

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-174151

(P2005-174151A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl.⁷

G06T 17/40

G06T 1/00

F I

G06T 17/40

A

G06T 1/00

3 1 5

テーマコード(参考)

5B050

5B057

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2003-415807 (P2003-415807)

(22) 出願日 平成15年12月12日(2003.12.12)

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(74) 代理人 100097320

弁理士 宮川 貞二

(74) 代理人 100097744

弁理士 東野 博文

(74) 代理人 100096611

弁理士 宮川 清

(74) 代理人 100098040

弁理士 松村 博之

(74) 代理人 100123892

弁理士 内藤 忠雄

(74) 代理人 100100398

弁理士 柴田 茂夫

最終頁に続く

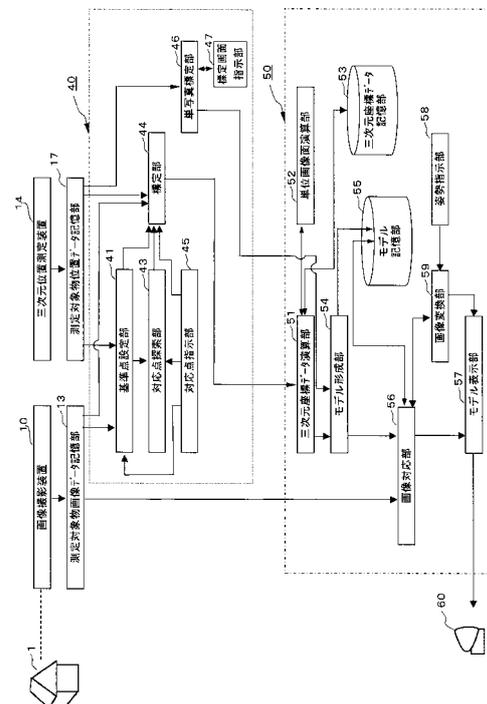
(54) 【発明の名称】 三次元画像表示装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 測定対象物画像と別途取得した3D計測データを用いて、測定対象物の立体感のある二次元画像の作成作業が簡便に行なえる三次元画像表示装置を提供すること。

【解決手段】 測定対象物1の三次元位置データを記憶する測定対象物位置データ記憶部17と、測定対象物1の二次元画像を記憶する測定対象物画像データ記憶部13と、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像の対応付けを行う対応部40と、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像に基づき、複数の方向からの測定対象物1の二次元画像を作成する表示画像形成部50とを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物の三次元位置データを記憶する測定対象物位置データ記憶部と；
 前記測定対象物の二次元画像を記憶する測定対象物画像データ記憶部と；
 前記測定対象物の三次元位置データと二次元画像の対応付けを行う対応部と；
 前記測定対象物の三次元位置データと二次元画像に基づき、複数の方向からの前記測定対象物の二次元画像を作成する表示画像形成部と；
 を備える三次元画像表示装置。

【請求項 2】

前記測定対象物画像データ記憶部に記憶される二次元画像は、前記測定対象物のステレオ画像であり；

前記対応部は；

前記ステレオ画像の一方の画像上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する基準点設定部と；

前記ステレオ画像の他方の画像上における、前記基準点設定部により設定された基準点と対応する基準点对応点を定める対応点探索部と；

前記基準点設定部により設定された基準点と前記対応点探索部により求められた基準点对応点を用いて、前記ステレオ画像に関する撮影位置と傾きに基づき、ステレオ画像の対応点関係を求める標定部とを有する；

請求項 1 記載の三次元画像表示装置。

10

20

【請求項 3】

前記対応部は、さらに、前記標定部で用いる対応点を指示する対応点指示部を有し；

当該対応点指示部は、前記ステレオ画像を表示する表示装置に表示される前記測定対象物に関して、指示位置近傍の特徴点を示すように構成されている請求項 2 記載の三次元画像表示装置。

【請求項 4】

前記測定対象物画像データ記憶部に記憶される二次元画像は、前記測定対象物のステレオ画像であり；

前記表示画像形成部は；

前記測定対象物の三次元座標データから前記測定対象物のモデルを形成するモデル形成部と；

前記ステレオ画像の対応点の位置関係に基づき、前記測定対象物の二次元表示画像を対応付ける画像対応部と；

前記モデルに前記画像対応部で対応付けられた二次元表示画像と対応付けて、画像付きのモデルを表示するモデル表示部とを有する；

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の三次元画像表示装置。

30

【請求項 5】

前記測定対象物画像データ記憶部に記憶される二次元画像は、前記測定対象物のステレオ画像であり；

前記表示画像形成部は；

前記測定対象物の三次元座標データから前記測定対象物のモデルを形成するモデル形成部と；

前記測定対象物画像データ記憶部に記憶された測定対象物のステレオ画像と、前記モデル形成部で形成されたモデルとを、前記標定部で求められた対応点関係を用いて対応付ける画像対応部と；

前記画像対応部により前記モデルと対応付けられたステレオ画像を用いて、前記測定対象物の立体感テクスチャ付き画像を表示するモデル表示部とを有する；

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の三次元画像表示装置。

40

【請求項 6】

さらに、複数の前記ステレオ画像の対応点によって形成される単位画像面を用いて前記

50

モデルと前記ステレオ画像を対応付ける単位画像面演算部を有し；

前記表示画像形成部は、前記単位画像面によって前記ステレオ画像を覆うことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の三次元画像表示装置。

【請求項 7】

前記測定対象物画像データ記憶部に記憶される二次元画像は、前記測定対象物の単写真画像であることを特徴とする請求項 1 に記載の三次元画像表示装置。

【請求項 8】

前記表示画像形成部は、前記測定対象物のモデルの姿勢を指示する姿勢指示部と、前記モデルに対する姿勢指示に応じて、前記対応点の座標変換を行う座標変換部とを有し；

前記姿勢指示部で指示された姿勢に応じて、前記測定対象物の二次元画像の表示方向が定められることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の三次元画像表示装置。

10

【請求項 9】

対応部によって、測定対象物の三次元位置データと前記測定対象物の二次元画像とを用いて、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを行なう工程と；

モデル形成部によって、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを用いて、前記測定対象物のモデルを形成する工程と；

画像対応部によって、前記測定対象物の二次元画像と、前記モデル形成部で形成されたモデルとを、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを用いて対応付ける工程と；

モデル表示部によって、前記モデルと対応付けられた二次元画像を用いて、前記測定対象物の画像つきのモデルを表示する工程と；

20

をコンピュータに実行させる三次元画像表示方法。

【請求項 10】

対応部によって、測定対象物の三次元位置データと前記測定対象物の二次元画像とを用いて、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを行なう工程において；

前記測定対象物の二次元画像は、前記測定対象物のステレオ画像であり；

基準点設定部によって、ステレオ画像の一方の画像上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する工程と；

対応点探索部によって、前記ステレオ画像の他方の画像上における、前記基準点と対応する基準点对応点を定める工程と；

30

標定部によって、前記基準点と前記基準点对応点を用いて、測定対象物のステレオ画像に関する撮影位置と傾きに基づき、ステレオ画像の対応点関係を求める工程とを有する；

請求項 9 に記載の三次元画像表示方法。

【請求項 11】

さらに、姿勢指示部によって前記測定対象物のモデルの姿勢を指示する工程と；

座標変換部によって、前記モデルに対する姿勢指示に応じて、前記対応点の座標変換を行う工程とを有し；

前記モデル表示部によって、前記モデルに対する姿勢指示に応じた前記測定対象物の画像つきのモデル画像を表示することを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の三次元画像表示方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、測定対象物について計測した 3D データ（三次元形状データ）と測定対象物の画像（単写真画像又はステレオ画像）とを相互に直接関連付けて、測定対象物の計測データと画像とを同時に表示可能とする三次元画像表示装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

施工対象物や製作対象物の 3D データを取得する方法には、特許文献 1 に記載されているような三次元位置測定装置（トータルステーション）により取得する方式と、特許文献

50

2に記載されているような対象物と比較校正体を用いてステレオ画像を撮影して、ステレオ計測することにより3Dデータを取得するステレオ画像計測方式がある。三次元位置測定装置を用いた方式では、得られる3D座標の精度が良いので、画像貼り付けの際の基準点位置測定に利用される。特に、近年のトータルステーションでは、モータ駆動によって比較的多数(例えば測定対象物について数十点程度)の三次元座標が得られるようになってきている。ステレオ画像計測方式では、3Dデータと画像貼り付けを行う際に標定という作業を行なうことで、測定対象物について数千点-数万点程度の三次元座標を比較的簡便に得られる。

【0003】

【特許文献1】特開2002-352224号公報 図2

10

【特許文献2】特開2003-65737号公報 図1、図2

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、三次元位置測定装置により取得した3Dデータは、基本的には距離データを含む三次元座標データにて構成されている。そこで、三次元位置測定装置により取得した3Dデータと現場状況との対応づけが困難で、3Dデータを測定対象物の画像情報と紐付ける作業を行なう際に、測定対象物の何れの位置を計測したのか困難になるという課題があることが判明した。

【0005】

20

いっぽう、ステレオ画像計測方式では、ステレオ画像により3D計測を行うので、画像をステレオ表示することにより3Dデータとステレオ画像とを比較することができる。しかし、3Dデータとステレオ画像とを比較するために立体モニタや偏向眼鏡が必要となると共に、立体視はうまく出来る人と出来ない人がいて、誰にでも簡単に確認ができないという課題があった。また、測定対象物のステレオ計測や3Dデータとステレオ画像と紐付ける作業では、画像情報と3Dデータとの間や画像間での対応付けをして、標定作業を行なう必要がある。この標定作業は作業による個人差が大きく、簡単に精度よくできない、という課題があった。さらに、測定対象物を1枚の写真で表現する単写真画像の場合でも、測定対象物を立体的に表示したいという顧客の要望があった。

【0006】

30

本発明は上述した課題を解決したもので、第1の目的は、測定対象物画像と別途取得した3D計測データを用いて、測定対象物の立体感のある二次元画像の作成作業が簡便に行なえる三次元画像表示装置及び方法を提供することである。第2の目的は、測定対象物のステレオ画像と別途取得した3D計測データを用いて、測定対象物の立体感のある二次元画像の作成作業が精度良く行なえる三次元画像表示装置及び方法を提供することである。第3の目的は、測定対象物の撮影作業が簡便で済む三次元画像表示装置及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

40

上記第1の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置は、例えば図1に示すように、測定対象物1の三次元位置データを記憶する測定対象物位置データ記憶部17と、測定対象物1の二次元画像を記憶する測定対象物画像データ記憶部13と、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像の対応付けを行う対応部40と、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像に基づき、複数の方向からの測定対象物1の二次元画像を作成する表示画像形成部50とを備えている。好ましくは、測定対象物画像データ記憶部13に記憶された二次元画像が単写真画像の場合には、1枚の二次元画像に少なくとも6点以上の三次元位置データが含まれていることが望ましい。

【0008】

このような構成によると、測定対象物位置データ記憶部17には、測定対象物の三次元位置データが記憶されている。測定対象物画像データ記憶部13には、測定対象物1の二

50

次元画像が記憶されており、1枚の二次元画像には少なくとも6点以上の三次元位置データを有する画素点が含まれていると、対応部40による測定対象物1の三次元位置データと二次元画像の対応付けによって、当該1枚の二次元画像の標定が行なえる。表示画像形成部50は、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像に基づき、複数の方向からの測定対象物1の二次元画像を作成するので、操作者は測定対象物1の三次元的なイメージを、二次元画像を見ることで看取できる。

【0009】

上記第2の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置では、例えば図4～図6に示すように、測定対象物画像データ記憶部13に記憶される二次元画像は、測定対象物1のステレオ画像である。また、例えば図1に示すように、対応部40は、ステレオ画像の一方の画像上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する基準点設定部41と、ステレオ画像の他方の画像上における、基準点設定部41により設定された基準点と対応する基準点对応点を定める対応点探索部43と、基準点設定部41により設定された基準点と対応点探索部43により求められた基準点对応点を用いて、前記ステレオ画像に関する撮影位置と傾きに基づき、ステレオ画像の対応点関係を求める標定部44とを有する構成とするとよい。このような構成によると、基準点設定部41によってステレオ画像の一方の画像(基準画像)上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する。対応点探索部43によってステレオ画像の他方の画像(探索画像)上における、基準点設定部41により設定された基準点と対応する基準点对応点を定める。標定部44によって、基準点設定部41により設定された基準点と対応点探索部43により求められた基準点对応点を用いて、測定対象物画像データ記憶部13に記憶された測定対象物1のステレオ画像の相互標定を行い、ステレオ画像の対応点関係を求める。

10

20

【0010】

本発明の三次元画像表示装置では、例えば図12に示すように、基準点設定部41で探索される特徴点は、相似形であってコントラストの異なる少なくとも2つの部分からなる基準ターゲット像とすると、例えば重心位置のように厳密に位置を定める必要のある特徴点に対して有効である。好ましくは、測定対象物画像データ記憶部13に記憶されるステレオ画像では、測定対象物1に予め前記基準ターゲット像を有するマークが付されていると、特徴点の位置が測定対象物1に対して一義的に正確に定まる。基準点設定部41により指定点を指示すると、操作者が厳格に特徴点を指示しなくても、操作者が本来意図した特徴点に引き込まれる。好ましくは、本発明の三次元画像表示装置において、基準点設定部41で探索される特徴点は、前記画像に含まれる複数の略直線部分の交差点とすると、例えば建造物の角のように測定対象物1の特定部位の位置が容易に一義的に定められる用途に適している。基準点設定部41により指定点を指示すると、操作者が厳格に特徴点を指示しなくても、操作者が本来意図したコーナー特徴点に引き込まれる。

