

Bar Mill Production Control System Using UNIX



田中 清三
Seizo Tanaka

川鉄情報システム(株)
西日本事業所 主査(課長)



近藤 茂幸
Shigeyuki Kondo

川鉄情報システム(株)
西日本事業所 主査(課長)



野田 昭雄
Akio Noda

ダイワスチール(株)
水島事業所 部長

要旨

川鉄情報システム(株)は、ダイワスチール(株)が水島事業所に建設した電気炉2基、ブルーム連続鋳機、ビレット連続鋳機と同期化した小型棒鋼の圧延工場であるバーミル工場の生産管理システムをUNIX機を適用し構築した。中規模ではあるが本格的な生産管理システムにおける、(1)サーバ/クライアントシステムの負荷分散、(2)高速LANの必要性、(3)端末共用技術、(4)RDBMS、4GLの適用技術などを明らかにした。その上で、不足する機能を自社開発ソフトで補完し、利用者に優しいシステムを構築した。

Synopsis:

Kawasaki Steel Systems R&D Corp. has constructed a production control system using a UNIX machine for the operation of bar mill, which includes a mini bar mill working in synchronism with two electric furnaces, a bloom continuous casting machine and a billet continuous casting machine, in Daiwa Steel's Mizushima Works. Development of this middle-scaled and full production control system was achieved through the dispersion of load in the server/client system and adoption of high-speed LAN as well as the establishment of techniques of sharing terminals and the application of RDBMS and 4GL. In addition, lacked functions have been compensated by their own-developed software, and the system which is tender for users has been constructed.

1 緒言

川崎製鉄系列の電機メーカーのダイワスチール(株)では、経営基盤の強化を狙いとして、電気炉1基、ブルーム連続鋳造機、ビレット連続鋳造機を水島事業所に1990年12月に建設した。さらに、1993年7月にはビレット連続鋳造機とオンラインテーブルで直結した小形棒鋼の圧延工場(バーミル)を建設した。

バーミル工場では、主に異形棒鋼、構造用棒鋼を圧延している。生産量は4万トン～6万トン/月である。

バーミル工場の生産を支援するコンピュータシステムとして、バーミル生産管理システムを工場建設にあわせて川鉄情報システム(株)が構築した。受注から製造、納入までをカバーしている。管理系と操業系の二つのシステムで構成し、管理系システムにはオーダーエントリ、計画および実績処理、操業系システムにはDHCR(direct hot charge roll)操業支援、実行調整、ミルエンド現品管理および出荷操業の機能がある。さらに下位には、プロセスコンピュータ(P/C)、制御機器のDDC(direct digital control)を配置している。システム規模は、約300Kステップ(COBOL換算)の中規模のシステムである。

バーミル生産管理システムの管理系システムの構築にあたって、中小型コンピュータ(UNIX)、4GL(4th generation lan-

guage)、RDBMS(relational data base management system)を採用した。

当論文では、中規模かつ本格的な生産管理システムへのUNIXの適用事例として、UNIX適用の狙い、適用分野の考え方、UNIX適用検討での知見と対策、UNIXの評価に関して報告する。

2 バーミル工場の仕組み

2.1 バーミル工場のアウトライン

バーミル工場のレイアウトをFig.1に示す。ビレット連続鋳造機から、オンラインテーブル上を搬送しビレットを受入れる。受け入れたビレットはDHCRを意識した炉長の短い加熱炉に挿入される。ミルスタンドで圧延し、ミルスタンドの出側で荒切りする。その後、冷却床で冷却し、切断ラインで製品長さに切断する。切断した棒鋼製品は、検査テーブルで検査を行った後に、一定本数単位に結束する。船出荷分は払出しヤードに待機しているパレット台車に積み込み、船出荷用倉庫へ搬送する。トラック出荷分は、ミルエンドに設けられた荷揃えヤードに下ろし、需要家のオーダに解束、荷揃え、再結束し、トラックに積み込み、送り状を添えて出荷する。

