

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年8月15日 (15.08.2002)

PCT

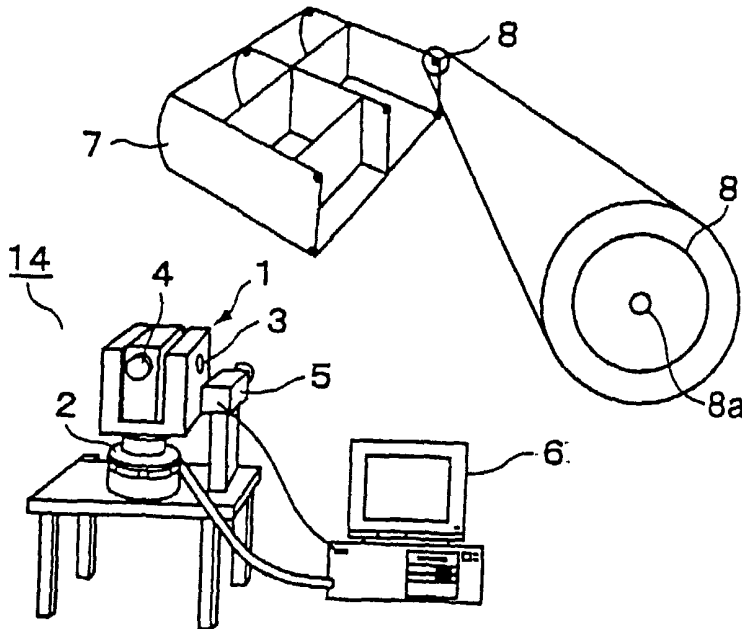
(10) 国際公開番号  
WO 02/063241 A1

- (51) 国際特許分類: G01C 15/00 (KAWAMURA, Tsutomu) [JP/JP]. 上杉満昭 (UESUGI, Mitsuaki) [JP/JP]. 柳田博彦 (YANAGITA, Hirohiko) [JP/JP]. 河崎 登 (KAWASAKI, Noboru) [JP/JP]. 伊藤久 (ITO, Hisashi) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内 Tokyo (JP).
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP01/08746
  - (22) 国際出願日: 2001年10月4日 (04.10.2001)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ: 特願2001-032602 2001年2月8日 (08.02.2001) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本鋼管株式会社 (NKK CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 Tokyo (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河村 努
  - (74) 代理人: 弁理士 中濱泰光 (NAKAHAMA, Yasumitsu); 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号 日本鋼管株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
  - (81) 指定国 (国内): KR, US.
  - (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL COORDINATE MEASURING METHOD, THREE-DIMENSIONAL COORDINATE MEASURING APPARATUS, AND METHOD FOR BUILDING LARGE-SIZED STRUCTURE

(54) 発明の名称: 3次元座標計測方法、3次元座標計測装置及び大型構造物の建造方法



(57) Abstract: A three-dimensional coordinate measuring method using a light-wave range finder (1a) for measuring the distance to a target point (8a), the coordinates of which are to be measured, on the surface of an object (7), and a goniometer (1b) for measuring the angle of inclination of the optical axis of the light-wave range finder (1a), so as to measure the coordinates of the target point (8a) on the surface of the object (7) from the measured distance and the measured angle after the optical axis of the light-wave range finder (1a) is aligned with the target point (8a). The method comprises a coordinate recognizing step for recognizing target points (8a) of a plurality of targets (8) of the entire surface of the object (7) and calculating the approximate

three-dimensional coordinates of the same, by observing the targets (8) with imaging means (5) and by processing the acquired images, a macro-collimation step of coarsely aligning the optical axis of the light-wave range finder (1a) so that one of the target points (8a) recognized at the coordinate recognizing step may come in a predetermined field of view, and a micro-collimation step of aligning the optical axis of the light-wave range finder (1a), coarsely aligned at the macro-collimation step, with one of the target points (8a) in the predetermined field of view.

[続葉有]



WO 02/063241 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

本発明は、測定対象物体7表面上の座標を測定すべきターゲット点8aまでの距離を測定する光波距離計1aと光波距離計1aの光軸の傾け角度を測定する測角計1bとを用い、光波距離計1aの光軸を測定対象物体7表面上のターゲット点8aに合わせ込んだ後の測定距離と測定角度からこのターゲット点8aの座標を計測する3次元座標計測方法であって、測定対象物体7表面全体の複数のターゲット8を撮像手段5で観察し、得られた画像を処理してこれら複数のターゲット点8aを認識し、その概略の3次元座標を演算する座標認識ステップと、座標認識ステップにより認識されたターゲット点8aの1つが所定の視野範囲内に入るように光波距離計1aの光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた光波距離計1aの光軸を所定の視野範囲内においてターゲット点8aの1つに一致するように合わせ込むミクロ視準ステップとを有する3次元座標計測方法である。

## 明細書

## 3次元座標計測方法、3次元座標計測装置及び大型構造物の建造方法

## 技術分野

本発明は、船舶、橋梁、土木、建築等の大型構造物、並びにこれらの構成部材等の3次元座標を計測するための3次元座標計測方法、3次元座標計測装置及びそれを用いた大型構造物の建造方法に関する。

## 背景技術

船舶、橋梁、土木、建築等の大型構造物の3次元形状を計測するには、トランシットや巻き尺、下げ振りなどを利用した2次元的な測定装置が主に用いられている。これに対し近年、測量の分野で発展してきた三角測量や、光波距離計を用いた測距、測角法による測量機を利用した3次元的な測定装置による計測も行われるようになってきている。

一例として、1台の計測機で計測対象物（測定対象物体）上の任意の点の3次元座標を計測できる3次元座標計測システムが、商品名「MONMOS」として、株式会社ソキアから市販されている。このシステムは、予め任意の2点を計測して3次元座標系を設定したのち、各測点に設けた反射ターゲット（ターゲット点を含む）を視準して水平角、鉛直角、測距の3要素を同時に計測し、座標変換の解析、演算を行って3次元座標を求めるもので、100 m離れた距離で±1 mm以下の高い精度が得られる。ここで、反射ターゲットは、ある程度の大きさをもった反射面を備えた部材である。また、ターゲット点はその反射面上に設けられた、3次元座標計測用の計測点である。なお、反射ターゲットは、一定の厚みをもつので、計測対象物表面の厳密な3次元座標を得るために、計測値及び反射ターゲットサイズ・形状に基づく所定の演算を行う場合がある。

しかし、前記「MONMOS」を含めて従来の計測システムでは、視準作業において望遠鏡のピント合わせや反射ターゲットの中心（ターゲット点）と望遠鏡の十字線の中心合わせを目視によって行う必要があるため、作業が煩雑で視準作業に時間を要し、また計測者の人的誤差が入りやすい。つまり、人為的な作業を要することが、能率の低下や計測精度の低下を招く要因となっていた。ここで、視準作業とは、望遠鏡や撮像画面などの拡大表示手段の視野内に写し出された計測点に対し、距離計の光軸を合わせる作業をいう。

このような欠点を解決するために、目視による視準作業を自動化する機能を持たせたライカジオシステム株式会社の商品名「TCA1100」シリーズや株式会社ソキアの商品名「CYBER MONMOS」が市販されている。これらは、光波距離計の光軸と同軸にCCDカメラ等の撮像手段を備え、撮像手段で捕らえた画像から反射ターゲットの中心位置を検出し、撮像手段の中心位置と反射ターゲットの中心位置のズレ量を算出し、一致していない場合は測角儀をズレ量に対応する量だけモータにより駆動し、一致させるようにしたものである。この種のシステムは、撮像手段の有する比較的狭い視野範囲内で自動的な視準（自動的なマイクロ視準）を実行するものであり、マイクロ自動視準手段を備えているといえる。

また、この種のシステムでは、反射ターゲットの位置、測定順序の条件を初期設定した後、撮像手段で捕らえた反射ターゲットを画像処理装置で抽出し、反射ターゲットの中心と撮像手段の光軸を一致させるように撮像手段の水平角、鉛直角をサーボモータで駆動させマイクロ自動視準して、計測が行われる。なお、自動視準をするためには、反射ターゲットを撮像手段の視野内に入れる必要があるため、マイクロ視準手段により広範囲にわたる複数の計測点（ターゲット点）をすべて自動視準することは困難である。したがって、このシステムでは、反射ターゲットの位置の座標が既知の場合には作業者が設計データを基に計測器からの反射ターゲットの位置の座標を直接入力し、未知の場合には手動又はコントローラにより撮像手段を反射ターゲットに向け、撮像手段視野内に入れる作業を繰り返してティーチングする必要がある。

また、特開平8-136218号公報や特開平9-14921号公報では、計測対象物の設計寸

## 3

法又は3次元設計座標を基に、解析用コンピュータによって、反射ターゲットの位置を計測機からの座標に変換して視準方向を決定し、自動計測を行う方法が提案されている。

しかしながら、この種の方法には次のような問題があった。

即ち、反射ターゲットの3次元座標が未知の場合には、各測点にCCDカメラを向けてモニタ画面に入れる作業を繰り返してティーチングする必要があり、複雑な人手作業を伴い自動化のメリットが期待できない。

また、3次元座標が設計寸法や3次元座標から既知である場合にも、設計座標系と計測座標系を合わせる作業を、たとえ解析用コンピュータで座標変換を行うにしても、初期設定において少なくとも2点の基準となる反射ターゲットを測定する必要があり、人手作業の手間がかかる。

さらに、組立工程等の部材の位置決めを使用する場合には、測点の位置が設計寸法に対して、撮像手段視野外にずれている場合がほとんどであり、反射ターゲット位置を設計値から算出しても、視準視野内に反射ターゲットがなく、視野外に反射ターゲットの探索を行うために、計測時間がかかる。

従来の3次元座標測定方法の性能がこのようなものであるため、この方法を組立工程、例えば造船組立工程に直接利用することは困難である。

最近の造船方法は、ブロック工法が主流である。図17に示すように、この造船方法では、まず、鋼板に対し切断・焼き曲げ等の加工を施す(加工工程)。さらに加工された鋼板を溶接組立して中小のブロックを製造する(小組・中組・先組、あるいは中小ブロック製造工程という)。中小ブロックはさらに組み合わせられ、溶接されて大ブロック(立体ブロックともいう)となる(大組、あるいは大ブロック製造工程という)。大ブロックは、ドック内において組み合わせられて(ドック内組立工程という)、最終的な船体となる。

上記の造船方法において、中小ブロック、あるいは大ブロックの組立て精度が悪いと、次工程で手直しが必要になる。ここにいう手直しとは、組み合わせようとす

るブロック間の形状が合わないときに、何れか一方又は双方のブロックにおける溶接された鋼板あるいは部材をガス切断などで一部取り外し、双方のブロック間の形状が整合するように修正した上で、鋼板あるいは部材の取り外された部分を付け直すことをいう。

造船プロセスにおいては、鋼板やブロックの取付け・溶接作業が大きな工数比率を占めるので、生産性の向上にとって、これらの作業効率をいかに上げるかが、最も重要な鍵となる。ところが、ブロックの形状精度が現状の技術ではせいぜい数十mm どりであるために、上記の手直しが多数発生し、これが作業効率向上のボトルネックとなっていた。特に、ブロックの精度不良は工程を重ねるにつれて蓄積することから、最終的なドック内組立て工程において手直しが発生すると、修正作業がそれまでの工程に比べて数倍かかり、生産性に甚大な影響を与えていた。このように、中小ブロック製造工程及び大ブロック製造工程でのブロック形状の精度管理レベルの向上が、造船プロセスにおける生産性向上のポイントであり、ブロックの形状精度を数十mm から数mm に向上させることによって、手直しを含む取付け・溶接工数が全体として数十%削減できると見積もられている。

これに対して、ブロック形状精度を向上させるために、組立工程で形状を測定する試みがなされた例はあるが、従来の3次元座標測定方法では測定に時間がかかりすぎて過大な測定負荷が発生することから、試験の域を出ず、工法としては成立していない。

#### 発明の開示

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その1つの目的は、反射ターゲットの位置の座標等が未知の場合であっても人的作業をほとんど必要とせず、大型構造物に対してもその3次元座標を短時間で、高精度に、かつ実質的に自動計測することのできる3次元座標計測方法及び3次元座標計測装置を提供することにある。

