

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5557705号
(P5557705)

(45) 発行日 平成26年7月23日 (2014. 7. 23)

(24) 登録日 平成26年6月13日 (2014. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 11/06 (2006. 01)

G O 1 C 11/06

G O 1 B 11/24 (2006. 01)

G O 1 B 11/24

K

G O 6 T 15/00 (2011. 01)

G O 6 T 15/00

1 O O A

G O 6 T 19/00 (2011. 01)

G O 6 T 19/00

A

G O 6 T 1/00 (2006. 01)

G O 6 T 1/00

3 1 5

請求項の数 14 (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-252360 (P2010-252360)
 (22) 出願日 平成22年11月10日 (2010. 11. 10)
 (65) 公開番号 特開2012-103134 (P2012-103134A)
 (43) 公開日 平成24年5月31日 (2012. 5. 31)
 審査請求日 平成25年11月6日 (2013. 11. 6)

(73) 特許権者 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号
 (74) 代理人 100097320
 弁理士 宮川 貞二
 (74) 代理人 100100398
 弁理士 柴田 茂夫
 (74) 代理人 100131820
 弁理士 金井 俊幸
 (74) 代理人 100155192
 弁理士 金子 美代子
 (72) 発明者 森山 拓哉
 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社
 トプコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造物モデル作成装置及びその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

構造物の表面を構成する測定対象面で、標識面上に一直線上にない 3 以上のマーク位置を検出するための位置検出用マークとコード付き標識を識別するためのコードパターンとを有するコード付き標識を配置した測定対象面を、前記コード付き標識が含まれるようにそれぞれ異なる方向から撮影した 2 以上の撮影画像を測定対象面画像群として取得する画像データ取得部と；

前記画像データ取得部で取得された測定対象面画像群から、前記コード付き標識毎に前記 3 以上の位置検出用マークと前記コードパターンとを抽出する抽出部と；

前記抽出部で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る識別コード読取部と

10

；
 前記抽出部で抽出された 3 以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求めるマーク位置検出部と；

前記マーク位置検出部で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、又は前記識別コード読取部で読み取られた識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するように前記コード付き標識をグループ分けする標識グループ化部と；

前記標識グループ化部で同一グループに属するとされたコード付き標識の位置検出用マークの位置座標を用いて当該グループに対応する測定対象面の面方程式を算出する面方程式算出部と；

20

1つのグループに対応する測定対象面の面方程式と他の1つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、前記1つのグループに対応する測定対象面と前記他の1つのグループに対応する測定対象面との交線を求める交線算出部と；

前記標識グループ化部で1つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、又は前記1つのグループに対応する測定対象面と他の各グループに対応する測定対象面との交線の位置関係に基づいて、前記1つのグループに対応する測定対象面に隣接する隣接測定対象面を特定する隣接面特定部と；

前記面方程式算出部で面方程式が算出された各グループに対応する測定対象面と、前記交線算出部で求められた交線のうち前記各グループに対応する測定対象面と隣接測定対象面との交線とを表示する表示部とを備える；

10

構造物モデル作成装置。

【請求項2】

前記標識グループ化部は、前記マーク位置検出部で求められた位置検出用マークの位置座標から当該位置検出用マークを有するコード付き標識の面方向又は法線方向を求める標識方向検出部と、

前記標識方向検出部で求められたコード付き標識の面方向又は法線方向と前記マーク位置検出部で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するように前記コード付き標識をグループ分けする第1のグループ化部とを有する；

20

請求項1に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項3】

前記標識グループ化部は、前記識別コード読取部で読み取られた前記コード付き標識の識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するように前記コード付き標識をグループ分けする第2のグループ化部を有する；

請求項1に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項4】

前記隣接面特定部は、前記標識グループ化部で1つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、前記1つのグループに対応する測定対象面に隣接する隣接測定対象面を特定し；

30

前記交線算出部は、前記1つのグループに対応する測定対象面の面方程式と前記隣接面特定部で特定された隣接測定対象面の面方程式より、前記1つのグループに対応する測定対象面と前記隣接測定対象面との交線を求める；

請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項5】

前記交線算出部は、前記1つのグループに対応する測定対象面の面方程式と他の1つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、前記1つのグループに対応する測定対象面と前記他の1つのグループに対応する測定対象面との交線を求め；

前記隣接面特定部は、前記交線算出部で求められた交線の位置関係に基づいて、前記1つのグループに対応する測定対象面に隣接する隣接測定対象面を特定する；

40

請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項6】

前記交線算出部で算出された複数の交線が交差する位置を前記測定対象面のコーナーと特定するコーナー特定部を備える；

請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項7】

前記測定対象面として、面方程式が2次曲面で表現可能又は2次曲面で近似的に表現可能な曲面を含み；

前記面方程式算出部は、前記曲面の面方程式を2次曲面として算出する；

請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の構造物モデル作成装置。

50

【請求項 8】

前記測定対象面として、面方程式が多数の平面の集まりとして近似的に表現可能な曲面を含み；

前記面方程式算出部は、前記曲面の面方程式を多数の平面の集まりとして算出する；

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 9】

前記隣接面特定部は、前記標識グループ化部で同一グループに属するとされたコード付き標識のそれぞれの仮重心を求め、前記同一グループに属するとされたコード付き標識のそれぞれの仮重心から前記同一グループに対応する測定対象面の仮重心を求め、それぞれの測定対象面について求められた仮重心の配置に基づいて、1つのグループに対応する測定対象面に隣接する隣接測定対象面を特定する；

請求項 4 に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 10】

前記隣接面特定部は、前記標識グループ化部で各グループに属するとされたコード付き標識について、1つのグループに対応する測定対象面において、当該測定対象面を2次元座標で表わしたときに座標軸の両側で座標軸から最も離れて配置されたコード付き標識に最も近いコード付き標識を有する異なるグループに対応する測定対象面を前記隣接測定対象面として特定する；

請求項 4 に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 11】

前記測定対象面について測定された位置座標を、主要な測定対象面が三次元直交座標系の2つの主軸に平行になるように座標変換する座標変換部を備える；

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 12】

前記コード付き標識を、前記識別コード読取部で読み取られた識別コード、前記方向検出部で求められた位置検出用マークの位置座標、前記標識グループ化部でグループ分けされたグループ及び当該グループに対応する測定対象面と関連付けて記憶する標識記憶部を備える；

請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 13】

前記第1のグループ化部は、前記方向検出部で求められたコード付き標識の面方向又は法線方向に対して所定の閾値を設定し、前記コード付き標識の面方向又は法線方向が前記所定の閾値内に入る場合は、当該コード付き標識は同一グループと判定し、前記所定の閾値を越える場合は、当該コード付き標識は別グループと判定する；

請求項 2 に記載の構造物モデル作成装置。

【請求項 14】

構造物の表面を構成する測定対象面で、標識面上に一直線上にない3以上のマーク位置を検出するための位置検出用マークとコード付き標識を識別するためのコードパターンとを有するコード付き標識が配置された測定対象面を、前記コード付き標識が含まれるようにそれぞれ異なる方向から撮影した2以上の撮影画像を測定対象面画像群として取得する撮影画像取得工程と；

前記撮影画像取得工程で取得された測定対象面画像群から、前記コード付き標識毎に前記3以上の位置検出用マークと前記コードパターンとを抽出する抽出工程と；

前記抽出工程で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る識別コード読取工程と；

前記抽出工程で抽出された3以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求めるマーク位置検出工程と；

前記マーク位置検出工程で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、又は前記識別コード読取工程で読み取られた識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するように前記コード付き標識をグループ分けする

10

20

30

40

50

標識グループ化工程と；

前記標識グループ化工程で同一グループに属するとされたコード付き標識の位置検出用マークの位置座標を用いて当該グループに対応する測定対象面の面方程式を算出する面方程式算出工程と；

前記１つのグループに対応する測定対象面の面方程式と他の１つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、前記１つのグループに対応する測定対象面と前記他の１つのグループに対応する測定対象面との交線を求める交線算出工程と；

前記標識グループ化工程で１つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、又は前記１つのグループに対応する測定対象面と他の各グループに対応する測定対象面との交線の位置関係に基づいて、前記１つのグループに対応する測定対象面に隣接する隣接測定対象面を特定する隣接面特定工程と；

10

前記面方程式算出工程で面方程式が算出された各グループに対応する測定対象面と、前記交線算出工程で求められた交線のうち前記各グループに対応する測定対象面と隣接測定対象面との交線とを表示する表示工程とを備える；

構造物モデル作成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は構造物モデル作成装置及びその方法に関する。詳しくは、多数の面で構成される構造物の面の配置を自動的に測定し、その構造物モデルを自動的に作成する構造物モデル作成装置及びその方法に関する。

20

【背景技術】

【０００２】

従来、構造物モデル、例えば建造物の室内モデルの作成、画像表示に際しては、面（壁、床、天井等）、線（境界等）、点（特徴点、頂点、隅等）等のデータの読み込み、入力等の人手を介する処理が多く、処理に多大の時間を要していた。

他方、発明者達は三次元計測用にカラーコードターゲットを開発した。カラーコードターゲットは識別コードとしてカラーコードを用いており、これによりターゲットを個別に識別可能である。（特許文献１参照）

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２００７－１０１２７７号公報（段落００２４～００７４、図１～図２０）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

構造物モデルの作成には、処理に多大の時間を要するという問題があった。そこで、この問題を解決するために、構造物モデル作成の自動化を図ることとした。

40

【０００５】

本発明は、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

構造物モデル作成の自動化を図るためには、構造物モデル自動作成のための装置構成と各部の機能及び自動化のプロセスを明確にする必要がある。特に、三次元計測の自動化より一歩進めて、構造物の面や境界線の三次元座標をきちんと確定して構造物モデル及びモデル画像を作成し、三次元表示するまでの自動化を図る必要がある。ここでは、カラーコ

50

ードターゲットを利用して、その自動化を図ることとした。なお、終局的には自動化を目指す、大部分の工程を自動化でき、処理を大幅に効率化できれば、また、非常に複雑、入り組んだ、或いは繊細、緻密な部分を含む構造物の場合には、一部を操作者の指示入力等で補って構造物モデルを作成しても良いこととした。

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の第1の態様に係る構造物モデル作成装置1は、例えば図1に示すように、構造物の表面を構成する測定対象面2で、標識面上に一直線上にない3以上のマーク位置を検出するための位置検出用マークとコード付き標識を識別するためのコードパターンとを有するコード付き標識CTを配置した測定対象面2を、コード付き標識CTが含まれるようにそれぞれ異なる方向から撮影した2以上の撮影画像3を測定対象面画像群として取得する画像データ取得部4と、画像データ取得部4で取得された測定対象面画像群から、コード付き標識CT毎に3以上の位置検出用マークとコードパターンとを抽出する抽出部61と、抽出部61で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る識別コード読取部62と、抽出部61で抽出された3以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求めるマーク位置検出部63と、マーク位置検出部63で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、又は識別コード読取部62で読み取られた識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識CTが同一グループに属するようにコード付き標識CTをグループ分けする標識グループ化部71と、標識グループ化部71で同一グループに属するとされたコード付き標識CTの位置検出用マークの位置座標を用いて当該グループに対応する測定対象面2の面方程式を算出する面方程式算出部72と、1つのグループに対応する測定対象面2の面方程式と他の1つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、1つのグループに対応する測定対象面2と他の1つのグループに対応する測定対象面との交線を求める交線算出部74と、標識グループ化部71で1つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、又は1つのグループに対応する測定対象面2と他の各グループに対応する測定対象面との交線の位置関係に基づいて、1つのグループに対応する測定対象面2に隣接する隣接測定対象面を特定する隣接面特定部73と、面方程式算出部72で面方程式が算出された各グループに対応する測定対象面と、交線算出部74で求められた交線のうち各グループに対応する測定対象面と隣接測定対象面との交線とを表示する表示部12とを備える。

【0008】

ここにおいて、構造物の表面には、建造物、船舶その他の輸送手段等の外面又は内面、例えば、室内の壁・床・天井等の面が含まれる。また、コード付き標識のコードパターンとして典型的にはカラーコードパターンを使用できるが、バーコードや二次元バーコード等のパターンを使用しても良く、位置検出用マークとして、典型的にはレトロターゲットを使用できるが、白黒の十字マーク等を使用しても良い。また、カラーコードターゲットは、典型的には標識面上に3つの位置検出用マークとコードパターンを含むが、位置検出用マーク数、コードパターンの形状、色彩等多様な態様が有り得る。また、測定対象面に貼付するカラーコードターゲットは2個あれば、位置検出用マーク数は6になり、標定が可能となり、面方程式を良い精度で得ることが可能になる。なお、平面度の良い測定対象面についてはカラーコードターゲットが1個でも、3つの位置検出用マークを通る面を特定できるので、面方程式を得ることができる。また、面方程式は、測定対象面にある一直線上にない3以上の位置検出用マークの位置座標から求められるが、面精度を高くするには、できるだけ離れた3点以上の点を用いるのが好ましく、このため、例えば、直線で結ぶと面内で最大面積の三角形を形成するような3つのコード付き標識から、それぞれ1つの位置検出用マークを抽出して用いるのが好ましい。

【0009】

また、測定対象面は平面に限られず、曲面でも良い。例えば、測定対象面を2次曲面で近似しても良く、多数の平面で近似しても良い。前者の場合は、当該対象面を1つの面として扱うことができ、後者の場合は平面だけの場合に準じて扱うことができる。また、グ

