

リスク評価におけるベイズ手法活用について

Bayesian Approach to Risk Quantification

(1) ベイズ流アプローチのリスク評価への応用

(1) Bayesian Approach to Risk Quantification

*山口 彰

東京大学

リスクの活用の悩みは、リスクに基づいて意思決定をしてもよいのか、確信が持てないという点である。そのような問題の解決にベイズの流のアプローチが有効であるとの認識は、いまや定着したと言って良いであろう。本稿ではその考え方について議論したい。ベイズ式は以下のように表される。

$$\text{仮説の事後確率} \propto \text{仮説の事前確率} \times \text{尤度関数、あるいは } p(H|E) \propto p(H)L(E|H)$$

ここで、 H はある仮説、 E はある観察である。仮説 H について我々のもつ見解を確率あるいは確信度として $p(H)$ と表す。我々は見解が正しいことを確認するためにデータを取得したり検証を行ったりするであろう。観察 E が得られる確率を尤度と言い $L(E|H)$ で表す。尤度とは我々の見解と観察を結びつける、観察の確率モデルと言っても良い。予想通りの観察が得られなくとも、必ずしも見解が誤っていることを意味しない。観察で得られた貴重な知見は、見解の修正と意思決定への適切な反映に活用される。観察による知見を得た後の我々の見解の確率あるいは確信度となる。これが仮説の事後確率 $p(H|E)$ である。

このような回りくどい手順を踏むのは、原子力安全の問題では、確率あるいは発生頻度の小さい現象を扱うからであり、かつ我々の求める確信度の水準は高いからである。現実の観察の多くは安全に問題がないことを裏付けるものであるだろうが、それは安全の確信には繋がらない。求める確信度の水準が高すぎるのである。欠陥の存在を証明するには欠陥を示せばよいが、欠陥がないことを確信するには欠陥の痕跡すらない観察を無限に続けなければならない。ベイズ式は、重大な欠陥があるときにその兆候が現れる確率（この情報の価値は小さい）を、欠陥の兆候が現れたときに重大な欠陥が存在する確率（我々が知りたい情報）に変換する方法である。重大な欠陥があると分かっていたらそれに対処する。我々は前者の確率を求めたいのではない。兆候が現れたときに重大な欠陥がある確率を知りたいのである。例えば、原子力発電所の断層変位のリスクでは、「重大な欠陥」を「活動する可能性がある断層」と置き換えて考えればよいかもしれない。S. Kaplan と J. Garrick(1981)は、統計は頻度に関する情報を研究する学理、すなわちデータを取り扱うための科学である。一方、確率はデータの欠落を扱う科学であると述べる。データが十分でないから確率を用いることはできないという論は全くの誤解であり、十分なデータがないときは、確率を用いる以外の方法は存在しない。ベイズ流アプローチは十分なデータがないときに、我々が本当に知りたい安全に関する情報を示すものであると言える。

しばしば指摘されるベイズ流アプローチの問題は、我々のもつ見解なる量 $p(H)$ という主観的な量を用いることである。ベイズ推定も主観的であると考えられがちである。さて、統計的アプローチでは最尤法が使用される。データの誤差の二乗和を最小にする推定が最も確からしい推定であるというものである。実際には、事前確率を一様分布関数とし、測定データが互いに独立で、誤差の標準偏差が一定であるときには、ベイズ流アプローチと統計的アプローチは全く同じ結果を与える。ベイズ流アプローチとは、統計的アプローチに様々な知見を合理的に反映する方法であり、かつ知見を蓄積することにより評価の確度が向上するという、評価の信頼度を継続的に合理的に向上させる方法である。

*Akira Yamaguchi

University of Tokyo