

1. 緒言

現在、遠隔操作を実現する方式として、マスタースレイブ方式が一般的になっている。これは、何らかの形で繋がれたマスター（操作部）とスレイブ（作業部）が同等の動作をする、反力を感じながら操作可能であるという2つの性能を持つ方式である。従来の遠隔操作システムでは、この2つの性能を実現するために、各種センサや大型の駆動源を用いたフィードバック制御を使用することが多いが、装置が大型になる、重量が増加するといった問題がある。そこで本研究では、この問題解決に、力覚センサや大型の駆動源を用いることなく、モータによるエネルギー回生を利用した遠隔操作システムを提案する。システムは、モータの持つアクチュエータと発電機の両特性を活かし、必要最低限の駆動源で動作できる。また、2つのモータに流れる電流が共通であり、トルクが電流に比例するというモータの基礎特性から、センサ無しでもマスターでスレイブの反力を感じながら操作できるという特徴を持つ。しかし、提案するシステムは、電気系の抵抗等に起因する有効なエネルギーの消散により、マスターとスレイブに速度差が生じてしまうという問題がある。そこで、本研究では、簡易的なマスタースレイブ装置を設計し、2つの性能改善方法を提案し、その有効性の確認を行うことで理想的なシステムの実現を目指す。

2. 実験装置および方法

実際の遠隔操作では操作側への入力の手動だが、今回の実験では操作側と作業側の速度差が判り易いように、操作側モータ(M1)に、入力用として同型のモータ(M3)をカップリングして繋げた。図1に簡略図を示す。

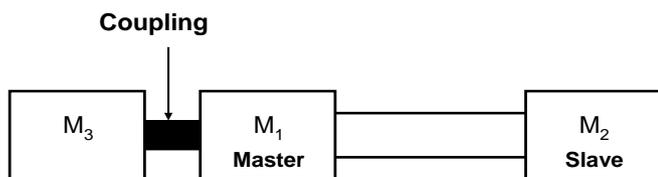


Fig.1 Experimental methodology

ここで、操作部モータ (M1) からの回生電力を増加させ性能を改善する2つの方法として、操作側モータを速度変換機構（ギア）を接続したモータに変更する方法と、アクチュエータ係数（トルク定数、逆起電力定数の総称）の異なるモータに変更する方法を提案する。各場合の回転数の計測、比較を行うことで有効性の確認を行う。なお、操作部モータからの回生電力 e と、逆起電力定数、回転数の関係は式(1)で与えられる。

$$e = A\dot{\theta} \tag{1}$$

(A : 逆起電力定数 $\dot{\theta}$: 回転数)

3. 実験結果および考察

各条件における操作部、作業部モータの回転数を図2に示す。

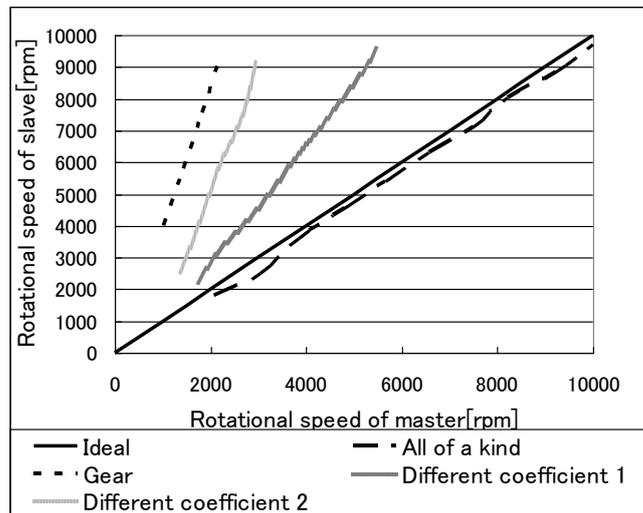


Fig.2 Comparison of the rotational speed

図2の通り、全て同じモータを使用した場合（破線）は、入出力が1:1の理想と比較して、出力で回転数が減少していることが分かる。対して、操作部モータにギア付きのモータを使用した場合、アクチュエータ係数の異なる2種類のモータを使用した場合共に増速の効果を得られていることが分かる。

同時に問題点として、アクチュエータ係数の異なるモータを使用した場合には、作業部モータ(M2)に与えることのできる電圧との兼ね合いから、定格を下回る回転数域での動作を要求されるため、ギア付きのモータと比較して増速の効果が小さくなることが挙げられる。また、ギア付きのモータを使用した場合、機械系の抵抗、負荷の増加に起因する入力部回転数の低下により、機械的な増速の効果を活かしきれないことが大きな問題となる。

実際の遠隔操作システムへの実装を考えた場合、与えられる入力は非常に低速であることが多く考えられる。その場合、係数を変更する方法では十分な回生を行えない可能性が高いため、負荷による効率の低下は考えられるもののギア等速度変換機構を使用する必要があると考えられる。

4. 結言

実験により、速度変換機構を使用する場合、アクチュエータ係数の異なるモータを使用する場合、共に性能改善への効果を確認できたが、問題点も見つかった。実際の遠隔操作システムへの実装を考える場合には、使用する目的、条件に合わせて2つの方法を組み合わせて、効率の低下を最小限に抑えることが重要であると思われる。