

プラント運転保守協調作業支援システム

邑岡園子 大井忠

三菱電機 産業システム研究所

発電プラントでは、運転モードに応じて監視、異常の原因究明といった行うべきタスクが異なり、運転員、保守員等の作業を個別に支援する各種システムが開発されている。プラント運用の更なる高度化を目指すためには、機械を介した人間同士の協調作業を含むより広い観点からの検討が必要である。

分散環境下にある作業員間の円滑なコミュニケーションの実現を目指し、マルチメディア技術を適用した情報共有や合意形成支援を行うプラント運転保守協調作業支援システムを開発している。タスクを分析した結果から必要な機能を抽出し、協調作業支援方式と具体的な実現方法を検討した。

Cooperative Work Support System for a Power Plant

Sonoko Muraoka Tadashi Ohi

Industrial Electronics & System Development Laboratory,
Mitsubishi Electric Corporation

In a power plant, there are various work sections for operation and maintenance, and each section is located apart from each other. In past systems, each system supported each work(operation, maintenance) at the section separately. To make work done more smoothly, we must study a new support system including computer supported cooperative work(CSCW) technologies.

So we are developing cooperative work support system for a power plant, to support effective communication between system users in distant places. This system shares information and supports group decision, by using multimedia technologies. We analyze users' task for a power plant and apply a method of CSCW.

1 はじめに

発電プラントでは、起動/停止、通常運転、異常時/事故時、定期点検の各運転モードに応じて、監視や操作の内容、異常の原因究明といった行うべきタスクが異なっている。現在プラントの安全性、稼働率向上のため、運転員、保守員等の作業を個別に支援する各タスクに応じた運転支援システムや保守支援システム等の各種支援システムが開発されている。

プラント運用の更なる高度化を目指すためには、機械を介した人間同士の協調作業を含め、より広い観点からの検討が必要である。計算機H/W技術、通信技術、マルチメディア技術等が急激に進歩し、今後更なる進歩が見込まれる環境の中で、プラントサイト内の各部門や遠隔地の関連施設がより密接に連携して作業を進めることが要求される場合がある。監視操作、保守時に種々の意志決定を行う作業員間の円滑なコミュニケーションの実現を目指し、画像、音声等のマルチメディア情報の共

有や対話者相互間の合意形成支援を行うプラント運転保守協調作業支援システムの開発を進めている[1]。本稿では、協調作業支援環境の特徴及びプロトタイプシステムの協調作業支援方式と実現例について述べる。

2 協調作業支援環境の特徴

2.1 チーム機能

同一時間に同じ場所にいる複数の作業者が共同で作業を行う場合、作業者間で同じ情報をみることによって情報を共有し、直接コミュニケーションを図ることによって、次に挙げるようなチーム行動のメリットがあり、効果的に共同作業を進めることができる[2]。

(1) 作業の分担や方向づけ

プラントの異常時等において、メンバー間で作業を分担し、目標の設定や作業の順序づけを行う機能である。素早く状況を認識し、処理することが可能となる。

(2) 他の作業者のリカバリ

メンバーが相互に協力してリカバリを行う機能である。ヒューマンエラーの抑制及びチームの信頼性向上のために必要である。

(3) 連携作業

メンバー間で連携をとり、チームとしてのまとまりを備える機能である。チーム内で協力することによって、作業効率の向上につなげることができる。

プラント運用における作業者間のスムーズな意志決定を支援するためには、これらのチームで行動する上でのメリットを生かすための支援方式を検討する必要がある。

2.2 協調作業支援環境の特徴

プラント運転保守における作業者のチームは、同室内のような物理的空間内の近さにとどまらず、多くのコミュニケーション業務を必要とする部署間（運転と保守等）にわたる情報処理空間内のチームに移行していくと考える。情報処理空間内のチームでは、物理的な距離や時間を越えて共同作

業を行う場合がある。そこで、複数の作業による効果的なチーム行動を実現するためには、この情報処理空間内の距離を近づける枠組みとなる支援環境及び情報提供方式が必要である。離れた場所に居ながらにして、上記の作業分担や方向づけ、リカバリ、連携作業をスムーズに行うために必要な支援機能の抽出を行った。次のような特徴をもつ協調作業環境が必要である。

