

人にやさしい監視制御システムの ヒューマンインタフェース

User-Friendly Human Interfaces in Control and Information Systems

三宅 雅夫*
大賀 幸治**

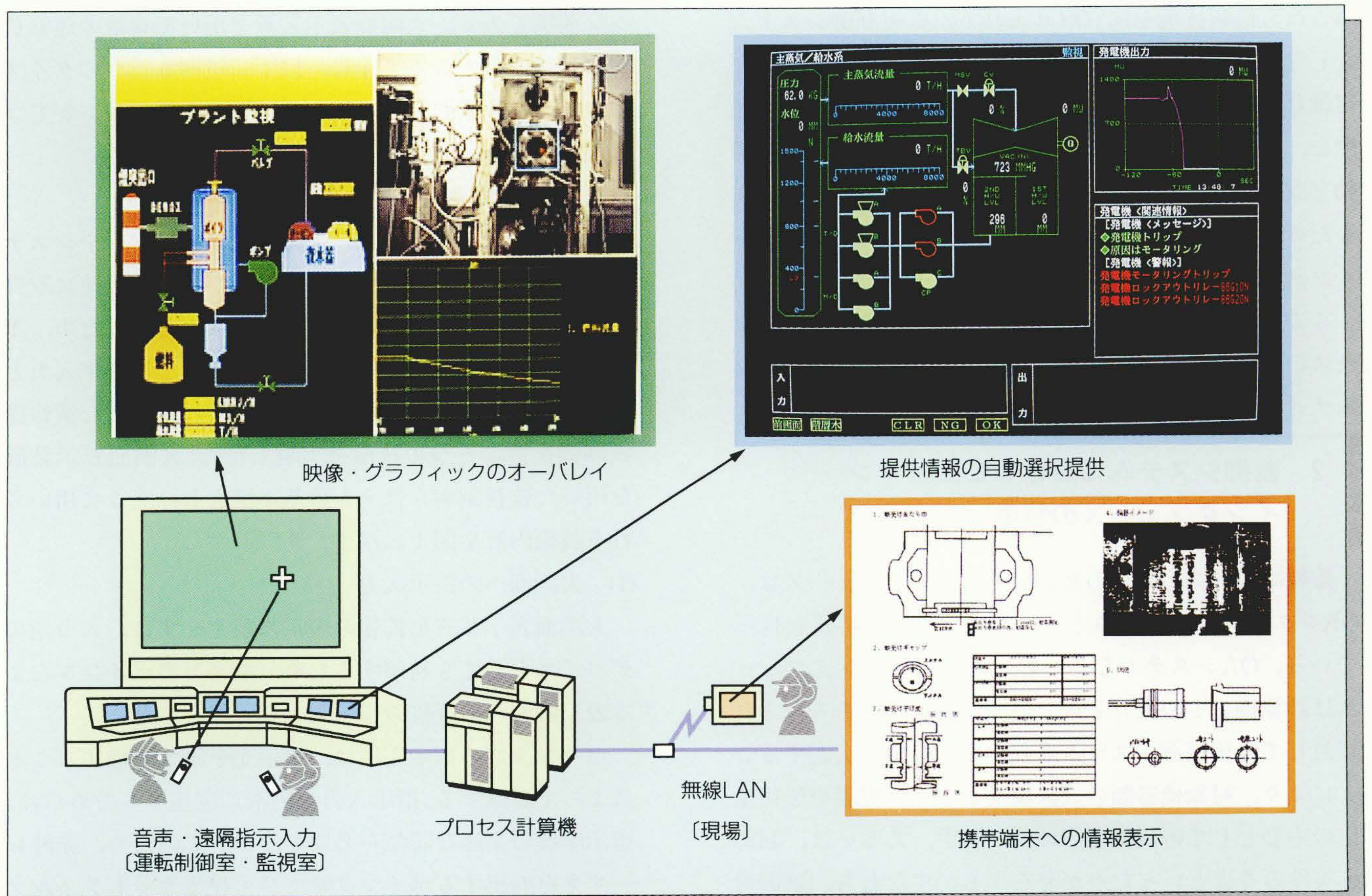
Masao Miyake
Yukiharu Ôga

谷越浩一郎***
宗政 成大****

Kôichirô Tanikoshi
Narihiro Munemasa

畑岡 信夫*****
小金 宏行*****

Nobuo Hataoka
Hiroyuki Kogane



監視制御システムのヒューマンインタフェース技術

最新技術を取り込んだ運転制御室，監視室，現場などでのインタフェース技術により，人にやさしい監視制御システムを実現している。

発電・化学プラント，防災システムなど種々の産業分野で，最新のマルチメディア技術，情報処理などを利用した監視制御システムの高度化が進められている。ここでは，監視制御を行う人の活動を支援して負担を軽減する「人にやさしいヒューマンインタフェース」が強く求められている。

この実現に必要な要素技術として，大画面表示装置への遠隔指示や音声入力を利用した遠隔入力を可能とし，

大画面表示装置と手もと画面とを同じ操作感覚でシームレスに扱えるインタフェース技術を開発した。また，映像・グラフィックス情報のオーバーレイによる情報の視認性の向上，あるいはプラント状態変化やユーザーの要求に対応して監視の必要な情報を自動的に選択，提供することによる対話性能の向上を図っている。さらに，プラント現場での点検保守などの業務を効率化するための携帯端末を用いたインタフェースの実用化も図っている。

*日立製作所 大みか工場 **日立製作所 電力・電機開発本部 工学博士 ***日立製作所 日立研究所 ****日立製作所 システム開発研究所
*****日立製作所 中央研究所 工学博士 *****日立製作所 デザイン研究所

1. はじめに

近年のエレクトロニクス技術、ネットワーク技術、情報処理技術などの急速かつ著しい進歩は、応用システムの発展にも大きく寄与している。発電、化学、鉄鋼などのプラント、あるいは産業システム、防災システムなど種々のアプリケーション分野でも、マルチメディアなどのこれら最新技術を適宜取り入れて、監視制御システムとしての高度化を図ってきている。監視制御を行う人は、複雑な情報の中から必要なものを取り出して総合的に把握し、的確に判断を下す役割を担う。このような人の活動を支援して負担を軽減し、より高度な判断を容易にするために、人にやさしいシステムへ向けてのヒューマンインタフェースの役割がますます重要となっている。

