

(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7-9673

(24) (44)公告日 平成7年(1995)2月1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 7/20		9287-5L 8837-5L	G 0 6 F 15/ 62 15/ 70	4 1 5 4 0 0
発明の数2 (全 8 頁)				

(21)出願番号	特願昭58-136084	(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58年(1983)7月25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60-27085	(72)発明者	坂 和彦 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
(43)公開日	昭和60年(1985)2月12日	(74)代理人	弁理士 鈴木 由充
審判番号	平5-2655	審判の合議体	審判長 内藤 照雄 審判官 荻巢 誠 審判官 森 繁明
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 両眼視系の対応点決定装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】異なる位置から同一の物点を観測することが可能な2台の撮像装置を備えた両眼視手段と、前記両眼視手段を変位させることが可能な変位手段と、前記両眼視手段を構成する2台の撮像装置よりそれぞれ入力した画像の特徴点について、一方の撮像装置で得られる画像の特徴点の座標と他方の撮像装置で得られる画像の特徴点の座標との間で同一物点にかかる特徴点間で成立する同一水平線上に位置するという第1の拘束条件を用いて、特徴点間の対応付けを行い、対応点組候補を抽出する対応点組候補抽出手段と、前記変位手段により変位させた後の両眼視手段で得られる画像の特徴点の座標と変位前の両眼視手段で得られる画像の特徴点の座標との間で同一物点にかかる特徴点間で成立する移行した水平線上に位置するという第2の拘

2

束条件を用いて、前記対応点組候補抽出手段により抽出された対応点組候補の絞込みを行って対応点組を決定する対応点組決定手段とを備えて成る両眼視系の対応点決定装置。

【発明の詳細な説明】

<発明の技術分野>

本発明は、産業ロボット等に適用される3次元物体の認識装置に関連し、殊に本発明は、両視覚系を構成する2台の撮像装置よりそれぞれ入力した画像の特徴点間の対応付けを行って対応点を決定する両眼視系の対応点決定装置に関する。

<発明の背景>

通常3次元物体を光学的に立体認識するには、対をなす2個の視覚系を用いる必要がある。この両眼視系に物体の画像を結像させると、視覚系の隔りに起因する画像間

10

のずれが生じ、このずれを両画像の対応する点から検出することにより、物体の立体的把握が可能となる。従つてこの場合、一方視覚系にかかる画像の点と、他方視覚系にかかる画像の点とを対応させることが必要となる。特開昭58 - 90268号には、両眼立体視系を構成する第1、第2の各カメラで得られた画像間の対応点を決定するための装置が記載されている。まず第1のカメラで得た画像より注目したいパターンを決め、そのパターンを視野中心に据えた後、第1のカメラの視線ベクトルが第2のカメラによる画像上に形成する直線（これを「エピポーラライン」という）を求め、そのエピポーラライン上で前記注目パターンに形状が類似するパターンを検索して対応パターンの候補とする。つぎにこの候補を第2のカメラの視野の中心に据えた後、第1、第2の各カメラの中心軸の交点より物体の3次元座標を算出し、さらに3次元空間での各カメラから物体までの距離を算出する。つぎに第1、第2のカメラで得られた対応するパターン間の一致度を算出し、その一致度がしきい値未満の場合は、両パターンは対応しないものと判断し、しきい値以上である場合は、つぎにその確認動作を行う。この確認動作では、両眼立体視系全体を第1のカメラから見た物体の視線方向へ一定量だけ移動させ、先に求めた交点の方向へ第2のカメラの視線を向けて、第1、第2のカメラによるパターン間の一致度を算出し、また各カメラからの物体までの距離を算出する。そして一致度がしきい値以上であつて、カメラから物体までの距離が移動前と移動後とで移動距離分だけ変化しているという条件を満たしている場合には、両パターンを対応するパターンであると決定する。しかしながらこの装置では、第1、第2のカメラによるパターン間の対応付けを行うのに、パターン比較処理や3次元座標の計測処理が必要であるため、計算量が著しく増大して対応付けに時間がかかり、また処理の複雑化を招くという問題がある。

