

カフラマンマラシュ（トルコ南東部）地震関連
国際緊急共同研究・調査支援プログラム（J-RAPID）
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「東アナトリア断層系で生じた 2023 年カフラマンマラシュ地震の長期予測の検証調査」
2. 研究期間：2023 年 8 月～2024 年 7 月
3. 主な参加研究者名：

日本側

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	近藤久雄	主任研究員	産業技術総合研究所	総括, 野外調査, DEMによる分析, 長期予測の検証
共同研究者	北島弘子	准教授	Texas A&M大学	野外調査, 室内分析, 長期予測の検証
共同研究者	加瀬祐子	主任研究員	産業技術総合研究所	長期予測の検証
共同研究者	今西和俊	副研究部門長	産業技術総合研究所	長期予測の検証
研究期間中の全参加研究者数			4名	

相手側

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Selim Özalp	Head of Geological Department	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	総括, 野外調査, DEMによる分析, 長期予測の検証
共同研究者	Hasan Elmaci	Researcher	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	総括, 野外調査, 長期予測の検証
共同研究者	Ersin Özdemir	Coordinator	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	総括, 野外調査, 長期予測の検証
研究期間中の全参加研究者数			3名	

4. 共同研究調査の目的

本共同研究は、2023 年地震前に可能であった長期予測と実際に生じた地震像を比較し、長期予測や手法の妥当性を検証するとともに、評価の課題を浮き彫りにして予測手法を改良することを目的とする。特に、緊急性が高いと考えられる 2014 年トレンチの再掘削調査、累積横ずれ変位計測のための 3D トレンチ調査を中心に、長期予測手法の検証と地震発生ポテンシャル評価に関する古地震調査研究を実施する。本プロジェクトは、2022 年から現在

も遂行する GSJ-MTA 共同研究「東アナトリア断層系の古地震調査研究」をさらに発展・加速化させ、(1) 2023 年地震の発生前における長期予測の整理、(2) 2014 年トレンチの再掘削調査による変位履歴の解明、(3) 3D トレンチ調査に基づく累積変位計測、(4) 長期予測の検証と予測手法の高度化を実施する。これらを通じて、両国の地震ハザード評価や評価／調査技術水準の改良と発展へ寄与することが可能と期待される。

5. 共同研究調査の成果

5-1 共同研究調査の成果、今後の展開見込、社会への波及効果

- ・主要な目的である 2014 年トレンチの再掘削調査では、国際的な競争の下、世界に先駆けて速やかに緊急トレンチ調査を実施することができた。

- ・今回のトレンチ調査では、2014 年当時のグリッド・釘・糸が埋め戻したトレンチに残存していたことにより、2014 年当時と 2023 年地震後のトレンチ壁面を cm オーダーで比較検討することができた。地震前後のトレンチ壁面と断層構造の比較自体は世界で 3 番目の例であるが、その中でも最も高精度な比較ができたものであり、当初の目的や期待以上の成果となった。

- ・トレンチ調査の結果、これまで未解明であった東アナトリア断層系の大地震の平均再来間隔は過去約 3000 年間で 650～690 年であることを世界に先駆けて示すことができた。これは、東アナトリア断層系で初めて具体的な古地震学的データに基づくものであり、その他の区間における東アナトリア断層系の地震ハザード評価にとっても重要な新知見となる。

- ・2023 年 10 月に現地調査を実施した際、2023 年 2 月の地震に伴う地表地震断層は修復や復旧によって既に消失している場所が散見された。そのため、本事業を緊急で実施した意義が非常に高いことが確認された。

- ・本事業で新たに得られた東アナトリア断層系の活動間隔、最新活動時期、歴史地震との対比を総合し、地震前に遡って評価した結果、2023 年地震発生前の段階で 30 年以内の地震発生確率は最大 35%と試算された。この発生確率は、世界の活断層の地震発生確率と比較しても高い確率であり、日本の地震調査研究推進本部やアメリカの SCEC・UCERF3 などが実施する、活断層・古地震データに基づく大地震の長期予測と地震発生確率算出手法の妥当性を強く支持する結果となった。

