

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3649861号
(P3649861)

(45) 発行日 平成17年5月18日(2005.5.18)

(24) 登録日 平成17年2月25日(2005.2.25)

(51) Int.C1.⁷

F 1

B25J 13/00	B25J 13/00	Z
B25J 5/00	B25J 5/00	C
B25J 13/04	B25J 13/04	
G05D 1/00	GO5D 1/00	B

請求項の数 16 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平9-164542
 (22) 出願日 平成9年6月20日(1997.6.20)
 (65) 公開番号 特開平11-10567
 (43) 公開日 平成11年1月19日(1999.1.19)
 審査請求日 平成15年11月28日(2003.11.28)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100077805
 弁理士 佐藤 春彦
 (74) 代理人 100077665
 弁理士 千葉 剛宏
 (72) 発明者 竹中 透
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内

審査官 所村 美和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】二足歩行型ロボットの遠隔制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら2本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであつて、

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平を載せる回転自在な球体と、オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地/離反検出手段と、前記球体の回転量及び回転方向を検出する球体回転検出手段と、

前記足平接地/離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項2】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び

10

20

接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項1記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項3】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のX軸（左右方向の軸）及びY軸（前後方向の軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの位置を基準とするX軸方向及びY軸方向のそれぞれの相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項1記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

10

【請求項4】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら2本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであって、

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平を載せる回転自在な球体と、オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地／離反検出手段と、前記球体の回転量及び回転方向を検出する球体回転検出手段と、

20

前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項5】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項4記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

30

【請求項6】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のZ軸（鉛直軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のZ軸回りの姿勢を基準とするZ軸回りの相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項4記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

40

【請求項7】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら2本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであって、

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平を載せる回転自在な球体と、オペレータの各足平が前記球体に接

50

地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地 / 離反検出手段と、前記球体の回転量及び回転方向を検出する球体回転検出手段と、

前記足平接地 / 離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置及び着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

10

【請求項 8】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置、及び着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項 7 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項 9】

前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の X 軸（左右方向の軸）及び Y 軸（前後方向の軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれの位置を基準とする X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれの相対的な着床位置と、前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の Z 軸（鉛直軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の Z 軸回りの姿勢を基準とする Z 軸回りの相対的な着床位置とが含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする請求項 7 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

20

【請求項 10】

前記足平接地 / 離反検出手段は、前記オペレータの各足平に装着するシューズに備えられていることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8 又は 9 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項 11】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら 2 本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであつて、

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、

40

該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平が載せられる足平載架体と、

オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地 / 離反検出手段と、

前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置を検出する足平位置 / 姿勢検出手段と、

前記足平接地 / 離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置 / 姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに

50

与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項 1 2】

前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地 / 離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置 / 姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの両足平の相対的な位置を検出することを特徴とする請求項 1 1 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【請求項 1 3】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら 2 本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであって、

10

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、
該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平が載せられる足平載架体と、
オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地 / 離反検出手段と、

前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な姿勢を検出する足平位置 / 姿勢検出手段と、

前記足平接地 / 離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置 / 姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な姿勢に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

20

【請求項 1 4】

前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地 / 離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置 / 姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの両足平の相対的な姿勢を検出することを特徴とする請求項 1 3 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

30

【請求項 1 5】

オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら 2 本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボットの遠隔制御システムであって、

オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、
該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平が載せられる足平載架体と、
オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地 / 離反検出手段と、

前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置を検出する足平位置 / 姿勢検出手段と、

40

前記足平接地 / 離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置 / 姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置と、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置 / 姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な姿勢に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢とが含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

50

【請求項 1 6】

前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地／離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置／姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの両足平の相対的な位置及び姿勢を検出することを特徴とする請求項 1 5 記載の二足歩行型ロボットの遠隔制御システム。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、二足歩行型ロボットの遠隔制御システムに関する。 10

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

ロボットの遠隔制御システムにあっては、ロボットの動作をジョイスティック等の操作子の操作によりロボットに指令するものが従来より知られている。

【0 0 0 3】

この種のシステムでは、例えば二足歩行型ロボットを前進側に歩行させる際には、オペレータがジョイスティック等の操作子をロボットの前進側に対応する向きに操作し、このとき、例えば該操作子の操作量によって、ロボットの歩幅や歩行速度等を指令する。

【0 0 0 4】

しかしながら、このようなシステムでは、二足歩行型ロボットの歩行時の各脚体の動作（両脚の着床、離床を交互に繰り返す動作）と、その動作に対応した操作子の操作とは全く異なる形態をとるため、オペレータにとって、ロボットの脚体の実際の動きが感覚的に判りづらい。例えば、操作子の操作量によって、二足歩行型ロボットの歩幅を指令する場合、ロボットの歩幅が、オペレータが想定した歩幅よりも大きかったり、小さかったりしても、それを操作子の操作量から感覚的にオペレータが知ることは難しい。 20

【0 0 0 5】

このため、上記のようなシステムでは、オペレータが意図したロボットの脚体の動作形態と、操作子の操作形態との間にずれを生じやすく、オペレータが意図したロボットの動作を確実にロボットに行わしめるためには、操作子の操作に熟練を要するものとなっていた。

【0 0 0 6】

また、ロボットの遠隔制御システムでは、オペレータがその全身にマスター装置を装着して、例えば、ロボットを歩行させようとする場合に、オペレータ自身が実際に歩行し、その歩行動作をマスター装置からロボットに指令するようにしたものが知られている。 30

【0 0 0 7】

しかしながら、このようなシステムでは、ロボットの移動環境と同じような広さの設備をマスター装置側に設けておかなければならず、その結果、設備上の制約等を受けて、ロボットを広範囲にわたって移動させることができることが困難なものとなっていた。

【0 0 0 8】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明はかかる背景に鑑み、二足歩行型ロボットの歩行等の脚体の動作を行わしめるに際して、オペレータが自身の操作動作によりロボットの脚体の動作を感覚的に認識しつつ、確実にロボットの脚体の所望の動作を行わしめることができると共に、ロボットを広範囲にわたって移動させることができる二足歩行型ロボットの遠隔制御システムを提供することを目的とする。 40

【0 0 0 9】**【課題を解決するための手段】**

前記課題を解決するための本発明の第 1、第 2 及び第 3 様のそれぞれの二足歩行型ロボットの遠隔制御システムは、オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くように自律的に姿勢を安定化しながら 2 本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボ

ットの遠隔制御システムであって、オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平を載せる回転自在な球体と、オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地／離反検出手段と、前記球体の回転量及び回転方向を検出する球体回転検出手段とを備えていることを特徴とする。本発明の第1態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段とを備えていることを特徴とする。本発明の第2態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段を備えていることを特徴とする。本発明の第3態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置及び着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段を備えていることを特徴とする。

【0010】

本発明の第1、第2及び第3態様のそれぞれの遠隔制御システムによれば、前記二足歩行型ロボットを移動させる場合には、前記上体支持機構のシートに着座したオペレータ自身が、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作で移動するかのようにして、該オペレータの一方の足平を一旦持ち上げて前記球体から離反させた後、その持ち上げた足平を降ろして前記球体上に再び接地させる。さらに、本発明の第1態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を球体上に降ろした際のオペレータの両足平の位置関係を、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの持ち上げ側の脚体（遊脚側の脚体）の着床時の両脚体の足平部の位置関係に対応させるようにして、前記球体に接地させている足平を移動させて該球体を回転させる。また、本発明の第2態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を球体上に降ろした際のオペレータの両足平の姿勢関係を、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の姿勢関係に対応させるようにして、前記球体に接地させている足平を移動させて該球体を回転させる。さらに、本発明の第3態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を球体上に降ろした際のオペレータの両足平の位置関係及び姿勢関係のそれぞれを、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の位置関係及び姿勢関係のそれぞれに対応させるようにして、前記球体に接地させている足平を移動させて該球体を回転させる。例えば前記ロボットに所望の歩幅で前進歩行を行わせる場合には、オペレータがその両足平を前記球体に対して交互に上げ下げし、この際、球体上に接地させている足平を持ち上げ側の足平（球体から離反させている側の足平）に対して後方に移動させるように球体を回転させると共に、この時の球体の回転量をロボットに行わせようとする歩行形態での歩幅に合わせる（歩幅が大きい程、球体の回転量を多くする）。また、例えば、ロボットの前進側への歩行に際してロボットの遊脚側の脚体

10

20

30

40

50

の足平部を着床側の脚体の足平部に対して斜めに着床させてロボットの移動方向を変更させるような場合には、オペレータは、その持ち上げ側の足平を球体上に接地させる際に、その足平に対して、球体上に接地させている他方の足平が斜めに向くようにして該球体を斜め方向に回転させる。

【0011】

このような操作をオペレータが行っているとき、本発明の第1態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段は、前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。また、本発明の第2態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段は、前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。さらに本発明の第3態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段は、前記足平接地／離反検出手段により前記球体から離反されたことが検出されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置及び着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。このとき、前記球体の回転量や回転方向は、前述の如くオペレータが意図したロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の位置及び姿勢関係のうち一方又は両方に応するものであるので、該球体の回転量及び回転方向のうち一方又は両方に応じた脚体の着床位置及び姿勢のうち一方又は両方が含まれる指令をロボットに与えることで、ロボットの脚体は、オペレータの球体上での足運びの形態と同じような形態で動作することとなる。

