

ヒューマン・マシン・システム研究部会セッション

ヒューマンファクタに係る新たな展開

New development in human factors

(2) プラント DiD リスクモニタの概要とその応用

(2) DiD Risk Monitor Overview and its Application

*寺下尚孝¹¹system P&A

1. はじめに

新しいリスクモニタシステム⁽¹⁾が提案されている。本稿ではこのシステムの機能の一部を担うプラント DiD リスクモニタを紹介するとともにその応用について述べる。

2. プラント DiD リスクモニタ

2-1. リスクモニタシステム

提案されているリスクモニタシステムは図1に示す構成となる。プラント DiD リスクモニタ⁽²⁾はプラント、運転員、発電所管理者など物と人との相互作用を模擬する。リライアブルモニタは DiD リスクモニタの模擬結果に対する個々のサブシステムの信頼性を評価する。リスクモニタシステムは双方のモニタの情報を連携させ、現在のプラント状態から起こりうる状態を予測評価し、プラント全体の信頼性の変化を評価するものである。詳細は参考文献を参照されたい。

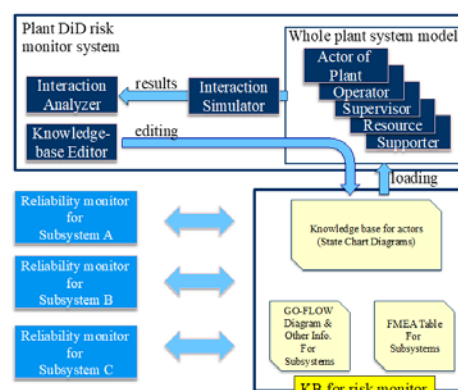


図-1 リスクモニタシステム

2-2. プラント DiD リスクモニタの機能

プラント DiD リスクモニタは、状態(State)と状態間を遷移させる条件(Event)で記述した状態遷移図を用いて事象の進展をシミュレーションするシステムである(図-2)。プラント DiD リスクモニタは、対象となるプラント、装置、運転員、マネジャ他プラントを運用するに必要な物、人をアクター(俳優)と呼び、あたかもシナリオに沿ってアクター間のインタラクションによって演劇が進むがごとくプラント状態をシミュレーションしていく。プラントのシナリオは例えば事故シーケンス、運転員は運転手順、マネジャは運転管理規則などを状態遷移で表現したものである。

状態(State)には操作に必要な時間情報も入力可能で実際の状態推移が模擬できる。

図-3はシミュレーション結果の出力の一例である。縦の線が各アクターを示しており赤の矩形が各アクターの動作、横線がアクター間でやり取りされる相互作用を示している。期待されるシナリオ通りでなかった場合には阻害した要因を分析し、シナリオやアクター構成にフィードバックして再びシミュレーションすることにより改善されることが確認できる。

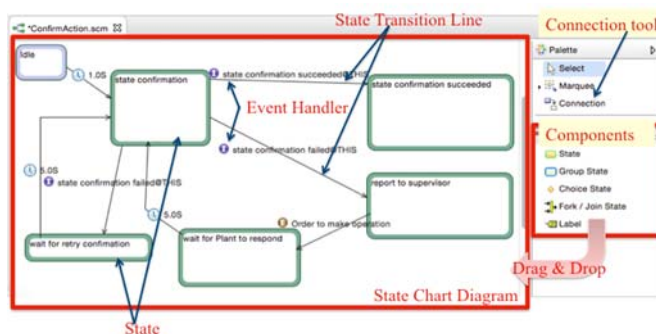


図-2 状態遷移図による事象進展模擬

3. プラント DiD リスクモニタの適用例

3-1. 事故時プラントシミュレーション

プラント電源喪失時のシミュレーションに適用した。2名の当直長、8名の運転員、17名の補助員による

直構成にて通常の運転手順に従ってモデル化した。事故の収束に向けたチェックポイントとして、10分以内での事故状況把握、30分以内での2次系の強制冷却開始、1時間以内の補助電源による電力供給、2時間20分以内での充填ポンプでの炉心への代替給水開始、4時間以内での温態停止状態確保、11時間以内での補助給水タンクへの海水供給準備完了、51時間以内でのCV再循環システムと高圧注入系への海水供給準備完了が期待される。想定した直構成と手順にてシミュレーションしたところ一部期待される時間内でタスクが完了しない部分が発見された。表-1に示すCase1がそれにあたる。そこで、直構成を変更してシミュレーションを実施した(Case2)。この場合期待される時間内にタスクが完了する。しかし事故直後に当直長に負荷がかかり事故の判断に遅れが発生している。そこで、直構成は変更せず充填ポンプでの炉心冷却の作業のみ1名の当直長に割り振ることとすると(Case3)直のパフォーマンスが上がる事が確認された。