ここでは、監視制御システムのヒューマンインタフェースの使いやすさの向上をねらいとした要素技術を、マルチメディア応用技術を主体に、三つの観点から述べる。

2. 制御システムにおけるヒューマンインタフェースの特徴

監視制御システムでのヒューマンインタフェースは、OAシステムなどのそれと比較して、異なる特徴を持っている。OAシステムなどでのヒューマンインタフェースは計算機の中の世界と人との間が直接的である。それに対して監視制御システムでは、制御対象が実在することにより、対象機器類の設置場所としての現場や監視操作の中心としての制御室での使い勝手、あるいは、制御応答性の考慮といった点が介在する。すなわち、制御対象である現実の世界と人との間を計算機の中の世界が仲介するインタフェースであると言える。

このような特徴の違いから、両者のヒューマンインタフェースとしての要求は当然異なっている。監視制御システムでのヒューマンインタフェース技術は次に示す観点でとらえることができる。

- (1) 中央制御室のように、制御対象に対して複数の人によるコミュニケーションを容易にする形態、つまり、共有の大画面表示と個人用表示を有機的に結び付けるような共用インタフェース
- (2) 制御対象である実世界と計算機内部情報とを一体で扱い、臨場感、視認性などを向上させるような融合型インタフェース
- (3) 点検・保守、場合によっては操作などの場の一つである機器設備設置場所でのマルチメディア入出力技術の

ような現場でのインタフェース

3. 多様化するインタフェース技術

3.1 共用インタフェース

プラントの運転制御室に大画面表示装置が導入され始めている。大画面表示装置は、複数の運転員で構成する運転クルーが情報を共有できるという点で有力なマンマシン装置である。大画面表示装置を用いて複数の運転員が有効に連携できるように、以下に述べる二つのタイプの、離れた位置から大画面とコミュニケーションができるインタフェースを用意している。

3.1.1 遠隔指示および音声入力

監視制御システムでは、監視対象のプラントやシステムの状態にかかわる情報を簡単な入力操作で迅速に取得することが求められる。このニーズにこたえるため、(1) 大画面表示装置への直接の指示入力技術、(2) 音声入力との統合技術、および(3) 各人とその役割に対応した情報提供制御技術の三つの技術を実現した¹⁾。大画面表示装置を用いた監視制御システムの基本構成と、そこに用いられる技術内容を図1に示す。

(1) 大画面への指示入力

大画面表示装置を情報の表示に限定せずに、入力用のデバイスとしても利用するため、携帯型のポインタによる表示画面への直接の指示入力を可能とした。

ポインタでの指示座標は、指示光を画像処理することによって認識する。指示入力を円滑に実施するためには、指示座標の高速な認識が必要となる。このため、赤外レーザ光を射出するポインタおよび可視光カットフィルタ

