

Linux+RTOSによる リアルタイムアプリケーション対応

株式会社ユビキタスAIコーポレーション

TOPPERS事業部

加藤 吉之介

自己紹介

株式会社ユビキタスAIコーポレーション TOPPERS事業部

加藤 吉之介

- 電機メーカーにて動作合成ツールや特殊プロセッサ向けコンパイラの研究開発を十年ほど経験
- 2015年から現職
- TOPPERSプロジェクトメンバーとしてRTOSや組込みハイパーバイザなどの開発に参加
 - TOPPERSプロジェクト

<https://www.toppers.jp/index.html>

TOPPERSとは?

■ TOPPERSプロジェクト

- 以下を目的とするNPO法人
 - 次世代のリアルタイムOS技術の開発
 - 組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発
 - 組み込みシステム技術者の育成への貢献
- 弊社はプロジェクト立ち上げ時から参加

■ TOPPERSカーネル

- プロジェクトの成果物としてOSSで公開されているリアルタイムOS

■ TOPPERS-Pro

- OSSなTOPPERSカーネルに対し、弊社にて以下を追加した製品
 - ミドルウェア&ツール
 - 知財権保証
 - 品質保証
- いわゆるディストリビューションの一つ



背景

■ 組み込み機器機能の高度化

– 高機能とリアルタイム性、セキュリティの両立が求められる

	高機能	リアルタイム性
印刷機器	無線通信対応	高速印刷
産業機器	高度なUI	モーションコントロール

	高機能	セキュリティ
車載機器	ADAS、コネクティッドカー	外部からの侵入対策
インフラシステム	HEMS	メーター値の改ざん防止

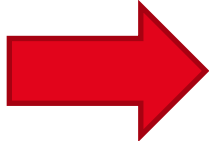


複数OSを使用した機能分割で実現

複数OS実行方法

■ ホモマルチコア上で複数OS実行

– 仮想化を利用して実現

 **TOPPERS-Pro SafeG、TOPPERS-Pro SafeG64、
TOPPERS-Pro SafeG-M**

■ ヘテロマルチコア上で複数OS実行

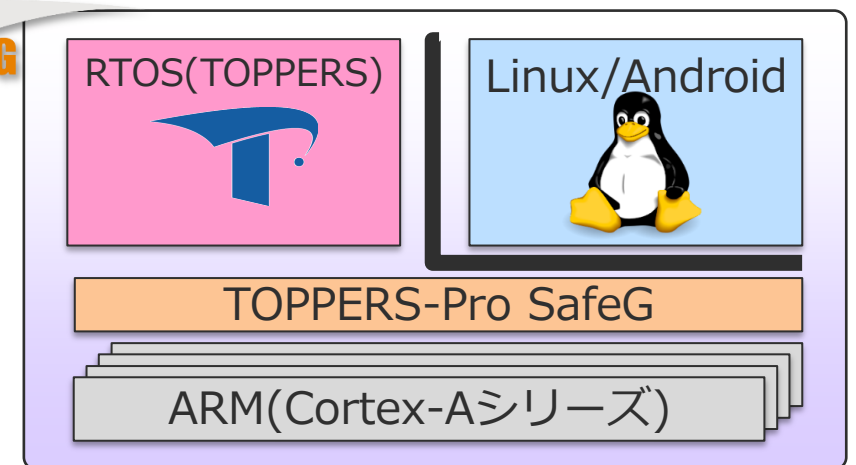
– ヘテロコア間の通信が必要

 **TOPPERS-Pro MDCOM**

TOPPERS-Pro SafeG

- ARMプロセッサ上でLinux/AndroidとRTOSを並行に実行するハイパーバイザ(セキュアモニタ)
 - Non-Secure EL2(Hyp)で動作する一般的なハイパーバイザと異なり、Secure EL3(Mon)で動作
- RTOSを時間的・空間(メモリ)的に保護
- リアルタイム性/セキュリティ(RTOS)と高機能(Linux)の両立

