

FACTROL 5000 (生産管理装置) とその応用

—— 熱間圧延設備計算機制御への応用 ——

FACTROL (Factory Control) 5000 System and its Application

—— Application to the Computing Control of the Hot Strip Mill ——

北之園 英 博* 中 西 博*

Hidehiro Kitanosono

Hiroshi Nakanishi

内 容 梗 概

FACTROL 5000 システムはデジタル計算機を中枢とする生産管理システムである。ここではその具体的な応用例として熱間圧延設備 (ホットストリップミル) の計算機制御システムを取り上げ、仕上圧延機のスクリー位置、ロール回転速度、ホットランテーブルのスプレー制御などについて述べる。

1. 緒 言

熱間圧延設備の計算機制御の研究は最近各所において行なわれつつあり、すでにいくつかの実施例を見ている⁽¹⁾。ここでは計算機制御の理論式には重点をおかず、一つの数式モデルを想定し、これに基づいて計算機制御を行なうとき、システムとしてどのような形になり、ハードウェアにどのような要求が出され、どのような問題点があるかについて述べる。

2. 計算式について

数式モデルの詳しい検討は省略し、ロール速度、圧下位置の計算は今井氏の論文⁽²⁾により、各スタンド圧延温度の計算は Lee, Sims 氏らの論文⁽⁴⁾により、スプレー制御式は福田氏らの論文⁽⁵⁾を基に制御のシステムを考える。

圧延機設定⁽²⁾は実験によって動力曲線を求め、平均圧延圧力を定め、これらを用いてロール速度、圧下位置を計算する。動力曲線は次式で表わされている。

$$E = E_0 (\lambda^m - 1) \quad (1)$$

平均圧延圧力 κ_i が材料の伸び率 λ_i の m 乗に比例すると仮定すれば、

$$\kappa_i = \kappa_0 \lambda_i^m = \kappa_0 \left(\frac{H}{h_i} \right)^m \quad (2)$$

これを用いて圧下力 P_i は、平均厚み $\bar{h}_i$ に対する値を $\bar{\kappa}_i$ として

$$P_i = \bar{\kappa}_i b \sqrt{R_i \Delta h_i} \left(1 + 1.11 \times 10^{-4} \kappa_i \sqrt{\frac{R_i}{\Delta h_i}} \right) \quad (3)$$

各スタンドの出側厚み h_i は

$$h_i = \frac{H h_6}{\{\varepsilon_i H^m + (1 - \varepsilon_i) h_6^m\}^{\frac{1}{m}}} \quad (4)$$

また体積速度は一定であるから

$$V_i = \frac{V_6 h_6}{h_i} \quad (5)$$

スクリーセット S_i は (3), (4) 式から

$$S_i = h_i - \frac{P_i}{M} \quad (6)$$

ただし、 E : トン当たり消費動力

m : 仕上圧延の場合 $m = C_1 + \frac{C_2}{h_6}$

E_0 : $E_0 = C \frac{\xi \kappa_0}{\rho \eta m}$ で表わされる ξ はトルクアーム係数

ρ : 密度

η : 軸受効率

H : 第1スタンド入側厚み

h_i : 第 i スタンド出側厚み

Δh_i : 圧下量

R_i : ロール半径

b : 材料の幅

ε_i : 累積負荷比率

M : スタンドの剛性率

を示す。

圧延温度⁽⁴⁾は鋼板から対流による損失を全損失に対し平均7%と考へ、熱放射損失 $\delta \theta_R$ は

$$\delta \theta_R = \frac{\sigma}{C_P} E_R A t \theta^4 \quad (7)$$

圧延エネルギーによる加熱 $\delta \theta_H$ は

$$\delta \theta_H = B \frac{E_i I_i}{Q} \quad (8)$$

ロールやスプレーによる温度降下 $\delta \theta_W$ は実験より

$$\delta \theta_W = -A_1 \delta \theta_H - A_2 \quad (9)$$

ただし、 C_P : 比熱

E_R : 鋼の熱放射

A : 面積

t : 放射時間

θ : 各スタンド直前の温度

E_i, I_i : モータの電圧電流

Q : 鋼の流れ

B, A_1, A_2 : 定数

である。

ロールから板へ与えられる運動エネルギーは無視して、結局 (7), (8), (9) の和として損失を評価している。

この式により F_1 入側温度をキーにして次々にスタンドの圧延温度を計算する。

スプレー計算⁽⁵⁾は注水領域と放射冷却領域に分け、板の厚み方向温度分布を2次曲線と仮定してそれぞれ次式で表わしている。

$$T_c' = \exp \left[-\frac{2 \alpha L_1}{C_P \rho h_6 V_6} \right] (T_6 - T_w) + T_w \quad (10)$$

$$T_c = \left\{ \frac{(1 - \eta^4) 3 k_R L_2}{h_6 V_6} + \frac{1}{(T_c' + 273)^3} \right\}^{-\frac{1}{3}} - 273 \dots (11)$$

ただし、 T_c' : スプレー終端での板温度

α : 熱伝達係数

L_1 : スプレー領域の長さ

L_2 : 放射領域の長さ

T_w : 冷却水温

* 日立製作所日立工場

$$\eta = \frac{373}{T_c + 273}$$

k_R : 密度と比熱によって決まる定数

である。

以上の数式モデルによって計算した結果は必ずしも理想的な値ではない。したがって圧延設定ではミルバランスと板厚とスタンド間張力をモニタし、圧延温度は最終スタンド出側温度をモニタし、スプレー制御では巻取温度とスプレー入側温度をモニタしてそれぞれ修正計算を行なう。修正計算は原則として数式モデルの一次微分をとり、アナログ修正による積分制御とする。ただしその修正のための係数計算はデジタルで行なう。

