

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3714268号

(P3714268)

(45) 発行日 平成17年11月9日(2005.11.9)

(24) 登録日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 2 5 J 13/00

B 2 5 J 13/00

Z

B 2 5 J 5/00

B 2 5 J 5/00

F

請求項の数 1 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2002-75147 (P2002-75147)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成14年3月18日 (2002.3.18)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2003-266351 (P2003-266351A)		東京都品川区北品川6丁目7番35号
(43) 公開日	平成15年9月24日 (2003.9.24)	(74) 代理人	100067736
審査請求日	平成15年3月12日 (2003.3.12)		弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100086335
			弁理士 田村 榮一
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(72) 発明者	浅野 康治
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	山下 潤一
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

胴体部に対して可動に接続される頭部と2以上の脚部とを備え、外部からの働きかけに応じた動作又は内部状態に基づく自律的動作を実行するロボット装置において、

上記胴体部の一部又は首部の少なくとも1箇所において回転可能とする回転手段と、音源方向を推定する音源方向推定手段と、

音イベントが発生した際に、上記脚部又は上記回転手段を介して上記音源方向に上記頭部の正面を向けるように制御する制御手段と、

画像処理によって物体を認識する認識手段と、

音源までの距離を推定する距離推定手段とを備え、

上記制御手段は、

上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識した場合、上記所定の対象物のトラッキングを行うように制御し、

上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識できなかった場合、上記回転手段を介して上記頭部を上下若しくは左右に振るよう制御し、又は上記脚部を介して上記音源方向に近づくように制御し、

上記距離推定手段によって推定された上記音源までの距離に応じて、上記回転手段を介して上記頭部を上下又は左右に振る動作と上記脚部を介して上記音源方向に近づく動作との優先順位を変化させるように制御する

ことを特徴とするロボット装置。

10

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、人間等の2足歩行型の身体メカニズムや動作を模した自律的な動作を行うロボット装置に関し、特に、音源方向推定機能を有し、全身を協調させて音源方向に振り向き、所定の対象物のトラッキングを行うロボット装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

電氣的又は磁氣的な作用を用いて人間（生物）の動作に似た運動を行う機械装置を「ロボット」という。我が国においてロボットが普及し始めたのは、1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化等を目的としたマニピュレータや搬送ロボット等の産業用ロボット（Industrial Robot）であった。

10

【0003】

最近では、人間のパートナーとして生活を支援する、すなわち住環境その他の日常生活上の様々な場面における人的活動を支援する実用ロボットの開発が進められている。このような実用ロボットは、産業用ロボットとは異なり、人間の生活環境の様々な局面において、個々に個性の相違した人間、又は様々な環境への適応方法を自ら学習する能力を備えている。例えば、犬、猫のように4足歩行の動物の身体メカニズムやその動作を模した「ペット型」ロボット、或いは、2足直立歩行を行う人間等の身体メカニズムや動作をモデルにしてデザインされた「人間型」又は「人間形」ロボット（Humanoid Robot）等のロボット装置は、既に実用化されつつある。

20

【0004】

これらのロボット装置は、産業用ロボットと比較して、エンターテインメント性を重視した様々な動作を行うことができるため、エンターテインメントロボットと呼称される場合もある。また、そのようなロボット装置には、外部からの情報や内部の状態に応じて自律的に動作するものがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このような自律動作を行うロボット装置は、一般に、外界の情報を認識してそれに対して自身の行動を反映させる機能を有している。すなわち、自律型のロボット装置は、外部環境からの音声や画像、触覚などの入力情報に基づいて感情モデルや本能モデルを変化させて動作を決定することにより、自律的な思考及び動作制御を実現する。このようにロボット装置が感情モデルや本能モデルを用意することにより、より高度な知的レベルで人間とのコミュニケーションを図ることが可能となる。このとき、ロボット装置が「人間型」すなわち人間と同じ形又は同じ構造をしている方が、人間とロボット装置とのスムーズなコミュニケーションを行う上で有効に機能するものと考えられる。

30

【0006】

ここで、「人間型」のロボット装置としては、例えば外部環境から音声が入力された場合にはその音源方向を向き、環境を認識しようとするのが、実際の人間の動作に近く自然であると言える。特に、人間から呼びかけられたような場合には、その呼びかけを行った者の方向に顔を向けることが、人間との親密性を高める観点からも望ましい。

40

【0007】

しかしながら、このような「人間型」のロボット装置では、より生物感を高めることを目的として首や体幹等の可動範囲が制限されているため、背後から音声が入力された場合であっても首を無制限に回転させるようなことはできず、人間に近い振り向き動作を行うことが望まれている。

【0008】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、音源方向推定機能を有し、全身を協調させて自然な動作により音源方向に振り向き、所定の対象物のトラッキングを行うことのできるロボット装置を提供することを目的とする。

50

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るロボット装置は、上述した目的を達成するために、胴体部に対して可動に接続される頭部と2以上の脚部とを備え、外部からの働きかけに応じた動作又は内部状態に基づく自律的動作を実行するロボット装置において、上記胴体部の一部又は首部の少なくとも1箇所において回転可能とする回転手段と、音源方向を推定する音源方向推定手段と、音イベントが発生した際に、上記脚部又は上記回転手段を介して上記音源方向に上記頭部の正面を向けるように制御する制御手段と、画像処理によって物体を認識する認識手段と、音源までの距離を推定する距離推定手段とを備え、上記制御手段は、上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識した場合、上記所定の対象物のトラッキングを行うように制御し、上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識できなかった場合、上記回転手段を介して上記頭部を上下若しくは左右に振るように制御し、又は上記脚部を介して上記音源方向に近づくように制御し、上記距離推定手段によって推定された上記音源までの距離に応じて、上記回転手段を介して上記頭部を上下又は左右に振る動作と上記脚部を介して上記音源方向に近づく動作との優先順位を変化させるように制御することを特徴とする。

10

【 0 0 1 0 】

このようなロボット装置は、音イベントが発生した際に、脚部又は回転手段を介して、全身を協調させて自然な動作により音源方向に頭部の正面を向け、所定の対象物を認識した場合には、所定の対象物のトラッキングを行うように制御し、一方、所定の対象物を認識できなかった場合には、推定された音源までの距離に応じて、回転手段を介して頭部を上下又は左右に振る動作と、脚部を介して音源方向に近づく動作との優先順位を変化させて制御する。

20

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

本発明の一構成例として示す2足歩行タイプのロボット装置は、住環境その他の日常生活上の様々な場面における人的活動を支援する実用ロボットであり、内部状態（怒り、悲しみ、喜び、楽しみ等）に応じて行動できるほか、人間が行う基本的な動作を表出できるエンターテインメントロボットである。

30

【 0 0 1 5 】

図1に示すように、ロボット装置1は、体幹部ユニット2の所定の位置に頭部ユニット3が連結されると共に、左右2つの腕部ユニット4R/Lと、左右2つの脚部ユニット5R/Lが連結されて構成されている（但し、R及びLの各々は、右及び左の各々を示す接尾辞である。以下において同じ。）。

【 0 0 1 6 】

このロボット装置1が具備する関節自由度構成を図2に模式的に示す。頭部ユニット3を支持する首関節は、首関節ヨー軸101と、首関節ピッチ軸102と、首関節ロール軸103という3自由度を有している。

