

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3251774号
(P3251774)

(45) 発行日 平成14年1月28日(2002.1.28)

(24) 登録日 平成13年11月16日(2001.11.16)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 6 T 17/40
15/00

識別記号

1 0 0

F I

G 0 6 T 17/40
15/00

A

1 0 0 A

請求項の数7(全17頁)

(21) 出願番号 特願平6-129034

(22) 出願日 平成6年6月10日(1994.6.10)

(65) 公開番号 特開平7-334703

(43) 公開日 平成7年12月22日(1995.12.22)

審査請求日 平成11年9月21日(1999.9.21)

(73) 特許権者 593132135
館 ▲すすむ▼
茨城県つくば市梅園2丁目31番地の14

(73) 特許権者 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 館 ▲すすむ▼
茨城県つくば市梅園二丁目31番地の14

(72) 発明者 尾崎 信之
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
芝府中工場内

(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦

審査官 伊知地 和之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元映像処理装置及び方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに異なる複数方向から投影した3次元の対象物体の各2次元映像を得る手段と、前記対象物体に対する各投影位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における前記各投影位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、任意に設けられる仮想視点の前記仮想座標系内における位置及び姿勢を求める仮想視点算出手段と、前記対象物体を前記仮想座標系内に位置させたと想定して、前記各変換情報を用いて、前記仮想座標系内における各投影位置から同じく仮想座標系内の前記対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた各透視変換作用前映像を用いて、前記仮想座標系内の仮想視点から前記対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求める手段と、

2

この求められた透視変換作用前映像を2次元映像に透視変換する手段と、この変換された2次元映像を表示する2次元表示装置とを備えた3次元映像処理装置。

【請求項2】 3次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ2次元映像を得る複数台の撮影装置と、この各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における前記各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、任意に設けられる仮想視点の前記仮想座標系内における位置及び姿勢を求める仮想視点算出手段と、前記対象物体を前記仮想座標系内に位置させたと想定して、前記各変換情報を用いて、前記仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の前記対象物体を

10

見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、
この求められた各透視変換作用前映像を用いて、前記仮想座標系内の仮想視点から前記対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求める手段と、
この求められた透視変換作用前映像を 2 次元映像に透視変換する手段と、
この変換された 2 次元映像を表示する 2 次元表示装置とを備えた 3 次元映像処理装置。

【請求項 3】 前記各撮影装置はそれぞれ所定の焦点距離を有した集光機構が組込まれたカメラであり、前記透視変換作用前映像を求める手段は前記焦点距離が組込まれた透視変換情報を用いることを特徴とする請求項 2 記載の 3 次元映像処理装置。

【請求項 4】 前記任意の仮想視点の前記仮想座標系内の位置及び姿勢は、前記 2 次元表示装置の観察者に取付けられこの観察者の視野方向を計測する計測装置の出力と、前記観察者が自己の移動情報を入力する入力装置の出力とで定まることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の 3 次元映像処理装置。

【請求項 5】 3 次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ 2 次元映像を得る複数台の撮影装置と、
この各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における前記各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、
観察者に取付けられ、この観察者の両眼の各視野にそれぞれ入る一対の 2 次元表示装置が組込まれた HMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）と、
前記観察者に取付けられ、この観察者の視野方向を計測する計測装置の出力と前記観察者が自己の移動情報を入力する入力装置の出力とから前記仮想座標系内における前記観察者の両眼を示す各仮想視点の各位置及び各姿勢を求める仮想視点算出手段と、
前記対象物体を前記仮想座標系内に位置させたと想定して、前記各変換情報を用いて、前記仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の前記対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、
この求められた各透視変換作用前映像を用いて、前記仮想座標系内の一対の仮想視点から前記対象物体を見た場合の一対の透視変換作用前映像を求める手段と、
この求められた一対の透視変換作用前映像をそれぞれ 2 次元映像に透視変換する手段と、
この変換された一対の 2 次元映像を前記一対の 2 次元表示装置へ表示する表示制御手段とを備えた 3 次元映像処理装置。

【請求項 6】 前記仮想地図作成手段で得られる各変換情報は予め不揮発性メモリに書込まれていることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の 3 次元映像処理装置。

【請求項 7】 複数台の撮影装置で 3 次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ 2 次元映像を得

て、
前記各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における前記各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求め、
任意に設けられる仮想視点の前記仮想座標系内における位置及び姿勢を求め、
前記対象物体を前記仮想座標系内に位置させたと想定して、前記各変換情報を用いて、前記仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の前記対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求め、
この求められた各透視変換作用前映像を用いて、前記仮想座標系内の仮想視点から前記対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求め、
この求められた透視変換作用前映像を 2 次元映像に透視変換し、
この変換された 2 次元映像を 2 次元表示装置に表示する 3 次元映像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20 【産業上の利用分野】本発明は、バーチャルリアリティの映像を得るための 3 次元映像処理装置及び 3 次元映像処理方法に関する。

【0002】

30 【従来技術】一般に、バーチャルリアリティの映像を得るためには、対象物体をコンピュータグラフィックスを利用した CAD 等を用いて 3 次元モデル化し、この 3 次元モデル（CAD モデル）を仮想座標系内に配置させる。そして、この仮想座標系内の任意位置に仮想視点を設け、この仮想視点から前記 CAD モデルを見た場合の 2 次元映像を作成して、表示装置に 2 次元表示する。

【0003】観察者は 2 次元表示された対象物体を観察しながら仮想座標系内の仮想視点を任意位置へ移動させることが可能である。よって、観察者は 3 次元の対象物体を任意の方向から見るができる。なお、仮想視点を目の間隔だけ離れて 2 か所設けて、それぞれの 2 次元画像を異なる画面に表示して、各画面をそれぞれの眼で見ることによって、対象物体の 3 次元立体画像を観察できる。

【0004】

40 【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した CAD を用いて 3 次元モデル化した映像は、実際の対象物体と比較すると精度が悪く、リアリティの低いものであった。さらに、このように、たとえ精度の低いモデルでも、複雑な対象物体を CAD でモデル化するには膨大な時間と労力が必要である。

50 【0005】また、3 次元の CAD モデルを自動で作成する手法として、実際の対象物体の周囲を光切断手法を用いて、カメラで順番に撮影していき、距離情報を求めて、3 次元 CAD モデルを構築する手法がある。しかし、この手法においても、結局はコンピュータグラフィ

クスによるモデル構築手法であるので、やはり、リアリティが低いものである。

【0006】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、3次元の対象物体の互いに異なる複数方向からみた2次元画像を得るのみで、簡単に任意の仮想視点から対象物体に対する透視変換作用前映像が得られ、従来のCADモデルを用いた手法に比較して、観察すべき対象物を簡単に変更でき、操作性を大幅に向上でき、かつ仮想視点を迅速に移動でき、さらに実画像による3次元映像処理装置及び3次元映像処理方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解消するために本発明の3次元映像処理装置においては、互いに異なる複数方向から投影した3次元の対象物体の各2次元映像を得る手段と、対象物体に対する各投影位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における各投影位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、任意に設けられる仮想視点の仮想座標系内における位置及び姿勢を求める仮想視点算出手段と、対象物体を仮想座標系内に位置させたと想定して、各変換情報を用いて、仮想座標系内における各投影位置から同じく仮想座標系内の対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた各透視変換作用前映像を用いて、仮想座標系内の仮想視点から対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた透視変換作用前映像を2次元映像に透視変換する手段と、この変換された2次元映像を表示する2次元表示装置とを備えている。

【0008】また、請求項2の発明の3次元映像処理装置においては、3次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ2次元映像を得る複数台の撮影装置と、この各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、任意に設けられる仮想視点の仮想座標系内における位置及び姿勢を求める仮想視点算出手段と、対象物体を仮想座標系内に位置させたと想定して、各変換情報を用いて、仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた各透視変換作用前映像を用いて、仮想座標系内の仮想視点から対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた透視変換作用前映像を2次元映像に透視変換する手段と、この変換された2次元映像を表示する2次元表示装置とを備えたものである。

【0009】また、請求項3の発明においては、上述した3次元映像処理装置における各撮影装置を、それぞれ所定の焦点距離を有した集光機構が組込まれたカメラで構成している。これに伴って、透視変換作用前映像を求

める場合に焦点距離が組込まれた透視変換情報を用いる。

【0010】請求項4の発明においては、上述した任意の仮想視点の仮想座標系内の位置及び姿勢は、2次元表示装置の観察者に取付けられこの観察者の視野方向を計測する計測装置の出力と、観察者が自己の移動情報を入力する入力装置の出力とで決定している。

