

組込みマルチコアサミット2023

マルチコア技術の普及に向けた取り組み

組込みマルチコアコンソーシアム
マルチコア適用委員会

はじめに

■本講演の目的

EMCでは、「**マルチコア技術普及**」に向けた活動を行っています。

この活動の中で、有益な情報となる**各種コンテンツ**を生み出し、EMCホームページやSNS上で、**公開**しています。

本日の講演で、「マルチコア技術普及」の活動内容と、その活動から生まれたコンテンツをご理解頂き、**マルチコアの技術理解向上**や、**開発でご活用**頂きたいと考えています。

■本日の講演で紹介する範囲

- ・ マルチコア適用委員会（WG3）の活動を中心に紹介します。

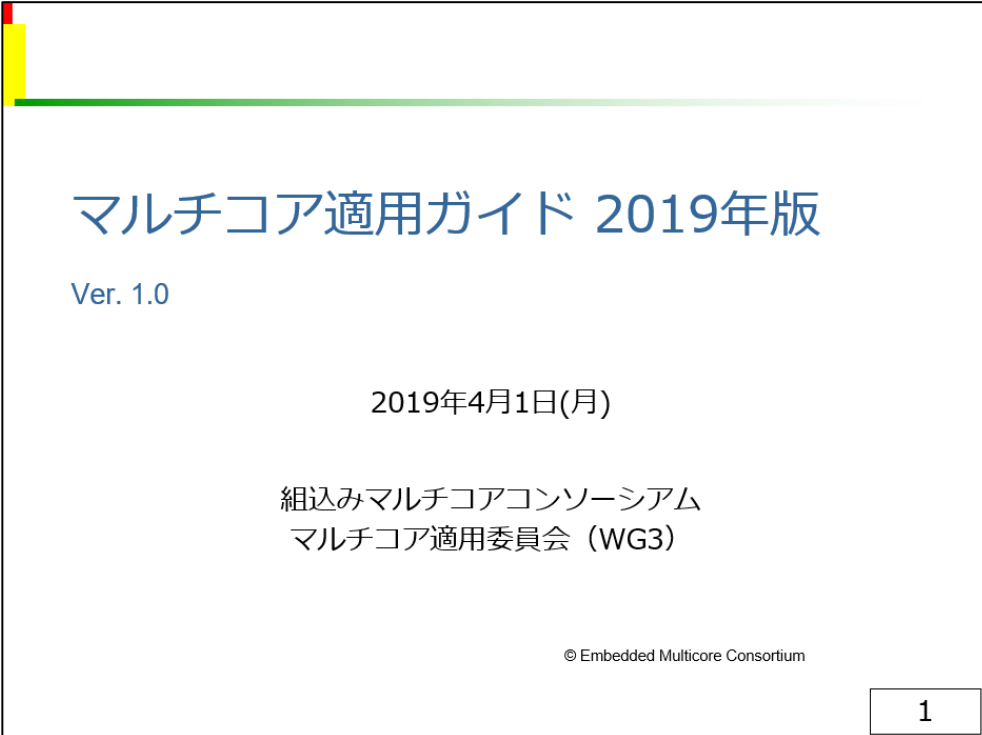


マルチコア適用委員会（WG3） FY16-FY19の活動

WG3のこれまでの活動（FY16～FY19）

- WG3は、FY16から始動
- マルチコア技術普及に向けた各マテリアルを作成し、公開

マルチコア適用ガイド



マルチコア適用ガイド 2019年版

Ver. 1.0

2019年4月1日(月)