30

【0011】

好ましくは、本発明の三次元画像表示装置において、例えば図1に示すように、対応部40は、さらに、標定部44で用いる対応点を指示する対応点指示部45を有し、対応点指示部45は、ステレオ画像を表示する表示装置60に表示される測定対象物1に関して、指示位置近傍の特徴点を示すように構成されているとよい。

40

【0012】

上記第2の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置では、例えば図4～図6に示すように、測定対象物画像データ記憶部13に記憶される二次元画像は、測定対象物1のステレオ画像である。また、例えば図1に示すように、表示画像形成部50は、測定対象物1の三次元座標データから測定対象物1のモデルを形成するモデル形成部54と、ステレオ画像の対応点の位置関係に基づき、測定対象物1の二次元表示画像を対応付ける画像対応部56と、モデルに画像対応部56で対応付けられた二次元表示画像と対応付けて、画像つきのモデルを表示するモデル表示部57とを有する構成とするとよい。このような構成によると、モデル形成部54によって測定対象物1のモデルを形成する。画像対応部5

50

6は、測定対象物のステレオ画像とモデルとを、標定部44で求められた対応点関係を用いて対応付ける。モデル表示部57は、モデルと対応付けられたステレオ画像を用いて、測定対象物1の画像付きのモデルを表示する。

【0013】

上記第2の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置では、例えば図4～図6に示すように、測定対象物画像データ記憶部13に記憶される二次元画像は、測定対象物1のステレオ画像である。また、例えば図1に示すように、表示画像形成部50は、測定対象物1の三次元座標データから測定対象物1のモデルを形成するモデル形成部54と、測定対象物画像データ記憶部13に記憶された測定対象物1のステレオ画像と、モデル形成部54で形成されたモデルとを、標定部44で求められた対応点関係を用いて対応付ける画像
10
対応部56と、画像対応部56によりモデルと対応付けられたステレオ画像を用いて、測定対象物1の立体感テクスチャ付き画像を表示するモデル表示部57とを有する構成とするとよい。このような構成によると、モデル形成部54によって測定対象物1のモデルを形成する。画像対応部56は、測定対象物のステレオ画像とモデルとを、標定部44で求められた対応点関係を用いて対応付ける。モデル表示部57は、モデルと対応付けられたステレオ画像を用いて、測定対象物1の立体感テクスチャ付き画像を表示する。立体感テクスチャ付き画像は、測定対象物1を二次元画像で表現しているが、影を用いて表面の凸凹を表すことで、擬似的な立体的表現を行なうものである。

【0014】

好ましくは、本発明の三次元画像表示装置において、さらに、複数の対応点によって形成される単位画像面を用いてモデルとステレオ画像を対応付ける単位画像面演算部52を
20
有し、画像対応部56は単位画像面によって前記ステレオ画像を覆う構成とすると良い。単位画像面演算部52により、単位画像面によってモデルとステレオ画像を対応付け、画像対応部56によりステレオ画像を覆うことによって、測定対象物1のステレオ画像とモデルとの対応付けが容易に行なえる。単位画像面には、隣接する3点の対応点を用いた三角形面や、隣接する4点の対応点を用いた矩形面が選択できる。

【0015】

上記第3の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置では、例えば図23、図24に示すように、測定対象物画像データ記憶部13に記憶された二次元画像として、単写真画像を用いるとよい。測定対象物の単写真画像は、撮影作業として簡便である。
30

【0016】

好ましくは、本発明の三次元画像表示装置において、例えば図1に示すように、さらに、測定対象物1のモデルの姿勢を指示する姿勢指示部58と、前記モデルに対する姿勢指示に応じて、前記対応点の座標変換を行う座標変換部59とを有し、モデル表示部57は、姿勢指示部58で指示された姿勢に応じた測定対象物1の二次元画像の表示方向が定められる構成とすると良い。

【0017】

上記第1の目的を達成する本発明の三次元画像表示方法は、図2に示すように、対応部40によって、測定対象物の三次元位置データと測定対象物1の二次元画像とを用いて、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを行なう工程(S30、S40)と、モデル形成部54によって、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを用いて、測定対象物1のモデルを形成する工程(S60)と、画像対応部56によって、測定対象物1の二次元画像とモデル形成部54で形成されたモデルとを、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを用いて対応付ける工程(S72)と、モデル表示部57によって、前記モデルと対応付けられた二次元画像を用いて、測定対象物1の画像付きのモデルを表示する工程(S80)とをコンピュータに実行させるものである。
40

【0018】

上記第2の目的を達成する本発明の三次元画像表示方法では、対応部40によって、測定対象物の三次元位置データと測定対象物1の二次元画像とを用いて、前記三次元位置データと二次元画像の対応付けを行なう工程において、測定対象物1の二次元画像は、測定
50

対象物 1 のステレオ画像である。また、基準点設定部 4 1 によって、ステレオ画像の一方の画像上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する工程 (S 1 8) と、対応点探索部 4 3 によって、前記ステレオ画像の他方の画像上における、前記基準点と対応する基準点对応点を定める工程 (S 1 9) と、標定部 4 4 によって、前記基準点と前記基準点对応点を用いて、測定対象物のステレオ画像に関する撮影位置と傾きに基づき、ステレオ画像の対応点関係を求める工程 (S 3 0) とを有していると、二次元画像が測定対象物 1 のステレオ画像である場合の標定作業が円滑に行なえる。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、本発明の三次元画像表示方法において、さらに、姿勢指示部 5 8 によって測定対象物 1 のモデルの姿勢を指示する工程 (S 9 0) と、座標変換部 5 9 によってモデルに対する姿勢指示に応じて、前記対応点の座標変換を行う工程 (S 9 2) を有し、モデル表示部 5 7 によって、モデルに対する姿勢指示に応じた測定対象物 1 の画像付きのモデルを表示する工程とをコンピュータに実行させるとよい。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

上記第 1 の目的を達成する本発明の三次元画像表示装置によれば、表示画像形成部を用いて、測定対象物 1 の三次元位置データと二次元画像 (単写真画像又はステレオ画像) に基づき、複数の方向からの測定対象物 1 の二次元画像を作成するので、操作者は測定対象物 1 の三次元的なイメージを、二次元画像を見ることで看取できる。また、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に記憶された二次元画像としてステレオ画像を用いると、単写真画像と比較して、測定対象物の立体感のある二次元画像の作成作業が精度良く行なえる。また、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に記憶された二次元画像として単写真画像を用いると、ステレオ画像と比較して撮影作業が簡便ですむ。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下図面を用いて本発明を説明する。本発明の三次元画像表示装置は、測定対象物 1 の画像 (単写真画像又はステレオ画像) と、測定対象物 1 の全体を 3 D 計測もしくは取得された 3 D データを用いて、測定対象物 1 の立体的な形状を算出すると共に、測定対象物 1 の二次元画像に立体感を表現するテクスチャ (texture) を貼り付ける。ここで、テクスチャとはグラフィックスなどにおいて、図形の表面に付けられた模様や、質感を表わすための描き込みをいう。また、1 枚の二次元画像には少なくとも 6 点以上の 3 D データ (三次元位置データ) が含まれているように撮影されることで、測定対象物 1 の三次元位置データと二次元画像の対応付けによって、当該 1 枚の二次元画像の標定が可能となっている。

30

【 実施例 1 】

【 0 0 2 2 】

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態を説明する全体構成ブロック図である。本発明は、測定対象物画像データ記憶部 1 3、測定対象物位置データ記憶部 1 7、対応部 4 0、表示画像形成部 5 0、表示装置 6 0 を備えるもので、例えばコンピュータと表示装置で構成されている。測定対象物 1 は、施工対象物・製作対象物となる有体物で、例えば建築物等の各種工作物や人物・風景等が該当する。画像撮影装置 1 0 は、測定対象物 1 の画像 (単写真画像又はステレオ画像) を取得するもので、例えば汎用のデジタルカメラとこのデジタルカメラで撮影された測定対象物 1 の画像に対してレンズ収差の補償を行なう装置を組合せた機器が用いられる。

40

【 0 0 2 3 】

三次元位置測定装置 1 4 には、測定の対象となる標点位置をレーザー等を用いて自動的に測定する三次元位置測定装置 (トータルステーション) や、3 D スキャナが用いられる。3 D スキャナとは、レーザー光を測定対象物 1 に発射し、その反射光を機械内の CCD カメラで受光し、受光した光から三角測距の原理で距離データを得て 3 次元データ化するも

50

ので、工業デザインや3D画像のデータベース化、映像制作における3次元CGなど、様々な用途で使われている。測定対象物1にレーザー光を上から下へ走査することにより、1回のスキャンで、照射画像全体で例えば640×480点の距離画像を入力することができる。

【0024】

測定対象物画像データ記憶部13は、測定対象物1の画像(単写真画像又はステレオ画像)を記憶するもので、例えば画像撮影装置10で撮影された測定対象物1の単写真画像や左右画像を記憶する。測定対象物位置データ記憶部17は、絶対標定に必要とされる1枚の測定対象物1の画像当り6点以上の基準点となる測定対象物1の三次元位置データを記憶するもので、例えば三次元位置測定装置14で測定された基準点の位置データを記憶する。

10

【0025】

対応部40は、測定対象物1の三次元位置データと二次元画像の対応付けを行うもので、測定対象物1の画像がステレオ画像の場合に対処する基準点設定部41、対応点探索部43、標定部44、対応点指示部45と、測定対象物1の画像が単写真画像の場合に対処する単写真標定部46と標定画面指示部47を備えている。

【0026】

基準点設定部41は、ステレオ画像の一方の画像(基準画像)上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する。特徴点には、例えば測定対象物1の中心位置、重心位置、コーナー位置などがある。対応点探索部43は、ステレオ画像の他方の画像(探索画像)上における、基準点設定部41により設定された基準点と対応する基準点对応点を定める。操作者が特徴点近傍に指示点を指示すると、操作者が厳格に特徴点を指示しなくても、基準点設定部41によって操作者が基準画像で本来意図した特徴点に引き込まれると共に、対応点探索部43によって探索画像の基準点对応点が定められる。

20

【0027】

標定部44は、基準点設定部41により設定された基準点と対応点探索部43により求められた基準点对応点を用いて、ステレオ画像に関する撮影位置と傾きに基づき、ステレオ画像の対応点関係を求める。対応点指示部45は、操作者が基準画像の特徴点近傍以外の点を指定した場合に、探索画像上での対応点を定める。操作者は、表示装置60に表示される基準画像の指示点と、対応点指示部45によって定められる探索画像上での対応点の表示位置とを対比して、測定対象物1の形状認識が容易に行なえる。また、対応点指示部45による位置対応を用いて、標定部44による相互標定が容易に行なえる。

30

【0028】

単写真標定部46は、測定対象物1の単写真画像の場合に、単写真標定を行なう。単写真標定とは、1枚の写真の中に写された3点以上の基準点になりつつ共線条件を用いて、写真を撮影したカメラの位置、およびカメラの傾きを求め、写真座標系と地上座標系の間関係を確立するもので、求められるパラメータは、いわゆる外部標定要素と呼ばれるものと一致する。ここで、標定は、英語では"Orientation"と表記される。内部標定とは、機械座標系から写真座標系に変換することで、求められたパラメータは内部標定要素(内部定位)と呼ばれる。デジタルカメラでは、内部標定要素としてカメラ内部のディストーション、主点位置等がある。また、単写真標定には、例えばDLT(Direct Linear Transformation)法が用いられる。標定画面指示部47は、測定対象物1の単写真画像上で6点以上の基準点と、測定対象物位置データ記憶部17に記憶された基準点となる測定対象物1の三次元位置データとを、対応付ける。

40

【0029】

また、表示画像形成部50は、測定対象物1の三次元位置データ及び測定対象物1の画像(単写真画像又はステレオ画像)に基づき、複数の方向からの測定対象物1の二次元画像を作成するもので、三次元座標データ演算部51、単位画像面演算部52、三次元座標データ記憶部53、モデル形成部54、モデル記憶部55、画像対応部56、モデル表示

50

部 5 7、姿勢指示部 5 8、座標変換部 5 9 を備えている。

【 0 0 3 0 】

測定対象物 1 がステレオ画像の場合には、三次元座標データ演算部 5 1 によって標定部 4 4 で求められた対応点関係から、測定対象物 1 の対応点の三次元座標データを求める。単位画像面演算部 5 2 は、複数の対応点によって形成される単位画像面を用いてモデルとステレオ画像を対応付ける。単位画像面には、隣接する 3 点の対応点を用いた三角形面や、隣接する 4 点の対応点を用いた矩形面が用いられる。ここで、ステレオ画像における対応点とは、ステレオ画像の左右画像において対応関係が成立していて、三次元座標データ演算部 5 1 による三次元座標データを求めることが可能な画像上の点（画素）をいう。なお、単写真画像の場合には、三次元座標データ記憶部 5 3 から読み込まれた三次元座標データが用いられる。単写真画像における対応点とは、単写真画像に撮影されている点（画素）のうち、三次元位置データが判明している点をいい、基準点を含んでいる。単写真画像における対応点は、典型的には三次元位置測定装置 1 4 で測定された多数の点群（図 2 1 参照）であり、測定対象物位置データ記憶部 1 7 に記憶される。

