# WNDRVR



# **VXWORKS**

再定義されるRTOSの役割



### 概要

組込みシステムの世界は、大きな進化の局面を迎えています。かつては単体で特定用途向けだった組込みシステムは、ソフトウェア定義型へと変化し、接続性、信頼性、柔軟性に対する要件が格段に高くなっています。

VxWorks®は、機能の大幅な強化によりこの進化をリードし続け、開発者がより高い生産性と革新性を実現できるよう支援します。VxWorksにより、組込み開発者はセキュリティ、安全性、信頼性、パフォーマンスを損なうことなく、次世代の組込み開発に向けてモダンな開発手法を取り入れることが出来ます。

# 目 次

はじめに	04
組込みシステムにおけるRTOSの役割	05
変化する組込みシステムの世界	06
新しい開発手法	06
新しいハードウェアと仮想化	07
レガシーシステム	07
RTOSへの高まる要求	08
VxWorks: 新時代をリードするRTOS	09
新しいフレームワークとの連携	11
VxWorksのパフォーマンスの向上	12
仮想化とレガシーのサポート	13
VxWorksのセキュリティ強化	13
拡充された認証取得	15
最も革新的なRTOS	16
ウインドリバーについて	17

### はじめに



組込みシステムの世界は、大きな進化の局面を迎えています。このことは、リアルタイムOS(RTOS) の役割と、ディターミニズム(決定論性)、超高信頼性、パフォーマンスに依存するアプリケーションの 設計に影響を与えています。かつては単体で特定用途向けだった組込みシステムに、接続性、再利用性、柔軟性の強化といった新たな機能が急速に追加されるようになっています。組込みシステムはソフトウェア定義型へと移行していますが、それと同時に、RTOSの基本要件は不変です。これまでと変わらず、セキュアかつ安全で信頼性が高く、認証取得に対応している必要があります。

VxWorksは、多くの業界でミッションクリティカルな高信頼性を不可欠とする組込みシステムの設計に使用されている、最高峰のRTOSです。柔軟性の強化、パフォーマンスの向上、開発スピードの加速により、業界をリードし続けています。VxWorksにより、組込みシステムのメーカーは信頼性やパフォーマンスを損なうことなく、新たに主流となった開発手法の採用やハードウェアの最適化の強化、既存のIPへの投資を最大限に活用することができます。

# 組込みシステムにおけるRTOSの役割

組込みシステムとRTOSは通常、重要な工程やデバイスに使用されます。この中には、エレベーターのように身近なものから、火星探査車(マーズ・ローバー)のように非日常的なものまで含まれます。多くの場合、RTOSが適切に機能することで、人命や環境が守られます。ゆえにウインドリバーは、VxWorksにおいて譲れない4本の柱を掲げてきました。



**セキュリティ:** RTOSは、設計段階からセキュリティが組み込まれ、サイバーセキュリティ対策をサポートしている必要があります。

VxWorksは、最新のセキュリティ要件に対処する幅広い機能セットを、常に進化させながら提供しています。



安全性: RTOSとそのディターミニズムは、環境に悪影響を及ぼすのを防ぐために、パフォーマンスの予測可能性と信頼性を提供します。

VxWorksは、さまざまな業界で数十年にわたって活用されてきた、実績のある品質 とディターミニスティックな機能を提供しています。



信頼性: RTOSは常に想定どおりに動作し、同一の結果をディターミニスティックにもたらす必要があります。

VxWorksは、ディターミニスティックで高性能なRTOSです。アプリケーションが 常に意図したとおりに動作することを保証します。

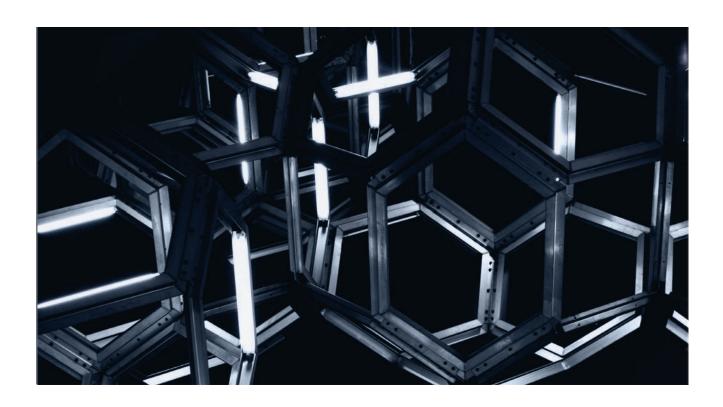


**認証取得に対応:** 組込みシステムは、業界団体や政府機関の認証を得てから導入されることが少なくありません。たとえば、アビオニクス向けにはFAA(米連邦航空局)のDO-178C、産業用システムにはIEC 61508 SIL 3、車載アプリケーションにはISO 26262 ASIL D、医療機器の安全性にはIEC 62304などです。

