

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4517726号  
(P4517726)

(45) 発行日 平成22年8月4日(2010.8.4)

(24) 登録日 平成22年5月28日(2010.5.28)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>B 2 5 J</b> 3/04 (2006.01)	B 2 5 J 3/04
<b>B 2 5 J</b> 13/02 (2006.01)	B 2 5 J 13/02
<b>B 6 6 F</b> 19/00 (2006.01)	B 6 6 F 19/00 H

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-155184 (P2004-155184)	(73) 特許権者	000006622
(22) 出願日	平成16年5月25日(2004.5.25)		株式会社安川電機
(65) 公開番号	特開2005-334999 (P2005-334999A)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(43) 公開日	平成17年12月8日(2005.12.8)	(72) 発明者	橋口 幸男
審査請求日	平成19年5月14日(2007.5.14)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		審査官	沼生 泰伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アシスト装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットアームと、  
前記ロボットアームの先端に第1の力検出手段を介して取り付けられたハンドと、  
前記ロボットアームを搭載する移動ベースと、  
前記ロボットアームおよび前記移動ベースを力制御するロボット制御部とを備え、操作者の力を増幅して前記ハンドで作業対象物の把持や運搬を行なうアシスト装置であって、  
前記ロボットアーム上に設置され、先端に第2の力検出手段を介して操作ハンドルが設置された2軸以上の自由度を有する操作アームと、  
前記ロボットアームの姿勢の変化に応じて前記操作アームの各軸を制御して前記操作アームの姿勢を変化させる操作アーム制御部とを備えることを特徴とするアシスト装置。

10

【請求項2】

前記操作アーム制御部は、操作開始時における前記操作アームおよび前記ロボットアームの各関節の角度を記憶する記憶手段と、  
前記記憶手段の記憶した角度と前記ロボットアームの各関節の角度とから前記操作アームへの指令を算出する第1の操作アーム演算手段とを備えることを特徴とする請求項1記載のアシスト装置。

【請求項3】

前記操作アーム制御部は、前記操作アームの先端位置の変化量と前記ロボットアームの先端位置の変化量とが一定の比率となるような指令を算出する第2の操作アーム演算手段を

20

備えることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のアシスト装置。

【請求項 4】

前記操作アームは、前記比率を調整する手段を備えることを特徴とする請求項 3 記載のアシスト装置。

【請求項 5】

前記操作アーム制御部は、前記第 1 の力検出手段あるいは第 2 の力検出手段の出力が予め設定された閾値以上となった場合に、前記操作アームおよび前記ロボットアームを停止させる停止手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のアシスト装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、先端部で作業対象物を保持するロボットアームと、このロボットアームを搭載する移動ベースと、前記ロボットアームと前記移動ベースを制御する力制御手段を有するロボット制御手段とを具備し、前記ロボットアームに加えられた操作力を増幅することにより作業対象物の運搬や組み立てを補助するようにしたアシスト装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のアシスト装置は、ロボットアームと移動ベースと前記ロボットアーム先端の 2 つの力覚センサで構成されており、2 つの力覚センサはそれぞれ作業対象物の負荷と操作者から加えられる操作力とを個別に検出する。

20

操作者からロボットアームに加えられた操作力を増幅して作業対象物に与えることにより、操作者の負担を低減している（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

図 9 は従来のパワーアシスト装置の概略を示したものである。ここで例示するパワーアシスト装置 101 は、運搬対象物 W の搬送を補助するためのもので、ロボットアーム 110 と、このロボットアーム 110 を搭載する移動ベース 120 とを備えている。

ロボットアーム 110 は、複数の旋回関節 111 a、111 b、111 c を持つ多関節形で、各関節を旋回させることにより伸縮動作することが可能である。このロボットアーム 110 の先端部には、ハンド 112 および操作レバー 113 が設けられている。ハンド 112 は、運搬対象物 W を保持するためのもので、ロボットアーム 110 の先端部からその軸線に沿う方向に連設してある。操作レバー 113 は、操作者からの操作力をロボットアーム 110 に伝達するためのもので、ロボットアーム 110 の先端部から側方に向けて突設してある。ロボットアーム 110 の先端部とハンド 112 との間には、負荷力検出センサ 114 を介在させ、また操作レバー 113 との間には、操作力検出センサ 115 を介在させてある。さらに各旋回関節部分にはそれぞれ角度センサ 116 a、116 b、116 c を設けてある。

