

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-273025

(P2007-273025A)

(43) 公開日 平成19年10月18日(2007.10.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 21/10 (2006.01)	G 1 1 B 21/10 V	5 D 0 8 8
G 1 1 B 21/08 (2006.01)	G 1 1 B 21/08 B	5 D 0 9 6
G 0 5 B 13/02 (2006.01)	G 0 5 B 13/02 C	5 H 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2006-98959 (P2006-98959)
 (22) 出願日 平成18年3月31日 (2006.3.31)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100094514
 弁理士 林 恒徳
 (74) 代理人 100094525
 弁理士 土井 健二
 (72) 発明者 高石 和彦
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

F ターム(参考) 5D088 AA08 BB11 PP01 SS08 UU07
 5D096 AA03 CC01 DD05 EE03 GG06
 KK12 RR01
 5H004 GA07 GB20 HA07 HA08 HB07
 JA03 JB21 KC55 MA05 MA06

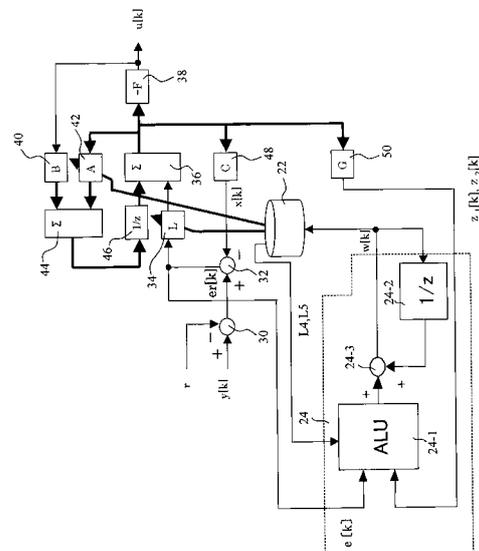
(54) 【発明の名称】 ヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置およびディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 外乱抑圧機能を持つ外乱オブザーバ制御による位置決め制御装置において、外乱周波数を抑圧しても、制御特性の変更を防止する。

【解決手段】 アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲイン(L1~L2)と外乱の推定ゲイン(L4, L5)を用いて、アクチュエータ(1)の制御値を演算する際に、推定位置誤差 $e[k]$ に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応したアクチュエータ(1)の推定ゲイン(L1, L2)と外乱の推定ゲイン(L4, L5)を変更する。外乱周波数に応じて適切なオブザーバ制御が実現できる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ディスク記憶媒体の所定位置に、アクチュエータによりヘッドを位置決め制御するヘッド位置決め制御方法において、

前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算するステップと、

前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップと、

前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップとを有する

ことを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項 2】

前記変更ステップは、

前記推定位置誤差に従い、推定した外乱成分から適応制御により、前記外乱周波数を推定するステップと、

前記推定した外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップからなる

ことを特徴とする請求項 1 のヘッド位置決め制御方法。

【請求項 3】

ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドと、

前記ディスク記憶媒体の所定位置に、前記ヘッドを位置決めするアクチュエータと、

前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する制御ユニットとを有し、

前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更する

ことを特徴とするディスク装置。

【請求項 4】

前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従い、位置の推定ゲインと速度の推定ゲインから推定位置と、推定速度を演算し、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインから推定外乱値を演算する

ことを特徴とする請求項 4 のディスク装置。

【請求項 5】

ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドを、アクチュエータを制御して、前記ディスク記憶媒体の所定位置に位置決めする位置決め制御装置において、

前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する処理ユニットと、

前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更する外乱推定ユニットとを有することを特徴とするヘッド位置決め制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

10

20

30

40

50

本発明は、ディスク装置のヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置に関し、特に、外部振動による位置ずれを抑制するためのヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ディスク装置、例えば、磁気ディスク装置や光ディスク装置において、ヘッドを目標トラックに正確に位置決めすることが記録密度向上のために極めて重要である。

【0003】

この位置決め制御において、ディスクの偏心に対応するために、偏心推定オブザーバを用いて、偏心補正の方法が提案されている（例えば、特許文献1または特許文献2）。

10

【0004】

このような偏心推定オブザーバは、状態推定ゲインA, B, C, F, Lを使用して、実際の位置誤差と、推定した位置誤差との誤差から、アクチュエータの制御値を計算し、次サンプルの状態量（位置、速度、バイアス値、偏心量を計算する。

【0005】

ここで、推定ゲインLは、位置推定ゲインL1, 速度推定ゲインL2, バイアス推定ゲインL3, 偏心推定ゲインL4, L5からなる。そして、L1, L2, L3は、コントローラ自体の特性であり、L4, L5は、周期性外乱である偏心に対する応答特性を示す。

【特許文献1】特開平7-50075

【特許文献2】特開2000-21104

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このようなオブザーバを利用して、偏心成分以外の外部振動に追従するような位置決め制御が望まれている。即ち、ディスク装置の記録密度の高密度化に伴い、外部振動によるヘッドの位置決め精度への影響が無視できなくなっている。又、ディスク装置の利用拡大に伴い、モバイル機器、例えば、携帯端末、携帯電話、携帯型AV機器に搭載されており、広い範囲の外乱周波数に適應することも要求されている。

【0007】

従来技術でも、推定ゲインを高めて、外乱への追従性能を高めることができるが、このようにすると、外乱抑圧域の幅を広げる必要が生じる。ところが、外乱抑圧域の幅を広げると、外乱モデルと、元のコントローラのモデルとが干渉して、制御特性が変化するという問題があった。

30

【0008】

従って、本発明の目的は、広い範囲の外乱周波数に、オブザーバの制御特性を損なうことなく、適應するためのヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置を提供することにある。

【0009】

又、本発明の他の目的は、オブザーバの制御特性を損なうことなく、広い範囲の外乱周波数に適應して、ヘッドの振動を防止するためのヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置を提供することにある。

40

【0010】

更に、本発明の他の目的は、オブザーバの制御特性を損なうことなく、広い範囲の外乱周波数に適應して、ヘッドの追従性能を向上するためのヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置を提供することにある。

【0011】

更に、本発明の他の目的は、オブザーバの制御特性を損なうことなく、広い範囲の外乱周波数に適應して、ヘッドのリード/ライト特性を改善するためのヘッド位置制御方法、ヘッド位置制御装置及びディスク装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0012】

本発明は、ディスク記憶媒体の所定位置に、アクチュエータによりヘッドを位置決め制御するヘッド位置決め制御方法において、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算するステップと、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップと、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップとを有する。

【0013】

又、本発明のディスク装置は、ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドと、前記ディスク記憶媒体の所定位置に、前記ヘッドを位置決めするアクチュエータと、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する制御ユニットとを有し、前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更する。

【0014】

又、本発明は、ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドを、アクチュエータを制御して、前記ディスク記憶媒体の所定位置に位置決めする位置決め制御装置において、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する処理ユニットと、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更する外乱推定ユニットとを有する。

【0015】

更に、本発明では、好ましくは、前記変更ステップは、前記推定位置誤差に従い、推定した外乱成分から適応制御により、前記外乱周波数を推定するステップと、前記推定した外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップからなる。

【0016】

更に、本発明では、好ましくは、前記推定ステップは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分して、前記外乱周波数を推定するステップからなる。

【0017】

更に、本発明では、好ましくは、前記演算ステップは、前記推定位置誤差に従い、位置の推定ゲインと速度の推定ゲインから推定位置と、推定速度を演算するステップと、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインから推定外乱値を演算するステップとからなる。

【0018】

更に、本発明では、好ましくは、前記演算ステップは、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルとを分離された外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップからなる。

【0019】

更に、本発明では、好ましくは、前記演算ステップは、前記アクチュエータのモデルの

10

20

30

40

50

オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップと、前記アクチュエータのモデルと分離された前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算するステップと、前記制御値と前記外乱抑制値とから前記アクチュエータの制御値を演算するステップからなる。

【0020】

更に、本発明では、好ましくは、前記推定ステップは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分し、且つ2重積分して、前記外乱周波数を推定するステップからなる。

10

【0021】

更に、本発明では、好ましくは、前記外乱抑制値を演算するステップは、各々適応する外乱周波数が異なる複数の前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算するステップからなる。

