

# 論文内容要旨 (和文)

氏名 霜越 正義



## 論文題目 高記録密度磁気ディスク装置におけるデータ信頼性向上に関する研究

近年の情報システムの発展と情報記録の需要に対し、高容量高性能の磁気ディスク装置（ハードディスクドライブ、Hard Disk Drive、HDD）の重要性はますます高くなっている。より記録密度と信頼性の高い磁気ディスク装置の研究開発の社会的意義は大きい。

本論文では、高記録密度磁気ディスク装置においてデータ信頼性に影響を与える各種要因について、実験と考察により、それぞれの現象とメカニズムを明らかにした。具体的には磁気ディスク装置においてデータ信頼性を表す指標であるビットエラーレートへの各要因の影響度を明らかにした。この結果を用いて磁気ディスク装置の設計指針を示し、設計パラメーターを定量的にフィードバックでき、データ信頼性を向上可能となるような定式化を行った。

本論文では各章において下記の詳細検討を行った。

第1章では、磁気ディスク装置の説明と本研究を行うに至った背景を述べ、本論文の目的と構成について説明を行った。

第2章では高記録密度磁気ディスク装置で用いられている信号処理方式であるパーシャルレスポンス方式において、記録及び再生で発生する非線形効果がビットエラーレートに及ぼす影響を定量的に見積もる簡便な手法を提案した。

(ア) 記録信号を再生する際に発生する波形非対称性について検討した。これは高記録密度磁気ディスク装置において使用される磁気抵抗検出型ヘッドの非線形応答に起因している。ビットエラーレートへの影響を振幅値の波形非対称性の絶対から見積もる方法を実験及び計算で確立した。

(イ) 記録時に発生する非線形ビットシフトによる等化誤差量の増加を検討した。ビットエラーレートのへの影響を第二隣接非線形ビットシフトから定量的に求める方法を確立した。

(ウ) 上記の要因による等化誤差量の増加は、それぞれの増加分を2乗和することにより求めることが出来ることを実験及び計算で明らかにした。

これらの成果により非線形効果がある場合においてビットエラーレートの増加分が定量的に推定することが可能となり、データ信頼性を確保可能な手法が提案できた。

第3章では、高記録密度磁気ディスク装置において隣接トラックからの記録信号干渉を考慮した場合のトラックピッチの設計法を提案した。特に記録ヘッド素子と磁気ディスクの円周方向の角度であるスキュー角に着目し、データ信頼性を確保可能な設計方法を確立した。

(ア) 磁気トラック幅とスキュー角の関係を実験で詳細に調べた。磁気ヘッドからの漏れ磁界の大きさを仮定することにより、磁気トラック幅が計算できることを示した。

(イ) (ア)の結果を用いてスキュー角が存在する場合の最適なトラックピッチの計算方法を漏れ磁界の広がり仮定することにより計算で求める手法を示した。

(ウ) 上記の手法で最適化されたトラックピッチの条件で隣接トラック干渉によるビットエラーレートの劣化を調べた。劣化がスキュー角に依存しない設定であることを実験で確認した。

以上の検討により隣接トラックからの影響に対してデータ信頼性を確保できるトラックピッチの設計法を提案及び検証出来た。

第4章では、高記録密度磁気ディスク装置で近年発見された非隣接トラック干渉の現象を詳細に分析し、そのメカニズムを明らかにすることにより、データ信頼性を確保する指針を与えた。

(ア) 磁気ディスク装置のレベルで非隣接トラック干渉を検出、測定する手法を開発し、大きなサンプル数のヘッドを用いて実験を行った。

(イ) 非隣接トラック干渉が磁気ヘッドのラップアラウンドシールドの磁区構造と関係があることを明らかにした。その際、外部磁界を与えた条件における非隣接トラック干渉の変化を調べた実験結果や磁気力顕微鏡による磁区構造の観察結果を用いた

(ウ) 異なったラップアラウンドシールド形状のヘッドを用いて非隣接トラック干渉の発生率に差があることを示した。またシミュレーションと磁気力顕微鏡観察によってこれらのヘッドがラップアラウンドシールド上に異なった磁区構造を持つことを明らかにした。

これらの結果よりラップアラウンドシールドの形状設計と磁区構造の制御が非隣接トラック干渉を制御するためには重要であることが明らかとなり、データ信頼性の向上の指針を得ることが出来た。

第5章では、高記録密度磁気ディスク装置においてオーバーライト特性不足によるデータ消去が十分でない場合と磁気ヘッドに機械的な振動作用が加わった場合についてメカニズムを明らかにした。

