

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5492343号
(P5492343)

(45) 発行日 平成26年5月14日(2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月7日(2014.3.7)

(51) Int.Cl. F I
 GO 1 C 11/06 (2006.01) GO 1 C 11/06
 GO 1 C 15/06 (2006.01) GO 1 C 15/06 T

請求項の数 10 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-211530 (P2013-211530)</p> <p>(22) 出願日 平成25年10月9日 (2013.10.9)</p> <p>審査請求日 平成25年10月9日 (2013.10.9)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 505250410 株式会社横河技術情報 千葉県船橋市山野町47番地1 横河第二 テクノビル</p> <p>(74) 代理人 100158883 弁理士 甲斐 哲平</p> <p>(72) 発明者 田部 成寿 千葉県船橋市山野町47-1 株式会社横 河技術情報内</p> <p>(72) 発明者 バトスーリ ガンスフ 千葉県船橋市山野町47-1 株式会社横 河技術情報内</p> <p>審査官 須中 栄治</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 写真計測図化方法、及び写真計測図化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

計測対象物を図化する方法であって、
 前記計測対象物の計測点に、計測ターゲットを貼付する貼付工程と、
 前記計測ターゲットが含まれる写真画像を、2以上取得する撮影工程と、
 前記2以上の写真画像に基づいて、前記計測点の座標を取得する座標取得工程と、
 前記写真画像に写された前記計測ターゲットから、前記計測点における図形要素を取得
 する図形要素取得工程と、

前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測対象物の一部又は全部を図化する
 図化工程と、を備え、

前記図形要素は、当該計測点を基準とした図形を構成するための情報であり、
 前記図化工程では、1の前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測点を基準
 とした単独図形を図化する、ことを特徴とする写真計測図化方法。

【請求項2】

計測対象物を図化する方法であって、
 前記計測対象物の2以上の計測点に、それぞれ計測ターゲットを貼付する貼付工程と、
 前記計測ターゲットが含まれる写真画像を、各計測点に対してそれぞれ2以上取得する
 撮影工程と、

前記2以上の写真画像に基づいて、それぞれの前記計測点の座標を取得する座標取得工
 程と、

前記写真画像に写された前記計測ターゲットから、それぞれの前記計測点における図形要素を取得する図形要素取得工程と、

前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測対象物の一部又は全部を図化する図化工程と、を備え、

前記図形要素には、形状の種別を含む線形要素、及び他計測点との接続情報が含まれ、前記図化工程では、2以上の前記計測点の座標及び図形要素に基づいて計測点間を接続することによって図化する、ことを特徴とする写真計測図化方法。

【請求項3】

前記計測ターゲットが、

前記計測点への貼付が可能であり、

前記写真画像内で特徴点として識別できるとともに、その画像特徴から前記図形要素の取得が可能である、ことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の写真計測図化方法。

10

【請求項4】

前記計測ターゲットが、

複数の構成点が配列された表示面を備え、

前記構成点の配列パターンに基づいて、特定の図形要素の取得が可能である、ことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の写真計測図化方法。

【請求項5】

前記計測ターゲットが、

前記図形要素に応じた色又は模様が付された、ことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の写真計測図化方法。

20

【請求項6】

計測対象物を図化する装置であって、

前記計測対象物の計測点に貼付された計測ターゲットが含まれる2以上の写真画像に基づいて、該計測点の座標を算出する座標取得手段と、

前記写真画像に写された前記計測ターゲットから、前記計測点における図形要素を取得する図形要素取得手段と、

前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測対象物の一部又は全部を図化する図化手段と、を備え、

前記図形要素は、当該計測点を基準とした図形を構成するための情報であり、

前記図化手段は、1の計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測点を基準とした単独図形を図化する、ことを特徴とする写真計測図化装置。

30

【請求項7】

計測対象物を図化する装置であって、

前記計測対象物の計測点に貼付された計測ターゲットが含まれる2以上の写真画像に基づいて、該計測点の座標を算出する座標取得手段と、

前記写真画像に写された前記計測ターゲットから、前記計測点における図形要素を取得する図形要素取得手段と、

前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測対象物の一部又は全部を図化する図化手段と、を備え、

前記図形要素は、形状の種別を含む線形要素、及び他計測点との接続情報を含むものであり、

前記図化手段は、2以上の前記計測点の座標及び図形要素に基づいて計測点間を接続することによって図化する、ことを特徴とする写真計測図化装置。

40

【請求項8】

前記図形要素は、2以上の他計測点との接続情報、及び2以上の線形要素を含み、

前記図化手段は、接続される2つの計測点に共通する前記線形要素に基づいて、これら計測点間を接続することによって、前記計測対象物の一部又は全部を図化することを特徴とする請求項7記載の写真計測図化装置。

【請求項9】

50

前記図形要素は、図形識別子を含み、

前記図化手段は、同一の前記図形識別子及び同一の前記線形要素を具備する2以上の計測点で構成される図形について、これら計測点の座標を補正して又は線形要素を調整して接続することによって、前記計測対象物の一部又は全部を図化することを特徴とする請求項7又は請求項8記載の写真計測図化装置。

【請求項10】

前記図化手段は、交点生成機能を有し、

前記交点生成機能は、前記計測点に基づき形成される直線又は曲線を2以上作成するとともに、これら2以上の直線又は曲線が交差する交点の座標を求め、

前記図化手段は、前記交点の座標、並びに前記計測点の座標及び図形要素に基づいて、前記計測対象物の一部又は全部を図化することを特徴とする請求項7乃至請求項9のいずれかに記載の写真計測図化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、橋梁や建物といった構造物、車両や船舶といった製品、あるいは製品を構成する部品など(以下、これらをまとめて「製造物」という。)の実体を図化する技術に関するものであり、より具体的には、写真計測を利用して自動的に図化することのできる写真計測図化方法、写真計測図化装置、及び写真計測図化用ターゲットに関するものである。

【背景技術】

【0002】

上記した製造物は、通常、設計図を基にして作成される。したがって本来は、製造物として完成された実体を図面化すれば、この設計図になるはずである。ところが、設計図通りに完成されない製造物もあり、この場合、設計図は製造物を図化したものにはならない。また、製造物の完成後に設計図が破棄されるケースもあり、あるいは、製造物はあるものの設計図が手元にないケースもある。このような場合、製造物を図化するためには、製造物を計測し、その結果をもとに改めて作図しなければならない。

【0003】

図11は、橋桁の一部に設けられたアンカー孔の配置について図化する状況を示す説明図である。このようなアンカーを打設する場合、通常は縦横とも一定間隔の配置で設計されるが、実際にアンカー孔の穿孔作業を行うと多少ずれのある配置となる。このアンカー孔の配置に合わせた部品を作成するためには、当然ながら正確に計測したうえで実際の配置を適切に再現した図面が必要となる。

