

明 細 書

発明の名称：

演算装置、圧力測定装置、演算方法、及び、演算プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、演算装置、演算方法、及び、演算プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1に示すように、半導体プロセスチャンバに圧力センサを設けて内圧をモニタするなど、種々のセンサにより検出される値をモニタする場合、センサから出力される生データにはノイズが含まれていることから、生データに移動平均をかけるなどの平滑化処理をしてから表示することがある。

[0003] かかる平滑化処理に用いられる演算式は、生データである入力値が安定している際には、表示される出力値も安定していることが求められるところ、この観点においては、例えば移動平均回数が多い演算式など、出力値の安定性を担保できるものが望ましい。

[0004] 一方、上述した移動平均回数が多い演算式を用いると、例えばプロセス中に設定が変わるなどして、入力値が変動する際に、表示される出力値が入力値に速やかに追従せずに、求められる追従性を担保することができないといった問題が生じる。

[0005] このように、平滑化処理に用いられる演算式にとって、出力値の安定性と追従性とはトレードオフの関係にある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2023-54358号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] このような中で、本願発明者は、安定性と追従性との双方の向上を図るべく、入力値の変動量をモニタしておき、変動量が閾値よりを下回る場合は、安定性の高い演算式を用いて平滑化处理し、変動量が閾値を超えた場合は、追従性の高い演算式に切り替えることを検討した。

[0008] しかしながら、例えば半導体プロセスチャンバの内圧など、入力値の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合、その変動を捉えられるような閾値の設定が難しく、上述した演算式の切り替えを適切に行うことができない。

[0009] そこで本発明は、上記問題点を解決すべくなされたものであって、入力値の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合であっても、入力値を平滑化处理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図ることをその主たる課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0010] すなわち、本発明に係る演算装置は、センサからの入力値を受け付ける受付部と、予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納部と、前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出部と、前記受付部が受け付けた入力値を平滑化处理する平滑化处理部と、前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定部と、前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化处理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更部とを有することを特徴とするものである。

[0011] このように構成された演算装置によれば、受付部が受け付けた入力値の統計的距離を算出して、入力値の変動に対する特徴量を大きくしているので、入力値の緩やかな変動や僅かな変動を捉えることができる。

そのうえで、統計的距離が所定条件を満たしていない場合に、平滑化处理に用いられる演算式を、統計的距離が所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更するので、入力値

の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合であっても、その変動を捉えながら、入力値を平滑化处理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図れる。

[0012] ところで、センサのノイズが大きく、統計的距離算出部により算出された統計的距離が算出するごとに大きく変動すると、入力値が変動して第2演算式に切り替えるべきときに、統計的距離が例えば急激に小さな値となって所定条件を満たしてしまう恐れがあり、そうすると演算式を適切に切り替えることができなくなる。

そこで、前記統計的距離算出部により算出された前記統計的距離を平滑化处理する第2平滑化处理部をさらに有し、前記判定部が、前記第2平滑化处理部により平滑化された前記統計的距離が前記所定条件を満たしているか否かを判定することが好ましい。

このように平滑化处理された統計的距離であれば、入力値の変動時に急激に小さな値となることがなく、演算式を適切に変更することが可能となる。

[0013] ここで、センサにより検出される値をモニタする際と、データ群を構成する入力値を取得する際とで、例えばセンサを設けてあるチャンバの設定圧力などが異なる場合、受付部が受け付ける入力値の殆どがデータ群から逸脱してしまい、統計的距離が過大に算出され続けてしまうことが懸念される。

そこで、前記統計的距離算出部が、前記受付部が受け付けた入力値に所定の補正演算した補正後の入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出することが好ましい。

これならば、補正値を適切に設定することで、統計的距離が過大に算出されることを防ぐことができる。

[0014] 前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記式変更部が、前記第1演算式に含まれる係数を補正することで、前記第1演算式から前記第2演算式に変更することが好ましい。

