

# 鉄鋼プロセス制御へのオープンシステムの適用

## Application of Open System to the Process Automation in Iron-and-steel Making

住 田 伸 夫<sup>\*(1)</sup>  
Nobuo SUMIDA

上 之 俊 昭<sup>\*(1)</sup>  
Toshiaki UENO

### 抄 録

鉄鋼プロセスの最適制御，自動化などを実現するプロセス制御システムにおいて，大幅なコスト削減と最新IT技術の適用を実現するシステムソリューション活動として，オープン系プロセス制御用ミドルウェア<sup>®</sup> NS SEMI SYSTEM<sup>®</sup>を開発し，業界初とも言える汎用パーソナルコンピュータ，汎用OSを使用したオープン系プロセス制御システムを実機化した。このミドルウェアの機能拡張により，適用プロセスの拡大が可能となり，現在，プロセスコンピュータ新設/老朽更新案件の大部分に適用を進めている。また電気計装分野も含めたオープン系システムの適用技術を蓄積し，基盤となるミドルウェアとその豊富な支援ツールを全社レベルで共有化している。また海外を含めた鉄鋼他社，他業界への適用も進めており，多様なニーズに迅速に対応すべく最新のオープン技術をいち早く取り込んだオープン系システムソリューション活動を推進している。

### Abstract

Nippon Steel Corporation led the steel industry in adopting general-purpose personal computers and operating systems as process computer systems for automatic optimal control and developing the middleware NS SEMI SYSTEM in the activity of open system solution. The enhancement of middleware function has made the extension of adopting process field. Nowadays, the renewals of process computers projects mostly have adopted the middleware and great cost reduction has been achieved. The open system application technology including PLC and DCS fields is accumulating and the middleware and support tools originally developed as well are shared with all works. The middleware has been adopted not only in the steel industry including overseas but also in other industries. To keep up with various needs quickly, Nippon Steel Corporation is promoting open system solution activities and development on the latest open system technology.

### 1. 緒 言

製鉄所における計算機システムは，膨大なプロセスや設備を対象として多種多様な品種を高品質で造り込むために大規模な階層システムを構成している(図1参照)。一方，コスト削減とIT技術を応用した多様なシステム構築も強く求められており，従来の高機能であるが高価な専用プロセスコンピュータ(プロコン)に代わって，オープン仕様の汎用コンピュータの適用範囲を拡大している。本報では主としてプロコン分野と，電気計装分野におけるオープン系システムソリューション活動の事例を紹介する。

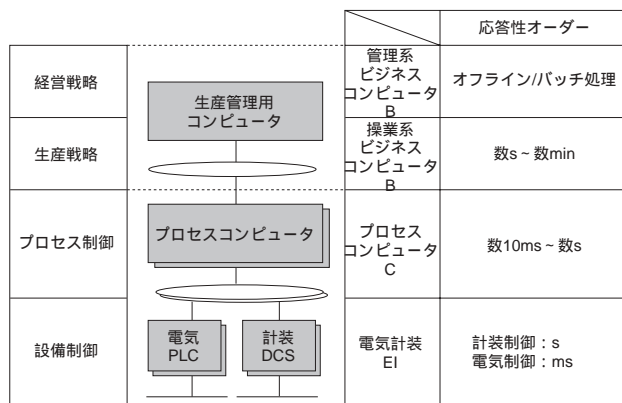


図1 新日本製鐵の製鉄所の計算機システム機能分担

<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)80-2504

## 2. プロコン(C)のオープン化

### 2.1 オープン化の背景

鉄鋼プロセス制御は以下の特徴を有する。

- (1) 大重量物を制御するにもかかわらずμmオーダーでの制御精度要求の高さ
- (2) 操業停止が望めない工場の24時間連続運転に耐えうる信頼性
- (3) 大規模設備ゆえの大量情報処理
- (4) 圧延設備にみられる高レスポンスの要求の厳しさ
- (5) 製造プロセスの複雑さによる安定操業及び造り込みの難しさ  
この厳しい条件を満足するプロコンシステムの建設を1960年代より継続し、現在新日本製鐵全社で約700システムが稼働している。その過程でプロコンソフトウェアの全自製化とオープン系システムの適用に至った歴史を振り返る。

(1) ハードウェア、ソフトウェアともに計算機メーカから購入(1960年代)

(2) 核となる制御モデルからソフトウェア自製を開始(1970年代)  
鉄鋼製品の品質競争力に寄与するプロコンの制御モデルやオペレーション画面は製品製造上の操業ノウハウであり、これらの技術担保が企業としての競争力を確保する上で重要と考えた。

(3) ソフトウェア自製率100%化(1980年代)

日常的な操業や設備改善に伴うソフトウェアのメンテナンス費用削減と迅速化、新製品向けライン新設時のシステム導入コストの削減が必要であった。自製化率を向上させていく過程で、ソフトウェア設計製作での人的な要因などにより、ソフトウェア品質の向上とエンジニアリング生産性の向上が課題となった。このために1980年代中頃までにエンジニアリングの標準化とソフトウェア構造の標準化に取り組み、ソフトウェアの100%自製体制を構築した。

