(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3552504号
(P3552504)
(45)発行日　平成16年8月11日(2004.8.11)　(24)登録日　平成16年5月14日(2004.5.14)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01B 11/30	G01B	11/30	W
G01N 21/17	G01N	21/17	F
G01W 1/00	G01W	1/00	J

請求項の数 2　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願平9-322407
(22)出願日　平成9年11月8日(1997.11.8)
(65)公開番号　特開平10-221043
(43)公開日　平成10年8月21日(1998.8.21)
審査請求日　平成13年5月23日(2001.5.23)
(31)優先権主張番号　特願平8-337587
(32)優先日　平成8年12月2日(1996.12.2)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者　000002945
オムロン株式会社
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地
(74)代理人　100078916
弁理士　鈴木　由充
(72)発明者　福井　浩
京都府京都市右京区花園土堂町１０番地　オムロン株式会社内
(72)発明者　高木　潤一
京都府京都市右京区花園土堂町１０番地　オムロン株式会社内

審査官　大和田　有軌

最終頁に続く

(54)【発明の名称】路面状態判別装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
路面の上方に長さ方向を道路の幅方向に対応させた状態で配備される所定長さの光源と、
路面の上方に配備され撮像対象領域が路面上の光源の光照射位置を含む大きさとなるように位置および撮像角度が調整される撮像手段と、
前記撮像手段が路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に前記光源の鏡面反射像の結像位置を通りかつその鏡面反射像の長さ方向に直交する複数のラインを設定するとともに、各ラインに沿う光量分布をそれぞれ抽出し、その抽出結果に基づいて路面状態の判別処理を行う制御手段とを備えて成る路面状態判別装置。
【請求項２】
路面の上方に道路の幅方向に沿って配備される複数の光源と、
路面の上方に配備され撮像対象領域が路面上の各光源の光照射位置を含む大きさとなるように位置および撮像角度が調整された撮像手段と、
前記撮像手段が路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に各光源の鏡面反射像の結像位置を通りかつ各光源の鏡面反射像が並ぶ方向に直交する複数のラインを設定するとともに、各ラインに沿う光量分布を抽出し、その抽出結果に基づいて路面状態の判別処理を行う制御手段とを備えて成る路面状態判別装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】

この発明は、自動車などの車両が走行する道路において、路面上の水分の有無や凍結状態など、路面状態の判別を行うための装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

特に寒冷地においては、冬季になると、路上に雪が積もったり路面が凍結したりして、スリップ事故が起こる可能性が高くなる。このため路面状態を速やかに判別して事故防止のための対策をとる必要がある。

【０００３】

図３２は、一般に用いられている路面状態の判別装置を示すもので、道路ＲＤの側方の支柱４４から路面ＬＤの上方に向けてポール４５を突出させ、このポール４５により投光部４０，受光部４２，路面温度計４１などを支持させている。また支柱４４の適宜位置には、制御装置４３が配備される。

【０００４】

前記投光部４０は、路面ＬＤに向かって赤外線光を照射するためのもので、受光部４２は路面からの拡散反射光を受光して、その受光量データを制御装置４３へと出力する。また路面温度計４１は、赤外線検知素子により路面温度を計測するもので、その計測値は同様に制御装置４３へと出力される。

【０００５】

制御装置４３は、路面からの反射光量は、路面が乾燥した状態より濡れた状態にあるときに大きくなるという原理に基づき、前記受光部４２からの受光量データを用いて、路面上の水分の有無を検知する。さらに制御装置４３は、この受光量データから得られる反射光率や路面温度の計測値から路面ＬＤの凍結や積雪の有無を判別し、その判別結果を道路の管理センターなどに送信する。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

路面からの反射光量により路面上の水分量を判別する場合、判別処理に必要な受光量データを得るためには、各光学系の設置位置の選択や設置角度の詳細な位置決めが必要となり、設置に手間がかかるという問題がある。

【０００７】

また路面の凍結や湿潤時には正反射光量が大幅に増大するので、検出精度を向上させるために正反射光量も受光する必要があるが、この正反射光用の受光部を設置するには、図３１中の点線で示すように、ポール４５をさらに道路の中央よりに延ばす必要があって設置が難しくなる。

【０００８】

そこでこの問題を解決するための装置として、投光部と受光部とを対向配備させるとともに、偏光板を用いて入射角および反射角がブリュースター角の近傍になるような光を受光し、その受光量により路面のぬれ状態を判別するようにしたものが提案されている（特開平５－２６４４４２号）。

【０００９】

しかしながらこの装置では、路面上の数十ｃｍ四方の領域内の計測値に基づいて路面状態を判別するだけであるので、道路上のわだち部分と平坦部分とにおける路面状態の差異や、路面凍結などに生じる路面の凹凸状態のばらつきを詳細に判別することは不可能である。また入射角および反射角がブリュースター角近傍にある光を計測対象とするために、光学系の機構が複雑化し、装置コストが高くなるという問題がある。

【００１０】

さらに実際に路面上に光を照射した場合、路面からの反射光は、その路面状態に応じて異なる反射パターンをとるので、前記図３１や特開平５－２６４４４２号の装置のように、単に特定方向に向かう反射光の光量を抽出するだけでは、路面状態を詳細に判別することなど不可能である。

【００１１】

この発明は上記問題点に着目してなされたもので、路面の上方に配備された光源より路面上に光を照射し、路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に所定のラインを複数設定し、各ラインに沿う光量分布を抽出することにより、路面状態を反映した正反射光および拡散反射光の特性に基づき路面状態を正確に判別することを技術課題とする。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

請求項１の発明にかかる路面状態判別装置は、路面の上方に長さ方向を道路の幅方向に対応させた状態で配備される所定長さの光源と、路面の上方に配備され撮像対象領域が路面上の光源の光照射位置を含む大きさとなるように位置および撮像角度が調整される撮像手段と、前記撮像手段が路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に前記光源の鏡面反射像の結像位置を通りかつその鏡面反射像の長さ方向に直交する複数のラインを設定するとともに、各ラインに沿う光量分布をそれぞれ抽出し、その抽出結果に基づいて路面状態の判別処理を行う制御手段とを備えている。

【００１５】

請求項２の発明にかかる路面状態判別装置は、路面の上方に道路の幅方向に沿って配備される複数の光源と、路面の上方に配備され撮像対象領域が路面上の各光源の光照射位置を含む大きさとなるように位置および撮像角度が調整された撮像手段と、前記撮像手段が路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に各光源の鏡面反射像の結像位置を通りかつ各光源の鏡面反射像が並ぶ方向に直交する複数のラインを設定するとともに、各ラインに沿う光量分布を抽出し、その抽出結果に基づいて路面状態の判別処理を行う制御手段とを備えている。

【００２０】

【作用】

この発明による路面状態判別装置では、路面の上方に長さ方向を道路の幅方向に対応させた状態で所定長さの光源を配備するか、路面の上方に道路の幅方向に沿って複数の光源を配備するかして、そのような光源より路面上に光を照射すると、その照射光は光照射位置の凹凸や水分の状態などに応じた反射パターンをもって反射する。路面からの正反射光および拡散反射光を撮像して得られた画像上に複数のラインを設定して各ラインに沿って光量分布をそれぞれ抽出するので、ライン毎に路面状態に応じた正反射光および拡散反射光の特性を反映した光量分布を得ることができ、ライン毎の光量分布の抽出結果から個別の路面判別処理を行ったり、これらの路面判別結果を統合することが可能となる。

【００２８】

【発明の実施の態様】

以下に示す各実施例は、路面上の所定位置に光を照射してその反射光を受光した後、その受光量データにより反射光の特性を抽出して路面状態を判別する。ここでは反射光の特性として、１）受光手段に結像した反射光像の輝度の分布状態，２）反射光の空間周波数の分布状態，のいずれかを抽出しており、以下の（１）～（４）は１）の方法を用いた実施例を、（５）～（８）は２）の方法を用いた実施例を、それぞれ示す。

【００２９】

【実施例】

（１）第１の装置構成

図１は、この発明にかかる路面状態判別装置の基本的な構成を示す。

この実施例の路面判別装置は、道路ＲＤの側方に設置された支柱６と、この支柱６から路面上方の道路横断方向に突出させたポール７により支持されるもので、ポール７には投光部１，　テレビカメラ２（以下単に「カメラ２」という），路面温度計３が、支柱６には制御装置４，外気温度計５が、それぞれ配備される。