< 発明の目的 >

本発明は、上記問題に着目してなされたもので、パターン比較処理や3次元座標の計測処理を行うことなく、画像間の対応点を高速に決定できる両眼視系の対応点決定装置を提供することを目的とする。

< 発明の構成および効果 >

上記目的を達成するため、この発明では、異なる位置から同一の物点を観測することが可能な2台の撮像装置を備えた両眼視手段と、前記両眼視手段を変位させることが可能な変位手段と、前記両眼視手段を構成する2台の撮像装置よりそれぞれ入力した画像の特徴点について、一方の撮像装置で得られる画像の特徴点の座標と他方の撮像装置で得られる画像の特徴点の座標との間で同一物点にかかる特徴点間で成立する同一水平線上に位置するという第1の拘束条件を用いて、特徴点間の対応付けを行い、対応点組候補を抽出する対応点組候補抽出手段と、前記変位手段により変位させた後の両眼視手段で得

られる画像の特徴点の座標と変位前の両眼視手段で得られる画像の特徴点の座標との間で同一物点にかかる特徴点間で成立する移行した水平線上に位置するという第2の拘束条件を用いて、前記対応点組候補抽出手段により抽出された対応点組候補の絞込みを行つて対応点組を決定する対応点組決定手段とで両眼視系の対応点決定装置を構成することにした。

本発明によれば、両眼視系で得られる変位前後の画像の特徴点について、第1、第2の拘束条件を用いて、画像の座標系の中だけの処理で対応点組候補の抽出および対応点組の決定を行うようにしたから、パターン比較処理や3次元座標の計測処理を必要とする従来例と比べて、計算量が大幅に減少し、画像間の対応点を高速に決定できるという効果がある。

< 実施例の説明 >

第1図に示す物体認識装置は、光軸が平行な左右一対の視覚系1L,1Rをもつ。各視覚系1L,1Rは、同一倍率のテレビカメラで構成してあり、駆動装置2によつて両視覚系1L,1Rの位置並びに姿勢を高精度に変化させ得る。各視覚系1L,1Rに結像される物体画像は、画像処理装置3の画像メモリ（図示せず）に取り込まれる。画像処理装置3は、両方の物体画像から物体の特徴をなす点（以下、特徴点という）を抽出し、対応する特徴点間のずれ等に基づいて、物体を立体的に認識する。図示例の装置は、各視覚系1L,1Rにつき物体画像の対応する特徴点の組を特定して抽出する機能を持つ。

第2図および第3図は、かかる特徴点の抽出原理を具体的に示す。

第2図に示すxyz座標は、対をなす左右視覚系と物体上の点（以下、物点という）と、物点の画像（以下、像点という）との位置関係を示す。また図示例の場合、説明を容易にするため、Z軸の負領域に結像する像点を正領域のZ = 1の位置に透視してある。図中、Bは物点、LおよびRは左右視覚系の光軸、PlおよびPrは左右視覚系の像点を示す。また左右光軸L,Rとy軸との交点が透視中心Sl, Sr、左右光軸L,RとZ = 1に設定された左右結像面Tl, Trとの交点が画像中心点Ol, Orである。今物点Bの座標が(X,Y,Z)、透視中心Sl, Srが(0, -a, 0) (0, a, 0)、像点Pl, Prが(xL, yL, 1) (xR, yR, 1)であるとすると、つぎの(1) ~ (4)式が成り立つ。

$$x_L = \frac{X}{Z} \dots\dots\dots (1)$$

$$y_L = \frac{Y+a}{Z} - a \dots\dots\dots (2)$$

$$x_R = \frac{X}{Z} \dots\dots\dots (3)$$

$$y_R = \frac{Y - a}{Z} + a \dots\dots\dots (4)$$

* 動させ、更に変位後のZ軸まわりに角度 θ 回転させたときの像点を P_L, P_R 、各座標を $(x_L, y_L, 1)$ 、 $(x_R, y_R, 1)$ とすると、 x_L, y_L, x_R, y_R は