このような構成であれば、第1演算式及び第2演算式として、互いに関連のない別々の演算式を用いる場合よりも演算処理を簡素にすることができる。

。

- [0015] 前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記式変更部が、前記第1演算式に含まれる前記係数を、前記統計的距離に応じた別の値に補正することで、前記第1演算式から前記第2演算式に変更することが好ましい。

このような構成であれば、統計的距離が大きいほど係数を大きくするなどして、追従性のさらなる向上を図れる。

- [0016] 前記平滑化処理部が、前記入力値をカルマンフィルタ処理するものであり、前記係数が、当該平滑化処理部に入力される前記入力値と、その入力よりも前に当該平滑化処理部から出力される出力値との差分に掛け合わされる重み付け係数であることが好ましい。

このような構成であれば、重み付け係数を補正することで、カルマンフィルタ処理に用いられる例えばカルマンゲイン等を変えることなく、追従性の向上を図れる。

- [0017] 前記統計的距離算出部の具体的な態様としては、前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対するマハラノビス距離を前記統計的距離として算出する態様を挙げることができる。

- [0018] ところで、静電容量式の圧力センサは、圧力の変化に応じて変形するダイアフラムの変位量を静電容量の変化として計測して圧力に換算するものであり、ダイアフラムの振動によるノイズの影響を受けやすいところ、上述した平滑化処理が一層難しい。

そこで、本発明に係る圧力測定装置は、上述した演算装置と、前記入力値として圧力を入力する圧力センサとを備えることを特徴とするものである。

このように構成された圧力測定装置によれば、圧力センサからの入力値を平滑化処理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図れるので、本発明に係る圧力測定装置が、例えば半導体プロセスチャンバの内圧をモニタするために資するものとなる。

- [0019] 本発明に係る演算方法は、センサからの入力値を受け付ける受付ステップ

と、予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納ステップと、前記受付ステップで受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出ステップと、前記受付ステップで受け付けた入力値を平滑化処理する平滑化処理ステップと、前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定ステップと、前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化処理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更ステップとを有することを特徴とする方法である。

[0020] 本発明に係る演算プログラムは、センサからの入力値を受け付ける受付部と、予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納部と、前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出部と、前記受付部が受け付けた入力値を平滑化処理する平滑化処理部と、前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定部と、前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化処理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更部としての機能をコンピュータに発揮させることを特徴とするものである。

[0021] このような演算方法及び演算プログラムによれば、上述した演算装置と同様の作用効果を奏し得る。

発明の効果

[0022] このように構成した本発明によれば、入力値の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合であっても、入力値を平滑化処理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図れる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態における演算装置の使用例を示す模式図。

[図2]同実施形態の演算装置の機能を示す機能ブロック図。

[図3]同実施形態の演算装置の動作を示すフローチャート図。

[図4]同実施形態の統計的距離算出部に用いられる算出式を示す数式。

[図5]同実施形態の第2平滑化处理部の機能を説明する模式図。

[図6]同実施形態の平滑化处理部に用いられる演算式を示す数式。

[図7]同実施形態の演算装置による追従性の向上を示すグラフ。

[図8]同実施形態の演算装置による安定性の向上を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に、本発明に係る演算装置の一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0025] 本実施形態の演算装置100は、例えば半導体製造プロセスに用いられるものであり、図1に示すように、半導体プロセスチャンバCHに設けられた例えば静電容量式の圧力センサSにより検出される圧力などの検出値をモニタするためのものである。なお、この演算装置100及び圧力センサSは、チャンバCH等の圧力を検知して出力する圧力測定装置を構築している。

[0026] ただし、演算装置100の用途は半導体製造プロセスに限られるものではないし、検出値は、静電容量式とは別のタイプの圧力センサSから出力される圧力であっても良いし、圧力に限らず、例えば温度センサ、湿度センサ、距離センサ、或いは、速度センサなど種々のセンサSから出力される種々の物理量として構わない。

