

一般セッション | IV. 原子力プラント技術：403-1 リスク評価技術とリスク活用

2025年3月14日(金) 14:45 ~ 15:40 F会場(Zoomルーム6)

**[3F07-09] AI活用**

座長:鄭 嘯宇(JAEA)

14:45 ~ 15:00

[3F07]

AI技術を活用した確率論的リスク評価手法の高度化研究

(4) フォルトツリー自動作成手法のサポート系への機能拡張

\*近藤 佑樹<sup>1</sup>、二神 敏<sup>1</sup>、栗坂 健一<sup>1</sup>、山野 秀将<sup>1</sup> (1. 国立研究機関法人日本原子力研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[3F08]

AI技術を活用した確率論的リスク評価手法の高度化研究

(5) 信頼性データベース構築のための自動故障判定手法の2次分析への適用

\*氏田 博士<sup>1</sup>、森本 達也<sup>1</sup>、二神 敏<sup>2</sup>、山野 秀将<sup>2</sup>、栗坂 健一<sup>2</sup> (1. アドバンスソフト (株) 、2. 日本原子力研究開発機構)

15:15 ~ 15:30

[3F09]

地震 PRA における耐震多様性の評価

その9：AIによる床応答スペクトルの算出方法の高精度化

\*大原 光晴<sup>1</sup>、大庭 滉平<sup>2</sup>、大鳥 靖樹<sup>2</sup>、牟田 仁<sup>2</sup>、片山 吉史<sup>3</sup>、酒井 俊朗<sup>4</sup> (1. CTC、2. 東京都市大、3. 中電技術コンサル、4. 電中研)

15:30 ~ 15:40

座長持ち時間

# AI 技術を活用した確率論的リスク評価手法の高度化研究 (4)フォルトツリー自動作成手法のサポート系への機能拡張

Development of Probabilistic Risk Assessment Methodology Using Artificial Intelligence Technology

(4) Functional Enhancement of Automatic Tools of Fault Tree Creation Focusing on Support Systems

\*近藤 佑樹<sup>1</sup>, 二神 敏<sup>1</sup>, 栗坂 健一<sup>1</sup>, 山野 秀将<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA

原子力発電所の確率論的リスク評価の効率的・効果的な社会実装を目指したイノベーションを創出するため、AI 技術を活用し系統図等の設計図書からフォルトツリー作成に必要な情報を抽出し、自動的に作成する手法を開発する。本報では、その自動作成手法をサポート系まで機能拡張した。

**キーワード**：人工知能, AI, 確率論的リスク評価, PRA

## 1. 緒言

JAEA では、確率論的リスク評価（以下、PRA）の効率的・効果的な社会実装に向け、内的事象 PRA の実施手順における「システム信頼性解析」を対象に、画像認識等の AI 技術を活用し系統図等の設計図書からフォルトツリー（以下、FT）作成に必要な情報の抽出、および FT を自動的に作成する手法の開発を段階的に進めている。前報[1][2]では、フロントライン系を対象とした機器レベル FT と故障モードレベル FT の自動作成手法について報告した。本報では、サポート系まで機能拡張した FT 自動作成手法について報告する。

## 2. FT 自動作成手法のサポート系への機能拡張

FT 自動作成手法の開発にあたって、段階的に精緻化と機能拡張を実施しており、精緻化については、機器レベルから故障モードレベルへと段階的に FT の精緻化を実施した。機能拡張については、FT 作成に必要な情報はフロントライン系の設計図書とサポート系の設計図書からそれぞれ抽出しなければならないため、複数の設計図書より FT 作成に必要な情報（評価対象機器や互いに冗長な関係を有する箇所など）を抽出し、フロントライン系およびサポート系の FT ファイルをそれぞれ生成、これら FT のファイルをひとつに統合できるような FT 自動作成ツールの機能拡張を行った。機能拡張後のツールの概要を図 1 に示す。フロントライン系とサポート系のような機能の依存関係を有する異なる系統の FT ファイルを統合させる場合、依存関係にある機能（故障要素）をサポート系の FT の頂上事象として作成し、その頂上事象をフロントライン系の FT の基事象として指定することで、異なる FT ファイル間の統合を可能とした。

