

⑫ 特許公報 (B 2)

平 1 - 28987

⑬ Int. Cl. 4

G 06 F 15/64  
G 01 B 11/00  
G 01 C 3/06  
15/00

識別記号

庁内整理番号

M-8419-5B  
A-7625-2F  
A-8505-2F  
A-6781-2F

⑭⑮公告 平成1年(1989)6月7日

発明の数 1 (全9頁)

⑯発明の名称 移動機械用物体検出装置

⑰特 願 昭57-140791

⑱公 開 昭59-32071

⑲出 願 昭57(1982)8月13日

⑳昭59(1984)2月21日

⑳発 明 者 金 子 真 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉑発 明 者 箱 暲 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉒発 明 者 小 森 谷 清 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉓出 願 人 工業技術院長 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

㉔指定代理人 工業技術院機械技術研究所長

審 査 官 柳 澤 正 夫

㉕参考文献 特公 昭63-12521 (J P, B 2)

1

2

㉖特許請求の範囲

1 光学系と、前記光学系の焦点位置に位置する受光素子と、光源と、光源用電源と、光強度変調回路と、固定位置にあるフレームと、前記フレームに固定されている環状の開口部を有する支持環と、前記支持環の前記開口部内において前記光学系の中心軸のまわりに回転可能に支持されている回転環と、前記回転環を回転させる駆動装置と、前記回転環の回転角度を検出する検出装置とを備え、前記光源と前記光源用電源と及び前記光強度変調回路とを前記回転環に固定して前記光学系の中心軸の回りに回転させるように構成し、前記受光素子の大きさにより決定される画角内領域と前記光源が前記光学系の中心軸の回りに回転した時のビームによる包絡面との相貫体により探索領域を定め、前記探索領域内に存在する被検出物体からの前記ビームの反射光を前記受光素子で受光することにより前記被検出物体を検出するように構成したことを特徴とする移動機械用物体検出装置。

発明の詳細な説明

この発明は、移動ロボット等の移動機械が移動

過程で障害物を検出したり、路面の段差を検出する場合等に使用する移動機械用物体検出装置に関するものである。

5 移動ロボット等は自分自身の視覚系により大小の障害物や地面の段差等を確実に認識し、安全領域内のみを動きまわることが理想的である。

障害物の検出方法としては受動的、能動的方法の二つに大別することができる。受動的的方法としては、例えば、外部の情報をITVカメラ等で取入れて障害物を検出する方法がある。この方法では外光の影響を受けやすく、また複雑なパターン認識作業を伴うことが多い。一方、能動的方法としては超音波計測法や赤外線等投光法などがある。この方法の最大の利点は外部環境にほとんど存在し得ないような信号を自由に作り出して発振あるいは投光することができる点である。しかしながら超音波計測法は原理上障害物の有無及びその平均的な位置を判定するには適しているが形状を検出するには不向きである。また赤外線等投光する方法ではビーム径を細くして走査していけば障害物の位置、形状はかなり明確に捕らえることができるが、走査に時間がかかるし信号

3

処理も複雑になる。この様なことから、被検出物体の有無とその三次元位置を容易、かつ確実に検出する事ができる物体検出装置の開発が望まれていた。この発明の発明者は先に物体位置検出装置を開発した（昭和57年特許願第51580号参照）。この新たに開発された物体検出装置は被検出物体の有無とその三次元位置を光学的に容易、かつ確実に検出することができるものであるが、光軸合わせが必ずしも容易でなく、また光源からの光の光路を変換して投光を形成するためのミラーの支持部の存在が一部分に物体の検出ができない不感帯部を構成する点でなお改良すべき点を含んでいる。

この発明は上記のごとき事情に鑑みてなされたものであつて、被検出物体の有無とその三次元位置を容易、かつ確実に検出する事ができ、特に光軸合わせが容易で、かつ、不感帯が存在しない移動機械の物体検出装置を提供することを目的とするものである。

