

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4572308号
(P4572308)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl.		F I			
G06F	3/01	(2006.01)	G06F	3/01	310A
G06F	3/033	(2006.01)	G06F	3/033	310Y
H02P	25/06	(2006.01)	H02P	7/00	101A

請求項の数 3 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-277196 (P2005-277196)</p> <p>(22) 出願日 平成17年9月26日 (2005.9.26)</p> <p>(65) 公開番号 特開2007-87239 (P2007-87239A)</p> <p>(43) 公開日 平成19年4月5日 (2007.4.5)</p> <p>審査請求日 平成20年3月31日 (2008.3.31)</p> <p>(出願人による申告) 平成17年度独立行政法人情報通信研究機構、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条の適用を受ける特許出願</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 吉田 俊介 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 野間 春生 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 保坂 憲一 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 style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 力覚提示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デスクプレート上に設けられる少なくとも1つの導電体、当該デスクプレート下に設けられる複数の固定子コア、および前記複数の固定子コアの各々に巻かれる複数の固定子コイルを備えるリニアインダクションモータを用いた力覚提示装置において、

少なくとも進行磁界に関する基準点および当該進行磁界の方向を含む指令情報を入力する指令情報出力手段、および

前記指令情報出力手段からの前記指令情報を受けて、当該指令情報に含まれる前記基準点と、前記複数の固定子コイルのうち、当該基準点を含み前記進行磁界の方向との関係で決定される一定範囲内に属する1または複数の固定子コイルの各々との距離に基づいて、少なくとも当該1または複数の固定子コイルの各々に付与する駆動電圧を制御して、当該1または複数の固定子コイルの各々に流れる交流電流の位相を制御する固定子コイル駆動制御手段を備えることを特徴とする、力覚提示装置。

【請求項2】

前記指令情報は、進行磁界の強度をさらに含み、

前記固定子コイル駆動制御手段は、前記指令情報に含まれる前記強度に基づいて、パルス幅変調方式で印加する前記駆動電圧のパルス幅を制御する、請求項1記載の力覚提示装置。

【請求項3】

前記固定子コイル駆動制御手段は、前記複数の固定子コイルのうち、前記一定範囲外の

固定子コイルを駆動しない、請求項 1 または 2 記載の力覚提示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は力覚提示装置に関し、特にたとえば、コンピュータインターフェイスとして用いられるデジタルデスクのようなデスクトップ装置を利用した、力覚提示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来技術の一例が特許文献 1 に開示される。この特許文献 1 の仮想デスクトップ装置は、たとえば、互いに直交する 2 つのリニアインダクションモータ (LIM) を有する。ただし、LIM は一般的な回転誘導モータを切り開いた構造である。具体的には、単一の LIM は、磁束を発生させるコイル群からなる 1 次側の固定子と、力が生起される 2 次側の移動子とによって構成される。たとえば、盤面 (デスクプレート) 上に置かれた導電体の移動子に対して、任意の 1 次元方向の力を発生されることが可能である。このような LIM を直交配置させることにより、合成的な 2 次元方向の力を生起することができる。つまり、従来技術の仮想デスクトップ装置では、1 自由度の LIM を 2 台直交させた構造であるため、X 軸方向の LIM と Y 軸方向の LIM とを駆動すると、図 10 (A) およびその t 秒後の状態を示す図 10 (B) から分かるように、各 LIM の平行波が直交し、重畳された波が形成 (生起) される。ただし、いずれか一方の LIM のみを駆動すると、当該一方の LIM の平行波が形成される。たとえば、X 軸方向の LIM のみを駆動した場合には、図 11 (A) およびその t 秒後の状態を示す図 11 (B) から分かるように、X 軸方向に向けて磁界が進行する。つまり、2 次元平面上に、1 次元 (X 軸方向または Y 軸方向) に進行する磁界が生起される。

【特許文献 1】特開 2004 - 78488 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、この従来技術の仮想デスクトップ装置は、2 つの LIM を重ねて配置した構造であるため、力を提示するデスクプレートまでの距離が上段と下段とで異なり、各 LIM の性能が等しくならない。このため、各 LIM の駆動制御が面倒である。また、いずれか一方の LIM のみを駆動したとしても、盤面全体に一樣な進行磁界が生起するため、磁界内に複数の導電体を置いた場合であっても、同一の方向および大きさの力を提示できるに過ぎなかった。これを回避するため、特許文献 1 では、各固定子コアに個別に固定子コイルを巻いて、複数の導電体を用いて異なる方向および / または大きさの力を提示する仮想デスクトップ装置を提案しているが、具体的な制御方法は不明である。

【0004】

それゆえに、この発明の主たる目的は、種類の異なる力を同時に提示できる、力覚提示装置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、デスクプレート上に設けられる少なくとも 1 つの導電体、当該デスクプレート下に設けられる複数の固定子コア、および複数の固定子コアの各々に巻かれる複数の固定子コイルを備えるリニアインダクションモータを用いた力覚提示装置において、少なくとも進行磁界に関する基準点および当該進行磁界の方向を含む指令情報を出力する指令情報出力手段、および指令情報出力手段からの指令情報を受けて、当該指令情報に含まれる基準点と、複数の固定子コイルのうち、当該基準点を含み進行磁界の方向との関係で決定される一定範囲内に属する 1 または複数の固定子コイルの各々との距離に基づいて、少なくとも当該 1 または複数の固定子コイルの各々に付与する駆動電圧を制御して、当該 1 または複数の固定子コイルの各々に流れる交流電流の位相を制御する固定子コイル

