

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5476776号
(P5476776)

(45) 発行日 平成26年4月23日(2014.4.23)

(24) 登録日 平成26年2月21日(2014.2.21)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 B	11/02	(2006.01)	GO 1 B	11/02	Z
B 6 O L	5/18	(2006.01)	B 6 O L	5/18	Z

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-94530 (P2009-94530)	(73) 特許権者	000006105
(22) 出願日	平成21年4月9日(2009.4.9)		株式会社明電舎
(65) 公開番号	特開2010-243417 (P2010-243417A)		東京都品川区大崎2丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年10月28日(2010.10.28)	(74) 代理人	100078499
審査請求日	平成23年12月9日(2011.12.9)		弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100074480
			弁理士 光石 忠敬
		(74) 代理人	100102945
			弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673
			弁理士 松元 洋
		(72) 発明者	下餅原 輝顕
			東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会 社明電舎内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トロリ線検測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記検出範囲抽出手段において、前記検出範囲内にある測定対象物のみを抽出して求めた前記座標から、トロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、

前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定され、該傾斜角を

$$r_{max} \cdot \sin \theta < a / \cos \theta$$

(ただし、 r_{max} は前記測域センサから前記トロリ線までの距離の最大値、 θ は前記測域センサの角度分解能、 a は前記トロリ線の半径)

とし、前記測域センサから前記トロリ線までの距離 r が前記測域センサの測定可能距離を超えないものとすることを特徴とするトロリ線検測装置。

【請求項2】

車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を

求めるトロリ線検測装置であって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の前記測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、

前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して前記車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたことを特徴とするトロリ線検測装置。

【請求項3】

車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の前記測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、

前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するとともに、前記車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたことを特徴とするトロリ線検測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測域センサを用いてトロリ線の高さ、変位を測定するトロリ線検測装置に関し、特に、測定時の誤差を低減し、精度の高い測定値を得ることができるトロリ線検測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電気車に電気を供給するための電線であるトロリ線は、レールからの高さや電力供給を受けるパンタグラフ上での偏位の範囲が決められていることから、その高さや偏位が所定範囲内に収まるようにトロリ線を保全する必要がある。これには、トロリ線の高さや偏位の測定が重要となる。

【0003】

従来、トロリ線を測定する方法としては例えば以下のようなものがある。第一に、パンタグラフのバネの部分にLEDなどの光源を二個ずつ上下に設置し、パンタグラフからの相対位置を求める方法である（例えば、特許文献1参照）。第二に、パンタグラフのバネの位置に光を反射しやすいマーカを取り付けてラインセンサで撮影し、パターンマッチングにより相対位置を検出する方法である（例えば、特許文献2参照）。第三に、トロリ線にロータリエンコーダを取り付けたポリゴンミラーを介してレーザ光を当て、ポリゴンミラーからトロリ線までの距離と、ロータリエンコーダから読み取れる回転角度をもとに、ポリゴンミラーからの相対位置を求める方法である（例えば、特許文献3参照）。

【0004】

また、上述した第一ないし第三の方法のほか、測域センサを用いてトロリ線の高さと偏位を求めることもできる。即ち、図12に示すように、車両1の屋根上に車両1の進行方向に平行な軸回りでトロリ線4をスキャンするように測域センサ2を設置する一方、車両1の内部に演算装置3を設置する。そして、測域センサ2においてレーザ光によりセンサの周囲を扇状にスキャンして得た測定対象物までの距離とステップ角とに基づき演算装置3において演算処理を行い、トロリ線の高さ及び偏位を求める。

【0005】

10

20

30

40

50

つまり、測域センサ 2 の正面を鉛直上方に向けて車両 1 に配置し、その車両 1 を走行させることで測域センサ 2 の設置場所からトロリ線 4 までの距離と角度を取得し、これらを演算装置 3 側で座標に変換することで、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの高さや偏位を求めるのである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2001 - 235310 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 104312 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 123787 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載された構成では接触力を測定するために二箇所に LED やマーカを取り付ける必要がある。さらにパンタグラフの高さ・偏位・接触力が同時に得られるような計算を行っているため、高さや偏位のみを得たい場合には不要な計算が発生してしまうという問題があった。また、特許文献 2 に記載された構成では、まず時空画像を生成してからパターンマッチングを行うため、リアルタイムに高さや偏位を得ることが困難であるという問題があった。

【0008】

20

一方、文献 3 や測域センサを用いた方法では直接的にトロリ線までの距離と角度が得られるため、最小限の計算でトロリ線までの高さや偏位が得られるという利点がある。しかし、図 12 に示したように測域センサ 4 を用いてトロリ線 4 の高さを測定する際、第一にトロリ線 4 の形状による誤差が生じるという問題、第二に測域センサ 2 の精度による誤差が生じるという問題の二つの問題が生じるおそれがあった。