また、他の目的は、部材に取り付けられた複数の反射ターゲットの位置を人的作業をほとんど必要とせず、短時間で高精度に自動計測し、この計測結果を利用して

高効率に及び又は高精度に部材を組立てることができる大型構造物の建造方法を提供することにある。

本発明の1つの目的は、測定対象物体表面上の座標を測定すべきターゲット点までの直線距離を測定する光波距離計と前記光波距離計の光軸の傾け角度を測定する測角計とを用い、前記光波距離計の光軸を測定対象物体表面上のターゲット点に合わせ込んだ後の測定距離と測定角度から前記ターゲット点の3次元座標を計測する3次元座標計測方法であって、前記測定対象物体表面全体の複数のターゲットを撮像手段で観察し、得られた画像を処理して前記測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算する座標認識ステップと、前記座標認識ステップにより認識されたターゲット点の1つが所定の視野範囲内に入るように前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、前記マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を前記所定の視野範囲内において前記ターゲット点の1つに一致するように合わせ込むマイクロ視準ステップとを有することを特徴とする3次元座標計測方法によって達成される。

また、この方法は、測定対象物体表面上の座標を測定すべきターゲット点までの直線距離を測定する光波距離計と、前記光波距離計を搭載し、異なる2軸を中心に回転することにより前記光波距離計の光軸を可変にする光軸駆動機構と、前記光波距離計の光軸角度を測定する光軸角度測定計と、前記光波距離計の光軸を、前記光軸駆動機構を用いて、測定対象物体表面上の1つターゲット点について、所定視野内においてターゲット点に合わせ込むマイクロ自動視準機構と、前記測定対象物体表面全体の複数のターゲットを観察する撮像機と、前記撮像機によって得られた画像を処理して前記測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算するマクロ位置認識セクションと、前記マクロ位置認識セクションによって認識されたターゲット点の1点が前記マイクロ自動視準機構の前記所定視野内に入るように、前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ自動視準機構と、前記マクロ自動視準機構によって前記測定対象物体上のある1つのターゲットにつ

いて、前記所定視野内に概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、前記マイクロ自動視準機構によって前記ターゲット点に合わせ込む視準制御セクションと、前記視準制御セクションで合わせ込まれた前記ターゲット点について、前記光波距離計及び前記光軸角度測定計の測定結果に基づき前記ターゲット点の3次元座標を演算する座標演算セクションとを備えたことを特徴とする3次元座標計測装置により実現できる。

本発明の別の目的は、1種類以上の第1部材を複数組立てて第2部材を製造し、さらに、1種類以上の前記第2部材を複数組立てて第3部材を製造し、以降同様に1種類以上の第n部材を複数組立てて第(n+1)部材を製造し、中間的又は最終的な構造物を製造する大型構造物の建造方法であって、前記第n部材上の複数の座標を測定すべきターゲット点に対応する各3次元座標を光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報に基づいて演算することで、前記第n部材各々の実形状を自動計測する計測ステップと、前記計測ステップで計測された実形状に基づいて、第(n+1)部材の組立て精度を評価し、前記第(n+1)部材の組立てに使用可能な第n部材のみを前記第(n+1)部材の組立てに使用するように指示する評価ステップを有し、さらに、前記計測ステップが、前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を取得するため、第n部材上に複数設置されたターゲット点を有するターゲットを撮像手段で観察し、得られた画像を処理して前記第n部材上の複数のターゲット点に対する概略の3次元座標を認識する座標認識ステップと、前記座標認識ステップにより認識されたあるターゲット点が所定の視野範囲内に入るように、前記概略の3次元座標に基づいて前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、前記マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、前記あるターゲット点に一致するように合わせ込むマイクロ視準ステップと、前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を前記すべてのターゲット点に対して取得するまで、前記マクロ視準ステップ及び前記マイクロ視準ステップを繰り返すステップとを有することを特徴とする大型構造物の建造方法によって達成される。



## 図面の簡単な説明

図1は、実施形態1に係わる大型構造物の3次元座標計測装置の概略構成を説明する図である。

図2は、図1の3次元座標計測装置の基本構成を示すブロック図である。

図3は、マクロ自動視準用TVカメラで検出したターゲット点の水平角度と光波距離計からターゲット点までの水平角度の関係を示す図である。

図4は、マクロ視準用TVカメラで検出したターゲット点の水平角度と光波距離計からターゲット点までの水平角度の誤差範囲を説明する図である。

図5は、実施形態1での3次元座標の計測手順を説明するためのフローチャートである。

図6は、実施形態1でマイクロ自動視準可能な測量機を利用した時の構成を示すブロック図である。

図7は、実施形態2に係わる大型構造物の3次元座標計測装置の概略構成を説明する図である。

図8は、図7の3次元座標計測装置の基本構成を示すブロック図である。

図9は、マクロ自動視準用の2台のTVカメラで認識したターゲット点の位置と光波距離計からターゲット点までの水平角度との関係を示す図である。

図10は、マクロ自動視準用の2台のTVカメラで認識したターゲット点の位置と光波距離計からターゲット点までの鉛直角度との関係を示す図である。

図11は、マクロ自動視準用の2台のTVカメラで認識したターゲット点の位置と光波距離計からターゲット点までの水平角度との関係を示す図である。

図12は、実施形態2での3次元座標の計測手順を説明するためのフローチャートである。

図13は、実施形態2でマイクロ自動視準可能な測量機を利用した時の構成を示すブロック図である。

図14は、実施形態3に係わる大型構造物の建造方法の概略工程を示す図である。

図 15 は、中小ブロックの精度を計測し建付けシミュレーションする様子を示す図である。

図 16 は、大ブロック製造工程において、ブロック位置・姿勢をリアルタイム測定しながら組み立てていく様子を示す図である。

図 17 は、ブロック工法による造船方法の全体工程を示す図である。

#### 発明を実施するための形態

本発明の特徴は、測定対象物を広範囲に撮像することにより、複数のターゲットの各概略座標を一度に演算し、この概略座標を用いてマクロ自動視準を各ターゲット点について順次実行するところにある。なお、本明細書にいうマクロ自動視準とは、ミクロ自動視準手段によるミクロ自動視準の実行可能な位置まで、光波距離計の光軸をターゲット点に近づけることをいう。

更に詳しくは、本発明によれば、測定対象物体表面上の複数のターゲットを1方向又は少なくとも2方向から撮像し、撮像して得られた画像を処理することにより、測定対象物体表面上の複数のターゲットを認識し、そのマクロ座標を演算することができる。そして、この認識結果に基づいて、光波距離計の光軸を各ターゲットのうち1個ないし複数個に向けて、ミクロ自動視準の視野範囲内に概略合わせ込むマクロ自動視準を行い、続いて光波距離計の光軸をターゲットの中心（ターゲット点）に合わせ込むミクロ自動視準を行うようにしているので、ターゲット点の位置が未知の場合であっても人的作業をほとんど要することなく自動視準を行うことができる。従って、測定対象物体に設置された複数のターゲット点の位置の座標及び測定対象物体の全体形状を高速にほとんど無人で計測することが可能となり、大型構造物に対してもその3次元座標を短時間で、高精度に、かつ実質的に自動計測することが可能となる。

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものが挙げられる。

(1) 座標認識ステップにより認識された各ターゲット点すべての3次元座標を自

動計測するまでマクロ視準ステップとマイクロ視準ステップが繰り返される。

(2) 撮像手段は、その光軸が光波距離計の光軸と不一致のものを少なくとも含む、1以上の撮像装置からなる。

(3) 撮像手段は、測定対象物体表面全体の複数のターゲットを少なくとも2方向から観察する。

(4) 座標認識ステップは、2つ以上の撮像装置により得られた2つ以上の画像を用いて、三角測量の方法に基づき、測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算する。

(5) 座標認識ステップは、三角測量の方法にステレオ立体視を用いる。

#### 実施形態1

図1は、本実施形態1に係わる大型構造物の3次元座標計測装置の概略構成を説明する図であり、図2は図1の3次元座標計測装置の基本構成を示すブロック図である。

図1において、1は測距測角計、2は光軸駆動手段としての水平回転駆動モータ、3は光軸駆動手段としての鉛直回転駆動モータ、4は後述する光波距離計と同軸上に設置されたマイクロ自動視準用TVカメラ、5は測定対象物体7全体を視野にする撮像手段としてのマクロ位置認識用TVカメラ、6はマイクロ自動視準手段、マクロ位置認識手段、マイクロ自動視準手段、視準制御手段、及び3次元座標測定手段としての画像処理・制御用パーソナルコンピュータ、7は測定対象物体、8は測定対象物体7表面上のターゲット点に設置されたターゲット、14は3次元座標計測装置である。

図2に示すように、測距測角計1は、測定対象物体7表面上に設置されたターゲット点8aまでの直線距離を計測可能な光波距離計1aと、光波距離計1aの光軸の水平角度と鉛直角度を測定する測角計1bで構成されている。光波距離計1aの光軸は、水平回転駆動モータ2と鉛直回転駆動モータ3により、水平と鉛直の2軸の任意の方向に変位可能であり、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6からの角度設定により駆動される。測定対象物体7表面上の測点に設置されたターゲット8は、反射プリズム又は反射シートであり、3次元座標計測装置14に設置された照明光源（図示せず）から発射された光波を計測装置に反射する。

なお、反射プリズムや反射シートは、直径25-100 mm ( $\phi$ 50 mm程度が多い。) であるが、本明細書ではターゲット点8aは反射プリズムや反射シートの中心点 (0.5-1.0 mm程度。) を示す。また、反射プリズムや反射シートをターゲット8という。

マイクロ自動視準用TVカメラ4は、視野内に1個のターゲット点8aが入るような、例えば1.5° の視野角を持ち、捕らえたターゲット点8aの画像信号を画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6に出力する。画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6では、ターゲット8の中心位置を画像処理によって算出し、光波距離計1aと同軸のマイクロ自動視準用TVカメラ4の視野中心とターゲット8の中心とのズレが無くなるように、モータ2、3を駆動する量を算出する。そして、この算出値をモータ2、3に設定して、ターゲット8の中心が光波距離計1aの光軸と一致するように、合わせ込むマイクロ自動視準を実行する。

マクロ位置認識用TVカメラ5は、測定対象物体7表面全体の複数のターゲット8を観察できるように視野角が設定されており、1台のTVカメラ5で捕らえた画像を画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6に出力する。

画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6は、入力された画像に基づいて画像処理を行い、マクロ位置認識用TVカメラ5で捕らえた画像におけるターゲット点8aの位置を算出し、マクロ位置認識をする。測定対象物体7全体を視野にするマクロ位置認識用TVカメラ5と光波距離計1aの光軸との相対位置は、製作時に予め求めておくことにより、マクロ位置認識用TVカメラ5で検出されたターゲット点8aの位置を基に、光波距離計1aからの水平角と鉛直角を算出することができる。また、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6では、各ターゲット点8aについて算出された水平角と垂直角を駆動モータ2、3に設定し、光波距離計1aをターゲット点8aの方向に向け、マイクロ視準用TVカメラ4の視野内に1個のターゲット点8aを入れることができる。

マイクロ自動視準用TVカメラ4の視野に1個のターゲット点8aを入れた後、マイクロ自動視準によりターゲット8の中心と光波距離計1aの光軸を合わせ込み、一致させた後、光波距離計1aでターゲット点8aまでの直線距離を、測角計1bで光波距離計1aの水平角度と鉛直角度を測定し、ターゲット点8aの3次元位置を自動的に計測する。

測定対象物体7全体を視野にするマクロ位置認識用TVカメラ5で認識したターゲット8の位置を基に、光波距離計1aからターゲット点8aまでの水平角度と鉛直角度を算出する方法を、図3を用いて説明する。ここで、TVカメラ5の光軸は、鉛直方向には光波距離計1aの回転軸中心に対して同じ高さで水平に設置され、水平方向には光波距離計1aの回転軸中心に対して距離d離れた位置に、水平回転基準軸と平行に設置される。また、TVカメラ5は、回転駆動モータで角度を変えられることなく、固定して設置される。

光波距離計1aからターゲット点8aへの鉛直角度は、鉛直高さが同じであるから、TVカメラ5の視野におけるターゲット点8aの垂直角度そのままよく、水平角度のみを、TVカメラ5から検出した後に変換する処理が必要となる。

