

3. 4 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	石川正弘

(c) 業務の目的

より正確な地殻構成岩石モデルを構築するために岩石鉱物の弾性波速度測定実験を行い、基礎データを得るとともに、岩石と鉱物の弾性波速度およびレオロジーに関する既存データを整理し、地殻構成岩石に関する初期モデルに基づき、活断層深部の震源断層域における地震波速度構造に基づく地殻構成岩石モデルを考慮した地震発生層の厚さを検討する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 平成29年度：

日本列島の活断層・震源断層システム、特に20世紀以降に発生した内陸地震の形状推定に必要な地震発生層の厚さを推定するための、地殻構成岩石に関する初期モデルを検討した。

2) 平成30年度：

前年に引き続き正確な地殻構成岩石モデルを構築するために岩石鉱物の弾性波速度測定実験を行い、基礎データを得るとともに、日本列島の活断層・震源断層システム、特に20世紀以降に発生した内陸地震の形状推定に必要な地震発生層の厚さを推定するための、地殻構成岩石モデルを検討する。

3) 平成31年度：

断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定に関する研究のまとめを行う。

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の要約

岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波トモグラフィーを解釈することで琵琶湖周辺の上部地殻の層厚や地殻構成を推定した。 V_p/V_s トモグラフィーから同一岩石種が分布すると推定される領域の V_p パータベーションを抽出することで、琵琶湖を中心とした近畿地方の地殻内部の定性的な温度分布を判読した。深さ25 kmでは近畿地方北部周辺に相対的な高温域が分布する一方で、太平洋側に向かって相対的に低温になることが判読された。P波速度パータベーションから温度構造を推定する際に岩石の弾性波速度の温度依存性を決定することは重要である。本年度は、三波川変成帯に産するざくろ石角閃岩の弾性波速度測定を行い、P波速度や V_p/V_s と温度との関係に関する基礎データを得た。

(b) 業務の実施方法と成果

先行的に行われてきた日本海地震・津波調査プロジェクトの地殻構成岩石モデルに関する研究において、岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を解釈することで、東北本州弧の上部地殻と下部地殻の境界は 6.5 km/s の P 波速度とほぼ一致することが示されてきた（図 1）。また、石英を主要鉱物として含む上部地殻は低 V_p/V_s で特徴付けられること、一方、中新世リフト活動に伴う玄武岩質マグマ活動で新たに形成した苦鉄質上部地殻は高 V_p/V_s で特徴付けられることも示されてきた。本研究では、同様に、岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を解釈することで、琵琶湖周辺の上部地殻・下部地殻境界の推定や上部地殻の構成岩石の推定を行う。

これまでの高温高压条件における弾性波速度測定実験から、岩石の P 波速度や S 波速度には温度依存性がある一方で、 V_p/V_s は温度依存性が著しく小さく、岩石種に大きく依存することがわかっている（例えば、Nishimoto et al., 2008）。本研究では、防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を用いて、特定範囲の V_p/V_s 域の P 波速度構造を抽出することで、同一岩石種が分布すると推定される範囲において、温度のゆらぎを速度構造から定性的に推定することを試みる。

岩石の弾性波速度と温度の関係を決定することは、P 波速度パータベーションから温度構造を推定する際に重要となる。本研究では、弾性波速度データが欠落もしくは不十分な岩石種について測定を行う。高温高压発生装置としては、横浜国立大学設置のピストンシリンダー装置を用いて、最大圧力 1.0 GPa で P 波速度と S 波速度を同時測定し、 V_p/V_s を決定する。なお、実験は鈴木里菜氏（横浜国立大学）の協力を得て実施した。

