

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20540406

研究課題名（和文）島弧におけるサブモホ面の検出と成因の解明

（英文）Analyses of Sub Moho boundary in Island-arc

研究代表者 飯高 隆 （ IIDAKA TAKASHI ）

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：00221747

## 研究成果の概要（和文）：

日本においては、地震予知計画のもと、さまざまな地域で屈折法構造探査が行われてきた。その結果、地殻構造の地域性について明らかになってきた。一方で、近年レシーバ関数解析により遠地震を用いて地殻構造を明らかにする手法が確立され、Hi-net 等空間的高密度な観測点の展開とともに、日本各地において地殻構造が明らかになってきている。それらのデータを用いて、屈折法探査によって求められたモホ面とレシーバ関数解析で求められたモホ面を比べてみると、一部の測線においては、レシーバ関数解析では、屈折モホ面に加えて、さらに 10km 程度深部に顕著な境界面（サブモホ面）が確認できた。西南日本においては、レシーバ関数解析から求められたモホ面と屈折モホ面が一致した。いっぽう、中部日本のレシーバ関数断面では、屈折法によって求められた境界面と調和的な速度ジャンプがレシーバ関数の断面でも見られたが、さらにそれよりも 10km 程度深部において速度ジャンプ（サブモホ面）が見られた。このようなサブモホ面についての地域的分布の特徴をみると、特徴的な傾向がみられた。東北日本や中部日本においては、このサブモホ面が観測されるのに対して、西南日本においては観測することができなかった。この特徴と地質学的データや火山の配列とを比較検討した。その結果、このようなサブモホ面は、活火山が存在する地域で見られることがわかった。さらに、屈折モホ面とサブモホ面間の構造の特徴について調べたところ、反射波が多く生成されるリフレクティブゾーンであることがわかった。この特徴は、大陸域で広く観測される、透明な上部地殻、リフレクティブな下部地殻、透明な最上部マントルという特徴とは異なることがわかった。そのためこの島弧でみられたサブモホ面と最上部マントルの構造、さらにその成因について研究をおこなった。その結果、この構造はマグマのアンダープレATINGによって形成された可能性があり、サブモホ面は、そのマグマアンダープレATING域の下部境界を見ている可能性があることがわかった。

## 研究成果の概要（英文）：

In Japan, the seismic structure has been obtained based on the earthquake prediction project. Recently, seismic studies using receiver function study were also done to declare the seismic structure beneath Japan. In the analyses, spatially high dense seismic array named Hi-net was used. The seismic images obtained from receiver function studies were compared with those of refraction studies. In southwestern Japan, the seismic images obtained from receiver function studies are consistent with those obtained from refraction studies. In the central part of Japan and northeastern parts of Japan, the seismic images of receiver function analyses are consistent with those of refraction studies. In addition to refraction Moho, a clear boundary was found

which is 10 km deeper than refraction Moho, in the regions. This study suggested that existence of the sub-Moho boundary, which is 10 km deeper than refraction Moho boundary, in the central part of Japan and northeastern part of Japan. The boundary was obtained from the comparison between the refraction survey and receiver function study. The characteristics of the regional variation of the sub-Moho boundary were researched. An interesting characteristic of the regional variation was found. The area that the sub-Moho boundary is located in the region that the active volcanoes are located. The seismic structure between the refraction Moho and sub-Moho was researched. A characteristic structure was found at the layer. The layer was characterized to be reflective. The scatter distributed model is suitable to explain the observed characteristics at the layer. In the continental region, the seismic structure of the crust and uppermost mantle has been studied. The seismic structure in the continental region was characterized with following structure which has transparent upper crust, reflective lower crust and transparent uppermost mantle. The seismic structure in Japan is different that of continental region. The uppermost mantle beneath Japan was not transparent. In this study, the formation process of the sub-Moho boundary was also studied. The seismic structure with sub-Moho boundary seems to be caused by the magmatic under plating. The sub-Moho boundary is the bottom of the magmatic under plating.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード： レシーバ関数解析, モホ面, 屈折法解析

#### 1. 研究開始当初の背景

日本においては、地震予知計画のもと、さまざまな地域で屈折法構造探査が行われてきた。その結果、地殻構造の地域性について明らかになってきた。一方で、近年レシーバ関数解析により遠地地震を用いて地殻構造を明らかにする手法が確立され、Hi-net等空間的高密度な観測点の展開とともに、日本各地において地殻構造が明らかになってきている。

東海－中部 2001年の測線は、静岡県磐田市から石川県羽咋市にかけての測線であ

るが、このデータを解析することにより、フィリピン海プレートの沈み込みから背弧までの地殻構造が明らかになった。一方で、遠地地震を用いたレシーバ関数解析によって地殻構造が明らかになってきている。それらの解析で求められた地殻構造を比較すると興味深い結果が得られた。屈折法探査によるモホ面（屈折モホ面）の深さに、レシーバ関数解析による境界面（レシーバ関数モホ面）がみられ、モホ面が屈折法探査とレシーバ関数解析の両方の手法で検出できたことがわかる。

