



# シングルコアからマルチ・メニーコアまで スケーラブルに対応するOS/Hypervisor eMCOSの概要

組込みマルチコアサミット2022

イーソル株式会社 ソフトウェア事業部 エンジニアリング本部 OS開発部

Technology Director 浦上敦

# 本日の内容

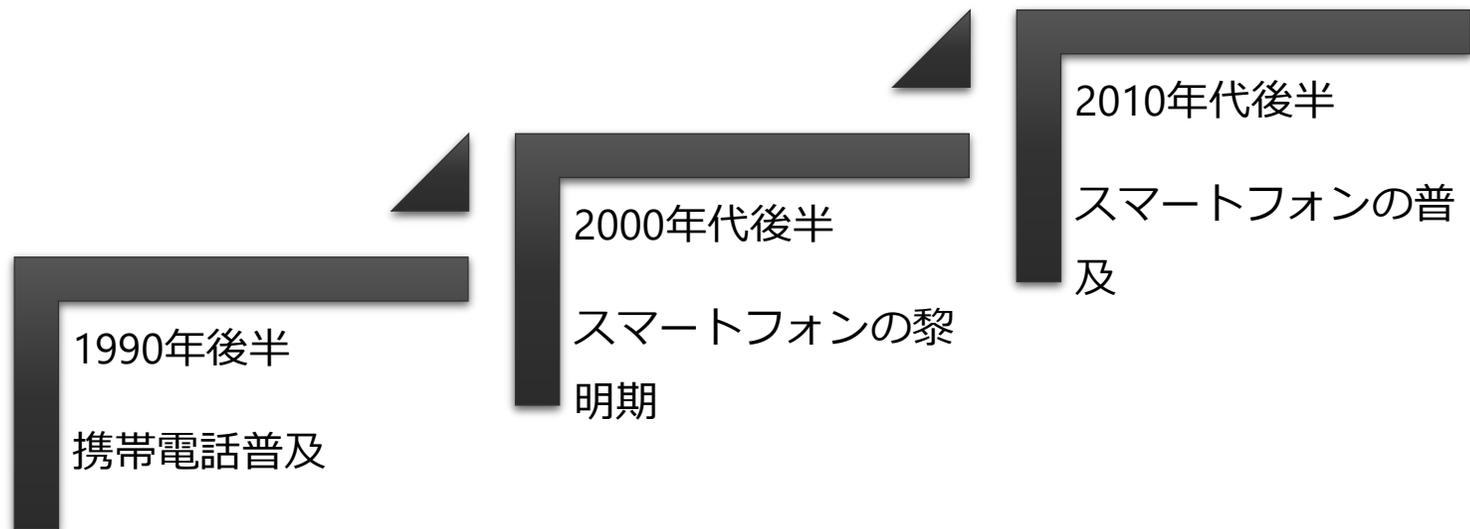
- エッジコンピューティングの過去・現在・未来
  - コンピューティングの進化の歴史
  - エッジコンピューティングの過去・現在
  - エッジコンピューティングの未来
  - エッジコンピューティングの未来に向けたソフトウェア課題
- 課題を解決するための eMCOS の紹介
  - Scalability
  - Efficiency
  - Safety and Security
- まとめ



