(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2004 年10 月7 日 (07.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/085121 A1

(51) 国際特許分類[7]: B25J 13/00, 5/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004056

(22) 国際出願日: 2004 年3 月24 日 (24.03.2004)

(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2003-087682 2003 年3 月27 日 (27.03.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５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): 佐部 浩太郎 (SABE, Kohtaro) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大橋 武史 (OHASHI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 河本 献太 (KAWAMOTO, Kenta) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

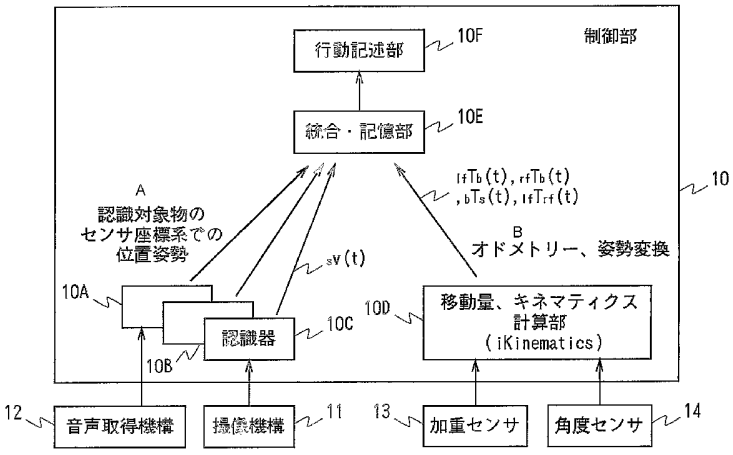
(74) 代理人: 多田 繁範 (TADA, Shigenori); 〒1700013 東京都豊島区東池袋２丁目４５番２号 ステラビル501多田特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: ROBOT DEVICE AND METHOD OF CONTROLLING THE SAME

(54) 発明の名称: ロボット装置及びロボット装置の制御方法



10...CONTROL SECTION
10F...BEHAVIOR DESCRIPTION SECTION
10E...INTEGRATION/MEMORY SECTION
A...POSITION AND ATTITUDE OF OBJECT TO BE RECOGNIZED IN SENSOR COORDINATE SYSTEM
10C...RECOGNIZER
B...ODOMETRY/ATTITUDE CONVERSION
10D...MOVEMENT AMOUNT/KINEMATICS CALCULATION SECTION
12...SPEECH ACQUISITION MECHANISM
11...IMAGING MECHANISM
13...WEIGHT SENSOR
14...ANGLE SENSOR

(57) Abstract: A robot system applied, for example, to a legged mobile robot. The amount of movement of a robot from a position where it has landed to a position where it lands next is calculated based on kinematics, and by switching of landed positions, coordinate system conversion is switched to a coordinate system as the reference of observation.

(57) 要約: 本発明は、例えば脚式移動ロボットに適用して、それまで接地していた部位から次に接地した部位までの移動量をキネマティクスを用いて算出し、このような

[続葉有]

WO 2004/085121 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 *(*表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能*)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

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。

明細書

ロボット装置及びロボット装置の制御方法

発明の背景

技術分野

本発明は、ロボット装置及びロボット装置の制御方法に関し、例えば脚式移動ロボットに適用することができる。本発明は、それまで接地していた部位から次に接地した部位までの移動量をキネマティクスを用いて算出し、このような接地した部位の切り換わりにより、観測の基準となる座標系への座標変換を切り換えることにより、観測に係る対象物を正確に表現できるようにする。またこのような処理を離散的に検出される基準座標系の移動量に適用することにより、観測に係る対象物を正確に表現できる。

背景技術

従来、歩行型知能ロボットにおいては、例えば特開２０００－３１７８６８号公報に開示されているように、障害物を把握して自律的に移動するものが提案されている。このようなロボットにおいては、第１図に示すように、センサの取付け位置Ｐ１を基準にして検出される障害物等を、このロボットの処理基準であるロボット中心座標系（第２図においては、この座標系の原点を符号Ｐ２により示す）により処理するようになされている。このためこの種のロボットにおいては、このロボット中心座標系からセンサまでのロボットの姿勢変換を使用して、観測結果を表現するようになされている。

このようなロボットにおいては、矢印ａにより示すように、歩行によりロボット中心座標系の原点Ｐ２が移動する場合には、その移動量によりロボット中心座標系による観測結果の座標を補正するようになされ、この移動量を、移動に係るコマンド毎に、このコマンドによる歩幅から求めるようになされている。

またこのようなロボットにおいては、第２図に示すように、２足歩行に係るものも提案されるようになされている。このようなロボットにおいても、原点Ｐ２によるロボット中心座標系によりセンサで把握した観測対象を表現するようにな

されている。

ところでこのようロボットの歩行においては、対応するモジュールに離散的にコマンドを発行して実行される。これに対して実際の移動においては、連続して実行される。これによりロボット中心座標系で表現される観測結果においては、歩幅による誤差を含むことになる。またこのようなコマンドの発行と、実際の移動時刻とでは、時刻がずれることになる。これらにより従来のロボットにおいては、センサにより把握された観測結果が正確に表現されていない問題があった。

このような誤差にあっては、例えばサブサンプションアーキテクチャのように観測結果が行動に直結しており、最新の観測に基づいて行動を選択するロボットにおいては、特に問題とならない。しかしながら種々の時刻で得られる観測結果を統合して処理する場合には、例えば障害物を避け損なったりし、大きな問題となる。特に、第３（Ａ）図～第３（Ｃ）図により旋回歩行による一連の姿勢変化を示すように、右脚を遊足して着床するまでの一歩で、６０度も旋回するような場合には、結局、この旋回の間の観測結果（時点ｔ２により示す観測結果である）が不定となり、観測結果を統合して処理する場合に、大きな問題が発生すると考えられる。なおこの第３図は、ワールド座標系（符号Wにより示す）により観測結果を統合した結果であり、移動開始時点ｔ１及び移動終了時点ｔ３の観測結果にあっては、回転した角度により同一対象物を把握できるものの、その間の観測結果にあっては、同一対象物として把握することが困難になる。

発明の開示

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができるロボット装置及びロボット装置の制御方法を提案しようとするものである。

かかる課題を解決するため本発明においては、基体と基体に接続された複数の可動部からなるロボット装置に適用して、基体に設けられた基準座標系と、可動部の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系と、第１のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、可動部の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２の

ローカル座標系と、第２のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを備え、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、第２のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、ローカル座標系間距離とに基づいて算出する。ここで、基体とは、ロボットの機体において基準座標系が設定されている体部をいう。通常は、主要な部位である胴体部等が相当する。ただし、基準座標系が頭部にあれば、基体は頭部であり、これらに限定されるものではない。

本発明の構成によれば、基体と基体に接続された複数の可動部からなるロボット装置に適用して、基体に設けられた基準座標系と、可動部の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系と、第１のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、可動部の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系と、第２のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを備え、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、第２のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、ローカル座標系間距離とに基づいて算出することにより、逐次、第１又は第２の接地位置からの移動量をキネマティクスを用いて算出しながら、接地位置に応じて基準座標の移動量を計算することができ、これにより離散的に出力されるコマンドにより姿勢を変化する場合にあっても、さらにこのような１つのコマンドにより大きく旋回する場合等にあっても、従来に比して、この基準座標に係る対象物を正確に表現することができる。これによりセンサにより把握された観測結果を正確に表現して、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる。

また本発明においては、姿勢の変化により着床位置が動的に変化するロボット装置に適用して、外部観測センサを介して外部環境を観測し、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測手段と、少なくとも外部観測センサから着床位置までの間の関節について、姿勢の変化に係る関節の角度を

検出する姿勢検出センサと、着床位置の切り換わりを検出する着床検出手段と、観測手段による観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換手段とを備え、観測手段は、姿勢の変化により変化する観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力し、座標変換手段は、観測結果の時刻情報を基準にして、姿勢検出センサによる検出結果から、姿勢の変化により変化する着床位置に対する移動量を検出し、移動量により補正して、観測結果の座標を基準座標系による座標に変換し、着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、移動量の検出に供する着床位置を切り換える。

本発明の構成によれば、姿勢の変化により着床位置が動的に変化するロボット装置に適用して、外部観測センサを介して外部環境を観測し、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測手段と、少なくとも外部観測センサから着床位置までの間の関節について、姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサと、着床位置の切り換わりを検出する着床検出手段と、観測手段による観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換手段とを備え、観測手段は、姿勢の変化により変化する観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力し、座標変換手段は、観測結果の時刻情報を基準にして、姿勢検出センサによる検出結果から、姿勢の変化により変化する着床位置に対する外部観測センサの対応する移動量を検出し、移動量により補正して、観測結果の座標を基準座標系による座標に変換し、着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、移動量の検出に供する着床位置を切り換えることにより、逐次、それまで接地していた部位から次に接地した部位までの移動量をキネマティクスを用いて算出しながら、この算出した移動量により観測結果による座標を補正して基準座標に変換することにより、離散的に出力されるコマンドにより姿勢を変化する場合にあっても、さらにこのような１つのコマンドにより大きく旋回する場合等にあっても、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる。またこの観測結果に係る時刻情報を基準にしてこれらの処理を実行することにより、コマンドと実際の行動とで時刻がずれる場合であっても、センサにより把握された観測結果を正確に表現することができる。これらにより従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる。

また本発明においては、胴体部と胴体部に接続された複数の可動脚からなるロボット装置に適用して、胴体部に設けられた基準座標系と、可動脚の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系と、第１のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、可動脚の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系と、第２のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを備え、可動脚の接地脚の切り換わりにより、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく移動量、第２のローカル座標系に基づく移動量及びローカル座標系間距離に基づいて連続的に算出する。

これにより本発明の構成によれば、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる複数の可動脚からなるロボット装置を提供することができる。

また本発明においては、基体と基体に接続された複数の可動部からなるロボット装置の制御方法に適用して、可動部の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系に基づいて、基体に設けられた基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出の処理と、可動部の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系に基づいて、基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出の処理と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する距離計算の処理とを備え、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、第２のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、ローカル座標系間距離とに基づいて算出する。

これにより本発明の構成によれば、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる複数の可動脚からなるロボット装置の制御方法を提供することができる。

また本発明においては、姿勢の変化により着床位置が動的に変化するロボット装置の制御方法に適用して、外部観測センサを介して外部環境を観測し、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測の処理と、着床

位置の切り換わりを検出する着床検出処理と、観測の処理による観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換処理とを備え、観測の処理は、姿勢の変化により変化する観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力し、座標変換処理は、観測結果の時刻情報を基準にして、少なくとも外部観測センサから着床位置までの間の関節について、姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサによる検出結果から、姿勢の変化により変化する着床位置に対する移動量を検出し、移動量により補正して、観測結果の座標を基準座標系による座標に変換し、着床検出処理による着床位置の切り換わりの検出により、移動量の検出に供する着床位置を切り換える。

これにより本発明の構成によれば、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができるロボット装置の制御方法を提供することができる。

また本発明においては、胴体部と胴体部に接続された複数の可動脚からなるロボット装置の制御方法に適用して、可動脚の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系に基づいて、胴体部に設けられた基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出の処理と、可動脚の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系に基づいて、基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出の処理と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する距離算出の処理とを備え、可動脚の接地脚の切り換わりにより、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく移動量、第２のローカル座標系に基づく移動量及びローカル座標系間距離に基づいて連続的に算出する。

これにより本発明の構成によれば、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができるロボット装置の制御方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

第１図は、従来の４足歩行に係るロボットにおける認識結果の処理の説明に供する略線図である。

第２図は、従来の２足歩行に係るロボットにおける認識結果の処理の説明に供する略線図である。

第３（Ａ）図、第３（Ｂ）図、第３（Ｃ）図及び第３（Ｄ）図は、旋回時における認識結果の処理の説明に供する略線図である。

第４図は、本発明の第１の実施例に係るロボットを正面側より見て示す斜視図である。

第５図は、第４図のロボットを背面側より見て示す斜視図である。

第６図は、第４図のロボットの関節自由度の説明に供する略線図である。

第７図は、第４図のロボットにおける制御部の一部構成を示す機能ブロック図である。

第８（Ａ）図及び第８（Ｂ）図は、着床脚の切り換えの説明に供する略線図である。

第９図は、基準座標系の移動量の説明に供する略線図である。

第１０図は、統合記憶部における座標変換の説明に供する図表である。

第１１図は、ボールの観察結果に係る座標変換の説明に供する略線図である。

第１２（Ａ）図及び第１２（Ｂ）図は、統合記憶部における認識結果の統合の説明に供する略線図である。

第１３（Ａ）図及び第１３（Ｂ）図は、第１２図の例とは異なる例による認識結果の統合の説明に供する略線図である。

第１４図は、本発明の第２の実施例に係るロボットにおける座標変換の説明に供する図表である。

第１５図は、第１４図の認識結果による統合の説明に供する略線図である。

第１６（Ａ）図及び第１６（Ｂ）図は、屈脚座りに係る座標変換の説明に供する略線図である。

第１７（Ａ）図、第１７（Ｂ）図及び第１７（Ｃ）図は、他の例による座標変換の説明に供する略線図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、適宜図面を参照しながら本発明の実施例を詳述する。

