

# 光磁気ディスクドライブのデジタルサーボ

Digital Servo for Magneto-Optical (MO) Disk Drive

渡 辺 満\*

Watanabe, Mitsuru

Magneto Optical drive is becoming more and more popular as removable mass storage device. One of the keypoints for the market explosion is thought as the reduction of cost.

The digital servo technique is introduced, in order to achieve lower cost under various specification, with the merit of higher integration and flexibility of the system. Higher stability of seek, lower power-dissipation are the obvious results of digital servo system. Also, the adaptability for higher density, or higher storage capacity media in the near future is confirmed.

## 1 はじめに

光磁気ディスクドライブは、高密度、高容量のリムーバブルメディアとして広く利用されてきている。容量も128 MB から 230 MB へと高密度化が進められてきている。従来ハードディスクに比較し、転送レートおよびアクセス速度の点で劣っていたが、ディスクの回転数の高速化、ダイレクトアクセス等により改善がはかられてきている。

また、ハードディスクに比較し制御しなければならないアクチュエータ数が多く制御回路が複雑になる傾向にあった。

本レポートでは制御系を全てデジタルで構成することにより回路系をシンプルで汎用性の高いものにし安定した高速アクセスを可能とした結果を報告する。

## 2 サーボ系

今回採用した光ヘッドは固定光学系（レーザー＋光信号検出系）と移動光学系から成る分離光学系構造を採った。分離光学系は、可動部を小型軽量化できるため高速アクセスに適している。

制御するアクチュエータは3個から構成される。安定したフォーカスをかけ続けるためのフォーカスアクチュエータ（FA）、ディスクの偏芯に対物レンズを追従するためのトラックアクチュエータ（TA）、移動光学系を駆動するためのキャリッジアクチュエータ（CA）である。FA および TA は板バネねにより保持されたボイスコイルタイプとし、CA は6個のベアリングによりラジアル方向に可動としたリニアタイプのアクチュエータとした。

また、対物レンズとキャリッジの相対位置関係を検出するためのセンサーにより、ポジションエラー信号（PE）を得ている。

FA、TA、CA は、それぞれフォーカスエラー（FE）、トラックエラー（TE）、PE を位相補償したサーボ信号により駆動されている。

サーボ系全体の構成を Fig. 1 に示す。

\* オプト事業部 オプト開発グループ

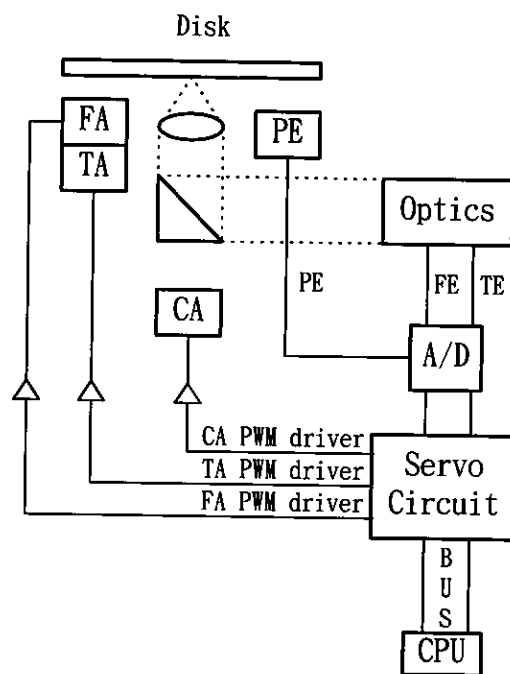


Fig. 1 Servo system block diagram

## 3 シーク系

### 3.1 シーク系の構成

シーク動作は対物レンズをラジアル方向に速やかに目標値まで移動する行為である。

今回のダイレクトアクセス方法は目標トラックの数本前まではTEの間隔から得られた速度信号を基に速度制御を行い、そこからはTE信号とサーボサム信号（SS：TE信号と1/4周期ずれた信号）により位置制御を行う方式とし、高速で安定なシークを行うことを可能とした。

