

産業用コントローラの新技术と標準化

New Technologies for and Standardization of Industrial Controllers

梶原 繁 廣前 耕三 小野 将英

■ KAJIHARA Shigeru ■ HIROMAE Kozo ■ ONO Masahide

産業用コントローラは、一般産業、社会インフラ、及び電力の各分野における制御システムとして、製造設備や環境関連機器など多岐にわたって使用されている。近年、制御システムの安全、環境調和、及び省力化を目的として、産業用コントローラに対し、既存の技術を有効に活用し継承しながら、更に、先進技術の適用による高度化が要求されている。

東芝は、ユニファイドコントローラnvシリーズを開発し、新技术による機能や性能の向上、信頼性の確保、及び標準化された伝送などにより、これらのニーズに応えている。

Industrial controllers are used for manufacturing facilities and ecological equipment in various fields including general industry, social infrastructure, and electric power systems. With the aim of realizing safe, environmentally conscious, and labor-saving systems, demand has recently become stronger for more sophisticated industrial controllers that not only effectively utilize existing technologies but also incorporate advanced technologies.

To meet these requirements, Toshiba has developed the nv series unified controller. The nv series offers improved functionality and performance due to the application of new technologies, including those for ensuring reliability, standardized transmission, and so on.

1 まえがき

産業用コントローラは、鉄鋼、紙パルプ、石油化学プラントなどの一般産業、通信、交通、上下水道、ビルなどの社会インフラ、及び電力の各分野における製造設備や環境関連機器など多岐にわたって使用され、制御システムの中核として社会基盤を支えている。

デジタル制御システムがマイクロプロセッサの応用製品として世の中に出現してから、30年以上が経過した。機械化や自動化などの省力化から始まった制御システムの高度化は、情報系技術の進展とともにますます加速し続けている。

東芝は、1975年にTOSDIC_{TM}を製品化して以来、DCS (Distributed Control System) コントローラやPLC (Programmable Logic Controller) を中心とした様々なシステム製品群を提供している。1989年のCIEMAC_{TM}ではIE (I: 計装制御, E: 電気制御) 融合型コントローラを、1997年のCIEMAC-DS_{TM}ではオープン化への対応を、また、1999年の統合コントローラ V シリーズでは、装置産業系 PA (Process Automation) システムと組立・機械系 FA (Factory Automation) システムの統合をそれぞれ実現した。以上のシステム製品により効率化、省スペース・省配線化、及びコスト低減といった時代の変化に応じたニーズに対応してきた。更に2007年のユニファイドコントローラnvシリーズ (以下、ユニファイドコントローラと略記) では、フルリモートI/O (Input/Output) によりI/Oを統合することで、よりいっそうの省スペース・省配線化を実現している。

ここでは、これら発展の過程で蓄積された実績をベースに、近年の更なる高度化へのニーズに対応し続けている、当社の産業用コントローラの訴求点と最新の技術について述べる。

2 東芝の産業用コントローラの訴求点

一般に、市場で競争力のある製品を製造するためには、製品コストの削減とタイムリーな製品供給が大きな課題となる。その課題を解決するために、生産効率を上げる制御システムが求められる。具体的には、プラント安定運用の信頼性、製品品質の高精度化、保守の容易性、及びライフサイクルコストの低減といった多くの要素を総合的に満たす必要がある。

分野ごとのニーズを以下に述べる。石油化学プラントなどの産業分野で使われる計装制御システムには、膨大なプラントデータのタグによる管理や監視装置用HMI (ヒューマンマシンインタフェース) と組み合わせたプラント監視が求められる。鉄鋼、パルプなどの産業分野で使われる電気制御システムには、膨大な情報の高速処理や制御応答の高速化が求められる。また、分野共通のニーズとしては、長期安定性、異常発生時の早急な原因究明と復旧を可能にするRAS (Reliability, Availability, Serviceability) 機能、エンジニアリングコストを削減できる効率的な開発環境、そして環境への調和などが挙げられる。

