

(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2010-25769

(P2010-25769A)

(43) 公開日 平成22年2月4日 (2010. 2. 4)

(51) Int.Cl.
G 0 1 B 11/24 (2006.01)F I
G O 1 B 11/24テーマコード (参考)
2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-187905 (P2008-187905)
(22) 出願日 平成20年7月18日 (2008. 7. 18)(71) 出願人 000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(74) 代理人 100108800
弁理士 星野 哲郎
(74) 代理人 100101203
弁理士 山下 昭彦
(74) 代理人 100104499
弁理士 岸本 達人
(72) 発明者 鈴間 俊之
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
住友金属工業株式会社内
(72) 発明者 小瀬川 淳
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
住友金属工業株式会社内

最終頁に続く

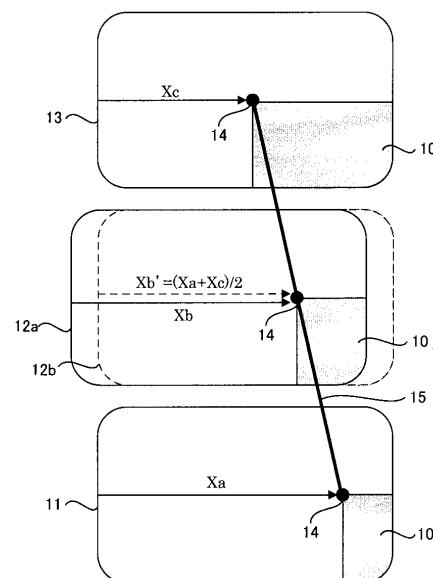
(54) 【発明の名称】 板状体の平面形状測定方法および測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】板状体の平面形状を簡易に、かつ、高精度に測定することができる測定方法およびその測定方法を行うために用いる測定装置を提供する。

【解決手段】一方向に配列された3のセンサを用い、当該3のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する方法であって、3のセンサによって板状体のエッジの任意の計測点の位置を順次計測し、3のセンサのうち両端のセンサによって計測した計測点の実測位置から真ん中のセンサによって計測したと推定される計測点の推定位置を計算し、当該推定位置と真ん中のセンサによって計測した計測点の実測位置とのずれを真ん中のセンサの視野ずれとみなすとともに、当該視野ずれを基に真ん中のセンサによる計測点の実測位置を補正して、板状体のエッジ形状を測定する、平面形状測定方法および該計測方法を行える測定装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された 3 のセンサを用い、当該 3 のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する方法であって、

前記 3 のセンサによって前記板状体のエッジ上の任意の計測点の位置を順次計測し、

前記計測点が前記上流センサによる計測位置と前記下流センサによる計測位置との間を直線的に移動すると仮定することで、前記上流センサによって計測した前記計測点の実測位置および前記下流センサによって計測した前記計測点の実測位置から、前記中流センサによって計測したと推定される前記計測点の推定位置を計算し、

前記推定位置と前記中流センサによって計測した前記計測点の実測位置とのずれを前記中流センサの視野ずれとみなすとともに、当該視野ずれを基に前記中流センサによる前記計測点の実測位置を補正して、前記板状体のエッジ形状を測定することを特徴とする、平面形状測定方法。

【請求項 2】

一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された 3 のセンサを用い、当該 3 のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する方法であって、

前記 3 のセンサによって、前記板状体のエッジ上の複数の計測点の位置をそれぞれ順次計測した後、

前記複数の計測点が前記上流センサによる計測位置と前記下流センサによる計測位置との間をそれぞれ直線的に移動すると仮定することで、前記複数の計測点のそれぞれについて、前記上流センサによって計測した前記計測点の実測位置および前記下流センサによって計測した前記計測点の実測位置から、前記中流センサによって計測したと推定される前記計測点の推定位置を計算し、

前記推定位置と前記中流センサによって計測した前記計測点の実測位置とのずれを前記中流センサの視野ずれとみなすとともに、測定中における前記中流センサの視野ずれの変動を近似式で表し、

前記近似式に基づいて前記中流センサによる前記計測点の実測位置を補正して、前記板状体のエッジ形状を測定することを特徴とする、平面形状測定方法。

【請求項 3】

測定中における前記中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向または増加傾向にある場合、前記近似式を一次式とすることを特徴とする、請求項 2 に記載の平面形状測定方法。

【請求項 4】

測定中における前記中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向の後に増加傾向になる場合、または増加傾向の後に減少傾向になる場合、前記近似式を二次式とすることを特徴とする、請求項 2 に記載の平面形状測定方法。

【請求項 5】

前記板状体が鋼板であることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の平面形状測定方法。

【請求項 6】

一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された 3 のセンサ、および、前記 3 のセンサからの情報を処理する、情報処理手段を備え、前記 3 のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する装置であって、

前記 3 のセンサが、前記板状体のエッジ上の任意の計測点の位置を計測できる、計測機能を有し、

前記情報処理手段が、前記計測点が前記上流センサによる計測位置と前記下流センサによる計測位置との間を直線的に移動すると仮定することで、前記上流センサによって計測した前記計測点の実測位置と前記下流センサによって計測した前記計測点の実測位置とから、前記中流センサによって計測したと推定される前記計測点の推定位置を計算する、推

10

20

30

40

50

定機能、および、

前記推定位置と前記中流センサによって計測した前記計測点の実測位置とのずれを前記中流センサの視野ずれとみなすとともに、当該視野ずれに基づいて前記中流センサによる前記計測点の実測位置を補正する、補正機能、
を有することを特徴とする、平面形状測定装置。

【請求項 7】

一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された 3 のセンサ、および、前記 3 のセンサからの情報を処理する、情報処理手段を備え、前記 3 のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する装置であって、