つぎに左右の各視覚系1L, 1Rをx軸方向に変位 平行移 * つぎの(5) ~ (8)式で表わされる。

$$x_{L'} = \frac{(X - \alpha) \cos \theta + Y \sin \theta}{Z} \dots\dots (5)$$

$$y_{L'} = \frac{Y \cos \theta - (X - \alpha) \sin \theta + a}{Z} - a \dots\dots (6)$$

$$x_{R'} = \frac{(X - \alpha) \cos \theta + Y \sin \theta}{Z} \dots\dots (7)$$

$$y_{R'} = \frac{Y \cos \theta - (X - \alpha) \sin \theta - a}{Z} + a \dots\dots (8)$$

斯くて上記(1)式と(3)式、(5)式と(7)式から、

$$x_R = x_L \dots\dots (9)$$

$$x_R = x_L \dots\dots (10)$$

が成立する。この(9)(10)の各式は、同一物点についての左右視覚系の像点 P_L, P_R は同一水平線上に位置し、而も左右視覚系を平行移動させ且つ回転させた後の像点 P_L, P_R も同一水平線上に位置することを示している。

また(9)式と(10)式、(2)(4)(6)(8)の

各式から、

$$x_R - x_R = x_L - x_L \dots\dots (11)$$

$$y_R - y_R = y_L - y_L \dots\dots (12)$$

が成立する。この(11)(12)の各式は、左右視覚系を平行移動させ且つ回転させた場合、左右視覚系の像点 P_L, P_R は同方向へ同じ量だけ変位することを示している。

そこで両視覚系の変位量 α が決まれば、像点 P_L, P_L 間および像点 P_R, P_R 間の距離につき、次式が成立する。

$$\sqrt{(x_{L'} - x_L)^2 + (y_{L'} - y_L)^2} \leq TH_1 \dots\dots (13)$$

$$\sqrt{(x_{R'} - x_R)^2 + (y_{R'} - y_R)^2} \leq TH_1 \dots\dots (14)$$

但し TH_1 は変位量 α で決まるしきい値である。

第3図は、左右視覚系につき変位前の物体画像と変位後の物体画像との位置関係を示す図である。図中、 $P_1 \sim P_{10}$ は変位前の物体画像から抽出された特徴点、 $P_{11} \sim P_{20}$ は変位後の物体画像から抽出された特徴点を示す。今左視覚系の特徴点 P_1 に着目すると、特徴点 P_1 は水平線 h 上に位置している。従つて前記(9)式にかかる原則から判断すると、特徴点 P_1 に対応する右視覚系の特徴点は同一水平線 h 上に位置する特徴点 P_6, P_9 のいずれかである。つぎに両視覚系を一定変位させたとき、特徴点 P_1 は特徴点 P_{11} に移行する。ところが特徴点 P_{11} を通る水平線 h 上には、特徴点 P_6 の移行にかかる特徴点 P_{16} のみが位置し、特徴点 P_9 の移行にかかる特徴点 P_{19} は存在しない。従つて前記(10)式にかかる原則より、左視覚系の特徴点 P_1 は、右視覚系の特徴点 P_6 に対応すると判断し得る。

第4図は、左右視覚系の対応する特徴点の組を特定して抽出する過程を含む物体認識のアルゴリズムを示す。

まずステップ11において、左右視覚系に結像した物体画

像を画像処理装置3の画像メモリに取り込んでセットする。つぎにステップ12で、左右視覚系をx軸方向へ変位平行移動させ、更にステップ13で、Z軸まわりに角度 θ 回転させた後、ステップ14において、同じ物体の画像を左右視覚系に結像させ、同様に画像メモリに取り込んでセットする。この段階で画像メモリには、変位前の物体画像2枚と、変位後の物体画像2枚とが格納されている。つぎにステップ15において、合計4枚の物体画像につき、夫々線画化処理を実行して、例えば輪郭線等が急峻に変化する点を特徴点として抽出すると共に、各特徴点の座標を各画像毎に画像メモリの所定エリアに順次セットしてゆく。第6図は変化前の左視覚系の全特徴点がセットされた全体リストを示している。