グループ分けは、1回に限られず、例えば、まず法線方向でグループ分けし、次に面対応でグループ分けを行なっても良い。また、交線算出と隣接測定対象面の特定の順序はどちらを先に行なっても良い。すなわち、コード付き標識の相互の位置関係に基づいて隣接測定対象面を特定し、隣接測定対象面間の交線を求めても良く、測定対象面間の交線を求め、測定対象面との交線の位置関係に基づいて隣接測定対象面を特定しても良い。後者の場合、隣接測定対象面を特定することにより、隣接測定対象面間の交線も求まる。

【0010】

本態様のように構成すると、コード付き標識を使用し、構造物モデル自動作成のための装置構成と各部の機能を明確にしたので、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置を提供できる。

10

【0011】

また、本発明の第2の態様に係る構造物モデル作成装置1は、第1の態様において、例えば図1に示すように、標識グループ化部71は、マーク位置検出部63で求められた位置検出用マークの位置座標から当該位置検出用マークを有するコード付き標識CTの面方向又は法線方向を求める標識方向検出部711と、標識方向検出部711で求められたコード付き標識CTの面方向又は法線方向とマーク位置検出部63で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するようにコード付き標識CTをグループ分けする第1のグループ化部712Aとを有する。

20

【0012】

ここにおいて、コード付き標識CTの面方向又は法線方向は、コード付き標識CTが一直線上にない3以上の位置検出用マークを有するならば、これらの位置座標から求められる。本態様のように構成すると、測定対象面2の配置が不明でも、コード付き標識CTの位置に応じた局所的な面方向を得られ、コード付き標識CTを測定対象面2に対応付けてグループ化できる。

【0013】

また、本発明の第3の態様に係る構造物モデル作成装置1Aは、第1の態様において、例えば図15に示すように、標識グループ化部71は、識別コード読取部62で読み取られたコード付き標識CTの識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するようにコード付き標識CTをグループ分けする第2のグループ化部712Bを有する。

30

このように構成すると、コード付き標識CTの識別コードを用いてグループ分けするので、コード付き標識CTを容易にグループ化できる。

【0014】

また、本発明の第4の態様に係る構造物モデル作成装置1は、第1ないし第3のいずれかの態様において、例えば図8又は図18に示すように、隣接面特定部73は、標識グループ化部71で1つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、1つのグループに対応する測定対象面2に隣接する隣接測定対象面を特定し、交線算出部74は、1つのグループに対応する測定対象面2の面方程式と隣接面特定部73で特定された隣接測定対象面の面方程式より、1つのグループに対応する測定対象面2と隣接測定対象面との交線を求める。

40

このように構成すると、隣接測定対象面を求めてから交線を求めるので、交線を求める演算を隣接測定対象面間の交線に限定でき、処理時間を節約できる。

【0015】

また、本発明の第5の態様に係る構造物モデル作成装置1Bは、第1ないし第3のいずれかの態様において、例えば図19及び図8(b)に示すように、交線算出部74は、1つのグループに対応する測定対象面2の面方程式と他の1つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、1つのグループに対応する測定対象面2と他の1つのグループに対応する測定対象面との交線を求め、隣接面特定部73は、交線算出部74で求められた交

50

線の位置関係に基づいて、１つのグループに対応する測定対象面２に隣接する隣接測定対象面を特定する。

このように構成すると、１つのグループに対応する測定対象面２内で、面の両側で最も内側に位置する交線により隣接測定対象面を特定できるので、隣接測定対象面の特定が確実である。

【００１６】

また、本発明の第６の態様に係る構造物モデル作成装置１は、第１ないし第５のいずれかの態様において、例えば図１に示すように、交線算出部７４で算出された複数の交線が交差する位置を測定対象面２のコーナーと特定するコーナー特定部７５を備える。

このように構成すると、交線に次いで、コーナーの位置座標を求められ、構造物モデルの完成度が高くなる。

【００１７】

また、本発明の第７の態様に係る構造物モデル作成装置は、第１ないし第６のいずれかの態様において、例えば図２３に示すように、測定対象面２として、面方程式が２次曲面で表現可能又は２次曲面で近似的に表現可能な曲面を含み、面方程式算出部７２は、曲面の面方程式を２次曲面として算出する。

【００１８】

ここにおいて、測定対象面として平面と曲面が並存しても良く、曲面は単数でも複数でも良い。また、ここでは、２次曲面としたが、３次曲面その他の曲面でも関数で表現可能であれば、曲面の面方程式を算出できる可能性がある。

本態様のように構成すると、測定対象面が曲面の場合にも、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、自動的に構造物モデルを作成し、表示可能な構造物モデル作成装置を提供できる。また、曲面を１つの測定対象面として扱うことができる。

【００１９】

また、本発明の第８の態様に係る構造物モデル作成装置は、第１ないし第６のいずれかの態様において、測定対象面２として、面方程式が多数の平面の集まりとして近似的に表現可能な曲面を含み、面方程式算出部７２は、曲面の面方程式を多数の平面の集まりとして算出する。

このように構成すると、測定対象面が曲面の場合にも、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置を提供できる。また、曲面を多数の平面に分割するので、平面だけの場合に準じた処理ができる。

【００２０】

また、本発明の第９の態様に係る構造物モデル作成装置は、第４の態様において、例えば図８に示すように、隣接面特定部７３は、標識グループ化部７１で同一グループに属するとされたコード付き標識のそれぞれの仮重心を求め、同一グループに属するとされたコード付き標識ＣＴのそれぞれの仮重心から同一グループに対応する測定対象面２の仮重心を求め、それぞれの測定対象面について求められた仮重心の配置に基づいて、１つのグループに対応する測定対象面２に隣接する隣接測定対象面を特定する。

【００２１】

ここにおいて、コード付き標識の仮重心は、その重心の近くに位置する点であれば良く、コード付き標識の仮重心として、例えばコード付き標識の重心、コード付き標識のいずれかの位置検出マークの重心を使用できる。また、測定対象面の仮重心は、およそ測定対象面の重心の近くに位置すると予測される点であれば良く、例えば、測定対象面内の３以上のコード付き標識の重心を結ぶ多角形の重心を用いても良い。また、例えば、直線で結ぶと面内で最大面積の三角形を形成するような３つのコード付き標識で形成される三角形の重心を用いても良い。また、仮重心の配置に基づいて特定するとは、例えば、各測定対象面の仮重心を結ぶ多角形の重心に対して、各測定対象面の仮重心の方位の順序に従って、隣接する測定対象面を隣接測定対象面と特定しても良い。

本態様のように構成すると、面方程式で表現された面の配置の順序で隣接測定対象面を高精度で定められる。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の第 1 0 の態様に係る構造物モデル作成装置は、第 4 の態様において、例えば図 1 8 に示すように、隣接面特定部 7 3 は、標識グループ化部 7 1 で各グループに属するとされたコード付き標識 C T について、1 つのグループに対応する測定対象面 2 において、当該測定対象面 2 を 2 次元座標で表わしたときに座標軸の両側で座標軸から最も離れて配置されたコード付き標識 C T に最も近いコード付き標識を有する異なるグループに対応する測定対象面を隣接測定対象面として特定する。

ここにおいて、座標軸として、典型的には垂直軸と水平軸が選ばれる。1 つの壁面に対して隣接壁面を特定する場合には、垂直軸に対して最も離れて配置されたコード付き標識、すなわち、水平軸座標が正負側でそれぞれ最大のコード付き標識からの距離が比較される。

10

本態様のように構成すると、コード付き標識間の距離を比較することにより、比較的簡易に隣接測定対象面を定められる。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の第 1 1 の態様に係る構造物モデル作成装置は、第 1 ないし第 1 0 のいずれかの態様において、例えば図 9 に示すように、測定対象面 2 について測定された位置座標を、主要な測定対象面が三次元直交座標系の 2 つの主軸に平行になるように座標変換する座標変換部 8 1 を備える。

20

このように構成すると、主要な測定対象面（壁、天井、床等）が、2 つの主軸に平行な面（ $x y$ 面、 $x z$ 面、 $y z$ 面に平行な面）になるので、処理が簡素になる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の第 1 2 の態様に係る構造物モデル作成装置は、第 1 ないし第 1 1 のいずれかの態様において、例えば図 1 に示すように、コード付き標識 C T を、識別コード読取部 6 2 で読み取られた識別コード、標識方向検出部 7 1 1 で求められた位置検出用マークの位置座標、標識グループ化部 7 1 でグループ分けされたグループ及び当該グループに対応する測定対象面 2 と関連付けて記憶する標識記憶部 5 2 を備える。

このように構成すると、コード付き標識の識別機能を活かして、各コード付き標識 C T を識別して位置座標、測定対象面等と対応付けて記憶するので、構造物モデル作成の自動化に有効である。

30

【 0 0 2 5 】

また、本発明の第 1 3 の態様に係る構造物モデル作成装置は、第 2 の態様において、例えば図 6 (d) に示すように、第 1 のグループ化部 7 1 2 A は、標識方向検出部 7 1 1 で求められたコード付き標識 C T の面方向又は法線方向に対して所定の閾値を設定し、コード付き標識 C T の面方向又は法線方向が所定の閾値内に入る場合は、当該コード付き標識は同一グループと判定し、所定の閾値を越える場合は、当該コード付き標識は別グループと判定する。

このように構成すると、閾値を用いることにより、グループに所属するか否かを簡易に判定できる。

40

【 0 0 2 6 】

また、本発明の第 1 4 の態様に係る構造物モデル作成方法は、例えば図 4 に示すように、構造物の表面を構成する測定対象面 2 で、標識面上に一直線上にない 3 以上のマーク位置を検出するための位置検出用マークとコード付き標識を識別するためのコードパターンとを有するコード付き標識 C T が配置された測定対象面 2 を、コード付き標識 C T が含まれるようにそれぞれ異なる方向から撮影した 2 以上の撮影画像 3 を測定対象面画像群として取得する撮影画像取得工程 (S 1 1 0) と、撮影画像取得工程 (S 1 1 0) で取得された測定対象面画像群から、コード付き標識 C T 毎に 3 以上の位置検出用マークとコードパターンとを抽出する抽出工程 (S 1 1 2) と、抽出工程 (S 1 1 2) で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る識別コード読取工程 (S 1 1 4) と、抽出工程 (S 1

50

12)で抽出された3以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求めるマーク位置検出工程(S116)と、マーク位置検出工程(S116)で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、又は識別コード読取工程(S114)で読み取られた識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するようにコード付き標識CTをグループ分けする標識グループ化工程(S120)と、標識グループ化工程(S120)で同一グループに属するとされたコード付き標識の位置検出用マークの位置座標を用いて当該グループに対応する測定対象面の面方程式を算出する面方程式算出工程(S130)と、1つのグループに対応する測定対象面2の面方程式と他の1つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、1つのグループに対応する測定対象面2と他の1つのグループに対応する測定対象面との交線を求める交線算出工程(S155)と、標識グループ化工程(S120)で1つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、又は1つのグループに対応する測定対象面2と他の各グループに対応する測定対象面との交線の位置関係に基づいて、1つのグループに対応する測定対象面2に隣接する隣接測定対象面を特定する隣接面特定工程(S150)と、面方程式算出工程(S130)で面方程式が算出された各グループに対応する測定対象面2と、交線算出工程(S155)で求められた交線のうち各グループに対応する測定対象面と隣接測定対象面との交線とを表示する表示工程(S185)とを備える。

10

【0027】

ここにおいて、本態様に係る発明は第1の態様に係る構造物モデル作成装置1に対応する方法の発明である。

20

本態様のように構成すると、コード付き標識を使用し、構造物モデル作成の処理手順を明確にしたので、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成方法を提供できる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0029】

【図1】実施例1に係る構造物モデル作成装置の構成例を示す図である。

【図2】カラーコードターゲットの例を示す図である。

【図3】レトロターゲットの重心位置検出を説明するための図である。

【図4】実施例1に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す図である。

【図5】面の法線方向と面方程式について説明するための図である。

【図6】カラーコードターゲットのグループ化(その1)を説明するための図である。

【図7】カラーコードターゲットのグループ化(その2)を説明するための図である。

【図8】面の位置関係の決定を説明するための図である。

【図9】座標変換の例を示す図である。

40

【図10】コーナ点の算出を説明するための図である。

【図11】室内モデルの例を示す図である。

【図12】室内モデルの三次元座標の出力結果(その1)を示す図である。

【図13】室内モデルの三次元座標の出力結果(その2)を示す図である。

【図14】室内モデル作成の全体フローを概略的に示す図である。

【図15】実施例2に係る構造物モデル作成装置の構成例を示す図である。

【図16】実施例2に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す図である。

【図17】実施例2におけるカラーコードターゲットのグループ化を説明するための図である。

【図18】実施例3における面の位置関係の決定を説明するための図である。

50

【図 19】実施例 4 に係る構造物モデル作成装置の構成例を示す図である。
【図 20】実施例 4 に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す図である。
【図 21】実施例 5 に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す図である。
【図 22】実施例 6 に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す図である。
【図 23】面が曲面を含む例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。尚、各図において、互いに同一又は相当する部分には同一符号を付し、重複した説明は省略する。

【実施例 1】

【0031】

実施例 1 では、室内の壁面（測定対象面）に貼付されたカラーコードターゲット（コード付き標識）C T の法線方向を用いてカラーコードターゲット C T をグループ分けし、室内モデルを自動作成する例を説明する。

