世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 **G01B 11/24, G01C 15/00**	**A1**	(11) 国際公開番号	**WO97/12202**
		(43) 国際公開日	1997年4月3日(03.04.97)

(21) 国際出願番号 PCT/JP96/02755

(22) 国際出願日 1996年9月24日(24.09.96)

(30) 優先権データ
特願平7/250959 1995年9月28日(28.09.95) JP

(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
株式会社 オージス総研(OSAKA GAS INFORMATION SYSTEM RESEARCH INSTITUTE CO.,LTD.)[JP/JP]
〒550 大阪府大阪市西区千代崎3丁目南2番37号 ICCビル Osaka, (JP)
株式会社 小松製作所(KOMATSU LTD.)[JP/JP]
〒107 東京都港区赤坂二丁目3番6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）
松本 亮(MATSUMOTO, Makoto)[JP/JP]
〒565 大阪府豊中市新千里西町1丁目2番1号
株式会社 オージス総研内 Osaka, (JP)
片岡隆之(KATAOKA, Takayuki)[JP/JP]
〒573 大阪府枚方市上野3丁目1番1号
株式会社 小松製作所 生産技術研究所内 Osaka, (JP)

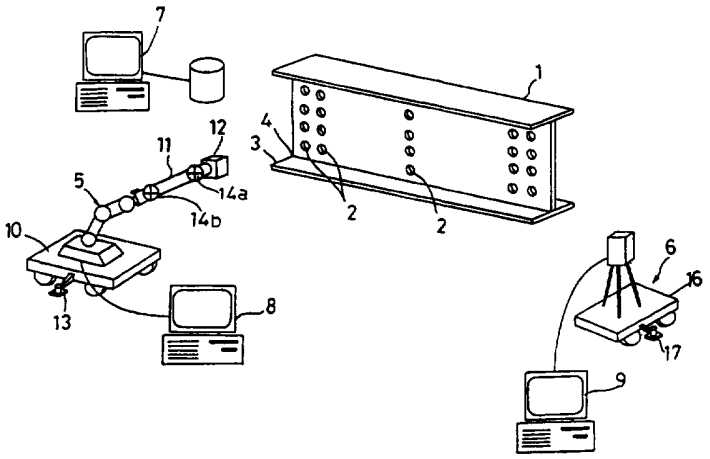
(74) 代理人
弁理士 井上 勉(INOUE, Tsutomu)
〒550 大阪府大阪市西区立売堀1丁目2番12号
本町平成ビル4階 Osaka, (JP)

(81) 指定国 DE, US.

添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: **STRUCTURE MEASURING SYSTEM**

(54)発明の名称 構造物計測システム



(57) **Abstract**

A low-cost system for measuring a structure, which does not require a large fixed equipment and a broad land, and which minimizes the necessity of attaching target marks to reduce the work load of operators. The system includes a measuring robot (5) having an arm (11) for holding a three-dimensional vision sensor (12) for measuring an object (1), a range finder (6) for measuring the position of the arm (11) and the installation position of the object (1), and control terminals (7, 8 and 9) for storing in advance design data on the shape of the object (1) (CAD data) and calculating the measuring point by the three-dimensional vision sensor (12) on the basis of this design data and the position data measured by the range finder (6).

（５７）要約

大型固定設備および広大な土地を不要にして安価なシステムにするとともに、ターゲットマーク等の貼付作業を最小限にして作業者の負担を軽減することのできる構造物計測システムを提供することを目的とし、計測対象部材１を計測する三次元視覚センサー１２を保持するアーム１１を有して任意の方向に走行可能な計測ロボット５と、アーム１１の位置と計測対象部材１の設置位置とを計測する測距計６と、計測対象部材１の形状に係る設計データ（ＣＡＤデータ）を予め記憶するとともに、この設計データと測距計６により計測される位置データとに基づいて三次元視覚センサー１２による計測点を演算するコントロール用端末７，８，９を備える構成とする。

情報としての用途のみ
ＰＣＴに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にＰＣＴ加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SD	スーダン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BB	バルバドス	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BE	ベルギー	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BF	ブルギナ・ファソ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TD	チャード
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TG	トーゴ
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	IS	アイスランド	MW	マラウイ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリー	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴー	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CH	スイス	KE	ケニア	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CI	コート・ジボアール	KG	キルギスタン	NO	ノルウェー	US	米国
CM	カメルーン	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
CN	中国	KR	大韓民国	PL	ポーランド	VN	ヴィエトナム
CZ	チェッコ共和国	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル	YU	ユーゴスラビア
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	LK	スリランカ				

明細書

構造物計測システム

技術分野

本発明は、構造物計測システムに関し、より詳しくは例えば橋梁の桁のような大型構造物の形状等を計測する構造物計測システムに関するものである。

背景技術

従来、計測対象部材としての例えば橋梁の桁のような大型構造物の形状，大きさ等を計測する方法として、この計測対象部材の全ての計測箇所にターゲットマークもしくは反射シールを貼付し、このターゲットマーク等を所定位置に定置されるトランシット等の測角機もしくは光波測距計を用いて作業者が目視により計測するようにする計測方法が知られている。

他の計測方法として、図１５に示されているように、計測対象部材１００を跨ぐようにその計測対象部材１００に平行に敷設されるガイドレール１０１に沿って走行可能な門型構造物１０２を設置し、この門型構造物１０２に計測ハンド１０３を取り付けてその門型構造物１０２をガイドレール１０１に沿って走行させながら計測ハンド１０３先端の計測子１０４により計測対象部材１００を計測する方法も知られている。

また、特開昭６０－１９６６１５号公報に開示されているように、撮像装置（測角機）を計測対象部材に沿うガイドレールに沿って走行させて三角測量方式によりその計測対象部材を計測するようにする方法もある。

しかしながら、前述のターゲットマーク等を貼付する方法では、

計測対象部材の全ての計測箇所にそのターゲットマーク等を貼付する必要があるために、この貼付作業に手間がかかり、またその貼付されたターゲットマーク等を作業者による目視で計測する必要があるために、この計測作業が苦渋作業であるとともに多大の時間が必要になるという問題点がある。

また、図１５に開示されている方法では、大型の固定設備を必要とするために、広範囲な土地を占有するとともに、大型でかつ高精度という相反する要求を満たすためにコストアップが避けられないという問題点がある。

また、前記公報に開示されている方法では、計測対象部材の裏面側にも同様のガイドレールを敷設して撮像装置を設ける必要があって、やはり固定設備が大型化するとともに、高価なシステムになるという問題点がある。

本発明は、前述のような問題点を解消することを目的として、大型固定設備および広大な土地を不要にして安価なシステムにするとともに、ターゲットマーク等の貼付作業を最小限にして作業者の負担を軽減することのできる構造物計測システムを提供することにある。

発明の開示

前述の目的を達成するために、本発明による構造物計測システムは、

（ａ）計測対象部材としての構造物を計測する計測子を保持するアームを有して任意の方向に走行可能な計測ロボット、

（ｂ）前記アームの位置と前記構造物の設置位置とを計測する測距部および

（ｃ）前記構造物の形状に係る設計データを予め記憶するととも

に、この設計データと前記測距部により計測される位置データとに基づいて前記計測子による前記構造物内の計測点を演算する計測点演算部

を備えることを特徴とするものである。

本発明における計測対象部材としての構造物の計測に際しては、まず測距部にて、構造物の基準点の計測によりその構造物の設置位置が計測されるとともに、計測ロボット上のアーム（言い換えれば計測子）の基本位置およびその基本位置からの移動後の位置が計測され、これら計測結果より計測点演算部にて計測子の座標系と測距部の座標系との変換パラメータが演算される。次いで、こうして得られるアームおよび構造物の位置データと予め記憶されるその構造物の形状に係る設計データとに基づき、測距部の座標系におけるその構造物内の計測点の位置と方向とが演算される。こうして、アームの移動範囲内における所定の計測ブロックの演算が完了すると、計測を実行し、この計測が完了すると計測ロボットが走行されて他の計測ブロックにおける計測点の演算，計測が同様にして順次連続的に実行される。

本発明の構造物計測システムによれば、計測子を保持するアームが計測ロボットに支持されて任意の位置に走行できるようにされているので、大型固定設備および広大な土地が不要となり、システムを安価に構成することができる。また、全計測箇所にターゲットマーク等を貼付する必要もなく、このターゲットマーク等を貼付するための作業者の負担を回避することができる。さらに、予め記憶される構造物の形状に係る設計データを利用して計測点演算部により計測点の位置と方向とを自動演算して決定することができるので、構造物の干渉部分を避けながらそれら計測点を自動計測して省人化を図ることができる。

本発明において、前記計測子は、計測対象部材の三次元画像を撮像して画像処理によりその計測対象部材における計測点の位置と方向とを計測する非接触方式の三次元視覚センサーであるのが好ましい。このような三次元視覚センサーを用いれば、奥行き方向も含めた計測点の三次元座標を計測することができ、計測子を計測対象部材に対して正確に直交する方向に向けなくても高精度の計測を実現することができる。また、この計測子は非接触型であるので、摩耗の心配もなく長寿命であるという利点がある。

前記計測ロボットは、方位計と加速度計とを備えるとともに、これら方位計および加速度計からそれぞれ得られる方位データおよび速度データに基づいてその計測ロボット自身の位置を演算するロボット位置演算部を備えるのが好ましい。このようにすれば、計測ロボットに自動ナビゲーション機能を付与してより一層の省人化を図ることができる。

また、前記測距部は、前記構造物の所定部に取付けられる少なくとも3個のターゲットマークを計測することによりその構造物の設置位置を計測するものであり得る。同様に、この測距部は、前記アームの所定部に取付けられるターゲットマークを計測することによりそのアームの位置を計測するものであり得る。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施例に係る構造物計測システムの概略構成図、

図2は、走行台車の自動ナビゲーション機能説明図、

図3は、走行台車の自動ナビゲーションにおける演算過程を示すブロック図、

図4は、本実施例の構造物計測システムにおける計測処理の手順

を示すフローチャート、

図５は、構造物計測システムの処理手順説明図（１）、

図６は、構造物計測システムの処理手順説明図（２）、

図７は、構造物計測システムの処理手順説明図（３）、

図８は、構造物計測システムの処理手順説明図（４）、

図９は、構造物計測システムの処理手順説明図（５）、

図１０は、走行台車のナビゲーション処理の手順を示すフローチャート、

図１１は、構造物計測システムの処理手順説明図（６）、

図１２は、計測点の自動計測処理の手順を示すフローチャート、

図１３は、構造物計測システムの処理手順説明図（７）、

図１４は、構造物計測システムの処理手順説明図（８）、

図１５は、従来の構造物計測システムの一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

次に、本発明による構造物計測システムの具体的実施例について、図面を参照しつつ説明する。

本発明の一実施例に係る構造物計測システムの概略構成図が図１に示されている。本実施例は、橋梁桁用のＨ型鋼で構成される計測対象部材（以下、単に「部材」という。）１に穿設される多数のボルト孔２と凸型隅角点（エッジ）３および凹型隅角点（エッジ）４との位置を計測するシステムに適用されるものである。この構造物計測システムにおいては、計測ロボット５と、測距計６と、データ管理用端末７とが備えられ、計測ロボット５には部材計測用端末８が、測距計６には測距計用端末９がそれぞれ付設されている。これらデータ管理用端末７，部材計測用端末８および測距計用端末９は無線ＬＡＮを構成して各端末７，８，９間でデータの授受が行われ

