

千葉製鉄所厚板オンラインシステム

An Online Control System for Plate Mill at Chiba Works

栗田 邦夫*

Kunio Kurita

今村 俊一**

Shun-ichi Imamura

笹森 寛城***

Hiroki Sasamori

南谷 昭次郎****

Shojiro Minamiya

奥村 健人*****

Taketo Okumura

Synopsis:

In order to increase plate mill production at Chiba Works from 100 000t/month in 1970 to 160 000 t/month, an online control system covering an entire production process has been established with another emphasis placed on quality assurance.

Completed for start-up in August 1974, this system features slab yard control system, automatization of charging orders, an organic linkage with process computer, an order status information.

As a result, a marked improvement has been seen in process control, quality assurance system, customer services, productivity, and also labor-saving.

1. はじめに

鉄鋼各社の生産管理における情報処理は近年めざましく普及発展し、生産能率の向上、品質管理のレベルアップ、原価低減を達成するためしだいにその適用範囲の拡大をはかってきている。なかでも需要家からの多種多様な注文に対処するためには、各工程を正確にコントロールし、製品単位

に品質保証することがますます重要となってきた。

当社千葉製鉄所厚板工場は昭和36年稼動を開始して以来、生産性の向上を図り、昭和45年には月産10万tまでに成長した。しかし需要の増大が見込まれるなかで既設の設備ではこれ以上増産がむずかしくなった。そこで、昭和47年のNo.3加熱炉を始めとして、同年第2シャープライン、さらに翌年粗圧延機を増設し、月産16万t体制をめざし

* 千葉製鉄所システム部第1システム課課長

*** 千葉製鉄所システム部第1システム課

***** 千葉製鉄所管理部厚板管理課

** 千葉製鉄所総務部総務課

**** 千葉製鉄所熱間圧延部厚板課課長

て設備増強を進めた。それと対応して生産性の向上と品質保証を2本の柱として、作業の流れに対応して適時必要情報を正確に伝達するとともに、作業実績をリアルに収集することにより、各工程での作業精度を向上させ、全工程を集中的に管理する手段として厚板オンラインシステムを開発した。

当システムは昭和47年春に本格的な検討を開始し、昭和49年8月に実施した。以来数ヶ月を経過したが、通算稼働率は約99.9%と満足すべきレベルで順調に稼働している。当システムの導入により、スラブヤード管理・加熱炉装入命令の自動化をはじめとして、各工程に製品単位の正確な命令情報がリアルタイムに与えられるようになった結果、品質の安定、処理能率の向上が得られた。

また、この過程でオンラインシステム用計算機言語および処理技術を開発し、これらの適用をはかることにより、システムの開発負荷の軽減およびシステムの信頼性向上の面で、従来にないユニークなシステムを作ることができた。

2. オンラインシステム導入の目的

当システムは生産性の向上と品質保証体制の確立をめざして開発されたものであるが、厚板工場の設備増強の過程で導入が決定されたことや、設備増強にともなうラインの複雑化などによる数々のむずかしさがあった。

主な点を以下に列記する。

(1) 従来の仕上ラインに対し、粗圧延機を並列に設置したためトラッキングがむずかしくなった。

(2) 粗圧延機と仕上圧延機の胴長が異なるため、圧延サイズごとに両圧延機のパス配分が異なる。

(3) 第2シャーラインの増設により第1シャーラインと第2シャーラインの負荷配分計算が必要となった。

(4) 既設の仕様能力と異なる No. 3 加熱炉の増設により加熱炉への負荷配分が必要となり、その結果スラブ配山指標の種類が増加し、山積ロットが小さくなって、スラブヤードの使用効率を下げ

ることになった。

これらの諸問題の解決を含め、当システムは以下の目的を持って開発された。

(1) 一連の生産工程で発生するアブノーマルの早期発見と適正な処置。各種の問合せに対する即時応答および納期管理、納期短縮など需要家サービスの向上。

(2) 作業の流れに応じた一品単位の正確な命令指示および作業実績の即時処理による作業性の向上、品質保証体制の強化および工程管理精度の向上。

(3) 処理量の増加に対処して、ネック工程の解消、とりわけ能力不足が予想されるスラブヤードの有効利用。

(4) 省力化。

3. オンラインシステムの概要

3.1 厚板生産管理システムとの関係

厚板生産管理システムは、オーダー受付から製品出荷まで大別して10のサブシステムで構成されている。厚板オンラインシステムは、その中の一つのサブシステムである。その他のサブシステムのほとんどは現在 UNIVAC-494 から UNIVAC-1110 大型計算機にコンバート中である。

