

## 平面型リニアパルスモータの位置決め制御システム

### A Positioning System of Dual-Axis Linear Motor

新宮博康<sup>†</sup> 張 金望<sup>††</sup> 野平重光<sup>†††</sup> 内田悦行<sup>††††</sup> 鷺見哲雄<sup>†</sup>  
Hiroyasu SHINGU JingWang ZHANG Shigemitsu NOHIRA Yoshiyuki UCHIDA Tetsuo SUMI

**Abstract** Fundamental positioning characteristics of a dual-axis Sawyer linear motor are described. The Sawyer motor is capable of high positional accuracy. An electronic control unit of the motor whose velocity is proportional to the excitation frequency is produced in our laboratory. The positioning system is constructed using two Sawyer motors, an air bearings suspension unit and an electronic control unit. The stable motion of the motor is confirmed on the open loop operation. The adjustable operating conditions are the live load is 1Kg, the maximum acceleration is 1.2G, the maximum velocity is 350mm/s. The travel time of the motor is 180ms for distance at 50mm. Absolute positional accuracy is improved within  $\pm 5\mu\text{m}$ , on microstep operating conditions of dividing for  $508\mu\text{m}$  of 1 pitch into 508 steps. The following two conclusions are obtained. An accelerating-slewing-decelerating control is effective for reduction in the travel time required. Also, microstep operation is effective for improving the resolution of position.

#### 1. はじめに

半導体検査装置や工作機械等の精密位置決め装置に対して速度、精度の向上が求められている。しかし従来用いられてきた回転機では、回転運動を直線運動に変換するため、高速化、信頼性に問題があった。リニアパルスモータ(LPM)を位置決め装置の駆動源として用いた場合、複雑な動力変換機構が不要なため、速度特性や信頼性にすぐれ、また変位誤差が蓄積しない等の利点がある。その反面、支持機構に難点があり、起動停止時に脱調しやすく、また分解能を上げるために精密な加工技術を要する。本論文では、試作した電子制御システムを用いて平

面2軸永久磁石型LPMを駆動し、高速位置決めにおいては加減速制御が、また精密位置決めにおいてはマイクロステップ駆動が有効であることを示す。<sup>1~3)</sup>

#### 2. 基本原理とLPMの構造

##### 2.1 基本原理

LPMは電磁力で1ステップずつ直線移動するモータである。実験に用いたソーヤ原理に基づく永久磁石型LPMの原理図を図1に示す。磁気回路が永久磁石と電磁石と磁性材料で構成されており、その特徴は比較的少ない励磁駆動電流で強い推力が発生することである。電磁石の4つの極は固定子の歯に対して各々1/4ピッチずつずれた配置になっている。AB2相の励磁駆動コイルに順次正負の駆動パルス電流を流すことにより1/4ピッチずつ小刻みに可動子が移動する。

<sup>†</sup> 電気工学科

<sup>††</sup> 東南大学 電気工程系 (中国、南京市)

<sup>†††</sup> 大学院 電気工学専攻

<sup>††††</sup> 情報通信工学科

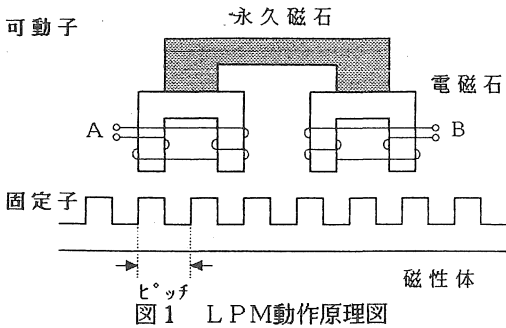


図1 LPM動作原理図

### 2.2 LPMの構造

実験に用いたLPMの可動子ならびに固定子の構造を図2に示す。精密な加工技術を要する可動子、固定子の本体は Xynetics 社製である。このLPMは、1極当たり8本の歯があり、細かいピッチで大きい推力が期待され、加工精度が低減される、ハイブリッド構造である。ソーヤ原理に基づき、XY2軸平面移動が可能である。そのため可動子にはX軸用、Y軸用の駆動ユニットが直角に配置されている。固定子もそれに対応して歯が平面配置されている。

支持機構にはエアベアリングを採用しているため、可動子と固定子の接触面は樹脂で固め、滑らかに研磨してある。フレキシブルチューブを介して送られてくる圧搾空気は可動子に設けた小穴より噴出され、可動子は磁気吸引力とつりあい、圧力 5.5[ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ] に対して約 10[ $\mu\text{m}$ ] 浮いた状態になる。

