

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11 - 229800

(43)公開日 平成11年(1999) 8月24日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
E21F 17/00		E21F 17/00
G01B 11/30		G01B 11/30
		H

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平10 - 30005	(71)出願人	390021577 東海旅客鉄道株式会社 愛知県名古屋市中村区名駅1丁目1番4号
(22)出願日	平成10年(1998) 2月12日	(71)出願人	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
特許法第30条第1項適用申請有り 平成9年8月1日 社団法人土木学会発行の「第52回年次学術講演会講演概要集第3部(B)」に発表		(71)出願人	000200253 川鉄情報システム株式会社 東京都江東区豊洲三丁目3番3号
		(72)発明者	鬼頭 文男 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号 東海旅客鉄道株式会社内
		(74)代理人	弁理士 足立 勉 (外1名)

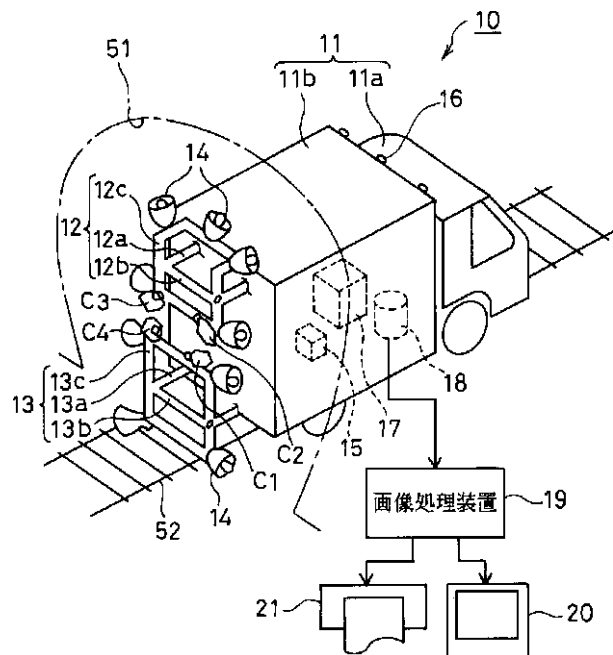
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル壁面撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 光学系の構造を簡素化できるうえ画像分解能を高めることのできるトンネル壁面撮影装置を提供する。

【解決手段】 トンネル壁面撮影装置10は、トンネル51を走行可能な移動車両11と、トンネル51の周方向に沿ったラインLを複数に分割した分割ラインのそれぞれに対応づけられて設置された複数のラインセンサカメラC1~C4を備えている。制御装置17は、所定タイミングごとに複数のラインセンサカメラC1~C4から分割ラインデータを得て、画像蓄積装置18に記憶させる。画像処理装置19は、同じラインセンサカメラから所定タイミングごとに得られた分割ラインデータを移動車両11の移動距離に応じて並べることにより分割展開画像を作成し、各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせるによりトンネルの壁面の展開画像を作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 トンネル内を移動可能な車両と、前記車両に搭載され、前記トンネルの周方向に沿ったラインを複数に分割した分割ラインのそれぞれに対応づけられて設置され、その対応づけられた分割ラインを撮影して分割ラインデータとして出力する複数のラインセンサとを備えたことを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のトンネル壁面撮影装置であって、所定タイミングごとに前記複数のラインセンサから分割ラインデータを得るセンサ制御手段と、同じラインセンサから所定タイミングごとに得られた分割ラインデータを前記車両の移動距離に応じて並べることにより分割展開画像を作成する分割展開画像作成手段と、前記分割展開画像作成手段によって各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせるにより前記トンネルの壁面の展開画像を作成する展開画像作成手段とを備えたことを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載のトンネル壁面撮影装置であって、前記車両のカントを検出可能なカントセンサを備えたことを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載のトンネル壁面撮影装置であって、所定のタイミングごとに前記複数のラインセンサ及び前記カントセンサからの分割ラインデータ及びカントデータを得るセンサ制御手段と、各分割ラインデータにつき前記カントデータに基づいてカントによるずれを補正する補正手段と、同じラインセンサから得られた分割ラインデータにつき前記補正手段によって補正した後の分割ラインデータを、前記車両の移動距離に応じて並べることにより、分割展開画像を作成する分割展開画像作成手段と、前記分割展開画像作成手段によって各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせるにより前記トンネルの壁面の展開画像を作成する展開画像作成手段とを備えたことを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【請求項 5】 請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のトンネル壁面撮影装置であって、前記車両はコンテナボックスを備えており、前記ラインセンサは前記コンテナボックスの内外をスライド可能で且つ折り畳み可能なスライド部材に取り付けられていることを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【請求項 6】 請求項 2 又は 4 記載のトンネル壁面撮影装置であって、前記車両は、前記トンネルの坑口を検出する坑口センサを備えており、前記展開画像作成手段によって作成された展開画像には、前記坑口センサが前記トンネルの坑口を検出したこ