【0032】

〔装置構成〕

図 1 に、本実施例における構造物モデル作成装置 1 の構成例を示す。

本実施例における構造物モデル作成装置 1 は、構造物のモデルを自動的に作成することを目指した装置である。例えば、リフォームを目的として室内の壁、床、天井等の配置と三次元座標を自動的に計測し、三次元の構造物モデル及びモデル画像を自動的に作成し、立体的に画像表示できるようにする。構造物モデル作成装置 1 は、コード付き標識（例えばカラーコードターゲット C T ）を複数配置した測定対象面 2 の撮影画像 3 を取得する画像データ取得部 4 、取得した撮影画像 3 等を記憶する記憶部 5 、撮影画像 3 からコード付き標識を抽出し、識別コードを読み取り、マーク位置座標を求めるターゲット検出部 6 、ターゲット検出部 6 で求められた識別コードとマーク位置座標に基づいてコード付き標識が貼付された測定対象面 2 の面方程式、2 つの測定対象面 2 の交線を求め、コード付き標識を測定対象面 2 に対応にグループ分けする等の演算を行なう演算部 7 、モデル画像の作成、モデル画像に対する座標変換等の画像処理を行う画像処理部 8 、キーボード、マウス等を用いてデータ・コマンド等の入力・操作を行なう入力部 11 、液晶ディスプレイ等を用いて室内モデル、撮影画像 3 等を表示する表示部 12 、構造物モデル作成装置 1 及びその各部を制御して、構造物モデル作成装置としての機能を発揮させる制御部 9 等を備える。

【0033】

画像データ取得部 4 は、測定対象面 2 を撮影する撮影部 41 、撮影部 41 で撮影した撮影画像 3 を取得して、記憶部 5 に記憶させるデータ取得部 42 を有する。なお、撮影部 41 を有せず、データ取得部 42 は他の撮影装置で撮影した撮影画像を当該他の撮影装置から取得しても良い。

記憶部 5 は、撮影画像を記憶する撮影画像記憶部 51 、カラーコードターゲット等の標識及び標識データを記憶する標識記憶部 52 、グループ分けのための閾値を記憶する閾値記憶部 53 、演算部 7 での演算データを記憶する演算データ記憶部 54 等を有する。

【0034】

ターゲット検出部 6 は、画像データ取得部 4 で取得された測定対象面の撮影画像からコード付き標識 C T 毎に 3 以上の位置検出用マークとコードパターンとを抽出する抽出部 61 、抽出部 61 で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る識別コード読取部 62 、抽出部 61 で抽出された 3 以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求めるマーク位置検出部 63 を有する。

【0035】

演算部 7 は、マーク位置検出部 63 で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、又は識別コード読取部 62 で読み取られた識別コードに基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識が同一グループに属するようにコード付き標識 C T をグループ分けする標識グループ化部 71 、標識グループ化部 71 で同一グループに属するとされた

10

20

30

40

50

複数のコード付き標識の位置検出用マークの位置座標を用いて当該グループに対応する測定対象面の面方程式を算出する面方程式算出部 7 2、標識グループ化部 7 1 で各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、又は 1 つのグループに対応する測定対象面 2 と他の各グループに対応する測定対象面との交線の位置関係に基づいて 1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する隣接面特定部 7 3、1 つのグループに対応する測定対象面 2 の面方程式と他の各グループに対応する測定対象面の面方程式より、1 つのグループに対応する測定対象面 2 と他の 1 つのグループに対応する測定対象面との交線を求める交線算出部 7 4、交線算出部 7 4 で算出された複数の交線が交差する位置を測定対象面 2 のコーナーと特定するコーナー特定部 7 5、マーク位置や特徴点等の三次元座標を求める三次元座標演算部 7 6 を有する。

10

【0036】

標識グループ化部 7 1 は、マーク位置検出部 6 3 で求められた位置検出用マークの位置座標から当該位置検出用マークを有するコード付き標識 C T の面方向又は法線方向を求める標識方向検出部 7 1 1 と、標識方向検出部 7 1 1 で求められたコード付き標識 C T の面方向又は法線方向とマーク位置検出部 6 3 で求められた位置検出用マークの位置座標に基づいて、同一測定対象面に配置されたコード付き標識 C T が同一グループに属するようにコード付き標識 C T をグループ分けする第 1 のグループ化部 7 1 2 A とを有する。また、隣接面特定部 7 3 は、測定対象面相互の位置関係を決定する面位置関係決定部 7 3 1 と、面位置関係決定部 7 3 1 で決定された位置関係に基づいて隣接測定対象面を特定する第 1 の面特定部 7 3 2 A を有する。

20

【0037】

画像処理部 8 は、モデル画像に対して座標変換を行なう座標変換部 8 1、構造物（室内構造を含む）のモデル画像を作成するモデル画像作成部 8 2 を有する他に、撮影画像やモデル画像に対して所定の方角から見た画像を作成する、画像を拡大縮小する、着色する等の画像処理を行う。

【0038】

画像データ取得部 4 のデータ取得部 4 2、ターゲット検出部 6、演算部 7、画像処理部 8、制御部 9 の機能はパーソナルコンピュータ（P C）10 で実現可能であり、本実施例ではパーソナルコンピュータ（P C）10 内に構成されるものとする。

【0039】

[カラーコードターゲット]

図 2 にコード付き標識としてのカラーコードターゲット C T の例を示す。図 2（a）はカラーコードの単位領域が 3 個、図 2（b）は 6 個、図 2（c）は 9 個のカラーコードターゲットである。図 2（a）～（c）のカラーコードターゲット C T（C T 1～C T 3）は、位置検出用パターンから成るレトロターゲット部 P 1、基準色パターンから成る基準色部 P 2、カラーコードパターンから成るカラーコード部 P 3、例えば空パターンから成る白色部 P 4 で構成されている。これら、レトロターゲット部 P 1、基準色部 P 2、カラーコード部 P 3、白色部 P 4 はカラーコードターゲット C T 1 内の所定の位置に配置される。すなわち、基準色パターン、カラーコードパターン、空パターンは位置検出用パターンに対して所定の位置関係に配置される。

40

【0040】

レトロターゲット部 P 1 は、位置検出用マークとして機能し、ターゲット自体の検出用、ターゲットの位置検出用、ターゲットの傾斜検出用として使用される。3 つのレトロターゲット部 P 1 は一直線上にない 3 以上のマークとして機能する。

【0041】

基準色部 P 2 は、照明やカメラ等の撮影条件による色のズレに対応するために、相対比較時の参照用、色ズレを補正するためのカラーキャリブレーション用として使用される。さらに、基準色部 P 2 は、簡易な方法で作成されたカラーコードターゲット C T の色彩補正用として使用できる。例えば、色管理がなされていないカラープリンター（インクジェット・レーザー・昇華型等のプリンタ）で印刷したカラーコードターゲット C T を使用す

50

る場合は、使用プリンタ等で色彩に個体差が出るが、基準色部 P 2 とカラーコード部 P 3 の色を相対比較し補正することで、個体差の影響を押さえることができる。

【 0 0 4 2 】

カラーコード部 P 3 は、その各単位領域への配色の組み合わせによってコードを表現する。コードに使用するコード色の数により表現可能なコード数が変化する。例えば、コード色数が n で単位領域数が 3 の場合、 $n \times n \times n$ 通りのコードを表せる。信頼度を上げるため、他の単位領域に使用されている色を重複して使用しないという条件を課した場合でも、 $n \times (n - 1) \times (n - 2)$ 通りのコードを表せる。そして、コード色数を増やせばコード数を増加できる。さらに、カラーコード部 P 3 の単位領域の数とコード色数を等しくするという条件を課すと、全てのコード色がカラーコード部 P 3 に使用されるため、基準色部 P 2 との比較のみでなく、カラーコード部 P 3 の各単位領域間で色を相対比較することにより、各単位領域の色彩を確認して識別コードを決定することができ、信頼性を上げることができる。さらに、各単位領域の面積を全て同じにする条件を追加すると、カラーコードターゲット C T を画像中から検出する際にも使用できる。これは、異なる識別コードをもつカラーコードターゲット C T 間でも各色の占有する面積が同じになるため、カラーコード部 P 3 全体からの検出光からはほぼ同様な分散値が得られるからである。また、単位領域間の境界は等間隔に繰り返され、明確な色彩差が検出されるので、このような検出光の繰り返しパターンからもカラーコードターゲット C T を画像中から検出することが可能である。

【 0 0 4 3 】

白色部 P 4 は、カラーコードターゲット C T の傾斜検出用と色ズレのキャリブレーション用として使用される。カラーコードターゲット C T の四隅の内、一カ所だけレトロターゲットが配置されない箇所があり、これをカラーコードターゲット C T の傾斜検出用として使用できる。このように白色部 P 4 はレトロターゲットと異なるパターンであれば良い。したがって、白色部には目視でコードを確認するための番号などの文字列を印刷しても良く、また、バーコード等のコード領域として使用しても良い。さらに、検出精度を上げるために、テンプレートマッチング用のテンプレートパターンとして使用することも可能である。

【 0 0 4 4 】

[カラーコードターゲットの検出]

次に、カラーコードターゲットの検出について説明する。まず、抽出部 6 1 にて、撮影画像記憶部 5 1 から処理対象の撮影画像 3 を抽出し、撮影画像 3 からカラーコードターゲット C T を抽出する。抽出方法として、(1) カラーコードターゲット C T 中の位置検出用パターン (レトロターゲット) を探索する方法、(2) カラーコード部 P 3 の色分散を検出する方法、あるいは (3) 彩色された位置検出用パターンを用いる方法など種々の方法がある。

【 0 0 4 5 】

(1) カラーコードターゲット C T にレトロターゲットが含まれている場合は、明度差が鮮明なパターンを使用するので、カメラの絞りを絞りフラッシュ撮影することにより、レトロターゲットのみが光った画像を取得でき、この像を 2 値化することにより簡単にレトロターゲットを検出できる。

【 0 0 4 6 】

図 3 はレトロターゲットの重心位置検出を説明するための図である。ただし、レトロターゲットでなく、黒地に白の塗装で形成した白色円形のターゲットでも処理は同様である。図 3 の例ではレトロターゲットは 2 つの同心円で形成されているが、外側が必ずしも円でなくとも良い。図 3 (A 1) は同心円のうち小円の内側である内円部 2 0 4 の明度が明るく、小円と大円との間に形成された円環状の部分である外円部 2 0 6 の明度が暗いレトロターゲット 2 0 0、図 3 (A 2) は (A 1) のレトロターゲット 2 0 0 の直径方向の明度分布図、図 3 (B 1) は内円部 2 0 4 の明度が暗く、外円部 2 0 6 の明度が明るいレトロターゲット 2 0 0、図 3 (B 2) は (B 1) のレトロターゲット 2 0 0 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3(A1)のように内円部204の明度が明るい場合は、測定対象物2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3(A2)のようになり、光量分布の閾値 T_0 からレトロターゲットの内円部204や中心位置を求めることが可能となる。レトロターゲットを使用すると、反射光量が大きく検出し易いという利点がある。白色円形のターゲットでは製作が容易である。

【0047】

ターゲットの存在範囲が決定されると、例えばモーメント法によって重心位置を算出する。例えば、図3(A1)に表記されたレトロターゲット200の平面座標を (x, y) とする。そして、レトロターゲット200の明度が、しきい値 T_0 以上の x, y 方向の点について、(式1)、(式2)を演算する(*は乗算演算子)。

$$xg = \{ x * f(x, y) \} / f(x, y) \quad \text{--- (式1)}$$

$$yg = \{ y * f(x, y) \} / f(x, y) \quad \text{--- (式2)}$$

(xg, yg) : 重心位置の座標、 $f(x, y)$: (x, y) 座標上の明度値

なお、図3(B1)に表記されたレトロターゲット200の場合は、明度が閾値 T_0 以下の x, y 方向の点について、(式1)、(式2)を演算する。これにより、レトロターゲット200の重心位置が求まる。

【0048】

(2) 通常、カラーコードターゲットCTのカラーコード部には多数のコード色が使用され、色の分散値が大であるという特徴がある。このため、分散値の大きい箇所を画像中から見出すことにより、カラーコードターゲットCTを検出できる。

(3) カラーコードターゲットCTに使用している3隅のレトロターゲットに異なる色をもたせ、それぞれのレトロターゲットが反射する色を異なるものにする。3隅のレトロターゲットに異なる色をもたせているため、1つのカラーコードターゲットに属する各レトロターゲットを判別しやすい。

【0049】

[処理フロー]

図4に構造物モデル作成の処理フロー例を示す。

例えば室内のリフォーム等の際に、室内の内面空間を精密に測定し、三次元座標空間に室内モデルを精密に再現することが行なわれる。この場合に、室内モデル、少なくともその内面(壁、天井、床を含む)及び交線(境界)を自動的に作成できれば、処理の効率化、信頼性向上に大いに寄与できる。ここでは、室内モデルの自動作成の処理フローについて説明する。

【0050】

まず、室内の内面(壁、天井、床を含む)にターゲットを貼付する(標識配置工程:S100)。ターゲットが貼付された位置の面(局所的な面)又は測定対象面2を確定するには3点以上の座標が必要なので、ターゲットとして3点以上の位置検出マークを有するものを使用すると好適である。本実施例におけるカラーコードターゲットCTは図2に示すように3点の位置検出マークを有するので、1つカラーコードターゲットCTで貼付された局所的な面を確定できる。また、測定対象面に貼付するカラーコードターゲットCTは2個あれば、位置検出用マーク数は6になり、標定が可能となり、面方程式を良い精度で得ることが可能になる。平面度の良い測定対象面についてはカラーコードターゲットCTが1個でも、3つの位置検出用マークを通る面を特定できるので、面方程式を得ることができる。また、測定対象面2を高精度に確定するためには、面内のなるべく離れた一直線上にない3点以上の位置にカラーコードターゲットCTを貼付することが好ましい。また、面積の大きい面に対しては、所定の面積毎に3点以上の位置にカラーコードターゲットCTを貼付することが好ましい。また、隣り合う2つの撮影画像については、隣り合う側でそれぞれ2つのカラーコードターゲットCTを共有し合うように撮影すると、測定対