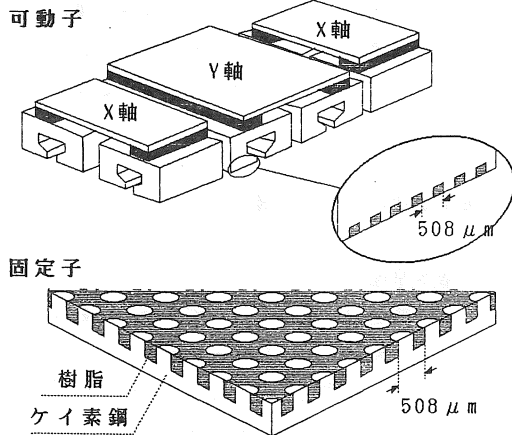


図2 LPMの構造

### 3. 電子制御システム

設計条件を次のように設定した。X軸とY軸を独立に制御する。加減速制御では駆動電流の周波数を

変える。マイクロステップ駆動では駆動電流を分割する。AB2相の駆動電流には90°の位相差を設ける。さらに、キーボードから位置決め情報を入力する。マイクロコンピュータで最適制御プログラムを計算する。これらをもとに試作した電子制御システムを図3に示す。

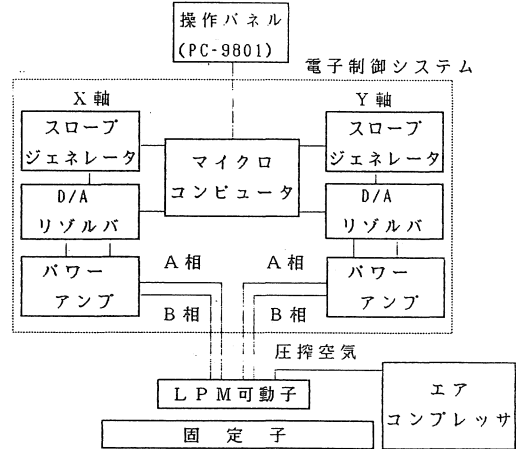


図3 LPM電子制御システム

### 4. 制御方法

#### 4.1 マイクロステップ駆動

AB2相の1周期分の駆動電流波形を図4に示す。実験に用いたLPMの歯のピッチは508[ $\mu\text{m}$ ]であるので、1/4ピッチ駆動の分解能は127[ $\mu\text{m}$ ]である。マイクロステップ駆動では、電流波形の1周期分1ピッチを細分割して各相に流す。1ピッチを508分割するマイクロステップ駆動では、分解能が1[ $\mu\text{m}$ ]に向上する。

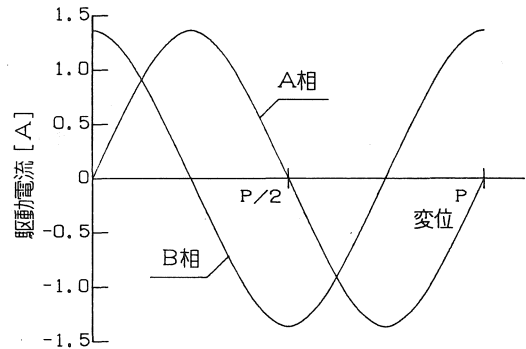


図4 マイクロステップ駆動電流波形

#### 4.2 加減速制御

開ループ制御のLPMは、起動、停止時に脱調現象を起こしやすい。この原因は、可動子の慣性力が

直接駆動部分にかかるためである。実験では、起動、停止時の駆動電流周波数をスロープジェネレータで徐々に変化させる加減速制御方式を採用することにより、この現象を防いでいる。加減速制御時の駆動電流波形と台形速度特性の一例を図5に示す。

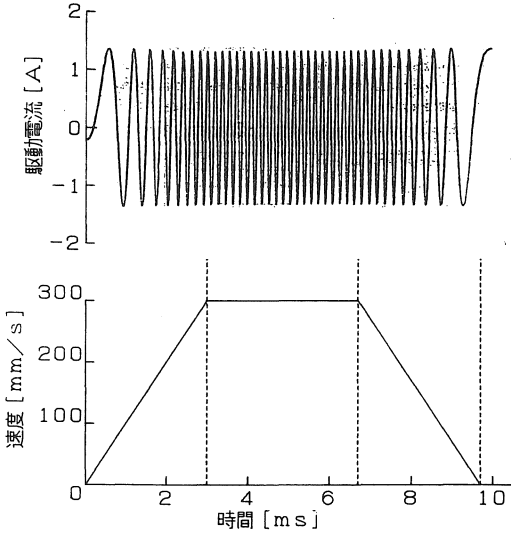


図5 加減速駆動電流波形ならびに台形速度特性

## 5. 実験結果と検討

### 5.1 負荷特性

LPMの積載荷重-自起動加速度特性を図6に示す。特性曲線より下の領域では可動子が正常に駆動し、上の領域では可動子が脱調現象を起こす。最大速度 350[mm/s]として加減速制御による可動子の変位-時間特性を図7に示す。パラメータは積載荷重である。