【0004】

従来、図11に示すアンカー孔の配置を図化する場合、スチールテープやトランシットなどの計測器を用いて計測し、その結果に基づいて机上で図化していた。あるいは、既設のボルト孔配置に合わせた部品を作成する場合など、相当の大きさの用紙を実物に当てて実寸をトレースし、そのトレース用紙に基づいて図化することもあった。なお、図化の手法に関しては、昨今ではCAD(computer aided design)による手法が主流となっており、平面的に表現する2次元CADのほか、立体的に表現する3次元CADも多用されている。

【0005】

CADを利用したとしても、製造物を計測した結果を図化するためには、人の判断が必要になる。具体的には、CADオペレーターが座標を入力し、写真や図面(現地での計測時に描く入力用の図面)を見ながら所定の座標間を接続していく。あるいは計測した寸法や角度にしたがって、所定の図形を入力していく。それ故、複雑な形状の製造物を図化する作業は多大な労力を必要とし、いわゆるヒューマンエラーも起こしやすい。

【0006】

このような状況から、CADオペレーターの労力が軽減され、ヒューマンエラーが抑制

10

20

30

40

50

される図化技術が切望されてきた。そこで、これまでもいくつかの改善技術が提案され、例えば特許文献1では写真計測を利用した図化技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-163640号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1は、測量現場に設置したターゲットを異方向から撮影した、いわゆるステレオペア画像を取得し、写真計測技術を用いて特徴点の座標を得る手法である。図化に当たっては、ステレオペア画像のうち一方の画像をレイヤ表示し、その画像を図化レイヤで透写しながら現地の概観図を作成していく。そして、画像に写った特定の2点を指定すると、ステレオペア画像によりそれら2点の座標が算出され、2点を結ぶ線分として概観図に反映される。

10

【0009】

この手法によれば、現地での測量作業が軽減できるうえ、作図モニタで現地写真を確認しながら作業できることから、従来に比べるとヒューマンエラーの軽減も期待できる。しかしながら、CADオペレーターの労力はそれほど改善されず、やはり人の判断による作業は多いためヒューマンエラーの顕著な改善は望めない。特に、写真だけの情報では、2点間を直線で接続するのか、あるいは曲線として接続するのか、これを判断することは難しい。さらに、曲線で接続することが明らかであっても、円弧であるかスプラインであるかの判断は極めて困難である。円弧で描く場合、結局は中心点や半径といった幾何情報を入力しながら図化することとなる。

20

【0010】

本願発明の課題は上記問題を解消することであり、すなわちCADオペレーターの労力を軽減して図化コストを軽減するとともに、ヒューマンエラーを抑制して正確に製造物を再現する図化技術であって、写真計測の利用により自動的な図化を可能とする写真計測図化方法、写真計測図化装置、及び写真計測図化用ターゲットを提供することが本願発明の課題である。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願発明は、写真計測に用いられるターゲットに、図形要素を取得することのできる情報を具備させるという点に着目するとともに、この図形要素と写真計測で得られる座標に基づいて自動的に図化するという点に着目して開発されたものであり、従来にはない発想に基づいて行われたものである。

【0012】

本願発明の写真計測図化方法は、貼付工程、撮影工程、座標取得工程、図形要素取得工程、及び図化工程を備えた方法である。このうち貼付工程は、計測対象物の計測点に計測ターゲットを貼付する工程であり、撮影工程は、計測ターゲットが含まれる写真画像を2以上取得する工程で、座標取得工程は、2以上の写真画像に基づいて計測点の座標を取得する工程である。また、図形要素取得工程は、写真画像に写された計測ターゲットから計測点における図形要素を取得する工程である。そして図化工程は、計測点の座標と図形要素に基づいて、計測対象物の一部又は全部を図化する。なお、図形要素は、計測点を基準とした図形を構成するための情報であり、図化工程では、1の計測点の座標及び図形要素に基づいて、計測点を基準とした単独図形を図化する。

40

【0013】

本願発明の写真計測図化方法は、貼付工程で2以上の計測点に計測ターゲットを貼付することもできる。この場合、撮影工程では各計測点に対してそれぞれ2以上の写真画像を取得し、座標取得工程ではそれぞれの計測点の座標を取得し、図形要素取得工程では、そ

50

それぞれの計測点における図形要素を取得する。この場合、図形要素には線形要素（形状の種別を含む）と他計測点との接続情報が含まれている。そして図化工程では、これらの情報に基づいて2以上の計測点間を接続することによって計測対象物の一部又は全部を図化する。

【0014】

本願発明の写真計測図化方法は、次のような計測ターゲットを用いて実施することもできる。すなわちこの計測ターゲットは、計測点への貼付が可能であり、写真画像内で特徴点として識別でき、しかもその画像特徴から図形要素の取得が可能なものである。

【0015】

本願発明の写真計測図化方法は、次のような計測ターゲットを用いて実施することもできる。すなわちこの計測ターゲットは、複数の構成点が配列された表示面を備え、この構成点の配列パターンに基づいて特定の図形要素の取得が可能なものである。

10

【0016】

本願発明の写真計測図化方法は、次のような計測ターゲットを用いて実施することもできる。すなわちこの計測ターゲットは、図形要素に応じた色又は模様が付されたものである。

【0017】

本願発明の写真計測図化装置は、座標取得手段、図形要素取得手段、及び図化手段を備えたものである。このうち座標取得手段は、対象物の計測点に貼付された計測ターゲットが含まれる2以上の写真画像に基づいてその座標を算出するものであり、図形要素取得手段は、写真画像に写された計測ターゲットから計測点における図形要素を取得するものである。また、図化手段は、計測点の座標と図形要素に基づいて計測対象物の一部又は全部を図化するものである。なお図形要素は、計測点を基準とした図形を構成するための情報であり、図化手段は、1の計測点の座標と図形要素に基づいて計測点を基準とした単独図形を図化する。

20

【0018】

本願発明の写真計測図化装置は、2以上の計測点を利用して図化することもできる。この場合の図形要素は、線形要素（形状の種別を含む）及び他計測点との接続情報を含むものであり、図化手段は、2以上の計測点の座標と図形要素に基づいて計測点間を接続することによって計測対象物の一部又は全部を図化する。

30

【0019】

本願発明の写真計測図化装置は、2つの計測点に共通する線形要素に基づいて図化することもできる。この場合の図形要素は、2以上の他計測点との接続情報と2以上の線形要素を含むものであり、図化手段は、接続される2つの計測点に共通する線形要素に基づいて、これら計測点間を接続することによって計測対象物の一部又は全部を図化する。

