



# レベル1 確率論的リスク評価基盤技術の整備

- ・ 共通原因故障分析とパラメータ推定
- ・ 二分決定図によるリスク評価解析ライブラリー

レベル1 確率論的リスク評価(Probabilistic Risk Assessment, PRA)の国内基盤技術の整備を行う。

## ◆ 共通原因故障(Common Cause Failures, CCF)分析とパラメータ推定

我が国の原子発電所の機器故障トラブル情報から共通原因故障を分析し、PRAに使用するためのCCF発生割合を推定した。

我が国の運転経験を反映したCCF発生割合の値としては、当所の成果が初めてかつ唯一である。

我が国の運転経験を反映したPRAの活用により、総合安全性評価への反映、運転保守における的確な安全性の判断が可能となる。

## ◆ 二分決定図によるリスク評価解析ライブラリー

レベル1PRAで通常用いられる最小カットセット法の計算精度の問題を解決するために、解析ライブラリーを開発した。本ライブラリーでは、二分決定図を採用して成功分岐を厳密に取り扱うことにより、PRAイベントツリーモデルの正確な評価が可能となった。また、既存のPRAソフトウェアでは困難であった、モデルの柔軟な改造や詳細化も可能となった。

## 共通原因故障分析とパラメータ評価

### ■ 研究の狙い

- ◆【背景】原子力発電所の安全系冗長機器で発生するCCFは、支配的なリスク因子となっている。
- ◆【必要性】従来、国内PRAのCCF発生割合は米国の古い数値を用いてきたため、国内運転経験を反映した値が必要である。
- ◆【狙い】国内トラブル情報を用いたCCF事象分析手法および定量化手法を確立し、国内PRAのクオリティ向上を図る。

### ■ 成果の特長

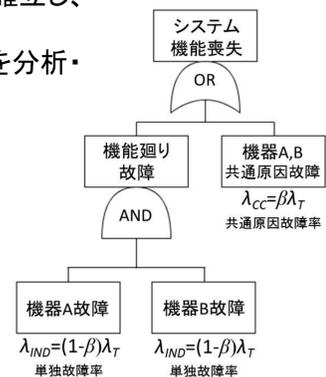
- ◆米国等先進例を参考に、原子力発電所の安全系冗長機器のトラブル情報からCCFを分析・抽出する手順・PRAに用いるCCF割合を推定する手順を確立し、当所ガイドラインとしてまとめた。
- ◆原子力安全推進協会NUCIAの国内トラブル情報を活用してCCF事象を分析・抽出し、PRA用CCF発生割合を推定した。(機械品10種、電気・計装品10種について国内唯一の推定値)

表1 国内評価例 (値は暫定)

機器	国内 2機CCF割合β	米国(NRC) 2機CCF割合β
非常用ディーゼル発電機	0.098	0.0108
電動ポンプ	0.203	0.0245
充電器	0.111	0.0147

### ■ 成果の適用先、適用事例、適用による効果

- ◆【成果の適用先】事業者PRAのCCFモデルへの入力値として活用する。
- ◆【得られる価値】国内運転経験を反映したPRAを実施することにより、PRAの技術的妥当性(クオリティ)が向上し、総合安全性評価への国内実績反映、発電所の運転保守における的確な安全性の判断が可能となる。
- ◆【その他の効果】原子力安全推進協会との連携の下、NUCIAにCCFデータベースを構築中であり、本研究成果の実装を進めている。本システム運用(2016年度予定)により、電力会社における継続的安全向上活動を支援することが可能となる。



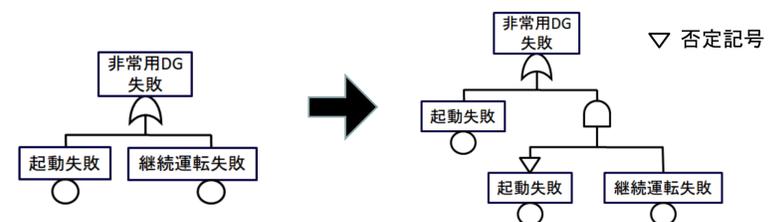
## 確率論的リスク解析ライブラリーの開発

### ■ 研究の狙い

- ◆確率論的リスク評価(以下、PRA)では最小カットセット法が広く用いられているが、打ち切り計算を用いた最小カットセット法は近似による誤差を含有すること、最小カットセット法では成功分岐を厳密に考慮することが難しい等の懸念があり、妥当性確認が必要とされている。
- ◆近年、解決策として二分決定図の研究が行われている。二分決定図は成功分岐を正確に表現することができるため、イベントツリーモデルの理論解を与えることができる。地震PRAなどのPRA評価において、二分決定図は有効であると考えられている。
- ◆本研究は、二分決定図を用いて、フォールトツリー(FT)/イベントツリー(ET)モデルを厳密に評価可能なソフトウェアを構築できる解析ライブラリーを開発する。

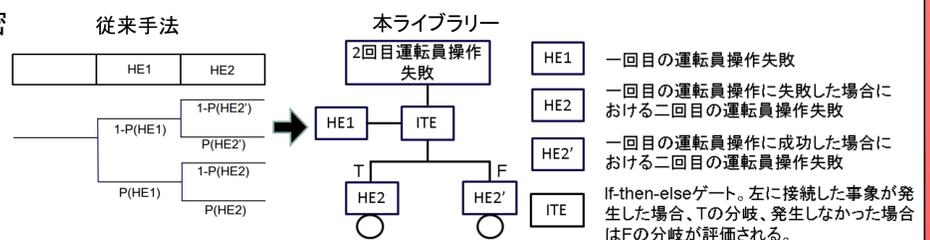
### ■ 成果の特徴

- ◆二分決定図を利用することにより、事象の否定を用いたモデル化が可能となった。事象の否定を用いることにより、ET/FTの厳密な評価に加えて、原子力発電所のET/FTによる詳細なモデル化が可能であることを示した(図3、図4)。
- ◆図3は、非常用DGの従来のモデルと本ライブラリーを用いることにより詳細化されたモデルを示している。本ライブラリーは、より現実的な発電所のモデル化を可能にした。
- ◆図4は、人間信頼性の従属性評価を大イベントツリー法によるモデル化と本ライブラリーによるモデル化で示している。本ライブラリーを用いることにより、人的過誤の従属性をFTで表現することができ、ETの肥大化を避けることが可能となった。



継続運転失敗は起動成功しなければ起こりえないが、上記のFTはそれを考慮していない。否定を用いることにより、継続運転失敗の依存関係を正確に考慮している。

図3: 否定事象によるフォールトツリーの詳細化



従来手法では人的過誤の依存性を評価するにはETのヘッディングで依存性を表現する必要があった。このアプローチではイベントツリーのヘッディングの数が増えることにより、ETが肥大化する。このため、PRAモデルの可読性や保安全性が低下し、モデルが複雑になればなるほどモデル更新が困難になる。本ライブラリーでは、If-then-elseゲートを用いることにより、従来手法と等価なFTを容易に表現することができる。また、ETの肥大化を招かないため、モデルの更新や保安全性に優れている。

図4: 人間信頼性の従属性のFTによる表現