当社の産業用コントローラは、このような様々な顧客のニーズに応えるため、“信頼性”、“継承性”、及び“発展性”の三つ

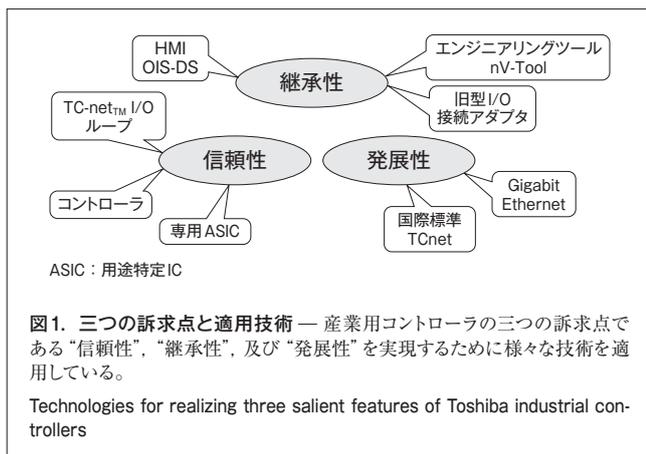


図1. 三つの訴求点と適用技術 — 産業用コントローラの三つの訴求点である“信頼性”, “継承性”, 及び“発展性”を実現するために様々な技術を採用している。

Technologies for realizing three salient features of Toshiba industrial controllers

を訴求点としている (図1)。

- (1) 信頼性 制御システムの信頼性の向上は、プラントの安定運用、つまりその稼働率を上げることにより実現できる。また、稼働率の向上は保守コストの削減にもつながる。具体的には、正常時では診断により稼働停止を最小限にする機能、そして故障発生時には問題を早期に検出して通知し、原因究明とその対策手段をわかりやすくして復旧時間を短くする機能などを持たせることにより、これを実現する。
- (2) 継承性 既存の資産を継承し活用することで、エンジニアリングコスト更にライフサイクルコストを低減できる。アプリケーションソフトウェアの開発環境においては、ソフトウェア資産の再利用が容易となる機能を提供する。これにより、既存の設計資産の有効活用や、今後の設備更新などを考慮した新規の設計が容易になる。また、ハードウェアインタフェースとして、既存設備の一部を再利用する設備更新を可能とし、長期的な視点でのコスト低減を実現する。具体的には、既設のプロセス入出力装置部分を再利用したりリモートI/Oとして接続する機能や機器及び、既存から新規、そして他社製品を含めたコントローラとの接続ができる監視装置用HMIなどを提供する。
- (3) 発展性 将来の発展性については、制御システムにおける主要なインタフェースを標準化し、接続性及び拡張性を確保することにより実現する。標準化に対応している多品種のコンポーネントから選択可能であり、柔軟性に富んだ設備を提供できる。特に、標準化は全世界共通で行われていることから、グローバルな視野で機器及びシステムが展開しやすくなる。

3 東芝の産業用コントローラ技術

前述の三つの訴求点に対する当社の産業用コントローラの技術について、ユニファイドコントローラを例として以下に述べる。

3.1 信頼性に対する技術

ユニファイドコントローラの核となる演算制御には、最先端のASIC (用途特定IC) 技術を用いている。ハードウェアとソフトウェアによる協調設計において、コントローラの演算性能の追求及び信頼性の確保を実現するために、専用LSIを開発した。専用LSIは、メモリへの誤り訂正機能やハードウェアによるアクセスリトライ機能により、性能と信頼性を両立させている。LSIの開発における最大の課題は性能確保にあるが、機能設計を物理制約に適合させるために、機能ブロックの物理配置を考慮した実装を行い、目標性能を得ることができた。

また、コントローラと外部データ入出力装置には、当社の先進技術であるTC-net™ I/Oループを使用している。TC-net™ I/Oループには、次の二つの特長がある。

- (1) 100 Mビット/sの高速フルリモートI/O化を実現した高速性と時間確定性
- (2) ループを二重化構成とした冗長化による高信頼性

このTC-net™ I/Oループを採用したTC-net™ I/Oシステムでは、特別な伝送装置がなくても、I/Oをそれぞれ分散配置又は遠隔配置することができる。また、稼働中のI/O交換も可能なため、保守性の高いシステムが構築できる。

