

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4453076号
(P4453076)

(45) 発行日 平成22年4月21日(2010.4.21)

(24) 登録日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 5 J	5/00	(2006.01)	B 2 5 J	5/00	F
A 6 3 H	11/00	(2006.01)	A 6 3 H	11/00	Z
B 2 5 J	13/08	(2006.01)	B 2 5 J	13/08	Z

請求項の数 6 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-105530 (P2004-105530)</p> <p>(22) 出願日 平成16年3月31日(2004.3.31)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-288600 (P2005-288600A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)</p> <p>審査請求日 平成19年1月15日(2007.1.15)</p> <p>(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成15年度通信・放送機構、研究テーマ「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p>	<p>(73) 特許権者 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100090181 弁理士 山田 義人</p> <p>(72) 発明者 宮下 敬宏 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 石黒 浩 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>審査官 植村 森平</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒューマノイドロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

環境を認識するヒューマノイドロボットであって、
センサ、

前記ヒューマノイドロボットの置かれる環境と、前記ヒューマノイドロボットの行動と、前記センサの出力の時系列データとを対応付けたマップを記憶するマップ記憶手段、および

環境認識のための行動を実行する第1実行手段と、前記第1実行手段によって前記行動を実行しているときの前記センサの出力の時系列データを計測する第1計測手段とを含み、前記第1計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データと、前記マップに基づいて作成された環境を判別対象とした決定木とに基づいて、環境を認識する認識手段を備える、ヒューマノイドロボット。

【請求項2】

前記認識手段は、前記マップに基づいて環境を判別対象とした決定木を作成する決定木作成手段をさらに含む、請求項1記載のヒューマノイドロボット。

【請求項3】

前記センサは加速度センサを含み、

前記行動は、歩く、寝ころぶ、起き上がる動作の少なくとも1つを含み、

認識の対象となる環境は、少なくとも床の硬さまたは床の滑りによって分類されるものである、請求項1または2記載のヒューマノイドロボット。

【請求項 4】

前記認識手段によって認識された環境に適した行動を実行する第 2 実行手段をさらに備える、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のヒューマノイドロボット。

【請求項 5】

前記第 2 実行手段によって前記行動を実行しているときの前記センサの出力の時系列データを計測する第 2 計測手段、および

前記第 2 計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データが、前記認識手段によって認識された環境と第 2 実行手段によって実行された行動とに対応するものであるかを前記マップに基づいて判断する環境変化判別手段をさらに備え、

前記環境変化判別手段によって前記センサの出力の時系列データが前記環境と前記行動とに対応するものではないと判断されたとき、前記認識手段によって環境を認識する、請求項 4 記載のヒューマノイドロボット。

10

【請求項 6】

センサを備えて環境を認識するヒューマノイドロボットのための、前記ヒューマノイドロボットの置かれる環境と、前記ヒューマノイドロボットの行動と、前記センサの出力の時系列データとを対応付けたマップを作成するマップ作成方法であって、

(a) 前記ヒューマノイドロボットが認識すべき複数の環境において各環境に適した行動を実行するように複数の行動がそれぞれ調整されている前記ヒューマノイドロボットを準備し、

(b) 前記ヒューマノイドロボットを用いて、前記認識すべき複数の環境で前記複数の行動をそれぞれ実行することによって、各行動を実行しているときの前記センサの出力の時系列データを計測し、

20

(c) 環境と、当該環境で実行した行動と、当該行動を実行しているときに計測された前記センサの出力の時系列データとを対応付ける、マップ作成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はヒューマノイドロボットおよびマップ作成方法に関し、特にたとえば、環境を認識し、その環境に適した行動をするヒューマノイドロボット、およびそのようなヒューマノイドロボットのための、環境と行動とセンサ出力とを対応付けたマップを作成するマップ作成方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

たとえば非特許文献 1 に紹介される ASIMO (商品名) のような 2 足歩行型のヒューマノイドロボットは、環境を認識しきれないと転倒して潰れてしまうおそれがある。そのため、たとえば適当に行動を起こして、その後に環境を認識するようなことはできないので、行動の前にロボットの置かれている環境を認識してやる必要があった。従来のヒューマノイドロボットでは、環境のほかにも人間や障害物などを認識するために多くのセンサが設けられるので、あらゆるセンサの出力を活用して、環境を認識してから行動している。

40

【非特許文献 1】“ASIMO SPECIAL SITE”、本田技研工業株式会社、インターネット < URL : <http://www.honda.co.jp/ASIMO/> >

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来技術では、環境の認識のために多くのセンサを必要とするので、コスト、配線および消費電力などの面で問題があった。