10

【 0 0 3 1 】

三次元座標データ記憶部 5 3 は、三次元座標データ演算部 5 1 で演算された測定対象物 1 の対応点の三次元座標データが記憶される。

【 0 0 3 2 】

モデル形成部 5 4 は、対応点の三次元座標データから測定対象物 1 のモデルを形成する。ここで、モデルとは、測定対象物 1 の形状を三次元座標により表現したもので、例えば図 9 に示すワイヤフレーム表示や図 1 0 に示すテクスチャマッピングを行う為に必要な情報である。モデル記憶部 5 5 は、モデル形成部 5 4 で形成された測定対象物 1 のモデルを記憶している。画像対応部 5 6 は、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に記憶された測定対象物画像（単写真画像又はステレオ画像）とモデル形成部 5 4 で形成されたモデルとを、標定部 4 4 で求められた対応点関係を用いて対応付ける。モデル表示部 5 7 は、画像対応部 5 6 によりモデルと対応付けられたステレオ画像を用いて、測定対象物 1 を鳥瞰画像等の立体感テクスチャ付き画像を用いて、立体感のある二次元画像で表示装置 6 0 に表示する。

20

【 0 0 3 3 】

姿勢指示部 5 8 は、測定対象物 1 のモデルの姿勢を指示するもので、例えば操作者がマウス等のカーソル入力装置を操作して、表示装置 6 0 に表示される測定対象物 1 の姿勢を指示する。座標変換部 5 9 は、モデルに対する姿勢指示に応じて、対応点の座標変換を行う。モデル表示部 5 7 は、姿勢指示部 5 8 で指示された姿勢に応じた測定対象物 1 の立体感テクスチャ付き画像を表示する。表示装置 6 0 は、液晶表示装置や CRT 等の画像表示装置である。

30

【 0 0 3 4 】

次に、このように構成された本発明の三次元画像表示装置の動作を説明する。図 2 は図 1 に示す三次元画像表示装置の動作を説明するフローチャートで、主に測定対象物がステレオ画像の場合を示している。まず、デジタルカメラ等の画像撮影装置 1 0 を用いて撮影した測定対象物 1 の画像（単写真画像又はステレオ画像）を、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に画像登録する（S 1 0）。次に、三次元位置測定装置 1 4 を用いて取得した、測定対象物 1 の三次元座標を用いた位置データを測定対象物位置データ記憶部 1 7 に読みこむ（S 1 2）。測定対象物位置データ記憶部 1 7 に記憶される測定対象物 1 の三次元座標を用いた位置データ数は、1 枚の二次元画像には少なくとも 6 点以上の三次元位置データを有する画素点が含まれるように選定するのがよく、例えば 3 D スキャナを用いると数万点になる場合もある。続いて、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に画像登録された測定対象物 1 の画像が、ステレオ画像か単写真画像かの判断をして（S 1 4）、単写真の場合には図 2 0 で示す S 6 0 0 に飛ぶ。ステレオ画像の場合には S 1 6 に飛ぶ。

40

【 0 0 3 5 】

[ステレオ画像]

50

S 1 4 でステレオ画像の場合には、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に登録された画像のうち、ステレオペアとなる左右画像の組を設定する (S 1 6)。ただし、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に登録された全ての画像を、S 1 6 にてステレオペア設定しなくよい。即ち、計測したいステレオ画像や立体感テクスチャを貼りたいステレオ画像から順に、随時ステレオ画像を構成するステレオペアとして設定してもよい。次に、基準点設定部 4 1 によって、ステレオ画像の一方の画像 (基準画像) 上に指定された点の近傍であって、特徴点に適合する点を探索し、当該特徴点に適合する点を基準点に設定する (S 1 8)。また、対応点探索部 4 3 によって、ステレオ画像の他方の画像 (探索画像) 上における、基準点と対応する基準点对応点を定める (S 1 9)。S 1 8、S 1 9 の関係は、例えば図 4、図 5、図 6 にて説明されている。

10

【 0 0 3 6 】

つぎに、標定部 4 4 によって、標定作業を行ない、測定対象物画像データ記憶部 1 3 に記憶された測定対象物 1 のステレオ画像の相互標定を行い、ステレオ画像の対応点関係を求める (S 3 0)。この標定作業には、マニュアルと半自動、全自動の三つのモードがあり、詳細は後で説明する。ここで、標定作業とは、2 枚以上の画像のそれぞれの対応点 (同一点) を各画像上で基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により、操作者がマウスカーソルなどで基準画像上で指示した指示点に対して、特徴点に適合する基準点と対応する基準点对応点の画像座標を読み取る作業である。この対応点は通常各画像毎に 6 点以上必要である。座標が記憶されていれば、基準点座標と画像の対応付けして、絶対標定を実行する。

20

【 0 0 3 7 】

標定作業により求めた対応点の座標を用いて、標定部 4 4 により標定計算処理を行う (S 4 0)。標定計算処理により、撮影したカメラの位置、傾き、対応点の位置、計測精度を求めることが出来る (図 3 参照)。標定計算処理は、ステレオモデルの対応付けに関しては相互標定で行ない、全画像間の標定に関してはバンドル調整にて行う。なお、相互標定の詳細は後で説明する。

【 0 0 3 8 】

図 3 は標定計算処理の標定結果の一例を説明する画面図である。標定結果画面図 1 0 0 には、結果一覧画面 1 0 2、パスポイント画面 1 0 4、標定点画面 1 0 6、算出座標画面 1 0 8、撮影状況と地上分解能画面 1 1 0 が設けられている。撮影状況と地上分解能画面 1 1 0 には、ステレオ画像の撮影状況と地上分解能表示面 1 2 0 と、カメラの位置と傾き表示面 1 3 0 が設けられている。ステレオ画像の撮影状況と地上分解能表示面 1 2 0 には、ステレオペアとなる 2 枚の画像データを表示するペア名欄 1 2 1、基線長 B 欄 1 2 2、撮影距離 H 欄 1 2 3、B / H 比欄 1 2 4、平面分解能欄 1 2 5、奥行分解能欄 1 2 6 が設けられている。カメラの位置と傾き表示面 1 3 0 には、画像名欄 1 3 1、画像原点の三次元座標を示す X o 欄 1 3 2、Y o 欄 1 3 3、Z o 欄 1 3 4、並びに画像の基準座標系からの傾斜角度を示す 欄 1 3 5、欄 1 3 6、欄 1 3 7 が設けられている。

30

【 0 0 3 9 】

図 2 に戻り、三次元座標データ演算部 5 1 にてステレオ計測を行い、測定対象物 1 の三次元座標を求める (S 5 0)。あるいは、ステレオ計測を行なわない場合でも、測定対象物位置データ記憶部 1 7 にステレオ画像の対応点の三次元座標を予め読み込んである場合には、三次元座標データ演算部 5 1 は測定対象物位置データ記憶部 1 7 から対応点の三次元座標を読み込む。ステレオ計測には、例えば本発明者の提案に掛かる特開 2 0 0 3 - 2 8 4 0 9 8 号公報に開示されているように、マニュアル計測、半自動計測、自動計測の各種モードが存在している。そこで、S 4 0 の標定計算処理結果に応じて、ステレオ計測では、立体視可能なステレオ (左右) 画像を作成表示して、上述モードを利用して対応点の三次元座標を求める。自動計測モードで行う場合は、自動計測を行う計測領域を指定して自動計測を行う。マニュアル、半自動計測の場合は、左右のステレオ画面を観察しながら左右画像上の対応点を半自動もしくは、マニュアルにて対応している点をマウスにて確定しながら計測する。

40

50

【 0 0 4 0 】

図 4 は、ステレオ画像に対して実行されるステレオ計測の一例を説明する図面である。ここでは、ステレオ画像 1 5 0 の一例として神殿の遺跡を測定対象物 1 とし、左画像 1 5 0 L と右画像 1 5 0 R をステレオペアとしている。ここでは、左画像 1 5 0 L を基準画像とし、左画像 1 5 0 L の特徴点の座標を (X 1、 Y 1) とする。すると、三次元座標データ演算部 5 1 は右画像 1 5 0 R を探索画像として取扱い、左画像 1 5 0 L の特徴点に対応する右画像 1 5 0 R の対応点の座標は (X 2、 Y 2) にて示される。

【 0 0 4 1 】

図 5 は、ステレオ画像に対して実行されるステレオ計測の他の例を説明する図面である。ここでは、測定対象物 1 として神殿の遺跡の壁面に形成された水瓶運搬レリーフを採択している。測定対象物 1 のステレオ画像 1 6 0 としては、水瓶運搬レリーフの左画像 1 6 0 L と右画像 1 6 0 R をステレオペアとしている。ここでは、三次元座標データ演算部 5 1 は左画像 1 6 0 L を基準画像とし、右画像 1 5 0 R を探索画像として取扱っている。そして、左画像 1 6 0 L の特徴点近傍の画像領域 1 6 2 L と、右画像 1 6 0 R の対応点近傍の画像領域 1 6 2 R を抽出して、図 6 にて拡大表示している。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、特徴点近傍の画像領域 1 6 2 L と対応点近傍の画像領域 1 6 2 R の拡大図である。操作者がマウスカーソルなどで左画像 1 5 0 L (基準画像) の対応点を指示すると、基準点設定部 4 1 により特徴点に適合する基準点に引き込まれると共に、対応点探索部 4 3 により右画像 1 5 0 R (探索画像) の基準点と対応する基準点对応点が定められる。操作者には、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により、右画像 1 5 0 R (探索画像) でも指示位置近傍の特徴点に引き込まれるように見える。指示位置近傍の特徴点として、ここでは水瓶運搬レリーフのコーナー位置を示している。

【 0 0 4 3 】

図 2 に戻り、三次元座標データ演算部 5 1 にて求められた三次元座標、あるいは三次元座標データ記憶部 5 3 から読み込まれた三次元座標から、モデル形成部 5 4 にて測定対象物 1 のモデルを作成する (S 6 0)。図 7 は、測定対象物 1 のモデルの一例を示す図で、ワイヤースケルト面を示している。ここでは、測定対象物 1 として、神殿の遺跡の壁面に形成された水瓶運搬レリーフをステレオ画像 1 7 0 としている。水瓶運搬レリーフの左画像 1 7 0 L と右画像 1 7 0 R をステレオペアとしている。左右の領域指定枠線 1 7 2 L、1 7 2 R の内側に、ワイヤースケルト面 1 7 4 L、1 7 4 R が形成されている。ワイヤースケルト面 1 7 4 L、1 7 4 R を構成する単位画像面は、例えば隣接する 3 点の対応点を用いた三角形面や、隣接する 4 点の対応点を用いた矩形面が選択できる。このとき、測定対象物 1 のモデルの姿勢には、最初に作成された面の向きがデフォルト値として設定されている。

【 0 0 4 4 】

図 2 に戻り、画像対応部 5 6 により、テクスチャマッピングしたい面を指定する (S 7 0)。テクスチャマッピングとは、測定対象物 1 の二次元画像に立体感を表現するテクスチャを貼り付けることをいう。S 7 0 の処理は、ステレオ自動計測した場合は、S 5 0 で行った計測領域の指定とかねてもよい。次に、画像対応部 5 6 は、測定対象物 1 のステレオ画像とモデル形成部 5 4 によって形成されたモデルとを、標定部 4 4 で求められた対応点関係を用いてテクスチャマッピングする (S 7 2)。テクスチャマッピングの詳細は、後で説明する。

【 0 0 4 5 】

次に、モデル表示部 5 7 により、テクスチャマッピングされた画像をモデル画面上に表示する (S 8 0)。モデル画面は、ステレオ画像から形成された立体感テクスチャ付き画像やテクスチャを除去した画像のように、斜視状態を表す測定対象物 1 の二次元画像である。S 8 0 での表示は、テクスチャマッピングされた画像だけでなく、ワイヤースケルト画像や、3 次元の点群 (例えば 3 D スキャナーで取得した点画像)、カメラ撮影位置や基準点位置を表示してもよい。また、モデル画面に表示される対象を、同時また切り替えて

10

20

30

40

50

表示することにより、ステレオ画像計測結果と測定対象物 1 の撮影画像との確認が容易になる。

【 0 0 4 6 】

図 8 は、立体感を表現するテクスチャをワイヤースケルトンで表現した図である。ワイヤースケルトン画面 1 8 0 には、例えば測定対象物 1 の領域指定枠線 1 8 2 と、測定対象物 1 のワイヤースケルトン 1 8 4 が表示されている。ワイヤースケルトン 1 8 4 は、斜視状態を表す測定対象物 1 の二次元画像に貼り付けられる。

