

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4427258号  
(P4427258)

(45) 発行日 平成22年3月3日(2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日(2009.12.18)

(51) Int.Cl. F 1  
**GO 1 B 21/30 (2006.01)** GO 1 B 21/30 I O 2  
**GO 6 F 17/10 (2006.01)** GO 6 F 17/10 D

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-39930 (P2003-39930)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成15年2月18日(2003.2.18)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2004-101503 (P2004-101503A)		神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(43) 公開日	平成16年4月2日(2004.4.2)	(74) 代理人	110000637
審査請求日	平成17年12月7日(2005.12.7)		特許業務法人樹之下知的財産事務所
(31) 優先権主張番号	特願2002-209192 (P2002-209192)	(74) 代理人	100079083
(32) 優先日	平成14年7月18日(2002.7.18)		弁理士 木下 實三
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100094075
			弁理士 中山 寛二
		(74) 代理人	100106390
			弁理士 石崎 剛
		(72) 発明者	門脇 聰一
			神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社エムエステイアイ内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号処理方法、信号処理プログラム、この信号処理プログラムを記録した記録媒体および信号処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物の表面性状を測定して得た測定データに対してフィルタ処理を施す信号処理方法において、

前記測定データを測定経路に沿って入力する測定データ入力ステップと、

前記測定データが周期的であるか否かを判定し、この判定に従って重み付きスプラインフィルタ式を選定する選定ステップと、

前記測定データに対する重みを単位行列で与えてスプラインフィルタ出力の初期値を得る初期化ステップと、

前記測定データに対する重みを調整して決定する重み調整ステップと、

前記重み調整ステップで決定された重みを用いてスプラインフィルタ出力を得るスプラインフィルタ出力算出ステップと、

前記重みの収束を判定する収束判定ステップと、

前記スプラインフィルタ出力に基づいて信号処理結果を出力する出力ステップとを備え、

前記重み調整ステップにおいて決定される重みは、

前記重み付きスプラインフィルタ式により算出されるスプライン曲線からの測定データの離隔量と、前記離隔量に基づいて定められる変数とによって、前記離隔量が大きいほど、小さく調整され、

前記収束判定ステップにおいて前記重みが非収束と判定された場合には、前記重みを更

新して、前記重み調整ステップと前記スプラインフィルタ出力算出ステップとを繰り返し、前記測定データに対してロバストスプラインフィルタ処理を施すことを特徴とする信号処理方法。

【請求項 2】

前記測定データは、直交 2 次元以上の成分を含み、

前記測定データの離隔量は、前記各成分毎の自乗和に基づいて決定されることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理方法。

【請求項 3】

前記収束判定ステップは、

前記重み調整ステップにおいて決定された前記重みの変化が所定値以下となった場合に、前記重みが収束したと判定することを特徴とする請求項 1 から 2 のいずれかに記載の信号処理方法。

10

【請求項 4】

前記出力ステップは、

前記測定データに対する重みが所定値を超える場合にその重みを 1 に更新する重み更新ステップと、

前記更新された重みに基づいてスプラインフィルタ出力を得るスプラインフィルタ再出力算出ステップと、

前記スプラインフィルタ再出力算出ステップにおける前記スプラインフィルタ出力を信号処理結果として出力する信号処理結果出力ステップと、

を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の信号処理方法。

20

【請求項 5】

前記測定データは、直交 2 次元以上の成分を含み、

前記スプラインフィルタ出力を得るときに、前記各成分毎に重み付きスプラインフィルタ計算を行った結果に基づいて前記スプラインフィルタ出力を得ることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の信号処理方法。

【請求項 6】

前記測定データ入力ステップにおいて、

前記測定データは前記測定経路に沿って所定間隔で入力されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の信号処理方法。

30

【請求項 7】

前記測定データ入力ステップは、

前記測定データに対する局所的に離隔した特異点データを削除するステップを含むことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の信号処理方法。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載の信号処理方法をコンピュータに実行させることを特徴とした信号処理プログラム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の信号処理プログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の信号処理プログラムをコンピュータに実行させることを特徴とする信号処理装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号処理方法に関し、特に被測定物の寸法、形状、うねり、粗さなどの表面性状を測定して得たデータにフィルタ処理を施す信号処理方法に関する。

【0002】

【背景技術】

被測定物の三次元形状を測定する三次元測定機、二次元の輪郭形状を測定する輪郭形状測

50

定機や画像測定機、真円度を測定する真円度測定機、更に被測定物表面のうねりや粗さ等を測定する表面粗さ測定機などの、被測定物表面の輪郭形状、粗さ、うねりなどを測定する表面性状測定機が知られている。これらは接触式あるいは非接触式のセンサーと被測定物とを相対的に移動させて被測定物表面の測定データを収集する。

【0003】

このようにして収集された測定データには、通常、ノイズなどの外乱成分が含まれている。

外乱成分としては、高周波成分を含む電気・磁気的な誘導ノイズなどが多いが、例えば、被測定物表面の輪郭形状を求めたい場合には、表面粗さやうねりなどの成分は外乱成分となり得る。

このような外乱成分を必要に応じて除去するために、測定データに対してフィルタ処理を施して、例えば高周波成分を除去することが行われる。

このためのフィルタ処理の最も簡単な構成は、測定データがアナログ信号である場合には、抵抗とコンデンサからなる時定数回路があるが、これらの時定数回路は、通常、位相歪を発生させる。そのために、フィルタ処理された測定データは、被測定物の表面形状が急激に変化する個所などになまりを生じるなどして、表面形状の情報を正確に反映できないという欠点があった。

【0004】

これに対して、測定データをアナログ信号からデジタル信号に変換し、このデジタル信号に対して、コンピュータのフィルタ処理プログラムによってフィルタ処理を行う方法がある。

このフィルタ処理プログラムを用いることによって、時定数回路と同等の性能を有するフィルタ処理を行うことができるほか、ガウシアンフィルタなどの、位相歪を発生させないフィルタ処理も容易に行うことができる。

【0005】

しかし、これらのガウシアンフィルタや2CRフィルタなどでは、測定データ始点あるいは測定データ終点領域における変形が発生したり、測定データに含まれる周期の長いうねり成分に対する追従性が十分ではないという問題があった。

また、測定データ中に局所的に急激に変化する異常データが含まれていた場合、この異常データの影響を大きく受けて、フィルタ処理後のデータが局所的に変形してしまうという問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

これらの問題を回避するために、スプラインフィルタが用いられる。

このスプラインフィルタは、データ始点あるいはデータ終点領域における変形の発生を抑えることが出来るほか、測定データに含まれる周期の長いうねり成分に対する追従性も良いことが知られている。

