



# シャシダイナモメータ用 自動運転システムの制御系開発

株式会社堀場製作所 齋藤崇志（発表者）・古川和樹

# 発表者紹介

## 齋藤 崇志 (さいとう たかし)

(株) 堀場製作所 開発本部 Project IoT & Data Analytics Data Scienceチーム

経歴 2014年 堀場製作所 入社  
～2016年 分光分析計向けのソフトウェア開発  
～2020年 分析計・試験装置の制御アプリケーション開発

専門 制御・信号処理アルゴリズム開発  
組込み・PC用ソフトウェア開発

趣味 ロードバイク (のんびりロングライド派)





# Outline

1. HORIBAの取組み（事業紹介）
2. 開発事例紹介
3. 開発時のMBD活用事例
4. まとめ



# 1. HORIBAの取組み（事業紹介）

# HORIBAって？

# HORIBA

HORIBAは「はかる」技術を通じて  
「環境」「健康」「社会」に貢献する会社

# HORIBAって？

# HORIBA

HORIBAは「**はかる**」技術を通じて  
「環境」「健康」「社会」に貢献する会社

自動車



環境・プロセス



医用



半導体



科学



# HORIBAって？

# HORIBA

HORIBAは「**はかる**」技術を通じて  
「環境」「健康」「社会」に貢献する会社

自動車



環境・プロセス



医用



半導体



科学



# 自動車セグメント

次世代モビリティ社会の実現を可能にする  
多様なソリューションを提供



エンジン排ガス  
測定装置



燃料電池・バッテリー  
評価装置



車両開発・実車評価  
エンジニアリング

モビリティ × はかる



**主要顧客**

自動車メーカー、自動車部品メーカー、官公庁

**製品用途**

自動車・エンジン開発、バッテリー・燃料電池試験、  
完成車検査、使用過程車車検など



# MBDを加速させるHORIBA製品群

V字プロセスのリアルフェーズを中心にトータルサポート



# MBDを加速させるHORIBA製品群

V字プロセスのリアルフェーズを中心にトータルサポート

車両検証



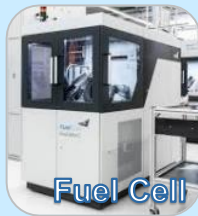
システム検証



サブシステム検証



部品検証



