(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3563735号

(P3563735)

(45)発行日　平成16年9月8日(2004.9.8)　(24)登録日　平成16年6月11日(2004.6.11)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G05D 1/02	G05D	1/02	J
B25J 5/00	G05D	1/02	L
B25J 13/08	B25J	5/00	A
	B25J	13/08	Z

請求項の数 20　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願2003-8478(P2003-8478)
(22)出願日　平成15年1月16日(2003.1.16)
(65)公開番号　特開2003-228421(P2003-228421A)
(43)公開日　平成15年8月15日(2003.8.15)
審査請求日　平成15年12月10日(2003.12.10)
(31)優先権主張番号　10/056804
(32)優先日　平成14年1月24日(2002.1.24)
(33)優先権主張国　米国(US)

早期審査対象出願

(73)特許権者　502432084
アイロボット　コーポレイション
アメリカ合衆国，マサチューセッツ　０１８０３，バーリントン，サウス　アベニュー　６３
(74)代理人　100077517
弁理士　石田　敬
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100108383
弁理士　下道　晶久
(74)代理人　100082898
弁理士　西山　雅也
(74)代理人　100081330
弁理士　樋口　外治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ロボットの位置を特定して閉じ込めておく方法およびシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ａ）境界信号が主として境界を規定する軸に沿って送信される持ち運び可能な境界信号送信機と、

ｂ）移動ロボットと、を備え、

ｃ）前記移動ロボットは、少なくとも一方向に回転するための回転手段、境界信号検出器、および、前記回転手段を制御する制御ユニットを備え、

ｄ）前記制御ユニットは、前記境界信号を検出すると該境界信号を回避するアルゴリズムを実行し、該アルゴリズムは、前記境界信号が検出されなくなるまで前記ロボットを回転させるステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。

【請求項２】

請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記アルゴリズムは、さらに、前記境界信号が検出されなくなった後、少なくとも所定の量だけ回転させるステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。

【請求項３】

請求項２に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記アルゴリズムは、さらに、普通は時計方向又は反時計方向のどちらかに回転させることを決定するステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。

【請求項４】

請求項３に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記普通は時計方向または反時計

方向のどちらかに回転させることを決定するステップは、さらに、方向をランダムに選択する機能を備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項５】
請求項４に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記普通は時計方向または反時計方向のどちらかに回転させることを決定するステップは、さらに、方向がランダムに選択される前に、少なくとも２回同じ方向に回転させること含むことを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項６】
請求項３に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記普通は時計方向または反時計方向のどちらかに回転させることを決定するステップは、さらに、前記境界信号を複数の方位で検出するステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項７】
請求項６に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記アルゴリズムは、、前記境界信号が最も小さくなる方位へ回転させるステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項８】
請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記設置された境界信号送信機は、２つの信号放射器を備え、第１の信号放射器は平行化されたものであり、第２の信号放射器は実質的に全方向性であることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項９】
請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記境界信号送信機は、赤外線の周波数における変調された信号を放射することを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１０】
請求項９に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記境界信号検出器は、実質的に全方向性であることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１１】
請求項１０に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記境界信号検出器は、前記ロボットの上部に、該検出器が実質的に陰に入らないように配置されることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１２】
請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記ロボットは、さらに、複数の境界信号検出器を備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１３】
請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記持ち運び可能な境界信号送信機は、さらに、反射検出器を備え、該境界信号送信機は複数の信号を送信し、前記反射検出器で信号が検出されなくなると、前記信号の少なくとも１つが送信されることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１４】
請求項１に記載のロボット閉じ込めシステムにおいて、前記境界信号は、少なくとも前記ロボットの回転半径の幅になっていることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。
【請求項１５】
ａ）境界信号が主として境界を規定する軸に沿って送信される持ち運び可能な境界信号送信機と、
ｂ）移動ロボットとを備え、
ｃ）前記移動ロボットは、少なくとも一方向に回転するための回転手段、境界信号検出器、および、前記回転手段を制御する制御ユニットを備え、
ｄ）前記制御ユニットは、前記境界信号を受信すると該境界信号を回避するアルゴリズムを実行し、該アルゴリズムは、前記境界信号が検出されなくなるまで前記ロボットを直前に移動していた方向に対して反転させるステップを備えることを特徴とするロボット閉じ込めシステム。

【請求項１６】
ａ）本質的に直線状の境界を提供する持ち運び可能な境界信号を設けるステップと、
ｂ）前記ロボット上に位置するセンサを設け、該センサが前記境界信号を検出するステップと、
ｃ）前記ロボットに、該ロボットが少なくとも一方向に回転可能となるように移動手段を設けるステップと、
ｄ）前記ロボットが新たな方向へ移動することで前記センサが前記境界信号を検出すると、前記境界信号を回避するステップと、を備えることを特徴とするロボットを空間内に閉じ込める方法。
【請求項１７】
請求項１６に記載の方法において、前記境界信号は、赤外線の周波数における変調された信号であることを特徴とする方法。
【請求項１８】
請求項１７に記載の方法において、前記センサは、実質的に全方向性であることを特徴とする方法。
【請求項１９】
請求項１８に記載の方法において、前記境界信号は、少なくとも前記ロボットの回転半径の幅になっていることを特徴とする方法。
【請求項２０】
移動ロボットであって、
前記ロボットは、少なくとも一方向に回転するための回転手段、境界信号検出器、および、前記回転手段を制御する制御ユニットを備え、
前記制御ユニットは、前記境界信号を検出すると該境界信号を回避するアルゴリズムを実行し、該アルゴリズムは、前記境界信号が検出されなくなるまで前記ロボットを回転させるステップを備えることを特徴とする移動ロボット。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、ロボットの位置を特定して閉じ込めておく方法およびシステムに関する。
【０００２】
なお、本件特許出願の優先権の基礎となる米国特許出願第１０／０５６，８０４号は、２００１年１月２４日出願の米国仮出願第６０／２６３，６９２号による権利を主張している。
【０００３】
【従来の技術】
従来技術として、仕事をさせるためにロボットを特定の物理的空間に閉じ込めておくシステムが多数提案されている。典型的に、これらのシステムは、芝生の手入れ、床の清掃、検査、搬送、および、娯楽等の多くのロボットの応用分野として設計されたものである。これらの応用分野において、ロボットは、時間を超えて、限定された領域内で仕事を実行することが求められている。
【０００４】
例として、一部屋で稼動する清掃ロボットは、最初の部屋の清掃を充分に済ませないうちに、その部屋から他の部屋へと不意に迷走してしまうことがある。解決策として、全てのドアを閉じて、ロボットが最初の部屋から出るのを物理的に阻止することにより、このロボットをその最初の部屋に閉じ込めるという方法がある。しかしながら、多くの住宅において、部屋同士は開いた廊下で区切られており、ロボットの出口にドアや他の物理的障害物を簡単に設置できるわけではない。また、開放した一空間の一部でのみ、ロボットを稼動させたいと望む利用者もおり、ロボットを部屋全体で稼動させておくと、効率が低下してしまう。
【０００５】