とを表す情報が示されていることを特徴とするトンネル壁面撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉄道・道路トンネル等のトンネル壁面の覆工面の変状を追跡調査するのに適したトンネル壁面撮影装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】トンネルは、地山の土圧・凍上圧・有害水などの外因、設計・施工の不適切、経年による材質劣化などの内因によって、クラック、目地切れ、食い違い、コンクリートの剥離・剥落などの変状現象が生じる。

【 0 0 0 3 】従来、これらの変状の追跡は、人間が列車の走る合間を縫って、目視を主体に実施し、進行の顕著なものには計器による測定（例えばひび割れ間隔の測定）ならびに覆工背面の調査などを行い、原因を明らかにして、補修・改良につなげている。また、変状の記録は、現地のスケッチをもとにトンネル展開図を作成し、クラックの幅・長さなどについて前回と今回の検査結果の比較を行い、健全性の判定を行っている。

【 0 0 0 4 】一方、人間が手作業でこのようなトンネル変状の追跡を行う方法では、変状の見落としや位置の違い・個人差による判定のバラツキなどがあり、信頼性に欠けることがある。この点に鑑み、トンネル変状の追跡を行うための装置が開発されている。例えば、特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報には、トンネル内を走行する車道上に設置されたトンネル壁面撮影用センサカメラを用い、カメラ前面に配置した曲面鏡を介してトンネル壁面に対して進行方向と直角方向のトンネル断面スキャンを行い、車上に設置されたデータ蓄積装置に順次そのデータを蓄積することにより、トンネル壁面の展開画像を得るトンネル検査装置が開示されている。このトンネル検査装置では、トンネル壁面を曲面鏡に映し、これを 1 台の 1 次元センサカメラで撮影して、トンネル周方向のラインデータとし、このラインデータを移動距離に応じて並べることにより、トンネル壁面の展開画像を得ている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報のトンネル検査装置では、トンネルの断面形状に合わせて、曲面鏡の形状設計及びカメラのレンズの光学設計を行わなければならないが、トンネルの断面形状は一定ではないため、この設計作業が非常に複雑になるという問題がある。

【 0 0 0 6 】また、進行方向のある位置におけるトンネルの周方向のラインを曲面鏡に映し出し、これを一台のラインセンサで撮影するため、画像分解能が低くなり、幅の細かいクラックなどを捉えることが難しく、また、トンネルの周方向のライン上の各点とラインセンサとの距

離の最小、最大の差が大きくなり、画像のボケとなってあらわれるという問題がある。

【 0 0 0 7 】更に、線路のカーブ等のように路面にカント（つまり傾斜角度）がある箇所では、カントがない箇所に対して、ラインセンサのアンクルがトンネルの周方向にずれることになるので、それにより展開画像に歪みが生じるという問題もある。本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、光学系の構造を簡素化できるうえ画像分解能を高めることのできるトンネル壁面撮影装置を提供することにある。また、別の目的は、歪みのないトンネル壁面の展開画像が得られるトンネル壁面撮影装置を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段及び発明の効果】上記課題を解決するため、請求項 1 記載のトンネル壁面撮影装置は、前記車両に搭載され、前記トンネルの周方向に沿ったラインを複数に分割した分割ラインのそれぞれに対応づけられて設置され、その対応づけられた分割ラインを撮影して分割ラインデータとして出力する複数のラインセンサと、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】本発明のトンネル壁面撮影装置では、曲面鏡を使用しないため、特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報に開示されたトンネル検査装置に比べて、曲面鏡の形状をトンネルの形状に合わせて設計するという複雑な作業が不要となり、光学系の構造が簡素化される。また、一台のラインセンサがライン全体を撮影するのではなく、複数のラインセンサがそれぞれに対応する分割ラインを撮影するものであるため、特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報に開示されたトンネル検査装置に比べて、画像分解能が高くなる。このように、本発明のトンネル壁面撮影装置によれば、光学系の構造を簡素化できるうえ画像分解能を高めることができる。

【 0 0 1 0 】このトンネル壁面撮影装置は、請求項 2 に記載したように、所定タイミングごとに前記複数のラインセンサから分割ラインデータを得るセンサ制御手段と、同じラインセンサから所定タイミングごとに得られた分割ラインデータを前記車両の移動距離に応じて並べることにより分割展開画像を作成する分割展開画像作成手段と、前記分割展開画像作成手段によって各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせることに
40 により前記トンネルの壁面の展開画像を作成する展開画像作成手段とを備えていてもよい。

【 0 0 1 1 】この場合、センサ制御手段は、所定タイミングごとに複数のラインセンサから分割ラインデータを取り入れる。なお、分割ラインデータは、通常はハードディスクや MO などの画像蓄積装置に記憶される。また、所定タイミングとは、車両の移動距離に基づいて決められたタイミング（例えば車両が一定距離だけ進行する
50 ことでのタイミング）であってもよいし、車両の進行時間に基づいて決められたタイミング（例えば車両が一定

時間だけ進行することのタイミング）であってもよい。前者の場合は、例えば車輪に取り付けたロータリエンコーダからのパルス信号に基づいてタイミングを決めることができ、後者の場合は、例えばクロックのカウント数に基づいてタイミングを決めることができる。

