

1) - 4 長期的スロースリップおよび石英脈とプレート境界での S 波 反射効率の空間変化との関係【安心・安全】

Spatial variation of S-wave reflection efficiency on plate boundary associated with long-term slow slip events

(研究開発期間 平成 29～令和元年度)

国際地震工学センター 北 佐枝子
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering Saeko Kita

In order to search the spatial change in the reflection efficiency of the S wave reflected at the plate boundary, I firstly examined characteristics of earthquakes on the Kii Peninsula in southwestern Japan. I found that the b-value of the seismic activity both in the slab and overlying plate greatly changed at the line connecting Owase City in Mie Prefecture and Sakai City in Osaka Prefecture. This boundary line across the Kii Peninsula corresponds to the segment boundary of deep low-frequency tremor (short-term slow slip). In addition, the b-value of the intraslab earthquakes changed at the times of the occurrence of short-term slow slip.

【研究開発の目的及び経過】

日本列島には世界で最も高密度で継続的に地震観測を行う、基盤稠密地震観測網(平均観測点間隔は約 15-20km)が構築され、その観測データの解析結果からスロー地震と呼ばれるプレート境界でのゆっくりとした滑りが世界で初めて報告され[Obara, 2002, Science]、その後も次々と重要な成果が上ってきている。スロー地震とは、深部低周波微動・地震、短期的および長期的スロースリップイベント(プレート境界でのゆっくりとしたすべり)等の現象の総称である。これらスロー地震活動は、海溝型巨大地震(東南海地震)発生の準備過程の一部を担うことが、数値シミュレーション研究等から予想されてきた。

地質学的研究からは、長期的スロースリップの断層面のあるプレート境界深さ(深さ 20-30km 程度)での石英脈の形成が予想されている。これまでのスロー地震に関わる地下構造の研究結果でも、プレート境界付近でのシリカ(石英脈)の濃集、流体と深部低周波微動の発生とがスロー地震発生と関わる可能性が指摘されているが[Shelly et al, 2006, Nature]、プレート境界よりも上盤側では地震波減衰が小さく、上盤側では広域にわたって流体が存在するわけではないこともわかってきた[Kita and Matsubara, 2016, JGR]。

そこで減衰構造や速度構造のイメージングでは分解能的には見ることが出来ないくらいの厚さ(厚さ数キロ程度)の石英脈濃集帯が現在のプレート境界面にも形成されていると予想し、石英脈がプレート境界上での透水性

を弱め、プレート境界での流体圧を高めて長期的スロースリップが発生しやすい環境になるのではと考えた。

本計画では、「プレート境界のうち、長期的スロースリップの断層面には石英脈が形成され、地震波の反射・変換効率が低い」という仮説をたて、その検証の為に西南日本のプレート境界における地震波(S波)の反射効率の空間変化を調べる。地質や減衰・速度構造の推定結果も融合し、学際的な長期的スロースリップの発生環境モデルの構築を目指す。

【研究開発の内容】

本研究計画では調査地域を西南日本(紀伊半島から豊後水道)とする。その領域にて内陸地震のS波のプレート境界での反射波を見つけ、プレート境界上での反射効率(直達S波とS波反射波の振幅比)の空間変化を推定する。そして、長期的スロースリップの断層面の中心部と縁に関しては特に注目して、優先的に反射効率の特徴を調べる。

本研究によるプレート境界におけるS波の反射効率の空間変化の推定結果は、既存の速度構造や減衰構造のイメージング結果、地質・岩相(特に石英脈)の空間変化と比較検討をする。それらを通し、プレート境界上での石英の濃集と長期的スロースリップの発生とが関係するとする仮説の検証に挑む。

平成29年度は、反射波を出す地震やプレート境界上での反射点となりうる場所の特定に役立つように、西南日本のうち紀伊半島の地震活動の特徴を詳細に調べた。連携研究者の京都大学防災研究所の澁谷教授による不連続

携研究者の京都大学防災研究所の澁谷教授による不連続面の情報に基づき紀伊半島の震源分布から 1) スラブ内地震(海洋性地殻)、2) スラブ内地震(海洋性マントル)内、3) マントルウエッジ内地震を抽出し、それぞれの特徴や b 値について調べた。また、地震波減衰構造(Q_p 構造)についても調べ、それとの比較検討も同時に行った。

