

中小規模プラント向け 分散型デジタル計装制御システムの開発

Development of Distributed Digital Control System
for Small or Medium-Sized Plants

神戸造船所 竹内久治^{*1}

高砂製作所 西崎太真^{*2}

技術本部 石井圭^{*3} 井出幹生^{*3}

夏目明典^{*4}

分散型デジタル計装制御システム (DCS) は、配線コストや設置場所の削減に有効であり、従来は主に大規模プラントに適用されていた。筆者らは、中小規模プラントに適用しやすいよう、以下の特徴を持つ DCS を開発した。(1)各機能カードの挿入位置に関係なくカード間の通信を可能とし、カード配置の自由度を高めた。(2)最大シャシ間距離を長くし、小単位 (シャシ) での分散配置に対応可能とした。(3)高速な RISC チップとトークンパッシング方式の高速通信を採用し、高い制御演算性能を確保した。(4)光通信を可能とし、カードの耐環境性を高くして、現場設置を容易にした。本 DCS を幾つかのプラントに適用し有用性を確認できた。

A distributed digital control system (DCS) is effective in reducing the electrical wiring cost and the space required, and many DCSs have been offered to large-sized plants. We have therefor developed a DCS with the following characteristics which can be easily applied to small or medium-sized plants. (1) Input, output and CPU cards are all able to communicate with each other without relation to card position, so flexibility of card arrangement is increased. (2) The communication distance between chassis has been made long, so dispersion by a small unit (chassis) is possible. (3) A high-performance RISC chip and a high-speed network using token-passing protocol have been adopted, so high control processing ability is secured. (4) Optical communication between chassis has been developed and the card specifications against the environment have been improved, making field establishment easy. We have applied this DCS to many plants, and we have been able to confirm its effects.

1. ま え が き

分散型デジタル計装制御システム (DSC: Distributed Digital Control System) は、制御装置を分散配置し、ネットワークで接続することで機能分散を図ると同時に、配線コストや設置スペースの低減及び広域にわたる監視制御の実現が期待できる。このような背景により、既に数多くの DCS が実用化されている。

従来の DCS は、大規模プラントを主要対象としていた。これは、プラント規模が大きいほど分散のメリットが生かされることが主な理由である。一方、ビル空調や冷熱等の中小規模プラントでも配線コストの低減や制御の高度化のためには、DCS が必要である。しかしながら、従来の DCS を中小規模プラントに適用するには、制御装置が大きく広い設置場所が必要であり、また屋外設置など現場設置の環境条件に適合するものが少ないという問題が存在した。

そこで筆者らは、中小規模プラントでの要求にこたえるべく、現場設置が容易な DCS を開発した。

本報では、この DCS (以下、MHI-DCS と称す) の特徴並びに適用例について述べる。

2. システムの要求事項

DCS が対象とするプラント規模を図 1 に示すように、入出力信号の点数 (I/O 点数) で区分した。中小規模とは、実験設備等の数百点規模からビル空調や冷熱設備といった数千点規模までのプラントを対象としている。これら中小規模プラントに DCS を適用す

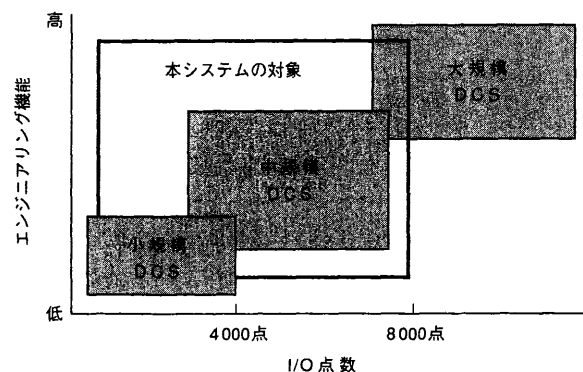


図1 プラント規模の区分 システム規模を I/O 点数で区分し、MHI-DCS の対象範囲を示す。
Classification of plant size

るには、次の点が要求される。

- (1) プラント規模に応じ DCS の構成を容易に拡張できる柔軟性
- (2) シーケンス制御やアナログ制御が可能な高度制御演算機能
- (3) 現場環境に適した耐環境性
- (4) 二重化構成などを可能とした高い信頼性
- (5) 保守時間短縮が可能な高い保守性
- (6) 使いやすい監視、操作機能