【0004】

それゆえに、この発明の主たる目的は、センサの数や種類が少なくても、環境を認識することができる、ヒューマノイドロボット、およびそのようなヒューマノイドロボットの

50

ための環境と行動とセンサ出力とを対応付けたマップを作成するマップ作成方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1の発明は、環境を認識するヒューマノイドロボットであって、センサ、ヒューマノイドロボットの置かれる環境と、ヒューマノイドロボットの行動と、センサの出力の時系列データとを対応付けたマップを記憶するマップ記憶手段、および環境認識のための行動を実行する第1実行手段と、第1実行手段によって行動を実行しているときのセンサの出力の時系列データを計測する第1計測手段とを含み、第1計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データと、マップに基づいて作成された環境を判別対象とした決定木とに基づいて、環境を認識する認識手段を備える、ヒューマノイドロボットである。

10

【0006】

請求項1の発明では、ヒューマノイドロボット(以下、単にロボットともいう。)は環境を認識するものであり、センサを含む。マップ記憶手段は、ロボットの置かれる環境と、ロボットの行動と、センサの出力の時系列データとを対応付けたマップを記憶している、ロボットは、このマップを用いて、実際にロボットの存在している環境がいずれであるかを認識する。環境は認識手段によって認識される。つまり、認識手段の第1実行手段は環境認識のための行動を実行し、第1計測手段は、第1実行手段によって行動を実行しているときのセンサの出力の時系列データを計測する。そして、この認識手段は、第1計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データと、マップに基づいて作成された環境を判別対象とした決定木に基づいて、環境を認識する。決定木は、ロボットの実行した行動とそのときのセンサ出力とによってロボットの存在する環境を判定していく決定手順の適用順序を定めたものである。したがって、認識手段は、決定木において環境が決定されるまで、決定木に従って行動の実行とそのときのセンサ出力による判定とを繰り返していくことで、環境を認識することができる。したがって、請求項1の発明によれば、センサ出力の時系列データとロボットの行動と環境とを対応付けたマップを備えているので、センサが少なくても、マップに基づいて作成された環境を判別対象とした決定木に基づいて、環境を認識することができる。

20

【0007】

請求項2の発明は、請求項1の発明に従属し、認識手段は、マップに基づいて環境を判別対象とした決定木を作成する決定木作成手段をさらに含む。

30

【0008】

請求項2の発明では、決定木作成手段は、マップに基づいて環境を判別対象とした決定木を作成する。これにより、環境を認識しようとするたびごとにマップに基づいて決定木を作成することができる。したがって、請求項2の発明によれば、環境認識を行う際に、最初の行動を任意に選択することができる。

【0009】

請求項3の発明は、請求項1または2の発明に従属し、センサは加速度センサを含み、行動は、歩く、寝ころぶ、起き上がる動作の少なくとも1つを含み、認識の対象となる環境は、少なくとも床の硬さまたは床の滑りによって分類されるものである。

40

【0010】

請求項3の発明では、ロボットに設けられるセンサは加速度センサを含み、ロボットの実行する行動は、歩く、寝ころぶ、起き上がる動作の少なくとも1つを含み、そして、認識の対象となる環境は、少なくとも床の硬さまたは床の滑りによって分類されるものである。したがって、請求項3の発明によれば、歩く、寝ころぶ、起き上がる動作のような床との接触を伴う行動を実行しているときの、加速度センサの出力の時系列データを計測することによって、床の硬さまたは床の滑り(摩擦)などの違いのある環境を認識することができる。

【0011】

請求項4の発明は、請求項1ないし3のいずれかに従属し、認識手段によって認識され

50

た環境に適した行動を実行する第2実行手段をさらに備える。

【0012】

請求項4の発明では、第2実行手段は、認識手段によって認識された環境に適した行動を実行する。したがって、請求項4の発明によれば、環境を認識した後は、当該環境に適した行動を実行することができるので、環境に合わせて、望み通りの動作を行うことができる。

【0013】

請求項5の発明は、請求項4の発明に従属し、第2実行手段によって行動を実行しているときのセンサの出力の時系列データを計測する第2計測手段、および第2計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データが、認識手段によって認識された環境と第2実行手段によって実行された行動とに対応するものであるか否かをマップに基づいて判断する環境変化判別手段をさらに備え、環境変化判別手段によってセンサの出力の時系列データが環境と行動とに対応するものではないと判断されたとき、認識手段によって環境を認識する。

10

【0014】

請求項5の発明では、第2計測手段は、第2実行手段によって行動を実行しているときのセンサの出力の時系列データを計測する。環境変化判別手段は、第2計測手段によって計測されたセンサの出力の時系列データが、認識手段によって認識された環境と第2実行手段によって実行された行動とに対応するものであるか否かをマップに基づいて判断する。認識している環境に適した行動を実行したときのセンサ出力は、マップで対応付けられているセンサ出力となるはずであるので、この環境変化判別手段によって、センサ出力に基づいて環境の変化を判別している。そして、環境変化判別手段によってセンサの出力の時系列データが環境と行動とに対応するものではないと判断されたときには、環境が変化したことがわかるので、認識手段によって環境を認識する。したがって、請求項5の発明では、一旦環境を認識した後も環境の変化を把握することができるので、変化後の環境を認識することができる。

