

(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2020-6845

(P2020-6845A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 1 L 23/00 (2006.01)	B 6 1 L 23/00 A	5 H 1 6 1
G 0 6 T 7/60 (2017.01)	G 0 6 T 7/60 1 5 O G	5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2018-130547 (P2018-130547)	(71) 出願人	000006105
(22) 出願日	平成30年7月10日 (2018.7.10)		株式会社明電舎
			東京都品川区大崎2丁目1番1号
		(74) 代理人	110002077
			園田・小林特許業務法人
		(72) 発明者	渡部 勇介
			東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会
			社明電舎内
		(72) 発明者	深井 寛修
			東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会
			社明電舎内
		(72) 発明者	山本 大樹
			東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会
			社明電舎内
		Fターム(参考)	5H161 AA01 MM05 MM12 NN10 QQ03
			5L096 AA06 CA02 FA68 FA69

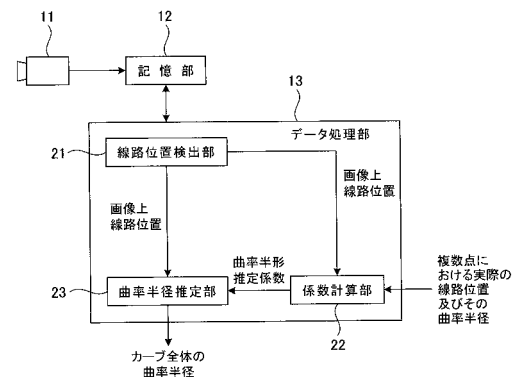
(54) 【発明の名称】 線路曲率推定装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】各種パラメータを精密に測定せずとも、線路の曲率を簡便に求めることができる線路曲率推定装置及び方法を提供する。

【解決手段】車両1に設置され、車両1の進行方向の線路2上におけるカーブを撮像するエリアセンサカメラ11と、エリアセンサカメラ11にて取得した画像Aに基づき、前記カーブの曲率半径を求める処理部13とを備え、処理部13は、前記カーブの画像上線路位置Dを求める線路位置検出部21と、前記カーブ上の複数点における実線路位置d及びその曲率半径Rの情報が予め入力され、前記カーブのうち、複数点における実線路位置dに対応する画像上線路位置Dとその曲率半径Rとの対応関係である曲率半径推定係数を求める係数計算部22と、前記カーブの前記画像上の位置及び前記対応関係に基づき、前記カーブの曲率半径を求める曲率半径推定部23とを備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に設置され、該車両の進行方向の線路上におけるカーブを撮像するカメラと、
前記カメラにて取得した画像に基づき、前記カーブの曲率半径を求める処理部とを備え

、
前記処理部は、

前記カーブの前記画像上の位置を求める線路位置検出部と、

前記カーブ上の複数点における実際の位置及びその曲率半径の情報が予め入力され、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径との対応関係を求める係数計算部と、

前記カーブの前記画像上の位置及び前記対応関係に基づき、前記カーブの曲率半径を求める曲率半径推定部とを備える

ことを特徴とする線路曲率推定装置。

【請求項 2】

前記カーブの前記画像上の位置、及び、前記複数点における実際の位置は、ともに枕木方向における位置であり、

前記係数計算部は、前記画像上の枕木方向における位置及び曲率の値をそれぞれ座標軸とした平面座標において、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径の逆数の曲率を示す点をプロットし、プロットされた複数の前記点から前記対応関係を直線式として求める

ことを特徴とする請求項 1 に記載の線路曲率推定装置。

【請求項 3】

前記複数点が 2 点の場合、

前記係数計算部は、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記 2 点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた 2 つの前記点を通る直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする請求項 2 に記載の線路曲率推定装置。

【請求項 4】

前記複数点が 3 点以上の場合、

前記係数計算部は、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記 3 点以上の点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた 3 つ以上の前記点の近似直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする請求項 2 に記載の線路曲率推定装置。

【請求項 5】

前記係数計算部に予め入力される前記複数点における実際の位置、及び、前記線路位置検出部が求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに軌道中心の位置である

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の線路曲率推定装置。

【請求項 6】

前記係数計算部に予め入力される前記複数点における実際の位置、及び、前記線路位置検出部が求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに片側線路の位置である

