

# 産業用コントローラの新技術と標準化

Latest Technologies for and Standardization of Industrial Controllers to Achieve Smart Communities

柴田 浩司 市川 麻理子 梶原 繁  
 ■SHIBATA Koji ■ICHIKAWA Mariko ■KAJIHARA Shigeru

社会インフラシステムのスマート化を図り、世の中のむだをなくす“スマートコミュニティ”事業が推進されている。電力エネルギーの管理に加え、上下水道、交通、通信といった様々な社会インフラを対象としており、異なる事業媒体に対する統合的なソリューションが求められている。スマートコミュニティの実現には産業用コントローラが寄与する部分も大きい。

東芝のユニファイドコントローラ nv シリーズは、社会インフラシステムのスマート化に必要な産業用コントローラが備えるべき機能や性能について、新技術による機能や信頼性の向上、及び国際標準化された伝送などを実現している。

The concept of smart communities has progressed in recent years, driven by the need to enhance energy conservation and secure stable supplies of electricity by integrating social infrastructures. In order to realize smart communities, total solutions are required for various types of social infrastructures such as electricity management systems, water supply and sewerage services, traffic systems, communication systems, and so on. Industrial controllers will make a major contribution to the development of smart communities.

Toshiba has been developing the nv series unified controllers in response to this situation. The nv series satisfy the technical requirements for industrial controllers by offering improved functionality, performance, and reliability through the application of new technologies and standardized networks.

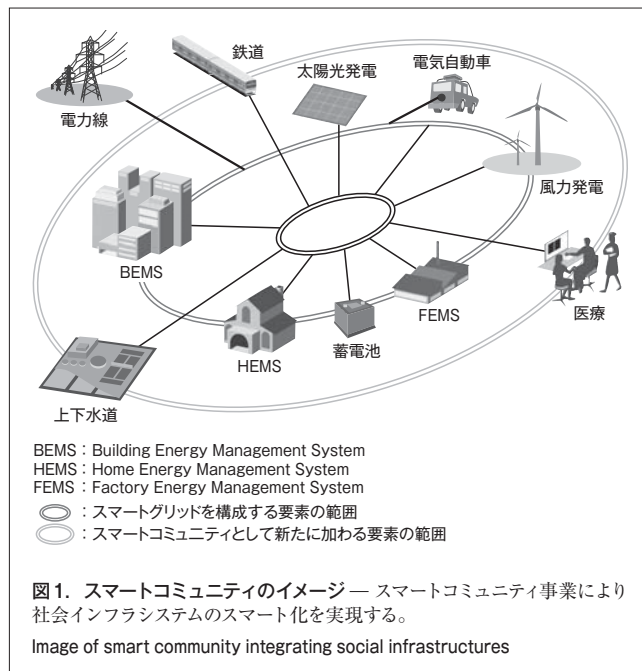
## 1 まえがき

東芝のユニファイドコントローラ nv シリーズなど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システム、通信、交通、上下水道、ビルなどの社会インフラシステム、及び電力システムにおいて、その高度な制御能力により各種製造設備や監視管理用の機器などに使用されている。

近年、地球温暖化防止のための省エネを目的として、あるいは新興国市場での製造工場やインフラの拡大により不安定となった電力供給の安定化を目的として、“スマートグリッド”の研究開発が進められている。スマートグリッドは、風力や太陽光発電など分散設置される電力供給源と需要家側の需給情報を、ICT（情報通信技術）を用いて双方向に受け渡すことで、効率的な運用を目指すものである。

スマートグリッドの先には、電気エネルギーだけでなく、上下水道、交通、行政、及び医療など社会全般のインフラまで対象を拡張し、異なる事業媒体における統合的なソリューションを目指す“スマートコミュニティ”事業が進められている（図1）。産業用コントローラは、エネルギー管理などにも用いられ、スマートコミュニティに関連する応用範囲も広い。