なお図中、８は投光部１，カメラ２，路面温度計３を保護するためのカバー体を、９は道路ＲＤに沿って配備されるガードレールを、それぞれ示す。

【００３０】

前記投光部１は、複数個（図示例では６個）の光源１ａを、ポール７の長さ方向に沿わせて配備したもので、各光源１ａにより、道路ＲＤの横断方向に沿う複数の位置に光が照射される。またカメラ２は、各光源の光照射位置を含む所定領域を撮像するようにその位置および撮像角度が調整される。
なおこの実施例の光源１ａには、所定大きさの蛍光灯が用いられているが、これに限らず、赤外線ＬＥＤなど、所定の広がりをもった光を照射する光源を用いてもよい。
【００３１】
図２は、前記路面状態判別装置の光学系の関係を示す。図中、θはカメラ２の視野角を、５０は投光部１の仮想の鏡面像を、それぞれ示す。
いまカメラ２の視野角を２０度、ポール７の高さを５ｍとすると、路面ＬＤ上における撮像対象領域は、約１．８ｍの大きさを具備することになる。また投光部１の長さを３ｍと想定し、路面ＬＤが水分により鏡面になっているものと仮定すると、道路横断方向に沿う１．５ｍの範囲に各光源の鏡面反射像が生成されることになる。
【００３２】
上記構成の装置において、投光部１の各光源１ａから路面ＬＤに向かって光を照射すると、その照射光に対する路面からの反射光は、その路面状態に応じて異なる反射パターンをとる。前記カメラ２は、その反射パターンの特性を捉えた画像を生成するためのもので、制御装置４は、このカメラ２からの画像信号を取り込んで後記する所定の処理を実施することにより、路面ＬＤの水分，凍結などの有無を判別する。
【００３３】
図３は、前記路面状態判別装置の電気的構成を示す。
前記投光部１は、各光源１ａのほか、これら光源１ａの順次点灯動作を制御するための投光制御部１０を具備する。また制御装置４は、前記カメラ２からの画像を処理するのに必要なＡ／Ｄ変換部１１，画像メモリ１２，画像処理部１３，タイミング制御部１４のほか、制御の主体となるＣＰＵ１５，制御用プログラムや作業用データを格納するためのメモリ１６，送信部１７などを構成として備えている。
【００３４】
前記タイミング制御部１４は、前記投光制御部１０より各光源１ａに出力される駆動信号に同期するタイミングで、カメラ２にタイミング信号を出力する。これによりカメラ２は、各光源１ａが点灯および消灯する都度、撮像動作を行って、アナログ量の画像データを出力する。
【００３５】
前記タイミング信号は、制御装置４内の画像処理に関わる各部にも与えられ、各撮像動作毎の画像データがＡ／Ｄ変換部１１によりディジタル変換されて、画像メモリ１２へと格納される。画像処理部１３は、各光源１ａ毎に、点灯時の画像と消灯時の画像とを取り込んで後記する差分処理により影などのノイズを除去した後、その差分処理後の画像上において、反射光の特性を抽出する（抽出処理の詳細は後記する）。各光源１ａ毎の抽出結果は、順次ＣＰＵ１５へと出力されて前記した方法による路面状態の判別処理が実施されるもので、その判別結果は、送信部１７を介して道路センターのホストコンピュータ（図示せず）などに送信される。
なお路面温度計３，外気温度計５の各計測値は、画像処理による判別結果を確認するためなどに用いられる。
【００３６】
（２）路面状態毎の反射光の特性について
図４～７は、それぞれ、通常の乾いたアスファルト路面（以下「乾燥路面」という），路上の水分が凍結した状態にある路面（以下「凍結路面」という），雨などにより濡れた状態にある路面（以下「湿潤路面」という），水たまりが生じた路面（以下「冠水路面」という）について、路面上に照射された光に対する反射光の反射パターンと、この反射光を前記カメラ２により撮像して得られた画像とを示す。以下、各図を参照しながら各路面毎の反射光の特性について、説明する。

【００３７】
なお図４～７の各下段の図はいずれも、実際の画像において、照明光により照らし出された部分に相当する高い輝度を有する画素を、黒の塗りつぶしにより示したものである。また各画像は、前記図１の各光源１ａのうち中央部の光源１ａ（ここでは前記図１において、カメラ２側より数えて４番目の光源１ａとする）を点灯して得られる画像を示すもので、ｙ軸方向が道路ＲＤの幅方向に、ｘ軸方向が道路ＲＤの長さ方向に、それぞれ相当する。
【００３８】
通常の乾燥路面の表面は、アスファルト粒などによる微小凹凸面に形成されているため、図４（１）に示すように拡散反射光が優勢となる。この結果、カメラ２の撮像面の広い領域にわたって反射光が入射するので、図４（２）に示すような明るい画像が生成される。
【００３９】
凍結路面の表面は、氷の粒などよる不均一な凹凸形状になっているため、拡散反射光が乾燥路面よりもさらに優勢となる（図５（１））。この結果、カメラ２の撮像面に、より強い拡散反射光が入射するので、図５（２）に示すような明度の高い画像が得られる。
【００４０】
湿潤路面は、前記路面上の微小凹部を水が覆った状態になって路面が鏡面の状態に近づくので、図６（１）に示すように、拡散反射光成分が減少して正反射光が優勢となる。このためカメラ２の撮像面に入射する反射光が少なくなって、画像全体は暗くなるが、鏡面反射像の結像位置およびその周辺の画素における輝度は、乾燥，凍結の各路面よりも高くなる（図６（２））。
【００４１】
冠水路面については、路面上の水たまりによる鏡面上に光が照射されるため、殆ど正反射光のみとなる（図７（１））。これを反映して、図７（２）に示すように、画像全体が暗く、鏡面反射像の結像位置付近の限られた画素のみ輝度が高くなる。
【００４２】
（３）路面状態の判別処理　▲１▼
この実施例では、前記投光部１の各光源１ａを、それぞれ異なるタイミングで点灯させるとともに、各光源１ａの照射光による反射光を順次撮像して、各画像上の輝度の分布状態により前記反射光の特性を抽出した後、各抽出結果を統合して路面状態を判別するようにしている。
【００４３】
図８は、上記した反射光の特性を抽出するための具体的な方法を示す。
図示された画像は、前記図４～７に示したのと同様の乾燥，凍結，湿潤，冠水の各路面状態を示す画像であって、いずれも所定の大きさの画像領域Ｒを、ｘ，ｙ各軸方向に均等分割することにより、複数個（７行×６列）の小領域ｒが設定されている。
【００４４】
なお各小領域ｒは、領域内に１つの光源１ａの鏡面反射像を含むのに十分な大きさであって、さらにｙ軸方向の各列位置が各鏡面反射像の結像位置に対応し、かつ各列毎に、中央の小領域（図中、左から４番目の小領域）内に、鏡面反射像の結像位置が含まれるように設定される。
【００４５】
各光源１ａが順次点灯してその照明下での画像が取り込まれると、制御装置４は、点灯した光源１ａに対応する列を計測対象として設定し、その列の各小領域毎の輝度値を算出する。これにより前記光源１ａからの照射光により道路の長さ方向がどのように照明されているかを示す輝度の分布状態が抽出される。
【００４６】
以下の説明では、図８（１）～（４）の各画像の下方向に前記図１のガードレール９が位置し、各画像は、いずれもカメラ２側から数えて４番目の光源１ａが点灯している状態下で得られたものであるとする。この場合、矢印で示す４列目の各小領域が計測対象となり

、各領域の輝度値が算出される。

【００４７】

図９（１）～（４）は、それぞれ前記図８（１）～（４）の各画像について、計測対象の各小領域における輝度の分布状態を示す。図中Ｄ１～Ｄ７は、前記計測対象の４列目に位置する各小領域に対し、ｘ軸方向に沿って順に付与したラベルであって、それぞれそのラベルが付された小領域の輝度値が対応づけて示されている。

【００４８】

図示例から明らかなように、乾燥路面の場合には、前記した拡散反射光が優勢となる事象を反映して、各小領域毎にほぼ一定の輝度値が抽出される。以下、凍結路面，湿潤路面の順に、正反射光の増大および拡散反射光の消失を反映して、中央部の小領域Ｄ４における輝度値が高くなるとともに、各小領域間における輝度値のばらつきが大きくなる。そして冠水路面では、正反射光をとらえた中央部の小領域Ｄ４の輝度値のみが突出し、他の小領域の輝度値は、著しく低くなる。

【００４９】

したがって例えば正反射光成分を含む小領域Ｄ４の輝度値Ｐ４と、この小領域Ｄ４に隣接する小領域Ｄ３，Ｄ５の各輝度値Ｐ３，Ｐ５とに着目し、ピークの輝度値Ｐ４に対する隣接領域の輝度値Ｐ３，Ｐ５の比Ｐ３／Ｐ４，Ｐ５／Ｐ４により、各路面を識別することが可能となる。その他、各領域毎の輝度値の分散値によっても各路面を識別することが可能である。

【００５０】

なお各画像を処理する際に、カメラ２の視野に何らかの影が入り込んで画像の明度が低下すると、計測すべき小領域内の輝度値が低下して、路面判別の精度が低減する虞がある。この問題を解決するためには、各光源１ａ毎に、点灯動作時の画像と消灯時の画像とを交互に取り込み、これら画像間の差分画像を用いて影の影響を除去するようにすればよい。

【００５１】

図１０（１）～（３）は、上記差分処理の具体例を示すもので、所定の光源１ａが点灯している時の画像（図１０（１）に示す）と、消灯時の画像（図１０（２）に示す）とには、ともに影の画像１８が含まれている。なおこれら画像は、光源１ａの点滅状態を連続的に捉えて生成されるものであるので、画像上の影の大きさや濃淡度には、殆ど差違がない。したがって両画像間で対応する画素毎の濃度値の差分演算を行うことにより、図１０（３）に示すような影の影響のない画像が生成される。

【００５２】

図１１は、前記制御装置４の一連の手順を示す。なお図中、「ＳＴ」は各ステップを示す。

前記投光部１の投光制御部１０が第１の光源１ａに対する投光制御を実施し、これを受けてカメラ２が光源１ａの点灯時の画像と消灯時の画像とを生成すると、各画像データは、Ａ／Ｄ変換部１１によりディジタル変換されて画像メモリ１２に格納される（ステップ１）。

