

reliability

model が作れる

open loop での merit のあるものに限定される。

7. 鉄鋼プラントにおけるプロセス用計算機の利用

日本鋼管(株) 川崎製鉄所技術管理部計測技術課

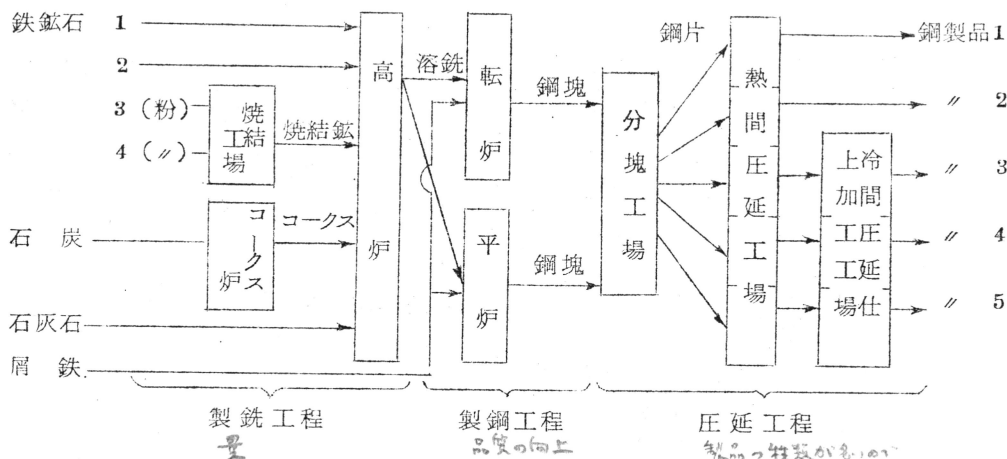
坪井 邦夫

1. 計算機操業の効用と適性

鉄鋼各プロセスをオンライン、実時間のデジタル計算機によつて操業、更には直接制御しようとする試みは、非常に積極的に進められ、既に世界で約70台、国内でも15台余(施工中のものを含む)の実施例がみられる。

当初は計算機によるクローズドループの制御、それも最適制御や適応制御等のうまい味のある直接制御を行うことを目的に導入が図られたが、開発のワークを進める過程で、プロセスが予想外に複雑多岐で完全なMath. Modelの作成が困難なケースが多いことや測定検出系の技術的未開発および誤差、計算機や測定機器、操作機器のリライアビリティ等の問題が経験され、現在は過渡段階として出力側の操業指令の一部を作業員を介して実行するという半オープンループで操業を行つているものが殆んどである。従つて、目標利益もこの段階を前提として設定される。

製鉄所の工程の概略は第1図に示す通りで、一方、計算機操業によつて得られる利益は第



2図のようなものがある。それで、この両者の各々がどの組合せて効果的にマッチするか、更に適用上の実現性もあり、償却も考えられるかを検討の上、設置の採否が決められる。計算機操業の設備費は小規模のもので2000~3000万円、少し大きくなると1億円近くを要

操業の高度化・安定化

操業技術の改善				操業の標準化			設備・運転費節減		間接的な利益		
② 成品品質の改善 品質向上	③ 生産能率の増加 バラツキ減	④ 製品歩留の向上	⑤ 製造・操業原価の低減 (原料・エネルギー等節約)	⑥ 熟練技術の不要化	⑦ 誤作業による損失の減少	⑧ 危険作業の防止 (作業員及び設備の両方に)	⑨ 作業要員の削減	⑩ プラント設備費 運転費節減	⑪ データ処理作業の合理化 自動化・迅速化	⑫ プロセス解析技術の進展	⑬ 関連技術の促進・整理

②から⑬まで、その計算機操業の内容に応じて重点視による順位を明確に付し、期待利益の相互の大きさの凡その割合(%)を想定する。

計上可能利益と 非計上利益に分ける
第2図 計算機操業で得られる利益

し、普通これを2～3年で償却することが企業的に要求されるから、対象が生産量の大きなプラントに限定されることは当然の成行きがあるが、新設プラントには全般的な技術のレベルアップの見地からかなり大胆に優先して設置が計画され、逆に既設プラントは3,000～4,000万円以下の投資が限度とされ易い。鉄鋼の代表プラントはいずれも生産量や処理量が膨大でその点計算機操業の導入に有利であり、今日、一般に次のような主目的利益の設定を行うことが通例である。