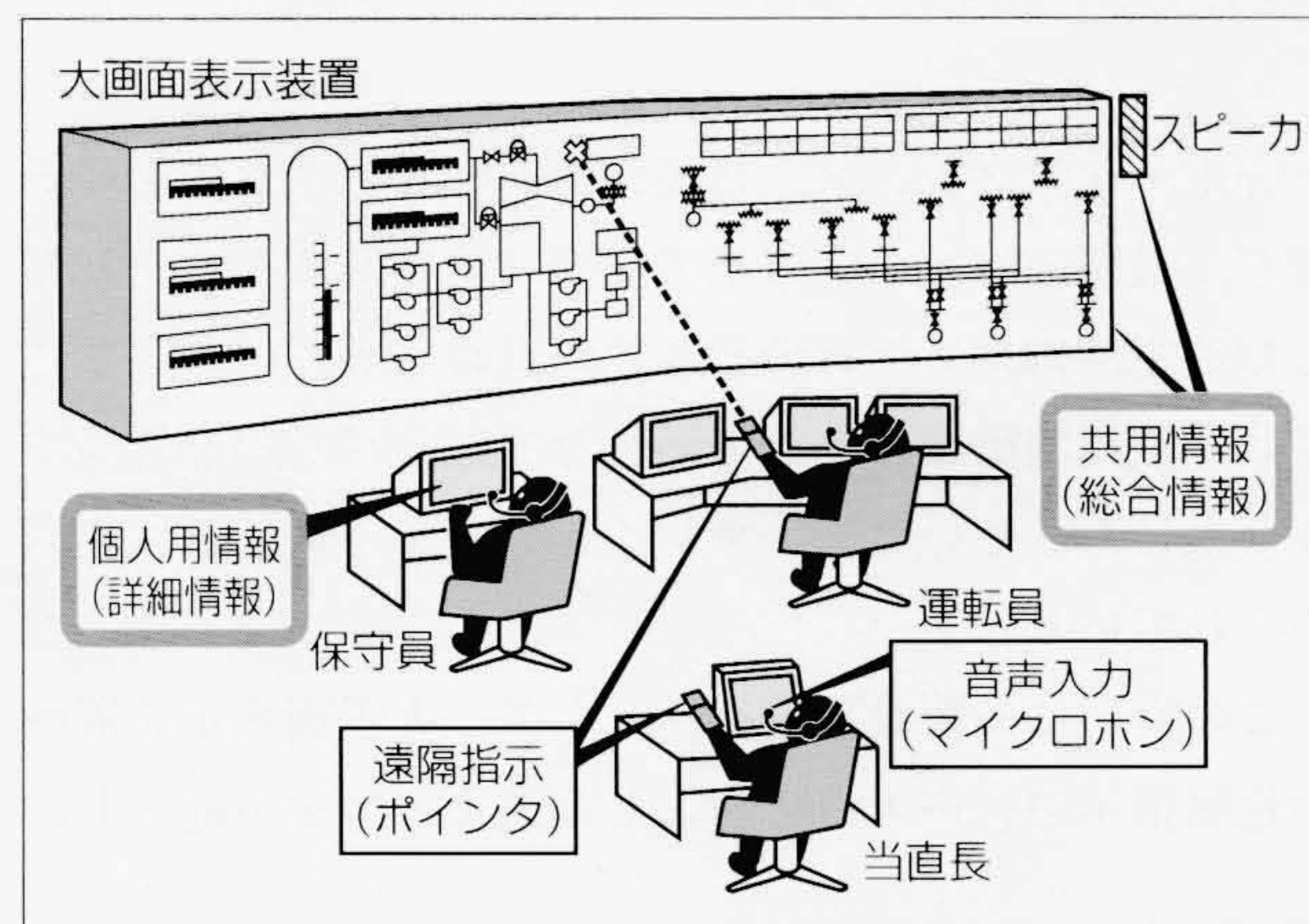


図1 大画面表示装置を用いた監視制御システムの基本構成と、そこに用いられる技術

音声入力と大画面表示装置への遠隔指示入力を組み合わせて、運転員による提供情報の遠隔制御を実現している。

付きのカメラを用いて、表示画面などのノイズを除き、画面上への指示光だけを取り込むことによって高速な画像処理を実現した。入力操作では、対象をよりの確に選択するために、赤外光の消灯を指示入力と見なすことにした。これにより、赤外光点灯時に計算機が表示するカーソルを見ながら、指示点を画面上のオブジェクトに移動させた後、赤外光を消灯することで正確に指示入力することができる。

ポインタでの遠隔指示入力では、大画面表示装置に限らず、監視パネルや現場機器などカーソル表示のできない対象へも指示入力を可能とするために、画像処理に用いる赤外光に加えて指示点を示すための可視光をあわせて射出するシステムも準備している。これを用いれば、監視パネル上のオブジェクトや現場機器などへの遠隔指示入力を、手もとのCRTや携帯端末への、指示入力対象に関する情報表示命令などの入力手段として使用することができる。

(2) 音声入力との統合

音声入力は、画面上にメニューや指示すべきオブジェクトが表示されていない場合にも有力な入力手段である。したがって、入力の柔軟性をいっそう向上するためには、指示入力に音声入力を加えて、画面の表示状況などに応じて自由に組み合わせて使用できる技術が有効となる。組合せ入力に際しては、これらの入力メディアや使用順序などを意識することなく使用できることが、使い勝手の向上に必要である。

これに対応するため、指示・音声入力をともに日本語の単語という共通の形態に変換し、それを統合して文として解析する独自の手法をとることにより、指示・音声入力を柔軟に組み合わせることができるマルチモーダル入力を実現している。

(3) 情報提供の制御

入力操作の簡単化に加えて、おのこの運転員が必要とする情報をより速く取得できるようにするために、入力した運転員に応じて提供する情報の内容と出力先を制御する機能を実現した。画像処理により、射出光形状の違いから使用されたポインタの種別、すなわち、入力者を特定する。一方、音声入力についてはマイクロホンの種別から入力者を特定する。この結果を用いて、提供情報と出力デバイスを入力者に応じて決定して出力する。

システムの動作例を図2に示す。このように、大画面表示装置への直接の指示入力、および音声入力との複合入力を可能とするとともに、入力者を判定して提供情報

の内容と提供先を制御することにより、入力操作が軽減され、各人が役割分担に応じて必要とする情報を迅速に取得することができる。

3.1.2 シームレス マルチカーソル システム

プラントで要求される安全・確実な操作を実現するためには、個別情報の「窓」である手もとの画面と遠隔の大画面表示装置とが、同じ操作感覚で使えることが必要である。なぜならば、操作手段をそのたびごとに切り替えていては、操作のための一連の思考の流れが寸断され、誤判断を引き起こしかねないからである。

そこで、通常使われているマウスによるカーソル操作を拡張し、大画面表示装置と手もと画面との間をシームレスにつなぐインタフェースを可能にした。

手もと画面の上方に大画面表示装置を仮想的に配置しており、マウスを上方に動かしていくと、手もと画面からカーソルが消えると同時に、大画面表示装置の下方から現れる仕掛けとなっている。また、大画面上でカーソルの色を区別することにより、複数のカーソルにも対応できるようにしている。

このようなシームレスマルチカーソル技術の適用例を図3に示す。この例では、手もとの画面で運転や保守などの個別の業務に関連する情報を扱って、大画面表示装置上で全員が知らなければならない点検スケジュールや交代勤務での引き継ぎ情報等を扱うなどの機能分担を実現している。

