

講 座

データベースの実際 (3)

—鉄鋼業生産工程における小規模データベースの一例—

坪 井 邦 夫†

1. はじめに

製鉄所のような大規模な生産工場では、互いに錯綜している諸工程群から得られる操業上や品質上の毎日のデータ類は、多種多様な内容と形式をもち、膨大な量にのぼる。したがってその取扱いや管理は、どこかの製鉄所、工場にとっても悩みの大きい問題となってきた。そしてこれが災いして、操業技術開発や管理を進める上での障害、顧客への情報サービスの欠滞、素材や製品在庫の増加、歩留りや能率の低下等、企業活動に大きな損害を与え続けている。

しかし、現場データの作成や収集作業の完全標準化、取扱い経路の組織化、データ加工や解析処理へのコンピュータの効率的な活用などについて、自工場の生産形態によく調和した緻密な総合計画を樹て、関連部署間の理解と積極的な協力を得て実施に移せば、この問題をほとんど解消することが可能である。さらに、ソフトウェアの内容と形式に成る可く普遍性をもたせることに努めれば、他工場への適用等に汎用性の高いシステムを開発することができる。すなわち、実用性に富んだ論理構造と記憶構造をもつ、データベースの開発・適用が急がれる所以である。

以下に概要を報告するわが社の総合的操業品質情報システム—NAQUIS—Nippon Kokan Quality Information System の開発にとりかかった5年前頃には、CODASYL DBTG 案や GIS 等の大規模汎用データベースシステムの詳細が入手できず、また、この種のシステム開発に当っては、システムの内部に対象プロセスにマッチした適用上のフレキシビリティおよびデータ処理の迅速さについて、実用的ないくつかの創意と工夫を盛り込むことが是非必要であり、結局、わが社の京浜製鉄所製造プロセスのみを対象とした小規模でユニークなシステムづくりを行なった。

このシステムは、極く少数の分岐点を含む非常に長いレコード・レンジをもったリスト構造によるデータベースを基本に、各使用者にそれぞれ丁寧に便利な検索と解析を与える汎用プログラムを組合わせた、いわば平凡な技術的内容の積み重ねに終始しているものであるが、どこまでも実務に忠実に、実用に最大細心の工夫を凝らして設計してあるので、使用開始してから今日までの2年余、非常に有効活発に多部門から利用されて、彼等の机上や書棚に無秩序に積み重ねられていた生データやファイル類をほとんど一掃してしまった。以下、構成と機能の概略を簡単に記す。

2. NAQUIS の概要

2.1 開発経過

Fig. 1 は、製鉄所の薄鋼板製造の代表的な生産工程の概略であるが、ここでは、原料鉱石から種々の中間素材を経て最終成品に至る間に、200種類以上の大小さまざまな工程が、互いに錯綜して分岐や結合を間にくくつも重ねながら長くつながっている。したがって最終製品の諸品質特性と各製造工程のいろいろな原因にもとづく影響効果が非常に複雑な形で集積してくるので、製品不良などが発生してきたときに、これを解決するために各製品ごとの経由全工程の詳しい履歴検索が必要であり、同時にその中のどの要因、あるいは要因の組合わせが原因したかを的確に、迅速に把握することが必要である。この作業の完全な遂行には、各製造工程ごとに得られる数百種類の記録データを効率よくバンキングし、その内容を巧みにマーキングする機能と、いくつかの統計的処理や多変量解析手法を自由に迅速に手軽に適用できる機能や、検索、集計、解析の結果を各製造技術ないし生産管理担当者に見易い形式で提供できる機能を、兼ね備えた品質ならびに工程データ処理・解析のための専用システムが必要になってくる。

† 日本鋼管株式会社情報システム部第1計画室

こうして、わが社では、今から5年前に、製造技術、品質管理、工程管理、システム技術の各部門から計8名の若手開発チームを発足させ、1年半後に試行システムを、3年後に試行結果の経験を加味して改造した本格的総合操業情報システム NAOQUIS を完成し実施に移した。

