

氏名	ひら まつ よし ひろ 平 松 良 浩
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 1705 号
学位授与の日付	平 成 8 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 物 理 学 専 攻
学位論文題目	THE STUDY OF ANISOTROPY IN THE SUBDUCTION ZONES AROUND JAPAN. (日本周辺の沈み込み帯における異方性研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 安 藤 雅 孝 教 授 尾 池 和 夫 教 授 渡 辺 晃

論 文 内 容 の 要 旨

地球を構成する岩石の鉱物結晶の多くは弾性的異方性を持つことが知られている。olivine を始めとして、上部マントルの主要構成鉱物はいずれも特定の結晶構造をしており、地震波速度は異方的である。これらの異方的な鉱物の結晶や弾性体内に存在する割れ目が岩石中である特定の方向に選択的に配列することにより岩石の弾性率に異方性が生じる。マントル対流により物質は流動し、この流動と共に結晶は再配列し異方性を示す。地震波異方性は地球内部の岩石の変形や応力などのダイナミクスやプレート運動等のテクトニクスについて重要な情報を与える。

過去の表面波、Pn 波による方位異方性の研究はプレート運動によって形成される大規模な異方性の存在を支持している。しかしながら、沈み込み帯における詳細な S 波偏向異方性の研究からは、単純なプレート運動モデルでは予測されない複雑な観測結果が報告されている。また異方性の原因としては多くの場合 olivine の選択配向が考えられているが、沈み込み帯ではスラブの沈み込みに伴いさらに深部まで、つまり spinel 相による異方性が形成されている可能性がある。

申請者は、観測点密度が濃い日本の記録を解析することにより過去の研究においては仮定の枠を超えなかった異方性領域の位置、大きさ、その成因を明らかにした。これらの結果に基づいて沈み込み帯におけるテクトニクス・ダイナミクスについて考察を行った。

論文 1 では過去の研究の 20 倍ものデータを用いることにより、空間分解能の弱さ、特に鉛直方向、を克服し中部日本下の異方性領域の 3 次元分布を決定した。中部地方下の過去 15 年間にわたる深発地震の記録を吟味し、3 機関によって記録されている 374 個の地震から得られた 725 波形の S 波スプリットングを解析した。観測された S 波スプリットングの空間分布を基にして異方性領域の 3 次元構造をフォワードモデルを構築することにより求めた。中部地方には北部と南部で異方性の向きが異なる 2 つの領域が存在することが明らかにされた。北部の異方性領域はその主軸の方向が N15°E で 5% の速度差を持つ。平均的な大きさは 0.75°×0.5°×75km (緯度方向×経度方向×深さ方向) であり、深さ 75km~150km にある。

南部の異方性の方向は $N100^{\circ}E$ 、強さは 5% である。平均的な大きさは北部より大きく $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ} \times 100\text{km}$ となり、 $\sim 200\text{km}$ の深さにまで達する。これらの異方性領域の位置は Hirahara [1989] の 3 次元 P 波トモグラフィで見られる低速度領域と良く一致し、また Sekiguchi [1991] による low-Q の領域とも非常に良い対応を示す。これらのことから異方性の原因としてはメルトの充填したクラックの選択配向と考えられる。また北部と南部の異方性の向き、領域の大きさの違いは南部におけるフィリピン海プレートの沈み込みに関連している。さらに背弧側のマントルウェッジにのみ顕著な異方性、低速度領域が存在することを岩石学的知見によるスラブの沈みにともなうマグロの生成、マントルウェッジの温度構造と合わせ統一的に解釈した。

論文 2, 3 では異なる近地深発地震の ScS 波のスプリッティングを比較することにより異方性領域の位置を求め沈み込むスラブの異方性について論じている。論文 2 では各大学や国立機関が所有する広帯域高性能地震計記録を用いて、1988~1993 年の 6 年間に於いて日本近海で起こった近地深発地震の ScS 波のスプリッティングおよび中部地方下の深発地震の S 波スプリッティングから観測点下と震源側の異方性を分離し、地震の深さによって異方性の方向が変わることを示した。これらの異方性が沈み込むスラブ中の olivine から β -spinel への相転移にとまらぬ再配列、および β -、 γ -spinel 選択配向も異方性源となっていること、およびその分布は非一様であることを示した。論文 3 では日本中に多数の観測点を持ち水平方向に分解能のある気象庁の過去 15 年における記録の中から、本研究に適する日本全体で良質の記録が得られた 5 個の近地深発地震を選んだ。5 個の地震から得られる異方性の結果を比較することにより、異方性領域は震源付近に局所的に存在し、震源の深さにより異方性の方向が変化し、岩石の相転移の深さと相関があることを示した。この結果は論文 2 と調和的である。またこれらの結果は日本のマントルウェッジに一樣に強い異方性が存在することを否定するもので、論文 1 における局所的な異方性領域の存在と調和的である。