40

【 0 0 1 7 】

また、上肢を構成する各々の腕部ユニット4R/Lは、肩関節ピッチ軸107と、肩関節ロール軸108と、上腕ヨー軸109と、肘関節ピッチ軸110と、前腕ヨー軸111と、手首関節ピッチ軸112と、手首関節ロール軸113と、手部114とで構成される。手部114は、実際には、複数本の指を含む多関節・多自由度構造体である。ただし、手部114の動作は、ロボット装置1の姿勢制御や歩行制御に対する寄与や影響が少ないので、本明細書ではゼロ自由度と仮定する。したがって、各腕部は7自由度を有するとする。

【 0 0 1 8 】

50

また、体幹部ユニット2は、体幹ピッチ軸104と、体幹ロール軸105と、体幹ヨー軸106という3自由度を有する。

【0019】

また、下肢を構成する各々の脚部ユニット5R/Lは、股関節ヨー軸115と、股関節ピッチ軸116と、股関節ロール軸117と、膝関節ピッチ軸118と、足首関節ピッチ軸119と、足首関節ロール軸120と、足部121とで構成される。本明細書中では、股関節ピッチ軸116と股関節ロール軸117の交点は、ロボット装置1の股関節位置を定義する。人体の足部121は、実際には多関節・多自由度の足底を含んだ構造体であるが、ロボット装置1の足底は、ゼロ自由度とする。したがって、各脚部は、6自由度で構成される。

10

【0020】

以上を総括すれば、ロボット装置1全体としては、合計で $3 + 7 \times 2 + 3 + 6 \times 2 = 32$ 自由度を有することになる。ただし、エンターテインメント向けのロボット装置1が必ずしも32自由度に限定されるわけではない。設計・制作上の制約条件や要求仕様等に応じて、自由度すなわち関節数を適宜増減することができることはいうまでもない。

【0021】

上述したようなロボット装置1がもつ各自由度は、実際にはアクチュエータを用いて実装される。外観上で余分な膨らみを排してヒトの自然体形状に近似させること、2足歩行という不安定構造体に対して姿勢制御を行うことなどの要請から、アクチュエータは小型且つ軽量であることが好ましい。また、アクチュエータは、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータユニット内に搭載したタイプの小型ACサーボ・アクチュエータで構成することがより好ましい。

20

【0022】

図3には、ロボット装置1の制御システム構成を模式的に示している。図3に示すように、制御システムは、ユーザ入力などに動的に反応して情緒判断や感情表現を司る思考制御モジュール200と、アクチュエータ350の駆動などロボット装置1の全身協調運動を制御する運動制御モジュール300とで構成される。

【0023】

思考制御モジュール200は、情緒判断や感情表現に関する演算処理を実行するCPU (Central Processing Unit) 211や、RAM (Random Access Memory) 212、ROM (Read Only Memory) 213、及び、外部記憶装置 (ハード・ディスク・ドライブなど) 214で構成される、モジュール内で自己完結した処理を行うことができる、独立駆動型の情報処理装置である。

30

【0024】

この思考制御モジュール200は、画像入力装置251から入力される画像データや音声入力装置252から入力される音声データなど、外界からの刺激などに従って、ロボット装置1の現在の感情や意思を決定する。ここで、画像入力装置251は、例えばCCD (Charge Coupled Device) カメラを複数備えており、また、音声入力装置252は、例えばマイクロホンを複数備えている。

【0025】

また、思考制御モジュール200は、意思決定に基づいた動作又は行動シーケンス、すなわち四肢の運動を実行するように、運動制御モジュール300に対して指令を発行する。

40

【0026】

一方の運動制御モジュール300は、ロボット装置1の全身協調運動を制御するCPU 311や、RAM 312、ROM 313、及び外部記憶装置 (ハード・ディスク・ドライブなど) 314で構成される、モジュール内で自己完結した処理を行うことができる、独立駆動型の情報処理装置である。外部記憶装置314には、例えば、オフラインで算出された歩行パターンや目標とするZMP軌道、その他の行動計画を蓄積することができる。ここで、ZMPとは、歩行中の床反力によるモーメントがゼロとなる床面上の点のことであり、また、ZMP軌道とは、例えばロボット装置1の歩行動作期間中にZMPが動く軌跡

50

を意味する。なお、ZMPの概念並びにZMPを歩行ロボットの安定度判別規範に適用する点については、Miomir Vukobratovic 著“LEGGED LOCOMOTION ROBOTS”(加藤一郎外著『歩行ロボットと人工の足』(日刊工業新聞社))に記載されている。

【0027】

運動制御モジュール300には、図2に示したロボット装置1の全身に分散するそれぞれの関節自由度を実現するアクチュエータ350、体幹部ユニット2の姿勢や傾斜を計測する姿勢センサ351、左右の足底の離床又は着床を検出する接地確認センサ352, 353、バッテリーなどの電源を管理する電源制御装置354などの各種の装置が、バス・インターフェース(I/F)301経由で接続されている。ここで、姿勢センサ351は、例えば加速度センサとジャイロ・センサの組み合わせによって構成され、接地確認センサ352, 353は、近接センサ又はマイクロ・スイッチなどで構成される。

10

【0028】

思考制御モジュール200と運動制御モジュール300は、共通のプラットフォーム上で構築され、両者間はバス・インターフェース201, 301を介して相互接続されている。

【0029】

運動制御モジュール300では、思考制御モジュール200から指示された行動を体現すべく、各アクチュエータ350による全身協調運動を制御する。すなわち、CPU311は、思考制御モジュール200から指示された行動に応じた動作パターンを外部記憶装置314から取り出し、又は、内部的に動作パターンを生成する。そして、CPU311は、指定された動作パターンに従って、足部運動、ZMP軌道、体幹運動、上肢運動、腰部水平位置及び高さなどを設定するとともに、これらの設定内容に従った動作を指示する指令値を各アクチュエータ350に転送する。

20

【0030】

また、CPU311は、姿勢センサ351の出力信号によりロボット装置1の体幹部ユニット2の姿勢や傾きを検出するとともに、各接地確認センサ352, 353の出力信号により各脚部ユニット5R/Lが遊脚又は立脚のいずれの状態であるかを検出することによって、ロボット装置1の全身協調運動を適応的に制御することができる。

【0031】

また、CPU311は、ZMP位置が常にZMP安定領域の中心に向かうように、ロボット装置1の姿勢や動作を制御する。

30

【0032】

さらに、運動制御モジュール300は、思考制御モジュール200において決定された意思通りの行動がどの程度発現されたか、すなわち処理の状況を、思考制御モジュール200に返すようになっている。

【0033】

このようにしてロボット装置1は、制御プログラムに基づいて自己及び周囲の状況を判断し、自律的に行動することができる。

【0034】

ところで、上述したロボット装置1は、音源方向の推定機能を有しており、例えば外部環境から音声が入力された場合にその音源方向を向き、環境を認識することができる。ここで、上述した図2に示した関節自由度は、より生物感を高めるために可動範囲が制限されている。このため、図2の首関節ヨー軸101の可動範囲外から音声が入力された場合には、首や体幹を協調させて回転し、音源方向に振り向く動作を行うことが必要となる。

40

【0035】

そこで、本実施の形態におけるロボット装置1は、図4(A)乃至(F)に示すようにして音源方向を振り向く。すなわち、図4(A)のようにロボット装置1が図中右側を向いていたときに背後から音声が入力されると、図4(B)乃至(F)のように、首を回転させると共に脚部を使って体幹を回転させ、音源方向に振り向く。

【0036】

50

このような音源方向への振り向き動作の一例について、図5のフローチャートを用いて説明する。まずステップS1において、音声入力装置252(図3)の有するマイクロホンに所定の閾値以上の振幅の音が入力されることにより、音イベントが発生したことが検出される。