30

【0004】

移動ベース 120 は、上述したロボットアーム 110 の基端部を保持するものである。この移動ベース 120 は、その底面に複数の車輪 121 を備えており、これらの車輪 121 を介して床面上を自走することが可能である。

40

【0005】

一方、上記パワーアシスト装置 101 は、図 10 に示すように、インピーダンス制御部 130 を備えている。このインピーダンス制御部 130 は、操作力検出センサ 115 にて検出される操作力  $F_h$  と、負荷力検出センサ 114 にて検出される運搬対象物 W の負荷  $F_l$  と、複数の角度センサ 116 a、116 b、116 c の検出結果に基づいて算出される移動ベース 120 を基準としたロボットアーム 110 の先端部位置  $X_m$  とに基づいて、ロボットアーム 110 および移動ベース 120 の動作を制御するべく、それぞれのサーボ機構 140、150 に対して目標速度信号を与えるもので、制御手段および抵抗力付与手

50

段に相当する部分である。インピーダンス制御部 130 には、移動ベース 120 を基準としてロボットアーム 110 の先端部が動作し得る動作領域を予め 2 つに分割し、これら 2 つの領域をそれぞれ安全領域および警告領域として設定してある。

#### 【0006】

安全領域は、パワーアシスト装置 101 の重心変動が小さく、ロボットアーム 110 を比較的安定した状態で動作し得る領域であり、移動ベース 120 の基準となる位置 Xb から距離 Lm までの範囲である。

一方、警告領域は、安全領域の外周に位置する領域であり、その外縁が移動ベース 120 の基準となる位置 Xb から距離 Ls となるように設定してある。この警告領域の外縁までの距離 Ls は、上述したロボットアーム 110 の先端部が動作し得る動作領域の外縁までの距離と一致していてもよいし、該動作領域の外縁よりも内方側となる位置であっても構わない。

#### 【0007】

また、インピーダンス制御部 130 には、予め 3 つの動作制御モードが設定してある。

第 1 の動作制御モード（以下、モード A という）は、移動ベース 120 を停止させた状態で、通常のパワーアシスト制御を行うモードである。すなわち、モード A においては、アシスト比率を  $Y$  ( $0 < Y < 1$ ) とした場合、操作力  $F_h$  が  $-Y \cdot F_l$  と釣り合うようにロボットアーム 110 の制御を行うようにする。

第 2 の動作制御モード（以下、モード B という）は、移動ベース 120 を停止させた状態で、操作力  $F_h$  に対して非線形のパネ係数に従って高次関数的に抵抗力を加算する制御を行うモードである。すなわち、モード B においては、非線形のパネ係数を  $K_d(X_m)$ 、ロボットアーム 110 の先端部が初期状態にある場合における移動ベース 120 との離隔距離を  $X_{m_0}$  とした場合、操作力  $F_h$  が  $-Y \cdot F_l + K_d(X_m) \cdot (X_m - X_{m_0})$  と釣り合うようにロボットアーム 110 の制御を行うようにする。

第 3 の動作制御モード（以下、モード C という）は、移動ベース 120 を自走させてロボットアーム 110 の先端部が上述した初期状態となるように、つまりロボットアーム 110 の先端部との離隔距離が  $X_{m_0}$  となるように移動ベース 120 の制御を行うモードである。この場合、操作力  $F_h$  に対しては、ロボットアーム 110 の先端部と移動ベース 120 との偏差 ( $X_m - X_{m_0}$ ) に比例する線形パネ係数に従った抵抗力を加算するように制御を変更する。

#### 【0008】

このように、従来のアシスト装置は、安全領域と警告領域に応じて、3 つの動作モードを切り替えて、ロボットアームの先端部が動作領域の外周縁部に達した場合にのみ移動ベースを自走させるようにしているため、常に移動ベースを自走させるようにしたもの比べて安全上有利であり、さらにエネルギー消費やロボットアームの応答性の点でも有利となっている。

