

ライトサイジング・オープン化システムの 鉄鋼プロセスへの適用事例

Rightsizing and Open System Applied to the Process Automation in Iron- and Steelmaking

河 原 健 次^{*(1)}
Kenji
KAWAHARA

住 田 伸 夫^{*(2)}
Nobuo SUMIDA

加 藤 博 一^{*(2)}
Hirokazu KATO

福 島 徹 二^{*(2)}
Tetsuji
FUKUSHIMA

抄 録

新日本製鐵では、鉄鋼プロセスの制御用計算機(プロコン)システムに、業界に先駆けて汎用パソコン・汎用OSを採用し、今後のモデルとなるライトサイジング・オープン化システムを開発した。本システムの開発に当っては、事前に評価用システムを構築し、プロコンに必要なリアルタイム・信頼性を評価して実機システムの詳細負荷予測を行うとともに、制御用ミドルウェア及び支援ツールを独自に開発した。また信頼性・保守性確保のためにRAS機能の装備強化を行った。更にエンジニアリングにおいては、オープン性の利点を生かし市販ツールの活用による生産性向上を図り、ライトサイジング・オープン化適用の布石となる技術確立した。

Abstract

Nippon Steel took the initiative in the introduction of general purpose personal computer (PC) and operating system for PC to the process computer system for controlling the iron- and steelmaking process, and has developed the rightsizing and open system which is to be a model of system in the future. In developing the system, a performance evaluation system was constructed in advance to evaluate the real time performance and the reliability required for the process computer, then the detailed system assurance of a real system possibly assembled was estimated, and also both a control middleware and support tools of an original type have been developed. Further, the RAS (reliability, availability and serviceability) function has been devised to be fitted in the system for securing its reliability and maintainability. From the aspect of engineering, a contrivance for a higher productivity with efficient use of articles on the market by making the most use of its advantage of the openness, and thus the technology to form the basis of applying the rightsizing and open system has been established.

1. 緒 言

鉄鋼業を取り巻く厳しい環境の中、製鉄所のプロセス制御用計算機システム(以下プロコンと記す)に要求される機能は高度化・多様化の一途をたどる一方、コスト削減もまた強く求められている。このような状況下において、パソコンを中心とした汎用製品の高性能・低価格化が進み、これらをプロセス制御分野に適用するための研究調査が行われ、プロコン端末や付帯ライン向けプロコン本体への実機適用が進められてきた¹⁾。

本稿で紹介する事例は、業界に先駆けて、鉄鋼のメインラインである連続鋳造プロセスのプロコン本体に、従来プロコンに代えてオープンな汎用パソコンを適用したものである。

システム開発に際しては、事前に評価用システムを構築し、プロコンとしてのリアルタイム性や信頼性の評価を行うとともに、鉄鋼

制御用アプリケーション(以下APと記す)ソフトウェアに必要なミドルウェア及びエンジニアリング支援ツールを独自に開発し、鉄鋼プロコンのライトサイジング・オープン化システム構築基盤技術確立した。

2. ライトサイジング・オープン化の背景

2.1 従来プロコンの特徴

鉄鋼業の大規模・高速なプロセスを24時間連続稼働で統括制御するため、プロコンには極めて高度なリアルタイム性と信頼性が要求されている。そのため、従来は限られたメーカーの独自の専用マシンと専用オペレーティングシステム(以下OSと記す)が発展してきた。しかしそれらはクローズなシステムであったため以下の問題点があった。

^{*(1)} 技術開発本部 設備技術センター

システム制御技術部 掛長

^{*(2)} 技術開発本部 設備技術センター システム制御技術部

部長代理

- (1)市場規模が小さく選択肢が狭いことからローコスト化に限界があった。
- (2)増強、改造時には既設システムと同一メーカー・機種を採用する必要があり、既設を生かしながらローコストな最新汎用製品と融合させることが困難であった。
- (3)保守面では予備品の個別保有や保守員の機種別養成が必要であった。

2.2 パソコンの特徴

パソコンのコストパフォーマンスは市場規模の拡大とともに飛躍的に向上しており、その勢いはCPUが2倍/年、メモリ2.5倍/年、ディスク1.5倍/年といわれている。ちなみに現在市販されている最新パソコンは、CPU性能だけの比較でみれば従来プロコンの10倍以上の能力となっている。ただし、制御用システムとしてはCPU性能だけでなく、OSや通信、入出力を含めたトータルの性能評価が重要である。そこで、各種OSについてプロコンに要求されるリアルタイム性と、従来プロコンの課題であるオープン性について一覧比較したものが表1である。オープン性としては、以下のポイントについて評価している。