この目的に対応して、この発明の移動機械用物体検出装置は、光学系と、前記光学系の焦点位置に位置する受光素子と、光源と、光源用電源と、光強度変調回路と、固定位置にあるフレームと、前記フレームに固定されている環状の開口部を有する支持環と、前記支持環の前記開口部内において前記光学系の中心軸のまわりに回転可能に支持されている回転環と、前記回転環を回転させる駆動装置と、前記回転環の回転角度を検出する検出装置とを備え、前記光源と前記光源用電源と及び前記光強度変調回路とを前記回転環に固定して前記光学系の中心軸の回りに回転させるように構成し、前記受光素子の大きさにより決定される画角内領域と前記光源が前記光学系の中心軸の回りに回転した時のビームによる包絡面との相貫体により探索領域を定め、前記探索領域内に存在する被検出物体からの前記ビームの反射光を前記受光素子で受光することにより前記被検出物体を検出するように構成したことを特徴としている。

以下、この発明の詳細を一実施例を示す図面について説明する。

この発明の移動機械用物体検出装置 1 の原理的な構成は、第 1 図及び第 2 図に示すように、レンズ 2 等の光学系と、レンズ 2 等の光学系の焦点位置に位置する受光素子 3 と、及び光源 4 とを備え

4

る。受光素子 3 の大きさにより画角内領域 5 が決定される。ここで画角内領域というものは、その中に光の照射を受けている被検出物体 6 がある場合に、その被検出物体 6 からの反射光がレンズ 2 を通して受光素子 3 に入射することができる領域であつて、つまり受光素子 3 が光学的に被検出物体 6 を検出可能な領域を意味する。一方、光源 4 を任意の閉曲線 10 に沿つて動かした時、そのビーム 7 は包絡面 8（斜線で図示）を形成する。つまり、被検出物体 6 がこの包絡面 8 上にあれば、その被検出物体 6 は光源 4 の移動周期に合わせてビーム 7 の照射を受けることになる。したがつて、前記の画角内領域 5 と前記の包絡面との相貫体により探索領域 11 a (AB を直径とし、P を頂点とする円錐の底面を除く表面)、11 b (CD を直径とし、P を頂点とする円錐の底面を除く表面) が定まり、この探索領域 11 a, 11 b に被検出物体 6 が存在すれば、その被検出物体 6 はビーム 7 が照射されかつそのビーム 7 の反射光を受光素子 3 で受光することが可能であるから、その被検出物体 6 の検出が可能である。

そこで始めに、二次元位置検出素子としての機能をもつ受光素子 3 とレンズ 2 により形成される画角内領域 5 への投光方法について検討する。任意の点から画角内領域 5 内に投光する場合、検査域は第 1 図のように投光 a の場合は線分 A が、投光 b の場合は半直線 B がそれぞれ対応する。したがつて投光位置を一次元的に動かした場合の検査域は面となる。なお検査域とは、仮にその部分に物体があるとき、その物体に当たつたスポット光の反射光の一部が受光素子 3 に入光しうる領域として定義する。ここで簡単な例として投光位置すなわち光源 4 をレンズ系の軸と中心を一致させた円に沿つて動かす場合を考える。投光方法としては第 3 図のように 4 通り考えられる。ここで斜線部は受光素子 3 の利用可能部分で、斜線部の重なり部は検査域との対応が 2 : 1 対応になる領域である。物体からの反射光の強度は距離の 2 乗に反比例するため、遠くの物体を検出することは本質的に困難である。また、②の場合  $Z = \infty$  に近づくとつれて位置検出精度は極端に悪くなる。それに対して④の場合の利点として(1)受光素子表面の有効利用率が最も高い、(2)位置検出分解能は最も良い、(3)有限検査域にある物体からの反射光のみが

5

受光素子上に入るため、限られた領域内の物体の有無をON、OFF的に調べることができる。したがって以後④のタイプの投光方法を採用する。

第4図、第5図にはこの発明の一実施例に係わる移動機械用物体検出装置が示されており、この第4図、第5図において、1は移動機械用物体検出装置であり、移動機械用物体検出装置1はレンズ2を備えている。レンズ2は焦点距離fの集光レンズである。レンズ2の焦点位置に位置検出素子として機能する受光素子3が置かれている。レンズ2の光軸の外側に光源4が回転環21に取り付けられて配置されている。光源4はその投光が光軸とP点で交差する方向に向いている。回転環21は円環状をなし軸受け22を介して支持環23に回転可能に支持されていて光軸の回りに回転可能であり、この回転環21の回転によつて光源4は光軸の回りに回転する。回転環21及び光源4の回転角度は支持環23に取り付けた回転角度計24によつて検出される。回転環21の周囲には歯車25が設けられており、この歯車25にはピニオン26が噛み合っている。ピニオン26はモーター27によつて駆動される。光源4を動作させるための電源31及び光強度変調回路32も回転環21に取り付けられている。以上のレンズ2、受光素子3、支持環23及びモーター27はフレーム28に固定支持されている。なお光源4としては散乱等がほとんどないレーザー光が最適で、以下光源としてレーザーを使用するものとする。この場合、外光の無い場所を使用する場合を除き、レーザー光による反射光と外光との区別を明確にするため、レーザー光をパルス的に発振させる方が良い。なお半導体レーザーには数MHzのパルス発振可能なタイプもあり、回転環21の回転数を物理的に可能な領域まで増加させたとしても分解能の低下は無視できる。