（１）第１の実施例

（１－１）第１の実施例の構成

第４図及び第５図は、本発明の実施例に係る脚式移動ロボット１の直立した状態を正面側及び背面側から見て示す斜視図である。この脚式移動ロボット１は、いわゆる人形型又は人型と呼ばれるタイプであり、胴体部に、頭部、左右の上肢部、脚式移動を行う左右２足の下肢部が設けられ、この胴体部に内蔵された制御部により全体の動作を統括的にコントロールするようになされている。

ここで左右各々の下肢は、胴体部を構成する体幹部の略最下端にて胴体部に接続され、この胴体部側より、順次、大腿部、膝関節、脛部、足首、足平により構成されるようになされている。左右各々の上肢は、体幹部の略最上端左右にそれぞれ連結され、胴体部側より、順次、上腕、肘関節、前腕部で構成されるようになされている。また頭部は、首関節によって体幹部の略最上端中央に連結されるようになされている。

これら脚式移動ロボット１においては、第６図に示す関節自由度に対応するように、下肢、上肢の関節等に、アクチュエータが設けられ、制御部によるこれらアクチュエータの全身協調的な駆動制御により、２足歩行するようになされている。なおこの２足歩行は、一般に、右脚を持ち上げた左脚による単脚支持期、両脚が接地した両脚支持期、左脚を持ち上げた右脚による単脚支持期、両脚が接地した両脚支持期の繰り返しにより実行されるようになされている。

脚式移動ロボット１においては、少なくとも後述する外部観測センサの取り付け箇所である頭部から着床位置までの間の関節について、姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサとして、２足歩行で角度が変化する各関節に角度センサが設けられ、これにより姿勢の変化により変化する各部の移動量を着床位置を基準にして制御部で把握できるようになされている。

また左右各々の下肢には、着床位置の切り換わりを検出する着床検出手段の一部構成として、歩行により変化する右脚、左脚への加重をそれぞれ計測する加重センサが設けられ、これによりこの加重センサによる測定結果を判定して、何れの側に足が現在接地しているか等を判定できるようになされている。なおこの実施例において、この加重センサにおいては、両足の足底の接地する部位に設けるようになされているが、加重センサにおいては、足底と同様の加重の変化を受ける足首、膝関節、股関節等に設けるようにしてもよい。

また脚式移動ロボット１においては、外部観測センサとして、頭部の目の部分に、１対の撮像機構が設けられ、この１対の撮像機構による撮像結果を制御部で処理することにより、いわゆるステレオ視の手法により障害物の座標、ユーザーの座標等を把握できるようになされている。

また脚式移動ロボット１においては、同様の外部観測センサとして頭部に複数のマイクによる音声取得機構が設けられ、これによりこの音声取得機構で取得される音声信号を制御部で解析して、持ち主の音声を検出し、またこの音声の到来方向を把握できるようになされている。

第７図は、このような各部の動作を制御統合する制御部の一部構成を示す機能ブロック図である。この制御部１０は、メモリに記録された所定の処理プログラムを実行するコンピュータにより構成され、この処理プログラムの実行によりそれぞれ所定の機能を担う各種モジュールが構成されて全体動作を制御するようになされている。

これらのモジュールのうち、認識器１０Ａ～１０Ｃは、頭部に設けられた撮像機構１１、音声取得機構１２による外部観測センサで取得した撮像結果、音声信号を処理してこのロボットの周囲を観測し、その観測結果を出力する。ここでこの実施例では、撮像結果の画像認識により、ボールを形状により認識する認識器、色によりボールを認識する認識器、人物の顔を認識する認識器、障害物を認識する認識器等が設けられるようになされている。

これらの認識器１０Ａ～１０Ｃは、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する。また各認識器１０Ａ～１０Ｃにおいては、外部観測センサの出力を逐次処理し、処理対象を取得した時刻情報と共に認識結果を出力する。これによりこれら認識器１０Ａ～１０Ｃは、それぞれ外部観測センサを介して外部環境を観測し、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測手段を構成し、この実施例では、２足歩行により姿勢の変化により変化する観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力するようになされている。

移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、加重センサ１３による加重検出結果を判定することにより着床脚を検出する。ここで着床脚は、このロボットの加重がかかっている側の足であり、単脚支持期においては、床に接地した側の足が着床

脚である。また両足が接地した両脚支持期においては、それまでの着床脚が適用されるようになされている。

移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、具体的に、右脚及び左脚に設けられた加重センサ１３で検出される加重値の差分値を所定のしきい値により判定することにより、２つの足の加重差が一定期間しきい値を超えている時に加重の重い方を着床脚（又は加重脚）とする。また立位などで２つの足の加重がほぼ均等である場合は、差分値がしきい値を超えないことにより、着床脚は前の状態を引き継ぐ。

移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、このようにして検出した着床脚を基準にして、逐次、ロボット中心座標の原点座標（身体基準点である）について、移動量を検出して出力する。移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、この移動量の検出の処理を、角度センサ１４により検出される関節角を基準にしたキネマティクス（幾何学運動学）により計算する。なおこのロボット中心座標の原点座標について、この実施例では、腰部に設定されるようになされている。

移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、このようにして検出される身体基準点の移動量を、着床脚の足底に設定された基準位置による座標系により身体基準点を表現してなる同次変換行列Ｔによる出力する。なお同次変換行列Ｔは、次式により表される。

$$T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (1)$$

これにより移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、第８（Ａ）図に示すように、正面よりロボットを見て、２足方向において右脚を遊足にしている単脚支持期においては、左脚を着床脚に設定して、この左脚から新しい着床脚までの関節角を使って移動量を算出する（変換Ａ）。またこの遊足が接地して所定値以上加重が加わって着床脚が切り換わると、基準座標であるロボット中心座標への変換も

新しい着床脚のもの（変換Ｂ）に切り替える。しかしてこのようにして新しい着床脚により与えられる移動量にあっては、第８（Ｂ）図にそれぞれ変換Ａ及びＢの符号に添え字を付して示すように、足が着床する度に離散的に与えられる。しかしながらその間の遊足時の姿勢の変化は、他方の変換Ｂにより与えられている。このため変換Ａと変換Ｂを掛け合わせることで身体基準点においては、連続的に変化していることが判る。

すなわちこのような一連の移動を側面より見て第９図に示すように、着床脚に設けられた角度センサ１４により検出される関節角を基準にしたキネマティクスにより、この着床脚の足底に設定された基準位置である第１接地点による座標系（すなわち身体基準の座標系に対していわゆるローカル座標系である）により身体基準点Ｐ（ｔ１）、Ｐ（ｔ２）、Ｐ（ｔ３）の移動量を順次計算し、また着床脚が切り換わって第２接地点によるローカル座標系により、同様にして身体基準点Ｐ（ｔ３）、Ｐ（ｔ４）、Ｐ（ｔ５）の移動量を順次計算すると共に、身体基準点Ｐ（ｔ１）、Ｐ（ｔ２）、Ｐ（ｔ３）の移動量については、第２接地点を基準にして変換し直すことにより、これら着床脚の切り換わりの前後で検出される身体基準Ｐ（ｔ１）～、Ｐ（ｔ３）～Ｐ（ｔ５）の移動量においては、連続的に変化するように求められ、これによりこの実施例では、このような身体基準を基準にしてなる外部観察結果について、観測に係る対象物を正確に表現できるようになされている。

これらによりこの実施例において、胴体部及びこの胴体部に接続された下肢、上肢、頭部等は、基体及びこの基体に接続された複数の可動部を構成し、この胴体部に設けられた身体基準の座標系がこのロボットの基準座標系を構成するようになされている。また２つの下肢には、それぞれ床面と接地する第１及び第２の接地位置に設けられた第１及び第２のローカル座標系が設けられ、角度センサ１４、移動量キネマティクス計算部１０Ｄが、第１のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、第２のローカル座標系に基づいて基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、第１のローカル座標系と第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを構成するようになされ、この角度センサ１４、移動量キネマティクス計算部１０

Ｄにより、基準座標系の移動量を、第１のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、第２のローカル座標系に基づく基準座標系の移動量と、ローカル座標系間距離とに基づいて算出するようになされている。

移動量キネマティクス計算部１０Ｄは、このような接地点から身体基準点までの座標変換の他に、身体基準点から外部観側センサの取り付け位置までの座標変換を同様に関節角から算出して返す。またこのようにして変化する着床位置の移動量を、着床脚の切り換わりにより算出して出力する。またこれらの情報（以下、適宜姿勢情報と呼ぶ）に時刻情報を設定して出力する。

統合記憶部１０Ｅは、認識器１０Ａ～１０Ｃによる認識結果を統合して記憶し、行動記述部１０Ｆからの要求により記憶した認識結果を出力する。ここで行動記述部１０Ｆは、このロボットの歩行に係る目標軌道を計画し、またこの計画軌道を統合記憶部１０Ｅにおける統合結果により修正しながら図示しないモジュールにコマンドを発行することにより、例えば障害物を避けるように、さらには好みのボールを追跡するように、このロボットを移動させるモジュールである。

統合記憶部１０Ｅは、この行動記述部１０Ｆにおける処理を容易とするために、ロボット中心座標により観測結果を統合する。すなわち認識結果をロボット中心の座標表現で表せば、自分から見てボールが右にあれば右に旋回する等記述が可能になり、これによりワールド座標による座標（ｘ１、ｙ１）の位置にボールがあると記述する場合に比して、記述を簡略化することができる。

すなわち統合記憶部１０Ｅは、次式の演算処理により、認識結果の時刻情報を基準にして、所定の基準座標系である着床脚の底面を基準にした自己中心座標に、認識結果を変換する。またこのとき２足歩行による姿勢の変化により変化する着床位置に対する移動量により補正して座標変換する。なおここでＴは、（１）式について上述した座標変換を表す同次変換行列であり、このＴの左側の添え字は元になる座標系を示し、またＴの右側の添え字は変換後の座標系を示す。またこの添え字のlfは左脚底座標系を示し、rfは右脚底座標系を示す。またb は、ロボット中心である身体基準座標系を示し、s はセンサ座標系を示し、() の内部は時刻を表す。また小文字がベクトルでの認識対象の位置を示す。これにより（２）式の例では、時刻ｔにおける左脚底から基準座標への変換の後に、基準座標

からセンサ座標への変換でセンサ座標系の対象物体の位置をかけることで左脚底座標系での対象物体の位置を示していることになる。かくするにつき、この（２）式を構成する${}_{lf}T_b$（ｔ）、${}_bT$（ｔ）においては、移動量キネマティクス計算部１０Ｄより得られる姿勢情報であり、また${}_sv$（ｔ）においては、認識器１０Ａ～１０Ｃから得られるセンサ座標系による認識結果である。

$$ {}_{lf}T_b(t) \times {}_bT(t) \times {}_sv(t) = {}_{lf}v(t) \qquad \cdots\cdots (2) $$

統合記憶部１０Ｅは、移動量キネマティクス計算部１０Ｄ、認識器１０Ａ～１０Ｃの出力を一旦メモリ（いわゆるキューである）に記録して保持し、認識結果に係る時刻情報に対応するデータが揃った時点で（この場合、認識の処理に最も時間を要することにより、認識結果が得られた時点である）、キューを検索して（２）式の演算処理を実行することにより、このような処理を認識結果に設定された時刻情報を基準にして、対応する時刻による移動量により実行する。

すなわち第１０図に示すように、それぞれ時刻ｔ＋１、ｔ＋２、ｔ＋３により得られる認識結果${}_sv$（ｔ＋１）、${}_sv$（ｔ＋２）、${}_sv$（ｔ＋３）を対応する時刻の姿勢情報${}_{lf}T_b$（ｔ＋１）、${}_{lf}T_b$（ｔ＋２）、${}_{lf}T_b$（ｔ＋３）、${}_bT$（ｔ＋１）、${}_bT$（ｔ＋２）、${}_bT$（ｔ＋３）に掛け合わせることにより、認識結果を左脚からの座標表現に順次変換する。統合記憶部１０Ｅは、これにより認識結果を統合し、このようにして座標変換してなる認識結果を所定期間記録して保持する。

これに対して時刻ｔ＋４において、右脚が着床すると、移動量キネマティクス計算部１０Ｄから移動量${}_{lf}T_{rf}$（ｔ＋４）が通知される。またそれまでの左脚を基準にした姿勢情報${}_{lf}T_b$（ｔ）に代えて右脚を基準にした姿勢情報${}_{rf}T_b$（ｔ）が順次入力される。これによりこの時点ｔ＋４以降において、統合記憶部１０Ｅは、同様に、この右脚を基準にした姿勢情報${}_{rf}T_b$（ｔ）を用いて（２）式の演算処理を実行し、認識変化を右脚からの座標表現に順次変換する。これにより統合記憶部１０Ｅにおいては、着床脚の切り換わりを何ら管理することなく、順次得られる認識結果を処理し得るようになされている。