組込みマルチコアコンソーシアム
マルチコア適用委員会（WG3）

© Embedded Multicore Consortium

1

マルチコアに関する海外調査



 Embedded
Multicore
Consortium
www.embeddedmulticore.org

 **embeddedworld2019**
Exhibition&Conference
... it's a smarter world

Embedded World 2019 Exhibition & Conference
@ドイツ,ニュルンベルク
出張報告

- **出張先** ドイツ, ニュルンベルク, メッセ会場
- **出張日程** 2019年2月24日(日)～2019年3月2日(土) 7日間

マルチコア適用ガイドの紹介

■ マルチコア知見者が作成した4つのマテリアル

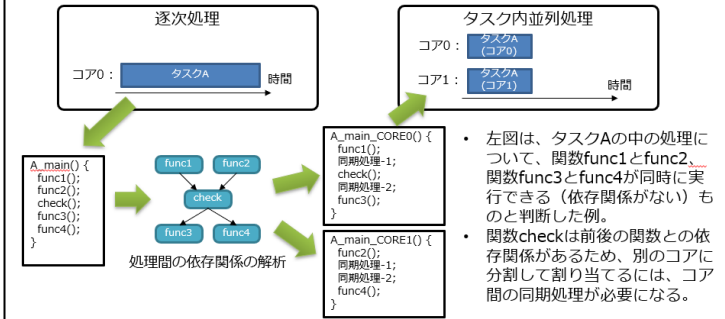
- ① マルチコア適用ガイド
- ② 制御系マルチコア・ハードウェアの特徴とユースケース
- ③ 自動車 機能安全へのマルチコア適用
- ④ 並列処理ソフトウェアの課題と対策技術

■ 最新版では、4つパワーポイントデータを1つに集約し、EMCホームページ上で公開（HTML化/PDF化）

1-2 タスク内で並列化する際の課題

タスク内並列処理では、タスクを記述するソフトウェアの中から並列に実行可能な箇所を抽出し、マルチコアに割り付ける。

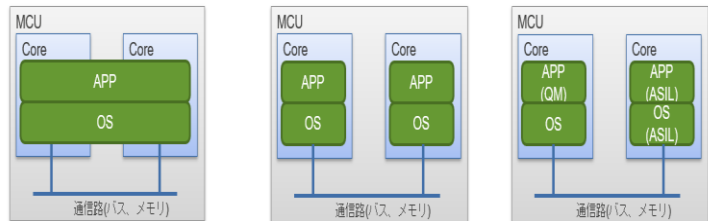
- コア間の同期処理が必要な場合



マルチコア適用ガイドから抜粋

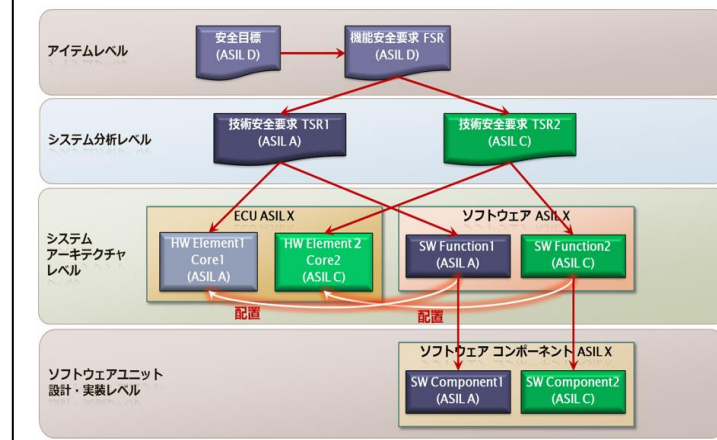
制御システムにおけるマルチコアの代表的ユースケース

- 制御アプリケーションの高性能化 ⇒ 負分散型
- 複数のアプリケーションの組合せ・統合 ⇒ 機能統合型
- 機能安全への対応 ⇒ 機能分離・時間分離



制御系マルチコア・ハードウェアの特徴とユースケースから抜粋

マルチコア適用の機能安全アーキテクチャデコンポジションの例



自動車 機能安全へのマルチコア適用から抜粋

並列プログラムの課題

- 挙動理解の困難性
 - ・ 非決定性
 - ・ 並列プログラムの挙動には「非決定性」を含む場合がある。非決定性を持つプログラムでは、状態遷移の分岐が排他的でない
 - ・ →テストプログラムや不具合事象の再現性が悪く、デバッグしにくい。
 - ・ 複雑性
 - ・ 並列に動作する別々のスレッドが別々の状態遷移を持つため、システムの状態はその組み合わせになり、複雑で、膨大な振る舞い空間をもつ。
 - ・ →システム挙動の網羅的な検証が困難
- 計算資源の有効利用
 - ・ ソフトウェアの並列動作可能な計算資源へのマッピング

