

### 1-3 客観的手法による地震活動静穏化の検出

#### Detection of seismic quiescence by using a quantitative method

気象庁 気象研究所

Meteorological Research Institute, JMA

気象庁 仙台管区気象台

Sendai District Meteorological Observatory, JMA

気象庁 地震予知情報課

Earthquake Prediction Information Division, JMA

神奈川県温泉地学研究所

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

過去の国内の顕著地震 ( $M \geq 6.7$ , 震度5以上, 1987~2010) について静穏化現象が検出できるかどうかを客観的手法の1つを適用することにより試みた。客観的に静穏化領域を抽出する手法にはZMAP<sup>1)</sup> や松村<sup>2)</sup> の方法があるが、ここでは明田川・伊藤の方法<sup>3)</sup> を適用した。この方法の特徴は、他の方法とは異なり、平常時の地震活動レベルに応じて可視化でき、活動レベルの低いところでも地震発生率に応じた解析ができるという点にある。また、デクラスター処理後にポアソン分布に従うかどうかを検定するためのツールが組み込まれると共に、出現確率に基づいて静穏化を定量的に評価する事も可能である(第1図)。実際の作業には図化を効率的に実施するため‘Seisqa’<sup>4)</sup> というツールを利用した。

本調査には気象庁一元化カタログを使用した。気象庁の一元化処理の開始は1997年10月以降であることから、それ以前は震源データの精度が十分であるとは言えない。一方調査期間をあまり限定すると地震発生頻度の低い地域についての調査が十分でなくなる可能性がある。そこで調査期間としては、深さの精度が比較的改善される1984年以降とし、地震前の平常時の地震活動を評価する必要上1987年以降の地震を対象とした。今回の調査では、観測網が海域を含めてある程度カバーできると考えられるという点で震度5弱以上の震度を観測した地震を選ぶと共に、深さ100km以浅、マグニチュード6.7以上の地震を選んだ。ただし、比較的被害の少ない地震や地震活動が短期間に続発した場合などは対象から除外した。また地殻内、プレート間、プレート内の各領域別の静穏化現象の検出の割合について明確にするため、対象とする地震の発生場所が地殻内かプレート付近(プレート境界とプレート内は区別せず)によって、本震発生前の震源をそれぞれ地殻内とプレート付近とに分離した。

調査結果の一覧を第1表に示す。調査対象とした地震25個の震央の分布と静穏化検出の結果を併せて第2図に示す。地震前の静穏化を確認できた全ての例を第3図(a)~(j)に示す。この結果、プレート間地震では、静穏化が検出できる割合は5割程度あることが分かり、中でも太平洋プレート境界に限定すると静穏化の出現する割合は7割程度に達することが分かった。一方、スラブ内地震や地殻内地震では静穏化現象の検出例が少なかった。

このように静穏化現象が観測されない、もしくは検出されない原因としては、震源域周辺で静穏化現象が発生しなかったという本質的な理由も考えられるが、地震発生前の評価期間内における局所的な地震活動の活発化、近隣の地震の余震活動という偶発的な原因も考えられる一方、検知能力の問題、マグニチュード下限の設定など人為的要因も考えられる。

以上の静穏化が確認できた全ての事例について静穏化の領域及び期間とマグニチュードとの関係を調査した結果を第4図に示す。地震規模が大きくなるほど静穏化期間は長くなり静穏化領域が広がる傾向がある。この静穏化期間と地震規模の対応関係はこれまでの報告<sup>5) 6) 7)</sup>に矛盾しない。

(吉川澄夫・太田健治・林元直樹・宮岡一樹・明田川保)

#### 参 考 文 献

- 1) Wiemer, S. and M. Wyss, 1994: Seismic quiescence before the Landers (M=7.5) and Big Bear (M=6.5) earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 84, 900-916.
- 2) 松村正三, 2007: 東海地震のアスペリティの推定(東海地域の地震活動度変化: その4), 地震2, 59, 271-284.
- 3) 明田川保・伊藤秀美, 2008: 静穏化・活発化の定量的評価への取り組み－地震活動評価のための静穏化・活発化検出プログラムの開発－, 験震時報, 71, 93-102.
- 4) 林元直樹・明田川保, 2010: 静穏化・活発化の定量的評価への取り組み(その2)－静穏化・活発化検出ツール(Seisqa)の開発－, 験震時報, 73, 185-194.
- 5) 大竹政和, 1998: 地震発生の長期的予測における地震空白域と地震活動静穏化現象の意義, 地震2, 50別冊, 83-99.
- 6) 力武常次, 1986: 地震前兆現象: 予知のためのデータ・ベース, 東京大学出版会, 東京, 232pp.
- 7) 気象研究所地震火山研究部, 1990: 地震前兆現象のデータベース, 気象研究所技術報告, 26, 329pp.

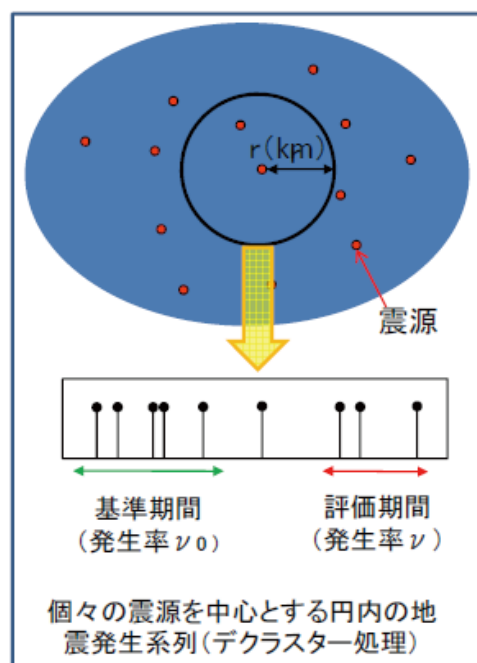
No	Year	Date	Region	M	Type ※			score	Len(km)	Time(y)	Mc	r
1	1987	12月17日	千葉県東方沖	6.7		S		×				
2	1993	1月15日	釧路沖	7.5		S		○	100	1	3.0	50
3	1993	7月12日	北海道南西沖	7.8	P			×				
4	1994	10月4日	北海道東方沖	8.2		S		○	200	1.5	4.0	50
5	1994	12月28日	三陸はるか沖	7.6	P			×				
6	1995	1月7日	岩手県東方沖	7.2	P			○	90	0.25	3.3	50
7	1995	1月17日	兵庫県南部	7.3			C	×				
8	1996	10月19日	日向灘	6.9	P			×				
9	2000	10月6日	鳥取県西部	7.3			C	×				
10	2001	3月24日	芸予地震	6.7		S		×				
11	2003	5月26日	宮城県北部	7.1		S		×				
12	2003	9月26日	十勝沖	8.0	P			○	150	2	2.5	40
13	2004	9月5日	紀伊半島南東沖	7.1		S		×				
14	2004	10月23日	中越地震	6.8			C	×				
15	2004	11月29日	釧路沖	7.1	P			×				
16	2005	3月20日	福岡県西方沖	7.0			C	×				
17	2005	8月16日	宮城県沖	7.2	P			○	130	1	3.0	40
18	2007	3月25日	能登半島	6.9			C	×				
19	2007	7月16日	中越沖	6.8			C	×				
20	2008	5月8日	茨城県沖	7.0	P			○	50	1	3.0	30
21	2008	6月14日	岩手宮城内陸	7.2			C	○	50	1	1.5	30
22	2008	7月19日	福島県沖	6.9	P			○	70	0.4	3.0	30
23	2008	7月24日	岩手県沿岸北部	6.8		S		○	50	0.4	1.5	20
24	2008	9月11日	十勝沖	7.1	P			×				
25	2010	3月14日	福島県沖	6.7	P			○	70	0.8	3.0	20