# エッジコンピューティングの過去・現在・未来

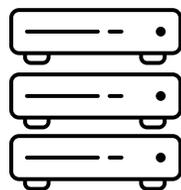
突然ですが、携帯電話/スマートフォンが普及したのは何年前でしょうか？

# コンピューティングの進化の歴史



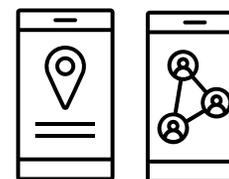
**1990年後半のスーパーコンピュータの**

実効性能 2TFLOPS



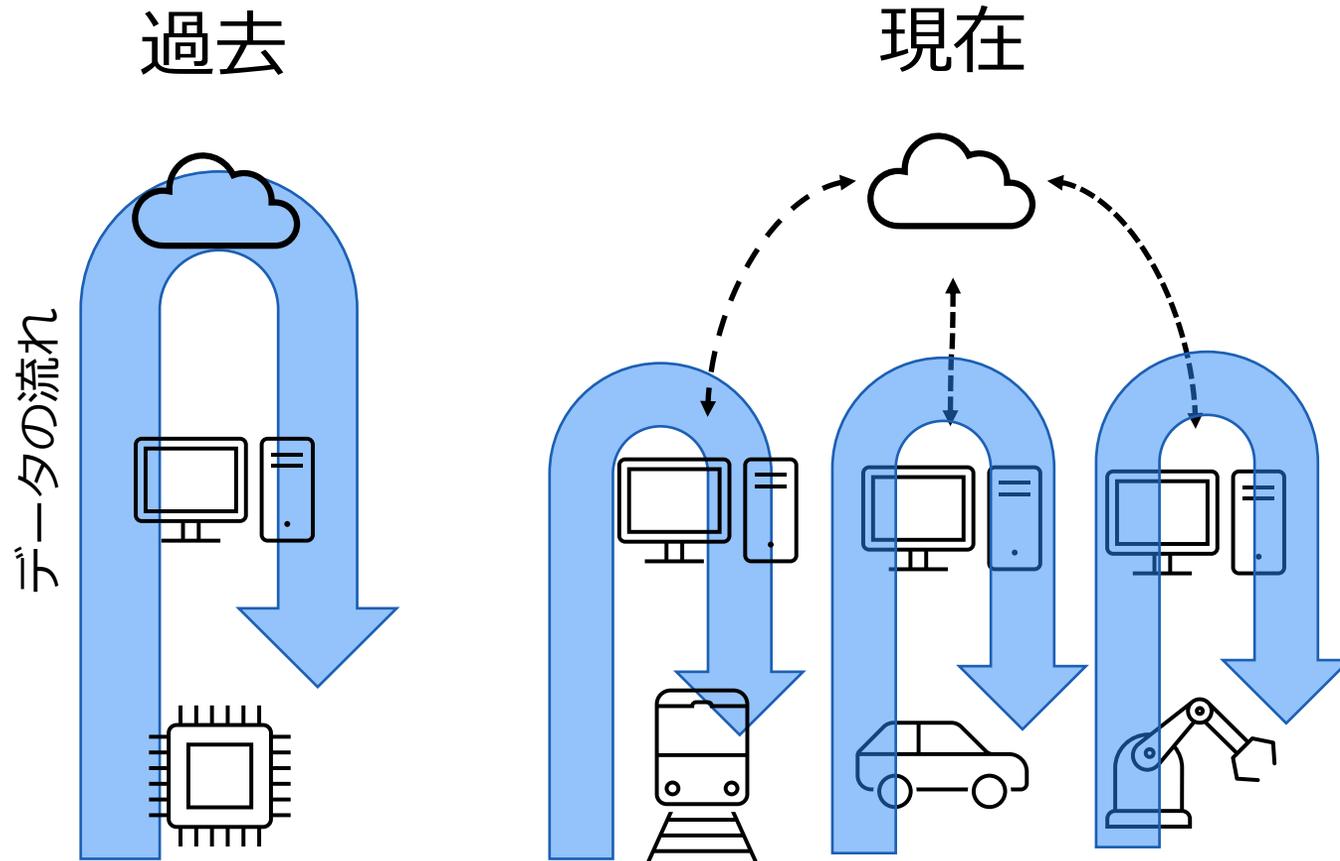
**2022年のスマートフォンの**

実効性能 2TFLOPS



約20年前のスーパーコンピュータを個人が持ち歩く時代になった

# エッジコンピューティングの過去・現在



- 過去

エッジは取得したデータの送信をして、クラウドがデータ処理を行い、その結果を受け取った処理を行っていた

- 現在

コンピューティングの進化の歴史でわかるように、エッジのコンピューティング能力が格段に向上している

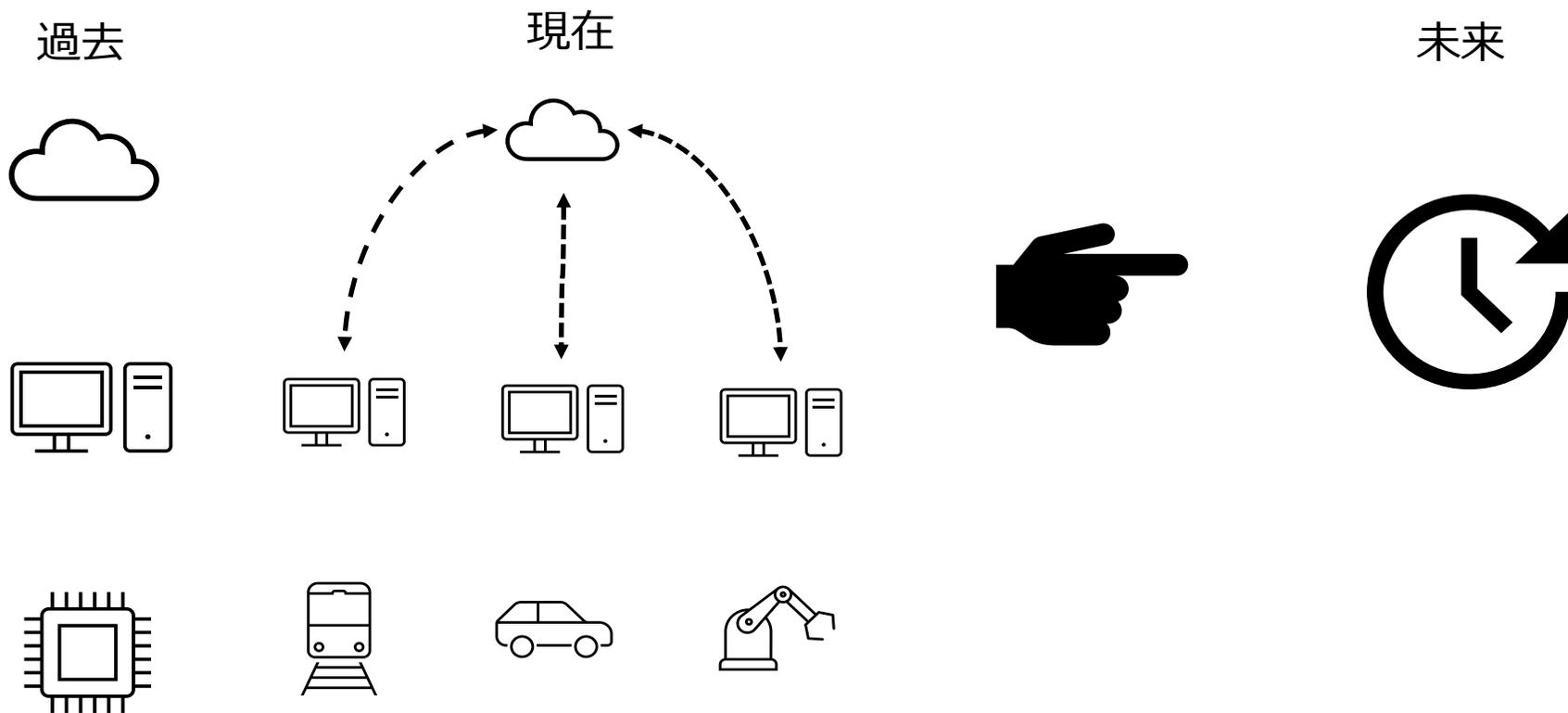
そのため、エッジで取得したデータをエッジ側で判断して処理を行うようになった

クラウド側には、解析やログに必要なデータのみを送る

# エッジコンピューティングの未来はどうか？

コンピューティングの未来を以下の観点から予測する

1. リアルタイムデータの生成量
2. エッジコンピューティングのハードウェア
3. Webの概念変化



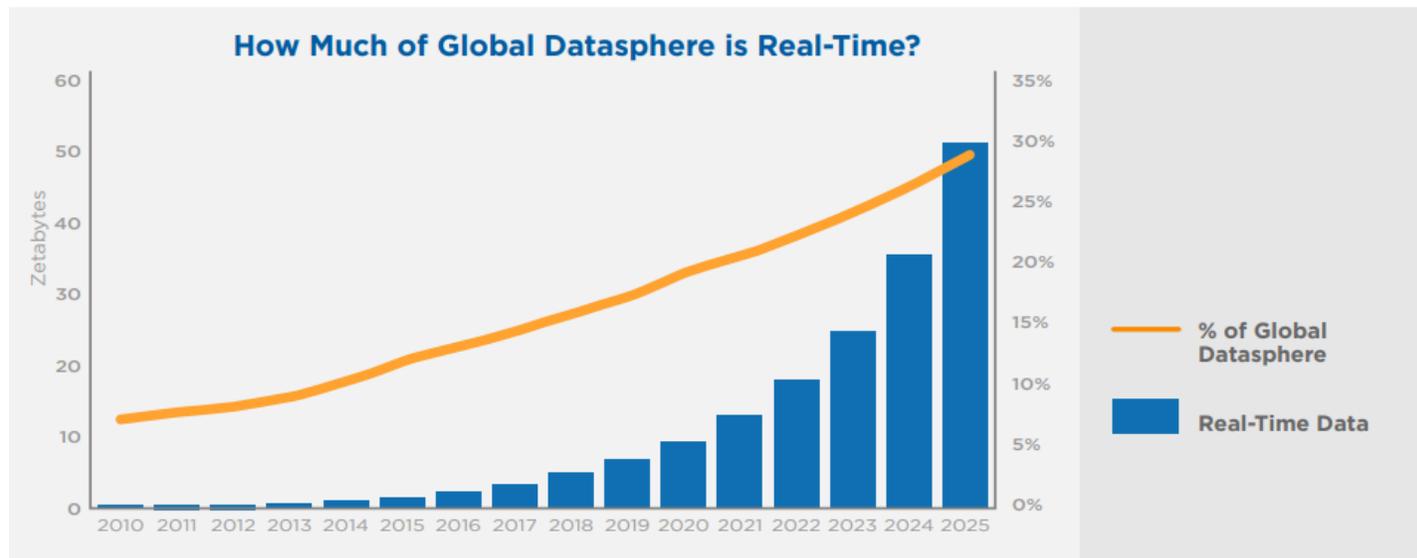
# 1. リアルタイムデータの生成量

## Real-Time Data Demand is Driving the Edge

IDC forecasts that more than 150B devices will be connected across the globe by 2025, most of which will be creating data in real time. For example, automated machines on a

manufacturing floor rely on real-time data for process control and improvement. Real-time data represents 15% of the Datasphere in 2017, and nearly 30% by 2025 (Figure 8).

Figure 8 - Real-Time Data



Source: Data Age 2025, sponsored by Seagate with data from IDC Global DataSphere, Nov 2018

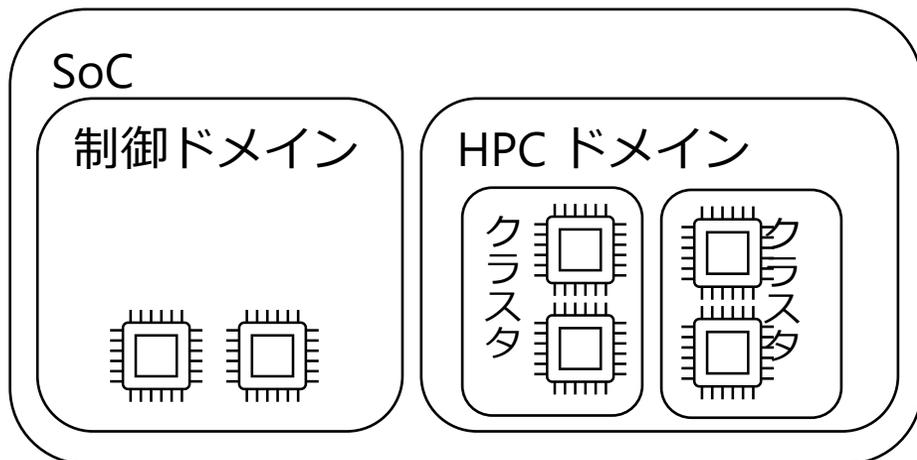
引用

IDC. "The Digitization of the World from Edge to Core". <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf>, (参照参照2022-11-14)