【発明の効果】

【0022】

アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、アクチュエータの制御値を演算する際に、推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するので、外乱周波数に応じて適切なオブザーバ制御が実現できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態を、ディスク装置、外乱オブザーバの第1の実施の形態、第2の実施の形態、第3の実施の形態、第4の実施の形態、他の実施の形態の順で説明するが、本発明は、この実施の形態に限られない。

【0024】

(ディスク装置)

30

図1は、本発明の一実施の形態のディスク装置の構成図、図2は、図1の磁気ディスクの位置信号の配置図、図3は、図1及び図2の磁気ディスクの位置信号の構成図、図4は、図1のヘッド位置制御の説明図である。

【0025】

図1は、ディスク装置として、磁気ディスク装置を示す。図1に示すように、磁気記憶媒体である磁気ディスク4が、スピンドルモータ5の回転軸2に設けられている。スピンドルモータ5は、磁気ディスク4を回転する。アクチュエータ(VCM)1は、先端に磁気ヘッド3を備え、磁気ヘッド3を磁気ディスク4の半径方向に移動する。

【0026】

アクチュエータ1は、回転軸を中心に回転するボイスコイルモータ(VCM)で構成される。図では、磁気ディスク装置に、2枚の磁気ディスク4が搭載され、4つの磁気ヘッド3が、同一のアクチュエータ1で同時に駆動される。

40

【0027】

磁気ヘッド3は、リード素子と、ライト素子とからなる。磁気ヘッド3は、スライダに、磁気抵抗(MR)素子を含むリード素子を積層し、その上にライトコイルを含むライト素子を積層して、構成される。

【0028】

位置検出回路7は、磁気ヘッド3が読み取った位置信号(アナログ信号)をデジタル信号に変換する。リード/ライト(R/W)回路10は、磁気ヘッド3の読み取り及び書込みを制御する。スピンドルモータ(SPM)駆動回路8は、スピンドルモータ5を駆動す

50

る。ボイスコイルモータ（VCM）駆動回路6は、ボイスコイルモータ（VCM）1に駆動電流を供給し、VCM1を駆動する。

【0029】

マイクロコントローラ（MCU）14は、位置検出回路7からのデジタル位置信号から現在位置を検出（復調）し、検出した現在位置と目標位置との誤差に従い、VCM駆動指令値を演算する。即ち、位置復調と図5以下で説明する外乱抑圧を含むサーボ制御を行う。リードオンリーメモリ（ROM）13は、MCU14の制御プログラム等を格納する。ランダムアクセスメモリ（RAM）12は、MCU14の処理のためのデータ等を格納する。

【0030】

ハードディスクコントローラ（HDC）11は、サーボ信号のセクタ番号を基準にして、1周内の位置を判断し、データを記録・再生する。バッファ用ランダムアクセスメモリ（RAM）15は、リードデータやライトデータを一時格納する。HDC11は、USB、ATAやSCSI等のインターフェイスIFで、ホストと通信する。バス9は、これらを接続する。

【0031】

図2に示すように、磁気ディスク4には、外周から内周に渡り、各トラックにサーボ信号（位置信号）16が、円周方向に等間隔に配置される。尚、各トラックは、複数のセクタで構成され、図2の実線は、サーボ信号16の記録位置を示す。図3に示すように、位置信号は、サーボマークServo Markと、トラック番号Gray Codeと、インデックスIndexと、オフセット情報（サーボバースト）PosA, PosB, PosC, PosDとからなる。尚、図3の点線は、トラックセンターを示す。

【0032】

図3の位置信号をヘッド3で読み取り、トラック番号Gray Codeとオフセット情報PosA, PosB, PosC, PosDを使い、磁気ヘッドの半径方向の位置を検出する。さらに、インデックス信号Indexを元にして、磁気ヘッドの円周方向の位置を把握する。

【0033】

例えば、インデックス信号を検出したときのセクタ番号を0番に設定し、サーボ信号を検出する毎に、カウントアップして、トラックの各セクタのセクタ番号を得る。このサーボ信号のセクタ番号は、データの記録再生を行うときの基準となる。尚、インデックス信号は、1周に1つである、又、インデックス信号の代わりに、セクタ番号を設けることもできる。

【0034】

図4は、図1のMCU14が行うアクチュエータのシーク制御例である。図1の位置検出回路7を通じて、MCU14が、アクチュエータの位置を確認して、サーボ演算し、適切な電流をVCM1に供給する。図5では、あるトラック位置から目標トラック位置へヘッド3を移動するシーク開始時からの制御の遷移と、アクチュエータ1の電流、アクチュエータ（ヘッド）の速度、アクチュエータ（ヘッド）の位置を示す。

【0035】

即ち、シーク制御は、コース制御、整定制御及びフォローイング制御と遷移することで、目標位置まで移動させることができる。コース制御は、基本的に速度制御であり、整定制御、フォローイング制御は、基本的に位置制御であり、いずれも、ヘッドの現在位置を検出する必要がある。

【0036】

このような、位置を確認するためには、前述の図2のように、磁気ディスク上にサーボ信号を事前に記録しておく。即ち、図3に示したように、サーボ信号の開始位置を示すサーボマーク、トラック番号を表すグレイコード、インデックス信号、オフセットを示すPosA~PosDといった信号が記録されている。この信号を磁気ヘッドで読み出し、このサーボ信号を、位置検出回路7が、デジタル値に変換する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

(外乱オブザーバの第 1 の実施の形態)

図 5 は、図 1 の M C U 1 4 が実行する外乱を抑圧する位置決め制御系の第 1 の実施の形態のブロック図である。この位置決め制御系は、外乱周波数を検出し、周期性の外乱を適応制御により、抑圧するためのオブザーバ制御系である。

【 0 0 3 8 】

図 5 に示す現在オブザーバは、下記式 (1)、(2)、(3) で示されるオブザーバである。

【 0 0 3 9 】

【 数 1 】

10

$$\begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L1 \\ L2 \\ L3 \\ L4 \\ L5 \end{pmatrix} (y(k) - x(k)) \quad \dots (1)$$

20

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$u(k) = -(F1 \quad F2 \quad F3 \quad F4 \quad F5) \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

30

【 0 0 4 1 】

40

【数 3】

$$\begin{pmatrix} x(k+1) \\ v(k+1) \\ b(k+1) \\ z1(k+1) \\ z2(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a11 & a12 \\ 0 & 0 & 0 & a21 & a22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} + \frac{Bl}{m} \frac{1}{Lp} T^2 \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} u(k) \quad \dots (3)$$

10

【0042】

式(1)、(2)、(3)を参照しながら、図5で構成を説明する。第1の演算ブロック30は、ヘッド3が読み取った前述のサーボ情報を復調して得た観測位置 $y[k]$ から目標位置 r を差し引き、実位置誤差 $e_r[k]$ を演算する。第2の演算ブロック32は、実位置誤差 $e_r[k]$ からオブザーバの推定位置との推定位置誤差 $e[k]$ を演算する。

【0043】

この推定位置誤差 $e[k]$ は、状態推定ブロック34に入力され、推定ゲイン L (L_1, L_2, L_3, L_4, L_5) を用いて、推定修正値(式(1)の右辺)が、演算される。そして、遅延ブロック46から状態量(式(1)の左辺)と加算ブロック36で加算され、式(1)のように、推定位置 $x[k]$ 、推定速度 $v[k]$ 、推定バイアス値 $b[k]$ 、推定外乱抑圧値 $z_1[k]$ 、 $z_2[k]$ を得る。

20

【0044】

この推定値は、第4の演算ブロック38で、状態フィードバックゲイン($-F$)を乗算され、式(2)のように、アクチュエータ1の駆動値 $u[k]$ を得る。一方、加算ブロック36からの式(1)の推定値は、第5の演算ブロック42で、推定ゲイン A (式(3)の 5×5 の行列) を乗じられ、又、第4の演算ブロック38の駆動値 $u[k]$ は、第6の演算ブロック42で、推定ゲイン B (式(3)の $u[k]$ に乗じる値) を乗じられる。両乗算結果は、加算ブロック44で、加算され、式(3)の次のサンプルの推定状態量を得る。