- (1)ソフトウェアの移植性が良いこと。すなわちAPソフトウェア、ミドルウェアを含めソースプログラムを変更せずに他機へ移植可能なこと。
- (2)市販パッケージが多く流通しており、安価に入手できること。
- (3)OSの動作環境(以下プラットフォームと記す)として、多数のメーカー、CPUのハードウェア上で動作するマルチプラットフォームOSであること。

このオープン性の要件こそが従来プロコンの課題を解決するものである。すなわち、

- (1)市場規模、選択肢が広がることにより飛躍的なローコスト化が可能となる。
- (2)増強、改造時にはメーカーの制約なしに最新の低価格、高性能なマシン、パーツを採用することができる。
- (3)予備品、保守員ともプール運用が可能となる。

3. 鉄鋼プロコンへの適用評価

汎用パソコンをプロコンとして適用することをためらわせていた要因としては、リアルタイム性を有したメジャーな汎用OSが乏しかったことにあるが、近年汎用OSの32bit化に伴い、リアルタイム性を具備した製品が登場してきた。しかしこれらをプロコンに適用するためには、

- (1)OS、APソフトウェア、入出力を含めたトータルシステム性能
- (2)システムの信頼性、保守性の評価が必要である。

このため、図1に示す評価用システムを構築し、リアルタイム性等の測定、評価を行った。前提とするシステム構成要素は以下の通りとした。

- (1)OSはWindowsNT⁹を採用した。これは表1に示す通り、パソコン向け汎用OSの中でリアルタイム性を備え、オープンなマルチプラットフォームOSであり、サーバOSとして有力なものの一つとなると判断したためである。
- (2)OSとAPソフトウェアのインターフェース(以下APIと記す)としては、従来新日本製鐵が開発装備した鉄鋼制御用NS-CASE(Nippon Steel Computer Aided Software Engineering System/FORTRAN言語向け)のAPIをC言語向けに改訂し、これに準拠したミドルウェアをWindowsNT上に新規開発し、本ミドルウェアを含めて評価するものとした。

表1 OSのリアルタイム性、オープン性比較

<凡例>○：良 △：普通 ×：劣る

比較項目	UNIX ^{*1}	PC用リアルタイムOS	Windows NT	OS/2 ^{*4}
開発元	ベンダー各社	Lynx ^{*2} : 米国Lynx Real Time System Co. iRMX ^{*3} : 米国Intel Co.	米国Microsoft Co.	米国IBM Co.
提供形態	基本的には各社ハードウェアにバンドル	開発元又はOEM調達ベンダーが提供	開発元またはOEM調達ベンダーが提供	開発元またはOEM調達ベンダーが提供
リアルタイム性	割込処理	△	○	○
	優先度指定	△	○	○
	応答時間保証	×	○ (Lynx), △ (iRMX)	×
オープン性	ソフトウェア互換性	基本的にはソース互換。但し異なるベンダー間ではAPIが異なり互換性なしの場合あり	基本的にはソース互換	同型CPUではオブジェクト互換 異なるCPUではソース互換
市販パッケージ	豊富	少ない	NTネイティブなパッケージが増えつつある。一部DOSやWindows 3.1 ^{*5} 用APが利用可能	OS/2ネイティブなパッケージは比較的少ない。一部DOSやWindows 3.1用APが利用可能
稼働機種	PC-AT互換機各社	PC用UNIX	Lynx, iRMX for Windowsのみ稼働	○
	PC-98 ^{*6}	PC用UNIX	Lynxのみ稼働	○
	NEC	PC用UNIX	Lynxのみ稼働	○
	Power PC ^{*7}	IBM製UNIX	×	○
	IBM	IBM製UNIX	×	○
	DEC Alpha ^{*8}	DEC製UNIX	×	×
その他EWS	DEC	DEC製UNIX	×	×
HP, SUN等	各HP製UNIX, Sun製UNIX	×	×	×