ちなみに、TE信号はシーク中に光スポットがディスク溝を横切ることにより正弦波状の波形として得られる。また、速度はTE信号の周期から計算される。

### 3.2 速度制御系

速度制御系のブロック図を Fig.2 に示す。Kf はアクチュエータ感度、Kd はドライバー定数である。速度プロファイルは、位置  $x$  と速度  $v$  の関係式として次のようになる。

$$x = B (Kf, Kd) + B (Kf, Kd) \{ \ln(1 - v/A(Kf, Kd, m)) + (1 - v/A(Kf, Kd, m)) \}$$

今回アクチュエータを駆動するドライバーは 100 KHz 駆動の PWM タイプとすることにより消費電力を抑えている。シーク時の最高速度では TE 信号の最高周波数が、400 KHz 弱にまでに達するため光ビームがトラックを横切る度に出力される TE 毎に PWM の出力を更新する事は出来ないため PWM 出力の直前の速度データのみを速度制御に使用した。

1/3 シークのシミュレーション結果を Fig.3 に示した。横軸はトラック本数、縦軸が速度で目標速度に追従する様子をシミュレーションした。同時にドライブ信号も示してある。ドライブ信号がクリップしているのは、リミッターによりカットされているためである。

このリミッターは、上下（加速、減速）ごとに設定することを可能とした。

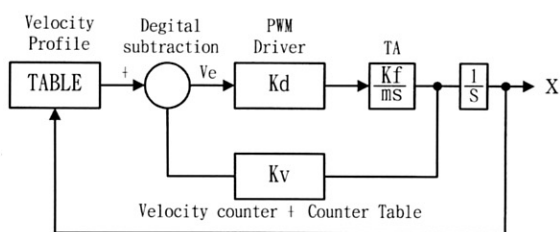


Fig.2 Velocity servo block diagram

アクチュエータの感度は、最大約 50 ( $m/s^2$ ) である。演算のクロック周波数は 10 MHz とした。テーブルは 8 bit ROM で構成した。

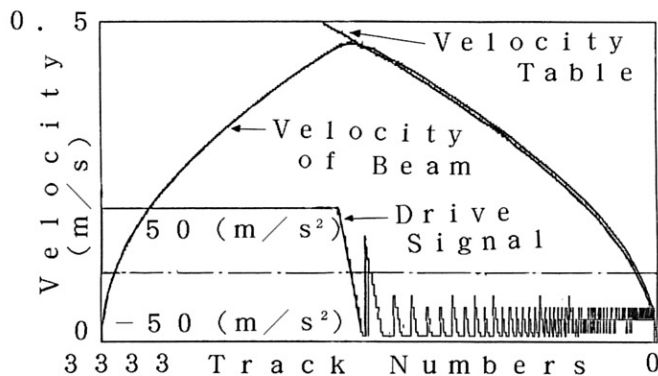


Fig.3 Simulation Result of Velocity Servo

### 3.3 位置制御系

速度検出がトラック間の速度を検出しているため引き込み直前の速度が遅い領域ではデータが更新されず制御が難しくなるため、目標トラック 1 本前からは、速度制御から位置制御に切り換えている。

速度制御から位置制御への切り換えにより、TE（含む SS）信号処理が連続となるため、偏芯や他の誤差要因を除く事が出来る。

Fig.5 は、この引き込みモード位置制御の概念であり、トラックを 1 本ジャンプしたときの TE を示す。TE を A/D によりデジタルとして読み込むのみでは、絶対位置は判別できないが（点 A と点 B は、区別できない）、半周期ずれた SS 信号を用いる事により絶対値を検出する事が出来る。（Fig.4）

目標トラック 1 本前からは TE と SS より絶対位置を検出しながら位置制御を行う。実際には目標トラックでの速度が 0 になるように時間軸上で目標位置を設定し、その設定位置に追従するようにサーボをかけている。

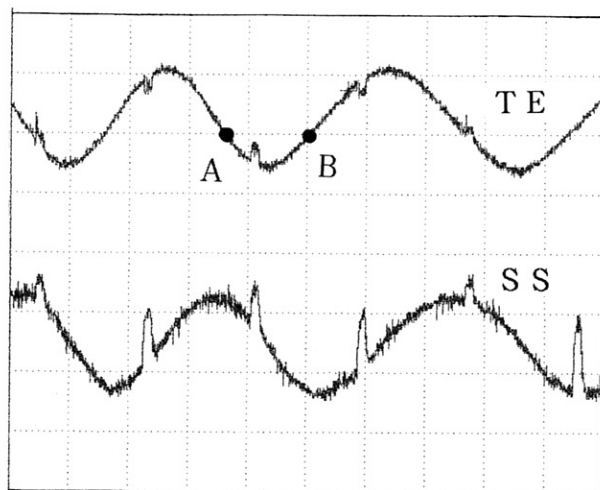


Fig.4 TE and SS

今回の方法による位置制御を、1 トラックを例にし、フォワードパルス・バックパルス（FP-BP）とのシミュレーション比較で示す。突入速度が 0 の場合は今回の手法（Fig.5(a)）、FP-BP（Fig.5(b)）ともに安定にトラックに引き込めている事が解る。