[0027] この演算装置100は、センサSからの入力値（言い換えれば、センサSから出力される出力値であって、センサSから出力される生データ）を平滑化处理して表示出力するものであり、具体的には、CPU、メモリ、及び、入出力インターフェースなどを備えたコンピュータである。

[0028] より具体的に説明すると、本実施形態の演算装置100は、前記メモリに格納されている演算プログラムに従って、CPU及びその周辺機器が協働することにより、図2に示すように、センサSからの入力値を受け付ける受付部10と、受付部10が受け付けた入力値を平滑化处理する平滑化处理部20と、平滑化处理部20による平滑化处理後の入力値を出力値としてディス

プレイ等に表示する出力部30とを備えている。

[0029] そして、この演算装置100は、平滑化処理に用いられる演算式として、少なくとも2つの演算式（以下、第1演算式及び第2演算式という）を用いるように構成されている。

[0030] ここで、演算式の安定性及び追従性に注目すると、第1演算式は、第2演算式よりも安定性が高く、逆に第2演算式よりも追従性が低い式であり、言い換えれば、第2演算式は、第1演算式よりも追従性が高く、逆に第1演算式よりも安定性が低い式である。

[0031] 演算式の安定性は、入力値が安定している際の出力値の安定さを示す指標であり、演算式の追従性は、入力値が変動している際の出力値の応答速度を示す指標である。なお、入力値が安定している際とは、例えば種々の設定に変更がなく、入力値の変動量又は変動率が所定値を下回っている場合であり、逆に、入力値が変動している際とは、例えば種々の設定の少なくとも1つに変更があるなどして、入力値の変動量又は変動率が所定値を上回っている場合である。

[0032] 本実施形態の演算装置100は、前記メモリに格納されている演算プログラムに従って、CPU及びその周辺機器が協働することにより、図2に示すように、データ群格納部40、統計的距離算出部50、第2平滑化処理部60、判定部70、及び、式変更部80としての機能をさらに備えている。

[0033] 以下では、これらの機能の説明を兼ねて、演算装置100の動作について図3のフローチャートを参照しながら説明する。

[0034] データ群格納部40は、前記メモリの所定領域に設定されており、センサSから出力される多数の入力値を予め取得して、それらの多数の入力値からなるデータ群を格納するものである（S1）。

[0035] このデータ群は、安定している際の入力値から構成されており、例えば演算装置100の工場出荷時や使用現場におけるキャリブレーション時などに取得される。ここでのデータ群は、チャンバCH内の圧力を例えばOPaなどの所定値に維持しようとしている際に取得された多数の入力値（言い換え

れば、センサSからの多数の出力値)から構成されている。

[0036] 本実施形態では、センサSからの入力値を受付部10が逐次受け付けている(S2)。

[0037] そして、統計的距離算出部50は、受付部10が受け付けた入力値のデータ群に対する統計的距離を算出するものである。なお、統計的距離とは、上述したデータ群の平均値や分散(ばらつき度合い)をもとに入力値がデータ群からどの程度逸脱しているかを表すものである。

[0038] 本実施形態の統計的距離算出部50は、受付部10が受け付けた入力値と、上述したデータ群を構成する入力値の分布との間の尺度を表すマハラノビス距離を統計的距離として逐次算出する(S3)。

[0039] この統計的距離算出部50は、所定の統計的距離算出式を用いて統計的距離を算出するように構成されている。かかる統計的距離算出式としては、上述したデータ群の平均値及び分散をパラメータに含む式などを挙げることができる。なお、この統計的距離算出式は、前記メモリの所定領域に設定されている算出式格納部(不図示)に予め格納されている。ただし、統計的距離算出部50の具体的な算出方法は、上述したものに限らず、例えば入力値の一定間隔の微分値及び/又は積分値などを用いて算出する方法であっても構わない。