並列処理ソフトウェアの課題と対策技術から抜粋

マルチコアに関する海外調査

■ 世界最大の組込み技術展に参加し、マルチコアの海外動向を調査

- Embedded World 2019（ニュルンベルク / ドイツ）へ出張
 - 会場で各ベンダーへのヒアリング
 - 併設開催されたカンファレンス（マルチコア関連）に参加

■ 活動報告書をEMCメンバーへ共有

- 本資料は一般非公開となります。


マルチコアに関連するカンファレンス（抜粋）

セッション	タイトル	発表企業
S1.1 Internet of Things	How to Migrate Intelligence from the Cloud to Embedded Devices at the Edge	Arm
S10.2 SoC_EDA	An Open Source Framework for Rapid Application Development for Complex SoCs	Microchip Technology
S10.2 SoC_EDA	Shift Left for Software Development Using Virtual Platform Emulation Hybrids	Cadence Design Systems
S3.1 OS Basics	Introduction to OpenAMP (An Open Source Standard and API for Asymmetric Multiprocessing Systems)	Mentor a Siemens Business
S3.4 Virtualization	Virtualization impact on the performance in embedded systems	Green Hills Software Sweden
S4.2 Functional Safety	Safety Critical RTOS	WITTENSTEIN
S4.3 Security Architectures Hacking	Sidestepping Side Channel Attacks through Separation & Virtualization	Lynx Software Technologies
S6.3 Software Engineering Design Modeling	Software Quality, Systemic Failure and Dual Modular Redundancy	LDRA
S6.8 Software Engineering Software Debugging	Connectivity, Complexity and the Role of Enhanced Debugging	RMIT University Clarinox Technologies

➤ **企業訪問の目的**
1000社を超える出展企業の中から、マルチコア関連技術・製品を扱っている企業を事前に選定し、キーパーソンのミーティングを計画的に実施することで、限られた時間の中で、最大限の情報を収集する。

※訪問企業14社とのミーティング実績

マルチコア関連企業との意見交換



時間	2月26日 (火) /EW1日目	2月27日 (水) /EW2日目	2月28日 (木) /EW3日目
10:00		ARM IP ライセンスビジネス型の企業	AbsInt ソフトウェア評価ツールベンダー
11:00	TASKING BV デバッグツールベンダ (dSPACEのパートナー)		emmtrix 並列化ソフト評価ツールベンダー
12:00			
13:00	eSOL RTOS, ツール, エンジニアリング	Automotive Grade Linux (AGL) LINUX標準化団体	Hightec: Harm-Andre VERHOEF マルチコア向けOS開発、ツールベンダー
14:00	Gliwa マルチコア対応ツール	KRONO-SAFE マルチコア向け評価ツールベンダ	Vector ソフト開発ツールベンダー
15:00		elektrobit Continental傘下のソフトウェアベンダー	ANSYS 解析ツールベンダー
16:00	Technical University Darmstadt 大学, マルチコアアプリのアーキ、フレームワーク	Silexica マルチコア向けソフト開発ツールベンダー	
17:00			

マルチコア適用委員会（WG3） FY20-FY21の活動

WG3のこれまでの活動（FY20/FY21）

- 新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、SNSを活用した情報発信に転換
- マルチコア技術普及の裾野を広げるために、初級者向けの情報発信を展開

