



震源分布と地震気象から推定した西南日本下に沈み込んだフィリピン海スラブの形状

三好, 崇之

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2007-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲4012

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1004012>

※ 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。



【 3 1 1 】

氏 名・（本 籍） 三好 崇之 （ 香川県 ）

博士の専攻分野の名称 博士（理学）

学 位 記 番 号 博い第350号

学位授与の 要 件 学位規則第5条第1項該当

学位授与の 日 付 平成19年3月25日

【 学位論文題目 】

震源分布と地震気象から推定した西南日本下に沈み込んだ
フィリピン海スラブの形状

審 査 委 員

主 査 教 授 石橋 克彦
教 授 乙藤 洋一郎
教 授 郡司 幸夫

第1章では、研究の背景を述べ、フィリピン海スラブの形状、後続波に関する従来の研究についてレビューした。西南日本の地下には、太平洋側沖合の駿河・南海トラフから、海洋プレートであるフィリピン海プレートが沈み込んでいる。スラブ（＝沈み込んだ海洋プレート）の形状を詳細に求めることは、沈み込み帯で生ずる地震活動や火成活動といった様々な地学現象を論じるうえで、最も基礎的な情報となる。西南日本のフィリピン海スラブの形状は、スラブ内地震（＝スラブの内部で発生する地震）の震源分布、レシーバ関数、構造探査など様々なデータと方法によって明らかになりつつあり、地震観測精度の向上や調査・解析手法の改良とともに、より高い精度で求められるようになってきた。しかしながら、相異なる研究結果が複数提出されている状況で、統一的な理解は未だに得られていない。これまでの後続波の研究によって、西南日本のスラブ内地震は地域によらず海洋性地殻内で発生することが示唆されていたが、最近の構造探査やレシーバ関数解析からの推定では、紀伊半島南西部や四国東部ではスラブ内地震の発生層が海洋性マントルである可能性が示された。その結果、そのような地域に関しては、震源分布の上限をスラブ上面とみなすという従来の考え方は正しいとはいえなくなってきた。本研究では、多数のスラブ内地震の大量の地震記象（観測波形）を注意深く解析し、それらの発生層が海洋性地殻なのか海洋性マントルなのかを考慮したうえで、西南日本下に沈み込むフィリピン海スラブの形状を、震源分布と発震機構解から詳細に推定した。

第2章では、西南日本のスラブ内地震で観測される島弧のモホ面起源の後続波について述べた。西南日本のフィリピン海スラブ内で発生した地震を調査した結果、広い範囲で3つの顕著な後続波が観測されることが分かった。これらの後続波は、これまでに報告例がほとんどなく、成因を含めた議論を行うのは、本研究が初めてである。後続波の特徴と走時計算から、これらの波は、西南日本弧の地殻構造を起源とする実体波で説明が可能である。P波初動とS波初動の間に観測される2つの後続波は、震源から上方に射出されたP波が地表および陸のモホ面で反射して地表に到達したpPmP波と、震源から上方に射出されたS波が地表でP波に反射・変換し、さらに陸のモホ面で反射して地表に到達したsPmP波であろう。また、S波初動のあとに到達する波は、S波が地表および陸のモホ面で反射して地表に到達したsSmS波であろう。今後、観測記録に含まれる様々な後続波の成因がさらに特定できれば、自然地震の後続波を利用した詳細な地殻構造モデルの構築が可能になると期待される。

第3章では、伊勢湾から紀伊半島にかけて、スラブ内地震の地震発生層が、海洋性地殻であるか、海洋性マントルであるかの特定を議論した。調査したスラブ内地震は、スラブがほぼ水平または浅くなる方位で、直達波が到達する前に微弱な振幅の屈折初動が観測さ