前記 3 のセンサがそれぞれ、前記板状体のエッジ上の複数の計測点の位置を順次計測できる、計測機能を有し、

前記情報処理手段が、前記複数の計測点が前記上流センサによる計測位置と前記下流センサによる計測位置との間をそれぞれ直線的に移動すると仮定することで、前記複数の計測点のそれぞれについて、前記上流センサによって計測した前記計測点の実測位置と前記下流センサによって計測した前記計測点の実測位置とから、前記中流センサによって計測したと推定される前記計測点の推定位置を計算する、推定機能、および、

前記推定位置と前記中流センサによって計測した前記計測点の実測位置とのずれを前記中流センサの視野ずれとみなすとともに、測定中における前記中流センサの視野ずれの変動を近似式で表し、前記近似式に基づいて前記中流センサによる前記計測点の実測位置を補正する、補正機能、
を有することを特徴とする、平面形状測定装置。

【請求項 8】

前記情報処理手段は、測定中における前記中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向または増加傾向にある場合、前記近似式を一次式とする補正機能を有することを特徴とする、請求項 7 に記載の平面形状測定装置。

【請求項 9】

前記情報処理手段は、測定中における前記中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向の後に増加傾向になる場合、または増加傾向の後に減少傾向になる場合、前記近似式を二次式とする補正機能を有することを特徴とする、請求項 7 に記載の平面形状測定装置。

【請求項 10】

前記板状体が鋼板であることを特徴とする、請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の平面形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、板状体の平面形状を高精度に測定するための方法および該測定方法を行うために用いる測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鋼板の品質保証項目としては、幅、厚さ、長さ等の寸法および平面形状が挙げられる。これらのうち平面形状についてはカメラで鋼板全体を撮影する方法が考えられるが、巨大な鋼板（幅約 1 ～ 4 m、長さ約 2 ～ 24 m）を対象とする場合、かかる方法では CCD の分解能の限界や鋼板の上方に十分な空間を必要とするなどの制約から、非現実的である。つまり、巨大な鋼板を対象とする場合は、鋼板全体の平面形状を一度に正確に把握することは困難である。したがって、一般的には、鋼板の搬送路の側壁や鋼板の上方の治具などの固定点に設置した距離センサや CCD カメラを用いて、搬送中の鋼板のエッジの位置を先端から後端まで複数回に分けて計測し、1 枚の鋼板について先端から後端まで計測を完了した後に、得られたエッジの位置情報を用いて、鋼板 1 枚分のエッジの形状を再構成する方法が用いられていた。

【0003】

製造ラインで搬送されている鋼板のエッジの形状を、その鋼板の上方に設置されたカメラによって先端から後端まで複数回に分けて計測し、計測結果を基にして再構成された鋼板の平面形状を図10に示す。図10は、幅4m、長さ10mの鋼板90の平面形状を測定した結果を示している。紙面左右が幅方向であり、紙面の下から上へ向かう方向が鋼板90の搬送方向である。図10に示すように、鋼板90の左側のエッジ91は、先端に対する後端の位置が幅方向に25mmずれており、かつ、3mm湾曲している。

【0004】

しかし、1つのエッジにつき1台のカメラを用いて撮影した画像で板状体の平面形状を再構成した場合、図10に示すようにエッジの形状が湾曲した結果を得ると、その湾曲の原因が、測定対象である板状体が蛇行・斜行を伴って搬送されたことに因るのか、実際に板状体のエッジが湾曲していることに因るのかを識別できないという問題があった。そして、この問題を解決する手法としては、逐次多点法による測定手法が考えられている。

【0005】

図11は、鋼板のエッジ形状を3台のカメラで測定する、逐次3点法を説明する図である。図11中の矢印は鋼板100の搬送方向を示しており、鋼板100がパターンA～Dのように蛇行・斜行を伴いながら搬送されると仮定する。また、図11中の破線による囲い101、102、103はそれぞれ、鋼板の搬送方向に沿って等間隔Lで設置された3台のカメラ（搬送方向順に「上流カメラ」、「中流カメラ」、「下流カメラ」とする。）の視野を示している。

【0006】

パターンAの状態で上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラが同時刻に鋼板100のエッジを撮影した場合、上流カメラの視野101には点cが、中流カメラの視野102には点bが、下流カメラの視野103には点aが捉えられ、同時刻における点a、b、cの位置を計測することができる。そのため、点a、b、cの相対位置関係を一意に求めることができる。その後、鋼板100が距離Lだけ搬送された時刻（パターンB）に鋼板100のエッジを撮影すれば、同様に、点b、c、dの相対位置関係を求めることができる。パターンAの点b、cとパターンBの点b、cはそれぞれ鋼板100上の同じ点であるから、パターンBの点b、cをパターン1の点b、cに重ね合わせるための座標変換（以降この座標変換を「接続処理」という。）を、パターンBの点dについても同様に行えば、点a、b、c、dの相対位置関係を求めることができる。以下、パターンCにおける点e、パターンDにおける点fについても同様に接続処理を繰り返せば、鋼板の蛇行・斜行の影響を受けずに点aから点fまでの相対位置関係（エッジ形状）を正しく再構成することが可能である。

【0007】

しかし、上記逐次3点法では、（1）一方向に配列された3台のカメラ（上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラ）の視野原点が厳密に一直線上にあること、および（2）各カメラのエッジ位置検出精度にばらつきがないこと、が測定の必須条件であり、これらの条件が満たされない場合、接続処理の回数（以下、接続処理の回数を単に「接続回数」という。）の増加に伴って誤差が累積され、著しく精度が低下するという問題点があった。逐次3点法において累積誤差が生じる原因を、図12および図13を用いて説明する。

