



“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム (MIL-SIL-HIL-VILの活用)

IPG Automotive株式会社 小林祐範

第15回 UC-win/Road協議会 ドライビングシムセッション
2014-11-19(水)



“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム アジェンダ

1. IPG Automotiveについて
2. 開発のフロントローディングに対する要求
3. IPG CarMaker®によるバーチャル・テスト・ドライビング
4. “X in the Loop”アプローチ(MIL-SIL-HIL-VIL)

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム アジェンダ

1. IPG Automotiveについて
2. 開発のフロントローディングに対する要求
3. IPG CarMaker®によるバーチャル・テスト・ドライビング
4. “X in the Loop”アプローチ(MIL-SIL-HIL-VIL)

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム

IPG Automotive

起源は...

- 1984年 独カールスルーエ工科大学(KIT)よりスピノフ
- ビークル・ダイナミクス・シミュレーションおよびHIL*シミュレーションのパイオニア
*(Hardware-in-the-Loop)

提供するものは...

- バーチャル・テスト・ドライビング – すべての開発サイクル・ステージにおけるコア技術

経験として...

- ビークル・ダイナミクスおよびバーチャル・テスト・ドライビング業界での30年に及ぶ実績

組織構成は...

シミュレーション・ソリューション



テスト・システム

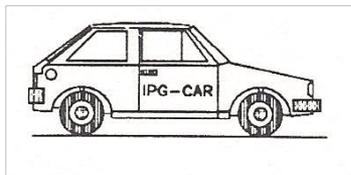


エンジニアリング・サービス



IPG Automotive の発展

IPGヒストリー

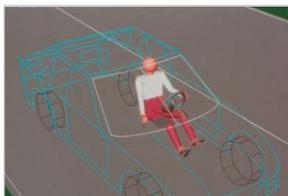


1989

IPG-Car 1.0リリース
MESA VERDEベース

1990

Driver
Model
IPGDriver



1984

Foundation of IPG

1998

IPG-HIL 1.0
リリース

1998

IPGDriverの
IPG-HILへの統合

1991

IPGKinematicsリリース



2001

MotorcycleMaker®
リリース

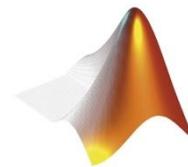


1999

新製品リリース
IPG-HIL: CarMaker® バージョン 1.1

2002

Simulink (CM 1.5)向け
CarMaker®リリース



2003

CarMaker® 2.0リリース

IPG Automotive の発展

IPGヒストリー



2009

CarMaker® 3.0リリース
TruckMaker®リリース

2006

dSPACE DS1006向け
CarMaker®/HILリリース

2008

IPG's Xpack4 Hardware
(Linux-RTベース)向け
CarMaker®/HILリリース

XPACK4

2011

CarMaker® 3.5リリース



2012

ミュンヘン支店設立

2012

CarMaker® 4.0リリース



2012

ETAS LABCAR向け
CarMaker®/HILリリース

2014

ウォルフスバーグ支店設立

2014

CarMaker® 4.5リリース



2014

日本支社(法人)設立
IPG Automotive株式会社

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム

... 世界に広がるパートナー企業



- IPG
- IPG Partners

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム アジェンダ

1. IPG Automotiveについて
2. 開発のフロントローディングに対する要求
3. IPG CarMaker®によるバーチャル・テスト・ドライビング
4. “X in the Loop”アプローチ(MIL-SIL-HIL-VIL)

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム 現実と挑戦



60%

Approximately

開発期間に占める、実車プロトタイプ
無し期間は約60%

Less than

10%

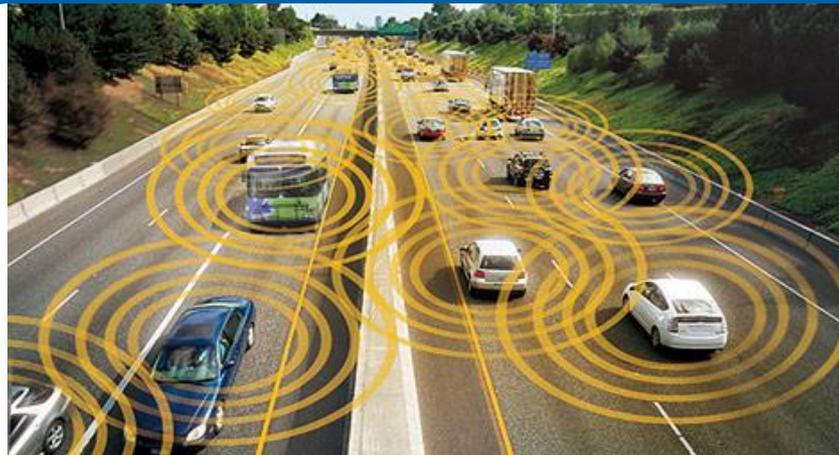
車両全体開発の中で、実車試験を経験出来る
エンジニアは全体の10%未満



→ IPGのミッション:

これらの課題を解決するため、
バーチャル・テスト・トライビング向けバーチャル・プロトタイプ・モデルを提供

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム 自動車業界に於ける一大トレンド



取引先様コメント

展望 — 独ボッシュ社CEO Dr.デンナー氏

- 2020年以降の高度運転自動化技術発展の可能性
- 自動化と統合システムがもたらす車両アーキテクチャの完全な変換期



„将来のトラフィックは、電動、自動、コネクト・システム化する“

車両アーキテクチャやシステムの複雑化のみならず
開発プロセスにも変化をもたらすであろう

取引先様コメント

展望 – 独BMW社

„アクティブ・セーフティの一つであるESPは、実車テストだけでは非常に困難な開発である“

„先進運転支援システム(ADAS)については、更に高度な要求と複雑化が進むであろう。



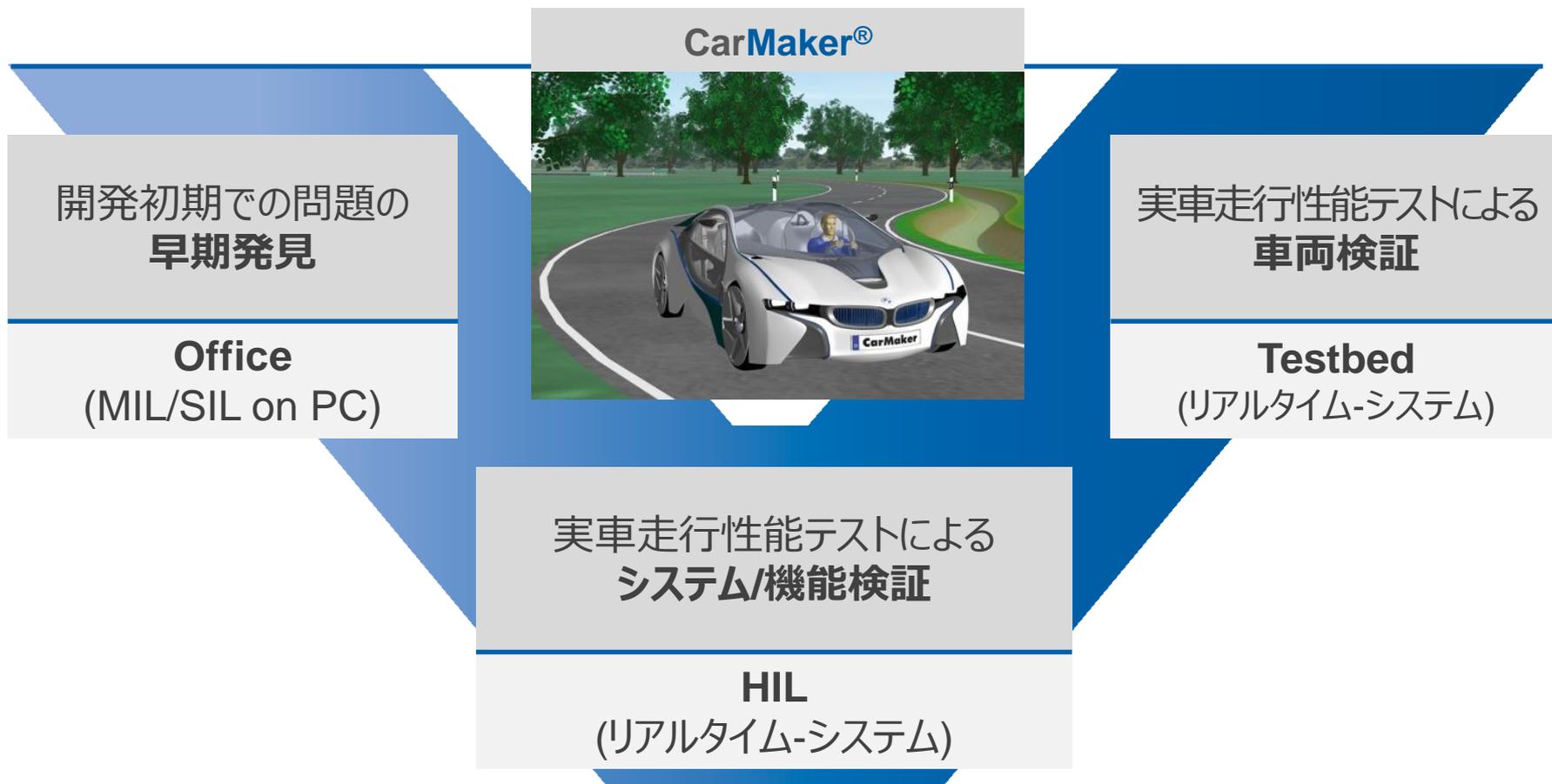
この開発の高い壁を打ち破るには
バーチャル・テスト・ドライビング・システムを活用するのが最善策である。