(4) オープン系システムの導入(1996年以降)

自製化でのソフトウェア設計開発技術に基づき、オープン系プロセス制御システム構築用ミドルウェアの制定と開発( NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup> )を実施し、現在、熱間圧延などの一部のプロセスを除いて、全面的にこのミドルウェアを基盤としたオープン系プロセス制御システムを採用している。

### 2.2 オープン系制御用ミドルウェア“ NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup> ”

制御専用プロコンを、市販のワークステーションやパーソナルコンピュータ(PC)で代替可能とする汎用基本ソフトウェアであるオープン系制御用ミドルウェアとして、“ NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup> ”( 図2, 3 参照 )を自製開発し、オープン系プロセス制御システムに幅広く適用している。本章では、その機能と特徴、適用実績と事例、今後の展開について述べる。

#### 2.2.1 機能と特徴

本ミドルウェアの機能と特徴( 図4 )は以下の通りである。

(1) オープン系OS( Operating System )を基幹系プロセス制御向けに信頼性、処理性を向上

オープン系システムの適用を開始した以前の専用プロコンでのソ

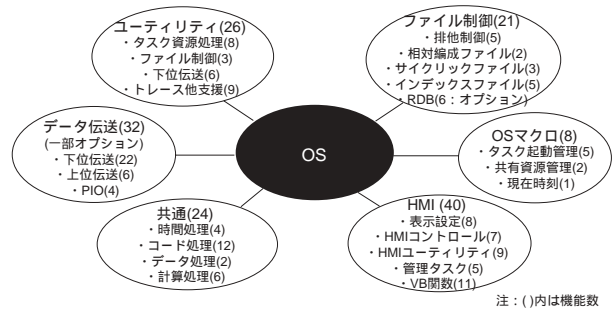


図2 NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup>機能

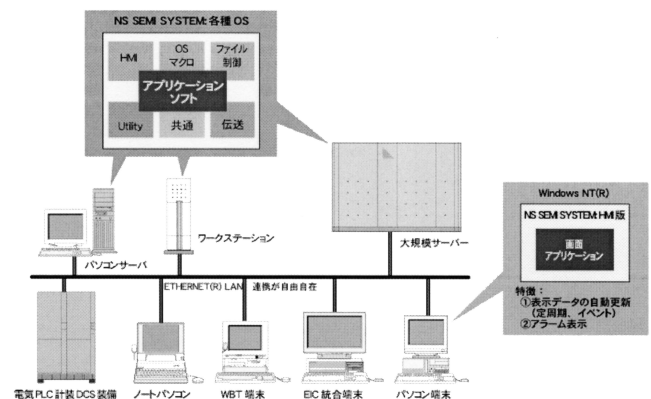


図3 NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup>適用システム構成

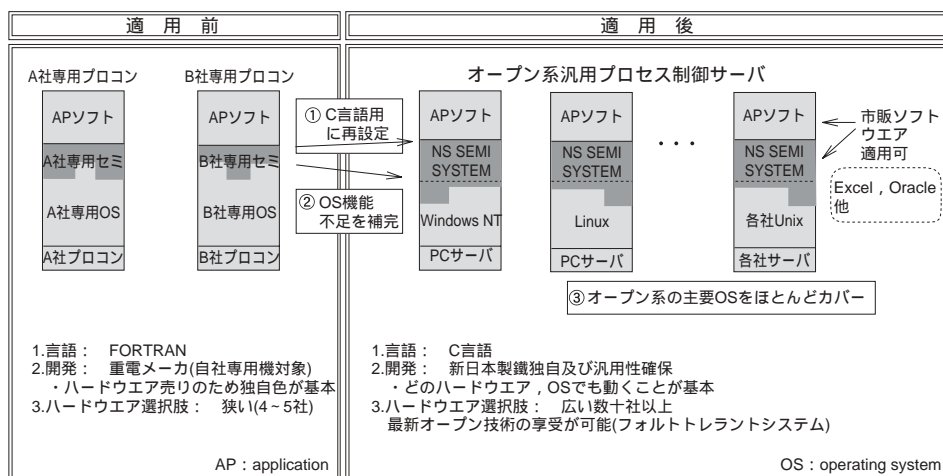


図4 NS SEMI SYSTEM<sup>1</sup>特徴

<sup>1</sup> NS SEMI SYSTEMは、新日本製鐵株式会社の日本における登録商標

ソフトウェア自製時代からの、標準的な鉄鋼プロセス制御用AP (Application)ソフトウェア(APソフト)自製開発に必要な機能を装備している。また、高い信頼性・処理性を有する高機能APソフト開発に適した汎用仕様の関数群他、ソフトウェア、OS、ミドルウェア設定、APソフトの問題切り分けが効率的に実行できる各種支援機能を装備している。これらの豊富な機能により、小規模から大規模システムまで、汎用PCやワークステーションによる信頼性の高い基幹系プロセス制御のオープンシステムでの構築を可能とした。