この様な構成において、一定回転数で回転する光源4からのビームは、第6図に示すように、レンズ系の画角内領域5内に投光される。被検出物体を検出するための探索領域は点Pを頂点としてCDを直径とする円錐表面の底面を除く部分である。円錐の頂点Pは受光素子3の中心に対応し、直径CDの円の円周は受光素子3の外周上に対応する。被検出物体の位置を $(x_0, y_0, z_0)$ とし、受光素子3上でのスポットの位置を $(r, \theta)$ 、

6

レーザー投光位置の角度を $\theta$ とするとき

$$x_0 = -r_0 \cdot \cos\theta \quad (1)$$

$$y_0 = -r_0 \cdot \sin\theta \quad (2)$$

$$z_0 = \{ f \cdot l_1 - r \cdot (f - l_2) \} / \{ f \cdot \tan\beta - r \} \quad (3)$$

ただし

$$r_0 = r \{ l_1 - (f - l_2) \cdot \tan\beta \} / \{ f \cdot \tan\beta - r \} \quad (4)$$

以上の式より被検出物体6の検出位置がわかる。この移動機械用物体検出装置1を移動ロボットに搭載して被検出物体または路面の凹凸の検出を行なう状態を第7図、第8図及び第9図に示す。

まず、路面に凹凸がない場合は前式により、かつ第10図の流れ図に示すプロセスに従つて障害物6を検出する。移動ロボットが障害物6に近づくとき探索領域11の外にあるときは、レーザー光が仮に障害物6に当たつてもその反射光は受光素子3に入つてこないが、ロボットが前進して障害物6の一部が探索領域11の円錐PCDの底面を除く表面の一部に接すると、レーザーの反射光の一部が受光素子3上で受光され、投光された周波数と同じ周波数の信号を含んだ出力が得られる。さらに検出位置の情報を得る場合には、出力信号を $r, \theta$ に変換して前述の演算を行なえばよい。

次に第8図に示すように、円錐底面の円の一部が地面と交わるように設定する。この場合、光源4が一回転したとき円錐と路面が交差した部分では反射光が受光素子3上に到達するため、第10図の流図に示すプロセスで処理すると、路面を障害物と見なしてしまう。

一方凹凸がない場合、交差部分のy座標の $\theta$ 値によらず、ほぼ $-Y_0$ (第8図参照)となる。このことを使つて路面の凹凸を調べることができる。

すなわち、 $\theta_1 < \theta < \theta_2$ (交差部分)において凹凸なしの条件は

$$y_0 = -Y_0 \quad (5)$$

書替えると

$$r = B / \{ 1 + (A \sin\theta / Y_0) \} \quad (6)$$

$$A = f \tan\beta,$$

$$B = l_1 - (f - l_2) \tan\beta$$

したがって、 $\theta_1 < \theta < \theta_2$ において、 $(r, \theta)$ が式(6)の関係から大きくずれた場合、そこに段差があるものと見なす。また第9図に示すように段

差でなく、坂道がある場合でも式(6)の関係から徐々に外れてくるが、 $y_0$ の変化率により、段差と区別することができる。

以上の説明から明らかな通り、この発明によれば、被検出物体の有無とその三次元位置を容易かつ確実に検出することができる物体検出装置を得ることができる。特にこの移動機械用物体位置検出装置では光源からの投光を直接行なうことができ、光路変更用のミラーを必要としないから、光軸合わせが極めて容易であり、かつ、そのミラーを支持するための支持装置も存在しないから、受光素子上に不感帯が形成されることもなく、正確な物体の検出が可能になる。更に、この発明の移動機械用物体位置検出装置では、支持環と回転環との組合せからなる回転装置に光源、光源用電源及び光強度変調回路を取付けているので、これらの光源、光源用電源及び光強度変調回路が重量の大きい場合でも、安定して支持することができ、移動機械に積載した場合にも、正確で安定した回転を得ることができ、データの処理装置の負担も

