

NISSAN MOTOR COMPANY



日産エンジン制御開発における MBD適用事例と将来動向

日産自動車株式会社
パワートレイン・EV技術開発本部
パワートレイン・EV制御開発部
EMS制御開発グループ
主管
加藤 浩志

Agenda

1. MBD適用の背景とその要求、日産の歴史

- 1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景
- 1.2. 日産のMBD適用の歴史
- 1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

2. 要求に応えるMBDを用いたソリューション

- 2.1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ
- 2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス
- 2.3. MBDを活用したSW評価プロセス

3. DesignからDevelopmentへの拡大

- 3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み
- 3.2. MATLAB tool boxの活用事例

4. 今後の課題と取り組み

- 4.1. Function Exchange手法の確立
- 4.2. Alliance HIL & Remote HIL

Agenda

1. MBD適用の背景とその要求、日産の歴史

- 1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景
- 1.2. 日産のMBD適用の歴史
- 1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

2. 要求に応えるMBDを用いたソリューション

- 2.1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ
- 2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス
- 2.3. MBDを活用したSW評価プロセス

3. DesignからDevelopmentへの拡大

- 3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み
- 3.2. MATLAB tool boxの活用事例

4. 今後の課題と取り組み

- 4.1. Function Exchange手法の確立
- 4.2. Alliance HIL & Remote HIL

1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景

Global alliance



Market Expansion



複雑化する要求に対し、如何に効率的に答えられるか？

VC-TURBO

e-POWER

NISSAN INTELLIGENT MOBILITY



ProPilot



Technical Complexity

Cost/Resources

1.2. 日産のMBD適用の歴史

2019年現在約85%のProjectが第3世代以降のMBD開発を適用

1999年

2006年

2013年

Coming soon

1st Generation

SIMULINKを用いた制御モデル記述の採用と、それを用いたRCPの活用。



SENTRA CA



2nd Generation

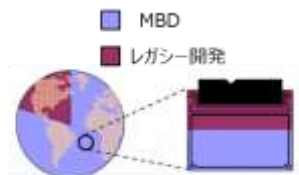
自動コード生成適用の拡大や、物理モデルと制御モデルを組み合わせたシミュレーション適用。



SKYLINE



GT-R



製品へのMBDコード採用率 最大コード占有率

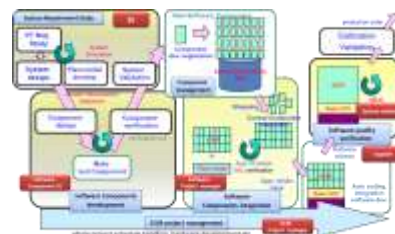
3rd Generation

アプリケーション全体を制御モデルで記述し、そのモデルを基本とする制御開発プロセスの確立。

MBDフル適用の開始



X-TRAIL



4th Generation

更なる効率化のため、ソフトウェア、MBDプロセスをGlobal Standardをめざし刷新



New crossover



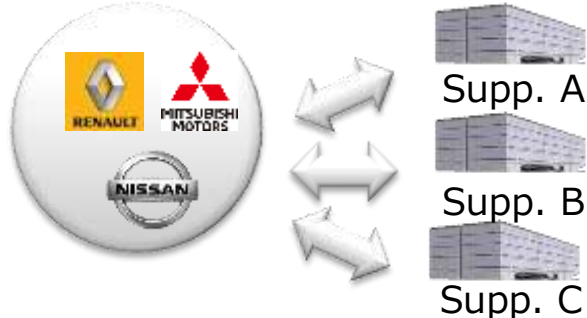
1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

複雑化する要求に対応するため、

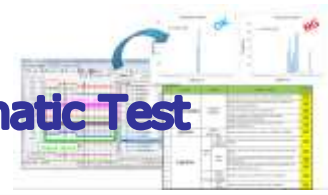
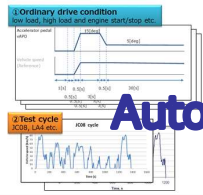
ルールに基づきモジュール化されたソフトウェアとその評価手法を確立する必要がある

①マルチOEM/
マルチサプライヤへの対応

Global standardなアーキテクチャ、
Design rule



CMF(Common Module Family)コンセプト：
車両を、エンジンルーム、コックピット、フロントアンダーボディ、リアアンダーボディ、電気/電子(EE)アーキテクチャの5つの基本領域に分類するモジュラー・アーキテクチャ・システム



②異なるPTシステム間/
EEアーキテクチャ間のソフトウェア再利用性

エンジン仕様/適用プロジェクト毎にソフトを抜き差し
できるアーキテクチャ

③SW品質と開発スピードの両立

限られた資源と時間の中で、継続的なSW開発と
評価を行うプロセス

Agenda

1. MBD適用の背景とその要求、日産の歴史

- 1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景
- 1.2. 日産のMBD適用の歴史
- 1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

2. 要求に応えるMBDを用いたソリューション

- 2.1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ
- 2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス
- 2.3. MBDを活用したSW評価プロセス

3. DesignからDevelopmentへの拡大

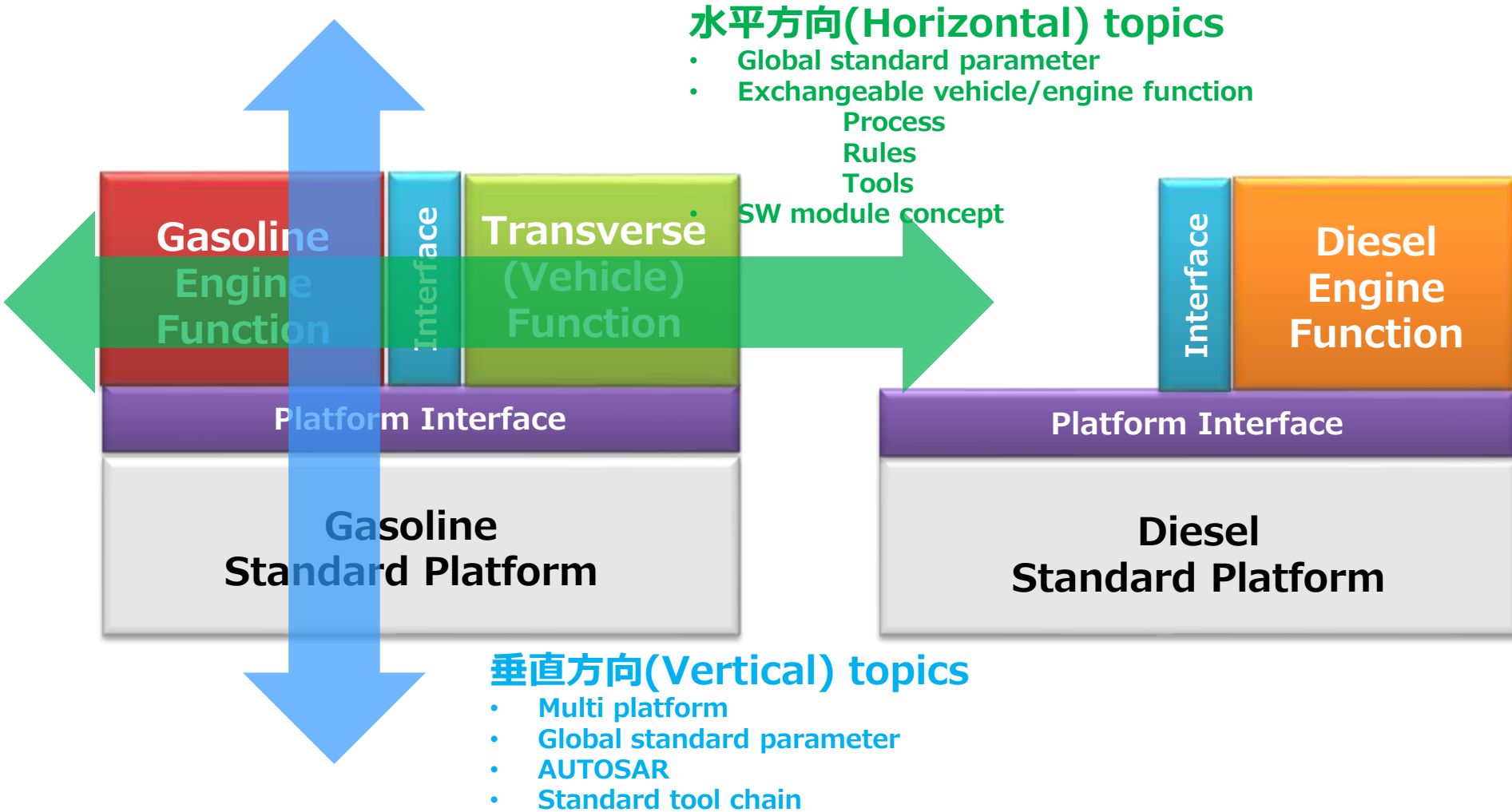
- 3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み
- 3.2. MATLAB tool boxの活用事例

4. 今後の課題と取り組み

- 4.1. Function Exchange手法の確立
- 4.2. Alliance HIL & Remote HIL

2.1-1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ

ソフトウェアを、**Engine Function**、エンジン間流用の**Transverse Function**、**Platform**の3モジュールに分ける



2.1-2. ソフトウェア階層化のコンセプト(垂直方向)

- ✓ OEM側ASWを、性能達成の為に**OEM Application**と、デバイス制御の**Middleware**に分離
- ✓ OEMとサプライヤ間を**AUTOSAR**をベースにした**Platform I/F**で繋ぎ、責任分担を明確化
- ✓ サプライヤプラットフォーム(MW+BSW)への仕様要求は、**要求仕様書**の形で提示する