2.2 バーミル生産の主な仕組み

バーミル工場の生産方式は、受注生産方式を採用している。さらに、圧延スケジュールには月間のロール計画が設けられている。バ

*平成7年4月6日原稿受付

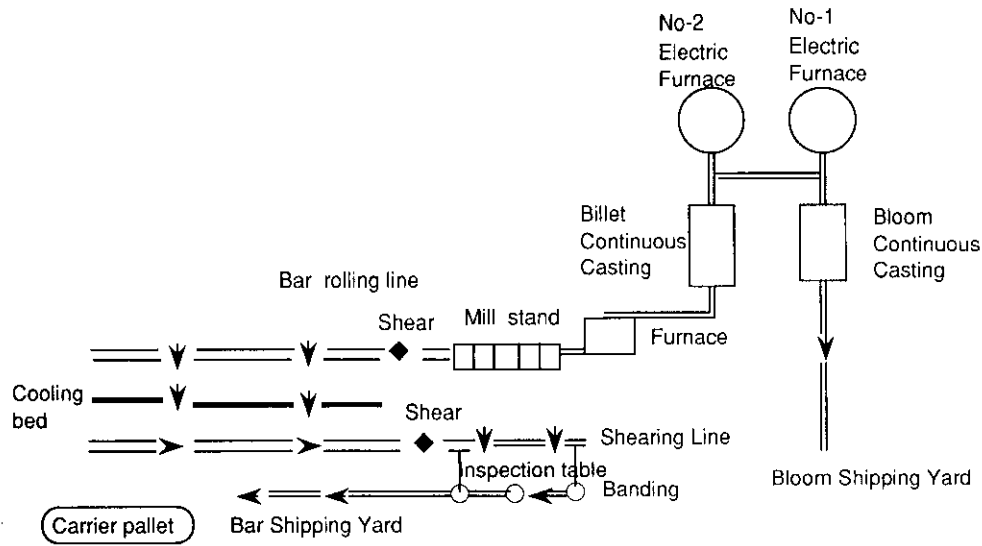


Fig. 1 Layout of the bar mill

ーミル工場の主な生産の仕組みを以下に示す。

- (1) 受注生産を前提として、オーダとの紐付け処理は、出荷先ロット単位にライン上で充当する。従来は倉庫内で紐付け処理を行っていた。
- (2) ロールチャンスを経回しを増やすことで必要な時に必要量を製造することを可能とした。従来は1回/月に比較して荷揃え時間の短縮を図っている。
- (3) 操業の主体はDHCR操業とする。ただし、購入ビレットなど冷片の圧延を行う場合もある。
- (4) 関西地区に中継地を設けて、荷揃えと納入日時の調整を行う。

2.3 バーミル工場を支援する情報システム

バーミル生産管理システムでは、以下に示すようなシステム機能を開発し、バーミル工場の生産活動を支援している。

- (1) 受注システム
リアルタイムのオーダ投入とオーダ変更を可能とする。オーダ投入時にロールチャンスを入力する。
- (2) 計画命令システム
製鋼→熱延→出荷の一貫計画。出鋼依頼時に圧延、充当命令を作成する。
- (3) 操業システム
DHCR操業の支援と実行調整、P/Cによる剪断ラインの制御とライン充当の実施、オフライン現品管理、車輛積み卸しの管理を行う。
- (4) 出荷システム
船出荷は、出荷指示、出荷実績のリアル化を実現する。トラック出荷では、リアルタイムの送り状の作成を実現する。
- (5) 中継地システム
中継地の現品管理と出荷作業の支援を行う。
- (6) 実績・諸管理システム
オーダ進捗管理、操業日、月報作成、生産受払月報作成、ミルシート作成などを行う。