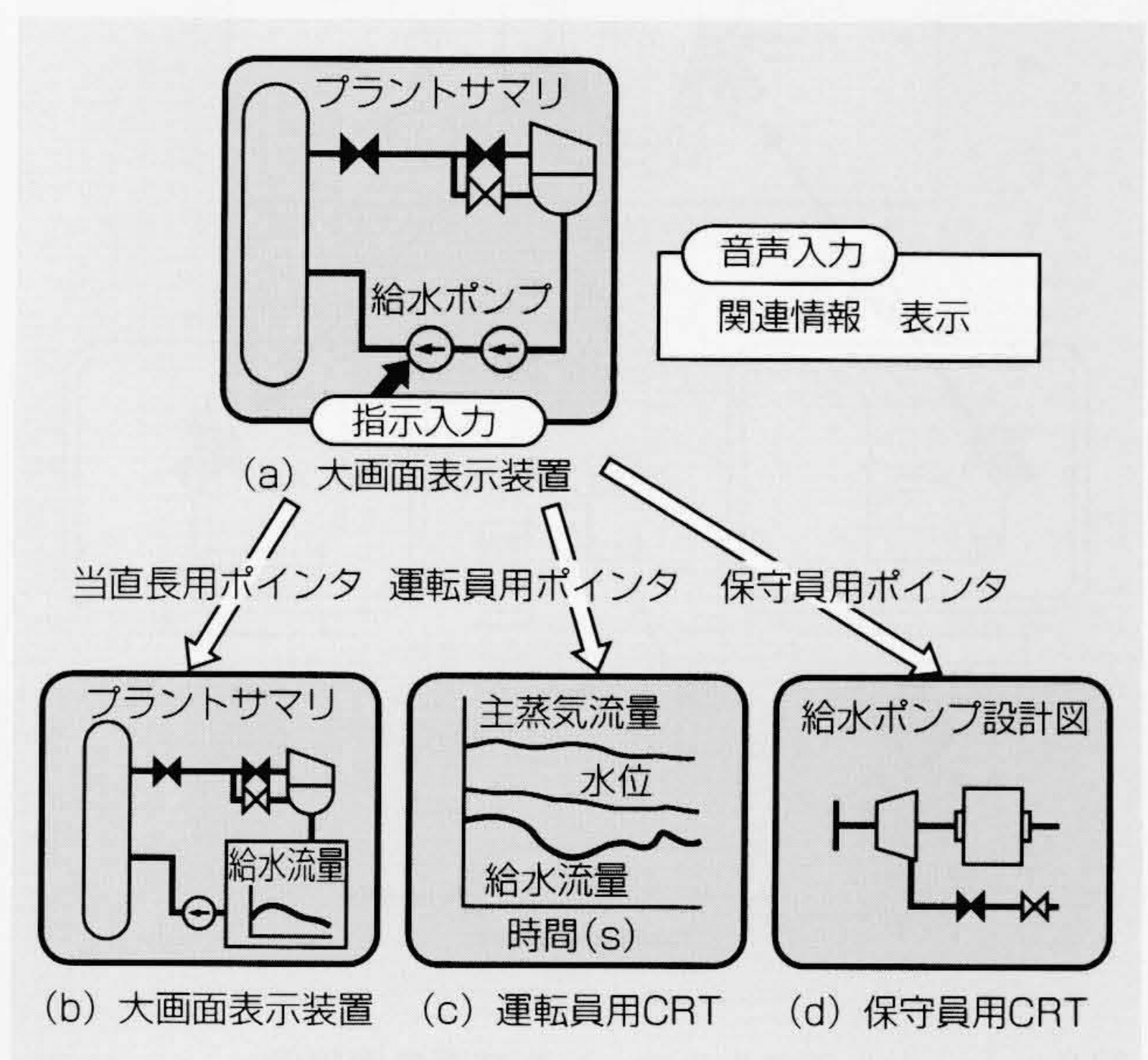


図2 各人に応じた情報提供制御システムの動作例

入力に使用されたポインタの種別を示す。入力者に応じて提供情報の内容と出力先が制御できる。

また、手もと画面で点検情報を音声メモに吹き込み、シームレスマルチカーソルを用いて、そのメモを大画面表示装置上の対象機器を表すシンボルにはり付けするという機能も実現している(図3参照)。これにより、交代勤務で入れ替わった監視員が、大画面上の音声メモから点検情報を再生することができ、いわゆる「札掛け」の機能を音声で実現することができる。

以上の操作をマウスに慣れていない監視員が行う場合には、上述したポインタでの直接操作とタッチとを併用することも可能である。

このように、離れている大画面表示装置と手もとの画面とを、シームレスにつなぎながらも各装置の役割に応じて使い分けることにより、自然なインタフェースが実現できる。

3.2 融合型インタフェース

3.2.1 メディアフュージョン

現場の臨場感を中央操作室に伝えるには、カメラ映像の利用が有効である。しかし、映像情報をそのまま提示しても情報量が多く、どの部分を注視して判断すればよいのか迷うことがある。また、映像情報を操作をする場合に、グラフィックスインタフェースと操作感覚が異なっていて操作しにくいこともある。さらに、カメラを操