※ Type : P = Interplate Eq., S = Intraplate Eq., C = Crustal Eq.

Table 1 静穏化の有無を調査した国内の顕著地震のリスト (M ≥ 6.7, 震度5以上, 1987～2010, 気象庁カタログ). Len (km) と T(y) は, それぞれ静穏化領域の長径と静穏化期間を示し, Mc および r は, それぞれ個々の地震の調査の際の M 下限と最小半径 (km) (Fig. 1 参照) を示す.

Table 1 List of domestic major earthquakes studied for detection capability of seismic quiescence (M ≥ 6.7, Seismic Intensity ≥ 5, 1987-2010, JMA catalogue). Len(km) and Time(year) means length of longer axis of quiescence region and duration of quiescent period, respectively. Mc and r means the minimum magnitude and radius in km for research, respectively.

## 静穏化・活発化検出の手法 (※)



期待値  $\nu \Delta t$  のポアソン分布に従うと仮定

評価期間と基準期間の地震回数 ( $\nu_0 \Delta t$ ) を比較:

$$\Delta = (\nu - \nu_0) \cdot \Delta t$$

$\Delta > 0$  : 活発化

$\Delta < 0$  : 静穏化

$\Delta$  の値: 地震活動指数 (0~8) に変換

地震回数の指数化		
指数	確率 (%)	地震数
8	1	多
7	4	↑
6	10	↑
5	15	↑
4	40	平常
3	15	↓
2	10	↓
1	4	↓
0	1	少

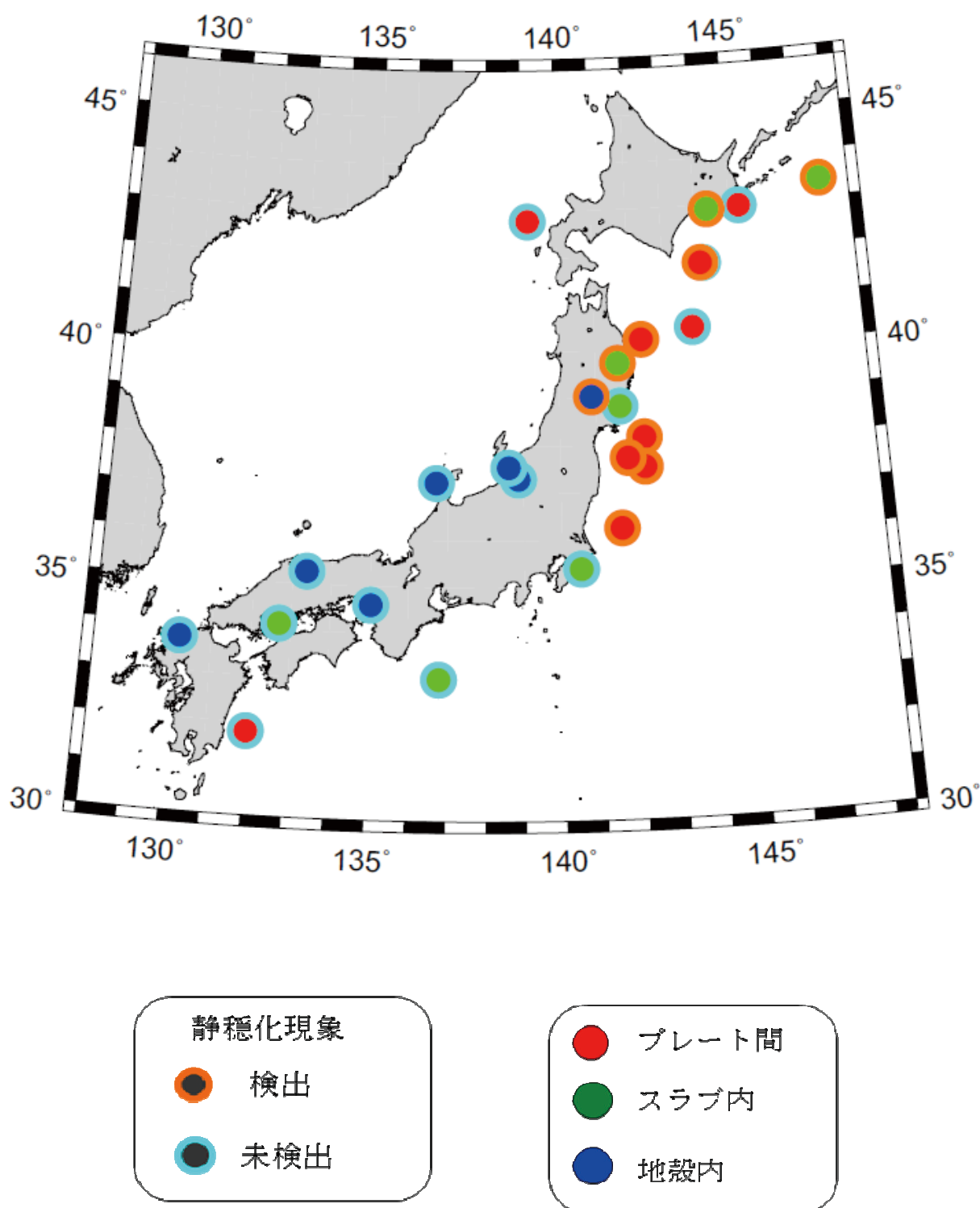
### 特徴

- ① デクラスター処理により余震活動や群発地震活動の影響を低減
- ② 個々の地震の震央を中心として円または楕円領域を作り、それぞれの領域内の地震活動に対してポアソン分布と見做せるかどうかを検定
- ③ 地震活動の低い領域でも静穏化・活発化の判定が可能
- ④ 静穏化・活発化の出現確率による評価が可能