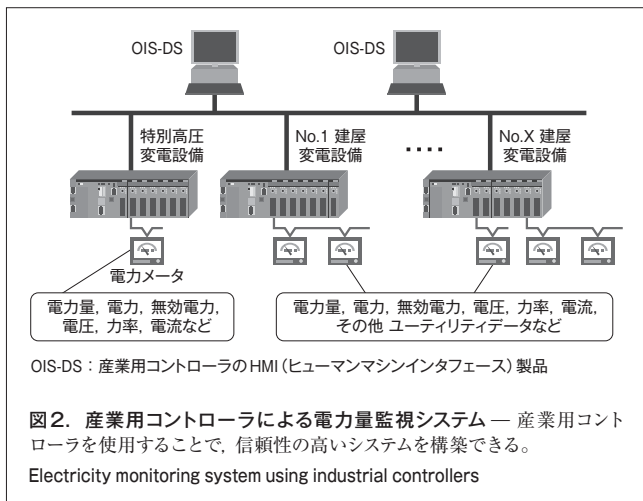
ここでは、産業用コントローラのエネルギー管理への応用例と、ユニファイドコントローラ nv シリーズにおける新技術と特長及び国際標準化について述べる。



## 2 産業用コントローラによるエネルギー管理

産業用コントローラは、工場内施設の電力量の監視やボイラ流量の監視制御などにより、施設全体のエネルギー管理などにも使用されている。

図2に示すように、電力量の監視は、電力メータと制御装置



を工場内施設の各箇所に設置し、建屋など施設ごとの電力使用量を測定する。測定したデータは工場内に敷設した専用あるいは共用ネットワークを通して収集され、監視装置でリアルタイムにモニタリングできる。同時に、全データを保存し、日報、月報、及び年報などのレポート形式で出力することにより、中・長期的な電力使用量の監視も行うことができる。

また、ボイラの制御は、従来は専用コントローラにより行われてきたが、情報処理系のオープン化、長期保守、及び開発コストの観点から、汎用の産業用コントローラが利用されている。ボイラの制御における計装制御はDCS (Distributed Control System) が行い、シーケンス制御はPLC (Programmable Logic Controller) が担当する。単独のボイラ操作はDCSに接続されたグラフィックパネルで行う一方、両コントローラ間のデータ通信や、負荷変動に応じたボイラの稼働台数制御、統括監視制御などはパソコン (PC) で行うというハイブリッドな構成でシステムを実現している。

当社のユニファイドコントローラ nv シリーズは、産業用コントローラとしてスマートコミュニティの構成要素となり、応用範囲を拡大している。

### 3 ユニファイドコントローラの新技术と国際標準化

#### 3.1 ユニファイドコントローラが提供する技術

ユニファイドコントローラ nv シリーズは、電気制御や計装制御に適用でき、高速性、信頼性、及び経済性に優れた産業用コントローラである。ユニファイドコントローラを構成する基幹部 (コントローラ モジュール、伝送モジュールなど) は、メモリ誤り訂正機能を搭載するとともに冗長化を構成できるようにして信頼性の向上を図り、プラントの長期連続稼働を実現している。

コントローラとI/O (入出力) 機器間は伝送速度が100 Mビット/sで、ループの二重化構成が可能なフィールドI/Oシステムの“TC-net<sub>TM</sub> I/Oループ”を実装している。高速なI/Oデー

タの収集が可能で、データ収集周期の最小設定時間は100  $\mu$ sを実現する。コントローラとI/O間の接続は通常で二重ループであり、それを更に冗長化する構成が可能である。コントローラと上位の監視システムを接続する監視制御ネットワークとしては、伝送速度1 Gビット/sのEthernetを採用し、伝送路を二重化することもできる。また、国際標準のRTE (Real-Time Ethernet) であるTC-net<sub>TM</sub> 100をコントローラ間ネットワークとして使用できる。

更に、プラント制御に直接影響の大きいI/Oモジュールにおいては、充実した故障診断機能を搭載し、冗長化が可能な製品をラインアップに追加した。冗長化可能なI/Oモジュールは、信頼と安心を追求し、システムの信頼性と頑健性を向上させるとともに、既存のコントローラからの更新を容易にしたシステムの継承性も兼ね備えている。

また、ネットワーク部においては、従来のRTEから伝送速度を1 Gビット/sへ高速化した情報・制御ネットワークのTC-net<sub>TM</sub> 1Gを新たに開発した。高信頼性、頑健性、及びリアルタイム性を備えるI/Oモジュールやネットワークは、スマートコミュニティにおいて重要な役割を果たす技術であり、こうした分野への適用も期待される。

一方、HMI (ヒューマンマシンインタフェース) においても、プロセスの相互連携やRTE対応のOPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control) サーバなどにより、プラント情報のより高度な見える化と、操作の簡略化を実現している。

