

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4289219号
(P4289219)

(45) 発行日 平成21年7月1日(2009.7.1)

(24) 登録日 平成21年4月10日(2009.4.10)

(51) Int.Cl.

B25J 19/06 (2006.01)

F 1

B25J 19/06

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-155185 (P2004-155185)
 (22) 出願日 平成16年5月25日 (2004.5.25)
 (65) 公開番号 特開2005-335000 (P2005-335000A)
 (43) 公開日 平成17年12月8日 (2005.12.8)
 審査請求日 平成19年3月9日 (2007.3.9)

(73) 特許権者 000006622
 株式会社安川電機
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 (72) 発明者 橋口 幸男
 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 大山 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】人間介入型ロボットの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボット(5)が周辺と干渉しないよう前記ロボット(5)の制限動作範囲を設定する手段(17)と、

前記ロボット(5)の現在位置が前記制限動作範囲であるかを判定する手段と、

前記判定手段(17)が前記制限動作範囲外と判定した場合に前記ロボット(5)の動作を停止させる手段とを備え、

予め教示された作業プログラム(16)に沿って動作しているロボット(5)に対し、作業者(1)が前記ロボット(5)の動作に介入し協調しながら作業を実行する人間介入型ロボットの制御装置であって、

前記制限動作範囲の設定および解除を、前記作業プログラム(16)による指定に従って行う作業プログラム実行手段(9)と、

前記制限動作範囲を前記作業者(1)に提示する動作範囲提示手段と、

前記作業プログラム(16)による指定の状態を提示する状態提示手段とを備え、

前記作業プログラム(16)による指定は、動作制限設定インストラクションと前記動作制限設定インストラクションと対をなす動作制限解除インストラクションとの組み合わせで構成されることを特徴とする人間介入型ロボットの制御装置。

【請求項 2】

前記動作範囲提示手段は、前記ロボット(5)のモデルを表示するモニタ(3)であることを特徴とする請求項1記載の人間介入型ロボットの制御装置。

10

20

【請求項 3】

前記動作範囲提示手段は、前記ロボット(5)に付設された発光体であることを特徴とする請求項1記載の人間介入型ロボットの制御装置。

【請求項 4】

前記状態提示手段は、音声発話手段(15)であることを特徴とする請求項1乃至3記載の人間介入型ロボットの制御装置。

【請求項 5】

前記作業プログラム実行手段(9)は、実行時に前記動作制限設定インストラクションまたは前記動作制限解除インストラクションの一方しか前記作業プログラム(16)内に存在しない場合は、異常状態を出力し前記作業プログラム(16)の実行を停止することを特徴とする請求項1記載の人間介入型ロボットの制御装置。10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、作業者が介入しロボットと協調しながら作業を実行する人間介入型ロボットの制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、工場内において作業対象である素材や部品などをベルトコンベヤなどによって所定の位置に搬送し、加工や組み立てを行う場合が多かった。20

しかし、消費者ニーズが多様化している現在においては少品種大量生産から多品種少量生産に変化しており、品種ごとの治具やセンサが必要となり生産コストの低減が生産技術の課題となっていた。そのため、人間のフレキシビリティを主体としたセル生産方式などが提案されていた。

一方、屋外での作業の自動化においても、作業環境が千差万別という点で工場内の多品種少量生産の問題と同様な問題が存在したため同じく人間のフレキシビリティを活用した人間介入型のロボットが提案されてきた。

【0003】

このような人間介入型のロボットにおいて、人間との衝突を防止する安全技術は重要である。従来の産業用ロボットにおいては、その動作範囲に人間が入らぬよう、ロボットの可動域の周辺を柵で囲むなどして空間分離により安全性を確保していた。30

さらにロボットと周辺機器との衝突防止のために、衝突を招く恐れのあるロボットの姿勢および周辺機器の状態の組合せを動作制限条件として別途プログラムしておくと共に、各々の動作制限条件に対応する制限動作範囲を定めておき、動作制限条件が成立すると、対応する制限動作範囲内で動作するようにして衝突等の相互の干渉を回避し得るようにする方法があった（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

