(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3740189号
(P3740189)
(45)発行日　平成18年2月1日(2006.2.1)　(24)登録日　平成17年11月11日(2005.11.11)

(51)Int.Cl.　F I
G11B 21/08 (2006.01)　G11B 21/08 H

請求項の数 9　(全 28 頁)

(21)出願番号　特願平7-181257
(22)出願日　平成7年7月18日(1995.7.18)
(65)公開番号　特開平9-35430
(43)公開日　平成9年2月7日(1997.2.7)
審査請求日　平成14年4月17日(2002.4.17)

(73)特許権者　503136004
株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ
神奈川県小田原市国府津２８８０番地
(74)代理人　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　小林　正人
茨城県土浦市神立町５０２番地　株式会社　日立製作所　機械研究所内
(72)発明者　吉田　隆
茨城県土浦市神立町５０２番地　株式会社　日立製作所　機械研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】位置決め適応制御装置並びに情報記憶装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、前記位置信号に基づいて前記ヘッドの速度信号を生成する速度信号演算器と、前記ヘッドの目標位置と現在位置との残距離に基づいて目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、前記残距離に基づいて目標速度信号を生成する目標速度発生器と、この目標速度信号と前記ヘッドの速度信号との偏差の速度誤差信号を増幅しフィードバック制御入力信号を生成する速度誤差増幅器と、前記目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号と前記フィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを前記ヘッドの目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置において、

前記適応調整器は、前記速度誤差信号の二乗が最小になるように、前記速度誤差信号と前記目標加速度信号と所定の学習ゲインとを乗算した値に基づいて、前記調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを調整することを特徴とする情報記憶装置の位置決め適応制御装置。

【請求項２】

位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、前記位

置信号に基づいて前記ヘッドの速度信号を生成する速度信号演算器と、前記ヘッドの目標位置と現在位置との残距離に基づいて目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、前記残距離に基づいて目標速度信号を生成する目標速度発生器と、この目標速度信号と前記ヘッドの速度信号との偏差の速度誤差信号を増幅しフィードバック制御入力信号を生成する速度誤差増幅器と、前記目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号と前記フィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを前記ヘッドの目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置において、

前記適応調整器は、前記速度誤差信号の二乗を逐次加算した値が最小になるように、前記速度誤差信号と前記目標加速度信号と所定の学習ゲインに基づいて、前記調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを調整することを特徴とする情報記憶装置の位置決め適応制御装置。

【請求項３】

位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報より位置信号を生成する位置信号演算器と、目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、目標位置信号と前記位置信号との偏差の位置誤差信号をフィルタ処理しフィードバック制御入力信号を生成する位置制御器と、前記目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号と前記フィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置において、

前記適応調整器は、前記位置誤差信号の二乗が最小になるように、前記位置誤差信号と前記目標加速度信号と所定の学習ゲインとを乗算した値に基づいて、前記調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを調整することを特徴とする情報記憶装置の位置決め適応制御装置。

【請求項４】

位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報より位置信号を生成する位置信号演算器と、目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、目標位置信号と前記位置信号との偏差の位置誤差信号をフィルタ処理しフィードバック制御入力信号を生成する位置制御器と、前記目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号と前記フィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置において、

前記適応調整器は、前記位置誤差信号の二乗の総和が最小になるように、前記位置誤差信号と前記目標加速度信号と所定の学習ゲインに基づいて、前記調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを調整することを特徴とする情報記憶装置の位置決め適応制御装置。

【請求項５】

位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、前記位置信号に基づいて前記ヘッドの速度信号を生成する速度信号演算器と、前記ヘッドの目標位置と現在位置との残距離に基づいて目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、前記残距離に基づいて目標速度信号を生成する目標速度発生器と、前記目標速度信号と前記速度信号との偏差の速度誤差信号を増幅しフィードバック制御入力信号を生成する速度誤差増幅器と、加速度外乱信号に調整可能な第一の可変ゲインを乗算した第一のフィードフォワード制御入力信号と、前記目標加速度信号に調整可能な第二の可変ゲインを乗算した第二のフィードフォワード制御入力信号と、前記第一のフィードフォワード制御入力信号と前記第二のフィードフォワード制御入力信号とを加算して得られるフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号

と前記フィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置であって、
前記速度誤差信号が最小になるように前記調整可能な加速度外乱信号の第一の可変ゲインと前記調整可能な目標加速度信号の第二の可変ゲインとを調整する適応調整器を具備する情報記憶装置の位置決め適応制御装置。
【請求項６】
位置情報が予め記録されている記録媒体から前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された前記位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、目標位置信号と前記位置信号との偏差の位置誤差信号をフィルタ処理しフィードバック制御入力信号を生成する位置制御器と、加速度外乱信号に調整可能な第一の可変ゲインを乗算した第一のフィードフォワード制御入力信号と、前記目標加速度信号に調整可能な第二の可変ゲインを乗算した第二のフィードフォワード制御入力信号と、前記第一のフィードフォワード制御入力信号と前記第二のフィードフォワード制御入力信号とを加算して得られるフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、前記フィードバック制御入力信号と前記フィードフォワード制御信号とを加算した制御入力信号により前記ヘッドを前記目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め適応制御装置であって、
前記位置誤差信号が最小になるように前記調整可能な加速度外乱信号の第一の可変ゲインと前記調整可能な目標加速度信号の第二の可変ゲインとを調整する適応調整器を具備する情報記憶装置の位置決め適応制御装置。
【請求項７】
請求項１乃至６のいずれかにおいて、
前記可変ゲインを逐次調整することを特徴とする位置決め適応制御装置。
【請求項８】
請求項７において、
前記逐次調整は、セクタサーボにおける位置情報を読み取る時間間隔と同期して行うことを特徴とする位置決め適応制御装置。
【請求項９】
位置情報が記録されている記録媒体と、前記位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドを前記記録媒体のトラックへ位置決めする位置決め適応制御装置とを備えて成る情報記憶装置において、
前記位置決め制御装置は、請求項１乃至８のいずれか１項に記載のものであることを特徴とする情報記憶装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、高精度な位置決めを可能とする適応制御方法および装置に関するもので、さらに詳しくは、情報記憶装置においてヘッドを特定の位置に高精度に位置決めする適応制御方法および装置、さらにこの装置を用いた情報記憶装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
情報記憶装置、例えば磁気ディスク装置では、高記録密度の達成のためデータ記録面のセクタの先頭に記録されたサーボ情報に基づいてデータヘッドの位置決めを行うセクタサーボ方式、あるいはそれに準拠したサーボ方式が一般に用いられている。サーボ情報に基づいたこれらのサーボ方式は、ヘッドを目標のトラックへ高速に移動させるシーク動作や、目標のトラック中心に高精度に追従させるフォロイング動作を行うのに適している。
【０００３】
通常、シーク動作は所定の目標速度カーブに従って速度制御で加速・減速してヘッドを移動させる。ヘッドが目標のトラック近傍に到達するとフォロイング動作に切り換え位置制御で目標のトラック中心に追従させる。目標速度信号は、ヘッドの現在位置と目標の位置

との差（残距離）に基づいて目標速度カーブより算出される。ヘッドを駆動するボイスコイルモータには、目標速度信号とヘッドの速度信号との偏差である速度誤差信号を増幅し、フィードバック制御入力として印加する。さて、減速時に目標速度カーブをランプ状に与えた場合（一定加速度で減速した場合）、上記のフィードバック制御では、一定の速度偏差を生じる。この速度偏差を減少させるためには、第一の手法としては速度ループの制御帯域を広く取る方法、第二の手法としては目標速度カーブの傾きを緩くする方法などが考えられる。しかし、第一の手法は、ヘッドを支持駆動する支持機構系の機械的振動要素等により限界があり、また、第二の手法は、所定のアクセス時間を達成させることが困難になる。

【０００４】

そこで、例えば、特開昭５８－１８２１６９号公報に記載されているように、速度制御の減速過程の目標速度カーブを前もって微分または差分した目標加速度カーブに基づいた加速度フィードフォワード信号を速度誤差信号に加え制御入力とする手法が提案されている。これは、安定性を補償するフィードバック制御に応答の改善を行うフィードフォワード制御を組み合わせた手法である。これによると、速度制御ループの制御帯域を広く取ることなく、また、目標速度カーブの傾きを緩やかにすることなく、正確に目標速度カーブにヘッドを追従させることが可能となる。したがって、位置制御へ切り換える際の速度誤差が少なく、ヘッドが目標のトラック位置を越えて移動するオーバー・シュート現象や、目標のトラック位置の手前で停止してしまうアンダー・シュート現象を防止できるので、アクセス時間の短縮が可能となる。

【０００５】

一方、シーク動作とフォロイング動作を別々の制御系で構成するのではなく、位置制御のみで加速・減速して移動し目標のトラック中心に追従させることも可能である。制御系の切り換えがないため、スムーズに目標のトラック中心に整定させることができるので、アクセス時間の短縮が可能となる。例えば、計測自動制御学会論文集Vol.29, N0.1, pp.71/77, (1993)に平田らが「H∞制御理論を用いたハードディスクのヘッド位置決め制御」と題した論文を発表している。その論文には、ヘッド支持機構系の共振や外乱等を抑圧するためにフィードバック制御補償器にH∞制御理論により導出した補償フィルタを用い、高速にヘッドを移動させるためにフィードフォワード制御入力としてなめらかな正弦波状の加速度信号を印加する手法が提案されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一般に、制御系の設計は、与えられた設計仕様を満足するように制御対象の動特性を基にして制御系を構成することにより行われる。

【０００７】

例えば、磁気ディスク装置の速度制御系において、速度ループの速度ゲインの設計は、開ループ特性における零クロス周波数が設計仕様を満足するように制御対象のループゲインを用いて決定される。また、加速度フィードフォワード補償器のループゲインは、制御対象のループゲインの逆ゲインを用いて決定される。ここで、制御対象のループゲインとは、制御入力からヘッドの速度信号までのループゲインで、アンプの増幅ゲイン、ボイスコイルモータの力定数、ヘッドの等価質量、速度検出ゲイン等で与えられる。ここで、速度の検出は、位置信号の後退差分で算出する手法や、位置信号とアンプの電流信号とから速度オブザーバにより算出する手法などが一般に用いられる。