【0008】

図12において、実線によって囲われた略長方形の範囲111、112、および113は、鋼板の製造ラインにおいて鋼板の搬送方向に沿って設置された上流カメラ、中流カメラ、および下流カメラの視野を示している。また、黒丸114、115、および116は、鋼板110のエッジ上の計測点を示している。

【0009】

図12（a）に示すように、上流カメラの視野111および下流カメラの視野113に対して中流カメラの視野112にずれ O_1 がある場合について考える。この場合、計測点114、115、および116を含むエッジの形状は、実際には直線状であるにも関わら

10

20

30

40

50

ず、上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラによって得られたエッジの位置情報からエッジ形状を再構成する時には、上流カメラの視野 1 1 1、中流カメラの視野 1 1 2、および下流カメラの視野 1 1 3 の原点が一直線上にあることが前提とされるため、図 1 2 (b) に示すように、ずれ O_1 と同じ大きさの擬似変形 C_1 がエッジに発生しているとみなされる。1 枚の鋼板のエッジ形状を測定している間、中流カメラの視野ずれ O_1 が常に一定であったとすれば、接続処理ごとに常に一定方向に擬似変形 C_1 が生じ、鋼板全長にわたるエッジ形状の再構成のために必要な接続回数に応じて最終的に生じる擬似変形が大きくなる。例えば、接続回数が 5 回である場合、誤差 (擬似変形 C_1) の累積によって最終的には、図 1 3 に示すように、擬似変形 C_1 の約 6 倍の大きさの擬似変形 C_5 が生じる。

10

【0010】

このような逐次 3 点法における累積誤差による精度低下の問題を解決する技術として、例えば、特許文献 1 に、等間隔に設置された 3 個の距離センサの間にさらに別の距離センサを設け、合計 4 個以上の距離センサを用いる方法が開示されており、かかる方法によれば、逐次 3 点法の欠点である累積誤差の増大を抑制することができるとしている。

【0011】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 3 3 3 5 5 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

20

しかしながら、上記特許文献 1 に開示されている技術では、少なくとも 4 個以上のセンサを必要とするため、設備が複雑になるという問題や、センサによる取得データ数が増え、データ処理が複雑になるという問題があった。

【0013】

そこで本発明は、板状体の平面形状を簡易に、かつ、高精度に測定することができる測定方法およびその測定方法を行うために用いる測定装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために鋭意研究を重ねた結果、本発明者らは、逐次 3 点法で板状体の平面形状を測定する際、板状体上の計測点が直線的に移動すると仮定することによって、2 のセンサのよる計測点の位置の計測結果から他の 1 のセンサによる計測点の位置の計測結果を推定すると、その推定結果と実際の計測結果とのずれをセンサの視野ずれに因るものとみなすことができ、その視野ずれに基づいて計測結果を補正することによって、板状体の平面形状を簡易に、かつ、高精度に測定できることを見出し、本発明を完成させた。以下、本発明について説明する。

30

【0015】

第 1 の本発明は、一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された 3 のセンサを用い、当該 3 のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する方法であって、3 のセンサによって板状体のエッジ上の任意の計測点の位置を順次計測し、計測点が上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間を直線的に移動すると仮定することで、上流センサによって計測した計測点の実測位置および下流センサによって計測した計測点の実測位置から、中流センサによって計測したと推定される計測点の推定位置を計算し、推定位置と中流センサによって計測した計測点の実測位置とのずれを中流センサの視野ずれとみなすとともに、当該視野ずれを基に中流センサによる計測点の実測位置を補正して、板状体のエッジ形状を測定することを特徴とする、平面形状測定方法である。

40

【0016】

本発明において、「上流センサ」、「中流センサ」、および、「下流センサ」とは、それぞれ測定対象となる板状体のエッジ上の任意の計測点の位置を計測することができるセンサであれば特に限定されない。本発明に用いることができるこのようなセンサの具体例

50

としては、CCDカメラ、レーザー式、渦電流式、超音波式などの一般的な非接触型距離計などを挙げることができる。また、搬送路外の固定点からアームを伸張し、板状体のエッジに接触するまでのエッジ伸張長を測定することなどによっても計測点の位置を測定することができる。「板状体」とは、平面形状を測定する対象となる板状の部材であれば特に限定されず、具体例としては、鋼板などを挙げることができる。さらに、「計測位置」とは、上流センサ、中流センサ、および、下流センサのいずれかのセンサによって、測定対象である板状体上の計測点が位置を計測される場所を意味する。さらに、「計測点が上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間を直線的に移動すると仮定する」とは、実際には、計測点は上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間を蛇行しながら移動することがあり得るが、その移動軌跡の曲率を0に近似することを意味する。

10

【0017】

上記第2の本発明は、一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された3のセンサを用い、当該3のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する方法であって、3のセンサによって、板状体のエッジ上の複数の計測点の位置をそれぞれ順次計測した後、複数の計測点が上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間をそれぞれ直線的に移動すると仮定することで、複数の計測点のそれぞれについて、上流センサによって計測した計測点の実測位置および下流センサによって計測した計測点の実測位置から、中流センサによって計測したと推定される計測点の推定位置を計算し、推定位置と中流センサによって計測した計測点の実測位置とのずれを中流センサの視野ずれとみなすとともに、測定中における中流センサの視野ずれの変動を近似式で表し、近似式に基づいて中流センサによる計測点の実測位置を補正して、板状体のエッジ形状を測定することの特徴とする、平面形状測定方法である。

