

プロセス制御のDXを推進する 次世代統合制御システム

Next-Generation Integrated Control System Promoting Process Control Digital Transformation

山田 裕太 YAMADA Yuta 岡部 基彦 OKABE Motohiko

プロセス制御システムでは、近年、プラントなどの現場から収集した膨大なデータの分析結果を、制御と高度に連携させて操業の効率化・最適化を図る、DX（デジタルトランスフォーメーション）の推進が求められている。

東芝インフラシステムズ(株)は、その実現に向けて、次世代DCS（Distributed Control System）用として、DCS型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）と、DXに対応したWebベースHMI（ヒューマンマシンインターフェース）のOI-VS10及びOI-VS20を開発し、リリースした。これらの製品で構成するプロセス制御向け統合制御システム CIEMAC VSを、反応缶のオンライン制御に適用した結果、センサー情報のセンシングから解析・制御までをtypeL1台で処理でき、省スペース化、メンテナンスコストの抑制、及びケーブル敷設工事不要の効果が得られた。また、クラウド環境の24時間365日体制でリモート監視の実現にめどが得られた。

Progress in digital transformation (DX) in recent years has led to advances in plant process control systems, facilitating efficient, optimal operations through close collaboration of control systems based on the results of analyzing large volumes of data collected on-site.

Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has launched the Unified Controller Vm series typeL industrial controller (hereafter abbreviated as typeL) acting as a distributed control system (DCS), and the OI-VS10/OI-VS20 web-based human-machine interface (HMI) equipment for DX. The results of demonstration tests applying the CIEMAC VS next-generation integrated control system for process control comprising those new products to the online process control of a reaction vessel confirm space saving and reduced maintenance costs, and eliminate the need for cable connections thanks to the all-in-one typeL capable of handling various tasks from collecting sensing data to analysis and control using collected information. The CIEMAC VS is expected to play a critical role in remote monitoring on the cloud 24 hours a day, 365 days a year.

1. まえがき

社会インフラや製造業で使用されている計測・制御システムでは、フィールド機器のデータを制御システム機器で収集し、情報・制御ネットワークで接続されたHMIや計算機などの上位システムで蓄積や監視・分析を行い、その結果を基にフィールド機器を制御している。近年、IoT（Internet of Things）技術や情報処理技術の革新に基づくDX推進の流れを受け、OT（制御・運用技術）とIT（情報技術）の機能を高度に連携させることで現場データの利活用を図る需要が高まっている。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リリースしてきた^{(1), (2)}。

石油化学や鉄鋼などのプラントの制御のため、PID（比例、積分、微分）などのプロセス制御を用いるDCS事業でも同様の要求がある⁽³⁾。東芝グループは、サイバー領域におけるAIやクラウドコンピューティングなどのデジタル技術の導入や融合によって、システムインテグレーター（SIer）などのユーザービジネスのDXの基盤となる、次世代統合制

御システム CIEMAC VSの提供を始めた。DCSでも、OTとITを連携することで現場データを活用し、DXを推進することで監視・制御の効率化・最適化に貢献できる。

そこで、東芝グループは、CIEMAC VSを構成する機器として、DCS型の産業用コントローラーのtypeLと、DX化に対応したWebベースHMIのOI-VS10（クライアント用）及びOI-VS20（クライアント・サーバー用）（以下、個別に表記する場合を除き、OI-VS10/OI-VS20と略記）を開発した。

ここでは、DXを推進するこれらの機器の概要や、次世代統合制御システムとして適用した事例及びその効果について述べる。

2. 次世代統合制御システムの必要性

DCSは、複数の制御機器や制御LANを用いた冗長構成、及び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。

図1に示すような構成をとる従来のDCSは、現場データ

を収集し、上位の産業用コンピューターなどで解析した結果を基にフィールド機器を制御していた。このため、データ量の増加に伴う伝送負荷や通信遅延といった問題があった。DX推進の流れを受け、DCSを用いる制御システムでも、現場サイドで収集・解析・制御を実施するエッジコンピューティングや、現場での異常予兆検知、無駄時間の大きな制御系のPID制御の性能をモデル化によって改善するなど、新しいニーズが生まれている。

