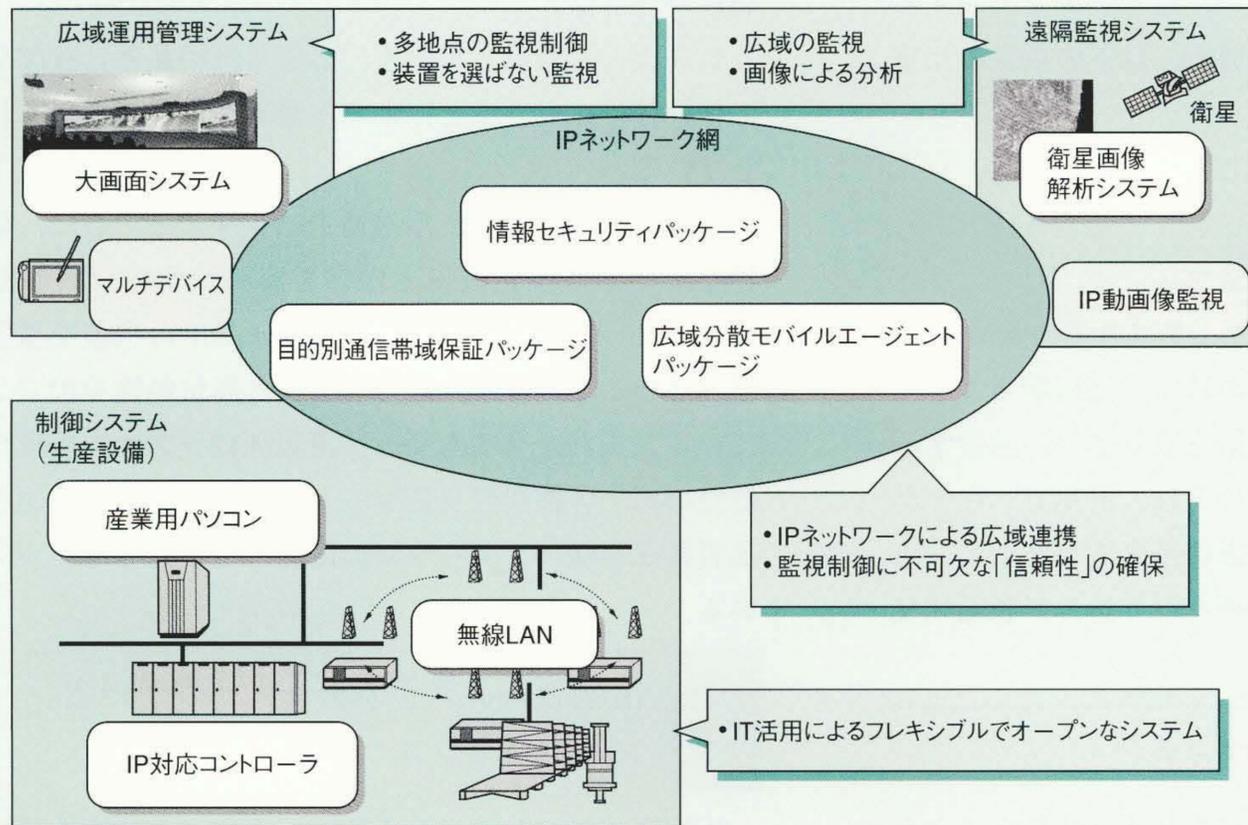


情報制御システム構築・運用に不可欠なソリューション

Solutions for Information and Control Systems

溝河貞生 Sadao Mizokawa 高谷壮一 Sôichi Takaya
 中野利彦 Toshihiko Nakano 高村稔子 Toshiko Takamura
 筒井和雄 Kazuo Tsutsui



注：略語説明
 IP (Internet Protocol)

ITを活用し広域化する情報制御システムと、それに不可欠なソリューション

日立製作所は、情報制御システムの「情報制御とネットワークの融合」を実現するために、各種ハードウェア製品、ソフトウェア製品・エンジニアリングを総合的に提供している。

各種の生産現場では、分散制御システムを広く普及させ、生産効率を向上させることで製品の低価格化と高品質化を図ってきた。しかし、経済活動がグローバル化する現在、わが国の企業には、国内だけではなく、全世界を視野に入れたコストや品質などでのいっそうの競争力が求められている。また、技術革新が速い現在では、市場への追従性も重要な課題になっている。

このような環境下にあって、各企業では、これまで分離して構築してきた生産設備の制御システムと、経営情報を管理するシステムをシームレスに統合し、企業活動のトータルな合理化を進める動きが加速している。また、ITの進展によって設備の遠隔監視・操作も容易となり、無人とすることによる省力化や自動化を実現し、企業の資産である広域の各種設備を融合することにより、設備維持と運用コストをトータルに低減しようとする動きも活発である。

日立製作所は、進展するITを情報制御システムで効果的に活用するための技術と製品群を開発し、ソリューションとして提案している。

1 はじめに

インターネットをはじめとするIT (Information Technology) の進展は、これまでの消費者ニーズ、ひいては企業の提供する製品やサービスにも大きな変革をもたらしている。企業には、消費者に提供する製品の高度化と、サービスの品質や利便性の向上が求められるとともに、企業の競争力を高めるための経営の効率化が重要な課題となっている。このため、企業が持つさまざまな設備を効率よく統合し、これらを制御するシステムを構築し、運用するソリューションが求められている。