製鉄工程 生産量(能率)の増大と生産原価の低減。

製鋼工程 製品品質の改善と歩留りの向上。

圧延工程 工程スケジュールの最適化による能率。

歩留りの増大、作業要員の削減。

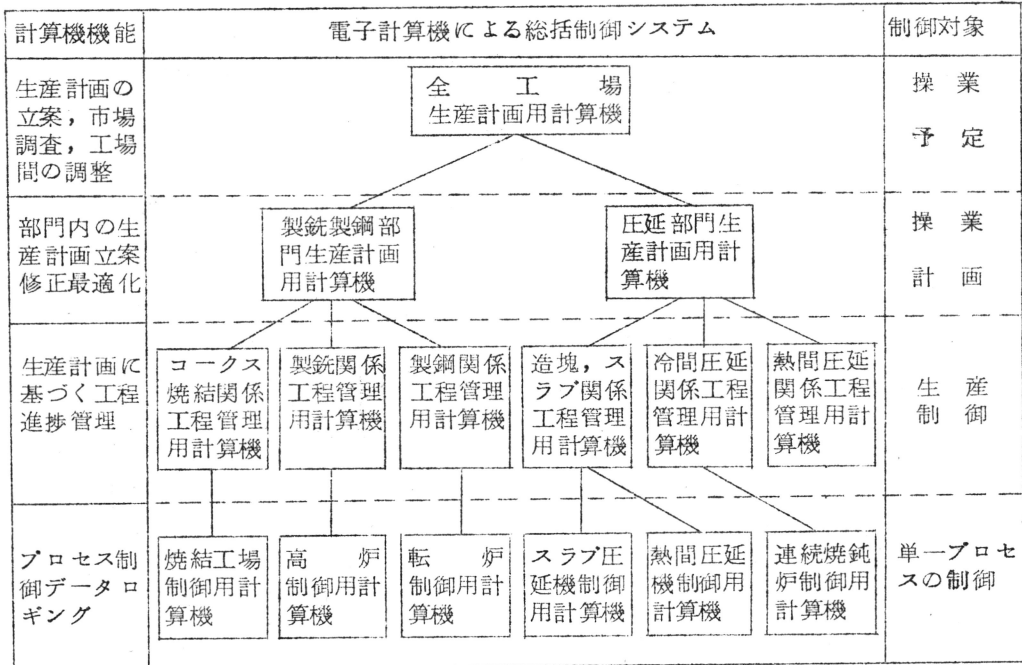
実際の経験から云うと、これ等の利益を計算機操業の設備計画段階で或は稼働直後に全部金額換算して表示することは難しく、とくに最終工程以外のプロセスでは前後のプロセスとの複雑な関連や、他のプロセス技術の改善効果との重畳等もあつて、利益の明確な金額提示の例は少い。しかし、実施してみても最もはつきり判ることは、第2図の⑥、⑦、即ち高度の操業の標準化が完全に達成され、これが②～④、⑨～⑬迄の全利益の基盤となつて結局プロセスの全ての技術改善が促進される事実である。鉄鋼の主なプロセスの操業の要点は、従来、殆んどが熟練工の勘と経験に頼っており(例えば高炉の炉況判定、転炉の終点判定、圧延機の

