

鉄鋼業におけるエレクトロニクス制御

Electronics Control for Steel Making Industry

最近の鉄鋼業におけるプログラマブル ロジックコントローラ及びマイクロ コン
 トローラなどのストアード プログラム コントローラの応用は、シーケンスの複雑
 化、現地調整の容易化、ハードウェアの標準化の要求から急速に利用されてきてい
 る。この論文では、製鋼・転炉・圧延など具体化された各ラインにおける応用例に
 ついて述べ、ストアード プログラム コントローラに要求される性格を明確化する
 とともに、そのメリットについて論述した。更に最近におけるシステム構成上の問
 題点、ソフトウェア上の問題点、及びこれらについて最近の動向をも合わせ説明を
 加えた。

齊藤 奎二* Keiji Saitô
 桜井 孝員* Takakazu Sakurai
 木谷 進* Susumu Kitani
 和田 栄吉* Eikichi Wada
 榎本 武男** Takeo Masumoto
 田所 晋** Susumu Tadokoro

1 緒 言

鉄鋼業においては、早くからパワーエレクトロニクス化、
 及び制御のエレクトロニクス化が、他の業界に先がけて採り
 入れられ急速に実用化されてきたが、更に従来からのワイヤ
 ード ロジックによる制御を、大幅にストアード ロジック化す
 る方向にある。日立製作所では、このため各種のハードウェ
 アを開発準備し、フレキシビリティのあるストアード ロジッ
 ク化と、更にマイクロ コンピュータの出現によるインテリ
 ジェント ターミナル化により、ソフト化に伴う諸問題を解決し
 つつ前進中である。この論文では、これらのエレクトロニク
 ス化されたシステム構成の問題点と、その適用の具体例につ
 いて述べ、諸賢の参考に供したい。

2 エレクトロニクス化の動向と問題点

最近のエレクトロニクスの長足の進歩は、マイクロ コンピ
 ュータなどの出現をみるに至り、まさにシステム構成のフィ
 ロソフィについて一変革期をもたらしたのと言ってよい。
 すなわち、従来の制御用電子計算機“HIDIC”シリーズなど
 に加え、ワンチップ中央処理装置(CPU)から成るマイクロ コ
 ントローラ“MINIDIC”、プログラマブルロジックコント
 ローラ(以下、PLCと略す) (“HISEC”, “HSC-500”など)、
 いわゆるストアード プログラム方式の機器が次々と出現した。
 これらをどのように組み合わせるシステムを構成すればよい
 のか、ユーザーはもとよりメーカーにとっても、システム エ
 ンジニアリング上当面する課題と言える。鉄鋼業における制
 御システムの構成を検討するに際して、そのシステム構成と
 特徴、並びにソフトウェアの問題について考察する。

2.1 最近のシステム構成とその特徴

鉄鋼業においては、早くから電子計算機が導入され、プロセ
 ス コンピュータ(以下、プロコンと略す)ダイレクト デジ
 タル コントロール(以下、DDCと略す)が広範囲に採用され、
 コストパフォーマンスの高い設備を構成しているが、また一
 方、制御対象を駆動する部分については、信頼性の向上を目
 指してエレクトロニクス化、標準化が促進されてきた(例えば、
 “HILECTOL”など)。また一方、ストアード プログラム方式
 の制御装置が出現するに及んで、電子計算機、ワイヤード ロ
 ジック制御装置との協調のもとに、フレキシビリティの高い
 システムを提供できるようになった。

鉄鋼業における制御システムに課せられた問題は、高い品
 質の製品を能率よく、且つ人手によらずに生産することにあ
 って、これらの課題に対して最近のエレクトロニクス機器が
 どのような貢献をするかを表1に示した。同表から極めて広
 い意味でのエレクトロニクス化が、生産性の向上に大きな貢
 献をもたらしていることが分かる。

また、図1(a)、(b)は、これらの機器でシステムを構成す
 る場合の方法について示したものである。すなわち、(a)は生
 産管理などをつかさどる上位電子計算機から、順次、プロコン、
 DDC、各駆動制御系と、いわゆるハイアラキ構成をとる集
 中形システムであり、(b)はマイクロ コンピュータの特長を生
 かしてローカル プロセッサにより制御装置、端末装置のディ
 ジタル化、及びソフトウェア化を進めることにより、いわゆ
 るDistributed Intelligence System(以下、DISと略す)
 構成をとるシステムである。このDISシステムは、広い範
 囲にソフト化、及び計算機化されてゆくことによって巨大な
 ソフトウェア製作の弊害を分散し、インテリジェント ターミ
 ナル化することによりソフトウェアの標準化に貢献する。ま
 た同時に最も理想的な高い信頼性と適合性を得て、プロセス
 に対するサービスを可能とする方法である。DIS構成にお
 いては、各ターミナルをデータ フリーウェイなどのデータ伝
 送技術の応用により、極めて容易に協調を可能とすることが
 できる。このDISシステムは、鉄鋼業に限らず化学、電力
 などの分野においても採用される方向にある。

