

## エッジリッチなCPSを実現する制御システム向けIoT対応コントローラー

Industrial IoT Controller for Realization of Edge-Rich CPS

本島 大地 MOTOJIMA Daichi 宮本 理恵 MIYAMOTO Rie 百武 博幸 MOMOTAKE Hiroyuki

製造業では、フィジカル空間のフィールド機器から出力される多様で膨大なデータを収集し、サイバー空間で分析して新たな価値を創出するCPS（サイバーフィジカルシステム）の構築に関心が集まっている。それに伴って、プラント設備や工場の製造ラインなどの基幹である制御システムには、通信トラフィックの増大によるクラウドシステム負荷の軽減や、現場（エッジ）で求められるリアルタイムなデータ処理に対応する自律分散型データ処理が可能なエッジコンピューティングの役割が求められている。

東芝インフラシステムズ（株）は、次世代制御システム用に通信トラフィックの更なる削減とリアルタイム性能の向上を図った産業用コントローラーの後継機種として、“ユニファイドコントローラVmシリーズtypeS”（以下、typeSと略記）をリリースした。typeSは、大容量データに対応できるハードウェアリソースを持つIoT（Internet of Things）対応コントローラーとして、エッジリッチなCPSを実現できる。

Manufacturing industries have been paying increasing attention in recent years to the construction of cyber-physical systems (CPS), which make it possible to create new value in cyberspace through the analysis of big data collected from field devices in physical space. Accordingly, there is a need for control systems that serve as mission-critical systems in plant facilities and manufacturing lines to assume the new role of edge computing, allowing autonomous distributed data processing in order to not only reduce the burden on cloud systems resulting from the increase in communication traffic but also to meet the requirements for real-time data processing at edge sites.

Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has developed and released the Unified Controller Vm series typeS as a successor model in its lineup of industrial controllers for next-generation control systems. The Vm series typeS contributes to the realization of edge-rich CPS as an Internet of Things (IoT) controller equipped with hardware resources to accommodate large volumes of data, leading to reduced communication traffic and improved data processing performance.

### 1. まえがき

制御システムでは、センサーや、スイッチ、バルブなどのフィールド機器からのデータを産業用コントローラーで収集し、サーバーなどの上位システムでデータの蓄積・分析を行い、その分析結果を基にフィールド機器を制御する。フィールド機器からの膨大なデータを活用して新たな価値を創出するCPSの構築に関心が集まっているが、その実現には、フィールド機器から上位システムまでのデータ転送における通信トラフィック増大への対応や、制御系と収集・分析系のレイテンシーによって生じる、リアルタイム性能劣化への対策などの課題がある。

東芝インフラシステムズ（株）は、CPSを実現する手法として、エッジに分散配置された処理端末でデータの収集・蓄積・分析を行うエッジコンピューティングを提唱してきた。制御システムにこれを取り入れることで、フィールド機器から上位システムまでのデータ転送に必要な通信トラフィックの

最適化と安定化、及び現場に近い機器でデータ処理することによる制御系と収集・分析系のレイテンシーの短縮で、分析結果のリアルタイムなフィードバックが可能となる。

当社は、処理性能を向上させた産業用コンピューター（IPC）と産業用コントローラーによる高速データ収集によってエッジコンピューティングを実現してきた。この度、更なる通信トラフィックの削減とリアルタイム性能向上のため、コンピューター機能とコントローラー機能が一体化したIoT対応コントローラーとして、ユニファイドコントローラVmシリーズtypeSをリリースした<sup>(1), (2)</sup>（図1）。