【 0 0 1 2 】また、分割展開画像作成手段は、同じラインセンサから所定タイミングごとに得られた分割ラインデータを車両の移動距離に応じて並べることにより分割展開画像を作成する。ここで、分割ラインデータを車両の移動距離に応じて並べ
10 の移動距離に応じて並べること
を考慮すれば、センサ制御手段が分割ラインデータを取り込むタイミングは、車両の移動距離に基づいて決められていることが好ましい。

【 0 0 1 3 】更に、展開画像作成手段は、分割展開画像作成手段によって各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせることに
20 によりトンネルの壁面の展開画像を作成する。具体的には、例えば、隣合う分割展開画像同士が重複する部分を持つように予め分割ラインを定めておき、この重複部分がうまく重なり合うように複数の分割展開画像を繋ぎ合わせ、トンネル壁面の展開画像とする。

【 0 0 1 4 】以上のように、データ制御手段、分割展開画像作成手段、展開画像作成手段を備えたことにより、複数のラインセンサによって撮影されたトンネル壁面の分割ラインデータから、トンネル壁面の展開画像を得ることができる。また、トンネル壁面撮影装置は、請求項 3 に記載したように、車両のカントを検出可能なカントセンサを備えていてもよい。カントセンサとしては、傾斜計などもよいが、リアルタイムに精度よく傾斜角度を測定することを考慮すればジャイロを用いることが好ましい。このカントセンサからのカントデータに基づいて分割展開画像のカントによるずれを補正すれば、トンネル壁面の展開画像の歪みを解消することができる。

【 0 0 1 5 】このカントセンサを備えたトンネル壁面撮影装置は、請求項 4 に記載したように、所定のタイミングごとに前記複数のラインセンサ及び前記カントセンサからの分割ラインデータ及びカントデータを得るセンサ制御手段と、各分割ラインデータにつき前記カントデータに基づいてカントによるずれを補正する補正手段と、同じラインセンサから得られた分割ラインデータにつき前記補正手段によって補正した後の分割ラインデータを、前記車両の移動距離に応じて並べることにより、分割展開画像を作成する分割展開画像作成手段と、前記分割展開画像作成手段によって各ラインセンサごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせることに
40 により前記トンネルの壁面の展開画像を作成する展開画像作成手段とを備えていてもよい。

【 0 0 1 6 】この場合、センサ制御手段は、所定のタイミングごとに前記複数のラインセンサ及び前記カントセンサからの分割ラインデータ及びカントデータを得る。
50

また、補正手段は、各分割ラインデータにつき前記カントデータに基づいてカントによるずれを補正する。この補正は、例えば、その分割ラインデータを撮影したラインセンサから分割ラインまでの距離（例えば平均距離であってもよい）代表値であってもよい、距離の測定は超音波センサ等の周知の距離センサを用いる）と、その分割ラインデータを撮影したときのタイミングにおけるカントに基づいて、補正量を例えば三角関数などの数学的近似処理により補正量を求め、この補正量で分割ラインデータを補正する。

【 0 0 1 7 】そして、分割展開画像作成手段は、同じラインセンサから得られた分割ラインデータを補正した後の分割ラインデータを、車両の移動距離に応じて並べることにより、分割展開画像を作成し、展開画像作成手段は、各ラインセンサごとに作成された分割展開画像を繋ぎ合わせることにによりトンネルの壁面の展開画像を作成する。

【 0 0 1 8 】以上のように、データ制御手段、補正手段、分割展開画像作成手段、展開画像作成手段を備えたことにより、複数のラインセンサによって撮影されたトンネル壁面の分割ラインデータからトンネル壁面の展開画像を得ることができ、しかも、カントセンサから出力されたカントデータから展開画像の歪みを補正することができる。

【 0 0 1 9 】ところで、本発明のトンネル壁面撮影装置においては、請求項 5 に記載したように、前記車両はコンテナボックスを備えており、前記ラインセンサは前記コンテナボックスの内外をスライド可能で且つ折り畳み可能なスライド部材に取り付けられていてもよい。この場合、撮影するときには、スライド部材を外方向へスライドさせ展開することにより、複数のラインセンサをコンテナボックスの外へセットする。一方、撮影しないときには、スライド部材を折り畳んで内方向へスライドすることにより、複数のラインセンサをコンテナボックスの内に収納する。このため、複数のラインセンサを備えているものの、撮影時以外はコンテナボックスにコンパクトに収納でき、装置の小型化が実現される。

【 0 0 2 0 】なお、複数のラインセンサが撮影しようとするトンネル壁面のラインは、複数の照明器具により略均一な照度で照らされていることが好ましい。この場合には、複数の照明器具を複数のラインセンサと共に前出のスライド部材に取り付けると、撮影時以外は装置が小型化されるので好ましい。