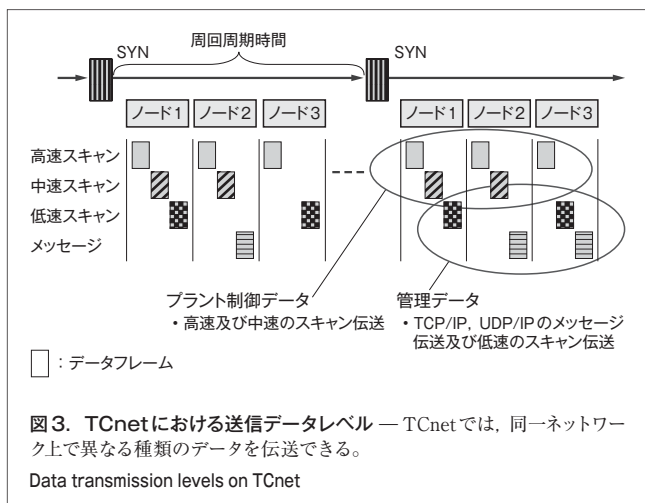
また、ユニファイドコントローラ nv シリーズは、以下に示すように国際標準に準拠する、あるいは国際標準化を図ることで、オープン性を備えている。

- (1) エンジニアリングツールにおけるIEC (国際電気標準会議) 国際標準に準拠
- (2) TC-net<sub>TM</sub> 100及びTC-net<sub>TM</sub> I/OループのIEC国際標準化を実現
- (3) TC-net<sub>TM</sub> 1Gの国際標準化活動を開始

#### 3.2 TC-net<sub>TM</sub> 1Gの特長と応用<sup>(1)</sup>

TC-net<sub>TM</sub> 1Gは、当社の産業用コントローラにおける情報・制御ネットワークであるTC-net<sub>TM</sub> 100のアーキテクチャを継承して、スキャン伝送とメッセージ伝送をサポートしながら伝送性能を向上させたことを特長とする。

スキャン伝送は、制御データを固定サイズのブロック単位で伝送する方式で、同報通信により送られた制御データは全ノードのコモンメモリを周期的に更新する。また、メッセージ伝送はTCP/UDP/IP (Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol/Internet Protocol) などのプロトコルをサポートする。同期ノードと呼ばれる代表ノードがノード間を同期させることで、時間確定的なリアルタイム性を持った伝送を実現することができる。更に、リアルタイムデータは要求さ



れる緊急度によりレベル分けすることができる。  
これを利用し、高速応答性が求められるプラント制御データは、高速・中速スキャン伝送を使用する。一方、スマートコミュニティで使用するようなシステムの管理データなどは、低速スキャンあるいはメッセージ伝送を使用することで、異なる種類の制御・管理データが同一ネットワークで管理可能となる(図3)。

TC-net™ 1Gのトポロジーは、TC-net™ I/Oループと同様なループ冗長方式を基本とする。ループの異常検出・切替え機能により、ケーブル断線などループ上の異常を検出すると、制御データの経路を瞬時に逆方向に切り替えて異常箇所を回避し、正常な伝送を継続できる。

ループトポロジー<sup>(注1)</sup>の問題点として挙げられるのが、複数箇所断絶するとループが確立できなくなることである。産業用コントローラは常時稼働が基本であるため問題は生じないが、システムの構成要素として、監視用途のPCや稼働率の低いセンサ端末などが含まれる場合に問題が発生する。PCや使用頻度の低いセンサ類は電源断が発生する回数が多くなり、そのたびにループが断絶することになる。同一ループ上の複数台を複数箇所同時に停止させた場合、ループが分断されてしまいループが確立できなくなる。

