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

特許第3842316号

(P3842316)

(45)発行日　平成18年11月8日(2006.11.8)　(24)登録日　平成18年8月18日(2006.8.18)

(51)Int.Cl.		F I		
G06F 3/033	(2006.01)	G06F	3/033	310Y
G01C 17/38	(2006.01)	G01C	17/38	C
G01C 21/00	(2006.01)	G01C	21/00	D
G06F 3/041	(2006.01)	G06F	3/03	380K

請求項の数 8　(全 49 頁)

(21)出願番号　特願平7-173811
(22)出願日　平成7年7月10日(1995.7.10)
(65)公開番号　特開平9-81308
(43)公開日　平成9年3月28日(1997.3.28)
審査請求日　平成14年6月28日(2002.6.28)
(31)優先権主張番号　特願平6-157610
(32)優先日　平成6年7月8日(1994.7.8)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平6-198788
(32)優先日　平成6年8月23日(1994.8.23)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平6-240320
(32)優先日　平成6年10月4日(1994.10.4)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002325
セイコーインスツル株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地
(74)代理人　100079212
弁理士　松下　義治
(72)発明者　山本　三七男
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコー電子工業株式会社内
(72)発明者　吉田　宜史
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコー電子工業株式会社内
(72)発明者　白石　貞純
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコー電子工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】位置検出装置および傾斜センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

同一水平面内に設置され、２軸方向の磁力を検出する複数の磁気センサと、

前記水平面に対し角度を持ち、前記２軸方向と直行する軸方向の磁力を検出する補正用磁気センサと、

移動によって重力加速度方向を検出する傾斜センサと、

前記複数の磁気センサと前記補正用磁気センサと前記傾斜センサの各々の出力信号を増幅する増幅回路と、

前記増幅回路から出力される前記複数の磁気センサと前記補正用磁気センサと前記傾斜センサの各々の出力信号から、電源ノイズまたは振動によるノイズを低減させるフィルタ回路と、

前記フィルタ回路から、ノイズを低減させて出力された前記複数の磁気センサと前記補正用磁気センサと前記傾斜センサの各々の出力信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換器と、

前記アナログデジタル変換器から出力された、前記複数の磁気センサと前記補正用磁気センサと前記傾斜センサのデジタル信号より、動的ノイズの特性値を算出し、前記動的ノイズの特性値を前記傾斜センサのデジタル信号より除去するマイクロコンピュータと、

を有することを特徴とする位置検出装置。

【請求項２】

前記フィルタ回路がローパス・フィルタであって、カットオフ周波数ｆｃが、１０Ｈｚ

以上５０Ｈｚ以下であることを特徴とする請求項１に記載の位置検出装置。
【請求項３】
前記傾斜センサは、重力ベクトルの方向が変化することにより変位する梁のたわみ量を信号として出力し、
当該信号と前記補正用磁気センサの信号から位置を演算し、出力することを特徴とする請求項１または２に記載の位置検出装置。
【請求項４】
前記傾斜センサが重力の感度方向に位相差を持つ様に２個設置されていることを特徴とする請求項１ないし３に記載の位置検出装置。
【請求項５】
前記傾斜センサが重力方向に対して傾斜したときに、最も感度が良い方向の前記傾斜センサを前記マイクロコンピュータが選択し、当該傾斜センサの信号を用いて位置を演算し、出力することを特徴とする請求項４に記載の位置検出装置。
【請求項６】
前記傾斜センサは、内部に円筒型容器に封入された溶液と、その溶液によって光の透過量が変化する窓と、透過光量に感能して抵抗値が変化する光センサと、を有し、重力ベクトルの方向が変化することにより変化する光の透過量を信号として出力し、
前記マイクロコンピュータは、前記傾斜センサが出力する信号と前記補正用磁気センサの信号から位置を演算し、出力することを特徴とする請求項１ないし５に記載の位置検出装置。
【請求項７】
前記磁気センサまたは前記傾斜センサの少なくとも一方が設けられた基板上に前記磁気センサまたは前記傾斜センサの周辺温度を測定するための温度センサを有することを特徴とする請求項１ないし６に記載の位置検出装置。
【請求項８】
前記マイクロコンピュータに接続され、前記マイクロコンピュータで計算した回転角度または移動量の位置情報を外部のコンピュータシステムと送受信するための第１の光通信部と、
前記コンピュータシステムのバスまたはシリアル端子に接続され、前記第１の光通信部と信号を送受信する第2の光通信部と、を有することを特徴とする請求項１ないし７に記載の位置検出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、位置または方位を検出するセンサに関し、特に物体の三次元的な動きをコンピュータ等の画像処理機器にデータとして供給する入力デバイスの分野に関する。また、自動車、船舶などのナビゲーションシステムやバーチャル・リアリティ（仮想現実感）システムのヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）に取り付けて頭部の動きを検出するために用いられる位置検出装置、またはコンピュータ支援作図（ＣＡＤ）システムに用いられる三次元入力デバイス（三次元マウス等）に関するものである.
【０００２】
【従来の技術】
［従来技術例１］
従来技術例１として、磁気方位センサにより方位検出する従来技術を説明する。従来技術例は図４４にその一例を示す如く、１個のコア５６にコイルＡ５４とコイルＢ５５を直行させて巻いた１対のコイルを持つフラックスゲート型磁気センサを回路基板９上に配置した構造をしている。この１対のコイルは同じ磁気ベクトルを感知し、磁気方位センサの移動に対して９０度位相がずれた信号値を出力する。
【０００３】
方位を感知する場合、地磁気ベクトルは南から北に向いているため、磁場ベクトルが最大