10

20

30

40

50

駆動制御手段を備えることを特徴とする、力覚提示装置である。

【0006】

請求項1の発明では、力覚提示装置は、リニアインダクションモータを備える。このリニアインダクションモータは、デスクプレート上に設けられる少なくとも1つの導電体を2次側とし、デスクプレート下に設けられる複数の固定子コアに個別に固定子コイルを巻いた固定子を1次側とする。指令情報出力手段は、少なくとも進行磁界に関する基準点および当該進行磁界の方向を含む指令情報を出力する。固定子コイル駆動制御手段は、指定情報出力手段から出力された指令情報を受けて、当該指令情報に含まれる基準点と、複数の固定子コイルのうち、当該基準点を含み進行磁界の方向との関係で決定される一定範囲内に属する1または複数の固定子コイルの各々との距離に基づいて、少なくとも当該1または複数の固定子コイルの各々に付与する駆動電圧を制御して、当該1または複数の固定子コイルの各々に流れる交流電流の位相を制御する。たとえば、固定子コイルの有無に拘わらず、基準点に存在すると仮定される固定子コイルに流れる交流電流の位相を基準として、固定子コイル駆動制御手段が制御する固定子コイルに流れる交流電流の基準からの相対的な位相差を算出する。そして、算出された位相差を持つ交流電流を流すための駆動電圧を生成するのである。このとき、印加する駆動電圧のパルス幅変調方式(PWM)で制御される。

10

【0007】

請求項1の発明によれば、基準点を含み進行磁界の方向との関係で決定される一定範囲内に属する固定子コイルを駆動させるので、デスクプレート上の複数の小領域(局所的)に、進行磁界を発生(生起)させることができる。したがって、各進行磁界により導電体を移動させれば、これを把持したり、触れたりしているユーザに少なくとも場所(位置)の異なる力を提示することができる。このため、利便性の高いインターフェイスとして使用することができる。

20

【0011】

請求項2の発明は請求項1に従属し、指令情報は、進行磁界の強度をさらに含み、固定子コイル駆動制御手段は、指令情報に含まれる強度に基づいて、パルス幅変調方式で印加する駆動電圧のパルス幅を制御する。

【0012】

請求項2の発明では、指令情報を進行磁界の強度をさらに含む。これにより、固定子コイル駆動制御手段は、パルス幅変調方式で印加する駆動電圧(PWM電圧)のパルス幅を制御する。

30

【0013】

請求項2の発明によれば、進行磁界の強度を制御できるので、力の強さもパラメータとして、ユーザに情報を提供することができる。

【0014】

請求項3の発明は請求項1または2に従属し、固定子コイル駆動制御手段は、複数の固定子コイルのうち、一定範囲外の固定子コイルを駆動しない。

【0015】

請求項3の発明では、固定子コイル駆動制御手段は、複数の固定子コイルのうち、一定範囲外の固定子コイルを駆動しない。つまり、一定範囲内に存在する固定子コイルのみが駆動される。

40

【0016】

請求項3の発明によれば、一定範囲内に存在する固定子コイルのみを制御するので、当該一定範囲のような小領域に進行磁界を生起することができる。

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、局所的に固定子コイルを駆動して、少なくとも異なる場所に進行磁界を生起させることができるので、その進行磁界によって異なる場所に配置された導電体を移動させることができる。したがって、この導電体を把持したり触れたりしているユー

50

々に異なる種類の力を提示することができる。つまり、利便性の高いインターフェイスを提供することができるのである。

【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ろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

この発明の一実施例である力覚提示装置10はデスクトップ装置12を含み、デスクトップ装置12はデスクプレート14およびリニアインダクションモータ(以下、「LIM」という。)16を備える。

【0020】

なお、図面では分かり易く示すために、デスクプレート14とLIM16の1次側(後述する固定子コアと固定子コイルとが設けられる側)との間に隙間があるように表現してあるが、実際には、デスクプレート14はLIM16の1次側の上に載置される。

【0021】

また、図示は省略するが、デスクプレート14には、たとえばプロジェクタを用いて、所望の画像(静止画像や動画像)を表示することが可能である。

【0022】

図2はデスクトップ装置12の構成を示す図解図である。この図2からも分かるように、デスクプレート14の下側には、LIM16の1次側が設けられる。デスクプレート14としては、たとえば、2mm厚のテフロン(登録商標)板を使用することができる。LIM16は、複数(この実施例では、81個)の固定子コア16aおよびヨーク(継鉄)16bを含み、複数の固定子コア16aは、横(X)方向および縦(Y)方向に等間隔(たとえば、10mm)で、所定個数(たとえば、9個)ずつ並んでマトリクス状に配置される。図3に示すように(図2では省略)、各固定子コア16aには、固定子コイルL(L1, L2, L3, ..., L79, L80, L81)が個別に巻かれている。

【0023】

なお、この実施例の固定子コイルLは、楕形のケイ素鋼板を積層した鉄芯(10mm角、10mm高)を固定子コア16aとして、0.26mm径の絶縁導線が1520回巻きにされたもの(直流抵抗値は約28)である。

