U.D.C. 621.316.71:681.323]:621.771

圧延機用最新総合制御システム“MACCS-80”

Motor Application Control Complex System, MACCS-80

斉藤奎二* *Saitô Keiji*
松香茂道* *Matsuka Shigemichi*
小山 紘* *Koyama Hiroshi*
清水五雄* *Shimizu Itsuo*

MACCS-80(Motor Application Control Complex System-80)は，鉄鋼制御に応用される総合的制御システムで，1980年代の制御を先取りしたものである。鉄鋼制御への応用を考えて，制御装置全般を四つのレベル，すなわちパワー制御部，制御演算部，監視表示部及びこれらを結ぶリンケージ部の4レベルに分類し，各々にINTEC(Integrated Controller)-P，D，S，Lの各名称を与えている。これは最近のパワー エレクトロニクス，大規模集積回路(ＬＳＩ)などのエレクトロニクス部品を積極的に採用し，盤の小形化，床面積減少を図るとともに，信号レベル，インターフェース，キュービクル寸法，使用部品などの統一を図り，またこれらに注入するソフトウェア技術として，信頼性，稼動性，保守性などを最重点として採用した制御システムである。

1 緒　　言

近年の集積回路(以下，ＩＣと略す)，ワンチップ コンピュータなどの半導体の急速な進歩により，制御装置の高性能化による高品質製品の生産及び製造ラインの自動化，省力化が急速に行なわれ，優良製品が高能率で生産できるようになってきた。しかしその反面、自動化・高性能化とともに制御装置は複雑なものとなり，いったん故障が発生した場合には，その及ぼす影響が従来設備に比べ比較にならぬほど大きいので，高信頼性のニーズがあることは当然である。また設備全体として高いコスト パーフォーマンスを得るためにも，全体システムがむだの少ない投資効率の高い設備とするため，制御装置だけでなく駆動装置，配線工事，据付，建物及び基礎工事に至るまで考慮し，システム全体としてむだのないバランスのとれた設備とする必要がある。このようなベースにたって，日立製作所が設備全体のバランスをとりながら高い性能と，高い信頼性をもった制御装置の複合システムを1980年台のニーズを先取りしながら作りあげたのがMotor Application Control Complex System-80(以下，MACCS-80システムと略す)であり，ここにその一端を紹介し，諸賢の参考に供したい。

2 MACCS-80システムの動向

2.1 背景及び発生の経緯

昭和30年代後半よりエレクトロニクス制御の本格的幕明けの時代となったが，その後半，半導体技術の進歩は業界に急激なインパクトを与えながら発展を続けてきた。更に近年，集積度の高い大規模集積回路(ＬＳＩ)が実用に供されるようになり，その顕著な例が集積回路メモリであり，ワンチップ コンピュータである。このワンチップ コンピュータは，電子式卓上計算機用ＬＳＩが中心となって発達し，急速に安価かつ処理速度の高いものとなり，一般制御装置にもコスト パーフォーマンスの高いシステムを構成することが可能となってきた。

一方，信頼性及び保守性向上のニーズから，標準化がここ数年急速に進められ，例えば，ラインを駆動するエネルギーの変換部はサイリスタ技術の進歩により数少ない大容量素子を用いることで信頼性の高い装置を提供するとともに，制御系は標準化によりかなり広範囲の互換性をもつものとなってきた。このように駆動部分の標準化は容易に可能となったが，これら駆動部を駆使する指令系統については，各生産ラインのニーズが一様ではなく標準化はなかなか難しい状態で，いわゆるワイヤード ロジックによる一品料理的なものとならざるを得なかった。しかし，先に述べたように安価なマイクロコンピュータが入手できるようになり，従来無理とされていたこれら指令系統の標準化がハードウェアとソフトウェアの分離により可能となり，フレキシビリティの高いストアードロジックで対処できるＰＬＣ(Programable Logic Controller)，ＤＤＣ(Direct Digital Control)，更に情報の広域化に対処できるコンピュータ システムが従来の制御装置の中に混然一体となって入ってきた。この標準化，ストアード ロジック化は装置の集積化にも極めて大きく貢献しており，従来品に比べ数分の一の占有面積でも十分な状態となっているものも多く，まとまりのよい設備を提供することが可能となった。

また一方，設備のコスト パーフォーマンスを高めるため，各種の配慮が必要である。これらに対しても高い制御性能を提供することはもちろんであるが，標準化された安価な装置，据付試験調整の高効率化，すなわちビルドアップ期間の短縮，故障の少ない装置等々によって実現できるようになった。

情報の広域化に伴い，信号伝送技術として計算機によるデータ フリーウェイ[1]によるもの，計算機によらず信号を1本の同軸ケーブルでシリアル信号で伝送する方法など，信号の伝送技術もかなりの変化が現われた。更に設備全体の監視システムも従来のような数多くのメータ，模擬母線を配置して監視する方法から，必要に応じてCathod Ray Tube(以下，CRTと略す)に表示し監視し，日報作成などは計算機のタイプアウトによる監視システムの近代化が行なわれているが，更に計算機の助けを借りて事後保全・予防保全へと，そのニーズは急速に進展している。このように制御システムに対する期待とそのシステムを構成しているハードウェアの変化，信号の

* 日立製作所大みか工場

伝送技術の変遷，計算機の大幅な介入など，従来にない大幅な改変が必要とされてきた。日立製作所はこれらのニーズを踏まえて，バランスのとれた，信頼性及びコストパーフォーマンスの高い，真にユーザーに役だつようユーザーの意見を採り入れながら制御装置の複合システムの製作に取り組んでいる。

3 システムの構成

圧延機を中心とした制御装置を考えた場合，大別して次の機能レベルに分けられる。各々はINTEC(Integrated Controller)

(1) パワー制御部分……INTEC-P
(2) 制御演算指令部分…INTEC-D
(3) 監視表示部分……INTEC-S
(4) リンケージ部分……INTEC-L