# MBDを加速させるHORIBA製品群

MATLAB®/Simulink®との連携によりMBDを強力にサポート

車両検証



On-board



ADAS / AD

システム検証



Vehicle



Chassis



Auto Driver

サブシステム検証



Transmission



Powertrain



HEV system

部品検証



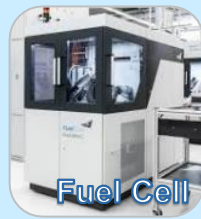
Engine



Motor



Battery



Fuel Cell

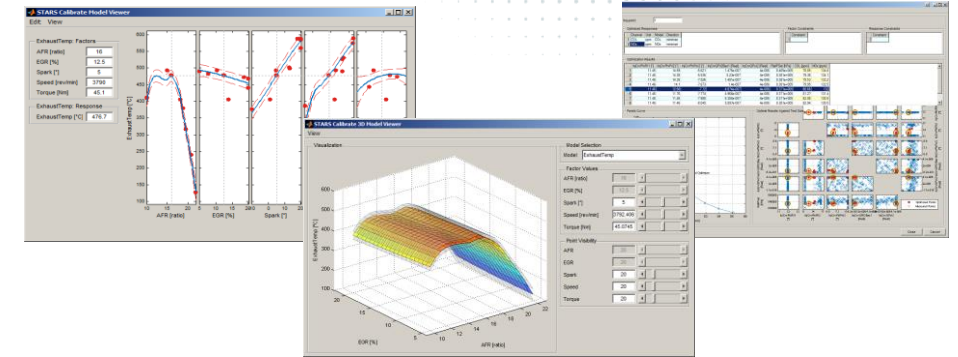
Analysis

Real-time



MATLAB® Data Interface

MATLAB®の強力な数値演算・解析機能と連携可能



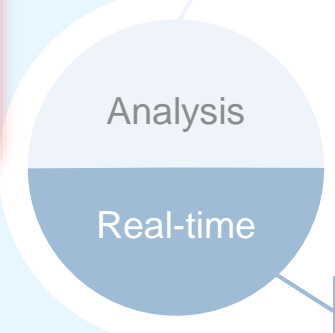
HiL/MiL System Interface

MATLAB®/Simulink®とのリアルタイム通信・連携可能



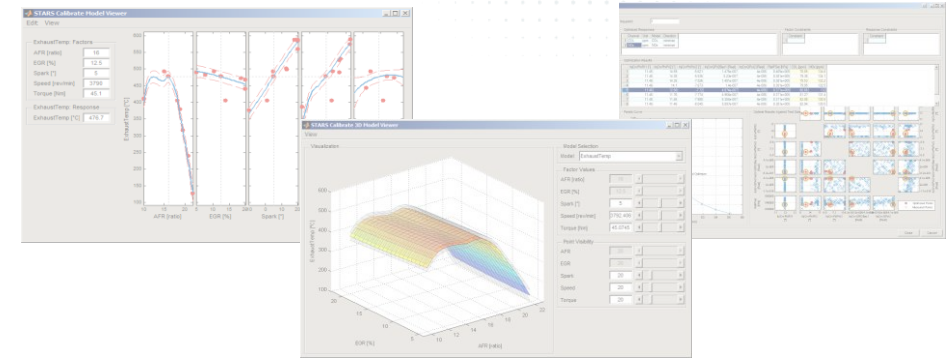
# MBDを加速させるHORIBA製品群

MATLAB®/Simulink®との連携によりMBDを強力にサポート



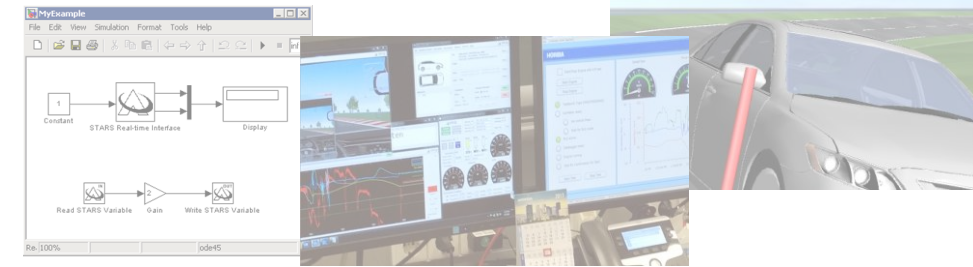
## MATLAB® Data Interface

MATLAB®の強力な数値演算・解析機能と連携可能



## HiL/MiL System Interface

MATLAB®/Simulink®とのリアルタイム通信・連携可能





2.

開発事例紹介

～ADS EVOにおけるDI調整機能～

# 今回の開発対象製品：自動運転システム ADS EVO

試験車両を試験ドライバーに代わり運転

車両開発現場における課題

- ✓ 高い繰返し再現性が要求される
- ✓ 長時間の運転試験が増加
- ✓ 低温度環境などでは身体負荷が高い



ADS EVO導入により

- ✓ 上記課題の解決
- ✓ 試験の省人化
- ✓ 電動化車両や複雑なシステム評価にも柔軟に対応



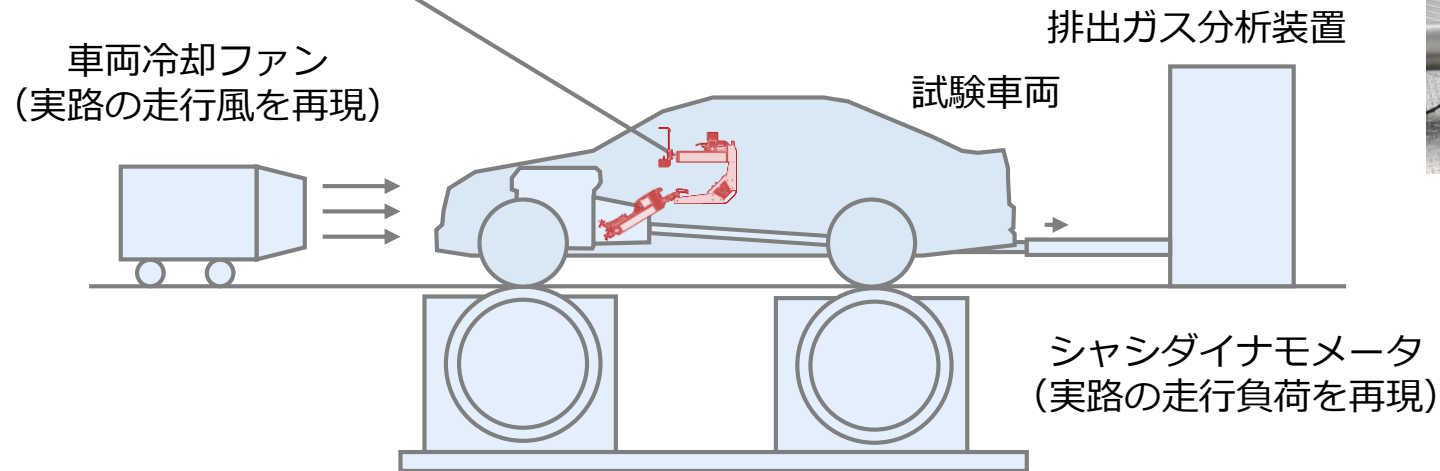
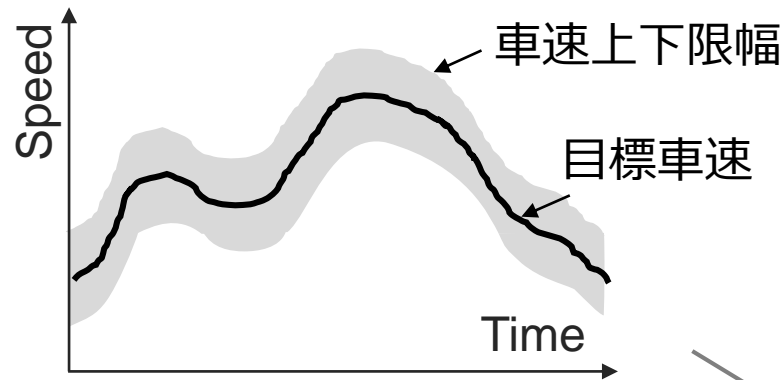
第50回機械工業  
デザイン賞IDEAを受賞



