(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2012-103134
(P2012-103134A)
(43)公開日　平成24年5月31日(2012.5.31)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01C 11/06	(2006.01)	G01C	11/06		2F065
G01B 11/24	(2006.01)	G01B	11/24	K	5B046
G06T 15/00	(2011.01)	G06T	15/00	100A	5B050
G06T 19/00	(2011.01)	G06T	17/40	A	5B057
G06T 1/00	(2006.01)	G06T	1/00	315	5B080

審査請求 未請求　請求項の数 14　ＯＬ　（全 33 頁）　最終頁に続く

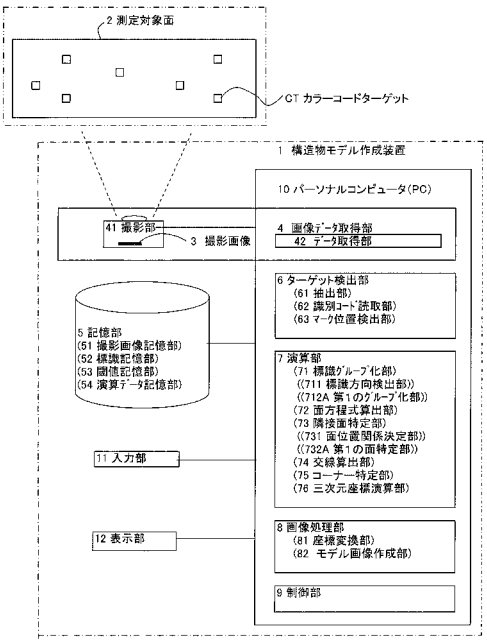
(21)出願番号　特願2010-252360 (P2010-252360)
(22)出願日　平成22年11月10日 (2010.11.10)

(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　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７５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)【要約】
【課題】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する。
【解決手段】本発明による構造物モデル作成装置１は、コード付き標識ＣＴを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と、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、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、測定対象面間の交線を求める交線算出部７４と、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、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。
【選択図】図１



【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；
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；
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；
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；
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；

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；
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。
【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；

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。

【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）

【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。
【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が、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。

【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。

【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。
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。
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。

【００２２】

また、本発明の第１０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で各グループに属するとされたコード付き標識ＣＴ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ＣＴ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。

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。

【００２３】

また、本発明の第１１の態様に係る構造物モデル作成装置は、第１ないし第１０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８１を備える。

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（ｘｙ面、ｘｚ面、ｙｚ面に平行な面）になるので、処理が簡素になる。

【００２４】

また、本発明の第１２の態様に係る構造物モデル作成装置は、第１ないし第１１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ＣＴを、識別コード読取部６２で読み取られた識別コード、標識方向検出部７１１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７１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５２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ＣＴ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。

【００２５】

また、本発明の第１３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７１２Ａは、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に対して所定の閾値を設定し、コード付き標識ＣＴ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。

【００２６】

また、本発明の第１４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ＣＴが配置された測定対象面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撮影画像取得工程（Ｓ１１０）と、撮影画像取得工程（Ｓ１１０）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工程（Ｓ１１２）と、抽出工程（Ｓ１１２）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（Ｓ１１４）と、抽出工程（Ｓ１１２）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。

【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。

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】

【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。
【図１０】コーナー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。
【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）ＣＴの法線方向を用いてカラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ）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、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ＣＴ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７２、標識グループ化部７１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７３、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７４、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、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７６を有する。

【００３６】

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第１のグループ化部７１２Ａとを有する。また、隣接面特定部７３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７３１と、面位置関係決定部７３１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７３２Ａを有する。

【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８１、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８２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４２、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（ＰＣ）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（ＰＣ）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ＣＴ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ＣＴ（ＣＴ１～ＣＴ３）は、位置検出用パターンから成るレトロターゲット部Ｐ１、基準色パターンから成る基準色部Ｐ２、カラーコードパターンから成るカラーコード部Ｐ３、例えば空パターンから成る白色部Ｐ４で構成されている。これら、レトロターゲット部Ｐ１、基準色部Ｐ２、カラーコード部Ｐ３、白色部Ｐ４はカラーコードターゲットＣＴ１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。

【００４０】
レトロターゲット部Ｐ１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Ｐ１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Ｐ２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Ｐ２は、簡易な方法で作成されたカラーコードターゲットＣＴ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ＣＴを使用する場合は、使用プリンタ等で色彩に個体差が出るが、基準色部Ｐ２とカラーコード部Ｐ３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。

【００４２】
カラーコード部Ｐ３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×ｎ×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×（ｎ－１）×（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Ｐ３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Ｐ３に使用されるため、基準色部Ｐ２との比較のみでなく、カラーコード部Ｐ３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ＣＴ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ＣＴ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Ｐ３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ＣＴを画像中から検出することが可能である。

【００４３】
白色部Ｐ４は、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ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ＣＴの傾斜検出用に使用できる。このように白色部Ｐ４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。

【００４４】
［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６１にて、撮影画像記憶部５１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ＣＴを抽出する。抽出方法として、（１）カラーコードターゲットＣＴ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Ｐ３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。

【００４５】

（１）カラーコードターゲットＣＴ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。

【００４６】

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（Ａ１）は同心円のうち小円の内側である内円部２０４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２０６の明度が暗いレトロターゲット２００、図３（Ａ２）は（Ａ１）のレトロターゲット２００の直径方向の明度分布図、図３（Ｂ１）は内円部２０４の明度が暗く、外円部２０６の明度が明るいレトロターゲット２００、図３（Ｂ２）は（Ｂ１）のレトロターゲット２００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Ｔｏ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Ｔｏ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＝｛Σｘ＊ｆ（ｘ，ｙ）｝／Σｆ（ｘ，ｙ）　－－－－（式１）
ｙｇ＝｛Σｙ＊ｆ（ｘ，ｙ）｝／Σｆ（ｘ，ｙ）　－－－－（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Ｔｏ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。

【００５１】

次に、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴを貼付された測定対象面２を撮影する（撮影工程：Ｓ１０５）。例えば、撮影部４１にて、ステレオカメラを用いてカラーコードターゲットＣＴ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４２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５１に記憶する（撮影画像取得工程：Ｓ１１０）。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６１にて、撮影画像取得工程（Ｓ１１０）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（抽出工程：Ｓ１１２）。次に、識別コード読取部６２にて、抽出工程（Ｓ１１２）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：Ｓ１１４）。また、マーク位置検出部６３にて、抽出工程（Ｓ１１２）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）。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７６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。

