

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K14157

研究課題名（和文）多数基地サイトにおけるユニット間の相互影響を考慮した動的リスク評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of Dynamic Risk Analysis Methodology Considering Interunit Dependency at Multiunit Site.

研究代表者

張 承賢（JANG, SUNGHYON）

北海道大学・工学研究院・助教

研究者番号：90782300

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、マルチユニットシステムにおける固有の影響を考慮した動的リスク評価手法を開発することを目的とし、2つのユニットを持つシステムを対象に、簡易的に表したプラントモデルを使い、外部事象（地震）発生による外部電源喪失事故発生時にマルチユニット影響が事象進展に与える影響について定量的な評価を実施することができた。さらに、確率論的分野において課題となっている人間信頼性評価におけるコンテキストの考慮を評価するため、ベイジアンネットワークとファジィ推論を用いてマルチユニット影響による環境変化が人的過誤確率に与える影響について定量的評価が可能なモデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通じ、マルチユニット影響が事故進展に与える影響を考慮し、定量的リスク評価が可能であることを示すことができた。マルチユニットによるネガティブな影響が炉心損傷者放射性物質の放出に与える影響が評価できるようになったことは、大きな成果であると考えられる。機器レベルのモデル詳細化によってマルチユニットシステムの確率論的リスク評価が可能である可能性を示すことができた。さらに人的過誤確率に関するマルチユニット影響を考慮することで、より現実的な人間信頼性評価が可能について検討することができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a dynamic risk assessment method that considers the inherent impact of a multi-unit system, using a simple plant model for a system with two units, and using an external event (Earthquake). A probabilistic risk assessment for a scenario of Loss of offsite power (LOOP) induced by an earthquake, was carried out considering the impact of multi-unit effects on accident progression. Furthermore, in order to evaluate the consideration of context in human reliability evaluation, which is a problem in the field of the PRA, A new model using Bayesian network and Fuzzy inference to evaluate the effect of environmental changes due to multi-unit effects on human error probability, was suggested.

研究分野：原子力工学

キーワード：マルチユニットリスク評価 確率論的リスク評価 動的PRA 人間信頼性評価

1. 研究開始当初の背景

2011年福島第一原子力発電所の事故以来、マルチユニットシステムのリスク評価が重要視された。マルチユニットシステムは、1つのサイト内に複数の原子炉システムが存在することを指しており、事故発生時にマルチユニットシステム固有の影響により事象進展が悪化することが考えられる。しかし、従来のリスク評価手法は単一ユニットを対象としたものであり、マルチユニットシステムを評価することは困難であった。

2. 研究の目的

本研究ではマルチユニットシステムにおける固有の影響を考慮したマルチユニットシステムを構築し、マルチユニットシステム固有の事故シナリオを評価できるマルチユニットリスク評価モデルの構築を目的とする。

3. 研究の方法

マルチユニット影響について文献調査を実施し、マルチユニット影響について6つの種類に分類することができた。各マルチユニット影響について、因果関係をもとにした条件付き確率表を用いるベイジアンネットワーク構造でモデル化を実施した。事象進展の評価については、ツインユニットシステムを想定し、クラス6区分の地震発生による外部電源喪失事故を起因事象としたシナリオに対し、連続マルコフ過程モンテカルロ手法を用いて、マルチユニット影響を考慮したリスク評価を実施した。さらには、マルチユニット影響による環境変化が人的過誤確率へ与える影響を考慮した人的過誤確率評価モデルを構築し、マルチユニットリスク評価を実施した。

4. 研究成果

◇ マルチユニット影響を考慮したリスク評価モデルの構築

図1にマルチユニットシステムにおける影響を分類した結果を示す。先行研究ではマルチユニット影響を6つ(金事象、同等設備、共有設備、近接依存性、組織的依存性、人的依存性)に分類したものの、本研究では、機器間の依存性を考慮した内的依存性、外的依存性、リソース依存性の3つに分類し、さらに各依存性について詳細をまとめ、先行研究のマルチユニット依存性と結びつけた。

