



北西太平洋におけるリソスフェアの地震波速度構造 ：速度異方性と P_0 、 S_0 相の散乱減衰

久保, 篤規

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

1993-03-31

(Date of Publication)

2008-06-16

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲1213

(JaLCOI)

<https://doi.org/10.11501/3092470>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1001213>

※ 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。



氏名・（本籍）	久保篤規	（和歌山県）
博士の専攻分野の名称	博士（理学）	
学位記番号	博い第31号	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位授与の日付	平成5年3月31日	
学位論文題目	北西太平洋におけるリソスフェアの地震波速度構造 —速度異方性と Po、So 相の散乱減衰—	
審査委員	主査 教授 宇井忠英	
	教授 安川克己	教授 寺島 敦
	教授 伊東敬祐	教授 藤井直之

論文内容の要旨

海洋リソスフェアの地震波の伝播の実態を明らかにすることはプレートの詳細な構造を明らかにするうえで重要である。速度と減衰はその海洋リソスフェアの構造を表現するうえで重要な二つの物性量である。筆者は北西太平洋の海洋リソスフェアについてのこれらの二つの量に関係する重要な問題である。

1. 速度方位異方性の再検討
2. Po、So 相と呼ばれる高周波で、効率良く伝播する波のメカニズム

を中心に取り上げ新たな研究結果について報告する。用いたデータは、1986年に行なわれた Dynamics and Evolution of Lithosphere Project (DELP) 地震予知航海のものであり筆者自身も参加しデータ処理、解析を行なった。本論文は上記のふたつの課題についての二部構成となっている。第一部では海洋リソスフェアの地震波速度構造とその方位異方性を取り扱った。海洋リソスフェアではしばしば地震波速度の方位異方性が見いだされている。北西太平洋では特に大きな方位異方性が報告されている。これは地磁気縞模様¹に垂直な方位に速いというものであった。ここでは新たなデータをもとに北西太平洋の異方性モデルにおける速度の遅い方向での結果を中心に再検討した、従来に異方性主軸を地磁気縞模様¹に沿った方向に仮定して走時データにもとづくモデル化、WKB法²の波形計算との比較によるモデル化を行ない地震波速度構造を決定した。求められた海洋リソスフェアの構造は40kmよりも浅部では平均的な地球のモデルとほぼ等しい速度勾配であったが40または70km以深ではそれよりもかなり大きな速度勾配が得られた。その結果、深部リソスフェア（70-90km）では8.4km/sec程度の速度が必要になった。また自然地震のP,S波の見かけ速度、P波の平均速度の方位

角依存性を求めた。P波の見かけ速度は異方性のモデルの遅い方位(50-90°)では従来の値よりも明らかに速く、8.22km/secであった。今回の長距離爆破でえられた速度構造を深さ方向に平均した速度となり、見かけ速度と長距離爆破の結果は調和的になった。また海陸の両側から精密に再決定された震源を用いて平均速度(震央距離/走時)を求めた。平均速度の方位角依存性がみられるが従来の異方性モデルよりは弱い。考える構造で見かけ速度と平均速度との関係を明かにした。その結果予想される、地殻、リソスフェアの構造では0.22km/secだけ見かけ速度のほうが大きいことがわかった。この値は距離によらずほとんど一定であったので見かけ速度に換算した平均速度、長距離爆破による速度構造、と自然地震の見かけ速度の三つのデータをまとめた。今回のデータのみではほとんど系統的な方位依存性は見られなかった。従来のモデルと今回のデータを同等にみなした場合でも異方性の強さは5%程度となり従来のモデルに比べて半分以下である。

深さ方向の速度変化や、水平方向の不均質に寄るばらつきを考えると、本質的な異方性は小さいと考えなければならない。

従来、北西太平洋での結果から海洋リソスフェアの深部の異方性が13%に至る大きいもので最上部マントルのものよりも大きいという考えもあったが、5%程度の異方性であれば、深部リソスフェアの方位異方性が浅部で報告されている異方性に比べて特に大きいとはいえない。

運動学的な異方性形成とプレートの成長モデルとを考えると最深部のリソスフェアの異方性はその時々プレートの運動の方向に向いているであろうとする考えがある。北西太平洋は過去に運動方向を変えているためリソスフェアの異方性が運動学的な選択配向の方位変化の化石となっているかどうか確かめるのに重要であるが、今回の平均速度のデータではこの考えを示唆するような、現在のプレート運動の方向での高速度な結果は得られなかった。

方位異方性は従来のモデルほど強くないことがわかったので、第二部では海洋リソスフェアを伝播する P_0 、 S_0 相の距離減衰について議論した。まだ十分に研究されていない海洋における短周期実体波の減衰とその周波数依存性を決定した。また包絡線の拡がりについてしらべた。減衰と同時に議論することによって散乱の形態を良く理解することができる。

短周期実体波では80年代には周波数依存する減衰が報告されてきておりほぼ確立されている。しかし海のリソスフェアでのこの種の報告はまだ一件しかない。海洋リソスフェア中の伝播経路では実体波として P_0 、 S_0 と呼ばれる後続の高周波の相が観測されていて、このような波の伝播のメカニズムがどのような構造によるものなのかを調べるということは興味深い。今回のデータでは直線上の海洋地震計アレイにたいしてその延長上の地震の距離減衰を直接求めた。求まった減衰は、陸上でのものよりも小さい値が求められた。またWake島付近で震央距離が30°に対して求められたもうひとつの海洋での測定の例も陸上より小さい減衰を示している。このことから海洋リソスフェア中の減衰は周波数依存性を考慮した場合でも陸上のリソスフェアに比べて大きいということがわかった。周波数依存性については他の研究とほぼ同じ程度の大きさで周波数の0.9乗から1.1乗に比例する。この様