【0024】

図1に戻って、力覚提示装置10はポインティング装置18を含み、ポインティング装置18はデスクプレート14上に載置される。図1では、簡単のため、ポインティング装置18を1つ設けるように示してあるが、2つ以上設けるようにしてもよい。ポインティング装置18には、たとえば、円盤状に形成された銅、アルミ或いは真ちゅうのような非磁性体の導電体18aが設けられる。導電体18aの形状はこれに限定されるべきではなく、四角形(正方形、長方形)の板状に形成するようにしてもよい。この導電体18aがLIM16の2次側の移動子である。また、ポインティング装置18には、ユーザの手指に装着或いは手指で把持可能な把持部(以下、「ペン入力部」という。)18bが設けられ、このペン入力部18bは、上述の導電体18aに連結される。ただし、把持部18bの形状は、ペン形状に限定される必要はなく、コンピュータマウス形状であってもよい。さらに、ペン入力部18bには、赤外LED18cが設けられる。一例として、赤外LED18cは、導電体18aとペン入力部18bとの連結部の近傍に設けられる。ただし、赤外LED18cは、その赤外光を後述する検出装置(この実施例では、検出装置26)によって検出できる位置であれば、導電体18a或いはペン入力部18bの任意の位置に設けることも可能である。

【0025】

なお、赤外LED18cを、導電体18aとペン入力部18bとの連結部の近傍に設けるようにしてあるのは、導電体18aの中心またはほぼ中心をユーザが指示している位置として認識(検出)するようにしてあるためであり、当該連結部が導電体18aのほぼ中

10

20

30

40

50

心に位置するためである。

【0026】

また、図示は省略するが、ポインティング装置18は、たとえば、電池（1次電池或いは2次電池）で駆動するものであり、図示しないスイッチをオンすることにより、赤外LED18cが点灯される。

【0027】

このような構成のポインティング装置18は、ユーザによってペン入力部18bを把持され、ユーザの操作に従って、デスクプレート14を移動される。また、上述したLIM16が駆動すると、固定子（固定子コア16a，ヨーク16b，固定子コイルL）上（ここでは、デスクプレート14上）を移動する磁束の波（進行磁界）が発生（生起）される。このため、導電体18aが進行磁界に従ってデスクプレート14上を移動され、これにより、ペン入力部18bを把持したユーザの手指に任意の力をかけることができる。

10

【0028】

なお、進行磁界を発生（生起）させる方法については、後で詳細に説明するため、ここでは詳細な説明は省略する。

【0029】

また、力覚提示装置10はコンピュータ20を含み、コンピュータ20はPC或いはワークステーションのような汎用のコンピュータである。このコンピュータ20はホストコンピュータとして機能し、ポインティング装置18を介してユーザに提示する力の大きさ（進行磁界の強度）および方向、厳密に言うと、後述する基準位相点Pおよびそれを中心とする力のベクトル（以下、「指令情報」と言うことがある。）を、CAN(Controller Area Network)バスのようなインターフェイス22を介して複数のコントローラ24に指示する。

20

【0030】

ただし、この実施例では、指令情報としては、基準位相点Pを示す座標（説明の便宜上、「第1座標」という。）と、力のベクトルを決定するための座標（説明の便宜上、「第2座標」という。）とを指定するようにしてある。力のベクトルは、第1座標を始点とし、第2座標を終点とするベクトルである。

【0031】

コントローラ24は、たとえばマイクロコンピュータで構成され、固定子コイルLの駆動を制御する。このコントローラ24は、定電圧（たとえば、135V）のPWM方式の駆動回路であり、PWM電圧を固定子コイルLに付与する。これにより、当該固定子コイルLに交流電流が流れる。図示は省略するが、1の固定子コイルLに対して、1のコントローラ24が接続される。また、図示は省略するが、コントローラ24は、CPUのようなプロセッサおよびドライバ（アンプ）を備え、コンピュータ20から与えられる指示（指令情報）に従って、固定子コイルLの駆動電圧を生成し、付与する。ただし、後述するように、コントローラ24は、固定子コイルLに駆動電流を流すタイミング、駆動電流の大きさ（実効値）および駆動電流の位相を適切に制御するための駆動電圧を生成し、当該固定子コイルLに付与するのである。

30

【0032】

さらに、力覚提示装置10は検出装置26を含み、検出装置26は、上述したように、ポインティング装置18（赤外LED18c）の位置を検出するために用いられる。この実施例では、検出装置26として、AKAtech社製の高速CMOSカメラ（品番：iMVS-155）が用いられる。このように、検出装置として、CMOSカメラを用いるのは、一般的なCCDカメラとPCとを用いた画像処理では、30Hzのフレームレートによる処理が限界だからである。これに対して、実施例で使用されるCMOSカメラは、カメラ側にプログラマブルなDSPが搭載され、画素単位で撮像が取得可能である。

40

【0033】

ポインティング装置18（赤外LED18c）の検出処理は、検出装置26で行われ、検出結果すなわち赤外LEで18cの位置情報のみがコンピュータ20に送信される。こ

50

れにより、比較的高速な位置追跡が実現可能である。具体的には、図4(A)に示す初期探索処理と図4(B)に示す光点追跡処理とが実行される。詳細な説明は省略するが、これらのアルゴリズムが上述した検出装置26のDSPに実装されるのである。ここで、初期探索処理は、光点追跡処理の前段階として、或いは一部の光点を見失った際に適時実行される。具体的には、初期探索処理では、デスクプレート14の面(盤面)全体を探索領域(たとえば、320mm×320mm)として撮影された2値画像をラスタスキャンすることにより、必要な個数の光点が検出される。検出された光点の座標は、次の光点追跡処理の初期座標として利用される。