[0040] ところで、上述したデータ群がここではチャンバCH内の圧力を0Paに維持しようとしている際に取得されているところ、チャンバCH内の圧力を0Paとは異なる圧力に維持しようとする、その際の入力値は殆どがデータ群から逸脱しており、マハラノビス距離は過大に算出され続けてしまう。

[0041] そこで、統計的距離算出部50としては、入力値そのもののデータ群に対する統計的距離を算出するものであっても良いが、上述したマハラノビス距離が過大に算出されてしまうことを防ぐべく、この実施形態では、入力値を補正して、その補正後の入力値のデータ群に対する統計的距離を算出している。

[0042] つまり、統計的距離算出部50が算出する統計的距離は、入力値そのもの

のデータ群に対する統計的距離のみならず、所定の補正値を四則演算した補正後の入力値のデータ群に対する統計的距離をも含む概念である。

[0043] 具体的には、図4の式に示すように、統計的距離算出部50に対する入力値 y から、その入力よりも前に統計的距離算出部50が出力した出力値 x を差し引く補正をして、その補正後の入力値 Δ のデータ群に対するマハラノビス距離を算出している。

[0044] より具体的に説明すると、本実施形態の統計的距離算出部50は、時刻 k の入力値 y から時刻 $k-1$ における平滑化処理部20からの出力値 x を差し引いた値を算出し、この補正後の入力値 Δ のデータ群に対するマハラノビス距離を算出している。

[0045] 次に、この実施形態では、第2平滑化処理部60が、統計的距離算出部50により算出された統計的距離を平滑化処理する(S4)。

[0046] この第2平滑化処理部60は、統計的距離算出部50から出力される統計的距離を平滑化処理して後述する判定部70に逐次出力するものであり、ここでは図5に示すように、統計的距離をカルマンフィルタ処理して、その処理後に対数を取った統計的距離を判定部70に出力する。

[0047] ただし、平滑化処理の具体的な態様は、必ずしもカルマンフィルタ処理に限らず、例えば移動平均などの種々の態様として構わないし、処理後の統計的距離の対数を必ずしも取る必要はなく、平滑化処理した統計的距離をそのまま判定部70に出力しても構わない。

[0048] 続いて、判定部70は、第2平滑化処理部60により出力された統計的距離が、所定条件を満たしているか否かを判定する(S5)。

[0049] 本実施形態の判定部70は、第2平滑化処理部60により出力された統計的距離が、所定の閾値を超えているか否かを判定するものであり、統計的距離が閾値を下回っている場合には、所定条件を満たしていると判定し、統計的距離が閾値を超えた場合には、所定条件を満たしていないと判定する。なお、この閾値は、前記メモリの所定領域に設定されている閾値格納部(不図示)に予め格納されている。

- [0050] 具体的に判定部 70 は、第 2 平滑化処理部 60 から出力された統計的距離と閾値とを逐次比較して、統計的距離が閾値を下回っていることを示す信号、又は、統計的距離が閾値を超えていることを示す信号を判定結果として式変更部 80 に逐次出力する。
- [0051] 式変更部 80 は、判定部 70 の判定結果に基づいて、上述した平滑化処理部 20 が用いる演算式を第 1 演算式又は第 2 演算式に変更する。
- [0052] 具体的に式変更部 80 は、判定部 70 から判定結果を示す信号を受け付けるとともに、第 2 平滑化処理部 60 により出力された統計的距離が閾値を下回っている場合（すなわち、統計的距離が所定条件を満たしている場合）、平滑化処理部 20 により用いられる演算式として第 1 演算式を選択する（S6）。
- [0053] 一方、式変更部 80 は、判定部 70 から判定結果を示す信号を受け付けるとともに、第 2 平滑化処理部 60 により出力された統計的距離が閾値を超えた場合（すなわち、統計的距離が所定条件を満たしていない場合）に、平滑化処理部 20 に用いられる演算式を、第 1 演算式からより追従性の高い第 2 演算式に変更する（S7）。
- [0054] より詳細に説明すると、式変更部 80 は、統計的距離が閾値を超えた場合に、第 1 演算式に含まれる係数を補正することで、平滑化処理部 20 に用いられる演算式を第 1 演算式から第 2 演算式に変更する。
- [0055] ここで、本実施形態の平滑化処理部 20 は、受付部 10 が受け付けた入力値をカルマンフィルタ処理するように構成されている。
- [0056] このカルマンフィルタ処理は、時刻 k における入力値の推定値を出力する平滑化処理であり、言い換えれば、上述したセンサ S から出力される時刻 k における出力値の推定値を出力する平滑化処理である。
- [0057] 具体的に平滑化処理部 20 は、時刻 k における入力値の推定値を、時刻 $k-1$ までのデータを用いて推定した時刻 k における事前推定値と、時刻 k における入力値とを用いて出力するものである。
- [0058] より具体的に説明すると、この平滑化処理部 20 は、時刻 k における入力

