

## 新任教員紹介

### 精密工学科・講師 奥山 淳

#### 略歴

- 1967.8 千葉県生まれ
- 1986.3 東京都立足立高等学校卒業
- 1990.3 上智大学理工学部機械工学科卒業
- 1992.3 上智大学理工学研究科機械工学専攻 博士前期課程修了
- 1992.4 (株)日立製作所 入社
- 2004.6 博士(工学)学位取得(上智大学)
- 2007.4 現職



#### 担当科目

システム制御, 制御機器特論, 問題発見ゼミナールⅠ・Ⅱ・Ⅲ(共担), 精密工学実験Ⅰ・Ⅱ(共担), 精密要素デザイン(共担), 精密工学ゼミナール(共担), 精密工学特講(共担)

#### 研究活動内容

##### はじめに

コンピュータの外部記録装置として用いられているハードディスク装置(HDD)や光ディスク装置といったマストレージシステムの性能は, 毎年飛躍的に向上し続けている。特に, 記録容量の向上は目覚しく, 記録密度を上げるためにトラックピッチはますます狭くなっている。対応して磁気ヘッドの位置決め精度も非常に厳しいものとなっており, 十数nm程度となっている。そのため, ヘッド位置決め制御系の高精度化と高速化は常に大きな課題となっている。また, 近年, HDDを内蔵したビデオレコーダなどが市場に登場しており, 従来のコンピュータ記憶装置から, 映像を伴う情報家電と呼ばれる分野へHDDの用途が拡大している。ビデオレコーダなどの装置は静粛性が求められる家庭環境で主に使用されるため, HDDの低騒音化についての関心が高まりつつある。

筆者は, これまで企業において, HDDや光ディスク装置などの多くのメカトロニクス製品の研究・開発に携わり, メカトロニクス製品を対象にした制御理論の応用研究を専門としてきた。本稿では, HDDの位置決め制御を中心にして, 筆者の最近の研究成果について紹介する。

##### モード切り換え制御

図1に, HDDの構造を示す。データの記録されるディスクはスピンドルモータによって一定速度で回転し, 記録再生のための磁気ヘッドはスライダと呼ばれる浮上機構によってディスク面と数nmの距離を保って浮上している。スライダはサスペンション機構によって支持され, 複数のサスペンションがキャリッジに取り付けられている。キャリッジの揺動軸の反対側にはボイスコイルモータ(VCM)と呼ばれるDCモータが設けられ, これによってキャリッジは回転軸回りに揺動運動する。この動きによってヘッドはディスク面上の目的のデータトラックに移動・位置決めすることができる。

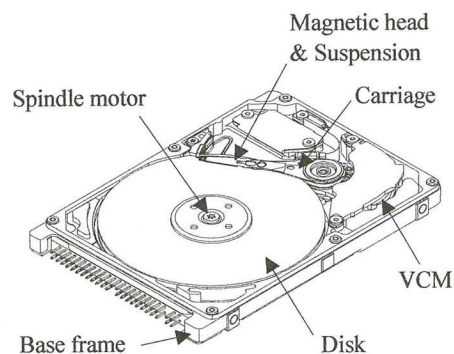


図1 HDDの構造

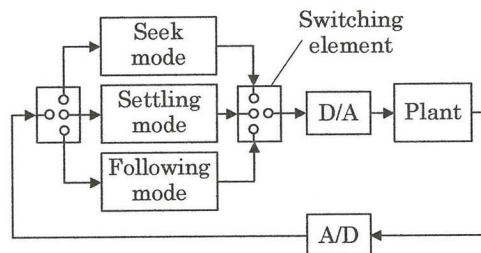


図2 モード切り換え制御系

図2に, HDDのヘッド位置決め制御系で一般的に採用されているモード切り換え制御系のブロック線図を示す。高速移動と高精度追従という2つの制御目的を実現するため, 構造の異なる複数の制御モード(制御系)が用意され, これらを制御目的に応じて順次切り換える構成が採られている。用意される制御モードとしては, ヘッドを目標トラック近傍まで高速移動させるシークモード, ヘッドを目標トラックに安定に引き込み素早く整定させるセトリングモード, ヘッドを目

標トラックに高精度に追従させるフォロイングモードなどであり、これらはそれぞれの制御目的に適するように独立に設計されている。このようなモード切り換え制御では、制御モードをいつ切り換えか、すなわち、切り換え条件の設計が一つの課題となる。特に、VCMに印加される駆動電流が不連続になると騒音発生の原因となるため、モード切り換え時に駆動電流が不連続にならないモード切り換え条件の設計法が必要とされている。

モード切り換え条件の設計は、モード切り換え時の制御対象の変位、速度などの初期状態の最適な組み合わせを求める問題に帰着することができる。そこで、筆者らは、モード切り換え後の駆動電流の振幅に制約条件を課し、その制約条件を満たす初期状態集合を求める設計法を提案した。図3は、実験結果の一例である。左図は駆動電流、右図は最大値で規格化した音圧である。提案方式により切り換え条件を最適化した(b)では、切り換え時点のインパルス状の駆動電流が解消され、騒音低減に効果が認められる。

