive community engagement in Geoscience」というユニオンセッションが開催され、インクルーシブな発表が広く支持され議論が進んだ。このセッションは国際的な研究成果の発信として社会に大きな影響を与えた。また、台湾でのワークショップでは、今後のホワイトペーパー作成について合意が得られ、さらなる研究の推進が期待されている。台湾との研究交流が進展し、2023年4月にはアジア防災会議での招待講演、8月には民間IoT台湾タスクフォースとの会合での発表が行われた。米国側では、本プロジェクトに関する特集号の作成が検討されている。

Belmont Forum
Disaster Risk, Reduction and Resilience
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Resilient societies through smart-city technology:
Assessing earthquake risk in ultra-high resolution」
2. Research period : April 2002 ~ March 2024
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Naoshi HIRATA	Emeritus Professor/ Project Researcher	Earthquake Research Institute, The University of Tokyo	WP(2) WP(3)
Co-PI	Keiko TAMURA	Professor	Risk Management Office, Headquarters for Risk Management, Niigata University	WP(3)
Collaborator	Shinichi SAKAI	Professor	Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo	WP(2)
Collaborator	Hiroshi TSURUOKA	Associate Professor	Earthquake Research Institute, The University of Tokyo	WP(2)
Collaborator	Hiromichi NAGAO	Associate Professor	Earthquake Research Institute, The University of Tokyo	WP(2)
Collaborator	Munenari INOUCI	Associate Professor	Faculty of Sustainable Design, University of Toyama	WP(3)
Collaborator	Takashi FURUYA	Research Fellow	Meguro Lab., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo	WP(2)
Collaborator	Fumihiko GUNJI	Associate Research Fellow	Meguro Lab., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo	WP(2)
Total number of participants throughout the research period:				Number

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Ma Kuo-Fong	Professor	Institute of Geophysics, National Central University	WP(2)
Co-PI	Yousef Bozorgnia	Professor	Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of California, Los Angeles	WP(1)
Collaborator	Matthew Charles Gerstenberger	Principal Scientist	Earth Structure and Processes, GNS Science	WP(1) WP(3)
Collaborator	Warner Marzocchi	Professor	Dept. of Earth, Environmental, and Resources Sciences, DiSTAR, University of Naples	WP(3)
Collaborator	Danijel Schorlemmer	Senior Researcher	GFZ Potsdam Earth Science	WP(1) WP(2)
Collaborator				
Total number of participants throughout the research period:				20

4. Summary of the international joint research

Following the devastating Great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995, Japan made significant strides in bolstering its earthquake monitoring infrastructure. Today, the nation boasts some of the most advanced observation networks globally, including the Marine and Land Integrated Data System for Earthquakes and Tsunamis (MOWLAS) and the Metropolitan Seismic Observation Network (MeSO-net). Despite these advancements, the seismic intensity data provided by the Japan Meteorological Agency lacks granularity, often reporting at intervals of several kilometers, failing to capture the nuanced shaking experienced by individual buildings. This variation arises from factors like differences in ground strength and building characteristics, highlighting the need for more precise observation methods. Understanding earthquake hazards and the spatial and temporal distribution of resulting damage is crucial, particularly in densely populated areas like the Tokyo metropolitan region, where socio-economic activities are concentrated. Enhancing earthquake resilience requires augmenting current observation systems, supplementing them with affordable seismometers to enable high-density monitoring. By establishing standard procedures to link shaking data to disaster prevention actions, Japan aims to bolster both its own resilience and that of the global community.

This research aims to visualize earthquake hazards and risks by densely measuring ground and building vibrations using smart social technologies, thereby reducing disaster risks and creating a resilient society. Experts from Taiwan, the United States, Japan, New Zealand, Italy, and Germany collaborated on the following three working packages:

- WP(1): Research and development of loss and impact scenarios in urban areas
- WP(2): Development of observation instruments and building response models based on high-density observations in and around buildings
- WP(3): Outreach activities related to best practices and research outcomes concerning collaboration between industry, government, academia, and civil society