【0020】

本願発明の写真計測図化装置は、計測点の座標を補正して、あるいは線形要素を調整して図化することもできる。この場合の図形要素は、図形識別子を含むものであり、図化手段は、同一の図形識別子と同一の線形要素を具備する2以上の計測点で構成される図形について、これら計測点の座標を補正して又は線形要素を調整して接続することによって計測対象物の一部又は全部を図化する。

40

【0021】

本願発明の写真計測図化装置は、図化手段が交点生成機能を有するものとすることもできる。この交点生成機能は、計測点に基づき形成される直線又は曲線を2以上作成するとともに、これら2以上の直線又は曲線が交差する交点の座標を求めるものである。この場合、図化手段は交点の座標、並びに計測点の座標及び図形要素に基づいて、計測対象物の一部又は全部を図化する。

【0022】

既述のとおり、本願発明に用いる写真計測図化用の計測ターゲットは、対象物の計測点への貼付が可能であって、計測点の座標を算出するために撮影された写真画像内で特徴点

50

として識別でき、その画像特徴から図形要素の取得が可能なものである。そして、計測点の座標と取得される図形要素に基づいて、計測対象物の一部又は全部を図化することができる。またこの計測ターゲットは、複数の構成点が配列された表示面を備えたものとすることもでき、この構成点の配列パターンに基づいて特定の図形要素の取得が可能となる。さらにこの計測ターゲットは、図形要素に応じた色や模様が付されたものとすることもできる。

【発明の効果】

【0023】

本願発明の写真計測図化方法、及び写真計測図化装置には、次のような効果がある。

(1) 所定の計測点に所定の写真計測図化用ターゲットを貼付し、これを撮影したステレオペア画像を取得することによって、製造物などの計測対象物を自動的に図化することができる。したがって、CADオペレーターの労力は著しく軽減され、その結果図化に係るコストも大幅に軽減することができる。

10

(2) 写真計測図化用ターゲットを貼付する際に適切な図形要素を持つターゲットを選択する必要はあるものの、図化段階では図形要素等の判断を必要としない。したがって、CADオペレーターによる入力ミスなどヒューマンエラーは飛躍的に改善され、その結果正確な図化を実現することができる。

(3) 特別な計測機器を用いることなく写真を撮影するだけで計測できるため、作業にかかる時間と労力が軽減され、しかも機器に係る費用も抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0024】

【図1】本願発明の写真計測図化方法を説明するフロー図。

【図2】本願発明の写真計測図化装置を示すブロック図。

【図3】(a)は所定の特徴パターンを有する本願発明の計測用ターゲットを示すモデル図、(b)は(a)とは異なる特徴パターンを有する計測用ターゲットを示すモデル図。

【図4】(a)は図形種別が「円」である単独図形の生成を説明するモデル図、(b)は図形種別が「円」である連続図形の生成を説明するモデル図。

【図5】(a)は図形種別が「正方形」である単独図形の生成を説明するモデル図、(b)は図形種別が「正方形」である連続図形の生成を説明するモデル図。

【図6】生成した交点と計測点に基づいて作成された連続図形を示すモデル図。

30

【図7】箱状の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図。

【図8】(a)は四角形の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図、(b)は2つの三角形を組み合わせた形状の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図。

【図9】異なる線形要素を含んで構成される連続図形の生成を説明するモデル図。

【図10】(a)は座標補正して直線の連続図形を生成する場合について説明するモデル図、(b)は線形要素を調整して円弧の連続図形を生成する場合について説明するモデル図。

【図11】橋桁の一部に設けられたアンカー孔の配置について図化する状況を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

40

【0025】

本願発明の写真計測図化方法、及び写真計測図化装置の実施形態の一例を図に基づいて説明する。

【0026】

1. 全体概要

まず、図1のフロー図に基づいて本願発明の全体概要について説明する。図1は、本願発明の写真計測図化方法を説明するフロー図である。

【0027】

初めに、計測して図化しようとする製造物(以下、「計測対象物」という。)のうち、計測点を選出して本願発明の計測用ターゲットを貼付する(Step10)。この計測点

50

は、計測対象物を構成する点であり、任意に選出することができるが、計測対象物の輪郭を構成する点や特徴的な形状を示す点など、図化しやすい点を抽出して計測点とすることが望ましい。

【0028】

所定の数だけ計測用ターゲットを貼付すると、この計測用ターゲットの写真画像を取得する(Step 20)。このとき、同一の計測用ターゲットに対して、異なる方向から少なくとも2枚の写真を撮影し、いわゆるステレオ画像を得る。もちろん、同一の計測点に対して3枚以上の写真を撮影してもよく、多くの画像が得られると後に説明する外部標定の精度が向上し、すなわち計測点の座標を精度良く求めることができるので好適となる。ここで取得した画像は、画像記憶手段で記憶される。

10

【0029】

次に、画像記憶手段から所定の画像を読み出し、ディスプレイなどの表示手段で画像を表示する(Step 30)。表示された画像に対して、従来から用いられている画像認識技術を利用して探索し、計測用ターゲットを自動抽出する(Step 40)。あるいは、その表示をオペレーターが確認しながら、画像内に収められた所定の計測用ターゲットを指定して抽出することもできる。

【0030】

所定の計測用ターゲットが抽出されると、その計測用ターゲットに対応する計測点の3次元座標が計算され、座標データとして出力される(Step 50)。また、抽出された計測用ターゲットの画像を認識し、その特徴パターンから図形要素が検出され、図形要素データとして出力される(Step 60)。

20

【0031】

図化に必要な計測点の数だけ、Step 30～Step 60の処理が繰り返し行われ(ループ)、すべての計測点の座標データと図形要素データ(以下、座標データと図形要素データを合わせて「図化データ」という。)を得る。

【0032】

必要なデータが取得できると、図化処理に移る。図化処理は、一つの計測点の図化データに基づいて生成される単独図形と、2以上の計測点の図化データに基づいて生成される連続図形に分けて説明する。図形要素データから、その計測点が単独図形であることが判別できると、単独図形を生成する処理を行う。具体的には、図形要素データに含まれる線形要素を抽出し(Step 71)、その線形要素、及び座標データを基に単独図形を生成する(Step 72)。ここで線形要素とは、図形の種別(例えば円)、及びその図形を生成するために必要な諸元(例えば半径)を含む情報のことである。

30

【0033】

図形要素データから、その計測点が連続図形であることが判別できると、連続図形を生成する処理を行う。この場合、一つの図形を構成する複数の計測点は、すべて同じ識別子(図形識別子)を具備することができる。したがって、まずはその計測点の図形識別子を抽出し(Step 81)、その図形識別子を具備するすべての計測点の図化データを抽出する(Step 82)。そして、それぞれの計測点の線形要素と、他点との接続情報(トポロジ)を抽出し(Step 83)、座標データと合わせて連続図形を生成する(Step 84)。