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム アジェンダ

1. IPG Automotiveについて
2. 開発のフロントローディングに対する要求
3. IPG CarMaker[®]によるバーチャル・テスト・ドライビング
4. “X in the Loop”アプローチ(MIL-SIL-HIL-VIL)

開発・テストに於ける生産性の向上方法とは？

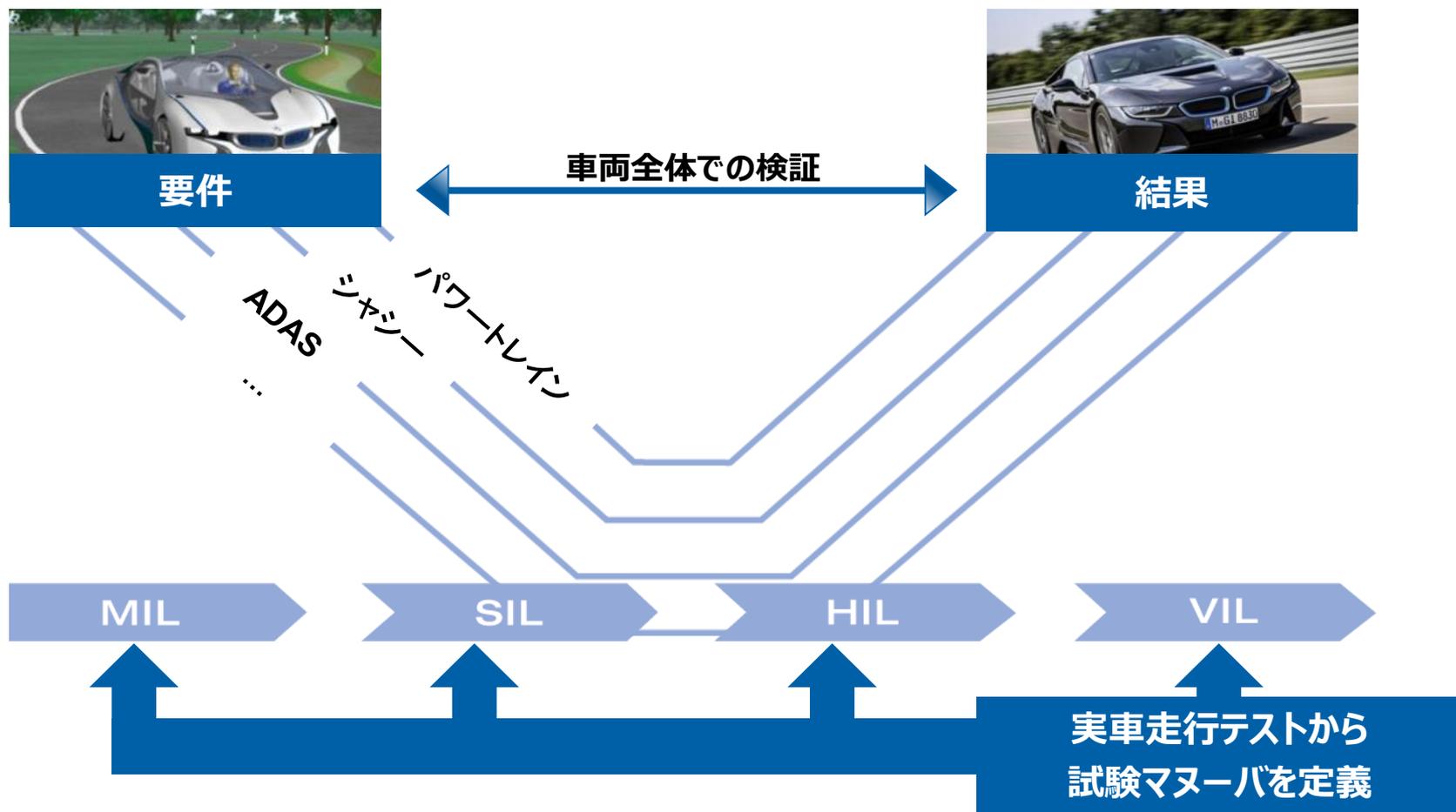
すべての車両コンセプト向けの一貫した方法



バーチャル・テスト・ドライビングによって開発に於ける生産性が増大
車両, トラックおよび二輪車, ICE, HEV, PHEV およびBEV の全車種対応

一般的な開発プロセスでのフロント・ローディング方式

ソフトウェアとシステムの分離リリース



全ての開発段階で想定する試験マヌーバを再利用
開発初期, キャリブレーション, 量産前のすべての開発段階に適用可能

バーチャル・テスト・ドライビング

プロフェッショナルなシミュレーション環境の実現

CarMaker®



MotorcycleMaker®



TruckMaker®



統一されたシミュレーション環境 – コンセプト段階でのエンジニア支援 …
… オープン統合プラットフォーム

IPG CarMaker®:

バーチャル・テスト・ドライビング向けオープン統合プラットフォーム

バーチャル・テスト・ドライブ

車両 運転手



閉ループ



道路 交通



統合プラットフォーム (ソフトウェア / ハードウェア)



AVL CRUISE

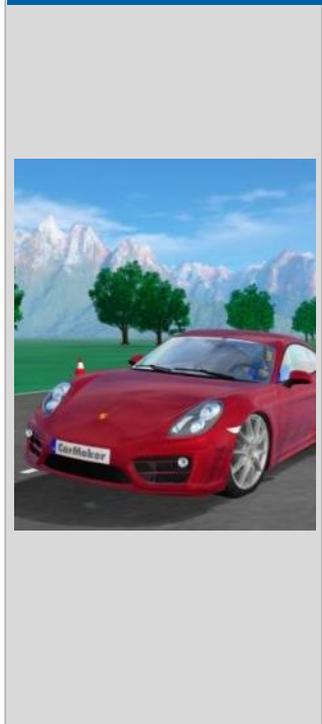
CarMaker

MATLAB Simulink

Dynamo

UNIVERSITY OF MUNICH

可視化



自動化テスト + 解析・評価

CarMaker 4.0.3 Test Report

Result Summary

Overall Results	Value
Number of Tests	8 100.0%
Tests passed	8 100.0%
Tests skipped	0 0.0%
Tests with warning	0 0.0%
Tests failed	0 0.0%
Tests with error	0 0.0%
Tests not executed	0 0.0%