【0011】さらに、請求項5の3次元映像処理装置においては、3次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ2次元映像を得る複数台の撮影装置と、この各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求める仮想地図作成手段と、観察者に取付けられ、この観察者の両眼の各視野にそれぞれ入る一対の2次元表示装置が組込まれたHMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）と、観察者に取付けられ、この観察者の視野方向を計測する計測装置の出力と観察者が自己の移動情報を入力する入力装置の出力とから仮想座標系内における観察者の両眼を示す各仮想視点の各位置及び各姿勢を求める仮想視点算出手段と、対象物体を仮想座標系内に位置させたと想定して、各変換情報を用いて、仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた各透視変換作用前映像を用いて、仮想座標系内の一対の仮想視点から対象物体を見た場合の一対の透視変換作用前映像を求める手段と、この求められた一対の透視変換作用前映像をそれぞれ2次元映像に透視変換する手段と、この変換された一対の2次元映像を一対の2次元表示装置へ表示する表示制御手段とを備えたものである。

【0012】請求項6の発明においては、仮想地図作成手段で得られる各変換情報を予め揮発性メモリに書込まれている。さらに、請求項7の3次元画像処理方法においては、複数台の撮影装置で3次元の対象物体を互いに異なる方向から撮影してそれぞれ2次元映像を得て、各撮影装置の設置位置及び姿勢と任意に設定された仮想座標系内における各撮影装置の位置及び姿勢との間の各変換情報を求め、任意に設けられる仮想視点の仮想座標系内における位置及び姿勢を求め、対象物体を仮想座標系内に位置させたと想定して、各変換情報を用いて、仮想座標系内における各撮影装置から同じく仮想座標系内の対象物体を見た場合の各透視変換作用前映像を求め、この求められた各透視変換作用前映像を用いて、仮想座標系内の仮想視点から対象物体を見た場合の透視変換作用前映像を求め、この求められた透視変換作用前映像を2次元映像に透視変換し、この変換された2次元映像を2次元表示装置に表示するようにしている。

【0013】

【作用】このように構成された3次元映像装置及び3次元映像処理方法においては、一つの対象物体に対して互

いに異なる複数方向から見た複数枚の 2 次元映像が得られる。

【0014】一般に、一つの対象物体に対して異なる方向から見た 2 枚の 2 次元映像を得て、対象物体における任意部位の各 2 次元映像上における座標の相互関係が得られれば、これらの 2 次元映像から任意に設定された仮想座標系内における座標で示される対象物体の 3 次元映像が定まる。

【0015】なお、上記対象物体の 2 次元映像又は 3 次元映像を実際に特定する場合においては、対象物体を構成する各部位の 2 次元座標系又は 3 次元座標系におけるそれぞれの 2 次元座標又は 3 次元座標を特定する必要があるが、この明細書においては、説明を簡単にするために、これら一群の 2 次元座標又は 3 次元座標を便宜的に一つの 2 次元映像又は 3 次元映像と表記する。

【0016】仮想座標系内における対象物体の 3 次元映像が特定できれば、この仮想座標系内における任意の仮想視点からこの対象物体の 3 次元映像を見た場合における透視変換作用前映像が得られる筈である。しかし、この場合、一旦、対象物体の 3 次元映像を作成して、その後

に任意の仮想視点からの透視変換作用前映像を得るので、演算処理量が増大する。

【0017】そこで、本願の請求項 1, 2, 7 の発明においては、予め、仮想座標作成手段によって対象物体に対して 3 方向から見た場合の各 2 次元映像 P_i ($i=1, 2, 3$) を、この対象物体を仮想座標系内に設置させた場合の 3 次元映像 P_o から各 2 次元映像 P_i までの各変換情報 M_i を算出しておく。

【0018】そして、対象物体の 3 次元映像 P_o が未知数の状態で、仮想座標系内で 3 次元映像 P_o を前記 3 方向から見た場合における各透視変換作用前映像 P_{iv} を、各 2 次元映像 P_i から各変換情報 M_i を用いて複数の方程式の形で求める。前述したように、3 次元映像 P_o は 2 枚の 2 次元映像 P_i で一義的に求まるので、複数の方程式から対象物体の 3 次元映像 P_o を消去することによって、前記各透視変換作用前映像 P_{iv} を複数枚の 2 次元映像 P_i から算出できる。

【0019】さらに、任意の仮想視点からの対象物体の透視変換作用前映像 P_{mv} が前記各 3 次元透視変換作用前映像 P_{iv} から算出される。そして、実際に得られた仮想視点の透視変換作用前映像 P_{mv} から同仮想視点の 2 次元映像 P_n が求められて、2 次元表示装置に表示される。

【0020】請求項 3 の発明においては、対象物体を複数方向から見て 2 次元映像を得る手段として、それぞれ所定の焦点距離を有した集光機構が組込まれたカメラが用いられている。したがって、焦点距離の存在によって発生する遠近効果を考慮するために、各透視変換作用前映像 P_{iv} を求める場合に、焦点距離が組込まれた透視情報 S_i を用いる。

【0021】よって、通常のカメラで撮影した 2 次元映像 P_i をそのまま使用しても、仮想視点から見た正確な 2 次元映像 P_n が得られる。請求項 4 の発明においては、前記仮想視点の位置を 2 次元映像 P_n の観察者の視野方向及び観察者が指定する移動情報に連動して自動的に変更するようにしている。

【0022】したがって、観察者は仮想座標系内の対象物体を任意の方向から見るができる。さらに、請求項 5 の 3 次元映像処理装置においては、観察者が装着する一対の 2 次元表示装置が組込まれた HMD を設け、仮想視点を観察者の両眼に対応させて 2 つ設定し、各仮想視点毎に、透視変換作用前映像 P_{mv} 及び 2 次元映像 P_n を得て、HMD の各 2 次元表示装置に表示させている。

【0023】したがって、観察者は、両眼でもって対象物体の 3 次元映像を見ることが出来る。さらに、請求項 6 においては、仮想地図作成手段で得られる各変換情報を予め不揮発性メモリに書込まれている。すなわち、各撮影装置の位置が固定されていた場合は、仮想地図作成手段で作成される変換情報も変化しないのでこれを不揮発性メモリに記憶しておくことによって、この 3 次元映像処理装置における稼働前の初期処理が簡素化される。

【0024】

【実施例】以下本発明の一実施例を図面を用いて説明する。図 1 は実施例の 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図である、対象物体 1 は互い異なる方向から 3 台の撮影装置としてのカメラ 2 a, 2 b, 2 c にて撮影される。それぞれ有限の焦点距離 f_i を有する集光レンズが組込まれた各カメラ 2 a, 2 b, 2 c から出力された対象物体 1 の各 2 次元映像 P_i ($i=1, 2, 3$) を示す信号は A/D 変換器 3 でデジタル値に変換されて入力バッファ 4 に記憶される。入力バッファ 4 に記憶され対象物体 1 の各 2 次元映像 P_i ($i=1, 2, 3$) は画像間対応付け部 9 を介して画像変換部 5 へ送出される。

【0025】また、各カメラ 2 a, 2 b, 2 c で仮想地図作成用のテストパターンや図 5 に示す 3 次元モデルを撮影した場合に得られる校正用の 2 次元映像 P_i ($i=1, 2, 3$) は仮想地図作成部 6 へ送出される。

【0026】仮想地図作成部 6 には、操作者がカメラパラメータの校正用の各 2 次元映像 P_i ($i=1, 2, 3$) を観察し、操作するための CRT 表示装置 7 が接続されている。さらに、画像間対応付け部 9 には、キーボードやマウス等で操作者が画像間の対応付け等の各種情報を入力するための CRT 表示装置 8 が接続されている。

【0027】仮想地図作成部 6 は、カメラ校正用のテストパターンを用いて、一つの 3 次元の仮想座標系内における各カメラ 2 a, 2 b, 2 c の位置と姿勢の関係の情報を示す仮想地図 10 を作成する。そして、仮想座標系内における任意位置の 3 次元映像 P_o をカメラ座標系で見た場合の映像 P_i ($i=1, 2, 3$) に変換する場合の

各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 毎の変換情報としての各変換行列 M_i ($i=1,2,3$) を算出して映像変換部 5 へ送出する。

【 0 0 2 8 】また、仮想地図作成部 6 は各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の各焦点距離 f_i ($i=1,2,3$) を測定して映像変換部 5 へ送出する。一方、この 3 次元映像処理装置を用いて対象物体 1 を観察する視点を移動させるための例えば観察者 1 1 の頭部には複数の 2 次元表示装置としての一対の小型ディスプレイが組込まれた HMD 1 2 を装着する。さらに、観察者 1 1 の頭部にはこの観察者 1 1 の視野方向を定量的に検出するための計測装置 1 3 が取付けられている。また、観察者 1 1 の前方位置には観察者 1 1 自身が移動する方向と移動量を手動で入力するためのジョイスティックやデータグローブ等からなる入力装置 1 4 が設けられている。

【 0 0 2 9 】なお、ジョイスティックにより視点を移動させ、単眼として CRT 表示装置に 2 次元映像を表示させることも可能である。計測装置 1 3 は、観察者 1 1 の頭部を中心とする動きを、頭部の位置と姿勢を 6 自由度の情報として検出する。また入力装置 1 4 は、観察者 1 1 の進行方向の 3 自由度の情報と目の基準の高さを 1 自由度の情報として検出する。計測装置 1 3 及び入力装置 1 4 で得られた合計 1 0 自由度の情報は A / D 変換器 1 5 でデジタル値に変換されて仮想視点算出部 1 6 へ送出される。