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

International collaborative research has increased interest in citizen seismology, and its importance has been widely recognized. Citizen participation has made it possible to achieve higher-density earthquake observations than currently possible and has been shown to contribute to raising disaster awareness. However, a common challenge is obtaining the consent of residents for the disclosure and utilization of information obtained from seismometers due to concerns about personal data protection.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Due to the impact of COVID-19, the initially planned workshop in the United States was canceled, and the dispatch and acceptance of researchers were restricted, limiting the synergistic effects of personal exchanges. However, in the 2021 fiscal year, researchers from various countries held joint online meetings monthly and actively exchanged opinions. In the 2023 fiscal year, an in-person meeting was held in Taiwan, and direct exchanges resumed.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

At the joint conference of AGU and JPGU in May 2023, a union session titled "From outreach to knowledge co-creation: Advancing inclusive community engagement in Geoscience" was held instead of a traditional seismology session. This inclusive presentation was widely supported and fostered significant discussion. The session had a substantial impact on society by disseminating international research findings. At the workshop in Taiwan, there was an agreement to create a white paper, which is expected to advance research further. Collaboration with Taiwan has progressed, evidenced by an invited lecture at the Asia Disaster Prevention Conference in April 2023 and a presentation at a meeting with the private IoT Taiwan Task Force in August. Creating a particular issue related to this project is under consideration on the U.S. side.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

* 原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 0 件

・ 査読有り：発表件数：計 0 件
該当なし

・ 査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

* 原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームのけ論文）：発表件数：計 4 件

・ 査読有り：発表件数：計 4 件

1. K. Tamura and M. Inoguchi, "DETECTING WORKLOAD PATTERNS OF LIFE RECONSTRUCTION TASKS IN THE URBAN DISASTERS -A Case Study of Ibaraki City at 2018 Osaka Northern Earthquake -", *17Wcee*, 2021, C001913,
2. M. Inoguchi and K. Tamura, "ISSUES AND EXPLOIT POSSIBILITY OF IMAGES TAKEN BY DRONES FOR DETECTING ROOF DAMAGE -A Case Study of Murakami City at 2019 Yamagata-oki Earthquake-", *17Wcee*, 2021 10a-0021,
3. Takashi Furuya and Naoshi Hirata, "Interdisciplinary and industry-academia collaboration research for enhancing social resilience to natural disasters in the Tokyo metropolitan area - DEKATSU activity -", *Journal of Disaster Research* 2021 Vol.16 No.4, pp. 676-683, DOI: 10.20965/jdr.2021.p0676
4. M. Inoguchi, "Development of Cloud-Based Support Tools for Effective Evacuation Focusing on Time-Phase from Pre-Registration to Post-Incident Response to Improve Literacy for Disaster Resilience", *Journal of Disaster Research*, 2024, Vol.19 No.1, pp. 56-71, 10.20965/jdr.2024.p0056

・ 査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

* その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件
該当なし

* その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 0 件
該当なし

2. 学会発表

* 口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 9 件（うち招待講演：2 件）

1. Hiroshi Tsuruoka, Danijel Schorlemmer, Naoshi Hirata, Fumihiko Gunji, "Seismic Motions on different floors by the 2021 February 13th Fukushima-oki Earthquake", *JpGU*, 2021, Online, June 4th
2. Kuo-Fong Ma, Naoshi Hirata, Yousef Bozorgnia, "Belmont Forum DR3 RESIST", *Sustainability Research&Innovation Congress 2022 – SRI2022*, 2022, Pretoria, South Africa and Online, June 21th

