

21013 自動車のクラッチジャダシミュレーション解析(実システムのモデリングと制御(3):アクティブ除振, OS2 実システムのモデリングと制御)

森村, 浩明 / NAGAMATSU, Akio / MORIMURA, Hiroaki / OGAWA, Yousuke / 長松, 昭男 / 小川, 洋介

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

12

(開始ページ / Start Page)

77

(終了ページ / End Page)

78

(発行年 / Year)

2006-03-09

21013 自動車のクラッチジャダシミュレーション解析

Simulation analysis of clutch judder in automobile

○ 学 小川洋介(法政大学) 正 森村浩明(JST, プレベンチャ事業)
正 長松昭男(法政大学)

Yousuke OGAWA, Hosei University Kajinocho 3-7-2 Koganeishi Tokyo
Hiroaki MORIMURA, Preventure Program, JST
Akio NAGAMATSU, Hosei University

The clutch is slid for a short time at the engaging the gear of a manual gear car. The self-excited vibration might be generated at this time, and this is called clutch judder.

The simulation model of clutch judder is studied here to clarify the relation between the clutch characteristic and clutch judder. First, the validity of the model is examined compared with a past analytical model. It is confirmed that the stability area and the frequency response of the simulation model are corresponding to an analytical model. Here, in addition, the simulation model of the FR car is made, and the relation of slip and clutch judder in the FR car is verified.

Key Words: *Self-Excited Vibration, Stability, Frictional Vibration, Dynamic Absorber, Automobile, Comfortability in Riding, Coupled Vibration, Gear*

1. 緒論

稼動する構造物においては、ユニット同士が滑る部分が含まれ、振動上の課題が発生することがある。クラッチなどは滑る特性を基本的に有している。手動変速機付の自動車ではギヤチェンジのときに短時間クラッチを滑らせて使うことになるが、このときに激しく振動することがあり、これをクラッチジャダと呼んでいる。この現象は乗り心地や静粛性を損なうと共に自動車の寿命の短縮をもたらすものであり、従来から多くの研究がなされている。

この現象は自励振動であり、クラッチの μ - v 特性(摩擦係数の速度特性)が速度に対して負の勾配を持つと、条件によってはクラッチジャダが発生することが知られている。

また、駆動系の振動面によって、現象の検討が行われており、文献1はFF車の時間軸のシミュレーションを行われている。ここでは、さらにFR車のシミュレーションモデルを作成し、FR車における滑りとクラッチジャダの関連を検証する。モデルは文献3と比較して妥当性を検討する。

2. シミュレーションモデル

ここでは時間によって変化する振動状態をシミュレーションするモデルを検討する。このモデルの妥当性は、文献3の安定判別や伝達関数と比較して確認する。このモデルにおいては、クラッチフェーシングの摩擦力は任意の特性を用いてシミュレーションを行う。ただし文献3と摩擦特性を同一にして比較する。

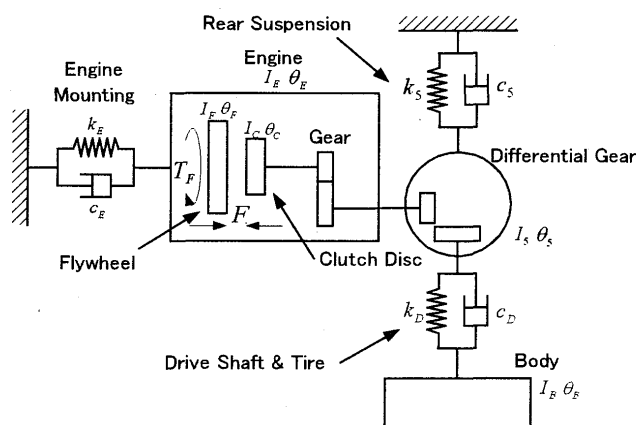


Fig.1 Simulation model of the clutch judder (FR-model)

図2はFR車を想定したモデルである。このモデルは文献3の解析モデルに対して、フライホイールと車両を加えている。このフライホイールは、摩擦力を介してクラッチフェーシングと関連しており、エンジンから一定のトルクが加わるとする。