【0012】

従って、本発明の第1、第2及び第3態様のそれぞれの遠隔制御システムによれば、オペレータの足平の動作形態に合わせて、ロボットの脚体が動作することとなり、オペレータは、自身の足平の動きをロボットの脚体の動作として認識することができる。また、オペレータは、その上体を前記上体支持機構に支持した場所で、足平を動かすことで、ロボットを移動させることができるために、広範な操縦設備を必要とすることなく、ロボットを広い範囲で移動させることができる。よって、本発明の第1、第2及び第3態様のそれぞれの遠隔制御システムによれば、二足歩行型ロボットの歩行等の脚体の動作させるとき、オペレータが自身の操作動作によりロボットの脚体の動作を感じ的に認識しつつ、確実にロボットの脚体の所望の動作させることができるとともに、ロボットを広範囲にわたって移動させることができる。

【0013】

また、本発明の第1態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的

10

20

30

40

50

な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。さらに、本発明の第1態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のX軸（左右方向の軸）及びY軸（前後方向の軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの位置を基準とするX軸方向及びY軸方向のそれぞれの相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。また、本発明の第2態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。さらに、本発明の第2態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のZ軸（鉛直軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のZ軸回りの姿勢を基準とするZ軸回りの相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。また、本発明の第3態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの両方の足平が接地している間に前記球体回転検出手段により検出された前記球体の回転量及び回転方向と、オペレータの両方の足平が接地している状態からオペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体の回転量及び回転方向とに応じた前記遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置、及び着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。さらに、本発明の第3態様の遠隔制御システムは、前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のX軸（左右方向の軸）及びY軸（前後方向の軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの位置を基準とするX軸方向及びY軸方向のそれぞれの相対的な着床位置と、前記脚体動作指令手段が、オペレータの一方の足平が前記球体から離反されてから該球体上に再び接地されるまでの間に前記球体回転検出手段により検出された、オペレータの他方の足平による前記球体のZ軸（鉛直軸）回りのそれぞれの回転量及び回転方向に応じた該遊脚側の脚体の足平部の、着床側の脚体の足平部のZ軸回りの姿勢を基準とするZ軸回りの相対的な着床位置とが含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与えることを特徴とする。

【0014】

なお、かかる本発明の第1、第2及び第3態様のそれぞれの遠隔制御システムでは、前記足平接地／離反検出手段は、例えば前記オペレータの各足平に装着するシューズに備えることで、オペレータの足平の球体に対する接地や離反を接点スイッチ等を用いて簡単に検出することができる。また、前記球体の回転量や回転方向は、例えばパソコンの画面上のカーソルを動かすためのトラックボールと同様の手法によって検出することが可能である。

【0015】

前記課題を解決するための本発明の第4、第5及び第6のそれぞれの二足歩行型ロボットの遠隔制御システムは、オペレータの足平の動作に応じた指令に応じて足平部が動くよう自律的に姿勢を安定化しながら2本の脚体を動作させて歩行可能な二足歩行型ロボット

10

20

30

40

50

の遠隔制御システムであって、オペレータが着座するシートを備えた上体支持機構と、該上体支持機構のシートに着座したオペレータの両足平が載せられる足平載架体と、オペレータの各足平が前記球体に接地しているか該球体から離反しているかを検出する足平接地／離反検出手段と、前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置を検出する足平位置／姿勢検出手段とを備えていることを特徴とする。本発明の第4態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段を備えていることを特徴とする。本発明の第5態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な姿勢に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段を備えていることを特徴とする。本発明の第6態様の遠隔制御システムは、さらに前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置と、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な姿勢に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢とが含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える脚体動作指令手段を備えていることを特徴とする。

【0016】

かかる本発明の第4、第5及び第6態様の遠隔制御システムによれば、前記二足歩行型ロボットを移動させる場合には、前記第1、第2及び第3態様の遠隔制御システムと同様に、前記上体支持機構のシートに着座したオペレータ自身が、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作で移動するかのようにして、該オペレータの一方の足平を一旦持ち上げて前記足平載架体から離反させた後、その持ち上げた足平を降ろして前記足平載架体上に再び接地させる。さらに、本発明の第4態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を足平載架体上に降ろした際のオペレータの両足平の位置関係を、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの持ち上げ側の脚体（遊脚側の脚体）の着床時の両脚体の足平部の位置関係に対応させるようにして、前記足平載架体に接地させている足平や、持ち上げた足平を移動させる。また、本発明の第5態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を足平載架体上に降ろした際のオペレータの両足平の姿勢関係を、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の姿勢関係に対応させるようにして、前記足平載架体に接地させている足平や、持ち上げた足平を移動させる。さらに、本発明の第6態様の遠隔制御システムによれば、その持ち上げた足平を足平載架体上に降ろした際のオペレータの両足平の位置関係及び姿勢関係のそれぞれを、該ロボットに行わせようとする該ロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の位置関係及び姿勢関係のそれぞれに対応させるようにして、前記足平載架体に接地させている足平や、持ち上げた足平を移動させる。

【0017】

このような操作をオペレータが行っているとき、本発明の第4態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段が、前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体

10

20

30

40

50

として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。本発明の第5態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段が、前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。本発明の第6態様の遠隔制御システムによれば、前記脚体動作指令手段が、前記足平接地／離反検出手段により前記足平載架体から離反されたオペレータの足平に対応する前記二足歩行型ロボットの脚体を遊脚側の脚体として、該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の位置を基準とする相対的な着床位置、及び該足平が該足平載架体上に接地されたときに前記足平位置／姿勢検出手段により検出された前記足平載架体上のオペレータの両足平の相対的な位置に応じた該遊脚側の脚体の足平部の着床側の脚体の足平部の姿勢を基準とする相対的な着床姿勢が含まれる前記指令を前記二足歩行型ロボットに与える。このとき、オペレータの両足平の相対的な位置や姿勢は前述の如くオペレータが意図したロボットの脚体の動作形態での該ロボットの遊脚側の脚体の着床時の両脚体の足平部の位置や姿勢関係に対応するものであるので、オペレータの両足平の相対的な位置及び姿勢のうち一方又は両方に応じた該脚体の着床位置及び姿勢のうち一方又は両方をロボットに指令することで、ロボットの脚体は、オペレータの足平載架体上での足運びの形態と同じような形態で動作することとなる。

【0018】

従って、本発明の第4、第5及び第6態様の遠隔制御システムのそれぞれによっても、オペレータの足平の動作形態に合わせて、ロボットの脚体が動作することとなり、オペレータは、自身の足平の動きをロボットの脚体の動作として認識することができ、また、オペレータは、その上体を前記上体支持機構のシートに着座した場所で、足平を動かすことで、ロボットを移動させることができるために、広範な操縦設備を必要とすることなく、ロボットを広い範囲で移動させることができる。

【0019】

よって、本発明の第4、第5及び第6態様の遠隔制御システムのそれぞれによれば、二足歩行型ロボットの歩行等の脚体の動作させるに際して、オペレータが自身の操作動作によりロボットの脚体の動作を感覚的に認識しつつ、確実にロボットの脚体の所望の動作を行わしめることができるとともに、ロボットを広範囲にわたって移動させることができる。

【0020】

本発明の第4態様の遠隔制御システムでは、前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地／離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置／姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの両足平の相対的な位置を検出する。本発明の第5態様の遠隔制御システムでは、前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地／離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置／姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの両足平の相対的な姿勢を検出する。本発明の第6態様の遠隔制御システムでは、前記足平載架体の上面部に設けられた分布型接触センサを備え、前記足平接地／離反検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかを検出し、前記足平位置／姿勢検出手段は、該分布型接触センサの出力に基づき、オペ

10

20

30

40

50

レータの両足平の相対的な位置及び姿勢を検出する。

【0021】

すなわち、前記分布型接触センサは、接触の有無あるいは接触圧を検出するセンサ素子を例えればマトリクス状に配置したものであり、このような分布型接触センサを足平載架体の状面部に設けておくことで、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの足平が足平載架体上のどの位置にどのような向きで接触しているかが判る。これにより、該分布型接触センサの出力に基づき、オペレータの各足平が前記足平載架体に接地しているか該足平載架体から離反しているかの検出と、オペレータの両足平の相対的な位置及び姿勢のうち一方又は両方の検出との両者の検出を容易に行うことができる。

【0022】

10

【発明の実施の形態】

本発明の二足歩行型ロボットの遠隔制御システムの第1の実施形態を図1乃至図7を参照して説明する。

【0023】

まず、図1及び図2はそれぞれ本実施形態のシステムにおける二足歩行型ロボットと、このロボットの操縦装置とを示している。

【0024】

図1を参照して、本実施形態の二足歩行型ロボットRは、頭部1を上端部に支持する胴体2下部から一対の脚体3（図では便宜上、一本の脚体3のみを示す）が下方に延設され、また、胴体2上部の左右両側部から一対の腕体4（図では便宜上、一本の腕体4のみを示す）が延設されている。

20

【0025】

各脚体3は、その胴体2との連結箇所（股関節部分）と膝関節部分と足首関節部分とにそれぞれ股関節アクチュエータ5a、膝関節アクチュエータ5b及び足首関節アクチュエータ5cを備え、さらに、足首関節アクチュエータ5cの下側には、6軸力センサ6を介して脚体3の接地部分である足平部7が取着されている。この場合、本実施形態では、股関節アクチュエータ5aはロボットRの前後、左右及び上下方向の3軸回りの回転動作、膝関節アクチュエータ5bは、左右方向の1軸回りの回転動作、足首関節アクチュエータ5cは前後及び左右方向の2軸回りの回転動作を行うものであり、これらの各アクチュエータ5a～5cを駆動することで、人間の脚とほぼ同様の脚体3の動作を行うことができるようになっている。尚、前記6軸力センサ6は、足平部7への作用力（ロボットRの前後、左右及び上下の3軸方向の力成分及びモーメント成分）を検出するものである。