れる地震と、微弱な振幅の初動を伴わない地震の2つに大別が可能であった。前章で明らかにしたpPmP波、sPmP波、sSmS波と直達波の分離に注意し、初動と直達波の検出状況、みかけ速度、ガウシアンビーム法によるシミュレーションなどを総合的に検討して、地震発生層の特定を行った。その結果、微弱な振幅の初動を伴うスラブ内地震は海洋性地殻内で発生し、微弱な初動を伴わない地震は海洋性マントル内で発生したと判断できることが示された。したがって、伊勢湾から紀伊半島では、スラブ内地震の発生層が海洋性地殻と海洋性マントルの両方であることが明らかになった。ただし、観測波形には、成因の不明な様々な後続波がみられ、より詳細な検討を加えて、発生層の議論をさらに続ける必要がある。

第4章では、スラブ内地震の発生層を考慮したうえで、スラブ内地震の震源分布からスラブの形状を精密に推定した。震源分布の詳細な検討から、伊勢湾から紀伊半島の広域で、スラブ内地震の震源分布は二重構造をしていることが明らかになった。微弱な初動を伴う地震を分類した結果を考慮すると、紀伊半島下では、上位の発生層が海洋性地殻、下位の発生層が海洋性マントルであると推定され、上面の地震と下面の地震の発震機構解の違いも加味すると、いわゆる二重地震面を形成している可能性が高い。ただし、上面の活動は、海洋性マントル内に及ぶ場合もあると推定される。伊勢湾付近から紀伊半島にかけての地域の二重地震面と地震発生層は従来よく認識されていなかったが、本研究において、地震記象からスラブ内地震の発生層を特定することにより、二重地震面であることを明確に示した。また、二重地震面は西南日本の他の地域にも存在する可能性が高い。一方、紀伊半島下のスラブ内地震の南東-北西方向の震源分布のリニアメント、2004年紀伊半島沖の地震の南東-北西方向の余震分布などから判断すると、南海トラフから紀伊半島にかけて断裂帯が存在している可能性があり、これを「熊野スラブ内断裂帯 (Kumano Slab Fracture Zone; KSFZ)」と仮称した。地震発生層と発震機構解を考慮して、震源分布からスラブの形状を検討した結果、伊勢湾から琵琶湖にかけては尾根状のスラブが緩やかに沈み込んでいるのに対して、紀伊半島下では、谷状構造のスラブが沈み込んでいて、形状は複雑であることが明瞭に再確認された。

第5章では、本研究が新たに提案した「熊野スラブ内断裂帯 (KSFZ)」について、その成因とテクトニックな意義を議論し、前章で明らかにしたフィリピン海スラブの形状を従来の研究結果と比較検討した。2004年紀伊半島南東沖地震の際には南海トラフ付近の南東-北西方向の余震活動が生じたが、この余震活動は、KSFZの南海トラフ付近の活動であると推定した。余震域の延長に位置する1952年吉野地震や1899年紀伊半島南東部の地震との関連や、KSFZが1944年東南海地震の破壊域の直下に位置することから、将来の東南海地震

(氏名： 三好 崇之 NO. 3)

との関連からも、KSFZは重要なテクトニック要素であると考えられる。KSFZは、伊豆弧と銭洲海嶺の衝突・浮揚性沈み込み域と、紀伊半島・四国下の沈み込み域の収束様式の境界域にあたる。断裂帯の成因は、フィリピン海プレートの沈み込み様式の違いのために、南東-北西方向に右横ずれ断層帯が生じたためであると考えられ、南海トラフ付近から紀伊半島下にかけての広域に存在すると推定される。テクトニックな意義について、KSFZは海洋プレート内の地震活動をもたらすだけでなく、フィリピン海プレートよりも深部に起源があるマントル上昇流の出口の役割を果たしているらしく、紀伊半島下で、スラブ内地震を活発化させ、特異な浅部地震活動や地学現象をもたらす一因になっていると推定した。本研究が推定したフィリピン海スラブの形状と従来の研究成果と比較した結果、構造探査やレシーバ関数によって推定されたスラブ上面やモホ面の深さは、本研究の推定よりも浅い。これら2つの方法で示された結果について、発生層を特定した地震活動との対比などから、地震波速度不連続面の解釈の妥当性を検証する必要がある。

