

最適レギュレータによるクレーンの制御

2005MM048 仲松 慎弥

指導教員：高見 勲

1 はじめに

本研究では、クレーンのジブによる横の運動と巻き上げによる縦の運動を同時に行い、ペイロードの位置を指定した目標値に追従させ、安定させることを目的とする。その際ジブの運動と巻き上げ運動はお互いに干渉しないとし、モデルの簡略化を図る。その為、実モデルと数値モデルでは誤差が生じる。そこでトラッキング制御を用いて制御器のゲインを上げることによって制御対象のパラメータ変動に対する感度を低減する。その際、極の変動にも気を配りながらゲインの決定を行う。これにより追従性、ロバスト性の両方を満足させる制御器を設計し、システムの安定化を図る。

2 制御対象

本研究ではクレーンのジブプラント(図1)を制御対象とする。この制御対象では、モータに電流を流すことにより、ペイロードの振動を抑えながら移動させペイロードの位置を目標値に追従させる制御を行う。

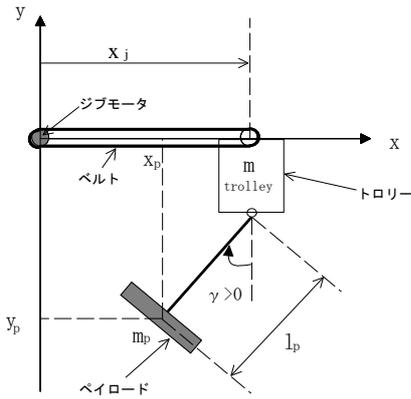


図1 ジブプラント

3 状態空間表現

状態空間表現は以下に示す通りである。状態量を $x(t)$ とし、トロリーの位置を $x_j(t)$ 、速度を $\dot{x}_j(t)$ 、振り子の角速度を $\dot{\gamma}(t)$ 、操作量を $u(t)$ で表す。この時ワイヤの長さを $l_p = 0.8[m]$ とする。

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), y = Cx(t)$$

$$x^T(t) = [x_j(t), \dot{x}_j(t), \dot{\gamma}(t)]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -7.818 & 0 & 0 \\ 0 & -20.41 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 33.69 \\ 39.01 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & -0.8 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4 解析結果

4.1 パラメータの変化

下の表は l_p が変化する事で変動する成分を表したものである。 l_p が 0.8 から 0.3 に変化すると A 行列, B 行列はそれぞれパラメータが三倍, C 行列は三分の一倍となった。

表 1: l_p を変化させた時のパラメータ変化

	$l_p = 0.8$	$l_p = 0.5$	$l_p = 0.3$
A 行列 (4.2) 成分	-20.41	-35.26	-58.76
B 行列 (1.4) 成分	39.01	67.37	112.28
C 行列 (1.2) 成分	-0.8	-0.5	-0.3

4.2 極の移動

下図は $K_{0.8}$ ($l_p = 0.8$ 時のゲイン) にして l_p の長さを 0.8 と 0.5 と 0.3 に変化させ、それぞれの拡大系の極の解析結果である。極の実部がすべて負であることから、 l_p の長さを 0.8 から 0.3 まで動かしても常に安定であると推測できる。また、パラメータが大きく変動したにもかかわらず極の変動はそこまで見られなかったのは、レギュレータによる低感度特性によりパラメータ変動による影響が小さくなってゐるためである。

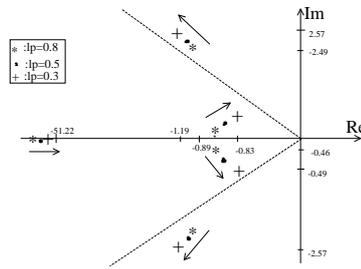


図2 極の移動

4.3 シミュレーション結果

図3はシミュレーションを重ねたグラフである。

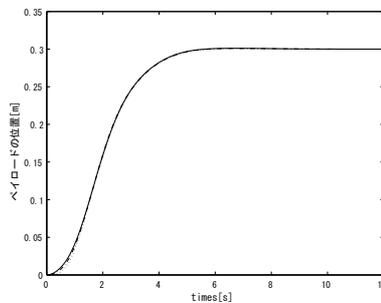


図3 シミュレーション結果

$K_{0.8}$ のまま、 l_p を 0.3, 0.5, 0.8 と変化させてシミュレーションを行った。図3はシミュレーションを重ねたグラ

フである。この時 $Q = I, R = 1$ である。ワイヤの長さを変化させてもシミュレーション結果に大きな変化は無い。

5 実験結果

5.1 l_p 固定

図4と図5はそれぞれ $l_p = 0.8[m], l_p = 0.3[m]$ で実験した時の結果である。 $K_{0.8}$ であるにもかかわらず図4ではオフセットが見られた。