【００５２】

次に、カラーコードターゲットＣＴのグループ化を行なう（ターゲットグループ化工程：Ｓ１２０）。検出された各カラーコードターゲットＣＴ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７１の標識方向検出部７１１にて、各カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴが貼付された面の法線方向を求める（標識方向検出工程：Ｓ１１８）。

【００５３】

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。

まず、法線ベクトルが同じカラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ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。

【００５４】

さらに、標識グループ化部７１の第１のグループ化部７１２Ａ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、測定対象面対応にグループ化する（第１のグループ化工程：Ｓ１２０Ａ）。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ＣＴが同一グループに属するようにグループ化する。

測定対象面内の各点（ｘ１，ｙ１，ｚ１）について、
点Ｐ１（ｘ１，ｙ１，ｚ１）と原点との距離＝√（ｘ１２＋ｙ１２＋ｚ１２）　（式５）
点Ｐ１（ｘ１，ｙ１，ｚ１）のある点Ｐ（ｐ，ｑ，ｒ）までの距離
＝√（（ｘ１－ｐ）２＋（ｙ１－ｑ）２＋（ｚ１－ｒ）２）　（式６）
原点から平面（ａｘ＋ｂｙ＋ｃｚ＋ｄ＝０）へ下ろした垂線の長さ
＝｜ｄ｜／√（ａ２＋ｂ２＋ｃ２）　（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｜／√（ａ２＋ｂ２＋ｃ２）　（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θｍｎが所定の閾値ε１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ε２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。

【００５８】

次に、隣接対象面特定部７３にて、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する（隣接面特定工程：Ｓ１５０）。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（Ｓ１５０）後に、壁交線を算出（Ｓ１５５）することとする。また、本実施例では、面位置関係決定部７３１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：Ｓ１４０）後に、第１の面特定部７３２Ａ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：Ｓ１５０Ａ）。面位置関係決定部７３１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。

【００５９】

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ＣＴを抽出して、測定対象面２の面方程式を求める（Ｓ１３０）。次に測定対象面（壁面）同士の交線を算出する（Ｓ１５５）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。

【００６０】

まず、面位置関係決定部７３１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：Ｓ１４０）。まず、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴの重心、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ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ｇ１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ｇ１～ｇ５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、ｇ１→ｇ２→ｇ３→ｇ４→ｇ５→ｇ１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ｇ１～ｇ５を結ぶ多角形の重心Ｇに対して、各測定対象面の仮重心ｇ１～ｇ５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７３２Ａは、それぞれの測定対象面について求められた仮重心ｇ１～ｇ５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：Ｓ１５０Ａ）。

【００６１】

次に、交線算出部７４にて、測定対象面（壁面）の交線を算出する（交線算出工程：Ｓ１５５）。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、　ａ１ｘ＋ｂ１ｙ＋ｃ１ｚ＋ｄ１＝０　（式９）

平面２を、　ａ２ｘ＋ｂ２ｙ＋ｃ２ｚ＋ｄ２＝０　（式１０）

交線Ｌ１２の通る点Ａ１２、交線の方向ベクトルｅ１２、媒介変数ｔ１２とすると、

交線を、Ｌ１２＝Ａ１２＋ｔ１２ｅ１２　　（式１１）

と表すことができる。

ここで、ｘ１２＝ｂ１ｃ２－ｃ１ｂ２、ｙ１２＝ｃ１ａ２－ａ１ｃ２、

ｚ１２＝ａ１ｂ２－ｂ１ａ２　とする。

交線がｘｙ面を通る点は、ｚ１２≠０のとき、

（（ｄ１ｂ２－ｂ１ｄ２）／ｚ１２，（ｄ１ａ２－ａ１ｄ２）／（－ｚ１２），０）

交線がｘｚ面を通る点は、ｙ１２≠０のとき、

（（ｄ１ｃ２－ｃ１ｄ２）／（－ｙ１２），０，（ｄ１ａ２－ａ１ｄ２）／ｙ１２）

交線がｙｚ面を通る点は、ｘ１２≠０のとき、

（０，（ｄ１ｃ２－ｃ１ｄ２）／ｘ１２），（ｄ１ｂ２－ｂ１ｄ２）／（－ｘ１２））

となる。なお、ｘ１２＝０，ｙ１２＝０，ｚ１２＝０のとき、２平面は平行で交線はない。

【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ｘｙ面、主要な壁がｘｚ面、ｙｚ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を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。

【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（ｘｙ面に垂直）になり、壁面は主としてｘｚ面又はｙｚ面に平行になる。なお、後に追記される床、天井は主と

してｘｙ面に平行（水平）になり、床はｚ＝０に位置する。

【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ＣＴ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ＣＴが貼付されている場合は、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ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。

【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、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ＣＴ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ＣＴ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。

【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ＣＴが貼付されている。カラーコードターゲットＣＴ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ＣＡＤ（Ｃｏｍｐｕｔｅｒ　Ａｉｄｅｄ　Ｄｅｓｉｇｎ：コンピュータ支援設計）データに変換して（Ｓ１９０）、ＣＡＤで図面出力する（Ｓ１９５）。図面に付随して三次元座標データも出力可能である。なお、ＣＡＤを用いず、通常のプリンタに室内モデルの三次元座標を出力しても良い。

【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ＣＡＤ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】

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ＣＴを貼付して室内を撮影する（Ｓ２００）。次に、ＰＣ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。

【実施例２】

【００７２】

実施例１では、カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴをそのコード番号によりグループ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１５に本実施例に係る構造物モデル作成装置１Ａの構成例を示す。実施例１の標識グループ化部７１は標識方向検出部７１１と第１のグループ化部７１２Ａを有するのに対して、本実施例では、標識グループ化部７１は第２のグループ化部７１２Ｂを有することが異なるが、その他の構成は同様である。

図１６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（Ｓ１１８）が削除され、標識グループ化工程（Ｓ１２０）が（Ｓ１２０Ｂ）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。

【００７３】

図１７は本実施例におけるカラーコードターゲットＣＴのグループ化を説明するための図である。図１７（ａ）は模式的平面図、図１７（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ＣＴのグループ化は第２のグループ化部７１２Ｂ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）：Ｓ１２０Ｂ）。図１７（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ＣＴ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ＣＴのコード番号を１０番～１９番、「壁２」には２０番～２９番、「壁３」には３０番～３９番、「壁４」には４０番～４９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ＣＴ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ＣＴを容易にグループ分けできる。

【００７４】

また、本実施例においては、隣接対象面特定部７３の面位置関係決定部７３１は、各測定対象面に貼付されたカラーコードターゲットＣＴ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（Ｓ１４０）において、図１７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７３１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。