図3に示すように、ターゲット点8aが、光波距離計1aから距離L、水平方向にwの位置にある場合は、光波距離計1aからの水平角度 $\alpha$ 、TVカメラ5の視野内での水平角度 $\beta$ は、式(1)、(2)で表される。

$$\tan(\alpha) = w / L \quad \dots (1)$$

$$\tan(\beta) = (w - d) / L \quad \dots (2)$$

従って、式(1)、(2)から、 $\alpha$ は式(3)で表される。

$$\alpha = \tan^{-1} [\tan(\beta) + d / L] \quad \dots (3)$$

しかし、式(3)におけるLはTVカメラ5では計測できない値であり、未知数であるため、本実施形態では $\alpha$ を決定するために、図4に示すように測定対象物体7と光波距離計1aに最も近いターゲット点8aまでの距離L1、最も遠いターゲット点8aまでの距離L2の中間値L0を式(3)に代入して、式(4)から $\alpha$ を算出することにした。

ターゲット点8aまでの実距離は測定対象物体7との最小距離L1から最大距離L2まで変化するので、図4に示すように、実質的にミクロ自動視準用TVカメラ4の視野範囲とほぼ同程度の角度誤差13が生じ、ターゲット点8aの中間値L0で算出した角度との誤差 $\Delta\alpha$ は、式(5)、(6)から求めた式(7)、(8)となる。

$$\alpha = \tan^{-1} [\tan(\beta) + d / L0] \quad \dots (4)$$

$$\alpha1 = \tan^{-1} [\tan(\beta) + d / L1] \quad \dots (5)$$

$$\alpha2 = \tan^{-1} [\tan(\beta) + d / L2] \quad \dots (6)$$

12

$$\tan(\alpha) - \tan(\alpha_2) =$$

$$\tan(\alpha_2 + \Delta\alpha_2) - \tan(\alpha_2) = d(1/L_0 - 1/L_2) \quad \dots (7)$$

$$\tan(\alpha_1) - \tan(\alpha) =$$

$$\tan(\alpha_1) - \tan(\alpha_1 + \Delta\alpha_1) = d(1/L_1 - 1/L_0) \quad \dots (8)$$

測定対象物体7の大きさから、 $L_1 = 10 \text{ m}$ 、 $L_2 = 30 \text{ m}$ である時、光波距離計1aとマクロ位置認識用TVカメラ5との間隔 $d$ を150 mmととれば、 $\alpha$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ があらゆる角度をとった場合の誤差の最大値が $\Delta\alpha_1 = 0.43^\circ$ 、 $\Delta\alpha_2 = 0.15^\circ$ になり、ミクロ自動視準用TVカメラ4の視野角が、例えば $1.5^\circ$ 以下のとき、その範囲内に誤差を収めることができ、ミクロ自動視準が可能になる。

本実施形態のように、 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $d$ を選択することで、マクロ位置認識用TVカメラ5で検出したターゲット点8aの水平角度から、光波距離計1aからターゲット点8aへの水平角度を決定することができ、ミクロ自動視準用TVカメラ4の視野内にターゲット点8aを入れることができ、ターゲット8の中心と光波距離計1aの光軸とを一致させることが可能となる。

図5は、本実施形態での3次元座標の計測手順を説明するためのフローチャートである。まず、マクロ位置認識用TVカメラ5の視野に、測定対象物体7の表面に設置された全てのターゲット点8aが入るように、3次元座標計測装置を設置する。

次いで、マクロ位置認識用TVカメラ5で捕らえた全てのターゲット点8aについて、TVカメラ5の画像からターゲット点8aの水平角度と垂直角度を算出したのち、光波距離計1aからの水平角度と鉛直角度に変換するマクロ位置認識を行う。そして、マクロ位置認識された複数のターゲット点8aは、例えばマクロ位置認識用TVカメラ5で捕らえた画像の左上から右下への順番で、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6から順次、水平角度と鉛直角度を駆動モータ2、3に設定し、モータを駆動させて、光波距離計1aをターゲット8の方向に向けて、ミクロ自動視準用TVカメラ4の視野内にターゲット点8aを入れるようにマクロ自動視準をする。そして、ミクロ自動視準用TVカメラ4の視野内にあるターゲット8について、光波距離計1aの光軸とターゲット8の中心とを合わせ込む。

光波距離計1aの光軸とターゲット8の中心が一致した後、光波距離計1aでターゲ

ット点8aまでの直線距離と、測角計1bで光波距離計1aの光軸の水平角度と鉛直角度を測定し、ターゲット点8aの3次元座標を演算して求める。1個のターゲット点8aについて計測が完了した後、次のターゲット点8aについて同様の作業を行い、全ターゲット点8aの計測を行い、全体形状を計測する。

このように本実施形態によれば、測定対象物体7表面全体の複数のターゲット点8aをマクロ位置認識用TVカメラ5により1方向から観察することにより、ターゲット点8aのマクロ位置を認識し、水平回転駆動モータ2と鉛直回転駆動モータ3を駆動させて光波距離計1aの光軸をターゲット点8aの1点ないし複数点に向け、ミクロ自動視準の視野範囲内に概略合わせ込むマクロ自動視準を行うことができる。

そして、マクロ自動視準を行うことができることから、人為的作業をほとんど要することなく、ミクロ自動視準で光波距離計1aの光軸をターゲット8の中心に合わせ込むことができる。この状態で、光波距離計1aと測角計1bによりターゲット点8aまでの距離と水平角度と鉛直角度を測定し、ターゲット点8aの3次元座標を演算することにより、測定対象物体7に設置された複数のターゲット点8aの座標及び測定対象物体7の全体形状を、実質的に高速に無人で計測することが可能となる。

## 実施形態2

図7は、本実施形態2に係わる大型構造物の3次元座標計測装置の概略構成を説明する図であり、図8は図7の3次元座標計測装置21の基本構成を示すブロック図である。なお、前記図1及び図2と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

本実施形態2が先に説明した実施形態1と異なる点は、2台のマクロ位置認識用TVカメラ5a、5bを設けたことにある。即ち、ミクロ自動視準用TVカメラ4を挟んで2台のマクロ自動視準用TVカメラ5a、5bが設置されている。各マクロ自動視準用TVカメラ5a、5bは、測定対象物体7表面全体の複数のターゲット8を観察できるように視野角が設定されており、各々のTVカメラ5a、5bで捕らえた画像を画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6に出力する。画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6は、入力された2つの画像に基づいて画像処理を行い、実施形態1と同様に、マクロ

位置認識用TVカメラ5a、5bで捕らえた画像におけるターゲット点8aの位置を算出し、マクロ位置認識をする。

測定対象物体7全体を視野にする2台のTVカメラ5a、5bと光波距離計1aの光軸との相対位置は、製作時に予め求めておくことにより、2台のTVカメラ5a、5bで検出されたターゲット点8aの位置を基に、光波距離計1aからの水平角と鉛直角とを算出することができる。

ミクロ自動視準用TVカメラ4の視野に1個のターゲット点8aを入れた後、ミクロ自動視準によりターゲット8の中心と光波距離計の光軸を合わせ込み、一致させた後、光波距離計1aでターゲット点8aまでの直線距離を、測角計1bで光波距離計の水平角度と鉛直角度を測定し、ターゲット点8aの3次元位置を自動的に計測する。

測定対象物体7全体を視野にするマクロ位置認識用の2台のTVカメラ5a、5bで認識したターゲット8の位置から光波距離計1aからターゲット点8aまでの水平角度と鉛直角度を算出する方法を図9、図10で説明する。ここで、図9は水平面内における光波距離計1a、2台のTVカメラ5a、5b、ターゲット点8aの位置関係を示している。図10は鉛直方向における光波距離計1a、2台のTVカメラ5a、5b、ターゲット8（ターゲット点8a）の位置関係を示している。2台のTVカメラ5a、5bの光軸は、光波距離計1aの光軸に対して、水平方向にはそれぞれd1、d2離れて置かれている。また、鉛直方向には、h離れて置かれている。また、2台のTVカメラ5a、5bは、回転駆動モータ2、3で角度を変えられることなく、固定して設置されている。2台のTVカメラ5a、5bは、ステレオ立体視に基づき、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bからターゲット点8aまでの位置を計測し、ターゲット点8aまでの距離Lを算出する。

距離Lが算出できたことによって、光波距離計1aからの水平角度 $\alpha$ 、2台のTVカメラ5a、5bからの視野内での水平角度 $\beta$ 、 $\gamma$ の関係は、式(9)、(10)で表される。

$$L [\tan (\alpha) - \tan (\beta)] = d1 \quad \cdots (9)$$

$$L [\tan (\gamma) - \tan (\alpha)] = d2 \quad \cdots (10)$$

式(9)、(10)より、 $\alpha$ は式(11)で表される。

$$\alpha = \tan^{-1} \{ [d1 \tan (\alpha) + d2 \tan (\beta)] / (d1 + d2) \} \quad \cdots (11)$$

また、鉛直方向での光波距離計1aからのターゲット角度 $\theta$ は、式(12)で表され



る。

$$\theta = \tan^{-1} [\tan (\phi) + h / L] \quad \cdots (12)$$

求めた水平角度 $\alpha$ と、鉛直角度 $\theta$ を、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6から回転駆動モータ2、3に設定することで、光波距離計1aをターゲット点8aの方向に向け、1個のターゲット点8aをマイクロ視準用TVカメラ4の視野内に入れることが可能となる。

また、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bの光軸が、鉛直方向には光波距離計1aの回転軸中心に対して同じ高さで水平に設置され、水平方向には光波距離計1aの回転軸中心に対して左右に距離d離れた位置に水平回転基準軸と平行に設置される場合について、図11に基づいて説明する。このとき、2台のTVカメラ5a、5bは、回転駆動モータ2、3で角度を変えられることなく、固定して設置されている。

光波距離計1aからターゲット点8aへの鉛直角度は、鉛直高さが同じであるから、2台のTVカメラ5a、5bの撮像視野におけるターゲット点8aの鉛直角度はそのままよく、水平角度のみを2台のTVカメラ5a、5bから検出した後変換する処理が必要となる。

図11に示すように、ターゲット点8aが、光波距離計1aから距離L、水平方向にwの位置にある場合は、光波距離計1aからの水平角度 $\alpha$ 、2台のTVカメラ5a、5bの各々での視野内での水平角度 $\beta$ 、 $\gamma$ は、式(13)、(14)、(15)で表される。

$$\tan (\alpha) = w / L \quad \cdots (13)$$

$$\tan (\beta) = (w - d) / L \quad \cdots (14)$$

$$\tan (\gamma) = (w + d) / L \quad \cdots (15)$$

式(13)、(14)、(15)より、 $\alpha$ は式(16)で表される。

また、鉛直方向 $\theta$ は、式(17)で表される。

$$\alpha = \tan^{-1} \{ [\tan (\alpha) + \tan (\beta)] / 2 \} \quad \cdots (16)$$

$$\theta = \phi \quad \cdots (17)$$

ここで求めた水平角度 $\alpha$ と、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bで検出したターゲット点8aの鉛直角度 $\theta = \phi$ を、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6から回転駆動モータ2、3に設定することで、光波距離計1aをターゲット点8aの方向に向け、

1つのターゲット点8aをマイクロ視準用TVカメラ4の視野内に入れることが可能となる。

この場合は、前記と異なり、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bから計測されるターゲット点8aまでの距離情報は必要なく、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bからのターゲット点8aの方向への角度から決定される。

なお、ターゲット点8aをマイクロ自動視準用TVカメラ4の視野に入れるために、マクロ位置認識用の2台のTVカメラ5a、5bでの検出角度分解能が、マイクロ自動視準用TVカメラ4の視野角より高い必要がある。例えば、測定対象物体7のサイズが30 mで、10 mの距離から計測する際には、マクロ視準用TVカメラ5a、5bの画素数が横512画素×縦480画素であれば、角度分解能が $0.14^\circ$ であり、マイクロ視準用TVカメラ4の視野角が、例えば $1.5^\circ$ である場合には、十分小さく、検出性能には問題ない。