文献3では車両を表す θ_B を固定端として $\theta_C, \theta_E, \theta_S$ の3自由度に整理して、以下に表している。

$$\begin{Bmatrix} n_1^2 n_2^2 T(\dot{\theta}_F) \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} n_1^2 n_2^2 I_C & 0 & 0 \\ 0 & n_1^2 n_2^2 I_E & 0 \\ 0 & 0 & n_1^2 n_2^2 I_S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{\theta}_C \\ \ddot{\theta}_E \\ \ddot{\theta}_S \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_D + n_1^2 n_2^2 T'(\dot{\theta}_F) & -(1+n_1)c_D & -n_1 n_2 c_D \\ -(1+n_1)c_D & n_1^2 n_2^2 c_E + (1+n_1)^2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D \\ -n_1 n_2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D & n_1^2 n_2^2 (c_D + c_S) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_C \\ \dot{\theta}_E \\ \dot{\theta}_S \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_D & -(1+n_1)k_D & -n_1 n_2 k_D \\ -(1+n_1)k_D & n_1^2 n_2^2 k_E + (1+n_1)^2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D \\ -n_1 n_2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D & n_1^2 n_2^2 (k_D + k_S) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_C \\ \theta_E \\ \theta_S \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここでは $\theta_C, \theta_E, \theta_S, \theta_B$ の4自由度の式に整理し、式(2)に表す。

$$\begin{Bmatrix} n_1^2 n_2^2 T(\dot{\theta}_F) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} n_1^2 n_2^2 I_C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n_1^2 n_2^2 I_E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n_1^2 n_2^2 I_S & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n_1^2 n_2^2 I_B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{\theta}_C \\ \ddot{\theta}_E \\ \ddot{\theta}_S \\ \ddot{\theta}_B \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_D + n_1^2 n_2^2 T'(\dot{\theta}_F) & -(1+n_1)c_D & -n_1 n_2 c_D & -n_1 n_2 c_D \\ -(1+n_1)c_D & n_1^2 n_2^2 c_E + (1+n_1)^2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D \\ -n_1 n_2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D & n_1^2 n_2^2 (c_D + c_S) & n_1^2 n_2^2 c_D \\ -n_1 n_2 c_D & (1+n_1)n_1 n_2 c_D & n_1^2 n_2^2 c_D & n_1^2 n_2^2 c_D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\theta}_C \\ \dot{\theta}_E \\ \dot{\theta}_S \\ \dot{\theta}_B \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_D + n_1^2 n_2^2 T'(\dot{\theta}_F) & -(1+n_1)k_D & -n_1 n_2 k_D & -n_1 n_2 k_D \\ -(1+n_1)k_D & n_1^2 n_2^2 k_E + (1+n_1)^2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D \\ -n_1 n_2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D & n_1^2 n_2^2 (k_D + k_S) & n_1^2 n_2^2 k_D \\ -n_1 n_2 k_D & (1+n_1)n_1 n_2 k_D & n_1^2 n_2^2 k_D & n_1^2 n_2^2 k_D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_C \\ \theta_E \\ \theta_S \\ \theta_B \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ここで図1に示したシミュレーションモデルの妥当性を検討する。ここでは式(1)と(2)の周波数応答を比較した結果を図2に示す。これより両者はほぼ一致することが確認できた。また、安定判別は特性方程式の根から同様に実施し、図3に示す。