今ステップ16で、第6図中、ラベル j が付された特徴点 $P_L(j)$ に着目すると、特徴点 $P_L(j)$ の座標は $\{x_L(j), y_L(j)\}$ である。そしてつぎのステップ17で、特徴点 $P_L(j)$ と同一水平線上に位置する右視覚系の特徴点の抽出リスト(以下、水平点リストという)を作成する。この水平点リストは、第5図中、HORで示し

40

50

7

8

てあり、水平点リストHORに含まれる座標 {x_R(s), y_R(s)} の特徴点P_R(s)は、前記(9)式にかかる原則からつぎの(15)式を満足する。尚、θ₁は、零に近い正のシステム定数である。

$|x_L(j) - x_R(s)| \leq \theta_1 \dots\dots\dots (15)$
但しsは全体リスト中でのラベルであり、図中、s = HOR(i₁)の式は、ラベルsの特徴点P_R(s)は水平点リ

* ストHOR中においてラベルi₁が付与されていることを意味する。

つぎにステップ18において、変位後の左視覚系にかかる特徴点につき、つぎの(16)式(前記(13)式に基づく)を満足する座標 {x_L(q), y_L(q)} の特徴点P_L(q)を抽出して、近傍点リストNEIGを作成する。

$$\sqrt{\{x_{L'}(q) - x_L(j)\}^2 + \{y_{L'}(q) - y_L(j)\}^2} \leq TH_1 \dots\dots\dots (16)$$

但しqは全体リスト中のラベルであり、第5図中、q = NEIG(i₂)の式は、ラベルqの特徴点P_L(q)は近傍点リストNEIG中においてラベルi₂が付与されていることを示す。

更につぎのステップ19において、近傍点リストNEIGに含まれる各特徴点と同一水平線上に位置する右視覚系の特徴点の水平点リストを作成する。この水平点リストは、第5図中、RTABで示してあり、水平点リストRTABに含まれる座標 {x_R(u), y_R(u)} の特徴点P_R(u)は、前記(10)式にかかる原則からつぎの(17)式を満足する。

$$|x_L(q) - x_R(u)| \leq \theta_1 \dots\dots\dots (17)$$

但しuは全体リスト中のラベルであり、図中、u = RTAB(i₂, i₃)の式は、ラベルuの特徴点P_R(u)は水平点リストRTAB中においてラベルi₃が付与されていることを意味する。

上記各リストの作成完了後、ステップ20において、前記(12)式に基づくつぎの(18)式および、(14)式に基づくつぎの(19)式を満足する両視覚系の対応する特徴点の組 {P_L(j), P_R(s), P_L(q), P_R(u)}

20 (u)}を抽出する。但し、θ₁は零に近い正のシステム定数である。

$$|y_L(q) - y_L(j) - y_R(u) + y_R(s)| \leq \theta_1 \dots\dots\dots (18)$$

$$\sqrt{\{x_{R'}(u) - x_R(s)\}^2 + \{y_{R'}(u) - y_R(s)\}^2} \leq TH_1 \dots\dots\dots (19)$$

もし有効な特徴点の組が存在していた場合には、ステップ21の判定が“YES”となつて、つぎのステップ22で変位前の特徴点P_L(j)P_R(s)から、つぎの(20)(21)

$$X_{LR} = \frac{\{x_R(s) + x_L(j)\} \cdot a}{2a + y_L(j) - y_R(s)} \dots\dots\dots (20)$$

$$Y_{LR} = \frac{\{y_R(s) + y_L(j)\} \cdot a}{2a + y_L(j) - y_R(s)} \dots\dots\dots (21)$$

$$Z_{LR} = \frac{2a}{2a + y_L(j) - y_R(s)} \dots\dots\dots (22)$$

(22)式によつて、物点Bの3次元座標 (X_{LR}, Y_{LR}, Z_{LR}) を算出する。

更につぎのステップ23で変位後の特徴点P_L(q)P_R(u)から、つぎの(23)(24)(25)式によつて、物

点Bの3次元座標 (X_{LR}, Y_{LR}, Z_{LR}) を算出する。

$$X_{LR'} = \alpha + \cos \theta \cdot \frac{\{x_{R'}(u) + x_{L'}(q)\} \cdot a}{2a + y_{L'}(q) - y_{R'}(s)} - \sin \theta \cdot \frac{\{y_{R'}(u) + y_{L'}(q)\} \cdot a}{2a + y_{L'}(q) - y_{R'}(s)} \dots\dots\dots (23)$$