ここでは、typeSの製品仕様、IoT対応コントローラーとしての特長、及びこれを適用したエッジコンピューティングの事例について述べる。

### 2. 製品仕様

typeSの製品外観を図2に示す。typeSは、高速シーケンス制御用コントローラーである“ユニファイドコントローラnv

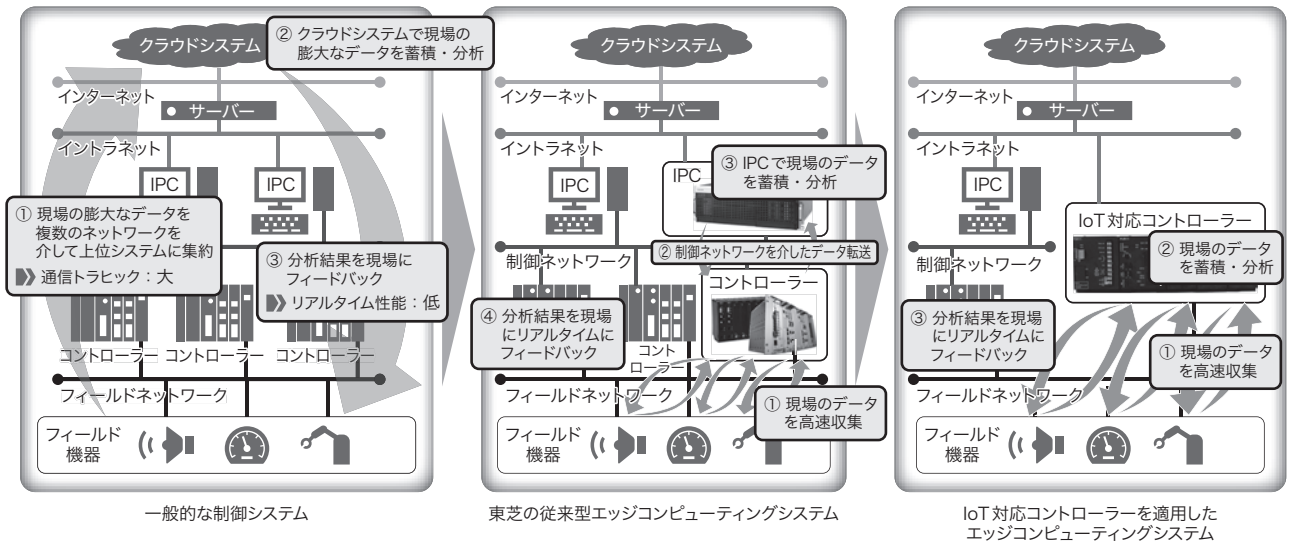


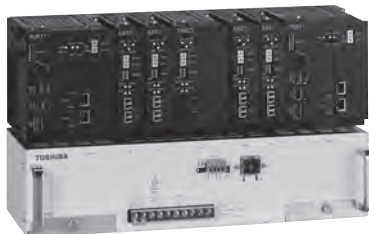
図1. CPS実現に向けた制御システムの変遷

制御システムにエッジコンピューティングを適用することで、通信トラフィックの削減とリアルタイム性能の向上を実現する。

Trends in configuration of control systems toward realization of CPS



(a) シングルベースシステム構成 (最大2PLC)



(b) マルチベースシステム構成 (最大4PLC)

図2. ユニファイドコントローラVmシリーズ typeS

1システム構成当たり最大4台まで搭載できるPLCは、それぞれ最大32,768点のデジタルI/Oに対応するので、大規模システムの制御が可能である。

Unified Controller Vm series typeS

シリーズtype1” (以下、type1と略記)の後継機種である。typeSは、type1と同様、機能モジュールの組み合わせによって制御システムを提供する。1システム構成当たり最大4台までのPLC (Programmable Logic Controller) をサポートし、各PLCは最大32,768点のデジタルI/O (Input/Output) に対応するので、大規模な制御システムを構築できる。また、当社産業用コントローラーのコア技術である、

エンジニアリングツールnV-Toolや、リアルタイム制御ネットワークTC-net、高速シリアルI/OシステムであるTC-net I/Oをサポートしている<sup>(1)</sup>ので、ユーザーの制御プログラム資産や既設フィールドネットワークをそのまま流用できる。

typeSの製品仕様を表1に示す。typeSは、コントローラー機能として、定周期タスク0.5 msという高速な制御性能を実現した。また、当社独自のコンパイル方式を採用することで、命令語の実行速度がtype1の約3倍に向上した。