となる向きが北向きとなる。今、コイルＡ５４の信号が最大出力となる方向を北とすると、最小出力となる方向が南となり、東西方向はどちらも同じ値となる。しかし、コイルＢ５５が直行して巻かれているため、この出力値の最大最小で東西を識別する事ができる。さらに、それぞれの信号はサイン曲線を描くため、逆算することにより磁気ベクトルを基準とした水平面内の回転角度０から３６０度を計算することができる仕組みとなっている。

【０００４】

また、フラックスゲート型磁気センサの代わりに、磁気抵抗素子を用いて同様に回転角度をセンシングする磁気方位センサも存在する。

［従来技術例２］

従来技術例２として、三次元位置検出装置の例を説明する。特開平３－５０２２６２、１９９４年電子情報通信学会春季大会予稿集（佐藤，竹田，林：ＨＭＤのための空間位置センサの開発，Ｐ．１－５０４）に記載されている技術などがあり、回転面の仰角をある程度計測することができる。これら方位計となる２つの磁気センサと回転面の傾斜を測る１つないし２つの傾斜センサをもつシステムがそれである。しかし、これでは全転を計測することはできない。全転を計測するには、後述の如く本発明のように３個以上の磁気センサが必要である。さらに、従来技術例２は、本発明のような傾斜センサの信号から慣性力の影響や磁場の歪の影響を除去する手段を有していない。

【０００５】

［従来技術例３］

また、磁気センサを３つ以上用いた従来技術例３として、特開平２－２３８３３６に記載されているような技術がある。ここでは、傾斜角を少なくとも３成分計測して三次元の姿勢を求めている。この技術は全回転を計測することができるが、このシステムは、航空機や船舶の姿勢制御に用いるため、傾斜中の回転角加速度や慣性力の影響を無視して考えている。

【０００６】

他にも、自立型位置検出技術として、ジャイロを用いた装置がある。これらの装置は時間による回転量の変化を積分して、移動量や回転量を計測する方法を用いている高価な装置であり、光ジャイロ等を用いている。

［従来技術例４］

上述した従来技術は、すべて位置センサ単体で位置を計測する方法である。従来技術例４として、位置センサ外部に基準になるものを設置して位置を計測する方法を説明する。センサ外部の一箇所以上に、電磁波、音波、光等を用いた信号を発生もしくは受信できる装置を設置し、位置センサと信号を交信する。この従来技術例４では、位置センサと外部センサが、両方とも演算用コンピュータにつながっているか、もしくは位置センサと連動したコンピュータが外部センサの固定位置を正確にわかっている。このコンピュータは位置センサと外部センサの情報をもとに固定の外部センサと移動している位置センサの情報を比較することによって、位置の変化を計測するものである。

