

変わる組込みプロセッサアーキテクチャ 変わるカー エレクトロニクス

村上, 和彰
九州大学大学院システム情報科学研究院情報知能工学部門 | 九州先端科学技術研究所

穴見, 健治
九州先端科学技術研究所

吉松, 則文
九州先端科学技術研究所

<https://hdl.handle.net/2324/26487>

出版情報 : SLRC プレゼンテーション, 2010-10-06. 九州大学システムLSI研究センター
バージョン :
権利関係 :





変わる組込みプロセッサアーキテクチャ 変わるカーエレクトロニクス

2010年10月6日

CEATEC JAPAN 2010 インダストリアルシステムセッション IS-07

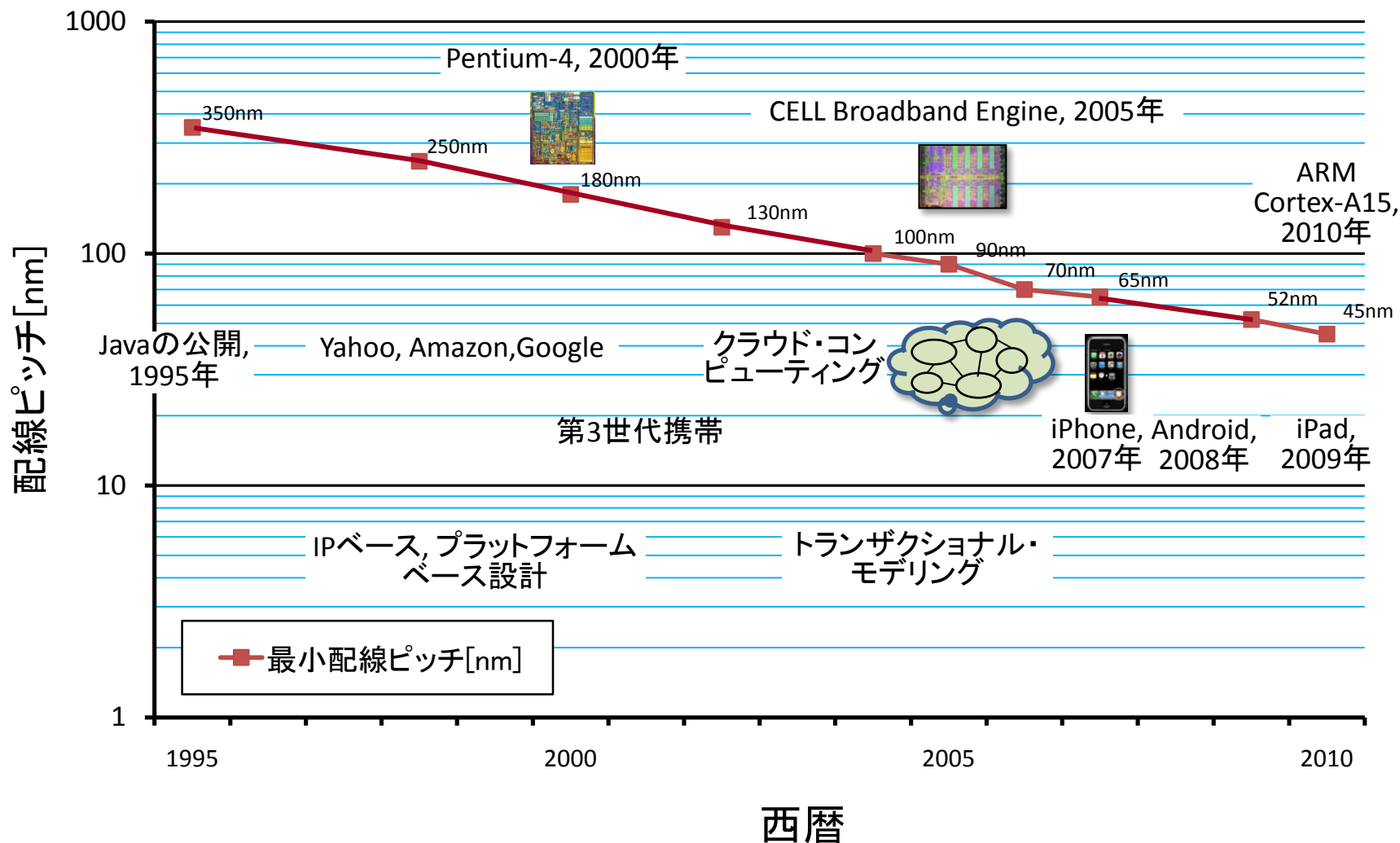
村上和彰# 穴見健治 吉松則文

(財)九州先端科学技術研究所

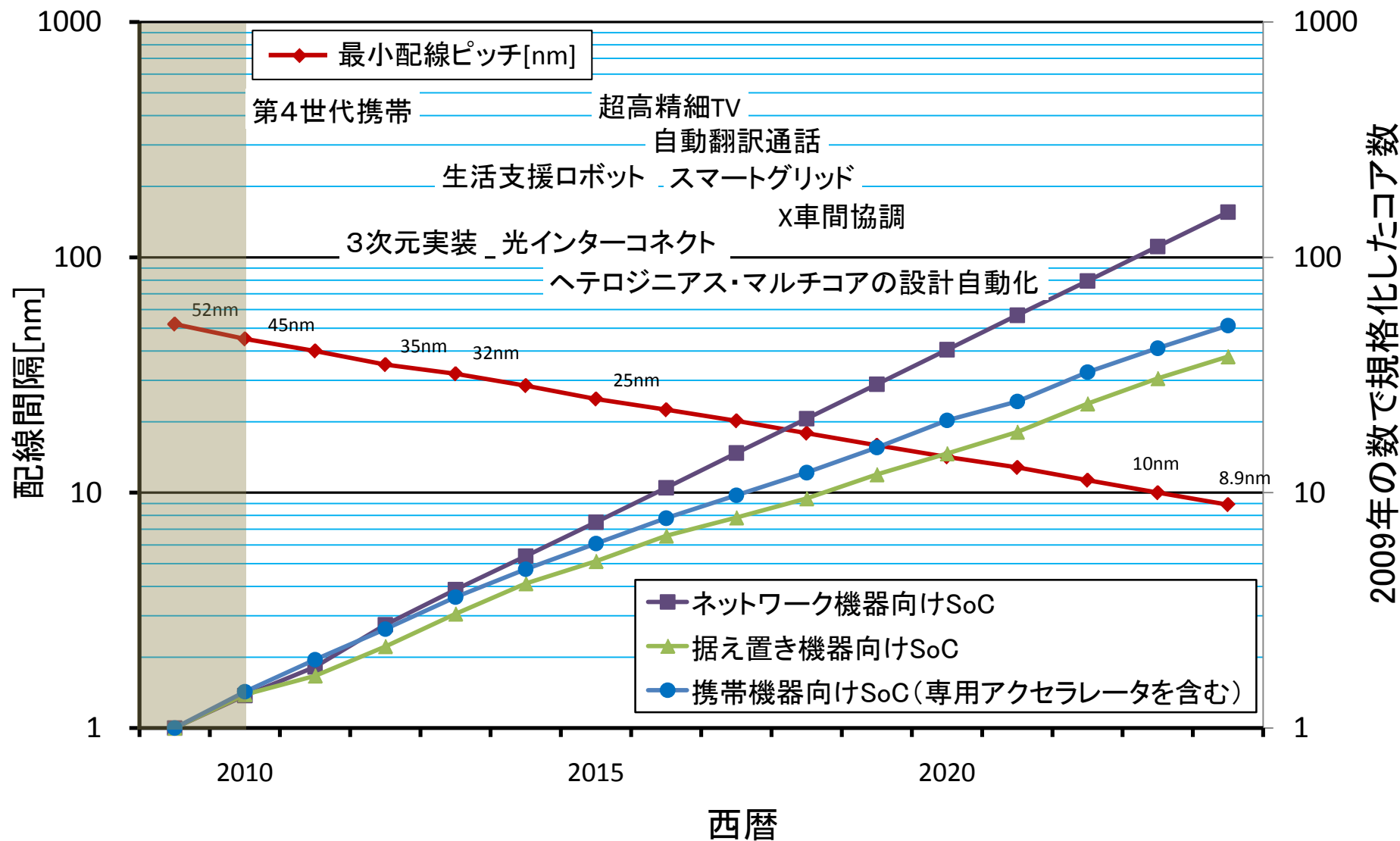
国立大学法人九州大学



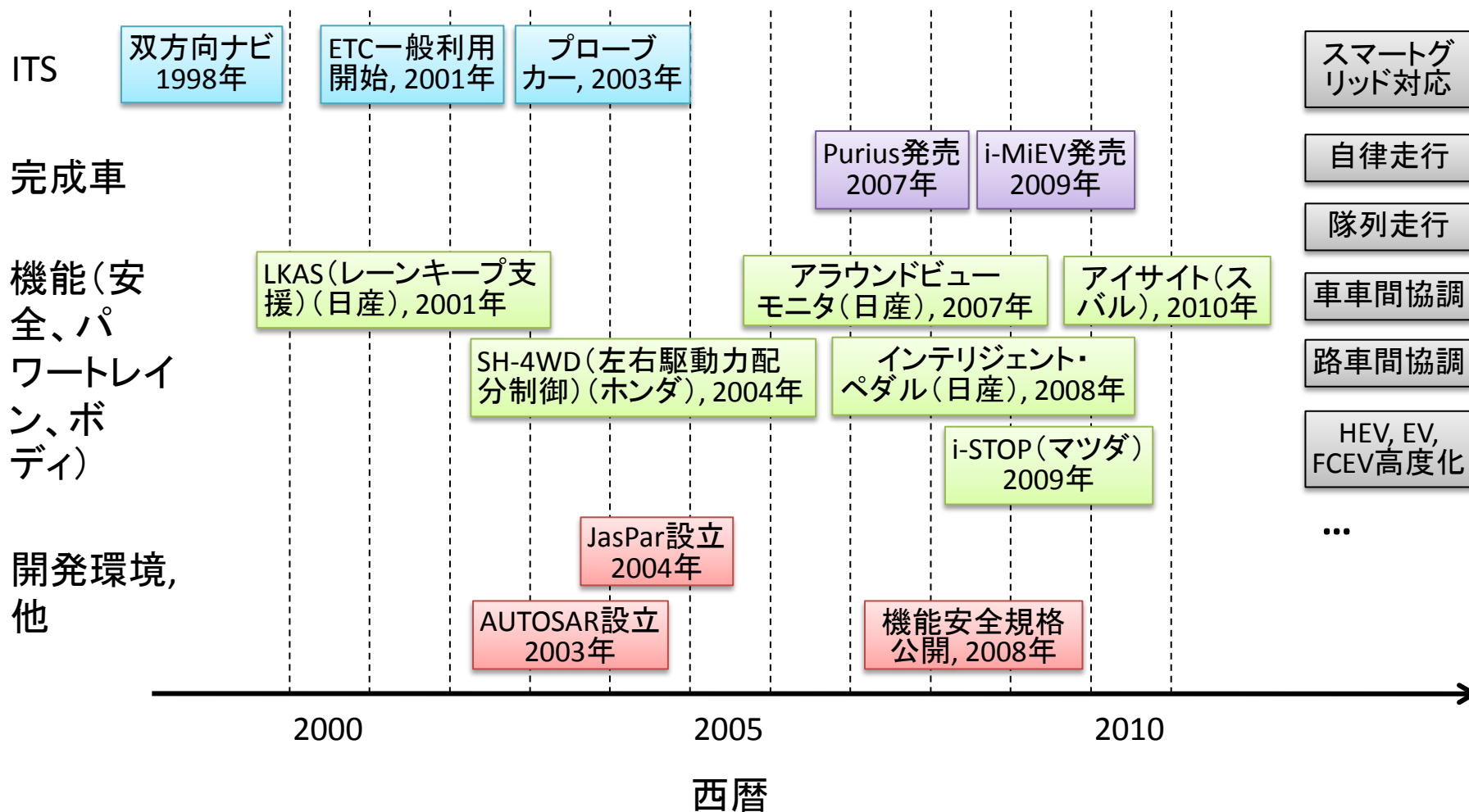
変わる半導体、プロセッサ、組み込みシステム、 設計技術、IT、...



変わる半導体、プロセッサ、組み込みシステム、 設計技術、IT、...



