

# ポアソン分布を用いた 地震と富士山噴火の関連性の解析

2010SE208 杉本裕樹

指導教員：白石高章

## 1 はじめに

3年前に起きた東日本大地震は、東日本に多くの被害を及ぼした。また防災科学技術研究所が発表している富士山観測データの地震計データから、2013年9月4日に鳥島沖でマグニチュード6.9の地震が発生し、富士山でかなり強い揺れを捉え続けていることがわかる。地震計では強い変動を観測し続けており、計器の故障か、何らかの異常を観測していると推測される。本研究はそのような背景を持つ富士山近郊の地震の傾向に着目し、東日本大震災を境に地震の傾向が異常に変化したかをポアソン分布を用いて検証した。データはWebsite[5]より2008年8月から2013年11月の間に富士山から半径150km範囲で起きた地震をマグニチュード毎に分別し、収集した。

## 2 調査概要

- 調査地 静岡県富士宮市富士山頂上官有無番地より半径150kmの範囲

● 調査期間 2008年8月1日から2013年11月30日  
はじめに、村瀬[1]を引用し、調査期間内での富士山近郊の地震をマグニチュード、期間毎にまとめた。その後東日本大震災が起きる直前の3ヶ月、東日本の震災には大きく影響していないと推測される2008年8月、最も情報が現在に近い時期である2013年10月の富士山近郊の地震をこの3つの期間に分け、ポアソン分布を用いた時、期間によって数値に異常な差が出るのか検証する。また2013年9月の鳥島沖の地震の前後((c1)とする)や、年度別((c2)とする)、震源地の深さ別((c3)とする)にも着目しそれぞれポアソン分布を用いて時期に大きな差があるか検証した。

## 3 データ収集

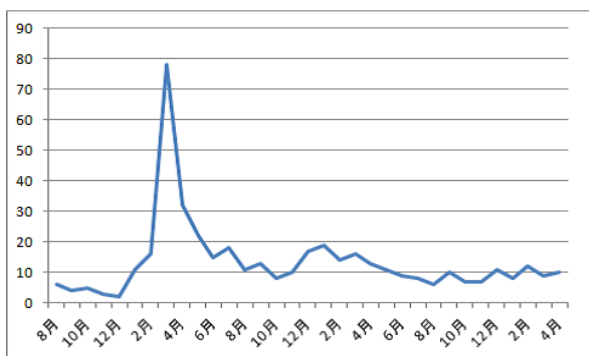


図1 M2以上のグラフ

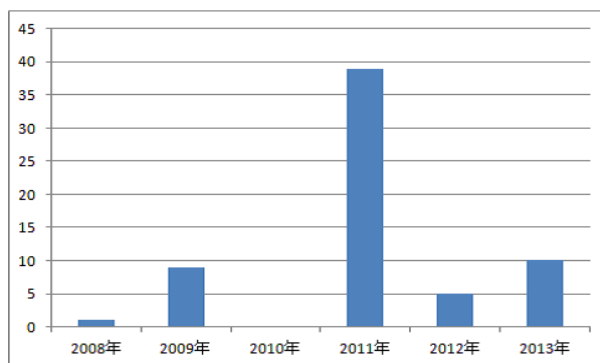


図2 震源地の深さが10km以下の地震の年度別グラフ

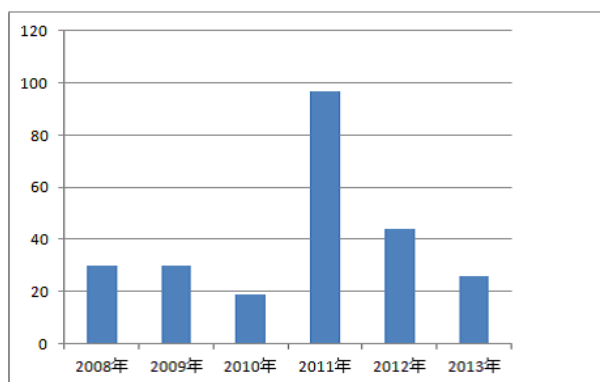


図3 M4以上の地震回数の年度別グラフ

観測データとしてWebsite[5]から富士山近郊で調査期間内に起きた、M2以上のグラフを図1に、震源地の深さ10m以下の地震の年度別にまとめたグラフを図2に、M4以上の年度別の地震の合計回数の推移グラフを図3に表した。なおすべて調査地内のもとする。図1のグラフより大地震が起きた2011年3月以降富士山近郊で起きたM2以上の地震が徐々に減少傾向にあることがわかる。しかしM5以上の富士山近郊の地震は大震災が起きる以前と大地震から2年以上経つ2013年4月を比べても地震の数に大差はないことが推測される。かつ地震の回数が少なくポアソン分布では計算できない結果となる。

また東日本大震災の震源付近での2011年3月7日から3月10日までの1日の地震の頻度と2010年11月1日から12月31日までの1日のマグニチュード5以上の地震の頻度に違いがあることを、白石[3]で統計手法を使って検証している。Shiraishi[4]にも、地震直前とその他の期間のM5以上の地震の頻度の違いについて、いくつかの統計手法を使って検証している。

## 4 地震データの解析

はじめに例として M2 以上の地震の回数を取り上げポアソン分布を用い計算する. 深さ別, 年度別, 鳥島沖の地震は結果のみを表示する, まず東日本大震災の影響が出てないと思われる 2008 年 8 月を 1 群, 東日本大震災が起きる直前の 3 ヶ月を 2 群, 一定数の地震を記録した最新の 1 ヶ月である 2013 年 10 月を 3 群とし, M2 以上の地震の頻度を表 1 に表す.