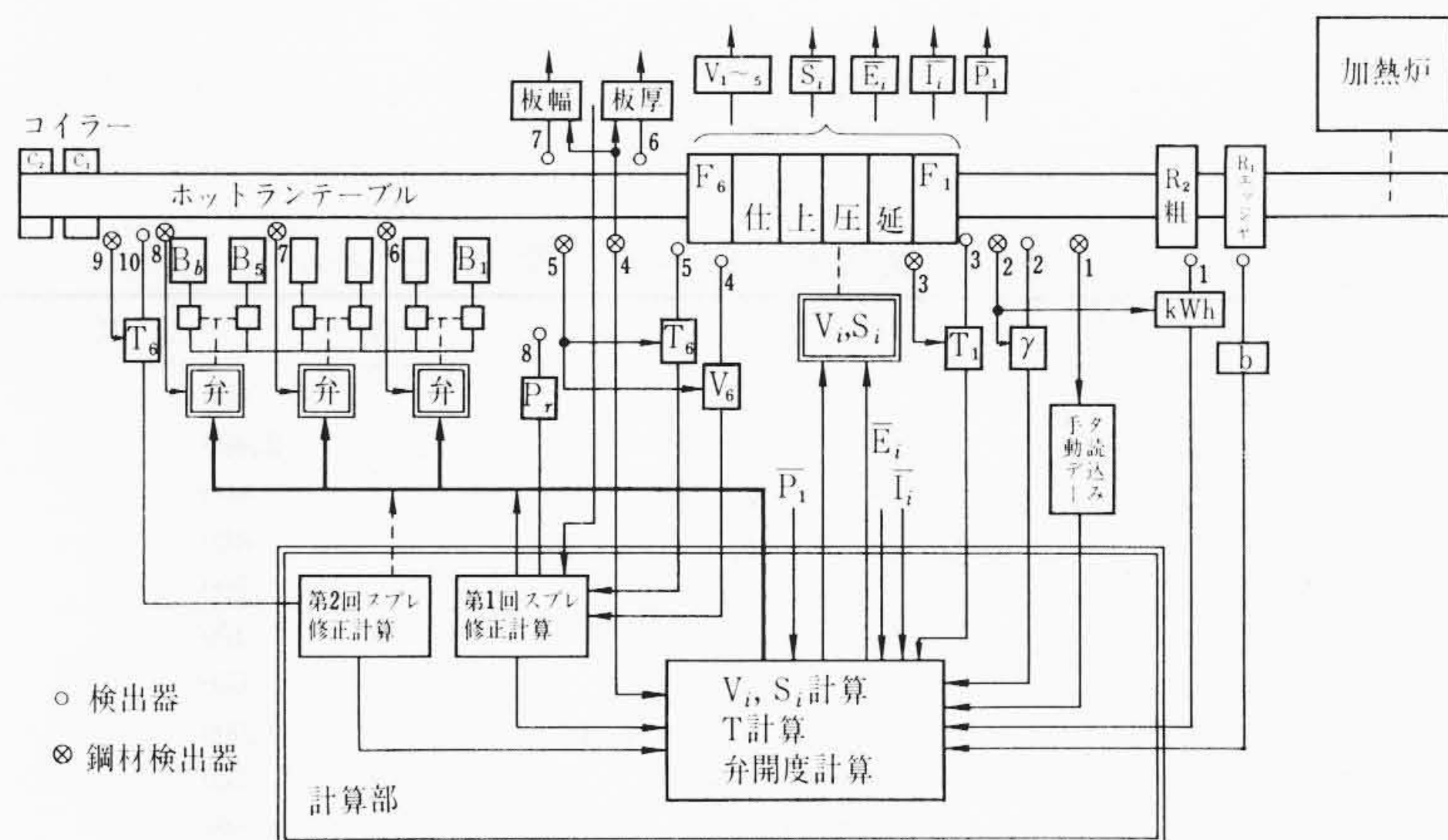
3. システムの構成

第1図は上記の計算式を基にした計算制御システムの構成である。ここで R_2 は可逆式粗圧延機、 $F_1 \sim F_6$ は6スタンドの仕上圧延機、 C_1, C_2 はコイラーを示す。

