

小型磁気ディスク装置機構技術

Mechanical Technologies for Small-Form-Factor HDDs

伊藤 淳 柳原 茂樹

ITOH Jun

YANAGIHARA Shigeki

年率100%に及ぶ記録密度の向上,車載やAV機器などの新しい市場への進出など,磁気ディスク装置(HDD)の記憶装置としての重要性はますます高まっている。その一方,HDDの機構系はシンプルで,一見変化していないように見える。しかし実際には,HDDの性能向上を支えるうえで機構系の進化は必須であり,世代ごとに様々なアプローチで新しい技術が取り込まれている。最近の機構系新技術としては,ランプロード方式,流体軸受スピンドルモータという大きな技術変革と,解析を駆使した機構設計による耐振動性能向上があり,これらの技術を導入することにより,当社のHDDはより高い性能と信頼性を実現している。

In recent years, hard disk drive (HDD) recording density has been growing by 100% annually and new HDD markets such as automotive and audiovisual applications have been rapidly emerging. Compared to the rapid growth in HDD performance and markets, the mechanism of HDDs does not seem to have significantly changed. However, mechanical technologies for HDDs are also being greatly improved by various approaches.

In this paper, we describe recent new topics in HDD mechanical technologies such as the ramp loading system and the fluid bearing spindle motor, both of which are essential innovations, and the improvement of vibration characteristics by simulation employing CAE design optimization. These technologies have been used to further enhance the performance and reliability of Toshiba HDDs.

1 まえがき

HDDの機構系は,図1に示すように非常にシンプルである。記録媒体であるディスク,それを回転させるスピンドルモータ,記録再生を行うヘッドスライダ,それを支えるサスペ



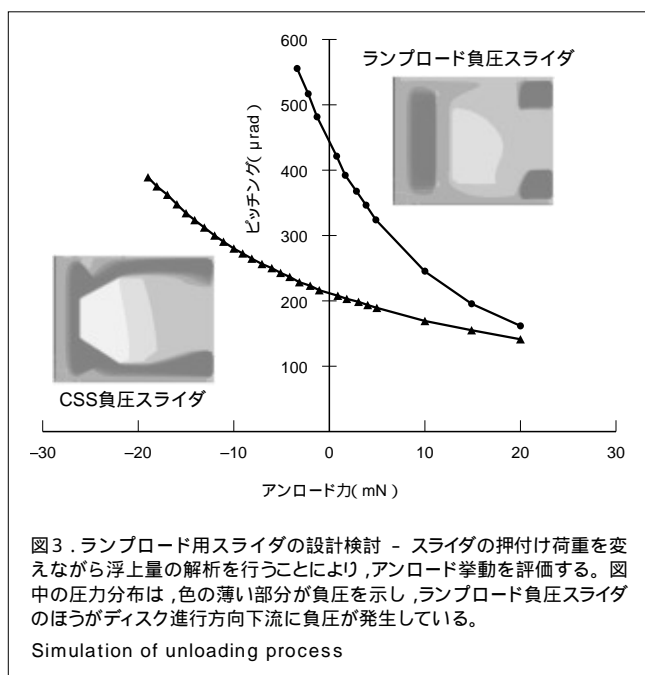
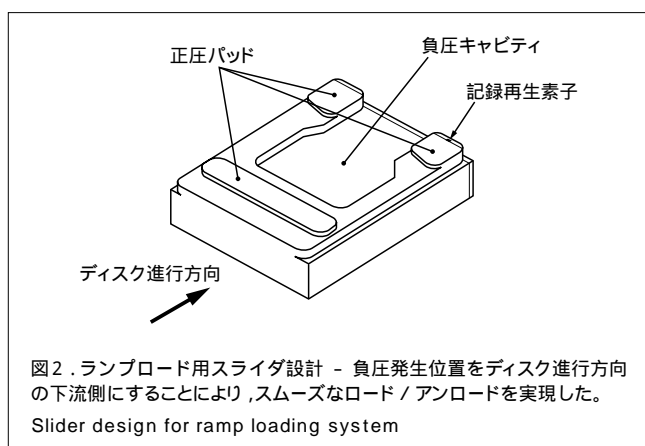
ンション,ヘッドの位置決めを行うボイスコイルモータが主な部品であり,この構成はHDD誕生以来まったく変化していない。しかし,記録密度の向上や,車載,AVなどの新しい市場における信頼性保証など,機構系に対する要求は高まる一方である。一見じみなこの分野で,記録密度向上を支えるヘッド/ディスクすき間の低減や位置決め精度の向上,またモバイル環境で特に要求される耐衝撃性の向上など,目覚ましい進歩がどのようなアプローチで達成されているかを,ここ数年の技術トピックスという形で述べる。

