

# 産業用コントローラ — 高速・高信頼化技術の新たな展開

Industrial Controllers

— Advances in Development of High-Speed and High-Reliability Controller Technologies

芦田 和英

■ ASHIDA Kazuhide

PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control System) を代表とする産業用の制御コンポーネントは、標準化やオープン化などの技術開発が進められている。

東芝は、統合コントローラ V シリーズにおいて、フル CAD エディタ、インタロック診断機能、リモートエンジニアリング機能、ST (Structured Text) 言語などの新機能を開発した。更に、現在の技術動向や社会情勢から管理面や適用面でのユーザー要求に応えるために、今後必要となるハードウェア及びソフトウェア技術について見通し、将来の産業用コントローラの製品展開について提案している。

Technologies have been progressing for the standardization and realization of open architectures for programmable logic controllers (PLCs) and distributed control systems (DCS), both of which are representative industrial control equipment.

Toshiba has developed new functions and incorporated them into an engineering tool for our V-series integrated controller. These include a full CAD editor, an interlock diagnosis function, a remote engineering function, and structured text (ST) language. Moreover, taking technical trends and the social environment into consideration, we have studied hardware and software technologies to improve management and applicability to factory automation (FA) and process automation (PA) systems, and proposed the development of products to be released in the future.

## 1 まえがき

産業用の制御コンポーネントとして使用される PLC, DCS などのコントローラでは、ソフトウェアの標準化や、プロトコルのオープン化の動きが活発である。このような業界の動向及びコントローラに使用されるハードウェアの最新技術動向について述べる。また、東芝が開発したコントローラの新製品及び機能拡張について述べるとともに、将来の展開について考察する。

## 2 産業用コントローラの技術動向

### 2.1 技術分野ごとの動向

最近の技術動向を表1に示す。

コントローラのプログラムの標準化については、近年、IEC 61131-3 (国際電気標準会議規格 61131-3) による標準化が進行している。IEC 61131-3 ではプログラムの外部表現の標準化だけが規定されているが、XML (eXtensible Markup Language) スキーマによるコントローラプログラムのソフトウェア内部表現の標準化については、PLCopen<sup>(注1)</sup>などで検討されている。ここではシーケンス表現の標準化の手段

(注1) PLC のプログラミングの国際標準規格である IEC61131-3 の普及団体。

表1. コントローラの技術動向

Technological trends in controllers

項目	関連テーマ
標準化	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 61131-3</li> <li>XML スキーマ</li> <li>FDT/DTM</li> </ul>
オープン化	<ul style="list-style-type: none"> <li>PXIバス</li> <li>PAC</li> <li>FL-net</li> <li>CIPプロトコル</li> <li>Profinet</li> </ul>
高信頼化	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 61508</li> <li>フォルトトレラント</li> <li>AS-iセーフティなど</li> </ul>
安全性確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>独自開発ハードウェア</li> <li>誤り検出採用バス</li> <li>セキュリティポリシー</li> </ul>
環境への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>RoHS対応</li> <li>長寿命化、省電力化</li> </ul>

AS-iセーフティ：AS-Interface Safety at work

が提案されており、近い将来に、異なるメーカー間で相互にプログラムを変換できるようになる可能性がある。欧州で適用が検討されている FDT/DTM (Field Device Tool/Device Type Manager) では、コントローラメーカーが自社製品用 ActiveX コントロールを提供し、汎用のアプリケーションと連携して機能を実現するツールを提供することが可能である。

最近、伝送装置における産業用Ethernetデバイスの急成長が継続している。これに伴い、オープン化で顕著なのは、伝送装置の物理層及びプロトコルの標準化である。(社)日本電機工業会(JEMA)によるFL-net(FA(Factory Automation)コントロールネットワーク), CIP(Channel Interface Processor)プロトコル, PROFIBUSのIEC規格化などが例として挙げられる。ハードウェアでは, PXI(PCI(Peripheral Component Interconnect)eXtensions for Instrumentation)バスの使用の例がある。コントローラ全体としては, ARCアドバイザーグループが提唱しているPAC(Programmable Automation Controller:汎用統合コントローラ)の考え方がある。これは, 連続・バッチプロセス制御やディスクリット系, モーション制御などを一つのプラットフォームで実現するものである。