るようになっている。

前記計測ロボット５は、自走式の走行台車１０と、この走行台車１０上に搭載される６自由度を持つ多関節型のアーム１１と、このアーム１１の先端部に取り付けられる計測子としての三次元視覚センサー１２とを備えるとともに、自動ナビゲーション機能の付与のために、前記走行台車１０に後述の方位計（ジャイロ）２０，サーボ加速度計２１，ロータリエンコーダ付車輪２２等を備えている。また、この走行台車１０には、計測時にその走行台車１０を地面に対して固定するためのスタビライザー１３が設けられている。ここで、前記三次元視覚センサー１２は、部材１にレーザスリット光もしくはコード化パターン光を投光して画像処理によりボルト孔２の中心位置および凸型隅角点３，凹型隅角点４の位置等を計測する非接触型のセンサーである。なお、前記アーム１１内には三次元視覚センサー１２の振動を検知する振動センサー（図示せず）が設けられている。

一方、前記測距計６は、光波測距計であって、前記計測ロボット５のアーム１１に貼付される本実施例では２個のターゲットマーク１４ａ，１４ｂおよび部材１に貼付される少なくとも３個（本実施例では４個）のターゲットマーク１５（図７参照）を撮像して画像処理によってそれらターゲットマーク１４ａ，１４ｂ，１５までの距離を計測するものである。この測距計６は走行台車１６によって走行可能とされ、前記計測ロボット５と同様のスタビライザー１７によって計測時に地面に固定できるようにされている。

前記データ管理用端末７には、予め部材１の設計データ（ＣＡＤ／ＣＡＭ図面情報；以下、ＣＡＤデータという。）が記憶されている。このＣＡＤデータは部材計測用端末８に送信され、この部材計測用端末８において測距計座標系のデータに変換されるようになっ

ている。

次に、走行台車１０の自動ナビゲーション機能について図２，図３を参照しつつ説明する。

図２に示されているように、前記走行台車１０には、方位計（ジャイロ）２０，サーボ加速度計２１，２個のロータリエンコーダ付車輪２２，マーク読取り用光電センサー（図示せず）およびデータ処理部２３が設けられている。また、この走行台車１０の走行経路に沿うようにロープ等のガイドライン２４が設けられ、このガイドライン２４上には一定間隔（本実施例では５０ｃｍ）毎にマーク２５が設けられている。これらマーク２５は前記走行台車１０上のマーク読取り用光電センサーによって読み取られる。

前記方位計２０，サーボ加速度計２１，ロータリエンコーダおよびマーク読取り用光電センサーからの出力信号はデータ処理部２３に入力される。このデータ処理部２３では、これら入力信号に基づいて走行台車１０の方位角および走行距離（方位×距離）の演算を一定微小時間で繰り返し行い、予め決められている原点からの走行台車１０の経路を算出する。

このデータ処理部２３における演算過程が図３に示されている。この図３において、サーボ加速度計２１から得られる前後方向の加速度データと、方位計２０から得られる角度データとから水平面前後方向の加速度が演算され、この加速度から速度が演算され、こうして得られる速度データと方位計から得られる角度データとから距離（方位×距離）が演算される。この際、速度データはエンコーダの出力信号から演算される速度データによって修正され、また距離データはマーク読取り用光電センサーの出力信号から演算されるガイドライン２４上の距離データによって修正される。

次に、本実施例の構造物計測システムにおける処理手順を図４に

示されるフローチャートに基づき順次に説明する。

Ｓ１～Ｓ２：図５に示されているように、準備処理として、三次元視覚センサー１２，計測ロボット５，測距計６，方位計２０，振動センサーおよび無線ＬＡＮアダプターの電源を入れ、次いで各端末７，８，９および周辺装置の電源を入れる。この後、走行台車１０および測距計６を部材１の表側を計測できる大体の位置に配置する。

Ｓ３～Ｓ４：図６に示されているように、部材計測用端末８および測距計用端末９における部材計測プログラムを起動するとともに、これら各端末８，９間においてプロセス間通信の設定を行う。次いで、部材計測用端末８に計測対象部材のＩＤを入力しそのＩＤをデータ管理用端末７に送信する。このデータ管理用端末７では、部材ＩＤに基づき計測コントロールデータを作成してその計測コントロールデータおよび予め記憶されている部材１のＣＡＤデータを部材計測用端末８へ返信する。ここで、この計測コントロールデータは、部材ＩＤに対して計測点の位置（ｘ，ｙ，ｚ座標），方向，種類（孔かエッジか）等の情報を与えるものである。

Ｓ５～Ｓ６：図７に示されているように、計測コントロールデータの中から基準点を数点（本実施例では４点）選択し、部材１上のそれら基準点の位置にターゲットマーク１５を取り付ける。次いで、測距座標系上の部材１の位置を決定するために、測距計６でそれら各ターゲットマーク１５を計測してその計測結果を測距計用端末９から部材計測用端末８に送信する。この部材計測用端末８では、基準点計測終了指令に基づいてＣＡＤデータの座標系と測距計座標系との変換パラメータを計算する。なお、測距計６による計測時に走行台車１６はスタビライザー１７によって固定され、振動による計測誤差の発生を防止するようにされている。

Ｓ７：図８に示されているように、計測ロボット５の位置決めのために、計測ロボット５が基本姿勢のときのターゲットマーク１４ａの位置を測距計６で計測し、このターゲットマーク１４ａの位置のロボット座標系での座標値を求める。そして、このターゲットマーク１４ａの位置のロボット座標値および測距計座標値を部材計測用端末８に記憶させる。次に、測距計用端末９から計測ロボット５のアーム１１の移動指令を発し、このアーム１１の移動後のターゲットマーク１４ａの位置を測距計６で計測し、このターゲットマーク１４ａのロボット座標値を求めてそのターゲットマーク１４ａのロボット座標値および測距計座標値を部材計測用端末８に記憶させる。このような処理をｎ回繰り返し、得られるｎ個の座標値（ロボット座標値および測距計座標値）からロボット座標系と測距計座標系との変換パラメータを計算する。この後、方位計２０をリセットする。

Ｓ８：図９に示されているように、走行台車のナビゲーションを行う。このナビゲーションは図１０に示されるフローチャートにしたがって次の処理手順で実行される。

Ｓ８０１～Ｓ８０３：部材計測用端末８において、部材１の計測ブロックP_1内のすべての計測点を計測するのに最適な測距計座標系におけるターゲットマーク１４ａの位置（目標位置；（T_1，T_2，T_3））および方向（目標方向；（t_1，t_2，t_3））を計算する。次いで、現在のターゲットマーク１４ａの位置（O_1，O_2，O_3）に係るデータを取得した後、走行台車１０の移動を開始する。

Ｓ８０４：方位計２０より走行台車１０のピッチ角，ロール角およびヨー角に係るデータを取得するとともに、サーボ加速度計２１より加速度データを取得し、タイマーをリセットする。

Ｓ８０５～Ｓ８０８：走行台車１０が移動中、言い換えれば走行台車の車輪が回転中でないときにはステップＳ８０４の処理を再実行する。一方、走行台車１０が移動中であるときには、加速度の積分によって走行台車１０の単位時間当たりの移動距離Ｌを算出するとともに、方位計２０のピッチ角，ロール角およびヨー角の方向を向く単位ベクトル（E_1，E_2，E_3）を生成し、これら方位と距離との積（E_1，E_2，E_3）×Ｌを算出する。この後、現在位置（O_1，O_2，O_3）を（$O_1+E_1\times L$，$O_2+E_2\times L$，$O_3+E_3\times L$）に書き換える。

Ｓ８０９～Ｓ８１１：走行台車１０が目標位置に到達していないときには、タイマーの経過時間が所定値（本実施例では６０ｍｓｅｃ）に達するまで待機した後ステップＳ８０４以下の処理を再実行し、目標位置に到達しているときには、到達位置（O_1，O_2，O_3）を測距計６に送信してその測距計６を到達位置方向に向ける。目標位置に到達しているか否かは、αおよびβを微小値として次の６つの条件が成立しているか否かで判断される。

$$T_1-\alpha\leqq O_1\leqq T_1+\alpha\ ,\quad t_1-\beta\leqq E_1\leqq t_1+\beta$$

$$T_2-\alpha\leqq O_2\leqq T_2+\alpha\ ,\quad t_2-\beta\leqq E_2\leqq t_2+\beta$$

$$T_3-\alpha\leqq O_3\leqq T_3+\alpha\ ,\quad t_3-\beta\leqq E_3\leqq t_3+\beta$$

なお、このナビゲーション走行において、走行台車１０の位置，行き先等は部材計測用端末８の画面上に表示される。

Ｓ８１２～Ｓ８１３：到達位置において、計測ロボット５上のターゲットマーク１４ａを測距計６で計測してそのターゲットマーク１４ａの位置（O_1'，O_2'，O_3'）を得る。そして、ナビゲーションの結果得られる暫定到達位置（O_1，O_2，O_3）を測距計６による正確な位置（O_1'，O_2'，O_3'）に書き換える。

Ｓ９：図１１に示されているように、計測点の自動計測を行う。この計測点の自動計測は図１２に示されるフローチャートにしたがって次の処理手順で実行される。

Ｓ９０１～Ｓ９０４：計測ロボット５をスタビライザー１３によって固定した後、計測開始ボタンを押して計測を開始し、測距計６によりアーム１１上のターゲットマーク１４ａの位置に係るデータＦを取得する。次いで、計測コントロールデータより次の計測位置に係るデータＧを取得し、これらデータＦ，Ｇより計測ロボット５の相対移動量Ｈを式Ｈ＝Ｇ－Ｆ－αにて計算する。αは計測子が計測対象の手前にくるように決める。この後、この相対移動量Ｈをロボット座標系に変換して移動量Ｈ’を得、この移動量Ｈ’だけ計測ロボット５のアーム１１を移動させる。

Ｓ９０５～Ｓ９０７：振動センサーにより三次元視覚センサー１２の振動状態をチェックし、振動が検知されるときにはその振動が収まるまで待機する。振動が検知されないときには、三次元視覚センサー１２にて計測点の距離画像を取得する。次いで、この距離画像を画像処理しその計測点の位置およびその計測点のターゲットマーク１５からの位置ｅを取得する。なお、この計測点の位置は、ボルト孔２の場合にはそのボルト孔２の中心位置を示すデータとなる。