2 スライダ

HDDにおいては,回転するディスク上に記録再生素子を搭載したスライダを浮上させて記録再生を行うので,記録密度向上のための浮上すき間低減が,機構系の主要課題の一つとなっている。HDDの起動停止方式として,浮上量30nmぐらいまでは,CSS(Contact Start Stop)方式が主流であった。この方式は,装置の停止時にスライダをディスク上に着地させ,回転に伴って離陸,停止時にはまた着陸させるので,着地時のディスクとスライダの吸着を防ぐために,ディスクにテクスチャと呼ばれる粗さを設ける必要があり,低浮上化には限界がある。

これを乗り越える新技術が、回転中のディスクに対してヘッドをロード/アンロードするランプロード方式である。当社では1998年にこの方式を採用し⁽¹⁾、現在では10nmに迫る浮上量を実現している。この方式を実用化するうえでの重要なポイントは、ロード動作、アンロード動作というダイナミックな過程におけるディスクとスライダの接触を極力避け、信頼性を高めることであり、そのためにCSS方式で用いてきたスライダとは異なる設計を導入した。

CSS世代の後半には、浮上ばらつきを低減するためにディスク上にスライダを浮上させる正圧に加えて、ディスクにスライダを吸い寄せる負圧を発生させる負圧スライダが採用された。これをそのままランプロード方式に転用すると、ロード時にスライダがディスクに吸い寄せられる、アンロード時にスライダがディスクに吸い付くなど、接触を誘発する危険性が比較的高い。そこで、図2に示すような新しいスライダ形状



を採用した。特長は、負圧発生位置をこれまでよりもスライダの下流側に配置し、スムーズなロード/アンロードを実現することである。

設計にあたっては、図3に示すようにアンロード過程をシミュレーションし、小さな引上げ力でスムーズにアンロードすることを設計指針とした。この設計により、従来のCSS用スライダよりも浮上ばらつきを小さく抑え、かつ高いロード/アンロード信頼性を実現した。

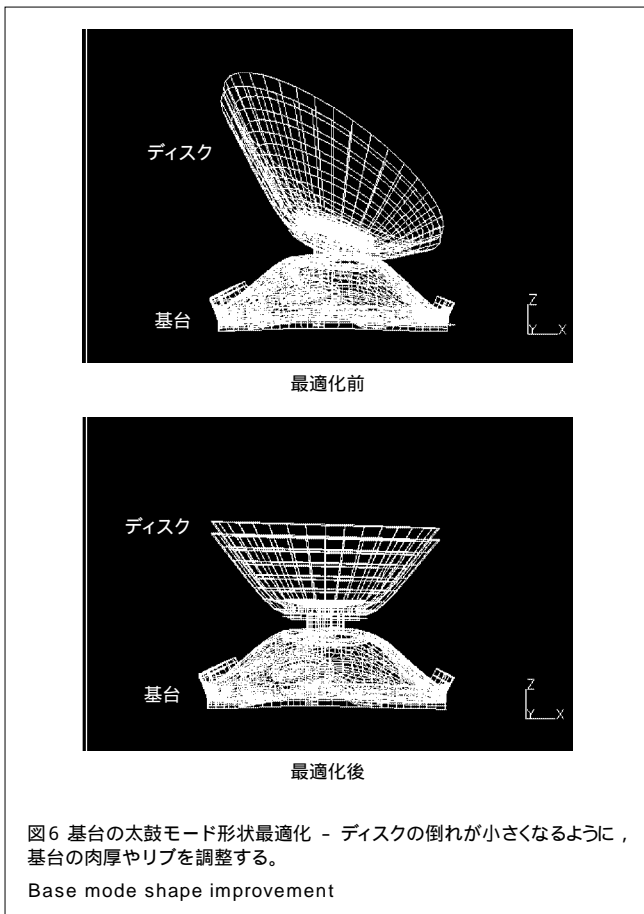
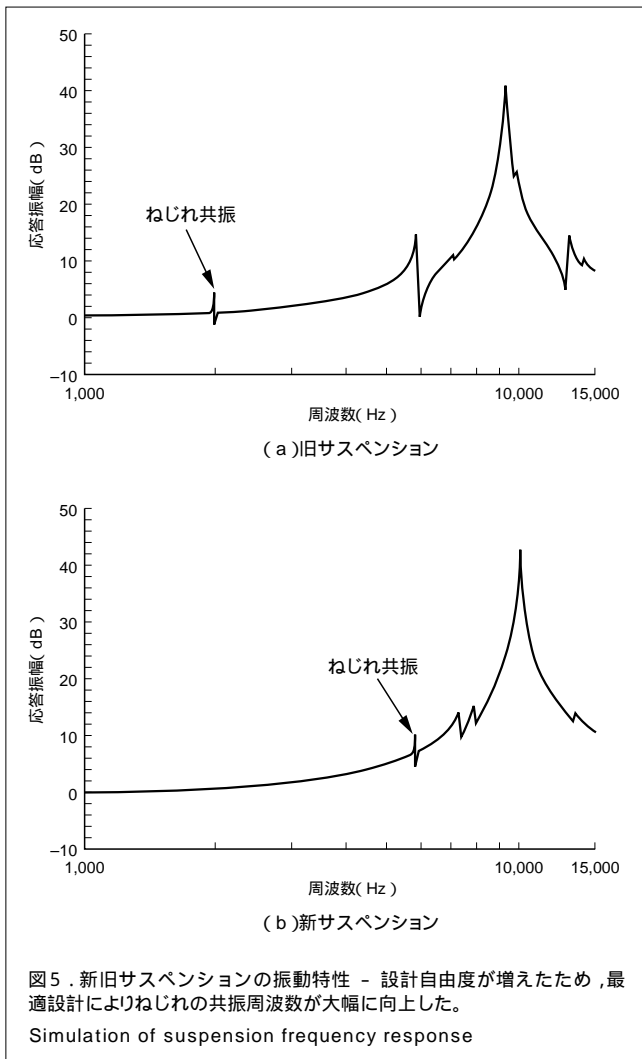
3 サスペンション