プラント DiD リスクモニタは、シナリオとなる手順の図的編集機能を有しているためシナリオの変更など比較的容易に実施できるので、前述のように再シミュレーションが効率的に行える

3-2. リーダシップ研修(図上演習)への適用

福島第一発電所事故を踏まえ、原子力特有のリスクを認識した管理者へのリーダーシップ強化のための研修が行われている。この中ではプラント運転にかかわるテクニカルスキルに加え、発電所従業員、地域社会との連携などノンテクニカルと呼ばれるスキルの醸成を目的としている。図上演習では過酷状況が提示され、時々刻々と変化する状況を体験し、それに応じた情報収集、関連部署との折衝、社員への指示など必要とされる処置がなされたかどうか研修後に振り返りながらそれぞれのタイミングでどのようなリスクを考え行動すべきか気付きを与える研修である。

シナリオは被研修者が適切な処置をしてもこれを阻害するような状況が提示されるように構成され、複雑かつ困難な状況に被研修者を追い込む。従いシナリオ作成段階で管理者に期待する行動を予め検討、予測しこれを阻害するシナリオを構築していく。これにプラント DiD リスクモニタを適用検討した⁽³⁾。図-5にプラント DiD リスクモニタで作成したシナリオの一部を示す。前述したよう

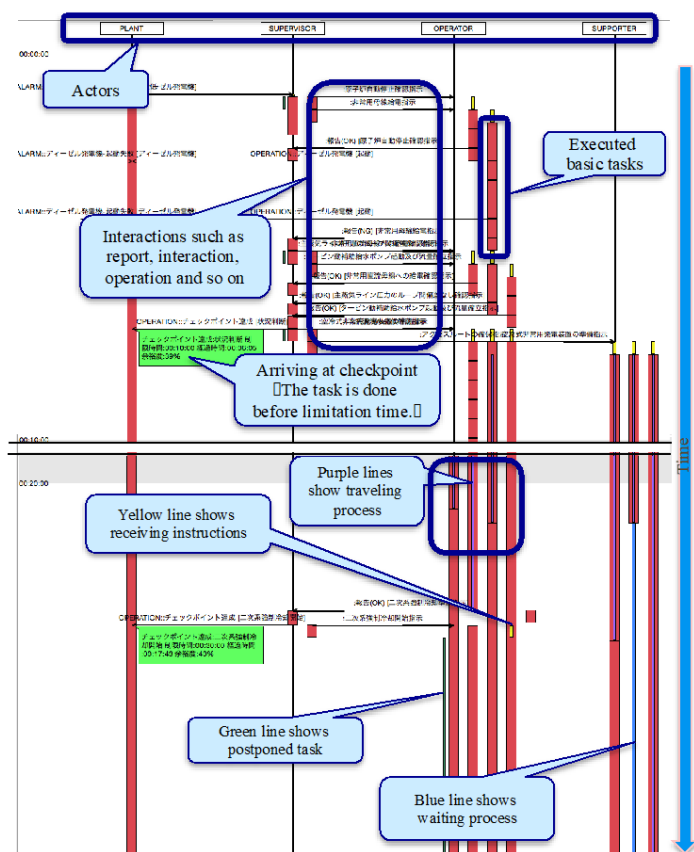


図-3 シミュレーションの出力結果

表-1 シミュレーション評価結果例

Checkpoints & Limitation time	Case 1	Case 2	Case 3
	Supervisors: 2 Operators: 8	Supervisors: 1 Operator: 9	Supervisor: 2 Operator: 8
Judge the accident (0:10:00)	0:06:10	0:07:29	0:06:07
Start forced cooling of 2 nd system (0:30:00)	0:18:04	0:19:43	0:18:00
Supply electricity from alternative generator (1:00:00)	0:37:12	0:38:51	0:37:09
Start alternative water injection into core (2:20:00)	2:44:24	2:00:17	1:38:11
Hot shut down status (4:00:00)	2:44:24	2:33:34	2:33:41
Able to supply seawater to aux feed water tank (11:00:00)	5:00:18	5:01:58	5:00:17
Able to supply seawater to CV recirculation unit (51:00:00)	6:28:39	6:30:19	6:28:38

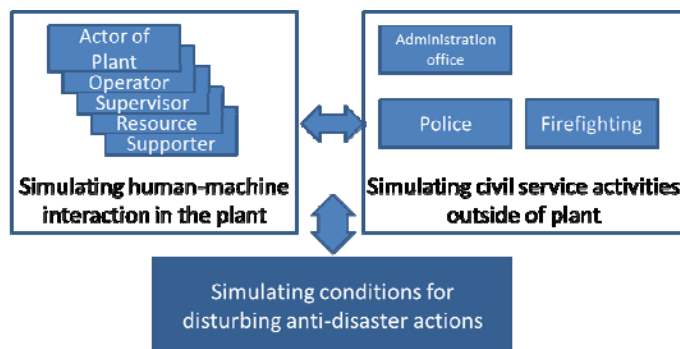


図-4 図上演習適用時のアクター構成

にシナリオは悪化の方に流れる。分岐の下側に記述された状態(State)が被研修者の行動となるが、被研修者は悪化していく状態を回避するよう行動したとしてもそれを阻害する情報が生成される。(この状態(State)は階層化されており下層に阻害する情報が記載されている。)