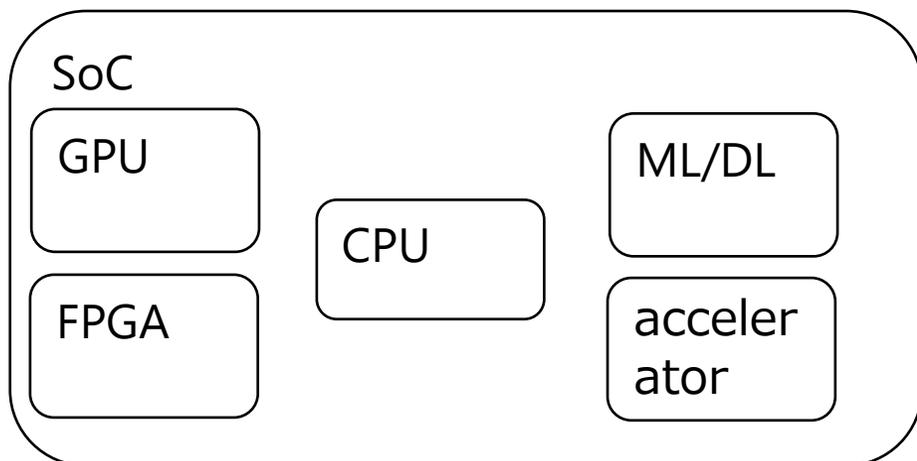
エッジコンピューティング側でのデータの生成が多くなる (コンピューティング能力の増大)

## 2. エッジコンピューティングのハードウェア

ミックスドクリティカルシステムに使われるハードウェア構成の例



HPC向けシステムに使われるハードウェア構成の例



2022年の最新のハードウェアが、今後3年~5年の市場で使用されるハードウェアとなる  
(Ex,車の開発ライフサイクル)

- **ミックスドクリティカルシステム**

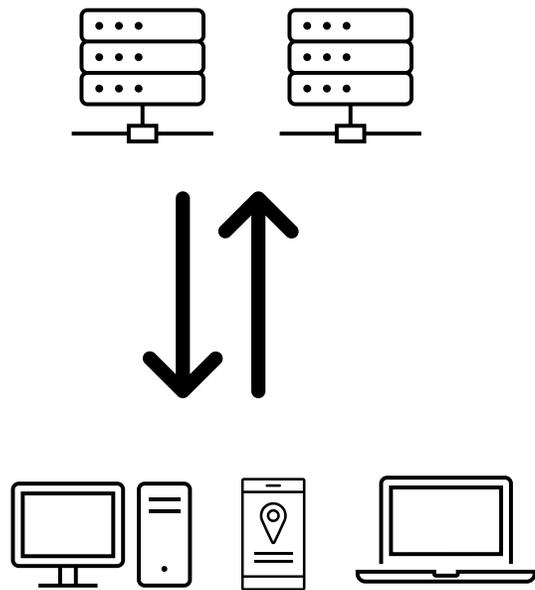
コンピューティング能力の高いハイパフォーマンスCPUと制御をつかさどるMPUを一つのSoCに**統合化**

- **HPC向けシステム**

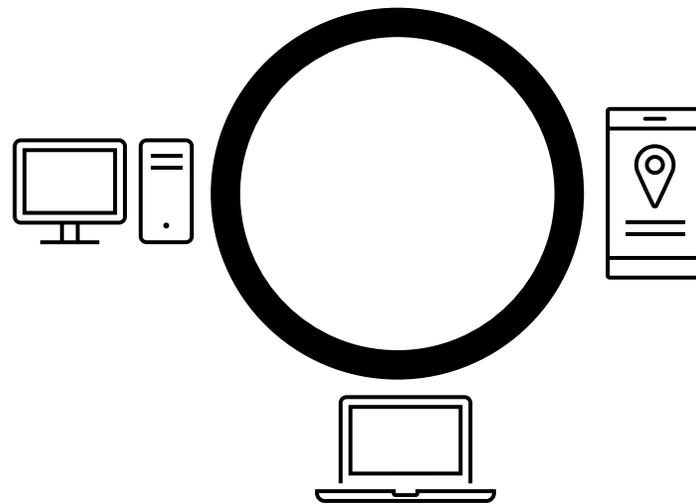
CPU/GPU/FPGA/機械学習に特化した heterogeneous なコンピューティングを一つの SoC に**統合化**

### 3. Webの概念変化（Web2.0 から Web3）

#### Web2.0

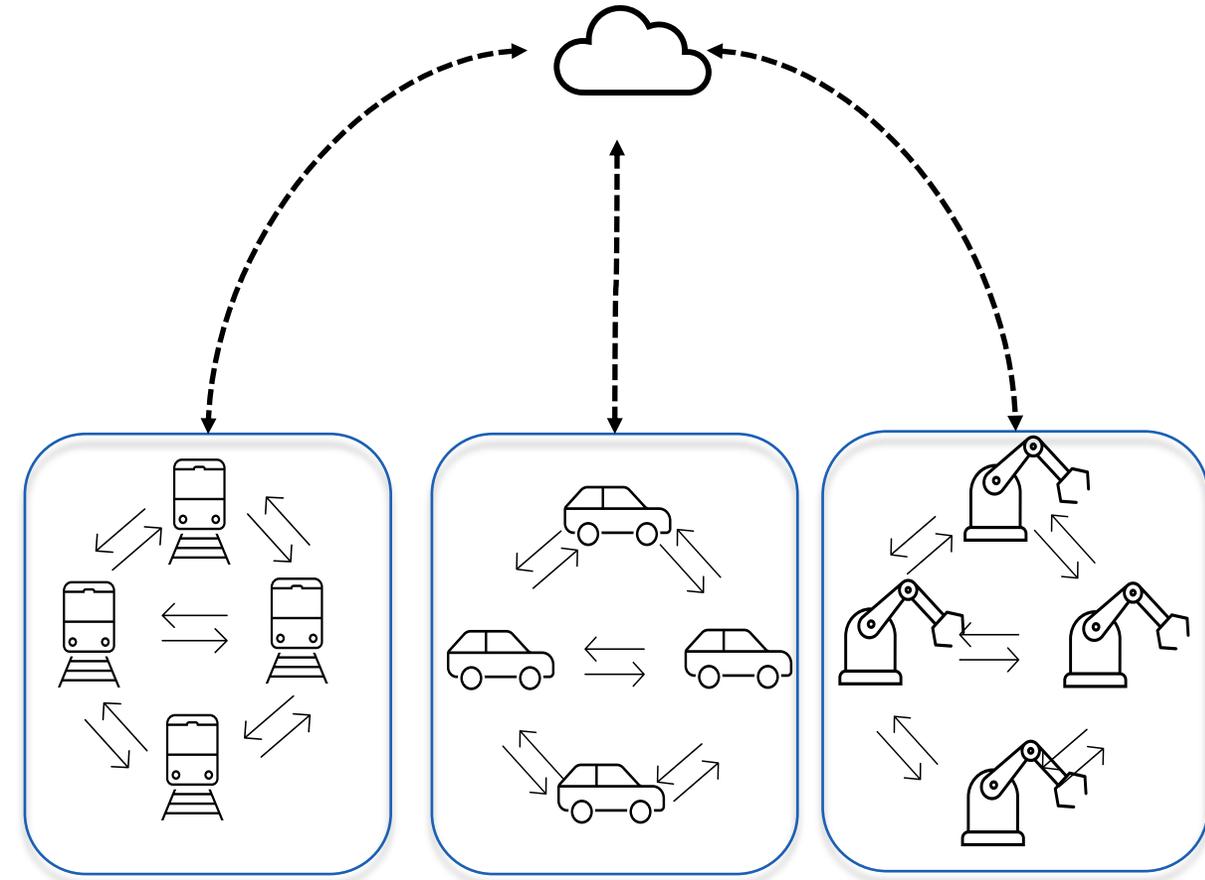


#### Web3



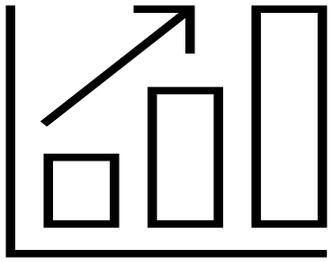
- Web2.0  
特定の寡占化されたプラットフォームフォーマーがサービスを提供する  
プラットフォームフォーマーに情報が寡占化される
- Web3  
ブロックチェーン技術を基盤に個人に情報が**分散化**される  
情報がエッジ側に分散化されて、個人間（エンドポイント）がつながり**ネットワーク化**される

