

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 張 広偉

本論文は「Displacement Estimation of Electrostatic Film Motors Using Driving Currents (和訳: 駆動電流を利用した静電フィルムモータの変位推定)」と題し、静電フィルムモータにおいて、印加する駆動電圧と計測された駆動電流の関係から移動子の変位を推定する手法について論じている。

静電フィルムモータは、静電モータとしては比較的大きなモータであり、主に数 cm 角のフレキシブルプリント回路基板上に数百マイクロメートル程度のピッチで大量の電極を形成することで製作される。絶縁液中で駆動することにより数 N～数十 N オーダの推力が発生できる。これまでに複数の駆動原理が提案されているが、本論文では同期式の駆動原理を対象とし、その移動子位置を推定する方法を論じている。

これまで、同期式静電フィルムモータの移動子位置を高精度に検出する方法として、モータの回路基板に静電容量エンコーダ用の電極を埋め込む手法や、モータの駆動電圧に高周波数のセンシング電圧を重ねる手法などが提案されており、いずれもモータの電極ピッチよりも細かい分解能での位置検出を実現している。これらの検出手法は、主に高精度の位置決めやサーボ制御への応用が念頭におかれてきた。

一方、近年、静電フィルムモータの応用先として、ヒューマンインタフェースや広告用途などが注目されている。これらの応用では、静電フィルムモータは大気中で駆動されることが多く発生推力も限定的である。また、人や環境からの外乱も多いことから、動作中に移動子が同期状態から外れて脱調するケースも想定される。そのため、こうした用途では、脱調時も含めて移動子の動作を推定できる手法が求められる。高精度な位置決めを狙うものではないことから必要な推定精度は電極ピッチと同程度で良いが、従来提案されてきた手法よりも簡便な構成が必要である。

本論文で提案されている手法は、こうした用途を念頭においたものであり、付加的な装置をほとんど必要としない簡便な構成により、脱調時を含めて移動子の変位量を推定可能とする。具体的には、モータに流れる電流を検出し印加

電圧の情報と合わせて解析することで、移動子の変位量を推定する。静電フィルムモータは、高電圧・低電流駆動であることから、駆動電流を高精度に検出することは難しく、それゆえに実現される変位推定の精度も限定的であるが、電流計測のみの簡便な構成で変位推定を実現できる点に特徴がある。

その内容の詳細が全 8 章の論文にまとめられている。まず第 1 章では、静電フィルムモータの原理や特徴、そして、必要とされる課題が整理されている。第 2 章では、本研究において鍵となる駆動電流の解析が行われている。そして、第 3 章において具体的な推定手法が複数提案され、特に電流検出時に加わるノイズの影響に着目しつつ、シミュレーションを通じて実現可能性が論じられている。その結果は、第 4 章において実際の静電フィルムモータを用いて実験的に検証されている。

第 4 章までの内容は、静電フィルムモータを正弦波電圧で駆動する場合を対象としているが、実際に静電フィルムモータを利用する場合には、より簡便なパルス電圧で駆動される場合も多い。そこで、第 5 章ではパルス電圧で駆動する場合へと議論を発展させ、パルス電圧駆動時の問題点を明らかにするとともに、それに適した変位推定手法を提案している。その提案手法は第 6 章において実験的に検証されている。第 7 章では、より汎用的な手法をめざし、任意の波形の電圧で駆動される場合に適用しうる変位推定方法が論じられている。最後に第 8 章において、これらの議論が結論としてまとめられ、今後の課題が提示されている。

以上の通り、本論文は静電フィルムモータにおける新しい簡便な変位推定手法を提案するものであり、その提案内容は理論と実験の両面から検証され、妥当性も示されている。一連の結果は、静電フィルムモータ技術の発展と実用性の向上に寄与する内容である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。