

磁気ディスク装置のシーク制御のための構造系と制御系の同時最適化設計

Simulations Optimization of Structure and Control System in Track Seek Mode for Hard Disk Drives

学 小笠原 悠 (秋田高専)

正 木澤 悟 (秋田高専)

Yutaka Ogasawara, Akita National College of Technology, 1-1, Bunkyo-cho, Iijima, Akita

Satoru Kizawa, Akita National College of Technology, 1-1, Bunkyo-cho, Iijima, Akita

Key Words: Hard Disk, Integrated Design, Servo Mechanics, 2 DOF Control

1. はじめに

近年、磁気ディスク装置の高密度化、軽量化に伴い、必然的に高精度なヘッド位置決めも要求される。HDD は 4 ~ 5[kHz]付近に構造的な共振モードが存在することが知られており、制御帯域とは分離して構造系を設計する必要がある。

本論文では、ヘッドサスペンションアームを FEM 解析により高い周波数に寄与する構造系の設計パラメータを割り出し、高次モードを希望する帯域に移動させるためサスペンションアームの最適形状を求め、さらにトラック位置決め制御に関してはシークモードに限定し、目標トラックまでの参照軌道としての規範モデル(伝達関数)を与え、制御系はこの規範モデルに対するモデルマッチング問題を満たすようなコントローラを同時に満たす設計を検討する。

2. HDD のモデル化

ハードディスクは VCM, アームサスペンション, ヘッドから構成され、コントローラは VCM に電圧を印加することで VCM ドライバを介してアームに推力を与える。

ここで、 $K_p = 4.15 \times 10^7 [\text{Track/V}]$ とすれば VCM の入力電圧[V]から出力[Track]までのノミナルモデルの伝達関数は以下の近似モデルとなる。Fig.1 に $P_{nominal}$ と P_{real} の周波数応答を示す。

$$P_{nominal} = K_p \cdot \frac{1}{S^2} \quad (1)$$

一方、実際のモデルは FEM ソフトを用いて導出し、式(2)を実モデル P_{real} とした。ただし、 P_{real} は VCM ドライバの定数を含むと考慮して

$$P_{real} = \begin{bmatrix} \frac{A_{real}}{C_{real}} & \frac{B_{real}}{0} \end{bmatrix} \quad (2)$$

とする。

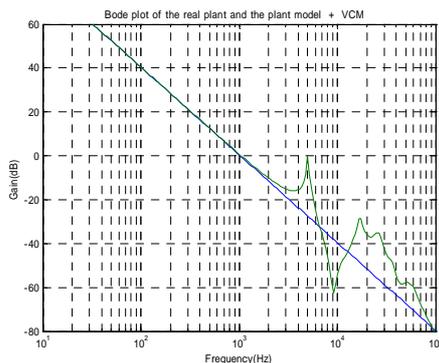


Fig.1 Bode Plot

3. 問題設定

3.1 設計仕様

HDD の目標トラックへのシーク制御のための仕様を以下とする。

- (1) 不確定な高域共振モードは FEM 解析よりアームの下端部のコイル固定部分の形状に依存している。制御帯域に干渉することを考慮して、高次共振ピークを 5000[Hz]から 7000[Hz]に移動できるような最適形状を構築。
- (2) (1)の形状変更は低周波領域に影響しないので、5000[Hz] ~ 1[kHz]周辺の帯域を不確かさとして、H 制御を設計する場合の不確定誤差に見積もる。
- (3) スピンドルモータが 4000[rpm]付近で回転していると想定しているのでその周波数領域で感度関数が低くなるような重み関数を設定する。
- (4) シーク制御においては、2 自由度制御系を構築し、 H_2 制御で設計する。この際、目標値に対する応答軌道を規範モデルで与え、この規範モデルにモデルマッチングするように設計する。

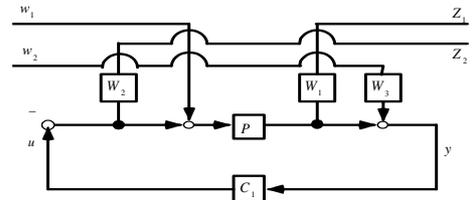


Fig.2 The Generalized Plant

3.2 制御系の設計

外乱抑制とロバスト安定性を同時に満たすためには、感度関数と相補感度関数のゲインを下げる必要がある。これはよく知られる H 制御における混合感度問題としてとらえることができる。ただし、ノミナルプラントが原点極を持つために、これを回避するような Fig.2 に示す一般化プラントを設定する。

また、一般化プラントを伝達関数行列で表現すれば次式となる。

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\gamma} \cdot W_1 \cdot P & 0 & \frac{1}{\gamma} \cdot W_1 \cdot P \\ \gamma & & \\ 0 & 0 & W_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ P & W_3 & P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ u \end{bmatrix} \quad (5)$$