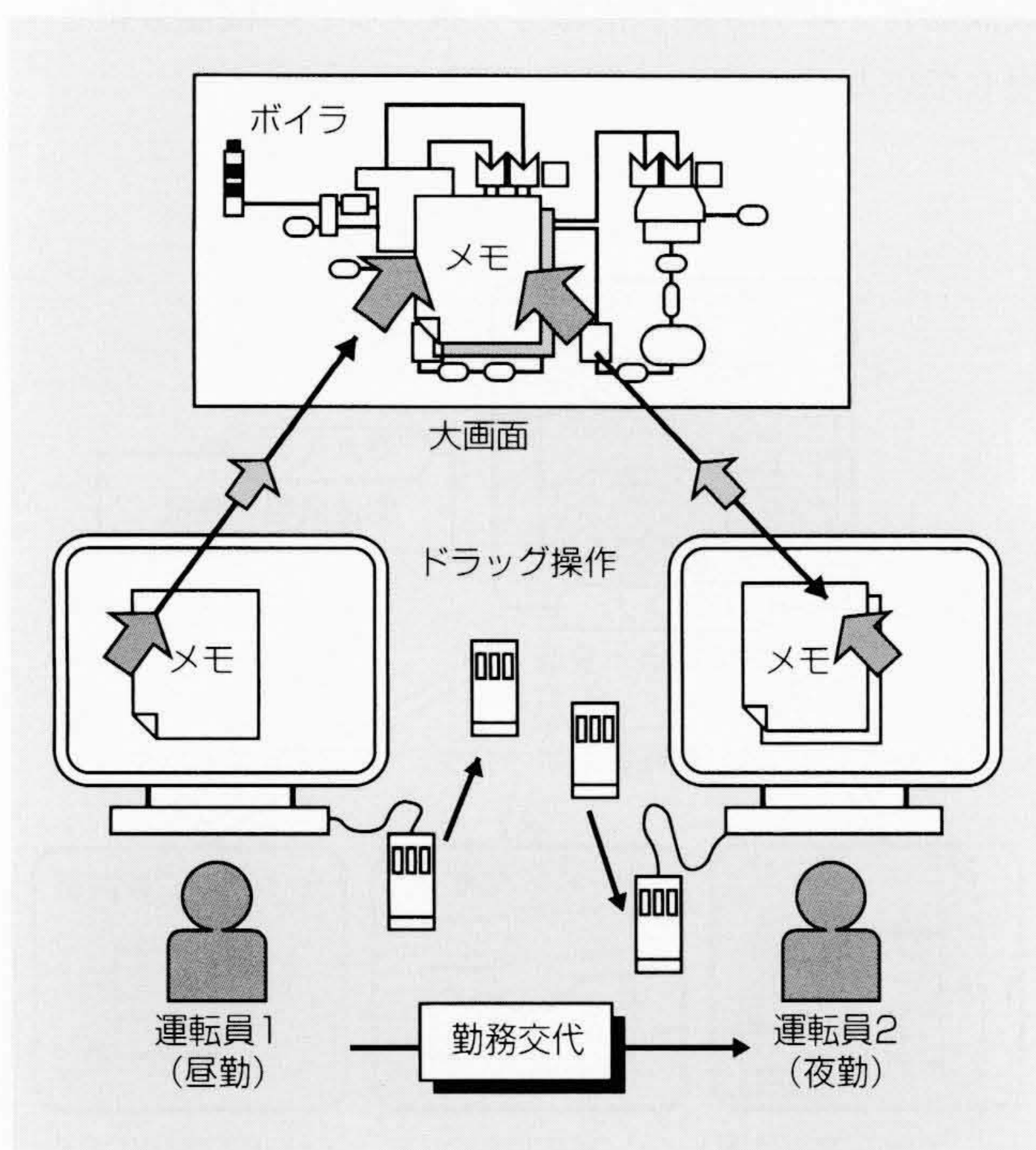


図3 シームレスマルチカーソル技術の適用例

手もと画面(手前)と共有画面(大画面)とで、同じ操作感覚のシームレスな操作環境を提供する。例えば、交代勤務での引き継ぎ情報などが大画面を介して扱える。

作して監視を行う場合に、自分が見ている場所がどこであるかを見失ってしまうこともある。

このような問題では、映像情報以外の情報を組み合わせて利用することによって解決できる場合が多々ある。例えば、アラームの出ている機器を映像上でグラフィックスによって強調表示することにより、すばやく対象をとらえることができる。

複数の情報源を融合することにより、単独では実現できない高機能なインタフェースを提供するメディアフュージョン技術²⁾および映像活用技術について以下に述べる。

(1) グラフィックスによる情報のオーバーレイ

映像情報単独ではなくアラームなどの制御情報をグラフィックスを用いてオーバーレイ表示することにより、重要なポイントを強調したり、映像・制御の両方の情報を同時に見せることによって監視対象の状況を的確に把握することができる。

例えば、点検操作時に点検ポイントを赤い丸印で強調したり、引き継ぎ事項や注意事項をグラフィックスで点検対象物のそばに表示することにより、映像そのままの表示よりもわかりやすいインタフェースが実現できる。

(2) 映像の直接操作

映像情報を見るだけでなく、それを用いて操作することにより、あたかも実際にその場で操作をしているかのような臨場感を作り出すことができる。例えば、圧延機の映像で、ロールの部分をマウスでピックアップすると、カメラがズーム操作されて詳細にチェックできるといった機能が実現できる(図4参照)。これは典型的なグラフィックスインタフェースと同様の操作感覚であり、監視員は映像とグラフィックスの違いを意識せずに操作することができる。

(3) マルチカメラインタフェース

カメラ操作中で、どの位置を見ているのか混乱してしまう場合がよくある。これを防ぐために、全体を表示するカメラと、部分を拡大して表示するカメラの組合せでインタフェースを構成した。互いの表示位置の関係をグラフィックスで示す手法を用いれば、少ない手順で目標の位置にカメラを動かすことが可能であり、プラントの状況をすばやく的確につかむことができる(図5参照)。

(4) 映像の変化検出

映像を表示するだけでなく、その変化を自動的に検出することができれば、機器異常、油漏れなどの検出、現場への侵入者の検出などプラント監視に有効な手段となる。これに応用可能な技術として、ビデオ信号を解析し、