ワイヤレスネットワークも盛んに使用されるようになっていく。広帯域ではIEEE 802.11(米国電気電子技術者協会規格802.11), Bluetooth<sup>TM</sup>(注2), Wireless USB(Universal Serial Bus), 狭帯域ではZigBee<sup>TM</sup>(注3)などが挙げられる。

高信頼化では, IEC 61508で定義される安全コントローラがあるが, 制御を継続させるという意味での高信頼化コントローラとして, フォルトトレラントでオンラインモジュール交換可能

なものや, 高品質及び高信頼技術を反映したハードウェアをメーカー独自に開発して安定動作させるものも現れている。

セキュリティに関しては, NIST(National Institute of Standards and Technology:米標準技術局)が製品ライフサイクルの各段階における設計基本方針を提示している。また, 標準化団体のTCPA(Trusted Computing Platform Alliance)がセキュリティスタンダードとして信頼できるコンピューティングの概念を定義し, それに基づくハードウェア及びソフトウェアの設計と開発を進めている。これを受けてメーカーでは, セキュリティポリシーの定義やそれに合わせた製品設計, 多重セキュリティ確保, 安全なソフトウェアの提供を行う必要がある。実際に公開ネットワークに接続される可能性があるコントローラでは, リバースエンジニアリングの防止に対処した基板設計が求められる。部品としては, タンパセンサ付きの安全なメモリも現れている。このように信頼性に関しては, MTBF(Mean Time Between Failures)が長いばかりでなく, セキュリティ対策ができていくことが評価基準になっていく。