【0009】

上記第一の問題は、図 13 に示すように、測域センサ 2 は一定の微小な角度ごとに放射線状に周囲をスキャンように構成されているため、測域センサ 2 からの距離が近いトロリ線 4 A を測定する場合と、測域センサ 2 からの距離が遠いトロリ線 4 B を測定する場合とでは、測域センサ 2 からの距離が遠いトロリ線 4 B を測定する場合の方が測定誤差が大きくなる可能性が高いという問題である。これは、トロリ線 4 A , 4 B の大きさが同じ場合であっても測域センサ 2 からの距離によって測域センサ 2 による一回のスキャンでトロリ線 4 A , 4 B を検出できる回数が異なる場合があるためである。

30

【0010】

即ち、測域センサ 2 によるトロリ線 4 の高さ測定では、一回のスキャンで得られるトロリ線 4 A , 4 B の座標のうちその位置が最も低い座標をトロリ線 4 の座標とする。ところが、トロリ線 4 A , 4 B の検出箇所 P_i が中心からずれると、図 14 に示すようにずれた分だけ最下点 P_j との誤差が大きくなる。この誤差を低減するには、角度分解能の高い測域センサを用いる必要があった。

【0011】

40

また、第二の問題は、測域センサ 2 そのものの精度によるものであり、この場合にも、より測定精度の高い測域センサを用いる必要があった。

【0012】

このようなことから本発明は、測域センサによる測定誤差を低減することを可能としたトロリ線検測装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の課題を解決する第 1 の発明に係るトロリ線検測装置は、車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置で

50

あって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記検出範囲抽出手段において、前記検出範囲内にある測定対象物のみを抽出して求めた前記座標から、トロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定され、該傾斜角を $r_{max} \cdot \sin < a / \cos$ (ただし、 r_{max} は前記測域センサから前記トロリ線までの距離の最大値、 $<$ は前記測域センサの角度分解能、 a は前記トロリ線の半径) とし、前記測域センサから前記トロリ線までの距離 r が前記測域センサの測定可能距離を超えないものとする

10

【0016】

上記の課題を解決する第2の発明に係るトロリ線検測装置は、車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の前記測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して前記車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたことを特徴とする。

20

【0017】

上記の課題を解決する第3の発明に係るトロリ線検測装置は、車両の屋根上に設置される測域センサと、前記車両の内部に設置される演算装置とを備え、前記測域センサの検出結果に基づいて前記演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、前記演算装置が、前記測域センサの操作を行う制御手段と、前記測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、前記測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の前記測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、前記測域センサが、そのスキャン平面が前記車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するとともに、前記車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0018】

上述した第1の発明に係るトロリ線検測装置によれば、車両の屋根上に設置される測域センサと、車両の内部に設置される演算装置とを備え、測域センサの検出結果に基づいて演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、演算装置が、測域センサの操作を行う制御手段と、測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、検出範囲抽出手段において、検出範囲内にある測定対象物のみを抽出して求めた座標から、トロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、測域センサが、そのスキャン平面が車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定され、該傾斜角を $r_{max} \cdot \sin < a / \cos$ (ただし、 r_{max} は測域センサからトロリ線までの距離の最大値、 $<$ は測域センサの角度分解能、 a はトロリ線の半径) とし、測域センサからトロリ線までの距離 r が測域センサの測定可能距離を超えないものとするので、測域センサによる測定誤差を低減す

40

50

ることができる。また、トロリ線を測定する領域を広くすることができるため、測域センサの角度分解能を変更することなく、一回のスキャンで一つのトロリ線を測定する回数を増加させることができ、測定値の精度が向上する。さらに、測域センサの測定可能距離内で確実にトロリ線の測定を行うことができる。

【0021】

第2の発明に係るトロリ線検測装置によれば、車両の屋根上に設置される測域センサと、車両の内部に設置される演算装置とを備え、測域センサの検出結果に基づいて演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、演算装置が、測域センサの操作を行う制御手段と、測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、測域センサが、そのスキャン平面が車両の進行方向に直交する面に対して車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたので、より角度分解能の高い測域センサを導入することなく、測域センサによる高さ方向の誤差を低減することができる。

10

【0022】

第3の発明に係るトロリ線検測装置によれば、車両の屋根上に設置される測域センサと、車両の内部に設置される演算装置とを備え、測域センサの検出結果に基づいて演算装置によりトロリ線の高さ及び偏位を求めるトロリ線検測装置であって、演算装置が、測域センサの操作を行う制御手段と、測域センサによって測定した測定対象物の位置を直交座標に変換した後、予め設定した検出範囲内にある測定対象物のみを抽出してその座標を求める検出範囲抽出手段と、測域センサによる一回のスキャンにおいて検出される複数の測定対象物の座標からトロリ線候補座標を検出するトロリ線座標検出手段と、トロリ線座標を特定のフォーマットで出力するログ出力手段とを備え、測域センサが、そのスキャン平面が車両の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで傾斜角を有するとともに、車両の幅方向に平行な軸回りで傾斜角を有するようにその設置角度を設定されたので、測域センサの高さ方向の誤差を低減しつつ、トロリ線の測域センサによって測定される領域を広げることができる。

