

# 静電リニアモータのユニット化に関する研究

西嶋隆、飯田佳弘

## Unitization of an Electrostatic Linear Motor System

Takashi Nishijima, Yoshihiro Iida

本研究の対象である静電リニアモータは、マグネットや電磁コイルを必要とせず、軽量・薄型・非磁性といった特徴を有し、制御性にも優れている。したがって、従来の電磁モータでは適用できない用途や、新しい応用分野での利用が期待されるが、汎用的なモータとしての普及には課題がある。その課題として、大出力を生成する場合には電極フィルムを絶縁液に浸して駆動する必要があることや駆動装置に関することが挙げられる。本研究ではこれらの課題に対し、モータの本体ユニットとして、組立てが容易で絶縁液を密封できるモータのケーシングの開発を行い、モータの電源ユニットとして、従来研究の知見を踏まえた小型駆動装置の開発を行う。

### 1. はじめに

本研究で扱う静電リニアモータ<sup>1)</sup> (以降静電モータ) は、マグネットや電磁コイルを必要とせず薄型の電極フィルムで構成できることから、従来の電磁リニアモータと比べて、軽量・薄型などといった、工業的な優位性を有している。静電モータの動力を生成する電極フィルムは一般的な電子機器等で用いられるポリイミドベースのフレキシブルプリント基板の製造技術で大量に生産可能であるといえる。しかしながら現在、静電モータは汎用的なモータとして現用には至っていないのが現状である。

その理由の一つとして、静電モータは大出力を得るために、移動子・固定子を絶縁液に浸した構造にする必要があり、絶縁液を完全に封入可能で出力軸に対して摩擦抵抗の少ないパッケージングが必要であること、もう一つに、静電モータ特有の高電圧で低電流出力の高効率な駆動装置の開発が必要であることが挙げられる。

本研究ではこれらの課題を解決するために、モータ本体と電源それぞれをユニットとして位置付けて開発し、より使い易いモータシステムとすることを試みる。モータの本体ユニットは絶縁液を完全に封入できるケーシングの設計・試作を通して、モータ構造の検討を行う。電源ユニットとしては、従来の駆動装置の開発<sup>2)</sup>で得られてきた知見をもとに、新たな駆動装置ユニットを設計・試作する。

本年度は、静電モータのケーシングについて取り組み、静電モータを組み立てる際の、組み立て易さや積層フィルム間の摩擦低減、絶縁液の密封を考慮した機構の設計・試作について報告する。

### 2. 静電モータの概要

#### 2.1 基本構成

静電モータの基本構成は一对の移動子と固定子で構成し、両方とも電極フィルムである。電極フィルムはベ-

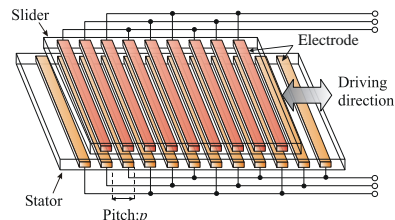


図1 静電モータの基本構成

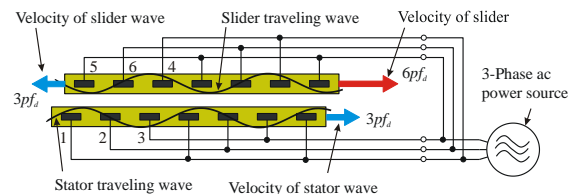


図2 駆動原理

ス素材としてポリイミドを用い、内部には帯状の電極が埋め込まれている。図1に示すように、電極は3相に結線されており、電極ピッチは  $200\mu\text{m}$  や  $160\mu\text{m}$  のものを主に用いている。

駆動には、移動子と固定子のそれぞれに3相の交流電圧を印加して駆動する。モータ推力は印加電圧の2乗に比例し、通常  $1\sim 2\text{kV}_{0-p}$  の駆動電圧を印加する。電極フィルム周辺は強い電界となるため、雰囲気絶縁破壊が起きる。このため、これを防ぐために電極フィルムは絶縁液に浸した状態で駆動する必要がある。また、駆動中のフィルム間の吸引力による摩擦を低減させる目的で、電極フィルム間には直径  $20\mu\text{m}$  のガラスビーズを少量散布する。なお、複数枚の電極フィルムを積層することで推力を増加させることができる。

