

(第3号様式)(Form No. 3)

学位論文要旨 Dissertation Summary

氏名 (Name) 武者 敦史

論文名: 高記録密度磁気テープシステムに適した信号処理方式の研究
(Dissertation Title) A Study of Signal Processing for High-Recording-Density Tape Systems

情報のデジタル化が急速に進む中、年々増大するデジタルデータに対応したストレージシステムの構築が様々な分野で重要な課題となっている。また、大規模データセンターへの情報の一極集中も同時に進んでおり、こうしたデータセンターを中心に大量のデータを長期に渡って、安全安価に保管したいという要求は今後益々強くなると予想される。磁気テープストレージシステムは、保存したデータの長期安定性、信頼性(低ビットエラーレート)、コストパフォーマンス(低容量単価、省電力)の観点からこれら要求に対する解決策となり得るため、大容量な磁気テープストレージシステムを構築することは社会的要請の強い課題である。テープシステムの大容量化を実現するためには、媒体、磁気ヘッド、高精度サーボトラッキング、信号処理等の技術開発が重要となる。これらの中でも信号処理は技術開発の余地が大きく、容量向上への寄与が大きいと期待されている。

本研究は高記録密度磁気テープシステムに適した信号処理方式の研究であり、①垂直配向したバリウムフェライトテープ媒体の再生信号に適した信号処理方式の検討、及び②テープシステム特有の搬送速度変動が大きい記録再生系においても、安定に動作するタイミング・リカバリ方式を提案することを目的としたものである。以下に具体的概要を示す。

第2章では塗布型垂直配向バリウムフェライト媒体に適したPR(Partial Response)ターゲットについて検討している。テープと同様の磁気記録媒体であるハードディスク装置(Hard Disk Drive, HDD)は、長手記録方式から垂直記録方式に移行した際に、媒体の磁化方向だけでなく、単磁極記録ヘッド、及び軟磁性裏打ち層の採用、DC成分を持つターゲットの選定といった、①媒体、②記録用磁気ヘッド、③信号処理方式の3つが同時に垂直記録に適した形態に改良されたことで、今日に至る高記録密度化を実現してきた。一方で、現在の磁気テープシステムでは、バリウムフェライト媒体は磁化の垂直成分を持つものの、軟磁性裏打ち層は存在せず、単層長手媒体用に開発されたリングヘッドによる記録方式を採用している。本検討では、かかる記録再生系におい

て最適なPRターゲットを検討することで、従来のメタル媒体に対し、高い信号対ノイズ比(Signal to Noise Ratio, SNR)を有するバリウムフェライト媒体の性能を引き出すことを目指している。

実験では、それぞれ配向の異なる塗布型バリウムフェライトテープ媒体を用い、それらに適したPRターゲットを検討した。その結果、磁性体の配向方向によらず、現行のテープシステムで採用されている状態数16以上のGPR(Generalized Partial Response)チャンネルにおいては、DC成分を持たないPR4を拡張したターゲットがほぼ最適な性能を発揮することを確認した。これは、現行の磁気テープシステムに採用されている記録再生方式、及び信号処理方式が垂直配向バリウムフェライトテープ媒体に良く適合することを示すものであり、今後、更に角型比を向上させた垂直配向バリウムフェライト媒体を用いることで、磁気テープシステムの更なる記録密度向上が可能であることを示している。

第3章では高記録密度における磁気テープシステムのタイミング・リカバリ回路の動作安定性の向上について検討を行っている。磁気テープシステムはHDDと比べて媒体搬送時の速度変動が大きいという特徴も持つ。このため将来に渡って高密度化が進み、低SNRの記録再生系のもとで動作するためには、信号処理回路中のタイミング・リカバリ機構の動作安定性に課題がある。タイミング・リカバリ機構は一連の信号処理回路の中でも前段に位置しており、本機構が適切に機能しないことには高度なエラー訂正方式を採用したとしても、正しく信号を検出することはできない。従って、今後繰り返し復号方式等の採用により、磁気テープの更なる高記録密度化を実現するためには、低SNRの記録再生系においても安定に動作するタイミング・リカバリ方式を開発することが重要となる。本検討では、タイミング・リカバリ回路が適正に動作しなくなる現象(Loss-of-lock)はタイミング・リカバリ回路中の位相誤差検出部において誤った誤差信号が検出されて回路にフィードバックされることが原因であることを示した。その上で、本現象を抑制するため、SOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)復号器から得られる軟出力情報に基づき、検出された誤差信号のフィードバック制御を行う方式を検討した。その結果、SNRが8.0~10.5 dBの範囲において、いずれも明確なLoss-of-lock発生頻度(Loss-of-lock Rate)の改善効果が確認された。本方式は従来から採用されてきた信号処理の回路構成に対して、全く新規に導入が必要な機構が存在しないことが特長である。このため、比較的小さな回路修正のみで実現でき、現時点で最大32チャンネルもの記録再生素子を搭載する磁気テープドライブへの実装も容易であるため、磁気テープシステムの更なる高記録密度化に有効であると考えられる。