#### 【0009】

【特許文献 1】特許第 3188953 号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

しかしながら、従来のアシスト装置は操作部がロボットアームに固定的に設置されているため、作業中にロボットアームの姿勢が変化すると操作部の姿勢も同様に变化する。よって操作部の姿勢に応じて操作者も姿勢を変化させなければならず、その変化が大きい場合、操作性が悪くなるという問題があった。

また、操作者の姿勢が変化することでロボットアームへの注意が散漫となるという安全上の問題もあった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、作業中、操作者の姿勢を操作に適した姿勢に保つことが可能で、かつ作業反力を触覚として操作者に提示して操作性を向上するとともに、安全性を確保することができるアシスト装置を提供することを目的と

10

20

30

40

50

する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1に記載の発明は、ロボットアームと、前記ロボットアームの先端に第1の力検出手段を介して取り付けられたハンドと、前記ロボットアームを搭載する移動ベースと、前記ロボットアームおよび前記移動ベースを力制御するロボット制御部とを備え、操作者の力を増幅して前記ハンドで作業対象物の把持や運搬を行なうアシスト装置であって、前記ロボットアーム上に設置され、先端に第2の力検出手段を介して操作ハンドルが設置された2軸以上の自由度を有する操作アームと、前記ロボットアームの姿勢の変化に応じて前記操作アームの各軸を制御して前記操作アームの姿勢を変化させる操作アーム制御部とを備えることを特徴とする。

10

請求項2に記載の発明は、前記操作アーム制御部は、操作開始時における前記操作アームおよび前記ロボットアームの各関節の角度を記憶する記憶手段と、前記記憶手段の記憶した角度と前記ロボットアームの各関節の角度とから前記操作アームへの指令を算出する第1の操作アーム演算手段とを備えることを特徴とする。

請求項3に記載の発明は、前記操作アーム制御部は、前記操作アームの先端位置の変化量と前記ロボットアームの先端位置の変化量とが一定の比率となるような指令を算出する第2の操作アーム演算手段を備えることを特徴とする。

請求項4に記載の発明は、前記操作アームは、前記比率を調整する手段を備えることを特徴とする。

20

請求項5に記載の発明は、前記操作アーム制御部は、前記第1の力検出手段あるいは第2の力検出手段の出力が予め設定された閾値以上となった場合に、前記操作アームおよび前記ロボットアームを停止させる停止手段を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

請求項1に記載の発明によると、ロボットアームの姿勢が大きく変化しても、操作者の作業姿勢を、操作者に好適なように保つことができ、操作者の作業負担を軽減することができる。

また、請求項2に記載の発明によると、作業中、操作者が姿勢変化することなく、ロボットアームを操作することができ、作業負担を最小にすることができる。

30

また、請求項3に記載の発明によると、ロボットアームの姿勢変化を操作者が、作業反力として体感する必要がある場合に、操作者と操作環境に合わせて操作アームの位置変化を調整することができ、操作性を向上することができる。

また、請求項4に記載の発明によると、操作者が操作環境と作業内容に応じて適応的に変化比率を切り替えることができ、操作性を向上することができる。

また、請求項5に記載の発明によると、操作者の誤操作により異常な操作力が作用した場合にロボットアームを速やかに停止することができ、操作者の安全を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0013】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

【実施例1】

【0014】

図1は、本発明のアシスト装置の概略を示した図である。このアシスト装置を使って、作業対象物5の搬送を補助する。

図において、1はロボットアーム、2はロボットアーム1を搭載する移動ベース、8はロボットアーム1を操作する操作アームであり、操作者11が操作ハンドル13を把持して操作アーム8を動かすことによりロボットアーム1が動作する。4は制御装置で、ロボットアーム1、操作アーム8およびベース移動手段7を制御する。

50

## 【 0 0 1 5 】

ロボットアーム 1 は多関節形のもので、本実施例では 6 つの関節を備えている。ロボットアーム 1 の先端には、作業対象物 5 を把持するためのハンド 1 2 が第 1 力検出手段 6 を介して設置されている。さらに、ロボットアーム 1 の各関節部分には、角度センサ  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $\dots$   $s_6$  が設けてある。