【0007】

しかし、その反面、スプラインフィルタには、測定データのわずかな変動に対してフィルタ処理結果が大きく変化してしまう場合がある。この問題を解決するために、例えば特開平9-179992号公報で開示された発明は、オーバサンプリングとフィルタリング後にスプライン曲線を求め、そのスプライン曲線と補間データとの誤差の大きさを判断して複数のスプライン曲線を求め、それらの曲線をたし込んでいく構成となっている。しかし、この方法はオーバサンプリングによって、元々は測定データとしては存在しなかったデータを生成することから、被測定物の表面性状などの測定データに応用するには、信頼性の点で問題があった。

【0008】

また、特開平8-278343号公報で開示された発明は、信号波形の高周波成分のパワーが所定値以上の場合にこれを除去し、ついで、信号波形を複数の区分に分割して区分毎にスプライン平滑化を行う構成となっている。しかし、この方法も区分毎にスプライン平滑化を行

10

20

30

40

50

ったのちに、各データを結合することから、結合点における平滑性の点で予測が難しく、被測定物の表面性状などの測定データに応用するには、やはり信頼性の点で問題があった。

#### 【0009】

本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、スプラインフィルタの特徴を残しつつ、被測定物の表面性状などの測定データにも応用できる信頼性の高い信号処理方法を提供し、あわせて、信号処理プログラム、この信号処理プログラムを記録した記録媒体および信号処理装置を提供する。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、前記目的を達成するために、被測定物の表面性状を測定して得た測定データに対してフィルタ処理を施す信号処理方法において、前記測定データを測定経路に沿って入力する測定データ入力ステップと、前記測定データが周期的であるか否かを判定し、この判定に従って重み付きスプラインフィルタ式を選定する選定ステップと、前記測定データに対する重みを単位行列で与えてスプラインフィルタ出力の初期値を得る初期化ステップと、前記測定データに対する重みを調整して決定する重み調整ステップと、前記重み調整ステップで決定された重みを用いてスプラインフィルタ出力を得るスプラインフィルタ出力算出ステップと、前記重みの収束を判定する収束判定ステップと、前記スプラインフィルタ出力に基づいて信号処理結果を出力する出力ステップとを備え、前記重み調整ステップにおいて決定される重みは、前記重み付きスプラインフィルタ式により算出されるスプライン曲線からの測定データの離隔量と、前記離隔量に基づいて定められる変数とによって、前記離隔量が大きいほど、小さく調整され、前記収束判定ステップにおいて前記重みが非収束と判定された場合には、前記重みを更新して、前記重み調整ステップと前記スプラインフィルタ出力算出ステップとを繰り返し、前記測定データに対してロバストスプラインフィルタ処理を施すことを特徴とする。

#### 【0011】

この発明によれば、重み付きスプラインフィルタ式を選定し、選定されたスプラインフィルタ式に基づいてその重みを順次更新しながらスプラインフィルタ出力であるスプライン曲線を繰り返し算出し、その重みが収束した段階のスプライン曲線を信号処理結果であるフィルタ出力とするロバストスプラインフィルタ処理を測定データに対して容易に施すことができる。よって、測定データの始点あるいは測定データの終点領域における変形（end-effect）を防止でき、測定データに含まれる周期の長い成分に対する追従性あるいはノイズ成分に影響されずに測定データに含まれる形状を抽出できる。その結果、形状追従性も良好なフィルタ処理が可能となり、測定データの信頼性がより向上する。

#### 【0012】

ここで、測定データとは、一次元時系列データ（例えば直交するX軸とY軸について、X軸方向に所定間隔毎にY軸の変位を測定したデータ）、二次元データ（例えば直交するX軸とY軸で定義されるXY平面内の自由曲線データ）、三次元データ（例えば直交するX軸、Y軸、Z軸で定義されるXYZ空間内の自由空間曲線データ）あるいは、半径と角度で定義される極座標などの測定データをいう。

また、測定データを測定経路に沿って入力するとは、あらかじめ決められた走査方向に沿って測定データを入力する他、被測定物の表面を倣い測定して測定データを入力することも含めていう。

#### 【0014】

さらに、重み付きスプラインフィルタ式により算出されるスプライン曲線からの測定データの離隔量が大きいほどその重みが小さくなるので、測定データに含まれる異常データの影響を受けないロバストスプラインフィルタ処理が可能となる。つまり、スプライン曲線から離れた測定データの重みは小さく、スプライン曲線に近い測定データの重みを大きくして、繰り返し、スプライン曲線を求める。すると、スプライン曲線が徐々に測定データに含まれる本来の形状成分（例えば被測定物の形状真値など）に近づいて行く。そして

10

20

30

40

50

重みが収束したと判断された時点の最後のスプライン曲線は、本来の形状成分に対して十分に誤差の小さい形状成分として求められる。その結果、極めて良好なロバストスプラインフィルタ処理が行えることになる。

【0015】

また、本発明は、前記測定データは、直交2次元以上の成分を含み、前記測定データの離隔量は、前記各成分毎の自乗和に基づいて決定されることが好ましい。

【0016】

この発明によれば、測定データが直交座標における二次元データあるいは三次元データである場合に、スプライン曲線からの測定データの離隔量は、各軸毎の成分（例えば、X軸成分、Y軸成分、Z軸成分など）の自乗和に基づいて決定するので、離隔量の算出が容易に行える。従って、各測定データの重みを決定することが容易になる。

10

【0017】

また、本発明は、前記収束判定ステップは、前記重み調整ステップにおいて決定された前記重みの変化が所定値以下となった場合に、前記重みが収束したと判定することが好ましい。

【0018】

この発明によれば、繰り返しループ処理における重みの変化が所定値以下となった場合に、重みが収束したと判定できるので、不必要な繰り返しループによる処理時間の増大を防止でき、ロバストスプラインフィルタ計算処理時間を短縮できる。さらに、重みの変化が所定値以下となった時点のスプライン曲線は、測定データに含まれる本来の形状成分との誤差が十分小さくなったものと判断できるので、極めて良好なロバストスプラインフィルタ処理が行えることになる。

20

【0019】

また、本発明は、前記出力ステップは、前記測定データに対する重みが所定値を超える場合にその重みを1に更新する重み更新ステップと、前記更新された重みに基づいてスプラインフィルタ出力を得るスプラインフィルタ再出力算出ステップと、前記スプラインフィルタ再出力算出ステップにおける前記スプラインフィルタ出力を信号処理結果として出力する信号処理結果出力ステップと、を含むことが好ましい。

【0020】

この発明によれば、収束判定ステップにおいて重みが収束したと判定された時点の重みが所定値を超える場合にその重みを1に更新し、再度スプラインフィルタ出力を得て、その結果を信号処理結果として出力することができる。つまり、重み調整ステップとスプラインフィルタ出力算出ステップとを繰り返して重みが収束したと判定された時点において、その重みが所定値を超える点の測定データは有効データとみなしてその重みを1に更新した後、再度スプラインフィルタ出力を得る。すると、測定データに対するロバストスプラインフィルタ計算が、より確実に行える。そして、その結果を信号処理結果として出力するので、測定データに含まれる本来の形状成分に対して十分誤差の小さいスプライン曲線を求めることができる。その結果、形状追従性の良いロバストスプラインフィルタ処理が可能となる。