従って、ロボットが稼動する領域を限定する手段が得られると有益である。

【０００６】

従来技術として、ロボットが所定の経路を辿るか、および／または、記憶域に格納された地図におけるロボットの現在位置を監視するというような、複雑なロボットのナビゲーションおよび位置確認システムを提供するというアプローチがある。このようなシステムには、高精度センサ、並びに、コンピュータの大容量記憶域および演算能力等の複雑なハードウェアが必要である。また、このようなシステムは、典型的に、ロボットが稼動する領域内での変更を行うようにはなっていない。同様に、このようなロボットは、大掛りなプログラムの書き換えまたはトレーニングなしでは、単にある建物から他の建物へ持って行くことができず、部屋から部屋へと持って行くことさえもできない。

【０００７】

例えば、米国特許第４，７００，４２７号（Ｋｎｅｐｐｅｒ：特許文献１）に開示された方法では、ロボットが移動する経路を生成する手段が必要となる。この手段は、手動制御で経路を教示すること、或いは、自動マッピング機能であってもよい。「使用場所が頻繁に変わる」か、または、「部屋に変更が加えられた」場合、各々の位置に関する情報を格納するために、大容量のデータ記憶域が必要となる。同様に、米国特許第４，１１９，９００号（Ｋｒｅｍｎｉｔｚ：特許文献２）に開示された方法およびシステムでは、与えられた空間におけるロボットの位置を絶えず確認するために、強力な演算能力およびセンサが必要とされている。ロボットシステムの他の例でロボットが稼動する空間についての情報が入力されている必要があるものとしては、米国特許第５，１０９，５６６号（Ｋｏｂａｙａｓｈｉ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献３）、および、第５，２８４，５２２号（Ｋｏｂａｙａｓｈｉ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献４）等に示された方法およびシステムがある。

【０００８】

同様に、従来技術によるある種のシステムでは、特定の空間の詳細について教示したりプログラムしたりすることが必要なだけでなく、ロボットが稼動する空間に対しても、ある程度の準備や変更が必要となる。例えば、米国特許第５，３４１，５４０号（Ｓｏｕｐｅｒｔ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献５）では、その好適な実施例によると、ロボットが位置検出システムを備えていることが必要であり、そのロボット用の領域に「固定的な複数の基準点に位置する……複数のマーキング・ビーコン」が設置されている必要があるというシステムが開示されている。このシステムは、未知の障害物を避けて、ビーコンからの信号により、予めプログラムされた位置に戻って来ることができるが、その一方でこのシステムには、利用者による大掛りなセットアップが必要であると共に、かなりの演算能力が搭載されている必要がある。

【０００９】

上記の短所の１つ以上を含んだ同様のシステムおよび方法が、米国特許第５，３５３，２２４号（Ｌｅｅ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献６）、米国特許第５，５３７，０１７号（Ｆｅｉｔｅｎ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献７）、米国特許第５，５４８，５１１号（Ｂａｎｃｒｏｆｔ：特許文献８）、および、米国特許第５，６３４，２３７号（Ｐａｒａｎｊｐｅ：特許文献９）に開示されている。

【００１０】

また、ロボットを特定の場所に閉じ込めておく別のアプローチとして、領域の境界全体を規定する装置を設けること等がある。例えば、米国特許第６，３００，７３７号（Ｂｅｒｇｖａｌｌ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献１０）には、地表または地中にケーブルを設置して、内側領域を外側領域から区別する電子境界設置システムが開示されている。同様に、米国特許第６，２５５，７９３号（Ｐｅｌｅｓｓ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献１１）で開示されたシステムでは、境界を規定するために電流が流れている金属ワイヤを、設置することが必要である。これらのシステムは、閉じ込めるのに有効な手段を提供するものの、設置が難しく、部屋から部屋へと持ち運び可能ではなく、地中や敷物類の下に設置されていないと、見苦しく、つまずく危険がある。同様に重要なこととして、このようなシステムは、ワイヤや他の閉じ込め機器が破損した場合、修理が難しいということがある。これは、

システムが地中や敷物類の下に配置されていると、このような破損は特定が難しいためである。

【００１１】

ここで、本発明に係る好適な実施例は、米国特許第４，３０６，３２９号（Ｙｏｋｏｉ：特許文献１２）、米国特許第５，２９３，９５５号（Ｌｅｅ：特許文献１３）、米国特許第５，３６９，３４７号（Ｙｏｏ：特許文献１４）、米国特許第５，４４０，２１６号（Ｋｉｍ：特許文献１５）、米国特許第５，６１３，２６１号（Ｋａｗａｋａｍｉ　ｅｔ　ａｌ．：特許文献１６）、米国特許第５，７８７，５４５号（Ｃｏｌｅｎｓ：特許文献１７）、米国特許第５，８１５，８８０号（Ｎａｋａｎｉｓｈｉ：特許文献１８）、および、米国特許第６，０７６，２２６号（Ｒｅｅｄ：特許文献１９）に開示されたものと同様のロボット室内清掃装置である。閉じ込めが要請される多くのロボット化の用途に、本発明が利用可能であることは、当業者には認識されるであろう。なお、ここで説明される本発明に係る好適な実施例は、ナビゲーションシステムのないロボット用ではあるが、より複雑なロボットを使用する用途における本発明の有用性も、当業者には認識されるであろう。

【００１２】

【特許文献１】
米国特許第４，７００，４２７号明細書
【特許文献２】
米国特許第４，１１９，９００号明細書
【特許文献３】
米国特許第５，１０９，５６６号明細書
【特許文献４】
第５，２８４，５２２号明細書
【特許文献５】
米国特許第５，３４１，５４０号明細書
【特許文献６】
米国特許第５，３５３，２２４号明細書
【特許文献７】
米国特許第５，５３７，０１７号明細書
【特許文献８】
米国特許第５，５４８，５１１号明細書
【特許文献９】
米国特許第５，６３４，２３７号明細書
【特許文献１０】
米国特許第６，３００，７３７号明細書
【特許文献１１】
米国特許第６，２５５，７９３号明細書
【特許文献１２】
米国特許第４，３０６，３２９号明細書
【特許文献１３】
米国特許第５，２９３，９５５号明細書
【特許文献１４】
米国特許第５，３６９，３４７号明細書
【特許文献１５】
米国特許第５，４４０，２１６号明細書
【特許文献１６】
米国特許第５，６１３，２６１号明細書
【特許文献１７】
米国特許第５，７８７，５４５号明細書