統合記憶部１０Ｅは、このような着床による基準を切り換えてなる認識結果が

、記録して保持した認識結果に対応するように、移動量キネマティクス計算部１０Ｄから移動量${}_{lf}T_{rf}$（ｔ＋４）の通知により、記録して保持したこの移動量の時刻により過去の認識結果を座標変換する。ここでこの座標変換においては、記録して保持した認識結果${}_{lf}v$（ｔ＋１）、${}_{lf}v$（ｔ＋２）、${}_{lf}v$（ｔ＋３）に対して、移動量キネマティクス計算部１０Ｄから通知された移動量${}_{lf}T_{rf}$（ｔ＋４）の逆行列（${}_{lf}T_{rf}$（ｔ＋４））$^{-1}$を掛け合わせて実行される。

これにより統合記憶部１０Ｅにおいては、記録して保持した認識結果との間においても、容易に認識結果を統合して処理し得るようになされている。具体的に、過去に逆上った観測結果のフィルタリング、異なるセンサの異なる時刻の認識結果の関連性を調べることが可能になる。

より具体的にボールに係る認識結果を例に取って説明すると、第１１図に示すように、時点ｔ１、ｔ３でそれぞれセンサ座標系によるボールの観測結果${}_{c}T_{ball}$（ｔ１）、${}_{c}T_{ball}$（ｔ３）が検出され、時点ｔ１では左脚が着床脚であったものが、時点ｔ２で右脚が着床し、続く時点ｔ３では右脚が着床脚となっている場合、時点ｔ１におけるセンサ座標系によるボールの観測結果${}_{c}T_{ball}$（ｔ１）、基準座標系におけるセンサ座標系の原点座標による姿勢情報${}_{r}T_{c}$（ｔ１）を用いて、時点ｔ１におけるボールの位置${}_{r}T_{ball}$（ｔ１）は、${}_{r}T_{ball}$（ｔ１）＝${}_{r}T_{c}$（ｔ１）・${}_{c}T_{ball}$（ｔ１）により表される。なおこの第１１図の例では、センサ座標系との関係を分かり易くするために基準座標系の原点を、腰部の上方、センサ座標系の原点、後方に設定した例により示す。しかしてこの場合、この時点ｔ１における基準座標は、左脚に係るローカル座標系により${}_{lf}T_{r}$（ｔ１）により表される。

この状態で時点ｔ２で右脚が着床すると、この時点ｔ２における左脚の接地点から右脚の接地点までの移動量であるローカル座標間距離、すなわち左脚に係るローカル座標系により第２接地点は、${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２）により表すことができ、これにより時点ｔ１の基準座標${}_{lf}T_{r}$（ｔ１）は、この移動量${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２）の逆行列（${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２））$^{-1}$を掛け合わして（${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２））$^{-1}$・${}_{lf}T_{r}$（ｔ１）により第２接地点を基準にして表すことができる。また同様に、時点ｔ１に係るボールの位置${}_{r}T_{ball}$（ｔ１）は、逆行列（${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２））$^{-1}$を掛け合わして（${}_{lf}T_{rf}$（ｔ２）

$)^{-1}\cdot {}_{r}T_{ball}$（ｔ１）により第２接地点を基準にして表すことができる。

これに対して時点Ｔ３で検出されるボールの位置 ${}_{r}T_{ball}$（ｔ３）は、第２接地点を基準にして ${}_{r}T_{ball}$（ｔ３）＝ ${}_{r}T_{c}$（ｔ３）・ ${}_{c}T_{ball}$（ｔ３）により表され、また基準座標においても同様に ${}_{rf}T_{r}$（ｔ３）により表される。これらによりこれら時点ｔ１～ｔ３における観測結果、基準座標においては、何れも右脚（第２接地点）を基準にして表現され、これらにより順次得られる認識結果を処理し得ることが判る。

これに対して第１２（Ａ）図は、時刻ｔ１による顔認識器による認識結果（Ｆａｃｅ）と、時刻ｔ３による音声認識器による認識結果（Ｖｏｉｃｅ）について、統合記憶部１０Ｅにおける統合の処理の説明に供する略線図である。統合記憶部１０Ｅにおいては、これらの認識結果を統合して第１２（Ｂ）図に示すように、姿勢の変化により自己が移動した場合に、この２つの認識結果の座標を移動量により補正して重なり合うと判断できる場合には、この異なる時点による顔認識器及び音声認識器に係る認識結果が同一の人物に係る認識結果であると判断し、この人物の存在する方向を自己中心座標より正しく把握するようになされている。

また第１３（Ａ）図に示すように、時点ｔ１、ｔ２、ｔ３における色認識器の認識結果より、ピンク色の物体（Ｐｉｎｋ）が移動していると判断できる場合に、これらの時点の１つの時点ｔ１に対応するボール認識器による認識結果において、ボールの形状による物体（Ｒｏｕｎｄ）の座標がピンク色の物体の座標とほぼ一致していると判断できる場合、統合記憶部１０Ｅにおいては、このピンク色の物体にあっては、ピンク色のボールであると把握し、これにより認識結果を自己中心座標により正しく統合して把握するようになされている。

これらによりこの脚式移動ロボット１において、撮像機構、音声取得機構は、外部観測センサを構成し、認識器１０Ａ～１０Ｃは、この外部観測センサを介して外部環境を観測し、外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測手段を構成するようになされている。また各関節に設けられた角度センサは、外部観測センサから着床位置までの間の関節について、姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサを構成し、左右の脚に設けられた加重

センサは、移動量キネマティクス計算部１０Ｄと共に、着床位置の切り換わりを検出する着床検出手段を構成するようになされている。また統合記憶部１０Ｅは、移動量キネマティクス計算部１０Ｄと共に、観測手段による観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換手段を構成し、この実施例では、観測結果の時刻情報を基準にして、姿勢検出センサによる検出結果から、姿勢の変化により変化する着床位置に対する移動量を検出し、この移動量により補正して、観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換し、また着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、移動量の検出に供する着床位置を切り換えるようになされている。

（１－２）第１の実施例の動作

以上の構成において、この脚式移動ロボットにおいては、胴体部に設けられた制御部における行動記述部１０Ｆにより各部に設けられたアクチュエータが駆動され、これにより２足歩行により歩行して移動する。脚式移動ロボット１においては、この２足歩行に係る足の関節に係る姿勢の変化により、右脚、左脚が交互に着床し、これにより姿勢の変化により着床位置が動的に変化して行動記述部１０Ｆによる制御に従って移動する。

脚式移動ロボット１においては、このような移動において、加重がかかっている側の足が足に設けられた加重センサにより移動量キネマティクス計算部１０Ｄで検出される。またこのようにして検出される加重脚である着床脚を基準にして、各関節に設けられた角度センサにより検出される関節角を基準にしたキネマティクスにより移動量が検出される。またこのような移動量により着床位置に対する身体基準点の同次変換行列が生成され、この同次変換行列による姿勢情報が統合記憶部１０Ｅに出力される。

また頭部に設けられた外部認識センサによる撮像結果、音声取得結果が認識器１０Ａ～１０Ｃにより処理され、これら外部認識センサによる座標系を基準にした認識結果が時刻情報と共に統合記憶部１０Ｅに出力される。

また身体基準点からこのような外部認識センサに係る部位までの関節に設けられた角度センサに基づいて、センサ座標系による認識結果を身体基準点の座標系に変換する同次変換行列が移動量キネマティクス計算部１０Ｄで生成され、この

同次変換行列による姿勢情報が時刻情報と共に統合記憶部１０Ｅに出力される。

脚式移動ロボット１においては、このようにして検出される着床位置を基準にして身体基準点を表現する同次変換行列による姿勢情報、身体基準点を基準にしてセンサ座標系を表現する同次変換行列による姿勢情報、センサ座標による認識結果が、認識結果に係る時刻情報を基準にして処理され、着床位置を基準にして認識結果が表現される。

またこのような処理基準である身体基準の基準座標系についても、接地点の切り換わりにより座標変換して連続的な移動量により表現される。

これによりロボットにおいては、胴体部に設けられたロボット中心座標系で表現される観測結果において、歩幅による誤差を含む場合にあっても、またコマンドの発行と、実際の移動時刻とで時刻がずれる場合であっても、センサにより把握された観測結果を正確に表現することができる。また、例えば第３図について上述した時点ｔ２における認識結果のように、旋回途中に得られる認識結果についても、センサの移動による観測結果の座標変換を補正して前後の認識結果と比較し得、これにより認識結果が不定となるような状況を有効に回避することができる。これらにより脚式移動ロボット１においては、姿勢の変化により変化する環境に対して認識結果を正確に表現することができ、さらには異なる時刻の認識結果の統合を容易とすることができる。また後述するように、このように接地点、姿勢の管理モジュールである行動記述部１０Ｆ、統合モジュールである統合記憶部１０Ｅを明確に分離して構成し得、行動記述部１０Ｆにおける行動の記述を容易とすることができる。

脚式移動ロボット１においては、このような認識結果に係る座標変換が、認識結果に設定された時刻情報により対応する姿勢情報により処理されて実行される。また認識結果にあっては、記録して保持され、統合記憶部１０Ｅにより統合される。

脚式移動ロボット１においては、移動量キネマティクス計算部１０Ｄにおいて、左右の脚に設けられた加重センサによる検出結果の差分値が所定のしきい値により判定され、これにより着床脚の切り換わりが検出される。しかしてこの場合、所定のしきい値と差分値との比較により着床脚の切り換わりを判定することに

より、両脚支持期等における加重脚の誤検出を有効に回避するようになされている。

脚式移動ロボット１においては、このような着床脚の切り換わりが検出されると、胴体基準の姿勢情報に係る基準が切り換えられ、以降においては、この新たな着床脚を基準にした姿勢情報が順次出力される。また着床脚の切り換わりにより、この着床脚の切り換わりによる移動量が検出され、統合記憶部１０Ｅに出力される。これにより統合記憶部１０Ｅにおいては、認識結果の座標変換については、それまでと同様に、着床位置を基準にして身体基準点を表現する姿勢情報、身体基準点を基準にしてセンサ座標系を表現する姿勢情報、センサ座標による認識結果と時刻情報を基準にして処理して、着床位置を基準にして認識結果を表現し、着床脚の切り換わりを何ら管理することなく、順次得られる認識結果を処理し得るようになされている。

またこのような着床脚の切り換わり以前に、座標変換して記録してなる認識結果においては、この着床脚の切り換わりによる移動量を示す同次変換行列の逆行列を掛け合わせて座標変換し、新たな着床脚を基準にした座標系により表現されて記録される。これによりこの脚式移動ロボット１においては、単に、同一の時刻による複数の認識結果間だけでなく、異なる時刻に係る複数の認識結果間についても、認識結果を容易かつ確実に統合し得、この分、行動等を適切化することができる。

すなわち脚式移動ロボット１においては、このようにして統合記憶部１０Ｅに記録される認識結果が統合され、お気に入りのボール、障害物等が着床位置を基準にして表現され、これらの認識結果を基準にして例えばボールを追跡するように、さらには障害物を避けるように移動する。

（１－３）第１の実施例の効果

以上の構成によれば、接地点の切り換わりにより座標変換して基準座標系の移動量を表すことにより、観測に係る対象物を正確に表現することができる。

すなわち基準座標系の移動量に基づいて、センサによる計測値の座標を補正することにより、観測に係る対象物を正確に表現することができる。

また接地の切り換わりに応動して、記録して保持した補正結果を座標変換する

ことにより、接地の前後に係る観察結果を簡易かつ確実に処理することができ、これによっても一段と観測に係る対象物を正確に表現することができる。

またそれまで接地していた部位から次に接地した部位までの移動量をキネマティクスにより用いて算出し、このような接地した部位の切り換わりにより、観測の基準となる座標系への座標変換を切り換えることにより、観測に係る対象物を正確に表現できる。

またこのような姿勢の変化による着床位置の動的な変化が、２足歩行による左右の脚の着床位置の変化であり、姿勢検出センサが、左右の脚の関節に設けられた角度センサであり、着床検出手段が、左右の脚に加わる加重の値を検出する加重センサと、この加重センサで検出される加重値の差分値を所定のしきい値により判定する判定手段であることにより、両脚支持期等における加重脚の誤検出を有効に回避することができる。

また座標変換結果を記録して保持し、着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、記録して保持した座標変換結果を、該着床位置の切り換えに対応するように変換することにより、順次座標変換してなる認識結果と、記録して保持した過去の認識結果との間で整合性を図ることができ、これにより認識結果の統合を容易とすることができる。

またこのように記録して保持した座標変換結果を統合して行動に反映させることにより、自立的な行動を的確なものとすることができる。

またこのような座標変換に係る基準座標が、着床脚の底面を基準にした自己中心座標であることにより、行動の記述を容易とすることができる。

（２）第２の実施例

この実施例においては、上述した認識結果の座標変換に係る基準をワールド座標に設定する。なおこの実施例では、この基準座標に係る処理が異なる点を除いて、第１の実施例と同様に構成されることにより、以下においては、適宜、第１の実施例の構成を流用して説明する。

ここで第１４図に示すように、統合記憶部においては、ワールド座標系における着床脚の姿勢情報として初期値 ${}_{w}T_{lf}$（ｔ）を把握しているものとする。この脚