3. 平田 直, 古屋 貴司, 鶴岡 弘, Danijel Schorlemmer, "コンセント差し込み方式小型地震計による室内震度計測実験", *日本地震学会2022年秋季大会*, 北海道, 2022年10月24日
4. Naoshi Hirata, Dnijel Shorlemmer, Hiroshi Tsuruoka, Takashi Furuya, "Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology", *Round-Table Workshop On Leveraging Low-Cost Seismic Networks In Building Resilient Cities & Infrastructures*, 2023, Taipei, March 20th
5. Hiroshi Tsuruoka, Naoshi Hirata, Dnijel Shorlemmer, Takashi Furuya, "Development of web and questionnaire system using small seismometer", *Round-Table Workshop On Leveraging Low-Cost Seismic Networks In Building Resilient Cities & Infrastructures*, 2023, Taipei, March 20th
6. Takashi Furuya, Hiroshi Tsuruoka, Naoshi Hirata, Dnijel Shorlemmer, "Survey research on changes in disaster prevention awareness and behavior of residents by their perception of indoor seismic intensity", *Round-Table Workshop On Leveraging Low-Cost Seismic Networks In Building Resilient Cities & Infrastructures*, 2023, Taipei, March 21st
7. Naoshi Hirata, Danijel Schorlemmer, Hiroshi Tsuruoka, Takashi Furuya, Hiromichi Nagao, "Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology", *ICGG: International Union of Geodesy and Geophysics*, Berlin, Germany, 20 July 2023
8. Takashi Furuya, Naoshi Hirata, Hiroshi Tsuruoka, Danijel Schorlemmer, Hiromichi Nagao, "Survey of Residents' Disaster Preparedness Awareness Regarding their Perception of Indoor Seismic Intensity", *Fifth Asian Conference on Urban Disaster Reduction*, 2024, Taipei, April 27th

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計4件（うち招待講演：1件）

1. K. Tamura and M. Inoguchi, "DETECTING WORKLOAD PATTERNS OF LIFE RECONSTRUCTION TASKS IN THE URBAN DISASTERS -A Case Study of Ibaraki City at 2018 Osaka Northern Earthquake -", *17Wcee*, 2021, Japan (Web), Sep30th
2. M. Inoguchi and K. Tamura, "ISSUES AND EXPLOIT POSSIBILITY OF IMAGES TAKEN BY DRONES FOR DETECTING ROOF DAMAGE-A Case Study of Murakami City at 2019 Yamagata-oki Earthquake-", *17Wcee*, 2021, 10a-0021, 2021 Japan (Web), Sep28th
3. Keiko Tamura, Munenari Inoguchi, "Development of training scenario design methods and training programs based on past earthquake disasters to improve high-level decision-making ability", *Round-Table Workshop On Leveraging Low-Cost Seismic Networks In Building Resilient Cities & Infrastructures*, 2023, Taipei (Online), March 21st
4. Naoshi Hirata, "Disaster Prevention Education and Smart Application in Japan", *2023 Asia Disaster Prevention Forum: Building Disaster Resilience through Civil Preparedness under Uncertainty*, 2023, Taipei (Online), April 26th
5. Naoshi Hirata, "Disaster Prevention Education and Smart Application in Japan", *Meeting with the Civil IoT Taiwan Task Force*, 2023, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, August 10th

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計2件

1. Takashi Furuya, Keiko Tamura, Danijel Schorlemmer, and Naoshi Hirata, "Interdisciplinary and industry-academia collaboration research for resilient society in the Tokyo metropolitan area, DEKATSU Activity", *JpGU*, 2021, Online, Jun 4th
2. Naoshi Hirata, Danijel Schorlemmer, Hiroshi Tsuruoka, Takashi Furuya, Hitomichi Nagao, "Affordable Smart Sensor Deployments in the Tokyo Area: New Means of Communicating Earthquake Risk and Chances for Seismology", *JpGU*, 2023, Chiba, May 24th

＊ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 0 件

該当なし

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. 防災科学技術研究所(NIED) 災害レジリエンス共創研究会①「産学官民連携プラットフォーム活動①防災科研 x 「I ーレジリエンス」 何ができるか」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、NIED 東京会議室及び Zoom、東京、日本、2022/5/31、参加人数 50 名程（対面）およびオンライン多数
2. 防災科学技術研究所(NIED) 災害レジリエンス共創研究会②「産学官民連携プラットフォーム活動②企業データ×防災科研気象データ 重ね合わせで何ができるか」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、NIED 東京会議室及び Zoom、東京、日本、2022/9/6、参加人数 50 名程（対面）およびオンライン多数
3. 防災科学技術研究所(NIED) 災害レジリエンス共創研究会③「産学官民連携プラットフォーム活動③自治体×防災科研 データ連携による意思決定支援」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、NIED 東京会議室及び Zoom、東京、日本、2022/11/22、参加人数 50 名程（対面）およびオンライン多数
4. 防災科学技術研究所(NIED) 災害レジリエンス共創研究会④「産学官民連携プラットフォーム活動④防災科学技術 x ファイナンス 何ができるか」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、NIED 東京会議室及び Zoom、東京、日本、2023/3/14、参加人数 50 名程（対面）およびオンライン多数
5. 災害対応研究会「研究者・実務者によるアウトリーチ活動に対する事例収集③・ヒアリング②」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、大阪市関電ビル、大阪、日本、2023/5/18～2、参加人数 50 名程（対面）およびオンライン多数
6. 巨大災害研究会「研究者・実務者によるアウトリーチ活動に対する事例収集⑤・ヒアリング③」、担当者：田村圭子（新潟大学/NIED クロアポ・教授）、関西大学東京センター、東京、日本、2023/5/18～2、参加人数 40 名程（対面）およびオンライン多数