# エッジコンピューティングの未来



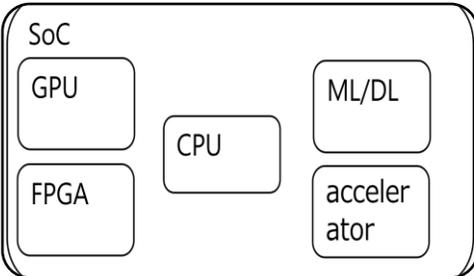
1. エッジコンピューティングのコンピューティング能力の増大  
コンピューティング能力はよりエッジ・エンドポイント側に**分散**されていき、エッジ・エンドポイントの**コンピューティング能力**が高くなっていく
2. エッジコンピューティング内での**統合化**  
HPC(CPU/GPGPU/FPGA/Accelerator)/制御コンピューティングのシステムが一つのハードウェアに**統合**されていく
3. エッジコンピューティング内での**ネットワーク化**  
エンドポイント間が分散され相互につながっていく  
例) Society 5.0/自動車業界の CASE / 産業界の Industrial 4.0

# エッジコンピューティングの未来に向けたソフトウェア課題



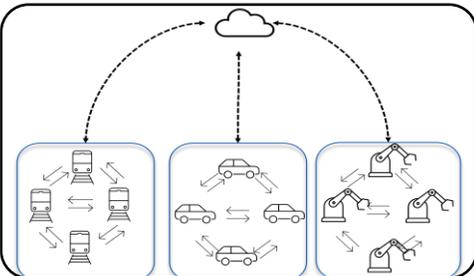
エッジコンピューティングでのコンピューティング能力を最大化できるソフトウェアが必要

- OSが、シングル・マルチコア・メニーコアを効率的に扱える (Scalability/Efficiency)
- アプリケーションが、並列的な処理を効率的に行える (Efficiency)



異なる特性をもつハードウェア (CPU/FPGA/GPU/ML・DL/Accelerator) を統合して効率的に扱うソフトウェアが必要

- OS が、ヘテロジニアス・マルチコアを扱い、アプリケーションに透過的にサービスを提供する(Scalability)
- OS が、ミックスド・クリティカルなシステムを統合するための機構を提供する(Safety)



インターネットにつながることを前提としたソフトウェアが必要

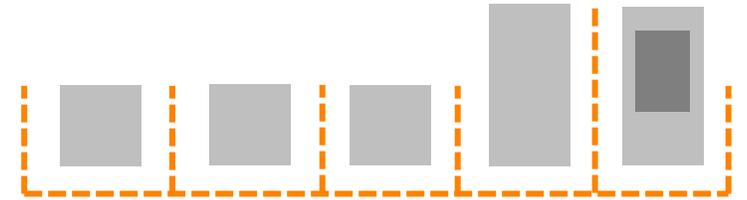
- OS が、サイバーセキュリティに対応するためのセキュリティ機構を提供する(Security)

# 課題を解決するための eMCOS の紹介

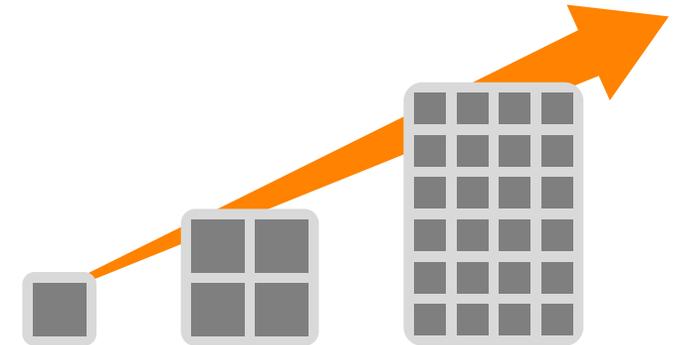
- eMCOS とは？
- アーキテクチャ
  - Multikernel
- ソフトウェア特性
  - Efficiency
  - Scalability
  - Safety and Security