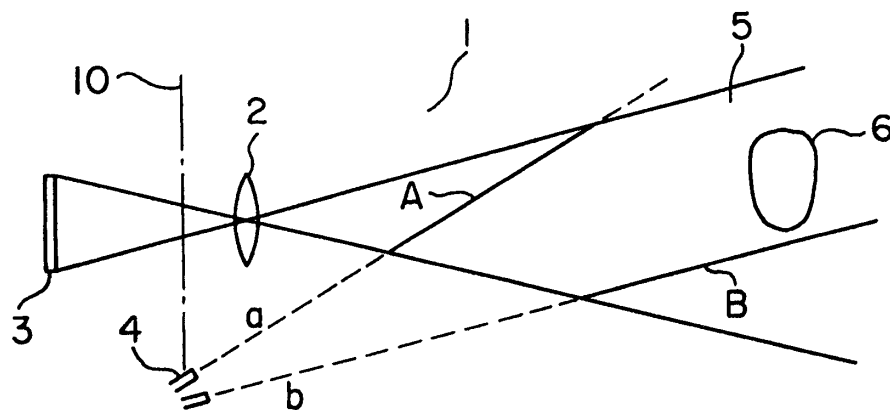
軽減されることができ、正確かつ迅速な物体検出が可能となる。

**図面の簡単な説明**

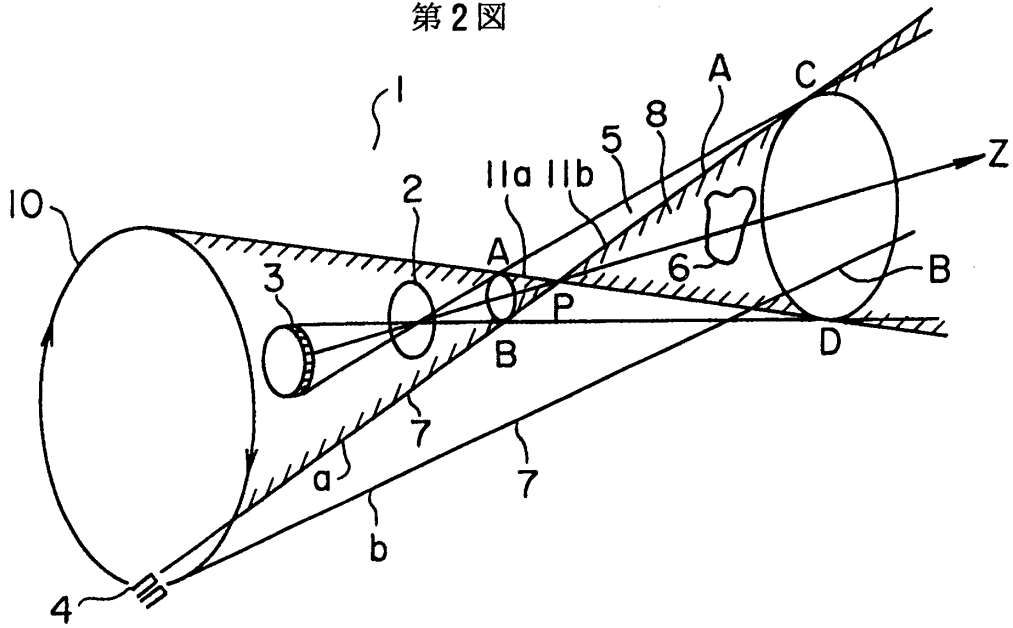
第1図は画角内領域と検査域との関係を示す説明図、第2図は画角内領域と検査域との関係を示す斜視説明図、第3図は投光方法を示す説明図、第4図はこの発明の一実施例に係わる移動機械用物体検出装置の側面説明図、第5図は移動機械用物体検出装置の正面説明図、第6図は移動機械用物体検出装置によって形成される画角内領域と探索領域を示す斜視説明図、第7図は障害物検出の状態を示す説明図、第8図は段差検出の状態を示す説明図、第9図は地面の坂道を検出する状態を示す説明図、及び第10図は検出操作の手順を示す流れ図である。