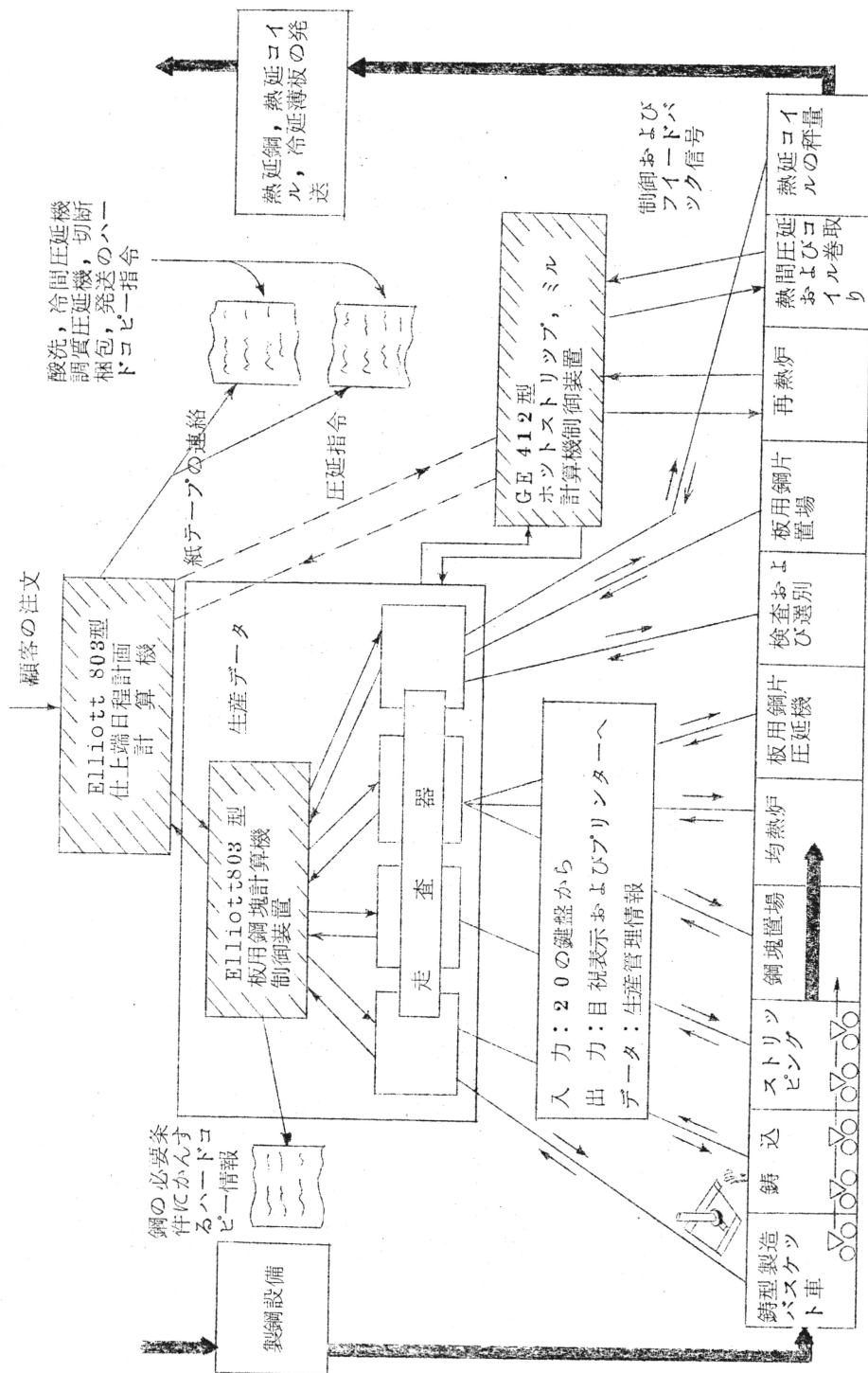
2-3年+pay
する

各バスの圧下スケジュール決定等はすべて操業のKey Decisionを構成するが、これ等は10年選手の熟練工の判断に依存していた。)これを計算機操業におき代え、個人技術による操業のバラツキや誤り、技術改善のストップを排除し、又、熟練技術の不要化を得たことは、大きな変革である。加えて、第2図中の⑧、⑨の間接的利益が実は予想外に大きく、計算機操業実施への開発即ちプロセス解析や作業の標準化、計測機器の改善等に労苦を重ねてゆく過程で、次々に新しい発見発明が遂げられ、操業成績が目に見えて向上したというケースがかなりある。これは本質的には計算機の導入と関連のない改善であるが、しかしその解決が技術的に余りに困難なために計算機操業を目的にするというような大きな契機でも与えられなければ、そのまま放置されてしまう問題であつた。

鉄鋼企業では市場占有率の競争が激しく、各社の生産規模は増大し新しい製鉄所の建設が盛んであるが、これ等新製鉄所の諸設備はすべての面で高度の操業を実現するように設計時に配慮され、プロセス計算機の利用も総合的な技術アップの一環として積極的に採り入れられつつあり、最近の新製鉄所等では10～20台の設置が計画されている処が多い。第3図は英国の国営製鉄所Richard Tokomas Baldwins Ltdの総合計画の概要で、現在半分設置済みの段階にあり、第4図はその1部①工程を更に詳しく説明したものである。