30

【0021】

また、本発明は、前記測定データは、直交2次元以上の成分を含み、前記スプラインフィルタ出力を得るときに、前記各成分毎に重み付きスプラインフィルタ計算を行った結果に基づいて前記スプラインフィルタ出力を得ることが好ましい。

40

【0022】

この発明によれば、測定データが二次元データや三次元データの場合であっても、各軸の成分毎（例えばX軸成分、Y軸成分など）に重み付きスプラインフィルタ計算を行った結果に基づいてスプラインフィルタ出力を得ることが出来るので、複雑な曲線であっても計算処理が単純化でき、測定データに対するロバストスプラインフィルタ計算処理時間の短縮化が可能になる。

【0023】

50

また、本発明は、前記測定データ入力ステップにおいて、前記測定データは前記測定経路に沿って所定間隔で入力されることが好ましい。

【0024】

この発明によれば、あらかじめ決められた走査方向に沿って測定データを入力する他、被測定物の表面をぬい測定して測定データを入力する場合においても、測定経路に沿って所定間隔で測定データが入力されるので、例えばX軸方向に所定間隔で測定データを入力する場合などに比べて形状変化点（例えば直線から円弧への変化点や段差の境界点など）をより正確に捉えることが出来る。つまり、形状判断の誤りなどを防止でき、信頼性の高い測定データ入力が可能になる。

【0025】

また、本発明は、前記測定データ入力ステップは、前記測定データに対する局所的に離隔した特異点データを削除するステップを含むことが好ましい。

【0026】

この発明によれば、例えば、工場内などの動力機器をノイズ源とする強力な誘導ノイズの発生によって、測定データに含まれた局所的に突出して離隔したデータ（例えば、両側のデータに対して1箇所だけが極端に値の異なるデータ）を明らかな特異点データとして前もって削除できるので、ロバストスプラインフィルタ処理の信頼性が更に向上する。

【0027】

本発明の信号処理プログラムは、上記の信号処理方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。また、本発明の記録媒体は、上記信号処理プログラムをコンピュータ読み出し可能に記録したことを特徴とする。そして、本発明の信号処理装置は、上記の信号処理プログラムをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0028】

このような構成によれば、CPU（中央処理装置）やメモリ（記憶装置）を有するコンピュータを組み込んでこのコンピュータに各工程を実行させるようにプログラムを構成すれば、例えば、重み調整や収束判定などの他、測定データの次元に従った離隔量の決定などを含めて各種のパラメータを容易に変更することができる。そして、このプログラムを記録した記録媒体をコンピュータに直接差し込んでプログラムをコンピュータにインストールしてもよく、記録媒体の情報を読み取る読取装置をコンピュータに外付けし、この読取り装置からコンピュータにプログラムをインストールしてもよい。なお、プログラムは、インターネット、LANケーブル、電話回線等の通信回線や無線によってコンピュータに供給されてインストールされてもよい。

【発明の実施の形態】

（第1実施形態）

まず、重み付きスプラインフィルタを説明する。

一例として、 $n$ をデータ数、 $y_k$  ( $k=0, 1, \dots, n-1$ )を測定データ、スプライン関数を $s$ 、としたとき、測定データとの残差の二乗和、

【数1】

$$\sum_{k=0}^{n-1} \{y_k - s(x_k)\}^2 \quad \dots (1)$$

を、スプラインのエネルギー、

【数2】

$$\int_a^b \left\{ \frac{d^2 s(x)}{dx^2} \right\}^2 dx \quad \dots (2)$$

を最小にするという条件下で、最小にすることで実現する。すなわち、スプラインフィルタは、

【数3】

10

20

30

40

$$I(s) = \sum_{k=0}^{n-1} \{y_k - s(x_k)\}^2 + \lambda \int_a^b \left\{ \frac{d^2 s(x)}{dx^2} \right\}^2 dx \quad \dots (3)$$

としたとき、 $I(s)$ を最小にするスプライン関数 $s$ を求めることによって実現される。ただし、 $\lambda$ はラグランジェの未定乗数である。

【0029】

いま、 $w_k$  ( $k=0, 1, \dots, n-1$ )を各測定点における残差に対する重みとすれば、重み付きのスプラインフィルタに対応した式、

【数4】

$$I(s) = \sum_{k=0}^{n-1} w_k \{y_k - s(x_k)\}^2 + \lambda \int_a^b \left\{ \frac{d^2 s(x)}{dx^2} \right\}^2 dx \quad \dots (4)$$

10

が得られる。

【0030】

ここで、スプライン関数 $s$ を定ピッチで離散化し、第2項を、

【数5】

$$\alpha \sum_{k=0}^{n-1} \nabla^2 s(x_k) \quad \dots (5)$$

20

とすると、

【数6】

$$I(s) = \sum_{k=0}^{n-1} w_k \{y_k - s(x_k)\}^2 + \alpha \sum_{k=0}^{n-1} \nabla^2 s(x_k) \quad \dots (6)$$

【0031】

となる。ただし、

【数7】

$$\nabla^2 s(x_k) = s(x_{k+1}) - 2s(x_k) + s(x_{k-1}) \quad \dots (7)$$

30

とする。したがって、 $I(s)$ を最小にする離散化スプラインの値 $s_k$ は、

【数8】

$$\frac{\partial I(s_0, s_1, \dots, s_{n-1})}{\partial s_k} = 0 \quad k = 0, 1, \dots, n-1 \quad \dots (8)$$

を満足する。

【0032】

式(6)において $I(s)$ を最小にするスプライン関数で重み付きスプラインフィルタを定義する。

40

【0033】

ここで、非周期的測定データに対する重み付きスプラインフィルタの行列表現を考えると、非周期的な測定データにおいては、境界条件を

【数9】

$$\nabla^2 s(x_0) = 0 \quad \nabla^2 s(x_{n-1}) = 0 \quad \dots (9)$$

とすると、

【数10】

50



期的な測定データにおいては、周期境界条件の式を

【数 1 4】

$$S_{k+n} = S_k \quad k = 0, 1, \dots, n-1 \quad \dots (14)$$

とすると、

【数 1 5】

$$\frac{\partial I}{\partial S_k} = -2W_k(Y_k - S_k) + 2\alpha(S_{k+2} - 4S_{k+1} + 6S_k - 4S_{k-1} + S_{k-2}) \quad 10$$

$$k = 0, 1, \dots, n-1 \quad \dots (15)$$

であるから、

【数 1 6】

$$\tilde{Q} = \begin{pmatrix} 6 & -4 & 1 & & & & 1 & -4 \\ -4 & 6 & -4 & 1 & & & & 1 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & & \\ & & & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ 1 & & & & 1 & -4 & 6 & -4 \\ -4 & 1 & & & & 1 & -4 & 6 \end{pmatrix} \quad \dots (16) \quad 20$$