20

【0018】

ここに、「測定中における中流センサの視野ずれの変動を近似式で表し」とは、板状体のエッジ上の複数の計測点について、それぞれ推定位置と中流センサによって計測した計測点の実測位置とのずれ（中流センサの視野ずれ）を求めることによって、測定中における中流センサの視野ずれの変動を求めることができ、その変動を近似式で表すことを意味する。

【0019】

上記第2の本発明において、測定中における中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向または増加傾向にある場合、近似式を一次式とすることが好ましい。

30

【0020】

上記第2の本発明において、測定中における中流センサの視野ずれの変動が、減少傾向の後に増加傾向になる場合、または増加傾向の後に減少傾向になる場合、近似式を二次式とすることが好ましい。

【0021】

上記第1および第2の本発明において、板状体を鋼板とすることができる。

【0022】

第3の本発明は、一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された3のセンサ、および、3のセンサからの情報を処理する情報処理手段を備え、3のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する装置であって、3のセンサが、板状体のエッジ上の任意の計測点の位置を計測できる、計測機能を有し、情報処理手段が、計測点が上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間を直線的に移動すると仮定することで、上流センサによって計測した計測点の実測位置と下流センサによって計測した計測点の実測位置とから、中流センサによって計測したと推定される計測点の推定位置を計算する、推定機能、および、推定位置と中流センサによって計測した計測点の実測位置とのずれを中流センサの視野ずれとみなすとともに、当該視野ずれに基づいて中流センサによる計測点の実測位置を補正する、補正機能、を有することを特徴とする、平面形状測定装置である。

40

50

【0023】

第4の本発明は、一方向に、上流センサ、中流センサ、および、下流センサの順に配列された3のセンサ、および、3のセンサからの情報を処理する情報処理手段を備え、3のセンサに対して相対的に移動する板状体の平面形状を測定する装置であって、3のセンサがそれぞれ、板状体のエッジ上の複数の計測点の位置を順次計測できる、計測機能を有し、情報処理手段が、複数の計測点が上流センサによる計測位置と下流センサによる計測位置との間をそれぞれ直線的に移動すると仮定することで、複数の計測点のそれぞれについて、上流センサによって計測した計測点の実測位置と下流センサによって計測した計測点の実測位置とから、中流センサによって計測したと推定される計測点の推定位置を計算する、推定機能、および、推定位置と中流センサによって計測した計測点の実測位置とのずれを中流センサの視野ずれとみなすとともに、測定中における中流センサの視野ずれの変動を近似式で表し、当該近似式に基づいて中流センサによる計測点の実測位置を補正する、補正機能、を有することを特徴とする、平面形状測定装置である。

10

【0024】

上記第4の本発明において、情報処理手段が、測定中における中流センサの視野ずれの変動が減少傾向または増加傾向にある場合、近似式を一次式とする、補正機能を有することが好ましい。

【0025】

上記第4の本発明において、情報処理手段が、測定中における中流センサの視野ずれの変動が減少傾向の後に増加傾向になる場合または増加傾向の後に減少傾向になる場合、近似式を二次式とする、補正機能を有することが好ましい。

20

【0026】

上記第3および第4の本発明において、板状体を鋼板とすることができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、板状体の平面形状を簡易に、かつ、高精度に測定することができる、板状体の平面形状測定方法、および該測定方法を行える測定装置を提供することができる。

【0028】

本発明のこのような作用及び利得は、次に説明する発明を実施するための最良の形態から明らかにされる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

1. 板状体の平面形状測定方法

本発明の板状体の平面形状測定方法について以下に説明する。

【0030】

本発明の板状体の平面形状測定方法は、上述したような逐次3点法の欠点である累積誤差の影響を簡易に軽減し、高精度に板状体の平面形状を測定するものである。

【0031】

本発明の板状体の平面形状測定方法では、一方向に配列された3のセンサによって逐次3点法で板状体の平面形状を測定する際、測定対象である板状体のエッジ上の計測点が、その3のセンサのうち両端のセンサによる計測位置の間（計測区間）を直線的に移動すると仮定する。そう仮定することによって、計測区間における計測点の軌跡が直線からずれた場合は、そのずれをセンサの視野ずれに因るものと見なすことができる。そして、その視野ずれに基づいてセンサによる計測結果を補正することによって、板状体の平面形状を簡易に、かつ、高精度に測定することができる。

40

【0032】

以下に、センサの視野ずれの求め方について説明する。

【0033】

図1は、鋼板の製造ラインにおいて等間隔に設置された上流カメラ、中流カメラ、およ

50

び、下流カメラによって鋼板 10 のエッジ先端（計測点）14 の位置を計測している様子を概略的に示す図である。鋼板 10 は、紙面下方向から上方向に向かって搬送される。11 は上流カメラの視野、12 a は実際の中流カメラの視野、12 b は仮定の中流カメラの視野、13 は下流カメラの視野をそれぞれ示している。したがって、鋼板 10 上の計測点 14 は、まず上流カメラの視野 11 に捉えられ、その後順次中流カメラの視野 12、下流カメラの視野 13 に捉えられる。計測点 14 同士を結ぶ実線 15 は計測点 14 の軌跡を示している。

【0034】

このように、計測点 14 が、上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラの 3 台の各カメラによる計測位置を通過する際に、それぞれの計測位置での計測点 14 の x 座標（X a、X b、および X c）を求める。そして、その際、計測点 14 が上流カメラによる計測位置と下流カメラによる計測位置との間を直線的に移動する（実際には蛇行・斜行はありえるが、その移動軌跡の曲率は 0 に近似できる）と仮定する。そうすることによって、上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラで計測した計測点 14 の軌跡 15 は、図 1 に示すように直線で表すことができる。