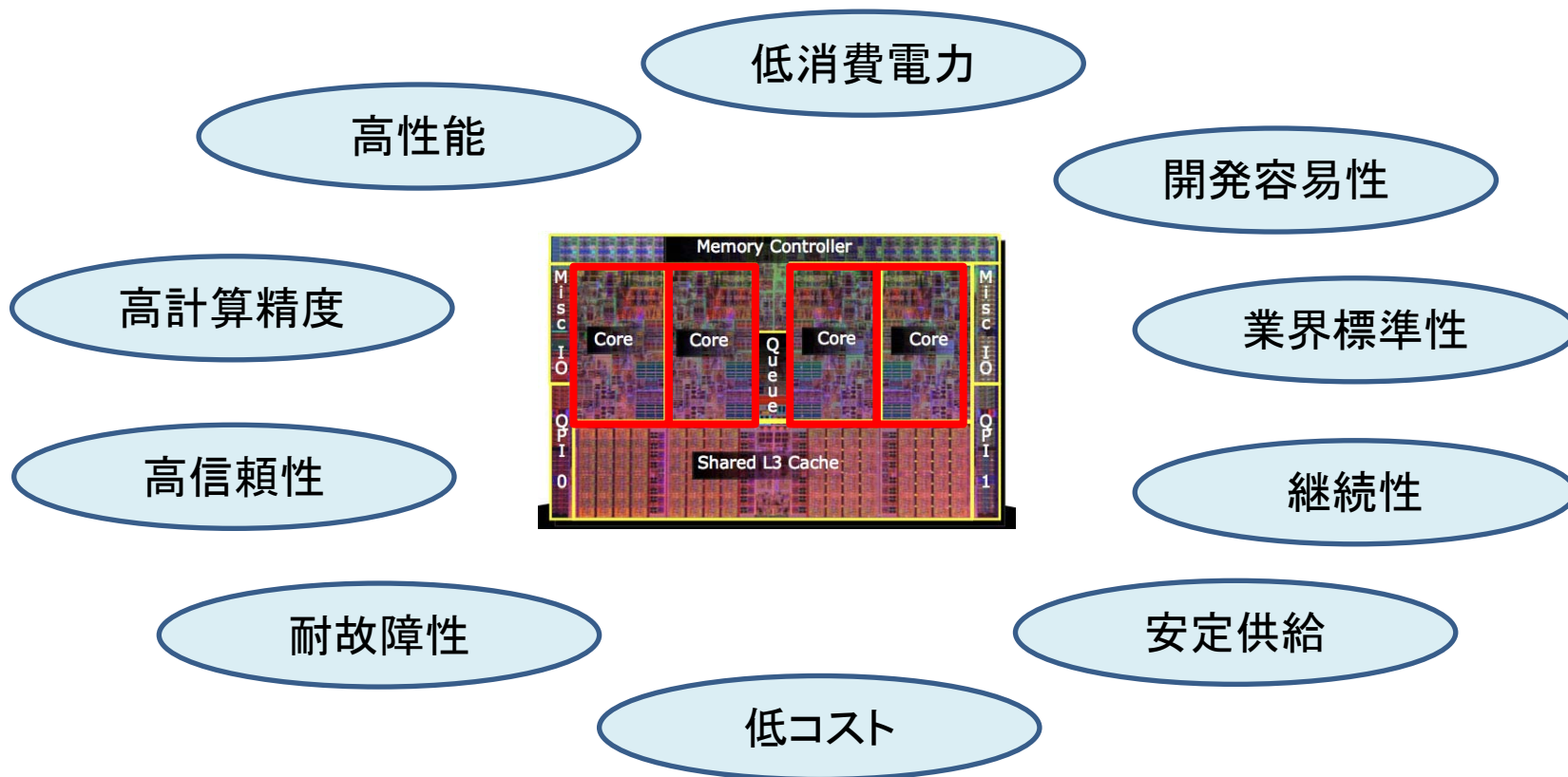
変わる車、カーエレ、ECU、ITS、...



Part 1

組込みプロセッサから見てみよう

組み込みプロセッサに対する様々な要求



組み込みプロセッサに対する様々な要求 ～高性能&低消費電力～

マルチコア化

低消費電力

高性能

開発容易性

高計算精度

業界標準性

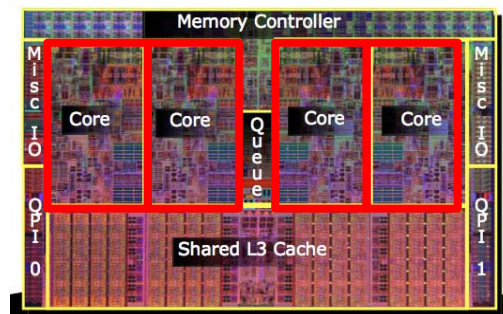
高信頼性

継続性

耐故障性

安定供給

低コスト



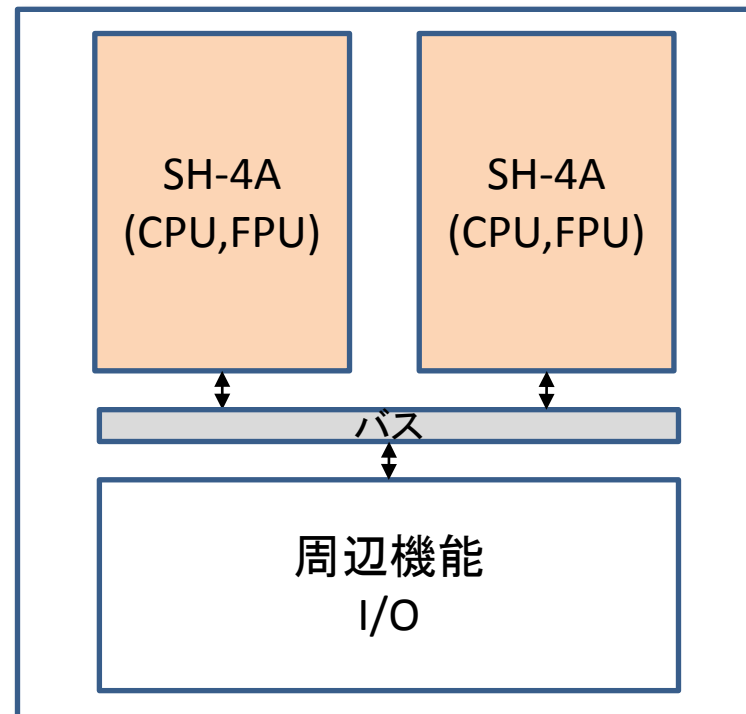
変わる組込みプロセッサアーキテクチャ ～マルチコア化～

組込みプロセッサの高性能化手法

- マルチコア
 - ホモジニアスなマルチコア
 - アクセラレータ
 - 割込み専用プロセッサ
- 3次元実装

マルチコアによる性能向上 ～SH7786(ルネサスエレクトロニクス)～

- カーナビ向けマイコン
 - ー 2つのRISC型プロセッサを搭載



マルチコアによる性能向上

～NaviEngine(ルネサスエレクトロニクス)～

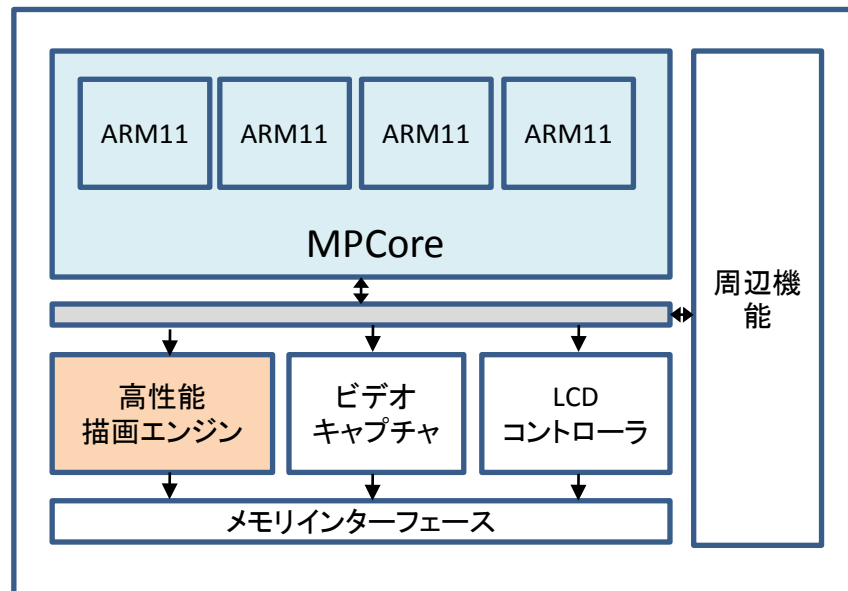
●カーナビ向けシステムLSI

カーナビ用アプリ開発の課題

- ソフト開発の大規模化
- 高い性能要求

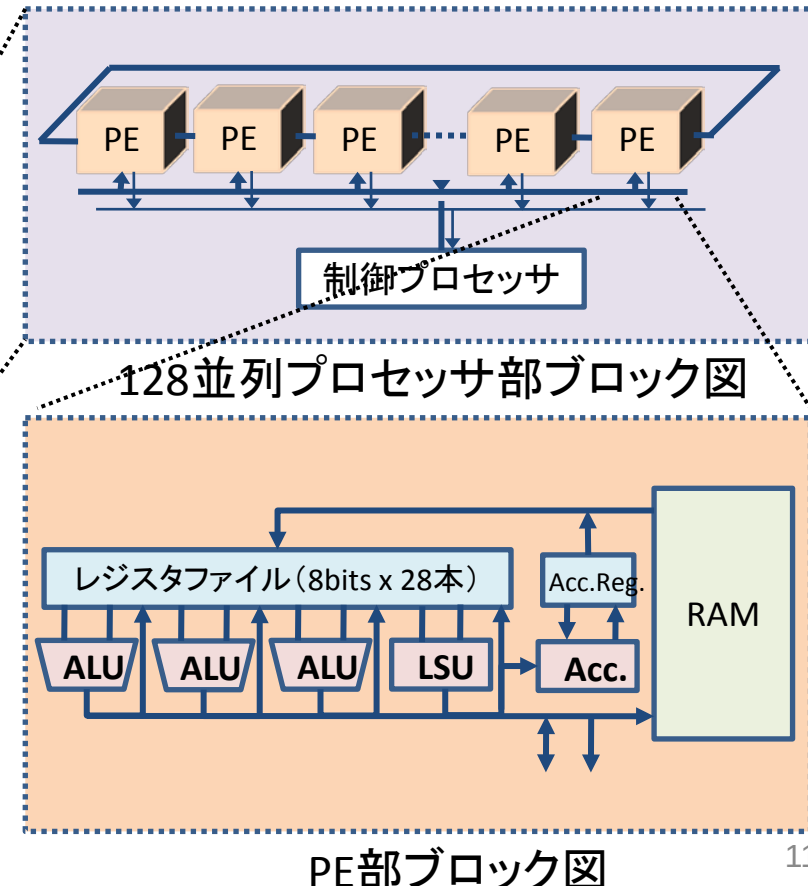
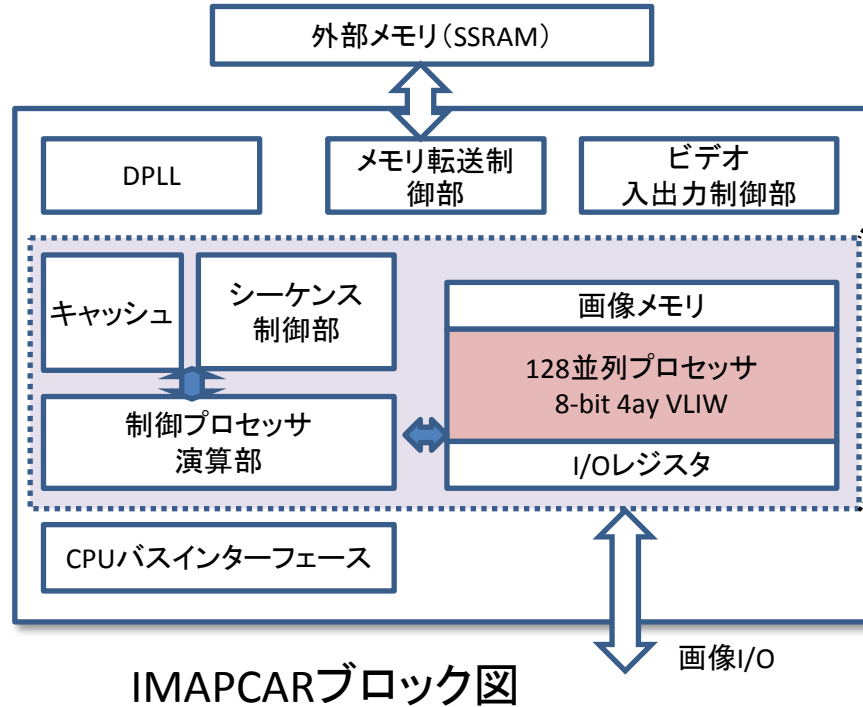


1. 既存のシングルCPU用ソフトをそのまま実行可能、かつ、高性能化
2. 固定的な機能(2D/3D描画)に関し、専用HWエンジンを用いCPUから実行をオフロード