① : Interface between OEM and Supplier

② : OEM Middleware with OEM style guide Model

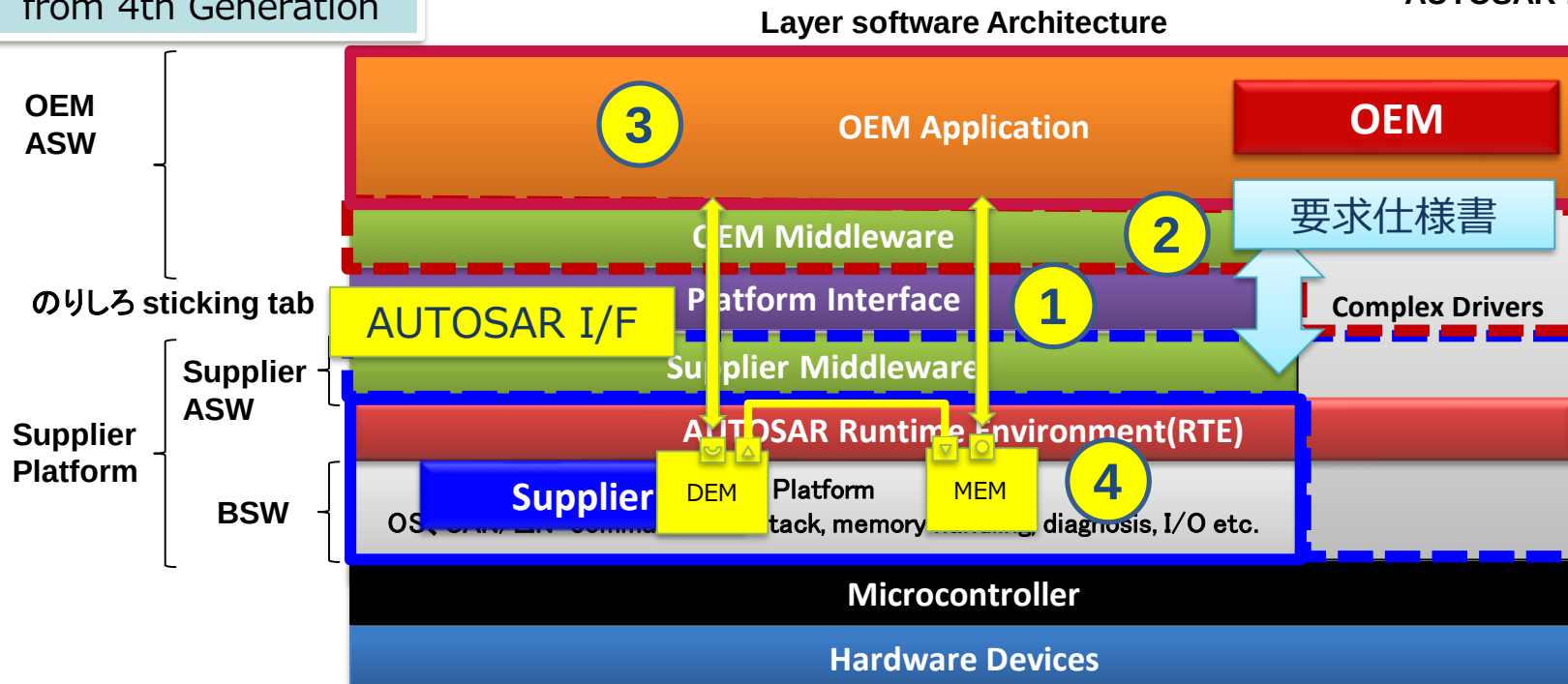
③ : OEM ApplicationSW with OEM style guide Model

④ : Supplier Platform with AUTOSAR standard



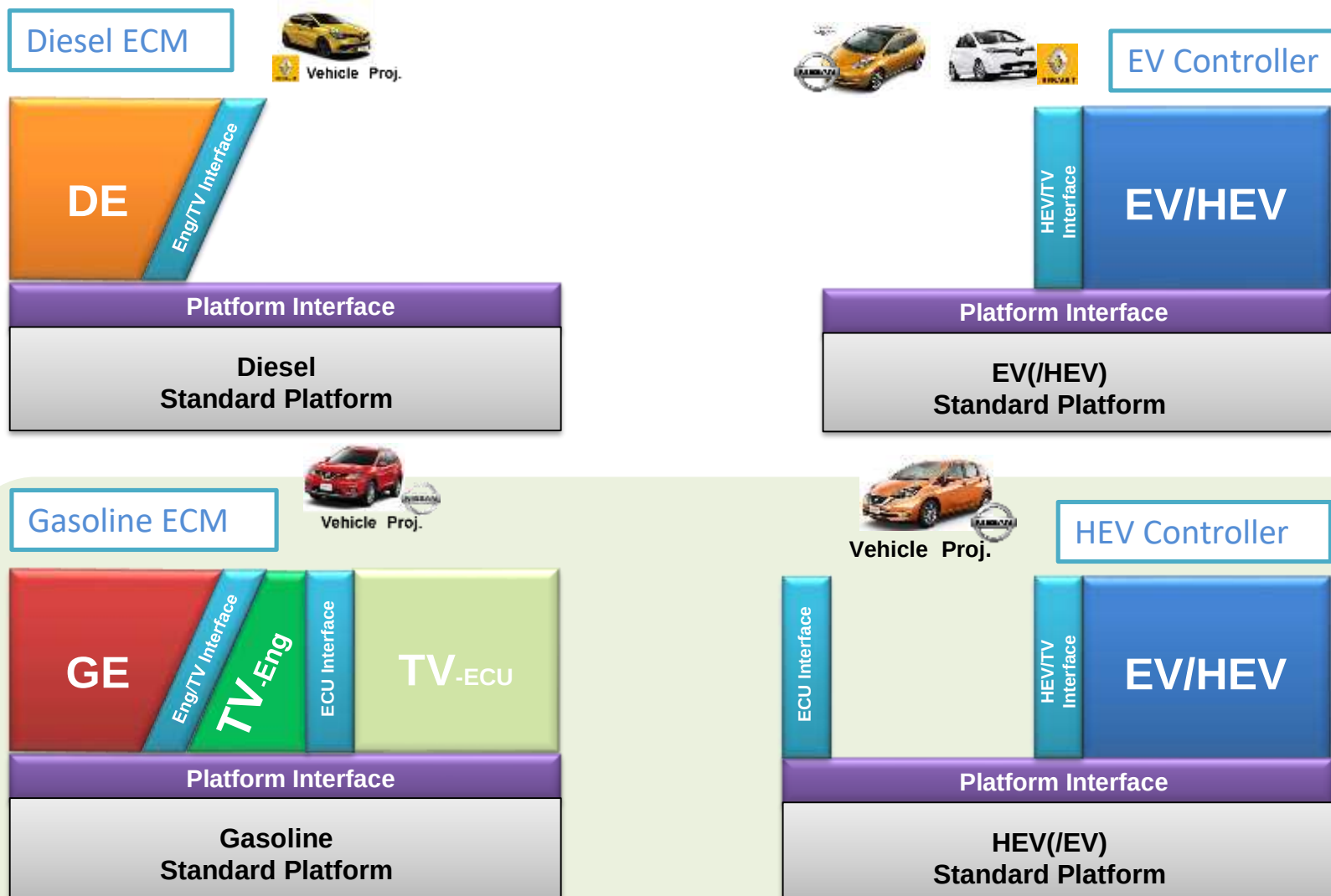
AUTOSAR basic structure

from 4th Generation



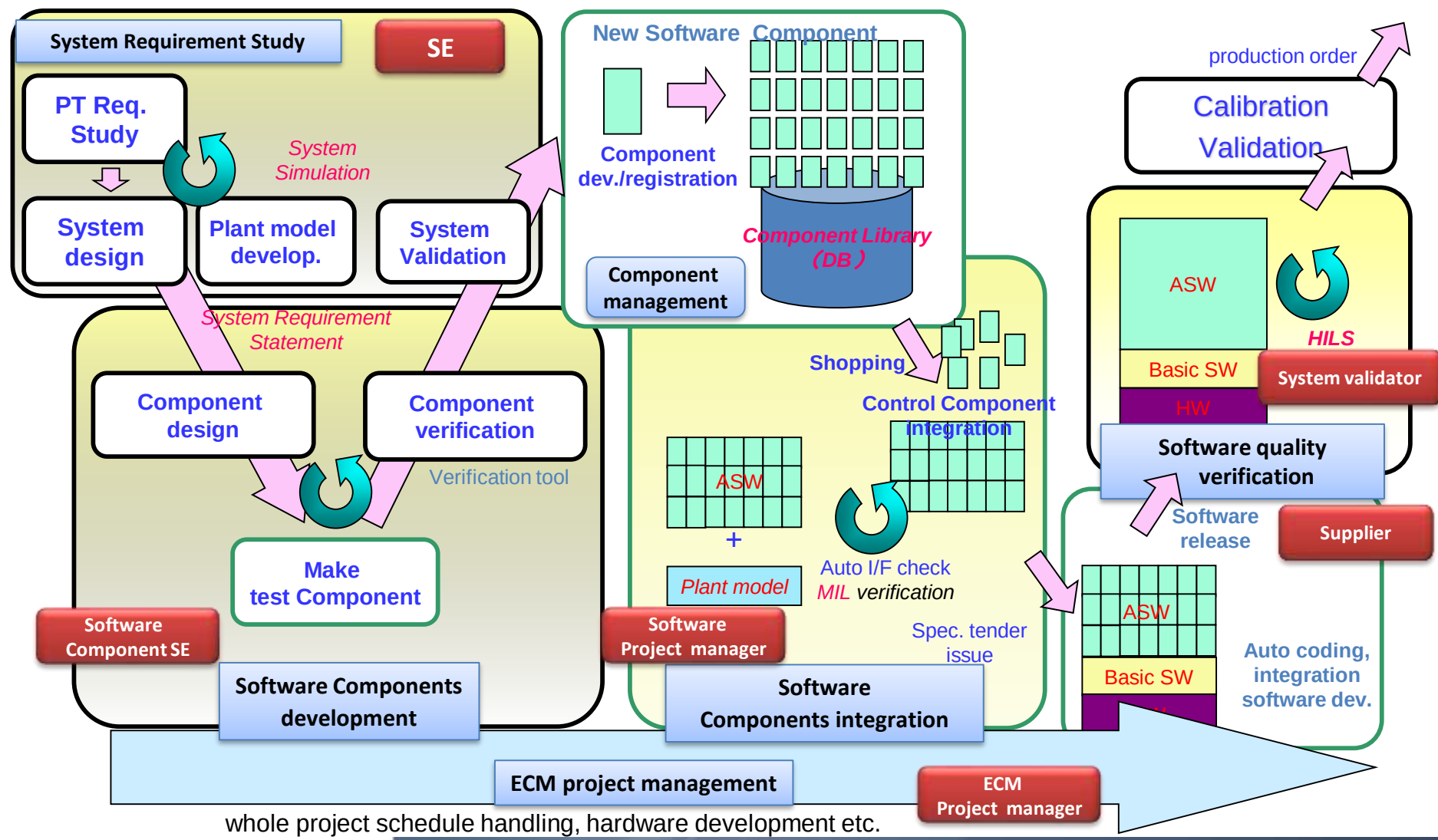
2.1-3. アプリケーション層のアーキテクチャ(水平方向)