図1はコンバート後の厚板生産管理システムの構成を示している。以下に各サブシステムの処理概要を説明し、厚板オンラインシステムとの関係を明らかにする。

(1) オーダーエントリーシステム

本社からの工場送りオーダーを受けつけ、オーダードレッシングを行ったあと、品種・工程別の投入量指定に従って投入オーダーを自動的に検索する。

(2) 充当・素材要求システム

投入されたオーダーは、まず在庫板・予備スラブで充当され、充当できなかったオーダーは素材計算を行い製鋼命令となる。製鋼命令からスラブマーキングまでの管理は「製鋼・分塊オンラインシステム」で行われ、スラブ受入以降再び厚板生産管理システムの管理範囲となる。ただし出鋼～

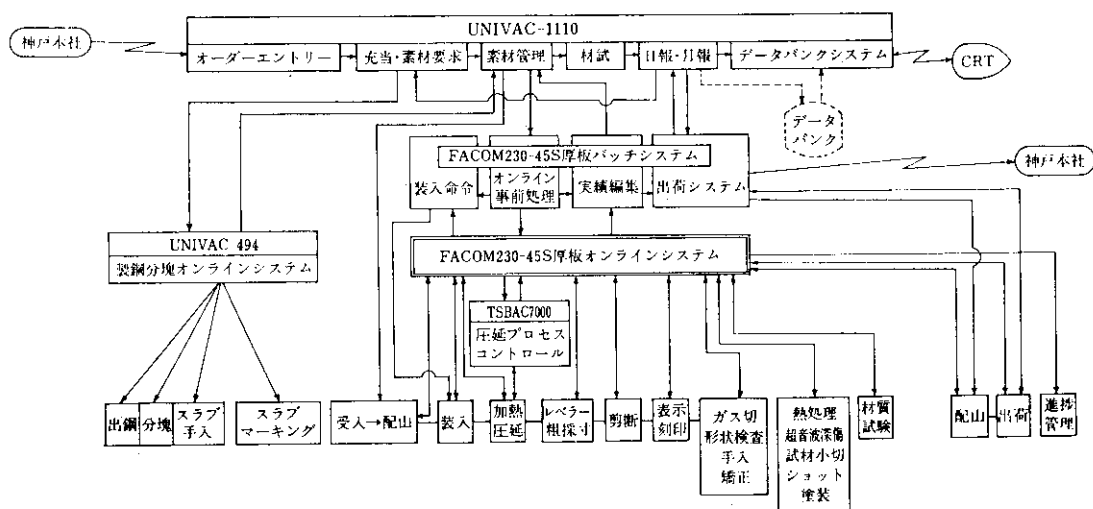


図1 製鋼分塊オンラインシステムと厚板生産管理システムの構成

スラブ手入間の実績情報は、定時間隔で厚板生産管理システムにダンプテープで受けとられる。

(3) 素材管理システム

出鋼実績に基づいて、物（スラブ）とオーダーのつき合せを行い、可否の判定をしたのち、スラブ配山指標の作成およびスラブヤード受入予測資料の作成を行う。その他パススケジュール計算・試材寸法計算・板流れ指示・熱処理温度計算など細かい命令仕様を作成する。

(4) オンライン事前処理システム

素材管理システムで作成された命令仕様のチェックと各種ファイル間の関連をチェックしたあと、命令仕様をオンラインシステムで効率良く使用できる形に編集し命令マスターファイルとして累積する。命令マスターファイルは6hrごとのファイル切替によってオンラインシステムで使用できる状態になる。

(5) 装入命令システム

リアルタイムに把握されているスラブヤードの山積状況をもとに加熱炉装入命令を作成する。

(6) 実績編集システム

オンラインシステムを通じて収集された圧延から形状検査合格までの実績を命令マスターファイルと照合し、アブノーマルチェック、進捗チェックを行う。手入れ、矯正などの班報はこのシステムで作成される。

(7) 材試システム

材質の可否判定を行い、材質試験に合格した代表板へのレファラー判定を行うとともに、立会申請書・検査証明書などを作成する。

(8) 日報・月報システム

オンラインから収集したデータおよび材試システムから流れてくるデータをもとにして、各種ステータスや工程管理用の資料を作成する。

(9) データバンクシステム

各種主要ファイルを常駐化し、情報のファイリングを極力コンピュータ化して、必要な情報を必要に応じて表示できるシステムである。また製鋼・分塊にまでさかのぼって一貫したデータ解析が可能なTQC (Total Quality Control) システムが開発されており、品質管理の向上に寄与している。