【０００８】

しかし、制御対象のループゲインは、製造公差、動作条件、動作環境、経時変化等によりばらつく。

【０００９】

例えば、ボイスコイルモータは、ボイスコイル両端の磁束のもれが原因でヘッドの動作トラック位置によりその力定数が変化する。すなわち、ディスクの内周と外周で力ゲインが小さくなり、中央の周で力ゲインが大きくなる。そのゲイン差は、一般に１０％程度存在

する。
【００１０】
また、例えば、ヘッドの位置検出ゲインはヘッドの製造公差に依存し、ヘッドのコア幅のばらつきによりそのゲインが変化する。すなわち、ヘッドのコア幅が設計値の基準値より大きければ読み取り電圧が大きくなり位置検出ゲインが大きくなり、逆にヘッドのコア幅が設計値の基準値より小さければ読み取り電圧が小さくなり位置検出ゲインが小さくなる。そのゲイン差は、一般にデータヘッドで２０％程度存在する。ヘッドの速度検出ゲインの変動は、ヘッド位置信号の検出ゲインの変動に依存するため、同程度の変動が見込まれる。
【００１１】
また、例えば、装置内の温度や湿度等による環境の影響により、ボイスコイルモータの機械的特性や駆動回路等の電気的特性がばらつく。
【００１２】
また、例えば、長年の使用により、ヘッドの支持駆動機構の回転部における、ベアリング特性が磨耗やオイルの特性変動等により徐々に変化し、制御対象の特性が出荷時における特性と異なる。
【００１３】
すなわち、ヘッドを駆動する機械的特性のばらつき、駆動回路等の電気的特性のばらつき、ヘッドの検出ゲインのばらつき等によって、制御系全体としての特性が最適点からずれてしまう。このため、高速なシーク動作や高精度なフォロイング動作が行われず、装置性能の低下が問題となる。フィードバック制御のみでシーク動作を行わせる場合には、制御対象のゲイン変動はフィードバック特性によって抑圧され、ヘッドの応答のばらつきはある程度抑圧することができる。
【００１４】
しかし、従来技術の特開昭５８－１８２１６９号公報や計測自動制御学会論文集Vol.29, N0.1, pp.71/77, (1993)に記載されているようなフィードフォワード制御を用いて高速にシーク動作を行わせる場合には、制御対象のゲインのばらつきは、直接ヘッドの応答のばらつきとなって現れるため、大きな問題となる。
【００１５】
さらに、シーク動作時には、静的および動的な外力がヘッドに加わる。
【００１６】
例えば、ヘッドの記録・再生信号を回路基板に伝送する信号線に通常ＦＰＣ（フレキシブル・プリンテット・サーキット）と呼ばれる軟質媒体に貼付た銅箔で形成したケーブルが用いられるが、これは、ヘッド支持機構に対してばね力として作用する。すなわち、力外乱がヘッドに作用する。この外力のため、速度制御によるシーク動作中ヘッドの速度応答が目標速度信号からずれる。また、位置制御によるシーク動作中には、ヘッドの位置が目標位置信号からずれる。
【００１７】
また、例えば、ヘッドはヘッド支持機構部の回転軸を中心にして回転するが、シーク動作時には支持機構部にモーメント力が発生し、支持機構部を支えるベースが振動する。このベース振動によりベースに取り付けられたディスクが振動して、結果としてディスクとヘッドの相対的な位置誤差が生ずる。すなわち、ヘッド位置に対する位置外乱として現れる。
【００１８】
上記問題は、ディスク装置の高記録密度化、高精度位置決め化、高速位置決め化を図るために解決されるべき重要な課題である。
【００１９】
上記課題に鑑み、本発明の一つの目的は、位置決め機構系や電気系を構成する部品のばらつき等による制御特性の最良点からのずれを自動補正して、常にヘッドの位置決め特性を良好に保持することができる適応制御系を提供することにある。

【００２０】
本発明の他の一つの目的は、速度制御によるシーク動作中に、速度の応答のばらつきを減少するように適応調整器によって加速度フィードフォワードのゲインをリアルタイムに調整する適応制御系を提供することにある。
【００２１】
本発明の他の一つの目的は、位置制御によるシーク動作中に、位置の応答のばらつきを減少するように適応調整器によって加速度フィードフォワードのゲインをリアルタイムに調整する適応制御系を提供することにある。
【００２２】
本発明の他の目的は、制御対象のゲイン変動を推定する時に一般に用いられる例えば正弦波状のトレーニング信号を必要としないリアルタイムの適応制御系を提供することである。
【００２３】
本発明の他の目的は、上記目的を達成する位置決め適応制御装置を備える情報記憶装置を提供することである。
【００２４】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するために、本発明は、(1)として、　ディスクに記録されている情報又はディスクに記録する情報を読み書きするためのヘッドを、前記ディスク上のトラックへ位置決めするシーク動作と、トラック上での位置決めを行うフォローイング動作とにより目標トラックへ位置決めする位置決め適応制御方法において、前記ヘッドは、シーク動作に続くフォローイング動作中に目標トラックへの高速・高精度の位置決めが可能と成るように、前記シーク動作中にシーク動作に係る制御系を逐次調整することを特徴とする。
【００２５】
また、上記目的を達成するために、目標速度とヘッドの速度との速度誤差に基づいたフィードバック制御入力と、目標加速度に基づいたフィードフォワード制御入力とを加算してヘッドを目標の位置へ移動させる位置決め制御方法において、フィードフォワード制御入力を逐次調整することを特徴とするが、この方法には次に示す態様がある。
【００２６】
(2) ヘッドの移動中、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い速度誤差が減少するようにフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００２７】
(3) ヘッドの速度が減速を開始した後、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い速度誤差の２乗が最小値になるようにフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００２８】
(4) (3)において、フィードフォワード制御入力を逐次調整する方法は、フィードバック制御入力をｕv(k)とし、フィードフォワード制御入力をｓa(k)とし、学習ゲインをηとすると、フィードフォワード制御入力ｓa(k)に、
θ(k+1)＝θ(k)＋η・ｕv(k)・ｓa(k)
によって逐次更新される調整ゲインθ(k)を乗算することでフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００２９】
(5) ヘッドの速度が減速を開始した後、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い速度誤差の２乗値を逐次加算した値が最小値になるようにフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３０】
(6) (5)において、フィードフォワード制御入力を逐次調整する方法は、フィードバック制御入力をｕv(k)とし、フィードフォワード制御入力をｓa(k)とし、学習ゲインをγ(k)とし、学習ゲインをｓa(k)に基づいてγ(k+1)に更新すると、フィードフォワード制御入

力ｓａ(k)に、
θ(k+1)＝θ(k)＋γ(k+1)・ｕｖ(k)・ｓａ(k)
によって逐次更新される調整ゲインθ(k)を乗算することでフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３１】
また、上記目的を達成するために、目標位置とヘッドの位置との位置誤差に基づいたフィードバック制御入力と、目標加速度に基づいたフィードフォワード制御入力とを加算してヘッドを目標の位置へ移動させる位置決め制御方法において、フィードフォワード制御入力を逐次調整することを特徴とするが、この方法には次に示す態様がある。
【００３２】
(7) ヘッドの移動中、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い位置誤差が減少するように前記フィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３３】
(8) ヘッドが移動を開始した後、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い位置誤差の２乗が最小値になるようにフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３４】
(9) (8)において、フィードフォワード制御入力を逐次調整する方法は、フィードバック制御入力をｕｆ(k)とし、フィードフォワード制御入力をｓａ(k)とし、学習ゲインをηとすると、フィードフォワード制御入力ｓａ(k)に、
θ(k+1)＝θ(k)＋η・ｕｖ(k)・ｓａ(k)
によって逐次更新される調整ゲインθ(k)を乗算することでフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３５】
(10) ヘッドが移動を開始した後、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い位置誤差の２乗値を逐次加算した値が最小値になるようにフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３６】
(11) (10)において、フィードフォワード制御入力を逐次調整する方法は、フィードバック制御入力をｕｆ(k)とし、フィードフォワード制御入力をｓａ(k)とし、学習ゲインをγ(k)とし、学習ゲインをｓａ(k)に基づいてγ(k+1)に更新すると、フィードフォワード制御入力ｓａ(k)に、
θ(k+1)＝θ(k)＋γ(k+1)・ｕｖ(k)・ｓａ(k)
によって逐次更新される調整ゲインθ(k)を乗算することでフィードフォワード制御入力を逐次調整する。
【００３７】
また、上記目的を達成するために、目標速度とヘッドの速度との速度誤差に基づいたフィードバック制御入力と、目標加速度に基づいた第一のフィードフォワード制御入力と、加速度外乱信号に基づいた第二のフィードフォワード制御入力とを加算してヘッドを目標の位置へ移動させる位置決め制御方法において、フィードフォワード制御入力を逐次調整することを特徴とするが、この方法には次に示す態様がある。
【００３８】
(12) ヘッドの移動中、フィードバック制御入力と第一のフィードフォワード制御入力と第二のフィードフォワード制御入力を用い、速度誤差が減少するように第一のフィードフォワード制御入力と第二のフィードフォワード制御入力とを逐次調整する。
【００３９】
(13) ヘッドの移動中、フィードバック制御入力と第一のフィードフォワード制御入力と第二のフィードフォワード制御入力を用い、位置誤差が減少するように第一のフィードフォワード制御入力と第二のフィードフォワード制御入力とを逐次調整する。
【００４０】

また、上記目的を達成するために、目標速度とヘッドの速度信号との速度誤差に基づいたフィードバック制御入力と、目標加速度に基づいたフィードフォワード制御入力とを加算してヘッドを目標の位置へ移動させる制御入力を発生する位置決め制御方法において、フィードフォワード制御入力を逐次調整することを特徴とするが、この方法には次に示す態様がある。

【００４１】

(14) ヘッドを目標の位置へ移動させる制御入力からヘッドの速度信号までの任意の箇所に可変ゲインを設け、ヘッドの移動中、可変ゲインを増大もしくは減少させても、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い速度誤差が減少するようにフィードフォワード制御入力を逐次調整し、可変ゲインのゲイン変化によって増大した速度誤差が直ちに減少するようにする。

【００４２】

(15) ヘッドを目標の位置へ移動させる制御入力からヘッドの速度信号までの任意の箇所に可変ゲインを設け、予めこの可変ゲインを増大もしくは減少させても、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い速度誤差が減少するようにフィードフォワード制御入力を逐次調整し、可変ゲインのゲイン変化によって変動したヘッドの速度信号が可変ゲインのゲイン変化前の状態に直ちに等しくするようにする。

