

情報制御システムのニーズ動向と 自律分散システムにおける実現

The Trend of the Needs for Information and Control Systems and Their Realization in the Autonomous Decentralized System

最近の制御システム分野では、多様なユーザーからの要求にこたえて、迅速かつ高品質に多種の製品やサービスを作り出すことが強く求められている。

従来、低コスト化や省力化をねらって、生産ラインの一貫した制御を行う大規模プラント制御システムが開発されている。しかし、さらに多様なユーザー要求即応のニーズにこたえるため、生産管理などの情報処理業務とプラント制御業務の緊密な連携が可能な情報制御システムの構築が課題となっている。

日立製作所は、こうした大規模情報制御システムの課題を解決する技術として、日立製作所オリジナルの自律分散アーキテクチャ技術を開発し、システム内の「制御系」と「情報系」との間の連携を可能とするシステム透過性を向上させた。この技術は、鉄鋼プラントシステムに適用し、高効率な多品種少量生産を行う情報制御システムを実現させ製品化した。

河野克己* *Katsumi Kawano*

堀 真司** *Shinji Hori*

伊藤俊彦*** *Toshihiko Itô*

1 はじめに

近年、制御システム分野では従来の低コスト、省力化および製品・サービスの高品質化に加えて、さらに多様なユーザー要求に即応できる柔軟なシステムが必要とされている。

このニーズにこたえるためには、例えば、生産計画のライン制御への反映や、ライン上流工程の変化の下流工程での対応、といった複数の業務間の連携が不可欠となる。このため、生産計画などの情報系と、ライン制御などの制御系の間、あるいは上流・下流工程などの制御系どうしとの間の緊密な連携を可能とする情報制御システムの構築が課題となっている。

こうした情報制御システムは、従来の制御システムに比べてシステムの管理範囲や機能が大幅に拡大し、ますますシステムの大規模化や複雑化が進んでいる。

この大規模情報制御システム構築の課題を解決するためには、従来のシステム構築技術での対応は限界を越えつつあり、新たなシステム概念やシステム技術が求められている。ここでは、最近の情報制御システムのニーズ、および鉄鋼プラントシステムを対象とした情報制御システム構築技術、ならびに製品について述べる。

2 情報制御システムの動向

(1) ニーズ

プロセス制御、CIM(Computer Integrated Manufacturing)、交通などの制御システム分野では、ユーザーニーズの多様化に伴い、ユーザーからの要求に即応した多品種少量生産や顧客サービスを可能とするための広い意味でのシステムの透過性が求められている。生産計画、生産管理や顧客サービスなどの情報処理業務を行う「情報系」と、プラント制御を受け持つ「制御系」の連携がますます緊密に行われるようになってきている。こうした情報制御システムの典型の一つである鉄鋼プラントシステムを例にとり、このシステムに対するニーズをまとめると以下ようになる。

(a) 多品種少量生産

ユーザーの求める種々の製品を、要求に応じて迅速に生産を行う。このため、生産計画の決定や変更を直ちにライン制御に反映させる。

(b) 高品質・高効率生産

刻々と変わるラインの状況を常時監視して、品質のチェックを行うとともに、監視の結果をライン制御に反映させて品質や生産性を高い状態で維持する。

* 日立製作所 システム開発研究所 ** 日立製作所 大みか工場 *** 日立製作所 電機システム事業本部

(c) 一貫生産

上記(a), (b)を円滑に行うため、生産ラインはその上流工程から下流工程に至るまで一貫して管理し生産を行う。上流ラインでの生産工程の変化にすばやく下流ラインで対応して、生産の品質や効率を保証する。また、同一ライン内でも同様に、当該ラインを制御する計算機間で連携する必要がある。

