

デモシステム MXsteerLinkの紹介

Introduction of Demo System, MXsteerLink

株式会社ニュートンダイナミクス
NewtonDynamiX. Inc.

May-2026

小林 祐範 (Masanori KOBAYASHI)



NewtonDynamiX

デモシステムMXsteerLink概要 (Demo system MXsteerLink overview)

MXsteerWheel RT pro

MXsteerMot

HiL環境+車両モデル

VECTOR

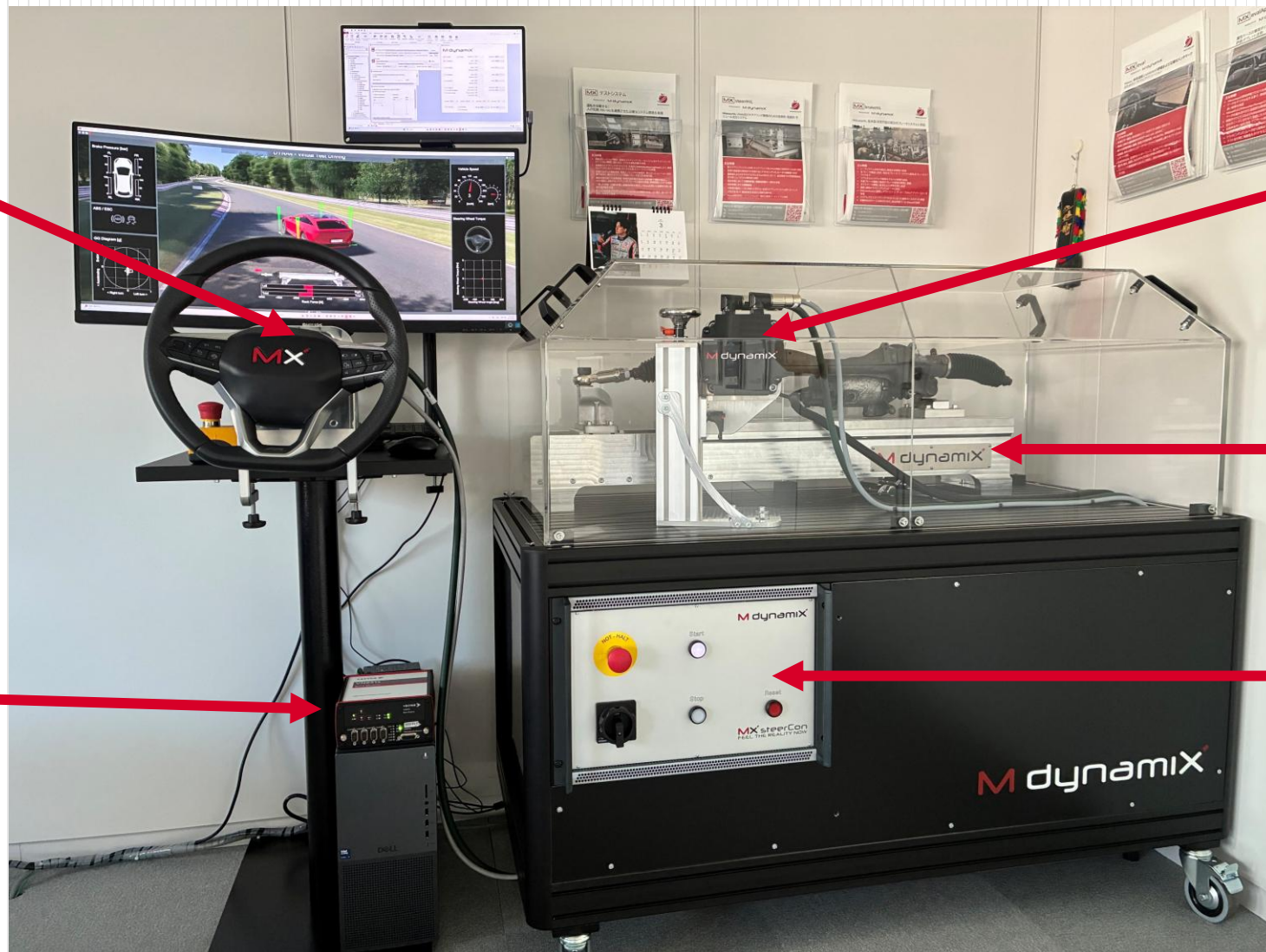
VN8914 + CANoe + DYNA4

MXsteerAct



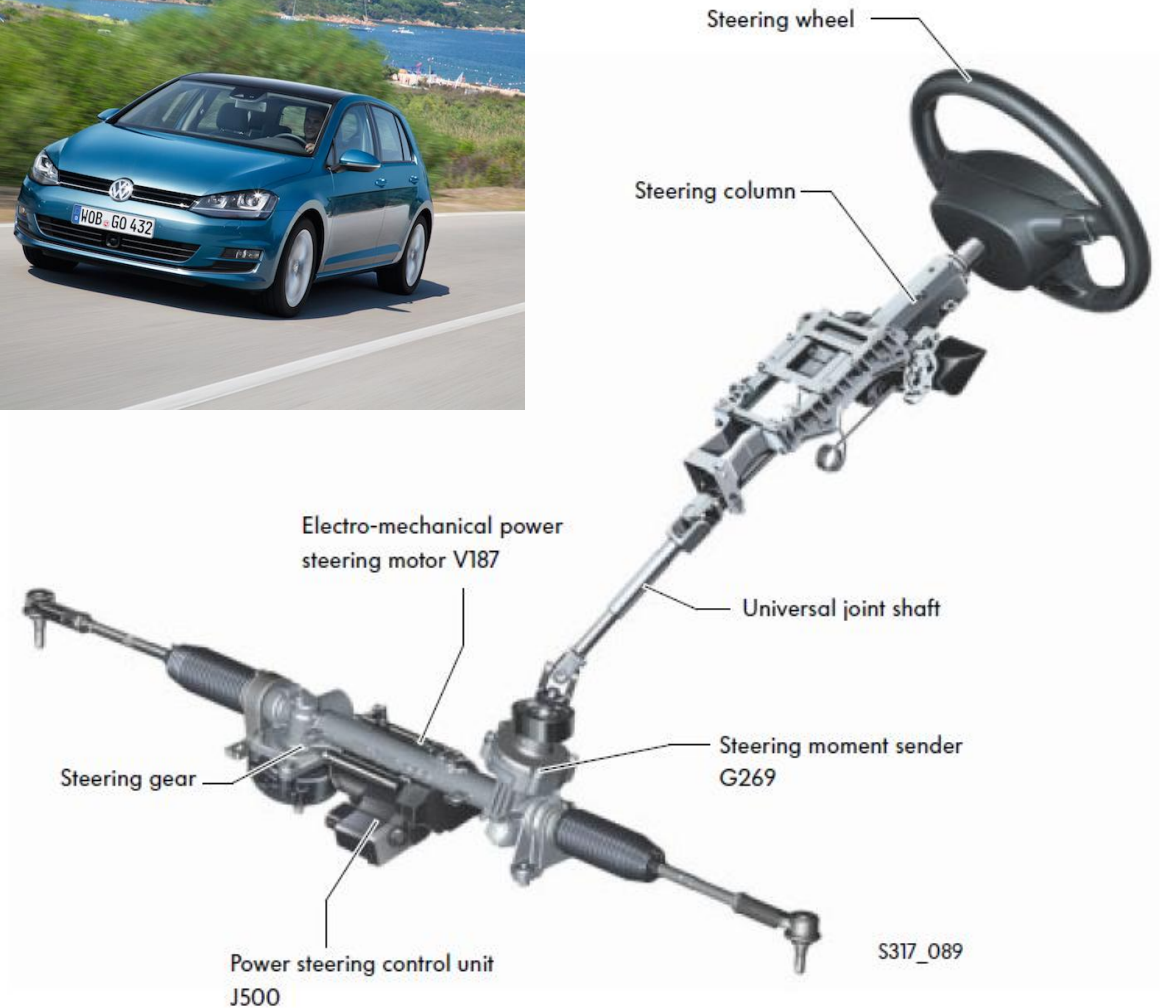
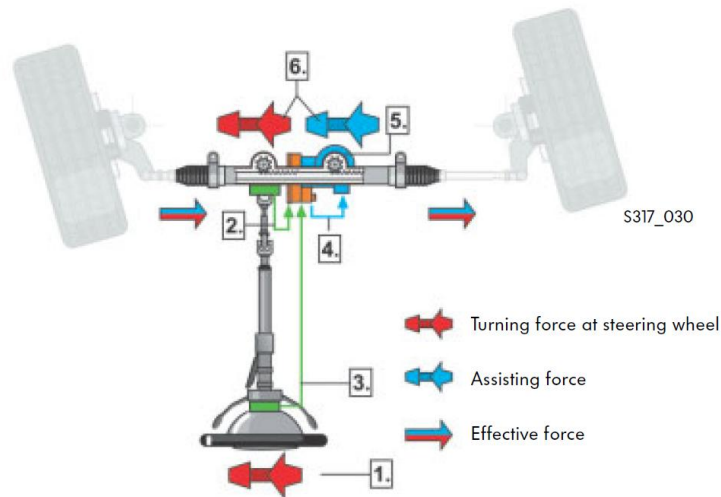
MXsteerCon

