

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平8-27840

(24) (44) 公告日 平成 8 年 (1996) 3 月 21 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00				
G 0 1 B 11/24	K		G 0 6 F 15/ 62	4 1 5

発明の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願昭62-36282	(71) 出願人	999999999 オムロン株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地
(22) 出願日	昭和62年(1987) 2 月 18 日	(72) 発明者	久野 敦司 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 立 石電機株式会社内
(65) 公開番号	特開昭63-201877	(74) 代理人	弁理士 鈴木 由充
(43) 公開日	昭和63年(1988) 8 月 19 日	審査官	張谷 雅人
		(56) 参考文献	特開 昭63-195773 (J P , A) 特開 昭63-195774 (J P , A) 特開 昭63-196981 (J P , A) J A A C E ' 87 - 5 第31回システムと制 御研究発表講演会講演論文集、31 (1987) P . 49 - 50

(54) 【発明の名称】 距離画像生成装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】放射エネルギーが個々独立に設定された複数のスリット光を前後二回にわたり物体へ一斉照射するための投光手段と、物体表面に生成される各スリット光の交わり線を撮像して各スリット光のスリット像を求めるための撮像手段と、前後二回の光照射で得た二枚の画像につき対応する画素の明るさの関係と各スリット光についての放射エネルギーの前後二回の設定値の関係とから各スリット像にラベル付けするためのラベル設定用テーブルが格納されたテーブル記憶手段と、前記対応関係にある各画素につきその座標と前記テーブル記憶手段が出力するラベルとに基づき物体までの距離を算出する距離算出手段とを具備して成る距離画像生成

2

装置。

【発明の詳細な説明】

< 産業上の利用分野 >

この発明は、例えばロボットの視覚などに適用される光切断法を利用した 3 次元物体認識技術に関連し、殊にこの発明は、複数のスリット光を一斉照射して光切断法を適用実施する場合において、各スリット光とそのスリット像とを対応付けて、各スリット像のラベル付けを行った上で、物体までの距離を求めて距離画像を生成するための距離画像生成装置に関する。

< 従来技術 >

一般に「光切断法」は、板状をなすスリット光を 3 次元物体に向けて照射して物体表面にスリット光の交わり線を生成し、この交わり線をテレビカメラで撮像することによりその光線像（以下これを「スリット像」とい

う)を求め、このスリット像上の各点の座標とスリット光の平面の方程式とから前記交わり線上の点の3次元座標を算出するものである。

ところがこの種方法の場合、スリット光が照射された部分についての情報しか得られず、これでは物体全体の認識が困難である。

そこで物体全体の情報を得るのに、反射鏡を用いてスリット光を走査することで多数本のスリット光を生成し、各スリット光を物体表面に当てることにより、多数本の交わり線を物体全体に分布させて形成する方法が提案された。

ところがこの方式の場合、スリット光の各走査位置で交わり線を1本ずつ撮像し、各スリット像上の点を立体視して距離画像の生成を行うから、交わり線の撮像回数が多くなり、認識処理に要する時間が長くなるという問題がある。

この問題を解消するため、近年、多数のスリット光を同時生成して、これらを物体表面へ一斉に照射する方式が提案されている。

この種照射方式を採用する場合、テレビカメラで得られた複数の各スリット像がいずれのスリット光に対応するのかを判断する処理(これを「スリット像のラベル付け」という)が必要となり、先般、その一方法としてスリット光をグレイコードにより空間コード化して物体へ照射する方式が提案された(昭和59年度電気通信学会総合全国大会論文「グレイコード空間投影による距離画像生成」)。

<発明が解決しようとする問題点>

ところがこの方式の場合、物体表面の反射率のばらつきなどの外部要因の影響を受け易いという欠点があり、しかも $2^N - 1$ 個(例えば256個)のスリット像を得るには少なくともN回(例えば8回)の撮像が必要であった。撮像回数を減少するには限界があった。

