

長川 和孝  
K. Nagakawa

島貫 洋  
Y. Shimanuki

中山 康子  
Y. Nakayama

人間と機械との対話方法、すなわちヒューマン インタフェース (以下 HI と呼ぶ) は、機械を運転するうえでなくてはならない要素である。当社は、プラント運転に用いる分散型制御システム (DCS: Distributed Control System) における使いやすい HI の開発に注力し、業界における流れを作ってきた。過去において、そのコア技術はマイクロプロセッサを中心としたデジタル技術であったと言える。しかし、昨今のパソコン (PC) の普及やマルチウインドウ、マルチメディアなどの IT (Information Technology) 技術の発達は、従来とは違った HI への展開を始めている。

The human interface (HI), which facilitates communication between humans and machines, is an indispensable core technology for the operation of machines and control systems. Toshiba has continuously been a leader in state-of-the-art technical development of HIs in the measurement and control fields, especially centering around distributed control systems (DCS) utilized for industrial plant operations. The key constituent of HI technology has been digital technology over the past two decades. We are now in a new HI era driven by the drastic changes taking place in information technology (IT), as seen the progress of personal computers, the introduction of Microsoft® Windows®, and the advent of multimedia.

This paper outlines the history of HI technologies for integrated control systems, and their directions for the 21st century.

## 1 まえがき

どんなに自動制御技術が発達しても、人間が機械を使うためには少なからず HI の世話にならなければならない。プロセス制御システムにおいて運転員が HI に求める機能は、プラントの状況を的確に把握できることと、現場の機器を制御室から操作できることの二つであろう。

分散型制御システムにおいては、操作卓上に CRT (画像表示装置) を据え、専用のキーボードを備えた HI が定着したように見える。しかし、最近の情報処理技術は新しい形の HI の開発を加速している。ここでは、プロセス制御業界における HI の歴史と、新技術を用いた HI についての当社の取組みを紹介する。

## 2 分散制御システムにおける HI 機能改善の歴史

プラント監視・操作の HI の中心に CRT が導入されてからすでに 20 年近くになる。この間、HI 機能改善のために次のような試みを実施してきた。

- (1) 監視画面の階層化による大容量入出力点の管理
- (2) 警報表示の重要度色分けによる注意の喚起
- (3) 警報発生点の点滅表示による注意の喚起
- (4) グラフィック画面導入による運転効率向上
- (5) 操作卓寸法とキー配置の人間工学的観点からの検討
- (6) 使用頻度の高い画面のワンタッチ呼出し

- (7) タッチパネルによる操作性向上
- (8) 割込画面による操作性と操作効率向上
- (9) 4 倍画面とスクロール操作による運転効率向上
- (10) 呼出し画面の記憶と再呼出しによる操作性向上
- (11) ITV (工業用テレビ) 画面の割込表示による現場監視
- (12) 札掛けメモ機能による誤操作防止

これらユーザのニーズを知ったうえで、信頼性、応答性、コスト面などに考慮を払いながら、くふうを凝らした独自の技術で新機能を提供してきた。

コンピュータ業界における初期の HI では、コマンドと呼ばれる文字列で要求を入力し、コンピュータからの回答も文字列による表示が多かった。一方、計装業界においては、HI を使うのはコンピュータに素人の運転員であるため、初めからビジュアルインタフェースを目ざした。すなわち、メニューの中から選択し、出力も図、表および色分け点滅など、視覚に訴えるものを多く用いた。今振り返ると、DCS で取り入れられた HI 機能の試みの多くは現状のパソコン HI に取り入れられており、われわれが歩んできた道の正しさを証明していると言えるのではないだろうか。

結局、HI の改善は①見やすさ、②操作のしやすさの二つに集約される。見かたを変えれば、指示計や記録計をはめ込んだ計装盤による昔からの運転方法を CRT の中に機能を取り込み、効率の良い少人数運転にしてきたのが従来の HI 機能の発展経緯であった。