10

20

30

40

50

象面の撮影画像を連続的に繋ぎ合わせられるので好ましい。

【 0 0 5 1 】

次に、カラーコードターゲット C T の三次元位置座標を取得する。このため、まず、カラーコードターゲット C T を貼付された測定対象面 2 を撮影する（撮影工程：S 1 0 5）。例えば、撮影部 4 1 にて、ステレオカメラを用いてカラーコードターゲット C T を貼付された測定対象面 2 の撮影画像 3 を撮影する、又は、単カメラを用いて 2 以上の方向からかかる測定対象面 2 の撮影画像 3 を撮影する。次に、データ取得部 4 2 にて、これらの撮影画像 3 を測定対象面画像群として取得し、撮影画像記憶部 5 1 に記憶する（撮影画像取得工程：S 1 1 0）。なお、他の撮影装置で撮影した撮影画像を当該他の撮影装置から取得しても良い。次に、抽出部 6 1 にて、撮影画像取得工程（S 1 1 0）で取得された測定対象面画像群から、カラーコードターゲット C T 毎に 3 以上の位置検出用マークとコードパターンとを抽出する（抽出工程：S 1 1 2）。次に、識別コード読取部 6 2 にて、抽出工程（S 1 1 2）で抽出されたコードパターンから識別コードを読み取る（識別コード読取工程：S 1 1 4）。また、マーク位置検出部 6 3 にて、抽出工程（S 1 1 2）で抽出された 3 以上の位置検出用マークから、位置検出用マークの位置座標を求める（マーク位置検出工程：S 1 1 6）。マーク位置の検出には図 3 のレトロターゲットの重心位置検出法を使用できる。各位置検出マークの三次元座標は、三次元座標演算部 7 6 にて、2 以上の撮影画像（測定対象面画像群）を用いて、対応点探索を行い、三角測量法等により演算して求める。

10

【 0 0 5 2 】

次に、カラーコードターゲット C T のグループ化を行なう（ターゲットグループ化工程：S 1 2 0）。検出された各カラーコードターゲット C T について、同一面に属するものを同一グループに、異なる面に属するものを異なるグループに分ける。まず、標識グループ化部 7 1 の標識方向検出部 7 1 1 にて、各カラーコードターゲット C T の 3 つの位置検出マークの三次元座標から、カラーコードターゲット C T が貼付された面の法線方向を求める（標識方向検出工程：S 1 1 8）。

20

【 0 0 5 3 】

図 5 は、面の法線方向と面方程式について説明するための図である。

例えば、

面方程式を、 $ax + by + cz + d = 0$ （式 3）

法線ベクトルを、 $v(a, b, c)$ （式 4）

と表すことができる。

30

まず、法線ベクトルが同じカラーコードターゲット C T を一つのグループにグループ化する。カラーコードターゲット C T の 3 つの位置検出マークの三次元座標を（式 3）に代入し、面に垂直であるという条件を入れて演算すると、法線ベクトルを求めることができる。

【 0 0 5 4 】

さらに、標識グループ化部 7 1 の第 1 のグループ化部 7 1 2 A で、面の法線に対する位置検出マークの位置座標の関係に基づいて、例えば、原点から平面までの距離（式 7 参照）に対応して、測定対象面对応にグループ化する（第 1 のグループ化工程：S 1 2 0 A）。すなわち、同一平面に貼付されたカラーコードターゲット C T が同一グループに属するようにグループ化する。

40

測定対象面内の各点（ x_1, y_1, z_1 ）について、

点 P 1（ x_1, y_1, z_1 ）と原点との距離 = $(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)$ （式 5）

）

点 P 1（ x_1, y_1, z_1 ）のある点 P（ p, q, r ）までの距離

= $((x_1 - p)^2 + (y_1 - q)^2 + (z_1 - r)^2)$ （式 6）

50

原点から平面 ($ax + by + cz + d = 0$) へ下ろした垂線の長さ
 $= |d| / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ (式 7)

ある点 P (p, q, r) から平面 ($ax + by + cz + d = 0$) へ下ろした垂線の長さ
 $= |ap + bq + cr - d| / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ (式 8)

となる。これらを計算し、一つの平面へ下ろした垂線の長さが略等しいカラーコードターゲット CT は、同一平面内にあるので、同一グループになるようにグループ分けする。ここで、 $f(x)$ は $(f(x))^{1/2}$ を表す。

【0055】

図 6 は、カラーコードターゲット CT のグループ化 (その 1) を説明するための図である。図 6 (a) は室を構成する壁面の立体図、図 6 (b) は立体図の一壁面に貼付されたカラーコードターゲット CT の拡大図、図 6 (c) は室の平面図、図 6 (d) はカラーコードターゲット CT が貼付された面の法線方向が同一グループに属する条件を説明するための図である。図 6 (a) より、室はほぼ長方形の形状をなしており、1 隅がくびれ、全体として 6 壁面で囲まれて構成されている。図 6 (c) より、各壁面には、カラーコードターゲット CT が貼付されており、壁面毎に 6 グループにグループ化されるべきものである。カラーコードターゲット CT は、図 6 (b) に示すように、正方形の標識面の 3 隅に位置検出用マークを有し、これら一直線上にない 3 つの位置検出用マークを用いて、貼付された面の法線方向を求めることができる。図 6 (d) はカラーコードターゲット CT が貼付された 2 つの面の法線ベクトルのなす角度 θ が所定の閾値 θ_1 より小さければ、2 つのカラーコードターゲット CT は同一グループに属する旨を示している。2 つの壁面の境界近くでは、カラーコードターゲット CT の法線ベクトルを求めることにより、どちらの壁面に貼付されたかを明らかにできる。

【0056】

図 7 は、カラーコードターゲット CT のグループ化 (その 2) を説明するための図である。図 7 (a) は室の平面図、図 7 (b) は 2 つの平行な壁面に貼付されたカラーコードターゲット CT のグループ分けを説明するための図である。図 7 (a) より、法線方向が左右方向である平行な壁面が 3 つ、上下方向である平行な壁面が 3 つずつあり、法線方向で同一グループにしたカラーコードターゲット CT をそれぞれ 3 つのグループに分けるべきであるといえる。図 7 (b) は、カラーコードターゲット CT が 2 つの平行な壁面のいずれに属するかについて、例えば、当該グループに属するカラーコードターゲット CT について最小 2 乗法で求めた壁面の位置から、当該カラーコードターゲット CT までの距離 d が所定の閾値 d_1 より小さければ、当該カラーコードターゲット CT は当該グループに属する旨を示している。

【0057】

次に、面方程式算出部 72 にて、測定対象面 (壁面) の面方程式を算出する (面方程式算出工程: S130)。法線ベクトル $v(a, b, c)$ 及び原点から各平面へ下ろした垂線の長さが解れば、 a, b, c, d が求まり、(式 3) の面方程式を求めることができる。面方程式は、測定対象面 2 にある一直線上にない 3 以上の位置検出用マークの位置座標から求められるが、面方程式を精度良く得るためには、できるだけ離れた 3 点を用いるのが好ましく、例えば、面内にあるカラーコードターゲット CT から、3 つのカラーコードターゲット CT を頂点とする三角形の面積が最大になるように抽出して用いるのが好ましい。各カラーコードターゲット CT の位置座標として、例えばカラーコードターゲット CT の重心の位置座標、又はカラーコードターゲット CT 内の特定の位置検出マーク (例えば左上に位置する位置検出マーク) の位置座標を用いることができる。さらに、4 以上のカラーコードターゲット CT の位置座標を用いて面方程式を算出しても良く、精度を向上するためにはカラーコードターゲット CT の数が多い方が好ましい。これらのカラーコードターゲット CT の位置座標を (式 3) に代入し、原点から各平面へ下ろした垂線の長さ (式 7 参照) を用いて演算すると、 a, b, c, d が求まり、各測定対象面 2 の面方程式 (式 3) を求めることができる。

【 0 0 5 8 】

次に、隣接対象面特定部 7 3 にて、標識グループ化部 7 1 で 1 つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する（隣接面特定工程：S 1 5 0）。本実施例では、測定対象面（壁面）同士の位置関係を明確にし、相互に隣接し合う隣接測定対象面を特定した（S 1 5 0）後に、壁交線を算出（S 1 5 5）することとする。また、本実施例では、面位置関係決定部 7 3 1 にて、測定対象面（壁面）の位置関係を決定した（面位置関係決定工程：S 1 4 0）後に、第 1 の面特定部 7 3 2 A にて、決定された位置関係に基づいて隣接測定対象面を特定する（第 1 の隣接面特定工程：S 1 5 0 A）。面位置関係決定部 7 3 1 は、同一グループに対応する測定対象面 2 の仮重心を求め、それぞれの測定対象面について求められた仮重心の配置に基づいて、測定対象面（壁面）の位置関係を決定する。

10

【 0 0 5 9 】

図 8 は測定対象面（壁面）の位置関係の決定を説明するための図である。図 8（a）は処理フロー図、図 8（b）は正しく認識された壁交線と誤認識された壁交線を示した図、図 8（c）は壁面を仮重心の位置座標の順に配置した図、図 8（d）は壁面の仮重心を示す図である。図 8（a）において、まず、直線で結ぶと面内で最大面積の三角形を形成するような 3 つのカラーコードターゲット C T を抽出して、測定対象面 2 の面方程式を求める（S 1 3 0）。次に測定対象面（壁面）同士の交線を算出する（S 1 5 5）と仮定する。この状態では、図 8（b）に示すように、正しく認識された壁交線の他に、誤認識された壁交線が算出される。もし、隣接壁面が定まっていれば、誤認識された壁交線は算出されず、正しく認識された壁交線のみが算出されるはずである。したがって、測定対象面（壁面）同士の位置関係を明確にする必要がある。

20

【 0 0 6 0 】

まず、面位置関係決定部 7 3 1 にて測定対象面（壁面）同士の位置関係を明確にする（面位置関係決定工程：S 1 4 0）。まず、カラーコードターゲット C T の仮重心を求めるが、仮重心はおよそその重心の近くに位置する点であれば良く、例えばカラーコードターゲット C T の重心、カラーコードターゲット C T のいずれかの位置検出マークの重心を使用できる。次に、測定対象面 2 の仮重心を求めるが、測定対象面 2 の仮重心は、およそ測定対象面の重心の近くに位置すると予測される点であれば良い。例えば、測定対象面 2 内の 3 つのカラーコードターゲット C T の仮重心を結ぶ三角形の重心を用いても良い。図 8（d）に示すように、測定対象面 2（壁面）の仮重心 g_1 として、例えば、測定対象面 2（壁面）の面方程式を求めた三角形の重心を用いることができる。そして、各測定対象面 2 を面方程式に従って配置する。図 8（c）に示すように、室内の仮重心 G として、例えば、各測定対象面（壁面）の仮重心 $g_1 \sim g_5$ を結ぶ多角形の重心を用いることができる。そして、室内の仮重心 G を中心にして、 $g_1 \quad g_2 \quad g_3 \quad g_4 \quad g_5 \quad g_1$ と一定方向に回転するよう、各測定対象面（壁面）の配置を定める。すなわち、各測定対象面の仮重心 $g_1 \sim g_5$ を結ぶ多角形の重心 G に対して、各測定対象面の仮重心 $g_1 \sim g_5$ の方位の順序に従って、各測定対象面の配置を定める。これにより、各測定対象面（壁面）相互の相対的位置関係が定まる。第 1 の面特定部 7 3 2 A は、それぞれの測定対象面について求められた仮重心 $g_1 \sim g_5$ の配置に基づいて、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する（第 1 の隣接面特定工程：S 1 5 0 A）。

30

40

【 0 0 6 1 】

次に、交線算出部 7 4 にて、測定対象面（壁面）の交線を算出する（交線算出工程：S 1 5 5）。2 つの面（壁面）の面方程式から、交線が求められる。

平面 1 を、 $a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 = 0$ （式 9）

平面 2 を、 $a_2 x + b_2 y + c_2 z + d_2 = 0$ （式 10）

交線 L_{12} の通る点 A_{12} 、交線の方法ベクトル e_{12} 、媒介変数 t_{12} とすると、
交線を、 $L_{12} = A_{12} + t_{12} e_{12}$ （式 11）

と表すことができる。

50

ここで、 $x_1^2 = b_1 c_2 - c_1 b_2$ 、 $y_1^2 = c_1 a_2 - a_1 c_2$ 、
 $z_1^2 = a_1 b_2 - b_1 a_2$ とする。

交線が $x y$ 面を通る点は、 $z_1^2 = 0$ のとき、

$((d_1 b_2 - b_1 d_2) / z_1^2, (d_1 a_2 - a_1 d_2) / (-z_1^2), 0)$

交線が $x z$ 面を通る点は、 $y_1^2 = 0$ のとき、

$((d_1 c_2 - c_1 d_2) / (-y_1^2), 0, (d_1 a_2 - a_1 d_2) / y_1^2)$

交線が $y z$ 面を通る点は、 $x_1^2 = 0$ のとき、

$(0, (d_1 c_2 - c_1 d_2) / x_1^2, (d_1 b_2 - b_1 d_2) / (-x_1^2))$

となる。なお、 $x_1^2 = 0$ 、 $y_1^2 = 0$ 、 $z_1^2 = 0$ のとき、2 平面は平行で交線はない。

10

【0062】

次に、座標変換部 81 にて、座標変換する（座標変換工程：S160）。室の床が $x y$ 面、主要な壁が $x z$ 面、 $y z$ 面になるように座標を定められれば、室内図が見易くなり、演算処理も簡易になるので、便宜である。そこで、求められた面や交線にかかる三次元直交座標系に変換する。尤も当初からかかる三次元直交座標系に原点を定めている場合は、座標変換を省略できる。