【００４３】

(16) ヘッドを目標の位置へ移動させる制御入力からヘッドの位置信号までの任意の箇所に可変ゲインを設け、ヘッドの移動中、この可変ゲインを増大もしくは減少させても、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い位置誤差が減少するようにフィードフォワード制御入力を逐次調整し、可変ゲインのゲイン変化によって増大した位置誤差が直ちに減少するようにする。

【００４４】

(17) 目標の位置へ移動させる制御入力からヘッドの位置信号までの任意の箇所に可変ゲインを設け、予めこの可変ゲインを増大もしくは減少させても、フィードバック制御入力とフィードフォワード制御入力を用い位置誤差が減少するようにフィードフォワード制御入力を逐次調整し、可変ゲインのゲイン変化によって変動したヘッドの位置信号が可変ゲインのゲイン変化前の状態に直ちに等しくなるようにする。

【００４５】

また、上記目的を達成するために、(4)、(6)、(9)、(11)において、調整ゲインθ(k)の初期値をθ(0)=1.0としてもよい。

【００４６】

また、上記目的を達成するために、(4)、(6)、(9)、(11)において、調整ゲインθ(k)の初期値として前回の前記ヘッドの移動中に調整した最終の調整ゲインの値を用いてもよい。

【００４７】

また、上記の各位置決め適応制御方法は、この方法で取扱う信号がディジタル信号若しくはアナログ信号のいずれであってもよい。

【００４８】

また、上記目的を達成するために、(1)、(2)、(3)、(5)、(7)、(8)、(10)、(12)～(17)において、逐次調整は、セクタサーボにおける位置情報を読み取る時間間隔と同期して行うとよい。

【００４９】

さらに、上記目的を達成するために、(18)として、位置情報が予め記録されている記録媒体と、位置情報を読みとるヘッドと、このヘッドによって再生された位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、位置信号に基づいてヘッドの速度信号を生成する速度信号演算器と、ヘッドの目標位置と現在位置との残距離に基づいて目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、残距離に基づいて目標速度信号を生成する目標速度発生器と、この目標速度信号と前記ヘッドの速度信号との偏差の速度誤差信号を増幅しフィードバック制御入力信号を生成する速度誤差増幅器と、目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗

算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、フィードバック制御入力信号とフィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号によりヘッドをヘッドの目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め制御装置において、速度誤差信号が最小になるように調整可能な前記目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する適応調整器を具備する。

【００５０】

また、(19)として、(18)において、適応調整器は、速度誤差信号の二乗が最小になるように、速度誤差信号と目標加速度信号と所定の学習ゲインとを乗算した値に基づいて、調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する。

【００５１】

また、(20)として、(18)において、適応調整器は、速度誤差信号の二乗を逐次加算した値が最小になるように、速度誤差信号と目標加速度信号と所定の学習ゲインに基づいて、調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する。

【００５２】

さらに、上記目的を達成するため、(21)として、位置情報が予め記録されている記録媒体と、位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された位置情報より位置信号を生成する位置信号演算器と、目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、目標位置信号と位置信号との偏差の位置誤差信号をフィルタ処理しフィードバック制御入力信号を生成する位置制御器と、目標加速度信号に調整可能な可変ゲインを乗算しフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、フィードバック制御入力信号とフィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号によりヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め制御装置において、位置誤差信号が最小になるように調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する適応調整器を具備する。

【００５３】

また、(22)として、(21)において、適応調整器は、位置誤差信号の二乗が最小になるように、位置誤差信号と目標加速度信号と所定の学習ゲインとを乗算した値に基づいて、調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する。

【００５４】

また、(23)として、(21)において、適応調整器は、位置誤差信号の二乗の総和が最小になるように、位置誤差信号と目標加速度信号と所定の学習ゲインに基づいて、調整可能な目標加速度信号の可変ゲインを逐次調整する。

【００５５】

さらに、上記目的を達成するため、(24)として、位置情報が予め記録されている記録媒体と、位置情報を読みとるヘッドと、このヘッドによって再生された位置情報から位置信号を生成する位置信号演算器と、位置信号に基づいてヘッドの速度信号を生成する速度信号演算器と、ヘッドの目標位置と現在位置との残距離に基づいて目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、残距離に基づいて目標速度信号を生成する目標速度発生器と、目標速度信号と速度信号との偏差の速度誤差信号を増幅しフィードバック制御入力信号を生成する速度誤差増幅器と、加速度外乱信号に調整可能な第一の可変ゲインを乗算した第一のフィードフォワード制御入力信号と、目標加速度信号に調整可能な第二の可変ゲインを乗算した第二のフィードフォワード制御入力信号と、第一のフィードフォワード制御入力信号と第二のフィードフォワード制御入力信号とを加算して得られるフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、フィードバック制御入力信号とフィードフォワード制御入力信号とを加算した制御入力信号によりヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め制御装置において、速度誤差信号が最小になるように調整可能な加速度外乱信号の第一の可変ゲインと調整可能な目標加速度信号の第二の可変ゲインとを逐次調整する適応調整器を具備する。

【００５６】

さらに、上記目的を達成するため、(25)として、位置情報が予め記録されている記録媒体と、位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドによって再生された位置情報から位置信号

を生成する位置信号演算器と、目標加速度信号を生成する目標加速度発生器と、目標位置信号と位置信号との偏差の位置誤差信号をフィルタ処理しフィードバック制御入力信号を生成する位置制御器と、加速度外乱信号に調整可能な第一の可変ゲインを乗算した第一のフィードフォワード制御入力信号と、目標加速度信号に調整可能な第二の可変ゲインを乗算した第二のフィードフォワード制御入力信号と、第一のフィードフォワード制御入力信号と第二のフィードフォワード制御入力信号とを加算して得られるフィードフォワード制御入力信号を生成するフィードフォワード制御器と、フィードバック制御入力信号とフィードフォワード制御信号とを加算した制御入力信号によりヘッドを目標位置に移動せしめる情報記憶装置の位置決め制御装置において、位置誤差信号が最小になるように調整可能な加速度外乱信号の第一の可変ゲインと調整可能な目標加速度信号の第二の可変ゲインとを逐次調整する適応調整器を具備する。

【００５７】

また、(26)として、(18)、(21)、(24)及び(25)において、逐次調整は、セクタサーボにおける位置情報を読み取る時間間隔と同期して行うとよい。

【００５８】

さらに、上記目的を達成するため、(27)として、位置情報が記録されている記録媒体と、位置情報を読み取るヘッドと、このヘッドを記録媒体のトラックへ位置決めする位置決め制御装置とを備えて成る情報記憶装置において、位置決め制御装置は、請求項(18)乃至(26)のいずれかに記載のものである。

【００５９】

【作用】

本発明によれば、次の作用により上記目的が達成される。

【００６０】

すなわち、シーク動作を速度制御で、フォロイング動作を位置制御で実施する位置決め制御系において、速度制御中の加速もしくは定速の状態から減速の状態に移行した後、目標速度に対するヘッドの速度誤差が減少するように加速度フィードフォワード信号を速度減速中リアルタイムで調整することにより、制御対象のゲイン変動や外乱等によって生じる速度誤差を最小にすることが可能となる。この結果として、目標トラック近傍において、速度制御から位置制御に切り換えた後のヘッド位置とヘッド速度の応答のばらつきを十分に抑圧することができ、良好な整定応答が得られ、アクセス時間の短縮が図られる。

【００６１】

この結果、シーク時に逐次上述の調整を行うことにより、制御対象のゲイン変動に係らずシーク動作とそれに続くフォローイング動作で、常に高速にかつ高精度に位置決めが完了する。

【００６２】

また、シーク動作とフォロイング動作を位置制御で実施する位置決め制御系において、シーク動作開始から目標位置に対するヘッドの位置誤差が減少するように加速度フィードフォワード信号をリアルタイムで調整することにより、制御対象のゲイン変動や外乱等によって生じる位置誤差を最小にすることが可能となる。この結果として、目標トラックへの到達後の良好な整定応答が得られ、アクセス時間の短縮が図られる。

【００６３】

このような本発明の構成によれば、従来用いていたトレーニング信号を排除できる。即ち、本発明の制御系の中に従来のトレーニング信号に相当する速度誤差信号が組み込まれ、かつこの信号を最小にするようにしていることによって高速、高精度の制御ができる。

【００６４】

また、適応演算器により加速度フィードフォワード信号の調整をシーク動作中リアルタイムで行うことにより、高精度に目標軌道に追従させることが可能となる。したがって、従来緩やかに設定していた目標軌道をより急峻に設定することができ、これによってアクセス時間の短縮が図られる。