ここでは、これからの情報制御システムの構築・運用に欠くことのできないソリューションについて述べる。

2 システムを取り巻く環境

制御システムは、従来の個別生産目的に応じた閉鎖的なシステムから、企業の活動での基盤となり、単なる生産制御ではなく、効率的な生産・物流・販売を行うための情報発信システムの役目を担うようになってきた。システム構成も情報系と統合され、全体が巨大な情報制御システムへ変ぼうしつつある。

一方、最近のわが国経済の低迷から設備が過剰になり

つつあり、システムの低コスト化と、旧設備の有効活用が課題となっている。

企業を取り巻くこのような環境の変化から、日立製作所が扱ってきたシステムに対する要求事項も、従来の24時間運転を可能とする高信頼性や高速な制御を実現するリアルタイム性というニーズに加え、以下の項目の比重が大きくなってきた。

- (1) 制御システムのグローバル化
- (2) 省力化, 自動化
- (3) 段階的なシステム構築の容易性
- (4) 構成ハードウェア・ソフトウェアコストの低減

これらのニーズにこたえるためには、従来培ってきた技術とともに、社外の優れた技術を取り込み、融合する必要がある。このため、日立製作所は、汎用アーキテクチャとオープンインタフェースを採用するとともに、モバイル技術の応用など幅広い技術を取り込み、製品に反映している。

3 課題に対するソリューション

上述の主要な課題に対して、日立製作所は以下のような取組みを行っている。

- (1) 制御システムのグローバル化

システムの統合を進めるためには、ネットワークに代表される種々のインタフェースのオープン性が重要である。このため、IP(Internet Protocol)ネットワークアーキテクチャをベースにシステムを構築することによってシステム間の相互接続性を確保し、システム統合を容易に実現するとともに、重要情報を防護するためのセキュリティ技術や、システムで扱う多様な情報種別に応じた通信を可能とする帯域制御技術によって広域化を図っている。

- (2) 省力化, 自動化

運用・維持費用を削減するうえで、遠隔からの監視・保守機能や、広域に点在する各種システムを効率よく運用するための広域連携機能は重要な機能である。これらを実現するために、セキュリティ技術と広域連携技術を開発し、インターネットに代表されるITを駆使した広域システムの構築を推進している。また、大画面ディスプレイの採用により、画像情報を有効活用した視覚機能の向上も図っている。

- (3) 段階的なシステム構築の容易性

今後、新旧システムの混在が進む中で、オープンインタフェースと既設システムとのインタフェースを整備す

ることにより、シームレスな接続を可能としている。また、物理的なインタフェースだけでなく、システム保守情報の一元化やヒューマンインタフェースの統一など、操作性と保守性の統一も図っている。

- (4) ハードウェア・ソフトウェアコストの低減

システムの機能と重要度に応じて汎用品と自社開発品の使い分けを行うことにより、最適コストの実現を目指している。

自社開発品では、汎用技術を活用するとともに、信頼性を高める多重化技術と保守を容易にするためのRAS (Reliability, Availability, Serviceability)機能を機器に組み込むことにより、低コスト化と高信頼性を両立させている。また、タイムリーに情報制御システムを提供するために、各種開発支援ツールによって開発期間短縮と品質確保を図り、トータルの開発コスト低減を実現している。

4 情報制御システムアーキテクチャとシステムソリューション

WWW技術に代表されるIPネットワーク技術を活用した情報制御システムを構築するためには、情報系システムの技術や機器を効果的に活用するとともに、情報制御システムが持つべき信頼性や安全性を確保し、既存システムと連携することが不可欠である。

日立製作所は、これらを実現するために、情報制御システムアーキテクチャとシステムソリューションを提案している(図1参照)。

4.1 情報制御システムアーキテクチャ

情報制御システムは、IPネットワーク技術を活用することにより、情報系を含めた広域分散情報制御システムとして構築されるようになってきている。

この広域分散情報制御システムを実現するためには、以下の要素が不可欠である。

- (1) オープンインタフェースによる相互連携
- (2) 情報制御システムとしてのセキュリティと信頼性の確保
- (3) 段階的なシステム構築

上記(1)の相互連携については主に、Java^{※1)}に代表されるオブジェクト指向型のネットワーク言語でシステムを構築する。しかし、(2)の情報制御システムで要求さ

※1) JavaおよびすべてのJava関連の商標およびロゴは、米国およびその他の国における米国Sun Microsystems, Inc.の商標または登録商標である。