# エムコス eMCOS とは？

eSOL が開発した  
組み込みやエッジコンピューティング向けに  
スケーラブルで高パフォーマンスを兼ね備えた  
商用リアルタイムOS



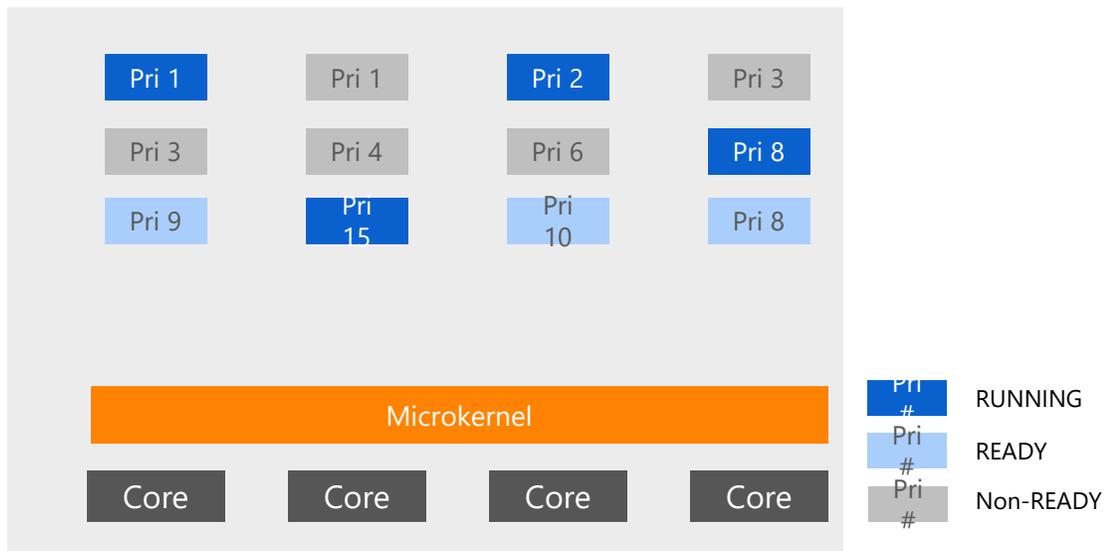
 **MCOS**



# アーキテクチャ

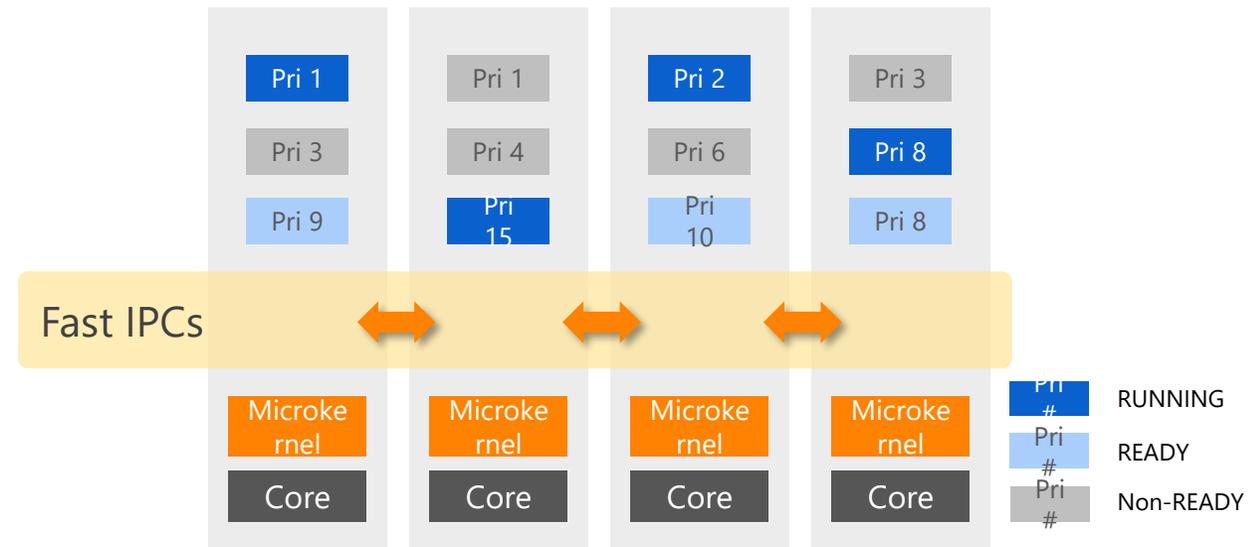
## 従来の SMP Microkernel RTOS

- 複数のCoreに対して一つのマイクロカーネルが存在
- OSが管理するデータは、すべて共有メモリ型のロックを獲得して、一貫性を保証



## eMCOS のアーキテクチャ = Multikernel

- 各Coreで**独立**したマイクロカーネルが存在
- マイクロカーネル間は、**IPC**（高速なプロセッサ間コミュニケーション）で通信



# Multikernel

## なぜ Multikernel である必要があるのか？

- 従来の SMP Microkernel RTOS

リアルタイム性とOSが管理するデータの一貫性を保証するため、すべてのコアをグローバルロックする

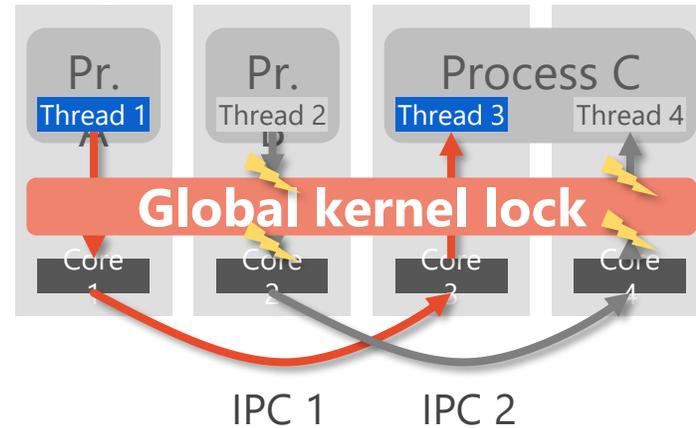
- Multikernel RTOS

IPC を使用するため、コア間でもグローバルロックしない

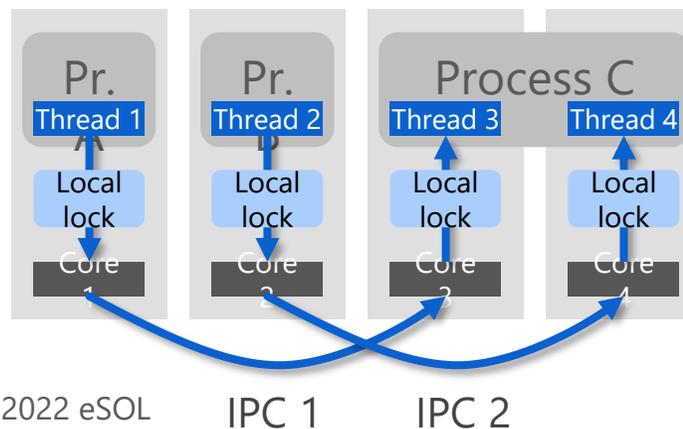
つまり、コアごとのローカルロックのみでよく、従来の SMP