エンジン制御(GE/DE)、車両制御(TransVersal Function)をモジュール化し、様々なプロジェクト要求に対し**Function**の再利用を図る



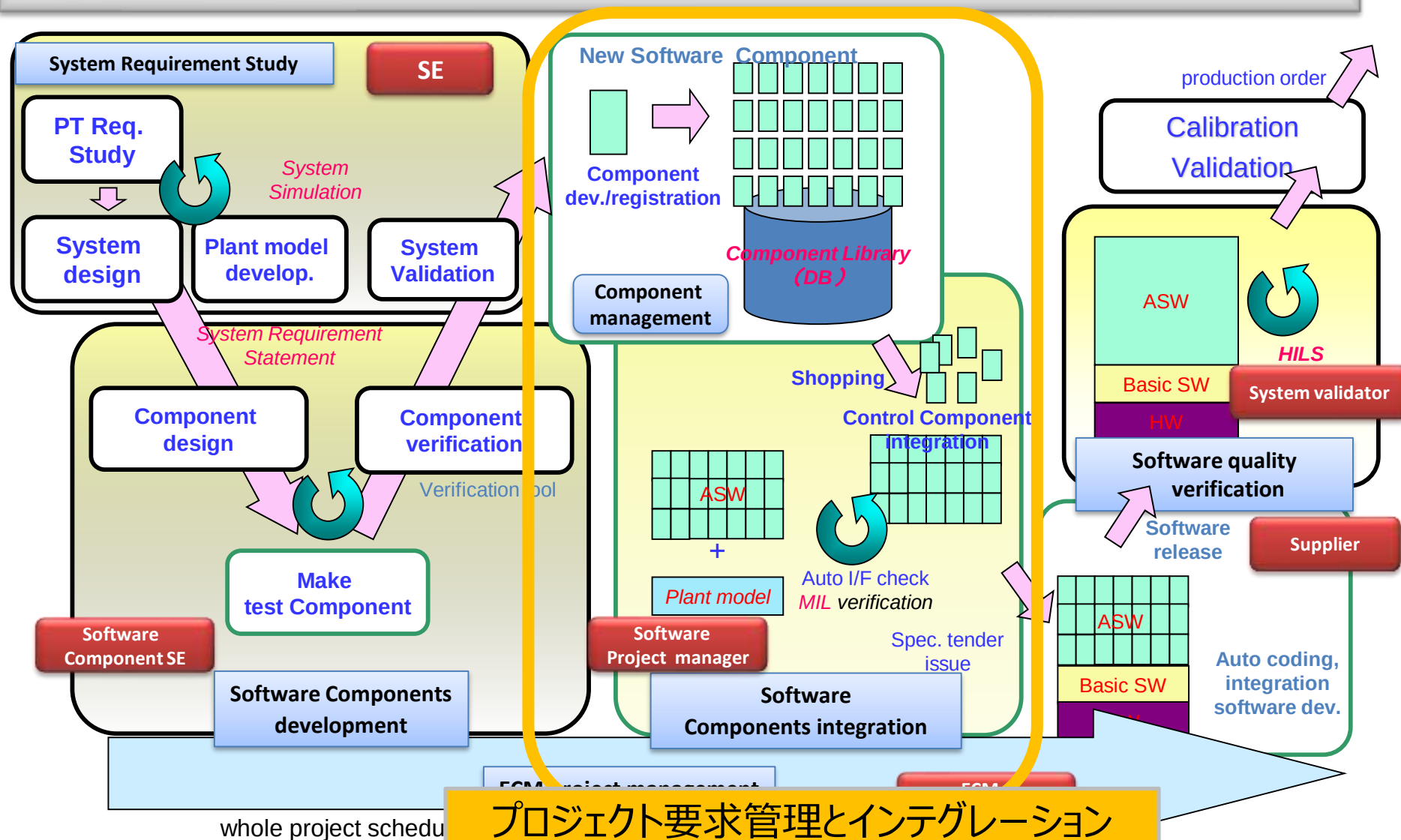
日産のMBD制御開発プロセス

左側Vでコンポーネントを作りこみ、右側Vでコンポーネントを束ね1つのSWにする



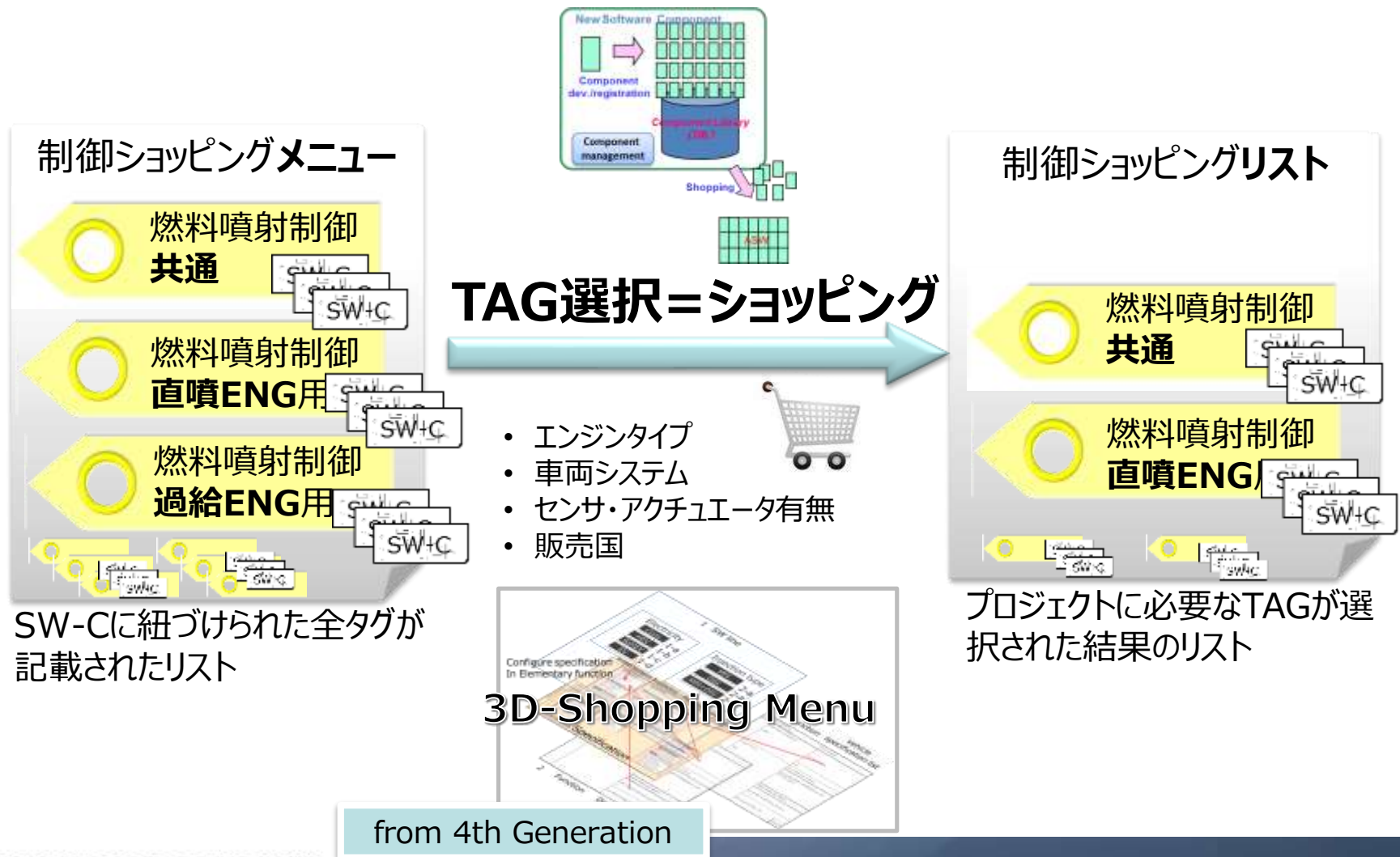
2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス

左側Vでコンポーネントを作りこみ、右側Vでコンポーネントを束ね1つのSWにする



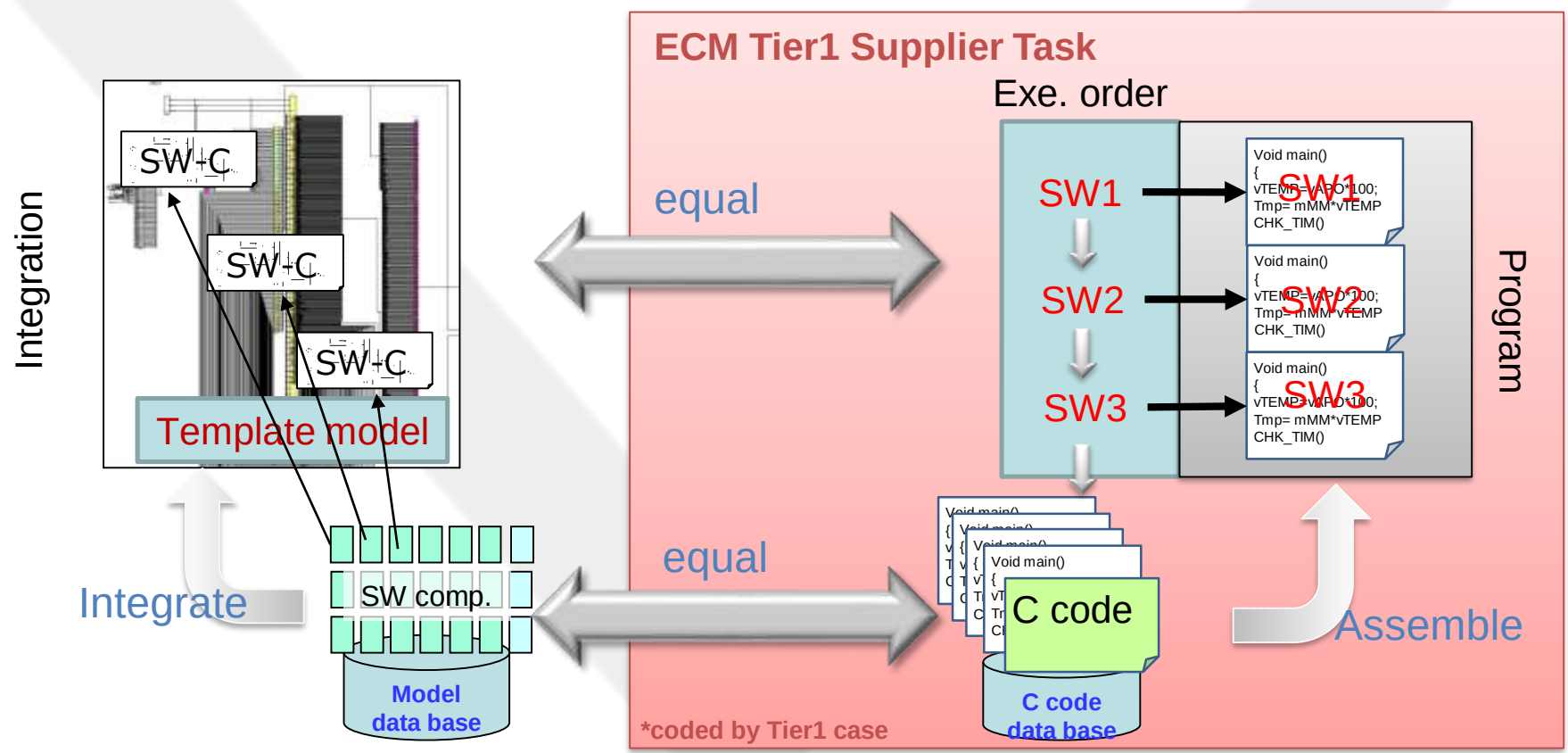
2.2-1. TAGを用いたソフトウェアショッピング

プロジェクト要求とソフトウェアの関係を**TAG**を用いて管理し、そのTAGを基に**ショッピング**することにより全体のソフトウェアを作成する。

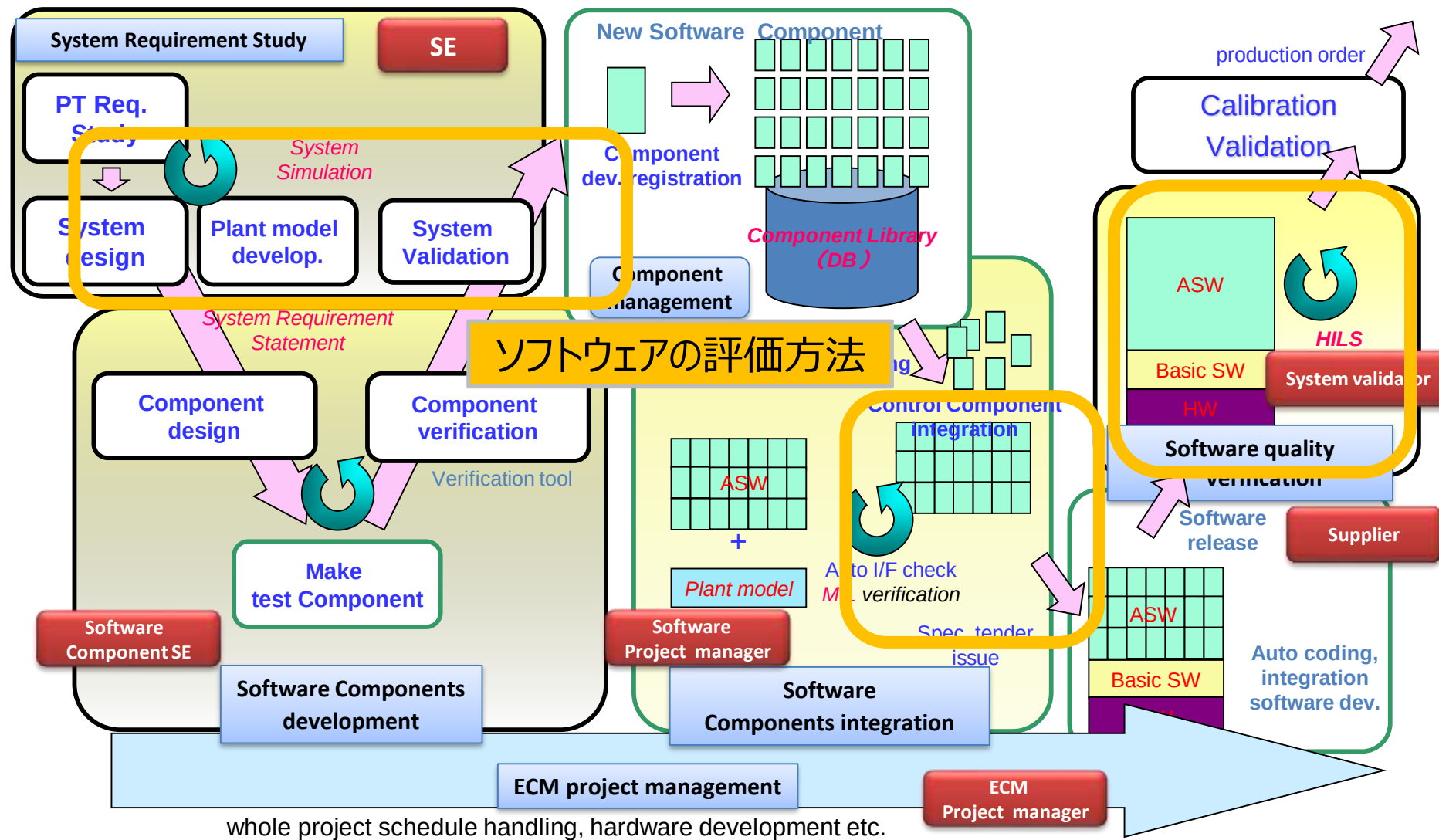


2.2-2. ソフトウェアコンポーネントのインテグレーションプロセス

SW-Cを全合体したインテグレーションモデル(テンプレートモデル)をリファレンスに
合体プログラムを作成する

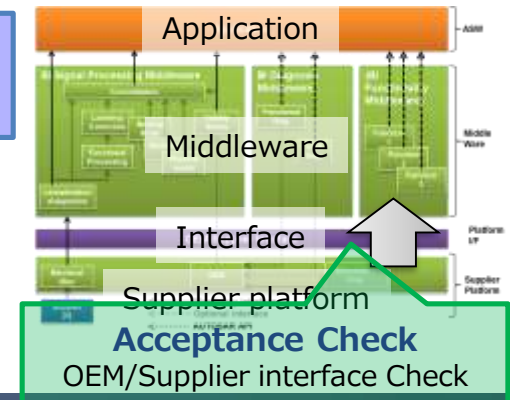
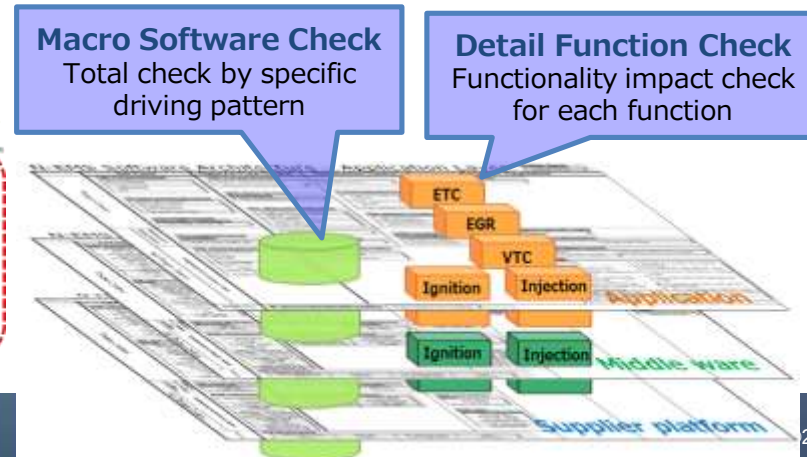
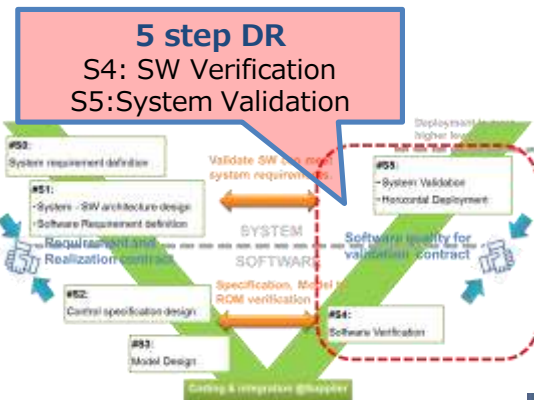
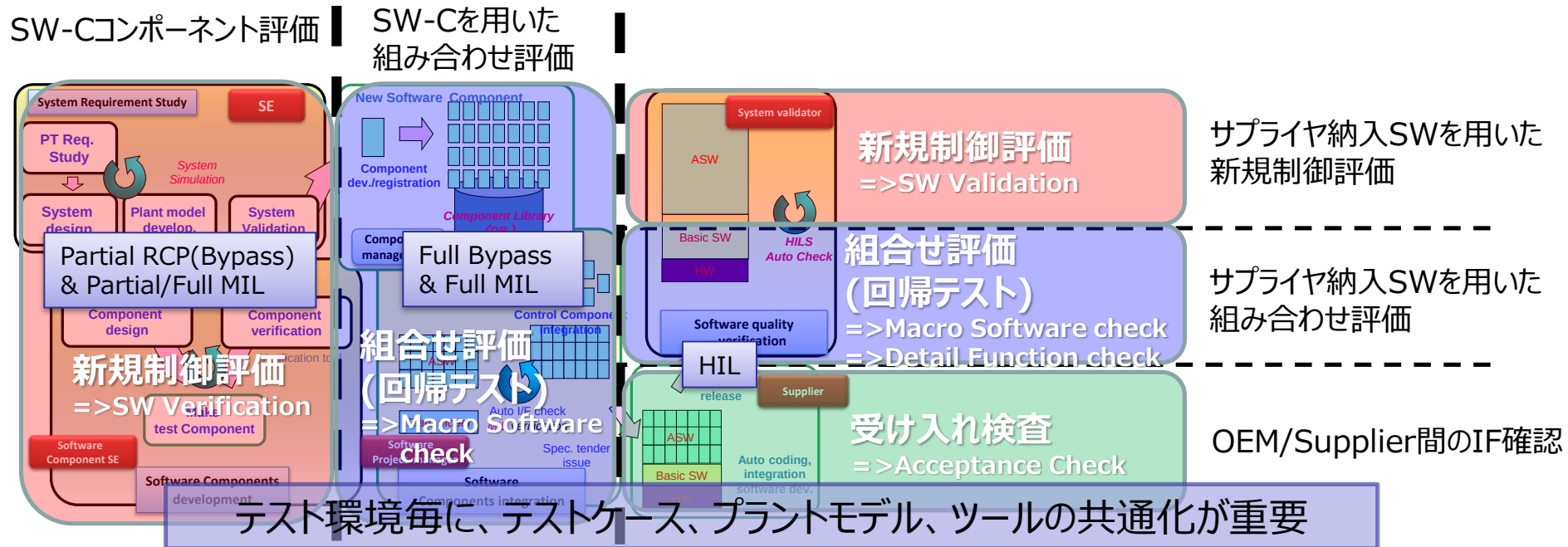


