

経験則に基づく地震確率予測

Earthquake probability based on empirical relations

井元 政二郎 [1]

Masajiro Imoto[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

Aki (1981) は、複数異常現象の同時観測における地震発生確率が、永年平均的な地震確率と各現象に関わる確率利得の積で近似的に表されることを示した。これより少し前に、宇津 (1977) は各現象による適中率を用いて既に同等の式を発表していた。ここでは、Aki による近似式 (Aki 式) をもとに議論をすすめる。Jones はカリフォルニアにおける固有地震の地震確率を、Aki 式に基づき前震観測による確率利得を考慮して計算している。これ以後、Aki あるいは宇津の式はほとんど用いられていない。理由として、この式に適した信頼できる異常現象がないことや、独立性の仮定にいくつかの点で問題が生じることなどが考えられる。ここでは、この二点について最近の成果をふまえて検討してみる。

Aki 式で用いる現象としては、前兆とよべる特異な現象であり、適中率も一定の値 (1 万分の 1) 以上となるものが想定されている。このように、単独でも高い地震発生確率となる現象を対象とするなら、一般に言われるように前震などごく一部の現象だけが Aki 式の要素となる。しかし、地震確率計算に何らかの効果をもたらす観測値を異常現象として広義に考えるなら、要素として例えばグーテンベルグ・リヒター式の a 値や b 値など数多くのもが考えられる。 a 値や b 値の時間あるいは空間変化なども、地震確率計算に効果があれば、やはり Aki 式の要素となりうる。地震危険度の計算におけるグーテンベルグ・リヒター式は、 a 値と b 値を二つの異常現象として組み合わせた Aki 式と見なすことができる。Aki 式では過去の各観測から経験的に得られる個々の現象の確率利得が主な要素であるが、広義の異常現象を用いる場合にも同様の考えで各観測値 (a 値や b 値など) を変数として確率利得を求めることができる。この際、Aki 式の定式化で行われたと同様に、地震周辺における観測値の分布 (条件付き分布) と、それ以外の時空間での分布 (定常的分布) を分けて考える必要がある。それぞれの分布に関して、複数の現象が独立であることが Aki 式の前提となっている。

現象の独立性仮定には次の問題がある。まず、数多くの現象を組み合わせることにより確率値を増大させることが可能であるが、それを満足させる地震数の割合 (予知率) は減少するという問題が生じる。これは、確率利得の分子に予知率が現れることに関係する。次に、計測器が異なっても同じ現象を観測していることが考えられる。地震発生の前段階にある過程から、複数の異なる現象が派生することも考えられる。これらは、条件付き分布における現象出現の独立性に疑問をいだかせる。井元は、二つ異常現象が条件付き分布および定常的分布においてそれぞれ正規分布となる場合について考察を加えた (2004 年秋季学会)。それによると、定常的分布において二つの現象が独立であれば、条件付き分布において相関がある場合は、相関がない場合に比べ平均的な確率利得が高いことわかる。正規分布とならない場合には、変数変換により正規分布とすることも可能である。条件付き分布における非独立 (従属性) を考慮した定式化は、二つの疑問を同時に解決してくれる。

異常現象を広義に解釈すること、条件付き分布における現象の独立条件を緩和して考えることで、Aki 式はより現実的・実効的になっている。