各部分の詳細については，次章以降で述べるが，その概略は次のとおりである。

パワー制御部分は，人間の手足に対比される部分で，具体的にはプロセス機器とのインタフェース部に当たり，電動機や電磁弁などの駆動部分の制御装置である。サイリスタを中心としたパワー エレクトロニクスを主体とし，この部分はプラントによらず標準化が可能であり，これにより信頼性の向上，据付，試運転調整期間の短縮，予備品の減少など，ユーザー メリットを図るとともに，特に標準化時，安全性，保守性，及び操作性を十分に考慮して，長期間の使用に耐え得る配慮を行なっている。

第二の制御演算指令部分は，人間の頭脳に当たる部分でマイクロ コンピュータの採用により，従来半導体ロジックやリレーなど，いわゆるワイヤード ロジックで構成されていた部分のハードウェア部分の標準化を図り，プラントごとの特殊性をコンピュータ内ソフトウェアで処理しようとするものである。特にプロセス入出力装置については，汎用入出力のほかに，圧延機制御の特殊性を考慮した専用入出力装置を開発し，実装効率を高めソフトウェアの負担を軽減している。また，マイクロ コンピュータを中心としたインテリジェントな演算処理指令部分は，制御機能ごと，又は機器グループごとに分散配置し，故障時の危険分散を図りローカルなインテリジェント ターミナルの性格をもたせている。

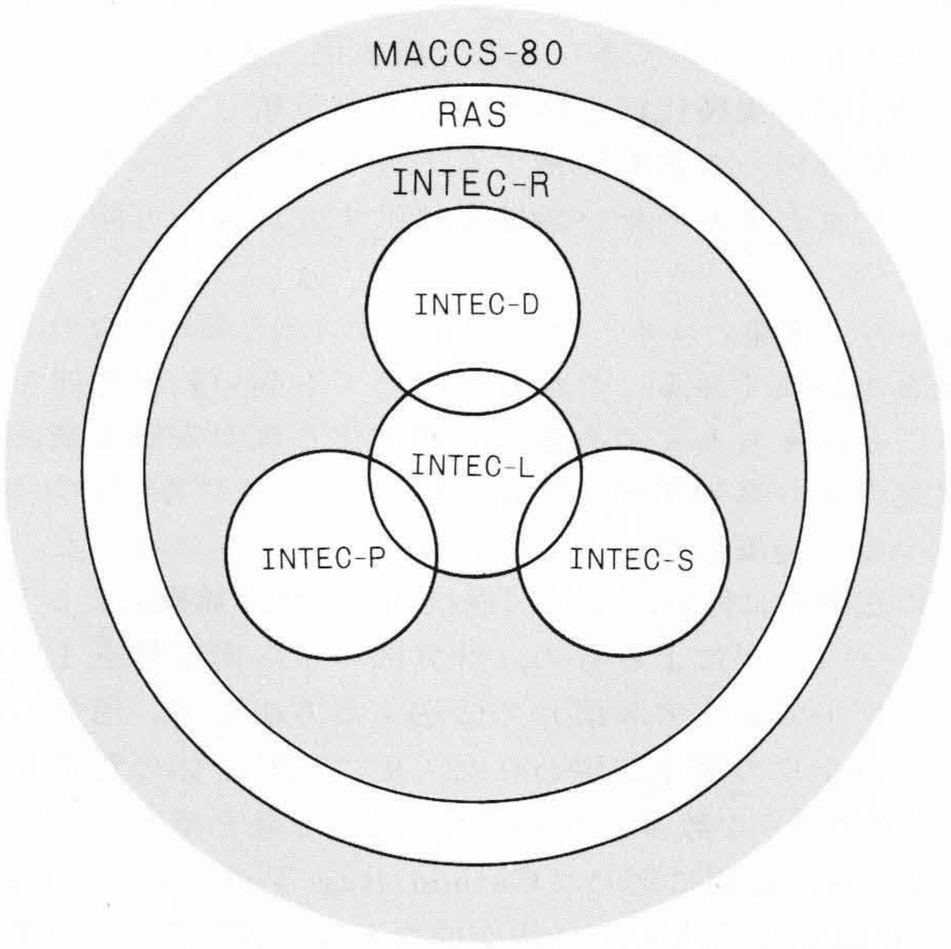
第三の監視表示部分は，人間の目や五感に相当する部分で，プラント，プロセス，機器の状況を常時監視し運転保守員に知らせるとともに，アラーム，トリップなど必要なアクションを起こす。従来は，このために多数の表示器，指示計，記録計などが使用され，実際にはその使用率は非常に低いにもかかわらず，制御装置の中で大きな比重を占めていた。これに対して「MACCS-80システム」の中では，これらの大半をCRT表示とタイプライタ記録に移行させ，監視表示盤の床面積の軽減，中央での一括管理を指向している。これにより保守員は，中央から起動停止など必要時だけ機器を選択してCRTで監視できるとともに，定時記録などはタイプライタの日報処理に任せて大幅な省力化が図れる。もちろん，必要最小限の常時監視表示項目は残すように配慮してある。このため，監視表示専用の計算機システムを考えている。

最後のリンケージ部分は，人間の神経系統に属するもので，上記3部分を接続する部分の合理化，近代化を図るものである。圧延プラントの工事配線量は膨大なものであり，材料費，人件費の高騰とともに，据付工事配線費のプラント建設費に占める割合は年々増加している。これに対処するため及び工程短縮を目的として，制御盤間の配線を多心化するとともに，マイクロ コンピュータ部を中心に，データ フリーウエイで接続することにより，従来の1信号に対する1本の配線に対し，多数の信号を1本の配線によって時分割多重処理ができる。特にローカルな機器ごとにマイクロ コンピュータを配する場合，データ フリーウエイのステーションの機能を付加することにより，工事費低減の効果をいっそう高めることができる。

以上のように鉄鋼用制御装置を総合的に分析分類して，各機能レベルごとに最新の技術を採用し，かつレベル間のインタフェースの統一を図りながら有機的に結合したものがMACCS-80システムの構成である。