サスペンションに対しては、軽量、高剛性という相反する二つの性能が常に要求されている。これを解決する新技術として、パーシャルエッチング加工を導入した。従来のサスペンションと新サスペンションの形状を図4に示す。



従来は、スライダを支えるロードビームと、スライダをディスクに押し付ける荷重を発生する荷重曲げ部は、同一厚みの部材で形成され、それぞれを最適に設計するうえで多くの制約があった。パーシャルエッチング加工の導入により、同一部材で形成されたロードビームと荷重曲げ部の厚みを独立に設計することが可能となり、ロードビームを厚く細く、荷重曲げ部を薄く、最適設計している。

これにより位置決め精度を向上させるうえで制約となっていたねじれ共振モードが2kHzから6kHzへと大きく改善した(図5)。また、ロードビームが先細軽量化されたことにより、HDD動作時に外部から衝撃が加わった際に、ヘッドが跳躍して着地時にディスクにダメージを与える問題についても、大幅な改善が達成された。



ードの形状を確認しながら、基台各部の厚みや、剛性強化用リブの配置などを決める必要がある。

4 基台

モバイル用途のHDDでは、耐衝撃性と耐振動性が重要な性能となる。これらの性能を高めるのに重要なポイントの一つが基台の設計である。HDD動作時の衝撃による問題は、前述したようにスライダの跳躍であるが、基台の振動はこの問題を助長する。特に衝撃印加時に励振されやすいのは、基台の底板が太鼓状に変形する最低次の振動モードであり、このモードの共振周波数をなるべく高く設計することが重要である。一方で、基台はHDDの重量に占める割合がもっとも大きい部品であり、装置重量の制約も十分考慮する必要がある。

耐振動性に関しても、HDDの厚み方向に振動が加わる場合には、やはり太鼓モードが励起され、これに伴って起こるスピンドルモータ軸の倒れが、位置決めが悪化を招く。太鼓モードにおけるスピンドルモータ軸の倒れを防ぐためには、スピンドルモータ周りの基台の剛性をなるべく均等にすることが重要であり、図6に示すように、基台の設計時に太鼓モ

5 スピンドルモータ

従来、磁気ディスクを回転させるスピンドルモータの軸受は、高精度玉軸受が用いられていた。しかし、高トラック密度化が進むなかで、玉軸受を構成する部品の微小な加工誤差及び軸受のパネ剛性に起因する回転非同期振れ(磁気ディスクの回転に同期しない磁気ヘッドの移動方向の振れ)が障害となってきた。そこで、軸受部に固体接触がなく、高トラック密度化に有利な流体軸受スピンドルモータを開発した。

流体軸受スピンドルモータの構造例を図7に示す。回転軸とスリーブの間には潤滑のための作動オイルが満たされている。スリーブには、ヘリングボーンと呼ばれる“く”の字の形をした数本の溝が2か所に形成されている。回転軸が回転すると、この溝に沿って作動オイルに動圧が発生し、ラジアル軸受が成立する。また、回転軸と結合したフランジにもヘリングボーン溝が形成され、回転軸を浮かせる方向に動圧が発生して、スラスト軸受が成立する。