(10) 出荷システム

オンラインシステムからアウトプットされる配山カードによる倉庫山積実績と、出荷命令・仮送り状などの帳表を作成する。さらに出荷明細を本社のコンピュータシステムに伝送する。

3.2 厚板オンラインシステム処理概要

出鋼からスラブマーキングまでの実績はパッチ的に磁気テープで厚板パッチシステムに渡される。厚板パッチシステムは、これらの情報のうち

必要なデータを選択して厚板オンラインシステム用に編集を行い命令マスターファイルを作成したのち、装置切替によってオンラインシステムに結ぶ。当オンラインシステムは、命令マスターファイルと各工程別に作成されるリアル更新ファイルをベースに、スラブ受入れから製品の形状検査に至るまで現品と同期した作業指示と実績収集を行うとともに、出荷ヤードの山積実績の収集を行

う。

以下にオンラインシステムの流れにそって主な処理内容を説明する（図2、図3参照）。

スラブヤードに受入れたスラブを配山指標と山積状況をもとに山積する。山積実績は、出鋼情報にも基づきあらかじめアウトプットされているスラブカードの中から該当スラブカードを引抜き計算機に入力する。計算機はこの山積実績をもと

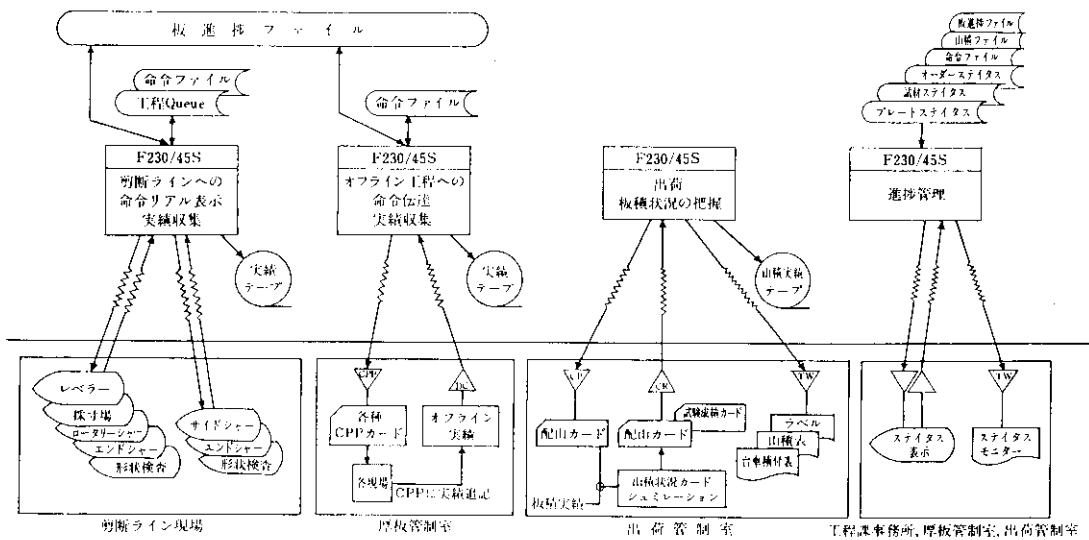
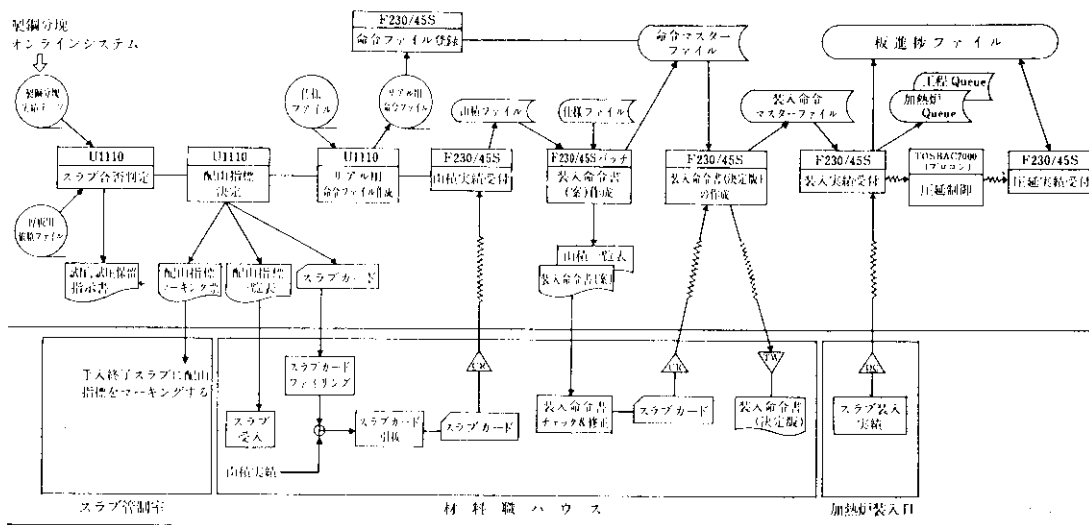