【 0 0 3 0 】仮想視点算出部 1 6 は、合計 1 0 自由度の情報から、仮想地図 1 0 内における観察者 1 1 の左右の各眼に対応する一対の仮想視点の各座標及び各姿勢等から、前述した各カメラ 2 a , 2 b , 2 c と同様に、仮想座標系内における任意の 3 次元映像 P_0 を各仮想視点の視野座標系で見た場合の 2 次元映像 P_n ($n=1,2$) に変換する場合の各仮想視点毎の変換行列 M_n を算出して、映像変換部 5 へ送出する。

【 0 0 3 1 】映像変換部 5 はカメラ毎透視変換作用前映像算出部 1 7 と仮想視点透視変換作用前映像算出部 1 8 と 2 次元映像算出部 1 9 とで構成されている。カメラ毎透視変換作用前映像算出部 1 7 は、入力バッファ 4 から画像間対応付け部 9 を介して入力された対象物体 1 の各 2 次元映像 P_i に対して仮想地図作成部 6 で作成された各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の各変換行列 M_i 及び各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の焦点距離 f_i ($i=1,2,3$) を用いて透視逆変換に相当する処理を実行する。すなわち、対象物体 1 が仮想座標系内に存在したと見なした場合における各カメラ 2 a , 2 b , 2 c から該当対象物体 1 を見た場合の各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) を算出して、次の仮想視点透視変換作用前映像算出部 1 8 へ送出する。

【 0 0 3 2 】仮想視点透視変換作用前映像算出部 1 8 は、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の各変換行列 M_i ($i=1,2,3$) と各仮想視点の各変換行列 M_n ($n=1,2$) とを用

いて、カメラ毎透視変換作用前映像算出部 1 7 から入力された各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 位置における対象物体 1 の各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) から各仮想視点位置におけるそれぞれの透視変換作用前映像 P_{nv} ($n=1,2$) を算出する。算出した各透視変換作用前映像 P_{nv} ($n=1,2$) を次の 2 次元映像算出部 1 9 へ送出する。

【 0 0 3 3 】2 次元映像算出部 1 9 は入力された各仮想視点における透視変換作用前映像 P_{nv} ($n=1,2$) に対して透視変換演算を行ってそれぞれ 2 次元映像 P_n ($n=1,2$) を得る。そして、算出した各 2 次元映像 P_n ($n=1,2$) を出力バッファ 2 0 へ一旦書込む。

【 0 0 3 4 】出力バッファ 2 0 に書込まれた一対の 2 次元映像 P_n ($n=1,2$) は D / A 変換器 2 1 でアナログの映像信号に変換されて、観察者 1 1 の頭部に取付けられた HMD 1 2 内の各小型ディスプレイにそれぞれ個別に表示される。

【 0 0 3 5 】よって、観察者 1 1 は、HMD 1 2 の各小型ディスプレイを左右の眼で見ることによって、対象物体 1 の仮想視点からの 3 次元映像を見ることができる。次に、このように構成された 3 次元映像処理装置の各部の詳細動作を図 2 ~ 図 1 2 を参照しながら説明する。

【 0 0 3 6 】仮想地図作成部 6 は、図 2 に示すように、テストパターン測定部 6 a , 仮想座標指定部 6 b , 焦点距離算出部 6 c 及びカメラ位置、姿勢演算部 6 d とで構成されている。そして、仮想地図作成部 6 は、対象物体 1 に対する撮影を開始する前に、仮想座標系 (x, y, z) 内における各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の相互の位置関係 (x_i, y_i, z_i) 及び姿勢 (θ_i, ϕ_i) を決定して例えば図 4 に示す仮想地図 1 0 を作成する機能を有する。

【 0 0 3 7 】具体的には図 3 の流れ図に従ってカメラ校正処理を実行して仮想地図 1 0 を作成する。流れ図が開始されると、テストパターン測定部 6 a によって、対象物体 1 の代わりに、一松模様のテストパターンが描かれた用紙、又は図 8 (a) に示す簡単な 3 次元モデルを各カメラ 2 a , 2 b , 2 c で撮影して、入力バッファ 4 を介して 3 つの 2 次元映像 P_i ($i=1,2,3$) を得る (ステップ S 3 1)。

【 0 0 3 8 】この 3 つの 2 次元映像 P_i ($i=1,2,3$) とテストパターンとの対応付けが必要になる。そのために、まず、仮想座標設定部 6 b が起動して、操作者が CRT 表示装置 8 に付随する操作部を操作して、図 4 に示す (x, y, z) の直交座標系の仮想座標を指定する (S 3 2)。次に、この仮想座標系上におけるテストパターンと 2 次元映像 P_1, P_2, P_3 の対応付け演算処理を行う (S 3 3)。すなわち、3 台のカメラによる 3 つの 2 次元映像 P_i は異なった方向から同一対象物体を撮影しているため、それぞれの対応付けが必要となる。

【0039】次に各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の焦点距離 f_i の算出処理を行う (S34)。この焦点距離 f_i の算出処理の具体的手法を図7および図8を用いて説明する。図7の流れ図に示すように、先ず、図8(a)に示す予め一辺の寸法 h が既知である立方体形状の3次元サンプル 6 j を準備して、図8(b)に示すようように、カメラ 2 a , 2 b , 2 c の前方位置において、カメラ 2 a , 2 b , 2 c でその2次元映像を撮影する。そして、レンズ位置から焦点距離 f_i だけ離れた位置に結像する画像面 6 k 上における寸法 r を測定する。

【0040】次に、3次元サンプル 6 j の位置を距離 d だけカメラ 2 a , 2 b , 2 c 側へ移動させる。そして、この状態で画像面 6 k 上における寸法 r' を測定する。すると、簡単な幾何学的考察によって、カメラ 2 a , 2 b , 2 c の各焦点距離 f_i が次式で求まる。

【0041】

$$f_i = (d/h) / [(1/r') - 1/r]$$

図3のS34にて各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の焦点距離 f_i が算出されると、S35にて、図4に示す仮想座標系上における各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の位置 (座標) x_i, y_i, z_i ($i=1,2,3$) 及び姿勢を示す各回転角 θ_i, ϕ_i を算出する (S35)。具体的には、非線形の方程式を作成して逐次演算手法によって各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の位置 (座標) x_i, y_i, z_i ($i=1,2,3$) と姿勢 θ_i, ϕ_i を算出する。

【0042】すなわち、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c で得られた各2次元映像 P_i ($i=1,2,3$) の撮像面の中心*

$$M_i = T_i \cdot R_{iy} \cdot R_{ix} \quad \dots(1)$$

したがって、ある任意の点の仮想座標系内での表現を P_0 、カメラ座標系内での表現を P_i とすると、下

$$P_i = P_0 \cdot M_i \quad \dots(2)$$

(2) 式は仮想座標系内の3次元映像 P_0 に行列 M_i を掛算すればカメラ座標系内から見た3次元映像 P_i の3次元映像 P_i が得られることを示し、行列 M_i は仮想座標系からカメラ座標系への変換行列となる。

【0049】但し、行列 T_i は x , y , z 軸方向の平行移動を示し ($i=1,2,3$)、行列 R_{iy} は Y 軸回りの回

* に x - y 座標を定義し、光軸方向に + z 軸を定義すると、図6に示すように仮想地図 10 の仮想座標系から各カメラ座標への変換により、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の姿勢が規定できる。具体的には、カメラ光軸の y 軸との回転角 θ_i 、x 軸との回転角 ϕ_i で定義される。

【0043】よって、パラメータ演算部 6 c によって、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の仮想座標系における位置 (x_i, y_i, z_i) 及び姿勢 θ_i, ϕ_i からなるパラメータが得られた。

10 【0044】すなわち、計算機の内部に、図4のように、各カメラ 2 a ~ 2 c 自身の設置、姿勢を含めた仮想地図 10 が作成される。この仮想地図 10 内には、実際の測定時には、対象物体 1 と置換わる3次元モデルに対する各カメラ 2 a ~ 2 c の位置、方向が3次元の形で明確に設定されている。図中の太い矢印は各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の光軸方向を示す。

【0045】次に、S36にて、カメラ位置算出部 6 d を起動させて、各パラメータ $x_i, y_i, z_i, \theta_i, \phi_i$ から各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 毎の変換行列 M_i ($i=1,2,3$) を算出する。

20 【0046】図6に示すように、カメラ光軸の y 軸との回転角を θ_i とし、x 軸との回転角を ϕ_i とし、撮像中心の座標を (x_i, y_i, z_i) とすると各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の姿勢は(1) 式に示す行列 M_i ($i=1,2,3$) で定義される。

【0047】

記のような関係が成立する。

【0048】

転を示し、行列 R_{ix} は X 軸回りの回転を示す。そして、各行列はそれぞれ(3)(4)(5) 式に示すように定義される。

【0050】

【数1】

13

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -x_i & -y_i & -z_i & 1 \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

$$R_{iy} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & 0 & \sin \alpha_i & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha_i & 0 & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots(4)$$

$$R_{ix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta_i & -\sin \beta_i & 0 \\ 0 & \sin \beta_i & \cos \beta_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots(5)$$