3 UNIX 適用の狙いと適用分野の考え方

3.1 UNIX 適用の狙い

バーミル生産管理システムにUNIXを適用した狙いについて、以下に整理する。

- (1) 利用者に優しいシステムの構築

HMI (human machine interface) に優れたUNIX[®]の適用で、マルチウィンドウやマウスなどの有効な機能を活用し、アプリケーションソフトをシンプルに作り上げることで、利用者に優しいシステムの構築を狙った。また、専用のUNIX機でシステムを運用することで、他のシステムからの影響をなくし、良好なレスポンス²⁾を保持することを狙った。

- (2) システム開発とメンテナンスの生産性の向上

システム開発に4GLやRDBMS技術を適用することで、生産性の向上^{3,4)}を狙った。システム開発の生産性向上は、メンテナンス時の生産性の向上にもつながるものである。

- (3) コストパフォーマンスの向上

安価なUNIX機を導入することで、コストパフォーマンスの向上も狙った。

- (4) 新技術に対する技術力の蓄積

UNIX、4GL、RDBMSなどの新技術に対する技術力を蓄積するチャンスである。このシステム開発を通じて、UNIXシステムの開発技術とノウハウを蓄積するとともに、システム開発技術者の拡大、UNIXの評価を行う。

3.2 UNIX 適用分野の考え方

バーミル生産管理システムへUNIXを全面適用するには、解決すべき課題⁵⁾も多くあり、工場の稼働までに情報システムの構築が間に合わないかと判断した。そこでUNIX適用分野を管理系のシステムに絞り込んで適用することにした。

その理由は、管理系システムの方が、オンライン会話処理、バッチ処理など情報処理形態が多様性に富んでいる点である。つまりシステム運用の柔軟性と、技術的価値、試行の意義を重視して適用分野を絞り込んだ。その他にも、RDBMSとハードウェアの親和性なども考慮した。万が一システム異常が発生した場合にも、管理系

のシステムの方が操業系のシステムに比較してシステムの修復時間などにゆとりがあることも考慮した点である。

4 UNIX 適用の検討過程で得た知見と対策内容

UNIX 適用分野の検討、能力評価、コンピュータ機器構成、ネットワークなどの検討において判明した主なものについて、その内容と対策を以下に整理する。

4.1 UNIX の分散処理の可能性

UNIX は分散処理が可能であると一般的には言われている。分散には、処理の分散とデータベースの分散が考えられる。サーバ/クライアント方式によってクライアントとサーバの処理の分散は可能である。しかし、データベースの分散に関しては、当時、使用を検討した RDBMS(SYBASE^{*)}の分散データベースに対するサポート機能が少ないこと、および構築する生産管理システムの特性として、データベースの分散化が難しくかつ分散したら同時更新が多くなることなどから 1 台のサーバ上に集中させた。なお、最近の SYBASE は分散データベースへの対応が進みつつある。

4.2 UNIX コンピュータの能力評価

システムの開発に先立って、比較的負荷が高くなることが予想される機能を選び、テスト環境を準備し能力評価を実施した。その結果を以下に整理する。

- (1) 我々が構築しようとしている生産管理システムでは、サーバとクライアント負荷の割合について、負荷がサーバ側に集中することが判明した。測定結果では、Table 1 に示すように負荷の 70 から 90% がサーバ側に集中している。
- (2) バッチジョブの多重度走行について、多重度を上げると、ELAPS 時間は Table 2 に示すように 1.2 倍から 5.1 倍と大きく延びる。
- (3) 多重度を上げた場合の CPU 時間は、シングル走行に比べてサーバ側に余計にかかっていく。
- (4) バッチジョブの会話処理への影響は、Table 3 と 4 に示すように、1.5 倍から 2 倍悪化した。予想したほどではなかった。
- (5) キャッシュメモリを 5 MB から 13 MB に増加させた結果では、ELAPS 時間が半減している。