1……移動機械用物体検出装置、2……レンズ、3……受光素子、4……光源、5……画角内領域、6……被検出物体、7……ビーム、8……包絡面、21……回転環、22……軸受け、23……支持環、24……回転角度計。

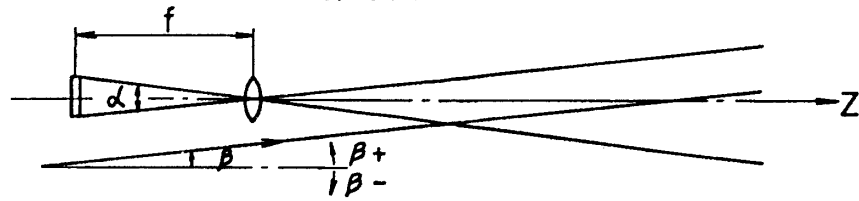
第1図



第 2 図



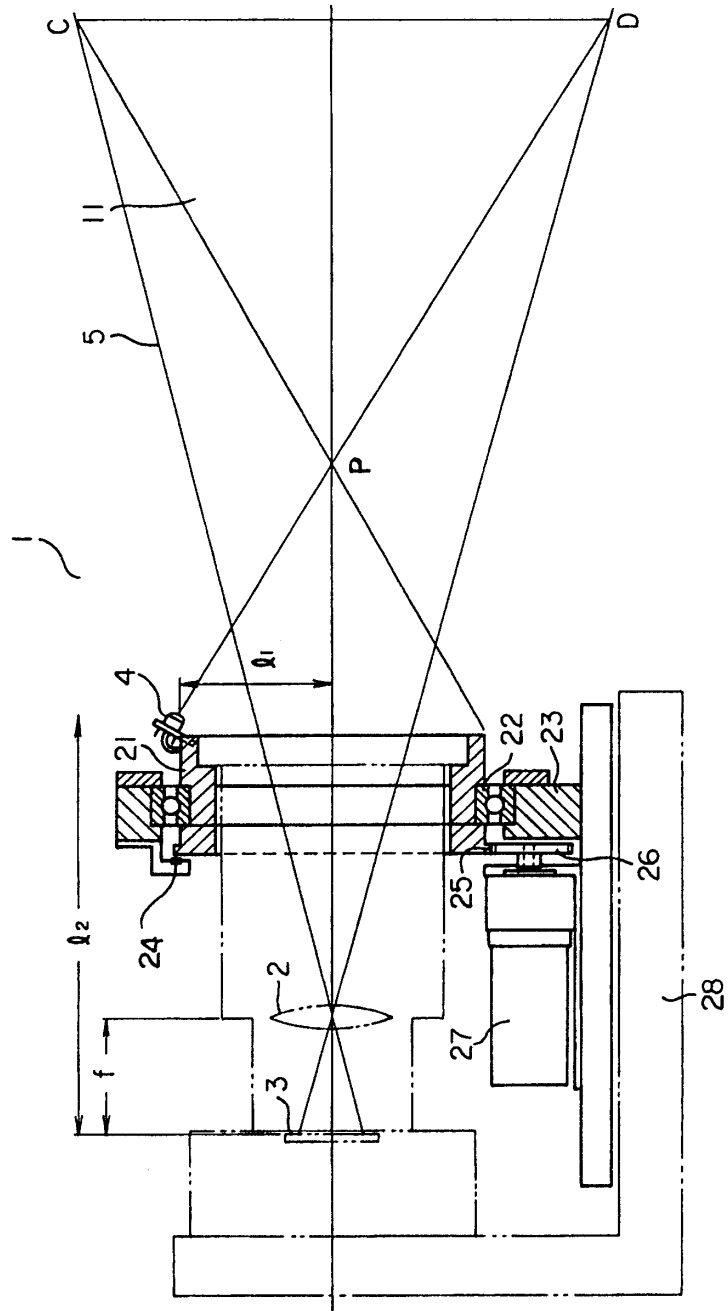
第 3 図



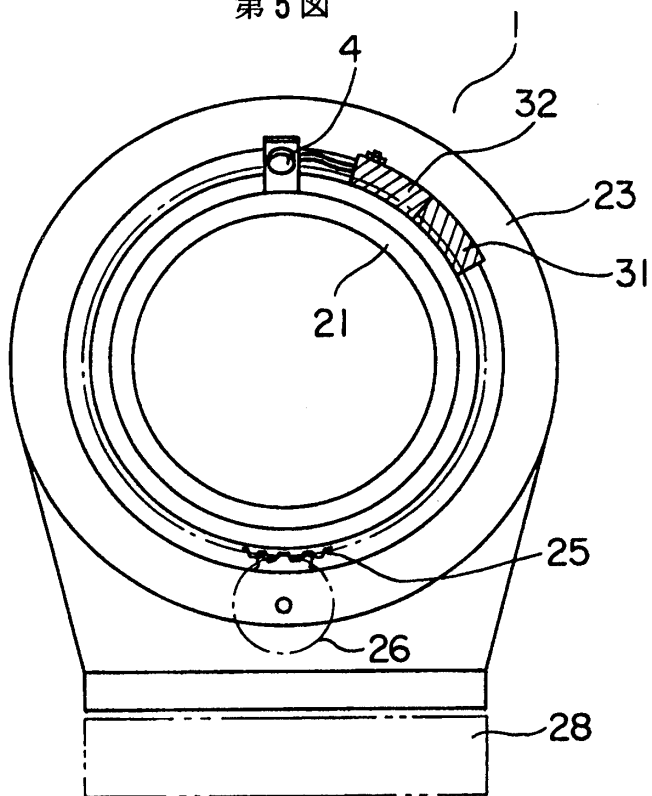
$\beta, d$  の定義

	受光素子	検査域
① $\beta \leq -\frac{d}{2}$		
② $-\frac{d}{2} < \beta \leq 0$		
③ $0 < \beta \leq \frac{d}{2}$		
④ $\frac{d}{2} < \beta$		