40

【0034】

図化データが作成された全ての計測点に対して図化処理を行い、その結果はディスプレイやプリンタ、あるいは記憶媒体など出力される(Step 90)。なお、以上説明した本願発明の写真計測図化方法は、次に説明する本願発明の写真計測図化装置を用いて実施するとよい。

【0035】

図2は、本願発明の写真計測図化装置100を示すブロック図である。以下、この写真計測図化装置100を構成する各手段について説明する。画像記憶手段101には、計測対象物に貼付された計測用ターゲットを収めた複数の画像が記憶されている。この画像記

50

憶手段101から読み出された画像は、ディスプレイなどの表示手段102で表示される。また、画像認識技術によってこの画像から計測用ターゲットを自動抽出する。あるいは、表示画面を確認しながら、マウスなどの計測点指定手段103で所定の計測点(計測用ターゲット)を指定して抽出することもできる。計測点が抽出されると、座標取得手段104はその計測点を含むステレオ画像を抽出し、これにより計測点の3次元座標を算出する。

【0036】

図形要素記憶手段105には、図形区分(単独図形/連続図形)、線形要素(図形種別と諸元)、接続情報(トポロジ)、図形識別子といった図形要素の情報と、これらの情報に紐づく形状識別子(ID)からなるレコードで構成される図形要素テーブルが記憶されている。計測点が抽出されると、図形要素取得手段106はその計測点に対応する計測用ターゲットの画像を認識し、その画像の特徴パターンから形状識別子を検出し、さらに形状識別子を基に図形要素記憶手段105から図形要素を抽出する。

【0037】

自動図化手段107は、座標取得手段104で算出された計測点の3次元座標データ、及び図形要素取得手段106で抽出された計測点の図形要素データに基づいて、所定の図形を生成する。必要な全ての計測点に対して図化処理を行い、その結果はディスプレイやプリンタ、あるいは記憶媒体などの出力手段108に出力される。

【0038】

本願発明の写真計測図化装置100は、専用のもので製造することもできるが、汎用的なコンピュータ装置を用いることもできる。このコンピュータ装置は、パーソナルコンピュータ(PC)や、iPad(登録商標)といったタブレットPC、あるいはPDA(Personal Data Assistance)などによって構成することができる。コンピュータ装置は、CPU等のプロセッサ、ROMやRAMといったメモリを具備しており、さらにマウスやキーボード等の入力手段(計測点指定手段103)やディスプレイ(表示手段102)を含むものもある。なお、一般的なPCであればマウスやキーボード等のデバイスから入力するが、タブレットPCではタッチパネルを用いた操作(タップ、ピンチイン/アウト、スライド等)で入力するのが主流である。

【0039】

また、本願発明の写真計測図化装置100は、一つの装置(例えばコンピュータ装置)として形成することもできるが、構成する手段ごとに分けて形成することもできる。例えば、画像記憶手段101や図形要素記憶手段105とその他の手段を分けた構成とし、画像記憶手段101や図形要素記憶手段105をデータベースサーバに、他の手段をPCに格納することもできる。この場合、それぞれの装置(データベースサーバとPC)の間には、送受信手段を含めた通信手段が必要となる。

【0040】

以下、本願発明の「写真計測図化方法、写真計測図化装置、及び写真計測図化用ターゲット」を、構成する主要な要素ごとに詳述する。

【0041】

2. 計測用ターゲット

図3は、本願発明の計測用ターゲット200を示すモデル図であり、(a)は所定の特徴パターンを有するモデル図であり、(b)は(a)とは異なる特徴パターンを有するモデル図である。この図に示すように、計測用ターゲット200は略矩形であり、その中に表示される枠内に複数の識別構成点201を備え、枠の隅に基準構成点202を備えている。また、計測用ターゲット200は計測対象物に貼付されることから、貼付後に剥がれ落ちないように軽量かつ小サイズのものが望ましく、表示面(識別構成点201が表示された面)の裏面に磁石などの貼付材を備えてもよい。

【0042】

計測用ターゲット200はいくつかの種類があり、その種類ごとに識別構成点201は異なる配列となっており、その配置パターンは特定の形状識別子(図形要素の情報に紐づ

10

20

30

40

50

くID)と関連づけられている。つまり、既述した図形要素テーブルを構成するレコードの数(形状識別子の数)だけ、計測用ターゲット200の種類が用意されるわけである。基準構成点202は、識別構成点201の正しい配列を把握するためのもので、この基準構成点202があることによって計測用ターゲット200がどのような向きで貼付されても識別構成点201の正しい配列を認識することができる。

【0043】

計測用ターゲット200を貼付する際、計測対象物の形状の特徴を判断しながら貼付していく。例えば、直線を構成する計測点であれば直線用の計測用ターゲット200を貼付し、円弧を構成する計測点であれば円弧用の計測用ターゲット200を貼付していく。しかしながら人の場合、識別構成点201の配列パターンでは直線用か曲線用か判断することは難しい。そこで、図3に示すように判別マーク203を表示させることもできる。この判別マーク203には、色や模様、あるいは記号などが付されており、その違いによって適切な種類の計測用ターゲット200を選出することができる。判別マーク203を貼付ける代わりに、計測用ターゲット200全体に色や模様を付したり、計測用ターゲット200の形状を変えたり、その他種々の方法によって、適切な種類が選出しやすい計測用ターゲット200としてもよい。

10

【0044】

なお、本願発明の計測用ターゲット200は、写真画像内で識別でき、しかも画像から認識される特徴パターンによって特定の形状識別子を抽出することができるものであれば、図3に示す計測用ターゲット200に限らず様々な仕様で形成することができる。

20

【0045】

4. 座標取得手段

座標取得手段104は所定の計測点の3次元座標を算出するものであり、この計測点を含む2枚のステレオペア画像を用いて空間演算を行うものである。計測点の撮影は、例えば、デジタルカメラや、タブレット型PCなど携帯端末に備えられたカメラなどで行われる。このとき、デジタルカメラ等は固定されることなく、任意の位置・方向から撮影される。つまり、ステレオペア画像の外部標定要素(撮影中心と撮影姿勢)は未知である。

【0046】

そこでステレオペア画像に共通する特徴点(パスポイント)を複数抽出し、それぞれの画像から求められる特徴点の座標が一致(近似)するように、外部標定要素を求める。この手法は、いわゆる空中三角測量の解析手法であり、調整計算(バンドル調整法、多項式法、独立モデル法等)によって外部標定要素を求める手法である。したがって、ここで算出される計測点の座標は、平面位置と高さ(x, y, z)からなる3次元座標である。