マルチコアによる性能向上 ～IMAPCAR(ルネサスエレクトロニクス)～

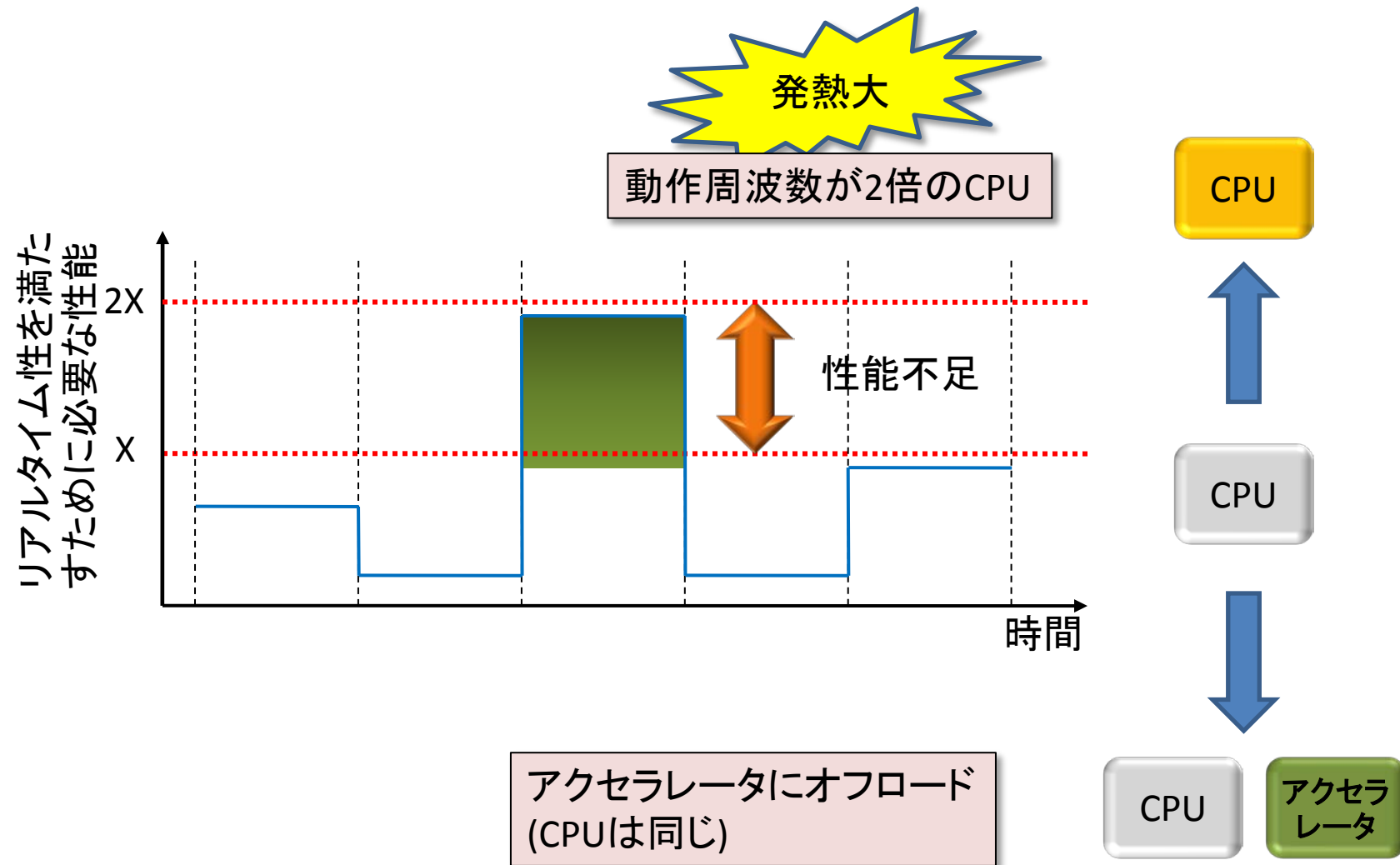
- 画像認識向けシステムLSI
 - ・ 画像認識のための高い性能要求
 - ・ 自動車の走行する環境、検出対象に合わせデバイスをプログラム可能
 - ・ 画像認識に適したハードウェア構成



マルチコアによる性能向上 ～課題～

- ソフトウェア開発上の課題
 - 複数のコアに対するタスク分割が困難
 - 分割したソフトウェアの検証期間の長期化
 - 複数のコアによる共有バス等への資源競合による最悪実行時間(WCET)のバラツキ増大
 - ハードリアルタイムが求められる制御系での適用で課題
- ソフトウェアの開発期間の長期化

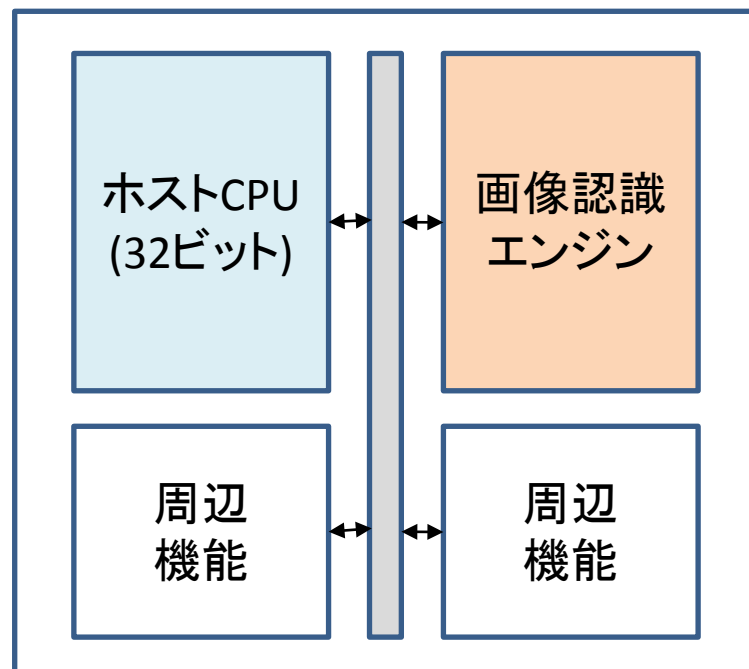
アクセラレータを用いた性能向上



アクセラレータによる性能向上 ～SH77650(ルネサスエレクトロニクス)～

●カーナビ向けマイコン

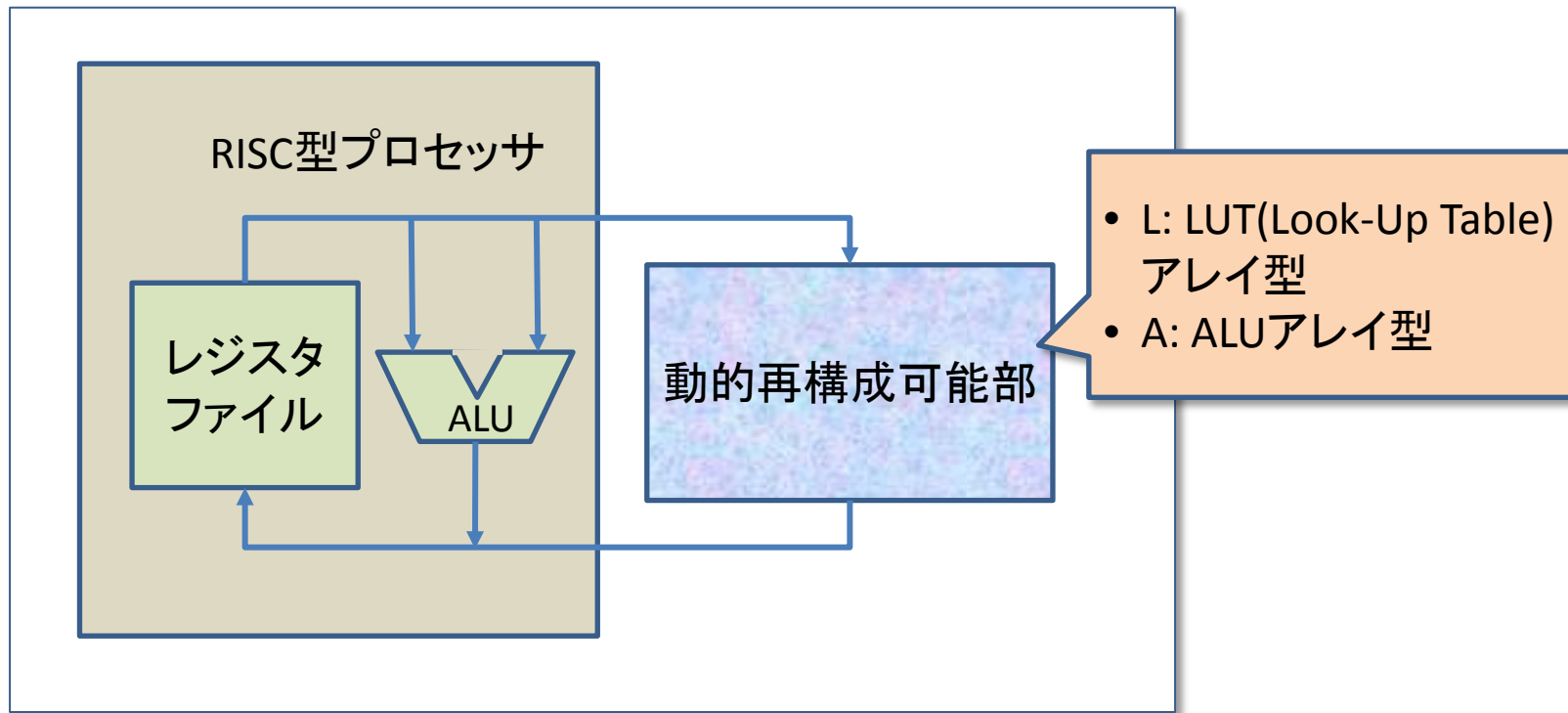
- 白線検知などの走行支援のための画像認識を行う
 - ・ 高い性能が必要な、画像認識のため、画像認識専用ハードウェア(画像認識エンジン)を、アクセラレータとして搭載
 - ・ 上記、画像認識の実行をホストCPUから、画像認識エンジンへオフロード



アクセラレータを用いた性能向上 ～動的再構成可能プロセッサ～

● Vulcan (九大&ISIT)