突入速度が 10 mm/s の場合のシミュレーション結果によると FP-BP では引き込み不安定になるが、本手法では安定に目標トラックに引き込まれていることがわかる。（Fig.6）

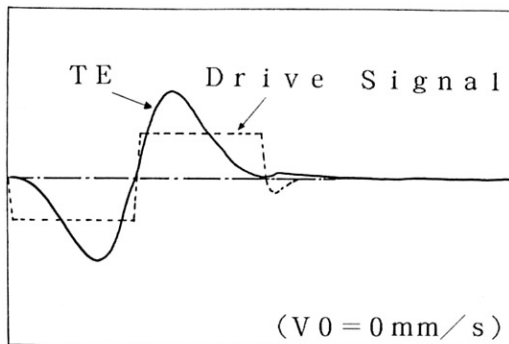


Fig. 5(a) Track Jump of FB - BP

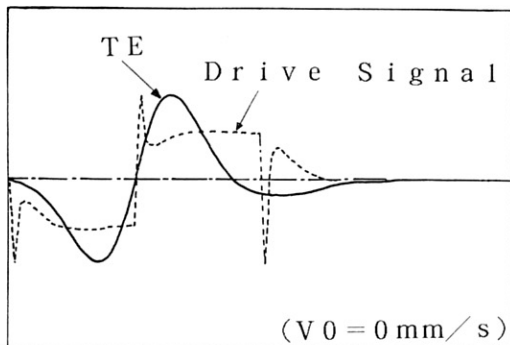


Fig. 5(b) Track Jump of this Method

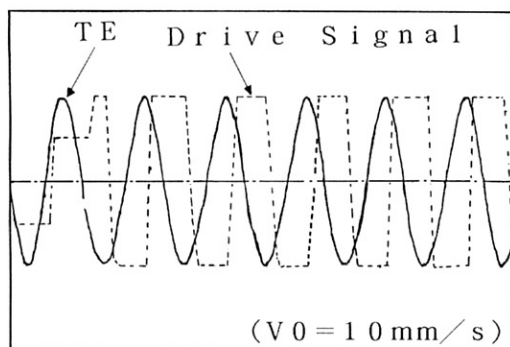


Fig. 6(a) Track Jump of FB - BP

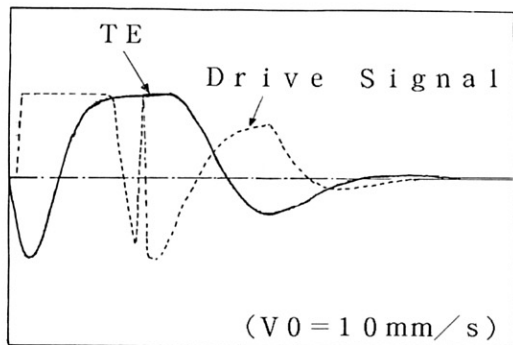


Fig. 6(b) Track Jump of this Method

ここでは1トラックでのシミュレーションデータを示したが、ロングシークでも同様の安定性向上が図られている。このように速度制御と位置制御を組み合わせることにより偏芯などの外乱に強いシーク系を構成する事がシミュレーションにより確認された。

