

計測・制御システムのOTとITの融合を推進する 制御システム機器

Control System Devices Driving Fusion of Measurement and Control System Operational Technology and Information Technology

佐藤 光永 SATO Mitsue 本島 大地 MOTOJIMA Daichi 胡 天翔 HU Tianxiang 稲荷 将 INARI Masaru

製造業では、可視化や制御機能の向上に対する需要が高まってきており、DX（デジタルトランスフォーメーション）化において、OT（制御・運用技術）とIT（情報技術）の融合が急速に進んでいる。

東芝グループは、これまでもソフトウェアデファインド化により、現場でのOTとITの融合を推進してきたが、今回、新たにOTとITとの融合をクラウドから促進する計装コンポーネント仮想化プラットフォームを開発した。また、現場の制御システム機器のソフトウェアデファインド化を加速する製品として、DCS（Distributed Control System）型の産業用コントローラーやDX化に対応したHMI（Human Machine Interface）を新たに加えるとともに、制御システムを現場から支える高性能で大容量なスリム型産業用コンピューターも開発し、製造機能の更なる向上に貢献している。

Demand continues to grow in the manufacturing industry for better visualization and control functionality, and fusion of control and operational technology (OT) and information technology (IT) is accelerating rapidly in the area of digital transformation (DX).

In the past, the Toshiba Group has engaged in software defined efforts to promote the fusion of OT and IT at manufacturing sites, however, we have developed a virtual instrumentation component platform for cloud driven fusion in these two areas. We are also contributing to further improvements in manufacturing functionality by offering distributed control system (DCS) industrial controllers and DX-compatible human machine interfaces (HMI) as products to accelerate software defined solutions for manufacturing control system devices, and have developed high-performance, high-capacity, slim industrial computers for supporting control systems at manufacturing sites.

1. まえがき

DX化におけるデジタル化の過程では、制御システム機器で収集したデータをMES（Manufacturing Execution System）などの上位層のアプリケーションに集積し、可視化や制御機能の向上を行う需要が高まっており、OTとITの融合が急速に進んでいる。OTとITの融合により、製造オペレーションの効率化が一層進み、より柔軟で生産性の高いシステムを実現できる。東芝グループは、現場でのDXを進め、OTとITの融合を現場から促進するために、ソフトウェアデファインド化された制御システム機器を製品化してきた⁽¹⁾。一方、近年クラウドコンピューティングプラットフォームの活用が進み、製造業向けのソリューションも数多く用意されている。東芝グループも、製造業向けのクラウドサービスとして、産業用コントローラーの開発環境“nV-Toolsクラウド”や、顧客の開発資産をWebで共有するサービス“顧客システム毎管理”を提供中である⁽¹⁾。

東芝グループは、こういったOTとITの融合という社会的要求の高まりとクラウド化の流れを受け、OTとITの融合を推進するサービスとしてクラウドを活用した計装コンポーネント仮想化プラットフォームの制御コア“typeN1”を開発

した。また、現場のソフトウェアデファインド化の流れとしては、DCS版の産業用コントローラー“ユニファイドコントローラ Vmシリーズ typeL”（以下、typeLと略記）及び次世代HMIを開発した。

OTの要である現場を支えるコンポーネントとしては、高性能かつ大容量なスリム型産業用コンピューター“FA2100TX model 700”（以下、FA2100TXと略記）を開発した。

ここでは、OTとITの融合を促進する、これらの制御システム向けの機器やサービスについて述べる。

2. 計装コンポーネント仮想化プラットフォームの 制御コア typeN1

2.1 OTとITをつなぐシステム構成

typeN1は、制御プログラムを連続的に実行する機能をソフトウェアデファインド化した制御コアを、クラウドサービスとして提供するものである。クラウドコンピューティングプラットフォームであるAWS（Amazon Web Services）上で動作させ、サブスクリプションサービスとして提供する。typeN1により、クラウドから現場のI/O（Input/Output）機器を制御し、かつ制御データをクラウド上のITサービスで簡単に活用できるようになる。正に、typeN1はOTとITの懸け橋