DISシステムにおいては、制御盤は適当なブロックごと
 にまとめられ、マイクロ プロセッサ、電動機制御装置、バル
 ブ コントローラ、及びそれらの専用入・出力装置を内蔵する
 複合形インテリジェント制御盤の形をとる。

2.2 ソフトウェア

ストアード プログラム化の動向によって、ハードウェアの
 標準化が進むに伴い、システム コストの中のソフト費の割合
 が大きくなり、ソフトウェアの経済性が人件費の急上昇と相ま
 って大きな問題となっている。これを解決するためには、従
 来から行なわれてきたプログラムの標準化(定まったプログラ
 ムのパターン化)を推進するとともに、問題向言語Problem
 Oriented Language(POL)の開発が必要である。日立製作所に
 おいても圧延設備制御用言語すなわちMill Oriented Language

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所習志野工場

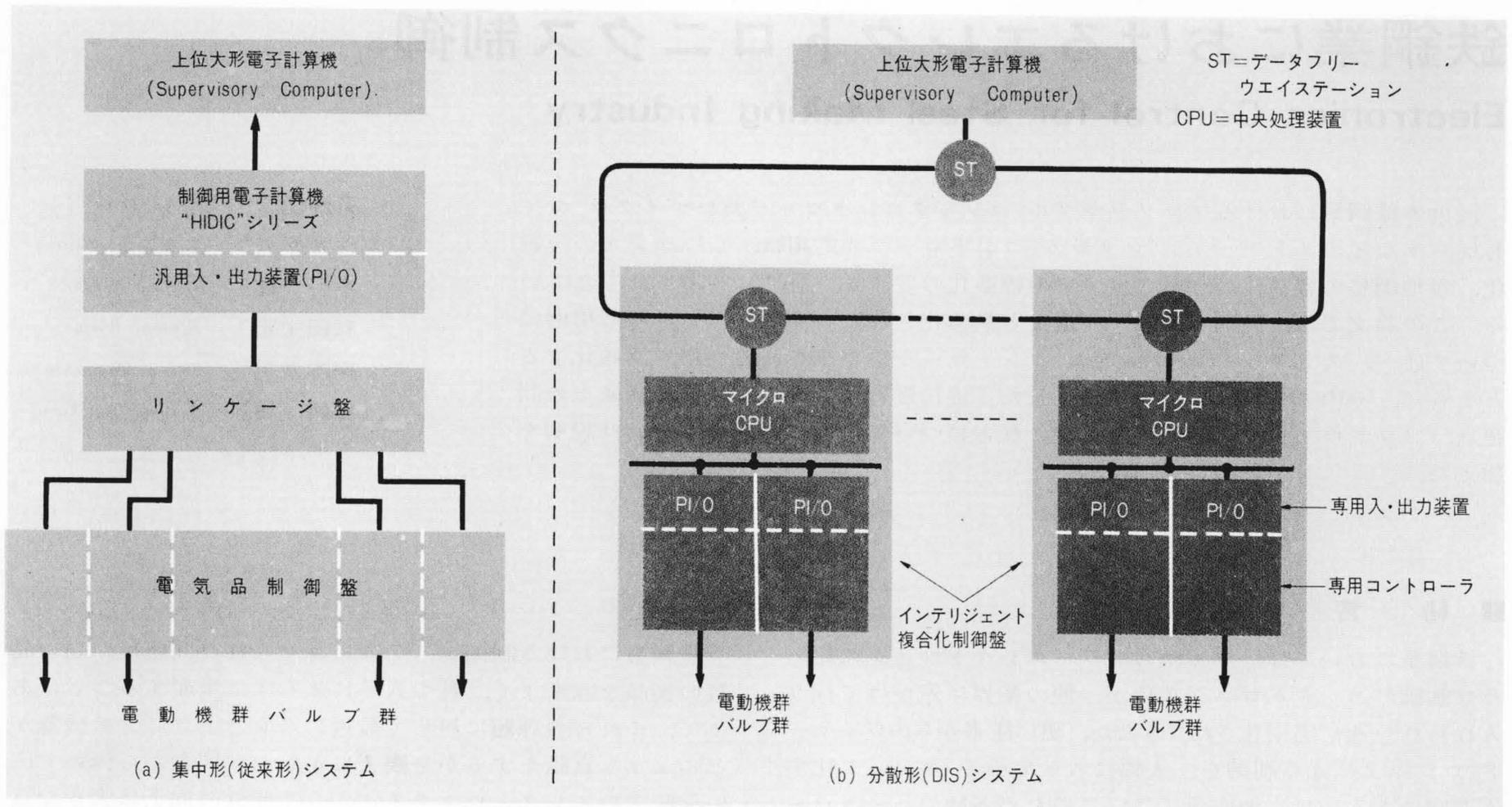


図1 制御システム構成の進歩 従来のシステム構成が、1台の電子計算機に集中しているのに対して、各制御盤がインテリジェントターミナルとして分散する、分散形システムへ移行している。