VxWorksは、数十年の採用実績を通じて、多くの業界で数々の認証を取得しています。

# 変化する組込みシステムの世界

組込みシステムの世界は急速に変化しています。技術革新のペースは、テクノロジーの進展や競争の激化によって勢いを増しています。IT(情報技術)システムとOT(運用技術)システムの融合が始まるなか、技術コストの低下やビジネスモデルの転換がこの進化に拍車をかけています。



#### 新しい開発手法

組込みシステムソフトウェアの開発者は、効率性、生産性、移植性の向上を求めて新しい開発手法に移行しつつあります。ハードウェアとソフトウェアの開発は、共にかつてないほどスピードアップしています。

組込みシステムの開発者は、抽象化に長けた新世代のソフトウェアエンジニアへと世代交代が進んでいます。新世代の開発者は、基盤インフラよりアプリケーションを重視するため、IT的な開発手法やプログラミング言語、フレームワークを用いて組込みシステムを開発することを望みます。同時に、Raspberry Piのような低コストのハードウェアを活用して安価な試作品を作り、コンセプトから機能動作するデバイスまでスピーディに開発を進めていきます。

#### 新しいハードウェアと仮想化

マルチコアベースのハードウェアプラットフォームの急速な進歩により、システムやアプリケーションの統合 が実現しています。たとえば、シングルチップ上に2個から64個までのCPUを搭載することで、最終製品の 低コスト化、小型化、軽量化が可能になります。

組込みシステムでは、仮想化が加速しています。いまや複数の組込みシステムを仮想化して、1台のハード ウェアのハイパーバイザ上で動作させることが可能です。

#### レガシーシステム

このようにパフォーマンスや接続性の向上、設計サイクルの短縮、部品の迅速なイノベーションが相まっ て、比較的新しい製品でもすぐに旧式になってしまいます。

その結果、古くなったシステムをどうするかという問題が生じます。プラットフォームが急速に進化してシス テム要件が変わるなか、組込みシステムアプリケーションを何度も再コーディングするのは、採算面で現 実的ではありません。システムメーカーが、可能なかぎり既存のコードを再利用したいと考えるのは自然な ことです。こういったレガシーシステムは、変わらず機能しますが、新機能を追加して最新化を図る必要が あります。また、コードを新たなハードウェアシステムに移行する際は、それまでにソフトウェアの認証取得 に費やした投資を無駄にしないようにする必要があります。



# RTOSへの高まる要求



組込みシステムに対する期待の変化は、基盤であるOSにも影響を及ぼします。今日のRTOSは、イノベー ションと足並みをそろえ、最新の開発手法を取り入れる必要があります。RTOSは、より複雑な新型プロセ ッサにも対応しなければなりません。また、RTOSの設計は、業界の新しい、より早い開発サイクルを可能 にするものでなければなりません。それは、新世代の組込みシステム開発者が採用しているフレームワー ク、言語、開発手法と互換性があることにほかなりません。今日のRTOSは仮想化に対応すると同時に、セ キュリティ、安全性、パフォーマンス、信頼性を損なうことなく、これらの新たな基準をすべて満たす必要が あります。

## VXWORKS: 新時代をリードするRTOS

現在の組込みシステムとRTOSに起きている世代交代は、輝かしいVxWorksの歴史で起きている最新の出来事です。VxWorksは、航空宇宙・防衛、オートモーティブ、インダストリアル、メディカル、他のクリティカルインフラストラクチャの分野で、30年以上にわたって業界をリードするRTOSです。VxWorksは、火星探査機「マーズ・リコネイサンス・オービター」や「スピリット」、「オポチュニティ」など、9つの火星ミッションで使用されているOSです。また、地球上でも世界中で20億台以上ものミッションクリティカルなデバイスに使用されています。オートモーティブから製造業まで、ディターミニスティックで高信頼性のマルチコア組込みシステムに最適なOS、それがVxWorksです。