Microkernel RTOSと比較してパフォーマンスが増加するし、FFI(干渉性からの自由)も担保でき信頼性が向上する

### Single Microkernel RTOS (SMP)



### Multikernel RTOS MCOS



# Efficiency (並列性)

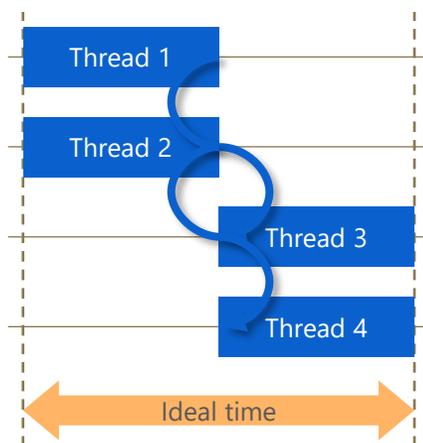
- 従来の SMP Microkernel RTOS

OSのグローバルロックにより他コアのスレッドが並列的に実行できない

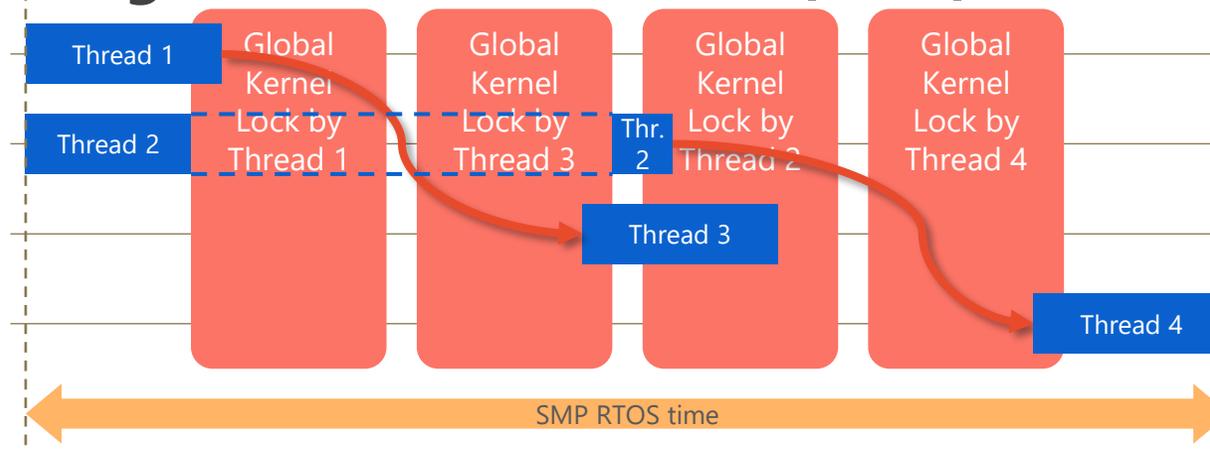
- Multikernel RTOS

OSのローカルコアロックは、他コアのスレッドからの妨害がないため、理想に近い形の並列的に実行できる

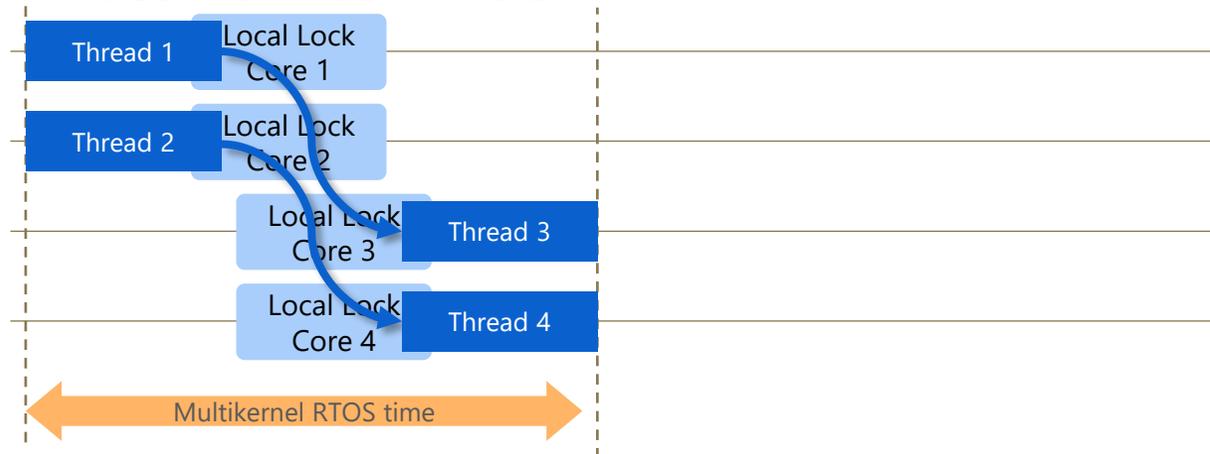
## 理想



## Single Microkernel RTOS (SMP)



## Multikernel RTOS



# Efficiency (スレッドスイッチ)

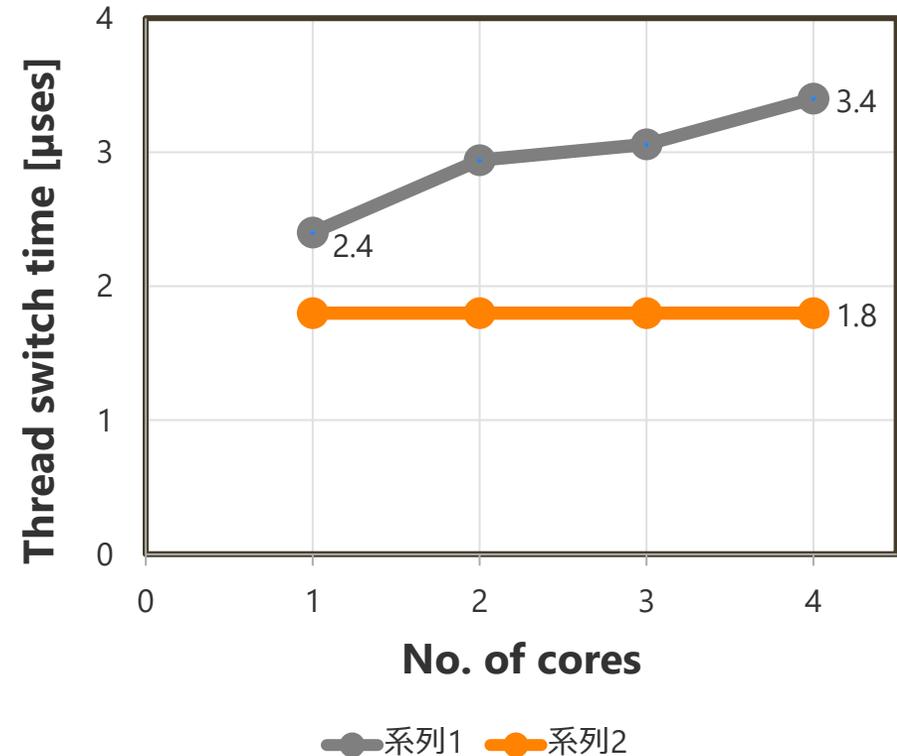
- 従来の SMP RTOS

コア数が増加するにあたって、スレッドスイッチの時間が増加していく傾向があった

- Multikernel RTOS

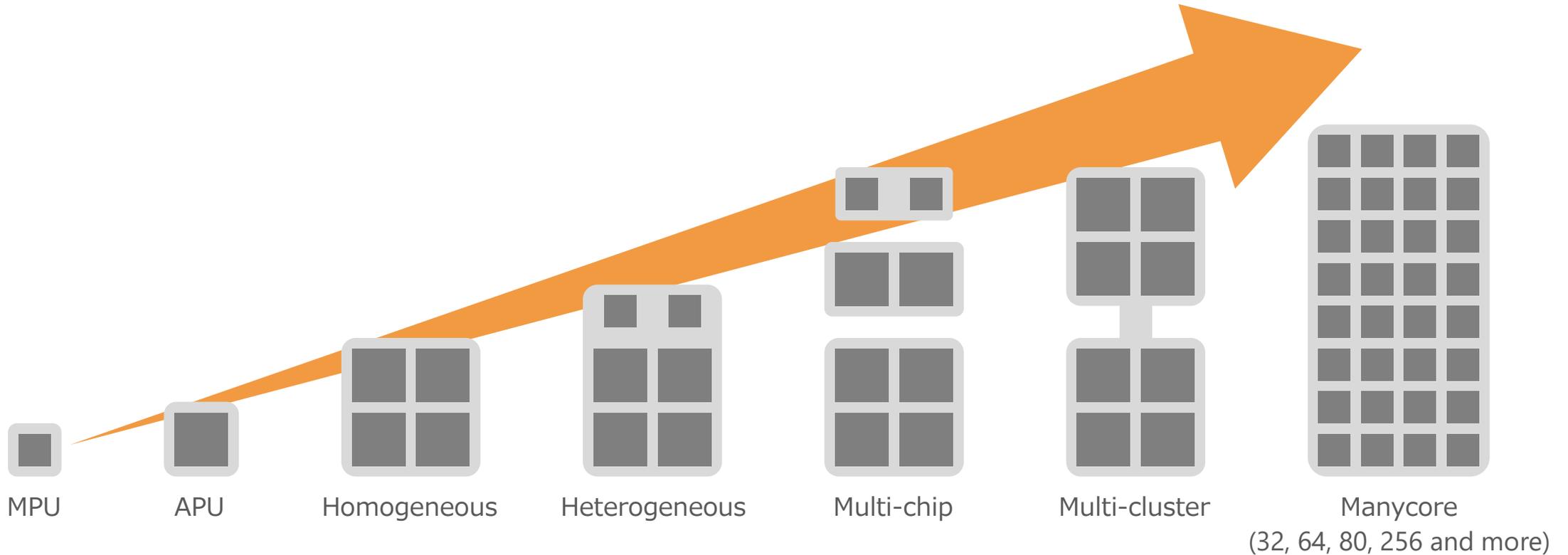
コア数に依存せず一定の時間で処理を実行でき、OSがマルチコア・メニーコアを効率的に扱っている

