

ヒューマン・マシン・システム部会セッション

PRA における人間信頼性解析の現状と課題
Human Reliability Analysis in PRA: Current Status and Issues

(2) IDHEAS-G を用いた人的過誤確率評価：モデルの開発と課題

(2) Human Error Probability Evaluation using IDHEAS-G: Model Development and Issues

*武田 大介¹, 桐本 順広¹, 早瀬 賢一¹, 野々瀬 晃平¹¹電力中央研究所

1. 緒言

福島第一原子力発電所事故を契機に、確率論的リスク評価（probabilistic risk assessment: PRA）における技術向上の一環として、人間信頼性解析（human reliability analysis : HRA）には、過酷状況下でのタスク¹の人的過誤確率（human error probability : HEP）の評価が求められている。しかしながら、既存 HRA 手法の多くは中央制御室内での内的事象対応を評価対象としており、過酷状況下でのタスクを適切に評価できているとは必ずしも言えない。

このような状況の中、米国原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission : NRC）は IDHEAS-G（The General Methodology of an Integrated Human Event Analysis System）を開発している[1]。IDHEAS-G は、原子力の任意のタスクで HRA を実施するための一般的方法論であり、内的事象に限らず、上述のような過酷状況下タスクへの適用も期待できる数少ない手法となっている。本稿では IDHEAS-G を紹介すると共に、IDHEAS-G を過酷状況下タスクに適用し HEP を評価するモデルを開発した結果の概要及び今後の課題を述べる。

2. IDHEAS-G の概要

IDHEAS-G では、人間の活動を複数のタスクとして捉え、タスクの失敗を認知失敗モード（cognitive failure mode : CFM）として設定する。次に、当該 CFM がどのような行動影響因子（performance influence factors : PIF）から影響を受けるかを評価・設定する。最後に、PIF の組み合わせ全てに対して HEP を設定することで、タスクを定量評価するモデルとする。図 1 にこの流れを示す。

モデル開発者が対象となるタスクの CFM を設定する際に参考となるものとして、IDHEAS-G では計 71 項目に及ぶ CFM のリストを整備している。モデル開発者は対象タスクの CFM を設定する際に、そのタスクの内容等に応じて、IDHEAS-G の CFM リストかまたは自身で独自に開発した CFMの中から、対象のタスクの CFM として適切なものを一つ以上設定する。PIF についても IDHEAS-G では 20 種、計 139 項目に及ぶリス

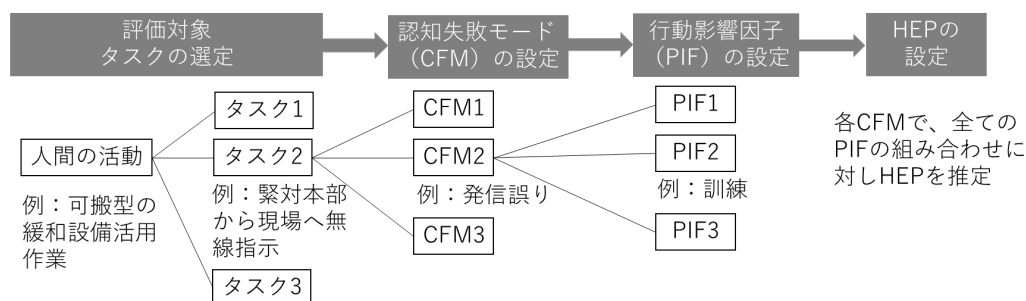


図 1 IDHEAS-G におけるタスクの評価モデル開発の流れ

¹ 地震や津波などの外的事象の影響を受けた環境下での屋外作業や、設計基準を超え安全バリアが喪失した状況下での作業、急速に悪化する状況下での作業、命の危険がある状況下での作業等

トを整備しており、モデル開発者はこれらの中から対象 CFM に寄与する PIF を必要分選ぶことができる。

評価対象となるタスクの CFM 及び PIF が設定された後は、該当する CFM における PIF の状態一式に対し、それぞれ HEP を設定し、定量化を行う。これについて、IDHEAS-G では、適切なヒューマンエラーデータ（例：ある CFM を伴うタスクの実施回数、ある PIF の状態一式に対するエラー数）が利用できる場合はそれを用い、適切なデータがない、または限られている場合は、複数の専門家の判断や意見を取り入れる専門家判断ワークショップにて HEP を推定することができるとしている。

3. IDHEAS-G を用いた HEP 評価モデルの開発

3-1. 評価対象とするタスク

過酷状況下では、発電所構内における緊急時対策本部とその外部（中央制御室や作業現場等）の間で行われる非対面での指示・報告タスクが想定されるが、既存の HRA 手法には本タスクの HEP を評価する方法がない。そこで、本稿では上記指示・報告タスクを評価対象とし、IDHEAS-G の考えに則り評価モデルを開発した。

3-2. CFM の設定

指示・報告タスクについて、IDHEAS-G では「決定が誤って伝達される」等の CFM が用意されていたが、これは伝達する側の失敗か、伝達される側のエラーかが不明であるため、本稿では伝達する側の CFM として「発信忘れ」「発信誤り」、伝達される側の CFM として「受信誤り」を設定することとした。