として、周期データに対する重み付きスプラインフィルタの行列表現は、

【数 1 7】

$$(W + \alpha \tilde{Q})S = WY \quad \dots (17) \quad 30$$

で与えられる。

【0 0 3 6】

ここで、スプラインフィルタの振幅特性と位相特性を検討する。

重み $W=1$  (単位行列)としたスプラインフィルタの式、

【数 1 8】

$$Y_k = S_k + \alpha(S_{k+2} - 4S_{k+1} + 6S_k - 4S_{k-1} + S_{k-2})$$

$$k = 0, 1, \dots, n-1 \quad \dots (18)$$

を、 $z^{-1}$ が  $x$ 分の遅延を意味することに注意し、 $z$ 変換で表現すると、

【数 1 9】

$$Y_k = S_k + \alpha(z^{-2} - 4z^{-1} + 6 - 4z + z^2)S_k \quad \dots (19)$$

となる。

【0 0 3 7】

スプラインフィルタの伝達関数 $H(z)$ は、

【数 2 0】

$$\begin{aligned}
 H(z) &= \frac{S_k}{Y_k} \\
 &= \frac{1}{1 + \alpha(z^{-2} - 4z^{-1} + 6 - 4z + z^2)} \quad \dots (20)
 \end{aligned}$$

で与えられる。振幅特性と位相特性を調べるために、

【数 2 1】

$$z = e^{j\omega\Delta x} \quad \dots (21)$$

10

とおくと、

【数 2 2】

$$H(\omega) = \frac{1}{1 + \alpha(e^{-2j\omega\Delta x} - 4e^{-j\omega\Delta x} + 6 - 4e^{j\omega\Delta x} + e^{j\omega\Delta x})} \quad \dots (22)$$

となる。

【0 0 3 8】

ここで、

【数 2 3】

$$e^{-j\alpha} + e^{j\alpha} = 2 \cos \alpha \quad \dots (23)$$

20

であるから、

【数 2 4】

$$\begin{aligned}
 &e^{-2j\omega\Delta x} - 4e^{-j\omega\Delta x} + 6 - 4e^{j\omega\Delta x} + e^{2j\omega\Delta x} \\
 &= 2 \cos(2\omega\Delta x) - 8 \cos(\omega\Delta x) + 6 \\
 &= 2 - 4 \sin^2(\omega\Delta x) - 8 \cos(\omega\Delta x) + 6 \\
 &= -16 \sin^2\left(\frac{\omega\Delta x}{2}\right) \cos^2\left(\frac{\omega\Delta x}{2}\right) - 8 + 16 \sin^2\left(\frac{\omega\Delta x}{2}\right) + 8 \\
 &= 16 \sin^4\left(\frac{\omega\Delta x}{2}\right) \quad \dots (24)
 \end{aligned}$$

30

となり、振幅特性は、

【数 2 5】

$$|H(\omega)| = \frac{1}{1 + 16 \alpha \sin^4\left(\frac{\omega\Delta x}{2}\right)} \quad \dots (25)$$

40

となる。

【0 0 3 9】

一方、位相特性は、

【数 2 6】

$$\text{Arg} \cdot H(\omega) = 0 \quad \dots (26)$$

となり、スプラインフィルタは、位相補償フィルタであることがわかる。

【0 0 4 0】

一例として、カットオフ周波数 =  $c$  で 50% 減衰のフィルタを実現する場合、振幅特性

50

において、  
【数 2 7】

$$H(\omega_c) = \frac{1}{2} \quad \dots (27)$$

とすれば良く、これにより定数  $\alpha$  が次式で与えられる。

【数 2 8】

$$\alpha = \frac{1}{16 \sin^4\left(\frac{\omega_c \Delta x}{2}\right)} \quad \dots (28) \quad 10$$

カットオフ周波数  $\omega_c$  で50%減衰のフィルタの伝達特性（振幅特性、位相特性）を図5に示す。

【0 0 4 1】

次に、このように定義された重み付きスプラインフィルタの解法を検討する。

重み付きスプラインフィルタの行列表現、

【数 2 9】

$$(W + \alpha Q)S = WY \quad \dots (29) \quad 20$$

の左辺係数行列、

【数 3 0】

$$M = W + \alpha Q \quad \dots (30)$$

は、対称行列である。

【0 0 4 2】

そこで、Mを修正コレスキー（Cholesky）法により下三角行列Lと対角行列Dに分解すると（行列Mが疎行列であることを利用すれば、行列の分解は非常に効率的に行うことが出来る。）、

30

【数 3 1】

$$M = LDL^T \quad \dots (31)$$

となり、重み付きスプラインフィルタは、

【数 3 2】

$$LDL^T S = WY \quad \dots (32)$$

40

と表される。

【0 0 4 3】

ここで、

【数 3 3】

$$DL^T S = X \quad \dots (33)$$

とすれば、

【数 3 4】

$$LX = WY \quad \dots (34)$$

となる。

【 0 0 4 4 】

ここで、Lは下三角行列であるから容易にXを求めることが出来る。さらに、

【 数 3 5 】

$$L^T S = D^{-1} X \quad \dots (35)$$

なる関係より、求めたXから容易にSを求めることができる。

10

実際の適用にあたっては、

【 数 3 6 】

$$W_k^m = 0 \quad \dots (36)$$

となる場合が有り得ることから、行列Mが特異になる可能性がある。

【 0 0 4 5 】

従って、理想的には特異値分解法により解くことが好ましいが、特異値分解法を使った場合、大容量の記憶装置と多大の計算処理時間が必要となる。ところが、現実の測定データに適用することを考えた場合、行列Mが特異になることは非常にまれであり、行列Mが特異

20

になっている状態では測定データ自体に問題を抱えていると推測される。そこで、本件発

明においては、行列Mが特異になっている場合でも、なんらかの解答を出力可能な、ギル

とマーレイ (Gill-Murray) の修正コレスキー (Choleskey) 法を適用することで、計算効

率の確保と特異行列対策を両立させる。

【 0 0 4 6 】

以上のように解法に裏付けられた重み付きスプラインフィルタが導出されたので、以下、重みWを更新しながら収束条件を満足するまで繰り返し計算処理を行うことによって、ロバ

バストスプラインフィルタが実現される。

図 1 は、その第 1 の処理手順を示すフローチャートであり、図 2 は、ロバストスプライン

30

処理を実行する装置の機能ブロック図である。この処理にあたっては、まず、測定データ

を入力する測定データ入力ステップと、重み付きスプラインフィルタ式を選定する選定ス

テップ ( S T 3 ) が実行される。

【 0 0 4 7 】

測定データ入力ステップでは、測定機などから入力手段 1 により測定データを入力してコ

ンピュータなどの記憶装置 2 に格納するステップ S T 1 と、記憶された測定データの内、局所的に離隔した特異点データを特異点データ削除手段 3 にて削除するステップ S T 2 が