【００７５】

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】

【００７６】

実施例１では、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ＣＴ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（Ｓ１４０）の内容が変更される。

【００７７】

図１８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７３は、面位置関係決定部７３１にて、標識グループ化部７１で各グループに属するとされたコード付き標識ＣＴ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ＣＴ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７３２Ａは、面位置関係決定部７３１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７３１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ＣＴ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７３２Ａ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。

【００７８】

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】

【００７９】

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１９に本実施例に係る構造物モデル作成装置１Ｂの構成例を示す。隣接面特定部７３について、図１にあった面位置関係決定部７３１が削除され、第１の面特定部７３２Ａに代わって第２の面特定部７３２Ｂが設けられている。第２の面特定部７３２Ｂは、交線算出部７４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。

【００８０】

図２０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２０では、図４にあった面位置関係決定工程（Ｓ１４０）が削除され、交線算出工程（Ｓ１５５）と隣接面特定工程の工程順が逆になり、隣接面特定工程（Ｓ１５０）の内容が（Ｓ１５０Ｂ）に変更されている。

【００８１】

まず、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る（交線算出工程：Ｓ１５５）。次に、隣接面特定部７３は、第２の面特定部７３２Ｂにて、交線算出部７４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）：Ｓ１５０Ｂ）。この場合、例えば図８（ｂ）に示すように、交線算出部７４により、正しく認識された壁交線Ｐ１～Ｐ５の他に誤認識された壁交線Ｑ１，Ｑ２も算出されるが、隣接面特定部７３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Ｐ１～Ｐ５として求められる。

【００８２】

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】

【００８３】

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ＣＴのグループ化（Ｓ１２０）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。

【００８４】

図２１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２１では、座標変換工程（Ｓ１６０）が図４での交線算出工程（Ｓ１５５）の後から標識グループ化工程（Ｓ１２０）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ＣＴ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ＣＴ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（ｘｙ面に垂直）になり、壁面は主としてｘｚ面又はｙｚ面に平行になるので、面方程式算出工程（Ｓ１３０）～交線算出工程（Ｓ１５５）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（Ｓ１６０）は、標識グループ化工程（Ｓ１２０）からコーナー点算出工程（Ｓ１７０）の間のどこに変更しても良く、複数回行なっても良い。

【００８５】

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】

【００８６】

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。

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７２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。

【００８７】

図２２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２２では、図４での面方程式算出工程（Ｓ１３０）と交線算出工程（Ｓ１５５）が、それぞれ、面方程式算出工程（Ｓ１３０Ｃ）と交線算出工程（Ｓ１５５Ｃ）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。

【００８８】
図２３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）＝ａｘ２＋ｈｘｙ＋ｂｙ２＋ｃｘ＋ｄｙ＋ｅ・・・（式１２）

と近似する。カラーコードターゲットＣＴ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ＣＴ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ＣＴ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。
【００８９】
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】
【００９０】
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ＣＴを貼付し、法線方向とカラーコードターゲットＣＴ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。
【００９１】
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。
【００９２】
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。
【００９３】
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。
【００９４】
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（Ｓ１１４）とマーク位置検出工程（Ｓ１１６）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（Ｓ１１０）～図面出力工程（Ｓ１９５）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。

【産業上の利用可能性】

【００９５】

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。

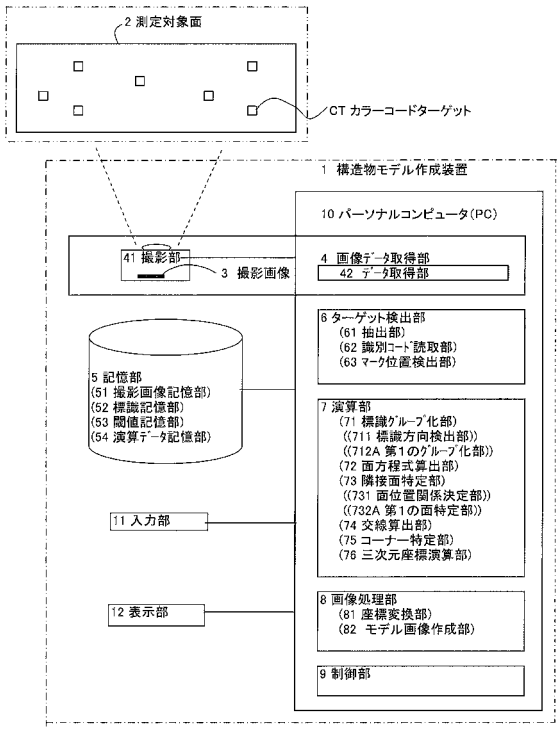
【符号の説明】

【００９６】

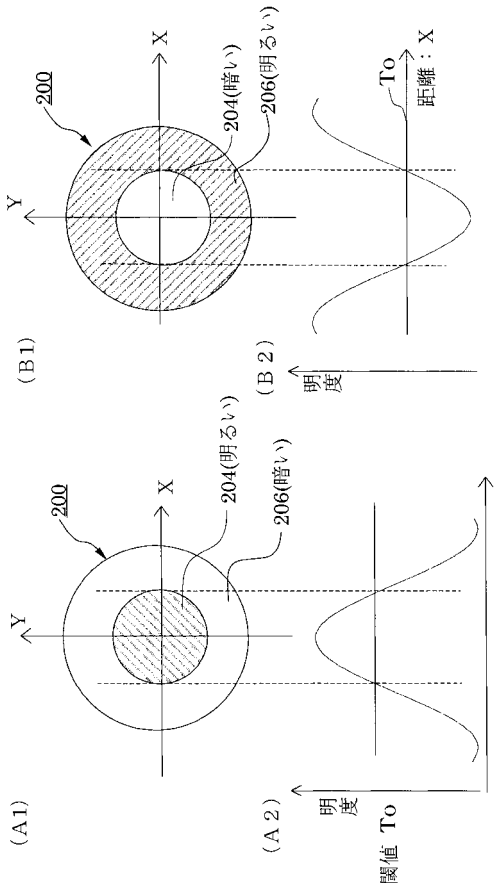
１，１Ａ，１Ｂ　構造物モデル作成装置
２　測定対象面
３　撮影画像
４　画像データ取得部
５　記憶部
６　ターゲット検出部
７　演算部
８　画像処理部
９　制御部
１０　パーソナルコンピュータ（ＰＣ）
１１　入力部
１２　表示部
４１　撮影部
４２　データ取得部
５１　撮影画像記憶部
５２　標識記憶部
５３　閾値記憶部
５４　演算データ記憶部
６１　抽出部
６２　識別コード読取部
６３　マーク位置検出部
７１　標識グループ化部
７１１　標識方向検出部
７１２Ａ　第１のグループ化部
７１２Ｂ　第２のグループ化部
７２　面方程式算出部
７３　隣接面特定部
７３１　面位置関係決定部
７３２Ａ　第１の面特定部
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

