

1 に示す．入力はステップ入力 0.1[v]，サンプリング時間を 1[ms]，データ数を 20000 点，この条件でシミュレーションを行った．また，外乱入力として τ_f から 2 秒ごとの外乱を入れた．

まず，慣性モーメントの推定値 \hat{J} を 0 とし始め，随時外乱オブザーバの慣性モーメントの推定値 \hat{J} を変化させる．また，粘性摩擦はシミュレーション結果よりある程度の誤差があったとしても推定結果や外乱推定結果に影響がなかったため Table 1 の粘性摩擦の値を固定値とした．運動データの獲得の際に速度に観測ノイズを付加した．

Table 1 シミュレーションの条件

慣性モーメント	$J = 4E-5$	[kgm ²]
粘性摩擦	$B = 2.481E-5$	[Nms]
電機リアクタンス	$L = 6$	[mH]
電機子抵抗	$R = 4.5$	[Ω]
検出抵抗	$R_f = 0.2$	[Ω]
逆起電力定数	$K_e = 0.07162$	[V sec/ rad]
トルク定数	$K_t = 0.07154$	[Nm/ A]
パワーアンプ・電流アンプ	$G_i \cdot K_p = \frac{50}{1+0.01s}$	
観測ノイズ	$\sigma = 1E-6$	[rad/ sec]

シミュレーション結果として，真値と比較した結果推定した慣性モーメントと粘性摩擦の推定値の誤差率は慣性モーメント 20.997[%]，粘性摩擦 0.162[%]である．慣性モーメントの推定誤差は少し大きい．これは観測ノイズの影響と考えられる．しかし，制御自体の影響はない．

Fig.3 から Fig.6 はそれぞれの応答を示している．Fig.3 は外乱オブザーバで外乱を補償していない開ループ時の DC モータの回転速度である．振動していることがわかる．Fig.4 は外乱オブザーバで補償した閉ループ時の DC モータの回転速度である．Fig.3 と Fig.4 を比較すると外乱が除去できていることがわかる．また，Fig.5 はパラメータ推移である．パラメータが徐々に精度を上げていることがわかる．Fig.6 は入力トルクであり，外乱が生じたときに低減していることがわかる．これより，スリップが生じたときにトルクを低減させスリップを抑制していることがわかる．

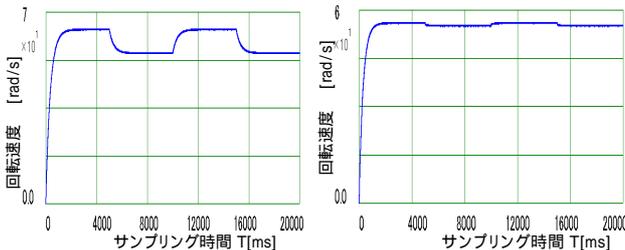


Fig.3 DC モータの回転速度

Fig.4 DC モータの回転速度

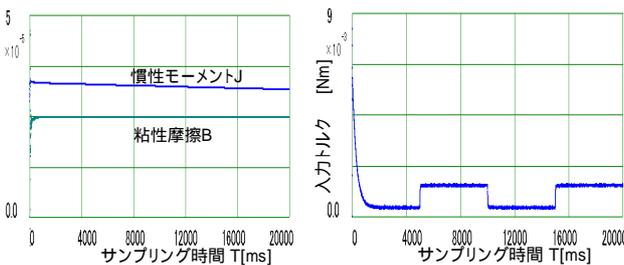


Fig.5 パラメータ推移

Fig.6 入力トルク

7. 実験

本研究では Fig.7 の DC モータ実験セットを使用する．右側がモータ側，左側が負荷側である．スリップをさせるのが困難だったため負荷側の接触の有無で外乱を発生させ，実験を行った．実験では Fig.1 の外乱オブザーバの P^{-1} を固定値とする．また， P^{-1} のそれぞれ慣性モーメントと粘性摩擦は開ループで推定した結果を用いた．入力はステップ入力 0.3[v]，サンプリング時間 1[ms]，データ数 10000 点で行った．

実験結果を Fig.8 から Fig.10 に示す．Fig.8 は開ループ時の DC モータの回転速度である．減速しているところが接触しており，加速しているところが接触していない．Fig.9 は閉ループ時の DC モータの回転速度である．Fig.8 と Fig.9 を比較すると外乱が発生したときでも一定速になっており，外乱が補償されていることがわかる．Fig.10 はパラメータ推移である．この実験では Fig.10 のパラメータは使用していない．この推定値を用いて外乱オブザーバを変化させ逐次的に変化をさせ適応制御する．

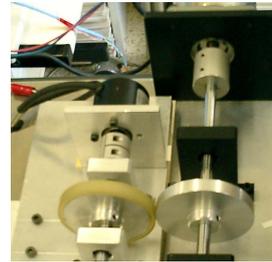


Fig.7 実機

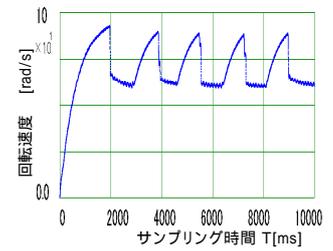


Fig.8 DC モータの回転速度

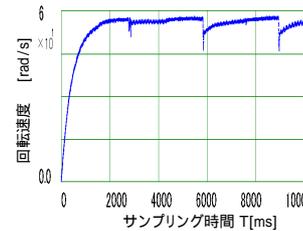


Fig.9 DC モータの回転速度

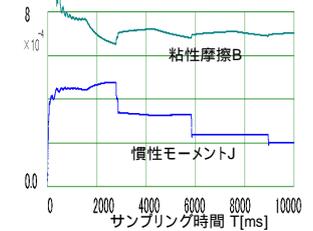


Fig.10 パラメータ推移

8. まとめ

シミュレーション結果では，慣性モーメントの推定精度の向上に外乱の推定精度が大きく影響することが明らかとなった．また，外乱を外乱オブザーバにより除去することができ，慣性モーメントも推定できることがわかった．入力トルクが低減していることからスリップが発生したときに速度が出ないようにしている．外乱オブザーバ補償の実験では外乱推定が良好であり，外乱を除去できている．実機でもシミュレーション同様，慣性モーメントの推定値を用いて外乱オブザーバを逐次的に変化させ適応制御できる．また，負荷側の回転を考慮して行う必要がある．

参考文献

- 1) 鶴岡慶雅，豊田靖，堀洋一：「路面状態推定を用いた電気自動車のトラクションコントロール」，産業計測制御研究会，IIC-97-22(1997)
- 2) 宮本徹也，堀洋一：「外乱オブザーバを用いた電気自動車のスリップ抑制制御」，産業計測制御研究会，IIC-00-9(1997)
- 3) R.Phornsuk, N.Jongkol, M.Anabuki & H. Hirata: Recursive Simultaneous Estimation of a Two-link Direct Drive Manipulator with Great Variation of Payload, IEEE ISICIT, (2001)
- 4) 大須賀：メカニカルシステムの同定，計測と制御，33, 6, 487/493 (1994)
- 5) I.D.Landau: System Identification and Control Design, Prentice Hall, (1990)