【 0 0 4 7 】

図 9 は、テクスチャマッピングの表示例で、測定対象物 1 を立体感テクスチャ付き画像で表示する場合を示している。テクスチャマッピング画面 1 9 0 には、モデル表示部 5 7 によって、例えば測定対象物 1 の領域指定枠線 1 9 2 と、立体感のあるテクスチャがマッピングされた測定対象物 1 の鳥瞰画像 1 9 4 が表示されている。測定対象物 1 の鳥瞰画像 1 9 4 は、斜視状態を表す測定対象物 1 の二次元画像として表示される。

10

【 0 0 4 8 】

図 2 に戻り、操作者は、マウスやキーボード等を利用して、姿勢指示部 5 8 によりワイヤースケルトン画面 1 8 0 やテクスチャマッピング画面 1 9 0 における測定対象物 1 の表示の向きを指示する (S 9 0)。すると、座標変換部 5 9 が表示装置 6 0 に表示された測定対象物 1 の表示の向きを、姿勢指示部 5 8 により指示された向きに座標変換して、ワイヤースケルトン画面 1 8 0 やテクスチャマッピング画面 1 9 0 に表示する (S 9 2)。操作者は、他の測定対象物 1 の表示の向きが存在するか判断し (S 9 4)、 Yes であれば S 9 0 10
0 に戻り、 No であれば終了とする (S 9 6)。 S 9 0、 S 9 2 のような測定対象物 1 の表示の向きを任意に指定できる機能によって、あらゆる角度から視点位置を変化させて計測結果や測定対象物 1 を表示装置 6 0 に表示させることで、操作者が視覚的に測定対象物 1 を確認することが可能となる。

20

【 0 0 4 9 】

[相互標定]

次に、標定部 4 4 で行なう相互標定について説明する。図 1 0 は、ステレオ画像におけるモデル座標系 X Y Z とカメラ座標系 x y z の説明図である。モデル座標系の原点を左側の投影中心にとり、右側の投影中心を結ぶ線を X 軸にとるようにする。縮尺は、基線長を単位長さにとる。このとき求めるパラメータは、左側のカメラの Z 軸の回転角 θ_{1z} 、 Y 軸の回転角 θ_{1y} 、右側のカメラの Z 軸の回転角 θ_{2z} 、 Y 軸の回転角 θ_{2y} 、 X 軸の回転角 θ_{2x} の 5 つの回転角となる。

30

【 0 0 5 0 】

まず、以下の共面条件式 (1) により、左右カメラの位置を定めるのに必要とされるパラメータを求める。

【数 1】

$$\begin{vmatrix} X_{01} & Y_{01} & Z_{01} & 1 \\ X_{02} & Y_{02} & Z_{02} & 1 \\ X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \end{vmatrix} = C \quad \dots \dots \dots (1)$$

X_{01} 、 Y_{01} 、 Z_{01} : 左画像の投影中心座標

10

X_{02} 、 Y_{02} 、 Z_{02} : 右画像の投影中心座標

X_1 、 Y_1 、 Z_1 : 左画像の像座標

X_2 、 Y_2 、 Z_2 : 右画像の像座標

この場合左側のカメラの X 軸の回転角 ω_1 は 0 なので、考慮する必要ない。

【0051】

上述の条件にすると、共面条件式 (1) は式 (2) のように変形され、式 (2) を解けば各パラメータが求まる。

20

【数 2】

$$F(\kappa_1, \phi_1, \kappa_2, \phi_2, \omega_2) = \begin{vmatrix} Y_1 & Z_1 \\ Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = Y_1 Z_2 - Y_2 Z_1 = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、モデル座標系 $X Y Z$ とカメラ座標系 $x y z$ の間には、次に示すような座標変換の関係式 (3)、(4) が成り立つ。

30

【数 3】

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi_1 & 0 & \sin \phi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_1 & 0 & \cos \phi_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_2 & -\sin \omega_2 \\ 0 & \sin \omega_2 & \cos \omega_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi_2 & 0 & \sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa_2 & -\sin \kappa_2 & 0 \\ \sin \kappa_2 & \cos \kappa_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

40

$\dots \dots \dots (4)$

【0052】

これらの式を用いて、次の手順により、未知パラメータを求める。

(i) 初期近似値は通常 0 とする。

50

(i i) 共面条件式 (2) を近似値のまわりにテラー展開し、線形化したときの微分係数の値を式 (3)、(4) により求め、観測方程式をたてる。

(i i i) 最小二乗法を適用して、近似値に対する補正量を求める。

(i v) 近似値を補正する。

(v) 補正された近似値を用いて (i i) ~ (v) までの操作を収束するまで繰り返す。

【 0 0 5 3 】

続いて、標定部 4 4 による標定作業の詳細を説明する。標定には、マニュアル、半自動標定モード、自動標定モードの 3 モードが存在し、標定画像での対応点の配置状況に応じて適宜に選択する。図 1 1 は、マニュアルと半自動標定モードの標定作業のフローチャートである。まず、標定部 4 4 によって標定モードに入る (S 1 0 0)。このとき、操作者は標定したい画像を指定しておく。この場合、画像の指定枚数に関して、特段の制限は存在しない。すると、表示装置 6 0 の画面上に、標定部 4 4 によって指定した測定対象物画像が表示される (S 1 1 0)。

10

【 0 0 5 4 】

操作者は、標定の設定を半自動標定モードがマニュアルに設定する (S 1 2 0)。この場合、標定部 4 4 による標定作業のデフォルトとしてマニュアルを選択してもよい。また、半自動標定モードの場合は、重心検出モード、コーナー検出モードの双方があり、詳細は後で説明する。次に、操作者は、例えば図 5 や図 6 に示すように、画像の標定に使用する点を指定する (S 1 3 0)。この場合、測定対象物 1 の左右画像上で対応する点を、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により指示する。マニュアルの場合は、マウスカーソルにて測定対象物 1 の左右画像上の対応点を、表示装置 6 0 の画像上で指定する。半自動標定モードの場合は、対応点近傍を指定することにより、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により対応点 (重心もしくはコーナー) が特定される。そして、測定対象物 1 の左右画像上での対応点指定が終了したか判断し (S 1 4 0)、No であれば S 1 3 0 に戻って対応点指定を継続し、Yes であれば戻しとする (S 1 5 0)。

20

【 0 0 5 5 】

以下、半自動標定モードのアルゴリズムについて説明する。図 1 2 は、測定対象物の特徴点に貼付するレトロターゲットの説明図である。レトロターゲット 2 0 0 は、中心位置 2 0 2 が明確に識別できる標点 (ターゲット) で、同心円状に形成された内円部 2 0 4 と外円部 2 0 6 を有している。内円部 2 0 4 の明度を明るくし、外円部 2 0 6 の明度を暗くすることで、視認性を高めている。そこで、レトロターゲット 2 0 0 は、測定対象物 1 の重心やコーナーのように、位置決めに関して特に重要な特徴点に貼付される。なお、内円部 2 0 4 と外円部 2 0 6 の明度は、明暗のコントラストが逆でも良い。

30

【 0 0 5 6 】

図 1 3 は、半自動標定モードにおける重心検出のアルゴリズムを説明するフローチャートである。まず、予め測定対象物 1 の特徴点にレトロターゲット 2 0 0 を貼付しておく。あるいは、レトロターゲット 2 0 0 に代えて、測定対象物 1 上の輝度の高い特徴点を、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により指示してもよい。操作者は、表示装置 6 0 の画像上に表示された測定対象物 1 の画像 (基準画像) 上で、マウスカーソルにより対応点近傍を指定する (S 2 0 0)。すると、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は、探索画像における対応点の近傍から、ターゲットの存在範囲を決定する (S 2 1 0)。

40

【 0 0 5 7 】

図 1 4 はレトロターゲットを用いた重心位置検出の説明図で、(A 1) は内円部の明度が暗いレトロターゲット、(A 2) は (A 1) のレトロターゲットの直径方向の明度分布図、(B 1) は内円部の明度が明るいレトロターゲット、(B 2) は (B 1) のレトロターゲットの直径方向の明度分布図を示している。レトロターゲットが図 1 4 (A 1) のように内円部の明度が明るい場合は、測定対象物 1 の撮影画像において重心位置での反射光量が多く明るい部分になっているため、画像の光量分布が図 1 4 (A 2) のようになり、光量分布の閾値 T からレトロターゲットの内円部 2 0 4 や中心位置 2 0 2 を求めることが可能となる。

50

【 0 0 5 8 】

図 1 3 に戻り、S 2 1 0 にて測定対象物 1 の撮影状態が悪く、ターゲットの存在範囲が算出できない場合は、重心位置検出ができない為、エラー表示する (S 2 1 5)。そして、S 2 1 5 から S 2 5 0 に飛び、対応点近傍の指定点を修正か判断し (S 2 5 0)、Yes であれば S 2 0 0 に戻り、対応点近傍の指定点として他の点を計測点と指定する。S 2 5 0 で No の場合は、マニュアル計測モードに切り替えて、他の特徴点に指定を切替えて、特徴点位置を計測し直す (S 2 6 0)。

【 0 0 5 9 】

他方、S 2 1 0 にてターゲットの存在範囲が決定されると、標定部 4 4 により、例えばモーメント法によって重心位置を算出する (S 2 2 0)。例えば、図 1 4 の (A 1) に表記されたレトロターゲット 2 0 0 の平面座標を (x、y) とする。そして、レトロターゲット 2 0 0 の明度が、しきい値 T 以上の x、y 方向の点について、式 (6)、(7) を演算する。

$$x g = \{ x * f (x、y) \} / f (x、y) \dots (6)$$

$$y g = \{ y * f (x、y) \} / f (x、y) \dots (7)$$

ここで、(x g、y g) は重心位置の座標、f (x、y) は (x、y) 座標上の明度値である。なお、図 1 4 の (B 1) に表記されたレトロターゲット 2 0 0 の場合は、明度がしきい値 T 以下の x、y 方向の点について、上式 (6)、(7) を演算する。

【 0 0 6 0 】

そして、標定部 4 4 は、S 2 2 0 で求められた対応点位置を画面上に表示する (S 2 3 0)。S 2 3 0 で表示された対応点位置が、操作者又は予め定められた判断規範に当てはめた場合に適合していれば、標定作業を終了して戻しとする (S 2 4 0)。他方、S 2 3 0 で表示された対応点位置が、操作者又は予め定められた判断規範に当てはめた場合に不適合であったり、或いは重心位置検出ができずエラー表示となった場合は上述の S 2 5 0 に飛ぶ。

【 0 0 6 1 】

図 1 5 は、半自動標定モードにおけるコーナー検出のアルゴリズムを説明するフローチャートである。コーナー検出のアルゴリズムは、測定対象物 1 の画像上で直線が交わるようなコーナーが存在する場合や、直交する直線を有するターゲットを測定対象物 1 に貼付してある場合に適用される。たとえば、測定対象物 1 が、ビルディングなどのような直線とコーナーが多数ある建造物の場合には、極めて有効となる。

【 0 0 6 2 】

操作者は、表示装置 6 0 の画像上に表示された測定対象物 1 の画像 (基準画像) 上で、マウスカーソルにより対応点近傍を指定する (S 3 0 0)。すると、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は、基準画像の指定点並びに探索画像における対応点の近傍の探索領域を自動設定する (S 3 1 0)。この場合は特徴点検出がコーナー検出と指定されるので、測定対象物 1 の画像縮尺に応じて、デフォルトにて探索領域をあらかじめ定数として設定しておく。そして、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 により、探索領域内のエッジ検出を行う (S 3 2 0)。エッジ検出に関しては、例えばエッジ検出フィルタや LOG フィルタ (下述) が利用できるが、要するに画像処理において画像の縁検出に用いられる検出方式であればよい。

【 0 0 6 3 】

エッジ検出の一例を、以下簡単に説明する。検出点を中心として L x L 画素の画像を対象画像とする。対象画像濃淡波形に、式 (8) に示すガウス関数の二次微分であるラプラシアン・ガウシアン・フィルタ (LOG フィルタ) を施し、演算結果における曲線の 2 箇所でのゼロ交差点、つまりエッジをサブピクセルで検出する。

$${}^2 \cdot G (x) = (x^2 - 2^2 / 2^6) \cdot \exp (- x^2 / 2^2) \dots (8)$$

ここで、 2 はガウス関数のパラメータである。

【 0 0 6 4 】

続いて、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は検出されたエッジについて直線検出を

10

20

30

40

50

行う (S 3 3 0)。基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 又は操作者が、エッジの連続性をみて、もっとも連続性のある二つのエッジについて直線にフィッティングさせる。直線検出法はこれに限らずどのような方法を用いてもよい。そして、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は検出された 2 直線について、その交点を求める (S 3 4 0)。そして、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は表示装置 6 0 の画像上に結果を表示する (S 3 5 0)。コーナー検出された特徴点の結果が、操作者や予め定められた判断規範に当てはめた場合に適合するか否か判断する (S 3 6 0)。S 3 6 0 で Yes であれば、次の対応点が存在するか否か判断する (S 3 8 0)。S 3 8 0 で次の対応点が存在する場合は、次の対応点を指定して S 3 0 0 に戻る。S 3 8 0 で次の対応点が存在しない場合は、コーナー検出処理を終了して戻しとする (S 3 9 0)。