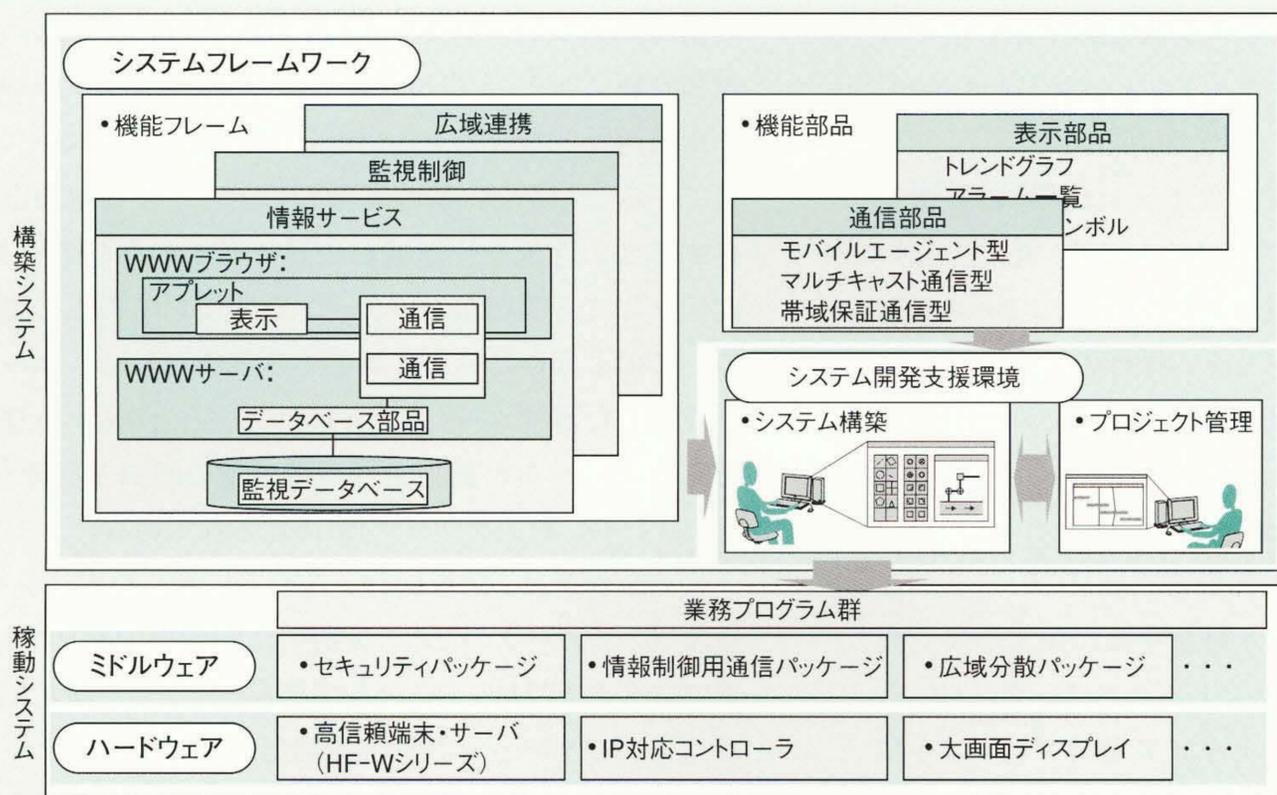


図1 情報制御システムアーキテクチャ

情報制御システムでは、IPネットワークを活用した広域分散システムを実現するためのシステムフレームワーク、システム開発支援環境、ミドルウェアコンポーネント、およびハードウェアコンポーネントを提供する。

れる高い信頼性やセキュリティを確保し、(3)の段階的な構築を低工数で実現するには「施策」が必要である。

日立製作所は、これらの課題に対応するために、広域分散情報制御システムのアーキテクチャを“e-CommArt (Electronic Communication and Community Architecture)”としてモデル化することにより、以下の機能と環境を提供している。

(1) 情報制御システムの枠組みを示す機能フレームと、各機能フレームに埋め込む機能部品群から成るシステムフレームワーク

(2) 情報制御の信頼性を確保するためのミドルウェア群

(3) 円滑なシステム構築とプロジェクト管理を実現するシステム開発支援環境

これらにより、また、モバイルエージェントなど最新の技術を取り入れて、IPネットワーク技術活用の広域分散情報制御システムを信頼性高く構築することができる。と考える。

4.2 システムソリューション

IPネットワークをベースにした広域分散の情報制御システムを構築するには、最新技術や汎用品の知識、情報制御システムに活用するためのノウハウが不可欠である。

日立製作所は、情報系システムから制御システムまでのシステム構築実績と最先端技術の研究開発を基に、計画段階でのコンサルティングから運用、保守までのシステムライフサイクル全般を支援するための、一貫したエ

ンジニアリング システム ソリューションを体系化している。これにより、最適なシステムの構築を支援している。

5 ソフトウェアソリューション

魅力ある情報制御システムを提供していくためには、従来製品である制御ミドルウェアの拡充に加え、広域IPネットワークと情報制御システムを接続し、現地サイトの省力化・無人化に対応する遠方監視や、情報制御システム間の広域連携などによる高付加価値化が必要である。

新しい付加価値を持った情報制御システムを支えるソフトウェア製品群として、セキュリティ製品、ネットワークソフトウェア製品、および広域分散システムミドルウェアがある。

5.1 セキュリティ製品

電力・ガス・鉄道といった重要な社会基盤に対するサイバーテロ対策にかかわる特別行動計画が政府主導で策定されており、情報制御システムにおけるセキュリティ対策がこれまでも増して重要となっている。日立製作所は、高い安全性が求められる情報制御システムについて、制御系の強固なセキュリティを特徴とし、企画・構築から監視・運用まで、システムのライフサイクルに応じたソリューションを提供している。制御系の強固なセキュリティを実現する製品と技術について以下に述べる。

(1) プラントファイアウォール“PointGuard”