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

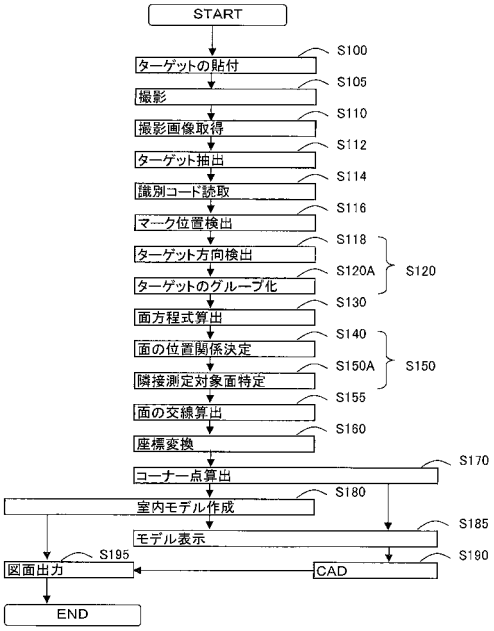
【図１】



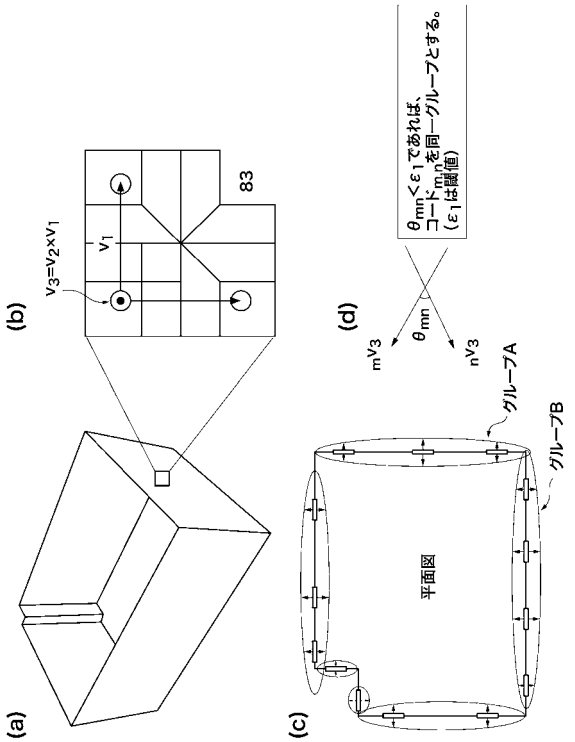
【図３】



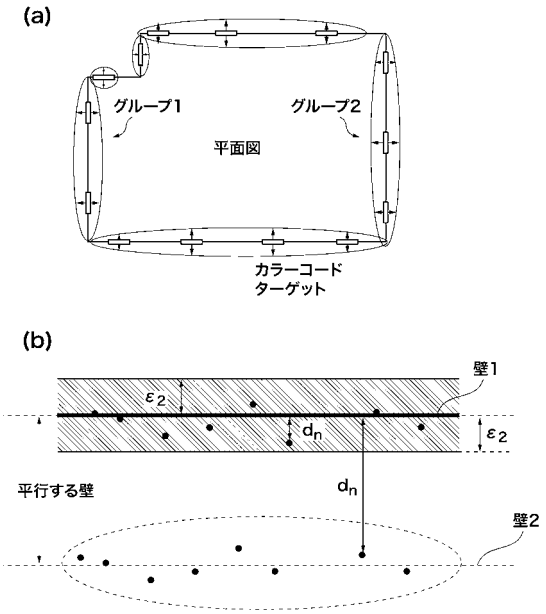
【図４】


START
ターゲットの貼付
S100
撮影
S105
撮影画像取得
S110
ターゲット抽出
S112
識別コード読取
S114
マーク位置検出
S116
ターゲット方向検出
S118
ターゲットのグループ化
S120A
S120
面方程式算出
S130
面の位置関係決定
S140
隣接測定対象面特定
S150A
S150
面の交線算出
S155
座標変換
S160
コーナー点算出
S170
室内モデル作成
S180
モデル表示
S185
図面出力
S195
CAD
S190
END

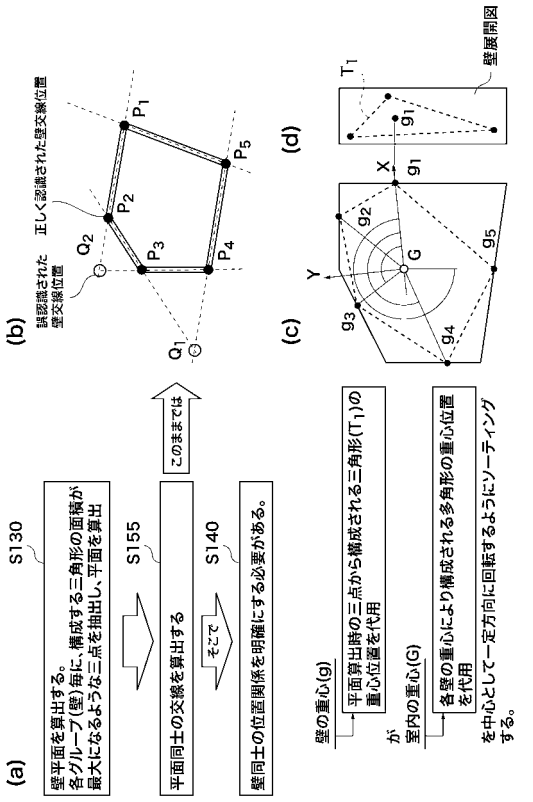
【図６】


(a)
(b)
(c)
(d)
83
$v_3=v_2\times v_1$
v_1
$\theta_{mn}<\varepsilon_1$であれば、
コード$_m$とコード$_n$を同一グループとする。
(ε_1は閾値)
θ_{mn}
$_mv_3$
$_nv_3$
グループA
グループB
平面図

