

感度係数に基づく事象間の相関に対する重要度評価

Evaluation of importance for correlation of events based on sensitivity factor

*竹田 敏¹, 北田 孝典¹

¹大阪大学

リスク評価に用いる重要度の指標としては Birnbaum Importance Measure、Fussell-Vesely、Criticality Importance Factor、Differential Importance Measure 等が挙げられる。これらは事象ごとに指標が与えられるが、事象間に相関がある可能性がある場合には、事象間の相関について重要度を求めることが有効となると考えられる。そこで、本検討では事象間の相関に対する重要度の評価手法および評価例を示す。

キーワード：PRA、重要度

1. 事象間の相関に対する重要度の評価手法

本検討では、事象間の相関が想定される場合に、この相関がトップイベントの中央値や 95 パーセンタイル等に与える影響を重要度とする。相関を考慮したモンテカルロ計算を実施することで相関の重要度を評価することが可能であるが、この場合は結果に統計誤差が含まれ、事象の数が多い場合は評価する相関の数も多くなる。そこで、本検討では決定論的に相関を考慮する方法を示す。

各事象の確率がトップイベントの確率に与える影響を定量的に示す指標として、感度係数 S を定める。トップイベントの確率 P_T の、 i 番目の事象 P_i に対する感度係数 $S_{T,i}$ は式(1)のように定義でき、各事象が独立かつ $\partial^2 P_T / \partial P_i^2 = 0$ の場合は FV 重要度と等しくなる。また、各事象の分散を σ_i 、共分散を $\sigma_{i,j}$ とすると、トップイベントの分散は式(2)より求められる。

$$S_{T,i} = \frac{\partial P_T}{\partial P_i} \frac{P_i}{P_T} \approx FV \quad (1)$$

$$\left(\frac{\sigma_T}{P_T}\right)^2 = \sum_i \left(S_{T,i} \frac{\sigma_i}{P_i}\right)^2 + 2 \sum_{i \neq j} S_{T,i} S_{T,j} \frac{\sigma_{i,j}}{P_i P_j} \quad (2)$$

式(2)で求めた分散からトップイベントの中央値や 95 パーセンタイル等を求めると、事象間の相関に対する重要度($P_T(\sigma_{i,j,base+correlation}) - P_T(\sigma_{i,j,base})$)を求めることができる。

2. 重要度の評価例

文献[1]で示される図 1 のフォルトツリーについてトップイベントの確率を評価した。トップイベントの分散と中央値および 95 パーセンタイルの関係は文献[1]に基づいて求めた。文献[1]では各事象は独立していると仮定しているが、X2 と X6 に相関がある可能性がある状態を想定し、この相関係数を 0.2 とした場合の評価も行った。得られた確率密度関数を図 2 に示す。相関を考慮した場合は図 2 に示されるように確率密度関数の広がりが大きくなり、95 パーセンタイルについての重要度は $0.0004(=(\text{相関あり}) - (\text{相関なし}))=0.0160-0.0156$ となった。

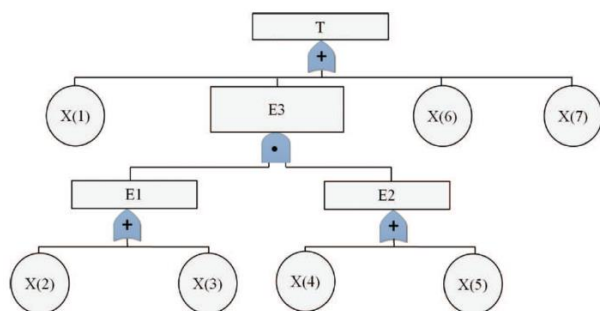


図 1 評価に用いるフォルトツリー^[1]

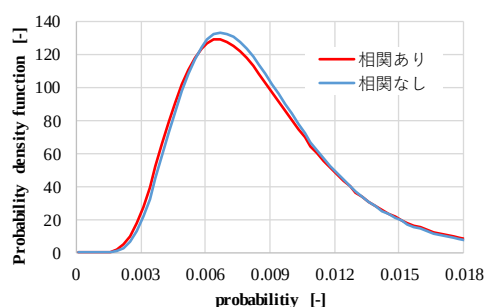


図 2 評価で得られた確率密度関数

3. 結言 事象間の相関に対する重要度評価の手法と評価例を示した。

参考文献

[1] Vanderley de Vasconcelos, Wellington Antonio Soares, "chapter of Treatment of Uncertainties in Probabilistic Risk Assessment, Reliability and Maintenance - an Overview of Cases," Published: January 16th 2019, DOI; 10.5772/intechopen.83541.

*Satoshi Takeda¹, Takanori Kitada¹, ¹Osaka Univ.