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の線路曲率推定装置。

【請求項 7】

線路において測定対象となるカーブ上の複数点における実際の位置及びその曲率半径を取得する第 1 ステップと、

車両に設置されたカメラにより該車両の進行方向の線路上における前記カーブを撮像する第 2 ステップと、

前記カメラにて取得した画像から前記カーブの該画像上の位置を求める第 3 ステップと

、
前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径との対応関係を求める第 4 ステップと、

前記カーブの前記画像上の位置及び前記対応関係に基づき、前記カーブの曲率半径を求める第5ステップとを備える

ことを特徴とする線路曲率推定方法。

【請求項8】

前記カーブの前記画像上の位置、及び、前記複数点における実際の位置は、ともに枕木方向における位置であり、

前記第4ステップでは、前記画像上の枕木方向における位置及び曲率の値をそれぞれ座標軸とした平面座標において、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径の逆数の曲率を示す点をプロットし、プロットされた複数の前記点から前記対応関係を直線式として求める

10

ことを特徴とする請求項7に記載の線路曲率推定方法。

【請求項9】

前記複数点が2点の場合、

前記第4ステップは、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記2点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた2つの前記点を通る直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする請求項8に記載の線路曲率推定方法。

【請求項10】

前記複数点が3点以上の場合、

前記第4ステップは、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記3点以上の点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた3つ以上の前記点の近似直線の前記直線式を求める

20

ことを特徴とする請求項8に記載の線路曲率推定方法。

【請求項11】

前記第1ステップにおいて取得する前記複数点における実際の位置、及び、前記第3ステップにおいて求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに軌道中心の位置である

ことを特徴とする請求項7から10のいずれか1項に記載の線路曲率推定方法。

【請求項12】

前記第1ステップにおいて取得する前記複数点における実際の位置、及び、前記第3ステップにおいて求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに片側線路の位置である

30

ことを特徴とする請求項7から10のいずれか1項に記載の線路曲率推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄道分野における画像処理による線路曲率推定装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、鉄道線路におけるカメラを用いたカーブの曲率の計測には、下記特許文献1のように、車両中心位置やカメラ位置などのパラメータを正確に測定し、これらのパラメータから計算により導出する方法がある。なお、下記特許文献1の目的は建築限界内の支障物の有無を測定するものであるが、下記特許文献1では、建築限界枠を計算するために必要な線路の曲率を画像処理にて求めており、またその方式が記述されている。

40

【0003】

下記特許文献1には、線路を走行する車両に設置される、動画の撮影が可能なカメラと、上記カメラにより撮影される画像と上記車両の速度情報とを同期する画像同期装置とを有し、上記カメラが設置された上記車両を走行させながら上記カメラにより進行方向前方の線路空間を撮影し、上記線路上の互いに異なる位置であって、上記速度情報を用いて計算されるそれらの間の距離が選択された距離になる位置で撮影された、2枚の画像を比較することにより、上記線路空間における支障物の有無を検知する線路空間支障物検知システムが開示されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2016-000598号公報

【特許文献2】特開2016-091506号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1は、車両前方に取り付けられたカメラの画像、車両の回転中心、及び、カメラの高さ等のパラメータから、対象とするカーブの曲率を計算して求める方式となっており、それゆえ当該パラメータを精密に測定する必要がある。

10

【0006】

しかしながら、上記パラメータを精密に測定するのは構造上非常に難しいうえ、上記パラメータの測定誤差が曲率の計算に与える影響は大きい。さらに、フレーム毎に計算を行う必要があり、処理コストがかかるといった課題がある。

【0007】

上記技術的課題に鑑み、本発明は、各種パラメータを精密に測定せずとも、線路の曲率を簡便に求めることができる線路曲率推定装置及び方法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】

【0008】

20

上記課題を解決するための第1の発明に係る線路曲率推定装置は、車両に設置され、該車両の進行方向の線路上におけるカーブを撮像するカメラと、前記カメラにて取得した画像に基づき、前記カーブの曲率半径を求める処理部とを備え、

前記処理部は、

前記カーブの前記画像上の位置を求める線路位置検出部と、

前記カーブ上の複数点における実際の位置及びその曲率半径の情報が予め入力され、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径との対応関係を求める係数計算部と、