信頼性技術のコントローラへの適用状況を見るために, 信頼性に関する各技術項目に対する国内メーカー各社の特許出願件数の割合を図1に示す。信頼性向上施策に関して,

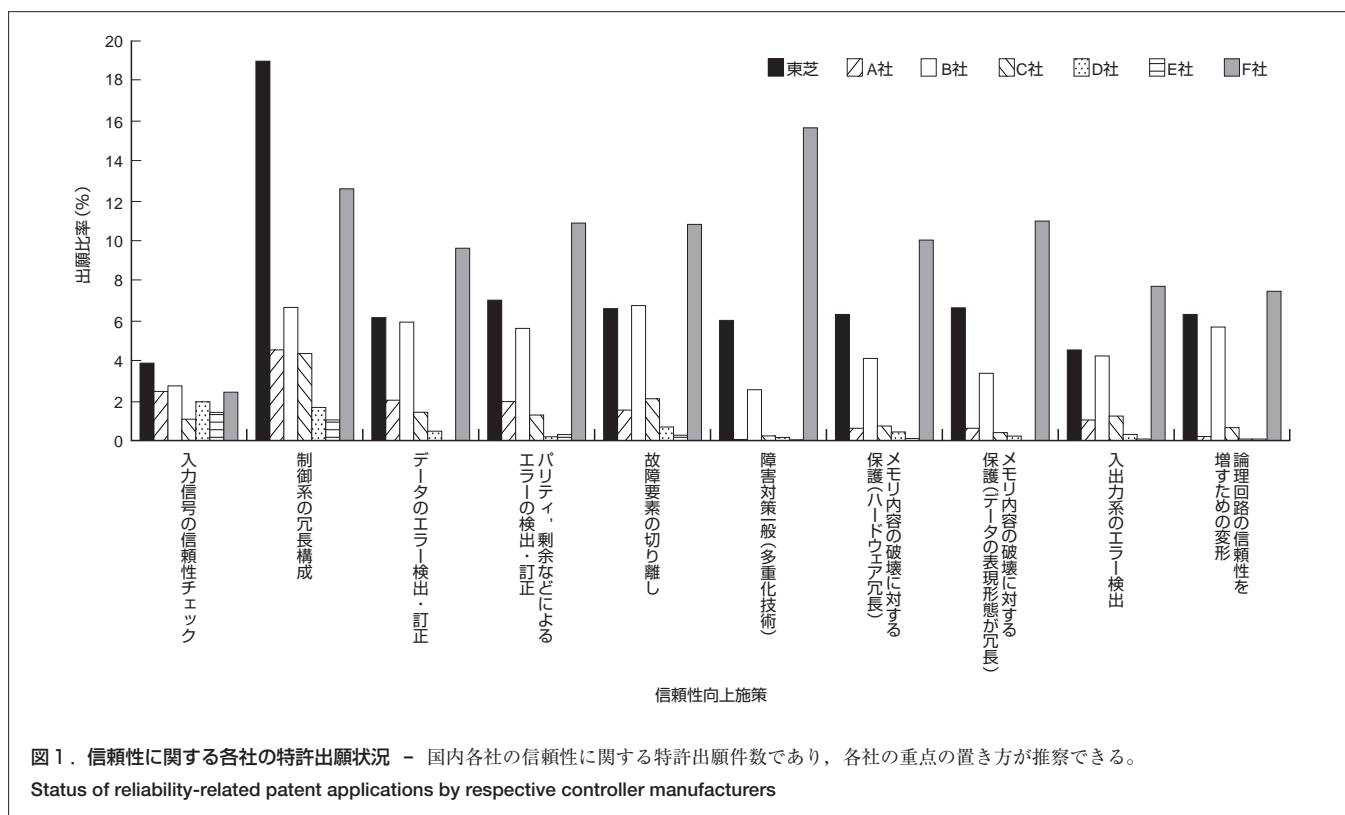


図1. 信頼性に関する各社の特許出願状況 - 国内各社の信頼性に関する特許出願件数であり, 各社の重点の置き方が推察できる。  
Status of reliability-related patent applications by respective controller manufacturers

(注2) Bluetoothは, Bluetooth SIG, Inc.の商標。  
(注3) ZigBeeは, Koninklijke Philips Electronics N.V.の登録商標。

各社の重点の置き方が異なることが推察される。

## 2.2 ハードウェアの技術動向

ハードウェア面に目を向けてみると、高速化についてはマイクロプロセッサやLSIチップ間のデータ転送速度がシステムの性能を決定する。このため、各社のマイクロプロセッサとそれに対応した相互接続バスが各種提案されている。

相互接続バスには、主に筐体(きょうたい)内部での接続に使用される高速のバスと、筐体外部の接続に使用される比較的低速で耐環境性が良いバスが存在する。前者の例としては、AMD社やMIPSテクノロジーズ社製マイクロプロセッサ用のHyper Transport<sup>TM</sup>(注4)と、インテル社製マイクロプロセッサ用PCI/PCI-X, PCI Express<sup>TM</sup>(注5)、そしてIBM社やモトローラ社のパワーPCマイクロプロセッサ用としてはRapidIO<sup>®</sup>(注6)がボード内外の接続に使用されている。パワーPC用のSerial RapidIO<sup>®</sup>はバックプレーン用バスである。このほかにポイント間接続のバスとしては、SPI 4.2 (System Packet Interface Level 4 Phase 2)もある。筐体間やWAN (Wide Area Network) /LAN間との接続にはEthernetやファイバチャネル、iSCSI (internet Small Computer System Interface)なども使用されている。

コントローラのコストと性能を考慮すると、ボード内部の

チップ間接続、ボード間接続、及び筐体内接続には同一のバスを使用することや、ブリッジが不要なバスを使用することが理想的である。この場合は、PCI系のバスの使用が有利となる。

マイクロプロセッサについては、ネットワーク処理やデジタル信号処理にはマルチプロセッサが有利であるが、データフローを取り扱わない制御用としては、コストや割込み応答性の面からシングルプロセッサ構成が有利となる。

近年の環境問題から、コントローラに対しても省電力化が要求されている。省電力化のためには、回路をクロック同期型から非同期型回路にすることや、クロックのゲーティングが必要となる。電源電圧やクロック周波数の動的制御も有効な手段であるが、マイクロプロセッサの負荷が高いコントローラでは、パソコン(PC)ほどの効果はないと考えられる。割込み処理及び割込みそのものの削減はむだな処理を削減するうえで有効であり、専用プロセッサを採用して、割込み時に掛かるレジスタ待避などのオーバヘッドを回避することも有効である。メモリをバンクに分割して、不使用状態のバンクをアイドル状態にして停止することも考えられる。LSIチップに関しては、パワーポリシーマネージャの採用によって省電力化を図ることも検討される。