【0063】

図 9 は座標変換の例を示す図である。図 9 (a) には変換前の室の座標系、図 9 (b) には変換後の室の座標系を示す。図 9 (a) では壁面は座標に対して傾斜している。まず、2 壁面が交わる交線のうちから、室の外枠となる（太線で表示された）4 つの交線の平均値からなる直線（ z 軸に平行にすべき直線）を求める。同様に、それぞれ、室の外枠となる交線から、 x 軸方向、 y 軸方向に平行にすべき直線を求め、これら 3 つの直線が互いに直角になるように座標変換する。次に、3 つの直線を回転、平行移動して正規化する。そして、図 9 (b) に示すように、室の 1 つの頂点（交線の交点）が原点に来るように座標変換する。

20

【0064】

なお、ここでは直線を基準に座標変換する例を示したが、平面を基準に、角度を求め、平均化する等により座標変換しても良い。

これにより、典型的には 2 壁面間の交線は主として z 軸に平行（ $x y$ 面に垂直）になり、壁面は主として $x z$ 面又は $y z$ 面に平行になる。なお、後に追記される床、天井は主として $x y$ 面に平行（水平）になり、床は $z = 0$ に位置する。

30

【0065】

次に、コーナー特定部 75 にて、壁のコーナー点を算出する（コーナー点算出工程：S170）。

図 10 は壁のコーナー点の算出を説明するための図である。図 10 (a) はコーナー点算出を説明するための図、図 10 (b) は室内から見た透視図である。図 10 (a) の +、図 10 (b) の はカラーコードターゲット C T の位置を示す。図 10 (a) に示すように、座標変換された室内モデルに対して、床及び天井を配置し、壁面と床の交線、壁面と天井との交線を求め、これらの交線と 2 壁面間の交線との交点をコーナー点として算出する。床及び天井にカラーコードターゲット C T が貼付されている場合は、カラーコードターゲット C T の位置座標を用いて床及び天井の面方程式を求める。床又は天井にカラーコードターゲット C T が貼付されていない場合には、床及び天井の位置（ z 座標）を指定する。予め指定されていれば自動処理が可能であるが、マニュアル指定も可能である。図 10 (b) に示すように、 $z = 0$ を床、 $z = L$ を天井の位置とする。これにより、壁面と床の交線、壁面と天井との交線が定まり、これらの交線と 2 壁面間の交線との交点がコーナー点として算出される。

40

【0066】

次に、モデル画像作成部 82 にて、モデル画像としての室内モデル画像を作成する（モデル作成工程：S180）。構造物モデルは三次元座標上で構造物を表したものであり、モデル画像はこれをモニタ等で立体的に二次元表示した画像である。室内モデルとして、

50

壁面、床、天井のみのモデルでも良いが、本実施例では、ドア、窓等を配置するものとする。さらに、柱の凹凸（あれば）を表現し、必要に応じて造り付けの什器、空調設備、浴槽等の設備を配置しても良い。室内モデルを作成するために、例えば、測定対象の壁を指定して、表示部 12 に壁画像を立体的に表示させ、表示した画像上で三次元計測を行う。三次元計測にはカラーコードターゲット C T の位置座標を基準にし、三次元座標の演算には三次元座標演算部 76 を使用する。ドア、窓等については、ドア、窓等のコーナーの位置座標を 4 点取り込む。ペアの撮影画像を用いて、特徴点抽出、対応点探索を行えば三次元座標の自動計測が可能であるが、マニュアルで 4 点指定で計測することも可能である。ドア、窓及び周辺の壁面に貼付されたカラーコードターゲット C T を含む壁画像から、ドア、窓等の面と壁面との距離を求め、ドア、窓等のコーナーの座標を求める。

10

【0067】

図 11 に室内モデルの例を示す。図 11 (a) は室内モデルを斜め上方から見た透視図、図 11 (b) はこれを後上方 ((a) の U 方向) から見た斜視図である。図 11 (a)、図 11 (b) によれば、壁面にドア、窓等が配置され、また、カラーコードターゲット C T が貼付されている。カラーコードターゲット C T の三次元座標を基準としてドア、窓のコーナー等の三次元座標を求め、室内モデル及びモデル画像を作成する。

【0068】

次に、モデル画像作成部 82 にて求めた室内モデルを表示部 12 に出力する (表示工程 : S185)。次に、室内モデルの三次元座標データを C A D (C o m p u t e r A i d e d D e s i g n : コンピュータ支援設計) データに変換して (S190)、C A D

20

【0069】

図 12 に室内モデルの三次元座標の出力結果 (その 1) を示す。図 12 (a) は室内モデルの例、図 12 (b) は出力結果を記載した平面図の例である。また、図 13 に室内モデルの三次元座標の出力結果 (その 2) を示す。図 13 (a) は室内モデルの例、図 13 (b) ~ (e) は出力結果を記載した四方の壁面図の例である。壁面図は室内から見たものである。これらの出力データは C A D を用いて図面出力したものである。記入された数値は計測された寸法である。

【0070】

30

図 4 の処理フローにおいて、撮影画像取得工程 (S110) ~ 図面出力工程 (S195) の全ての工程は自動的に行われる。すなわち、室内モデルの自動作成が可能である。本実施例では自動作成の例に併せて、一部マニュアル操作が入る例として、床・天井の指定とドア・窓の計測 (4 点指定) において補足的にクリックを行なう例を説明した。床・天井の指定については、床・天井にもカラーコードターゲットを貼付するか、高さを予め指定しておけば自動処理が可能である。ドア・窓の計測については、4 点指定に代えて、撮影画像について、特徴点抽出、対応点探索でドア・窓の 4 隅を検出し、三次元計測することにより自動処理が可能である。

【0071】

図 14 に室内モデル作成の全体フローを概略的に示す。まず、測定対象面 2 にカラーコードターゲット C T を貼付して室内を撮影する (S200)。次に、P C にメモリを入れ、ソフトを起動し撮影画像を取得する (S210)。次に、ボタンを押す。これにより、室内三次元モデルが自動作成される (S220)。また、ドア等の計測を行い、面積表示する (S230)。このように、本実施例においては、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

40

【実施例 2】

【0072】

実施例 1 では、カラーコードターゲット C T を法線方向を用いてグループ分けする例を説明したが、本実施例ではカラーコードターゲット C T をそのコード番号によりグループ

50

分けする例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。

図 1 5 に本実施例に係る構造物モデル作成装置 1 A の構成例を示す。実施例 1 の標識グループ化部 7 1 は標識方向検出部 7 1 1 と第 1 のグループ化部 7 1 2 A を有するのに対して、本実施例では、標識グループ化部 7 1 は第 2 のグループ化部 7 1 2 B を有することが異なるが、その他の構成は同様である。

図 1 6 に本実施例に係る構造物モデル作成の処理フロー例を示す。処理フローについては、図 4 の処理フローから、標識方向検出工程 (S 1 1 8) が削除され、標識グループ化工程 (S 1 2 0) が (S 1 2 0 B) と内容が変更されているが、その他のフローは同様である。

【 0 0 7 3 】

図 1 7 は本実施例におけるカラーコードターゲット C T のグループ化を説明するための図である。図 1 7 (a) は模式的平面図、図 1 7 (b) は模式的平面図における「壁 3」を室内から見た模式図である。カラーコードターゲット C T のグループ化は第 2 のグループ化部 7 1 2 B で行なわれる (標識グループ化工程 (第 2 のグループ化工程) : S 1 2 0 B) 。図 1 7 (a) より、室は 4 つの壁、「壁 1」～「壁 4」に囲まれている。壁毎に貼付するカラーコードターゲット C T のコード番号を区別する。例えば、「壁 1」には貼付するカラーコードターゲット C T のコード番号を 1 0 番～ 1 9 番、「壁 2」には 2 0 番～ 2 9 番、「壁 3」には 3 0 番～ 3 9 番、「壁 4」には 4 0 番～ 4 9 番とする。壁の位置関係も解り易くするために、「壁 1」 - 「壁 2」 - 「壁 3」 - 「壁 4」の順に採番する。これにより、カラーコードターゲット C T のコード番号を参照するだけで、カラーコードターゲット C T を容易にグループ分けできる。

【 0 0 7 4 】

また、本実施例においては、隣接対象面特定部 7 3 の面位置関係決定部 7 3 1 は、各測定対象面に貼付されたカラーコードターゲット C T のコード番号に基づいて、測定対象面 (壁面) の位置関係を決定しても良い。すなわち、面位置関係決定工程 (S 1 4 0) において、図 1 7 のようにコード番号の順に「壁 1」 - 「壁 2」 - 「壁 3」 - 「壁 4」のように位置関係を決定し、第 1 の面特定部は、面位置関係決定部 7 3 1 が決定した位置関係に基づいて、隣接測定対象面を特定しても良い。

【 0 0 7 5 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、第 1 の実施例と同様に、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【 実施例 3 】

【 0 0 7 6 】

実施例 1 では、隣接面特定部 7 3 は、標識グループ化部 7 1 で 1 つのグループに属するとされたコード付き標識と他の各グループに属するとされたコード付き標識の相互の位置関係に基づいて、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する例として、同一グループに対応する測定対象面 2 の仮重心を求め、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する例を説明した。本実施例では、別の例として、各グループに属するとされたコード付き標識 C T 間の距離を比較して隣接測定対象面として特定する例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。なお、本実施例に係る構造物モデル作成装置の構成は図 1、モデル作成の処理フローは図 4 と同様に表されるが、面位置関係決定工程 (S 1 4 0) の内容が変更される。

【 0 0 7 7 】

図 1 8 は本実施例における測定対象面 (壁面) の位置関係の決定を説明するための図である。隣接面特定部 7 3 は、面位置関係決定部 7 3 1 にて、標識グループ化部 7 1 で各グループに属するとされたコード付き標識 C T について、1 つのグループに対応する測定対象面 2 において、当該測定対象面 2 を 2 次元座標で表わしたときに座標軸の両側で座標軸から最も離れて配置されたコード付き標識 C T に最も近いコード付き標識を有する異なるグループに対応する測定対象面を求め、第 1 の面特定部 7 3 2 A は、面位置関係決定部 7

3 1により求められた異なるグループに対応する測定対象面を隣接測定対象面として特定する。すなわち、面位置関係決定部 7 3 1 は、各壁面で水平方向で一番端に位置するカラーコードターゲット C T を抽出し、2 つの壁面間でそれぞれ一番端に位置するカラーコードターゲット間の距離を測定し、最も近い距離が得られたカラーコードターゲットが属する壁面を選定し、第 1 の面特定部 7 3 2 A はかかる壁面同士が相互に隣接し合う壁面であると決定する。図では「壁 1」の左下のカラーコードターゲットと「壁 2」の右下のカラーコードターゲット間の距離が最短であり、したがって、これらのカラーコードターゲットが属する「壁 1」と「壁 2」が相互に隣接し合う壁面であると決定される。

【 0 0 7 8 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、第 1 の実施例と同様に、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【実施例 4】

【 0 0 7 9 】

実施例 1 では、相互に隣接し合う隣接測定対象面を特定した後に、壁面の交線を算出する例を説明したが、本実施例では、壁面の交線を算出した後に、相互に隣接し合う隣接測定対象面を特定する例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。

図 1 9 に本実施例に係る構造物モデル作成装置 1 B の構成例を示す。隣接面特定部 7 3 について、図 1 にあった面位置関係決定部 7 3 1 が削除され、第 1 の面特定部 7 3 2 A に代わって第 2 の面特定部 7 3 2 B が設けられている。第 2 の面特定部 7 3 2 B は、交線算出部 7 4 で求められた交線の位置関係に基づいて、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する。

【 0 0 8 0 】

図 2 0 に、本実施例に係る構造物モデル作成の処理フローを示す。図 2 0 では、図 4 にあった面位置関係決定工程 (S 1 4 0) が削除され、交線算出工程 (S 1 5 5) と隣接面特定工程の工程順が逆になり、隣接面特定工程 (S 1 5 0) の内容が (S 1 5 0 B) に変更されている。

【 0 0 8 1 】

まず、交線算出部 7 4 は、1 つのグループに対応する測定対象面 2 の面方程式と他の 1 つのグループに対応する測定対象面の面方程式より、1 つのグループに対応する測定対象面 2 と他の 1 つのグループに対応する測定対象面との交線を求める (交線算出工程 : S 1 5 5) 。次に、隣接面特定部 7 3 は、第 2 の面特定部 7 3 2 B にて、交線算出部 7 4 で求められた交線の位置関係に基づいて、1 つのグループに対応する測定対象面 2 に隣接する隣接測定対象面を特定する (隣接面特定工程 (第 2 の面特定工程) : S 1 5 0 B) 。この場合、例えば図 8 (b) に示すように、交線算出部 7 4 により、正しく認識された壁交線 P 1 ~ P 5 の他に誤認識された壁交線 Q 1 , Q 2 も算出されるが、隣接面特定部 7 3 により、求められた交線の位置関係に基づいて、測定対象面の両側で、最も内側にある交線が正しく認識された壁交線 P 1 ~ P 5 として求められる。

【 0 0 8 2 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、第 1 の実施例と同様に、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【実施例 5】

【 0 0 8 3 】

実施例 1 では、座標変換が、交線算出後に行なわれる例を説明したが、本実施例では、カラーコードターゲット C T のグループ化 (S 1 2 0) の後に行なわれる例を説明する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。本実施例に係る構造物モデル作成装置の構成は図 1 と同様である。