【０００７】

例えば、外部センサもしくは磁場信号の発信器が内蔵されている外部装置と位置センサの間に発生させた磁場を、３成分の磁気が検出可能なフラックスゲート位置センサで磁力検知し、固定の外部装置をリファレンスにしたときの変動量から三次元位置を検出するモジュールがある。

【０００８】

このようなリファレンスを用いる方法は、次のような問題点がある。すなわち、まず第一に外部の装置と交信するため、測定範囲が限定されてしまう。さらに、装置も大型化し、どうしても高級なシステムになってしまう。よって、三次元位置検出を行う場合の機動性が無くなってしまう。

【０００９】

本発明は、自立してその位置を計測する装置であり、技術分野は従来技術例１から３に分

類される。
［従来技術応用例］
また、位置検出装置をコンピュータや電子機器へのポインティングデバイスとして応用する場合、従来例として、「マウス」がある。これは、ボールの機械的な回転やミラーの光学的反射により、面上の運動量を検出する装置である。この他にも、平坦なセンサや手に保持されるスタイラスからなる「タブレット」やコンピュータや表示部周囲に取り付けられたセンサが移動量を追跡して、その方位及び位置を感知する装置もある。
【００１０】
さらに、位置検出装置をナビゲーションシステムとして応用する場合、方位または位置のデータを持ったコンピュータシステムに、地球上空の静止衛星からの信号を検出した位置センサの信号を入力して、現在位置を測定するＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　Ｐｏｉｎｔｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）などの従来技術がある。この技術は、先に説明したリファレンスを用いる従来技術の応用技術である。
【００１１】
【発明が解決しようとする課題】
［課題１］
従来技術例１に示した方位センサの場合、直交する２つの磁気センサもしくは直行させて巻いた２つのフラックスゲートコイルの出力電圧（Ｘａ、Ｙａ）からｔａｎ-1（Ｙａ／Ｘａ）を計算することにより、回転角すなわち方位が計算できる。
【００１２】
しかし、従来の２個の磁気センサだけでは、水平回転の二次元的な方位もしくは回転角しか検出することができない。これは磁気感知中に磁気センサが傾斜すると、磁気センサと磁場ベクトルの仰角が変化し、測定強度が変化するためである。従って、この信号から求めた方位や角度は実際の値と異なるという現象が生じる。
【００１３】
このような欠点を解決するために、磁気センサが取り付けられた測定対象の傾斜角を測定する必要がある。
しかしながら、従来技術例２で示したように、２個の磁気センサに１個ないし２個の傾斜センサを用いて、位置センサの角度を測定すると、仰角は傾斜センサを用いることにより計測できるが、磁気センサの値が傾斜の影響で変化したのか、回転の影響で変化したのか判断できない。
【００１４】
また、回転角度や傾斜角度を正確に求めるために、従来技術例３に示したように、３個以上の磁気センサと３個以上の傾斜センサを併用して測定する方法も存在する。この方法であれば位置測定は可能である。しかしながら、最低６個のセンサを使用するので、コストもかかり、小型化も困難であるという欠点を有する。
【００１５】
そこで、課題１として、三次元的な動きを感知するために、回転面が傾斜しても回転角は影響を受けずに正確に測定することができ、かつ、傾斜角度も測定できるようにする必要がある。また、できるだけ少ないセンサの数で安価な小型の三次元位置検出装置を作る必要がある。
【００１６】
［課題２］
課題２は傾斜角の測定にある。傾斜角検出には加速度センサを用いる方法、ジャイロセンサなどの角速度センサを用いる方法等がある。従来技術例２、３においてもこのような方法が用いられている。
【００１７】
加速度センサを単独で用いて傾斜角を計測する場合の問題点について述べる。加速度センサを傾斜させると、傾斜角に対して重力の正弦（ｓｉｎ）成分がセンサの感度に寄与するため、センサの出力からその傾斜角を知ることができる。この原理では、センサがある角

度で静止して決して動いていない状態であれば問題なく計算できる。しかし測定物体が上下に回転して、回転角度が連続して変化している場合、その回転体は角加速度を持つ。そして、この角加速度も加速度センサが感知できる成分である。また他の加速度センサが感知する成分として遠心力成分もあげられる。