【００５３】

つぎのステップ２で、画像処理部１３は、両画像の差分処理を実施して、影などのノイズを除去した後、この差分処理画像上に、前記図８に示した原理に基づき小領域を設定する。

【００５４】

つぎに画像処理部１３は、前記点灯動作した光源１ａの鏡面反射光像の結像位置に対応する列の各小領域について、それぞれ輝度値を算出する（ステップ４）。なおこの領域内の輝度値としては、領域内の各画素の輝度の総和もしくは平均値が算出される。

【００５５】

つぎにＣＰＵ１５は、各小領域毎の輝度の算出値を取り込んで、前記した原理に基づき、正反射光を捉えた中央の小領域Ｄ４の輝度値Ｐ４に対する他の小領域の輝度値の比や、小領域間の輝度値の分散値を算出し、各算出結果を所定のしきい値と比較するなどして、路

面状態を判別する（ステップ５）。
【００５６】
以下、各光源１ａの点灯制御動作に応じて、ステップ１～５の手順が実施され、各光源１ａに対応する小領域の列毎に路面の判別処理が実施される。すべての光源１ａに対する判別処理が完了すると、ステップ６が「ＹＥＳ」となってステップ７へと移行し、ＣＰＵ１５は、各光源毎の判別結果を統合し、その結果を前記送信部を介して外部に出力する。
【００５７】
なおこのステップ７の統合処理では、必ずしも各判別結果により限定された路面状態を特定する必要はなく、計測位置によって異なる判別結果が得られた場合には、各判別結果をその計測位置に対応させて出力するようにしてもよい。これにより、路面の一部に水たまりやわだちなど路面状態の異なる部分が存在する場合にも、路面状態を道路の幅方向に沿って切り分けて判別することができる。
【００５８】
またこの実施例では、各光源１ａを道路の幅方向に沿って配置し、各光源１ａ毎の反射光像の特性を、道路の長さ方向に沿って抽出しているが、これに限らず、各光源１ａを道路の長さ方向に沿って配置し、道路の幅方向に沿って反射光像の特性を抽出するようにしてもよい。
【００５９】
（４）第２の装置構成
上記した実施例では、カメラ２により撮像して得られた画像を用いて反射光の特性を抽出するようにしたが、このカメラ２に代えて、つぎの図１２に示すような受光部２０を設置すれば、光学系および制御装置４の構成をより簡易にすることができる。
【００６０】
図１２の受光部２０は、路面側の複数の方向からの反射光を受光するための複数個（図示例では７個）の受光素子２１と、各受光素子に入射させる光抽出用のレンズ２２ａを配列したレンズアレイ２２と、路面からの正，拡散の各反射光を集光するための集光用レンズ２３を具備する。前記受光素子２１およびレンズアレイ２２の配列方向は、各光源１ａの並び方向に直交する方向に設定されており、光源１ａから照射された光は路面ＬＤ上で反射して各方向に分散した後、集光用レンズ２３により集められ、さらにレンズアレイ２２の各レンズ２２ａにより各方向毎に分離されて受光素子２１に入射する。したがって各受光素子２１の受光量により、前記図６，７の各小領域毎の輝度値に相当するデータを得ることができる。
なおこの構成においても、各光源毎の正反射光は、中央の受光素子２１に入射するように設定されるものとする。
【００６１】
（５）路面状態の判別処理　▲２▼
前記したように、路面ＬＤからの反射光は、路面状態毎に異なる反射パターンをとるから、画面上の反射光像について空間周波数成分を抽出すると、その分布パターンには各路面状態間で顕著な差違が認められる。したがって前記輝度の分布状態に代えて、画像上の反射光像の空間周波数成分を分析することによっても、路面状態を判別することが可能である。
【００６２】
なおこの判別処理を実施する場合の装置としては、図１～図３と同様の構成のものを用いることができるが、投光部１の各光源１ａとして、路面上の主要な凹凸模様よりも大きな範囲を照射可能な光源を採用する必要がある。
【００６３】
図１３は、乾燥，凍結，湿潤の各路面について、いずれかの光源１ａを点灯させた状態で得られた画像上の反射光の空間周波数分布を示す。なおこの空間周波数の成分は、点灯した光源１ａの鏡面反射像を含み、かつ光源の並び方向に直交する方向（すなわち図８の矢印の方向に相当する）に沿う１ないし複数のライン上において、ライン毎に、１画素分に

対応する距離データとライン上の各画像毎の輝度値とを用いた高速フーリエ変換（ＦＦＴ）を施すことにより抽出されるものである。なおこれらラインは、路面上の長さ５７０㎜の範囲に対応するように設定される。

【００６４】

図示のグラフの横軸には、ＦＦＴの各次数、すなわち前記ラインを分割する回数ｎに１を加えた数によるスケールが設定される。縦軸は、ラインをｎ回分割したときの１単位分の長さに対応する空間周波数成分の強度を示すもので、各分布曲線の変化の度合いを対比するために、それぞれの曲線を、０次の定常成分（横軸が１の地点における強度）により規格化して示してある。

【００６５】

図中、W_L で示す周波数帯域（０．１～０．２５mm^{-1}の帯域）は、一般に路面の凹凸模様を表すと考えられるもので、湿潤路面では、路面上の水分の増加を反映して、この帯域の周波数成分強度が増加する。また凍結状態の路面においても、前記図５に示した拡散反射光の増加を反映して、この帯域における周波数成分が所定量だけ増加する。

【００６６】

また路面が湿潤状態になると、もともとの路面の凹凸面上に薄い水の膜ができるが、この膜の厚みは不均一であるので、もともとの路面の凹部や凸部の中にさらに細かい凹凸成分が存在することになる。これを反映して、路面上の水分が多くなるほど、０．１７mm^{-1}を越える高周波領域W_H における周波数成分の強度が大きくなるという結果が得られる。

【００６７】

図１４は、図１３に示した各分布曲線毎に、前記周波数帯域W_L ，W_H における周波数成分強度の積算値をとり、凍結，湿潤の各路面状態における強度積算値Ｓ（Ｂ），Ｓ（Ｃ）について、それぞれ乾燥路面における強度積算値Ｓ（Ａ）に対する比を算出した結果を示す。このように、各帯域W_L ，W_H における周波数成分の強度には、各路面状態の違いにより顕著な差違が認められる。

【００６８】

したがって上記３種の路面状態のうち、乾燥路面における空間周波数の分布状態を事前に計測するとともに、前記図１４に示した各比率の算出値をもとに、各路面状態を判別するためのしきい値を設定しておく。これら計測値や設定値は、ともにメモリ１６内に記憶されるもので、ＣＰＵ１５は、以後、取り込まれた画像より得られた空間周波数分布曲線上で、前記各周波数帯域W_L ，W_H における周波数成分の強度積算値を算出し、その算出値の前記乾燥路面における強度積算値Ｓ（Ａ）に対する比を前記しきい値と比較することにより、各路面状態を判別する。

【００６９】

なおここでは図示していない冠水路面では、前記の実施例に示したように、他の路面状態に比べ、正反射光量が著しく増大するので、空間周波数分布によらずに、画像上の鏡面反射光像の結像位置における輝度値により、他の路面状態から識別することができる。しかしながら判別精度を期す場合には、後記する実施例のように、空間周波数の低周波成分の強度や鏡面反射像の結像位置における空間周波数分布の強度を用いた分析を加えてもよい。

【００７０】

このように反射光の空間周波数分布は、光源１ａからの照射光によって照明された路面の光沢度合いや路面の凹凸状態を的確に反映したものであるので、出現した周波数分布をさらに細かく分析すれば、より詳細な路面状態の判別が可能となる。そこで以下の実施例では、空間周波数分布を用いて路面状態を判別する際の種々の構成および処理方法を説明する。