20

【図面の簡単な説明】

30

【0023】

【図1】図1(a)は本発明の実施例1に係るトロリ線検測装置の適用例を示す正面図、図1(b)は図1(a)の側面図である。

【図2】図1(a)の上面図である。

【図3】本発明の実施例1における演算装置の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施例1におけるトロリ線検測の流れを示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施例1における測域センサとトロリ線との関係を示す説明図である。

【図6】本発明の実施例2に係るトロリ線検測装置の適用例を示す側面図である。

【図7】トロリ線の高さ及び偏位と測域センサの設置角度の関係を示す説明図である。

【図8】本発明の実施例3に係るトロリ線検測装置の適用例を示す側面図である。

40

【図9】本発明の実施例3における測域センサの設置角度と測定対象物の測定値との関係を示す説明図である。

【図10】本発明の実施例3における測域センサの設置角度と測定対象物の測定値との関係を示す他の説明図である。

【図11】本発明の実施例3における測域センサの設置角度と測定対象物の測定値との関係を示す他の説明図である。

【図12】図12(a)は従来のトロリ線検測装置の一例を示す正面図、図12(b)は図12(a)の側面図である。

【図13】測域センサから測定対象物までの距離と測域センサによる測定回数との関係を示す説明図である。

50

【図 1 4】測域センサによる測定対象物の測定誤差を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照しつつ本発明に係るトロリ線検測装置の詳細を説明する。

【実施例 1】

【0025】

図 1 乃至図 1 4 を用いて本発明に係るトロリ線検測装置の第一の実施例を説明する。

図 1 に示すように、本実施例に係るトロリ線検測装置は、車両 1 の屋根上にトロリ線 4 を測定可能に設置された測域センサ 2 と、車両 1 の内部に設置された演算装置 3 とを備えて構成されている。

10

【0026】

測域センサ 2 はレーザー光により測定領域 A としてその周囲を扇状にスキャンし、トロリ線 4 等の測定対象物までの距離とステップ角を演算装置 3 に出力するものであり、本実施例においては、図 2 に示すようにその正面を鉛直上方に向けるとともに、そのスキャン平面 S (測域センサ 2 によってスキャンされる面) が車両 1 の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸回りで角度 $(0^\circ < \phi < 90^\circ)$ だけ傾斜するようにその設置角度を設定されている。また、本実施例では、測域センサ 2 は図 1 に示す測定範囲 A (スキャン角度 270°) を 1080 ステップでスキャンするものとし、これにより角度分解能は 0.25° となっている。なお、図 1 中の符号 B は後述する検出範囲を示しており、図 1 (b) 及び図 2 においてはトロリ線 4 の直径を誇張して示している。また、図 1 (b) において斜線を付した部分はトロリ線 4 と測定範囲 A とが交差する面の例を示している。

20

【0027】

本実施例では、上述したように測域センサ 2 をそのスキャン平面 S が車両 1 の進行方向に直交する面に対して斜めになるように配置することにより、トロリ線 4 に対するスキャン幅 d' が、測域センサ 2 のスキャン平面 S を車両 1 の進行方向に直交させた場合のスキャン幅 d に比較して広がっている。そのため、相対的に角度分解能を向上させることが可能となり、測定対象物の形状による誤差を解消することができる。

【0028】

ここで、トロリ線 4 はその断面がほぼ円形である一方、パンタグラフに接する箇所、即ち測域センサ 2 によって位置を検出される面は平らになっているため、一つのトロリ線 4 に対して常に 1 スキャンで 2 回以上その位置の測定を行うことができれば十分な精度が得られると考えられる。

30

【0029】

図 1 及び図 2 に示すように測域センサ 2 を車両 1 の進行方向に直交する面に対して角度 ϕ だけ傾斜させて設置した場合のスキャン幅 d' [mm] は、従来のスキャン幅 d [mm] を用いて下式 (1) のように表される。

【0030】

【数 1】

$$d' = \frac{d}{\cos \phi} \quad (0 \leq \phi \leq 90^\circ) \quad \dots (1)$$

40

【0031】

以下に、一例として角度分解能 θ の測域センサ 2 を用いて直径 $2a$ のトロリ線 4 を検出する場合を考える。測域センサ 2 による測定対象物の位置測定は、図 1 3 に示し上述したように測域センサ 2 と測定対象物との間の距離に大きく影響される。

【0032】

例えば、測域センサ 2 をそのスキャン平面 S が車両 1 の正面に対して平行するように設置した場合、一回のスキャンで常に 2 回以上トロリ線を検出するための条件式は、測域センサ 2 からこの測域センサ 2 によって測定されるトロリ線 4 の位置までの距離 (以下、単

50

に「測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離」という) r [mm] を用いて下式 (2) のように表せる。