20

【0015】

請求項6の発明は、センサを備えて環境を認識するヒューマノイドロボットのための、ヒューマノイドロボットの置かれる環境と、ヒューマノイドロボットの行動と、センサの出力の時系列データとを対応付けたマップを作成するマップ作成方法であって、(a) ヒューマノイドロボットが認識すべき複数の環境において各環境に適した行動を実行するように複数の行動がそれぞれ調整されているヒューマノイドロボットを準備し、(b) ヒューマノイドロボットを用いて、認識すべき複数の環境で複数の行動をそれぞれ実行することによって、各行動を実行しているときのセンサの出力の時系列データを計測し、(c) 環境と、当該環境で実行した行動と、当該行動を実行しているときに計測されたセンサの出力の時系列データとを対応付ける、マップ作成方法である。

30

【0016】

請求項6の発明によれば、環境と行動とセンサ出力とを対応付けたマップを作成することができるので、センサを備えたヒューマノイドロボットがこのマップを用いて環境を認識することが可能になる。

40

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、センサ出力の時系列データとロボットの行動と環境とを対応付けたマップを備えているので、このマップに基づいて作成された環境を判別対象とした決定木と、行動中のセンサ出力とに基づいて、環境を判定することができる。したがって、センサが少なくても環境を認識することができる。さらに、認識した環境に適した行動を実行することができるので、環境内を円滑に動作することができる。

【0018】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図1はこの発明の一実施例のヒューマノイドロボット(以下、単に「ロボット」ともいう。)10の外観を示し、図2はこのロボット10をモデル表記した図解図である。図2を参照して、この実施例のロボット10は、垂直方向または縦方向に間隔を隔てて設けられる2つの横杆12および14を含み、この上下横杆12および14の間には、胴体16が形成される。

【0020】

胴体16の上部には、胸の自由度を形成する1つのヨー(Yaw)軸関節18が設けられ、その下方には腰の自由度を形成する1つのピッチ(Pitch)軸関節20が設けられる。なお、よく知られているように、ヨー軸とは鉛直回転軸(Z軸)であり、ピッチ軸とはこのヨー軸に直行する2つの軸の一方、たとえばX軸であり、そして、後述のロール(Roll)軸がヨー軸に直行する2つの軸の他方、たとえばY軸である。X軸(ピッチ軸)は図2の紙面に平行な方向に延びる回転軸であり、Y軸(ロール軸)は図2の紙面に直行する方向に延びる回転軸である。

10

【0021】

上横杆12の両端には、腕22Rおよび22Lがそれぞれ取り付けられる。これら左右の腕22Rおよび22Lは同じ構成である。なお、右左を区別する必要があるときは、右を示す「R」または左を表す「L」を付し、また区別する必要がないときはこの「R」や「L」を付けないで示すようにして、重複する説明はできるだけ省く。このことは、後述の足についても同様である。

20

【0022】

腕22は、肩の自由度を形成するロール軸関節24を含み、この肩関節24によって上横杆12に、ロール軸周りに回転可能に取り付けられる。この肩関節24の先には、それぞれ1つずつのピッチ軸関節26、ヨー軸関節28、およびロール軸関節30の直列接続が設けられる。したがって、この実施例のロボット10の場合、腕22は、4自由度であり、左右で8自由度である。

【0023】

また、下横杆14の両端には、足32Rおよび32Lがそれぞれ取り付けられる。足32は、股関節の自由度を形成する1つのロール軸関節34によって下横杆14に取り付けられ、この股関節32から先の下端方向には、連続する3つのピッチ軸関節36、38および40、および1つのロール軸関節42、さらには1つのヨー軸関節44の直列接続が取り付けられる。したがって、この実施例のロボット10の場合、足32は、6自由度であり、左右で12自由度である。

30

【0024】

図1の実施例のロボット10の電氣的構成が図2のブロック図に示される。図2に示すように、このロボット10は、全体の制御のためにマイクロコンピュータまたはCPU46を含み、このCPU46には、バス48を通して、メモリ50、モータ制御ボード52、およびセンサ入力/出力ボード54が接続される。

【0025】

メモリ50は、図示しないが、ROMやRAMを含み、ROMにはこのロボット10の制御プログラムおよびデータが予め書き込まれていて、RAMは、一時記憶メモリとして用いられるとともにワーキングメモリとして利用され得る。なお、このメモリ50には、図4に示すような環境最適行動テーブルや、図5に示すようなセンサ出力時系列行動環境対応付けマップが予め記憶されているが、これらの説明は後述する。

40

【0026】

センサ入力/出力ボード54には、図2の胴体16に設けられる1つの2軸加速度センサ56と、関節角度センサ58とが接続される。なお、関節角度センサ58は1つのブロックで示すが、実際には、上で説明した22個の関節にそれぞれ個別に設けられ、それぞれの関節角を検出する22個の関節角度センサを含む。2軸加速度センサ56は、ロボッ