また、typeSは、クアッドコアプロセッサであるIntel Atom x5 E3940 (動作周波数1.60 GHz) やDDR3L (Double Data Rate 3 Low Voltage) SDRAM (Synchronous DRAM) の採用によって、type1にはない高性能なコンピューター機能を追加した。

これらの機能継承、性能改善、及び新たな機能追加によって、既設システムの代替更新が容易で、かつ新規市場の開拓が可能な製品仕様を実現した。

### 3. IoT対応コントローラーとしての特長

当社は、エッジに高機能かつ高性能な制御コンポーネントを配置するエッジリッチなCPSを構想している。エッジリッチなCPSを構成するIoT対応コントローラーには、リアルタイムなデータの収集・制御に加え、データ分析・故障診断などの演算処理や、収集した大容量データのセキュアで効率的な運用など、高い汎用性や安全性が必要である (図3)。

typeSは、IoT対応コントローラーとしてエッジリッチなCPSを実現するために、type1からアーキテクチャーを一

新した。typeI のアーキテクチャーは、制御のリアルタイム性を確保するために、専用マイコンとμITRON (Micro Industrial The Real-time Operating system Nucleus) な

表1. typeSの製品仕様

Specifications of Vm series typeS

項目		コントローラー仕様
制御方式		ストアードプログラム サイクリックスキャン方式
プログラム容量		256 kステップ
ローカル/グローバル変数		256 kワード
I/O変数		16 kワード
タスク種別	定周期タスク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超高速(超高速) : 0.5 ~ 500 ms</li> <li>・高速(高速) : 0.5 ~ 500 ms</li> <li>・中速(中速) : 0.5 ~ 1,000 ms</li> </ul>
	イベント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EV(イベント) : 8本</li> <li>・IP(I/O割り込み) : 16本</li> </ul>
プログラム言語		IEC 61131-3準拠 4言語(LD, FBD, SFC, ST)
演算性能		接点命令: 6.25 ns
I/Oスロット(/システム)		最大32ノード, 512スロット
I/O点数	DI/DO点数	32,768点/32,768点
	AI/AO点数	8,192点/4,096点
項目		コンピューター仕様
OS		Linux若しくはWindows 10 IoT Enterprise (32ビット)
プロセッサ		Intel Atom x5 E3940 (1.60 GHz)
メインメモリー		DDR3L SDRAM 8 Gバイト (ECCあり)
補助記憶装置		eMMC 8 Gバイト/SSD 128 Gバイト
標準インターフェース	LAN	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T: 2ポート
	USB	USB 3.0 (typeA) : 2ポート USB 2.0 (typeA) : 2ポート
	グラフィック	DisplayPort : 1チャンネル

USB : Universal Serial Bus  
 DI : デジタル入力  
 DO : デジタル出力  
 AI : アナログ入力  
 AO : アナログ出力  
 LD : Ladder Diagram  
 FBD : Function Block Diagram  
 SFC : Sequential Function Chart  
 ST : Structured Text  
 ECC : Error Check and Correct  
 eMMC : embedded Multi Media Card  
 SSD : ソリッドステートドライブ  
 IEC 61131-3 : 国際電気標準会議規格 61131-3