2.3. MBDを活用したSW評価プロセス



2.3-1. 日産のソフトウェア評価体系

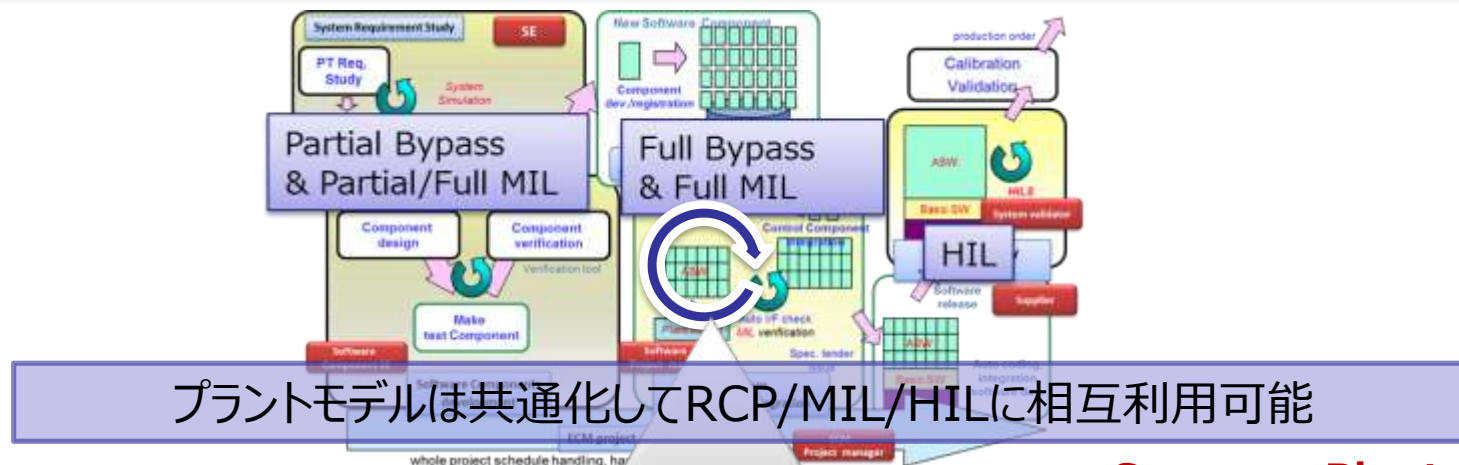
受入検査 + 組合せ評価(回帰テスト) + 新規制御評価による網羅的な評価を実施



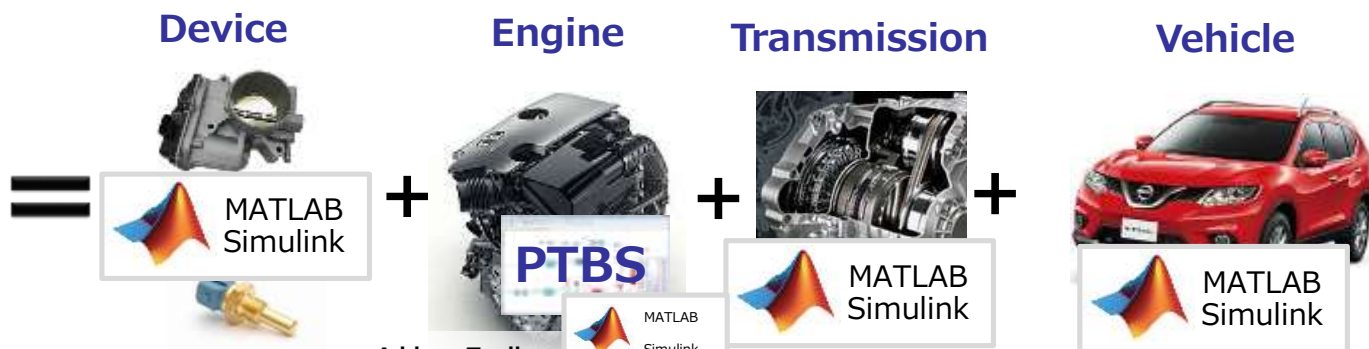
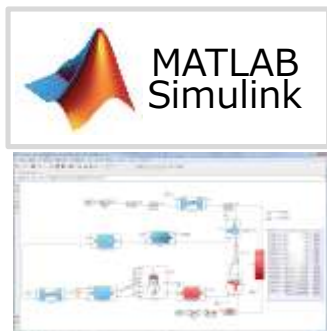
2.3-2. プラントモデルの共通化

制御アルゴリズムの検証が目的(SW Verification)のため、精度と共に高速で評価できる事が重要=**軽量且つ高精度なモデル**

- デバイスモデル、トランスミッション、車両簡易モデルをMATLAB SIMULINK®で構築
- エンジンモデルはAdd-on Toolbox: Powertrain Block Set(PTBS) ®で構築



Plant modeling Tool



Add-on Toolbox:

Powertrain Blockset

- Matlab/Simulink based Modeling Tool
- Resizing Functionality

2.3-3. テストケースの共通化、自動化

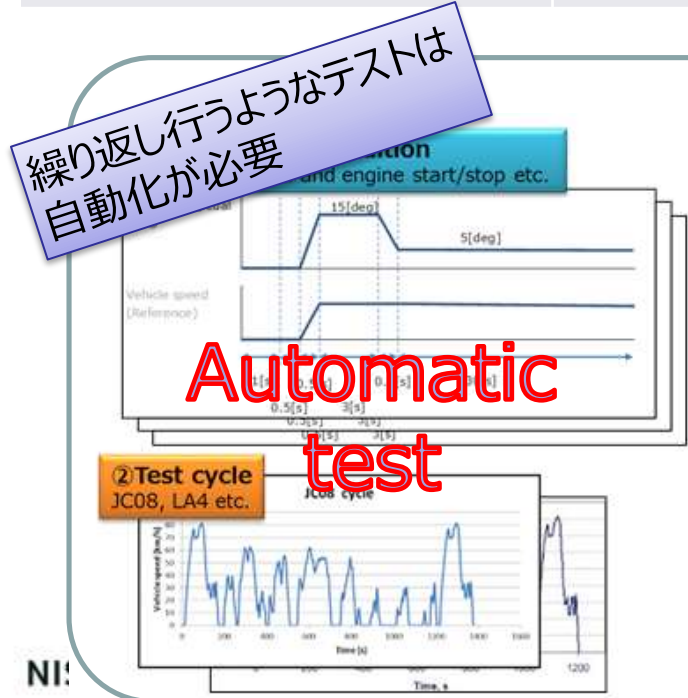
テストケースを共通化し、RCP/MIL/HILの環境で**再利用**しながらテストを**自動化**

テスト種類	テスト環境	テストケース	テスト結果の判定
新規制御評価	RCP/MIL/HIL	DRで提案	DR内でレビュー
Acceptance Check	HIL/実車	再利用可能	自動判定
Macro Software Check	MIL/HIL	再利用可能	自動判定
Detail Function Check	MIL/HIL	再利用可能	自動判定

