

氏名	おお つか まこと 大 坪 誠
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 3011 号
学位授与の日付	平成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Depth-dependent state of stress revealed by fault-slip analysis in the Niigata fold belt, Japan (新潟褶曲帯における断層解析によって明らかになった応力状態の深さ依存性)
論文調査委員	(主査) 助教授 山路 敦 教授 増田富士雄 教授 小畑 正明

論 文 内 容 の 要 旨

新潟地域の褶曲した若い地層中に形成された多数の小断層を観察し、またこの地域の地下で起こった地震の発震機構データを用い、若い造山帯における応力状態について検討した。その結果、応力場の複雑性に関して、地表から地殻中部にわたる深さ依存性が見出された。

まず、同地域の地殻中部で発生した地震について、防災科学技術研究所が公開している発震機構データから応力を推定した。ひとつの発震機構データ中の 2 つの節面のうちの一方が断層面を表す、それがどちらかであるか一般に自明ではなく、そのことが複雑な地質条件を備えた地域における応力推定を妨げている。そこで本論文では、発震機構データのリサンプリング手続きを工夫し、複数の応力を記録したデータからそれらの応力を分離する手法を開発し、地下 8~25km で起こった地震から西北西-東南東方向に圧縮する逆断層型応力が検出された。これは、表層部の褶曲構造群の北北東-南南西トレンドに直交する。つまり、褶曲構造と調和的な応力が、地殻中部から検出されたことになる。

さらに本研究では、露頭でみずから収集した 800 条あまりの断層データを用いて、表層部の応力を検討した。結果は非常に複雑で、調査地域北部にあたる西山中央油帯では正断層型が最も有意な応力としながらも、複数の応力が検出された。南部の八石東頸城丘陵地域では褶曲構造と調和的な応力が最も有意な解として検出されたものの、他の複数の応力も検出された。こころみに地層が緩傾斜である露頭から得られたデータからランダムに発震機構データと同数のデータを選び、応力を計算したところ、褶曲構造と調和的な応力は得られなかった。したがって、データ数が結果の複雑性の原因とは考えにくいことが示された。

地表のデータから推定された応力は地域性をも示して複雑であるが、層面すべり断層のみに注目すると、やはり褶曲構造に調和的な動きを示すことが分かった。そうした断層は、褶曲軸と直交方向に近い方向にすべった、flexural slip 褶曲と調和的なスリップ方向を記録していたからである。したがって、表層にあって未固結の若い地層は、flexural slip 褶曲をつくりながら、折り曲げられつつある個々の地層は、逆断層型のみならず、正断層型や横ずれ断層型の応力を経験したことが分かった。

地表でデータが得られたのは、地層の堆積後沈降し、第四紀後期になって褶曲構造をつくりながら隆起した地域である。それと対照的に、新潟地域でも沈降しかしておらず、褶曲もしていない地層が経験した応力を調べるため、基礎試錐「新田野町」のボーリングコア中の小断層について断層解析を行った。地下約 3000m の西山層上部には小断層が多く見られたが、それらの断層データは、発震機構データから得られた逆断層型応力で活動が説明できるもので、すなわち褶曲構造と調和的なものであった。

これらのことは、地殻の強度プロファイルと整合的な、応力の深さ依存性を示していると考えられる。すなわち、最も大きな強度を持つ地殻中部がテクトニック応力の大部分を支え、それが降伏することにより地殻の水平短縮が起こる。表層部はそれに対して受動的に振る舞い、西北西-東北東方向の短縮の表層における表現が、それと直交した褶曲軸を持つ

flexural slip 褶曲であると考えられる。褶曲のキネマティクスはそのように理解されるが、それによって未固結の地層からなる浅表層部でテクトニック応力の強度が小さいために、それらの構造や地形の振幅増大による応力場の乱れが支配的となり、複雑な応力場が発生することが示された。

論文審査の結果の要旨

造山帯、すなわちテクトニックな変形の集中帯の時間発展は、数千万年から数億年という長期にわたる現象であるために、力学的な理解がまだまだすすんでいない。例えば、褶曲帯における応力場は、個々の背斜や向斜の成長によって大きく乱されるのか、という問題が解かれていない。そこで本研究では、多数の褶曲構造が形成されつつある新潟地域において、断層群のデータから造山帯の応力状態を推定した。

断層からその活動原因としての応力を推定する、応力テンソルインバージョンの方法に本研究は改良を加え、3種類のデータを使用して新潟褶曲帯における応力場を検討した。地殻中部で発生している地震について公開されている発震機構と、地下約3kmからとられたボーリングコアを切る小断層、および申請者自身の丹念な野外調査によって地表の露頭で観察された小断層のデータである。

地殻中部の応力を推定するための発震機構データでは、断層面と auxiliary 面とを識別することが簡単ではなく、複雑な応力場を反映したデータである場合にそうした応力を検出することが難しかった。申請者はまず、発震機構データのリサンプリング手続きを工夫し、複数の応力を記録したデータからそれらの応力を分離する手法を開発し、表層部の褶曲構造のトレンドと調和的な逆断層型応力が地殻中部に働いていることを明らかにした。

ところが地表の露頭で観察された小断層から応力を計算してみると、それとは不調和な解も得られ、個々の褶曲構造の成長に支配され、また、地表という自由表面に近い地殻浅部で隆起によって発生した局所的な応力が推定された。しかし、層面すべり断層は褶曲帯のトレンドに直交した水平短縮にともなう flexural slip 褶曲を示していた。対照的に、新潟地域でも沈降域のボーリングコアからは地殻中部と同様の応力が推定された。これらのことから本論文は、こうした応力状態の深度変化が地殻強度の深度依存性によって説明できることを示した。

このように、申請論文は地殻応力推定法について新手法を導入し、また丹念な野外調査によって得られた大量の地表データおよびボーリングコアから得られた地下データを駆使することにより、造山帯における応力場の垂直変化を明らかにした研究であり、方法論的研究としても、事例研究としても、この問題を追及する今後の研究に大きな影響を与えるものといえる。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。