40

実行される。

ここでは、測定データは粗さ測定機で測定された一次元時系列データであるとする。すな

わち、例えば、表面粗さ測定機などにおいて、測定子を一方向 ( x 方向 ) に移動させた場

合に、 x 方向の所定ピッチで粗さデータ y を取得したような場合を意味する。また、特異

点データであるか否かの判定としては、測定データの最小二乗曲線からの離隔量が所定値

以上、かつ、所定区間巾以下、であるか否かで容易に判定することが出来る。

【 0 0 4 8 】

その後、選定ステップ S T 3 において、判定手段 4 にて測定データが非周期的であるか周

期的であるかを判定し、この判定に従って重み付きスプラインフィルタ式を選定する。よ

り具体的には、測定データが非周期的であるか周期的であるかによって ( 1 2 ) 式を用い

るか、 ( 1 7 ) 式を用いるかを判定する。

次に初期化処理 ( S T 4 ) を行うが、ここでは、図示したように、 $W=1$  ( 単位行列 ) とし

たスプラインフィルタ処理の出力値の初期値  $S^0$  を求める ( 非ロバストなスプラインフィル

タ計算 ) 。

50

次に、測定データ $Y$ と $S^m$  ( $m$ は繰り返しのステップを示す。)とから後述する方法で重み調整手段5により重み $W^m$ を調整して決める(ST5)。

【0049】

その後、スプラインフィルタ出力算出手段6において重み付きスプラインフィルタ、  
【数37】

$$(W^{m+\alpha}Q)S^{m+1} = W^m Y \quad \dots (37)$$

からスプラインフィルタ出力 $S^{m+1}$ を求める(ST6)。

ここで、後述する重みの収束判定(ST7)を収束判定手段51にて行って、収束条件が成立していなければ、 $m$ を更新して( $m=m+1$ )(ST10)、再度重み $W^m$ を調整する(ST5)。

【0050】

収束条件が成立していれば(ST7: YES)、繰り返し処理を終了して、ロバストスプラインフィルタの出力値 $S^m$ を得て(ST8)、スプライン曲線が出力手段7に出力される。

以上の処理において、重み $W^m$ を調整して決める方法として(ST5)、適合型バイウエイト(Biweight)法を用いて次のように決定する。

【数38】

$$W_k^m = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{y_k - s_k^m}{\beta \cdot c}\right)^2\right]^2 & |y_k - s_k^m| < \beta \cdot c \\ 0 & |y_k - s_k^m| \geq \beta \cdot c \end{cases} \quad \dots (38)$$

【0051】

ここで、 $\sigma$ を残差の標準偏差として、

【数39】

$$\beta = \text{median} \left\{ \left| \frac{y_k - s_k^m}{\sigma} \right| \right\} \quad \dots (39)$$

【数40】

$$c = \begin{cases} 6 & \beta \leq 5 \\ 10 & 5 < \beta \leq 100 \\ 20 & 100 < \beta \end{cases} \quad \dots (40)$$

とする。

【0052】

また、ST7における収束条件としては、重みの変化が十分小さくなり、以下に示す式を満足した時点で繰り返し処理を打ち切る。

【数41】

$$\sum_{k=0}^{n-1} |w_k^m - w_k^{m-1}| < 0.02 \cdot \sum_{k=0}^{n-1} w_k^m \quad \dots (41)$$

【0053】

一次元時系列データに対して、この第1実施形態におけるロバストスプラインフィルタ処

10

20

30

40

50

理による信号処理方法を実施した例を図3に示す。ここではスパイクノイズを付加した測定データを対象として、通常のスプラインフィルタ処理を施した結果のスプライン曲線と、本件発明のロバストスプラインフィルタ処理を施した結果のスプライン曲線の両方を重ねて表示したものである。この図から明らかなように、スプラインフィルタによる結果が、スパイクノイズによる変化を受けているのに対して、ロバストスプラインフィルタによる結果では、本来の形状に沿ったスプライン曲線が得られている。また、図3(A)からもわかるように、ゆるやかなうねりをもった形状に対する追従性も良好である。

【0054】

この方法によれば、次の効果が期待できる。

(1) スプラインフィルタのロバスト化が容易に実現できるので、測定データ始点あるいは測定データ終点領域における変形を防止でき、測定データに含まれる周期の長いうねり成分に対する追従性あるいはノイズ成分に影響されずに測定データに含まれる形状を抽出できるので形状追従性も良好なフィルタ処理が可能となり、測定データの信頼性がより向上する。

10

(2) 測定データに含まれた局所的に離隔した特異点データを削除できるので、ロバストスプラインフィルタ処理の信頼性が更に向上する。

【0055】

(3) 重み付きスプラインフィルタ式により算出されるスプライン曲線からの測定データの離隔量が大いほどその重みが小さくなるので、測定データに含まれる異常データの影響を受けないロバストスプラインフィルタ処理が可能となる。

20

(4) 繰り返しループ処理における重みの変化が所定値以下となった場合に、重みが収束したと判定できるので、不必要な繰り返しループによる処理を防止でき、ロバストスプラインフィルタ計算処理時間を短縮できる。

【0056】

(第2実施形態)

次に、ロバストスプラインフィルタを実現する第2の処理手順を説明する。この処理手順は、前記第1の処理手順と同一であるが、用いる計算式が異なる。

すなわち、重み付きスプラインフィルタの式、

【数42】

$$(W + \alpha Q)S = WY \quad \dots (42)$$

30

を変形して、

【数43】

$$(I + \alpha Q)S = WY + (I - W)S \quad \dots (43)$$

とする。

【0057】

ここで、繰り返しステップmにおいて、

40

【数44】

$$(I + \alpha Q)S^{m+1} = W^m Y + (I - W^m)S^m \quad \dots (44)$$

を用いる。

この第2の処理手順の特徴は、前記第1の処理手順の効果(1)から(4)に加えて更に次の効果が期待できる。

【0058】

(5) 左辺の係数行列、

【数45】

50

$$I + \alpha Q \quad \dots (45)$$

が繰り返しステップにおいて常に同値となるので、全体としてロバストスプラインフィルタ計算処理時間が短縮化される場合がある。

【0059】

(第3実施形態)

次に、本発明の信号処理方法にかかる第3実施形態として、二次元的に測定された二次元データである測定データに対する信号処理方法について説明する。ここで、二次元データである測定データとは、例えば、三次元測定機などにおいて、Z座標一定のもとで被測定物の輪郭曲面を所定ピッチで測定して取得された(x、y)座標値等を意味する。あるいは、平面的に描かれた図形をスキャナで読み込んだ場合のデータ等を意味する。つまり、第1実施形態においては、処理の対象はy座標だけであったのに対して、第3実施形態では、x座標およびy座標の両者を処理の対象とする。

