

Relationship between migration diffusivity and the duration of earthquake swarms

*Yuta Amezawa¹, Takuto Maeda¹, Masahiro Kosuga¹

1. Graduate school of Science and Technology, Hirosaki University

はじめに

群発地震は、本震のような明瞭な最大規模の地震を欠き、地震活動が一定期間継続する現象である。その継続期間は数時間から数年と様々であるが、非大森則的な地震活動の時間継続特性を評価することが難しいため、群発地震の継続期間とそれ以外の活動様式とを関係付ける明確な指標は存在していない。ゆえに、群発地震の継続期間を規定する要因を調べることは、群発地震の発生と継続についての物理的メカニズムを解明し、活動の時空間発展を予測するために重要である。

一方で、群発地震に伴い震源マイグレーション（地震活動域の時空間的移動）が観測される場合がある。震源マイグレーションは、拡散モデル（Shapiro et al., 1997）で説明され、その拡散係数により活動の時空間発展の特徴を定量化できる。継続期間と拡散係数を対比させた議論を行った研究例もあるが、個別の群発地震に対する検討に留まっている。

そこで本研究では、東北地方太平洋沖地震により東北日本内陸で誘発された複数の群発地震について、その継続期間と震源マイグレーションの拡散係数を統一的基準のもとで推定し、両者の関係を調べた。

方法

解析には気象庁一元化震源カタログを用い、東北日本内陸の群発地震のうち震源マイグレーションが観測された森吉・角館・月山・仙台・米沢－喜多方周辺での活動について、2011/3/11から2019/12/31に発生したマグニチュード1以上、20 km 以浅の地震を扱った。

震源マイグレーションに対する拡散モデルの適用は、空間原点と時間原点からの距離と経過時間をデータとして行う。本研究では、時間原点は群発地震の最初の地震の発生時刻とし、空間原点は以下のように探索した。まず、間隔 0.2 km で分割したグリッドを仮の空間原点とする。次に、時間順の10地震毎に、仮の空間原点からの距離の最外縁（震源マイグレーションの前線）位置を、距離分布の四分位範囲内での95パーセンタイル値として決定する。その最外縁データに拡散モデルを当てはめてRMS残差を計算し、残差が最小となる空間原点位置とその時の拡散係数を、対象とする群発地震活動を説明する拡散モデルの最適値とした。

群発地震の継続期間は、マグニチュード1以上の地震の積算数が最終的な積算数の90%に達した時点までとし、これをEVT90 [day] と定義した。なお、現在も活動が継続しているものは現時点での積算数を最終的な積算数とした。

結果

群発地震の継続期間と震源マイグレーションの拡散係数のそれぞれ対数には、負の相関があることが明らかになった（Fig.1）。両者の関係の冪指数は-0.5から-1.0であり、拡散係数が小さい（大きい）ほど、群発地震の継続期間は長期（短期）であった。推定された拡散係数の値の範囲は $0.01 - 5 \text{ m}^2/\text{s}$ で、先行研究の推定値からの大きな逸脱はない。

さらに、世界各地の群発地震について、先行研究で求められた拡散係数と継続期間の関係を調べた。継続期間は先行研究に記述があればそれを用い、なければ活動時系列などから概算した。本研究と同領域のものには我々が求めたEVT90を用いた。その結果、本研究と同様の負の相関が成立することを確認した（Fig.2）。

議論

Fig.2のプロットには火山・非火山・地熱地域が含まれることから、群発地震発生域のテクトニックな条件に関わらず、負の相関は一般的に成り立つ可能性がある。ただし、Fig.1の分布は1本の直線で近似可能であるのに

対し、Fig. 2の分布には折れ曲り点があるようにも見える。

群発地震の継続期間と震源マイグレーションの拡散係数の関係は、特定の場合についてはいくつかの解釈が行われている。例えば、活動が短期終了するものについて、水などの低粘性流体によって比較的高速な震源マイグレーションを伴う群発地震が駆動されたという解釈 (Shelly et al., 2016) や、活動が長期継続するのは、硬質な深成岩による低透水性な環境のためであるという解釈 (Hauksson et al., 2019) がなされている。

先行研究での解釈の前提となっているように、十分高い間隙圧が維持される時間を群発地震の継続期間と考えると、継続期間は流体の粘性が比較的小さい (大きい) 場合は短期化 (長期化)、地殻の透水性が小さい (大きい) と長期化 (短期化) すると解釈できる。すなわち、拡散係数は流体の粘性や地殻の透水性を反映すると考えられ、これらは群発地震の継続期間を規定する要因の一部だと考えられる。