30

【0045】

この次のサンプルの推定状態量は、前述のように、遅延ブロック46に入力し、状態推定ブロック34で、推定修正値で、修正される。そして、加算ブロック36からの式(1)の推定値は、第7の演算ブロック48で、推定位置 $x[k]$ が取り出され、前述の第2の演算ブロック32に入力する。

【0046】

このような、オブザーバに、外乱適応制御系を組み込む。図5に示すように、外乱抑圧用の適応制御系22、24を組み込む。この適応制御系22、24の入力に、前述のオブザーバの推定位置誤差 $e[k]$ を与える。オブザーバの推定位置誤差 $e[k]$ とは、演算ブロック30の実位置誤差 ($r - y[k]$) とオブザーバの推定位置 $x[k]$ との差分値のことである。

40

【0047】

図6に示すように、外乱抑圧適応制御系は、適応則に従い外乱周波数を推定する推定部24と、推定周波数(ここでは、角周波数)に応じた推定ゲイン L 、 A を格納するテーブル22とを有する。推定部24は、下記適応式(4)により、推定位置誤差 $e[k]$ から推定角周波数 $\omega_1[k]$ を計算する。

【0048】

【数 4】

$$\omega_1[k] = \omega_1[k-1] + Ka \cdot \frac{L5 \cdot z_1[k] - L4 \cdot z_2[k]}{z_1[k]^2 + z_2[k]^2} e[k]. \quad \dots (4)$$

【0049】

この適応式は、1サンプル前の推定角周波数 $\omega_1[k-1]$ を、テーブル 22 からの外乱推定ゲイン $L4$ 、 $L5$ と、外乱推定値 $z_1[k]$ 、 $z_2[k]$ と、推定位置誤差 $e[k]$ で、適応的に修正する積分形式のものである。尚、 Ka は、所定のゲインである。

10

【0050】

図 5 中の $1/z$ は、1 サンプル T だけ遅延させることを示す。 z はデジタル制御で用いる z 変換の演算子 z である。図 5 に示すように、第 8 の演算ブロック 50 は、加算ブロック 36 からの式 (1) の推定値から、外乱推定値 $z_1[k]$ 、 $z_2[k]$ を取り出し、推定部 24 に出力する。推定部 24 は、式 (4) の適応式の第 2 項 ($Ka \cdot \dots \cdot e[k]$) を演算する演算部 24-1 と、推定された $\omega_1[k]$ を、1 サンプル遅延する遅延部 24-2 と、遅延された ($\omega_1[k-1]$) と演算部 24-1 の第 2 項の演算結果を加算する加算部 24-3 とを有する。即ち、式 (4) の適応式を演算する。

【0051】

一方、テーブル 22 は、図 6 に示すように、各推定角周波数の値に応じた $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ と、 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} の値を格納する。このテーブル 22 の $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ により、状態推定ブロック 34 の $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ を、推定角周波数に応じて、変更する。又、このテーブル 22 の a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} によって、第 5 の演算ブロック 42 の a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} (式 (3) 参照) を、推定角周波数に応じて、変更する。テーブル 22 の $L4$ 、 $L5$ は、推定部 24 に出力する。

20

【0052】

即ち、外乱 (角) 周波数に応じて、状態フィードバックゲイン F は変化せずに、外乱モデルおよび推定ゲインを変化させる。ここで、オブザーバの推定ゲインは、ノッチフィルタ状に整形するための外乱モデルのみなく、その他の全ての推定ゲインも影響を受けることである。すなわち、外乱周波数や外乱モデルが変化したら、前記の (3) 式の外乱推定ゲイン $L4$ 、 $L5$ のみでなく、位置、速度、バイアスのゲイン $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ のすべてが影響を受ける。

30

特に、外乱モデルを整形フィルタ (図 10 で後述する) の形で設計する場合の極配置において 2 の値が大きい場合、すなわち、図 10 で説明するように、周波数特性において、ノッチフィルタ状の抑圧域の幅が広い場合に、影響が大きい。従って、推定ゲイン $L1$ から $L5$ まで、すべての推定ゲインを外乱周波数に応じて変化させる必要がある。

【0053】

この推定ゲインの値は、事前に、極配置法により計算して、テーブル 22 に格納しておく。図 6 乃至図 9 で説明する。図 6 は、テーブル 22 の格納値であり、図 7 及び図 8 は、その推定ゲイン $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ をグラフ化したものであり、図 9 は、外乱モデル値 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} をグラフ化したものである。

40

【0054】

図 7 及び図 8 は、外乱周波数を、ディスクの回転周波数で割って、正規化した周波数を、横軸にとり、縦軸は、推定ゲイン $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ の値である。同様に、図 9 は、外乱周波数を、ディスクの回転周波数で割って、正規化した周波数を、横軸にとり、縦軸は、外乱モデル値 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} の値である。

【0055】

図 10 の感度関数特性に示すように、ノッチフィルタ状の抑圧特性の中心周波数を、適応制御にて逐次同定しながら変化させる。尚、図 10 の上段は、周波数対マグニチュード

50

の特性図、図10の下段は、周波数対位相の特性図である。即ち、変動する外乱周波数に応じて、抑圧する周波数を適応制御により制御する。

【0056】

図6は、1つの外乱周波数変動に対応する推定ゲインテーブル22を示している。この際に、前述したように、オブザーバの推定ゲインをすべて修正する必要がある。それに対応するため、図7乃至図9で示した外乱周波数ごとに各推定ゲインをテーブルに保持しておく。

【0057】

ただし、無限個の値を、テーブル22に保持することはできないため、外乱周波数を、ある決められた周波数ごとに保存しておく。その間の外乱周波数は、補完することで実現する。例えば、図6では、回転周波数角周波数の整数倍の周波数毎に、値を保持する。

10

【0058】

更に、オフセットを除去するには、推定部24に用いる適応則を、式(4)の積分則ではなく、下記式(5)で示す積分+2重積分の形の適応則に変更することが望ましい。

【0059】

【数5】

$$E[k] = \frac{L5 \cdot z1[k] - L4 \cdot z2[k]}{z1[k]^2 + z2[k]^2} e[k] \quad \dots (5)$$

20

$$z3[k] = z3[k-1] + E[k]$$

$$\omega1[k] = \omega1[k-1] + Ka \cdot E[k] + Kb \cdot z3[k].$$

【0060】

式(5)では、外乱推定ゲインL4、L5と、外乱推定値z1[k]、z2[k]と、推定位置誤差e[k]で、E[k]を算出し、このE[k]と、1サンプル前のz3[k-1]で、z3[k]を算出し、1サンプル前のω1[k-1]に、E[k]とz3[k]を加算して、ω1[k]を求める。即ち、E[k]による積分と、z3[k]による2重積分の適応則である。尚、Ka、Kbは、所定のゲインである。この2重積分を加えることにより、オフセットが除去される。

30

【0061】

図11は、図1及び図5の構成において、式(5)の適応式を用いた場合のシミュレーション結果の説明図である。図11において、横軸は、時間であり、図11の上段は、印加する外乱電流を示し、中段は、外乱周波数及び推定外乱周波数を示し、下段は、それに対するヘッドの位置を示す。

【0062】

図11の中段に示すように、実線で示す適応制御の初期周波数を1000Hzとして、適応制御を0.01秒後に、オンし、点線で示す外乱周波数を500Hzから時間に比例して高くシフトさせていく。実線で示すように、外乱周波数の変動に早期に適応制御が追従している。即ち、この例では、0.04秒後に、外乱周波数に合致する。下段のヘッド位置も、同様に、適応制御をオンする前の振幅が、適応制御をオンした後、早期に振幅が小さくなり、外乱周波数に追従している。

40

【0063】

このように、抑圧幅の広い特性が実現でき、周波数が時間に比例して変化する、いわゆるChirp Signal形状の外乱に対して追従が可能になる。従来の方法においても、追従が可能できるが、適応ゲインを高く設定できなかった。即ち、前述の制御系の外乱推定ゲインL4、L5のみを変化させ、位置等の推定ゲインL1~L3は変化させない構成をとるためである。

50

【 0 0 6 4 】

このように、元のコントローラの特性をそのまま維持したまま、付加した外乱抑圧用のコントローラのみで対応しようとする、抑圧域の幅は狭くせざるをえない。このため、従来の適応制御を変更しても、適応ゲインを小さくせざるをえず、Chirp Signalに対する追従性能の劣化を招く。

