

究極の前兆現象

An ultimate earthquake precursor

井元 政二郎 [1]

Masajiro Imoto[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

1. はじめに

長年の研究にもかかわらず、実用的な地震予知を実現する前兆現象は発見されていない。しかしながら、地震発生数やグーテンベルグリヒターの関係式による繰り返し間隔などを用いて、地震発生確率の時間的変化・空間的な分布を論ずる研究は着実に前進している。また、これまでの研究（宇津，1977；Aki, 1981; Imoto, 2007 など）によると、複数現象の組み合わせは地震確率モデルの有効性向上につながる。この際、問題となるのが前兆現象（前兆パラメータ）の独立性である。地震発生数やb値などの観測値が明示的に地震発生確率計算に用いられている場合には、それらが独立性検証の対象となる。ところが、提案されているモデルには、地震確率に関する観測値が明確でない場合がある。このような場合にも観測値の組み合わせ手法を地震モデルに適用し、確率モデルの精度向上を実現するための手段を考える必要がある。ここでは、地震モデルを合成する方法として、究極の前兆現象の概念を導入する。

2. 究極の前兆現象

究極の前兆現象とは、ある方法で計算された（提案された）地震確率値あるいは発生強度そのものを、地震数やb値などと同様に場を表す観測値と見なすことである。ここで、次のような2つの例を挙げて説明する。いずれも、確率値は3段階で与えられるとする。最初の例では、確率値(p)が 0.01, 0.02, 0.03 で観測数がそれぞれ1000回あるとし、その中で地震発生に至った回数は順に10, 20, 30であるとする。この場合は、地震はほぼ期待通り発生していることがわかる。次の例では、確率値(q)が 0.1, 0.2, 0.3 として与えられている場合を考える。これらの観測数はそれぞれ1000回あり、地震発生回数も先の例と同じく10, 20, 30であるとする。この場合、 $q=0.3$ における地震数の期待値は300となり、観測数30と一桁異なる。後の例では、提案されたモデルの適合度が低いと判断される。この場合は、経験的地震確率 $P(q)$ として $P=q/10$ 。と考えると、期待通りに地震が発生しているがわかる。一般に経験的地震確率 $P(q)$ は $P=Fn(q)/Gn(q)$ として表すことができる。ここに $Gn(q)$ および $Fn(q)$ はqを観測（あるいは計算）した頻度であり、それぞれ条件が無い場合と地震発生条件付の場合である。例では、 $P(p=0.01) = 10/1000 = P(q=0.1)$ となる。モデル提案の段階では、pやqは確率値を表すと考えられていたが、それを観測値と見なすことにより妥当な適合度の地震モデルが構築される。ここに挙げた例では、先の例で期待値と観測値が一致して $P(p)=p$ となり、モデルは変更されない。後の例では、提案されたモデルの著しい不適合が大幅に改善されたことになる。このように、提案された地震モデルの確率値そのものを観測値だと見なすと、適合度の高いモデルほど高確率の前兆を実現できるといえる。ここでは、提案された地震モデルの確率値や発生強度そのものを究極の前兆と呼ぶことにする。

3. Hyper-地震モデル

究極の前兆現象に基づいて地震モデルを構築することができる。このモデルは、地震モデルを要素とするモデルといえるので、ここではHyper-地震モデル（あるいは超地震モデル）と称する。基になる地震モデルが一つであり、その適合度が高い場合には、得られるHyper-地震モデルは基のモデルと同一になる。同一の時空間に対して複数のモデルが提案されている場合には、これらを複数の観測と見なすことにより、 Gn に相当する分布を適当な変数変換により正規分布に変換すると同時に、相互相関係数も求めることができる。これらの操作の後、Imoto(2007)の方法に従って単一モデルに合成することが可能となる。