謝辞

本研究では気象庁一元化震源カタログの震源データを使用しました。記して謝意を表します。

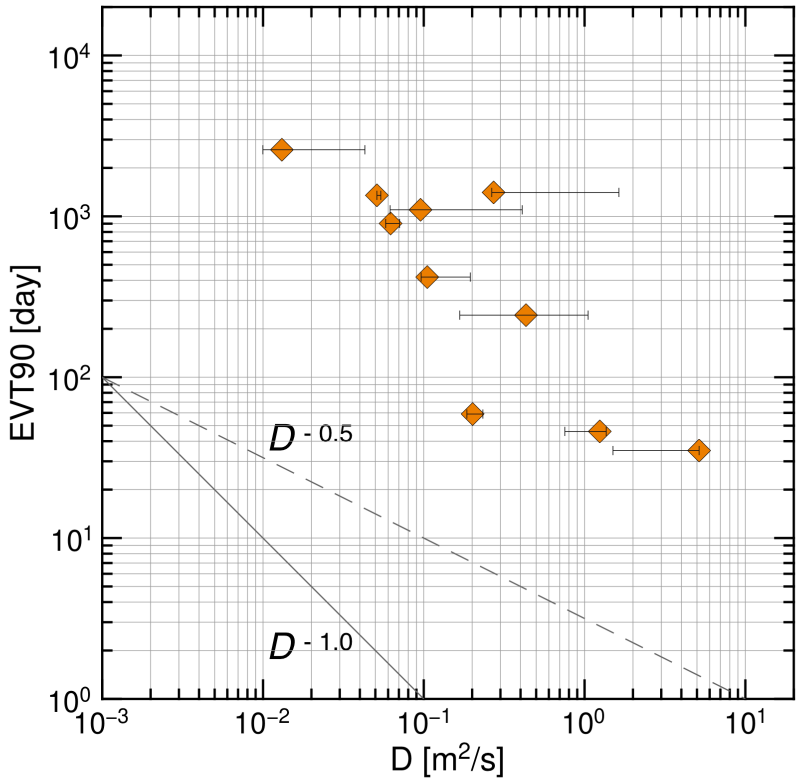


Fig.1 Scatter plot between EVT90 and D value. Orange diamonds denote the points of D value and EVT90 of each region estimated in this study. Black bars indicate the range of D values in the top 25% of the smallest order of fitting RMS.

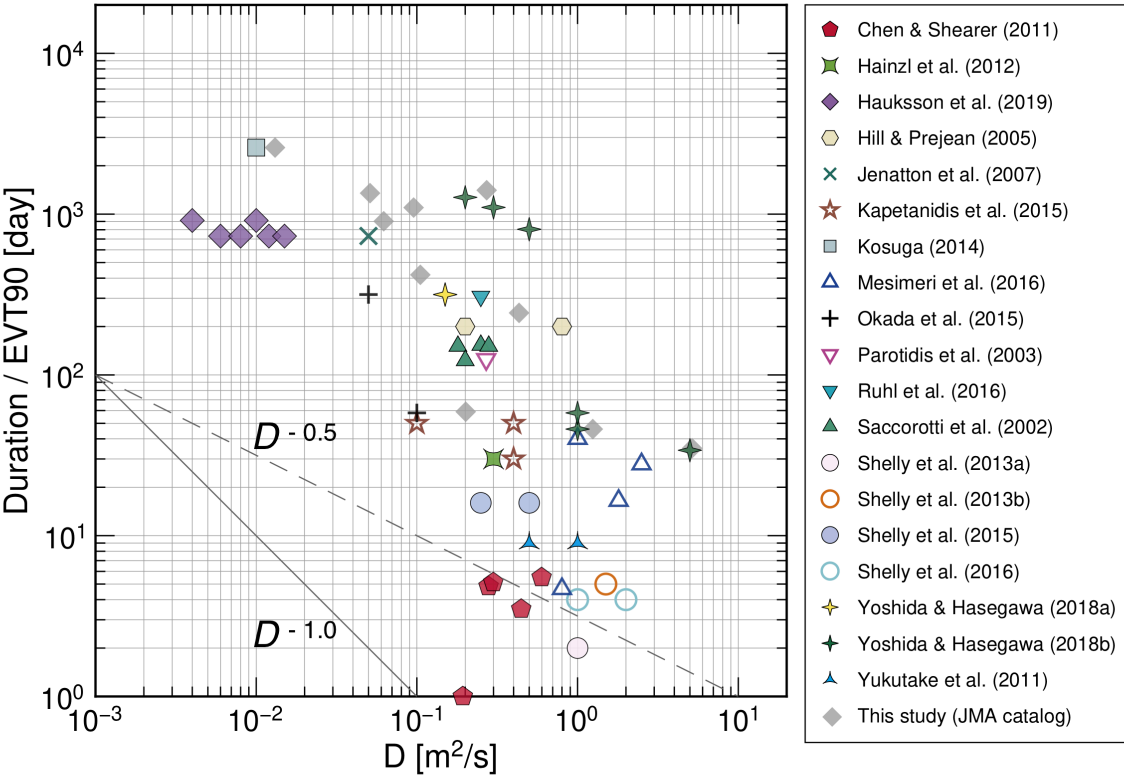


Fig.2 Scatter plot between the duration and D value previously reported in various environment worldwide. Each symbol denotes the point of D value and duration (or EVT90). The symbols indicate the previous studies in the legend. Light gray diamonds are the same as the plotting points in Fig.1.