Ｓ９０８：測距計６を次の計測位置Ｇに向くように回転し、ターゲットマーク１４ａの位置Ｉを測距計６にて計測してＧの位置を位置Ｉで置き換える。

Ｓ９０９～Ｓ９１１：方位計２０より走行台車１０のピッチ角，ロール角およびヨー角に係るデータを取得する。次いで、この方位計２０で得られたロボット座標の回転角分を補正して基準点のターゲットマーク１４ａからの位置ｅの補正値ｅ’を得る。この後、この補正値ｅ’をロボット座標系から測距計座標系に変換して値ｅ”

を得、この値ｅ”に基づいて計測点の測距計座標系での位置Ｉ＋ｅ”を取得する。

Ｓ９１２～Ｓ９１３：計測終了でない場合には、現在位置ＦにＩを設定してステップＳ９０２以下の処理を繰り返して行い、計測終了の場合にはフローを終了する。

Ｓ１０～Ｓ１４：このようにして計測点の自動計測を行った後残りの計測点があるときには、この計測点が同一ブロック内にある場合に同様にしてステップＳ９の自動計測を実行する。一方、同一ブロック内にない場合には、測距計６の移動が必要か否かを判断し、移動が必要であるときにはその測距計６を移動させてステップＳ８へ戻る。この測距計６の移動に際して例えば部材１の裏側へ移動させるときには、図１３に示されているように、測距計座標つなぎ用ターゲット２６を設置し、この座標つなぎ用ターゲット２６を測距計６の移動前に計測する。次いで、測距計６を部材１の裏側を計測できる位置へ移動し、この移動位置にて再度座標つなぎ用ターゲット２６を計測する。この後、走行台車１０の移動が必要な場合には、走行台車１０を部材１の裏側に移動し、測距計用端末９にて座標つなぎの変換パラメータを計算してその計算結果を部材計測用端末８に転送する。なお、走行台車１０の移動が必要でないときには、再度ステップＳ９へ戻って自動計測処理を実行する。

Ｓ１５～Ｓ１６：全計測点の計測が完了したときには、図１４に示されているように、後処理として、部材計測用端末８にて全計測点の座標変換処理を行ってその計測結果データをデータ管理用端末７に送信し、このデータ管理用端末７において部材計測インターフェイスファイルを作成する。また、終了処理として、部材計測用端末８および測距計用端末９間におけるプロセス間通信の設定を解除して電源をオフにする。

本実施例によれば、計測ロボット５が任意の位置，方向に走行できるようにされているので、大型固定設備および広大な土地が不要となり、安価なシステムを得ることができる。また、画像処理によって計測点を自動サーチすることができるので、全計測箇所にターゲットマーク等を貼付する必要もなく、また計測点に対する測角機の視準といった苦渋を伴う作業も回避することができる。さらに、予め記憶されるＣＡＤデータを利用して計測点の位置と方向とを自動演算して決定することができるので、省人化を図ることができる。また、本実施例では、計測点を計測するのに非接触型の三次元視覚センサー１２を用いているので、計測子の摩耗といった不具合の発生がなく、長寿命であるという利点がある。また、計測子前方の立体形状を常に監視して干渉を避けながら計測することができるので、信頼性の向上を図ることができる。

本実施例においては、データ処理用の端末機として、データ管理用端末７，部材計測用端末８および測距計用端末９の３種類の端末機を設けるものについて説明したが、部材計測用端末８および測距計用端末９は一体のものとすることができる。また、これら端末機７，８，９を１つのコントロール用コンピュータとして一体化して、このコントロール用コンピュータによりシステム全体を制御するようにしても良い。

本実施例においては、計測ロボット５を多関節型のものとしたが、この計測ロボットは直交座標型のものとしても良い。

本実施例においては、部材１の基準点としてその部材１の表面にターゲットマーク１５を取り付けるものとしたが、部材１内の基準となるボルト孔（基準孔）を予め定めておいて、これら基準孔を計測することにより基準点計測を行うようにすることもできる。

本実施例においては、走行台車１０に自動ナビゲーション機能を

付与させ、この走行台車１０を自走させるとともに現在位置を自己認識できるようにしたものについて説明したが、この走行台車１０は作業者が運転するようにすることもできる。

請求の範囲

1．（ａ）計測対象部材としての構造物を計測する計測子を保持するアームを有して任意の方向に走行可能な計測ロボット、

（ｂ）前記アームの位置と前記構造物の設置位置とを計測する測距部および

（ｃ）前記構造物の形状に係る設計データを予め記憶するとともに、この設計データと前記測距部により計測される位置データとに基づいて前記計測子による前記構造物内の計測点を演算する計測点演算部

を備えることを特徴とする構造物計測システム。

2．前記計測子は、計測対象部材の三次元画像を撮像して画像処理によりその計測対象部材における計測点の位置と方向とを計測する非接触方式の三次元視覚センサーであることを特徴とする請求項１に記載の構造物計測システム。

3．前記計測ロボットが、方位計と加速度計とを備えるとともに、これら方位計および加速度計からそれぞれ得られる方位データおよび速度データに基づいてその計測ロボット自身の位置を演算するロボット位置演算部を備えることを特徴とする請求項１に記載の構造物計測システム。

4．前記測距部は、前記構造物の所定部に取付けられる少なくとも３個のターゲットマークを計測することによりその構造物の設置位置を計測することを特徴とする請求項１乃至３のうちのいずれかに記載の構造物計測システム。

5．前記測距部は、前記アームの所定部に取付けられるターゲットマークを計測することによりそのアームの位置を計測することを特徴とする請求項１乃至３のうちのいずれかに記載の構造物計測システム。