※明田川・伊藤 (2008) による

第1図 静穏化・活発化検出の方法

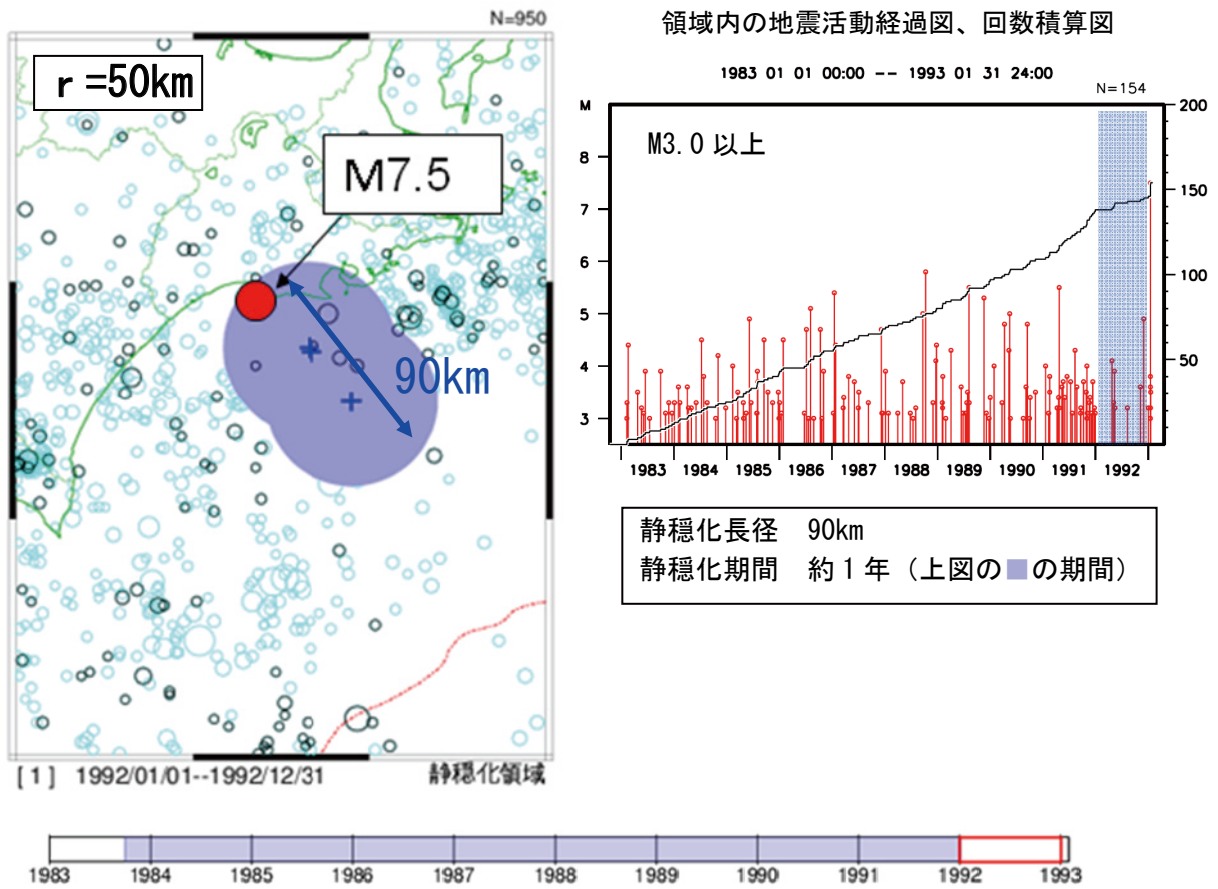
Fig. 1 Principles of the detection method for seismic quiescence and activation



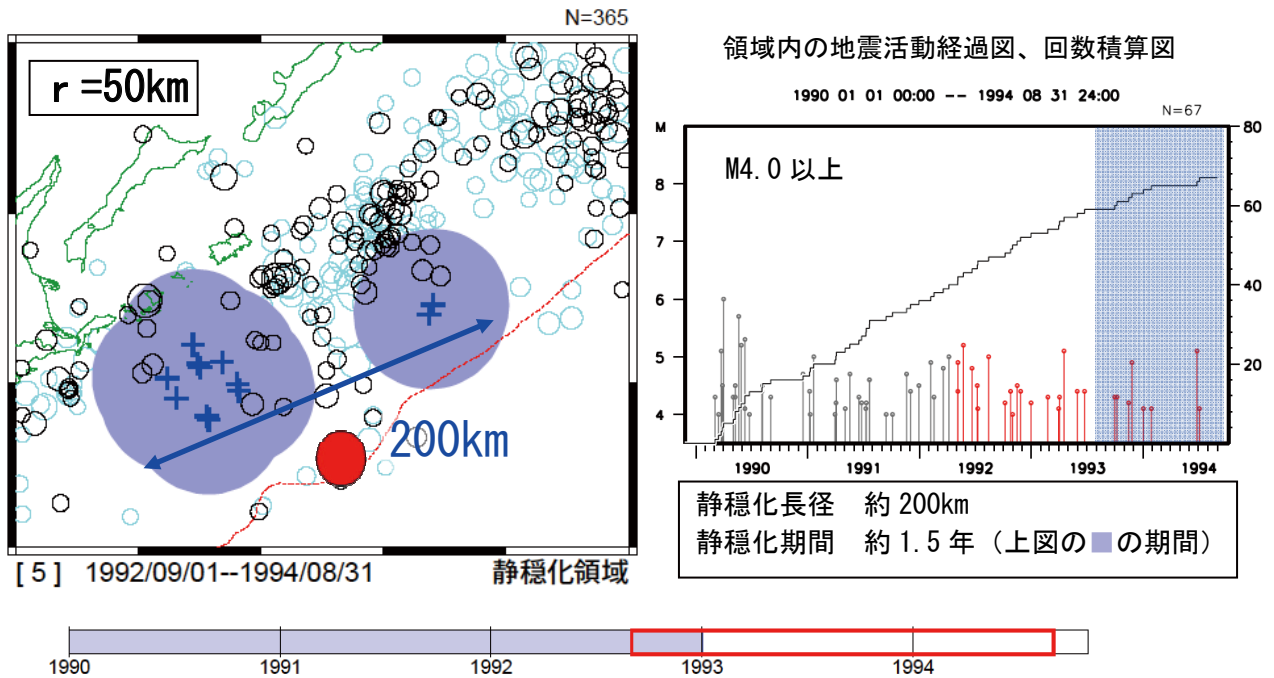
第2図 静穏化を伴った国内の顕著地震の分布  
( $M \geq 6.7$ , 震度5以上, 1987 ~ 2010, 気象庁カタログ)