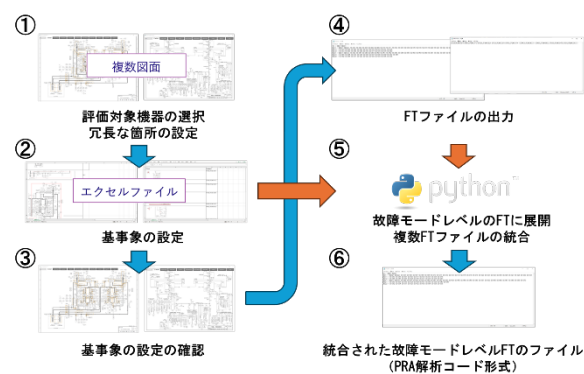


図 1 FT 自動作成ツールの概要

## 3. 結言

画像認識等の AI 技術を用いた設計図書からの FT 自動作成手法の開発を進め、サポート系に対応した FT 自動作成手法を試作し機能の拡張を行った。

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0222682583 の助成を受けたものです。

## 参考文献

[1] 二神ら、原学会 2023 春. [2] 二神ら、原学会 2024 年春.

\* Yuki Kondo<sup>1</sup>, Satoshi Futagami<sup>1</sup>, Kenichi Kurisaka<sup>1</sup> and Hidemasa Yamano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA

# AI 技術を活用した確率論的リスク評価手法の高度化研究

## (5)信頼性データベース構築のための自動故障判定手法の2次分析への適用

Development of Probabilistic Risk Assessment Methodology Using Artificial Intelligence Technology

### (5) Application of Automatic Failure Detection Methodology to Secondary Analysis for Reliability Database Construction

\*氏田 博士<sup>1</sup>, 森本 達也<sup>1</sup>, 二神 敏<sup>2</sup>, 栗坂 健一<sup>2</sup>, 山野 秀将<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>アドバンスソフト (株), <sup>2</sup>日本原子力研究開発機構

NUCIA 等の PRA 信頼性データベースのトラブルの原因分析手法に、生成 AI である ChatGPT の活用を試みた。特徴としては、原因の直並列を含むネットワーク構造の模擬により原因のネットワーク構造の図示が可能となった。さらに、日本語の特徴である主語の不在によってアクタ（要員）が不明瞭となる課題に対し、組織の経営層から現場作業員まで業務内容を定義することにより、要員を特定することが可能となった。これに基づき共通要因を判断可能な手法を試作し、時系列変化や組織ごとの相違や共通性を明確化した。

**キーワード：** AI 技術, 生成 AI, ChatGPT, 確率論的リスク評価, 信頼性データベース, NUCIA

### 1. 緒言

NUCIA 等の PRA 信頼性データベースのトラブルの原因分析に AI 手法を用いたシステムを開発している[1]。今回新たに近年の生成 AI の画期的な性能向上に鑑み ChatGPT の活用を試みた。

### 2. 分析システムの開発

NUCIA 等のトラブルの原因分析に ChatGPT の活用を図り、一次分析の分析能力の向上を実現した。特徴としては、原因の直並列を含むネットワーク構造を模擬するタスクオンロジー（分析手順）を定義し、LangGraph を用いて分析のステップをマルチエージェントシステム（【再発防止策】チーム、【根本原因】チーム、【直接原因】チーム、【観察】チーム、【対応】チーム、【共通原因】チーム）として実現することにより、原因のネットワーク構造の図示が可能となった。また、日本語の特徴である主語の不在によってアクタ（要員）が不明瞭となる課題に対し、ドメインオンロジー（業務知識）として組織の経営層から現場作業員まで業務内容を定義することにより、要員を特定できる見通しを得た。さらに、共通特性を分析する二次分析として、事象を横断したネットワーク構造をデータベース化し、そのデータベースを統計分析した。これに基づき共通機器、共通操作、共通組織特性等の共通要因を判断可能な手法を試作し、時系列変化や組織ごとの相違や共通性を明確化した。上記の試作・妥当性確認結果に基づいて、分析結果の説明性など今後の開発課題を整理した。

### 3. 結論

AI ツールの方法論を構築、試作し、迅速性、省力化の促進と分析者の等質化に関する正確性、統一性の促進の見通しを得た。特に ChatGPT の活用により、原因のネットワーク構造の図示とアクタ（要員）の特定が可能となり、これを用いて共通要因を判断可能な手法を試作した。

本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0222682583 の助成を受けたものである。

### 参考文献

[1] H. Ujita et.al.; Development of Probabilistic Risk Assessment Methodology Using Artificial Intelligence Technology. 2. Automatic Fault Detection Method for Building Reliability Database, PSAM Topical, October 23-25, 2023, Virtual.