従来の HI の特徴を一言で言うと、図 1 に示すように、メ

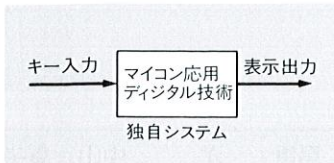


図1. 従来のHI コア技術  
1入力1出力が特徴である。  
Conventional HI core technology

一方の独自技術を使い1入力1出力ということになる。

### 3 HI 機能の現状

#### 3.1 マルチメディアの応用

昨今の情報処理技術やネットワーク技術の発達には、HI 機能にも影響を及ぼし、音声認識、音声合成などの技術が活用されるようになった。HI への入出力方法も、音声を使えば図2のように複数の中から一つの方法を選択することができる。

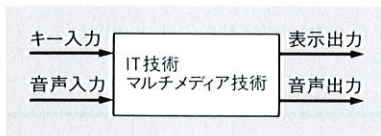


図2. 現在のHI コア技術  
複数入力の中から一つずつ処理する。  
New HI core technologies

以下に、現場パトロールに威力を発揮するマルチメディア技術を使った携帯端末を紹介する。

プラント現場では、日常のパトロールや保守、それに事故時の対応など、種々の作業が発生する。もし現場作業時に、制御室で使い慣れたCRT 操作卓機能があれば、情報の呼出しに迷わず、的確な判断が可能となる。また、現場では目や耳を働かせた情報収集をするが、収集情報を文章にせず、直接映像や音声で収集できれば、現場の保守員は助かる。このような要望にこたえる現場型HI として、マルチメディア携帯端末MULTI-IN<sub>TM</sub>を商品化した。図3にMULTI-IN<sub>TM</sub>の構成を示す。

MULTI-IN<sub>TM</sub>は、現場における“見る”、“聴く”、“書く”の情報活用を携帯用PC を主体に実現させたものである。例えば、塗装のはげたポンプを発見したとき、デジタルカ

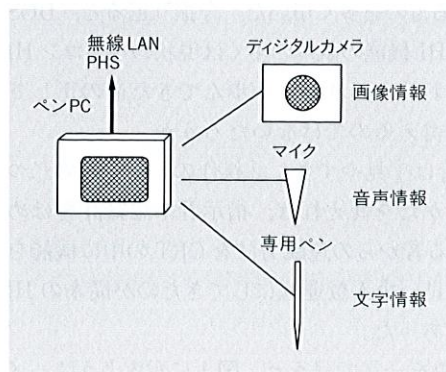


図3. MULTI-IN<sub>TM</sub>の構成  
画像、音声、文字のマルチモーダル入力が可能である。  
Configuration of MULTI-IN<sub>TM</sub> handy HI

メラで証拠写真を撮るとともに、手書き文字でコメントを書き込む。また、現場環境に異音があれば、その音をマイクを使って録音したり、肉声でコメントを付け加えたりできる。現場で収集した情報は、携帯電話を通じて中央制御室へ送信され、制御室にいる運転員と現場の状況を共有でき、的確な診断や対応ができる。

現場巡回時には、点検ルートや点検装置に関する情報、あるいは前回のデータなどがあると便利である。MULTI-IN<sub>TM</sub>では、地図や図面上に各種アプリケーション（文字や表、写真、動画など）を貼りつけ、必要なときに呼び出せる。

#### 3.2 Microsoft<sup>®</sup>(注1) Windows<sup>®</sup>(注2)の応用

プラント監視・操作システムのHI においては、プラントの状況を的確に判断し、正確な操作をスピーディに行うための視認性や操作性が必要とされ、これまでのDCS ではワンタッチオペレーションやトップダウンオペレーションに代表されるさまざまなくふうがされてきた。

昨今のPC の発展により、多くの人たちがWindows<sup>®</sup>の操作作法を当然のものと思うようになった。プラント運用HI においても、この傾向を考慮しないわけにはいかず、Windows<sup>®</sup>ベースのプラント監視・制御システムの商品化を行った。