このように、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bを2台以上使用することによって、測定対象物体7のサイズが大きくなり、各ターゲット点8aの設置される距離範囲が長くなっても、マイクロ視準用TVカメラ4の視野内に精度良く確実に入れることが可能となる。

ここではマクロ位置認識をするためのTVカメラ5a、5bは2台で、光波距離計1aの光軸の回転軸中心と同じ高さに設置したが、高さが同じに設置できない場合には、もう1台垂直方向に、光波距離計1aの光軸を中心にして設置することで、垂直方向の方位角も決定することができる。

図12は、本実施形態での3次元座標の計測手段を説明するためのフローチャートである。まず、マクロ位置認識用のTVカメラ5a、5bの視野内に、測定対象物体7表面に設置されたすべてのターゲット点8aが入るように、3次元座標計測装置を設置する。

次いで、マクロ位置認識用の2台のTVカメラ5a、5bで捕らえた全てのターゲット点8aについて、TVカメラ5a、5bの各々の画像からターゲット点8aの水平角度と垂直角度を算出したのち、光波距離計1aからの水平角度と鉛直角度に変換するマクロ位置認識を行う。そして、マクロ位置認識された複数のターゲット点8aは、例えば2台のTVカメラ5a、5bの左上から右下への順番で、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6から順次、水平角度と鉛直角度を駆動モータ2、3に設定し、駆動モータ2、

3を駆動させて、光波距離計1aをターゲット点8aの方向に向けて、マイクロ自動視準用TVカメラ4の視野内にターゲット点8aを入れるようにマクロ自動視準をする。そして、マイクロ自動視準用TVカメラ4の視野内にあるターゲット点8aについて、光波距離計1aの光軸とターゲット8の中心を合わせ込む。

光波距離計1aの光軸とターゲット8の中心とが一致した後、光波距離計1aでターゲット点8aまでの直線距離と、測角計1bで光波距離計1aの光軸の水平角度と鉛直角度を測定し、ターゲット点8aの3次元座標を演算して求める。1個のターゲット点8aについて計測が完了した後、次のターゲット点8aについて同様の作業を行い、全ターゲット点8aについて計測を行い、全体形状を計測する。

このように本実施形態によれば、測定対象物体7表面全体の複数のターゲット点8aに対し、2台のマクロ位置認識用TVカメラ5a、5bにより2方向から観察することにより、ターゲット点8aのマクロ位置を認識し、水平回転駆動モータ2と鉛直回転駆動モータ3を駆動して、光波距離計1aの光軸をターゲット点8aの1点ないし複数点に向けて、マイクロ自動視準用TVカメラ4の視野範囲内に概略合わせ込むマクロ自動視準を行うことができる。

従って、先の実施形態1と同様に、人為的作業をほとんど要することなく、マイクロ自動視準用TVカメラ4で光波距離計1aの光軸をターゲット8の中心に合わせ込むことができ、この状態で、測距測角計1によりターゲット点8aを測定してその3次元座標を演算することにより、測定対象物体7に設置された複数のターゲット点8aの座標及び測定対象物体7の全体形状を、実質的に高速に無人で計測することが可能となる。

さらに、マクロ位置認識用TVカメラ5a、5bを2台以上使用することによって、測定対象物体7のサイズが大きくなり、各ターゲット点8aが設置される距離範囲が、例えば10-30 mに対して5-50 mに広がっても、各ターゲット点8aのマクロ位置を、精度良く確実にマイクロ視準用TVカメラ4の視野内に入れることができる。また、マイクロ視準の精度を上げるために、マイクロ視準用TVカメラ4の視野を狭くした場合にも、問題なく対応可能であるのはもちろんである。

### 実施形態 3

図 14 は、本実施形態 3 に係わる大型構造物の建造方法の概略工程を示す図である。

この大型構造物の建造方法は、実施形態 1 又は 2 の 3 次元座標計測装置を用いており、当該 3 次元座標計測装置については、説明を省略する。また、本実施形態の大型構造物の建造方法は、図 17 に示すブロック工法による造船方法の場合を例にとって説明する。

図 14 に示すように、この造船方法では、中小ブロック製造工程において、3 次元座標計測装置によってその中小ブロックの形状や寸法などを高速かつ高精度に計測し、その形状データを目標値演算計算機 31 に入力する。

図 15 は、中小ブロックの形状を計測し目標値演算計算機に入力・処理する様子を示す図である。

大ブロックの製造に必要なすべての中小ブロックの形状データが入力されると、目標値演算計算機 31 は、精度情報を含む各中小ブロックの形状データと、大ブロック製造工程で目標となる CAD 形状情報とに基づいて、各中小ブロックをどのような位置と姿勢で配置すれば、目標とする大ブロック形状に最も近い組み付けできるかを計算する。この結果として、大ブロック建付けにおける各中小ブロック上の位置決めポイントの位置決め目標値が出力される。なお、大ブロック製造のためには精度不足と判断された中小ブロックについては目標値演算計算機 31 によりその旨出力され、当該中小ブロックは手直しされることになる。

位置決めポイントの位置決め目標値は、位置決め計算機 32 に入力され、大ブロック製造工程が実行される。

図 16 は、大ブロック製造工程において、ブロックの位置と姿勢とをリアルタイム測定しながら組み立てていく様子を示す図である。

図 14 及び図 16 に示すように、中小ブロック等の位置決めポイントに設けられた複数のターゲット 8 がリアルタイム測定され、各ブロックの位置と姿勢がターゲットの位置情報として自動的かつ短時間に計測される。この計測値は、位置決め計算機 32 に入力され、各位置決めポイントの位置決め目標値と比較されてクレーン操

作のための指示値（次の位置決め）が出力される。このクレーン指示出力に基づいて、次のクレーン操作が実行され、中小ブロックの位置と姿勢とが変更される。

この位置・姿勢変更に伴い、再び各ブロックの位置決めポイントの位置測定がリアルタイムで実行されて先の処理が繰り返される。なお、各位置決めポイントの位置が、位置決め目標値に対して予め設定したある一定誤差範囲内に入った場合には、CAD 形状に一致していることになり建付けは終了する。すなわち本実施形態の方法では、ブロック位置・姿勢をリアルタイムで自動計測し、そのブロックの位置・姿勢を目標値と比較しつつ修正していくことにより、各ブロックが仮想的な CAD 形状に合わせ込まれる。

なお、ここでは位置決め計算機 32 はクレーン操作の指示出力又はクレーン操作のための位置情報を出力し、その後のオペレータ操作によりクレーンを動かす場合を想定している。しかし、本発明はこの場合に限定されない。例えば位置決め計算機 32 の出力情報をクレーン制御装置に直接入力し、計測値と目標値が自動的に一致するような制御を実行してもよい。また、本実施形態では、コンピュータ 6 と、計算機 31 と、位置決め計算機 32 とが別個の計算機になる場合で説明したが、これらの計算機の有する機能は、1 又は 2 以上の計算機によって適宜構成するようにしてもよい。

以上より、本実施形態では、部材に取り付けられた複数の反射ターゲットの位置を短時間かつ高精度に自動計測し、この計測結果を利用して高効率に及び又は高精度に部材を組立てることができる。

なお、本実施形態では、ブロック位置・姿勢を位置決めポイント（ターゲット設置点）の位置としてリアルタイムで自動計測し、その位置を位置決め目標値と比較しつつ合わせ込んで行くことで形状制御し、ブロック作り込みをしていくこと（形状フィードバックという）を、大ブロック製造工程に対して適用している。これにより、大ブロックの製造時間を大幅に短縮できる。この形状フィードバックは、中小ブロック製造工程やドック内組立て工程にも適用可能である。

また、ブロックの形状を高精度計測しておけば、次工程での手直しを低減させ、造船工程全体の効率化に貢献する。これは中小ブロック製造工程-大ブロッ

ク製造工程間のみでなく、種々の工程間で適用できる。

なお、本実施形態では、上記技術を造船方法に適用する場合で説明したが、本発明は、土木、建築などの種々の大型構造物の建造方法に適用できる。船舶の場合は、測定対象物体7がブロックであったが、建造方法の適用対象によりブロックは部材や部品等に適宜変更される。

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。上記各実施形態では、ミクロ自動視準のために、光波距離計1aの光軸と同軸にマクロ位置認識用のTVカメラ5、5a、5bを設置して、マクロ位置認識用TVカメラ5、5a、5bで捕らえた画像から画像処理をして各ターゲット8の中心の位置を検出するようにしたが、各ターゲット8の重心位置を検出が可能な2次元位置検出デバイスのPSDを使用し、各ターゲット8の中心位置を検出するようにしてもよい。

なお、マクロ位置認識用TVカメラ5、5a、5bの視野範囲が測定対象物体7全体に対して狭く、測定対象物体7を一度に見ることができない場合には、マクロ位置認識用TVカメラ5、5a、5bを、光軸駆動手段2、3に搭載して、光軸駆動手段2、3の回転によって、視野範囲を移動させ、マクロ位置認識用TVカメラ5、5a、5bの水平方向、あるいは、鉛直方向の視野を広くすることにより、測定対象物体7表面全体の各ターゲット点8aの計測が可能になる。

また、上記各実施形態では、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6で、光波距離計1aと同軸に設置されたマクロ位置認識用TVカメラ5、5a、5bの画像信号の画像処理とモータ駆動を行ったが、図6及び図13に示すように、画像処理部を備えた自動視準が可能な測量機（トータルステーション）10を利用して、画像処理・制御用パーソナルコンピュータ6から、測量機10に実装された制御用CPU12にコマンド等で指令をすることで、ミクロ自動視準と駆動モータの制御を実現するようにしてもよい。

## 請求の範囲

1. 測定対象物体表面上の座標を測定すべきターゲット点までの直線距離を測定する光波距離計と前記光波距離計の光軸の傾け角度を測定する測角計とを用い、前記光波距離計の光軸を測定対象物体表面上のターゲット点に合わせ込んだ後の測定距離と測定角度から前記ターゲット点の3次元座標を計測する3次元座標計測方法であって、

前記測定対象物体表面全体の複数のターゲットを撮像手段で観察し、得られた画像を処理して前記測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算する座標認識ステップと、

前記座標認識ステップにより認識されたターゲット点の1つが所定の視野範囲内に入るように前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、

前記マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を前記所定の視野範囲内において前記ターゲット点の1つに一致するように合わせ込むミクロ視準ステップと、

を有することを特徴とする3次元座標計測方法。

2. 座標認識ステップにより認識された各ターゲット点すべての3次元座標を自動計測するまでマクロ視準ステップとミクロ視準ステップを繰り返すことを特徴とする請求の範囲1に記載の3次元座標計測方法。

3. 撮像手段は、その光軸が光波距離計の光軸と不一致のものを少なくとも含む、1以上の撮像装置からなることを特徴とする請求の範囲1に記載の3次元座標計測方法。

4. 撮像手段は、測定対象物体表面全体の複数のターゲットを少なくとも2方向から観察することを特徴とする請求の範囲3に記載の3次元座標計測方法。

5. 座標認識ステップは、2つ以上の撮像装置により得られた2つ以上の画像を用いて、三角測量の方法に基づき、測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算することを特徴とする請求の範囲4に記載の3次元座標計測方法。

6. 座標認識ステップは、三角測量の方法にステレオ立体視を用いることを特徴とする請求の範囲5に記載の3次元座標計測方法。

7. 測定対象物体表面上の座標を測定すべきターゲット点までの直線距離を測定する光波距離計と、

前記光波距離計の光軸の向きを水平方向及び鉛直方向に可変する光軸駆動手段と、

前記光波距離計の光軸の水平角度及び鉛直角度を測定する光軸角度測定手段と、  
前記光波距離計の光軸を、前記光軸駆動手段を用いて前記測定対象物体表面上の1点のターゲット点の近傍である所定視野内においてターゲット点に合わせ込むミクロ自動視準手段と、

前記測定対象物体表面全体の複数のターゲットを1方向から観察する撮像手段と、  
前記撮像手段によって得られた画像を処理して前記測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算するマクロ位置認識手段と、

前記マクロ位置認識手段によって認識されたターゲット点の1点が前記ミクロ自動視準手段の前記所定視野内に入るように、前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ自動視準手段とを備え、