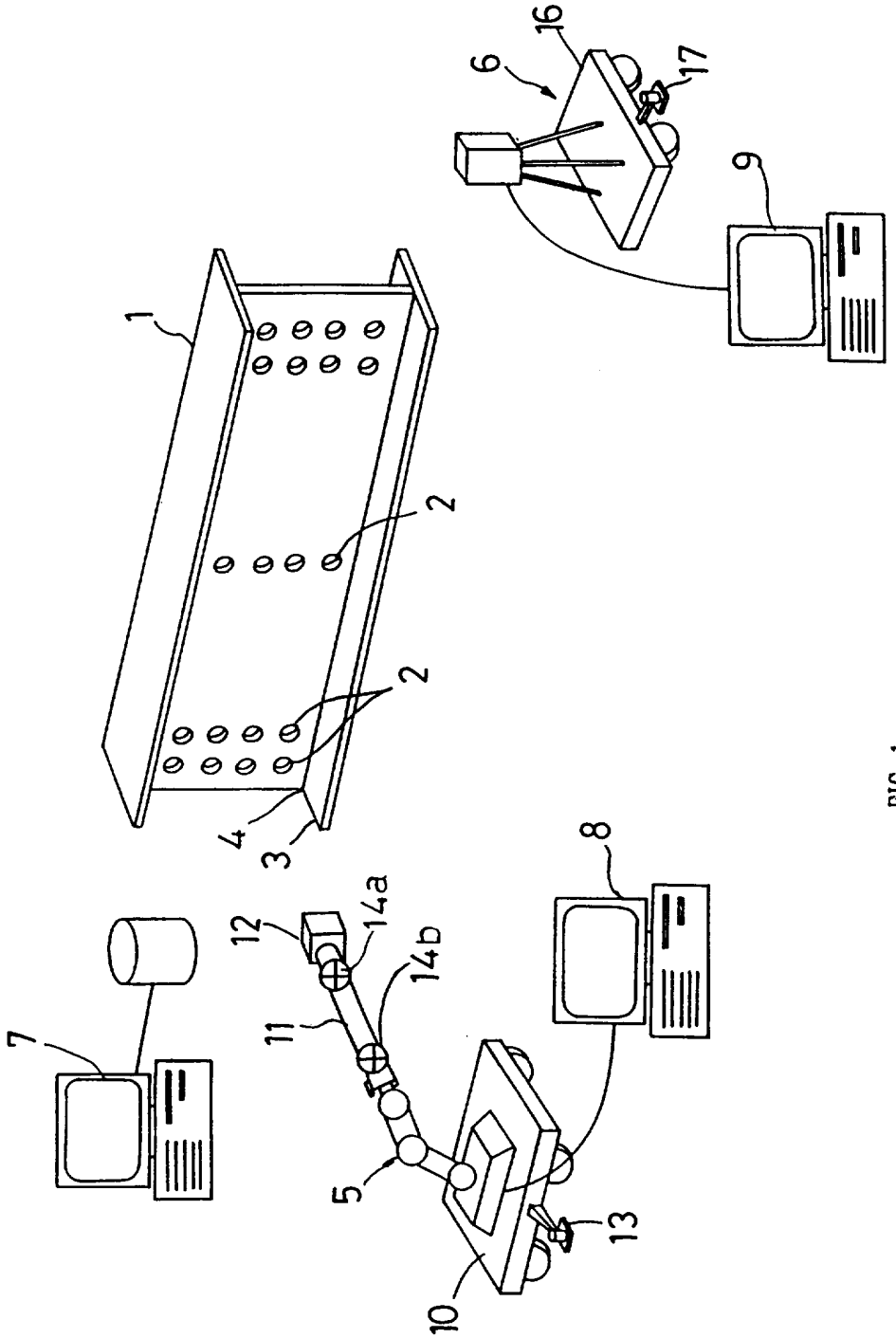


FIG. 1

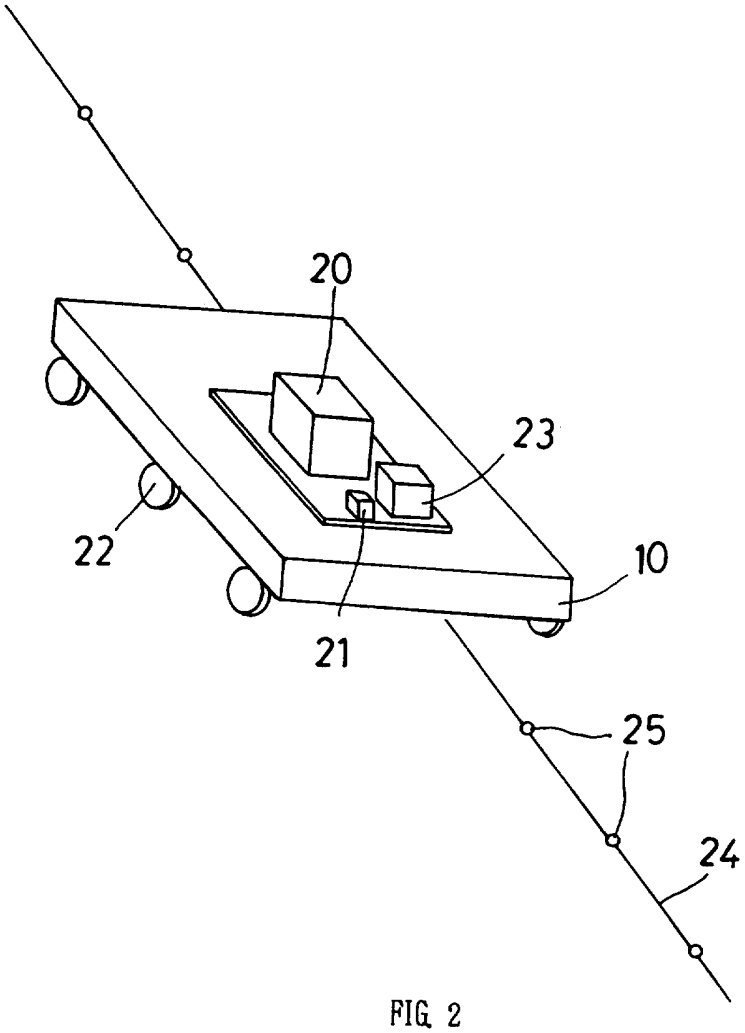


FIG. 2

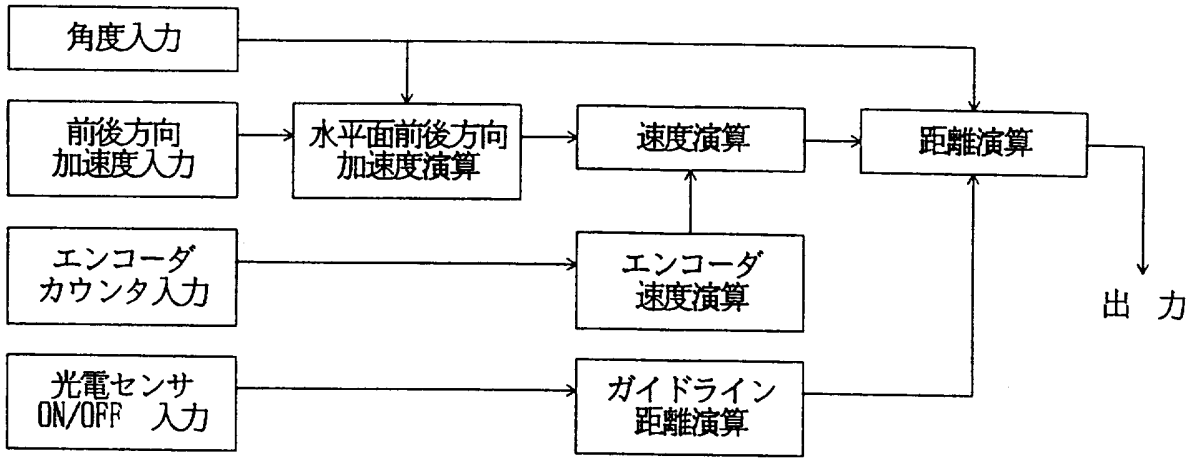

角度入力
前後方向
加速度入力
水平面前後方向
加速度演算
速度演算
距離演算
エンコーダ
カウンタ入力
エンコーダ
速度演算
出 力
光電センサ
ON/OFF 入力
ガイドライン
距離演算

FIG. 3

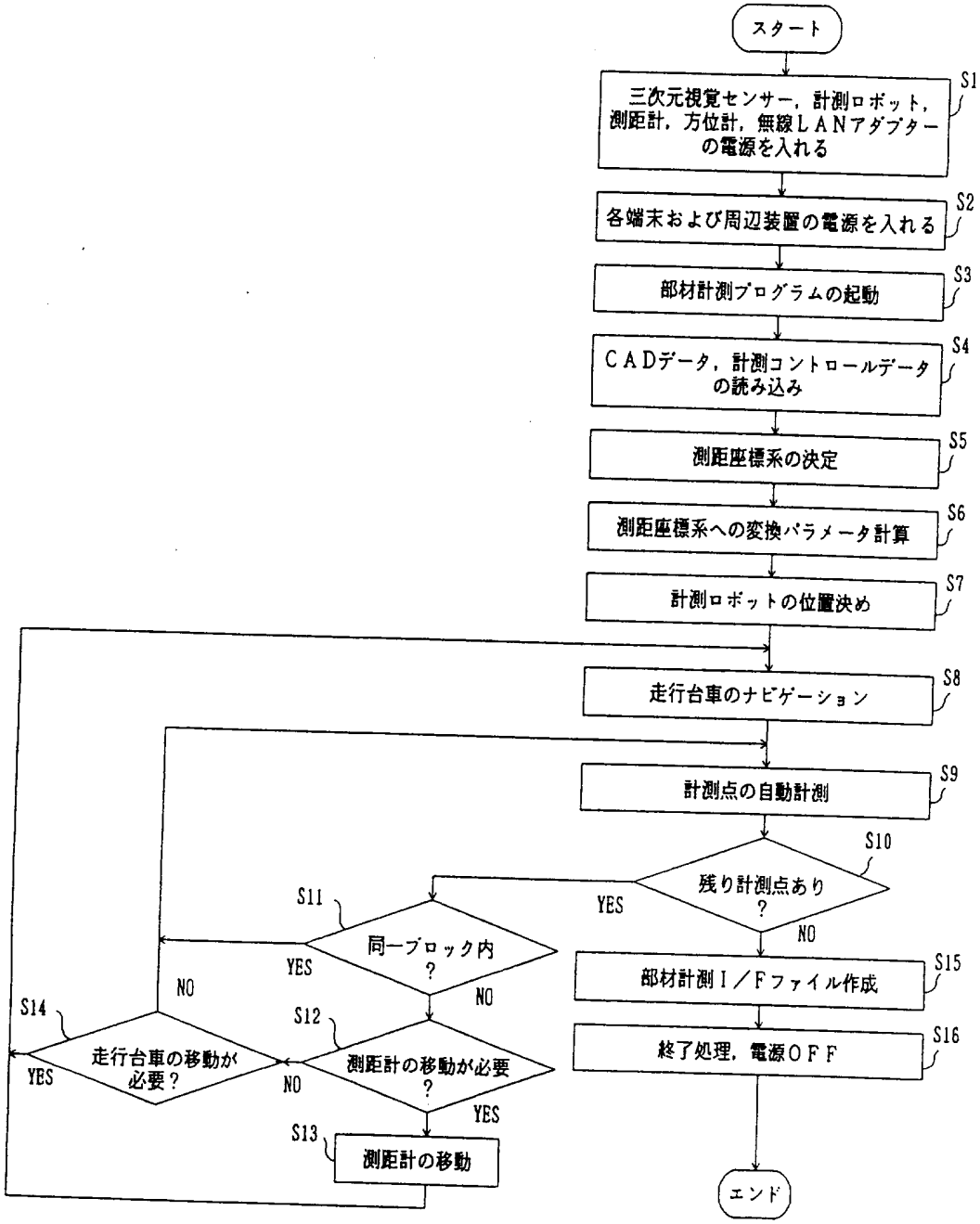

スタート
三次元視覚センサー，計測ロボット，測距計，方位計，無線ＬＡＮアダプターの電源を入れる
S1
各端末および周辺装置の電源を入れる
S2
部材計測プログラムの起動
S3
ＣＡＤデータ，計測コントロールデータの読み込み
S4
測距座標系の決定
S5
測距座標系への変換パラメータ計算
S6
計測ロボットの位置決め
S7
走行台車のナビゲーション
S8
計測点の自動計測
S9
残り計測点あり？
S10
YES
NO
同一ブロック内？
S11
YES
NO
測距計の移動が必要？
S12
YES
NO
走行台車の移動が必要？
S14
YES
NO
測距計の移動
S13
部材計測Ｉ／Ｆファイル作成
S15
終了処理，電源ＯＦＦ
S16
エンド

FIG. 4

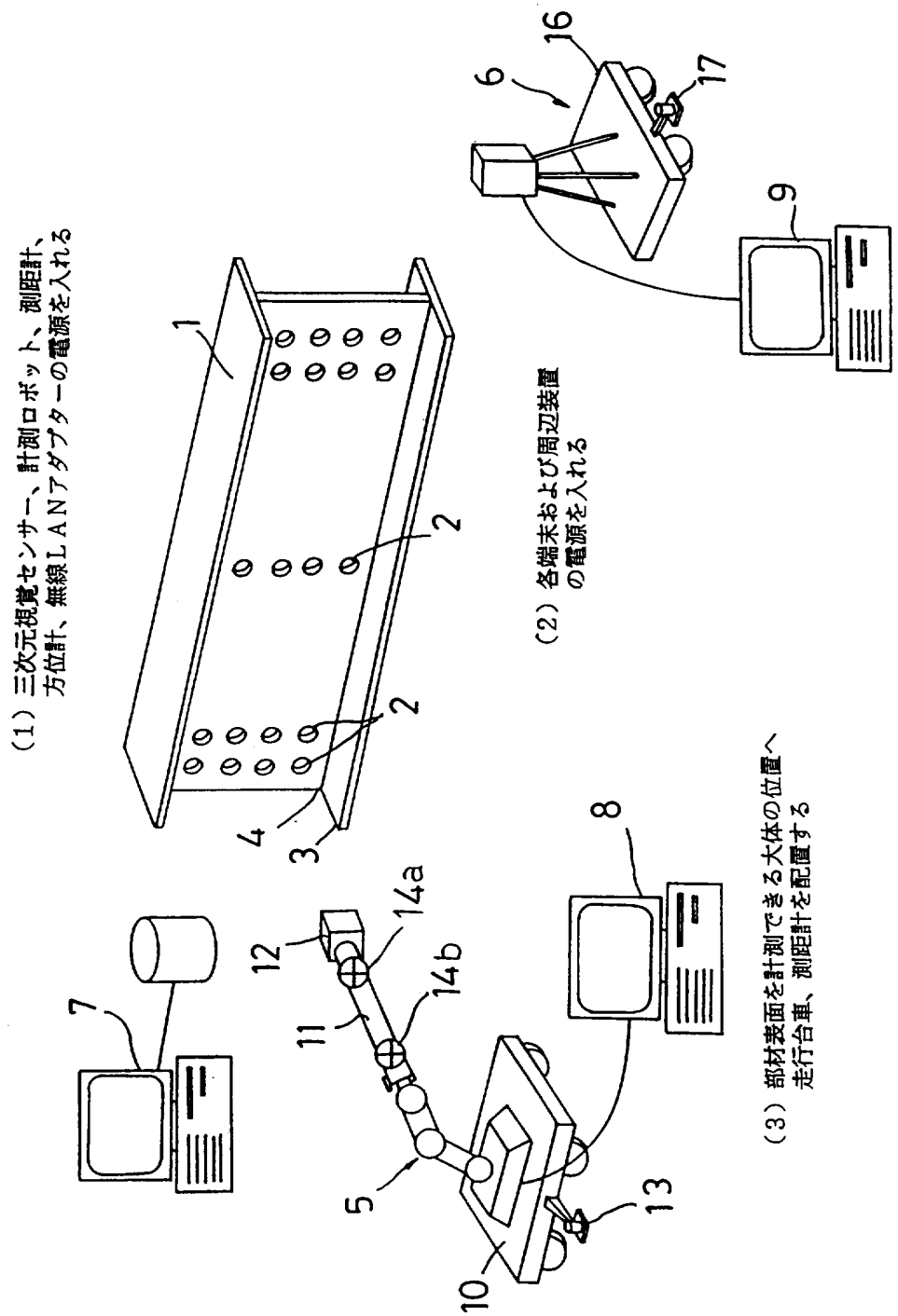

（1）三次元視覚センサー、計測ロボット、測距計、
方位計、無線ＬＡＮアダプターの電源を入れる
（2）各端末および周辺装置
の電源を入れる
（3）部材表面を計測できる大体の位置へ
走行台車、測距計を配置する
1
2
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14a
14b
16
17