図1はこのような思想で構成されたMACCS-80システムについて概念的に示したものである。同図内のINTEC-Rは，これらの4部分を可搬電気室の形で総合的に組み上げたものである。またReliability, Availability, Serviceability(RAS)は，ユーザー メリットを第一に考えて，信頼性，稼動性及びサービス性の良さを追求して，ソフトウェア技術として各制御装置の中に注入していることを示す。個々のINTECは，エレクトロニクス化，パワー エレクトロニクス化された小形集積度の高い最新の制御要素を用いて制御装置を構成するという考え方にたって名付けたものである。

図2にMACCS-80システムをホット ストリップ ミルの制御装置として構成した場合の例を示す。



注：MACCS-80＝Motor Application Control Complex System
INTEC＝Integrated Controller
INTEC-S＝Supervisory
INTEC-P＝Power
INTEC-D＝Device
INTEC-L＝Linkage
INTEC-R＝Room

図1 MACCS-80システムの構成 MACCS-80システムは，INTEC-P，INTEC-D，INTEC-S，INTEC-Lより構成され，これらを総合したものとしてINTEC-Rがあり，またこれらにRAS技術を加えている。

4 パワー制御部分(INTEC-P)

従来より主機制御用の“HIRACS”(Hitachi High Reliable and Accurate Control System)シリーズと補機制御用の“HILECTOL”(Hitachi Leonard Controller)シリーズがあるが，今回，MACCS-80システムとしてモデル チェンジしたので紹介する。