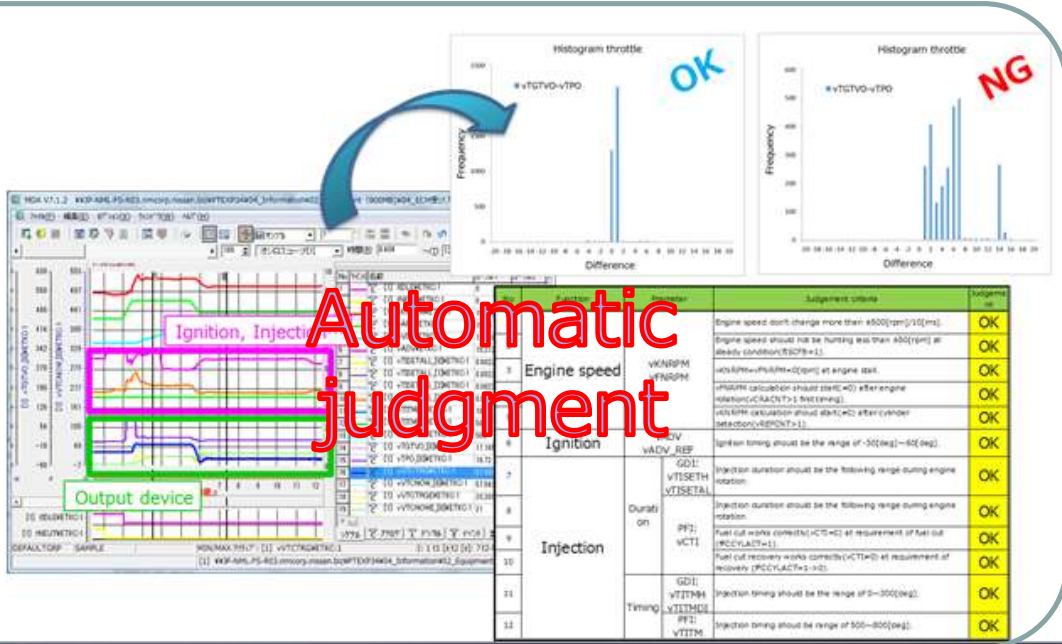
繰り返し行うようなテストは自動化が必要

Automatic test

② Test cycle
JC08, LA4 etc.



Automatic judgment



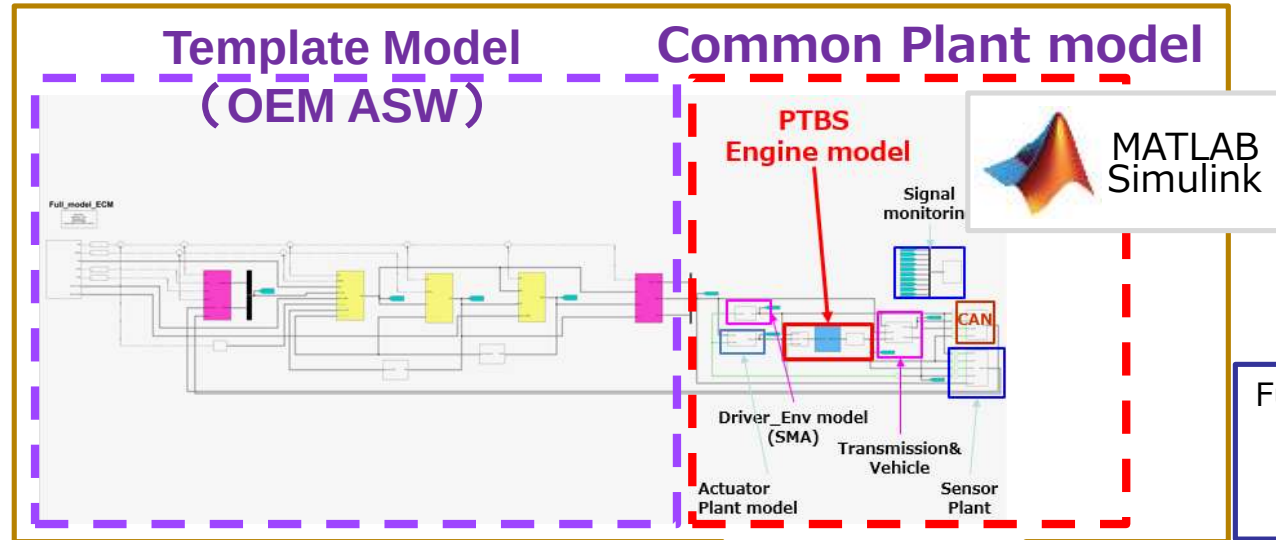
Item	Parameter	Unit	Judgment criteria	Log item
Engine speed	VKMRPM	rpm	Engine speed don't change more than 400(rpm)/10(ms).	OK
	TKMRPM	rpm	Engine speed should not be running less than 400(rpm) at steady condition(RSCF=1).	OK
Ignition	VACV	deg	Ignition timing should be the range of -50(deg)~50(deg).	OK
	VACV	deg	Ignition timing should be the range of -50(deg)~50(deg).	OK
Injection	VITIME	ms	Injection timing should be the range of 5~300(ms).	OK
	VITIME	ms	Injection timing should be the range of 5~300(ms).	OK

2.3-4. テンプレートモデルを活用したMIL評価(Full MIL)

テンプレートモデルと組み合わせ、アプリケーションSW全体を机上テスト可能

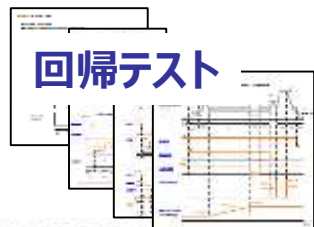
新規制御開発のTry & Errorや回帰テストをSW全体で評価できる

→大規模モデルのため、ビルド時間の短縮とシミュレーション速度の高速化が今後の課題



Full MILの実力:

- ・ビルド時間: 1.5hrs
- ・Sim速度: 実時間より10倍程度遅い...



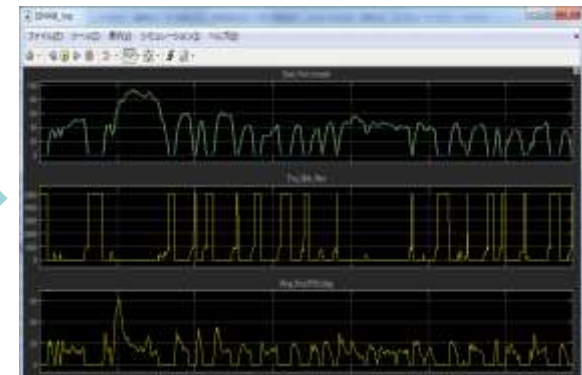
Trial & Error
SW評価



Full MIL

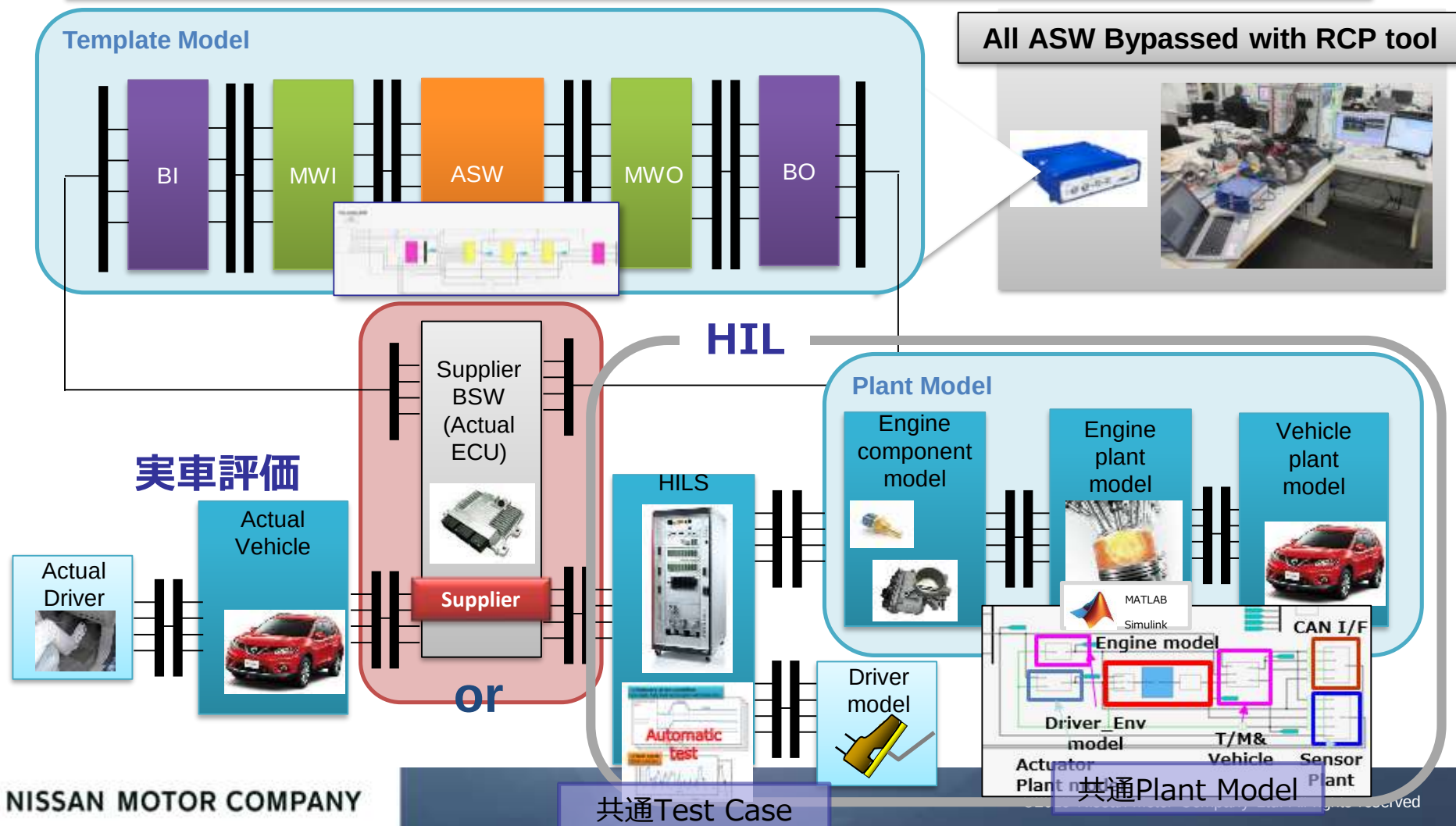


標準CAD-PC上でシミュレーション可能



2.3-5. RCP toolによるHIL(or 実機)評価

共通テストケース、プラントモデルを使ったHIL環境を用い、
テンプレートモデル全体を**実ECUバイパス**にて評価が可能
→RCP作りこみの効率化と、大幅なソフトウェア納入本数の削減を実現