(注) 現在は, Vector Japan 様のご厚意により, HiL環境をお貸出し頂いております。

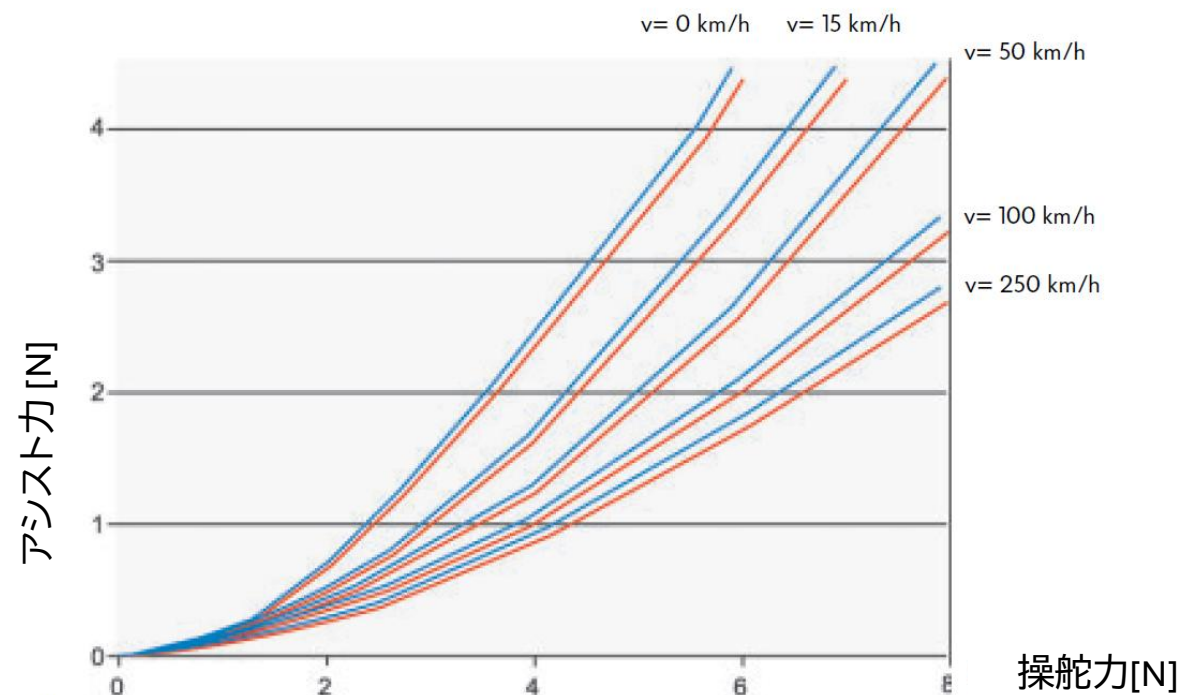
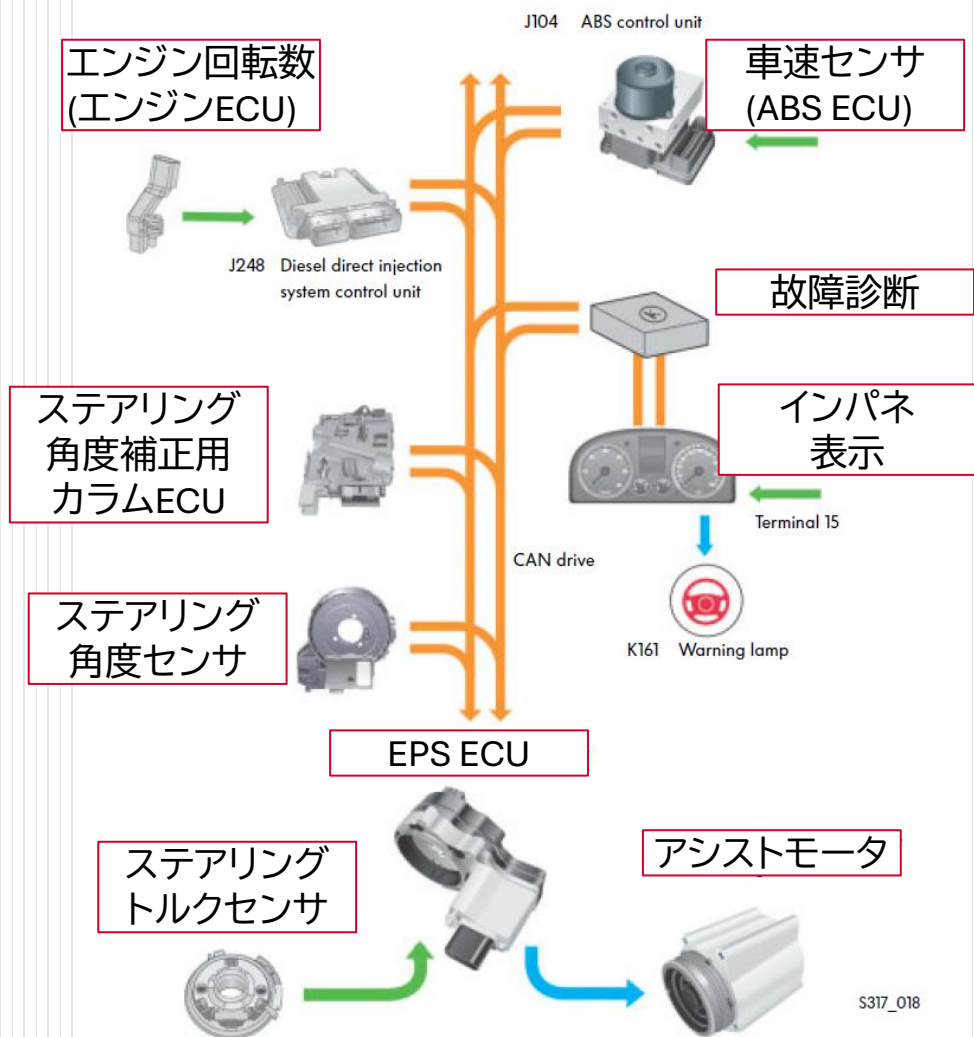


搭載されているEPSシステム (Integrated EPS system)

- VW社製ゴルフVII搭載EPS (VW Golf 7 EPS system)
 - HELLA社製ECU搭載 +ZFステアリングシステム (HELLA EPS ECU + ZF steering system)
 - ラック&ピニオンタイプEPS (Rack-and-pinion type EPS)
 - 後ろ引きタイプ(Rear Steer)



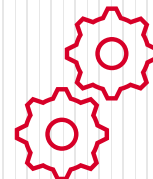
搭載されているEPSシステム システム概要と補正トルクマップ



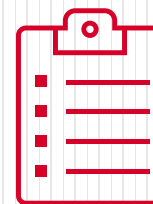
Golf 2004年式のEPSアシスト制御マップの例

— 重い車両
— 軽い車両

組込まれているMdynamiX製品: MXsteerAct (Implemented MdynamiX products: MXsteerAct)



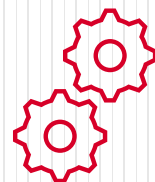
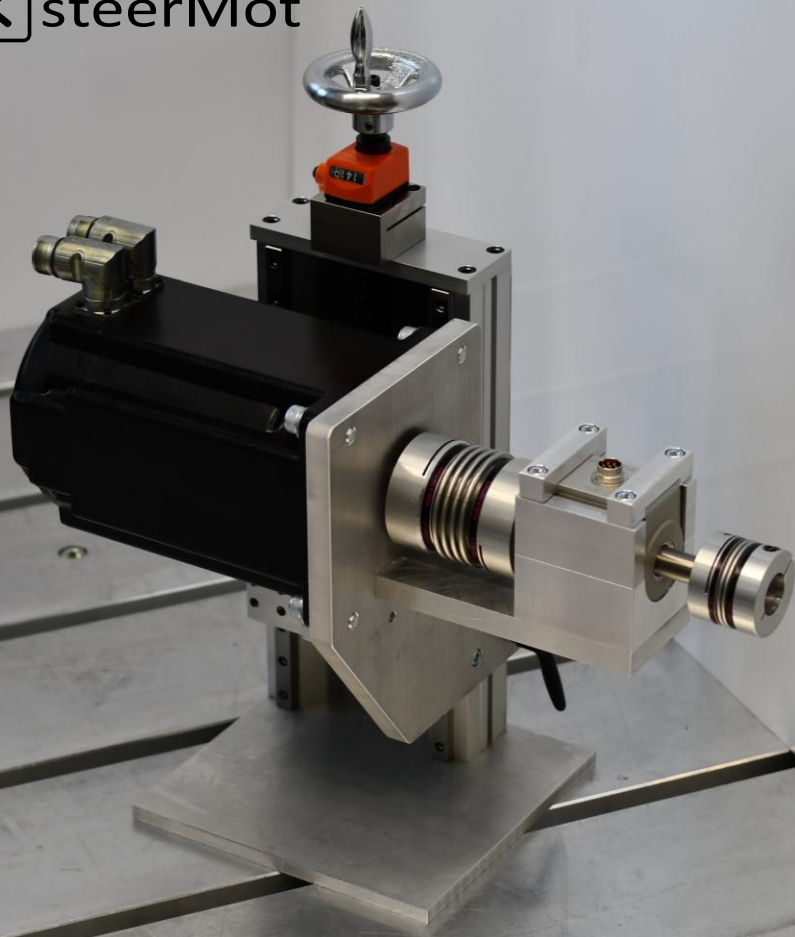
MXsteerActの高性能モジュールは、高剛性設計によりあらゆる運転操作の模擬に利用できます。



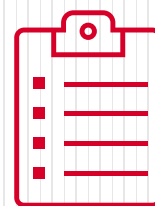
定常的な応力	最大8 kN
瞬間最大応力	16 kN
寸法	1,100 x 200 x 250 [mm]
重量	約80 kg
最高移動速度	± 330 mm/s
最大ステアリング角速度	± 2300 °/s

組込まれているMdynamiX製品: MXsteerMot (Implemented MdynamiX products: MXsteerMot)

 MXsteerMot

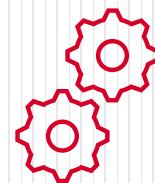


ドライバの角度入力,またはトルク入力を再現するためのダイレクトドライブ式回転サーボモータ.

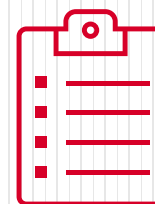


定常的な応力	± 11.0 Nm
最大トルク	± 29.0 Nm
最大角速度	± 6,000 °/s
寸法	190 x 165 x 190 mm
角度計測	一体化エンコーダ (精度 < ± 0.001°)
トルク計測	最大20Nm計測可能な センサ

組込まれているMdynamiX製品: MXsteerWheel RTpro (Implemented MdynamiX products: MXsteerWheel RTpro)



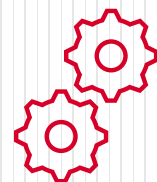
MXSteerHiLをMXsteerWheel Rtpoの採用で完成させよう:
直動式サーボモータ採用で路面抵抗を再現する反力生成装置



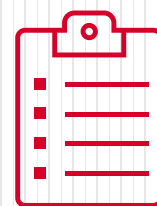
定常的な応力	± 11.0 Nm
最大トルク	± 29.0 Nm
最大角速度	± 6000 °/s
寸法	190 x 165 x 190 mm
角度計測	一体化エンコーダ (精度 < ± 0.001°)
トルク計測	最大20Nm計測可能な センサ

組込まれているMdynamiX製品: MXsteerCon (Implemented MdynamiX products: MXsteerCon)

MXsteerCon



高知能でモデルベース制御可能な環境における多彩な機能により,リアルタイムに実ステアリング応力を実現.