前記カーブの前記画像上の位置及び前記対応関係に基づき、前記カーブの曲率半径を求める曲率半径推定部とを備える

30

ことを特徴とする。

【0009】

上記課題を解決するための第2の発明に係る線路曲率推定装置は、

上記第1の発明に係る線路曲率推定装置において、

前記カーブの前記画像上の位置、及び、前記複数点における実際の位置は、ともに枕木方向における位置であり、

前記係数計算部は、前記画像上の枕木方向における位置及び曲率の値をそれぞれ座標軸とした平面座標において、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径の逆数の曲率を示す点をプロットし、プロットされた複数の前記点から前記対応関係を直線式として求める

40

ことを特徴とする。

【0010】

上記課題を解決するための第3の発明に係る線路曲率推定装置は、

上記第2の発明に係る線路曲率推定装置において、

前記複数点が2点の場合、

前記係数計算部は、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記2点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた2つの前記点を通る直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする。

50

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するための第 4 の発明に係る線路曲率推定装置は、
上記第 2 の発明に係る線路曲率推定装置において、
前記複数点が 3 点以上の場合、
前記係数計算部は、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記 3 点以上の点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた 3 つ以上の前記点の近似直線の前記直線式を求める
ことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するための第 5 の発明に係る線路曲率推定装置は、
上記第 1 から 4 のいずれか 1 つの発明に係る線路曲率推定装置において、
前記係数計算部に予め入力される前記複数点における実際の位置、及び、前記線路位置検出部が求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに軌道中心の位置である
ことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

上記課題を解決するための第 6 の発明に係る線路曲率推定装置は、
上記第 1 から 4 のいずれか 1 つの発明に係る線路曲率推定装置において、
前記係数計算部に予め入力される前記複数点における実際の位置、及び、前記線路位置検出部が求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに片側線路の位置である
ことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上記課題を解決するための第 7 の発明に係る線路曲率推定方法は、
線路において測定対象となるカーブ上の複数点における実際の位置及びその曲率半径を取得する第 1 ステップと、
車両に設置されたカメラにより該車両の進行方向の線路上における前記カーブを撮像する第 2 ステップと、
前記カメラにて取得した画像から前記カーブの該画像上の位置を求める第 3 ステップと、
前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径との対応関係を求める第 4 ステップと、
前記カーブの前記画像上の位置及び前記対応関係に基づき、前記カーブの曲率半径を求める第 5 ステップとを備える
ことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

上記課題を解決するための第 8 の発明に係る線路曲率推定方法は、
上記第 7 の発明に係る線路曲率推定方法において、
前記カーブの前記画像上の位置、及び、前記複数点における実際の位置は、ともに枕木方向における位置であり、
前記第 4 ステップでは、前記画像上の枕木方向における位置及び曲率の値をそれぞれ座標軸とした平面座標において、前記カーブのうち、前記複数点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率半径の逆数の曲率を示す点をプロットし、プロットされた複数の前記点から前記対応関係を直線式として求める
ことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するための第 9 の発明に係る線路曲率推定方法は、
上記第 8 の発明に係る線路曲率推定方法において、
前記複数点が 2 点の場合、
前記第 4 ステップは、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記 2 点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた 2 つの前記点を通る直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するための第 1 0 の発明に係る線路曲率推定方法は、

上記第 8 の発明に係る線路曲率推定方法において、

前記複数点が 3 点以上の場合、

前記第 4 ステップは、前記平面座標において、前記カーブのうち、前記 3 点以上の点における実際の位置に対応する前記画像上の位置とその曲率を示す点をプロットし、プロットされた 3 つ以上の前記点の近似直線の前記直線式を求める

ことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

上記課題を解決するための第 1 1 の発明に係る線路曲率推定方法は、

上記第 7 から 1 0 のいずれか 1 つの発明に係る線路曲率推定方法において、

前記第 1 ステップにおいて取得する前記複数点における実際の位置、及び、前記第 3 ステップにおいて求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに軌道中心の位置である

ことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

上記課題を解決するための第 1 2 の発明に係る線路曲率推定方法は、

上記第 7 から 1 0 のいずれか 1 つの発明に係る線路曲率推定方法において、

前記第 1 ステップにおいて取得する前記複数点における実際の位置、及び、前記第 3 ステップにおいて求める前記カーブの前記画像上の位置は、ともに片側線路の位置である

ことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明に係る線路曲率推定装置及び方法によれば、各種パラメータを精密に測定せずとも、線路の曲率を簡便に求めることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】車両に設置された本発明の実施例に係る線路曲率推定装置を示す概略図である。