30

【0026】

同様に、各腕体4は、胴体2との連結箇所（肘関節部分）と手首関節部分とにそれぞれ肩関節アクチュエータ8a、肘関節アクチュエータ8b及び手首関節アクチュエータ8cを備え、該手首関節アクチュエータ8cに6軸力センサ9を介してハンド10が取着されている。この場合、肩関節アクチュエータ8aは、ロボットRの前後、左右及び上下方向の3軸回りの回転動作、肘関節アクチュエータ8bは、ロボットRの左右方向の1軸回りの回転動作、手首関節アクチュエータ8cは前後、左右及び上下方向の3軸回りの回転動作を行うものである。

40

【0027】

また、胴体2には、前述の各アクチュエータ5a～5c及び8a～8cを駆動・制御する制御ユニット11や、ロボットRの上体姿勢を示す胴体2の傾斜状態を図示しない加速度センサやレートジャイロを用いて検出する傾斜検出器12が備えられている。さらに、各脚体3の各アクチュエータ5a～5cの箇所にはそれらの変位（各軸回りの回転角）を検出するアクチュエータ変位検出器13a～13cが備えられ、同様に、各腕体4の各アクチュエータ8a～8cの箇所にもアクチュエータ変位検出器（図示を省略する）が備えられている。以下、各脚体3の各アクチュエータ5a～5cを脚用アクチュエータ5と総称し、また、これらに対応する各アクチュエータ変位検出器13a～13cをアクチュエータ変位検出器13と総称する。

50

【0028】

図2を参照して、ロボット操縦装置Sは、同図に仮想線で示すオペレータOPの上体を支持する上体支持機構として、オペレータOPが着座するシート14を備え、また、シート14に着座したオペレータOPがロボットRの脚体2を操縦するために該オペレータOPの両足平を載せる球体15を備えている。尚、ロボット操縦装置Sは、さらにロボットRの各腕体4を操縦するための装置も備えているのであるが、これについては、ここでは図示及び説明を省略する。

【0029】

シート14の座部14aの前側下方には、球体15を支持するために座部14aにプラケット16を介して固設された球体支持用固定基台17が配置され、この固定基台17上に球体15を保持する球体保持用回転基台18が図2のZ軸（上下方向の軸）回りに回転自在に設けられている。この回転基台18は、図3に示すようにその下面部の中心部から固定基台17の内部に向かって下方に突設された軸18aがベアリング17aを介して固定基台17に回転自在に支承され、これにより、固定基台17上で、Z軸回りに回転自在とされている。そして、球体15は、その下半部が回転基台18内に収容されて、該回転基台18と一体的にZ軸回りに左右方向に回転自在で、且つ図2及び図3のX軸（前後方向の軸）及びY軸（左右方向の軸）回りに回転自在なように回転基台17に保持されている。

【0030】

図3に示すように回転基台18の内部には、球体15の側面部（Y軸方向の面部）に外周面を圧接させて回転自在に設けられた回転ローラ19と、この回転ローラ19の回転量により球体15のX軸回りの回転量（回転角）を検出するロータリエンコーダ20と、球体15の後面部（X軸方向の面部）に外周面を圧接させて回転自在に設けられた回転ローラ21と、この回転ローラ21の回転量により球体15のY軸回りの回転量（回転角）を検出するロータリエンコーダ22とが備えられている。さらに、前記固定基台17の内部には、球体15のZ軸回りの回転量（回転角）を検出すべく、該球体15と一体的にZ軸回りに回転する回転基台18の軸18aの下端部に取り付けられたロータリエンコーダ23が備えられている。これらのロータリエンコーダ20, 22, 23は、本発明における球体回転検出手段24を構成するものである。

【0031】

また、本実施形態のシステムにおけるロボット操縦装置Sでは、シート14に着座したオペレータOPがその各足平に装着する一対のシューズ25（図では説明の便宜上、一つのシューズのみを示す）を備えており、オペレータOPはロボットRの操縦に際して該シューズ25を履いた上で、自身の足平を球体15の上面部（回転基台18から露出した部分）に載せるようになっている。この場合、各シューズ25の足底には、接点スイッチ等により構成された接地センサ26（足平接地／離反検出手段）が備えられており、該接地センサ26は、オペレータOPの足平の装着したシューズ25が球体15上に接地されているか球体15から離反されているかに応じてON/OFF信号を出力する。

【0032】

尚、シート14は、その座部14aが、前後方向の軸心27回りにアクチュエータ28により左右に傾動し（座部14aの左右の両側部が上下する）、さらに、左右方向の軸心29回りにアクチュエータ30により座部14aの前端部が上下する方向に傾動するよう基台31上に支持されている。そして、シート14の背もたれ部14bは、左右方向の軸心32回りにアクチュエータ33により前後に傾動するよう座部14aの後端部から起立され、この背もたれ部14bにオペレータOPの上体が図示しないバンド等により固定されるようになっている。このようなシート14の構造は、ロボットRの上体（胴体2）の傾斜姿勢を、オペレータOPが自身の上体の傾斜姿勢によりロボットRに指示したり、ロボットRの上体の姿勢の不安定さに応じて座部14aを傾動させたりするためのものであり、これについては、本願出願人が先に特願平8-343922号にて詳細に説明しているので、ここでは詳細な説明を省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

一方、本実施形態のシステムでは、前述のロボットRの動作制御を行うために、図4のブロック図に示す制御システムを備えている。

【 0 0 3 4 】

この制御システムは、その構成を大別すると、ロボット操縦装置S側に設けた制御ユニット34と、ロボットRに設けた前記制御ユニット11と、これらの制御ユニット34, 11間での通信を行うための通信装置35とから構成されている。以下、制御ユニット34をマスター側制御ユニット34と称し、制御ユニット11をロボット側制御ユニット11と称する。尚、通信装置35の通信方式は有線及び無線のいずれの方式を使用してもよい。

10

【 0 0 3 5 】

マスター側制御ユニット34は、ロボットRの脚体3の動作指令をロボット側制御ユニット11に与えるためにマスター演算処理装置36を備え、このマスター演算処理装置36に前記各シユーズ25の接地センサ26の検知信号（シユーズ25の球体15への接地や球体15からの離反を示すON/OFF信号）と、前記ロータリエンコーダ20, 22, 23による球体15の回転角の検出値とが与えられる。

【 0 0 3 6 】

そして、このマスター演算処理装置36は、脚体動作指令手段を構成するものであり、各シユーズ25の接地センサ26の検知信号に基づき、ロボットRの各脚体3の離床・着床を行わせるタイミングを規定する指令データ（以下、離床/着床指令という）を生成すると共に、ロータリエンコーダ20, 22, 23による球体15の回転角の検出値に基づき、ロボットRの遊脚側（離床側）の脚体3の足平部7の着床に際しての位置/姿勢を規定する指令データ（以下、着床足平位置/姿勢指令という）を生成し（詳細は後述する）、それらの指令データをロボットRの脚体動作指令として通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に与える。

20

【 0 0 3 7 】

尚、マスター側制御ユニット34には、前記マスター演算処理装置36の他、シート14の動作に関する制御装置等（図示しない）も備えており、シート14の背もたれ部14bの傾斜姿勢に応じてロボットRの上体を傾斜させるための上体姿勢指令（ロボットRの上体の傾斜角を規定する指令データ）をロボット側制御ユニット11に与えたりするのであるが、これについては前記特願平8-343922号にて本願出願人が詳細に説明しているので、ここでは詳細な説明を省略する。

30

【 0 0 3 8 】

前記ロボット側制御ユニット11は、ロボットRの脚用アクチュエータ5の動作制御を行うために、ロボット脚主制御部37と脚用アクチュエータ変位制御部38とを備えている。

【 0 0 3 9 】

ロボット脚主制御部37は、詳細は後述するが、マスター側制御ユニット34から与えられる前記脚体動作指令（離床/着床指令及び着床足平位置/姿勢指令）や、シート14の背もたれ部14bの傾斜に応じた上体姿勢指令、前記傾斜検出器12によるロボットRの上体（胴体2）の姿勢（傾斜）の検出値、前記6軸力センサ6により検出されるロボットRの足平部7への床からの作用力の検出値に基づいて、ロボットRの各脚用アクチュエータ5の目標変位を決定し、それを脚用アクチュエータ変位制御部38に指令する。

40

【 0 0 4 0 】

脚用アクチュエータ変位制御部38は、ロボット脚主制御部37から指令された各脚用アクチュエータ5の目標変位と前記アクチュエータ変位検出器13により検出される各脚用アクチュエータ5の変位の検出値とに基づき、各脚用アクチュエータ5の変位を目標変位にフィードバック制御する。

【 0 0 4 1 】

次に、本実施形態のシステムの作動を説明する。

50

【0042】

本実施形態のシステムでは、ロボットRを操縦するためにシート14に着座したオペレータOPがその各足平をこれに装着したシューズ25を介して球体15上に接地させる際には、例えば図5(a)に示すように球体15の上面部の中央付近(球体15の頂上付近)の所定の定位置に各シューズ25を前後方向に向けて載せる。この場合、右足平側のシューズ25を載せる定位置(以下、右足平接地基準位置という)は、球体15の上面部中央の右側の箇所で、左足平側のシューズ25を載せる定位置(以下、左足平接地基準位置という)は、球体15の上面部中央の左側の箇所である。