質量・剛性・リップル・摩擦の制御

ポジション/角度 及び 応力/トルク フィードバック制御

安全機能 (例: 応力/位置の飽和制御と速度制限制御)

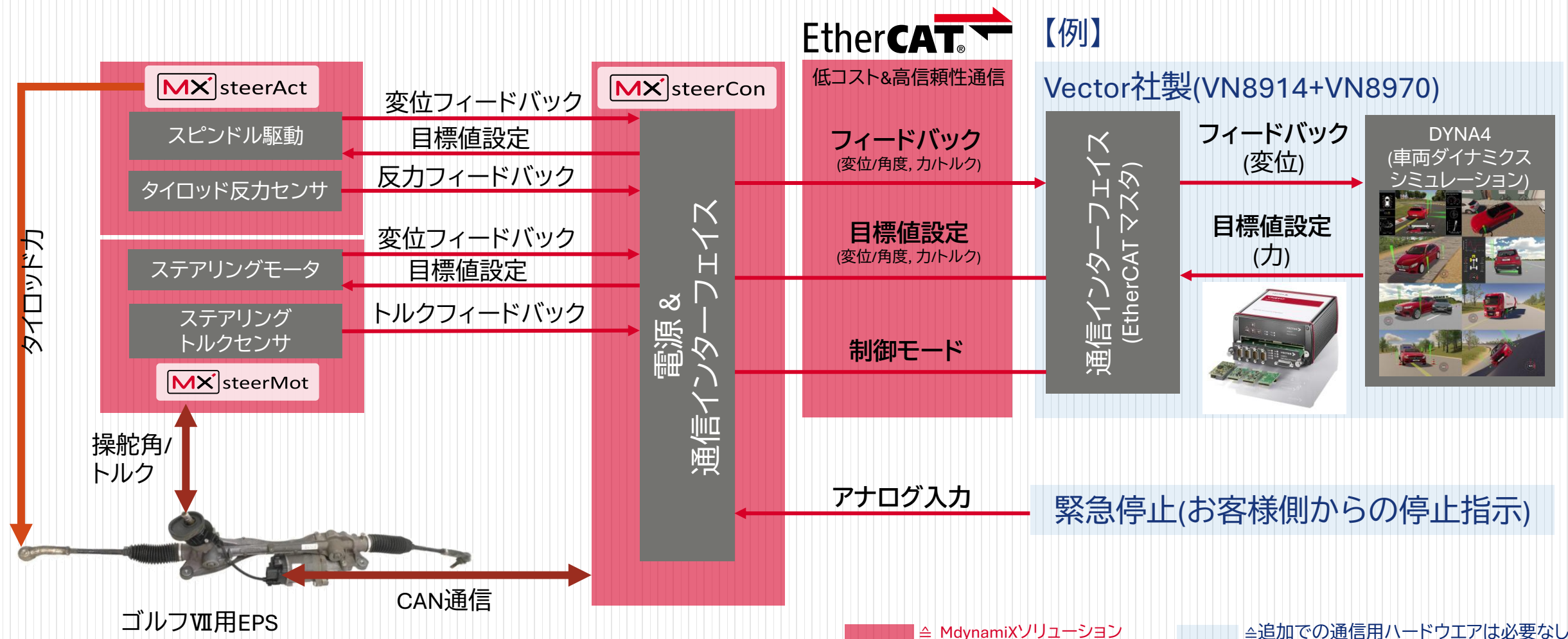
多モード 対応: インストール, 計測, 通信, ステアリング・イン・ザ・ループシミュレーション機能など

アクチュエータの多チャンネル制御

リアルタイムを保証する標準的な EtherCAT 通信 (マスター/スレーブ いずれの設定も可能な柔軟性あり)

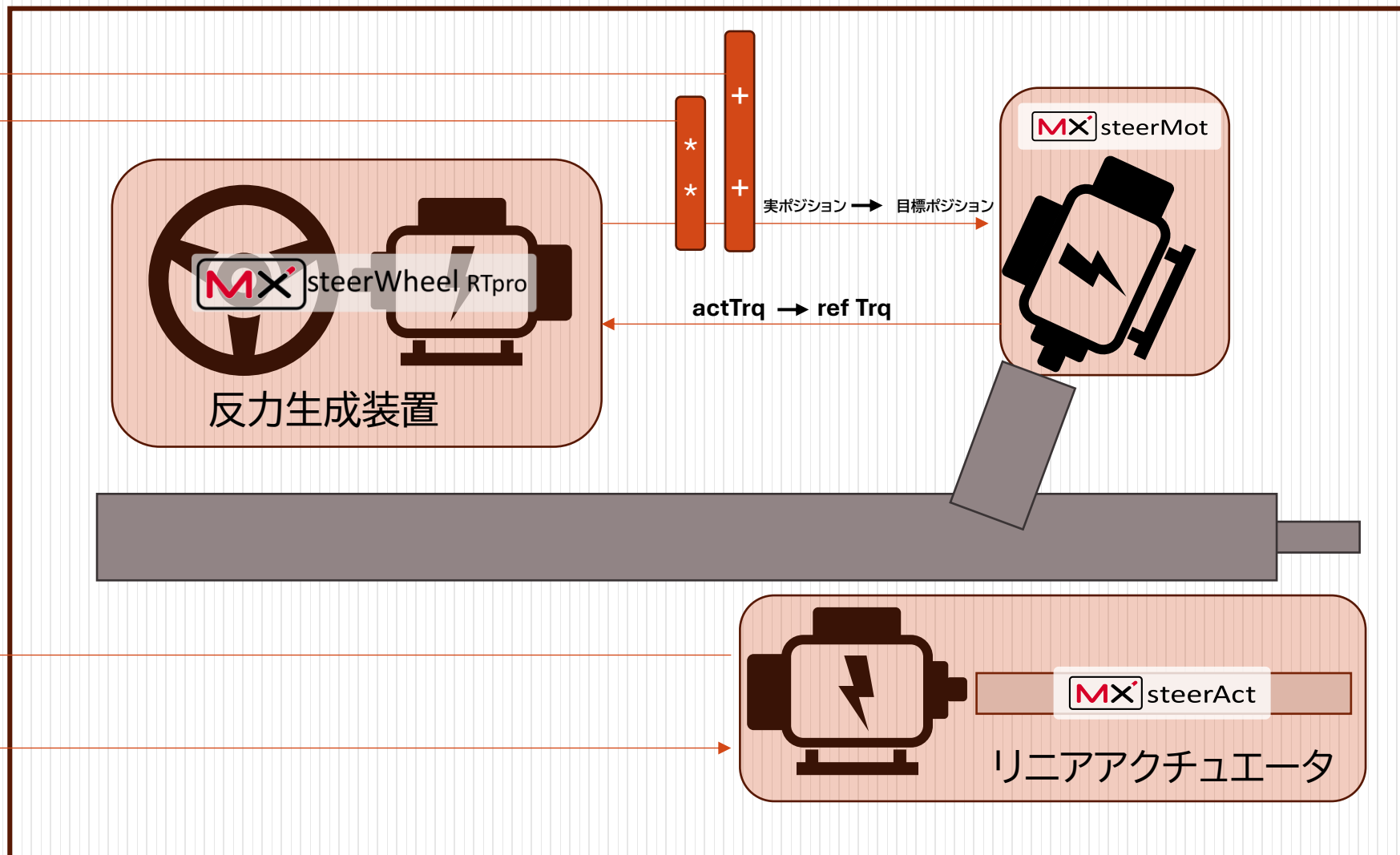
入出力の拡張 (例, コックピットセンサやレストバス(車両搭載を模擬した)シミュレーション)

MXsteerHiLのインターフェイス (Interface with MXsteerHiL)



MXsteerLink構成図

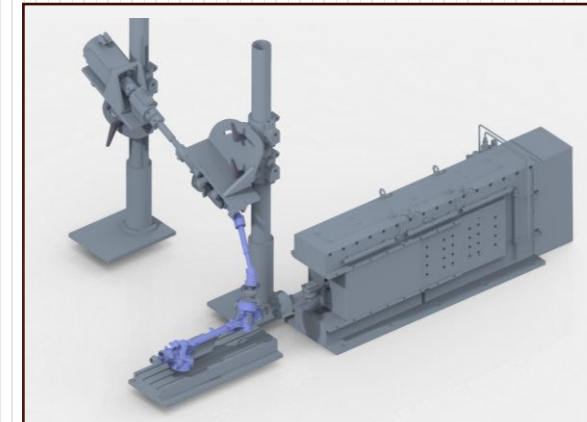
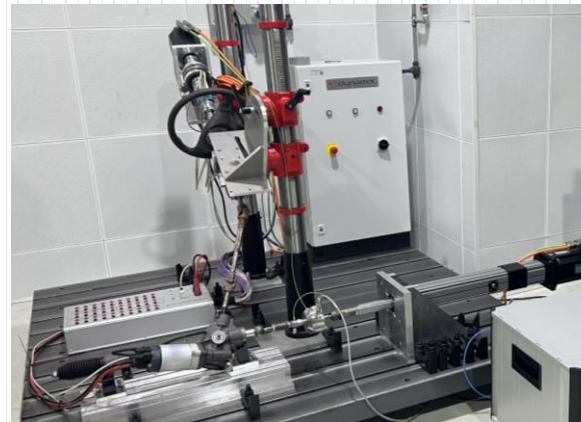
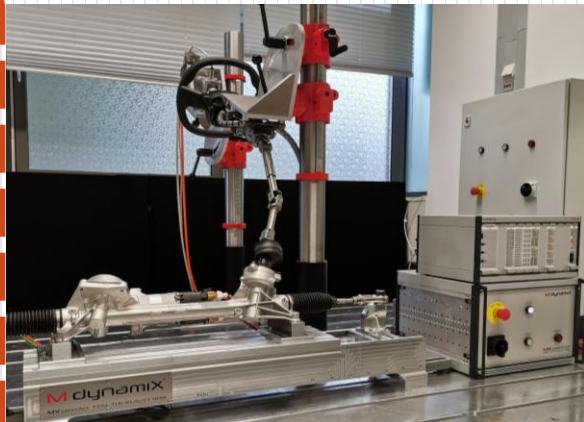
Vector VN8914
(CANoe+DYNA4)