システム設計と運転方式を計画するに当たり、次の基本思想を一貫させてある。

- 1) 今回の対象プロセスのような既存工場群の古い設備にこの種システムを開発・定着させるためには、現状の現場の作業のやり方の混乱をできるだけ避けるため、従来からの原始データの作成や収集作業のやり方の変更を必要最小限にとどめる。
2. データの発生時にデータを統体系の下で収集し、解析時にすでに収集したデータをつきあわせる方式、すなわちデータベースの思想を貫く。
3. データエラーのチェックアウトは、原始データの発生（作成）もとに近い部署で行なうほど効率的で容易であり、システム内部の奥に送りこまれるほど手間間で不完全となるから、原則としてデータエラーはすべてデータ発生もとでふい落す。
- 4) システム内部のメインルーチン、たとえばマシンオペレーション等は、ワンスルーアウト作業ですむ

ように工夫する。

5) ニーズの異なったすべての利用者に使い易いシステムであるために、検索や解析要求のフォームや手続き、結果のアウトプットのフォームやタイミングを手軽で馴じみ易い方式で固める。特にアウトプットは、図の利用の徹底をはかる。

6) データベースの有効度を高めるため、このシステムのアウトプット（結果の情報）が具体的にどのような経路と手段を通してどの時点で生産作業にフィードバックされるのか、あるいは需要家サービスに活かされるのか、システムの基本設計の段階から明確に計画して織り込む。

7) システムの信頼性を確保するために、システムの運営と日常管理を一元体制化する。

2.2 データの流れとタイミング

Fig. 2 に、NAQUIS の中で、データの流れとタイミングの概略を示す。現場より収集されるデータはすべて他のサブシステム（工程進捗管理システム、原価管理システム等）と共用している。各プロセスにはデータコレクタの端末装置が設置してあり、各製品素材毎に随伴カードが流れている。データコレクタは現在26台あって3直稼動しており、現場で作業員がカード（作業計画がプレパンチしてある）に追加情報

