

産業用組み込みコントローラ

ミュービボックス

μPIBOC C3の開発

山口幸訓 Yukinori Yamaguchi
望月 航 Wataru Mochizuki
西脇慎太郎 Shintaro Nishiwaki
末吉康寛 Yasuhiro Sueyoshi

キーワード コントローラ, 産業用, リアルタイムOS

概要



μPIBOC C3

製造装置や検査装置などの産業用システムでは、他の装置と協調して動作するために高い応答性が求められる。高い応答性の実現には、要求された期限までに処理を実行するリアルタイム性が求められる。

リアルタイムOS (Operating System) は、リアルタイム性を構築するためのOSである。産業用コントローラ ^{ミュービボックス} μPIBOC C3は、豊富なインターフェースを標準搭載した小形組み込みコントローラで、OSはWindows10 IoT Enterprise LTSC2019を搭載している。それに加え、Windows上でのリアルタイム性を求める用途にも応えるため、リアルタイムOSであるINtimeもラインアップとして準備した。

1 まえがき

当社では、24時間365日稼働する装置システム向けの産業用コントローラとしてWindowsPCの販売を継続しているが、従来産業用コンピュータ (PC) とPLC (Programmable Logic Controller) で担っていた役割を1台の産業用PCで取り込むため、高い応答性と高信頼性を実現した産業用組み込みコントローラ ^{ミュービボックス} μPIBOC C3を開発した。本稿では、μPIBOC C3とリアルタイムOSであるINtime搭載による高応答性を紹介する。