【 図 2 】本発明の実施例に係る線路曲率推定装置を説明するブロック図である。

【 図 3 A 】本発明の実施例におけるエリアセンサカメラにより取得した画像を示す模式図である。

【 図 3 B 】本発明の実施例における線路位置検出部により上記画像からカーブの位置を検出した一例を示す模式図である。

【 図 4 】本発明の実施例における係数計算部にて求める曲率半径推定係数のグラフの一例である。

【 図 5 】本発明の実施例における係数計算部にて求める曲率半径推定係数のグラフの他の例である。

【 図 6 】本発明の実施例における線路位置検出部により上記画像からカーブの位置を検出した他の例を示す模式図である。

【 図 7 】本発明の実施例における曲率半径を求める手順を説明するフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

本発明に係る線路曲率推定装置及び方法は、走行車両の前方側に取り付けたエリアセンサカメラから得られた画像、及び、対応するカーブの曲率半径に基づき算出した係数から、画像上の線路位置の曲率半径を求める（推定）することで、計算で曲率を求める場合のような精密なカメラ設置条件を必要とせず、2 点以上の曲率半径さえあれば換算係数を導出でき、未知のカーブにおいても曲率半径を求めることができるものである。

【 0 0 2 3 】

以下、本発明に係る線路曲率推定装置及び方法について、実施例にて図面を用いて説明

10

20

30

40

50

する。

【実施例】

【0024】

まず、本実施例に係る線路曲率推定装置の構成について説明する。図1は、車両1に設置された本実施例に係る線路曲率推定装置を示す概略図である。図2は、本実施例に係る線路曲率推定装置を説明するブロック図である。

【0025】

図1に示すように、車両1に設置された本実施例に係る線路曲率推定装置は、主に、エリアセンサカメラ11、記憶部12、及び、処理部13を備えている。

【0026】

エリアセンサカメラ11は、線路2を走行する車両1の屋根上1aの前方に配置され、車両1の進行方向の線路2を撮像するものである。また、エリアセンサカメラ11にて取得した画像は、記憶部12に記憶される。

【0027】

処理部13は、エリアセンサカメラ11にて取得し記憶部12に記憶された画像に基づき、線路2における測定対象のカーブの曲率半径を求める（推定する）。図2に示すように、処理部13は、線路位置検出部21、係数計算部22、及び、曲率半径推定部23を備えている。

【0028】

線路位置検出部21は、エリアセンサカメラ11にて取得した画像から測定対象のカーブを検出（検出方法については例えば上記特許文献2参照）し、当該カーブの画像上の位置を求める。

【0029】

この処理について、図3A、3Bを用いて具体的に説明する。図3Aは、エリアセンサカメラ11により取得した画像Aを示す模式図であり、図3Bは、線路位置検出部21により画像Aからカーブの位置を検出した状態を示す模式図である。

【0030】

線路位置検出部21は、図3Aに示すような、エリアセンサカメラ11により取得した画像Aから、図3Bに示すように、（画像A上の）線路Bを検出する（図3B中にある複数の小円Cは、線路位置検出部21により線路Bを検出した様子を示すものである）。

【0031】

また、図3B中に破線で示すように、画像Aにおいて、枕木方向に延伸する仮想線と交わる線路Bの軌道中心Dをx座標[$p_i x$]として表す。これが、測定対象のカーブの画像上の位置を表すものとなる。以下では、この画像上の位置Dを「画像上線路位置D」と呼称する。

【0032】

係数計算部22は、線路位置検出部21で求めた画像上線路位置Dとは別に、事前に取得した、測定対象のカーブ上の複数点における実際の位置d及びその曲率半径Rの情報が予め入力されている。なお、ここでの「予め取得した」とは、エリアセンサカメラ11を用いるのではなく、実測により取得したということである。また、上記複数点における実際の位置dは線路2の枕木方向の位置、かつ線路2の軌道中心の位置を指し、以下ではこれを「実線路位置d」と呼称する。

【0033】

そして係数計算部22は、上記複数点における実線路位置dに対応する画像上線路位置Dとその曲率半径Rとの対応関係を「曲率半径推定係数」として求める。

【0034】

図4は、係数計算部22で行う計算をグラフの一例である。

まず、図4に示すように、横軸を上記座標x、縦軸を曲率（曲率半径の逆数 $1/R$ ）とした平面座標を用意する。

【0035】

そして、測定対象のカーブのうち、上記複数点における実線路位置 d に対応する画像上線路位置 D とその曲率（曲率半径の逆数 $1/R$ ）を示す点（複数）をプロットする。