【００６５】

【実施例】
以下、本発明の実施例を図面により詳細に説明する。
【００６６】
《第一実施例》
図１は、本発明の第一の実施例を示す磁気ディスク装置の位置決め適応制御回路のブロック線図である。図において、制御対象１は、磁気ディスク装置のヘッド駆動系を示し、パワーアンプ、ボイスコイルモータ、ヘッド支持機構、位置信号復調系等から構成される。制御対象の具体的な構成は、図３において詳細に説明する。この実施例は、目標のトラックへヘッドを移動させる際に、速度制御系で目標のトラック近傍へ移動させ、目標のトラック近傍で位置制御系にスイッチ１４で制御系を切り換えるモード切り換え型の制御系である。
【００６７】
一般に磁気ディスク装置においては、２相の位置信号が採用されている。復調回路は、セクタの先頭に記録されたサーボ情報を復調して、互いに９０°位相がずれた三角波状の不連続な２相の位置信号を生成する。各トラックの中心は、この位置信号が零をクロスする位置である。連続化位置信号演算器２は、２相の位置信号から線形な部分を切り出して連続な位置信号を生成する。これをヘッド位置信号と呼びｙ(k)で表す。ここで、ｋはシーク開始時点からのステップ数を示す。
【００６８】
ヘッド速度信号ｖ(k)は、速度信号演算器５により、ヘッド位置信号ｙ(k)から後退差分等により算出される。目標速度発生器４は、加算器３により生成されたヘッドの現在位置ｙ(k)と目標位置ｔyとの残距離（ｙ(k)－ｔy）に基づいて、あらかじめＲＯＭ（読み出し専用メモリ）に書き込まれてる対応表から目標速度信号ｔv(k)を生成する。同様に、目標加速度発生器８は、ヘッドの現在位置ｙ(k)と目標位置ｔyとの残距離（ｙ(k)－ｔy）に基づいて、あらかじめＲＯＭに書き込まれている対応表から目標加速度信号ｔa(k)を、速度制御の減速時に生成する。
【００６９】
加算器７により加算した目標速度信号ｔv(k)とヘッド速度信号ｖ(k)の偏差を、速度誤差信号と呼びｅv(k)で表す。速度ループの速度ゲイン（調整）器のゲイン値ｋvは、開ループの零クロス周波数が設計値になるように制御対象１のループゲインに基づいて決定される。フィードバック制御信号は、速度誤差信号ｔv(k)に速度ゲインｋvを乗算したフィードバック制御入力信号ｕv(k)を用いる。
【００７０】
従来技術では、フィードフォワード制御信号は、目標加速度信号ｔa(k)に加速度ゲイン(調整)器９のゲイン値ｋaを乗算したフィードフォワード加速度制御信号ｓａ(k)を用いる。ここで、加速度ゲインｋaは、制御対象の制御入力からヘッド加速度までのゲイン値をｋｍとしたとき、このｋｍに基づき、その逆ゲインに設定する。実際のゲインｋｍに対するあらかじめ設定したのゲインをｋmhとすると、加速度ゲインｋaは、既知のあらかじめ設定したゲインｋmhの逆ゲイン１／ｋmhに設定する。制御対象１への制御入力ｕ(k)は、フィードバック速度制御入力ｕv(k)とフィードフォワード制御入力ｕa(k)を加算器１３により加算した信号とする。
【００７１】
これによって、制御対象のゲイン変動や外乱等のない理想状態においては、ｋmh＝ｋｍとなり、目標速度に対する定常速度偏差を理論的に零にすることができる。しかし、制御対象１にゲイン変動が存在する場合には、すなわち、ｋmh≠ｋｍの場合には、ヘッドの加速度が目標加速度からずれ、それによって、速度誤差が生じ、位置制御系へ切り換えた後の整定が悪くなり、アクセス時間が長くなるなどの問題が生じる。
【００７２】
そこで、本実施例では、目標加速度信号ｔa(k)に加速度ゲインｋaを乗算した信号及び速度誤差信号ｅｖ(k)に速度ゲインｋｖを乗算した信号を取り込んでシーク動作時及び減速

中において、フィードフォワード制御信号の可変ゲインθ(k)：１０を速度誤差信号の二乗ｅv(k)^{2}が最小になるように各サンプリング毎に逐次調整する適応調整器１２を設けた。

【００７３】

フィードフォワード制御入力信号ｕa(k)は、目標加速度ｔa(k)に加速度ゲインｋaを乗算した信号ｓa(k)に、可変ゲイン器１０のゲイン値θ(k)を乗算した信号である。速度誤差信号の二乗ｅv(k)^{2}が零になったとき、ヘッドは加速度フィードフォワード信号のみで移動することになり、フィードフォワード制御信号のループゲインθ(k)・ｋa（＝θ(k)／ｋmh）は、制御対象１の逆ループゲイン１／ｋmと等しくなる。

【００７４】

すなわち、適応調整器１２は、制御対象１のループゲインｋmを推定したことになる。また、速度誤差信号の二乗ｅv(k)^{2}が最小になるように加速度フィードフォワードの可変ゲイン１０を調整するため、目標速度とヘッドの速度とが一致し、フォロイング動作へのスムーズな移行が可能となる。しかも、本実施例によると、可変ゲイン１０の調整の際に、特別なトレーニング信号を制御ループに印加する必要がない。

【００７５】

ヘッドが目標のトラックの近傍に到達するとスイッチ１４が切り替わり位置制御器１５によるフィードバック制御に移行する。これによって、目標位置ｔyに高精度に追従することができる。位置制御器は、例えば、リード・ラグ（位相進み・位相遅れ）補償器で構成することができる。

【００７６】

以下では、適応調整器１２における加速度フィードフォワードの可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)の調整方法について詳細に説明する。速度誤差信号の二乗ｅv(k)^{2}を最小にすることを数学的に実現するために、評価関数Ｅ(k)を導入する。評価関数Ｅ(k)は、ｕv(k)＝ｋv・ｅv(k)に考慮して、次に示す式１とする。すなわち、フィードバック制御入力ｕv(k)を最小にすることで、速度誤差ｅv(k)の最小化を図る。

【００７７】

【数１】

$$E(k)=\frac{1}{2}u_v(k)^2$$

$$=\frac{1}{2}(u(k)-u_a(k))^2 \qquad \cdots\cdots(式1)$$

【００７８】

加速度フィードフォワードの可変ゲイン値θ(k)は、上記評価関数を最小にするように勾配法を用い次式２に示す適応調整則１１によりリアルタイムに調整する。可変ゲインの調整は、ヘッドの加速中は実行しない。

【００７９】

【数２】

$$\theta(k+1)=\theta(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial\theta(k)} \quad \cdots\cdots (式2)$$

$$=\theta(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial u_a(k)}\cdot\frac{\partial u_a(k)}{\partial\theta(k)} \quad \cdots\cdots (式3)$$

$$=\theta(k)+\eta\cdot(u(k)-u_a(k))\cdot s_a(k) \quad \cdots (式4)$$

$$=\theta(k)+\eta\cdot u_v(k)\cdot s_a(k) \quad \cdots (式5)$$

【００８０】
ただし、ηは可変ゲインθ(k)の収束の速度を決定する学習定数である。
【００８１】
可変ゲインの初期値θ(0)は、ここでは、この実施例の理解が容易なようにθ(0)＝1.0に設定する。尚、θ(0)＝1.0が式により更新されなければ1.0が続き、この状態は従来の制御方法と同じとなる。
【００８２】
本実施例では、θ(0)＝1.0としたが、前回のシーク動作時に調整した最終の可変ゲイン値を今回の可変ゲインの初期値として用いても良い。
【００８３】
式２から式３へは、微分の連結法則により導く。
【００８４】
式３から式４へは、式１のＥ(k)をｕa(k)で偏微分することと、ｕa(k)＝θ(k)・ｓa(k)の関係式の両辺をθ(k)で偏微分することにより導く。最終的に、勾配法による可変ゲインの更新は、式５で演算する。
【００８５】
学習ゲインηの決定は、理論的には、次に示す式６
【００８６】
【数３】

$$0<\eta<\frac{2}{s_a(k)^2} \quad \cdots\cdots (式6)$$

【００８７】
を満たすように小さな値にする必要がある。減速中から印加する目標加速度信号ｔa(k)は常に負の値をとるため、ｓa(k)^2≠０である。従って、式６を満足する学習ゲインηを決定することができる。
【００８８】
以上により、式７
【００８９】
【数４】

$$\lim_{k\to\infty} u_v(k)=0 \quad \cdots\cdots (式7)$$

【００９０】
が達成される。即ち、本アルゴリズムにより速度誤差が零に収束する。
【００９１】

図２は、式２による勾配法を用いた可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)の更新の概念を説明する図である。図において、横軸は加速度フィードフォワード信号の可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)、縦軸は式２によって与えられる評価関数である。

【００９２】

ｋステップにおいて、可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)に対し評価関数の値はＥ(k)とする。評価関数の曲線において、点Ａは、正の勾配（傾き）を持つため、マイナス方向に可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)を修正すれば評価関数の値は減少する。式２では、誤差曲線の点Ａにおいて、∂Ｅ(k)／∂θ(k)によって勾配を求め、この勾配に学習ゲインηを乗算し、勾配の符号と逆方向に可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)を修正し、その時の値をθ(k+1)とする。これによりステップｋ＋１において、誤差曲線の点Ｂに移行する。誤差曲線に対する勾配が大きいほど可変ゲインの更新量が大きくなる。誤差曲線に対する勾配が小さいほど可変ゲインの更新量が小さくなる。以上の操作を逐次実行すると最終的に勾配は零になり点Ｃに到達する。点Ｃは、評価関数の最小値である。

【００９３】

なお、上記操作を逐次実行する時間間隔は、セクタサーボにおける位置情報を読み取る時間間隔と同期すれば良く、場合によっては式２の更新間隔を位置情報の読み取り間隔に対し、間欠的に実行しても良い。

【００９４】

図３は、本発明に係わる磁気ディスク装置の適応制御装置を実現するハードウエアの構成図である。

【００９５】

この磁気ディスク装置においては、上位ＣＰＵから記録もしくは再生の命令がディスクコントローラ４７に送られると、ディスクコントローラ４７は、マイクロプロセッサ４３に目的のトラックへヘッド３０の移動を指令する。スピンドルモータ３２で駆動される軸には、磁気ディスク３１が取り付けられており、ディスク面上をヘッド３０が僅かにすき間をおいて浮上している。ヘッド３０は、ヘッド支持系により支持され、ヘッド支持系は、ボイスコイルモータ３７に固定されている。ボイスコイルモータ３７の移動にともないヘッド３０は、ディスク３１の外周から内周方向あるいはその逆方向へ移動し、ディスクのトラック上に記録されたデータをヘッドＩＣ３３とＲ／Ｗ(Read/Write)回路４１を介して、読み取りまたは書き込みをする。

【００９６】

この磁気ディスク装置は、高密度記録達成のため、全てのディスク３１のトラックのセクタの先頭に記録されたサーボ情報をヘッド３０で読み取り位置決めを行うセクタサーボ方式を採用している。したがって、全てのヘッドがデータヘッドとなる。個々のデータヘッドから得られたサーボ情報は、ヘッドＩＣ３３で増幅して、位置信号復調回路３４で、位置信号に変換される。この信号は、ＡＤ（アナログ・ディジタル）変換器でデジタル信号に変換される。また、サーボ情報のなかにはトラック番号を記録した箇所があり、これは、グレーコード復調器３６により復調される。位置信号および、トラック番号は、バスライン４２を介して、マイクロプロセッサ４３に取り込まれる。

【００９７】

マイクロプロセッサシステム４６は、マイクロプロセッサ４３がバスライン４２を介して、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）４４、ＲＯＭ（読み出し専用メモリ）４５に接続されている。ＲＯＭ４５には、速度制御系、位置制御系、適応調整器１２のプログラムを格納する。ＲＡＭ４４は、可変ゲイン１０等を一時的に格納する。マイクロプロセッサ４３は、制御入力ｕ(k)を演算する。ここで、図１における制御対象１は、ＤＡ変換器３９からパワーアンプ３８、ボイスコイルモータ３７、ヘッド３０の支持機構系、ヘッド位置信号の検出ゲインを含み、ＡＤ変換器３５までのダイナミクスを表す。