(2) オープン系の主要OSにほとんど対応

Windows NT<sup>2)</sup>、Windows<sup>2)</sup> 2000<sup>2)</sup>、Linux<sup>3)</sup>、各種UNIX<sup>4)</sup>などの主要なオープン系OSにほとんど対応しており、各システムごとに最適なオープン系サーバの選択が可能である。各種OSの命令を過去の各バージョンも含めて互換性、機能・性能面を解析し、普遍的なOS命令 (Win32API, UNIX<sup>3)</sup>システムコール)に限定してミドルウェアを構築しているため高い信頼性の確保と、OSのバージョンアップによる仕様差異の影響の最小化、最新OSへの追従を容易にしている。

(3) APソフトのポータビリティを確保

C/C++言語の特徴である関数型、構造体などに適したAPソフトとの普遍的な関数インターフェース仕様を策定し標準化することで、高いポータビリティ(移植性)を実現した。また、APソフト開発者のためにテンプレートを用意しており、各OS命令に関する専門知識のない一般プログラマーでも効率的に高信頼性のソフトウェア開発が可能で、保守性のよい均一なソースプログラムのような品質面での最適化も実現できる。

(4) リアルタイム性の高いヒューマンマシンインターフェース(HMI)を実現

表示データを一定周期やイベントにより自動更新する機能や、プロセス制御に必要な豊富なグラフなどの表示設定部品を装備している。また複数のサーバで発生するアラームを一元的に監視する機能や、Webブラウザでの運用も可能である。

(5) 他システムとの豊富なインターフェースメニューの装備

伝送ミドルウェア、プロセス入出力用ミドルウェアとして、TCP/IPやBSC、無手順などによる多種多様な電気シーケンサ/PLCや計装DCS、他コンピュータとの接続実績も豊富で、種々のシステムや機器との接続が容易に実現可能である。TCP/IP伝送については、自動制御用に様々な異常検出とリカバリーが可能な規約を策定し、基本的にはこれに準じて適用している。必要に応じてミドルウェアの伝送機能部を他システム側に供給することで、インターフェイスタストを簡略化することも可能である。またOPC OLE for Process Control)など各種のオープン系通信規約に準拠したミドルウェアも装備している。

2.2.2 適用実績と事例

“NS SEMI SYSTEM<sup>1)</sup>”は、1995年より本格的な開発に着手し、長期間に及ぶ連続耐久テストを経て、1997年に君津製鐵所ピレット連続鑄造プロコン用として、Windows NT<sup>2)</sup>PCサーバを鉄鋼プロセス基幹制御としては初めて実機適用した<sup>1)</sup>。このシステムではソフト

ウェアで80%、ソフトウェアで20~30%の大幅なコスト削減(新日本製鐵従来比)を実現し、現在まで順調に稼働を続けている。また2001年の君津製鐵所第三高炉改修時のプロコン更新時には、Linux<sup>3)</sup>搭載サーバを同じく大規模プロコンとして初めて実機適用した<sup>2)</sup>。

社内外の鉄鋼プロセス制御分野以外にも、化学分野や他の海外を含めた他製造業での生産現場の統括制御、管理と上位の情報システムとの連携を実現するMES(Manufacturing Execution System:業務実行指示系システム)を構築するミドルウェアとしての適用が進み、累計で140システム(サーバ台数では約300台以上)に適用されている(図5)。

次に、最近の大規模なオープン系プロセス制御システムでの新しいオープン系通信規格OPCの適用事例を紹介する。

従来はOPCインターフェース内蔵のメーカ独自パッケージを、主として小規模な電気/計装/実績収集PC間のデータ送受信に部分適用してきたが、メーカ毎にAPソフト開発用のスクリプト言語に差異があり、多様なニーズへの対応が十分ではなかった。そのため、大規模プロセス制御システムである電気/計装/プロコン間データ送受信へのOPCインターフェースの全面適用を実施した。図6に示すように、C言語でのAPソフト開発を容易にする汎用OPCクライアント