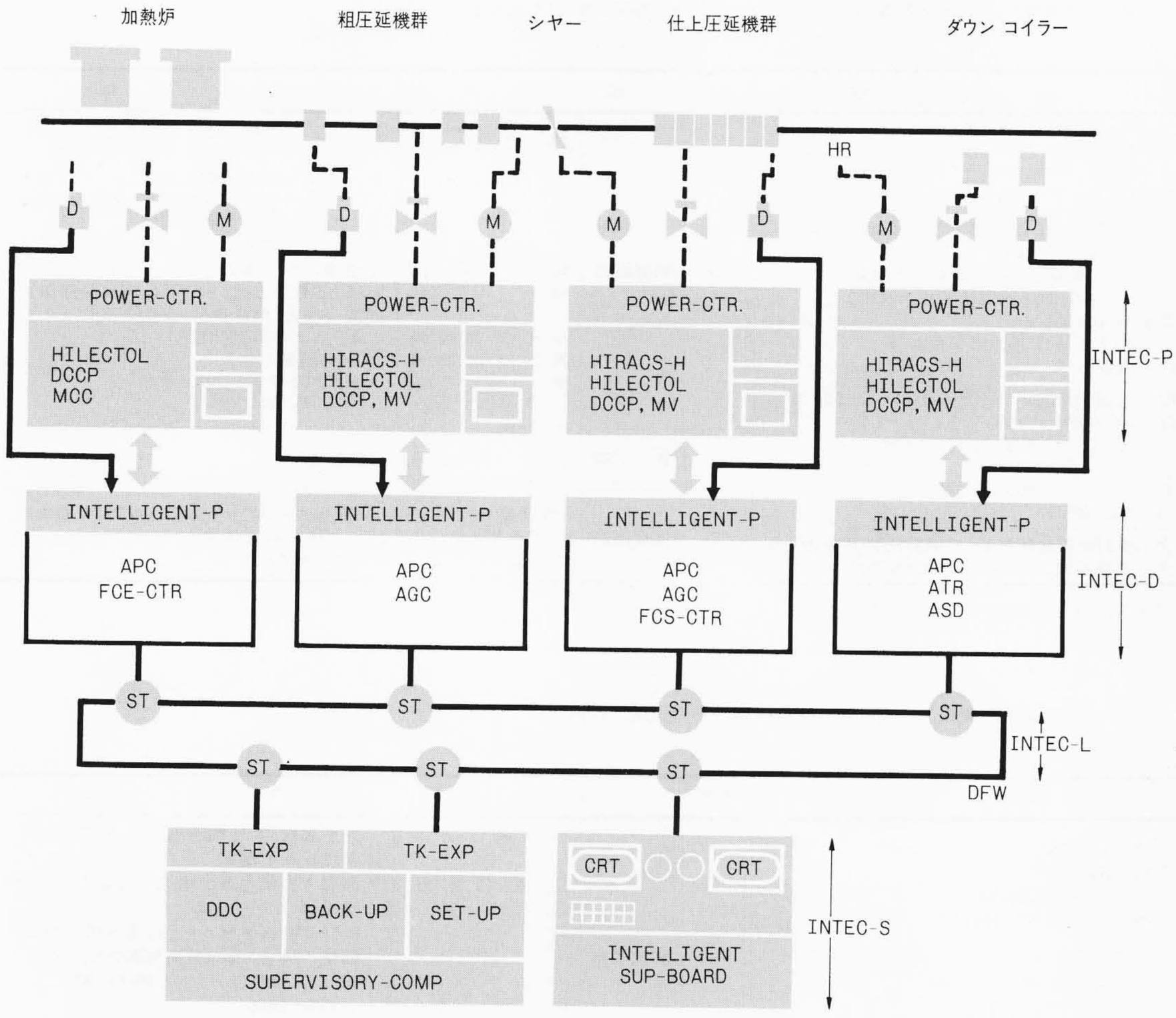


図2　ホット ストリップ ミルにおけるMACCS-80システム　ホット ストリップ ミルに対しMACCS-80システムを適用した例を示す。

4.1 “HIRACS”シリーズ

コールド ストリップ ミル用の主機制御装置として，今回「MACCS-80システム」の一環製品としてモデル チェンジし，次のような特徴をもっている。

(1) 電流レート制御の採用により，制御範囲(速度，張力)の大幅拡大

(2) ファースト フォルト インジケータの採用による保守性の向上

(3) 平形サイリスタの採用により収納可能界磁容量の向上

(4) ディジタル指令装置の採用により指令精度の向上

(5) 電子式保護装置の採用による信頼性の向上

(6) リレー回路のプラグイン化により保守性の向上

以上，モデル チェンジ後の仕様を**表1**に，また外観を**図3**に示す。

4.2 “HILECTOL”シリーズ

直流補機制御装置としての“HILECTOL”のモデル チェンジの思想としては，MACCS-80システムの一環製品として次のような特徴をもつ。

(1) 小容量まで平形サイリスタを採用

(2) 小容量自冷式のものはアーム ヒューズを止め，直流ヒューズで保護

(3) 小容量自冷式のものは交流側C-Rアブソーバを止め半導体サージ アブソーバを使用

(4) 上記により，小容量自冷式は交流側しゃ断器や主回路接触器まで含めて，1面に2セットまで収納できる。また盤寸法自体がモデル チェンジ前の半分の床面積になっている。

(5) 技術的には電流レート制御(ACRR)とγ-シフト制御の追加によって，主機並みの機能をもたせて，電動機サイリスタ保護に万全を期している。

(6) IC制御部分の閉ループ チェッカ(特許出願中)を附加して，保守性の向上を図っている。

以上，モデル チェンジ後の仕様を**表2**に，2段積“HILECTOL”の外観を**図4**に，また制御スケルトンを**図5**に示す。

5 リンケージ部分(INTEC-L)

INTEC-LはINTEC-P，D，Sなどの機能を有機的に接続しているリンケージ部分である。

すなわち，INTEC-Lとは電気品でいう配線を示し，システムが大きく，また複雑化するに従って，そのシステムのもつ機器，情報量も膨大な量となり，この膨大な量をいかに迅速，正確，かつ信頼性高く伝達するかがINTEC-Lの使命であり，ケーブルの多心化からデータ フリーウェイによるシステム間の情報伝達にまでつながる。

しかし現状は，各デバイス間を数千本から数十万本に及ぶ制御ケーブルが縦横に走っており，経済的にもむだが多く信頼性，保守性の面からも**表3**に示すように多くの欠点をもっていた。

以上の欠点をなくすために，今回開発したINTEC-Lシステムを簡単な**図6**の例を参考に挙げ説明する。

リレーA，Bから構成されているシーケンスで，従来は各デバイス間のケーブルは中段のように各デバイス間を縦横にリンケージしていたが，今回下段のようにINTEC-Lの中継

表1 HIRACS-C仕様一覧表 コールド主機レオナード装置HIRACS-Cの使用条件，電源，制御方式などの仕様を示す。

項番	項目		仕様
1	周囲条件	温度	0～40℃
		湿度	85%以下
		高さ	海抜1,000m以下
		振動・衝撃	0.6g以下 10g以下
2	主電源	電圧	AC780V ±10% 3φ主サイリスタ用(別サイリスタ盤) AC400/440V 200/220V ±10% 1φ or 3φ(界磁サイリスタ用)
		周波数	50/60Hz ± 2 Hz
		相間アンバランス	相電圧½Hz当たり2%以下
		高周波	5%以下
3	制御電源	APPS・AVR用 DC操作電源用	AC200/220V ±10% 50/60Hz ±5% 3φ AC168V ±10% 3φ (DC出力電圧 220V ±10% 最大 45kW)
		ランプ電源	AC18V ±10% 1φ
		直流電源	DC100Vバッテリー
4	変換回路	主サイリスタ 界磁サイリスタ	非対称逆並列接続，三相全波整流全波制御 単基接続，単相又は三相全波整流全波制御
5	制御回路	制御方式	主ロール：速度制御＋電流制御＋電流レート制御＋界磁EMF制御 リール：電流制御＋電流レート制御＋界磁AVR制御(巻太り制御)＋加減速補償回路
		正／逆切替方式	制御入力信号及び電流による正逆切替
		設定範囲	定格値の5～100%
		精度	0.15%〔制御方式がP＋I(比例積分補償)補償の場合，他は負荷，制御方式による〕
		バイアス待期	EMFによる最適待期
		異常時の制御	γ-MIN制御
		構成	アナログ及びディジタル専用 ICパッケージ
6	負荷		JEM 1157第2種直流電動機
7	主な用途		(共通盤)＋(右リール)＋(主ロール)＋(左リール)の4面構成による。4H ZRミル，4H Revミル用 オプションによりPOR盤追加可。

注：EMF＝Electro Motive Force，AVR＝Automatic Voltage Regulator

表2 HILECTOL仕様 HILECTOLの使用条件，電源，サイリスタ変換回路，制御回路，負荷などの仕様一覧を示す。

項番	項目		内容
1	周囲条件	温度	0～40℃
		湿度	85%以下
		高さ	海抜1,000m以下
		振動・衝撃	0.6g以下 10g以下
2	主電源	電圧	AC225/450V ±10%
		周波数	50/60Hz ± 5%
		相数	3
		相間アンバランス	相電圧1/2Hz当たり2%以下
		高周波	5%以下
3	制御電源	APPS・AVR用 Ctt用	AC200/220V ±10% 50/60Hz ±5% 3φ DC220V ±10%
4	変換回路	整流方式	三相全波整流全波制御
		接続方式	逆並列
		出力電圧	DC230/460V
		過負荷	100%連続 250% 10秒
		ヒューズ/アノードL	あり/あり ただし，HILECTOL-Sは DCヒューズ採用，アノードL不付
5	制御回路	制御方式	速度制御(又は電圧制御)＋電流制御＋電流レート制御
		正/逆切替方式	制御入力信号及び電流による正逆切替
		設定範囲	定格値の5～100%
		精度	0.5%〔制御方式がP＋I(比例積分制御)補償の場合，他は負荷制御方式による速度(又は電圧)による最適待期
		バイアス待期	γ-Limit制御
		保護回路	γ-Shift & Block
		異常時の制御	アナログ及びディジタル専用ICパッケージ
		構成	
6	負荷	電動機端子電圧 電動機容量	DC220/440V 3.7～250kW(at DC220V) 7.4～500kW(at DC440V)
7	オプション	発電制御 マグネット ブレーキ回路 界磁制御	オーバシュート付も可 電動機停止時の界磁弱め制御
8	その他	ACL DCL	共通電源方式の時要，ただし，盤外設置なし(ただし，電動機による盤外設置)
9	主な用途	—	圧延機補機及び一般産業用機械