図2 厚板オンラインシステムフロー

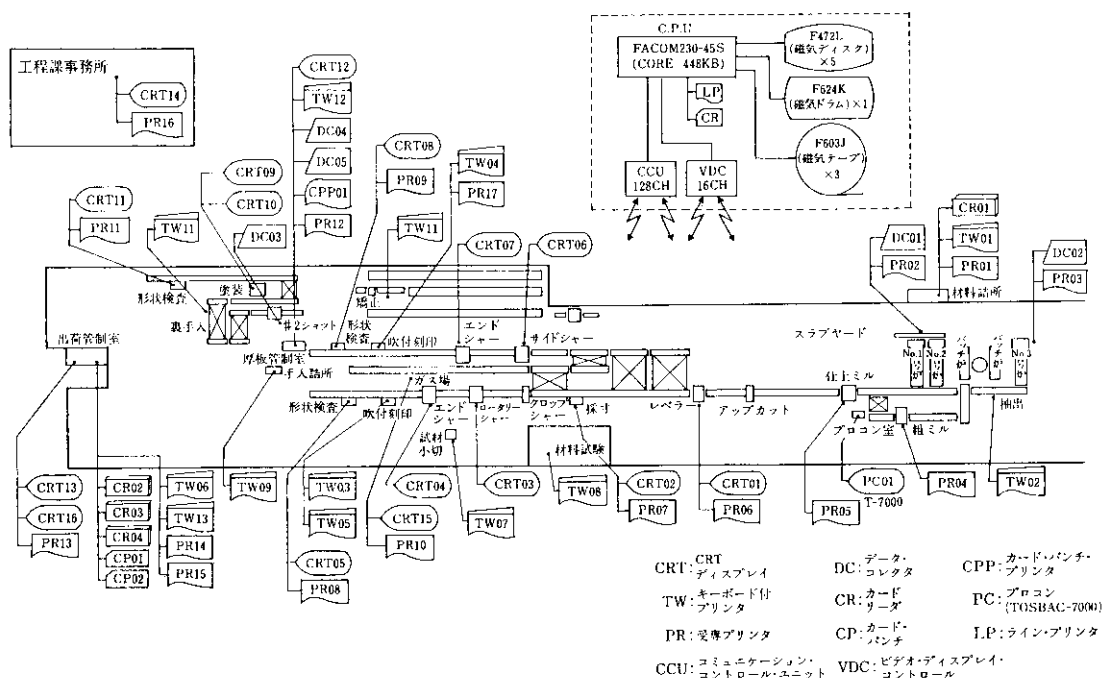


図3 機器構成と端末機配置

に圧延条件や工程負荷を考え、加熱炉装入命令組の決定を行う（詳細は4. オンラインシステムの特徴を参照）。

加熱炉装入実績がインプットされるとオンラインコンピュータは板番を発番し、圧延制御に必要なデータをプロセスコンピュータ（以下P/Cと呼ぶ）に伝達するとともに、圧延命令書、オフライン工程で使用するCPPカードなどを作成する。P/Cは加熱炉抽出から仕上圧延までをコントロールするとともに、オンラインコンピュータに圧延実績を伝送する。

P/Cシステムでの主な処理は以下のとおりである。

- (1) 圧下および形状制御
- (2) スラブ抽出から仕上ミルかみ込みまでのトラッキング
- (3) ミルベising
粗圧延機と仕上圧延機の最適パス配分を行う。
- (4) その他各種命令表示