$$\begin{aligned}
& 9 & 10 \\
Y_{LR'} &= \cos\theta \cdot \frac{\{y_{R'}(u) + y_{L'}(q)\} \cdot a}{2a + y_{L'}(q) - y_{R'}(s)} \\
& + \sin\theta \cdot \frac{\{x_{R'}(u) + x_{L'}(q)\} \cdot a}{2a + y_{L'}(q) - y_{R'}(s)} \dots\dots (24) \\
Z_{LR'} &= \frac{2a}{2a + y_{L'}(q) - y_{R'}(s)} \dots\dots\dots (25)
\end{aligned}$$

つぎに変位前後の特徴点から別個に算出した上記物点の * から、つぎの(26)式を用いて座標間距離DISTを算出す
 3次元座標 (X_{LR}, Y_{LR}, Z_{LR}) (X_{LR'}, Y_{LR'}, Z_{LR'}) * る。

$$DIST = \sqrt{(X_{LR'} - X_{LR})^2 + (Y_{LR'} - Y_{LR})^2 + (Z_{LR'} - Z_{LR})^2} \dots\dots\dots (26)$$

そしてもしこの座標間距離DISTが一定のしきい値TH₂以下
 の場合には、ステップ24の判定が“YES”となり、つぎ
 のステップ25で物点の3次元座標に関するデータを第7

図に示す如く、つぎの(27)~(33)式に従って画像メ
 モリへ登録する。

$$X(k) = \frac{X_{LR'} + X_{LR}}{2} \dots\dots\dots (27)$$

$$Y(k) = \frac{Y_{LR'} + Y_{LR}}{2} \dots\dots\dots (28)$$

$$Z(k) = \frac{Z_{LR'} + Z_{LR}}{2} \dots\dots\dots (29)$$

- B_L(k) = j (30)
- B_R(k) = s (31)
- A_L(k) = q (32)
- A_R(k) = u (33)

以上の各処理を、変位前の左視覚系の全特徴点につき同
 様に繰返して実行すると、ステップ26の判定が“YES”と
 なり、特徴点の抽出処理を含む物点の座標算出処理を全
 て完了する。

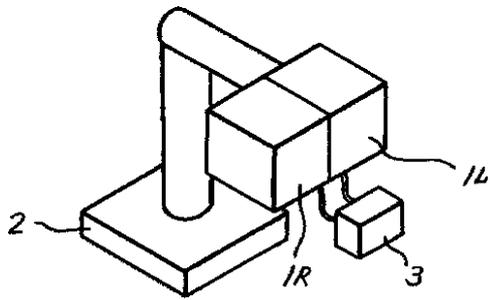
【図面の簡単な説明】

第1図は物体認識装置の概略構成を示す斜面図、第2図

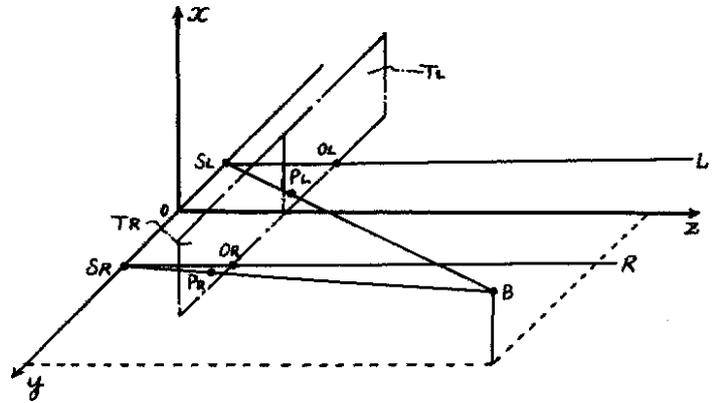
は左右視覚系と、物点と、像点との位置関係をxyz座標
 に表わした図、第3図は対応する特徴点を特定する方法
 を示す原理説明図、第4図は物体認識のアルゴリズムを
 示すフローチャート、第5図は特徴点と特徴的リストと
 の関係を示す図、第6図は変位前の左視覚系にかかる特
 徴点の全体リストを示す図、第7図は物点の座標に関す
 るデータの登録状態を示す図である。