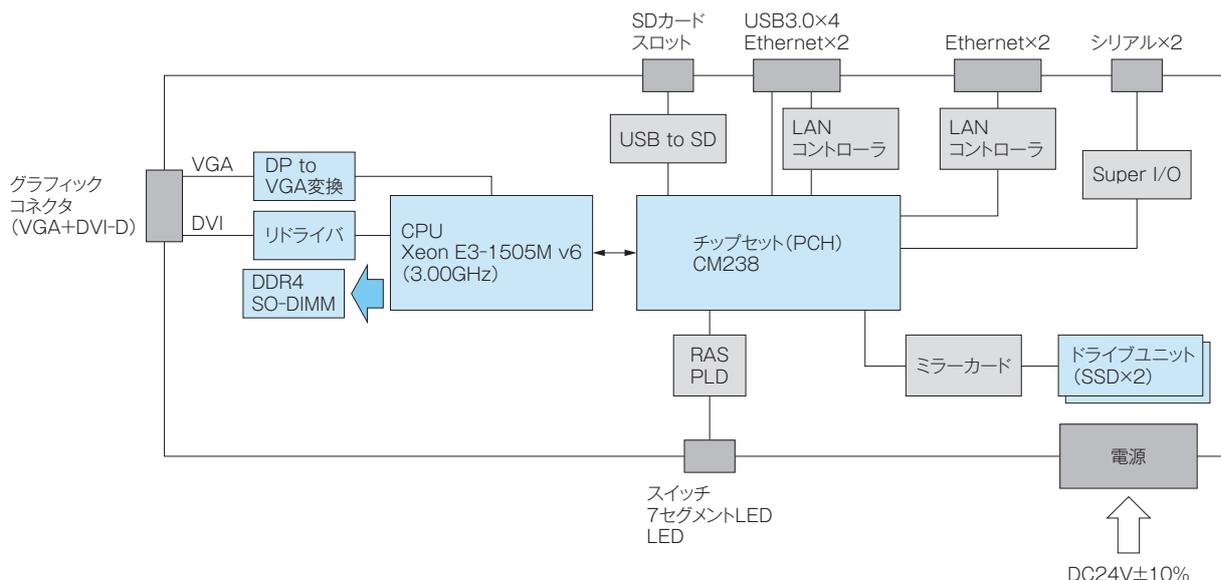
2 μPIBOC C3の特長

2.1 ハードウェアの特長

μPIBOC C3は装置への組み込みを意識し、フロントアクセスによる操作性と配線効率の向上を実現

している。主な仕様は、以下のとおりである。

- (1) プロセッサ Intel第7世代Xeon E3-1505M v6 (4コア/8スレッド) を搭載
- (2) メモリ ECC対応DDR4-2400を4スロット準備。最大32GBまで搭載可能
- (3) ドライブユニット SSD (Solid State Drive) (1TB) を2台搭載。ハードウェアミラーを採用することで、プロセッサのリソースを消費せず、アプリケーションの処理速度を低下させることなく冗長化を実現
- (4) Ethernet 1000BASE-Tを標準で4ポート搭載。INtimeを使用する場合は専用割り当てが可能。また、オプションドライバの実装で、EtherCAT専用ポートとすることが可能
- (5) 7セグメントLED 二桁の16進数でPOST (Power On Self Test) コードを表示。エラー発生時の状態や電源起動からOS起動までの経過状態を表示



第 1 図 システム構成

μPIBOC C3の構成を示す。CPU・チップセットからどのインターフェースを用いているかが分かる。

第 1 表 基本仕様

μPIBOC C3の基本仕様を示す。メインメモリを最大4枚実装でき、ドライブユニットはRAID1構成である。

項目	仕様
プロセッサ	Intel Xeon E3-1505M v6 ベース周波数：3.00GHz コア/スレッド数：4Core/8Thread
チップセット	CM238
メインメモリ	DDR4 SO-DIMM ECC対応 8GBを最大4枚実装可能 対応チップ規格：DDR4-2400 MT/s
ドライブユニット	SSD (1TB)×2台搭載 RAID1 (ホットスワップ可)
インターフェース	グラフィック [DVI-D] 最大解像度1920×1200：1ポート [VGA] 最大解像度1920×1200：1ポート
	USB USB3.0：4ポート
	シリアル RS-232C準拠：2ポート Max baud rate：115.2kbps
	Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T 4ポート Wake On LAN, ジャンボフレーム対応
	SDカード SDHC対応：1スロット
スイッチ	前面：RESET/NMI/CLEAR/POWER 背面：電源スイッチ
表示機能	LED表示：DRIVE/SD/POWER/POST/ERROR, 7セグメントLED
OS	Windows10 IoT Enterprise LTSC 2019 (64bit) INtime (拡張リアルタイムOS 32bit) ※オプション
RAS機能	CPUチップ温度異常・ドライブ温度異常・筐体温度異常・筐体ファン停止・WDTエラー (システムレベル, アプリケーションレベル)・ドライブ (SMART又はミラー) 異常・SSD寿命異常・ECCエラー
組み込み診断ツール	メモリ診断・SSD診断・表示 (VGA, DVI-D) 診断・RTC診断・シリアルポート (RS-232C) 診断
電源入力	DC24V ± 10%
外形寸法	W267 × H85 × D297mm
本体質量	約4.5kg