#### 2.2 駆動原理

本静電モータは数種類の駆動方法が開発されているが、ここでは1周波数法と呼ばれる方法について記す。

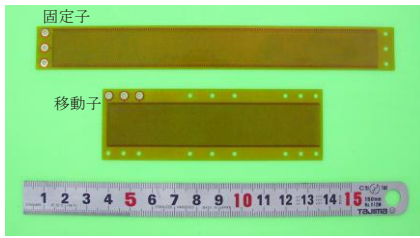


図3 電極フィルム

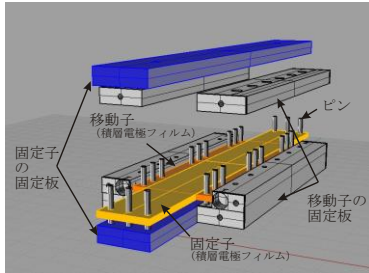


図4 固定子と移動子の構造

1周波数法による、静電モータへの駆動電圧の印加方法を図2に示す。移動子と固定子電極の3相帯状電極に、互いに結線が逆順になるように、3相交流電圧を印加すると移動子と固定子には同図中の太線で示した電位分布の進行波が励起され、互いに逆方向に速度  $3pf$  で進行する。ここで  $p$  は電極ピッチ、 $f$  は印加電圧周波数である。これら2つの電位分布間には空間的な位相差に応じた推力が発生し、同期状態では2つの電位分布の相対速度がゼロとなり、移動子は  $6pf$  の速度で移動する。

### 3. モータの試作

#### 3.1 移動子と固定子の構造

使用した移動子と固定子に用いた電極フィルムを図3に示す。本電極フィルムは従来研究で設計試作したものであり、固定子のサイズは幅 20mm、長さ 160mm、移動子のサイズは幅 32mm、長さ 100mm、厚さは両方とも  $100\mu\text{m}$  である。

図4に移動子と固定子の構造を示す。移動子と固定子の電極フィルムは交互に積層する。移動子と固定子の電極フィルムの端には複数個の直径 2mm の通し穴を設け、ピンを通して積層する。ピンを用いることで、電極フィルムを積層する組立作業が簡単となる利点や、電極フィルム間の積層方向への自由度があるため、電極フィルム同士の摩擦が低減する利点がある。

各電極フィルムへの給電用のランドは図3に示すように、ピンを通す穴周辺に設けてある。各ランド間の給電は  $\phi 0.22\text{mm}$  のエナメル線で結線した。ハンダによる結線は作業性が良くないため、新しく電極フィルムを設計する場合には、電極フィルム固定用の通し穴と給電用のランドは別々に設けて、フィルム間の通電はランド間をネジ締結する等の方法が良いと考えられる。

移動子と固定子のそれぞれの固定板はポリアセタールとし、ケーシングと絶縁した。

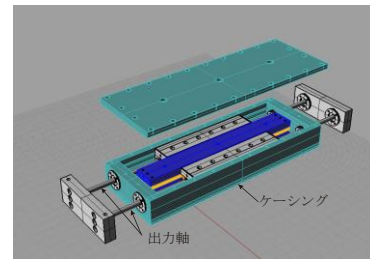


図5 全体図

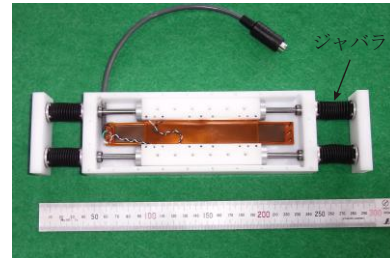


図6 試作したモータユニット

#### 3.2 ケーシング

図5にケーシングに移動子と固定子を組み込んだ様子を示す。固定子の固定板はケーシングにネジ止めし、移動子固定板には出力軸が取り付けられる。移動子の固定板に取り付けられた出力軸はリニアブッシュを介してケーシングの外に取り出す。リニアブッシュからの絶縁液の漏洩を防ぐためにゴム製のジャバラを使用した(図6)。ジャバラは出力軸の動作の妨げになるため、柔軟で耐薬品性の素材とすることが望ましい。給電線は保護ケーブルで外部に出し、電源とはソケットで接続する方式とした。

### 4. まとめ

本年度は、静電リニアモータの構造に関して、モータの組立て易さと電極フィルム間の摩擦低減を考慮した移動子・固定子と絶縁液を封入するケーシングを設計・試作した。今後は試作した静電リニアモータの動作確認を行い、駆動装置の設計・開発を行う。

#### 【参考文献】

- 1) 新野ら, 交流駆動両電極形静電モータ, 日本ロボット学会誌, Vol.15, No.1, pp97-102, 1997
- 2) 静電気を応用したセンサ・アクチュエータに関する研究, 岐阜県機械材料研究所研究報告, No.1, pp45-48, 2008

#### Abstract

A new electrostatic linear motor unit has been drafted and fabricated experimentally. The motor unit was designed with consideration of easy assembling. Outer casing of the motor unit can encapsulate insulation liquid that is necessary to avoid dielectric breakdown of the atmosphere.