【 0 0 8 4 】

図 2 1 に本実施例に係る構造物モデル作成の処理フローを示す。図 2 1 では、座標変換

10

20

30

40

50

工程 (S 1 6 0) が図 4 での交線算出工程 (S 1 5 5) の後から標識グループ化工程 (S 1 2 0) の後に変更される。この場合、測定対象面 2 の面方程式は求められていないが、測定対象面 2 に貼付されたカラーコードターゲット C T の面方向又は法線方向が検出されているので、測定対象面 2 の面方向が推定され、これを三次元直交座標系の、x 軸、y 軸に合わせるように座標変換することが可能である。さらに、天井や床にもカラーコードターゲット C T が貼付されている場合には、その方向を z 軸に合わせるように座標変換することも可能である。そして、このように、早いうちに座標変換しておけば、座標変換により 2 壁面間の交線は主として z 軸に平行 (x y 面に垂直) になり、壁面は主として x z 面又は y z 面に平行になるので、面方程式算出工程 (S 1 3 0) ~ 交線算出工程 (S 1 5 5) の処理が簡素になり、処理の効率が向上する。なお、座標変換工程 (S 1 6 0) は、標識グループ化工程 (S 1 2 0) からコーナー点算出工程 (S 1 7 0) の間のどこに変更しても良く、複数回行なっても良い。

10

【 0 0 8 5 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、第 1 の実施例と同様に、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【 実施例 6 】

【 0 0 8 6 】

実施例 1 ないし実施例 5 では、測定対象面が平面の例を説明したが、曲面の測定対象面が含まれる場合にも本発明を適用可能である。

20

本実施例では、測定対象面の面方程式が 2 次曲面で近似的に表現可能な例を説明する。すなわち、測定対象面 2 として、面方程式が 2 次曲面で表現可能又は 2 次曲面で近似的に表現可能な曲面を含み、面方程式算出部 7 2 は、かかる曲面の面方程式を 2 次曲面として算出する。実施例 1 と異なる点を主に説明する。本実施例に係る構造物モデル作成装置の構成は図 1 と同様である。

【 0 0 8 7 】

図 2 2 に本実施例に係る構造物モデル作成の処理フローを示す。図 2 2 では、図 4 での面方程式算出工程 (S 1 3 0) と交線算出工程 (S 1 5 5) が、それぞれ、面方程式算出工程 (S 1 3 0 C) と交線算出工程 (S 1 5 5 C) に変更され、これら 2 つの工程では、平面に加えて、曲面を取り扱う。

30

【 0 0 8 8 】

図 2 3 に壁面が曲面を含む例を示す。

曲面は関数で近似可能である。2 次関数の場合は、曲面を、

$$f(x, y) = ax^2 + hxy + by^2 + cx + dy + e \cdots (\text{式 } 12)$$

と近似する。カラーコードターゲット C T は 3 つの位置検出マークを有するので、少なくとも 2 枚のカラーコードターゲット C T を使用して 6 点の位置座標を代入すれば、パラメータ a, b, c, d, e, h を求めることができる。

したがって、当該 2 次曲面を 1 つの面として面方程式で表し、当該曲面に貼付されたカラーコードターゲット C T を 1 つのグループにまとめ、隣接面との交線を求める。これにより、室内モデルを作成できる。

40

【 0 0 8 9 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、曲面の測定対象面が含まれる場合にも、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

【 実施例 7 】

【 0 0 9 0 】

本実施例でも、実施例 6 と同様に、曲面の測定対象面が含まれる場合にも本発明を適用

50

可能である例を説明する。

本実施例では、測定対象面の面方程式が多数の平面の集まりとして近似的に表現可能な例を説明する。面方程式算出部 72 は、曲面の面方程式を多数の平面の集まりとして算出する。曲面を多数の平面で近似する。近似された個々の平面にカラーコードターゲット C T を貼付し、法線方向とカラーコードターゲット C T の位置座標から面方程式を求め、さらに、隣接面との交線を求める。これにより、室内モデルを作成できる。曲面を多数の平面に分割するので、平面の数が増加するが、曲面が無い場合に準じた処理ができる。

【 0 0 9 1 】

その他の構成及び処理フローは第 1 の実施例と同様であり、曲面の測定対象面が含まれる場合にも、構造物の撮影画像に基づいて、構造物の面及び交線の位置を自動計測し、構造物モデルを自動的に作成し、表示可能な構造物モデル作成装置及びその方法を提供できる。

10

【 0 0 9 2 】

また、本発明は、以上の実施例に記載のフローチャート等に記載の構造物モデル作成方法の発明を構造物モデル作成装置に実行させるためのプログラムとしても実現可能である。プログラムは構造物モデル作成装置の内蔵記憶部に蓄積して使用してもよく、外付けの記憶装置に蓄積して使用してもよく、インターネットからダウンロードして使用しても良い。また、当該プログラムを記録した記録媒体としても実現可能である。

【 0 0 9 3 】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で実施例に種々変更を加えられることは明白である。

20

【 0 0 9 4 】

例えば、以上の実施例では、構造物モデルとして室内モデルについて説明したが、本発明を建造物の外形のモデルにも適用できる。また、室についても、周囲が閉鎖された室に限られず、カウンター等で仕切られた室、階段や吹き抜けを有する室など一部開放されている室でも良い。また、天井、壁等が曲面を有する室でも良い。また、実施例 3 の面位置関係決定、実施例 4 及び実施例 5 の工程順変更は実施例 1 に代えて適用する例を説明したが、実施例 2 に代えて適用することも可能である。また、実施例 2 では、測定対象面に貼付されたコード付き標識のコード番号に基づいて測定対象の位置関係を決定しても良い。また、装置構成については、撮影部が無く、他の撮影装置で撮影した撮影画像を取り込むものでも良く、記憶部が外付けのものでも良い。また、処理フローについては、最初から原点を決めていれば、座標変換を省略できる。また、識別コード読み取り工程 (S 1 1 4) とマーク位置検出工程 (S 1 1 6) の順序はどちらを先にしても良い。また、撮影画像取得工程 (S 1 1 0) ~ 図面出力工程 (S 1 9 5) までの全工程を自動的に行うものに限られず、天井高さの設定等一部手作業を含むものでも良い。その他、壁面の仮重心を決めるために 1 つの壁面に貼付するターゲット数やグループに属するか否かを決める閾値等は適宜変更可能である。

30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 5 】

本発明は、室内モデル等、構造物モデルの自動作成に利用できる。

40

【 符号の説明 】

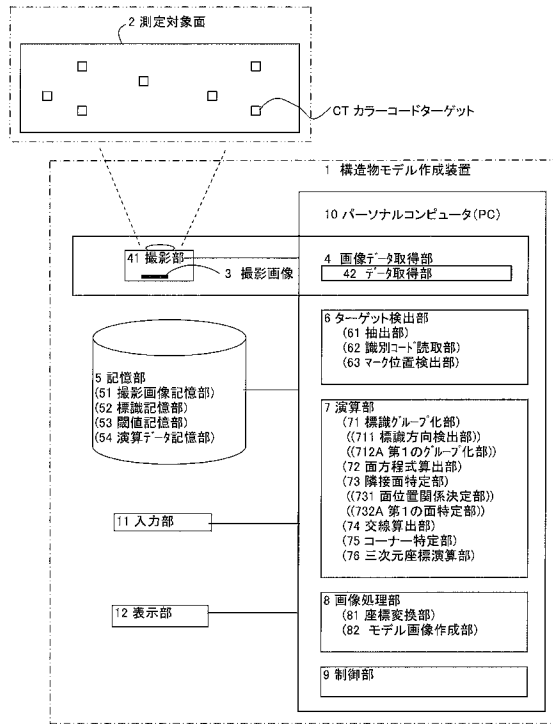
【 0 0 9 6 】

- 1 , 1 A , 1 B 構造物モデル作成装置
- 2 測定対象面
- 3 撮影画像
- 4 画像データ取得部
- 5 記憶部
- 6 ターゲット検出部
- 7 演算部

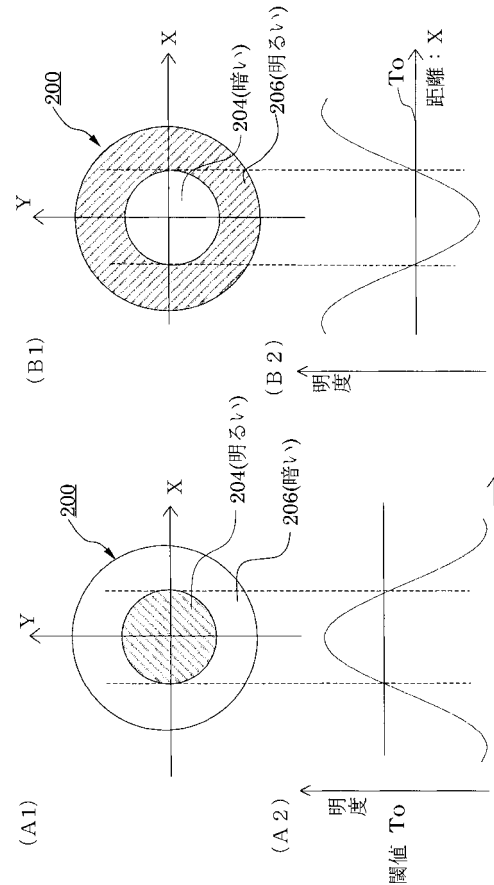
50

8	画像処理部	
9	制御部	
10	パーソナルコンピュータ (P C)	
11	入力部	
12	表示部	
41	撮影部	
42	データ取得部	
51	撮影画像記憶部	
52	標識記憶部	
53	閾値記憶部	10
54	演算データ記憶部	
61	抽出部	
62	識別コード読取部	
63	マーク位置検出部	
71	標識グループ化部	
711	標識方向検出部	
712A	第1のグループ化部	
712B	第2のグループ化部	
72	面方程式算出部	
73	隣接面特定部	20
731	面位置関係決定部	
732A	第1の面特定部	
732B	第2の面特定部	
74	交線算出部	
75	コーナー特定部	
76	三次元座標演算部	
81	座標変換部	
82	モデル画像作成部	
200	レトロターゲット	
204	内円部	30
206	外円部	
CT, CT1 ~ CT3	カラーコードターゲット	
G	室内の仮重心	
g1 ~ g5	壁面の仮重心	
P1	レトロターゲット部	
P2	基準色部	
P3	カラーコード部	
P4	白色部	
To	閾値	40