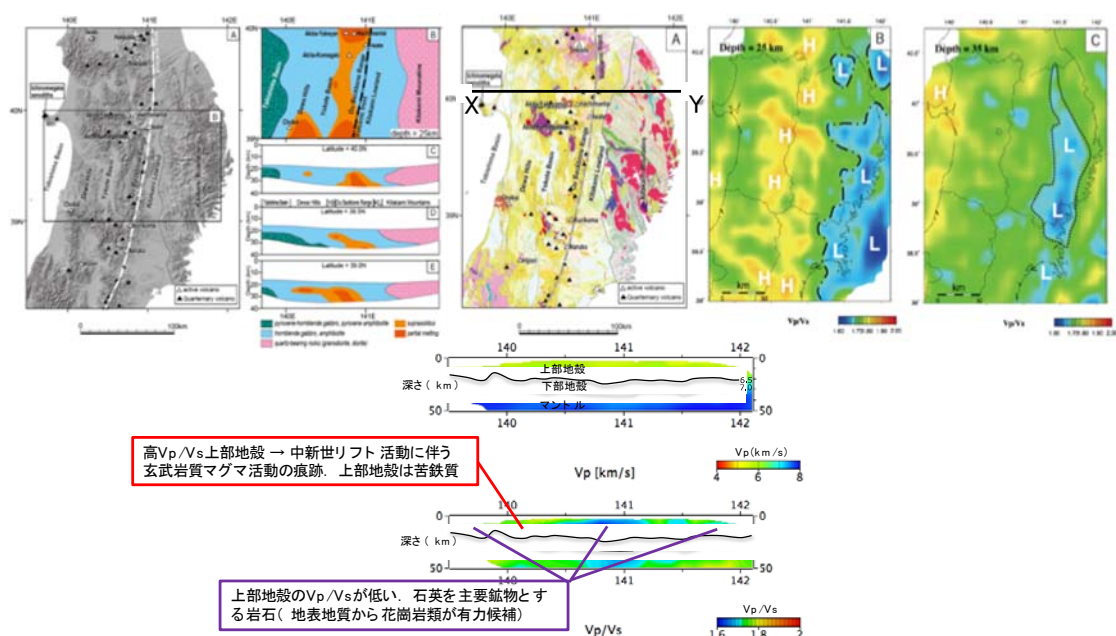


図 1 東北地方の地殻構成岩石モデル(Nishimoto et al, 2008; 石川, 2017)の例。岩石鉱物の弾性波速度と地震波速度構造を比較することで東北本州弧の地殻構成を推定した。高 V_p/V_s の上部地殻は中新世リフト活動に伴う玄武岩質マグマ活動の痕跡と解釈され、低 V_p/V_s の上部地殻は石英を主要鉱物とする岩石で構成されると解釈される。

まず、東北本州弧の地殻構成と同様の方法を用いて、岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を解釈することで琵琶湖周辺の地殻構成を推定した(図2)。図2cは琵琶湖南部を東西に横断するP波速度断面である。P波速度6.5 km/s(太線)を上部地殻・下部地殻境界と仮定すると、上部地殻の層厚は約25 kmと見積もられ、東北本州弧と比較して琵琶湖周辺の上部地殻は非常に厚いことが判読される。図2dは琵琶湖南部を東西に横断するVp/Vs断面であり、青色で示された低Vp/Vs層の底面はP波速度6.5 km/sにほぼ一致しており、上部地殻が石英を主要鉱物とする岩石で構成されると推定した。

次に、防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を用いて、琵琶湖を中心とした近畿地方の地震波速度構造から温度構造を推定した(図3)。図3aと図3bは琵琶湖を中心とした近畿地方における深さ15 kmのP波速度パートバージョン構造とVp/Vs構造である。Vp/Vs構造から低Vp/Vsで示された石英質地殻と高Vp/Vsの苦鉄質地殻が分布することが読み取れる(図3b)。図3cは石英質岩石が分布すると推定される領域(図3bの青で示された範囲)からVp/Vs=1.69-1.71の領域を抽出したVpパートバージョンである。つまり、同一岩石種の地殻内部の定性的な温度分布であると解釈される。図4には深さ15 kmと25 kmで推定された温度構造である。深さ25 kmでは近畿地方北部周辺に相対的な高温域が分布することと、太平洋側に向かって相対的に低温域が分布することが読み取れ、深さ15 kmと比較して広域的な温度分布傾向が判読された。

次に、四国、三波川変成帯に産するざくろ石角閃岩の弾性波速度測定を行った。ピストンシリンダー装置を用いて、直径14 mm、長さ12 mmのコア状に成型したざくろ石角閃岩試料を対象として最大圧力1.0 GPa最高温度500 °CでP波速度とS波速度を同時測定し、Vp/Vsを決定した。図5に実験結果を示した。P波速度の100°Cあたりの速度低下率は約0.09 km/sである。一方、Vp/Vsは100-500 °Cの範囲でほとんど変化しないことが実験から示された。