14

【0051】但し、(3)(4)(5) 式の最終列は座標変換における平行移動の変数もこの行列に含めるための同次座標の成分である。次に、図1における仮想視点算出部16で算出する仮想視点における変換行列 M_n ($n=1,2$) について検討する。

【0052】すなわち、図4の仮想地図10内における仮想視点22の位置、姿勢を示す変換行列 M_n は、上述した各カメラ2a, 2b, 2cの変換行列 M_i の算出手法と同様な手法にて求められる。

$$M_n = T_n \cdot R_{ny} \cdot R_{nx}$$

なお、 T_n , R_{ny} , R_{nx} の各行列は上述した (3) (4)(5)式に示す各カメラ2a, 2b, 2cの場合と同様である。

【0055】なお、実際の装置においては、この仮想視点22位置は観察者11の動きによって仮想地図10上を任意に移動するので、この3次元画像処理装置を稼働する前に、観察者11は計測装置13及び入力装置14を操作して、仮想視点22の位置、姿勢を、固定されている3つのカメラ2a, 2b, 2cのうちのいずれか一つのカメラに一致させて、前記仮想視点22の変換行列 M_n を一致させたカメラの変換行列 M_i に初期設定する。

【0056】変換行列 M_n の初期設定が終了すると、仮想視点算出部16は、計測装置13及び入力装置14から入力される移動量(偏差量) x, y, z , α, β を取込んで、前記初期値を変更していくのみで、常時正しい変換行列 M_n を得ている。観察者11の動作に応じて時々刻々変化する仮想視点22の各変換行列 M_n ($n=1,2$) は映像変換部5へ送られる。

【0057】以上の初期処理が終了すると、各カメラ2a, 2b, 2cで実際の対象物1を撮影する。各カメラ2a, 2b, 2cで撮影された各2次元映像 P_i ($i=1,2,3$) は入力バッファ4を介して画像間対応付け部9

* 【0053】すなわち、カメラ2a, 2b, 2cの場合と同様に、視軸のy軸との回転角を α_n 、x軸との回転角を β_n 、撮像中心の座標を (x_n, y_n, z_n) とすると、目の中心座標が T_n で、視線方向は $[R_{ny} \cdot R_{nx}]$ となる。すなわち、カメラ2a, 2b, 2cの場合と同様に下記(6)式の変換行列 M_n で定義される。

$$M_n = T_n \cdot R_{ny} \cdot R_{nx} \quad \dots(6)$$

へ入力され、この画像間対応付け部9によって互いに対応付けられた後に、映像変換部5へ入力される。

【0058】この画像間対応付け部9による座標対応付け処理は、例えば、動的計画法などを用いて計算機で自動的に対応付けることができるが、操作者が手動で行う場合は、例えば図5に示すように、CRT表示装置8に表示されたそれぞれの2次元映像 P_1, P_2, P_3 の絵の中の対応する頂点を、例えばライトペン等で表示画面より指定させて対応付けすることも可能である。

【0059】次に映像変換部5の各部17, 18, 19の動作を順番に説明する。カメラ毎透視変換作用前映像算出部17は、図9に示すように、透視逆変換相当処理部17a, 拘束式作成部17b, 変換未知数算出部17c及び透視変換作用前映像算出部17dとで構成されている。そして、カメラ毎透視変換作用前映像算出部17は、前述したように、入力バッファ4から画像間対応付け部9を介して入力された対象物体1の各2次元映像 P_i に対して仮想地図作成部6で作成された各カメラ2a, 2b, 2cの各変換行列 M_i 及び各カメラ2a, 2b, 2cの焦点距離 f_i ($i=1,2,3$) を用いて透視逆変換に相当する処理を実行して、各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) を得る。

【0060】具体的には図10の流れ図に沿って各透視

変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) が算出される。流れ図が開始されると、透視逆変換相当処理部17aが起動され、仮想地図作成部6から入力した各カメラ2a, 2b, 2cの各焦点距離 c_i ($i=1,2,3$)を用いて各カメラ2a, 2b, 2cの透視変換情報としての各透視変換行列 S_i の作成処理を実行する(S41)。

$$P_i = P_0 \cdot M_i \cdot S_i \quad \dots(7)$$

より求まる。すなわち、この(7)は前述した(2)式

$$P_i' = P_0 \cdot M_i \quad \dots(2)$$

に実際のカメラ2a, 2b, 2cを用いる事による遠近効果を示す以下に示す透視変換行列 S_i を付加したものである。ここで、透視変換行列 S_i は(8)式で示さ

$$S_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1/\lambda_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots(8)$$

【0063】(8)式の透視変換行列 S_i ($i=1,2,3$)の作成処理が終了すると、S43にて、(7)式の(P_i S_i^{-1})に相当する透視変換作用前の点 P_{iv} を求めるため、入力バッファ4からの対象物体1の2次元映像

$$P_i = P_0 \cdot T_i \cdot R_{iy} \cdot R_{ix} \cdot S_i \quad \dots(9)$$

カメラ座標系(カメラ撮像面)の各点に透視変換作用の各点の座標を示す透視変換作用前映像 P_{iv} は、平行移動を示す行列 T_i , 各回転を示す行列 R_{iy} , R_{ix} の同次座標表現時における特徴から、透視変換前の平行移動、回転移動後の座標は、(a, b, c, 1)と表現

$$P_i = (a, b, c, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1/\lambda_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = (a, b, c, 1+c/\lambda_i) \quad \dots(10)$$

ここで、対象物体1の2次元映像 P_i ($i=1,2,3$)の座標(x_i, y_i)との関係は次のようになる。

$$\begin{aligned} x_i &= a_i / (1 + c_i / \lambda_i) \\ y_i &= b_i / (1 + c_i / \lambda_i) \end{aligned} \quad \dots(11)$$

したがって、(11)式を(10)式に代入することによって、各カメラ2a, 2b, 2cのカメラ座標系の2次元映像 P_i に透視変換行列 S_i の逆行列 S_i^{-1} を掛けた*

$$P_{iv} = (x(1 + c_i / \lambda_i), y(1 + c_i / \lambda_i), c_i, 1) \quad \dots(12)$$

(12)式において未知数は c_i ($i=1,2,3$)のみとなる。

【0068】以上の透視逆変換相当処理部17aの処理が終了すると、S43へ進み、拘束式作成部17bを起動して、拘束式を作成する。すなわち、各カメラ2a, 2b, 2cの個々の位置は当然既知であるので、カメラ

$$P_{jv} = P_{iv} \cdot U_{ij} \quad \dots(13)$$

*【0061】すなわち、各カメラ2a, 2b, 2cの透視変換行列 S_i ($i=1,2,3$)及び前述した各カメラ2a, 2b, 2cの変換行列 M_i を用いると、ある任意の点の仮想座標系内での表現を P_0 、カメラ撮影後の2次元映像 P_i ($i=1,2,3$)は、

【0062】
【数2】

P_i ($i=1,2,3$)及び仮想地図作成部6からの変換行列 M_i ($i=1,2,3$)を取込む。(7)式に(1)式の変換行列 M_i を代入すると、(9)式となる。

【0064】

できるので、 $P_{iv} = (P_i S_i^{-1})$ 式は(10)式となる。

【0065】

【数3】

【0066】

40*ことに相当する点の映像、すなわち透視変換作用前映像 P_{iv} が(12)式で得られる。

【0067】

2a, 2b, 2c相互間における、i番目のカメラiのカメラ座標系の座標原点を仮想座標系の原点と見なし、他の各カメラjへの座標変換を示す変換行列 U_{ij} より、次の拘束条件が得られる。

【0069】

ここで、カメラ相互間の座標変換行列 U_{ij} は(14)式で*

$$\begin{aligned}
 U_{ij} &= U_{i0} \cdot U_{0j} = U_{0i}^{-1} \cdot U_{0j} \\
 &= M_i^{-1} \cdot M_j \quad \dots(14)
 \end{aligned}$$

なお、変換行列 U_{ok} は仮想座標系の原点 o からみた、カメラ k への変換行列である。すなわち、(10)式はカメラ $2a, 2b, 2c$ が図 1 に示すように 3 台存在するときは、3 個の未知数 c_1, c_2, c_3 に対して、拘束式が 6 個存在することになり、一般逆行列演算を行って、3 個の未知数 c_1, c_2, c_3 の解を得ることが可能である。

【0070】以上の拘束式の作成処理が終了すると、S44へ進み、未知数算出部 17c を起動して、各未知数 c_1, c_2, c_3 を算出する。3 個の未知数 c_1, c_2, c_3 が得られると、S45にて透視変換作用前映像算出部 17d を起動して、(12)式から各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) を算出する。

