

12-3 気象庁における繰り返し地震の調査の取り組み

Repeating earthquakes investigated by Japan Meteorological Agency

気象庁地震火山部地震予知情報課 橋本徹夫

Earthquake Prediction Information Division, Seismology and Volcanology Department

Japan Meteorological Agency

気象庁においては、釜石沖の繰り返し地震の 1999 年の発見¹⁾に触発されて、仙台管区気象台において、東北地方の中規模地震の繰り返し地震を地震の発生間隔から検出する検討を行った²⁾のを端緒として、繰り返し地震の取り組みを始めた。その後、全庁的に、全国を対象とした繰り返し地震の調査に取り組んでいる^{例えば 3)}。沖縄気象台・宮古島地方気象台では、この取り組みから生み出された手法を用いて、繰り返し地震が発生した際には、月々の地震活動図や週間概況の中で発表し、HP 等で公開⁴⁾するほか、気象庁では地震関連の委員会では事例を紹介している。今回は、これらを紹介する。

繰り返し地震の調査においては、地震波形の相似性から判別する手法と、発生間隔、地震の規模、および発生域の類似性から判別する手法がある。気象庁では、波形の相似性を調べるため、1988 年および 1997 年から設置されている強震計、震度計の加速度データを利用し、M に依存した解析周波数帯でコヒーレンスを計算し、それぞれの地震グループ間の代表的なコヒーレンス値が 0.95 以上である場合に相似波形群として選定している。一方で、地震発生の規則性を調べるため、緯度経度差 6 分以内、深さの差 20km 以内、M 差 0.4 以内、地震発生間隔の差 5 年以内(群発・余震を除く)のものを繰り返し地震として調査した事例がある³⁾。

宮古島における解析(第 1 図)は、概ね前者の手法に則って地震を抽出しており、相似である地震波形を第 2 図に示す。第 3 図に、2015 年 3 月 14 日 M4.3 の地震の系列であるグループ B の地震について、抜き出した形で、示してみた。震源としてはばらつきもある中で、波形の相似性を用いることで繰り返し地震を抽出できている。なお、第 4 図に示すように、宮古島近海で発生する繰り返し地震のグループは、4 つに分類されており、それらから推定されるプレート間の年間平均すべり量は、10cm あまりであるとされている⁵⁾。発生の予測は、地震の発生間隔について BPT 分布(下式)を仮定して行っている。第 1 表に示すグループ B の時系列($\mu=2.5$ 年、 $\alpha=0.16$)では、2015 年 7 月 23 日時点で、2017/4/1~2018/1/18 の期間に次の地震が 70%の確率で発生すると予測されている(第 5 図、第 2 表)。

$$f(t, \mu, \alpha) = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi\alpha^2 t^3}} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 t}}$$

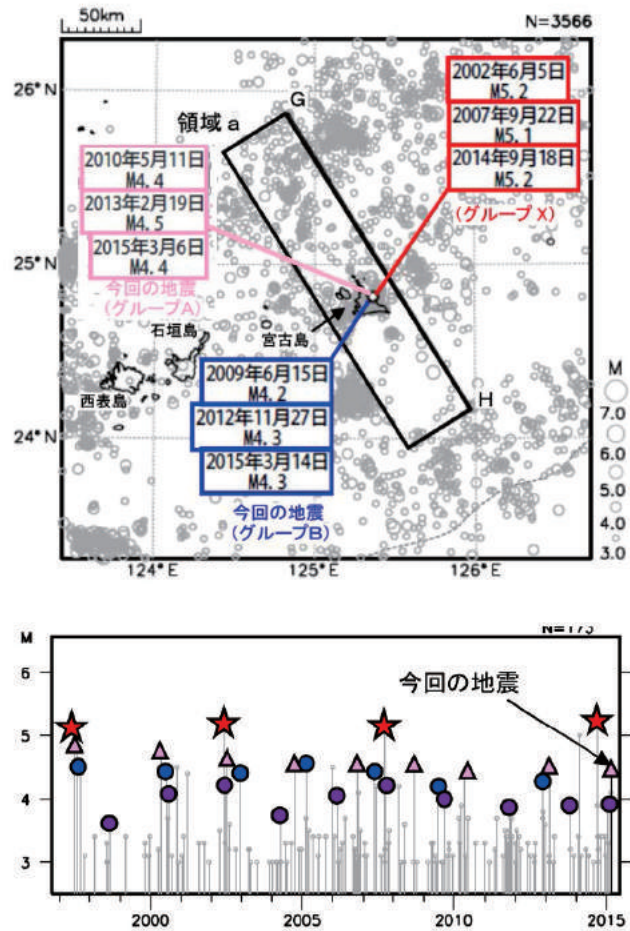
なお、沖縄気象台・宮古島地方気象台の本解析においては、予測まで行っているものの、予測を主眼としたものではなく、このような繰り返し発生する地震活動を詳しく解析することで、地震活動をよりよく理解するために実施しているものである。