FIG. 5

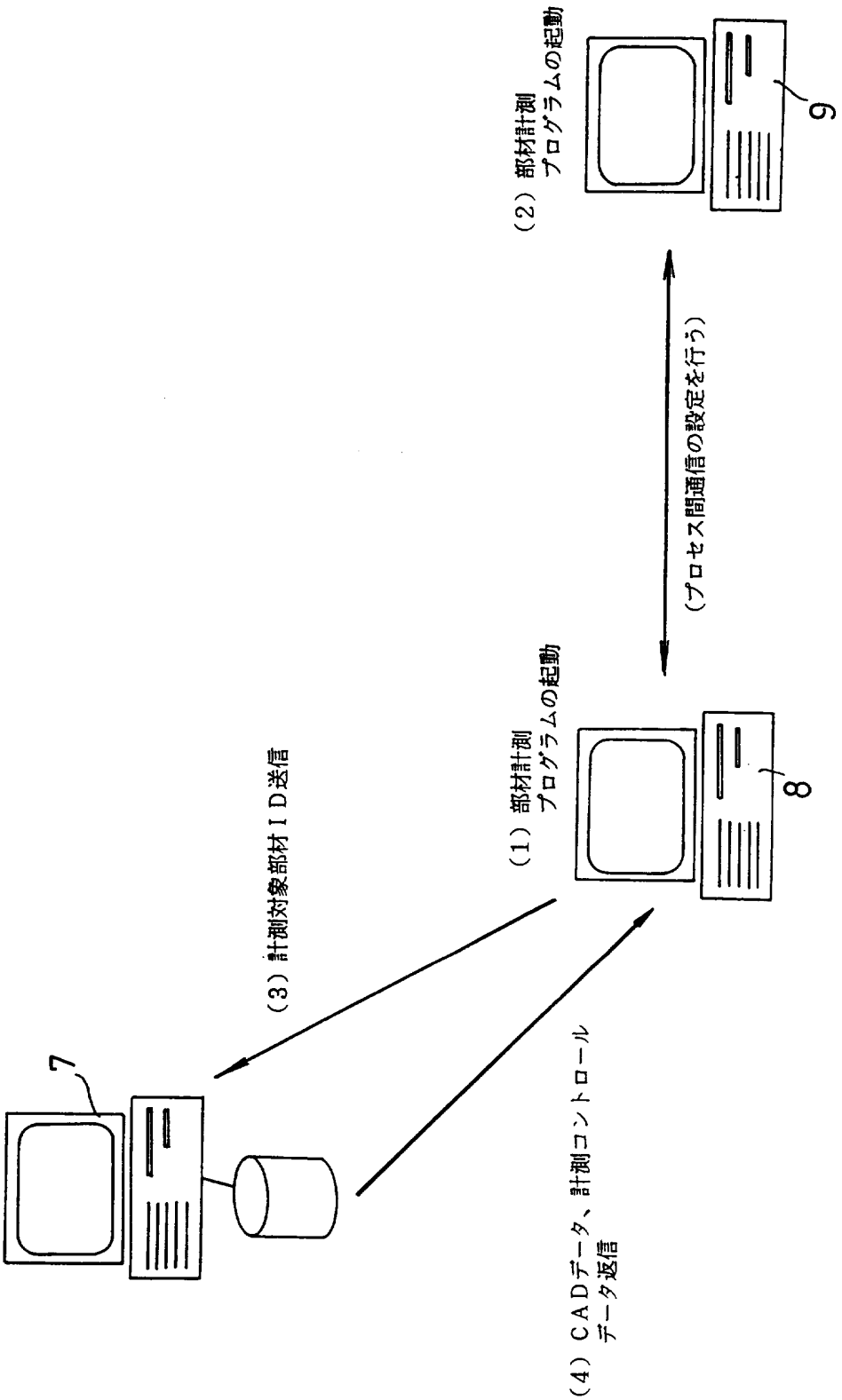

（2）部材計測
プログラムの起動
9
（プロセス間通信の設定を行う）
（1）部材計測
プログラムの起動
8
（3）計測対象部材ＩＤ送信
7
（4）ＣＡＤデータ、計測コントロール
データ返信

FIG. 6

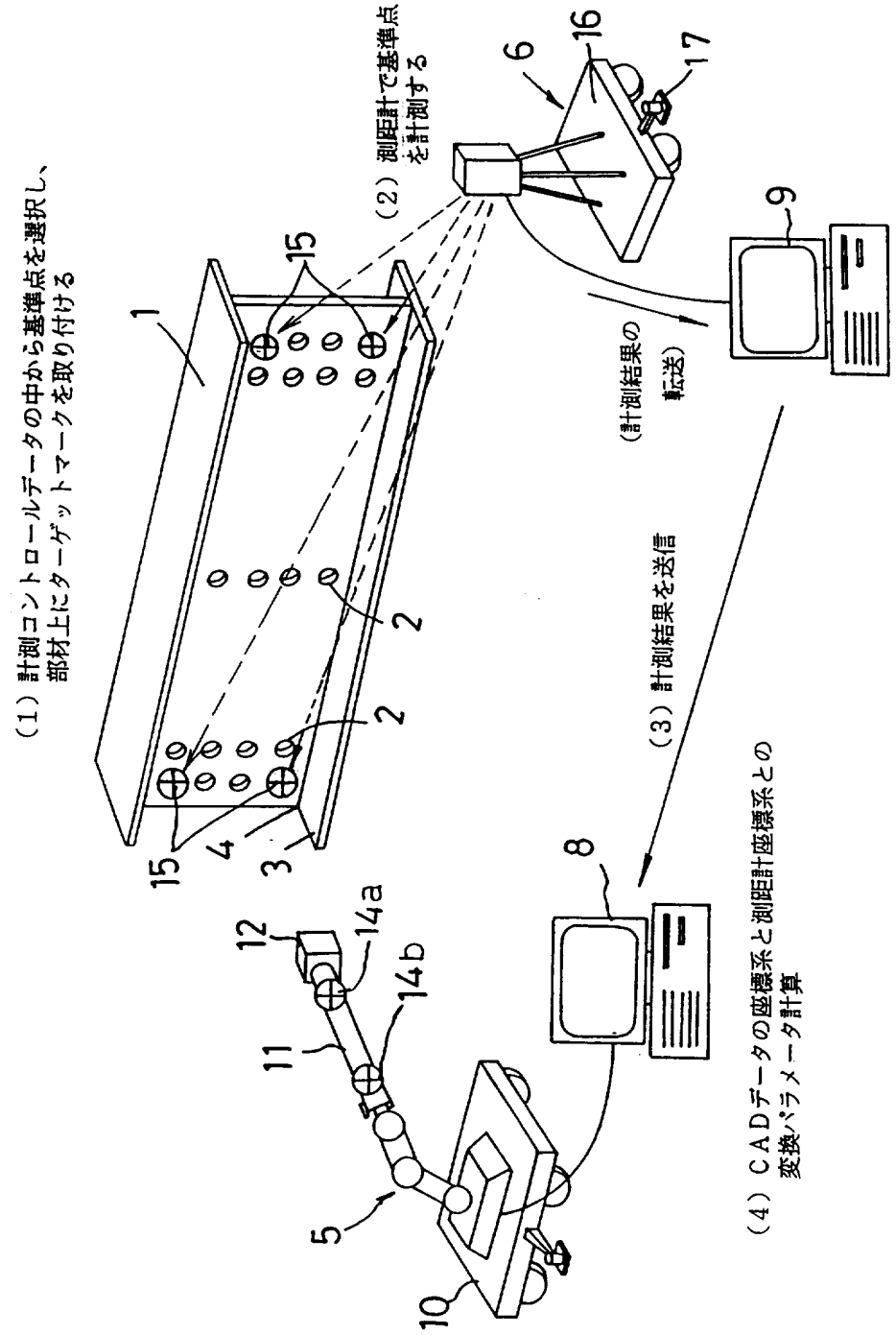

(1) 計測コントロールデータの中から基準点を選択し、
部材上にターゲットマークを取り付ける
(2) 測距計で基準点
を計測する
(計測結果の
転送)
(3) 計測結果を送信
(4) CADデータの座標系と測距計座標系との
変換パラメータ計算
1
2
2
3
4
5
6
8
9
10
11
12
14a
14b
15
15
16
17