30

【0047】

3. 図形要素取得手段

図形要素取得手段106は、計測用ターゲット200の画像から特徴パターン(識別構成点201の配列パターン)を認識し、その特徴パターンと関連付けられた形状識別子を検出するものである。つまり図形要素取得手段106は、画像中の計測点に対して特定の形状識別子を対応させるものである。その結果、計測点は、形状識別子に紐づく図形区分、線形要素、接続情報、図形識別子といった図形要素を具備することになる。

40

【0048】

計測用ターゲット200の特徴パターンは、あらかじめ特定の形状識別子と関連付けておく必要がある。そのため、既述した図形要素テーブルのレコードの一要素として、特徴パターンの情報を備えることができる。あるいは、計測用ターゲット200の特徴パターンと形状識別子の対応テーブルを、別途用意することもできる。

【0049】

4. 自動図化手段

自動図化手段107は、図形要素取得手段106で取得した図形要素のうち図形区分に基づいて、単独図形又は連続図形を生成する。なお、図形区分とは単独図形か連続図形を示すもので、既述のとおり単独図形は一つの計測点の図化データに基づいて生成されるも

50

のであり、連続図形は2以上の計測点の図化データに基づいて生成されるものである。

【0050】

(単独図形の生成)

取得した図形区分によって、その計測点が単独図形を構成することが判別できると、自動図化手段107は単独図形の生成処理を開始する。この場合、計測点の図形要素には図形区分のほか線形要素が含まれる。さらに線形要素には、単独図形を生成するために必要な情報が含まれ、この情報には少なくとも図形の種別と図形諸元が含まれる。この線形要素に、座標取得手段104で取得した計測点の座標を加えて、単独図形が生成される。なお、ここで生成される単独図形は2次元の図形であることから、単独図形を表すための平面を設定する必要がある。この平面は、任意に設定することができ、例えば座標系の軸に基づいて計測点を含むX-Z平面やY-Z平面を当該平面とすることができる。

10

【0051】

図4(a)は、図形種別が「円」である単独図形の生成を説明するモデル図である。この図に示すように、計測対象物の一部(あるいは全部の場合もある)が円形である場合、円の中心を計測点として選出し、計測用ターゲット200を貼付する。この計測用ターゲット200の特徴パターンは、図形区分が単独図形、線形要素として形状が「円」で半径が15cmという図形要素と関連付けられている。

【0052】

自動図化手段107は、計測点の座標と図形要素に基づいて図化し、計測点を中心とした半径15cmの円を生成する。なお、図形要素テーブルに半径15cmの円の情報があれば、その形状識別子に対応する計測用ターゲット200を貼付することができる。一方、図形要素テーブルに実寸(半径=15cm)と合う情報がない場合は、半径未設定の計測用ターゲット200を貼付し、後に図形要素テーブルの該当箇所に計測した半径(15cm)を追加することもできる。

20

【0053】

図5(a)は、図形種別が「正方形」である単独図形の生成を説明するモデル図である。この図に示すように、計測対象物の一部(あるいは全部の場合もある)が正方形である場合、正方形の中心を計測点として選出し、計測用ターゲット200を貼付する。この計測用ターゲット200の特徴パターンは、図形区分が単独図形、線形要素として形状が「正方形」で対角線が30cmという図形要素と関連付けられている。自動図化手段107は、計測点の座標と図形要素に基づいて図化し、計測点を中心として、中心から各頂点まで15cmとなる正方形を生成する。なお、図5の正方形は鉛直・水平方向の姿勢であるが、傾いた正方形の場合は、その傾きに合わせて計測用ターゲット200を貼付するか、線形要素として傾斜角を用意する。

30

【0054】

(連続図形の生成)

取得した図形区分によって、その計測点が連続図形を構成することが判別できると、自動図化手段107は連続図形の生成処理を開始する。この場合、計測点の図形要素には図形区分のほか線形要素、図形識別子、接続情報を含めることができる。さらに線形要素には、連続図形を生成するために必要な情報が含まれ、この情報には少なくとも図形種別が含まれる。この図形要素に、座標取得手段104で取得した計測点の座標を加えて、連続図形が生成される。

40

【0055】

一つの連続図形を構成する計測点はすべて同じ図形識別子を具備することができるため、まずは抽出された計測点が具備する図形識別子と同じ図形識別子を持つ計測点を選出する。そして、選出したすべての計測点(つまり、連続図形を構成するすべての計測点)について、接続情報と線形要素、さらに3次元座標を取得する。接続情報は、いわば複数の計測点から形成されるネットワークにおけるトポロジであり、例えば始点、終点、中間点という情報や、接続の順などで構成することができる。あるいは、接続すべき計測点の組み合わせ、すなわちその計測点が接続すべき他の計測点の情報を具備したものとすること

50

もできる。なお、この接続すべき他の計測点の情報を具備する場合は、図形識別子の具備を省略することもできる。

【 0 0 5 6 】

図 4 (b) は、図形種別が「円」である連続図形の生成を説明するモデル図である。この図に示すように、計測対象物の一部（あるいは全部の場合もある）が円形である場合、円上の 3 箇所を計測点として選出し、それぞれ計測用ターゲット 2 1 0、2 2 0、2 3 0 を貼付する。この 3 つの計測用ターゲット 2 1 0、2 2 0、2 3 0 は、すべて同一の図形識別子であり、線形要素として形状が「円」という情報を具備している。図 4 (b) に示す 3 点の計測点は、いずれも同一平面状にあるので、3 点の座標があれば円形を生成することができる。

10

【 0 0 5 7 】

図 5 (b) は、図形種別が「正方形」である連続図形の生成を説明するモデル図である。この図に示すように、計測対象物の一部（あるいは全部の場合もある）が正方形である場合、正方形の各頂点を計測点として選出し、それぞれ計測用ターゲット 2 4 0 ~ 2 7 0 を貼付する。この 4 つの計測用ターゲット 2 4 0 ~ 2 7 0 は、すべて同一の図形識別子であり、線形要素として形状が「正方形」という情報を具備している。また、計測用ターゲット 2 4 0 は始点及び終点という情報も備えており、計測用ターゲット 2 4 0 ~ 2 7 0 はそれぞれ接続順（1 番目、2 番目、3 番目、4 番目）の情報も具備している。