Fig. 2 Epicenter map of the earthquakes accompanying precursory seismic quiescence.  
( $M \geq 6.7$ , Seismic Intensity  $\geq 5$ , 1987 ~ 2010, JMA)

a. 1993/1/15 釧路沖（深さ 101km、M7.5 スラブ内地震）



b. 1994/10/4 北海道東方沖（深さ 28km、M8.2 スラブ内地震）

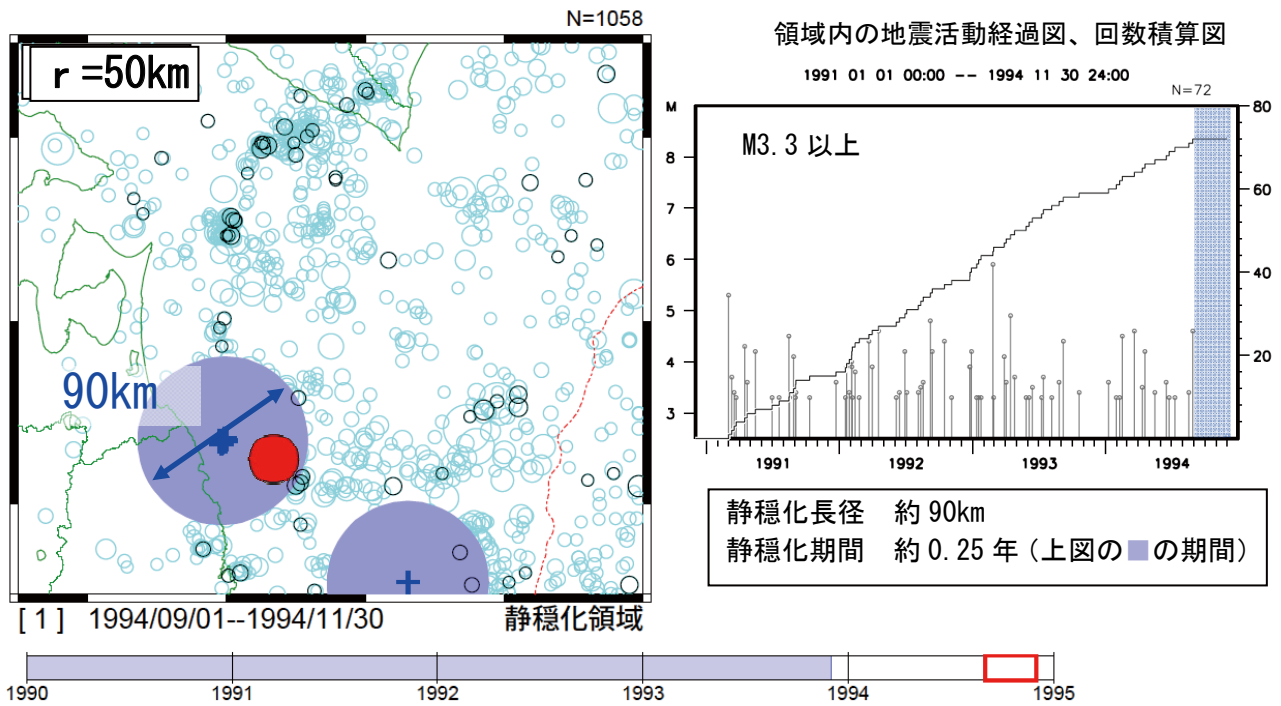


第 3 図 (a) および (b) 地震活動の静穏化を検出した例

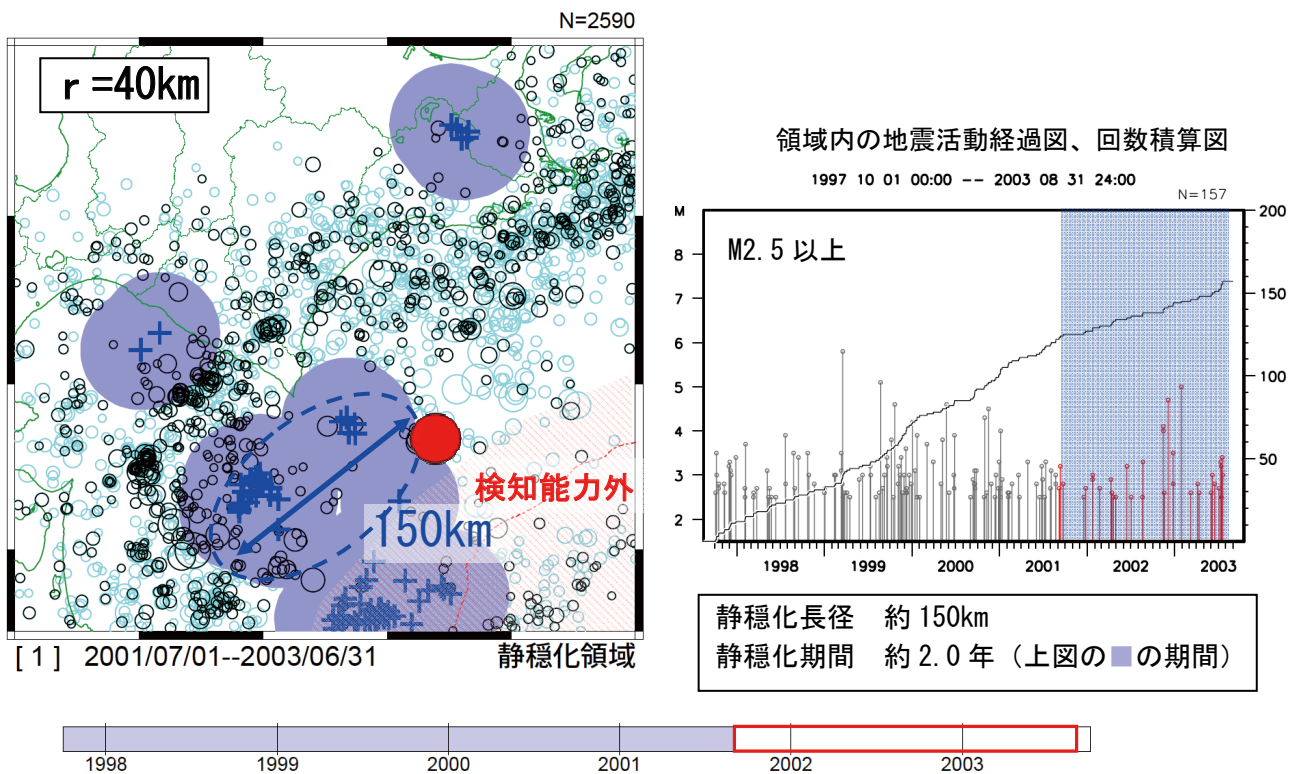
Figs. 3 (a) and (b) Examples of seismic quiescence