となるサービスといえる。

typeN1の構成を図1に示す。typeN1はAWS上の制御コアと、現場でI/O機器を接続するための端末装置であるエッジエージェント装置、制御コアの動作を監視するための制御コアマネージドサービスの三つで構成される。制御コアマネージドサービスは、マイクロソフト社が提供するAVD (Azure Virtual Desktop) 上のサービスとして提供される。制御コアと制御コアマネージドサービスは、パブリッククラウド上で構築され、typeN1の三つの構成要素間はインターネットで接続される。

AWS上の制御コアは、エッジエージェント装置を通して、ユニファイドコントローラ共通の高速シリアルI/OシステムTC-net I/Oに現場のI/O機器を接続し、制御する。エッジエージェント装置は、高い信頼性や長期保守を保証し、コンパクトかつ耐環境性の高いハードウェアとするため、標準製品の小型組み込み産業用コンピューター“CP30 model 300”(以下、CP30と略記)をベースとして開発した。高い耐環境性を実現するために、ファンレスかつ補助記憶装置にSSD (ソリッドステートドライブ)を採用し、機械駆動部分を排除したスピンドルレス機構とした。更に、オプション機能のOS (基本ソフトウェア)シャットダウン用バッテリーにより、電源遮断時に自動的にバックアップ電源駆動に切り替えて、予期せぬ停電などがあっても安全に停止できる。

制御コアマネージドサービスは、制御コアの動作状態

を顧客がAVD上で確認するための機能、及び異常時のメール通知機能を持つ。これにより、顧客はリモートからtypeN1の動作状態を監視できる。

2.2 要素技術

typeN1は、以下のような要素技術を備えている。

(1) 通信 制御コアとエッジエージェント装置、制御コアと制御コアマネージドサービスの間の通信は、独自の通信プロトコルを汎用的なセキュア通信プロトコルであるHTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) でカプセルングすることにより行う。HTTPSを使用することで多様なネットワーク構成に対応でき、かつプロキシサーバーなどのゲートウェイに特別な設定をすることなく通信が可能になる。また、制御コアとエッジエージェント装置の間の通信は、通信の安定性向上のため、複数ソケットの使用で連続送信し、先着のパケットを採用する方式を取っている。この方式により、インターネット通信で見られる突発的な通信遅延を抑制する。

(2) リアルタイムOS 制御コア及びエッジエージェント装置のOSは、CIP (Civil Infrastructure Platform)により長期サポートが可能なLinuxであるSkeliosを使用している。Skeliosは、RT (Real Time)パッチの適用によりリアルタイム性に優れており、制御や通信の処理の遅延を抑制できる。

2.3 セキュリティー対策

制御コアとエッジエージェント装置、制御コアと制御コアマネージドサービスの間の通信は、サーバーとクライアントの間で相互認証を行うことにより、セキュリティーを強化している。また、通信以外のセキュリティー対策として、制御コア、エッジエージェント装置ともに、ホワイトリスト方式によるマルウェア対策を施している。これは、あらかじめ安全な対象として登録されたプログラム以外の実行を許可しないことで、セキュリティーを強化する手法である。

3. 次世代DCS

3.1 ソフトウェアデファインドDCS typeL

DCSは、複数の制御機器や制御LANを用いた冗長構成や、HMIによる制御機器の動作監視によって、安定かつ安全な操業を目的とした制御システムである。主に、石油化学プラントや発電設備など、システムダウンの許されない重要設備に適用される。IoT (Internet of Things) 技術や情報処理技術の革新に基づくDX化の流れを受け、DCSでも、現場の異常予兆検知や、モデル化によるPID (比例、積分、微分)制御時間の無駄改善などの新しいニーズが生まれている。