TOPPERS-Pro SafeG



組込み向け仮想化に求められる要件

- リアルタイム性保証
- メモリ保護
- 実行オーバーヘッド
- HWコスト
- SW開発コスト

SafeGの特長①:リアルタイム性保証

■ 割込みベースのOS切り替えでRTOSのリアルタイム性を保証

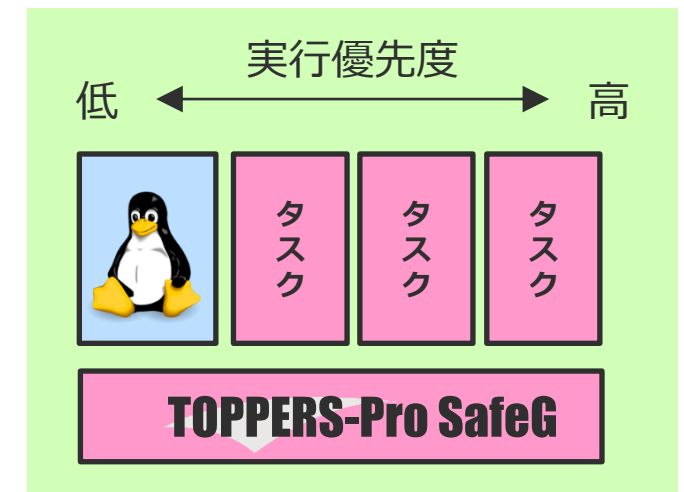
■ 実現方法

- それぞれのOSで異なる種類の割込みを使用
 - RTOS用割込み : FIQ (高速割込み)
 - Linux用割込み : IRQ (通常割込み)

■ キーポイント

実行中のOS	RTOS用割込み	Linux用割込み
RTOS	許可	禁止
Linux	許可	許可

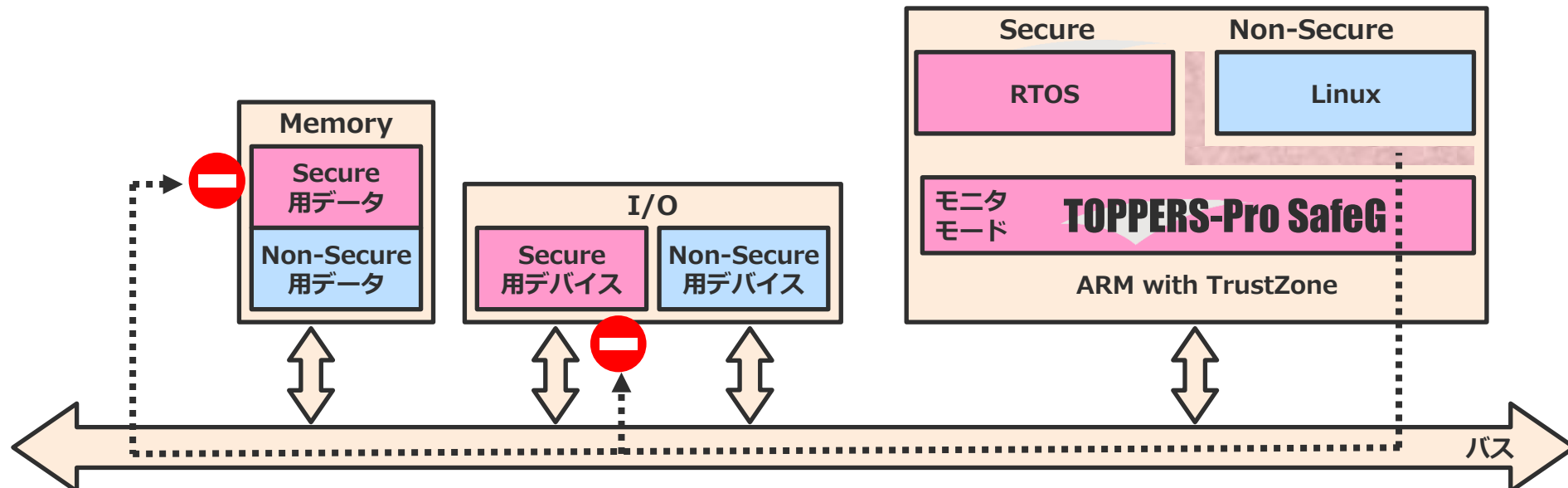
- LinuxそのものがRTOSの最低優先度タスクとして動作
 - Linuxの実行中にRTOS用割込みが発生したら、即座にRTOSへ切り替わる
 - Linuxは決してプロセッサを占有できない