それらの解析によって求められたモホ面に加え、深さ 40km 付近に明らかに顕著な境界面（サブモホ面）が見られる。この境界面は、レシーバ関数解析において正の値で求められていることから、深くなるにつれて速度が大きくなる境界面での変換波であることがわかる。このようなサブモホ面の存在はこれまでに報告されておらず、ひじょうに重要な発見であると考えられる。また、東北地方でも、屈折モホ面に比べレシーバ関数モホ面は深く求められてきたことから、レシーバ関数モホ面とサブモホ面の両方が存在し、サブモホ面をモホ面として考えている可能性があげられる。この屈折モホ面、レシーバ関数モホ面、サブモホ面について日本列島全体において調べる必要がある。

## 2. 研究の目的

屈折法で求められた構造とレシーバ関数解析で求められた構造を比較検討し、サブモホ面の分布を明らかにする。そのサブモホ面の地域的特徴を明らかにするとともに、地質データ、火山分布等と比較検討することによって共通性を明確にする。また、そのサブモホ面の特徴をもとに、形成過程を説明することを目的とする。

大陸域においては、多数の構造探査から大陸地殻の特徴が得られた。それによると、大陸地殻は、透明な上部地殻、リフレクティブな下部地殻、透明な最上部マントルであることがわかった。このような大陸地殻の特徴が島弧である日本列島でも見られるかどうか調べる。

## 3. 研究の方法

### (1) 解析方法

① 日本全国で行われた人工地震による解析結果と波形記録を収集し、地殻構造のモデルと波形記録のデータを集めてデータベースを作成した。

② Hi-net 等観測点を用い、遠地地震を使用し日本列島においてレシーバ関数モホ面のマッピングをおこない、日本列島のほとんどの場所で、モホ面のマッピングが可能となった。

③ 大陸の地殻構造と比較をおこなった。

④ 日本各地で見られたサブモホ面の地域的特長を抽出した。つまり、他の地球科学的情報と比較検討することにより、どのような地域において見られるのかを明らかにした。例えば、火山フロントとの関係や、過去の火山活動との関係、また地質図との関係など、他の地球科学的情報と比較検討を行うことによって、どのような地域においてサブモホ面が見られるのかを明らかにした。また、サブモホ面が見られる地域の地殻構造は、他の地域の地殻構造と違うの

か、また観測された地震波速度は、同程度なのかを明らかにした。

⑤ サブモホ面での、物理特性を明らかにした。レシーバ関数解析では、境界面での変換波を検出していることになるため、その振幅を詳細に調べることにより、サブモホ面での変換係数を知ることができる。つまり、サブモホ面は急峻な境界面であるのか、あるいは速度が徐々に増加していく境界面であるのかについて明らかにする試みをおこなった。

⑥ さまざまな地域で調べた地域的特長やサブモホ面の存在する地殻構造の特徴、さらには、サブモホ面での反射係数や透過係数等の物理量をもとにサブモホ面の実体を明らかにした。また、それらの地域が形成されたテクトニクスをもとに、どのような経緯でサブモホ面が形成されたかを明らかにした。

## 4. 研究成果

(1) 島弧における屈折モホ面のマッピングをおこなった。日本全国で行われた人工地震による解析結果と波形記録を収集し、地殻構造のモデルと波形記録のデータを集めてデータベースを作成した。また、モホ面からの屈折波（Pn 波）が見られる可能性のある長距離測線の波形記録を集め、データベースを作成した。

(2) 島弧におけるレシーバ関数モホ面のマッピングをおこなった。防災科学技術研究所が維持・管理している Hi-net 等観測点を用い、震央距離 30 度以上のマグニチュード 5 以上の遠地地震を選出し、S/N の状態を調べた。それらの地震のうち S/N が良好な記録を選出し、マルチテーパー法を用いてレシーバ関数解析を行った。この作業によって、日本全体のさまざまな領域において、レシーバ関数断面を得ることができた。さらにレシーバ関数断面のデータをもとに、モホ面のマッピングをおこなった。

(3) 屈折モホ面とレシーバ関数モホ面の比較検討によるサブモホ面の検出をおこなった。人工地震や自然地震を用いた屈折法探査で求められた地殻構造とレシーバ関数解析による地殻構造を比較検討し、屈折法探査による地殻構造とレシーバ関数解析による地殻構造を比べるとともに、構造の違いを明らかにした。その過程において、日本各地でのサブモホ面の検出を行った。