式移動ロボット１においては、この初期値 ${}_{w}T_{lf}$（ｔ）に係る左脚を着床脚に設定して歩行を開始し、移動量キネマティクス計算部１０Ｄより出力されるこの左脚を基準にした姿勢情報により、ワールド座標系に認識結果を座標変換する。かくするにつきこの場合、第１０図について説明した演算処理に対して、初期値 ${}_{w}T_{lf}$（ｔ）に係る変換行列が掛け合わされていることにより、着床脚を基準にした座標系に代えて、ワールド座標系により認識結果が表されることになる。

また着床脚の切り換わりにより、移動量キネマティクス計算部１０Ｄより出力される移動量により基準となる着床脚に係る初期値 ${}_{w}T_{lf}$（ｔ）を更新して右脚に係る変換行列 ${}_{w}T_{rf}$（ｔ）を生成し、以降の処理においては、この右脚に係る変換行列 ${}_{w}T_{rf}$（ｔ）によりセンサ座標系による認識結果を処理する。

かくするにつき第１５図は、このようにしてワールド座標系における認識結果を行動経路と共に示す障害物環境地図である。この認識結果においては、壁面と床面との間の境界の有無により床面を認識し、また同様の画像処理により障害物を認識し、各時刻における距離データに基づき確率的に２次元グリッドの情報をこのような認識結果により更新して作成したものである。また計画経路にあっては、このような障害物を避けて床面を移動するように計画されたもので、第１４図に示す状態にあっては、この計画経路を途中まで移動した状態である。このタスクでは動きながら観測を行い時間方向に統合が行われるので、従来の手法によっては最大で一歩の誤差を含んでいた観測結果が正確に表現されて正しい認識を行うことができた。

このようにワールド座標系に基準座標を設定する場合にあっては、各認識結果における座標変換においては、演算処理が増大するものの、着床脚の切り換えに係る記録して保持した認識結果に対する逆行列による掛け合わせを実行しなくても良いことにより、その分、処理を簡略化して第１の実施例と同様の効果を得ることができる。

なおこのような処理においては、認識結果については、ワールド座標系で表現しておき、行動記述部に対して認識結果を通知する際に、このワールド座標系による認識結果を着床脚を基準にしたローカル座標系に座標変換して通知するようにしてもよい。

（３）第３の実施例

なお上述の実施例においては、本発明を２足歩行に係る姿勢の変化に適用する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば第１６図に示すように屈脚座りに係る姿勢の変化の場合等、種々の姿勢変化に広く適用することができる。なおこの第１６図に示す例においては、屈脚座り姿勢で足底がついている状態（第１６（Ａ）図）から足底がついていない状態（第１６（Ｂ）図）に姿勢が遷移した場合である。この場合、屈脚座り姿勢で最も安定して接地しているお尻を接地点と定義することでこの姿勢の遷移が起こったときには足底からお尻までの順運動学を解き、移動量を算出して通知することができる。またこれとは逆に、お尻接地点からの姿勢変換を同様にして統合部に返すことで、統合部でもまったく同じ方法で観測の統合を行う事ができる。つまり姿勢変換前の認識結果と姿勢変換後の認識結果の統合処理が可能となっている。

またこのような単なる加重位置による着床位置の切り換わりだけでなく、第１７（Ａ）図～第１７（Ｃ）図にそれぞれ直立した姿勢、おじぎした姿勢、寝姿による状態を示すように、各種姿勢の変化による接地位置の変化等に種々に適用することもでき、この場合にも姿勢変換前の認識結果と姿勢変換後の認識結果の統合処理が可能となる。

また上述の実施例においては、着床脚の足底、ワールド座標系を基準座標に設定して座標変換する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ロボットの身体基準点により認識結果を表現する場合等にも広く適用することができる。

また上述の実施例においては、接地点の切り換わりにより過去の記録した観測結果を座標変化する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、このような座標変換の時点にあっては、例えば観察結果の処理時点に実行する場合等、必要に応じて種々のタイミングに設定することができる。

また上述の実施例においては、本発明を２足歩行ロボットに適用する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、４足歩行ロボット等にも広く適用することができる。

本発明によれば、従来に比して、観測に係る対象物を正確に表現することができる。

産業上の利用可能性

本発明は、ロボット装置及びロボット装置の制御方法に関し、例えば脚式移動ロボットに適用することができる。

請求の範囲

1．基体と前記基体に接続された複数の可動部からなるロボット装置において、

前記基体に設けられた基準座標系と、

前記可動部の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系と、

前記第１のローカル座標系に基づいて前記基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、

前記可動部の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系と、

前記第２のローカル座標系に基づいて前記基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、

前記第１のローカル座標系と前記第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを備え、

前記基準座標系の移動量を、前記第１のローカル座標系に基づく前記基準座標系の移動量と、前記第２のローカル座標系に基づく前記基準座標系の移動量と、前記ローカル座標系間距離とに基づいて算出する

ことを特徴とするロボット装置。

2．前記基体に設けられたセンサ用の可動部と、

前記センサ用の可動部に設けられて対象物を計測するセンサと、

前記センサに設けられたセンサ座標系と、

前記センサ座標系と前記基準座標系との間で座標変換を行なうセンサ座標系の座標変換手段とを備え、

前記センサ座標系の座標変換手段は、

前記基準座標系の移動量に基づいて、前記センサによる計測値の座標を補正する

ことを特徴とする請求の範囲第１項に記載のロボット装置。

3．前記計測値の座標の補正結果を記録して保持し、

前記センサ座標系の座標変換手段は、

前記第１の接地位置から前記第２の接地位置への接地の切り換わりに応動して、前記記録して保持した補正結果を、前記第２の接地位置の接地後に得られる前記座標の補正結果に対応するように座標変換する

ことを特徴とする請求の範囲第２項に記載のロボット装置。

4．姿勢の変化により着床位置が動的に変化するロボット装置において、

外部観測センサを介して外部環境を観測し、前記外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測手段と、

少なくとも前記外部観測センサから前記着床位置までの間の関節について、前記姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサと、

前記着床位置の切り換わりを検出する着床検出手段と、

前記観測手段による前記観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換手段とを備え、

前記観測手段は、

前記姿勢の変化により変化する前記観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力し、

前記座標変換手段は、

前記観測結果の時刻情報を基準にして、前記姿勢検出センサによる検出結果から、前記姿勢の変化により変化する前記着床位置に対する移動量を検出し、前記移動量により補正して、前記観測結果の座標を前記基準座標系による座標に変換し、

前記着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、

前記移動量の検出に供する着床位置を切り換える

ことを特徴とするロボット装置。

5．前記姿勢の変化により着床位置の動的な変化が、

二足歩行による左右の足の着床位置の変化であり、

前記姿勢検出センサが、

前記左右の足の関節に設けられた角度センサであり、

前記着床検出手段が、

前記左右の足に加わる加重の値を検出する加重センサと、

前記加重センサで検出される加重値の差分値を所定のしきい値により判定する判定手段である

ことを特徴とする請求の範囲第４項に記載のロボット装置。

６．前記座標変換手段は、

前記座標変換結果を記録して保持し、

前記着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、

記録して保持した座標変換結果を、該着床位置の切り換えに対応するように変換する

ことを特徴とする請求の範囲第４項に記載のロボット装置。

７．前記座標変換手段に記録して保持した座標変換結果を統合して行動に反映させる行動記述手段を有する

ことを特徴とする請求の範囲第６項に記載のロボット装置。

８．前記基準座標系が、前記左右の足の底面を基準にした自己中心座標である

ことを特徴とする請求の範囲第５項に記載のロボット装置。

９．前記基準座標系が、ワールド座標である

ことを特徴とする請求の範囲第４項に記載のロボット装置。

１０．胴体部と前記胴体部に接続された複数の可動脚からなるロボット装置において、

前記胴体部に設けられた基準座標系と、

前記可動脚の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカ

ル座標系と、

前記第１のローカル座標系に基づいて前記基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出手段と、

前記可動脚の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系と、

前記第２のローカル座標系に基づいて前記基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出手段と、

前記第１のローカル座標系と前記第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する手段とを備え、

前記可動脚の接地脚の切り換わりにより、前記基準座標系の移動量を、前記第１のローカル座標系に基づく移動量、前記第２のローカル座標系に基づく移動量及び前記ローカル座標系間距離に基づいて連続的に算出する

ことを特徴とするロボット装置。

１１．基体と前記基体に接続された複数の可動部からなるロボット装置の制御方法において、

前記可動部の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系に基づいて、前記基体に設けられた基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出の処理と、

前記可動部の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系に基づいて、前記基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出の処理と、

前記第１のローカル座標系と前記第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する距離計算の処理とを備え、

前記基準座標系の移動量を、前記第１のローカル座標系に基づく前記基準座標系の移動量と、前記第２のローカル座標系に基づく前記基準座標系の移動量と、前記ローカル座標系間距離とに基づいて算出する

ことを特徴とするロボット装置の制御方法。

１２．前記ロボット装置は、

前記基体に設けられたセンサ用の可動部と、

前記センサ用の可動部に設けられて対象物を計測するセンサとを有し、

前記ロボット装置の制御方法は、

前記センサに設けられたセンサ座標系と前記基準座標系との間で座標変換を行なうセンサ座標系の座標変換の処理を有し、

前記センサ座標系の座標変換の処理は、

前記基準座標系の移動量に基づいて、前記センサによる計測値の座標を補正する

ことを特徴とする請求の範囲第１１項に記載のロボット装置の制御方法。

１３．前記計測値の座標の補正結果を記録して保持し、

前記センサ座標系の座標変換の処理は、

前記第１の接地位置から前記第２の接地位置への接地の切り換わりに応動して、前記記録して保持した補正結果を、前記第２の接地位置の接地後に得られる前記座標の補正結果に対応するように座標変換する

ことを特徴とする請求の範囲第１２項に記載のロボット装置。

１４．姿勢の変化により着床位置が動的に変化するロボット装置の制御方法において、

外部観測センサを介して外部環境を観測し、前記外部観測センサに対応するセンサ座標系により観測結果を出力する観測の処理と、

前記着床位置の切り換わりを検出する着床検出処理と、

前記観測の処理による前記観測結果の座標を所定の基準座標系による座標に変換する座標変換処理とを備え、

前記観測の処理は、

前記姿勢の変化により変化する前記観測結果の座標を時刻情報と共に順次出力し、

前記座標変換処理は、

前記観測結果の時刻情報を基準にして、

少なくとも前記外部観測センサから前記着床位置までの間の関節について、前記姿勢の変化に係る関節の角度を検出する姿勢検出センサによる検出結果から、前記姿勢の変化により変化する前記着床位置に対する移動量を検出し、

前記移動量により補正して、前記観測結果の座標を前記基準座標系による座標に変換し、

前記着床検出処理による着床位置の切り換わりの検出により、

前記移動量の検出に供する着床位置を切り換える

ことを特徴とするロボット装置の制御方法。

１５．前記姿勢の変化による着床位置の動的な変化が、

二足歩行による左右の足の着床位置の変化であり、

前記姿勢検出センサが、

前記左右の足の関節に設けられた角度センサであり、

前記着床検出の処理が、

前記左右の足に加わる加重の値を検出する加重センサによる加重値の差分値を所定のしきい値により判定する判定の処理である

ことを特徴とする請求の範囲第１４項に記載のロボット装置の制御方法。

１６．前記座標変換の処理は、

前記座標変換結果を記録して保持し、

前記着床検出手段による着床位置の切り換わりの検出により、

記録して保持した座標変換結果を、該着床位置の切り換えに対応するように変換する

ことを特徴とする請求の範囲第１４項に記載のロボット装置の制御方法。

１７．前記座標変換の処理によりに記録して保持した座標変換結果を統合して行動に反映させる行動記述の処理を有する

ことを特徴とする請求の範囲第１６項に記載のロボット装置の制御方法。

１８．前記基準座標系が、前記左右の足の底面を基準にした自己中心座標である
ことを特徴とする請求の範囲第１５項に記載のロボット装置の制御方法。

１９．前記基準座標系が、ワールド座標である
ことを特徴とする請求の範囲第１４項に記載のロボット装置の制御方法。

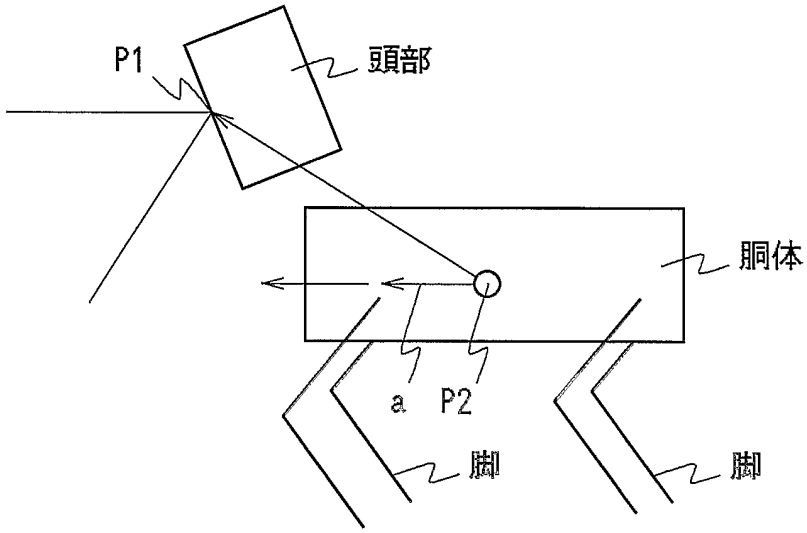
２０．胴体部と前記胴体部に接続された複数の可動脚からなるロボット装置の制御方法において、