圧延以降の剪断工程までは、前工程の作業実績インプットによって、現品に同期した作業指示がCRTと命令書により行われる。

オフライン工程は、板の流れがバッチ的であるため、板に同期した作業指示と実績収集の必要度が強くないので、次のように処理している。

熱処理、超音波探傷、オフライン切断などのあらかじめ予定されている工程に対してはCPPカードで、予定されていない手入れ、矯正の工程は即時応答処理で作業指示と実績収集を行う。No.2ショット・塗装ラインはショット→手入れ→塗装と連続したテーブル作業のため、ローカルオンラインとした。すなわちNo.2ショットの端末機で板番をインプットすると、ショット以降の作業指示と実績収集がリアルに行われる。材質試験用CPPカードは試材受入れのインプットにより、その他のCPPカードは装入実績に基づいて作成され、作業結果はカードで一括入力する。

出荷、板積状況は装入実績に基づいて作成した配山カードで山積のシミュレーションを行って把握する。山積実績は山単位にインプットされる。

進捗管理は板進捗ファイル、山積ファイルなど各種ファイルを使用して、即時応答処理によるス

テイタス表示により行っている。

4. オンラインシステムの特徴

当オンラインシステムは、主に下記の3点に力点をおいた。

- (1) スラブヤードの山積効率と作業能率の向上のためのスラブヤード管理システム
- (2) 加熱炉装入命令の自動化
- (3) システムの開発負荷の低減とシステムの信頼性の向上を狙ったALPS(高級オンライン言語)とACTOR(オンライン管理用プログラム)の開発。

4.1 スラブヤード管理システム

一般に有効なスラブヤードの機能を達成するためには、1日の圧延量の3～3.5倍の在庫能力が必要とされている。この点を重視してスラブヤードの管理が行われている。特徴は以下のとおりである。

(1) 山積は同一チャンスに加熱および圧延のできるものを同一山に積むというたてまえで、(i) 加熱炉装入条件、(ii) 加熱炉区分、(iii) スラブサイズ、(iv) 圧延サイズ、(v) 通過工程、(vi) 出鋼成分実績などに基づいて決められる配山指標にしたがって行われる。なお配山指標は現品にマーキングされる。

(2) スラブヤードのすべての実績は、スラブ単位に発行されているスラブカードと、山単位に発行されているマスターカードにより、リアルに入力して計算機に登録される。山積状況はカードでメンテナンスされている。

(3) 同一加熱、圧延条件ごとに山積されているため、装入スラブの選択、装入順位の決定などの指示は、すべて山積単位で処理することが可能である。

4.2 加熱炉装入順位決定ロジック

厚板の形状を制御するうえで最も重要な点は、圧延中のプレートクラウン量をコントロールして最適な値にすることである。プレートクラウン量はロール摩耗量のほかにロールベンディング量に

よっても変化する。また形状は「クラウン/板厚」によって影響されることも知られている。

今、ロールチャンス点Cを以下のように定義する。

$$C = A - B$$

ただし

B: ロールベンディング量から求めたプレートクラウン量(計算値)

A: 許容プレートクラウン量

Bは圧延幅と圧延荷重の関数であり、Bと圧延荷重は幅に対して正の相関がある。またAは板厚のみの関数で、板厚に対して正の相関がある。したがってCは板厚が一定のときは、板幅の増加につれて小さくなり、板幅が一定のときは、板厚の増加につれて大きくなり、Cの値の小から大の順に整理すると、全体として圧延寸法は板幅の大から小、板厚の小から大の順になる。

一方、ロール摩耗量は圧延量によって増大する。摩耗という側面からCの値を考えてみると、 $C < 0$ となる圧延サイズのものは、ロールにクラウンがついているときに圧延するのが好ましく、 $C > 0$ となる圧延サイズのものは、ロール摩耗が進んでから圧延してもよい、ということを意味している。

したがって圧延寸法面からのみ考えた優先順位はCの値の小から大の順、すなわち板幅の大から小、板厚の小から大の順になる。

またスラブ厚も順位決定の重要な要因である。

そこで先に求めた優先順位に対し、スラブ厚を考慮して順位の入替えを行う。それにはまずCの値に応じてブロック分けを行う。その各ブロック内のスラブ厚推移を単純増加または単純減少に限定して順位を入替え、ブロック間のスラブ厚のつり合いが最もよく、かつブロック間のロールチャンス点の乱れ度合いが少いスラブ厚推移パターンを求める。次にこの推移パターンのブロック境界のスラブ厚ギャップを修正(微調整)して最終的な推移パターンを求め、このパターンにしたがって装入順位を決定する。

