

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5836628号
(P5836628)

(45) 発行日 平成27年12月24日(2015.12.24)

(24) 登録日 平成27年11月13日(2015.11.13)

(51) Int.Cl.

F I

G05B 11/36 (2006.01)

G05B 11/36 501B

G05B 11/36 501C

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-93511 (P2011-93511)
 (22) 出願日 平成23年4月19日 (2011.4.19)
 (65) 公開番号 特開2012-226550 (P2012-226550A)
 (43) 公開日 平成24年11月15日 (2012.11.15)
 審査請求日 平成26年4月16日 (2014.4.16)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御系の評価装置および評価方法、並びに、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

制御器および制御対象を有する制御系を評価する評価装置であって、
 前記制御器の周波数特性を取得する第一の取得手段と、
 前記制御対象のゲイン特性および位相差特性を取得する第二の取得手段と、
 複素座標系において、前記ゲイン特性の変動範囲と前記位相差特性の変動範囲が重なる領域を前記制御対象の周波数特性の変動範囲として、前記周波数特性の変動範囲と前記制御器の周波数特性から前記制御系の一巡伝達特性とその変動範囲を演算する一巡伝達特性の演算手段と、
 前記一巡伝達特性とその変動範囲から前記制御系の安定性を評価する評価手段とを有することを特徴とする評価装置。

10

【請求項2】

前記評価手段は、前記一巡伝達特性の変動範囲を前記複素座標系に座標変換する変換手段、前記一巡伝達特性とその変動範囲から前記制御系の安定性を判定する判定手段、並びに、前記複素座標系に座標変換された一巡伝達特性の変動範囲、および、前記安定性の判定結果を出力する出力手段を有することを特徴とする請求項1に記載された評価装置。

【請求項3】

前記評価手段は、さらに、前記判定手段により前記制御系が安定と判定された場合に、前記複素座標系に変換された一巡伝達特性の変動範囲から外乱感度特性の変動領域を演算する外乱感度特性の演算手段を有し、

20

前記出力手段は、さらに前記外乱感度特性の変動領域を出力することを特徴とする請求項2に記載された評価装置。

【請求項4】

前記判定手段は、ナイキストの安定判別法により前記制御系の安定性を判定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載された評価装置。

【請求項5】

第一および第二の取得手段、演算手段、評価手段を有し、制御器および制御対象を有する制御系を評価する評価装置の評価方法であって、

前記第一の取得手段が、前記制御器の周波数特性を取得し、

前記第二の取得手段が、前記制御対象のゲイン特性および位相差特性を取得し、

前記演算手段が、複素座標系において、前記ゲイン特性の変動範囲と前記位相差特性の変動範囲が重なる領域を前記制御対象の周波数特性の変動範囲として、前記周波数特性の変動範囲と前記制御器の周波数特性から前記制御系の一巡伝達特性とその変動範囲を演算し、

前記評価手段が、前記一巡伝達特性とその変動範囲から前記制御系の安定性を評価することを特徴とする評価方法。

【請求項6】

コンピュータを請求項1から請求項4の何れか一項に記載された評価装置の各手段として機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御系の評価を支援する評価装置、および、その評価処理に関する。

【背景技術】

【0002】

操作量から制御量までの周波数特性が変動する制御対象に対し、制御量を望ましい目標値の範囲に収める制御器の設計方法として、H_∞制御理論やμシンセシス理論などのロバスト制御理論が知られている。

【0003】

しかし、上記の理論を用いても、ロバスト性や制御精度などの要求仕様や制御対象の特性によっては、すべての仕様を満たす制御器が存在しないことがある。その場合、要求仕様の制約を緩めて実現可能な制御器を求めることが多い。しかし、こうして得られる制御器は、制御対象の変動内でロバスト性を完全に有することを保証するものではなく、制御対象の変動に対して目標の制御精度を保証することができない場合がある。

【0004】

制御対象の変動の範囲において、設計した制御器によるロバスト制御系を漏れなく評価し、制御系において安定性や所望の制御精度が得られるか否かを確認し、制御器の設計変更の必要性を簡単に判断するための、制御系の評価支援装置が望まれる。

【0005】

具体例として、画像形成装置の感光体を駆動する制御系を説明する。中間転写体を有する画像形成装置の場合、感光体と中間転写体の接触部において、現像剤が感光体表面から中間転写体表面に移動する。