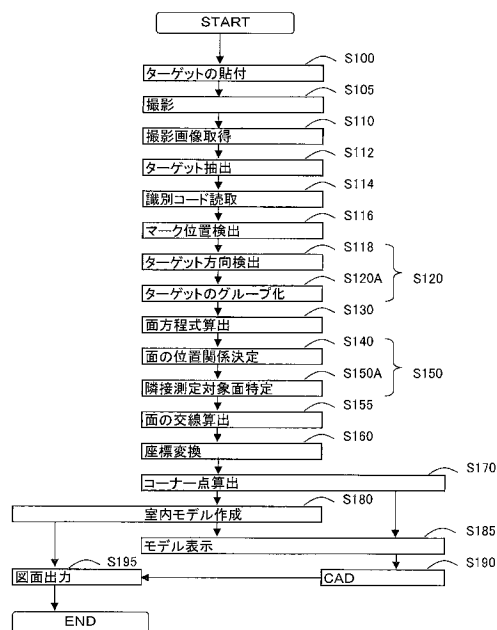
【図 1】



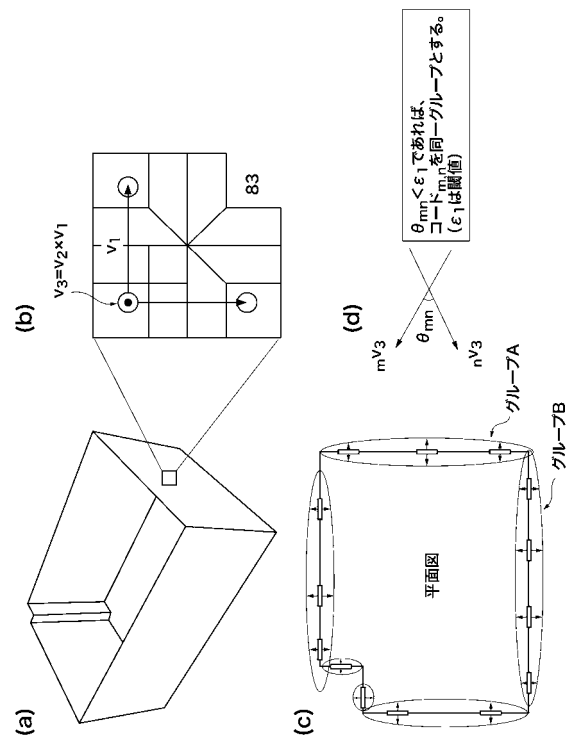
【図 3】



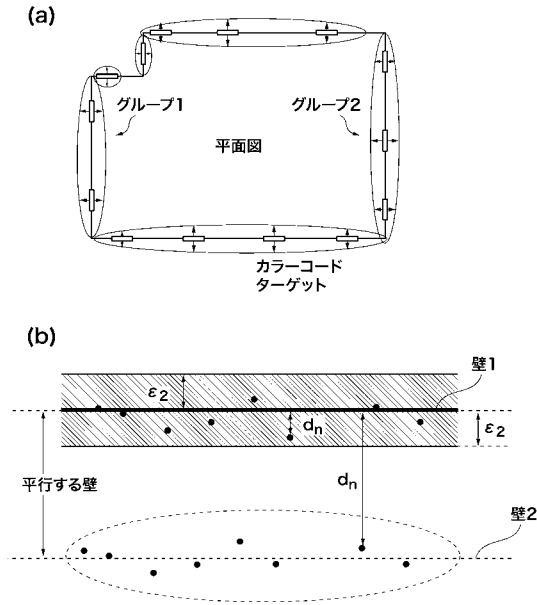
【図 4】



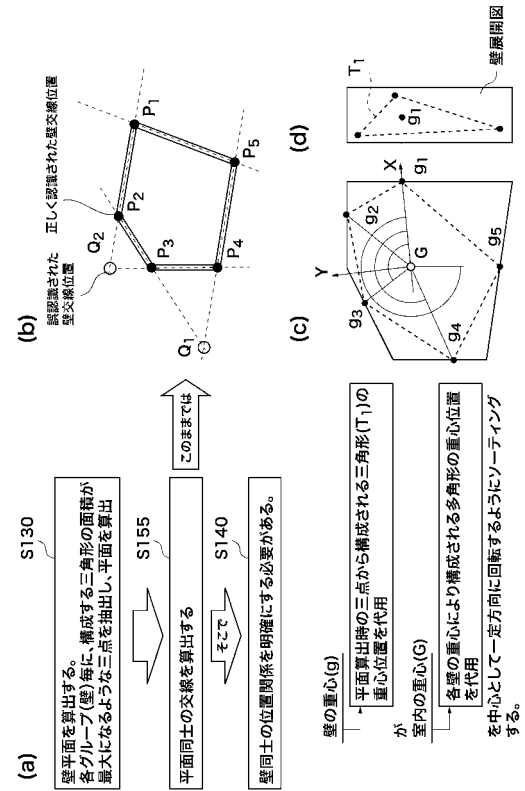
【図 6】



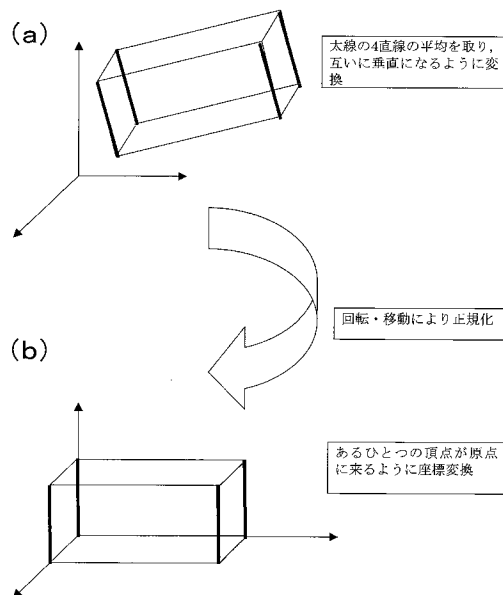
【圖 7】



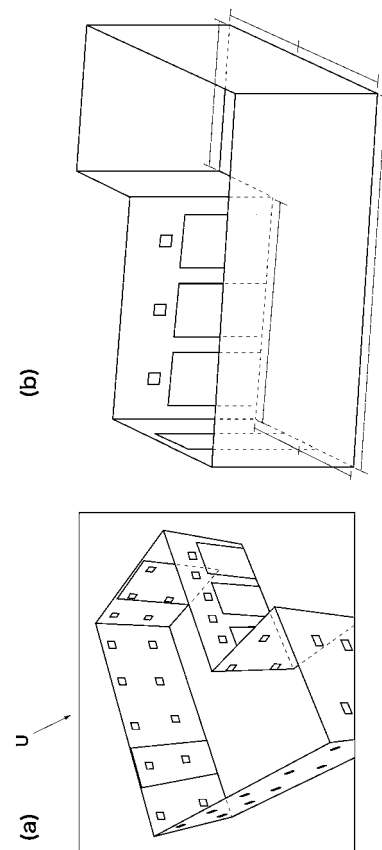
【 図 8 】



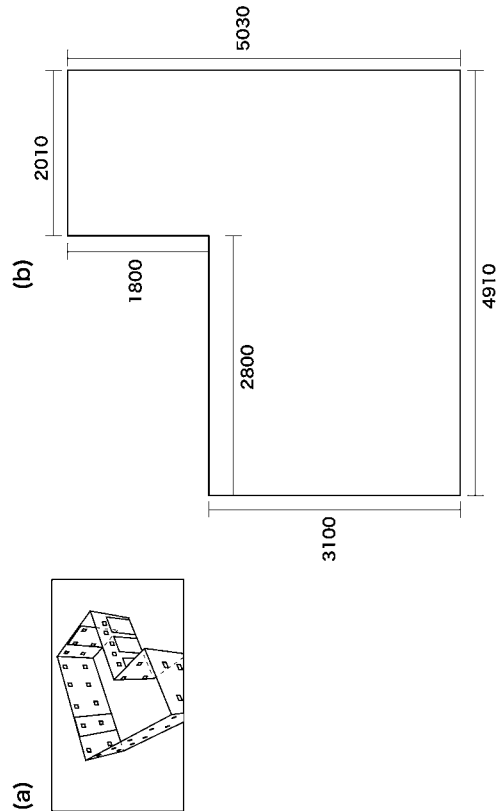
【 図 9 】



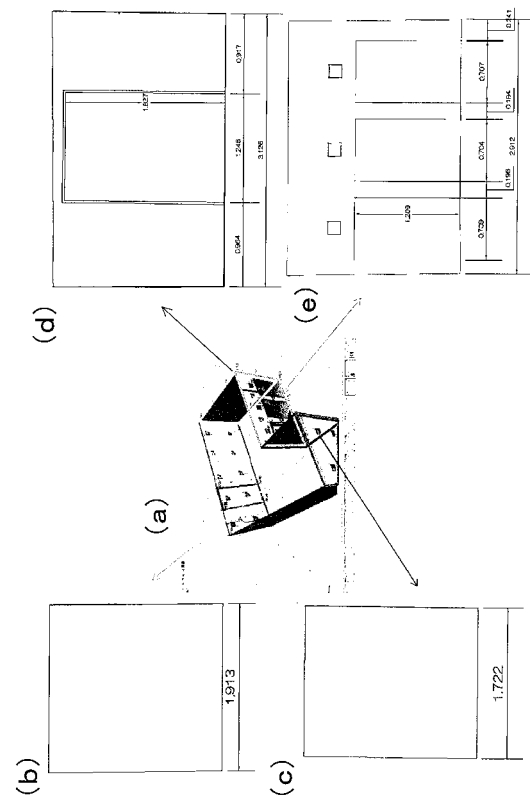
【 図 1 1 】



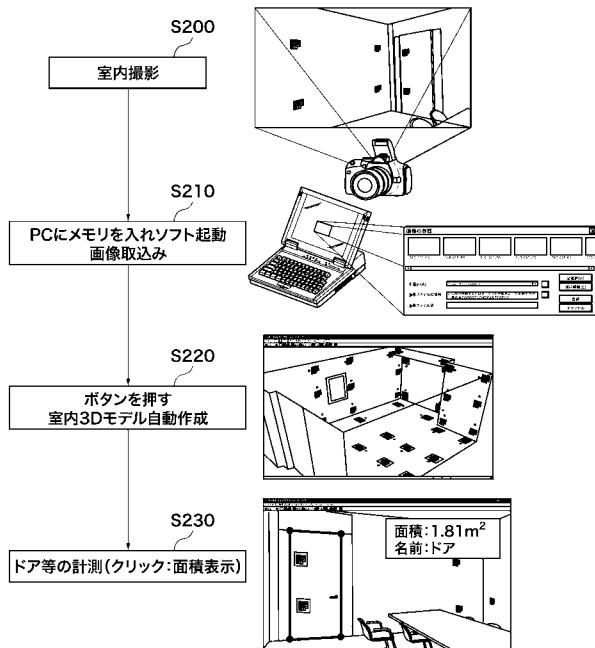
【図12】



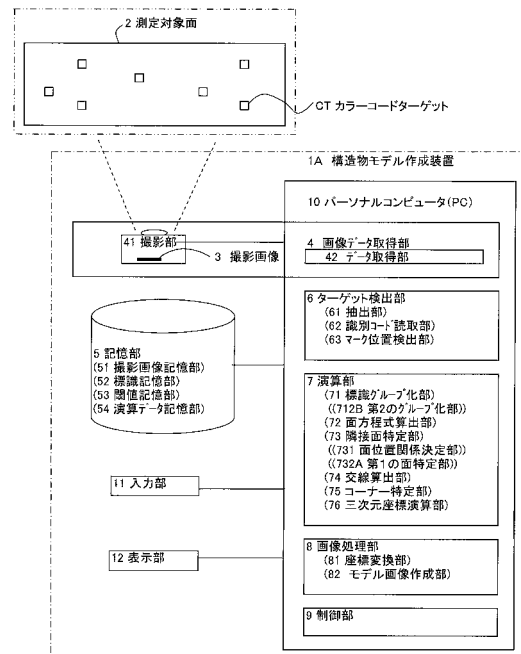
【図13】



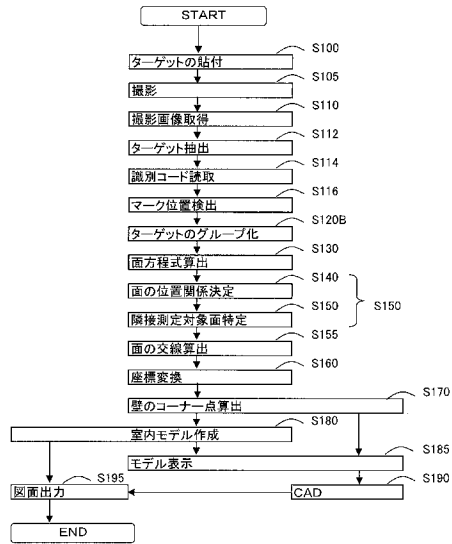
【図14】



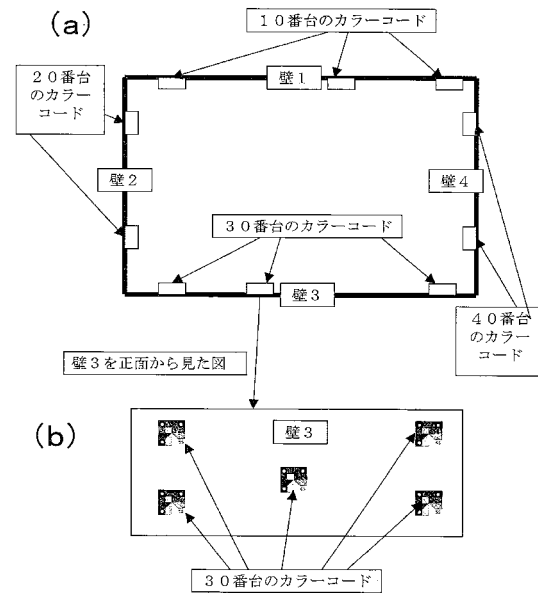
【図15】



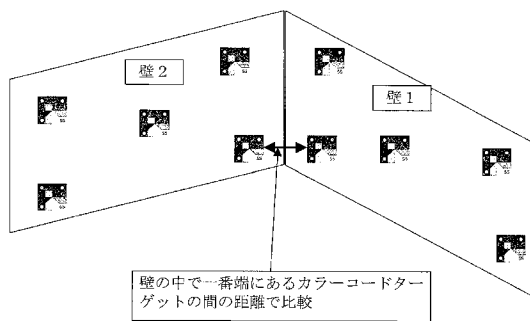
【図 16】



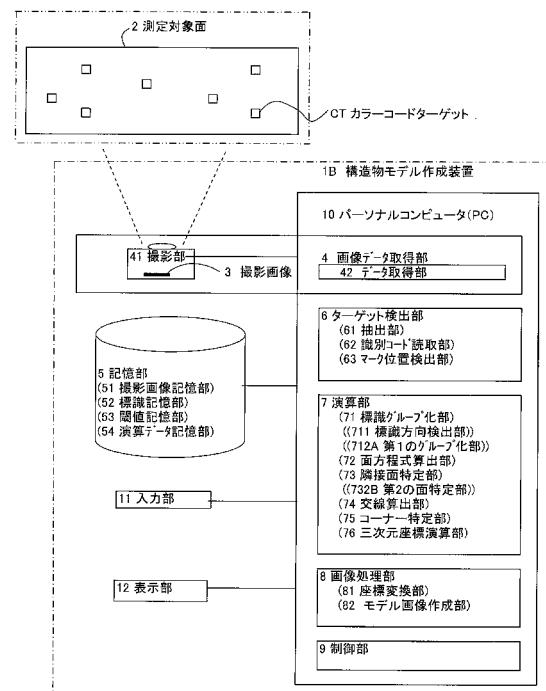
【図 17】



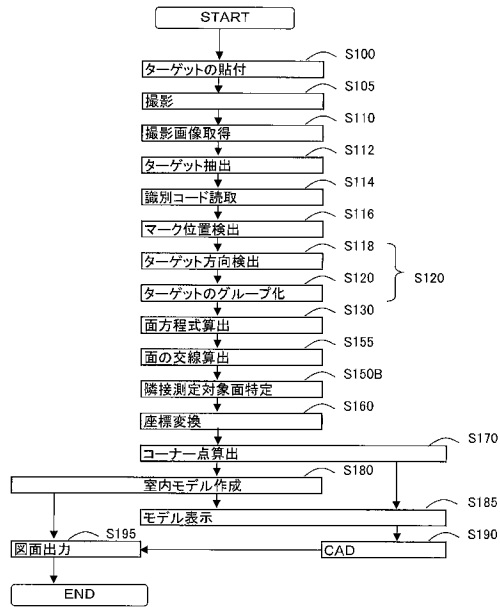
【図 18】



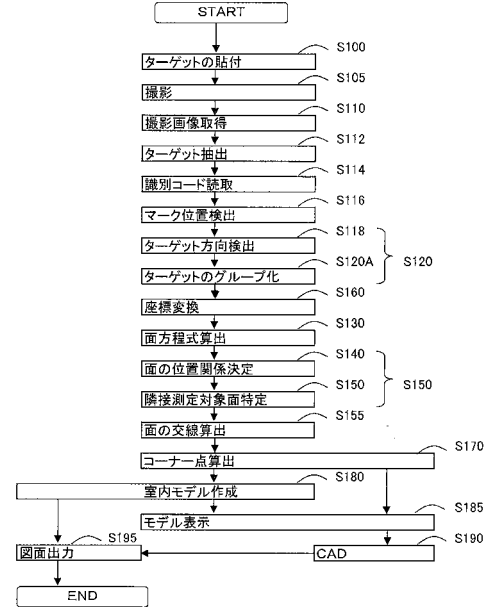
【図 19】



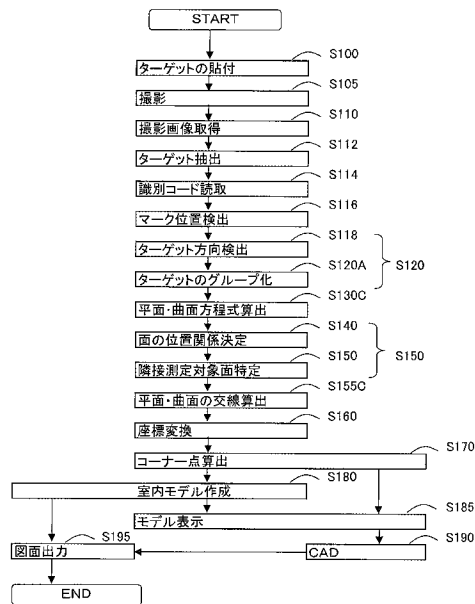
【図 20】



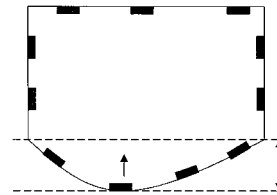
【図 21】



【図 22】



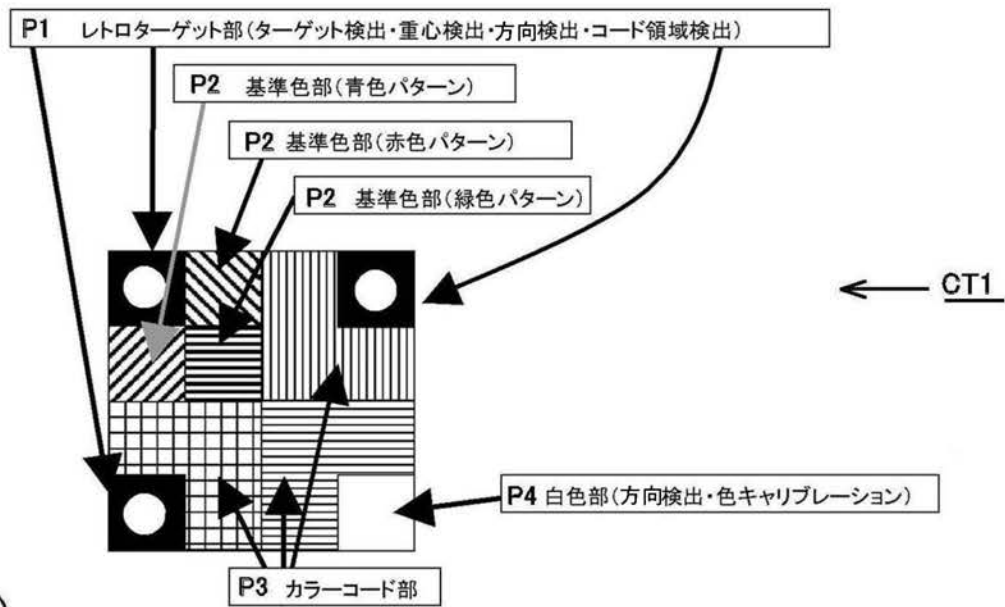
【図 23】



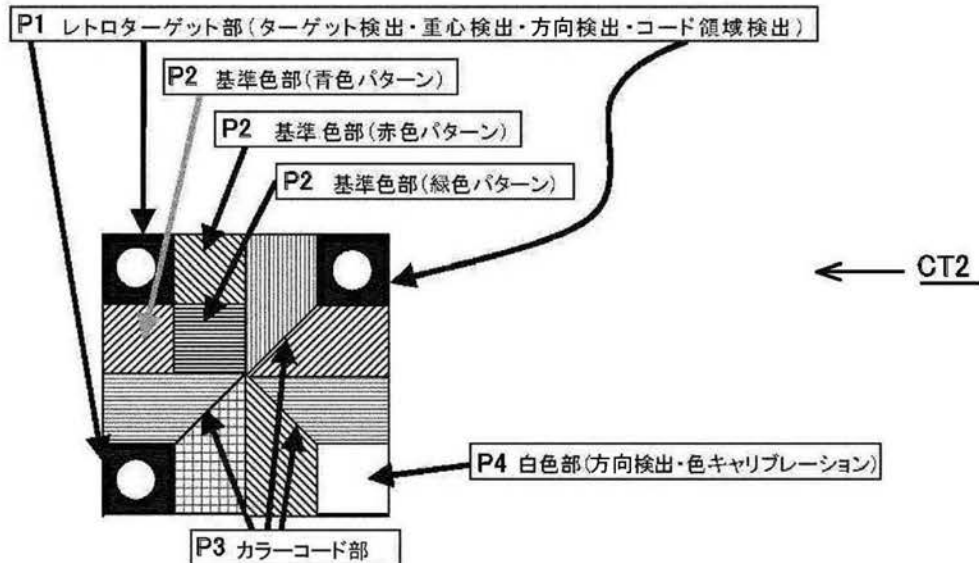
曲面は関数近似:
 曲面の方程式(2次曲面)とする場合は、
 $z = ax^2 + hxy + by^2 + cx + dy + e$

【図2】

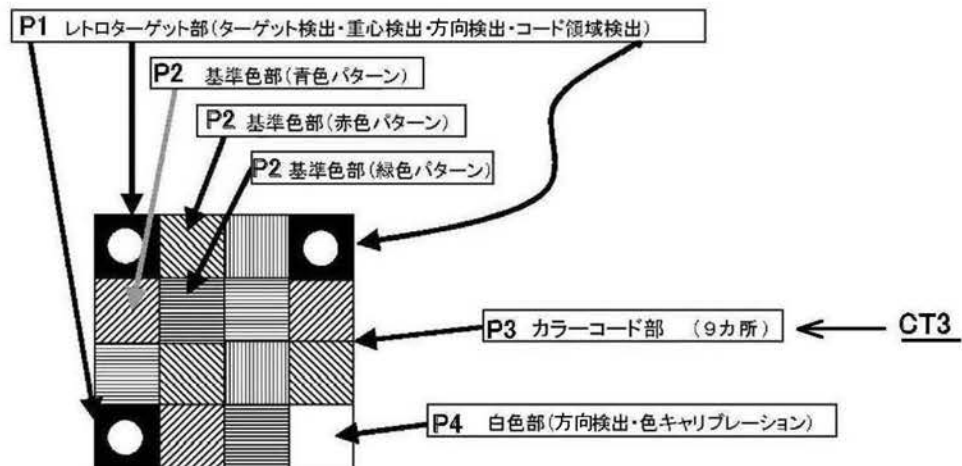
(a)



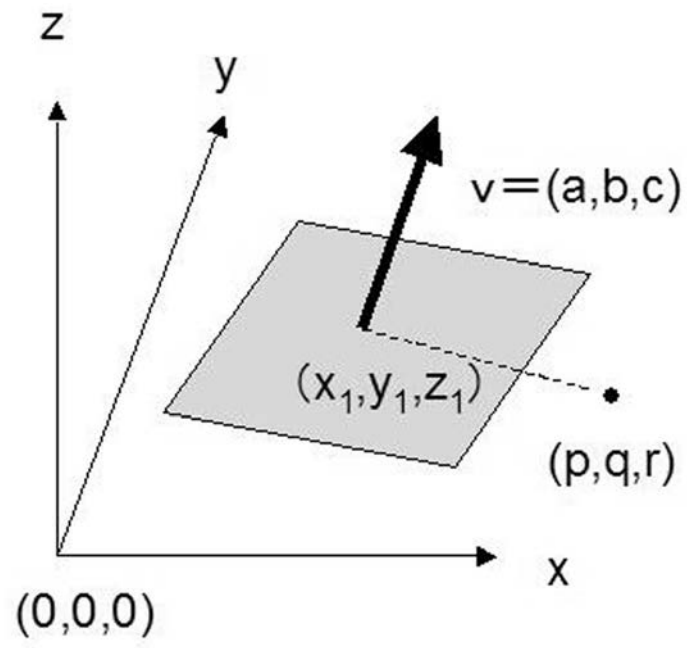
(b)