図4は、ロール20hr分を4ブロックに分けた場合のスラブ厚推移パターンの例である。破線部分はブロック境界のスラブ厚ギャップ修正を行

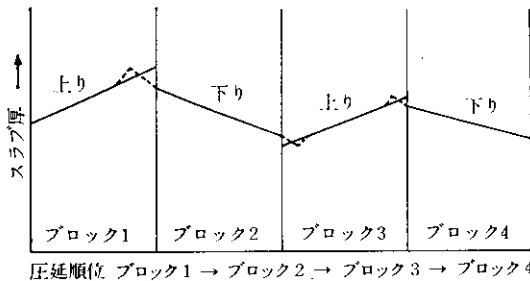


図4 スラブ厚推移パターンの例

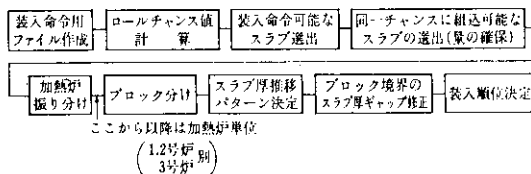


図5 装入順位決定方法

ったことを示している。

以上によって加熱炉装入順位を決める計算機処理手順を図5に示す。この処理サイクルは、スラブ在庫量によって異なるが、ロール替～ロール替までを最大として分割も可能である。装入順位決定に要する計算機の処理時間は5min程度なので、処理中も中止することなく山積できる。

こうして決定された圧延順位によって作業が行われた結果、圧延後の形状の安定等、品質の向上に大いに寄与している。

4.3 ソフトウェアの特徴

オンラインリアルタイムシステムは、多様な大量なインプット情報のすみやかな処理により、適確な情報を必要箇所にタイミング良く提供するものである。このためには計算機処理の効率を上げることが絶対条件とされる。したがって業務処理のプログラムはアセンブル言語で作成され、また管理プログラム(OS: Operating System)とも直接インターフェイスを行うのが通例である。しかしこの方法によると、プログラム作成に要する工数は多大なものとなり、システム開発が長期化してしまう。

本システムでは、後日冷間圧延工場オンラインシステムの開発を予定していることも考慮し、開

発工数の削減およびメンテナンスの効率化を意図して、オンライン用言語ALPS (Application Language Processing System) と管理用プログラムACTOR (Assist and Control Technique for Online Realtime Processing System)を開発した。

4.3.1 ALPS

ALPSはFORTRAN, COBOLと同系の計算機用高級言語であり、特にプログラムの効率を考慮したオンライン専用言語で、当社と富士通㈱の共同開発によるものである。

既存の高級言語の利点を取入れるとともに、その欠点を補うことを主な狙いとしたものであり、以下にその概要を示す。

(1) 開発の方針

- (i) プログラムサイズをできるだけコンパクトにする。
- (ii) オンライン管理プログラムなどのアセンブル言語とのインターフェイスを容易にする。
- (iii) 記述形式を簡単にしプログラム内容を理解しやすくする。
- (iv) プログラミング上のミスが容易に判別できるようにする。
- (v) データの属性を意識することなく処理内容が記述できるようにする。

(2) 言語の構成

ALPS言語は、データの名称および属性を示すデータ定義と、処理内容を記述した処理定義から構成されている。

データ定義は、端末機器の入出力データおよびファイルデータについて、項目単位あるいは連続する項目の集りに対して割付けた名称およびそのデータの属性(種類、桁数、データ上の相対位置)を示すものである。

処理定義は、命令形式をとりデータ定義を行った名称ならびに命令コードを組み合わせて表現するものである。命令コードは、移送命令、比較命令、演算命令および編集命令からなり、それぞれ内容の理解できる形式で表現されたものである。