(6) 組み込み診断ツール 障害が生じた場合、診断ツールを使用して故障要因の絞り込みを支援

第 1 図にシステム構成を、第 1 表に基本仕様を、第 2 表に環境仕様を示す。

第2表 環境仕様

μPIBOC C3の環境仕様を示す。

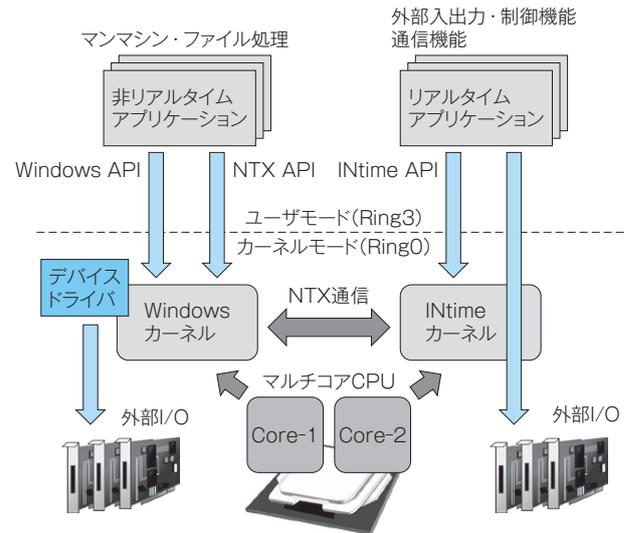
項目	仕様	
周囲温度	動作時	5～45℃
	休止時	-10～60℃
周囲湿度	動作時	20～80% RH（結露しないこと）
	休止時	10～90% RH（結露しないこと）
耐振動	動作時	±0.625mm（1～14Hz）, 4.9m/s ² （14～100Hz） 2往復対数掃引 XYZ方向 各27分 <JEITA IT-1004B ClassS>
	休止時	14.7m/s ² （16.7Hz）XYZ方向 各30分
耐衝撃	動作時	19.6m/s ² （11ms 正弦半波）XYZ方向 各3回
	休止時	147m/s ² （11ms 正弦半波）XYZ方向 各3回
周囲 雰囲気	じんあいがひどくないこと 腐食性ガス・導電性じんあいのないこと 塩害環境でないこと	
音響環境	音圧95dB以下	
絶縁抵抗	DC500V 10MΩ以上（LAN-SG間）	
絶縁耐圧	AC1500V 1分間（LAN-SG間）	
接地	D種接地	
消費電流	最大8A	
突入電流	最大13A（50ms以内）	

2.2 リアルタイムOS

Windows10 IOT Enterprise 2019LTSCのほかリアルタイムOSのINtimeも搭載できる。

2.2.1 INtime

INtimeは、TenAsys社が開発しているリアルタイムOSで、特長はWindows OSと共存できることである。INtimeカーネルは、起動時に一つのINtimeプロセスとして、Windows OSとWindowsアプリケーションを取り込む。これにより、Windows環境をそのまま実現させながらも、μs単位のリアルタイム性をリアルタイムタスクが実現する。また、INtime用に開発されたアプリケーションはメモリ保護機能で保護される。これにより各INtimeプロセス空間が分離され、メモリ破壊時のエラー時に、その影響は同一プロセス内に限定される。WindowsもINtimeプロセスとして分離されているため、ブルースクリーンによってWindowsカーネルが機能停止した場合でも、他のINtimeプロセスは影響を受けずに処理を継続できる。第2図にWindowsとINtimeの共存イメージを示す。



第2図 WindowsとINtimeの共存イメージ

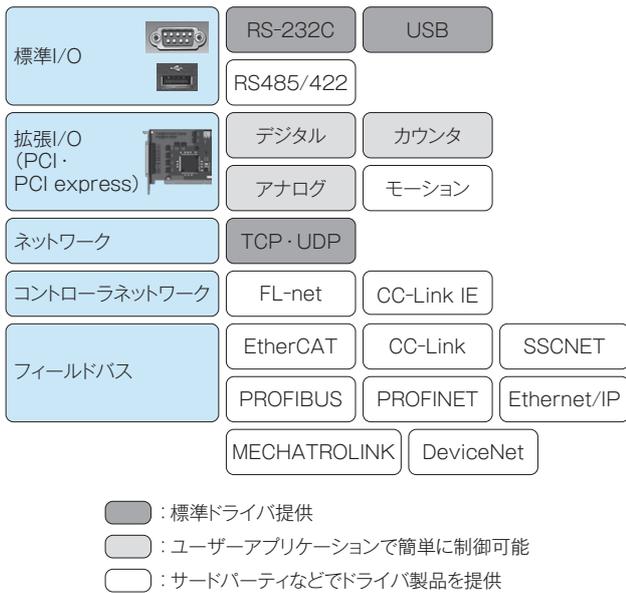
INtime OSの特長を示す。CPUコア別にWindows OSとINtime OSを割り振ることができる。これにより、Windows環境をそのまま実現させながらも、μs単位のリアルタイム性をリアルタイムタスクが実現する。また、WindowsもINtimeプロセスとして分離されているため、ブルースクリーンによってWindowsカーネルが機能停止した場合でも、他のINtimeプロセスは影響を受けずに処理を継続できる。