DCSをDX化する上での課題として、エッジデバイスの機

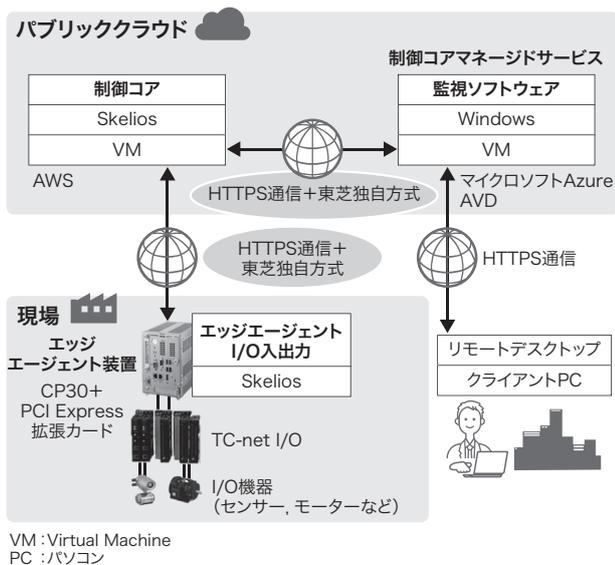


図1. typeN1の構成

制御コア、エッジエージェント装置、制御コアマネージドサービスの三つで構成され、開発・運用の効率化や制御データの利活用によるDXの推進などが図れる。

typeN1 configuration

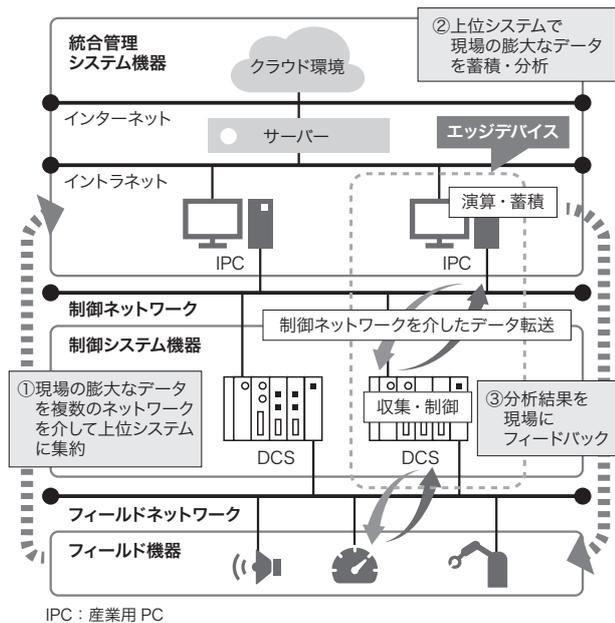


図2. DCSの構成とDX化の課題

従来のDCSにエッジコンピューティングを適用する場合、多種多様なユーザー要求に対応できる拡張性が求められ、対応が困難であった。

DCS configuration and issues in DX

能・性能面の強化がある(図2)。

DCSには、最下層にセンサーやアクチュエーターといったフィールド機器が、中間層にセンサーからの計測データを演算処理してアクチュエーターを制御する制御システム機器があり、更に上位層には中間層・下位層を統合して生産計画や工場リソースを管理する統合管理システム機器がある。従来の管理・制御は、計算性能が高い上位システム層に最下層のデータを吸い上げて、分析処理やデータ管理を行っていた。このため、データ量増加に伴う通信負荷や制御遅延などの問題があった。解決策として、上位の統合管理システム機器で行っていた分析処理の一部をエッジで肩代わりするエッジコンピューティングがある。エッジでデータの演算・蓄積を行うことで、上位システムへのデータ転送を削減し、データ量増加に伴う問題を解消する。しかし、従来のDCSにエッジコンピューティングを適用する場合、エッジデバイスには、制御と情報処理のシームレス化や、リアルタイムなデータ管理、制御・情報ネットワークへの接続といった多種多様なユーザー要求に対応できる拡張性が求められ、機能・性能面から対応が困難であった。