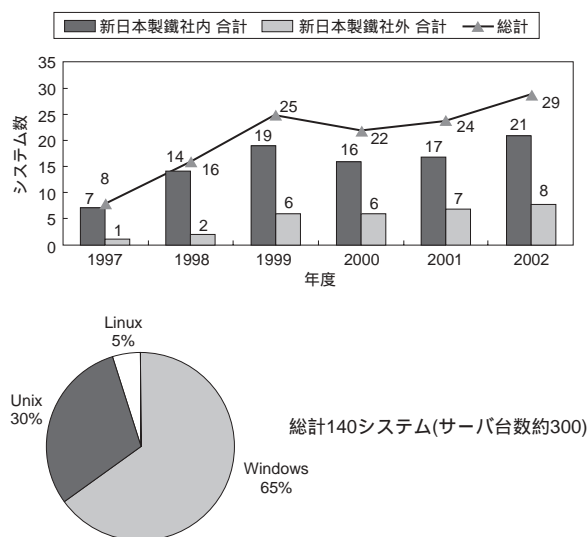


図5 NS SEMI SYSTEM<sup>1)</sup>適用実績

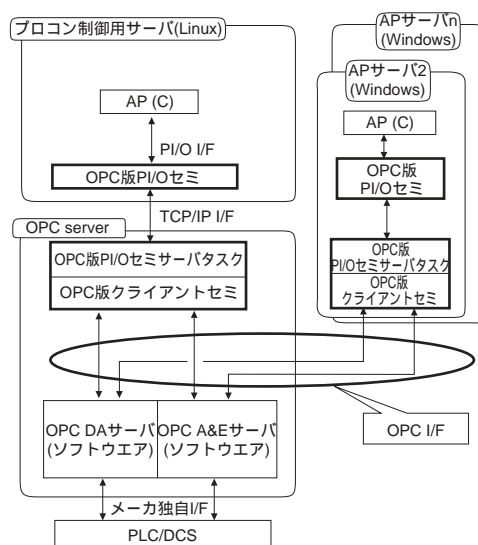


図6 NS SEMI SYSTEM<sup>1)</sup>適用事例 - OPC -

<sup>2)</sup> Windows, Microsoft Office, Excel, Word, Visioは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標または商標

<sup>3)</sup> Linuxは、Linus Torvaldsの登録商標

<sup>4)</sup> UNIXは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国並びにその他の国における登録商標

トセミを開発し、メーカー製パッケージに依存しない柔軟なシステムの構築を可能とした。またLinux®システムとのOPC伝送を開発し、Windows®以外のOSでのマルチベンダー構成での適用を可能とした。

### 2.2.3 今後の展開

6年前のWindows NT® 3.51上で稼働したオープン系プロコンシステムのAPソフトとNS SEMI SYSTEM™の実行モジュール一式をそのまま最新のWindows®2000サーバにコピーし(図7)、ロングランでの動作検証を実施した結果、正常に動作することが確認できた。これはNS SEMI SYSTEM™が普遍的なOS命令(Win32API)に限定してミドルウェアを構築した結果と、そのOS命令範囲内ではWin32APIの互換性が確保されていたことによる。外部とのインターフェースはTCP/IPベースのNS SEMI SYSTEM™での標準規約を採用し、BSC伝送はTCP/IPでのプロトコルコンバータを採用したシステム構成であるため、今後のオープン系サーバ更新に際して、非常に短期間かつローコストで最新のサーバ機種への更新が実現でき、またOSの互換性の問題が発生しても、NS SEMI SYSTEM™内のマイナーな部分的修正で効率的に対応でき、APソフトの変更が必要ないことの確認を得ている。

オープン系の主要OSにほとんど対応していることから、今後とも更新、新設案件ともNS SEMI SYSTEM™を全面適用していく方針である。現状の鉄鋼プロセスの適用範囲(図8)に対して、今後の課題は以下の通りである。

(1) 熱間圧延、厚板、冷間圧延など高速プロセスへの適用拡大には、更なる高信頼性とリアルタイム制御の実現が必要で、例えばオープンリアルタイムLinux®への搭載、分散サーバ間的高速なデータ共有と通信機能の開発を進めている。

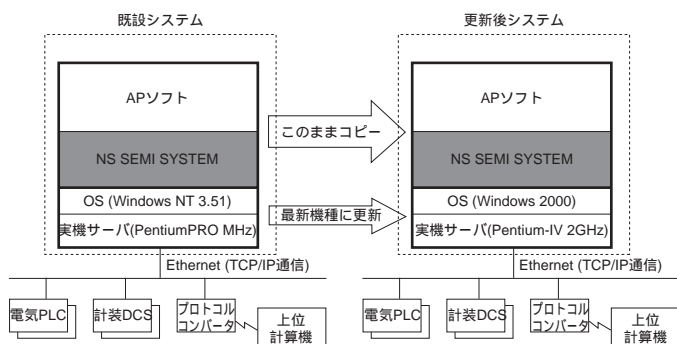


図7 NS SEMI SYSTEM™単純更新検証

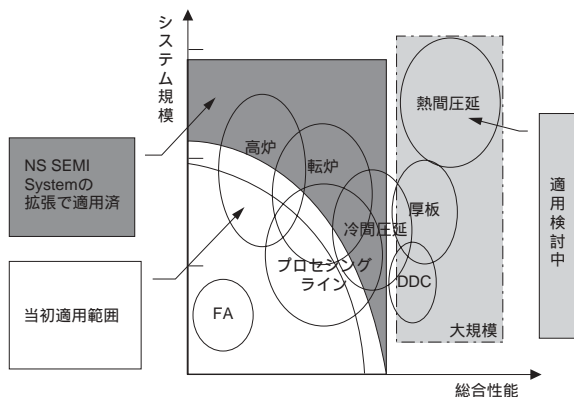


図8 NS SEMI SYSTEM™適用プロセスの拡大

(2) 多種の既存メーカープロコン老朽更新案件に対応していくため、既存メーカーセミソフトウェアをNS SEMI SYSTEM™に置き換えていくためのミドルウェアのメニューの充実化を進めている。

(3) 最新OSバージョンと、ソフトウェア開発環境への追従を継続していくため、NS SEMI SYSTEM™の保守と長期サポートと、最新システム技術応用にも対応できる専門チームの体制を新日本製鐵社内外対応で確保している。今後は、内部ツールである例えば汎用耐久テストプログラムなどの更なる拡充と自動化を推進している。