以上の結果から、バーミル生産管理システムでは、UNIX サーバ機を処理能力の高い、S-4/10 モデル 512(2 CPU)^{*)}にすることにした。

会話処理で集中入力した時に、多重走行の制御機能がないが、管理系システムで使用する端末台数は、クライアントの WS が 5 台と共用端末が 3 台であり問題とならないと判断した。

また、バッチジョブの走行多重度や走行順序をコントロールするジョブの運用管理を行うツールを開発し、バッチジョブのジョブ実行制御を行い、全体のスループットを向上させるようにしている。

4.3 コンピュータ・ネットワーク

UNIX のサーバ/クライアント間の通信方式は、従来のデータハイウェイの方式とは異なる。プロトコル変換機を置いて、利用することも可能であるが、通信速度が遅くなる。そのために、UNIX のサーバ/クライアント間の通信には、高速 LAN (local area

Table 1 Results of the performance test (case 1—single batch run)

Job name	Elaps time (s)	CPU time (s)	
		Server	Client
Order status list 1	28	24.9	9.4
Order status list 2	90	89.0	19.8
Stock summary list	123	118.7	6.9

Table 2 Results of the performance test (case 2—multiple batch run)

Job name	Elaps time (s)	CPU time (s)	
		Server	Client
Order status list 1	127(4.5)	179.7(1.6)	9.6(1.0)
Order status list 2	180(2.0)		25.3(1.3)
Order status list 2	152(1.7)	195.2(0.9)	25.1(1.3)
Stock summary list	198(1.6)		6.9(1.0)
Order status list 1	58(2.1)	135.4(0.9)	9.6(1.0)
Stock summary list	153(1.2)		7.0(1.0)
Order status list 1	143(5.1)	297.5(1.3)	9.2(1.0)
Order status list 2	258(2.9)		25.1(1.3)
Stock summary list	302(2.5)		6.9(1.0)

() : Ratio of multiple/single

Table 3 Result of the online program performance test (case 3—single online run)

Job name	Elaps time (s)	CPU time (s)	
		Server	Client
Online program	2.0	0.8	1.6

Table 4 Results of the online program performance test (case 4—multiple online and batch run)

Job name	Response time (s)	Elaps time (s)
Online program	3.5(1.5)	—
Order status list 1	—	114(4.1)
Order status list 2	—	167(1.9)
Online program	3.5(1.5)	—
Order status list 1	—	133(4.8)
Order status list 2	—	213(2.4)
Stock summary list	—	247(2.0)

() : Ratio of multiple/single

network) が必須となってくる。当システムでは、川崎製鉄水島製鉄所のリフレッシュされた高速 LAN を使用している。

また、ダイワスチールの本社営業(所在地:神戸)に設置しているクライアントとは、NTT の INS-64 回線でネットワークしている。さらに、通信速度を上げるためにデータ圧縮装置を装備した。関西中継地(西宮)とは、かわてつネット回線から NTT の専用