実ポジション

路面反力

MXsteerHiL – テストベンチセットアップ例



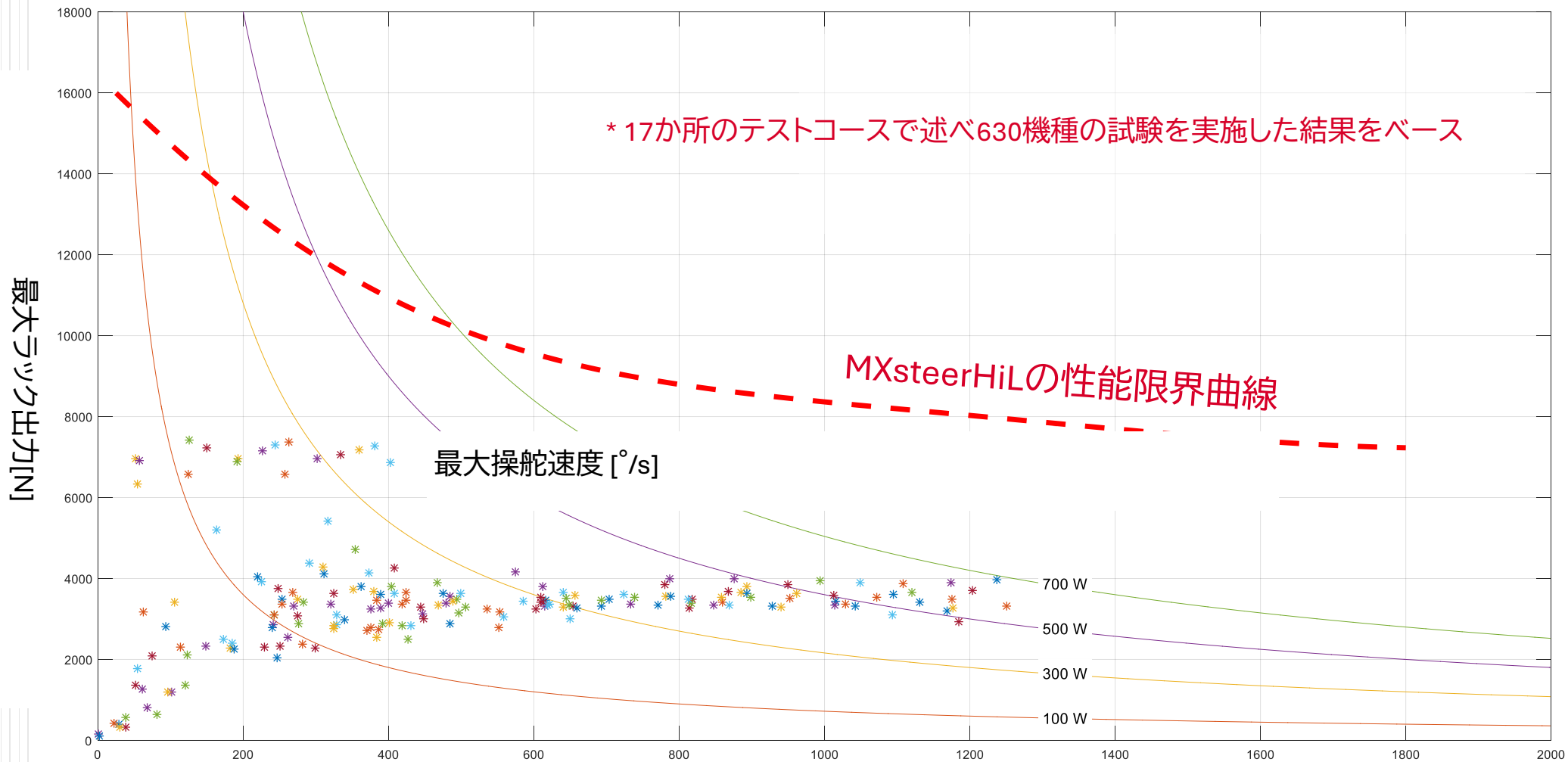
MXsteerHiL コンパクト版	MXsteerHiL フルステアリングシステム	MXsteerHiL 高出力版	MXsteerHiL 高速度版
静的応力: 最大 8kN	静的応力: 最大 15kN	静的応力: 最大 12kN	静的応力: 最大 15kN
最大出力: 16kN	最大出力: 25kN	最大出力: 25kN	最大出力: 25kN
最高移動速度: 330mm/s			最高移動速度: 1000mm/s
最大トルク: 30Nm または 50Nm			

最大出力/ 最高移動速度



実機試験からシミュレーションへの移行

標準仕様はほとんどの車両測定値をカバーします*



HiLテストベンチの機能

モデルおよびベンチテストの正確性に対する要求がますます高まっている

最先端のテストベンチ

MdynamiX社テストベンチ

フェイルセーフ機能/ 耐久試験

- 高/低 電圧
- センサ信号 断線/ショート
- センサ信号 オフセット/ドリフト
- 故障検出
- CAN通信故障
- 接触不良
- 通信不良

機能試験

- ソフトエンドストップ制御
- アクティブダンパ制御
- モータ制限制御
- オンセンタ(直進状態)制御
- アクティブ摩擦制御器
- アクティブリターン制御

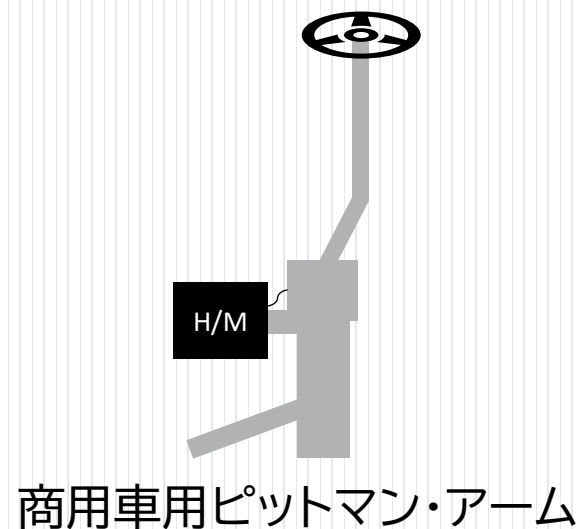
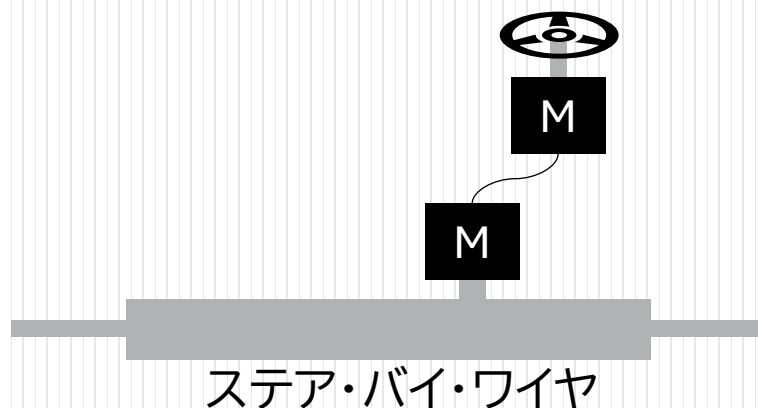
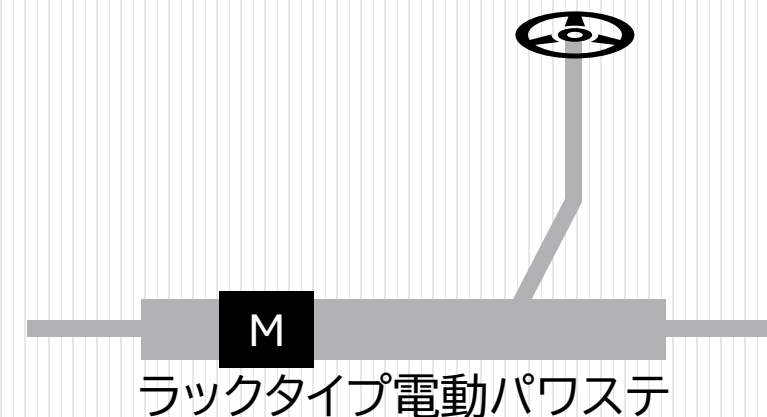
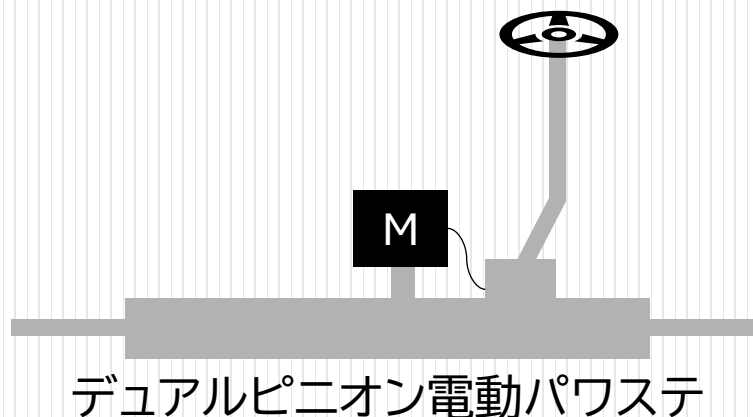
性能評価試験

- スラローム走行試験
- オンセンタハンドリング
- ステアリングプル操作
- ドリフト運転
- ステアリング戻り制御
- ニュルブリックリンクでの試験 (Fuchsroehre)

システムの適合には性能試験と機能試験の連成が必須。

- 高サンプリング制御の必要性
- 高性能アクチュエータ

MXsteerHiL – 実ステアリングシステムとの互換性



MXsteerLinkの適用事例

● オープンループ試験

- ✓ システムの特性評価 (例: ブーストカーブ測定など)
- ✓ データ再生試験 (例: 走行データなど)
- ✓ ECU機能の検証
- ✓ フェイルセーフ評価 (例: 低電圧など)
- ✓ ...

● 閉ループ試験

- ✓ フェイルセーフ評価 (例: 低電圧など)
- ✓ 車両挙動検証
- ✓ 他の車載システムからの影響度評価 (例: タイヤ特性違い)
- ✓ ステアリングモデルの検証
- ✓ ADAS機能の特性評価
- ✓ ADAS機能の適合チューニング
- ✓ 操舵感の主観的評価
- ✓ ADASハンズオフシナリオ試験
- ✓ ...

