

# 高炉プロセス制御へのオープン技術応用 - Linux及びDatabase Systemの君津製鐵所第三高炉への適用 -

## The Application of Linux and Database System for Blast Furnace

下井 辰一郎<sup>\* (1)</sup>  
Shinichiro SHIMOI

宮崎 裕之<sup>\* (2)</sup>  
Hiroshi MIYAZAKI

住田 伸夫<sup>\* (3)</sup>  
Nobuo SUMIDA

### 抄 録

オープンな技術であるLinuxおよびデータベースを応用したプロセス制御システムを開発し、高炉制御に適用した。本システム実現のため、独自開発したLinux対応の制御ミドルウェア(NS SEMI SYSTEM)を用い、アプリケーションソフトウェアの品質・移植性を高めるとともに、データベース利用ソフトウェアの生産性向上対策としてソフトウェア自動生成ツールの開発を行った。上記システムソリューションにより、大規模で高信頼性が要求される高炉制御システムを従来の約1/2の低コストで実現することを可能とした。

### Abstract

We have developed the process computer system with Linux operating system and relational database(RDB), which leads to the drastic decrease of the costs for the hardware and the software compared to the conventional systems. The system has been applied to the blast furnace process and working effectively without any troubles.

## 1. 緒 言

鉄鋼製造において、高炉工場は溶銑を産出する最重要プロセスであることから、従来は高炉操作を支えるプロセスコンピュータ(プロコン)として信頼性の高いメーカ専用ハードウェア/OSを搭載した制御用ミニコンピュータを採用してきた。

一方、高炉の炉寿命であるこの15年の間にコンピュータ技術、特にオープン技術は目覚ましい発展を遂げ、当初個人向けでしかなかったパーソナルコンピュータ(PC)が業務用、産業用へと利用分野を広げるとともに、信頼性や性能も24時間無停止を求められる鉄鋼製造現場への適用も可能となってきた。

このような背景の中で、最先端のオープン技術であるLinux<sup>(1)</sup>とデータベースシステムを応用したプロセスコンピュータシステムを開発し、高炉の制御システムとして世界ではじめて君津製鐵所第三高炉(君津3高炉)へ適用したので報告する。

## 2. 高炉プロセスとプロセスコンピュータの役割

### 2.1 高炉プロセスの概要

高炉設備は、図1に示すように中間部がやや膨らんだ形状をした円筒形の容器であり、この炉の上部から原料となる鉄鉱石(焼結鉱)と熱源となるコークスを交互に投入し、熱風炉で約1200℃に加熱された空気を炉下部から吹き込むことで、コークスを燃焼させ鉄石を還元溶解させる。溶解・滴下した溶銑は炉底の湯溜りに溜まり、やがて出銑口から出銑される。高炉では、これらの工程を炉寿命(約20

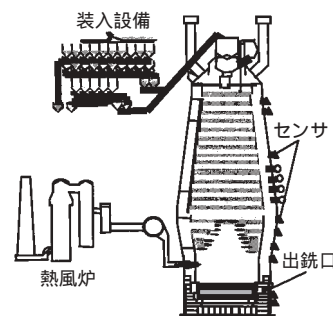


図1 高炉設備概要

年超)の間、休むことなく繰り返される。

### 2.2 高炉プロセスコンピュータの役割

高炉は極めて単純な仕組みであるが故に、炉の状態を細かく制御する手段が無く、また、プロセスの変化が非常に緩慢なことから、一旦炉況が悪化方向に向くと修復が困難になる。従って、安定操業を実現するには炉内のわずかな状態変化を捕らえて、適性なアクションを行っていくことが必要である。このためプロセスコンピュータは高炉炉体に取り付けられた様々なセンサの情報を収集・加工し、炉況をリアルタイムで監視するとともに、安定操業に悪影響を及ぼす変化を検出した場合には、操業オペレータに対してアクションガイダンスを行う。

具体的には、以下のような監視・制御機能を実行する。

1) 秤量・装入管理：コークス/鉄石の装入順や原料配合計算を行う。

<sup>(1)</sup> 環境・プロセス研究開発センター システム制御技術部 マネジャー  
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:(0439)80-2462

<sup>(2)</sup> 環境・プロセス研究開発センター システム制御技術部 マネジャー

<sup>(3)</sup> 環境・プロセス研究開発センター システム制御技術部 マネジャー

- 2 装入制御：装入物の円周方向分布を適正とする旋回シュート設定を行う。
- 3 熱風炉制御：安定した熱風を供給するための燃焼制御を行う。
- 4 高炉管理：各種センサ情報をもとに炉内状態を推定する。
- 5 出銑滓管理：出銑した溶銑の量、品質の管理を行う。