【 0 0 5 8 】

また連続図形は、計測点に加え生成された交点を用いて作成することができる。図 6 は、この手法により作成された連続図形を示すモデル図である。この図に示す P 0 1 ~ P 0 6 は、計測用ターゲット 2 0 0 が貼付された計測点である。これら P 0 1 ~ P 0 6 に貼付された計測用ターゲット 2 0 0 は、線形要素として形状が「四角形」という情報を具備しているものの、計測点が 6 点あるためすべてを頂点とすることができない。この場合、自動図化手段 1 0 7 が有する交点生成機能を利用して交点を発生させ、この交点を頂点として設定して四角形を作成する。具体的には、計測点 P 0 1 と P 0 2 を通る直線 L 1 を形成し、同様に計測点 P 0 3 と P 0 4 を通る直線 L 2、計測点 P 0 5 と P 0 6 を通る直線 L 3 を形成する。さらに、直線 L 1 と L 2 が交差する交点 C 1 の座標、及び直線 L 1 と L 3 が交差する交点 C 2 の座標を求める。そして、交点 C 1、交点 C 2、計測点 P 0 4、計測点 P 0 6 を頂点とする四角形を作成するわけである。なお、ここでは直線と直線が交差する場合で説明したが、直線と曲線が交差する点を交点とすることも、曲線と曲線が交差する点を交点とすることもできる。

20

30

【 0 0 5 9 】

図 7 は、箱状の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図である。この図に示す計測対象物は、全体が直方体の形状であり、上面に円弧状の溝が刻まれ、正面には円形の部品が取り付けられている。そして、直方体の各頂点、円弧状溝の上に 3 点、円形部品の中心に 1 点、それぞれ計測用ターゲット 2 0 0 が貼付されている。これを撮影して各計測点の座標を計算し、計測用ターゲット 2 0 0 の画像に基づいて図化すると、図 7 の下側に示す図面が得られる。このとき、直方体及び円弧状溝は連続図形として生成され、円形部品は単独図形として生成される。この図からわかるように、作成される図面は 3 次元の図面である。もちろん、この 3 次元図面を任意の平面に投影して、2 次元の図面を作成することもできる。

40

【 0 0 6 0 】

図 8 は、計測点を接続する接続情報について説明する図であり、(a) は四角形の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図であり、(b) は 2 つの三角形を組み合わせた形状の計測対象物を図化する状況を説明するモデル図である。図 8 (a) は、P 1 1 ~ P 1 4 の 4 つの点で構成される四角形であり、このような形状を図化する場合の接続情報としては、例えば、P 1 1 が始点及び終点という接続情報を具備し、P 1 1 ~ P 1 4 がそれぞれ接続順（1 番目、2 番目、3 番目、4 番目）の接続情報を具備すれば、この図を生成することができる。

50

【 0 0 6 1 】

一方、図 8 (b) に示す形状は、図 8 (a) に示す四角形に対角線 (P 1 2 - P 1 4) を加えた形状となっており、始点や終点の情報と、接続順だけを具備した接続情報では、この図を生成することは難しい。このような場合、接続すべき計測点の組み合わせ、すなわちその計測点が接続すべき他の計測点の情報とを具備した接続情報とする。例えば図 8 (b) の場合、P 1 1 は接続する他点が P 1 2 と P 1 4 であるという接続情報を具備し、P 1 2 は接続する他点が P 1 1、P 1 3、P 1 4 であるという接続情報を具備する。同様に、P 1 3 は P 1 2 と P 1 4 と接続し、P 1 4 は P 1 1 ~ P 1 3 と接続するという接続情報を具備する。このような接続情報とすれば、始点や終点、中間点という情報や、接続順という情報を具備することなく、計測対象物を図化することができる。

10

【 0 0 6 2 】

図 9 は、異なる線形要素を含んで構成される連続図形の生成を説明するモデル図である。この図に示す計測対象物の形状は、円弧と直線 (線分) から形成される概ね扇形である。具体的には、P 2 1 ~ P 2 2 ~ P 2 3 は円弧で接続され、P 2 1 - P 2 4 の線分と P 2 3 - P 2 4 の線分は直線である。そして、P 2 1 は接続情報として P 2 2 及び P 2 4 と接続される情報を具備し、P 2 2 は接続情報として P 2 1 及び P 2 3 と接続される情報を具備している。さらに、P 2 1、P 2 3 は線形要素として「円弧」及び「直線」という図形種別を、P 2 2 は「円弧」という図形種別を、P 2 4 は「直線」という図形種別を具備している。

【 0 0 6 3 】

P 2 1 は、P 2 2 と接続され、P 2 4 と接続されるが、「円弧」と「直線」という異なる図形種別 (線形要素) を具備しているため、2 種類の接続方法が考えられる。一方、P 2 2 は「円弧」という図形種別のみを具備しており、P 2 4 は「直線」という図形種別のみを具備している。したがって、P 2 1 と P 2 2 を接続する場合は、P 2 1 と P 2 2 に共通する図形種別である「円弧」で接続し、P 2 1 と P 2 4 を接続する場合は、P 2 1 と P 2 4 に共通する図形種別である「直線」で接続する。同様に、P 2 3 と P 2 2 を接続する場合は、P 2 3 と P 2 2 に共通する「円弧」で接続し、P 2 3 と P 2 4 を接続する場合は、P 2 3 と P 2 4 に共通する「直線」で接続する。この結果、図 9 に示すような異なる線形要素を含んで構成される連続図形も、適切に図化することができる。

20

【 0 0 6 4 】

図 1 0 は、計測点の座標を補正して連続図形を生成する場合について説明するモデル図であり、(a) は連続図形が直線の場合であり、(b) は連続図形が円弧の場合である。図 1 0 (a) は、P 3 1 を始点、P 3 6 を終点、P 3 2 ~ P 3 5 を中間点とし、全て直線で接続される形状を示している。実際の計測対象物は P 3 1 ~ P 3 6 まで同一の直線 L 3 1 (図では実線で示す) であるが、座標誤差等によって 5 つの異なる線分で構成される折れ線 L 3 2 (図では破線で示す) として図化されている。

30

【 0 0 6 5 】

このような場合、実際の計測対象物の形状に修正することができる。具体的には、P 3 1 ~ P 3 6 が全て同一直線上にあることを指定し、各計測点との離れが最も小さくなるような直線 L 3 1 を算出する。このような直線は、例えば最小二乗法で求めることができる。

40

【 0 0 6 6 】

図 1 0 (b) で示す実線 L 4 1 は、実際の計測対象物の形状であって P 4 1、P 4 2、P 4 3 を通過する円弧形状である。一方の破線 L 4 2 は、図化された形状であって P 4 1、P 4 3 を通過していない。これは、線形要素として円弧の半径情報を備えているものの、円弧半径の計測誤差によって計測点が円弧から外れたケースである。つまり、計測点の座標は正確であるものの、誤った値で円弧半径 (曲率) を固定した結果、3 点のうちいくつかの点が円弧から外れたわけである。このような場合は、3 点の座標を優先することを指定し、円弧半径を調整して実際の計測対象物である実線 L 4 1 として図化することができる。

50

【産業上の利用可能性】

【0067】

本願発明の写真計測図化方法、及び写真計測図化装置は、土木構造物や建築構造物、あるいは種々の工業製品の図化に利用することができる。また、土地の形状（用地など）や屋内の間取りなど、形状を持つ様々な物の図化に応用することができる。

