

b 値変化と前震を用いた確率予測について -パラメータ独立性の考察-

Earthquake Probabilities Based on Changes in b-value and Potential Foreshocks with a Statistical Consideration

井元 政二郎[1]

Masajiro Imoto[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

関東地域の中規模地震に対する確率予測のモデルとして、b 値変化に基づくモデル (b 値モデル) と潜在的な前震を用いるモデル (前震モデル) を提案し、その有効性に関する報告を行っている。それぞれのモデルで期待される確率利得は、最大で 4 倍と 16 倍である。これらのモデルを同時に用いることが出来れば、64 倍の確率利得を得る。このためには、b 値の変化と潜在的な前震活動が独立な現象であることが条件となる。ここでは、確率モデルを具体的に構築する視点から、現象の独立性について考察する。

複数の独立した項目について前兆現象が観測された場合の地震確率は、宇津や Aki によって定式化されている。これらは、前兆の有無を確率変数としている。b 値モデルや前震モデルでは、連続量や K 個の整数値をとる変数となっている。このため、宇津や Aki の方法を一般化して考える必要があり、井元 (地震, 55, 2002) に基づいて考察を進める。これによると、ある観測量 s に基づく地震強度は $g(s)/f(s) p_0$ で与えられる。ここに $g(s)$, $f(s)$, p_0 は s の条件付分布 (地震発生直前)、定常的分布、および定常ポアソンの地震強度である。二項目の観測が x, y であるなら、地震強度は $G(x, y)/F(x, y) p_0$ で与えられる。 $G(x, y)$, $F(x, y)$ はそれぞれ、条件付分布と定常的分布である。条件付 (地震直前) での x, y が独立に分布するなら、 $G(x, y) = g_1(x) g_2(y)$ となる。ここに、 g_1 と g_2 はそれぞれ x と y の条件付分布である。定常的分布についても、同様に独立なら、 $F(x, y) = f_1(x) f_2(y)$ となる。従って、項目 x, y を用いた場合の確率利得 $G(x, y)/F(x, y)$ は $g_1(x)/f_1(x) g_2(y)/f_2(y)$ であるから、それぞれの確率利得の積になる。よって、この関係式は宇津や Aki による式の一般化されたものといえる。

本研究の対象となる本震が 16 例であることを考慮すると、信頼性の高い $G(r, N)$ を直接求めるのは困難である。ここに、 r と N は、それぞれ b 値変化を表す変数と潜在的な前震の数である。このため、今回の報告では、条件付分布について $G(r, N) = g_1(r) g_2(N)$ が成立するとみなす。次に、 $F(r, N) = f_1(r) f_2(N)$ について考える。時空間上に密に配置した点での同時観測値 $\{r, N\}$ を用いて、 $F(r, N)$, $f_1(r)$, $f_2(N)$ を求める。観測値 $\{r, N\}$ に対する $F(r, N)$ と $f_1(r) \times f_2(N)$ の適合度を比較して、有意な差がなければ、独立であると判断できる。一般には異なるデータベースに基づいて異なるモデルが提案されるので、同時観測値 $\{x, y\}$ の存在しない場合も多いと考えられる。そのような場合でも、定常的分布は本震の発生を要件としないので、新たに観測することにより比較的短期間に結論を得ることが可能と考える。

b 値モデルと前震モデルは、いずれも 1982 年から 1999 年末の期間で関東陸域の東西 160km、南北 160km、深さ 40~120km の時空間領域を対象としている。今回の場合は新たな観測が不要で、再計算により同時観測値 $\{r, N\}$ を求めた。 $N (=0, 1, 2, \dots)$ のそれぞれに対して r を変数とする分布は、ほぼ同じ形状である。 $F(r, N)$, $f_1(r)$, $f_2(N)$ を具体的に求め、一様乱数から同時観測値 $\{r, N\}$ を満たす乱数 (r_0, N_0) を導き、 $F(r_0, N_0) / \{f_1(r_0) f_2(N_0)\}$ の分布を調べた。その結果、 $F(r, N) = f_1(r) f_2(N)$ がほぼ成立すると推察される。従って、b 値変化と潜在的な前震を用いて構築したモデルでは、最大で 64 倍の確率利得が期待できる。