FIG. 7

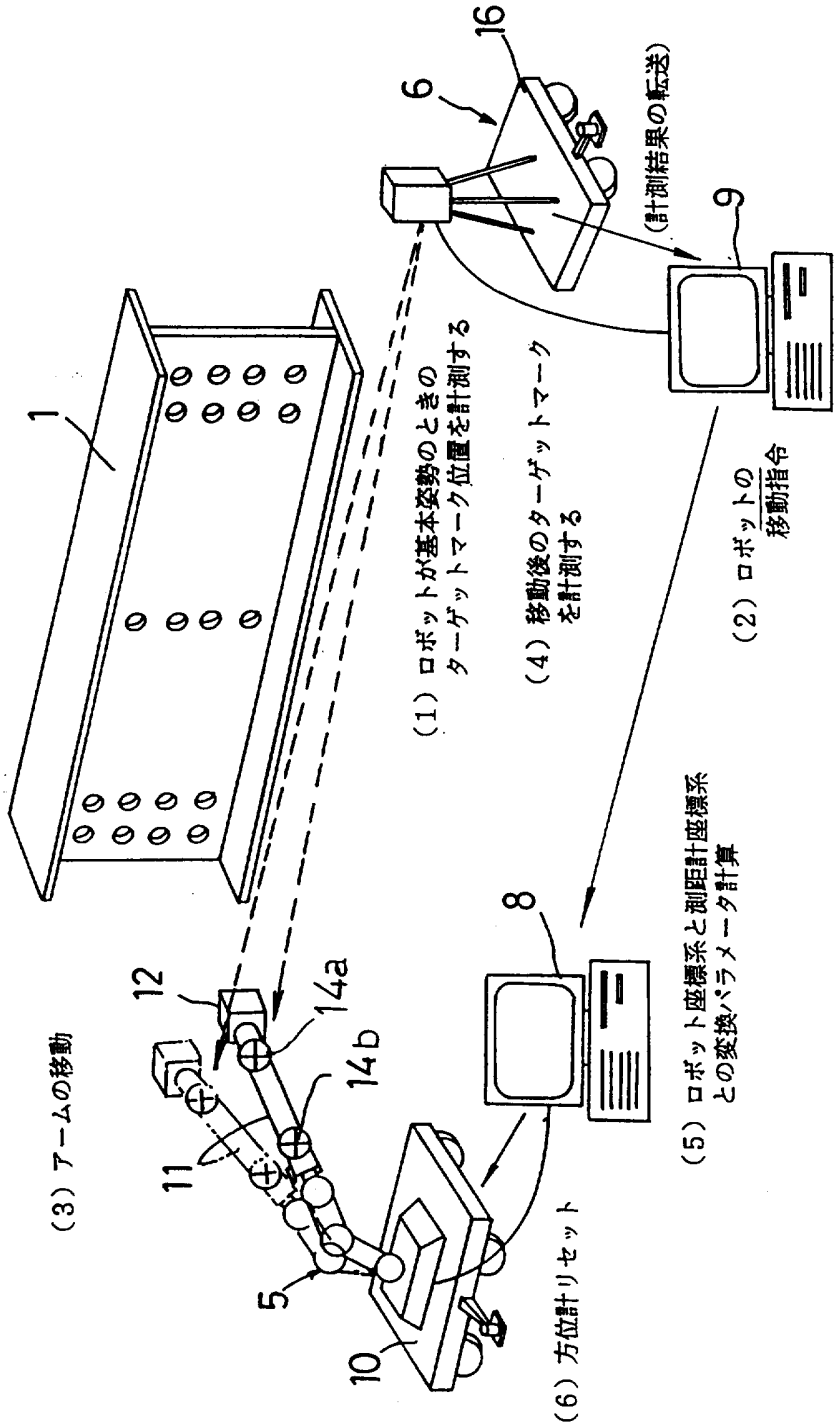

1
6
16
9
8
12
14a
14b
11
5
10
(1) ロボットが基本姿勢のときの
ターゲットマーク位置を計測する
(2) ロボットの
移動指令
(3) アームの移動
(4) 移動後のターゲットマーク
を計測する
(5) ロボット座標系と測距計座標系
との変換パラメータ計算
(6) 方位計リセット
(計測結果の転送)

FIG. 8

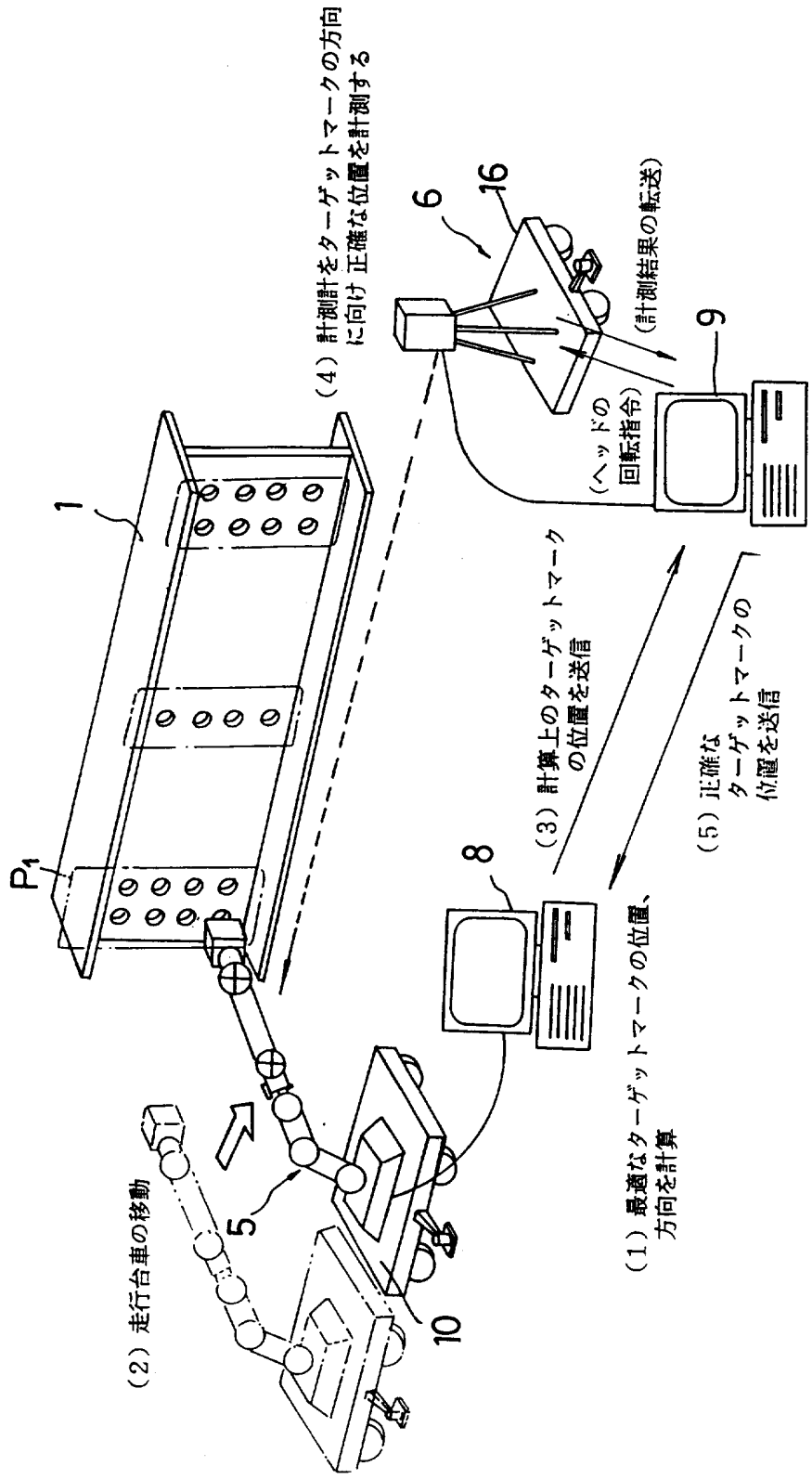

(4) 計測計をターゲットマークの方向に向け 正確な位置を計測する
6
16
(計測結果の転送)
9
(ヘッドの回転指令)
1
(3) 計算上のターゲットマークの位置を送信
(5) 正確なターゲットマークの位置を送信
P1
8
(1) 最適なターゲットマークの位置、方向を計算
(2) 走行台車の移動
5
10

FIG. 9

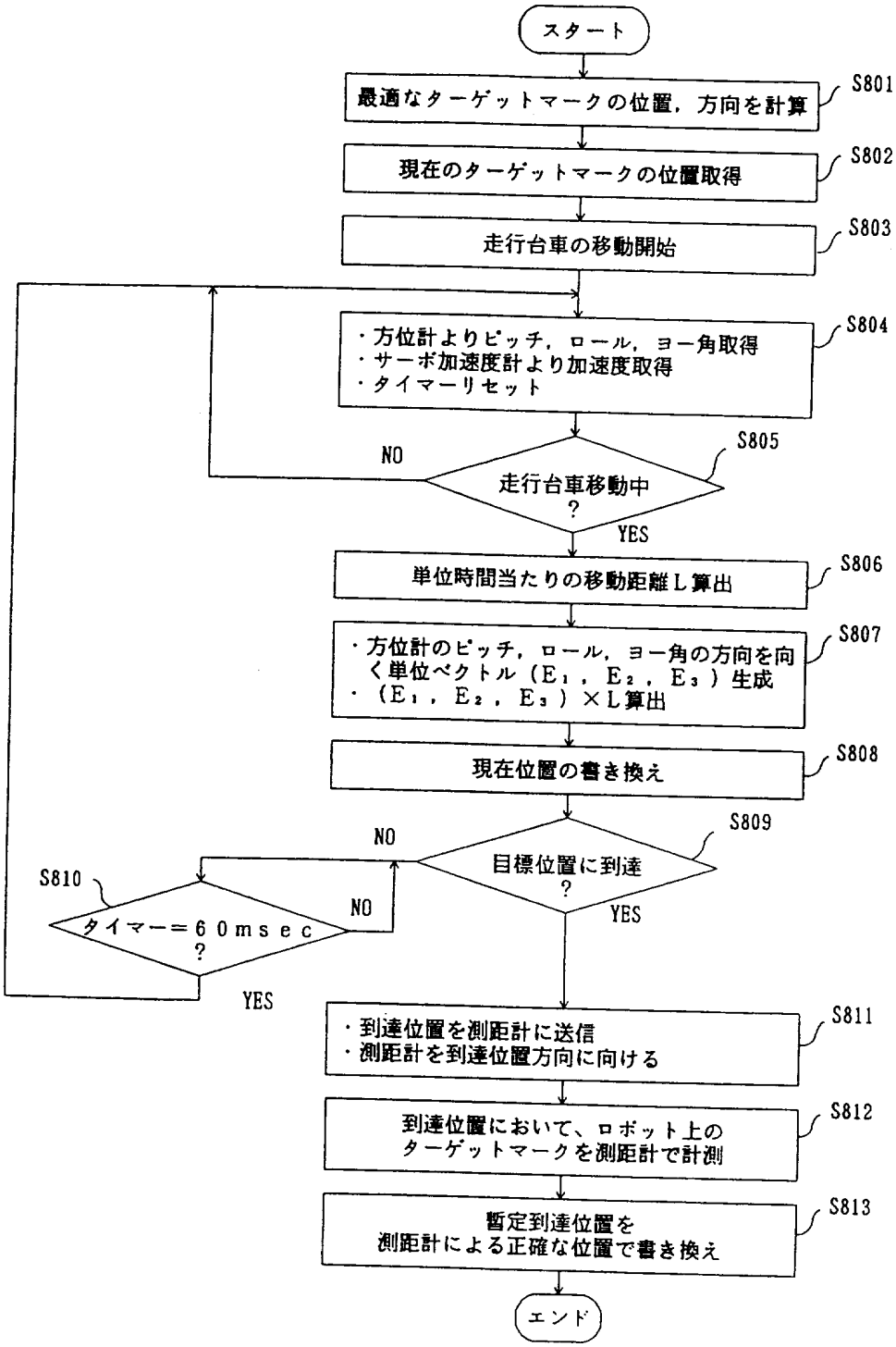

スタート
最適なターゲットマークの位置，方向を計算
S801
現在のターゲットマークの位置取得
S802
走行台車の移動開始
S803
・方位計よりピッチ，ロール，ヨー角取得
・サーボ加速度計より加速度取得
・タイマーリセット
S804
NO
走行台車移動中
？
S805
YES
単位時間当たりの移動距離L算出
S806
・方位計のピッチ，ロール，ヨー角の方向を向く単位ベクトル（E1，E2，E3）生成
・（E1，E2，E3）×L算出
S807
現在位置の書き換え
S808
NO
目標位置に到達
？
S809
YES
S810
タイマー＝60msec
？
NO
YES
・到達位置を測距計に送信
・測距計を到達位置方向に向ける
S811
到達位置において、ロボット上のターゲットマークを測距計で計測
S812
暫定到達位置を
測距計による正確な位置で書き換え
S813
エンド