【0033】

【数 2】

$$r \cdot \sin \omega < a \quad \dots (2)$$

【0034】

例えば、測域センサ 2 の角度分解能を $= 0.25^\circ$ 、トロリ線 4 の直径を $2a = 12.37$ mm とした場合、(2) 式から、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離 r は約 $r < 1417.5$ mm となる。これに対し、トロリ線 4 は表 1 に示すようにレールから決まった高さと同位に存在しなければならないことが定められている。

10

【0035】

【表 1】

	在来線	新幹線
トロリ線上限高さ	5400mm	5300mm
標準高さ	5100mm	5000mm
トロリ線下限高さ	5000mm (高架線等: 4800mm)	4800mm
偏位	±250mm	±300mm

20

【0036】

表 1 に示すように、新幹線に使われるトロリ線 4 の場合は、レール面から最高 5300 mm の高さに敷設される。ここで、一例として新幹線の車高を 3360 mm とすると、車両 1 の上部からトロリ線 4 までの高さは最高 1940 mm となる。つまり、新幹線にこの測域センサ 2 を載せてトロリ線 4 を検出する場合には、1 スキャンにつき 1 回しか検出できない箇所があることが分かる。

30

【0037】

これに対し、本実施例に係るトロリ線検出装置を適用する場合は、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離の最大値を r_{\max} [mm] とした場合に下式 (3) を満たすような存在すればその有効性が確認される。

【0038】

【数 3】

$$r_{\max} \cdot \sin \omega < \frac{a}{\cos \phi} \quad \dots (3)$$

40

【0039】

一例として、測域センサ 2 の角度分解能を $= 0.25^\circ$ 、トロリ線 4 の直径を $2a = 12.37$ 、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離の上限を $r_{\max} = 1940$ mm とし上式を解くと、 $\cos \phi < 0.7306\dots$ 、即ち $\phi > 43.05\dots$ となる。従って、車両 1 の進行方向に直交する面に対して測域センサ 2 を例えば設置角度 $= 45^\circ$ で配置すれば、一回のスキャンで常に 2 回以上トロリ線 4 を測定することができることがわかる。このように、本実施例によれば測域センサ 2 による測定誤差を低減し、測定精度を向上させることが可能となる。

【0040】

50

なお、本実施例では、車両 1 の正面に対する測域センサ 2 の設置角度 ϕ を 90° に近づけるほどトロリ線 4 に対するスキャン範囲を広く採ることができる。しかし設置角度 ϕ を 90° に近づけると、図 5 に示すように、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離 r [mm] が大きくなってしまふ。これに対し、測域センサ 2 は測定可能範囲が決まっており、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離 r が測域センサ 2 の測定可能距離 R を越えないようにする必要がある。

【0041】

例えば、測域センサ 2 の角度分解能 $\Delta\phi = 0.25^\circ$ 、測定可能距離が $R = 4095$ mm、トロリ線 4 の偏位の限界が $w_{\max} = 300 / \cos\phi$ [mm]、車両 1 の上部からトロリ線 4 までの高さが $h = 1940$ mm である場合、測域センサ 2 の設置角度 ϕ は下式 (4) の条件を満たす必要がある。

10

【0042】

【数 4】

$$\sqrt{\left(\frac{300}{\cos\phi}\right)^2 + 1940^2} < 4095 \quad \dots (4)$$

【0043】

(4) 式から、測域センサ 2 の設置角度の範囲は $\phi < 85.228^\circ$ となる。このように、測域センサ 2 の角度分解能 $\Delta\phi$ 、トロリ線 4 の偏位の上限 w_{\max} 、車両 1 の上部からトロリ線 4 までの高さの上限 h_{\max} に応じて測域センサ 2 の設置角度 ϕ を調整するようによればよい。

20

【0044】

このように構成される測域センサ 2 に対し、演算装置 3 は測域センサ 2 による測定結果に基づいてトロリ線 4 の高さや偏位等を算出する部分である。この演算装置 3 には、図 3 に示すように制御部 31、第一メモリ 32、検出範囲抽出部 33、第二メモリ 34、トロリ線座標検出部 35、第三メモリ 36、ログ出力部 37 が設けられている。

【0045】

制御部 31 は測域センサ 2 の操作を行い、測域センサ 2 によって検出された測定対象物の距離・角度データは第一メモリ 32 に格納される。検出範囲抽出部 33 は、第一メモリ 32 から取り出した距離・角度データに基づき、予め設定した検出範囲 B 内に存在する測定対象物の座標を対象物座標として抽出する。検出範囲 B は、測定範囲 A 内に、トロリ線 4 の高さ方向及び水平方向の偏位に基づいて設定される。

30

【0046】

より詳しくは、まず、測域センサ 2 から送られてきた距離・角度データの余弦 x [mm]・正弦 y [mm] を取り、測域センサ 2 にとっての直交座標に変換する。続いて、更に $x = x \cdot \cos\phi$ [mm]、 $y = y \cdot \sin\phi$ [mm] により、測域センサ 2 によって取得した測定結果を実際の直交座標に変換する。その後、この座標が検出範囲 B 内に存在するかどうかを判断し、検出範囲 B 内に存在する測定対象物の座標を対象物座標として出力する。検出範囲抽出部 33 から出力された対象物座標は第二メモリ 34 に格納される。