【符号の説明】

【0068】

- 100 写真計測図化装置
- 101 画像記憶手段
- 102 表示手段
- 103 計測点指定手段
- 104 座標取得手段
- 105 図形要素記憶手段
- 106 図形要素取得手段
- 107 自動図化手段
- 108 出力手段
- 200 計測用ターゲット
- 201 識別構成点
- 202 基準構成点
- 203 判別マーク

10

20

【要約】

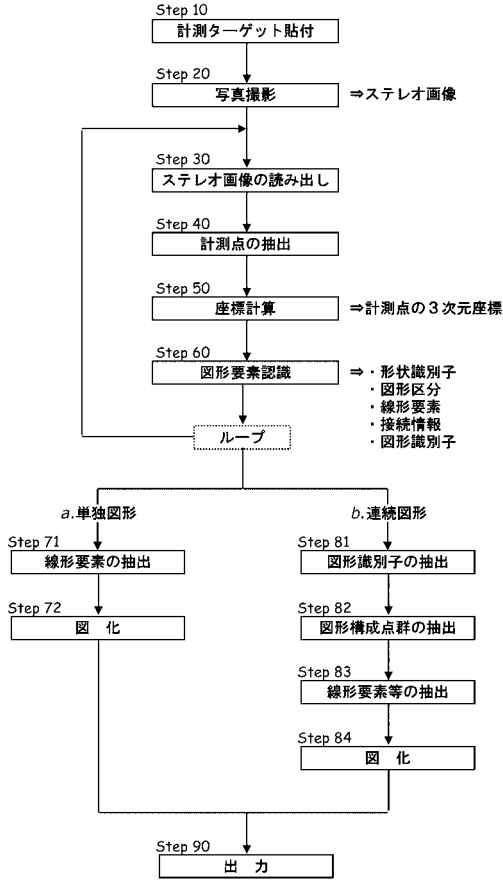
【課題】本願発明の課題は従来技術が抱える問題を解消することであり、すなわちCADオペレーターの労力を軽減して図化コストを軽減するとともに、ヒューマンエラーを抑制して正確に製造物を再現する図化技術であって、写真計測の利用により自動的な図化を可能とする写真計測図化方法、写真計測図化装置、及び写真計測図化用ターゲットを提供することが本願発明の課題である。

【解決手段】本願発明の写真計測図化方法は、貼付工程、撮影工程、座標取得工程、及び図形要素取得工程を備えた方法である。このうち座標取得工程は、2以上の写真画像に基づいて計測点の座標を取得する工程であり、図形要素取得工程は、写真画像に写された計測ターゲットから計測点における図形要素を取得する工程である。そして、計測点の座標と図形要素に基づいて、計測対象物の一部又は全部を図化する。

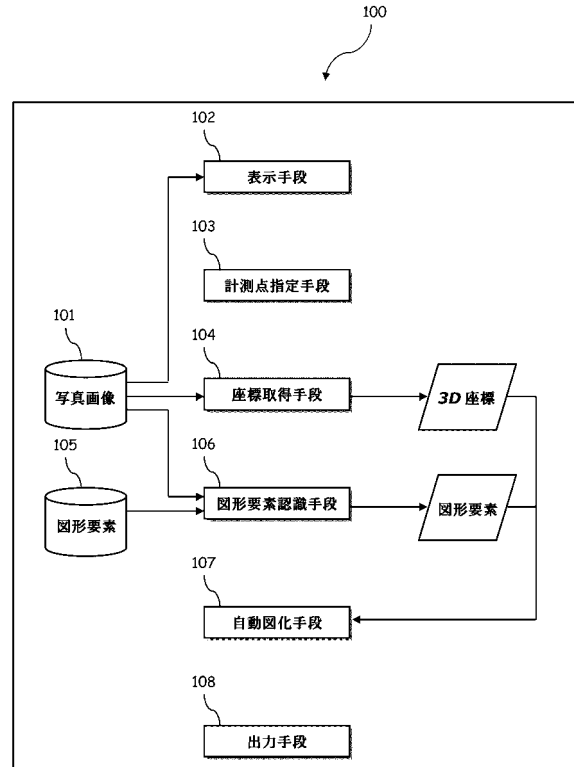
30

【選択図】図2

【図1】

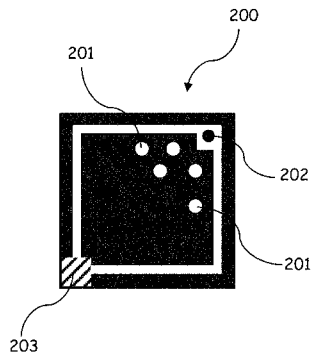


【図2】

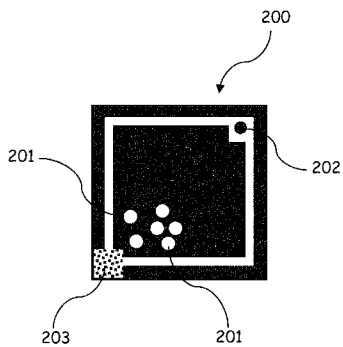


【図3】

(a)

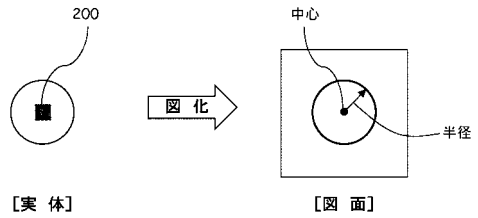


(b)

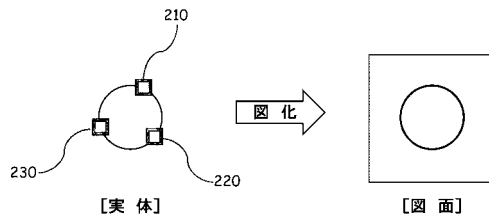


【図4】

(a)

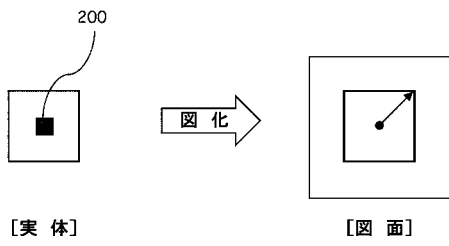


(b)