【0037】

次にステップS2において、入力された音イベントの音源方向の推定が行われる。ここで、上述したように、音声入力装置252には、複数のマイクロホンが備えられており、ロボット装置1は、この複数のマイクロホンを用いて音源方向を推定することができる。具体的には、例えば「大賀、山崎、金田『音響システムとデジタル処理』(電子情報通信学会) p197」に記載されているように、音源方向と複数のマイクロホンで受信した信号の時間差とに一对一の関係があることを利用して音源方向を推定することができる。

10

【0038】

すなわち、図6に示すように、 θ_s 方向から到来する平面波を、距離dだけ離れて設置された2つのマイクロホン M_1 、 M_2 で受信する場合、各マイクロホン M_1 、 M_2 の受信信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ との間には、以下の式(1)、(2)に示すような関係が成立する。ここで、式(1)、(2)において、cは音速であり、 τ_s は2つのマイクロホン M_1 、 M_2 で受信した信号の時間差である。

【0039】

【数1】

$$x_2(t) = x_1(t - \tau_s) \quad \dots(1)$$

$$\tau_s = (d \sin \theta_s) / c \quad \dots(2)$$

20

【0040】

したがって、受信信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ との間の時間差 τ_s が分かれば、以下の式(3)により、音波の到来方向、すなわち音源方向を求めることができる。

【0041】

【数2】

$$\theta_s = \sin^{-1}(c\tau_s / d) \quad \dots(3)$$

【0042】

ここで、時間差 τ_s は、以下の式(4)に示すような、受信信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ との間の相互相関関数 $\phi_{12}(\tau)$ から求めることができる。ここで、式(4)において、 $E[\cdot]$ は期待値である。

【0043】

【数3】

$$\phi_{12}(\tau) = E[x_1(t) \cdot x_2(t + \tau)] \quad \dots(4)$$

30

40

【0044】

上述した式(1)と式(4)とから、相互相関関数 $\phi_{12}(\tau)$ は、以下の式(5)のように表される。ここで、式(5)において、 $\phi_{11}(\tau)$ は受信信号 $x_1(t)$ の自己相関関数である。

【0045】

50

【数4】

$$\begin{aligned} \phi_{12}(\tau) &= E \left[x_1(t) \cdot x_1(t + \tau - \tau_s) \right] \\ &= \phi_{11}(\tau - \tau_s) \end{aligned} \quad \dots(5)$$

【0046】

この自己相関関数 $\phi_{11}(\tau)$ は、 $\tau = 0$ で最大値をとることが知られているため、式(5)より相互相関関数 $\phi_{12}(\tau)$ は、 $\tau = \tau_s$ で最大値をとる。したがって、相互相関関数 $\phi_{12}(\tau)$ を計算して、最大値を与える τ を求めれば τ_s が得られ、それを上述した式(3)に代入することにより、音波の到来方向、すなわち音源方向を求めることができる。

【0047】

なお、上述した音源方向の推定手法は一例であり、この例に限定されるものではない。

【0048】

図5に戻ってステップS3では、現在ロボット装置1が向いている方向と音源の方向との差が計算され、体幹の向きに対する音源方向の相対角度が求められる。

【0049】

続いてステップS4では、図2に示した首関節ヨー軸101の可動範囲と、脚部を使って体幹を回転させる際に、一度の回転動作で回転できる最大角度などの制約に基づき、ステップS3で計算された相対角度分だけ頭部を回転させるのに必要な首関節と体幹の回転角度を決定する。ここで、音源方向によっては、首関節のみの回転角度が決定される。なお、ロボット装置1は、図2に示したように体幹ヨー軸106を有しているが、簡単のため、本実施の形態ではこの体幹ヨー軸106を利用しないものとして説明する。しかし、首、腰、足の接地方向を利用し、全身を協調させて音源方向を振り向くことができることは勿論である。

【0050】

具体的に図7を用いて説明する。図7(A)は、ロボット装置1の首の可動範囲を $\pm Y$ 度とし、音源Sの方向の相対角度がロボット装置1の正面方向に対してX度方向である場合の例である。この場合、ロボット装置1が音源Sの方向に振り向くためには、図7(B)に示すように、最低でも $X - Y$ 度だけ体幹全体を脚部を使って回転させると共に、首関節ヨー軸101をY度だけ音源Sの方向に回転させる必要がある。

【0051】

次にステップS5では、ステップS4で得られた角度を回転させるのに必要な各関節の制御情報を立案、実行し、音源方向に振り向く。

【0052】

続いてステップS6において、音源方向に正対する必要があるか否かが判別される。ステップS6において、例えば、音イベントが単なる物音などの雑音の場合には、正対する必要がないとしてステップS7に進んで、元々向いていた方向に体幹及び首の向きを戻し、一連の動作を終了する。一方、ステップS6において、例えば、画像入力装置251(図3)の情報からロボット装置1が予め学習して知っている人の顔を発見し、その人に呼び掛けられたと判断した場合などには、その向きに正対する制御を行なうためにステップS8に進む。

【0053】

ここで、人間の顔を検出する手段としては、例えば「E.Osuna, R.Freund and F.Girosi: "Training support vector machines: an application to face detection", CVPR'97, 1997」に記載されているような手法で実現することが可能である。また、特定の人の顔を認識する手段としては、例えば「B.Moghaddam and A.Pentland: "Probabilistic Visual Learning for Object Representation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.19, No.7, July 1997」に記載されているような手法で実

現することが可能である。

【0054】

ステップS8では、正対するために必要な体幹及び首の回転角度が計算される。例えば上述した図7(B)に示すように、現在のロボット装置1の姿勢において首関節ヨ一軸101がY度回転している場合、すなわち体幹に対して頭部がY度回転している場合には、図7(C)に示すように、体幹をY度回転させると同時に首関節ヨ一軸101を-Y度回転させることによって、対象オブジェクトを注視したまま首の捻れを解消し、自然な動作で音源Sの方向に正対することが可能となる。

【0055】

最後にステップS9では、ステップS8で計算した動作を実行し、音源方向に正対する。 10

【0056】

ロボット装置1は、以上のようにして音源方向を推定し、全身を協調させて自然な動作により音源方向を振り向くことができる。

【0057】

また、ロボット装置1は、音イベントの内容によっては、対象オブジェクトを注視したまま首の捻れを解消し、自然な動作で音源方向に正対する。特に、人間から呼びかけられたような場合には、その呼びかけを行った者の方向に顔を向けて正対することにより、人間との親密性を高めることができる。

【0058】

なお、以上の動作は、上述した思考制御モジュール200(図3)から指示され、運動制御モジュール300によって各アクチュエータ350が制御されることにより実現される。 20

【0059】

ここで、体幹の向きに対する音源方向の相対角度を求め、実際にその方向に振り向いた場合に、対象オブジェクトを認識できないような状況が考えられる。すなわち例えば、音源方向の推定誤差により、振り向いた方向の視野角内に対象オブジェクトがない場合や、音源方向が正しくても対象オブジェクトまでの距離が遠い場合には、対象オブジェクトを認識することができない。

【0060】

そこで、本実施の形態におけるロボット装置1は、以下のようにしてこのような問題を解消することができる。 30

【0061】

この振り向き動作の一例を図8のフローチャートを用いて説明する。先ずステップS10において、音声入力装置252(図3)の有するマイクロホンに所定の閾値以上の振幅の音が入力されることにより、音イベントが発生したことが検出される。