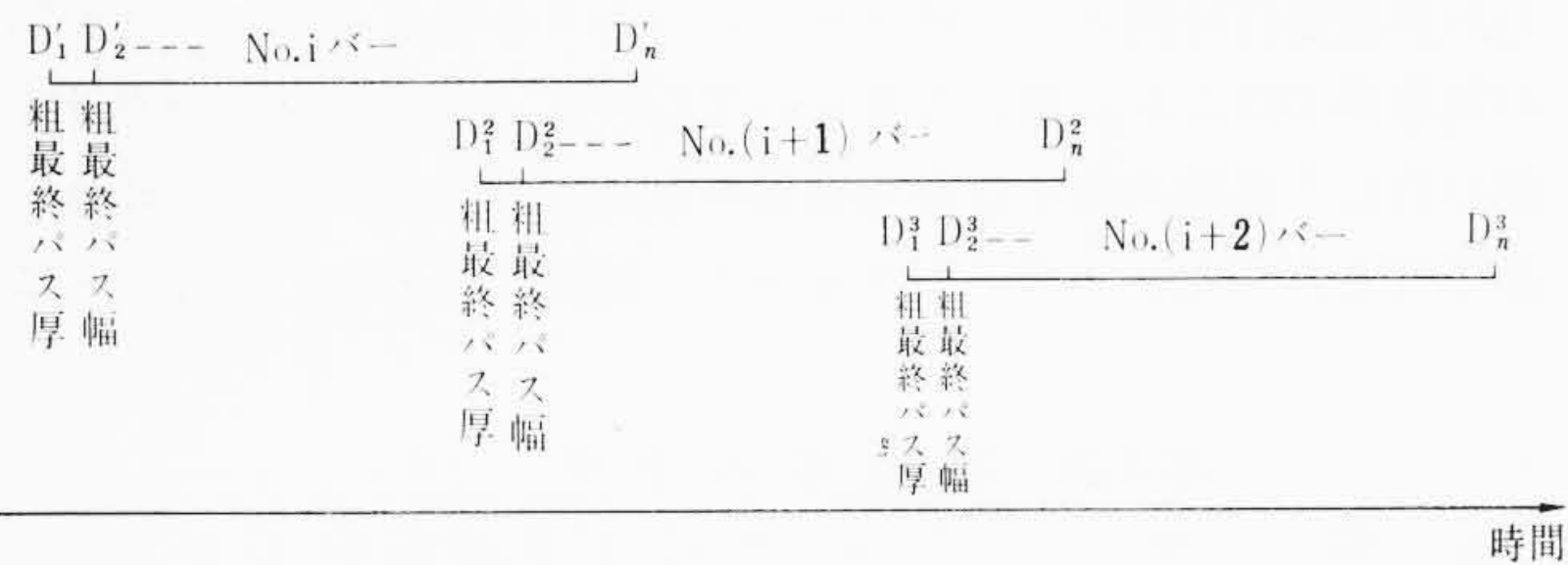
まず粗圧延中圧延動力kWhを積算し、その最終パスでスクリュ位置から材料の板厚を知り、エッジャより板幅を知って計算機に取り込む。引続き成品厚み、第6スタンド出側速度（またはロール回転数）、累積負荷比率などの手動設定データを取り込む。この手動設定データは前回の圧延と変更なきときはバイパスする。ここで第1回の設定計算を行なう。この設定計算も前回の圧延とまったく同一の条件で圧延するときは省略する。この設定計算で得られた設定値は計算機より圧延機制御装置に命令として出力される。この設定値は原則として前回のバーが最終スタンドを通過したとき有効となる。そして今回のバーが第1スタンドにかみ込まれるまでの時間的余裕のある間にホットランテーブルのスプレー予備計算を行なう。この予備計算には粗圧延最終パスの材料温度の測定値を用いる。この温度は必ずしも仕上圧延機出側の材料温度と一義的な関係がないから、そのための偏差は修正計算によって補正する。

前回のバーが F_6 スタンドを抜けると今回の設定が行なわれ、材料は第1スタンドにかみ込みが可能になる。第1スタンドに板がかみ込まれるとその圧下力と入側温度を知って修正計算を行なう。この計算は数式モデル(1)～(9)の偏微分による。そして板の先端が最終スタンドを出ると、各スタンドの圧延動力のバランスや仕上板厚や出側温度などを知って修正計算を行なう。一方先端が第6スタンドを出るときはすでにスプレーの予備設定は完了しているが、ここで温度 T_6 と最終スタンド速度を測定してスプレーの修正計算を行なう。板の先端がコイラーに達すると巻取温度を測定してさらに修正計算を行なう。そして板が仕上げの各スタンドを抜けるにつれて後端補正を行なう。

以上は、システムの概要であって、実際には多くの制限条件があ



第1図 ブロック図



第2図 データの取り込み

る。たとえばこの計算機制御の大きな目的の一つは、圧延スケジュールの大幅な変更に対応することで、このため計算機の出す命令は相当大幅に変わりうる。一方制御装置を含む機器は、それぞれ有限の能力を持つため与えられる命令がこれを越えてはならない。逆に能力を越えた結果が得られたときは直ちに修正を行なうが、その修正計算が時間的に許されないときは⁽³⁾、一次近似の補正を行なう。そしてこの補正を行なった結果は、必ずしも理想的な設定ではないから、モデル修正の入力情報として用いることはできない。このように、数式計算の結果は単純に命令として出力するのではなく、スプレーを含めて機器の持つ制限条件、検出器、入出力制御部操作端の動作時間を含めた制御のタイミングなどを考慮する必要がある。

4. システム構成上の問題点

システム構成上、計算部と制御部および周辺回路の関係が問題となる。ここではこれら問題点のおもなものについて述べる。

(1) まずデータの格納について考える。前回のバーが仕上圧延機を抜けると次回のバーが仕上第1スタンドにかみ込まれるが、各スタンドの速度が独立に制御されるときは、さらにバー間隔が縮められる。しかも仕上第1スタンドにバーがかみ込まれるときは、次のバーは粗圧延機で圧延が始まっている。したがって必要とされるデータ、すなわち粗圧延機の圧延動力からコイラー巻取温度までのデータを、ある一時点で考えると第2図に示すように数本のバーにまたがっており、これらデータがどのバーに属するかの判断を行なうと同時に、そのデータの格納のとき、正しく記憶しなければならない。そこでデータ格納容量は1本のバーに対する値の3倍を用意する。

(2) 各材料のデータがラップしてはいることを予想し、取込みデータは手動設定データを含めて、その緊急度に応じて優先順位をつける。計算機に取り込むデータの一覧を第1表に示す。この表に示す入力のは「テープ」は計算部初期スタート時に読み込むもの、「手動」は各バーの計算開始時に計算機からの命令によって読み込むもので、随時変更できるもの、「自動」はオンラインの検出器より読み込むものを示す。