また、DCSで使用されるHMIには、様々な機器・装置によって構成される大規模プラントの運転状態の全てを監視し、運転操作するため、プラントなどの運転室に複数台設置され、複数名のオペレーターにより監視や運転操作できることが求められる。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。従来は、東芝グループが提供するDCSの一つであるCIEMAC-DS用の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を推進する中で、HMIには、エッジコンピューティングや、クラウドコンピューティング、AI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・制御などの、幅広い市場要求が高まっている。その中で、従来のHMIは、リモートでのリアルタイムな監視・制御の実施、幅広いユーザーアプリケーションへ対応するための拡張性の向上などが課題であった。

これらの市場要求を受け、東芝グループは次世代のDCS

として、DCS型の産業用コントローラーのtypeLとWebベースHMIのOI-VS10/OI-VS20で構成する次世代統合制御システム CIEMAC VSを提供する。

3. DXを推進する次世代統合制御システム CIEMAC VS

3.1 ソフトウェアデファインドコントローラー typeL

DCSのDX推進に向けて、東芝グループはDCS型の産業用コントローラー typeLを開発した。typeLの外観を図2に、アーキテクチャーを図3にそれぞれ示す。産業用コントローラーのリアルタイム性を追求するために最適化したLinuxカーネル(Skelios)の上でコントローラー機能を実現するとともに、図3のようにLinuxコンテナ及びKVM (Kernel-based Virtual Machine)といった仮想化技術を導入することで、コントローラー機能とコンピューター機能の一体化を実現した。これにより、コントローラー機能がフィールド機器から収集したデータを、コンピューター機能でリアルタ



図2. typeLの外観

typeLは、データの収集、解析、及び制御の各処理を1台で実施できる。
Appearance of typeL

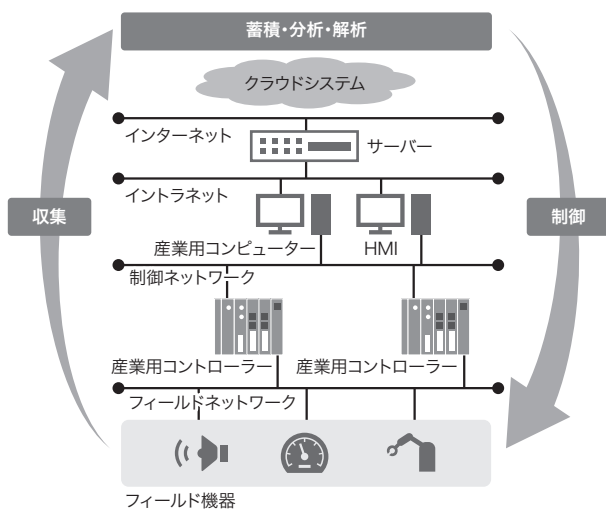


図1. 従来のDCSのシステム構成

従来は、フィールド機器、制御機器、及び上位計算機器などで構成され、現場から得られた情報を、上位計算機器で収集・解析して制御を行う。

Configuration of conventional DCS

従来のDCS機能
Linuxコンテナ、KVM仮想化技術を導入

コントローラーユーザープログラム (IEC 61131-3 準拠)	Linux アプリケーション	Windows アプリケーション
ソフトウェアコントローラー	Linuxコンテナ	Windows OS KVM
Linux OS(東芝 Skelios)		
Intelアーキテクチャー		
産業用コンピューター	TC-net I/O PCI Express	

I/O: 入出力 PCI: Peripheral Component Interconnect

図3. typeLのアーキテクチャー

リアルタイムOS (基本ソフトウェア)の上で、仮想化技術を導入し、コントローラー機能とコンピューター機能の一体化を実現した。

Architecture of typeL

イムに蓄積しながら高度な分析処理を行い、その処理結果を基にコントローラー機能が制御するという一連の流れが、typeL1台で完結する。

加えて、コントローラー機能とコンピューター機能は、共有しているメモリー上でデータのやり取りができる。従来、産業用コンピューターと産業用コントローラー間はネットワークで接続されていたため、通信遅延やトラフィックが混雑するなどの課題があったが、typeLを用いることで、通信遅延なく分析結果を制御へ反映することや、通信量の削減が可能となる。コンピューター機能は、Windowsで動作する開発環境やアプリケーションを使用でき、Sierなどのユーザーにもコントローラー機能とリアルタイム連携する計装アプリケーションを作成・使用することで、付加価値を提供できる。