【0034】

光点追跡処理では、図4(B)に示すように、前時刻(t 前)の座標周辺の小領域(たとえば、20mm×20mm)のみを撮影し、たとえば、前時刻の座標を中心とする一定範囲のみを撮影し、現時刻の座標を取得する(求める)。これは、光点追跡処理が十分に高速であるとすると、 t の時間内では光点(赤外LED18c)は距離 d しか移動しないため、前時刻の座標を中心として高々 $2d$ 角超の窓領域について探索処理(スキャン)を実行すればよいことになる。そして、求められた座標は、コンピュータ20に送信された後、次時刻の窓領域の中心座標として用いられる。ただし、このような光点追跡処理は、各光点(赤外LED18c)について実行される。

【0035】

以下、LIM16の制御方法について説明する。図5は、図3に示した固定子コイルL(固定子コア16a)の配列を示す図解図である。各固定子コイルLには、識別情報(ID番号)が付与される。図5から分かるように、左上隅の固定子コイルLには、ID番号として、「00」が割り当てられる。この実施例では、各固定子コイルLを行列の要素と同様に考えて、各固定子コイルLにID番号が割り当てられる。したがって、ID番号により、固定子コイルLを認識することが可能である。

【0036】

また、上述したように、固定子コイルLは縦方向(Y軸方向)および横方向(X軸方向)に9個ずつ並んで格子状に配置される。たとえば、隣接する固定子コイルL(固定子コア16a)の距離は、便宜的に「1」としてある。ただし、単位は h である。このように、隣接する固定子コイルLの距離を「1」と仮定し、この固定子コイルL上の平面をXY座標系で考えると、或る基準となる点から各軸方向に i 、 j 個離れた固定子コイルLの座標は、 $L = (i, j)$ と表記される。たとえば、隣接する固定子コイル $L_a = (i, j)$ と固定子コイル $L_b = (i + 1, j)$ の距離 $L_b - L_a$ は、数1で示される。

【0037】

なお、或る基準となる点は、後述する基準位相点Pであり、固定子コイルLが配置される座標と一致させる必要はない。

【0038】

[数1]

$$L_b - L_a = \{ (i + 1 - i)^2 + (j - j)^2 \} = 1$$

ただし、1自由度のLIMのような平行波(図11参照)すなわち1次元の方向に進行する磁界を作るためには、隣接する固定子コイルLに流す交流電流に一定の位相差を持たせる必要がある。そこで、隣接する固定子コイルL間に流すべき交流電流の位相差を θ_0 とすると、位相差 θ_0 が n 個目毎に $0 (= 2\pi)$ になる場合、数2の関係が成り立つ。

【0039】

[数2]

$$\theta_0 = 2\pi / n$$

ここで、この実施例では、図6(A)に示すように、 $n = 6$ としてあるため、隣接する固定子コイルLに流れる交流電流の位相差 θ_0 は $\pi/3$ である。ただし、図6(A)では、空間的な位相角の関係が示される。したがって、基準位相(図6(A)の円の中心位置の位相)を θ_0 とすると、各相の位相と基準位相との関係は数3のように示される。

【0040】

10

20

30

40

50

[数 3]

$$\begin{aligned} u &= \\ v &= -2 / 3 \\ w &= +2 / 3 \\ u' &= - \\ v' &= - +2 / 3 \\ w' &= - -2 / 3 \end{aligned}$$

また、隣接する固定子コイル L 間の距離は 1 と仮定してあるので、距離 d 離れた固定子コイル L 間の位相差は $d \theta_0$ となる。したがって、各固定子コイル L 間の位相差は、進行軸へ投影した座標系での距離を求めればよいことが分かる。

10

【 0 0 4 1 】

すなわち、図 6 (B) に示すように、基準となる位相を持つ点 (以下、「基準位相点」という。) P を考慮すると、当該基準位相点 P と固定子コイル L c (説明の便宜上、図 6 (B) においては「 C 」と表記する。) の位置 (任意の座標) との位相差 θ_{cP} は、磁界の進行方向 (力の方向) を示す軸と、固定子コイル L c の位置と基準位相点 P とを結ぶ直線 C P とがなす角を θ とおくと、数 4 に従って求められる。

【 0 0 4 2 】

[数 4]

$$\theta_{cP} = \theta - \theta_0 \times \cos$$

各固定子コイル L には、基準位相点 P に与えるべき交流電流と同じ周波数であり、かつ数 4 に従って算出した位相差 θ_{cP} を保つ交流電流が与えられ、進行磁界が生起される。したがって、図 1 に示した導電体 1 8 a が進行磁界に従う方向に移動され、これを把持するユーザに力が与えられる。

20

【 0 0 4 3 】

なお、基準位相点 P はコンピュータ 2 0 から指示されるが、この基準位相点 P はコンピュータ 2 0 によって実行されるアプリケーション等によって適宜決定される。たとえば、ユーザが指示している位置或いはその近傍にアイコンやボタンのような画像を表示し、その画像を触っているような感触を与えたい場合には、当該位置或いはその近傍をたとえば基準位相点 P に決定することができる。かかる場合には、感触の与え方により、力の方向 (磁界の進行方向) は任意に決定される。また、たとえば、そのような画像を指示させたくない場合には、当該画像から斥力が働くように、当該画像の中心ないしその近傍を基準位相点 P に決定し、力の方向は当該基準位相点 P からユーザの指示位置 (ポインティング装置 1 8) に向かう方向に決定すればよい。ただし、これらは単なる例示であり、基準位相点 P はコンピュータ 2 0 が決定したり、コンピュータ 2 0 のオペレータが決定 (指定) したりすることができる。このように基準位相点 P を決定するために、ユーザの指示位置すなわちポインティング装置 1 8 (赤外 LED 1 8 c) の位置情報を検出するようにしてある。