【 0 0 6 5 】

また、本発明では、状態フィードバックゲインFは変化させず、オブザーバの推定ゲインLのみ変化させている。前述のように、コントローラの極配置を維持するためには、このような構成が好適である。このように、高い適応ゲインを設定においても、乱れることなく、追従が可能になる。

10

【 0 0 6 6 】

(外乱オブザーバの第2の実施の形態)

図12は、図1のMCU14が実行する外乱を抑圧する位置決め制御系の第2の実施の形態のブロック図である。この位置決め制御系は、外乱周波数を検出し、周期性の外乱を適応制御により、抑圧するためのオブザーバ制御系である。

【 0 0 6 7 】

図12に示す現在オブザーバは、下記式(6)、(7)、(8)、(9)で示されるオブザーバである。

【 0 0 6 8 】

【数6】

20

$$\begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L1 \\ L2 \\ L3 \\ L4 \\ L5 \end{pmatrix} (y(k) - x(k)) \quad \dots (6)$$

30

【 0 0 6 9 】

【数7】

$$u(k) = -(F1 \quad F2) \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

40

【 0 0 7 0 】

【数 8】

$$u_{out}(k) = u(k) - \begin{pmatrix} F3 & F4 & F5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} \cdot \cdot \cdot (8)$$

【0071】

10

【数 9】

$$\begin{pmatrix} x(k+1) \\ v(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \end{pmatrix} + \frac{Bl}{m} \frac{1}{Lp} T^2 \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1 \end{pmatrix} u(k)$$

$$b(k+1) = b(k) \cdot \cdot \cdot (9)$$

$$\begin{pmatrix} z1(k+1) \\ z2(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a11 & a12 \\ a21 & a22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix}$$

20

【0072】

この実施の形態は、図 5 の外乱モデルを分離した適応制御系の例である。アナログ制御系からデジタル制御系へと変換する際に、オブザーバのモデルを修正することにより、式 (7)、(8)、(9) のように、外乱を分離した構成が実現できる。

【0073】

図 12 において、図 5 と同一のものは、同一の記号で示してあり、図 5 と同様に、第 1 の演算ブロック 30 は、ヘッド 3 が読み取った前述のサーボ情報を復調して得た観測位置 $y[k]$ から目標位置 r を差し引き、実位置誤差 $e_r[k]$ を演算する。第 2 の演算ブロック 32 は、実位置誤差 $e_r[k]$ からオブザーバの推定位置 $x[k]$ との推定位置誤差 $e[k]$ を演算する。

30

【0074】

この推定位置誤差 $e[k]$ は、状態推定ブロック 34 に入力され、推定ゲイン $L a (L_1, L_2, L_3)$ を用いて、推定修正値 (式 (6) の右辺) が、演算される。そして、遅延ブロック 46 から状態量 (式 (6) の左辺) と加算ブロック 36 で加算され、式 (6) のように、推定位置 $x[k]$ 、推定速度 $v[k]$ を得る。

【0075】

この推定値の $x[k]$ 、 $v[k]$ は、第 4 の演算ブロック 38 で、状態フィードバックゲイン ($-F a = F_1, F_2$) を乗算され、式 (7) のように、アクチュエータ 1 の第 1 の駆動値 $u[k]$ を得る。一方、加算ブロック 36 からの式 (6) の推定値の $x[k]$ 、 $v[k]$ は、第 5 の演算ブロック 42 で、推定ゲイン $A a$ (式 (9) の 2×2 の $(1, 0)$ の行列) を乗じられ、第 4 の演算ブロック 38 の駆動値 $u[k]$ は、第 6 の演算ブロック 40 で、推定ゲイン $B a$ (式 (9) の $u[k]$ に乗じる値) を乗じられる。両乗算結果は、加算ブロック 44 で、加算され、式 (9) の次のサンプルの推定状態量 $x[k+1]$ 、 $v[k+1]$ を得る。

40

【0076】

この次のサンプルの推定状態量は、前述のように、遅延ブロック 46 に入力し、状態推定ブロック 34 で、推定修正値で、修正される。そして、加算ブロック 36 からの式 (1) の推定値は、第 7 の演算ブロック 48 で、推定位置 $x[k]$ が取り出され、前述の第 2

50

の演算ブロック 3 2 に入力する。

【 0 0 7 7 】

又、推定位置誤差 $e[k]$ は、外乱の状態推定ブロック 5 1 に入力され、推定ゲイン L_1 (L_3, L_4, L_5) を用いて、推定修正値 (式 (6) の右辺) が、演算される。そして、遅延ブロック 5 2 から状態量 (式 (6) の左辺) と加算ブロック 5 6 で加算され、式 (6) のように、推定外乱抑圧値 $b[k], z_1[k], z_2[k]$ を得る。

【 0 0 7 8 】

この推定値 $b[k], z_1[k], z_2[k]$ は、第 8 の演算ブロック 5 8 で、状態フィードバックゲイン ($F_{d1} = F_3, F_4, F_5$) を乗算され、式 (8) のように、アクチュエータ 1 の外乱抑圧駆動値を得る。一方、加算ブロック 5 6 からの式 (6) の推定値の $b[k], z_1[k], z_2[k]$ は、第 9 の演算ブロック 5 4 で、推定ゲイン A_{d1} (式 (9) の $b[k]$ のゲイン及び 2×2 の A 行列のゲイン) を乗じられ、遅延ブロック 5 2 に入力し、次のサンプルの推定値 $b[k+1], z_1[k+1], z_2[k+1]$ を得る。

10

【 0 0 7 9 】

そして、加算ブロック 6 0 で、駆動値 $u[k]$ に、外乱抑圧駆動値を差し引き、式 (8) の出力駆動値 $u_{out}[k]$ を得る。

【 0 0 8 0 】

即ち、式 (1)、(2)、(3) と、式 (6)、(7)、(8)、(9) とを比較すると、式 (3) の行列で示すゲインを、コントローラモデルと外乱モデルで分離し、式 (9) に展開し、且つ式 (2) のゲイン F を、コントローラモデルと外乱モデルで分離し、式 (7)、(8) に展開する。

20

【 0 0 8 1 】

式 (1) と式 (6) は、形式上で同一であるが、展開された式に沿って、別のブロック 3 4, 5 1 で計算する。

【 0 0 8 2 】

図 5 と同様に、このようなオブザーバに、外乱適応制御系 2 2、2 4 を組み込む。この適応制御系 2 2, 2 4 の入力に、前述のオブザーバの推定位置誤差 $e[k]$ を与える。オブザーバの推定位置誤差 $e[k]$ とは、演算ブロック 3 0 の実位置誤差 ($r - y[k]$) とオブザーバの推定位置 $x[k]$ との差分値のことである。

30

【 0 0 8 3 】

図 1 2 に示すように、図 5 と同様に、外乱抑圧適応制御系は、適応則に従い外乱周波数を推定する 推定部 2 4 と、推定周波数 (ここでは、角周波数) に応じた推定ゲイン L, A を格納するテーブル 2 2 とを有する。推定部 2 4 は、前述の適応式 (4)、(5) により、推定位置誤差 $e[k]$ から推定角周波数 $\omega_1[k]$ を計算する。

【 0 0 8 4 】

一方、テーブル 2 2 は、図 6 に示したように、各推定角周波数の値に応じた L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 と、 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ の値を格納する。このテーブル 2 2 の L_1, L_2 により状態推定ブロック 3 2 の L_1, L_2 を、テーブル 2 2 の L_3, L_4, L_5 により、状態推定ブロック 5 1 の L_3, L_4, L_5 を、推定角周波数に応じて、変更する。又、このテーブル 2 2 の $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ によって、演算ブロック 5 4 の $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ (式 (9) 参照) を、推定角周波数に応じて、変更する。更に、テーブル 2 2 の L_4, L_5 を、推定部 2 4 に出力する。