表1 制御システムに対する顧客のニーズと実現手段 最近の制御システムの構成手段と、顧客ニーズとの関係を示す。

ニーズ	顧客ニーズ											
	安				良				い			
	小形化	量産化	集積化	合理化	高性能	高信頼性	高保守性	安全	柔軟性	省力化	並行	複合
手段	ビルディングブロック化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
手段	標準化(シリーズ)化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	エレクトロニクス化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ストアードプログラム	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
手段	DIS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	インテグレートッドコントロールパネル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
手段	インテグレートッドリンケージ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	POL問題向言語	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
備考									フレキシビリティ	各種自動化	並行ソフトとハード工程が	制御盤を複合化し据付工事期間の短縮を図る

注：1. DIS=Distributed Intelligent System
2. POL=Problem Oriented Language

(以下、MOLと略す)の開発、及びMOL使用による自動設計システムの開発が進められている。ユーザーとの打合せにMOLを用いて仕様決定を行ない、MOLから直接コーディングし、システム設計より後の設計工程の機械化を可能としている。制御仕様の基になる運転方案の記述には、記述を記号法を用いて行なうことにより視覚的に分かりやすく、誤解、解釈のあいまいさが生じにくく、且つこの運転方案から直接

コード化を可能とする方法を使用している[この方法を、Symbolic Control Diagram(SCD)と呼んでいる。図6参照]。

3 鉄鋼各設備におけるエレクトロニクスの応用

3.1 製鉄工程における応用例

製鉄工程における応用例として、ペレット製造設備につき説明をする。

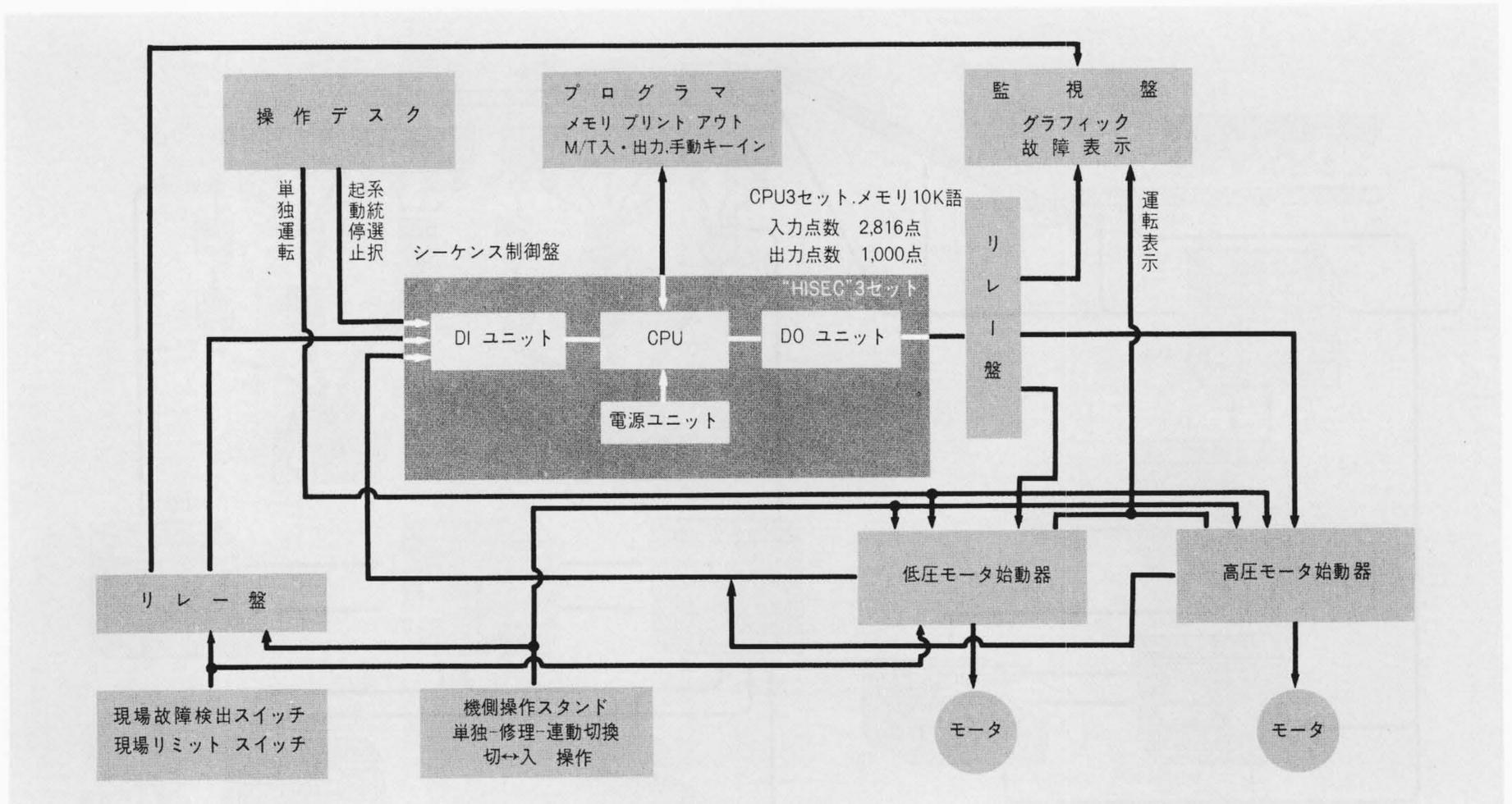


図2 “HISEC”システム構成図 総括制御方式における各機器、及び盤の機能分割を示す。

ペレット方式は、従来の焼結方式に代わるものとして採用されつつあるが、当然、プラントの稼働結果に基づく運転方式の変更も予想されるため、これらの変更に対処することが制御装置に要求される。この種のプラントにおいては約600台ほどのモータが使用され、それぞれのモータの運転条件が異なっているため、総括制御方式とすることがより合理的であり、ハードウェアとしてはPLCが最もふさわしい。この制御装置のシステム構成は図2に示すとおりであるが、このようなシステム構成により、外部配線の接続先が集約でき、従って、ケーブルの多心化が可能となり、工事を含めた現地試運転期間の短縮が可能となる。