シングルコアからマルチコアソフトへ移管する**初心者**体験記ブログの発信

マルチコアソフト開発実践編

～初心者がマルチコアソフト開発を成功させるポイント～

マルチコア初心者がシングルコアソフトからマルチコア化を実践したエンジニア体験記の発表。
マルチコア化作業における試行錯誤を通じて、初心者が陥るポイントを初心者の目線で説明。これから、マルチコアソフトを開発する初心者の方にわかりやすく、マルチコアの難しさや成功のポイントを解説する。



浅野 昌尚 氏

ガイオ・テクノロジー株式会社
サービス&ツール事業本部 開発2部 エンジニア

1980年代から30年以上にわたり汎用構造のCコンパイラ開発に従事し、その間に8ビットマイコンからRISC・VLIW・画像処理プロセッサまで、さまざまなCPU向けのクロスCコンパイラを開発。コンパイラの生成コードに関する知識をベースに、ソフトウェアテストに関する講演なども行う。
現在、初めてのマルチコアプログラミングに挑戦中。

体験記ブログの概要

- FY20は、設計/プログラミングに関する体験記
- FY21は、テスト/デバッグに関する体験記

FY20（設計/プログラミング）

はじめての並列化

1. OpenMPによるデータ並列化
2. 並列リソースの競合
3. リソース競合の回避策
4. データ並列処理は結果が異なる
5. 2つ目はジョブ(タスク)並列化
6. ジョブ(タスク)並列化の高速化
7. 3つ目はパイプライン並列化
8. 最初のパイプライン並列化はとても遅かった
9. パイプライン並列の高速化
10. プロファイル情報とまとめ

FY21（テスト/不具合対策）

並列処理の不具合と対策

1. 並列処理のリソース競合
2. 終わらない原因
3. デッドロック(deadlock)
4. ライブロック(livelock)
5. ライブロックはなぜ難しい
6. デバッグツールが使えない時
7. 並列処理に関するトラブル集
8. 並列処理問題をソースから見つけるためのヒント

体験記ブログ（設計/プログラミング）

■ シングルコアソフトを並列化ソフトに変換

並列化手法



- ① データ分割並列化
- ② ジョブ（タスク）並列化
- ③ パイプライン並列化

3つ手法を用いた試行錯誤
（各試行錯誤の内容をブログで展開）

3つの並列化手法を用いた結果（右のスライド）

[ご興味を持たれた方は、EMCホームページでご参照ください。](#)

測定結果(まとめ)

並列分類	スレッド構成等	補足情報 (job/queueのデータ数)	処理速度
逐次処理			50.07
	マクロ化		21.38
データ分割並列化 (OpenMP)	8		15.27
	8+マクロ化		5.97
ジョブ(タスク) 並列化 	8	256	15.95
	8+マクロ化	256	5.83
パイプライン 並列化 	4×1	4096	52.43
	4×2	4096	41.08
	4×2+マクロ化	4096	31.89

- OpenMPは並列化が容易（ソース変更が少ない）
- ジョブ(タスク)並列化でも同等の性能が出せる
- パイプライン並列化は未知
 - ・ 更に改善する可能性はありそうだが、そのための情報を揃えるのが難しい
- 並列処理改善のためのツールは不十分(欲しいツール)
 - ・ 並列化のための計測ツール
 - ・ 競合変数に関する情報提供ツール
 - ・ スレッドライブラリの補助ツール(使用ミスの警告等)
 - ・ 改善提案情報を提供するツール

マルチコア適用委員会（WG3） FY22の活動

WG3のこれまでの活動 (FY22)

■「Software-Defined」に向けた情報発信

- ・ 組み込み機器がハードウェアからソフトウェア中心へシフト
- ・ マルチコアを含め、次世代組み込みソフトウェア開発における課題の発信

■ WG3内でまとめた情報をマルチコアサミットで発信

- ・ 「日本の自動車産業も、携帯電話と同じ道をたどる」ことへの危機感
- ・ 新しい技術導入の重要性 (従来の開発方針や手法等からの脱却)