(公社) 日本インダストリアルデザイナー協会  
JIDAデザインミュージアムセレクション  
Vol.22選定製品

# ADS EVOを用いた試験例：モード走行試験

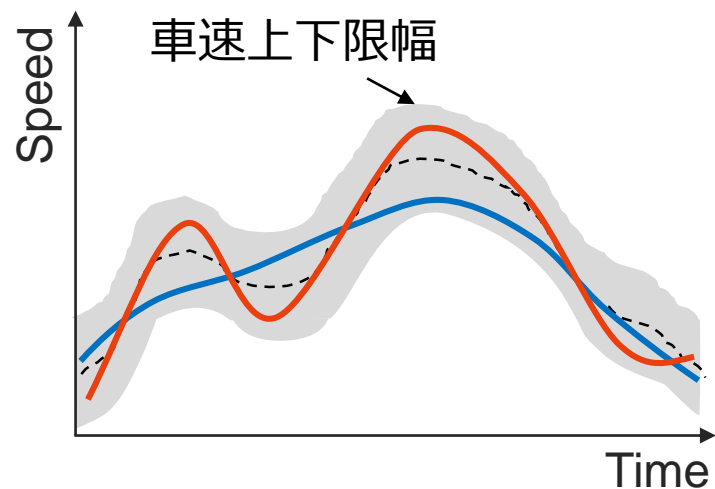
シャシダイナモメータ上で法規で定められた走行条件（車速モード）を走行させ、その時に排出される規制対象成分（CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>等）の排出総量を計測