30

【 0 0 4 4 】

ここで、この実施例の LIM 1 6 では、固定子コイル L の各々にコントローラ 2 4 が接続され、別個独立に駆動される。したがって、複数の小領域毎 (局所的) に進行磁界を席されるためには、各小領域毎に基準位相点 P を定義し、各固定子コイル L が基準位相点 P からの距離に基づいて、どの小領域に属するかを決定する。この小領域は、後述する数 6 で定義される条件 (一定範囲) である。

40

【 0 0 4 5 】

たとえば、任意の座標に在る k 番目の基準位相点 P k から進行方向の前後に半周期分、幅方向に距離 2 h の領域に在る固定子コイル L の組で進行磁界を生起すると定義して、任意の座標に配置される固定子コイル L の位置 (座標) を数 5 で表わすと、数 6 で示す条件を満たす固定子コイル L が駆動すべき固定子コイル L となる。

【 0 0 4 6 】

[数 5]

50

$$C = \{ (x, y) \mid x \leq M, y \leq N \}$$

[数6]

$$d = \sqrt{C^2 - P^2}$$

$$\left| \frac{d \cos \theta}{3} \right| \leq r_0$$

$$\left| \frac{d \sin \theta}{h} \right| \leq 1$$

たとえば、コンピュータ20からは、基準位相点Pおよびそれを中心とする力のベクトルすなわち指令情報を、インターフェイス20を介して各コントローラ24に与える。各コントローラ24では、自身が駆動制御する固定子コイルLの座標(ID番号)を把握しており、コンピュータ20から送信された指令情報に基づいて、当該固定子コイルLを駆動すべきか否かを判断する。つまり、基準位相点Pを中心とする一定範囲に属するか否かを、数6の条件を満たすか否かで判断するのである。数6の条件を満たす場合には、コントローラ24は、固定子コイルLを駆動すると判断して、駆動電流の実効値および位相を制御すべく、アンプに与えるべきパルス電圧(PWM電圧)を算出(生成)し、アンプに与える。一方、数6の条件を満たさない場合には、コントローラ24は固定子コイルLを駆動しない。

10

【0047】

ただし、一定範囲(条件)を満たすか否かの判断は、数6の式で実行される必要はなく、数7に示すような円の式を用いて実行することもできる。

【0048】

[数7]

$$d = \sqrt{(P_i - C)^2}$$

$$d > 3r_0 \quad \dots \text{一定範囲外(条件を満たさない)}$$

$$d \leq 3r_0 \quad \dots \text{一定範囲内(条件を満たす)}$$

20

ここで、図7(A)に示すように、固定子コイルLを駆動したときに流れる交流電流の基準波形(1周期分の正弦波)は、予め決定されている。この基準波形を所望の位相で再現するように、固定子コイルLは駆動される。ただし、厳密には、図7(B)に示すようなPWM電圧が固定子コイルLに与えられる。このため、図示は省略するが、たとえば、各コントローラ24のメモリには、アンプから出力されるPWM電圧が周期に対応して記憶される。また、図7(A)からも分かるように、この実施例では、1周期(2rad(ラジアン))は、0~255の数値(1バイトの数値データ)で表わされる。また、図示は省略するが、コントローラ24に設けられるアンプの出力は、0~100%で表わされ、この出力も0~255の数値(1バイトの数値データ)で表わされる。このアンプの出力は、固定子コイルLを流れる交流電流の実効値に対応する。また、アンプの出力に応じて、PWM電圧のパルス幅が変化される。この実施例では、図7(B)に示す基準となるPWM電圧のパルス幅を50%(127)に設定し、アンプの出力に合わせてパルス幅を変化させるようにしてある。

30

【0049】

ただし、この実施例では、コンピュータ20からの指令情報は、40Hzの周期(25ms)で送られてくるが、各コントローラ24の動作周波数は30Hz(33ms)である。したがって、図7(C)に示すように、コンピュータ20からの指令情報に従って、コントローラ24は、固定子コイルLの駆動電流(駆動電圧)の位相(rad)および出力(%)を算出すると、25ms(0.75波長)分の駆動電流を流すように、PWM電圧を固定子コイルLに与える。ただし、PWM電圧は、算出された位相(rad)に対応する位置(波形再生開始位置)から付与を開始される。たとえば、位相が「34」であり、出力が「255」である場合には、図7(D)に示すように、位相「34」で示される波形再生開始位置から0.75波長のPWM電圧が固定子コイルLに付与される。

40

【0050】

図8は、コントローラ24が固定子コイルLを制御する場合に、当該固定子コイルLに流れる交流電流の波形および当該固定子コイルLに与えられるPWM電圧の波形を示す図

50

解図である。ただし、コントローラ 24 は、インターフェイス 22 (CANバス) を介して一定時間 (40 Hz = 25 msec) 毎に指令情報 (力の発生コマンド) を受信する。たとえば、コントローラ 24 は、一定時間毎に送信される指令情報を受信し、当該指令情報に基づいて、位相および出力を算出する。位相および出力の算出方法は、上述したとおりである。位相および出力を算出すると、PWM電圧のパルス幅を出力に応じて調整 (設定) し、算出した位相が示す波形再生開始位置から一定時間 (25 msec) 分の PWM電圧を、図 8 に示すように、次の指令情報の読み出しタイミングで、固定子コイル L に付与する。したがって、図 8 における左から 2 番目の指令情報を受信するタイミングで、図 8 において最初 (1 番目) の指令情報に基づく PWM電圧 (位相 34, 出力 50%) が与えられる。また、図 8 における左から 3 番目の指令情報を受信するタイミングで、図 8 における左から 2 番目の指令情報に基づく PWM電圧 (位相 67, 出力 100%) が与えられる。さらに、図 8 における左から 4 番目の指令情報を受信するタイミングで、図 8 における左から 3 番目の指令情報に基づく PWM電圧 (位相 172, 出力 80%) が固定子コイル L に与えられる。