値の推定値を算出する過程（すなわち、時刻 k における入力値をカルマン処理する過程）で、図 6 に示す演算式を用いて上述した時刻 k における事前推定値を算出し、この事前推定値やカルマンゲイン等を用いて時刻 k における入力値の推定値を出力する。

[0059] この事前推定値 x_m は、図 6 の演算式からも分かるように、平滑化処理部 20 から出力された前回の出力値 x （すなわち、平滑化処理部 20 のカルマンフィルタ処理により得られた前回の出力値 x ）に、平滑化処理部 20 に入力される今回の入力値と平滑化処理部 20 から出力された前回の出力値との差分 u を足し合わせた値 x_m である。

[0060] なお、差分 u は、今回の入力値と前回の出力値との差分に限らず、例えば、今回の入力値と前々回或いはそれよりも前の出力との差分であっても良く、平滑化処理部 20 に入力される入力値と、その入力よりも前に平滑化処理部 20 から出力される出力値との差分であれば良い。

[0061] 本実施形態の演算式には、前回の出力値 x に重み付けする重み付け係数 A と、今回の入力値と前回の出力値との差分 u に重み付けする重み付け係数 B とが含まれており、前回の出力値 x に重み付け係数 A を乗じた値と、今回の入力値と前回の出力値との差分 u に重み付け係数 B を乗じた値との和が出力値として出力される。なお、重み付け係数 A 、 B は、0 以上 1 以下の値である。

[0062] かかる構成において、式変更部 80 は、平滑化処理部 20 に入力される入力値と、その入力よりも前に平滑化処理部 20 から出力される出力値との差分 u に掛け合わされる重み付け係数 B を補正することで、平滑化処理部 20 に用いられる演算式を第 1 演算式又は第 2 演算式の何れかに変更する。

[0063] 具体的に式変更部 80 は、統計的距離が閾値を超えた場合（すなわち、統計的距離が所定条件を満たしていない場合）に、第 1 演算式に含まれる重み付け係数 B を、統計的距離に応じた別の値に補正することで、第 1 演算式から第 2 演算式に変更するように構成されている。

[0064] つまり、統計的距離が閾値を下回っている場合は、重み付け係数 B が予め

決められた固定値として含まれる演算式が第1演算式として用いられ、統計的距離が閾値を超えた場合には、統計的距離が大きいほど、重み付け係数Bを前記固定値よりも大きな値に補正した演算式が第2演算式として用いられる。なお、上述した通り、重み付け係数Bは0以上1以下の値である。

[0065] その後、平滑化処理部20が、式変更部80により選択された第1演算式、又は、式変更部80により切り替えられた第2演算式を用いて入力値を平滑化処理し（S8）、その平滑化処理後の値を出力部30が出力値としてディスプレイ等に表示出力する（S9）。