c. 1995/1/7 岩手県沖 (深さ 48km、M7.2 プレート間地震)

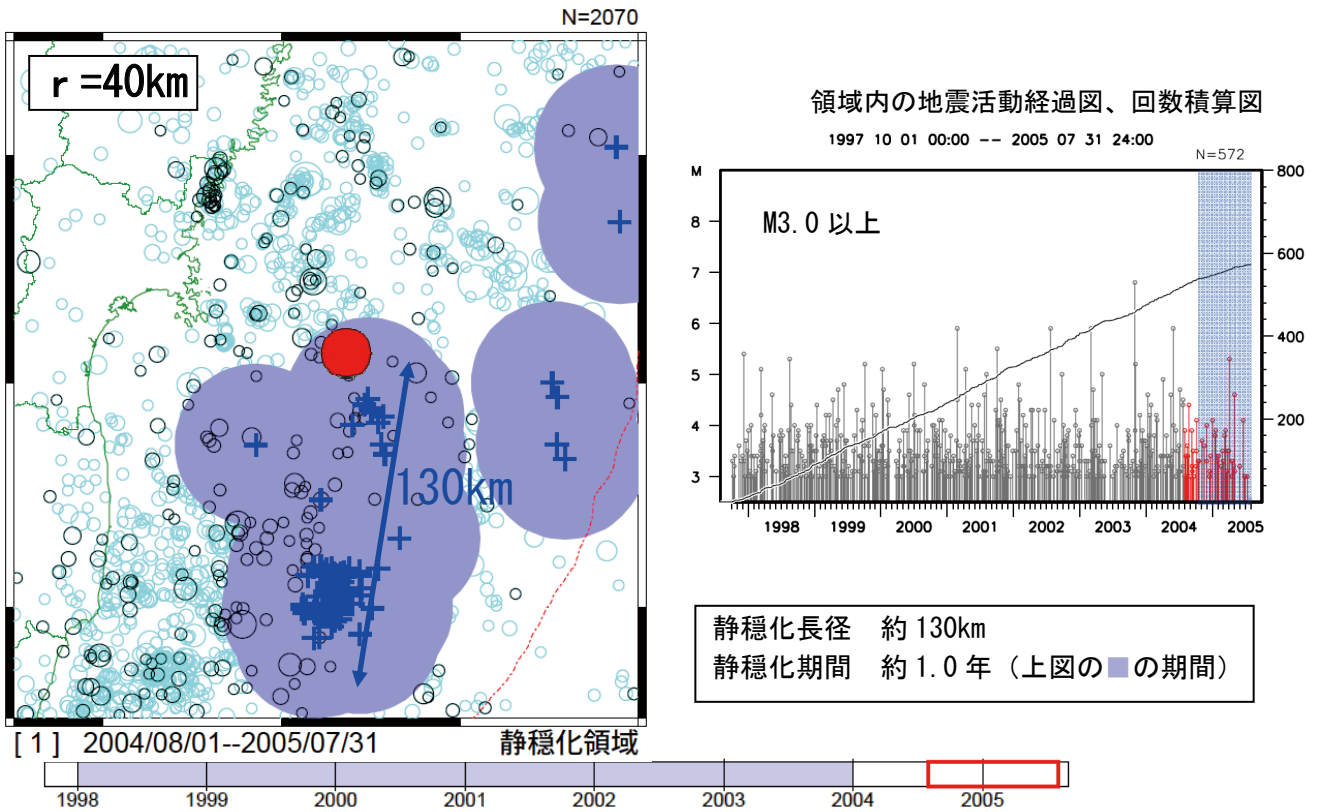


d. 2003/9/26 十勝沖 (深さ 45km、M8.0 プレート間地震)

