

大域的及び局所的マルチフラクタル指標による 大地震の解析*

佐々木 悠貴†

田中 敦‡

山形大学大学院理工学研究科§

1 はじめに

日本は世界的にみて珍しい地震大国であり、これまでに何度も大地震が起こっている。大地震による被害は甚大なものとなることがあり、いつ、どこで、どのような地震が発生するか、人々の関心は高い。これまでに地震予知に関するさまざまな研究が報告されているが、地震予知が成功した例は少ない。予知が難しい原因のひとつに、地震の未知の領域の多さがある。たとえば、東北地方太平洋沖地震のような、広い範囲での断層のずれの転移はこれまでないと考えられていたことや、地震の原因となりえる断層が新しく発見されていることなど、地震には未だ判明していないことが多い。これらの未知の領域の解明のためには、過去の地震の解析が必須である。

地震の分布の解析ではフラクタル解析という手法が多く用いられている [2]。フラクタルとは、世の中にみられる自己相似性を持つパターンのことで、地震の空間分布、規模分布もフラクタルである。フラクタル解析は、パターンの自己相似性をフラクタル次元として表現する。しかし、フラクタル解析ではパターンを均一な自己相似性を持つものとして見なしての解析ができないことが問題であった。この問題を解消できる手法が、マルチフラクタル解析である。マルチフラクタル解析ではパターンを不均一な自己相似性を持

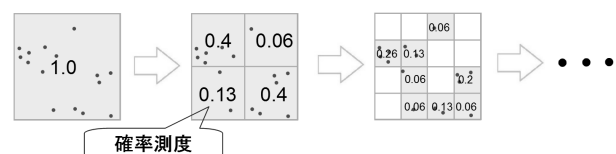


図 1: マルチフラクタル解析手法

つものとして捉えることができ、さらにパターンの上の物理量も含めて解析できる。このマルチフラクタルを用いて、地震の震源・規模分布の解析を行う。

2 マルチフラクタル解析手法 [3]

パターンを一つのブロックで囲い、分割を繰り返していき、各分割段階で分配関数 $Z_q(\epsilon)$ を求める。分配関数とは、確率測度の q 乗の和であり、 q が大きいほど確率測度の大きい項が分配関数を支配し、 q が小さければ確率測度の小さい項が分配関数を支配する関数である。これにより、 q のチューニングによって確率測度の大きいブロック、小さいブロックを強調することができる。 i 番目のブロックの確率測度を $P_i(\epsilon)$ 、一辺の長さ ϵ で分割したときのブロックの個数を $N(\epsilon)$ として、次式で定義する。

$$Z_q(\epsilon) = \sum_{i=1}^{N(\epsilon)} \{P_i(\epsilon)\}^q \quad (1)$$

この分配関数を用いて、一般化次元 D_q を以下で定義する。

$$D_q = \frac{1}{q-1} \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln Z_q(\epsilon)}{\ln \epsilon} \quad (2)$$

* Analysis of the large earthquake by a global and local multifractal index

† Sasaki Yuuki

‡ Tanaka Atsushi

§ Yamagata University Graduate School of Science and Engineering

一般化次元 d_q は確率分布を特徴付ける量であり, q の大小によって, 確率測度大小で強調したときの複雑さを表す q の関数である.

3 大地震による一般化次元の変化

防災科学技術研究所「気象庁一元化処理震源リスト」[4] から 2010 年 9 月から 2011 年 8 月までの地震の緯度, 経度, マグニチュードのデータを取得し, 解析をする.

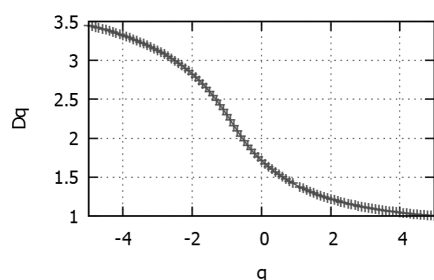


図 2: 一般化次元スペクトル

図 2 に地震の空間・規模分布の一般化次元スペクトルの例を示す. このグラフは q を大きくしていったときの減少のしかたを見る関数であり, q が小さいときは地震があまり起こっていない地域を強調し, q が大きいときは地震が多く起こっている地域を強調したときの複雑さを表している.

2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震の前後 6 ヶ月において, その D_5 の値を調べた. 図 3, 4 に 2010 年 9 月 ~ 2011 年 2 月までと 2011 年 3 月 ~ 2011 年 8 月までの D_5 の値の分布を示す. 比べてみると東北地方太平洋沖地震の後では, その震源地の周辺で値が上昇していることがわかる. D_5 の値が上昇することは地震によるエネルギー開放が大きい地域が密集して分布していることを表す. つまり, その地域では震源の偏りが変化しており, 大地震の影響を受けている余震域であると言える.

余震域とは, 大地震による余震が発生する範囲であり, はじめは本震で断層が破壊された範囲 (震源域) と一致するが, その後周囲に広がっていくとされている. これは数値的に定義されておらず, 現在定義はあ

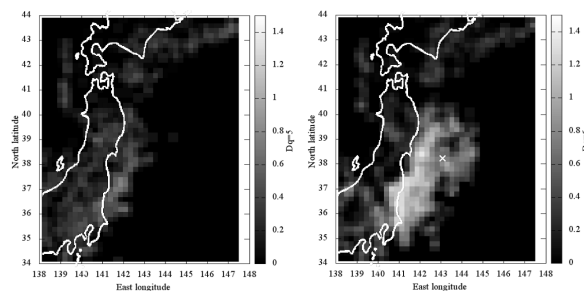


図 3: 大地震前

図 4: 大地震後

いまいである. これを D_5 の値の閾値を設定することで定量的に定義できる.

4 おわりに

本研究では, 一般化次元 D_5 の値の変化を計測し, 余震域の定義が行える可能性があることを示した. 余震域を定義することによって, 大地震による被害の範囲を決定することや, 余震域の空白部分での大地震の予測などが期待される.

参考文献

- [1] Thomas C. Halsey, Mogens H. Jensen, Leo P. Kadanoff, Itamar Procaccia, Boris I. Shraiman, "Fractal measures and their singularities: The characterization of strange sets", Physical Review A, VOLUME 33, NUMBER 2, 1984
- [2] P.N.S. ROY, AMIT PADHI, "Multifractal Analysis of Earthquakes in the Southeastern Iran-Bam Region", Pure appl. geophys. 164, 2007
- [3] 松下貢, "フラクタルの物理 (II) -応用編-", 裳華房, 2004
- [4] 防災科学技術研究所 高感度地震観測網 『Hin-net』, <http://www.hinet.bosai.go.jp/>