前記マクロ自動視準手段によって前記測定対象物体上のある1点のターゲット点の近傍に前記光波距離計の光軸を概略合わせ込み、次いで前記ミクロ自動視準手段を用いて前記光波距離計の光軸を前記ターゲット点に合わせ込み、しかるのち前記光波距離計及び前記光軸角度測定手段の測定結果に基づいて前記ターゲット点の3次元座標を演算することを特徴とする3次元座標計測方法。



8. 測定対象物体表面上の座標を測定すべきターゲット点までの直線距離を測定する光波距離計と、

前記光波距離計を搭載し、異なる2軸を中心に回転することにより前記光波距離計の光軸を可変にする光軸駆動機構と、

前記光波距離計の光軸角度を測定する光軸角度測定計と、

前記光波距離計の光軸を、前記光軸駆動機構を用いて、記測定対象物体表面上の1つターゲット点について、所定視野内においてターゲット点に合わせ込むマイクロ自動視準機構と、

前記測定対象物体表面全体の複数のターゲットを観察する撮像機と、

前記撮像機によって得られた画像を処理して前記測定対象物体表面上の複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算するマクロ位置認識手段と、

前記マクロ位置認識手段によって認識されたターゲット点の1点が前記マイクロ自動視準機構の前記所定視野内に入るように、前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ自動視準機構と、

前記マクロ自動視準機構によって前記測定対象物体上のある1つのターゲットについて、前記所定視野内に概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、前記マイクロ自動視準機構によって前記ターゲット点に合わせ込む視準制御手段と、

前記視準制御手段で合わせ込まれた前記ターゲット点について、前記光波距離計及び前記光軸角度測定計の測定結果に基づき前記ターゲット点の3次元座標を演算する座標演算手段と、

を備えたことを特徴とする3次元座標計測装置。

9. マクロ位置認識手段により認識された各ターゲット点すべての3次元座標を自動計測するまで、前記マクロ自動視準機構-前記視準制御手段による処理を繰り返し後前記座標演算手段により処理を行う、または前記マクロ自動視準機構-前記視準制御手段-前記座標演算手段による処理を繰り返すことを特徴とする請求の範囲8に記載の3次元座標計測装置。

10. 撮像機は、その光軸が光波距離計の光軸と不一致のものを少なくとも含む、1以上の撮像カメラからなることを特徴とする請求の範囲8に記載の3次元座標計測装置。
11. 撮像機は、測定対象物体表面全体の複数のターゲットを少なくとも2方向から観察することを特徴とする請求の範囲10に記載の3次元座標計測装置。
12. マクロ位置認識手段が、ステレオ立体視の方法に基づいて複数のターゲット点を認識し、その概略の3次元座標を演算することを特徴とする請求の範囲11に記載の3次元座標計測装置。
13. マクロ自動視準機構が、ターゲット点の概略の3次元座標と、測定対象物体表面のターゲットを観察する撮像機の光軸と光波距離計の光軸との位置関係とから、前記ターゲットの概略方向を前記光波距離計からの方向に変換して、前記光波距離計の光軸を前記ターゲット点の方向に向けることを特徴とする請求の範囲8に記載の3次元座標計測装置。
14. 撮像機が、光軸駆動機構における2軸のうちの水平回動部分に搭載されて、光波距離計とともに回転することを特徴とする請求の範囲8に記載の3次元座標計測装置。
15. 撮像機が、垂直方向の所定高さに固定され、測定対象物体表面全体の複数のターゲットが1方向から観察されることを特徴とする請求の範囲14に記載の3次元座標計測装置。
16. 撮像機が、光軸駆動機構における2軸のうちの水平回動部分に搭載されて、光波距離計とともに回転することを特徴とする請求の範囲11に記載の3次元座標計測装置。

17. 撮像機が、垂直方向の同一高さにおいて、水平回転軸からの水平方向距離が等しい位置に固定された少なくとも1対の撮像機によって測定対象物体表面全体の複数のターゲットが2方向から観察されることを特徴とする請求の範囲16に記載の3次元座標計測装置。

18. 測定対象物体上の複数の座標を測定すべきターゲット点に対応する各3次元座標を、前記各ターゲット点に対する光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報に基づいて演算する3次元座標計測装置であって、

前記測定対象物体上に複数設置された前記ターゲット点を有するターゲットを観察する撮像機と、

前記撮像機で得られた画像を処理して前記測定対象物体上の複数のターゲット点を認識し、概略の3次元座標を演算するマクロ位置認識手段と、

前記マクロ位置認識手段より認識されたあるターゲット点が所定の視野範囲内に入るように、前記概略の3次元座標に基づいて前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ自動視準機構と、

前記マクロ自動視準機構により概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、所定の視野範囲内において前記のあるターゲット点に一致するように合わせ込むミクロ自動視準機構と、

前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を前記すべてのターゲット点に対して取得するまで、前記マクロ自動視準機構及び前記ミクロ自動視準機構の処理を繰り返させる制御手段と、  
を備えたことを特徴とする3次元座標計測装置。

19. 1種類以上の第1部材を複数組立てて第2部材を製造し、さらに、1種類以上の前記第2部材を複数組立てて第3部材を製造し、以降同様に1種類以上の第n部材を複数組立てて第(n+1)部材を製造し、中間的又は最終的な構造物を製造する大型構造物の建造方法であって、

前記第n部材上の複数の座標を測定すべきターゲット点に対応する各3次元座

標を光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報に基づいて演算することで、前記第  $n$  部材各々の実形状を自動計測する計測ステップと、

前記計測ステップで計測された実形状に基づいて、第  $(n + 1)$  部材の組立て精度を評価し、前記第  $(n + 1)$  部材の組立てに使用可能な第  $n$  部材のみを前記第  $(n + 1)$  部材の組立てに使用するよう指示する評価ステップと、  
を有し、

さらに、前記計測ステップが、前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を取得するために、

第  $n$  部材上に複数設置されたターゲット点を有するターゲットを撮像手段で観察し、得られた画像を処理して前記第  $n$  部材上の複数のターゲット点に対する概略の 3 次元座標を認識する座標認識ステップと、

前記座標認識ステップにより認識されたあるターゲット点が所定の視野範囲内に入るように、前記概略の 3 次元座標に基づいて前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、

前記マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、前記あるターゲット点に一致するように合わせ込むマイクロ視準ステップと、

前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を前記すべてのターゲット点に対して取得するまで、前記マクロ視準ステップ及び前記マイクロ視準ステップを繰り返すステップと、  
を有することを特徴とする大型建造物の建造方法。

20. 請求の範囲 19 の大型建造物の建造方法において、撮像手段は、その光軸が光波距離計の光軸と不一致のものを少なくとも含む、1 以上の撮像カメラからなる。

21. 請求の範囲 19 の大型建造物の建造方法において、大型建造物が船舶、橋梁、土木、建築物のいずれか一つである。

22. 1 種類以上の部材を複数組立てて中間的又は最終的な建造物を製造する大型構

造物の建造方法であって、

前記構造物を組立てる際の各部材の位置決め目標値を与える目標決定ステップと、

前記構造物の組立てに際し、前記部材上の複数のターゲット点に対応する各 3 次元座標を光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報に基づいて演算することで、前記部材のターゲット点を自動計測する計測ステップと、

前記ターゲット点の 3 次元座標と前記位置決め目標値との比較結果に基づいて、ターゲット点の新たな 3 次元座標が位置決め目標値に一致するように又は近づくように、その部材の位置を修正する部材修正ステップと、  
を有し、

さらに、前記計測ステップが、光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を取得するために、

部材上の複数のターゲット点を有するターゲットを撮像手段で観察し、得られた画像を処理して前記部材上の複数のターゲット点を認識し、概略の 3 次元座標を演算する座標認識ステップと、

前記座標認識ステップにより認識されたあるターゲット点が所定の視準範囲内に入るように、前記概略の 3 次元座標に基づいて前記光波距離計の光軸を概略合わせ込むマクロ視準ステップと、

前記マクロ視準ステップにより概略合わせ込まれた前記光波距離計の光軸を、前記のあるターゲット点に一致するように合わせ込むマイクロ視準ステップと、

前記光波距離計の距離計測値及びその光軸の角度情報を前記すべてのターゲット点に対して取得するまで、前記マクロ視準ステップ及び前記マイクロ視準ステップを繰り返すステップと、

を有することを特徴とする大型構造物の建造方法。

23. 請求の範囲 22 の大型構造物の建造方法において、撮像手段は、その光軸が光波距離計の光軸と不一致のものを少なくとも含む、1 以上の撮像カメラからなる。

24. 請求の範囲 22 の大型構造物の建造方法において、大型構造物が船舶、橋梁、土木、建築物のいずれか一つである。

図 1

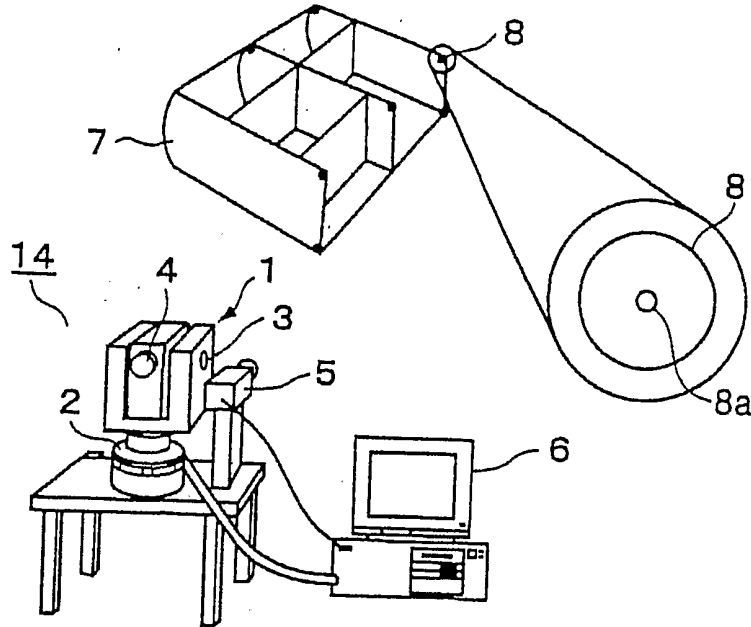
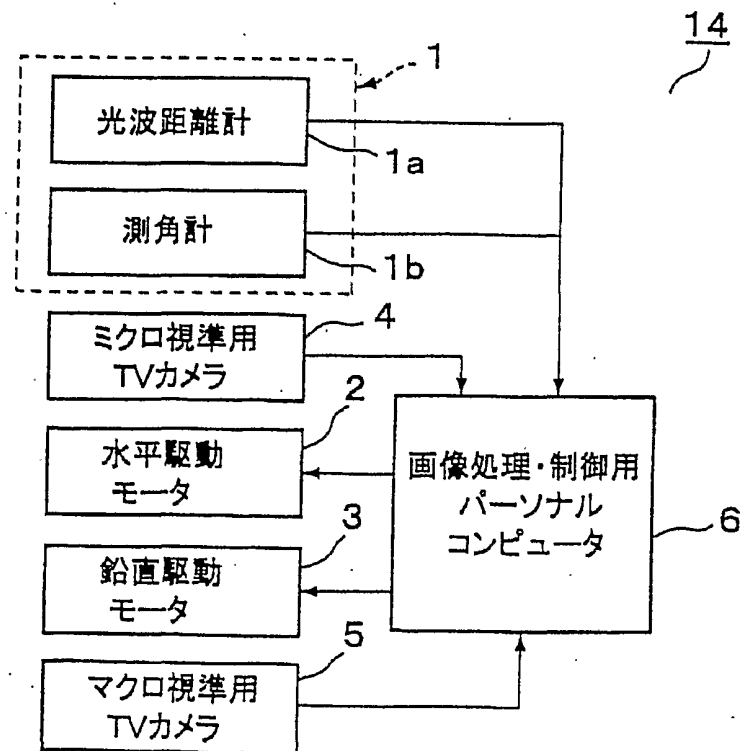
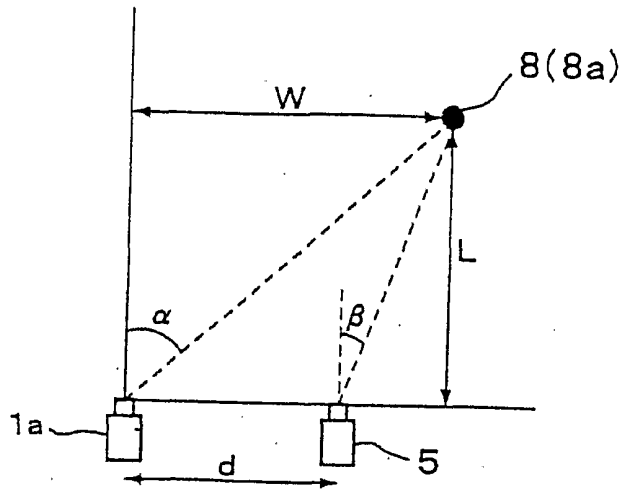