操作アーム 8 も多関節形のもので、本実施例では 6 つの関節を備えている。操作アーム 8 の先端には、操作者 1 1 が把持する操作ハンドル 1 3 が第 2 力検出手段 9 を介して設置されている。さらに、操作アーム 8 の各関節部分には、角度センサ  $s_{h1}$ 、 $s_{h2}$ 、 $s_{h3}$ 、 $\dots$   $s_{h6}$  が設けてある。

ベース移動手段 7 は、予め設置されたスライド軸上を移動する方式でも、車輪による自走式でも良い。図では車輪による自走式の例を示している。

10

## 【 0 0 1 6 】

制御装置 4 の構成を図 2 に示す。制御装置 4 は移動ベース 2 に内蔵されており、力制御手段（例えばインピーダンス制御）3 を備えている。

力制御手段 3 は、第 1 の力検出手段 6 により検出される作業対象物 5 の負荷  $F_{F1}$  と、第 2 の力検出手段 9 により検出される操作者 1 1 の操作力  $F_{Fh}$  と、角度センサ  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $\dots$   $s_6$  の検出結果から算出される移動ベース 2 を基準としたロボットアーム 1 の先端部位置とから、ロボットアーム制御部 2 1、移動手段制御部 2 2 に対して目標速度信号を与えてロボットアーム 1 およびベース移動手段 7 の動作を制御する。

20

## 【 0 0 1 7 】

さらに制御装置 4 は操作アーム 8 を制御する操作アーム制御部 1 0 を備える。

操作アーム制御部 1 0 は、角度センサ  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $\dots$   $s_6$  の検出結果から算出される移動ベース 2 を基準としたロボットアーム 1 の先端部位置と角度センサ  $s_{h1}$ 、 $s_{h2}$ 、 $s_{h3}$ 、 $\dots$   $s_{h6}$  の検出結果から算出される移動ベース 2 を基準とした操作アーム 8 の先端部位置とに基づいて操作アーム 8 のサーボ制御手段 2 3 に対して目標位置信号を与える。

## 【 0 0 1 8 】

図 3 は操作アーム制御部 1 0 の内部ブロック図である。

図 3 に示すように、操作アーム制御部 1 0 は第 1 操作アーム演算手段 1 0 a と第 2 操作アーム演算手段 1 0 b とからなる。

30

第 1 操作アーム演算手段 1 0 a は、操作開始時の操作アーム 8 の移動ベース 2 を基準とした姿勢を記憶する記憶部を備える。

また、操作者 1 1 は図 4 に示す選択手段 1 4 により操作アーム制御部 1 0 の 2 つの動作モード（以下モード 1、モード 2 という）を選択できる。

## 【 0 0 1 9 】

以下、具体的な動作モードの実施例を説明する。

図 5 に移動ベース 2 の座標系  $W$  と、ロボットアーム 1 上の操作アーム 8 が設置されている点の座標系  $B$  と、操作アーム 8 先端の操作ハンドル 1 3 の座標系  $A$  と、ハンド 1 2 の座標系  $C$  の関係を示す。

それぞれの座標系は、次の（式 1）と（式 2）の変換マトリックスにて関係付けられている。

40

## 【 0 0 2 0 】

$${}^W T_A = {}^W T_B {}^B T_A$$

$\dots$  式（1）

## 【 0 0 2 1 】

$${}^W T_C = {}^W T_B {}^B T_C$$

$\dots$  式（2）

## 【 0 0 2 2 】

50

図 6 に基づき、モード 1 での動作について説明する。

図 6 ( a ) は  $t_0$  ( 操作開始時 ) でのロボットアーム 1 と操作アーム 8 の姿勢を示し、  
図 6 ( b ) は操作者 11 の操作により変化したロボットアーム 1 と操作アーム 8 の  $t'$  (  $t' = t_0 + n \cdot t$ 、但し  $n = 1, 2, 3, \dots$ 、 $t$  は制御周期 ) での姿勢を示している。なお、図において操作者 11 は省略している。また、ロボットアーム 1 と移動ベース 2 の移動手段 7 の動作制御は、従来例 ( 特許文献 1 ) と同一であるため割愛する。