# **ADS EVO Demo Movie**



# 排ガスモード試験要件に関する変化



従来：  の範囲内での運転

課題：  内の**加減速の違い**による燃費・排ガス評価結果の**ばらつき**  
→モード走行試験結果の**精度低下**懸念



追加の**妥当性判断**基準としての  
**運転指標** (Driving trace Indices : DI<sup>[1]</sup>) の法規制導入



[1] SAE J2951:Drive Quality Evaluation for Chassis Dynamometer Testing

# 排ガス試験の妥当性判断に使用されるDI値

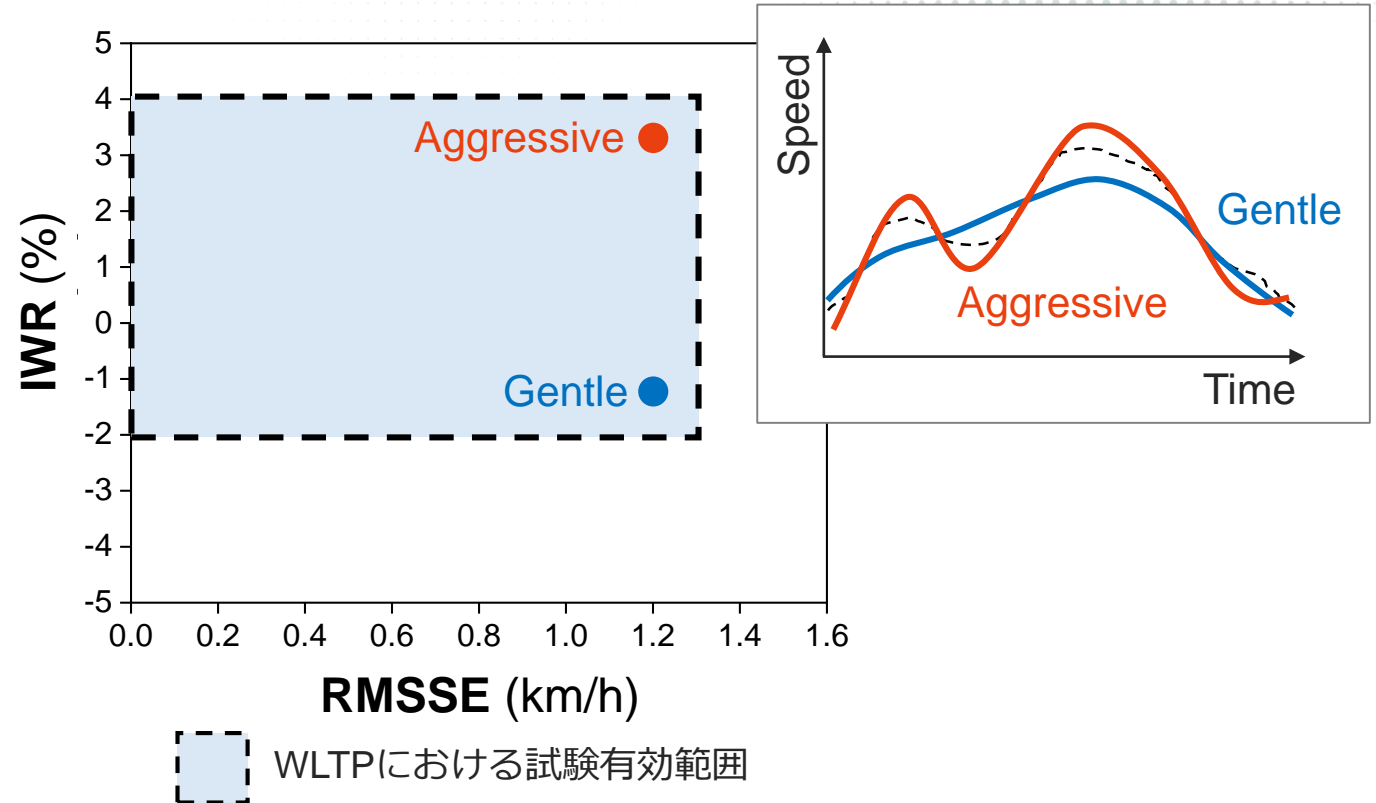
WLTP\*では**RMSSE**・**IWR**値を用いて試験有効となる運転スタイル範囲を明確に数値化・範囲指定