図 2



2/11

☒ 3



☒ 4

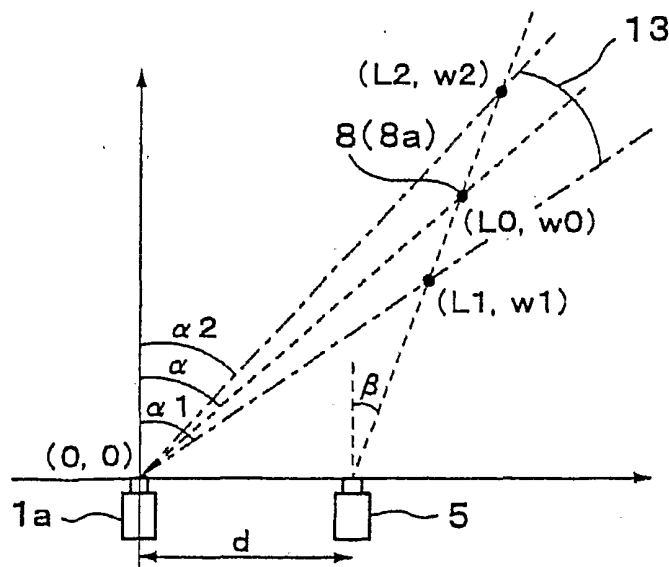




図5

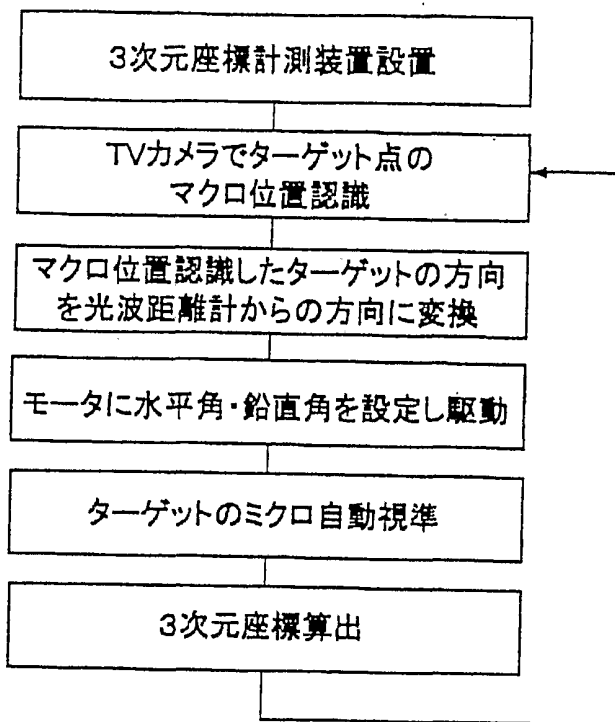


図6

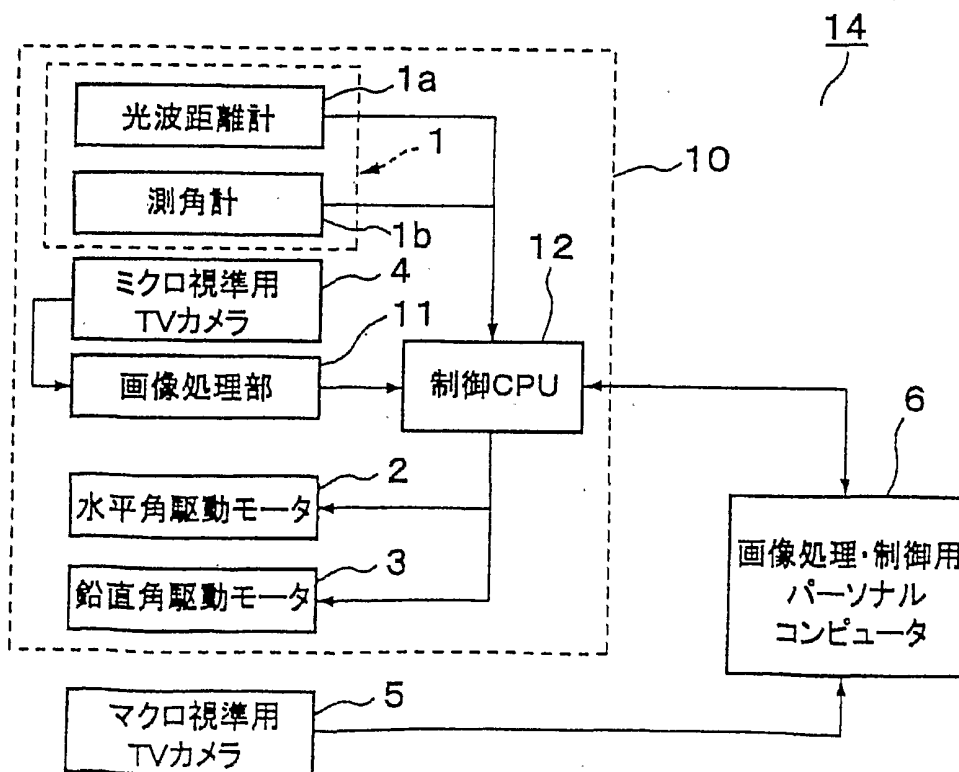


図 7

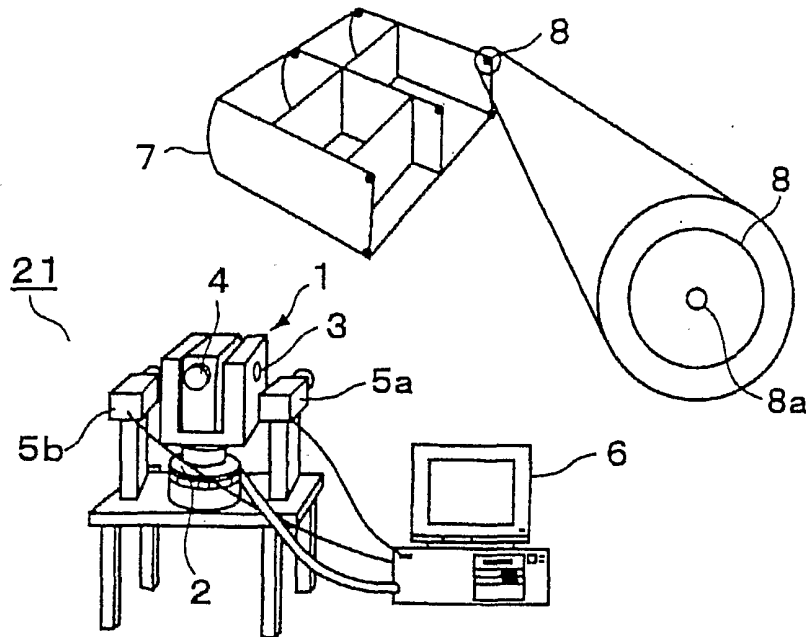


図 8

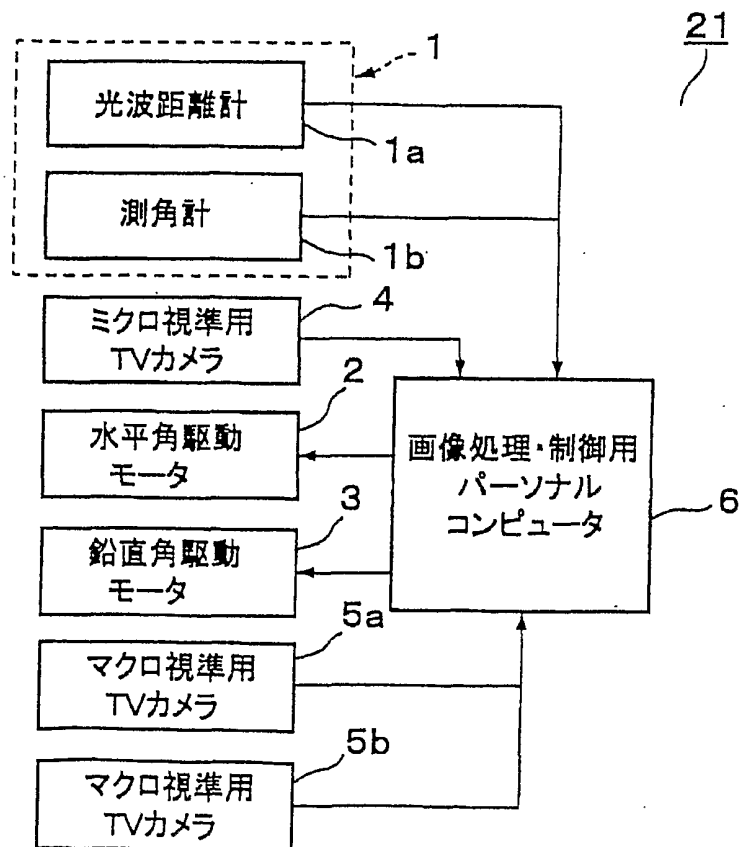


図 9

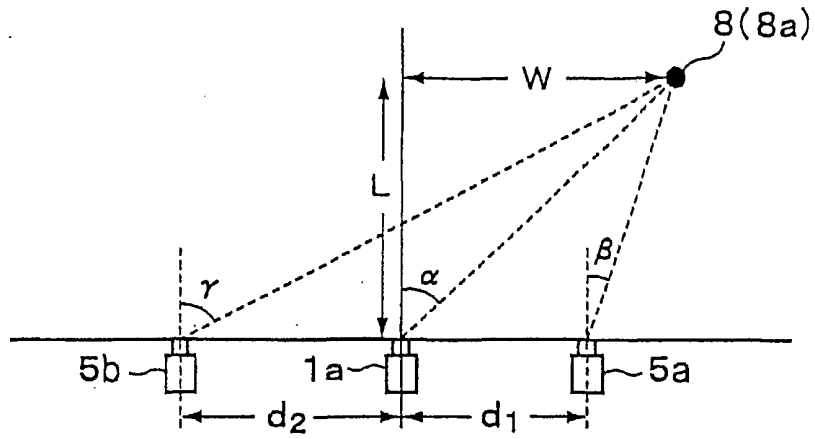
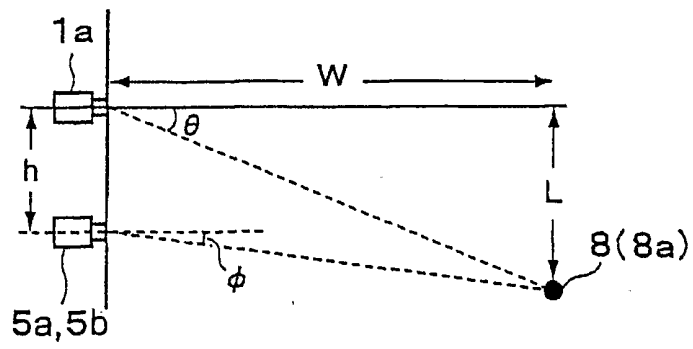