*1 "UNIX"はX/Open Co.Ltdがライセンスしている米国及び他国における登録商標

*2 "Lynx"は米国Lynx Real Time System Corp.の商標

*3 "iRMX"は米国Intel Corp.の商標

*4 "OS/2"は米国IBM Corp.の商標

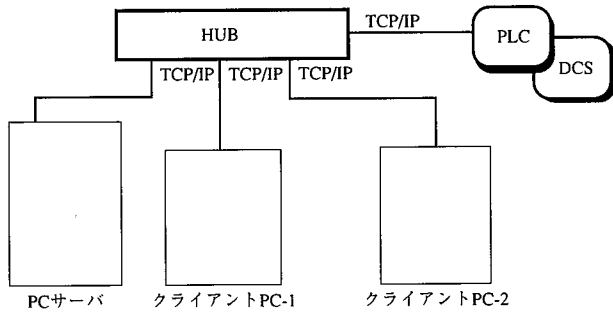
*5 "Windows3.1"は米国Microsoft Corp.の商標

*6 "PC98"はNECの商標

*7 "PowerPC"は米国IBM Corp.の商標

*8 "Alpha"は米国DEC Corp.の商標

*9 "WindowsNT"は米国Microsoft Corp.の商標



評価項目
1. OS機能、性能： リアルタイム性（制込処理、マルチタスク処理、優先処理） 及び各処理時間測定、タイマ起動精度、最大タスク登録数、 ファイルRead/Write時間測定
2. ネットワーク性能： 他系タスク起動、他系ファイル入出力、PLC/DCSとのデータ通信、 及び各処理時間測定
3. 保守性：ネットワーク状態監視、 障害解析（システム診断、ソフトウェア走行トレース）
4. 信頼性：外部からの非同期イベントに対するロングラン耐久性確認

図1 ライトサイジング・オープン化評価システム

(3)電気(PLC)・計装(DCS)を含めたシステム構成においてもオープン性を重視して、Ethernet¹⁰(TCP/IP)通信を基本とした。

本システムにおいて、プロコンとして重要な性能項目の測定やシステム開発課題の考察を行い、この知見を基に実プロセスを想定した負荷予測検討を行い、実機システムの開発を進めることとした。

4. 負荷予測

実機適用システムを想定した事前の負荷予測結果を表2に示す。本システムは鉄鋼メインラインのプロコンとして汎用パソコンを適用する初めてのシステムであったため、実プロセスをシミュレートした負荷予測を詳細に行った。図2は負荷予測対象の概念図であり、リソースとしては、CPU、ハードディスク(以下HDDと記す)、制御系LAN、情報系LAN、上位伝送(BSC通信)を対象とした。応答時間評価としては、純粋なハードウェアリソースに、上述した制御用ミドルウェア及びAPソフトウェアのCPU処理時間を含めた。負荷予測で使用した基準時間は評価システムで測定した実測値を採用した。本予測結果が

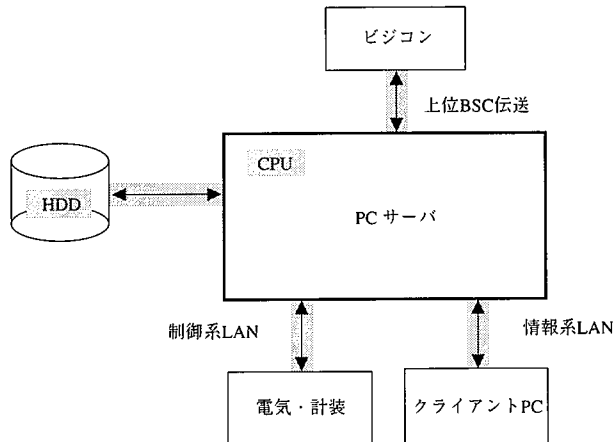


図2 負荷予測対象概念図

表2 負荷予測結果概要

項目	平均負荷 (%)	応答時間 (s)	
		平均	最大
CPU	10	0.1	0.2
HDD			
キャッシュアクセス		0.0	0.0
ドライブアクセス		0.2	0.4
LAN (情報/制御系)		0.3	0.7
上位伝送 (BSC)		0.4	0.8

ら、今回の実機適用検討において以下の判断が得られた。

(1)全リソースとも負荷、レスポンス上問題ない。

(2)CPUについては評価システム(Pentium¹¹)の実測値でも問題ないが、実機システム調達時はPentiumPro¹²の採用が可能となり更に余裕が生まれる。(このように日進月歩の最新シーズ技術を受受できる。)

(3)キャッシュサイズはAPに比較して十分大きくほぼ100%のキャッシュヒットとなるため、タスクレスポンスはCPU性能で決定されHDDアクセス時間は問題とならない。

(4)対電気シーケンサとの通信はシーケンサ側の処理ネックであり、実機では複数シーケンサによる並行処理となるためレスポンスは向上する。

また、信頼性の評価としては、実際のトランザクションより過酷な条件でのロングラン耐久テストを行った結果、OSに起因する問題点等は発生せず、ミドルウェアの充実化により実機化は十分可能と判断された。

この結果を受け、以下の実機適用を行った。

5. 実機適用システム

5.1 システム概要

実機システムの機能概念図を図3に示す。対象プロセスは連続鋳造設備である。プロコンの機能範囲は取鍋到着から鋳造、鋳片切断、マーキング、払出(貨車積載クレーン吊上げ)までであり、APソフトウェアはトラッキングと実績収集機能を中心に構成されている。システム負荷上のポイントとしては、搬送トラッキングにおいて鋳片の生産ピッチで10ゾーンのトラッキングを行う必要があり、平均約3秒ピッチのトランザクションとなっている。