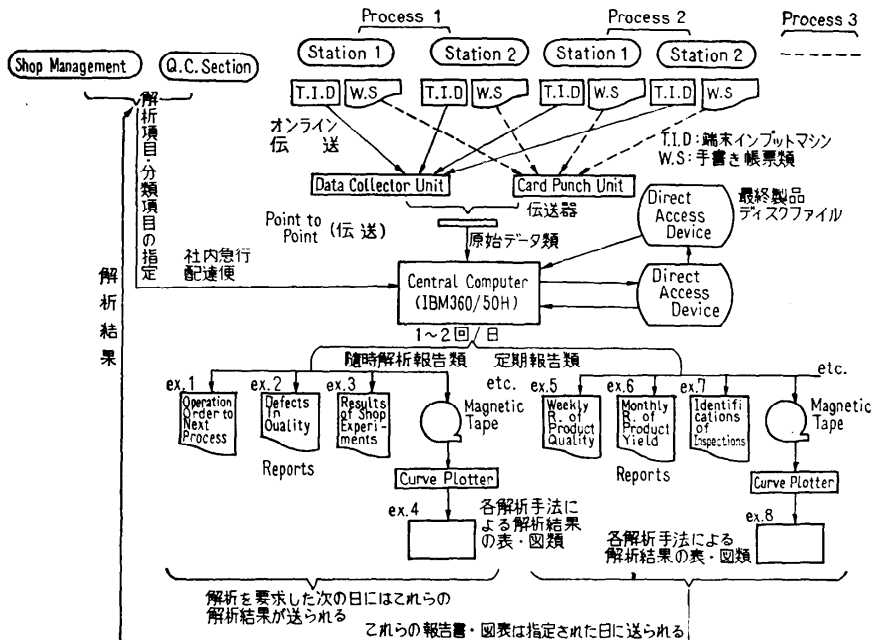


Fig. 2 NAOQUIS のデータの流れとタイミングの概略

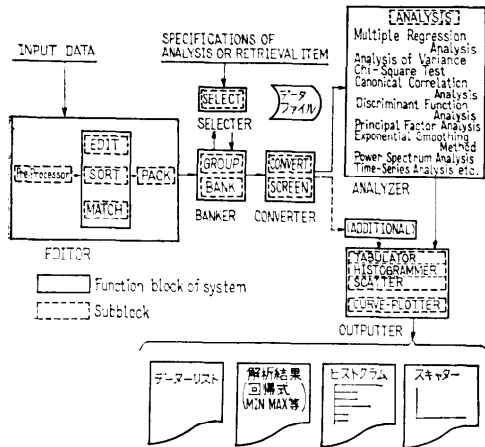


Fig. 3 NAQUIS のフロー

(設定キーボードとバッチカード) をセットすることによって、それらの情報をオンライン収集できる。検査、分析等の工程のデータの一部はターンアラウンドシステムによって収集する。これらの収集データは、集信装置を設置してある薄板工程管理センタでマシンおよびマニュアルによる一次チェックをすませてから、通信回線で検索ないし解析(指定)要求情報と同時にセントラルコンピュータに送信される。セントラルコンピュータでは1日に1~2回まとめてバッチ処理してデータベースを更新後、自動的に要求のあった検索や解析を実行してアウトプット(結果)を打ち出す。これを所内急行配達便ののけて、翌朝就業時刻までに各要求者や関係担当者のもとに送り返している。

2.3 プログラムシステム

セントラルコンピュータ内部での処理は、Fig. 3に示すように、EDIT, BANK, SELECT, CONVERT, ANALYSIS, OUTPUT という6つの独立したブロックに分けることができる。

EDIT: (指定) 解析要求とバンクされる原始データの区分を行うと同時に、データに含まれる機械的ミス(パンチミスやキーボード設定ミス)や人為的ミス(帳表の記入ミスや混入ミス)をPre-Processorでロジカルチェックアウトし、また指定項目について予め与えられた \bar{x} と σ にもとづく $\bar{x} \pm 3\sigma$ の範囲に入らないデータに関しウォーニングメッセージを印刷する。EDIT以下は、設定してあるインターナルフォームにバンクができるように様式をアレンジするとともに、基準単位である冷延コイル製造番号を各データに

マッチさせてゆく。たとえば、薄板製造工場の中だけでも40以上の工程があり、データの種類の数は150以上に達するが、MATCHはその中のいくつかのキー項目を巧みに使いわけてすべてのデータをコイル番号毎に整序し、完成日時順に並び換える。MATCHやPACKには、原始データに欠測値が含まれている場合にも代替値や推定値を自動的に補って、プロセッシングに支障を来さないように工夫がほどこしてある。

BANK: パックされたデータの解析の内容によってあらかじめ層別が必要と考えられる場合は、GROUPによって、指定された範囲にグルーピングを行ない、グループインディケーションを付することができる。BANKは、パックされたデータセットを、磁気ディスク上に索引がもっとも効率的に行なえるよう配列する。この場合、1ロジカルレコードは、冷延コイル番号をキーコードとする一連のリスト構造につなげられた800箇のセグメント集団であるが、その長さは4500桁におよび、1ヵ月間のレコード発生件数は10000以上に達している。しかし記憶構造としてはブロック分割による索引つきデータベースで編成してある。問題は、キーであるコイル番号の分割や接続などが実作業で行なわれるので、そのシステム内部処理には非常な苦勞を払った。

SELECT: 解析方法や検索項目を指定するとともに、それに必要なデータの使用範囲(採取期間、上下限值等)、アウトプットの作表やグラフの形式なども併せて指定する。解析対象となっているデータをセレクトする方法は次項の解析ロジックで簡単に触れる。

CONVERT: このブロックは解析のためのデータを修飾するものであり、ANALYSISを構成する各解析汎用プログラム(リストアップ、ヒストグラム、散布図、多重回帰分析、正準相関分析、分散分析、カイ2乗検定、判別関数、主因子分析、パワースペクトル分析、指数平滑法、時系列分析、その他)ごとに定められたインプットデータフォームにソースデータを修飾したり、希望する特殊な変数変換を行ったり、ディメンジョンの整合等を行なう。

また必要に応じて、データの層別も用意するとともに、SCREENは、統計的に異常なデータの抽出と、解析要因の選択吟味の2つのロジカルな機能を果たす役目をもっている。この内容は次項で簡単に説明したい。