【0035】

ここで、上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラの視野原点が厳密に一直線上にある場合（中流カメラの視野が破線で示した範囲 12 b である場合）、上流カメラ、中流カメラ、および、下流カメラが等間隔に設置されているため、上流カメラで計測した計測点 14 の x 座標 X a および下流カメラで計測した計測点 14 の x 座標 X c を用いて、中流カメラで計測した計測点 14 の x 座標を、 $X b' = (X a + X c) / 2$ であると予測することができる。

【0036】

しかし、中流カメラの実際の視野原点が上流カメラの視野原点および下流カメラの視野原点を結ぶ直線上にはない場合（中流カメラの視野が実線で示した範囲 12 a である場合）、中流カメラで実際に計測した計測点 14 の x 座標 X b と予想した計測点 14 の x 座標 X b' との間には、誤差 $\Delta X b = X b - X b'$ が生じる。この誤差 $\Delta X b$ を中流カメラの視野ずれ（この視野ずれとは、単にカメラの視野位置がずれることのみならず、例えば中流カメラに付設した光源のみが光量低下するなどしてエッジ推定位置に一定の偏差が生じ、画像中のエッジ座標が変化した場合も含まれる。）とみなす。

【0037】

本発明では、この視野ずれを用いて中流カメラによる計測結果を補正することによって、累積誤差の影響を簡易に抑制し、板状体の平面形状を高精度に測定することが可能となる。

【0038】

以下に、中流カメラの視野ずれの補正方法について説明する。

【0039】

中流カメラの視野ずれの補正の方法は、測定対象である板状体のエッジ上の複数の計測点について逐次直接補正する方法や、測定中における中流カメラの視野ずれの変動を求め、その変動を近似式で表して補正値を算出し、補正する方法などがある。以下に、測定中における中流カメラの視野ずれの変動を近似式で表して補正値を算出し、補正する方法について説明する。

【0040】

上述したような、1 枚の鋼板の形状を測定している間に中流カメラの視野ずれが一定であるパターンを含めて、図 2 に示すように、パターン 1～8 の 8 種類の中流カメラの視野変動パターンを模擬し、各パターンで中流カメラの視野が単位量変化した場合の擬似変形量を数値計算により求めた。ただし、接続回数は 24 回とした。接続回数 24 回の算出根拠は、鋼板製造ラインにおいて実現可能なセンサ同士の間隔を 850 mm と想定し、この条件で長さ 20 m の鋼板を撮影した場合の接続回数として算出した。結果を図 3 に示す。

【0041】

図 3 に示すように、パターン 1（中流カメラの視野が定常的に単位量ずれている状態）では最終的に生じる擬似変形量が 120 であった。これは、中流カメラの視野ずれが 0.1 mm であった場合、その 120 倍、つまり 12 mm の擬似変形が生じることを意味する。

【0042】

図 3 に示した結果からは、図 2 に示したパターン 1～3 のような場合に中流カメラの視野ずれによって最終的に生じる擬似変形が比較的大きくなることがわかる。したがって、特にパターン 1～3 のような場合の誤差を解消すれば、累積誤差を大きく低減することができる。

【0043】

パターン 1 のように視野ずれが一定の場合は、視野ずれの変動を一次式で表すことができ、その式を用いて中流カメラの視野原点の補正をすることによって、擬似変形量を 0 に抑制することが可能である。

【0044】

パターン 2 のように視野ずれの変動が減少（または増加）傾向にある場合、および、パターン 3 のように視野ずれの変動が減少傾向の後に増加傾向となる場合（または増加傾向の後に減少傾向となる場合）は、図 4 に示すように、視野ずれの変動を近似式で表すことができる。具体的にはパターン 2 のような場合は一次近似し、パターン 3 のような場合は二次近似することが好ましい。

【0045】

パターン 2 およびパターン 3 について、近似式を用いて視野原点の補正を試みた結果を図 5 に示す。図 5 に示すように擬似変形量は、パターン 2 の場合は約 11 に、パターン 3 の場合では約 5 に抑制可能であることが確認できた。

【0046】

これまでの説明では中流カメラの視野がずれた場合を仮定して説明しているが、実際には上流カメラまたは下流カメラ視野原点がずれた場合にも同様の誤差が生じる。しかし、上流カメラまたは下流カメラ視野原点がずれた場合であっても、上流カメラおよび下流カメラにおけるエッジ位置座標を真とみなせば、現象としては中流カメラの視野ずれが生じた場合と等価となり、中流カメラの視野位置を補正することで解決することができる。

【0047】

2. 板状体の平面形状測定装置

上述した板状体の平面形状測定方法を行うための、本発明の板状体の平面形状測定装置について、図面を参照しつつ以下に説明する。

【0048】

図 6 は、本発明の板状体の平面形状測定装置の構成を概略的に示す図である。

【0049】

図 6 に示すように、本発明の板状体の平面形状測定装置 60（以下、単に「測定装置 60」という。）は、鋼板搬送ライン 61 の鉛直上方において鋼板 62 の搬送方向（図中の矢印の方向）に沿って等間隔に配列された、上流カメラ 63、中流カメラ 64、および下流カメラ 65 と、上流カメラ 63、中流カメラ 64、および下流カメラ 65 からの情報を処理する、情報処理手段 70 と、情報処理手段 70 から出力される情報を表示する表示手段 80 と、を備える。

【0050】

測定装置 60 では、鋼板搬送ライン 61 上を搬送されてくる鋼板 62 のエッジを上流カメラ 63、中流カメラ 64、および下流カメラ 65 で撮影する。鋼板搬送ライン 61 には鋼板 62 に接触して回転するタッチローラ 69 が備えられており、タッチローラ 69 で鋼板 62 が一定距離搬送されたことを検知して、パルスが発生させ、そのパルスをトリガーとして、上流カメラ 63、中流カメラ 64、および下流カメラ 65 が鋼板 62 のエッジを同時に撮影する。