注：ACL＝交流リアクトル DCL＝直流リアクトル ctt＝コンダクタ

表3 INTEC-Lへのニーズ 盤間リンケージの統一，工事費低減を図るINTEC-Lに対する顧客側より見たニーズをまとめて示した。

項番	従来の欠点 ＼ 従来の欠点がINTEC-Lによって改善される項目	ケーブルの多心化	ケーブルの細線化	ケーブルのコネクタ化	保守性向上	安全性向上	工期短縮	設備費の低減	小形化
1	デバイス間の心数が少ない	○	○	—	—	—	○	○	○
2	ケーブル強度より心線の太さが限定	○	○	○	—	○	—	○	○
3	心線が太いため大形ターミナルが必要	—	○	○	—	—	—	○	○
4	予備ケーブル布線計画が困難	○	—	—	○	—	—	○	○
5	ケーブルの早期発注が困難	○	—	—	—	—	○	○	—
6	システム布線計画に膨大なM/D要	○	—	—	—	—	○	○	—
7	系統が複雑で保守が困難	○	—	—	○	○	—	○	—
8	ケーブル焼損事故の複旧に膨大なM/D要	○	—	○	—	○	○	○	—
9	各デバイスの標準化が困難	—	—	—	—	—	—	—	○
10	現地工事期間が大	○	○	○	—	—	○	○	—

盤にすべてのケーブルをいったん集約し，INTEC-Lの内部で各々の回路を構成，分配し，各デバイスに再配分する方式である。コネクタ化された標準盤を用いることによって，**表3**に示すような改善がなされる。更に，本システムはその情報量に応じて**図7**のように単純な多心化，中継盤から中央情報処理に中央処理装置(CPU)を採用し，情報の伝送にデータ フリーウエイを使用するシステムを採用している。

6 監視表示部分(INTEC-S)

INTEC-Sとしての機能は次のようなものである。

(1) 表示機能

CRTを用いて，電源系統の開閉状態の選択表示，メータ類の選択表示及び故障表示を行なう機能である。基本的には2台のCRTを用い，1台は故障表示専用とし，故障発生ごとに原因の表示を行なう。他の1台は系統，及びメータ表示であり，必要な画面を選択する。同時にしゃ断器の開閉，モー