図7は、従来のロボットと周辺機器との衝突等の相互の干渉を回避し得るようにした産業用ロボットの制御装置の模式図であり、図において101はロボット本体部、102はコントロールボックスを示している。40

ロボット本体部101は基台111上に設けた水平軸（S軸という）112に第1アーム部113が軸支され、この第1アーム部113の先端部側に第1アーム部113に対して伸縮並びに回転可能な軸114（X軸という）を介して第2アーム部115が固定される。そしてこの第2アーム部115の先端部に回転並びに掴み動作が可能なハンド部116が設けられている。

水平軸112は第1アーム部113を水平状態から垂直状態に90°の範囲で上下方向に回転でき、また軸114は300mmの範囲で伸縮し、また軸114が水平の状態では120°の範囲内で、また軸114が垂直の状態では180°の範囲内で回転可能となっており、これがロボット本体部101の定常動作範囲となっている。

【0005】50

一方コントロールボックス 102 はロボット本体部 101 の動作を制御するための運転操作ボタンの外、マイクロコンピュータ、外部記憶装置（いずれも図示せず）等を備えている。マイクロコンピュータは CPU、ROM、RAM を備え、ROM には動作プログラム等のシステムソフトが、また RAM にはロボット本体部 101 の定常動作範囲を規定するための位置データファイル等が格納されており、CPU は ROM から読み出したシステムソフトに従って RAM から位置データを読み出し、ロボット本体部 101 に対して定常動作範囲内の動作を実行させるようになっている。

また RAM にはロボット本体部 101 と周辺機器とが衝突する恐れのある場合のロボット本体部 101 の姿勢と周辺機器の状態との各組合せ、即ち各動作制限条件が成立したとき衝突を回避するに必要なロボット本体部 101 の各制限動作範囲を動作プログラムとして格納してある。10

また CPU はロボット本体部 101 に設けた図示しない各種センサからロボット本体部 101 の姿勢を知るための検出信号を、工作機械等の周辺機器に設けた図示しない各種センサから周辺機器の状態を知るための検出信号を取り込んでいるが、予め定めた一の入力ポート（例えば P₂₀）にはロボット本体部 101 と周辺機器とが衝突する恐れのある組合せとなるときのロボット本体部 101 の姿勢を示す信号が、また他の入力ポート（例えば P₂₁）には衝突を招く恐れがある場合の周辺機器の状態を示す信号が入力されるようにしてある。

【0006】

CPU は上記 2 つの入力ポート各々に入力される信号に基づいて、動作制限条件が成立するか否かを判断し、動作制限条件が成立すると、この動作制限条件に対応して予め RAM に格納してある他の位置データに切り換えて制限動作範囲内の動作を実行する。20

即ち CPU は入力ポート P₂₀、P₂₁ に、例えばハイレベルの信号 (IN20 = ON AND IN21 = ON) が入力され、動作制限条件が成立したと判断するとこれに対応して予め定めてある制限動作範囲、例えば X 軸（軸 114）の伸縮域は基準点に向う側（-）側に XL、また基準点が遠ざかる側（+）側に XH の範囲に、一方 S 軸（水平軸 112）の回転域は S 軸が S-（軸 114 が垂直に位置している状態）で AL、また S 軸が S+（軸 114 が水平に位置している状態）で AH の範囲に動作範囲内を制限すべく位置データを切り換えてロボット本体部 101 を動作させることとなる。

以下に制限動作範囲の例を示す。

XL = 100.00 mm XH = 260.00 mm

AL (S-) = 50° AH (S+) = 240°

【0007】

図 8、図 9 はロボット本体部の定常動作範囲と制限動作範囲を示した説明図であり、図 8 は X 軸の動作範囲を、また図 9 は A 軸の動作範囲を各々示している。

図 8 に実線で示す如くロボット本体部 1 の X 軸の定常動作範囲がソフト Low リミット位置（ここを 0 mm とする）からソフト High リミット位置（300 mm とする）であるのに対し、動作制限条件が成立した場合には破線で示す如く XL 位置（100 mm）から XH 位置（260 mm）の範囲に制限される。これによってロボット本体部 101 と周辺機器との衝突が回避出来ることとなる。40