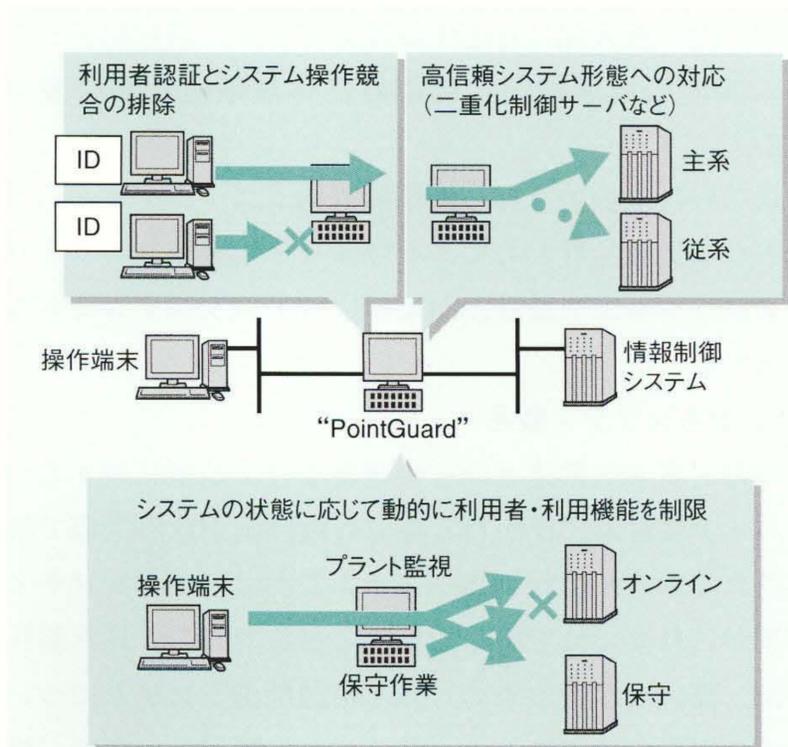
情報制御システムをネットワーク経由の不正アクセス攻撃から守るためのプラントファイアウォール“PointGuard”を開発した(図2参照)。

PointGuardが一般のファイアウォールと異なる特徴として、オンライン・保守などのシステム状態に応じ、(a) 利用者や利用機能を動的に制限できること、(b) 遠隔制御での厳密な利用者認証とシステム操作の競合を排除できること、および(c) 二重化制御サーバなどの高信頼システム形態に対応できることがあげられる。

(2) セキュア通信プロトコル技術

日立製作所は、情報処理振興事業協会(IPA)の石油精製業ネットワークセキュリティ対策事業に関する研究開発の一環として、「大規模プラントネットワークにおける遠隔操作、遠隔保守のためのセキュア通信プロトコル技術」について研究を担当した¹⁾。

このプロトコルでは、「操作権限」という概念を導入し、複数の操作員が遠隔から制御を行う場合にも、一連の操作が重なることなく安全に行える点が特徴である。“STP(Secure Tele-operation Protocol)”と呼ぶ、このプロトコルにより、情報制御システムに対する遠隔操作、保守の安全性が確保できる。



注：略語説明
ID(Identification)

図2 “PointGuard”の特徴と機能

情報制御システムに必要な、強固なセキュリティ機能をプラントファイアウォールとして提供する。

5.2 ネットワークソフトウェア製品

情報制御システムでのネットワーク通信については、制御情報に加え、音声などのマルチメディアデータやファイル転送などを含めた通信を行いたいというニーズが増えている。しかし、異なる種類のデータが通信路上に共存すると、遅延なく連続して送る必要のあるデータと、間延びしても問題がないデータを区別して扱う必要がある。このようなニーズに対応する技術として、ユーザーが設定したポリシー(利用方針)に従って、ネットワークを流れるデータの優先処理や帯域量の制御を行う「ポリシーベースネットワーク」が注目されている。

日立製作所は、情報制御システムに適したポリシーベースネットワークのための動的帯域制御機能をソフトウェアプロダクト“DoCAN”として製品化した。“DoCAN”では、アプリケーション種別や通信プロトコルにより、また、あて先ごとに帯域量をポリシーとして設定することにより、ネットワークを流れるデータの帯域量を制御することができる。“DoCAN”の特徴的な機能は以下のとおりである(図3参照)。

(1) 動的帯域制御

データの種別ごとに帯域を制御することにより、ユーザーニーズに応じてQoS(Quality of Service：サービスの品質)を保証することができる。

(2) 帯域制御機能をソフトウェアで実現

ソフトウェア(ソケットインタフェース)によって特別なハードウェアなしで帯域制御機能を実現することができる。

(3) ポリシーの定義と配布

マネージャ機能によるポリシーの一括定義と、定義したポリシーの一括配布を行うことができる。

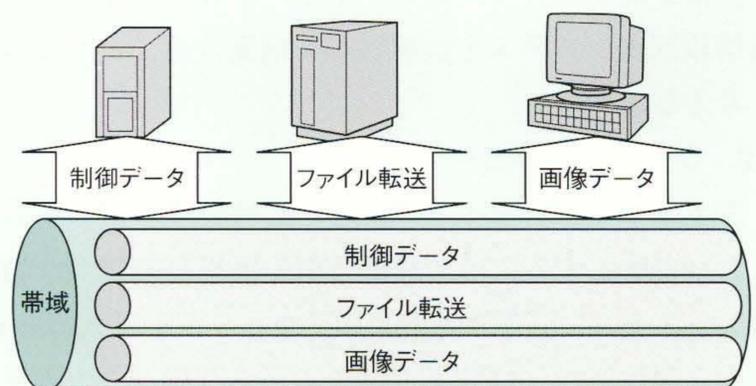


図3 “DoCAN”による帯域制御

ファイルや画像データの転送が発生した場合にも、制御データを通信するための帯域を確保する。

5.3 広域分散システムエージェント型ミドルウェア

IPネットワークの利用により、広域に分散したシステムで接続機器の監視やさまざまな情報サービス・メッセージ交換を行うためのソフトウェアであり、時間的、動的に変化するシステムの状態に応じて、必要となる拠点に「エージェント」として配信するモバイルエージェント機能も提供する。

このミドルウェアは、(1) 大規模システムに不可欠な段階的構築に対応する、Javaをベースとしたエージェント配信や実行管理のシステムアーキテクチャ、(2) 広域分散システムの開発と設計に適した“JavaBeans”による部品化、および(3) サーバ間で情報交換するインタフェースへのXML(Extensible Markup Language)の採用を特徴としている。