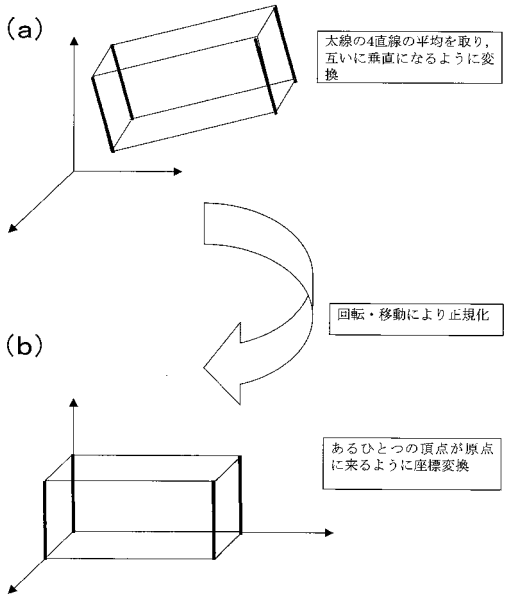
【図７】


(a)
グループ1
グループ2
平面図
カラーコード
ターゲット
(b)
壁1
ε_2
d_n
ε_2
平行する壁
d_n
壁2

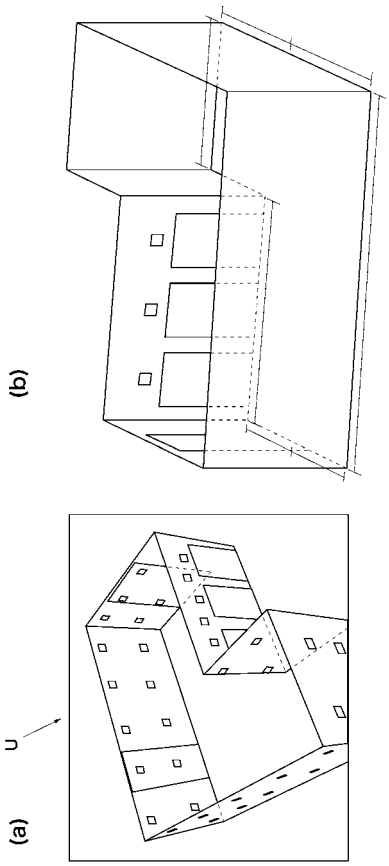
【図８】


(a)
壁平面を算出する。
各グループ(壁)毎に、構成する三角形の面積が最大になるような三点を抽出し、平面を算出
S130
平面同士の交線を算出する
S155
そこで
S140
壁同士の位置関係を明確にする必要がある。
(b)
誤認識された壁交線位置
正しく認識された壁交線位置
このままでは
(c)
(d)
壁展開図
壁の重心(g)
平面算出時の三点から構成される三角形(T_1)の重心位置を代用
が
室内の重心(G)
各壁の重心により構成される多角形の重心位置を代用
を中心として一定方向に回転するようにソーティングする。