40

【 0 0 8 5 】

即ち、外乱 (角) 周波数 ω に応じて、状態フィードバックゲイン F は変化せずに、外乱モデルおよび推定ゲインを変化させる。ここで、オブザーバの推定ゲインは、ノッチフィルタ状に整形するための外乱モデルのみなく、その他の全ての推定ゲインも影響を受けることである。すなわち、外乱周波数 ω や外乱モデルが変化したら、前記の (6) 式の外乱推定ゲイン L_4, L_5 のみでなく、位置、速度、バイアスのゲイン L_1, L_2, L_3 のすべてが影響を受ける。

50

(外乱オブザーバの第3の実施の形態)

図13は、図1のMCU14が実行する外乱を抑圧する位置決め制御系の第3の実施の形態のブロック図である。図14は、図13のテーブル22の構成図、図15及び図16は、テーブル22の推定ゲインLの説明図である。

【0086】

この位置決め制御系は、外乱周波数を検出し、周期性の外乱を適応制御により、抑圧するためのオブザーバ制御系であり、図12の外乱モデルを分離して、複数実装した適応制御系である。

【0087】

図13において、図5及び図12で示したものと同一のものは、同一の記号で示してあり、外乱モデル50-1・・・、50-Nの各々は、図12で示した外乱適応制御モデル51, 52, 54, 56, 58で構成される。

【0088】

各外乱モデル50-1、・・・、50-Nは、追従が必要な外乱周波数毎に、設けられる。このモデルの動作は、図12と同一であり、説明を省略する。

【0089】

外乱モデルを2つとした場合のオブザーバは、式(6)～(9)を拡張して、下記式(10)～(13)で得られる。

【0090】

【数10】

$$\begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \\ z3(k) \\ z4(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \\ b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \\ z3(k) \\ z4(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L1 \\ L2 \\ L3 \\ L4 \\ L5 \\ L6 \\ L7 \end{pmatrix} (y(k) - x(k)) \quad \dots (10)$$

【0091】

【数11】

$$u(k) = -(F1 \quad F2) \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

【0092】

10

20

30

40

【数 1 2】

$$u_{out}(k) = u(k) - (F3 \quad F4 \quad F5 \quad F6 \quad F7) \begin{pmatrix} b(k) \\ z1(k) \\ z2(k) \\ z3(k) \\ z4(k) \end{pmatrix} \cdots (12)$$

10

【0093】

【数 1 3】

$$\begin{pmatrix} x(k+1) \\ v(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(k) \\ v(k) \end{pmatrix} + \frac{Bl}{m} \frac{1}{Lp} T^2 \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1 \end{pmatrix} u(k)$$

$$b(k+1) = b(k)$$

$$\begin{pmatrix} z1(k+1) \\ z2(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a11 & a12 \\ a21 & a22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z1(k) \\ z2(k) \end{pmatrix} \cdots (13)$$

20

$$\begin{pmatrix} z3(k+1) \\ z4(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a11 & a12 \\ a21 & a22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z3(k) \\ z4(k) \end{pmatrix}$$

【0094】

図 1 4 は、図 1 3 の構成において、外乱モデルを 2 つ設け、2 つの外乱周波数変動に対応する推定ゲインテーブル 2 2 を示す。図 1 4 では、外乱周波数を、 $F d 1 = 5 0 0 \text{ Hz}$ 、 $F d 2 = 1 5 0 0 \text{ Hz}$ の 2 つの外乱周波数の例で説明する。

30

【0095】

ここで、 $L 4$ 、 $L 5$ は、 $F d 1$ の外乱推定ゲイン、 $L 6$ 、 $L 7$ は、 $F d 2$ の外乱推定ゲインとする。図 1 5 は、 $F d 2 = 5 0 0 \text{ Hz}$ の場合に、 $F d 1$ を変化しながら、極配置法により計算した外乱推定ゲイン $L 1$ 、 $L 2$ 、 $L 3$ 、 $L 4$ 、 $L 5$ 、 $L 6$ 、 $L 7$ をグラフ化したものであり、図 1 6 は、同様に、 $F d 2 = 1 5 0 0 \text{ Hz}$ の場合に、 $F d 1$ を変化しながら、極配置法により計算した外乱推定ゲイン $L 1 \sim L 7$ をグラフ化したものである。

【0096】

図 1 5 及び図 1 6 は、外乱周波数 $F d 1$ を、横軸にとり、縦軸は、推定ゲイン $L 1$ 、 $L 2$ 、 $L 3$ 、 $L 4$ 、 $L 5$ 、 $L 6$ 、 $L 7$ の値である。このようにして求めた推定ゲイン $L 1 \sim L 7$ を、図 1 4 のテーブル 2 2 に、 $F d 1 = 5 0 0 \text{ Hz}$ 、 $F d 2 = 1 5 0 0 \text{ Hz}$ に対応して、図 6 と同様に、各周波数（角周波数） f に格納する。

40

【0097】

（外乱オブザーバの第 4 の実施の形態）

図 1 7 は、本発明の第 4 の実施の形態の外乱オブザーバの構成図である。ここでは、図 6、図 1 2、図 1 3 のテーブル 2 2 の変形例を示す。

【0098】

即ち、図 1 2 のテーブル 2 2 の代わりに、1 つの外乱周波数 $f d$ () に対応した多項式により推定ゲインを求める計算器 2 2 - 1 と、その係数テーブル 2 2 - 2 で構成する。例えば、図 1 8 には、2 次近似式で、推定外乱周波数から推定ゲイン L を計算する例を示す。

50

【0099】

例えば、外乱モデルの極の周波数を f とし、 $a(n) * f(n) + a(n-1) * f(n-1) + \dots + a(1) * f(1) + a(0)$ からなる $a(0)$ から $a(n)$ までの係数を持つ多項式で、オブザーバの推定ゲインの変化を近似する。

【0100】

図18は、2次近似の場合であり、横軸に周波数、縦軸に $L1 \sim L5$ の値を示している。実線が、2次近似の場合、点線が、前述の極配置法で計算した場合である。

【0101】

図19は、3次近似の場合であり、横軸に周波数、縦軸に $L1 \sim L5$ の値を示している。実線が、3次近似の場合、点線が、前述の極配置法で計算した場合である。次数を上げるに従い、ずれは小さくなる。

【0102】

このような近似式を用いても、外乱周波数に応じた推定ゲインを出力できる。

【0103】

(他の実施の形態)

前述の実施の形態では、外乱オブザーバ制御を、磁気ディスク装置のヘッド位置決め装置の適用の例で説明したが、光ディスク装置等の他のディスク装置にも適用できる。又、外乱周波数の数は、必要に応じて、適宜採用できる。

【0104】

以上、本発明を、実施の形態で説明したが、本発明は、その趣旨の範囲内で種々の変形が可能であり、これを本発明の範囲から排除するものではない。

【0105】

(付記1) ディスク記憶媒体の所定位置に、アクチュエータによりヘッドを位置決め制御するヘッド位置決め制御方法において、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算するステップと、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップと、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップとを有することを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【0106】

(付記2) 前記変更ステップは、前記推定位置誤差に従い、推定した外乱成分から適応制御により、前記外乱周波数を推定するステップと、前記推定した外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するステップからなることを特徴とする付記1のヘッド位置決め制御方法。

【0107】

(付記3) 前記推定ステップは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分して、前記外乱周波数を推定するステップからなることを特徴とする付記2のヘッド位置決め制御方法。

【0108】

(付記4) 前記演算ステップは、前記推定位置誤差に従い、位置の推定ゲインと速度の推定ゲインから推定位置と、推定速度を演算するステップと、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインから推定外乱値を演算するステップとからなることを特徴とする付記1のヘッド位置決め制御方法。

【0109】

(付記5) 前記演算ステップは、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルとを分離された外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップからなることを

10

20

30

40

50

特徴とする付記 1 のヘッド位置決め制御方法。

【0110】

(付記 6) 前記演算ステップは、前記アクチュエータのモデルのオブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算するステップと、前記アクチュエータのモデルと分離された前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算するステップと、前記制御値と前記外乱抑制値とから前記アクチュエータの制御値を演算するステップからなることを特徴とする付記 5 のヘッド位置決め制御方法。

10

【0111】

(付記 7) 前記推定ステップは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分し、且つ 2 重積分して、前記外乱周波数を推定するステップからなることを特徴とする付記 2 のヘッド位置決め制御方法。