ANALYSIS: 各種の解析ルチーンがすでにプログラムされていて(大部分は汎用プログラムの形) 計算機内部に登録してあり、これが前のブロック(CON-

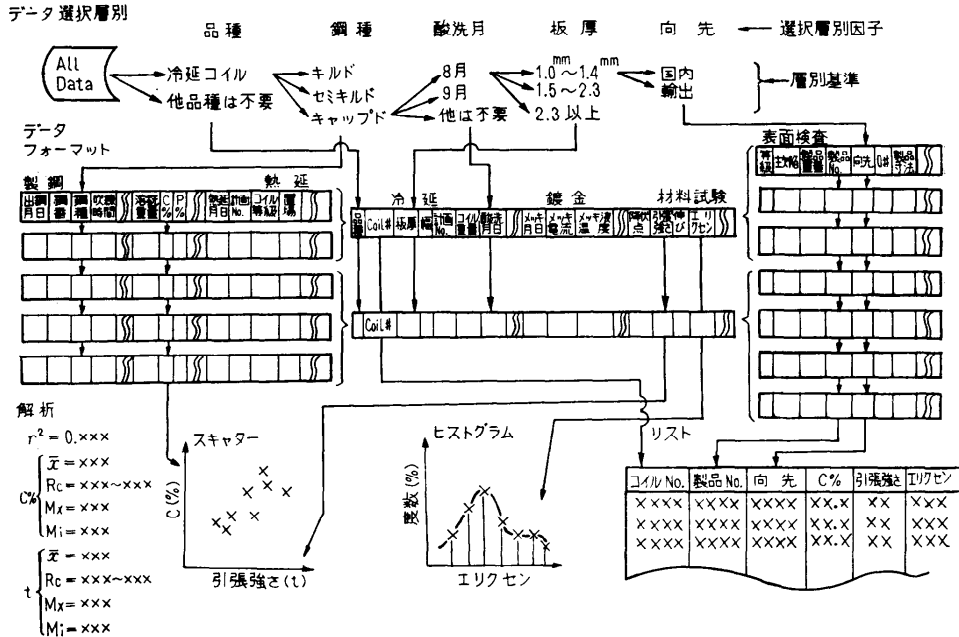


Fig. 4 データ検索および解析概念図

VERT)や後のブロック (OUTPUT) と直結し円滑なプロセッシングが実行できるように工夫してある。ワンオペレーションで同時に数種の解析手法を適用したり、変数の組み合わせを少しずつ変化させて同一解析を繰り返すようなことも、コントロールカード上の簡単な指定だけで行なえる。

OUTPUT: 解析結果はすべて、利用者に見易いように設計された 15 種類の作表形式と、各種に層別したヒストグラム、散布図、時系列展開図でアウトプットされる。また、利用者の希望に応じて、コンピュータと併設してあるカーブプロッタを使って精密なあるいは複雑な曲線で表現することも可能である。ソースデータと解析結果を重ね合わせたグラフや、時系列的な配列を指数平滑したグラフ等も、常用サブルーチンに組みこんでいる。

2.4 解析ロジック

一口に技術解析といってもデータ処理方法は千差万別であり、なるべく汎用性をもたせた上にさらに簡単な方法ということを開発した。

解析は、データの選択→分割処理→加工・演算→層別→キー項目ごとのまとめ→解析→表示の順に進められる。Fig. 4 は、ある条件下における製品の材料試験値と化学成分の相関を調査し、その工場の該当製品

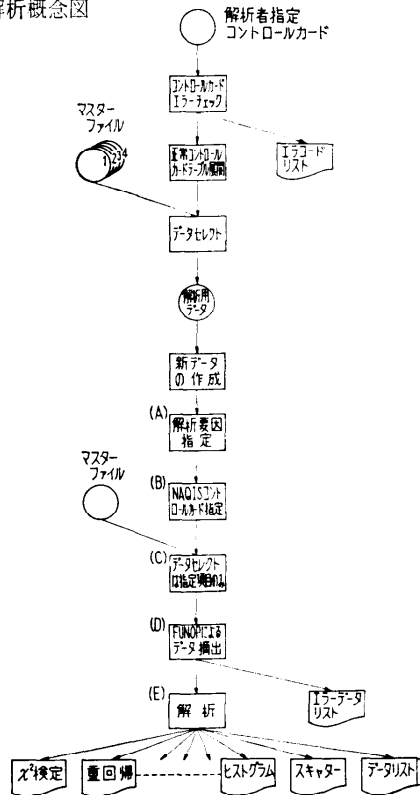


Fig. 5 工程解析ゼネラルフロー

データ選択用紙 (この一紙目の用紙は解析を行う前にコピーして水江計算インプット用紙に転記すること)