### 2.3 プロコン老朽更新対策

新日本製鐵社内プロコンの多くは、極限省力化と操業ノウハウの自動化による品質確保上、システムダウンが操業停止につながるため、プロコン供給メーカーの保守中止時期にあわせた更新を今後継続的に実行していく必要がある。その際に稼働中の既存APソフトを、オープン系システムに最小コストで移行するための自動変換システムの開発と、新規にNS SEMI SYSTEM™上でAPソフトを開発し直す場合に、ソフトウェア開発生産性を向上させる支援システムの開発を推進している。

#### 2.3.1 既存APソフトのオープン系への変換システムの開発

十数年前のメーカー製プロコンを、既存APソフトをそのまま流用するために、自動的に変換し、またNS SEMI SYSTEM™を拡張することで、オープン系システムに効率よく更新した事例を紹介する(図9参照)。

既存プロコンAPソフトを新システムに流用する上で、従来、既存のFORTRANセミ仕様で開発されたソースプログラムを、別のセミ仕様上のC言語ソースプログラムに精度良く変換するソフトウェアの実現が困難であった。セミ仕様の差異が固定のため、変換ソフトウェア自体はC言語などの手続き処理言語で単純な変換のみ実装可能で、多大な手作業が残ったためである。

また既存プロコン画面ソフトウェアを流用する上では、既設CRT端末がメーカー独自仕様のため、端末側のクライアントソフトウェアの新規作成が必要であった。そのためFORTRAN言語からC言語への変換は市販ソフトウェアを活用し、NS SEMI SYSTEM™を拡張して変換効率の良い仕様を策定し、また変換ソフトウェアはオープンソースのスクリプト言語Perlを適用した。Perlは強力なパターンマッチング機能の特徴としたテキスト処理言語で、Linux®と同様インターネットで普及、無料で入手可能なオープンソースソフトウェアである。複雑な変換規則を試行錯誤しながらスパイラルアップで策定でき、ルール形式で容易に実装可能であったため、必要な手作業は極小で済んだ。

また画面用NS SEMI SYSTEM™を拡張し、端末側クライアントAPソフトを自動生成するツールも開発し、全画面を変換ベースで流用できた。

最終的に、既存プロコンAPソフトのオープン系への変換をほぼ99%以上の精度で自動変換する更新方式を確立し、従来の単純更新案件での生産性に比べても2~3倍(従来の新日本製鐵比)の生産性向上を達成した。

今後は、本変換開発方式を主要メーカー毎に対応していく。またFORTRAN以外の言語、例えば工業用BASICからC言語への言語変換ツールも蓄積したPerl部品の組み合わせで開発済みである。既存APソフトが高速プロセス入出力を使用している場合、オープン系での汎用な高速プロセス入出力をNS SEMI SYSTEM™の追加メニューとして拡充開発を進めている。

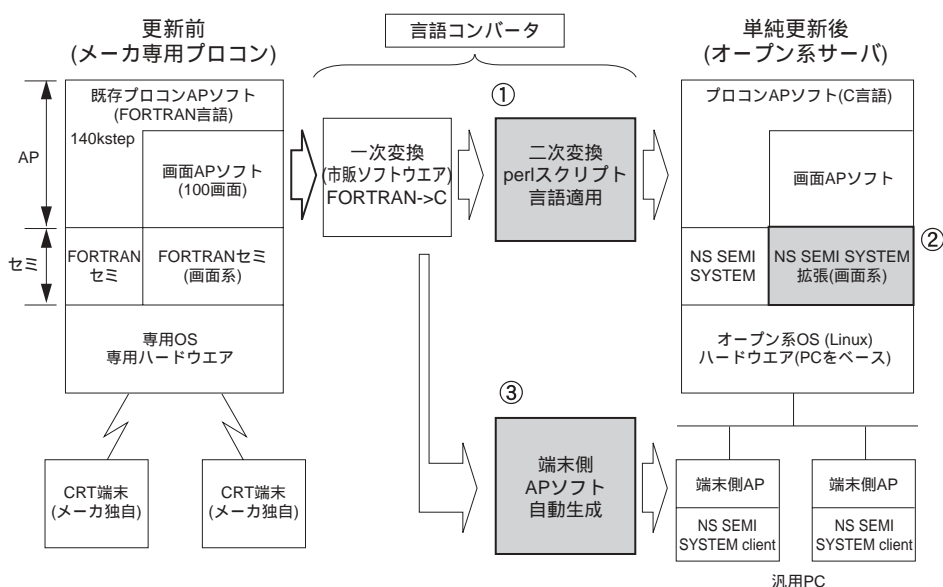


図9 プロコン単純老朽更新システムの開発

2.3.2 APソフト新規開発量の削減，生産性向上ツールの開発

既存プロコンAPソフトが専用プロコンのOS命令を直接使用していたり，特殊な言語で開発されていた場合，また長年に及び操業形態や設備の変更に伴い既存APソフトが追加変更されたため保守性が低下したり，必ずしもドキュメントにそれが反映されていない場合もある。プロコン老朽更新時に，既存APソフトを解析し可視性を向上させながら新規に作り直す作業が発生するが，その開発コスト削減と工期短縮を図るため，豊富なオープン系開発支援の市販ソフトウェアと組み合わせ，プロコン老朽更新にも対応した既存のソフトウェア生産性向上ツールとAPパッケージの拡充開発を進めている（図10）。