#### 4 結果

Fig. 7に今回のデジタルシーク回路による1/3シーク時のTEとTAのドライブ電流を示す。

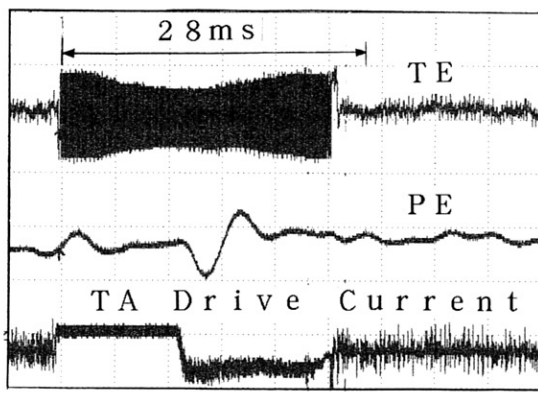


Fig. 7 Track Signal on Seek

結果として、28 ms以内で安定な1/3シークを実現できた。

また、制御システムをデジタル回路で構成したため、トラックピッチの異なる128 MBディスク、230 MBディスクに対してもテーブルのパラメータをCPUにより書き換えるのみで実現できることが検証できた。

本法により、トラックピッチが一層狭くなっていく今後のMOディスクにも容易に対応できる。

次に今回のデジタルサーボによる低消費電流モードについて報告する。Fig. 8は1/3シークを28 ms（標準状態：高速）以内に、リミッターおよびテーブルのパラメータを設定したときのTEとドライブ全体の消費電流を示してある。

シーク速度は速いがピーク電流は1.7 Aとなっている。Fig. 9はリミッターおよびテーブルのパラメータ変更により、ドライブ全体の消費電流を1.1 Aと省電力タイプとしたものである。1/3シークは34 msと遅くなっているが、ラップトップパソコン内蔵等で電池駆動するのに適している。

このように、同一ハードウェアでありながら、用途に合わせドライブに特性を容易に変えられるメリットが確認された。

デジタルサーボ系のメリットとしてオペアンプなどで構成されたアナログサーボ系にくらべて温度によるドリ

フト等の影響が少なく対環境性の向上が見込まれることは言うまでもない。

また、デジタルサーボ系では、ゲインやオフセットを容易に調整することが出来るため、これにより姿勢変化や温度変化によりドライブ構成要素の物理特性が多少変化しても、その変化をキャンセルし系全体を安定方向にキャリブレーションすることが出来る。

●参考文献

- 1) 渡辺満、瀧北守：“光ディスクドライブのアクティブ偏心補正”  
KONICA TECHNICAL REPORT VOL.6 (1993)
- 2) 瀧北守：“光磁気ディスクドライブ制御ファームウェア”  
KONICA TECHNICAL REPORT VOL.9 (1996)

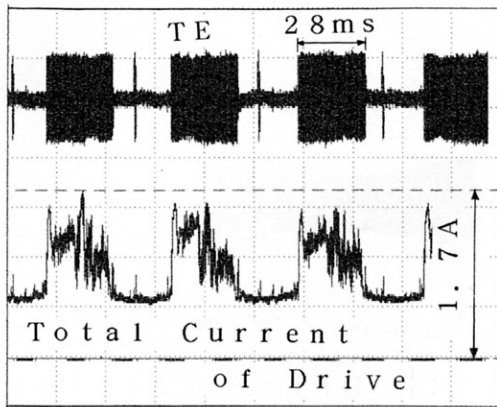


Fig.8 Total Current of Drive (Fast Seek Mode)

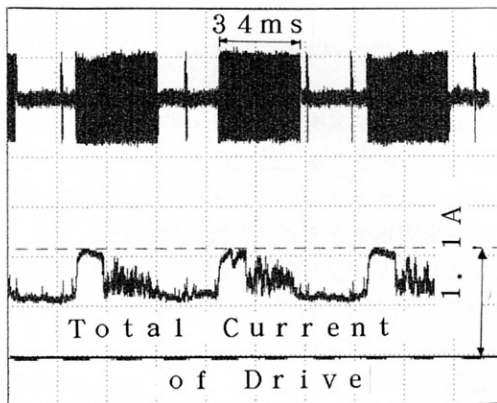


Fig.9 Total Current of Drive (Low Power Mode)

## 5 まとめ

光ディスクドライブにおいてサーボ系をデジタルで構成することにより、高速で高精度なシークを実現できた。

また、デジタル化による高い汎用性により特定の目的別用途に合わせた特性（仕様）変更が非常に容易となり、対環境性も向上するというメリットも得られた。さらにデジタル化による回路集積度の高さは今後小型化のために益々大きなメリットと成ろう。

今後の光ディスクのアクセス高速化、高精度化の礎の技術としたい。