FIG. 10

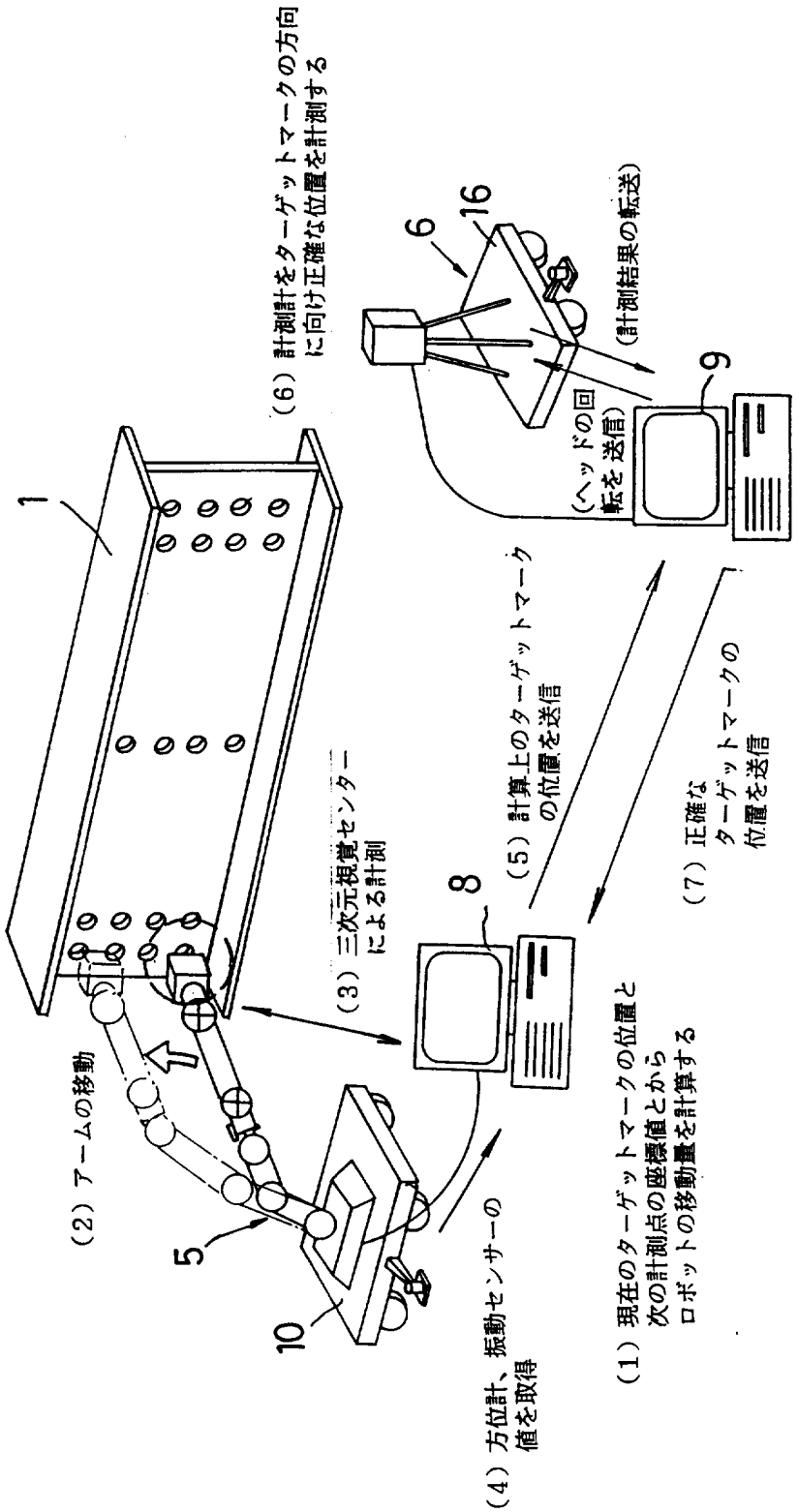

(6) 計測計をターゲットマークの方向に向け正確な位置を計測する
16
6
(計測結果の転送)
9
(ヘッドの回転を送信)
1
(5) 計算上のターゲットマークの位置を送信
(3) 三次元視覚センターによる計測
8
(7) 正確なターゲットマークの位置を送信
(2) アームの移動
5
10
(4) 方位計、振動センサーの値を取得
(1) 現在のターゲットマークの位置と次の計測点の座標値とからロボットの移動量を計算する

FIG. 11

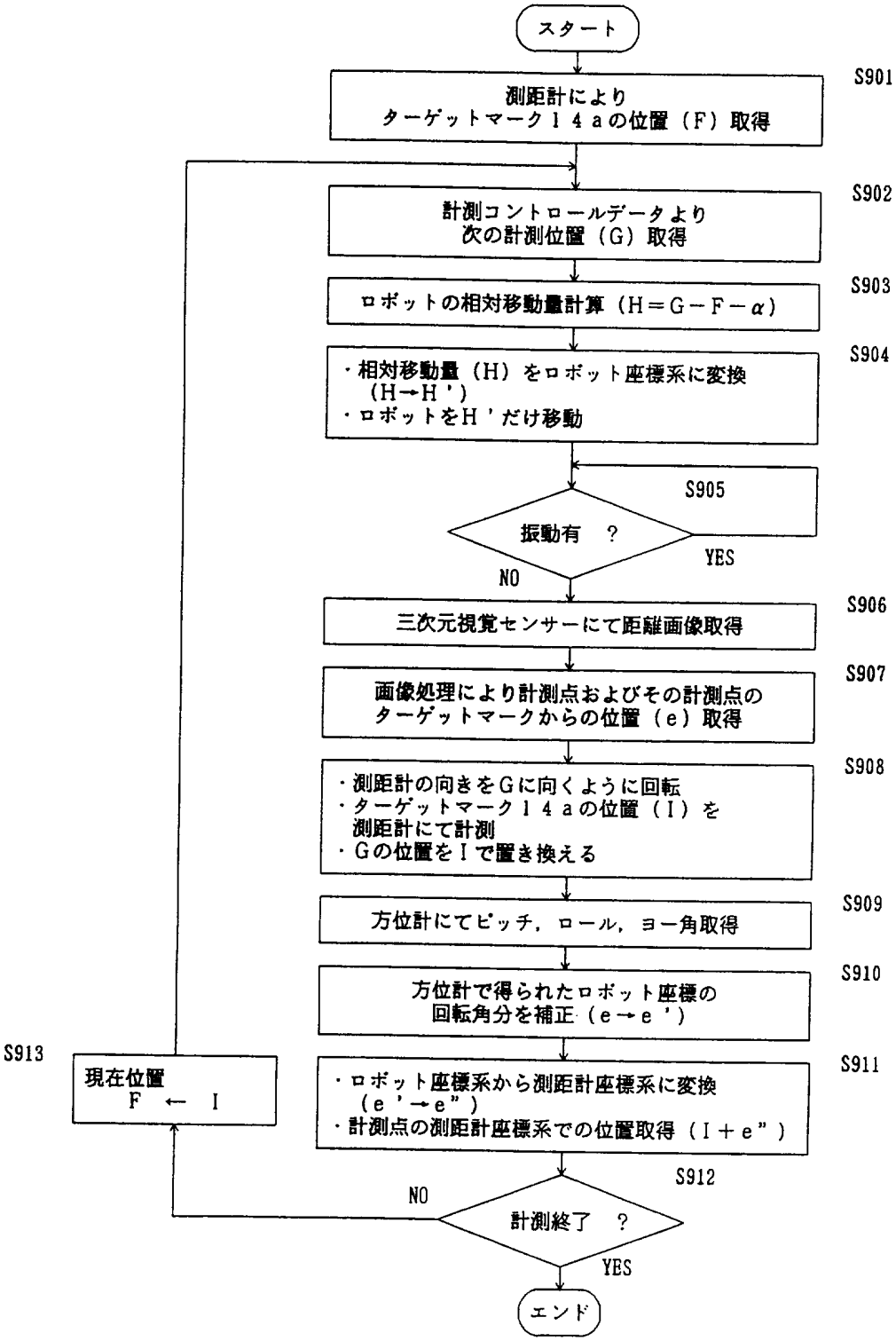

スタート
S901
測距計により
ターゲットマーク１４ａの位置（F）取得
S902
計測コントロールデータより
次の計測位置（G）取得
S903
ロボットの相対移動量計算（H＝G－F－α）
S904
・相対移動量（H）をロボット座標系に変換
（H→H'）
・ロボットをH'だけ移動
S905
振動有　？
YES
NO
S906
三次元視覚センサーにて距離画像取得
S907
画像処理により計測点およびその計測点の
ターゲットマークからの位置（e）取得
S908
・測距計の向きをGに向くように回転
・ターゲットマーク１４ａの位置（I）を
測距計にて計測
・Gの位置をIで置き換える
S909
方位計にてピッチ，ロール，ヨー角取得
S910
方位計で得られたロボット座標の
回転角分を補正（e→e'）
S911
・ロボット座標系から測距計座標系に変換
（e'→e"）
・計測点の測距計座標系での位置取得（I＋e"）
S912
NO
計測終了　？
YES
エンド
S913
現在位置
F ← I