Detailed Results

ID	Name	Result
1	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
2	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
3	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
4	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
5	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
6	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
7	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed
8	ExampleCarMakeFunctionsTestFunctionScaling	Failed

Test Manager

App Description	Pass	Fail	Pass/Fail	Pass/Fail
% Global Settings	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 1	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 2	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 3	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 4	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 5	0.0	0.0	0.0	0.0
+ Variable 6	0.0	0.0	0.0	0.0

IPG CarMaker®:

オープン統合プラットフォーム

統合プラットフォーム

マヌーバ定義

Vサイクルでの
シームレスな利用

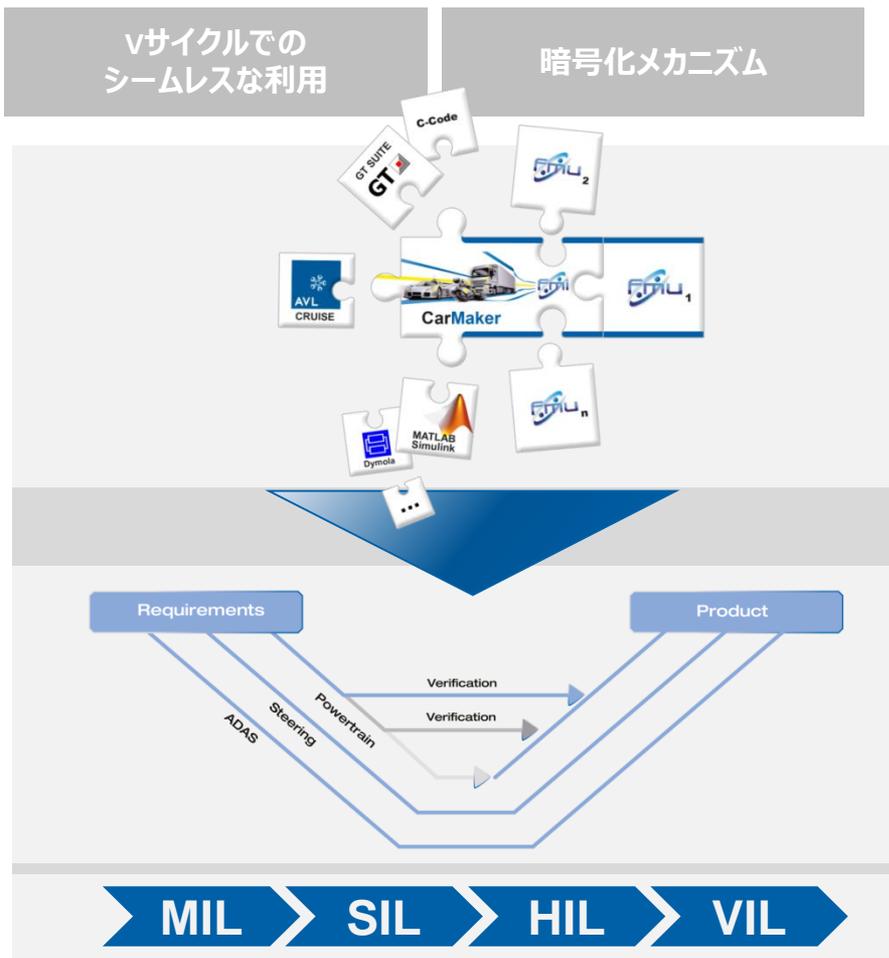
暗号化メカニズム

異なる多種ソースからの円滑なモデル統合

- Simulink, C-Code, GT-SUITE, Dymola, ...

FMI

- ダイナミック・モデル統合 (システム編集不要)
- モデル統合マネジメント向け
グラフィカル・ユーザー・インタフェース
- Vサイクル内での全プロセス対応
(MIL / SIL / HIL / VIL)



異なるソースやオーサリング・ツールからのモデル統合を実現 ...

... 標準化FMI経由でも可能に！

IPG CarMaker®:

オープン統合プラットフォーム

統合プラットフォーム

マヌーバ定義

vサイクルでの
シームレスな利用

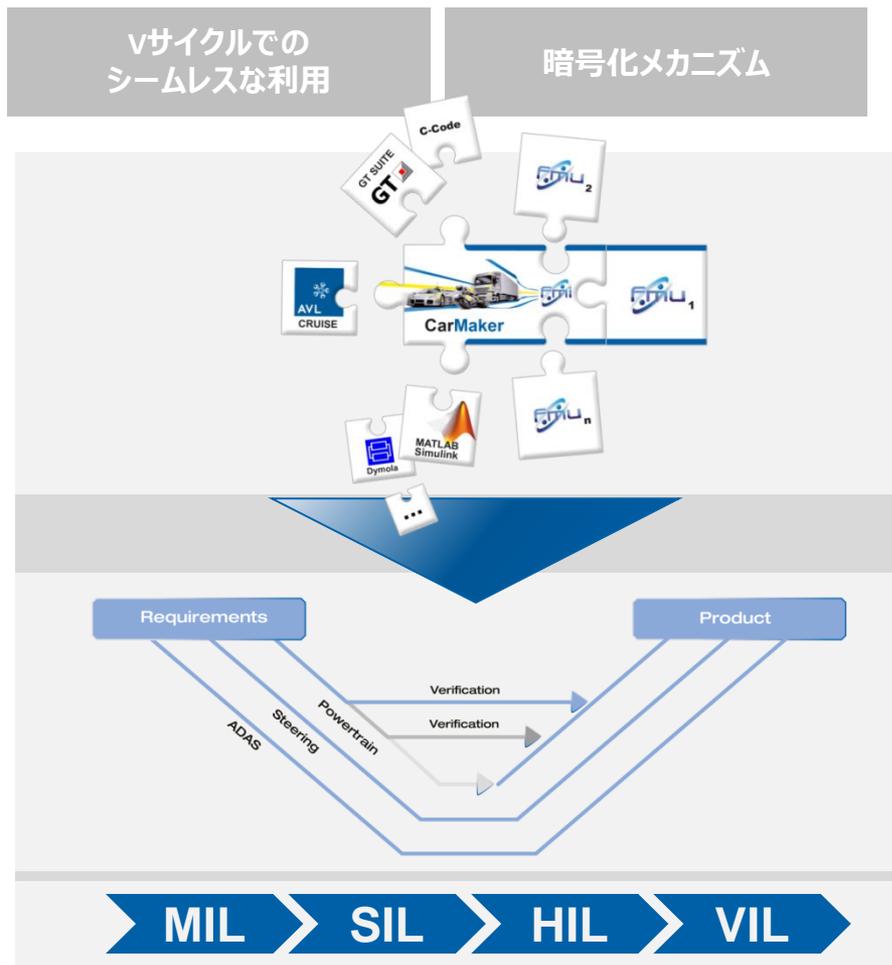
暗号化メカニズム

スケジューリング・メカニズム

- 演算順序の最適化
- シグナル伝搬時間の最小化
- 数値安定性の確保

モデル・マネージャ

- モデル間での切替作業容易化
(新たな編集やダウンロード操作不要!)
- 全モデル対応のプレ設定済Simulinkテンプレート
- 各モデルのオーバーサンプリングおよび
アンダーサンプリング



効率的なモデル統合のため
従来とは異なる手法が必要

IPG CarMaker®:

オープン統合プラットフォーム

リアル・コンポーネントとバーチャル・コンポーネントの統合



インターフェース



C-Code



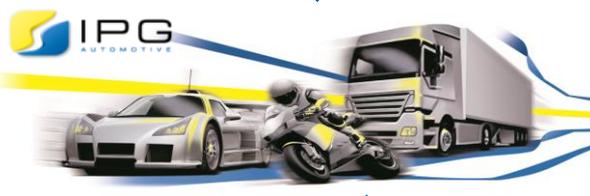
AVL CRUISE

GT

MapleSim

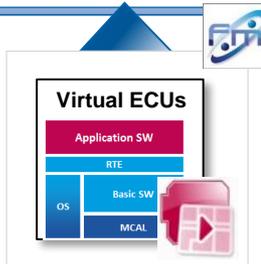


...