さて手動入力データと自動入力データは計算のタイミングと合わせ考えて、第2表に示す優先順位をつける。表中順位1から順位5までは強制割込みで外部からの要求によって、直ちに計算機へ入力し、リクエストレジスタの項は外部からの要求によって計算機側より取り込むものを示してある。前者に比べ後者は緊急度が低い。

(3) 第3図は計算制御の概略を示すタイムチャートである。この中で計算のタイミングとして最も時間的に拘束をうけるのはミル設定計算である。すなわち粗圧延機で最終パスの情報を得て手動設定値を読み込むと同時に計算を行ない、バーの先端が仕上第1スタンドにかみ込むまでに設定を終了している必要がある。一例によれば粗圧延の最終パスが終わって仕上スタンドにかみ込むまでの時間的余裕は約8秒で、このうち情報の取込みを含

む計算機動作時間として許されるのは約 6 秒程度である。計算部の処理能力はこれに耐えうるものでなければならない。一方計算部の行なう処理内容すなわち情報の取込み、数式モデルの計算、計算部を含めたシステムのチェック、情報の出力などを各バーに

対し、それらの 1 圧延ピッチ内に処理する必要がある。その概略の最短時間は約 40 秒程度と考えられる。

(4) さきに前提とした圧延設定計算では、粗圧延機の圧延動力が重要な入力データとなっている。この圧延動力の積算値を求めるとき、問題となるのは上下ロール駆動モータの出力の中から圧延のため消費された動力を分離して取り出し、それを積算することである。モータの入力を得ることは容易であるから、これに基づいて、ギヤ損失、風損、銅損などを考慮し、材料をかみ込んでいる時間だけ積算装置のゲートを開き、かつ加減速パワーをロールのかみ込み、かみ離し時の速度に用いて計算し圧延時全動力から差し引く。

(5) このほか、圧延速度のコイラーかみ込み後の昇速、変形抵抗の修正計算、スプレー制御における温度測定上の問題、各オンラインデータの検出器、テールエンド補償など多くの問題点があるが、ここでは省略する。

5. 制御用計算機の条件

5.1 熱間圧延設備計算制御の計算機に対する要求
四六時中発生するデータの中には、ただ記録だけにとどめるものや圧延設定計算やその修正計算に必要なデータなどいろいろなものがある。特に圧延設計計算はスラブが、仕上第 1 スタンドにかみ込む以前の短時間に行なわなければならないので、発生次第他のデータに優先して取込み、すみやかに計算に移行する必要がある。このため計算機の割込機能がこれに当てられる。

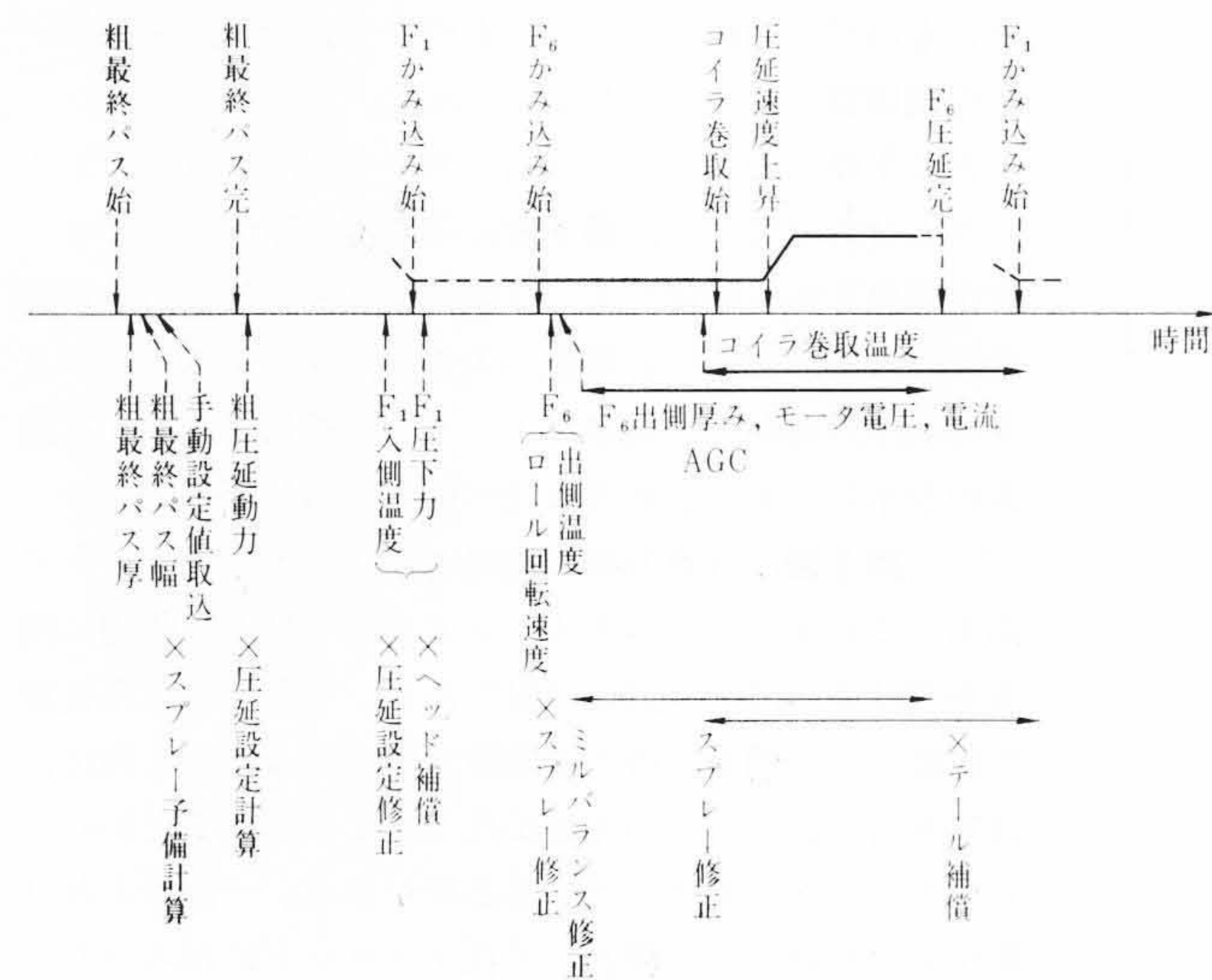
計算に必要なデータがそろってから計算結果の表示まで、数秒から十秒程度という制約の中で計算を完了しなければならないので、かなり速い計算速度が要求されている。また圧延ピッチ 40 秒前後の間にロギングもやるため、印字速度も速くなければならない。このロギングは、よりよき数式モデル作成のためのエンジニアリングにとって必要なものである。

