

博士学位論文審査要旨

2022年7月19日

論文題目: Earthquake Geology of the Large Left-lateral Strike-slip Fault System at the Pacific and Australian Plate Margin, Eastern Indonesia
(東部インドネシアにおける太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に沿った長大左横ずれ断層帯の地震地質学)

学位申請者: ADI PATRIA

審査委員:

主査:	理工学研究科	教授	堤 浩之
副査:	理工学研究科	教授	林田 明
副査:	インドネシア国家研究開発局地球科学・海洋科学研究部門 地質災害研究センター	教授	Danny H. NATAWIDJAJA

要 旨:

東部インドネシアでは、太平洋プレートがオーストラリアプレートに対して約 120 mm/yr の速度で西に移動しており、その約 2/3 がスラウェシ島からニューギニア島に至る大規模な左横ずれ断層帯によって解消されている。この断層帯では、2018 年に M7.5、1899 年に M7.8 の大地震が発生しており、地震活動が非常に活発である。本論文では、この断層帯が陸域を通過するスラウェシ島やバンダ弧の島々において、デジタル標高モデルから作成した立体視可能な地形画像の解析や現地での地形調査・物理探査に基づいて、活断層の分布や変位速度を明らかにした。さらにトレンチ掘削調査により、活断層の活動履歴を解析した。これにより詳細な活断層分布図を作成すると共に、本断層帯の横ずれ変位速度が最大で約 45 mm/yr と、地球上で最も大きな変位速度を示す活断層帯のひとつであることが判明した。スラウェシ島東部に位置するマタノ断層は、最後の活動から約 200 年が経過しており、これは 190~270 年と見積もられた平均的な活動間隔にほぼ匹敵するため、地震の発生が切迫している可能性が高い。またバンダ弧の中心都市であるアンボン周辺にも多くの活断層が分布し、人口密集地での M7 クラスの地震の発生ポテンシャルが明らかとなった。本研究によって、地球上で最も活発な地殻変動が進行中の東部インドネシアのテクトニクスを定量的に理解するための実証的なデータが得られた。

以上のように、本論文は、東部インドネシアの活断層と地震活動に関する新たなデータを取得し、当地域の地震災害やテクトニクスの理解を飛躍的に進めた研究であり、地震地質学分野の発展に多大な貢献をなすものである。よって本論文は、博士(理学)(同志社大学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

総合試験結果の要旨

2022年7月19日

論文題目: Earthquake Geology of the Large Left-lateral Strike-slip Fault System at the Pacific and Australian Plate Margin, Eastern Indonesia
(東部インドネシアにおける太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に沿った長大左横ずれ断層帯の地震地質学)

学位申請者: ADI PATRIA

審査委員:

主査:	理工学研究科	教授	堤 浩之
副査:	理工学研究科	教授	林田 明
副査:	インドネシア国家研究開発局地球科学・海洋科学研究部門 地質災害研究センター	教授	Danny H. NATAWIDJAJA

要 旨:

本論文提出者は、本学大学院理工学研究科博士課程（後期）に在学中である。本論文の主たる内容は、Geoscience Letters, vol. 7 と Journal of Asian Earth Sciences, vol. 218 に掲載され、国際的に十分な評価を受けている。

2022年7月14日10時45分から約1時間半にわたり学術講演会が開催され、種々の質疑・討論が行われたが、提出者の説明により十分な理解が得られた。講演会終了後、審査委員により学位論文に関連した諸問題について口頭試問を実施した結果、十分な学力を確認できた。提出者は英語による論文発表・口頭発表を行っており、十分な語学能力を有すると認められる。よって、総合試験の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： Earthquake Geology of the Large Left-lateral Strike-slip Fault System at the Pacific and Australian Plate Margin, Eastern Indonesia
(東部インドネシアにおける太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に沿った長大左横ずれ断層帯の地震地質学)