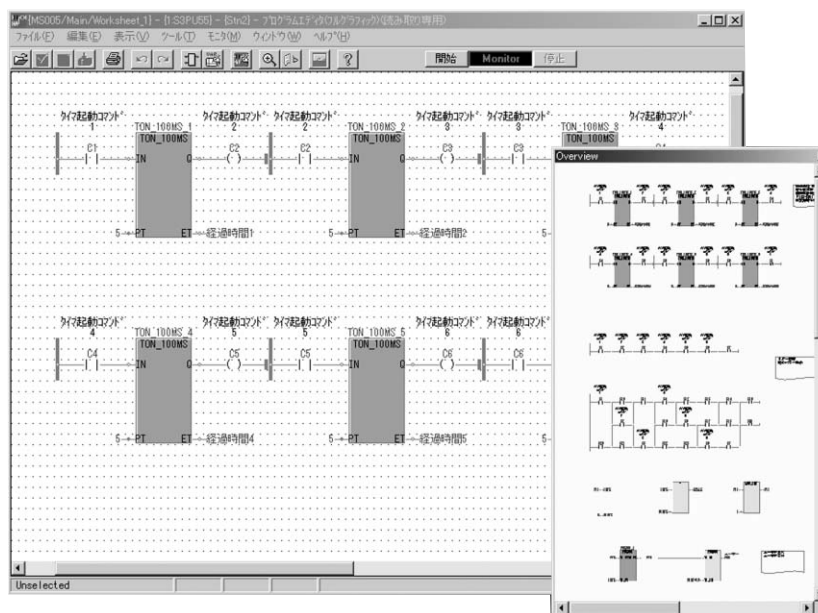


図2. フルCADエディタ画面の例—ユーザーは柔軟なワークシート空間でプログラミングドキュメントを短期間で作成できる。  
Example of full CAD editor display

(注4) Hyper Transportは、Hyper Transport Technology Consortiumの登録商標。

(注5) PCI Expressは、PCI-SIGの商標又は登録商標。

(注6) RapidIOは、RapidIO Trade Associationの登録商標。

### 3 当社製コントローラの新製品展開

当社は、1999年に統合コントローラVシリーズを製品化した。このシリーズは、IEC 61131-3に基づくプログラミング言語を採用し、当社製エンジニアリングツール、オープン化指向の伝送装置、PLC、DCS、及びPCの統合を特長としている。

ここでは、統合コントローラにおいて新たに拡張した三つの機能と、標準化への取組みを述べる。

#### 3.1 フルCADエディタ機能

エンジニアリングツールのプログラムエディタを第3世代としてフルCAD化した(図2)。これにより、ユーザーは柔軟なワークシート空間で、グラフィックシンボルやピクチャを使って、自由結線することで、仕様記述性の高いプログラミングドキュメントを短期間で作成することが可能になった。

#### 3.2 ST言語のデバッグ機能

IEC61131-3のグラフィック言語は可視性の点で優れているが、複雑な演算式や条件分岐、繰り返し処理を行うことには不向きである。これを補完する意味で、ST (Structured Text) 言語のエディタとモニタを提供した(図3)。これにより、CADエディタでLD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), 及びSFC (Sequential Function Chart) のグラフィック言語を、図3に示すテキストエディタでST言語をサポートし、よりいっそう目的別に対応できるプログラミング環境が整った。