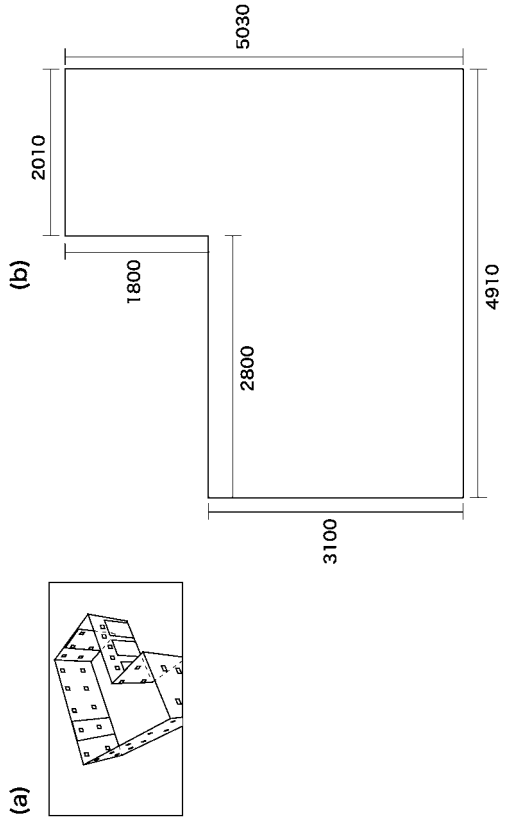
【図９】



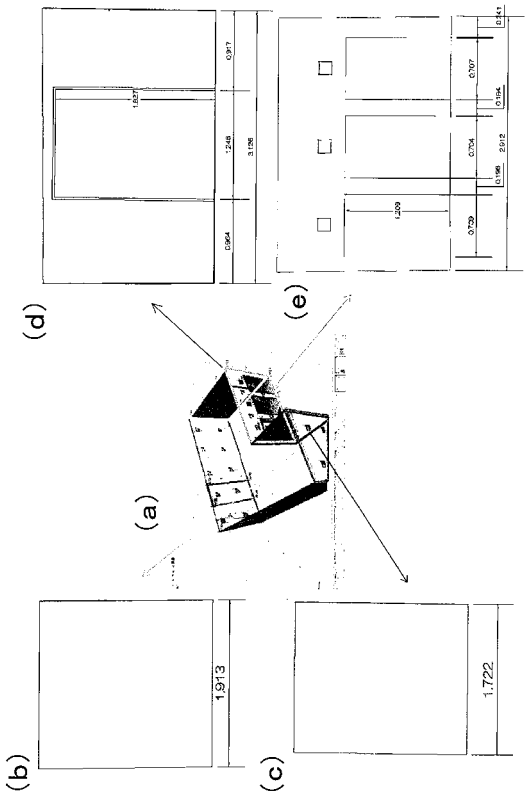
【図１１】



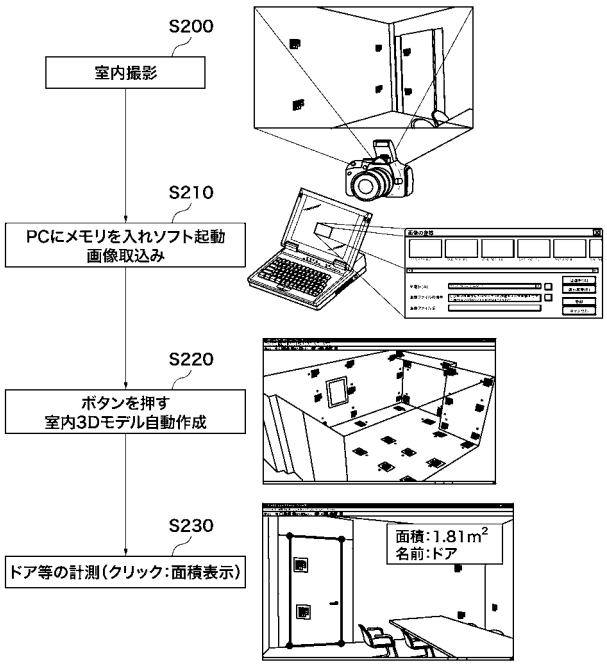
【図１２】



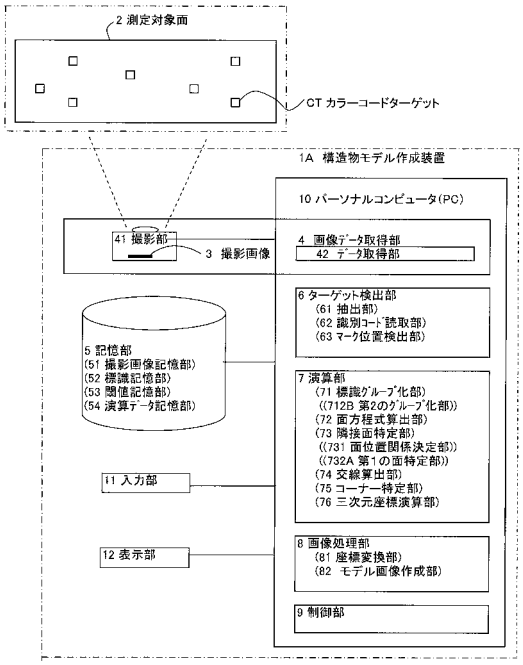
【図１３】



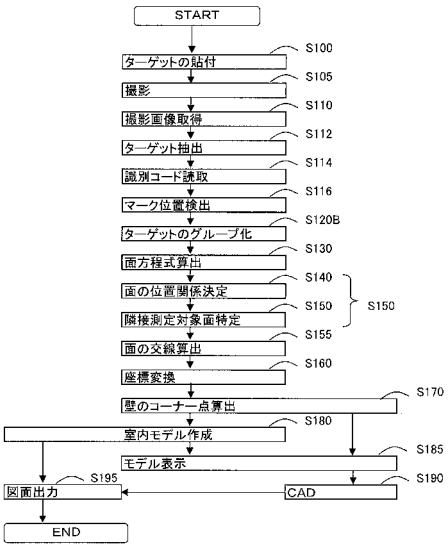
【図１４】



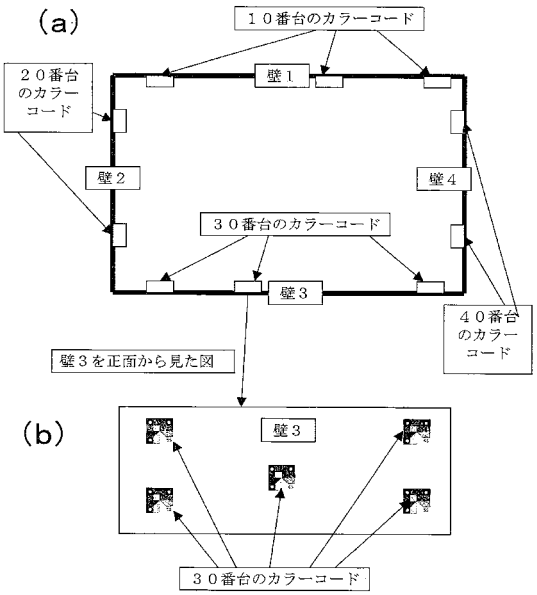
【図１５】



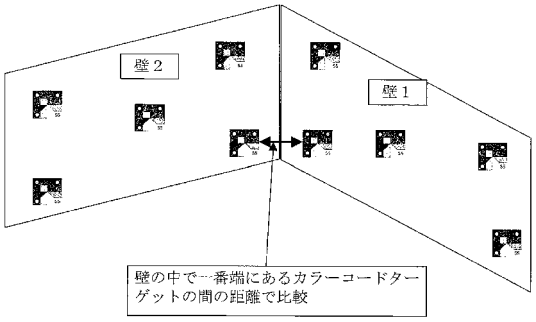
【図１６】



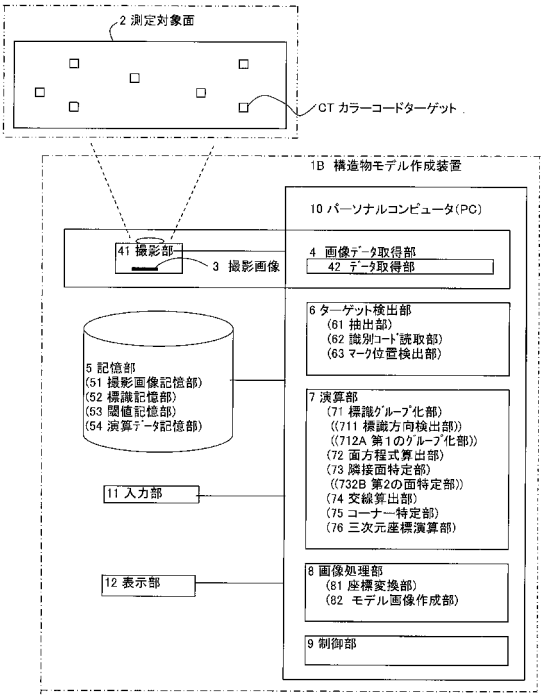
【図１７】



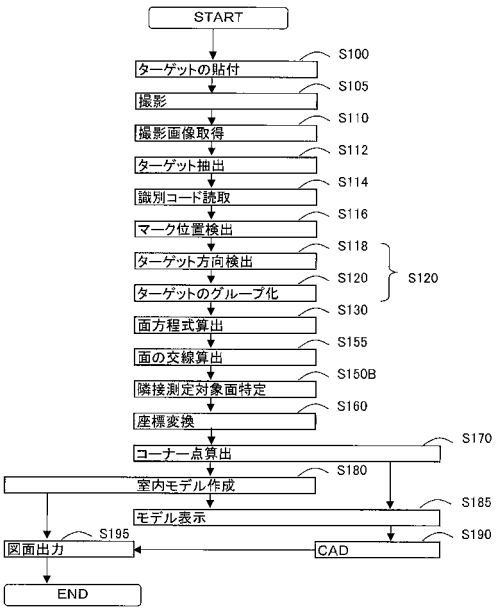
【図１８】



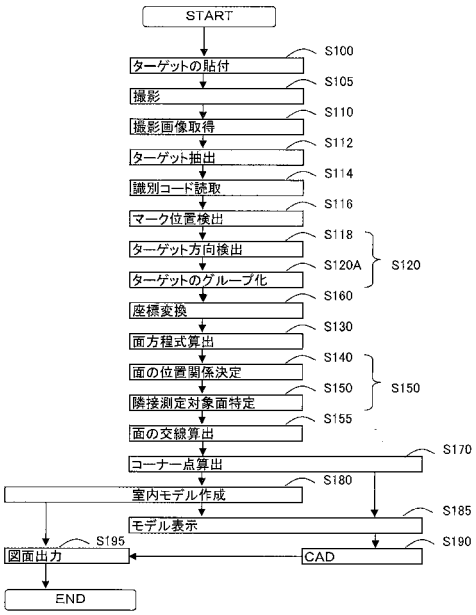
【図１９】



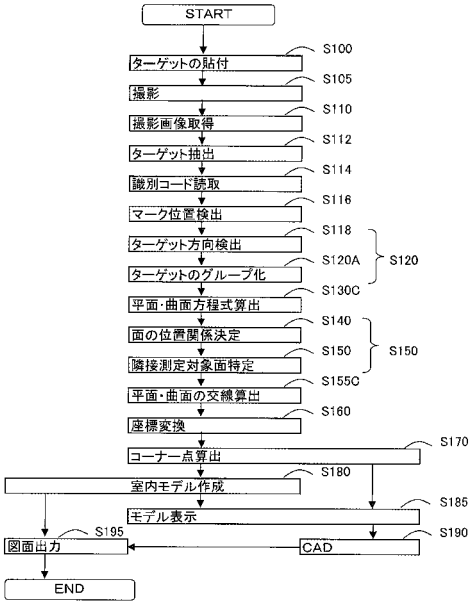
【図２０】



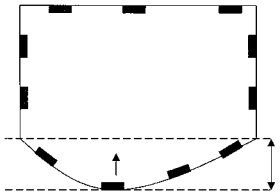
【図２１】



【図２２】