【特許文献１８】
米国特許第５，８１５，８８０号明細書
【特許文献１９】
米国特許第６，０７６，２２６号明細書
【００１３】
【発明が解決しようとする課題】
上述したように、従来、例えば、特許文献１に示された方法では、ロボットが移動する経路を生成する手段が必要となり、位置情報を格納するために大容量のデータ記憶域が必要であった。また、特許文献２に示された方法およびシステムでは、与えられた空間におけるロボットの位置を絶えず確認するために、強力な演算能力およびセンサが必要とされていた。さらに、特許文献３および特許文献４に示されたものは、ロボットが稼動する空間についての情報を入力する必要があり、また、特許文献５に示されたシステムは、利用者による大掛りなセットアップが必要であると共に、かなりの演算能力が搭載されている必要があった。なお、特許文献６～特許文献９に開示されたものも上記のような課題を有している。
【００１４】
また、特許文献１０および特許文献１１に示されたシステムは、ロボットを特定の場所に閉じ込めておくために、地表または地中にケーブルを設置して内側領域を外側領域から区別したり、境界を規定するために電流が流れている金属ワイヤを設置するものであるが、これらのシステムは、ケーブルやワイヤ等の設置が難しく、部屋から部屋への持ち運び可能ではなく、地中や敷物類の下に設置されていないと、見苦しく、つまずく危険がある。さらに、ワイヤや他の閉じ込め機器が破損した場合、修理が難しいといった課題がある。
【００１５】
本発明によれば、従来技術の欠点を伴わずに、所与の空間にロボットを閉じ込めておく変更され、改良されたシステムが提供される。
【００１６】
それに応じて、本発明には、いくつかの目的および利点がある。
【００１７】
本発明の目的は、与えられた空間にロボットを閉じ込める簡単で持ち運びのできるシステムおよび方法を提供することにある。
【００１８】
本発明の目的は、敷設の必要がない閉じ込めシステムを提供することにある。
【００１９】
本発明の目的は、直観的に設定可能であって、境界を見えるように示す手段を含んだ境界システムを提供することにある。
【００２０】
さらに、本発明は、ロボットが境界のどちらの側から近づいても、その境界を横切らないように回転させるシステムを提供することを目的とする。
【００２１】
本発明の目的は、ロボットが境界に近づくときの角度に関わらず機能するロボット閉じ込めシステムを提供することにある。
【００２２】
さらに、本発明に係る好適な実施例は、実質的に日光の影響を受けず、他の機器に干渉せず、他の機器からの干渉も受けないシステムを提供することを目的とする。
【００２３】
【課題を解決するための手段】
本発明によれば、境界信号が主として境界を規定する軸に沿って送信される持ち運び可能な境界信号送信機と、移動ロボットとを備え、ここで、前記移動ロボットは、少なくとも一方向に回転するための回転手段、境界信号検出器、および、前記回転手段を制御する制御ユニットを備え、前記制御ユニットは、前記境界信号を検出すると該境界信号を回避す

るアルゴリズムを実行し、該アルゴリズムは、前記境界信号が検出されなくなるまで前記ロボットを回転させるステップを備えるロボット閉じ込めシステムが提供される。

【００２４】

【発明の実施の形態】

本発明の他の特徴および有用性は、以下の関連する図面を含む詳細な説明および特許請求の範囲により明らかとなるであろう。

【００２５】

図１および図２を参照すると、これらの図にはリビングルーム１０が示されている。このリビングルーム１０は、ダイニングルーム１２から、内壁１４，１５により隔てられている。リビングルームおよび／またはダイニングルームには、例えば、ソファー１６、テレビ１７、カウンタ１８、並びに、テーブルおよび椅子１９等の様々な家具が含まれるかも知れない。

【００２６】

この部屋は、移動ロボット２０および境界信号送信装置３０を含み、この境界信号送信装置３０は、本明細書では、ロボット閉じ込め（または、ＲＣＯＮ）送信機３０とも称する。図１および図２において、ロボットは、リビングルーム１０内に配置され、ＲＣＯＮ送信機３０は、リビングルーム１０をダイニングルーム１２から分ける領域に、内壁１４を背にして内壁１５に向けて配置されている。

【００２７】

ここで、さらに詳細に説明する。図２は、同じ構成の部屋で、ＲＣＯＮ送信機３０が電源投入状態になっているところを示し、例えば、ＲＣＯＮ送信機３０は、電源投入状態で該ＲＣＯＮ送信機３０から内壁１５へ向けて赤外線ビーム４２を放射している。そのビーム４２は、主としてリビングルーム１０およびダイニングルーム１２間の境界を規定する軸に沿うように向けられている。

【００２８】

ここで説明するシステムおよび方法は、持ち運び可能なＲＣＯＮ送信ユニット３０および移動ロボット２０に依拠している。まず、これら構成要素のそれぞれを個別に説明し、次に、本発明に係る好適な実施例の動作について考察する。

【００２９】

［ＲＣＯＮ送信機］

図３は、ＲＣＯＮ送信機３０の好適な実施例を示す。ＲＣＯＮ送信機３０は、第１の赤外線放射器３２、第２の赤外線放射器３４、電源スイッチ３６、および、可変電力設定ノブ３８を備えている。また、ＲＣＯＮ送信機筐体３１には、バッテリー（図示しない）および様々な構成要素に必要な電子回路が実装されている。図４は、ＲＣＯＮ送信機３０の実施例に必要な電子回路の回路図を示す。他の実施例には、他の伝統的な電源が用いられるかも知れない。

【００３０】

図３に示す実施例においては、ロボット２０の動作開始時に、利用者が電源スイッチ３６を用いてＲＣＯＮ送信機３０の電源を投入することになる。また、利用者は、ノブ３８を用いて調節可能な電力を設定することもできる。他の実施例では、キーパッドやトグルスイッチ等のあらゆる既知の入力装置がユニットの電源投入、および／または、電力設定の選択に用いられ得る。１つの部屋を分けるのに便利な長い境界を設けるには、より強い電力が用いられる。一方、１つの出入口用の境界を設けるのには、より弱い電力が用いられる。白く塗られた壁等、様々な材質の反射作用のためにＲＣＯＮ送信機３０の電力は、所望の境界を設けるのに必要な最小値に制限することが望ましい。

【００３１】

他の実施例では、バッテリーの寿命を維持するために、所定の時間経過後、ＲＣＯＮ送信機の電源が自動的に切断されてもよい。

【００３２】

他の実施例では、複数の部屋や空間を制御された方式で自動清掃できるように、１つ以上

のＲＣＯＮ送信機、および／または、ロボットの電源投入および切断に制御システムが用いられてもよい。例えば、「スマートハウス（ｓｍａｒｔ　ｈｏｕｓｅ）」制御システムは、１つ以上のＲＣＯＮ送信機と直接交信し、仕事をする空間を周期的に切り替えルことを可能とする。この場合、ロボット２０は、ＲＣＯＮに対して信号を送信して、その電源を投入してもよい。