この計算機制御上必要とする記憶容量は第 3 表のとおりである。この中で、

データサンプリング	各種データの計算機への取込み
数式モデル	圧延設定計算、補正計算、スプレー計算
制御、転送	各プログラムの制御、データの転送
印字、表示	ロギング印字、計算結果の表示
エマージェンシ	データ補償、異常処理
チェック	各命令のチェック、A/D、入出力チェック
サブルーチン	平方根、べき乗根等計算用サブルーチン
	2 進化 10 進→2 進変換、2 進→2 進化 10 進変換、60 進→2 進変換、整数→小数変換、印字など
データ格納 W_s	計算用定数、データ、ワーキングスト

第 1 表 計算部入力データ			
No.	データ	シンボル	入力の形
1	スラブ重量	W	手動
2	成品厚み	h_6	手動
3	F_6 出側速度	V_6	手動
4~9	累積負荷比率	ε_i	手動
10	計算定数	C_1	テープ
11	計算定数	C_2	テープ
12	計算定数	C	テープ
13~18	ロール径	R_i	手動
19	スタンド剛性	M	テープ
20	効	η	テープ
21	トルクアーム係数	ξ	テープ
22	粗最終バス厚み	H	自動
23	粗最終バス幅	b	自動
24	粗圧延動力	kWh	自動
25	材料密度	ρ	手動
26~31	圧下位置	S_i	自動
32~37	各スタンドロール回転数	N_i	自動
38~43	各スタンドモータ電圧	E_i	自動
44~49	各スタンドモータ電流	I_i	自動
50	F_1 入口温度	T_1	自動
51	F_6 出口温度	T_6	自動
52	巻取温度	T_c	自動
53	F_6 出側厚み	h_{60}	自動
54	スプレー圧力	P_r	自動
55, 56	スプレー目標値	T_c, T_b	手動
57	材料の比熱	C_p	テープ
58	冷却水温	T_w	手動
59	熱伝達係数	α	テープ
60~61	スプレー領域	$L_1 L_2$	テープ
62	鋼の輻射係数	E_R	テープ
63~65	温度計算定数	B, A_1, A_2	テープ
66~71	圧下力	P_i	自動

第 2 表 計算部入力の優先順位			
順位	情報	点数	備考
1	停電	1	
2	粗最終厚み、粗圧延動力	2	圧延設定
3	F_1 入側温度、 F_1 圧下力	2	変形抵抗と修正
4	F_6 出側温度、 F_6 回転速度	2	スプレー修正
5	コイラー巻取温度	1	スプレー修正
6	手動設定値、粗最終幅	20	設定計算
7	F_6 出側厚み	1	設定修正
8	モータ電圧、電流	12	バランス修正
9	スプレー圧力	1	スプレー修正



第 3 図 ホットストリップ計算機制御タイムチャート

第 3 表 記憶装置占有表	
内 容	語 数
データサンプリング	600
数式モデル	2,800
制御	600
印字	400
エマージェンシ	700
チェック	400
サブルーチン	600
データ格納 W_s	1,000
予ニシヤル備	200
	800
計	8,100

第4表 FACTROL 5000 システム計算部

	基本仕様	オプション機能
方式	プログラム内蔵方式	
数値語	内部2進, 固定小数点方式 20+符号 1+チェック 1ビット	浮動小数点(ソフト)
命令語	命令部 6+アドレス 15ビット	インデックス付アドレス13ビット
演算方式	直列同期式	
演算速度	加減算 730 μ s 乗除算最大 5.33 ms	
命令の種類	21	ドラムインデックス関係の命令最大 43
アドレス方式	1アドレス方式(アドレス演算式)	
基本周波数	100 kc	
基本回路	トランジスタスタティック同期式	
記憶容量	1,024 または 2,048 語(WA方式)	ドラム, コア 固定 640 語
優先割込		8×n レベル
入力	8単位テープ 並列 21ビット情報	
出力	並列 21ビット情報 並列 15ビットアドレス	
周囲温度	0~40°C (-5°~50°C で再現性失わず)	
電源	100 または 200VAC3 ϕ 2 kVA	
標準寸法	1,200 W×1,900 H×900 D	