**RMSSE**(Root Mean Square of Speed Error)

$$\sqrt{\frac{1}{N} (\text{実車速} - \text{基準車速})^2}$$

**IWR**(Inertial Working Ratio)

$$\frac{\text{実仕事量} - \text{基準仕事量}}{\text{基準仕事量}}$$




\*WLTP : Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure

# 自動車開発プロセスにおける課題

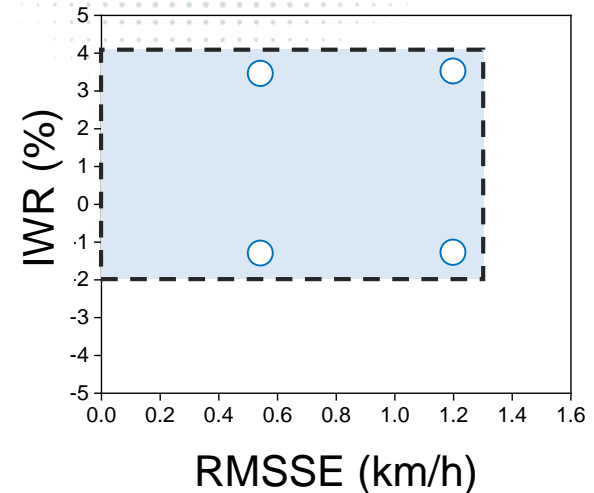
法規制の変化：運転スタイル範囲を明確に数値化・範囲指定



自動車開発の対応：の様々な運転に対するロバスト性能の向上（開発段階）と**車両評価**（検証段階）



指定のDI値を得るための**試行錯誤**



試験数増大による**負担増**


ADS

制御パラメータ調整**工数増大**

# 自動車開発プロセスにおける課題

法規制の変化：運転スタイル範囲を明確に数値化・範囲指定

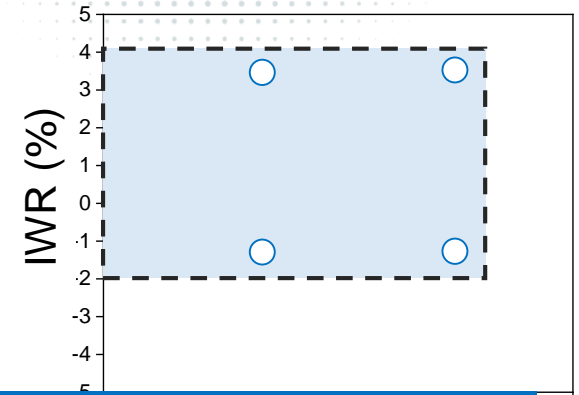