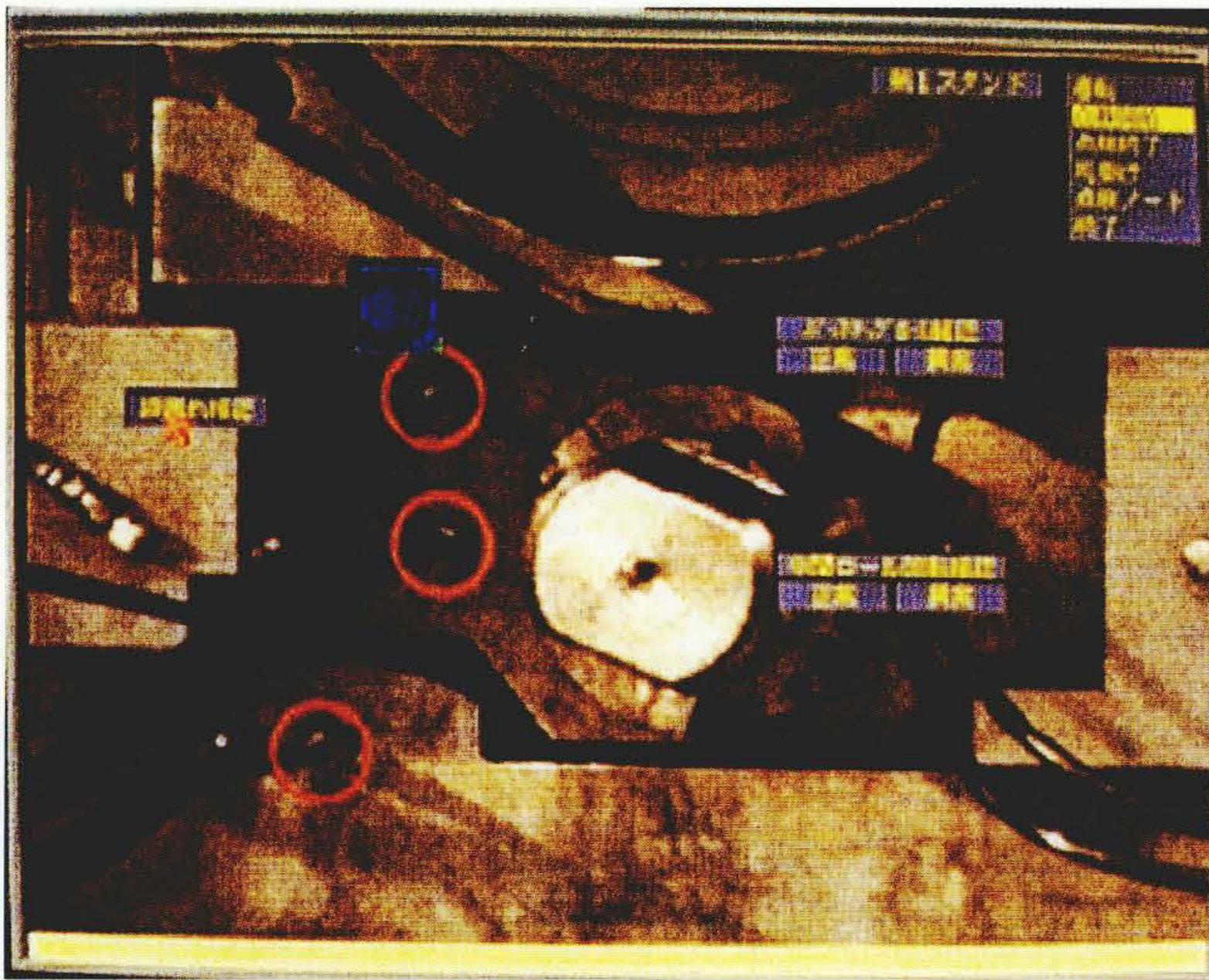


図4 メディアフュージョンの表示画面例

監視画面上にグラフィックスによって点検箇所や点検手順, 引き継ぎ用の音声メモなどがオーバーレイで表示できる。

色情報を基にシーンの変化を自動的に実時間で検出する技術, および明るさ変動が激しい半屋外で作業員が往来するような環境での油漏れや発煙などを, 対数差分特徴判別法による画像処理で検知する技術³⁾を実用化した。

3.2.2 提供情報の自動選択

(1) プラント運転員の負担を軽減するには, 映像情報などの利用による視認性の向上とともに, プラント状態変化や運転員要求に対応して監視の必要な情報を選択, 提供する技術が有効である。この目的のため, 運転員がプラントに関して持っている知識(メンタルモデル)の一種である機能階層モデルを用いて, 運転に必要なプラント情報を自動的に選択, 提供するシステムを開発した⁴⁾。

機能階層モデルは, プラントの運転機能の構成を階層

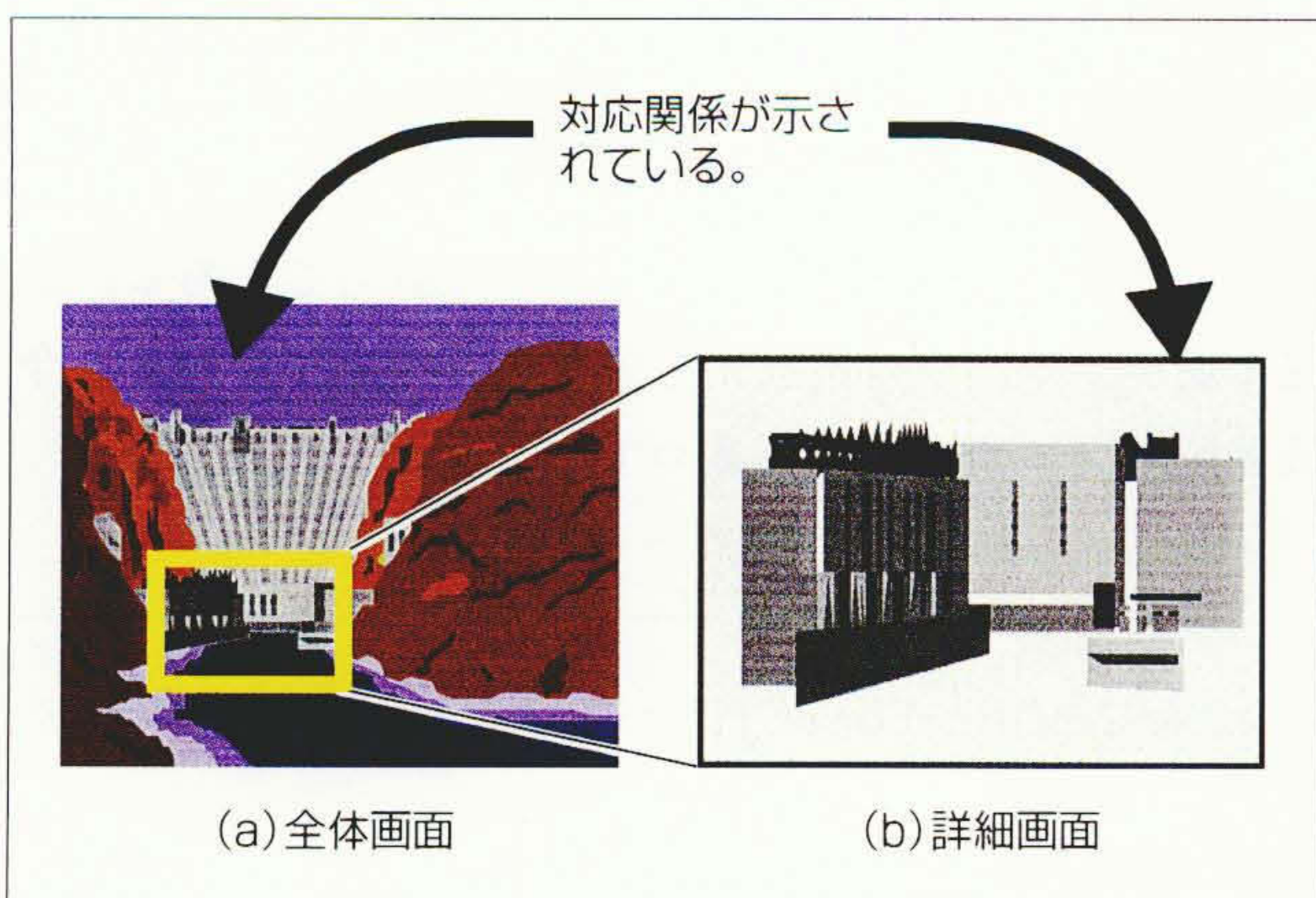


図5 マルチカメラの相互表示位置関係

全体と詳細部分とを関連づけて見ることにより, 対象を見失うことなく監視を行うことができる。

的に整理し, これを基に情報選択に必要な知識・データを構造化したものである(図6参照)。同図に示すように, 機能階層モデルでは, ある機能の状態変化の影響, 原因にかかわる情報をその機能の上下階層から得ることができる。

適切な情報の選択は, 機能階層モデルを基に, プラント状態を機能ごとに監視することによって自動的に行う。また, 運転員の問合せを機能に対応づけて処理することにより, プラント状態に応じて有効な情報を付加した回答を生成することも可能である。また, 上下階層の利用により, プラントの状態変化時に, その影響・原因にかかわる情報をあわせて選択し, 提供することができる。