(1) アプリケーションパッケージ

トラッキング，実績収集機能のAP作成量を軽減する共通関数群と処理タスクからなるパッケージと，一部のプロセスについては最大仕様のサブシステムを開発中である。

(2) 開発支援ツール

Excelフォーマットの設計ドキュメントからAPソースを部分的に自動生成する製作支援ツールや，APソースプログラムに対して新日本製鐵社内基準での品質チェックをインタラクティブに行うコーディング規約チェッカーツールを装備している。また既存のAPソースプログラムの静的解析を行う既設システム解析ツールも，Perl部品を活用してメニュー化している。

画面帳票開発支援ツールは，クライアント/サーバ方式や3層構造の画面AP構造のバリエーションに対応して，画面APソースプログラムを自動生成する。大規模プロセスでのEIC統合端末でのマルチモニター，大型スクリーンなどでのマルチウインドウにも対応した（図11）。また最近のインターネット時代に則して，グラフィカルなプロコン画面をそのまま現場端末のWebブラウザでの実運用を可能とした。端末側の種々なクライアントソフトウェアのインストールと環境設定作業が不要なため，端末PC故障時の交換，増設など保守性が格段に向上した。

また，セキュリティ設定機能もあり，スタッフが現場から離れた事務所のOA PCからオンライン画面とまったく同じ画面イメージでリアルタイムにモニターすることができるため操業状況の把握と解析

に威力を発揮している。

(3) テスト支援ツール

組み合わせ/総合テストシミュレータ，テストシナリオ作成支援ツールの他に，ネットワーク上の必要なIPパケットをキャプチャーしてパラランサーバにリアルタイムに転送し，また後で再生するパラランツールも実機適用し効果を発揮している。また既設のBSC回線間にプロトコルコンバータを2台挿入して，パラランツールで既存の伝文解析やテストデータ作成にも適用している。

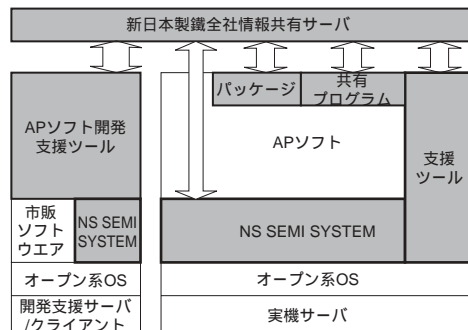


図10 NS SEMI SYSTEM<sup>®</sup>開発支援ツール

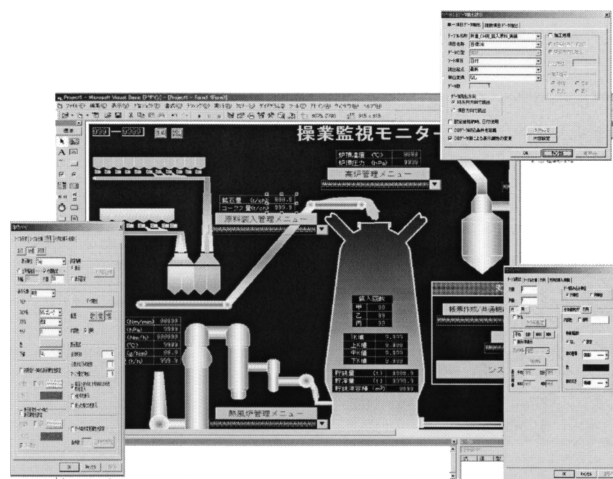


図11 プロコン画面開発支援ツール

(4) 新日本製鐵全社共有システム

上記アプリケーションパッケージやツールを全社共有サーバで一元管理しており、各製鉄所でのAP開発ソフトウェアとドキュメントも参照可能で、共通AP関数群やパッケージの蓄積、ソフトウェア開発やエンジニアリングノウハウの共有化も進めている。

3. 電気計装 (EI) のオープン化

3.1 EIオープン化の課題

電気計装を含めたシステム構造の変遷を振り返ると、1990年頃まではメーカー独自技術に依存していた。

- (1) CとEIはI/Oで接続した2階層システム( ~1975年頃 )
- (2) CとEK( DDC化 )のネットワーク接続 1975 ~ 85年頃 )での3階層システム
- (3) EICのHMI統合システム( 1985 ~ 90年頃 )

1990年頃以降から現在に至り、図12の例に示すレベルまでオープン化が進んでいる。EIのオープン化はまだ途上段階で、最終的なEICオープン化後のシステム構成イメージを図13に示す。

EIオープン化の課題としては、EIC通信とEIネットワークのオープン化、PLCとDCSのオープン化の課題があるが、後者を實現していく過程で必要となるEIソフトウェア標準化に向けた開発への取り組みについて紹介する。