総括制御方式において、システムの信頼性を向上させることは極めて重要なことであるが、単独～連動の運転モードを設け、運転モードの切換えによりPLCが故障した場合でも最小限必要な機器の運転を可能とするとともに、主要系統ごとにPLCを分離させ、全設備を数セットのPLCにより制御し、更にPLCの故障原因の究明を容易にさせるため、パリティチェック、Watch Dog Timer (プログラムの歩進機能喪失の検出)、チェックプログラムなど各種の機能を具備させている。

3.2 転炉設備における応用例

製鋼工場における代表例として転炉における応用について述べる。

3.2.1 概要

転炉では、LINZ-DONAWITZ (LD)法と呼ばれる「純酸素上吹き転炉」の容量も年々大形化の傾向をたどり、300tクラスのものも現われている。こうした機械的な規模が拡大される一方で、運転や制御の自動化が推進され、省力化と生産効率の向上が達成されている。

転炉設備における主な構成要素は、次に述べるとおりである。

- (1) 副原料、合金鉄などの原料輸送系統
- (2) レベル計や演算制御による炉上ホッパの現在量管理

- (3) 秤量制御とフィーダによる原料投入系統
- (4) 転炉傾動などの転炉本体駆動系統
- (5) 純酸素を噴射するランスの昇降、及び酸素・冷却水の調節系統
- (6) クレーン、機関車による溶銑の装入・出鋼・造塊鑄込、及び屑鉄・スラグなどの運搬系統
- (7) 転炉ガスの処理系統(燃焼又は非燃焼方式)
- (8) 集塵機などの付帯設備

ここでは上記の(1)～(3)をシステム化し、PLC、ミニコンピュータを活用して、ほぼ全自動化を図った例について紹介する。

図3に、転炉設備における、原料輸送・投入系統の制御システムのブロック図を示す。

3.2.2 原料輸送系統

転炉製鋼法で使用される原料は、「副原料」と「合金鉄」に大別され、それぞれに専用の貯蔵・輸送系統が形成される。副原料類は、設備によって規模、種類ともに異なるが、生石灰、鉄鉱石、けい石などの十数銘柄で地上バンカが30～40槽、炉上ホッパが転炉1基当たり十数槽で、3基分では40槽近い規模になる。合金鉄は、フェロマンガ、アルミニウムなどの十数銘柄で、地上バンカ20槽、炉上ホッパ16槽×3基で約50槽近いものが代表例として挙げられる。

全自動運転では、炉上ホッパの現在量をレベル指示計で常時管理し、各ホッパの内容量が数チャージ分を切るまでに減少した銘柄について、順次、自動的に輸送を行なう。その制御の概要は次に述べるとおりである。

- (1) 現在、空信号の出ている銘柄に対し、輸送の優先順位を選定する。
- (2) トリップの走行方向の判定、各停止位置の検出を自動的に行ない、目的の炉上バンカの真上に停止させる。
- (3) ベルトコンベヤを炉上ホッパ側から順序始動させ、所要の銘柄の入った地上バンカまでの輸送ルートを形成する。