【００９８】

図４は、本発明の第一の実施例のシーク動作の実行手順を説明するフローチャートである。

【００９９】
まず、ステップ１０１で、目標位置ｔyの設定、式５の学習ゲインηの設定、加速度フィードフォワードの可変ゲイン１０のゲインの初期値θ(0)の設定を行う。ここでは、ηは０.０１に、θ(0)は１.０に設定する。連続化位置信号演算器２によりヘッド位置ｙ(k)を演算し（ステップ１０２）、また、ヘッド位置から後退差分法等によりヘッド速度ｖ(k)を演算する（ステップ１０３）。目標速度発生器４は、目標位置とヘッド位置との差（残距離）に基づいて予めＲＯＭ４５内に格納されている目標速度テーブルから目標速度ｔv(k)を生成し、また、目標加速度発生器８も、同様に残距離に基づいて目標加速度ｔa(k)を生成する（ステップ１０４）。ステップ１０５では、速度誤差ｅv(k)を目標速度ｔv(k)とヘッド速度ｖ(k)との偏差より演算し、ステップ１０６で、この速度誤差ｅv(k)に速度ループの速度ゲイン６のゲイン値ｋvを乗算してフィードバック制御入力ｕv(k)を演算する。

【０１００】
次に、速度誤差ｅv(k)の状態より、減速状態にあるか、加速または定速状態にあるか判断する（ステップ１０７）。加速または定速状態にある場合は、フィードフォワード制御入力をｕa(k)＝０.０とする（ステップ１１１）。減速状態にあるときは、まず、目標加速度ｔa(k)に加速度フィードフォワードの加速度ゲイン９のゲイン値ｋaを乗算し、ｓa(k)を演算する（ステップ１０８）。

【０１０１】
次に、信号ｓa(k)に可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)を乗算し、フィードフォワード制御入力ｕa(k)を演算する（ステップ１０９）。ステップ１１０で、速度誤差ｅv(k)を最小にするように式５によって、可変ゲインをθ(k)からθ(k+1)に更新する。θ(k+1)は次のステップのフィードフォワード制御入力の演算（ステップ１０９）で使用する。

【０１０２】
そして、制御対象１への制御入力ｕ(k)をステップ１０６のフィードバック制御入力ｕv(k)とステップ１０９またはステップ１１１のフィードフォワード制御入力ｕa(k)を加算して演算する（ステップ１１２）。目標位置の近傍に到達するまでステップ１０２からステップ１１２までの上記ステップを繰り返し実行する（ステップ１１３）。目標位置の近傍に到達すると上記速度制御系から位置制御系に切り換えて目標位置に追従制御を実行する（ステップ１１４）。

【０１０３】
本実施例の有効性を確認するために、制御対象１のループゲインｋｍを＋２０％増加させたとき、移動可能な全てのトラックの１／３の距離をシークさせたときのシミュレーション結果を示す。

【０１０４】
図５は、適応調整器１２により加速度フィードフォワード信号を調整した時のシーク動作の応答で、図６は、適応調整器を用いずに従来技術のシーク動作の応答である。目標速度カーブと目標加速度カーブは、制御対象のゲイン変動がない状態で、速度制御区間の時間を１０ｍｓで終了させ、位置制御であるフォロイング動作に移行するように設計した。また、目標のトラックの手前で目標加速度カーブが指数関数的に減衰するように設定した。

【０１０５】
本実施例におけるシーク動作の応答を示す図５は、上からヘッド位置信号ｙ(k)（ａ）、ヘッド速度信号ｖ(k)（実線）と目標速度信号ｔv(k)（破線）（ｂ）、ヘッド加速度ａ(k)（実線）と目標加速度信号ｔa(k)（破線）（ｃ）、そして適応調整則１１により推定された可変ゲイン１０のゲイン値θ(k)（ｄ）をプロットしている。適応調整則は、式１の評価関数を最小にする式５の調整則を用いた。

【０１０６】
推定は減速時、すなわち、ヘッド速度が目標速度信号に到達した図５（ｃ）に示すＰ点から開始する。制御対象のループゲインが＋２０％変動しているため、そのゲイン変動を加速度フィードフォワードの可変ゲインθ(k)で打ち消すように０.８３３（＝１／１.２）

にほぼ１ｍｓで収束している（図５（ｄ））。このため、ヘッド速度が目標速度に一致し、１０ｍｓで速度制御から位置制御へ切り替え、ゲイン変動がない状態と等しいヘッド位置の整定応答が得られた。

【０１０７】

図５（ｄ）に示す推定波形θ(k)を注意深く観察すると、推定を開始した初期の０．３ｍｓの間は、プラス側に推定を行っている。これは、ヘッド速度が目標速度に突入したときのオーバーシュートを抑圧するように、加速度フィードフォワード信号の可変ゲインを高めているためである。この様に、式１で表される評価関数は、過去の情報に依存することなく、現在のサンプルにおいて評価関数を最小化することを行う。この為、制御対象のゲイン変動だけでなく、ヘッド速度が加速して目標速度に到達する際のオーバシュートも抑圧することが可能となる。

【０１０８】

すなわち、シーク時に逐次調整することによって、制御対象のゲイン変動に係らず１回のシーク動作とこれに続くフォローイング動作によって、高速、かつ高精度の位置決めが完了する。

【０１０９】

一方、図６の加速度フィードフォワード信号の調整を行わない従来技術では、制御対象に＋２０％のゲイン変動が存在するとき、目標速度信号ｔｖ(k)（破線）に対しヘッド速度信号ｖ(k)（実線）がオフセットしていることが分かる。また、目標加速度信号ｔａ(k)（破線）に対しても、ヘッド加速度信号ａ(k)（実線）が追従しきれていないことが分かる。これによって、速度制御の時間が１０．７ｍｓになり、位置制御に切り換えた後のヘッド位置の整定応答もオーバーシュートしながら整定するため、アクセス時間が増大する。

【０１１０】

次に、制御対象のループゲインを２０％減少させたとき、移動可能な全てのトラックの１／３の距離をシークさせたときのシミュレーション結果を図７及び図８により説明する。

【０１１１】

図７は、前述の式５の適応調整則により加速度フィードフォワード信号を調整した時の応答で、図８は、適応調整則を用いずに従来技術でシークさせたときの応答である。目標速度カーブと目標加速度カーブは、図５と図６と同様とした。

【０１１２】

図７の本実施例によるシーク動作の応答において、（ｄ）の適応調整則により推定された可変ゲイン値θ(k)は、制御対象のループゲインが－２０％変動しているため、１．２５（＝１／０．８）にほぼ１ｍｓで収束している。このため、ヘッド速度が目標速度に一致し、１０ｍｓで速度制御から位置制御へ切り替え、ゲイン変動がないノミナルの状態と等しいヘッド位置の整定応答が得られた。

【０１１３】

一方、図８の加速度フィードフォワード信号の調整を行わない従来技術では、制御対象に－２０％のゲイン変動が存在するとき、目標速度信号ｔａ(k)（破線）に対しヘッド速度信号ｖ(k)（実線）がオフセットしていることが分かる。また、目標加速度信号ｔａ(k)（破線）に対しても、ヘッド加速度信号ａ(k)（実線）が追従しきれていないことが分かる。これによって、速度制御の時間が約９ｍｓと短くなり、位置制御に切り換える際の突入速度と突入加速度が大きく、整定するのに時間がかかるため、アクセス時間が増大する。

【０１１４】

図９は、回転型のヘッド駆動機構のボイスコイルモータ３７の電流をトルクに変換する力定数を表している。力定数は、トラックの位置に対し、外周と内周でゲインが小さくなる傾向がある。今、トラック位置Ａから最外周のトラック位置Ｂに向かってヘッドを移動させるとする。この時、外周ではゲインが小さいためシーク動作終了付近での目標速度や目標加速度に対する追従性が悪化し、目標トラックへの位置決め動作が変動する。

【０１１５】

このような変動を無くすため、加速度フィードフォワードの可変ゲインは、図１０に示す

ようにボイスコイルモータのゲインの減少分を打ち消すように、調整される。このため、目標のトラックＢへの位置決め動作が良好に行われる。

【０１１６】

また、本実施例の適応調整器１２は、シーク動作中リアルタイムに加速度フィードフォワードの可変ゲインの逐次調整を行うため、温度や湿度等の環境の変化に伴う速度誤差の増加を抑圧することができる。

【０１１７】

式２で演算される適応調整則１１は、データ面サーボ方式による離散時間制御系を対象としているため、離散的な可変ゲインの更新を行う。サーボ面サーボ方式による連続時間制御系を対象として適応調整則は、時刻ｔに対して次に示す式８

【０１１８】

【数５】

$$\dot{\theta}(t) = -\eta \frac{\partial E(t)}{\partial \theta(t)} = \eta \cdot u_v(t) \cdot s_a(t) \qquad \cdots\cdots (式８)$$

【０１１９】

によって更新する。

【０１２０】

また、本磁気ディスク装置による実施例では、目標加速度は速度減速時に加えるため常に負の値を持つ。このため、推定値θの収束性を保証する学習ゲインηの決定式６を常に満たすが、一般の装置においては、ｓａ(k)が零になる可能性があるので、学習ゲインη（固定ゲイン）を可変ゲインη(k)として、次式９

【０１２１】

【数６】

$$\eta(k) = \frac{1}{\lambda + s_a(k)^2} \qquad \cdots\cdots (式９)$$

【０１２２】

で演算することも可能である。ここで、λは正の定数とする。明らかに、式９は式６を満足する。

【０１２３】

さらに、本実施例の適応調整則１１は、式２に示した評価関数を最小化する式５のみ限って構成されるのではなく。例えば、以下に示すものなどを用いることができる。これは、次式１０の速度誤差信号の二乗和を最小にするように加速度フィードフォワードの可変ゲインθ(k)をリアルタイムで調整することによって達成される。

【０１２４】

【数７】

$$E(k)=\frac{1}{2}\sum_{i=0}^{k}u_v(i)^2$$

$$=\frac{1}{2}\sum_{i=0}^{k}(u(k)-\theta(k)\cdot s_a(k))^2 \quad \cdots\cdots (式10)$$