**Thread switch time  
vs. number of cores  
(4x Arm Cortex A-57, 1.5GHz)**



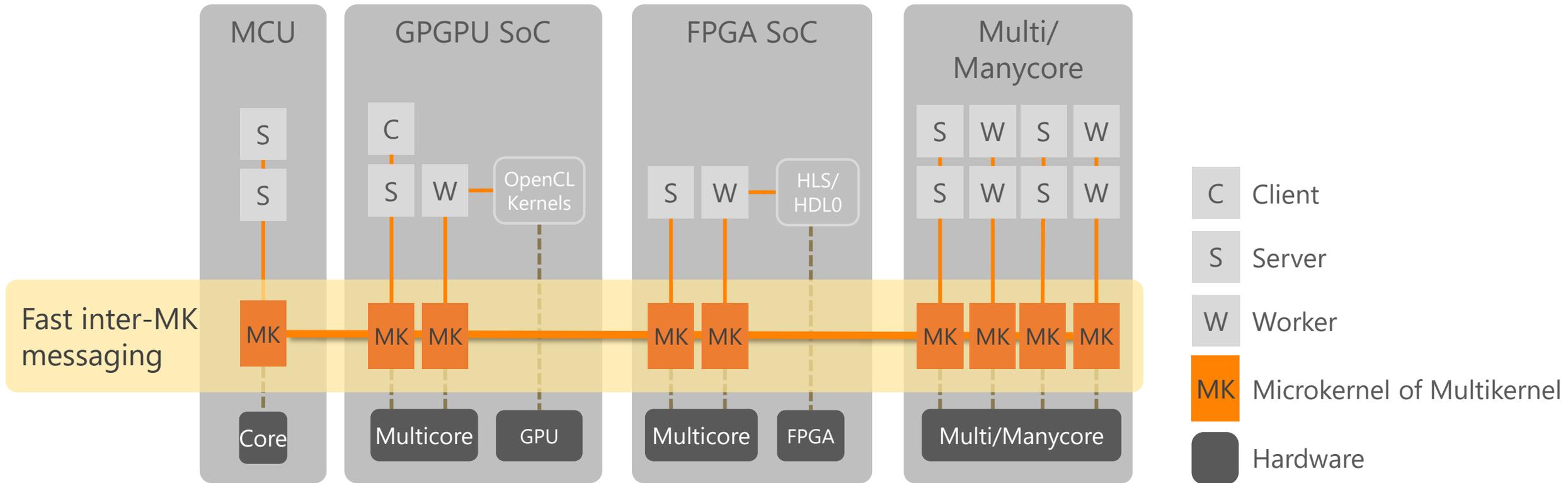
# Scalability

eMCOSは、コア毎に独立したカーネルが搭載されるので、シングルコアからマルチ・メニーコア、ヘテロジニアス、マルチチップに自然と適応できる構造となっている



# Scalability

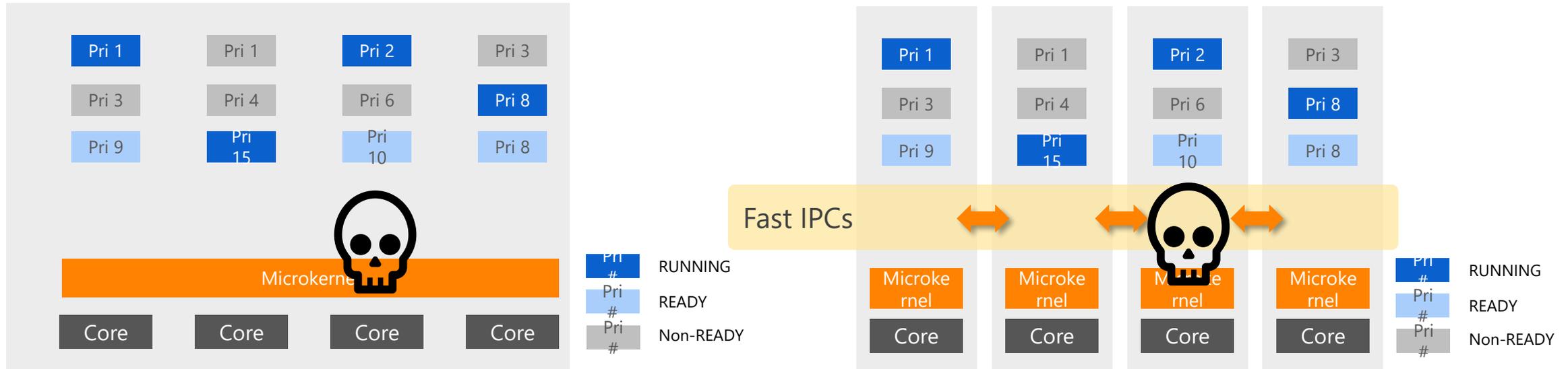
eMCOS は、アプリケーションからみたらすべて同一のサービスを透過的に扱えるため、**software defined architecture (SDA)**を扱う理想的なソフトウェア構造となっている



# Safety and Security

従来の SMP Microkernel RTOS は、特定のコアのマイクロカーネルの障害が起きると、すべての Microkernel のサービスが継続できなくなる

eMCOS は、特定のコアのマイクロカーネルの障害が起きたりセキュリティ問題を起こしても、他コアは最低限のマイクロカーネルとしてのサービスが継続することができる



# Safety and Security

eMCOS 独自（特許取得済み）のセミプライオリティベーススケジューリングによって、リアルタイム性の確保と高パフォーマンスを両立するスケジュールを可能としている

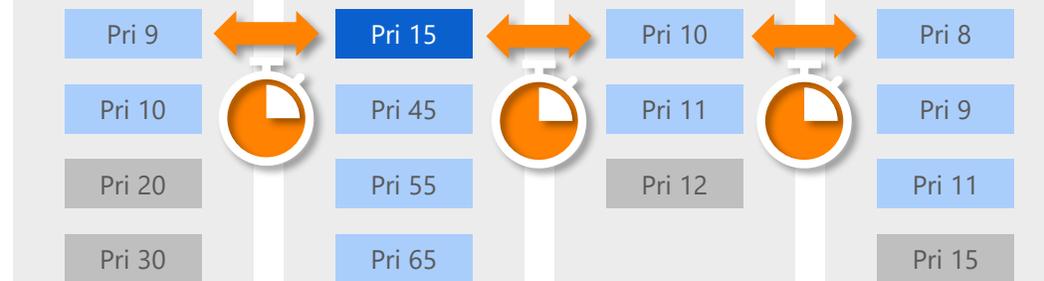
安全でリアルタイム性が必要なスレッドが実行されるスケジューリンググループ



コア固定で Ready になった時に実行される

## Hard real-time

非安全で高パフォーマンスが必要なスレッドが実行されるスケジューリンググループ



ロードバランシングされたスレッドで、コアの負荷状況によってマイグレーションが発生する

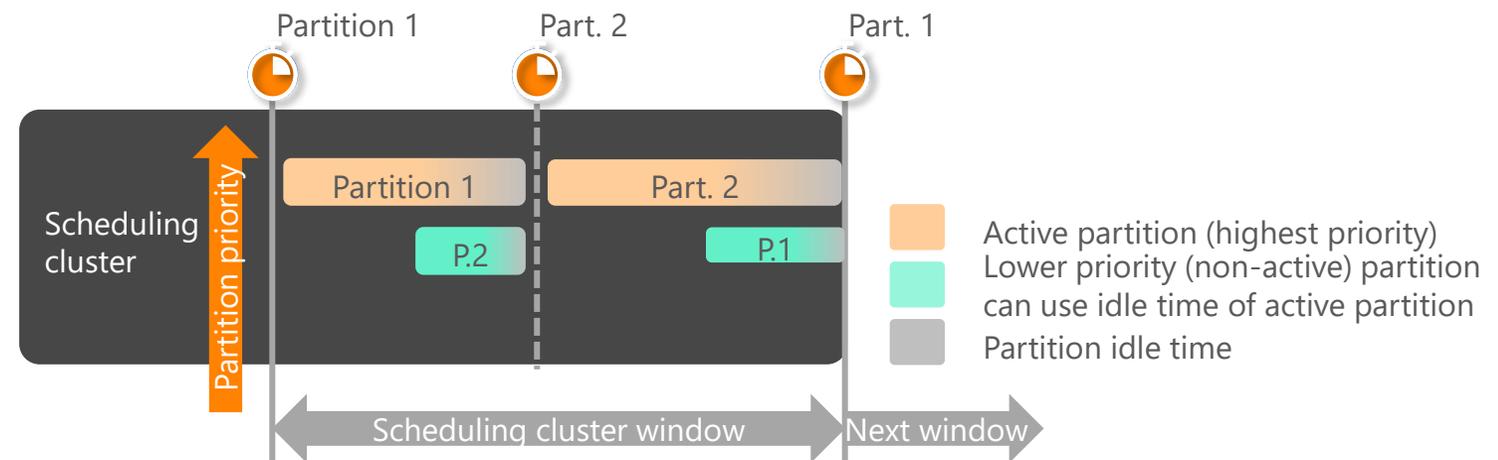
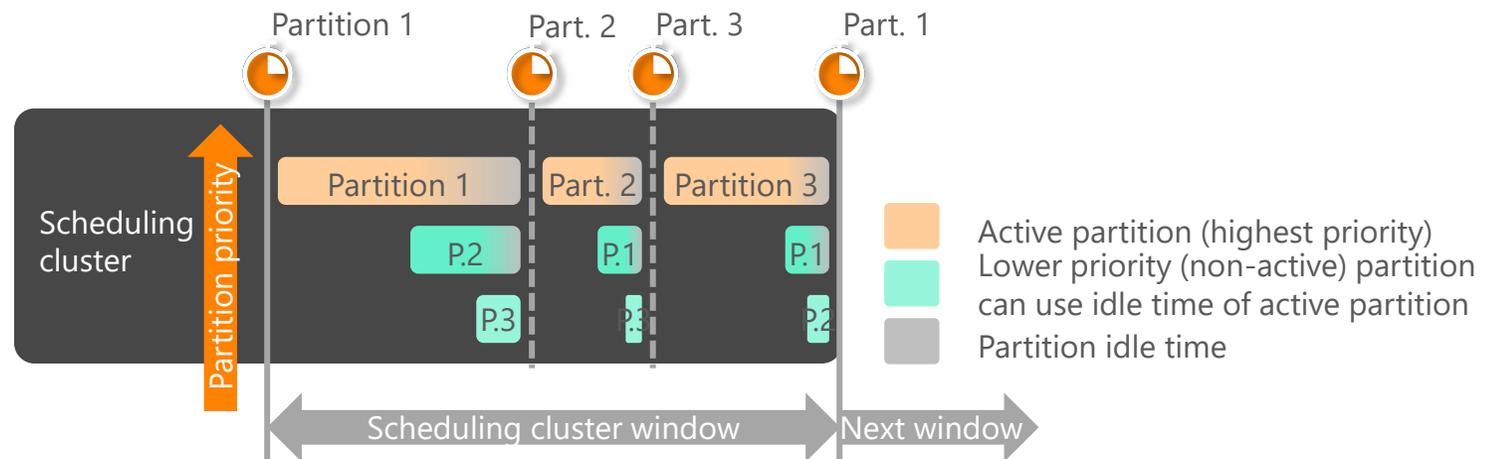
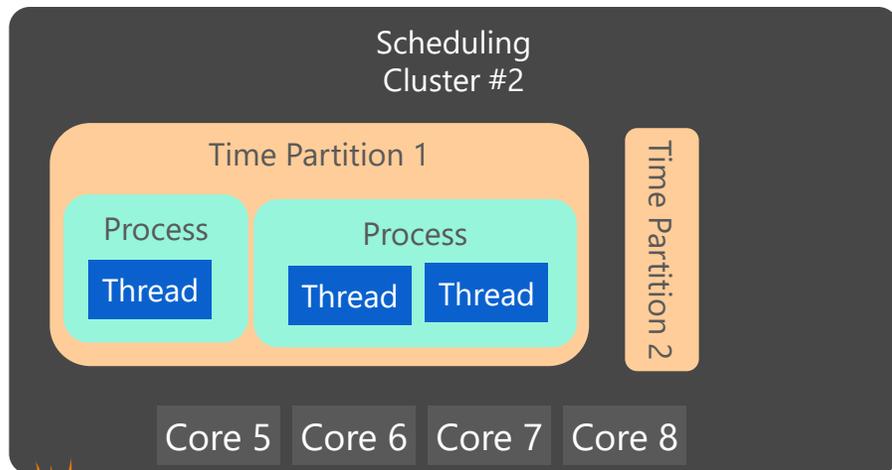
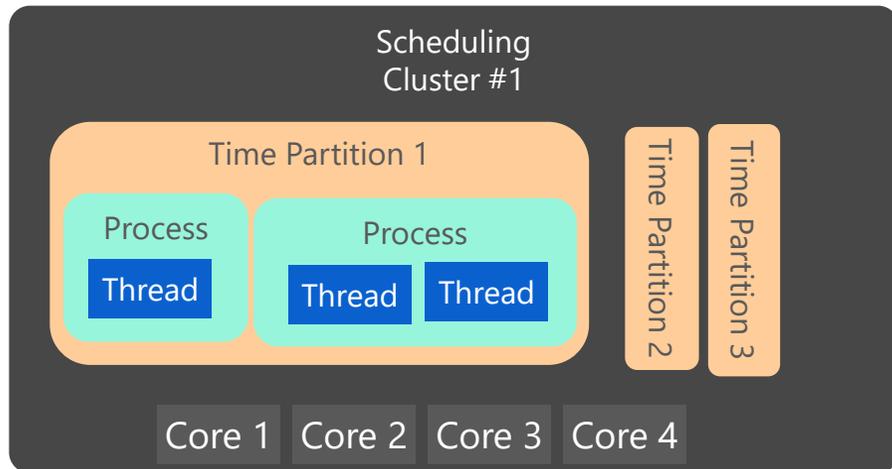
## Soft real-time