- 1L, 1R.....視覚系、 2.....駆動装置
- 3.....画像処理装置、 B.....物点
- P_R, P_L.....像点

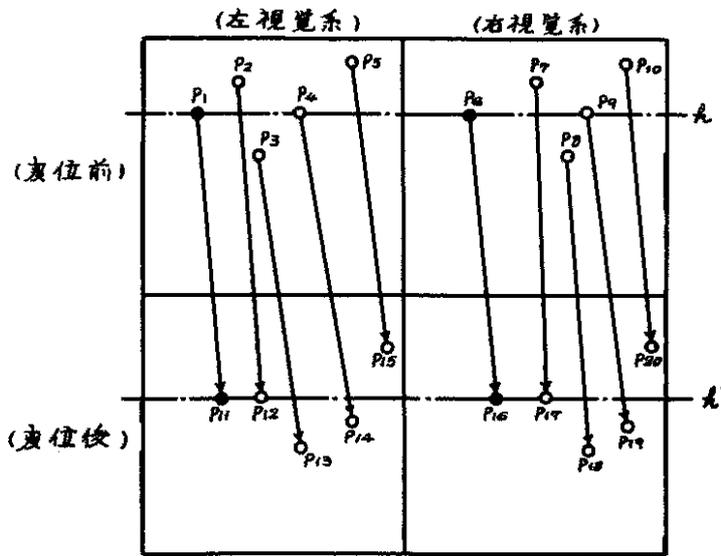
【第1図】



【第2図】



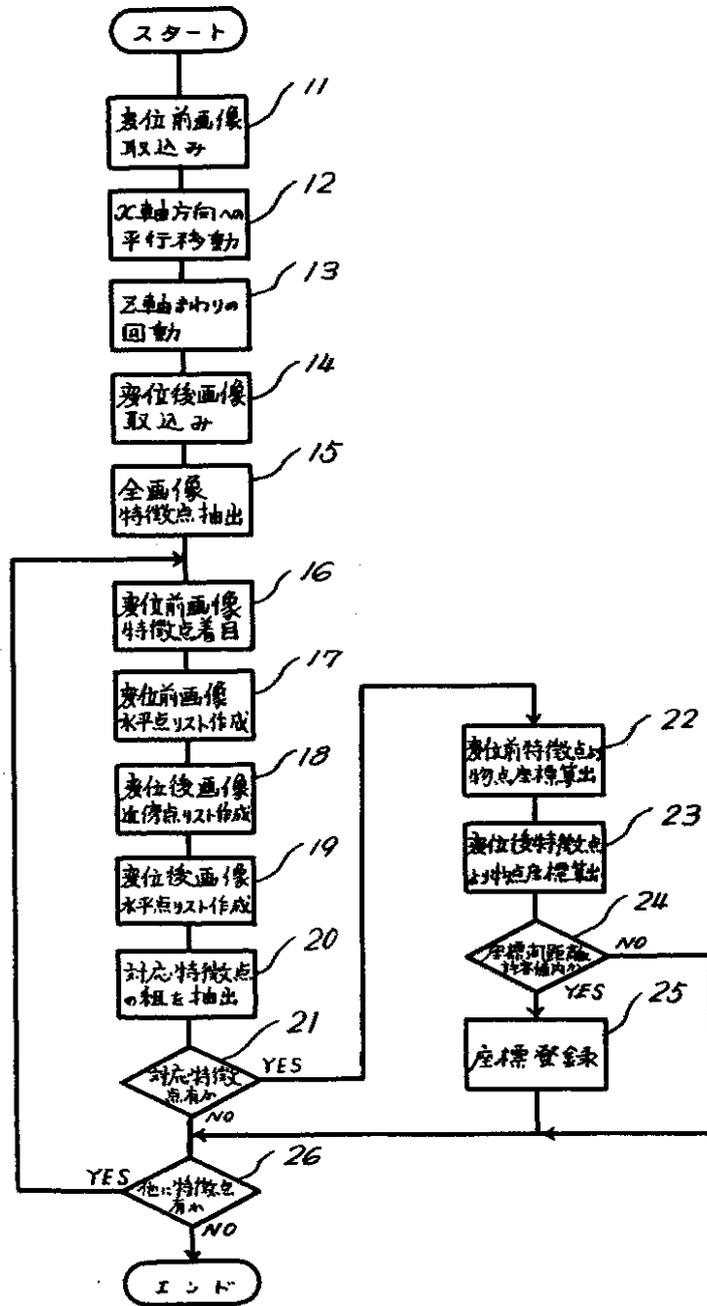
【第3図】



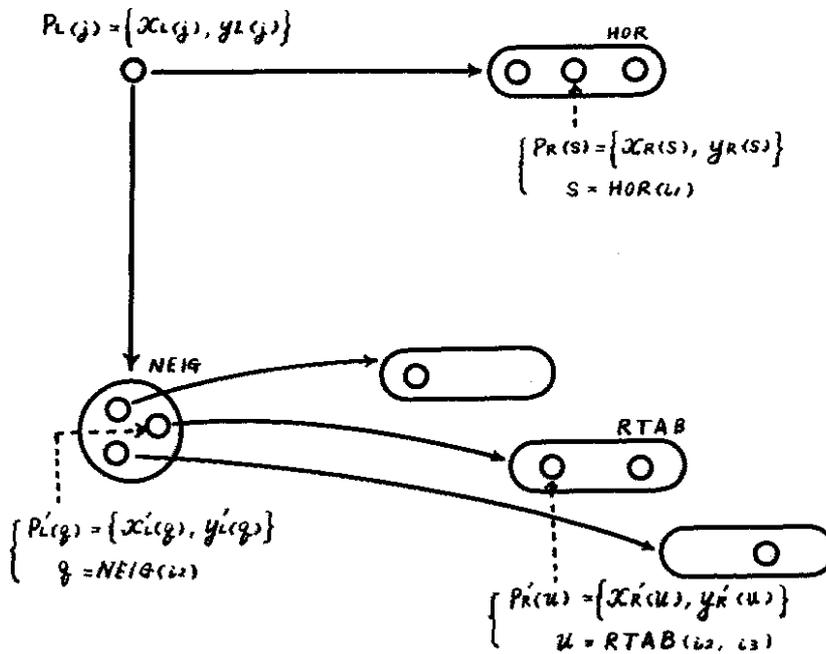
【第6図】

ラベル	x座標	y座標
1	$x_L(1)$	$y_L(1)$
2	$x_L(2)$	$y_L(2)$
3	$x_L(3)$	$y_L(3)$
⋮	⋮	⋮
j	$x_L(j)$	$y_L(j)$
⋮	⋮	⋮

【第4図】



【第5図】



【第7図】

ラベル	X座標	Y座標	Z座標	変位前 特徴点(左)	変位前 特徴点(右)	変位後 特徴点(左)	変位後 特徴点(右)
1	$X(1)$	$Y(1)$	$Z(1)$	$B_L(1)$	$B_R(1)$	$A_L(1)$	$A_R(1)$
2	$X(2)$	$Y(2)$	$Z(2)$	$B_L(2)$	$B_R(2)$	$A_L(2)$	$A_R(2)$
3	$X(3)$	$Y(3)$	$Z(3)$	$B_L(3)$	$B_R(3)$	$A_L(3)$	$A_R(3)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	$X(k)$	$Y(k)$	$Z(k)$	$B_L(k)$	$B_R(k)$	$A_L(k)$	$A_R(k)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

フロントページの続き

(72)発明者 築山 則之

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

(56)参考文献 特開 昭58 - 90268 (J P , A)
実開 昭56 - 170707 (J P , U)
特公 昭54 - 23545 (J P , B 1)