2.2.2 INtime I/Oインタフェース

産業用システムでは、センサ信号や接点信号、モータ制御などの外部信号とやりとりをするため、これら外部入出力（I/O）信号に対しリアルタイム性を持たせることができる。INtimeは、様々なI/Oインタフェースに対応し、RS-232C、RS422/RS485などの標準I/OからEtherCAT、CC-Linkなど業界標準になっているフィールドバスまで網羅している。第3図にINtimeが対応しているI/Oインタフェースを示す。

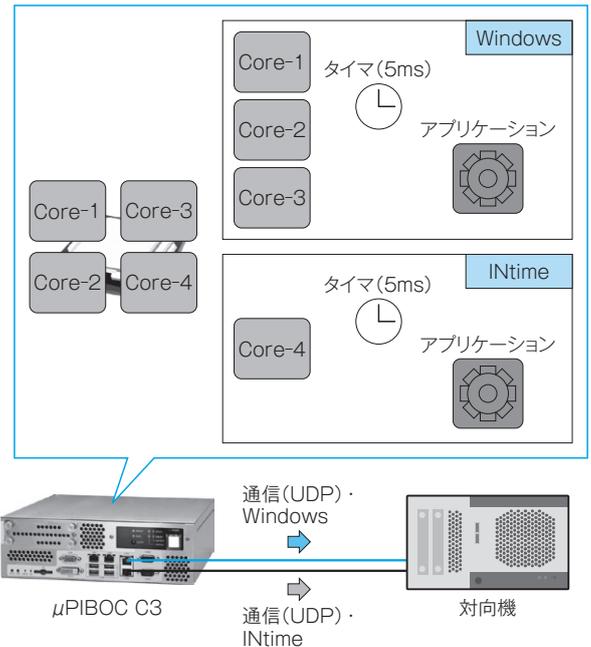
2.2.3 INtimeとWindowsの性能比較

INtimeとWindowsでリアルタイム性能を比較するために、5ms周期のタイマーでアプリケーションを起動させ、タイマー精度・アプリケーション実行精度の確認試験を実施する。μPIBOC C3プロセッサの3コアをWindows、1コアをINtimeに割り当てる。アプリケーションが起動するとEthernet経由で対向機に通信パケットを送信する。その際、INtimeとWindowsでは別々のEthernetポートを使用する。第4図に試験構成を、第5図に測定結



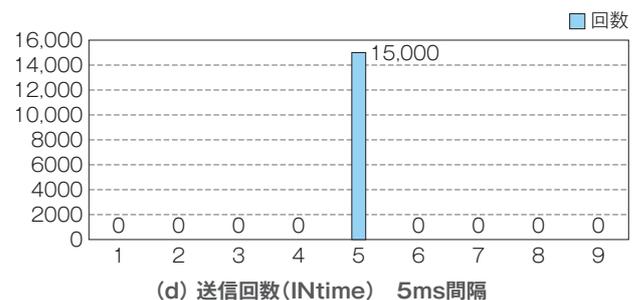
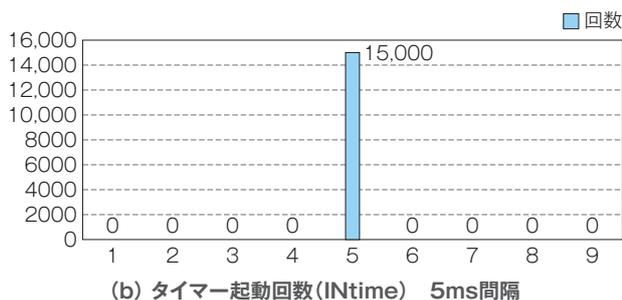
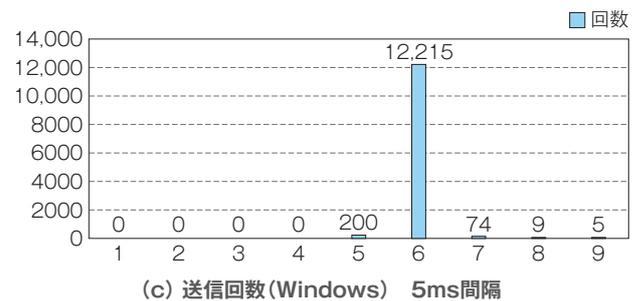
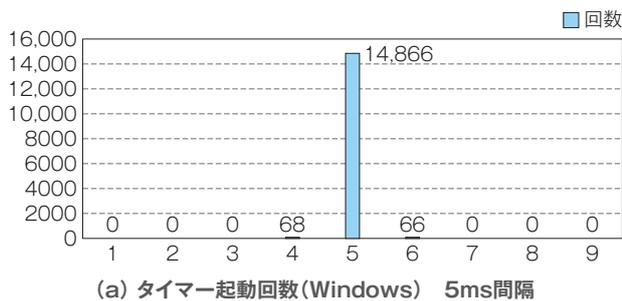
第3図 INtime対応I/Oインタフェース