この課題を解決するため、東芝グループは、typeLを開発した(図3)。

typeLは、Skeliosに加え、LinuxコンテナやKVM (Kernel-based Virtual Machine)といった仮想化技術によって、

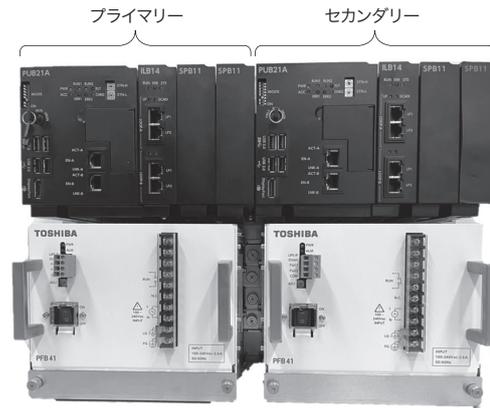


図3. typeLの外観

typeLは、コントローラー機能とコンピューター機能の両立を実現し、2重化構成による冗長化も可能である。

TypeL exterior

コントローラー機能とコンピューター機能の両立を実現した。これにより、コントローラー機能がフィールド機器からリアルタイムに吸い上げたデータを、コンピューター機能が蓄積と高度な分析処理を行い、その処理結果をもってコントローラー機能が制御するという一連の流れが、1台のtypeLで完結する。また、コンピューター機能は、通常のWindows OS上で動作する開発環境やアプリケーションを使用でき、システムインテグレーター (Sier) やユーザーも、コントローラー機能とリアルタイム連動する計装アプリケーションとして、付加価値を提供できる。typeLの運用例には、以下のようなものがある。

- (a) 画像・音響解析による異常予兆 色味や、形状、異音などのアナログデータを収集・解析することで、リアルタイムな異常予兆検知を実現する。
- (b) ソフトセンサーによるリアルタイム推定 頻繁な測定が困難なプロセス変数に対して、ソフトセンサーで測定値を補完することで、高精度な制御を実現する。

3.2 Webベースの次世代HMI

DCSでは、作業員がHMIを活用して監視・制御操作を行う。効率的、かつ安心安全な操業のためには、高機能でユーザビリティの高いHMIが求められる。東芝グループは、従来、DCSの一つであるCIEMAC-DS用HMIによって、プロセス制御システム動作の全体を俯瞰(ふかん)したレベルから、機器一つ一つの細部に至るレベルまでの監視・制御が可能なプラットフォームを提供してきた。DCSのDX化を推進する中で、HMIにはクラウドコンピューティングや、AI、エッジコンピューティングを適用したユーザーアプリケーションへの対応、リモートでの監視や制御などの市場

要求が高まっている。DX化に対応する上でのHMIの課題について、以下に示す。

- (1) デジタル化に対応する拡張性 新しいDCSで使用されるtypeLは、産業用コンピューター相当のメモリー・ストレージと汎用OSによって、エッジコンピューティングやAI技術によるデータの蓄積と演算が可能になった。それに伴い、HMIには、リモートでのリアルタイムな監視や制御、クラウドコンピューティングによるデータ処理など、幅広い範囲のユーザーアプリケーションに対応できる拡張性が求められる。
- (2) 従来モデルからの機能継承 従来のHMI製品であるCIEMAC-DS用HMIは、プロセス制御システムの全体俯瞰から細部に至るまでの監視・制御を行うため、リアルタイムに変化する様子が一目で分かるグラフィック画面や、プラントに対応したグラフィック画面が作れるエディター機能など、多数の有用な機能があつた。これらはCIEMAC-DS用HMIの大きな強みであり、機能継承が必須である。

