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率評価

Evaluation of Human Error Probability Considering Multi-unit Effect Using Fuzzy Inference

*張 承賢[1]，山口 彰[1]，花井 智海[2]，新崎 聡司[2]，黒川 貴正[2]，豊嶋 謙介[2]，泥谷 雅之[2]
[1]東京大学，[2]原子力エンジニアリング

本稿ではマルチユニット影響（依存性）による文脈（Context）または環境変化が人的過誤事象に与える影響の曖昧さについてベイジアンネットワークモデルおよびファジィ（Fuzzy）推論を用いた試評価を実施した。
キーワード：マルチユニット影響，人的過誤率，ベイジアンネットワーク，ファジィ推論

1. 緒言：マルチユニットサイトで重大事故が発生すると、隣接するプラントを含むシステムの事象進展によってプラントシステムの状況は時々刻々変化するため、事故対応中の運転員の人的操作に関する時間余裕、ストレスレベルといった要素も変化すると考えられる。しかし、従来の人的過誤率評価手法では、これらの環境変化による影響を考慮することが困難であった。本研究では、ベイジアンネットワーク（BN）モデルとファジィ理論を用いて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率の試評価を実施した。

2. ATHEANA の概念を用いた人的過誤評価モデル：人間信頼性評価手法の中、人間中心要因と人的過誤を誘発する環境･文脈の影響に注目した手法として ATHEANA（A Technique for Human Event Analysis）手法[1]がある。ATHEANA 手法は、過誤誘発状況（Error-forcing Context）と呼ばれる、人的過誤に影響を与える環境要因を考慮することが特徴である。本稿では先行研究[2, 3]で提案した広域リスク評価モデルにおいて想定する人的操作に影響を与える 4 つの要素（アクセス性、作業環境、操作性、連絡手段）を過誤誘発状況とし、マルチユニット影響が過誤誘発状況に与える影響を、BN モデルを用いた条件付き確率で表した。また過誤誘発状況によって人的操作を実施する際の運転員のストレス、時間余裕が受ける影響の度合いの曖昧さを定量化するため、DMLD（Dynamic Master Logic Diagram）を用いて時間余裕、ストレス、熟練度をパラメータとするファジィモデルを導入し、オミッションエラー（EOO：Error of Omission）とコミッションエラー（EOC：Error of Commission）の確率を推論した。

3. ファジィ推論を用いた人的過誤率の定量化：ファジィ推論は、曖昧性を扱うための数学的な理論[4]であり、ファジィ集合という概念を用いる。ファジィ集合は、曖昧さを数学的に厳密に取り扱うために、要素（本稿ではストレスと時間余裕）ごとに帰属度という数値を導入し、ファジィ集合の要素がそのファジィ集合（本稿ではストレスレベルと時間圧）に属する度合いをメンバシップ関数といった形で表す。さらに、IF-THEN 形式を持つファジィルールを用いて結果（本稿では EOO と EOC）の推論を実施した。ファジィルールでは、以下に示す例のようにストレス、時間余裕が EOO および EOC へ与える影響の曖昧さを推論する。

・ストレス増加→（集中力低下）→間違った選択をしやすくなる（EOC 増加）
・時間余裕が低下→（焦る）→行うべき作業を省きやすくなる（EOO 増加）

図 1 に各パラメータが EOO と EOC に与える影響の曖昧さを定量化した結果を示す。各パラメータの相互作用による影響が確認できる。

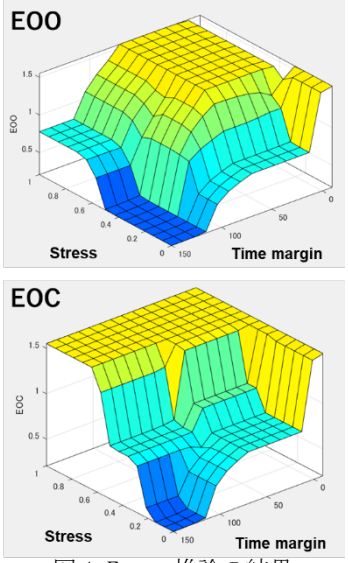

図 1 Fuzzy 推論の結果

4. 結論：本稿では、マルチユニット影響による環境変化が人的過誤事象へ与える影響を、ストレスと時間余裕の変化に着目し、BN による論理的なモデル化及びファジィ推論を用いてこの 2 つのパラメータが人的過誤事象へ与える影響の曖昧さの定量化を検討した。試評価の結果、環境変化を考慮した人的過誤事象の評価が可能である見通しを得ることができた。

参考文献

[1] U.S. NRC, NUREG/CR-6350、 [2] 新崎聡司他、1O06、2019 年原子力学会秋の大会、[3] 張承賢他、1O07、2019 年原子力学会秋の大会、[4] 稲井田他、ファジィ理論－基礎と応用、共立出版、2010

*Sunghyon Jang[1], Akira Yamaguchi[1], Tomomi Hanai[2], Satoshi Shinzaki[2], Takamasa Kurokawa[2], Kensuke Toyoshima[2] and Masayuki Hijiya[2]
[1] The University of Tokyo [2] Nuclear Engineering, Ltd