【 0 0 2 1 】また、本発明のトンネル壁面撮影装置においては、請求項 6 に記載したように、前記車両は、前記トンネルの坑口を検出する坑口センサを備えており、前記展開画像作成手段によって作成された展開画像には、前記坑口センサが前記トンネルの坑口を検出したことを表す情報が示されていてもよい。この場合、展開画像上でどこがトンネルの入口又は出口かを容易に認識でき

る。なお、坑口センサとしては、例えば、超音波センサ、レーザ距離センサ、光センサなどを用いることができる。

【 0 0 2 2 】なお、トンネル壁面の展開画像の歪みを解消することのみを目的とするならば、トンネル壁面撮影装置につき、トンネル内を移動可能な車両と、前記車両に搭載され、前記トンネルの周方向に沿ったラインを撮影可能なラインセンサと、前記車両のカントを検出可能なカントセンサとを備えた構成としてもよい。また、この構成に、所定のタイミングごとに前記ラインセンサ及び前記カントセンサから撮影データ及びカントデータを得るセンサ制御手段と、前記撮影データを前記車両の移動距離に応じて並べると共に前記撮影データのカントによるずれを前記カントデータに基づいて補正することにより前記トンネルの壁面の展開画像を作成する展開画像作成手段とを加えてもよい。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は本実施形態のトンネル壁面撮影装置の概略斜視図、図 2 はスライドアングルの概略説明図、図 3 はラインセンサカメラの配置図である。

【 0 0 2 4 】本実施形態のトンネル壁面撮影装置 1 0 は、単線トンネル撮影用であり、移動車両 1 1 と、スライドアングル 1 2、1 3 と、ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 と、照明器具 1 4 と、カントセンサ 1 5 と、坑口センサ 1 6 と、制御装置 1 7 と、画像蓄積装置 1 8、画像処理装置 1 9 とを備えている。

【 0 0 2 5 】移動車両 1 1 は、トンネル 5 1 内をレール 5 2 に沿って走行可能であり、操縦部 1 1 a の後ろにコンテナボックス 1 1 b を牽引したものである。スライドアングル 1 2、1 3 は、コンテナボックス 1 1 b において上段及び下段にそれぞれ設置されており、コンテナボックス 1 1 b の内外をスライド可能なスライド部 1 2 a、1 3 a と、このスライド部 1 2 a、1 3 a の先端側にてマクラギと平行な回動軸 1 2 b、1 3 b 周りに回動可能なフレーム部 1 2 c、1 3 c とを備えている（図 2 には下段のスライドアングル 1 3 を示した）。なお、このスライドアングル 1 2、1 3 が本発明のスライド部材に相当する。

【 0 0 2 6 】第 1 及び第 4 ラインセンサカメラ C 1、C 4 は、下段のスライドアングル 1 3 のフレーム部 1 3 c に取り付けられ、第 2 及び第 3 ラインセンサカメラ C 2、C 3 は、上段のスライドアングル 1 2 のフレーム部 1 2 c に取り付けられている。各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 は、一般的な工業計測に用いられる周知のカメラで、オートフォーカス機能が付いたもので且つラインを撮影可能なものであり、レール方向に走査されることにより平面的な画像が得られるものである。

【 0 0 2 7 】各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 は、図 3

に示すように、トンネル 5 1 の周方向（断面方向）に沿ったライン L を概ね 4 つに分割した第 1 ~ 第 4 分割ライン L 1 ~ L 4 のそれぞれに対応づけられて設置されている。但し、第 1 ~ 第 4 分割ライン L 1 ~ L 4 は隣り合うもの同士が重複部分を有するように定められている。

【 0 0 2 8 】また、図 3 にてコンテナボックス 1 1 b の右側に配置された第 1 及び第 2 ラインセンサカメラ C 1、C 2 がライン L の左側半分に対応づけられ、コンテナボックス 1 1 b の左側に配置された第 3 及び第 4 ラインセンサカメラ C 3、C 4 がライン L の右側半分に対応づけられている。

【 0 0 2 9 】なお、各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 は、スライドアングル 1 2、1 3 や他のカメラが視野に入らないように配置されている。また、各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 は、各分割ライン L 1 ~ L 4 の略中心位置までの距離 d 1 ~ d 4 を測定するための距離センサ（図示せず）を備えている。本実施形態では距離センサとして超音波センサを用いている。

【 0 0 3 0 】複数の照明器具 1 4、1 4、... は、ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 によって撮影されるライン L を同じ明るさになるように照射するために、図 1 に示すように、スライドアングル 1 2、1 3 のフレーム部 1 2 c、1 3 c に合計 1 0 個前後取り付けられている。これにより、撮影に必要な照度がライン L に濃淡なく照射される。

【 0 0 3 1 】カントセンサ 1 5 は、移動車両 1 1 の左右傾斜角度を検出するものであり、図 1 に示すように、移動車両 1 1 のコンテナボックス 1 1 b の内部に設けられている。本実施形態ではカントセンサ 1 5 として、リアルタイムに精度よくカントデータを得るために周知のジャイロを用いている。