な見かけ上の減衰の陸上との違いが、本質的な吸収によるものか散乱によるものか議論するために、不均質による包絡線の拡大に注目した。相対的に減衰の大きい陸上の包絡線の拡がり方と比べて、海洋での包絡線の拡がり方が小さいのか、それともほとんど変わらないのかを調べることによって、減衰に見られる違いが本質的な吸収によるのか、それとも散乱による減衰が違ってくるのかを明らかにすることができる。包絡線の特徴の定量化には立ち上がりから最大振幅までの時間 t_p 、と立ち上がりから最大振幅を越えてその半分になる時間 t_q 、が用いられた。それらの値震央距離への依存性を見た。島孤における例と比較してその震央距離による包絡線の拡大の仕方が非常に弱い。このように減衰と包絡線の特徴の海洋と陸上との違いは波動のエネルギーが保存される形になっている。本質的な減衰が卓越する場合、波動のエネルギーは保存されなくてもよいから、このような特徴は見かけ上の減衰のうち散乱減衰が主に違うことを意味している。これは島孤と海洋の不均質の強さや散乱の非等方性が大きく関係していると考えられる。不均質の強さについて海洋では推定例がないが、反射率法による海洋リソスフェアの水平成層構造のモデルに対する波形計算から、観測される P_o 、 S_o 相を説明するためにマントルにおいても速度のゆらぎは数%程度必要であるということが報告されている。これはわかっている島孤下の速度のゆらぎに比べてほぼ同程度の強さを持っている。水平成層という条件から散乱は前方散乱に限ったことになる。不均質が弱いだけでも包絡線を拡がりにくくさせることはできるが、非等方性の散乱の方がより効果的に包絡線形に影響するであろう。非等方性と多重散乱とを考えた数値シミュレーションの結果から、前方散乱の程度が強くなればなるほど、距離減衰は小さくなり、包絡線の幅は拡がりにくいことが示されている。よって海洋リソスフェア中の実体波の伝播は前方散乱の傾向が強いことによって形成される wave guide によるものと考えることによって今回観測された P_o 、 S_o 相の特徴を良く説明できることがわかる。減衰が大きく、包絡線が距離と共に崩れにくいということから、海洋リソスフェア中を伝播する P_o 、 S_o 相が陸上の P 、 S 波に比べて非常に効率よく伝播していることになる。

論文審査の結果の要旨

本研究は1986年北西太平洋海域で行なわれた海洋地震計観測をもとにして、海洋リソスフェアの地震波構造の解明を目的としたものである。

解析には爆破地震屈折法探査と自然地震観測により得られたデータが用いられている。論文の構成は全体として二部からなっている。第一部は爆破地震探査及び自然地震によるリソスフェアの地震波構造決定の研究である。第二部は自然地震の散乱減衰の問題をあつかっている。本研究では特に地震波速度構造の方位異方性と、海洋リソスフェアをきわめて効率よく伝播する高周波地震波 P_o/S_o 波の伝搬特性の実態解明に主眼がおかれている。

第一部では海洋リソスフェアの構造として、40km以浅ではほぼ標準的な海洋リソスフェアの構造がえられた。上部マントルの構造についてはMoho直下の8.1km/secから、深部リソスフェア(70-90km)で8.4km/secというかなり大きな速度勾配をもつ速度構造をもつことが明らかにされた。自然

地震については、震央距離 500~1000km の範囲で P 波の見かけ速度と平均速度（震央距離／伝播時間）の解析から、マントル上層部の P 波の速度として 8.22km/sec を得た。爆破地震探査と自然地震を用いた結果がほぼ一致した上部マントルの速度構造を与えた点も重要である。また、従来問題となっていた速度構造の方位異方性については、爆破地震、自然地震とも、速い方向と遅い方向の差の上限が 3% とおさえられた。これは従来報告されてきた 7% にくらべて有意に小さい。

第二部の海洋リソフィアを伝わる P/S 波の散乱減衰の研究では、次のような結果が得られた。海洋リソフィアを伝播する実体波の散乱減衰は陸地域に比してはるかに小さい。見かけの減衰常数 Q^{-1} の周波数依存性の度合は海陸両地域ともほぼ同じである。Q の値そのものについては、海洋地域のほうが約倍程度大きい。地震波エネルギーの散乱についての研究では、 P_0/S_0 相の場合、その包絡線の広がり距離依存性がほぼ震源距離に対して 0.3~0.7 乗になることが示された。陸地域での 1.5~1.8 乗に比べて、有意に包絡線の広がり方が小さい。このことを説明するためには、海洋リソフィアにおける地震実体波の散乱過程は方位指向性の大きい前方散乱でなければならない。したがって、海洋リソフィアを非常に効率よく伝播する高周波 P_0/S_0 波はこうした強い指向性のある散乱に起因する guide 波である。

本研究で用いた資料は質量ともに非常に優れている。また本研究では高度な波線追跡法や理論地震記象等の解析技術が用いられており、解析の各段階で慎重に検討が加えられているので解析結果については十分信頼のおける満足すべきものである。これらの結果により、今まで不確定であったリソフィアの地震波速度構造の実態をはじめ明らかにしたといえる。今後リソフィアの成因や動的構造を理解してゆくうえできわめて重要な成果といえる。さらに、研究の遂行にあたっては本人自ら海底地震計の整備を行い、船上での観測に積極的に参加しており、研究探査実施上の貢献度も大きい。

本研究は北西太平洋のリソフィアについて、その地震波構造を研究したものであり、リソフィアの構造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、学位申請者の久保篤規は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。