【0043】

そして、オペレータOPは、ロボットRをその脚体3の動作によって移動させようとする場合には、該オペレータOP自身が通常的に移動する場合と同様にして、一方の脚側(遊脚側)の足平を持ち上げてその足平のシューズ25を球体15から一旦離反させ、さらに、その足平を球体15上に向かって降ろして該足平のシューズ25を球体15上の接地基準位置に前後方向に向けて接地させる(遊脚側の足平の離床・着床動作を行う)。また、オペレータOPの他方の脚側(支持脚側)の足平については、遊脚側の足平のシューズ25を球体15の接地基準位置に接地させる際ににおける遊脚側の足平と支持脚側の足平との相対的な位置関係や姿勢関係(向き関係)が、ロボットRに行わせようとする移動形態でオペレータOP自身が実際に移動する場合における遊脚側の足平の着床時の両足平の相対的な位置関係や姿勢関係と同じような関係になるように、球体15にシューズ25を介して接地させている足平を、その接地状態を維持したまま動かして、その動きにより該球体15を回転させる。

【0044】

具体的には、例えばロボットRを前進側に歩行させるに際してロボットRの左側の脚体3を前進側に一步、踏み出させようとする場合には、オペレータOPは、その左足平を球体15上から持ち上げて、該左足平を球体15上の左足平接地基準位置に前後方向に向けて降ろし、この際、該左足平を球体15から離反させている間に、右足平のシューズ25を球体15に接地させたまま、該右足平を例えば図5(b)に示すような位置に手前側(シート14の近づく側)に動かして、球体15を回転させる。すなわち、オペレータOP自身が実際に前進歩行する場合に、その支持脚側の足平が遊脚側の足平に対して後方に移動するのと同じようにして、球体15上にシューズ25を介して接地させている足平を動かして球体15を回転させる。この場合、球体15上に接地させている足平の前記接地基準位置からの移動量は、ロボットRに行わせようとする移動形態(歩行形態)での歩幅に対応させ、その歩幅が大きい程、球体15上に接地させている足平の移動量を大きくする(球体15の回転量を大きくする)。

【0045】

また、例えばロボットRを前進側に歩行させるに際して、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7を支持脚側の脚体3の足平部7に対して斜め向きに着床させ、ロボットRの移動方向を変更させるような場合には、オペレータOPは、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の着床時の両足平部7の相対的な姿勢関係(向き関係)と合わせるようにして、球体15上にシューズ25を介して接地させているオペレータOPの足平を動かして球体15を回転させる。例えばロボットRの左側の脚体3を遊脚側として該脚体3の足平部7を右側の脚体3(支持脚側の脚体3)の足平部7の向きに対して左斜め向きに着床させようとする場合には、その着床時における右側の脚体3の足平部7の向きは、左側の脚体3の足平部7の向きに対して右斜め向きとなるので、オペレータOPは、図5(b)に示すように該オペレータOPの左足平のシューズ25を球体15上の左足平接地基準位置に前後方向に向けて接地させる際に、右足平のシューズ25が右斜めに向くように球体15を該足平の動きにより回転させる(この回転は球体15のZ軸回りの回転によりなされる)。

【0046】

尚、前述のようなオペレータOPの足平の動かし方は、ロボットRを後進側に移動させるような場合についても同様である。また、ロボットRに足踏みをさせるような場合には、

10

20

30

40

50

オペレータOPはその両足平を前記球体15の接地基準位置に対して交互に上下させればよい。

【0047】

このようにして、オペレータOPがロボットRに行わせようとする形態で該オペレータOPの各足平を動かしつつ球体15を回転させている際に、オペレータOPの各足平の球体15上への接地及び該球体15からの離反が、各足平のシユーズ25の前記接地センサ26によって各足平毎に検知され、それが前記マスター側制御ユニット34のマスター演算処理装置36に与えられる。

【0048】

このとき、マスター演算処理装置36は、球体15からの離反が接地センサ26により検知されたオペレータOPの足平に対応する側のロボットRの脚体3を離床させるべき脚体3として決定して、該オペレータOPの足平の球体15からの離反の検知及びその後の球体15上への接地の検知に応じて該足平に対応するロボットRの脚体3の前記離床／着床指令を生成し、それを前記通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信する。

10

【0049】

また、このとき、マスター演算処理装置36は、図6のフローチャートに示す演算処理を所定の制御サイクルで行う。

【0050】

すなわち、マスター演算処理装置36は、まず、オペレータOPの足平の動作モードを判別する(STEP6-1)。ここで、動作モードは接地モードと空中モードと降下モードとがあり、接地モードは、オペレータOPがその両足平をシユーズ25を介して球体15上に継続的に接地させている状態を示すモード、空中モードは、オペレータOPがその一方の足平を持ち上げて該足平のシユーズ25を球体15から離反させた状態を示すモード、降下モードは、オペレータOPが、持ち上げた足平のシユーズ25を球体15上に接地させた際の状態を示すモードである。この場合、ロボットRの操縦の開始時には、オペレータOPはその両足平のシユーズ25を前記図5(a)に示したように球体15上に接地させておくので、該動作モードの初期モードは接地モードである。

20

【0051】

そして、上記の判別で動作モードが接地モードである場合には、マスター演算処理装置36は、前記着床足平位置／姿勢指令を現状のままに保持し(STEP6-2)、前記各ロータリエンコーダ20, 22, 23により検出される前記X, Y, Zの各軸回りの球体15の回転角(回転量)を積算する(STEP6-3)。

30

【0052】

ここで、オペレータOPの両足平が球体15上に接地されている接地モードで球体15の回転角を積算するのは次のような理由による。すなわち、本実施形態では、オペレータOPがその各足平を球体15上に接地させる際には、図5(a)に示した接地基準位置で前後方向に向けて各足平を球体15上に接地させることを基本とし、その接地基準位置からの接地側の足平(ロボットRの支持脚側の脚体3に対応する足平)の移動量及び移動方向に応じて、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の支持脚側の足平部7に対する着床位置や姿勢(向き)をロボットRに指令する(前記着床足平位置／姿勢指令)。このため、オペレータOPがその両足平のシユーズ25を球体15上に接地させている際に、オペレータOPが不用意にその両足平を動かして球体15を回転させてしまうと、その後に一方の足平を持ち上げて、他方の接地側の足平により球体15を前述の如く回転させた場合に、該一方の足平を持ち上げてから該足平を球体15上の接地基準位置に接地させるまでの球体15の接地側の足平による回転角を把握しただけでは、その回転角から、前記のような接地基準位置からの接地側の足平の移動量及び移動方向を正しく把握することができない。このために、本実施形態では、前記STEP6-3において、接地モードにおける球体15のX, Y, Zの各軸回りの回転角を積算しておく。

40

【0053】

50

尚、オペレータOP自身が一方の足平を球体15から離反させる際の他方の足平の位置や向きを認識しておき、それによって、該オペレータOP自身が球体15上に接地させている足平の移動量や移動方向を調整するような場合には、前記STEP6-3の処理を省略するようにしてもよい。

【0054】

次いで、マスター演算処理装置36は、前記STEP6-2で保持した着床足平位置／姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信した後(STEP6-4)、前記シューズ25の接地センサ26の検知信号によって、オペレータOPのいずれか一方の足平のシューズ25が球体15から離反されたかを判断する(STEP6-5)。そして、この判断で、オペレータOPの両足平のシューズ25が球体15上に接地している場合(STEP6-5でNO)には、接地モードに対応する今回の制御サイクルの処理を終了する。また、STEP6-5の判断結果がYESである場合には、球体15から離反されたオペレータOPの足平が左右いずれの足平であるかを示す左右判定結果(これは左右いずれの側のシューズ25の接地センサ26によって足平の球体15からの離反が検知されたかによって認識される)を図示しないメモリに記憶し(STEP6-6)、さらに動作モードを空中モードに変更した後(STEP6-7)、今回の制御サイクルの処理を終了する。10

【0055】

次に、前記STEP6-1の判別結果が空中モードである場合(これは前記接地モードでSTEP6-7の処理が行われた後の次の制御サイクルで生じる)には、マスター演算処理装置36は、前記着床足平位置／姿勢指令を現状のままに保持し(STEP6-8)、前記各ロータリエンコーダ20, 22, 23により検出される前記X, Y, Zの各軸回りの球体15の回転角(回転量)を積算する(STEP6-9)。この積算は、前記接地モードから継続的に行われる。20

【0056】

そして、マスター演算処理装置36は、STEP6-8で保持した着床足平位置／姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信した後(STEP6-10)、オペレータOPの各足平のシューズ25の接地センサ26の検知信号によって、オペレータOPの両足平のシューズ25が球体15上に接地されたか否かを判断する(STEP6-11)。この判断結果がNOである場合、すなわち、オペレータOPの持ち上げた一方の足平がまだ球体15上に降ろされていない場合には、今回の制御サイクルの処理を終了し、また、上記判断結果がYESである場合、すなわち、オペレータOPが持ち上げた一方の足平のシューズ25を球体15上に接地させた場合には、動作モードを降下モードに変更した後(STEP6-12)、今回の制御サイクルの処理を終了する。30

【0057】

次に、前記STEP6-1の判別結果が降下モードである場合(これは前記空中モードでSTEP6-12の処理が行われた後の次の制御サイクルで生じる)には、マスター演算処理装置36は、前記接地モードから空中モードにかけて前記STEP6-3及び6-9で求められた球体15の各軸回りの回転角の積算値と、前記STEP6-6で記憶された左右判定結果とを基に、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の支持脚側の脚体3の足平部7に対する着床足平位置／姿勢指令を決定する(STEP6-13)。40

【0058】

さらに詳細には、例えば図5(b)に示したように球体15が回転された場合(オペレータOPが左足平を持ち上げて右足平により球体15を手前側に回転させた場合)において、前記STEP6-6で記憶される左右判定結果は左であり(接地モードでオペレータOPの左足平が球体15から離反される)、このときマスター演算処理装置36は、前記X軸及びY軸回りの球体15の回転角の積算値から所定の演算式によって、オペレータOPの右足平の前記右足平接地基準位置からのX軸方向(前後方向)の移動量x(図5(b)ではx<0)及びY軸方向(左右方向)の移動量y(図5(b)ではy<0)を算出する。また、マスター演算処理装置36は、Z軸回りの球体15の回転角の積算値を50