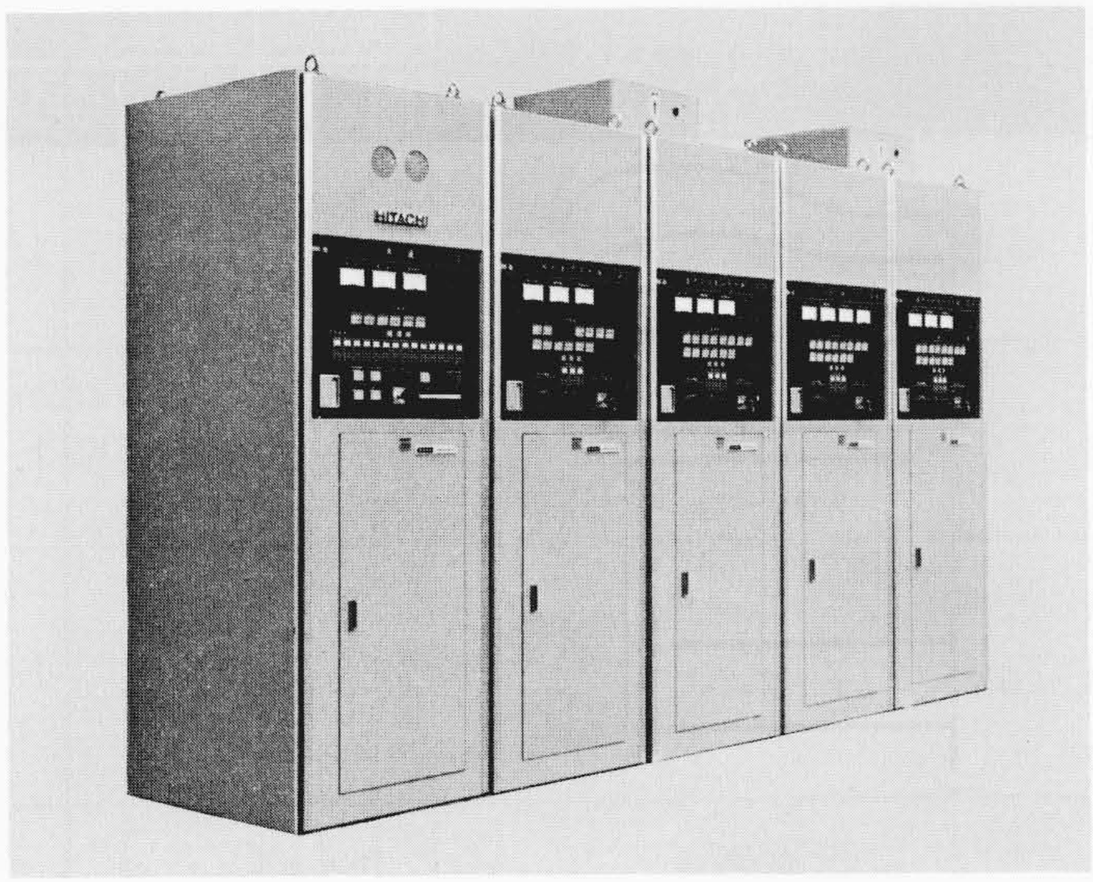


図3　HIRACS-C　　コールド主機レオナード装置HIRACS-Cの外観を示す。

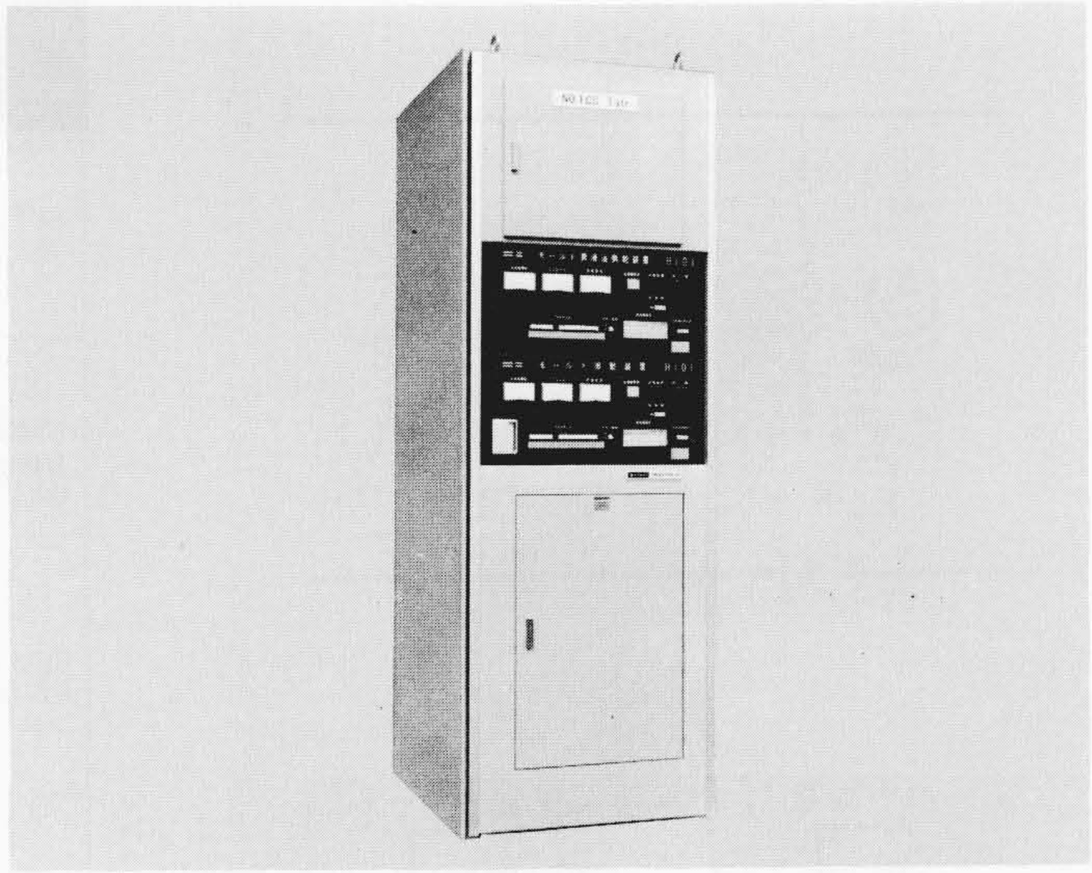


図4　2段積HILECTOL　　2段積HILECTOLの外観図を示す。キュービクル寸法は，幅800×奥行900×高さ2,300(mm)のMACCS-80システム標準寸法である。