気仙沼沖における解析例も紹介する。ここにおいては、1940 年ごろから、M6 台の中規模の繰り返し地震が発生しており^{2) 3)}、2015 年 5 月 13 日に M6.8 の地震が発生している(第 6 図)。第 7 図に示すように、2002 年からの地震のすべり域と 2015 年の地震を比べると、大きく滑った領域はおおよそ共通するものの、2015 年の地震の方が、より多くの領域で滑っていることがわかる。また、2011 年~2012 年の地震は、短期間に同じ領域が滑っていることもわかる⁶⁾。今回の 2015 年の地震は、

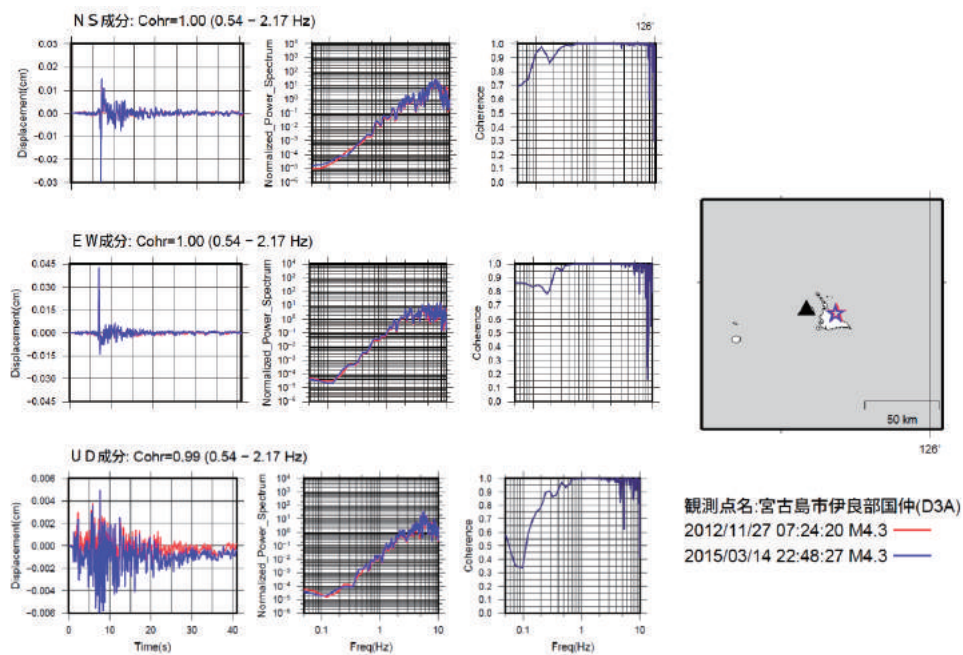
繰り返し地震を調べていく上では、従来の調査手法だけでなく、震源過程解析によるすべり域が繰り返し地震のアスペリティーを含んでいたかどうかとも考慮しながら時系列を見ていくことも重要であることを示している。

