余震活動確率予測の実践

Practice of probabilistic forecasting of aftershock activity

塚越 利光 [1], 細野 耕司 [2], 吉田 明夫 [3], 伊藤 秀美 [4]
Toshimitsu Tsukakoshi [1], Kohji Hosono [2], Akio Yoshida [3], Hidemi Ito [4]

[1] 地震予知情報・地震火山・気象庁, [2] 気象庁地震予知情報課, [3] 気象庁・地震予知情報, [4] 気象研・地震火山研究部

[1] Earthqu. Predic. Info. Div.,JMA, [2] Earthq.Info.Predict.Div.,JMA, [3] Earthq. Pred. Inf. Div., JMA, [4] Seismology and Volcanology Research Dep., M.R.I.

地震情報に余震の発生確率を入れて発表する業務が気象庁ですでに始まっている。対象とする地震は震度5弱以上を観測した場合となっていて、昨年、実際に情報を発表したケースは岩手県内陸北部(1998/09/03 M6.1)の地震のみであったが、この地震以外についても、気象庁では余震活動の確率予測に必要なパラメータ(改良大森公式の K, c, p と b 値)を決定し、その後の活動の推移と比較して監視に活用した。その過程で、これらのパラメータを本震発生直後に安定的に求めるのは、種々問題を含むことがわかった。ここではその検討結果を述べると共に、活動が異常に長引いているいくつかの地震についてその特徴を紹介する。

地震情報に余震の発生確率を入れて発表する業務が気象庁ですでに始まっている。対象とする地震は震度5弱以上を観測した場合となっていて、昨年、実際に情報を発表したケースは9月3日の岩手県内陸北部 (M6.1) の地震のみであったが (1998年8月の長野・岐阜県境付近の活動で震度5弱を観測した地震が発生したが、この活動は「群発型」であったため、余震確率予測の対象とはならなかった)

岩手県内陸北部の地震以外の地震についても余震の確率予測に必要なパラメータ(改良大森公式の K, c, p と b 値)を決定し、その後の活動の推移の監視に活用した。その過程で、これらのパラメータを本震発生直後に安定的に求めるのは、種々問題を含むことがわかった。

気象庁が初めて余震発生確率を発表した岩手県内陸北部の地震では、いったん発表した予測確率の数値を後に修正した。その手続き、判断の過程の詳細は防災上の観点から別にまとめるのが適当と思われるのでここでは述べないが、理学的な意味合いで、本震直後の確率予測に関わる問題について紹介したい。本震発生後1日以内の段階では余震の震源決定が十分に追いついていかないので、活動度の推定には本震から適当な距離の地震計の記録から一定の振幅以上の地震の回数を読み取り、それを用いて改良大森公式の K 値のみ計算(p, c および b 値は標準値を使用)することになっている。その後、十分な震源要素が得られた段階ですべてのパラメータを計算してより精密に余震確率を計算する。どの時点でより精密な計算を行うのが適切なかを調べた。また K, c, p の推定には最尤法(Ogata(1983))を採用しているが、モデル適用期間が短いとその期間の取り方に依存する不安定の生じる場合があった。このため他の方法(最小自乗法、Anderson-Darling statistic法(Nyffenegger and Frohlich(1998)))によるパラメータ推定法をテストし、比較した。

なお、昨年発生した三重・岐阜県境の地震(4月22日, M5.4)や宮城県南部の地震(9月15日, M5.0)等は単純な「本震 - 余震型」でなく、余震域の拡大や余震が余震を伴う活動が見られ、活動の期間も長くなっている。計算結果も改良大森公式に良くあてはまらない。このような活動ではモデル期間を長くしていくとパラメータが変動する様子が見え、余震確率の計算に影響することになる。

震央地名	本震年月日時分	M	Mth	K	c	p	b	N(データ数)
三重・岐阜県境	1998/04/22 20:32	5.4	2.0	15.360	0.008	0.880	0.95	158
三陸沖	1998/05/31 03:18	6.3	2.8	10.993	0.146	1.232	0.68	81
-		163.818	1.508	3.216				
千葉県南部	1998/05/16 03:45	4.8	2.0	10.920	0.195	1.092	0.89	55
千葉県東方沖	1998/06/14 22:17	5.6	2.2	2.605	0.016	0.779	1.06	18
三重・奈良県境	1998/06/23 22:54	4.2	1.7	10.809	0.299	0.988	0.83	48
奄美大島近海	1998/06/22 16:07	5.1	2.0	6.264	0.0	0.623	0.71	59
石垣島南方沖	1998/05/04 08:30	7.7	3.5	9.524	0.013	0.807	1.09	84
長野県北部	1998/07/01 02:22	4.7	1.3	3.818	0.0	0.932	1.3	34
福島・栃木県境	1998/08/03 20:09	4.9	1.5	26.650	0.046	1.285	0.96	211
-		1.192	0.001	0.987				
岩手県内陸北部	1998/09/03 16:58	6.1	1.8	14.194	0.029	1.221	0.81	117
宮城県南部	1998/09/15 16:24	5.0	1.8	27.493	0.010	1.011	0.82	268
種子島近海	1999/01/24 09:37	6.2	2.3	19.008	0.011	1.069	1.27	144

長野県中部 1999/01/28 10:25 4.7 1.3 4.957 0.025 1.353 0.63 42

注) K , c , pが2段になっているのは、改良大森公式の2段モデルである。