【 0 0 3 2 】坑口センサ 1 6 は、図 1 に示すように、移動車両 1 1 のコンテナボックス 1 1 b の外部前端に取り付けられ、トンネル 5 1 の坑口（入口又は出口）を通過したことを検出するものである。本実施形態では坑口センサ 1 6 として、超音波センサを用いている。

【 0 0 3 3 】制御装置 1 7 は、図 1 に示すように、周知の CPU、ROM、RAM などから構成された装置であり、移動車両 1 1 のコンテナボックス 1 1 b の内部に設けられている。この制御装置 1 7 は、図示しないロータリエンコーダを利用して車輪から得られるパルス信号をそのまま用いることにより、移動車両 1 1 が一定距離進むごとに各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 から分割ラインデータを取り込むと共にカントセンサ 1 5 からカントデータ、坑口センサ 1 6 から検出信号を取り込み、それらを画像蓄積装置 1 8 に記憶させる。この制御装置 1 7 が、本発明のセンサ制御手段に相当する。

【 0 0 3 4 】画像処理装置 1 9 は、移動車両 1 1 のコンテナボックス 1 1 b に搭載されていてもよいが、移動車両 1 1 とは別に設置されていてもよい。この画像処理装

置 1 9 は、ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 ごとの分割ラインデータを移動車両 1 1 の移動距離に応じて並べることにより分割展開画像を作成し、更に、各ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 ごとに作成した分割展開画像を繋ぎ合わせることにによりトンネル 5 1 の壁面の展開画像を作成するものである。そして、この展開画像をディスプレイ 2 0 に表示したり、プリンタ 2 1 を通じて用紙に印字したりするものである。この画像処理装置 1 9 が、本発明の分割展開画像作成手段、展開画像作成手段及び補正手段に相当する。

【 0 0 3 5 】次に、本実施形態のトンネル壁面撮影装置 1 0 の動作について説明する。図 4 はカントがある場合の補正量を求める方法を表す説明図、図 5 は分割展開画像を繋ぎ合わせて展開画像とする方法を表す説明図、図 6 はカントがある場合の分割展開画像を表す説明図、図 7 は坑口センサによるトンネル入口及び出口の特定方法を表す説明図である。

【 0 0 3 6 】まず、オペレータは、トンネル壁面撮影装置 1 0 の移動車両 1 1 のコンテナボックス 1 1 b を開けて、スライドアングル 1 2、1 3 のスライド部 1 2 a、1 3 a を外へ引き出し、スライド部 1 2 a、1 3 a と略一致していたフレーム部 1 2 c、1 3 c を回動軸 1 2 b、1 3 b 周りに約 9 0 ° 回動する。すると、トンネル壁面撮影装置 1 0 は図 1 に示す状態になる。

【 0 0 3 7 】続いて、オペレータは、すべての照明器具 1 4、1 4、...、ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 及び制御装置 1 7 のスイッチを入れ、移動車両 1 1 の操縦部 1 1 a に乗り込み、単線トンネル 5 1 のレール 5 2 に沿って、トンネル入口に向けて走行を開始する。

【 0 0 3 8 】制御装置 1 7 は、スイッチが入られると、坑口センサ 1 6 の検出信号により、坑口センサ 1 6 がトンネル入口を検出したか否かを判断する。そして、坑口センサ 1 6 がトンネル入口を検出したならば、制御装置 1 7 は、図示しないロータリエンコーダからのパルス信号が入力されるごとに、複数のラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 から第 1 ~ 第 4 分割ラインデータを、またカントセンサ 1 5 からカントデータを、また図示しない距離センサからの距離 d 1 ~ d 4 のデータを、更に坑口センサ 1 6 から検出信号を取り込み、これらを画像蓄積装置 1 8 に記憶させる。

【 0 0 3 9 】移動車両 1 1 がトンネル出口から出た後、移動車両 1 1 を停止させ、すべての照明器具 1 4、1 4、...、ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4、制御装置 1 7 のスイッチを切る。続いて、オペレータは、画像処理装置 1 9 と画像蓄積装置 1 8 とを接続し、画像処理装置 1 9 のスイッチを入れる。すると、画像処理装置 1 9 は、分割ラインデータのカントによるずれを補正する補正処理を行う。即ち、画像処理装置 1 9 は、所定タイミングごとに第 1 ラインセンサカメラ C 1 から得られた第 1 分割ラインデータにつき、そのタイミングにおける移動車

両 1 1 の水平に対する傾斜角度 がゼロか否かをカントデータに基づいて判断する。そして、傾斜角度 がゼロの場合には、その補正量をゼロとする。一方、例えば図 4 に示すように、傾斜角度 がゼロでない場合には、その傾斜角度 と第 1 ラインセンサカメラ C 1 からトンネル壁面までの距離 d_1 とに基づいて、補正量を求める。このときの補正量は近似的に $d_1 \cdot \sin$ と表される。このようにして求めた所定タイミングごとの補正量により、そのタイミングにおける第 1 分割ラインデータを補正して第 1 分割ライン補正データ A L 1 とする。