INtimeがサポートしているI/Oインタフェースを示す。産業用システムでは、センサ信号や接点信号などの外部信号（I/O信号）とやりとりを行う。



第4図 試験構成

INtimeのリアルタイム性を評価するための構成を示す。



第5図 測定結果

INtimeのリアルタイム性評価の結果を示す。

果を示す。Windowsでは、高精度なタイマーとして周知されているマルチメディアタイマーを使用した。タイマー起動やアプリケーションからのパケット送信周期にばらつきが生じ、INtimeでは高精度な周期送信を行うことが確認できた。INtime

はWindowsと共存できるため、WindowsのGUI (Graphical User Interface) やファイルシステムを実装しながら、INtime側でセンサの制御や機器との通信など、高精度な応答性を担保できるシステムが構築できると考える。

3 むすび

産業用コントローラ μ PIBOC C3とリアルタイムOSであるINtimeの特長を紹介した。製造装置・検査装置など必要とされる分野にコントローラとセットでリアルタイムOSをPRしていく。

今後も組み込みコントローラとして更なる機能向上を実現し、オプション品の充実を図り、お客様の要求に即した製品開発を進めていく所存である。

- ・ Windowsは、米国Microsoft Corp.の登録商標である。
- ・ INtimeは、米国TenAsys社の登録商標である。
- ・ Intel・Xeonは、米国Intel Corp.の登録商標である。
- ・ Ethernetは、富士フイルムビジネスイノベーション(株)の登録商標である。
- ・ EtherCATは、ドイツBeckhoff Automation GmbHの登録商標である。
- ・ CC-Link・CC-Link IE・SSCNETは、三菱電機株式会社の登録商標である。
- ・ PROFIBUSは、PROFIBUS User Organizationの登録商標である。
- ・ PROFINETは、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.の登録商標である。
- ・ MECHATROLINKは、株式会社安川電機の登録商標である。

- ・ DeviceNetは、ODVA (Open DeviceNet Vendor Association)の登録商標である。
- ・ USBは、USB Implementers Forumの登録商標である。
- ・ SDは、SD Associationの登録商標である。
- ・ 本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



山口 幸訓
Yukinori Yamaguchi
製品技術研究所
産業用コントローラのハードウェア設計業務に従事



望月 航
Wataru Mochizuki
製品技術研究所
産業用コントローラのハードウェア設計業務に従事



西脇 慎太郎
Shintaro Nishiwaki
コンポーネント製品ユニット
産業用コントローラのソフトウェア設計業務に従事



末吉 康寛
Yasuhiro Sueyoshi
電子機器営業・技術本部営業部
産業用コントローラの製品企画・エンジニアリング業務に従事