【0112】

(付記 8) 前記外乱抑制値を演算するステップは、各々適応する外乱周波数が異なる複数の前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算するステップからなることを特徴とする付記 6 のヘッド位置決め制御方法。

【0113】

(付記 9) ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドと、前記ディスク記憶媒体の所定位置に、前記ヘッドを位置決めするアクチュエータと、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する制御ユニットとを有し、前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更することを特徴とするディスク装置。

20

【0114】

(付記 10) 前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従い、推定した外乱成分から適応制御により、前記外乱周波数を推定し、前記推定した外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更することを特徴とする付記 9 のディスク装置。

30

【0115】

(付記 11) 前記制御ユニットは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分して、前記外乱周波数を推定することを特徴とする付記 10 のディスク装置。

【0116】

(付記 12) 前記制御ユニットは、前記推定位置誤差に従い、位置の推定ゲインと速度の推定ゲインから推定位置と、推定速度を演算し、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインから推定外乱値を演算することを特徴とする付記 9 のディスク装置。

40

【0117】

(付記 13) 前記制御ユニットは、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルとを分離された外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算することを特徴とする付記 9 のディスク装置。

【0118】

(付記 14) 前記制御ユニットは、前記アクチュエータのモデルのオブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータ

50

の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算し、前記アクチュエータのモデルと分離された前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算するステップと、前記制御値と前記外乱抑制値とから前記アクチュエータの制御値を演算することを特徴とする付記 13 のディスク装置。

【0119】

(付記 15) 前記制御ユニットは、前記推定した外乱成分を前記位置誤差に従い、積分し、且つ 2 重積分して、前記外乱周波数を推定することを特徴とする付記 10 のディスク装置。

【0120】

(付記 16) 前記制御ユニットは、各々適応する外乱周波数が異なる複数の前記外乱のモデルのオブザーバ制御により、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記外乱抑制値を演算することを特徴とする付記 14 のディスク装置。

【0121】

(付記 17) ディスク記憶媒体のデータを少なくとも読み取るヘッドを、アクチュエータを制御して、前記ディスク記憶媒体の所定位置に位置決めする位置決め制御装置において、前記ヘッドの目標位置と前記ヘッドから得た現在位置とから推定位置誤差を演算し、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算する処理ユニットと、前記推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更する外乱推定ユニットとを有することを特徴とするヘッド位置決め制御装置。

【0122】

(付記 18) 前記外乱推定ユニットは、前記推定位置誤差に従い、推定した外乱成分から適応制御により、前記外乱周波数を推定し、前記推定した外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更することを特徴とする付記 17 のヘッド位置決め制御装置。

【0123】

(付記 19) 前記処理ユニットは、前記推定位置誤差に従い、位置の推定ゲインと速度の推定ゲインから推定位置と、推定速度を演算し、前記推定位置誤差に従い、前記外乱の推定ゲインから推定外乱値を演算することを特徴とする付記 17 のヘッド位置制御装置。

【0124】

(付記 20) 前記処理ユニットは、前記アクチュエータのモデルと外乱のモデルとを分離された外乱オブザーバ制御により、前記位置誤差と前記オブザーバの推定位置との推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、状態情報を生成し、前記状態情報から前記アクチュエータの制御値を演算することを特徴とする付記 17 のヘッド位置制御装置。

【産業上の利用可能性】

【0125】

アクチュエータのモデルと外乱のモデルを含む外乱オブザーバ制御により、推定位置誤差に従い、アクチュエータの推定ゲインと外乱の推定ゲインを用いて、アクチュエータの制御値を演算する際に、推定位置誤差に従って、外乱周波数を推定し、前記外乱周波数に対応した前記アクチュエータの推定ゲインと前記外乱の推定ゲインを変更するので、外乱周波数に応じて適切なオブザーバ制御が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図 1】本発明の一実施形態を示すディスク装置の構成図である。

10

20

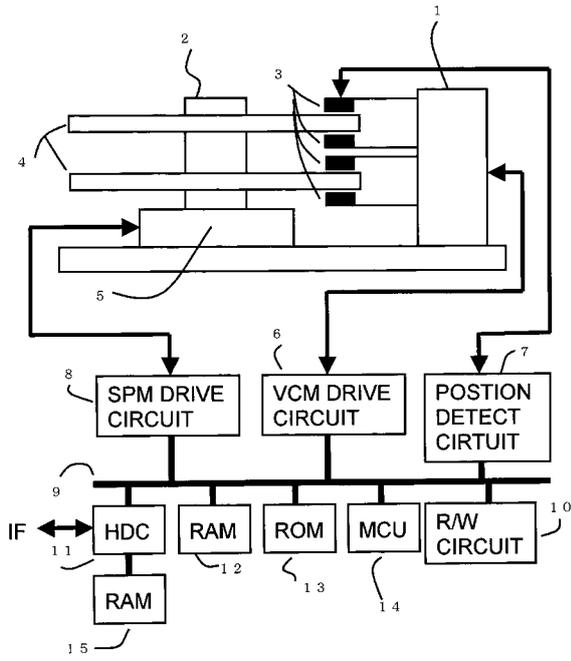
30

40

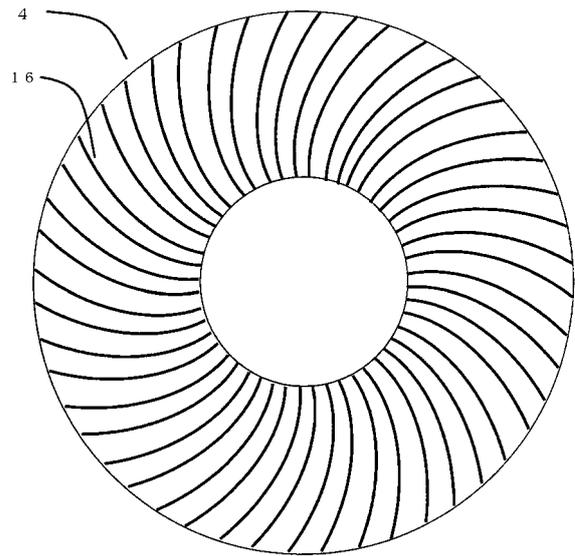
50

- 【図 2】図 1 のディスクの位置信号の説明図である。
- 【図 3】図 2 の位置信号の詳細説明図である。
- 【図 4】図 1 のヘッドのシーク動作の説明図である。
- 【図 5】本発明の一実施の形態の外乱オブザーバ制御系のブロック図である。
- 【図 6】図 5 の推定ゲインテーブルの構成図である。
- 【図 7】図 6 の推定ゲイン L_1 , L_2 の特性図である。
- 【図 8】図 6 の推定ゲイン L_3 , L_4 、 L_5 の特性図である。
- 【図 9】図 6 の推定ゲイン a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} の特性図である。
- 【図 10】図 5 の感度関数の特性図である。
- 【図 11】図 5 の構成の外乱追従特性のシミュレーション結果の説明図である。 10
- 【図 12】本発明の他の実施の形態の外乱オブザーバ制御系のブロック図である。
- 【図 13】本発明の別の実施の形態の外乱オブザーバ制御系のブロック図である。
- 【図 14】図 13 の推定ゲインテーブルの構成図である。
- 【図 15】第 1 の外乱周波数における図 14 の推定ゲイン $L_1 \sim L_7$ の特性図である。
- 【図 16】第 2 の外乱周波数における図 14 の推定ゲイン $L_1 \sim L_7$ の特性図である。
- 【図 17】本発明の更に別の実施の形態の外乱オブザーバ制御系のブロック図である。
- 【図 18】図 17 の 2 次近似式の説明図である。
- 【図 19】図 17 の 3 次近似式の説明図である。
- 【符号の説明】
- 【0127】 20
- 1 アクチュエータ
- 2 スピンドルモータの回転軸
- 3 ヘッド
- 4 ディスク
- 5 スピンドルモータ
- 6 アクチュエータの V C M 駆動回路
- 7 位置復調回路
- 8 スピンドルモータの駆動回路
- 9 バス
- 10 データの記録再生回路 30
- 11 ハードディスクコントローラ
- 12 M C U の R A M
- 13 M C U の R O M
- 14 マイクロコントローラユニット
- 15 ハードディスクコントローラの R A M
- 16 位置信号