【 0 0 4 0 】次に、画像処理装置 1 9 は、分割展開画像作成処理を行う。即ち、画像処理装置 1 9 は、所定タイミングごとの第 1 分割ライン補正データ A L 1、A L 1、... を移動車両 1 1 の移動距離に応じて並べることにより、第 1 分割展開画像 D D P 1 を作成する。ここで、移動車両 1 1 の移動距離は、本実施形態では図示しないロータリエンコーダを利用して車輪から得られるパルス信号を用いることにより、容易に求めることができる。なお、もし上記の補正を行わなければ、図 6 にて実線で示すように、トンネル 5 1 の高さ位置 A は、移動距離に応じてカントが変化することにより、分割展開画像 D D P 1 において本来直線状に表れるべきものが歪んだ曲線状に表れてしまう。しかし、本実施形態では上述の補正を行っているため、図 6 にて点線で示すように、高さ位置 A は直線状に表れる。

【 0 0 4 1 】そして、画像処理装置 1 9 は、以上の補正処理及び分割展開画像作成処理を、第 2 ~ 第 4 ラインセンサカメラ C 2 ~ C 4 から得られた第 2 ~ 第 4 分割ラインデータについても行う。これにより、第 2 ~ 第 4 分割ライン補正データ A L 2 ~ A L 4、第 2 ~ 第 4 分割展開画像 D D P 2 ~ D D P 4 (図 5 参照) が得られる。

【 0 0 4 2 】続いて、画像処理装置 1 9 は、展開画像作成処理を行う。即ち、上記のようにして得られた第 1 ~ 第 4 分割展開画像 D D P 1 ~ D D P 4 を、図 5 に示すように、隣合う分割展開画像の重複部分をパターン認識により一致させて繋ぎ合わせることにより、トンネル 5 1 の壁面の展開画像 D P を作成する。そして、この展開画像 D P を、ディスプレイ 2 0 に表示するか、あるいはプリンタ 2 1 を通じて用紙に印字する。オペレータは、この展開画像 D P に基づいて、トンネル変状の追跡を行う。

【 0 0 4 3 】ところで、図 7 に示すように、坑口センサ 1 6 から第 1 ~ 第 4 ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 が撮影するライン L までの距離が l の場合、撮影された画像はトンネル 5 1 の入口から距離 l だけ手前のところから始まることになるため、トンネル 5 1 の入口は撮影開始位置から距離 l だけ進んだところに特定できる。また、トンネル 5 1 の出口は、トンネル 5 1 の入口が上記のように特定でき、トンネル 5 1 の長さも既知であるため、容易に特定できる。なお、坑口センサ 1 6 を第 1 ~ 第 4

ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 が撮影するライン L と同じ位置に設置しておき、坑口センサ 1 6 がトンネル 5 1 の入口を検出したときに撮影を開始し、トンネル 5 1 の出口を検出したときに撮影を終了すれば、撮影された画像がトンネル 5 1 の壁面を表すことになり、トンネル 5 1 の入口、出口をより容易に特定できる。

【 0 0 4 4 】上記本実施形態のトンネル壁面撮影装置 1 0 によれば以下の効果が得られる。

①特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報に記載されたトンネル検査装置に比べて、曲面鏡を使用しないため、曲面鏡の形状をトンネルの形状に合わせて設計するという複雑な作業が不要となり、光学系の構造が簡素化される。

【 0 0 4 5 】②特開平 6 - 4 2 3 0 0 号公報に記載されたトンネル検査装置に比べて、一台のラインセンサカメラがライン全体を撮影するのではなく、第 1 ~ 第 4 ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 がそれぞれに対応する第 1 ~ 第 4 分割ライン L 1 ~ L 4 を撮影するものであるため、画像分解能が高くなる。具体的には、幅 1 mm 程度のクランクまで認識できる。

【 0 0 4 6 】③制御装置 1 7 や画像処理装置 1 9 を備えたことにより、第 1 ~ 第 4 ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 によって撮影された分割ラインのデータから、トンネル 5 1 の壁面の展開画像を得ることができる。

④カントセンサ 1 5 から出力されたカントデータに基づいて、カントによるトンネル壁面の展開画像の歪みを補正することができる。

【 0 0 4 7 】⑤第 1 ~ 第 4 ラインセンサカメラ C 1 ~ C 4 及び照明器具 1 4、1 4、... は、コンテナボックス 1 1 b の内外をスライド可能で且つ折り畳み可能なスライドアングル 1 2、1 3 に取り付けられているため、撮影時以外はコンテナボックス 1 1 b にコンパクトに収納でき、装置の小型化が実現される。

【 0 0 4 8 】⑥坑口センサ 1 6 を設けたため、この坑口センサ 1 6 の検出信号に基づいて、トンネル壁面の展開画像の開始位置と終了位置を容易に特定できる。尚、本発明の実施の形態は、上記実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の形態を採り得ることはいうまでもない。