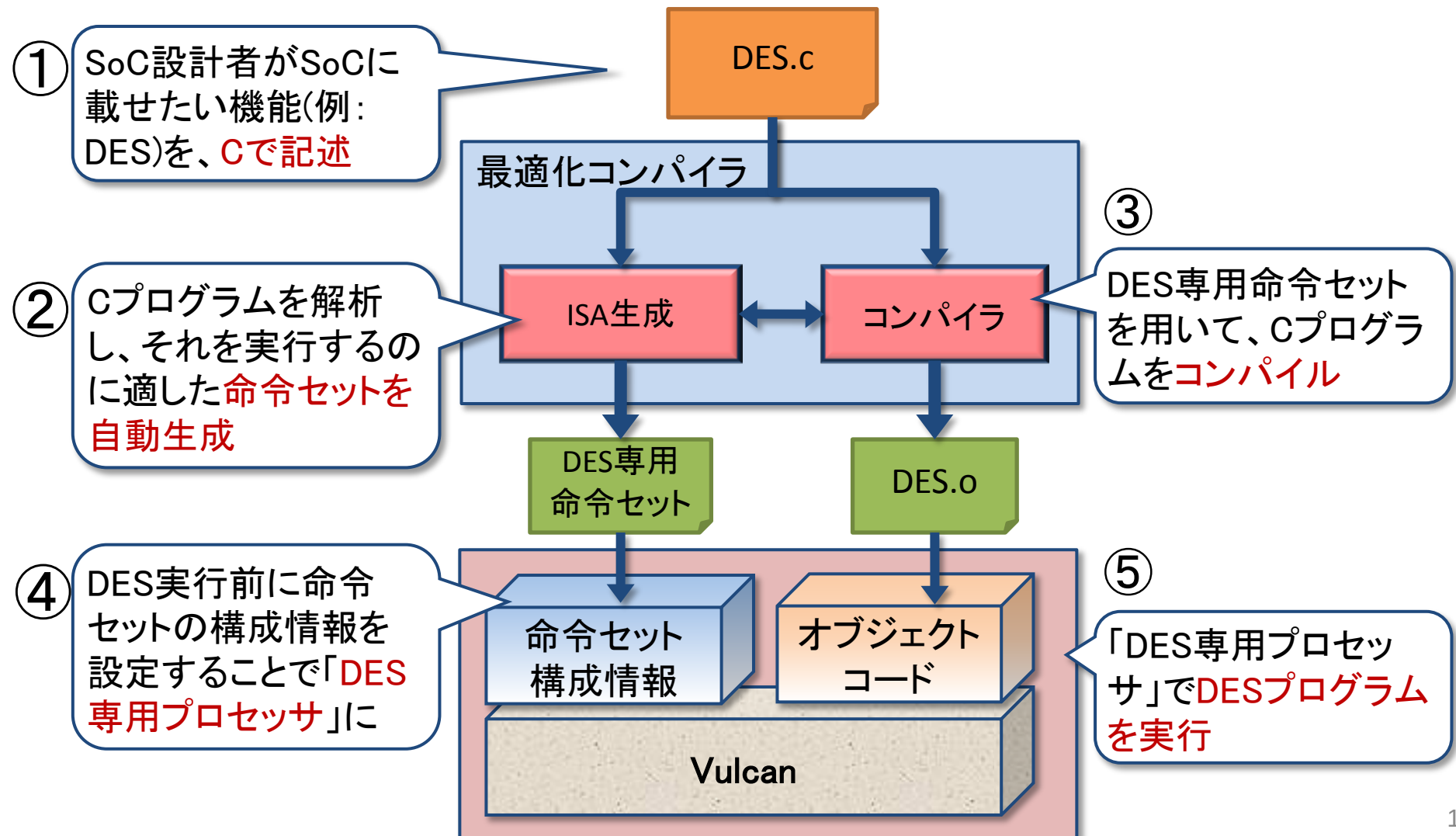
動的再構成可能プロセッサ (Vulcan-L, Vulcan-A) の構成



動的再構成可能部アーキテクチャは、アプリケーションに応じて選択可

アクセラレータを用いた性能向上 ～Cソースからの自動カスタム化～

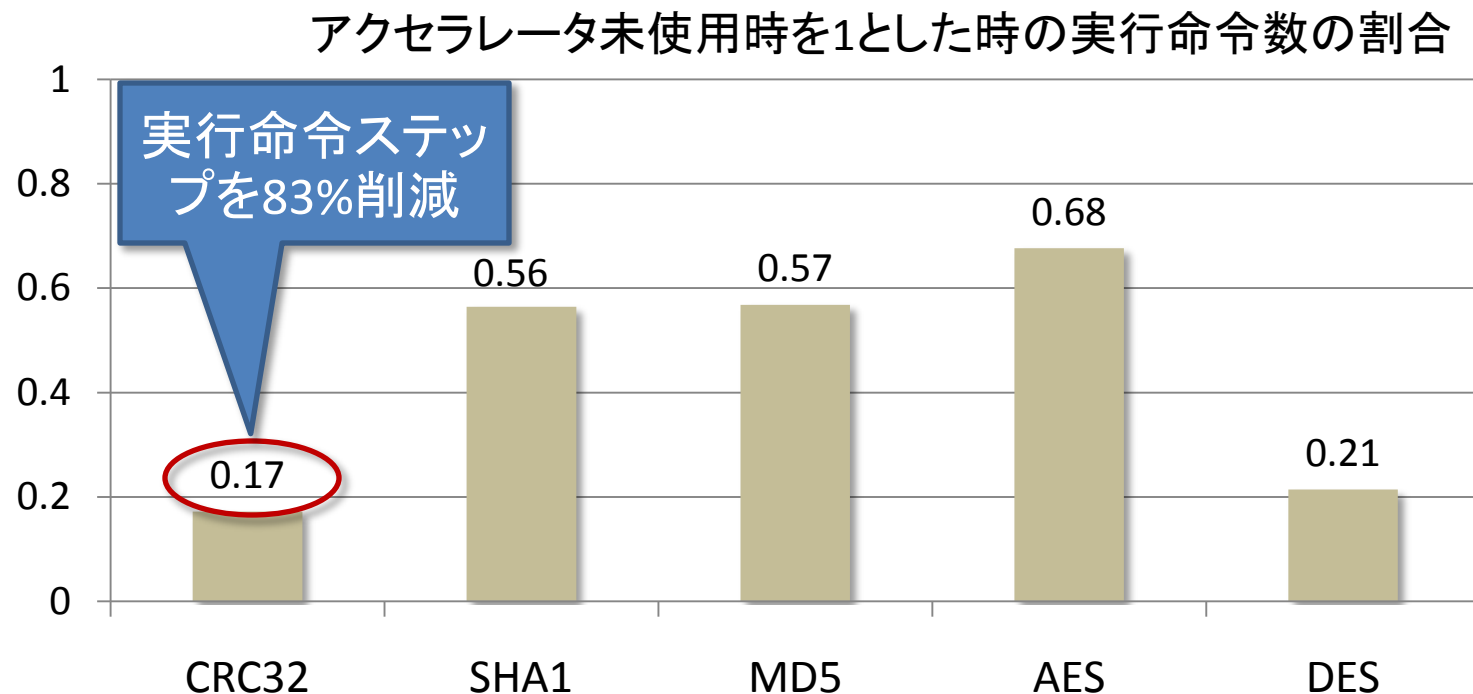
● DES専用プロセッサの開発例



アクセラレータを用いた性能向上 ～動的再構成可能プロセッサ～

● 暗号系アプリケーションでの評価事例

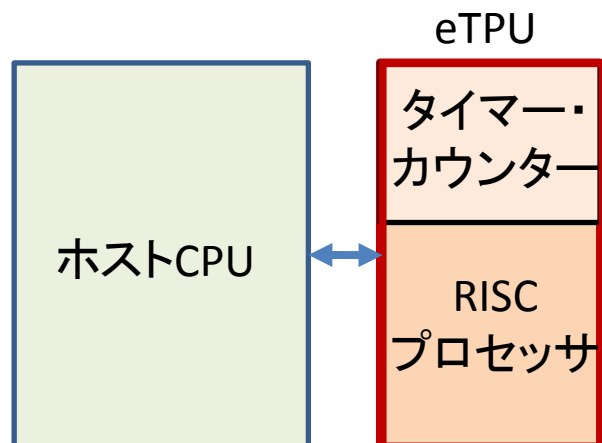
- 動的再構成可能部にLUTアレイを適用
- 暗号系アプリケーション(CRC32, SHA1, MD5, AES, DES)を用いた性能評価



割り込み専用プロセッサ

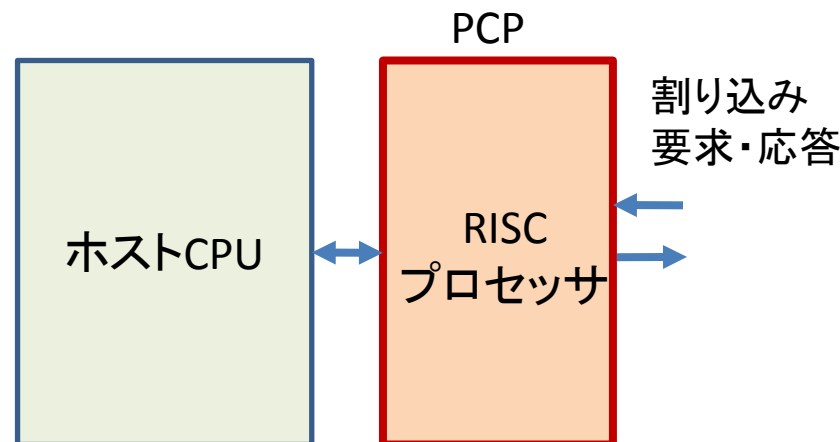
- eTPU (フリースケール・セミコンダクタ)
 - 割り込みによるタスク等の実行をホストCPUからeTPUにオフロード
- PCP (Peripheral Control Processor) (インフィニオン)
 - 割り込み処理専用のプロセッサを使用

eTPUを用いた構成



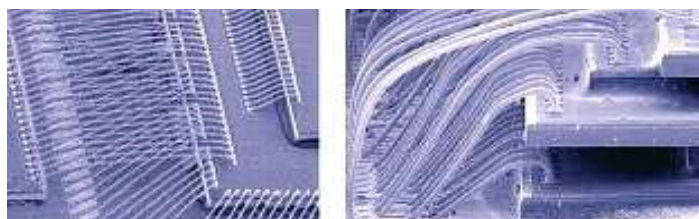
- ある時間間隔により実行されるタスクのオフロード

PCPを用いた構成

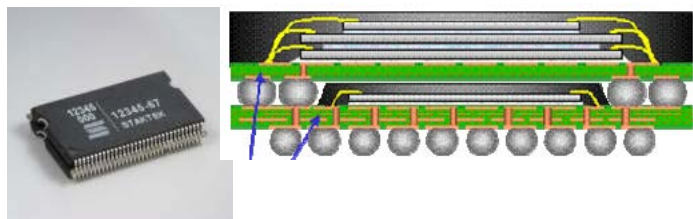


3次元実装による性能向上

- 複数のダイを同一パッケージに集積し、ダイ間を貫通ビア (Through Silicon Via: TSV) で接続
 - － 微細化に頼らない高集積化→枯れた製造プロセスの活用による低コスト化に期待
 - － 配線長の削減(遅延時間の削減)
 - － 高バス幅化
 - － 異なるプロセス技術を用いたダイの積層
 - － プロセッサ、メモリ、アナログ、センサ等

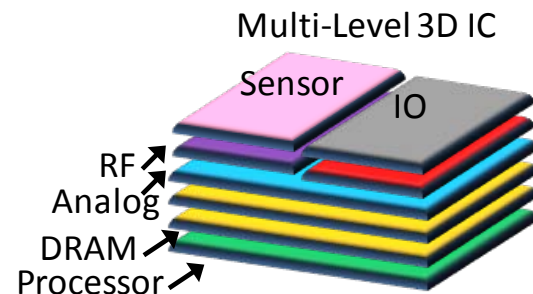


Wire-bonding (WB) 3D stacking
(System-in-Package or SiP)

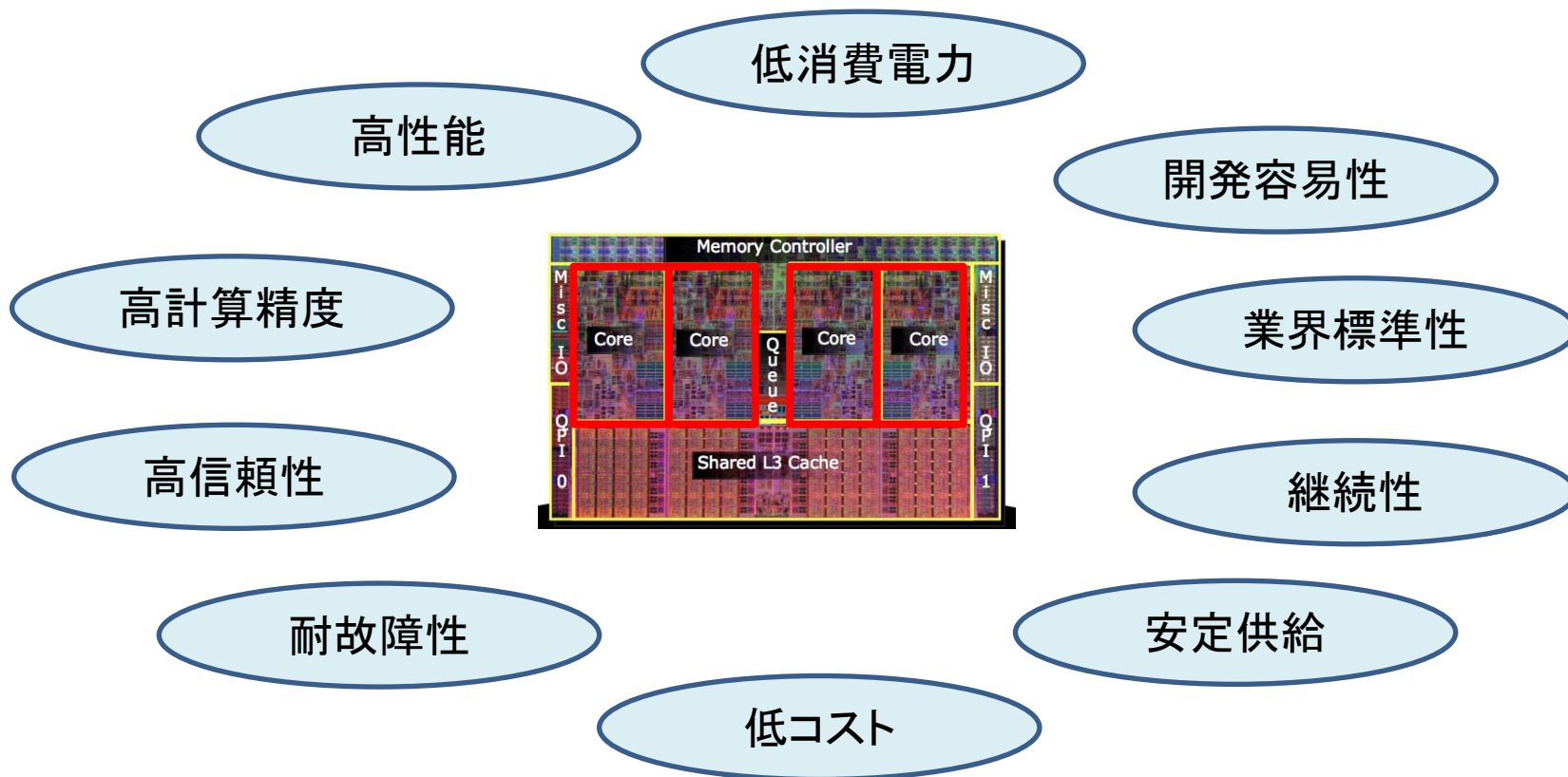


Package-on-Package (POP) 3D stacking

TSV



組み込みプロセッサに対する様々な要求



Part 2

車に目を転じると・・・

車に対する様々な要求



車に対する様々な要求 →車のエレクトロニクス化の進展

環境に優しく
(排出ガスの削減)