3.2 継承性に対する技術

継承性に配慮した機器として、エンジニアリングツール、監視制御用HMI、コントローラ、そしてそのコントローラと従来のI/Oモジュールを接続する旧型I/O接続用アダプタがある。

3.2.1 エンジニアリングツール エンジニアリングツール製品であるnV-Toolは、統合コントローラVシリーズのエンジニアリングツールとして提供したV-Toolをベースに、ユニファイドコントローラ用に機能拡張した製品である。統合コントローラVシリーズ用に作成したユーザーアプリケーションも流用できるように考慮している。

nV-Toolは、プログラム言語の国際標準規格であるIEC 61131-3 (国際電気標準会議規格61131-3) に準拠しており、グローバル化及びオープン化に対応している。また、IEC 61131-3の特長であるユーザー定義ファンクションやユーザー定義ファンクションブロックを使用することにより、エンジニアリング効率の向上や、既存資産の継承によるリニューアルソリューションに効果が得られる。

今回、TOSDIC™ 製品から使われてきたシーケンス制御用のデシジョンテーブル (図2) と、LFC (Loop Function Chart) /IFC (Instrumentation Flow Chart) 変換の二つの機能追加を進めている。

デシジョンテーブルには、次の三つの特長がある。

- (1) エンジニアリング環境の継承 従来システムと同じ操作でエンジニアリングができる。
- (2) ソフトウェア資産の継承 従来システムのデータ (タグ、デシジョンテーブル) を変換できる。

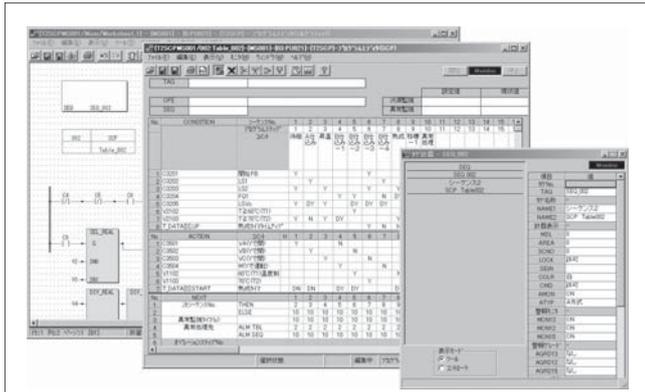


図2. シーケンス制御用のデシジョンテーブルーTOSDIC™製品から使用されているシーケンス制御用のデシジョンテーブルをユニファイドコントローラでもサポートし、継承性を保っている。

Decision table for sequence control

(3) プログラミングの効率化 専用言語(SFC: Sequential Function Chart)を知らなくても、テーブルに値を入力する方式でプログラミングができる。

また、LFC/IFC変換には、次の二つの特長がある。

(1) エンジニアリング環境の継承 カスタムシンボル機能により分野別シンボルを作成できる。

(2) ソフトウェア資産の継承 従来システムのデータ(タグ、LFC/IFC図面)を変換できる。

3.2.2 監視制御用HMI DCSタイプの監視制御用HMIとしては、CIEMAC™-DSシリーズ共通のHMIであるOIS-DSがある。CIEMAC™-DSのコントローラPCS-DS, TOSDIC™のコントローラDPCS, 統合コントローラ, ユニファイドコントローラなど各種コントローラに直結することができる。更に、ADMAP™ゲートウェイ経由でCIEMAC™のPCS6000にも接続できる。新旧のコントローラを混在させた監視制御システムを柔軟に構築することが可能であり、システムの段階的なリプレースにも対応している。

CIEMAC™-DS以来の操作性や、グラフィックエディタをはじめとするエンジニアリング環境を継承するとともに、本体ハードウェアには最新の産業用コンピュータFA3100Sシリーズの開発成果を反映し、高性能、高信頼性、及び高い保守性を備えている。

3.2.3 コントローラ コントローラでは、標準入出力とONS(オープンネットワークサービス)データベース化の二つで継承性を図っている。

標準入出力では、計装制御システムの制御の要である標準入出力部は、従来のTOSDIC™システム, CIEMAC™システム, CIEMAC™-DSシステム, 統合コントローラと継承してきた。ユニファイドコントローラでは新たにTC-net™ I/O接続するが、標準入出力部としては標準化を図り、従来のシステム設計思想を継承した。