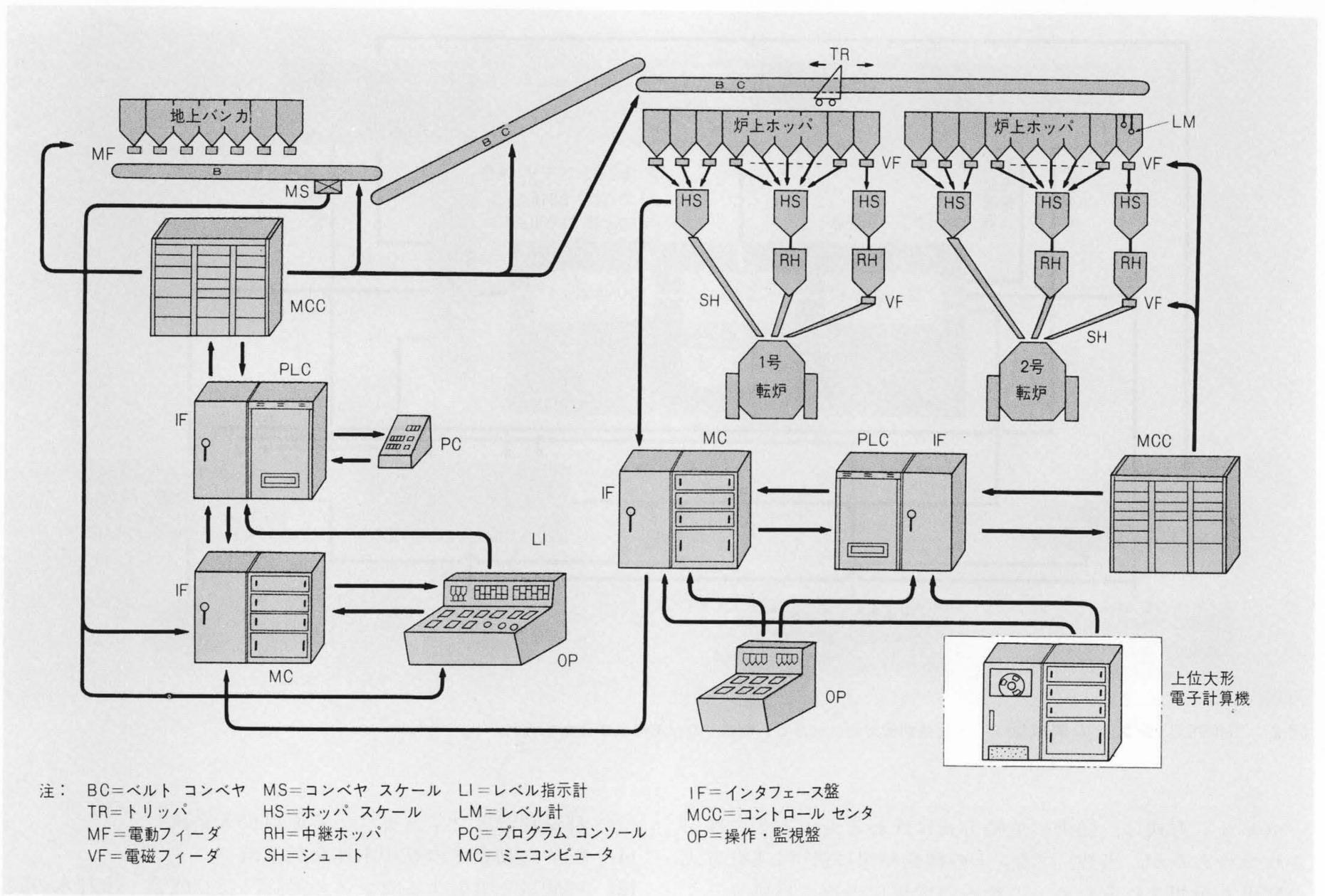


図3 転炉設備の制御系統図 転炉制御システム中、原料の輸送系統と投入系統の全自動運転システムのブロック図を示す。

- (4) 所要の銘柄の入った地上バンカから原料を切り出す。
- (5) 地上バンカで同一銘柄の複数槽に対する自動巡選切出しや、地上バンカが空の場合の待ち時間後の再切出しを行なう。
- (6) コンベヤ スケールから輸送量のパルス信号をミニコンピュータに送り、輸送量が設定値に達したかどうかを判定し、輸送を停止する。
- (7) 投入系統からの投入量の秤量信号と、前項の輸送量の突き合わせによる、各炉上ホップの現在量を管理する。この現在量はレベル指示計により、停電時にも記憶される。

こうした一連の制御は、炉上ホップの現在量管理以外はすべてPLCで制御される。特に輸送系では、バンカやホップの銘柄変更、使用原料の変更に伴うシーケンスの変更がかなりあり、PLC導入の大きなメリットになる。

更にこの制御の特長は、炉上ホップの現在量をミニコンピュータによる演算制御で計数管理していることである。

3.2.3 投入系統

転炉内の溶銑に、吹錬前と途中において所要の原料を投下する制御を行なう。転炉1基当たり副原料用、合金鉄用合わせて30槽ある炉上ホップを、5～8グループに分ける。そのグループごとにホップスケールを設け、操作盤又は上位電子計算機から指示された銘柄を、順次その設定値に達するまで切り出し、秤量する。投入は、1銘柄の秤量を完了するたびに転炉内に投下するものと、中継ホップに数種の銘柄を個々に秤量したものを蓄え、一斉投下や連続切出しを行なうもの

とがある。

原料の投下とともにランスにより酸素が吹き込まれ、炉内の反応温度は、1,500～2,000℃に達する。従って、各ホップやシュートのゲートの開閉を十分確認し、またN₂パージを行ない、反応ガスや火炎の吹上げを防止している。