電子制御エンジン、ハイブリッド、アイドリング・ストップ

低燃費化

利便性

カーナビゲーション、ETC、キーレスエントリ



基本性能(走る、曲がる、止まる)の向上

快適性

オートエアコン

安全性

エアバッグ、歩行者検知システム、プリクラッシュ・システム、アンチロック・ブレーキ、トラクション・コントロール

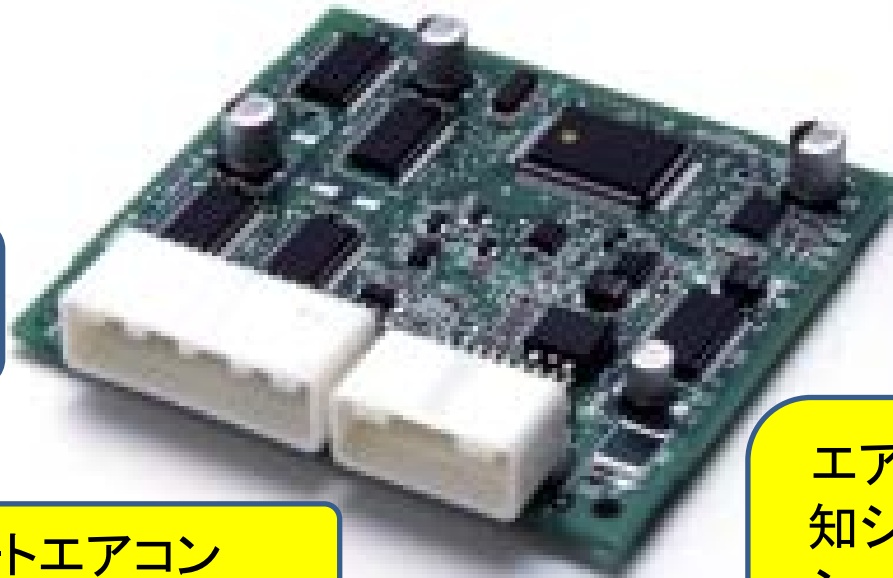
車のエレクトロニクス化の進展 →ECU(電子制御装置)の進歩

電子制御エンジン、ハイブリッド、アイドリング・ストップ

カーナビゲーション、ETC、キーレスエントリ

オートエアコン

エアバッグ、歩行者検知システム、プリクラッシュ・システム、アンチロック・ブレーキ、トラクション・コントロール



増加するECUの用途

パワートレイン制御

- ガソリンエンジン
- ディーゼルエンジン
- ハイブリッド
- トランスミッション
など

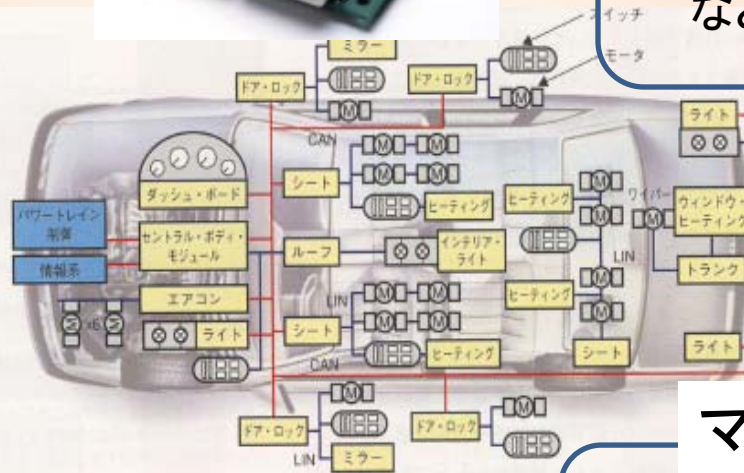
ボデー制御

- ライト
- ドア開閉
- パワーウィンドウ
- ワイパー
- エアコン
- オーディオ
- ダッシュボード
- エアバッグ
など



安全制御

- アンチロックブレーキ
- ブレーキアシスト
など



マルチメディア

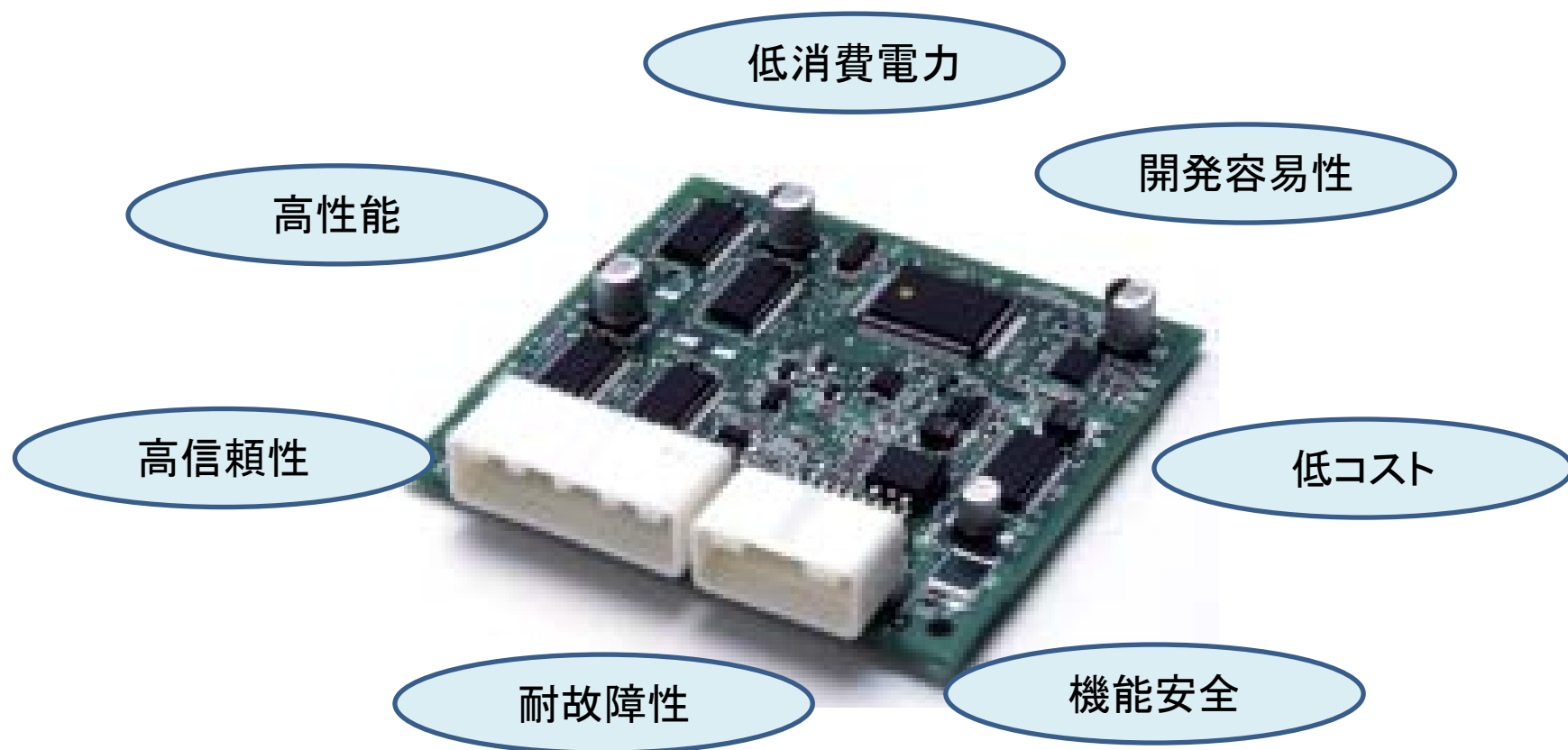
- カーナビ
- 車線維持支援
- 駐車支援
- プリクラッシュ・セーフティ
- 車間距離警報装置
など

増大するECU搭載数

国産ミドルクラス1台あたりにおける
車載マイコンの平均搭載数



ECUに対する様々な要求



ECUの課題とそれへの対応

～クルマの電子システムの大規模化と複雑化への対応～

- クルマに搭載するECUの数の増加

- ECUを置くスペースがない

ECUを統合しECUの数を減らす

- ECU同士の連携の増加

- ワイヤハーネスが増加（重量の増加、スペースが足りない）

ECU間、ECUとセンサ／アクチュエータ間の通信の多重化？

- 個々のECUの機能の大規模化と複雑化

- ECUの性能が足りない

ECUの高性能化

- 信頼性をどう確保するか

ECUの耐故障性の向上

- 品質をどう確保するか、また、開発期間を長期化しない

ECUの開発の効率化

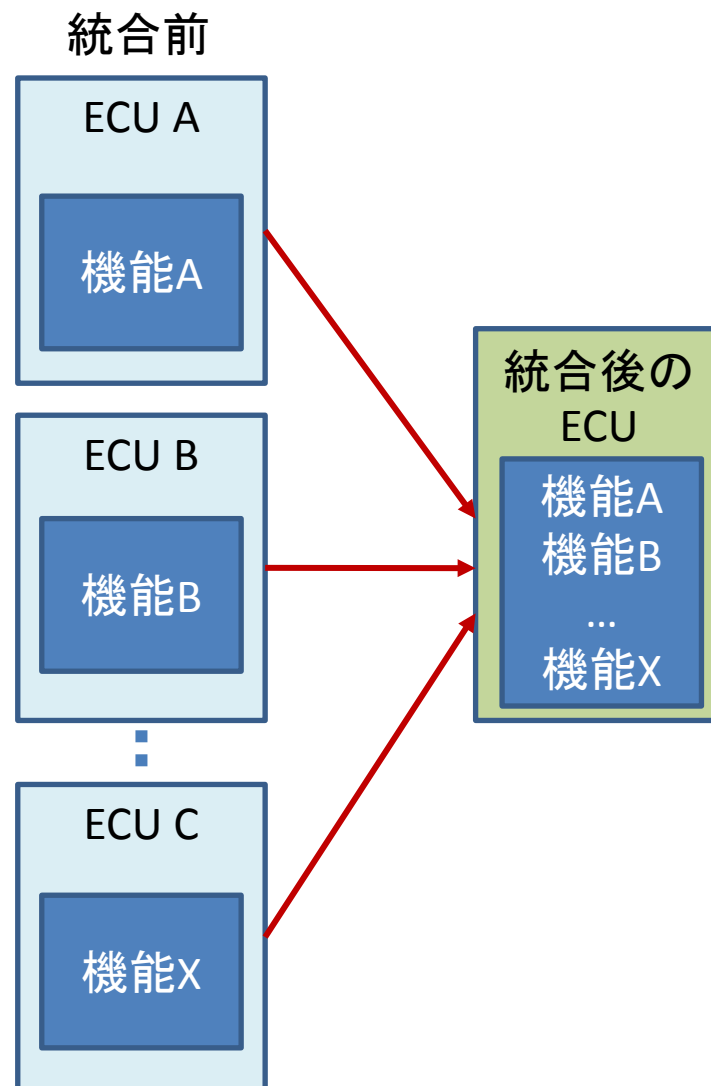
ECUを統合してECUの数を減らす

● 統合後のECU

統合した複数の機能を所望の時間内で実行可能な性能が必要

→ ECUの高性能化

→ マイコンのマルチコア化

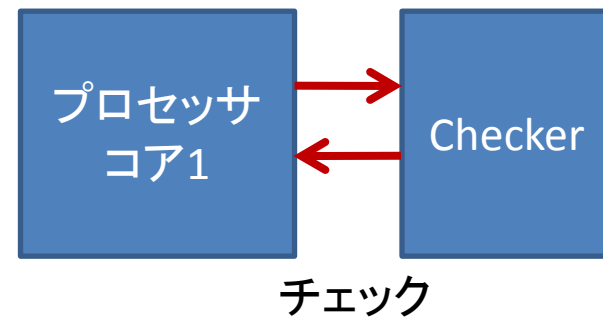
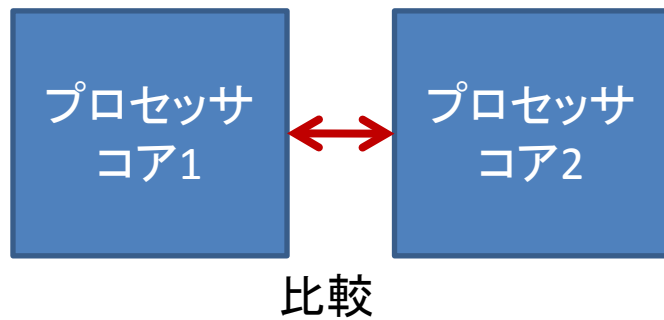