Agenda

1. MBD適用の背景とその要求、日産の歴史

- 1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景
- 1.2. 日産のMBD適用の歴史
- 1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

2. 要求に応えるMBDを用いたソリューション

- 2.1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ
- 2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス
- 2.3. MBDを活用したSW評価プロセス

3. DesignからDevelopmentへの拡大

- 3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み
- 3.2. MATLAB tool boxの活用事例

4. 今後の課題と取り組み

- 4.1. Function Exchange手法の確立
- 4.2. Alliance HIL & Remote HIL

3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み

複雑化する制御システム要求に対し、高精度且つ適合も容易になる
MPCモデル予測制御の適用を検討

複雑さの増加と共に
制御と適合が大変
になっていく



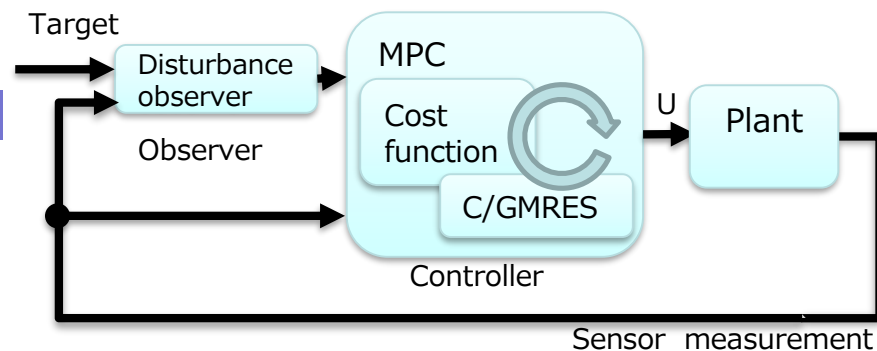
Technical Complexity



Cost/Resources

デバイス増加に伴い、
制御の制約条件が
複雑化

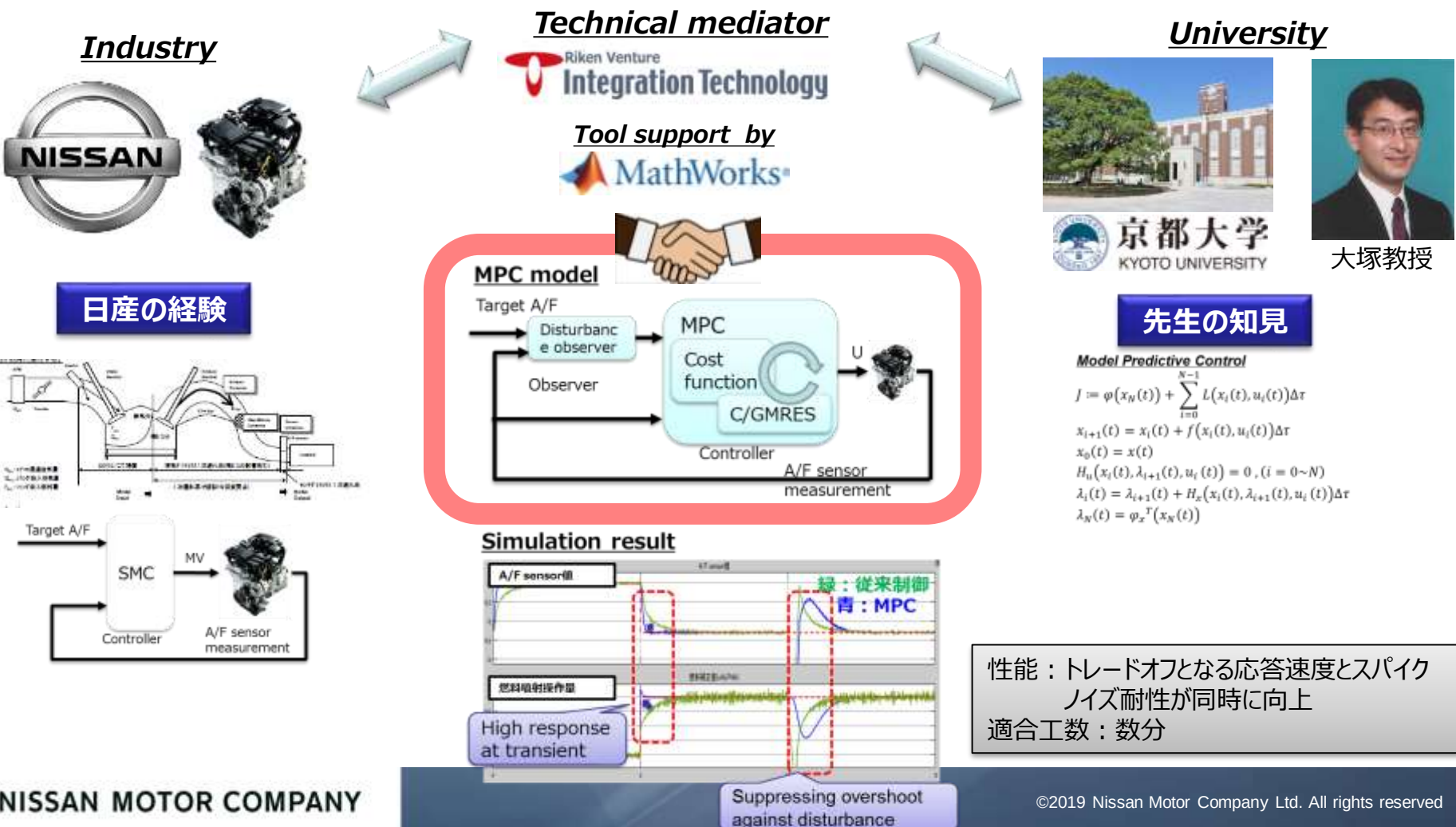
Model Predictive Control
モデル予測制御



複数の制約を同時にとりながら最適な動作点を決める事が可能

3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み

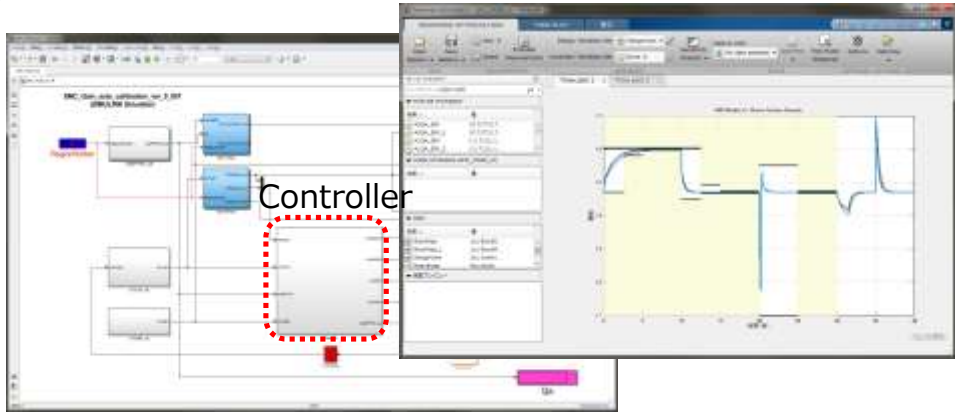
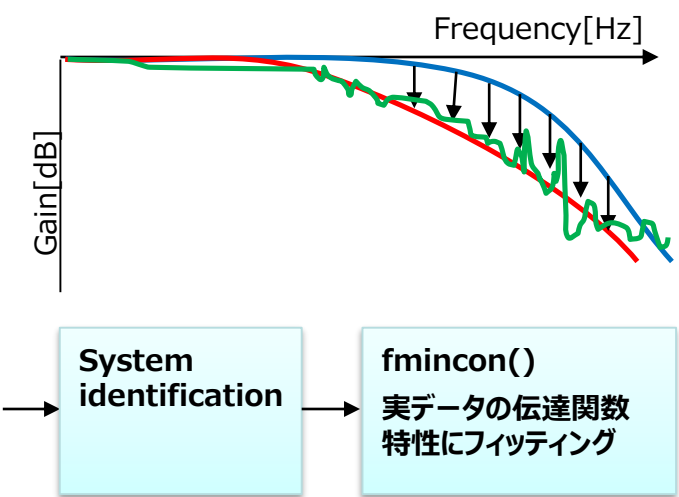
MPCの世界的権威である京都大学 大塚教授と、
技術的な仲介役としてIntegration technology®、tool面でのサポートとして
MathWorks®の協力の下、**MPCのエンジン制御適用を実現**



3.2. Matlab tool boxの活用事例

MathWorks®の協力を得て空燃比制御(従来制御)の適合手法を改善

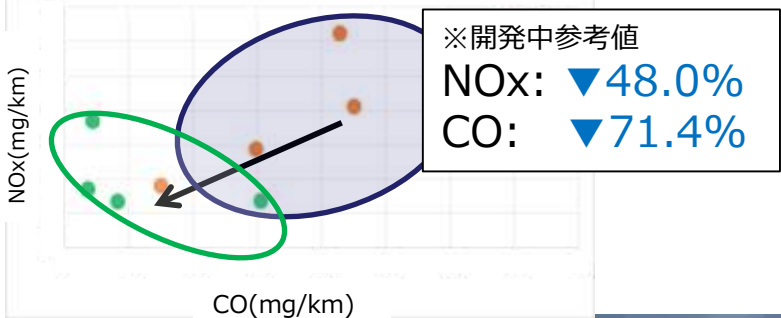
fmincon関数を利用したシステム同定 Simulink Design Optimization™によるゲイン適合



