



海底地すべりおよび浅部微動の発生域における反射 法地震探査を用いた地殻構造の研究

山口, 寛登

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2024-03-25

(Date of Publication)

2026-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8863号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100490088>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 3)

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 山口 寛登

専 攻 惑星学専攻

論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記すること。)

海底地すべりおよび浅部微動の発生域における
反射法地震探査を用いた地殻構造の研究

指導教員 島 伸和

本研究は2つのパートからなる。第1章および第2章と第3章および第4章である。本研究は異なるスケール、異なる深度で発生する現象を対象に反射法地震探査を行った。海底面から数百 m 以内の浅部に形成される海底地すべりを対象にした研究と、海底面から最大数十 km の深部構造も観測する沈み込み帯の微動発生域を対象にした研究である。第1章及び第2章では海底地すべりで形成された堆積物の研究を示す。第3章及び第4章では沈み込み帯で発見された構造と浅部微動の関係の研究を示す。

第1章では海底地すべりの研究はこれまで、地すべりの運動に着目されてきた歴史があることを示す。海底に形成された海底地すべりの研究は大きく分けて2種類あり、海底地すべりの面積やすべり距離、滑落した高さや地すべりの幅、体積といった地すべり後に形成される形態に着目した形態的な研究と、地すべりの内部で見られる断層や褶曲、ブロック構造や浸食に着目し、構造の移動方向や応力の大きさ、方向を推定するプロセス指向的な研究である。形態的な研究は互いに比較しながら地すべりの地域性を評価し、プロセス指向的な研究では個々の地すべりの運動を評価している。相互の手法的な長所と短所をまとめ、組み合わせることが今後の地すべり研究で必要であることを示した。これら2つの研究方法は地すべりの運動に着目したものである。海底地すべりで形成される構造自体の形成過程はほとんど想定されていないという課題があることを示す。

第2章では海底地すべり発生域における反射法地震探査を用いた地殻構造研究を示す。九州南方に存在する海底地すべりは海岸に近い浅海に形成されているが、これまで給源も十分明らかにはなっておらず、詳細な堆積物の構造は知られていなかった。本研究ではまず海底面の形状を基に海底地すべりの領域を決定し、反射法地震探査を用いて九州南方の海底地すべり堆積物の内部構造を初めて高い精度で明らかにした。反射法地震探査は海底地すべりの長辺方向に3本、短辺方向に2本の測線で取得されている。その測線を用いることで海底地すべりの基底面を含む堆積物の空間分布を明らかにした。基底面は凹凸がほとんどなく、非常に連続的で強い位相反転を示していることが明らかになった。地すべりの深度方向、空間方向の境界が明らかになったことから、体積や滑落量といった形態が整理された。さらに、体積と密度が地すべりで変化しないと仮定して地すべりによる圧縮(引張)による鉛直変形、水平変形を計算した。この鉛直変形の大きさを圧縮率とし、水平変形を地すべり領域全体で積分したものを移動量として値を求めた。すると、引張が大きな値をとり、移動量が急増する領域では、ブロックが点在し、圧縮(引張)が小さく、移動量が大い領域では内部にほとんど反射が無い混合が示唆される堆積物で、移動量が小さくなると次第に反射層がみられるようになり、反射層の連続性が高くなるほど圧縮率が高くなることが明らかになった。地すべりの末端では移動量は小さいが圧縮率は大きく、スラスト構造がみられた。このように移動量と圧縮率に関係する地すべり堆積物構造が発見された。また、本地すべりの形態的特徴は滑落した高さに対して全長が長く、流動性が高いことが示唆された。高い移動量は海底地すべりが大きく移動したことを示唆し、圧縮率の分布は流動性を高める要因を限定することで、高い流動性の原因は海底地すべりの基底面が低い

摩擦だったことに起因する可能性があることが明らかになった。このような内部構造と移動量、圧縮率の良い関係は初めて明らかになり、詳細な記載と合わせてこの定量的なパラメータを用いることで運動時の挙動や、地すべり構造の形成過程の推定が行うことが可能となり九州南方海底地すべりの堆積物の形成過程を含めた詳細な構造が明らかになった。