[再掲] マルチコアによる性能向上 ～課題～

- ソフトウェア開発上の課題
 - 複数のコアに対するタスク分割が困難
 - 分割したソフトウェアの検証期間の長期化
 - 複数のコアによる共有バス等への資源競合による最悪実行時間(WCET)のバラツキ増大
 - ハードリアルタイムが求められる制御系での適用で課題
- ソフトウェアの開発期間の長期化

ECUの耐故障性の向上

- 車載マイコンの耐故障性の向上
 - マイコンを多重化
 - プロセッサコア、周辺機能
 - プロセッサコアの実行をモニタ
 - チェッカー機能



半導体各社の車載マイコン

● 車載マイコン向きに用いられているCPUの例

	性能	ボディ	安全	パワー トレイン	マルチメディア・ 情報通信
freescale ル・セミコン ダクター社	高 ↑ 低	MPC55xx(32) S12(16) S08(8)	MPC55xx(32) S12(16)	MPC55xx(32) S12(16)	MPC5xxx(32) i.MX(32)
NECエレクト ロニクス社	高 ↑ 低	V850ES(32) 78K0(8)	V850ES(32), V850E(32) 78K0S(8)	V850系(32)	ARM11(32)
ルネサステ クノロジ社	高 ↑ 低	SH2A-FPU(32) M32C/80(32) M16C/60(32/16),H 8S,H8SX(16) R8C(16)	SH-4A(32) M32R-FPU(32) H8S, H8SX(16)	SH7050(32) M32R(32), M32R-FPU(32)	SH-4A(32) SH-4(32)
Infineonテ クノロジーズ 社	高 ↑ 低	XC22xx(16) XC866(8)	XC23xx(16)	TriCore(32) XC164(16)	

()内は基本命令のデータ幅

出典: フリースケール・セミコンダクタ社ホームページ: <http://www.freescale.co.jp>
 NECエレクトロニクス社ホームページ: <http://www.necel.com>
 ルネサステクノロジ社ホームページ: <http://japan.renesas.com>
 Infineonテクノロジーズ社ホームページ: <http://www.infineon.com>

Part 3

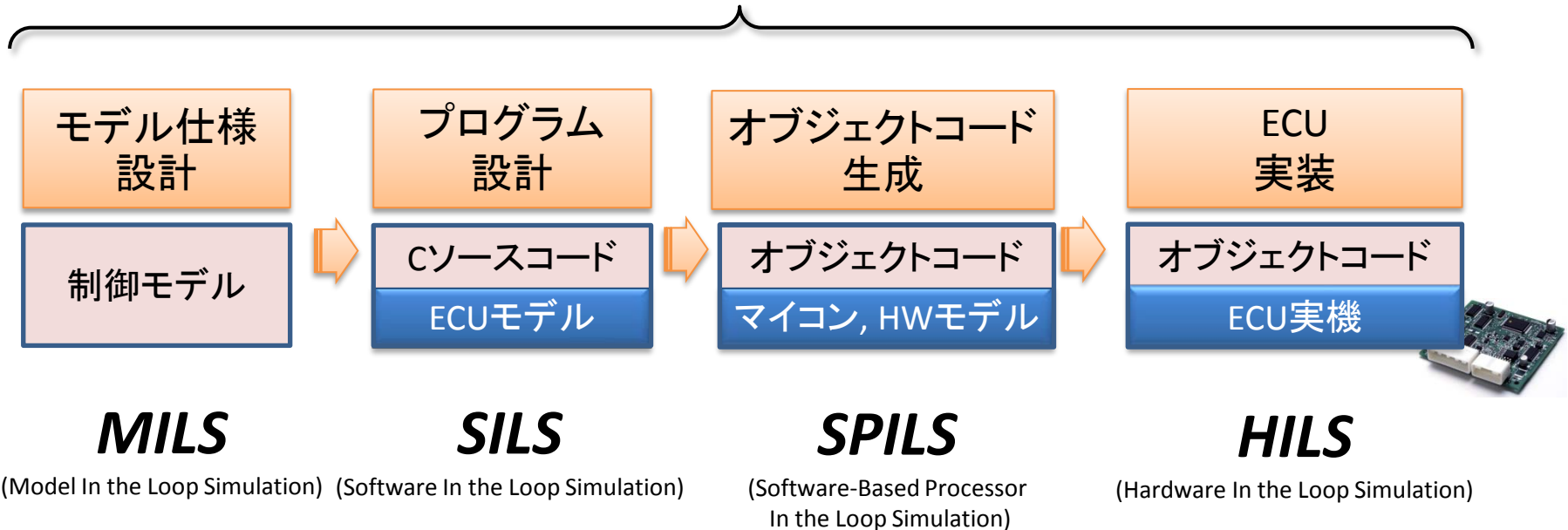
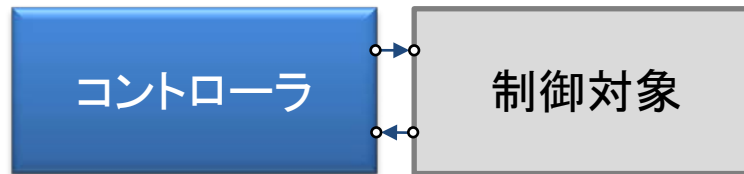
ECUの開発を高効率化する

現状のECU開発の課題

- ECU開発の困難さ、ECU開発上の課題
 - 車の高機能化に伴いECUの仕様が複雑化
 - ECUの大規模化、複雑化
 - ー ECUのソフトウェア規模の大規模化、複雑化
 - ソフトウェアの開発はECUの実機完成後
 - 不適合の場合の手戻りが極めて大・・・
- ソフトウェア開発者の負担増大
 - その結果、ECUが原因のリコールが増加

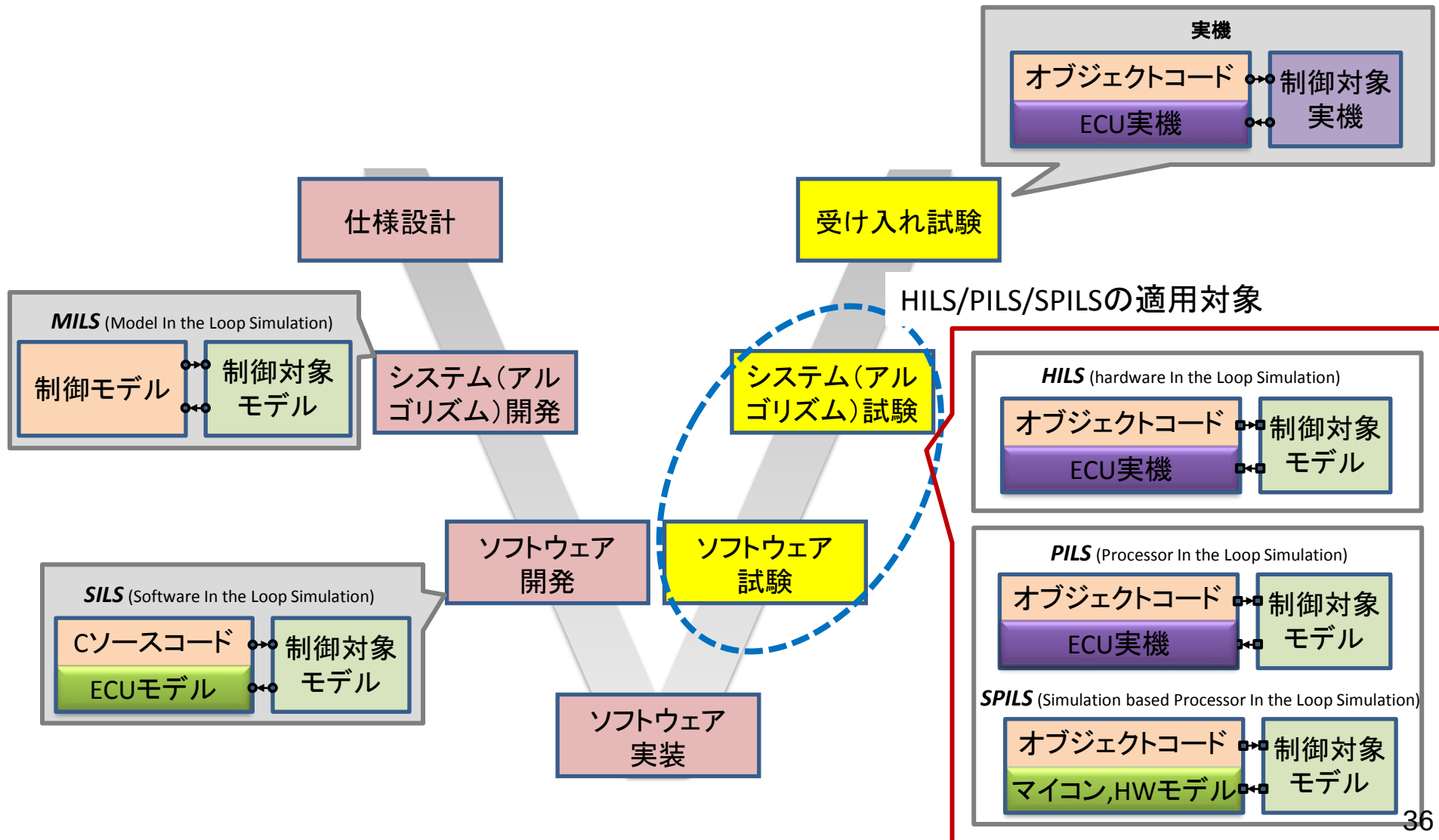
**ECU開発の短期間化のためには、
実機レス開発、MBD（モデルベース開発）が必要**