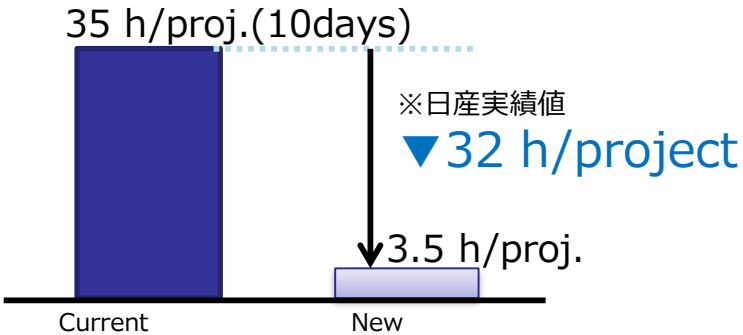
Work space内の任意の変数を変化させ
規定の応答になるような最適解を自動探索可能

Emission result

(1.6 ℓ L4 engine MT RDE95-1 NOx emission)



適合工数削減効果



Agenda

1. MBD適用の背景とその要求、日産の歴史

- 1.1. エンジン制御開発を取り巻く背景
- 1.2. 日産のMBD適用の歴史
- 1.3. 新たにソフトウェア開発に求められる要求

2. 要求に応えるMBDを用いたソリューション

- 2.1. 要求に適したソフトウェアアーキテクチャ
- 2.2. Project要求に応じるSWインテグレーションプロセス
- 2.3. MBDを活用したSW評価プロセス

3. DesignからDevelopmentへの拡大

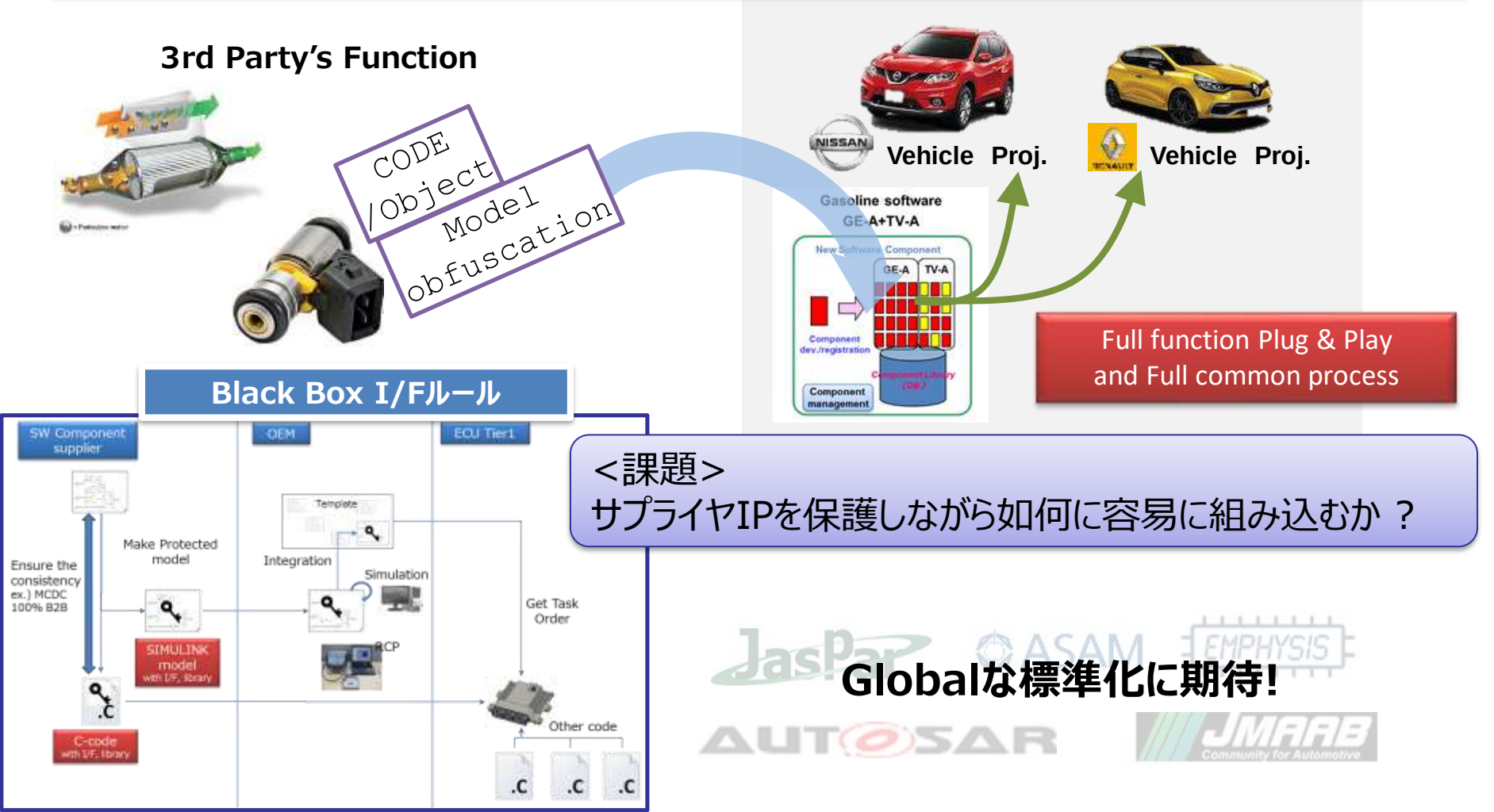
- 3.1. 空燃比制御を題材としたMPCへの取り組み
- 3.2. MATLAB tool boxの活用事例

4. 今後の課題と取り組み

- 4.1. Function Exchange手法の確立
- 4.2. Alliance HIL & Remote HIL

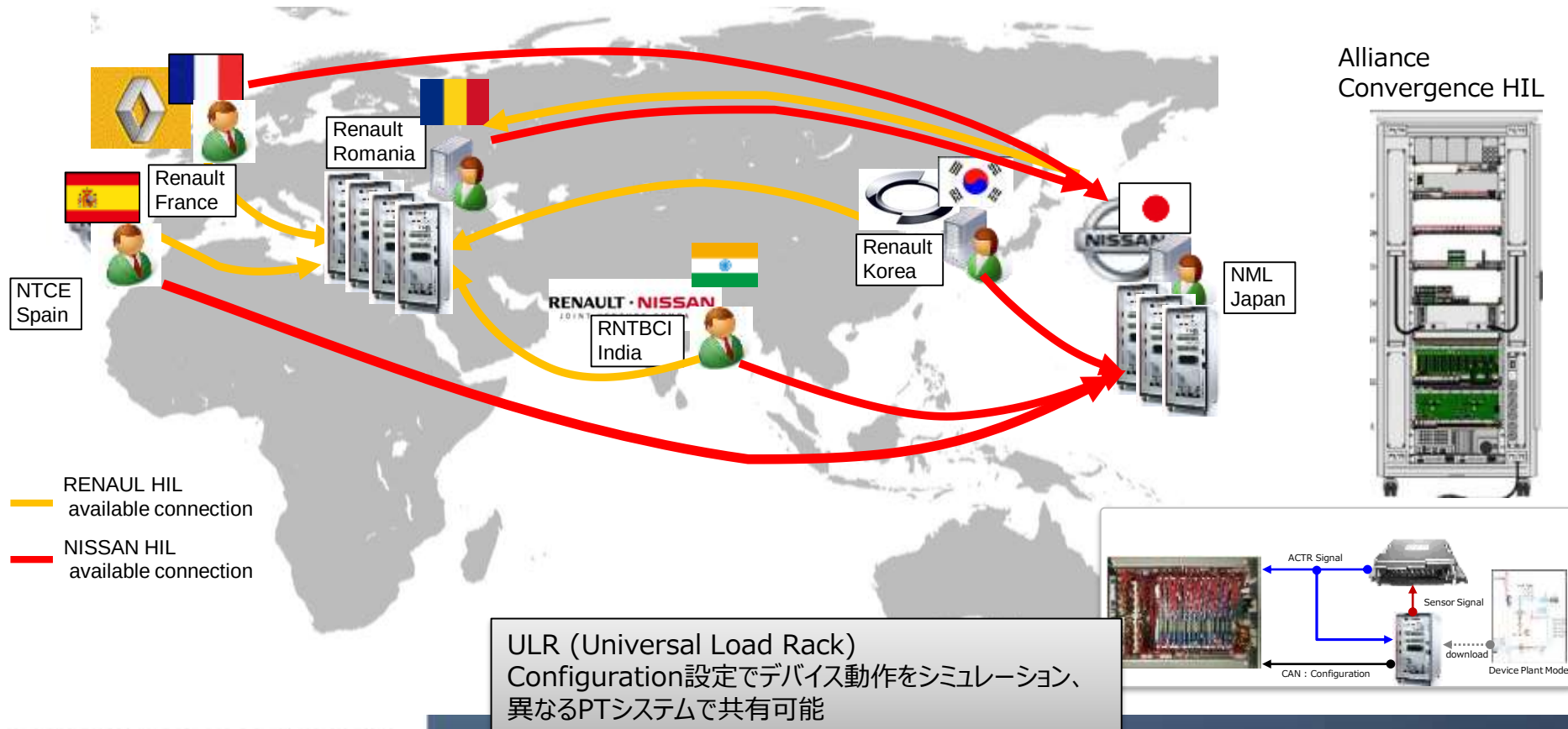
4.1. Function Exchange手法の確立

制御の部品化に向けて、Black Boxモデル、難読化コード、インターフェースルールをOEM/コンポーネント/ECUサプライヤ間で標準化したい



4.2. Alliance HIL & Remote HIL

- HILを含めたテスト環境をallianceパートナーECU間で共通化
 - リモート環境によりGlobalでテスト環境を共有化
- ⇒ リソースを共有し、更に時差を利用して設備稼働率を向上





Thank you!