

③重量車 RDE 評価に向けた Model Based Testing 手法の検討

環境研究部

※奥井 伸宜

1. はじめに

乗用車の新たな排出ガス試験として、路上走行排出ガス（RDE：Real Driving Emission）試験が実施されている。トラック及びバス等の重量車においても、実際の道路状況下でそれら进行评估することは、乗用車と同様に望まれる。

重量車の燃費及び排出ガス試験法としては、「エンジンベンチ試験法」、実車を用いず机上計算となる「シミュレーション法」や「HILS（Hardware in the Loop Simulation）法」が用いられている。そこで環境研究部は、HILS 法を基にした重量車の新たな高精度評価（Model Based Testing：MBT）手法を検討している。我々は、その新たな評価装置を「拡張 HILS」、「RDE-HILS」と呼び、それら運用を目指している。

現在、RDE-HILS の構築に向けた活動を進めており、今回その手法について紹介する。

2. RDE-HILS 手法について

2. 1 HILS

ハイブリッド重量車の燃費及び排出ガス試験法には、HILS が用いられている。図 1 に、HILS の装置構成を示す。操作 PC 上で実行される HILS プログラム（MATLAB/Simulink）は、ハイブリッド車両モデル、ドライバモデル、道路状況（車速及び勾配）等から構成され、実車両のエンジン制御装置（ECU）、ハイブリッド制御装置（HCU）と制御信号を送受信することで、机上で仮想車両を走行させる。机上計算となるため、ホットスタート状態における評価が前提となる。

2. 2 拡張 HILS

プラグインハイブリッド重量車に対しては、HILS 上に構築した仮想車両モデルと実エンジンをリアルタイムに協調制御する「拡張 HILS」を新たな手法として提案している。拡張 HILS を用いることで、エンジン始動後のコールド状態におけるエンジンの潤滑油温度や冷却水温度、排出ガス後処理装置（DPF（Diesel Particulate Filter）、SCR（Selective Catalytic Reduction））等の温度情報を

ハイブリッド制御にリアルタイムにフィードバックし走行できる。このため、実車両を試作しなくてもコールドスタート時の燃費及び排出ガスの評価が可能である。

拡張 HILS の走行環境条件に関しては、従来の HILS 手法を踏襲していることから、入力条件が「時間に対する車速、勾配」で、例えるならば直線路を仮想車両が走行する状態にある。

2. 3 RDE-HILS

従来の HILS 試験法を用い、実路走行時の燃費及び排出ガスの評価を台上で可能とするためには、①エンジンベンチ内で実車走行時の走行風を再現させる、②カーブや勾配等の実路走行時の環境条件を机上で再現した仮想路面にて、仮想車両を走行させる必要がある。

①は拡張 HILS にて構築及び検証を実施し、その有効性を確認済みである。現在、②について実施しており、仮想路面を机上で再現できる「車両運動シミュレーション（Carsim：バーチャルメカニクス）」を、拡張 HILS に組み合わせた。この手法を「RDE-HILS」と呼び、構成図を図 2 に示す。走行情報は、従来試験手法の「時間に対する車速、勾配」に、走行時の位置情報「緯度、経度、高度」を関連づけることで、図 3 中央部に示す RDE-HILS 上に再現した仮想路面上を、仮想車両が走行できる。これにより、「カーブ、路面うねり、車体変動」が考慮でき、実路走行状態により近づけた評価が可能となる。