\* Hiroshi Ujita<sup>1</sup>, Tatsuya Morimoto<sup>1</sup>, Satoshi Futagami<sup>2</sup>, Kenichi Kurisaka<sup>2</sup>, and Hidemasa Yamano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Advancesoft Corporation, <sup>2</sup>JAEA

## 地震 PRA における耐震多様性の評価 その 9 : AI による床応答スペクトルの算出方法の高精度化

### Evaluation of Seismic Diversity of SSC system in PRA

#### Part 9 : Improvement of calculation method using AI for floor response spectrum

\*大原 光晴<sup>1</sup>, 大庭 滉平<sup>2</sup>, 大鳥 靖樹<sup>2</sup>, 牟田 仁<sup>2</sup>, 片山 吉史<sup>3</sup>, 酒井 俊朗<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CTC, <sup>2</sup>東京都市大, <sup>3</sup>中電技術コンサル, <sup>4</sup>電中研

耐震多様性の評価に用いる安井・他の床応答スペクトル直接計算法の精度向上をはかるため、AI を用いた床応答スペクトルの推定法について検討した。時刻歴応答解析結果との比較から、AI により床応答スペクトルを高精度に推定することを確認した。

**キーワード**：地震 PRA, 耐震多様性, AI, 床応答スペクトル

**1. はじめに** 原子力施設の安全上重要な機器に対して、振動特性の多様性（耐震多様性）を高めることで、地震による共通原因故障を回避し、損傷リスクの低減が可能である<sup>[1]</sup>。実規模モデルで耐震多様性によるリスク低減効果を正確に評価するために、様々なスペクトル形状の地震動を用いて評価を行う必要がある。著者・他<sup>[2]</sup>は、計算の効率化のために、スペクトルモーダル解析法を用いて多自由度系の構造物の簡易評価手法の構築を試みたが、床応答スペクトルの算出を行う安井・他の方法<sup>[3]</sup>（以下、安井式）が建屋と機器の共振領域において、推定精度に課題があることを明らかにし、課題の解決に取り組んできた。

本稿では、安井式で算出された応答を、AI を用いて推定を行うことで、安井式による床応答スペクトルの算出の高精度化を検討した。

**2. AI による安井式の補正の手法** 本研究では、ニューラルネットワークを使用して、モデルに「安井式によって算出した床応答スペクトル」を「時刻歴法によって算出した床応答スペクトル」に回帰するトレーニングを行うことで、安井式による床応答スペクトルを補正するモデルを作成した。学習データには気象庁の強震観測データ<sup>[4]</sup>から 1000 個の地震動波形を使用し、各波形について、「安井式による床応答スペクトル」を入力データ、「時刻歴法による床応答スペクトル」をターゲットデータとして回帰

**3.** するトレーニングをモデルに行うことで、応答を補正し、実際の応答に近づけることを可能にした。その後、テストデータとして気象庁の強震観測データ<sup>[4]</sup>から学習データとは異なる 200 の地震動波形データを使用して、推定精度の検証を行った。

**4. 結果** 図 1 に、作成したモデルでテストデータを補正して得られた床応答スペクトルと、補正する前の床応答スペクトル、時刻歴法による床応答スペクトルを示す。図から安井式で実際より大きく応答が算出された部分がモデルによって補正され、実際の応答に近づいていることがわかる。

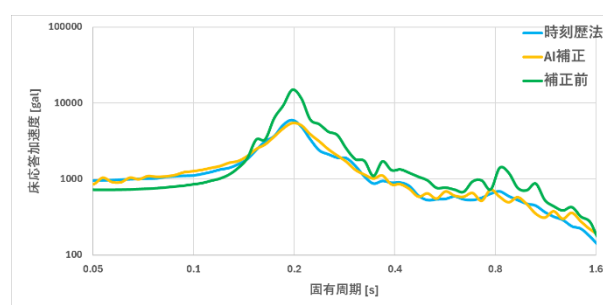


図 1 AI による床応答の補正効果

#### 参考文献

- [1] 大鳥・他、地震 PRA における耐震多様性の評価、2019 年 原子力学会春の年会  
 [2] 大原・他、地震 PRA における耐震多様性の評価 その 4 : 床応答スペクトルの算出方法の高精度化、2022 年 原子力学会秋の年会  
 [3] 安井・他、床応答スペクトルの直接計算法について(3)、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、1986 年  
 [4] 気象庁、強震観測データ

\*Mitsuharu Ohara<sup>1</sup>, Kohei Oba<sup>2</sup>, Yasuki Ohtori<sup>2</sup>, Hitoshi Muta<sup>2</sup>, Yoshifumi Katayama<sup>3</sup> and Toshiaki Sakai<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CTC, <sup>2</sup>TCU, <sup>3</sup>CEC, <sup>4</sup>CRIEPI