CarMaker®
TruckMaker®
MotorcycleMaker®

- Simulink
- C-CODE
- ASCET
- ...



Real ECUs

異なるソースからのモデル統合

実車コンポーネントもバーチャル車両に統合が可能(X-in-the-Loop)

HiL構築用ハードウェア対応

複合型ハードウェア – プラットフォーム



XPACK4



ETAS



NATIONAL INSTRUMENTS



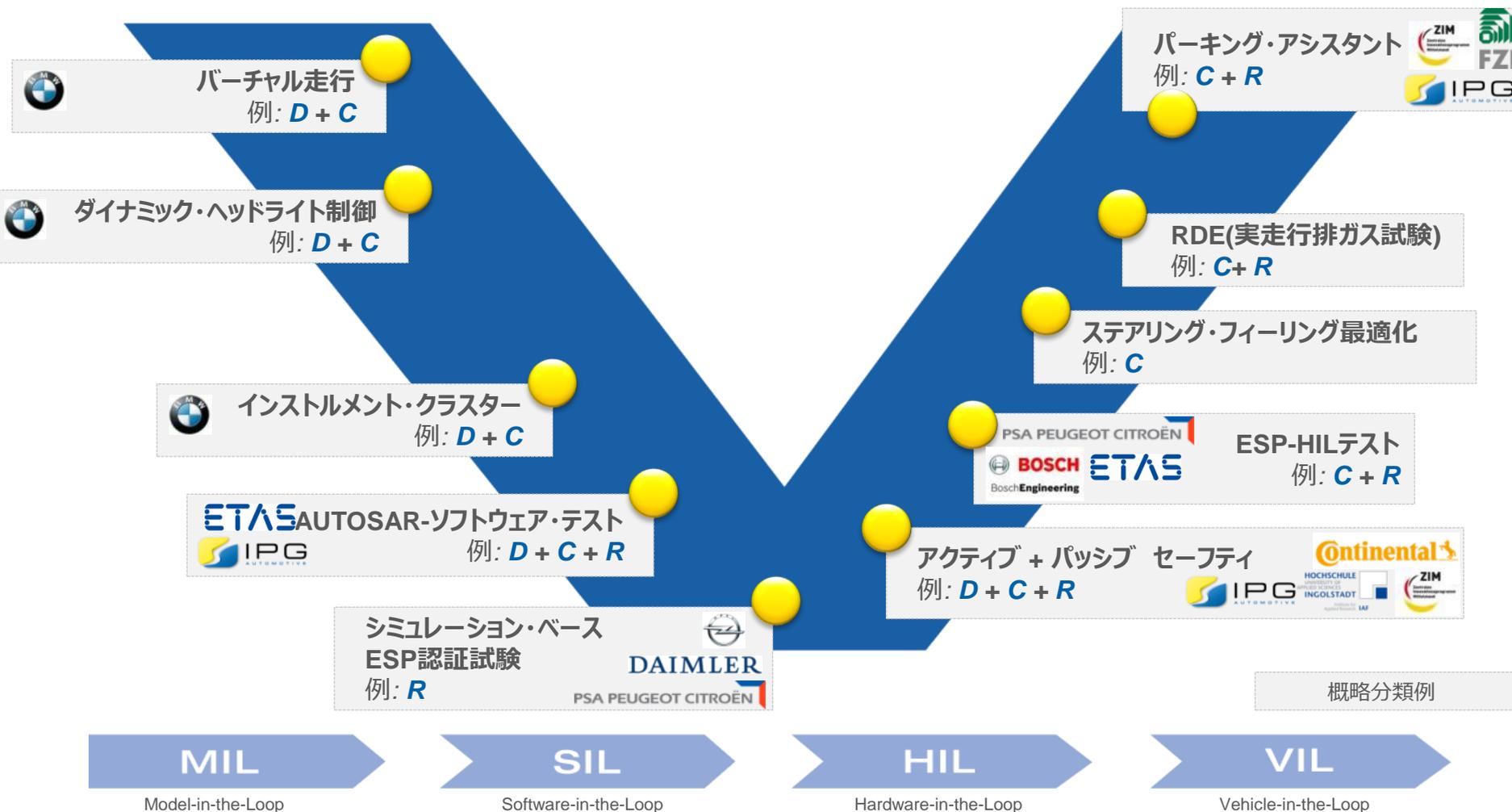
Xpack4, ETAS LABCAR, dSPACE, NI (2015対応予定)

“Virtual Test Drive”がもたらす新しいVR連携テストシステム アジェンダ

1. IPG Automotiveについて
2. 開発のフロントローディングに対する要求
3. IPG CarMaker[®]によるバーチャル・テスト・ドライビング
4. “X in the Loop”アプローチ(MIL-SIL-HIL-VIL)

V-cycle先般での活用事例の数々

開発 (D), キャリブレーション (C), 製品リリース (R)



バーチャル走行シミュレーション

Model-in-the-Loop – 開発 + キャリブレーション

- お客様の既存モデル(パワートレイン, 制御ロジック)をバーチャル・プロトタイプとして統合
- ドライバ特性違い(保守的・レースドライバ)による性能比較
- 複雑な交通流定義(対向車両含む)
- GPSナビゲーション・システム経由での車両位置情報の活用