10

第3実施形態の基本的構成は第1実施形態と同様であるが、スプライン曲線sを求めるための出発の式である式(6)に対応する式に特徴がある。

【0060】

第3実施形態では、スプラインのエネルギーを最小にする条件のもとで、測定データ(x<sub>k</sub>、y<sub>k</sub>)と、この測定データ(x<sub>k</sub>、y<sub>k</sub>)に対応するスプライン曲線s上の点(s<sub>x</sub>(x<sub>k</sub>、y<sub>k</sub>)、s<sub>y</sub>(x<sub>k</sub>、y<sub>k</sub>))とのX方向およびY方向の距離の二乗和を最小にするスプライン曲線を求める。すなわち、前記の付帯条件のもとで次の式で表されるI(s)を最小にするスプライン関数sを求める。

20

【0061】

【数46】

$$I(s) = \sum_{k=0}^{n-1} w_k [\{x_k - s_x(x_k, y_k)\}^2 + \{y_k - s_y(x_k, y_k)\}^2] + \alpha \sum_{k=0}^{n-1} \{ \nabla_x^2 s(x_k, y_k) + \nabla_y^2 s(x_k, y_k) \} \quad \dots (46)$$

30

【0062】

ただし、右辺第2項において、ラプラシアン<sup>2</sup>の2次近似を次のように表す。

【0063】

【数47】

$$\begin{aligned} \nabla_x^2 s(x_k, y_k) &= s_x(x_{k+1}) - 2s_x(x_k) - s_x(x_{k-1}) \\ \nabla_y^2 s(x_k, y_k) &= s_y(y_{k+1}) - 2s_y(y_k) - s_y(y_{k-1}) \quad \dots (47) \end{aligned}$$

【0064】

そして、x成分、y成分ごとにそれぞれ第1実施形態で説明した重み付きスプラインフィルタを実行する(式37を参照)。ここで、定数については、測定経路に沿ったサンプリングピッチlおよびカットオフ波長λ<sub>c</sub>から次の式で与えられる。

40

【0065】

【数48】

$$\alpha = \frac{1}{16 \sin^4(\frac{\pi \cdot \Delta l}{\lambda_c})} \quad \dots (48)$$

50

## 【 0 0 6 6 】

すると、二次元測定データに関する各区間におけるスプライン曲線を導出するスプラインフィルタが実現される。

さらに、重み $W$ を更新して収束条件(式41)を満たすまで処理を繰り返すロバストスプラインフィルタにおいては、(式38)における $(y_k - s_k^m)$ を次の式で与えられる二点間距離とする。すなわち、測定データ $(x_k, y_k)$ と、この測定データ $(x_k, y_k)$ に対応するスプライン曲線 $s$ 上の点 $(s_x(x_k, y_k), s_y(x_k, y_k))$ との距離とする。

## 【 0 0 6 7 】

## 【数49】

$$d_k = \sqrt{\{x_k - s_x(x_k, y_k)\}^2 + \{y_k - s_y(x_k, y_k)\}^2} \quad \dots (49)$$

## 【 0 0 6 8 】

(式49)を準用した(式38)により算出された重み $W$ の収束を(式41)で収束判定する。重み $W$ が収束したところで、出力値 $S^m$ (スプライン関数)から測定データに対応するスプライン曲線を得る。このスプライン曲線は、出力手段に出力される。

## 【 0 0 6 9 】

図4(A)に、正葉線にスパイクノイズを付加した入力データに対して、スプライン処理を施したものと、ロバストスプライン処理を施したものとを比較して示す。図4(A)より、単なるスプライン処理では、スパイクノイズに引きずられてしまっているのに対して、ロバストスプライン処理では、スパイクノイズを抑えたロバスト(頑健)な結果が得られることがわかる。図4(B)に、エアフォイルにスパイクノイズを付加した入力データに対して、スプライン処理を施したものと、ロバストスプラインを施したものとを比べると、結果は図4(A)と同様である。

## 【 0 0 7 0 】

この第3実施形態においては、前記第1実施形態と第2実施形態における効果(1)から(5)に加えて、更に次の効果を奏する。

(6)測定データが直交座標における二次元データである場合に、スプライン曲線からの測定データの離隔量は、各軸毎の成分(例えば、X軸成分、Y軸成分など)の自乗和に基づいて決定するので、離隔量の算出が容易に行える。従って、各測定データの重みを決定することが容易になる。

## 【 0 0 7 1 】

(7)測定データが二次元データの場合であっても、各軸の成分毎(例えばX軸成分、Y軸成分など)に重み付きスプラインフィルタ計算を行った結果に基づいてスプラインフィルタ出力を得ることが出来るので、複雑な曲線であっても計算処理が単純化でき、測定データに対するロバストスプラインフィルタ計算処理時間の短縮化が可能になる。

## 【 0 0 7 2 】

(8)被測定物を二次元平面内で倣い測定して二次元データを得て、これを測定データとして入力する場合においても、測定経路に沿って所定間隔で測定データが入力されるので、例えばX軸方向に所定間隔で測定データを入力する場合などに比べて形状変化点(例えば直線から円弧への変化点や段差の境界点など)をより正確に捉えることが出来る。つまり、形状判断の誤りなどを防止でき、信頼性の高い測定データ入力が可能になる。

## 【 0 0 7 3 】

## (第4実施形態)

次に、本発明の信号処理方法にかかる第4実施形態として、三次元的に測定された三次元データである測定データに対する信号処理方法について説明する。ここで、三次元データである測定データとは、例えば、三次元測定機などにおいて、被測定物表面を所定ピッチで測定して取得された $(x, y, z)$ 座標値等を意味する。つまり、第1実施形態においては、処理の対象は $y$ 座標だけであったのに対して、第4実施形態では、 $x$ 座標、 $y$ 座標

10

20

30

40

50

および z 座標の三者を処理の対象とする。

第 4 実施形態の基本的構成は第 1 実施形態と同様であるが、スプライン曲線 s を求めるための出発の式である式 (6) に対応する式に特徴がある。

【0074】

第 4 実施形態では、スプラインのエネルギーを最小にする条件のもとで、測定データ ( $x_k, y_k, z_k$ ) と、この測定データ ( $x_k, y_k, z_k$ ) に対応するスプライン曲線 s 上の点 ( $s_x(x_k, y_k, z_k), s_y(x_k, y_k, z_k), s_z(x_k, y_k, z_k)$ ) との X 方向、Y 方向および Z 方向の距離の二乗和を最小にするスプライン曲線を求める。すなわち、前記の付帯条件のもとで次の式で表される  $I(s)$  を最小にするスプライン関数 s を求める。

【0075】

【数 50】

$$I(s) = \sum_{k=0}^{n-1} [\{x_k - s_x(x_k, y_k, z_k)\}^2 + \{y_k - s_y(x_k, y_k, z_k)\}^2 + \{z_k - s_z(x_k, y_k, z_k)\}^2] \\ + \alpha \sum_{k=0}^{n-1} \{\nabla_x^2 s(x_k, y_k, z_k) + \nabla_y^2 s(x_k, y_k, z_k) + \nabla_z^2 s(x_k, y_k, z_k)\} \\ \dots (50)$$