この発明は、上記問題を解消するためのものであって、スリット像の個数に関係なく、わずか二回の撮像で各スリット像のラベル付け並びに距離画像の生成が可能となる新規な距離画像生成装置を提供することを目的とする。

<問題点を解決するための手段>

上記目的を達成するため、この発明では、放射エネルギーが個々独立に設定された複数のスリット光を前後二回にわたり物体へ一斉照射するための投光手段と、

物体表面に生成される各スリット光の交わり線を撮像して各スリット光のスリット像を求めるための撮像手段と、

前後二回の光照射で得た二枚の画像につき対応する画素の明るさの関係と各スリット光についての放射エネルギーの前後二回の設定値の関係とから各スリット像にラベル付けするためのラベル設定用テーブルが格納された

テーブル記憶手段と、

前記対応関係にある各画素につきその座標と前記テーブル記憶手段が出力するラベルとに基づき物体までの距離を算出する距離算出手段とを具備させることにした。

<作用>

投光手段により物体へ複数のスリット光を一斉照射すると、物体表面には各スリット光の交わり線が同時生成される。これら交わり線は撮像手段により撮像されて各スリット光のスリット像が求められる。同様の動作が前後二回にわたり実施され、これにより二枚の画像が得られる。

これら二枚の画像につき対応する画素の明るさがテーブル記憶手段に与えられ、この明るさの関係と各スリット光についての放射エネルギーの前後二回の設定値の関係とから決められたスリット像のラベルがテーブル記憶手段より出力される。このラベル出力および各画素の座標は距離算出手段に与えられ、距離算出手段はこれらデータから物体までの距離を算出して距離画像を生成する。

よってこの装置の場合、スリット像の個数に関係なくわずか二回の撮像で各スリット像のラベル付けが並びに距離画像の生成可能であり、物体認識の処理時間を短縮できる。

<実施例>

第1図は、この発明の距離画像生成装置が組み込まれた3次元物体の認識システムを示しており、マルチスリット光源1、テレビカメラ2および、距離画像生成部3を含んでいる。

図示例のマルチスリット光源1は、認識対象の3次元物体5へ板状をなす複数のスリット光6を斜め上方位置から平行に照射して、物体表面に各スリット光が交わる交わり線7を生成する。この場合に、各スリット光6は物体5に向けて一斉に照射され、この光照射は一回の物体認識処理につき前後二回にわたって実行される。各スリット光6は1フレーム期間内に放射するエネルギーが距離画像生成部3により設定値に制御されており、その制御方法として1フレーム期間内に点灯する時間の長短を制御する方式(PWM方式)、1フレーム期間内に点灯するパルス数を制御する方式(PNM方式)、1フレーム期間内のパルス点灯周波数を制御する方式(PFM方式)のいずれか方式が採用される。各スリット光6に対する放射エネルギーの値の設定は、各スリット光毎に独立して、しかも前後二回にわたる光照射の都度を実施されることになる。

テレビカメラ2は、二回の光照射で物体表面に同時形成される複数の交わり線7を物体5の真上位置よりその都度撮像して、各スリット光6のスリット像を生成する。

第2図(1)(2)は、二回に撮像で得られた二枚の画像9A,9aの一例を示している。

5

6

一枚目の画像9Aは第一回目の光照射による各スリット光6のスリット像A₁ ~ A₃を、二枚目の画像9aは第二回目の光照射による各スリット光6のスリット像a₁ ~ a₃を、それぞれ含んでおり、各スリット像は1以上のセグメント(例えばスリット像A₁は三個のセグメントA₁₁, A₁₂, A₁₃より成る)で構成されている。