第6章は、この論文全体の内容をまとめ、結論を述べた。

氏名	三 好 崇 之		
論文 題目	震源分布と地震記象から推定した西南日本下に沈み込んだフィリピン海スラブの形状		
審査委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	石 橋 克 彦
	副 査	教 授	乙 藤 洋一郎
	副 査	教 授	郡 司 幸 夫
	副 査		
	副 査		印
要 旨			
一般に、地球上の各地で、海洋プレートが陸プレートの下に沈み込む「沈み込み帯」においては、沈み込んだ海洋プレート（これを「スラブ」と呼ぶ）の形状がその地域の地震発生様式や火山活動を基本的に規定しており、それら変動現象の機序を理解するためには、スラブの形状を詳細に知ることが必要不可欠である。しかし、地下数km～数10km（ときには数100km）のことであるので、容易ではない。本論文は、典型的な沈み込み帯である西南日本について、スラブの形状を明らかにしたものである。 西南日本の地下には、太平洋側沖合の駿河・南海トラフから、海洋プレートであるフィリピン海プレートが沈み込んでいる。西南日本のフィリピン海スラブの形状は、スラブ内地震（＝スラブの内部で発生する地震）の震源分布、レシーバ関数、構造探査など様々なデータと方法によって明らかになりつつあるが、相異なる研究結果が複数提出されている状況で、統一的な理解は未だに得られていない。そこで本研究は、地震記象と震源分布を詳しく解析して、詳細なスラブの形状を高い精度で求め、他の手法で得られている既存の結果も比較して、統一的な知見を得ようとした。 論文は6章からなる。 第1章では、研究の背景を述べ、フィリピン海スラブの形状、後続波に関する従来の研究についてレビューしている。特に、これまでの後続波の研究によって西南日本のスラブ内地震は地域によらず海洋性地殻内で発生することが示唆されていたが、最近の構造探査やレシーバ関数解析からの推定では、紀伊半島西南部や四国東部ではスラブ内地震の発生層が海洋性マントルである可能性が示されたことに注目している。その結果、そのような地域に関しては、震源分布の上限をスラブ上面とみなすという従来の考え方は正しいとは言えなくなってきた。そこで、本研究では、多数のスラブ内地震の大量の地震記象（観測波形）を注意深く解析し、それらの発生層が海洋性地殻なのか海洋性マントルなのかを考慮したうえで、フィリピン海スラブの形状を、震源分布と発震機構解から詳細に推定するとしている。 第2章では、西南日本のスラブ内地震で観測される島弧のモホ面起源の後続波について述べている。フィリピン海スラブ内で発生した地震を調査した結果、広い範囲で3つの顕著な後続波が観測されることが分かった。これらの後続波は、これまでに報告例がほとんどなく、成因を含めた議論を行うのは、本研究が初めてである。後続波の特徴と走時計算から、これらの波は、西南日本弧の地殻構造を起源とする実体波で説明が可能である。P波初動とS波初動の間に観測される2つの後続波は、震源から上方に射出されたP波が地表および陸のモホ面で反射して地表に到達したpPmP波と、震源から上方に射出されたS波が地表でP波に反射・変換し、さらに陸のモホ面で反射して地表に到達したsPmP波、また、S波初動のあとに到達する波は、S波が地表および陸のモホ面で反射して地表に到達したsSmS波であろうと結論している。 第3章では、伊勢湾から紀伊半島にかけて、スラブ内地震の地震発生層が、海洋性地殻であるか、海洋性マントルであるかの特定を議論している。調査したスラブ内地震は、スラブがほぼ水平または浅く			