(2) このたびプロトタイプを開発し, プラントシミュレータを用いて評価を実施した。その結果, プラント状態変化に対応して適切な情報項目がリアルタイムで自動選択できた。自動表示された画面の例を図7に示す。この例のように, プラントでの状態変化に対応して監視すべき系統図, プロセス値のトレンド図, および発生警報などの情報が選択, 提示され, 運転員のプラント状態の把握を支援している。また, 運転員の要求に対しては, 回答に加えてプラント状態を反映した付加情報が提供できる。プロトタイプの開発・評価は, 発電プラントを対象に実施した。

3.3 現場でのインタフェース

プラント現場での点検・保守などの業務を効率化するために, 携帯端末を利用したシステムを開発した。このシステムでは, 現場からの運転要員の問合せに対し, 点検中の機器などに関連するプロセス値のトレンド, 設計

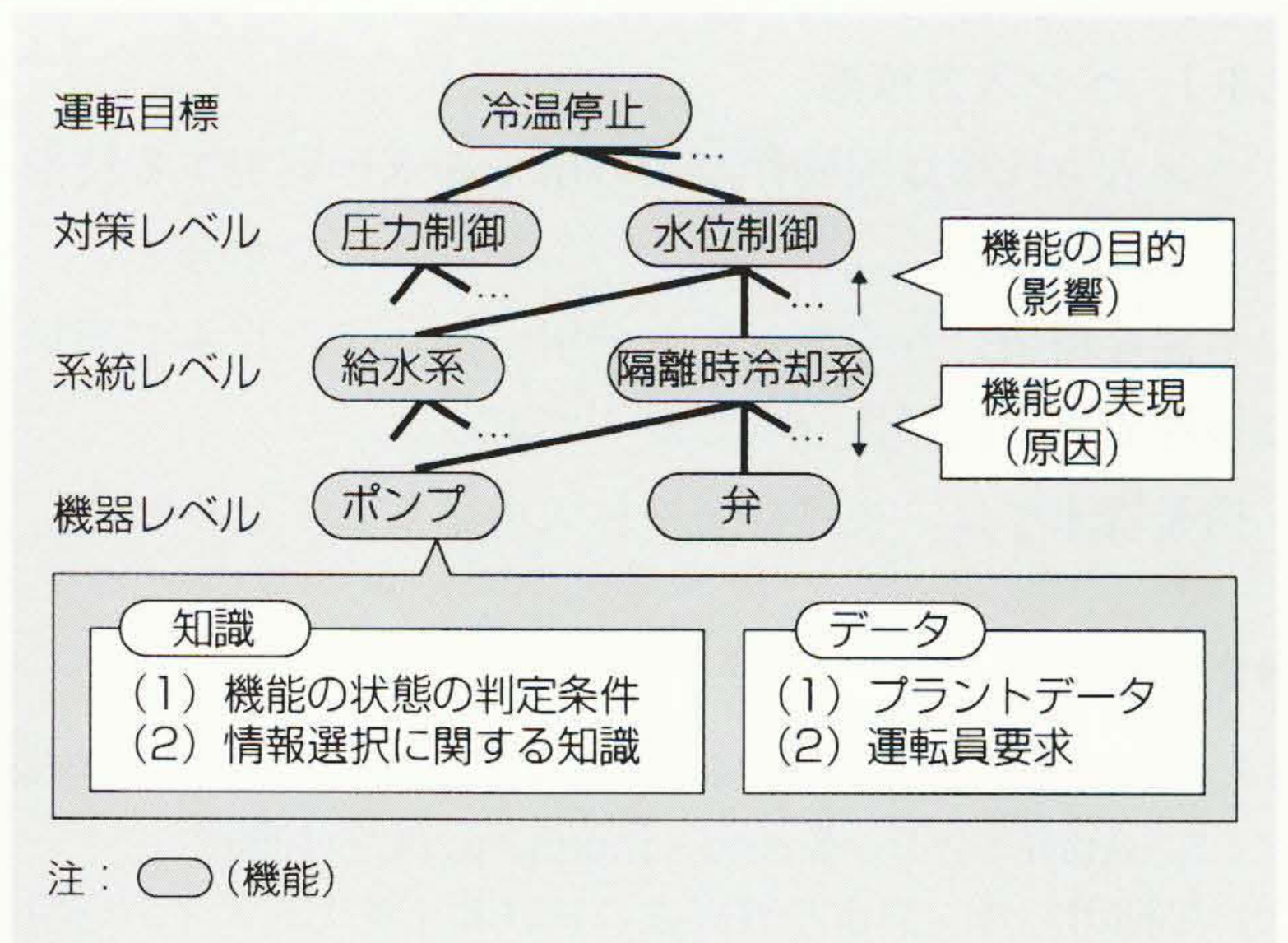


図6 機能階層モデルによる「知識」の構造化

プラントの運転機能を階層的に表現した機能階層モデルの各機能ノードに知識・データを格納している。

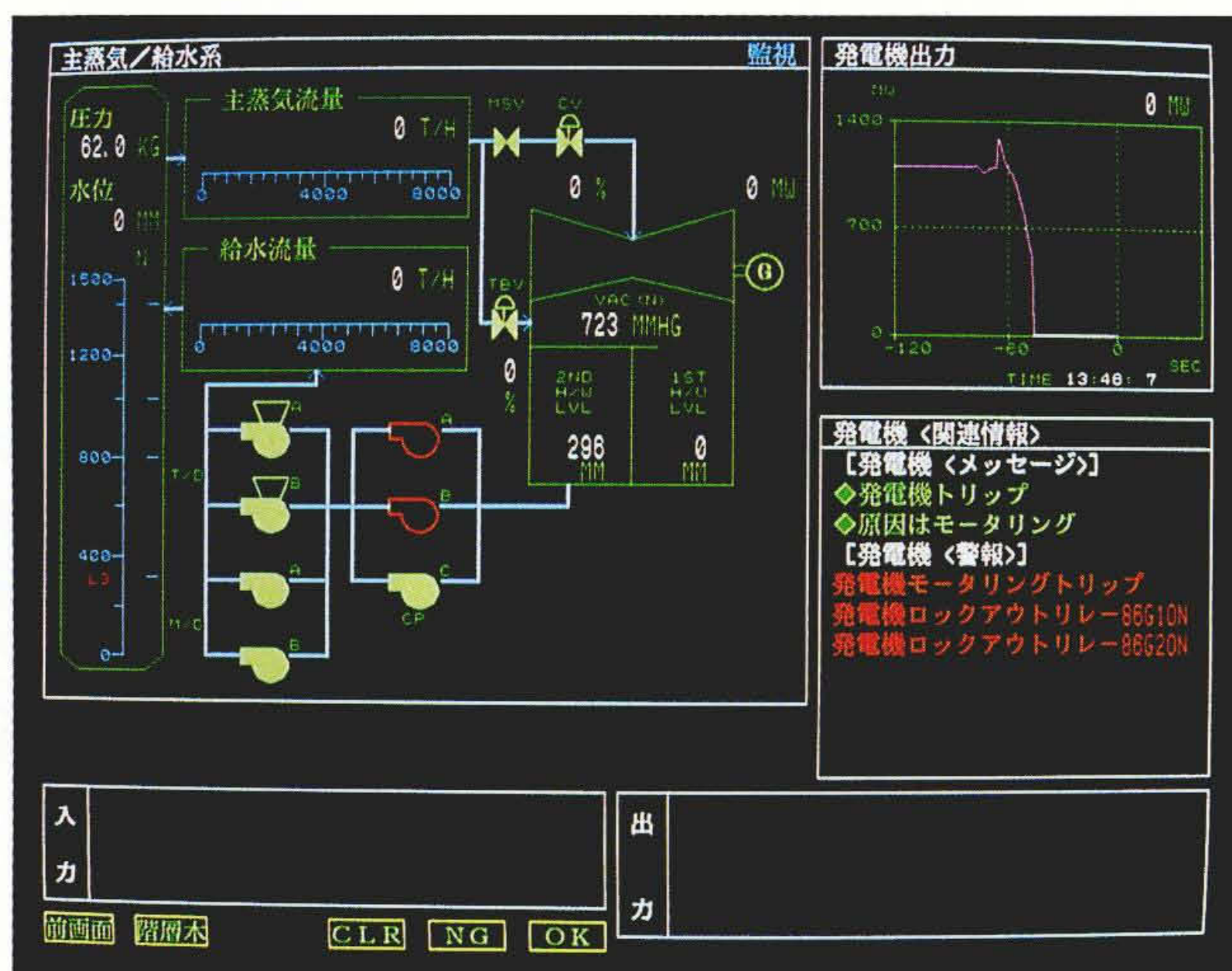


図7 提供情報の自動選択システムの画面例

プラント状態変化に応じて、系統図、トレンド図、発生警報などのメッセージを自動的に選択して提供する。

図、点検手順などについての情報を提供する。また、従来、紙をベースとして実施していた点検記録を携帯端末から、音声入力、手書き入力などによって入力することができる。これにより、現場での作業に必要な情報が迅速に確認できるとともに、現場の情報がリアルタイムで中央の計算機に取り込まれ、中央制御室で参照することが可能となる。また、点検記録などのデータの電子化が容易となり、現場機器の保守計画時などにデータを有効利用することができる。情報の伝送には無線LANやPHS(Personal Handyphone System)を利用するとともに、音声・ペン入力などのマルチメディアも使用して、操作性を向上させている。

現場でのインタフェースのキーとなる基盤技術として、ペン入力技術、音声認識技術がある。

3.3.1 ペン入力技術

ペン入力技術は現場作業用の携帯端末を実現する技術として欠かせない。それは、ペンがほこりや水分といった劣悪な環境にさらされても使用でき、また片手で簡単に操作できる機動性を持つからである。

携帯端末では、複雑な文字を入力することは少なく、

低ストローク数の文字(数字、かななど)が特に頻繁に使用される。そのため、これらの文字の認識率が使い勝手の評価を決定する重大な要因となる。