3. MHI-DCS の特徴

前記の要求仕様に対応させて表 1 に MHI-DCS の特徴を示す。各特徴については以下に詳述する。

*1 電子・宇宙技術情報・電子機器設計課
*2 機械技術部電気機器設計課

*3 高砂研究所制御システム研究室
*4 エレクトロニクス技術部システム技術開発センター

表1 MHI-DCSの特徴
Feature of MHI-DCS

特 徴	メリット
柔軟性	・機能カードの配置が自由 ・シャシ単位の小型盤で分散可能
制御性	・RISCチップを採用し高速演算が可能 ・規定時間内の通信権を保証 ・ファンクションブロック図で制御が組める
耐環境性	・優れた耐環境性 (IEC規格に準拠) ・NK (日本海事協会) 認定試験に合格 ・光通信可能
信頼性	・CPUカードの二重化可能 ・通信の二重化可能
保守性	・機能カードの活線挿抜可能 ・フロントアクセス設計 ・豊富な自己診断機能
操作性	・CRTオペレーション ・多種の監視操作画面を標準装備 ・タッチパネル使用可能

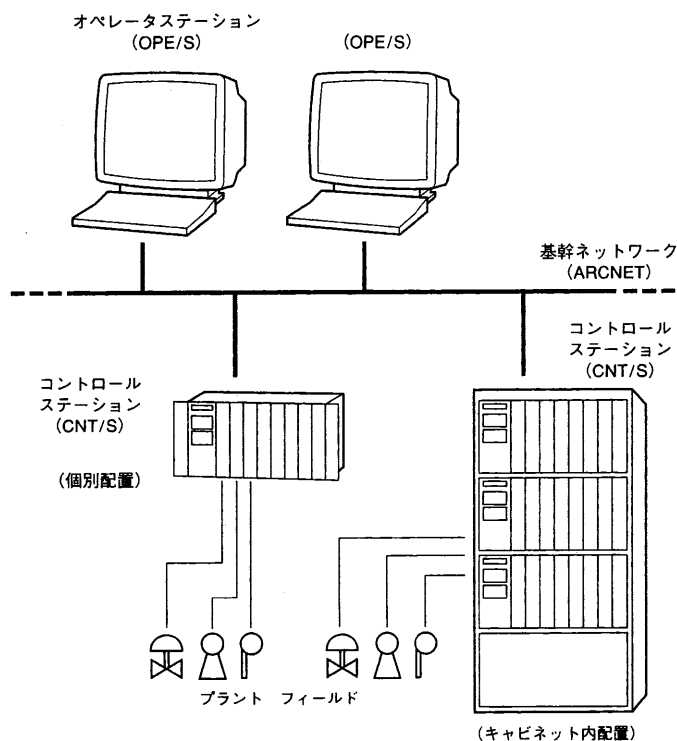


図2 MHI-DCSの基本構成例 典型的な構成は、基幹ネットワーク、複数台のCNT/SとOPE/Sから成る。
Typical system structure of MHI-DCS

3.1 システムの基本構成

MHI-DCSの基本構成を図2に、基本仕様を表2に示す。

MHI-DCSは、基幹ネットワークとそれに接続された操作監視用のオペレータステーション (OPE/S) と入出力並びに制御演算を行うコントロールステーション (CNT/S) と入出力から成る。

CNT/Sは、CPUカード及び各種入出力カードを挿入したシャシから成る。シャシには他に電源及び通信リピータが組込まれ、シャシ単位で現場等に設置可能である。CNT/Sの概観写真を図3に示す。シャシ当たり、機能カード (CPUカード、各種入力、出力カード) を最大8枚まで挿入できる。

3.2 柔軟性

各機能カードには、個別に通信機能を持たせ、一つのネットワークに通信機能上対等に接続できるようにした。機能カードは、

表2 MHI-DCSの基本仕様
Principal specification of MHI-DCS

区 分	項 目	仕 様
オペレータステーション (OPE/S)	計算機ハードウェア	UNIX ワークステーション 又は DOS/V PC
	CRT 解像度	W 1280×H 1024 ピクセル
コントロールステーション (CNT/S)	シャシ外形 カード数 入出力点数	W 482×H 310×D 210 mm 254 枚/ネットワーク アナログ : 2024 点/ネットワーク デジタル : 8096 点/ネットワーク i80960 搭載、二重化可能
	CPU カード仕様 制御タスク数 入出力カード仕様	最大 384 タスク/CPU 接点入力 : 32 ch/カード 接点出力 : 32 ch/カード 4 ~ 20 mA / 1 ~ 5 V : 8 ch/カード RTD (Pt 100 Ω) : 8 ch/カード 熱電対 : 7 ch/カード ほか
基幹ネットワーク	ハードウェア仕様 通信速度 ノード間距離	ARCNET (二重化可能) 2.5 Mbps 最大 600 m (全長最大 6.4 km)