図 9 に実線で示すが如くロボット本体部 101 の軸 114 の定常動作範囲が（-）側で 0° から 180°、また S 軸が（+）側で 150° から 270° の範囲であるのに対し、前述した如き動作制限条件が成立すると、破線で示すが如く S 軸が（-）側で 50° から 180° までの 130° の範囲に、また S 軸が（+）側で 150° から 200° までの 90° の範囲に制限される。

【0008】

【特許文献 1】特開平 7-96492 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

10

20

30

40

50

しかしながら、特許文献 1 にて開示される方法では、周辺機器との衝突防止を目的としているため、ロボットと協調して作業する作業者へ制限動作範囲の提示がなされておらず作業者が安全を確認することができない。

さらに、通常の自動運転の作業プログラム上で明示的に安全範囲の設定変更ができないため、作業プログラムの実行途中での人間介入の安全性を確認することが困難であるという問題もあった。

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、ロボットと協調して作業する作業者へ制限動作範囲を効果的に提示して作業者が安全を確認でき、さらに作業プログラム上での安全範囲設定の有無を容易に確認できる人間介入型ロボットの制御装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

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(5)が周辺と干渉しないよう前記ロボット(5)の制限動作範囲を設定する手段(17)と、前記ロボット(5)の現在位置が前記制限動作範囲であるかを判定する手段と、前記判定手段(17)が前記制限動作範囲外と判定した場合に前記ロボット(5)の動作を停止させる手段とを備え、予め教示された作業プログラム(16)に沿って動作しているロボット(5)に対し、作業者(1)が前記ロボット(5)の動作に介入し協調しながら作業を実行する人間介入型ロボットの制御装置であって、前記制限動作範囲の設定および解除を、前記作業プログラム(16)による指定に従って行う作業プログラム実行手段(9)と、前記制限動作範囲を前記作業者(1)に提示する動作範囲提示手段と、前記作業プログラム(16)による指定の状態を提示する状態提示手段とを備え、前記作業プログラム(16)による指定は、動作制限設定インストラクションと前記動作制限設定インストラクションと対をなす動作制限解除インストラクションとの組み合わせで構成されることを特徴とする。

20

請求項 2 に記載の発明は、前記動作範囲提示手段は、前記ロボット(5)のモデルを表示するモニタ(3)であることを特徴とする。

請求項 3 に記載の発明は、前記動作範囲提示手段は、前記ロボット(5)に付設された発光体であることを特徴とする。

請求項 4 に記載の発明は、前記状態提示手段は、音声発話手段(15)であることを特徴とする。

30

請求項 5 に記載の発明は、前記作業プログラム実行手段(9)は、実行時に前記動作制限設定インストラクションまたは前記動作制限解除インストラクションの一方しか前記作業プログラム(16)内に存在しない場合は、異常状態を出力し前記作業プログラム(16)の実行を停止することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

請求項 1 に記載の発明によると、作業プログラム上にて制限動作範囲の設定が明示されているため、動作開始前と動作中において作業者が安全を確実に確認でき、人間介入の可否が可能な作業プログラムかどうかの判断が容易で、担当作業者が変更になる場合も安全性を維持できる。また、作業プログラム上での動作制限区間の理解が容易となり、安全性が向上する。

40

また、請求項 2 に記載の発明によると、ロボットのモデル表示により作業者は直感的に制限動作範囲を確認でき、ロボット操作の熟練者でなくても安全の確認が確実に行える。

また、請求項 3 に記載の発明によると、作業者はロボットを操作しながらでも目視にて制限動作範囲を直接確認できるため、安全の確認が確実に行える。

また、請求項 4 に記載の発明によると、作業者が目視で確認できないような状況においても制限動作の設定状態を確認できるため、安全の確認が確実に行える。

また、請求項 5 に記載の発明によると、制限動作範囲の設定が適切になされていない場合には作業プログラムの実行を停止するため、安全性が向上する。

50

【発明を実施するための最良の形態】**【0012】**

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】**【0013】**

図1は、本発明の人間介入型ロボットの制御装置のブロック図である。図1において1は作業者、2はモニタ画面3を備えたプログラミングペンダントである。

6はコントローラで、記憶手段7、モデル表示生成部8、作業プログラム実行部9、音声情報生成部10、指令生成部11、手動操作指令生成部12、比例積分制御を行う位置速度制御部13、サーボアンプ14、動作範囲監視部17、指令阻止部18で構成される。
記憶手段7には予め教示された作業プログラム16が保存されており、作業者1はプログラミングペンダント2を操作して作業プログラム16をモニタ画面3に表示したり、作業プログラムの作成や編集を行ったりすることができる。プログラミングペンダント2の詳細な機能については説明を省略する。