- ・本事業の成果と地震後に公表された文献等から総合的に検討した結果、長期評価に必要な十分なデータが揃っていれば、事前に地震発生確率の算出は可能であった。しかし、破壊開始地点が東アナトリア断層系の分岐断層であった点、北東へ破壊が進展しつつ南西へも双方向へ進展した複雑な動的破壊過程、最終的な連動範囲と連動確率については、事前の評価が困難であった可能性もある。そのため、今後の長期予測手法の高度化へ向けて、評価に必要なデータや研究課題を明確にすることができた。

5-2 国際連携の成果

- ・カウンターパートの MTA とは 1999 年以降、持続的な研究協力関係を維持できており、日常的な研究交流によって緊急時にも迅速に国際共同研究の立案や応募、研究実施が可能であった。

- ・日本側が野外のトレンチ調査を単独で実施することは、言語、野外調査の安全・関連法令の遵守の観点から極めて困難であり、あらためて国際連携の重要性が確認できた。

- ・MTA にはトレンチ掘削調査技術やドローンを用いた微地形解析、iPad 等汎用性の高い LiDAR を用いた 3D トレンチのイメージングなど、野外調査技術の移転をおこなった。

6. 本研究調査に関連したワークショップ等の開催、主な口頭発表・論文発表・その他成果物（例：提言書、マニュアル、プログラム、特許）、受賞等（5件まで）

発表/ 論文/ 成果 物等	・主催したワークショップ、セミナーなど：名称、開催日 ・口頭発表：発表者名、タイトル、会議名 ・論文：著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・その他成果物（例：提言書、マニュアル、プログラム、特許）、 ・メディア
口頭 発表	近藤久雄・セリム オザルプ・ハサン エルマジ・タメル ドゥマン, 東アナトリア断層系における 2023 年 Mw7.8 地震とカルタル地点のトレンチ, 日本活断層学会 2023 年度秋季学術大会, 0-8, 2023.
口頭 発表	Kondo, H., S. Özalp, H. Kitajima, E. Özdemir, Can Guven, E. Tsukuda, Displaced pre-existing trenches by the 2023 Mw 7.8 earthquake on the East Anatolian fault system, Turkey, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024.
口頭 発表	Kitajima, H., Gomila, R., Tesei, T., Favero, M., Di Toro, G., Kondo, H., Özalp, S., Elmaci, H., and Özdemir, E. (2023), Frictional behaviors of the serpentine-rich East Anatolian fault rocks recovered from the Kartal trench site, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, T33D-0352, San Francisco, CA, December 11-15.
誌上 発表	近藤久雄, トルコ南部における活断層分布と地震時の変位, 日本地震工学会誌, 50, 7-10, 2023.
誌上 発表	近藤久雄, 地表地震断層に切断されたトレンチ: 2023 年トルコ・カフラマンマラシュ地震前の長期予測, 日本地球惑星科学連合ニュースレター, 20-1, 16-17, 2024.

International Urgent Collaborative Projects
Regarding the 2023 Southeastern Türkiye Earthquakes within the J-RAPID Program

1. Title of the Project : ” Verification study on long-term forecast of the 2023 Kahramanmaraş earthquake along the East Anatolian fault system “
2. Research/Investigation Period : 2023.8 ~ 2024.6
3. Main Investigators :

Japanese Team

	Name	Title	Affiliation	Project role
Principal Investigator	Hisao Kondo	Senior Researcher	Geological Survey of Japan (GSJ), AIST	Leader, Field work, DEM analysis, Verification of long-term forecast
Collaborator	Hiroko Kitajima	Associate Professor	Texas A&M University (Visiting researcher of AIST)	Field work, Laboratory experiment
Collaborator	Yuko Kase	Senior Researcher	Geological Survey of Japan (GSJ), AIST	Verification of long-term forecast
Collaborator	Kazutoshi Imanishi	Deputy Director	Geological Survey of Japan (GSJ), AIST	Verification of long-term forecast
Total Number of participating researchers in the project: 4				