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング（オンライン）】

各国のチームメンバーを交えて zoom ミーティングを開催した。

- ・ 2020/6/24 : Virtual Belmont Forum Kick-off
- ・ 2021/5/20 : 台湾・日本、契約締結された米国の 3 か国の進捗状況の共有と意見交換等
- ・ 2021/7/20 : 日本とニュージーランドからの話題提供をもとにディスカッションを行った。
（平田「Seismic Monitoring on different floors and locations: indoor measurement by QuakeSaver System」）
- ・ 2021/8/26 : 米国と日本からの話題提供をもとにディスカッションを行った。（田村「How

can the detailed information of seismic intensity help the disaster response?」)

- 2021/9/28：米国からの話題提供をもとにディスカッションを行った。
- 2021/10/26：12NCEE や 17WCEE での発表、および次月以降のプレゼン候補トピックについて検討を行った。
- 2021/11/30：日本とニュージーランドからの【High-resolution simulation risk management】にかかる話題提供をもとにディスカッションを行った。(井ノ口「How to transfer the experience in past disaster to other areas as a scenario for disaster response drill.」)
- 2022/1/25：中国と米国からの【Emergency Management】にかかる話題提供をもとにディスカッションを行った。
- 2022/2/22：日本とニュージーランドからの【Structural-Health Monitoring】にかかる話題提供をもとにディスカッションを行った。(楠ら「The current situation of the structural health monitoring system in Japan as a rapid inspection」)
- 2022/3/22：Physical or virtual conference of RESIST in 2022 等、次年度大会での発表等について検討を行った。

【合同ミーティング（対面中心）】

各国のチームメンバーを交えて対面およびオンラインで開催した。

1. Round-Table Workshop On Leveraging Low-Cost Seismic Networks In Building Resilient Cities & Infrastructures、主催者：MA Kuo-Fong（国立中央大学・教授）、Hall 1004, RCEC Building, Academia Sinica, Taipei, Taiwan、2023 年 3 月 20 日～21 日、参加人数 40 名程およびオンライン多数

【学生・研究者の派遣、受入】

- 2020 年 10 月～2021 年 1 月：相手国側研究員を日本側研究機関に 3 か月間受け入れた。
- 2021 年 9 月～2021 年 11 月：相手国側研究員を日本側研究機関に 2 か月間受け入れた。
- 2022 年 12 月～2023 年 1 月：相手国側研究員を日本側研究機関に 2 か月間受け入れた。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：1 件

6. 受賞・新聞報道等

該当なし

7. その他

【市民向けアウトリーチ活動】

- 2021 年 9 月 29 日：17WCEE(17th World Conference on Earthquake Engineering)、特別セッション"DEKATSU" the Consortium of Data and Service Collaboration among Private Companies and Academic Institutions for Tokyo Metropolitan Resilience Project (Chair: Prof. Hirata) が採択され、120 分にわたるプログラムの中で複数の関係者が発表を行った。
- 2023 年 4 月 26 日：2023 Asia Disaster Prevention Forum の Building Disaster Resilience through Civil Preparedness under Uncertainty セッションにて、PI の平田が本プログラムの国際共同研究を紹介した。(平田「Disaster Prevention Education and Smart Application in Japan」)、Taipei (Online)