【0051】

上流カメラ６３、中流カメラ６４、および下流カメラ６５で撮影された画像は、画像処理装置６６に送られ、鋼板６２のエッジ上の計測点（例えば鋼板先端のエッジ位置、先端より１００mm通過後のエッジ位置、など）の位置情報を算出（この時点では視野ずれによる誤差を含む）する。そして、計測点の位置情報は入力ポート７１を介して情報処理手段７０へと送られる。情報処理手段７０には、計測点の位置情報から鋼板６２のエッジの形状を再構成する計算を行うＣＰＵ７２と、このＣＰＵ７２に対する記憶装置等が設けられている。ＣＰＵ７２は、マイクロプロセッサユニット及びその動作に必要な各種周辺回路を組み合わせる構成され、ＣＰＵ７２に対する記憶装置は、例えば、鋼板６２のエッジの再構成に必要なプログラムや各種データ等を記憶するＲＯＭ７４と、ＣＰＵ７２の作業領域として機能するＲＡＭ７３等を組み合わせる構成される。当該構成に加えて、さらに、ＣＰＵ７２が、ＲＯＭ７４に記憶されたソフトウェアと組み合わせられることにより、測定装置６０における情報処理手段７０が機能する。

10

【００５２】

以下に、ＣＰＵ７２で鋼板６２のエッジ形状が再構成される過程について説明する。

【００５３】

上述したように、鋼板６２のエッジ上の計測点は、上流カメラ６３、中流カメラ６４、および下流カメラ６５で撮影される。その際、計測点が上流カメラ６３による計測位置と下流カメラ６５による計測位置との間を直線的に移動すると仮定する。そうすることで、上流カメラ６３によって計測した計測点の実測位置と下流カメラ６５によって計測した計測点の実測位置とから、中流カメラ６４によって計測したと推定される計測点の推定位置を計算することができる。さらに、この推定位置と中流カメラ６４によって計測した計測点の実測位置とのずれを中流カメラ６４の視野ずれとみなすとともに、測定中における中流カメラ６４の視野ずれの変動を近似式で表し、当該近似式に基づいて中流カメラ６４による計測点の実測位置を補正する。そして、補正された計測点の位置情報を用いることによって、高精度に鋼板６２のエッジ形状を再構成することができる。

20

【００５４】

このようにして情報処理手段７０で鋼板６２のエッジ形状を再構成した結果は、出力ポート７５を介して表示手段８０へと出力され、測定結果を確認することができる。表示手段８０としては、モニタやプリンタなど適当なものを選択することができる。

【００５５】

これまでの本発明の説明では、鋼板の一つのエッジの形状を測定する過程に注目して説明したが、実際に鋼板の平面形状を再構成するためには、鋼板の幅方向両端のエッジ形状を測定する必要がある。以下に図７を用いて本発明の板状体の平面形状測定装置についてさらに説明する。図７は、本発明の板状体の平面形状測定装置の一形態例の外観を概略的に示す図である。

30

【００５６】

図７に示すように、本発明の板状体の平面形状測定装置４０（以下、単に「測定装置４０」という。）は、鋼板搬送ライン４１の鉛直上方に等間隔に設置された、上流カメラ列４３、中流カメラ列４４、および下流カメラ列４５を備える。さらに、上流カメラ列４３、中流カメラ列４４、および下流カメラ列４５のそれぞれには、基準側カメラ４３ａ、４４ａ、４５ａ、中央カメラ４３ｂ、４４ｂ、４５ｂ、およびフリー側カメラ４３ｃ、４４ｃ、４５ｃが備えられている。鋼板４２ａのエッジが揃って搬送される基準側の基準側カメラ４３ａ、４４ａ、４５ａは位置が固定されており、中央カメラ４３ｂ、４４ｂ、４５ｂおよびフリー側カメラ４３ｃ、４４ｃ、４５ｃはそれぞれ移動ステージ４６ｂ、４６ｃ、４７ｂ、４７ｃ、４８ｂ、４８ｃ上に設置されていて、幅方向に移動させることが可能である。上位コンピュータ（不図示）から得られる鋼板４２ａ、４３ｂの幅方向の寸法についての情報に基づいて移動ステージ４６ｂ、４６ｃ、４７ｂ、４７ｃ、４８ｂ、４８ｃ上で、中央カメラ４３ｂ、４４ｂ、４５ｂおよびフリー側カメラ４３ｃ、４４ｃ、４５ｃが移動し、基準側カメラ４３ａ、４４ａ、４５ａ、中央カメラ４３ｂ、４４ｂ、４５ｂ、および、フリー側カメラ４３ｃ、４４ｃ、４５ｃのそれぞれが鋼板４２ａ、４２ｂのエ

40

50

ッジを撮影することができる。

【0057】

本発明の板状体の平面形状測定方法では、上述したように、計測点が計測区間を直線的（移動軌跡の曲率0）に移動すると仮定する。そのため、計測点が計測区間を通過する際に、その計測点の移動軌跡が直線からずれる量、およびそのずれの発生パターンの累積結果として発生する擬似変形量が許容誤差範囲内であることが必要である。したがって、計測区間が長すぎることは好ましくなく、測定装置40では、上流カメラ列43、中流カメラ列44、および下流カメラ列45の間隔をそれぞれ850mmとしている。

【0058】

鋼板42a、42bは図中の矢印の方向に搬送され、鋼板42a、42bに接触しているタッチローラ49により鋼板42a、42bが一定距離搬送されたことを検知してパルスを発生させ、そのパルスをトリガーとして、カメラ43a、44a、45a、43b、44b、45b、43c、44c、45cが同時に鋼板42a、42bのエッジの画像を取得する。その後、得られた画像を処理し、鋼板の平面形状を再構成するまでの過程は、上述した計測装置60と同様である。