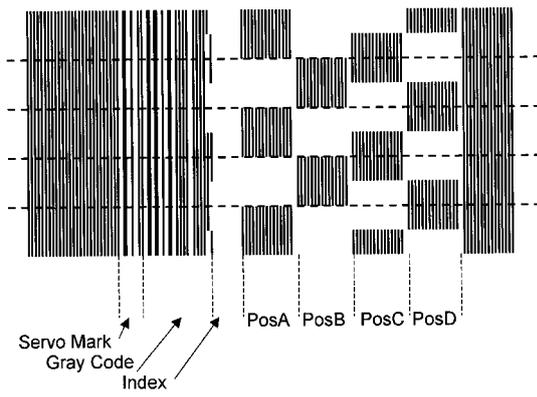
【 図 1 】



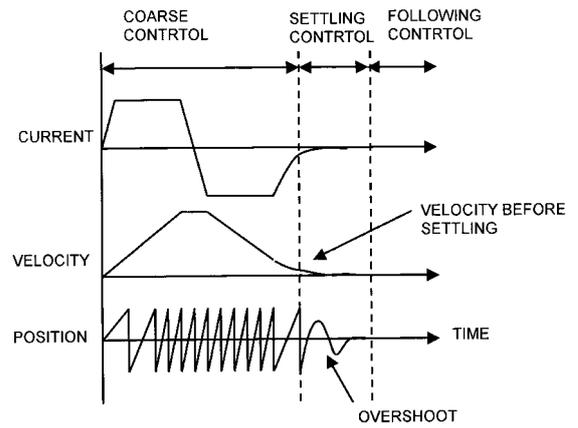
【 図 2 】



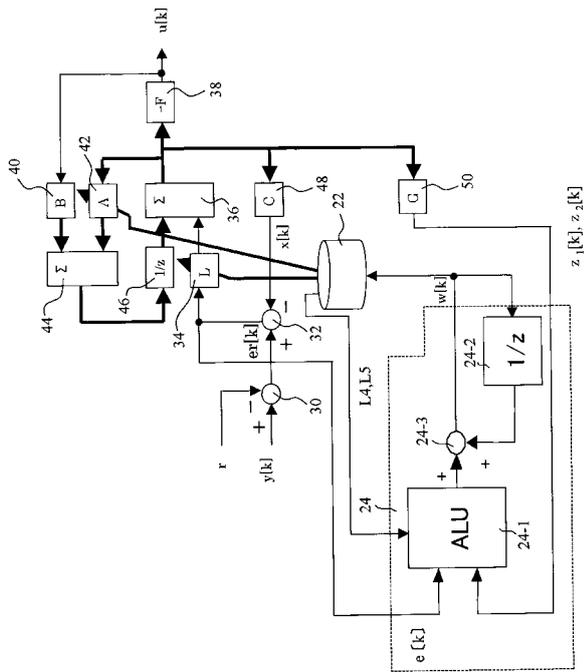
【 図 3 】



【 図 4 】



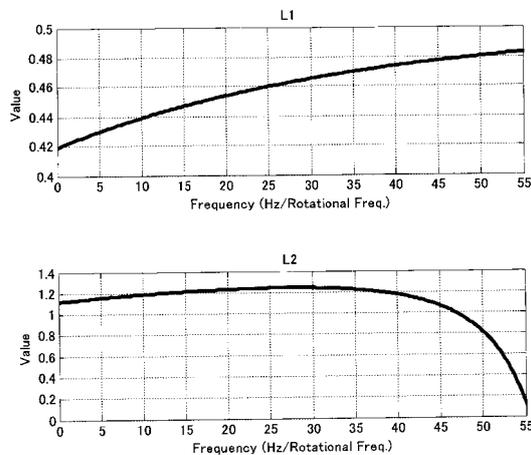
【 図 5 】



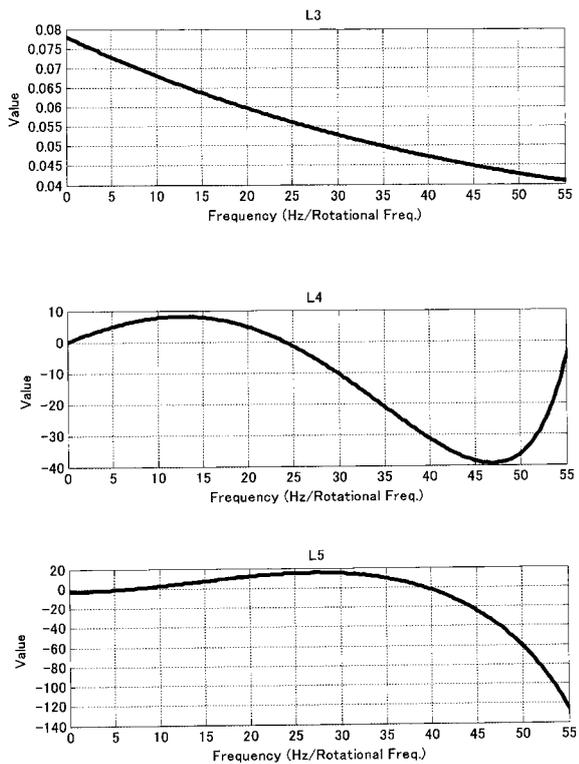
【 図 6 】

w	L1	L2	L3	L4	L5	a11	a12	a21	a22
0	0.4193	1.1180	0.0780	0.00	-3.00	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
10	0.4216	1.1259	0.0770	-1.06	-2.90	0.9997	-0.0234	0.0234	0.9997
20	0.4237	1.1334	0.0759	-2.08	-2.68	0.9989	-0.0469	0.0469	0.9989
30	0.4258	1.1407	0.0748	-3.05	-2.36	0.9975	-0.0703	0.0703	0.9975
40	0.4279	1.1478	0.0738	-3.96	-1.93	0.9956	-0.0936	0.0936	0.9956
...									
47	0.4785	0.9899	0.0439	-39.42	-36.72	0.4519	-0.8921	0.8921	0.4519
48	0.4791	0.9408	0.0435	-39.07	-43.93	0.4309	-0.9024	0.9024	0.4309
49	0.4797	0.8823	0.0430	-38.07	-51.93	0.4096	-0.9123	0.9123	0.4096
50	0.4802	0.8120	0.0426	-36.26	-60.82	0.3881	-0.9216	0.9216	0.3881
...									