第3図 RTB社スペンサー製鉄所総括制御システム計画





第4図 RTB 社スベンサー工場計算制御計画（圧延工程）の説明

2. 導入過程での諸問題と処理

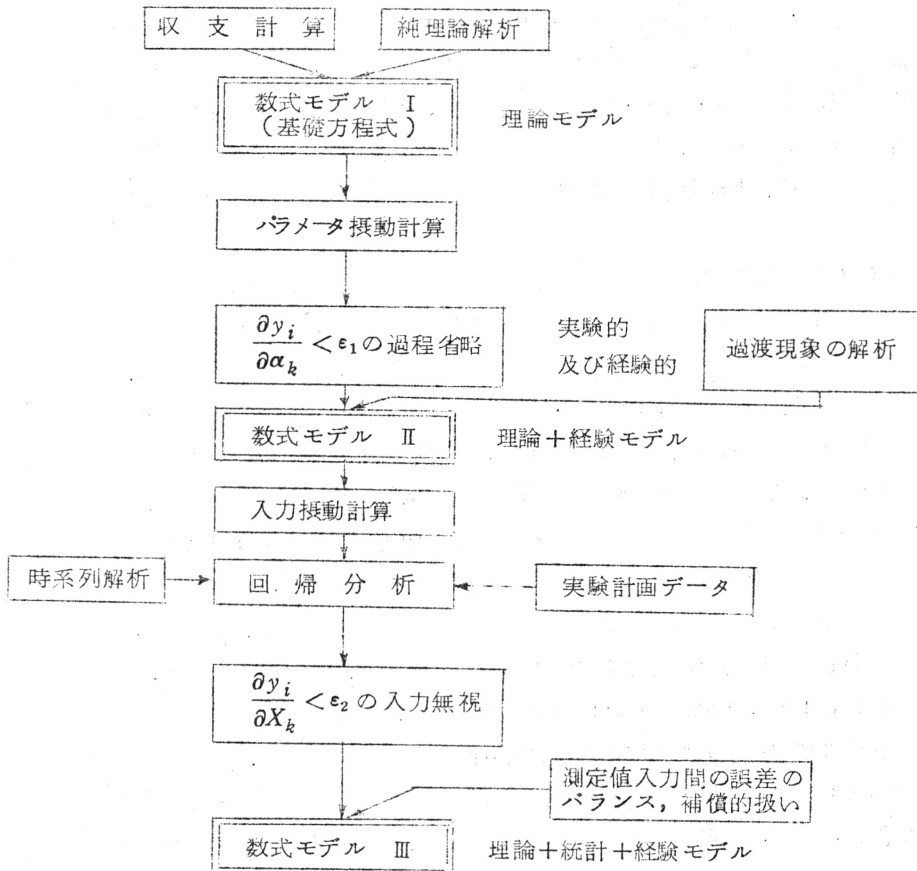
計算機をオンラインで操業に活用するシステムの開発手順として次のステップが踏まれる。
目標(利益)設定→開発・推進組織の結成→プロセス解析→基本モデルの設立→システム概要設計→大型計算機使用のシミュレーションによるチェック→計算機各種の選択→ハードウェア及びペリフェラルの設計・製作・整備→プログラミング→調整運転→クレーム処理→本格稼動→保全態勢確立→評価。

上の各ステップで現状ではパイオニア的な多くの困難な問題に当面するが、その2~3について述べる。

プロセス解析からシステムの本格稼動に至るまで、一貫した強力な開発担当組織が必要であるが、経験から云うとこのための専任の職制組織を充足させるよりは、メンバを各職場に残したままの横のチームで進めた方が、現場実験や対外協力を得る点で有利で成功し易い。メンバは、プロセス技術関係、計装関係、計算機・数学関係等のセクションから各1~2名の、若手で最も優秀な第1線級の技術者を選んで計4~5名で構成し、その中の1人がプロジェクトリーダーをつとめる。実用に耐える計算機操業のシステムが完成するかどうかは、実はこのプロジェクトリーダーの個人的な力にかかる点も大きく、例えば、Aのプロセスで成功したリーダーを、当時行詰つていたBのプロセスの開発をも兼任させたところ、まもなく問題解決のたん緒をつかみ進展の軌道に乗せることに成功したという実例がある。プロジェクトリーダーには、特に卓越した全般的な洞察力と忍耐力が必要であろう。いずれにしても、ひとつのシステムの開発に、10~20 man-year位のワークが要る。

次に、プロセスの解析及び数式モデルの作成手順は第5図のように行われる。

解析の当初はどうしてもプロセス純理論的なモデルや自動制御理論的にスマートなモデル形式の達成に執着するが、結局、測定系の不備や中間変数の操業チェック手段の不足等から行詰り、Sub-optimization に迷い込むことになるから、適当な時期に、統計的な解析との調和を図る方向に向うことが行詰り打開のためのプロジェクトリーダーに必要な運用上のひとつのこつである。統計解析は、数百以上の実験計画等にもとずく生データの多重回帰分析、時系列解析、LP 計算等の繰返しを行うことにより、比較的容易に要因係数を固定することが出来るが、ノイズによるバラツキを限度以下に抑えられないこと、モデルの普遍性がそこなわれプロセスの僅かな特性変化にも修正が必要なこと等が本質的な弱点としてあらわれる。前者のノイズによるバラツキは理論解析とのバランスのとり方および経験等による官能指數的な量の一部組み込み等でモデル上に考慮を払い、後者のプロセス特性変化による適用範囲の制限に対しては、プロセス特性の僅かな変化の鈍感化、例えば過去の操業実績からの変化分のみをモデルとして取出し変化分の下積みとなるベースは操業結果そのものを用いる方式等の採用で逃げている。(第6図にこの例として、転炉計算制御系の実用モデルの基本式を示す。バッチプロセス等で直接のフィードバックが足らないケースでは、この形は



第5図 数式モデル開発の手順

特に有効である。)