当社の中・大規模向け統合監視制御システムCIEMAC<sub>TM</sub>-DSのHI では、従来から監視・制御システムとして培ってきた監視操作の作法を継承しながら、Windows<sup>®</sup>の操作方法との滑らかな融合を図った新しいユーザインタフェースを提案している。例えば、代表アラームの発生状況や頻繁に操作する機能をアイコン化してツールバー上に配置し、目的とする画面への迅速な展開を可能にしている。また、データの設定や検索はダイアログボックス方式によるWindows<sup>®</sup>作法に従った方式を採用している。CIEMAC<sub>TM</sub>-DSの画面例を口絵に掲載している。

#### 3.3 パソコン技術のHI システムへの応用

パソコンの発達はHI 作法に影響を及ぼすだけでなく、アプリケーションプログラムの作りかたにおいても同様の影響を与えている。OPC (OLE(Object Linking and Embedding) for Process Control) 技術はパソコン技術をプロセス制御の世界にもち込んだものである。

3.3.1 OPC とは パソコンの急速な普及で、Microsoft社のDCOM(注3)(Distributed Component Object Model) 環境でのOLE, ActiveX(注4)などのオブジェクト技術の産業オートメーション分野での活用が試みられている。OPC は、監視・制御システムのプロセスデータ交換の標準化と再利用可能なソフトウェア部品の組合せによるアプリケーション構築にその本質がある。制御システムのプラント(フィールド)と運転操業系、さらに管理情報系のアプリケーション間を

(注1)、(注2)、(注3)、(注4) Microsoft, Windows, DCOM, ActiveX は、Microsoft 社の商標。

データ透過性を保ったうえで柔軟に結合するための標準仕様を規定している。この規程により、プラント制御に用いる CRT、管理に用いる CRT、また事務所で使うパソコン上でも、同じ作法で同じ画面が表示されることになる。OPC に対応した制御システムの実装例を図 4 に示す。

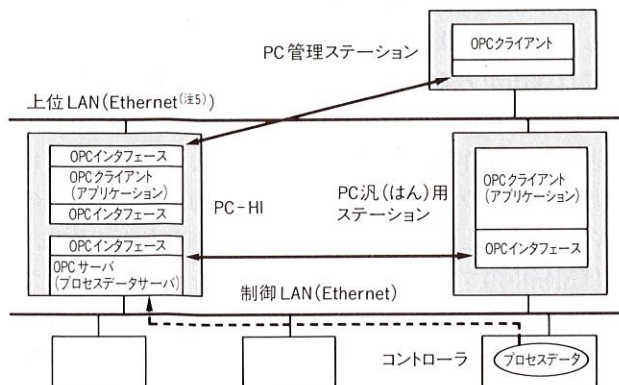


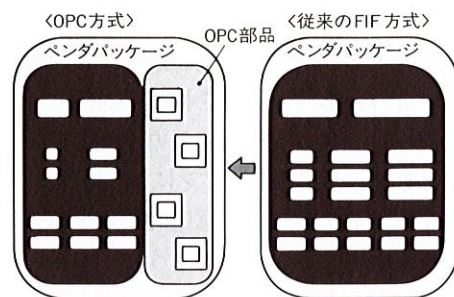
図 4. OPC 実装形態例 分散構成をとる複数のパソコン間のクライアント/サーバ方式である。

Example of OPC-based system

3.3.2 OPC がもたらすメリット OPC 準拠の制御システムでは、図 4 のような分散アプリケーション環境が作られる。このなかで異機種コントローラとのデータアクセスが標準的にでき、かつそのデータを用いたアプリケーションがソフトウェア部品の再利用と組合せで実現できる。

図 5、図 6 に現在のシステムとの違いを簡略に示す。

また、Microsoft® Internet Explorer (注6) 4.0 などのイントラネットによる Web アクセスによって、運転操業系と管理情報系間での画面の参照などが自在になる。さらに、制御システムにとって重要な次の要件で、進展の可能性がある。