(1) 自然で統一的な操作環境

チームでリカバリや連携作業を行う場合に、複数の作業者が物理的に離れていることを意識することなく、人間同士の自然な協調作業に沿う形で統一的に作業を遂行できる。

(2) 作業状況の認識

チーム内の効果的な作業分担や方向づけを実現し、行うべき共同作業をスムーズに進めるために、各作業者が全体の作業状況を容易に認識できる。

(3) 作業目的及び目標の共有

チームとしての合意に従って連携作業を行うために、各作業者が目的や目標を共有しそれに従って行動できる。

3 協調作業支援方式

3.1 システム機能

前章で分析したプラント運用における協調作業支援環境を実現するためには、以下のことが要求される。

- ・離れた場所間に仮想的な協調作業空間を提供し、あたかも同じ場所で作業を行っているかのような状態にする。

- ・直観的に把握できる図形、画像、音声等のマルチメディアを利用することによって、自然なコミュニケーションを実現し、作業者間で同一情報を共有することによって、互いに作業状況を認識する。

- ・共同作業の参加者及び第3者が、過去の対話やプラントデータからの確に作業内容を把握できる環境を提供し、プラント運用時の作業者間の合意形成を支援する。

従って、以下のような機能を持つシステムとする必要がある。

(1) 仮想的、統一的操作環境をもつ協調作業空間の提供

協調作業を支援するための基本機能であり、協調作業空間上でイメージの取り込みや書き込み等を行うことによって対話を行う。

(2) マルチメディア技術を適用した情報共有機能
各種メディアを利用して情報を共有する機能であり、協調作業の支援において最も重要な技術の1つである。

(3) 対話履歴を利用する合意形成支援機能

プラント運用時の処理の決定に際しては、過去のプラント情報が重要である。協調作業画面での履歴データを効果的に利用するプラント運用時の協調作業支援に特化した機能である。

3.2 情報共有機能

プラントの運転監視中、或いは点検時に異常の初期兆候を発見した場合、関連するデータからの異常原因の同定、関連部門への事態の連絡、適切な対処の決定及び実行を速やかに行わなければならない。部門間でインタラクションを取りながら、これらの作業をより円滑に行うためには、各作業者がその状況をよく認識する必要がある。これまでも述べたように、互いの作業状況を認識するためには、情報共有機能が大きな位置を占める。

各部門の作業者は、

- ・ 現在行われている共同作業
- ・ 他の作業者が行っている作業
- ・ 全体的な作業目的と内容
- ・ 過去の作業経緯

等の情報を共有することによって円滑なコミュニケーションを実現し、効果的な協調作業を遂行することができる。プラント運用における協調作業を支援する上で、これらの情報の共有方式及びアクセス手段は重要な技術課題である。

各作業者が同時に同じ対話情報を持つことによって、現在共同して進められている作業を認識する。過去の共同作業に関する情報を持つことによって、これまでの作業経緯を認識し、現状をより的確に把握する。他の作業者が入手したデータを持つことによって、関連する場所の作業状況を認識する。このような様々な情報の共有方式として、次の2

つのレベルを検討した。

(1) ビュー共有レベル

(2) データ共有レベル

ビュー共有レベルとは、各作業者が同一情報を同じ表示形態で共有するレベルである。データ共有レベルとは、アプリケーションデータを共有し、その表示形態は必ずしも同一でないレベルである。さらに、これらのレベルに時間的要素を加味することによって、同時ビュー共有、非同時ビュー共有、同時データ共有、非同時データ共有の4つのレベルに分類した。同時ビュー共有レベルは、複数の作業者が同時に描画操作を行うホワイトボードのような共有機能である。非同時ビュー共有レベルは、各種メディア情報の再生機能である。同時データ共有レベルは、アプリケーションの実行結果を複数場所で同時に入手する機能である。非同時データ共有は、データベースを共有する機能である。

各レベルに対応する実現機能を表1に示す。コミュニケーションボードは、協調作業を行うための共有空間である。プラント情報の取り込みや書き込み等を行うことによって、各種メディア情報を同時に同一の形式で提示する。トレースバックボードは、コミュニケーションボード上の過去の対話作業を同一の表示形態で再現する。