一方、ONSデータベース化では、ONSはCIEMAC™-DSシステムから採用しており、プロセスデータアクセス機構をパッケージ化することにより、汎用EWS(Engineering Workstation)をCIEMAC™-DSの制御LANへ直結することができる。CIEMAC™-DSコントローラでは、標準入出力のプロセスタグとしてデータベース化している。また、標準入出力部でデータ入出力をインタフェースするI/Oモジュール群の動作情報として、プロセスタグと同じ仕組みにしたシステムタグとしてONSをデータベース化した。それぞれのデータベース化は統合コントローラで継承し、更に、ユニファイドコントローラでも継承した。

3.2.4 旧型I/O接続用アダプタ 旧型I/OであるG3 I/Oシリーズの接続用アダプタは、既設I/OシステムをリモートI/Oとして容易に接続可能である。これにより、低コストでの既設システムのリニューアル促進を実現した。

3.3 発展性に対する技術

当社のコントローラが将来のシステム拡張や更新に対応できるよう、制御LANと情報・制御LANの二つに発展性を取り入れている。

制御LANは、TCnetに対応させている。当社は、統合コントローラでスキャン伝送方式であるTC-net™ 100を提案した後、IEC 61784-2/IEC 61158においてReal-Time Ethernet

表1. IECのReal-Time Ethernet規格
List of standards for IEC Real-Time Ethernet

CPF No.	IEC 61784-1 Fieldbus	IEC 61784-2 Real-Time Ethernet	IEC 61158 Type No.	関連組織
CPF1	Foundation Fieldbus (H1, HSE, H2)	—	Type 1, 9, 5	Fieldbus Foundation
CPF2	CIP (ControlNet, Ethernet/IP, DeviceNet)	EtherNet/IP with Time Synchronization	Type 2	ControlNet International, ODVA
CPF3	PROFIBUS (DP, PA), PROFINET (CBA)	PROFINET IO	Type 3, 10	PROFIBUS International
CPF4	P-NET	P-NET on IP	Type 4	デンマークNC
CPF5	WorldFIP	—	Type 7	WorldFIP
CPF6	INTERBUS	PROFINET GW	Type 8	INTERBUS Club
CPF8	CC-Link	—	Type 18	CC-Link 協会
CPF9	HART	—	Type 20	HART Communication Foundation
CPF10	—	Vnet/IP	Type 17	日本NC
CPF11	—	TCnet	Type 11	日本NC
CPF12	—	EtherCAT	Type 12	EtherCAT Technology Group
CPF13	—	ETHERNET Powerlink	Type 13	ETHERNET Powerlink Standardization Group
CPF14	—	EPA	Type 14	中国NC
CPF15	—	MODBUS-RTPS	Type 15	MODBUS-IDA
CPF16	SERCOS (I, II)	SERCOS III	Type 16, 19	Interests Group SERCOS interface e.V.

CPF : Communication Profile Family
CIP : Common Industrial Protocol
ODVA : Open DeviceNet Vendor Association
NC : National Committee