参考文献

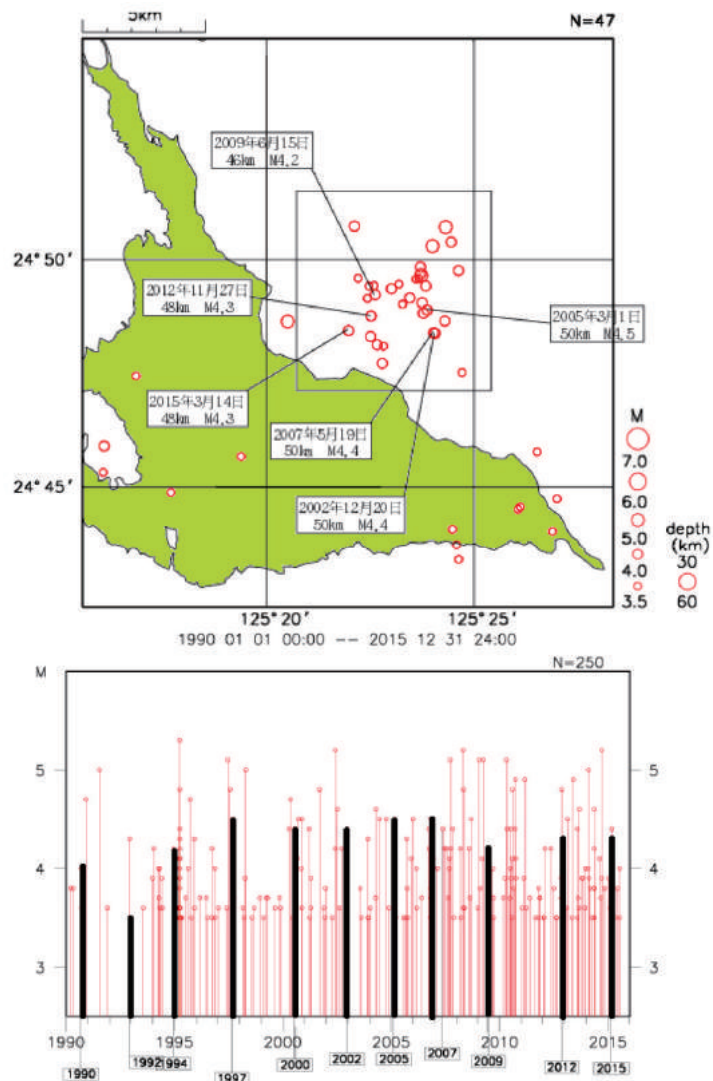
- 1) 五十嵐俊博・他，日本地震学会講演予稿集 1999 年度秋季大会，B20.
- 2) 長谷川安秀・他，地震 2，58，67－70，2005.
- 3) 気象研究所，気象研究所技術報告，72，2014.
- 4) 沖縄気象台，<http://www.jma-net.go.jp/okinawa/menu/syokai/jisin/jisin9.htm>
- 5) 溜瀧功史・他，地震 2，62，193－207，2010.
- 6) 迫田浩司・他，日本地震学会講演予稿集 2015 年度秋季大会，187.



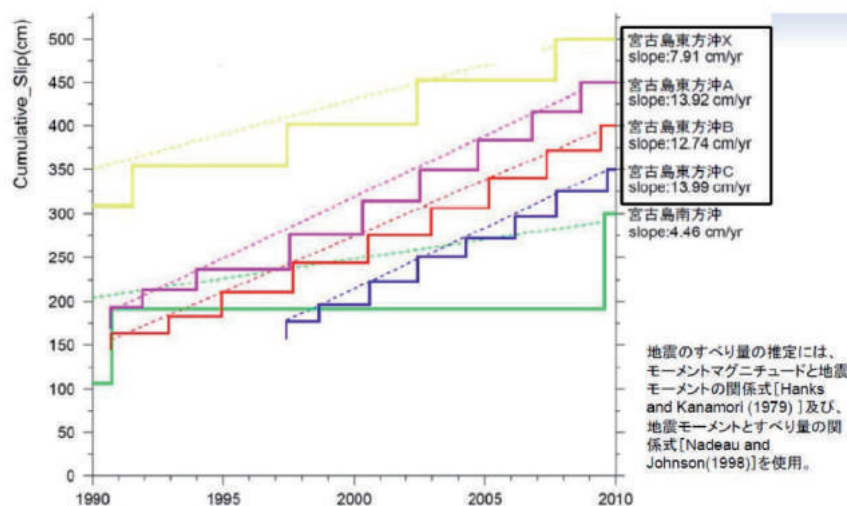
第1図 宮古島付近の繰り返し地震. 繰り返し地震の震央分布図と M-T 図 (赤☆グループ X, 桃△グループ A, 青○グループ B, 紫○グループ C). (沖縄気象台の図に加筆).
 Fig.1 Repeating earthquakes near Miyakojima island. Epicenter distribution (upper) and M-T diagram (lower) for earthquakes of group X (red ☆), A (yellow△), B (blue○) and C (purple○). (Revised the figure of Okinawa Regional Headquarters).