モデル表示生成部8は後述するロボット5およびその動作範囲のモデル図をプログラミングペンダント2のモニタ画面3に表示する。

4は操作ハンドルで、作業者1は操作ハンドル4を動かすことによりロボット5が作業プログラムを実行している間でもその動作に介入しロボット5を操作することができる。

さらにコントローラ6は、作業者1の近傍に設置されたスピーカ15が接続されている。

【0014】

図2は本発明の作業適用例を示す図である。

図2において、5は回転関節L軸およびU軸で構成された2軸ロボットである。操作ハンドル4はロボット5に付設されている。ロボット5は説明を容易にするため簡単な2軸構成としたものであり、本発明はより複雑な動作が可能な多軸ロボットにも適用できる。

以後、ロボット5にて第1部品19を把持し第2部品20の穴部20aへ挿入する作業を例に説明する。

多品種少量生産の生産環境においては、生産する品種によって穴部20aの中心が予め教示された目標位置P1と異なる位置に存在する場合がある。このような状況に対し、視覚センサ等で穴部20aを検出してロボット5の位置を補正しようとしても、周囲の外乱光などの影響により位置ずれを起こす場合がある。

【0015】

以上のような場合を想定し、作業者1が操作ハンドル4を操作して手動操作を介入させロボット5の軌道修正を行い第1部品19を穴部20aへ確実に挿入する。図2の例では動作方向をAからBへと手動で変更する。

この際問題となるのが作業者1の安全性の確保である。図3にロボット5の本来の動作範囲および制限された動作範囲を示す。説明のために図2の姿勢を基準として動作範囲を示している。図3に示すように本来の動作範囲に制限が加えられていない場合、作業者1が操作ハンドル4を誤操作した場合に、ロボット5と作業者1とが衝突する危険がある。

そこで、L軸およびU軸の動作範囲を制限することでロボット5との衝突を回避することが可能となる。以下、その手法を具体的に説明する。

【0016】

図4は、図2の作業に該当する作業プログラム16を示している。作業実行の際には、作業プログラム16は記憶手段7から読み出され作業プログラム実行部9へ送られる。

図4において、Step1(Set Limit)が動作制限設定インストラクションで、Step4(End Limit)が動作制限解除インストラクションである。作業プログラム16は図5に示すようにプログラミングペンダント2のモニタ画面3に表示される。作業プログラム実行部9は、まず作業プログラム16中に動作制限設定インストラクションと動作制限解除インストラクションが対となって記述されているかどうかチェックし、作業プログラム16上にいずれか一方しか存在しない場合、エラーと判断して音声情報生成部10に「設定異常発生」というテキストを出力し作業プログラム16の実行を停止す

10

20

30

40

50

る。音声情報生成部 10 は、入力されたテキスト「設定異常発生」を音声合成し、スピーカ 15 で発話する。

作業プログラム実行部 9 は動作制限設定インストラクションと動作制限解除インストラクションが対となって記述されていることを確認した場合、作業プログラム 16 を 1 行ずつ解釈し実行していく。

【0017】

Step 1 で、制限される動作範囲の制限値が動作範囲監視部 17 に設定される。Set Limit の右の数字が各軸の動作範囲の制限値を指定しており、図 4 の例では L 軸の動作範囲を -30 ~ 30 °、U 軸の動作範囲を -20 ~ 20 ° にそれぞれ制限する。

なお図 5 に示すように、プログラミングペンダント 2 のモニタ画面 3 では作業プログラム 16 の実行に合わせカーソルが移動する。10

さらにモデル表示生成部 8 はモニタ画面 3 の作業プログラム表示部の上に、制限動作範囲をグラフィックモデルにて表示する。これにより作業者 1 は容易に制限動作範囲を目視にて確認できる。