(3) 実行プログラムの作成過程

ALPS言語から実行プログラムができあがる過

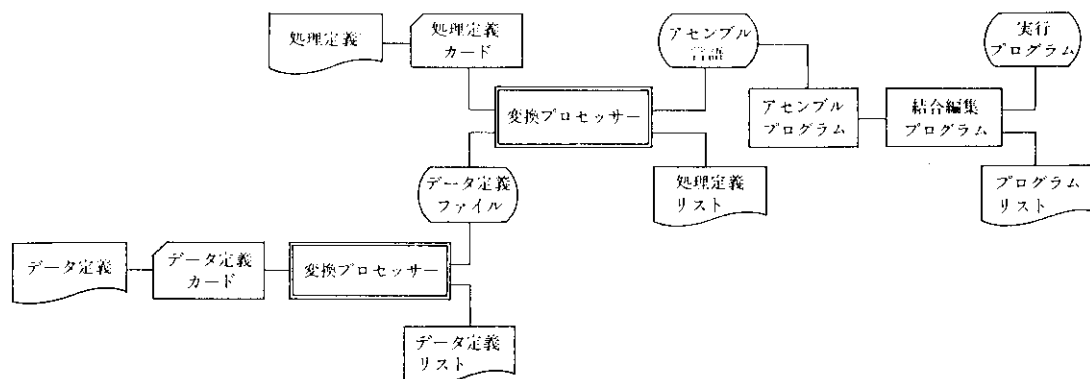


図 6 ALPS 変換過程

程を 図 6 に示す。まずデータ定義、処理定義を行った内容をすべてカードパンチして変換プロセッサを通す。変換プロセッサは、データ定義内容に基づいて項目名称およびその属性を解析し、次に処理定義を解析しつつデータ定義内容を付加して、アセンブル言語に展開する。その内容は、アセンブルプログラムならびに結合編集プログラムを経由して、計算機言語に翻訳され実行プログラムとなる。

4-3-2 ACTOR

業務プログラムが直接 OS とリンクすることは、計算機ソフトウェアならびにハードウェアの特殊性から非常にむずかしく、また面倒である。そこで OS と業務プログラムの相互のインターフェイスをつかさどるオンライン制御プログラム、すなわち ACTOR を開発した(図 7 参照)。主な狙いは、① OS を意識せずプログラミングができること、②システムダウンを最小限におさえること、

③ダウンからの復旧がすみやかにできること、である。以下にその機能の概要について述べる。

(1) 入出力電文管理、プログラム管理

各端末機器からインプットされたデータは、通信回線を通して計算機にはいってくる。ACTOR はこのデータを OS 経由で受取り、それを解析するとともに処理すべき業務プログラムを選択・起動させる。一方、端末機器へアウトプットする場合には、ACTOR は業務プログラムからアウトプットデータを受取り、それを解析するとともに再出力用としての内容登録を行ったあと、OS へ出力依頼を行う。

(2) ファイル管理

リアルタイムシステムでは、ターンアラウンドタイム(入力してから出力が得られるまでの時間)はきわめて重要である。これに影響する大きな要因としてファイル管理が挙げられる。通常システムでのファイル構成は、読み方、大きさなどが異なる多種多様なファイル形式(本システムでは 60 種)となっているため、業務プログラムがその都度全体の効率を考えることはきわめて困難である。

ACTOR は、この点を一括管理して効率的な運用を計るものである。業務プログラムは単純にファイル内の必要部分を指示するのみで良い。

(3) リカバリー処理

リアルタイムシステムにおけるシステムダウンは、即現場作業の停止に結びつくことが多い。したがってダウンの発生を極力少なくするとともに

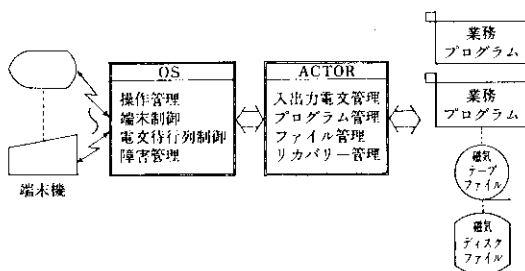


図 7 ACTORの位置づけ

に、ダウン発生時はすみやかに復旧が可能でなければならない。ACTORは、この点を十分考慮して以下のように対処している。

(i) 業務プログラムのミスによるダウンの回避

従来のリアルタイムシステムは、業務プログラムがミスを起こすとファイルの正当性が保証されないため、そのままシステムダウンに直結していた。

本システムは、ファイルの正当性を保証するため、ミスが発生した時点で、該当業務プログラムが更新した内容をすべて更新前の状態にもどしてしまう。すなわちミスを起こしたインプットがなかった状態にもどし、システムダウンに結びつけないようにしている。