機器配置構成としては、計算機室にプロコン本体に相当するPCサーバとプログラム開発用パソコン、中央操作室と搬送指令室に各CRT端末、鋳込床に電光表示盤(LED表示器)を設置している。なお計算機室と現場は約1.5kmの距離があり、計算機室は通常無人であることから、後述する現場からのリモート保守機能を装備している。

5.2 システム構成

システム構成図を図4に示す。特徴は基本ハードウェア、ソフトウェアともすべて汎用品を使用していることであり、オープン化の利点を生かし、異なるメーカー・機種を採用、統合したマルチベンダーシステムとしている(表3参照)。

システムアーキテクチャは、PCサーバ、開発用パソコン及びクライアントPCともIBM PC-AT互換機(DOS/V)に統一し、メーカーに依存しないパーツの共用化等を可能としている。

*10 "Ethernet"は米国Xerox Corp.の商標

*11 "Pentium"は米国Intel Corp.の商標

*12 "PentiumPro"は米国Intel Corp.の商標

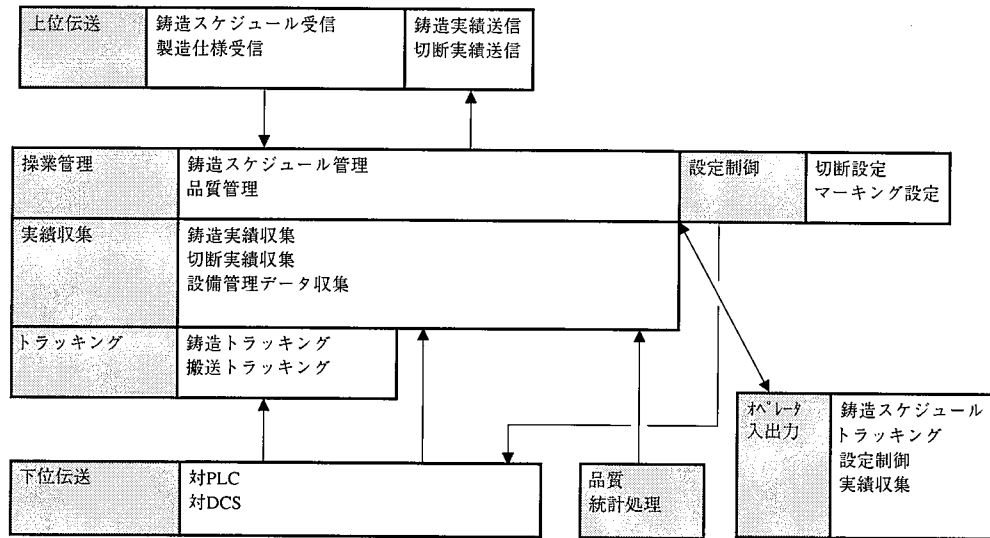


図 3 システム機能概要図

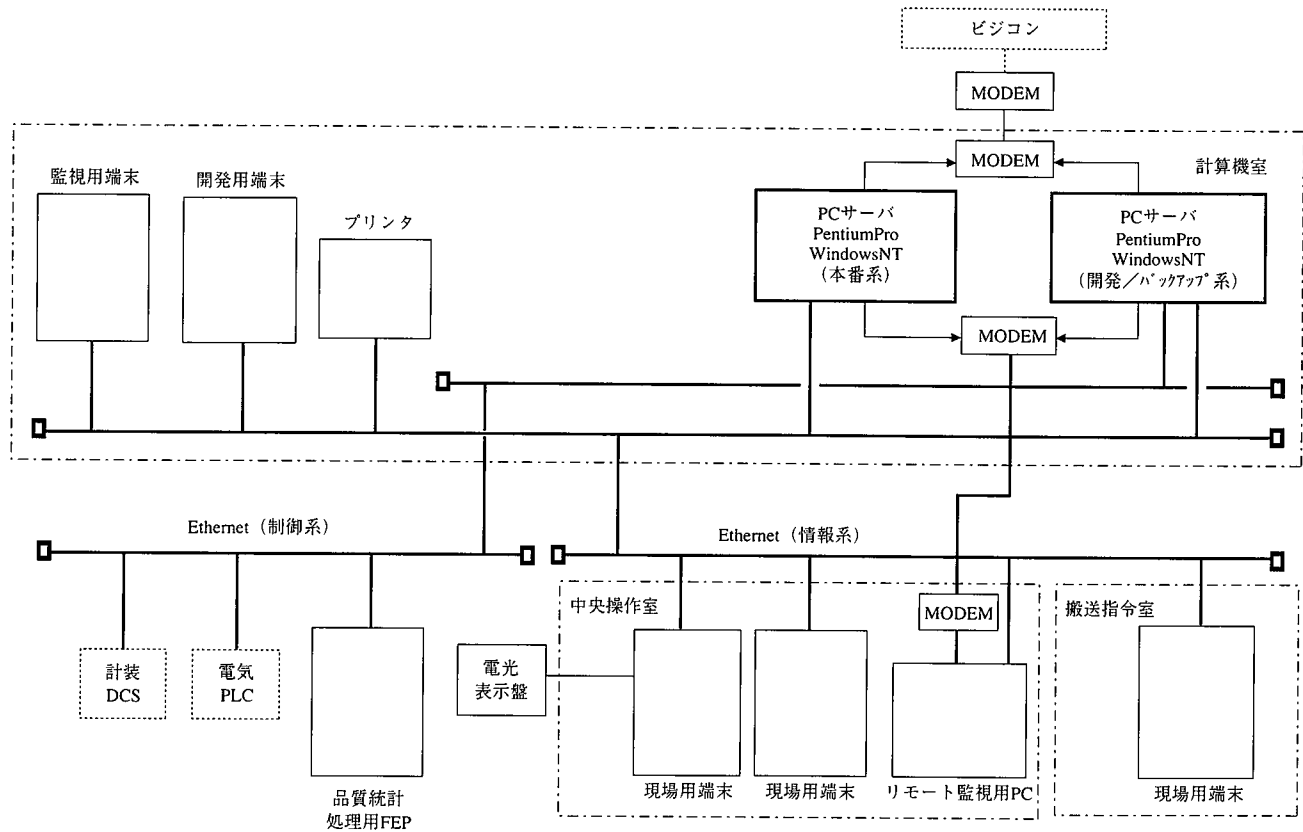


図 4 システム構成図

鑄込床に設置した電光表示盤は鑄造速度情報等を表示するドット型LED文字表示器であり、表示情報はPCサーバからクライアントPC経由で特定の伝送フォーマットに編集され、RS-232C I/Fにて現場に定周期表示される(図5参照)。

なお、品質統計処理用FEP(Front End Processor)のみPI/Oボード用ドライバを搭載するためOSとしてWindows95^{*13}を採用している。

*13 "Windows95"は米国Microsoft Corp.の商標

FEPの機構概念図を図6示す。

その他システム構成上の特徴は以下の通り。