【実施例】

【0059】

測定装置40によって、全長1200mmの鋼板の平面形状の測定試験を行った。基準側の3台のカメラ43a、44a、45aによって鋼板のエッジ形状の測定した結果を図8に示す。図8は、鋼板上の計測点の位置と中流カメラの視野ずれとの関係（視野ずれの変動）およびその視野ずれの変動を二次近似した近似式を示している。

【0060】

上記試験において、用いた鋼板のエッジの実際の湾曲が-3mm（先後端を結ぶ直線に対して中央位置が3mm凹んでいる。）であったのに対して、視野ずれの補正を行わなかった場合に得られた測定結果では、エッジの湾曲が-8.8mmであり、視野ずれの補正を行った場合の測定結果では、エッジの湾曲が-2.7mmであった。すなわち、視野ずれの補正を行うことによって、実際の湾曲に対する測定結果の誤差は減少し、その誤差は10%になった。

【0061】

さらに、同様の試験を90回行い、視野ずれの補正を行った場合と行わなかった場合との比較を行った。その結果を図9に示す。図9(a)は、視野ずれの補正を行わなかった場合の、エッジの実際の湾曲と測定結果との関係を示す図であり、図9(b)は、視野ずれの補正を行った場合の、エッジの実際の湾曲と測定結果との関係を示す図である。図9から分かるように、視野ずれの補正を行った場合の方が行わなかった場合より、測定結果が実際の値により近いものとなることがわかる。なお、視野ずれの補正を行った場合の測定結果の標準偏差は1.35mmであった。

【0062】

このように、本発明によれば、最少3のセンサでそれらのセンサの設置誤差やエッジ測定精度のばらつきにより生ずる逐次多点法の累積誤差を簡易に軽減し、高精度に板状体の平面形状を測定することが可能である。

【0063】

以上、現時点において、もっとも、実践的であり、かつ、好ましいと思われる実施形態に関連して本発明を説明したが、本発明は、本願明細書中に開示された実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨あるいは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う板状体の平面形状測定方法および測定装置もまた本発明の技術的範囲に包含されるものとして理解されなければならない。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】鋼板の製造ラインにおいて等間隔に設置された3台のカメラによって鋼板のエッ

10

20

30

40

50

ジ先端の位置を計測している様子を概略的に示す図である。

【図 2】鋼板搬送中に起こりうると仮定した視野ずれ発生パターンを示す図である。

【図 3】視野ずれパターンと擬似変形量（誤差累積影響度）の相関を示す図である。

【図 4】視野ずれの変動およびその近似式を示す図である。

【図 5】視野ずれを補正処理したことによる擬似変形量の抑制効果を示す図である。

【図 6】本発明の板状体の平面形状測定装置の構成を概略的に示す図である。

【図 7】本発明の板状体の平面形状測定装置の一形態例の外観を概略的に示す図である。

【図 8】視野ずれの変動およびその近似式を示す図である。

【図 9】平面形状測定装置による測定結果と実際の鋼板の湾曲との関係を示す図である。

【図 10】製造ラインを搬送されている鋼板のエッジの形状をその鋼板の上方に設置されたカメラによって先端から後端まで複数回に分けて計測した後に再構成された鋼板の平面形状を示す図である。 10