SafeGの特長②:メモリ保護

■ TrustZoneによる支援

- SecureワールドとNon-Secureワールド、2つの世界に分割
 - Secureワールド : RTOS
 - Non-Secureワールド : Linux
- SecureワールドのメモリとデバイスはNon-Secureからアクセス不可
- アクセスポリシー違反はHWで自動的にチェック



SafeGの特長③:実行オーバーヘッド

■ OS切り替えに必要な処理

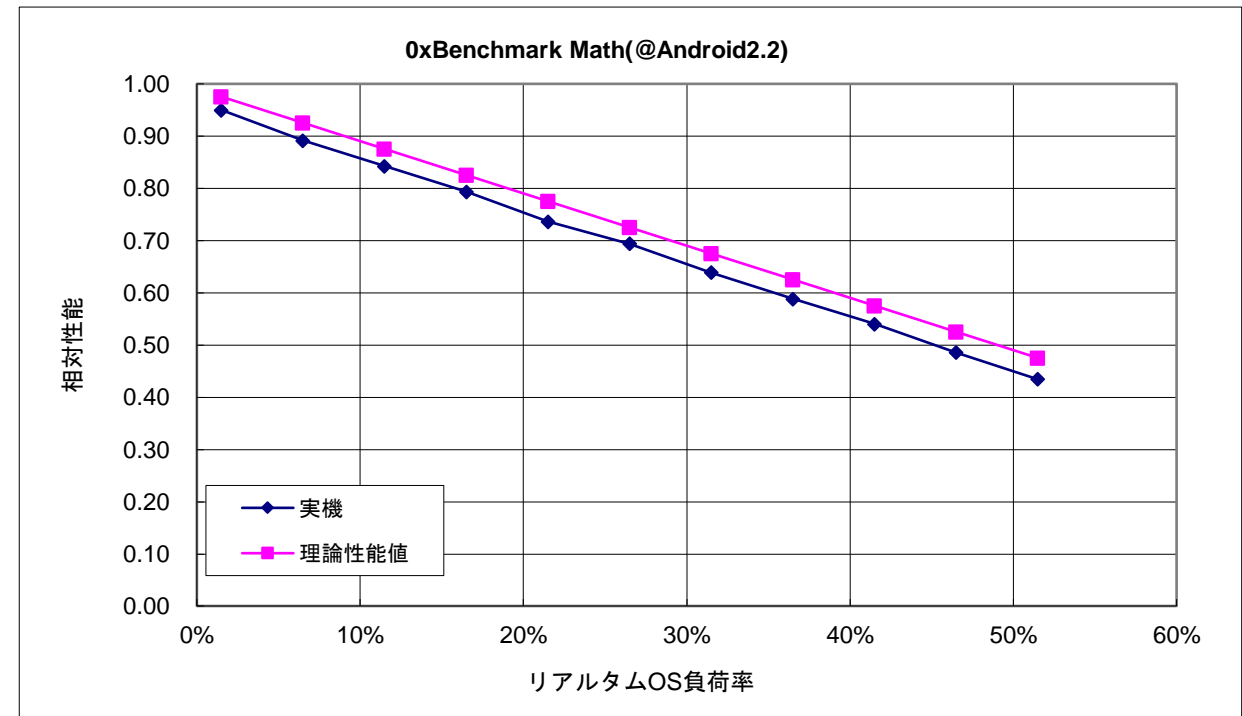
- レジスタの保存/復帰
- メモリの保存/復帰

■ TrustZoneによる支援

- レジスタ
 - 大部分はHWで多重化
 - 数百サイクルでOS切り替え可能
- メモリ
 - MMUもHWで多重化
 - OS切り替え時の配慮不要

■ 固定レイテンシ

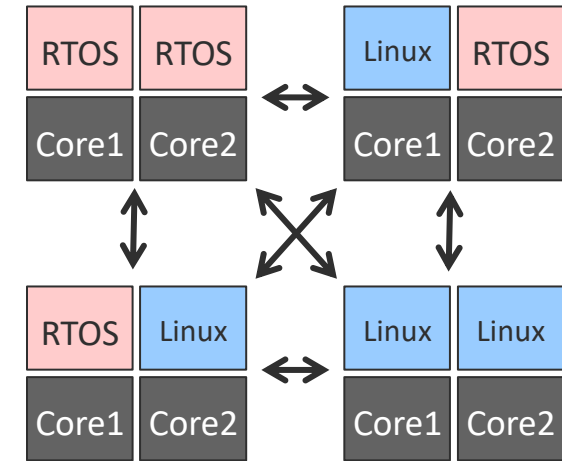
- OSの負荷状況に依存せず、オーバーヘッド一定



SafeGの特長④:HWコスト