VxWorksは、Arm®、Intel®、Powerアーキテクチャ上で動作する組込みシステムのマルチコアコンピューティング向けに設計されています。

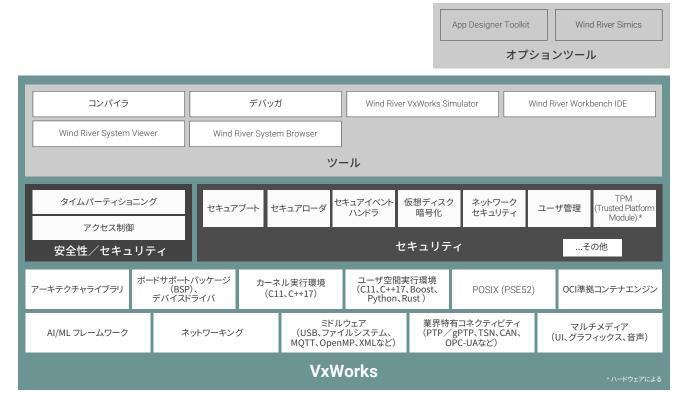
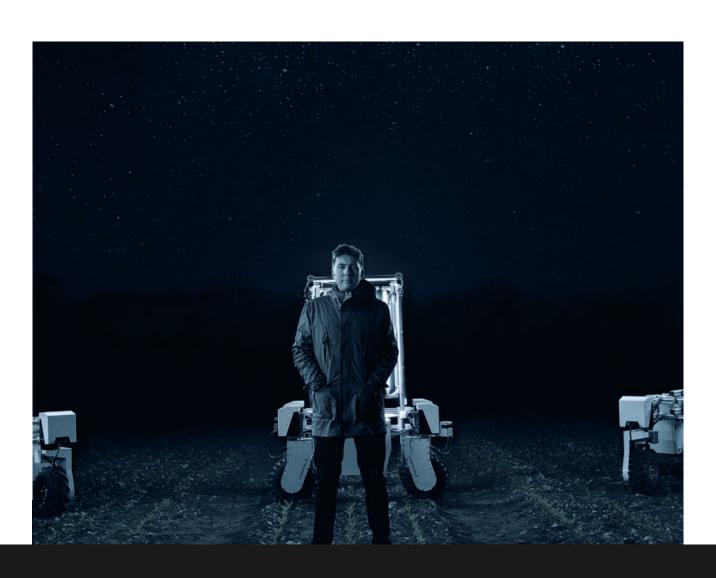


図1 – VxWorksのコンポーネントの一部を図示。ソースコード全体にアクセスできるので、エンジニアが必要な部分だけ選択してコンポーネントの適応、チューニング、最適化、アップグレードを行うことが可能です。市場投入までの時間短縮、フィールドにあるデバイスの効果的なメンテナンス、認証取得済みコンポーネントを活用した新ソリューションによるイノベーションを実現します。



#### **CODE: Create Once. Deploy Everywhere.**

ウインドリバーは、プラットフォームに依存しない組込みシステム開発を目指してきました。「一度作成したら、どこにでもデプロイ可能(Create Once. Deploy Everywhere)」というビジョンは、実現に近づきつつあります。VxWorks上のアプリケーションは、管理が簡単で柔軟です。ロジックがプラットフォームから独立しているため、要件の変化に伴い、コードをプラットフォーム間で移行することが可能です。

#### **CODE: Create Once. Deploy Everywhere.**



#### 新しいフレームワークとの連携

VxWorksは、最新のアプリケーション開発手法を使った、よりオープンなプロファイルにアップデートされています。

新しいCランタイム環境がVxWorksで利用できるようになったほか、新しい開発プログラミング言語、フレームワーク、LLVM/Clangの活用で可能になったコンパイラ機能などがあります。Python、C++17、Rust、Boostのサポートも搭載しています。

Pythonはシンプルさで知られており、データサイエンスをはじめ、幅広いアプリケーションに使用されています。Pythonでのアプリケーションの試作は、比較的簡単です。そのため、組込みシステム業界でよく見られる、短期間で行う新規開発に適しています。またPythonは、組込みシステムのネットワーキング部分の記述にも優れていると考えられています。