【0018】

Step 1 実行後、動作範囲監視部 17 はロボット 5 の各関節に付設されたエンコーダなどの角度検出センサ値から算出した各関節の角度が動作範囲の制限値以内かどうかチェックを行なう。制限範囲を越える場合は、指令阻止部 18 に制限範囲を越えたことを出力し、位置速度制御部 13 への指令を停止させるとともに、音声情報生成部 10 に「リミットオーバ発生」というテキストを出力する。音声情報生成部 10 では、入力されたテキスト「リミットオーバ発生」を音声合成し、スピーカ 15 で発話する。20

【0019】

Step 2 で作業プログラム実行部 9 は音声情報生成部 10 に対し「動作制限設定完了、手動操作OK」というテキストを出力し、音声情報生成部 10 は入力されたテキスト「動作制限設定完了、手動操作OK」を音声合成し、スピーカ 15 で発話する。

作業者 1 は、スピーカ 15 の出力を確認し手動操作の体勢に入る。Step 3 でロボット 5 は目標位置 P 1 に向かって動作開始する。作業者 1 は、力センサ（図示せず）付き操作ハンドル 4 を介して作業者 1 の操作力を手動操作指令生成部 12 に出力する。

手動操作指令生成部 12 は、以下の（式 1）に示す位置指令型のインピーダンス制御系で構成され、位置速度制御部 13 にロボット 5 の各関節角度に変換された位置の修正量を加算する。30

【0020】

【数 1】

$$\Delta X = \frac{1}{M s^2 + D s} (-F) \quad \dots \quad (\text{式 } 1)$$

【0021】

但し、

X : 位置の修正量、

M : 仮想慣性、

D : 仮想粘性、

F : 操作力

である。

【0022】

Step 4 で、作業プログラム実行部 9 は通常の動作範囲（本実施例では、図 3 に示す L 軸 : 130 ~ 50 °、U 軸 : -90 ~ 90 °）を動作範囲監視部 17 に設定し、Step 5 で音声情報生成部 10 に「動作制限解除」というテキストを出力する。音声情報生成部 10 では入力されたテキスト「動作制限解除」を音声合成し、スピーカ 15 で発話する。

【0023】

40

50

以上は作業実行時の例であったが、プログラミングペンダント2にはカーソル移動用スイッチ2aが付設されており、非作業実行時であっても、作業者1がカーソル移動用スイッチ2aを操作してモニタ画面3上のStep1にカーソルを合わせるとモデル表示生成部8はモニタ画面3に、作業実行時と同様、制限動作範囲を表示する。これにより作業者1は事前に制限動作範囲を確認できる。

【0024】

さらにロボット5の各関節L軸とU軸の周囲に、それぞれ複数個のLEDを円周状に等間隔で設置して、制限動作範囲の設定と同期してLEDを発光させることで、作業者1が制限動作範囲を確認できるようにしてもよい。

図6に具体例を示す。図6では、L軸、U軸にそれぞれLED(QL1～QL36、QU1～QU36)が設置されている。各軸に36個のLEDを配置しているので10°単位でおおまかな動作範囲を表示できる。図4に示す作業プログラム16にて制限動作範囲を設定した場合、コントローラ6内のLED発光制御部を介してL軸部ではQL1～QL6のLEDが発光、U軸部ではQU1～QU4のLEDが発光する。これにより、制限動作範囲を目視にて容易に確認できる。

【0025】

LEDによる制限動作範囲表示は、作業実行時に作業プログラム16のStep1が実行された場合のみならず、非作業実行時であっても作業者1がカーソル移動用スイッチ2aを操作して図5のようにモニタ画面3上のStep1にカーソルを合わせることで確認することができる。

【産業上の利用可能性】

【0026】

以上述べたように、制限動作範囲を効果的に提示して安全を確認でき、さらに作業プログラム上での安全範囲設定の有無を容易に確認できるので、ロボットと人間が協調して作業する人間介入型ロボットの制御装置に広く利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明のロボット制御装置のブロック図