第1図に戻って距離画像生成部3は、テレビカメラ2より上記各画像9A, 9aを順次取り込み、各スリット像A₁ *

$$E = P \cdot f (R_c, R_L, R_B, \alpha) \dots \textcircled{1}$$

なお上式中、

R_c

はこれら

R_c, R_L, R_B,

はテレビカメラの位置・姿勢、

R_L は光源の位置・姿勢、 R_B

の関数であることを示している。

つぎにスリット光の放射エネルギーをP₁からP₂へ変化させたときに、そのスリット像の明るさがE₁からE₂へ変化すると仮定した場合、つぎの②式の関係が成立する。

は物体の位置・姿勢、

は物体の反射率を示し、また f
(E₁ - E₂) / E₁

$$\begin{aligned} &= \{ P_1 \cdot f (R_c, R_L, R_B, \alpha) \\ &- P_2 \cdot f (R_c, R_L, R_B, \alpha) \} \\ &/ P_1 \cdot f (R_c, R_L, R_B, \alpha) \\ &= (P_1 - P_2) / P_1 \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

この②式によれば、スリット光の放射エネルギーの変化率と対応するスリット像の明るさの変化率とは、テレビカメラの位置・姿勢

R_c,

物体の位置・姿勢

R_B,

光源の位置・姿勢

R_L,

30 物体の反射率に依存しないで、互いに一致することがわかる。

つぎの③式は上記②式をさらに一般化して表したもので、この③式中、m=1, a=1, b=0, d=1, e=-1としたとき、上記②式の関係が導かれる。

$$\begin{aligned} &\frac{d \cdot E_1^m + e \cdot E_2^m}{a \cdot E_1^m + b \cdot E_2^m} \\ &= \frac{d \cdot P_1^m \cdot f^m + e \cdot P_2^m \cdot f^m}{a \cdot P_1^m \cdot f^m + b \cdot P_2^m \cdot f^m} \\ &= \frac{d \cdot P_1^m + e \cdot P_2^m}{a \cdot P_1^m + b \cdot P_2^m} \dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

かくしてこの発明にかかる装置では、複数のスリット光6を前後二回にわたり物体5に一斉照射した場合において、各スリット光について第一回目と第二回目の放射エネルギーの関係(③式の右辺の関係)と、各スリット像について第一回目と第二回目の明るさの関係(③式の

50

左辺の関係)とが一致するときそのスリット像にそのスリット光のラベルを割り当てるよう構成される。そしてこの実施例の場合、各スリット像についての明るさの変化率(②式の左辺)と、各スリット光についての放射エネルギーの変化率(②式の右辺)とが一致するとき、こ

の両者が互に対応すると判断してラベル付けを行っている。

上記によりスリット像に対応するスリット光のラベルが判明すると、そのスリット像上の点の画像上の座標 (I,J) , テレビカメラの位置・姿勢

$$R_c ,$$

$$X = g_x (I , J ; R_c , R_L) \dots \textcircled{4}$$

$$Y = g_y (I , J ; R_c , R_L) \dots \textcircled{5}$$

$$Z = g_z (I , J ; R_c , R_L) \dots \textcircled{6}$$

この発明にかかる装置の場合、各画素の座標データI, Jから対応する物体上の点のZ座標を求めると共に、Z = D (I,J) という配列を形成することによって、物体のZ座標に関する距離画像を得ている。

第3図は、この発明の一実施例にかかる距離画像生成装置の具体例を示す。

図中、マルチスリット光源1は放射エネルギーが個々独立に設定された複数(例えば128本)のスリット光を前後二回にわたり物体へ一斉照射するためのものであり、テレビカメラ2は物体表面に生成される各スリット光の交わり線を撮像して各スリット光のスリット像を求めるためのものである。