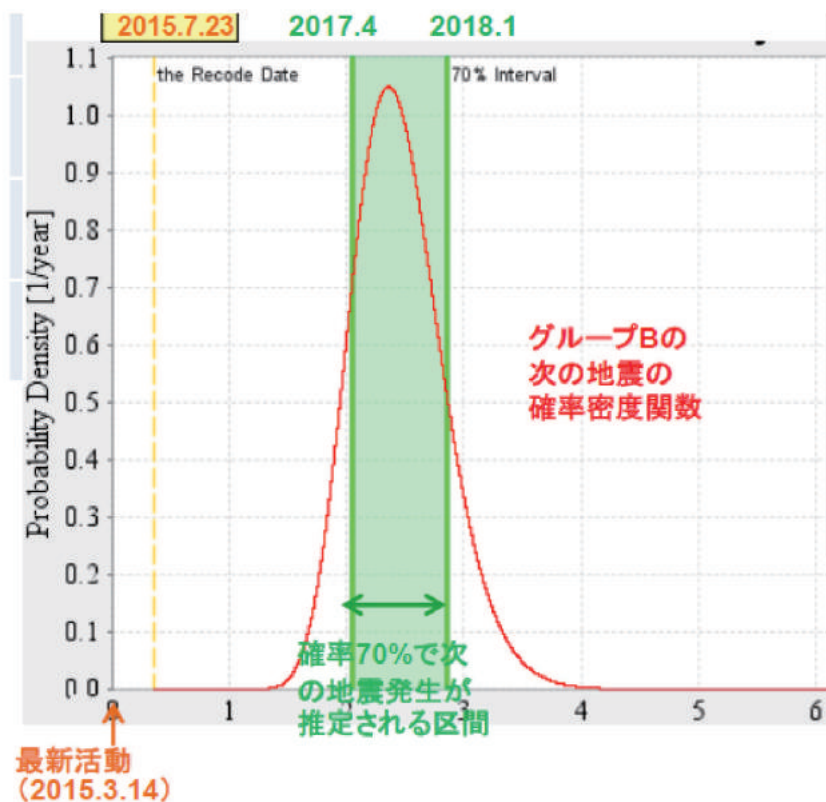
第2図 宮古島付近の繰り返し地震の地震波形例.
 Fig.2 Waveforms of repeating earthquakes near Miyakojima island.



第3図 グループBの繰り返し. このうち2000年以降のイベントに吹き出しがついた震央分布図(上), M-T図(下)の太線に対応.
Fig.3 Repeating earthquakes of group B. Epicenter distribution for the repeating earthquakes since 2000 (upper) and M-T diagram with bold lines which show the repeating earthquakes.

