

エネルギー法を利用した振子の振り上げ制御の検討

報告者 機械工学科 15-8 大関文弥

15-11 加賀達也

指導教員

木澤 悟

1. 緒 言

近年、アクチュエータの数が関節の数よりも少なく、非線形システムである劣駆動システムが宇宙ロボットなどに利用されている。本研究では、図1に示す劣駆動システムの一例である回転型倒立振子に対して、力学的エネルギーに着目した様々な振り上げ手法を考え、制御系を設計し、実験を行うことで、エネルギー法の有意性や振り上げに重要な知見を得ることを目的とした。実験では真下状態の振子を制御して真上状態まで振り上げ、真上に近い領域内では制御法を切り替えて安定化させた。そこで図2の様に振子の動作領域を分け、STEP1 ではエネルギー法を利用して振り上げ制御を行い、STEP2 では LQG 理論を利用して安定化制御を行うことにした。



図1 回転型倒立振子システム

2. 研究内容

はじめにシステムをモデル化し、運動方程式を導出した。次にモデルに基づいた力学的エネルギーの式を求め、そのエネルギーが常に増大するような制御入力を算出し、振り上げ制御における DC モータの制御入力とした。本研究では振り上げ制御手法として、1)アームの可動領域を拘束しない方法、2)アームの可動領域を $\pm 90^\circ$ に制限する方法、3)振子の固有振動数でアームを振る方法の3通りを考え、MATLAB/Simulink を使用してブロック線図を設計し、入出力ボード Multi Q-PCI を用いて実験を行った。安定化領域では、システムが線形化可能であるので、運動方程式から状態方程式を導出し、LQG 制御を用いて安定化制御実験を行った。

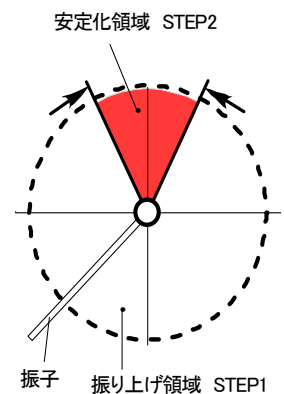


図2 制御領域

3. 実験結果

実験結果として、固有振動数を用いた振り上げ制御の結果を右に示す。エネルギーが時間と共に増大し(図3)、振子が徐々に真上に振り上がっていることが分かる(図4)。しかしながら、単独での安定化制御は可能であったが、振り上げ制御から安定化制御への移行の際に挙動がおかしいため、振り上げ制御から安定化制御へのスムーズな移行が実現できなかった。実験結果より、エネルギー法による振り上げは可能であること、振り上げにはアームと振子の同期性が重要であること、振り上げ制御から安定化制御への遷移において振子角速度の影響が大きいことが分かった。今後は step1 から step2 へのスムーズな制御法の切り換えの改良が必要である。

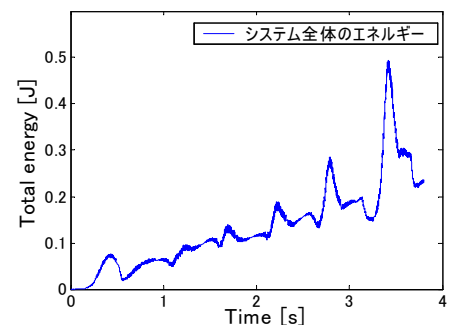


図3 力学的エネルギーの応答

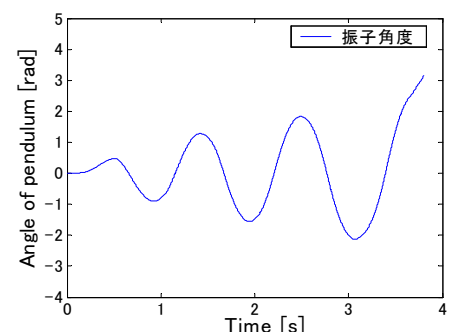


図4 振子角度の応答