いま i 枚目の画像生成時の第 k 番目のスリット光の放射エネルギーを P (i , k) で表し、スリット光の平面を表すパラメータを a (k) , b (k) , c (k) , d (k) とすると、スリット光のxyz座標系における平面の方程式はつぎの⑦式で与えられる。

$$a (k) x + b (k) y + c (k) z + d (k) = 0$$

⑦

そしてこの実施例の場合、テレビカメラ2の撮像面とスリット光の平面との位置関係を、第4図に示す如く、z = hの平面に照射して得たスリット像11が撮像面10のIJ座標系におけるI軸に直角となるように設定する。なお図中、12はz = 0の平面に照射して得たスリット像であり、同様にI軸と直角をなす。また13はスリット像11上の任意の画素位置を示し、その画差の明るさはIMG (i , l , J) である。

前記テレビカメラ2からは一枚目の画像についてのビデオ信号と二枚目の画像についてのビデオ信号とを時系列で含む時系列信号が距離画像生成部3へ出力される。

この距離画像生成部3は、切換器15, 2個のA/D変換器16, 17, 画像メモリ18, シンクジェネレータ19, ラベル設定用テーブルメモリ20, 立体視用テーブルメモリ21, 距離画像メモリ22を含み、これら回路各部や前記テレビカメラ2およびマルチスリット光源1をCPU23, ROM24, RAM25より成るマイクロコンピュータが一連に制御するよう構成してある。

* 光源の位置・姿勢 ,

$$R_L$$

を用いて、つぎの④~⑥式により対応する物体上の点の3次元座標 (X , Y , Z) を得ることができる。

前記切換器15は、CPU23により端子S₁, S₂に切り換え動作せられ、これにより前記時系列信号が二枚の各画像のビデオ信号に分離される。一枚目画像のビデオ信号は一方のA/D変換器16に、二枚目画像のビデオ信号は他方のA/D変換器17に、それぞれ与えられてデジタル信号に変換される。なおこれらA/D変換器16, 17の動作タイミングはシンクジェネレータ19からの同期信号G₁, G₂によ適宜決定され、このシンクジェネレータ19はCPU23よりスタート信号STを受けてエンド信号EDを出力するまでの間、各種信号を生成して出力する。

一方のA/D変換器16の出力は画像メモリ18に与えられ、シンクジェネレータ19からのR/W信号(リード・ライト信号)で一枚目の画像が画像メモリ18に書き込まれる。また他方のA/D変換器17の出力はそのままラベル設定用テーブルメモリ20に与えられるが、この場合に前記シンクジェネレータ19は画像メモリ18に対しA/D変換器17の動作タイミングに同期して画素の座標データI, Jを与え、R/W信号により各画素の明るさIMG (1 , l , J) を順次読み出して、その読み出し出力を前記ラベル設定用テーブルメモリ20へ出力させる。前記A/D変換器17の方の出力はIMG (2 , l , J) で表され、その結果一枚目、二枚目の各画像につき同一画素にかかる明るさIMG (1 , l , J) , IMG (2 , l , J) が同期して次々にテーブルメモリ20に与えられる。

前記各画素の明るさは、例えば8ビットのデータ構成であって、テーブルメモリ20に対し二個の明るさ(8ビット+8ビット=16ビット)がアドレス入力として与えられる。このテーブルメモリ20の中には、二個の明るさ情報の全ての組み合わせに対して、前記の原理に基づきそれぞれ割り付けられるスリット光のラベルがテーブルとして予め格納されている。

このラベル設定用テーブルは、二個の明るさ情報をE₁, E₂とした場合に、つぎの⑧⑨式の条件をもとに満足するときそのテーブルデータLAB (E₁, E₂) としてmをセットし、また前記条件を満足しないときテーブルデータLAB (E₁, E₂) として0をセットすることにより形成されるものである。

20

30

40

50

$$9 \quad \text{abs} \left(\frac{E1 - E2}{E1} - \frac{P(1, m) - P(2, m)}{P(1, m)} \right) < \epsilon \dots \textcircled{8}$$