注) 1. UNIX : UNIX System Laboratories, Inc. の商標
2. ARCNET : データポイント社登録商標
3. i80960 : インテル社製

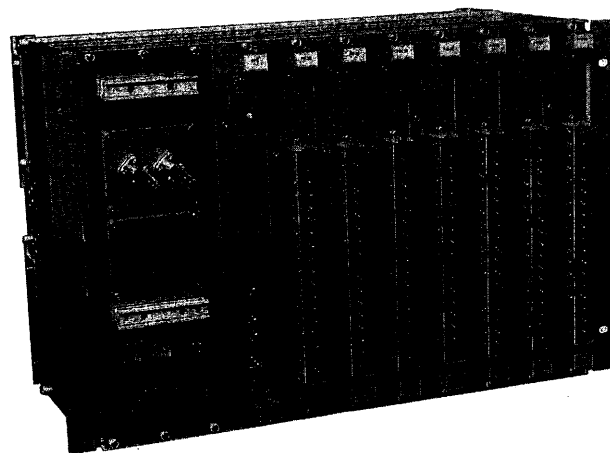


図3 CNT/Sの外観 CPUカードと入力カード、出力カード8枚が入ったCNT/Sのシャシ外観を示す。
General view of CNT/S

任意のシャシの任意スロット位置に挿入できるので、カード配置の自由度が増し、増設が容易である。これが、MHI-DCSの最も大きな特徴である。例えば、入出力点増加によるカード増設の場合、任意のシャシの空スロットを利用できる。また、シャシ増設の場合は、多くのDCSのようなシャシごとにCPUカードを設ける必要がなく、入力、出力カードだけのシャシを増設できる。このようにして、拡張の容易性とコンパクト化のメリットが得られる。

また、基幹ネットワークは、各シャシの通信リピータを介して延長し、シャシ間は最大600m、全長最大6.4kmまで延ばすことができる。これによりシャシ単位の分散配置が広い範囲にわたって可能となる。

3.3 制御性

制御演算を行うCPUカードには、RISCチップを採用し、高速演算によりシーケンス制御やアナログ制御等、種々のプラント制御に対応可能とした。演算量が多い場合、CPUカードを増設して負荷分散を図ることができる。

制御演算のアルゴリズムは、ファンクションブロック図で記述し、エンジニアリングツールによりプログラムに自動変換して実行するので、誤りのない高品質の制御プログラムを効率的に作る

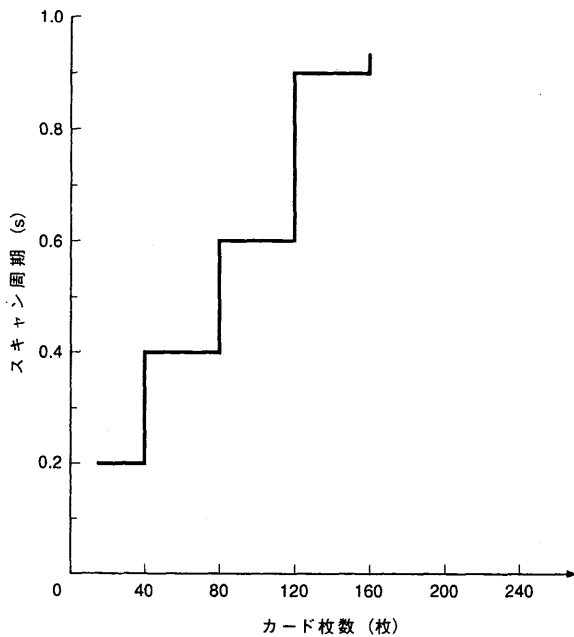


図4 システム規模（カード枚数）とスキャン周期の関係
入力点数：出力点数＝3：1，同一周期でスキャンする条件でのスキャン周期限界値の計算結果（カード40枚ごとに計算）を示す。

Example of evaluation of scan-time toward system size

ことが可能である。

CPUカードは、各入力カード、出力カードと基幹ネットワークによる通信を介し入出力を行うので、制御周期を保証するため各カードとの通信が規定時間内に確実にできるよう、通信権が均等に回ってくるトークンパッシング方式のARCNET⁽¹⁾を基幹ネットワークに採用した。

