

論文審査の結果の要旨

氏名 川野由貴

本論文は6章からなる。第1章は、イントロダクションである。プレートテクトニクスを理解する上で、リソスフェア・アセノスフェアシステム(LAS)の理解は欠かせない。特に海洋マントルは熱化学進化の歴史が浅く地殻構造も単純であるため、LASの本質を解明するためには地震波速度構造の情報が不可欠である。近年、海域での広帯域表面波アレイ解析手法が開発され、海底からLAS内の深さまでS波速度構造を推定することが可能となった。この手法は様々な海域に適用され、アセノスフェア内のダイナミクスの理解が進みつつある。しかし、広帯域表面波アレイ解析にはまだ技術的な課題があり、これがLASのさらなる理解を阻んでいた。本論文では、広帯域表面波解析における3つの技術的課題を克服するために、(i) 海底地震計記録のノイズ低減手法、(ii) 安定した地震波干渉法による表面波の位相測定手法、(iii) 海底下でのLove波分散測定手法、を開発した。これらの手法を最古の太平洋地域に展開したOldest-1 Arrayに適用することにより、高精度の広帯域表面波アレイ解析を可能とした。

第2章では海底地震計記録のノイズ低減手法について述べられている。海底広帯域地震計は、海底面の傾斜やInfragravity waveによる海底面の変形の影響で、周期10秒以上の帯域で陸上観測点よりもノイズレベルが高くなる事が知られている。これまで日本の海底広帯域地震計記録は海外のものに比べて高精度であったが、海外で行われてきた水圧計を用いたノイズ低減は行われてこなかった。本論文では、これまでのノイズ低減手法の有効性を検証した上で改良を加え、Oldest-1 Arrayのデータセットに適用した。これにより周期200秒までのレイリー波位相速度を精度良く測定することが可能となり、これまで難しかった深さ200~300kmの地震波速度構造に制約を与えることが可能となった。

第3章では海底広帯域地震計を用いた短周期(周期30秒以下)の位相速度の測定について述べられている。周期5秒から30秒の帯域では、脈動と呼ばれる海洋波浪起源の地動が支配的である。脈動記録に地震波干渉法を適応する事によって、表面波の位相速度を測定する事が可能である。しかし海底広帯域地震観測では多くの場合、地表よりも観測点数が少ないために観測点間距離が長くなってしまいう傾向がある。安定した測定のために位相速度に、滑らかさなど物理的には意味の無い拘束を課すことが多い。本論文では物理的に意味のある制約を陽に課すことにより、安定で不確かさの少ない計測を実現した。開発した手法をOldest-1 Arrayのデータセットに適用し、レイリー波とラブ波の位相速度を、それぞれ5~25秒と5~10秒の周期帯で測定した。

第4章では遠地地震によって励起されたRayleigh波の、海底地震計アレイを用いた位相速度推定について述べられている。周期30秒以上の帯域でOldest-1 Arrayのデータセットにノイズ低減手法を適応し、これまでに比べて高い精度での位相速度測定を実現した。

第5章では遠地地震によって励起された Love 波の、海底地震計アレイを用いた位相速度測定について述べられている。LAS の理解にはラブ波の観測が欠かせない。しかし周期 30 秒以上の帯域では、海洋構造の特徴（薄い地殻とマントル低速帯）により、いくつかの異なるモードのラブ波の到達時間が重なり合ってしまう問題が知られている。そのため、観測された Love 波が基本モードのみから構成されると仮定すると、位相速度測定に偏りが生じるという問題が存在した。本論文では、Love 波基本波モードの位相速度測定の偏りを大幅に減じさせるよう、Love 波を基本モードと 1 次高次モードの重ね合わせとみなして位相速度を測定する方法を開発した。開発した手法を Oldest-1 Array のデータセットに適応し、ラブ波基本モードの位相速度を、30~100 秒の周期範囲で測定する事に成功した。

第6章は 3-6 章では、測定した分散曲線から、Oldest-1 Array 下での等方性 S 波速度構造とその鉛直異方性・方位異方性構造を推定した。得られた等方性 S 波速度構造を、年代の異なる他の 2 つの海洋盆地（130Ma と 140Ma）と比較したところ、3 地域で高速度 Lid (Moho-60km) には大きな違いはなかった。一方、3 地域の低速度層 (60-150km) の速度差は、プレート年代差に伴う冷却の違いだけでは説明できない事がわかった。また Oldest-1 Array 内の深度 50km 以浅の方位角異方性は東部と西部で異なっていた。深度 50km 以深では方位角異方性の強度は弱く (~1 %)、現在のプレート運動とは若干異なる東西方向で高速となった。Oldest-1 アレイの東部と西部で方位異方性、鉛直異方性ともに異なるが、これは初期太平洋プレートの進化の複雑さを反映していると思われる。また鉛直異方性は方位異方性よりも強く、従来のカンラン石のモデルと整合的である可能性が高い。

本論文は困難な技術的な課題に真正面から取り組み、一つ一つ丁寧に積み上げている。また、広帯域表面波アレイ解析の技術的課題を克服し、海洋リソスフェア・アセノスフェアシステムを理解する上で不可欠な、海洋直下での異方性を含む S 波速度構造その場測定を可能とした。本論文の成果によって、地震波異方性の定量的な議論と評価が可能となった。今後マントル物質のレオロジーを観測から制約する上でも重要な結果であり、今後の発展が期待される。

なお、本論文は一瀬建日氏・竹尾明子氏・川勝均氏・利根川貴志氏・杉岡裕子氏・田中聡氏・伊藤亜妃氏・石原靖氏・森重学氏・大林政行氏・吉光淳子氏・塩原肇氏・Sang-Mook Lee 氏・Young-Hee Kim 氏・歌田久司氏・末次大輔氏・竹内希氏との共同研究であるが、論文提出者が手法開発および解析を主体的に行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。