Rustは、組込みシステムの中でも、特に安全性の保証を必要とする高レベルの概念に適しています。この点に関して、Rustは、2つのスレッドが実行時に同一の状態を共有しないことを保証する、堅牢な並行モデルを備えています。Rustは柔軟なメモリ管理も提供します。開発者はRustで動的または静的にメモリを割り当てることができます。開発者が行う管理の観点からは、RustはCやC++の既存コードベースに簡単にインテグレーションできるという利点もあります。Rust開発者は、作成した組込みシステムコードを幅広いシステム間で簡単に移植できます。

#### ご存じでしたか?

VxWorksは、Python, C++17, Rust, Boostの最新 バージョンをサポートする唯一のRTOSです。







#### VxWorksのパフォーマンスの向上

VxWorksは、組込みシステムアーキテクトの期待に応え、その期待を超えるために、性能面でも更なる向上を図っています。たとえば、ネットワークスループットは現在、Linuxで可能なスループットと同等か、それを上回る水準に達しています。

また、VxWorksは、割り込みサービスルーチン(ISR)スピンロックへの対応も更新しています。カーネルで定義されたスピンロックは、同時並行で実行されている処理ルーチンによる共有データ/リソースへの同時使用や同時アクセスを防ぐ同期メカニズムです。ISRスピンロックにより、VxWorksは、ルーチンの潜在的な競合とは無関係に、基本機能から平滑で想定どおりのパフォーマンスを引き出せるように最適化されています。

同様に、VxWorksはインテルアーキテクチャー(IA)上で、TSN(Time-Sensitive Networking)アプリケーションの割り込みジッタを低減しています。システム割り込みでは、RTOSにジッタが発生することがあります。ジッタの発生はRTOSの効力を打ち消すもので、組込みシステムでRTOSが適切に機能するのを妨げるおそれがあります。VxWorksでは、全体的にTSNジッタを $2\mu s$ 未満のレベルに軽減しています。

VxWorksは、OpenMP (Open Multi-Processing)に対応しています。OpenMPは、ライブラリルーチン、コンパイラ指示文、他の環境変数から構成されるAPIです。これにより、お客様はOpenMPを利用して、アプリケーションのパフォーマンスを向上させることができるほか、ノードやクラスタ間の並列処理が可能になり、そのプロセスで組込みシステムのパフォーマンスが加速します。OpenMP APIは、マルチプラットフォーム共有メモリやC++やCなどの言語でのマルチプロセッシングプログラミングを、Linux、Mac、AIX、HP-UX、Windowsといったプラットフォームに加えて、VxWorksでもサポートしています。



#### 仮想化とレガシーのサポート

仮想化は近い将来、組込みシステムの設計や実装で主要な役割を果たすようになります。Wind River Helix<sup>™</sup> Virtualization Platform (Helix Platform)は、この急速に進化する新しい要件に対応します。

VxWorksは、組込みシステムの仮想化に必要なセキュリティ、安全性、信頼性、認証取得の厳しい要件に対応できるように設計された、Helix Platformの基盤のOSです。Helix Platformにより、複数の組込みコンピューティングOSを1つのデバイスに統合することができます。

さらにHelix Platformは、レガシーシステムの扱いについて理想的な解決策を提供します。Helix Platformは、あらゆる組込みOSとその上で動作するアプリケーションをサポートします。このため、メーカーは、既存IPへの投資を最大限に活用しながら、これらのアプリケーションを新しいプラットフォームに移行させることが可能です。

# Wind River Helix Virtualization Platformの 詳細については、以下をご覧ください。 <u>詳細はこちらから</u>

#### VxWorksのセキュリティ強化

ウインドリバーは、VxWorksのセキュリティ機能の強化に精力的に取り組んでいます。その取り組みは、セキュリティ規格のサポートからOSレベルの対策まで多岐にわたります。その1つ1つに、組込みシステムに必要とされる、特徴的かつ非常に難易度の高いリスク対策が反映されています。たとえば、組込みシステムはリモートデバイスに接続される傾向があるため、VxWorksでは、遠隔操作の暗号化などのセキュリティを強化しています。VxWorksの最近の主なセキュリティ強化点を以下にご紹介します。

