

共通原因故障の事例分析判断ガイドとパラメータ不確かさ評価手法の提案

キーワード：共通原因故障，インパクトベクトル，ファクタモデル，MGLモデル，不確かさ 報告書番号：L11018

背景

確率論的リスク評価（PRA）は、原子力発電所のような巨大システムに発生し得る事故シーケンス（故障進展の組み合わせ）を体系的に分析することができ、システムの安全性向上を図るのに有効な手法である。国内原子力発電所の評価の有効性を高めるためには発電所の運転経験に係わるデータを反映することが重要である。そのため、当所では特に事故シーケンスに大きな影響を持つ共通原因故障（common cause failure, CCF）について国内事例分析手法の確立を目指している^{[1],[2]}。具体的には、世界的に標準となっている CCF モデル（MGL モデル， α ファクタモデル）の考え方に従い、CCF の判断手順とモデルを構築するパラメータの推定手法の確立、および国内故障事例への適用性の検討を進めている。昨年度検討の後、一部工学的判断の詳細化および希少データに起因する不確かさの評価が課題となっていた。

目的

CCF を同定する際に考慮する 3 つのファクタである、機能低下、同時発生性、原因共通性、について、工学的判断のための評価ガイドを作成し、それに従って国内原子力発電所の主要機械品トラブルの分析を行う。また、この分析の結果を用いて CCF モデルパラメータ（機器故障における共通原因故障の割合）の不確かさ評価を行う手法を確立する。

主な成果

- 2010 年度に当所が主催した CCF-WG における他機関専門家との議論に基づいて、CCF の工学的判断のための評価ガイドを前報版^[3]から改訂した。要点は以下のとおりである。
 - 機能低下ファクタについて、独立故障にも共通原因故障と同様に 0~1 の数値を割り当てる（前報では簡易的にすべて 1 としていた）
 - 原因共有性ファクタにも 0~1 の数値を割り当てる（前報では簡易的にすべて 1 としていた）
- 改訂したガイドに従って国内原子力発電所主要機械品のトラブル事象について共通原因分析を行った。1 件の複数機器トラブルを工学的判断により独立故障である可能性と共通原因故障である可能性とに割り振って、 k 機故障事象の件数 n_k 、（ $k=1,2,\dots$, 冗長機数）の組であるインパクトベクトルを機器別に求めた（図 1）
- インパクトベクトルデータを用いて共通原因故障モデルパラメータを推定する手法を整理し、機器毎に各パラメータの点推定値に加え不確かさ分布を求める手法を導出した（図 2）

今後の課題

国内原子力発電所の電気品についてもファクタ評価ガイドに基づき分析を行う。対象機器について不確かさ評価を実施する。また、システム信頼性評価における不確かさ分布の適切な組み込み方法について検討する。日本原子力技術協会の NUCIA を活用し、本研究で策定した手法、評価ガイド、定量化手法など取り込んだ国内 CCF データベースの構築を図る。

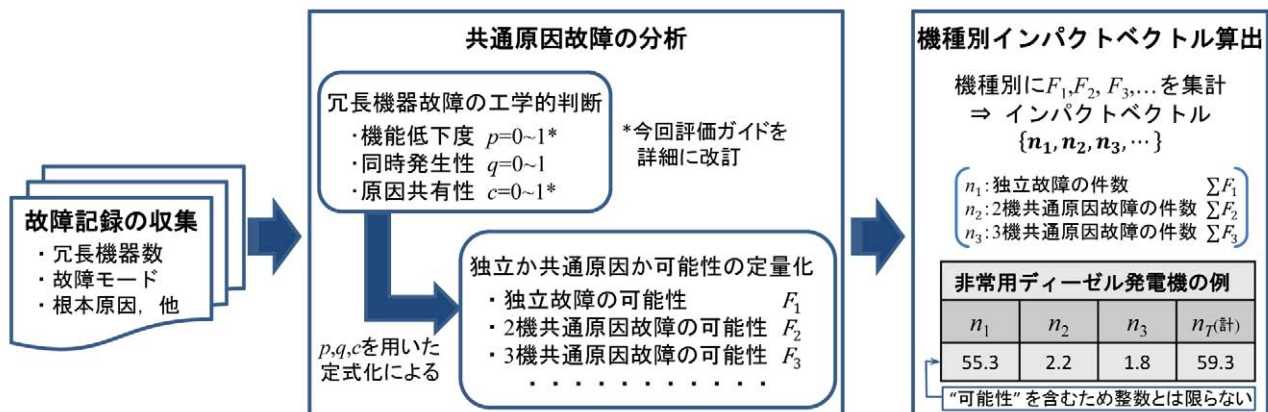


図1 共通原因故障分析手順とインパクトベクトル算出

PRA用共通原因故障モデル：(例) α ファクタモデル

- α_k の意味：全故障に対する k 機共通原因故障の割合 (注： $k=1$ の場合は独立故障, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$)
- インパクトベクトルから α_k の点推定値、不確かさ分布 (ディリクレ分布となる) を求める。

インパクトベクトル $[n_1=55.3, n_2=2.2, n_3=1.8]$ ($n_T=59.3$)の場合の α ファクタの不確かさ分析

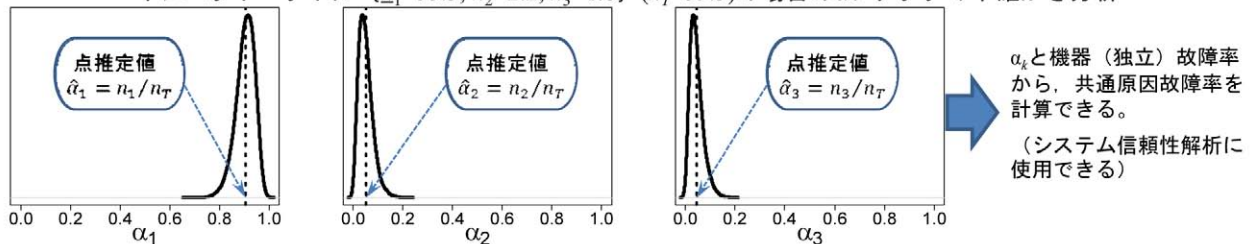


図2 共通原因故障モデルパラメータの不確かさ分布評価

関連研究報告書	[1] 真田他「PSA 入力用共通原因故障の分析手順の策定と試評価」電中研報告 L06015,平成 19 年 5 月 [2] 真田他「PSA 入力用共通原因故障国内データ分析と信頼性パラメータの推定」電中研報告 L10001,平成 22 年 11 月 [3] 真田他「共通原因故障パラメータ推定のための事例分類判断基準」電中研報告 L10013,平成 23 年 8 月
研究担当者	吉田 智朗 (原子力技術研究所 発電基盤技術領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 原子力技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : ntrl_rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊 (PDF 版) は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

[非売品・無断転載を禁じる] ©2012 CRIEPI 平成 24 年 6 月発行

11 - 045