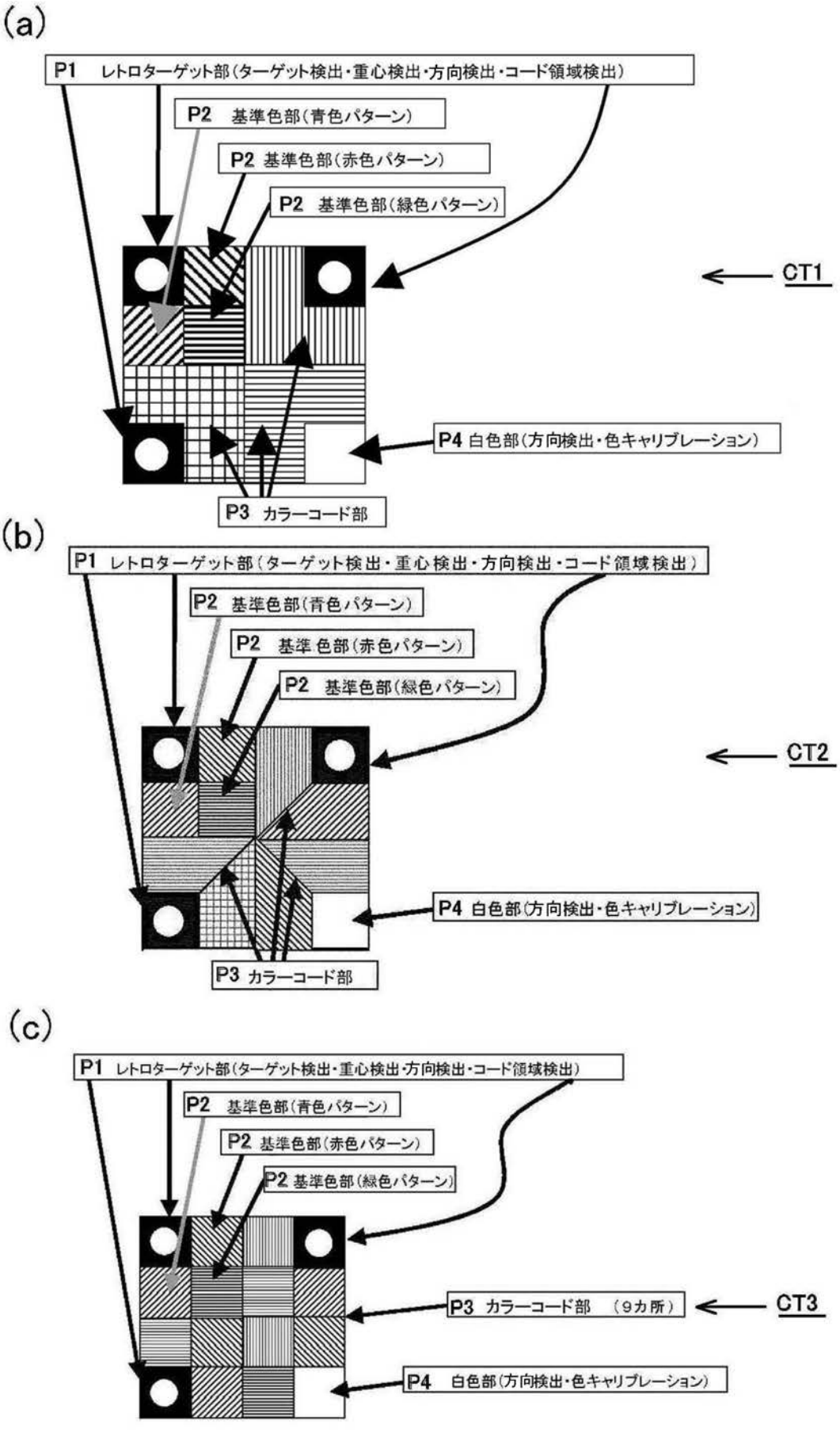


【図２３】

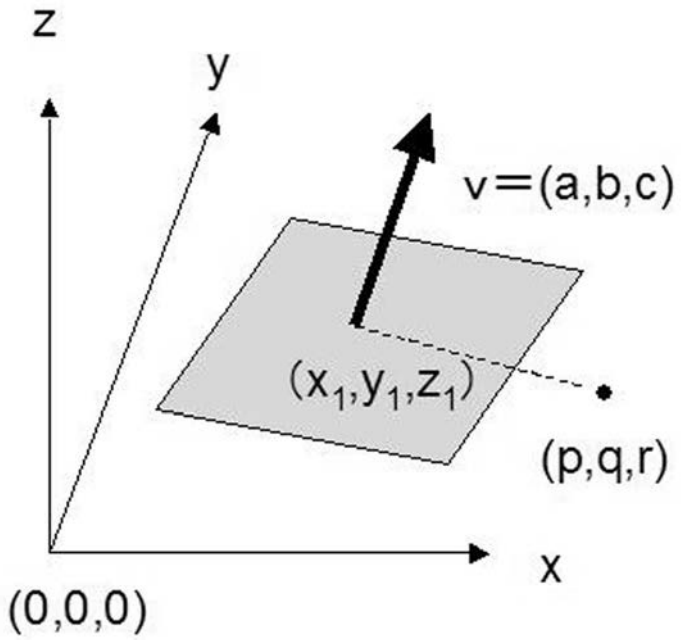


曲面は関数近似：
曲面の方程式（2次曲面）とする場合は、
$z=ax^2+hxy+by^2+cx+dy+e$

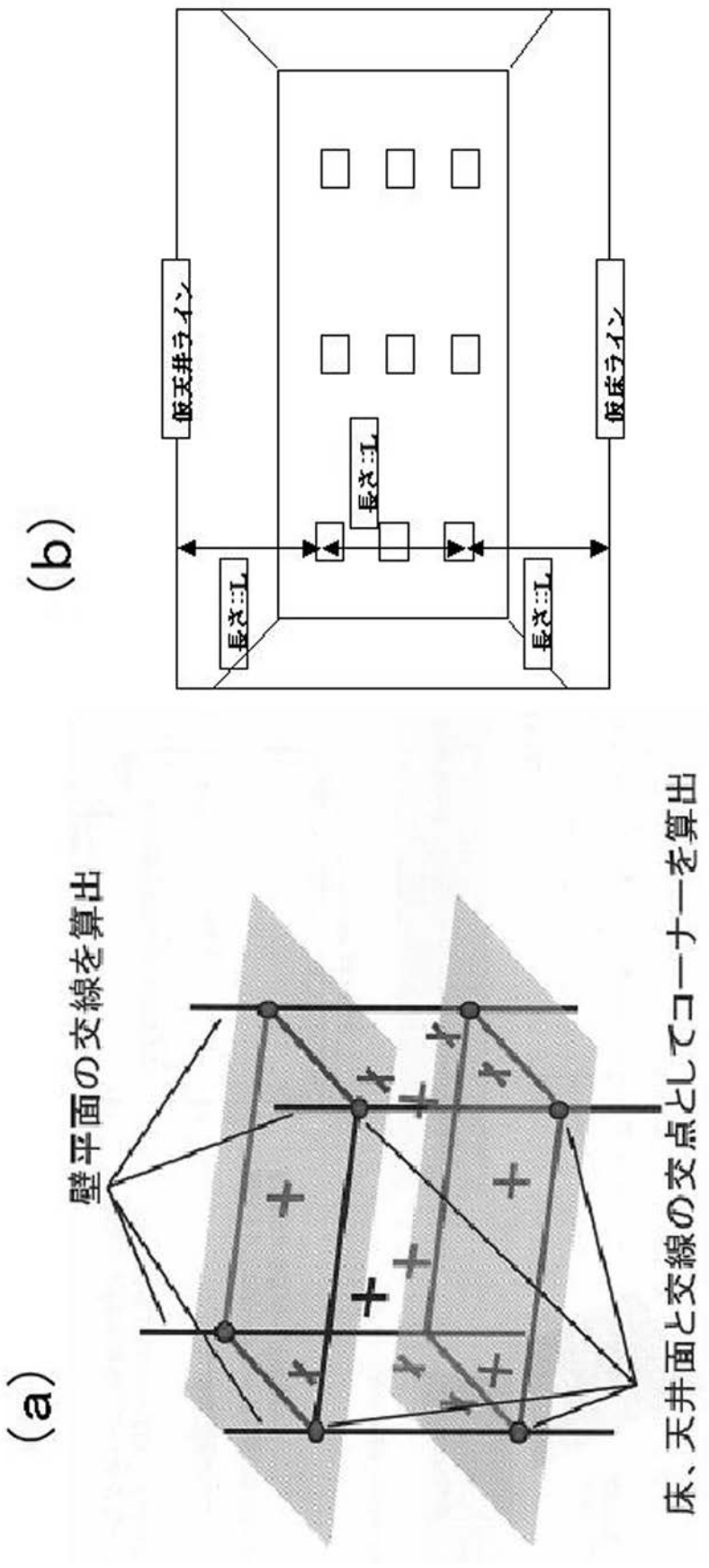
【図２】


(a)
P1 レトロターゲット部(ターゲット検出・重心検出・方向検出・コード領域検出)
P2 基準色部(青色パターン)
P2 基準色部(赤色パターン)
P2 基準色部(緑色パターン)
CT1
P4 白色部(方向検出・色キャリブレーション)
P3 カラーコード部
(b)
P1 レトロターゲット部(ターゲット検出・重心検出・方向検出・コード領域検出)
P2 基準色部(青色パターン)
P2 基準色部(赤色パターン)
P2 基準色部(緑色パターン)
CT2
P4 白色部(方向検出・色キャリブレーション)
P3 カラーコード部
(c)
P1 レトロターゲット部(ターゲット検出・重心検出・方向検出・コード領域検出)
P2 基準色部(青色パターン)
P2 基準色部(赤色パターン)
P2 基準色部(緑色パターン)
P3 カラーコード部 (9カ所)
CT3
P4 白色部(方向検出・色キャリブレーション)

【図５】



【図１０】


(a)
壁平面の交線を算出
床、天井面と交線の交点としてコーナーを算出
(b)
仮天井ライン
仮床ライン
長さL
長さL
長さL

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
Ｇ０６Ｆ	*17/50*	*(2006.01)*	Ｇ０６Ｆ	17/50	６２２Ａ	
Ｇ０１Ｃ	*15/06*	*(2006.01)*	Ｇ０６Ｆ	17/50	６２４Ａ	
			Ｇ０６Ｆ	17/50	６８０Ｂ	
			Ｇ０１Ｃ	15/06	Ｔ	

(72)発明者　高地　伸夫
東京都板橋区蓮沼町７５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７５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４－２－１－４１８

Ｆターム(参考) 2F065 AA04 AA17 BB27 CC14 DD06 FF04 FF05 JJ03 JJ26 QQ04
QQ17 QQ23 QQ24 QQ38 QQ42
5B046 AA03 EA09 FA18
5B050 BA04 BA09 BA10 BA13 CA07 DA07 EA05 EA07 EA18 EA27
EA28 FA02 FA09 GA08
5B057 AA20 CE12 DA07 DA20 DB03 DB06 DC33
5B080 AA09 BA01 DA06 FA02