従来から用いている玉軸受スピンドルモータと、今回開発

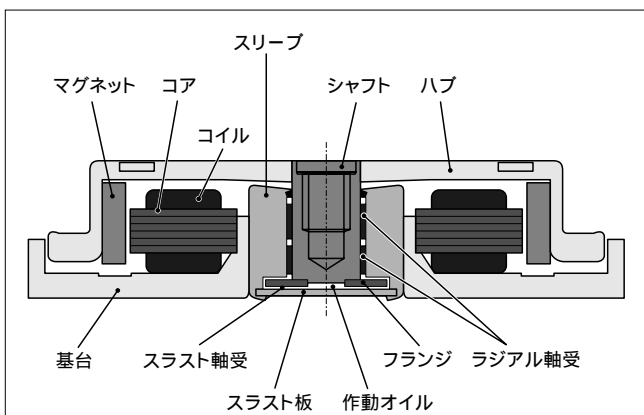


図7. 流体軸受スピンドルモータの構造 - 回転軸が回転して作動オイルに動圧が発生し、ラジアル軸受、スラスト軸受が成立する。
Structure of fluid dynamic bearing spindle motor

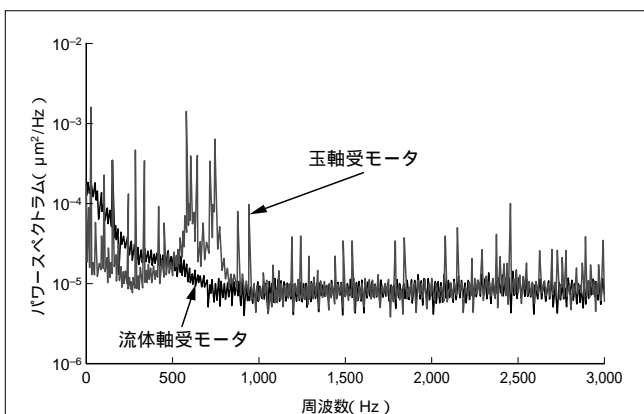


図8. ディスクの回転非同期振れスペクトラム比較 - 玉軸受に比べて流体軸受の振れは、低い周波数成分に集中しているため追従制御しやすく、高トラック密度化に有効である。
Spectrum of disk nonrepetitive run-out

した流体軸受スピンドルモータの回転非同期振れのスペクトラム比較を図8に示す。流体軸受は後述するように、回転軸が作動オイルの中に浮いている構造のため、玉軸受と比べて、バネ剛性が低く減衰が高い特長を持つ。このため、回転非同期振れが、低い周波数成分に集中しており、追従制御しやすく、高トラック密度化に有効である。

流体軸受スピンドルモータは、軸受からの騒音発生が皆無であることから低騒音である、外部から衝撃を受けたときに軸受の接触が線接触となり玉軸受の点接触よりも接触圧が低いので損傷限界が高い、などの特長を持つ。他方、作動

オイル粘度の温度依存性に起因して、低温で軸損が増え消費電流値が増えるとともにモータ起動がしづらい、高温で軸受剛性が下がり装置外部からの振動に対してディスクが振られやすい、などの弱点もある。また、高温環境下での長期信頼性確保のため、オイル蒸発やオイル変性などの抑制も考慮する必要がある。モバイル用途にとって重要なこれらの特性はトレードオフの関係にあり、軸受の設計パラメータも多い。更に、軸受設計、駆動電磁回路設計は、装置設計、すなわち使いこなし技術と密接に関係する。そこで、今回の開発にあたっては、実験計画法を活用して、最適設計を導出した。

6 あとがき

ここで取り上げたトピックス中で、ランロード方式や流体軸受スピンドルモータは、比較的大きなコンセプトの変革であった。一方、サスペンション設計は新加工プロセスの採用による改善、基台設計は解析的な指針に基づく最適設計である。このように、機構系の進歩は様々なレベルの様々なアプローチの積重ねに支えられている。また、各部品性能が相互に強い関係を持っており、常に装置全体のバランスが微妙に変動しながら進化している。今後の技術としては、スライダの究極の姿である接触記録方式、位置決めを飛躍的に改善する2段アクチュエータなども既に胎動を始めており、これら機構系技術の一つずつ着実なものにすることで、HDDの進化を支えるべく努力していく。

文献

- (1) 苅田浩行,ほか .2.5インチ型磁気ディスク装置MV10000シリーズ.東芝レビュー .54,8,1999,p.8-10.



伊藤 淳 ITOH Jun
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部グループ長。
小型磁気ディスク装置の開発に従事。日本機械学会会員。
Core Technology Center



柳原 茂樹 YANAGIHARA Shigeki
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部グループ長。
小型磁気ディスク装置の開発に従事。日本機械学会会員。
Core Technology Center