オペレータOPの右足平の前記右足平接地基準位置からのZ軸回り（鉛直軸回り）の回転角（図5(b)では $\theta < 0$ ）として得る。

そして、マスター演算処理装置36は、上記移動量 x, y 及び回転角 θ から、ロボットRの遊脚側の脚体3（図5(b)の場合、左側の脚体3）の足平部7の支持脚側の脚体3（図5(b)の場合、右側の脚体3）の足平部7に対する着床足平位置／姿勢指令を次のように決定する。すなわち、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の前後方向（X軸方向）における着床位置を、前記X軸方向の移動量 x に所定の負のゲイン定数（-k1）を乗算した値 $-k_1 \cdot x$ だけ、遊脚側の足平部7の前後方向で支持脚側の脚体3の足平部7に対して前方に移動させた位置として決定する。また、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の左右方向（Y軸方向）における着床位置を、前記Y軸方向の移動量 y に所定の負のゲイン定数（-k2）を乗算した値 $-k_2 \cdot y$ に所定のオフセット値aを加算してなる値 $(-k_2 \cdot y + a)$ だけ、遊脚側の足平部7の左右方向で支持脚側の脚体3の足平部7に対して左方に移動させた位置として決定する。ここで、上記オフセット値aは、 $y = 0$ のとき（例えばロボットRの直進歩行時）におけるロボットRの両足平部7, 7の左右方向の間隔を規定するものである。また、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の着床姿勢を、前記Z軸回りの回転角 θ に所定の負のゲイン定数（-k3）を乗算した値 $-k_3 \cdot \theta$ だけ、支持脚側の脚体3の足平部7の向きに対して鉛直軸回りに左方向に回転させた向きとして決定する。10

【0059】

尚、上記のような着床足平位置／姿勢指令の決定は、オペレータOPが右足平を持ち上げて、左足平により球体15を回転させた場合にも同様に行われる。この場合には、ロボットRの左側の脚体3の足平部7に対する右側の脚体3の足平部7の着床足平位置／姿勢指令が決定される。20

【0060】

このようにしてロボットRの着床足平位置／姿勢指令を決定することで、該着床足平位置／姿勢指令は、オペレータOPが持ち上げた一方の足平を球体15の接地基準位置に接地させた際の両足平の相対的な位置／姿勢関係に対応したものに決定される。

【0061】

尚、本実施形態では、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の着床／位置姿勢指令を遊脚側の足平部7を基準とした座標系で決定しているが、該着床／位置姿勢指令をロボットRの支持脚側の足平部7を基準とした座標系に変換した上で、ロボットRに与えるようにしてよい。30

【0062】

図6に戻って、マスター演算処理装置36は、次に、球体15の各軸回りの回転角の積算値をクリア（積算値を「0」にリセットする）した後（STEP6-14）、前記STEP6-13で決定した着床足平位置／姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信し（STEP6-15）、さらに、動作モードを接地モードに変更した後（STEP6-16）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

【0063】

一方、前述のようなロボット操縦装置S側での動作や制御処理が行われたとき、ロボット側制御ユニット11のロボット脚主制御部37は、所定の制御サイクルで図7のフローチャートに示す処理を行う。40

【0064】

すなわち、ロボット脚主制御部37は、ロボットRに備えられた前記傾斜検出器12や6軸力センサ6等のセンサの出力を読み込み（STEP7-1）、さらにマスター側制御ユニット34から通信装置35を介して与えられる前述の脚体動作指令（離床／着床指令及び着床足平位置／姿勢指令）や、シート14の背もたれ部14bの傾動に基づく上体姿勢指令を受信する（STEP7-2）。

【0065】

次いで、ロボット脚主制御部37は、前記離床／着床指令によって、いずれか一方の脚体50

3についての着床要求が有るか否かを判断し(STEP 7-3)、着床要求が有る場合には、ロボットRの脚体3の足運びの形態やロボットRの上体の姿勢を規定する基本の目標歩容を前記着床足平位置/姿勢指令や上体姿勢指令に従って生成する(STEP 7-4)。ここで、目標歩容は、ロボットRの上体(胴体2)の目標姿勢(上体の目標傾斜角)や、遊脚側の脚体3の着床の際の目標足平位置/姿勢、ロボットRの歩行に際して支持脚側の脚体3の足平部7が床から受ける床反力の中心の目標軌道等の特徴を記述するパラメータにより構成され、これらのパラメータを前記着床要求を受けた脚体3についての一歩分について生成する。この場合、足平部7が受ける床反力中心の目標軌道は、足平部7の接地面、あるいは両足平部7の接地面を含む最小面積の多角形(これは一般に支持多角形と言われる)内に存するように生成する。また、該目標歩容における遊脚側の脚体3の着床の際の目標足平位置/姿勢は、前記着床足平位置/姿勢指令に従って生成する。

【0066】

尚、このような目標歩容の生成は、本願出願人が例えば特開平5-318340号公報に詳細に開示しているので、ここでは、さらなる説明を省略する。

【0067】

次いで、ロボット脚主制御部37は、前述の如く生成された基本の目標歩容から、現在の制御サイクルにおける目標歩容の瞬時値を算出した後(STEP 7-5)、さらに、ロボットRの姿勢が転倒しやすい不安定な姿勢となるのを排除するために、該ロボットRの姿勢を安定化する制御を行って、STEP 7-5で算出された目標歩容の瞬時値を修正する(STEP 7-6)。

【0068】

この姿勢安定化制御では、ロボット脚主制御部37は、所謂コンプライアンス制御によって、予期せぬ床の凹凸や傾斜により足平部7が受ける床反力の影響を該足平部7により吸収するように前記6軸力センサ6の検出値に応じて基本の目標歩容における目標足平位置/姿勢を修正し、また、ロボットRの上体姿勢の復元方向に足平部7に床反力が作用するよう的基本の目標歩容におけるロボットRの上体の目標姿勢と前記傾斜検出器12の検出値との偏差に応じて該目標足平位置/姿勢を修正する。さらに、ロボットRの上体姿勢の復元方向にロボットRの上体の慣性力が生じるように、基本の目標歩容におけるロボットRの上体の目標姿勢と前記傾斜検出器12の検出値との偏差に応じてロボットRの上体の姿勢や位置を修正する。

【0069】

尚、このような姿勢安定化制御は本願出願人が例えば特開平5-337849号公報に詳細に開示しているので、ここでは、さらなる説明を省略する。

【0070】

次いで、ロボット脚主制御部37は、上記のように修正した目標歩容の瞬時値からそれに応じた今回の制御サイクルにおける各脚体3の各脚用アクチュエータ5の目標変位を算出し(STEP 7-7)、それを脚用アクチュエータ変位制御部38に指令する(STEP 7-8)。このとき、脚用アクチュエータ変位制御部38は指令された目標変位に従つて各脚用アクチュエータ5の変位を該目標変位にフィードバック制御する。

【0071】

そして、この後、ロボット脚主制御部37は、ロボット操縦装置Sのシート14の座部14aの傾動のため等に必要なロボットRの動作情報を通信装置35を介してマスター側制御ユニット34に送信して(STEP 7-9)、今回の制御サイクルの処理を終了する。

【0072】

以上のようなロボットR側での作動によって、ロボットRは自己の姿勢の安定化を自律的に図りつつ、基本的には、オペレータOPの足平の動作と同じような形態で脚体3を動かす。尚、この時のロボットRの脚体3の動作はオペレータOPの足平の動きに対して一歩分遅れて行われる。

【0073】

このようなロボットRの遠隔制御システムによれば、オペレータOPがその足平を球体1

10

20

30

40

50

5に対して上下させる際ににおける該オペレータOPの遊脚側の足平に対する支持脚側の足平（球体15に接地させている足平）の移動量や移動方向によって、ロボットRの移動時の歩幅や移動方向が規定されるため、オペレータOPは自身の足平の動きを、ロボットRの脚体3の動きとして感覚的に認識することができ、確実にロボットRの脚体3の所望の動作を行わしめることができる。また、オペレータOPは、シート14に着座したまま足平を動かすことで、ロボットRを移動させることができるので、ロボット操縦装置S側に広範な設備を設けずとも、ロボットRを広い範囲で移動させることができる。

【0074】

尚、本実施形態では、ロボットRの着床足平位置／姿勢指令を決定するための球体15の回転角をロータリエンコーダ20, 22, 23を用いて検出するようにしたが、例えば非接触の速度センサを用いて球体15の各軸回りの回転速度を検出し、それを積分することで球体15の回転角を求めるようにしてもよい。10

【0075】

また、本実施形態では、オペレータOPの球体15上への接地や球体15からの離反をシユーズ25に設けた接地センサ26により検出するようにしたが、荷重センサや光学的なセンサあるいは電磁的なセンサを用いてオペレータOPの足平の接地や離反を検出するようにしてもよい。

【0076】

また、本実施形態において、ロボット側制御ユニット11からマスター側制御ユニット34にロボットRの脚体3の動作情報を送信するようにし、それに応じて、ロボットRの脚体3の過剰な動き等を防止するために、球体15の回転や着床足平位置／姿勢指令の決定値を制限するようにしてもよい。尚、球体15の回転量を制限するためには、例えばロータリエンコーダ20, 22, 23と同軸にアクチュエータ（モータ）やブレーキ装置を備えればよい。20

【0077】

次に、本発明の第2実施形態の遠隔制御システムを図8乃至図11を参照して説明する。尚、本実施形態のシステムでは、ロボットの構成（ロボット側制御ユニットを含む）は前記第1実施形態のものと同一で、ロボット操縦装置やマスター側制御ユニットの一部のみが第1実施形態と相違しているので、同一構成部分については、第1実施形態と同じ図面及び参照符号を用いて説明する。30

【0078】

図8は、前記図1に示したロボットRを操縦するための本実施形態のロボット操縦装置S'を示すものであり、この操縦装置S'では、前記第1実施形態のものと同一構造のシート14の前側下方に、シート14に着座したオペレータOPがその両足平をそのそれぞれに装着したシユーズ40を介して載せる平板状の足平載架体41を備え、該足平載架体41がブラケット41xを介してシート14の座部14aに固設されている。この場合、各シユーズ40の足底には、例えば図9に示すような形状の突起52が設けられており、この突起42は、足底の踵部分に存する円形部42aと、足底の長手方向に延在する長尺部42bにより構成されている。尚、シユーズ40の突起42は足平載架体41上を滑らせることができるような部材（足平載架体41の上面部との間の摩擦係数が小さな部材）により形成されている。また、円形部42aの形状は円形に限らず、例えば四角形や三角形であってもよい。40

【0079】

前記足平載架体41の上面部は、例えば接触の有無を検出する小さな接触センサ（図示しない）をマトリクス状に配列してなる分布型接触センサ41aにより構成され、該分布型接触センサ41aは、これに何らかの物が接触したとき、その接触面の位置や形状を示すデータを出力する。

【0080】

また、図10を参照して、本実施形態でロボットRの動作制御を行うための制御システムは、前記第1実施形態と同様にロボット側制御ユニット11、マスター側制御ユニット3

10

20

30

40

50

4 及び通信装置 3 5 により構成され、マスター側制御ユニット 3 4 には、前記分布型接触センサ 4 1 a の検出データを与えるマスター演算処理装置 4 3 が備えられている。

【0081】

このマスター演算処理装置 4 3 は、前記分布型接触センサ 4 1 a と併せて足平接地 / 離反検出手段 4 4 としての機能を有し、オペレータ OP の各足平に装着したシューズ 4 0 の突起 4 2 に対応する接触面が分布型接触センサ 4 1 a により検出されるか否かでオペレータ OP の各足平の足平載架体 4 1 上への接地及び該足平載架体 4 1 からの離反を認識する。例えば、足平載架体 4 1 上の二力所に突起 4 2 との接触面が分布型接触センサ 4 1 a により検出される場合には、両足平の足平載架体 4 1 上への接地状態が認識され、この状態から例えれば右側の突起 4 2 との接触面が検出されなくなった場合には、オペレータ OP の右足平の足平載架体 4 1 からの離反が認識される。尚、オペレータ OP の各足平の足平載架体 4 1 に対する接地・離反の検出に際しての左右の区別は、例えは突起 4 2 の形状あるいは大きさを左右で異なるものとして、それらの突起 4 2 と足平載架体 4 1 との接触面の相違に基づいて行うようにしてもよい。

【0082】

また、マスター演算処理装置 4 3 は、前記分布型接触センサ 4 1 a と併せて、オペレータ OP の両足平の足平載架体 4 1 上への接地時における両足平の相対的な位置 / 姿勢を検出する足平位置 / 姿勢検出手段 4 5 としての機能を有し、分布型接触センサ 4 1 a の出力データから足平載架体 4 1 上での各足平の突起 4 2 の円形部 4 2 a の位置（足平載架体 4 1 に固定された平面座標系での位置）を認識し、その認識した各突起 4 2 の円形部 4 2 a の位置から、足平載架体 4 1 上における一方の足平側の前記突起 4 2 の円形部 4 2 a に対する他方の足平側の前記突起 4 2 の円形部 4 2 a の位置を両足平の相対的な位置として認識する。さらに、マスター演算処理装置 4 3 の足平位置 / 姿勢検出手段 4 5 としての機能は、分布型接触センサ 4 1 a の出力データから足平載架体 4 1 上での各足平の突起 4 2 の長尺部 4 2 b の向きを認識し、その認識した各突起 4 2 の長尺部 4 2 b の向きから、足平載架体 4 1 上における一方の足平側の前記突起 4 2 の長尺部 4 2 b の向きに対する他方の足平側の前記突起 4 2 の長尺部 4 2 b の向きを両足平の相対的な姿勢として認識する。

【0083】

より具体的には、例えは図 1 1 に示すように両足平のシューズ 4 0 の突起 4 2 が足平載架体 4 1 上に接地された場合において、マスター演算処理装置 4 3 の足平位置 / 姿勢検出手段 4 5 としての機能は、例えは右足平側の突起 4 2 の円形部 4 2 a に対する左足平側の突起 4 2 の円形部 4 2 b の、右足平側の突起 4 2 の長尺部 4 2 b の長手方向（図 1 1 の X 軸方向）及びこれと直交する方向（図 1 1 の Y 軸方向）における変位 x , y を両足平の相対的位置を示すものとして認識し、また、右足平側の突起 4 2 の長尺部 4 2 b の方向（X 軸方向）に対する左足平側の突起 4 2 の長尺部 4 2 b の方位角 θ を両足平の相対的姿勢を示すものとして認識する。

【0084】

また、マスター演算処理装置 4 3 は、脚体動作指令手段 4 6 としての機能も有し、この機能では、前述のように足平接地 / 離反検出手段 4 4 により把握されるオペレータ OP の各足平の足平載架体 4 1 に対する接地・離反や、足平位置 / 姿勢検出手段 4 5 により把握されるオペレータ OP の両足平の相対的な位置 / 姿勢に基づき、前記第 1 実施形態で説明した前記離床 / 着床指令及び着床足平位置 / 姿勢指令を決定し（詳細は後述する）、これらの指令を脚体動作指令として通信装置 3 5 を介してロボット側制御ユニット 1 1 に送信する。

【0085】

以上説明した以外の他の構成は、前記第 1 の実施形態と同一である。

【0086】

次に、本実施形態のシステムの作動を説明する。

【0087】

本実施形態のシステムでは、オペレータ OP は、ロボット R をその脚体 3 の動作によって

10

20

30

40

50

移動させようとする場合には、該オペレータOP自身が通常的に移動する場合と同様にして、両足平を足平載架体41上に載せた状態から、遊脚側の足平を持ち上げてその足平のシューズ40を足平載架体41から一旦離反させ、さらに、該遊脚側の足平をロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7を動かそうとする方向に向かって移動させつつ、支持脚側の足平を、これに装着したシューズ40を介して足平載架体41上に接触させたまま該足平載架体41上を滑らせるようにして、遊脚側の足平と逆向きに移動させる。そして、最終的に、持ち上げた足平を足平載架体41上に降ろし、この際、オペレータOPの両足平の相対的な位置／姿勢関係が、ロボットRに行わせようとする脚体3の動作形態での遊脚側の脚体3の着床時の両足平部7の相対的な位置／姿勢関係と同じような関係になるように、オペレータOPの両足平を動かす。

10

【0088】

例えばロボットRを前進側に歩行させるに際してロボットRの左側の脚体3を前進側に一步、踏み出させようとする場合には、オペレータOPは、その左足平を足平載架体41上から持ち上げて前方側に移動させると同時に、右足平のシューズ40を足平載架体41上に接地させたまま後方（シート14に近づく方向）に足平載架体41上を摺動させる。そして、図11に示すように、左足平を足平載架体41上に降ろすに際して、該左足平の接地時の両足平の前後方向の間隔が、ロボットRに行わせようとする歩行形態での該ロボットRの歩幅に対応する間隔となるような両足平の位置関係で左足平を足平載架体41上に降ろす。

20

【0089】

また、例えばロボットRを前進側に歩行させるに際して、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7を支持脚側の脚体3の足平部7に対して斜め向きに着床させ、ロボットRの移動方向を変更させるような場合には、オペレータOPは、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の着床時の両足平部7の相対的な姿勢関係（向き関係）と合わせるようにして、両足平を動かす。例えばロボットRの左側の脚体3を遊脚側として該脚体3の足平部7を右側の脚体3（支持脚側の脚体3）の足平部7の向きに対して左斜め向きに着床させようとする場合には、オペレータOPは、図11に示すように、該オペレータOPの左足平のシューズ40を足平載架体41上に接地させる際に、右足平のシューズ40の向き（突起42の長尺部42bの向き）に対して左足平のシューズ40の向きが左斜めに向くように両足平を動かす。

30

【0090】

尚、前述のようなオペレータOPの足平の動かし方は、ロボットRを後進側に移動させるような場合についても同様である。また、ロボットRに足踏みさせるような場合には、オペレータOPはその両足平を足平載架体41上の同じ場所で上下させればよい。

【0091】

このようにして、オペレータOPがロボットRに行わせようとする形態で該オペレータOPの各足平を動かしている際に、オペレータOPの各足平の足平載架体41に対する接地・離反が、前記マスター演算処理装置43の足平接地／離反検出手段44としての機能によって、前述の如く分布型接触センサ41aの出力データに基づいて把握される。

40

【0092】

このとき、マスター演算処理装置43は、足平載架体41からの離反が把握されたオペレータOPの足平に対応する側のロボットRの脚体3を離床させるべき脚体3として決定して、該オペレータOPの足平の足平載架体41からの離反及びその後の足平載架体41上への接地に応じて該足平に対応するロボットRの脚体3の前記離床／着床指令を生成し、それを前記通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信する。

【0093】

また、このとき、マスター演算処理装置43は、図12のフローチャートに示す演算処理を所定の制御サイクルで行う。

【0094】

すなわち、マスター演算処理装置43は、まず、前記第1実施形態と同様、オペレータO

50

Pの足平の動作モード（接地モード、空中モード及び降下モードの3種類）を判別する（STEP 12-1）。この場合、ロボットRの操縦開始時の初期モードは接地モードである。

【0095】

そして、上記の判別で動作モードが接地モードである場合（オペレータOPの両足平のシユーズ40が足平載架体41上に接地されている場合）には、マスター演算処理装置43は、前記着床足平位置／姿勢指令を現状のままに保持し（STEP 12-2）、その保持した着床足平位置／姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信する（STEP 12-3）。

【0096】

次いで、マスター演算処理装置43は、その足平接地／離反検出手段44としての機能によるオペレータOPの各足平の足平載架体41に対する接地・離反の把握に基づいて、オペレータOPのいずれか一方の足平のシユーズ40が足平載架体41から離反されたかを判断する（STEP 12-4）。そして、この判断で、オペレータOPの両足平のシユーズ40が足平載架体41上に接地している場合（STEP 12-4でNO）には、今回の制御サイクルの処理を終了する。また、上記の判断結果がYESである場合には、足平載架体41から離反されたオペレータOPの足平が左右のいずれの足平であるかを示す左右判定結果（これは足平接地／離反検出手段44により把握される）を図示しないメモリに記憶し（STEP 12-5）、さらに、動作モードを空中モードに変更した後（STEP 12-6）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

10

【0097】

次に、前記STEP 12-1の判別結果が空中モードである場合（これは前記STEP 12-6の処理が行われた後の次の制御サイクルで生じる）には、マスター演算処理装置43は、前記着床足平位置／姿勢指令を現状のままに保持し（STEP 12-7）、その保持した着床足平位置／姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信する（STEP 12-8）。さらに、マスター演算処理装置43は、足平接地／離反検出手段44としての機能によるオペレータOPの各足平の足平載架体41に対する接地・離反の把握に基づいて、オペレータOPの両足平のシユーズ40が足平載架体41上に接地されたか否かを判断する（STEP 12-9）。この判断結果がNOである場合、すなわち、オペレータOPの持ち上げた一方の足平がその持ち上げ状態のままである場合には、今回の制御サイクルの処理を終了する。また、上記判断結果がYESである場合、すなわちオペレータOPが持ち上げた一方の足平のシユーズ40を足平載架体41上に接地させた場合には、動作モードを降下モードに変更した後（STEP 12-10）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

20

【0098】

次に、前記STEP 12-1の判別結果が降下モードである場合（これは前記STEP 12-10の処理が行われた後の制御サイクルで生じる）には、マスター演算処理装置43は、前記分布型接触センサ41aの検出データと前記STEP 12-5で記憶された左右判定結果とを基に、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の支持脚側の脚体3の足平部7に対する着床足平位置／姿勢指令を決定する（STEP 12-11）。

30

【0099】

さらに詳細には、例えばオペレータOPがその左足平を持ち上げて、該左足平を前方側に動かすと共に足平載架体41上に接地させている右足平を後方側に動かし、最終的に前記図11に示したような両足平のシユーズ40の位置／姿勢関係で左足平のシユーズ40を足平載架体41上に接地させた場合において、前記STEP 12-5で記憶される左右判定結果は左である（接地モードでオペレータOPの左足平のシユーズ40が足平載架体41から離反される）。このとき、マスター演算処理装置43は、その足平位置／姿勢検出手段45としての機能によって、現在の右足平のシユーズ40の突起42を基準として、その右足平側の突起42の円形部42aに対する左足平側の突起42の円形部42aの、右足平側の突起42の長尺部42bの長手方向（図11のX軸方向）及びこれと直交する

40

50

方向（図11のY軸方向）における変位量 x , y と、右足平側の突起42の長尺部42bの方向（X軸方向）に対する左足平側の突起42の長尺部42bの方位角 θ を分布型接触センサ41aの出力データから算出する。

【0100】

そして、マスター演算処理装置43は、その脚体動作指令手段46によって、上記変位量 x , y 及び方位角 θ から、ロボットRの遊脚側の脚体3（図11の場合、左側の脚体3）の足平部7の支持脚側の脚体3（図11の場合、右側の脚体3）の足平部7に対する着床足平位置 / 姿勢指令を次のように決定する。すなわち、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の前後方向（X軸方向）における着床位置を、前記変位量 x に所定の正のゲイン定数 k_a を乗算してなる値 $k_a \cdot x$ だけ、支持脚側の脚体3の足平部7に対して前方向に移動させた位置として決定する。また、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の左右方向（Y軸方向）における着床位置を、前記変位量 y に所定の正のゲイン定数 k_b を乗算してなる値 $k_b \cdot y$ に所定のオフセット値 a を加算してなる値 ($k_b \cdot y + a$) だけ、支持脚側の脚体3の足平部7に対して左方向に移動させた位置として決定する。ここで、上記オフセット値 a は、 $y = 0$ のとき（例えばロボットRの直進歩行時）におけるロボットRの脚体3の足平部7, 7の左右方向の間隔を規定するものである。また、ロボットRの遊脚側の脚体3の足平部7の着床姿勢を、前記方位角 θ に所定の正のゲイン係数 k_c を乗算してなる値 $k_c \cdot \theta$ だけ、支持脚側の脚体3の足平部7の向きに対して鉛直軸回りに左方向に回転させた向きとして決定する。

【0101】

尚、上記のような着床足平位置 / 姿勢指令の決定は、オペレータOPが右足平を持ち上げて、両足平を移動させた場合にも同様に行われる。この場合には、ロボットRの左側の脚体3の足平部7に対する右側の脚体3の足平部7の着床足平位置 / 姿勢指令が決定される。

【0102】

このようにしてロボットRの着床足平位置 / 姿勢指令を決定することで、該着床足平位置 / 姿勢指令は、オペレータOPが持ち上げた一方の足平を足平載架体41上に接地された際の両足平の相対的な位置 / 姿勢関係に対応したものに決定される。

【0103】

図12に戻って、マスター演算処理装置43は、次に、前記STEP12-11で決定した着床足平位置 / 姿勢指令を通信装置35を介してロボット側制御ユニット11に送信し（STEP12-12）、さらに、動作モードを接地モードに変更した後（STEP12-13）、今回の制御サイクルの処理を終了する。

【0104】

尚、マスター演算処理装置43から前述の如く離床 / 着床指令や着床足平位置 / 姿勢指令が与えられるロボット側制御ユニット11の処理は、前記第1実施形態と全く同一で（図7参照）、この処理によって、ロボットRは自己の姿勢の安定化を自律的に図りつつ、基本的には、オペレータOPの足平の動作と同じような形態で脚体3を動かす。この時のロボットRの脚体3の動作はオペレータOPの足平の動きに対して一步分遅れて行われる。

【0105】

このようなロボットRの遠隔制御システムによれば、オペレータOPがシート14に着座したまま歩行するかのようにして、その足平を足平載架体41に対して上下させながら動かすことで、持ち上げ側の足平の足平載架体41上への接地時における両足平の相対的な位置 / 姿勢によってロボットRの移動時の歩幅や移動方向が規定されるため、前記第1実施形態と同様に、オペレータOPは自身の足平の動きを、ロボットRの脚体3の動きとして感覚的に認識することができ、確実にロボットRの脚体3の所望の動作を行わしめることができる。また、オペレータOPは、シート14に着座したまま足平を動かすことで、ロボットRを移動させることができるので、ロボット操縦装置S'側に広範な設備を設けずとも、ロボットRを広い範囲で移動させることができる。

【0106】

10

20

30

40

50

尚、本実施形態では、足平載架体41上の両足平の相対的な位置／姿勢を検出するためには、各足平に装着するシューズ40に設けた前述の形状の突起42を用いたが、例えば図13に示すように、二つの突起50, 51を各シューズ40の足底に該シューズ40の長手方向に間隔を存して設けておき、これらの突起50, 51のうち、例えば突起50の相対的な位置によって、両足平の相対的な位置を把握すると共に、各シューズ40毎に突起50に対する突起51の位置によって各シューズ40を装着した各足平の向きを把握して、それによって、両足平の相対的な姿勢（向き）を認識するようにしてもよい。さらには、各足平と足平載架体との接触面の形状からパターン認識的な手法によって、両足平の相対的な位置や姿勢関係を把握するようにしてもよい。

【0107】

10

また、本実施形態では、オペレータOPの足平の足平載架体41に対する接地・離反や、両足平の接地時の相対的な位置／姿勢を分布型接触センサ41aの出力データに基づいて検出するようにしたが、それらの検出を例えば分布型荷重センサを用いて行うようにしてもよく、あるいは、接地・離反の検出は、前記第1実施形態で用いたような接地センサを用いて行うようにしてもよい。

【0108】

また、本実施形態では、例えばロボットRの支持脚側の足平部7に対する上体（胴体2）の向きを、該支持脚側の足平部7に対応するオペレータOPの足平に対する足平載架体41の向きに応じて決定するようにすることも可能である。

【0109】

20

また、前記第1及び第2の各実施形態では、上体支持機構としてシート14を用いたが、これに限らず、オペレータOPの上体を支持できるものであれば、他の構造のものを使用してもよい。

【0110】

また、前記各実施形態では、ロボットRは、ある程度、その姿勢を自律的に安定化するための構成を備えたものを示したが、そのような構成を具備していないものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1及び第2実施形態で遠隔制御を行う二足歩行型ロボットを示す側面図。