【0006】

画像品質の観点から、感光体や中間転写体を所定の回転速度で精度よく回転させるために、感光体や中間転写体の駆動モータをフィードバック制御する場合がある。例えば、感光体のDCモータ駆動制御系における操作量は、モータ駆動の指令値であり、モータへ供給するパルス幅変調(PWM)信号のデューティ値である。また、同制御系の制御量は、感光体の回転速度である。つまり、制御器は、センサで検出した感光体の回転速度と目標回転速度の差から、PID制御やH_∞制御などにより操作量を演算する。

【0007】

10

20

30

40

50

感光体と中間転写体は、現像剤の量や使用環境などにより、その接触部において滑ったり滑らなかつたりする。つまり、接触部における滑りに応じて、感光体駆動系の操作量から制御量までの伝達特性が大きく変化する。滑らない場合は、感光体の速度を制御しても、中間転写体の影響により操作量に対する制御量の反応が鈍い。また、滑る場合は、感光体の速度は中間転写体の速度に影響されず、操作量に対する制御量の反応は敏感である。

【0008】

さらに、実際の使用環境において、接触部にどの程度の滑りがあるかは不明である。そのため、滑らない状態から完全に滑る状態（以下、接触部の状態）まで、どの状態においても感光体が安定に回転し、精度よく所定速度が得られる制御系の構築が必要になる。このようなロバスト性を必要とする制御系の設計に、H 制御理論や μ シンセシス理論を適用することが考えられる。しかし、接触部の状態に対するロバスト性や速度精度などの要求仕様や、駆動系の共振周波数などの特性により、すべての仕様を満たす制御器が存在しない可能性がある。

10

【0009】

例えば、ロバスト性を犠牲にして、速度精度の仕様を満たす制御器を採用する場合は、設計仕様から外れる接触部の状態において、感光体の回転がどのような挙動を示すかを評価する必要がある。逆に、速度精度を犠牲にして、ロバスト性を満たす制御器を採用する場合は、速度精度がどの程度満たされないかを評価する必要がある。

【0010】

これら評価においては、接触部の状態により変動する伝達特性を漏れなく評価しなければならない。もし、使用環境において感光体駆動系の特性が評価漏れの特性と一致した場合、制御系が発散し、感光体の回転停止、目標速度を超える高速回転、大きな速度変動などが生じる可能性がある。

20

【0011】

ロバスト制御系の安定性や制御精度の評価装置として、制御対象を時変系伝達関数で定式化して時系列の制御シミュレーションを行い、変動する制御対象における制御系の挙動を検証するシミュレーション装置が知られている（例えば、特許文献1）。この装置によれば、時変系で定式化できる制御対象の特性の変動内において、ロバスト制御系の挙動を漏れなく確認することができる。

【0012】

30

しかし、上記技術の適用は、制御対象の特性の変動が時変系伝達関数に定式化できる場合に限られる。複雑な時系列変動や、時系列に変動しない制御対象の個体差や環境による特性の変動に対して、すべての条件を定式化するのは困難である。画像形成装置の接触部の状態による伝達特性の変動も特性の変動の一例であり、操作量から制御量までの周波数特性に不確かさをもつ制御対象における定式化には膨大な時間を要する。

【0013】

そこで、特性変動の定式化が困難な制御対象に対する制御系の評価装置として、市販ソフトウェアであるMATLAB（登録商標）が知られている。このソフトウェアは、制御対象の特性の変動範囲内から特性をランダムに抽出してモンテカルロ解析を行い、制御系のナイキスト線図など、制御系評価線図を出力する。ユーザは、出力結果を参照して、ロバスト制御系の安定性や制御精度を確認し、制御器の設計変更の必要性を判断することができる。

40

【0014】

しかし、モンテカルロ解析によってロバスト制御系の安定性や制御精度を評価すれば、制御対象の特性の変動範囲内から特性をランダムに抽出するため、制御系の評価に漏れが生じる場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特許第3219245号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明は、周波数特性に不確かさを有する制御対象を含む制御系の安定性を正確に評価することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、前記の目的を達成する一手段として、以下の構成を備える。

【0018】

制御器の周波数特性を取得し、制御対象のゲイン特性および位相差特性を取得し、複素座標系において、前記ゲイン特性の変動範囲と前記位相差特性の変動範囲が重なる領域を前記制御対象の周波数特性の変動範囲として、前記周波数特性の変動範囲と前記制御器の周波数特性から前記制御系の一巡伝達特性とその変動範囲を演算し、前記一巡伝達特性とその変動範囲から前記制御系の安定性を評価することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、周波数特性に不確かさを有する制御対象を含む制御系の安定性を正確に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