モード 1 では第 1 操作アーム演算手段 10 a にて、記憶部に記憶された  $t_0$  における操作アーム 8 の姿勢

【 0 0 2 3 】

$${}^W_A T(t_0)$$

10

【 0 0 2 4 】

を用いて、それ以後、図 6 に示すように操作者 11 の操作によってロボットアーム 1 の姿勢が変化しても操作アーム 8 の姿勢が変化しないように、以下の ( 式 3 ) から、

【 0 0 2 5 】

$${}^B_A T(t') = ({}^W_B T(t'))^{-1} {}^W_A T(t_0)$$

・・・式 ( 3 )

【 0 0 2 6 】

$t'$  における変換マトリックス

20

【 0 0 2 7 】

$${}^B_A T(t')$$

【 0 0 2 8 】

を算出し、逆運動学の計算に基づき操作アーム 8 の各関節の目標関節角度を計算し、操作アーム 8 のサーボ制御手段 23 に対して目標位置信号を与える。

このようにして図 6 に示すように、ロボットアーム 1 の姿勢が変化しても操作アーム 8 はその変化を打ち消すように動作し、その姿勢を一定に保つことができる。

【 0 0 2 9 】

続いて、モード 2 での動作について説明する。

30

モード 2 では第 2 操作アーム演算手段 10 b にて、操作アーム 8 の先端位置の変化量とロボットアーム 1 の先端位置の変化量とが一定の比率となるように操作アーム 8 の制御を行う。

図 7 にはモード 2 で操作したときのロボットアーム 1 と操作アーム 8 の操作前後の位置関係を示す。図 7 において、ロボットアーム 1 の先端の位置変化  $X_m$  と操作アーム 8 の先端の位置変化  $X_{hm}$  は

【 0 0 3 0 】

$$X_{hm} = ( \quad X_m )$$

【 0 0 3 1 】

の関係にある。  $\alpha$  が比率を表し、 $0 < \alpha < 1$  である。

40

以下、モード 2 について詳細に説明する。

まず操作者 11 が、例えば図 4 に示すジョグダイヤルのような選択手段 14 を用いることにより、モード 2 の選択および比率  $\alpha$  の調整を行なう。選択手段 14 により、 $\alpha$  が以下の ( 式 4 ) に示す値に設定されたとする。

【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} \eta_x \\ \eta_y \\ \eta_z \\ \eta_{rx} \\ \eta_{ry} \\ \eta_{rz} \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 (4)}$$

10

但し  $\eta_{rx} = \eta_{ry} = \eta_{rz} = 0$ 

【 0 0 3 3 】

第 2 操作アーム演算手段 10 b は、設定された比率と、力制御手段 3 で算出された時刻  $t_1$  におけるロボットアーム 1 の目標速度信号  $[V_{xm}, V_{ym}, V_{zm}, x_m, y_m, z_m]$  とから図 8 のフロー図に従って時間  $t_1 + t$  ( $t$  は制御周期) における変換マトリックス

【 0 0 3 4 】

$${}^B_A T(t_1 + \Delta t)$$

20

【 0 0 3 5 】

を算出し、逆運動学の計算に基づき操作アーム 8 の各関節の目標関節角度を計算し、操作アーム 8 のサーボ制御手段 23 へ目標位置信号を与える。

以上のように、操作者 11 が作業状況により選択手段 14 を操作して変化比率を調整することで図 7 に示すように、ロボットアーム 1 の先端の位置変化に対して一定の比率で操作アーム 8 の先端位置を変化させることが可能となる。

【 0 0 3 6 】

次に、停止手段 16 について説明する。停止手段 16 は、第 1 の力検出手段 6 の出力  $F_1$  と第 2 の力検出手段 9 の出力  $F_h$  を監視し、それぞれ予め設定された閾値以上であった場合は各制御部に対して信号を送り、その出力を停止させ、異常動作を未然に防ぐ。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 7 】

