

学 位 論 文 題 名

A Study on an Upper Crustal Structure beneath Central Honshu, Japan,
from Refraction and Wide-Angle Reflection Data

(屈折・広角反射法人工地震探査による本州中央部の上部地殻構造の研究)

学位論文内容の要旨

本州の中央部にある日光地域では、近年、日光白根山を中心に顕著な群発地震活動が継続し、そこに、最近行われた集中観測で、新たに、マグマの活動を示唆する反射波の観測も報告されるなど、同地域の詳しい地殻構造の究明が問題となっている。

1993年にこの日光地域で、爆破地震動研究グループにより、同地域の地殻上部構造を推定するための屈折法地震探査が行われ、その際、明瞭なP波、S波の位相が観測・記録された。

本研究は、これらのデータを使って、走時インヴァージョン、振幅のフォワードモデル解析、波形のスペクトル解析などを行い、同地域の

- 1) 測線下約 15 km の深さまでのP波、S波の詳細な速度構造モデル、
- 2) 従来この種の研究でほとんど得られなかったポアソン比の構造モデル、
- 3) 上部地殻のP波およびS波の Q 構造モデル、

などを推定したものである。

本研究では、P波、S波の位相に加え、広角度で反射した幾つかの波の位相も明瞭に特定することができたので、これらのデータも解析し、より深いところの速度境界面の推定も行った。

本研究で考察した屈折法地震探査の測線長は 110 km あり、この上に 195 点の上下動成分地震計（固有周波数 2 Hz）が設置されている。地震計の平均間隔は約 500 m で、推定される構造の分解能は高いと考えられるが、特に深さ 10 km までの構造についてはそれが非常に高いものとして期待できる。爆破点は 5ヶ所に 20 km から 35 km の間隔で設けられており、順測線および逆測線の波線が上部地殻モデル内を占める領域は非常に密である。

本研究により推定された結果は以下の通りである。

1. P波速度構造モデルについての特徴

- 1) 地殻の浅い部分では、測線の北から南にかけて 3.7 km/s から 4.4 km/s の速度増加がある。
- 2) その下には 4.85 km/s から 5.6 km/s の速度を持つ層がある。
- 3) さらにその下にある上部地殻を特徴づける 5.58 km/s から 6.20 km/s の層は約 15 km の深さまで続いている。

4) これより深い地殻中部に明瞭な2つの反射境界面があり、その1つは、0.2 km/s の速度コントラストを持ち、深さは測線の北半分で約 14 km、中央部やや南で約 16 km、それらが測線の中央部でゆるやかな傾斜をもってつながっている。

他の1つは、6.35 km/s から 6.7 km/s へと大きな速度コントラストを持ち、深さは測線の北側で約 24 km、南側で約 20 km、それらが測線の中央部約 30 km の幅の中でゆるやかな傾斜を

もってつながっている。

2. S波速度構造モデルについての特徴

1) 地殻の浅い部分の速度は場所による変化が大きい。変化の幅は 1.7 km/s から 2.8 km/s である。

2) その下にある上部地殻の層は 3.4 km/s から 3.6 km/s の速度である。

3. ポアソン比の構造についての特徴

P波とS波の速度比は、「物質の状態」を表すもう1つの重要な物理量、ポアソン比を与える。

1) 地殻の浅い部分のポアソン比は、測線の北側で 0.29 から 0.34 と高いが、南側で 0.24 から 0.25 と比較的低い。

2) その下の上部地殻の層では、0.22 から 0.24 とさらに低い。

そして

3) 表層地質と比較すると、上部地殻は珪長岩質の組成で珪素を多く含む花崗岩・花崗閃緑岩によって形成されていると推論される。

4) ポアソン比は深さ方向だけでなく、横方向にも変化しており、珪素含有量が場所によって異なることが示唆される。

5) 測線北部の浅い層ではポアソン比が高い。これより、この層は主に多孔質物質から成り、しかもそれが水で飽和している可能性のあることが示唆される。

4. Q 構造モデルの推定とその特徴

Q 値の推定は振幅スペクトル比法によった。この方法には、波の幾何学的広がり、観測点近傍の周波数応答、計器の特性などの影響を取り除いて平均するという利点がある。

Q 値は地表近くの浅い部分と、その下の上部地殻とに分けて計算した。前者では観測点比法と周波数比法とを組み合わせで用い、後者では観測点比法のみを用いた。

なお、Q 値はP波、S波の両者について求めたが、P波の場合 4~30 Hz の範囲で、またS波の場合 2~10 Hz の範囲で、それぞれのスペクトルから計算した。

以上により推定された Q 構造モデルの特徴は以下の通りである。

1) 浅い部分の Q 値は、北側では 100、南側では 200 である。これらの違いは、北側での第四紀の火山活動と、南側における古生代の累層群とそこへの花崗岩貫入という時代の異なる南北の構造に良く対応している。