40

【0047】

トロリ線座標検出部 35 は、第二メモリ 34 から取り出した一回のスキャンで連続して得られる複数の対象物座標のうち、最もその位置が低い座標をトロリ線 4 の座標とみなし、これをトロリ線座標として出力する。なお、一回のスキャンで連続して測定対象物を検出した後に、間隔をおいて検出範囲 B 内で再度測定対象物を検出した際には、二度目に検出された測定対象物を新たなトロリ線とみなし、第二のトロリ線の座標として出力する。トロリ線座標検出部 35 から出力されたトロリ線座標は第三メモリ 36 に格納される。

【0048】

ログ出力部 37 は、第三メモリ 36 から取り出したトロリ線座標を履歴データとして特定のフォーマットで出力する。そしてこのログ出力部 37 から出力された履歴データを口

50

グ L として保管する。

【 0 0 4 9 】

図 4 に示すように、本実施例に係るトロリ線検測装置によりトロリ線の測定を行う場合、演算装置 3 では、まず、制御部 3 1 により測域センサ 2 を操作してトロリ線 4 の測定を開始し、測域センサ 2 によって求めた測定範囲 A 内にある測定対象物までの距離及び角度のデータを取得する（ステップ P 1）。続いて、検出範囲抽出部 3 3、トロリ線座標検出部 3 5 によりトロリ線 4 の判定を行い（ステップ P 2）、ログ出力部 3 7 により履歴データを出力する（ステップ P 3）。上記ステップ P 1 からステップ P 3 の工程を測定終了まで繰り返す（ステップ P 4）。

【 0 0 5 0 】

このように構成される本実施例に係るトロリ線検測装置によれば、従来に比べてトロリ線 4 を測定する際のスキャン範囲を広く採ることができるため、一回のスキャンでトロリ線 4 を検出可能な回数が増加する。従ってより精度の高い測定値を得ることができる。また、測定結果の精度向上のために、より角度分解能の高い測域センサを導入する必要がなくなる。

【実施例 2】

【 0 0 5 1 】

図 6 及び図 7 を用いて本発明に係るトロリ線検測装置の第 2 の実施例を説明する。本実施例は図 1 乃至図 1 4 に示し上述した実施例 1 に係るトロリ線検測装置とは測域センサ 2 の設置角度が異なるものである。その他の構成は実施例 1 に係るトロリ線検測装置と概ね同様であり、以下、同一の作用を奏する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略し、異なる点を中心に説明する。

【 0 0 5 2 】

図 6 に示すように、本実施例において測域センサ 2 はそのスキャン平面 S が水平面に対して車両 1 の幅方向に平行な軸周りで角度 $(0 < \theta < 90^\circ)$ だけ傾斜した状態となるように、換言すると、車両 1 の進行方向に直交する面に対して車両 1 の幅方向に平行な軸回りで角度 $(90^\circ - \theta)$ だけ傾斜した状態となるように設置されている。

【 0 0 5 3 】

ここで、測域センサ 2 のセンサ固有誤差 E [mm] は、常に測域センサ 2 のスキャン平面 S の方向に発生する。従って、測域センサ 2 を水平面に対して角度 θ だけ傾けたとき、高さ方向の誤差 E' [mm] は下式 (5) で表される。

$$E' = E \sin \theta \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 4 】

例えば測域センサ 2 のセンサ固有誤差を $E = \pm 30$ mm、測域センサ 2 の設置角度を $\theta = 45^\circ$ とすると、(5) 式から高さ方向の誤差 E' は下式 (6) に示す値となる。

$$E' = E \sin 45^\circ = \pm 21.21 \dots \quad \dots (6)$$

【 0 0 5 5 】

即ち、本実施例では、測域センサ 2 の設置角度 θ を小さくすればするほど誤差を低減することができる。ただし、設置角度 θ を小さくすると図 7 に示すように測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離 r [mm] が大きくなる。このため、設置角度 θ は車両 1 の上部からトロリ線 4 までの高さ h 、測定可能距離 R 、トロリ線 4 の偏位 w とすると、下式 (7) を満たす必要がある。

【 0 0 5 6 】

【数 5】

$$\sqrt{\left(\frac{h}{\sin \theta}\right)^2 + w^2} < R \quad \dots (7)$$

【 0 0 5 7 】

例えば測域センサ 2 の測定可能距離 $R = 4095$ mm、車両の屋根からトロリ線 4 まで

10

20

30

40

50

での高さの限界を $h = 1940 \text{ mm}$ 、トロリ線 4 の偏位を $w = 0 \text{ mm}$ とすると、測域センサ 2 の設置角度は (7) 式より、 $> 28.27 \dots$ となる。