■ シングルコアから複数OS共存可能

- マルチコアに対するスケールビリティ
 - 動的にRTOSとLinuxの実行を切り替え可能
 - 例)2コアプロセッサの場合



- 2コアAMPの場合、Linux側コアが性能不足となっても、RTOS側のコアを利用することは不可能
 - 4コアプロセッサが必要となり、HWコスト増

SafeGの特長⑤:SW開発コスト

■ SafeG対応済みのRTOSを提供可能

- シングルコア用 : TOPPERS-Pro/ASP3, TOPPERS-Pro/ASP
- マルチコア用 : TOPPERS-Pro/FMP3, TOPPERS-Pro/FMP

■ Linuxの変更量も少ない

- 例) i.MX6用のパッチファイル行数
 - Linux : 121行
 - u-boot : 38行

■ アプリケーションは変更なしでOK

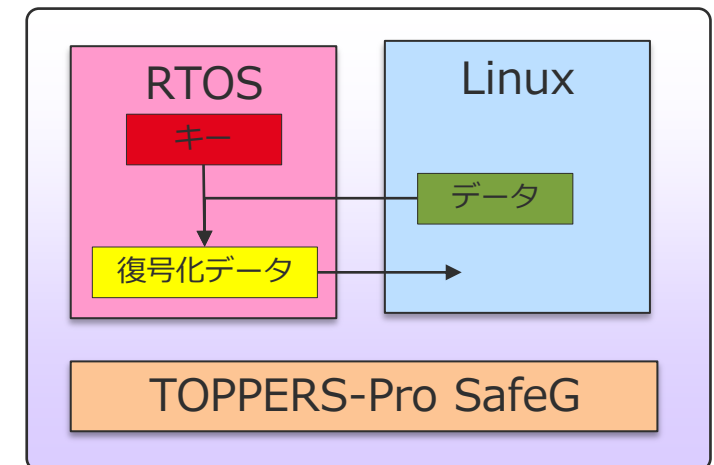
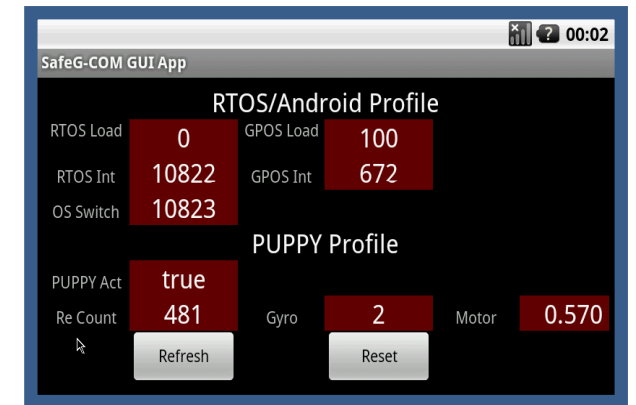
OS間のデータ通信方法