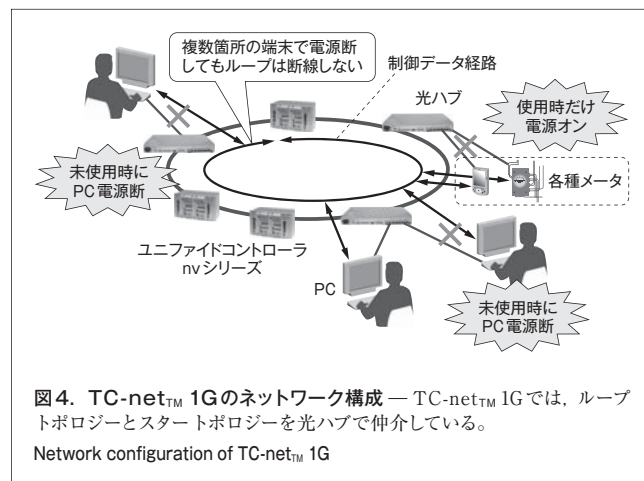
これに対し、図4で示すようなループトポロジーとスタートポロジ<sup>(注2)</sup>のハイブリッド構成から成るTC-net™ 1Gハブを設置する。これにPCやセンサを接続することで、電源断がループに対して影響を及ぼさないシステムを構成できるようにしている。

### 3.3 国際標準化

制御ネットワークに関して、当社は2004年のRTE国際標準化の開始に合わせ、TCnetの国際標準化活動を進めてきた。

(注1) コンピュータネットワークの接続形態で、環状に敷設したケーブルに端末を接続する形態。

(注2) 中心となる通信機器を介して端末を相互に接続する形態。



当社は、IEC/TC65 (工業プロセス計測制御技術委員会)/SC65C (デジタルデータ伝送分科委員会) 国内委員会から、日本案として100 Mビット/sのTCnetを提案し、IEC 61784-2、IEC 61158シリーズ、IEC 61784-5の各国際標準に登録されている。これらのうち、IEC 61784-2では、CPF (Communication Profile Family) 11として、2007年の第1版にTC-net™ 100の仕様が、2010年の第2版にはTC-net™ I/Oループの仕様が追加され国際標準となっている<sup>(2)</sup>。現在は2013年第3版の標準発行へ1 Gビット/sのTC-net™ 1Gを追加提案する標準化活動を開始している。

また、プログラム言語は国際標準IEC 61131-3に準拠している。このように、ユニファイドコントローラ nv シリーズにおいては、多岐にわたりオープン化が図られている。

### 3.4 より高度な見える化

高速と高信頼性を特長とするRTEに対応したOPCサーバにより、データ収集やモニタリングに対しても高速化と高信頼化が図られた。また、産業用コントローラのHMI製品であるOIS-DSでは、高度な検索機能の追加、ワイドモニタ対応の画面表示、及び収集データの階層化表示などの改善が図られている。更に、図5に示すように、異なる種類の多数のデータを1枚の画面で同時に表示できるという、今までになかった機能を加えることにより、プロセスデータのより高度な見える化と操作の簡略化を実現している。

### 3.5 冗長化I/Oの特長と継承性<sup>(3)</sup>

ユニファイドコントローラにおいて、コントローラモジュールや伝送モジュールなどの基幹部については、待機冗長の二重化構成をとることができる。また、TC-net™ I/Oループは、更に二重ループ構成にも対応している。これらに加え、I/Oモジュールのうちアナログ入力モジュールとアナログ出力モジュールは冗長化が可能になった。基幹部、伝送モジュール、ネットワーク、I/Oモジュールの各構成要素で冗長化構成をとることができ、更なる信頼性の向上を図ることが可能になった。

I/Oモジュールの冗長化設計における重要なポイントは故障

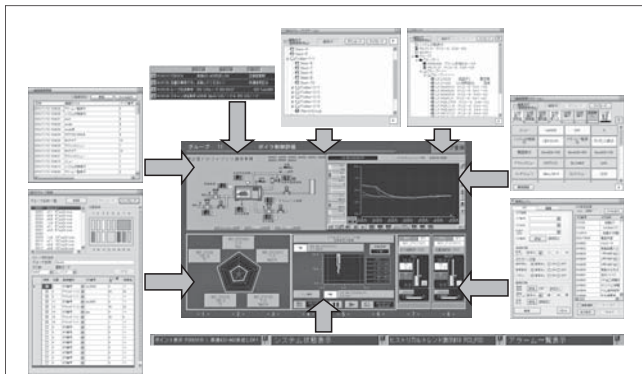


図5. OIS-DSにおける高度な見える化 — OIS-DSでは、様々な画面プロセスの連携により、異なる種類の多数のデータを1枚の画面で同時に表示できるという、高度な見える化を実現している。

Advanced visualization system of OIS-DS in cooperation with various screen processes