【0076】

ただし、右辺第 2 項において、ラプラシアン of 2 次近似は、第 3 実施形態に倣って表される。

そして、x 成分、y 成分、z 成分ごとにそれぞれ第 1 実施形態で説明した重み付きスプラインフィルタを実行する (式 37) を参照)。なお、定数  $\alpha$  については、三次元空間における測定経路に沿ったサンプリングピッチ  $l$  およびカットオフ波長  $\lambda_c$  により (式 48) に倣って定義される。

【0077】

すると、三次元測定データに関する各区間におけるスプライン曲線を導出するスプラインフィルタが実現される。

さらに、重み  $W$  を更新して収束条件 (式 41) を満たすまで処理を繰り返すロバストスプラインフィルタにおいては、(式 38) における  $(y_k - s_k^m)$  を次の式で与えられる二点間距離とする。すなわち、測定データ ( $x_k, y_k, z_k$ ) と、この測定データ ( $x_k, y_k, z_k$ ) に対応するスプライン曲線 s 上の点 ( $s_x(x_k, y_k, z_k), s_y(x_k, y_k, z_k), s_z(x_k, y_k, z_k)$ ) との距離とする。

【0078】

【数 51】

$$d_k = \sqrt{\{x_k - s_x(x_k, y_k, z_k)\}^2 + \{y_k - s_y(x_k, y_k, z_k)\}^2 + \{z_k - s_z(x_k, y_k, z_k)\}^2} \\ \dots (51)$$

【0079】

そして、(式 51) を準用した (式 38) により算出された重み  $W$  の収束を (式 41) で収束判定する。重み  $W$  が収束したところで、出力値  $S^m$  (スプライン関数) から測定データに対応するスプライン曲線を得る。このスプライン曲線は、出力手段に出力される。

【0080】

この第 4 実施形態においては、前記第 1 実施形態と第 2 実施形態における効果 (1) から (5) に加えて、次の効果を奏する。

(9) 第 3 実施形態における効果 (6) から (8) を更に三次元データに対して奏することができる。従って、測定データが三次元データであっても、ロバストスプラインフィル

10

20

30

40

50

タの計算処理時間を増大させることなく、計算負荷を低減することができる。

【0081】

(変形例1)

本発明の信号処理方法の変形例について説明する。第1実施形態においては、収束判定された時点におけるスプライン曲線をそのまま信号処理結果として出力する例を示したが、この変形例では、もう一度スプライン曲線を求め直し、その結果を信号処理結果として出力する。

【0082】

図6に、図1のスプライン曲線出力(ST9)の変形例を示す。

ここでは、まず取得した出力値 $S^m$ を入力する(ST91)。その後、再計算を行うか否かを判定する(ST92)。例えば、高精度で信号処理結果を得たい場合はYESを、既に十分な精度で結果が得られたと判断するときはNOを、オペレータがその時点で指定すれば良い。あるいは、前もって指定しておくことも出来る。

再計算を行わない場合は(NO)、出力値 $S^m$ のスプライン曲線を出力手段7によって出力する。再計算を行う場合は(YES)、前もって設定された所定値を超える重みを1に更新する(ST93)。つまり、所定値を超えた重みを持つ測定データは有効データであると判断して、スプライン計算処理への寄与度を100%とする。

その後、更新された重みに基づいて重み付きスプラインフィルタ計算を行って出力を得る(ST94)。ここで得られたスプライン曲線を信号処理結果として出力手段7から出力する(ST95)。

【0083】

この変形例は、第1実施形態から第4実施形態においても実施できるので、効果(1)から(9)の他、次の効果を奏することができる。

(10)収束判定ステップにおいて重みが収束したと判定された時点の重みが所定値を超える場合にその重みを1に更新し、再度スプラインフィルタ出力を得て、その結果を信号処理結果として出力することができる。つまり、重み調整ステップとスプラインフィルタ出力算出ステップとを繰り返して重みが収束したと判定された時点において、その重みが所定値を超える点の測定データは有効データと見做してその重みを1に更新した後、再度スプラインフィルタ出力を得ることができるので、測定データに対するロバストスプラインフィルタ計算が、より確実に行える。そして、その結果を信号処理結果として出力するので、測定データに含まれる本来の形状成分に対して十分誤差の小さいスプライン曲線を求めることができるので、形状追従性の良いロバストスプラインフィルタ処理が可能となる。

【0084】

以上、本発明について好適な実施形態を挙げて説明したが、本発明は、この実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲での変更が可能である。

たとえば、これらの各実施形態に限らず、三次元粗さデータ、輪郭形状測定機による測定データ、真円度測定機で測定されたデータ、三次元測定機で測定された形状データ、画像測定機で測定されたデータなどのいずれであっても、本発明を実施できる。

【0085】

また、測定データの収集が接触式のセンサか、非接触式のセンサであるか否かも問わず、さらに、被測定物の表面性状データに限らず、時系列的に発生する電気信号データなどであっても本発明を実施できる。

さらに、本実施形態においては、測定データは一旦、記憶装置に格納される場合に限って説明したが、測定データが収集される毎に、いわゆるリアルタイムで計算処理を行う場合であっても本発明を実施できる。

【0086】

さらに、本発明の信号処理方法をコンピュータに実行させる信号処理プログラムとしてもよく、この信号処理プログラムは、CD-ROMなどの可搬形の記憶メディアを用いて、各種のコンピュータで実行可能な形で格納することができる。また、この信号処理プログラムは

10

20

30

40

50

、機械言語に翻訳されるコンパイル形式であっても、あるいは中間言語に翻訳されるインタプリタ形式であっても良い。

【0087】

また、コンピュータに前記信号処理プログラムを実行させて信号処理装置を構成することが出来る。すなわち、測定データ入力ステップを実行させて測定データ入力手段を、選定ステップを実行させて選定手段を、初期化ステップを実行させて初期化手段を、重み調整ステップを実行させて重み調整手段を、スプラインフィルタ出力算出ステップを実行させてスプラインフィルタ出力算出手段を、収束判定ステップを実行させて収束判定手段を、出力ステップを実行させて出力手段を構成し、これによって信号処理装置を構成できる。

【0088】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、ロバストスプラインフィルタによるフィルタ処理を施すことのできる信号処理方法を高速、かつ、高精度で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の信号処理方法に係る第1実施形態において、信号処理手順を示すフローチャートである。