マルチユニット依存性が事象進展に与える影響を確認するために、ケーススタディとして図2のようなツインユニットシステムを対象としてモデル化を実施した。各ユニットは機器と運転員による操作からなると想定し、地震による外部電源喪失(LOOP)を想定し、地震および事象進展中にシステムにて発生する事象が他のシステムと与える影響について条件付き確率テーブルを用いるベイジアンネットワークモデルを用いて評価を実施した。

図3はマルチユニット影響の有無によるツインユニットシステムが同時に炉心損傷に至る確率を示した結果である。マルチユニット影響によって生じる事象進展の加速現象を考慮したリスク評価ができる見通しを得ることができた。

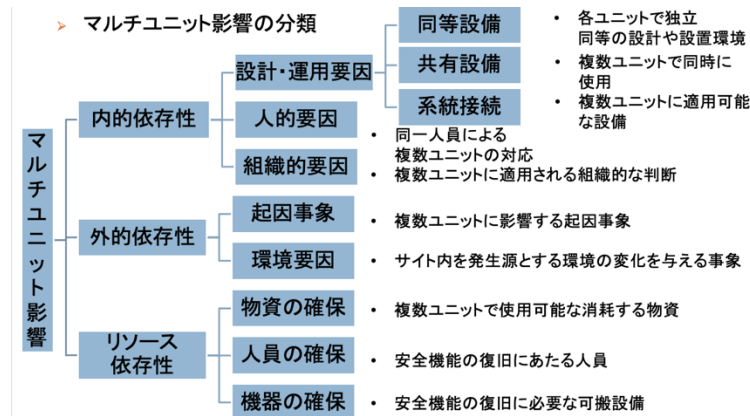


図1 マルチユニット依存性の分類

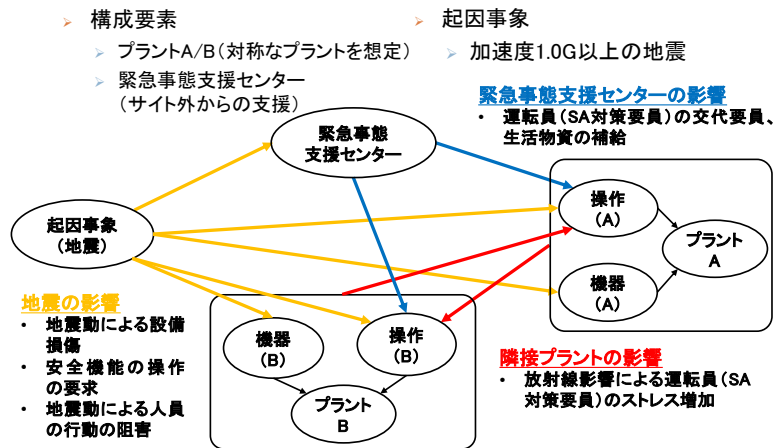


図 2 ツインユニットシステムの構成

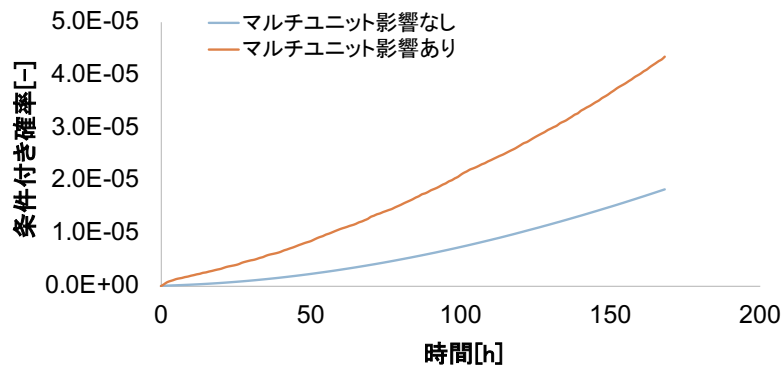


図 3 マルチユニット影響の有無による炉心損傷確率の変化

◇ マルチユニット影響による環境変化を考慮した人的過誤確率の評価

またマルチユニット影響による環境変化が人的操作を行う運転人の人的過誤確率にも影響を与えられと考えられる。環境変化が人的過誤確率に与える影響を定量的に評価するため、図 4 に示すようにベイジアンネットワークモデルを用いてマルチユニット影響が加護誘発状況を引き起こし、人的操作に関する時間余裕、ストレス、熟練度、手順書といった4つのパラメータに与える影響を評価した。さらにこれらの4つのパラメータが人的過誤確率に与える影響について曖昧性を扱う数学モデルであるファジィモデルを用いて定量化を実施した。その結果、図 5 に示すように時間余裕、ストレスだけではなく、同条件で運転員の熟練度および手順書の読みやすさが、人的過誤確率に与える影響について定量的に評価することができた。