(2) 技術課題

情報制御システムが上記のニーズにこたえるためには、以下のような広い意味での透過性(トランスペアレンシー)の保証が技術課題となる。

(a) 透過性の保証 —情報制御連携—

(i) 情報-制御透過性

制御系の状況を情報系でも見ることができる。また、情報系で立てた生産計画を制御系で即反映できる。

(ii) 制御-制御透過性

他生産ラインの状況を別のラインでも見ることができる。

(b) 透過性の維持 —オンライン拡張保守—

(i) 構造変動透過性

ライン変更や設備の増設、ソフトウェアのバージョンアップなどの拡張が発生しても、既存部を変更したり停止させたりすることなく、かつ新規拡張部も接続するだけで情報を獲得できる。

(ii) 傍受透過性

オンライン業務と保守業務が共存でき、オンライン業務に影響を与えることなくオンライン情報を保守側で獲得できる。

(c) 透過性のプロテクト —フォールトトレランス性—

システム内で発生する部分的な障害の影響を他に波及させず、システムの全面ダウンを防止する。情報を透過にしたことによって障害波及の危険が増大することを防止する。

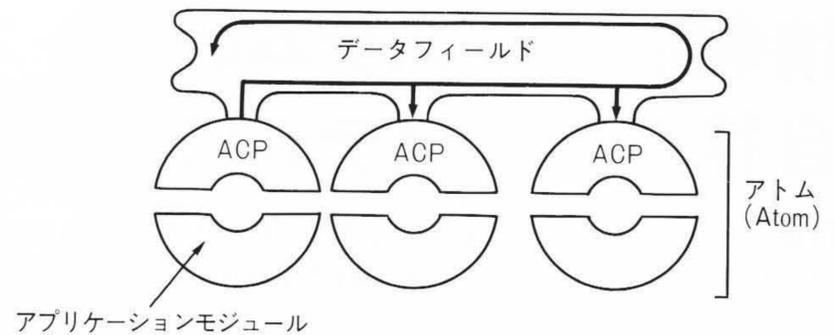
(3) 技術動向

システムに対する透過性実現の一つに通信プロトコルの統一、標準化がある。これによってデータのやり取りは制御・情報の区別なく可能になりつつある。

しかし、(1)で述べたように多様なユーザーニーズにこたえるためには、システム、ソフトの構造変動や障害などまで考慮した、システムとしての透過性保証が必要である。標準プロトコルだけではユーザーニーズへの対応は不十分であり、さらにそのシステムアーキテクチャレベルでの解決策が求められている。

3 自律分散システムでの解決**3.1 自律分散システムアーキテクチャ**

2章で示した透過性の保証、維持、プロテクトをシステム



注：略語説明 ACP (Autonomous Control Processor)

図1 自律分散システムアーキテクチャ 自律分散システムは、自律したアトムがデータの流れる場であるデータフィールドに接続された構成をとる。

レベルで実現するものが、以下に述べる自律分散システムである。自律分散システムは次の二つの構成要件を持つ。

(1) サブシステムの自己完結性 —アトム—

自己完結性とは、サブシステムがみずからを管理し、必要ならば他サブシステムと協調する機能を持つことである。この自律したサブシステムをアトムと呼ぶ。

(2) データの透過性 —データフィールド—

データの透過性とは、どんなアトムでも互いにデータを交換できるようにするため、データの内容について統一の理解が得られることである。

すなわち、自律分散システムは図1に示すように、自律したサブシステムであるアトムがデータの流れる場であるデータフィールドに接続された構成をとる。アトムはデータフィールドに流れるデータから、必要な内容のデータを選択して収集し処理する。アトムで処理された結果は、データフィールドに送出される。このようにして、すべてのアトムはデータフィールドだけとインタフェース(ユニインタフェース)を持ち、データがそろえば起動され、よってそれぞれまったく非同期に並列して処理を実行する。各アトムは、それぞれのアプリケーションモジュールのほかに、データフィールドとのデータの送受信、異常データの排除、アプリケーションモジュールの起動、アトム内外異常の検知と防衛など共通な管理機能ACP(Autonomous Control Processor)を持つ。このようにアトムは、他アトムの処理に依存したり、他アトムからの指示を受けて機能することはない核構造を持っている。