- (1) プロコン本体であるPCサーバは、信頼性確保のため本番用と開発・バックアップ用の2台構成とした。
- (2) LANはEthernet(TCP/IP)とし、情報系(HMI関係)と制御系(電気、計装、FEP関係)の2系統とした。これはデータ量の多い情報系と、高速レスポンスを要求される制御系を分離することにより負荷分散を図るのが目的である。

表 3 システム構成機器

機器	メーカ	仕様	備考
1. PCサーバ	N社	CPU: Pentium Pro	OS: Windows NT
2. 開発用PC	ノーブランド	CPU: Pentium	OS: Windows NT
3. プリンタ	F社	ページプリンタ	Windows NTネットワーク対応
4. クライアントPC	I社	CPU: Pentium	OS: Windows NT
5. クライアント用ディスプレイ	E社	17インチ	
6. 品質統計処理用FEP	I社	CPU: Pentium	OS: Windows 95 アナログ入力ボード装着
7. リモート監視用ノートパソコン	N社	CPU: Pentium	OS: Windows NT RASパッケージ搭載
8. LAN関係	A社	ブリッジ, レピータ, HUBほか	

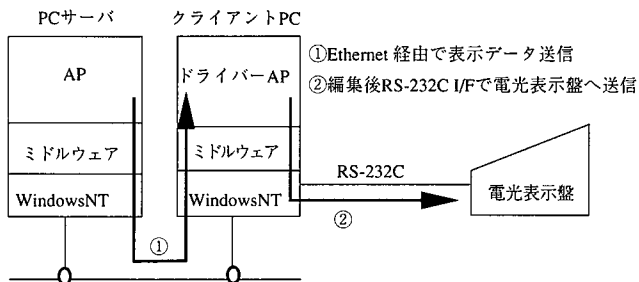


図 5 電光表示盤表示概念図

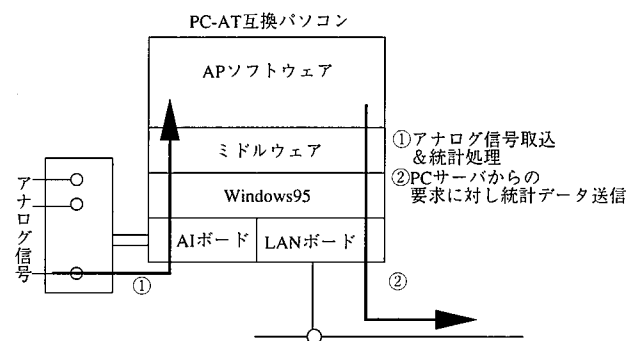


図 6 品質統計処理用FEP装置

5.3 制御用ミドルウェア

本システムのAPソフトウェア規模(ステップ数)は約60kstep(C言語)であり、プロコンとしては比較的小規模である。前述したように、APソフトウェアの動作環境としてはWindows NTのAPIを直接コールせず、新日本製鐵で独自に開発した制御用ミドルウェアを適用している(表4参照)。本ミドルウェアの特徴は以下の通りである。

