

Title	光ディスク装置における高速高精度位置決め制御に関する研究
Author(s)	小川, 雅晴
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40976">https://hdl.handle.net/11094/40976</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	小 川 雅 晴
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 5 5 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 2 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	光ディスク装置における高速高精度位置決め制御に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 辻 毅 一 郎 (副査) 教 授 熊 谷 貞 俊 教 授 松 浦 虔 士 教 授 前 田 肇

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、光ディスク装置における光ビームスポットの高速高精度位置決め制御に関する研究をまとめたもので以下の8章から構成されている。

第1章は緒論で、本研究の背景と目的を明らかにしている。

第2章では、光ディスク装置の制御系の構成と制御方式の技術課題について述べている。

第3章では、リニアモータと対物レンズアクチュエータの2段アクチュエータによる光ディスク装置の高精度トラッキング制御方式について述べている。さらに、繰り返し制御理論を適用することにより、トラッキング制御性能を向上したことについて述べている。

第4章では、光ヘッドを駆動するリニアモータを高速かつ高精度に制御するダイレクトアクセス制御方式について述べている。リニアモータの速度制御系に速度推定用の状態観測器を用いることで、速度検出むだ時間及び高次の機械共振特性を補償し、高帯域速度制御を可能とするとともにトラック横断数を正確にカウント及び補正する手法を開発したことについて述べている。

第5章では、ダイレクトアクセス制御において、2段アクチュエータにフィードフォワードブレーキパルスを加えることで、さらにアクセス時間が短縮できることを明らかにしている。

第6章では、対物レンズ速度をフィードバックすることにより2段アクチュエータ結合トラッキングサーボ系の安定性を改善すると同時に、フィードフォワード型2自由度速度制御系を構成してダイレクトアクセスを実現したことについて述べている。その結果、光ディスク装置に約5 m/sec<sup>2</sup>の振動外乱を加えてもアクセス性能はほとんど劣化しないことが実証されている。

第7章では、本研究の工学的応用について、装置の組立調整コストの削減、及び光ヘッドなどの特性の経年変化による性能劣化の回避、製造パラメータの異なるディスクに対して安定な動作の保証を目的としたフォーカシング及びトラッキングサーボ系のオフセットの自動調整機能を開発実用化したことについて述べている。

また、第3章の2段結合トラッキング制御方式、第4章の状態観測器を用いたダイレクトアクセス制御方式及び第

6章の高剛性制御方式の全てを内蔵した2種類の専用LSIの開発について述べている。さらに、これらの専用LSIを搭載した130mm及び90mm光ディスク装置を製品化することにより、本研究において開発した各種制御方式が実用化されたことにより本研究の有効性を実証している。

第8章は本研究で得られた結論の総括である。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、小型で大きな記憶容量を持ち、高速で情報の読み書きが可能な光ディスク装置において、その性能を左右する光ビームスポットの高速高精度位置決め制御に関する一連の研究をまとめたものである。得られた成果は以下の通りである。

(1) 情報を記録再生するトラックへ光ビームスポットを追従させるためのトラッキングサーボ系を、光ヘッドを半径方向に移動するリニアモータと光ヘッド内に組み込まれた可動範囲が $\pm 200\mu\text{m}$ の対物レンズ(トラッキングアクチュエータ)とを結合した2段アクチュエータ結合系として構成している。前者は可動範囲は広いが低周波でしか動作が困難であり、後者は可動範囲は狭いが高周波で動作可能であるため、各々の動作を分離するための結合補償器を設計し、トラッキングアクチュエータの動きをトラック振れの約 $1/3$ に抑制することに成功している。さらに光ビームが追従すべき目標値成分は、ディスクの回転周波数とその高調波成分が支配的であることに着目して、繰り返し制御方式を採用し、ディスク回転の1周期にわたる情報を保持させた短期間の入力に有効な繰り返し補償器と、忘却係数 $\alpha$ を導入し長期間にわたって入力成分を保持させた繰り返し補償器とを組み合わせた新しい制御系を提案している。これにより、ディスク表面の傷や装置に加えられた衝撃等の外乱の影響を抑えつつ、トラッキングエラーを従来の約 $1/10$ に抑制できている。

(2) 情報を所定の位置に書き込んだり読み出したりするためのいわゆるアクセス動作には、光ヘッド全体を目的トラック付近へ位置決めするマクロシークと、目的トラックへ光ビームを位置決めするマイクロシークとがある。マクロシークはいわゆるラジアル制御系により行われるが、本研究では、光スポットがトラックを横断する際、1トラックを1周期とする正弦波状のトラッキングエラーが得られることに着目し、従来のように光ヘッド外部のガラススケールを使用したマクロシークを行わず、直接トラック横断回数をカウントするとともに、リニアモータを制御して光スポットを直接目的トラックへ位置決めするダイレクトアクセス方式の実現について検討している。

まず、リニアモータの加減速能力を最大限に活用しつつ目的トラックへ到達したときの速度偏差を小さく抑えるための目標速度関数を設計し、次に光ヘッドを高精度で目標速度に追従させるための速度制御系を提案している。とくにトラック横断速度を推定する状態観測器を導入し、トラック横断速度の検出に伴うむだ時間の影響を補償することにより速度制御性能を向上させた制御系の設計に成功している。また、状態観測器のフィルタ効果により機械共振に誘発される速度制御系の不安定化も回避されている。さらに、螺旋状の構造をしたトラックを横断する際のトラック数を計算するアルゴリズム及び溝が途切れている個所を光スポットが高速で横断する際に発生するミスカウントの補正のアルゴリズムを開発し、これらを総合してダイレクトアクセス方式を実現させている。50万回のランダムアクセステストの結果、90%以上の確率で $\pm 1$ トラック以内に位置決めが可能であることを明らかにしている。

(3) トラッキングサーボ系とラジアルサーボ系は外部振動に対して必ずしも強固ではない。ここでは上記(1)及び(2)で設計したサーボ系の高剛性化を図っている。トラッキングサーボ系については、対物レンズの速度フィードバックを施し、ダンピングの弱い極を複素平面上の左側へ移動させることによって耐震性能を向上させている。また、リニアモータを制御するラジアルサーボ系には、フィードフォワード型の2自由度速度制御を採用し、マクロシーク動作の耐震性能を向上させている。振動試験の結果では、約 $5\text{ m/sec}^2$ の振動環境の下で、これらの制御の導入以前には平均シーク時間の延びが70%であったものが、導入後は14%と大幅に抑制され、これらの制御の効果が実証されている。

(4) 以上の研究で得られた制御方式を全て組み込んだ専用LSIを開発し、130mm及び90mm光ディスク装置に搭

載して製品化することで、本研究の有用性と実用性を示している。また、製品化に際して、装置の組立調整コストの削減、及び光ヘッドなどの特性の経年変化による性能劣化の回避、製造パラメータの異なるディスクに対して安定な動作の保証を目的としたフォーカシング及びトラッキングサーボ系のオフセットの自動調整機能を開発し実用化している。

以上のように、本研究では、光ディスク装置の高速高精度位置決め制御に関する研究を段階を追って進め、シミュレーション及び実験を通して理論的・実証的検証を行ってこれらの制御方式を確立するとともに、最終的にはこれらの成果を総合した専用 LSI を開発して製品化に結びつけ、光ディスク装置の高性能化及び高信頼性化を達成しており、これらの成果はシステム制御工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。