以上述べたように、作業中、操作者の操作姿勢を良好な姿勢に保つことが可能で、かつ作業反力も一定の比率で触覚として操作者に提示可能なので、操作性を向上するとともに安全性を確保することができるアシスト装置を提供でき、物品の把持や搬送のみならず組み立てなどの用途にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 8 】

【図 1】本発明の全体構成を示す図

40

【図 2】本発明の制御装置のブロック図

【図 3】本発明の操作アーム制御部の構成を示す図

【図 4】本発明の操作ハンドル部を示す図

【図 5】本発明の座標系の関係を示す図

【図 6】本発明のモード 1 での動作を説明する図

【図 7】本発明のモード 2 での動作を説明する図

【図 8】本発明のモード 2 での第 2 操作アーム演算手段での処理を説明するフロー図

【図 9】従来のパワーアシスト装置の構成を示す図

【図 10】従来例の制御装置のブロック図

【符号の説明】

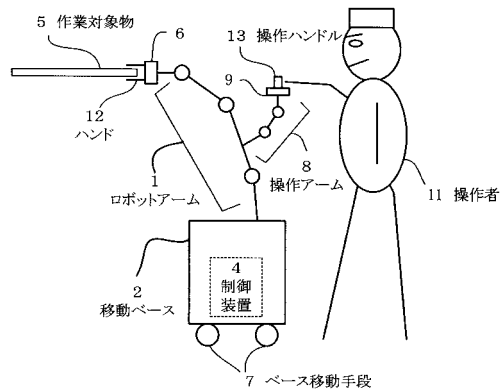
50

## 【 0 0 3 9 】

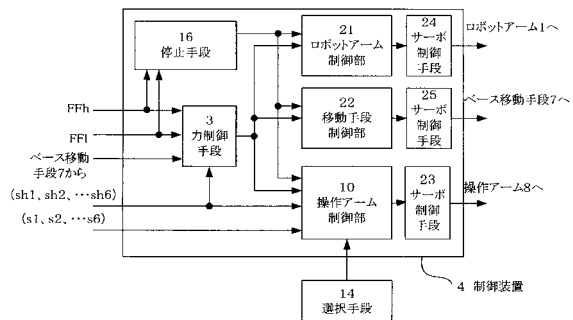
1	ロボットアーム	
2	移動ベース	
3	力制御手段	
4	制御装置	
5	作業対象物	
6	第1力検出手段	
7	ベース移動手段	
8	操作アーム	
9	第2力検出手段	10
10	操作アーム制御部	
10a	第1操作アーム演算手段	
10b	第2操作アーム演算手段	
11	操作者	
12	ハンド	
13	操作ハンドル	
14	選択手段	
15	操作者の手	
16	停止手段	
21	ロボットアーム制御部	20
22	移動手段制御部	
23、24、25	サーボ制御手段	
101	パワーアシスト装置	
110	ロボットアーム	
111a	旋回関節	
111b	旋回関節	
111c	旋回関節	
112	ハンド	
113	操作レバー	
114	負荷力検出センサ	30
115	操作力検出センサ	
116a	角度センサ	
116b	角度センサ	
116c	角度センサ	
120	移動ベース	
130	インピーダンス制御部	
140	ロボットアームのサーボ機構	
150	移動ベースのサーボ機構	