【図2】本発明の作業適用例を示す図

【図3】本発明のロボットの動作範囲および制限された動作範囲を示す図

30

【図4】本発明の作業プログラムを示す図

【図5】本発明のプログラミングペンダントのモニタ画面を示す図

【図6】本発明のロボットの関節部のLEDを示す図

【図7】従来の産業用ロボット制御装置の模式図

【図8】従来例のロボット本体部X軸方向の定常動作範囲と制限動作範囲を示す図

【図9】従来例のロボット本体部A軸方向の定常動作範囲と制限動作範囲を示す図

【符号の説明】

【0028】

1 作業者

2 プログラミングペンダント

40

2a カーソル移動用スイッチ

3 モニタ画面

4 操作ハンドル

5 ロボット

6 コントローラ

7 記憶手段

8 モデル表示生成部

9 作業プログラム実行部

10 音声情報生成部

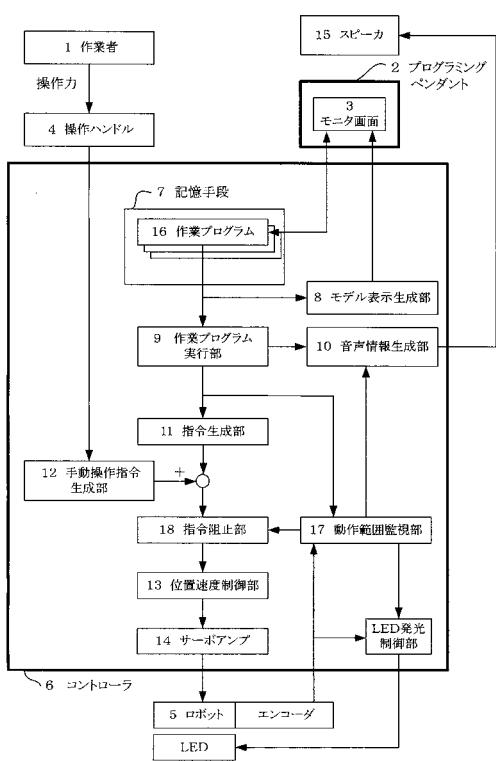
11 指令生成部

50

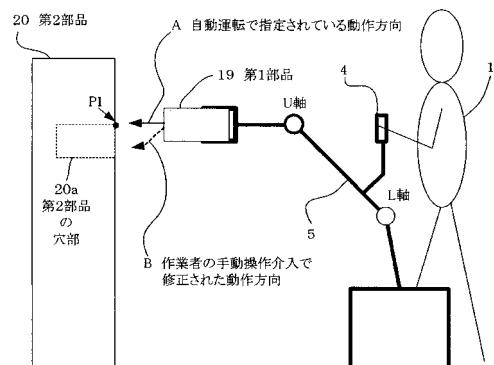
- 1 2 手動操作指令生成部
 1 3 位置速度制御部
 1 4 サーボアンプ
 1 5 スピーカ
 1 6 作業プログラム
 1 7 動作範囲監視部
 1 8 指令阻止部
 1 9 第1部品
 2 0 第2部品
 2 0 a 第2部品の穴部
 1 0 1 ロボット本体部
 1 0 2 コントロールボックス
 1 1 1 基台
 1 1 2 水平軸（S軸）
 1 1 3 第1アーム部
 1 1 4 X軸
 1 1 5 第2アーム部
 1 1 6 ハンド部