第5表 FACTROL 5000 システム基本命令

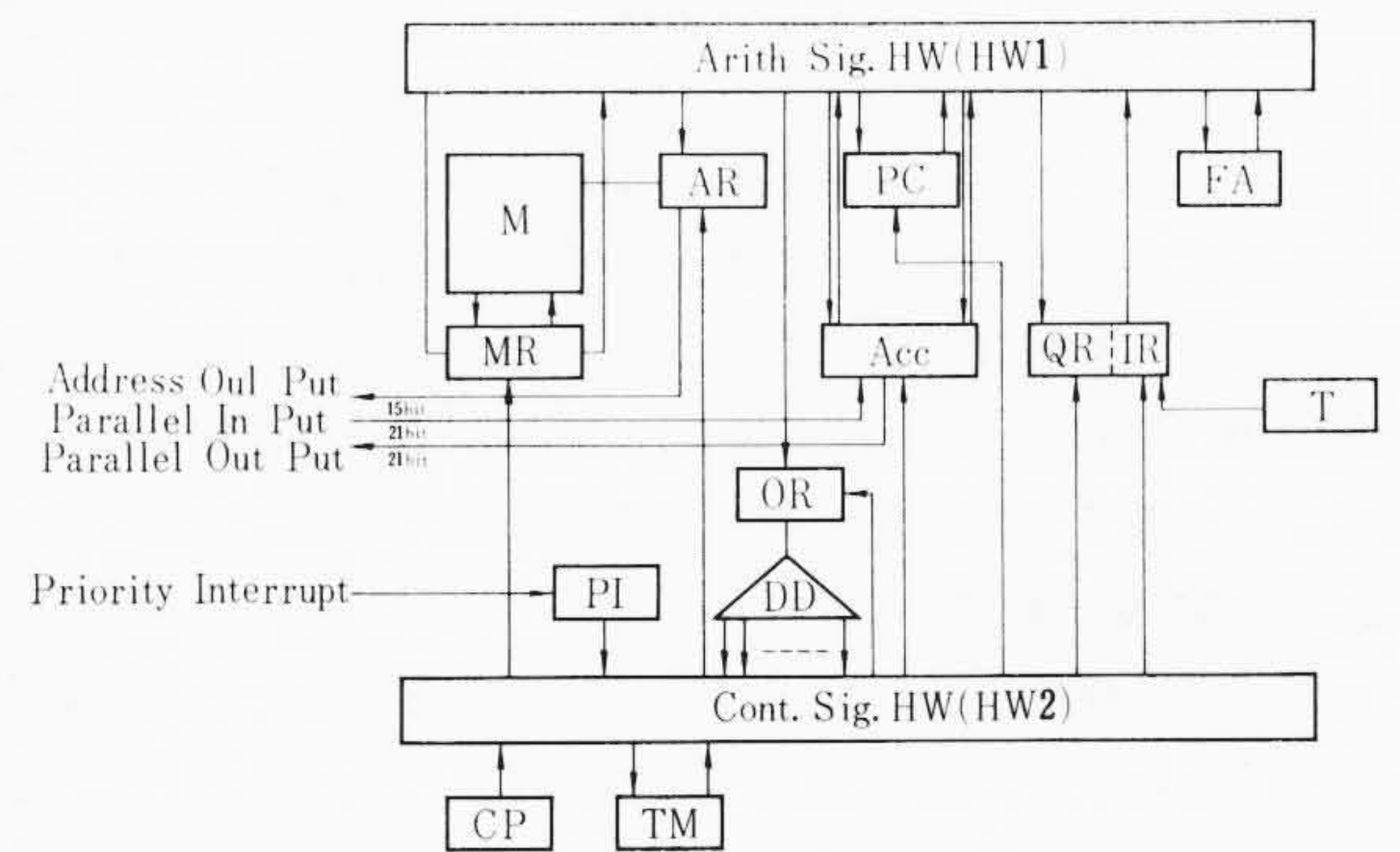
分類		シンボル	オクタル	備考
四則	Addition n	AY	10	$(Acc)+(n) \rightarrow Acc$
	Subtract n	BY	20	$(Acc)-(n) \rightarrow Acc$
	Clear Add n	XA	71	$(n) \rightarrow Acc$
	Multiply n	ML	43	$(QR) \times (n) \rightarrow Acc+QR$
	Divide n	DV	45	$(Acc+QR) \div (n) \rightarrow Acc$ 剰余 $\rightarrow QR$
アドレス	Add Address n	AA	11	Address 部 $(Acc)+Address$ 部 $(n) \rightarrow Address$ 部 Acc
論理	Collate n	CO	36	$(Acc) \otimes (n) \rightarrow Acc$. ビットごとの論理積
	Exclusive OR n	EO	56	$(Acc) \oplus (n) \rightarrow Acc$. ビットごとの排他的論理和
ジャンプ	Halt Jump n	HJ	01	$n \rightarrow$ Jump し停止
	Jump Unconditional n	JU	14	$n \rightarrow$ Jump
	Jump n if $Acc < 0$	JN	15	$Acc < 0$ なら $n \rightarrow$ Jump
	Jump n if $Acc = 0$	JO	16	$Acc = 0$ なら $n \rightarrow$ Jump
シフト	Shift Right n	SR	21	Acc Arithmetic shift $n \leq 21$
	Shift Left n	SL	23	Acc Arithmetic shift $n \leq 21$
	Right Cycle Long	RL	13	$Acc+QR$ Logical shift $n \leq 21$
転送	Transfer Acc to n	TY	30	$(Acc) \rightarrow n$
	Load Q Register n	LD	13	$(n) \rightarrow QR$
入出力	Tape Read parallel n	RP	17	Tape を $n(\leq 3)$ けた読む
	Sense Input n	SS	22	外部レジスタ $(n) \rightarrow Acc$
	Output n	OT	63	$(Acc) \rightarrow$ 外部レジスタ n
複合	Jump n & Store P.C	JS	12	P.C $\rightarrow m$. $n \mid$ Jump
オプション	Index 関係 Drum 関係			