【0058】

本実施例に係るトロリ線検測装置によるトロリ線 4 の検出手順を以下に示す。本実施例において、検出範囲抽出部 33 では、第一メモリ 32 から取り出した測定対象物の距離・角度データに対して、これの余弦 x [mm]・正弦 y [mm] を取り、測域センサ 2 にとっての直交座標に変換する。更に $x = x \cos \theta$ [mm]、 $y = y \sin \theta$ [mm] により、実際の直交座標に変換する。その後、 x, y が検出範囲 B に入っていれば対象物座標、即ち、トロリ線の座標候補として第二メモリ 34 に格納する。

【0059】

このように構成される本実施例に係るトロリ線検測装置によれば、測域センサ 2 の高さ方向の誤差を低減することができる。また、測定精度向上のためにより精度の高い測域センサ 2 を導入する必要がなくなる。

【実施例 3】

【0060】

図 8 乃至図 11 を用いて本実施例に係るトロリ線検測装置の第 3 の実施例を説明する。

図 8 に示すように、本実施例は上述した実施例 1 及び実施例 2 の構成を組み合わせたものである。即ち、本実施例において測域センサ 2 は、そのスキャン平面 S が車両 1 の進行方向に直交する面に対して鉛直方向に平行な軸周りに角度 θ だけ傾斜しているとともに、水平面に対して車両 1 の幅方向に平行な軸周りに角度 ϕ だけ傾斜するようにその設置角度を設定されている。

【0061】

以下に、測域センサ 2 の水平面に対する傾き θ の範囲の数値例を示す。

【0062】

図 9 乃至図 11 に示すように測定対象物（トロリ線 4）の検出点 P をスキャン平面の y 軸に正射影した点を Q、点 P と点 Q を水平面 S' に正射影した点を P', Q' とする。ここで、測域センサ 2 から測定対象物（トロリ線 4）までの距離 OP を r [mm]、平面 S' から検出点 P までの距離 PP' = QQ' を h [mm]、OP' を p [mm] とすると、測域センサ 2 から測定対象物（トロリ線 4）までの距離 r は下式 (8) で表される。

$$r^2 = p^2 + h^2 \quad \dots (8)$$

【0063】

図 11 から $h = p \cos \phi \tan \theta$ であるから、これを (8) 式に代入して測域センサ 2 から測定対象物（トロリ線 4）までの距離 r は下式 (9) で表される。

【0064】

【数 6】

$$r = h \sqrt{1 + \frac{1}{\cos^2 \phi \tan^2 \theta}} \quad \dots (9)$$

【0065】

ここで、測域センサ 2 から測定対象物（トロリ線 4）までの距離 r は、実施例 1 で示した (2) 式から下式 (10) の関係を満たす必要がある。

【0066】

【数 7】

$$h \sqrt{1 + \frac{1}{\cos^2 \phi \tan^2 \theta}} \sin \omega < \frac{a}{\cos \phi} \quad \dots (10)$$

【0067】

以上を $\cos \theta$ について整理すると、下式 (11) が得られる。

10

20

30

40

50

【0068】

【数8】

$$\cos^2 \phi < \left(\frac{a^2}{h^2 \cdot \sin^2 \omega} - \frac{1}{\tan^2 \theta} \right) \dots (11)$$

【0069】

ここで、 $\cos^2 \phi > 0$ であるから、上記不等式の右辺は0より大きくなる。従って、例えば測域センサ2からトリ線4までの高さを $h = 1940 \text{ mm}$ 、測域センサ2の角度分解能を $\omega = 0.25^\circ$ 、トリ線4の直径を $2a = 12.37$ 、トリ線4の偏位を $w = 0$ とすると、 $\tan \theta > 1.3686 \dots$ 、即ち $\theta > 53.3885^\circ$ が得られる。

10

【0070】

また、測域センサ2の傾斜角 θ の範囲は、上記(11)式から下式(12)で与えられる(ただし、 $\theta > 53.3885^\circ$)。

【0071】

【数9】

$$\phi = \arccos \left(\sqrt{\frac{12.37^2}{2^2 \cdot 1940^2 \cdot \sin^2(0.25)} - \frac{1}{\tan^2 \theta}} \right) \dots (12)$$

20

【0072】

測域センサ2からトリ線4までの距離 r は、トリ線4が最大偏位の位置にあるとき(例えば、 $w = 300 \text{ mm}$)に最大となる。いま、図10の平面 S を角度 θ だけ傾斜した座標系における座標 (x, y) は、図9のパラメータを用いて下式(13)のように表される。

【0073】

【数10】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \cos \psi \\ r \sin \psi \cos \theta \end{pmatrix} \dots (13)$$

30

【0074】

更に図9乃至図11から下式(14)が得られる。

$$r \sin \theta \sin \phi = h \dots (14)$$

【0075】

これらを $x = 300 \text{ mm}$ 、 $h = 1940 \text{ mm}$ として整理すると測域センサ2からトリ線4までの距離 r [mm] は下式(15)で表される。