Pri # RUNNING  
Pri # READY  
Pri # Non-READY

# Safety and Security

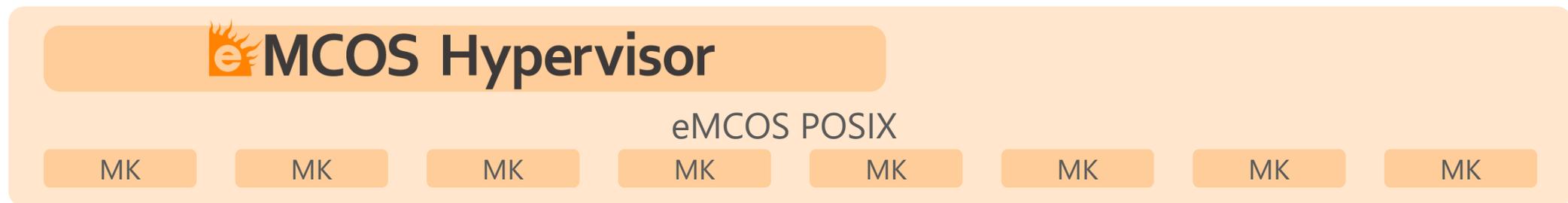
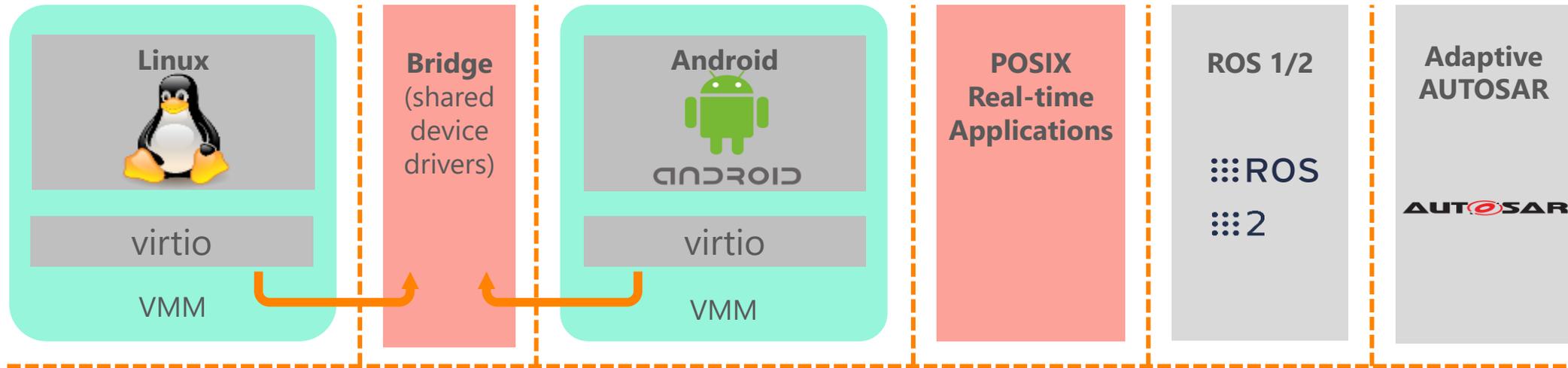
「時間」のリソースを分離することで、安全アプリケーションの安全性に影響を与えず、非安全アプリケーションを統合するために時間保護機能を提供



# Safety and Security

ミックスドクリティカルなシステムを実現するために eMCOS Hypervisor 機能を提供

外部のネットワークに接続する汎用 OS を完全に Sandbox 化して動作させることで、汎用OSの脆弱性がミッションクリティカルなシステムへの影響を防ぐ



# Safety and Security

国際的な安全規格である電子一般の ISO 61508や自動車業界の標準となる ISO26262 の製品およびプロセス認証の実績がある

## eMCOS safety certification

### Development process

compliant with

- ISO 26262 (automotive)
- ISO 61508 (industrial)
- IEC 62304 (medical)

### AUTOSAR Classic Platform:

- eMCOS AUTOSAR SC1 & SC3 multicore
- Certified ISO 26262 ASIL D

### AUTOSAR Adaptive Platform:

- eMCOS POSIX planned to be certified by SGS-TÜV for ASIL B in 2023



まとめ

今後20年、過去20年以上にエッジコンピューティングは  
急速に進化していくと予想される

ソフトウェアがエッジコンピューティングの進化に  
柔軟にかつスケラブルに対応できる OS/Hypervisor が必要となる

It's an

 **MCOS**

# Challenge With Passion