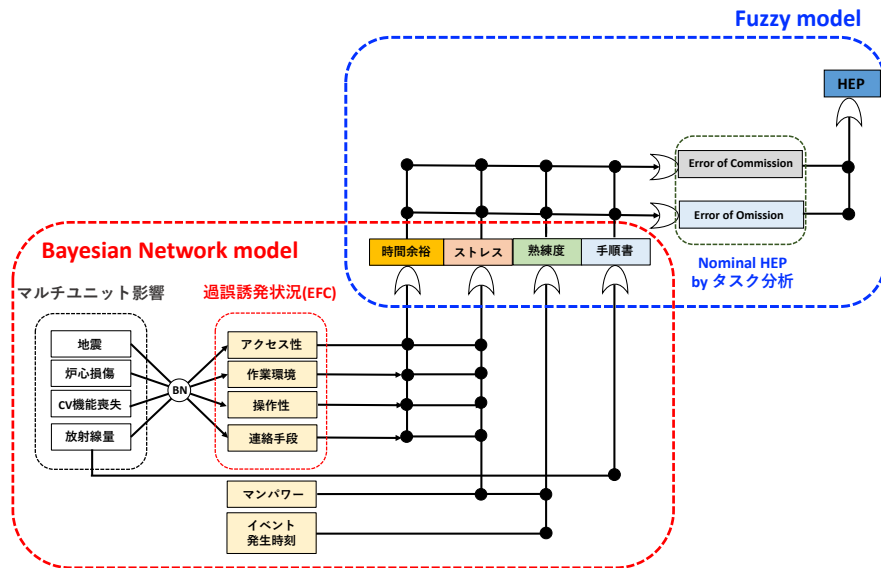


図 4 マルチユニット影響による人的過誤確率評価モデル

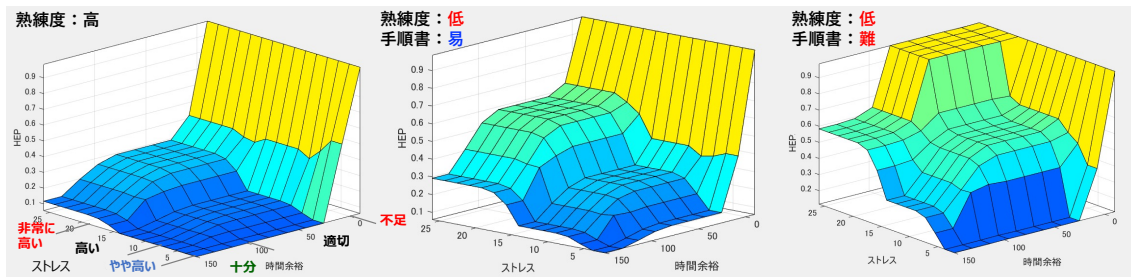


図 5 熟練度および手順書による人的過誤確率の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Sunghyon Jang
2. 発表標題 Development of the Multi-Site/Unit Risk Assessment Method Based on Continuous Markov Monte Carlo Method and Bayesian Networks: (2) Assessment of Mitigation Strategy Using Concept of FLEX
3. 学会等名 Asian Symposium of Risk Assessment and Management 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 張承賢
2. 発表標題 連続マルコフ過程モンテカルロ法およびベイジアンネットワークを用いた広域リスク評価手法に関する研究
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張承賢
2. 発表標題 ファジィ推論を用いたマルチユニット影響を考慮した人的過誤評価
3. 学会等名 日本原子力学会2021年秋の大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------