(4) サブモホ面の地域性の抽出を行った。

日本各地で見られたサブモホ面の地域的特長を抽出し、他の地球科学的情報と比較検討することにより、どのような地域において見られるのかを調べ、火山フロントとの関係や、過去の火山活動との関係、また地質図との関係など、他の地球科学的情報と比較検討

を行うことによって、どのような地域においてサブモホ面が見られるのかについて調べた。その結果、東北日本から中部地域に関しては、サブモホ面が検出されるのに対して、西南日本においてはサブモホ面がみられなかった。

東北・中部日本ではサブモホ面が検出される一方で、西南日本では見られないという地域性の特徴について、他の地球科学的特徴と比較検討すると、サブモホ面が検出された東北・中部日本では活火山が多く存在することがわかり、火山活動との密接な関係が示唆された。

(5) 大陸地殻や他の島弧地域との比較を行った。サブモホ面は大陸地域では見られず、島弧特有の構造であることがわかった。その結果、サブモホ面は活火山が存在する地域にのみみられることがわかった。

(6) 最上部マンツルの構造の解明をおこなった。サブモホ面がみられる島弧最上部マンツルの構造を調べた。大陸においては、反射法を用いた構造探査から、反射面の少ない上部地殻(透明な上部地殻)、反射面の多い下部地殻(リフレクティブな下部地殻)、反射面の少ない最上部マンツル(透明な最上部マンツル)という、多くの場所で共通する特徴が示されていた。一方島弧の最上部マンツルを調べると、後続波が多数見られ、大陸のように透明な最上部マンツルではないことが明らかとなった。それら後続波の性質を詳細に見てみると、水平に成層された境界面からの反射波では説明がつかず、散乱波の性質を示すことが明らかとなった。このように島弧の最上部マンツルは、大陸のような透明なマンツルでないことが明らかとなり、重要な地質的性質を指摘できた。

(7) サブモホ面の形成原因の究明をおこなった。さまざまな地域で調べた地域的特長やサブモホ面の存在する地殻構造の特徴、さらには、サブモホ面での反射係数や透過係数等の物理量をもとにサブモホ面の実体を探ったところ、島弧の最上部マンツルの構造は、反射波がほとんど見られない「透明な」大陸の最上部マンツルと違い、構造探査等によって得られる屈折波から求められた屈折モホ面とサブモホ面の間の部分は、散乱波が卓越していることがわかった。このことは、最上部マンツルに顕著な不均質構造が存在していることを示す。さらに、その不均質構造も成層構造をなしているのではなく、変形をうけた不均質な構造をしていることがわかった。これらの構造的特徴とその出現する地理的特徴からその成因について議論をおこなった。その結果、サブモホ面の形成は火山地域と大きく関係し不均質構造が存在することから、Magmatic under platingによって、マンツルから上昇してきた物質がモ

ホ面の下に付加したものと考えられ、サブモホ面はその付加された物質の下の境界面をみている可能性が大きいことがわかった。この解釈によれば、島弧の最上部マンツルが反射波に富むリフレクティブな層であることを説明できる。また、その上部に屈折モホ面と調和的なレーバ関数モホ面が存在することとも調和的である。このようなサブモホ面の存在は地殻形成のプロセスを知る上でひじょうに重要な現象であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Iidaka, T., T. Igarashi, and T. Iwasaki,, Configuration of the subducting Philippine Sea slab in the eastern part of southwestern Japan with seismic array and Hi-net data, Gondwana Research, 査読有,16, 504-511, 2009.

② Iidaka, T., A. Kato, E. Kurashimo, T. Iwasaki, N. Hirata, H. Katao, I. Hirose and H. Miyamachi, Fine structure of P-wave velocity distribution along the Atotsugawa fault, central Japan. Tectonophysics, 査読有,472, 95-104, doi:10.1016/j.tecto.2008.06.016, 2009.

[学会発表] (計 3 件)

① Iidaka, T., Igarashi, T., Iwasaki T., Sub Moho boundary beneath island arc, Japan, American Geophysical Union Fall Meeting,2008年12月16日, San Francisco, U.S.A..

② Iidaka, T., T. Igarashi, and T. Iwasaki,, Configuration of the subducting Philippine Sea slab in the eastern part of southwestern Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, 2009年12月14日, San Francisco, U.S.A..

③ Iidaka, T., Iwasaki, T., Kurashimo, E., Kato, A., Yamazaki, F., Katao, H., The Research Group for the 2007 Atotsugawa Fault Seismic Expedition, Fine seismic structure around the Atotsugawa fault revealed by seismic refraction and reflection experiments, American Geophysical Union Fall Meeting, 2010年12月14日, San Francisco, U.S.A..

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯高 隆 ( IIDAKA TAKASHI )

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：00221747

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：