3.2.4 エレクトロニクス化の要点

転炉設備におけるPLC導入の理由は、一般的な特長による採用のほかに、次の点が挙げられる。

- (1) 転炉設備全体が膨大なシステムとなるため、仕様のまとめに日時を要するが、火入れの設定に遅れないためにも、ハードウェアの先作りができるPLCが最適である。
- (2) 転炉は当初2基設定し、更に1基増設するのが通例であるが、増設・改造時にもあまり停止時間がとれない。PLCでは、入・出力点数の増加さえ行なえば、シーケンスの変更はテープの読み込みだけで完了し、スムーズに移行が行なわれる。
- (3) 輸送・投入の各系統間や、銘柄による各種インターロックの変更が、生産する鋼の種類や原料の変更に伴い行なわれるがPLCでは、ソフトウェア(プログラム)の変更だけで完了する。

ところで、このシステムでは自動運転のデータ処理にミニコンピュータ、又は大形電子計算機が使われ、その下にPLCがつながり、ハイアラキ(階層)システムを構成している。これは電子計算機、PLCそれぞれに適合する内容の制御を行なわせ、互いにその機能を十分発揮させ、コストパフォーマンス

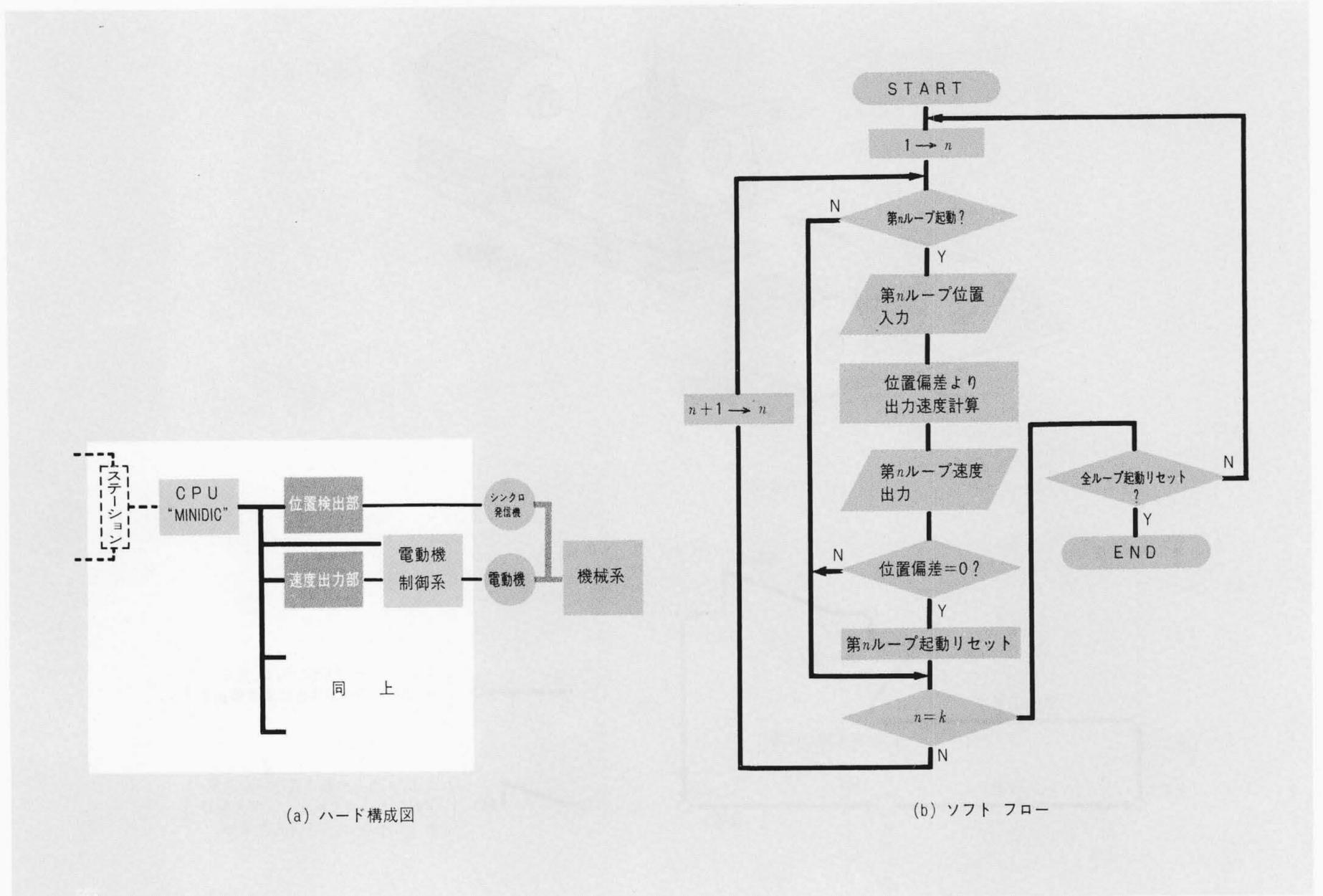


図4 位置決め制御構成図 “MINIDIC”を使用して、位置決め制御を実施する場合のハード構成、及びソフトフローチャートを示す。

スの最良点を得ていることが構成理由の一つである。この応用例に対しては、日立モータ群制御用PLC“HSC-500”を適用している。

このPLCは入・出力の全点数に対応して動作表示が設けられているので、シーケンスの全ポイントの動作確認が可能となり、外部との信号の受け渡しも確認できる。また、ハードウェアの要所に対し自己故障検出機能をもたせ、故障個所の発見を容易にしている。更に、チェックモードにおける模擬入力信号発生機能も保守上有効な手段を与え、ダウンタイムを最小にするよう考慮されているので、産業設備制御用としての高信頼性を得ている。従って、電子計算機がダウンした場合も、半自動運転、又は局部自動運転のバックアップがPLCで可能になるわけである。もちろん、各機器の単独運転はPLCを介さず、主回路盤(コントロールセンタなど)、又はインタフェースリレー盤で直接回路を構成し、最小限のバックアップが可能であるように配慮することが必要である。