従来の FIF (Fill In the Form) 方式から、OPC 部品の再利用と組合せ方式になる。

図 6. 画面の作りかたの変化 カスタム化した OPC 部品の再利用と組合せで生産性が上がる。

Application of software component based on OPC

- (1) リアルタイム性能 WindowsNT® (注7) 4.0 によるスレッド非同期機能がワークステーションを超える。
- (2) 信頼性 部品化による障害時の原因の見つけやすさと標準共通 API (Application Interface) による設計段階での信頼性が向上する。
- (3) システム性能評価 オブジェクトの位置的透過性と最適配置可能性の利点を生かした性能評価が可能になる。
- (4) RAS (Reliability, Availability and Serviceability) 支援機能 今後の仕様拡張によってアラーミングやエラートレースなどのサポート機能が向上する。
- (5) 保守サポート インターネットを用いた本格的遠隔保守が実現できる。

国際非営利法人である OPC Foundation とその日本地域組織の日本 OPC 協議会が仕様の制定と普及活動を行っており、当社はその代表的メンバーとして貢献している。現在の仕様では生データアクセス機能主体であるが、今後ヒストリカル、アラーム、バッチ、ERP/MES (Enterprise Resources Planning/Manufacturing Execution Systems) 接続などが拡張される予定である。

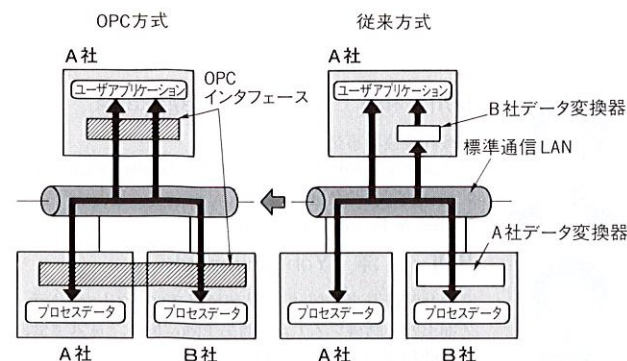


図 5. OPC と従来のデータ交換方式の比較 各社ごとの API が不要となる。

Comparison of data exchange by OPC and existing system

(注 5) Ethernet は、富士ゼロックス(株)の商標。

(注 6) Internet Explorer は、Microsoft 社の商標。

#### 4 これからの HI

現在、HI はビジュアル インタフェース全盛といえる。しかし、視覚だけに頼りすぎている面も否定できず、人間にとってより快適な HI への取組みも研究されている。

##### 4.1 マルチモーダル HI 技術

従来のオペレータコンソールの押しボタンによる指令は、操作は単純でも、操作者の意図を迅速に伝えることは困難である。すなわち、目的の画面に到達するまで、何回かのメニュー展開が必要である。

人間は、音声、表情、ジェスチャなどを使ってコミュニケーションをする。このように、情報を伝えるモードが複数 (注 7) WindowsNT は、Microsoft 社の商標。

数存在する状況をマルチモーダルと呼ぶ。音声に限っても、アクセント、イントネーション、発話速度、声の大きさ、敬語などの使い分けがあり、これを機械が的確に捕らえることは困難である。しかし、複数の入力チャネルをもつ新しいセンサがあれば、単に押しボタンによる指令より速く、操作員の音声やジェスチャなどの意図的情報を捕らえ、素早い応答をすることができる。このように、マルチモーダルインタフェースは、視覚、聴覚、触覚など人間の五感に相当する処理を行い、人間とコンピュータとの高度の会話を目ざすものである。

現在、HIに利用できるレベルにあるのは音声認識・音声合成技術である。音声は人間の日常的なコミュニケーション手段であり、人間が機械に対して無意識に人間と同じように接する傾向があることを考え合わせると、音声によるコンピュータとの対話は今後の一つの方向である。ただ、電車の中の携帯電話に周りの人が違和感を覚えることも多く、人間と会話するゲーム機でも普及しないと、この方法はなじまないかもしれない。