10

なお はしきい値である。

$$\text{abs} \left(\frac{E1 - E2}{E1} - \frac{P(1, m) - P(2, m)}{P(1, m)} \right)$$

$$= \min_{k=1}^N \left\{ \text{abs} \left(\frac{E1 - E2}{E1} - \frac{P(1, k) - P(2, k)}{P(1, k)} \right) \right\} \dots \textcircled{9}$$

なお上式中、absは絶対値をとる関数を、また

$$\min_{k=1}^N$$

は $k = 1 \sim N$ における最小値を、それぞれ示す。

このラベル設定用テーブルメモリ20に対し各画素位置 (1, J) の明るさ $IMG(1, I, J)$, $IMG(2, I, J)$ がアドレス入力として与えられると、位置 (1, J) の画素に対応するスリット光のラベルmはつぎの⑩式のようになり、ラ

$$m = LAB(IMG(1, I, J), IMG(2, I, J)) \quad \textcircled{10}$$

前記立体視用テーブルメモリ21には予め立体視用テーブルAが格納されており、この立体視用テーブルAは撮像面上の像点のI座標とスリット光のラベルmとから対応する物体上の点のz座標を光切断法を用いた立体視技術により算出し、これをテーブルメモリ21にセットすることにより形成されるものである。

従ってこの立体視用テーブルメモリ21に対しラベル設定用テーブルメモリ20よりラベルmが、シンクジェネレータ19より画素のI座標が、アドレス入力として与えられると、対応する物体上の点のz座標が立体視用テーブルAからつぎの⑪式に従って読み出され、その読出しデータは距離画像メモリ22へ出力される。

$$z = A(m, I) \quad \textcircled{11}$$

前記距離画像メモリ22は、シンクジェネレータ19より画素の座標 (I, J) をアドレスとして、また前記z座標をデータとして、それぞれ入力するもので、距離画像メモリ22上には次式⑫で示す距離画像Dがその全域にわたり生成される。

$$D(I, J) = z \quad \textcircled{12}$$

つぎに第1図に基づき装置全体の動作を説明する。

まず複数個の各スリット光6につきその放射エネルギーの値 $P(1, k)$ が個々独立に設定された後、全てのスリット光6がマルチスリット光源1より物体5に向けて一斉照射され、物体5の表面に各スリット光6の放射エネルギーの大きさに応じた明るさの交わり線が生成される。各交わり線はテレビカメラ2により撮像され、全てのスリット像を含む画像がテレビカメラ2の撮像面に生

成されて、そのビデオ信号が距離画像生成部3へ送られる。

つぎに複数個の各スリット光6につき再度その放射エネルギーの値 $P(2, k)$ が個々独立に設定され、各スリット光6がマルチスリット光源1より物体5へ一斉照射される。この場合に前記放射エネルギーの値 $P(2, k)$ は各スリット光毎に異なった値に設定された変化率に基づき決定される。

20 スリット光6の一斉照射により物体5の表面には各スリット光の交わり線7が生成され、テレビカメラ2により第2回目のスリット像の撮像が行われて、全スリット像を含む画像がテレビカメラ2より距離画像生成部3へ送られる。

かくて第3図に示す構成の距離画像生成部3では、二枚の画像につき対応する画素の二個の明るさ $IMG(1, I, J)$, $IMG(2, I, J)$ を同時に順次取り出し、各画素のラベル付けを行いつつ、距離画像を高速で生成してゆくのである。

30 <発明の効果>

この発明は上記の如く、多数のスリット光を一斉に照射してその画像処理を実行し、しかもスリット像の個数に関係なくわずか二回の撮像で各スリット像のラベル付け並びに距離画像の生成を行うから、従来の方式に比較して撮像回数が大幅に減少し得、認識処理時間の短縮を実現できる。またラベル付けに際し、物体表面の反射率のばらつきなどの外部要因の悪影響を受けず、誤判定の虞れがない等、発明目的を達成した顕著な効果を奏する。