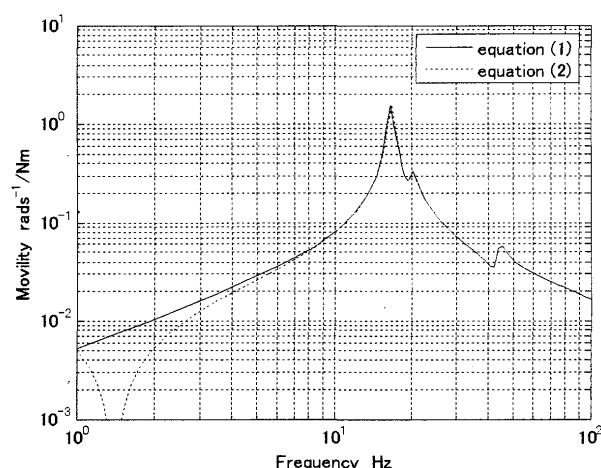


Fig. 3 Frequency response of clutch of the simulation model

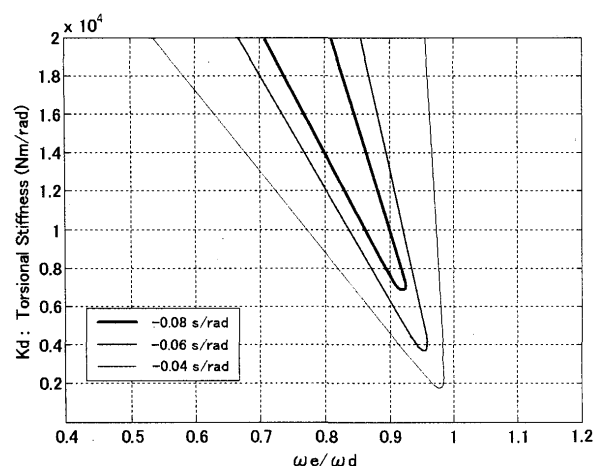


Fig. 4 Stability zone of clutch judder on the equation (2)

3. クラッチジャダのシミュレーション

式(2)を用いて時間軸でのシミュレーションを行う。また、より実車に近いシミュレーションを行うために、図1に示したシミュレーションモデルのエンジン部分にエンジンの出力特性をマップデータなどの形でモデルに反映させ出力させた。

ドライバーの操作は多様であるが、ここでは0.6 sec程度でクラッチを接続させた例を用いる。シミュレーションは1200 rpmで回転しているフライホイールにクラッチディスクを接続させる。また、クラッチディスクの μ -V特性は負勾配のものを使用している。

図5は式(2)の安定判別を行い、安定なパラメータでのシミュレーション結果である。系が安定なため、クラッチディスクの振動が発散せずに接続していることがわかる。

図6はエンジンの固有値の条件を変えて系を不安定にした例を示す。シミュレーション条件は図5と同一であるが、系が不安定なためクラッチジャダが発生している。

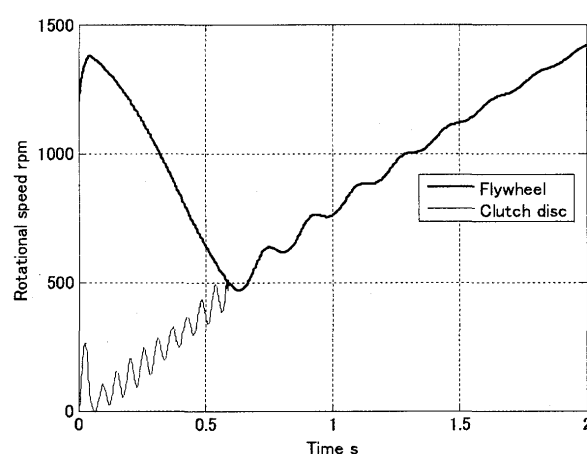


Fig. 5 Simulation of clutch engagement in stability

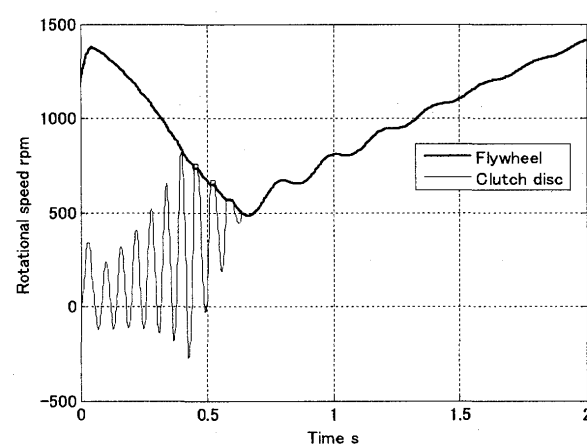


Fig. 6 Simulation of clutch engagement in instability

4. 結論

FR車のクラッチジャダのシミュレーションモデルを作成し、時間軸のシミュレーションを行い、次のことを確認した。

- (1) シミュレーションモデルの安定判別と周波数応答が解析モデルと一致したことから、モデルの妥当性が確認できた。
- (2) FR車モデルにおいて、FF車モデルと同様な条件でシミュレーションを行ったところ、同様な結果が得られることを確認した。

文 献

- (1) 森村, クラッチジャダのシミュレーション, 日本機械学会第15回環境工学総合シンポジウム2005 講演論文集
- (2) 福, クラッチジャダの一考察, 自動車技術会, 動力伝達系の振動問題に関するシンポジウム, 昭56-1, 9
- (3) 森村, クラッチジャダ発生限界の解析, 日本機械学会論文集(C編), 69巻682号(2003-6)