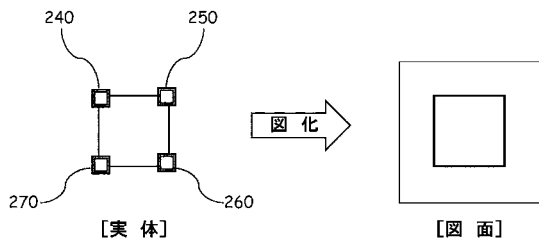


【图 5】

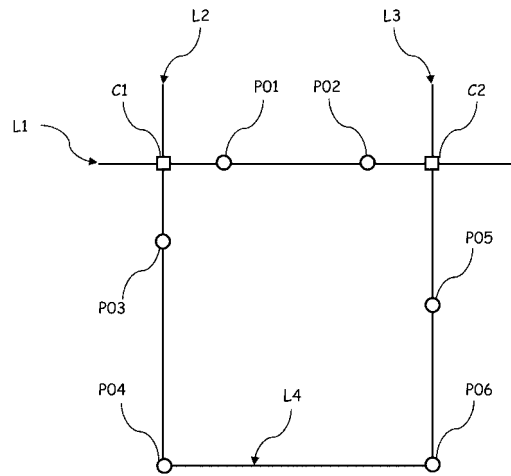
(a)



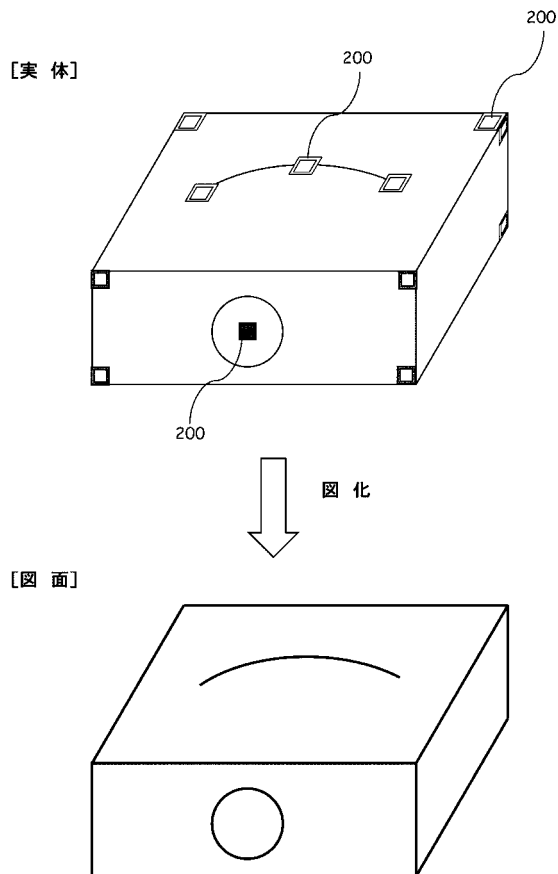
(b)



【图 6】

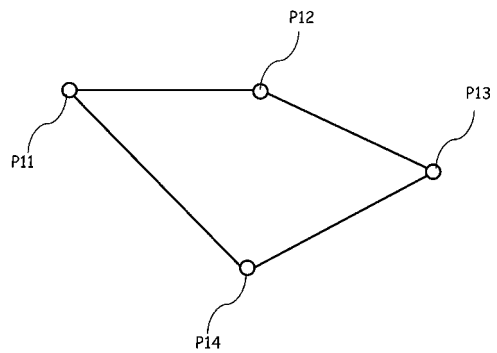


【图 7】

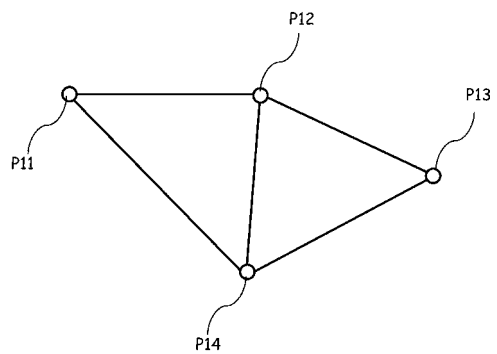


【图 8】

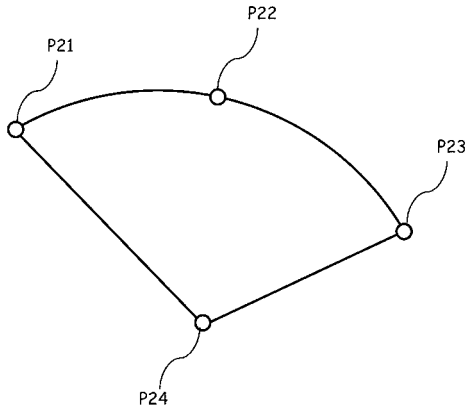
(a)



(b)

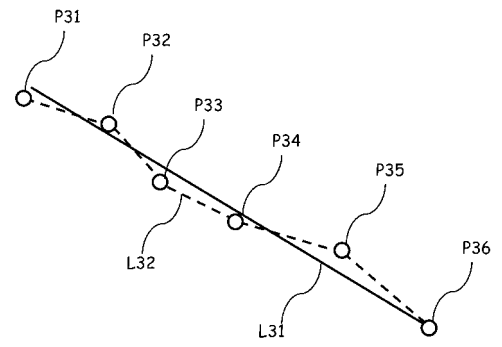


【図9】

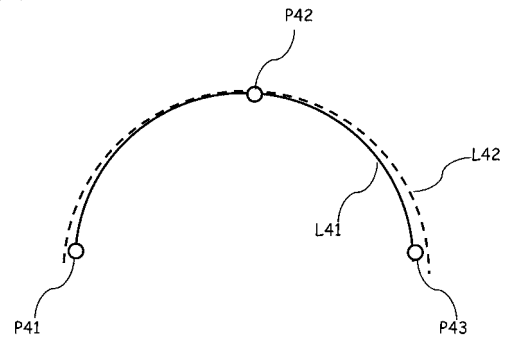


【図10】

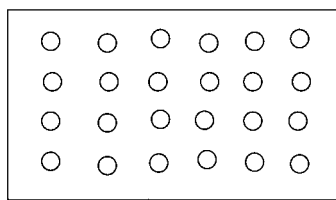
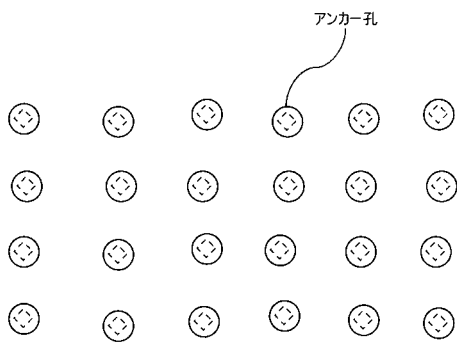
(a)



(b)



【図11】



図面

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-103134(JP,A)
特開2013-122429(JP,A)
特開2013-142597(JP,A)
特開2013-108933(JP,A)
特開2008-002980(JP,A)
特開2002-202124(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C11/06
G01C15/06
G01B11/00-11/30
G06T1/00-1/40;3/00-9/40
G06T11/60-13/80;17/05
G06T19/00-19/20