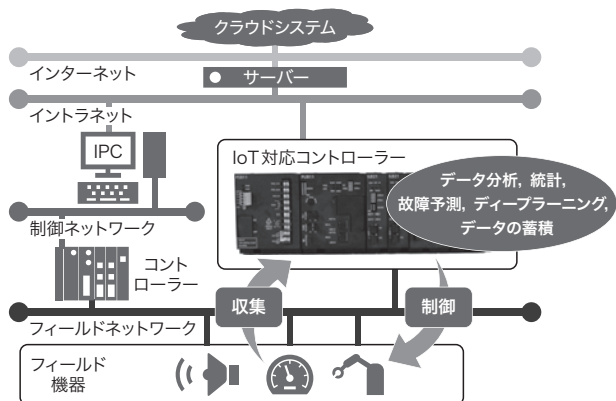


図3. IoT対応コントローラーを適用した制御システムの構成

データの制御・演算・収集・蓄積が可能であり、エッジリッチなCPSを実現する。

Configuration of control system applying IoT controller for edge-rich CPS

どのリアルタイムOS (基本ソフトウェア)、並びにASIC (特定用途向けIC) を用いた専用プラットフォームとしていた。

これに対してtypeSは、汎用マルチコアプロセッサを基幹とし、大容量メモリー及び大容量ストレージを搭載した汎用アーキテクチャーを採用した。これにより、typeIに比較してCPUの演算性能が大幅に向上し、大容量データの高速処理や蓄積が可能となった。コントローラー機能はソフトウェアPLCで、コンピューター機能はKVM (Kernel-based Virtual Machine) 上のWindows又はLinuxコンテナで、それぞれ実装した。独立したプロセッサコアへの割り付けで、コントローラー機能とコンピューター機能の独立性を確保した。これにより、産業用コントローラーに求められるリアルタイムな制御と、産業用コンピューター相当の演算処理の共存を実現した。

また、コントローラー機能とコンピューター機能の間に共有化されたメモリー領域を確保し、シームレスで高速なデータ交換を可能とした。これにより、制御系と収集・分析系のレイテンシー短縮だけでなく、分析系からのフィードバックをダイレクト活用した制御が可能となる。また、外部からの不正アクセスによる情報漏えいや不正制御などのセキュリティ面のリスクも低減できる<sup>(3)</sup>(図4)。

typeSは、従来機種からアーキテクチャーを一新したことで、フィールド機器から収集した大容量のデータを高速かつセキュアに処理・蓄積できるIoT対応コントローラーとなり、エッジリッチなCPSの実現に貢献する。

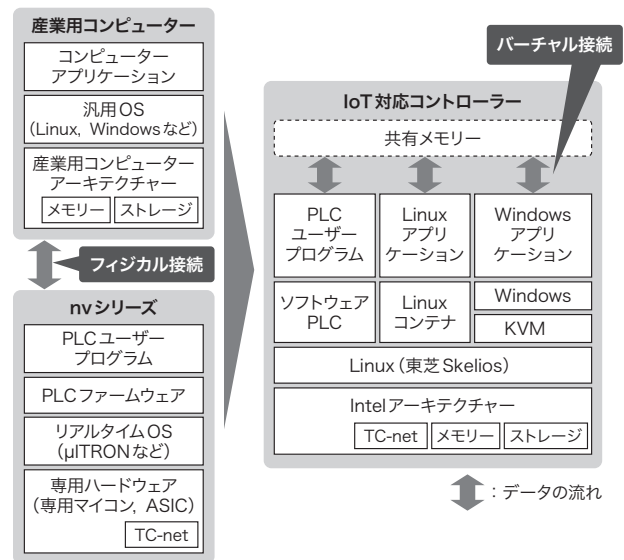


図4. IoT対応コントローラーとして一新したアーキテクチャー

Intelアーキテクチャーを採用し、コントローラー機能やコンピューター機能をソフトウェアとして実装した。

Newly developed IoT controller architecture

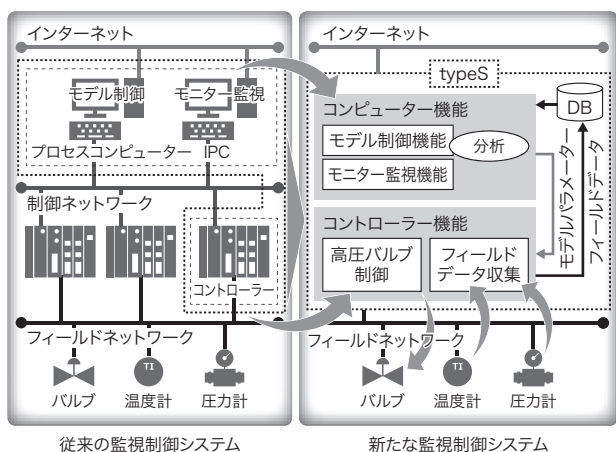
#### 4. エッジコンピューティングへの適用事例

図5に示した鉄鋼プラントにおける熱間圧延設備用監視制御システムを例に挙げ、typeSでエッジコンピューティングを行うメリットについて述べる<sup>(4)</sup>。