基本モデルが組み上ると、これを大型計算機（計算センター等の中央計算機）の上にそつくりうつし、実績データを与えて試算（特性値から要因の大きさを逆算）を行い実績結果と比較し乍ら、試行錯誤的に繰返し繰返し実績結果に一致する方向に修正を重ねるわけであるが、非常に忍耐を要するワークであり、又、大型計算機を自由に駆使（時間的に）出来る状態が不可欠な前提である。

以上いずれにしても現用の数式モデルは、理論、統計、経験の3者折衷から構成されていて、2～3次の項までの（exp.形や簡単な積分形は含まれている）4～8箇の連立方程式（ひとつの式中の変数は5～10箇位）の形をとっているものが多い。以下、掛図等で実用モデルの2～3を紹介、説明する。

IBM7070を
使用した。

$$y_{e,0} = y_{m,1} + \Delta y_{e,0-1}$$

$$= y_{m,1} + f \left[\mu \left\{ \sum_{i=1}^n g(n) \cdot (y_{m,n} - y_{e,n}) \right\}, \right.$$

$$\left. v \{ x_0^I, x_0^{II}, \dots, x_0^N \} - v \{ x_1^1, x_1^2, \dots, x_1^N \} \right]$$

ただし、 y は目標関数、suffixの e は目標関数の目標値、 m は実測値を表わし suffixの $0, 1, 2, \dots$ 、 n は 0 を現チャージとする過去にさかのぼったチャージ番号を表わす。 x^I, x^{II}, \dots, x^N はその目標関数にかかる要因の種別を表わす。 f, u, v は炉内反応の理論および実績解析で得られ統計値などから導かれた関数式を表わす。

この式は、前チャージの実績値($y_{m,1}$)に、過去何チャージ分からの数式モデルの適中率偏差の移動平均(要因関数 u)と、炉況・ CO_2/CO 変化率・fume放熱量・スラグ分析などの未解析要因の影響をcancelするための修正($v_0 - v_1$)とを加味して現チャージの目標関数($y_{e,0}$)の計算制御を行なうことを表わしている。

第6図 転炉計算制御数式の基本形

N-K式

数式モデルの基本が組み上ると計算機メーカーとの接衝に入る。プロセス用計算機の機種選定は、

リライアビリティ

割込機能

外部割込 20位以内、

メモリ容量

8k~10k以内、(鉄鋼の場合)

演算速度

アフターサービス

の5点の優劣と予算価格とのバランスで決定する。しかしシステムの詳細な設計に入ると、メーカー側の深い協力と積極的な介入が得られなければ実用に耐える装置の完成は殆んど不可能である。つまり、多くの細かい点でソフトウェア、ハードウェアともに特殊な仕様が次々に要求され、又、設計の各段階で行う相互の技術的な検討打合せ中に次第に明らかになってくるプロセスの種々な異常状態、変態(装置の故障、入出力計測機器の故障、作業員の交代、臨時の特殊な操業、炉とか圧延ロール等の設備の更新、停電による操業停止、etc.)時点のすべての対策を網羅するために度重ねられる仕様変更等、メーカは当初予想もしていなかった無理な設計を求められることになるが、ユーザ、メーカの双方が未だプロセスの計算機操業のシステム・デザインの経験に乏しい今日では、こういう変則的な設計過程も或程度止むを得まい。以下、2~3の実施経験から得た計算機機能やベリフエラルについてのいくつかの注意事項にふれる。

実時間で操業に組入れられるプロセス用計算機の機能でもつとも有用なのは、優先割込み

である。計算機操業の対象となるようなプラントでは、一般に考えられているよりは遙かに複雑、多岐な作業が日常行われており、プロセス自体も常に安定した操業を繰返しているわけではなく諸々の突発・異常現象を含んでおり、計算機への各入力の殆んどは時間関係がランダムで規制することが出来ないし、その時の作業によつてはinputしないこともある。しかも待時間の殆んどない優先度の強いものが多い。この点で市販のプロセス用計算機は外部割込みチャンネル数が少な過ぎるようにおもわれる。当社の転炉計算制御システムに例をあげれば、

外部割込み	6点	}	160点
フラグインプット指定	24点		
短周期(15sec)サンプリング			
中周期(30sec) //			
長周期(120sec) //			