10

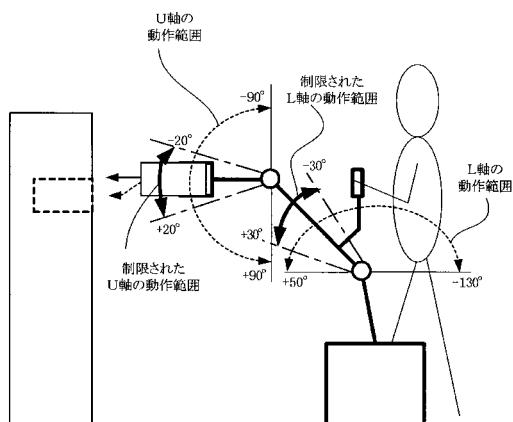
【図1】



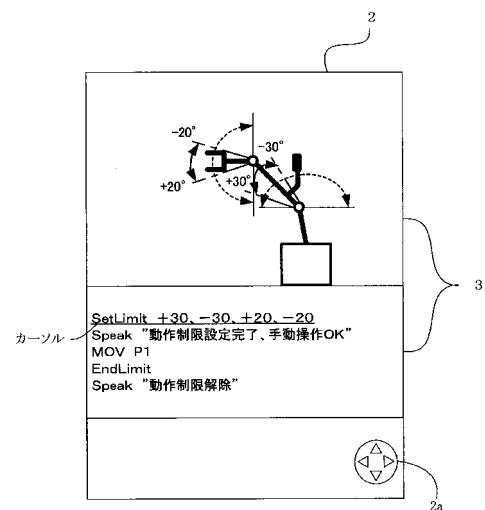
【図2】



【図3】



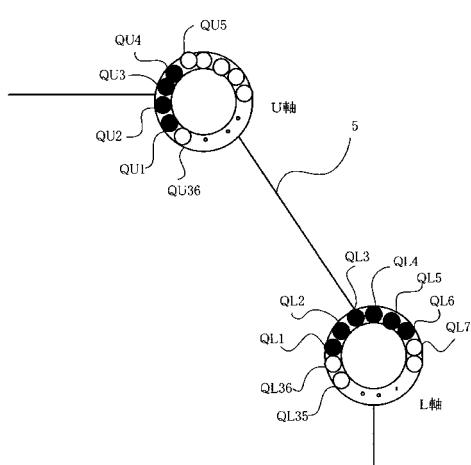
【図5】



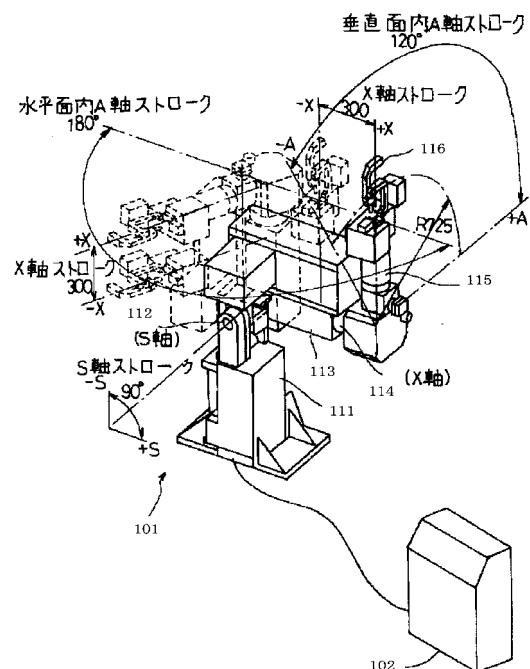
【図4】

Step1	SetLimit +30, -30, +20, -20
Step2	Speak "動作制限設定完了、手動操作OK"
Step3	MOV P1
Step4	EndLimit
Step5	Speak "動作制限解除"

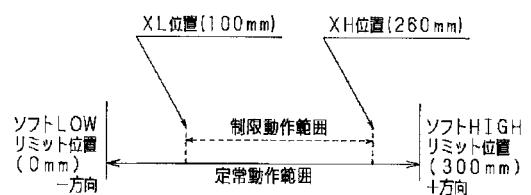
【図6】



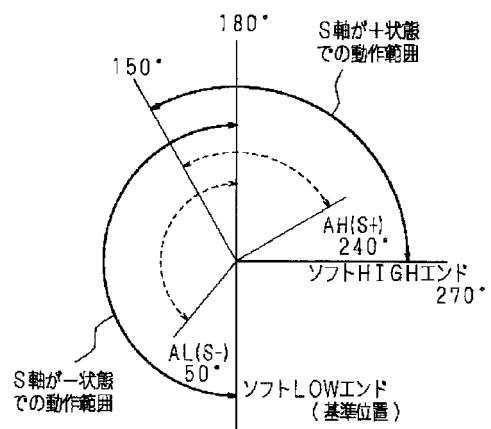
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04-365587(JP,A)
特開2001-104333(JP,A)
実開昭63-079187(JP,U)
特開平01-321192(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J 1/00 - 21/02