熱間圧延設備は、金属材料を熱しながら圧延し、厚さ数mmの金属シートを製造する。また、高圧水の噴射で金属材料の冷却とスケール除去を行うが、高圧水を噴射する強さ・タイミングの最適制御により省エネ効果が見込める。

従来の監視制御システムは、モデル制御機能によって高圧水噴射の省エネパターンを算出するプロセスコンピューター、演算結果を基に高圧バルブを制御する産業用コントローラー、及びモニター監視用IPCによって構成されていた。これらは、制御システム上に分散配置されており、相互のデータ通信は汎用ネットワークを介していた。この構成では、汎用ネットワークに接続するための伝送基板が必要で、汎用ネットワークの伝送遅延で高圧バルブ制御のリアルタイム性が劣化するのが問題であった。

typeSを監視制御システムに適用すれば、モデル制御機能、高圧バルブ制御機能、及びモニター監視機能が1パッケージに統合される。typeSは、コンピューター機能で算出したモデルパラメーターをシームレスにコントローラー機能にフィードバックし、高圧バルブ制御のリアルタイム性を確保できる。これにより、圧水噴射精度が向上し、高い省エネ効果が得られる。また、制御コンポーネントの削減で、メンテナンスの容易化や省スペース化ができる。



DB：データベース

図5. typeSを適用した熱間圧延設備用監視制御システムの構成

typeSに必要な機能を統合することで、高圧バルブ制御のリアルタイム性を確保し、高い省エネ効果を実現する。

Configuration of supervisory control system for hot strip mill equipment using Vm series typeS

#### 5. あとがき

typeSは、制御と情報処理のリアルタイムな並列実行が可能であり、大容量なハードウェアリソースによって、エッジでの大容量データの収集・蓄積・分析が可能なIoT対応コントローラーである。

今後は、TC-net 1Gなどの既設制御ネットワーク接続やI/Oマイグレーションなど、typeSの製品ラインアップを増やしていく。また、変革を続ける社会の需要を見極め、高性能かつ高品質な制御システムコンポーネントの提供で、エッジリッチなCPSを実現し、持続可能な社会に貢献していく。

#### 文献

- (1) 立野元気, ほか. CPSに対応する次世代制御システム. 東芝レビュー. 2019, **74**, 6, p.43-46. <[https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2019/06/74\\_06pdf/b04.pdf](https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2019/06/74_06pdf/b04.pdf)>. (参照 2020-09-07).
- (2) Tangtrustham, P. et al. "Industrial Control Product(s) with Virtualizing Technology Appropriate for CPS Platform (I)". 2020 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), Chiang Mai, Thailand, 2020-09, SICE. 2020, p.13-18.
- (3) 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](https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/05/72_05pdf/b04.pdf)>. (参照 2020-09-07).
- (4) 長尾英紀, 藤枝宏之. 鉄鋼・紙パルププラント向け統合制御ソリューション. 東芝レビュー. 2017, **72**, 5, p.54-57. <[https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/05/72\\_05pdf/b07.pdf](https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/05/72_05pdf/b07.pdf)>. (参照 2020-09-07).

- ・Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における商標又は登録商標。
- ・Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。
- ・Intel及びIntel Atomは、Intel Corporationの米国又はその他の国における商標。



本島 大地 MOTOJIMA Daichi  
東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



宮本 理恵 MIYAMOTO Rie  
東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



百武 博幸 MOMOTAKE Hiroyuki  
東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所 計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.