前記可動脚の１つが床面と接地する第１の接地位置に設けられた第１のローカル座標系に基づいて、前記胴体部に設けられた基準座標系の移動量を算出する第１の移動量算出の処理と、

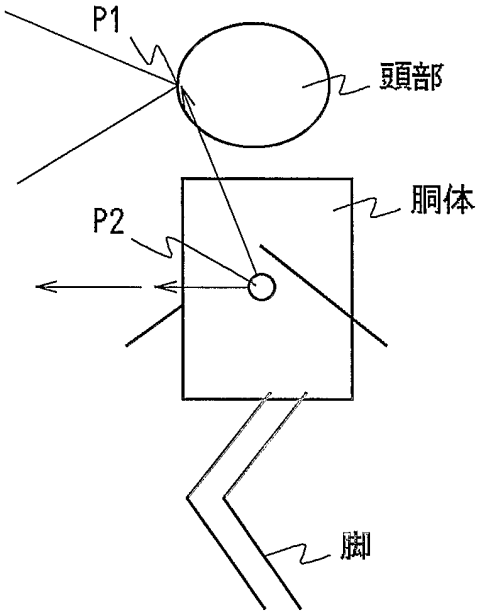
前記可動脚の１つが床面と接地する第２の接地位置に設けられた第２のローカル座標系に基づいて、前記基準座標系の移動量を算出する第２の移動量算出の処理と、

前記第１のローカル座標系と前記第２のローカル座標系とのローカル座標系間距離を算出する距離算出の処理とを備え、

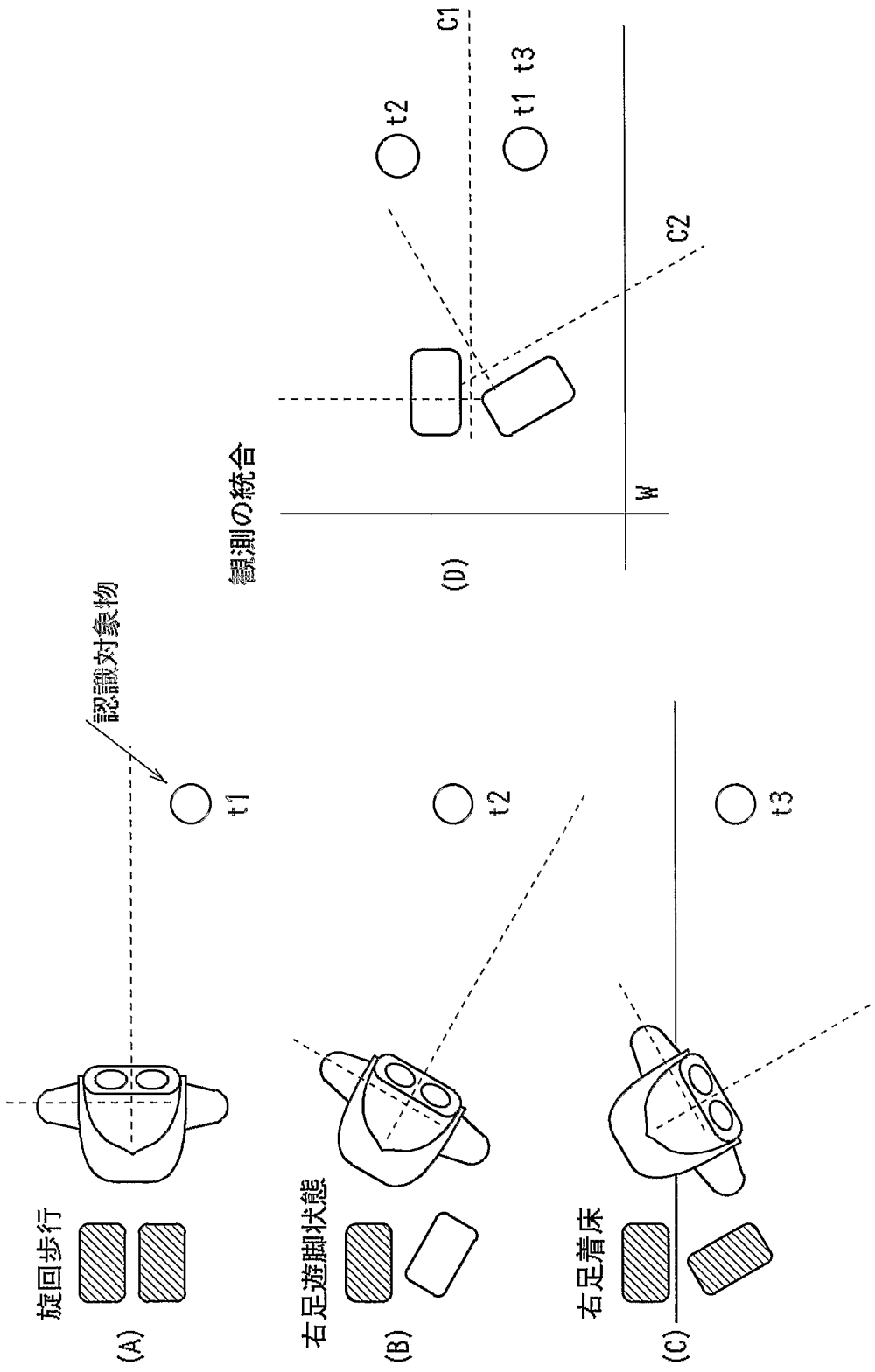
前記可動脚の接地脚の切り換わりにより、前記基準座標系の移動量を、前記第１のローカル座標系に基づく移動量、前記第２のローカル座標系に基づく移動量及び前記ローカル座標系間距離に基づいて連続的に算出する
ことを特徴とするロボット装置の制御方法。