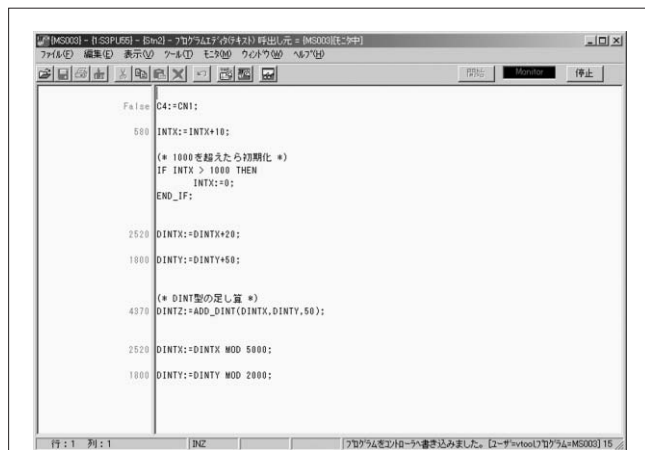


図3. ST言語のデバッグ画面の例 — ST言語で書かれているため、よりいっそう目的別に対応できるプログラミング環境が整った。

Example of ST language debugging display

#### 3.3 インタロック診断機能

インタロック診断パッケージの画面を図4に示す。インタロック診断パッケージは、プロセスのPermissive (運転許可) 信号を常時監視・診断するソフトウェアパッケージで、「運転条件は何が成立していないのか」、「機械が停止したがその

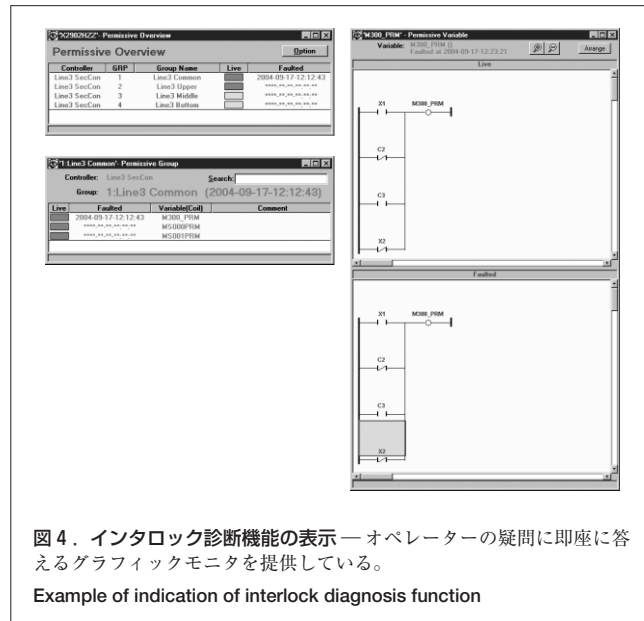


図4. インタロック診断機能の表示 — オペレーターの疑問に即座に答えるグラフィックモニタを提供している。

Example of indication of interlock diagnosis function

原因はなにか」といったオペレーターの疑問に即座に答えるグラフィックモニタを提供している。従来、この種のアプリケーションは顧客のプロセスに合わせてそのつど作成していたが、統合コントローラへの診断ファンクションブロックの実装と、自動回路解析の画面をソフトウェアパッケージとして提供することで、アプリケーション制作コストの削減に大きく貢献している。

#### 3.4 標準化への取組み

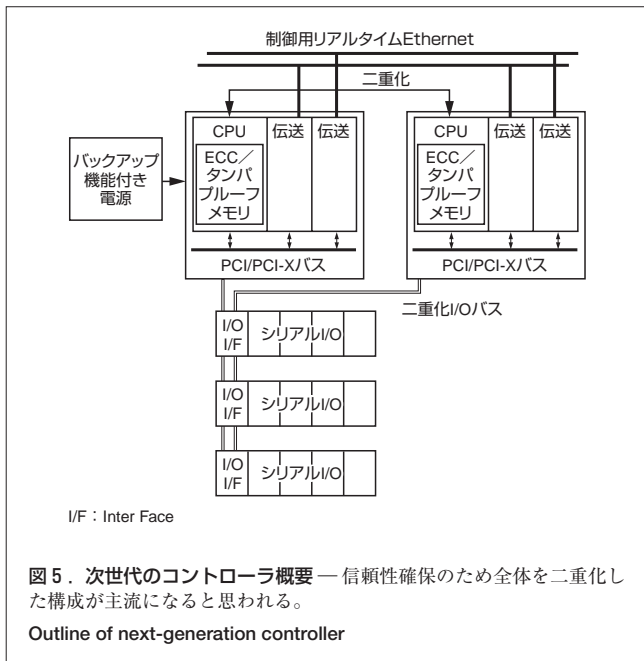
標準化への取組みとしては、統合コントローラVシリーズの専用伝送装置であるTC-net™ 100をIECのリアルタイムEthernet規格として提案活動しており、現在はIEC/PAS (Publicly Available Specification) 62406として公開されている。TC-net™ 100が国際標準の伝送として認知されることにより、海外を含めた他社コントローラとの接続性を向上させることが可能である。

