

シミュレーションに基づく HMI 評価システム : DIAS

2 T - 0 8

松尾 聡子 大井 忠
三菱電機 (株) 産業システム研究所

1. はじめに

ヒューマンマシンインタフェース (HMI) の設計において、製品のプロトタイプを製作し、評価を行い、その結果をフィードバックし、設計案を洗練化するという Iterative Design 手法が重要である。特に、原子力などの大規模プラントにおいては高品質の HMI 設計が要求されるが、設計段階における HMI 設計の妥当性を効率的に検証する手法は確立されていない。従来は、実物大のモックアップを製作して、実際の運転員による被験者実験を実施し、各種評価指標を導出する手法や、人間信頼性評価手法の 1 つである THERP¹⁾を用いて人的過誤率を机上評価する手法による検証が行われてきた。しかし、それらの手法によって何度も繰り返し評価を実施するためには、多大な時間的、金銭的コストが必要となる。中央制御盤を対象とした評価は、SEAMAID²⁾などがあり、様々な手法による評価が行われてきた。しかし、保守の分野では、誤りが起きるとプラントに重大な影響を与えるにも関わらず、ヒューマンエラーに関して中央制御盤ほどのコストが投資されないため、十分な評価ができないことがある。そこで、筆者らは計算機シミュレーションを用いて、保守設備の HMI 評価を実施するシステム (DIAS³⁾) を構築し、実際のプラントの HMI 評価を行ってきた。本稿では DIAS に実装されている、シミュレーション結果の分析処理部について述べる。DIAS は短期間で総合的な HMI 評価を実施することができるため、効率的な設計を実現することができる。

2. DIAS

DIAS³⁾は、保守作業員が手順書に従ってタスクを

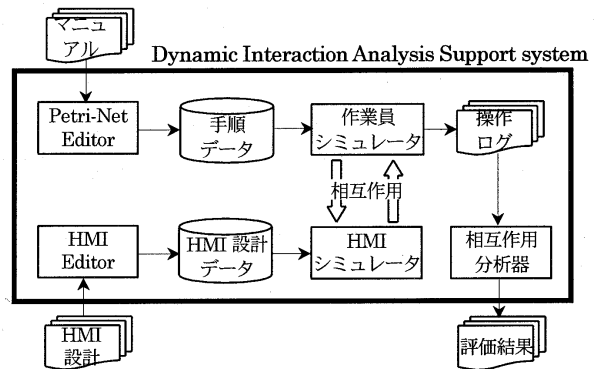


図 1 DIAS 構成図

実行する際の、作業員とプラント設備の相互作用を再現したシミュレーション結果に基づいて、人的過誤率や作業員の肉体的作業負荷などに関する定量的評価を行うシステムである。

DIAS の構成図を図 1 に示す。評価者は操作のマニュアルに基づく手順データと、HMI 設計に基づく HMI 設計データを作成する。手順データは Petri-Net Editor で作成・編集することができ、ペトリネットの形式で表現されている。HMI 設計データは HMI Editor によって編集することができ、評価者はアイコンで表された装置をクリック、ドラッグすることで、機器の情報を入力したり、機器の配置を変更したりすることができる。それらのデータを基に、HMI シミュレータは作業員シミュレータに対し、各種制御盤の室内配置と、盤面上の機器配置、機器の状態 (指示計の値、スイッチの ON/OFF) などの情報を提供する。作業員シミュレータは人間の認知・記憶特性⁴⁾と視野領域 (焦点視野領域、周辺視野領域)、歩行速度、操作速度などの身体的特性を考慮しており、HMI シミュレータ

Simulation-Based HMI Evaluation System : DIAS
Satoko MATSUO, Takashi NAKAGAWA, Tadashi OHI
Industrial Electronics & Systems Lab., Mitsubishi Electric Corp.
¹ DIAS : Dynamic Interaction Analysis Support system

に対し、手順データに基づいて機器の監視・操作を行う。DIAS はシミュレータ間の相互作用を時系列に記録して、操作ログとして出力する。評価者は相互作用分析器を用いて、その結果を分析する。相互作用分析器の分析処理部について、次章で述べる。