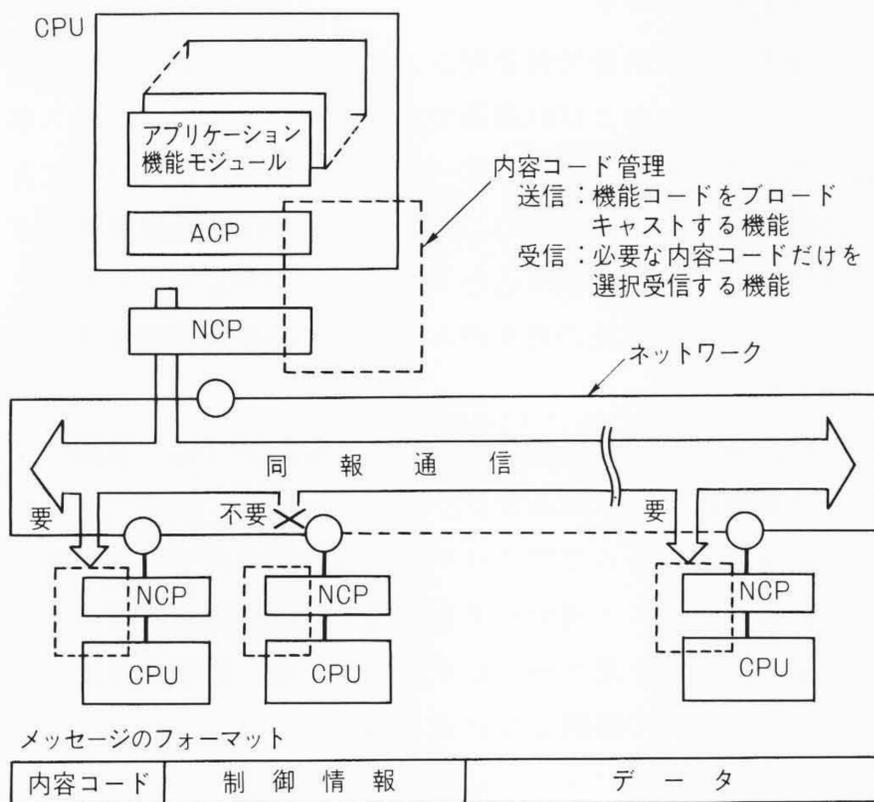
以上のアーキテクチャを持つ自律分散システムでは、透過性への要求を次に示すように実現できる。

(1) 透過性の保証

情報系、制御系を問わず各アトムは、独自の判断でデータフィールドから任意のデータを取り込み、利用することができる。

(2) 透過性の維持

アトムはデータフィールド上の、どこに・いつ・接続されても、直ちに機能でき、システム全体の構造や他アトムの状



注：略語説明 NCP (Network Control Processor)

図2 内容コード通信方式 内容コード通信方式は、各CPUが必要とする内容コードをあらかじめNCPに登録し、その選択受信はNCPで行う。

況を知る必要もなく、それぞれの持つ局所的な情報だけで機能できる。

(3) 透過性のプロテクト

各アトムは、データフィールドを介してしか他アトムと連携しないため、それぞれが独自にデータフィールドから取り込んだデータをチェックすることにより、アトム間の異常波及を容易に阻止できる。

なお、実システムではデータフィールドはネットワークに、アトムはネットワークに接続する各計算機に相当する。

3.2 自律分散アーキテクチャ実現方式

自律分散システムの基本となるのはデータフィールドの概念であり、このデータフィールド上でのメッセージ通信方式である内容コード通信方式について、その概念図およびメッセージフォーマットを図2に示す。