FIG. 12

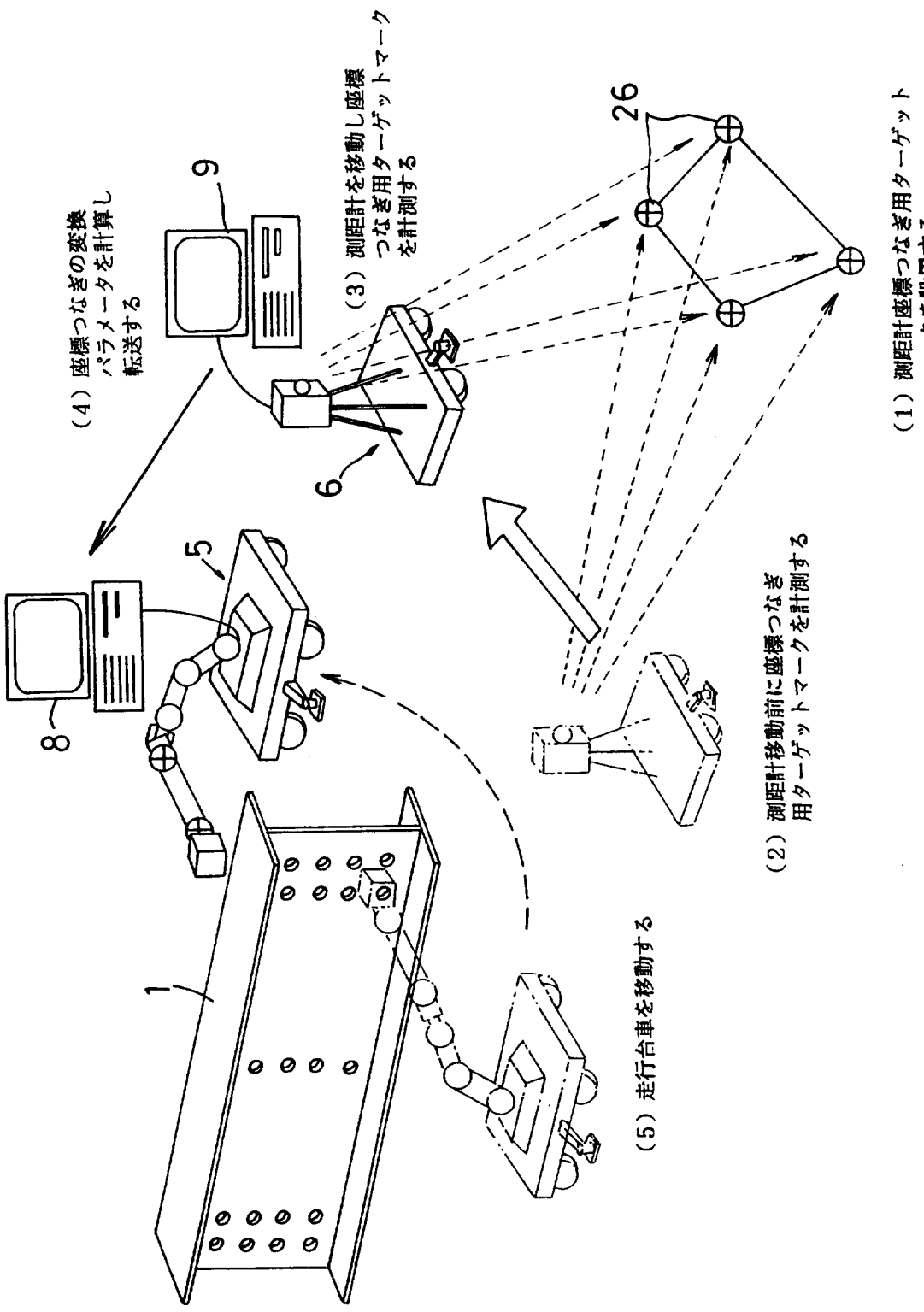

(4) 座標つなぎの変換
パラメータを計算し
転送する
9
(3) 測距計を移動し座標
つなぎ用ターゲットマーク
を計測する
26
(1) 測距計座標つなぎ用ターゲット
マークを設置する
6
5
8
(2) 測距計移動前に座標つなぎ
用ターゲットマークを計測する
1
(5) 走行台車を移動する

FIG 13

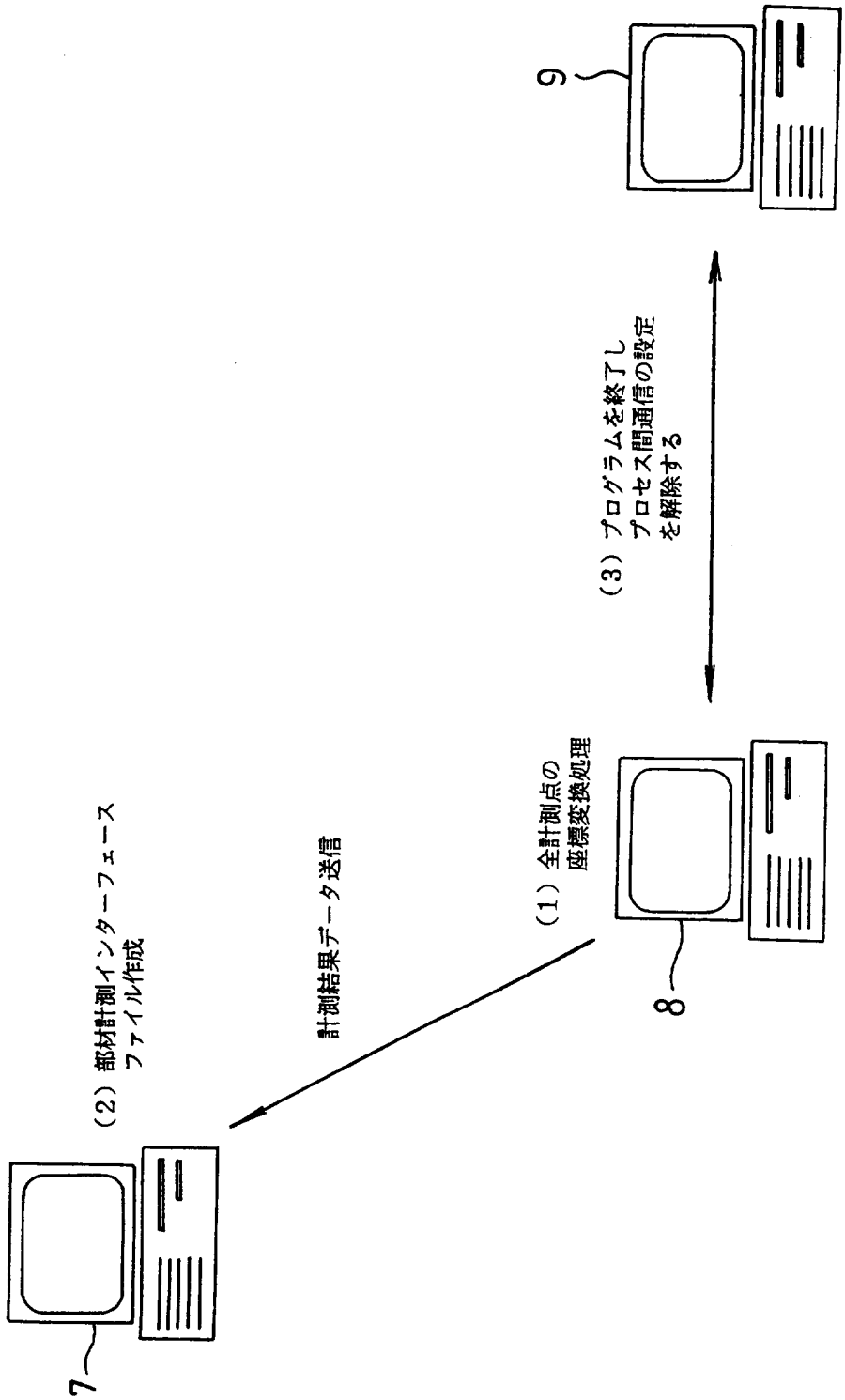

9
(3) プログラムを終了し
プロセス間通信の設定
を解除する
(1) 全計測点の
座標変換処理
8
計測結果データ送信
(2) 部材計測インターフェース
ファイル作成
7

FIG. 14

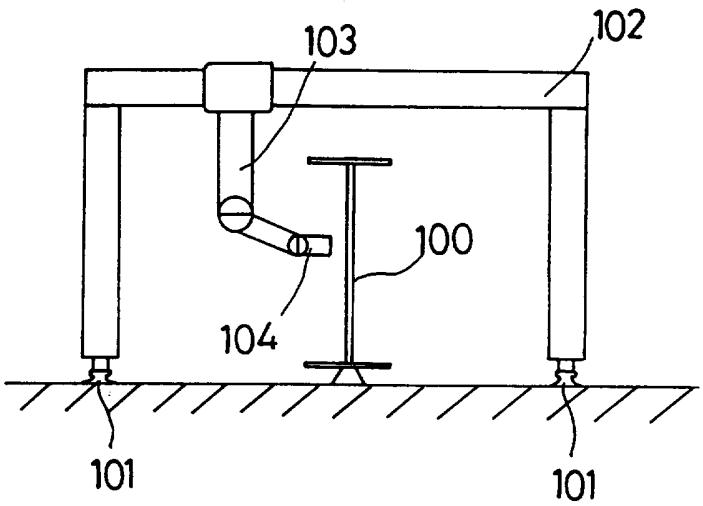


FIG. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP96/02755

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl^6 G01B11/24, 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^6 G01B11/00, G01B11/24, G01B21/00, G01B21/20, G01C15/00, G05D3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1996
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1996

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.
E,A	JP, 8-136218, A (Nippon Steel Corp.), May 31, 1996 (31. 05. 96), Page 4, left column, line 37 to page 5, left column, line 15 (Family: none)	1 - 5
E,A	JP, 8-150582, A (Nihon Koku Denshi Kogyo K.K.), June 11, 1996 (11. 06. 96), Page 2, left column, line 2 to right column, line 14 (Family: none)	1
A	JP, 7-27527, A (K.K. Yokokama Bridge), January 27, 1995 (27. 01. 95), Page 2, left column, lines 2 to 19 (Family: none)	1 - 2
A	JP, 64-6719, A (NEC Corp.), January 11, 1989 (11. 01. 89), Page 2, upper right column, line 8 to lower left column, line 19 (Family: none)	1
A	JP, 3-85403, A (Fujita Corp.),	3

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [ ] 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	Date of mailing of the international search report
December 10, 1996 (10. 12. 96)	December 25, 1996 (25. 12. 96)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP96/02755

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	April 10, 1991 (10. 04. 91), Page 1, left column, line 5 to right column, line 2 (Family: none)	
A	JP, 6-162147, A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), June 10, 1994 (10. 06. 94), Page 3, left column, lines 29 to 45 (Family: none)	4, 5

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP96／02755

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int Cl⁶　G01B11／24, 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 Cl⁶　G01B11／00, G01B11／24, G01B21／00, G01B21／20
G01C15／00, G05D 3／00

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　1971－1996年
日本国登録実用新案公報　1994－1996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
E, A	JP, 8－136218, A(新日本製鐵株式会社)31．5月．1996(31．05．96), 第4ページ左欄第37行～第5ページ左欄第15行，ファミリーなし	1－5
E, A	JP, 8－150582, A(日本航空電子工業株式会社)11．6月．1996(11．06．96), 第2ページ左欄第2行～同右欄第14行，ファミリーなし	1
A	JP, 7－27527, A(株式会社横河ブリッジ)27．1月．1995(27．01．95), 第2ページ左欄第2～19行，ファミリーなし	1－2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ 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
「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
「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10．12．96	25.12.96

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） 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	岡田 卓弥	2F	9206
	電話番号　03－3581－1101　内線　3216		

様式PCT／ISA／210（第2ページ）（1992年7月）

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９６／０２７５５

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，６４－６７１９，Ａ(日本電気株式会社)１１．１月．１９８９(１１．０１．８９)， 第２ページ右上欄第８行～左下欄第１９行，ファミリーなし	１
Ａ	ＪＰ，３－８５４０３，Ａ(フジタ工業株式会社)１０．４月．１９９１(１０．０４．９１)， 第１ページ左欄第５行～右欄第２行，ファミリーなし	３
Ａ	ＪＰ，６－１６２１４７，Ａ(石川島播磨重工業株式会社)１０．６月．１９９４(１０．０６．９４)， 第３ページ左欄第２９～４５行，ファミリーなし	４，５