

## 学位論文審査結果の概要

氏名	雨澤 勇太
学位論文審査委員氏名	主査 前田 拓人
	副査 片岡 俊一
	副査 梅田 浩司
	副査 上原子 晶久
	副査 堀内 一穂
	副査 小菅 正裕
論文題目	群発地震の継続時間特性と震源分布の時空間発展 (Characteristics in duration and hypocenter migration of earthquake swarms)
審査結果の概要（2,000字以内）	
<p>本研究は「群発地震」という種類の地震活動の様式についての研究である。地震の多くは、最大規模の本震に対してより規模の小さい余震活動が伴う場合がほとんどである。余震活動がどの程度継続するかについては統計的なモデルがあり、その物理的な意義が盛んに研究されるとともに、大地震の発生後に警戒する期間の予測など、防災上の活用もなされている。一方、群発地震とは、明確に本震と見なせる規模の地震を伴わず、ある地域に集中的に地震が発生する現象である。群発地震の活動継続期間は数時間から数年ときわめて幅広く、その活動期間の違いをもたらす原因はわかっていない。</p> <p>群発地震については、多くの事例研究から、地殻内に存在する流体との密接な関係が示唆されている。国外においてはシェールガス採掘にともなう地中への高圧水の注水に伴って群発地震が発生するなど、社会的にも大きな問題となっている。また、群発地震の発生原因を解明することは、地震現象の基礎的な理解の進展のためにも重要であると考えられている。当学位申請論文は、このような問題に対し、群発地震活動継続特性のリージョナルな地震活動解析と、稠密な観測網がある秋田県森吉山周辺の地震波形解析とを用いて、多角的に分析したものである。本論文は6章で構成されている。以下に各章の概略を述べる。</p> <p>第1章では様々な地震発生様式の比較から本論文で扱う群発地震の位置づけを明らかにした。そのなかから、特に群発地震を構成する震源の時空間的な移動現象（震源マイグレーション）と活動継続時間の活動多様性に着目した本研究の意義を述べている。</p> <p>第2章では国内の複数の群発地震活動に対して統一的な方法で地震活動解析を行った。群発地震の多くは、その発生初期段階において、震源位置が時間とともに周辺に広がっていくという特徴がある。本章では、その震源マイグレーションの拡散過程を規定するパラメタである拡散係数</p>	

と、群発地震活動の継続期間を、ばらつきの多い地震活動データから安定的に求める方法を考案し、複数の群発地震活動に対して適用を行った。その結果、群発地震活動の地震数の推移から定めた活動期間と拡散係数の間に明瞭な負の相関があり、活動期間は拡散係数の-1.0 から-0.5 乗に比例する、という関係を発見した。

第3章と第4章では、第2章で扱った群発地震活動のうち、特に活発かつ長期に活動が継続している秋田県森吉山の群発地震活動に着目した解析を行った。まず第3章では、震源位置近傍で観測された地震波の後続波の調査を行った。震源位置が互いに近接している地震のP波やS波相の形状はよく類似しているにもかかわらず、後続相の形状は時間的に大きく異なることを見出した。また、稠密観測記録を用いたアレイ解析により、その後続相の起源は震源域直下に存在することを明らかにした。これらの結果から、地震発生域の深部に高温高压の地殻内流体が存在し、その流体の状態の時間変動が地震波後続相に現れていることを明らかにした。

続けて第4章では、森吉山周辺で発生した群発地震の地震波形記録を用いた高精度な震源再決定を行い、その震源位置の時空間発展と、近接した地震の波形類似性に対する網羅的な調査を行った。その結果、互いに近接しかつ地震波形の類似している地震群が群発地震の活動初期にだけ存在していることを見出した。

第5章では以上の研究を総括し、得られた結果に対する群発地震活動の理解への貢献についてまとめている。特に、第2章で東北日本について得られた拡散係数と群発地震継続期間の関係がそのテクトニックな環境によらずグローバルに成立する可能性と、群発地震の継続特性が群発地震を駆動する地殻内流体の粘性と地殻構成物質の浸透率により決まっている可能性を示唆した。さらに、他の地球物理学的観測事実から、群発地震が発生している地域における地殻内流体の粘性率に顕著な違いがないと想定されることから、群発地震の継続特性とその場所による違いは、主として地殻内における浸透率の空間不均質性の影響を受けていると結論づけた。最後に第6章では結語として本論文のまとめと展望を述べている。

以上のように、本論文は群発地震の成因とその継続特性について多角的に検討したものであり、その成因を理解するための重要な示唆を与えたものであると言える。したがって、本研究は博士（理学）の学位を与えるに値すると認める。

#### 学位論文の基礎となる参考論文

1) [Amezawa, Y.](#), M. Kosuga, and T. Maeda, (2019). Temporal changes in the distinct scattered wave packets associated with earthquake swarm activity beneath the Moriyoshi-zan volcano, northeastern Japan, *Earth, Planets and Space*, 71, 132.

2) [Amezawa, Y.](#), T. Maeda, and M. Kosuga (2021). Migration diffusivity as a controlling factor in the duration of earthquake swarms. *Earth, Planets and Space*, 73, 148.