10

【0065】

S 3 6 0 で No であれば、マウスカーソルにより対応点近傍の指定点を修正するか判断し (S 3 7 0)、Yes であれば S 3 0 0 に戻って対応点近傍の指定点として他の点を計測点と指定する。S 3 7 0 で No であれば、マニュアル計測モードに切り替えて計測し直す (S 3 7 5)。

【0066】

次に自動測定の場合について説明する。図 1 6 は、自動標定モードのアルゴリズムを説明するフローチャートである。自動標定モードでは、予め測定対象物 1 の特徴点にレトロターゲット 2 0 0 (図 1 2 参照) を貼付しておく。次に、操作者は標定部 4 4 にて自動標定モードを設定する (S 4 0 0)。すると、表示装置 6 0 の画像上に測定対象物画像が表示される (S 4 1 0)。次に、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は、対応点の画像ひとつをテンプレートとして登録する (S 4 2 0)。続いて、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 は、測定対象画像上でテンプレート画像に登録した画像と同じレトロターゲット画像を探索する (S 4 3 0)。この場合、テンプレートマッチングにより画像探索する。

20

【0067】

ここで、テンプレートマッチングの詳細を説明する。テンプレートマッチングには、正規化相関法や残差逐次検定法 (SSDA 法)、その他各種の演算原理のものが存在している。テンプレートマッチングとして、残差逐次検定法を使用すれば処理が高速化できる。ここでは残差逐次検定法を説明する。

【0068】

図 1 7 は残差逐次検定法における入力画像とテンプレート画像の説明図である。基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 に設けられた残差逐次検定法の遂行機能によって、 $N_1 \times N_1$ 画素のテンプレート画像を、それより大きい $M_1 \times M_1$ 画素の入力画像内の探索範囲 $(M_1 - N_1 + 1)^2$ 上で動かす。テンプレート画像の位置は、例えば左上隅に設けられた代表点の入力画像における座標 (a, b) によって表す。そして、基準点設定部 4 1 と対応点探索部 4 3 によってテンプレート画像の各移動位置における式 (9) の残差 $R(a, b)$ を演算し、最小となる移動位置を求める。この残差 $R(a, b)$ が最小となる移動位置が、テンプレートマッチングにより求める画像の位置である。

30

【数 4】

$$R(a, b) = \sum_{m_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_1=1}^{N_1-1} |I_{(a,b)}(m_1, n_1) - T(m_1, n_1)| \quad \dots \dots (9)$$

40

$T(m_1, n_1)$: テンプレート画像、 $I_{(a,b)}(m_1, n_1)$: 対象画像の部分画像

(a, b) : テンプレート画像の左上座標、 $R(a, b)$: 残差

50

処理の高速化をはかるため、式(9)の加算において、R(a,b)の値が過去の残差の最小値を越えたら加算を打ち切り、次の画素座標(a,b)に移るよう計算処理を行うと良い。

【0069】

図16に戻り、S430で探索された全てのターゲットについて、さらに詳細に重心位置を検出する(S440)。重心位置検出には、例えば前述したモーメント法等を利用するとよい。基準点設定部41と対応点探索部43は、S440で求められたターゲット位置を画面上に表示する(S450)。S450で表示された対応点位置が、操作者又は予め定められた判断規範に当てはめた場合に適合していれば、標定作業を終了して戻しとする(S460)。他方、S450で表示されたターゲット位置が、操作者又は予め定められた判断規範に当てはめた場合に不適合であったり、或いは重心位置検出ができずエラー表示となった場合は、半自動標定モード又はマニュアルモードに移行して、不適合なターゲット位置を修正する(S470)。

10

【0070】

[モデル画像作成]

次に、モデルにて用いられるモデル画像について説明する。モデル画像は、モデル形成部54、画像対応部56、モデル表示部57等で用いられる。図18はモデル画像の作成手順を説明するフローチャートである。まず、標定作業と標定計算処理で求められた座標を利用して、座標変換パラメータを求める。すなわち、標定作業により計測された画像座標と標定計算処理により算出された地上座標(モデル座標系の場合は、地上座標を仮に設定する)の対応づけを行ない、座標変換パラメータを求める(S500)。

20

【0071】

座標変換パラメータは次の3次の射影変換式(10)により求める。

【数5】

$$\left. \begin{aligned}
 x &= \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \\
 y &= \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(10)$$

30

ここで、(x、y)は画像座標、(X、Y、Z)は地上座標、L1~L11は未知変数である。3次の射影変換式(10)を、基準点のデータに基づき最小二乗法を用いて解くと、画像座標(x、y)と3次元座標(X、Y、Z)との関係を決定する各種変換パラメータを取得することができる。

【0072】

次に、モデル画像上の各画素(ピクセル)の地上座標を計算する(S510)。この処理では、モデル画像作成のために、モデル画像の画像座標(x、y)を地上座標(X、Y、Z)に変換するものである。地上座標(X、Y、Z)は、先に座標変換パラメータ算出処理のS500で求められた変換パラメータを用いて計算される。即ち、モデル画像の画像座標(x、y)に対応する地上座標(X、Y、Z)は、以下の式(11)で与えられる。このようにして、モデル画像上の各ピクセルの取得位置を求めることができる。

40

【数 6】

$$\left. \begin{aligned} X &= X_0 + x\Delta X \\ Y &= Y_0 - y\Delta Y \\ Z &= -\frac{aX + bY + d}{c} \end{aligned} \right\} \dots\dots(11)$$

10

ここで、(X₀、Y₀)は地上座標系でのモデル画像の左上の位置、(X、Y)は地上座標系での1画素の大きさ(例:m/pixel)、(x、y)はモデル画像の画像座標、(X、Y、Z)は地上画像、係数a、b、c、dはある画像座標(x、y)を内挿する複数の基準点により形成される平面方程式の係数である。

【0073】

今度は、ステップS500で求めた変換パラメータを使用して、3次の射影変換式(10)により、ステップS520で求められた地上座標(X、Y、Z)に対応する画像座標(x、y)を計算する(S520)。このように求められた画像座標(x、y)から、該当する画像の地上座標(X、Y、Z)上の濃度値を取得する。この濃度値が、モデル画像上における2次元の位置(X、Y)のピクセルの濃度である。このように、地上座標上の位置(X、Y)に貼り付ける画像濃度を取得する。以上のような処理を、モデル画像のすべてのピクセルに対して行うことにより、画像貼付が行なわれる(S530)。

20

【0074】

[視点を変えたモデル画像形成]

続いて、座標変換部59により遂行されるモデル画像の回転に関する演算原理を説明する。図2のS92で説明しているように、姿勢指示部58で測定対象物1のモデルの姿勢を指示すると、座標変換部59により座標変換してモデル表示部57で指示された姿勢に応じた測定対象物1の立体感テクスチャ付き画像を表示するので、測定対象物1の任意方向の立体感テクスチャ付き画像が得られる。そこで、視点をかえて見たモデル画像を作成する原理を説明する。この原理は、姿勢指示部58で指示された方向に座標変換部59にて座標系を回転させた後、モデル画像を形成させるものである。

30

【0075】

図19は、視点を変えたモデル画像形成の原理説明図である。図19に示すように、地上座標系のX、Y、Zをそれぞれの軸方向の、に回転させることにより、視点を変えた地上座標系X'、Y'、Z'が得られる。そこで、視点を変えた地上座標系X'、Y'、Z'に対し、画像貼り付けを行い、モデル画像を作成する。

【0076】

以下に詳細に説明する。例えば、傾きのない地上座標X、Y、Zであらわされた対象物P(X、Y、Z)が、逆に傾きのある地上座標系X'、Y'、Z'(視点を変えた座標系)でとる座標をP'(X'、Y'、Z')とすると、以下の式(12)~(15)によりその座標を求めることができる。

40

【数 7】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \mathcal{R}^{-1} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(12)$$

10

ここで回転行列 R には次の式 (13)、(14) が成立している。

【数 8】

$$\mathcal{R} = \mathcal{R}_\omega \mathcal{R}_\phi \mathcal{R}_\kappa \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$\mathcal{R}^{-1} = \mathcal{R}^t = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(14)$$

20

ここで、(X₀, Y₀, Z₀) は投影中心の座標である。

【0077】

また、回転行列 R の要素 a_{i j} (i = 1 ~ 3、j = 1 ~ 3) は次の式 (15) で表される。

【数 9】

$$\left. \begin{aligned} a_{31} &= \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \cos \phi \cos \kappa, & a_{32} &= \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa, & a_{33} &= \cos \omega \cos \phi \\ a_{21} &= \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa, & a_{22} &= \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa, & a_{23} &= -\sin \omega \cos \phi \\ a_{11} &= \cos \phi \cos \kappa, & a_{12} &= -\cos \phi \sin \kappa, & a_{13} &= \sin \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots(15)$$

30

ω, φ, κ: カメラの傾き

ここで座標変換して求められた各座標 X', Y', Z' について、モデル画像形成処理を行なえば、視点を変えたモデル画像を得ることができる。

40

【0078】

[単写真画像]

図 20 は図 1 に示す三次元画像表示装置の動作を説明するフローチャートの一部で、主に測定対象物が単写真画像の場合を示している。図 2 の S 1 4 で単写真画像である場合には、標定画面指示部 4 7 は、測定対象物 1 の単写真画像上で 6 点以上の基準点と、測定対象物位置データ記憶部 1 7 に記憶された基準点となる測定対象物 1 の三次元位置データとを、対応付ける (S 6 0 0)。基準点と三次元位置データの対応付け作業は、単写真画像が複数枚あるときは、各画像について対応付け処理を行う。この基準点と三次元位置データの対応付け作業にはマニュアル、半自動、全自動の三つのモードがある点は、前出のステ

50

レオ画像に対するステップ S 5 0 と同様である。

【 0 0 7 9 】

次に、単写真標定部 4 6 は、基準点と三次元位置データの対応付け作業の結果を用いて、式 (1 6) により標定計算処理を行ない (S 6 1 0)、単写真画像を撮影したカメラの位置、傾き、対応点の位置、計測精度を求める。標定計算処理は、一枚の写真の中に写された 3 点以上の基準点になりつつ共線条件を用いて、撮影したカメラの位置と傾きを求め、画像座標系 x、y と地上座標系 X、Y、Z の間の関係を確認する、いわゆる単写真標定を用いる。単写真標定に用いる式 (1 6) は、以下の共線条件式を基本として求められる。

【 数 1 0 】

$$\left. \begin{aligned} y &= -c \frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} + \Delta y \\ x &= -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} + \Delta x \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

10

ここで共線条件式とは、投影中心、写真像および地上の対象物が一直線上にあるという関係をいう。

【 0 0 8 0 】

標定計算処理では、共線条件式に含まれる 6 個の外部標定要素 X₀、Y₀、Z₀、
、
を求める。単写真標定部 4 6 は、3 点以上の基準点の地上座標と対応する写真座標から、逐次近似解法によって上記 6 個の外部標定要素を算出する。単写真標定部 4 6 による外部標定要素の算出過程は、例えば逐次近似解法を用いる。逐次近似解法では、未知変量 (外部標定要素) の近似値を与え、近似値のまわりにテーラー展開して線形化し、最小二乗法により補正量を求めて近似値を補正し、同様の操作をくりかえし収束解を求める。

20

【 0 0 8 1 】

次に、三次元座標データ記憶部 5 3 から読み込まれた三次元座標から、モデル形成部 5 4 にて測定対象物 1 のモデルを作成する (S 6 2 0)。操作者は、テクスチャマッピングしたい単位画像面を指定する (S 6 3 0)。この場合、姿勢指示部 5 8 および座標変換部 5 9 には、最初に作成された面の位置がデフォルト値として設定されている。次に、単位画像面演算部 5 2 は、複数の対応点によって形成される単位画像面を用いてモデルとステレオ画像を対応付けることによって、指定単位画像面に測定対象物 1 の二次元画像とワイヤフレームをテクスチャマッピングする (S 6 4 0)。モデル表示部 5 7 により、テクスチャマッピングされた画像をモデル画面上に表示する (S 6 5 0)。

30

【 0 0 8 2 】

操作者は、マウスやキーボード等を利用して、姿勢指示部 5 8 によりテクスチャマッピング画像における測定対象物 1 の表示の向きを指示する (S 6 6 0)。すると、座標変換部 5 9 が表示装置 6 0 に表示された測定対象物 1 の表示の向きを、姿勢指示部 5 8 により指示された向きに座標変換して、テクスチャマッピング画像に表示する (S 6 7 0)。操作者は、他の測定対象物 1 の表示の向きが存在するか判断し (S 6 8 0)、Yes であれば S 6 6 0 に戻り、No であれば終了とする (S 6 9 0)。S 6 6 0、S 6 7 0 のような測定対象物 1 の表示の向きを任意に指定できる機能によって、あらゆる角度から視点位置を変化させて計測結果や測定対象物 1 を表示装置 6 0 に表示させることで、単写真画像の場合にも操作者が視覚的に測定対象物 1 を確認することが可能となる。