【0051】

なお、図 8 に示す波形は、対応する PWM電圧を固定子コイル L に付与した場合に、当該固定子コイル L を流れる電流の理想的な波形であり、実際には、アンプの特性等により多少変化すると考えられる。

【0052】

このような構成の力覚提示装置 10 は、図 9 に示すようなシステム 100 に適用することができる。このシステム 100 は、たとえば、本件出願人が先に出願し、既に出願公開された特開 2005-141331 号公報に開示されているデスクトップシステムと LIM16 の構成および駆動方法が異なる以外はほぼ同じである。ただし、検出装置 26 は、上述したように、CMOSカメラが用いられる。また、このシステム 100 では、2 台のコンピュータを設けられるが、第 1 コンピュータ 20 が上述の実施例で示したコンピュータ 20 である。このようなシステム 100 を構成することにより、従来のデスクトップシステムでは、デスクプレート 14 上に複数の異なる進行磁界を発生させることができる。つまり、異なる場所で異なる方向に異なる大きさの力を提示することができる。ただし、異なる場所で、同じ方向または / および同じ大きさの力を提示することができるのは言うまでもない。

【0053】

この実施例によれば、固定子コアの各々に固定子コイルを巻き、基準となる点を中心とする一定領域に 1 次元の進行磁界を生起させ、複数の導電体を移動させることができるので、方向、大きさ、場所の少なくとも 1 つが異なる力を同時に提示することができる。つまり、種類の異なる力を提示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】この発明の力覚提示装置の構成の一例を示す図解図である。

【図 2】図 1 に示すデスクトップ装置の構成の一例を示す図解図である。

【図 3】図 2 に示すリニアモータの固定子コアに固定子コイルが巻かれた状態を示す図解図である。

【図 4】図 1 に示す CMOSカメラを用いた位置検出を説明するための図解図である。

【図 5】図 2 に示すリニアモータの固定子コイル (固定子コア) の配列および配置ピッチを示す図解図である。

【図 6】図 1 に示すデスクプレート (固定子コア) 上に生起される磁界と位相角との関係を示す図解図である。

【図 7】図 1 に示すコントローラが固定子コイルに付与する PWM電圧の生成方法を説明する図解図である。

【図 8】図 1 に示すコントローラがコンピュータからの指令情報に従って一定時間毎に、PWM電圧を生成し、固定子コイルに付与する様子を示すタイミングチャートの一例であ

10

20

30

40

50

る。

【図9】図1に示す力覚提示装置を利用した仮想デスクトップシステムの一例を示す図解図である。

【図10】従来のデスクトップ装置に含まれるX軸方向およびY軸方向のリニアモータを駆動した場合に、デスクプレート上に生起される磁界の時間変化を示す図解図である。

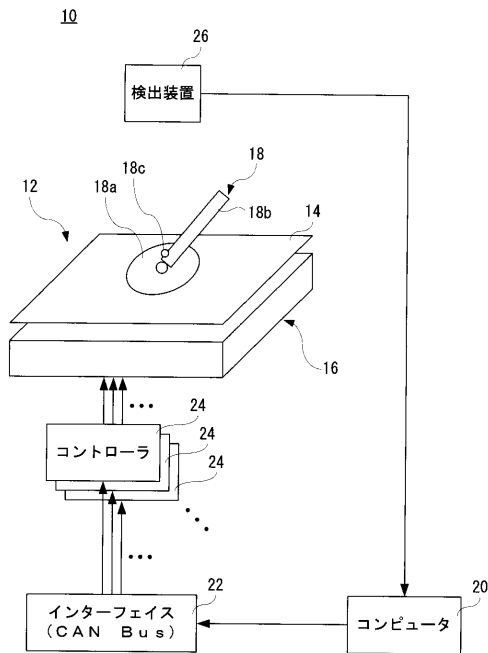
【図11】従来のデスクトップ装置に含まれるX軸方向またはY軸方向のリニアモータを駆動した場合に、デスクプレート上に生起される磁界の時間変化を示す図解図である。

【符号の説明】

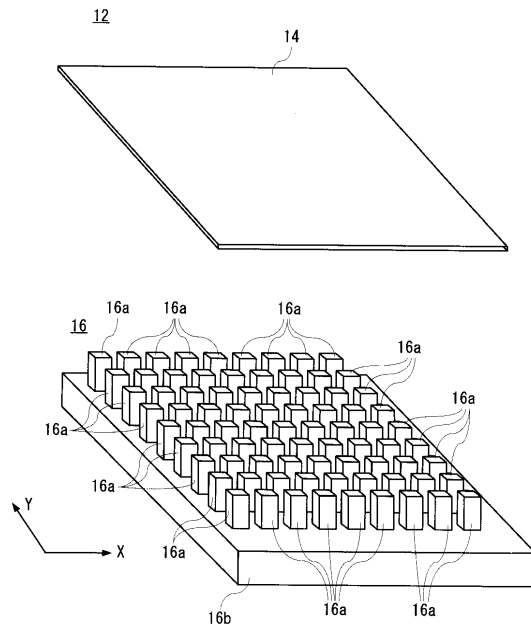
【0055】

- 10 ...力覚提示装置
- 12 ...デスクトップ装置
- 14 ...デスクプレート
- 16 ...リニアモータ
- 18 ...ポインティング装置
- 20 ...コンピュータ
- 22 ...インターフェイス(CANバス)
- 24 ...コントローラ
- 26 ...検出装置(CMOSカメラ)