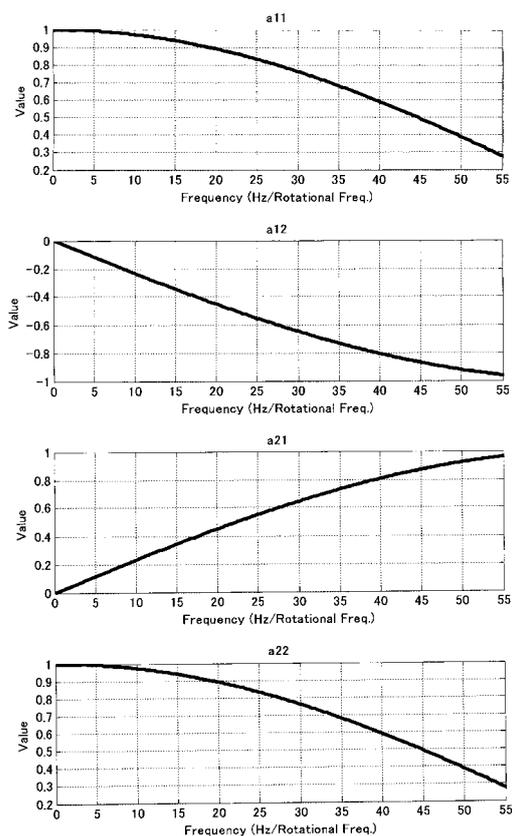
【 図 7 】



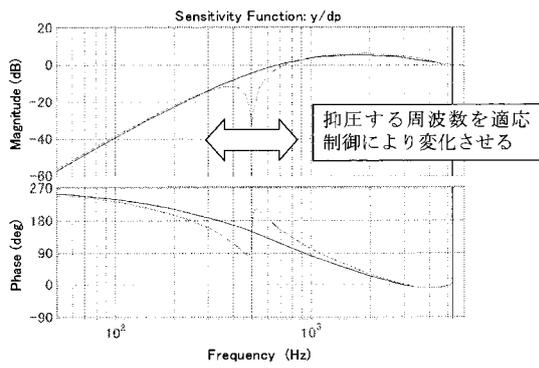
【 図 8 】



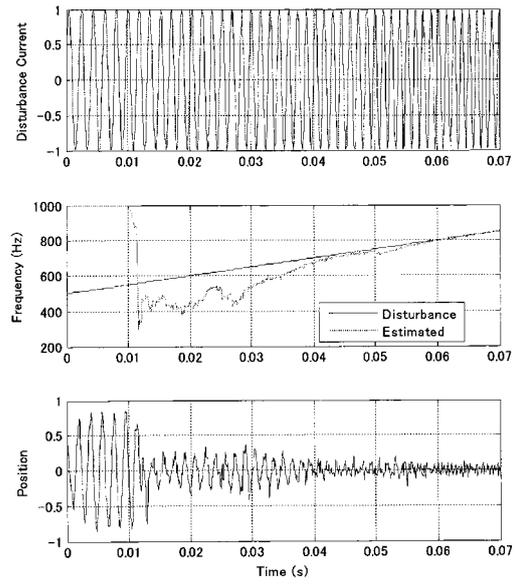
【 図 9 】



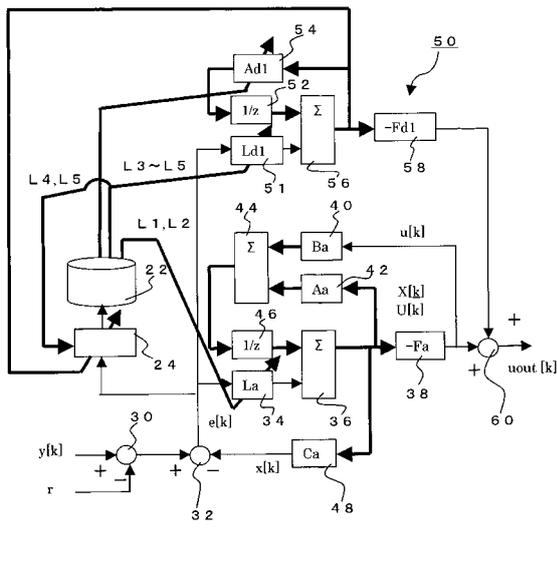
【 図 1 0 】



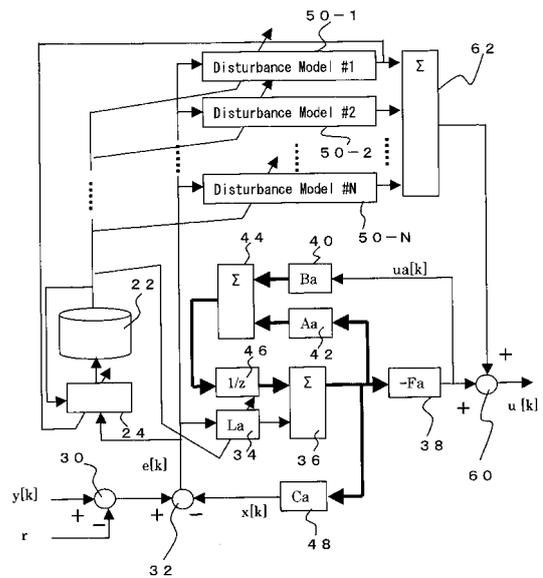
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



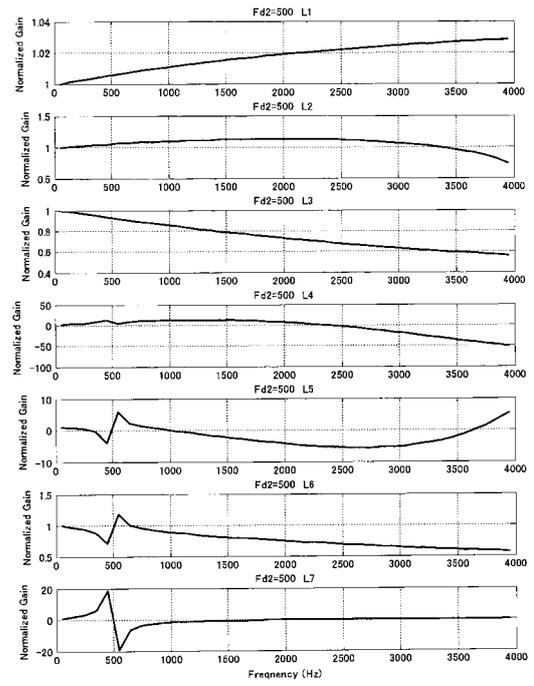
【 図 1 3 】



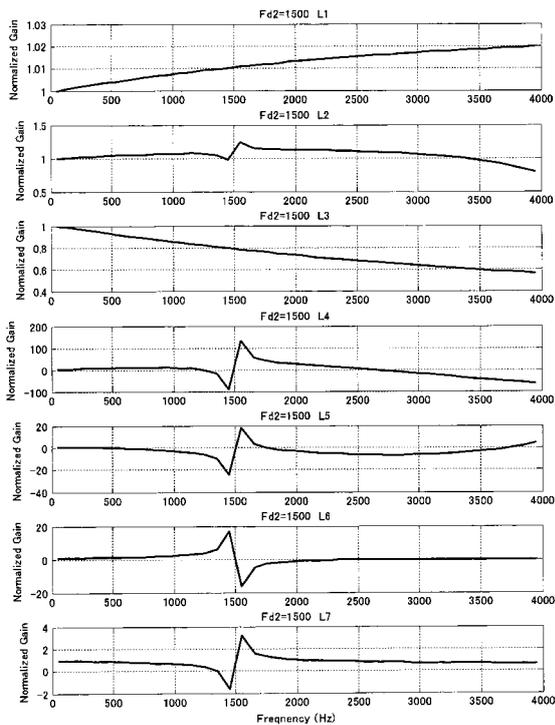
【 図 1 4 】

$f(\omega)$	Fd ₁ =500			Fd ₂ =1500		
	L1	L7	L1	L7
0						
4000						

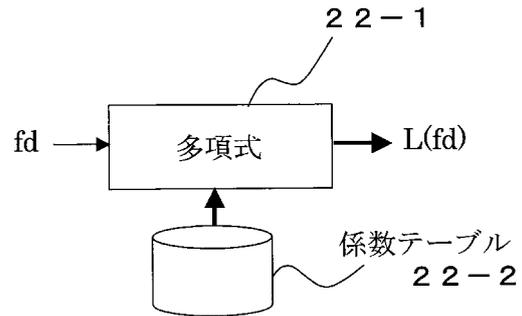
【 図 1 5 】



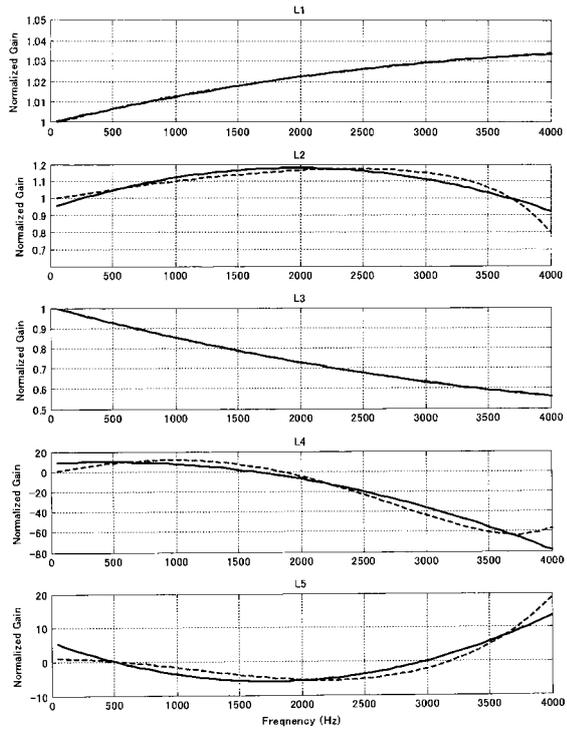
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 18 】



【 19 】