【００３３】

好適な実施例では、２つの赤外線放射器３２，３４が用いられる。第１の赤外線放射器３２（第１の放射器）は、ＲＣＯＮ送信機３０からの所与の長さに誘導された境界４２を設けるために電源供給される。この実施例において、ビーム４２は、変調され、狭く絞られた赤外線ビームである。好適な実施例において、Ｗａｉｔｒｏｎｙ　ｐ／ｎ　ＩＥ－３２０Ｈのような平行化された赤外線を発する放射器が用いられる。放射器の詳細は、各当業者次第である。ただし、以下に詳細に説明するように、ビーム４２には充分な幅が必要である。ビーム幅の最小値は、個々のロボットにおける検出器の回転半径よりも大きくなっていることが望ましい。

【００３４】

第２の赤外線放射器３４（第２の放射器）は、ＲＣＯＮ送信機３０に近接したビーム４２の最も狭い範囲で、ロボット２０がそのビーム４２を横切ることがないように、且つ、ロボット２０がＲＣＯＮ送信機３０にぶつかって来ないように、ＲＣＯＮ送信機３０の近傍の拡散範囲４４を設けるために電源供給される。好適な実施例において、後述するＲＣＯＮ検出器のレンズ部分と同じレンズは、第２の放射器３４に用いられる。他の実施例では、適切な光学系に実質的に接続された単一のアクティブ放射器が、ここで開示される２つの放射器システムを含む複数の発光点を設けるために使用され得る。

【００３５】

リモコン装置、ＰＤＡ、および、他の赤外線通信機器等のほとんどの赤外線機器は、日光および他の赤外線源による干渉のおそれがあるため、放射された信号が変調されている。ここで、放射器３２および３４は、ビームを３８ｋＨｚで変調している。また、赤外線機器は、ビームを変調して、シリアルビットストリームを提供する。これにより、ユニットに対して何をすべきかが伝えられ、このユニットが制御される。本発明に係る一実施例では、通常の赤外線ビットストリームの周波数とは異なる周波数（例えば、５００Ｈｚ）で、ビームがさらに変調される。これにより、他の赤外線機器との干渉が防止される。

【００３６】

好適な実施例では、赤外線信号が用いられているが、本発明のシステムおよび方法では、目標に到達する電磁エネルギー（電波、Ｘ線、マイクロ波等）のような他の信号が用いられてもよい。これらの形式の波動の多くは、かなりの欠点がある。例えば、電波は、指向性をもたせるのが難しく費用もかかり、また、可視光は、多くの光源による干渉を受けて利用者にとって邪魔である。音波も使用可能であるが、これについても純粋な指向性をもたせるのが同様に難しく、さらに、散乱および反射する傾向にある。

【００３７】

［ロボット］

図５および図６に示されるように、好適な実施例では、ロボット２０は、実質的に円形状のケース２１を備える。このケース２１は、中心線の両側にそれぞれ取り付けられた２つの車輪２２および２３を含むシャーシに装着される。なお、各車輪２２および２３は、ロボットが旋回できるように、独立して駆動される。好適な実施例において、車輪は、ロボットがその場で回転できるように取り付けられている。また、ロボット２０の好適な実施例は、モータ２４、清掃機構２５、充電式バッテリー２６、マイクロプロセッサ２７、および、様々な接触式および光学式のセンサ２８を備えている。

【００３８】

図５および図６に示したものと同様のロボットのハードウェアブロック図を図８に示す。ハードウェアは、Ｗｉｎｂｏｎｄ　Ｗ７８　ＸＸＸ　シリーズの８ビットプロセッサをベースに作られている。プロセッサは、ＲＯＭに格納されたソフトウェアにより制御される

。図８に示すシステムには、様々な制御機能およびモータドライバが、様々なセンサ（例えば、物理的衝突センサ（ｐｈｙｓｉｃａｌ　ｂｕｍｐ　ｓｅｎｓｏｒ）、絶壁センサ（ｃｌｉｆｆ　ｓｅｎｓｏｒ）、ＲＣＯＮ検出器／センサ）と共に含まれる。

【００３９】

この発明では、ロボットは、好適な実施例では標準的な赤外線受光モジュールとなっているＲＣＯＮ検出器５０を有している。この赤外線受光モジュールは、全方向性レンズ（ｏｍｎｉ－ｄｉｒｅｃｔｉｏｎａｌ　ｌｅｎｓ）の下に搭載された、フォトダイオード並びに関連する増幅および検出回路を備えている。なお、全方向性とは、単一の平面に関連している。好適な実施例では、赤外線受光モジュールは、Ｅａｓｔ　Ｄｙｎａｍｉｃ　Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎ　ｐ／ｎ　ＩＲＭ－８６０１Ｓである。ただし、ＲＣＯＮの放射器も受光器に対応させるならば、あらゆる赤外線受光モジュールが変調やピーク検出波長に関わらず使用可能である。図５および図６に示されるように、ＲＣＯＮ検出器は、ロボット２０の最も高い位置に搭載され、ロボットの本来の移動方向として規定されるロボットの前方を向いている。なお、この方向は、図６の矢印で示される。

【００４０】

ＲＣＯＮ検出器は、陰にならないようにロボットの最も高い位置に搭載されるべきであり、ある用途においては、ロボット２０および／またはＲＣＯＮ検出器５０の高さを最小限にして、操作が難しくならないようにすると共に、該ロボット２０が家具や他の障害物の下を通過可能とすることが望ましい。ある実施例では、ＲＣＯＮ検出器５０には、スプリングが搭載されていて、張り出している固い物体の下をロボットが走行するときに、その検出器がロボット本体内に没入可能となっていてもよい。

【００４１】

図７に、ＲＣＯＮ検出器５０の好適な実施例を詳細に示す。このＲＣＯＮ検出器には、レンズ５２が含まれている。レンズ５２は、あらゆる方向からの境界信号（すなわち、光線）４２を、レンズ外壁５４を通して受けて焦点５５に集束させる。同時に、本発明の方法およびシステムは、たいていの場合、日光の存在下で使用される。赤外線検出器５５は、直射日光で容易に飽和状態になるので、ＲＣＯＮ検出器５０から日光を排除することになる。従って、好適な実施例では、不透明なプラスチック水平板５７が用いられる。この水平板５７は、ポスト５８に支持されている。

【００４２】

好適な実施例で用いられるレンズ５２は、本質的に円柱状のデバイスであり、レンズの軸に対して垂直な光線を受光すると共に、略上方または略下方からの光線をいずれも排除するように設計されたものである。レンズは、水平な光線を、主にレンズの下に実装された赤外線検出器５５に集束させる。

【００４３】

好適な実施例では、レンズの形状は、放物線が焦点を中心として回転することで規定されたものとなっている。焦点は、受信器（検出器）５５のアクティブな部分と共に配置されている。このため、レンズ内壁５３は、掃引された放物線で規定されている。光線は、レンズの材質とレンズ内壁５３より内側の材質との不連続性としてここに規定された全反射と称する現象により反射される。好適な実施例は、低コスト性および屈折率で選ばれた透明なポリカーボネート（ｐｏｌｙｃａｒｂｏｎａｔｅ）で構成される。