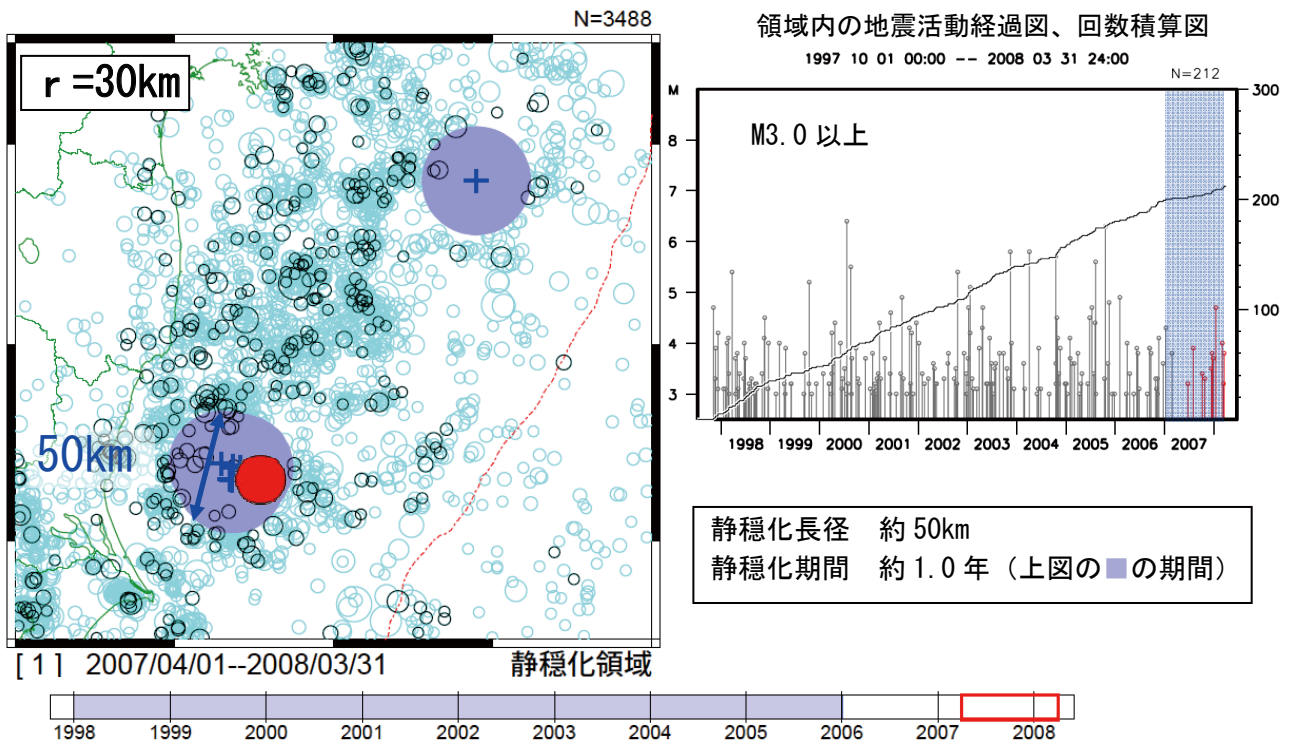


第3図 (c) および (d) 地震活動の静穏化を検出した例  
Figs. 3 (c) and (d) Examples of seismic quiescence

e. 2005/8/16 宮城県沖 (深さ 42km、M7.2 プレート間地震)



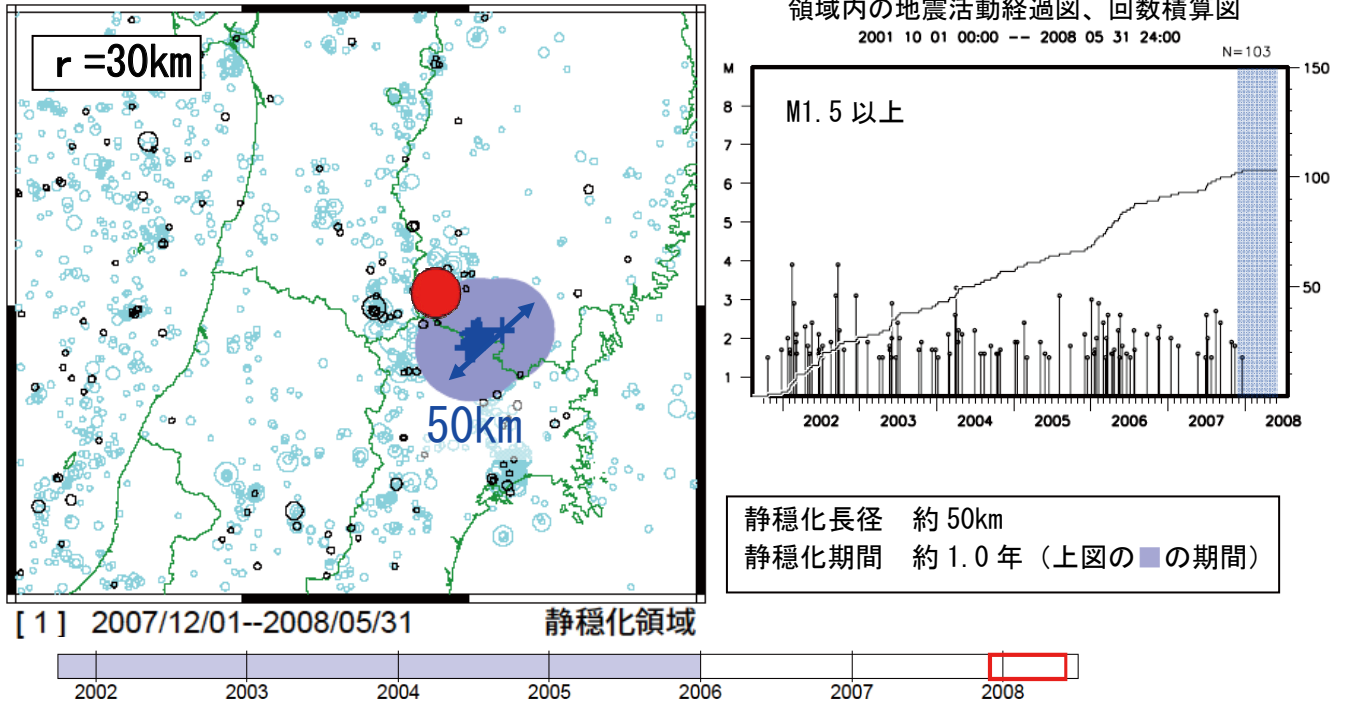
f. 2008/5/8 茨城県沖 (深さ 51km、M7.0 プレート間地震)