に分れているが、外部割込みやフラグインプットの数がこの倍もあればプログラムの上でまた作業の上でかなり自由度が増え楽になる筈である。その他高炉や圧延の実例経験からも、外部割込みは少くとも15~20チャンネルは欲しい。特に小形の、演算速度の遅い機種は、例えば日報作成等のロギングで時間を喰つてしまうから、プログラムで行うのではなく金物で割込みを確保しておく必要がある。次にメモリ容量についてであるが、計画の概要が出来上つた時点で推定する必要メモリ数は、最終プログラムの約半分に過ぎなかつた例が多い。これは、上の場合と同じような理由や、次に述べるData-Compensation、或はプラント並列稼働のバッチプロセス等でロギング項目の1サイクルが非常に長い(1~2つの入力のみ非常に遅れて入ってくるような場合)ケースではデータのストアを3~4サイクル分みなければならないこと、等のためであるが、最近是一般にプロセス用計算機として最低8000ワード、成る可く10,000ワード以上のメモリがなければ使い物にならないと考えている。第7図は記憶装置占有割振り表の1例である。

Data-Compensationについて簡単にふれると、プロセス用計算機は入出力機器である数十、数百の計測機器や手動設定機器を監視しており、これ等の入出力がreasonable checkにひつかかつたときは、

- (1) 前回の入力値、または前回までの入力値の平均値で代行するか、予め定められた定数で置き換える。
- (2) 前回出力値と比較し(異常であれば)前回出力値の簡単な関数値で代行する。
- (3) 同一変数を何回か読み直し、reasonableなものの平均値を採用する。
- (4) 数式モデルの予測値(期待値)で置き換える。
- (5) 出力値がreasonable checkにひつかかつたときは再計算するか、定められた定数で置き換える。

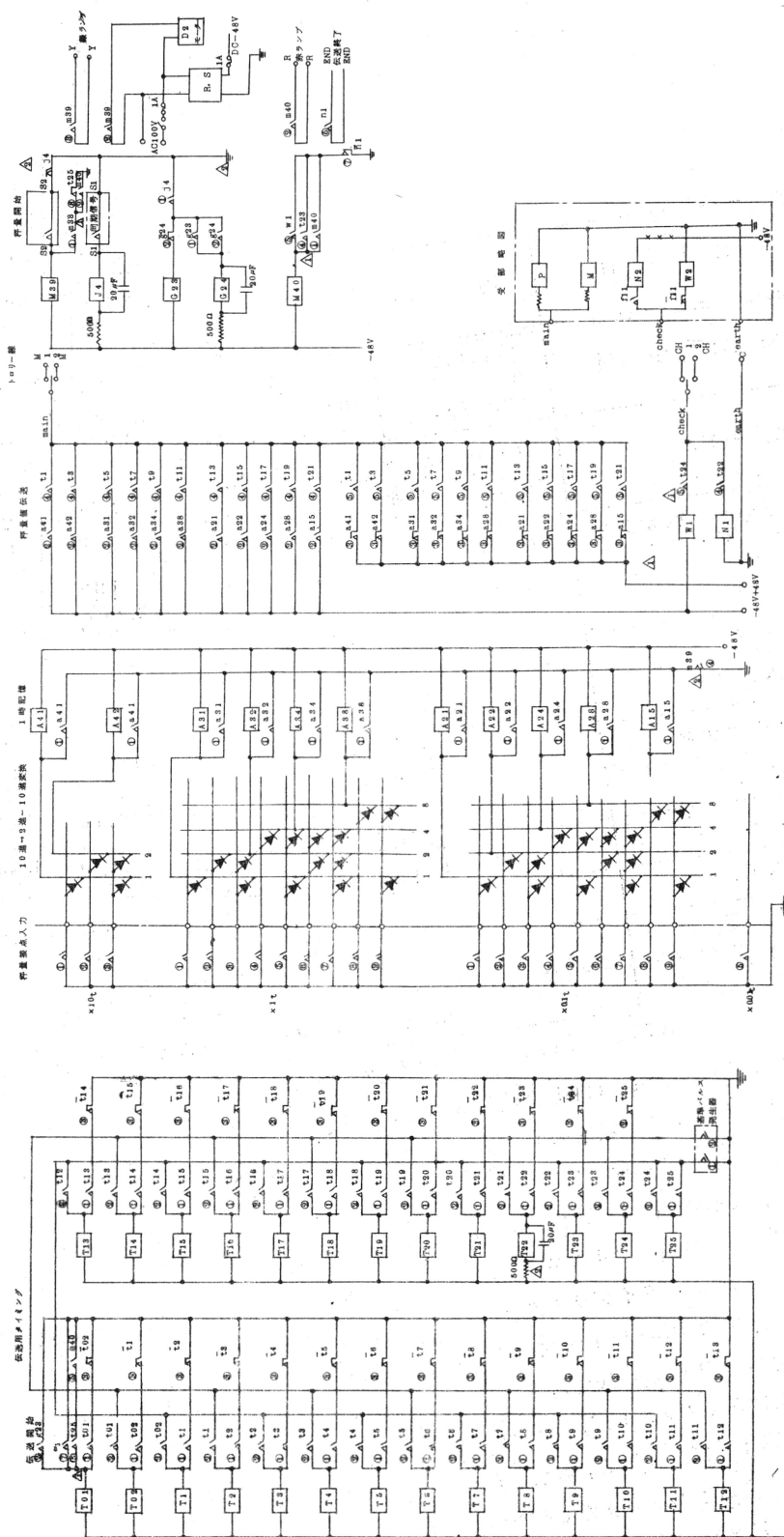
	項 目	内 容	A. 転炉操業		B. 高炉操業	
			占有語数	比 率	占有語数	比 率
1	走査とデータ補償	短周期処理 長 〃 補償用データ	1088	13.3%	1536	18.8%
2	数式モデル	モデル計算 常数テーブル W. S.	2304	28.1	1792	21.9
3	日常解析計算および チェック・プロ	短周期用 長 〃	1344	16.4	1280	15.6
4	制御・表示		512	6.3	256	3.1
5	印字記録		640	7.8	1280	15.6
6	割込み処理		128	1.6	128	1.6
7	サブ・ルーチン		320	3.9	384	5.0
8	W. S.		960	11.7	512	6.2
9	I. O.		256	3.1	256	3.1
10	R. T. O.		128	1.5	128	1.6
11	予 備		512	6.3	640	7.8
計			8192	100.0	8192	100.2