【0125】
式10の最小値は、
【0126】
【数8】

$$\frac{\partial E(k)}{\partial \theta(k)}=-\left(\sum_{i=0}^{k}s_a(k)u(k)-\sum_{i=0}^{k}s_a(k)^2\cdot\theta(k)\right)$$

$$=0 \quad \cdots\cdots (式11)$$

【0127】
となるθ(k)を求めることによって得られる。これは、図2において、点Cにおけるθ(k)を直接求める手法である。式11をθ(k)に関して解くと、式12に示すように
【0128】
【数9】

$$\theta(k)=\left\{\sum_{i=0}^{k}s_a(k)^2\right\}^{-1}\cdot\left\{\sum_{i=0}^{k}s_a(k)u(k)\right\} \quad \cdots\cdots (式12)$$

【0129】
となる。
【0130】
式11は、逐次計算には不向きなのでこれをシーク動作中に、リアルタイムで逐次計算ができるように変更する。最終的に式9を最小化する適応調整則11は、次式13及び14となる。
【0131】
【数10】

$$\theta(k+1)=\theta(k)+\frac{\gamma(k)s_a(k)}{1+\gamma(k)s_a(k)^2}u_v(k) \quad \cdots\cdots (式13)$$

$$\gamma(k+1)=\frac{\gamma(k)}{1+\gamma(k)s_a(k)^2} \quad \cdots\cdots (式14)$$

【0132】
可変ゲインの初期値は、ここでは、θ(0)＝1.0に設定する。収束の速度を決定する学習ゲインの初期値γ(0)は正の定数に設定する。
【0133】
本発明の第一の実施例は、上記2つの例の評価関数に限定されるものではなく、速度誤差信号を減少させる種々の調整則を用いることも可能である。

【０１３４】
本実施例の適応調整則における加速度フィードフォワードの可変ゲインの初期値θ(0)は、前回のシーク動作時に調整した最終のゲイン値に設定してもよい。これにより、前回のシーク動作時と今回のシーク動作時とで、制御対象のゲイン変動が変化しなければ、可変ゲインの調整の過渡的な応答がなくなり、調整の開始時点から制御系の最適な状態を維持することが可能となる。
【０１３５】
また、シーク動作中にリアルタイムで加速度フィードフォワードの可変ゲインの調整を行うのではなく、試行シークによるオフラインのゲイン調整を行うことも可能である。電源立ち上げ時に、ボイスコイルモータの力定数ｋｆのだれのない箇所で試行シークを行い、加速度フィードフォワードの可変ゲインの値θｓをメモリに格納する。また、ｋｆのだれが存在する幾つかの箇所へシーク動作を行い、その最終の可変ゲインの値θｆをそれぞれ移動先のトラックと可変ゲインとを対応させてメモリに記憶する。ｋｆのだれのない区間でシークを行う時は、θｓをメモリから呼び出し、加速度フィードフォワードのゲインに設定する。ｋｆのだれの存在する区間へシークを行う時は、移動先のトラック近傍における加速度フィードフォワードの可変ゲインの値θｆを用いてシーク動作を行う。
【０１３６】
また、本実施例では、加速度フィードフォワードのゲインのみを調整する構成となっているが、加速度フィードフォワードにダイナミクスを有するフィルタが存在する場合には、そのフィルタの各ゲインを速度誤差が最小になるように逐次調整することも可能である。
【０１３７】
《第２実施例》
図１１は、本発明による位置決め適応制御装置の第二の実施例の構成を示すブロック線図である。
【０１３８】
本実施例が第一実施例と異なる点は、加速度フィードフォワード制御入力ｕａ(k)を目標加速度ｔａ(k)と加速度外乱ｓｄ(k)とから構成していることである。前述の第１実施例の適応調整器１２に対し、加速度調整器を２個設け、加速度外乱ｓｄ(k)にも対応できるようにした。即ち、目標加速度の他に加速度外乱も制御入力に加えている。この時の適応調整則も２個を設定している点が第１の実施例と異なる。
【０１３９】
加速度外乱信号は、加速度ピックアップ等をベース等に装着しシーク時のベースの加速度振動等を測定することにより得られる。また、ヘッドの記録・再生信号を回路基盤に伝送するＦＰＣの力外乱を測定して加速度外乱ｓｄ(k)として入力してもよい。また、加速度外乱が測定不可能の時は、一定値の加速度外乱が作用すると仮定して、ｓｄ(k)＝1.0としてもよい。
【０１４０】
以下では、加速度外乱ｓｄ(k)に対する可変ゲイン調整器２２のゲイン値$\theta_1(k)$と、目標加速度ｔａ(k)に対する可変ゲイン調整器２１のゲイン値$\theta_2(k)$の調整方法について詳細に説明する。速度誤差ｅｖ(k)を最小化する評価関数は、次式１５とする。
【０１４１】
【数１１】

$$E(k)=\frac{1}{2}u_v(k)^2$$

$$=\frac{1}{2}(u(k)-u_{a1}(k)-u_{a2}(k))^2 \quad \cdots\cdots (式15)$$

【０１４２】
可変ゲイン$\theta_1(k)$および$\theta_2(k)$は、式１５に示す評価関数を最小にするように勾配法を用い式１６及び１７に示す適応調整則２０によりそれぞれリアルタイムに調整する。なお可変ゲインの調整は、ヘッドの加速中は実行しない。
【０１４３】
【数１２】

$$\theta_1(k+1)=\theta_1(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial\theta_1(k)}$$
$$=\theta_1(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial u_{a1}(k)}\cdot\frac{\partial u_{a1}(k)}{\partial\theta_1(k)}$$
$$=\theta_1(k)+\eta\cdot(u(k)-u_{a1}(k)-u_{a2}(k))\cdot s_d(k)$$
$$=\theta_1(k)+\eta\cdot u_v(k)\cdot s_d(k) \quad \cdots (式16)$$

【０１４４】
【数１３】

$$\theta_2(k+1)=\theta_2(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial\theta_2(k)}$$
$$=\theta_2(k)-\eta\frac{\partial E(k)}{\partial u_{a2}(k)}\cdot\frac{\partial u_{a2}(k)}{\partial\theta_2(k)}$$
$$=\theta_2(k)+\eta\cdot(u(k)-u_{a1}(k)-u_{a2}(k))\cdot s_a(k)$$
$$=\theta_2(k)+\eta\cdot u_v(k)\cdot s_a(k) \quad \cdots (式17)$$

【０１４５】
ただし、ηは可変ゲインθ1(k)とθ2(k)の収束の速度を決定する学習定数である。
【０１４６】
可変ゲインの初期値$\theta_1(0)$と$\theta_2(0)$は、ここでは、ともに$\theta_1(0)=1.0$、$\theta_2(0)=1.0$に設定する。
【０１４７】
以上に示した構成に明らかなように、外乱に対し対応する可変ゲインを別途設けているため、制御対象１に加わる外乱をシーク動作中に高速、高精度に抑圧することが可能となる。これによって、ヘッドのアクセス時間の短縮が図られる。
【０１４８】
《第３実施例》
第１２図は、本発明によるヘッド位置決め適応制御装置の第三実施例の構成を示すブロック線図である。
【０１４９】
本実施例が第一実施例と異なる点は、速度制御系を用いず位置制御系のみで目標のトラックへヘッドを移動させる制御系であることである。
【０１５０】
目標加速度発生器５０は、例えば、制御入力ｕ(k)の時間変化が最小となるような滑らか次式１８の３次の加速度軌道を発生する。
【０１５１】

【数１４】

$$t_a(k) = \frac{L}{T_d^2}\left\{120\left(\frac{kT}{T_d}\right)^3 - 180\left(\frac{kT}{T_d}\right)^2 + 60\left(\frac{kT}{T_d}\right)\right\} \quad \cdots（式１８）$$

【０１５２】
ここで、Ｌはシーク移動距離、Ｔはサンプリング時間、Ｔdは移動に要する時間である。
【０１５３】
図１２において、目標加速度ｔa(k)は、制御対象の数学モデル５５に印加され、目標位置信号ｙm(k)を生成する。例えば、数学モデルが二重積分で表されるならば、目標位置は次式１９の５次の軌道となる。
【０１５４】
【数１５】

$$y_m(k) = L\left\{6\left(\frac{kT}{T_d}\right)^5 - 15\left(\frac{kT}{T_d}\right)^4 + 10\left(\frac{kT}{T_d}\right)^3\right\} \quad \cdots（式１９）$$

【０１５５】
位置制御器５７は、ヘッド位置ｙ(k)と目標位置ｙm(k)の位置偏差ｙe(k)を抑圧するように位相補償フィルタ等から構成されており、フィードバック制御入力ｕf(k)が生成される。
【０１５６】
一方、目標加速度ｔa(k)は、制御対象１のループゲインの逆ゲインからなる加速度ゲイン調整器５１のゲイン値ｋaを乗算し、信号ｓa(k)として適応調整器５４に入力する。加速度フィーフォワードの可変ゲイン調整器５２のゲイン値θ(k)は、フィードバック制御入力ｕf(k)が最小となるように、調整される。フィードバック制御入力ｕf(k)が零に収束すれば、位置偏差ｙe(k)も零に収束する。すなわち、次式２０の評価関数の最小化を行う。
【０１５７】
【数１６】

$$E(k) = \frac{1}{2}u_f(k)^2 = \frac{1}{2}(u(k) - u_a(k))^2 \quad \cdots（式２０）$$

【０１５８】
加速度フィードフォワードの可変ゲインθ(k)は、上記評価関数を最小にするように勾配法を用い次式２１の適応調整則５３によりリアルタイムに調整する。
【０１５９】
可変ゲインの調整は、シーク動作開始時点から実行する。
【０１６０】
【数１７】

$$\theta(k+1) = \theta(k) - \eta \frac{\partial E(k)}{\partial \theta(k)}$$

$$= \theta(k) - \eta \frac{\partial E(k)}{\partial u_a(k)} \cdot \frac{\partial u_a(k)}{\partial \theta(k)}$$

