

CPSプラットフォームに対応する次世代制御システム

Next-Generation Control System Appropriate for CPS Platforms

立野 元気 TATENEO Genki 弘田 達夫 HIROTA Tatsuo 岡部 基彦 OKABE Motohiko

今まではつながっていなかったものをつなぎ、そこで得られたデータから新たな付加価値を創出するIoT (Internet of Things) は、産業界でもインダストリアルIoTとして注目され、現在は、幾つもの業界で活用されている。更に、製造業の基幹である制御システムは、プラントや工場などの製造現場にあふれるデータを活用するCPS (サイバーフィジカルシステム) に対応するため、より高度化することが求められている。

東芝インフラシステムズ(株)は、既設システムを次世代の制御システムに移行するための後継機種として、“ユニファイドコントローラVmシリーズ”を開発した。コントローラ機能とコンピューター機能に加え、情報・制御ネットワーク機能を実装して多様なネットワークに対応するとともに、コントローラ機能をマルチPLC (Programmable Logic Controller) として、CPUコアを割り当てて使用できるなど、次世代制御システムのためのCPSプラットフォームとして活用できる。

The dissemination of technologies related to the Internet of Things (IoT), which are expected to provide high added value from data obtained through diverse types of connections that have not been available up to now, is driving demand in the industrial field for industrial IoT devices for various applications. In addition, manufacturing industries have recently been experiencing significant shifts in the area of cyber-physical systems (CPS), creating advanced solutions through the effective utilization of large volumes of data in plants and factories. The further sophistication of control systems, which are the core of mission-critical systems at manufacturing sites, is therefore required.

Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has developed the Unified Controller Vm series as a successor to the Unified Controller nv series, for the conversion of existing control systems into a next-generation control system appropriate for CPS platforms. In addition to the computer and controller functions of the conventional nv series, the Vm series incorporates an information and control network function that makes it possible to connect with multiple network systems, and a controller function comprising a multiple programmable logic controller (PLC) system, in which controller functions are separately assigned to each central processing unit (CPU) core.

1. まえがき

CPSは、フィジカル空間で収集したデータをサイバー空間で分析・知識化し、フィジカル空間にフィードバックすることで付加価値を創出していく。

昨今の制御システムは、制御のために必要なデータを過不足なく収集・活用し、最適な制御ができるまでに成熟している。制御システムでは、①製造設備や機械、及びセンサーや、スイッチ、バルブなどの入出力機器を、ネットワークを介して産業用コントローラに接続し、②産業用コントローラでデータを収集して演算した結果を、制御ネットワークや出力機器にリアルタイムに伝達することが命題である。このため、従来は、その制御性能を追求するため、限定されたシステムリソースを効率的に扱う専用プラットフォーム上で産業用コントローラと情報・制御ネットワークを実現するのが一般的であった。

一方、CPSに対応するためには、プラントの最適運転に

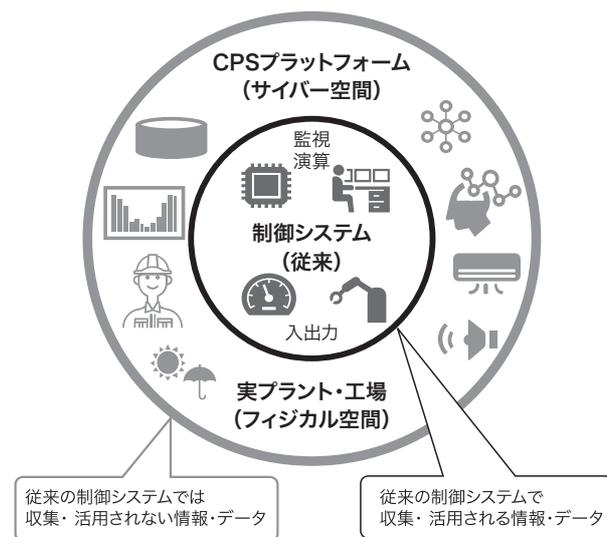


図1. 従来の制御システムとCPS

従来の制御システムがCPSに対応するためには、制御以外の大量のデータを収集、蓄積、分析する情報処理能力が重要になる。

Conventional control system and CPS

活用するためのオペレーターの運転操作履歴や詳細な気象データなど、今までは活用されなかったような、制御用途以外の大量のデータを収集、蓄積、分析する基盤となる情報処理性能が、従来に増して重要になる(図1)。

東芝インフラシステムズ(株)は、一般産業や、社会インフラ、電力などの各分野で適用される、“ユニファイドコントローラnvシリーズ”(以下、nvシリーズと略記)として、制御システムのニーズや課題に応えるための産業用コントローラや、情報・制御ネットワークを実現する制御システムコンポーネントを提供してきた。