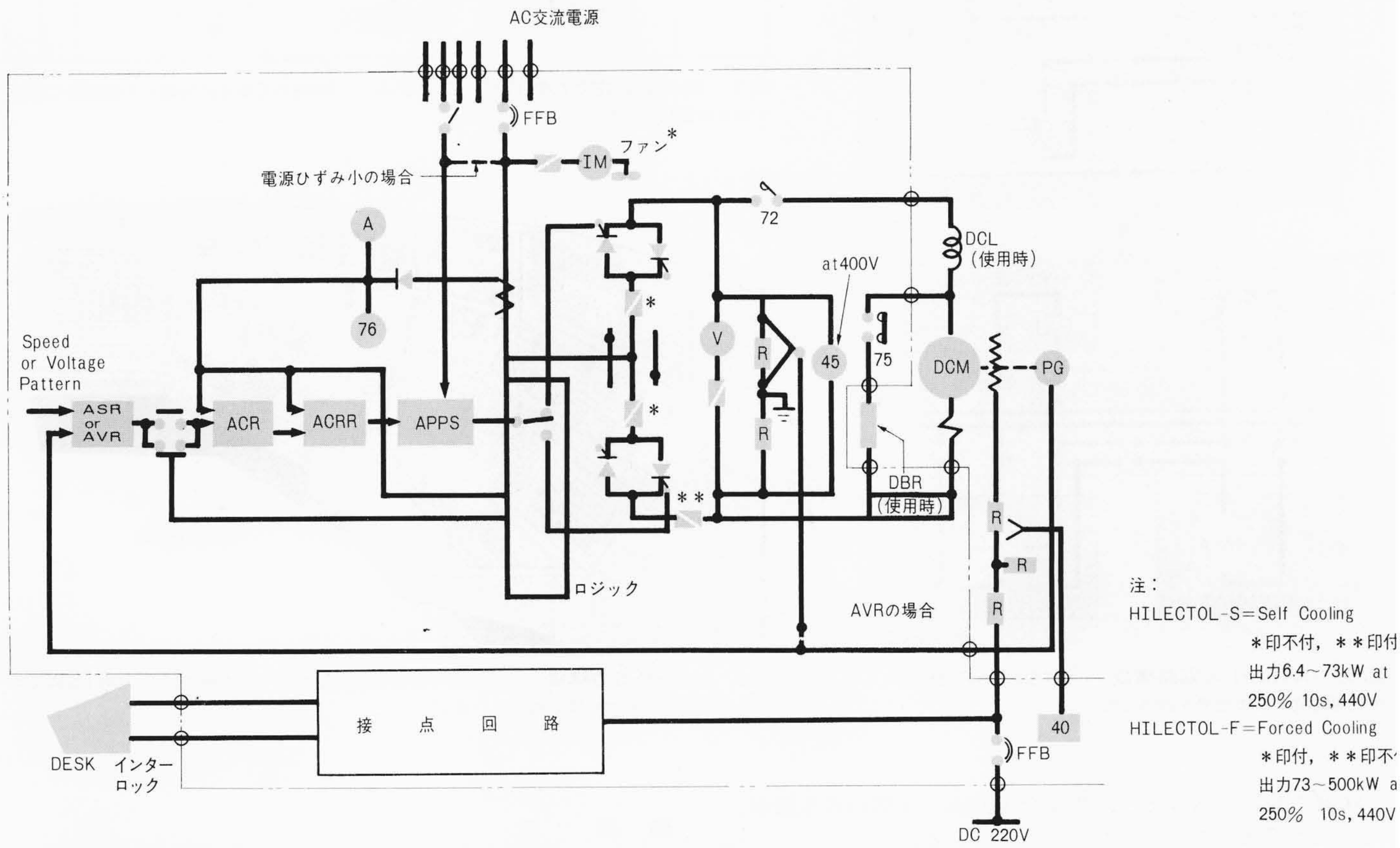


図5　HILECTOL制御スケルトン　　HILECTOL-S，Fについて単線図の制御スケルトンを示す。

タ類の起動・停止を中央から行なえるようにしてあり，選択投入しゃ断の論理はＣＲＴ駆動計算機にもたせてある。

これらは従来の監視表示盤が常時必要としないものを平面的に羅列して，スペースを取っていたものを選択表示で小形化し，かつ中央での一括表示を可能にしたものである。またＣＲＴで提供する表示データも加工度の高いものにできる。

(2)　記録機能

表示と同時にタイプライタを用いて従来の記録計の機能に代行させている。鉄鋼設備では多くの記録計を用いて電力関係，プロセス信号などの記録を行ない，また保守員が定期的に指示計を転写するなどの業務がある。これらをタイプライタで代行させ，平面羅列の記録計盤の縮小を図るものである。同じく基本的には2台のタイプライタを接続し，1台は定期記録として日報とする。他の1台は故障記録とか，保守員からの要請による非定期記録に用いる。