- 同一システムで動作するため、様々な理由でOS間のデータ通信が必要

➡ **TOPPERS-Pro MDCOM**

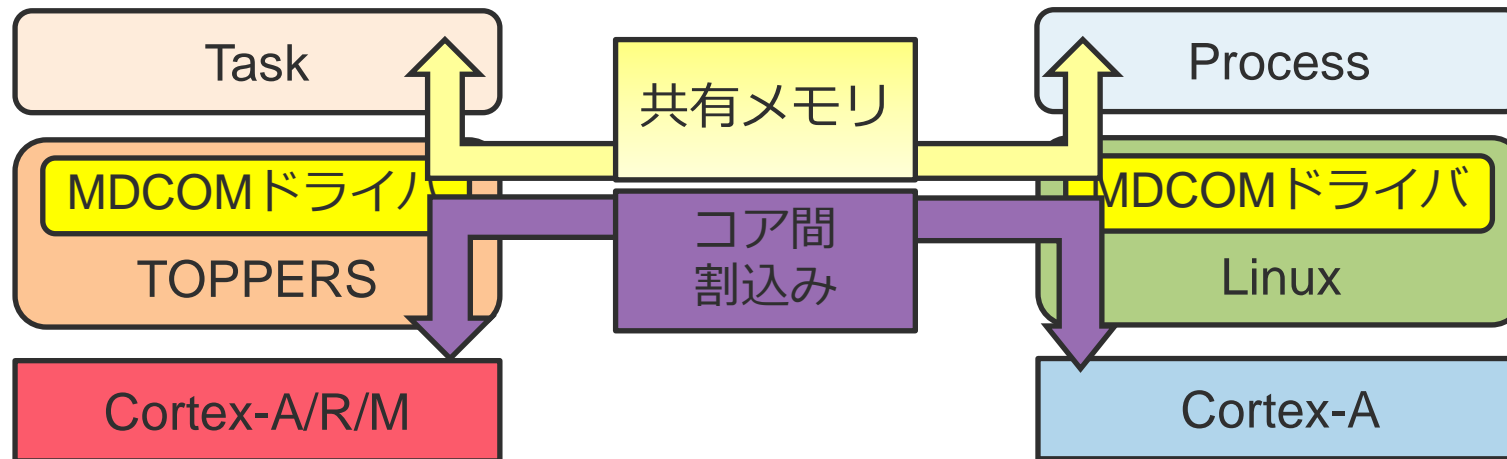
利用例

- RTOS側の状態表示
 - データ送信：RTOS→Linux
 - Linuxで画面表示
 - Linuxが持つリッチなGUIフレームワークを利用
- データの暗号化・復号化
 - データ送信：RTOS↔Linux
 - 暗号キーはRTOS側が保持
 - Linux側からデータを送付し、RTOS側で復号
 - 復号結果をRTOSからLinuxへ戻す