レージ

イニシャル イニシャル, イニシャルスタート
などを含み, 総計約 8,000 語となる。このほかにさらに余裕が必要である。

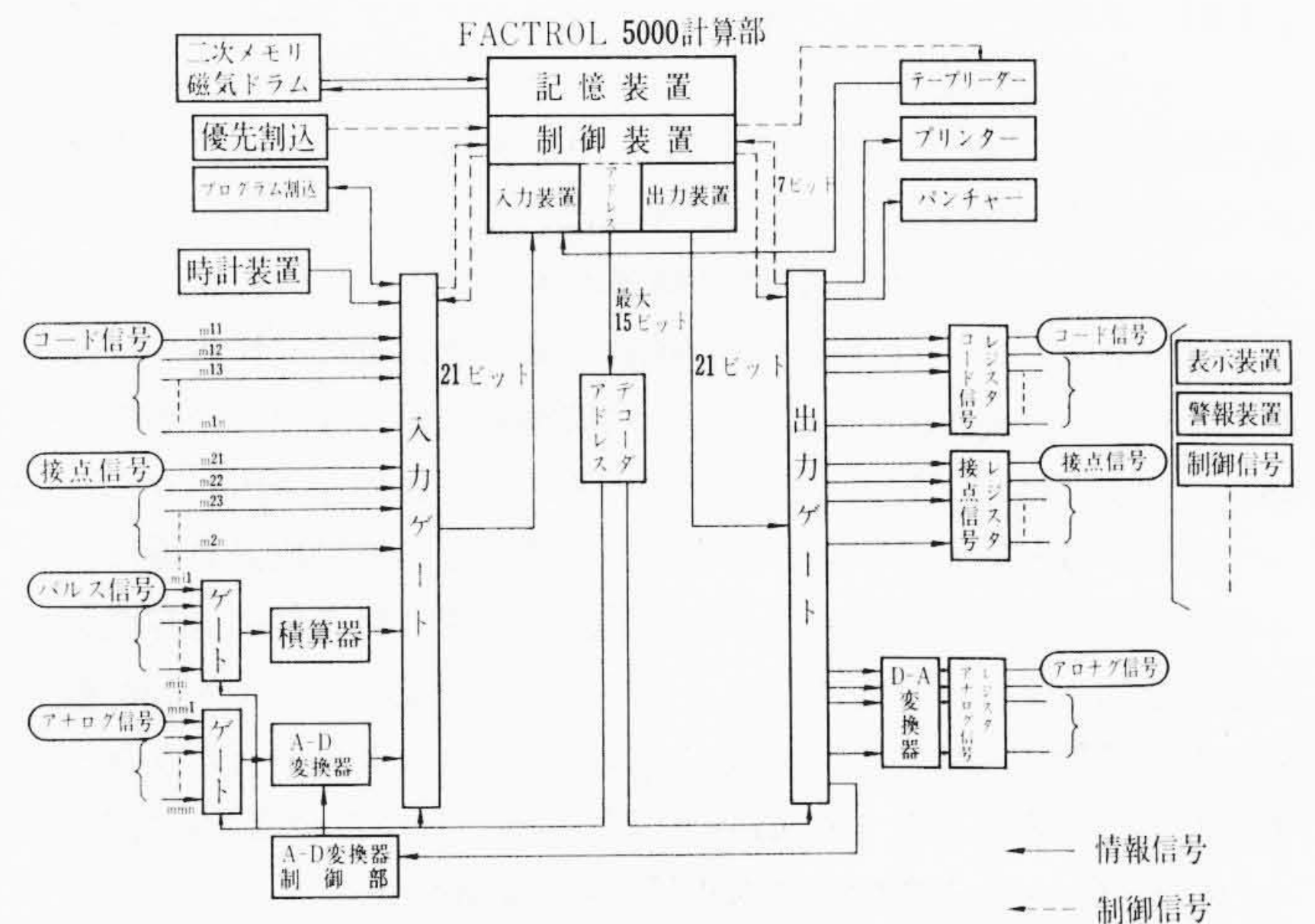
5.2 制御用計算機 FACTROL 5000

ホットストリップの制御用計算機は, オンライン制御であるため高い信頼性と融通性を必要とする。雑音, 温度など周囲条件の悪い中でも正常に動作し, 連続運転に耐える稼働性を備え, プロセスとの間ですみやかに信号をやり取りするための入出力制御装置を持っていなければならない。第4表は工業用に開発された FACTROL 5000 システムの計算部の仕様, 第5表はその基本命令一覧表, 第4



T: テープリーダ Acc: アキユムレータ
M: メモリ OR: オーダレジスタ
HW: ハイウエイ DD: オーダデコーダ
MR: メモリレジスタ CP: コントロールパネル
AR: アドレスレジスタ TM: タイミング
PC: プログラムカウンタ IR: インプットレジスタ
FA: フルアダー QR: クオンシエントレジスタ

第4図 計算機ブロック線図



第5図 FACTROL 5000 システム構成図

図は計算部ブロック線図, 第5図はシステムのブロック図を示す。

この計算部は表にも示すとおり記憶装置として, コアメモリを基本とし信頼性を高めるために, 外部選択方式として雑音に強くかつ温度変動にも強いメモリになっている。コアの出力電圧は約 500 mV に達し, 従来のものに比べ 10~15 倍の値であり, 0~40°C の温度範囲を有している。したがって工場現場にも設置可能である。高信頼性をもたせるため各部に配慮がなされているが, 中でも固定メモリを付加できる特長をもっている。このコア固定メモリによって, ほとんどプログラム変更を要せず, 重要度の高いプログラムを固定化することができ, メモリプロテクションの立場から最もよい方法で制御用計算機としては好ましいことである。システムの解析が進みプログラムが完全に固まった段階では, ワーキングメモリ以外は全メモリが固定化されよう。またデータファイルとしての記憶容量を必要とするシステムには磁気ドラムを付加することができる。