### 4 産業用コントローラの今後の展開

2章で述べた技術動向を踏まえて、今後のコントローラは、動作速度、伝送速度、ネットワーク及びI/O (Input/Output) バストポロジーの複雑さ、セキュリティ機能の具備、汎用性などすべての項目について最適なバランスを求める必要がある。産業用コントローラとしては、安定性が重要であり、成熟した技術や安価な技術を採用する必要があるが、必ずしも最新技術を使用するとは限らないが、将来の技術動向を見通しておく必要はある。

今後のコントローラに採用されると考えられる技術の概要を図5に示す。

ハードウェアについては、バックプレーンバスにPCI系の



バスを採用すると考える。これは、ボード内部のチップ接続とバックプレーン接続を同一アーキテクチャにするためと、成熟した技術であることから決定されると考える。信頼性確保のために、コントローラは多重化構成ができるようになる。また、メモリもECC (Error Correcting Code) 付きや、場合によってはタンパブルーフ機能を実装させることになると考えられる。

伝送装置については、専用伝送やEthernetなどの汎用伝送も、共にモジュールの二重化や伝送路の二重化が可能となると考える。電源についてもモジュールを複数実装可能とし、更にオンライン交換を可能とする。電源モジュールにはバッテリーバックアップ機能を設けるなどして、シャットダウン時により豊富なRAS (Reliability, Availability and Serviceability) 情報を収集可能とすることも考えられる。

I/Oバス及びI/Oモジュールについても二重化を採用する例が増加していくものと考えられる。I/Oノードの故障に対してはフェイルソフトを基本とし、故障したI/Oノードが同一I/Oユニット内の他のノードで代替可能な構成となると考える。より高信頼性を要求されるものでは、内部I/Oバスについても二重化構成が採用される可能性がある。I/Oユニット、I/Oノード、及びI/Oモジュールは可用性向上のため、オンライン交換が可能な構成が採用されられると思われる。

(注7) Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における登録商標。

ソフトウェアについては、割込み応答性が重要となるので、OS (基本ソフトウェア)としてリアルタイムOSが採用されると考える。 $\mu$ ITRON ( $\mu$  Industrial The Real-time Operating system Nucleus) 準拠OSやリアルタイムLinux<sup>(注7)</sup>が有力候補である。プログラミング言語としては、国際標準言語であるIEC 61131-3の採用が増えていくと考えられる。当社もIEC 61131-3を6年以上前から採用しているが、最近、同業各社でも採用する傾向にあり、国内でも標準言語としての地位を固めつつある。

エンジニアリングツールは、IEC 61131-3の国際標準化に伴い、それに準拠した専門メーカーのソフトウェアを利用してカスタマイズするメーカーが多い。この傾向は、今後とも継続すると考えられるが、独自に高性能化及び高信頼化設計に対応可能とする必要がある。

環境への配慮については、欧州RoHS指令(電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限に関する指令)や欧州WEEE指令(廃電気・電子機器に関する指令)への対応を通して、製品を開発していくことが必要と考える。

## 5 あとがき

産業用の制御コンポーネント、特にPLCとDCSについての業界の技術動向と、当社の統合コントローラの新機能について述べた。また、現在の技術と社会的要求を踏まえて次世代のコントローラの展開について考察した。今後、この考察を基に新たな製品を開発していく。

## 文献

- (1) 芦田和英, ほか. コントローラ・産業用パソコンの新展開. 東芝レビュー. 58, 10, 2003, p.34-37.
- (2) 芦田和英, ほか. 新しい制御システムにおけるコア技術. 東芝レビュー. 56, 10, 2001, p.6-11.
- (3) Nicholas, C. 急がば回れ, LSIチップ間の相互接続. EDN Japan. 7, 2004, p.34-42.



芦田 和英 ASHIDA Kazuhide

電力・社会システム社 府中電力・社会システム工場 計測制御機器部主幹。次世代コントローラ及び統合コントローラ的设计・開発に従事。電子情報通信学会会員。

Fuchu Operations-Industrial and Power Systems & Services