データ共有レベルとして、プラント保守設備管理機能への適用を検討した。保守設備管理システムは、点検作業時の入力と点検データの蓄積、及び過去の点検結果の帳票表示等を行う。保守担当部門や現場において、保守設備管理システムを共有し、各部門に応じたレイアウトでデータ表示を行う。

表1 情報共有レベルの分類

共有レベル	実現機能
同時ビュー共有	コミュニケーションボード
非同時ビュー共有	トレースバックボード
同時データ共有	保守設備管理システム共有
非同時データ共有	保守設備管理データ共有

3.3 システム構成

システム機能、特にマルチメディアを利用した情報共有機能の有効性を検証するために、分散環境下で情報共有、合意形成支援を行うプロトタイプシステムを試作した。本システムは、機能の役割分担を明確にし、将来の機能追加を容易に行うためにオブジェクト指向で設計した。システム構成を図1に示す。運転担当、保守担当は、各々運転支援システム、保守支援システムのユーザーである。現場では、作業者が直接機器の点検や確認を行い、持ち運びが可能な携帯端末を用いることによって、保守担当部署にある保守設備管理データベースにアクセスすることができる。運転、保守、現場の担当者は、各々協調作業を行うための協調作業空間であるコミュニケーションボードを持ち、他の担当者と情報交換しながら対話を行う。入力処理部において、全てのコミュニケーションボードの入力イベントが判断される。表示処理/出力処理部において、同一のプラント情報が各コミュニケーションボードに表示される。コミュニケーションボードでは、音声データ、イメージデータ、書き込みデータの各種データを扱うことができる。コミュニケーションボード管理クラスには、コミュニケーションボードの追加、削除情報が登録され、対話に参加している担当者を管理している。各情報の入力や表示処理の際には、このクラスが参照される。なお本システムは、実験室で複数のEWS及びパソコンを使用し、そこで各種支援システムを起動することによって実行した。プラントサイト内の対話を想定しており、現場用の携帯端末も含めてコミュニケーションボード間はLAN上で通信を行っている。

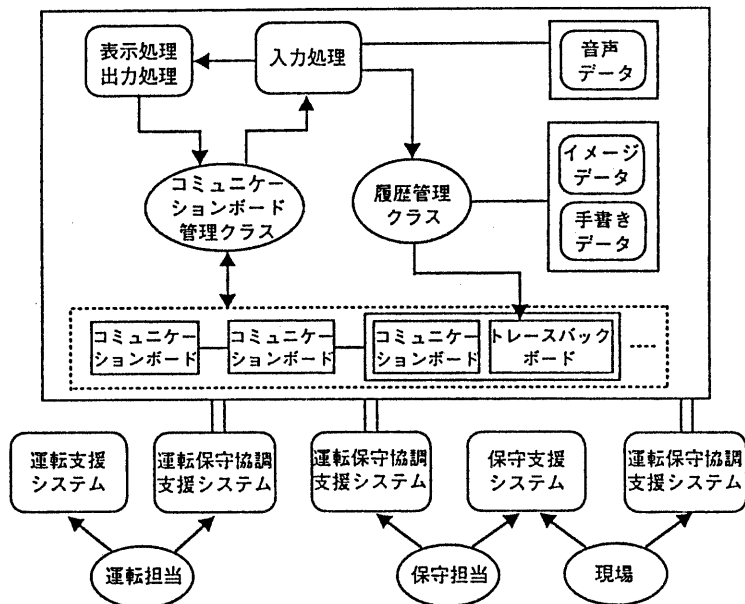


図1 システム構成

さらに、本システムの特徴的な機能について説明する。コミュニケーションボードへの入力、表示結果は、履歴管理クラスに送られる。履歴管理クラスは、コミュニケーションボード上の作業履歴を保存、管理するために提供されているクラスである。各対話作業の履歴をオブジェクトとして保存し、履歴管理クラスに登録することによって全ての対話履歴を管理している。トレースバックボードは、蓄積された履歴データをトレースバックするとき使用する。履歴管理クラスにトレースバックの要求があると、該当する履歴データを検索し、過去の作業を再現する。全ての参加者がトレースバックボードを持つことができるため、第三者への作業レビューや対処の経緯確認等を容易に行うことができる。