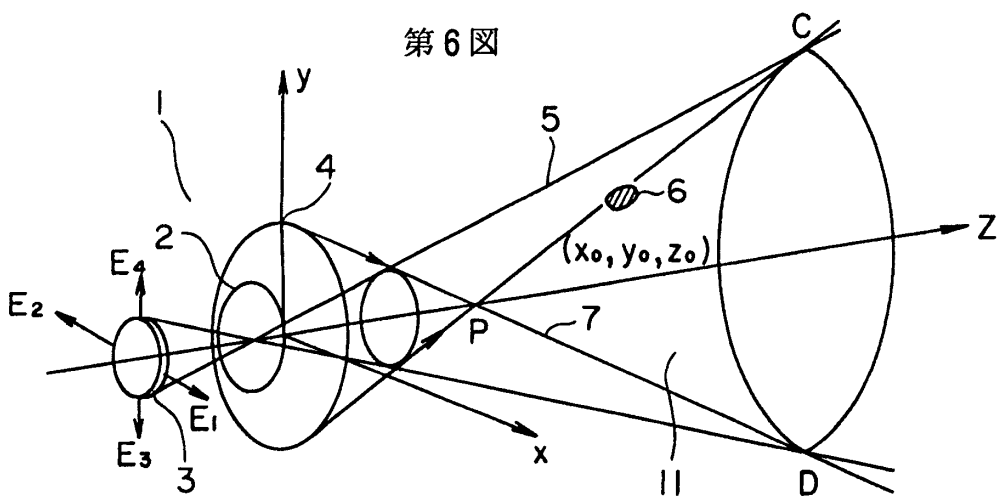
第 4 図



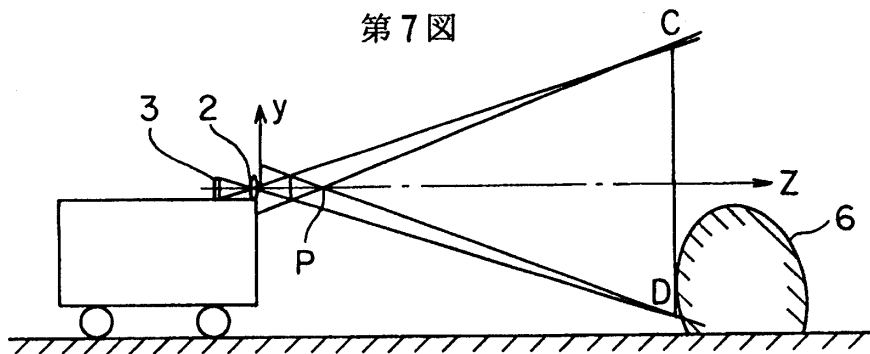
第5図



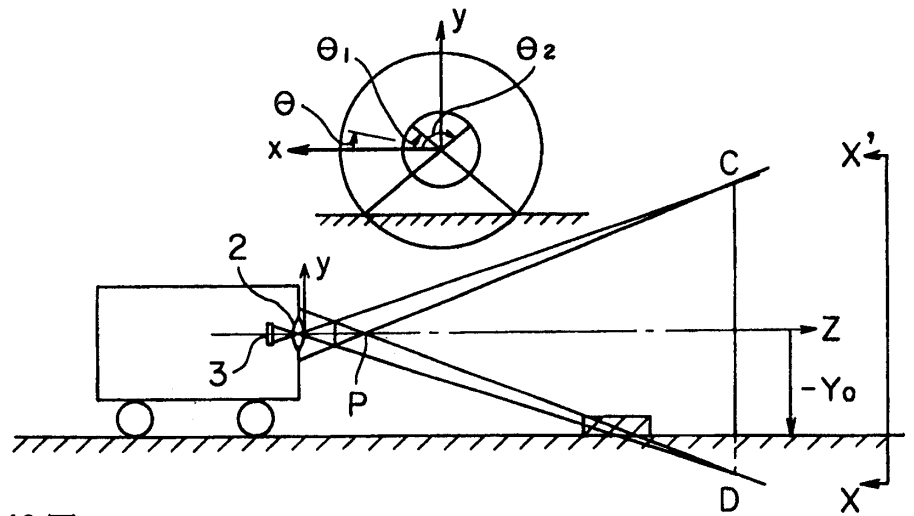