内容コード通信の管理機能は、NCP(Network Control Processor)とACPに分担させている。

(1) ブロードキャスト

自律分散システムでは、各アプリケーションモジュールの出力データは、データの内容を示す内容コードを付加してACPに渡される。ACPは、アプリケーションモジュールから受け取ったデータを、NCPが管理するデータフィールドを介してブロードキャストする。

(2) 選択受信

各アプリケーションモジュールが必要とするデータの内容コードは、ACP、NCPに登録される。

各NCPはデータフィールドを流れるデータのうち、当該内

容コードを持つデータだけをACPに送る。以上の処理によって、各アトムがデータフィールド上を流れるメッセージの中から、自分自身に必要なメッセージだけを選択し受信することが可能となる。

以上述べた自律分散システムは、プロセス制御、CIM、鉄道システム分野ですでに実用化されている。次章でCIMへの適用例として、自律分散鉄鋼情報制御システムについて述べる。

4 自律分散鉄鋼情報制御システム例

自律分散鉄鋼情報制御システムの構成を図3に示す。本システムは、情報系である生産情報管理システムおよび開発・シミュレーションシステム、ならびに制御系であるリアルタイムプロセス制御システムのサブシステムから構成される。これら各サブシステムは、データフィールドである光ネットワークに接続される。また、各計算機には自律分散OSであるACPが組み込まれている。以下に、このシステムで透過性の保証、維持およびプロテクトがどのように実現されているかについて説明する。

(1) 透過性の保証

(a) 情報-制御透過性

生産情報管理システムでは、生産管理用のビジネスコンピュータからの生産計画に基づき、おのおのの生産設備への生産計画を作成する。ここで作成された生産計画情報は、データフィールドであるネットワークにブロードキャストされる。リアルタイムプロセス制御システムの各計算機は、データフィールドから自分に必要な計画情報を取り込み、自処理に反映させることができる。また、リアルタイムプロセス制御システムの計算機も、みずからの処理結果をデータフィールドにブロードキャストするため、生産管理情報システム計算機では、これら実績情報を取り込むことによって各設備状態を即座に把握し、ライン全体の制御に反映させることができる。