年	月	日	解析担当者	解析品名	電話番号
1973	8	1	KE	461-997H, MIKAMI	2857

* 解析の概要と内容説明 (必ず書くこと)

冷延厚及び冷在中と冷在量との相関

カテゴリー	コイル種別	コイル種別名	等しい値	下 限 値	上 限 値
A	01	010702	ET		
A	02	006603	ET		
A	03		EA		
A	04		EZ		
A	05		EP		
A	06				
A	07				
A	08				
A	09				
A	10				

* MAGIS SYSTEM INPUT/OUTPUT レポート

1. インプット、アウトプットの窓口はすべて水江計算係担当者である。
2. インプットは水江係担当者(ペン手済)のもののみをその日毎に提出して解析する。うち正レシコンロールのみ人工仕掛に OUPUT する。
3. アウトプットはインプットのよく日/時毎に水江計算係に到着。水江計算係は電話で連絡し(解析者は何分かの電話係等は必ず着る人であること)その時にインプットしたコントロールカードも同時に返却する。

コイルグループピング用紙 (1)

カテゴリー	コイルグループピング	グループに所属するものの条件	グループ番号		
カテゴリー	コイル種別名	等しい値	グループ番号		
カテゴリー	コイル種別名	下 限 値	上 限 値		
D	01	010906	R460601	460615	0106 GATU
D	02		R460701	460715	0207 GATU
D	03				
D	04				
D	05				
D	06				
D	07				
D	08				
D	09				
D	10				

* Dカード番号の注意

1. カード枚数 MAX 40 枚である。
2. グループ番号は E, R, NE, NR, A の五種類とし名称で書く。
3. 下限値と上限値は必要は桁数だけ五桁目で書く。
4. 40 枚以内でグループピングするレベルは必ず二つのレベル以内でのグループ分けを制限しよう。
5. 使用公費

アウトプット指定用紙

カテゴリー	アウトプット項目	平均値条件	ヒストグラム条件	備考	
カテゴリー	コイル種別名	下 限 値	上 限 値	級の数	
E	01	012505 TIURYO			18
E	02	002904 REIATU			18
E	03	012505 TIURYO			18
E	04	003304 REIHABA			
E	05				
E	06				
E	07				
E	08				
E	09				
E	10				

* 解析の概要と内容説明

1. 結果のアーチリスト
2. 結果のアーチリストの上は各レベル別 TOTAL 打ち出し、各レベル別 TOTAL の打ち出し、
3. アーチリスト、各レベル別 TOTAL と SPAT 項目レベル別 TOTAL 打ち出し
4. 40 級以内でアーチリスト
5. 必要は五桁で書く
6. 40 級以内でレベル別 TOTAL を書き出す
7. 40 級以内でレベル別 TOTAL とアーチリスト
8. 解析

Fig. 6 解析の一例

をリストアップする技術解析の例である。製品中の冷延コイルについて、キャップド鋼を素材に使用しているものの中から酸洗工程を8月に通過したものに限り、板厚 1.0~1.4 mm 範囲内で国内販売したものを残らずリストアップし、その化学成分中のカーボン量と、製品々質中の引張り強さ値の相関係数および相関図を求め、またエリクセン値のヒストグラムも同時に表わす解析要求に対応したプロセッシングの流れの概念

を示してある。Fig. 5 は、解析ルチーンのブロック図である。

1) データの選択と層別

解析は、定例(定期)解析と随時解析とに分れており、前者は、ある特定のいくつかの解析を、週単位、月単位で該当期間中の全製品を対象に定例的に実施する。後者は、ある期間のみ、品種のみ、寸法のみ、特定キー項目(またはキー項目間)のみについて必要の