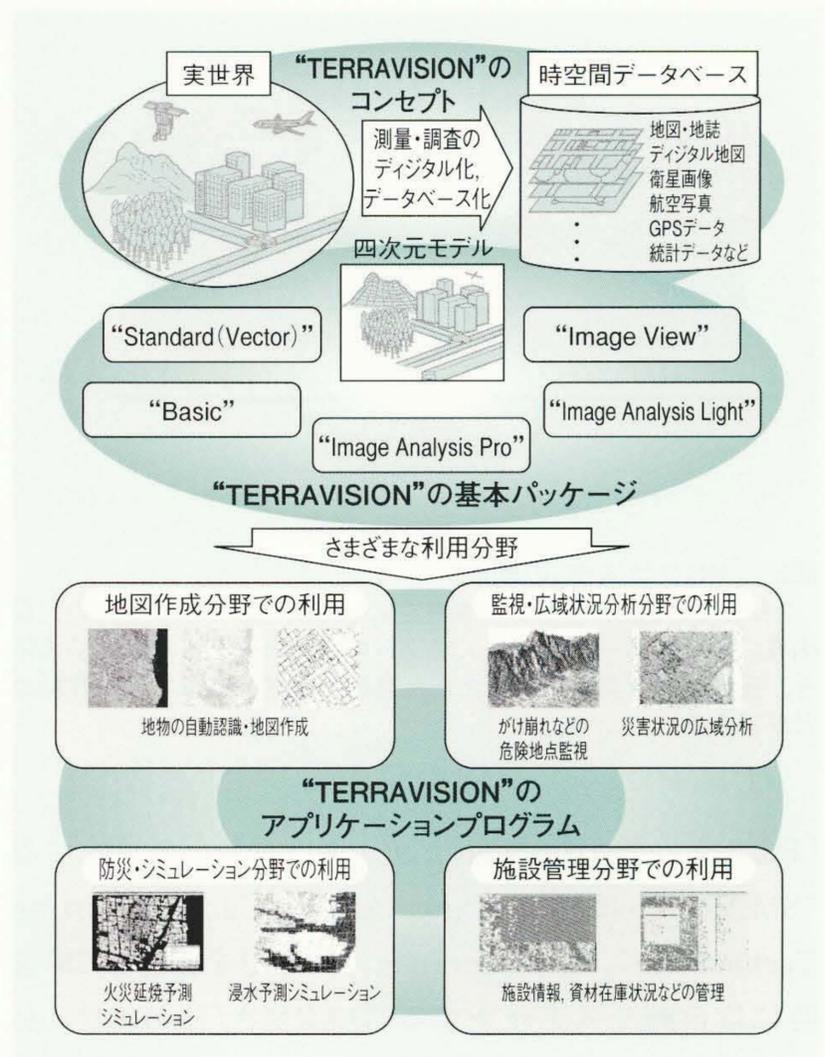
このミドルウェアにより、分散した監視制御や生産拠点の統括監視の高度化、さらに、高速のIPネットワークで結ばれた各家庭への生活情報コンテンツサービスや、家庭内機器のホームセキュリティサービスなどのASP(Application Service Provider)事業の活性化が期待できる。

5.4 高分解能商用衛星画像を応用した製品

GIS(地理情報システム)は、人々の生活空間を計算機上で管理する基盤として、IT革命推進上重要な役割を担う。高分解能商用衛星画像は、GIS基盤となる地理情報の更新に有効であるとともに、画像が提供する面情報やスペクトル情報を地図情報と結合することにより、地図作成・更新、広域監視、不動産・施設管理、農地・森林管理、防災管理などさまざまな分野に有効な情報をもたらす。これら各種情報を、整備が進んでいる光ファイバや、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)などの高速通信技術をベースにインターネットを介して提供していくことにより、画像データの配信、地理情報処理機能の提供、情報加工・判読など、種々のサービスが期待される。

地図画像統合利用環境として開発したものが、地理情報処理ソフトウェア“TERRAVISION”である。“TERRAVISION”では、従来の平面的な地理データに加え、高さと時間の概念を統合した四次元モデルを用いることにより、実世界を計算機上の時空間データベースとして表現する。

“TERRAVISION”の特徴を生かした、画像からの地図作成、監視、広域状況分析、防災、シミュレーション、施設管理など広い分野での利用例を図4に示す。



注：略語説明

GPS(Global Positioning System)

図4 “TERRAVISION”のコンセプトと利用分野

実世界を時空間データベースで表現し、広域情報分析、防災、施設管理など、広い分野で利用できる。

6 ハードウェアソリューション

6.1 パソコンアーキテクチャの取り込みと高信頼化技術

パソコンの性能・安定性・コストパフォーマンスの向上には目覚ましいものがあり、情報制御の端末やサーバ機器への浸透は加速している。日立製作所は、情報制御用としてパソコンアーキテクチャに次の要素を付加した、高信頼の端末とサーバを製品化している。

