教示方法が異常同定過程の思考に与える影響

○村田 浩昭¹, 小林 大二², 山本 栄¹

¹東京理科大学, ²日本橋学館大学

Effect of Instruction on the Thinking for Identifying Malfunctions

Hiroaki Murata¹, Kobayashi Daiji² and Yamamoto Sakae¹

¹Tokyo University of Science, ²Nihonbashi Gakkann University

1. はじめに

プラントにおけるオペレータの役割の一つに異常同定作業がある。これは、異常時において、CRT 画面を通してプロセスに関する情報を収集し、異常の原因となった不調・故障機器を探索し特定する作業である。先行研究では、基本的なプロセスを模擬するシミュレータを用いた異常同定作業を通した研究が行われているが⁽¹⁾、被験者に対する教示項目や訓練方法が思考過程の改善に与える効果は明らかにされていない。

2. 目的

本研究では、オペレータの誤判断を引き起こすような教示を明らかにし、それにより誤判断の低減に繋がるような教示方法を提案する。

3. 実験方法

3.1 実験用シミュレータの概要

実験では、原子力発電所のグラント蒸发器とその周辺のプロセスの変化を模擬するシミュレータを用い、被験者に異常同定作業を行わせた。シミュレータの画面は、図 1 の通り、プロセスの配管計装図を模したミミック表示、ミミック表示の中からタッチ選択されたコンポーネントの関連パラメータ値を表示するトレンドグラフ、パラメータリスト、アナシエータ（警報）表示で構成した。

3.2 異常同定作業

実験では、配管の破断や自動制御バルブの自動制御不良などのマルファンクションをあらかじめ設定したシナリオを用いてプロセスに異常を発生させた。被験者はコンポーネントをタッチしパラメータ検索を繰り返しながら、故障したコンポーネントとその状況を同定させた。以上の作業では、被験者に思考内容を随時発話させて、その内容を記録した。

3.3 測定装置および測定項目

実験装置は図 2 に示す。被験者の注視点は非接触型注視点解析装置(ナックイマジテック製 EMR-NL8)で取得し、シミュレータの画面と重ねた上で、発話内容と共にビデオテープに

記録した。なお被験者による機器検索の履歴はシミュレータのハードディスクに記録した。

図 1 シミュレータ画面

図 2 実験装置

3.4 被験者と教示内容

被験者はプラントに関する知識を持たない大学生 6 名とした。実験を行う前に、全被験者に対し表 1 に示すように 1 日 90 分、延べ 4 日間でシミュレータの操作に必要な知識を教示した。また 3 日目の訓練において、グループ B の 3 人には先行研究で被験者が見出した探索方法や判断に関する知識を教示し、他の 3 人（グループ A）には教示しなかった。

表 1 教示内容

日程	教示内容	グループA	グループB
第1日目	実験の趣旨 プロセスの役割とコンポーネントの挙動と動特性	○	○
第2日目	第1日目の教示内容の確認	○	○
第3日目	基本的な異常同定作業の手順 各パラメータ値の変化の意味 各系統で着目すべきパラメータとその意味 主要コンポーネントの状態を見分ける方法	○ × × ×	○ ○ ○ ○
第4日目	10種類のシナリオを用いた異常同定作業の訓練	○	○

3.5 実験手順

実験には、先行研究⁽¹⁾において提案された判

断エラーの要因を含んだ 10 分間のシナリオを 15 種類作成し、これらを 1 回ずつ用いて各被験者に 15 試行の実験を行った。なお、1 つのシナリオには 1 つ以上のマルファンクションが発生するものとした。試行開始前には注視点解析装置のキャリブレーションを行い、試行後には被験者から状況が把握できなくなった場面の有無とその理由、及び発話が不十分だった局面での思考内容を聴取した。

4. 実験結果および考察

4.1 判断エラーの発生件数

被験者の発話内容、画面操作の履歴、試行中の注視点の動きから、各試行における被験者の異常同定作業と思考過程を推定した。その結果、思考過程には複数の誤判断(以下、判断エラーと呼ぶ)が含まれていた。判断エラーは、グループ A では 25 件、グループ B では 14 件と、グループ B の方が件数は少なかった。

4.2 判断エラーのカテゴリから見た検討

判断エラーのタイプを分類した結果、表 2 に示すように、パラメータの変化を見逃したケースがグループ A で 8 件起きていた。この 1 つの要因は、パラメータの変動から異常を見出す判断基準についての教示を受けていなかったことである。また、この要因は、グループ A で 6 件、多くのパラメータが変動する状況で、プロセスの状態を推定する際に混乱を来すケースを引き起こしていた。

次に、教示内容を憶えていなかったり、誤解していたりしたことが判断エラーを引き起こしたケースが両グループで 11 件見られた。これらのケースを調べたところ、教示内容、教示順序、回数といった訓練カリキュラムを網羅的に見直す必要があることが判った。

また、多くの判断エラーに関して、変動が一見して激しいパラメータを検索する傾向が強く、状況の把握が不十分な状態での判断が判断エラーに繋がったケースが見られた。このような成り行き任せの探索は、試行を繰り返す過程で変化していなかった。これは、訓

表 2 判断エラー発生件数

エラーカテゴリー	グループA			グループB		
	a	b	c	d	e	f
異常によるパラメータ変化の見逃し	4	3	1	2	2	
コンポーネントの挙動の誤判断	2	2	3	2		2
類似したプロセスの変化が起こる異状との取り違い	2	1	1	1	2	2
パラメータ変化からプロセスの状態を推論する過程での混乱	2	4				1
合計	10	10	5	5	4	5

練過程に推論による状況の把握を目的とした訓練が含まれていないためであった。

そこで、以上の教示にまつわる問題点の中で今回は特に、多くの判断エラーを引き起こす要因であり、また試行を繰り返す過程で変化していなかった成り行き任せの探索を減らすことを目的とした訓練を提案し、その効果を調べることにした。

5. 検証実験

5.1 訓練の方法

追加訓練は、判断エラーの件数が特に多かったグループ A と B の各 2 名(計 4 名)を対象に実施した。マルファンクションが生じた状態を示す画面を 10 種類用意して被験者に呈示し、可能性が高い故障箇所とその状態をできるだけ論理的に推論させた。訓練終了後に 4 種類のシナリオによるシミュレータ訓練を行い、訓練内容が十分に理解できたことを確認して訓練を終えた。

5.2 検証実験結果

訓練終了後、新たに作成した 7 種類のシナリオを用いて前述と同様に実験を行った。その結果、成り行き任せの探索によらず、画面上のパラメータからプロセスの状態を推論する探索が多く見られるようになっていた。またそれにより、表 3 に示すように各被験者とも 1 シナリオあたりの判断エラー発生件数が減少していた。これより、今回提案した訓練が有効である可能性が高いと言える。

表 3 検証実験判断エラー発生件数

1シナリオあたり判断エラー件数	グループA		グループB	
	a	b	d	f
追加訓練前	0.67	0.67	0.33	0.33
追加訓練後	0.43	0.14	0.29	0.29

6. まとめ

発話プロトコル分析や注視点解析に基づいて思考過程を分析し、教示に含まれる要因が異常同定作業における判断エラーに繋がる経緯を探った。本研究では、この結果に基づいて教示内容の一部を再検討し、新たな教示・訓練に関する提案を行い、判断エラーの低減に繋がることを示すことができた。

7. 参考文献

1) 小林大二, 林貴行, 山岡聡, 山本栄: 異常同定過程における注目行動が思考に与える影響に対する PSF に基づく検討; 日本プラント・ヒューマン学会誌 Vol.9, No.1, 15-26, 2004