20

【図1】実施例の評価装置の構成例を説明するブロック図。

【図2】実施例の評価装置の機能構成例を説明するブロック図。

【図3】制御系の評価処理を説明するフローチャート。

【図4】周波数特性を示すデータの一例を示す図。

【図5】ゲイン特性および位相差特性の一例を示す図。

【図6】制御対象の周波数特性の変動範囲の求め方を説明する図。

【図7】一巡伝達特性の一例を示す図。

【図8】点(-1+j0)から一巡伝達特性の変動範囲までの距離を説明する図。

【図9】最長距離と最短距離のデータの一例を示す図。

【図10】外乱感度特性の最良値と最悪値の一例を示す図。

30

【図11】制御系が安定と判定された場合の出力部の出力例を示す図。

【図12】制御系が不安定と判定された場合の出力部の出力例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明にかかる実施例の制御系の評価処理を図面を参照して詳細に説明する。なお、以下では、画像形成装置の感光体駆動制御に本発明を適用する例を説明する。

【実施例1】

【0022】

〔装置の構成〕

図1のブロック図により実施例の評価装置の構成例を説明する。

40

【0023】

CPU101は、RAM102をワークメモリとして、ROM103やハードディスクドライブ(HDD)108などの不揮発性メモリに格納されたOSを含む各種プログラムを実行し、システムバス107を介して、後述する構成を制御する。HDD108が格納する各種プログラムには、後述する制御系の評価処理のプログラムが含まれる。

【0024】

汎用インタフェース(I/F)104は、例えばUSBのようなシリアルバスインタフェースで、マウスやキーボード、メモリカードリーダーライター、リムーバブルディスクドライブなどの入力デバイス111が接続される。ビデオカード(VC)105は、ビデオインタフェースで、LCDなどのモニタ113が接続される。ネットワークインタフェースカード(NIC)106は、LANなど

50

のネットワーク114に接続されるネットワークインタフェースである。CPU101は、NIC106を介してネットワーク上のサーバ装置などとデータのやり取りが可能である。

【0025】

CPU101は、モニタ113にユーザインタフェース(UI)を表示する。ユーザは、マウスやキーボードを操作して、UIに対して指示やデータや入力する。CPU101は、ユーザ指示やデータを入力し、それら入力に従いプログラムを実行して各種処理を行う。

【0026】

なお、図1に示す評価装置は、汎用のコンピュータ装置に制御系の評価処理のプログラムを供給することにより実現可能である。

【0027】

[機能構成]

図2のブロック図により実施例の評価装置の機能構成例を説明する。つまり、図2に示す評価部31は、CPU101が制御系の評価処理を行う場合の機能構成例を示す。

【0028】

評価部31は、モニタ113にUIを表示し、入力デバイス111を介してユーザの指示を入力し、ユーザが指示するデータを入力デバイス111を介して取得したり、HDD108やサーバ装置から取得し、制御系の評価処理を行う。そして、評価結果としてグラフや様々な情報をUIに表示する。ユーザは、UIの表示を参照して、ロバスト制御系の安定性や制御精度を確認し、制御器の設計変更の必要性を判断する。

【0029】

特性データ取得部11は、制御器の周波数特性を示すデータを取得する第一の取得部である。変動データ取得部12は、制御対象のゲイン特性および位相差特性を示すデータを取得する第二の取得部である。なお、これらデータは、入力デバイス111、HDD108、サーバ装置などから取得される。

【0030】

伝達特性演算部13は、制御対象のゲイン特性および位相差特性を示すデータが表すゲインの変動範囲と位相差の変動範囲が複素座標系において重なる領域を、制御対象の周波数特性の変動範囲とする。そして、制御対象の周波数特性の変動範囲と制御器の周波数特性から、制御系の一巡伝達特性と、その変動範囲を演算する。

【0031】

評価特性演算部14は、座標変換部21および感度特性演算部22を有する。座標変換部21は、一巡伝達特性の変動範囲を複素座標系に座標変換する。感度特性演算部22は、複素座標系において点 $(-1+j0)$ から一巡伝達特性の変動範囲までの距離を演算し、速度を変動させる外乱から制御量までの外乱感度特性の変動領域を求める。