$$= \theta(k) + \eta \cdot (u(k) - u_a(k)) \cdot s_a(k)$$

$$= \theta(k) + \eta \cdot u_f(k) \cdot s_a(k) \qquad \cdots\cdots (式21)$$

【０１６１】
ただし、ηは可変ゲインθ(k)の収束の速度を決定する学習定数である。可変ゲインの初期値θ(0)は、ここでは、θ(0)＝1.0に設定する。また、式２１の学習ゲインηは、式９に示す可変ゲインη(k)で更新しても良い。
【０１６２】
ここで、仮に制御対象１と制御対象の数学モデル５５が等しく、ヘッド位置ｙ(k)と目標位置ｙｍ(k)が等しいならば、位置制御器５７は働かないため、フィードバック制御入力ｕf(k)は零である。この時、適応調整則５３は働かない。フィードフォワード制御入力ｕa(k)はダイレクトに制御対象１を駆動する制御入力ｕ(k)となる。しかし、制御対象１と制御対象の数学モデル５５が等しくない場合は、位置偏差ｙe(k)が生じ、位置制御器５７はこれを抑圧するフィードバック制御入力ｕf(k)を生成する。
【０１６３】
適応調整則５３は、このフィードバック制御入力ｕf(k)を最小化するように、式２１により加速度フィードフォワードの可変ゲインθ(k)を逐次調整する。加速度フィードフォワードの可変ゲインの調整が進むにつれてフィードバック制御入力ｕf(k)は零に収束し、したがって、位置偏差ｙe(k)がなくなる。以上により、従来の方法では制御対象にゲイン変動が存在した場合には、ヘッド位置決め時間がゲイン変動に影響されて遅くなるが本実施例では、制御対象にゲイン変動が存在しても高速・高精度に目標位置へ移動することができる。このように本実施例によれば、前記第１実施例に対し、速度制御系がなくても同じ効果が得られる。
【０１６４】
本発明の実施例の有効性を確認するために、制御対象１のループゲインを＋２０％増加させたとき、移動可能な全てのトラックの１／３の距離をシークさせたときのシミュレーション結果を示す。図１３は、本発明第３の実施例による適応調整器５４により加速度フィードフォワード信号を調整した時のシーク動作応答で、図１４は、適応調整器５４を用いずに従来技術のシーク動作のシーク動作応答である。目標加速度カーブは、制御対象のゲイン変動がないノミナルの状態で、シーク動作の時間を１０ｍｓで終了させるように設計した。
【０１６５】
図１３の上述した実施例による適応制御において、図１３は上からヘッド位置信号ｙ(k)（ａ）、ヘッド加速度ａ(k)（実線）と目標加速度信号ｔa(k)（破線）（ｂ）、そして適応調整則５３により推定された可変ゲインθ(k)（ｃ）をプロットしている。適応調整則は、式２０の評価関数を最小にする式２１の調整則を用いた。推定はヘッドの移動したときから開始する。制御対象のループゲインが＋２０％変動しているため、そのゲイン変動を加速度フィードフォワードの可変ゲインθ(k)で打ち消すように０.８３３（＝１／１.２）にほぼ１ｍｓで収束している。このため、ヘッド加速度が目標加速度に一致し、１０ｍｓでシーク動作を終了させフォロイング動作への移行するゲイン変動がないノミナルの状態と等しいヘッド位置の整定応答が得られた。
【０１６６】
一方、図１４の加速度フィードフォワード信号の調整を行わない従来技術では、制御対象

に＋２０％のゲイン変動が存在するとき、目標加速度信号ｔａ(k)（破線）に対しヘッド加速度信号ａ(k)（実線）がオフセットしていることが分かる（ｂ）。

【０１６７】

これによって、シーク動作の時間が１１ｍｓになり、位置制御に切り換えた後のヘッド位置の整定応答もオーバーシュートしながら整定するため、アクセス時間が増大する。

【０１６８】

第三の実施例に第二の実施例の加速度外乱を補償するように、フィードフォワード制御入力を目標加速度と加速度外乱とから構成し、それぞれに可変ゲインを設け、上記アルゴリズムによって調整することも可能である。

【０１６９】

また、上記の実施例は、磁気ディスク装置を取り上げて説明したが、本発明は、他の情報記憶装置、例えば、ＣＤ－ＲＯＭ装置や光ディスク装置のヘッドの位置決め制御系にも容易に実現が可能である。

【０１７０】

さらに、本発明は速度制御系から位置制御系へ切り換えて位置決め動作を行う位置決め制御系に対して実現が可能である。また、位置制御系のみで位置決めを行う位置決め制御系に対して実現が可能である。

【０１７１】

【発明の効果】

本発明によれば、シーク動作を速度制御で、フォロイング動作を位置制御で実施する位置決め制御系において、速度制御中の加速もしくは定速の状態から減速の状態にヘッドの速度が移行した時からの、目標速度に対するヘッドの速度誤差信号が減少するように加速度フィードフォワード信号を速度減速中リアルタイムで調整することにより、制御対象のゲイン変動や外乱等によって生じる速度誤差を最小にすることが可能となる。この結果として、目標トラック近傍において、速度制御から位置制御に切り換えた後のヘッド位置とヘッド速度の応答のばらつきを十分に抑圧することができ、良好な整定応答が得られる。

【０１７２】

また、本発明によれば、シーク動作とフォロイング動作を位置制御で実施する位置決め制御系において、シーク動作開始から目標位置に対するヘッドの位置誤差信号が減少するように加速度フィードフォワード信号をリアルタイムで調整することにより、制御対象のゲイン変動や外乱等によって生じる位置誤差を最小にすることが可能となる。この結果として、目標トラックへの到達後の良好な整定応答が得られる。

【０１７３】

また、本発明による加速度フィードフォワード信号の調整を行うことにより、高精度に目標軌道に追従させることが可能となり、従来緩やかに設定していた目標軌道をより厳しく設定することが可能となる。

【０１７４】

また、高速なヘッドの移動やヘッドの位置決め動作のばらつきの低減が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第一実施例の位置決め適応制御系のブロック線図である。

【図２】加速度フィードフォワード信号の可変ゲインθ(k)と評価関数Ｅ(k)との関係図である。

【図３】本発明の第一実施例に係る磁気ディスク装置のハードウエアの構成を示す図である。

【図４】本発明の第一実施例のシーク動作の手順を示すフローチャート図である。

【図５】本発明の第一実施例の制御対象のゲイン変動が＋２０％存在する場合のシーク動作の応答図である。

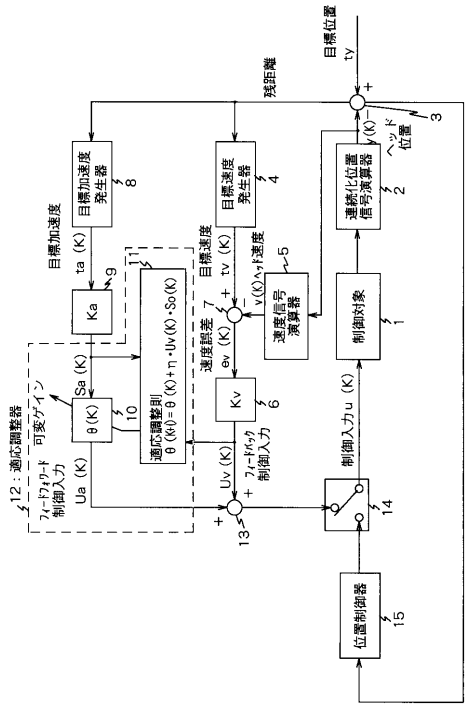
【図６】従来技術の制御対象のゲイン変動が＋２０％存在する場合のシーク動作を示す応答図である。

【図７】本発明の第一実施例の制御対象のゲイン変動が－２０％存在する場合のシーク動

作を示す応答図である。
【図８】従来技術の制御対象のゲイン変動が－２０％存在する場合のシーク動作を示す応答図である。
【図９】トラック位置に対するボイスコイルモータの力定数の関係を示す図である。
【図１０】本発明の第一実施例のボイスコイルモータの力定数に変動が存在する場合の加速度フィードフォワードの可変ゲインの応答図である。
【図１１】本発明の第二実施例のヘッド位置決め適応制御系のブロック線図である。
【図１２】本発明の第三実施例のヘッド位置決め適応制御系のブロック線図である。
【図１３】本発明の第三の実施例の制御対象のゲイン変動が＋２０％存在する場合のシーク動作を示す応答図である。
【図１４】従来技術の制御対象のゲイン変動が＋２０％存在する場合のシーク動作を示す応答図である。
【符号の説明】
１…制御対象、２…連続化位置信号演算器、３…加減算器、４…目標速度発生器、５…速度信号演算器、６…速度ゲイン、７…加減算器、８…目標加速度発生器、９…加速度ゲイン、１０…可変ゲイン、１１…適応調整則、１２…適応調整器、１３…加算器、１４…スイッチ、１５…位置制御器、２０…適応調整則、２１…可変ゲイン、２２…可変ゲイン、２３…加算器、２４…適応調整器、３０…ヘッド、３１…ディスク、３２…スピンドルモータ、３３…ヘッドＩＣ、３４…位置信号復調回路、３５…ＡＤ変換器、３６…グレーコード復調回路、３７…ボイスコイルモータ、３８…パワーアンプ、３９…ＤＡ変換器、４０…制御対象、４１…Ｒ／Ｗ回路、４２…バスライン、４３…マイクロプロセッサ、４４…ＲＡＭ、４５…ＲＯＭ、４６…マイクロプロセッサシステム、４７…ディスクコントローラ、５０…目標加速度発生器、５１…加速度ゲイン、５２…可変ゲイン、５３…適応調整則、５４…適応調整器。