- (1) 長期安定供給
- (2) 高稼働率
- (3) RAS機能
- (4) 長期使用期間(長寿命)
- (5) ホワイトボックス化

長期安定供給については、パソコン関連部品の製品サイクルの短命化に対し、部品改廃設計の継続を実現している。

高稼働率では、複数台のパソコンをLANで接続するだけでCPU・ディスク・LANアドレスの多重化ができる

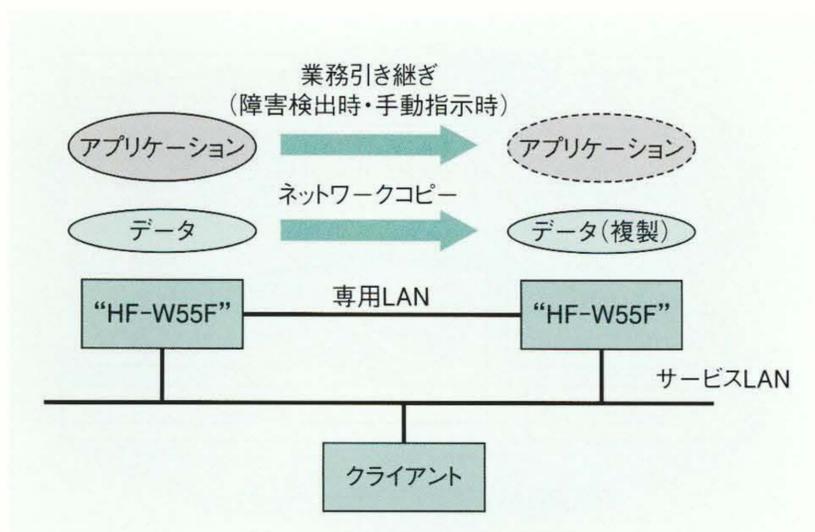


図5 「PCクラスタ」の構成

2台の“HF-W55”をクラスタ構成にした例を示す。二重化の冗長構成により、ハードウェア・ソフトウェア障害時に業務を引き継ぎ、高稼働率を実現する。また、業務を継続したまま保守作業などができる。

「PCクラスタ」(図5参照)、ディスクの故障予測をする“SMART(Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology)”, OS(Operating System)を監視して障害時には自動リスタートする“DARMA(Dependable Autonomous Hard Realtime Management)”, 使用可能なメモリが減っていく「メモリーリーク」を検出するメモリ監視などの技術を適用している。

長期使用期間については、10年連続使用が可能な電源、冷却ファン、プリント板などを採用している。

また、技術的な構造が不明な「ブラックボックス」に対して、技術構造が明白なOSの「ホワイトボックス化」は、公共設備などの高信頼と安定稼働に重要である。日立製作所は、オープンソースOSであるLinux^{※2)}に上記高信頼化の技術を付加したエンジニアリングサービスを提供している。

6.2 コントローラとPLC共通技術

コントローラとPLC(Programmable Logic Controller)は、プロセス入出力装置を介し、生産ラインなどを直接制御する機器である。最近の技術課題としては、次のようなものがある。

- (1) フィールドネットワークの選択肢拡大
- (2) プログラミング言語の使い勝手
- (3) IPコントローラ機能

日立製作所は、フィールドネットワークについて最も主流のイーサネット^{※3)}に加え、汎用のDeviceNet^{※4)}, JPCN-1, 多重化光ループなどにより、多岐にわたる需要に対応している。

プログラミング言語では、分野別専用ミドルウェアに

加え、日立製作所が他社に先行して投入した汎用のフローチャート言語“HI-FLOW”, 国際標準IEC61131-3に基づいた言語“HIT-ISaGRAF”などを顧客用途に応じて提供している。また、IPを活用したインターネット経由のリモート監視・制御機能についても取り組んでいる。

6.3 無線LAN技術

無線LANは、配線が不要で、移動体への取り込みが容易などの特徴から、これまで産業分野でも使用されてきた。これに対して、さらに高速化・広域化した無線伝送が可能な「無線リングネットワーク」を開発した。このネットワークでは、近年標準化された高速無線LAN技術を導入し、無線中継局をリング状に配置して経路を二重化することにより、障害発生時に高速バックアップを行うルートダイバーシチ方式を採用している。

今後、Bluetoothや5 GHz帯無線LAN、光無線などの新しい無線技術を取り込み、多様なニーズに適応できる無線ネットワークコンポーネントを提案していく考えである。

6.4 情報制御関連製品

6.4.1 産業用パソコン「HF-Wシリーズ」

日立製作所は、産業用・組込み用パソコン「HF-Wシリーズ」を製品化している。この製品は、最新のパソコンアーキテクチャに、10年使用、3年供給、稼働監視などのRAS機能とディスク故障予測のSMART機能などを標準装備し、端末とサーバの両機能を備えている。さらに、オプションとして、「PCクラスタ」, “RAID(Redundant Array of Independent Discs: ディスクの二重化)”なども提供している。

利用分野としては、信号、監視・制御、電力、半導体・電子部品、公共、FA、印刷など多岐にわたっており、さらに広がりつつある。HF-Wシリーズのうち、代表的な標準機である“HF-W25F”と高性能機“HF-W55F”(図6参照)の主な仕様を表1に示す。

6.4.2 プロジェクタアレーシステム

プロジェクタアレーは、複数のプロジェクタ画面の境界部を重ね合わせ、補正制御をすることにより、継目のない一つの大画面を表示するものである(図7, 8参照)。

※2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

※3) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

※4) DeviceNetは、ODVA(Open DeviceNet Vendor Association)の登録商標である。



図6 産業用パソコン“HF-W55F”の外観
 HF-W55Fは、2001年2月に発売した産業用パソコン「HF-Wシリーズ」の最高モデルである。

表1 HF-W25F/55Fの主な仕様
 HF-Wシリーズの代表的な機種の主な仕様を示す。

項目	HF-W25F	HF-W55F
OS	Windows NT*1, Windows 2000*2, Linux	
プロセッサ	Celeron*3 566 MHz	Pentium III*4 850 MHz
メモリ	64~768 Mバイト ECC付き	
ディスク	IDE 10~20 Gバイト	SCSI 9~36 Gバイト
オプション	RAID	RAID(ホットスワップ)
スロット	PCI×5(ISA×4)	PCI×4(ISA×4)
電源	AC100~240 V	
温度範囲	5~45 °C	
外形寸法 (ラックマウント、 デスクトップタイプ)	幅400×奥行450×高さ150(mm)	
規格	VCCI-A, FCC-A, UL, CSA, CEマーキング	