これらの課題を解決するため、東芝グループは、DXに対応する次世代HMIを開発した(図4)。

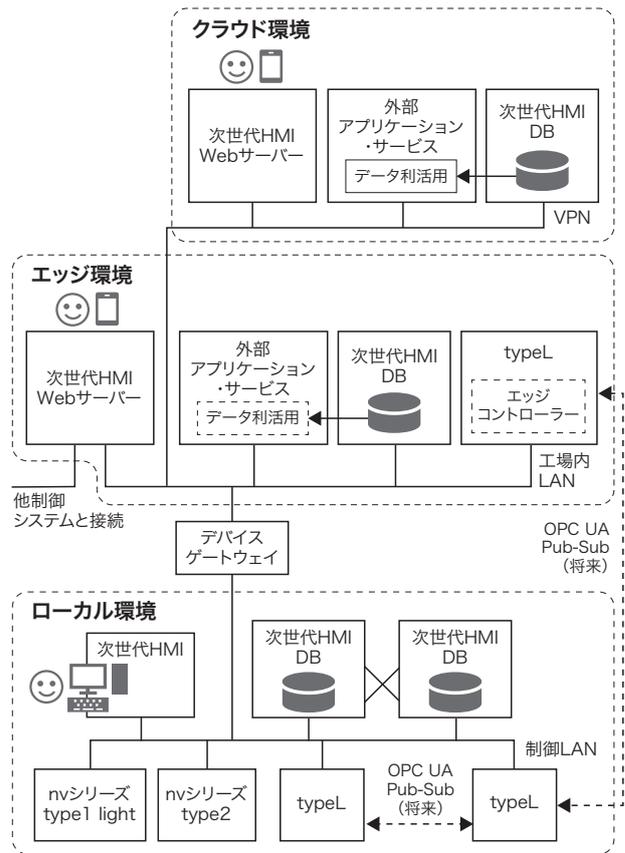
次世代HMIの特長を以下に示す。

- (1) Webアプリケーション化による拡張性の向上

次世代HMIは、独自のWebアプリケーションフレームワーク“Winter Cardinal[®]”を採用した。これにより、現在の製品仕様であるローカル環境だけでなく、今後の拡張開発によって、将来的にはエッジ環境やクラウド環境に分散配置できるようになり、幅広いユーザーアプリケーションへの対応が可能になる。例えば、クラウド環境で次世代HMIシステムを構築し、クラウド環境へのアクセス権を持つ保守員が24時間365日の体制でリモート監視することで、操業異常時に即時対応するサービス・ソリューションへの展開が可能になる。

- (2) DBの最適化 次世代HMIのDB(データベース)には、オープンソースであるPostgreSQLを採用した。PostgreSQLはデータの作成・編集といったデータ管理機能や、サブクエリ、バックアップなどの障害回復機能がある。次世代HMIは、基本的なDB管理に加え、DB間でのトランザクションログ転送による冗長化も実現する。また、今後の拡張開発によって、エッジ環境やクラウド環境もサポートすることで、次世代HMIの動作環境ごとに管理するデータを選択し、最適なDB運用も行える。これにより、複数拠点間で操業ノウハウを共有し、スマートなプロセス操業が実現できる(図5)。

- (3) CIEMAC-DS用HMI資産の継承 次世代HMI



VPN:Virtual Private Network
 OPC UA:Open Platform Communications Unified Architecture
 Pub-Sub:Publish-Subscribe model(出版-購読モデル)

図4. 次世代HMIの概要

幅広い拡張性と従来製品の機能継承により、外部のアプリケーション・サービスにも柔軟に対応する。

Overview of next generation HMI

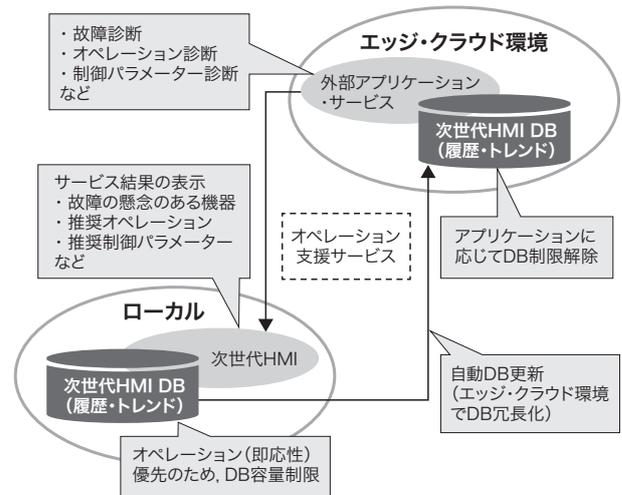


図5. 次世代HMIのDB管理

将来的には、エッジ環境やクラウド環境をサポートすることで、最適なDB運用を行う。

Next generation HMI database management

は、CIEMAC-DS用HMIの監視・制御機能やエンジニアリング環境を継承しながら、UX（ユーザーエクスペリエンス）デザインや最新のプラットフォームを採用することで、見やすさ、使いやすさを向上させた。