つど解析を実施するもので、データベースにファイルされている全データから必要なもののみを選択しさらにそれらのデータを解析目的に応じて層別する必要がある。これらの機能をはたすため Fig. 6 に一部を例示してあるような用紙（コントロールカード）が準備されており、選択・層別する要因とその基準値を自由に指定できる。

この用紙のデザインにはかなりの工夫が盛り込んであり、解析希望者（工場の現場担当者や管理部門の担当者）が直接記入するだけでよい。

インプットデータ中の機械的ミス（人手の手違いによるミスも含む）は工程管理センタでの目視チェック、およびマシンに入ってからの EDIT ブロックのロジカルチェックでほとんど完全にふり落とされるが、さらに、統計的に異常と判断されるデータおよび解析値に対しては、SCREEN ブロックに正規確率紙的なロジックを組み込んであって指定した変数に関し母分散から異常にかけ離れたデータをスクリーニングする。これが Fig. 5 にある Funop ブロックの機能である。

2) 解析

選択・層別されたキー項目やデータについて、各要因間の四則演算を行ない、さらに計算結果も含めてリストアップと Fig. 3 に示した多種多様の汎用解析が実施できる。これらの機能をはたすために、演算や解析、ヒストグラム等の様式を指定する用紙（コントロール）が準備されており、先の Fig. 6 の一番下に一例を示してある。解析方法は定められた解析番号によって指定することができ、あらためてプログラムを組む必要は全くない。四則演算は 10 ステップ、プリントアウトする順序の指定は 3 水準、解析対象要因は 36 因子まで同時指定できる。

3. NAQUIS の特徴と適用

3.1 特徴

1) データベース

製品品質や各製造工程の特性解析に当って、工程スケジューリング管理や、原価管理のものと、原始データフォームおよび採取手順を共通に統一してあり共用できるデータ内容はディスク上のデータベース上にデータベースレコードに整序してバンキングしてあるので、生産の実態を広く多用的に把えた内容をもつ解析結果を得易い。

さらに、このデータベースの採用により工程管理の

3 要素（工程スケジューリング管理、原価管理、品質管理）間のデータ作成や採取手順、経路の重複による相互の無駄が省け、管理体系がすっきりする。

また、その検索、解析システムを利用して操業と品質に関するほとんどあらゆる種類の解析をタイムリーにワンスループットで処理でき、利用者は工場長から作業長に至るまで誰彼なく簡単に扱うことができるので、広い職域での質の高い貢献をはたしつつあり、現在、毎日、7000 枚の操業データ・インプットカードを処理してデータベースを更新し平均 50~80 種類の解析結果および管理レポートをプリントアウトしている。

2) 検索・解析システム

このシステムは、利用体制として、工場長、管理部門長、製造および管理各部門の係長以下関係業務各担当、工場作業長等の誰でも、（所属長の許可を得て）随時自由に使えるように制度化してある。すなわち、操業や品質に関する日常管理、次工程へのフィードバックアクション、技術開発、クレーム処理、作業員の操業技術評価、操業に関するポリシー決定等、非常に広い範囲に直接寄与することをねらっている。したがって、これらの利用目的、利用者により使いやすさを意図してデザインしてある。インプットデータのファイリングの自動化、エラーチェックアウトの徹底、検索・解析要求手続の簡素化、迅速な処理、アウトプットの図表化、解析手法や種類の豊富さ、利用教育の普及、システムメンテナンスの完全体制等、細部に至るまでバランスのとれた丁寧な注意を積み重ねてある。このような使いやすさへの徹底したサービス意図が、市販や既成の汎用データベースシステムの導入を難しくし、自前のシステム開発に向わした主な理由である。

3) コストと即時性のバランス

情報化時代の中にあって、工場のみが緩慢な情報処理をおこなってゆくことは許されない。とくに需要家に対する技術サービス、次工程へのフィードバックアクションなどは、とくに迅速性が要求される。工場は交替制で連続的に操業されているが、このシステムの主たる使用者は昼間勤務であるため夜間にコンピュータを稼働させ、夕方までに依頼された解析を翌朝までに結果をアウトして届けることになっている。RJE やカンバーセッションモード等による完全オンラインシステムにデータベースを編成していない理由は、コストと即時性のバランス評価にもとずいてい