(ア) 波形ひずみがオーバーライトによるイレースが十分でない場合に発生するメカニズムを明らかにした。

(イ) 垂直記録ではオーバーライト不足が消去不足の原因となり、その対策として磁性層の薄膜化による磁気ヘッドと下地層の距離を小さくすることが効果的であることを実験で確認した。

(ウ) コンタクト記録においてスキュー角がある場合に、ヘッドに機械的振動が発生し、磁気記録特性を悪化させることを実験で明らかにした。

これらの効果に対しデータ信頼性を確保する指針を提示した。

第6章では本論文のまとめと本研究の工学的意義を述べた。工学的意義としては以下の点が上げられる。

- ・ データ信頼性に影響を与える要因について具体的な研究を行いその効果とメカニズムを明らかにした。
- ・ 研究結果に基づき、それを具体的にデータ信頼性を確保するための設計にフィードバックできるように定式化を行った。
- ・ 近年に発見された非隣接トラック干渉のメカニズムを解明した。

以上の成果に基づき、高記録密度条件においてデータ信頼性の高い磁気ディスク装置の設計手法を提供することが可能となった。

学位論文の審査及び学力確認の結果の要旨

平成28年 2月15日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主査 ..... 稲葉 信幸 .....  
副査 ..... 佐藤 学 .....  
副査 ..... 小池 邦博 .....  
副査 ..... 兒玉 直樹 .....  
副査 .....  
印



学位論文の審査及び学力確認の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	氏名 霜越 正義		
論文題目	高記録密度磁気ディスク装置におけるデータ信頼性向上に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成28年 1月26日～ 平成28年 2月12日
論文公聴会	平成28年 2月12日	場 所	工学部 7号館 7-302教室
学力確認結果	合格	学力確認年月日	平成28年 2月12日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

磁気ディスク装置 (HDD: ハードディスクドライブ) は、大容量・高速伝送・不揮発性・低ビット単価の特徴を持ち、データストレージの中核に位置づけられている。近年の情報化社会の進展による情報量の飛躍的な増大に伴い、これを記録しておくHDDに対してはより高信頼性で高記録密度の磁気ディスク装置の研究開発が求められている。

本論文では、高記録密度磁気ディスク装置のデータ信頼性に影響を与える各種要因について、実験とシミュレーションから発生メカニズムを明らかにしている。また、得られた結果を定式化し装置設計に定量的に反映できるようにすることで、高信頼性磁気ディスク装置の設計指針を提供し、製品化に貢献するとともに、工業的な課題を解決している。

第1章では、磁気ディスク装置の説明と本研究を行うに至った背景を述べ、本論文の目的と構成の説明を行っている。

第2章では、再生ヘッドに起因した再生信号の非線形現象 (波形非対称性)、記録過程で発生する非線形現象 (非線形ビットシフト) についてモデル化、定式化を行っている。これによりデータ信頼性の指標であるビットエラーレートに及ぼす非線形現象の影響を定量的に見積もることが可能となり、装置設計の指針を示している。

第3章では、隣接トラック記録による記録再生信号品質の劣化について、記録ヘッドと磁気ディスクの円周方向とのなす角 (スキュー角) に着目して実験を行い、ヘッドからの漏れ磁界に起因していることを見いだした。この磁界を定量化することにより、隣接トラックの影響を低減する最適なトラックピッチの導出手法を提案している。

第4章では、非隣接トラック干渉 (FTI) 現象の発生メカニズムを実験的に調べ、FTI現象が磁気ヘッドの磁区構造と関係していることを見いだした。この知見をもとに磁気ヘッドを改良し、FTI現象を制御の設計指針を示している。

第5章では、オーバーライト特性不足、磁気ヘッドの機械的振動による記録再生特性低下のメカニズムを実験から明らかにし、解決するための設計指針を定時している。

第6章では、本論文のまとめと本研究の工学的意義、および今後の課題を述べている。

本論文では、高密度磁気ディスク装置のデータ信頼性に影響する各種要因を記録再生信号品質の点から解析し、モデル化、定式化することにより設計指針を示し、製品設計に反映されている。本研究の成果は、筆頭論文4報 (内英文2報) で公表されており、学術的、工業的な意義も十分であると判断される。本論文の印刷公表も問題無いと判断する。以上を総合的に判断し、本論文に関する研究成果は博士(工学)学位論文の水準を満たしており、合格と判定した。

学力確認の結果の要旨

学力確認は、博士論文公聴会における質疑応答と口頭試問を通じて、博士論文に関連する内容および当該専攻分野の内容について実施した。その結果、博士として必要とされる専門知識、学力は十分であると認められた。

外国語科目 (英語) について、英語による筆頭論文3報、米国登録特許4件などから、英語力は十分に備えていると判断した。審査委員による審議の結果、合格と判定した。