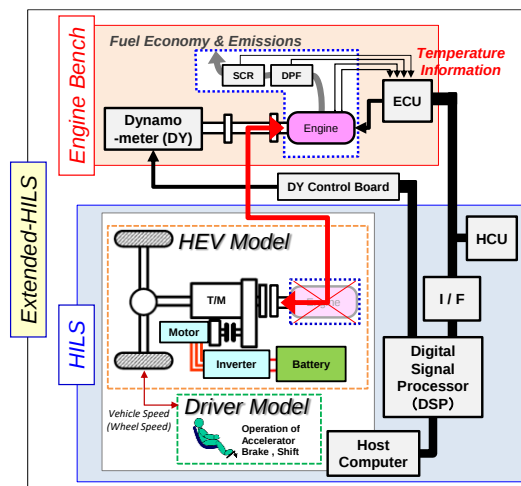


図 1 HILS 及び拡張 HILS の構成図

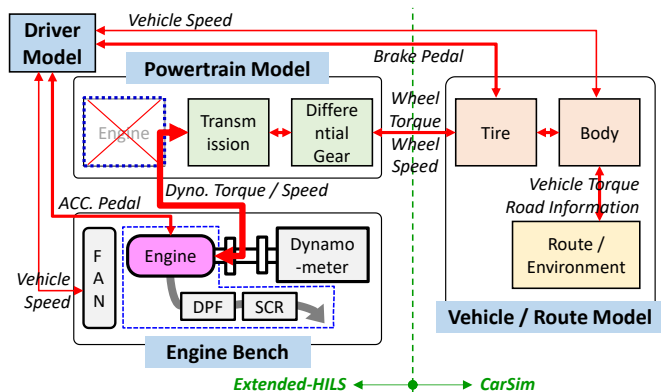


図2 RDE-HILSの構成図

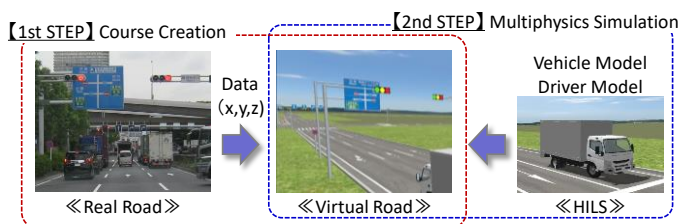


図3 RDE-HILS構築に向けたアプローチ

3. RDE-HILSの運用に向けた構築アプローチ

本研究で目指すゴール像は、図3に示すとおり、任意の走行コース（仮想路面）を仮想車両が走行できる環境を構築し、運用することである。そのためには、仮想路面をCarSim上に再現する手法（1st STEP）、拡張HILSとCarSimとの連成計算手法（2nd STEP）の構築が必要である。

1st STEP及び2nd STEPの各手法については、構築及び検証を終了した¹⁻²⁾。現在、本研究の最終ゴールとする、任意走行コースを用いたRDE-HILS評価に向けたシステム環境を構築中である。

3. 1 RDE-HILS走行評価例：カーブ走行場面

RDE-HILSは、カーブ路面を含む走行における車両挙動の再現を可能としている。一例として、左カーブ走行時の重量車の車両挙動を紹介する。積載重量3,000kgの貨物車で、半積載状態である。図4(a)に実際の走行シーンを、図4(b)に走行時のタイヤ垂直荷重等のイメージを表す。図4のグラフにおいては、上段より、車速、車両の各輪におけるタイヤ垂直荷重及びタイヤ回転速度を示す。

図4の各グラフを確認すると、図中段に示す右前輪のタイヤ垂直荷重は大きく、左前輪は平坦路走行時よりも荷重が小さくなる。さらに、図下段に示すタイヤ回転速度については、右前輪側の方が左前

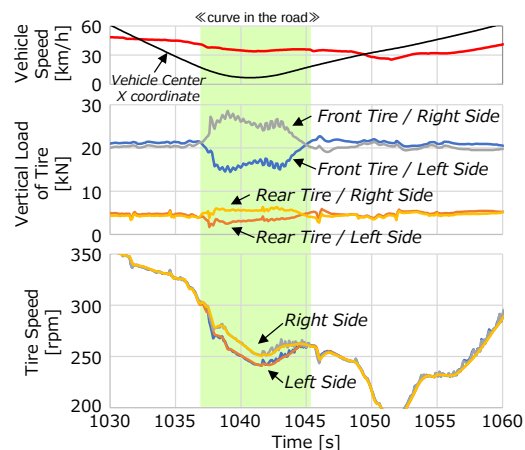
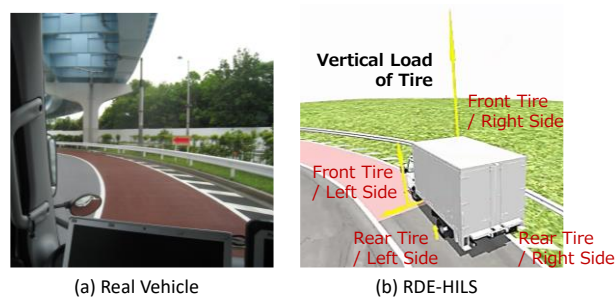


図4 RDE-HILSの走行評価例（カーブ走行）

輪よりも速度が速くなることが確認できる。この結果より、仮想路面を適用したRDE-HILSは、カーブを含む路面状態の変化による走行時の負荷変動が詳細に再現でき、その変動分が走行抵抗に反映可能であることが分かった。

4. まとめ

乗用車と同様、重量車のRDE評価を目指している。そこで、従来HILS試験手法を基にした新たな評価手法「RDE-HILS」の構築を試みている。実際に、任意走行コースを用いたRDE-HILS評価を可能とするシステム環境の構築に向け対応中である。

参考文献

- 1) 奥井伸宜，“重量車RDE評価に向けたModel Based Testing手法の構築（第1報）—実路走行環境の再現手法の確立—”，自動車技術会術講演会予稿集（秋），No. 20226003, p.1-6 (2022)
- 2) 奥井伸宜，前唄 康祐，“重量車RDE評価に向けたModel Based Testing手法の構築（第2報）—MBT装置の構築及び評価—”，自動車技術会学術講演会予稿集（春），No. 20235012, p.1-6 (2022)