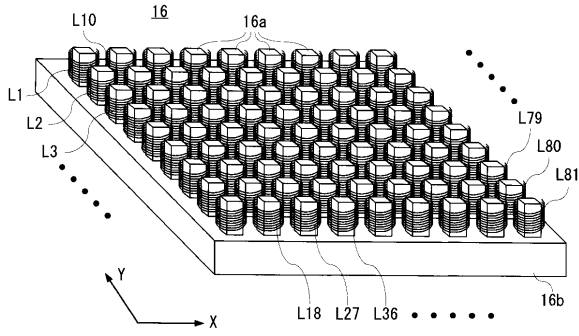
【図1】



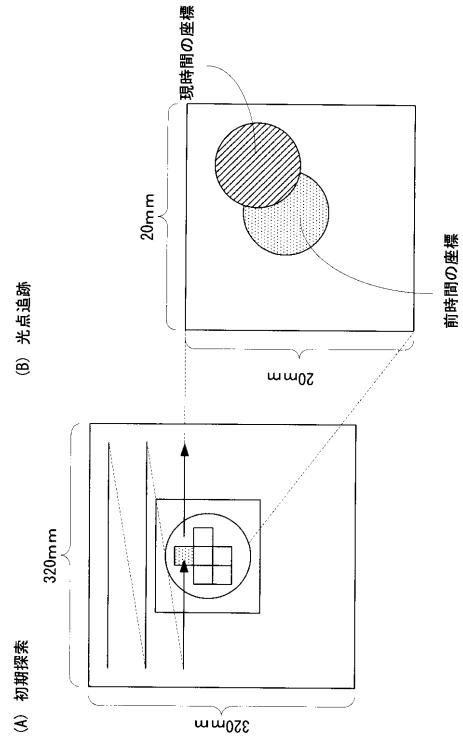
【図2】



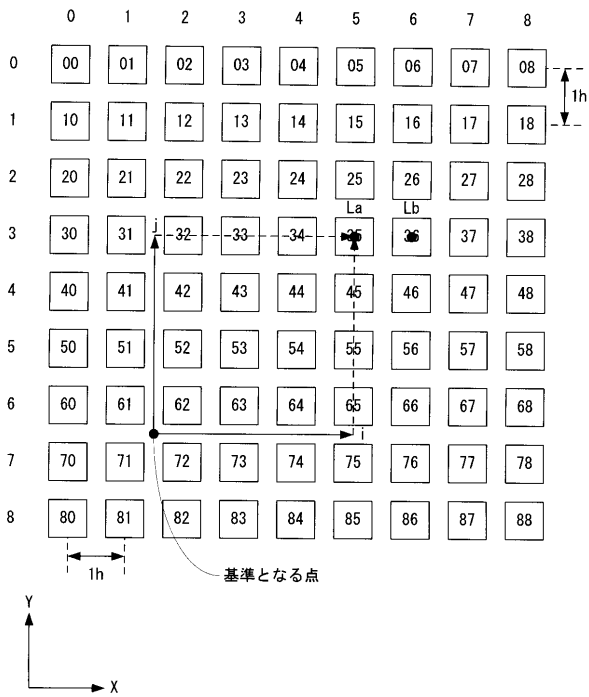
【図3】



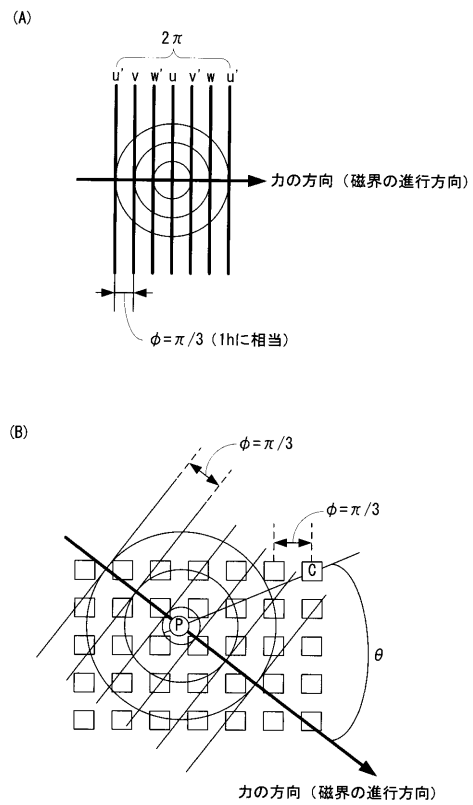
【図4】



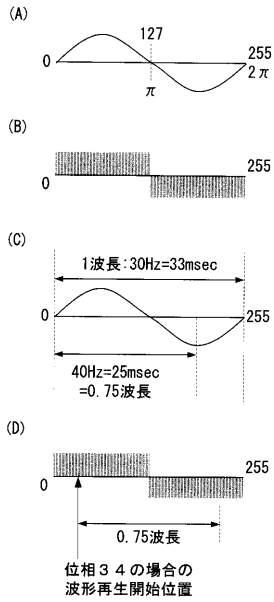
【図5】



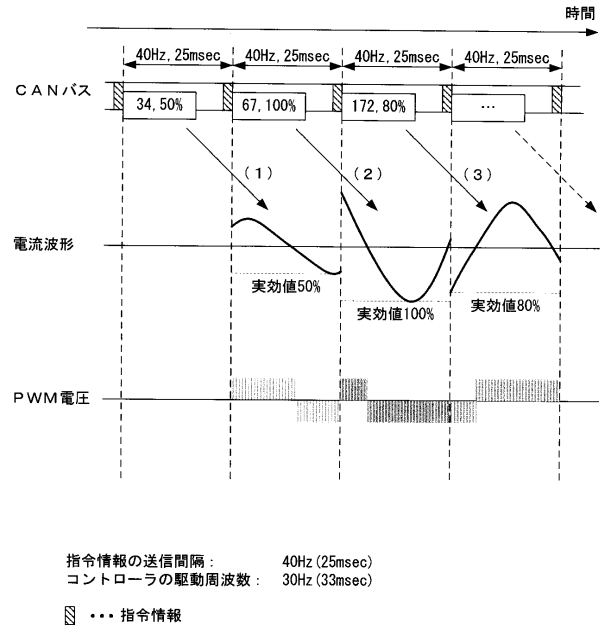
【図6】



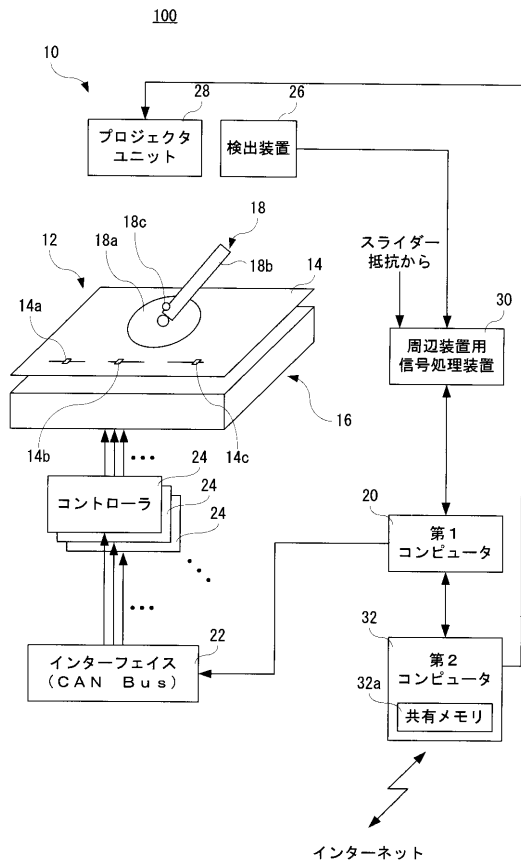
【図7】