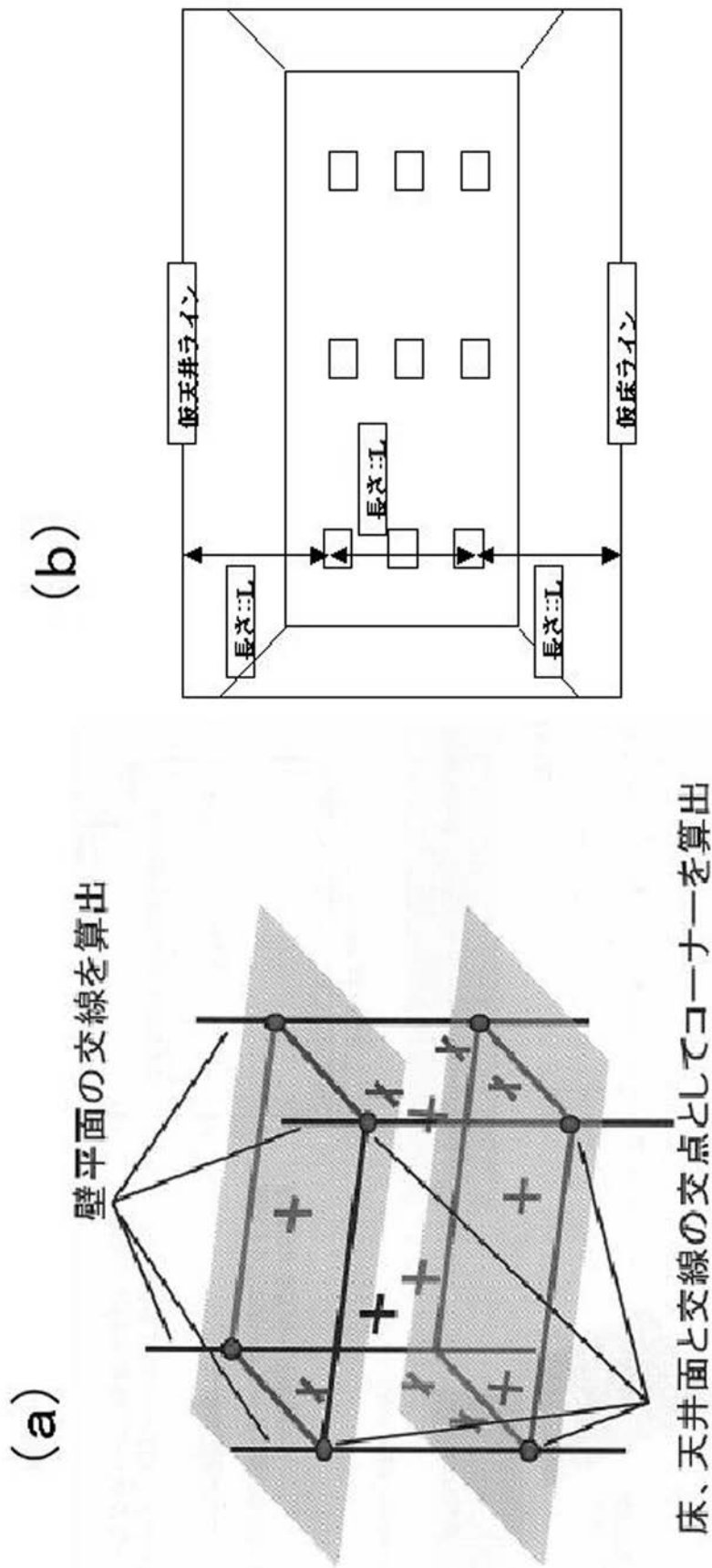
(c)



【 図 5 】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
G 0 6 F	17/50	(2006.01)	G 0 6 F	17/50
G 0 1 C	15/06	(2006.01)	G 0 6 F	17/50
			G 0 6 F	17/50
			G 0 1 C	15/06
				6 2 2 A
				6 2 4 A
				6 8 0 B
				T

(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

(72)発明者 廣瀬 駿
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 水島 靖典
千葉県印西市小倉台 4 - 2 - 1 - 4 1 8

審査官 梶田 真也

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 2 1 8 1 7 3 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 2 1 0 3 7 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 2 7 8 1 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 5 6 0 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 3 3 7 5 1 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 0 4 4 4 9 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 3 9 1 9 7 (J P , A)
特表 2 0 0 4 - 5 1 5 7 5 6 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 5 7 2 9 3 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 2 5 0 6 5 1 (J P , A)
特開平 6 - 2 4 3 2 3 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C	1 1 / 0 6
G 0 1 B	1 1 / 2 4
G 0 1 C	1 5 / 0 6
G 0 6 F	1 7 / 5 0
G 0 6 T	1 / 0 0
G 0 6 T	1 5 / 0 0