実機レス開発/モデルベース開発(MBD) ～“xILS”～



ECUの開発段階に応じた適切なモデルの提供と活用

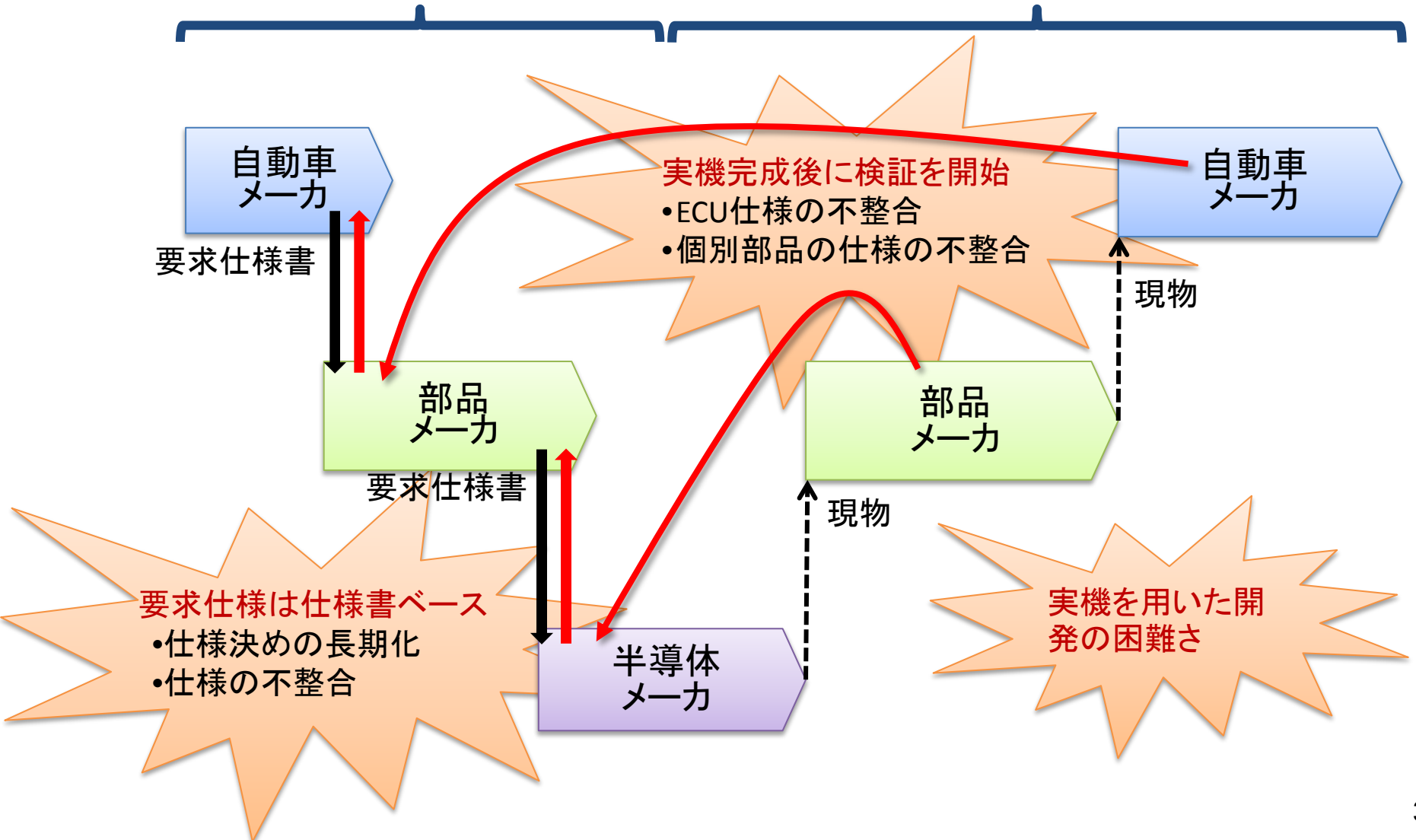
ECU開発/検証「V字プロセス」と “xILS”との関係



ECU MBDを阻害するもの ～ビジネス構造上の問題～

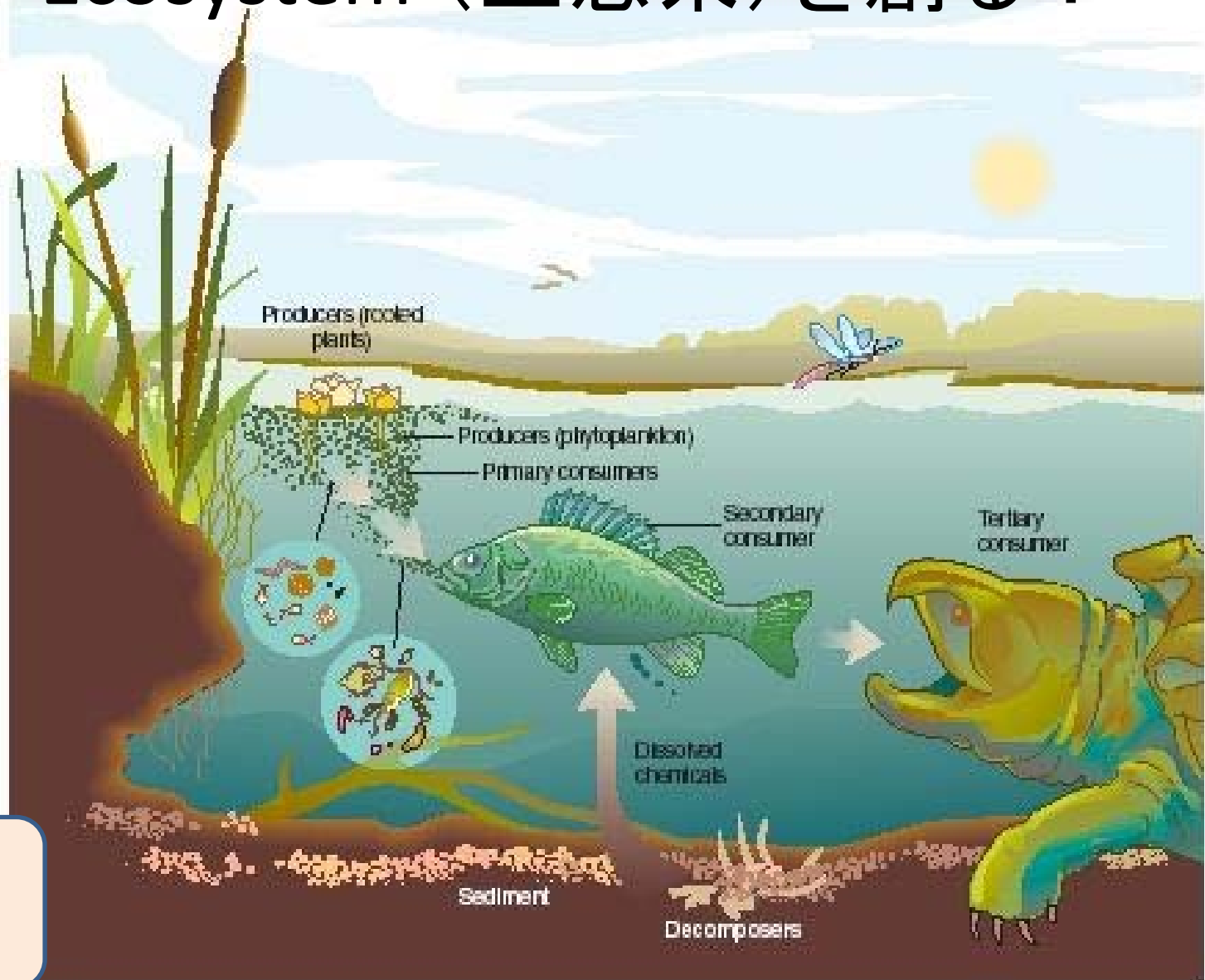
仕様、設計

検証、統合



解決策

～Ecosystem（生態系）を創る！～



類似語:

- Win-Win
- 系列

Apple Ecosystem

iTunes

Mobile Me

マーケットプレイス

- iTunes Store
- Music Store
- App Store
- iBookstore

iMac

(Mac OS X+Safari+iTunes)



iPad

(iOS+Safari+iTunes)



iPhone

(iOS+Safari+iTunes)



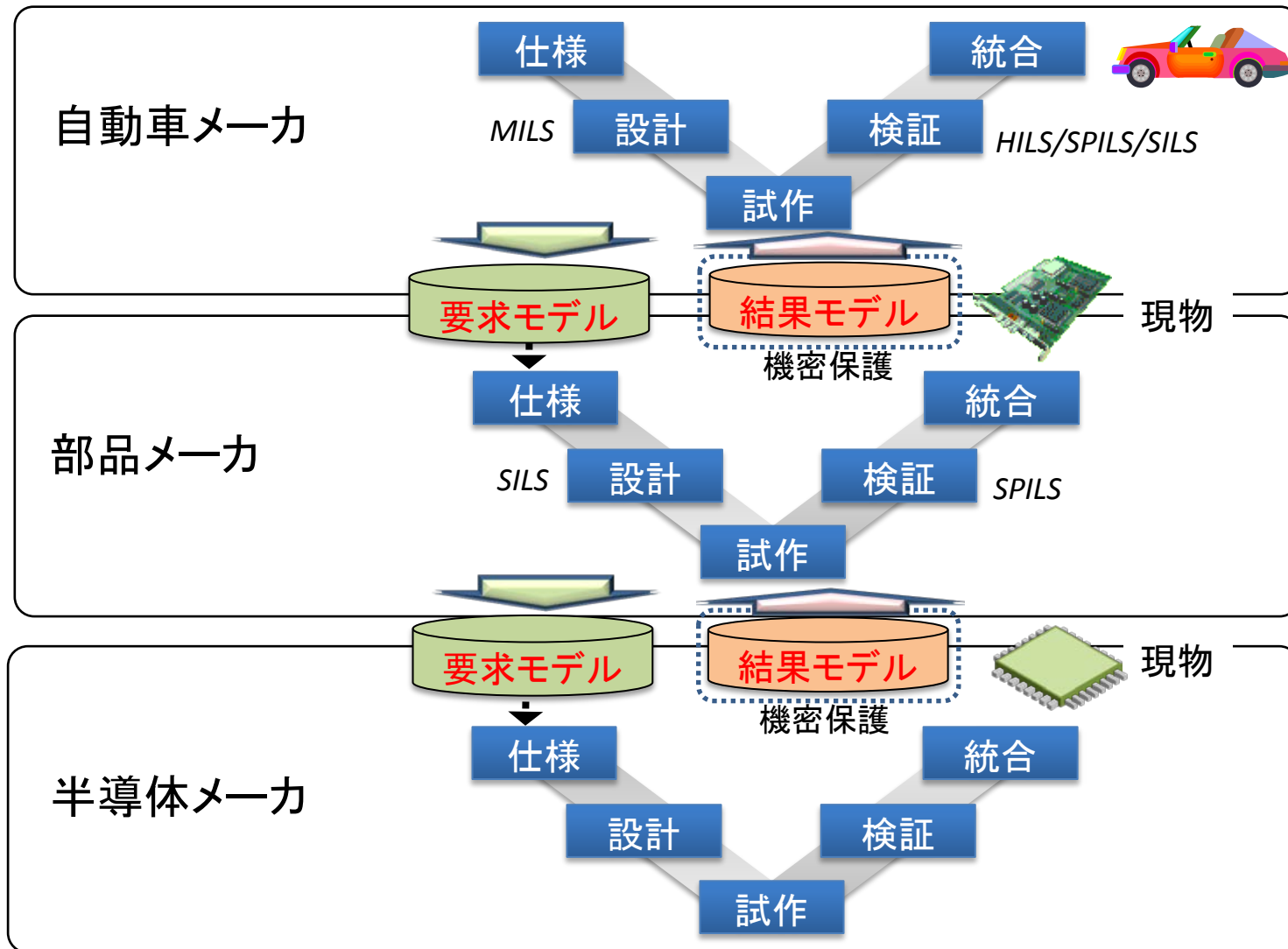
iPod touch

(iOS+Safari+iTunes)



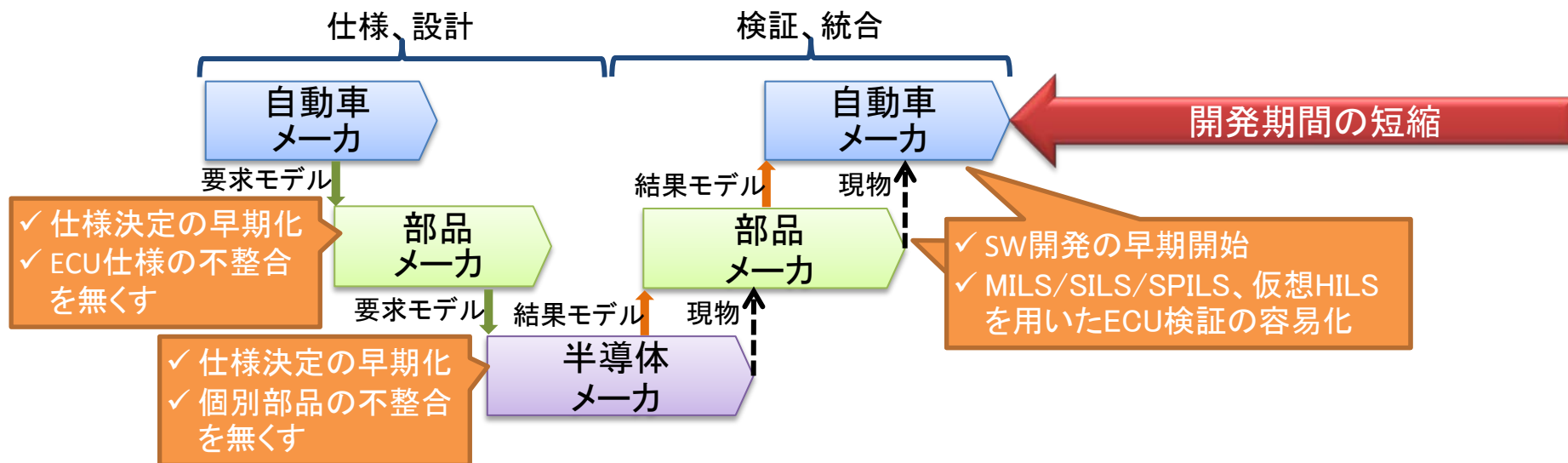
ECo-MBD (ECU Co-MBD)