【 0 0 4 9 】例えば、上記実施形態のトンネル壁面撮影装置 1 0 は単線トンネル 5 1 の壁面を撮影するものとして例示したが、図 8 に示すような複線トンネル 6 1 の壁面を撮影する場合には、移動車両 1 1 に 2 台のラインセンサカメラ C 1、C 2 を搭載し、複線トンネル 6 1 の左側半分を往路、右側半分を復路で撮影するようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】また、上記実施形態では鉄道トンネルの壁面を撮影する装置について説明したが、移動車両 1 1 に例えばタイヤを取り付けて自動車トンネル内を走行できるようにして、自動車トンネルの壁面を撮影したり、工事用のトンネルの壁面を撮影してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本実施形態のトンネル壁面撮影装置の概略斜視図である。

【図 2】 本実施形態のスライドアングルの概略説明図である。

【図 3】 本実施形態のラインセンサカメラの配置図である。

【図 4】 分割ラインデータを統合してラインデータとする方法を表す説明図である。

【図 5】 カントがある場合の補正量を求める方法を表す説明図である。

【図 6】 カントがある場合の分割ラインを表す説明図である。

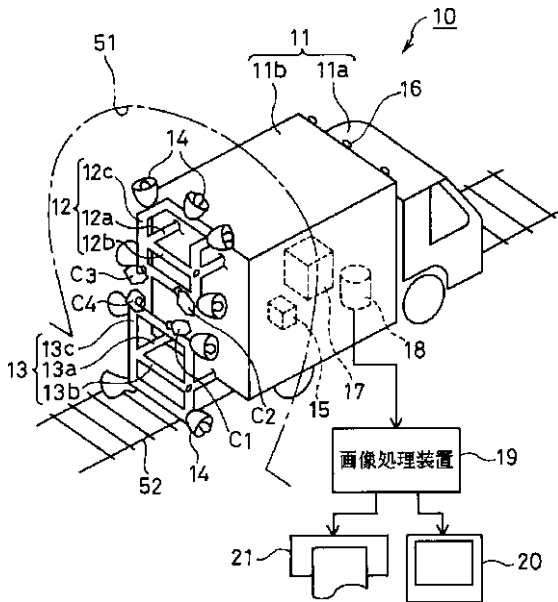
【図 7】 坑口センサによるトンネル入口及び出口の特定方法を表す説明図である。

【図 8】 別の実施形態のラインセンサカメラの配置図である。

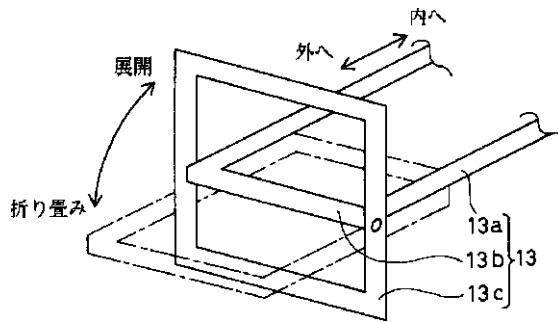
【符号の説明】

10・・・トンネル壁面撮影装置、11・・・移動車両、11a・・・コンテナボックス、12、13・・・スライドアングル、14・・・照明器具、15・・・カントセンサ、16・・・坑口センサ、17・・・制御装置、18・・・画像蓄積装置、19・・・画像処理装置、51・・・単線トンネル、52・・・レール、AL1～AL4・・・補正分割ラインデータ、C1～C4・・・第1～第4ラインセンサカメラ、DDP1～DDP4・・・第1～第4分割展開画像、DP・・・展開画像、L・・・ライン、L1～L4・・・第1～第4分割ライン、d1～d4・・・カメラからトンネル壁面までの距離。

