

エネルギー回生を用いたマスタースレーブ方式遠隔操作の研究

知能機械力学研究室 市原哲也

1. 緒言

現在、一般的な遠隔操作の方法としてマスタースレーブシステムがある。スレーブがマスターと同じ動きをし、かつ、マスターでスレーブの反力を感じられるような力覚を得るためには、従来のシステムでは、大型の外部動力源や各種センサを必要とする。その結果、装置の大型化や重量の増加という問題が発生し、使用環境や用途が制限される。

本研究では、モータの特性によるエネルギー回生を用いたマスタースレーブシステムを提案し、大型の外部動力源や運動や力のセンサを使用することなく、従来のマスタースレーブシステムと同等以上の遠隔操作システムの実現を目的とした実験と検討を行う。

2. システム概要

提案するシステムのモデルを図1に示す。

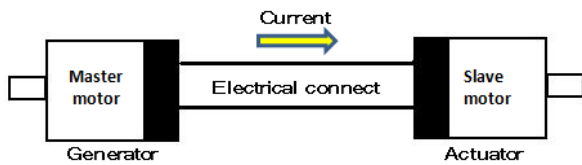


図1. 提案するシステムモデル

図のように提案するシステムは2つのDCモータを1つの電気回路内に設置し、一方のモータをマスター装置、もう一方をスレーブ装置と考える。マスターモータに力学的エネルギーである仕事を加えられると、マスターモータは発電機として働き、仕事を電気エネルギーに変換する。この電気エネルギーを再びスレーブモータが仕事に変換することでアクチュエータとして働き、エネルギー回生を用いた遠隔操作が成立する。

また、2つモータが1つの電気回路内にあることで共通の電流が流れる。モータトルクは電流に比例するので、センサを用いることなく、マスターモータでスレーブモータの反力を感じながらの操作が可能になる利点がある。よって装置の軽量化、小型化が可能となり長時間のリハビリなどに使用できると考えられる。この際、反力伝達が可能なことから、安全性やリハビリ効率の向上が見込める。

しかしながら、2つのモータ間の速度差が生じるという問題が存在する。これは、エネルギー回生の過程で電気的な抵抗によりエネルギーが損失することによって、マスターモータに比べスレーブモータの回転速度が低下することが原因である。

3. 性能改善

前述の課題の解決方法として図2のように、特性の異なるモータを組み合わせ、回路の高速スイッチングを行うことによる速度差の低減を検討した。

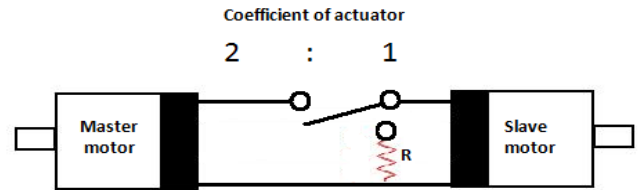


図2. 解決方法のシステムモデル

まず、スレーブモータに対しアクチュエータ係数の大きなマスターモータを使用する。このことは増速機を挿入したことと同様の効果があり、スレーブモータを増速させることが可能となる。さらに、速度差をフィードバックして回路中に設けた通常の経路と短絡によるブレーキ経路の2つをスイッチングすることで図3のように2つのモータの速度差をなくすように制御した。

今回は、マスターモータの回転速度を意図的に下降、上昇、急停止させスレーブモータの追従性を確認した。結果、2つのモータの速度を一致させることが可能であることが確認できた。この回路では2つのモータの電流に差が生じてしまうが、回路を変更すれば電流に差が生じないようにすることも可能である。

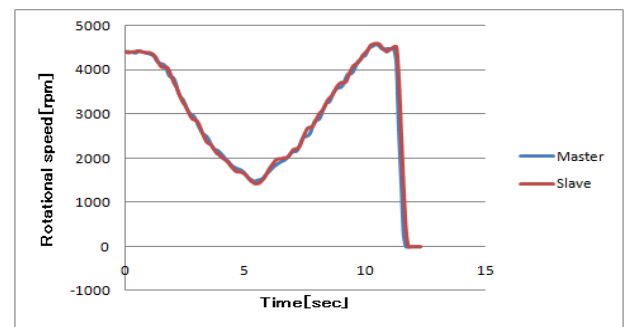


図3. 制御結果

4. 結言

2つのモータを電気回路で結合し、一方を発電機、一方をアクチュエータとして用い、外部電源および力センサを使用しないマスタースレーブシステムを提案した。電気回路内で発生するエネルギーロスにより生じる速度差については、アクチュエータ係数の異なるモータを用いることにより増速し、さらに短絡回路と速度フィードバックを用いれば、力覚については問題が生じるが、速度差については解決できることを実験により確認した。