- (1) NS-CASE(C/C++言語版)に準拠し、鉄鋼制御用APソフトウェアに必要な機能を一通り具備している。
- (2) OS固有のAPIと独立であるため、APソフトウェアの移植性を確保している(UNIX®向けC/C++言語版NS-CASE準拠APソフトウェアとプログラムソース互換性あり)。
- (3) ネットワーク(TCP/IP)通信用APIを装備しており、分散系システムの構築が柔軟に可能。
- (4) 汎用パソコンを制御用のHMI(Human Machine Interface)として適用する機能を装備。
- (5) リソースのID(Identification)管理や占有管理等をミドルウェア内

表 4 制御用ミドルウェア機能(一部例)

分類	機能概要
OSマクロ	メッセージ付タスク起動要求
	タスク起動要求・メッセージ取込み
	時刻指定タスク起動
	共有資源占有
ファイル	共有資源開放
	ファイル使用宣言
	ファイル使用終了宣言
	ファイルデータ読み込み
HMI	ファイルデータ書出し
	帳票出力要求
	CRT画面表示要求
	CRT画面表示データ出力要求
伝送	CRT画面設定データ入力要求
	上位伝送(BSC)
共通	ネットワーク伝送(TCP/IP)
	鉄鋼時刻・番/組変換
	コード変換(JIS8/ASCII/EBCDIC/BCD)
	データ転送

にいいべいしているため初心者でも容易にプログラミングできる。また、これらリソースの登録管理ツールを装備しており比較的容易にシステム構築が可能。

- (6) ミドルウェア内で必要な整合性チェックを行っており、プログラミング上のケアレスミス防止、APソフトウェアの高品位均質化が可能。
- (7) ミドルウェア内にトレース機能を組み込み、各APソフトウェアがミドルウェアを呼び出した詳細履歴情報をジャーナルできるようにしており、効率的なトラブル解析、デバッグが可能。

5.4 RAS機能

リアルタイム性と並んでプロコンの重要な要件である信頼性についても、本システムではRAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能の装備強化を図った。

(1) 本体の2重化²⁾

ハードウェアの障害に対し、短時間で復旧できるようにPCサーバ本体を2重化している。構成としてはデュプレックスと呼ばれるマニュアルバックアップ方式であり、これは電気・計装システムとの機能分担上、瞬時に切替える必要性が低いことによる。

切り替え手順概要としては、故障した本番機のHDDをバックアッ

ブ機に差し替え、通信用MODEMを本番機からバックアップ機へ切り替え、バックアップ機を立ち上げる。Ethernet(TCP/IP)通信においては本番機のIPアドレスがHDDの移設によりバックアップ機に継承されるため、子ノード(電気、計装、クライアントPC)側はそのまま親ノードを認識させることができる。

(2)HDDの2重化²⁾

HDDはRAID-1(Redundant Array of Inexpensive Disks level-1)のミラーディスクを採用しており、ディスクアレイ装置の2重書き機構により、1台が故障しても残りの1台で稼働続行可能である。また故障したHDDは稼働中でも抜き差しできる活線挿抜タイプとし、差し替えたときに自動的にHDDデータを同期(オンラインHDDの内容を差し替えHDDへコピー)させることができ、オンライン稼働に影響を与えずに保守可能としている。

(3)リモート保守

本システムは本体(PCサーバ)と現場端末が約1.5km離れており、迅速な障害認識、復旧のためには現場からのシステム状態監視・リモート保守機能が必要であった。図7はその実現機構であり、信号回線としては状態監視用LANとシステム操作MODEMの2系統とした。監視機能としては、OSやハードウェアの稼働状態表示、異常検出時のアラーム出力及び障害ログデータ保存等がある。リモート保守機能としては、現場からMODEM回線/RASボード経由で、本体のシャットダウンや電源ON操作によるハードウェアリセット立上げ等を可能としている。