電氣的に構造的にビルディングブロック方式を採用しているため, 高信頼計算機の製作調整コストの低減と保守点検の容易なシステムである。命令の増設, 機能変更も容易にできる。

入出力信号として接点をとることができ, 21 ビットの並列読み出しが可能で, アドレス出力により約 8,000 点の外部機器選択が任意にできる。その中には A/D, D/A 変換器, パルス計数器, 接点信号, コード信号などがある。

制御用計算機にとって欠くことのできない強制割込機能を有し、停電などの異常時の処理や緊急度の高いデータ取込みの場合、実行中のプログラムを外部から強制的に中断させ、計算機のコントロールをあらかじめ定められている番地の命令に移行させてそれぞれの処理を行なう。数値計算の精度は 2 進 10 進表示で 10 進 5 けた、純 2 進で 10 進 6 けた相当が可能で、さらに倍長演算機能もあるから、ホットストリップの要求を完全に満たしている。

5.3 異常処理法⁽⁶⁾

オンライン計算機には、種々の異常状態が発生するためそれに対処しなければならない。異常処理法には大きく分けて次の二つがある。

(1) 計算機ハードウェア自身の異常処理法

(2) プロセスの異常処理法

(1) の計算機ハードウェア自身の異常には、未然の保守が許されないから動的チェックを随時行なわせる。

(a) 周期的に流されるメインプログラムに付属させて周期的自動的に行なわせるもの

(b) 人間がその時々判断によりメインプログラムに割込ませを行なうもの

の二種類ある。メインプログラムの 10% 程度がチェックプログラムであることが望ましいが、その中には、各命令の実行チェックや入出力機器のチェックや A/D 変換器のチェックなどがある。チェックプログラムは、計算機を機能的にブロックに分けて検査し好ましくない何かを感知したときは、その時直ちに、また次の周期に同じことが二度以上起きるかどうかをみ、かつ傷の深さ広がりによってどういう処置をすべきかを人間に警告する。制御用計算機にあっては、操業の安全収率に大きな影響がない限り無条件に計算機を停止させることは不可能である。多くの表示機能によって人間が機械の健康状態を判断し、計算機自身は決められた制御を行なうなり手動制御に切換えるなりして、停止可能な時点を待たねばならない。

(2) のプロセスの異常には合理性 (reasonableness) チェックが行なわれる。入出力機器である数百の計測器を監視し、データが定常状態より著しく異なっているときデータの補償を行なう。このとき異常処理表示を行ない、前回分のデータで置き換えたり、数回前ま

での平均をとったり、ある定数で置き換えたりして、なんらかの補償を行なってプロセスを進行させる。

計算機の電源が、外部の要因あるいは計算機自身の電源回路の故障によって異常となったとき、そのまま動作を続けることは、前に記憶してあったプログラムの内容を破壊する恐れがある。制御用計算機としては電源異常に対する対策がぜひ必要である。長時間停電の場合は、記憶部の内容を保護すればよいが、短時間停電のときは、記憶部内容はもとより、各レジスタ内容もその履歴を保存し稼動復旧が短時間に行なわれなければならない。停電期間中に情報が発生し、かつ消えてしまうようなときは情報側でその対策を立てる。電源異常検出により最高レベルに割込みをかけ、異常処理プログラムにより各レジスタの内容を退避させ、記憶電源を規定どおり自動遮断する。この動作が完了するまで計算機は正しく動作しなければならないから、停電に対する処理速度と電源電圧低下に対するマージンがこれに應ずるものでなければならない。

6. 結 言

熱間圧延機の計算機制御は、ここに取り上げたもの以外に加熱炉、粗圧延機を含め広範囲にわたっており、これらを処理するためには、計算機の規模もそれに相応するものが要求されるが、ここでは仕上圧延とホットランテーブルに限り述べてきた。また設定値の修正には、アナログ計算要素が有効であるがアナログ要素の説明は別報⁽⁷⁾に触れてあるので省略した。また自動板厚制御 (AGC) は計算機制御の成否を大きく左右するが、そのリンケージについては機会を改めて述べる予定である。

参 考 文 献

- (1) Instruments & Control Systems, 36, 100 (Sep. 1963)
- (2) 今井：機学誌 66, 938 (昭 38-7)
- (3) Beadle: IFAC No. 2. Session A 32, 437 (1963)
- (4) Lee et al: J of I & S Inst., 270 (1963)
- (5) 福田ほか：鉄と鋼 3, 232 (1963)
- (6) 田中：日科技連計算機活用セミナーテキスト「制御系への応用」No. C 7 (1962)
- (7) 前川、北之園、宅間：日立評論 45, 125 (昭 38-9)

Vol. 25

日 立 造 船 技 報

No. 3

目 次

- ・耐キャビテーション・エロージョン性に及ぼす金属の諸性質
- ・低放射性廃液の自動選別装置の試作 (第 1 報)
- ・波形炉筒および鏡板接合部の強さ (第 4 報完)
——波形炉筒をもつボイラ各部の応力——
- ・コンデンサスクープの性能について

- ・原油燃焼の前処理法 (第 2 報)
——中間プラントによるクェート原油処理試験——
- ・漁船の伴流係数推定法
- ・マイハック指圧計の許容範囲について
- ・平歯車精度測定の一考察

……………本誌に関する照会は下記に願います……………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60