

<2013年3月16日京都大学地球物理学教室同窓会講演要旨>

大地震の断層破壊は地殻深部のどこまで伝播するのか？

京都大学大学院理学研究科地球物理学教室

林 愛明

大地震は成熟した活断層沿いで繰り返し発生することと、10–15 km より浅い大陸地殻の地震発生帯底部において核を形成することが良く知られている。繰り返した大地震は、断層帯で形成される断層岩や断層帯の岩石によって直接記録されている。断層帯における地震発生の証拠として、いわゆる「地震の化石: シュードタキライト」の存在が挙げられることがよく知られている。シュードタキライト(Pt)は、急激な地震断層運動時に、断層帯における岩石を熔融または強く摩滅させるのに十分な摩擦熱または超細粒の物質を流体化させる強い粉砕作用が生じた時に形成される (Lin, 2008a; 林, 2008)。

これまでの研究により、地殻浅部の脆性破壊領域で形成されたシュードタキライト脈(C-Pt)は、マイロナイト化したシュードタキライト脈 (M-Pt 脈) とグラニュライト相の条件下で塑性変形優位領域において核形成されたシュードタキライト脈 (G-Pt 脈) と同一断層帯に共存することが明らかにされた (Lin, 2008a,b)。これらの岩石の共通的な産状は、G-Pt 脈と M-Pt 脈とそれに関連するマイロナイティック岩石は塑性変形優位領域で形成され、後に脆性変形領域で C-Pt 脈とそれに関連する脆性変形により動的に上書きされたことを示している。これらの特徴は、連続的な断層の運動史や、あるいは既存の断層の再活動と長い地震静止期間が交互に起きたことを記録している。これらの繰り返し発生したシュードタキライトの生成イベントは、深部の結晶塑性変形優位の領域から浅部の脆性破壊優位の領域への岩盤の削剥および地殻変動による隆起期間中に起こったと考えられる。

図1に示したように、大陸地殻の強度断面は断層せん断帯内の最も高い抵抗とせん断ひずみエネルギーは地震発生帯の底部またはその近くに集中する。この深度での断層せん断帯におけるせん断ひずみエネルギーはグラニュライト相の条件下で連続的な塑性変形と、石英と長石の動的再結晶により消耗される。従って、大陸断層帯において、脆性破壊優位領域における断層せん断抵抗より

遙かに小さい塑性流動領域における塑性不安定のみで大きいマグニチュードの地震を引き起こすに十分なせん断ひずみエネルギーを蓄積することは困難であろう。

グラニュライト相の条件下で形成されたシュードタキライト (G-Pt) が、脆性破壊優位の地震発生帯に位置する震源から地震すべりの下部への伝播のため、グラニュライト相の条件下で断層せん断帯の深部レベルに形成されたという提案を強く支持している (図 1)。図 1 に示した断層模式図は、成熟した断層沿いの大地震の期間中に発生した繰り返しの地震破壊とすべり伝播が、断層沿いで観察される大きい累積変位と単一の断層帯において形成される大規模な C-Pt, M-Pt および G-Pt 脈とそれらに関連する断層岩との共存現象を説明することができることを示している。これらの関連断層岩は、上部地殻の脆性優位領域と脆性—塑性遷移帯、そして最終的に下部地殻の塑性流動領域までの様々な深度で地震時の急激な断層運動と非地震期間塑性変形により形成される。これは、大地震破壊の下方の非地震性塑性変形領域への伝播が断層せん断帯における地殻深部レベルにまで到達することを示している。

参考文献：

- Lin, A., Sun., Z., Yang Z., 2003.** Multiple generations of pseudotachylyte in the brittle to ductile regimes, Qinling-Dabie Shan ultrahigh-pressure metamorphic complex, central China. *Island Arc* 12, 423-435.
- Lin, A. et al. 2005.** Propagation of seismic slip from brittle to ductile regimes: evidence from the pseudotachylyte of Woodroffe thrust, central Australia. *Tectonophysics* 402, 21-35.
- Lin, A., 2008a.** *Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes.* Springer, Berlin, 348p (ISBN: 978-3-540-74235-7).
- Lin, A., 2008b.** Seismic slip in the lower crust, inferred from granulite-related pseudotachylyte in the Woodroffe thrust, central Australia. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 215233, DOI 10.1007/S00024-008-0301-4
- 林 愛明 (著/訳), 2008,** 『地震化石：假熔岩的形成与保存』, (英文著書「Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes」の中国語版), 高等教育出版社, 北京, 321p (ISBN: 978-7-04-024620-9).

