

PM 形ステップモータを利用した教示再生ロボット

Application of PM Step Motors to Play-Back Robots

樋 口 俊 郎*

Toshiro HIGUCHI

1. は じ め に

一般にわが国でハイブリッド形と呼ばれる形式のステップモータは永久磁石形 (Permanent Magnet を略して PM 形と称す) ステップモータの一種である。この形式のモータは元来 2 相交流同期モータとして開発されたものであることから分かるように、位相差が 90° の 2 相正弦波形成電流で駆動することによって滑らかな回転が得られるとともに、任意の位置での位置決めを開ループ制御で行えるという特徴がある。筆者は、これに注目して、記憶媒体として磁気テープを用い、教示したとおりの回転運動を忠実に再現することのできるステップモータの駆動方式を開発した¹⁾。この再生駆動方式を小型ロボットの各自由度の運動制御に利用することによって、人の手で直接に動かすことによって教示した動作を、連続的に忠実に再現する方式の教示再生ロボットを安価に構成することが可能となる考えられる。本報告では、これを検証するために行った 2 自由度の腕形ロボットの試作について述べる。

2. PM 形ステップモータの再生駆動方式

PM 形ステップモータには、図 1 に示す 2 相同期モータと同様のモデルが適用できる。モータに生じるトルク T は、厳密に論じるときには考慮する必要がある若干の高調波成分を無視すると、次式で表わせる。

$$T = -KI_1 \sin N\theta + KI_2 \cos N\theta \quad (1)$$

ただし、 K : トルク定数、 I_i : i 相の電流、 N : ロータの歯数、 θ : ロータの回転角変位。

今、モータに $I_1 = I \cos \alpha$ 、 $I_2 = I \sin \alpha$ の関係を満たす相電流が与えられると、モータのトルクは (1) 式から

$$T = KI \sin(\alpha - N\theta) \quad (2)$$

となる。(2) 式は、入力電流の位相 α にロータの位置 (電気角で表示) $N\theta$ が追従するようにモータにトルクが生じることを意味している。

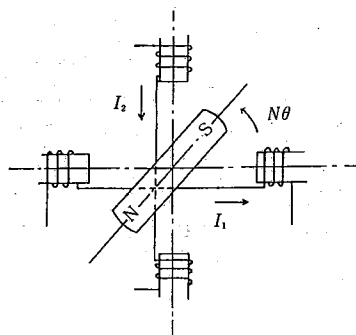


図1 PM 形ステップモータのモデル
($N=1$ の場合を示す)

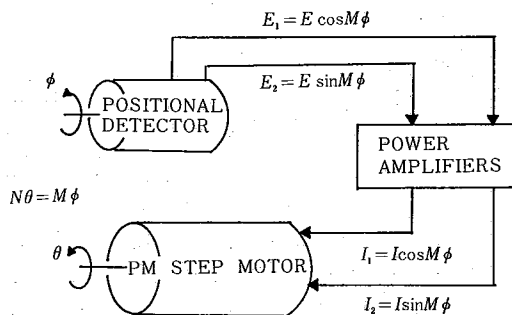


図2 回転角の伝達を行うサーボ系

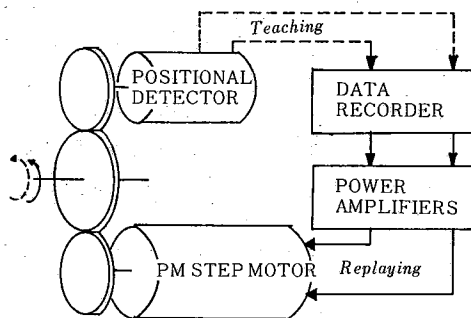


図3 再生駆動方式の説明図

* 東京大学生産技術研究所 第2部

そこで、角変位 ϕ に対して 2 相正弦波出力 $E_1 = E \cos M\phi$, $E_2 = E \sin M\phi$ が得られる位置検出器を用い、図 2 に示すように、その出力を電力増幅器を介してモータの各相に供給すると、ステップモータのロータ軸が、 $\theta = (M/N)\phi$ の関係を満たすように位置検出器の回転軸に追従して回転する開ループの位置伝達サーボ系を構成できる。再生駆動方式はこのサーボ系に記憶機能を組み込んだものである。つまり、図 3 に示すように、たとえば磁気テープレコーダに位置検出器の出力を記録し、この再生信号によってモータを駆動し、教示された回転を連続的にステップモータで再現しようとするものである。1 個のモータの駆動に対して、レコーダの 2 チャンネル分を必要とするが、多チャンネルのデータレコーダを用いることによって容易に、複数個のステップモータを同時に教示・再生することが可能である。