3-3. CFM に寄与する PIF の設定

各 CFM に寄与する PIF を設定するために、IDHEAS-G の PIF リストや他の文献の調査、総合防災訓練観察、及び HRA 実務者等が参加した専門家判断ワークショップによる議論を実施した。その結果、「発信誤りの可能性がある対象の有無」等の既存 HRA 手法の類似 CFM にはない本状況独自のものを含む合計 14 の PIF を設定した。その一部を表 1 示す。

3-4. HEP 評価のためのディシジョンツリーの作成と HEP 推定

PIF の影響を 2 択（YES/NO 等）で評価する基準を整備した（図 1 下半部）。全 PIF の影響の組み合わせを表現するため、各 PIF の影響（2 択）を分岐とするディシジョンツリーを CFM 毎に作成し、専門家判断ワークショップを再度開催し、全ての終端に対して HEP の推定を行った（図 1 上半部）。

これらのディシジョンツリーを使い、PIF の分岐を評価対象の状況に合わせて評価していくことで、「発信忘れ」「発信誤り」「受信誤り」の HEP 評価が可能となった。

表 1 CFM「発信誤り」に寄与する PIF （一部）

PIF	発信誤りが発生する可能性のある対象の有無	作業負荷	訓練	コミュニケーション ルールの徹底	リカバリーの 可能性
内容	■発信誤りが発生する可能性のある対象・設備・作業等が指示もしくは報告内容に含まれているか	■コミュニケーションの実行中に頻繁なまたは長時間の中断が入るか ■コミュニケーション時に、注意散漫の原因となり得る別のタスクが存在するか 等	■伝達内容（例：指示や報告の内容）が未経験のもの、または習熟していない内容である（訓練等で未経験の内容、予想していない内容など） 等	■訓練でコミュニケーション時に、コミュニケーションを確実にするために手順書や図面等を適切に用いることができていないか、または不十分である 等	■発信誤りに対して、指示系統上の関係者等、発信側の周囲の職員からの指摘が期待できるか 等

PIF	発信誤りが発生する可能性のある対象の有無	作業負荷	訓練	コミュニケーション ルールの徹底	リカバリーの 可能性	HEP 平均値
分岐 の 判断	YES	HIGH	POOR	POOR	POOR	4.31E-02
				GOOD	GOOD	1.44E-02
				POOR	POOR	7.34E-03
				GOOD	GOOD	1.70E-03
	NO	LOW	GOOD	POOR	POOR	6.67E-03
				GOOD	GOOD	1.18E-03
				POOR	POOR	8.19E-04
				GOOD	GOOD	1.40E-04
分岐 の 判断	表1に示す同PIFの内容に 当てはまる場合は [YES]、ない場合は[NO] の分岐をたどる	表1に示す同PIF の内容の一つでも 当てはまる場合は [HIGH]、それ以 外なら[LOW]の 分岐をたどる	表1に示す同PIF の内容のいずれ かに当てはまる 場合は[POOR]、 それ以外は [GOOD]の分岐 をたどる	表1に示す同PIFの内容 のいずれかに当てはま る場合は[POOR]、それ 以外は[GOOD]の分岐を たどる	表1に示す同PIFの内容 のいずれかに当てはま る場合は[GOOD]、そう でなければ[POOR]の分 岐をたどる	

図1 CFM「発信誤り」のディシジョンツリー及びHEP推定結果（一部）

4. IDHEAS-G を用いた HEP 評価モデル開発における課題

4-1. タスクの CFM の設定について

合計 69 種類にもものぼる IDHEAS-G の CFM リストの中には、例えば「不適切なメンタルモデルが選択される」等、意味が分かりにくい CFM も存在する。CFM はモデル開発者のみならず、それを用いてタスクを評価する HRA 関係者や現場関係者がその意味を理解し用いることが必要であるため、現場に受け入れられるよう分かりやすい CFM を設定する必要がある。

また、タスクに必要な CFM をどの程度設定すればよいのかも検討すべき課題と考える。CFM が多過ぎると評価に非常に労力がかかってしまうが、少な過ぎると異なるタイプの CFM を一緒に取り扱うことになり、現実を適切に反映した評価やエラーへの対策の検討が難しくなる懸念がある。

4-2. 現実をより適切に反映した PIF の設定

IDHEAS-G では PIF 設定の際の参考として PIF リストも整備しているが、設定した CFM にどのような PIF が影響するかをより適切にするためには、その PIF リストから選択するのみでは不十分な可能性がある。適切な PIF 設定のためには、実際のタスク実行に詳しい現場関係者への聞き取り調査や、PIF に詳しい認知心理学者等を交えた専門家判断ワークショップを実施する等、相応の労力が必要になる。そのため、PIF に関する情報を効率的かつ適切に得るための方法が今後必要と考える。

5. 結言

本稿では、過酷状況下タスクへの適用も期待できる、原子力の任意のタスクで HRA を実施するための一般的方法論である IDHEAS-G の概要を紹介すると共に、IDHEAS-G を用いた HEP 評価モデルの開発と今後の課題について述べた。HEP 評価モデルの開発には相応の労力が必要であり、より適切なタスクの評価モデル開発のためには、タスクに纏わる情報をいかに効率的かつ網羅的に収集できるかが重要である。

参考文献

[1] US NRC. “The General Methodology of an Integrated Human Event Analysis System (IDHEAS-G)”. NUREG-2198. 2021.

*Daisuke Takeda¹, Kunihide Sasou¹, Yukihiro Kirimoto¹, Kenichi Hayase¹, Kohei Nonose¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry.