

プラント運転操作システムにおける クルー間コミュニケーション支援手法の提案

鍵本 麻美[†] 大崎 雅代[†] 上野 洋平[†] 大井 忠[†]

三菱電機株式会社 先端技術総合研究所[†]

1. はじめに

大規模発電プラントの中央制御盤に代表される計装制御システムは、近年デジタル化が進んでいる。発電プラントを構成する複数機器の監視・制御には、中央制御盤の監視操作画面を用いる。監視操作画面には主要な監視操作機能が集約されており、操作は画面に触れることで行う。プラントの運転は、運転を統括する監督者と、実際に監視・操作を行なう複数名の運転員からなるチーム（運転クルー）で行なわれる（図1）。監督者はプラント運転状態（プラント/運転員の状態）の認知、次に実施すべき行動の判断、運転員への指示を繰返し行なう。運転員は監督者の指示内容（確認・操作）を実行し結果を報告する。運転員と比較して監督者は注意すべき事柄や実施項目が多く、その負荷は高い。

最新の監視制御システムでは運転操作性については検証されており、運転員の操作負荷低減を図る支援システムが導入されている。しかし、監督者を含むクルー全体の負荷低減までは着目されておらず、次世代の発電プラントには監督者支援が必要であると考えられる。本稿ではクルー間コミュニケーション支援の一環として、大規模発電プラント運転時の監督者支援手法を提案し、その効果を検討した結果を報告する。

2. 発電プラントの現状と課題

発電プラントにおいて負荷が高い監督者の作業の1つは、事故時など非常運転時のプラント状態の把握である。運転員の操作内容がプラント状態に大きな影響を与えるが、運転員は監督者と離れた位置で画面を操作するため、その操作状況を把握し難い。現状の運転員との主な対話手段は会話であり、監督者は運転内容に関する疑問は全て口頭で尋ねる必要がある。

現在発電プラントや化学プラントなどの分野では、操作ガイダンス機能やプラント異常診断機能が実用化されている[1-2]。これらは次の実施操作や異常の原因を音声や画面を通じて提示し、運転員の操作負荷を低減する。この情報は監督者にも提示されるが、安全上重要な情報のみでプラントの監視情報として十分ではなく、監督者を含む運転クルー全体の支援としては検討されていない。他の支援機能として、運転員

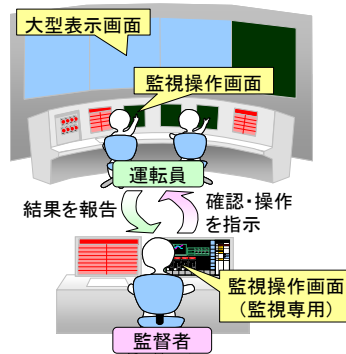


図1 運転クルーの配置

の参照画面内容を監督者の監視操作画面上に表示するモニタ機能がある。これにより監督者は運転員の操作内容を確認できるが、他のタスクを実施しながら複数名の運転員画面を常時監視することは、作業負荷の増加を招く恐れがある。

3. 支援手法の提案

3.1 機能設計

非常運転時にて監督者が運転員の操作内容を把握する負荷を低減するため、監督者の認知モデルに合うように操作情報を提示する。支援内容としては、運転員の操作履歴表示機能を提案する。運転ログとして記録される運転員の画面操作や警報発信データを実時間で加工し、履歴として表示する。運転ログ数は膨大であるため、履歴データ量は数ページ以内となるようログを集約し、閲覧時の操作負荷を軽減する。内容を監督者が迅速に確認できるよう、履歴表示領域を監視操作画面の一部に設け常時表示する。

プラント運転時には、その事象に応じて定められた一連の手順（複数の詳細な操作ステップを含む）を実行する。監督者はプラント運転の進行状況を個々の操作ステップではなく、より理解しやすい手順単位で把握している。そこで履歴を表示する際は、監督者の認知モデルに沿うよう手順ごとに纏めて表示する。ただし、履歴を閲覧する際は、操作内容全体を見て現状を整理したい場合や、直近の操作内容の正誤を確認したい場合など様々な状況が存在する。状況に合わせて情報の抽象度を切り替えることで、監督者はより適切な情報を得ることができると考えられる。そこで、抽象度（運転ログの集約

The Proposal of Crew Communication Support Methods on Plant Operation System

[†]Mami Kagimoto, Masayo Osaki, Yohei Ueno and Tadashi Oi
Advanced Technology R&D Center,
Mitsubishi Electric Corporation