【００４４】

ＲＣＯＮ検出器５０の全方向性により、単一のＲＣＯＮ検出器５０のみを有するシステムがＲＣＯＮ送信機からの光の入射角に関わらず等しく良好に機能することができるようになる。ＲＣＯＮ検出器５０は、ある角度からのビーム４２および４４に反応しなければ、ビームがＲＣＯＮ検出器５０の盲点を占めているような状態でロボット２０がそのビームに対して近づいて行った場合、このロボット２０は閉じ込めビーム４２および４４を突破してしまう。

【００４５】

さらに、好適な実施例において、ＲＣＯＮ送信機３０は、バッテリー駆動式である。この

ことにより、放射器３０に関してバッテリー寿命を長くするためにロボットに搭載された検出器５０には、高い感度が必要となる。このように、ＲＣＯＮ検出システムは、放射器からの赤外線を可能な限り集光するように設計されることになる。

【００４６】

好適な実施例のＲＣＯＮ検出器は、変調された赤外線がある閾値を超えていると、それにより作動するように設計されている。赤外線レベルが所与の閾値未満であると、ＲＣＯＮ検出器は、全く検出されていないものとして処理する。そのため、具体的な制御コマンドが起動することはない。

【００４７】

当業者は、他の実施例において、複数のＲＣＯＮ検出器５０が使用可能であることを認識するであろう。図９は、６個の側面搭載センサ５０を用いたこのような実施例を示す。各センサは、単一の上部搭載センサに対応した視野をもつように向けられている。単一の全方向ＲＣＯＮ検出器は、最大限の性能を発揮させるために、ロボットの最も高い位置に搭載され、複数の検出器を組み込むことによってロボットの外形を低くすることができる。

【００４８】

本発明のシステムおよび方法は、室内清掃用に設計されたものを含め、従来技術における既存のロボットにおける多くのものと共に使用可能である。

【００４９】

［システムの動作および方法］

図１２～図１４に示されるように、空間（リビングルーム１０およびダイニングルーム１２）を２つの異なる領域に分割するのに、赤外線ビームが用いられる。ロボットは、このビーム４２を検出する該ロボットの上部前側に搭載されたセンサを有する。図１３に示されるように、測定可能なレベルの赤外線が検出器に当るたびごとに、ロボットによる赤外線回避行動が起動する。好適な実施例では、この行動により、ロボットは、赤外線信号が検出可能なレベル未満となるまで、その場で回転する（図１４）。そして、ロボットは、その直前の動作を再開する。ある種のシステムでは、左回転が望ましく、それは、慣例によると、ロボットは操作に追従する際に全ての物体について該物体が自身の右側に来るようにするということがあるためである。閉じ込めビーム４２を検出すると左回転するということであれば、ロボットの閉じ込め行動は、他の行動と整合がとれる。本実施例では、赤外線センサは、階調検出器（ｇｒａｄｉｅｎｔ　ｄｅｔｅｃｔｏｒ）として働く。ロボットは、赤外線強度がより強い領域に来ると、その場で回転する。赤外線センサがロボットの前面に搭載されていること、および、ロボットが後退しないことから、このセンサは、赤外線強度が強くなってくるのが、ロボットの他の部分よりも前に必ず分かる。このように、その場で回転することにより、センサは、強度が弱くなった領域へと移行することになる。次に、ロボットは、センサに追従して前進するとき、ビームから離れて赤外線強度の弱くなった領域へと必然的に移動する。

【００５０】

他の好適な実施例では、室内閉じ込め行動は、ロボットの動作を制御する厳密に優先度本位の行動システムにおける１つの行動として機能する。それぞれの行動には、優先度が割り当てられており、最も高い優先度の行動は、任意の時点でロボットの制御を要求して、ロボットを完全に制御する。これらの行動としては、前進、衝突した場合の回転、螺旋を描く等がある。閉じ込め行動は、最高の優先度をもつ行動の１つである。この行動は、室内閉じ込め赤外線センサが室内閉じ込め送信機からの信号を検出した場合に、ロボットの制御を要求する。

【００５１】

図１０に、閉じ込め行動の制御ロジックの好適な実施例のフローチャートを示す。ロボットは、ＲＣＯＮ検出器が信号を検出しているかどうかを判別する（ステップ１１０）。信号が検出されていれば、ロボットは、回転方向を選択する（ステップ１２０）。そして、ロボットは、選択された方向へと回転を開始して、信号が検出されなくなるまで回転する（ステップ１３０）。信号が検出されなくなると、ロボットは、追加の距離だけ回転を継

続する（ステップ１４０）。

【００５２】

ステップ１２０の好適な実施例において、図１１に示すフローチャートで説明するアルゴリズムにより方向が選択される。ロボットの制御ロジックは、該ロボットのビームとの個々の相互作用を常時監視している。最初に、ロボットは、カウンタを１つインクリメントする（ステップ１２２）。奇数回目の相互作用の時、ロボットは、新たな回転方向をランダムに選択する（ステップ１２４，１２６）。一方、偶数回目の相互作用の時、ロボットは、直前の回転方向を再度使用する。

【００５３】

他の実施例として、常にロボットが、一方向に回転するか或いは方向をランダムに選択するというものもある。ロボットが常に一方向に回転する場合、そのロボットは、ビームから離反して回転し、室内の他の障害物に衝突し、再びビームに向かって回転し、再度ビームを視認し、離反して回転し、再度衝突するといったことを無限に繰り返すことにより、ループに嵌り込んでしまう。さらに、ロボットが一方向にのみ回転する場合、特にビームの一端に偏ってしまうことになる。ロボットの仕事が、清掃等のように、部屋全体を均等に仕上げるというものであると、回転方向が単一であるというのは最善ではない。方向が完全にランダムに選択されると、ロボットは、前後に激しく向きを変え、ビームに２回以上当るようになる。

【００５４】

ステップ１４０の好適な実施例において、ロボットは、信号が消えたところから、さらに追加の２０°回転する。回転の総量は、好適な実施例では任意に選択され、個々のロボットおよび用途によって決まるものである。追加の回転を行うことにより、ロボットは、閉じ込めビームから離れた直後に再度そのビームに当ることがなくなる。様々な用途に向けて、追加の移動量（直線または回転）は、所定の距離か時間であってもよく、また、代わりにランダムな要素が含まれていてもよい。