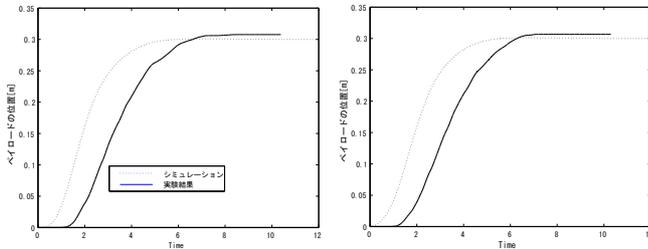


図4 実験結果 $l_p = 0.8[m]$ 図5 実験結果と $l_p = 0.3[m]$

5.2 重みの決定: $q_5 = 1000$

図6は $l_p = 0.8, q_5 = 1000$ で実験を行った時のペイロードの位置のグラフである。オフセットは無くなったがオーバーシュートが発生した。

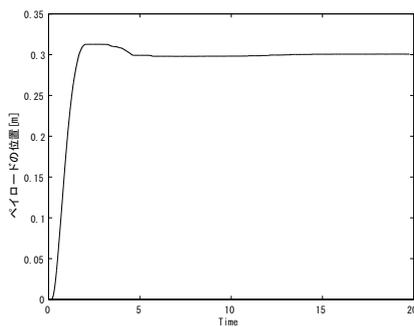


図6 ペイロードの位置

5.3 重みの決定: q_1, q_5 の変化

表2は重みと支配極、図7は実験結果のグラフである。 q_1 を大きくしていくとオーバーシュートは治まった。 $q_1 = q_5 = 100$ にするとオーバーシュートもなく6秒で目標値に追従した。

表2
 $l_p = 0.8$ 時の重みと支配極

(q_1, q_5)	支配極
(10, 1)	-0.32
(10, 100)	-1.02 ± 3.08j
(100, 100)	-0.65 ± 3.22j

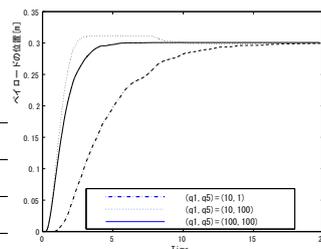


図7 ペイロードの位置

5.4 重みの決定: q_1, q_2, q_5 の変化

図8は実験結果とシミュレーション結果。表3はその時の重みと支配極を表したものである。ペイロードの位置はシミュレーションとほとんど変わる事無い良好な制御ができた。

表3: l_p と重みと支配極を表した表

$l_p [m]$	(q_1, q_2, q_5)	支配極
$l_p = 0.8$	(100, 50, 100)	-0.94

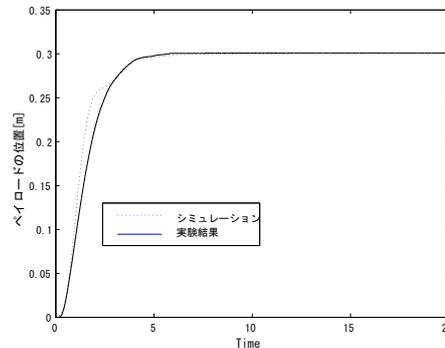


図8 ペイロードの位置

5.5 巻き上げ運動を同時に行った結果

図9は巻き上げ運動とジブの横の運動を同時に行った結果である。6~7秒で目標値に追従した。表3と表4の支配極を比べても大きな変化は見られないので、 $K_{0.8}$ でも良好な制御が出来たと推測できる。

表4: l_p と重みと支配極を表した表

$l_p [m]$	(q_1, q_2, q_5)	支配極
$l_p = 0.3$	(100, 50, 100)	-0.99

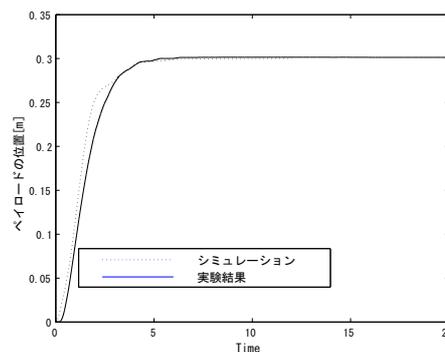


図9 ペイロードの位置

6 おわりに

本研究で得られた成果を以下に示す。

- ・クレーンの巻き上げ運動と、ジブの運動を同時に行い、目標値に追従させることが出来た。
- ・シミュレーションと実験結果を酷似させることが出来た。

参考文献

- [1] 高速信号処理応用技術学会誌, Vol.10 No.2(2007.12)

- [2] 吉川恒夫, 井村順一:「現代制御理論」, 昭晃堂,(1994).
- [3] 杉江 俊治, 藤田 政之:「フィードバック制御入門」,
コロナ社 (1999)
- [4] 鬼頭 亜矢, 光村 奈緒子:状態フィードバックによる倒立振子の制御, 南山大学数理情報学部数理科学科
卒業論文 (2006)