なお、S波の Q 値については、S-2 以外での浅い部分では安定した値を推定できなかった。

2) S-2 近傍は、 Q_p/Q_s とポアソン比の分布から、水でほぼ飽和した物質から成ることが示唆される。

3) これより深い上部地殻層では、深さ 3 km から 8 km を伝播したP屈折波に対して、スペクトル比法（ここでは観測点比法）を用いた結果、Q 値は 190 から 257 が得られた。なお、それらの標準誤差は約 35 %である。

以上のように日光地域の人工地震探査データを解析し、同地域の上部地殻について、P波およびS波の速度構造、ポアソン比の構造、さらに上部地殻各層の Q_p および Q_s の値などを推定するとともに、同地域の地殻を構成する物質や物理的状态について詳細な考察を行った。

学位論文審査の要旨

主査	教授	岡田	廣
副査	教授	小山	順二
副査	助教授	森谷	武男
副査	助教授	笹谷	努

学位論文題名

A Study on an Upper Crustal Structure beneath Central Honshu, Japan, from Refraction and Wide-Angle Reflection Data

(屈折・広角反射法人工地震探査による本州中央部の上部地殻構造の研究)

本州の中央部にある日光地域では、近年、日光白根山を中心に顕著な群発地震が続いており、そこに最近行われた集中観測で、マグマの活動を示唆する S 波の反射面が見出された。地殻構造研究の分野では、近年、このような特異な地学現象の見られる地域の地殻構造の解明が新しい研究課題となっている。これに応えるには、まず第一に詳細かつ精度の高い地殻構造を知る必要がある。

1993 年、申請者も所属する爆破地震動研究グループによって、この日光地域の地殻構造、特にその上部構造の推定を目的とした大規模な屈折法地震探査の実験が行われた。

本論文は、この実験で大量に得られた良質のデータをもとに、従来のルーティンワークとしての P 波速度の構造に加えて、S 波速度の構造、ポアソン比の構造、そして地殻構造を特徴付けるもう一つの物理量・吸収ファクター（以下 Q 値と略称）の構造などを推定するとともに、そのような地殻構造を構成する岩石や組成などについて考察したものである。

申請者は、従来よりも構造を詳細かつ精度よく推定するために、データ解析に Zelt and Ellis(1988) および Zelt and Smith(1992) の方法による新しい走時インバージョン法、また振幅のフォワードモデリング、波形のスペクトル解析法 —spectral amplitude ratio 法—、などを採り入れている。これは構造推定の基本となる解析法の改善となった。

これらの解析の基本データとなる各種波の位相については、P 波、S 波の同定にとどまらず、この種の実験では希にしか観測されない広角反射波 2 種類の位相の同定も試み、詳細な構造の推定を可能とした。

結果として、P 波、S 波の位相については、その走時データに新しい走時インバージョン法を適用して深さ約 6km まで P 波、S 波の強い地域性を持つ速度構造を、また 2 種類の反射波の位相については、その走時を巧く拘束条件に利用して、振幅にフォワードモデリングを適用し、さらに深さ約 25km までの P 波速度の構造を推定している。

もちろん、2種類の反射波に関係する不連続面も、測線全体に存在するものでなく、その中央部の深さ 12-14km と 20-24km のところに、それぞれ 0.2km/s と 0.3km/s の速度コントラストを持つものとして推定している。このようにして得られた深さ約 25km までの P 波、S 波の速度構造は、今までのこの種の研究には見られない詳細なものである。この構造の妥当性は重力異常—Bouguer anomaly—との対比で検証している。

さらに P 波、S 波の速度構造に基づいて、ポアソン比の構造を推定している。ポアソン比は地殻の構成岩石を推定するための重要な物理量である。そういう意味で、このポアソン比の構造推定は人工地震探査における新しい成果と言える。得られた平均的な値は、従来の常識的な値 (0.25-0.3) より小さく、しかも深さとともにさらに小さくなるというものであるが、これは自然地震観測から得られている特徴とよく符合している。

また、得られたポアソン比を地質データや岩石実験の既存資料と対比して、上部地殻を石英に富んだ花崗岩と花崗閃緑岩から成ると推定している。

さらに、岩石実験をもとにポアソン比と石英あるいはシリカの含有量との関係を考察した既存資料を参照して、ポアソン比の地域分布は石英あるいはシリカの地域分布を反映したものという興味ある推論をしている。

Q 値の構造については、著しい地域性が得られているが、これと地質との対応を考察している。例えば、表層についての推定値、北側での 100 と南側での 200 は、それぞれ第四紀の火山活動と、古生代の累層群とそこへの花崗岩貫入という時代の異なる南北の構造に良く対応すると説明している。また、S-2 近傍について、 Q_p/Q_s とポアソン比の分布をもとに水でほぼ飽和した物質からなるとの推論や、これより深い上部地殻層での Q 値—190 から 257—との推定など、新しい成果である。

以上、本研究は、新しい解析法の導入とそれによる詳細かつ精度の良い地殻構造の推定、さらに地殻を構成する岩石の推定など、種々の面で地殻構造研究に新しい知見をもたらした。

審査員一同は、申請者が博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。