【００７１】

（６）第３の装置構成

図１５に示す路面状態判別装置では、投光部１が、所定長さの蛍光灯より成る光源２４に

より構成される。この光源２４は、長手方向をポール７の長さ方向に沿わせて配備することにより、道路ＲＤの横断方向に沿って帯状の光を照射するようにしたもので、カメラ２は、この光源２４の光照射位置を含む所定領域を撮像するように、その位置および撮像角度が調整される。
なおその他の構成は、前記図１の装置と同様であるので、ここでは同一の符号を付すことにより詳細な説明を省略する。
【００７２】
図１６は、上記路面状態判別装置の電気的構成を示す。この路面状態判別装置も、前記第１の実施例と同様、光源２４の点灯時の画像と点灯していない状況下での画像との差分処理によりノイズを取り除いてから、路面状態の判別処理を行うように設定されており、投光部１には、前記光源２４の点灯動作を制御するための投光制御部１０が配備される。
その他、制御装置４の構成および制御装置４に対する光源１およびカメラ２の関係は、前記図２と同様であるので、詳細な説明は省略する。
【００７３】
（７）　路面状態の判別処理　▲３▼
図１７（１）（２）（３）は、上段に、湿潤路面，冠水路面，および雪が積もった路面（以下「積雪路面」という）のそれぞれを撮像して得られた画像を示す。なおこの図では、横軸（ｘ軸）方向が道路の横断方向に、縦軸（ｙ軸）方向が道路の走行方向に、それぞれ対応している。また図中の黒の塗りつぶしは、路面の湿潤部分からの鏡面反射光像を示す。
【００７４】
図１７の下段の各図は、それぞれ上段の対応する画像上で、点Ａから点Ｂに至る垂直ライン上における光量分布を示す。この場合、湿潤，冠水の各路面状態では、水分が鏡面の役割を果たすため、前記光の照射位置における光量分布は、正反射光量が大幅に増加したことを反映したものとなっている（図１７（１）（２））。
【００７５】
一方、積雪路面においては、路上の雪により光が拡散反射するので、図１７（３）に示すごとく、光照射位置のみならず、その周囲の反射光量が増加したような光量分布が得られる。
【００７６】
図１８（１）～（４）は、それぞれ乾燥路面，水分の少ない湿潤路面，水分の多い湿潤路面，冠水路面について、画像上の１垂直ライン上の光量分布より得られた空間周波数分布を示す。なおここに示される各分布曲線は、前記図１３のように正規化されたものではなく、実測値そのものを表している。
【００７７】
この実施例では、路面ＬＤの凹凸状態を表す帯域およびその近傍にあたる０．１～０．３mm^{-1}の周波数帯域に着目している（以下この帯域の周波数成分を「中心周波数帯域」と総称する）。この帯域の成分強度は、図１８（１）～（３）に示すように、路面ＬＤが乾燥状態から湿潤状態へ移行するにつれ増加する。さらに路面上の水分が増加して冠水状態になると、光照射位置における正反射光量が激増することに伴い、図１８（４）に示すごとく、道路の走行方向における光源幅を反映する空間周波数成分が優勢となる結果が得られる。
【００７８】
なお、乾燥路面，湿潤路面それぞれについて得られる中心周波数成分のピーク値を比較すると、図１９（１）（２）に示すごとく、湿潤路面でのピーク値は乾燥路面でのピーク値の約１０倍となっている。このようにこの中心周波数帯域の成分強度により路面上の水分の有無を判別することが可能となる。
【００７９】
図２０（１）（２）は、乾燥路面と積雪路面とについて、前記図１８と同様にして得られた空間周波数分布を対応づけて示す。

この場合、路面の凹凸状態を表す中心周波数成分の強度には有意な差は認められないが、前記したように雪により拡散反射光量が増加するため、積雪路面では、画像全体の明るさを示す０．１mm^{-1}以下の低周波数帯域の成分強度が著しく増大する。したがって、前記中心周波数成分と低周波数成分との強度比により、乾燥路面と積雪路面とを判別することが可能となる。

【００８０】

前記制御装置４は、カメラ２からの入力画像上で、道路横断方向における複数位置に前記垂直ラインを設定しており（以下この垂直ラインを「計測ライン」という）、各計測ライン毎に得られた空間周波数分布を用いて、上記原理に基づき路面状態を判別している。この場合、各計測ラインの平均的なデータを算出すれば、道路ＲＤの広い範囲にわたる路面状態を総合的に判別できる。また各計測ライン毎の空間周波数分布を個別に処理すれば、わだちなど水のたまりやすい凹部と平坦な部位との路面状態の違いを判別することができる。

【００８１】

図２１は、前記計測ラインの設定例を示すもので、光の照射範囲において、道路の中心線に対応させた第１の計測ラインL_1と、車輪の通過位置（図中点線で示す）に対応させた第２の計測ラインL_2とが設定されるとともに、これら計測ラインの中間地点に第３の計測ラインL_3が設定されている。

【００８２】

図示例は湿潤路面を前提としたもので、黒い塗りつぶしは、前記図１７と同様、路面の湿潤部分からの鏡面反射光像を示している。この場合、計測ラインL_1，L_3では、前記図１７（１）と同様の路面状態にあるので、図１８（２）（３）に示した湿潤路面の特徴を示す空間周波数分布が抽出される。他方、計測ラインL_2の設定された車輪の通過箇所には窪みが生じて水がたまっており、図１８（４）に示した冠水路面の特性を示す空間周波数分布が得られる。

【００８３】

なお光源は１本に限らず、前記図１に示したように、複数個の光源により路面上に帯状の光を照射するようにしても良い。ただしこの場合、路面からの反射光に路面の凹凸状態を反映した空間周波数成分が含まれるように、各光源には、路面の凹凸部よりも大きな領域を照射可能なものを用いる必要がある。

【００８４】

図２２は、前記図１５の光源２４よりも長さの短い複数個の蛍光灯２４ａ～２４ｄを、それぞれ長手方向を道路の横断方向に沿わせて並列配備した状態を示す。

【００８５】

図２３は、前記図２２の構成の路面状態判別装置において、前記カメラ２により撮像してられた画像と計測ラインとの関係を示す。図中、２５ａ～２５ｄは、各照射光による鏡面反射光像を示すもので、各鏡面反射光像２５ａ～２５ｄの各幅に対応する位置に、少なくとも１本の計測ラインL_a～L_dが設定されている。これにより、各照射光に対する反射光の空間周波数分布を抽出して、各光照射位置毎の路面状態を判別することができる。

【００８６】

図２４は、投光部１として、２本の蛍光灯２４Ａ，２４Ｂを道路の走行方向に沿って並列配備した例を示す。

図２５（１）は、上記路面状態判別装置のカメラ２により撮像された冠水状態の路面の画像を、図２５（２）はこの画像上の点Ａから点Ｂに至る計測ライン上の光量分布を示す。このように画像上に各光源１Ａ，１Ｂの鏡面反射光像が明確に現れるので、計測ライン上の空間周波数分布では、図２６に示すように、道路の走行方向における各光源の光照射幅を反映した周波数成分の強度が大幅に増大し、路面の湿潤状態や凍結状態を精度良く検出することができる。

【００８７】

図２７（１）（２）は、１計測ライン上の光量分布について、正反射光と拡散反射光とを個別に処理する例を示す。
図２７（１）は、湿潤路面における１計測ライン上の光量分布を示すもので、図中、光量の高いピーク値が多発する部分は光の正反射光像を反映し、その近傍部分は拡散反射光像を反映する。したがってこの光分布曲線を、前記ピーク値の多発部分を含む第１の処理範囲Ｒ１と、拡散反射光部分を示す第２の処理範囲Ｒ２とに分割し、それぞれの処理範囲に含まれる周波数成分を個別に抽出すると、図２７（２）に示すごとく、各処理範囲間での中心周波数帯域に含まれる成分強度には大きな差異が認められる。

【００８８】

なお同様の処理を乾燥路面について行った場合、大きな正反射光量は得られないので、各反射光の中心周波数成分には図２７（２）のような著しい差異は認められなくなる。
このように各反射光の中心周波数成分の強度比を用いれば、乾燥路面と湿潤路面とを明確に判別できるだけでなく、路面の水分量の微妙な差異も精度よく検出することができる。

【００８９】

図２８は、前記ＣＰＵ１６による路面判別の一連の手順を示す。
なおここに示す判別処理は、単独の計測ライン上の空間周波数分布または複数本の計測ラインについて得られた空間周波数分布の平均化されたデータを用いて行われるもので、各計測ライン毎に判別処理を行う場合には、各ライン毎にこの判別処理手順が実行された後、前記図１１と同様、各判別結果が統合されて出力される。

【００９０】

まず最初のステップ１（図中「ＳＴ１」で示す）で、画像処理部１３により抽出された計測ライン上の光量分布データが入力されると、ＣＰＵ１５は、つぎのステップ２で、前記高速フーリエ変換を実行して、計測ライン上における反射光の空間周波数分布を抽出する。

【００９１】

つぎのステップ３で、ＣＰＵ１５は、抽出された空間周波数分布のうち前記中心周波数帯域の成分強度に着目する。この成分強度が前記図１８（１）に示した範囲内であればステップ３からステップ１３へと移行して、路面は乾燥状態にあると判別される。これに対し、中心周波数帯域の成分強度がこの乾燥路面における成分強度を大幅に上回る場合には、路面上には水分が存在するものと判断されてステップ３からステップ４へと移行し、路面温度が０度以下であるか否かがチェックされる。
なおこの路面温度の判別は、前記路面温度計３の計測値に基づき行われるもので、前記外気温度計５の計測値は路面温度計の計測誤差をチェックするために用いられる。

【００９２】

路面温度が０度以下である場合、ＣＰＵ１５は、路面は凍結状態もしくは積雪状態のいずれかにあるものと判断して、ステップ４からステップ５へと移行し、前記図２０に示した原理に基づき、中心周波数帯域の成分強度に対する低周波帯域の成分強度の比率をチェックする。この結果、所定のしきい値以上の成分強度比が得られた場合は、路面は積雪状態にあると判断される（ステップ８）。

【００９３】

前記成分強度比がしきい値を下回る場合には、ＣＰＵ１６は、さらに前記図２７に示した方法を適用して、前記計測ライン上の正反射光と拡散反射光との空間周波数分布を個別に抽出し、両反射光の中心周波数帯域の成分強度比をチェックする（ステップ６）。

【００９４】

凍結した水分が融け始めた状態にある凍結路面上に光を照射すると、路面表面では、その解凍水分による正反射光量が増加するので、正反射光の中心周波数帯域の成分強度はますます増大する。