ライブデモでのご紹介内容



試験内容	EPS単独評価	Driver-in-The Loop	主な評価項目
ISO3888-1 ダブルレーンチェンジ	○	◎	車両が障害物を回避する際の緊急操舵性能と安定性を評価。通過可能な最大速度, 車両挙動の安定性, およびドライバの主観的評価。
スラローム試験(車速40km/h)	○	◎	主に自動車の操縦安定性(ハンドリングと安定性)を評価。通過時間, 操舵関連計測, 車両挙動計測をドライバの主観的評価
スラローム試験(車速60km/h)	○	◎	
サイン操舵ウィーブ試験(車速40km/h)	◎	◎	操縦安定性評価試験。車両が左右に揺らぐ(蛇行する)状態での操縦安定性, ドライバ主観的評価を実施。MXevalを用いた客観的評価の自動化デモ実施
サイン操舵ウィーブ試験(車速60km/h)	◎	◎	
ドイツ フランクフルト付近アウトバーン	○	○	自由走行。
ニュルブルクリンク北コース(ノルドシュライフェ)	○	◎	自由走行
荒れた路面走行(OpenDRIVE, OpenCRG)	○	◎	ステアリングのNVH性能評価。キックバック, 振動, 直進安定性, 操舵感, EPS制御特性を評価

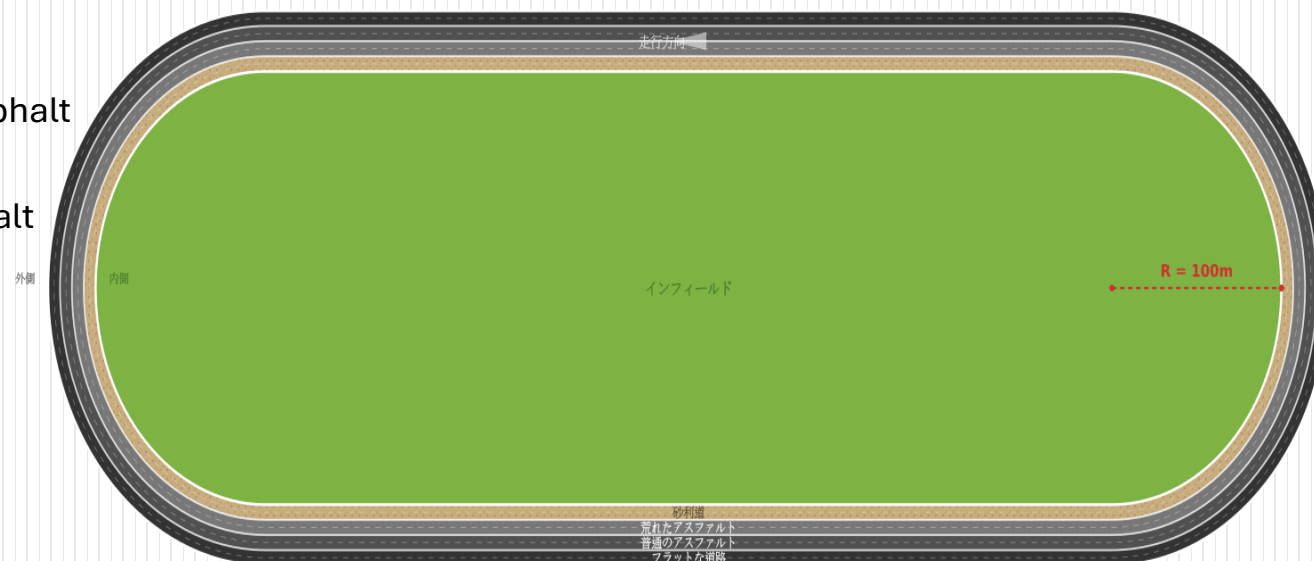
デモコースの補足説明: OpenDRIVEによる荒れた路面 (路面からの反力を確認)

サンプルで用意したOpenDRIVEファイルの仕様は以下の通り;

- 全長約1.63kmの周回道路.
- 8車線(道路幅80m).
- カーブ路は旋回半径100m.
- 各車線毎にRoughness変数で路面粗さを表現. Vector社製DYNA4の場合, 下記の条件となる.

- ① 粗い砂利道 (Gravel, Roughness:3)
- ② 舗装状態の悪い道路を想定した, 黒っぽいアスファルト(Asphalt Black, Roughness:2)
- ③ 一般的なきれいな舗装路面で, グレーのアスファルト(Asphalt Grey, Roughness:1)
- ④ フルフラットな道路(Smooth Asphalt, Roughness:0)

(注) タイヤモデルは「TMeasy」(<https://www.tmeasy.de/>) を使用.



デモコースの補足説明: OpenDRIVE+OpenCRGによる荒れた路面 (路面からの反力を確認)

サンプルで用意したOpenDRIVE+OpenCRGファイルの仕様は以下の通り;

- 全長約1.63kmの周回道路.
- 8車線(道路幅80m).
- カーブ路は旋回半径100m.
- コース内3か所にCRGデータを埋め込む. (CRGデータ設定無い場所は全てroughness:0のフルフラット路面)
 - ① Road-1内30m長 (Road-1開始点から70~100m)
 - ② Road-2内の曲線部に20m (Road-2開始点から50~70m)
 - ③ Road-2内の直線部に30m (Road-2開始点から500~530m)

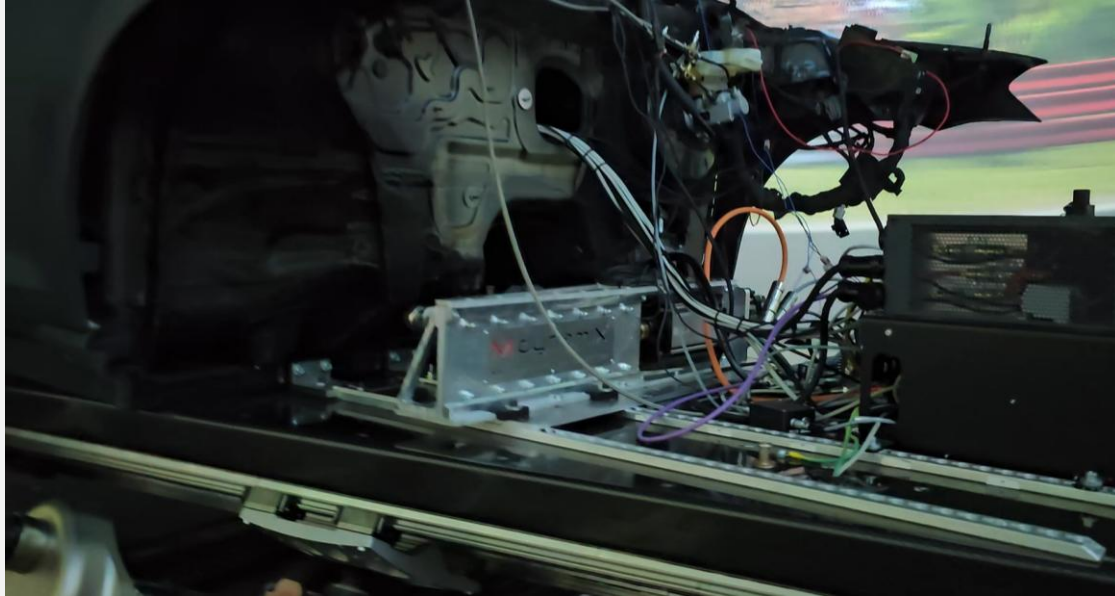
(注) タイヤモデルは「TMeasy」(<https://www.tmeasy.de/>) を使用.

(補足) OpenCRGデータ

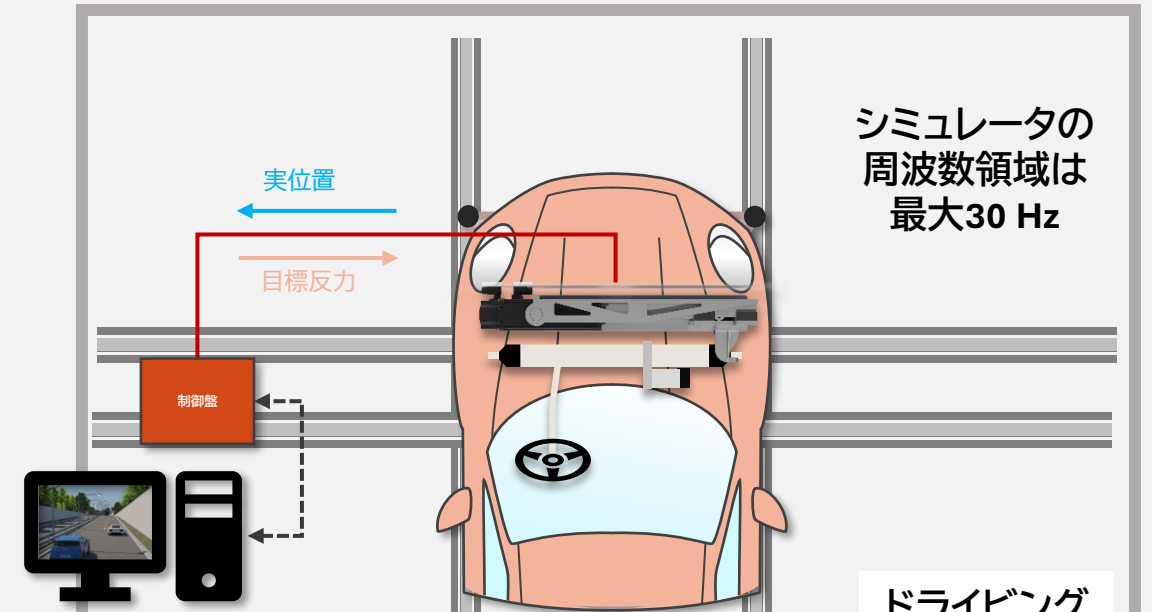
- シュトゥットガルトのメルセデス・ベンツウンターテュルクハイム工場にある「アインファーバーン(Einfahrbahn: ならし走行路/テストコース)」
- フォトグラメトリック測量 (シュトゥットガルト大学 建設工学部 測地学応用研究所, ダイムラー・クライスラー 車両システムダイナミクス研究(FT1/FD)による計測)
- CRGとしてのデータ提供: ダイムラー・クライスラー 車両システムダイナミクス研究 (REI/AR), 2005.