3. シミュレーション結果の分析処理部

DIAS はシミュレーションを行った結果、実行したタスク、作業員の位置、作業員の視点、時刻などの時系列データを操作ログとして出力する。相互作用分析器は操作ログを基に、作業員の移動距離、作業員の視点の移動距離、実行時間などの指標を導出する。図2に結果の分析画面の例を示す。DIAS は手順データをペトリネットで表現しており、相互作用分析器ではその階層性をツリー構造で表しているため、評価者は手順の階層構造を理解しやすい。したがって、どの階層における作業員の移動距離が大きいかというような同一レベルの階層同士の比較や、どの操作機器を操作するときの実行時間が長いかというような階層ごとの詳細な評価が容易である。また、作業の状態に関して、評価者による判断が必要とされるような評価手法において、相互作用分析器は評価支援を行う。例えば、人間信頼性評価手法の1つである THERP による人的過誤率評価を行う際には、それぞれのタスクにおける適切な人的過誤率を導出するために、図2に示すように作業員の視野や機器を操作した順序、設備のレイアウトを表示するなど、作業員と設備の相互作用を詳細に示したり、作業状態に関して、タスク間の依存性やエラーファクターの値の設定について支援を行う。評価者は DIAS の提供する情報を参照しながら、エラーの内容やエラーファクターを決定する。これらの評価支援には評価が主観的になるのを防ぐ効果もある。

評価者は、得られた評価指標を基に、複数の設計案を相対的に評価したり、どの部分の HMI を修正すべきであるかを定量的に分析することができる。このように、DIAS による評価は、複数の指標について、同時に評価することができるため、指標間のトレードオフを発見することができ、設計案や手順

の総合的な改善が可能である。

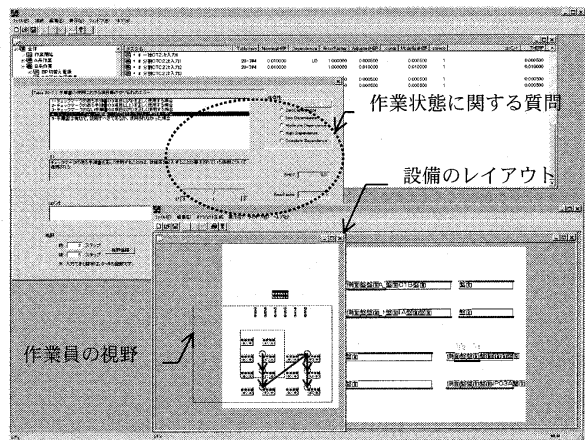


図2 シミュレーション結果の分析画面

4. まとめ

本稿では、計算機シミュレーションに基づく保守設備の HMI 評価手法 (DIAS) を提案し、シミュレーション結果の分析処理部である相互作用分析器について述べた。DIAS の相互作用分析器は、評価者の判断を必要とする指標に関して、評価者の支援を行い、主観的な評価となるのを防ぐことができる。

DIAS は計算機シミュレーションを適用し、作業員と HMI の相互作用を再現することにより、人的過誤率、肉体的作業負荷などの指標を定量的に評価することができる。したがって、被験者実験のように多くのコストを必要せず、保守設備の HMI 設計に関して、容易に評価を実施できるため、繰り返し適用することで、効率的で高品質な HMI 設計が可能になる。

[参考文献]

- [1] Swain, A.D. and Guttman, H.E. : *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*, NUREG / CR-1278 (1983).
- [2] T. Nakagawa et al. : Development of Simulation Based Evaluation Support System for Man-Machine Interface Design : SEAMAID System, Probabilistic Safety Assessment and Management '96, 2, pp.1185-1190 (1983).
- [3] 中川隆志, 他 : 計算機シミュレーションを用いた保守設備インタフェースの評価, 計測自動制御学会論文集, Vol.34, No.12, (1998).
- [4] Reason, J. : *Human Error*, Cambridge University Press (1990).