【００９５】

したがってＣＰＵ１５は、前記拡散反射光の中心周波数成分強度に対する正反射光の中心周波数成分強度が所定のしきい値を超えたとき、路面は凍結が融ける始めた状態にあると

判断し（ステップ９）、この周波数成分強度比がしきい値以下であるときは、路面は固い凍結状態が保たれた状態にあると判断する（ステップ１０）。
このように各反射光の中心周波数帯域の成分強度比を用いることにより、最も危険度の高い凍結路面の状態を精度良く判別することが可能となる。
【００９６】
一方、路面温度が０度を上回る場合には、ステップ４からステップ７へと移行し、ＣＰＵ１５は、得られた空間周波数分布において、図１８（４）に示したように光源の幅を示す空間周波数が優勢となるか否かをチェックする。この結果、判定が「ＹＥＳ」のときは路面は冠水路面であり、判定が「ＮＯ」のときは路面は湿潤路面であると判別される（ステップ１１，１２）。
【００９７】
（８）路面状態の判別処理　▲４▼　（応用編）
上記路面状態判別装置の制御装置４に画像上の車両を抽出する機能を付加し、車両が通過する前後での路面状態を判別するように構成することもできる。
図２９は、上記機能を備えた路面状態判別装置の構成を示すもので、制御装置４には、複数フレーム分の入力画像を記憶する容量を具備する画像メモリ１２´が配備される。また画像処理部１３は、車両抽出部３０と光量分布抽出部３１との２つの機能を具備するように構成される。なお投光部１は、前記したいずれの構成でも良いため、図示を省略する。
【００９８】
車両抽出部３０は、典型的な車両の特徴を示す画像モデルを保持しており、画像入力毎に、入力画像上に前記画像モデルを走査してパターンマッチング処理を実行し、撮像領域内に車両が存在するか否かをチェックする。これにより撮像領域内における車両の通過が確認されると、光量分布抽出部３１は、画像メモリ１２´からこの車両の通過前後の入力画像を取り出し、各画像毎に前記と同様の光量分布の抽出処理を実行する。ＣＰＵ１５は、各抽出結果から得られる空間周波数分布を用いて、車両の通過による路面状態の変化を判別する。
【００９９】
なおこの場合も、画像取込みの都度、光源を点滅させるようにして、光源点灯下での画像と光源が点灯していない状態下での画像との差分処理を行うようにすれば、影などのノイズを除去して、判別精度を向上することができる。
【０１００】
図３０（１）（２）は、冠水状態にある路面における車両の通過前後の画像を示すもので、各画像とも車輪の通過位置に計測ラインＬが設定されている。
この場合、車両の通過により、車輪の通過位置の水膜が一時的に除去されるので、この位置における正反射光量は、車両の通過直後に大幅に減少する。
図３０（３）は、前記各画像毎に計測ライン上で抽出された空間周波数分布を対応づけて示すもので、車両通過後の画像では、前記正反射光量の減少を反映して中心周波数帯域の成分強度が著しく低下している。
【０１０１】
図３１（１）（２）は、積雪が融け始めた路面の画像であって、図３１（１）は車両の通過前の画像を、図３１（２）は車両通過直後の画像を、それぞれ示す。なお図３１（２）中の符号３２は、車輪の通過により形成されたわだちを示す画像である。
【０１０２】
これら各画像上で、前記図３０（１）（２）と同様、車輪の通過位置に計測ラインＬを設定して空間周波数分布を抽出すると、図３１（３）に示すごとく、車両通過後の画像による空間周波数分布では、わだちの部分の融けた雪からの正反射光を反映して中心周波数帯域の成分強度が著しく増大している。
【０１０３】
このように実際に車両が通過する前後の路面状態の変化を判別することにより、路面状態が車両の走行に及ぼす影響を詳細に判別することができ、従来の装置では考えられなかっ

た詳細な分析を行うことができる。

【０１０４】

【発明の効果】

この発明によれば、路面の上方に配備された光源より路面上に光を照射して路面からの正反射光および拡散反射光を撮像し、得られた画像上に設定したラインに沿って光量分布を抽出するので、光照射範囲の路面状態に応じた正反射光および拡散反射光の特性をもって路面状態を正確に判別することができる。しかも、複数のラインを設定することによって道路の長さ方向に沿う光量分布を道路の幅方向に沿って複数抽出することができるので、これらの抽出結果毎に個別の路面判別処理を行ったり、各路面判別結果を統合したりして、道路の幅方向に沿う広い範囲にわたる路面状態を判別することができる。特に、水たまりやわだちなど、路面の一部に路面状態の異なる部分が存在する場合には、光量分布毎に個別の路面状態を行うことにより、路面状態を道路の幅方向に沿って切り分けて判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明の一実施例にかかる路面状態判別装置の構成例を示す説明図である。

【図２】図１の路面状態判別装置の光学系の関係を示す説明図である。

【図３】図１の路面状態判別装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図４】乾燥路面における反射光の特性およびその反射光を撮像して得られる画像を示す説明図である。

【図５】凍結路面における反射光の特性およびその反射光を撮像して得られる画像を示す説明図である。

【図６】湿潤路面における反射光の特性およびその反射光を撮像して得られる画像を示す説明図である。

【図７】冠水路面における反射光の特性およびその反射光を撮像して得られる画像を示す説明図である。

【図８】反射光の特性を抽出するための具体的な方法を示す説明図である。

【図９】計測対象の小領域の輝度の分布状態を各路面毎に示す説明図である。

【図１０】画像の差分処理の原理を説明する図である。

【図１１】路面状態の判別処理手順を示すフローチャートである。

【図１２】カメラに代わる受光部の構成を示す説明図である。

【図１３】路面からの反射光の空間周波数分布を示す説明図である。

【図１４】凍結，湿潤の各路面について、乾燥路面に対する周波数成分強度比を示す図である。

【図１５】路面状態判別装置の他の構成を示す説明図である。

【図１６】図１５の路面状態判別装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図１７】路面状態の種毎に入力画像と光量分布との関係を対応づけて示す説明図である。

【図１８】路面状態の種毎の空間周波数分布を示す説明図である。

【図１９】路面状態の種毎の空間周波数分布を示す説明図である。

【図２０】路面状態の種毎の空間周波数分布を示す説明図である。

【図２１】計測ラインの設定例を示す説明図である。

【図２２】路面状態判別装置の他の構成例を示す説明図である。

【図２３】図２２の装置における計測ラインの設定例を示す説明図である。

【図２４】路面状態判別装置の他の構成例を示す説明図である。

【図２５】図２４の装置における入力画像と光量分布との関係を示す説明図である。

【図２６】図２５（２）の光量分布から抽出された空間周波数分布を示す説明図である。

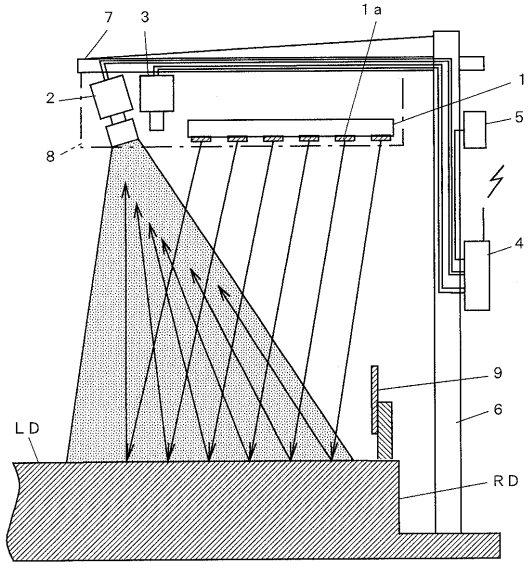
【図２７】１計測ライン上の光量分布について、正反射光と拡散反射光との空間周波数分布を個別に抽出する方法を示す説明図である。

【図２８】路面状態の判別処理手順を示すフローチャートである。

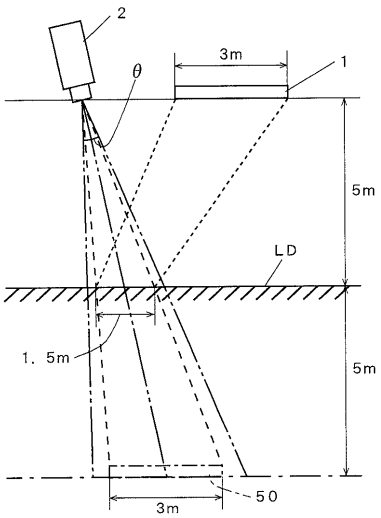
【図２９】車両抽出機能を備えた路面状態判別装置の電気的構成を示すブロック図である

。
【図３０】図２９の路面状態判別装置による処理の具体例を示す説明図である。
【図３１】図２９の路面状態判別装置による処理の具体例を示す説明図である。
【図３２】従来の路面状態判別装置の構成を示す説明図である。
【符号の説明】
１　　投光部
２　　テレビカメラ
４　　制御装置
１３　画像処理部
１４　ＣＰＵ
２０　受光部
ＬＤ　路面