【図2】前記第1実施形態において、信号処理を行う装置の機能ブロック図である。

【図3】前記第1実施形態において、一次元時系列データに対してスプライン処理の結果とロバストスプライン処理との結果とを比較する図である。

【図4】本発明の第3実施形態において、スプライン処理の結果とロバストスプライン処理の結果とを比較する図である。

【図5】本発明に係る信号処理方法に係る伝達特性を示す図である。

【図6】本発明の変形例を示すフローチャートである。

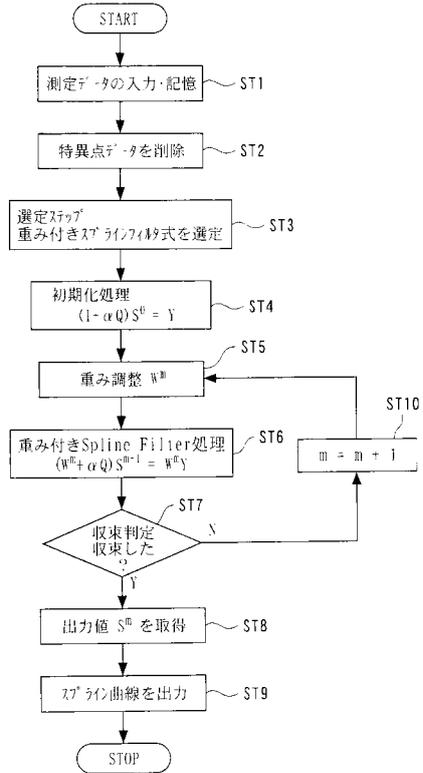
【符号の説明】

- 3 特異点データ削除手段
- 5 重み調整手段
- 6 スプラインフィルタ出力算出手段

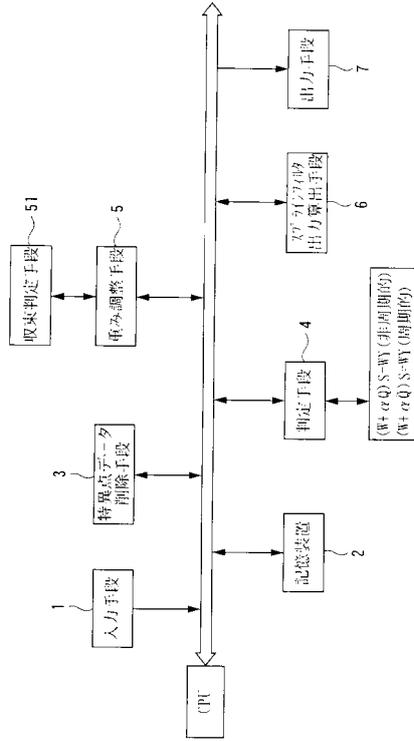
10

20

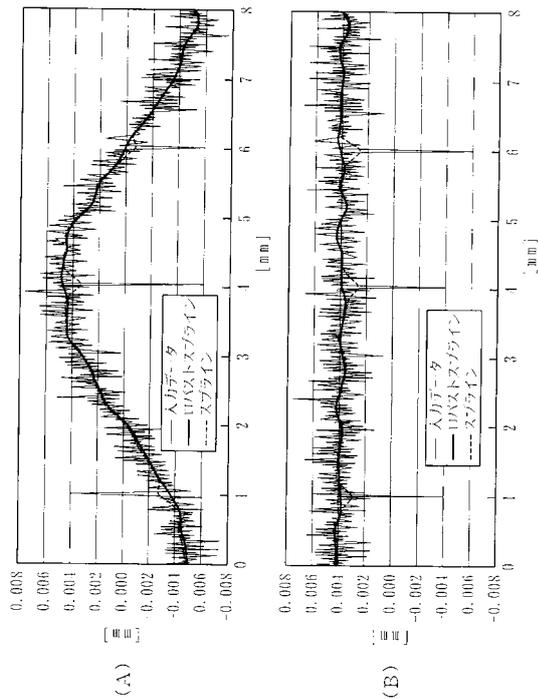
【図1】



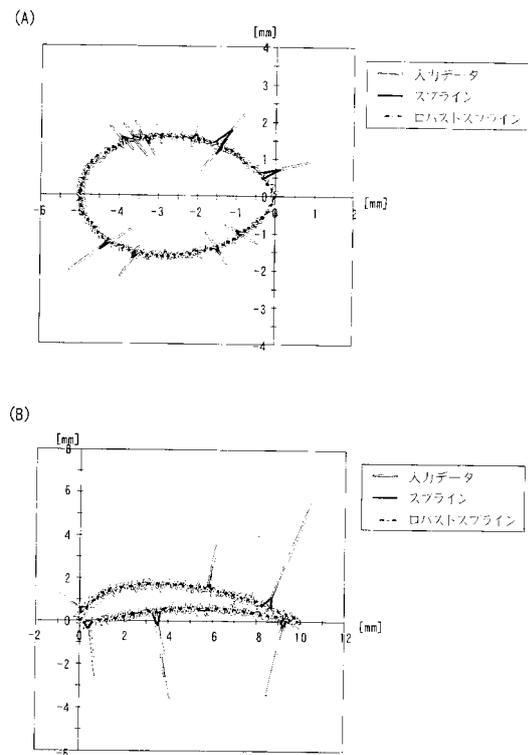
【図2】



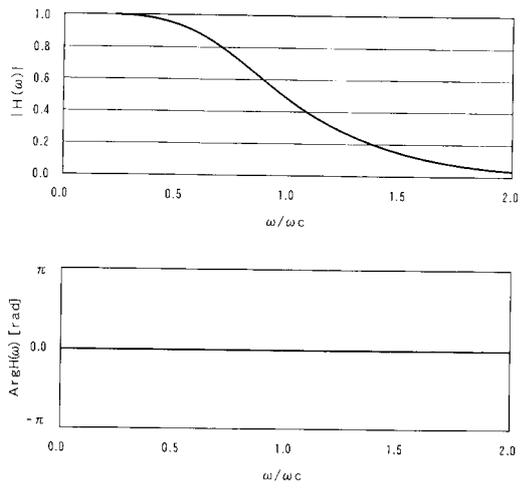
【図3】



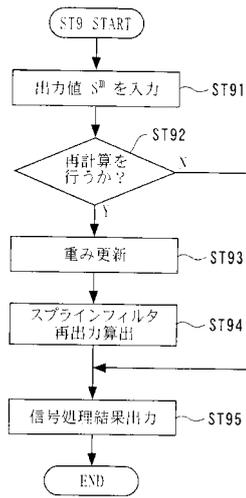
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 梅田 幸蔵  
札幌市北区北7条西1丁目1番2号 株式会社エムエスティアイ内
- (72)発明者 宮倉 常太  
神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社エムエスティアイ内
- (72)発明者 後藤 智徳  
札幌市北区北7条西1丁目1番2号 株式会社エムエスティアイ内

審査官 小林 紀史

- (56)参考文献 特開平11-053562(JP,A)  
特開平08-278343(JP,A)  
特開平10-094531(JP,A)  
特開平06-129849(JP,A)  
特開2001-336928(JP,A)  
特開平10-063828(JP,A)  
特表2001-512298(JP,A)  
特開2001-076147(JP,A)  
特開平11-120347(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B21/00-21/32  
G01B11/00-11/30,102  
G01B7/00-7/34,102  
G01B5/00-5/30