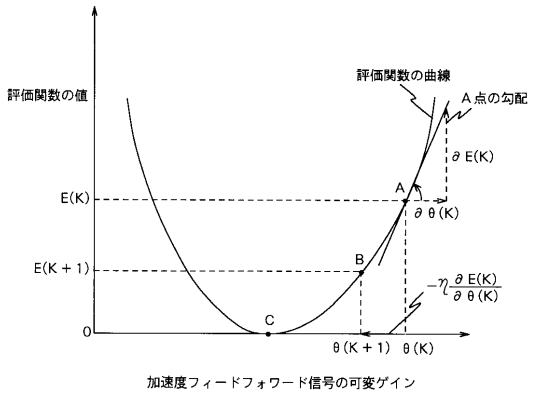
【図１】

図 1



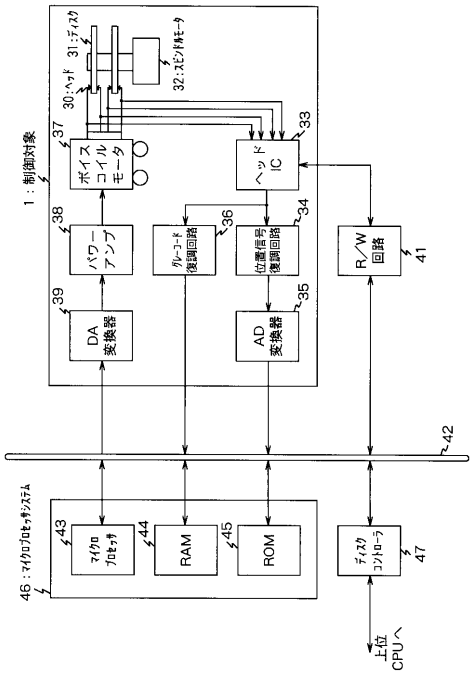
【図２】

図 2



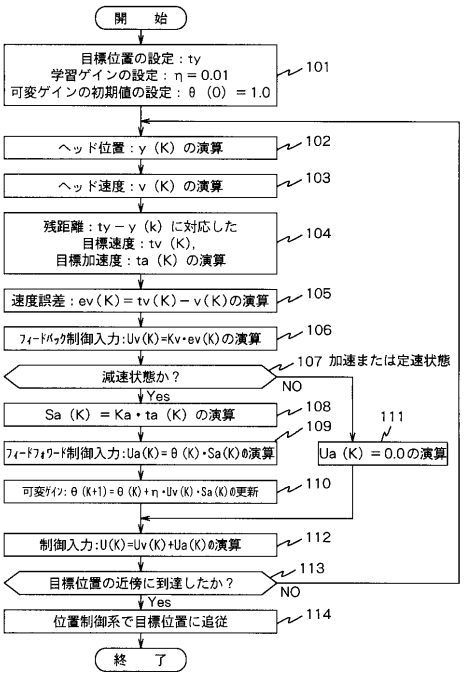
【図３】

図 3



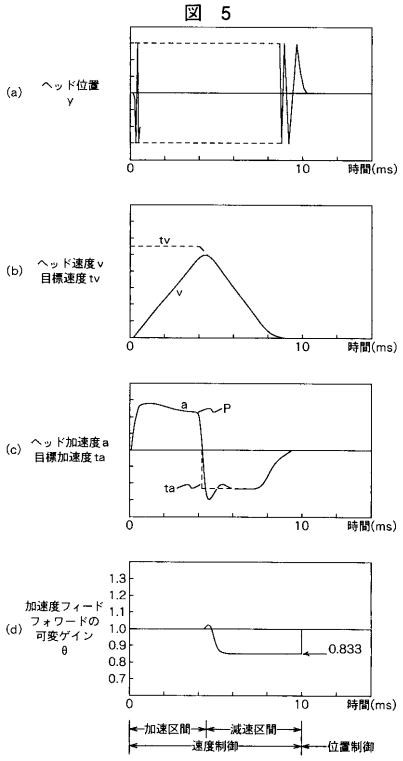
【図４】

図 4



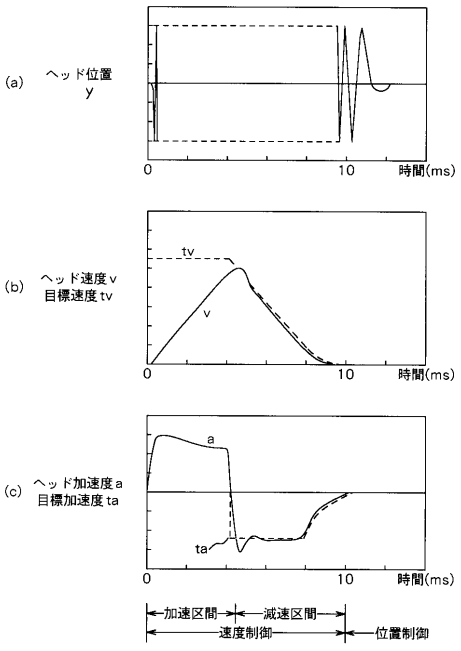
【図５】

図 5



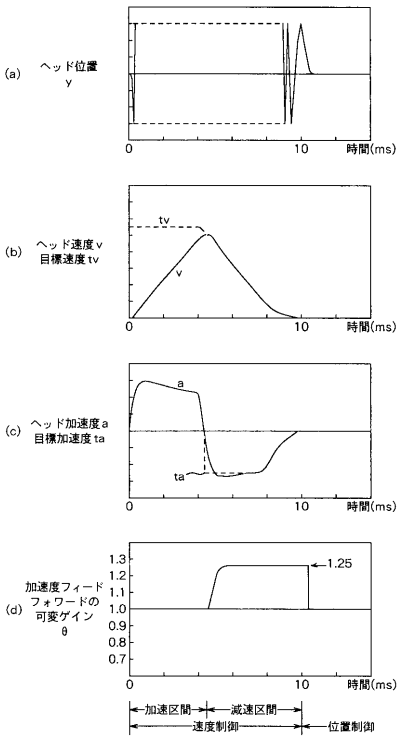
【図６】

図 6



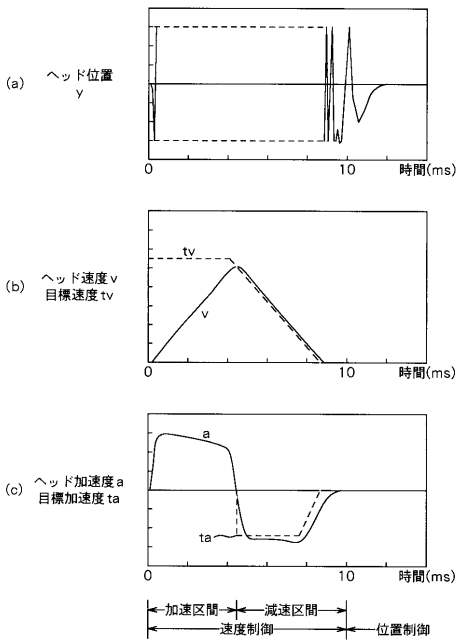
【図７】

図 7



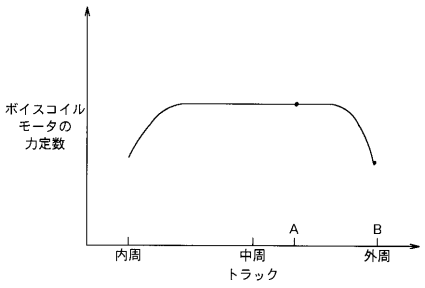
【図８】

図 8



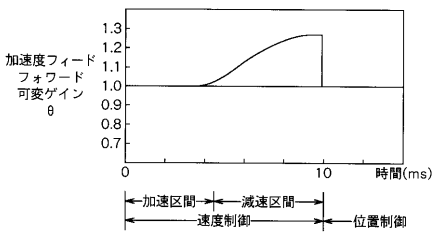
【図９】

図 9



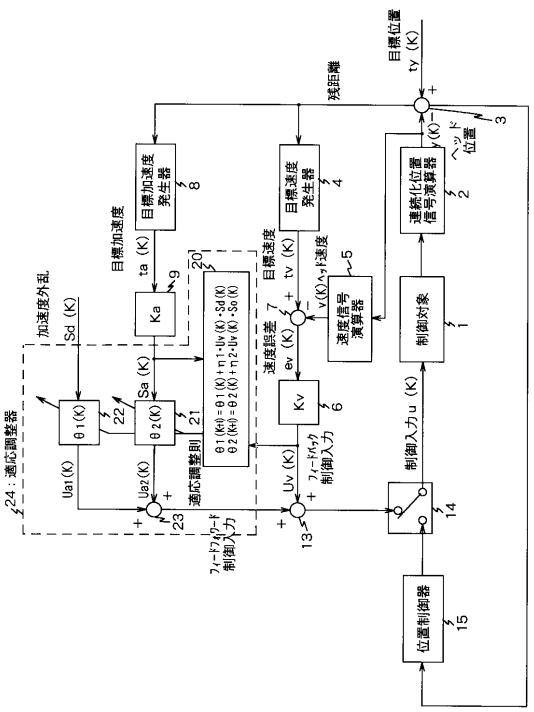
【図１０】

図 10



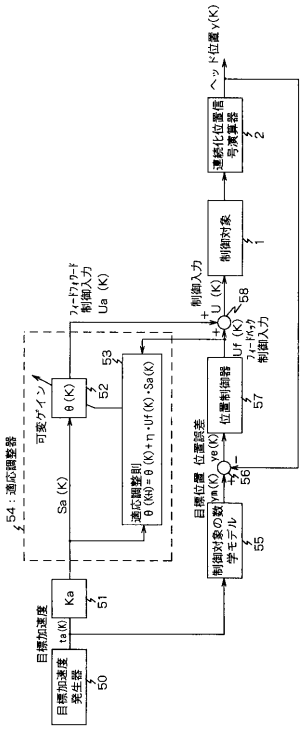
【図１１】

図 11



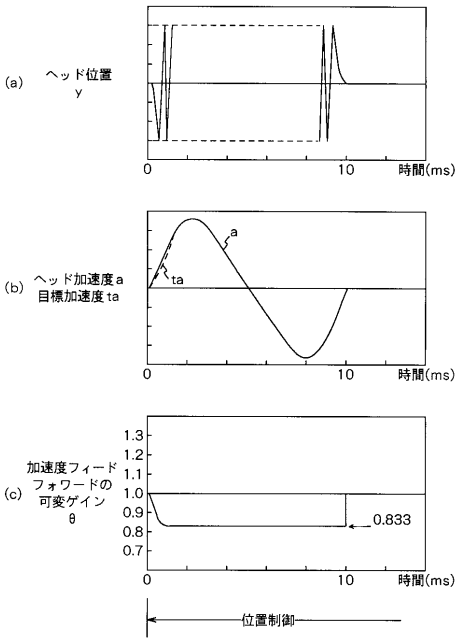
【図１２】

図 12



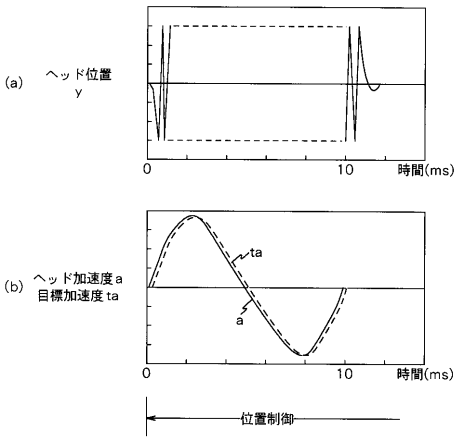
【図１３】

図 13



【図１４】

図 14



フロントページの続き

(72)発明者　山口　高司
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社　日立製作所　ストレージシステム事業部内

審査官　船越　亮

(56)参考文献　特開平０６－０６０５６９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１８７０４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０５８３５７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２４３４８３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０５８００３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２７１４４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００７５０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３２９６３０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G11B 7/085
G11B21/10