【0062】

次にステップS11において、入力された音イベントの音源方向の推定が行われる。

【0063】

続いてステップS12では、現在ロボット装置1が向いている方向と音源の方向との差が計算され、体幹の向きに対する音源方向の相対角度が求められる。 40

【0064】

続いてステップS13では、図2に示した首関節ヨ一軸101の可動範囲と、脚部を使って体幹を回転させる際に、一度の回転動作で回転できる最大角度などの制約に基づき、ステップS12で計算された相対角度分だけ頭部を回転させるのに必要な首関節と体幹の回転角度を決定する。この際、可動範囲の限界まで首を回転させるのではなく、振り向いた後にさらに首を左右に振れるように、多少の余裕を持たせるようにする。

【0065】

すなわち、図9(A)に示すように、ロボット装置1の首の可動範囲を±Y度とし、音源Sの方向の相対角度がロボット装置1の正面方向に対してX度方向である場合、Z度分だけ余裕を持たせ、図9(B)のように体幹全体を脚部によりX-(Y-Z)度だけ回転させ 50

ると共に、首関節ヨー軸101をY-Z度回転させる。これにより、音源Sの方向に振り向いた後にさらに首を左右に振ることが可能とされる。

【0066】

図8に戻ってステップS14では、ステップS13で得られた角度を回転させるのに必要な各関節の制御情報を立案、実行し、音源方向に振り向く。

【0067】

ステップS15では、音源方向に対象オブジェクトを認識できたか否かが判別される。ステップS15において、例えば上述したような顔検出や顔認識により、予め学習して知っている人の顔が見つかった場合などには、音源方向に対象オブジェクトを認識することができたとして、ステップS16に進む。

10

【0068】

ステップS16では、認識された対象オブジェクトをトラッキングの対象とし、以後オブジェクトが動くのに合わせて首や体幹の向きを変化させて、対象オブジェクトのトラッキングを行うようにし、一連の動作を終了する。

【0069】

一方、ステップS15において、対象オブジェクトを認識できなかった場合には、ステップS17に進み、音イベントが音声であったか否かが判別される。具体的には、例えばHMM (Hidden Markov Model) 法により音声と非音声とを統計的にモデル化し、その尤度を比較することによって、音イベントが音声であったか否かを判別することができる。ステップS17において、音声でないと判別された場合には、例えばドアの閉まる音や物音など、認識対象とする必要のない事象に由来する音イベントであったと判断し、一連の動作を終了する。また、ステップS17において音声であると判別された場合には、ステップS18に進む。

20

【0070】

ステップS18では、音源が近いかな否かが判別される。具体的には、例えば文献「F.Asano, H.Asoh and T.Matsui, " Sound Source Localization and Separation in Near Field ", IEICE Trans. Fundamental, Vol.E83-A, No.11, 2000」に記載されているような手法で音源までの推定距離を計算することにより、大まかに推定することが可能である。ステップS18において、音源までの距離が画像入力装置251や対象オブジェクト認識手段の性能によって、対象オブジェクトを認識することが困難なほど遠い場合には、続くステップS19で対象オブジェクトを認識可能な距離までロボット装置1自体を音源方向に歩行させ、対象オブジェクトの認識精度を確保する。また、ステップS18において、音源までの距離が近い場合には、歩行を行わずにステップS21に進む。

30

【0071】

ステップS20では、対象オブジェクトが認識できるかな否かが再度判別される。ステップS20において対象オブジェクトを認識できた場合には、ステップS16に戻ってトラッキング処理に移行し、一連の動作を終了する。ステップS20において対象オブジェクトを認識できなかった場合には、ステップS21に進む。

【0072】

ステップS21では、音源方向の推定に誤差があることを想定して、首関節ピッチ軸102及び首関節ヨー軸101を回転させることによって頭部を上下左右に振る。

40

【0073】

続いてステップS22では、ステップS21で頭部を上下左右に振った結果、対象オブジェクトを認識できたか否かが判別される。ステップS22において対象オブジェクトを認識できた場合には、ステップS16に戻ってトラッキング処理に移行し、一連の動作を終了する。ステップS22において対象オブジェクトを認識できなかった場合には、音源方向推定が大きく誤った場合が想定されるため、ステップS23においてその旨を出力し、一連の動作を終了する。具体的には、対象オブジェクトが人間である場合には、「どこにいるのかわかりません。もう一度喋ってもらえますか?」といった音声出力し、音声を再入力してもらえようように依頼することによって、再びこの一連の処理を実行することが

50

可能となる。

【 0 0 7 4 】

以上のように、ロボット装置 1 が音源方向に近づいたり、顔を左右に振ることによって、音源方向の推定誤差により振り向いた方向の視野角内に対象オブジェクトがない場合や、音源方向が正しくても対象オブジェクトまでの距離が遠い場合であっても、対象オブジェクトを認識することが可能となる。特に、推定された音源方向に振り向いた後にも、さらに頭部を左右に振れるように首の回転角度が設定されるため、自然な動作により対象オブジェクトをトラッキングすることができる。

【 0 0 7 5 】

なお、上述の例では音源の距離推定を行い音源方向に近づいた後に顔を振る動作を行うものとして説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、音源までの距離の推定精度が音源方向の推定精度と比較して著しく低いような場合には、音源方向に近づく前に顔を振る動作を行うようにしても構わない。

10

【 0 0 7 6 】

また、上述の例では、対象オブジェクトを認識可能な距離までロボット装置 1 自体を音源方向に歩行させて、対象オブジェクトを認識できたか否かを再度確認するものとして説明したが、これに限定されるものではなく、例えば 5 0 c m など、所定の距離だけ音源方向に近づいた後に、対象オブジェクトを認識できたか否かを再度確認するようにしても構わない。

【 0 0 7 7 】

さらに、上述の例では、対象オブジェクトを認識する手段として、顔検出、顔認識を用いるものとして説明したが、これに限定されるものではなく、特定の色や形状のものを認識するようにしても構わない。

20

【 0 0 7 8 】

ところで、このロボット装置 1 は、内部状態に応じて自律的に行動することができる。そこで、ロボット装置 1 における制御プログラムのソフトウェア構成例について、図 1 0 乃至図 1 5 を用いて説明する。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 において、デバイス・ドライバ・レイヤ 4 0 は、制御プログラムの最下位層に位置し、複数のデバイス・ドライバからなるデバイス・ドライバ・セット 4 1 から構成されている。この場合、各デバイス・ドライバは、C C D カメラやタイマ等の通常のコンピュータで用いられるハードウェアに直接アクセスすることを許されたオブジェクトであり、対応するハードウェアからの割り込みを受けて処理を行う。

30

【 0 0 8 0 】

また、ロボティック・サーバ・オブジェクト 4 2 は、デバイス・ドライバ・レイヤ 4 0 の最下位層に位置し、例えば上述の各種センサやアクチュエータ 3 5 0 等のハードウェアにアクセスするためのインターフェイスを提供するソフトウェア群でなるパーチャル・ロボット 4 3 と、電源の切換えなどを管理するソフトウェア群でなるパワーマネージャ 4 4 と、他の種々のデバイス・ドライバを管理するソフトウェア群でなるデバイス・ドライバ・マネージャ 4 5 と、ロボット装置 1 の機構を管理するソフトウェア群でなるデザインド・ロボット 4 6 とから構成されている。