第7図 記憶装置占有割り振り表の例

(6) 出力値を常に若干suppressした値に修正して出す。

などの方法が採られており、更に数式モデルそのものの中にも、各入力値の誤差の影響がバランスし、且つ不安定な計測機器の入力についてはその影響が常にリミットを越えないよう工夫が施してあり、結局二重のData Compensateが行つてある。

最後に、入出力機器との関連、ペリフェラル等の問題がある。操業に入れて実際に作業員が扱う部分は、表示装置とか、タイプライタとか、設定機器とか、入出力の計測・操作機器等であり、これ等と計算機との連結が円滑で、しかもこれ等のひとつひとつが作業に良くマッチした使い易い設計になつていなければ、結局のところ、システム全体の機能を発揮することが出来ない。製鉄所の各プラントは、メーカーでは想像出来ないような悪環境（高温、腐蝕ガス・塵埃・電圧降下・停電・振動、etc.）に包まれており、本体がこれ等に或程度の耐用ある設計を必要とすることはいうまでもないが、周辺装置は一層（生産現場により近く設置される。）この点に考慮が払われていなければならない。次項の故障集計に示すように、計算機操業システムの稼動を一時停止させるような故障の60%以上が、周辺装置に属するものである。又、計測機器との信号の交換もかなり面倒臭い機構を要するものが多い。



第8図 秤量機入力読込み同期リレー回路図

第8図は、高炉装入原料（鉄石、コークス等）の秤量機からの計測値を2線のトロリー線電送によつて一時メモリ（リレー）に移すときのタイミングを整準するための回路であるが、単にこれだけの目的にもこのような装置が必要になつてくる。計測機器からの信号は統一されておらないのが一般の既設プラントで、この辺にも問題がある。又、制御目標値や原料側のいくつかのパラメータの入力は普通手動設定器を使用するが、設定器の数が多くなつたり使用頻度が高い場合、どうしても作業員の設定ミスが発生する。従つて設定器の形式も操作ミスが起り難いような入念な設計・製作を行うとともに、操作ミスをソフトウェアでカバーするようなプログラミングが必要になつてくる。計算機メーカーからみれば、或はこれ等は2次的な小さな問題としか映らないかもしれないが、操作ミスはプロセスの操業に直接大きな混乱を惹起する。

操業データの殆んどはロギングされるが、先にも述べたように、数式モデル中に統計値が採用されている場合、プロセス特性の変動に応じてモデルの修正が必要であり、これは、適用データをたえず中央計算機に送つて解析を続け、その結果を数式モデルにフィードバックして行う。従つて、日報作業のタイプと並行して、解析必要データを紙テープにとり、計算センターに送付するルーチン・システムを設計の当初から計画するべきであり、この場合、コードの変換、テープ巾等の違い等についても問題が残るが、当社の場合は、社内標準として中央計算機のIBMの形式にすべて統一した。計算機自体の入出装置や制御卓による記憶内容の呼出し・書込みは、日常管理の立場から、保全作業員が容易に行えるように10進法で直接扱えることが強く希望される。