40

【 0 0 8 3 】

図 2 1 は、測定対象物 1 の 3 次元の点群の一例を示す図である。測定対象物 1 の 3 次元の点群は、例えば 3 D スキャナ等で取得される。図 2 2 は 3 次元の点群を用いて形成される単位画像面の指定の一例を示す図である。3 D スキャナで取得される点群は例えば数万点に及ぶ為、単位画像面を例えば点群の隣接する 3 点を用いて形成する場合に、測定対象

50

物 1 を覆う単位画像面の数も数万個になる。

【 0 0 8 4 】

図 2 3 は、単写真画像の一例を示す図である。単写真画像画面 3 0 0 は、単写真画像 3 0 2、標定点拡大図 3 0 4、標定点の計測図 3 0 6 を有している。単写真画像 3 0 2 には、絶対標定に必要とされる 6 点以上の基準点を構成する標定点 (a 4、a 5、6 0 等) が位置している。標定点拡大図 3 0 4 は、標定点 6 2 付近の拡大図である。標定点の計測図 3 0 6 には、標定点の点名欄 3 0 8、画像座標欄 3 1 0、基準点座標欄 3 1 2、計測の開始指示欄 3 1 4、標定計算の細目を指定する欄 3 1 6、終了指示欄 3 1 8、特徴点を中心検出であることを指定する欄 3 2 0、特徴点がコーナー検出であることを指定する欄 3 2 2 が設けられている。

10

【 0 0 8 5 】

図 2 4 は、単写真画像の他の一例を示す図である。単写真画像画面 3 0 0 は、単写真画像 3 0 3、標定点拡大図 3 0 5、標定点の計測図 3 0 6、標定結果 (D L T) 図 3 2 4、測定点表示図 3 4 0 を有している。単写真画像 3 0 3 には、測定対象物 (遺跡) 1 の三次元形状を測定する為の標定点 (6 5、1 0 8) が表示されており、標定結果図 3 2 4 によって一部が隠れている。標定点拡大図 3 0 5 は、標定点 6 2 付近の拡大図であるが、拡大倍率が図 2 3 の標定点拡大図 3 0 4 と相違している。標定点の計測図 3 0 6 は図 2 3 と同様であり、画像内の細目の説明は省略する。標定結果 (D L T) 図 3 2 4 には、基準点レイヤ 3 2 6、標定結果の一覧欄 3 2 8、標定作業の開始指示欄 3 3 0、再計算の指示欄 3 3 2、標定結果図 3 2 4 のウィンドウを単写真画像画面 3 0 0 から閉じることを指示する欄 3 3 4、画像座標の残差欄 3 3 6、メッセージ欄 3 3 8 が設けられている。標定結果の一覧欄 3 2 8 には、画像名、R M S (pixel)、3 D 射影変換等のメッセージが設けられている。測定点表示図 3 4 0 は、標定点拡大図 3 0 5 等で表示される測定点を示した図である。

20

【 0 0 8 6 】

以上実施例を用いて詳細に説明した本発明の三次元画像表示装置によれば、表示画像形成部を用いて、測定対象物の三次元位置データと二次元画像 (単写真画像又はステレオ画像) に基づき、複数の方向からの測定対象物の二次元画像を作成するので、操作者は測定対象物を三次元的に確認、計測できるという効果が得られる。特に、操作者が、三次元位置測定装置 (トータルステーション) の 3 D データに画像を貼り付けている場合には、従来は 3 D データと測定対象物の現場設置状態との対比が旨くできなかったが、本発明の三次元画像表示装置によれば視覚的に確認、計測できる。特に、測定対象物の二次元画像に対して立体感テクスチャ付き画像を表示する構成とすると、ステレオ計測した 3 D データに対しても、立体視することなく 3 D データと画像の確認が容易にできるという効果がある。

30

【 0 0 8 7 】

また実施の形態のように、三次元画像表示装置として P C (パソコン) のような情報処理プロセッサを搭載したコンピュータ、L C D (Liquid Crystal Display) モニタのような表示装置、並びに P C にインストールする三次元画像表示装置用のソフトウェア、並びに測定対象物画像 (単写真画像又はステレオ画像) を撮影するデジタルカメラのような被校正撮影装置が存在すれば、ステレオ画像から取得した 3 D 計測データを測定対象物の立体感テクスチャ付き画像と一体化して視覚化できる。そこで、従来ステレオ計測した 3 D データで必要とされていた、高価で精密な立体視用の装置を用いなくても、汎用で低価格のコンピュータとモニタ装置を用いて安価にシステム構築ができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態を説明する全体構成ブロック図である。

【 図 2 】 図 1 に示す三次元画像表示装置の動作を説明するフローチャートである。

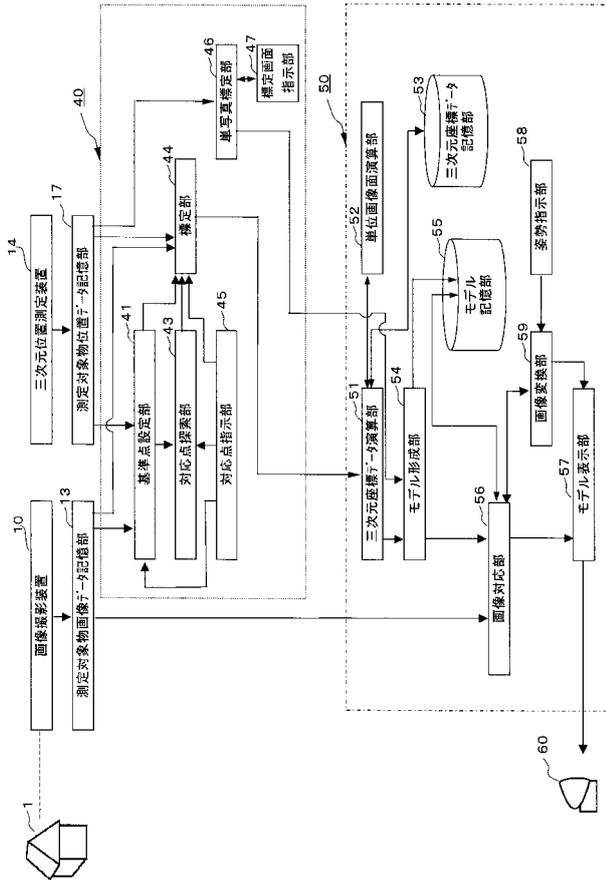
【 図 3 】 標定計算処理の標定結果の一例を説明する画面図である。

【 図 4 】 ステレオ画像に対して実行されるステレオ計測の一例を説明する図面である。

50

- 【図 5】ステレオ画像に対して実行されるステレオ計測の他の例を説明する図面である。
- 【図 6】特徴点近傍の画像領域 1 6 2 L と対応点近傍の画像領域 1 6 2 R の拡大図である。
- 【図 7】測定対象物 1 のモデルの一例を示す図で、ワイヤースケルト面を示している。
- 【図 8】立体感を表現するテクスチャをワイヤースケルトで表現した図である。
- 【図 9】テクスチャマッピングの表示例で、測定対象物 1 を立体感テクスチャ付き画像で表示する場合を示している。
- 【図 10】ステレオ画像におけるモデル座標系 $X Y Z$ とカメラ座標系 $x y z$ の説明図である。
- 【図 11】マニュアルと半自動標定モードの標定作業のフローチャートである。 10
- 【図 12】測定対象物の特徴点に貼付するレトロターゲットの説明図である。
- 【図 13】半自動標定モードにおける重心検出のアルゴリズムを説明するフローチャートである。
- 【図 14】レトロターゲットを用いた重心位置検出の説明図である。
- 【図 15】半自動標定モードにおけるコーナー検出のアルゴリズムを説明するフローチャートである。
- 【図 16】自動標定モードのアルゴリズムを説明するフローチャートである。
- 【図 17】残差逐次検定法における入力画像とテンプレート画像の説明図である。
- 【図 18】モデル画像の作成手順を説明するフローチャートである。
- 【図 19】視点を変えたモデル画像形成の原理説明図である。 20
- 【図 20】図 1 に示す三次元画像表示装置の動作を説明するフローチャートの一部である。
- 【図 21】測定対象物の 3 次元の点群の一例を示す図である。
- 【図 22】3 次元の点群を用いて形成される単位画像面の指定の一例を示す図である。
- 【図 23】単写真画像の一例を示す図である。
- 【図 24】単写真画像の一例を示す他の図である。
- 【符号の説明】
- 【0089】
- 1 測定対象物
- 10 画像撮影装置 30
- 13 測定対象物画像データ記憶部
- 14 三次元位置測定装置
- 17 測定対象物位置データ記憶部
- 40 対応部
- 41 基準点設定部
- 43 対応点探索部
- 44 標定部
- 45 対応点指示部
- 46 単写真標定部
- 47 標定画面指示部 40
- 50 表示画像形成部
- 51 三次元座標データ演算部
- 52 単位画像面演算部
- 54 モデル形成部
- 56 画像対応部
- 57 モデル表示部
- 60 表示装置

【図1】



【図3】

100 標定結果

102 結果一覧 | パズルソフト | 標定点 | 算出座標 | 撮影状況と地上分解能 |

104 106 108 110 123 124 125 126

120 3D画像の撮影状況と地上分解能

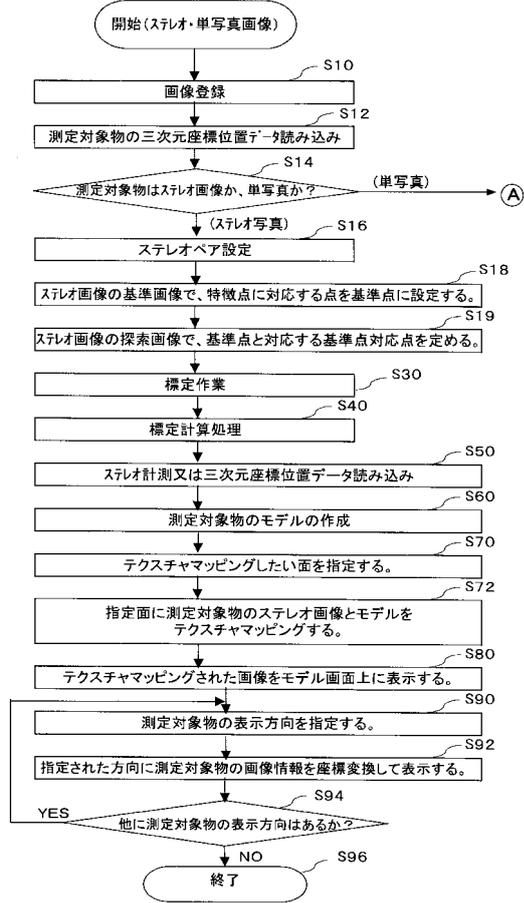
カメラ名	基準長B[m]	撮影距離H[m]	B/H比	平面分解能[m]	奥行分解能[m]
PICT0045 - PICT0...	32159	261867	0.12	0.0120	0.0974
PICT0044 - PICT0...	66026	237412	0.28	0.0108	0.0890

121 122

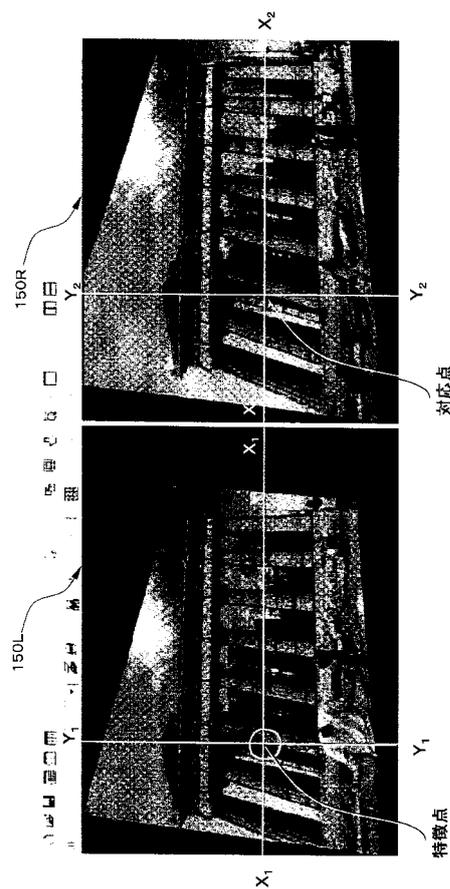
130 加算の位置と傾き

画像名	Xo [m]	Yo [m]	Zo [m]	ω [deg]	φ [deg]	κ' [deg]
PICT0044	-72788	-105707	219169	-12.085	-9.894	-0.361
PICT0045	-39077	-105986	222674	-13.717	-17.576	0.906
PICT0046	-0.7052	-10.6927	225448	-15.560	-21.331	0.180