【0032】

安定性判定部15は、一巡伝達特性に対して、ナイキストの安定判別法の考え方をを用いて、制御系の安定性を判定し、安定性の判定結果を示すデータを出力する。出力部16は、一巡伝達特性の変動範囲、外乱感度特性の変動領域、および、安定性の判定結果をそれぞれ示すデータを入力して、それらをモニタ113のUIに表示する。なお、出力部16は、それらデータを記憶メディア、HDD108、サーバ装置などに格納することもできる。

【0033】

[制御系の評価処理]

図3のフローチャートにより制御系の評価処理を説明する。

【0034】

特性データ取得部11は、制御器の周波数特性を示すデータを取得する(S101)。制御器の周波数特性は、センサで検出した感光体の速度と目標速度の差から、モータへ供給するパルス幅変調(PWM)信号のデューティ値までの伝達特性を示す。図4により周波数特性を示すデータの一例を示す。つまり、周波数特性は、周波数に対するゲインと位相差を表す。また、制御器の周波数特性は、伝達関数式として与えられてもよい。その場合、伝達関数式から周波数に対するゲインと位相差を演算することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

次に、変動データ取得部12は、制御対象のゲイン特性および位相差特性を示すデータを取得する(S102)。制御対象のゲイン特性および位相差特性は、モータへ供給するPWM信号のデューティ値から、感光体の速度までの伝達特性を示す。図5によりゲイン特性および位相差特性の一例を示す。つまり、ゲイン特性および位相差特性は、周波数に対するゲインの変動範囲および位相差の変動範囲を表す。

【 0 0 3 6 】

図5には、ゲインの最大値と最小値、位相差の最大値と最小値を変動範囲として表す例を示す。つまり、感光体と中間転写体の接触部の状態により、各周波数において、ゲインが最大値から最小値の範囲で変動し、位相差も最大値から最小値の範囲で変動する。ここで「位相差が大きい」とは正の方向に大きいものと定義する。

10

【 0 0 3 7 】

また、変動範囲は中心値と変動幅で与えられてもよい。その場合、中心値 \pm 変動幅を演算することで、最大値と最小値が得られる。また、特性の変動を表す二つの伝達関数式として与えられる場合は、伝達関数式から周波数に対する最大値と最小値を演算することができる。

【 0 0 3 8 】

次に、伝達特性演算部13は、制御系の一巡伝達特性と、その変動範囲を演算する(S103)。まず、図6により制御対象の周波数特性の変動範囲の求め方を説明する。

【 0 0 3 9 】

図6は、図5に示すデータの7Hzにおける制御対象のゲインの変動範囲および位相差の変動範囲を複素座標系に変換した状態を表す。複素座標系において、ゲインは原点からの距離で表され、位相差は正の方向の実数(Re)軸を0度として反時計回りを正の方向とする角度で表される。7Hzにおけるゲインの変動範囲は、ゲインの最大値36dBに対応する円と、最小値33dBに対応する円に挟まれる領域501として表される。また、7Hzにおける位相差の変動範囲は、位相差の最大値-45度に対応する半直線と、最小値-89度に対応する半直線に挟まれる領域502として表される。伝達特性演算部13は、領域501と502が重なる領域503を制御対象の周波数特性の変動範囲とする。

20

【 0 0 4 0 】

次に、制御対象の周波数特性の変動範囲と制御器の周波数特性から、一巡伝達特性と、その変動範囲を演算する処理を説明する。

30

【 0 0 4 1 】

ゲインがデシベルで表される場合、所定周波数における一巡伝達特性のゲインは、当該周波数の制御器のゲインと、当該周波数の制御対象のゲインの和として演算される。また、所定周波数における一巡伝達特性の位相差は、当該周波数の制御器の位相差と、当該周波数の制御対象の位相差の和として演算される。つまり、制御対象の周波数特性が変動する場合、制御対象のゲインの変動範囲と制御器のゲインの和から、一巡伝達特性のゲインの変動範囲を得ることができる。また、制御対象の位相差の変動範囲と制御器の位相差の和から、一巡伝達特性の位相差の変動範囲を得ることができる。

【 0 0 4 2 】

図7により一巡伝達特性の一例を示す。制御対象のゲインの変動範囲と位相差の変動範囲が複素座標系において重なる領域を、制御対象の周波数特性の変動範囲とすることにより、漏れのない一巡伝達特性を得ることができ、ロバスト制御系を漏れなく評価することができる。

40

【 0 0 4 3 】

次に、座標変換部21は、一巡伝達特性の変動範囲を複素座標系に座標変換する(S104)。安定性判定部15は、制御系の一巡伝達特性と、その変動範囲に基づき、位相差が-180度になる周波数を探索し(S105)、探索結果に基づき制御系の安定性を判定する(S106)。