第3章及び第4章では深い領域での構造である沈み込み帯及び浅部微動活動の研究を示す。第3章では、沈み込み帯での凹凸を伴う構造と近年発見された浅部微動活動の関係を整理した。沈み込み帯でのプレート境界の応力変化の原因の一つは海洋地殻の凹凸である。特に海山は上盤の構造を破壊しプレート間の結合を弱める可能性がよく知られた例である。しかしながら、近年の調査では海山のような大きな凹凸ではない、小さな、数百 m 規模の凹凸もプレート境界の応力に影響を与えている可能性が指摘されている。浅部微動活動は微小な応力蓄積に敏感に反応し、活動する可能性が指摘されている。また、巨大スラスト断層地震と時空間的な関係性が指摘されている。浅部微動の多くは巨大スラスト断層地震の地震時すべり領域上端付近で発生することも知られており、近年、プレート境界の結合状態を知るために重要だとみなされている。しかしながら、浅部微動は海溝近くで発生するために海溝近くに観測機器を設置する必要があり観測例が少ない。そのため浅部微動の発生原因や関係する構造ははっきりしていない。しかし観測された浅部微動には沈み込む海洋地殻上の凹凸で説明可能なものが含まれていることが整理された。海洋地殻上の凹凸がどのような影響を与えるのかを整理することで、浅部微動と関連する構造の理解を行い、浅部微動の研究において注目すべき構造を示した。

第4章では浅部微動発生域における反射法地震探査を用いた地殻構造研究を示す。北海道沖の千島海溝沈み込み帯での浅部微動に着目し、海洋地殻上面に形成された構造を定量化し、その中で海洋地殻上面に形成された数十キロ間隔で繰り返す凹凸を定量化した指標が浅部微動の分布を最もよく説明できることが明らかになった。浅部微動は観測が難しく、観測数が少なく構造との関係性が十分考察がなされていない。千島海溝沈み込み帯では、西側にだけ浅部微動が観測され、東側では観測されていないことから、浅部微動の発生場所から非発生場所へとうつる遷移的な領域であることが先行研究から示唆されている。そのため、本研究では浅部微動の発生と非発生に関係する構造を明らかにするために、海洋地殻上面周辺に形成された構造ごとに形態を記載し、その規模を定量的にまとめた。構造規模を浅部微動の頻度と比較した結果、海洋地殻上面の凹凸の大きさが浅部微動の数と最もよく対応することが明らかになった。海洋地殻上面の凹凸はまた、先行研究で示された強いプレート境界反射の位置とも概ね一致する。海洋地殻上面の凹凸がプレート境界の流体分布にも影響を与えることで強い反射を生じさせる可能性があることを示すとともに、海洋地殻上面で見られる凹凸が浅部微動の発生に大きな影響を与えていると結論付けた。