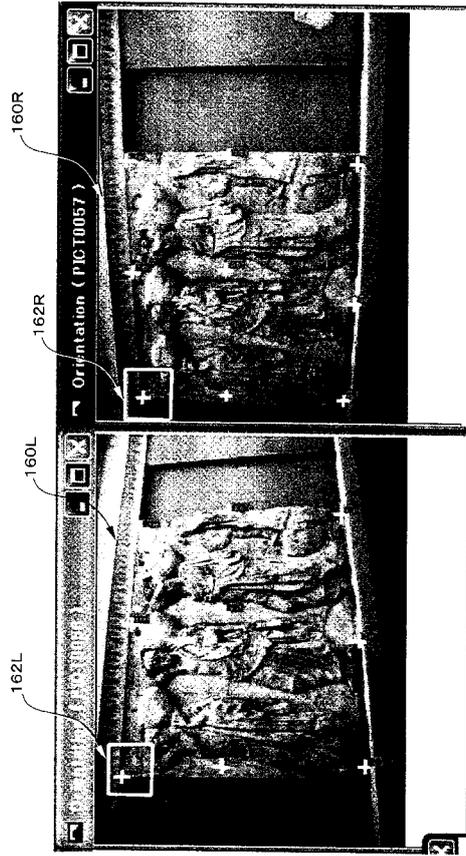
【図2】



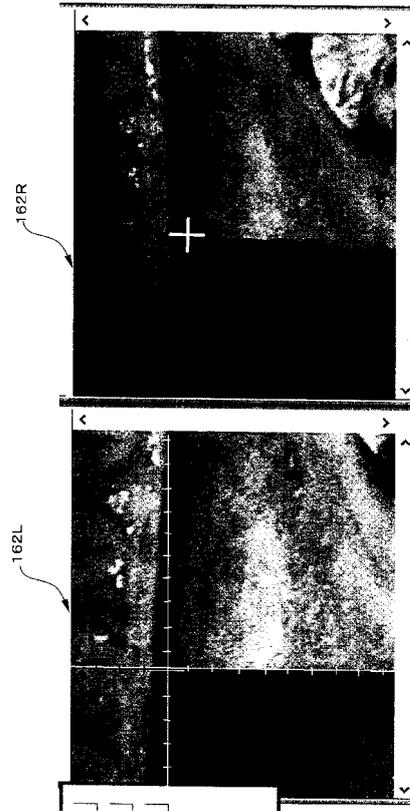
【図4】



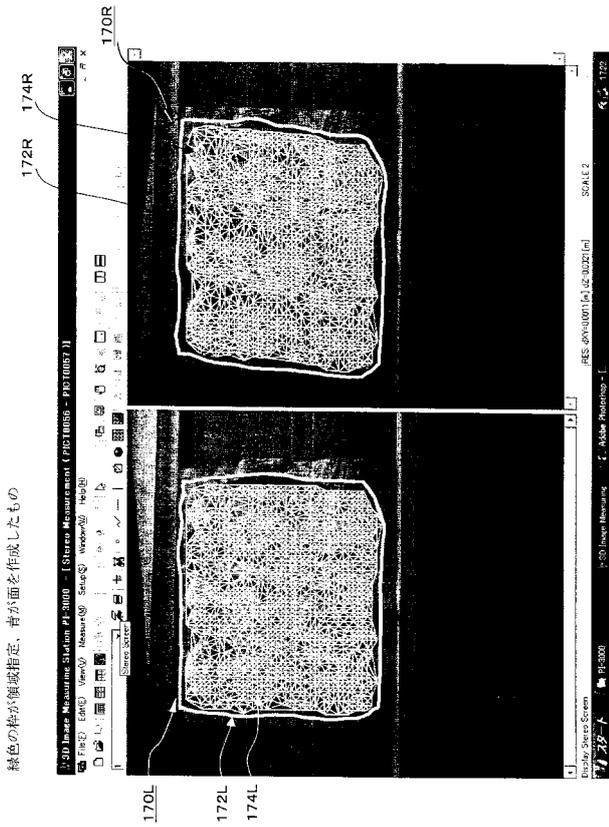
【 図 5 】



【 図 6 】

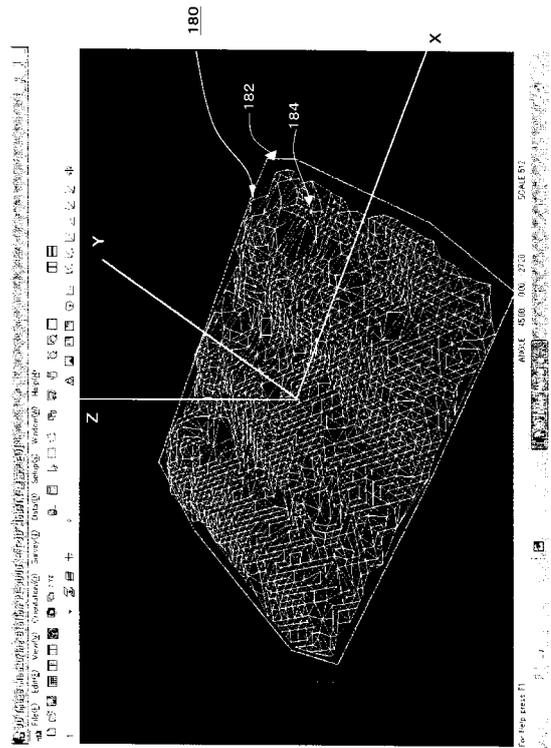


【 図 7 】

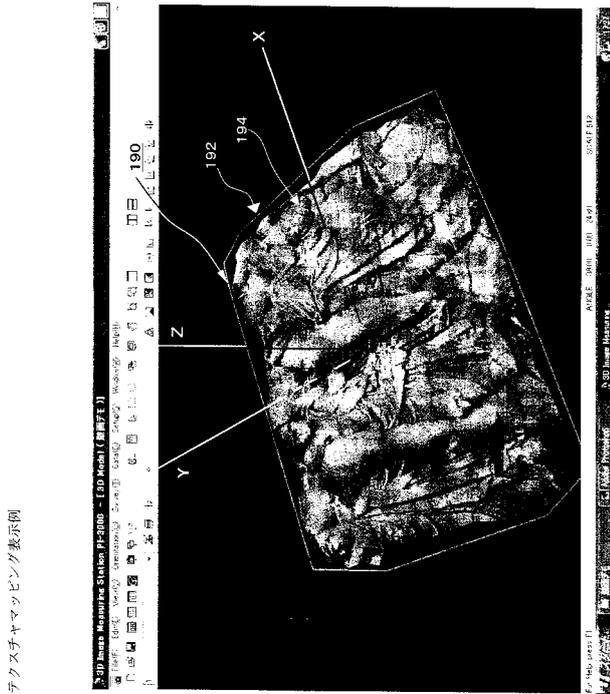


【 図 8 】

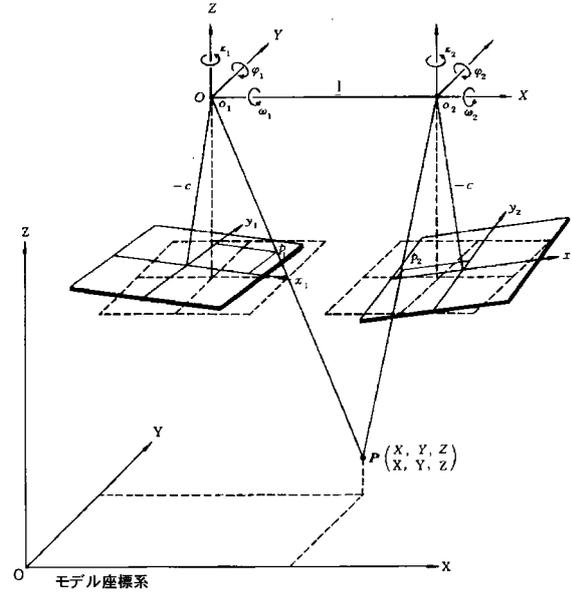
ワイヤフレーム表示例



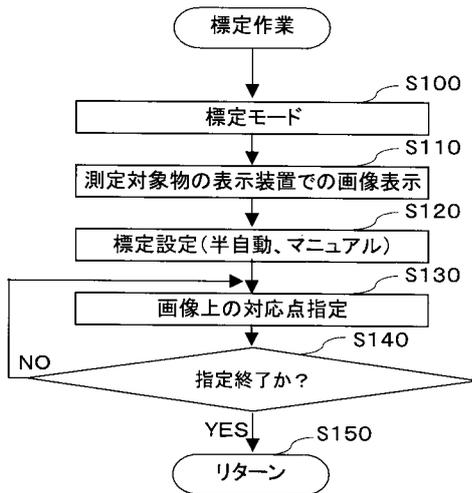
【図9】



【図10】

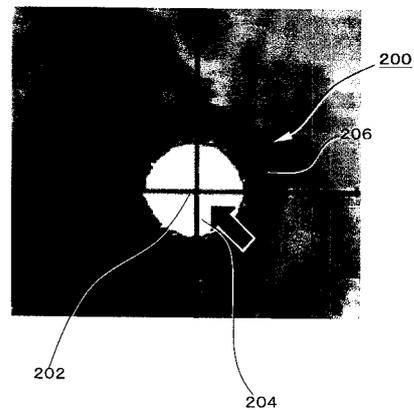


【図11】

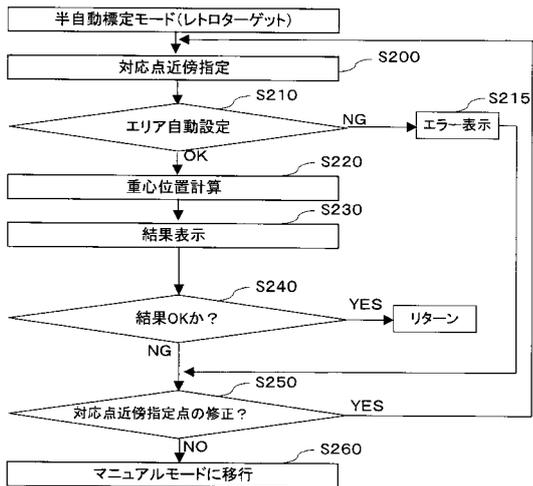


【図12】

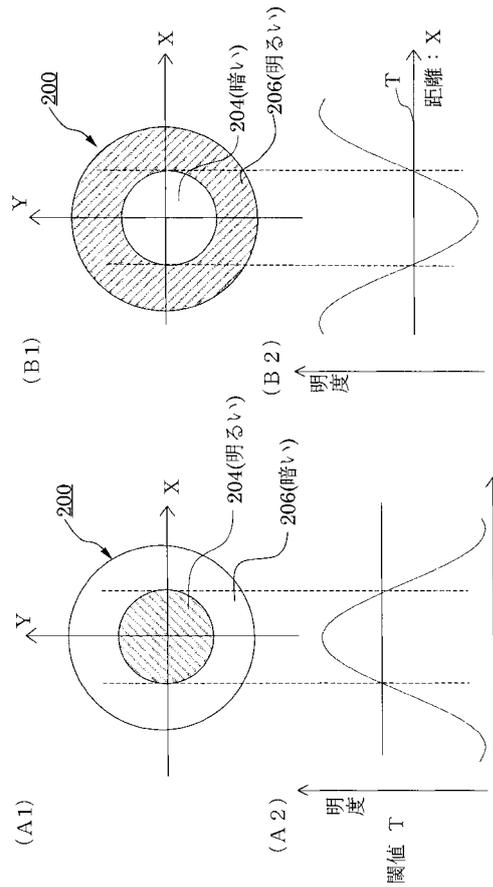
レトロターゲット



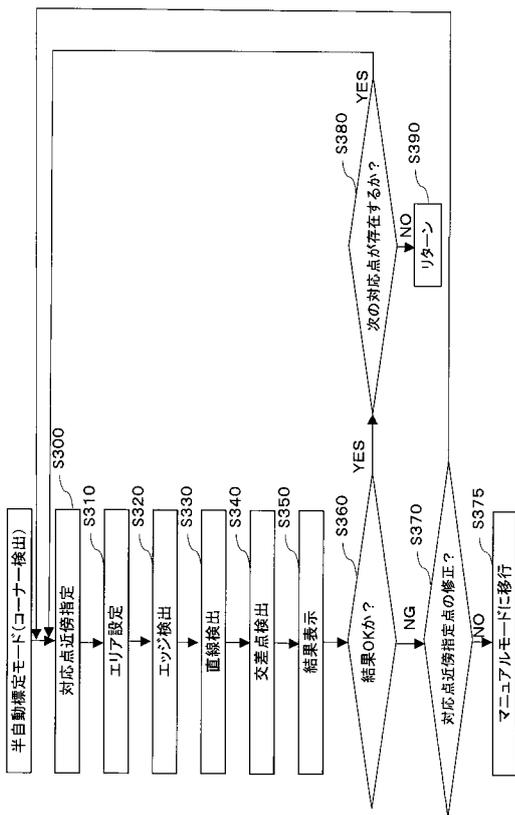
【 図 1 3 】



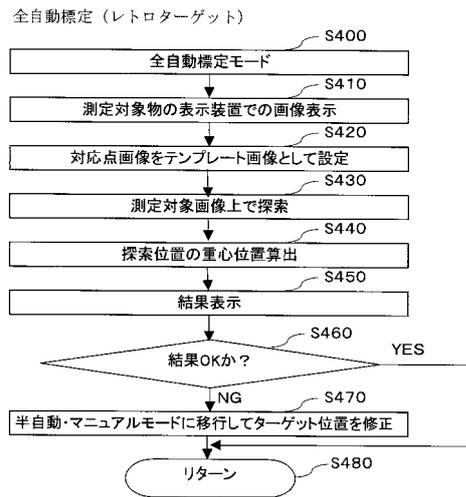
【 図 1 4 】



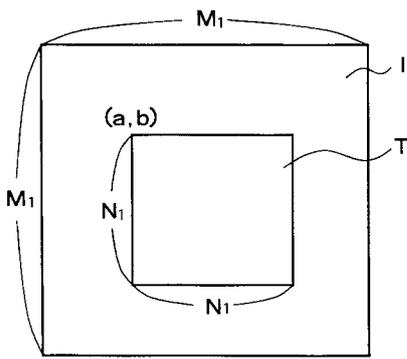
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