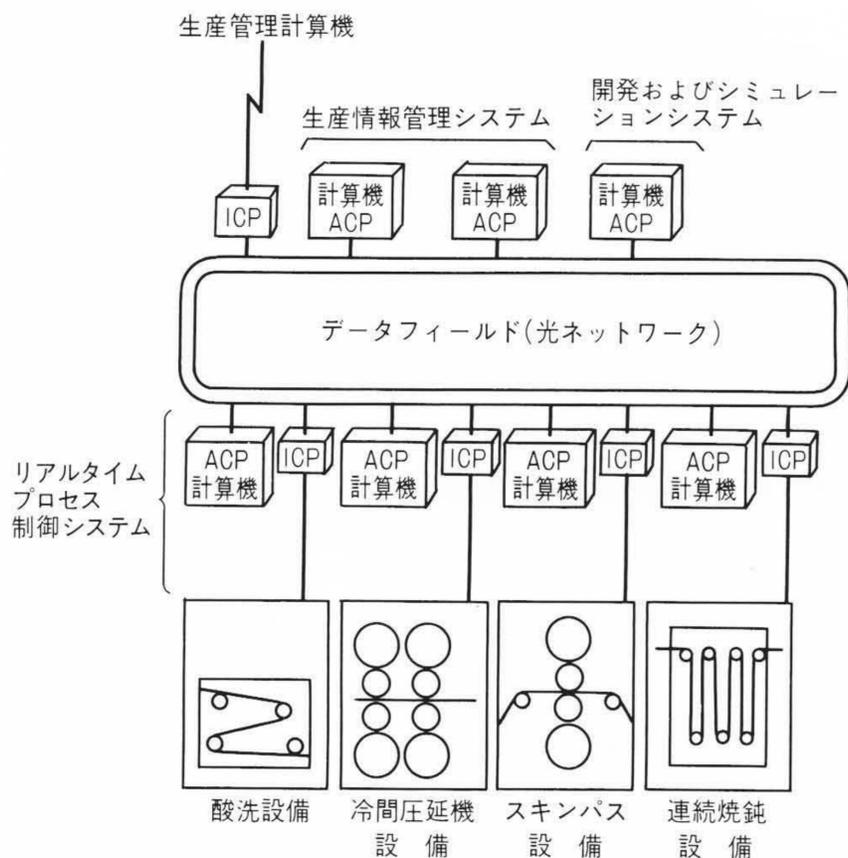
(b) 制御-制御透過性

リアルタイムプロセス制御システムでは、プロセス制御計算機と設備側との直接のインタフェースはICP(Input/Output Control Processor)で行われる。このICPは、アプリケーションプログラムから直接I/Oに対するコマンドを使用することなく、すべてデータフィールドインタフェースでI/Oを使用できるようにしたI/O処理に専念する計算機である。このICPにより、上述した情報系、制御系間での透過性だけでなく、制御系内での透過性も実現している。

(2) 透過性の維持

(a) 構造変動透過性

リアルタイムプロセス制御システムでは、冷間圧延機、めっきライン、連続焼鈍ラインといった設備ごとにプロセ



注：略語説明 ICP (Input Output Control Processor)

図3 自律分散鉄鋼制御システム構成 各計算機には自律分散OS (ACP)が組み込まれデータフィールドに接続される。

ス制御計算機が対応しており、設備を増設する場合でもプロセス計算機をさらにデータフィールドに接続することによって、計算機システムとしての増設に対処できる。またこの際、既稼動ラインを停止させる必要はない。

(b) 傍受透過性

本システムでは、開発・シミュレーション用計算機もデータフィールドに接続されている。この計算機では、システム内各計算機のアプリケーションプログラムのすべて、あるいはその一部をテストを目的として動かすことができる。その際、開発・シミュレーション用計算機では、実際にオンラインで制御に使用されているプロセス制御計算機と同じ入力メッセージをデータフィールドから傍受し、プロセス制御計算機と同じ状態で、すなわちオンライン状態でアプリケーションプログラムのテストを行うことができる。また、この開発・シミュレーション用計算機では、データフィールド上のすべての情報を傍受することができるため、トラブルの解析が容易に実施できる。

(3) 透過性のプロテクト

情報系である生産情報管理システム、開発・シミュレーションシステム、および制御系であるリアルタイムプロセス制御システムの各計算機は、データフィールドだけを介して互いに連携をとる。このため、本システムでは、各計算機でデータフィールドから取り込むメッセージのチェックを行うことにより、他計算機の異常のみずからへの波及を阻止することが容易である。

また、各計算機内に組み込まれているACPでは、実際のプロセス制御に用いられるオンラインデータと、開発・シミュレーションシステムでアプリケーションプログラムのテストに用いられるテスト用データを識別する機能を持っている。これより、テスト用データがオンライン系に影響を与えることをシステム側で防御している。

5 おわりに

情報制御システムへのニーズおよびそのニーズに対応した自律分散システム構築技術、ならびにその技術を適用した鉄鋼プラントシステムの製品について述べた。

情報制御システムは、ますます個別ユーザーに対応した高品質できめの細かいサービスや製品の提供が必要となり、より高度のシステム構築技術が必要となっている。システムアーキテクチャレベルでの透過性保証により、制御系と情報処理系の間での柔軟な連携を可能とするシステムを構築できた。

自律分散システムは、すでに100台以上の計算機に適用され順調に稼動中であり、今後さらに改良や機能拡張を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 森, 外: 自律分散概念の提案, 電気学会論文集誌, 104巻, 12号, 303~310(1984)
- 2) 中井, 外: 自律分散システム技術の制御分野への適用の現状, 電気学会誌, 109巻, 11号, 898~902(1989)