【0071】このように、カメラ毎透視変換作用前映像算出部 17において、各 2 次元映像 P_i から各カメラ $2a, 2b, 2c$ 位置から仮想座標系内に位置する対象物体 1 の各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) が算出され、仮想視点透視変換作用前映像算出部 18へ送出される。

【0072】次に、仮想視点透視変換作用前映像算出部 18 の処理動作を説明する。仮想視点透視変換作用前映像算出部 18 は、図 11 に示すように、カメラ位置関係

$$\begin{aligned}
 M_i &= T_i \cdot R_{iy} \cdot R_{ix} \\
 &= (m_{1i}, m_{2i}, m_{3i}, m_{4i})
 \end{aligned}$$

$$= \begin{pmatrix} m_{11i} & m_{12i} & m_{13i} & 0 \\ m_{21i} & m_{22i} & m_{23i} & 0 \\ m_{31i} & m_{32i} & m_{33i} & 0 \\ m_{41i} & m_{42i} & m_{43i} & 1 \end{pmatrix} \quad \dots(15)$$

【0075】ここで、カメラ $2a, 2b, 2c$ の各変換行列 M_1, M_2, M_3 から適当な列ベクトルを抜き出して(16)式に示す位置関係行列 N を作成する。具体的には、カメラ $2a$ の 2 次元映像から (x, y) を、

$$N = (n_1, n_2, n_3, n_4) = (m_{11}, m_{21}, m_{12}, m_{13}) \quad \dots(16)$$

次に S122 において、仮想視点位置の変換行列 M_n と各カメラ $2a, 2b, 2c$ 位置の変換行列 M_i との関係を求める。

【0077】すなわち、仮想視点 22 における各変換行列 M_n の各列ベクトルは、 $\det(N) \neq 0$ (一次独立)の時、位置関係行列 N の列ベクトルの線形結合で

行列部 18a と、行列 $N M_n$ 関連行列 A 算出部 18b と、要素演算部 18c とで構成されている。仮想視点透視変換作用前映像算出部 18 は、前述したように、各カメラ $2a, 2b, 2c$ 位置における各透視変換作用前映像 P_{iv} ($i=1,2,3$) から、各仮想視点 22 から仮想座標系内に位置する対象物体 1 を見た各透視変換作用前映像 P_{nv} ($n=1,2$) を算出する。

【0073】具体的には図 12 の流れ図に沿って各透視変換作用前映像 P_{nv} ($n=1,2$) が算出される。これは、Ullman et al が提唱したアルゴリズムを Z 座標まで拡張することにより可能である。(Recognition by Linear Combinations of Models :IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol,13, No.10.October 1991)

流れ図が開始されると、S121 において、カメラ位置関係行列部 18a が起動され、カメラ $2a, 2b, 2c$ の位置関係を示す位置関係行列 N が作成される。先ず、各カメラ $2a, 2b, 2c$ の変換行列 M_i は前述した(1)式から(15)式に示すように展開することが可能である。

【0074】
【数 4】

カメラ $2b$ の 2 次元映像から x を、カメラ $2c$ の 2 次元映像から y を抽出している。

【0076】

一意に表現できる。すなわち、係数を a_{ij} とする行列 A を定義すると、変換行列 M_n は次に示すように簡略される。

【0078】
【数 5】

(10)

20

$$\begin{aligned}
 \mathbf{M}_n^{19} &= (m_{1n}, m_{2n}, m_{3n}, m_{4n}) \\
 &= \mathbf{N} \cdot \mathbf{A} \\
 &= (n_1, n_2, n_3, n_4) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

【0079】したがって、係数 a_{ij} を示す行列 \mathbf{A} は(1* * 8)式となる。

$$\mathbf{A} = \mathbf{N}^{-1} \cdot \mathbf{M}_n \tag{18}$$

各カメラ点から見た対象物体 1 の透視変換作用前映像 【0080】

\mathbf{P}_{iv} は定義により(19)式に示される。

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P}_{iv} &= (x_{iv}, y_{iv}, z_{iv}, 1) \\
 &= \mathbf{P}_0 \cdot \mathbf{M}_i = \mathbf{P}_0 \cdot (m_{1i}, m_{2i}, m_{3i}, m_{4i})
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

同様に、仮想視点 2 2 から見た対象物体 1 に対する透視変換作用前映像 \mathbf{P}_{nv} に対しても、下記(20)式が成立する。

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P}_{nv} &= (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1) = \mathbf{P}_0 \cdot \mathbf{M}_n \\
 &= (\mathbf{P}_0 \cdot m_{1n}, \mathbf{P}_0 \cdot m_{2n}, \mathbf{P}_0 \cdot m_{3n}, \mathbf{P}_0 \cdot m_{4n})
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

位置関係行列 \mathbf{N} 及び各透視変換作用前映像 \mathbf{P}_{iv} , \mathbf{P}_{nv} が求まると、S 1 2 3 にて要素算出部 1 8 c を起動して、仮想視点 2 2 の変換行列 \mathbf{M}_n と位置関係行列 \mathbf{N} を用いて、(20)式の透視変換作用前映像 \mathbf{P}_{nv} の各

要素 x_{nv} , y_{nv} , z_{nv} の算出処理を実行する。

【0082】例えば、一つの要素 x_{nv} について計算すると(20)式から(21)式が得られる。

$$x_{nv} = \mathbf{P}_0 \cdot m_{1n} \tag{21}$$

この(21)式に(17)式を代入することによって(22)式が得られる。

$$\begin{aligned}
 x_{nv} &= \mathbf{P}_0 \cdot (a_{11} \cdot n_1 + a_{21} \cdot n_2 + a_{31} \cdot n_3 + a_{41} \cdot n_4) \\
 &= a_{11} \mathbf{P}_0 n_1 + a_{21} \mathbf{P}_0 n_2 + a_{31} \mathbf{P}_0 n_3 + a_{41} \mathbf{P}_0 n_4
 \end{aligned}
 \tag{22}$$

この(22)式の n_1, n_2, n_3, n_4 は(16)式から * (23)式を得る。

$m_{11}, m_{21}, m_{12}, m_{13}$ に等しいので、これを代入して* 【0084】

$$x_{nv} = a_{11} \mathbf{P}_0 m_{11} + a_{21} \mathbf{P}_0 m_{21} + a_{31} \mathbf{P}_0 m_{12} + a_{41} \mathbf{P}_0 m_{13} \tag{23}$$

さらに、(19)式から(24)式が導かれるので、

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P}_0 m_{11} &= x_{1v} \\
 \mathbf{P}_0 m_{21} &= y_{1v} \\
 \mathbf{P}_0 m_{12} &= x_{2v} \\
 \mathbf{P}_0 m_{13} &= x_{3v}
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

最終的に求める一つの要素 x_{nv} は(25)式となる。 【0085】

$$x_{nv} = a_{11} \cdot x_{1v} + a_{21} \cdot y_{1v} + a_{31} \cdot x_{2v} + a_{41} \cdot x_{3v} \tag{25}$$

同様に、他の要素 y_{nv}, z_{nv} も(26)(27)式に示すように 【0086】

求まる。

$$y_{nv} = a_{12} \cdot x_{1v} + a_{22} \cdot y_{1v} + a_{32} \cdot x_{2v} + a_{42} \cdot x_{3v} \tag{26}$$

$$z_{nv} = a_{13} \cdot x_{1v} + a_{23} \cdot y_{1v} + a_{33} \cdot x_{2v} + a_{43} \cdot x_{3v}$$

(25)(26)(27)式より各要素 x_{nv} , y_{nv} , z_{nv} の算出処理が終了すると、S 1 2 5にて、透視変換作用前映像 $P_{nv} = (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1)$ を算出する。

【0087】このように、この仮想視点透視変換作用前映像算出部 1 8において、各仮想視点 2 2 から仮想座標系内に位置する対象物体 1 を見た場合における各透視変換作用前映像 $P_{nv} = (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1)$ が、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 位置から仮想座標系内に位置する対象物体 1 を見た場合の各透視変換作用前像 $P_{iv} = (x_{iv}, y_{iv}, z_{iv}, 1)$ から一義的に算出される。算出された各透視変換作用前映像 P_{nv} は次の 2 次元映像算出部 9へ送出される (S 1 2 4)。

【0088】次に、2次元映像算出部 1 9の動作を説明する。2次元映像算出部 1 9は、前述したように、仮想視点 2 2における対象物体 1の透視変換作用前映像 P_{nv}^*

$$P_{n'} = P_{nv} \cdot S_n$$

(28)式を展開すると、(29)式が得られる。

【0091】

$$P_{n'} = (x_{n'}, y_{n'}, z_{n'}, w_{n'})$$

$$= P_{nv} \cdot S_n = (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1/\lambda_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

...(29)

【0092】したがって、

$$x_n = x_{nv} / w_{n'} \quad \dots(30)$$

$$y_n = y_{nv} / w_{n'} \quad \dots(31)$$

が得られる。

【0093】そして、S 1 2 3において、各仮想視点 2 2 から見た対象物体 1の各 2次元映像 $P_n = (x_n, y_n)$ (n=1,2)を作成する。作成された各 2次元映像 P_n は次の出力バッファ 2 0へ送出される。