40

【 0 0 8 1 】

マネージャ・オブジェクト 4 7 は、オブジェクト・マネージャ 4 8 及びサービス・マネージャ 4 9 から構成されている。オブジェクト・マネージャ 4 8 は、ロボティック・サーバ・オブジェクト 4 2、ミドル・ウェア・レイヤ 5 0、及びアプリケーション・レイヤ 5 1 に含まれる各ソフトウェア群の起動や終了を管理するソフトウェア群であり、サービス・マネージャ 4 9 は、メモリカードに格納されたコネクションファイルに記述されている各オブジェクト間の接続情報に基づいて各オブジェクトの接続を管理するソフトウェア群である。

【 0 0 8 2 】

50

ミドル・ウェア・レイヤ50は、ロボティック・サーバ・オブジェクト42の上位層に位置し、画像処理や音声処理などのこのロボット装置1の基本的な機能を提供するソフトウェア群から構成されている。また、アプリケーション・レイヤ51は、ミドル・ウェア・レイヤ50の上位層に位置し、当該ミドル・ウェア・レイヤ50を構成する各ソフトウェア群によって処理された処理結果に基づいてロボット装置1の行動を決定するためのソフトウェア群から構成されている。

【0083】

なお、ミドル・ウェア・レイヤ50及びアプリケーション・レイヤ51の具体的なソフトウェア構成をそれぞれ図11に示す。

【0084】

ミドル・ウェア・レイヤ50は、図11に示すように、騒音検出用、温度検出用、明るさ検出用、音階認識用、距離検出用、姿勢検出用、タッチセンサ用、動き検出用及び色認識用の各信号処理モジュール60～68並びに入力セマンティクスコンバータモジュール69などを有する認識系70と、出力セマンティクスコンバータモジュール78並びに姿勢管理用、トラッキング用、モーション再生用、歩行用、転倒復帰用、LED点灯用及び音再生用の各信号処理モジュール71～77などを有する出力系79とから構成されている。

【0085】

認識系70の各信号処理モジュール60～68は、ロボティック・サーバ・オブジェクト42のバーチャル・ロボット43によりDRAMから読み出される各センサデータや画像データ及び音声データのうちの対応するデータを取り込み、当該データに基づいて所定の処理を施して、処理結果を入力セマンティクスコンバータモジュール69に与える。ここで、例えば、バーチャル・ロボット43は、所定の通信規約によって、信号の授受或いは変換をする部分として構成されている。

【0086】

入力セマンティクスコンバータモジュール69は、これら各信号処理モジュール60～68から与えられる処理結果に基づいて、「うるさい」、「暑い」、「明るい」、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、使用者からの指令及び働きかけを認識し、認識結果をアプリケーション・レイヤ41に出力する。

【0087】

アプリケーション・レイヤ51は、図12に示すように、行動モデルライブラリ80、行動切替モジュール81、学習モジュール82、感情モデル83及び本能モデル84の5つのモジュールから構成されている。

【0088】

行動モデルライブラリ80には、図13に示すように、「バッテリー残量が少なくなった場合」、「転倒復帰する」、「障害物を回避する場合」、「感情を表現する場合」、「ボールを検出した場合」などの予め選択されたいくつかの条件項目にそれぞれ対応させて、それぞれ独立した行動モデルが設けられている。

【0089】

そして、これら行動モデルは、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール69から認識結果が与えられたときや、最後の認識結果が与えられてから一定時間が経過したときなどに、必要に応じて後述のように感情モデル83に保持されている対応する情動のパラメータ値や、本能モデル84に保持されている対応する欲求のパラメータ値を参照しながら続く行動をそれぞれ決定し、決定結果を行動切替モジュール81に出力する。

【0090】

なお、この実施の形態の場合、各行動モデルは、次の行動を決定する手法として、図14に示すような1つのノード(状態) $NODE_0 \sim NODE_n$ から他のどのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ に遷移するかを各ノード $NODE_0 \sim NODE_n$ に間を接続するアークA

10

20

30

40

50

$R C_1 \sim A R C_{n-1}$ に対してそれぞれ設定された遷移確率 $P_1 \sim P_n$ に基づいて確率的に決定する有限確率オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用いる。

【0091】

具体的に、各行動モデルは、それぞれ自己の行動モデルを形成するノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ にそれぞれ対応させて、これらノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ 毎に図15に示すような状態遷移表90を有している。

【0092】

この状態遷移表90では、そのノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ において遷移条件とする入力イベント（認識結果）が「入力イベント名」の列に優先順に列記され、その遷移条件についてのさらなる条件が「データ名」及び「データ範囲」の列における対応する行に記述されている。

10

【0093】

したがって、図15の状態遷移表90で表されるノード $N O D E_{100}$ では、「ボールを検出 (BALL)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果とともに与えられるそのボールの「大きさ (SIZE)」が「0から1000」の範囲であることや、「障害物を検出 (OBSTACLE)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果とともに与えられるその障害物までの「距離 (DISTANCE)」が「0から100」の範囲であることが他のノードに遷移するための条件となっている。

【0094】

また、このノード $N O D E_{100}$ では、認識結果の入力がない場合においても、行動モデルが周期的に参照する感情モデル83及び本能モデル84にそれぞれ保持された各情動及び各欲求のパラメータ値のうち、感情モデル83に保持された「喜び (Joy)」、「驚き (Surprise)」又は「悲しみ (Sadness)」の何れかのパラメータ値が「50から100」の範囲であるときには他のノードに遷移することができるようになっている。

20

【0095】

また、状態遷移表90では、「他のノードへの遷移確率」の欄における「遷移先ノード」の行にそのノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ から遷移できるノード名が列記されているとともに、「入力イベント名」、「データ名」及び「データの範囲」の列に記述された全ての条件が揃ったときに遷移できる他の各ノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ への遷移確率が「他のノードへの遷移確率」の欄内の対応する箇所それぞれに記述され、そのノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ に遷移する際に出すべき行動が「他のノードへの遷移確率」の欄における「出力行動」の行に記述されている。なお、「他のノードへの遷移確率」の欄における各行の確率の和は100 [%]となっている。

30

【0096】

したがって、図15の状態遷移表90で表されるノード $N O D E_{100}$ では、例えば「ボールを検出 (BALL)」し、そのボールの「SIZE (大きさ)」が「0から1000」の範囲であるという認識結果が与えられた場合には、「30 [%]」の確率で「ノード $N O D E_{120}$ (node 120)」に遷移でき、そのとき「ACTION 1」の行動が出力されることとなる。

【0097】

各行動モデルは、それぞれこのような状態遷移表90として記述されたノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ が幾つも繋がるようにして構成されており、入力セマンティクスコンバータモジュール69から認識結果が与えられたときなどに、対応するノード $N O D E_0 \sim N O D E_n$ の状態遷移表を利用して確率的に次の行動を決定し、決定結果を行動切替モジュール81に出力するようになされている。

40

【0098】

図12に示す行動切替モジュール81は、行動モデルライブラリ80の各行動モデルからそれぞれ出力される行動のうち、予め定められた優先順位の高い行動モデルから出力された行動を選択し、当該行動を実行すべき旨のコマンド（以下、行動コマンドという。）をミドル・ウェア・レイヤ50の出力セマンティクスコンバータモジュール78に送付する

50

。なお、この実施の形態においては、図 13 において下側に表記された行動モデルほど優先順位が高く設定されている。

【0099】

また、行動切替モジュール 81 は、行動完了後に出力セマンティクスコンバータモジュール 78 から与えられる行動完了情報に基づいて、その行動が完了したことを学習モジュール 82、感情モデル 83 及び本能モデル 84 に通知する。