3. 稼動に伴う諸問題と処理

生座プラントのひとつのプロセスが長年続けてきた従来の作業方法を計算機操業という全く新しい方式に一新することは、現場側からみて非常に大きな変革であり、それだけに稼動開始前後に多くの抵抗が集中する。数式モデルの的中率が悪い場合、プログラム内容が作業に適していない場合、ベリフエラル等も含めて装置の各部が作業的に扱い難い場合、装置のリライアビリティに不安が残つてゐる場合、操業の一部が設計当初の状態から少し変つてゐる場合、これ等に関る苦情が重なり合つて稼動と同時にシステム計画・推進担当者にはねかえつてくるから、その各々ひとつひとつを円念に、且つ手ぎわ良く解決してゆかないと、実施がすぐ行詰つてどうしようもなくなる。当社の転炉計算機制御の実施例では、稼動を開始してから約1年7ヶ月後の今日まで、ソフトウェアの改造60項目以上、ハードウェア及びベリフエラルの改造50箇所以上におよんでいて、現在のシステム・装置の姿は、稼動当初に比べ遙かに複雑、高度でflexibilityに富んだ機能をそなえたものに改められている。これ等の改造内容は、当初の設計がかなり綿密に行われたにも拘らずその時点で推測出来なかつた実用上の障害に対するものと、プロセス側の急速な操業技術の発展（変遷）に対応す

るものとが、半々を占めている。

システム全体およびソフトウェア関係のクレーム対策と改善は、毎週1回、直接関係者が集つて操業改善委員会を開き問題を詳しく検討后、その結論を即時実行にうつしている。この場合のプログラミングは、プログラムの大巾な修正・入替えを必要とする場合（このときはメーカにプログラミングを外注する。）を除き、社内作業員の手で行う。プログラマーはシステム全体（計算機を含む）の保全業務と兼任で、メーカに3ヶ月間派遣されて特別に訓練された3～4名がこれに当る。彼等はマシン語を直接扱うが、それ程不便を感じていない。

計算機関係、およびペリフェラル（フレクソ、ロギング用タイプライタ、表示・設定装置群）の保全は、現在、メーカと保守契約を結び、日常管理（電源及び空調関係のチェック、ペリフェラルの故障修理の大部分、計算機本体の故障ですぐ発見・修理の出来る部分、週休日の停止・起動等）は社内保守作業員が、3ヶ月に1回の定期点検（マージナルチェック、クロックパルスや直流電源の波形チェック、各部動作チェック等）、および、年に1回のオーバーホール（基本回路全パッケージテスト、前置部全リレーチェック、ドラムクリーニング、ペリフェラル内リレー類チェックとクリーニング等）はメーカが担当している。又、突発の大きな故障もメーカが即時修理を行う。この保全態勢の成果の1例が第9図に示した故障集計表で、経験の少いこのようなシステムとしては一応合格と考えている。

今后解決を急がなければならない最も大きな問題は、やはり数式モデルの完全化（特にダイナミックなアプローチの思い切つた導入）による目標値的中率の向上を図つて操業利益の充分な増大を確保すること、日進月歩のプロセス操業技術の改善に、如何にいつもうまく適合してゆくようモデル形式をあみだすかということ、等である。

（以上）

月次	年月 384	5	6	7	8	9	10	11	12	39.1	2	3	平均
①工場総稼動時間	688h	704	688	717	704	680	712	680	664	632	664	693	(8225)h
②計算機制御時間	565h	691	592	690	687	0	463	680	664	605	424	498	(6559)h
③計算機故障時間	3h	1	0	18	0	0	5	0	0	12	0	5	(44)h
④周辺装置時間	1h	12	0	9	17	0	12	0	0	15	5	4	(75)h
⑤計算機稼動率	99.5%	99.9	100.0	97.4	100.0	—	98.9	100.0	100.0	98.1	100.0	99.0	99.3%
⑥計算制御システム稼動率	99.3%	98.1	100.0	96.1	97.5	—	96.3	100.0	100.0	95.5	98.8	98.2	98.2%
⑦計算機制御実施率	82.1%	98.1	86.0	96.1	97.5	0	65.0	100.0	100.0	95.5	67.0	72.0	80.1%
①-(②+③+④)	119h	0	96	0	0	680	232	0	0	0	235	186	(1548)h
実施率の低い 主な理由	稼動当初のため		作業態勢整備のため			悪い点の改造	同左				合わせて増設改造に	同左	

比37%
>
率63%

備考

$$\textcircled{5} = \frac{\textcircled{2}}{\textcircled{2} + \textcircled{3}} \times 100 (\%)$$

$$\textcircled{6} = \frac{\textcircled{2}}{\textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4}} \times 100 (\%)$$

$$\textcircled{7} = \frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}} \times 100 (\%)$$

第9図 転炉計算制御装置稼動后1年の故障推移

本 PDF ファイルは 1965 年発行の「第 6 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトの https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html に下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載して、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場(=情報処理学会電子図書館)で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少なからずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者(論文を執筆された故人の相続人)を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長(tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間：2020 年 12 月 18 日～2021 年 3 月 19 日

掲載日：2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>