

地震間の相関を考慮した地震活動予測の評価手法について Proposal of correlation-based evaluation methods for earthquake forecasts

山科 健一郎^{1*}, 姫野 哲人², 鶴岡 弘¹

YAMASHINA, Ken'ichiro^{1*}, HIMENO, Tetsuto², TSURUOKA, Hiroshi¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 国立極地研究所

¹Earthquake Reserch Institute, University of Tokyo, ²National Institute of Polar Research

地震活動を事前に予測し、その予測手法がどのくらい有効であったかを検証しようという試みが進められている (CSEP 地震活動予測検証実験)。このとき、各予測モデルを評価する方法のほとんどは、発生する地震の間に相関が無く、互いに独立な事象であることを前提にしている。そこで、どのくらい相関を考える必要があるか、あるいは無視しても差し支えない程度か、実際のデータセットで確かめることにした。

例えば、CSEPの予測テストで設定されている日本全域の領域を取り上げる。領域を0.1°四方の20062区画(深さ100km以浅)に細分し、それぞれの区画で1年間に何回地震が起きたかを数える。こうして、1年間に1回だけ地震が起きた区画、2回、3回、…、x回起きた区画をそれぞれ明らかにする。これを、2001年から2010年まで10年分について積算した。ただし、ここではマグニチュード4以上の地震に注目し、マグニチュードの違いについては考慮しない。このとき、常時活発な場所とめったに起きない場所では、次の1年に期待される地震の発生数にかなりの違いが生じるであろう。そこで、前年まで1回も地震が起きていない区画、前年までに1回だけ地震が起きている区画、…、をそれぞれ区別して数えることにした。

1965年から前年までの間に1回だけ地震が起きたことのある区画(10年分の合計21561)を例として取り上げると、次の1年に1回地震が起きた区画は498、2回、3回起きた区画はそれぞれ59回と10回であった。このデータセットの平均的な地震発生数の期待値は0.03627であるが、これに対応するポアソン分布は、1、2、3回の順に754、14、0.17区画になり、地震発生が独立な事象であると仮定したとき、実際の分布とはかけ離れていることがわかる。このような実態を無視して、ポアソン分布、あるいはポアソン過程を前提にして予測モデルの予測結果を検証するとしたら、その判断はあまり意味のないものになってしまうかもしれない。

CSEPの予測検証実験は、いろいろな予測モデルの有効性を比較検証すると同時に、いろいろな検証方法そのものの有効性を比較検討する場にもなっている。上記のような問題点を考慮すると、ポアソン分布やポアソン過程を仮定しない検証方法を積極的に採用して検討に加えることが望まれる。例えば、「発生した地震の数 - 予測した数」の自乗和、あるいは実用上はその逆数の対数や二乗平均平方根は、理想的な予測からの距離の近さを示す素朴な指標として、有用ではないかと思われる。

一方、確率的な議論を進展させるには、ポアソン分布に代わる、もっと実態を反映する分布関数を明らかにする必要がある。例えば、 $N(x)/N(x-1) = \exp(-C/x^D)$ という関数を与えると、実際の分布をある程度表すことがわかった。ここで、 $N(x)$ はx回以上の地震が起きた区画の数、CとDは定数で、 $C = -\ln(N(1)/N(0))$ の関係がある。有意義な検証のために、このような検討がさらに進むことが望まれる。

キーワード: 地震活動予測, CSEP, 評価手法, ポアソン過程, ポアソン分布, 二乗平均平方根

Keywords: earthquake forecast, CSEP, evaluation method, Poisson process, Poisson distribution, root mean square