【0100】

一方、学習モジュール 82 は、入力セマンティクスコンバータモジュール 69 から与えられる認識結果のうち、「叩かれた」や「撫でられた」など、使用者からの働きかけとして受けた教示の認識結果を入力する。

10

【0101】

そして、学習モジュール 82 は、この認識結果及び行動切替モジュール 71 からの通知に基づいて、「叩かれた（叱られた）」ときにはその行動の発現確率を低下させ、「撫でられた（誉められた）」ときにはその行動の発現確率を上昇させるように、行動モデルライブラリ 70 における対応する行動モデルの対応する遷移確率を変更する。

【0102】

他方、感情モデル 83 は、「喜び（Joy）」、「悲しみ（Sadness）」、「怒り（Anger）」、「驚き（Surprise）」、「嫌悪（Disgust）」及び「恐れ（Fear）」の合計 6 つの情動について、各情動毎にその情動の強さを表すパラメータを保持している。そして、感情モデル 83 は、これら各情動のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール 69 から与えられる「叩かれた」及び「撫でられた」などの特定の認識結果や、経過時間及び行動切替モジュール 81 からの通知などに基づいて周期的に更新する。

20

【0103】

具体的には、感情モデル 83 は、入力セマンティクスコンバータモジュール 69 から与えられる認識結果と、そのときのロボット装置 1 の行動と、前回更新してからの経過時間となどに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその情動の変動量を $E[t]$ 、現在のその情動のパラメータ値を $E[t]$ 、その情動の感度を表す係数を k 。として、以下の式（6）によって次の周期におけるその情動のパラメータ値 $E[t+1]$ を算出し、これを現在のその情動のパラメータ値 $E[t]$ と置き換えるようにしてその情動のパラメータ値を更新する。また、感情モデル 83 は、これと同様にして全ての情動のパラメータ値を更新する。

30

【0104】

【数 5】

$$E[t+1] = E[t] + k_e \times \Delta E[t] \quad \dots(6)$$

【0105】

なお、各認識結果や出力セマンティクスコンバータモジュール 78 からの通知が各情動のパラメータ値の変動量 $E[t]$ にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば「叩かれた」といった認識結果は「怒り」の情動のパラメータ値の変動量 $E[t]$ に大きな影響を与え、「撫でられた」といった認識結果は「喜び」の情動のパラメータ値の変動量 $E[t]$ に大きな影響を与えるようになっている。

40

【0106】

ここで、出力セマンティクスコンバータモジュール 78 からの通知とは、いわゆる行動のフィードバック情報（行動完了情報）であり、行動の出現結果の情報であり、感情モデル 83 は、このような情報によっても感情を変化させる。これは、例えば、「叫ぶ」といった行動により怒りの感情レベルが下がるといったようなことである。なお、出力セマンティクスコンバータモジュール 78 からの通知は、上述した学習モジュール 82 にも入力さ

50

れており、学習モジュール 8 2 は、その通知に基づいて行動モデルの対応する遷移確率を変更する。

【 0 1 0 7 】

なお、行動結果のフィードバックは、行動切換モジュール 8 1 の出力（感情が付加された行動）によりなされるものであってもよい。

【 0 1 0 8 】

一方、本能モデル 8 4 は、「運動欲 (exercise)」、「愛情欲 (affection)」、「食欲 (appetite)」及び「好奇心 (curiosity)」の互いに独立した 4 つの欲求について、これら欲求毎にその欲求の強さを表すパラメータを保持している。そして、本能モデル 8 4 は、これらの欲求のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール 6 9 から与えられる認識結果や、経過時間及び行動切換モジュール 8 1 からの通知などに基づいて周期的に更新する。

10

【 0 1 0 9 】

具体的には、本能モデル 8 4 は、「運動欲」、「愛情欲」及び「好奇心」については、認識結果、経過時間及び出力セマンティクスコンバータモジュール 7 8 からの通知などに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその欲求の変動量を $I[k]$ 、現在のその欲求のパラメータ値を $I[k]$ 、その欲求の感度を表す係数 k_i として、所定周期で以下に示す式 (7) を用いて次の周期におけるその欲求のパラメータ値 $I[k+1]$ を算出し、この演算結果を現在のその欲求のパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにしてその欲求のパラメータ値を更新する。また、本能モデル 8 4 は、これと同様にして「食欲」

20

【 0 1 1 0 】

【 数 6 】

$$I[k+1] = I[k] + k_i \times \Delta I[k] \quad \dots(7)$$

【 0 1 1 1 】

なお、認識結果及び出力セマンティクスコンバータモジュール 7 8 からの通知などが各欲求のパラメータ値の変動量 $I[k]$ にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば出力セマンティクスコンバータモジュール 7 8 からの通知は、「疲れ」のパラメータ値の変動量 $I[k]$ に大きな影響を与えるようになっている。

30

【 0 1 1 2 】

なお、本実施の形態においては、各情動及び各欲求（本能）のパラメータ値がそれぞれ 0 から 100 までの範囲で変動するように規制されており、また係数 k_e 、 k_i の値も各情動及び各欲求毎に個別に設定されている。

【 0 1 1 3 】

一方、ミドル・ウェア・レイヤ 5 0 の出力セマンティクスコンバータモジュール 7 8 は、図 1 1 に示すように、上述のようにしてアプリケーション・レイヤ 5 1 の行動切換モジュール 8 1 から与えられる「前進」、「喜ぶ」、「鳴く」又は「トラッキング（ボールを追いかける）」といった抽象的な行動コマンドを出力系 7 9 の対応する信号処理モジュール 7 1 ~ 7 7 に与える。

40

【 0 1 1 4 】

そしてこれら信号処理モジュール 7 1 ~ 7 7 は、行動コマンドが与えられると当該行動コマンドに基づいて、その行動をするために対応するアクチュエータに与えるべきサーボ指令値や、スピーカから出力する音の音声データ及び又は LED に与える駆動データを生成し、これらのデータをロボティック・サーバ・オブジェクト 4 2 のバーチャル・ロボット 4 3 及び信号処理回路を順次介して対応するアクチュエータ又はスピーカ又は LED に順次送出する。

50

【0115】

このようにしてロボット装置1は、上述した制御プログラムに基づいて、自己（内部）及び周囲（外部）の状況や、使用者からの指示及び働きかけに応じた自律的な行動ができる。

【0116】

このような制御プログラムは、ロボット装置が読取可能な形式で記録された記録媒体を介して提供される。制御プログラムを記録する記録媒体としては、磁気読取方式の記録媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク、磁気カード）、光学読取方式の記録媒体（例えば、CD-ROM、MO、CD-R、DVD）等が考えられる。記録媒体には、半導体メモリ（いわゆるメモリカード（矩形型、正方形型など形状は問わない。）、ICカード）等の記憶媒体も含まれる。また、制御プログラムは、いわゆるインターネット等を介して提供されてもよい。

10

【0117】

これらの制御プログラムは、専用の読込ドライバ装置、又はパーソナルコンピュータ等を介して再生され、有線又は無線接続によってロボット装置1に伝送されて読み込まれる。また、ロボット装置1は、半導体メモリ、又はICカード等の小型化された記憶媒体のドライブ装置を備える場合、これら記憶媒体から制御プログラムを直接読み込むこともできる。

【0118】

以上のように、ロボット装置1は、音声や画像、触覚などの入力情報に基づいて感情モデル83（図12）や本能モデル84を変化させて動作を決定することにより、自律的な思考及び動作制御を実現する。そして、例えば外部環境から音声が入力された場合にはその音源方向を向き、対象オブジェクトに正対したり、対象オブジェクトをトラッキングすることができる。