^{*)} SYBASE は Sybase, Inc の登録商標です。

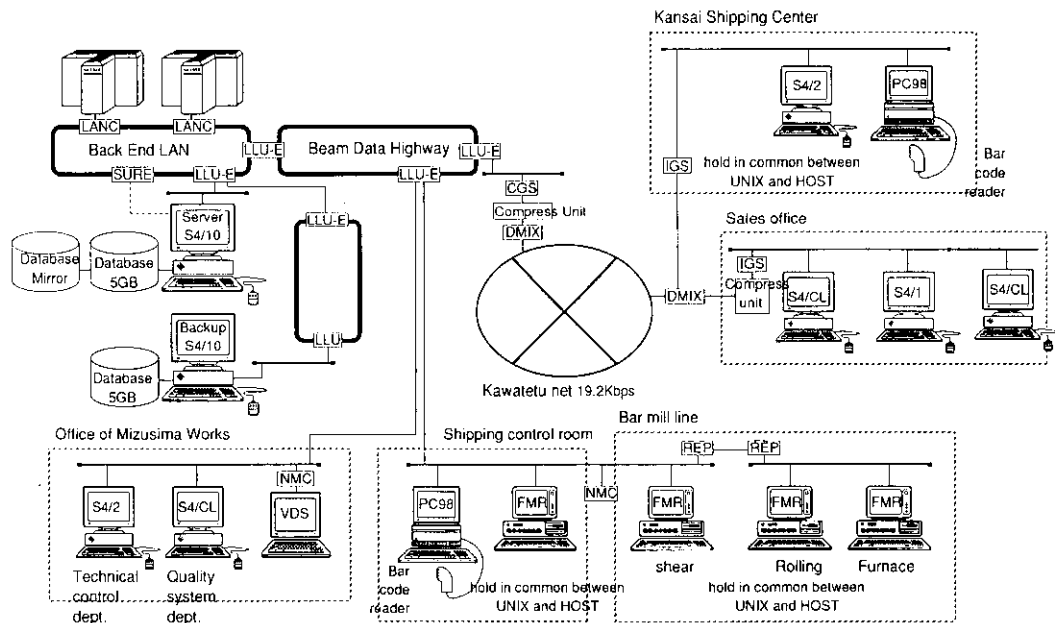


Fig. 2 Structure of the bar mill hardware and network

回線を経由してネットワークを接続した。プロトコル変換のためのルータなど通信関係の費用がそのために増加した。Fig. 2 にバーミル生産管理システムのネットワーク機器とハードウェア機器の構成図を示す。

4.4 UNIX 機とホスト汎用機間での端末機の共用

操業システムは汎用機 (M-770) をホストとしている。管理システムは、UNIX 機をホストとしている。そのため現場に設置する端末機から両方のホスト処理ができるようにする必要がある。そこで現場に設置する端末機は防塵型のパソコンとした。パソコンには通信関係の LAN ボード、エミュレータ、ルータなどを装備し共用を可能とした。

4.5 UNIX 用共通ツールの開発

UNIX 機には、異常発生時の通知や異常の監視をするような、従来の汎用ホスト機には装備されていた機能や、帳票のプリントに関する各種の機能 (再送、複数同時送信、バッチ作成帳票の出力) がなかった。それに対処するために、汎用機のオペレータが監視できる異常監視システムと帳票の配信サービスを行う帳票配信システムを開発した。この他にも、コードの変換や仮想小数点の取扱、排他制御のルール化なども行った。

4.6 SYBASE のプログラミング技術

SYBASE では、ユーザデータ定義を設定することができる。データ項目定義にデフォルトとルールを定義することで、データチェックが強化されると同時に、プログラムがシンプルなものになった。また、データベースの構造を従来の NDB (network data base) より正規化を重視した設計とすることで、繰り返し項目の発生を防止し、プログラムのシンプル化が実現した。これは、RDBMS の持っているテーブル間の結合処理を有効に活用したものである。インデックスの指定もレスポンス向上に大きく影響す

Table 5 Results of the tune up test

Case	Before improvement	After improvement
SQL (soft-key)	30 min over	6 min 37 s
SQL (condition (OR))	25 min over	1 min
Exclusive database		
List-1	50 min	2 min 55 s
List-2	18 s	9 s
List-3	1 h over	1 min
List-4	20 min over	31 s
List-5	1 h over	12 min

る。さらにちょっとした SQL 文のコーディング記述の違いからレスポンスの悪化を招く場合もあった。ソフトキーの項目を重複して指示したり、条件式に OR 条件を多用した場合にレスポンスが悪化することが判明した。

多重処理を行う場合の排他制御もレスポンスを悪化させる。初めはテーブル単位に排他制御をかけており、これを論理ページ単位に切り換えたことで、排他待ち時間の短縮を行った。チューニングの結果を Table 5 に示す。