【0036】

プロットされた複数の点は、大まかには直線的に分布される。そこで、これらの値を用いて近似直線（ $y = ax + b$ ）を求める。これが、測定対象のカーブの曲率半径を推定する係数、すなわち曲率半径推定係数となる。ただし、これらの説明は上記複数点が3点以上の場合を想定したものである。

【0037】

上記複数点が2点のみの場合は、図5に示すように、上記平面座標において、測定対象のカーブのうち、この2点における実線路位置 d に対応する画像上線路位置 D とその曲率（ $1/R$ ）を示す点をプロットし、プロットされた2つの点を通る直線の直線式を求めればよい（上述のごとく、仮により多くの点をプロットした場合には直線的に分布されることが分かっているため、2点を通る線を「直線」と想定して問題ない）。ただし、3点以上を用いて近似直線を求めた方が、推定誤差を低減することができる。

【0038】

曲率半径推定部23は、（線路位置検出部21にて求めた）画像Aにおける測定対象のカーブ全体の画像上線路位置 D 、及び、（係数計算部22にて求めた）曲率半径推定係数に基づき、画像Aにおける測定対象のカーブ（すなわちフレーム毎の線路）の曲率を求め（推定し）、さらに、その逆数を取ることで曲率半径を求める。

【0039】

なお、線路位置検出部21は、曲率半径推定係数が既に求められているか否かによって、検出結果の出力先を変更する。つまり、曲率半径推定係数が未だ求められていなければ、画像上線路位置 D を係数計算部22に送信する。また、曲率半径推定係数が既に求められているのであれば、画像上線路位置 D を曲率半径推定部23に送信する。

【0040】

すなわち、本実施例に係る線路曲率推定装置では、曲率半径推定係数を導出するのは一度でよく、それ以降は、求められた曲率半径推定係数に基づき曲率半径を求めることが可能となる。

【0041】

また、本実施例では、画像A上の線路Bの軌道中心を画像上線路位置 D 、実際の線路2の軌道中心実線路位置 d としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、図6に示すように、画像A上の線路Bの片側線路の位置を画像上線路位置 D 、実際の線路2の片側線路の位置を実線路位置 d としてもよい。

【0042】

これは、軌道幅は事業者ごとに同一のため、軌道中心を求めなくとも、本実施例で説明した計算が成立するからである。そして、このように片側線路の位置を画像上線路位置 D とすることで、処理コストを低減させることができる。

【0043】

次に、図7のフローチャートを用いて本実施例に係る線路曲率推定装置を用いて曲率半径を求める手順を説明する。

【0044】

ステップS1では、予め、測定対象のカーブにおける複数点の、実線路位置 d 及びその曲率半径 R を、実測により取得しておく。

【0045】

ステップS2では、車両1に設置されたエリアセンサカメラ11により、車両1の進行方向の線路2上における測定対象のカーブを撮像し、これを記憶部12に記憶させる。

【0046】

ステップS3では、処理部13の線路位置検出部21により、画像Aから測定対象のカーブの画像上線路位置 D を求める。

【0047】

10

20

30

40

50

ステップ S 4 では、処理部 1 3 の係数計算部 2 2 により、上記複数点の、実線路位置 d に対応する画像上線路位置 D 及び曲率半径 R に基づき、曲率半径推定係数を求める。なお、曲率半径推定係数は、係数計算部または曲率半径推定部において記憶されるものとする。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 5 では、処理部 1 3 の曲率半径推定部 2 3 により、曲率半径推定係数及び測定対象のカーブの画像上線路位置 D に基づき、上記複数点以外の点も含めた測定対象のカーブの曲率半径 R を求める。

【 0 0 4 9 】

従来技術では、設置された車両中心やカメラ高さ等のパラメータを精密に測定しなければならず、さらに、フレーム毎の計算処理を行わなければならなかったのに対し、本実施例に係る線路曲率推定装置は、設置時に 2 点以上の線路位置及びその曲率半径を入力することにより、各座標における曲率半径を導出する係数を求めておくだけで、以降は、線路位置座標から簡単に曲率半径を計算することができるうえ、設置時の詳細なパラメータ測定を行う必要がなくなり、処理コストを低減することができる。