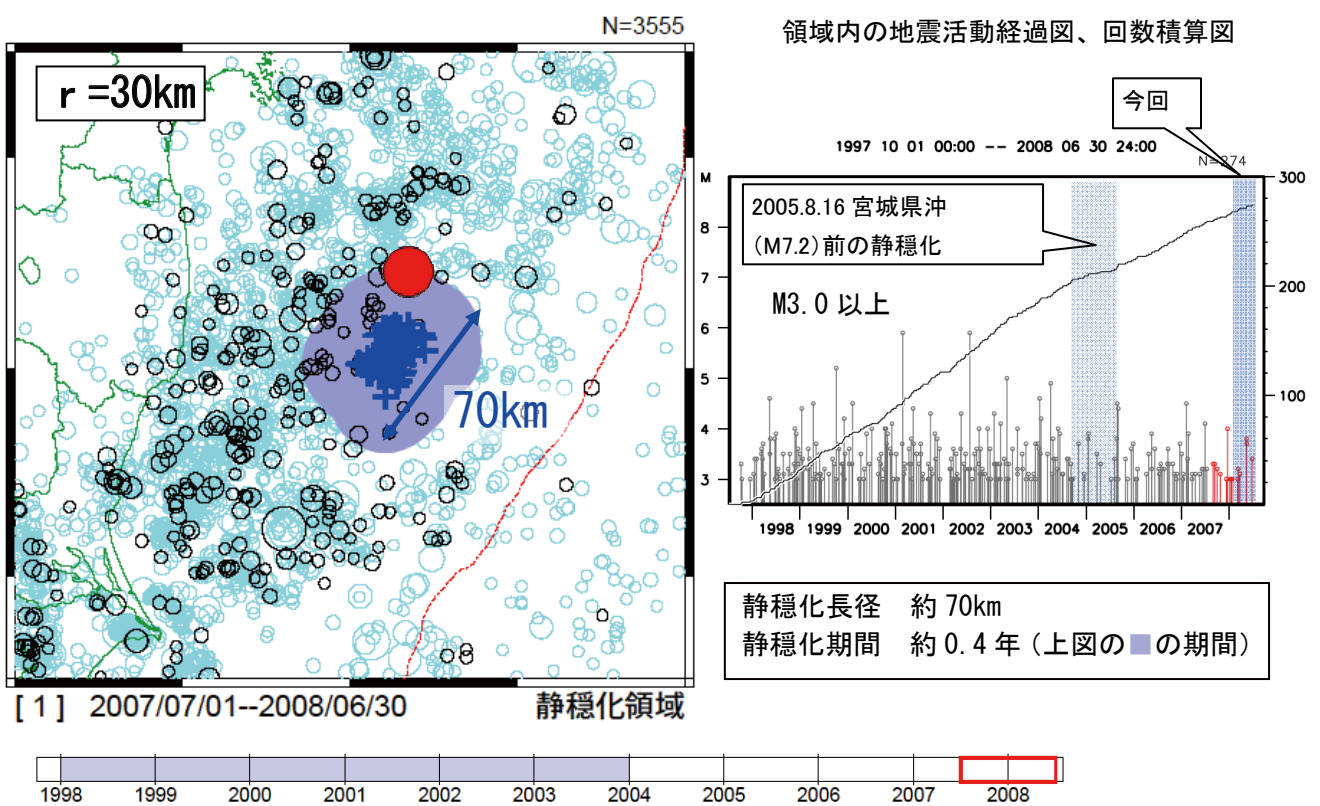
第 3 図 (e) および (f) 地震活動の静穏化を検出した例  
Figs. 3 (e) and (f) Examples of seismic quiescence



g. 2008/6/14 岩手・宮城内陸地震 (深さ 8km、M7.2 地殻内地震) N=1803

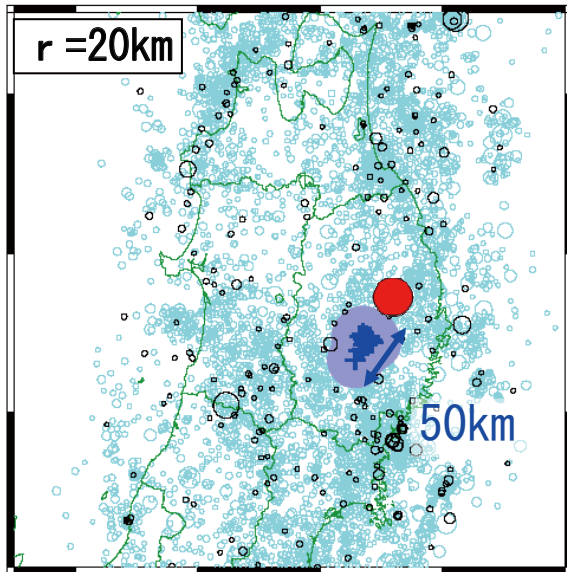


h. 2008/7/19 福島県沖 (深さ 32km、M6.9 プレート間地震) N=3555

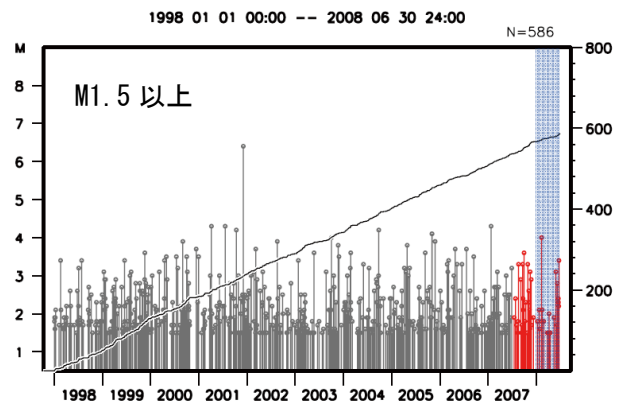


第3図 (g) および (h) 地震活動の静穏化を検出した例  
Figs. 3 (g) and (h) Examples of seismic quiescence

i. 2008/7/24 岩手県沿岸北部 (深さ 108km、M6.8 スラブ内地震)  
N=6342

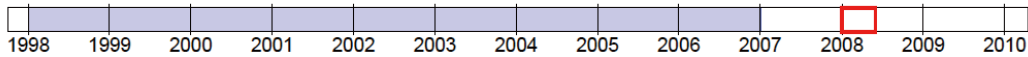


領域内の地震活動経過図、回数積算図

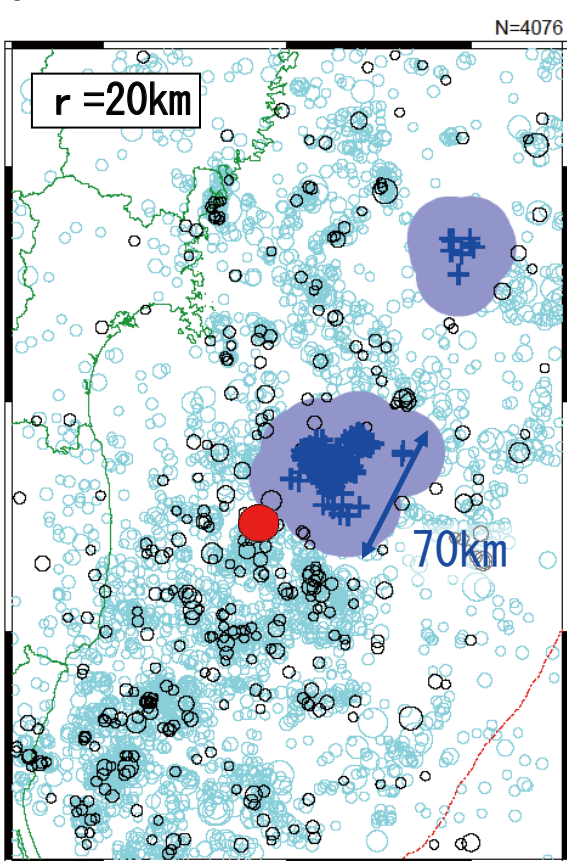


静穏化長径 約 50km  
静穏化期間 約 0.4 年 (上図の ■ の期間)