3.2 電気・計装ソフトウェア製作の標準化

3.2.1 概要

電気PLC、計装DCSのソフトウェア製作に関しては、ソフトウェア製作用ドキュメント(機能仕様書、ソフトウェア処理仕様書など)に様々なフォーマットが存在する、プログラム言語がハードウェアメーカー各社にて異なる、など標準化が遅れている。その結果ドキュメントやソフトウェアの再利用性の向上や、それに伴うソフトウェア品質の向上に対する支障となっている。以下に電気、計装

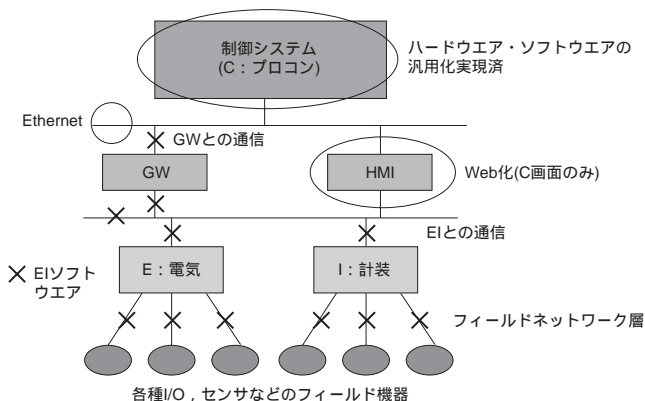


図12 EICオープン化の課題 (現状の高炉システム構成図の例)

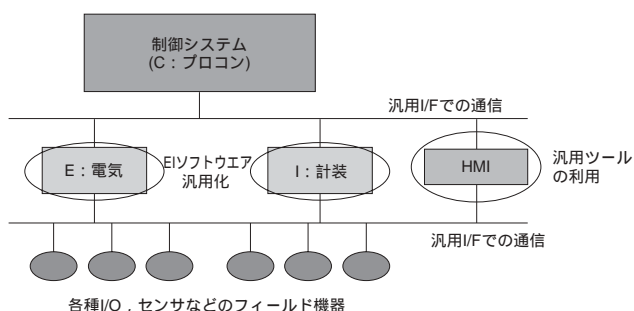


図13 EICオープン化後のシステム構成イメージ

表1 計装DCSソフトウェア製作の課題と基本方針

従来のソフトウェア製作手順	ドキュメント(機能仕様書) ソフトウェア(DCS)
従来の課題	ドキュメントフォーマットが標準化されておらず、再利用性向上が困難 ドキュメント作成が全て手作業で作業負荷大
基本方針	以下の機能からなるソフトウェア製作支援ツールが必要 (1) 新日本製鐵社内標準化されたソフトウェア部品・ドキュメントフォーマット装備 (2) ドキュメント作成時の入力支援機能の装備 (3) ドキュメントの内、ソフトウェア作成関連情報をDCSにインポートする機能の装備

各分野でのソフトウェア製作の課題と基本方針を具体的に示す。

3.2.2 計装DCSソフトウェア製作の課題と基本方針(表1参照)

3.2.3 電気PLCソフトウェア製作の課題と基本方針

電気においてはプログラム言語がラダー言語主体である場合が多いため、計装での課題に加え更に以下の課題を抱えている<sup>3)</sup>。

ラダー言語によるプログラムは論理組み合わせであり、ドキュメントと作成したソフトウェアとの対応が取り難い。同一のドキュメントから複数のソフトウェアができて得るため、ソフトウェア作成者本人以外にはそのソフトウェアの読解が困難であり、後々のメンテナンス性に劣る。ソフトウェアのモジュール機能が脆弱なため、ソフトウェアの再利用が困難である。

以上の問題点を解決し、ソフトウェアの判読性向上、モジュール化を実現するため、ラダー言語に加えSFC(Sequential Function Chart)言語、FBD(Function Block Diagram)言語、ST(Structured Text)言語などを包含したIEC61131-3規格言語(JIS B 3503)を採用したPLCが国内でも普及してきた。

そこで、電気においては表1の基本方針に加え、ラダー言語でもソフトウェアの判読性が十分であるプラント(小規模プラントなど)を除き、IEC規格言語をソフトウェア言語とすることを基本方針とした。