[参考論文]

奥山 淳・山口高司・宍田和久・堀口孝雄：初期値補償の適用とモード切り換え条件の最適化による磁気ディスク装置ヘッド位置決め制御系の静音化，日本機械学会論文集C編，68巻，671号，pp. 2016-2022，2002年7月など

### HDD ベンチマーク問題

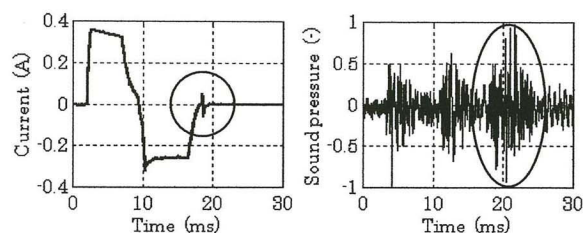
HDDの制御に関する論文は過去より膨大な数が発表されているが、それぞれ制御対象が異なるため、過去提案された制御方式を客観的に比較検討することは困難であった。そこで、学会活動の一環として産学協同でHDDのベンチマーク問題の作成に取り組んでいる。筆者は、WGのメンバーの一人としてHDDベンチマーク問題の作成に携わっている。

HDDベンチマーク問題では、制御系設計支援ソフトウェアMATLABをプラットフォームとして、制御対象モデルと外乱モデルを作成している。図2に、制御対象モデルの周波数特性の一例を示す。このモデルでは、3kHz, 4.1kHz, 5kHz, 7kHz, 12.3kHz, 16.4kHzに共振特性を有する。図2は、これらの周波数を±5%変動させたときの制御対象モデルの周波数特性を重ね描きしたものである。数十kHzまで多数の近接した共振特性を有するというHDD制御対象の特徴を捉えた非常に詳細なモデルとなっている。図3は、外乱モデルの周波数スペクトラムの一例である。外乱モデルとしては、ディスク回転数に応じて周期的に加わる回転同期外乱(RRO)、ディスクやアームの風乱による振動、検出信号に重畳するノイズ、および力外乱などを考慮している。RRO、ディスク・アーム振動、ノイズは制御対象の出力端に、力外乱は制御対象の入力端に与えられ、時刻歴応答シミュレーションの際に利用される。

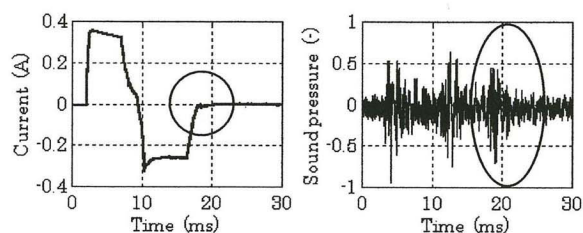
作成したこれらのモデルは、MATLABのファイルとして、下記のホームページで公開しており、HDDのための制御系設計に限らず、一般的な制御理論の検証にも使われ始めている。

[HDDベンチマーク問題の公開HP]

<http://mizugaki.iis.u-tokyo.ac.jp/nss/>



(a) 切り換え条件最適化前



(b) 切り換え条件最適化後

図1 実験結果の一例

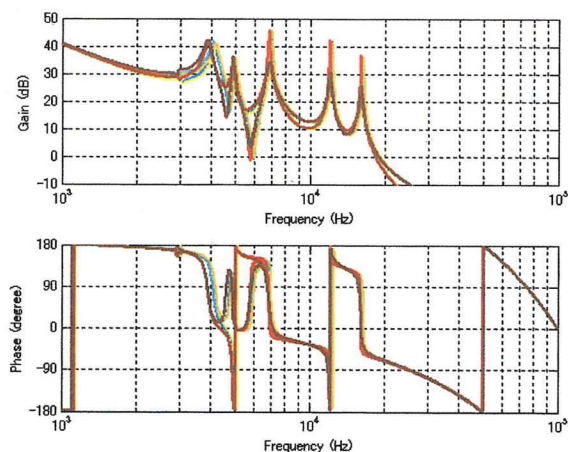


図2 制御対象モデルの周波数特性

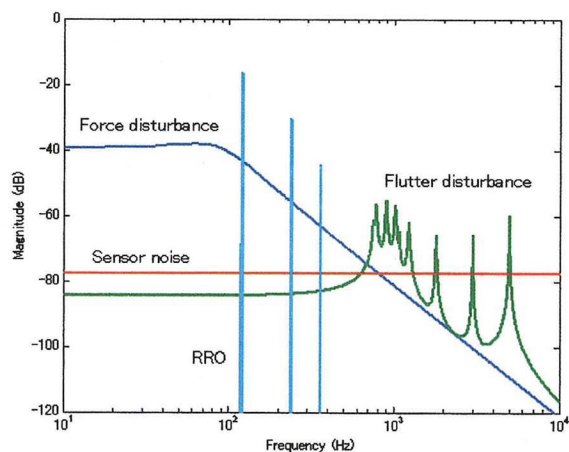


図3 外乱モデルの周波数スペクトラム