【００５５】

さらに他の実施例において、ロボットの回避行動には、ビーム４２が検出されなくなるまでロボットの方向を逆転させることも含まれるかも知れない。

【００５６】

他の実施例において、ＲＣＯＮ検出器が、ビームレベルの強弱の階調を検出可能であってもよい。この情報は、最も弱い検出レベルとなる方向へとロボットを送り出すのに用いられ得る。このようにすると、ロボットが完全にビーム内に位置して、検出器がビームから出ることなくロボットが３６０°回転してしまうことがなくなる。これらの実施例において、ロボットがビームから出ることなく３６０°回転した場合、制御ロジックが、「階調行動（ｇｒａｄｉｅｎｔ　ｂｅｈａｖｉｏｒ）」に対してより高い優先度を与えてもよい。この階調行動により、ロボットのとり得る向きが、決められた個数分の角度域（ａｎｇｕｌａｒ　ｂｉｎ）に分けられる。これら各角度域は、ロボットの周りの同じ分量の角度範囲にそれぞれ対応している。そして、ロボットは、各角度域での検出数をサンプリングしながら等速回転する。（赤外線信号を用いたシステムでは、検出数は、信号強度と単調に関係している。）ロボットが３６０°を超えて回転した後、階調行動によりロボットに対して最も検出数の少なかった角度域へ回転するように指令がなされる。ロボットが正しい向きに達すると、階調行動によりロボットに対して所定距離だけ前進するように指令がなされる。例えば、ロボットの幅の半分だけ前進してから、制御は階調行動から開放される。必要であれば、赤外線強度が閾値未満となる領域へとロボットが移動するまで、この処理を繰り返してもよい。

【００５７】

当業者は、放射器／検出器システムがロボットを数多くの方式で誘導するのに用いられてもよいことを認識するであろう。例えば、ビーム４２は、ロボットがビームの縁に平行に動作可能となるように用いられてもよく、例えば、正確に室内閉じ込めビームの縁のところまでの範囲の床が清掃されることができるようになる。

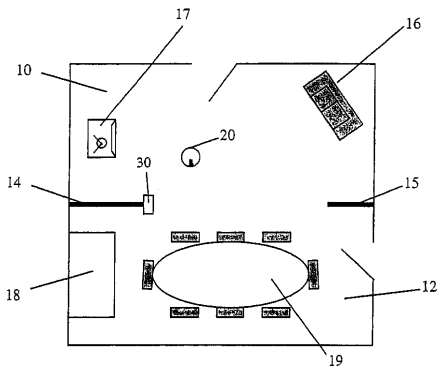
【００５８】
本発明に係る他の実施例では、ＲＣＯＮ送信機は、信号放射器および信号検出器の双方を備えていてもよい。図１５に示されるように、ＲＣＯＮ送信機２１０は、第１の放射器２１２および検出器２１４を具備している。ＲＣＯＮ送信機２１０は、所望の境界の一端に配置され、且つ、逆反射体２３０は、その所望の境界の他端に配置される。この逆反射体は、ビームに対する逆反射体の向きに関わらず、そのビームが放射器に戻るように反射させるものであり、例えば、標準的な自転車の反射板から構成されていてもよい。図１５に示されるように、第１の放射器２１２は、ビーム２４２を発する。ビーム２４２の一部は、逆反射板２３０で反射されて検出器２１４に検出される。
【００５９】
図１５および図１６に示す実施例では、第１の放射器２１２から放射された赤外線は、信号Ａまたは信号Ｂからなる２通りのどちらかに変調されてもよい。通常の動作の際には、第１の放射器２１２から発せられたビーム２４２は、逆反射材２３０に反射されて検出器２１４へと戻る。ＲＣＯＮ送信機が実際に信号Ａを送信している場合、それはロボット２２０に受信される。図１６に示されるように、ロボットまたは他の物体が放射器２１２および逆反射材２３０間に入ると、受信器２１４には何の信号も帰って来なくなり、ＲＣＯＮ送信機２１０は信号Ｂを送信し、その信号Ｂはロボット２２０により受信される。そして、ロボット２２０は、この情報を、性能向上のために用いる。ロボットは、信号Ｂを検出しているときにのみ、既述のようにビームから離反するように回転する。ロボットが信号Ａを検出しているときには、何も実行されない。
【００６０】
ある種の用途に対しては、図１５および図１６に示した実施例により、性能が向上する。例えば、清掃の用途では、清掃の完璧さが向上する。これは、ロボットが閉じ込め装置と逆反射材とを連結する線までの範囲を清掃するようになるためである。また、本実施例は、ビームの遮断に対してより耐性がある。家具や他の障害物が部分的にビームを遮っていると、ロボットはビームを横切る前に回転して離れるようになる。最後に、ＬＥＤ等の表示器がＲＣＯＮ送信機に追加されて該送信機が機能していて正しく向けられているとき、それを表示してもよい。
【００６１】
他の実施例において、環状の閉じ込め領域を規定するのに、ＲＣＯＮ送信機が用いられてもよい。例えば、２つの全方向放射器を具備したＲＣＯＮ送信機が用いられ、第１の放射器が標準的に変調されたビームを送信し、且つ、第２の放射器が第１の送信機からの出力に対して１８０°位相がずれていてより低電力の光を発してもよい。ロボットは、赤外線が検出されないときに回転するように、プログラムされることになる。ロボットは、放射器から離れてゆくと、結局はビームを見失って、そこに戻ってくることになる。近づいてくると、第２の放射器からの光が第１の放射器からの光を妨害して、実質的に変調されていない状態の赤外線となる。検出器はこれを検出できなくなり、ロボットは環状領域へと戻ってゆく。
【００６２】
さらに他の実施例において、ＲＣＯＮ送信機が、「ホームベース（ｈｏｍｅ　ｂａｓｅ）」として用いられてもよい。例えば、いったんロボットのバッテリーが所定レベル未満になると、ロボットは、階調行動を用いてＲＣＯＮ送信機へと帰還する。このことにより、利用者は、清掃終了時に、ロボットをより容易に見つけられるようになる。清掃終了時に、ロボットが隅にあったり、家具の下等にあったりするということがなくなる。
【００６３】
上述した説明には多くの特定要件が含まれているが、これは、本発明の範囲を制限するものではなく、本発明における現時点で好適な実施例のいくつかを説明するためのみに提供されたものである。
【００６４】
本発明に係る他の実施例は、特許請求の範囲の各請求項に含まれる。

【００６５】
【発明の効果】
以上、詳述したように、本発明によれば、簡単な構成でロボットの位置を特定して閉じ込めておく方法およびシステムが提供される。
【図面の簡単な説明】
【図１】電源切断状態における境界信号送信機を有する本発明に係るロボット閉じ込めシステムの一実施例を示す図である。
【図２】電源投入状態における境界信号送信機を有する本発明に係るロボット閉じ込めシステムの一実施例を示す図である。
【図３】境界信号送信機の好適な実施例の模式図である。
【図４】境界信号送信機の具体的な実施例の回路図である。
【図５】本発明に係る好適な実施例で用いられる移動ロボットを示す概略側面図である。
【図６】本発明に係る好適な実施例で用いられる移動ロボットを示す概略平面図である。
【図７】全方向境界信号検出器の好適な実施例の側面図である。
【図８】図５および図６に示すロボットのハードウェアブロック図である。
【図９】複数の境界信号検出器を用いたロボットの他の実施例を示す模式図である。
【図１０】本発明に係る好適な実施例の境界回避アルゴリズムを示すフローチャートである。
【図１１】本発明に係る好適な実施例の境界回避アルゴリズムを示すフローチャートである。
【図１２】本発明に係る好適な実施例のシステムおよび方法を示す模式図である。
【図１３】本発明に係る好適な実施例のシステムおよび方法を示す模式図である。
【図１４】本発明に係る好適な実施例のシステムおよび方法を示す模式図である。
【図１５】本発明に係る他の実施例のシステムおよび方法を示す模式図である。
【図１６】本発明に係る他の実施例のシステムおよび方法を示す模式図である。
【符号の説明】
１０…リビングルーム
１２…ダイニングルーム
１４，１５…内壁
１６…ソファー
１７…テレビ
１８…カウンタ
１９…テーブルおよび椅子等
２０…移動ロボット
２１…ケース
２２，２３…車輪
２４…モータ
２５…清掃機構
２６…充電式バッテリー
２７…マイクロプロセッサ
２８…センサ
３０…境界信号送信装置（ＲＣＯＮ送信機）
３２…第１の赤外線放射器
３４…第２の赤外線放射器
３６…電源スイッチ
３８…可変電力設定ノブ
４２，４４…赤外線ビーム（境界信号）
５０…ＲＣＯＮ検出器
５２…レンズ
５３…レンズ内壁