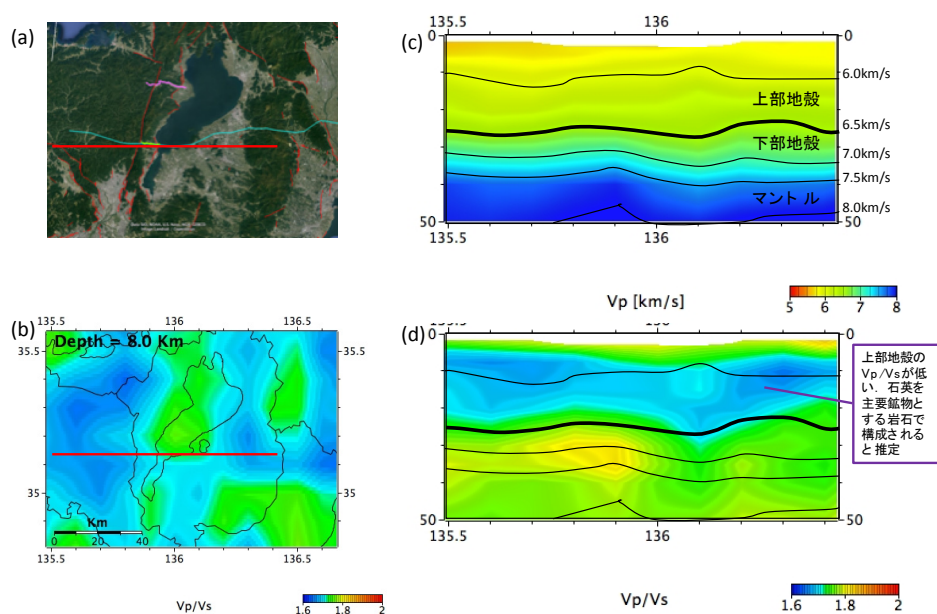


図2 琵琶湖周辺の地殻構成モデル。(a)速度断面の位置(赤線)、(b)深さ8 kmのVp/Vs、(c)赤線に沿ったP波速度断面、(d)赤線に沿ったVp/Vs断面。