10

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 0 】

本発明は、鉄道分野における画像処理による線路曲率推定装置及び方法として好適である。

20

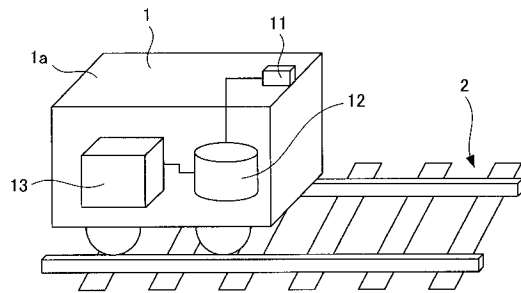
【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

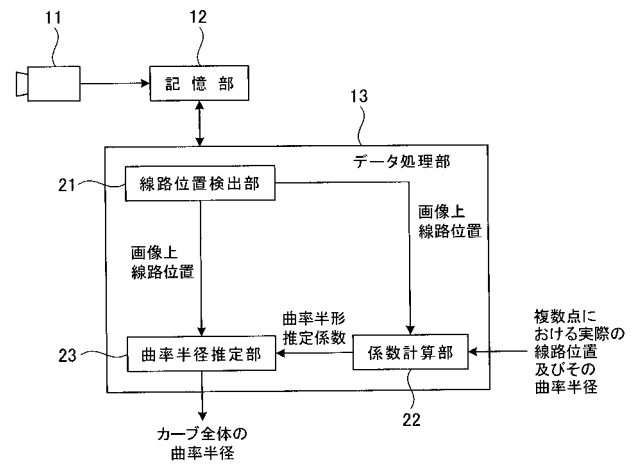
- 1 車両
- 1 a (車両 1 の)屋根上
- 2 線路
- 1 1 エリアセンサカメラ
- 1 2 記憶部
- 1 3 処理部
- 2 1 線路位置検出部
- 2 2 係数計算部
- 2 3 曲率半径推定部
- A (エリアセンサカメラ 1 1 で取得した)画像
- B (画像 A 上の)線路
- C (画像 A 上の)小円
- D (画像 A 上の)線路位置(軌道中心)

30

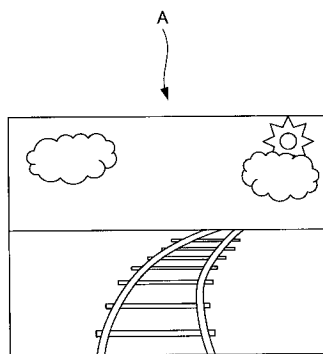
【図 1】



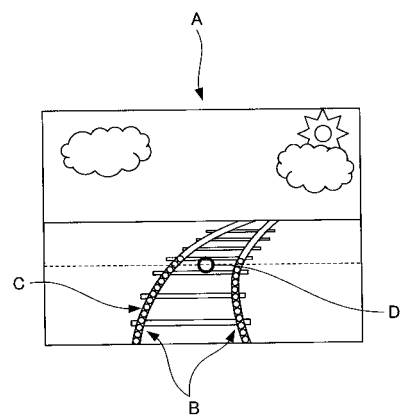
【図 2】



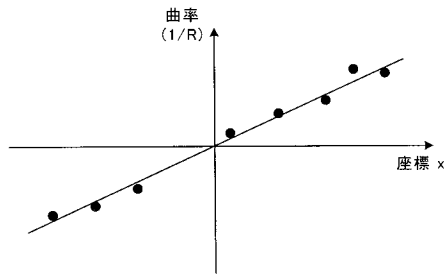
【図 3 A】



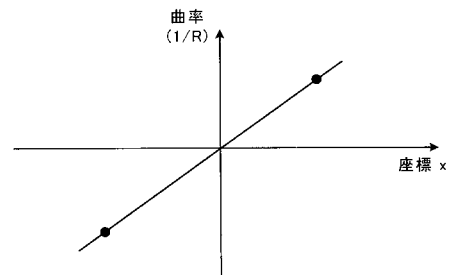
【図 3 B】



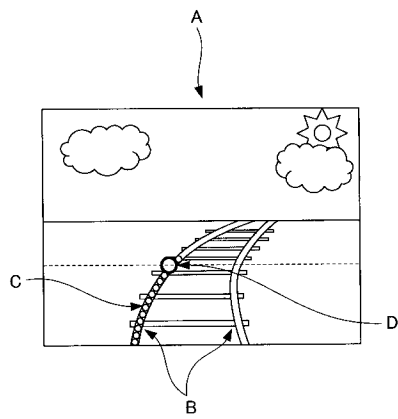
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