3.3 電気計装ソフトウェア製作支援ツールの概要

以上3.2節での基本方針に則り、電気計装ソフトウェア製作支援ツール(以下、CASE)を開発した。計装、電気各々のCASEの構成を図14、15に示す。

本CASEの主要機能は以下の通りである。

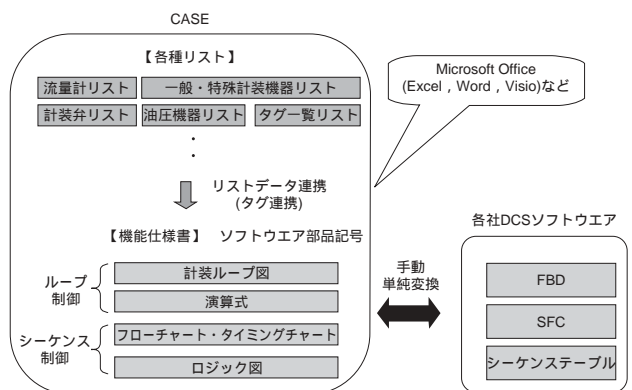


図14 計装用CASE概要

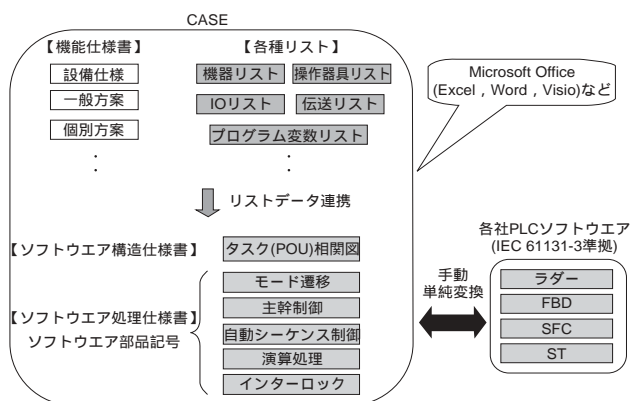


図15 電気用CASE概要

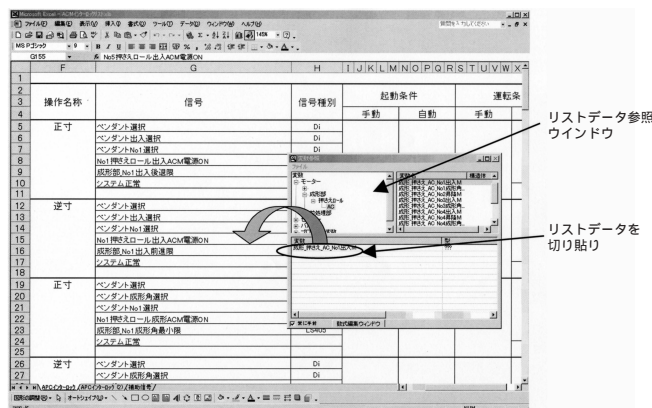


図17 CASEドキュメント例 (入力支援機能)

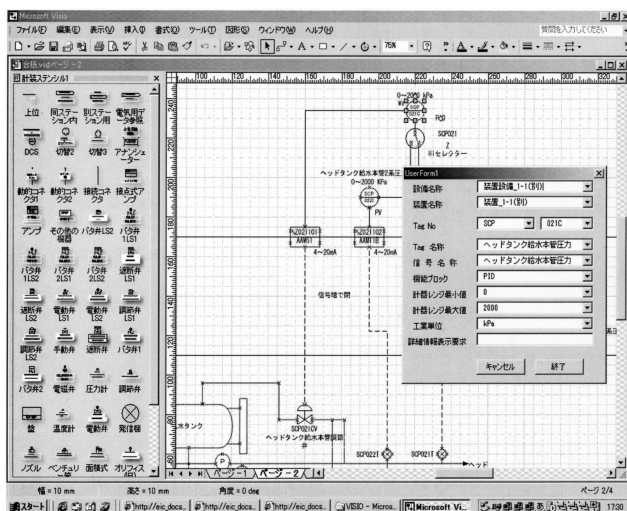


図16 CASEドキュメント例

3.3.1 ソフトウェア部品記号，ドキュメントフォーマットの標準化(例：図16)

汎用ソフトウェア( Microsoft Office : Excel, Word, Visio )をベースに，JIS記号部品，IEC61131-3言語に準拠した各種ソフトウェア部品などをカスタマイズ

ドキュメントからソフトウェアへのコーディングを単純化できる様に，コーディングルールを作成

3.3.2 データベースを用いた各種リストとドキュメントのデータ連携(例：タグ連携など，図16)

3.3.3 変数名入力，ソフトウェア部品入力効率向上の為の各種入力支援機能(例：図17)

今後，本CASEツールにてドキュメントを蓄積し，新日本製鐵社

内の電気・計装制御装置用ドキュメントの再利用性の向上を図ってゆくとともに，CASEドキュメントからソフトウェアへの手動コーディング負荷低減のためのインポートシステム構築の検討を行ってゆく予定である。

4. 結 言

オープン系プロセス制御用ミドルウェア“ NS SEMI SYSTEM”<sup>1</sup>を核として，機能の拡張と開発支援ツールを体系的に開発し，実機適用を拡大することで，プロコン老朽更新対策と今後の電気計装ソフトウェア開発への応用が進みつつある。また新日本製鐵以外の鉄鋼他社，他製造業への適用も視野に入れ，ユビキタス時代の多様なニーズに対応すべく最新のオープン系システム技術応用開発とソリューション活動を更に発展させていくと同時に，オープン系の急速な仕様拡張に対しても，普遍的な技術を見極めながら新日本製鐵 全社プロセス制御システムの基盤であるミドルウェアとツールの長期サポート体制も継続していく所存である。

参考文献

- 1) 河原ら: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)
- 2) 下井ら: 高炉プロセス制御へのオープン技術応用. 第143回日本鉄鋼協会春期講演大会, 2002
- 3) 関口ら:シーケンス制御の技術動向. 電気学会技術報告 (781), 22など (2000.5)