4 実現例と機能評価

本システムによる協調作業の画面例を図2に示す。運転担当端末では、運転員が系統図をベースとしたプラント情報の集約的表示からプラント状態の監視を行い、保守担当端末では、現場のITV画

像や診断システム等を用いて、より詳細な情報やプラントデータの履歴を入手する。現場の携帯端末では、保守担当端末の保守設備管理データベースにアクセスして過去の点検データの帳票や機器の画像を表示し、点検結果をペン入力してデータベースに格納することができる。

運転員が通常の監視を行なっているときに、ある箇所異常を検知したとする。別の場所にいる保守員に関連する現在状況等を問い合わせるために、運転員と保守員間に協調作業空間を設定する。運転員は異常箇所のイメージ情報を取り込み、その上に書き込みを行って疑問点を示し、音声情報と共に保守員に提供する。運転員からの情報に対して、保守員はより詳細な情報を返答する。さらに必要に応じて、実際に現場で機器の確認を行う。現場の携帯端末にも同様に協調作業空間を設定することによって、運転員と保守員がやりとりした情報を共有し、現場で得た機器情報を両者に提供できる。このように協調作業空間を介して運転員と保守員と現場の3者で対話を行うことができる。さらに保守員と現場では、保守設備管理システムを共有し、各機器の点検結果を同時に持つことができる。現場で入手した機器情報を保守担当端末で容易に提示できることを確認した。

本システムと併用した各種支援システムは、マルチメディアを使用したより高度な支援環境を提供しているため、プロトタイプシステムの動作結果からマルチメディアの利用に関する有効性を確認することができた。図形、静止画、音声等のメディアを融合した対話を行うことは、口頭や文書だけの説明に比べて直感的に把握可能であり、メディア情報を同一の形式で提示することによって短時間に正確な情報を伝達できる。またメディアを含む履歴データのトレースバック機能によって、過去の作業を正確に伝達できることを確認した。

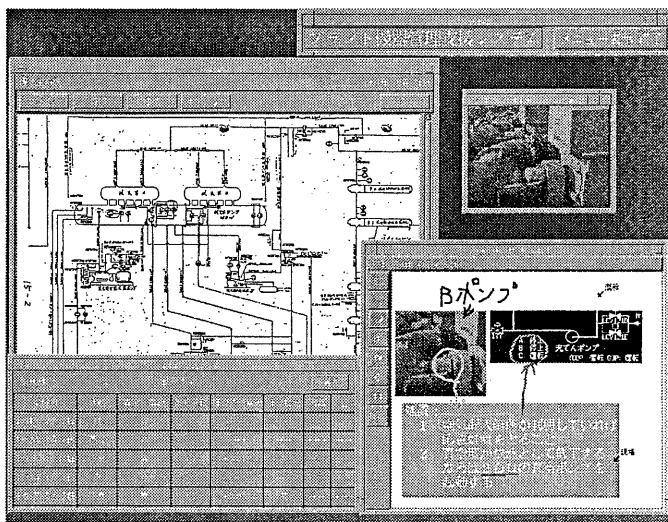


図2 協調作業の画面例

5 おわりに

プラント運転保守の協調作業支援環境について、仮想的、統一的な協調作業空間の提供、マルチメディア技術を適用した情報共有、履歴データを用いた合意形成支援等の機能を抽出し、保守設備管理機能を融合したプロトタイプシステムを試作した。本システムにより、保守現場でのプラント運転情報、機器情報の入手等が容易となる他、マルチメディア利用の有効性を確認した。今後、設計部門と現地保守員の効率よいメンテナンス等を実現する遠隔地間の協調作業支援システムの研究へと進めていく。

参考文献

- (1) 邑岡・大井他：「プラント運用のための協調作業支援環境の開発」, 電気学会研究会資料, 情報処理研究会, IP-94, pp.21-29, 1994.
- (2) 佐相：「チームとしての人間行動特性の解析と評価」計測と制御, Vol32, No3, pp.213-220, 1993.