20

【0119】

なお、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。

【0120】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように本発明に係るロボット装置は、胴体部に対して可動に接続される頭部と2以上の脚部とを備え、外部からの働きかけに応じた動作又は内部状態に基づく自律的動作を実行するロボット装置において、上記胴体部の一部又は首部の少なくとも1箇所において回転可能とする回転手段と、音源方向を推定する音源方向推定手段と、音イベントが発生した際に、上記脚部又は上記回転手段を介して上記音源方向に上記頭部の正面を向けるように制御する制御手段と、画像処理によって物体を認識する認識手段と、音源までの距離を推定する距離推定手段とを備え、上記制御手段は、上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識した場合、上記所定の対象物のトラッキングを行うように制御し、上記音源方向に上記頭部の正面を向けた際に、上記認識手段によって所定の対象物を認識できなかった場合、上記回転手段を介して上記頭部を上下若しくは左右に振るように制御し、又は上記脚部を介して上記音源方向に近づくように制御し、上記距離推定手段によって推定された上記音源までの距離に応じて、上記回転手段を介して上記頭部を上下又は左右に振る動作と上記脚部を介して上記音源方向に近づく動作との優先順位を変化させるように制御することにより、音イベントが発生した際に、脚部又は回転手段を介して、全身を協調させて自然な動作により音源方向に頭部の正面を向けて振り向き、所定の対象物を認識するとその対象物をトラッキングすることができる。また、音源方向の推定誤差により振り向いた方向の視野角内に所定の対象物がない場合や、音源方向は正しいものの所定の対象物との距離が遠く、対象物を認識できない場合であっても、推定された音源までの距離に応じて、回転手段を介して頭部を上下又は左右に振る動作と、脚部を介して音源方向に近づく動作との優先順位を変化させて制御することにより、対象物を認識できるようになる。

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態におけるロボット装置の外観構成を示す斜視図である。

【図2】同ロボット装置の自由度構成モデルを模式的に示す図である。

【図3】同ロボット装置の制御システム構成を模式的に示す図である。

【図4】同ロボット装置の振り向き動作を説明する図である。

【図5】同ロボット装置の振り向き動作の一例を説明するフローチャートである。

【図6】音源方向の推定手法を説明する図である。

【図7】同ロボット装置の振り向き動作を説明する図であり、同図(A)は、振り向く前の状態を示し、同図(B)は、振り向き後の状態を示し、同図(C)は、対象オブジェクトに正対した図を示す。

10

【図8】同ロボット装置の振り向き動作の他の例を説明するフローチャートである。

【図9】同ロボット装置の振り向き動作の他の例を説明する図であり、同図(A)は、振り向く前の状態を示し、同図(B)は、振り向き後の状態を示す。

【図10】同ロボット装置のソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図11】同ロボット装置のソフトウェア構成におけるミドル・ウェア・レイヤの構成を示すブロック図である。

【図12】同ロボット装置のソフトウェア構成におけるアプリケーション・レイヤの構成を示すブロック図である。

【図13】アプリケーション・レイヤの行動モデルライブラリの構成を示すブロック図である。

20

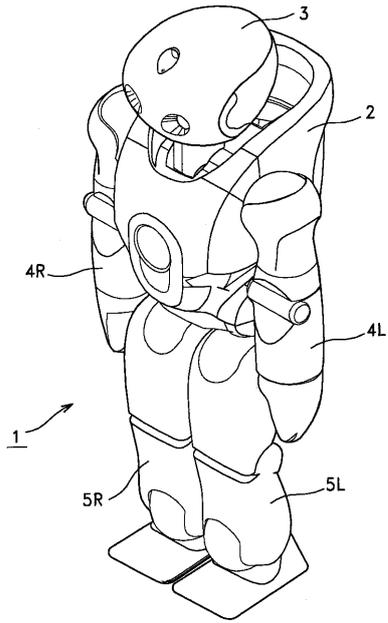
【図14】同ロボット装置の行動決定のための情報となる有限確率オートマトンを説明する図である。

【図15】有限確率オートマトンの各ノードに用意された状態遷移表を示す図である。

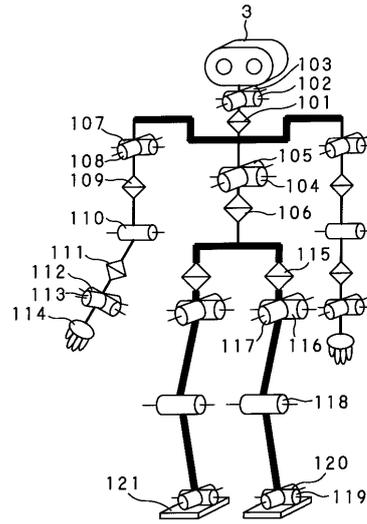
【符号の説明】

1 ロボット装置、83 感情モデル、84 本能モデル、200 思考制御モジュール、251 画像入力装置、252 音声入力装置、253 音声出力装置、300 運動制御モジュール、350 アクチュエータ