実走行燃費予測と燃費の解析
システム・デザイン + 仮想走行シナリオ・テスト



バーチャル走行シミュレーション

提案手法



システム開発

ハイブリッド・
パワートレイン

- 機械系統
- 電気系統

機能

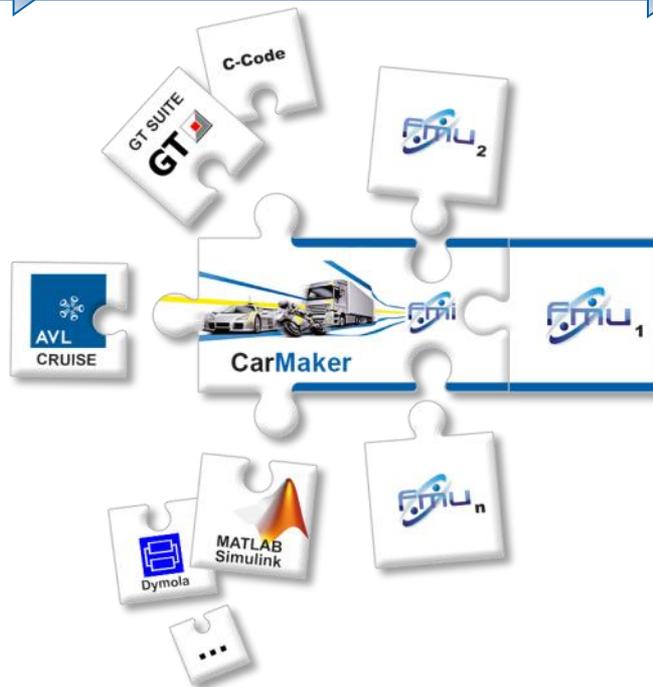
- 燃費最適化
□ ジック

デジタル・マップ

- 電子位置情報



システム統合



システム・テスト



バーチャル・テスト・ドライビング

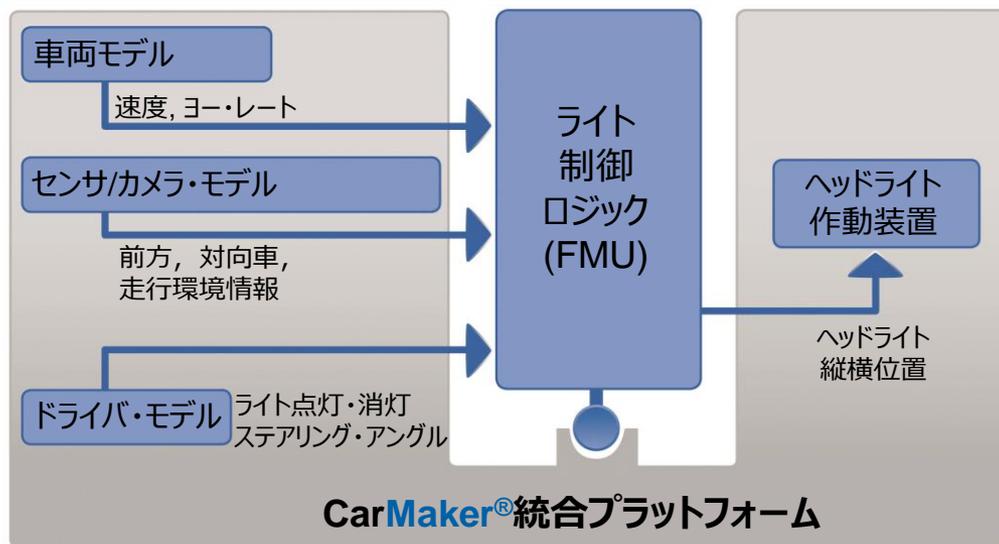
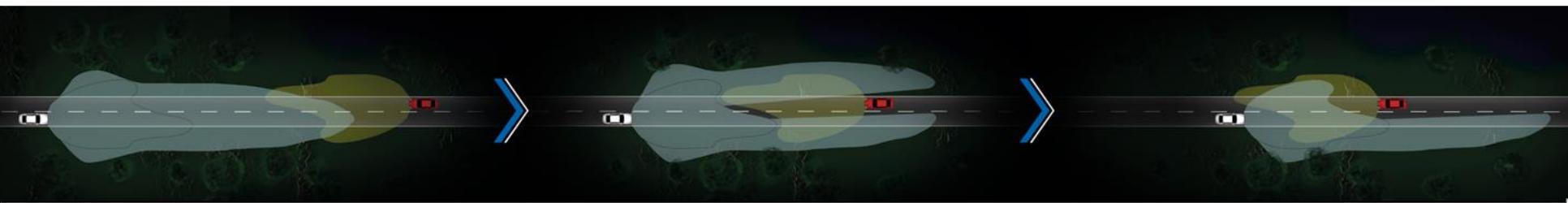
- 車両全体評価

お客様の既存モデルの仮想車両への統合

コンチネンタル社製eHorizon採用：地図ベースのナビゲーション・システムとの接続

ダイナミック・ライト・ファンクション

Model-in-the-Loop – 開発 + キャリブレーション



バーチャル・テスト・ドライビングは、夜間のヘッドライト制御のシミュレーションが可能となり、時間を問わず(日中業務でも)プログラム修正することが可能となる。

Driver-in-the-Loop

HMI 研究向けトライビング・シミュレータ



- CarMaker®でビークル・ダイナミクスを計算
- リアル・タイムでのドライバとの相互作用
- 要件に応じたサイズでのトライビング・シミュレータが可能





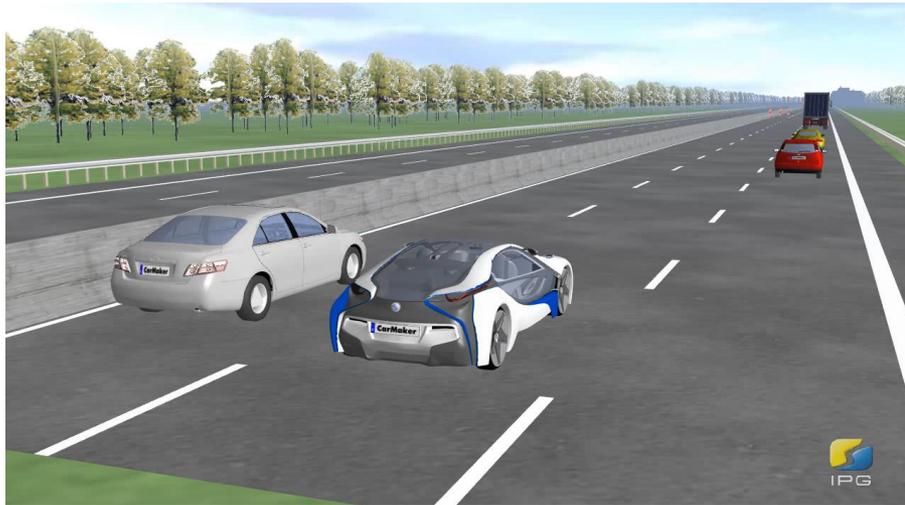
- Forum 8 ドライビング・シミュレータ
- CarMaker® とUC-win/Roadのカップリング
- IPG XPack4 HIL-System

i8 インパネデザイン検証

Software-in-the-Loop – 開発 + キャリブレーション



バーチャル・テスト・ドライビング



仮想インパネ + ヘッドアップ・ディスプレイ



- 複雑な交通状況でのシミュレーションが再現可能
- 例) ADAS機能向け可視化テスト (ACC, 緊急ブレーキ・アシスタンス, ...)

開発 + 実際の交通状況下でのインパネ向けアプリケーション
費用が掛かり入手困難な実プロトタイプが不要となる

Source: Elektronik im KFZ, BadenBaden, Oct. 2013



Software-in-the-Loop – 開発 + キャリブレーション + リリース



- (アプリケーション・ソフトウェアのみならず)完全な仮想ECU利用の利点:
 - 実際のECUで使用されているソフトウェアに近似のソフトウェア(仮想ECU)
 - ベーシック・ソフトウェア・テストとASWとBSWの相互作用テスト

短時間セットアップ + バーチャル・プロトタイプでのソフトウェアのデバッグ作業

作業時間短縮化により、実車テスト部門はシステム・キャリブレーションに時間を費やすことが可能に！



ESP-Homologationベースのシミュレーション

SIL / HIL - リリース

ESPシステムのリリースと状況について:

- 車両バリエーションの増大
- コスト高な実車テストを使ったESP検証

PSA PEUGEOT CITROËN

DAIMLER



3,0t		3,5t				5,0t		
R1 3.250mm	R2 3.665mm	R1 3.250mm	R2 3.665mm	R3 4.325mm	R3L 4.325mm	R2 3.665mm	R3 4.325mm	R3L 4.325mm
						4,2t R= 3.850mm R= 4.100mm		

ESP-Homologationベースのシミュレーション

SIL / HIL – リリース

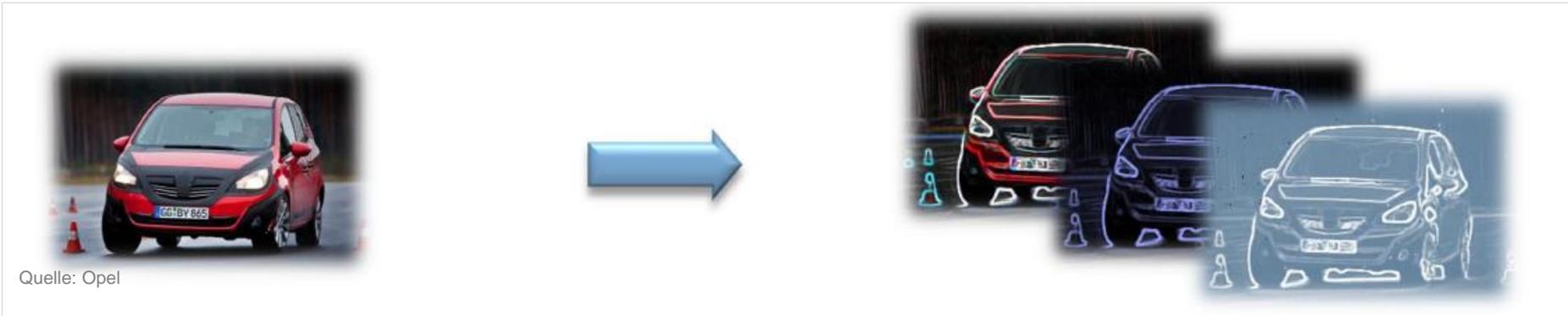


ソリューション:

- ECE-R 13-H: シミュレーションでESP ホモロゲーション・プロセス検証可能.
 - 1車種を代表して実車とシミュレーションの相関試験実施.
 - 同車種の派生車両をシミュレーション環境で作成.
 - 実車試験とシミュレーション結果に良い相関関係が得られれば. . .
 - その他すべての派生車両の試験がシミュレーション結果をもとに認証が取れる.

PSA PEUGEOT CITROËN

DAIMLER



Quelle: Opel

**ESP-homologationベースのシミュレーションは、OEM各社の膨大な開発コストや時間を削減させる
SILケース: OEM + サプライヤ間のコラボレーションが重要！**

アクティブ/パッシブ・セーフティ・システムの統合テスト

MIL / SIL / HIL – 開発 + キャリブレーション + リリース



乗員に対する安全性向上

多重衝突回避ブレーキ



- アクティブ/パッシブ・セーフティ・システムの相互作用テスト
(例：ESP, シートベルト・テンショナー, エアバッグ)
- 全体プリクラッシュとクラッシュ・フェーズ両方の検証
- テストシーン作成には複雑な個別シグナルは不要で，ドライバに操作指示を出すだけ(マヌーバベース)

実車テスト無しで危険の伴う試験や衝突テストのシミュレーションが可能に！
人的リスク・車両リスクを伴わない安全なテスト・オペレーション

ESP開発: パイロット・プロジェクト

Hardware-in-the-Loop – キャリブレーション + リリース

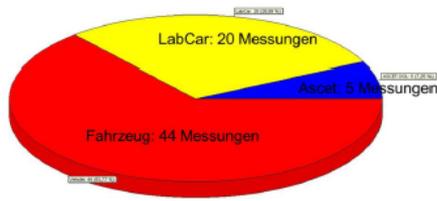


ETAS Competence Exchange Symposium 2013
Zusammenfassung/Ausblick

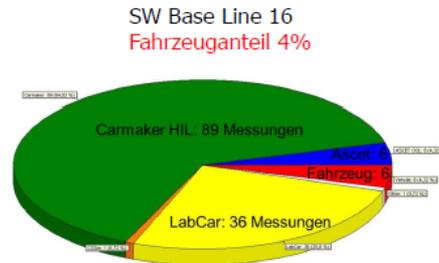
ETAS

Status Pilotanwendung und weiteres Vorgehen

- Aktuell ist eine Pilotanlage bei BOSCH BEG-CD in Betrieb, die eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit des Systems zeigt.
- Bis Ende 2013 soll hier ermittelt werden, bis zu welchem Umfang die dortigen Tests ins Labor verlagert werden können.



SW Base Line 11
Fahrzeuganteil 64%



SW Base Line 16
Fahrzeuganteil 4%

パイロット・プロジェクトの結論:

- LABCAR上のCarMaker®を**使用しない**:
→ 実車でのテスト実行率 : **64 %**
- LABCARでCarMaker®を**活用**:
→ 実車でのテスト実行率 : **4 % (!)**

ESP開発プロセスでのシミュレーションを用いる大きな利点

実車テスト部門はシステム・キャリブレーション・タスクに集中することが可能に !