【0094】すなわち、映像変換部 5において、既存のカメラ 2 a , 2 b , 2 c にて得られた 3つの 2次元映像 P_i を仮想座標系内に設定した任意の仮想視点 2 2 から対象物体 1を見た場合の 2つの 2次元映像 P_n (n=1,2)に変換できた。

【0095】このように構成された 3次元映像処理装置においては、図 1 6に示すように、3台のカメラ 2 a , 2 b , 2 c で得られた 3枚の 2次元映像 P_1, P_2, P_3 から各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 位置における各透視変換作用前映像 P_{iv} が得られる。一方、観察者 1 1 に取付けられた測定装置 1 3 及び入力装置 1 4 から観察者 1 1の両眼の視野方向および 3次元位置を示す一対の仮想視点 2 2 が仮想視点算出部 1 6で検出される。そして、映像変換部 5でもって、各仮想視点 2 2 から対

...(27)

P_{nv}^* を 2次元映像 P_n に透視変換する。具体的には図 1 3の流れ図に沿って各 2次元透映像 P_n (n=1,2)が算出される。

【0089】流れ図が開始されると、S 1 3 1において、仮想視点透視変換作用前映像算出部 1 8から出力された仮想視点 2 2 から見た仮想座標系内の対象物体 1の透視変換作用前映像 $P_{nv} = (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1)$ を取込む。そして、S 1 3 2で透視変換処理を実行する。

【0090】すなわち、先に求めた透視変換作用前映像 $P_{nv} = (x_{nv}, y_{nv}, z_{nv}, 1)$ に(8)式で得られる透視変換行列 S_n を掛けることにより、求めたい仮想視点 2 2位置の 2次元座標上に展開された対象物体 1の任意の方向から見た各 2次元映像 $P_n = (x_n, y_n)$ (n=1,2)が得られる。

...(28)

【数 6】

象物体 1を見た場合の各 2次元映像 P_{n1}, P_{n2} が得られて、これらがHMD 1 2の各小型ディスプレイに表示される。

【0096】よって、観察者 1 1は両眼で各小型ディスプレイに表示された対象物体 1の 3次元画像を見ることができる。さらに、観察者 1 1は 3次元表示された対象物体 1の見たい方向に通常感覚で頭部を向け、かつ入力装置 1 4を操作して自己の位置を移動させることによって、対象物体 1を任意の方向から観察することができる。

【0097】また、このような構成の 3次元映像処理装置においては、予め各カメラ 2 a , 2 b , 2 c の位置が固定されている場合においては、仮想地図作成部 6で作成される各カメラ 2 a , 2 b , 2 c 毎の変換行列 M_i 及び各焦点距離 f_i を例えばROM等の不揮発性メモリに予め書込んでおくことによって、各種初期設定処理が簡素化できる。

【0098】具体的には、図 1 4に示すように、各カメラ 2 a , 2 b , 2 c から得られた 2次元映像 P_i を、

40

50

CD-ROM 31 に記憶された変換行列 M_i 及び各焦点距離 f_i を用いて、例えばジョイスティック 32 で指定された仮想視点から見た 2 次元映像 P_n を自動的に算出して CRT 表示装置 32 に表示する。

【0099】したがって、各カメラ 2a, 2b, 2c 毎の変換行列 M_i 及び各焦点距離 f_i を記憶した CD-ROM 31 を準備するのみで、各固定カメラ 2a, 2b, 2c で得られる各 2 次元画像から任意の方向から見た実画像を CRT 表示装置 32 の表示画面上に再現できる。さらに、CRT 表示装置 32 の代わりに、監視者 11 に MHD 12 を装着させることによって、ジョイスティック 32 を用いた立体感のある映像シミュレーションが可能である。

【0100】さらに、このような 3 次元映像処理装置における対象物体 1 を、図 15 に示すように、プラントにおける監視員の定期的な安全巡回の巡回経路 1a として、巡回経路 1a を見渡す位置に 3 台のカメラ 2a, 2b, 2c を設置する。さらに、観察者 11 を監視員 11a とすると、この 3 次元映像処理装置はウォーク・スルー・シミュレータとなる。

【0101】このようなウォーク・スルー・シミュレータにおいては、監視員 11a は、実際に安全巡回を行わなかったとしても、点検の所要所に各カメラ 2a, 2b, 2c を設置するのみで、管制室に座ったままで、実際に高低差のある所や狭い通路などを通していく必要がないので、肉体的疲労及び精神的疲労が大幅に軽減される。よって、安全巡回が可能になり、プラントの維持管理の作業能率を大幅に向上できる。

【0102】図 17 は本発明の他の実施例に係わる 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図である。対象物体を 3 台のカメラ 2a, 2b, 2c で撮影して、撮影された各 2 次元映像 P_1 、 P_2 、 P_3 を A/D 変換器 3a, 3b, 3c でデジタル値に変換して、NCU 23 を介して、LAN 24 へ出力する。対象物体から遠方に設置された管理センター 24 に LAN 24 を介してこの各 2 次元映像が送信される。

【0103】管理センター 25 内に入力された各 2 次元映像 P_1 、 P_2 、 P_3 は NCU 26 を介して図 1 に示す仮想地図作成部 6、仮想視点算出部 16、及び映像変換部 5 へ入力される。そして、この管理センター 25 内において、観察者 11 の視野方向及び位置から各仮想視点を得て、この仮想視点から遠方に存在する対象物体を任意の方向から観察する。

【0104】このように、LAN 24 を用いて各 2 次元映像を送信することによって、例えば山間部のダム現場等の監視員が簡単に赴くことができない場合であっても、都市の管理センター 25 において詳細に巡回ができる。

【0105】図 18 は本発明のさらに別の実施例に係わる 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図であ

る。この実施例装置においては、テレビジョンの放送局 27 内において、複数のカメラ 2a, 2b, 2c で撮影された複数の 2 次元画像から各カメラ 2a, 2b, 2c 位置における各透視変換作用前映像 P_{iv} を算出して、送信装置 28 を介して電波送出する。

【0106】各家庭 29 に設けられたテレビジョンセット 30 内に、仮想視点算出部 16、映像変換部 5 の仮想視点透視変換作用前映像算出部 18、2 次元映像算出部 19 を設け、テレビジョンセット 30 の外部に入力装置 14 を設置することによって、TV の視聴者が TV 画面に表示されている対象物体 1 の見る方向を任意に設定できる。

【0107】したがって、より楽しく TV 番組を觀賞できる。また、必要あれば、視聴者自信が HMV 12 を装着することによって、3 次元画像表示された TV 番組を楽しむことが可能である。

【0108】なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。例えば、実施例装置においては、対象物体 1 の 3 方向から見た各 2 次元映像を有限の焦点距離を有するレンズ等の集光機構が組込まれてカメラ 2a, 2b, 2c で撮影することによって得たが、CAD 等で描いた無限の焦点距離を有する 2 次元映像を用いることも可能である。この場合においては、この各 2 次元映像には遠近効果が含まれないので、前述した透視変換行列を用いる必要がない。

【0109】また、3 次元の立体映像を、3 枚程度の 2 次元画像から再生することができるので、情報の圧縮装置として使用することができる。ホログラフィなどの立体映像再生方法と同様な位置づけとなるが、さらに簡単化された手軽な方法として使用できる。

【0110】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の 3 次元映像処理装置及び 3 次元映像処理方法においては、必要な箇所に複数台の撮影装置を設置するのみで、簡単に任意仮想視点からの対象物体に対する 2 次元映像又は透視変換作用前映像が得られる。したがって、従来の 3 次元の CAD モデルを用いた手法に比較して、対象物体をコンピュータを用いてモデル化する必要がないので、観察すべき対象物体を簡単に変更できる。

【0111】さらに、プラント監視におけるウォーク・スルー・シミュレータに用いることによって、監視員の仮想視点を簡単に移動でき、移動に対する応答特性が高く、さらに実画像のために、リアリティの高い映像が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例に係わる 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図