平成 30 年度の研究成果をまとめると、深部低周波微動のセグメント境界は、スラブ内地震およびマントルウエッジの地震活動も変化する場所にあたり、特に b 値の空間変化にその影響が見られることがわかった。深部低周波微動(短期的スロースリップ)と長期的スロースリップとでは再来間隔が異なるが、いずれにせよどちらもプレート境界でのゆっくりとしたすべり現象であり、 b 値に関する理論的研究がここ数年活発になった国内外の学会での情勢の変化も踏まえ、31 年度以降はスラブ内地震の b 値とスロースリップとの間に関係が見られることに注目し、その関係を探求する研究活動を行うこととした。

【研究開発の結果】

平成 29 年度は、西南日本のうち紀伊半島の地震活動の特徴を詳細に調べたところ、三重県の尾鷲市と大阪府の堺市を結ぶ線を境に、この地域の 3 タイプの地震活動の b 値はどれも大きく変化していることを見つけた。海洋性地殻内地震と海洋性マントル内地震の b 値を比べると、境界線の東側地域(0.92 および 0.66)は西側地域(1.06 および 0.76)よりもそれぞれ小さくなる。一方でマントルウエッジ内の地震では、上記の境界線の東側地域の b 値(1.28)は、西側地域(0.99)に比べ大きい値を示していることがわかった。この紀伊半島を横断する境界線は、過去の大規模スラブ内地震の震源が 2 つ分布し、三好・石橋 [2004, 地震]等の指摘した「スラブの断裂」の場所、熊野酸性岩の北端や深部低周波微動(短期的スロースリップ)のセグメント境界にも対応していることが明らかになった。Ferrand et al. [2017, Nature Communications] による室内実験地震の結果では、試料の含水量が増えるほど b 値が大きくなる傾向が示されている。これらの結果を総合すると、紀伊半島下の海洋性マントルは、上記の境界線より南西部が北東部より含水化が大きい一方、マントルウエッジ領域では、西側の方が東側よりも含水化が小さいと考えられる。

平成 29 年度の研究成果をまとめると、深部低周波微動のセグメント境界は、スラブ内地震およびマントルウエッジの地震活動も変化する場所であり、それは b 値の空間変化として見られることがわかった。深部低周波微動

(短期的スロースリップ)と長期的スロースリップとでは再来間隔が異なるが、どちらの現象もプレート境界でのゆっくりとしたすべり現象である。ここ数年、岩石実験学分野の発展が著しく、岩石実験結果に基づいた室内地震の b 値に関する研究成果が出ている国内外で情勢が変化した。本研究でもその最新の知見を取り入れた研究活動とすべく、30 年度以降はスラブ内地震の b 値とスロースリップとの間に関係を深める研究を重点的に行うこととした。

平成 30 年度-令和元年度の研究成果は下記のとおりである。紀伊半島北東部にてプレート境界の下のスラブ内地震の特徴を調べ、短期的スロースリップの発生時期との関連を検討した。短期的スロースリップの発生時期の前と後 2 ヶ月分の時期を比較すると、(a)スラブ内では、地震発生数の上昇が減速し、(b) b 値(発生する地震の平均マグニチュードと関係する数値)も減少し、(c)スラブ内の応力場も変化するを見出した(図 1)。これらの結果は、詳細な物理的な説明はまだ構築できていないものの、スラブ内地震の時間変化と「ゆっくりすべり」との発生時期とが対応すること、複数の手法から指摘した世界初の事例である。

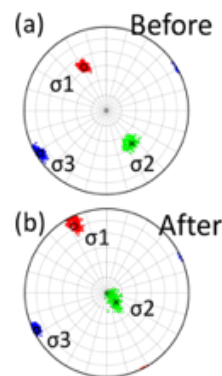


図 1 : 短期的スロースリップ発生(a)前 と(b)後の紀伊半島 下のスラブ内での応力場解析の結果。 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 をそれぞれ○、x、□ で示す。赤、緑、青点は σ_1 、 σ_2 、 σ_3 のそれぞれの 95%の信頼区間を示す。