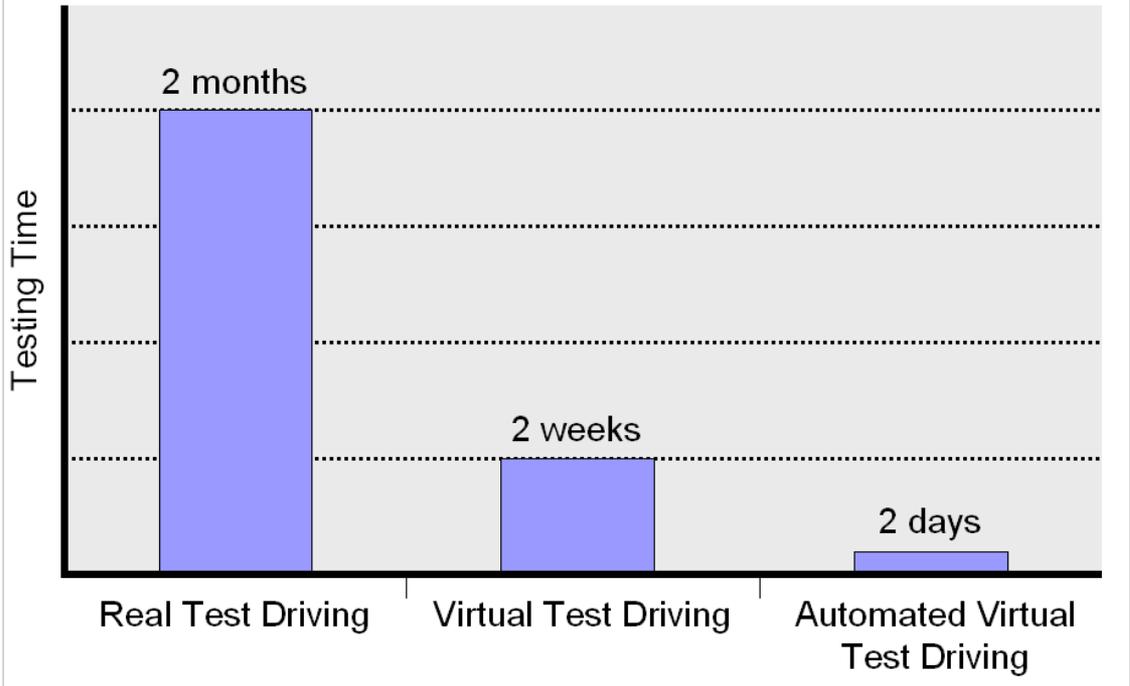


開発プロセスで一貫したバーチャル・テスト・ドライビングの利用

... 大きな将来性



CarMaker®による生産性の向上



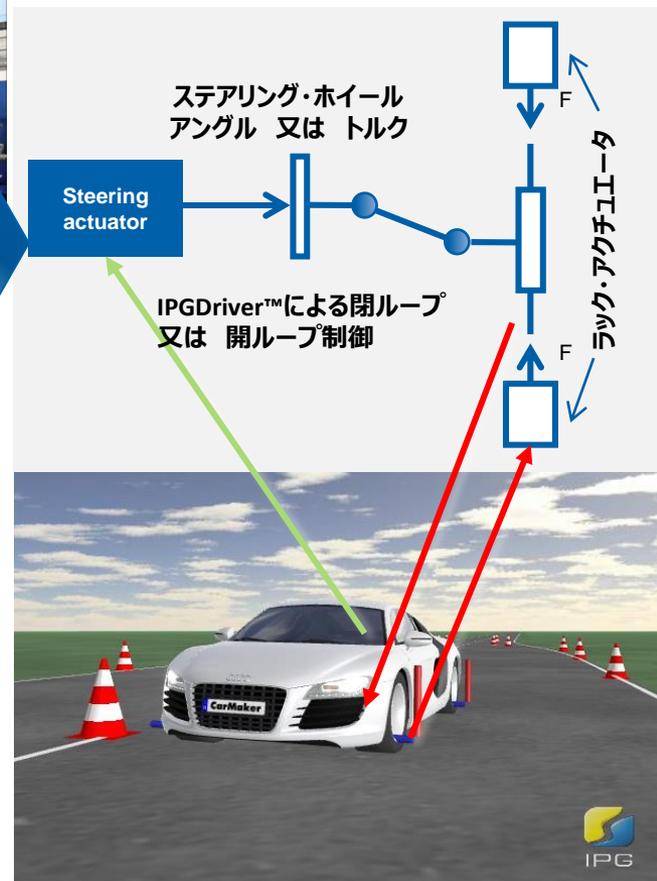
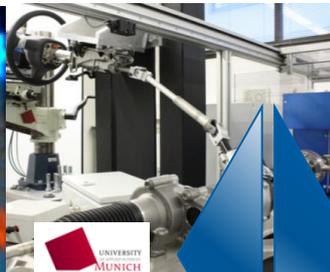
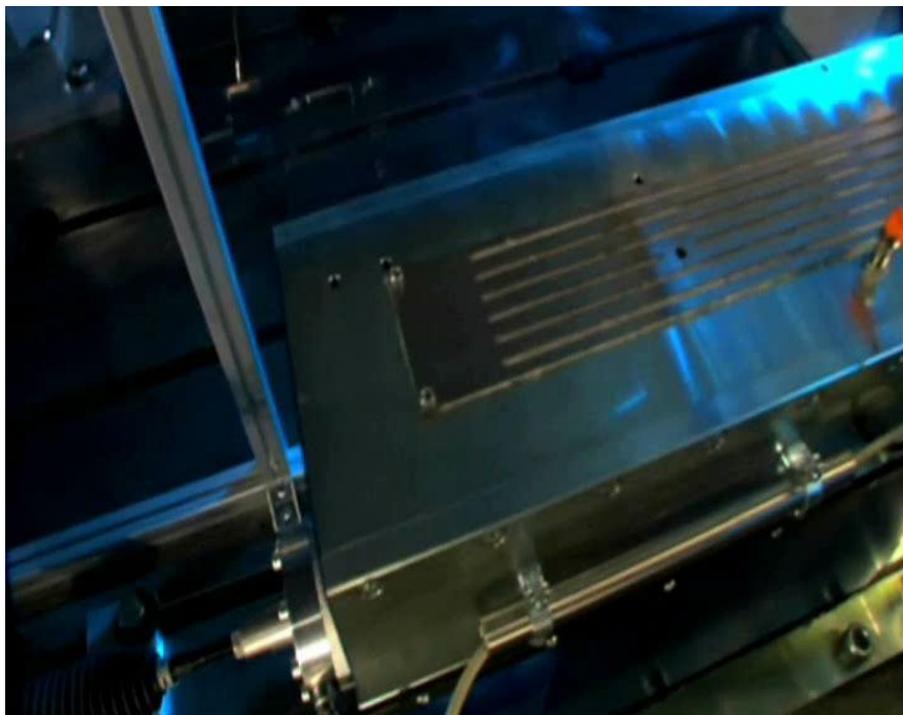
ESPソフトウェア検証 (安全装備, 機能, パフォーマンス):

- 実車テスト:
→ 所要日数 : 2ヶ月
- シミュレーション利用(手動):
→ 所要日数 : 2週間
- シミュレーション利用(自動 + 評価):
→ 所要日数 : 2日 (!)

自動テスト + 評価 によって、検証にかかる膨大な時間の大幅短縮化が実現
PSAは、安全検証プロセスに、エアバス社の手法導入に成功

ステアリング・フィーリング: 最適化のフロント・ローディング

Hardware-in-the-Loop – 適合



- 実ステアリング・システムのバーチャル車両への統合
- いかなる想定環境下においても, 電動パワステ検証が可能 (例: 独ニユルブルクリンク・サーキット北コース)

実車レスのステアリング・テスト装置適用が可能となる!

実車走行テスト検証後, ステアリング・フィーリングの最適化が目視可能となる



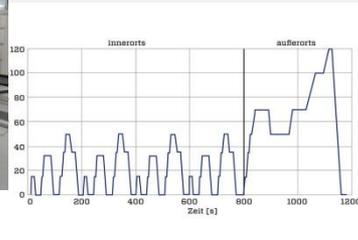
実走行排ガス試験 (RDE) :

近々の自動車業界に於ける最大の課題



2014年1月1日より, EURO 6 規制実施

実際の走行条件下で, 7年間で700,000 kmの試験実施



現在のテスト手法:

実走行排出量に代わる試験方法が確立していない

▶ 法律の変更!



2017年に向けてのEU計画:

実際の道路上に於ける走行条件下での
排出量制限実証試験の実施

欧州車排ガス規制法令の概要



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
法令	Euro 6a/b			Euro 6c				Euro 7 (limits for sec. emissions: NH ₃ , N ₂ O**, NH ₄ **, ethanol, aldehydes?)			
				EU 6c* : -7°C test incl. NO _x , NO ₂ *, NHMC (*, **)							
検査サイクル	NEDC			NEDC 又は WLTC*				WLTC			
適用される コンプライアンス	RDEモニター (PEMS)			RDE適合要因 (Step1)			RDE適合要因 (Step2)				
フリート走行時 CO ₂ 排出平均	130 g/km (with WLTC (***)						95 g/km (with WLTC (***)				
	M0=1372kg		M0=tbid				車両走行軌跡ではなく質量				
	"Super Credits" for Vehicles < 50g/km & BEVs			No "SC"			"Super Credits" for Vehicles < 50g/km		No "SC"		
RDE	実走行時排出量					*	未完了				
PEMS	ポータブル排出量測定システム					**	THC制限解除の可能性				
						***	WLTC/NEDC修正要因の可能性				

確定

討議中

初期討議段階

実走行排出量(RDE)の研究

バーチャル・テスト・ドライブの導入



バーチャル・テスト・ドライビング
によるエミッション試験
> 限られた条件下

実際のエンジン/パワートレインを用いての
バーチャル・テスト・ドライビング

=

Engine/Powertrain/Vehicle
-in-the-Loop

排出量測定による車両テスト
> プロトタイプ車両の必要性



CarMaker®
MIL/SIL



Test bed, AVL InMotion™
(Powered by CarMaker®)



PEMS
(Portable emission measurement system)

異なる2つの領域それぞれの強い有用性の組み合わせ

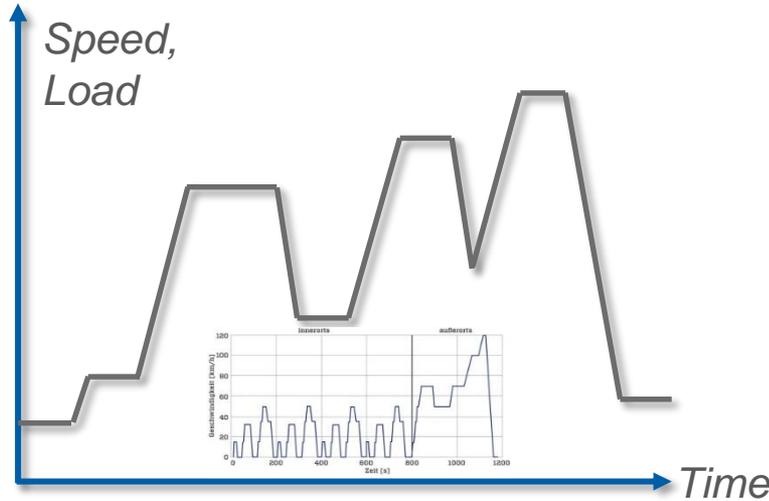
シミュレーションとハードウェア・テスト: エンジン/パワートレイン/車両-in-the-Loop

RDE と燃費効率性の研究

パワートレイン・アプリケーション向け CarMaker®採用の利点



シミュレーションで再現された速度パターン



パラメータ変更の低い柔軟性

シミュレーションとテスト・データ比較が困難
入力信号取得のむずかしさ

CarMaker®: 実走行シナリオ



シナリオ, パワートレイン構成変更の手軽さ:

- ▶ 車両タイプ, ルート, マヌーバ定義
- ▶ 運転特性 / 走行指示

実走行時の走行負荷を演算出来る
ドライバ特性, 交通流違い等の条件を容易に試験可能!