このように、プロセスコンピュータは高炉操作上非常に重要な役割を担っている。

次項では、このオープン技術を応用して開発したプロセスコンピュータの概要を述べる。

### 3. 君津3高炉プロセスコンピュータシステムの概要

#### 3.1 システム構築の基本方針

##### (1) システムコストダウンと高信頼性の両立

計算機コストの抜本的低減を図るために、基本方針としてPCベースのハードウェアと安価な汎用基本ソフトウェアを組合わせてシステムを構築することとした。

これまでのオープンシステム適用経験から、ハードウェアは既に必要な信頼性レベルに達していると判断した。一方、基本ソフトウェアについてはこれまで表面処理ラインの制御などに採用してきたWindows<sup>2)</sup>系のOSはソースが公開されていないことから、高炉のように15~20年もの長期間にわたる信頼性維持には問題があると考え、オープン系OSでソースの透明性が高いLinuxを適用することとした<sup>1,2)</sup>。LinuxとWindows-NT<sup>2)</sup>の比較評価を表1に示す。

##### (2) ソフトウェア開発効率の飛躍的向上

大量のプロセスデータを扱う高炉プロセスコンピュータでは、データの可視性とデータの加工・編集プログラムの製作効率が生産性に大きく影響を与える。そこで、これらの対策として、ファイルシステムへのデータベースの応用、及びデータ加工・編集プログラム自動生成ツールの開発を行うこととした。

以上の考え方に基づきプロトタイプシステムを構築し、約1年にわたる評価試験を行い高炉プロセスコンピュータとしての可用性を確認し、オープン技術を応用したシステム構築を行うことに決定した。評価テストの概要を表2に、テストシステム構成を図2に示す。

#### 3.2 オンラインシステム概要

君津3高炉プロセスコンピュータのシステム構成を図3に示す。本システムの特徴を以下に述べる。

- 1 制御用サーバにLinuxを搭載したPCサーバ( Pentium-<sup>5)</sup> / 500Mhz, 主メモリ 1 GB)を採用
- 2) 1炉代(約20年)分のプロセスデータを保存する操業データベースサーバを設置

表1 LinuxとWindows-NTの比較

	Linux	Windows-NT
経緯	PC上のUnix <sup>3)</sup>	サーバー用Windows
配布形態	配布元は複数、無償	Microsoft社が販売
OSソースの公開	すべて公開、ユーザーが自由に調査・変更可能	非公開(一部ベンダー除く)、改変権はMicrosoft社のみ
機能	サーバ機能は必要十分、信頼性も高い	サーバ機能は十分、Unixに比してGUI優位
性能	GUIが少ない分、コンパクトであり、応答性高い	やや劣るものの適用分野によっては十分

表2 評価テスト概要

	評価	テスト概要
1	基本機能	・ Linux+Oracle <sup>4)</sup> 基本構成 ・ 約100個のデータ
2	稼働安定性	・ 実機の約1 / 3規模のAP搭載 ・ 40時間のロングランテスト
3	総合評価	実操業データを使ったパラランテスト(約6日間連続)

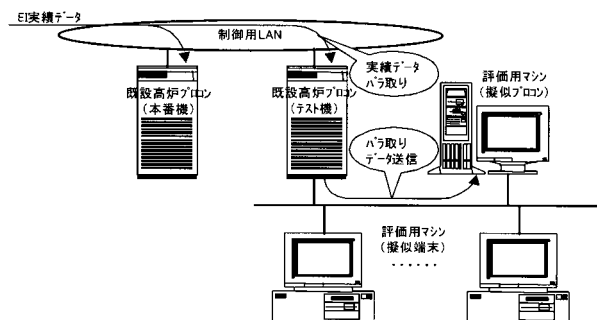


図2 評価システム構成

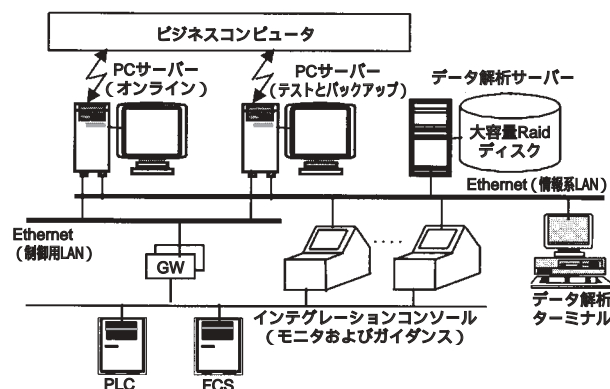


図3 君津3高炉プロセスコンピュータシステム構成

#### 3.3 ソフトウェア構成

ソフトウェア構成を図4に示す。Linux及びOracleなどのオープン技術を応用するに当たり、独自にミドルウェア(NS SEMI System<sup>6)</sup>)を開発した。君津3高炉プロセスコンピュータのアプリケーションソフトウェアは、600k stepと大規模なものであるが、このミドルウェアを介してプログラムを製作することで、システム全体の信頼性を高めるとともに、プラットフォームを意識しないソフトウェア開発を可能とし<sup>3,4)</sup>、大規模ソフトウェア開発の品質と移植性を確保している。