制御性能の指標として、システム規模（機能カード枚数）と入出力する周期（スキャン周期）の関係を図4に示す。機能カードの枚数やスキャン周期が決まると、単位時間当りにネットワークに送出される通信パケット数が決定する。その通信パケット数はネットワークに乗せられるパケット数の制限（トークンパッシング方式、伝送速度による制限）を超えることはできないので、最小スキャン周期が計算できる。図4の条件では、例えば機能カードが80枚の場合、スキャン周期は最小0.4sとなる。

3.4 耐環境性

CNT/Sを現場に分散配置すると、中央制御室などに設置する場合に比べ設置環境が厳しくなる場合が多い。MHI-DCSは、表3に示すように現場環境を想定した耐環境仕様としており、IEC（International Electrotechnical Commission）規格に準拠した耐環境試験を実施している。また、NK（日本海事協会）の型式認

表3 CNT/Sの耐環境仕様
Environment specification of CNT/S

項目	仕様
動作温度範囲	最大65°C
動作湿度範囲	10～95% RH（結露なし）
電源仕様	100 VAC：-20～+15% 24 VDC：-25～+15%
振動条件	0.7 G 加振（共振周波数）
ノイズ耐力	電源：AC 2000 V，1 μs 入出力カード：AC 1500 V，1 μs
絶縁耐圧	電源：AC 2000 V，1 min 入出力間：AC 1500 V，1 min

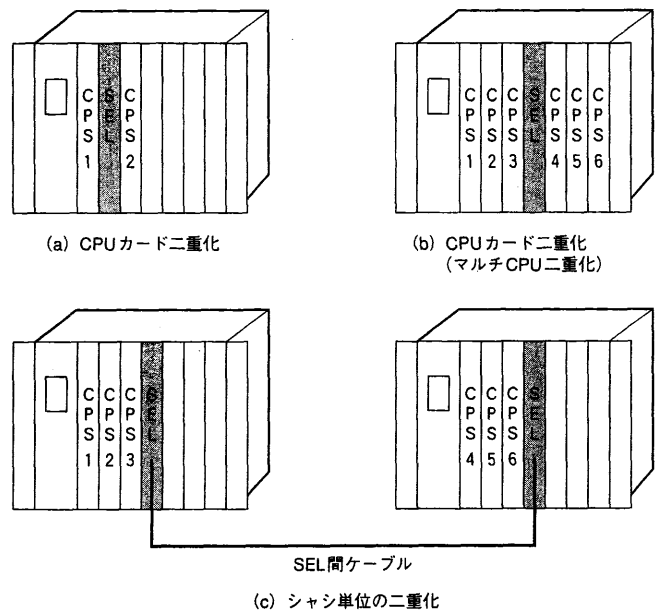


図5 CPUカード二重化の構成例 CPUカードの二重化構成として3種類の構成がある。
Structure of dual CPU-card system

定試験に合格し、船舶での厳しい環境にも適合できることを示した。

入力カード、出力カードはシグナルコンディショナ機能を内蔵しており、シグナルコンディショナカードが不要でコンパクトである。また、ノイズ耐力や絶縁耐力を持たせており、カード前面の端子台に直接信号線を接続できる。動作温度範囲は65°Cであり、空調設備を必要とせず現場設置盤を小さくできる効果もある。

さらに、通信線の耐ノイズ性向上のために基幹ネットワークの媒体として、同軸ケーブルの代わりに光ファイバの使用を可能とした。従来品では、二つのシャシ間しか接続できなかったが、MHI-DCSでは直列に複数接続できるARCNET用光リピータを開発した。

3.5 信頼性

CPUカードの二重化並びに通信の二重化を可能とし、高い信頼性を要求される場合にも対応可能とした。

CPUカードの二重化では、系選択カード（SELカード）を挟んで2枚のCPUカードを配置する。一方が主系、他方が従系の待機二重系となっており、主系で制御し主系が故障した場合に自動的に従系に切り換わる。従系は、常時主系にトラッキングする方式としている。図5に示すように、複数枚のCPUカードの二重化やシャシを分けた二重化も可能であり、種々の要求に対応できる。

基幹ネットワークの二重化では、通信系に自己診断機能がなくCPUカードで診断することが必要なため、二つの通信系（通信媒体）を交互に使用する方式としている。片系が異常の場合、正常な通信系のみを使う。通信系を交互に使うことにより、通信系の故障診断を迅速に効率良く行える。