５４…レンズ外壁
５５…赤外線検出器（焦点）
５７…水平板
５８…ポスト
２１０…ＲＣＯＮ送信機
２１２…第１の放射器
２１４…検出器
２２０…ロボット
２３０…逆反射体
２４２…ビーム

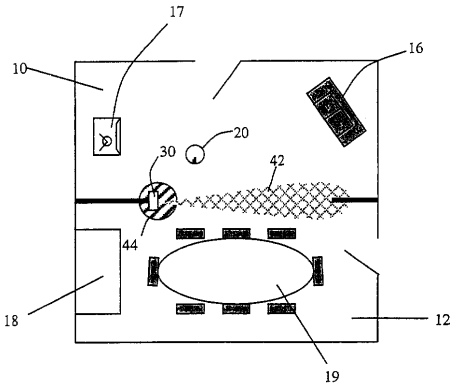
【図１】

図1



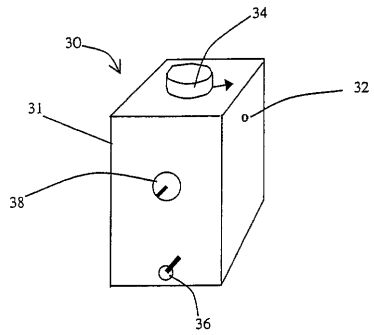
【図２】

図2



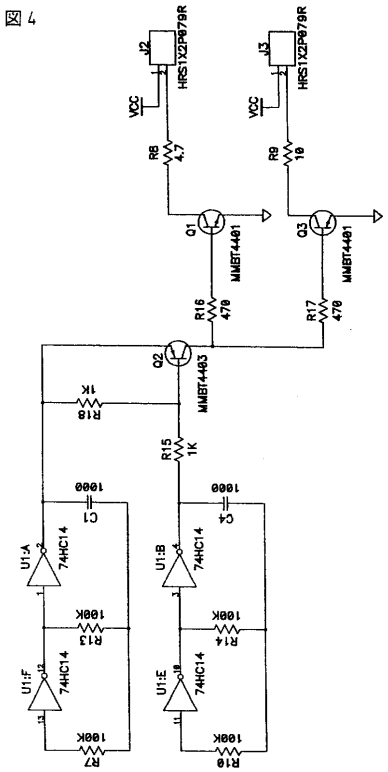
【図３】

図３



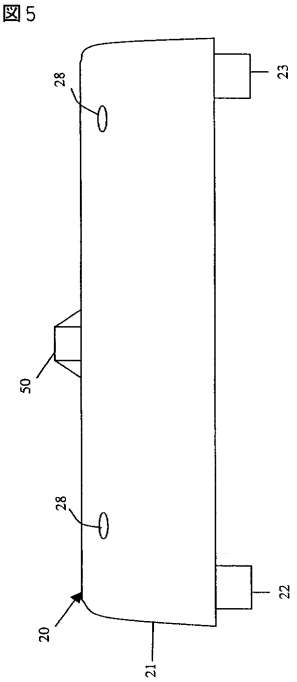
【図４】

図４



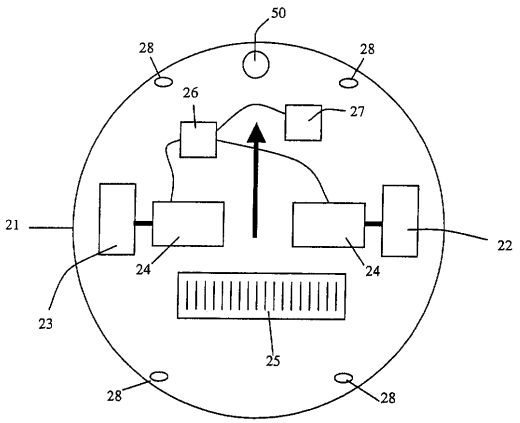
【図５】

図５



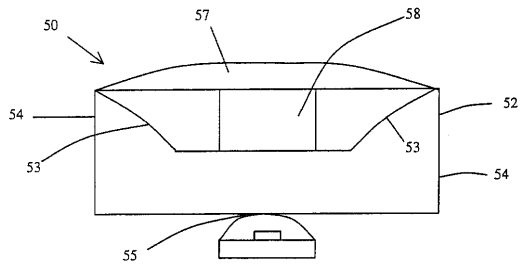
【図６】

図６



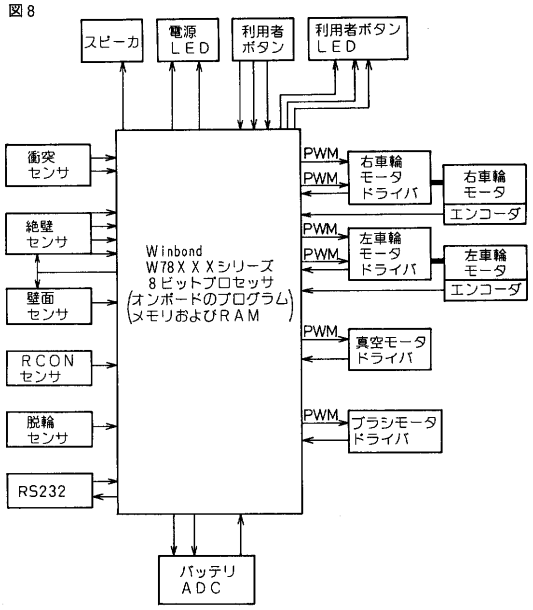
【図７】

図7



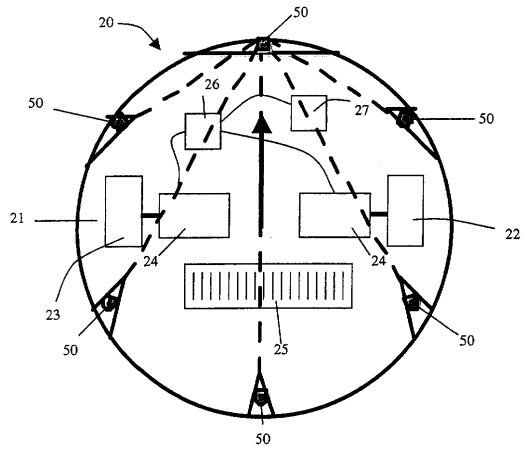
【図８】

図8



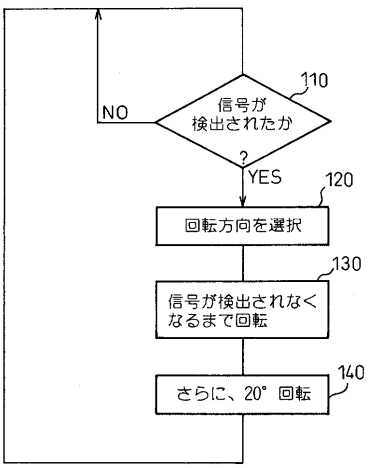
【図９】

図9



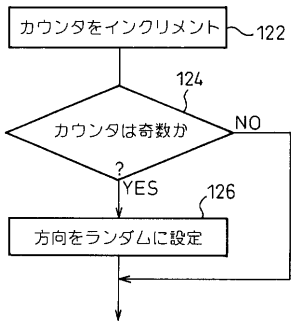
【図１０】

図10



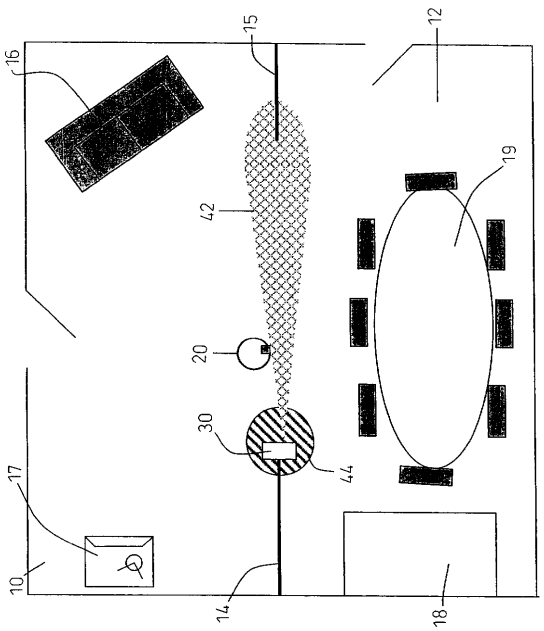