氏名	山口 寛登		
論文 題目	海底地すべりおよび浅部微動の発生域における反射法地震探査を用いた地殻構造の研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	島 伸和
	副 査	教授	杉岡 裕子
	副 査	准教授	中村 昭子
	副 査	上席研究員 (国) 海洋研究開発機構	藤江 剛
	副 査		
要 旨			
<p>本論文は、海底地すべりを対象にした研究と沈み込み帯の浅部微動発生域を対象にした研究の2つのパートからなる。1つ目の海底地すべりの研究では、第1章でこの研究のレビューを行った。そして、第2章で九州南方に存在する海底地すべり発生域で実施した海底地形・反射法地震探査をもとにした研究結果をまとめた。2つ目の沈み込み帯での浅部微動発生域の研究では、第3章でこれに関連する研究のレビューを行った。そして、第4章で北海道沖の千島海溝沈み込み帯での浅部微動発生域に着目し、この海域での反射法地震探査を用いた地殻構造の結果から浅部微動の発生原因を調べた研究成果をまとめた。</p> <p>第1章では、海底地すべりの研究のレビューを行い、これまでの研究手法には、形態的な研究とプロセス指向的な研究の2つの研究手法があることを示した。形態的な研究では、海底地すべりの面積やすべり距離、滑落した高さや地すべりの幅、体積といった地すべり後に形成される形態に着目し、複数の地すべり現象を互いに比較しながら地すべりの地域性を評価する。一方、プロセス指向的な研究では、地すべりの内部で見られる断層や褶曲、ブロック構造や浸食に着目して、構造の移動方向や応力の大きさ、方向を推定し、個々の地すべりに形成された構造から地すべりの運動を評価する。これらの2つの研究手法の長所と短所をまとめ、それぞれの手法を組み合わせることが今後の地すべり研究で必要であることを示した。</p> <p>第2章では、九州南方に存在する海底地すべり発生域で実施した海底地形・反射法地震探査をもとにした研究結果をまとめている。まず、海底地形探査で取得された海底面の形状を基に海底地すべりの領域を決定した。その後、反射法地震探査で取得された反射断面を用いて海底地すべり堆積物の空間分布を把握するとともにこの堆積物の内部構造を高い精度で明らかにした。そして、これらのデータ解析から海底地すべり堆積物の圧縮率及び移動量を初めて定量化した。さらに、この量と反射断面を比較することで、移動量及び圧縮率と地すべり堆積物構造の間の関係を初めて見いだした。得られた結果をまとめると次の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧縮率が大きな引張を示し、移動量が急増する領域では、反射断面でブロック状の構造が点在する。 ・圧縮(及び引張)が小さく、移動量が最大となる領域では、反射断面で内部にほとんど反射が無い構造である。 ・圧縮が大きくなり移動量が小さくなると、反射断面では次第に反射層がみられるようになり、圧縮率が高くなるほど反射層の連続性が高くなる関係がみられる。 ・地すべりの末端では移動量は小さいが圧縮率は大きく、反射断面ではスラスト構造がみられた。 <p>さらに、本海底地すべりの形態的特徴は、滑落した高さに対して全長が長いため、流動性が高いことが示唆される。反射法地震探査の結果から、海底地すべりの基底面は凹凸がほとんどなく、非常に連続的で強い位相反転を示していることから、高い流動性の原因は海底地すべりの基底面の摩擦が低かった可能性が高いことを示した。</p> <p>第3章では、沈み込み帯海洋地殻上面のレリーフ構造が沈み込み帯に与える影響と近年発見された浅部微動活動についてのレビューを行った。まず、海洋地殻上面のレリーフ構造には、海山のような大きなレリーフ構造と、数百m規模の地塁地溝構造などの小規模のレリーフ構造あり、それらが沈み込み帯でのプレート境界の応力変化の原因だと考えられている事例を整理した。一方、浅部微動は海溝近くで発生するために海溝近くに観測機器を設置する必要があり観測例が少ないが、これらの事例をまとめた。これまでの研究では、浅部微動の発生原因やそれに関係する構造ははっきりしていないが、観測された浅部微動には沈み込む海洋地殻上のレリーフ構造で説明可能なものが含まれていることを示した。</p>			

氏名

山口 寛登

第4章では、北海道沖の千島海溝沈み込み帯での浅部微動発生域に着目し、この海域での反射法地震探査を用いた地殻構造の結果から浅部微動の発生原因を調べた研究をまとめている。千島海溝沈み込み帯では、西側にだけ浅部微動が観測され、東側では観測されていないことから、浅部微動の発生場所から非発生場所へと変わる遷移的な領域であることが先行研究で示されている。この遷移的な領域において7本の測線を実施した反射法地震探査の結果を解析することで、次の5つの特徴を定量化した。すなわち、1) 堆積物の厚さ、2) 基盤岩の深度、3) 上盤プレートの海溝側先端にみられる低速度な楔形状として知られている Frontal prism の厚さと長さ、4) 付加体深部に見られる反射である Reflective zone の厚さと長さ、および5) 沈み込む海洋地殻上面におけるレリーフ構造の5つの特徴である。これらの定量化した特徴の結果と浅部微動の頻度を比較した結果、浅部微動の頻度と5) の沈み込む海洋地殻上面におけるレリーフ構造が最もよく対応することを明らかにした。さらに、海洋地殻上面のレリーフ構造のある位置は、先行研究で示されたプレート境界での音響反射が強い位置とも概ね一致する。このように海洋地殻上面のレリーフ構造で強い音響反射を生じていることから、海洋地殻上面で見られるレリーフ構造が、プレート境界の流体分布にも影響を与えている可能性があることを示すとともに、浅部微動の発生にも大きな影響を与えていると結論づけた。

本研究は、海底地すべりと沈み込み帯の浅部微動発生域について、反射法地震探査にもとづく地殻構造を研究したものである。海底地すべりについては、海底地すべり堆積物の圧縮率及び移動量を定量化し、これらの増減と地すべり堆積物構造の関係を初めて明らかにした。沈み込み帯の浅部微動発生域については、沈み込む海洋地殻上面で見られるレリーフが浅部微動の発生に大きな影響を与えている可能性を明らかにした。これらの研究結果は、海底地すべりと沈み込み帯の浅部微動について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者の山口寛登は、博士（学術）の学位を得る資格があると認める。