■ 技術的に深い要素を極力排除して、経営層にも理解しやすいマテリアルとしてホームページ上で公開

マテリアル「Software-Definedに向けてのソフトウェア課題」から抜粋 (最初の3ページ)

2

本題に入る前に (1)

自動車業界は、「100年に一度の大変革期」と言われる大きな潮流の中にいます。「走る/曲がる/止まる」といった従来型の自動車の技術領域から、「CASE ※1」と呼ばれるサービス主体の技術領域に切り替わることで、自動車そのものの概念が大きく変わろうとしています。

※1: Connected (コネクティッド)、Autonomous/Automated (自動化)、Shared (シェアリング)、Electric (電動化) の頭文字をとった略称

この潮流の中で、「Software Defined Vehicle (ソフトウェア定義型自動車)」が、自動車業界の新たなキーワードとなっています。世界で最も売上を伸ばしている電気自動車メーカーの米国Tesla社は、自動車としてのハードウェアプラットフォームを変えずに、ソフトウェアで実現した最新の機能やサービスを通信ネットワーク経由で供給可能とすることにより、市場ニーズに応えるビジネスを展開しています。



Copyright ©2023 一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアム ALL RIGHTS RESERVED.

3

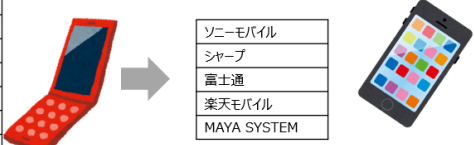
本題に入る前に (2)

この自動車業界の潮流は、過去に、組み込み業界で一世を風靡した携帯電話の動向と類似している、と言われていました。四半世紀前に、技術革新の結果として電話のモバイル化が進み、わずかな期間で、1人が1台、携帯電話端末を所有する時代が訪れました。日本でも数十社の携帯電話端末メーカーが登場し、携帯電話産業が組み込み業界をけん引した時期がありました。

ただご存じのように、その後、ハードウェア/ソフトウェアプラットフォームの共通化が進み、アプリケーション (サービス) を通信ネットワーク経由で供給するスマートフォンが台頭した結果、日本の携帯電話端末メーカーは一気に市場から淘汰されていくこととなります。

携帯/自動車電話機メーカー16社 (日本) スマホメーカー5社 (日本)

松下通信工業	三菱電機
日本電気	京セラ
ソニー	三洋電機
富士通	日本無線
シャープ	カシオ計算機
東芝	ケンウッド
日立製作所	デンソー
日立国際電気	パイオニア



ソニーモバイル
シャープ
富士通
楽天モバイル
MAYA SYSTEM

主役は海外メーカー

Copyright ©2023 一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアム ALL RIGHTS RESERVED.

4

本題に入る前に (3)

自動車の概念が大きく変わりつつある中で、ビジネスモデルやソフトウェアの開発方針、開発プロセス/開発手法が時代に合っていないことを軽視していると、これまで高い国際競争力を誇っていた日本の自動車産業も、携帯電話と同じ道をたどることになってしまうのではないかと危惧しています。

一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアムは、マルチコア技術の普及を目的とした活動を行っておりますが、今回はこの危機感を、車載関連企業の経営層や技術マネージメント層を含む多くの方々へ、発信する必要があると考え、その危機感を本資料化し、公開することに致しました。



Copyright ©2023 一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアム ALL RIGHTS RESERVED.