【図１１】

図11



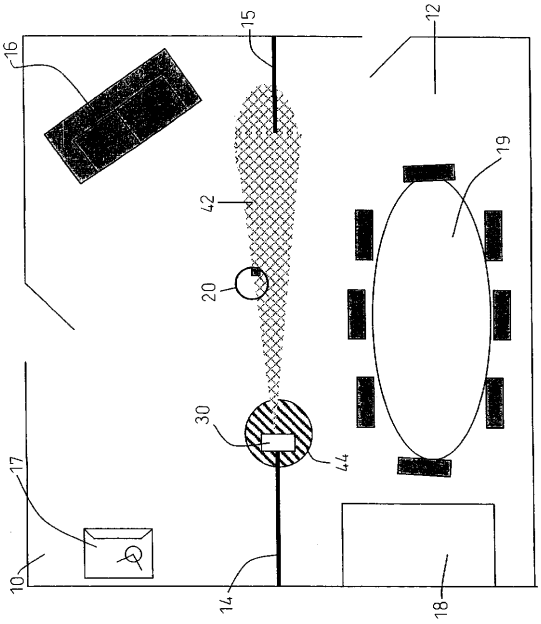
【図１２】

図12



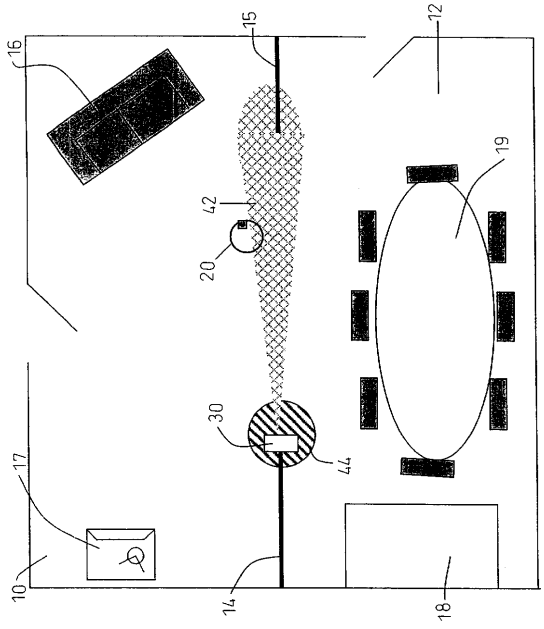
【図１３】

図13



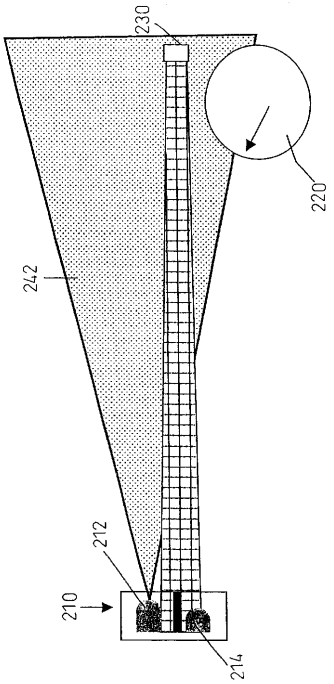
【図１４】

図14



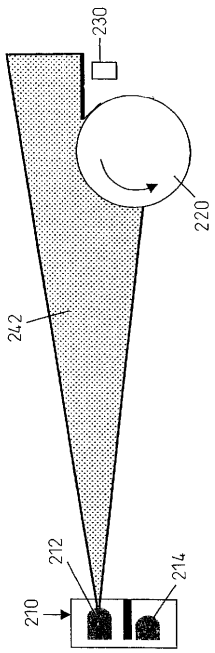
【図１５】

図15



【図１６】

図16



フロントページの続き

(72)発明者 ジョセフ エル. ジョーンズ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ ０１７２０, アクトン, レッドウッド ロード ９
(72)発明者 フィリップ アール. マス
アメリカ合衆国, マサチューセッツ ０２１１３, ボストン, フリート ストリート ２８, ナンバー１２

審査官 森林 克郎

(56)参考文献 特開平１１－２１２６４２（ＪＰ, Ａ）
特開平０９－１７９６２５（ＪＰ, Ａ）
特開平１１－０８５２６９（ＪＰ, Ａ）
特開平０７－２８１７４２（ＪＰ, Ａ）
特開平１０－２２８３１６（ＪＰ, Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G05D1/00-1/12、
B25J1/00-21/02