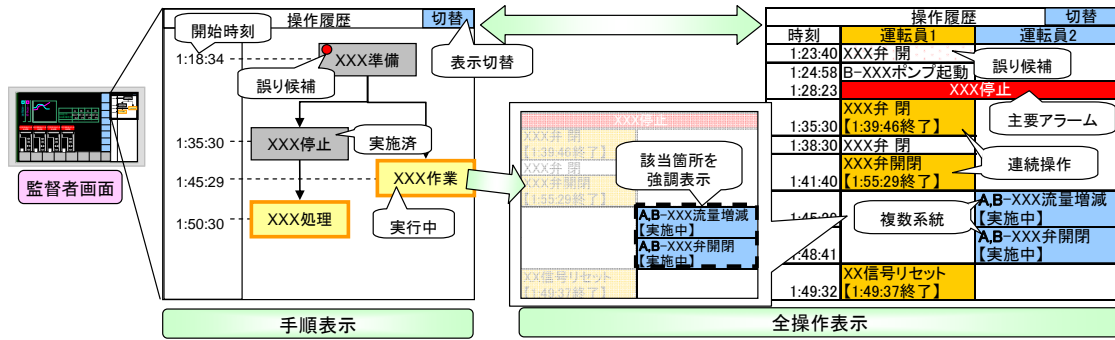


図2 履歴画面

度)の高い順に 1. 手順表示, 2. 全操作の概要表示, 3. 詳細操作表示の 3 段階の表示方法を設定する. このうち本稿では 1., 2. について検討する.

履歴表示内容を図 2 に示す. 1.では手順内容と実施状態を開始時刻と共に表示する. 2.では全ての操作内容と主要な警報のみを同様に表示する. 各運転員は異なる役割を担うため, 操作内容は運転員ごとに分けて表示する. 履歴画面の切替ボタンに触れると表示抽象度が変更される. 1.の表示で手順項目のいずれかに触れると 2.の表示に切り替わり, 該当する操作が強調表示される.

3.2 処理方法

運転ログは操作や警報発信の度に記録される. その集約処理は実時間で以下の手順にて行なう.

- (1) 運転ログを集約し, 2.のデータを作成
- (2) (1)で集約したログを, 手順データベース

(DB)を用いて更に集約し, 1.のデータを作成

【(1) 全操作の概要表示】 運転ログのデータには記録時刻, ログの種類(機器操作, 警報, 画面遷移), 内容, 画面操作者が含まれる. 新たな運転ログを取得すると, まず機器操作と警報に該当するログを抽出する. 特に警報ログの場合, 予め重要な警報を登録した DB を用意し, それに合致するログのみを抽出する. 機器操作ログのうち冗長機器のログ(A-XX 操作, B-XX 操作等)は系統名のみ異なりかつ同時期に操作されるため, 同一操作(A,B-XX 操作)として集約する. また機器の調節操作など, 連続で実施される機器操作ログは全て同一のため, 操作開始時のみ抽出し, ログの連続性からその実施状態(実施中/終了)を判断する.

【(2) 手順表示】 (1)の機器操作ログを手順ごとに集約・表示するために, 手順内の構造や発生事象に対する一連の手順を規定する手順 DB を用意する(表 1). 発生事象はプラント異常診断機能を用いて推定できるため, 手順 DB を参照すると実施手順が特定される. 機器操作ログを取得すると, まず操作内容と操作 ID を関連づける DB を参照し, 操作 ID を特定する. その後手順

表 1 手順 DB

事象 ID	手順 ID	手順名	手順順序	割込手順	操作 ID	操作名	操作順序	手順達成条件	割込操作	
1	I-I	XXX準備	1		I-I-I	XXX弁開	1			
					I-I-II	A-XXXポンプ起動	2	I-I-II OR I-I-III		
					I-I-III	B-XXXポンプ起動				
	I-II	XXX停止	2	I-III		I-II-I	XXX弁閉	1		
						I-II-II	XXX弁閉	2		
						I-II-III	XXX弁閉	3		
						I-II-IV	XX信号リセット	4		I-III
	I-III	XXX作業		I-II	I-III-1	A,B-XXX流量増減	1		I-II-III OR	

DB と照合し, 該当する手順名を画面に表示する. 個々の手順実施状態(実施中/終了)の判断は(1)で判断したデータを用いる. また順序や達成条件, 割込などの各種条件を参照し, 実施の正否や表示位置を判断する. 操作 ID が手順と照合しない場合は, 誤りや余分な操作の可能性があるため, 該当項目に区別可能な印を表示する.

3.3 考察

全操作の概要表示では, ログの集約によりデータ量がある手順では約 1/60 に削減されることを確認した. これにより視認負荷が低減されると共に, 運転員の操作誤りも発見・指摘し易くなると考える. また主要警報の表示により, プラント状態の理解が深まると予想する. 操作内容の手順表示では, 監督者は少ない情報量で状況を把握でき, 操作内容から手順を関連付ける認知負荷が低減されると考える. 2 種類の情報単位を切り替えることで, 必要な操作情報を迅速に得ることができる. 本提案により, プラント状態の把握負荷が低減することでクルー間のコミュニケーションが円滑になり, 監督者はより適切な判断や指示が可能になると期待する.

4. むすび

本研究では発電プラントにおける監督者支援手法を提案し, その効果について検討した. 今後は機能内容の拡充, 評価を行なう予定である.

参考文献

- [1] 嶋田他: PWR プラントにおける異常時・事故時運転支援システムの開発, 火力原子力発電, No. 48, Vol. 6, p. 674-680, 1997.
- [2] 掛札他: プラント運転支援へのリアルタイム型エキスパートシステムの適用, 情報処理学会第 41 回全国大会講演論文集, Vol.2, pp.41-42, 1990.