4. スリム型産業用コンピューター

産業用コンピューターは、これまで、社会インフラシステムにおける監視・制御システムや、産業オートメーションシステムのコンポーネント、半導体製造装置・各種検査装置の組み込み用途などとして採用されてきた。これらの分野では、各種ノイズや、温度、振動などの過酷な環境下で長期間にわたる24時間365日の連続稼働が必要であり、高い信頼性が求められる。今回、スリム型産業用コンピューターFA2100シリーズの最新モデル FA2100TXを開発した。これまでの産業用途に加え、近年導入が進んでいるDX用途でもより使いやすくなるために、処理性能の向上、LANポートの増加、ストレージの大容量化などに対応した。表1に主な仕様、図6に外観を示す。

CPUにはXeon® W-1270TEを、メモリーにはDDR4 (Double Data Rate 4)-2933を採用し、現行機と比較して、コア数を4コアから8コアに倍増、APP (Adjusted Peak Performance：加重最高性能)値は約2.2倍、メモ

表1. FA2100TXの主な仕様

FA2100TX main specifications

項目	仕様
CPU	Intel® Xeon® W-1270TE 2.0 GHz
チップセット	Intel® Chipset W480E
メインメモリー	DDR4 SDRAM(DDR4-2933/PC4-23400) 最小8 Gバイト/最大32 Gバイト ECC付き
ストレージ	最大2台 シングルディスク構成 SSD：128 Gバイト/512 Gバイト HDD：4 Tバイト ミラーリングディスク構成 SSD：160 Gバイト/400 Gバイト HDD：500 Gバイト/4 Tバイト
拡張スロット	PCI Express (x16)：1ポート PCI Express (x4)：1ポート PCI (5 V, 32ビット)：1ポート
インターフェース	COM：RS-232C (D-Sub 9pin)：2ポート LAN：1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T：4ポート USB：USB 5Gビット/s：6ポート グラフィック：VGA：1ポート DisplayPort：1ポート Audio：LINE OUT：1ポート DI/DO：DI：4ポート、DO：4ポート、リモート入力：1ポート
寸法	100 (幅) x 310 (高さ) x 340 (奥行き) mm (突起部不含)
設置環境	温度
	振動
	動作時：5 ~ 40 °C / 保存時：-10 ~ 50 °C
	動作時： 4.9 m/s ² 以下 (SSD構成時) 2.0 m/s ² 以下 (HDD構成時) 梱包 (こんぼう) 時：19.6 m/s ² 以下

SDRAM：Synchronous DRAM
COM：シリアル通信ポート
USB：Universal Serial Bus
DI：デジタル入力
ECC：Error Check and Correct
D-Sub：D-Subminiature
VGA：Video Graphics Array
DO：デジタル出力

リー転送速度比は約1.3倍の性能向上を図った。また、最大メモリー容量も現行機種の16 Gバイトから32 Gバイトへ倍増させた。

ストレージユニットは、最大2台搭載可能で、SSD、HDD (ハードディスクドライブ) から選択する。HDDは、ユニット当たりの容量を現行機の2 T (テラ：10¹²) バイトから4 T バイトに増強した。シングルディスク構成と自製RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) カードによるミラーリングディスク構成があり、シングルディスク構成では、SSDとHDDのハイブリッド構成のラインアップもある。OSをSSDにインストールしてブートドライブとし、データは大容量のHDDに保存することで、高速起動と大容量化を両立した構成にも対応する。LANポートは、今後更に増加するセンサーやアクチュエーターなど機器の接続に対応するため、現行機種から1ポート増加し4ポートとした。

これらの特長により、FA2100TXは、増加するフィールド機器から生成される膨大なデータを高速処理でき、エッジコンピューティング端末として、OTを強力にサポートする。