40 【図面の簡単な説明】

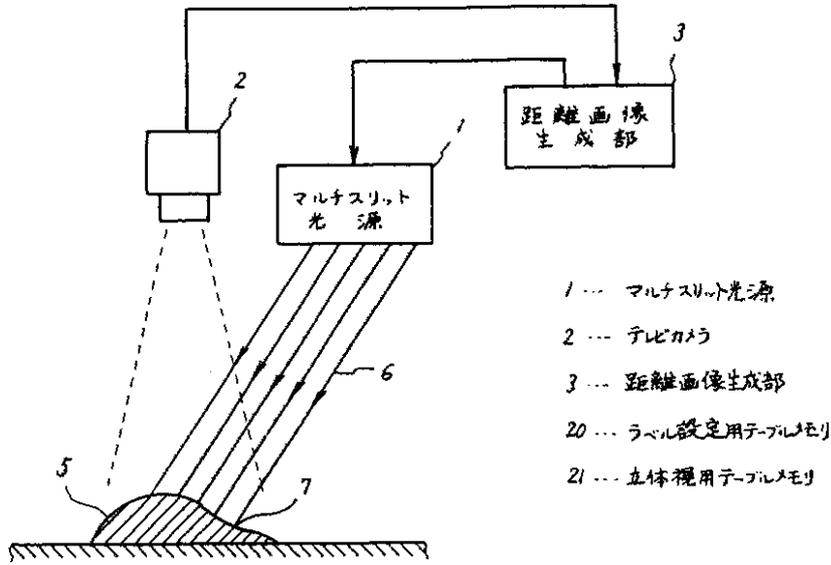
第1図はこの発明の距離画像生成装置が組み込まれた物体認識システムの構成例を示すブロック図、第2図は二回の撮像で得られる画像を示す説明図、第3図は距離画像生成装置の一実施例を示す回路ブロック図、第4図はテレビカメラの撮像面とスリット光の平面との関係を示す説明図である。

- 1 マルチスリット光源
- 2 テレビカメラ
- 3 距離画像生成部

50 20.....ラベル設定用テーブルメモリ

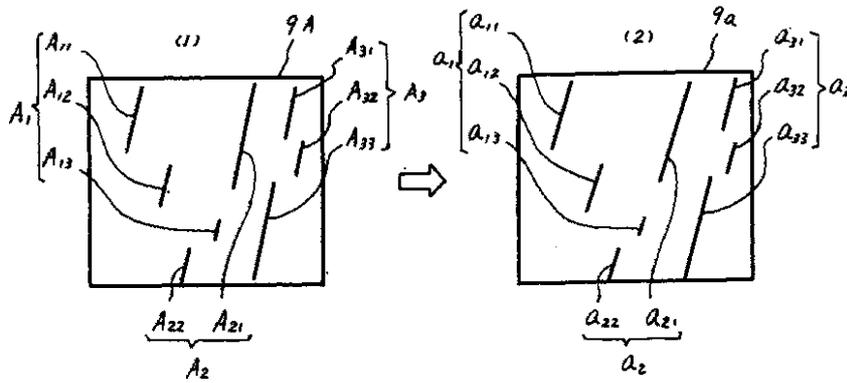
【第1図】

この発明の距離画像生成装置が組み込まれた
物体認識システムの構成例を示すアロフ図



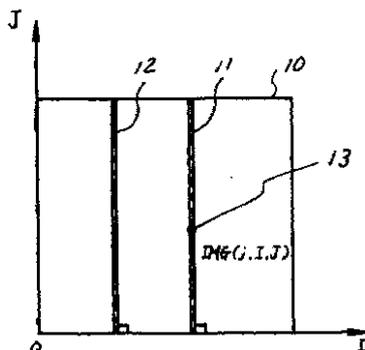
【第2図】

二回の撮像で得られる画像を示す説明図



【第4図】

テレビカメラの撮像面とスリット光の平面との関係を示す説明図



【第3図】

距離画像生成装置の一実施例を示す回路ブロック図