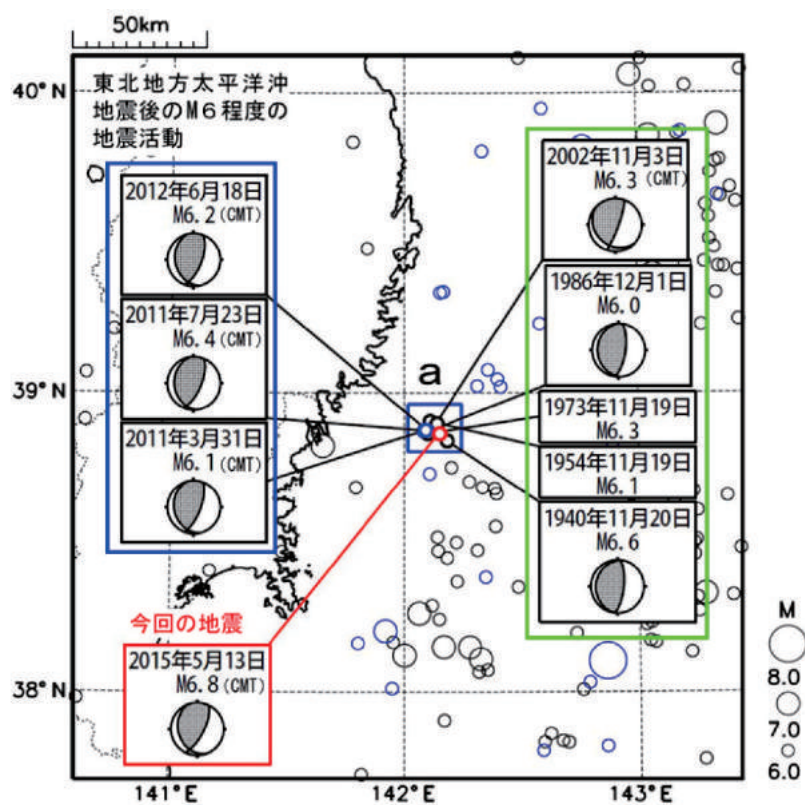


第4図 繰り返し地震から推定されたプレート間のすべり量.
Fig.4 Slips of the Philippine Sea Plate estimated by the repeating earthquakes.



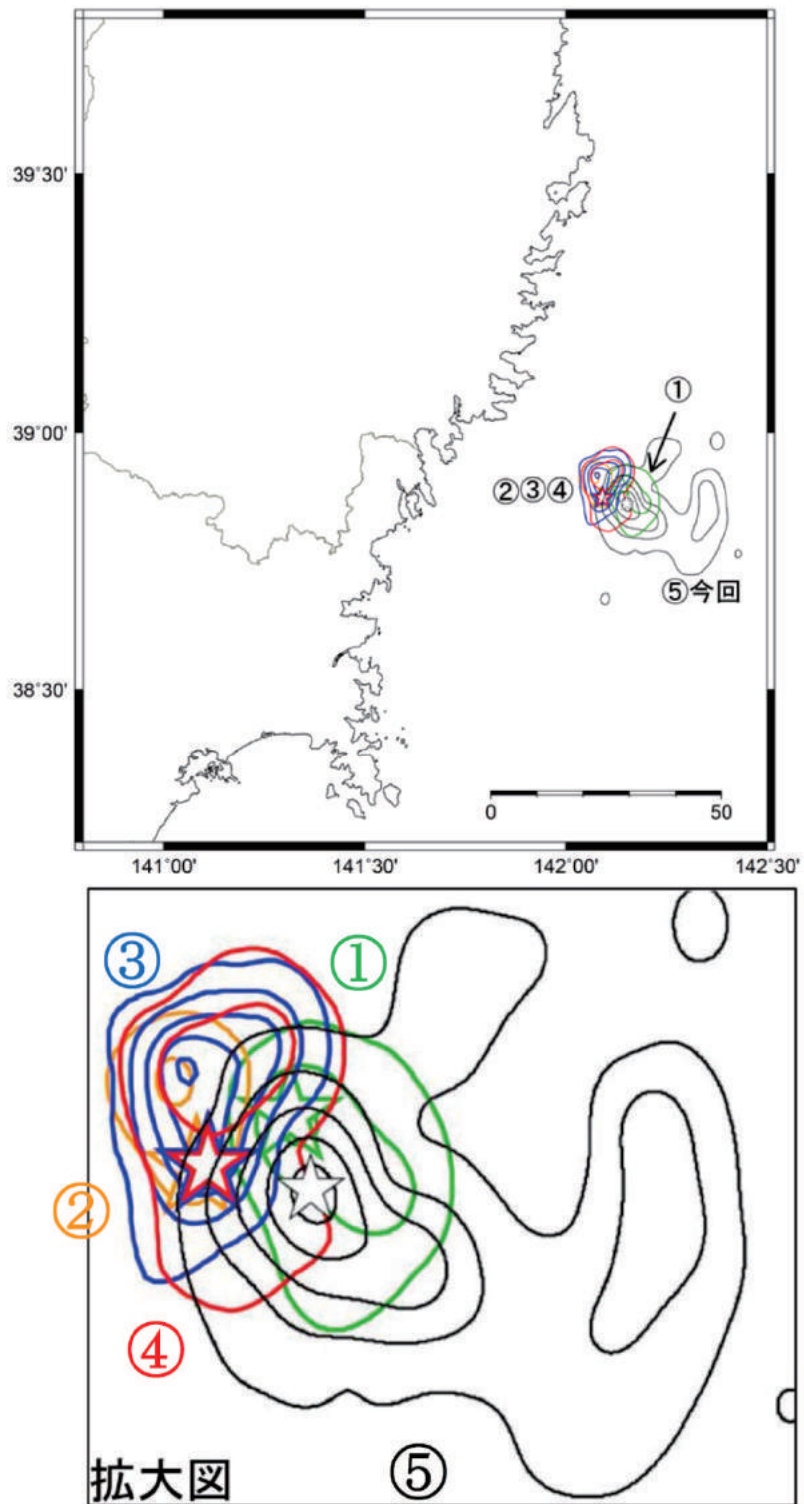
第5図 グループBの2015年7月23日時点の確率密度.