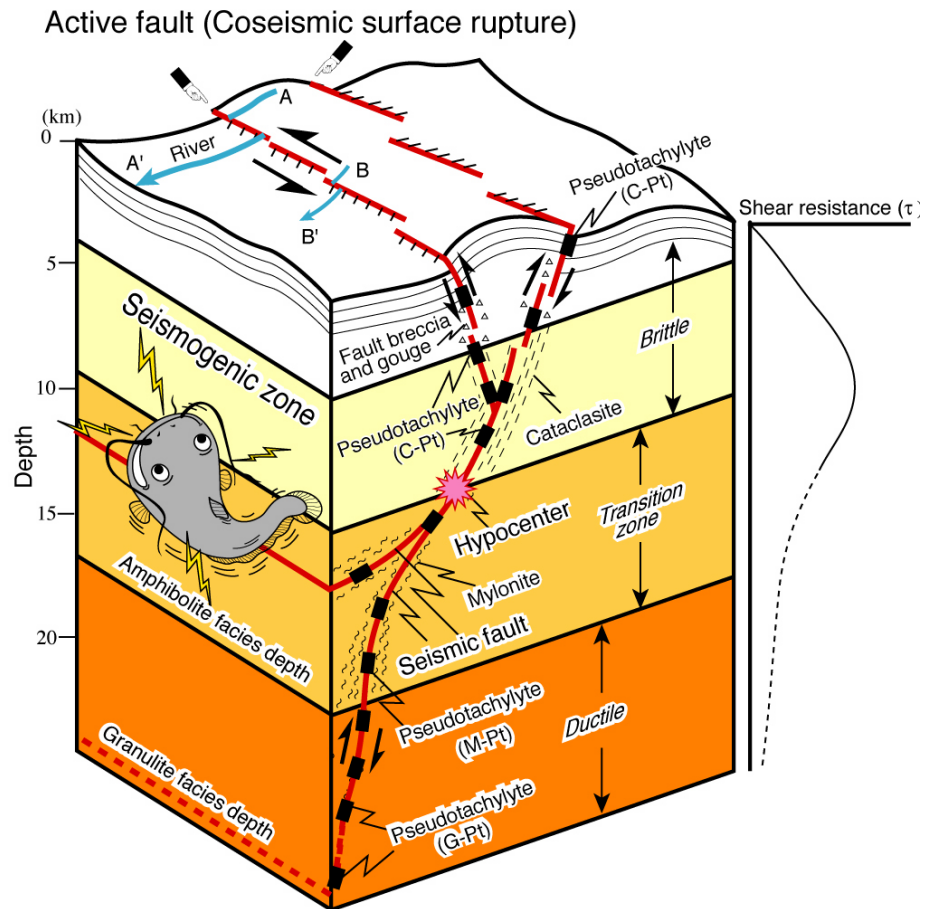


図. 1. 大陸地殻において発達する大規模断層帯における地震すべりの伝播模式図. 任意のせん断強度(τ)と深度の断面は $25\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ の地温勾配という仮定によるものである. 周期的に繰り返した地震の核は脆性優位の地震発生帯(鯨で示した部分)の底部で形成される. 各々の破壊イベントの際, 地震すべりが下部地殻までの塑性流動領域へ伝播する. 時間の経過と共に, 大規模の M-Pt は塑性優位領域において脈状として産出する; これらの脈は, 形成後, 最初にマイロナイト化作用を受け, その後隆起と削剥に伴って脆性優位の地震発生帯におけるカタクラシス作用と C-Pt 脈の形成により上書きされる. 断層帯沿いで長期間に亘り地震イベントが繰り返し発生するという性質は, C-Pt と Um-Pt 脈との共存現象を説明することができ, 結果的に断層沿いに累積した大きい変位と大規模のシュードタキライトを形成する. 鯨は大地震の震源域を示している(Lin et al. 2008a,b より).