

# 東海地域における ポアソン過程に基づく地震データの解析

2010SE043 松垣尚吾

指導教員：白石高章

## 1 はじめに

2011年3月11日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。現在も余震は起こっており、今後南海トラフ大地震、東海大地震がいつ起きてもおかしくない状態といわれている。そこで、地震の規模、調査期間、調査地域を一定の許容範囲のもとで設定し集計を行い、気象庁 [4] から 2009 年から 2013 年の 5 年間までに各地域で発生した地震のすべての観測回数を収集した。本研究は東日本大地震を境に各地域の地震の傾向がどのように変化したかをポアソン分布を用いて検証した。

## 2 調査概要とデータ

はじめに、調査期間、調査地域、地震の規模の設定を行う。期間は東日本大地震が発生する前後で地震の推移を調べるために 2009 年 1 月 1 日から 2013 年 12 月 31 日までの 5 年間で集計を行い、地域は東日本大地震の被害を受けた東北地域と、東海大地震の影響を受けると予測される東海地域の 2 地域のもとで調査を行った。尚、東北地域は 2014 年 3 月 11 日時点において、東日本大地震の余震での死者も含め上位 3 県である宮城県、岩手県、福島県の 3 県に限定して調査を行った (警視庁 [5])。地震の規模は各地域の震央の元調査を行い、マグニチュードの大きさ毎に集計を行った。これらの集計を行う際に気象庁 [4] を用いて収集し、観測データとして 2009 年 1 月 1 日から 2013 年 12 月 31 日までに東海地域と東北地域で発生した地震のマグニチュードデータの収集結果を表に表した。

表 1 東海地域のマグニチュードの観測回数

期間	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
2009 年	29	212	52	8	3	0	0	0
2010 年	1	20	20	2	0	0	0	0
2011 年	12	178	72	10	3	1	0	0
2012 年	3	43	41	2	0	0	0	0
2013 年	3	19	17	2	0	0	0	0

表 2 東北地域のマグニチュードの観測回数

期間	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
2009 年	5	39	120	62	12	0	0	0
2010 年	4	72	114	66	9	4	0	0
2011 年	46	784	2359	1718	375	72	6	0
2012 年	8	137	632	341	64	10	1	0
2013 年	10	103	440	187	25	3	0	0

## 3 データのグラフ化と特徴

東海地域で観測された 5 年間のマグニチュード観測回数を図 1、東北地域で観測された 5 年間のマグニチュード観

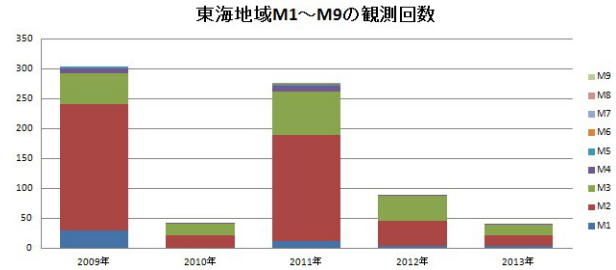


図 1 東海地域 M1~M9 の観測回数

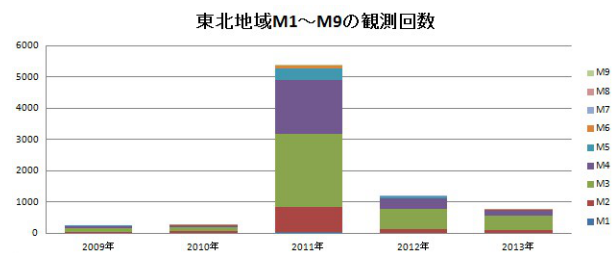


図 2 東北地域 M1~M9 の観測回数

測回数を図 2 に描いた。

図 1 より大地震が起きた 2011 年 3 月以降各地域で M3(マグニチュード 3) 以上の地震が大地震の前と比べると増えていることがわかる。しかし東海地域に焦点をあててみると 2009 年と 2011 年では地震の観測回数に大差はなく、2009 年では 2011 年より M2 の地震が多く観測されているが、2011 年では 2009 年より M3 以上の地震が多く観測されている。さらに東海地域では 2009 年 12 月に静岡県でかなりの地震が発生している。静岡県の中でも震央は静岡県西部、静岡県伊豆地方で多く観測された。2011 年では東北地域での震央の影響で地震が多発していたと思われるが、東海地域では静岡県内の上記の地域に加えて静岡県東部が震央となる地震が多く観測された。