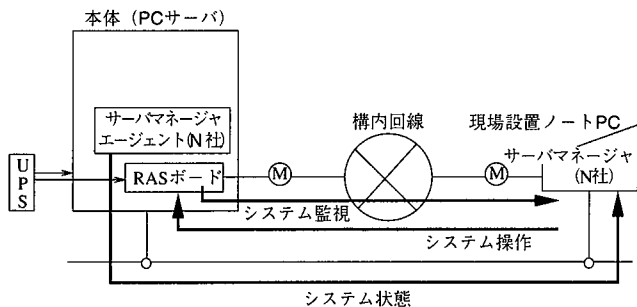


図7 リモート保守機能

(4)APソフトウェア異常監視

APソフトウェアのバグでシステム稼働に影響を及ぼすものとして、永久ループや複数APのリソース占有排他不具合によるデッドロックがある。制御用システムではこれらの異常に対するオンライン監視復旧機能が不可欠であり、以下のような機能を開発した。

(i)APタスクごとに許容走行時間を設定可能とし、タイムオーバー検知時に当該APタスクの強制終了、排他占有していたリソースの解放、アラーム出力を行う。

(ii)復旧処理としては①当該APのABORT、②当該APのABORT&RELEASE、の二つのモードを可能とし、後者においては代替AP(ex.旧バージョン)のRELEASEも可能とした。

(iii)監視機能のAPへの組み込みは、あらかじめ用意したソーステンプレートにAPプログラムソースをマージするだけでよい。

5.5 エンジニアリング支援ツール

ソフトウェアエンジニアリング生産性向上のためには、支援ツールを活用することが有用である。この面でもライトサイジング・オープン化のメリットを享受することができた。

(1)機能設計

機能設計においては、仕様書をパソコンネットワーク上のグループウェア環境で作成することにより、複数設計者間で情報交換を容易に行うことができ、またe-mailを活用しユーザーや他部門との連絡等もフレキシブルに可能となり、業務効率化に大きく寄与した。またAPソフトウェア開発者は同一パソコン上で処理設計、製作が行えるため、機能仕様書の内容を容易にプログラム設計、製作に反映させることができた。

(2)ファイル設計

ファイル設計においては、市販表計算ソフトウェアをベースとしたファイル設計支援ツールを開発した。本ツールは、基本ファイル仕様を入力することにより、一覧表の作成、構造体宣言インクルードソースプログラムの自動生成等を可能としている。図8はそのGUI(Graphical User Interface)例である。

(3)プログラム設計、製作

プログラム設計においては市販の設計支援ツールを採用した(図9参照)。本ツールは、処理フロー作成をパソコン上でを行い、処理フローからC言語ソースプログラムを自動生成したり、C言語ソースプログラムから処理フローを逆変換することが可能であり、生産性向上やドキュメントの高品質化を図ることができた。

(4)プログラムテスト

プログラムテスト用には以下の支援ツールを開発した。

(i)ファイルスコープ

ソフトウェア開発者がテストデータの入力や検証などのためにAPファイルデータを任意に設定・表示するためのツールであり、市販表計算ソフトウェアを適用することにより容易に開発できた(図10参照)。表計算の機能によりデータ検索やグラフ表示が簡単に実行できるという特長があり、エンドユーザでも容易に操作できることからプロセスデータ解析機能としても応用可能である。

(ii)ミドルウェアトレース

プログラムテスト・デバッグのためにはAPソフトウェアの動作解析や検証が必要であり、前述したミドルウェアトレース機能により作業効率の向上を図ることができた。図11はトレース表示画面例であり、例えばミドルウェア名を指定してトレース内容を検索表示すること等が可能である。

(iii)総合テスト支援ツール

システム総合テストを円滑に推進するため、操業事象をシミュレーションするテストシナリオに従い、自動的にAPファイルの入力データ設定やAPタスク起動事象を発生させるツールを開発した。本ツールはタイムスケールの任意設定を可能としており、操業シミュレーションを必要な時点まで高速で進ませたり、逆に検証する時間を確保するためゆっくり動作させることが可能である。またシナリオは設備(鑄造ストランド、搬送テーブル等)単位であり、これら複数のシナリオを同期させながら実行させたり、途中の状態を保管することもできるようにしている。

6. ライトサイジング・オープン化システム適用の成果

ライトサイジング・オープン化のメリットはローコスト化と高いスケーラビリティにある。実際に今回の適用システムでは、ハードウェアの初期コストを従来プロコンと比較して大幅に削減することができた。また、オープンシステムとしてのスケーラビリティを実現し、メカ・機種に依存しない高い拡張性を持たせることができた。