- ・Arm® TrustZone OP-TEEのサポート: Arm TrustZoneテクノロジは、システム規模のハ ードウェア分離で高信頼性ソフトウェアを実現するもので、Arm Cortex-Aコアプロセッサ に実装されています。VxWorksでは、この用途でTEE (Trusted Execution Environment) を構築できます。TEEは、LinuxやAndroidベースのアプリケーションなど、TEE上で実行さ れているコード/データに、外部の「非セキュアな」環境からアクセスや改ざんができな いセキュリティ層を追加することで、VxWorksが動作する組込みシステムを攻撃者から 保護します。
- ・GE Digital® Achilles Level II Certificationによる IEC 62443-4-2への準拠: GE Digital のAchilles System Certification (ASC)プログラムにより、制御システムベンダ は、製品のIEC 62443-3-3規格サイバーセキュリティ要件への準拠状況を示すことができ ます。VxWorksを使用するベンダもそれが可能になりました。
- ・セキュアブート / セキュアローダ: セキュリティの重要性は高まる一方で、正当なファー ムウェアやアプリケーションの実行を保証する必要性もますます大きくなっています。セキ ュアブートとセキュアローダのサポートにより、VxWorksイメージとあらゆる種類のアプリ ケーションにデジタル署名できるほか、オプションで暗号化することが可能です。ハードウ ェアベースのホワイトリスト機能により、意図したコードだけが実行されます。
- ・KPTI (Kernel page-table isolation): Meltdownセキュリティ脆弱性の対策として、KPTI がVxWorksに導入されました。
- ・**OpenSSL FIPS 140-2 モジュール:** 組込みシステムは、FIPS 140-2への準拠が必要な 場合があります。VxWorksは対象となる組込みシステムについて、同規格をサポートしま す。
- ・SSHクライアント/サーバ: SSHは、暗号化で保護されたリモートログインプロトコルで す。VxWorksは、組込みシステムを運用するリモートサーバのセキュアな管理を図るため に、SSHをサポートしています。最新の暗号化アルゴリズムもサポートします。

#### 拡充された認証取得

最近VxWorksに、重要なハードウェア互換性が新たに追加されました。その1つが、Arm 64bitのサポートとArmv7での認証取得です。

VxWorksの認証取得ポートフォリオは現在、以下のように拡充されています。



#### 新しいハードウェアには新しいBSP

ウインドリバーは、業界有数の包括的なボードサポートパッケージ(BSP)を用意 しています。VxWorksについては、新たにBSPインストール構成も提供していま す。BSPには、特定のハードウェア上でVxWorksを動作させるために、カスタマイ ズされたドライバやルーチンが含まれています。最近発表されたBSPの1つは、オー プンソースRaspberry Piです。

> 次期プロジェクト用のBSPをお探しですか? ウインドリバーは業界で最も幅広いBSPを提供しています。

> > BSPを検索する

## 最も革新的なRTOS

ウインドリバーは、セキュリティ、安全性、信頼性、認証取得対応性などの製品の原点に忠実でありながら、迅速かつ継続的なイノベーションに取り組んでいます。業界をリードするRTOSである VxWorksは、最も重要なインフラストラクチャのコンピューティングシステムを運用するための最高の基準を満たすために必要なすべての要件を提供します。

VxWorksの評価を希望される方は以下をクリック

評価版をリクエスト

#### WIND RIVER LABS

& LOCTYDE L

ウインドリバーでは、VxWorksを使う開発者がオープンソースプロジェクト、プレリリース機能、社内エンジニアリングプロジェクトなど、革新的な新しいテクノロジがご覧になれるように、Wind River Labsも用意しています。現在Wind River Labsでは、OpenCV、ROS2、クラウドプラットフォーム(AWS、Azure、Googleなど)用ソフトウェア開発キット(SDK)を対象にしたVxWorksプロジェクト例に無料でアクセスできます。最先端テクノロジへのアクセスやウインドリバーエンジニアとの共同作業を通して、VxWorksのお客様はイノベーションをより早く推進することができます。

ent\_getElementById('msg').style.display

## ウインドリバーについて

ウインドリバーは、インテリジェントエッジ向けソフトウェアを提供する世界的なリーディングカンパニーです。そのテクノロジーは1981年の設立時より世界で最も安全かつセキュアなデバイスに搭載され、数十億を超える製品に使用されています。ウインドリバーは、ワールドクラスのグローバルな専門サービスとサポート、および幅広いエコシステムパートナーによってサポートされる、包括的なポートフォリオを提供します。ウインドリバーのソフトウェアと専門性は、最高水準のセキュリティ、安全性、信頼性を提供しながら、より優れたコンピューティングとAI機能が要求されるミッションクリティカルなインテリジェントシステムのデジタルトランスフォーメーションを加速しています。

# 止まることが許されないシステム それはウインドリバーが動かしています。











