傾斜角αをもつレール上の台車駆動型倒立振子の安定化制御系の設計

船舶海洋システム工学コース

学籍番号:1TE?????? 氏名: **？？？？**

平成30年??月??日

1. はじめに

　　本稿は、傾斜角αをもつレール上の台車駆動型倒立振子の安定化制御系のＬＱ設計を、数式処理ソフトウェアMAXIMAと数値計算ソフトウェアSCILABを用いてどのように行えるかについて検討した結果を述べる。特に、レールを傾けることにより生じる定値外乱の取扱いについて留意した。

1. 制御対象

図１のように、倒立振子を軸支した台車を、傾斜角を持つレール上に載せた状況を考える。このとき、まず運動方程式を導出し、これを平衡状態まわりで線形化し、状態方程式と出力方程式からなる状態空間表現を得る問題を考える。

　以下では、倒立振子となる棒は長さ、質量の一様な剛体で、台車の質量はとする。棒の鉛直線からの傾きを、台車のレールに沿う変位を、台車を駆動する力をとする。また、簡単のため、軸は、棒の端（棒の重心からの位置）に取り付けられ、台車の重心と一致し、駆動力の作用点でもあるとする。

　なお、この制御対象に対して、計測可能な物理変数は、とであるとする。

1. 運動方程式の導出

まず、軸の位置の座標を座標をとすると

となり、台車の運動エネルギーと位置エネルギーは

のように表される。また、棒の重心位置の座標を座標をとすると

となり、棒の運動エネルギーと位置エネルギーは

のように表される。ここで、は重心周りの慣性モーメントを表し

である。

　以上の準備の下で、ラグランジュの運動方程式は、ラグランジアンを

として

のように与えられる。

これらから、制御対象の運動方程式を計算するために、次のMAXIMAのプログラムを作成した（プログラム１参照）。

これを実行すると、**LE1として**、次式を得る。

**？？？？？？（画像ファイル）**

また、**LE2は**次式となる。

**？？？？？？（画像ファイル）**

これらを行列表示して、制御対象の運動方程式として

**？？？？？？**

を得る。

1. 制御対象の状態空間表現の導出

　前節で、制御対象の運動方程式として、次式を得た。

ただし、。

これより、次の非線形状態方程式を得る。

 =

これを次式のように書く。

ここで、は状態、は入力を表わしている。また、は次のようなベクトル値関数である。

　=

 さて、制御対象の平衡状態とこれを実現する平衡入力は、運動方程式において、　「加速度項」とおいた、、すなわち

+*F*

を解いて得られる。これより、平衡状態とこれを実現する平衡入力の一つとして

　、

を得る。このとき、明らかに、次式が満足されている。

=0

この平衡状態と平衡入力まわりで、非線形状態方程式を、一次近似すると

+

ただし、

、

これより、次の線形状態方程式を得る。

すなわち

ただし、 である。

行列と行列を計算するために、次のMAXIMAのプログラムを作成した。

これを実行すると、のとき、行列と行列として、次式が得られた。

**？？？？？？（画像ファイル）**

すなわち

ただし

また、出力方程式は、台車の位置と棒の角度が計測できるので、次式で与えられる。

ここで、