氏名	三 好 崇 之
なる方位で、直達波が到達する前に微弱な振幅の屈折初動が観測される地震と、微弱な振幅の初動を伴わない地震の2つに大別が可能であった。前章で明らかにした pPmP 波、sPmP 波、sSnS 波と直達波の分離に注意し、初動と直達波の検出状況、みかけ速度、ガウシアンビーム法によるシミュレーションなどを総合的に検討して、地震発生層の特定を行った。その結果、微弱な振幅の初動を伴うスラブ内地震は海洋性地殻内で発生し、微弱な初動を伴わない地震は海洋性マントル内で発生したと判断できることが示された。したがって、伊勢湾から紀伊半島では、スラブ内地震の発生層が海洋性地殻と海洋性マントルの両方であることが明らかになった。 第4章では、スラブ内地震の発生層を考慮したうえで、スラブ内地震の震源分布からスラブの形状を綿密に推定している。震源分布の詳細な検討から、伊勢湾から紀伊半島の広域で、スラブ内地震の震源分布は二重構造をしていることが明らかになった。微弱な初動を伴う地震を分類した結果を考慮すると、紀伊半島下では、上位の発生層が海洋性地殻、下位の発生層が海洋性マントルであると推定され、上面の地震と下面の地震の発震機構解の違いも加味すると、いわゆる二重地震面を形成している可能性が高いとしている。伊勢湾付近から紀伊半島にかけての地域の二重地震面と地震発生層は従来よく認識されていなかったが、本研究において、地震記象からスラブ内地震の発生層を特定することにより、二重地震面であることを明確に示した。そして、二重地震面は西南日本の他の地域にも存在する可能性が高いことを指摘している。一方、紀伊半島下のスラブ内地震の南東-北西方向の震源分布のリニアメント、2004 年紀伊半島沖の地震の南東-北西方向の余震分布などから判断すると、南海トラフから紀伊半島にかけて断裂帯が存在している可能性があることを述べ、これを「熊野スラブ内断裂帯 (Kumano Slab Fracture Zone; KSFZ)」と仮称した。地震発生層と発震機構解を考慮して、震源分布からスラブの形状を検討した結果、伊勢湾から琵琶湖にかけては尾根状のスラブが緩やかに沈み込んでいるのに対して、紀伊半島下では、谷状構造のスラブが沈み込んでいて、形状は複雑であることが明瞭に結論づけられた。 第5章では、本研究が新たに提案した「熊野スラブ内断裂帯 (KSFZ)」について、その成因とテクトニックな意義を議論するとともに、前章で明らかにしたフィリピン海スラブの形状を従来の研究結果と比較検討している。2004 年紀伊半島南東沖地震の際には南海トラフ付近の南東-北西方向の余震活動が生じたが、この余震活動は、KSFZ の南海トラフ付近の活動であると推定した。余震域の延長に位置する 1952 年吉野地震や 1899 年紀伊半島南東部の地震との関連や、KSFZ が 1944 年東南海地震の破壊域の直下に位置することから、将来の東南海地震との関連からも、KSFZ は重要なテクトニック要素であると指摘している。KSFZ は、伊豆弧と銭洲海嶺の衝突・浮揚性沈み込み域と、紀伊半島・四国下の沈み込み域の収束様式の境界域にあたる。断裂帯の成因は、フィリピン海プレートの沈み込み様式の違いのために、南東-北西方向に右横ずれ断層帯が生じたためであると考えられ、南海トラフ付近から紀伊半島下にかけての広域に存在すると推定した。テクトニックな意義について、KSFZ は海洋プレート内の地震活動をもたらすだけでなく、フィリピン海プレートよりも深部に起源があるマントル上昇流の出口の役割を果たしているらしく、紀伊半島下で、スラブ内地震を活発化させ、特異な浅部地震活動や地学現象をもたらす一因になっていることを議論している。本研究が推定したフィリピン海スラブの形状と従来の研究成果と比較した結果、構造探査やレシーバ関数によって推定されたスラブ上面やモホ面の深さは、本研究の推定よりも浅い。これら2つの方法で示された結果については、発生層を特定した地震活動との対比などから、地震波速度不連続面の解釈の妥当性を検証する必要があると結論している。 第6章は、この論文全体の内容をまとめたものである。 以上のように、本研究は、膨大な地震記象と震源データを丹念に解析し、西南日本の地学現象を議論するための基本的要素となるフィリピン海スラブの形状を詳細に明らかにし、問題点を論じたものであり、世界の沈み込み帯のスラブの研究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、学位申請者三好崇之は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。	