また、センサーやポンプなどプラント内のあらゆる物理的なデータやPIDで用いられる制御パラメーターなどは、タグと呼ばれるデータ群として定義し、HMIやDCS間でデジタル的に共有され、監視・制御に用いられる。タグデータは監視対象ごとに複数の要素によって構成されるため、複雑かつ容量の大きなデータになる。typeLは、タグデータの処理容量を従来製品の2倍にしたことで従来製品2台分の機能を1台に集約できるなど、性能向上も図っている。

更に、制御プログラム(IEC(国際電気標準会議)61131-3準拠)やエンジニアリングツールなどが従来と共通であり、制御プログラムなど従来資産を活用できるため、typeLは新設だけでなく既設の更新にも適した製品である。

3.2 WebベースHMI OI-VS10/OI-VS20

2章で述べた効率的かつ安心・安全な操業を実現するため、HMIには、デジタル化に対応する拡張性と、従来製品が持つ、センサーデータなどの変化がリアルタイムに一目で分かるグラフィック画面やプラントごとに画面を作成できるエディター機能など多数の有用な機能の継承が、同時に求められる。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WebベースHMIであるOI-VS10/OI-VS20を開発した。図4は、その画面例である。OI-VS10は、監視・制御のためのクライアント機能を持つ。OI-VS20は、クライアント機能に加え、DB(データベース)を管理するサーバー機能を持つ。以下に特長を示す。

(1) Webアプリケーション化による拡張性の向上

OI-VS10/OI-VS20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、Webアプリケーションサーバーを用いたデータアクセスが可能となるため、タブレットなどでWebブラウザからの監視も可能となる。従来は、独自の通信プロトコルを使用していたためローカル環境で使用され



図4. OI-VS10/OI-VS20の画面例

ユーザーエクスペリエンス(UX)及び見やすさ・使いやすさを向上させながら、従来製品が持つ監視・制御機能を継承した。

OI-VS10/OI-VS20 monitoring and control display example

ていたが、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が可能となり、事務所や自宅などからのリモートでのプラントの監視・制御など、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。

(2) DBの最適化 従来機種では独自のDBを使用していたが、要求されるデータ量の増加に対して拡張性の向上が課題であった。OI-VS10/OI-VS20のDBには、オープンソースであるPostgreSQLを採用した。PostgreSQLには、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。また、PostgreSQLの採用で、従来比約10倍のデータ格納容量を実現した。OI-VS10/OI-VS20では、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。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、OI-VS10/OI-VS20の動作環境ごとに管理するデータを選択し、最適なDB運用も行うことができ、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。

(3) CIEMAC-DS用HMI機能の継承 OI-VS10/OI-VS20は、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ながら、従来製品である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た。

4. 次世代統合制御システムの適用事例と効果

次世代統合制御システムの製品であるtypeLとOI-VS10/

OI-VS20の適用事例とその効果について述べる。

- (1) 反応缶のオンライン制御最適化 図5に示すような反応缶を用いたプロセス制御では、複数の原料を連続的に供給し、流量や圧力、温度などを調整して反応を行っている。製品内の微量成分の調整が必要であり、従来システムでは、産業用コンピューターを産業用コントローラーの上位に導入し、産業用コンピューターで反応缶の稼働中に多数のセンサー情報（流量、圧力、温度）から制御パラメーターを計算している。その計算値を基に産業用コントローラーで反応制御をするため、パラメーターを伝送してオンラインで変更しながら、反応缶の制御を実施した。産業用コンピューターで使用するOS（基本ソフトウェア）は、システムに応じてWindows又はLinuxが選択され、それに合わせて解析用のアプリケーションが作成される。産業用コンピューターの導入により、高度な計算を基にした調整が可能となったが、現場に物が増えることによるスペースコスト・メンテナンスコストの増加や、ケーブル敷設工事が必要という複数の問題があった。