図 10



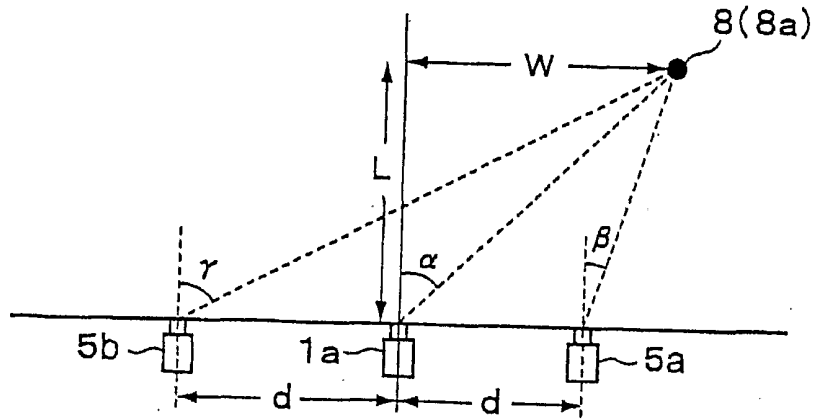


図 12

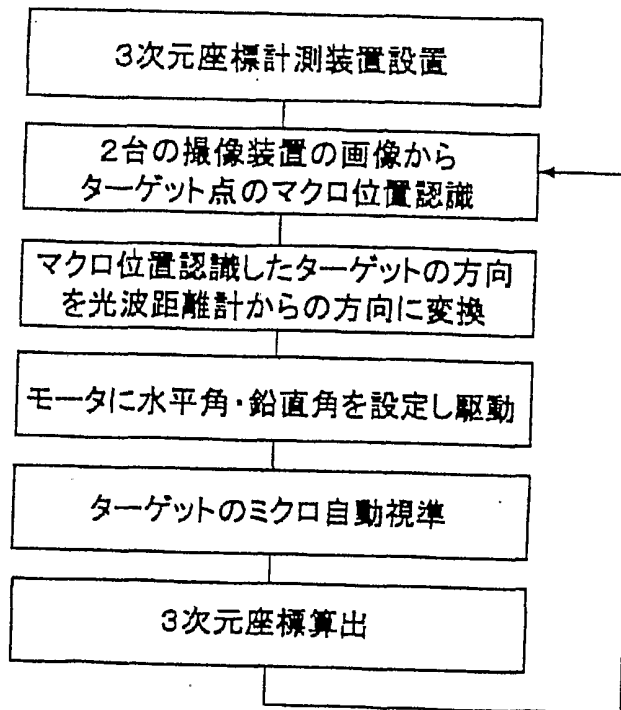


図 13

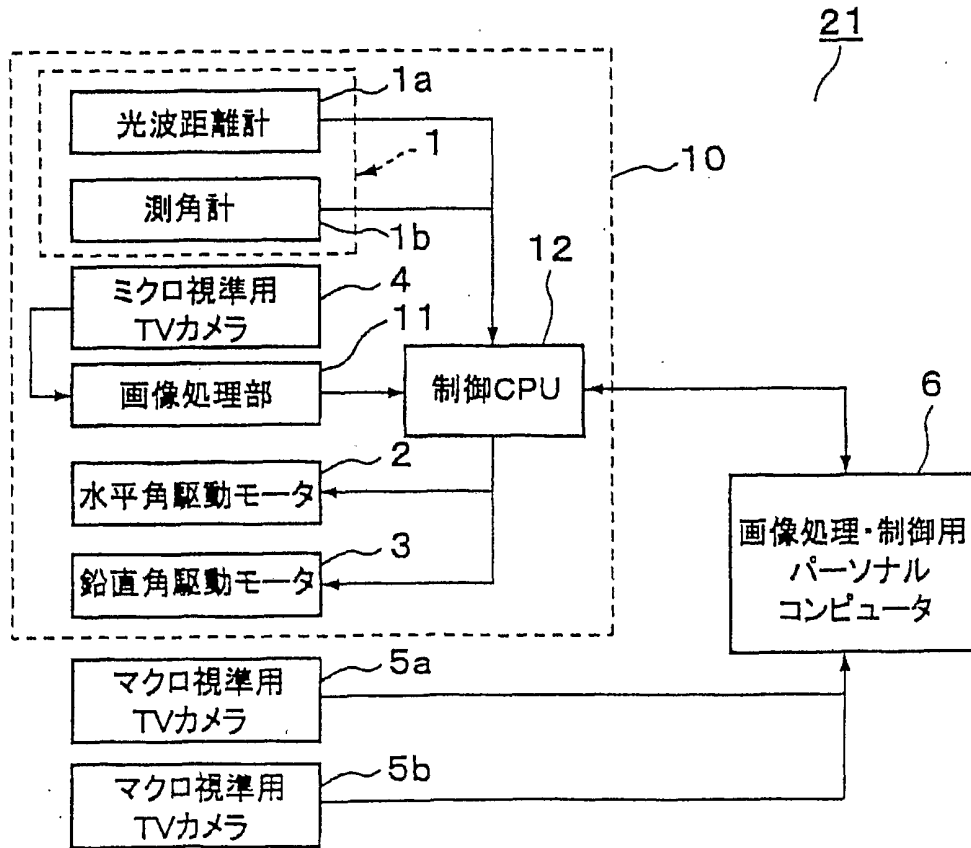


図 14

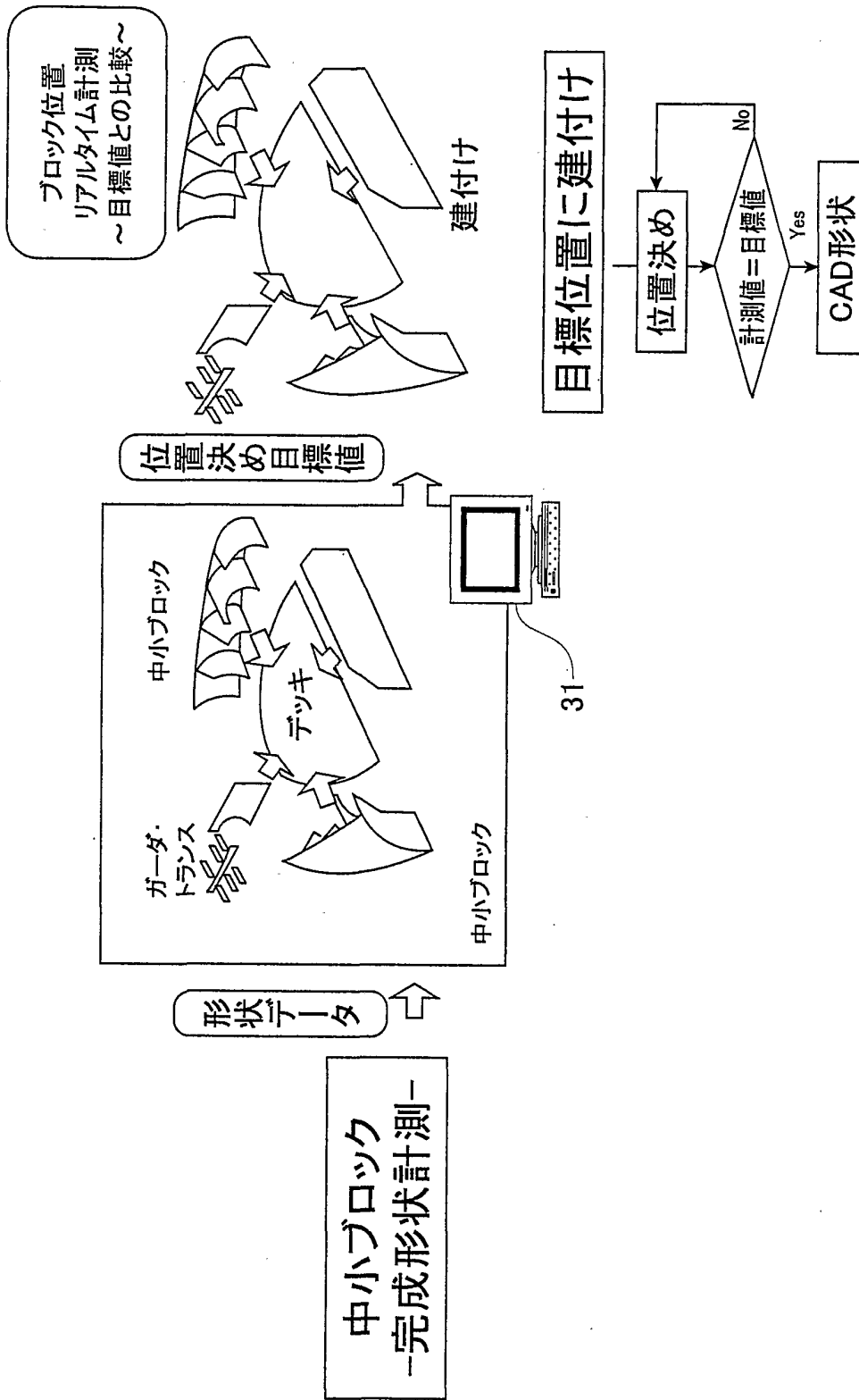
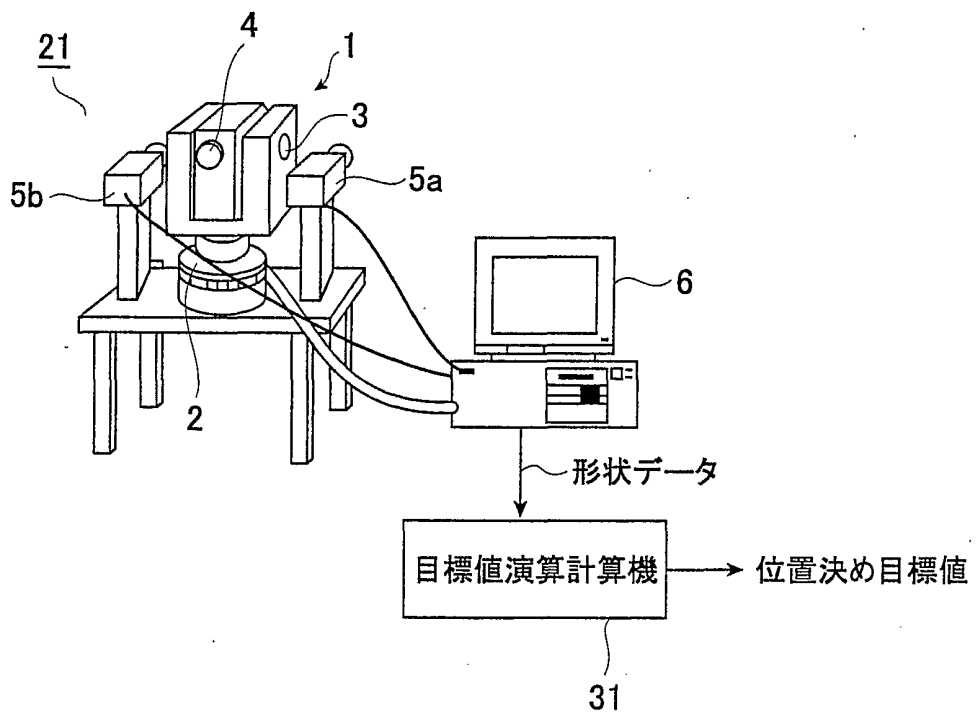
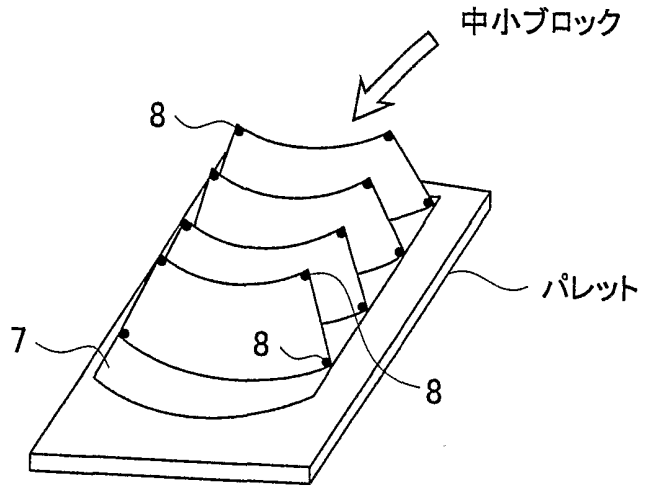