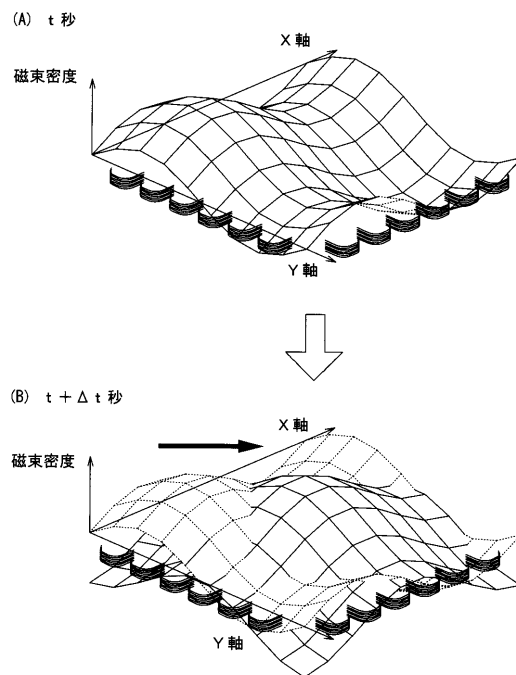
【図8】



【図9】

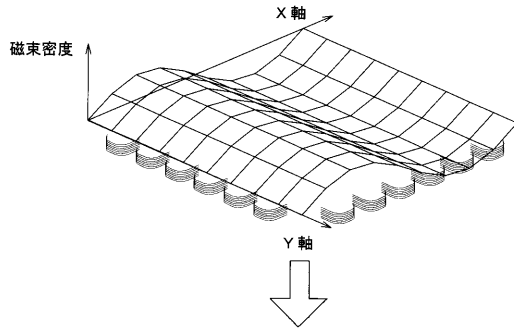


【図10】

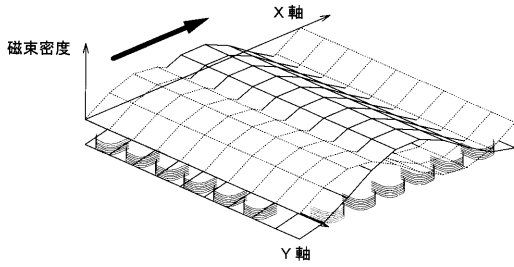


【 図 1 1 】

(A) t 秒



(B) $t + \Delta t$ 秒



フロントページの続き

審査官 高瀬 健太郎

(56)参考文献 特開2004-078488(JP,A)
特開2001-128489(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 3/01

G06F 3/03 - 3/039

G06F 3/041 - 3/048

G06F 3/14 - 3/153