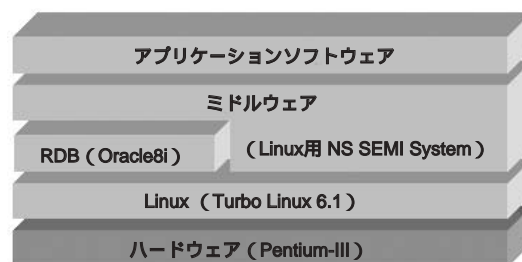


図4 ソフトウェア構成

#### 4. 性能向上対策

上記アプリケーションソフトウェアの総合テストステージで1分定周期処理に30秒以上要する問題が発生した(所要応答性10秒)。処理動作を解析した結果、殆どがデータベースへのアクセス時間ネックとなっていることが判明したため、以下に述べる性能向上対策を行ってきた。

##### (1)SQLキャッシュヒット率の改善

データベースアクセス処理を解析した結果SQLの再解析が非常に多く発生し、SQLキャッシュヒット率が非常に低く(約69%)なっていることが判明した。これを改善するために次の対策を実施した。

##### 1)Oracle共有メモリ拡大

当初共有メモリアサインを12MBとしていたが、発行SQLを十分キャッシュできなかった。このため、共有メモリを徐々に増加させ最適値を求めた結果、最終的に128MBに拡大することとした。

##### 2)SQL変数のBind化

当初SQLを発行する際のパラメータに、プロセスデータの数値そのものを代入していた。しかし、プロセスデータは常に変動するため、SQL解析では異なる構文と認識し、キャッシュヒット率向上を阻害していた。そこで、SQL文のパラメータは固定変数名とし、この変数にデータをBindすることで、キャッシュヒット率を向上させた。

以上の対策により、キャッシュヒット率を94%に高めることができた。

##### (2)データベース接続オーバーヘッドの削減

データベースへのLogin / Logoutは各Taskごとに行うため、Task本数が不必要に多いとオーバーヘッドが問題となる。そこで、可視性や機能単位を損なわない範囲でTaskを統合し、接続オーバーヘッドの削減を図った。

以上、(1)、(2)及びその他の対策によって、1分定周期処理の処理時間を約7秒まで短縮することができた。性能向上対策による改善推移を図5に示す。

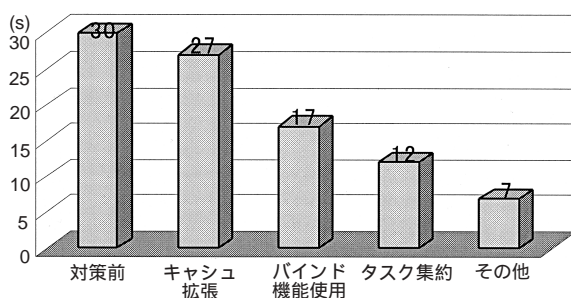


図5 性能向上対策改善効果推移

#### 5. 主要システムトラブルと対策

システム開発中に発現した主なシステムトラブルは、すべてデータベース起因のものであり、Linux自体は極めて安定しており、問題は皆無であった。主なシステムトラブル例を表3に示す。

#### 6. 結 言

本システムは平成13年5月にオンライン稼働開始し、以降順調に稼働中である。今回の開発により、従来のプロセスコンピュータの約1/2と大幅なコストダウンを図るとともに、他工程へのオープン技術適用拡大の基礎を確立することができた。

表3 主要システムトラブル一覧

問題点	原因	対策
メモリリソースを異常に消費する	共有ライブラリが抱え込みとなる	・ Oracle Ver. up ・ Linux Ver. up
ストアプロシジャ登録時システムハング	Oracle のバグ	Oracle Ver. upで解消
Oracle 共有メモリ取得エラー発生	共有メモリでフラグメンテーション発生	Flush の定期実行処理組込み
サーバ間データInsert時システムダウン	DB-Link 使用時にメモリリーク発生	Oracleより対策パッチ入手し処置

\*1) Linuxは、Linux Torvaldsの米国及び他の国における登録商標あるいは商標

\*2) Windows及びWindows-NTは、米国及び他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標

\*3) Unixは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国及び他の国における登録商標

\*4) Oracleは、ORACLE Corp.の商標または登録商標

\*5) Pentiumは、Intel Corp.の商標または登録商標

\*6) NS SEMI Systemは、新日本製鐵(株)の日本における登録商標

#### 参考文献

- 1) 下井:高炉プロセス制御へのオープン技術応用 電気学会金属産業研究会, MID-01-33 2001-12
- 2) 下井,宮崎,住田:高炉プロセス制御へのオープン技術応用 鉄鋼協会第143回春季講演大会 2002-3
- 3) 河原:鉄鋼メインプロセス制御へのオープンシステム技術適用事例 電気学会金属産業研究会,1997-9
- 4) 河原ほか: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 新日鉄技報(363),37(1997)