今回、低ストローク数の文字の認識率を向上させた携帯端末の高度な文字認識機能を備える認識エンジンを実用化した。すなわち、文字形状の複雑さに合わせて文字ストロークの特徴点を動的に変更する動的近似方式、入力パターンの特徴点と辞書パターンの特徴点で形状差が最小になるような対応をとるDP(Dynamic Programming)マッチング方式などで、これまでに培われた技術に改良を施している。この認識エンジンにより、さまざまな小型携帯端末で実用的なペン利用が可能となった。

3.3.2 音声認識技術

音声入力は、キーボードレス、ハンドフリー入力が可能であるため、中央制御室だけでなく、現場でのインタフェースとしても有効な入力手段である。音声認識技術では、音声特徴パラメータの時間変化を確率的に同定する、隠れマルコフモデルによる不特定話者、大語彙(い)認識の技術に加え、現場での利用のため、雑音環境下および無線(PHS)環境下での高精度認識の技術も実現している。さらに、システム化に関連して、PHSまたは無線LANを介して入力された音声をサーバ型の音声認識装置で認識し、その結果得られる出力情報などを無線LANで携帯端末に送るクライアントサーバ型システム化技術、およびパソコンに音声認識機能を組み込んだスタンドアロン型の現場業務支援装置についても対応している。

4. おわりに

ここでは、人にやさしいヒューマンインタフェースの実現に向けての、マルチメディアを中心としたさまざまな要素技術について、それらの適用例も含めながら述べた。

システムで人間の果たす役割があるかぎり、それはよりよいインタフェースの追求を促す原動力でもある。急速に進歩する関連要素技術との協調も考慮しながら、今後も積極的に研究開発を進めていく考えである。

参考文献

- 1) Ohga, Y. et al.: A Remote Control System to Offer Information for Nuclear Power Plant Operation, Proc. ICONE-3, April 23-27, Kyoto, Japan, p.1427(1995)
- 2) 早稲田, 外: 都市基盤施設におけるマルチメディア応用システム, 日立評論, 77, 8, 523~528(平7-8)
- 3) 桑原, 外: プラントにおける漏洩監視システム, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 SD-8-14, pp.430~431(1995)
- 4) 関, 外: 機能階層モデルを用いたプラント運転情報提供システム, 平成7年電気学会全国大会講演論文集 第3分冊, 3-126(1995)