【 0 0 4 4 】

安定性判定部15は、一巡伝達特性と、その変動範囲を示すデータから、位相差の変動範囲

50

囲に-180度を含むデータ、並びに、隣接するデータ（周波数）との間で位相差が-180度になるデータを探索する。図7に示すデータにおいて、この探索によって検出されるデータは探索結果フィールドの値が‘1’のデータである。周波数1Hz、2Hz、3Hzのデータは位相差の変動範囲に-180度を含み、周波数50Hzのデータは隣接する70Hzのデータとの間で位相差が-180度になる。

【0045】

続いて、安定性判定部15は、次の二つの条件を満たすデータが存在するか否かを判定する。二つの条件のうち、何れかが存在すると制御系は不安定になることが知られている。

【0046】

第一の条件：変動範囲を含め、ゲインが0dB、かつ、位相差が-180度になる周波数が存在する。このような一巡伝達特性を有する制御系は、感光体と中間転写体の接触部の状態により、ゲイン0dBかつ位相差-180度の周波数が存在する一巡伝達特性が発生して、制御系が不安定になる可能性がある。

10

【0047】

第二の条件：位相差が-180度になる周波数の間において、位相差が変動範囲を含めてすべて-180度よりも小さく、かつ、ゲインが0dBを通過する。この場合、ナイキストの安定判別法において、一巡伝達特性のベクトル軌跡は複素座標系における(-1+j0)の点を右に見ながら回ることになり、制御系は不安定になることが知られている。

【0048】

図7に示すデータについて検討すると、1Hz、2Hz、3Hzにおいて位相差が-180度になるが、何れの周波数もゲインは0dBではない。また、50Hzと70Hzの間の周波数において位相差は-180度になるが、当該周波数のゲインは50Hzと70Hzのゲインから0dBにはならないと予測される。従って、図7に示すデータには第一の条件を満たすデータは存在しない。

20

【0049】

また、1Hzと2Hzの間、2Hzと3Hzの間においてゲインは0dBを通過しないと予測される。一方、3Hzと70Hzの間においてゲインは0dBを通過するが、位相差は-180度よりも大きい。従って、図7に示すデータには第二の条件を満たすデータは存在しない。

【0050】

つまり、安定性判定部15は、図7に示す一巡伝達特性を有する制御系は安定であると判定する。このように、制御系の一巡伝達特性に対して、ナイキストの安定判別法の考え方を適用することで、ロバスト制御系の安定性を判定することができる。

30

【0051】

安定性判定部15が制御系は安定と判定した場合、感度特性演算部22は、複素座標系において点(-1+j0)から一巡伝達特性の変動範囲までの距離を、周波数ごとに演算する(S107)。そして、速度を変動させる外乱から制御量までの外乱感度特性の変動領域を演算する(S108)。

【0052】

外乱感度特性は、その値が大きいほど外乱の振幅が増幅されて制御量に現れ、その値が小さいほど外乱の振幅が減衰されて制御量に現れる。つまり、外乱感度特性の値が小さいほど、制御系によって外乱の抑制力が効いていることになり、制御精度（感光体の速度の精度）を高めることができる。

40

【0053】

図8により点(-1+j0)から一巡伝達特性の変動範囲までの距離を説明する。感度特性演算部22は、点(-1+j0)から一巡伝達特性の変動範囲までの最長距離と最短距離を演算する。図8において、点511は(-1+j0)の点であり、領域512は一巡伝達特性の変動範囲に相当する。領域512を囲む境界線521はゲインの最大値に、境界線522はゲインが最小値に、境界線523は位相差の最大値に、境界線524は位相差の最小値にそれぞれ対応する。

【0054】

点511が領域512に含まれる場合、安定性判定部15が制御系は不安定と判定するので、ステップS107の処理は実行されない。言い換えれば、制御系が安定な場合、領域512は点511

50

を含まない。従って、点511から領域512の最長距離に対応する点は境界線521上にあり、点511から領域512の最短距離に対応する点は境界線522上にある。図8の例においては、点511から境界線521の下端を結ぶ線分531が最長になり線分531の長さを最長距離とし、点511から境界線522と実数(Re)軸の交点533を結ぶ線分532が最短になり線分532の長さを最短距離とする。図9により最長距離と最短距離のデータの一例を示す。