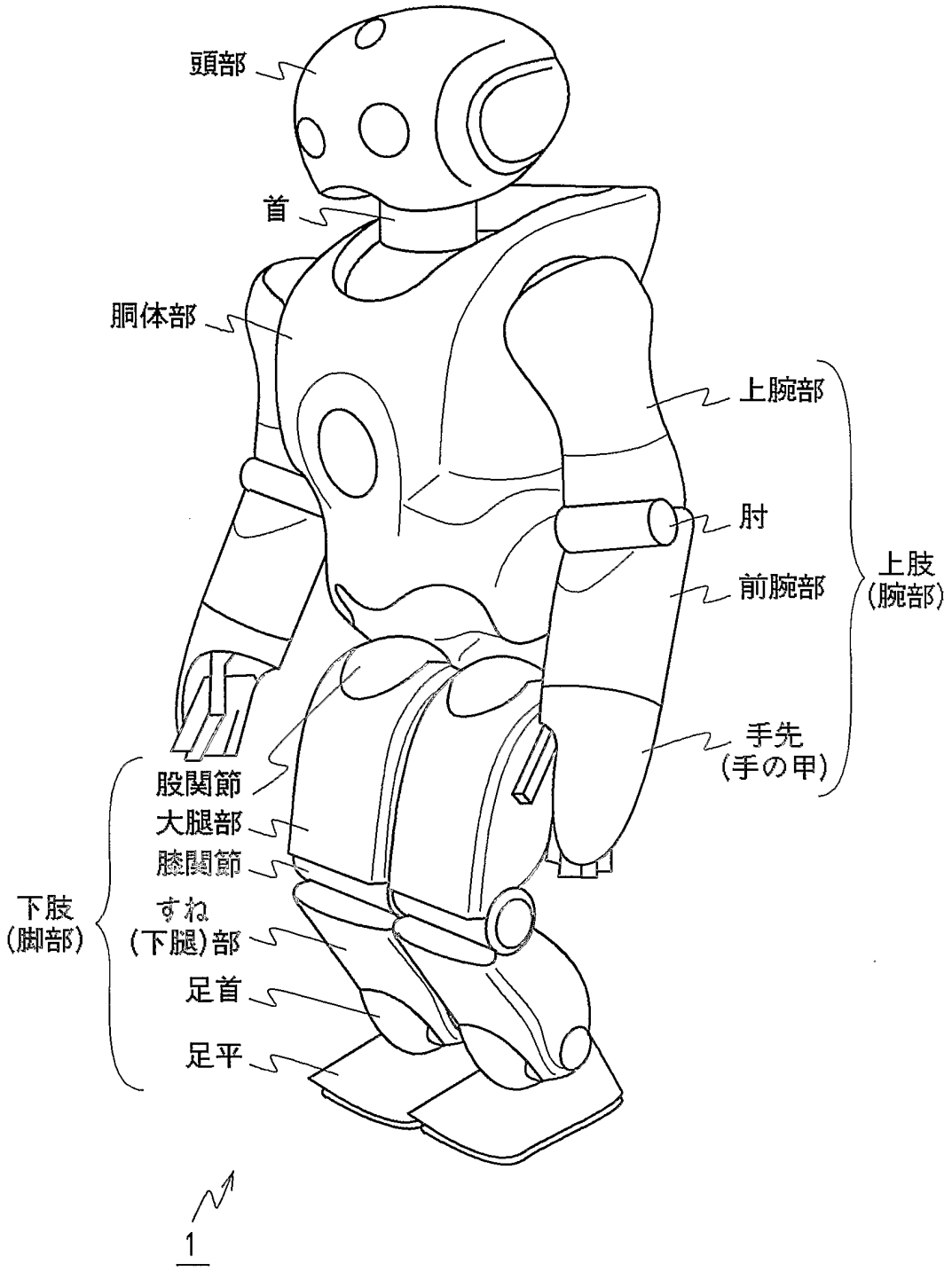
第１図



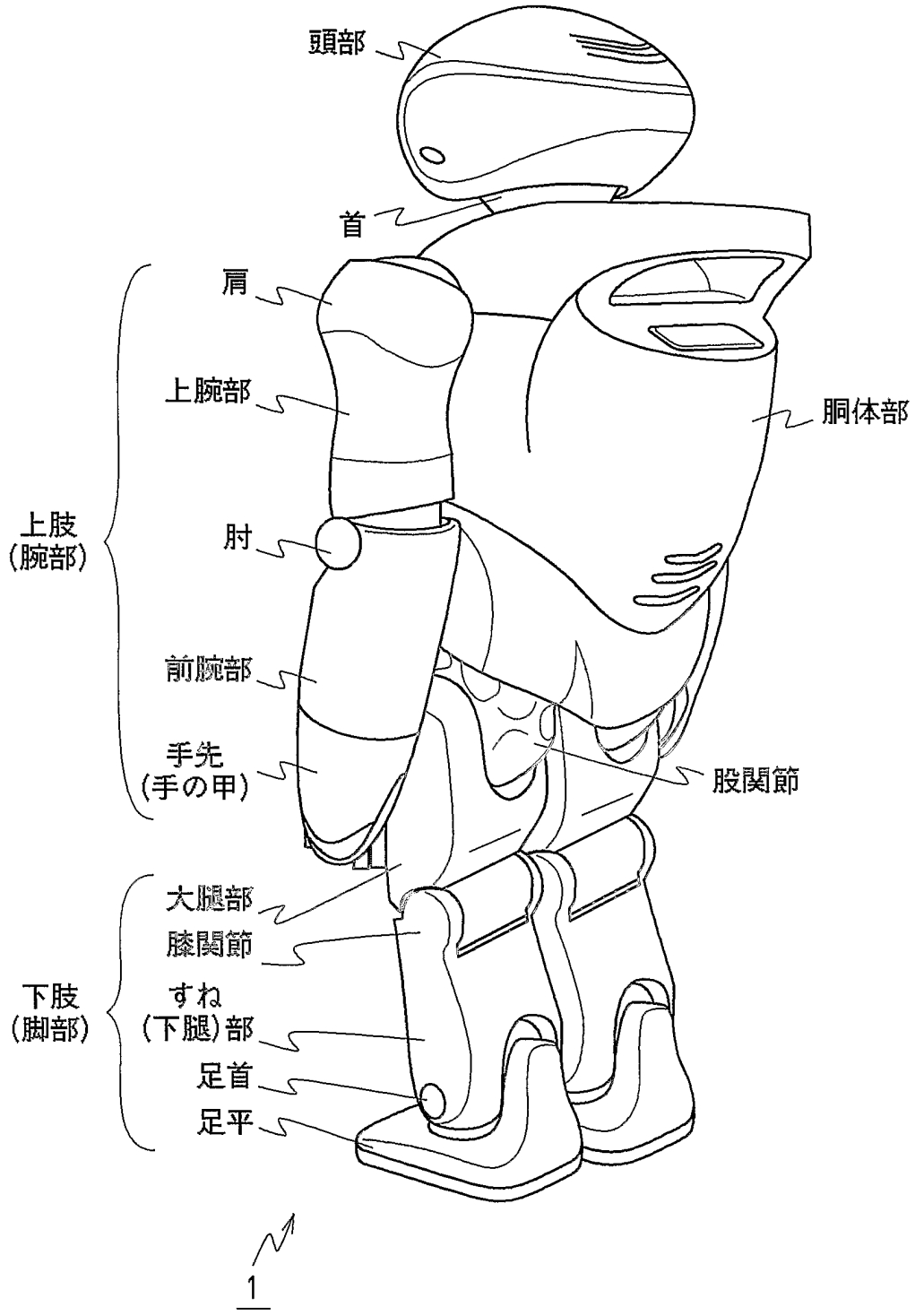
第２図



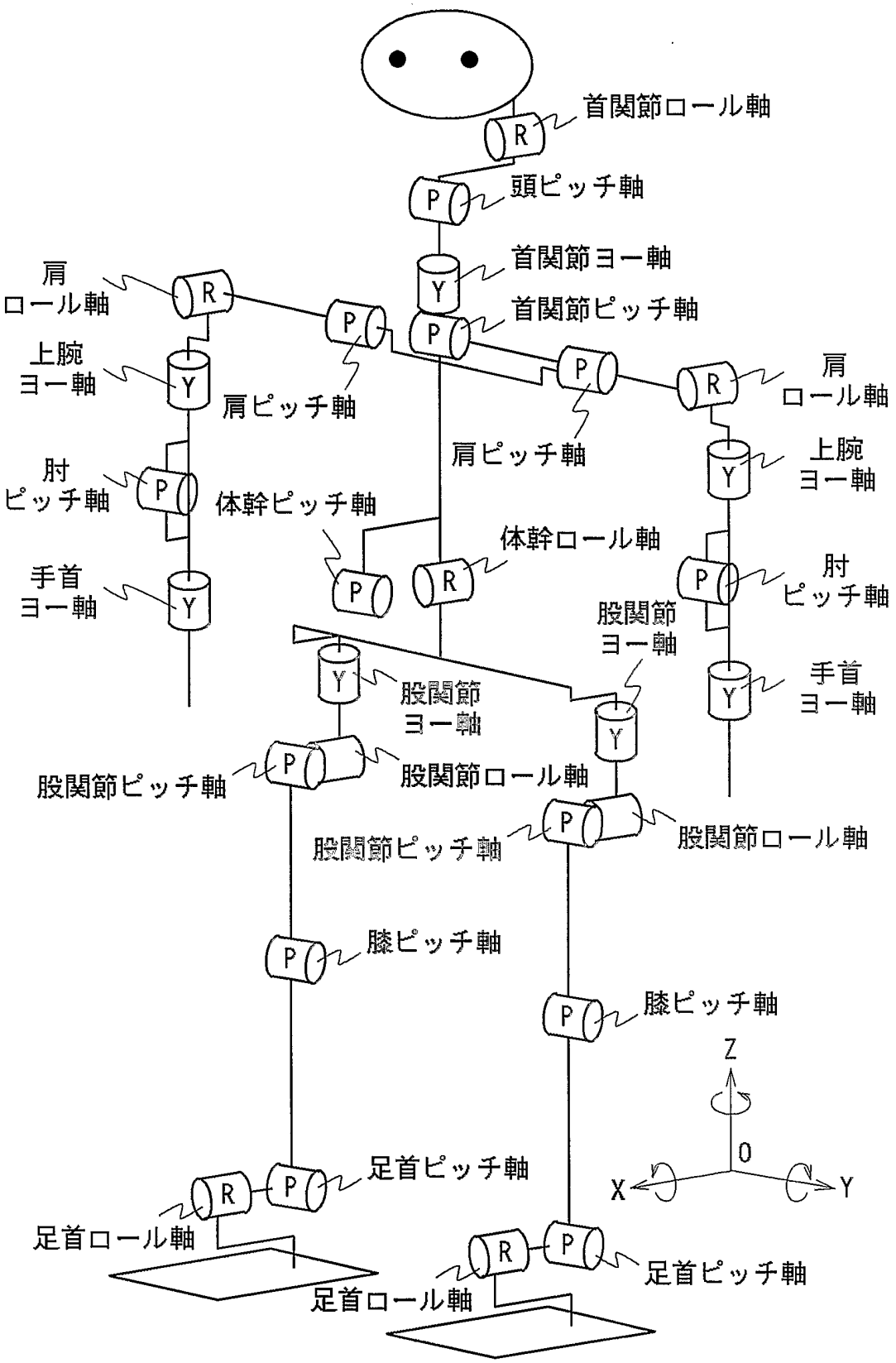
第３図



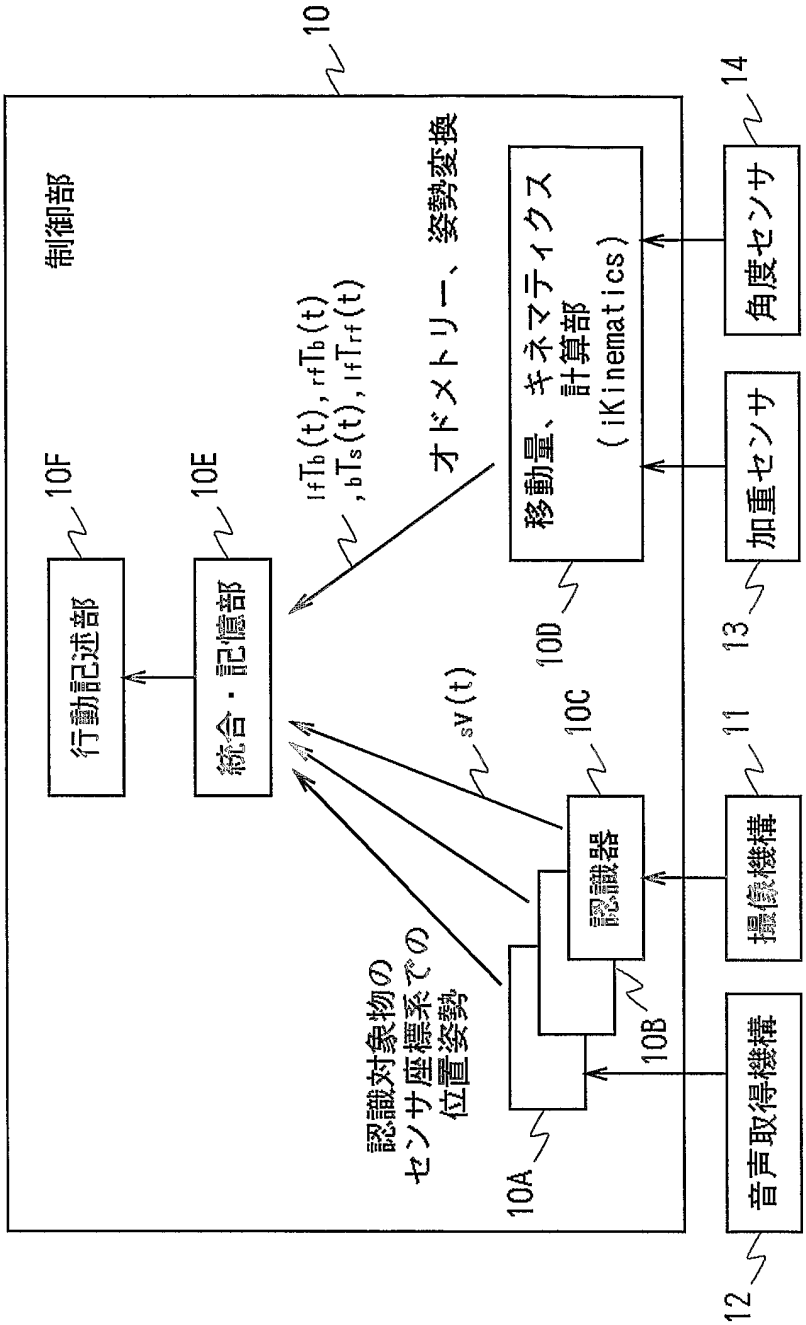
第４図



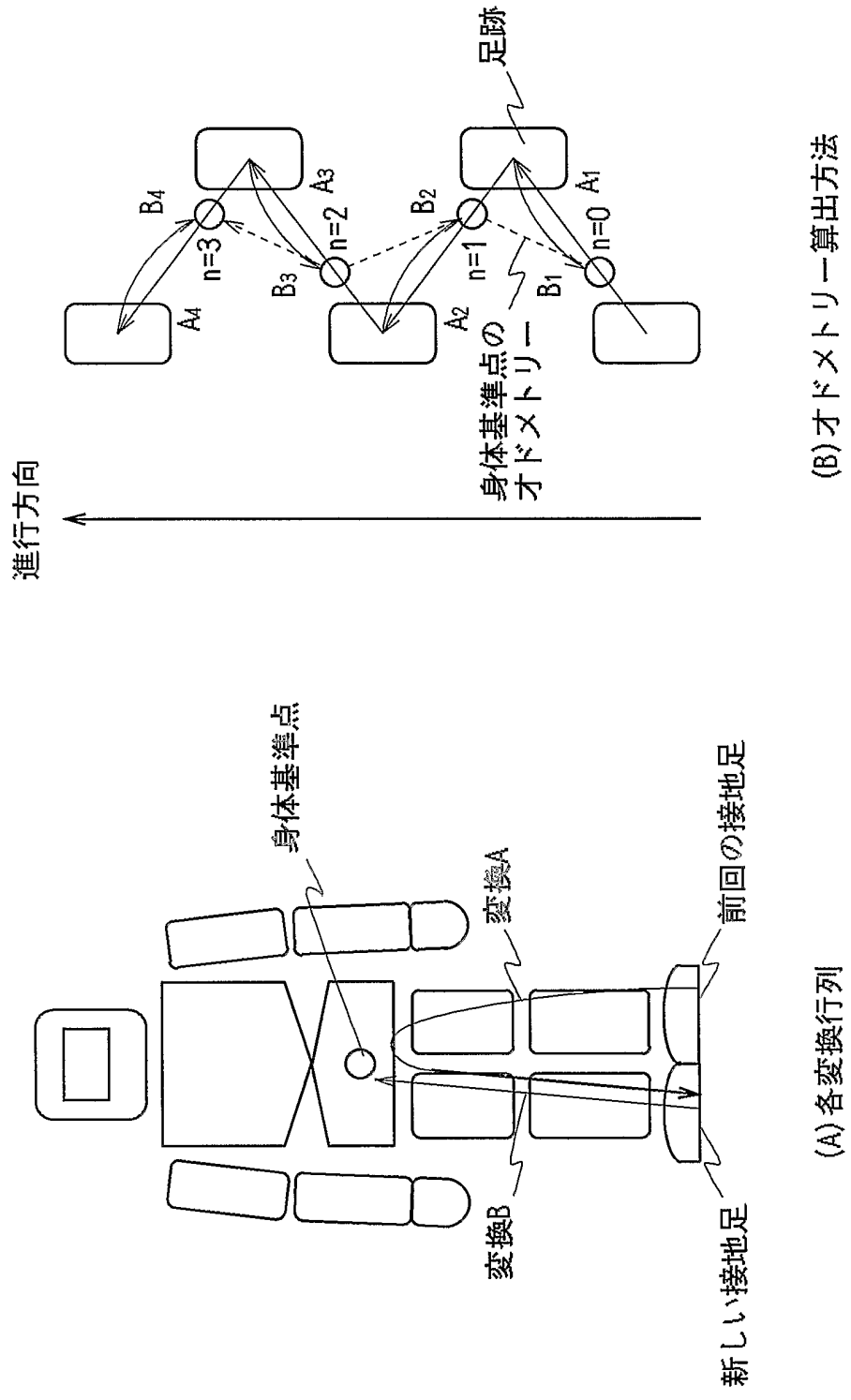
第５図


首関節ロール軸
頭ピッチ軸
首関節ヨー軸
首関節ピッチ軸
肩
ロール軸
上腕
ヨー軸
肩ピッチ軸
肘
ピッチ軸
体幹ピッチ軸
手首
ヨー軸
体幹ロール軸
肩ピッチ軸
肩
ロール軸
上腕
ヨー軸
肘
ピッチ軸
股関節
ヨー軸
手首
ヨー軸
股関節
ヨー軸
股関節ピッチ軸
股関節ロール軸
股関節ピッチ軸
股関節ロール軸
膝ピッチ軸
膝ピッチ軸
Z
0
X
Y
足首ピッチ軸
足首ロール軸
足首ロール軸
足首ピッチ軸

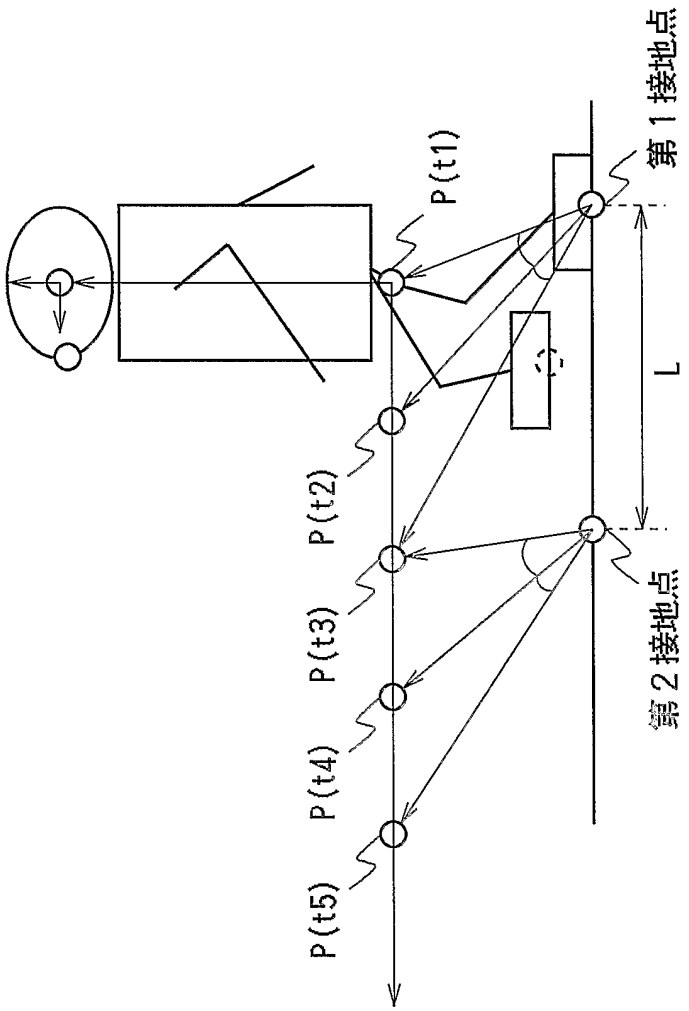
第６図


10
制御部
10F
行動記述部
10E
統合・記憶部
${}_{lf}T_b(t)$, ${}_{rf}T_b(t)$
${}_{,b}T_s(t)$, ${}_{lf}T_{rf}(t)$
オドメトリー、姿勢変換
移動量、キネマティクス
計算部
(iKinematics)
10D
角度センサ
14
加重センサ
13
${}_{sv}(t)$
10C
認識器
11
撮像機構
認識対象物の
センサ座標系での
位置姿勢
10B
10A
音声取得機構
12

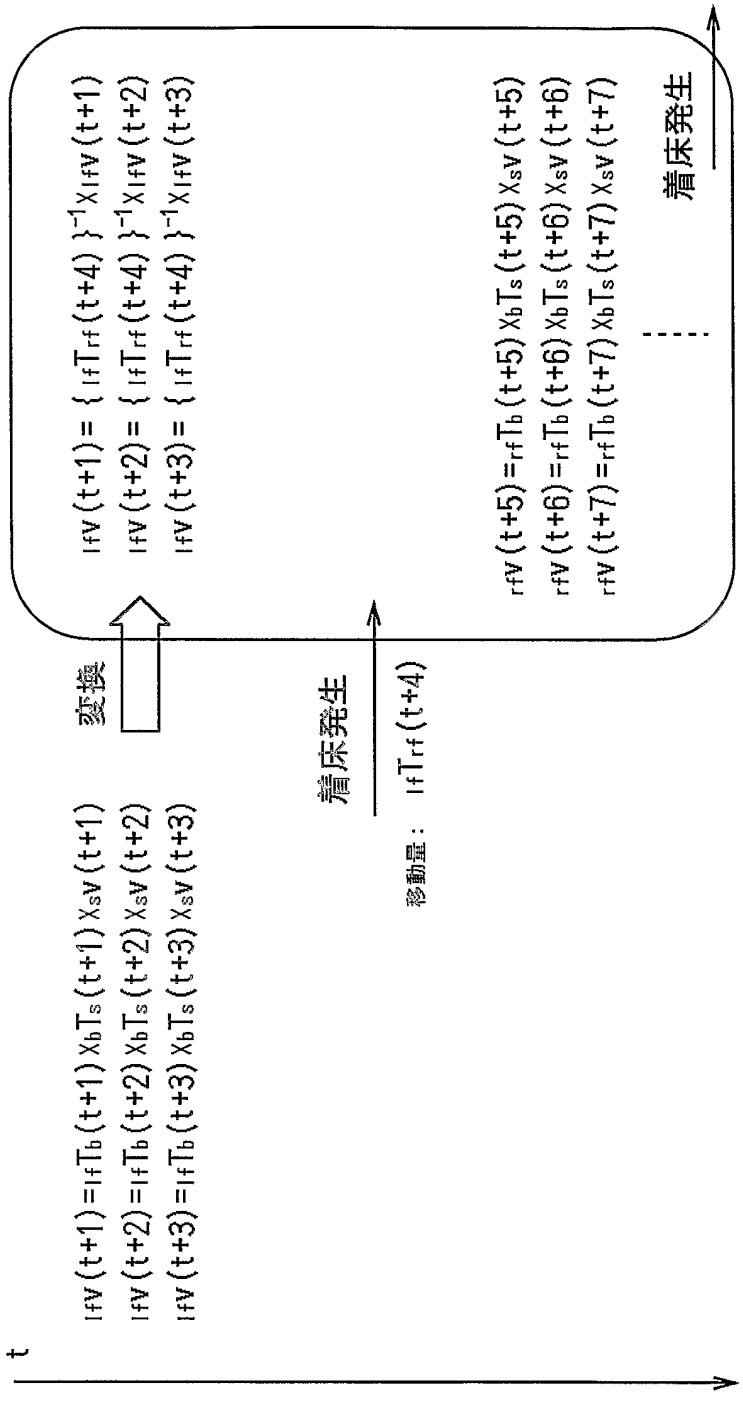
第７図


進行方向
身体基準点のオドメトリー
足跡
n=0
n=1
n=2
n=3
A1
A2
A3
A4
B1
B2
B3
B4
(B)オドメトリー算出方法
身体基準点
変換A
変換B
前回の接地足
新しい接地足
(A)各変換行列