自動車開発の対応：の様々な運転に対するロバスト性能の向上（開発段階）と**車両評価**（検証段階）

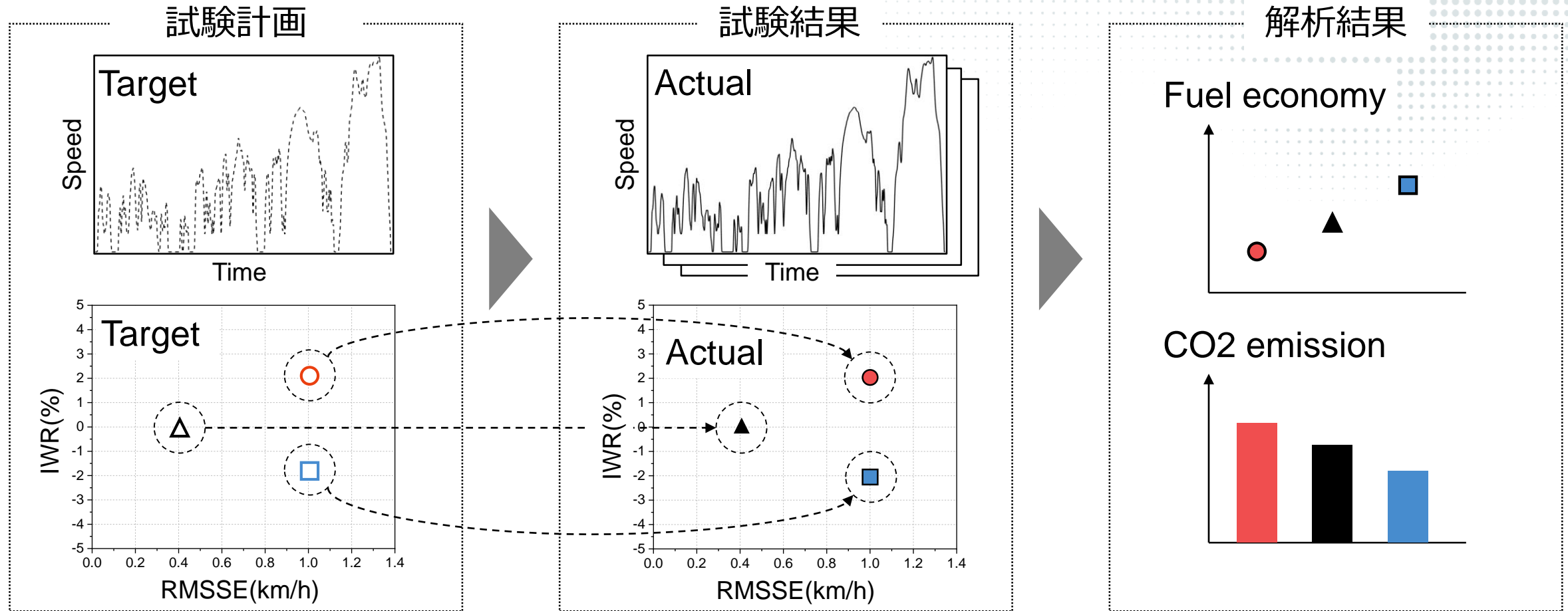


**ADS** + **DI調整機能**

狙ったDI値に対応する試験 ➡ 制御パラメータの調整工数削減👍



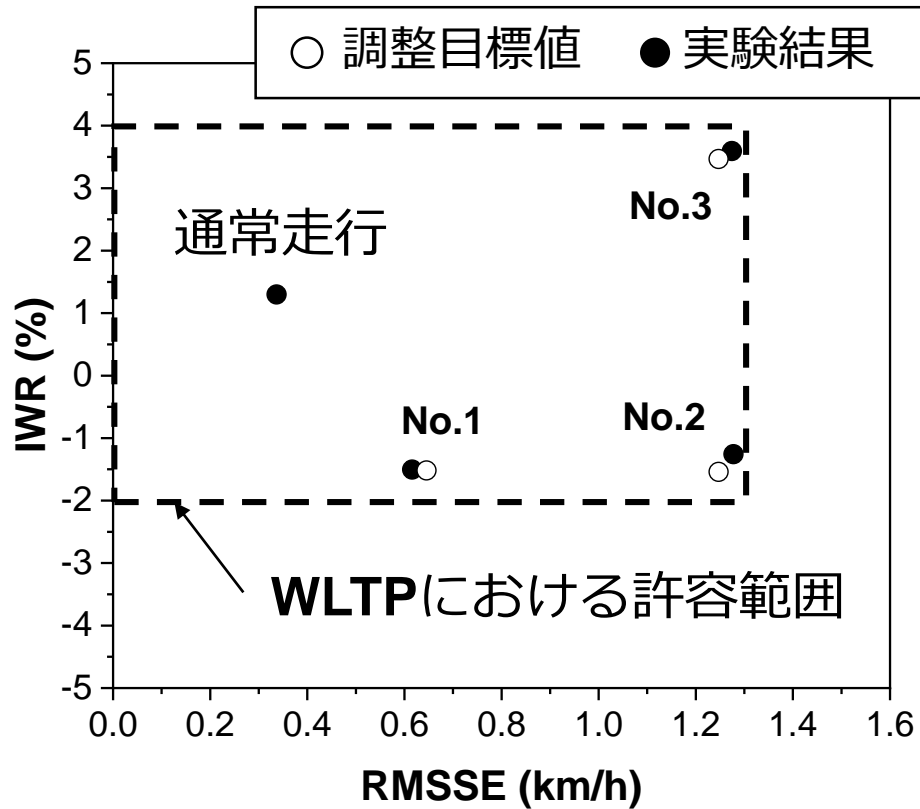
# DI調整機能を用いた試験イメージ



運転スタイル違いの試験の計画 → 実施 → 解析の効率を改善

# DI調整機能の調整精度

高精度（RMSSE : 0.03km/h, IWR : 0.25%の誤差）でのDI調整を実現



No.	RMSSE (km/h)		IWR (%)	
	Target	Actual(Error)	Target	Actual(Error)
1	0.65	0.62(-0.03)	-1.50	-1.50(0.00)
2	1.25	1.28(+0.03)	-1.50	-1.25(-0.25)
3	1.25	1.28(+0.03)	3.50	-3.59(+0.09)

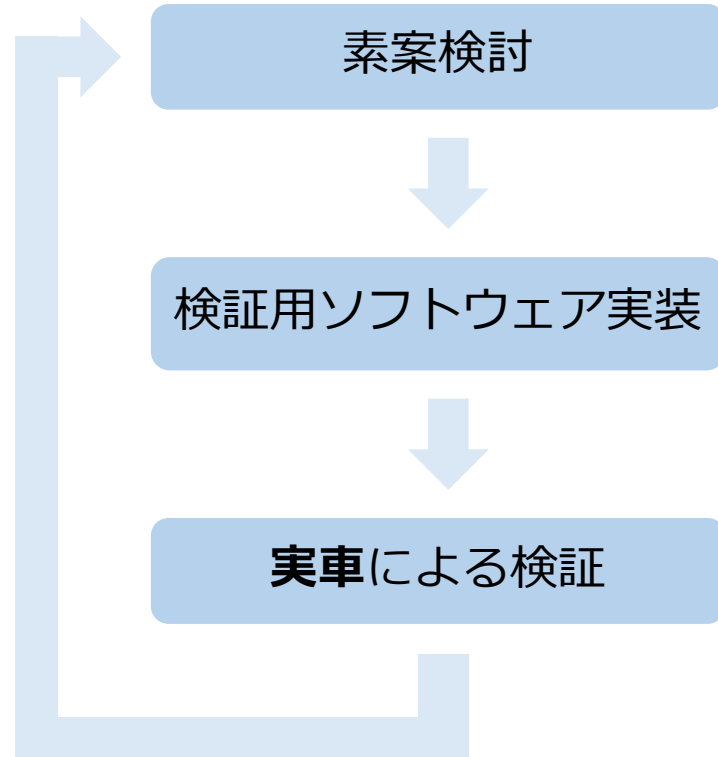
# 3.