近い将来HIに応用されると思われるものに、視線や手の動きがある。口ほどにものを言う目や、言葉が出てこないときでも手振りで意志を伝えられるように、視線や手の動きはコミュニケーション上重要な役割を果たす。このような動きを確実に捕らえるセンサを開発し、それらを複合して判断するマルチモーダルHIができれば、目的とする情報に到達するまでにメニューを見ながら何回か画面展開することなく、一度の動作で済むことになる(図7)。

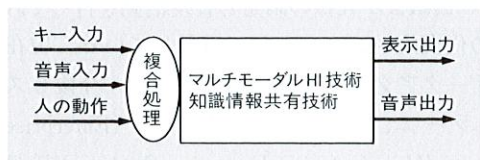


図7. これからのHIコア技術  
複合入力と同時に処理される。  
Future HI core technologies

#### 4.2 知的プラントオペレーション支援

プラントを運転するにあたって、運転員は多くの知識やノウハウを利用している。例えば、プラントの温度や圧力を見て手動介入し、バルブの開け閉めをするが、その動作は長年の間に蓄積されたノウハウによっており、ベテラン運転員ほど多くのノウハウをもっている。業務上の知識は、オペレーション手順のような体系化できるものと、“こつ”や事例などの体系化できない個人のノウハウに分けられる。前者は、論理的に記述することによりコンピュータによって何らかの支援ができるが、後者は属人的な知識にとどまり、死蔵されているのが現状である。

多くの場合、ベテランの動作は温度などの入力パターンを自分なりに分類しており、それに対する操作方法を決め

ていると考えられる。新人運転員がプラントの異常に気づいたがどうしていいかわからないとき、過去の似た状況時のベテランの対応方法を知れば、大きな運転支援となる。このようなノウハウの共有活用は重要な課題である。

ノウハウを組織内で共有し、活用する知識情報共有の研究が行われており、一部実用化されている。この技術は、運転支援や運転員の教育訓練に役だつと考えられる。

しかし、このようなシステムを用いても、ノウハウの獲得には課題がある。ノウハウの形式知化が難しいからである。ノウハウ獲得の方法として、①運転員の発話の利用、②運転員の操作状況の観測の二つが考えられる。前者は運転員がノウハウと気づいていない断片的な語りを、そのときの環境情報と関連づけて記憶するという方法であり、後者は運転中のプラントの入出力データをパターン化して覚えるという方法である。このように、業務を遂行しながら自然にノウハウをシステムに獲得する技術が今後の課題である。

## 5 あとがき

DCSの発展とともにHIも発達してきたし、これからも新しい技術とともにより使いやすいHIが開発されていくことであろう。「人に優しいヒューマンインタフェース」とはどんなものであろうか。今後ともこの課題を解決すべく、使う側に立った視点でHIの開発に取り組んでいく所存である。

## 文献

- (1) 吉村さやか: 「MULTI-IN™」の技術的特徴および使用例, 配管と装置, 37, 5, pp.37-41 (1997)
- (2) 島貫 洋: OPCが拓く新しい制御システム, 日経メカニカル別冊: デジタルファクトリ, pp.215-219 (1996)
- (3) 竹林洋一: マルチモーダルインタフェース, 日本ロボット学会誌, 15, 4, pp.501-506 (1997)
- (4) 中山康子, 他: 知識情報共有システムの開発と実践—オフィス知識ベースとノウハウベースの構築—, インタラクション'97, pp.103-110 (1997)



長川 和孝 Kazutaka Nagakawa

電機計装機器事業部 技監。  
デジタル制御機器およびシステムの企画・開発に従事。  
計測自動制御学会会員。  
Control & Instrumentation Div.



島貫 洋 Yoh Shimanuki

電機計装機器事業部 電機計装機器プロダクトマーケティング部主幹。制御システムの商品企画に従事。電気学会, 計測自動制御学会, ISA 会員。  
Control & Instrumentation Div.



中山 康子 Yasuko Nakayama

研究開発センター 情報・通信システム研究所主任研究員。  
知識処理・知的インタフェースの研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会会員。  
Communication & Information Systems Research Labs.