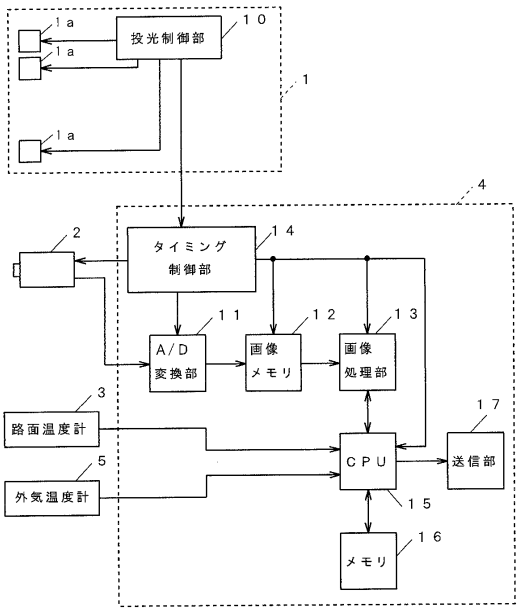
【図１】



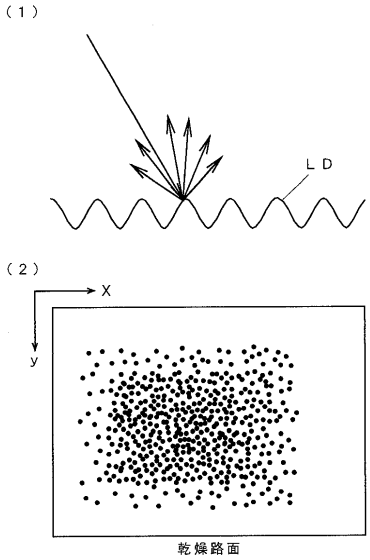
【図２】



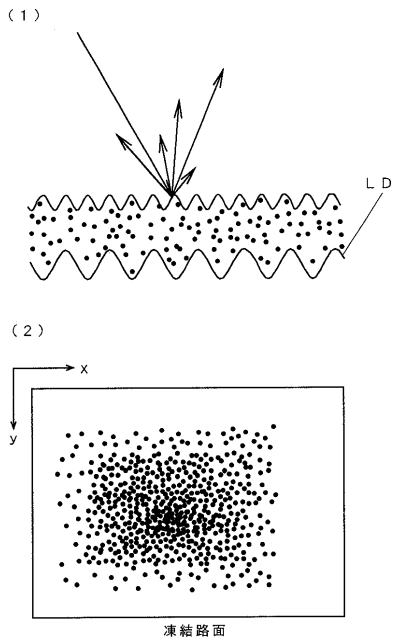
【図３】


1a
1a
1a
投光制御部
10
1
4
2
タイミング
制御部
14
A/D
変換部
11
画像
メモリ
12
画像
処理部
13
3
路面温度計
5
外気温度計
CPU
15
17
送信部
メモリ
16

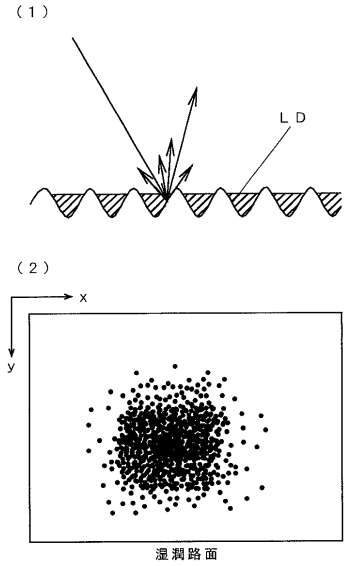
【図４】


(1)
LD
(2)
X
y
乾燥路面

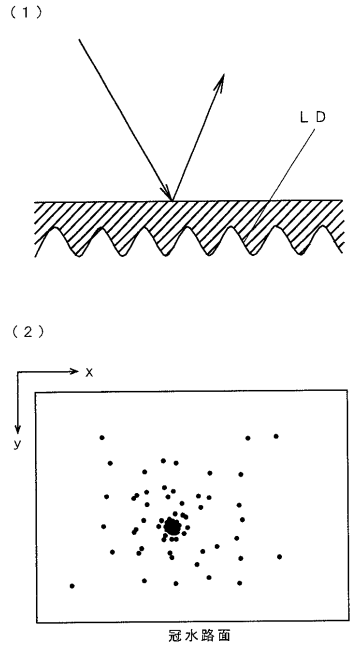
【図５】


(1)
LD
(2)
x
y
凍結路面

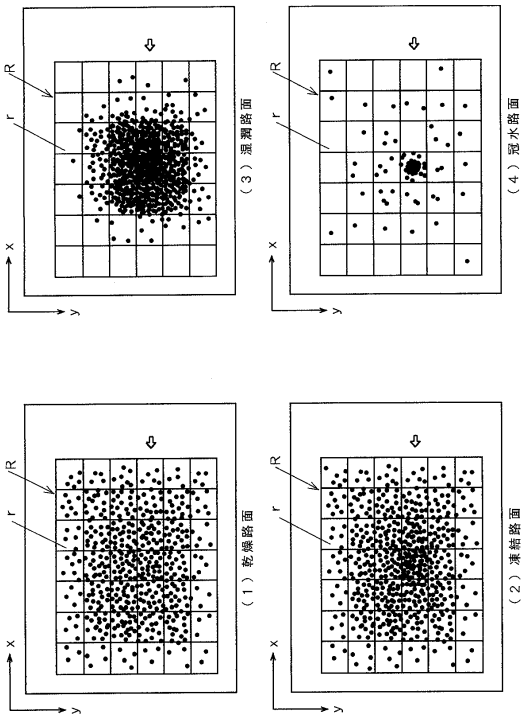
【図６】


(1)
LD
(2)
x
y
湿潤路面

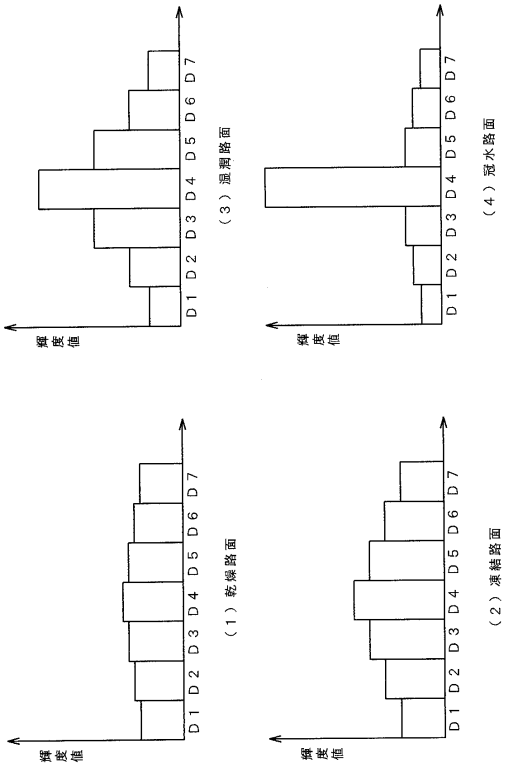
【図７】


（１）
ＬＤ
（２）
x
y
冠水路面

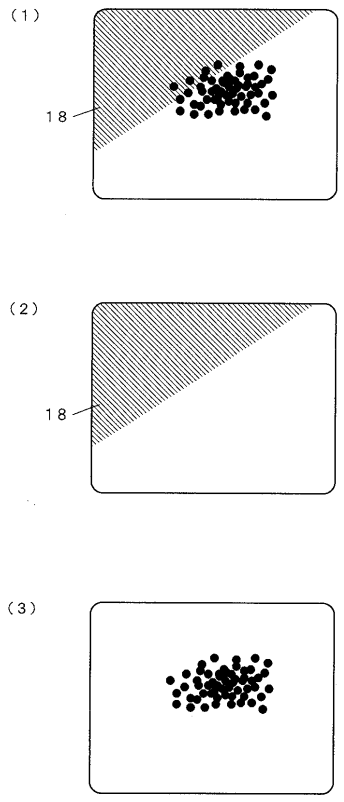
【図８】


R
r
x
y
（３）湿潤路面
（４）冠水路面
（１）乾燥路面
（２）凍結路面

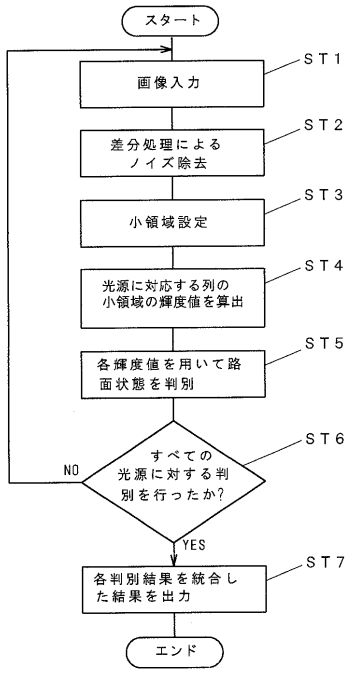
【図９】


輝度値
D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7
（３）湿潤路面
（４）冠水路面
（１）乾燥路面
（２）凍結路面