## 開発時のMBD活用事例



# 開発プロセスの課題

一般的な「モデルを用いない開発（非MBD）」



素案の要素アルゴリズムを実機検証用に再実装  
→ **実装工数が増大**

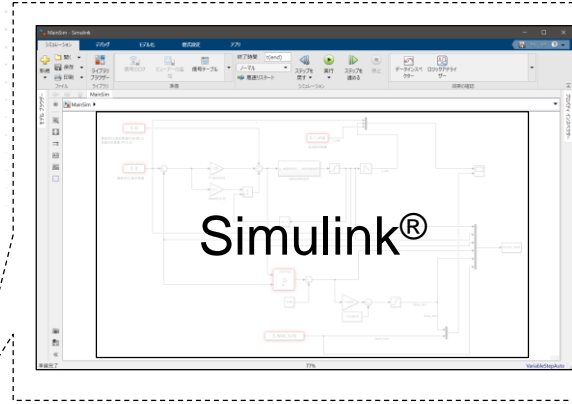
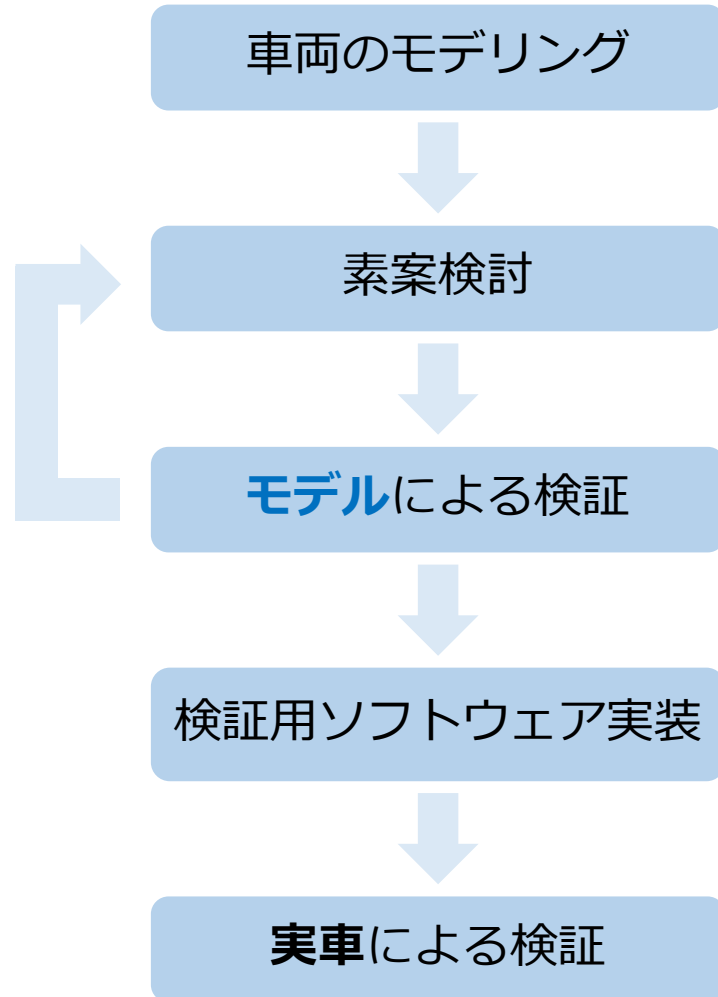
- 準備（車両・試験システム・分析計）～実験実施の**時間**
- **他の用途とのスケジュール調整**





# 開発プロセスの課題

一般的な「モデルを用いた開発（MBD）」



MATLAB®/Simulink® + 車両モデル の活用 → **工数・工期を短縮**  
(ただし、**検証結果の信頼性はモデルの正確性に依存**)

MATLAB® Coder™によるMATLAB®プログラムの直接変換  
→ **実装・移植にかかる工数を削減**

# 開発プロセスの課題とその解決策

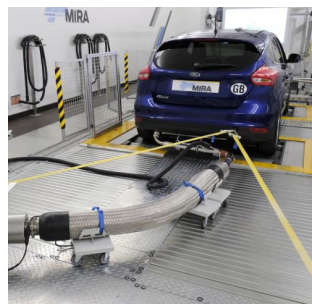
MBDと非MBDの**良いところ取り**ができる開発が必要

	MBD	非MBD
開発・検証の <b>コスト</b>	○	△ (実機実験が必要)
実験にともなう <b>リスク</b>	○	△ (実機使用時の機器破損リスク)
検証結果の <b>信頼性</b>	△ (検証の信頼性はモデル依存)	○

MBDと非MBDの**メリット**の両立を模索

# 本開発で取り入れた開発プロセス

開発フェーズ★を明確化してモデルによる検証と実車検証を使い分け



実車評価  
(精度重視)

多くのパラメータ調整によるDI値変化

★必要最小限のパラメータでDI値変化

★DI値を狙い通りに変化 (= 調整)

★DI調整の精度向上



素案検討

モデルによる検証

モデル検証  
(スピード重視)

👍 精度とスピードの両立により開発工数を大幅削減！

# 本開発で取り入れた開発プロセス

開発フェーズ★を明確化してモデルによる検証と実車検証を使い分け

多くの MATLAB® / Control System Toolbox™ / Signal Processing Toolbox™

★必要最小限のパラメータでDI値変化

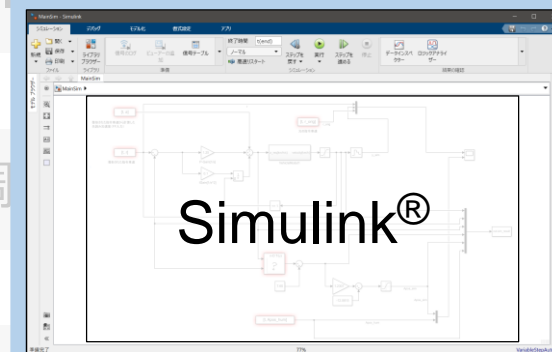
★DI値を狙い通りに変化 (= 調

★DI調整の精度向上

MATLAB® Coder™ / Simulink® Coder™



実車評価  
(精度重視)