さらに論文 4 では従来の枠組みを破り、異方性が「地震波速度」のみならず「減衰」についても存在することを論じた。日本の大学、官公庁が所有する STS 地震計によるネットワーク (POSEIDON) で記録された日本近海における最大級の深発地震であるサハリン地震 (1990 年 5 月 12 日) の ScS_1 と ScS_2 のスペクトル比から Q_{ScS} を求めた結果、減衰についても異方性が存在することを示した。この減衰の異方性が観測される波線と観測されない波線との比較から、沈み込むスラブに平行にマントルウェッジを上昇するダイアピルが減衰の異方性の原因であることを示唆した。

参考論文 4 編は南極大陸での SKS スプリッティングや兵庫県南部地震の余震メカニズム、コーダ Q^{-1} の時間変化についてであり、主論文に関連するテーマのみならず申請者の幅広い地震学への取り組みを表している。

論文審査の結果の要旨

地震波異方性の研究は、1960 年代に入り観測の進歩と共に、プレート運動、マントル対流の研究と共に発展してきた分野である。しかしながら異方性の解釈は多くの場合「プレート運動に伴う olivine の選択配向」であり、必ずしも個々の特徴的なテクトニクスを考慮されてはいない。また従来異方性は上部マン

トルに広く分布するとされていたが、1980年代以降の空間的密度の細かいS波スプリッティングの観点からはむしろ異方性は局所的にしか存在しないことが示唆される。しかしながら何故局所的に異方性が存在するのかは説明されていなかった。さらに異方性領域の位置、大きさについては観測量不足のための推定の或を超えるものではなかった。本論文では上記の問題点を解明するために、利用できるあらゆるデータを用いた。S波スプリッティングの解析は従来の方法を用いているが、長い観測期間、密度の濃い観測網、大量のデータをもつ日本の記録を用いて詳細な異方性の観測からスラブの沈み込み過程と関連させて異方性の分布、成因を統一的に解釈したものでたいへん意義深いものである。

論文1において申請者は中部地方における微小地震観測網で記録された深発地震のS波を解析した。大量のデータを用いたことにより空間分解能を向上させることに成功し、フォワードモデルを用いて、従来の研究では求めることができなかった異方性領域の位置をS波スプリッティングのデータのみから明らかにした。今後さらにインバージョンの手法を取り入れ解析を行うことが望まれるが、現モデルは十分観測値を説明するものである。さらに申請者は速度、Q構造と比較し、マグマの生成、マントルウェッジの温度構造を合わせ、マントルウェッジの全体像にせまりつつ、異方性領域の位置、成因について解釈した。このようにあらゆるデータを異方性という観点に基づいて総合的に解釈した例は希であり、本論文は価値ある研究である。今後、他の地域において普遍的にこの解釈ができるのか、あるいは申請者の研究地域にのみ特有のものなのか、沈み込み帯のダイナミクスを考える上で大変重要な問題になるであろう。

論文2、3においては、ScS波スプリッティング研究に伴う困難な問題、すなわちScS波スプリッティングをもたらす異方性領域が観測点あるいは震源付近のどちらにあるのか、分離が難しい問題に取り組んでいる。論文2においては広帯地域震計のデータを用い、近年精力的に用いられている多重スプリッティングの手法を取り入れ、観測点下の異方性と震源付近の異方性を分離することに成功した。また論文3においては気象庁の中周期地震計の紙記録を全国より集め、日本全体でScS波スプリッティングを求め地震によって観測される異方性の方向が異なることを示した。これらの観測結果から申請者が出したモデルは、まだデータ数が必ずしも十分であるとは言えないものの、スラブ内での相転移によるマントル鉱物の再配列、とくに異方性源としてspinel鉱物の選択的配列を強調しているところが新しい点である。

論文4は広帯地域震計で記録された多重反射ScS波の解析から、地震波異方性が速度構造のみならず減衰構造にも存在することを示し、島弧構造研究における重大な発見というべきものであろう。今後の地震学において新しいテーマになりうる可能性を極めた研究であり評価できる。申請者がいかに注意深く地震波形を見て、取り扱ってきたかを示す良い例でもある。

以上のように、申請者は十分に解析されることのなかった多くのデータを丹念に掘り起こしかつ厳しく選択し、空間的密度の濃い観測結果から異方性研究の分野において重要な新しいモデルを提起したもので高く評価できる。

その他の参考論文からも、申請者が異方性に関連した研究はもちろんとし、他の分野にも幅広く興味をもちつつ研究を進めてきたことがうかがえる。

以上により、本申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。