TOPPERS-Pro MDCOM

- 異なるOS間で通信や同期を行うためのライブラリ
- RTOSのリアルタイム性を保証する設計
- OSやコアの差異を隠蔽



TOPPERS-Pro MDCOMの特徴

■ RTOSがマスタ

- RTOSから通信開始可能

■ 2種類の通信チャンネル

- 共有メモリ：多対多用
- FIFO：一対一用
 - イベント待ち/通知が可能

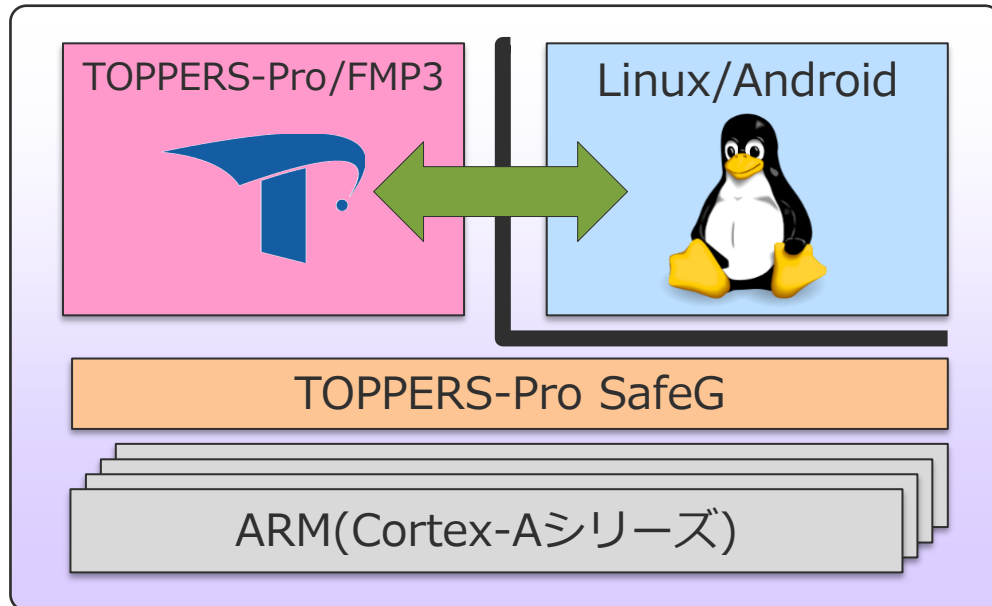
■ OSレベルの通信機構

- コア間割込みを使い専用ドライバとして実装

OS間通信のバリエーション(1)

■ ハイパーバイザ上のOS間

TOPPERS-Pro
MDCOM

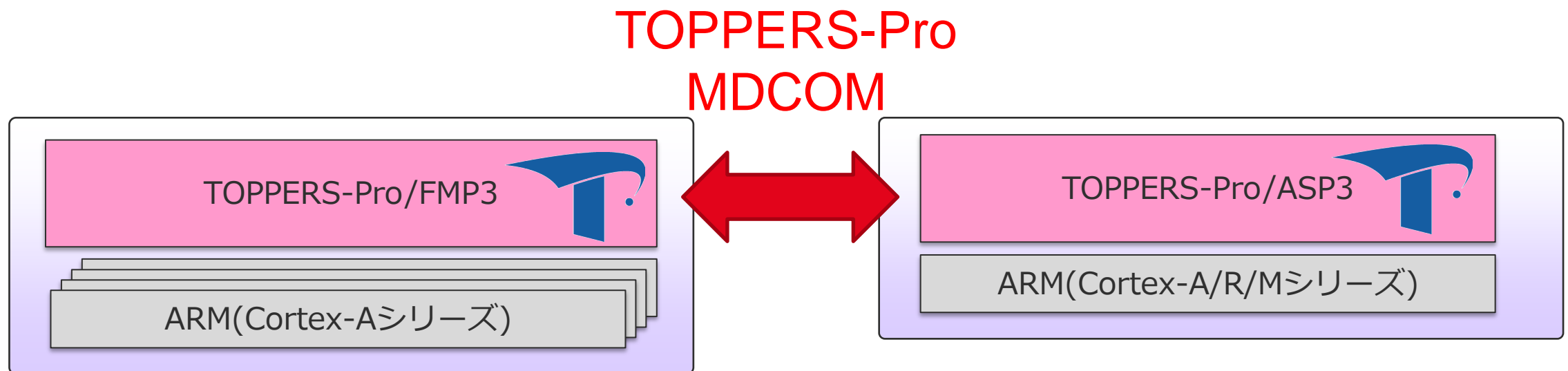


OS間通信のバリエーション(2)