次世代HILシミュレーションとドライバー・イン・ザ・ループの融合



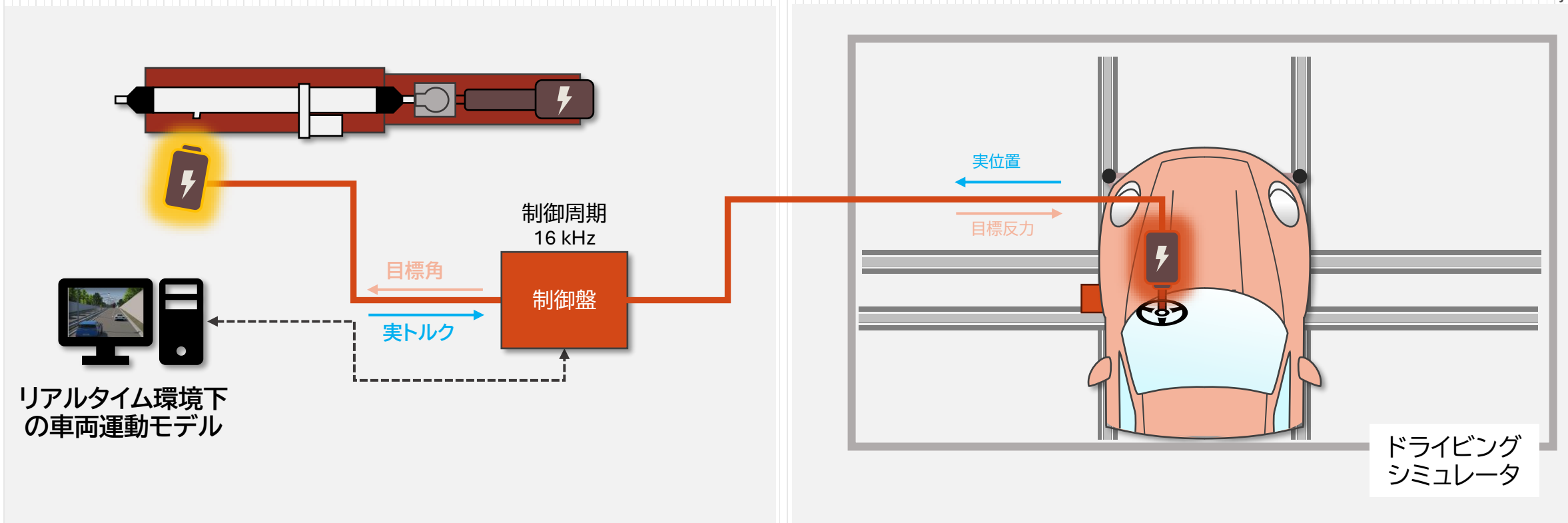
- ステアリングAssyの組込
- リニアアクチュエータを用いたラック反力の疑似化
- 量産向けECUの利用可能



リアルタイム環境下の
車両運動モデル

ドライビングシミュレータにHILテストベンチを統合した例

ワイヤ技術を活用した次世代HiLシミュレーション

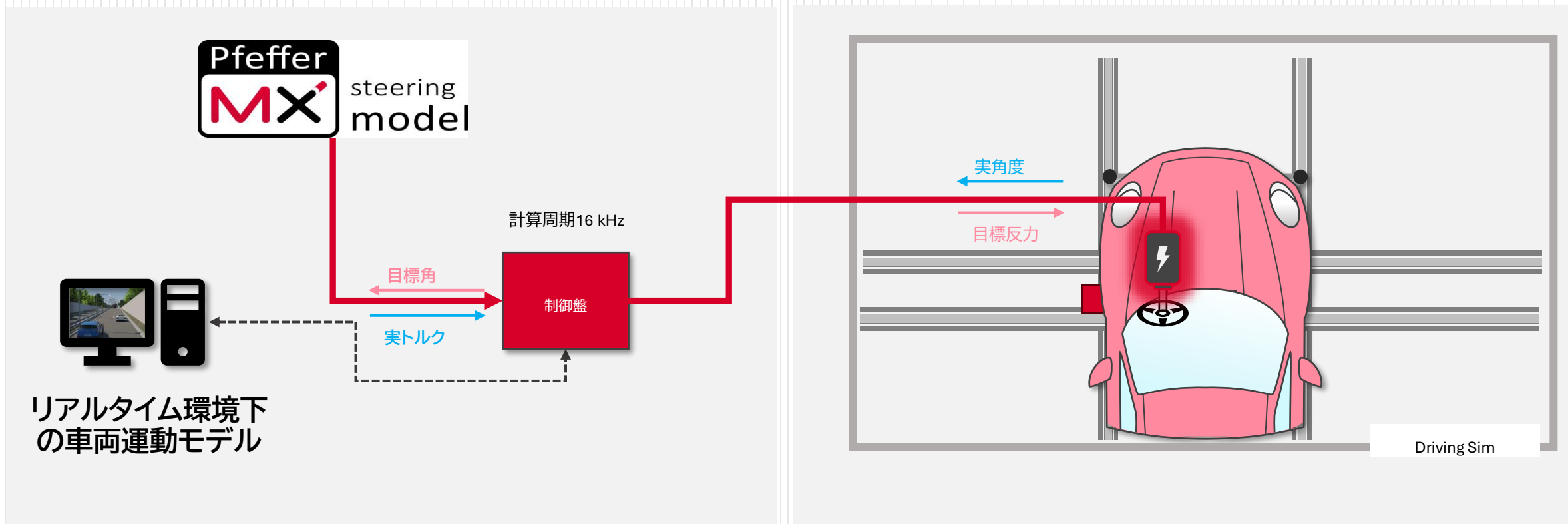


- **ピニオンアクチュエータ**によるHiLテストベンチとドライビングシミュレータのワイヤ技術での接続.
- ラック反力は**通常同様専用アクチュエータ**を用いた構成
- 遅延無く閉ループが組める環境の構築





切替可能なMIL/SIL/HIL技術



- MXsteerWheel RTproによるリアルな操舵感覚の実現.
- 制御盤(MXsteerCon)内でPfefferステアリングモデルを計算. (演算周期16kHz)
- 遅延無く閉ループが組める環境の構築

Pfeffer MXsteeringmodel: モデル構成

2自由度モデル

- ステアリングシャフト角 δ_H
- ステアリングラック位置 x_{rack}

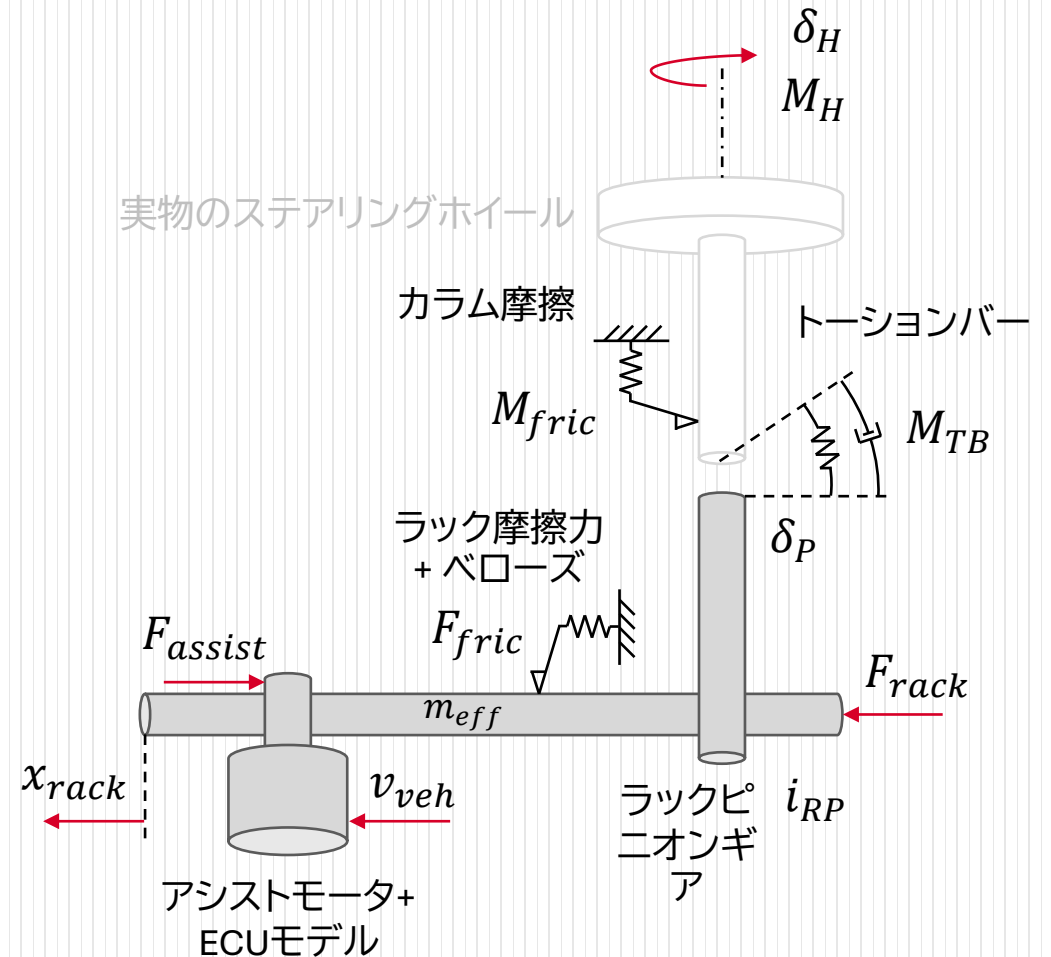
モデル演算式

$$M_H = M_{TB} - M_{Fric}$$

$$m_{eff} \cdot \ddot{x}_{rack} = M_{TB} \cdot i_{RP} + F_{Rack} + F_{assist} - F_{Fric}$$

$$M_{TB} = (\delta_P - \delta_H) \cdot k_{TB} - (\delta_P - \dot{\delta}_H) \cdot d_{TB}$$