表 1 マグニチュード 2 以上のデータ

| 期間開始            | 期間終了      | 日数 | 回数 | 平均   |
|-----------------|-----------|----|----|------|
| 2008 年 8 月 1 日  | 8 月 31 日  | 31 | 7  | 0.19 |
| 2010 年 11 月 1 日 | 1 月 31 日  | 92 | 19 | 0.21 |
| 2013 年 10 月 1 日 | 10 月 31 日 | 31 | 15 | 0.5  |

$i = 1, 2, 3$  に対して, 第  $i$  群の第  $j$  日目におきたマグニチュード 2 の地震回数を  $X_{ij}$  とする. このとき  $X_{ij}$  はポアソン分布に従い,

$$P(X_{ij} = x) = \frac{(\mu_i)^x}{x!} e^{-\mu_i}, E(X_{ij}) = \mu_i$$

である.

$$G_i \equiv \left\{ \frac{\chi_{2w_i}^2(\{1 + (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}\}/2)}{2n_i} < \mu_i < \frac{\chi_{2(w_i+1)}^2(\{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}\}/2)}{2n_i} \right\} (i = 1, 2, 3)$$

とする. このとき, 白石 [2] より,  
(条件 1)

$$e^{-n_i \hat{\mu}_i} \leq 1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} (i = 1, 2, 3)$$

の下で  $G_1, G_2, G_3$  は

$$P(\mu_1 \in G_1, \mu_2 \in G_2, \mu_3 \in G_3) \geq 1 - \alpha$$

を満たし,  $G_1, G_2, G_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3$  に関する信頼区間  $1 - \alpha$  の信頼区間である. この 3 つの区間が交わらなければ  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  が異なると判定する.  $\chi_n^2$  は自由度  $n$  のカイ二乗分布を表す.

$\alpha = 0.01$  として同時信頼区間を求める.

$n_1 = 31, n_2 = 31, n_3 = 30, w_1 = 7, w_2 = 19, w_3 = 15$  を当てはめる.

$$\{1 + (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}\}/2 = 0.9983, \{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}\}/2 = 0.0017$$

であるので,

$$\begin{aligned} & \max\{e^{-n_1 \hat{\mu}_1}, e^{-n_2 \hat{\mu}_2}, e^{-n_3 \hat{\mu}_3}\} \\ & = 9.12 \times 10^{-4} < 1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} \end{aligned}$$

となり, 信頼区間を与える (条件 1) が満たされる. Excel によりカイ二乗分布の上側  $100\alpha$  パーセント点を求め,

$n_1 = 31, n_2 = 31, n_3 = 30$  より信頼係数 0.99 の同時信頼区間を計算すると,

$$\begin{aligned} 0.040 < \mu_1 < 0.558, & 0.095 < \mu_2 < 0.388, \\ 0.197 < \mu_3 < 0.977 \end{aligned}$$

となりすべての群に交わりがあることがわかった.

大地震が起きた期間に富士山付近でもマグニチュード 2 以上の地震が異常な回数起きている. 大地震直前の地震の数が少なくなることもなく, 富士山付近. の地震に関しては大地震以前と大地震から 2 年経った現在では数に差がないことがわかった. また同様の計算を (c1)(c2)(c3) でも行った. その結果として以下を述べることができた.

- (c1) 鳥島沖の地震が起きた時期に異常な値が出ず, 地震が噴火に影響を与えているとは述べることはできない.
- (c2) 年度別で検証した結果 2011 年のみ異常な回数の地震が起きていた. 東日本大震災で多くの地震が起きた結果となった.
- (c3) 震源地の深さに着目した結果 2011 年に浅い震源地での地震が多いことがわかった. 上記の (c2) より震源地の深さが大震災に関係していると述べるができる.

## 5 おわりに

ポアソン過程を利用して富士山近郊の, 東日本大震災から現在にいたるまでの地震を様々な視点から調べてきた. 結果として大震災の前兆を統計的に知ることはできなかった. しかし, 震源地の浅い地震が僅かではあるが大震災前に多く発生していることがわかった. また 2008 年と 2013 年の地震を様々な視点で見た結果統計的な違いが出ることはなかった. ポアソン分布を用いて地震を予測する事は難しく, 今後とも常に緊急時に備えて生活すべきである.

## 参考文献

- [1] 村瀬未奈:『ポアソン過程に基づく東日本大震災のデータ解析』.2012 年度南山大学情報理工学部情報システム数理卒業論文, 2013 年 1 月
- [2] 白石高章:『多群の 2 項モデルとポアソンモデルにおけるすべてのパラメータの多重比較法』. 日本統計学会誌, 第 42 巻, 第 1 号, 55~90 項, 2012 年.
- [3] 白石高章:『統計科学の基礎』. 日本評論社, 東京, 2012 年.
- [4] Shiraishi, T, Multiple comparison procedures for Poisson parameters in multi-sample models, *Behaviormetrika*, Vol39, No.2, pp.167-182, 2012.
- [5] 日本気象協会 tenki.jp <http://tenki.jp/>