Fig.5 Probability density of occurrence of the group B earthquake estimated on July 23, 2015.



第6図 気仙沼沖の繰り返し地震.

Fig.6 Repeating earthquakes off Kesen-numa.



第 7 図 気仙沼沖の繰り返し地震のアスぺリティー (☆は震源). ①2002 年 11 月 3 日 M6.3 ②2011 年 3 月 31 日 M6.1 ③2011 年 7 月 23 日 M6.4 ④2012 年 6 月 18 日 M6.2 ⑤2015 年 5 月 13 日 M6.8.

Fig.7 Asperities of repeating earthquakes off Kesen-numa (☆hypocenter). ①2002/11/3 M6.3 ②2011/3/31 M6.1 ③2011/7/23 M6.4 ④2012/6/18 M6.2 ⑤2015/5/13 M6.8.

第 1 表 グループ B の地震

Table 1 List of earthquakes of group B.

1990/9/18	6:26	M3.6
1992/12/07	22:35	M3.5
1994/12/15	13:50	M4.2
1997/9/7	20:17	M4.5
2000/7/16	9:13	M4.4
2002/12/20	1:03	M4.4
2005/3/1	12:20	M4.5
2007/5/19	12:20	M4.5
2009/6/15	15:40	M4.2
2012/11/27	7:24	M4.3
2015/3/14	22:48	M4.3

第 2 表 各グループの地震発生確率

Table 2 Probability of earthquake occurrence for each group.

		M の 程度	過去震度	回数	カウント開始	平 均 間隔 μ	α	最新活動	次の地震が 70% の確率で 発生する期間(2015.7.23)
☆	グループ X	M5.1	4～3	9 回	1964 年	6.0 年	0.12	2014/9/18	2019/12/22～2021/7/4
△	グループ A	M4.4	3 程度	12 回	1990 年	2.2 年	0.28	2015/3/6	2016/10/15～2018/1/10
○	グループ B	M4.2	3～2	11 回	1990 年	2.5 年	0.16	2015/3/14	2017/4/1～2018/1/18
○	グループ C	M3.9	2 程度	11 回	1997 年	1.8 年	0.18	2015/1/15	2016/6/24～2017/2/17