であるTCnetを、日本発の国際規格として誕生させた⁽¹⁾。規格取得のコードを表1に示す。

標準化された伝送リアルタイムネットワークを継承することで、既存システムとの融合を実現し、ネットワークの高速性とシステムの構築しやすさを確保している。

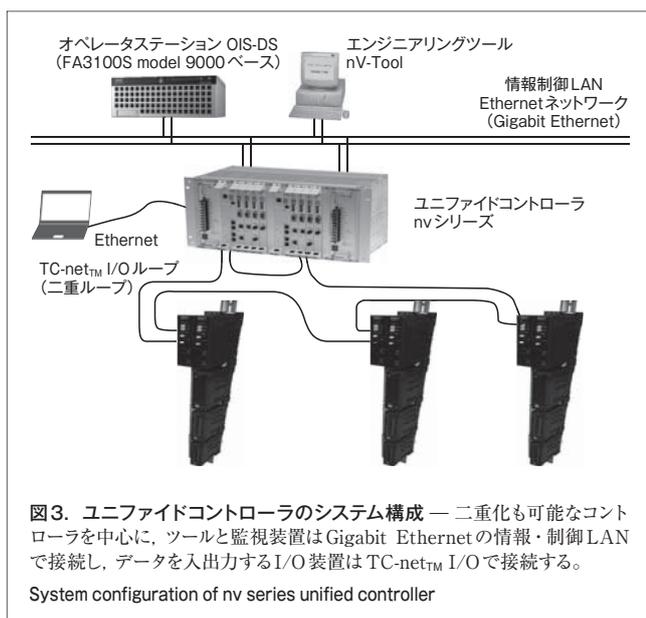
更に、TC-net_{TM} 100技術の世界標準としての位置づけを確固たるものにする活動の一環として、IECへの提案活動を行っている。具体的には、TC-net_{TM} I/Oループを、IEC 61784-2/IEC 61784-5/IEC 61158シリーズのTCnetに追加し、国際標準化を行うため、通信プロトコル規格仕様を作成した。

また、情報・制御LANの発展性としては、EthernetをGigabit Ethernetに対応させている。Gigabit Ethernetの特長は、最大1Gビット/sまでの高帯域とオープン性の実現、及び従来機種との接続性や継承性の確保が挙げられる。

4 システム構成

ユニファイドコントローラのシステム構成を図3に示す。コントローラの基幹部は、電気制御用又は計装制御用のコントローラモジュールと、Gigabit Ethernetの伝送モジュールを組み合わせた二重化構成となっている。伝送モジュールでは、エンジニアリングツールのnV-Tool及び、上位のコンピュータなどの情報系や上位のオペレータステーションのOIS-DSなど監視系との通信において、1Gビット/sのEthernet伝送ができる。コントローラとI/Oの間は、TC-net_{TM} I/Oループで伝送速度100Mビット/sであり、高速スキャン周期100μsによる高速性と二重ループによる信頼性を高める構成となっている。

電気制御用のコントローラは、スキャン周期を0.5msから設定することができ、接点命令0.02μsの高速演算が可能であ



る。計装制御用のコントローラには標準入出力、プロセスアラーム管理、及びOIS-DSインタフェースといったタグ機能があり、PID（比例、積分、微分）制御が可能である。

エンジニアリングツール nV-Toolは、プログラミング言語としてIEC 61131-3のLD(Ladder Diagram), FBD(Function Block Diagram), SFC, 及びST(Structured Text)の4言語を使用することができ、コントローラ、伝送モジュール、I/Oモジュールすべてをエンジニアリングできる。

5 あとがき

今回、信頼性、継承性、及び発展性の三つの訴求点をキーに、ユニファイドコントローラの新技术による機能及び性能の向上、信頼性の確保、標準化された伝送などの特長について述べた。

今後は、無線技術の応用による更なる省配線化、ネットワークの高速化やセキュリティ強化による超分散化システムの実現、規格化への対応強化による環境や安全へのよりいっそうの調和、そして接続性や継承性を更に高めた国際標準化推進に基づく真のグローバル化などを積極的に行っていく。

長期にわたり安心して使いやすい産業用コントローラを核として、様々なソリューションを展開していくための基本となるシステムコンポーネント群を、これからも提供していく。

文 献

- (1) 高柳洋一. Real-Time Ethernet "TCnet_{TM}"の国際標準化への取組み. 東芝レビュー. 64, 4, 2009, p.64-67.
- (2) 日下部宏之, ほか. 産業用コントローラの新展開. 東芝レビュー. 62, 10, 2007, p.7-10.



梶原 繁 KAJIHARA Shigeru

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部グループ長。ユニファイドコントローラ、統合コントローラ、及びCIEMAC_{TM}の設計・開発に従事。計測自動制御学会会員。Fuchu Complex



廣前 耕三 HIROMAE Kozo

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主務。ユニファイドコントローラ、統合コントローラ、及びPLCの設計・開発に従事。Fuchu Complex



小野 将英 ONO Masahide

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主務。ユニファイドコントローラ、統合コントローラ、及びCIEMAC_{TM}のエンジニアリング環境の設計・開発に従事。Fuchu Complex