【0076】

【数11】

$$r = \sqrt{\left(\frac{300}{\cos \phi} + 1940 \frac{\tan \phi}{\tan \theta} \right)^2 + \left(\frac{1940}{\sin \theta} \right)^2} \dots (15)$$

40

【0077】

上記(13)式において r が測域センサの測定可能距離 R を越えないように、例えば $r < 1940 \text{ mm}$ を満たすようにパラメータ ϕ 、 θ の範囲を求めると、最小の ϕ とそれに対応する θ はそれぞれ $\phi = 59^\circ$ 、 $\theta = 66^\circ$ となる。

【0078】

このように構成される本実施例に係るトリ線検測装置において、検出範囲抽出部33では、まず、測域センサ2から送られてきた距離 r 、角度 θ のデータから余弦 $x = r \cos \theta$ 、正弦 $y = r \sin \theta$

50

y を取り、測域センサ 2 にとっての直交座標に変換する。次に $x = x \cos \theta$ 、 $y = y \cos \theta$ により、スキャン平面 S を設置角度 θ だけ傾斜させた直交座標に変換する。更に、 $x = x \cos \theta - y \sin \theta$ 、 $y = r \sin \theta \sin \alpha$ により、実際の直交座標に変換する。その後、 x, y が検出範囲 B に入っていれば対象物座標、即ち、トロリ線 4 の座標候補として第二メモリ 34 に格納する。

【0079】

トロリ線 4 の偏位 x [mm] と高さ y [mm] は最終的に図 9 乃至図 11 に示すパラメータを用いて下式 (16)、(17) で表される。

$$x = r \cos \theta \cos \alpha - r \sin \theta \sin \alpha \cos \beta \quad \dots (16)$$

$$y = r \sin \theta \sin \alpha \quad \dots (17)$$

10

【0080】

本実施例に係るトロリ線検測装置によれば、測域センサの高さ方向の誤差を低減しつつ、測定範囲を広げることができる。また、上述した実施例 2 に比較して、角度分解能の高い測域センサを導入することなく、測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離が離れることによって、一回のスキャンでトロリ線 4 を検出できる回数が減る可能性を低減することができる。

【0081】

上述した実施例 2 に係るトロリ線検測装置では、実施例 1 で述べた測域センサ 2 からトロリ線 4 までの距離により十分な測定精度を得られなくなる問題に対し、角度分解能の高い測域センサを用いることが必要となる。これに対し、本実施例に係るトロリ線検測装置は、実施例 1 と実施例 2 を組み合わせることにより、測域センサ 2 を交換することなく測域センサ 2 固有の誤差の影響を低減し、さらに測定範囲を拡張することを特徴とする。本実施例において、測域センサ 2 のスキャン平面 S によってスキャンされるトロリ線 4 の幅については実施例 1 と同様の議論ができ、測域センサ 2 の誤差については実施例 2 と同様の議論ができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0082】

本発明は、測域センサを用いてトロリ線の高さ・偏位を測定するトロリ線検測装置に適用可能である。

【符号の説明】

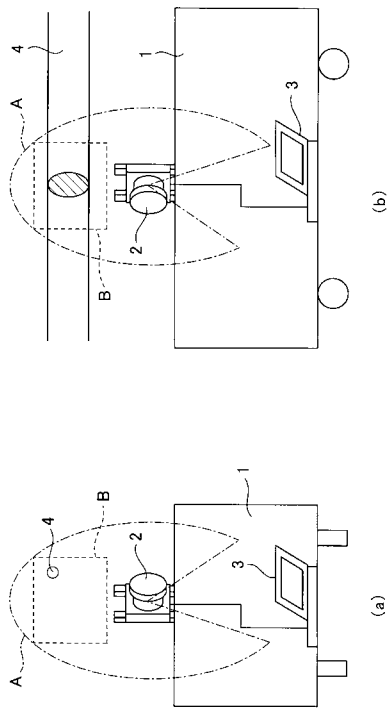
30

【0083】

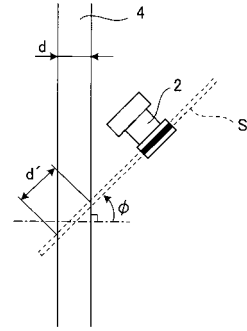
- 1 車両
- 2 測域センサ
- 3 演算装置
 - 31 制御部
 - 32 第一メモリ
 - 33 検出範囲抽出部
 - 34 第二メモリ
 - 35 トロリ線座標検出部
 - 36 第三メモリ
 - 37 ログ出力部
 - 38 ログ
- 4 トロリ線
- A 測定範囲
- B 検出範囲
- S スキャン平面