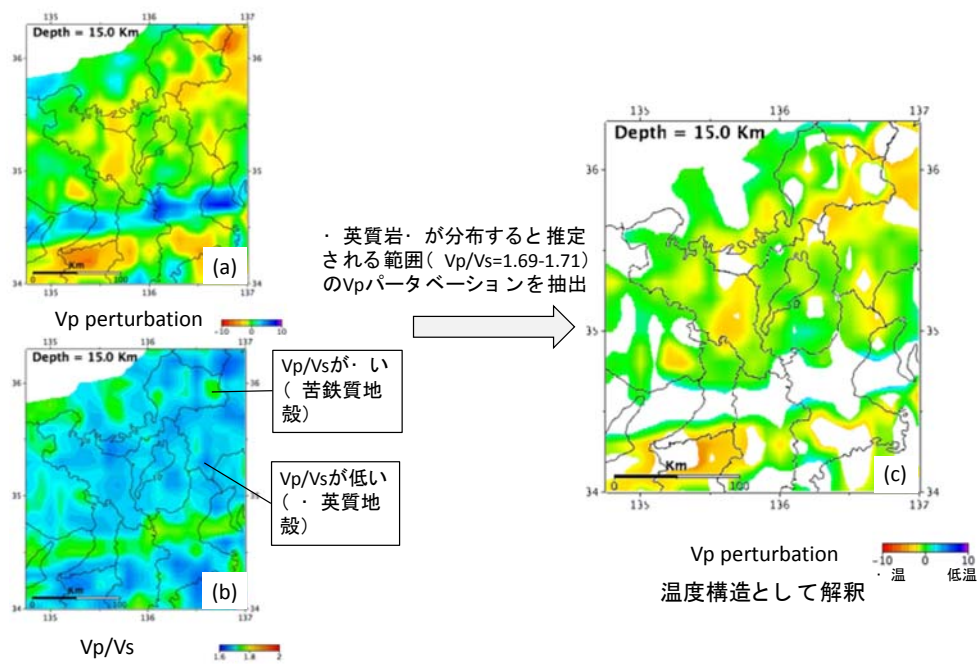


図 3 地震波速度構造から温度構造を推定する手順。(a)P 波速度パータベーション、(b) V_p/V_s 、(c)定性的な温度構造。

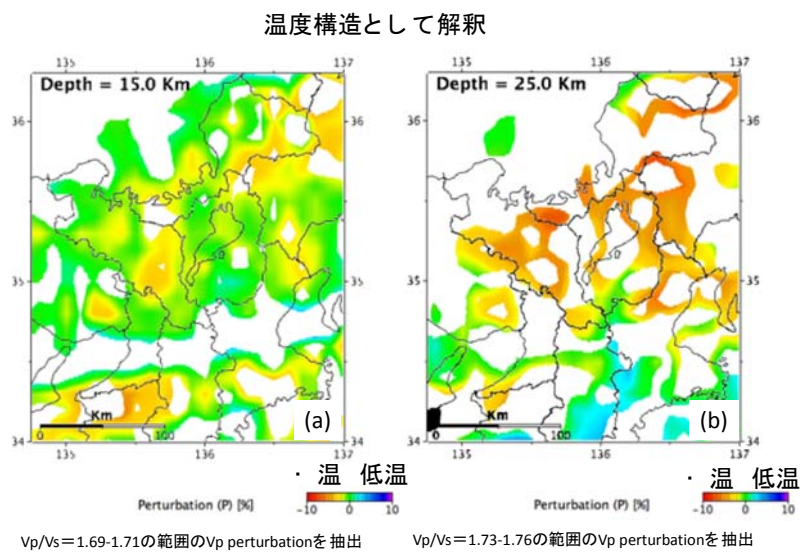


図 4 地震波速度構造から推定される定性的な温度構造。(a)深さ 15 km、(b) 25 km。

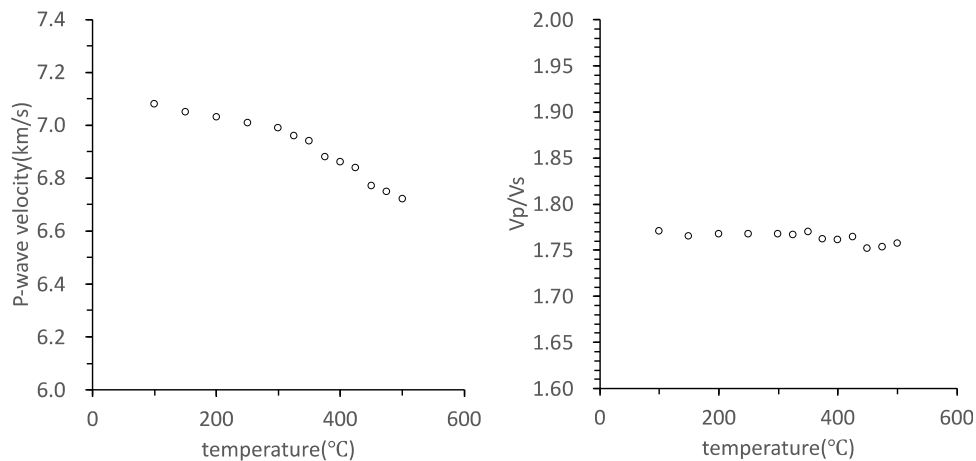


図5 圧力 1.0 GPa におけるざくろ石角閃岩の P 波速度と V_p/V_s 。

(c) 結論ならびに今後の課題

はじめに、岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波トモグラフィーを解釈することで琵琶湖周辺の地殻構成を推定した。その結果、琵琶湖周辺の上部地殻の層厚は約25 kmと見積もられ、非常に厚い石英質な上部地殻から構成されることが推定された。今後は西南日本のより広範囲において上部地殻・下部地殻境界の推定と上部地殻の構成岩石の推定を行うことが課題である。

次に、琵琶湖を中心とした近畿地方の地震波速度構造から温度構造を推定した。 V_p/V_s トモグラフィーから同一岩石種が分布すると推定される領域の V_p パータベーションを抽出することで、地殻内部の定性的な温度分布を判読した。例えば、深さ25 kmでは近畿地方北部周辺に相対的な高温域が分布する一方で、太平洋側に向かって相対的に低温になることが推定された。今後の課題としては、より広範囲において温度構造を推定することと、半定量的に地殻内部の温度分布を推定することが挙げられる。

さらに、三波川変成帯に産するざくろ石角閃岩の弾性波速度測定を行い、P波速度や V_p/V_s と温度との関係に関する基礎データを得た。P波速度パータベーションから温度構造を推定する際に重要なので、これまでの実験データを取りまとめるとともに、未測定 of 岩石種について引き続き測定を行う必要がある。

今後はP波速度パータベーションと岩石の弾性波速度の温度依存性を組み合わせることで半定量的な温度構造を推定することが課題となる。

また、推定した温度構造および構成岩石モデルを用いて、本プロジェクトの研究対象とする断層について、地震発生層の下限を推定することが課題となる。

(d) 引用文献

石川正弘, 岩石の弾性波速度に基づく島弧地殻深部及び最上部マントルの構成岩石の推定 : 伊豆弧と東北本州弧, 地質学雑誌, 123, 355-364, 2017.

Nishimoto, S., M. Ishikawa, M. Arima, T. Yoshida, and J. Nakajima, Simultaneous high P-T measurements of ultrasonic compressional and shear wave velocities in Ichino-megata mafic xenoliths: Their bearings on seismic velocity perturbations in lower crust of northeast Japan arc, J. Geophys. Res., 113, B12212, doi:10.1029/2008JB005587, 2008.