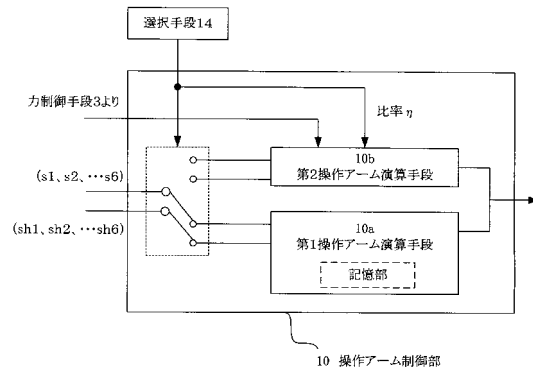
【図 1】



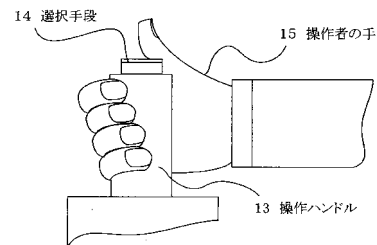
【図 2】



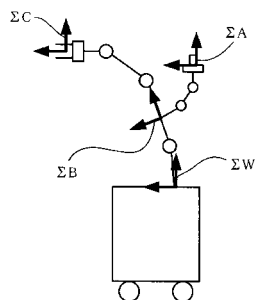
【図 3】



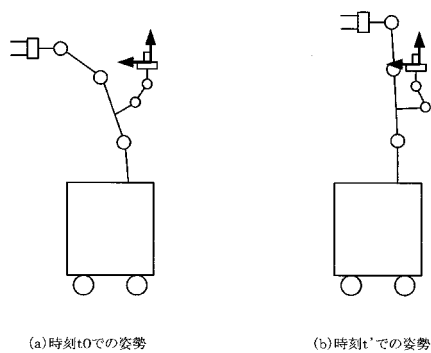
【図 4】



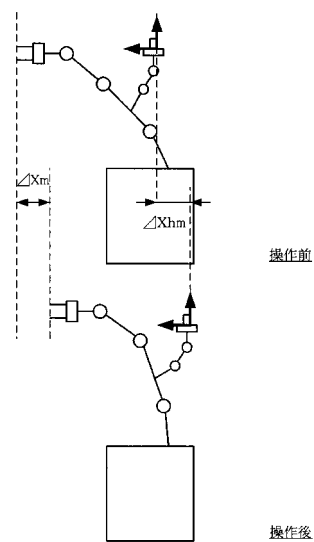
【図 5】



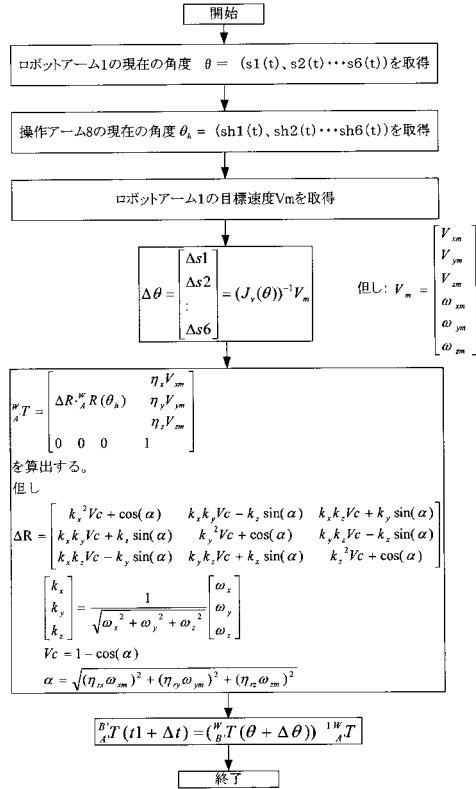
【図 6】



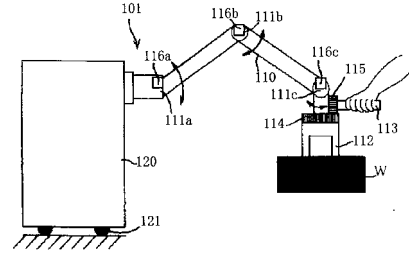
【図 7】



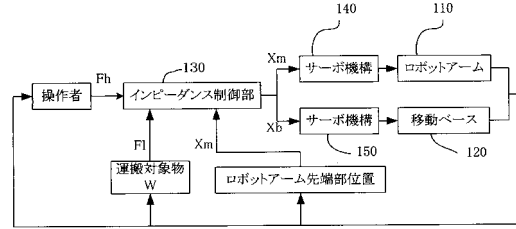
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特許第3188953(JP, B2)  
特開平04-013580(JP, A)  
特開平04-002478(JP, A)  
特開平05-004177(JP, A)  
特開2000-246680(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02  
G05B 19/18 - 19/416  
G05B 19/42 - 19/46  
B66F 19/00  
B23P 19/00 - 21/00  
B62D 33/07  
B62D 41/00 - 67/00