$$\delta_P = x_{rack} \cdot i_{RP}$$

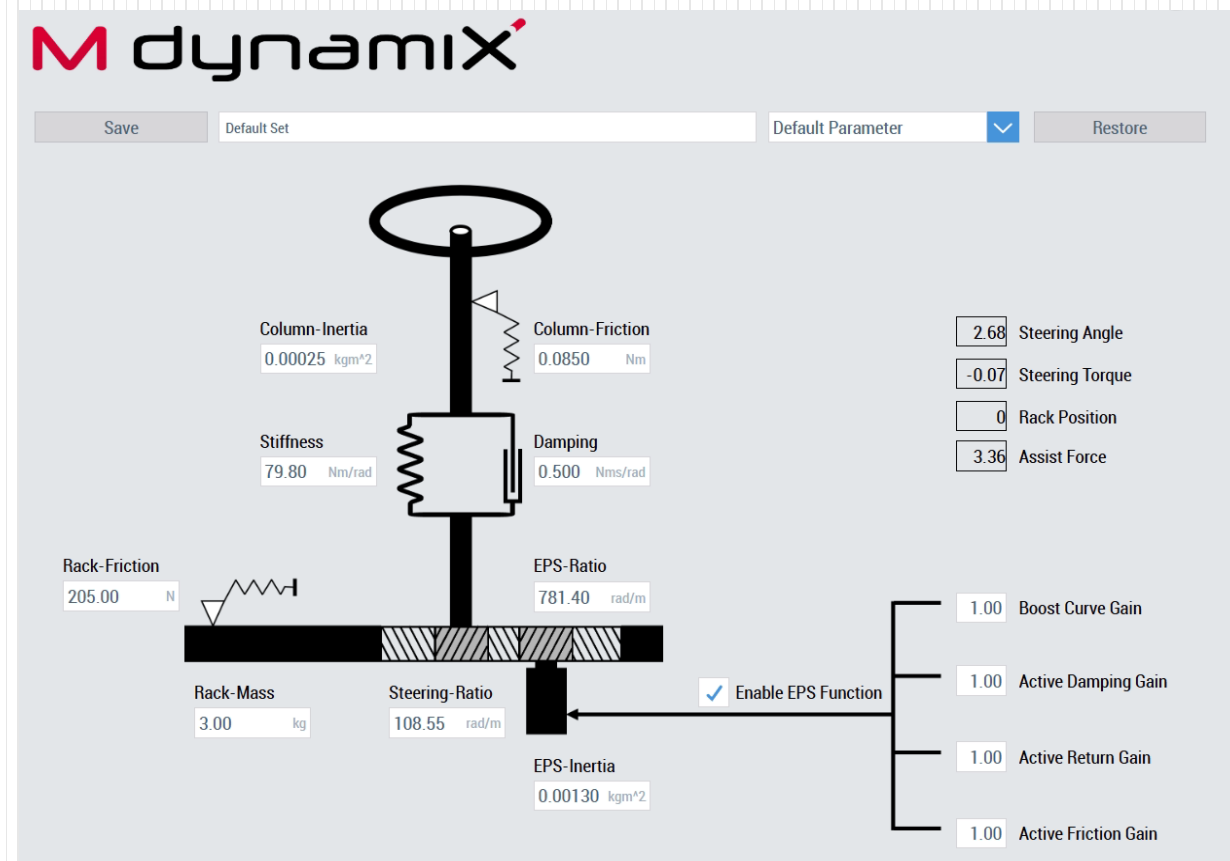


Pfeffer MXsteeringmodel: GUIによる操舵感覚調整機能

- リアルタイムに対応したパラメータ調整:
 - 機械的パラメータ
 - ECU制御ゲイン
 - 外部からの要求

- VWゴルフVIIの基本パラメータセット

- 複数のパラメータセットの保存
 - ドライバごとに変更可能
 - ECUの影響の比較





実路試験に関する調査



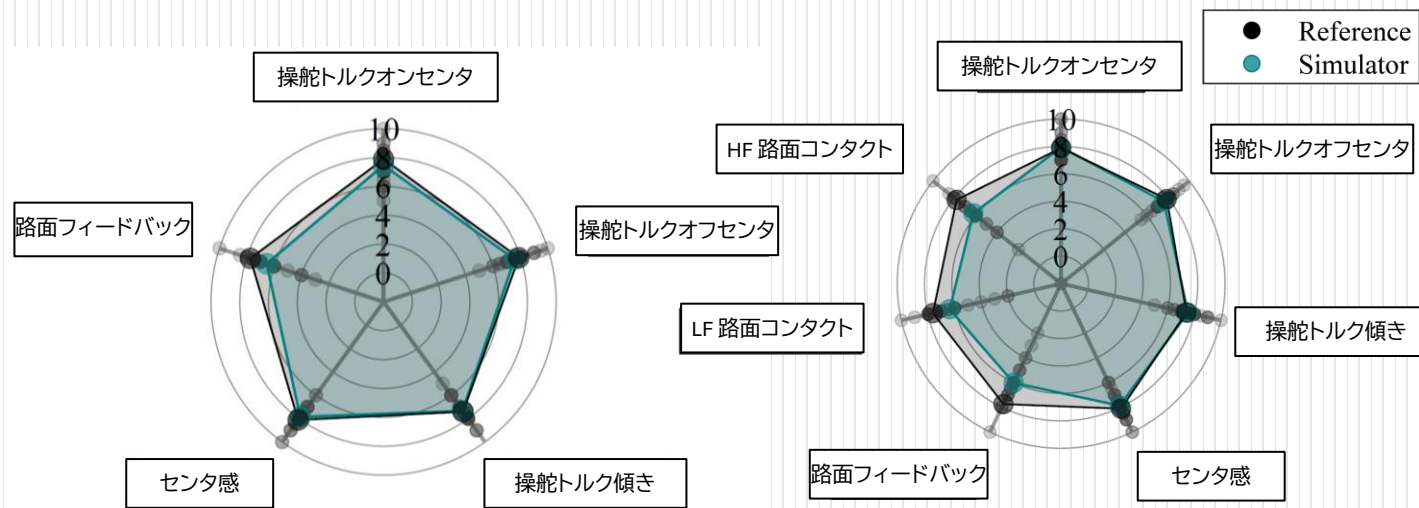
- 基準車両の実路試験とドライビングシミュレータの連続比較による検証
- 実車が基準車両
- 3つのバリエーションをシミュレータで実施



- ドライバを含む走行時のステアリングフィードバック評価
- 参照用道路: 計12 km, 平均車速 60 km/h, 平均路幅 < 3 m

次世代HILシミュレーションとドライバー・イン・ザ・ループの融合 ステアリング開発への活用

研究の結果で、MXsteerHiLが実車と同様のステアリング感覚を提供し、真にリアルな運転体験を実現することが実証されています。

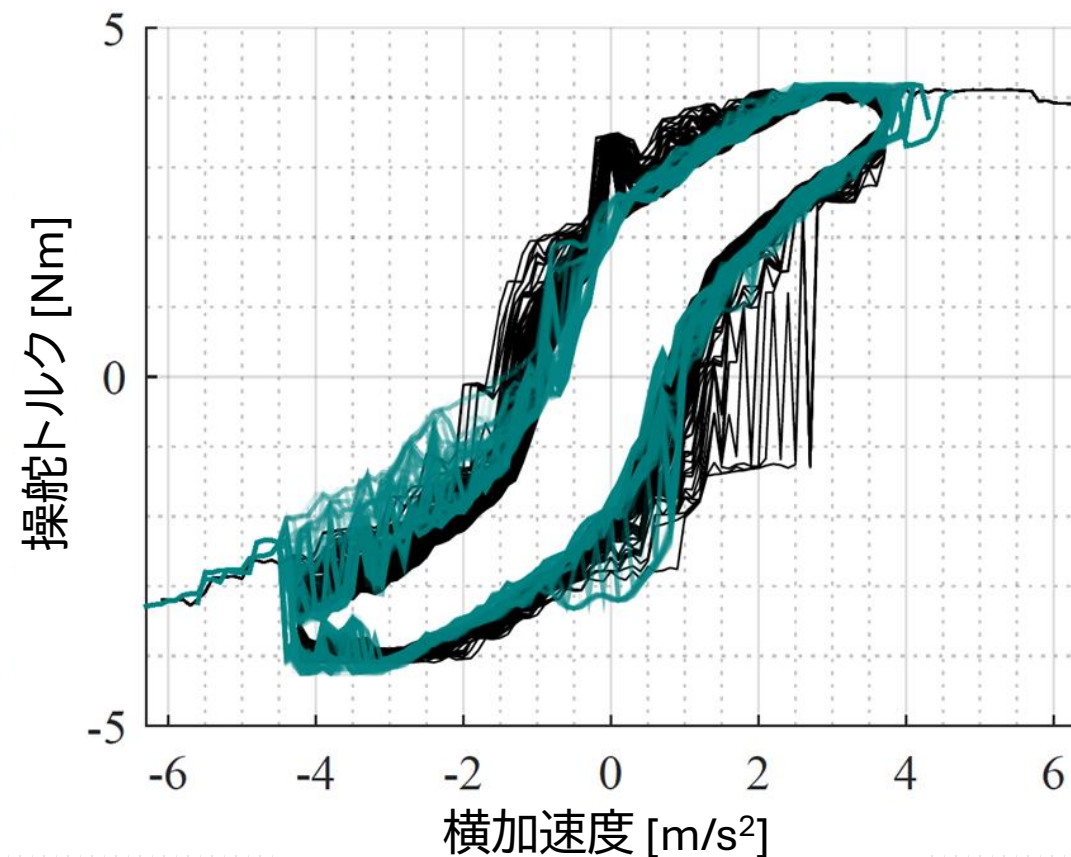


- 路面接地感においても、熟練者の主観評価は実車テストと非常に近い。
- 運転制御の質/性能に影響度高い。
- 作業負荷軽減に貢献。

次世代HILシミュレーションとドライバー・イン・ザ・ループの融合 ステアリング開発への活用

- 人が運転する基準車両
- 人が運転するシミュレータ

特徴	パラメータ	試験方法	値	偏差
操舵トルクレベルと傾き	操舵角ゼロ時のステアリング剛性 [Nm/deg]	ウィーヴテスト (60km/h)	0.29 ●	< 0.03
			0.29 ●	
操舵トルクレベルと傾き	操舵摩擦トルク [Nm]	ウィーヴテスト (60km/h)	1.03 ●	< 0.03
			1.00 ●	
オンセンタ精度	操舵角のヒステリシス [deg]	ウィーヴテスト (60km/h)	7.95 ●	< 0.03
路面情報フィードバック	道路によるハンドル操作力の帯域 [Hz]	ステアリングをロックしてラック反力をサインスイープ (60km/h)	14.8 ●	< 0.03
			14.8 ●	