【 0 0 5 5 】

外乱から制御量までの外乱感度特性は、点511から一巡伝達特性まで距離の逆数として演算される。従って、感度特性演算部22は、点511から一巡伝達特性の変動範囲までの最長距離との逆数を外乱感度特性の最良値、最短距離の逆数を外乱感度特性の最悪値とする外乱感度特性の変動領域を得る。図10により外乱感度特性の最良値と最悪値の一例を示す。

10

【 0 0 5 6 】

制御系が安定と判定された場合、出力部16は、安定性判定部15から安定性の判定結果を、座標変換部21から一巡伝達特性の変動範囲を、感度特性演算部22から外乱感度特性の変動領域をそれぞれ入力し、それらを入力する(S109)。

【 0 0 5 7 】

図11により制御系が安定と判定された場合の出力部16の出力例を示す。図11は、モニタ113に、安定性の判定結果を文字列601として表示するとともに、周波数に対する一巡伝達特性の変動範囲および外乱感度特性の変動領域をグラフ602、603として表示するUIの一例を示す。

20

【 0 0 5 8 】

他方、制御系が不安定と判定された場合、出力部16は、安定性判定部15から安定性の判定結果を、座標変換部21から一巡伝達特性の変動範囲をそれぞれ入力し、それらを入力する(S110)。

【 0 0 5 9 】

図12により制御系が不安定と判定された場合の出力部16の出力例を示す。図12は、モニタ113に、安定性の判定結果を文字列601として表示するとともに、周波数に対する一巡伝達特性の変動範囲をグラフ602として表示するUIの一例を示す。

【 0 0 6 0 】

図11に示すUIを参照するユーザは、表示601から制御系が安定であることを知り、表示602において一巡伝達特性の変動範囲が点(-1+j0)を含まず、同点を左に見ながら回っていることから、制御系は十分に安定であると判断する。さらに、表示603を参照して、外乱感度特性の変動領域が外乱感度特性から制御器の設計変更の必要性を判断する。例えば、ユーザが所望する外乱感度特性が1.5だとすると、10Hzにおける外乱感度特性の最大値は1.78であり、制御器の設計変更が必要になる。つまり、10Hzにおける制御器のゲインを下げるなどして、所望する外乱感度特性を得られるよう設計変更を行う。

30

【 0 0 6 1 】

また、図12に示すUIを参照するユーザは、表示601から制御系が不安定であることを知る。そして、表示602を参照して、3Hzにおける一巡伝達特性の変動範囲が点(-1+j0)を含むために制御系が不安定と判定されたことを理解する。従って、ユーザは、3Hzにおける制御器のゲインを上げるなどして、制御系を安定にする設計変更を行う。

40

【 0 0 6 2 】

安定性の判定結果を表示するとともに、周波数に対する一巡伝達特性の変動範囲をグラフ表示することで、ユーザは、制御系が不安定の原因を容易に把握することができる。制御系が安定の場合は、加えて、周波数に対する外乱感度特性の変動領域をグラフ表示することで、ユーザは制御系の外乱に対する安定性を容易に把握することができる。これら情報から、ユーザは、制御器の設計変更の必要性を正しく判断することができる。

【 0 0 6 3 】

また、周波数ごとの一巡伝達特性の表示により、ユーザは、制御精度が不足する周波数帯域や不安定な周波数帯域を把握することができる。さらに、周波数ごとの外乱感度特性

50

の表示により、ユーザは、制御系の外乱感度特性を漏れなく評価することができる。例えば、所望の制御精度が得られるか、所望の制御精度が得られない周波数帯域は何処か、などを判断することができる。従って、ユーザは、制御器の設計変更を行う際に注目すべき周波数帯域を把握して、速度変動に対する抑制力を強くするなどして、所望の制御精度が得られる制御系を構築することができる。

【0064】

このように、実施例の評価装置の制御系の評価処理によれば、ロバスト制御系の安定性を漏れなく評価することができる。その結果、ユーザは、制御器の設計変更の必要性を精度よく、かつ、簡単に判断することができ、使用環境において安定性を確保しつつ、所望する制御精度が得られる制御系を構築することができる。

10

【0065】

以上では、画像形成装置の感光体の駆動制御における制御系の評価装置について説明したが、本実施例は、画像形成装置の他の駆動制御系、プラントの温度制御系などにも適用することができる。また、経年劣化により制御対象の伝達特性が時系列変動する場合は、当該変動を周波数特性のゲインと位相差の変動に変換することで、当該制御系にも本実施例を適用することができる。