50

ト 10 の前後方向および左右方向の 2 軸で加速度を検出することができる。この 2 軸加速度センサ 56 の出力を用いて、CPU 46 は、ロボット 10 の 2 足歩行や反動起き上がり等を制御する。また、CPU 46 は、この 2 軸加速度センサ 56 の出力時系列を計測して、メモリ 50 に記憶された対応付けマップを用いて環境を認識する。

【 0027 】

モータ制御ボード 52 は、たとえば DSP (Digital Signal Processor) で構成され、各腕、各足、胸、腰の各関節軸モータ 60 を制御する。図 3 では図の簡略化のために、関節軸モータ 60 は 1 つのブロックで示すが、実際には、上で説明した 22 個の関節のそれぞれに 1 つのモータ (サーボモータ) が設けられ、それぞれの関節角度を制御する 22 個のモータを含む。

10

【 0028 】

図 4 には、メモリ 50 に予め記憶された、環境と最適行動とを対応付けたテーブルの一例が示される。この実施例のロボット 10 では、当該ロボット 10 が置かれることとなるすなわちロボット 10 が認識すべき多数の環境 E_1, E_2, \dots, E_i (i は所定の整数) が予め把握されている。環境は、たとえばその床 (または地面) の反力および形状等によって分類される。具体的には、床の硬さ (硬 < > 柔)、および床の滑り (摩擦: 小 < > 大) などの要素の違いで分類され、この実施例では i 個の環境が想定される。この図 4 の例では、たとえば、環境 E_1 は、硬さが硬くかつ摩擦が小さいものであり、環境 E_2 は、硬さが硬くかつ摩擦が中程度のものであり、また、環境 E_i は、硬さが柔らかくかつ摩擦が大きいものである。

20

【 0029 】

また、このロボット 10 では、たとえば「歩く」、「寝ころぶ」、「反動起き上がり」等の複数 (j 個: j は所定の整数) の基本行動の全てについて、各環境で最適になるように予め調整された環境ごとの行動制御データが準備されている。そして、この環境最適行動テーブルでは、各環境に対応付けられて当該環境に最適な行動 (識別子) が記憶されている。したがって、このテーブルを用いて各行動はどの環境に最適な行動であるのかを把握することが可能である。この図 4 の例では、たとえば、環境 E_1 に最適な行動は、「歩く」行動に関しては行動 A_{11} であり、「寝ころぶ」行動に関しては行動 A_{12} であり、また、「反動起き上がり」行動に関しては行動 A_{1j} であることが分かる。

【 0030 】

30

図 5 には、メモリ 50 に予め記憶された、センサ出力時系列 行動 環境対応付けマップの一例が示される。対応付けマップは、2 軸加速度センサ 56 の出力の時系列データと、ロボット 10 の実行した行動と、ロボット 10 の置かれた環境とを対応付けたものである。

【 0031 】

ここで、この対応付けマップの作成方法について説明する。本発明者等は、外界の情報を検知するセンサの出力は、ロボットの行動と環境の特徴とに密接な関係があると考え、ロボットに環境を認識させ、また環境に適した行動を選択させるために、「ロボットの行動」と「センサ出力の時系列」と「環境」とを対応付けたマップを作成することとした。

【 0032 】

40

対応付けマップを作成する際には、まず、ユーザが、ロボット 10 の全て (j 個) の基本行動について、認識すべき多数 (i 個) の環境 $E_1 - E_i$ のそれぞれに最適なものになるようにチューニングをそれぞれ行って、各環境での最適行動 $A_{11} - A_{ij}$ として各制御データを作成し、メモリ 50 に格納しておく。たとえば、「歩く」行動については、滑り易い環境と滑り難い環境とでは足の下ろし方を変えたりするなど各環境で動作するのに適するようなチューニングが行われる。こうして、このロボット 10 では、認識すべき多数の環境において各環境に適した行動を実行するように全ての行動がそれぞれ調整されている。

【 0033 】

なお、図 3 では図示を省略してあるが、このロボット 10 には外部インタフェース (た

50

たとえばRS232C)が設けられ、図示しない外部のコンピュータとの間でデータを通信することが可能にされており、したがって、外部のコンピュータ上で作成した最適行動の制御データ等をロボット10のメモリ50に書き込むことができる。

【0034】

そして、このチューニングされたロボット10を用いて、認識すべき多数の環境E1 - E_iにおいて、全ての行動A₁₁ - A_{ij}を実行することによって、各行動を実行しているときの2軸加速度センサ56の出力の時系列データを計測してメモリ50に蓄積する。具体的には、この実施例では、(j × i)個の行動をi個の環境で実行するので、(j × i × i)個のセンサ出力時系列データが得られる。メモリ50に蓄積したセンサ出力データは、たとえば、上述の外部インタフェースを介して外部コンピュータに転送する。