(3)　保全機能

保全には事後保全と予防保全とがあり，事後保全については故障原因探究の補助をさせるものである。シーケンスの進

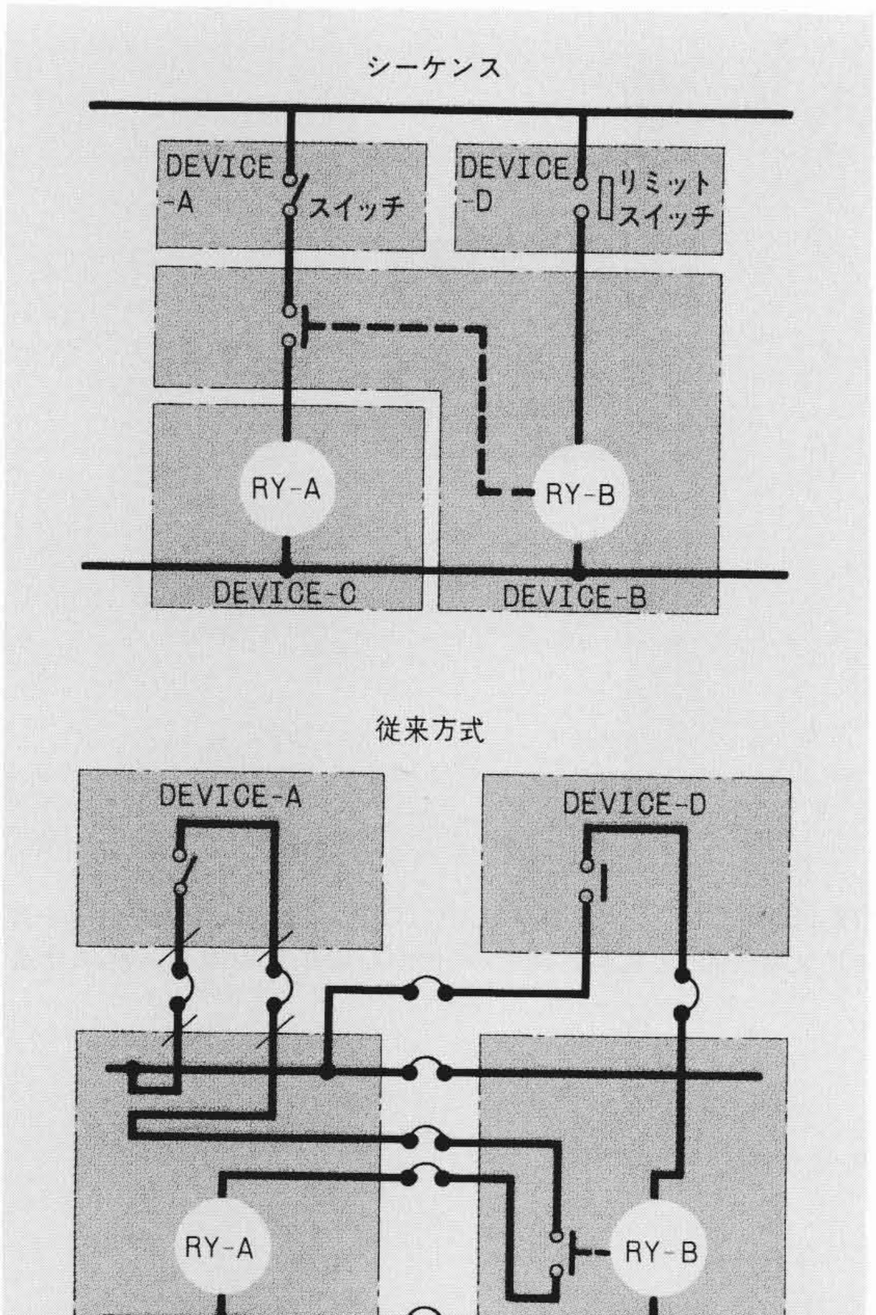


図6　INTEC-Lの回路構成　INTEC-Lの回路構成について従来方式からの差異を説明した。

名称	ブロック図	適用 面数	適用 距離	適用	機能 速度	機能 上位とのリンケージ	
コネクタ接続	A — 多心ケーブル — B, C	約50面	比較的短 200m以下	一般	|	×	|
STU (Signal Transmitter Unit)	A — STU — 同軸ケーブル — STU — B	約50面	1km	一般	100語/秒	×	|
REMOTE PI/O	CPU — 母線 — 盤A, 盤B	数十面	数十メートル	コールドリバースなど	10k語/秒	○	|
DATA FREE WAY形	CPU, ST, ST, ST, ST, 集約された盤, A, B	数百面	1km（ステーション間）	ホットタンデムなど	100k語/秒	○	|

図7　情報量に応じたINTEC-Lシステム　INTEC-Lはその伝送する情報量に応じて種々の種類があるが，これを列挙した。

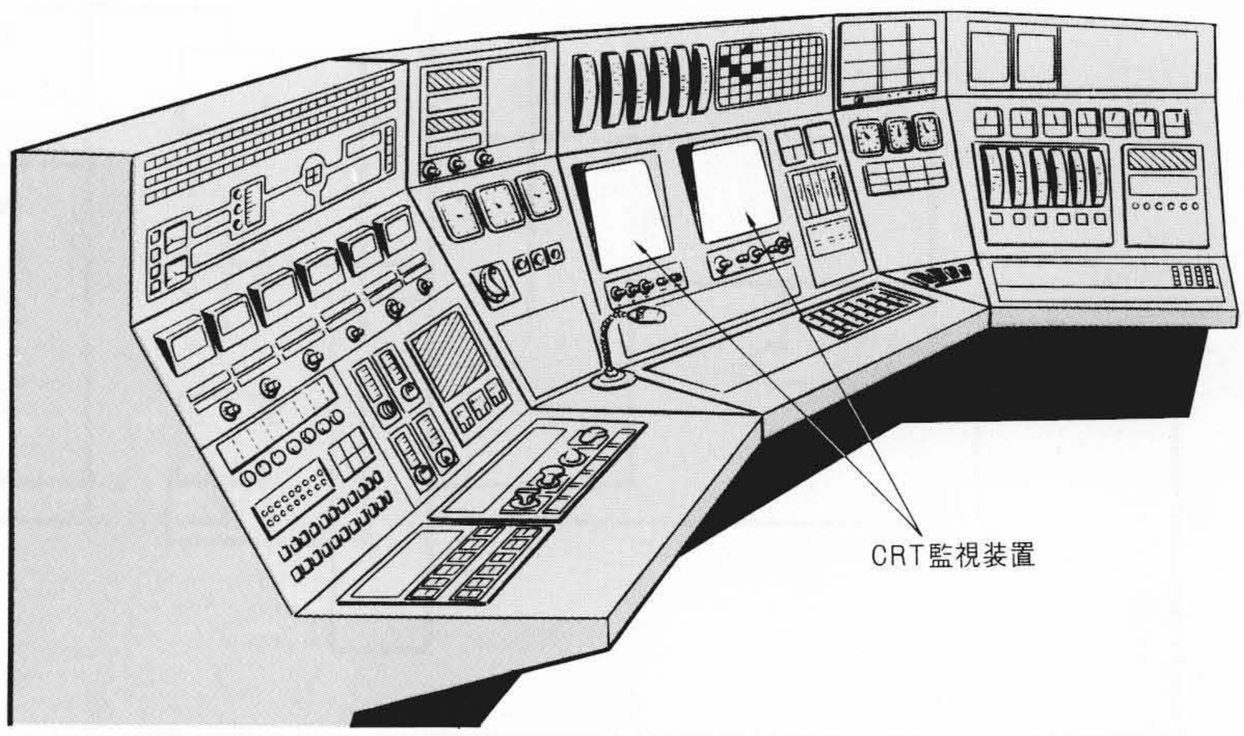


図8　INTEC-Sの構成　INTEC-S形監視制御盤を示す。中央に2台のCRTを備え周囲には必要最小限の機器を備えている。

行状況の表示であるとか，故障発生直前の状態の再生表示，又は調査手順の表示などを主体としている。

一方，予防保全は大変難しいが，特に大形機器の温度などの常時監視を行ない，上下限チェック，変化率チェックなどによって警報を出すなどの方法があるが，安全に動作する検出器類の開発も必要であり，まだ完全な状態ではない。

以上のように，中央での集中監視表示がINTEC-Sであり，このためには大量のデータを高速に伝送する必要があり，この場合，広い鉄鋼設備の各所からケーブルを1本ずつ引き回すと工事費の増大を招くので，規模により異なるがデータ フリーウエイ(DFW)接続や，STU(Signal Transmitter Unit)と呼ばれる簡便な信号伝送手段(32ビット，又は128ビット単位)でケーブルを同軸ケーブル1本に絞っている。

図8にこのように集中監視されたCRT向の監視ディスクの一例を示す。

7 結　言

以上，電動力応用分野での総合制御システム「MACCS-80システム」について，その経過及び具体的内容について述べた。従来，どちらかといえば固有な，独立な発展をとげてきた各種の技術，すなわちパワー エレクトロニクス技術，信号伝送技術，配線技術等々を一つの命題，すなわちコスト パーフォーマンスの高い設備を提供することをねらいとしながら統一・総合化してきた点についてここに紹介した。

終わりに，本システムは現状ではまだ十分満足できるものとは言えない点も多々あると思うが，本システムの発展，普及にはユーザー各位の多大の御理解と御支援が欠くことのできない条件であり，今後いっそうの御指導を切にお願いするとともに，これまでの御べんたつに対し深謝の意を表わす次第である。