Counterpart Team

	Name	Title	Affiliation	Project role
Principal Investigator	Selim Özalp	Head of Geological Department	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	Leader, Field work, DEM analysis, Verification of long-term forecast
Collaborator	Hasan Elmaci	Researcher	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	Field work, Verification of long-term forecast

Collaborator	Ersin Özdemir	Coordinator	General Directorate of Mineral Resource and Exploration, Turkey (MTA)	Field work, Verification of long-term forecast
Total Number of participating researchers in the project: 3				

4. Objectives and Challenges

The objective of this joint research is to compare long-term forecast before the occurrence of the 2023 Kahramanmaraş earthquake with the actual earthquake events, and to verify the long-term forecast and methodologies. Specifically, the project focuses on verifying long-term forecast methods and assessing earthquake potential through paleoearthquake investigations such as the re-excavation of the refilled trench worked in 2014 and 3D trench surveys for cumulative displacement measurements.

5. Results of the research/survey activities

5-1. Results of joint research. Expected future development, ripple effect on society

In the primary objective of re-excavating the 2014 trench, we were able to conduct an emergency trench investigation ahead of the world. During the trench survey, we could compare the trench walls firstly excavated in 2014 with those after the 2023 earthquake with centimeter-level accuracy. This comparison of trench walls and fault structures before and after the earthquake is the third example in the world, but it is the most precise among them.

As a result, we were able to show that the average recurrence interval of large earthquakes over the past 3,000 years is 650 to 690 years. This is the first time that such data has been based on specific paleoseismological evidence on the East Anatolian Fault System.

Based on the new findings regarding the recurrence interval, timing of the most recent event and correlation with historical earthquakes, we retrospectively evaluated the long-term forecast before the earthquake. The probability of an earthquake occurring within 30 years was estimated to be as high as 35% before the 2023 earthquake. This probability is high compared to those on other active faults worldwide and strongly supports the validity of long-term forecast and the probability calculation methods.

5-2. Added Value from International collaborative work

Since 1999, we have been able to keep a continuous research collaboration with our counterpart, MTA, allowing us to quickly plan, apply for, and carry out international joint research even in emergencies. It has been reaffirmed that conducting field trench investigations independently by the Japanese side would be extremely difficult due to language barriers, ensuring safety during fieldwork, and local compliance with related laws and regulations. This highlights the importance of international collaboration. We have transferred various field investigation techniques to Turkish side, including trench excavation techniques, microtopography analysis using drones, and imaging of 3D trench using digital tools such as LiDAR survey using iPads.

6. Organized workshops/seminars, presentations, papers and other deliverables

	• Organized workshop/seminar: Title, date • Presentation: Presenters, title, conference • Papers: Authors, title, journals, vol, page, publish year • Other deliverables: • Media
Oral Presentation	Kondo, H., S. Özalp, H. Elmaci, T. Duman, "The 2023 Mw 7.8 earthquake and trenches at Kartal site on the East Anatolian Fault System," 2023 Annual Fall Meeting of the Japanese Society for Active Fault Studies, 0-8, 2023.
Oral Presentation	Kondo, H., S. Özalp, H. Kitajima, E. Özdemir, Can Guven, E. Tsukuda, Displaced pre-existing trenches by the 2023 Mw 7.8 earthquake on the East Anatolian fault system, Turkey, JpGU Meeting 2024, 2024.
Oral Presentation	Kitajima, H., Gomila, R., Tesei, T., Favero, M., Di Toro, G., Kondo, H., Özalp, S., Elmaci, H., and Özdemir, E. (2023), Frictional behaviors of the serpentine-rich East Anatolian fault rocks recovered from the Kartal trench site, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, T33D-0352, San Francisco, CA, December 11-15.
Other Media	Kondo, H., "Distribution of active faults and earthquake-related displacements in southern Turkey," Bulletin of the Japan Association for Earthquake Engineering, 50, 7-10, 2023.
Other Media	Kondo, H., "Trenches displaced by surface ruptures: Long-term prediction before the 2023 Kahramanmaraş earthquake in Turkey," Japan Geoscience Union Newsletter, 20-1, 16-17, 2024.