10

【0035】

そして、たとえば外部コンピュータ上で、ロボット10の置かれた環境と、当該環境でロボット10の実行した行動と、当該行動を実行しているときのセンサ出力の時系列データとを対応付けることによって、図5に示すようなマップを作成する。作成されたマップデータは、外部コンピュータからロボット10に転送されてメモリ50に格納される。

【0036】

なお、上述では、外部コンピュータ上でマップを作成する場合を説明したが、環境と行動とセンサ出力の対応付けは、ロボット10上でそのまま行うようにしてもよい。

【0037】

図5の例では、たとえば、センサ出力(時系列データ)D1と、行動A₁₁と、環境E₁, E₂およびE₅とが対応付けられていることが分かる。これは、行動A₁₁を環境E₁, E₂およびE₅で実行すると、同じセンサ出力D1が得られることを意味している。なお、行動A₁₁は環境E₁に最適になるようにチューニングされたものであるので、環境E₁で行動A₁₁を実行したときに得られたセンサ出力D1は、最適なセンサ出力と表現できる。

20

【0038】

この実施例のロボット10は、当該ロボット10がどのような環境に置かれているのかを、最初に、あるいは環境の変化を検出したときなどに判定して、環境を認識する。環境を認識する際には、上述のようなセンサ出力時系列 行動 環境対応付けマップに基づいて、環境を認識するための決定木(decision tree)が作成される。つまり、ロボット10のメモリ50には、たとえばID3やC4.5のような決定木自動生成アルゴリズムによる決定木作成プログラムが備えられていて、CPU46はその決定木作成プログラムを実行して、対応付けマップに基づいて環境を判別対象として決定木を作成する。この実施例では、ロボット10の内部で決定木を自動作成することができるので、環境認識のために最初に実行する行動をランダムに選択することができる。

30

【0039】

なお、決定木は、入力パターンのクラスを決定するための多段決定過程(multistage decision process)の一手法である。決定木では、各決定手順の適用順序が予め完全に定まっており、決定手順(分類器)の結果によって、次の段でどの分類器に行くかが定まる(参考文献:鳥脇純一郎、テレビジョン学会教科書シリーズ9「認識工学 パターン認識とその応用」、コロナ社、1993)。

40

【0040】

この実施例の決定木では、ロボット10の実行した行動とそのときのセンサ出力とによってロボットの存在する環境を判定していく決定手順の適用順序が定められている。したがって、決定木において環境が決定されるまで、決定木に従って行動の実行とそのときのセンサ出力による判定とを繰り返していくことで、環境を認識することができる。

【0041】

詳しくは、このロボット10は、決定木に基づいて、その未認識の環境で行動するとともに、その行動中のセンサ出力の時系列を計測する。そして、センサ出力の計測結果に基づいて、環境の判定を試みる。環境が認識できなかった場合には、決定木に基づいて次の

50

行動を選択し、再び行動、計測および判定を繰り返す。このようにして、このロボット10は、決定木に基づいて、行動をしてじたばたするうちに、どの環境にいるのかを認識することができる。

【0042】

図6には、作成される決定木の一例の一部の概略が示される。この図6の例では、最初の段に行動A11が設定されている。なお、この実施例では決定木の最初の段の行動はランダムで決定される。この図6の決定木による環境判定の流れの一例を説明すると、まず、行動A11の実行の結果、センサ出力D1が計測された場合には、次の段では、行動A55が選択されて実行される。そして、この行動A55の実行の結果、センサ出力D5が計測されなかった場合には、環境が決定され、つまり、このロボット10の置かれている環境は環境E2であることが認識される。

10

【0043】

そして、ロボット10は、環境を認識すると、その認識した環境に適した行動を、たとえば環境最適行動テーブルに基づいて、実行することができる。したがって、ロボット10は、認識した環境に合わせて、望みどおりに動作することができる。具体的には、床の硬さや滑り具合に合わせて、たとえば2足歩行することができるので、滑って転倒したりバランスを崩したりすることなく円滑に行動することができる。

【0044】

さらに、このロボット10では、環境に適した行動を実行しているときの、2軸加速度センサ56の出力の時系列データを計測して、環境の変化を判別するようにしている。つまり、認識している環境に適した行動を実行したときのセンサ出力の時系列データは、マップで対応付けられている最適なセンサ出力となるはずである。そこで、センサ出力の時系列データが、認識している環境と実行した行動とに対応するものであるか否かを、対応付けマップに基づいて判断することによって、環境の変化を把握する。そして、センサ出力の時系列データがその環境と行動とに対応するものではなかった場合には、環境が変化してしまったことがわかるので、再び上述のような環境を認識するための処理を実行する。したがって、この実施例では、一旦環境を認識した後でも環境の変化を把握できるので、変化後の環境を認識でき、さらに変化後の環境に適した行動を実行できる。

20

【0045】

具体的には、ロボット10のCPU46は、図7に示すようなフロー図に従って処理を実行する。図7の最初のステップS1では、メモリ50に予め登録されている行動の中からランダムに1つの行動を選択する。次に、ステップS3で、決定木作成プログラムを実行して、選択した行動を初めの段とする決定木を、センサ出力時系列行動環境対応付けマップに基づいて生成する。

30

【0046】

続いて、ステップS5で、選択した行動の制御データをメモリ50から読み出して、その行動の実行を開始する。ステップS7では、行動中の2軸加速度センサ56からの出力をセンサ入力/出力ボード54を介して一定周期で計測して、行動中のセンサ出力時系列データをメモリ50に記憶する。

【0047】

そして、ステップS9では、決定木に基づく判定を行う。つまり、計測されたセンサ出力時系列データに基づいて、決定木の次の段でどの決定手順に進むかを判定する。たとえば図6の最初の行動A11を実行した場合で説明すると、計測されたセンサ出力データが、センサ出力D1であるか、またはその他の出力であるかを判断し、次にどちらの行動へ進むかを決定する。

40

【0048】

続いて、ステップS11で、環境を認識できたか否かを判断する。つまり、ステップS9の判定によって、決定木においてセンサ出力に基づいて進めた次の段が環境を決定するものであったか否かを判断する。

【0049】

50

ステップS 11で“NO”であれば、つまり、環境を未だ認識するに至っていない場合には、続くステップS 13で、決定木に基づいて次の行動を選択する。つまり、決定木において進めた次の段の決定手順として設定されている行動を選択する。そして、ステップS 5へ戻って、再び、選択した行動の実行(ステップS 5)および行動中のセンサ出力計測(ステップS 7)を処理し、センサ出力結果に基づいて決定木による判定(ステップS 9)を行って、環境を認識できたか判断する(ステップS 11)。このように、ステップS 5からステップS 13の処理を繰り返して、決定木に基づいて環境の認識を行う。

【0050】

そして、ステップS 11で“YES”であれば、つまり、決定木において環境の決定に至った場合には、続くステップS 15で、認識した環境がいずれであるかをメモリ50に記録する。ステップS 17では、ロボット10の内部プログラムあるいは外部プログラムまたはユーザから下される行動指令に従い、その環境に適した行動をたとえば環境最適行動テーブルに基づいて選択する。たとえば、認識した環境が環境E 1であった場合には、当該環境E 1に最適な行動A 11 - 行動A 1jの中から実行すべき行動を選択する。

10

【0051】

続いて、ステップS 19で、選択した行動の実行を開始するとともに、ステップS 21で、行動中の2軸加速度センサ56の出力時系列データを計測する。

【0052】

そして、ステップS 23では、計測したセンサ出力データが、認識した環境と実行した行動に最適なものであったか否かを対応付けマップに基づいて判断する。つまり、このステップS 23では、環境が変化したかどうかを判定している。詳しくは、ステップS 19では、認識された環境において、当該環境に最適になるように調整された行動が実行されるので、ステップS 21では、マップにおいて当該環境と当該行動とに対応付けられた最適なセンサ出力が計測されるはずである。したがって、認識した環境において最適な行動を実行したときに計測されたセンサ出力が、対応付けマップに設定されたセンサ出力ではなかった場合には、認識していた環境が変化してしまったことが分かる。

20

【0053】

そこで、ステップS 23で“NO”であれば、つまり、環境が変化してしまった場合には、その環境の認識を試みるべく、再びステップS 1に戻って処理を繰り返す。これによって、変化した環境を認識することができるので、以後もその変化した環境に最適な行動を実行していくことができる。

30

【0054】

一方、ステップS 23で“YES”であれば、つまり、環境が変化していない場合には、ステップS 25で、ロボット10の内部プログラムあるいは外部プログラムまたはユーザから下される次の行動指令に従い、その環境において実行すべき次の行動の選択を処理する。そして、ステップS 27で、行動を終了するか否かを判断し、“NO”であれば、つまり、実行すべき行動がある場合には、ステップS 19に戻って、次の行動を実行する。他方、ステップS 27で“YES”であればこの処理を終了する。

【0055】

この実施例によれば、行動中のセンサ出力を長い時系列で見ることによって、2軸加速度センサ56の1種類1個という非常に少量のセンサであっても、通常の使い方では分からなかった情報を抽出でき、つまり、環境を認識することができる。したがって、このロボット10では、認識した環境に適した行動を実行していくことができる。また、センサが非常に少量でも認識できるので、たとえば省配線および省電力を実現することができる。また、その他のセンサと組み合わせることによって、さらに多くの環境情報を抽出することができ、より複雑な行動選択を行うことも可能となる。

40

【0056】

なお、上述の実施例では、図7のステップS 23で環境の変化を検出して、再び環境の認識処理を行なうとき、ステップS 1に戻ってランダムに行動を選択することとなるが、他の実施例では、環境の変化を認識したときに実行していた行動を選択することによって

50

、行動を継続しつつ環境の認識処理を行うようにしてもよい。

【0057】

また、上述の各実施例では、メモリ50に対応付けマップを記憶しておき、環境の認識のための最初の行動を任意に選択し、環境の認識処理を実行するたびに決定木を作成するようにしていたが、他の実施例では、外部コンピュータなどで対応付けマップから予め作成しておいた決定木を、メモリ50に記憶しておくようにしてもよい。この場合には、決定木が固定されるので、環境の認識手法が固定される。つまり、ロボット10は、環境を認識する際には、最初にいつも同じ行動を実行することとなる。

【0058】

また、上述の各実施例では、ロボット10には2軸加速度センサ56を設けるようにしていた。そして、床（あるいは地面）の硬さや床の滑り等の要素の違いによって分類される環境において、歩く、寝ころぶ、反動起き上がりなどの床に接触する行動を実行し、行動中のセンサ出力時系列を計測することで、対応付けマップを作成していた。しかし、ロボット10に設けるセンサの種類は適宜変更されてよい。ただし、認識ないし判別する環境の特徴と行動とが、センサ出力に反映されるものである必要がある。

10

【0059】

また、上述の各実施例の自由度やそれらの具体的構成は単なる例示であり、必ずしも2自由度なわけにはいかないというものではなく、関節軸モータは任意に変更可能である。なお、上述の実施例の2足歩行型のような自由度の多いロボットであれば、床の硬さや滑り（摩擦）の違いなど、判別可能な環境が多くなり、一方、たとえば車輪移動型のロボットの場合には、平滑か凹凸かといった程度で把握できるだけであり、判別可能な環境が少なくなる。

20

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】この発明の一実施例のロボットを示す外観図である。

【図2】図1実施例のロボットを示す図解図である。

【図3】図1実施例のロボットの電氣的構成を示すブロック図である。

【図4】図3のメモリに記憶される環境ごとの最適行動に関するテーブルの一例を示す図解図である。

【図5】図3のメモリに記憶されるセンサ出力時系列と行動と環境とを対応付けたマップの一例を概略を示す図解図である。

30

【図6】マップから生成される決定木の一例の概略を示す図解図である。

【図7】図1実施例のロボットの動作の一例を示すフロー図である。

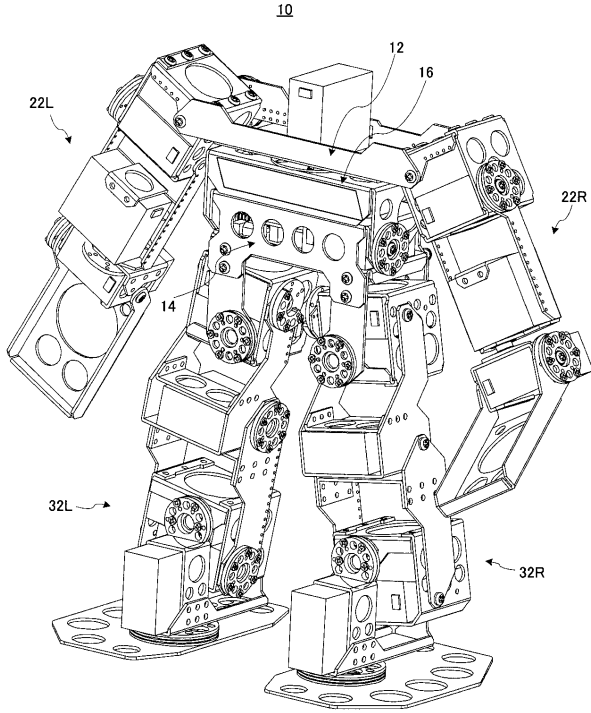
【符号の説明】

【0061】

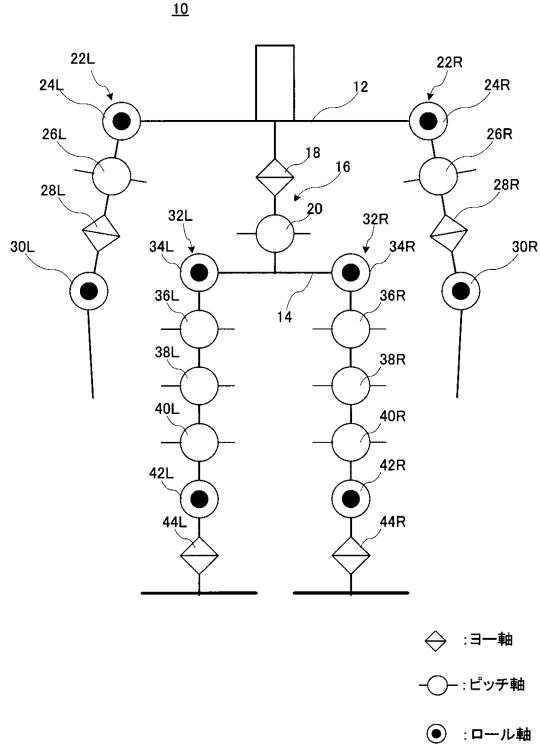
- 10 ...ロボット（ヒューマノイド）
- 22 R、22 L ...腕
- 32 R、32 L ...足
- 46 ...CPU
- 50 ...メモリ
- 52 ...モータ制御ボード
- 54 ...センサ入力/出力ボード
- 56 ...2軸加速度センサ
- 60 ...関節軸モータ