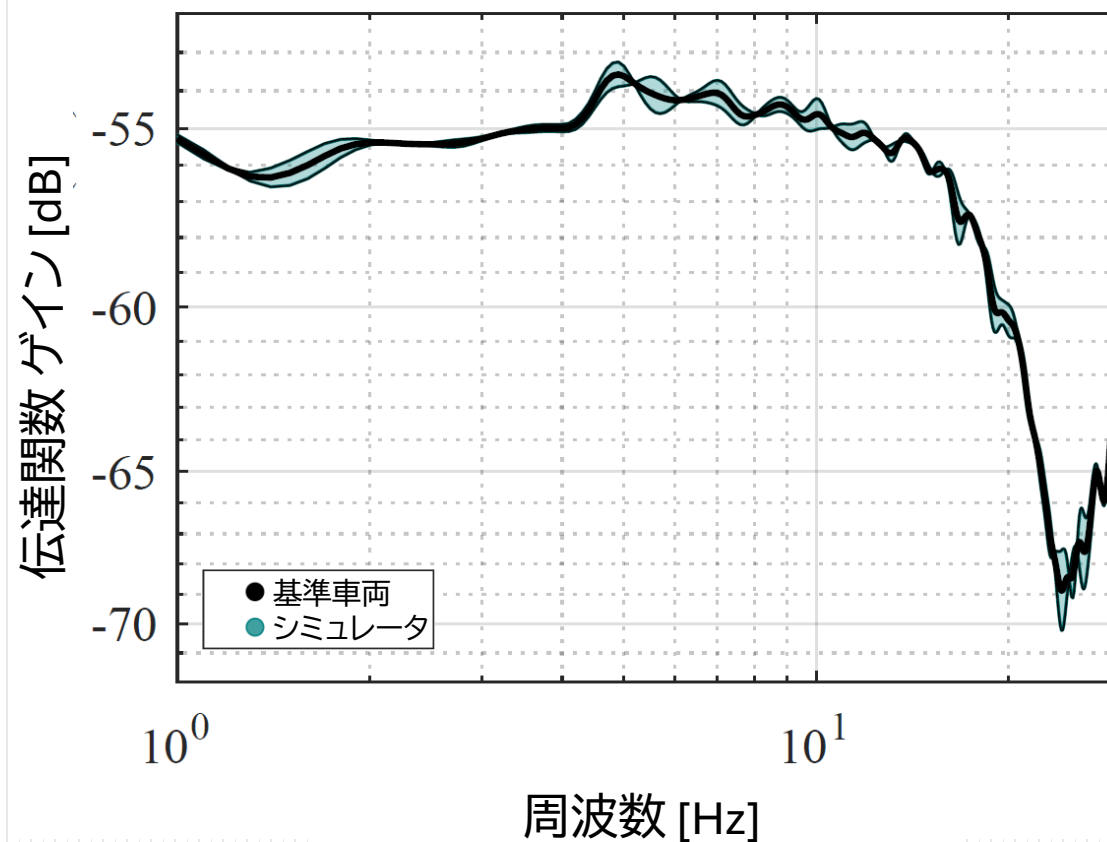


次世代HILシミュレーションとドライバー・イン・ザ・ループの融合 ステアリング開発への活用

● 人が運転する基準車両

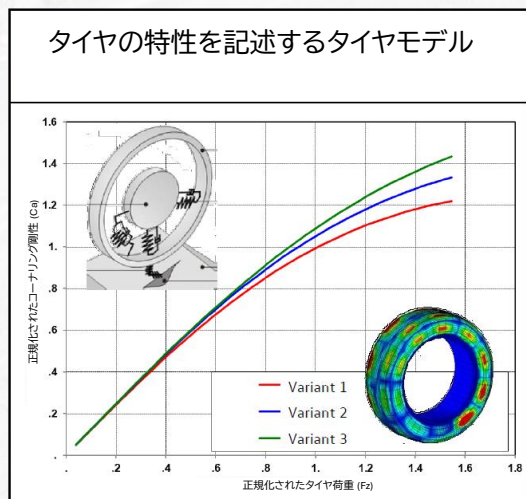
● 人が運転するシミュレータ

特徴	パラメータ	試験方法	値	偏差
操舵トルクレベルと傾き	操舵角ゼロ時のステアリング剛性 [Nm/deg]	ウィーヴテスト (60km/h)	0.29 ●	< 0.03
			0.29 ●	
操舵トルクレベルと傾き	操舵摩擦トルク [Nm]	ウィーヴテスト (60km/h)	1.03 ●	< 0.03
			1.00 ●	
オンセンタ精度	操舵角のヒステリシス [deg]	ウィーヴテスト (60km/h)	7.95 ● 7.76 ●	< 0.03
路面情報フィードバック	道路によるハンドル操作力の帯域 [Hz]	ステアリングをロックしてラック反力をサインスイープ (60km/h)	14.8 ●	< 0.03
			14.8 ●	

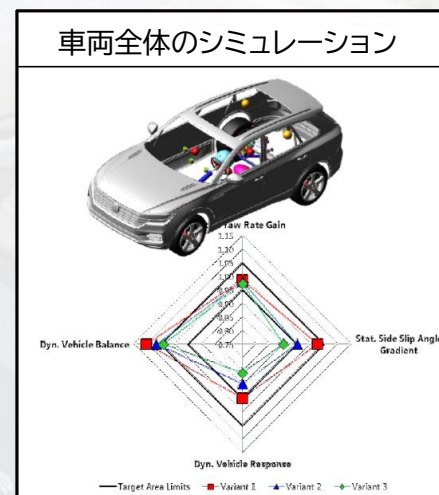


タイヤの評価と開発

タイヤモデル - 車両全体のシミュレーション - ドライビングシミュレータでの試験



仮想開発
ループ

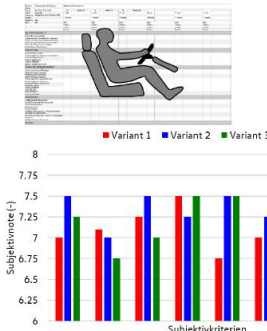


OEMによる車両全体のシミュレーションと走行性能の客観化

タイヤの設計と生成
サプライヤによるタイヤモデル



ドライビングシミュレータ



運転のエキスパートによる運転操作の主観的評価

VDI Tagung Reifen-Fahrwer-Fahrbahn 2023, Karlsruhe
Dr.-Ing. K. Sedlan, Dr.-Ing. A. Apel, Prof. B. Schick, M. Böhle



タイヤの評価と開発

タイヤ試験用ツールチェーン

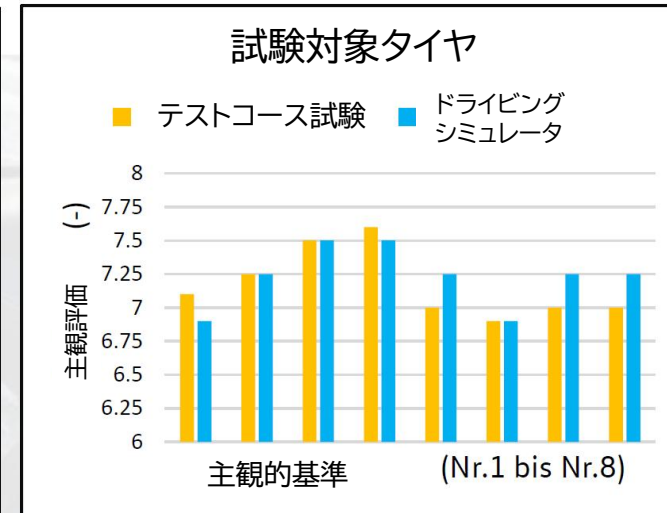
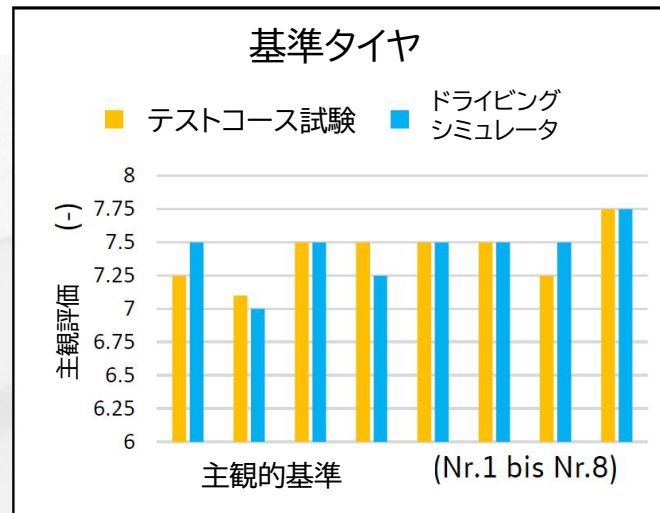


タイヤの評価と開発

例: フォルクスワーゲン・ティグアン

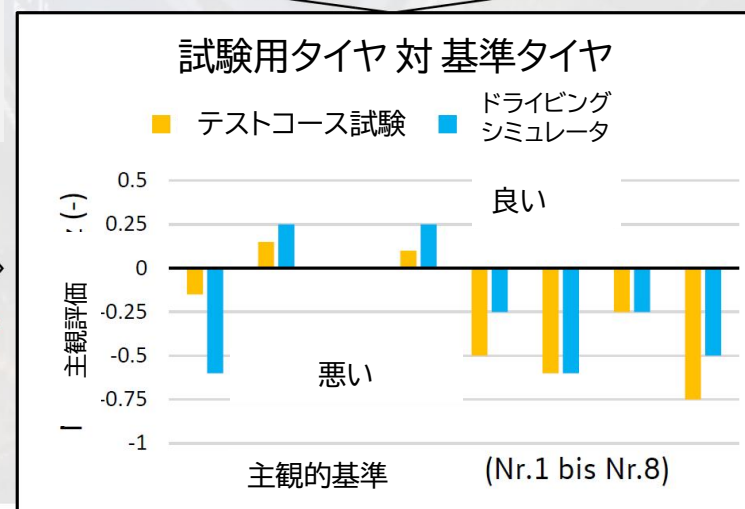
- 基準タイヤ/試験用タイヤ
- タイヤサイズ: 235/55 R18

テストコース走行結果とドライビングシミュレータでのタイヤ評価には差が生じている



- オンセンター挙動
- ステアリング反力
- 直線性能/操安性

ただし、実際のテストコースおよびドライビングシミュレータでの走行評価では、すべての基準においてタイヤの評価は同順位となりました。



ご清聴ありがとうございます。
Thank you for your kind attentions!



株式会社ニュートンダイナミクス

〒104-0031 東京都中央区京橋1-16-10 VPO京橋9階 ・ 📞 03-6698-5712

担当: 小林 祐範 (Masanori KOBAYASHI) ・ 📠 070-3252-0463 ・ 📧 masanori.kobayashi@nwetondynamix.co.jp