第6図



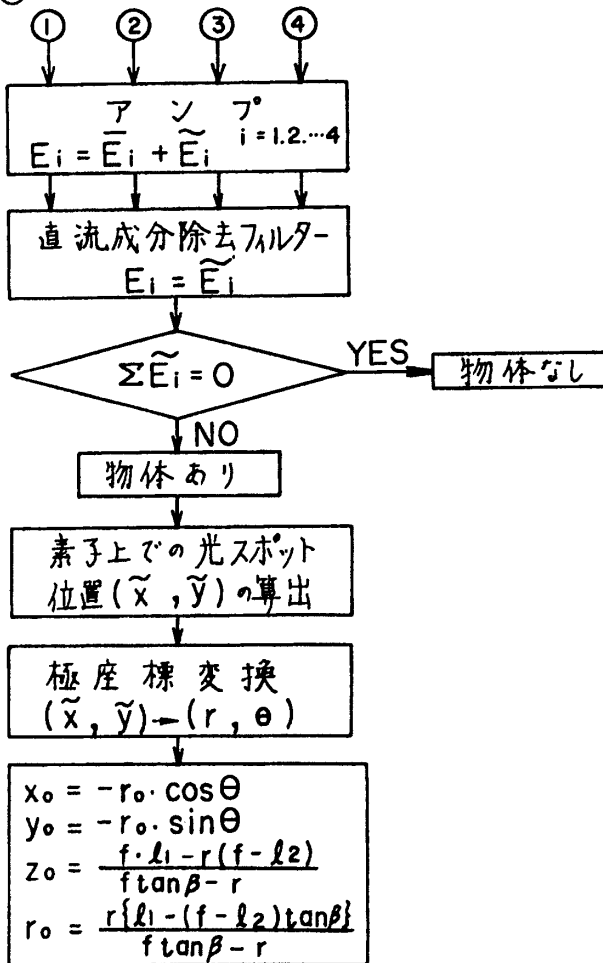
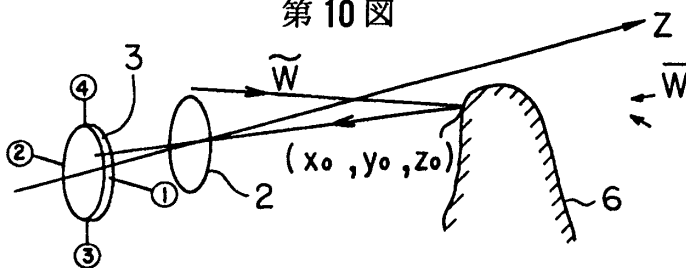
第7図



第 8 図



第 10 図





第 9 图

