

# 等価伝達関数を用いたリライアブル制御に関する研究

研究代表者 大隅 久 研究員

緒言

研究目的

機械を緊急停止させると危険な状況が存在することを鑑み、センサ故障後も安全に動作継続できる制御手法を提案する。



本研究室で提案しているリライアブル制御手法  
**等価伝達関数 Equivalent Transfer Function**

- 設計論が **シンプル**
- 外乱と故障を **分離** して設計可能

故障後は制御系を提案手法に切替えることで応答を改善する

等価伝達関数の一般式

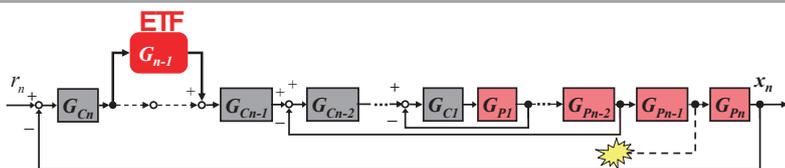


図1 多重ループ系におけるフィードバックループ欠損

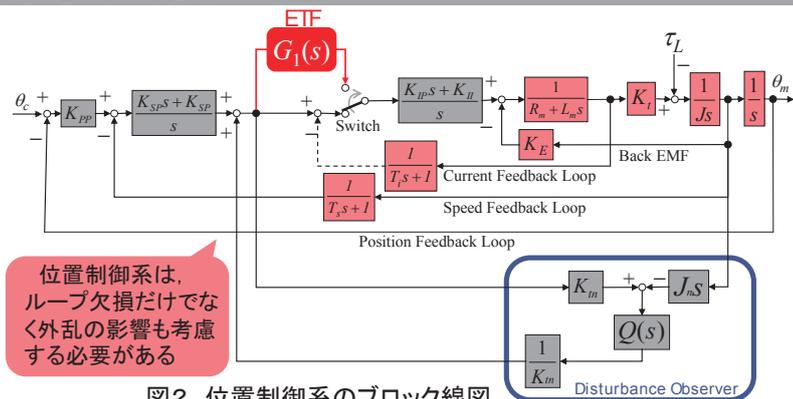
ETF

$$G_{n-1} = \frac{1 + \sum_{i=1}^{n-2} \prod_{j=1}^i G_{Cj} G_{Pj}}{1 + \sum_{i=1}^{n-1} \prod_{j=1}^i G_{Cj} G_{Pj}}$$

適用対象 多重ループ系のフィードバックループ欠損

ETFは欠損前後の全体の伝達関数から導出できる。

位置制御系への適用



位置制御系は、ループ欠損だけでなく外乱の影響も考慮する必要がある

図2 位置制御系のブロック線図

外乱トルクとループ欠損を分離して取り扱う。

- ループ欠損対策 **等価伝達関数(ETF)**
- 外乱トルク対策 **外乱オブザーバ(DOB)**

ETF

一般式から導出する

$$G_1(s) = \frac{1.47 \times 10^{-7} s^2 + 9.80 \times 10^{-5} s + 1.41 \times 10^{-2}}{1.47 \times 10^{-7} s^2 + 3.93 \times 10^{-4} s + 0.211}$$

DOB Filter

スモールゲイン定理により設計する

$$Q(s) = \frac{1}{(0.005s+1)(0.005s+1)}$$

実験結果

DCモータを使用した実験装置によりループ欠損とETFの効果を確認した。

- 位置指令**  
5 [rad] ステップ指令
- 外乱トルク**  
0.5 [Nm] ステップ指令  
0.1 [s] に印加
- ループ欠損**  
0.15 [s] に発生  
欠損は回復しないものとする
- ETFへの切換**  
0.2 [s] に手でETFに切り換える  
(ETFの効果を見るため)

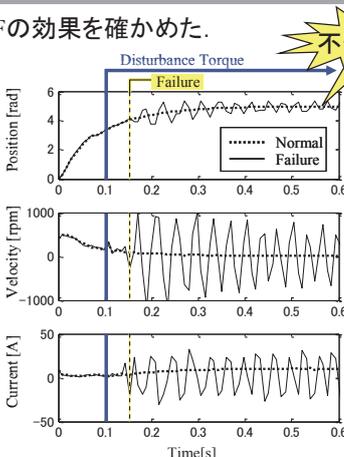


図3 ループ欠損の影響

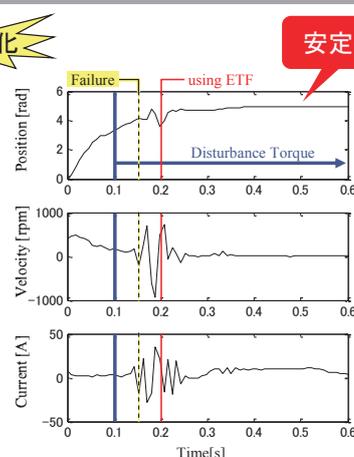


図4 ETFの効果

結言

- 外乱オブザーバだけでは電流フィードバックループ欠損後の応答を安定化できない
- 電流フィードバックループ欠損後にETFを使用すると、応答を安定化できる
- ETFと外乱オブザーバを併用することで、外乱トルクと電流フィードバックループ欠損の両方に対処できる