次に実際の研修時のモニタとして適用可能か検討した。図-6 は作成したシナリオに応じて進む研修をフォローするために機能追加したものである。シミュレーションを開始するとイベント制御パネルが表示される。イベント表示パネルには現在の状況の次に起こり得る外部イベント(External Events: 教官側がシナリオを制御するためのイベント)が表示される。このイベントが被研修者に提示されるとこのウィンドウ上のイベントを発火させる。するとシミュレーションが進むように構成されている。内部イベント(Internal Event: 被研修者の行動)は与えられた外部イベントに対応して被研修者に期待される行動である。期待通り行動すれば対応するイベントを発火させる。適切な行動がなされた場合、これを阻害する外部イベントが生成され外部イベントリストに追加される。イベントログは発生したイベントを時間とともに記録していく。研修が終われば、図-3 に示したようなシーケンス図が出力できるので、振り返り時に被研修者の行動(内部イベント)がビジュアル化され有効なデータとなる。

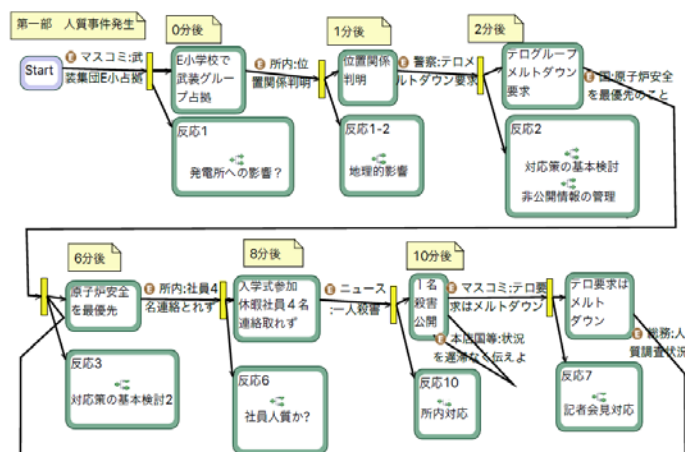


図-5 図上演習シナリオの例

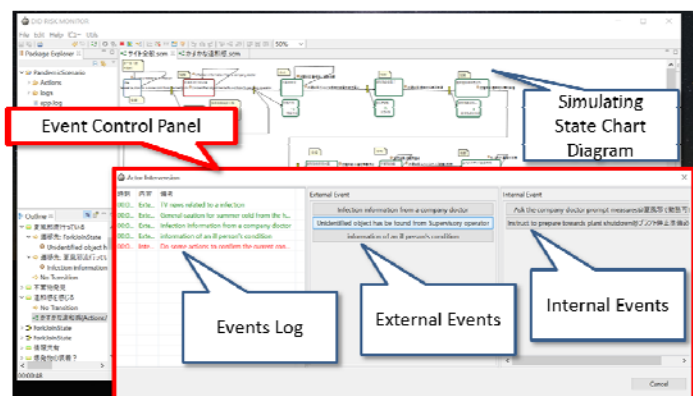


図-6 研修時の支援機能

4. まとめ

プラント DiD リスクモニタとその応用について紹介した。本システムは NPO 法人シンビオ社会研究会と(株)プライムシステム研究所が開発したものであるが、広く利用してもらうことを狙って S/W を無償提供している。参考文献(4)で利用登録することで利用可能としているので是非活用願いたい。

参考文献

- (1) YOSHIKAWA, H., et al : Configuration of risk monitor system by plant defense-in-depth risk monitor and reliability monitor, Nuclear Safety and Simulation, Vol. 3, No 2, pp.140~152. .2012.
- (2) YOSHIKAWA, H. and NAKAGAWA, T.: Software system development of NPP plant DiD risk monitor -basic design of software configuration-, (ICONE23-1312) Proceedings of the 23th International Conference of Nuclear Engineering (ICONE23), May 17-21, 2015, Chiba, Japan, 2014.
- (3) NAKAGAWA T., TERASHITA N. and YOSHIKAWA, H.: Methodological basis of plant DiD risk monitor system development and its prospective applications for NPPs, Nuclear Safety and Simulation, Vol. 8, No 2, pp.91~100, 2017.
- (4) プラント DiD リスクモニタ : <http://prime-system.jp/did-risk-monitor/>

*Naotaka Terashita¹

¹system P&A