ここでは、CPSに対応するための要素技術や、nvシリーズの後継機種である、ユニファイドコントローラVmシリーズ(以下、Vmシリーズと略記)について述べる。

2. コントローラとコンピューターの統合

制御システムでは、従来、産業用コントローラが、フィールドネットワークを介してフィールド機器の直接的な制御を行い、産業用コンピューター上のHMI(Human Machine Interface)やサーバーが、制御系ネットワークを介したデータ収集・蓄積、システム監視、及び情報系ネットワークを介した上位基幹系との接続を行ってきた。

CPSに対応するためには、これらの境界を越えて、産業用コントローラと産業用コンピューターが一体化する必要がある。すなわち、これからの産業用コントローラには、従来どおりの制御のリアルタイム性を確保しつつ、大量データの収集・蓄積と、多様なネットワーク接続でシステムと相互連携できることが求められる。

当社は、これからの産業用コントローラの先駆けとして、“ユニファイドコントローラnv-packシリーズ”(以下、nv-packシリーズと略記)(図2)を製品化した^{(1), (2)}。

nv-packシリーズと従来の産業用コントローラとの機器構成比較を、図3に示す。nv-packシリーズは、信頼性、保守性、耐環境性を特長とする当社の産業用コンピューターをベースに、産業用コントローラのリアルタイム性を



図2. nv-packシリーズ

CPSに対応するため、産業用コントローラと産業用コンピューターの機能の両立を実現した。

Unified Controller nv-pack series

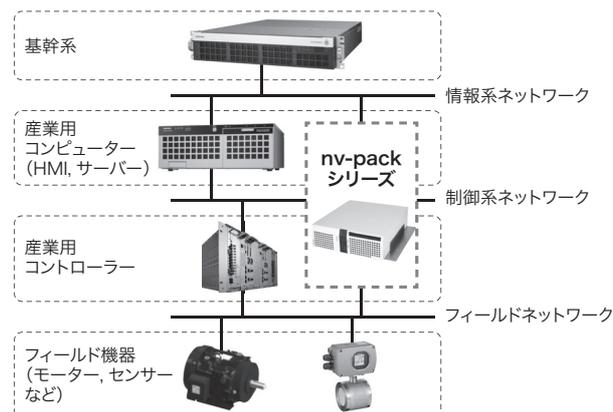


図3. nv-packシリーズと従来の産業用コントローラとのシステム構成の違い

産業用コントローラと、産業用コンピューター上のHMIやサーバーを統合し、よりコンパクトなシステム構成を提供する。

Differences in configuration of control systems using conventional industrial controller and nv-pack series

追求するために最適化されたLinuxカーネルを採用している。これにより、nv-packシリーズは、産業用コントローラと産業用コンピューターの機能の両立を実現した。更に、nv-packシリーズは、当社の産業用コントローラの従来コア技術である、エンジニアリングツールnV-Tool^(注1)やリアルタイム制御ネットワークTC-net^(注2)なども同時にサポートし、顧客のプログラム資産(ラダープログラムなど)や、既設フィールドネットワークがそのまま流用できる。nv-packシリーズでは、仮想化技術を導入したことで、コンピューター機能をサポートし、ホストのLinuxとはリソースが隔離された、Linuxコンテナ(LXC)又はWindows上でアプリケーションが実行できる。したがって、従来の制御システムにおける産業用コントローラとHMIなどのコンピューターを統合し、よりコンパクトなシステム構成を提供できる。

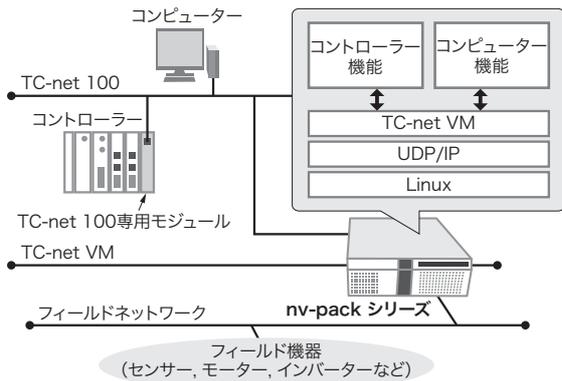
3. 次世代情報・制御ネットワークTC-net VM

TC-net VMは、TCnetの制御方式を採用した、次世代の情報・制御ネットワークである⁽³⁾(図4)。

TC-net VMは、これまでのTC-netシリーズの特長でもあるスキャン伝送と呼ばれる定周期通信を使用した共通メモリー方式を継承している。共通メモリー方式は、定周期のスキャン伝送によってノード間のメモリーを等値化し、システム内の全ノードで共通のメモリーイメージを保有するものである。これにより、他ノードが管理する制御データへのア