また、東北地域では大地震が発生した年では M3, M4 の地震が多く観測され、震災後でも M3 の地震は他地域と比較しても頻繁に発生していることがわかる。

## 4 地震データの解析

解析する地域を東海地域に限定し、東日本大地震の影響が出てないと思われる 2009 年 12 月を 1 群、東日本大震災が起きる前後である 2011 年 1 月から 4 月を 2 群、最近観測された 2013 年 1 月から 4 月を 3 群とし、M2, M3 の頻度をそれぞれ表に表す。

$i = 1, 2, 3$  に対して、第  $i$  群の第  $j$  日目におきた M2 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

表 3 M2 以上のデータ

期間開始	期間終了	日数	回数	平均回数
2009/12/1	12/31	31	182	5.87
2011/1/1	4/30	120	202	1.68
2013/1/1	4/30	120	7	0.11

表 4 M3 以上のデータ

期間開始	期間終了	日数	回数	平均回数
2009/12/1	12/31	31	35	1.12
2011/1/1	4/30	120	63	0.53
2013/1/1	4/30	120	7	0.11

い,

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

である.

$$W_i \equiv X_{i1} + \dots + X_{in_i}$$

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

とする. このとき, 白石 [1] より,

(条件 1)

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

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.

$n_1 = 31, n_2 = 120, n_3 = 120, w_1 = 182, w_2 = 202, w_3 = 7$  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,

$$\max\{e^{-n_1 \mu_1}, e^{-n_2 \mu_2}, e^{-n_3 \mu_3}\} \\ = 9.11 \times 10^{-4} < 0.0017$$

となり, 信頼区間を与える (条件 1) が満たされる.

$$2w_1 = 374, 2(w_1 + 1) = 376$$

$$2w_2 = 404, 2(w_2 + 1) = 406$$

$$2w_3 = 14, 2(w_3 + 1) = 16$$

を当てはめ, 白石 [3] の方法を用いて Excel によりカイ二乗分布の上側  $100\alpha$  パーセント点を求めると, 値はそれぞれ  $n_1 = 31, n_2 = 120, n_3 = 120$  であるので信頼係数 0.99 の同時信頼区間は,

$$4.82 < \mu_1 < 7.44, 1.97 < \mu_2 < 1.98, 0.027 < \mu_3 < 0.308$$

となる.

(\*)  $\mu_1$  と  $\mu_2$  の間  $\mu_2$  と  $\mu_3$  の間に信頼区間の交わりはなく,

$$\mu_1 < \mu_2 < \mu_3 \text{ と結論できる.}$$

大地震が発生した期間より前の期間では東海地域で M2 以上の地震が異常な回数起きている. また白石 [2] より日本全体の地震は大地震から 1 年後も頻繁に余震が続いている結果となったが, 東海地域の地震に関しては大地震以前と大地震が発生した期間では同じ頻度で起きている. 大地震が発生してから地震の回数は減ったが, 今日でも頻繁に地震が発生している.

また, M3 の場合も同様に解析を行ったが, (\*) と同じ結果になった.

## 5 おわりに

ポアソン過程を利用して東海地域における東日本大地震以前から現在に至るまでの地震を, 一定の範囲を決めた上で調査を行った. 結果として, 図 1 より東海地域では大地震の前後で M2 と M3 の観測回数がほぼ同じであり, 大地震の年では M3 の観測回数のほうが上回っていたことがわかった. また, 震央は東海地域内だと静岡県で多く観測されていることがわかり, 今後の東海地域で発生する地震はこれらの震央に気をつける必要がある. 大地震の後も地震の観測回数は減少しつつあるが, M2 と M3 の観測回数はほぼ同じである. 今後も余震に十分警戒し, 対処法等を考えながら生活すべきである.

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 白石高章:『統計科学の基礎』日本評論社, 東京, 2012 年.
- [3] 白石高章:『統計科学の基礎 -データと確率の結びつきがよくわかる数理-』Excel の使用方法が記述された Web ページ <http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/marble/sckiso.html>, 2014 年 6 月参照.
- [4] 気象庁 震度データベース検索 <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>, 2014 年 5 月参照.
- [5] 警視庁 被害状況と警察措置 <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>, 2014 年 5 月参照.