3. 教示再生ロボットの試作

産業用ロボットへの PM 形ステップモータの再生駆動方式の適用例として、複数個のモータの同期動作を調

べるために最低限必要な 2 個のモータからなる腕形ロボットの試作を行った。図 4 にその概略図を示し、図 5 にその本体の写真を示す。ほぼ人の腕の大きさとし、これは塗装作業等の人の腕が行う種々の作業を

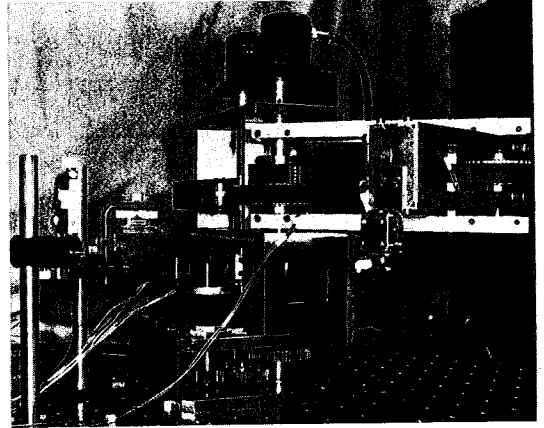


図 5 試作したロボットの写真

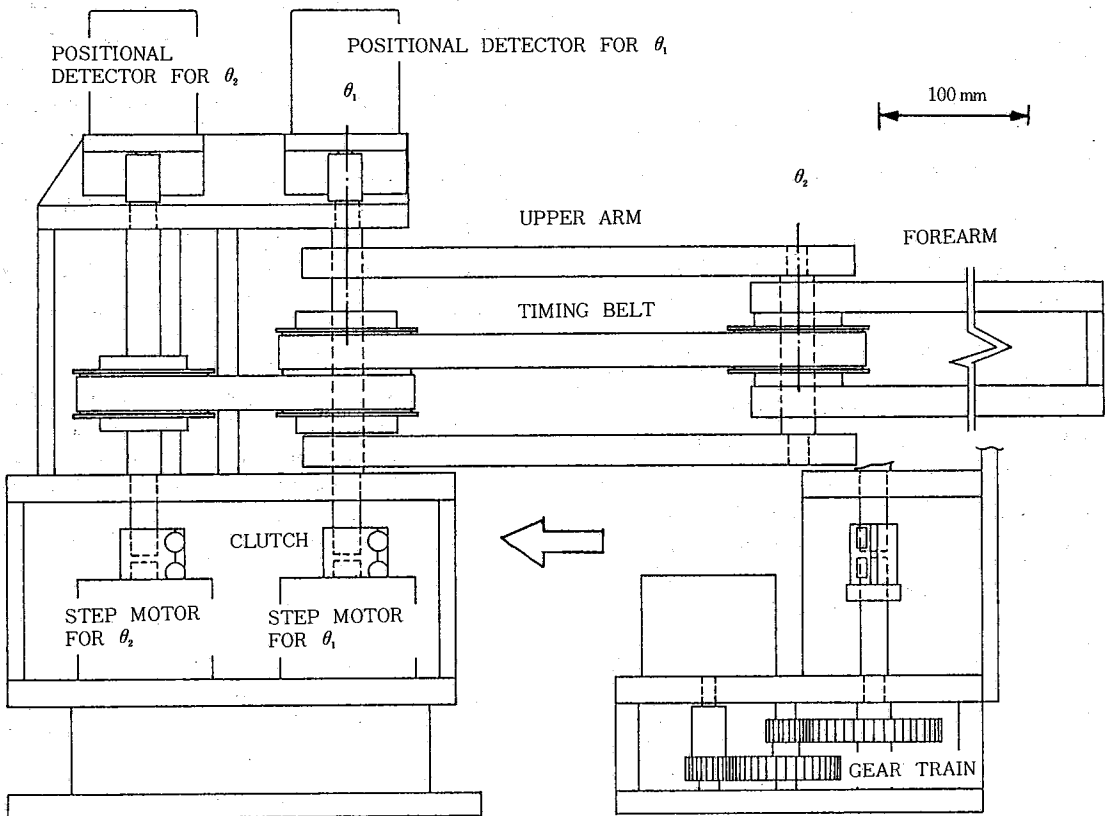


図 4 試作したロボットの概略図

研 究 速 報

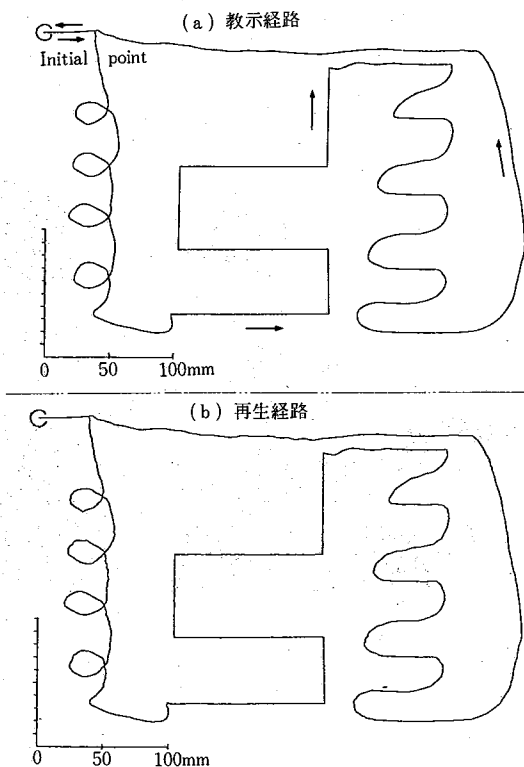


図 6 教示と再生のロボット先端の経路

代行させ実用化のための実験を行えることをも試作の目的としたためである。

ステップモータとしてはロータ歯数 50 のもの(日本サーボ KP8M2)を用い、位置検出器としては 1 回転について 500 周期の 2 相正弦波出力の回転形マグネスケール(ソニー MSE-500)を用いた。

腕は 2 個の関節を有しており、このうち θ_2 軸はタイミングベルトによって伝達される機構にすることによって θ_1 軸についての慣性負荷を軽減している。動作の教示は人の手等で直接ロボットを動かすことによってなされるが、このときに、腕形ロボットを楽に動かすことできるように各主軸とモータ軸とが継手の解放によって切り

離される。教示時のマグネスケールの検出信号はデータレコーダに記録される。再生時には、データレコーダの再生出力を電力増幅し各ステップモータの励磁用巻線に供給し、モータを駆動する。ステップモータの回転は歯車列で減速され、継手を介して θ_1 軸、 θ_2 軸に伝達される。歯車列の減速比は θ_1 軸、 θ_2 軸とも 1/10 である。この減速比は使用したステップモータの出力トルク特性および M と N の値 ($M=500, N=50$) の関係から決定した。

教示時と再生時のロボットの経路を記録し、これらと比較するために、腕の先端に計測器用フェルトペンを取り付け、線図を描かせた。図 6 にその 1 例を示す。腕の位置および運動の速さによって再生時に多少のゆらぎを伴っている個所がみられるが、かなり忠実に教示動作を再現していると言える。

本方式によると、ステップモータを使用するときに問題となる低速時の振動現象を生じず、極めて滑らかな運動を得られることを確認できた。

5. あとがき

PM 形ステップモータの再生駆動方式を利用することによって、複雑な動作経路の教示を容易に行え、これを忠実に再現する教示再生ロボットを構成することができることを試作機によって示した。

現在、試作したロボットの定量的な性能の評価を進めており、また、記憶媒体として半導体メモリを使用する方法の開発を進めている。

なお、本研究は一部、文部省科学研究費奨励研究 A (575140) によって行ったものである。

おわりに、実験に際し助力を得た、田中寿一君に謝意を表す。

(1982 年 3 月 15 日受理)

参 考 文 献

- 1) T. Higuchi, Y. Oshima and Y. Fujitani: Application of PM Step Motors for Play-Back Acting Tools, Proceedings of ninth Annual Symposium on Incremental Motion Control Systems and Devices, 1980, pp. 243-248