また、産業用コンピューターとして培ってきた様々な特長は、以下に示すように、FA2100TXでも継承している。

- (1) レガシー対応 拡張スロットは、PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express) の×4、×16を各1スロット、PCIスロットを1スロット備えている。RS-232CやPCIなどレガシーなインターフェースも備え、ユーザーが所有する既存資産の有効利用にも貢献する。
- (2) 豊富なRAS機能 温度・電圧などの自身の状態

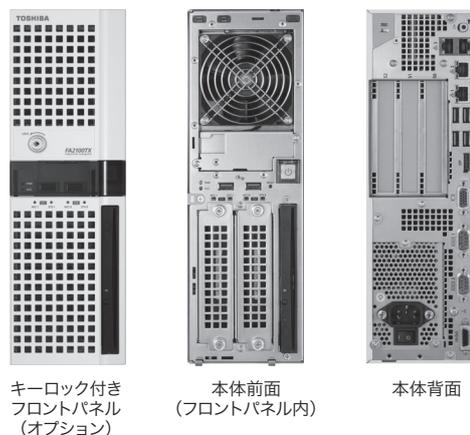


図6. FA2100TXの外観

外形寸法や各種インターフェースを従来モデルから継承し、既存システムでの入れ替えに対応しながら、処理速度やデータ容量の向上を図り、最新の要求にも応えている。

FA2100TX exterior

監視や、デジタル入出力を使用した状態通知、各種ログ情報などによる情報活用などを実現している。また、RAS (Reliability Availability Serviceability) サポートソフトウェアは、API (Application Programming Interface) を用意し、ユーザー独自の監視機構の構築に貢献している。

- (3) 互換性維持 現行機の外形寸法を維持することで、設置しているスペースをそのまま活用できる。
- (4) フロントメンテナンス 寿命品(ファン、ストレージ、バッテリー)は、前面から特別な工具を使用することなく短時間で交換でき、システムメンテナンスに掛かるダウンタイムの削減に貢献する。
- (5) 長期供給長期保守 販売開始から5年間は製品を供給し、販売終了後7年間は保守対応を行う。更に、ロングライフメンテナンスを使うとプラス3年、最大15年間(2038年まで)同一製品を使用でき、機器の再選定に関わる人や、時間、コストなどのリソース削減に貢献する。

FA2100TXは、CPU処理速度の増加や、メモリー転送速度及び容量の増加、ストレージ容量の増加、LANポートの増強などを図り、データ量増加による通信トラフィックの増加に対応するためのエッジコンピューティング端末としてOTを支え、これまでの産業用途に加え、更に活躍シーンを増やしていく。これまで培ってきた産業用途としての信頼性を生かして、工場などの過酷な現場でのDX実現に大きく貢献する。

5. あとがき

ここでは、OTとITの融合を促進する東芝グループの最新製品やサービスについて述べた。これらの高性能な製品は、現場を頑健に支えるとともに、ソフトウェアデファインド化により現場でのOTとITの融合を促進する。そして、クラウド環境での応用を通じて、将来の新たなOTとITの懸け橋になっていく。

東芝グループは、これからも製造業のDX化を推進する制御システム機器を提供していくことで、工場の生産性や品質、及び労働者の安全性の向上に貢献していく。

文献

- (1) 村上佳介, ほか. 制御システムのDX化をサポートするクラウドサービス. 東芝レビュー. 2022, 77, 1, p.14-18. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2022/01/a04.pdf>>, (参照 2023-07-21).

- ・ Microsoft, Azure, 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。
- ・ Amazon Web Services, AWSは、米国及びその他の国におけるAmazon.com, Inc.又はその関連会社の商標。
- ・ Intel, Xeonは、Intel Corporationの米国又はその他の国における商標。
- ・ PCI, PCI-Expressは、PCI-SIGの登録商標。



佐藤 光永 SATO Mitsue

東芝インフラシステムズ(株)
スマートマニュファクチャリング事業部 計装技術部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



本島 大地 MOTOJIMA Daichi

東芝インフラシステムズ(株)
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



胡 天翔 HU Tianxiang

東芝インフラシステムズ(株)
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



稲荷 将 INARI Masaru

東芝インフラシステムズ(株)
スマートマニュファクチャリング事業部 計測制御機器部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.