■ヘテロマルチコアのヘテロコア間

– RTOS間

- OSに依存しない同一APIで通信可能

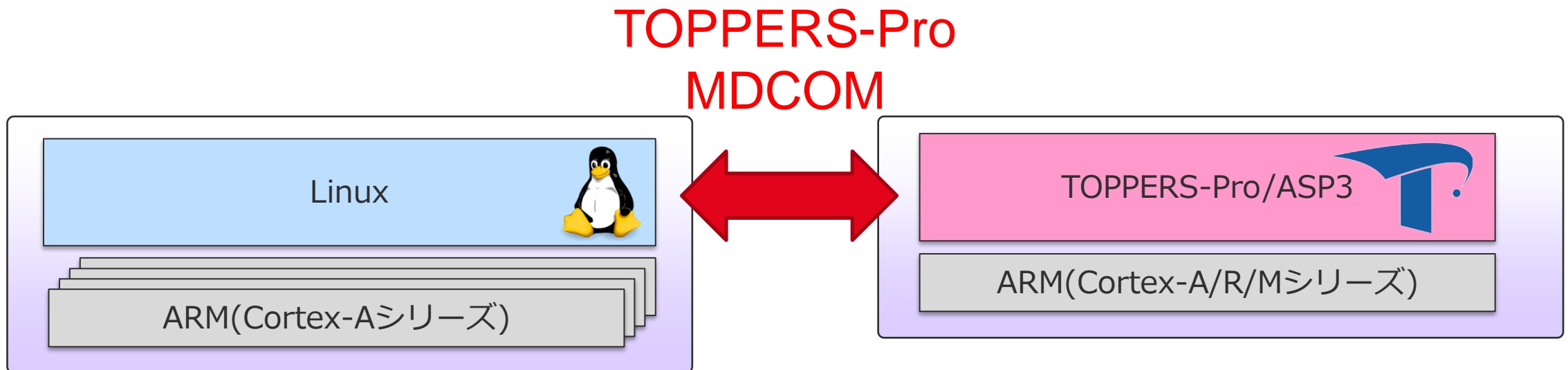


OS間通信のバリエーション(3)

■ヘテロマルチコアのヘテロコア間

– RTOS↔Linux間

- OSに依存しない同一APIで通信可能

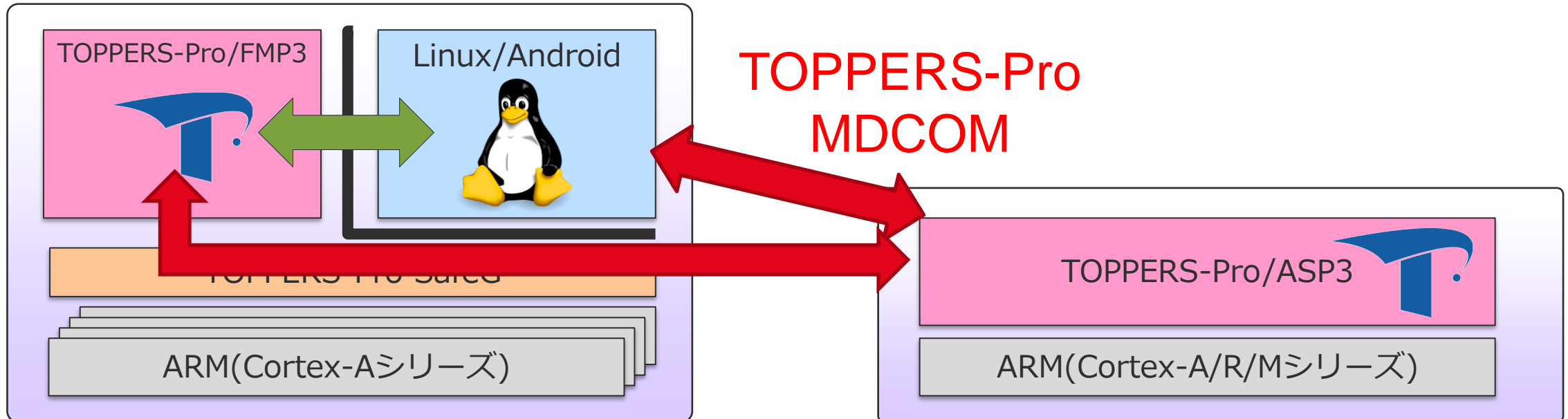


OS間通信のバリエーション(4)

■ホモ/ヘテロマルチコアの共存

- どのOS間でも共通APIでプログラミング可能

TOPPERS-Pro
MDCOM



まとめ

■ TOPPERS-Pro SafeGのご紹介

- 1チップ上でRTOSによるリアルタイム性の確保と、Linuxによる高機能の実装を実現可能

■ 組みみに適した仮想化を実現するSafeGの特徴

- リアルタイム性保証
- メモリ保護
- 低実行オーバーヘッド
- 低HWコスト
- 低SW開発コスト

■ TOPPERS-Pro MDCOMのご紹介

- OSに依存せず同一APIでOS間通信を実現可能



お問い合わせは

Connecting the Future



Ubiquitous AI Corporation

株式会社ユビキタスAIコーポレーション

TOPPPERS事業部

<https://www.ubiquitous-ai.com/>