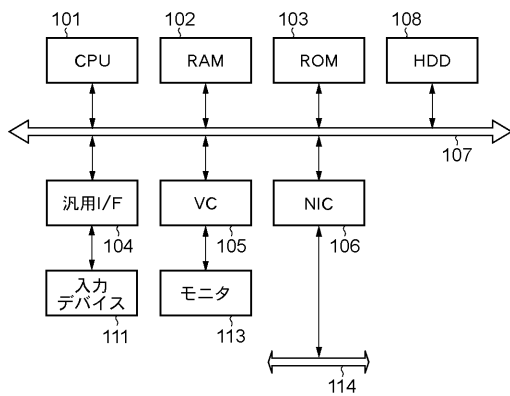
【0066】

[その他の実施例]

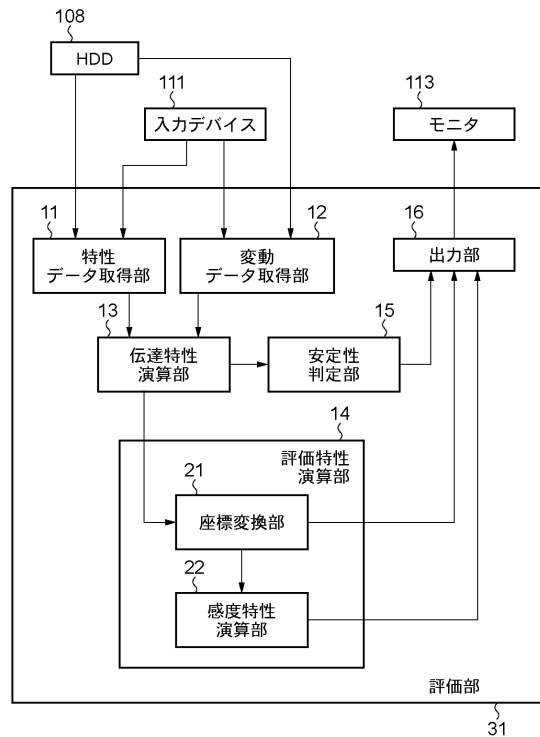
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(又はCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

20

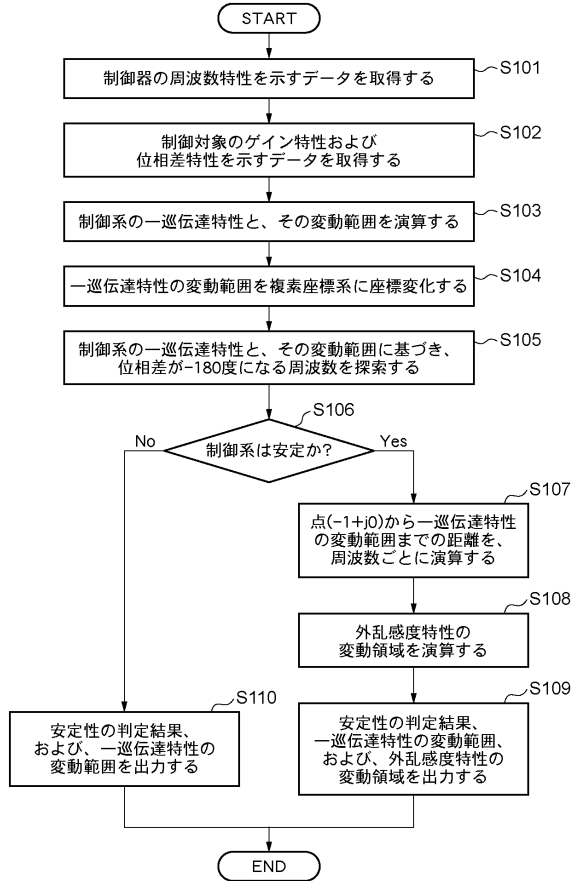
【図1】



【図2】



【図3】



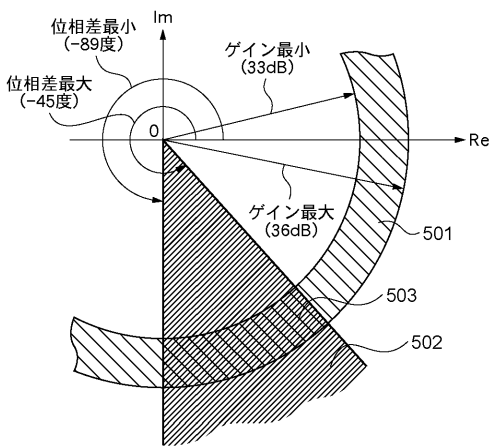
【図4】

周波数[Hz]	ゲイン[dB]	位相差[deg]
1	-3	-150
2	-13	-127
3	-18	-111
5	-23	-89
7	-26	-76
10	-28	-62
20	-30	-41
30	-31	-34
50	-31	-33
70	-31	-36
100	-31	-45