図 15



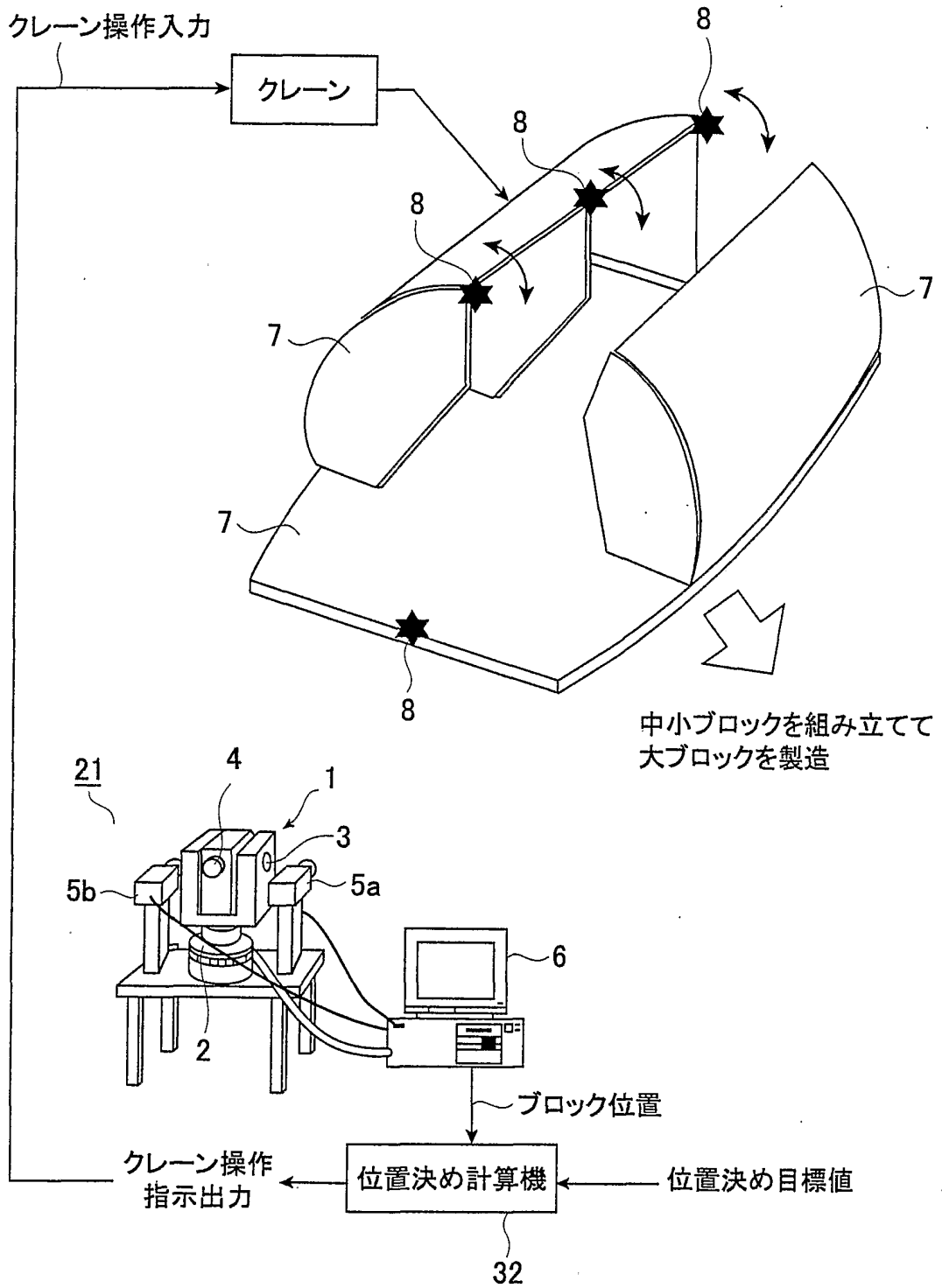
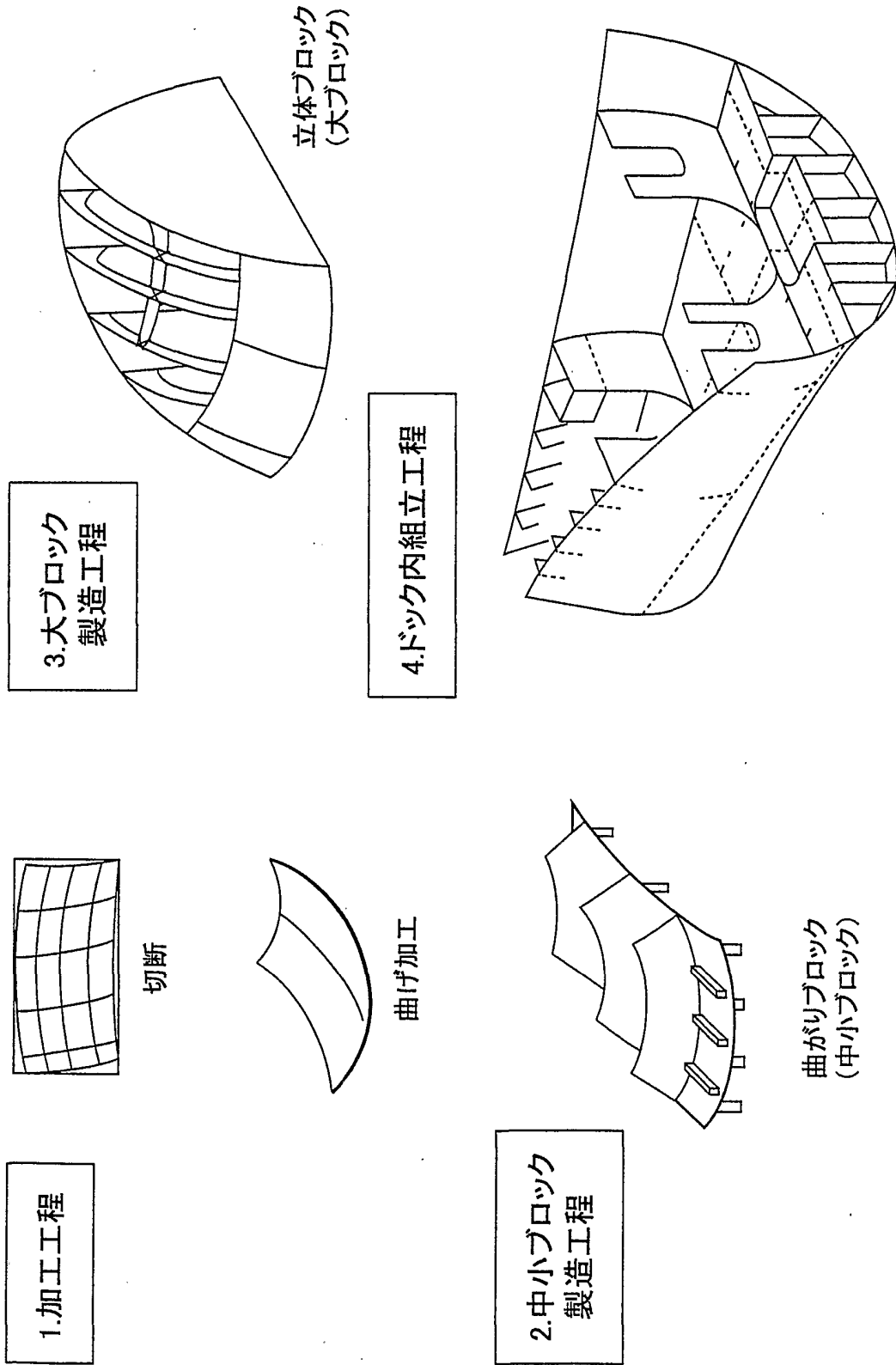




図 17



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl <sup>7</sup> G01C15/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> G01C15/00, G01C1/00, G01C3/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-004377 A (ZSP GEODATISCHE SYSTEME GMBH), 12 January, 2001 (12.01.2001) & DE 19922321 A1	1-24
A	GB 2353862 A1 (ZSP GEODATISCHE SYSTEME GMBH), 08 December, 2000 (08.12.2000) & JP 2000-337815 A & DE 19922341 A1	1-24
A	JP 2000-329553 A (TAISEI CORPORATION), 30 November, 2000 (30.11.2000) (Family: none)	1-24
A	US 6031606 A (LEICA GEOSYSTEMS AG), 29 February, 2000 (29.02.2000) & JP 11-510600 A & EP 842395 B1 & DE 19528465 A1 & WO 97-06409 A1	1-24
A	JP 2000-055660 A (Amenitex Corporation), 25 February, 2000 (25.02.2000) (Family: none)	1-24
A	US 6023326 A (KABUSIKI KAISYA TOPCON), 08 February, 2000 (08.02.2000) & JP 9-250927 A & EP 797076 B2	1-24
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 19 December, 2001 (19.12.01)		Date of mailing of the international search report 15 January, 2002 (15.01.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08746

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-351870 A (TOKYU CONSTRUCTION CO., LTD.), 24 November, 1999 (24.11.1999) (Family: none)	1-24
A	JP 2916687 B2 (Tobishima Corporation), 23 April, 1999 (23.04.1999) (Family: none)	1-24
A	JP 10-019562 A (TAISEI CORPORATION), 23 January, 1998 (23.01.1998) (Family: none)	1-24
A	JP 8-254409 A (Nippon Steel Corporation), 01 October, 1996 (01.10.1996) (Family: none)	1-24
A	JP 8-210852 A (Nippon Steel Corporation), 31 May, 1996 (31.05.1996) (Family: none) page 7, column 11, par. Nos. [0042]-[0043]	1-24
A	JP 63-028269 B2 (Kabushiki Kaisha Auto Process., et. al.), 07 June, 1988 (07.06.1988) (Family: none)	1-24
A	Hidenaga ARITA, et al., "CCD-tsuki Transit Gazou kara no Daen Zukei no Ninshiki to 3-jigen Zahyou-ten no Sokutei System", Keisoku Jidou Seigyo Gakkai Ronbunshuu, June, 1998, Vol.34, No.6, pp.470-478, page 472, left column, line 16 to page 473, left column, line 19	1-24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G01C15/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G01C15/00、G01C1/00、G01C3/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-004377 A (ゼットエスピー ゲオデティツシェ システメ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 12. 1月. 2001 (12. 01. 01) & DE 19922321 A1	1-24
A	GB 2353862 A1 (ZSP GEODATISCHE SYSTEME GMBH) 7. 3月. 2001 (07. 03. 01) & JP 2000-337815 A & DE 19922341 A1	1-24
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列举されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
国際調査を完了した日	19. 12. 01	国際調査報告の発送日
		15.01.02
国際調査機関の名称及びあて先		特許庁審査官 (権限のある職員)
日本国特許庁 (ISA/JP)		秋田 将行
郵便番号100-8915		2S 9302
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-329553 A (大成建設株式会社) 30. 11月. 2000 (30. 11. 00) (ファミリーなし)	1-24
A	US 6031606 A (LEICA GEOSYSTEMS AG) 29. 2月. 2000 (29. 02. 00) & JP 11-510600 A & EP 842395 B1 & DE 19528465 A1 & WO 97/06409 A1	1-24
A	JP 2000-055660 A (株式会社アメニテックス) 25. 2月. 2000 (25. 02. 00) (ファミリーなし)	1-24
A	US 6023326 A (KABUSIKI KAISYA TOPCON) 8. 2月. 2000 (08. 02. 00) & JP 9-250927 A & EP 797076 B2	1-24
A	JP 11-351870 A (東急建設株式会社) 24. 12月. 1999 (24. 12. 99) (ファミリーなし)	1-24
A	JP 2916687 B2 (飛島建設株式会社) 23. 4月. 1999 (23. 04. 99) (ファミリーなし)	1-24
A	JP 10-019562 A (大成建設株式会社) 23. 1月. 1998 (23. 01. 98) (ファミリーなし)	1-24
A	JP 8-254409 A (新日本製鐵株式会社) 1. 10月. 1996 (01. 10. 96) (ファミリーなし)	1-24
A	JP 8-136218 A (新日本製鐵株式会社) 31. 5月. 1996 (31. 05. 96) (ファミリーなし) 第7ページ第11欄第【0042】-【0043】段	1-24
A	JP 63-028269 B2 (株式会社オートプロセス 他) 7. 6月. 1988 (07. 06. 88) (ファミリーなし)	1-24
A	有田秀昶、大友雄二、森内直樹「CCD付トランシット画像からの楕円図形の認識と3次元座標点の測定システム」 計測自動制御学会論文集、1998年6月、Vol. 34 No. 6 pp. 470-478 第472ページ左欄第16行-第473ページ左欄第19行	1-24