

重力異常データの DMA 解析に基づく地震活動の推定 Estimation of earthquake activity based on the DMA analysis gravity anomaly data

○菊地和平・深畑幸俊・清野健

○Kazuhei KIKUCHI, Yukitoshi FUKAHATA and Ken KIYONO

We can usually estimate the size of large inland earthquakes from the length of active faults. However, this method cannot be applicable to earthquakes that do not rupture earth's surface, but result in fault-related folding. In order to estimate seismic activity of such hidden earthquakes beneath fault-related folds, a new method was introduced by Kikuchi et al. (2013, 2014), in which the self-affinity of folded structure was analyzed. By applying the method to the fold data in the region of the 2004 Chuetsu earthquake (M6.8), which did not cause clear fault traces on the Earth's surface, they estimated the b -value of the region and found that the estimated b -value was concordant with seismologically obtained ones from the aftershock sequence of the earthquake. In this study, we carry out a similar analysis but with a more sophisticated way, called DMA analysis, by using Free-air gravity anomaly data to more quantitatively estimate the seismic activity.

地形・褶曲におけるスケール不変性 (フラクタル性)は、地球表層の様々なプロセスにより形成される。しかし、これまでの褶曲のスケール不変性に関する分析では、スペクトル指数 P など単一の指数に基づき、方向による傾向の違いが無視されていた。一方、Matsushita and Ouchi (1989)は、地形データの解析から、スケール不変性に方向依存性、つまりフラクタルの中でも方向によってスケールのされ方が異なる自己アフィン性が、山地地形に認められることを示した。東北日本弧における褶曲は、プレートの運動による東西圧縮により、平らな地殻が変形する事 (平板の座屈)により形成されていると考えることができる。そこで山地地形と同じくプレート運動の強い影響によって形成される褶曲について、地質学的手法によって得られたデータに基づき自己アフィン性を調査した (Kikuchi et al., 2013)。その結果、褶曲にも自己アフィン性が認められ、さらにその自己アフィン性の指標であるハースト指数 H と地震の大きさ-頻度分布に関する統計則であるグーテンベルグ-リヒター則の b 値とを結びつける式を導出した。

2004年に発生した新潟中越地震は、褶曲に関連した地震であった (Okamura et al., 2007)。平らな地殻に力が掛かると、連続的な変形により褶曲が形成される。その褶曲の折れ曲がった部分に歪や応力が集中し、ついには大きな歪に耐え切れなくなると不連続な破壊が起こる (地震が発生する)。

その破壊の痕跡である断層が、地表面に現れないことから褶曲に関連した地震は「隠された地震」と呼ばれる。地表に活断層として現れていなかったために、通常の活断層長などに基づく地震の大きさの推定方法が存在しなかった。しかし、地表付近では褶曲が見られたため、地震評価における何らかの手がかりになるものと考えられる。そこで先の研究で得られた関係式を用いて新潟中越地方の b 値の見積もりを試みた (Kikuchi et al., 2014)。自己アフィン解析より得られた b 値の見積もり結果を実際の地震活動の結果から得られた b 値と比較することにより、歴史地震の記録がない地域においても褶曲の自己アフィン解析を事前に実施することにより、その地域で発生する地震活動が推定可能であることを示した。しかしながら、これまでの研究では地質学的データを元に解析を行っているために、どうしてもデータの精度に問題があった。そこで新たに、褶曲の形状を反映していると考えられるフリーエア重力異常のデータを本研究では用いた。そのデータの自己相似性を調べるに当たって、これまで用いてきた手法では大量のデータを解析するには不向きであるため、Detrending moving average (DMA)の高速アルゴリズムを用いて解析を行った。

具体的な解析では、2004年新潟中越地震の震源位置を含む東西方向に十分大きな領域の重力異常データに対して DMA 解析を行った。得られた結

果から、自己相似性がある波長を境に変化していることが示された (この変化点をクロスポイントと呼ぶ)。この自己相似性の違いは、内的営力の違いにより起こっていると考えられ、クロスポイントより小さなローカルな領域では、重力異常の基となる褶曲構造は同じ自己相似性を持っていると考えられる。そこで、クロスポイントに対応する大きさ (特徴的な褶曲の波長) を、その地域で起こる地震の断層の最大の長さに対応していると考えた。そして、その得られた断層長に対応する長さ

の測線を南北方向に複数本用意し、その測線上における重力異常データに対して同様に DMA 解析を行った。現時点の解析の結果では、見積もられた b 値 (約 0.8) は、震源付近では実際の中越地震の余震活動における b 値 (0.8 \pm 0.1; Enescu et al., 2007) と同等の値が得られている。このことから重力異常値に対して DMA 解析を行うことにより、その解析対象地域で実際に起こりうる余震活動について見積もることができる可能性が示された。