「Software-Defined」の情報発信

■ マテリアル「Software-Definedに向けてのソフトウェア課題」の目次

1. CASEとSoftware Defined Vehicle

- CASEとは
- CASEはグローバルな政策
- CASEによるビジネス機会
- Software Defined Vehicle (ソフトウェア定義型自動車) とは
- Tesla社の例

2. ハードウェア/ソフトウェアの共通プラットフォーム化

- E/E (電気/電子) アーキテクチャの変化
- Vehicle OS
- ソフトウェアプラットフォームの変化

3. 現状のソフトウェア開発の課題

- ビジネスモデル変更の必要性
- 開発方針変更の必要性
- 開発プロセス/開発手法変更の必要性

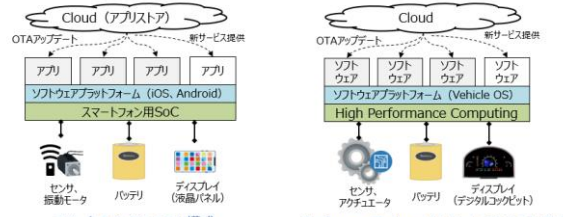
4. おわりに

- 組込みマルチコアコンソーシアムとのかかわり
- まとめ

13

Software Defined Vehicle (ソフトウェア定義型自動車) とは

- お手本は「スマートフォン」
- 機能実装の中心がハードウェアからソフトウェアへシフト
- 無線通信 (OTA : over-the-air) により、継続的なアップデートや最新サービスを提供
- UI (user interface) などの機能やコンテンツのカスタマイズ、パーソナライズが可能に




Copyright ©2023 一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアム ALL RIGHTS RESERVED.

23

個別最適化から全体最適化へ

- 従来のソフトウェアの開発方針は、個別最適化がすべてだった
 - ドメイン別の開発体制
 - 製造コストや部品コストを優先したハードウェア設計
 - ソフトウェアは、その上でいかに最適動作を実現するかが重要だった
- Software Defined Vehicleの時代は、プラットフォームの共通化・標準化が極限まで進む可能性も...
 - ソフトウェアは共通プラットフォーム上で動作。限りなくハードウェア非依存に
 - 極端な「個別最適化」よりも、バランスのよい「全体最適化」が求められる
 - ドメインをまたいだソフトウェアの開発や最適化も必要に



Copyright ©2023 一般社団法人 組込みマルチコアコンソーシアム ALL RIGHTS RESERVED.

ご興味を持たれた方は、EMCホームページから
ダウンロードください。

マルチコア適用委員会（WG3） FY23の活動

WG3のこれまでの活動 (FY23)

- マルチコア技術普及の裾野を広げるために、初級者向けの情報発信を継続
- YouTube動画による、マルチコア初心者向けのコンテンツを配信

動画コンテンツ一覧

1. マルチコアって必要なの？
2. マルチコアと電力の関係
3. シングルコアの限界
4. コア数が倍になれば性能は等倍になる？ ならない？
5. マルチコアで資産性・再利用性を確保できる“王道”とは？
6. シングルコアで動かしていたアプリケーションはマルチコアでもそのまま動かせるの？
7. ～シングルコアからマルチコアに～同じアプリを“そのまま”動かせるようにするツールってあるの？

※今後も新しい動画コンテンツを月1ペースで配信していきます。

EMC_マルチコアコンソーシアム チャンネルから
動画コンテンツの閲覧が可能



EMC対談インタビュー動画 第一弾「マルチコアって必要なの？」

せっかくの機会なので、1～2動画コンテンツを皆様にご覧いただきます。

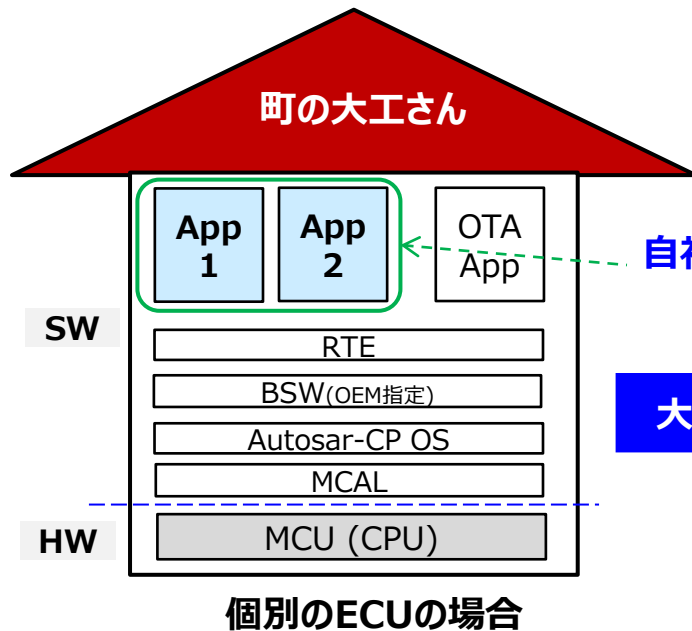
WG3のこれまでの活動 (FY23)