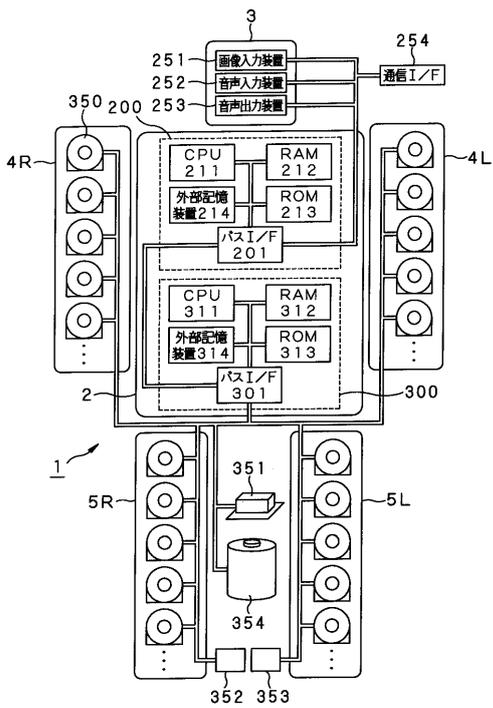
【 図 1 】



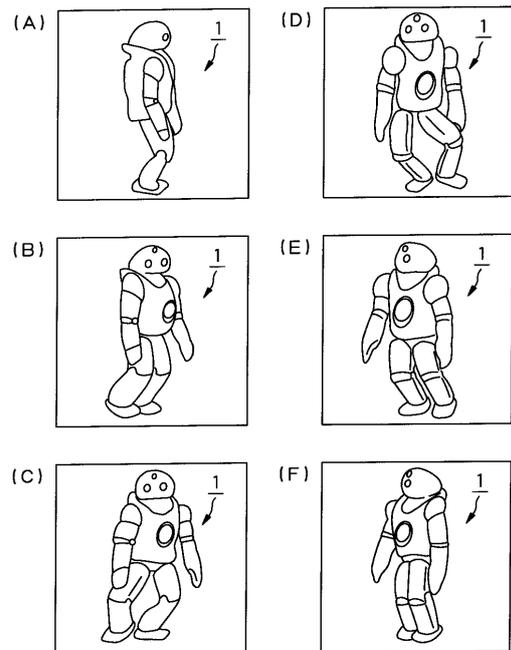
【 図 2 】



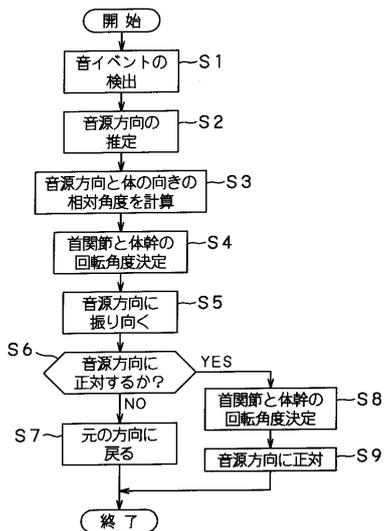
【 図 3 】



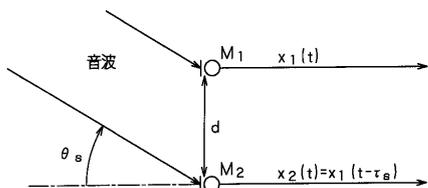
【 図 4 】



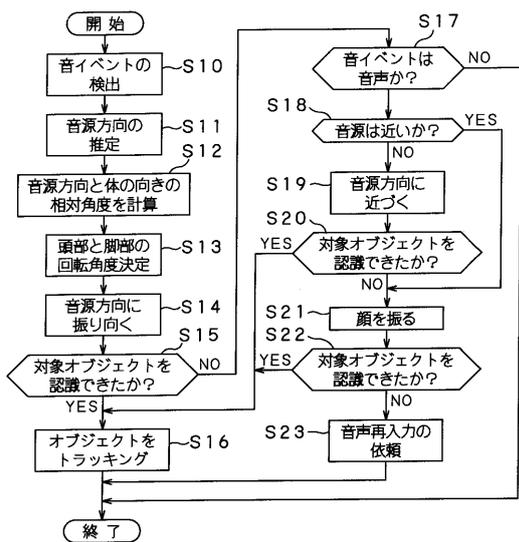
【 図 5 】



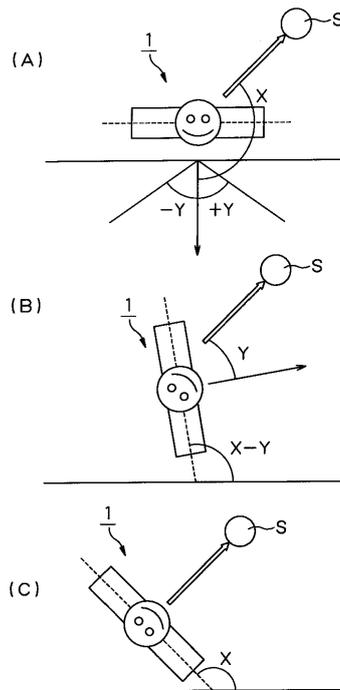
【 図 6 】



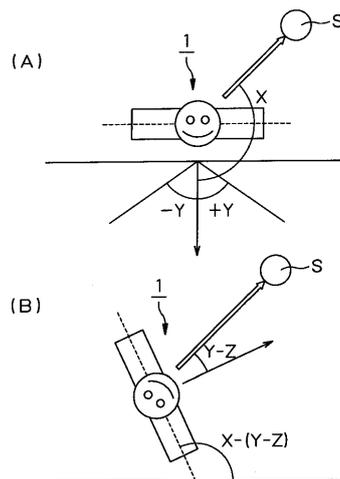
【 図 8 】



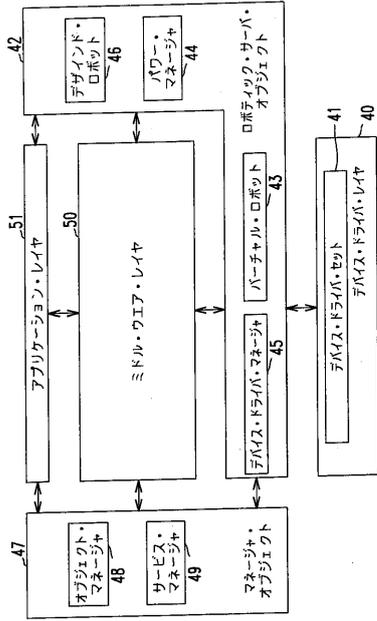
【 図 7 】



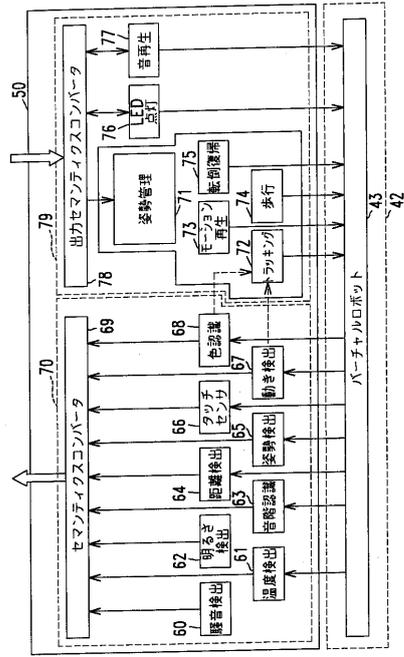
【 図 9 】



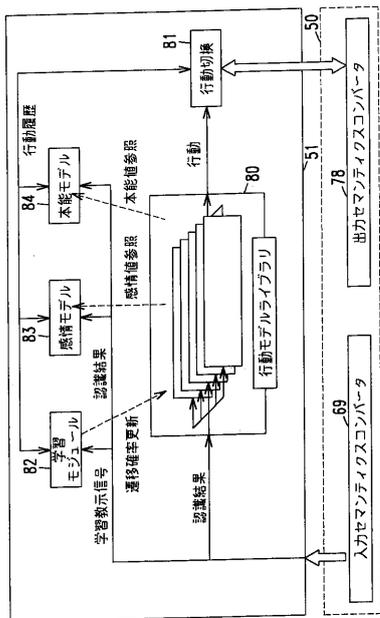
【 図 1 0 】



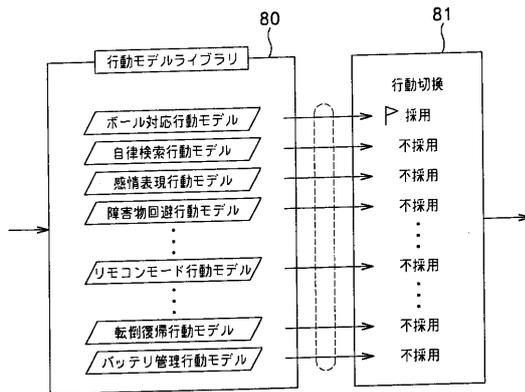
【 図 1 1 】



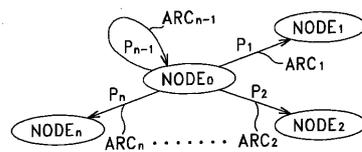
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 15 】

node 100 遷移先ノード 出力行動	入力イベント名	データ名	データの範囲	他のノードへの遷移確率			
				A	B	C	D
1	BALL	SIZE	0.1000	node 120 ACTION 1 30%	node 120 ACTION 2 40%	node 1000 MOVE BACK	node 600 ACTION 4
2	PAT				20%		
3	HIT						
4	MOTION					50%	
5	OBSTACLE	DISTANCE	0.100			100%	
6		JOY	50.100				
7		SURPRISE	50.100				
8		SADNESS	50.100				

フロントページの続き

審査官 八木 誠

- (56)参考文献 特開2000-187498(JP,A)
特開2000-326274(JP,A)
特開2002-18147(JP,A)
特開2003-62777(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
B25J1/00-21/02