

IDCS制御手法を用いたHILSシステムの検討

ビークルダイナミクス研究室

中川 夏

Investigation of HILS system using IDCS

Vehicle Dynamics Laboratory

Natsu Nakagawa

1. 緒言

HILSとは、Hardware-in-the-Loop Simulationの略称であり、対象のハードウェアをシミュレーションループ内に直接組み込むことで特性評価を行うシステムである。自動車のタイヤサスペンション系には非線形特性を有したダンパがあるためシミュレーションで評価するのは難しく、実写走行試験による評価では、天候等の影響により同一条件下での繰り返し試験を行うことが難しい。これらの問題を解決するシステムとしてHILSシステムが用いられている^[1]。HILSシステムはハードウェアの計測結果を用いて解析をし、その解析結果に基づいてアクチュエータへの入力値を決定する。

本研究では、自動車のタイヤサスペンション系の上下動を再現するHILSシステムを対象として、アクチュエータの制御手法を検討し、HILSシステムの再現性の向上を図る。制御手法にはIDCS制御手法を用いた。ハードウェアの挙動と解析結果を比較することで、検討した制御手法におけるHILSシステムの再現性の影響を評価した。

2. HILSシステム

2.1 HILSシステムの概要

本研究で使用するHILSシステムの概要を図1に示す。このHILSシステムは自動車のタイヤサスペンション系の上下動を試験機で再現するシステムである。HILSシステムの構成は、車両運動解析やシステム制御を行うソフトウェア部と、試験装置があるハードウェア部からなる。本システムでは試験装置のばね上-ばね下相対変位が解析結果と一致するように制御を行う。解析モデルには上下2自由度振動系を用い、計測されたダンパの減衰力を用いて解析を行う。試験装置の路面下部にはアクチュエータであるモータが取り付けられており、上記の解析結果に基づいて入力値が決定されるため、上下挙動の再現が可能である。

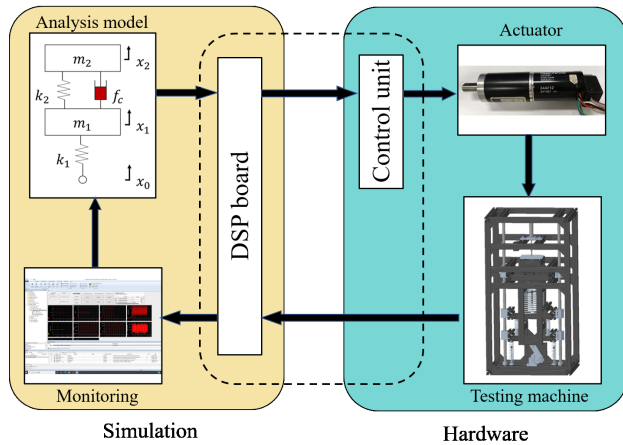


Fig. 1 System overview of Tire-Suspension HILS system

2.2 解析モデル

解析モデルに用いた上下2自由度モデルは、車両の上下動を表すことのできるモデルである^[2]。上下2自由度モデルを図2に示す。モデルの諸元を表1に示す。また、このモデルの運動方程式は以下の通りである。

$$m_1\ddot{x}_1 + k_1(x_1 - x_0) + k_2(x_1 - x_2) - f_c = 0 \quad (1)$$

$$m_2\ddot{x}_2 + k_2(x_2 - x_1) + f_c = 0 \quad (2)$$

ここで、 m_1 はばね下質量、 m_2 はばね上質量、 k_1 、 k_2 はばね定数、 f_c はダンパ力、 x_0 は路面変位、 x_1 はばね下変位、 x_2 はばね上変位である。この解析モデルを用いて路面変位 x_0 に対するサスペンションストローク $x_2 - x_1$ を計算し、HILS試験機で再現する。

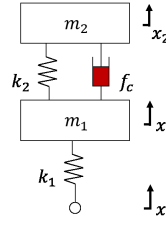


Table 1 Parameter

m_1 [kg]	1.3
m_2 [kg]	6.9
k_1 [N/m]	2200
k_2 [N/m]	439

Fig. 2 Analysis model

2.3 試験機

本研究で使用するHILS試験機を図3に示す。この装置は上下1自由度で、タイヤサスペンション系をばね下、ばね、ダンパで表している。路面部にアクチュエータを取り付けており、アクチュエータの入力 \bar{x}_0 はソフトウェア部の解析結果に基づいて決定する。解析モデルと装置ではシステムの自由度が異なるため、入力 \bar{x}_0 に対する試験機のばね上ばね下間変位 \bar{x}_1 で解析モデルのサスペンションストロークを再現している。ばね上ばね下間変位、ダンパ力はレーザ変位計、ロードセルを用いて計測している。

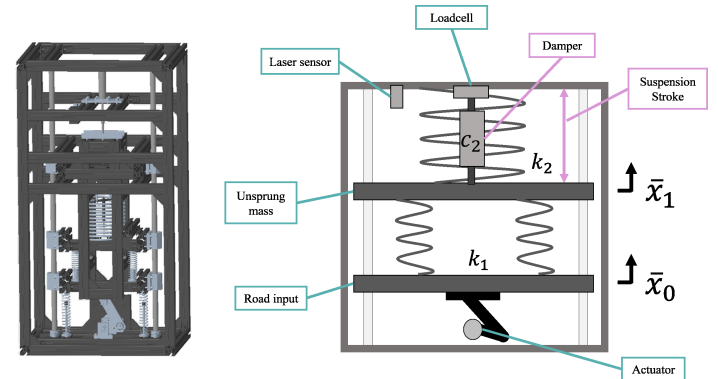


Fig. 3 HILS testing machine

3. IDCS制御手法

Inverse Dynamics Compensation via 'Simulation of feedback control system'(IDCS)制御手法はシステムの順動力学を用いたフィードバック制御シミュレーションにより近似的な逆動力学の計算を行う手法である^[3]。図4にIDCS制御手法のブロック線図を示す。点線で囲まれた部分は数値シミュレーション環境であり、 P_m は試験機 P を模擬したモデルである。制御器 K と P_m で構築されるフィードバック制御系はシミュレーション上では理想的な制御を行えるため、 P_m の出力 y_m は目標値 r に追従する。ここで P_m と P が同一であると考えると、 P の出力 y は目標値 r に追従する。

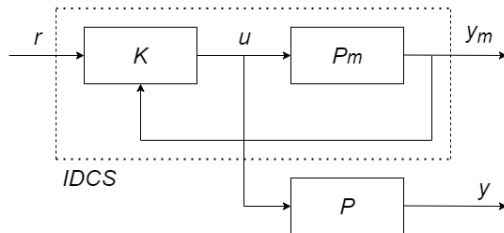


Fig. 4 Block diagram(IDCS)

4. HILS試験

参考文献

- [1] 永井正夫, 吉田秀久, Noomwongs Nuksit, 横井隆, 川真田智, 小林克宏, タイヤHILシミュレータによる車両運動性の研究(第1報): タイヤHILシミュレータの開発, 自動車記述会論文集, Vol.35, No.2, (2004), pp.147-152
- [2] 社団法人自動車技術会, 自動車技術ハンドブック5設計(シャン)編, 社団法人自動車技術会, (1990), p.25
- [3] 青木 健悟, IDCSを用いた柔軟アームを有するロボットの振動制御, 日本ロボット学会誌, Vol.31, No.10, (2010), pp.1001-1008