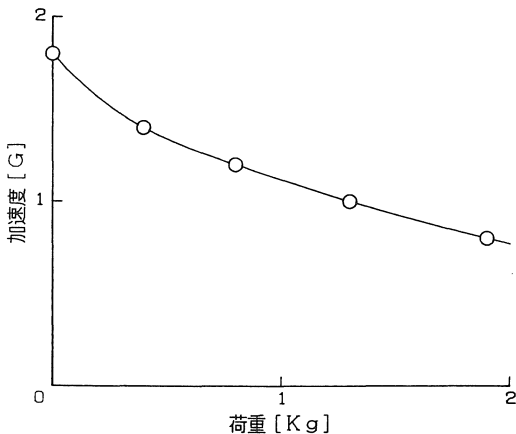


図6 積載荷重-自起動加速度特性

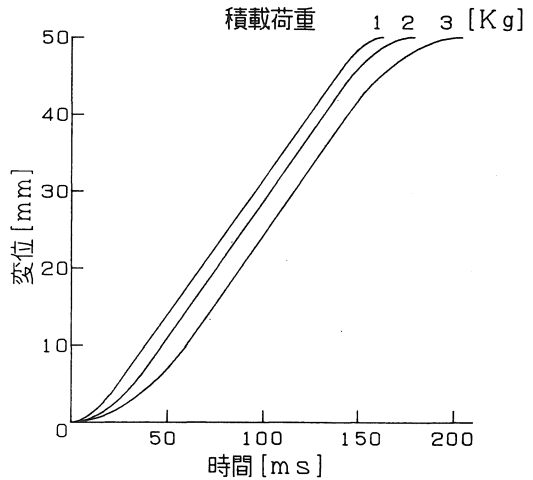


図7 変位-時間特性

### 5.2 位置決め誤差特性

位置決め誤差の測定には分解能0.2[ $\mu\text{m}$ ]のフィゾー型レーザ干渉変位計<sup>4)</sup>を用いた。分解能1[ $\mu\text{m}$ ]のマイクロステップ駆動により精密位置決めを行った実験結果の一例を図8に示す。Y軸方向に10ステップずつ 1.0[mm]を 3回駆動させた際の誤差を縦軸に示す。実験結果には約 $\pm 0.5$ [ $\mu\text{m}$ ]の繰り返し誤差、約 $\pm 5$ [ $\mu\text{m}$ ]の位置決め誤差がある。しかし、マイクロステップ駆動が有用であることが確認できる。誤差は1ピッチ周期の位置決め点の変動誤差である。駆動電流配分値の最適化により、精度の向上が図られるものと考えている。

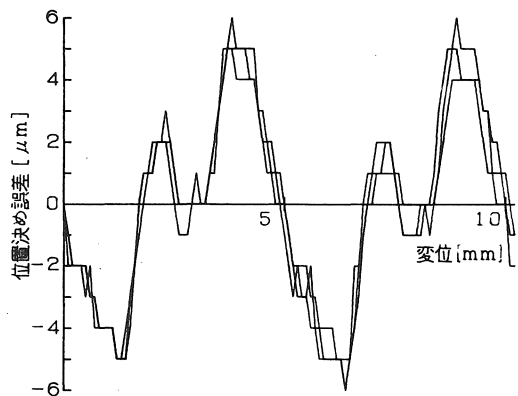


図8 位置決め誤差特性

## 6. まとめ

試作した電子制御システムを用いて平面2軸永久磁石型リニアパルスモータの基本駆動特性を測定し

た。加減速制御が高速位置決め、またマイクロステップ駆動が分解能の向上に有効であるという結論を得た。

#### 参考文献

- 1) 野平、張、新宮、鷺見、内田：リニアパルスモータの高速制御、平成3年電気学会全国大会講演論文集、7-111、1991
- 2) 張、新宮、鷺見、野平、内田：平面型リニアパルスモータの位置決め制御、平成3年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集、647、1991
- 3) 野平、内田、新宮、鷺見、張：リニアパルスモータを用いた高速位置決め制御、電気学会リニアドライブ研究会資料、NO.LD92-16、1-5、1992
- 4) 清家、高田、野平、内田、三宅、飯田、吉田：フィゾー型レーザ干渉変位計の開発、1992年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、NO.K07、1992

(受理 平成4年3月20日)