～モデル共有による業界縦断型協調MBD環境～

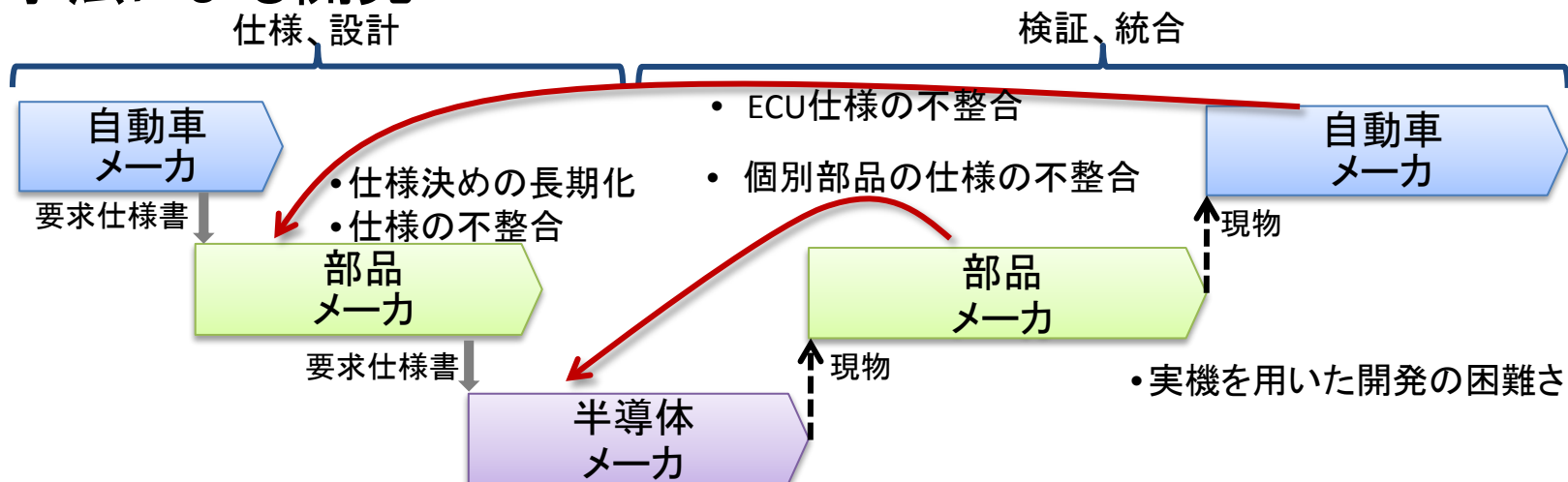


ECo-MBDを実現した暁の効能

● ECo-MBDによる開発

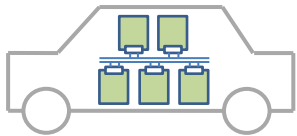


● 従来手法による開発



自動車メーカーと部品メーカーとの間の ECo-MBD

発注者: 自動車メーカー

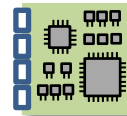


Matlab/Simulinkを使い車全体のECUの機能を設計

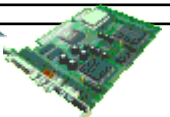


車全体のECUの統合検証

受注者: 部品メーカー



要求モデルに従いECUを開発



現物

要求モデル

結果モデル

自動車メーカー:

- ECUの外部仕様を要求モデルとして、部品メーカーに提示

要求モデル動作検証環境
Matlab/
Simulink

部品メーカー:

- 要求モデルを、Matlab/Simulink上で確認、受注

部品メーカー:

- SILS / SPILS 用結果モデルを提示
- 現物を納品

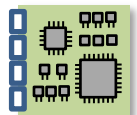
結果モデル動作検証環境
VaST, CoWare,
Gaio等

自動車メーカー:

- 結果モデルをSILS/ SPILSで確認 – SPILSで機能安全検証
- 現物をHILSで確認、検収

部品メーカーと半導体メーカーとの間の ECo-MBD

発注者: 部品メーカー

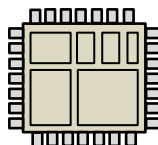


ECUを構成するマイコン、ASIC、等の機能をSILSで設計

ECU全体の統合検査

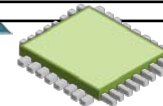


受注者: 半導体メーカー



要求モデルに従いASICを開発

現物



要求モデル

結果モデル

部品メーカー:

- 例えば、ASICの外部仕様を要求モデルとして半導体メーカーに提示

要求モデル動作検証環境
SILS環境(汎用PCプラットフォーム)

半導体メーカー: 半導体メーカー:

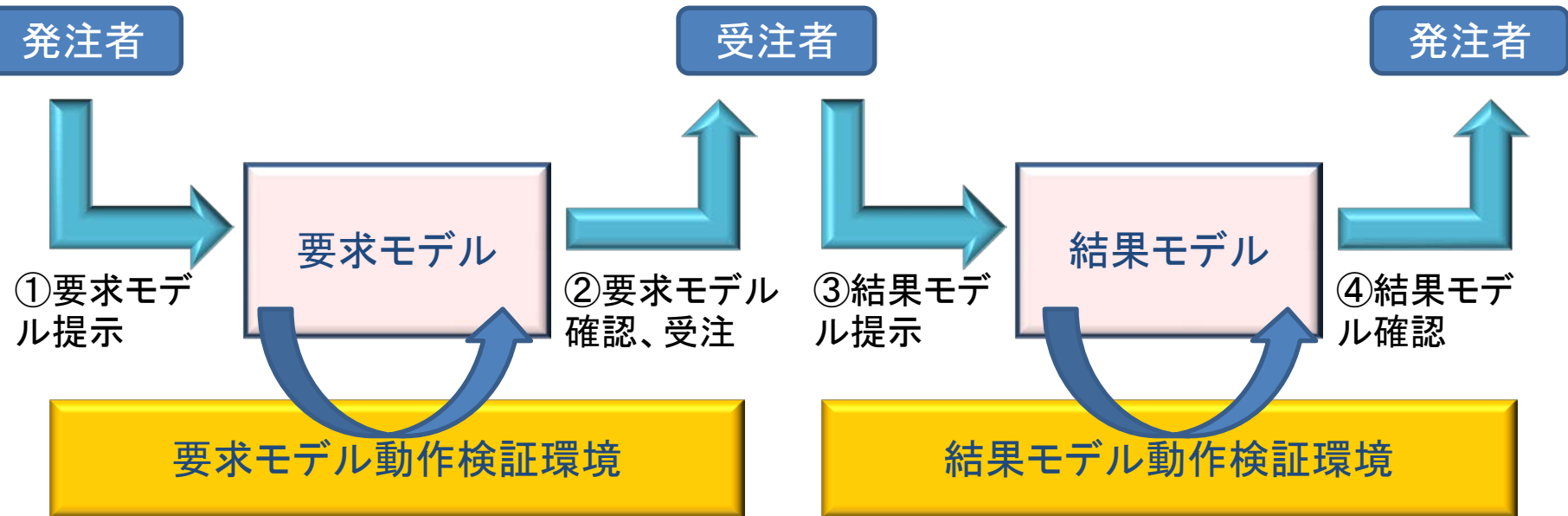
- 要求モデルをSILS上で確認、受注
- マイコン、ASIC等のSPILS用結果モデルを提示
- 現物の納品

結果モデル動作検証環境
VaST, CoWare, Gaio等

部品メーカー:

- 結果モデルをSPILSで確認
- 現物の確認、検収

発注者－受注者間のECo-MBD ～まとめ～



発注者	受注者	要求モデル	要求モデル動作検証環境
自動車メーカー	部品メーカー	ECU動作モデル (MATLABモデル)	MILS (MATLAB/Simulink)
部品メーカー	半導体メーカー	— ASIC動作モデル (C)	— SILS (汎用PCプラットフォーム)

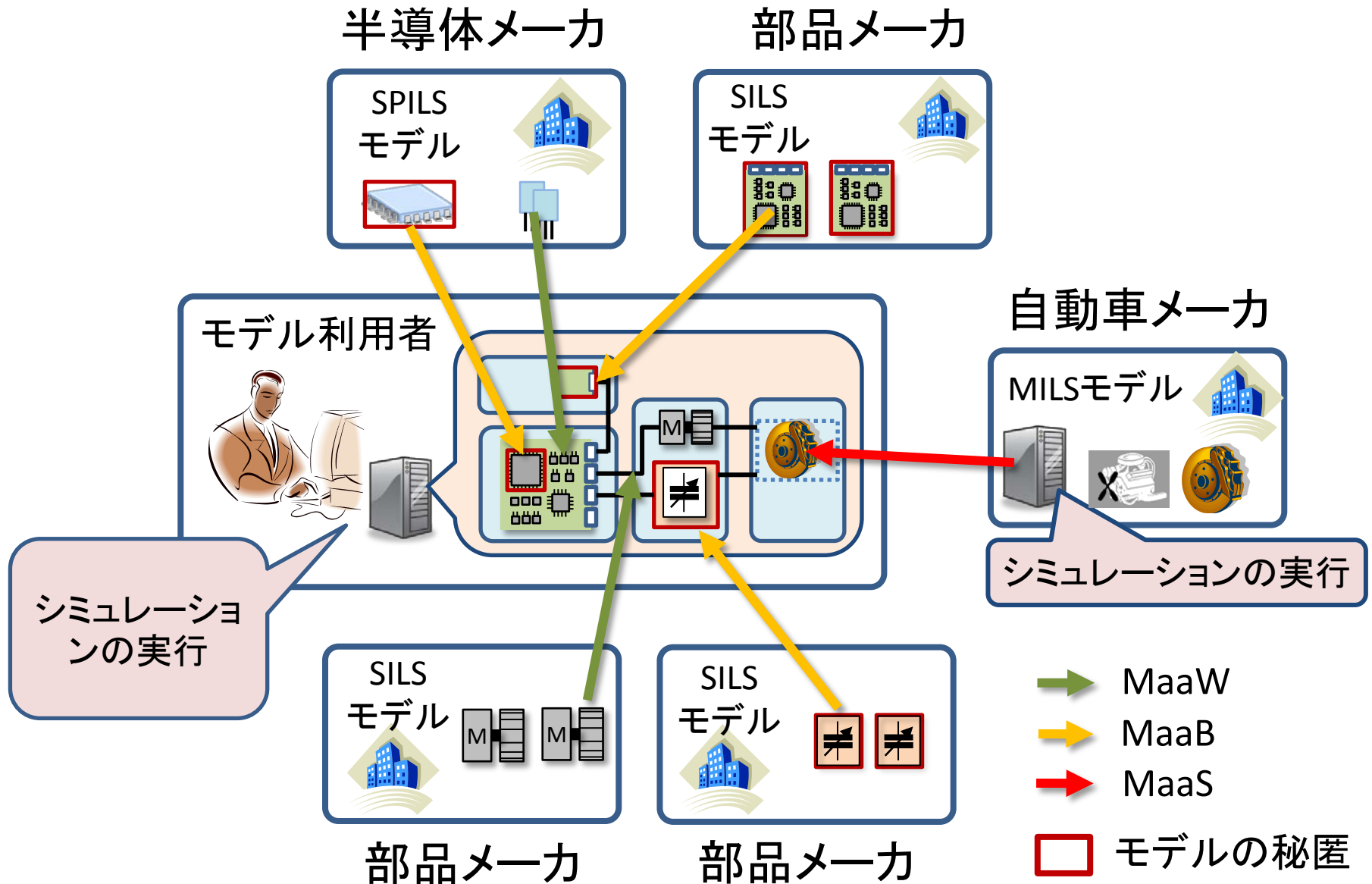


受注者	発注者	結果モデル	結果モデル動作検証環境	現物
部品メーカー	自動車メーカー	ECUモデル (マイコン+ASIC: SystemC TLM、SW: Cソースコード/オブジェクトコード) ECU SW (Cソースコード/オブジェクトコード)	SPILS (SystemC シミュレータ) SILS	ECU (HW&SW)
半導体メーカー	部品メーカー	マイコンモデル (SystemC TLM) ASICモデル (SystemC TLM)	SPILS SPILS	マイコン ASIC

ECo-MBDを実現する上での課題

- 企業ノウハウの塊であるモデルをどう共有するか？
 - モデル内部を秘匿したまま、モデルをどう提供するか？
 - あるいは、モデルを提供しないで、モデルの使用をどう可能にするか？
- 複数のモデルを連結して、どうSILSまたはSPILSを実行するか？
 - 異なるツールをどう連携動作させるか？
 - 遠隔地にあるツールどうしをどう連携動作させるか？

ECo-MBDを目指すSPILS環境



モデル共有の実現方法

～3つの異なる共有形態～

共有形態	モデル内部を開示 するか否か？	モデルの所在は？
<i>MaaW</i> (Model as a White-box)	内部開示	モデル利用者側
<i>MaaB</i> (Model as a Black-box)	内部非開示(秘匿)	
<i>MaaS</i> (Model as a Service)		モデル提供者側

ECo-MBDの実現に向けて

- 自動車メーカ、部品メーカ、半導体メーカ間のビジネス環境の構築
 - 要求モデルと結果モデルを用いたECUの協調モデルベース開発のための設計データ授受手続きの標準化
 - 要求／結果モデルの形式の規格化
 - 要求／結果モデル形式に対応するツールインターフェースの規格化
- モデルの共有のための仕組みの構築
 - MaaB:
 - 秘匿方法の標準化
 - MaaS:
 - ツール連携のためのツールインターフェースの規格化
 - 遠隔地のツールを連携するための技術の開発

Last Part

組込みシステム、そしてCPSの設計 最適化に向けて

CPS (Cyber Physical System)

産業の競争力強化、社会インフラの高度化

システムの複雑さ

- 安全性、信頼性向上
- 快適性、燃費の向上
- 低コスト化



ロボット
• 医療
• 移動



ITS

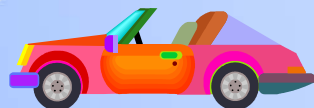


スマートグリッド

- 安全性、信頼性向上
- 電力需給の効率化
- CO2削減



部品



車

組込みプロセッサ等の構成要素の最適化、
CPS全体の設計ツール

時期

エコシステムの観点からシステム構築

FYI

- ISITカーエレクトロニクス研究会
<http://www.car-electronics.jp/>
info@car-electronics.jp