

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	津田寛大
論文題目	山陰地方における地震波速度構造と内陸地震発生の関係		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、内陸地震の断層においてどのように応力が増加するのか、内陸地震のすべり分布は何によって決まるのかという、内陸地震の発生過程に関する未解決な2つの問題に答えるために、山陰地方の地震帯直下の下部地殻、および、2016年に鳥取県中部で発生したM6.6の地震 (鳥取県中部地震と略称) の震源域における地震波速度構造を調べたものである。</p> <p>山陰地方においては、日本海沿岸に沿って長大な帯状の地震分布が見られ、山陰地方の地震帯と呼ばれており、$M \geq 6.5$の大規模な内陸地震も多発している。プレート境界から離れた山陰地方において内陸地震の発生が局在する理由として、地震帯直下の下部地殻に局所的な低粘性の領域、weak zoneが存在し、weak zoneに変形が集中することにより、直上の地震帯に応力集中が発生するというモデルが提案されている。しかしながら、weak zoneの存在をサポートする不均質構造に関しては、地震帯の東部 (鳥取県から三瓶山付近まで) においては下部地殻の一部に低比抵抗異常域が見いだされているが、地震帯の直下の地震波速度構造は、これまでよく分かっていなかった。本研究では、地震帯および西南日本下に沈み込むフィリピン海プレートを含む深さ約80kmまでの解析領域を設定し、気象庁によって検測された走時データを用いて、地震波走時トモグラフィ解析を行った。山陰地方の下部地殻を通る波線を持つ、フィリピン海プレート内の深さ30-80kmの地震を多数用いたこと、および、波面法により不均質の強い構造に対しても安定した波線追跡が可能であるFMTOMOを用いたことにより、山陰地方の下部地殻における地震波速度構造を精度良く推定することが可能となり、地震帯直下の深さ25kmにおいて下部地殻が低速度域であることが見いだされた。さらに、低速度となる原因を推定するために、内陸地震の発生下限深度を調べ、東部においては、地震帯では周囲に比べて発生下限深度が浅いことが分かった。</p> <p>このことから、東部では、地震帯直下の下部地殻において温度が周囲より高いことが低速度域の大きな要因であることが示唆された。西部に関しては、東部ほど高温でないことが推定されたことから、フィリピン海プレートから上昇した水が要因である可能性が示唆された。</p> <p>2つ目の問題に関しては、鳥取県中部地震の震源断層面近傍の詳細な地震波速度構造を推定し、すべり分布と比較した。余震域直上の20km×20km程度の領域に67点設置された稠密余震観測データを活用し、震源断層面近傍において、2kmグリッドの地震波速度構造を推定した。余震域直上に設置された稠密余震観測点におけるP波初動の読み取り精度は0.01-0.02s程度、S波についても0.02-0.05s程度であり、精度の高い走時データを用いてtomodDにより速度構造が推定された。その結果、本震の主なすべり域が地震波速度の高速度域に、主なすべり域の間のすべりの小さい領域が低速度域に対応することが分かった。また、地震波速度構造から、本震の震源断層面近傍の岩石に含まれるポアのアスペクト比と体積分率を推定し、すべりが小さかった低速度域では、すべりが大きかった高速度域に比べ、ポアの体積分率が大きく、クラック密度が高いことが推定された。このことから、低速度域では、クラック密度が高いことにより、非地震性の非弾性変形が卓越し、本震の発生前に大きな弾性歪が蓄積されず、地震時すべりが大きくならなかった可能性が示唆された。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、内陸地震の断層への応力集中過程および断層のすべり分布を規定する要因を解明するために、地震波速度構造に着目して、近年整備されてきた高感度地震観測網や稠密余震観測データを注意深く解析したものである。

日本海においては地震も地震の観測点も非常に少ないことから、日本海沿岸に沿う山陰地方の地震帯直下の下部地殻の速度構造を高分解能で推定することは困難な課題であった。申請者は、そのために鍵となる、地震帯直下の下部地殻を通過する波線を持つフィリピン海プレート内の地震を用いるに際して、不均質の強い構造でも安定した波線追跡が可能である解析手法を採用すること、および2001年から2016年という長期間で得られた多数のデータを活用することにより、課題を解決することが出来た。また、低速度異常の原因を推定するために、内陸地震の発生下限深度を精度よく調べ、地震帯の東部において、下部地殻の低速度域と下限深度が浅い領域の水平的な広がり、非常に良い一致を示すことを見出した。このことは、得られた不均質構造の妥当性をサポートするとともに、東部に関しては、低速度の主な要因が高温であることを示唆しており、高く評価出来る。一方、西部に関しては、東部ほど高温でないことが示唆され、既存の知見を参考にフィリピン海プレートから上昇した水による可能性が示唆された。西部については、深部の地震波速度構造を推定することがさらに困難なことから、明確な結論は得られてはいないが、先行研究も含めて得られた知見を整理したことは評価出来る。

先行研究において、大地震のすべり分布と速度構造との関係が多数報告されており、すべりが大きい領域で高速度になる傾向を示すものが多いが、逆を示す結果も存在している。本研究では、精度の高い余震の走時データを多数用いることにより、すべり分布と速度構造との明瞭な関係を推定することに成功している。また、低速度異常とすべり分布の因果関係に関して、先行研究では想像の域を出ていなかったが、精度の高い地震波速度結果に関して定量的な分析を行うことにより、ポア内の流体の物性に関する不確定性は残されているが、すべりの小さな領域でクラック密度が高いと考えられることを示した。これまで想像の域を出なかったすべり分布と速度構造の因果関係の解明のために、定量的な分析を試みたことは評価出来る。

本研究は、内陸地震の発生過程に関する低速度域の役割について信頼性の高い解析結果を提示しており、本論文の前半と後半の結果をリンクさせる可能性がある、下部地殻の低速度域と直上の地震発生域内の低速度域の関係などの課題が残されているものの、内陸地震の発生過程の解明や強震動の予測に関係する重要かつ信頼できる知見を提供しており、価値があるものと評価できる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年3月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお本論文は京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降