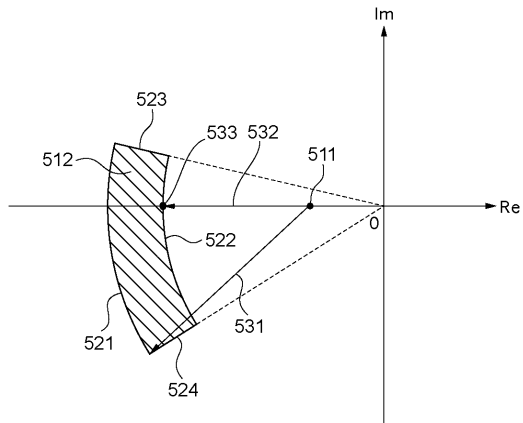
【図5】

周波数 [Hz]	ゲイン[dB]		位相差[deg]	
	最大	最小	最大	最小
1	48	25	0	-64
2	43	25	0	-77
3	40	27	0	-82
5	35	31	-10	-86
7	36	33	-45	-89
10	31	30	-80	-91
20	24	24	-98	-98
30	21	21	-104	-104
50	20	20	-128	-128
70	18	18	-186	-186
100	7	7	-237	-237

【図6】



【図8】



【図7】

周波数 [Hz]	ゲイン[dB]		位相差[deg]		探索結果
	最大	最小	最大	最小	
1	45	22	-150	-214	1
2	30	12	-127	-204	1
3	22	9	-111	-193	1
5	12	8	-99	-175	0
7	10	7	-121	-165	0
10	3	2	-142	-153	0
20	-6	-6	-139	-139	0
30	-10	-10	-138	-138	0
50	-11	-11	-161	-161	1
70	-13	-13	-222	-222	0
100	-24	-24	-282	-282	0

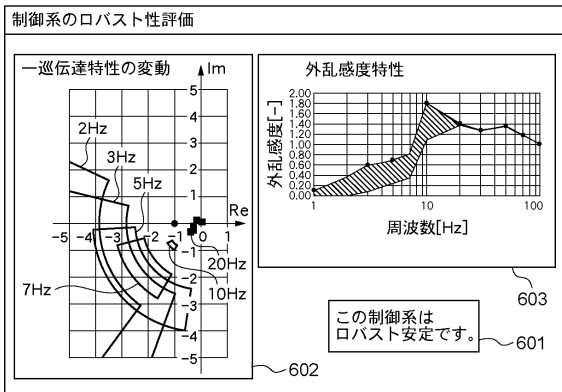
【図9】

周波数[Hz]	最長距離	最短距離
1	180.9	11.3
2	30.3	2.8
3	11.6	1.8
5	4.1	1.5
7	2.9	1.3
10	0.9	0.6
20	0.7	0.7
30	0.8	0.8
50	0.7	0.7
70	0.8	0.8
100	1.0	1.0

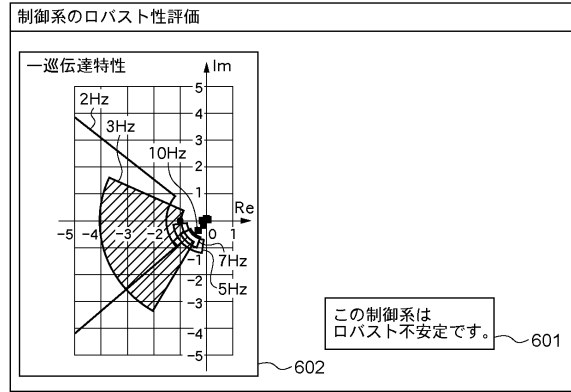
【図10】

周波数[Hz]	外乱感度特性	
	最良値	最悪値
1	0.01	0.09
2	0.03	0.35
3	0.09	0.57
5	0.25	0.68
7	0.34	0.79
10	1.10	1.78
20	1.42	1.42
30	1.28	1.28
50	1.36	1.36
70	1.18	1.18
100	0.99	0.99

【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 関 建
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 稲垣 浩司

(56)参考文献 特許第3219245(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 11/36