30

【図2】本発明の第1実施形態におけるロボット操縦装置を示す側面図。

【図3】図2のロボット操縦装置の要部の構成を示す斜視図。

【図4】本発明の第1実施形態における制御システムを示すブロック図。

【図5】図2のロボット操縦装置の操作方法及び図4の制御システムの作動を説明するための図。

【図6】図4の制御システムの作動を説明するためのフローチャート。

【図7】図4の制御システムの作動を説明するためのフローチャート。

【図8】本発明の第2実施形態におけるロボット操縦装置を示す側面図。

【図9】図8のロボット操縦装置で使用するシューズの足底を示す平面図。

【図10】本発明の第2実施形態における制御システムを示すブロック図。

40

【図11】図8のロボット操縦装置の操作方法及び図10の制御システムの作動を説明するための図。

【図12】図10の制御システムの作動を説明するためのフローチャート。

【図13】図8のロボット操縦装置で使用するシューズの他の形態の足底を示す平面図。

【 図 1 】

【 図 2 】

FIG. 1

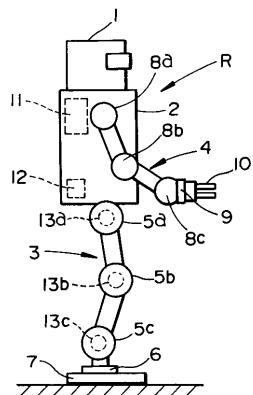
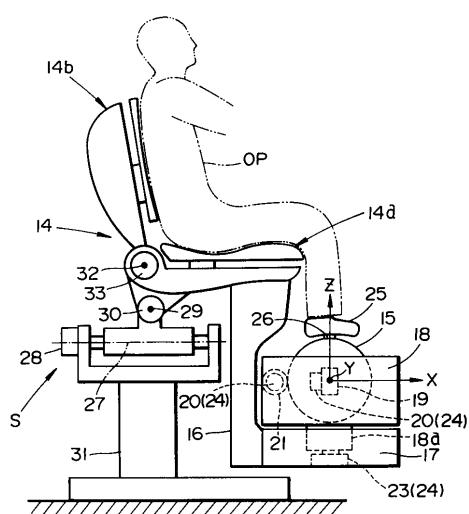


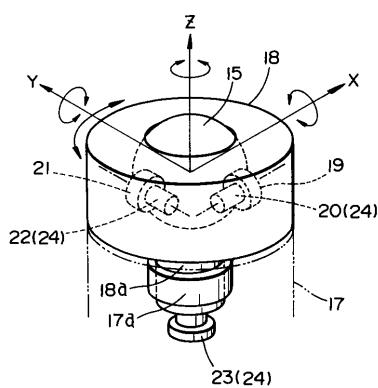
FIG. 2



【図3】

【 図 4 】

FIG. 3



This block diagram illustrates the control architecture of a robot. It starts with two main input paths: '感覚器' (Sensors) on the left and '操作機' (Actuators) on the right. The sensor path leads to the '通信装置' (Communication Unit), which then connects to the 'マスター演算処理装置' (Master Calculation Processing Unit). This unit contains a 'データメモリ' (Data Memory) and a '演算部' (Calculation Unit). The output from the master unit goes to both the '脚部動作指令' (Foot Movement Command) and the '腕部動作指令' (Arm Movement Command) blocks. These two blocks then feed into the '操作機' (Actuators).

【図5】

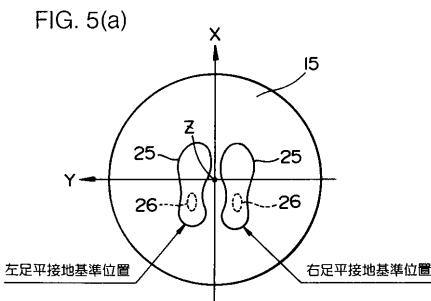
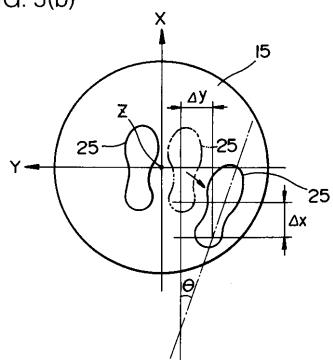
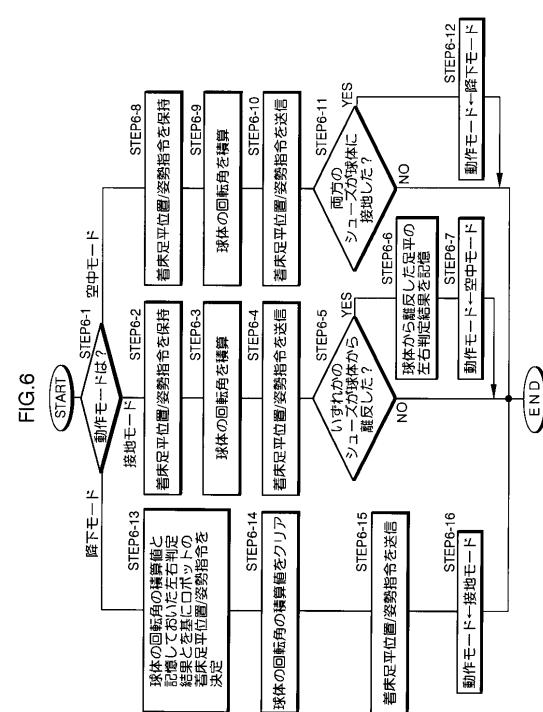


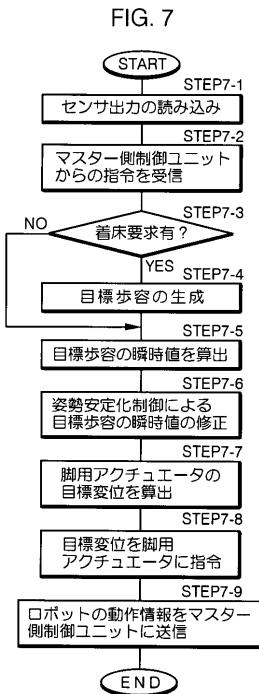
FIG. 5(b)



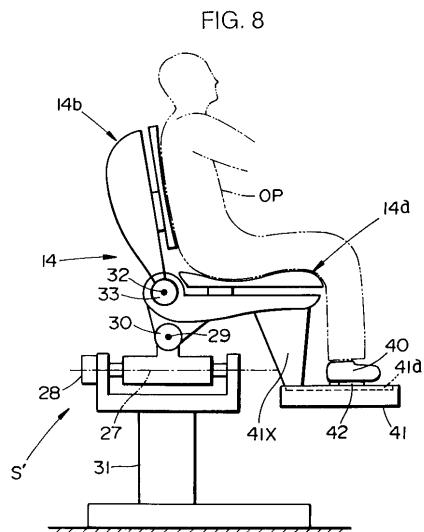
【図6】



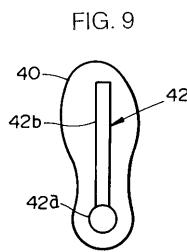
【図7】



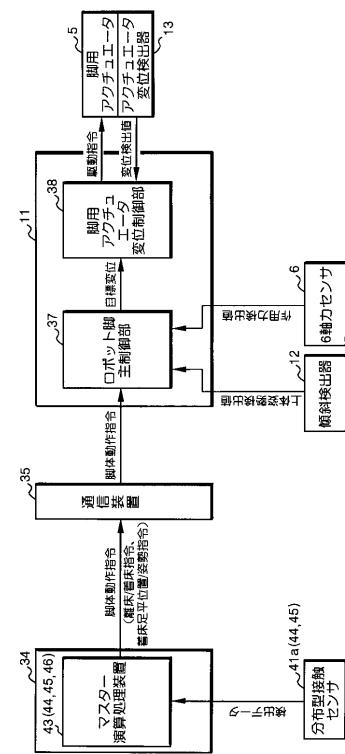
【図8】



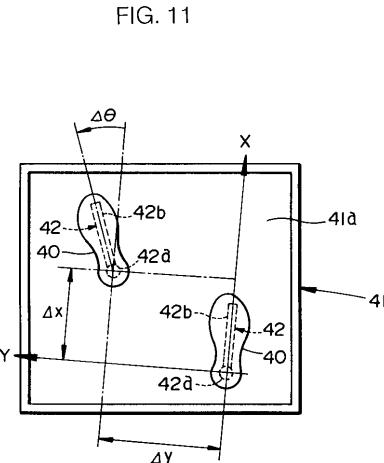
【図9】



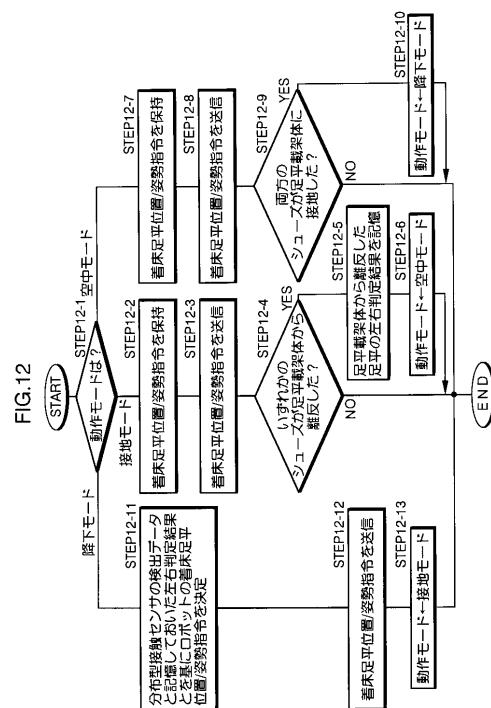
【図10】



【図11】

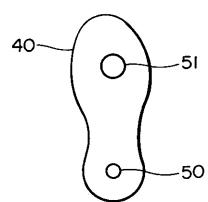


【図12】



【図13】

FIG. 13



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-109069(JP,A)
特開平08-216066(JP,A)
特開平06-348335(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B25J 3/00
B25J 5/00
B25J 13/00
B25J 13/04-13/06
G05D 1/00
G05D 3/12