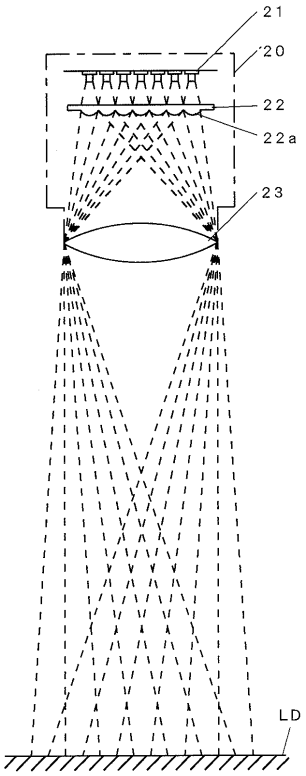
【図１０】


（１）
18
（２）
18
（３）

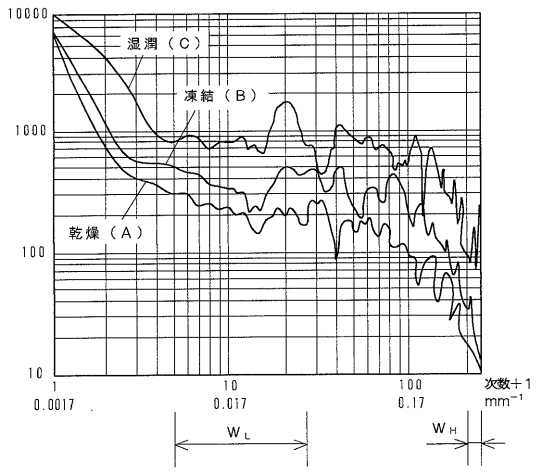
【図１１】



【図１２】



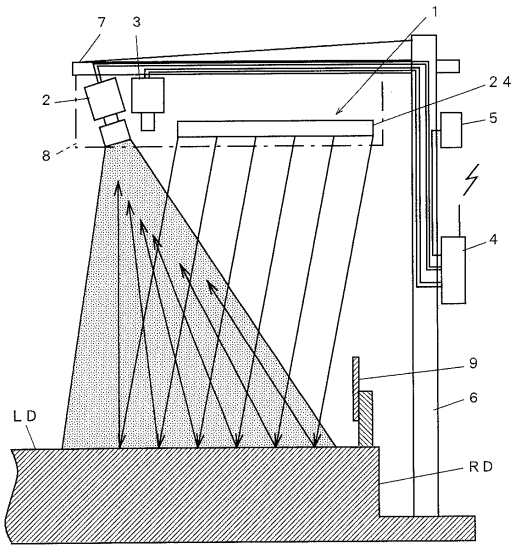
【図１３】



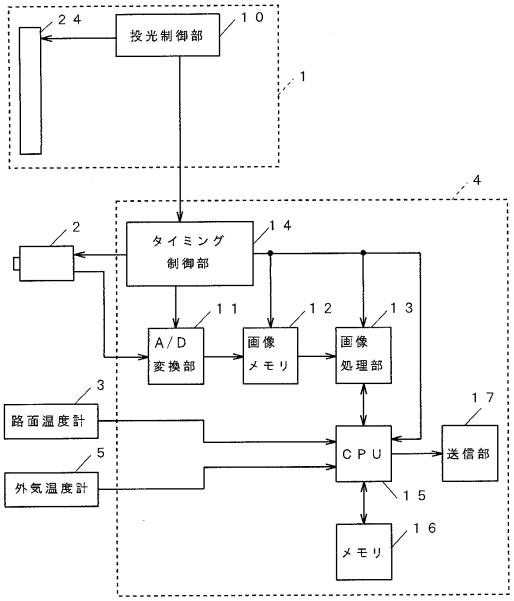
【図１４】

帯　域	S(B)/S（A）	S(C)/S（A）
W_L	１．８１	５．０３
W_H	１．４０	７．２３

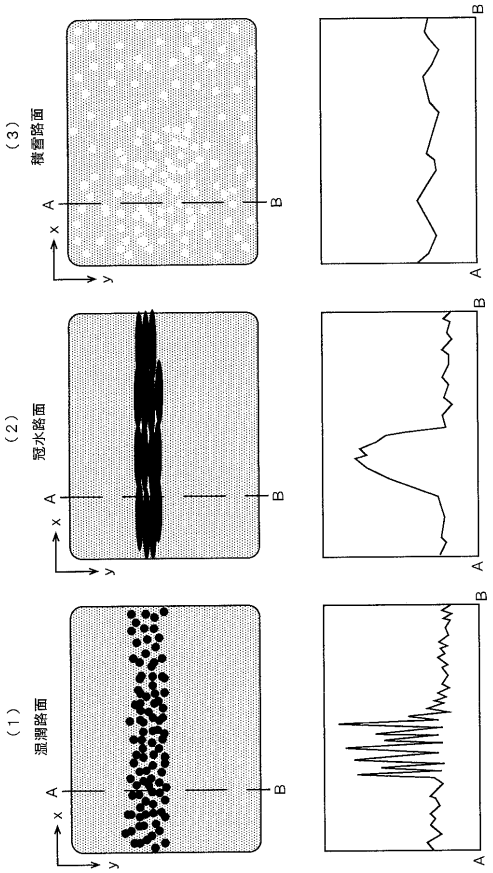
【図１５】



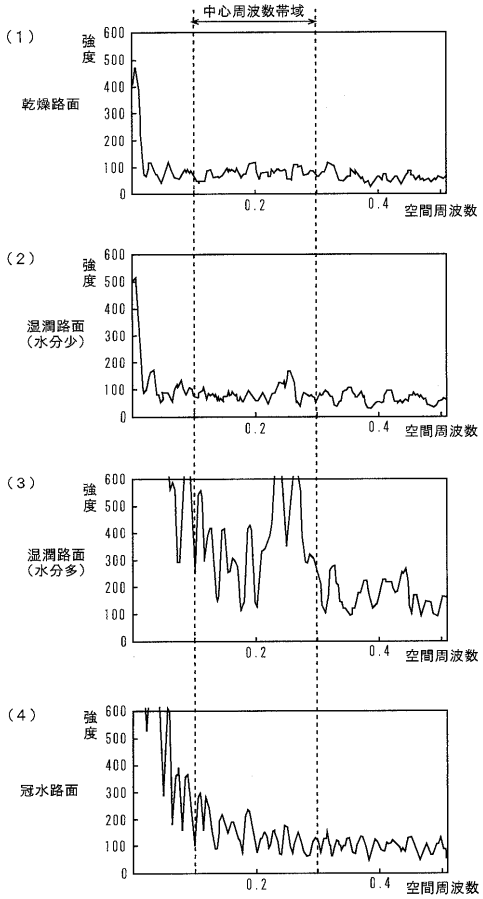
【図１６】



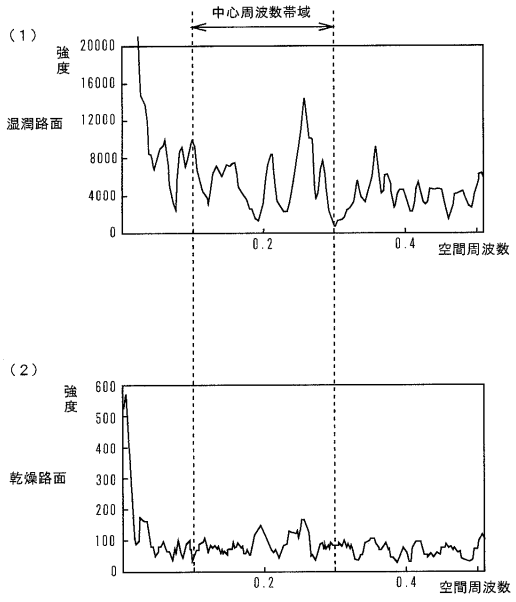
【図１７】



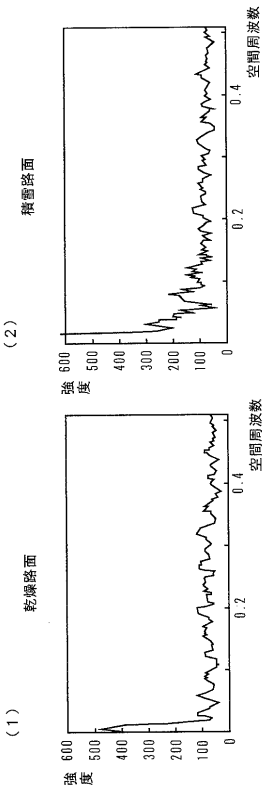
【図１８】



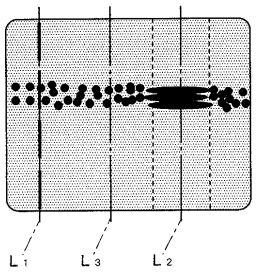
【図１９】



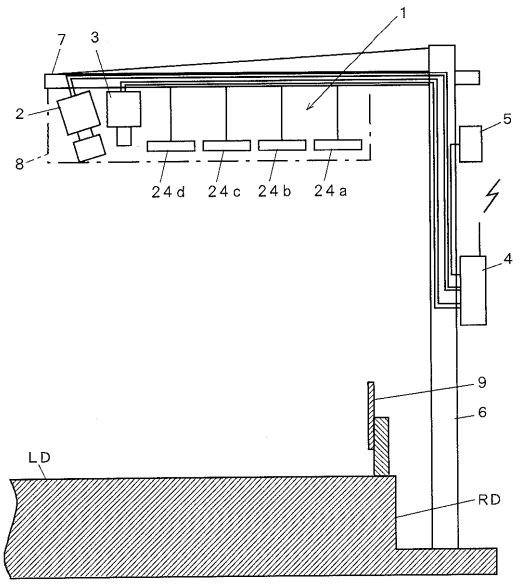
【図２０】



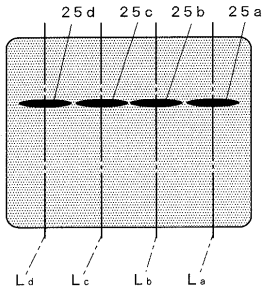
【図２１】



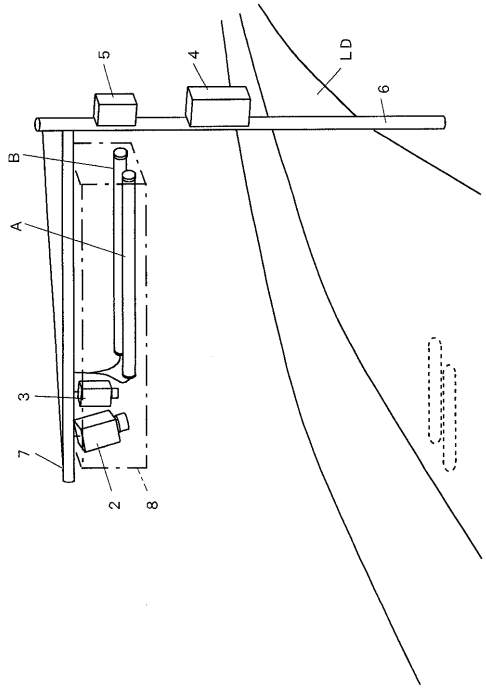
【図２２】