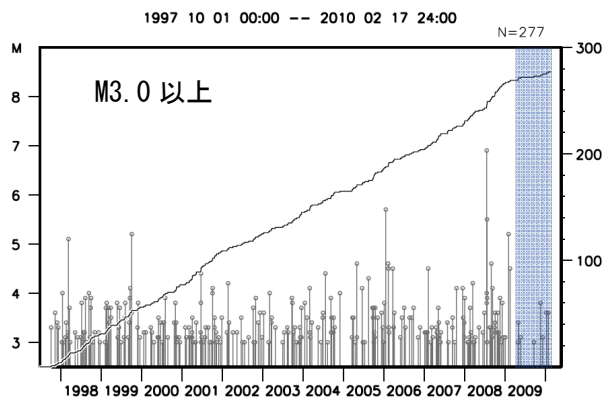
[1] 2008/01/01--2008/05/31 静穏化領域



j. 2010/3/14 福島県沖 (深さ 40km、M6.7 プレート間地震)  
N=4076

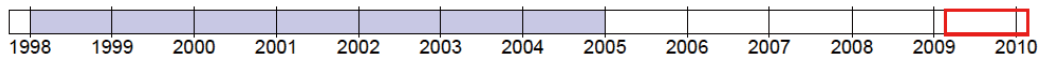


領域内の地震活動経過図、回数積算図



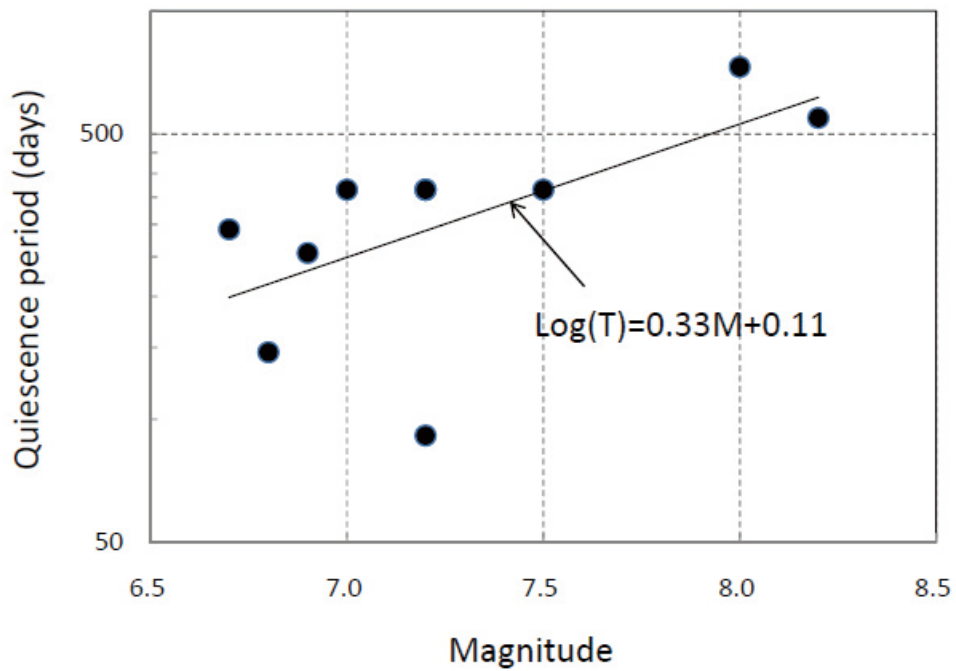
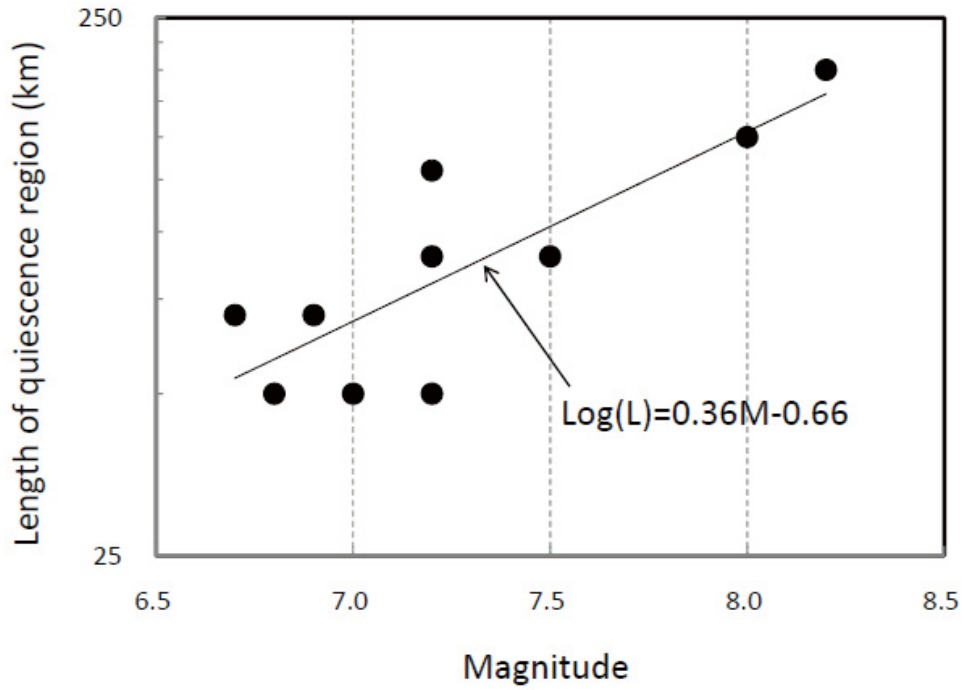
静穏化長径 約 70km  
静穏化期間 約 0.8 年 (上図の ■ の期間)

[1] 2009/02/20--2010/02/19 静穏化領域



第3図 (i) および (j) 地震活動の静穏化を検出した例

Figs. 3 (i) and (j) Examples of seismic quiescence



第4図 静穏化領域 (L, km) および静穏化期間 (T, days) と地震規模 (M) との関係

Fig. 4 Linear relations in the longer axis of quiescence region (L, km) and the period(T, days) against earthquake magnitude(M).