[0066] ここで、本実施形態の演算装置100による作用効果を図7及び図8のグラフに示す。本実施形態の演算装置100によれば、例えば32回の移動平均による平滑化処理と比べて、図7から分かるように、入力値の変動時における出力値の追従性が向上しており、且つ、図8から分かるように、入力値の安定時における出力値の安定性も向上している。

[0067] このように構成された演算装置100によれば、受付部10が受け付けた入力値の統計的距離を算出して、入力値の変動に対する特徴量を大きくしているので、入力値の緩やかな変動や僅かな変動を捉えることができる。

そのうえで、統計的距離が閾値を超えた場合（すなわち、統計的距離が所定条件を満たしていない場合）に、平滑化処理に用いられる演算式を、統計的距離が閾値を下回っている場合（すなわち、統計的距離が所定条件を満たしている場合）に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更するので、入力値の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合であっても、その変動を捉えながら、入力値を平滑化処理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図れる。

[0068] また、統計的距離が閾値を超えた場合に、式変更部80が、演算式に含まれる係数を補正することで、第1演算式から第2演算式に変更するので、これらの演算式として、互いに関連のないものを用いる場合よりも演算処理を簡素にすることができる。

[0069] さらに、統計的距離が閾値を超えた場合に、式変更部80が、上述した演

算式に含まれる重み付け係数Bを統計的距離が大きいほど大きくするので、追従性のさらなる向上を図れる。

[0070] 加えて、式変更部80が、平滑化処理部20に入力される入力値と、その入力よりも前に当該平滑化処理部20から出力される出力値との差分に掛け合わされる重み付け係数を補正するように構成されているので、カルマンフィルタ処理に用いられる演算式（例えば、カルマンゲイン等）を変えることなく、追従性を向上させることができる。

[0071] ところで、図5の左のグラフに示すように、統計的距離算出部50により算出された統計的距離は変動するところ、入力値が変動して第2演算式に変更するべきときに、統計的距離が急激に小さな値となって閾値を下回ってしまう恐れがあり（図5の左のグラフ中の点線で囲われた箇所）、そうすると演算式を適切に変更することができなくなる。

これに対して、本実施形態の演算装置100は、統計的距離算出部50により算出された統計的距離を平滑化処理する第2平滑化処理部60を有しているので、平滑化処理された統計的距離であれば、入力値の変動時に急激に小さな値となることがなく、演算式を適切に変更することが可能となる。

[0072] そのうえ、本実施形態の演算装置100が圧力センサSから出力される圧力を平滑化処理して出力するので、半導体プロセスチャンバCHの内圧をモニタするために資する。

[0073] なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

[0074] 例えば、式変更部80は、前記実施形態では演算式に含まれる係数を補正することで第1演算式から第2演算式に変更するものであったが、例えばカルマンゲインを変更することで第1演算式から第2演算式に変更するものであっても良いし、第1演算式から全く異なる（共通項のない）別の第2演算式に変更するものであっても良い。

[0075] また、演算式に含まれる係数の補正は前記実施形態の態様に限らず、式変更部80としては、統計的距離が閾値を超えた場合に、第1演算式に含まれる係数を、別の固定値に補正するように構成されていても良い。

この場合の具体的な態様は、第1演算式に含まれる重み付け係数Bの固定値よりも、第2演算式に含まれる重み付け係数Bの固定値のほうが大きくする態様を挙げることができる。

このような構成であれば、係数を統計的距離に応じて補正する前記実施形態の態様よりも演算処理の負荷を低減させることができる。

[0076] 平滑化処理部20としては、前記実施形態では入力値をカルマン処理するものであったが、移動平均を取ることで平滑化するものであっても良い。

[0077] 演算装置100としては、第2平滑化処理部60としての機能を備えておらず、統計的距離算出部50が算出した統計的距離をそのまま判定部70に出力しても良い。

[0078] また、前記実施形態では、統計的距離が所定条件を満たしているか否かの判定として、統計的距離が閾値を下回っているか否かを判定する態様を説明したが、例えば、統計的距離の変動量又は変動率が閾値を下回っているか否かを判定する態様などであっても構わない。