注：略語説明ほか
 ECC(Error Correcting Code)
 IDE(Integrated Drive Electronics)
 RAID(Redundant Array of Independent Discs)
 SCSI(Small Computer System Interface)
 PCI(Peripheral Component Interconnect)
 ISA(Industry Standard Architecture)
 *1,*2 Windows NTおよびWindowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。
 *3 Celeronは、米国Intel Corp.の商標である。
 *4 Pentiumは、米国Intel Corp.の登録商標である。

各プロジェクタの画像では、パソコンで制御されるおのこの画像制御コントローラにより、境界部を継目なしとなるように、輝度などが制御される。これにより、静止画から動画、平面から曲面まで多彩な大きさ・形状のスクリーンに、継目なしの大画面(特に100型以上に有効)の表示が可能となる。

プロジェクタアレーの特徴は、専用の画像制御コントローラを除き、プロジェクタやパソコンなど映像システムを構成するものには市販の最適のものが使えることと、画面の大きさ・形状・明るさがシステムに応じて柔軟に変えられることである。

現在、ビジュアルライゼーション(可視化)や運転監視、

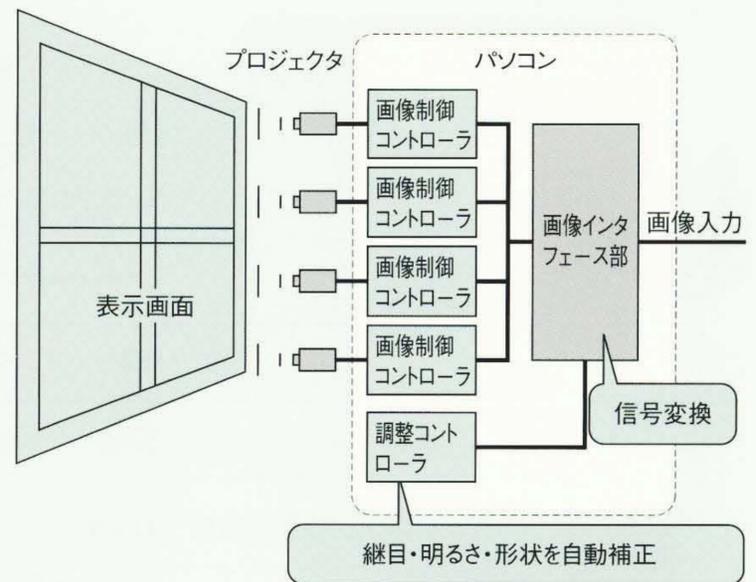
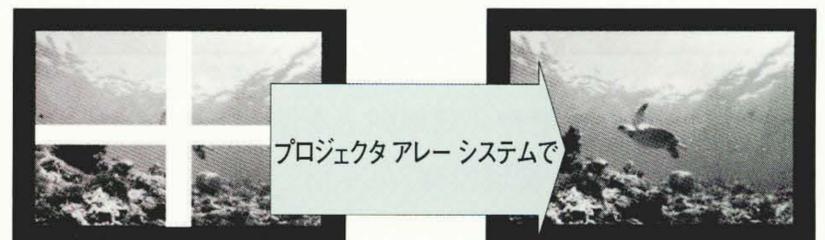


図7 プロジェクタアレーの構成

複数のプロジェクタ画面の境界部を重ね合わせ、調整コントローラで補正計算した結果を画像制御コントローラへフィードバックすることにより、継目のない映像表示を実現する。