40

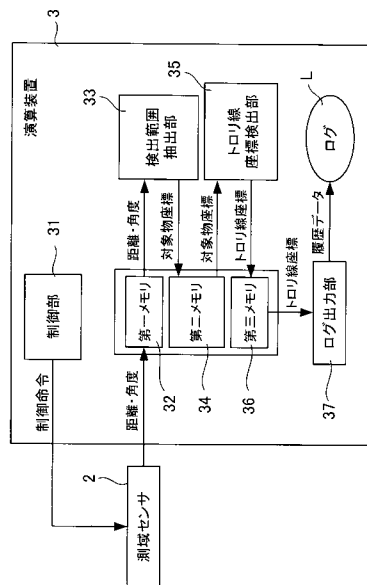
【図1】



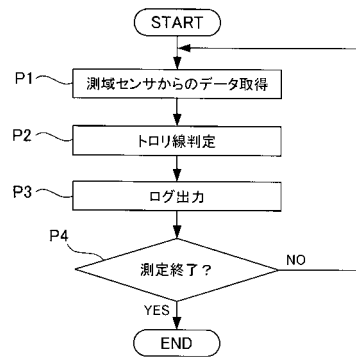
【図2】



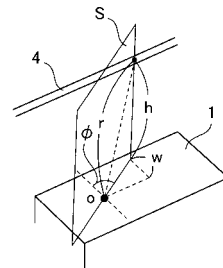
【図3】



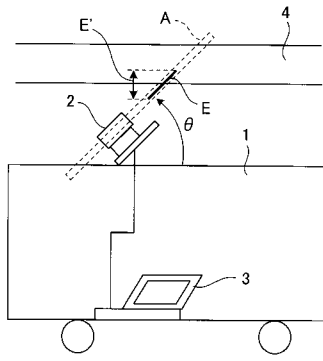
【図4】



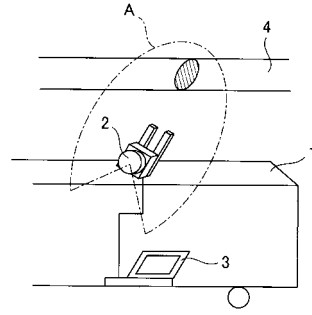
【図5】



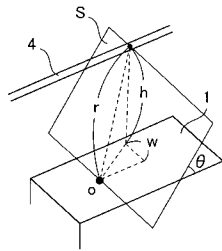
【図6】



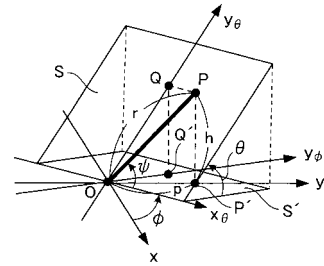
【図8】



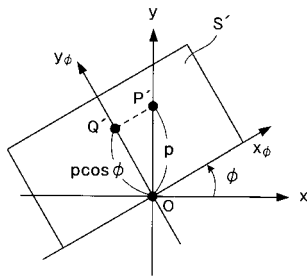
【図7】



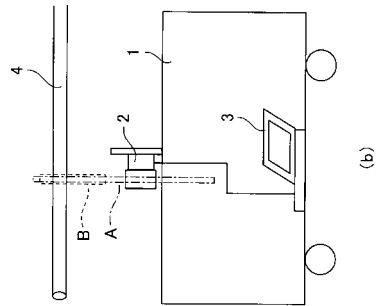
【図9】



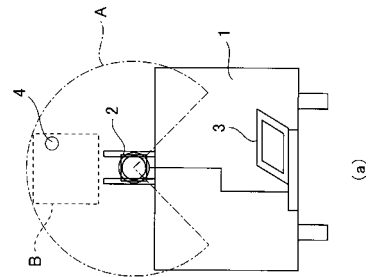
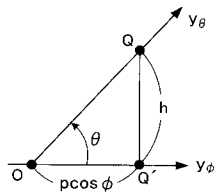
【図10】



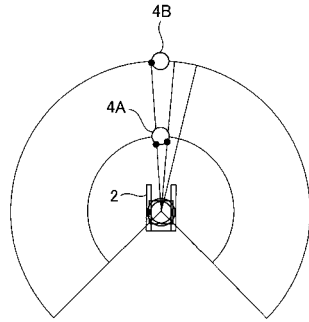
【図12】



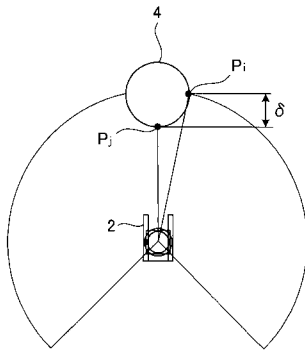
【図11】



【 図 13 】



【 図 14 】



フロントページの続き

(72)発明者 藤澤 貴雅
東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会社明電舎内

審査官 中川 康文

(56)参考文献 特開2006-123787(JP,A)
特開平11-203588(JP,A)
特開2008-033750(JP,A)
特開平06-307832(JP,A)
特開2001-050723(JP,A)
特開2001-051058(JP,A)
特開2001-235310(JP,A)
特開2002-279409(JP,A)
特開2003-057342(JP,A)
特開2008-104312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 5/00 - 5/42
G01B 11/00 - 11/30
G01S 7/48 - 7/51; 17/00 - 17/95