

フライホイール型倒立振子の安定化制御

生産システム工学専攻 工藤 駿

1. 緒 言

近年，マニピュレータの姿勢制御の開発において，関節の数よりアクチュエータの数を減らした劣駆動システムが注目されている．本研究では，劣駆動システムの一例であるフライホイール型倒立振子を，鉛直に倒立状態を保持させることを目指した．そして，振子を真上状態に倒立させる制御手法には，最適レギュレータを用い，最適レギュレータにおける重み関数を調整して，安定化制御を試みた．さらに，本研究では，反動トルクの違いによる安定化の性能を比較，検討するために，直径 D の異なる $D=60[\text{mm}]$ と $D=100[\text{mm}]$ の 2 種類のフライホイールを用意し，それぞれの場合について安定化制御実験を行った．

2. 実験装置

実験装置に使用したフライホイール型倒立振子システムを Fig.1 に示す．フライホイール型倒立振子は振子，フライホイールから構成されており，それぞれの角度はロータリーエンコーダで計測される．そして，Multi Q-PCI（カウンタ）を介して PC へと送られ，MATLAB/Simulink および Wincon を用いて制御入力が計算される．出力された制御入力は Multi Q-PCI（D/A コンバータ）で電圧として変換された後，モータアンプで増幅して，モータへ入力電圧として送られる．

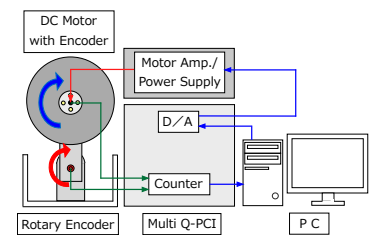


Fig.1 倒立振子システム

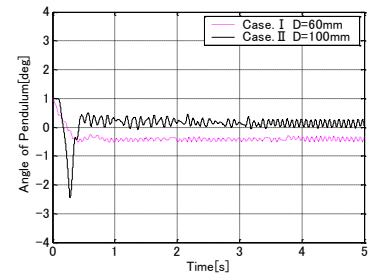


Fig.2 振子角度の応答

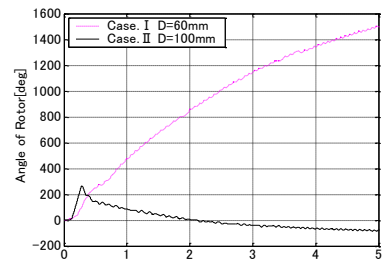


Fig.3 フライホイール角度の応答

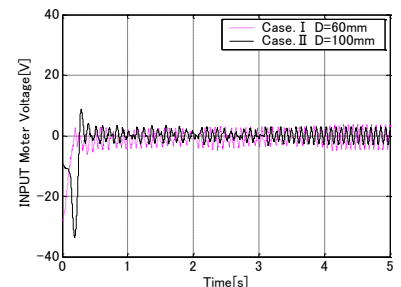


Fig.4 電圧の応答

3. 実験結果

Fig.2～Fig.4 はそれぞれ，各フライホイールの振子角度，フライホイール角度，モータ電圧の応答である．Fig.2 より， $D=100[\text{mm}]$ の方が始動時において振れ幅が大きい， $0[\text{deg}]$ 付近，つまり鉛直状態に漸近している．また，フライホイールの角度も $0[\text{deg}]$ 近傍に収束しており，安定した状態を維持していることがわかる．一方で， $D=60[\text{mm}]$ の方は振子角度が $-0.3[\text{deg}]$ 付近に漸近しており，Fig.3 よりフライホイール角度では，一定の回転速度で回転したまま制御している．しかし， $0[\text{deg}]$ 付近に漸近している $D=100[\text{mm}]$ の方が，精度よく安定化制御が行われていることがわかる．また，Fig.4 の制御電圧より， $D=100[\text{mm}]$ の場合，ロータの直径が大きい分始動時の電圧は大きい，反動トルクが大きい分，倒立後はモータがほぼ停止状態なので， $D=60[\text{mm}]$ よりも電圧が小さいことがわかる．

以上より，コントローラとしての最適レギュレータは，フライホイール型倒立振子の安定化制御に有効であり，フライホイールの直径を大きくすることにより，反動トルクの影響を受け，振子を安定化させやすいことが確認できた．