[0079] また、統計的距離は、前記実施形態ではマハラノビス距離を例に挙げて説明したが、例えば、サポートベクターマシン (support-vector machine, SVM) などの機械学習により得られる指標や、AIC (赤池情報量規範) 又はBIC (ベイズ情報規範) などの指標であっても良い。

[0080] その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明によれば、入力値の変動が緩やかであったり、入力値の変動量がわずかであったりする場合であっても、入力値を平滑化処理した出力値の安定性及び追従性の双方の向上を図ることができる。

符号の説明

[0082] 100・・・演算装置
CH・・・チャンバ
S・・・センサ

- 1 0 . . . 受付部
- 2 0 . . . 平滑化处理部
- 3 0 . . . 出力部
- 4 0 . . . データ群格納部
- 5 0 . . . 統計的距離算出部
- 6 0 . . . 第2平滑化处理部
- 7 0 . . . 判定部
- 8 0 . . . 式変更部

請求の範囲

- [請求項1] センサからの入力値を受け付ける受付部と、
予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納部と、
前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出部と、
前記受付部が受け付けた入力値を平滑化処理する平滑化処理部と、
前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定部と、
前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化処理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更部とを有する、演算装置。
- [請求項2] 前記統計的距離算出部により算出された前記統計的距離を平滑化処理する第2平滑化処理部をさらに有し、
前記判定部が、前記第2平滑化処理部により平滑化された前記統計的距離が前記所定条件を満たしているか否かを判定する、請求項1記載の演算装置。
- [請求項3] 前記統計的距離算出部が、前記受付部が受け付けた入力値に所定の補正演算した補正後の入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する、請求項1又は2記載の演算装置。
- [請求項4] 前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記式変更部が、前記第1演算式に含まれる係数を補正することで、前記第1演算式から前記第2演算式に変更する、請求項1乃至3のうち何れか一項に記載の演算装置。
- [請求項5] 前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記式変更部が、前記第1演算式に含まれる前記係数を、前記統計的距離に応じた別の値に補正することで、前記第1演算式から前記第2演算式に

変更する、請求項4記載の演算装置。

[請求項6] 前記平滑化処理部が、前記入力値をカルマンフィルタ処理するものであり、

前記係数が、当該平滑化処理部に入力される前記入力値と、その入力よりも前に当該平滑化処理部から出力される出力値との差分に掛け合わされる重み付け係数である、請求項4又は5記載の演算装置。

[請求項7] 前記統計的距離算出部が、前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対するマハラノビス距離を前記統計的距離として算出する、請求項1乃至6のうち何れか一項に記載の演算装置。

[請求項8] 請求項1乃至7のうち何れか一項に記載の演算装置と、
前記入力値として圧力を出力する圧力センサとを備える、圧力測定装置。

[請求項9] センサからの入力値を受け付ける受付ステップと、
予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納ステップと、
前記受付ステップで受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出ステップと、
前記受付ステップで受け付けた入力値を平滑化処理する平滑化処理ステップと、
前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定ステップと、
前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化処理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更ステップとを有する、演算方法。

[請求項10] センサからの入力値を受け付ける受付部と、
予め取得した複数の入力値からなるデータ群を格納するデータ群格納部と、

前記受付部が受け付けた入力値の前記データ群に対する統計的距離を算出する統計的距離算出部と、

前記受付部が受け付けた入力値を平滑化処理する平滑化処理部と、
前記統計的距離が所定条件を満たしているか否かを判定する判定部と、

前記統計的距離が前記所定条件を満たしていない場合に、前記平滑化処理に用いられる演算式を、前記統計的距離が前記所定条件を満たしている場合に用いられる第1演算式から、より追従性の高い第2演算式に変更する式変更部としての機能をコンピュータに発揮させる、演算プログラム。