テスト装置によるRDEテスト 活用事例: Chassis-in-the-Loop



実車シャーシダイナモ試験
複雑なシナリオ走行であっても、テスト再現性は保証される。

RDE および燃費効率性テスト

活用事例: Engine-in-the-Loop



エンジン・テストベッド上での
バーチャル・テスト・ドライブ = Engine-in-the-Loop

マヌーバの正確な再現性

ドライバ特性違い試験の
高い再現性

単一のテストシナリオ様々な
車両試験が実施可能



バーチャル・ハイブリッド・
パワートレインの調査

最先端の計測術の活用

排ガス総量計測

プロトタイプ車両が必要無いテスト手法！

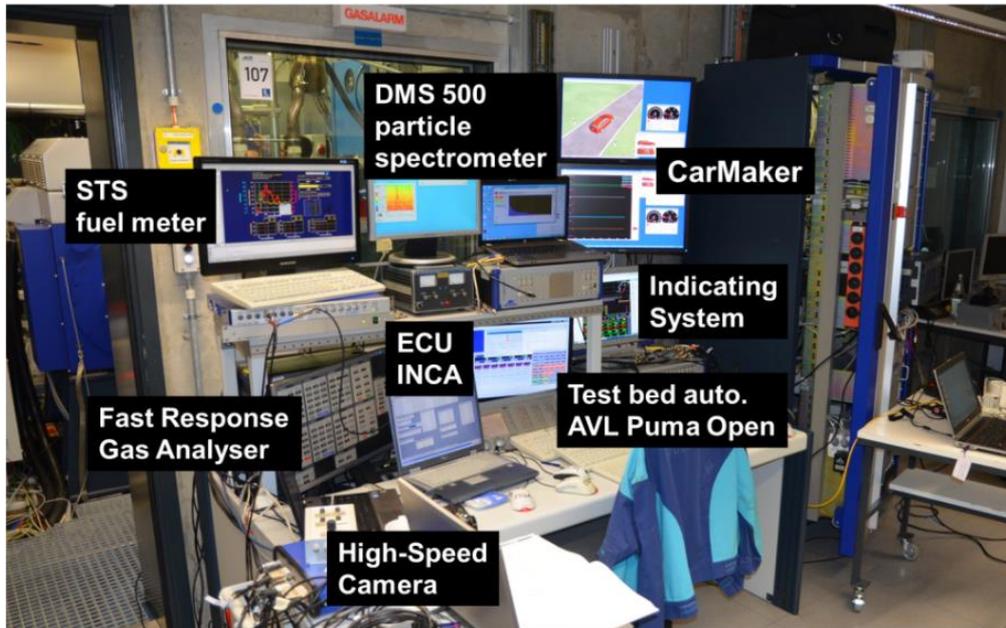
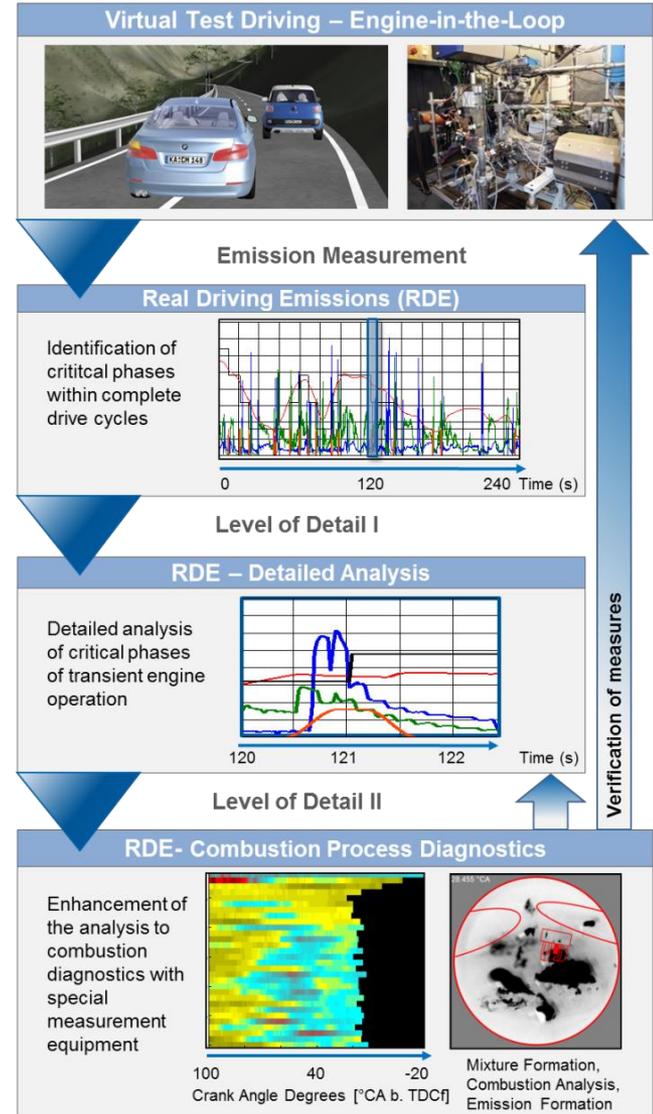
RDEおよび燃費効率性テスト

事例紹介: 排ガス計測における光学計測



Engine-in-the-Loopでのバーチャル・テスト・ドライビング:

- 繰り返し試験による課題の抽出
- カウンター計測での検証
- エンジン・コンポーネント影響度合テスト
- 異なる“バーチャル車両”および“バーチャル・パワートレイン(ハイブリッド)”の調査



実車による先進運転支援システム(ADAS)テストの限界

現状の実車テスト方法



低いテスト再現性
システム・テストと検証の膨大な工数



Vehicle-in-the-Loop

Comparison Reality <> CarMaker

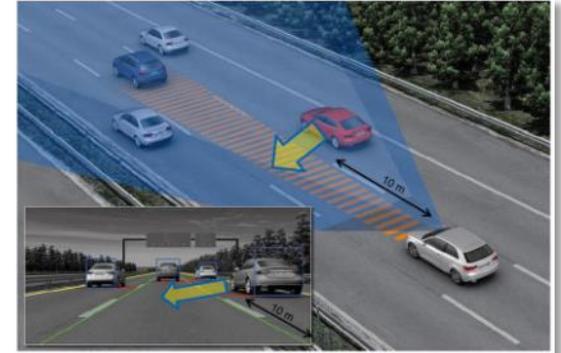
モデルベース開発, 高い再現性, そしてより効率的に...
VIL: 各種システム検証 全方位レーダ, レーダ, 超音波センサ, カメラ

Vehicle-in-the-Loopの利点

ADAS開発での活用において



- 複雑な交通状況を容易に実現
例) ACC, ブラインド・スポット検出, ...
- テスト変更が容易に設定可能に！
- テストの再現性が確実に！
- システム検証とテストの間で安全性が確保:
実際の障害物との衝突テストが不要のためリスク削減



Source: Audi



Source: Bosch

プラス:

エンジニア／決裁権を持つ人向けの機能検証がより容易に実施

開発環境のさらなるステージへ
全世界に広がる

China | France | Germany | India | Italy | Japan | Korea | Malaysia | Sweden | Turkey | UK | USA