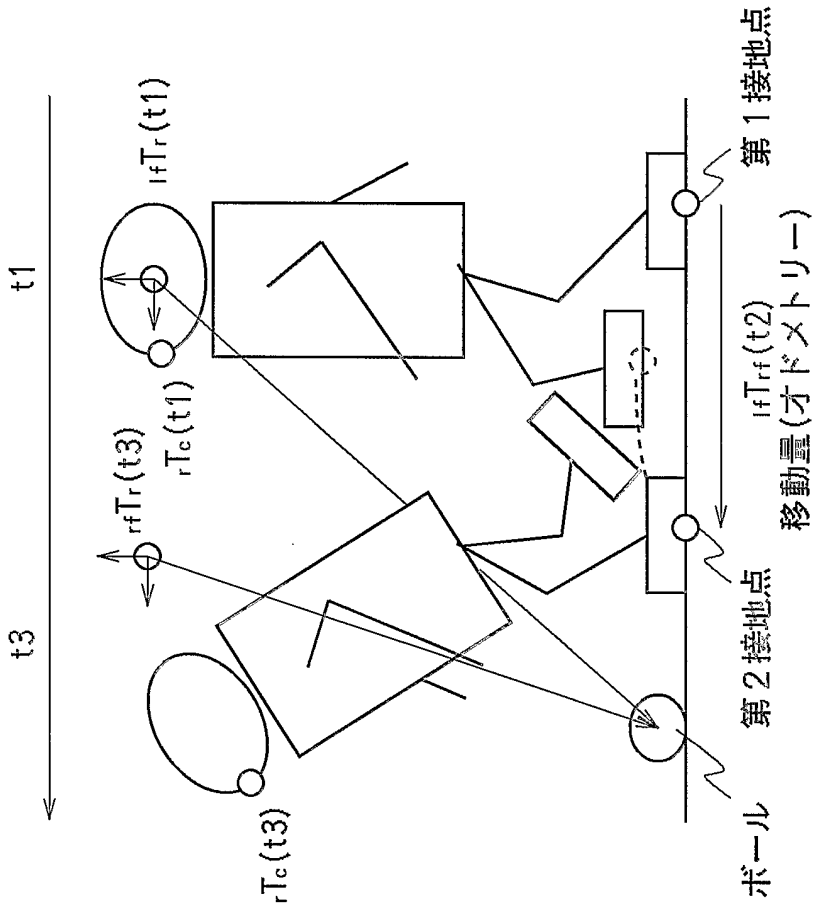
第８図



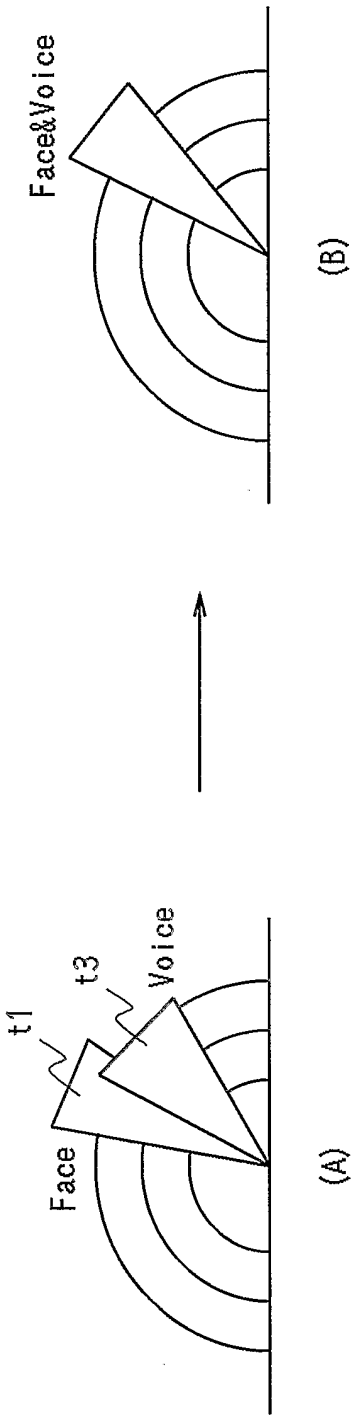
第９図



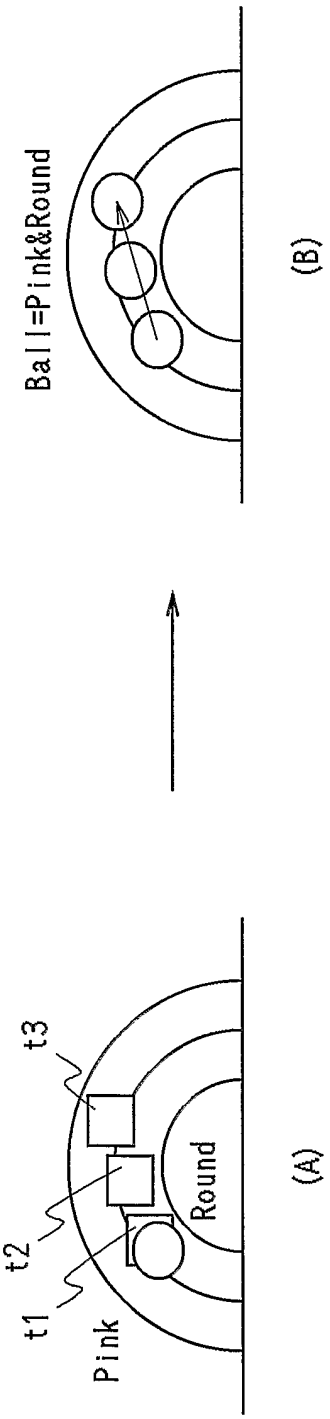
第１０図


t1
t3
lfTr(t1)
rfTr(t3)
rTc(t1)
rTc(t3)
第１接地点
lfTrf(t2)
移動量(オドメトリー)
第２接地点
ボール

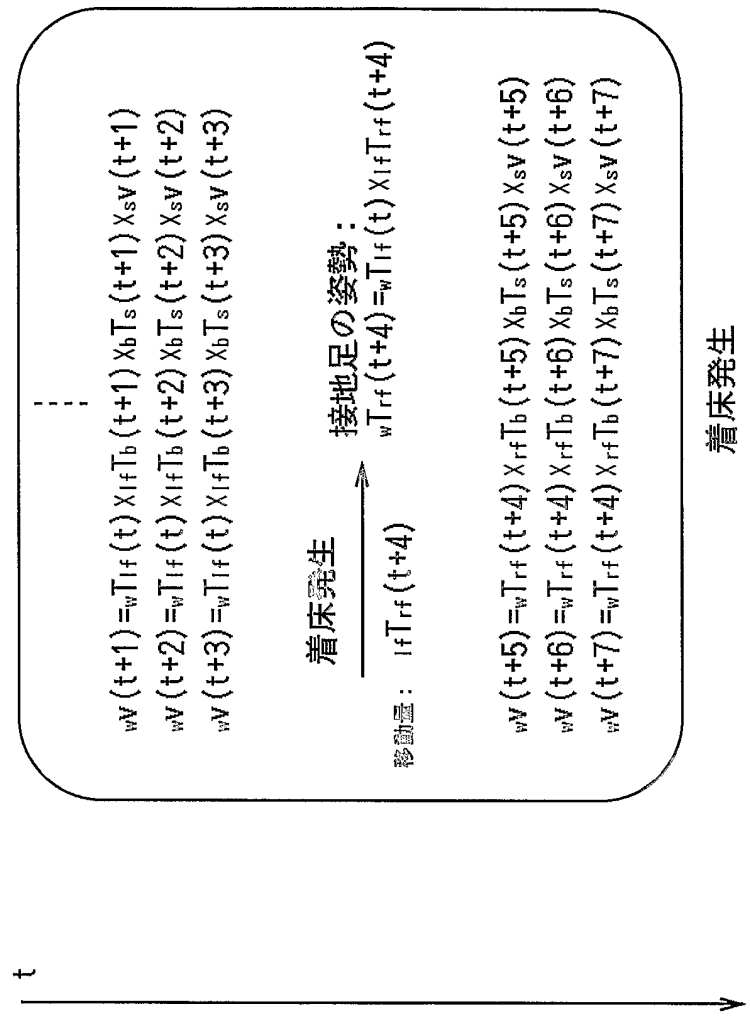
第１１図



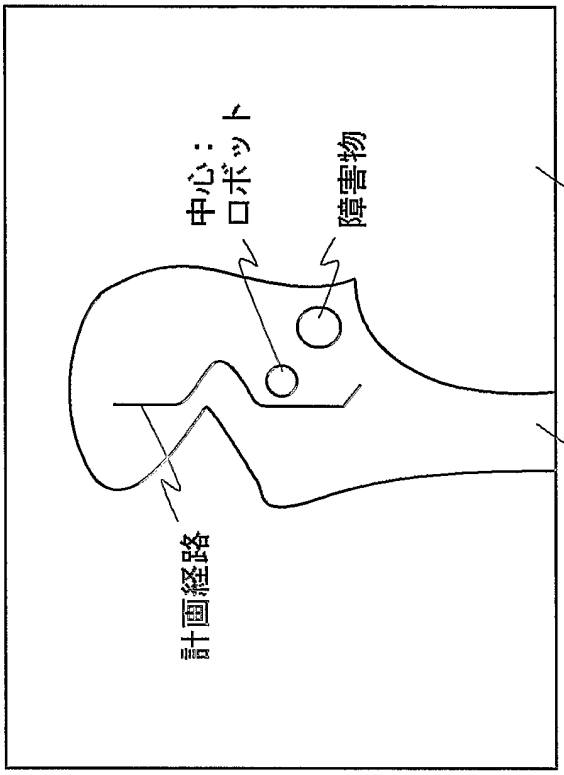
第１２図



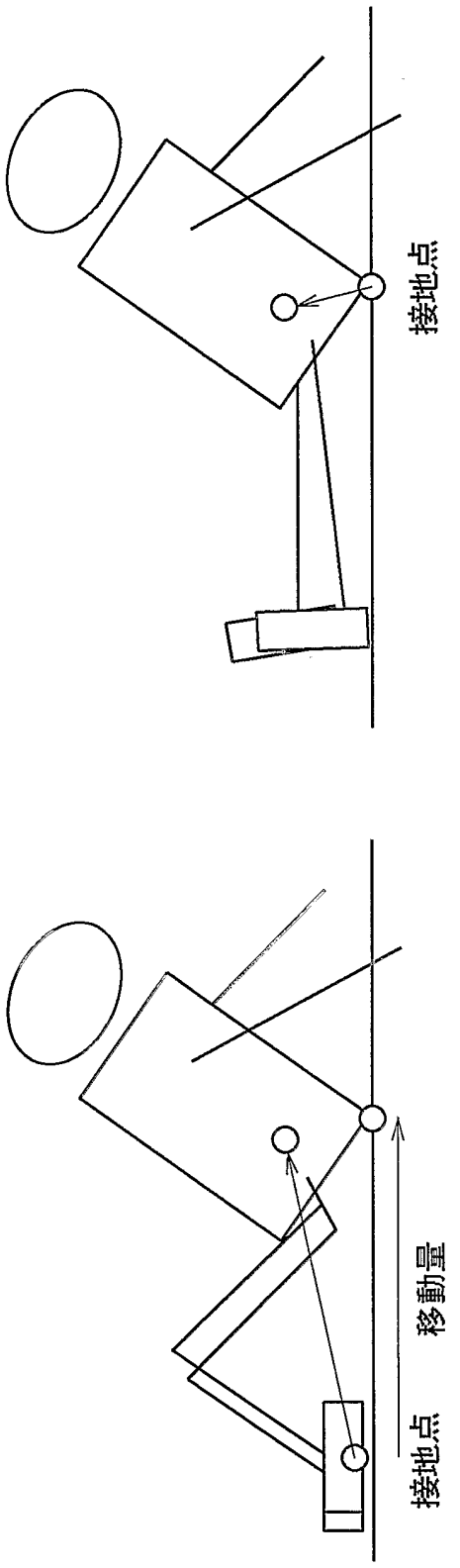
第１３図


接地足の姿勢：$_{w}T_{lf}(t)$
$_{w}V(t+1)=_{w}T_{lf}(t)X_{lf}T_{b}(t+1)X_{b}T_{s}(t+1)X_{s}V(t+1)$
$_{w}V(t+2)=_{w}T_{lf}(t)X_{lf}T_{b}(t+2)X_{b}T_{s}(t+2)X_{s}V(t+2)$
$_{w}V(t+3)=_{w}T_{lf}(t)X_{lf}T_{b}(t+3)X_{b}T_{s}(t+3)X_{s}V(t+3)$
着床発生
移動量： $_{lf}T_{rf}(t+4)$
接地足の姿勢：
$_{w}T_{rf}(t+4)=_{w}T_{lf}(t)X_{lf}T_{rf}(t+4)$
$_{w}V(t+5)=_{w}T_{rf}(t+4)X_{rf}T_{b}(t+5)X_{b}T_{s}(t+5)X_{s}V(t+5)$
$_{w}V(t+6)=_{w}T_{rf}(t+4)X_{rf}T_{b}(t+6)X_{b}T_{s}(t+6)X_{s}V(t+6)$
$_{w}V(t+7)=_{w}T_{rf}(t+4)X_{rf}T_{b}(t+7)X_{b}T_{s}(t+7)X_{s}V(t+7)$
着床発生
t

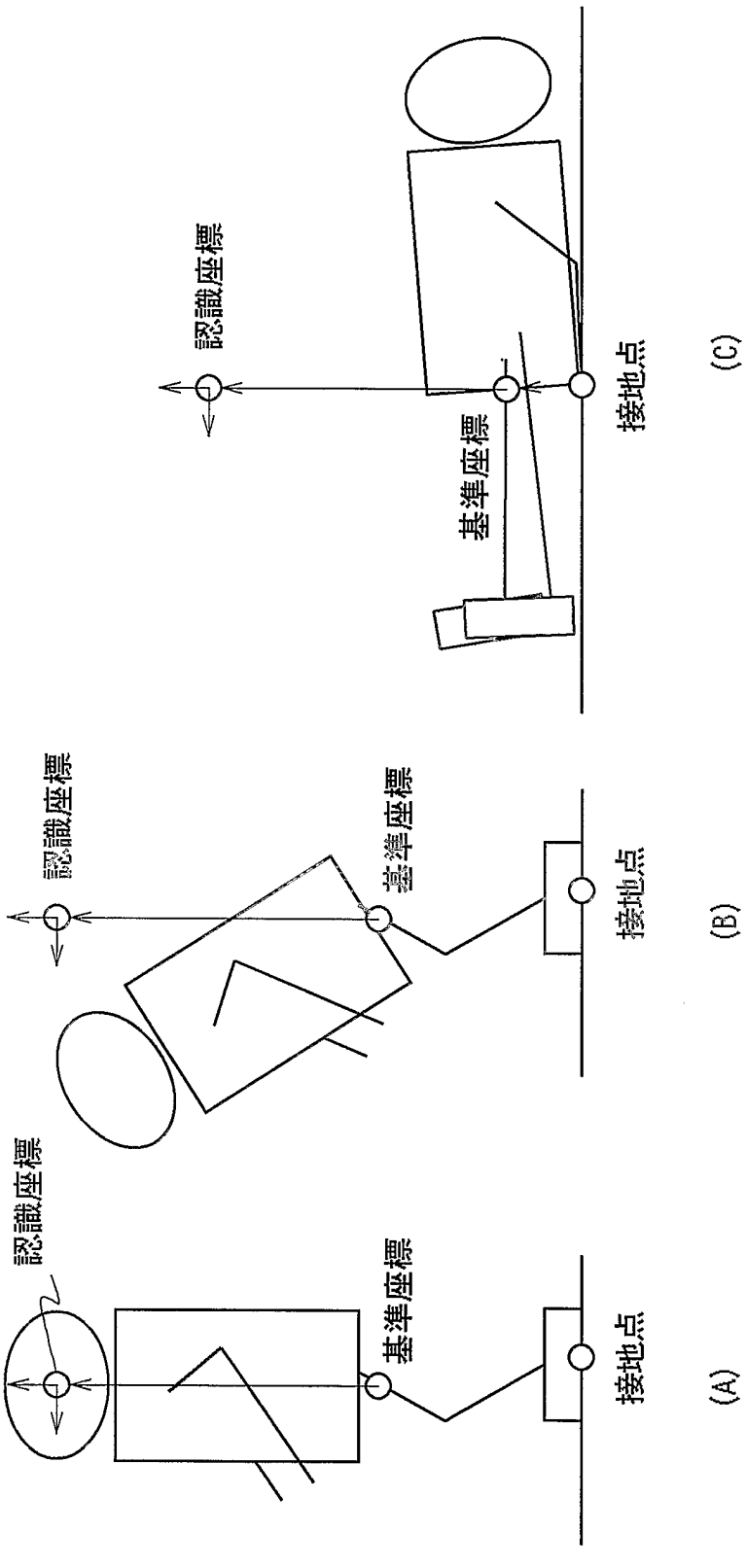
第１４図



第１５図



第１６図



第１７図

符号の説明

１……脚式移動ロボット、１０……制御部、１０Ａ～１０Ｃ……認識器、１０Ｄ……移動量キネマティクス計算部、１０Ｅ……統合記憶部、１０Ｆ……行動記述部、１１……撮像機構、１２……音声取得機構、１３……加重センサ、１４……角度センサ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/004056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] B25J13/00, 5/00

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[7] B25J1/00-21/02

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 1971-2004
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

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 2002-326173 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 12 November, 2002 (12.11.02), Full text; all drawings & WO 02/87832 A1 & EP 139821 A1	1-3,10-13,20
P,A	JP 2004-148499 A (Sony Corp.), 27 May, 2004 (27.05.04), Full text; all drawings & WO 03/78110 A1	1-3,10-13,20
P,A	JP 2003-136439 A (Sony Corp.), 14 May, 2003 (14.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-3,10-13,20

[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 application or patent 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
02 July, 2004 (02.07.04)	20 July, 2004 (20.07.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/004056

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1053835 A1 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 22 November, 2000 (22.11.00), Full text; all drawings & WO 98/33629 A1 & JP 10-277969 A & US 6243623 B1	4-9,14-19
A	US 5974366 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA), 26 October, 1999 (26.10.99), Full text; all drawings & JP 10-175180 A	4-9,14-19
P,A	JP 2004-90112 A (Japan Science and Technology Corp.), 25 March, 2004 (25.03.04), Full text; all drawings (Family: none)	4-9,14-19

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００４／００４０５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））
Ｉｎｔ　Ｃｌ⁷　Ｂ２５Ｊ１３／００，５／００

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　Ｃｌ⁷　Ｂ２５Ｊ１／００－２１／０２

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
日本国登録実用新案公報　１９９４－２００４年
日本国公開実用新案公報　１９７１－２００４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　２００２－３２６１７３　Ａ（本田技研工業株式会社）２００２．１１．１２，全文，全図&ＷＯ　０２／８７８３２　Ａ１&ＥＰ　１３９８２１　Ａ１	1-3, 10-13, 20
ＰＡ	ＪＰ　２００４－１４８４９９　Ａ（ソニー株式会社）２００４．０５．２７，全文，全図&ＷＯ　０３／７８１１０　Ａ１	1-3, 10-13, 20
ＰＡ	ＪＰ　２００３－１３６４３９　Ａ（ソニー株式会社）２００３．０５．１４，全文、全図（ファミリーなし）	1-3, 10-13, 20

☒ 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」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
「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
０２．０７．２００４	20.1.2004

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１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	八木　誠	３Ｃ	９３４８
	電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４		

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００４／００４０５６

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	ＥＰ　１０５３８３５　Ａ１(HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) ２０００．１１．２２，全文，全図&ＷＯ　９８／３３６２９　Ａ１&ＪＰ　１０－２７７９６９　Ａ&ＵＳ　６２４３６２３　Ｂ１	4-9,14-19
Ａ	ＵＳ　５９７４３６６　Ａ(HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) １９９９．１０．２６，全文，全図＆ＪＰ　１０－１７５１８０　Ａ	4-9,14-19
ＰＡ	ＪＰ　２００４－９０１１２　Ａ（科学技術振興事業団）２００４．０３．２５，全文，全図（ファミリーなし）	4-9,14-19