【図 2】 同実施例装置の仮想地図作成部におけるカメラパラメータ算出機能を示すブロック図

【図 3】 同仮想地図作成部のカメラパラメータ算出動

作を示す流れ図

【図 4】 同仮想地図作成部で作成された仮想地図を示す模式図

【図 5】 各カメラで撮影された各 2 次元映像を示す図

【図 6】 カメラの姿勢と仮想座標との関係を示す図

【図 7】 前記仮想地図作成部の焦点距離算出動作を示す流れ図

【図 8】 同焦点距離算出機能における算出方法を説明するための説明図

【図 9】 同実施例装置のカメラ毎透視変換作用前映像算出部の概略構成を示すブロック図

【図 10】 同カメラ毎透視変換作用前映像算出部の動作を示す流れ図

【図 11】 同実施例装置の仮想視点透視変換作用前映像算出部の概略構成を示すブロック図

【図 12】 同仮想視点透視変換作用前映像算出部の動作を示す流れ図

【図 13】 同実施例装置の 2 次元映像算出部の動作を示す流れ図

【図 14】 同実施例装置の仮想地図作成部で作成される変換行列及び各焦点距離を予め ROM に書込んだ場合 *

* の応用例を示す模式図

【図 15】 仮想座標系内における仮想視点と各カメラ位置との関係を示す図

【図 16】 各カメラで撮影された各 2 次元映像と最終的に得られる各仮想視点における各 2 次元映像との関係を示す図

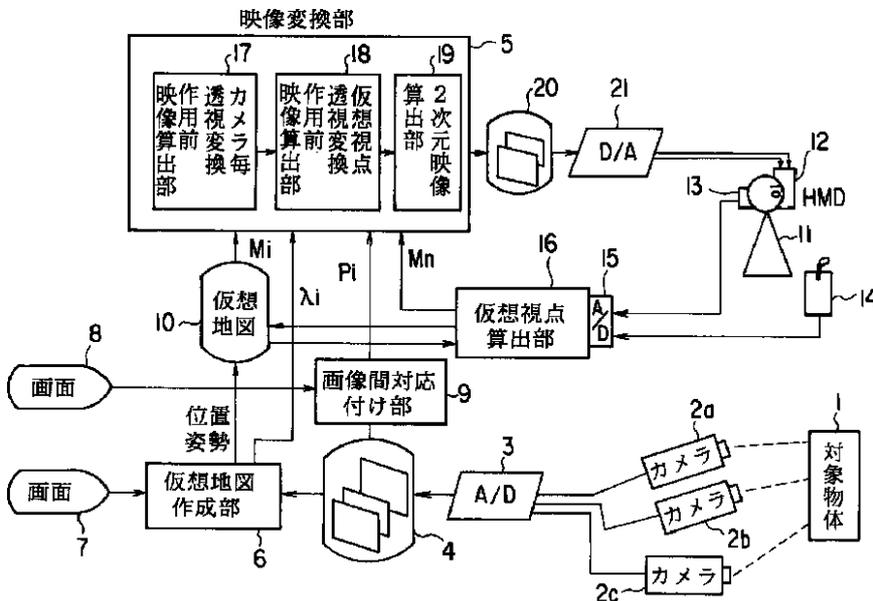
【図 17】 本発明の他の実施例に係わる 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図

【図 18】 本発明のさらに別の実施例に係わる 3 次元映像処理装置の概略構成を示すブロック図

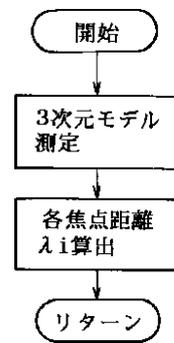
【符号の説明】

1...対象物体、2 a, 2 b, 2 c...カメラ、4...入力バッファ、5...映像変換部、6...仮想地図作成部、9...対応付け部、10...仮想地図、11...観察者、12...HMD、13...計測装置、14...入力装置、16...仮想視点算出部、17...カメラ毎透視変換作用前映像算出部、18...仮想視点透視変換作用前映像算出部、19...2次元映像算出部、20...出力バッファ、22...仮想視点、24...LAN、25...管理センター、28...放送局、29...家庭