【図 11】鋼板のエッジ形状を 3 台のカメラで測定する、逐次 3 点法を説明する図である。

【図 12】逐次 3 点法における擬似変形の発生原因を説明する図である。

【図 13】逐次 3 点法における誤差累積の発生原因を説明する図である。

【符号の説明】

【0065】

10 鋼板

11 上流カメラの視野

20

12 a 中流カメラの実際の視野

12 b 中流カメラの仮定の視野

13 下流カメラの視野

14 計測点

15 測定点の軌跡

60 平面形状測定装置

61 鋼板搬送ライン

62 鋼板

63 上流カメラ

64 中流カメラ

30

65 下流カメラ

69 タッチローラ

70 情報処理手段

90 鋼板

91 エッジ

100、110 鋼板

101、111 上流カメラの視野

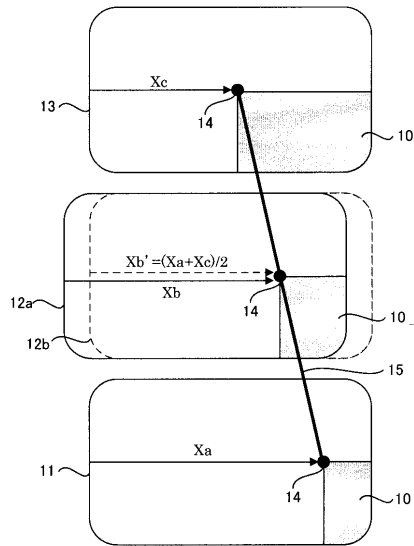
102、112 中流カメラの視野

103、113 下流カメラの視野

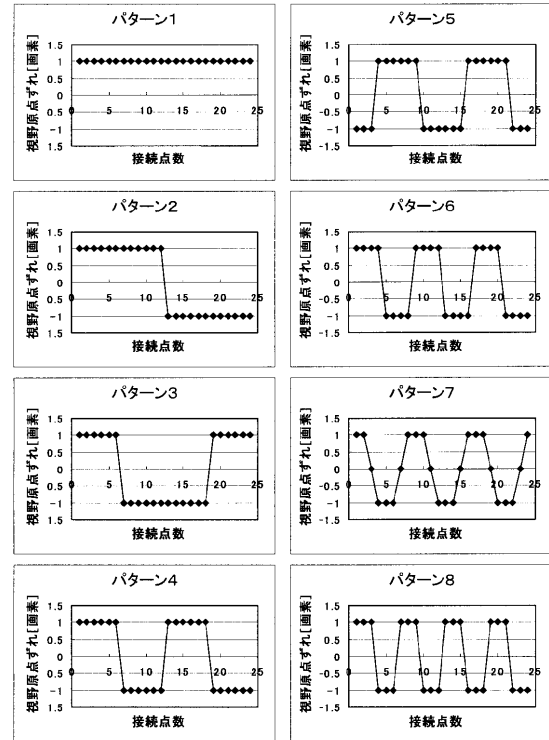
114、115、116 計測点

40

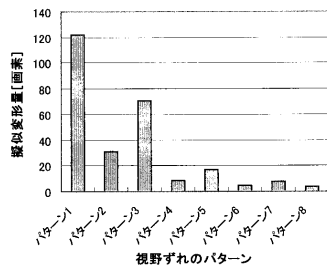
【図 1】



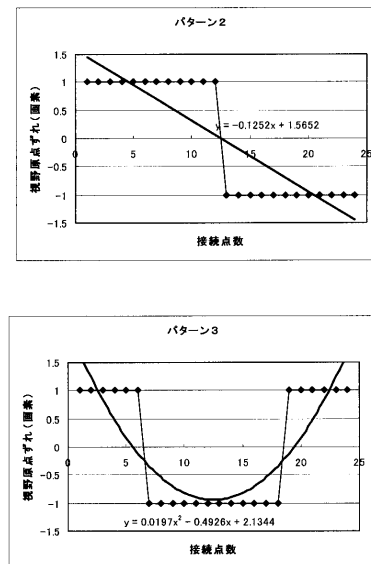
【図 2】



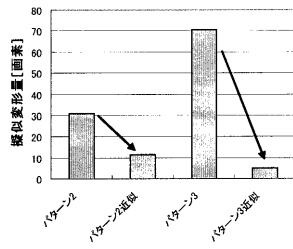
【図 3】



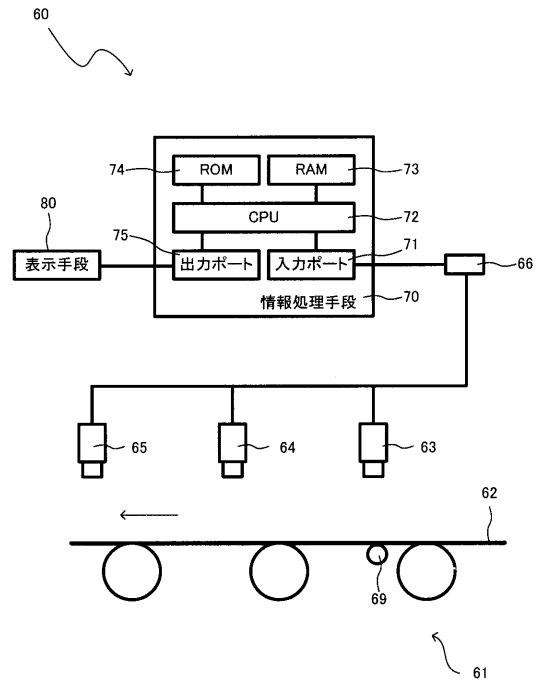
【図 4】



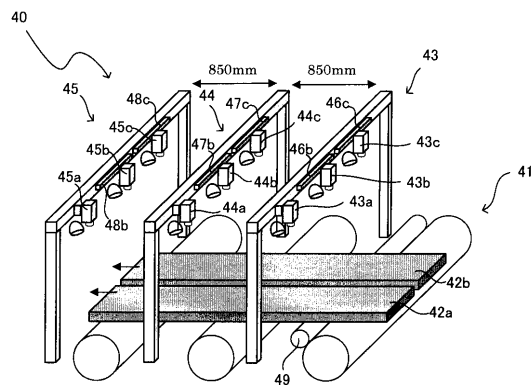
【図 5】



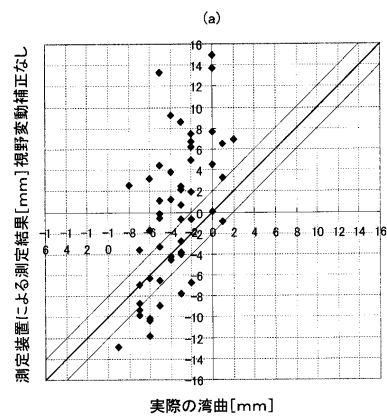
【図 6】



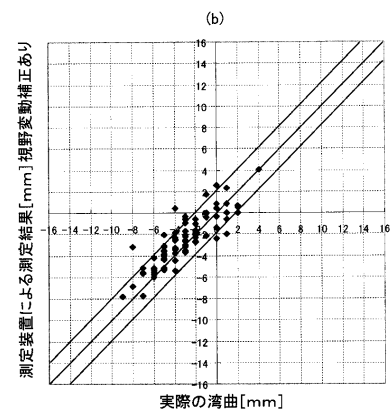
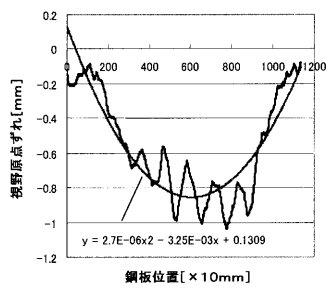
【図 7】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 秀之

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA12 AA51 BB13 BB15 CC06 EE00 FF42 FF67 JJ03

JJ05 PP16 QQ17 QQ23 SS02 SS11 SS13