を確実に検出することであり、それを実現するために、複数の故障診断手法を取り入れた冗長化設計を行っている。主な診断手法を以下に示す。

- (1) アナログ入力モジュール
  - (a) 複数ある入力チャンネル診断素子に故障診断用基準電圧を入力して、個別の故障検出を実現した。
  - (b) I/Oモジュールを管理するTC-net™ I/Oアダプタにおいて、稼働系と待機系のアナログ入力データを比較して診断し、両者の入力データに規定以上の差異がある場合に入力偏差異常を発報することで、入力フィルタ部品、過電圧保護部品などの入力チャンネルごとにある固有部品の故障を検出可能にした。
- (2) アナログ出力モジュール
  - (a) 出力電流をリードバックして、出力精度及び切替え

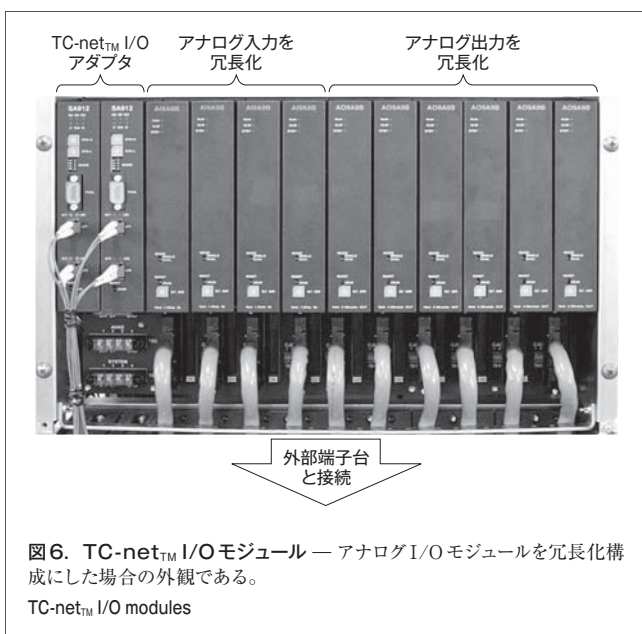


図6. TC-net™ I/Oモジュール — アナログI/Oモジュールを冗長化構成にした場合の外観である。

TC-net™ I/O modules

素子故障を診断可能にした。

- (b) 冗長化した出力切替え素子の一方を閉状態に保ちながら、もう一方の切替え素子をオン/オフした際、素子間に発生する電圧をモニターすることで切替え素子の短絡故障検出を実現した。

アナログ入力及びアナログ出力モジュールを冗長化構成にした場合の外観を図6に示す。隣り合うスロットとペアで実装することで冗長化することができる。既設の当社産業用コントローラCIEMAC™-PCSシリーズからの更新を考慮し、入出力信号は外部端子台と専用ケーブルで接続する形態にしている。

## 4 あとがき

スマートグリッド及びスマートコミュニティに対する産業用コントローラの関わりと、それに対応したユニファイドコントローラの新機能や新技術などについて述べた。

今後、無線技術の適用などにより、応用できる範囲はますます拡大していくことが見込まれているが、セキュリティ強化による信頼性の更なる向上、及び規格化への対応強化によるグローバル化を積極的に推進していく。

当社は、様々なソリューションを展開していくためのシステムコンポーネントをこれからも拡充し、提供し続けていく。

## 文献

- (1) 岡部基彦 他. 1 Gビット/sの高速伝送で大規模プラントを一括して監視制御する情報・制御ネットワークTC-net™ 1G. 東芝レビュー. 66, 07, 2011, p.58 - 61.
- (2) IEC/TR61158-1: 2010. Industrial communication networks -Fieldbus specifications- Part1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series.
- (3) 栗本武司 他. 産業用コントローラ 入出力モジュールの冗長化. 東芝レビュー. 66, 06, 2011, p.40 - 43.



柴田 浩司 SHIBATA Koji

社会インフラシステム社 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及び監視制御ネットワーク装置の設計・開発に従事。計測自動制御学会会員。

Fuchu Complex



市川 麻理子 ICHIKAWA Mariko

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部。ユニファイドコントローラ及び統合コントローラの設計・開発に従事。

Fuchu Complex



梶原 繁 KAJIHARA Shigeru

社会インフラシステム社 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の設計・開発に従事。計測自動制御学会会員。

Fuchu Complex