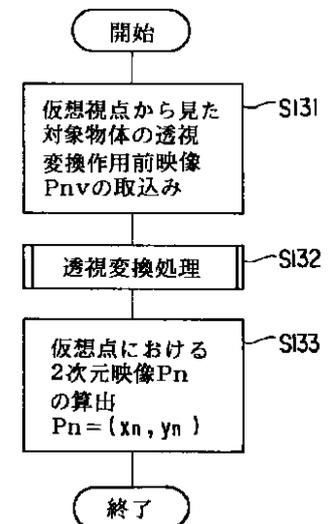
【図 1】



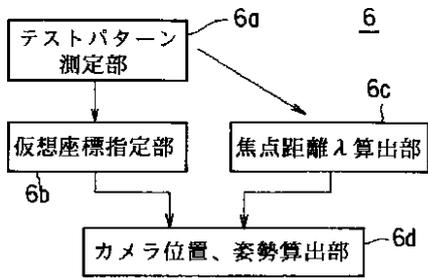
【図 7】



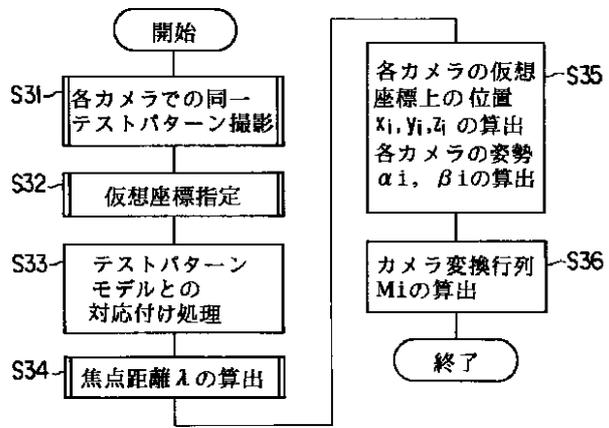
【図 13】



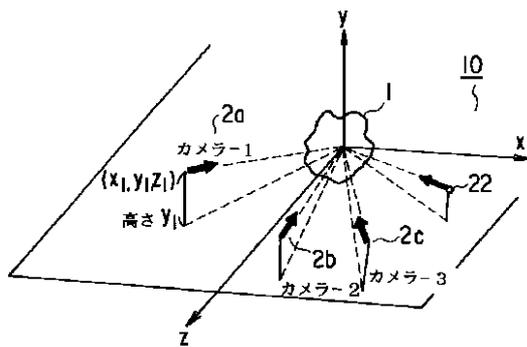
【図2】



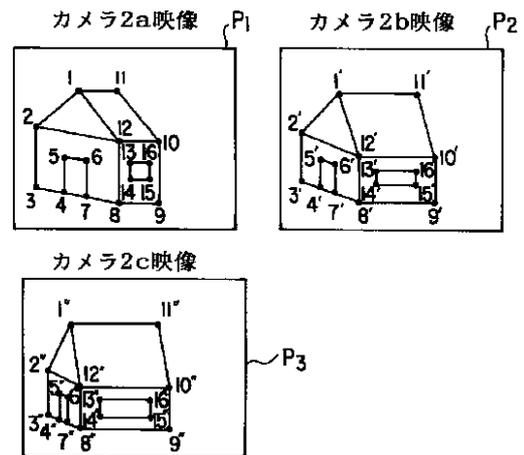
【図3】



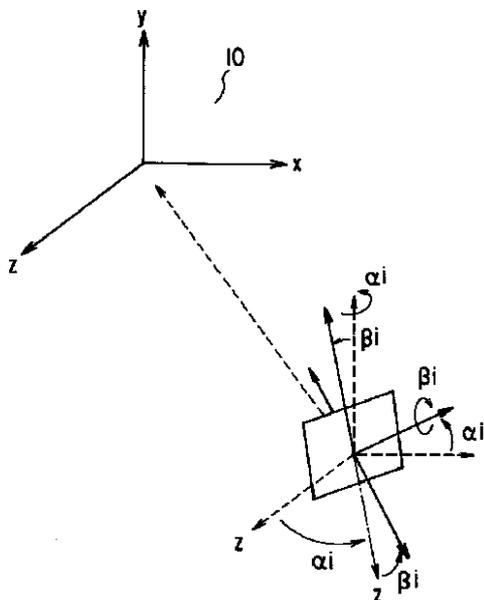
【図4】



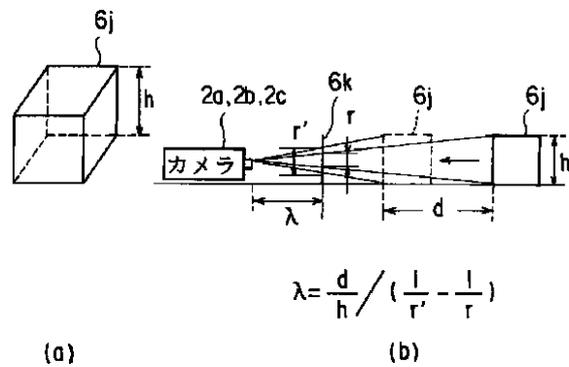
【図5】



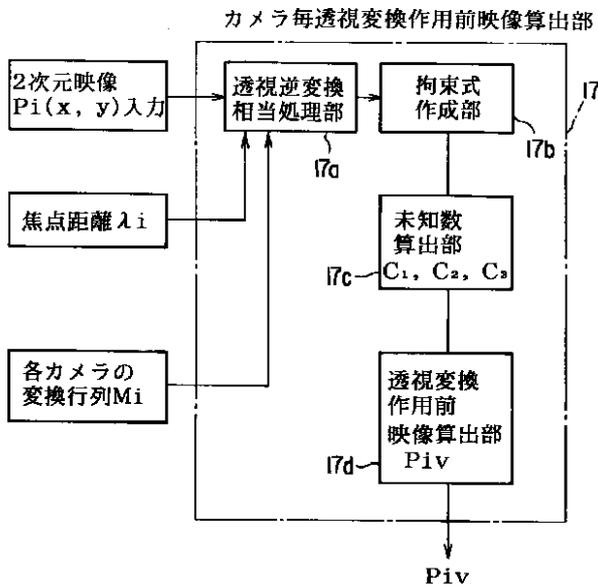
【図6】



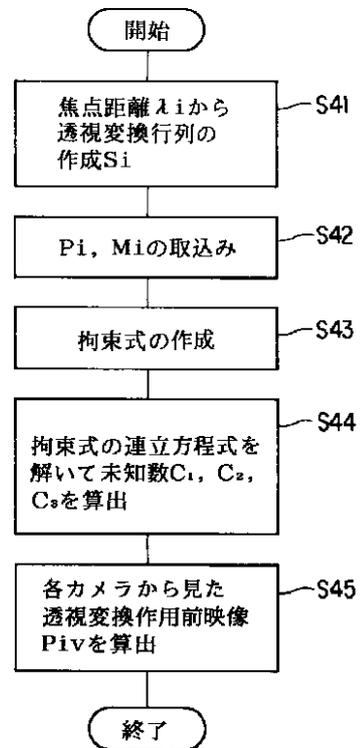
【図8】



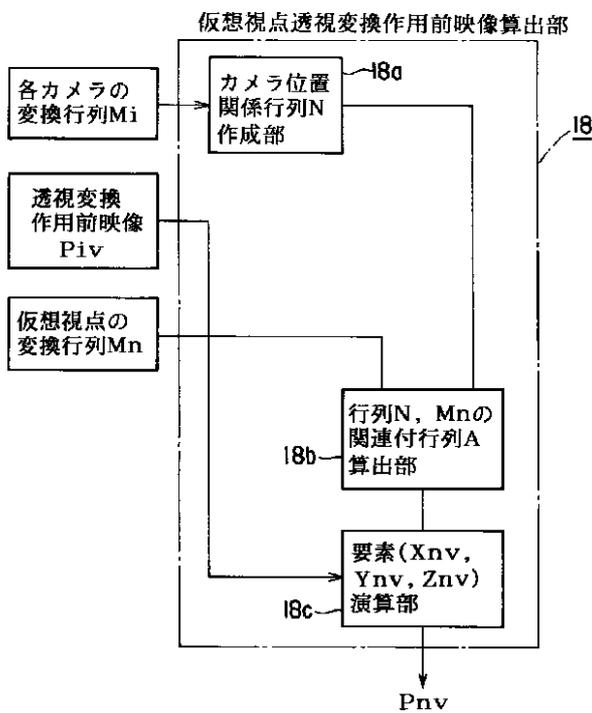
【図9】



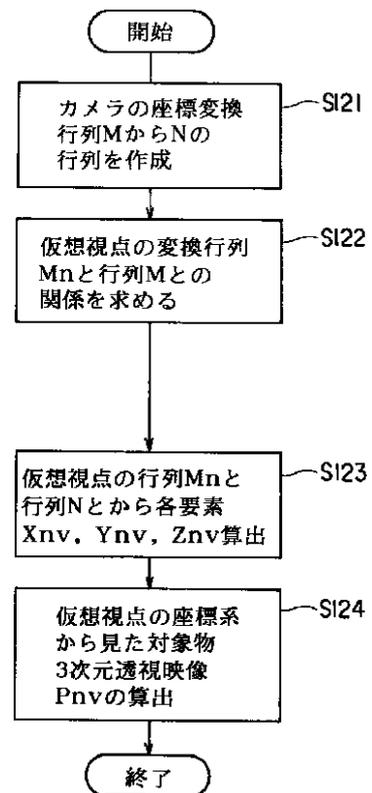
【図10】



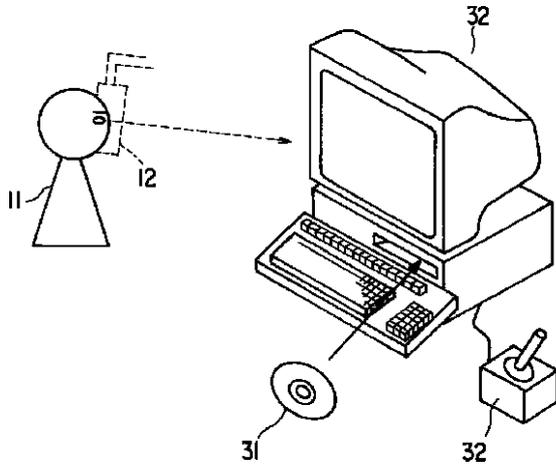
【図11】



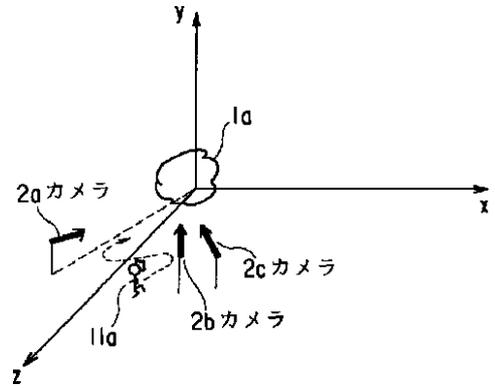
【図12】



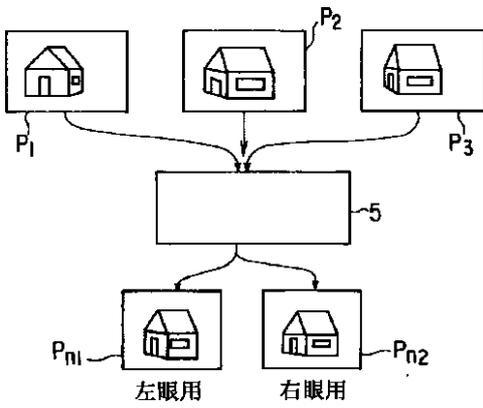
【図14】



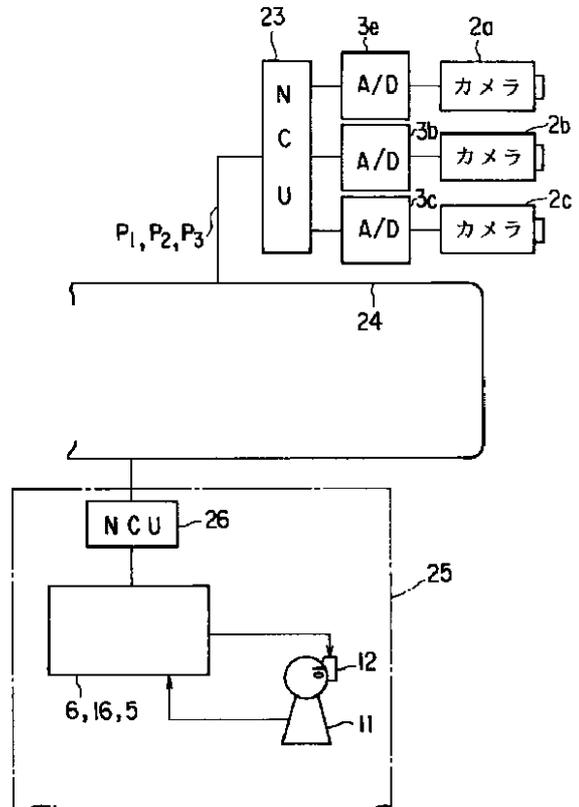
【図15】



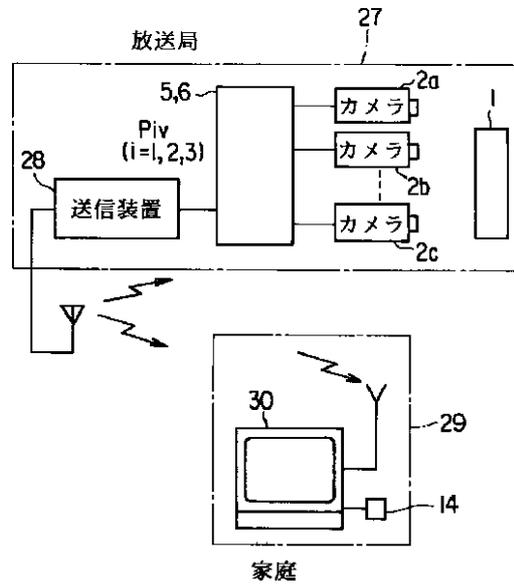
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 平5 - 12413 (J P , A)
 特開 平5 - 37965 (J P , A)
 特開 平5 - 324799 (J P , A)
 " 両眼立体視による視覚機能研究のための3次元CG装置 ", テレビジョン学会技術報告, 1991年7月18日, Vol. 15, No. 42, p. 15 - 20
 " 人工現実感を用いた図形入力システム ", テレビジョン学会技術報告, 1993年1月22日, Vol. 17, No. 4, p. 33 - 40

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
 G06T 17/40
 G06T 15/00
 G06F 17/50
 C S D B (日本国特許庁)