(1) 映像の重なった所が明るくなる。
 (2) それぞれの映像の色が異なる。

(1) 継目がなく、大画面、高精細、高輝度の映像
 (2) 明るさ・色・形状を自動調整

(a) 補正前

(b) 補正後

図8 プロジェクタ画面の比較

2段×2列の前面投射型プロジェクタでの映像表示の例を示す。

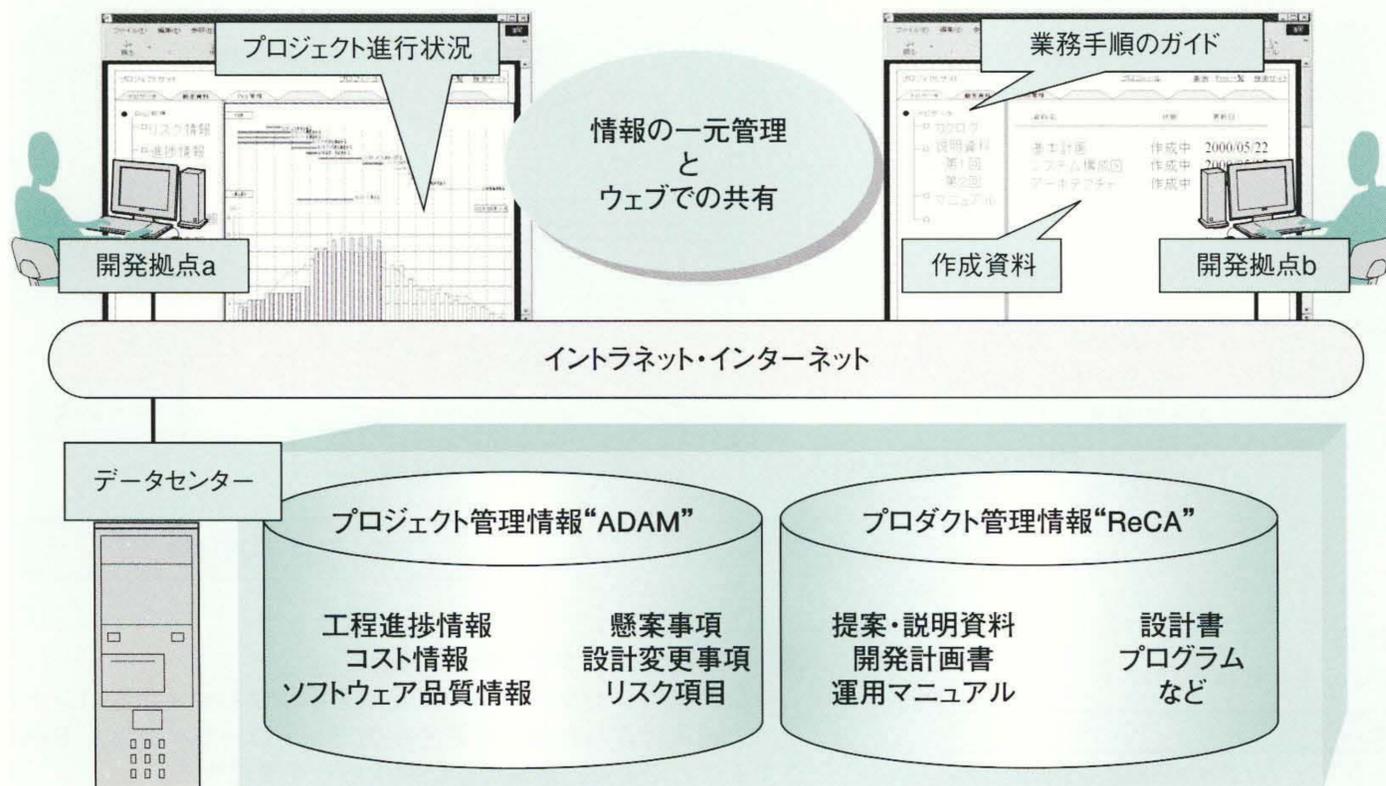
プレゼンテーションなどの用途に数多く利用されつつあり、今後ますます需要の増加が期待されている。

7 システム開発支援環境

情報制御システムの高度化により、システム開発のプロジェクト管理がますます重要になってきている。日立製作所は、計画から開発・保守、さらに運用までを一貫して支援する、以下のようなシステム開発支援環境を整備することにより、高品質・高効率のシステム開発を支援している(図9参照)。

7.1 プロジェクトの情報共有

ソフトウェアの開発ドキュメントやプログラムなどの成果物と、プロジェクト進捗(ちよく)管理情報、懸案事項、リスク項目などのプロジェクト管理情報をデータセンターで一元管理し、インターネットやイントラネット



注：略語説明

ADAM (Advanced Support Environment for System Development and Management)

ReCA (Reuse Based Software Configuration and Product Management System)

図9 広域分散環境に対応したグローバルな開発支援環境

インターネット・イントラネットを利用して、分散した開発拠点間のプロジェクトの管理情報と、プロダクト管理情報を統合的に管理する。

を經由して情報を共有することで、広域分散における開発とプロジェクト管理の効率向上を図っている。

7.2 プロジェクト管理情報“ADAM”

プロジェクトの進捗や品質を成果物の状況を基に定量的に把握し、可視化することにより、高精度のプロジェクト管理を支援する。

7.3 プロダクト管理情報“ReCA”

高信頼のシステム構築を行うため、資料や設計書、プログラムファイルなどのソフトウェア資産管理、構成管理、および配布管理を支援する。

8 おわりに

ここでは、情報制御システム構築・運用に欠くことのできないソリューションについて述べた。

ITの進展により、情報制御システムはさらに高度なシステムへと進展していくものと予想する。今後も、ユーザーのニーズにこたえるソリューションを提案していく考えである。

参考文献

- 1) 大規模プラント・ネットワーク・セキュリティ対策委員会：最終報告書(平12-3)

執筆者紹介



溝河貞生

1970年日立製作所入社、システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 システムソリューション設計部 所属
現在、システムエンジニアリング業務の取りまとめに従事
電子情報通信学会会員、電気学会会員
E-mail: sadao_mizokawa @ pis. hitachi. co. jp



中野利彦

1980年日立製作所入社、システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 システムソリューション設計部 所属
現在、情報制御システムのアーキテクチャ・ソフトウェア製品群の開発、取りまとめに従事
E-mail: toshihiko_nakano @ pis. hitachi. co. jp



筒井和雄

1974年日立製作所入社、システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 社会システム設計部 所属
現在、地理情報応用システム、情報通信システムの設計、エンジニアリング取りまとめに従事
技術士(情報工学部門)
電子情報通信学会会員
E-mail: kazuo_tsutsui @ pis. hitachi. co. jp



高谷壮一

1983年日立製作所入社、システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 情報制御機器設計部 所属
現在、産業用計算機システムの開発、取りまとめに従事
E-mail: souichi_takaya @ pis. hitachi. co. jp



高村稔子

1983年日立製作所入社、システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 ソフト技術開発部 所属
現在、プロジェクト運営の支援環境とシステム取りまとめに従事
情報処理学会会員
E-mail: toshiko_takamura @ pis. hitachi. co. jp