素案検討

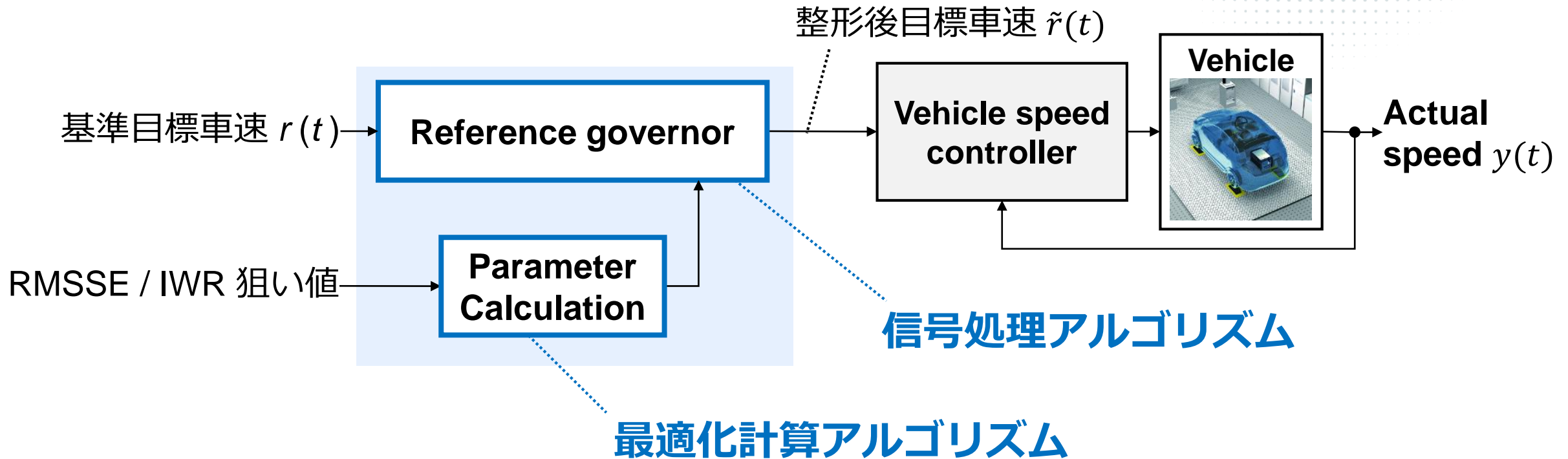
モデルによる検証

モデル検証  
(スピード重視)

👍 精度とスピードの両立により開発工数を大幅削減！

# 開発したアルゴリズム※のブロック線図

信号処理・最適化計算アルゴリズム検討におけるMATLAB®活用により開発効率化



※ 第63回自動制御連合講演会にて発表

# 開発プロセス改善に向けた今後の取組み

## 本開発プロセスのポイント

- モデルによる検証と実車検証を併用  
→開発効率と検証結果の信頼性を両立し後戻りを最小化
- MATLAB®とそのToolbox※により「アルゴリズム検討→検証→デモ製品実装」をシームレスに進められた

※ MATLAB®/Simulink®, Control System Toolbox™, Signal Processing Toolbox™, MATLAB® Coder™, Simulink Coder™

## 改善に向けた取組み

- モデリング技術（必要精度に応じた同定実験・解析手法など）の向上

# 4.

まとめ



# まとめ

## 1. HORIBAの取組み（事業紹介）

- MBDのV字プロセスを支える分析・計測機器を含む様々な試験システム・ソリューションを開発・提供
- 新製品「ADS EVO」はシャシダイナモ試験において、試験ドライバーに代わり自動運転

## 2. 開発事例紹介 ～ADS EVOにおけるDI調整機能～

- 排ガスモード試験の妥当性判断基準として運転指標（DI）が導入
- 自動車開発では様々なDI値（乗り方）でのロバスト性の向上と車両評価が必要に
- 車両評価の負担軽減のため、ADS EVOで指定したDI値通りの乗り方を容易に実現する機能を開発

## 3. 開発時のMBD活用事例

- MBDと非MBDのメリットを両立した開発プロセスにより開発効率と検証結果の信頼性を両立し後戻りを最小化
- MATLAB®/Simulink®により「アルゴリズム検討→検証→デモ製品実装」をシームレスに進められた



# Contact

本発表内容・製品については、  
下記リンクより、お問い合わせください。



<http://www.horiba.com/jp/ads-evo/matlab2021/>