氏名： ADI PATRIA

要旨：

Eastern Indonesia is a seismically active and rapidly deforming region due to convergence between the Eurasian, Australian, Philippine Sea, and Pacific plates. The ~120 mm/yr westward motion of the Pacific plate relative to the Australian plate has resulted in a left-lateral slip of ~80 mm/yr in eastern Indonesia. This slip is accommodated by a large left-lateral strike-slip fault system, extending from Papua to Sulawesi. Several damaging earthquakes occurred on this fault system, such as the 2018 M_w 7.5 Palu earthquake (~2,200 fatalities) and the 1899 M_w 7.8 Seram earthquake (~3,800 casualties). However, the lack of geologic information on the fault system, such as precise fault traces, geologic slip rates, paleoseismic history, and recurrence intervals of large earthquakes, has been a significant barrier to understanding the active tectonics and seismic hazard of this fault system. Thus, this research aims to improve the active fault map, uncover the faulting and seismic behavior, and reveal the regional active tectonics by investigating the earthquake geology of active faults in this fault system, focusing on central Sulawesi and the northern Banda Arc.

The study of the Palu-Koro fault in the northwest Palu Valley, Sulawesi investigates the fault development based on tectonic geomorphic interpretations and field observations. The results show two normal faults and a strike-slip fault in the valley. A basin-bounding normal fault marks the topographic break between the mountain and valley. Another normal fault is observed east of the basin-bounding fault, cutting old alluvial fans. The strike-slip fault is located within the valley as an intra-basin fault, crossing the distal part of young alluvial fans, evidenced by intra-basin ridges in places. The surface rupture of the 2018 M_w 7.5 Palu earthquake in the valley shows a left-lateral displacement of up to 4 m. It is postulated that the development of the Palu-Koro fault in the Palu Valley is characterized by the migration of faulting activity from the basin-bounding fault to the intra-basin fault.

The Matano fault study on Sulawesi integrates tectonic geomorphic interpretations, electrical resistivity tomography (ERT) surveys, ground-penetrating radar (GPR) profiling, and paleoseismic analysis to

investigate the easternmost portion of the Matano fault. The easternmost Matano fault comprises five geometrical segments. Four segments predominantly show left-lateral motion, while one segment is a reverse fault related to a restraining fault bend. The easternmost Matano fault records three surface faulting events in the last millennium. The most-recent earthquake occurred between AD 1432–1819 with an estimated M_w of ~ 7.4 and a probable rupture length of 107 km. The average recurrence interval of the surface-rupturing earthquake is calculated at 190–270 years, and the slip rate is estimated at ~ 30 mm/yr. Since the last surface faulting event, at least 200 years have passed, exceeding the shortest average recurrence interval. Thus, the next large earthquake on this fault should be anticipated. The easternmost Matano fault likely continues offshore to the South Sula fault in addition to the Tolo thrust.

The study in the northern Banda Arc yields a detailed active fault map for the onshore region based on tectonic geomorphic interpretations. In north Seram, geomorphic features such as uplifted marine terraces, fault scarps, and wind gaps represent active thrust faulting. The Kawa and Bobot faults are left-lateral strike-slip faults in Seram, characterized by fault scarps, linear valleys, offset rivers, and shutter ridges. Numerous active faults cut uplifted marine terraces in Amahai, Ambon, and surrounding islands. Some active faults bound intramountain depressions in central Buru. Further investigation of the Ambon fault based on drone mapping and GPR surveys reveals that the 40-km-long Ambon fault is a normal fault and deforms fluvial terraces. The calculation of potential seismic hazards shows that the active faults in the region can produce $M_w \geq 6.4$ earthquakes. The Kawa fault could generate an M_w 7.6 earthquake. The Ambon fault poses a significant seismic hazard because it is located near populous areas such as Ambon City. The strike-slip faults in Seram and other offshore strike-slip faults accommodate 29–45 mm/yr left-lateral slip in eastern Indonesia, while the Ambon fault may absorb a portion of ~ 16 mm/yr extension in the Banda Sea.