1. 制御対象の特性解析

以下では、物理定数を次のように仮定する。

まず，安定性を調べる。そのために，SCILABの関数specを用いて，行列の固有値を求めると，次のように得られた。

したがって，３つの固有値の実部が負ではなく，漸近安定性の条件（すべての固有値の実部が負）を満足していない。よって，倒立振子は，不安定な制御対象である。

　次に，可制御性の判定を行う。そのために，可制御性行列の階数が，制御対象の次数４に等しいか，すなわち

が成り立つかどうかを調べる。行列の最小特異値を求めると，次のように得られた。

|  |  |
| --- | --- |
| 行列の固有値 | の最小特異値 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

すべての最小特異値は正であるので，倒立振子の可制御性は成り立つ。

　次に，可観測性の判定を行う。そのために，可観測性行列の階数が，制御対象の次数４に等しいか，すなわち

が成り立つかどうかを調べる。行列の最小特異値を求めると，次のように得られた。

|  |  |
| --- | --- |
| 行列の固有値 | の最小特異値 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

すべての最小特異値は正であるので，倒立振子の可観測性は成り立つ。

　以上の計算を，SCILABで行うためのプログラムを，次に示す。

**//cip.sce**

**M=1.???; m=0.??; ell=0.??; g=9.8;**

**alpha=?????????**

**a32=?????????;**

**b3=?????????;**

**a42=?????????;**

**b4=?????????;**

**A=[0 0 1 0;0 0 0 1;0 a32 0 0;0 a42 0 0];**

**B=[0;0;b3;b4];**

**C=eye(2,4);**

**r=spec(A)**

**for i=1:4, min(svd(?????????)), end**

**for i=1:4, min(svd(?????????)), end**

プログラム２　倒立振子の特性解析

1. 状態フィードバックのＬＱ設計

　不安定な倒立振子を安定化するための状態フィードバック

を決定する。そのために安定な閉ループ系

の応答に対して，２次形式評価関数

ただし，

を最小化するものを選ぶことを考える。そのような安定化状態フードバックのゲイン行列は，リッカチ方程式CARE

ただし，

の解を用いて，次のように与えられる。

以上の計算を，SCILABで行うためのプログラムを，次に示す。

**Mr=1; Tr=0.1; Mth=5/180\*%pi;**

**Tth=(1/4)\*(2\*%pi\*sqrt(4/3\*ell/g)); Mu=5;**

**q1=1/Mr; q2=1/Mth; q3=Tr/Mr; q4=Tth/Mth; r1=1/Mu; rho=1;**

**Q=diag([q1^2,q2^2,q3^2,q4^2]); R=rho^2\*r1^2;**

**//**

**function [F,p]=opt(A,B,C,Q,R)**

**???**

**???**

**???**

**???**

**???**

**???**

**endfunction**

**//**

**[F,p]=opt(A,B,eye(4,4),Q,R);**

**function dz=clps1(t,z),dz=(A-B\*F)\*z,endfunction**

**t0=0; t=0:0.01:10; x0=[0;3/180\*%pi;0;0];**

**z=ode(x0,t0,t,clps1);**

**scf(0);**

**subplot(211),plot(t,diag([100 180/%pi])\*C\*z); mtlb\_grid**

**subplot(212),plot(t,-F\*z); mtlb\_grid**

プログラム２（続き）　状態フィードバックのＬＱ設計

**操作入力**

**(平衡入力からの偏差)**

**台車位置**

図２　閉ループ系の応答（ＬＱ－ＳＦ）

**振子傾角**

**観測出力**

９．おわりに

　ここに，何らかの自分なりの考察・感想を述べること。

レポートは，平成30年2月16日（金）までに，[kajiwara.hiroyuki.591@m.kyushu-u.ac.jp](mailto:kajiwara.hiroyuki.591@m.kyushu-u.ac.jp) 宛に送付のこと。その際、ファイル名に　学籍番号を入れること。たとえば

　「計算工学演習第一」　レポート(1) ⇒1TE01234A-1.doc

　「計算工学演習第一」　レポート(2) ⇒1TE01234A-2.doc