このような輸送システムとホッパの内容量管理は、すべての産業分野に有効であるが、演算制御部分には、今後、マイクロコントローラも取り入れられ、システムが更に構成しやすくなり各分野に波及していくものと思われる。

3.3 圧延ライン及び精整ラインにおける応用

圧延ラインは鋼塊から最終製品である鋼板、線材、形鋼などを生産するラインで、極めてその種類が多く、且つ製品の精整工程まで含めると更に大規模となる。ここではエレクトロニクスの応用例として、圧延ラインにおいて圧延機の圧下、

主ロールの速度、サイドガイドなどの自動化に伴って必要とする位置決め制御装置に対するマイクロコンピュータ“MINIDIC”の応用例、並びに冷間圧延、及び精整ラインにおけるコイルの挿入、取外し作業、いわゆるコイルハンドリングに対するPLC“HISEC”の応用例とにつき述べる。

3.3.1 位置決め制御への応用

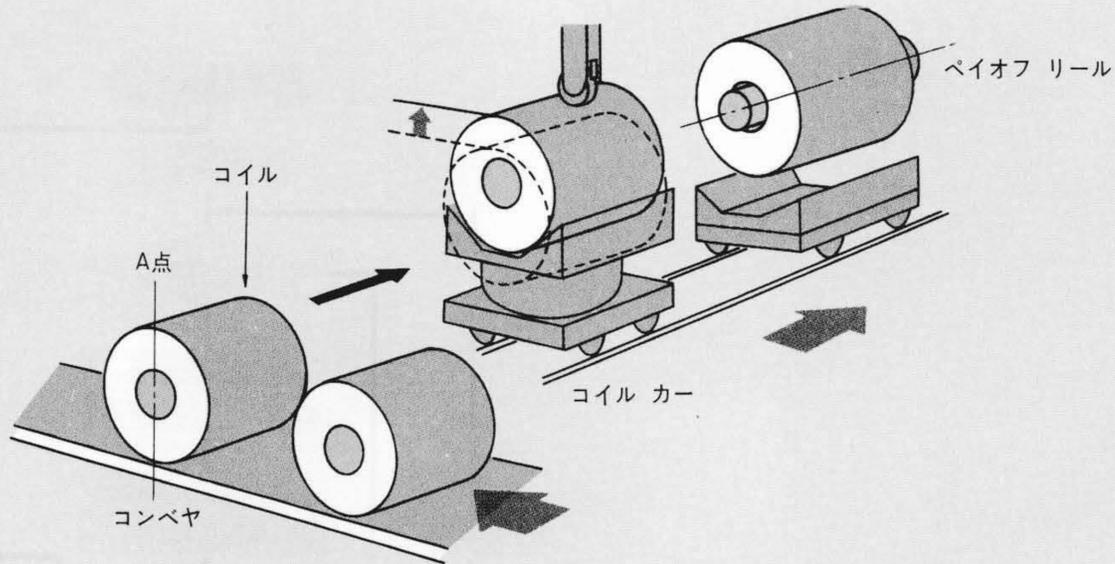
“MINIDIC”により位置決め制御を実施する場合の一例を図4に示す。“MINIDIC”は位置決め数ループを共用し、その指令は上位電子計算機、又はデジタルスイッチなどにより与えられる。位置検出部、速度出力部は位置決め1ループごとに必要であり、前述の位置決め制御専用のインテリジェントターミナル(P I O)である。“MINIDIC”のソフト処理としては、位置検出部より入力した位置と指令位置との差により速度を演算し、出力している。

このシステムを構成する場合、(1)ループ数が増加すると処理時間(サンプリングピッチ)が長くなるため、位置決め精度が悪くなる。(2)1台の“MINIDIC”で複数ループ処理する場合、ダウンしても運転に支障ない範囲のループ数にする必要がある。