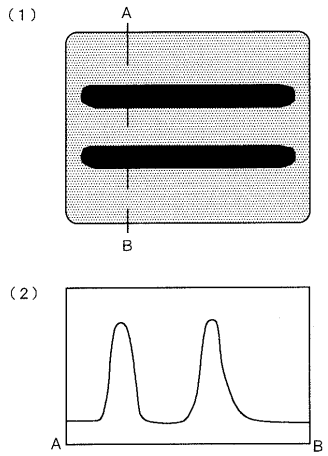
【図２３】



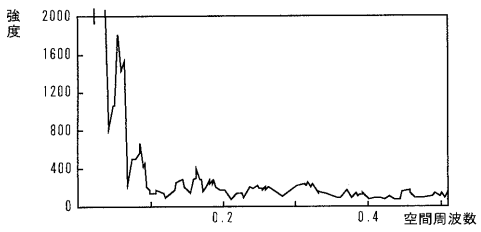
【図２４】



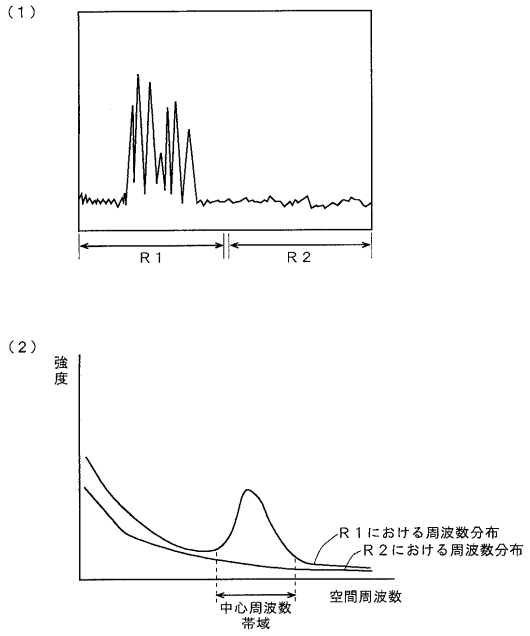
【図２５】



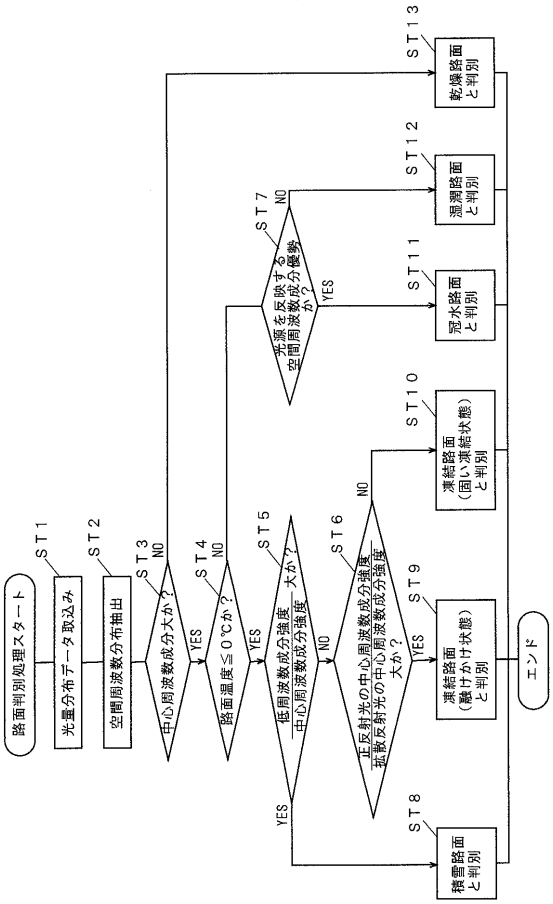
【図２６】



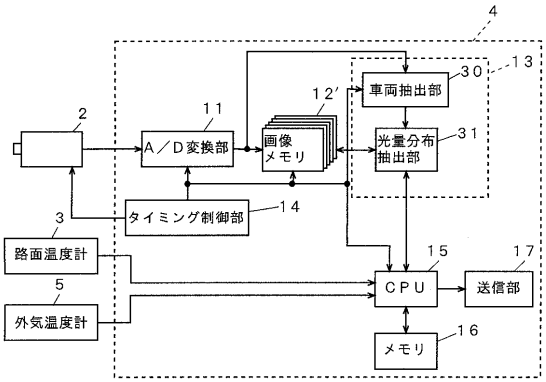
【図２７】



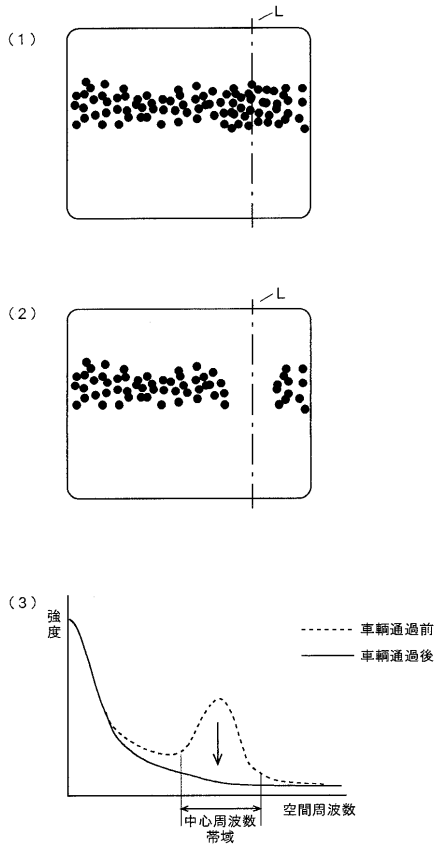
【図２８】



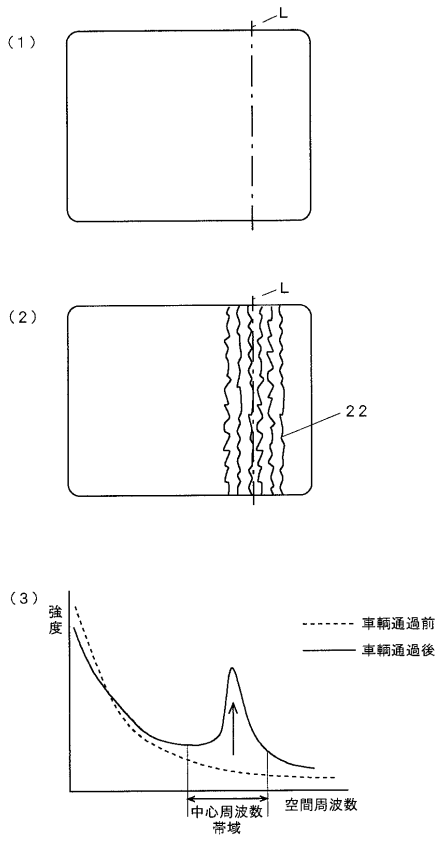
【図２９】



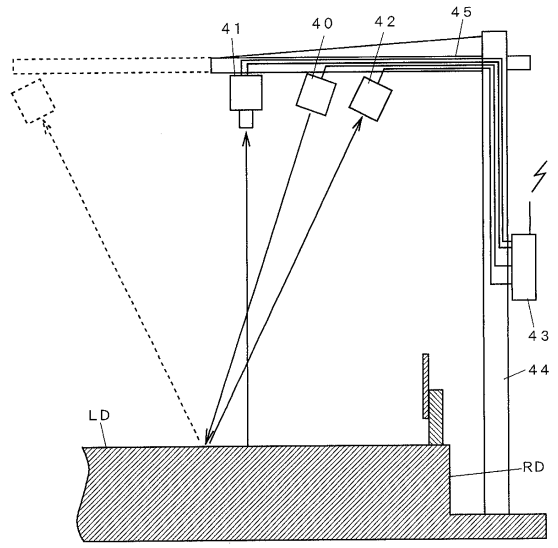
【図３０】



【図３１】



【図３２】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第９５／００１５４９（WO，Ａ１）
特開平０７－０４９２２３（ＪＰ，Ａ）
実開昭５４－１０７３９０（ＪＰ，Ｕ）
特開平０９－０１４９５７（ＪＰ，Ａ）
特表平０４－５０５８０８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01B 11/00 - 11/30,102
G01J 1/00 - 1/60
G01N 21/17 - 21/61
G01W 1/00 - 1/18