4.7 ハード・ソフト障害への対策

ハード障害発生率は汎用機より高い。管理システムであることから障害に対して少なくとも 3 ~ 4 時間の余裕はある。機器の 24 時間保守、予備機の保有、ディスクのミラーリングなどの障害対策を行っている。ただし、オペレーションシステム、RDBMS、プリンタソフトなど基本ソフトにからむような障害に関しては、原因の究明から対策の実施までの時間が長く問題となっている。

5 UNIX のバーミル生産管理システムでの評価

UNIX をバーミル生産管理システムに適用した評価を以下に示す。

(1) システムの使いやすさ

マルチウィンドウにより関連する画面を同時に表示したり、マウスによる選択で入力負荷を少なくするなど、利用者に優しいシステムの構築ができた。グラフ機能は使用していないが、活用すれば、さらにビジュアルなシステム構築が可能である。

レスポンスは、全般に良好である。ただし、処理の多重度があがると、極端なレスポンス悪化となるため、バーミル生産管理システムでは、多重度のコントロールを行っている。

(2) システム開発とメンテナンスの生産性

簡単な会話処理や 4 GL での帳票作成、バッチのファイル更新部分で大きく生産性が向上した。逆に、複雑な会話処理やロジックが複雑な場合は、従来のメインフレームでの開発方法に比べて開発に手間どる場合もあった。バーミル生産管理システムでは、複雑なロジックの部分はルーチン化し、C 言語で開発した。

(3) コストパフォーマンス

ハードウェア自体は汎用機より安い。ただし、予備機の保有、ソフト費用の増加 (RDBMS、同保守費用)、通信機器の手当てなどで計画時には割高となっていた。結果的にはハードウェア関係のコストパフォーマンスの向上などから当初の狙いを達成した。

(4) 新技術に対する技術力

ダイワバーミル生産管理システムの構築では、UNIX 分散処理、能力評価、ネットワーク技術など多くの技術ノウハウを蓄積することができた。あわせて UNIX 技術者の育成が実現した。

6 結 言

ダイワスチール(株)水島事業所のバーミル生産管理システムへの全面的な UNIX 機の適用は、川鉄情報システム(株)にとって初めての本格的な試みであった。UNIX, 4 GL などの適用によって得られた結果は、以下のように要約される。

(1) 処理分散では、サーバ機に負荷が集中する。その解決手段として能力の高いサーバ機を導入し、ジョブ運用管理ツールによるジョブ制御を行っている。

(2) UNIX サーバ/クライアントシステムには、高速 LAN が必須である。

(3) UNIX 機とホスト汎用機の間で、端末共用を実現した。

(4) 開発生産性は、4 GL の活用で簡単な会話処理や帳票作成の部分で高い生産性が見込める。

UNIX 機を適用することで、利用者に優しいシステムを構築することができた。その結果、ダイワスチール(株)では、製鋼から圧延工場を直結した DHCR 操業、ラインの自動運転、出荷までの同期化操業を実現し、リードタイムの短縮、運用コストの低減、高効率操業、熱量原単位および歩留りの向上に大きく寄与している。

参 考 文 献

- 1) 日経 BP 社: 「日経インフォベース UNIX'92 年版」, (1992)
- 2) トランザクション処理性能協会(TPC): 「トランザクション処理性能 (SPARC server の TPC ベンチマーク)」, Sunworld, June (1992), 34-42
- 3) M. G. Sobell: 「Informix-4 GL プログラミング」, (1993), [アスキー出版局]
- 4) 片貝システム研究所・白井裕司共著: 「Informix-SQL 入門」, (1993), [アスキー出版局]
- 5) 村井 純, 小島富彦, 井原 寛, 石田晴久: 「パネル討論会, UNIX の将来性と課題」, 情報処理, **33**(1992)1, 76-92
- 6) 「UNIX 製品紹介 (S ファミリー)」, 富士通ジャーナル, **17**(1991) 11, 101-110