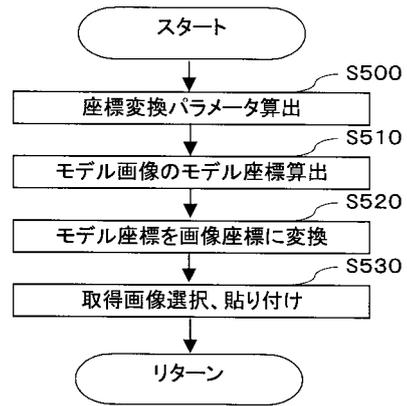


【 図 1 7 】

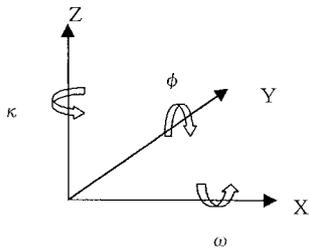


【 図 1 8 】

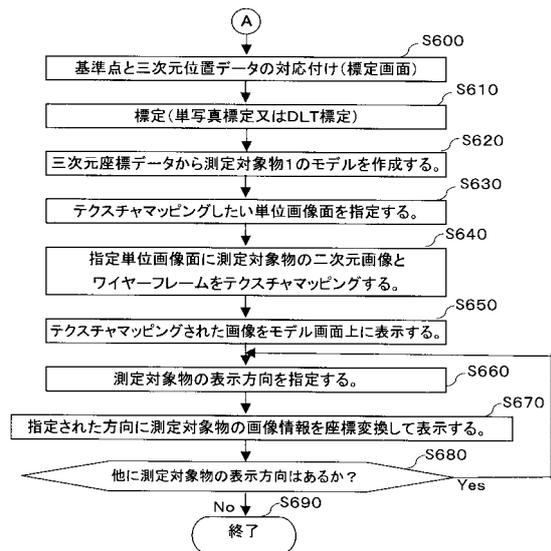
モデル画像形成処理



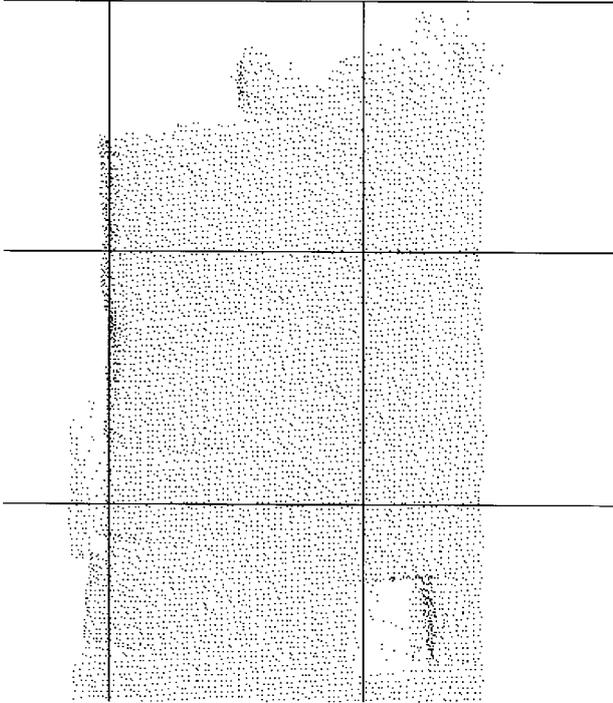
【 図 1 9 】



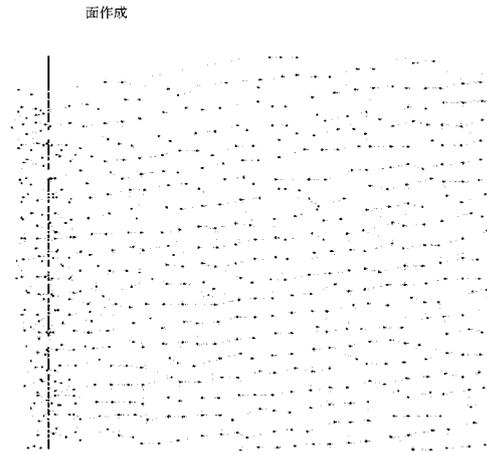
【 図 2 0 】



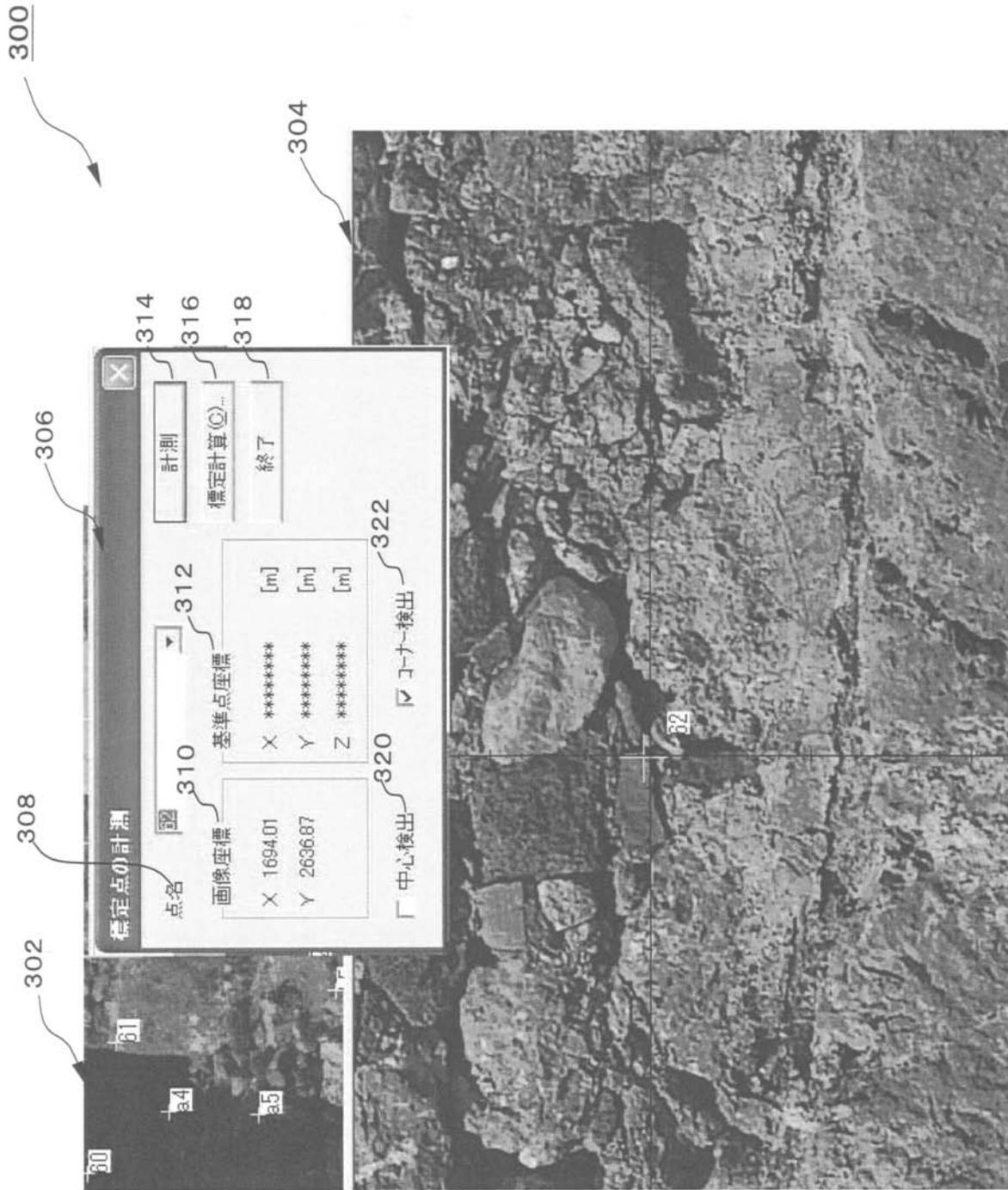
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

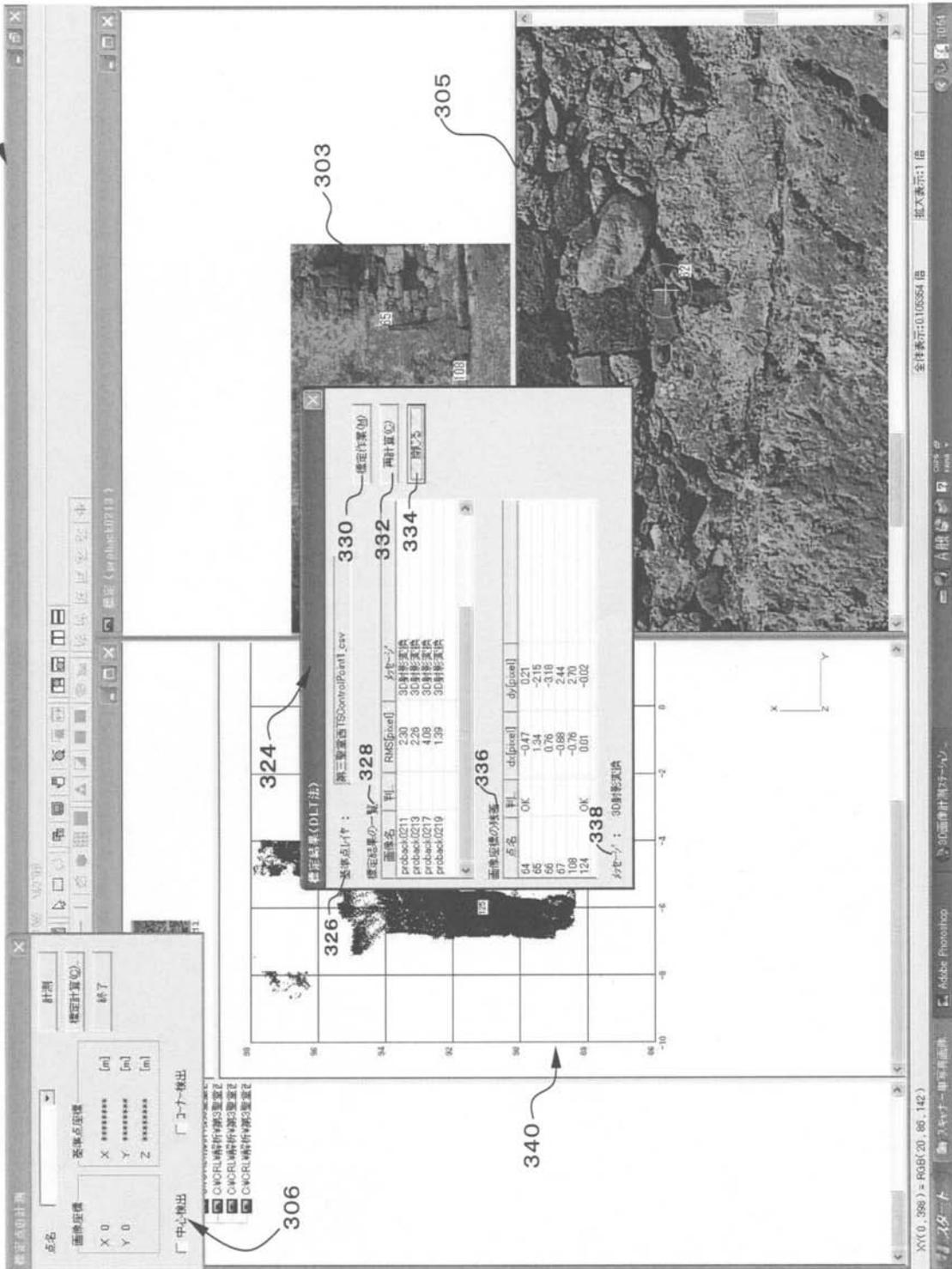


【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

300



フロントページの続き

(72)発明者 大谷 仁志

東京都板橋区蓮沼町7 5番1号 株式会社トプコン内

(72)発明者 伊藤 忠之

東京都板橋区蓮沼町7 5番1号 株式会社トプコン内

(72)発明者 高地 伸夫

東京都板橋区蓮沼町7 5番1号 株式会社トプコン内

Fターム(参考) 5B050 AA09 BA13 BA15 DA02 DA07 EA04 EA18 EA30 FA02

5B057 BA24 CA08 CA13 CA16 CB08 CB13 CB16 CD14 DA07 DB03

DB09 DC06 DC22 DC32