る。しかし、ショートレスポンスタイムを確保するために、主要データについて毎日データファイルを更新し、一方、検索および解析プログラムは手続きまで含めてシステムに予め組み込んであるので解析者はただその番号を指定するだけ用が足されるようになっている。

4) 各種情報群の関連性

薄鋼板製造工程で発生する情報の種類は 200 種以上にのぼる。これらの情報に対してつぎのような処理を行なうことによって、その情報間の関連性を持たせるようにしてある。

鋼板の製造はコイル単位におこなわれる。しかし酸洗工程においてこれら熱延コイル間の接続が行なわれ、また最終ラインで需要家向けに分割される。さらに中間の焼鈍工程においてはバッチ処理が行なわれる。このシステムでは、酸洗工程での接続状況を、接続後の冷延コイル単位に（冷延コイル番号をキーとして）まとめることにより、長いレコードレングスをもったリスト構造を設定し、最終工程でのコイル分割には分岐点を与えて一部の多重リストを構成させている。また焼鈍工程のようなバッチ工程に対しては下位のサブリストをつくって間にあわせ、結局、冷延コイル単位に全情報を整序した形（論理構造）でストアしている。

3.2 適用分野と効果

前章までに説明したように、このシステムは薄鋼板製造ラインにおけるほぼ全部の情報をカバーしてひとつのデータベース上に蓄積しており、データの選択、層別、分類、解析の自由度が非常に高い。したがって、品質、歩留、能率、原単位、原価、操業条件、製造期間などの調査を、単独でプロセス単位に行なえるだけでなく、品質と操業条件の関係、歩留と製造期間の関係、原価と能率の関係というように、複合した調査を2つ以上のラインの関連づけをして実施できる。これらの結果を、操業方法の検討に使うことによって、品質設計、製造技術標準の設定、設備改善の検討などが行なえる。また、生産能力の把握に適用することによって、原価と生産計画や設備更新・増減の検

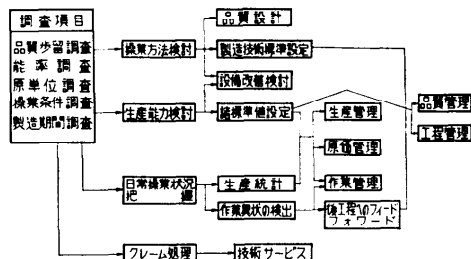


Table 1 適用分野関連図

討、生産上の諸標準の設定などができる。この標準値と生産実績統計を比較して、作業管理、工程進捗管理、原価管理等の日常管理の質を高められる。作業異常の検出による後工程へのフィードフォワードアクションや、需要家からのクレーム処理は、システム内部処理の迅速性によって迫力を増した。以上のようなこのシステムの適用分野の関連を Table 1 に示す。

こうして、このシステム稼動に伴う実益は多面に亘り、額も予想をかなり上回るものを得ているが、例をあげれば、ブリキ製品々質のピンホールやブロウ傷欠陥に対して、毎週々間データをもとに、前の方の工程をさかのぼって造塊や熱延工程の操業状況との回帰分析を行ない、複合した原因をつきとめて、その対策管理を新しく作業指示に加えた結果、月間で約 1400 万円の製品歩留りの向上を確実にした。これは調査事例のごく一部にすぎない。

今後もこのシステムを各技術者、生産管理担当者が一層手軽く使いこなしてゆくことによって、データベースの質と効率がさらにレベルアップされ、適用用途が拡大されて、経営のひとつの確かな武器となるであろう。本システムを実施にうつせた基礎を、薄板製造プロセスにおける関連システム（圧延計画システムや自動制御システム、検査システム等々）の充実みることが出来る。また逆に本システムが内包する問題点として、データ精度向上と、システムメンテナンスの効率向上への新しい努力が必要なることをあげることが出来る。

(昭和 48 年 8 月 2 日受付)