3.6 保守性

保守性を良くするために、電源を生かした状態で機能カードの挿入、引抜きを行う活線挿抜を可能とした。これにより、保守に関係するカード以外は運転を継続させておくことができ、保守による影響を最小限に抑える効果がある。

また、保守時のアクセスが容易なように、配線や表示関係はすべて前面側に出した。豊富な自己診断機能も備えており、オペレ



図6 ボブスレー・リュージュトラック全景とDCSの配置 全長1.7kmのトラック沿い13箇所にDCSが配置され光ファイバーで接続されている。(写真は読売新聞社撮影)
Panorama of bobsleigh and luge track and DCS arrangement

ータステーションやカード前面の表示器で故障を運転員に知らせることができるので、保守時間短縮の効果がある。

3.7 操作性

OPE/Sは、CRTオペレーション（CRT画面で監視操作が可能）を基本とし、プラント系統図上で監視値をリアルタイムに表示するグラフィカル監視画面、長期及び短期のトレンドグラフ画面、アラーム表示画面、運転操作画面など多量の監視操作画面を標準装備して運転員に使いやすいコンパクトな監視操作卓を提供できる。タッチパネルを装備しCRT画面を直接指で触って操作することや専用ファンクションキーボードを併用して操作することも可能である。

4. 適用例

長野冬季オリンピック・ボブスレー・リュージュトラック製氷制御設備⁽²⁾の適用例では、図6に示すように、全長1.7kmに及ぶ

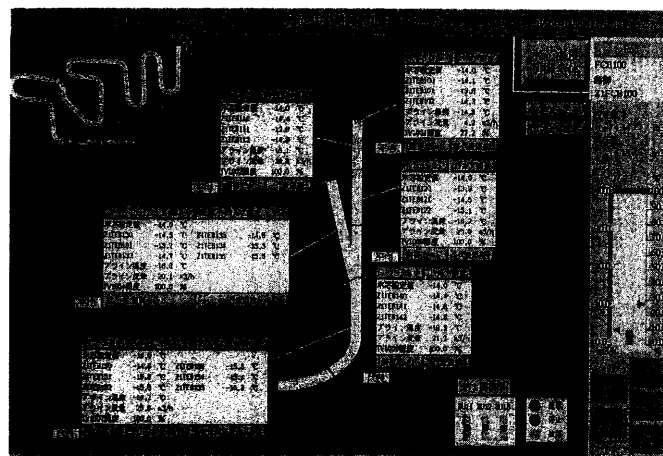


図7 監視画面 トラックの温度や冷却設備の状態を表示し、温度制御の設定値変更が可能な監視画面を示す。
Supervisory screen

トラック沿い13箇所に制御装置を分散配置している。大部分の制御装置は屋外設置であり、特に雷などのノイズに対する耐性が要求されるため、各制御装置間に二重化した光通信を採用した。

中央操作室では、機械棟の冷却設備やトラック上にある各種センサの情報を取得してCRT画面に表示する。図7は監視画面の一例で、監視情報の表示の他に制御の設定値変更を画面右側にポップアップ表示された操作パネルを通じて行うことができる。

このほかに、MHI-DCSは、ビル空調制御システム、船舶監視システム、酸洗設備制御システム、雨水排水機場運転監視システム、実験設備制御監視システムなど10数件の当社製作プラントの計装制御システムに適用した。

5. む す び

中小規模プラントを対象とした分散型デジタル計装制御システムを開発した。分散型のメリットを生かすために、柔軟性、制御性、耐環境性、信頼性、保守性、操作性に優れ、現場に分散配置しやすいシステムを実現し、幾つかのプラントに適用して有用性を確認できた。

特に小規模から中規模プラントまで同一のハードウェア、ソフトウェアで対応でき、かつコンパクトで現場設置が容易である点は、製作側にとってはシステム設計（エンジニアリング）がしやすく、ユーザ側にとっては段階的に導入したり、省スペース、省配線を実現できるなどコスト低減に効果がある。

今後は、適用例を増やしていくとともに機能拡充を図っていく予定である。

参考文献

- (1) ARCNET Technical Manual, 東洋マイクロシステムズ(株) (1991) p.1~40
- (2) 畔蒜鏡一郎ほか, 長野冬季オリンピック・ボブスレー・リュージュトラック製氷システム, 三菱重工技報 Vol.35 No.2 (1998) p.128~131