■「Software-Defined」への課題解決に向けた仲間作り

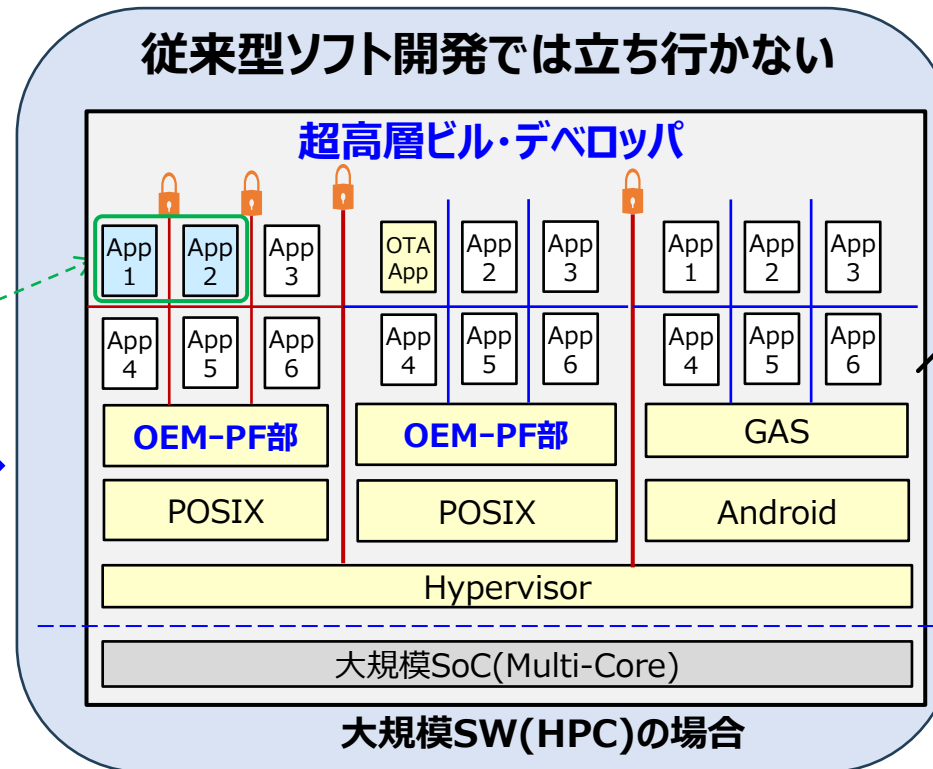
- ・ 従来のソフト開発では、立ち行かない変革期
- ・ 日本の組み込み産業を支える上で、多種の課題を解決する仲間作りを模索

■ EMCが考える課題に共感頂ける方は、ぜひ、一緒に切り開いていきましょう!!

多種の技術要素を
実現するための仲間作り



自社コア技術



必要となる新規領域

- ・ システムズエンジニアリング
- ・ セキュリティ対応
- ・ アジャイル開発
- ・ OTA
- ・ 仮想開発環境 (デジタルツイン)
- ・ Cloud-Native
- ・ マルチコア
- ・ Hypervisor
- ・ ソフト中心のビジネスモデル
- ・ 新開発プロセスと品質方針
- ・ 開発効率化/自動化



ご清聴、ありがとうございました。