

# 重力異常値解析に基づく地震活動度の推定

菊地 和平 統計思考院 特任助教

## 1. 褶曲の自己相似性と $b$ 値との関係

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。Kikuchi et al. (2013)<sup>1</sup>は、地質学的手法によって得られた褶曲データの解析から、方向によってフラクタル性が異なる自己アフィン性が褶曲に存在することを報告し、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-頻度分布に関するゲーテンベルグ-リヒターの統計則の $b$ 値とを結びつける式を導出した:

$$H = \frac{5 - 4b}{2}. \quad (1)$$

2004年新潟県中越地震( $M_w$ 6.6)では、明確な地表地震断層が生じなかった<sup>2</sup>。その一方、地表付近には地震によって形成されたと考えられる褶曲構造が見られるため、地震活動評価の手がかりになると考えられる。そこで、Kikuchi et al. (2014)<sup>3</sup>では、上述の関係式(1)を用いて新潟県中越地方の $b$ 値の見積もりを試みた。その結果、自己アフィン解析から得られた $b$ 値の見積もりと実際の地震活動の解析から得られた $b$ 値<sup>4</sup>とが整合的であった。この結果は、自己アフィン解析(フラクタル解析)から当該地域で発生する地震活動が推定可能であることを示している。しかしながら、地質学的データを用いた解析ではデータの数や精度に問題があった。そこで本研究では、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用いて解析を行うこととした。

## 2. 解析手法

これまで用いてきた手法は大量のデータを解析するのに不向きなため、より洗練された手法であるDetrending moving average (DMA)<sup>5,6</sup>を用いて解析を行った。DMA解析では、データ列 $y(i)$ に対して、まず各点での移動平均 $y_n(i)$ を求める(図1):

$$y_n(i) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} y(i-k). \quad (2) \quad n: \text{移動平均の幅}$$

各点の値から移動平均を引くことにより一般化分散 $\sigma_{DMA}^2$ を求める:

$$\sigma_{DMA}^2(n) = \frac{1}{N-n+1} \sum_{k=0}^{n-1} \{y(i) - y_n(i)\}^2. \quad (3) \quad N: \text{データ総数}$$

標準偏差とスケール $n$ の関係は

$$\sigma_{DMA}(n) \sim n^\alpha. \quad (4) \quad \alpha: \text{べき指数 (図2を参照)}$$

べき指数 $\alpha$ とハースト指数 $H$ の関係は

$$H = \alpha - 1. \quad (5)$$

と本解析では表せる。

図1. 重力異常のある測線上のデータ列 $y(i)$ の解析例

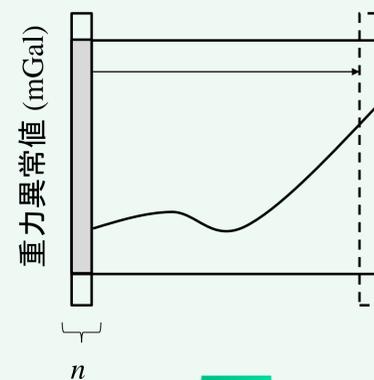
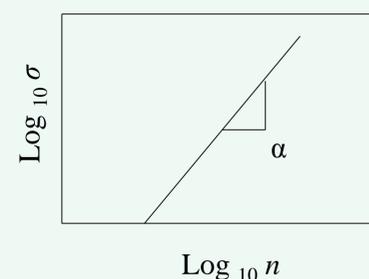


図2. 標準偏差 $\sigma$ と移動平均の幅 $n$ およびべき指数 $\alpha$ の関係



## 3. 重力データによる地震活動の推定結果

2004年新潟県中越地震の震源周辺の重力異常データに対してDMA解析を行った。フリーエア重力異常データの解析から、2004年新潟県中越地震の余震域については余震データから求められたものとほぼ同じ $b$ 値が得られた(詳しい解析結果についてはオープンハウス当日の質疑応答の時間に提示する)。一方、その周辺域においてはやや異なる $b$ 値が得られた。このことから、直接の褶曲データだけでなく、フリーエア重力異常データに対してもDMA解析を行うことにより、当該地域の地震活動の指標となる $b$ 値について見積もることができると示された。

## References

1. Kazuhei Kikuchi, Kazutoshi Abiko, Hiroyuki Nagahama, Hiroshi Kitazato, and Jun Muto, Self-affinities of landforms and folds in the Northeast Honshu Arc, Japan, Acta Geophysica, Vol. 61, PP. 1642-1658, 2013.
2. Okamura, Ishiyama, and Yanagisawa, Fault-related folds above the source fault of the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake, in a fold-and-thrust belt caused by basin inversion along the eastern margin of the Japan Sea, JGR, Vol. 112, B03S08, 2007.
3. Kazuhei Kikuchi, Kazutoshi Abiko, Hiroyuki Nagahama, and Jun Muto, Self-affinities analysis of fault-related folding, Episodes, Vol. 37, PP. 308-311, 2014.
4. Enesc, Mori, and Miyazawa, Quantifying early aftershock activity of the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake (Mw6.6) JGR, Vol. 112, B04310, 2007.
5. Carbone and Kiyono, Detrending moving average algorithm: Frequency response and scaling performances, PRE, Vol. 93, 063309, 2016.
6. Kiyono and Tsujimoto, Time and frequency domain characteristics of detrending-operation-based scaling analysis: Exact DFA and DMA frequency responses, PRE, Vol. 94, 012111, 2016.