40

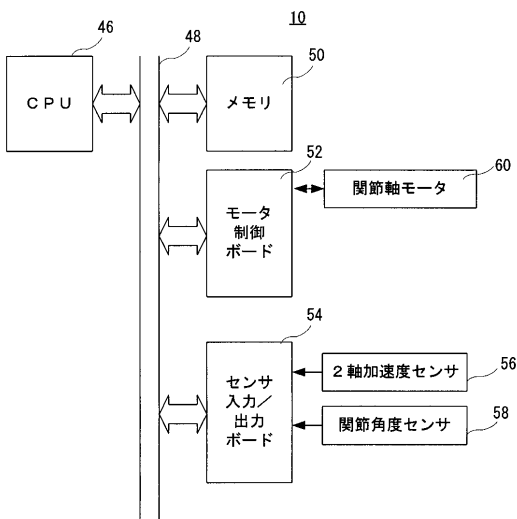
【図1】



【図2】



【図3】



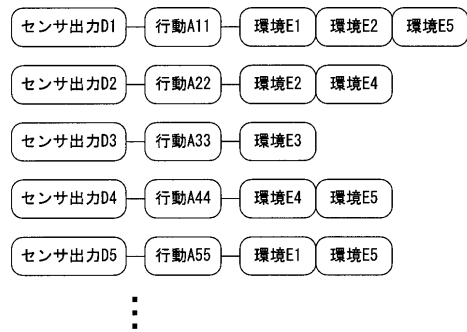
【図4】

環境 - 最適行動テーブル

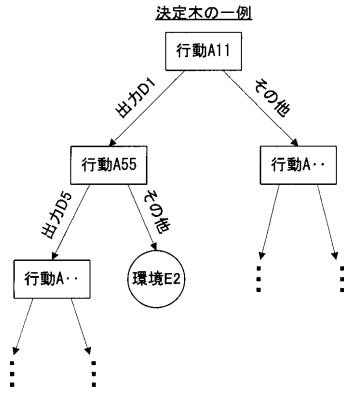
	行動			
	歩く	寝ころぶ	...	反動 起き上がり
硬・ 摩擦小 環境E1	行動A11	行動A12		行動A1j
硬・ 摩擦中 環境E2	行動A21	行動A22		行動A2j
...				
柔・ 摩擦大 環境Ei	行動Ai1	行動Ai2		行動Aij

【図5】

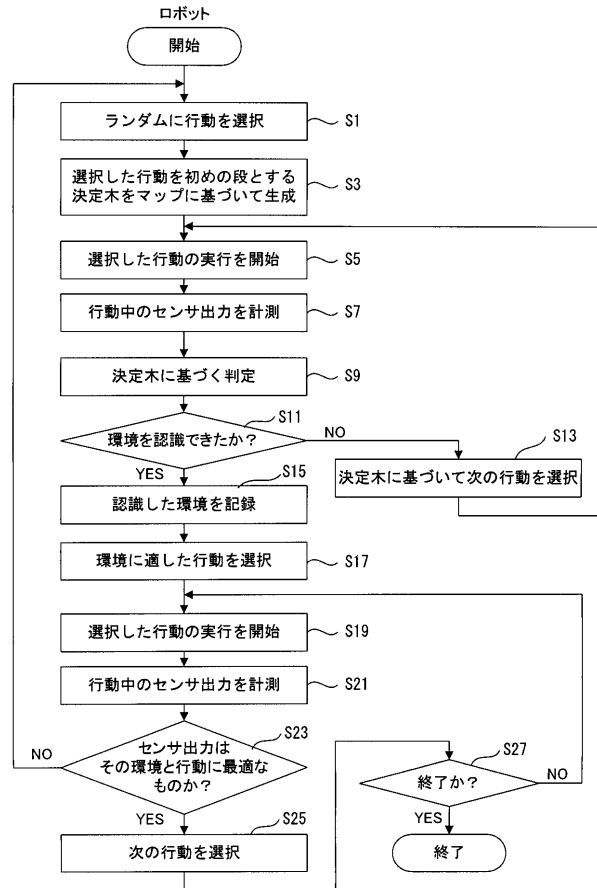
センサ出力時系列-行動-環境対応付けマップ



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平3 - 166077 (JP, A)
特開平6 - 124118 (JP, A)
特開平11 - 320461 (JP, A)
特開平11 - 277477 (JP, A)
特開2001 - 347476 (JP, A)
特開2001 - 353686 (JP, A)
特開2003 - 89081 (JP, A)
特開2003 - 159674 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02
A63H 1/00 - 37/00