(注1) 国際標準プログラミング言語のIEC 61131-3(国際電気標準会議規格61131-3)に準拠。

(注2) 産業用リアルタイムイーサネットのIEC 61784-2/61158に準拠。



UDP/IP: User Datagram Protocol/Internet Protocol

図4. 次世代の情報・制御ネットワークTC-net VM

コンピューター標準のEthernetコントローラー上のソフトウェアとして実装したことで、機能間のデータ連係に通信を介するの必要がなくなった。

TC-net VM next-generation information and control network

アクセスが必要になった際、その都度通信しなくても、自ノードのメモリアクセスで対応可能となる。

TC-net VMの最大の特長は、コンピューター標準のEthernetコントローラー上のソフトウェアとして実装した点である。従来は、TC-net専用モジュールをオプション提供していたが、標準化して導入コストの抑制を実現した。したがって、nv-packシリーズは、TC-net VMを組み込むことができ、コントローラー機能とコンピューター機能に加え、情報・制御ネットワーク機能を実装したので、従来のように機能間のデータ連係に通信を介するの必要がなくなった。

TC-net VMは、10～100msの更新周期で高速リアルタイム伝送を実現する。これは、専用モジュールを使用するTC-net 100と同等のデータ転送性能である。

4. 機能間のデータ連係

nv-packシリーズは、コントローラー機能とコンピューター機能間の共有メモリーやTC-net VMへのアクセスをAPI (Application Programming Interface) として提供している。このAPIによって、コントローラー機能や、TC-net VM上の制御データやパラメーターに、コンピューター機能のユーザーアプリケーションが高速にアクセスできる。これらの概要を、図5に示す。これによって、例えば、上位システムや計算機からの情報を、共有メモリーを介してコントローラーにインプットすることができるなど、従来にはない、より柔軟な制御システムの運用を可能にしている。

これまで、当社の産業用コントローラーは、CIE (コンピューター・計装・電気制御) の統合化に取り組んでおり、データ連係をより強化したプラットフォームの提供が可能となった。

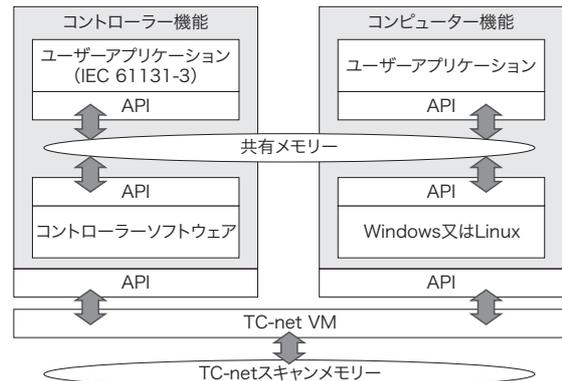


図5. 共有メモリーシステムを介したデータ連係の仕組み

コントローラー機能、コンピューター機能、及びTC-net VMのデータを相互にやり取りするための共有メモリーには、APIによってアクセスできる。

Data linkage via shared memory system

5. 多様なネットワークへの対応

nv-packシリーズは、拡張PCI (Peripheral Component Interconnect) カードが実装でき、様々な機器との通信や接続を容易に実現する。従来の機器では不可能であった、コンピューター演算結果や拡張PCIカードの産業用コントローラーによるデータ取り込みや、コンピューターの多点I/O (Input/Output) を可能にしている。既設のフィールド機器や、制御システム、上位システムなどと接続し、収集したデータの解析結果を制御システムへリアルタイムにフィードバックするエッジコンピューティングにも適している。

nv-packシリーズは、コントローラー機能とコンピューター機能を統合し、それぞれの機能が連携することで、既設システムの資産を継承しつつ、現場へのIoTアプリケーションの即時導入の橋渡しとなる。

6. Vmシリーズ

当社は、nvシリーズの既設システムを次世代制御システムに移行するための後継機種として、Vmシリーズを開発した(図6)。Vmシリーズは、nv-packシリーズで培った技術やコンセプトを包含した機種である。

