

リスク部会セッション

PRA の活用に対する課題 – 入力情報の不確かさへの取組み –
 Issues in Application of PRA -Dealing with Uncertainties in Input Information-
PRA 用機器信頼性データにおける不確かさの取り扱い方法について

Methodology for dealing with uncertainty in component reliability data for PRA

*吉田 智朗

(一財) 電力中央研究所 原子力リスク研究センター

1. PRA における不確かさ

我々の住むこの世界には、どのような事象がいつどのように生じるかを完全に予見することはできない、という不確かさが存在する。この不確かさの源となるのが、この世界（自然界）に本質的に存在する偶然的な不確かさ（aleatory uncertainty。“alea”はラテン語で「サイコロ」の意）である。人間は、この世界（自然界）のしくみを理解するために、未解明の事象に対して数学的手法などを用いたモデルを構築し、生じうる事象の予見および制御を可能としてきた。しかしながら、この構築したモデルが世界の真の姿であるという確証はなく、その意味でモデル化の方法やその構成要素には必ず不確かさが含まれるものである。この不確かさは認識論的不確かさ（epistemic uncertainty。“episteme”はギリシャ語で「知識」の意）と呼ばれ、当該対象に対する人間の知識がない/足りないことに起因する不確かさである。実際に生じた事象を手がかり（エビデンス）にこの認識論的不確かさを低減することが、世界のしくみへの理解を深める一つの方法である。

原子力プラントの安全性評価に使われる PRA は、各種ハザードに対するプラントの応答を、偶然的な不確かさとともに分析用にモデル化し、そのモデルの中に存在する認識論的不確かさを、確率論的手法により定量評価するものである。これにより、プラントで起こり得る様々な事象とそれらによる人と社会への影響に関する知見を得る。

2. PRA 用機器信頼性データにおける不確かさ

PRA 用プラント構成機器の信頼性データを収集・推定するにあたって生じる不確かさの種類と PRA での扱いについて図 1 に整理した。代表的な故障事象として継続運転失敗とデマンド起動失敗を対象とした。

【継続運転失敗事象】	【起動失敗事象】	不確かさ種類 (PRA での扱い)
<ul style="list-style-type: none"> 継続運転失敗事象かどうか？ (判定基準を含む) 工学的判断	<ul style="list-style-type: none"> 起動失敗事象かどうか？ (判定基準を含む) 工学的判断	認識論的 (PRA での扱い)
<ul style="list-style-type: none"> 継続運転中いつ故障するか予見できない T 時間に N 回故障...N の数を予見できない 時間故障率 λ を想定 $N \sim \text{Poisson}(\lambda T)$ ポアソン過程でモデル化	<ul style="list-style-type: none"> どの起動デマンドで起動失敗するか予見できない D 回起動デマンドで K 回失敗...K の数を予見できない 失敗確率 p を想定 $K \sim \text{Binomial}(D, p)$ 二項過程でモデル化	偶然的 (PRA での扱い)
<ul style="list-style-type: none"> ポアソン過程モデルは“正しい”か？ 故障率はプラント個別か産業界一般共通か？ データ (T, N) との整合性から一定の想定において λ をベイズ推定 (推定例) $\lambda \sim \text{Gamma}(\alpha_r, \beta_r)$	<ul style="list-style-type: none"> 二項過程モデルは“正しい”か？ 失敗確率はプラント個別か産業界一般共通か？ データ (D, K) との整合性から一定の想定において p をベイズ推定 (推定例) $p \sim \text{Beta}(\alpha_d, \beta_d)$	認識論的 (PRA での扱い)
<ul style="list-style-type: none"> λ の値は (N/T だけに限らず) 取りうる値の分布 (不確かさ分布) を持つ 取りうる値を不確かさ解析で使用	<ul style="list-style-type: none"> p の値は (K/D だけに限らず) 取りうる値の分布 (不確かさ分布) を持つ 取りうる値を不確かさ解析で使用	認識論的 (PRA での扱い)

図 1 PRA 用機器信頼性データにおける不確かさとその PRA での取り扱い

機器信頼性データの不確かさは、観測した故障データを用いて、そのデータを生成しうるような故障率/故障確率の分布を統計的に推定したものである。不確かさ解析においてはその様な故障率/故障確率のいろいろな可能性が考慮される。

*Tomoaki Yoshida

The Nuclear Risk Research Center, The Central Research Institute of Electric Power Industry