このような状況にtypeLを導入すると、typeLではコンピューター機能で使用するOS（Windows、Linux）の選択ができるため、解析に使用していたアプリケーションの移植が容易になる。これにより、センサー情報のセンシングから解析、制御までをtypeL1台で処理でき、省スペース化、ケーブル敷設工事の不要化、メンテナンスコストの抑制といった効果が得られた。

- (2) リモート監視ソリューション OI-VS10/OI-VS20をWebアプリケーション化したことにより、クラウド環境でHMIシステムを構築でき、従来、オンプレミス環境で行われていた監視業務は、クラウド環境へのアクセス権を持つ保守員が24時間365日の体制で事務所

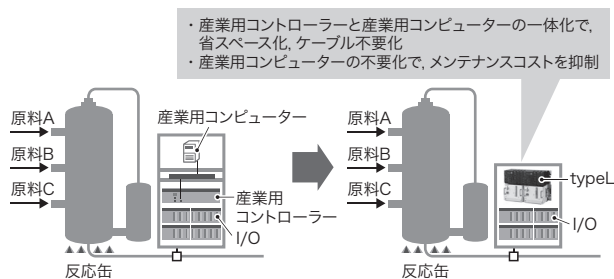


図5. 反応缶のプロセス制御におけるオンライン制御適用の効果

typeLを採用することで、省スペース化や、ケーブル不要化、メンテナンスコストの抑制などを実現できた。

Effects obtained by application of typeL to online process control of reaction vessel

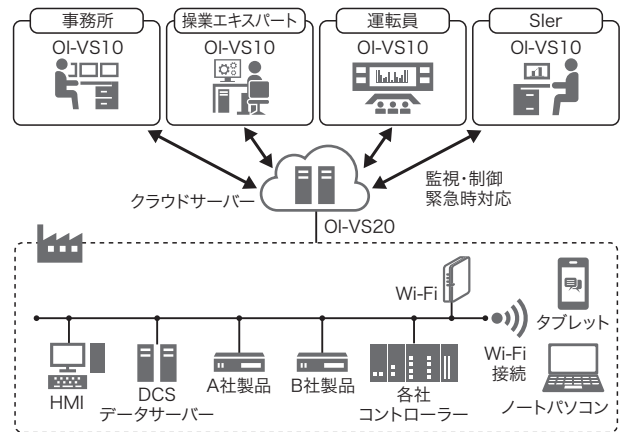


図6. OI-VS10/OI-VS20を用いたリモート監視ソリューション

クラウドシステムにサーバー機能を置くことで、現場に限らず事務所など別の場所からでも監視制御が実現可能になる。

Example of remote monitoring system constructed using OI-VS10/OI-VS20

や自宅などからリモートで実施可能となった。操業異常時に、プラント外から即時対応するサービス・ソリューションへの展開にめどが得られた（図6）。

5. あとがき

プロセス制御のDXを推進する次世代DCS製品として、統合制御システム CIEMAC VSの構成機器であるtypeL、OI-VS10/OI-VS20について述べた。これらの製品をリリースしたことで、DCSでも現場でのOTとITの融合が進み、コントローラー機能とコンピューター機能の一体化によるデータ活用促進やリモート制御・監視システムの構築など、新たなソリューションを実現できる。

東芝グループは、これからも社会インフラや製造業のDXを推進する制御システム製品を提供していくことで、現場データを活用した監視・制御システムの効率化・最適化を実現し、プラントの生産性や品質の向上に貢献していく。

文献

- 立野元気, ほか. CPSプラットフォーム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.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/06/74_06pdf/b04.pdf>, (参照 2024-06-11).
- 阿南和弘, ほか. 計測・制御システムのDX対応の動向と東芝グループの取り組み. 東芝レビュー. 2022, 77, 1, p.2-8. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2022/01/a02.pdf>>, (参照 2024-06-11).
- Murakami, K. et al. "Concept of Next Generation DCS". SICE Annual Conference 2023, Tsu, Japan, 2023-09, Society of Instrument and Control Engineers (SICE). 2023, ThPMT3.2.

- 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、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標又は商標。



山田 裕太 YAMADA Yuta
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.



岡部 基彦 OKABE Motohiko
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.