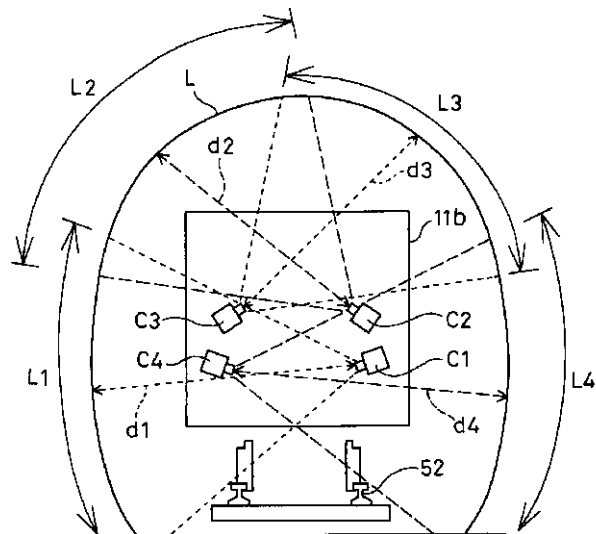
【図 1】



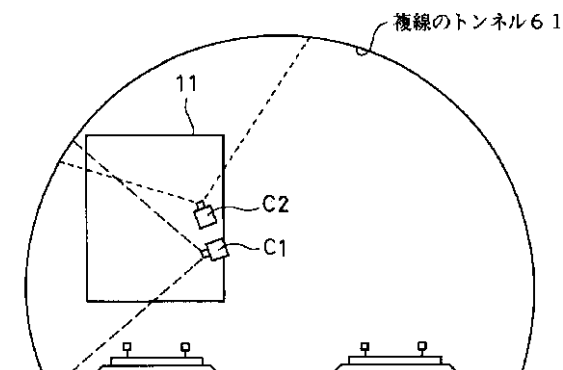
【図 2】



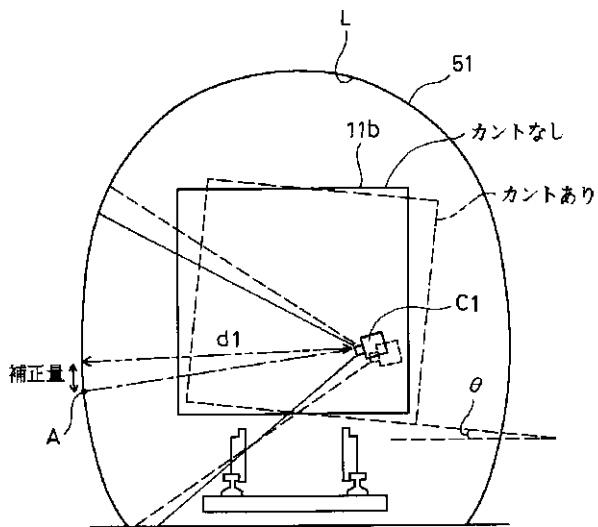
【図 3】



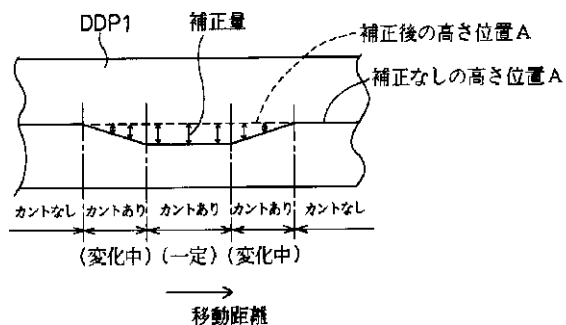
【図 8】



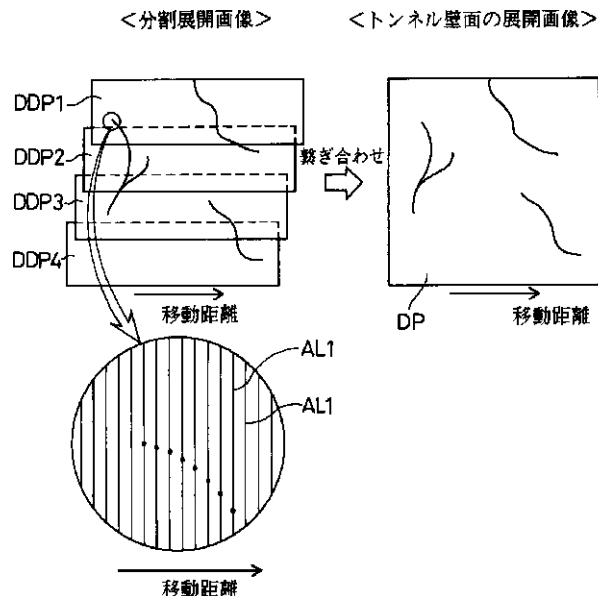
【図 4】



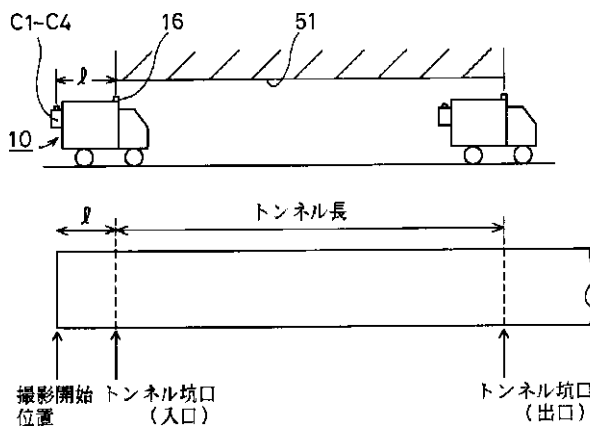
【図 6】



【図 5】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 林 直樹
愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
東海旅客鉄道株式会社内
- (72)発明者 藤井 儀夫
愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
東海旅客鉄道株式会社内
- (72)発明者 田近 利幸
愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
東海旅客鉄道株式会社内
- (72)発明者 筑摩 栄
愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
東海旅客鉄道株式会社内

- (72)発明者 小久保 将寿
愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
東海旅客鉄道株式会社内
- (72)発明者 太田 勝
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 鶴飼 正人
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 笹間 宏
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 佐藤 仁
東京都江東区豊洲 3 - 3 - 3 豊洲センタ
ービル 川鉄情報システム株式会社内

(72)発明者 高木 薫
東京都江東区豊洲 3 - 3 - 3 豊洲センタ
ービル 川鉄情報システム株式会社内