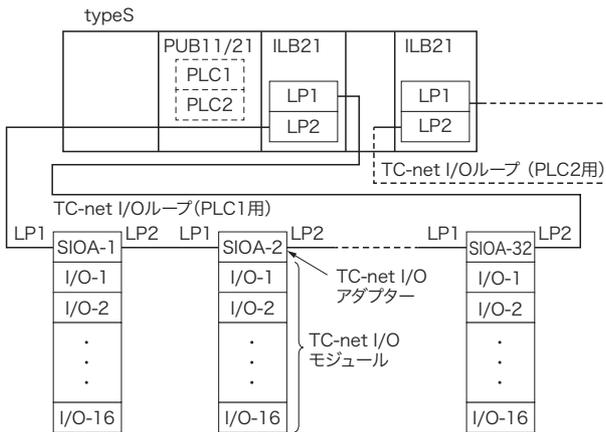
Vmシリーズ typeS (以下、typeSと略記) は、PLCタイプの高速シーケンス制御用コントローラーであるnvシリーズ type1 (以下、type1と略記) の後継機種であり、type1と同様のモジュールタイプと外観で、既設制御盤からのスムーズな更新に配慮している。

typeSは、IEC 61131-3のシーケンス命令語の実行時間をtype1より高速化している。専用のハードウェアを採用していたtype1とは異なり、汎用のアーキテクチャーを採用し



図6. typeS

PLCタイプの高速度シーケンス制御用コントローラ type1の後継機種である。Unified Controller Vm series typeS



LP1, LP2:ループ名
SIOA:Serial Input Output Adaptor

図7. typeSを用いたマルチPLCシステム

二つのPLC (コントローラ機能)をそれぞれCPUコアに割り当てられるので、マルチPLCシステムを1台で構成できる。

Configuration of multiple PLC system using typeS

typeSは、当社独自のコンパイル技術を開発することで、制御性能の向上を実現した。

typeSは、機能ごとにCPUコアを割り当てられる。前述したコントローラ機能やコンピューター機能はもちろんのこと、コントローラ機能をマルチPLCとして、CPUコアを割り当てて使用できる(図7)。

マルチPLCシステムでは、CPUモジュールのPUB11/21内に、論理的にPLCを2台(図7のPLC1及びPLC2)内蔵し、I/OインターフェースモジュールのILB21で接続されるTC-net I/Oループを、それぞれが占有する。また、マルチベースユニットを用いることで、最大二つのCPUモジュールが実装できるため、最大四つのPLCシステムを1ユニットで賄えるシステムスケーラビリティを備えている。したがってtypeSは、従来のtype1コントローラ機能を継承・強化するとともに、CPSプラットフォームとしての活用が期待される。

7. あとがき

CPSに対応するための要素技術や、Vmシリーズが次世

代制御システムのためのCPSプラットフォームとして活用できることを述べた。

制御システムに対するセキュリティーリスクは、従来にも増して高まることが想定される。制御機器用の認証プログラムであるISASecure EDSA (Embedded Device Security Assurance) 及びIEC 62443の認証や、PLCへのホワイトリスト機能実装などの動向を注視していく必要がある。

Vmシリーズにおける今後の計画としては、コントローラの二重化対応や、DCS (Distributed Control System) タイプの計装制御用コントローラであるVmシリーズ typeLのラインアップ対応、既設制御ネットワーク接続対応、I/Oのマイグレーション対応、OPC UA (Unified Architecture)仕様であるIEC 62541対応、制御システムセキュリティー対応などを推進していく。

文献

- (1) 岡部基彦, ほか. 設備機器のIoT化に柔軟かつセキュアに対応可能な産業用システム機器. 東芝レビュー. 2017, 72, 5, p.42-45. <https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/05/72_05pdf/b04.pdf>, (参照 2019-07-15).
- (2) Watanabe, Y.; Takayanagi, Y. "Industrial controller for IoT data analytics in control field site". SICE Annual Conference 2019, Hiroshima, 2019-09, SICE. 2019, ThB09.6.
- (3) 山田裕太, ほか. システム連携を強化した情報・制御LAN : nv-pack シリーズ情報・制御LAN TC-net VM. 計測技術. 2019, 47, 2(増刊), p.5-8.

- ・Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における登録商標又は商標。
- ・Windowsは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標又は商標。
- ・Ethernet及びイーサネットは、富士ゼロックス(株)の登録商標。
- ・ISASecureは、ISA Security Compliance Instituteの商標。



立野 元気 TATENO Genki
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 パワーエレクトロニクス・計測制御機器部
計測自動制御学会会員
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



弘田 達夫 HIROTA Tatsuo
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 パワーエレクトロニクス・計測制御機器部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



岡部 基彦 OKABE Motohiko
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 パワーエレクトロニクス・計測制御機器部
計測自動制御学会会員
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.