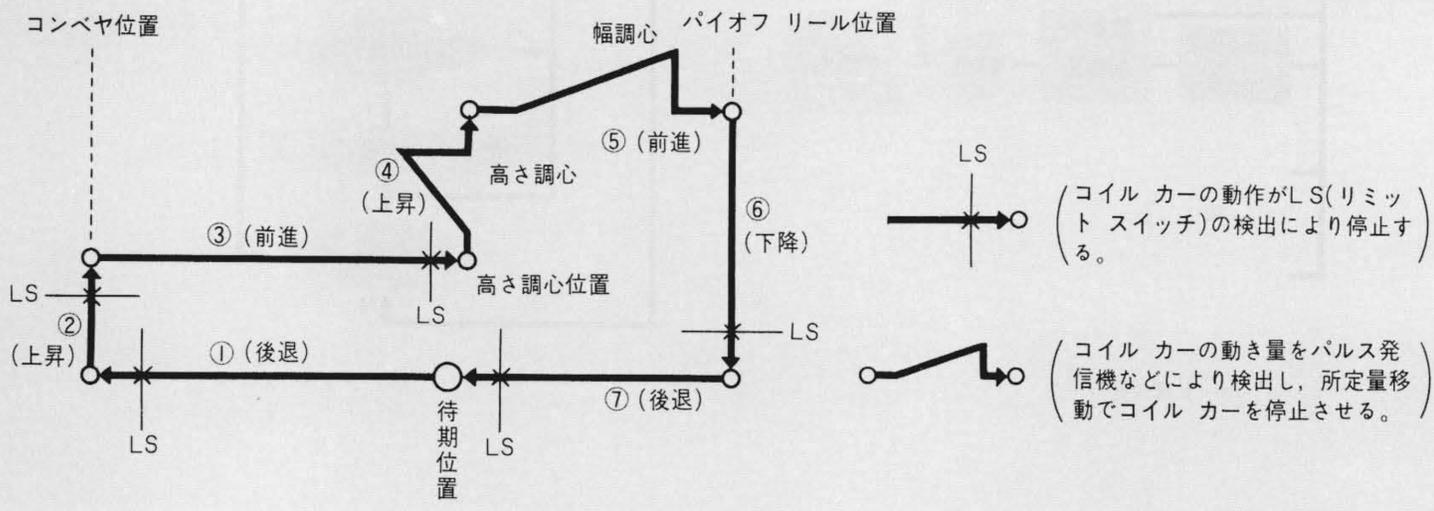
またこの位置決め装置は、従来の電動機制御盤に組み込むことにより、いっそう経済的に構成できる。また電動機制御系も“MINIDIC”と直接接続可能なるよう構成することにより“MINIDIC”を介して、上位電子計算機で故障診断などの応用が容易となる。

3.3.2 コイルハンドリングへの応用

“HISEC”により、コイルハンドリングを実施する場合に



(a) 動作説明図



(b) 操作順序(SCD)法

図5 コイルハンドリング概略図 コンベヤで所定位置(A点)に置かれたコイルは、コイルカーで高さ及び幅方向を合わせて、パイオフリールに挿入する。下部にSCDによる表記を示す。

ついて述べる。図5にこのシステムの対象となる機械の概略、及びコイルカーの動作について示す。同図で④及び⑤の動作を除き、他の動作はリミットスイッチにより停止点を検出している。④は高さ調心、すなわちパイオフリールの高さにコイルの中心を合わせるもので、別に測定したコイル径より移動すべき高さを計算しておき、この値と④でのカウント値、すなわち移動量の比較により停止点を決定する。また⑤は、圧延ラインのセンタにコイルのセンタを合わせるため、幅方向に調整を行なうもので(幅調心)、これもあらかじめ幅方向に移動すべき量を計算しておき、④と同様に停止させる。

これらの動作を“HISEC”で行なう場合、①～⑦に対応する専用P I Oを用いる。“HISEC”のソフト処理としては、これらの専用P I Oに起動信号を与え、終了信号を受け取り、これを順序に従って選択することで単なるプログラムとなる。

4 結 言

この論文では、最近のP L C、及びマイクロプロセッサの応用に焦点をおき説明を加えたが、このほか、鉄鋼業におけるエレクトロニクスの応用は極めて広範囲にわたっており、

今日まで我が国経済の高度成長を支えた鉄鋼設備の自動化、省力化はもとより、製品精度の向上、生産性の向上も、このエレクトロニクスに負うところが極めて大であると言っても過言ではない。更に今後、大規模集積回路(L S I)技術の進歩とともに、新しい素子、新しい手法が開発され、更に高い機能の制御装置の開発が期待されるが、メーカー及びユーザーの当面する問題、すなわち巨大なソフトウェアの問題、教育、保守体制、サービス体制などすべての面において協調をとりながら前進したいと考えている。

終わりに、御協力をいただいた関係各位に対して厚くお礼を申しあげる次第である。

参考文献

- (1) 楠田「機械工業におけるミニコンピュータの意義」
機械と工具 Vol.16, No.10 (1972)
- (2) 高橋「電子計算機技術の発達と展望」
電気学会雑誌 Vol.94, No.8 (1974)