(ii) 故障などのダウンからのすみやかな復旧

計算機本体ならびに周辺機器が故障した場合、たとえ予備機に切替えたとしてもシステムダウンが避けられない場合もある。このような場合すみやかにダウン直前の状態に復旧させる必要がある。このため当システムでは、業務プログラムが更新したデータ（アフターイメージ）と更新前のデータ（ビフォアイメージ）を磁気テープおよび磁気ドラムに格納しておき、故障状況によりビフォアイメージのみで復旧させる方式を採用している（これをクイックリカバリーと称し 3min で復旧できる）。なおこの方法で復旧不可能な時は、サイクリックダンプ（一定時間ごとにファイル全量を磁気テープにアウトしたもの）およびアフターイメージで復旧する（これをファイナルリカバリーと称し 15min 程度で復旧できる）。

これらの障害処理プログラムを一括して ACTOR に収納した結果、業務プログラムが単純化するとともに、システムの信頼性が大きく向上した。

5. オンラインシステム導入の効果

厚板オンラインシステムの導入は、各方面に多くの成果をあげ、月産16万t体制の確立に大きく寄与した。その主な効果を下記に述べる。

(1) 工程管理の強化と需要家サービスの向上

現品仕掛の正確な把握、異常品に対する処置の迅速化、その他各種ステイタス問合せ処理が可能となった。また現場および事務所でこれらの諸機能の有効な活用により工程管理体制の強化、需要家サービスの向上がえられた。

(2) 品質の向上

オンラインコンピュータから P/C に正確で豊富な情報（スラブ実重、出鋼からスラブ手入までの品質情報等）を与えることが可能となった結果、圧延精度が大幅に上昇した。さらに加熱炉装入命令の自動化により製品形状の制御精度が向上した。誤圧延・誤切断の発生推移を 図 8 に示す。

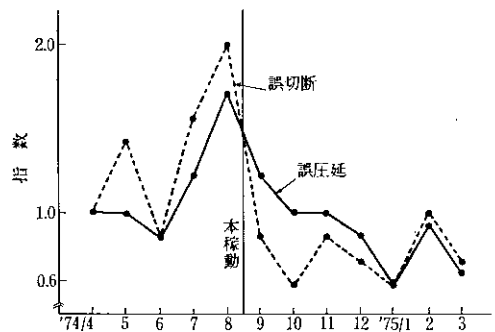


図 8 誤圧、誤切の発生推移

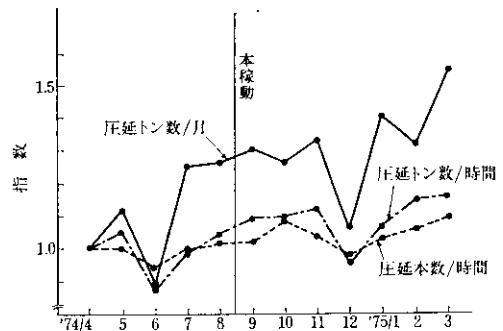


図 9 圧延トン数の推移

(3) 生産性の向上

各工程への的確な作業指示、P/C とオンラインコンピュータの有機的結合、加熱炉装入命令の自動化などによって生産性が向上した。図 9 に圧延トン数の推移を示す。

(4) 省力化

現場作業および情報業務の標準化・簡素化、またそれに基づく業務の統合による省力効果が大き

く、実質57名の省力が得られた。

6. おわりに

当システムは、稼動以来生産能力の向上に対して大きな効果をあげ、とりわけオンラインシステムの最大の特徴である“物と情報の一致”，プロセスコンピュータによるミルペーシングと自動制御，スラブヤード管理方法の改善，加熱炉装入命令の自動化などのシステム改善が生産能力を大幅に上昇させ、月産16万tを達成するうえで大きな役割を果たした。

当システムの作成にあたり、現場作業の標準化・基準類の整備・ロジックの再吟味などマンマシンシステムの抜本的な改革を行った。加えて信頼度の高いソフトウェアの開発運用が今回の成功の礎

になっており、オンラインシステムの本番処理はスムーズに実施され、新旧システムの切替はいささかの混乱もなく行われた。

オンラインシステムの今後の課題としては、各種自動機器の適用，出荷ヤードまでを含めた全工程のオンライン化を確立することである。

現在厚板バッチシステムは、UNIVAC-1110大型計算機へのコンバート中であり、この機会に計画・実績データ処理を充実させ、オンラインシステムをより有効に運営して総合システムとしてのメリットを追求していきたい。

なお現在冷間圧延工場のオンラインシステムが検討されている。本システムで開発運用したALPS, ACTORを使用して、計算機の共用化を実現し、コストパフォーマンスをさらに向上させる予定である。