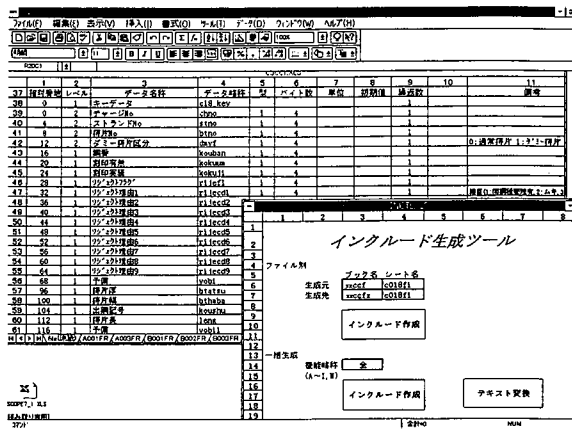


図 8 ファイル仕様書作成ツールGUI例

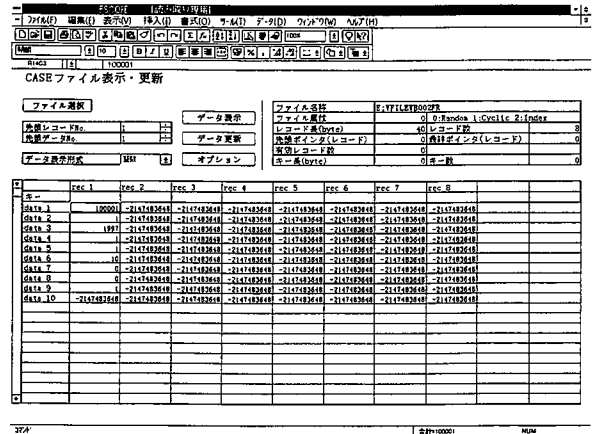


図 10 ファイルスコープGUI例

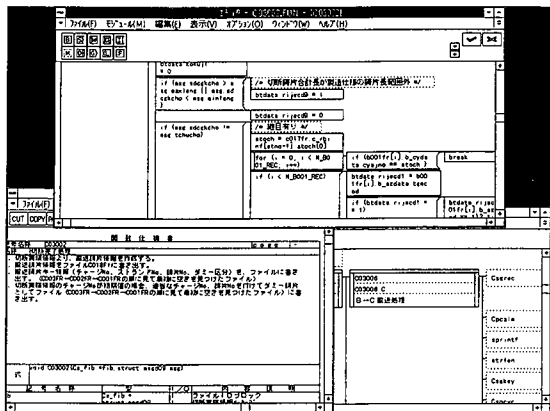


図 9 処理フロー作成ツールGUI例

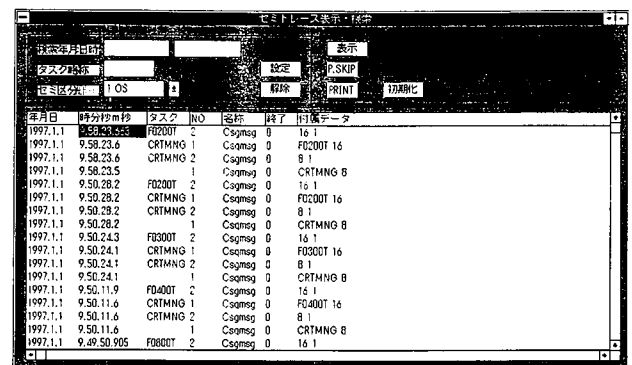


図 11 ミドルウェアトレースGUI例

た。このことは、本システムが今後の適用拡大において一つのリファレンスモデルとなることを示している。

ソフトウェアエンジニアリング及び保守面では、設計・製作から保守まで同一プラットフォームで作業でき、グループウェア環境・e-mailの有機的な活用も可能となるため、業務の効率化、ドキュメントや連絡票のペーパーレス化、管理の簡素化が可能となり、生産性向上を図ることができた。ノートパソコンが1台あれば自宅や出張中でも実機と同じ環境で設計・製作、更にはプログラムテストができるわけで、従来のクローズなプロコンでは考えられなかった新しいエンジニアリングの世界が広がりがつつある。

7. 結 言

ライトサイジング・オープン化システム適用事例として、当該システムの特徴、適用を通じて独自に開発したツール、エンジニアリ

ングの特徴について述べた。

今回鉄鋼メインラインのプロコンとして、初めて汎用パソコン、汎用OSを採用し、その実用性を検証すると同時に、鉄鋼制御に必要なミドルウェア、RAS機能、エンジニアリング支援ツールを開発し、ライトサイジング・オープン化適用の基盤技術を確認することができた。今後は本稿で紹介したライトサイジング・オープン化システムをベースとして、鉄鋼プロコン分野においては適用対象ラインの拡大、また産業システムFA分野等においても適用推進することができると確信している。今後の社外販売活動については、エレクトロニクス・情報通信事業部を中心に展開していく予定である。

参考文献

- 1) 中北 ほか：鉄鋼制御システムのライトサイジングへの取組み、計測と制御、34(11)、843-847
- 2) NEC：サーバExpress5800シリーズ特集、NEC技報、(322)、48(12)(1995)