【００１８】

つまり、本来、重力加速度のみを検知するつもりの加速度センサが、測定に回転運動をともなうとき、角加速度や遠心力等の回転運動による成分を合成した値を計測することになる。したがって、重力加速度成分を用いた式では運動中の物体の傾斜角を正確に測定することはできない。しかも、現在知られている物理法則では、原理的に重力による加速度と運動による加速度を分離することはできないので、加速度センサ単体では動的に変化する傾斜角を計測することは難しい。

【００１９】

従来技術例２に示した、１９９４年電子情報通信学会春季大会予稿集に記載されている技術においては、傾斜センサとして、重力によってたわむ梁を持つ加速度センサを用いている。この加速度センサによって鉛直方向からの傾斜角を検知する方法を図４５を用いて説明する。傾斜角がθのとき梁１１は角度αだけたわむものとすると、このたわみに応じて梁１１に設置された抵抗体１３に歪が発生し、抵抗体１３の抵抗値変化をもたらす。この抵抗値変化を検出することによって傾斜角θを知ることができるというものである。しかしながら、この加速度センサにおいても回転運動による力が作用した場合、梁１１のたわみ角はαではなく例えばα'となり、抵抗体１３に蓄積される歪量も異なってくるため、このときの抵抗値変化量は傾斜角θを示すものとはならない。しかし、従来、この補正は技術的に難しいため行われていない。

【００２０】

同じく従来技術例２に示した、特開平３－５０２２６２においては、図４６に示すように透明球５７のなかに透明液体５８が封入され、透明球５７の外部に取り付けられた光源１７と光源１７からの光を検知する光検出素子１８と間の光路がセンサが傾くことにより変化し、光検出素子１８の出力が変化することを利用して鉛直方向からの傾斜角θを検知しようとしている。しかしながら透明液体５８は回転運動による力も同時に受けるため、検出すべき傾斜角に応じた位置Ｐではない位置Ｐ'に平衡点をもつ。従って、光検出素子１８からの出力は傾斜角θに応じた出力とはならず、この出力データより演算される傾斜角は本来の傾斜角θとは異なってくる。また、この例の場合には透明球体５７の中に透明溶液５８が注入されているため、液面が揺動し、回転運動が終了した後でも出力が安定しないはずである。

【００２１】

次にジャイロに代表される角速度センサを単独で用いて傾斜角を計測する場合の問題点に付いて述べる。

角速度センサの信号を積分することで測定されるべき角度の値になるため、傾斜角を計測することができる。しかし、信号に含まれるノイズやバイアス成分および温度変化によるドリフト成分なども積分されるため、時間とともに誤差が増大してしまう。例えば、実際の傾斜角に全く変化がなくても、時間とともに信号が変化してしまうことになる。従来の技術では、このような誤差の増大を防ぐには光ジャイロのように高級なセンサを用いて、積分回路の部品を高級にする以外に方法がない。圧電振動ジャイロのような比較的低価格の角速度センサでは温度特性が悪く、傾斜角検出装置を作ることができなかった。

【００２２】

以上の理由から、課題２は傾斜センサを用いて傾斜角度を求めるときに、感知する合成加速度成分から重力加速度以外を分離して削除し、また、値を積分することなく角度を求めることにある。

［ポインティングデバイス応用への課題］

また、三次元位置検出装置をポインティングデバイスとして応用する場合、「マウス」や「タブレット」では、面上の移動量を検出するため、平面上の運動にしか対応できないと

いう問題がある。そこで、この場合の発明の課題は、従来のポインティングデバイスが測定していた次元から、さらに測定できる次元を増やし、三次元的な物体の動きを検出することにある。

【００２３】

［ナビゲーションシステム応用への課題］

また、三次元位置検出装置をナビゲーションシステムとして応用する場合、従来の静止衛星を利用したナビゲーションシステムでは、静止衛星の感応範囲内に動きが限定されるという問題がある。中には、静止衛星の感応範囲外を補う目的で、各種センサを移動物体に取り付けている装置も存在するが、あくまでも、補助的な役割でしか利用することができない。そこで、この場合の発明の課題は、従来のナビゲーションシステムの測定方法である外部の静止衛星に依存する方法から、このような基準を持たず、自立して位置を検出する方法に変えることにある。

【００２４】

さらに、本発明においても、さらなる改善をするにあたり、新たな課題が生じたが、それらについては、本発明との関連する説明の都合上、以下の「問題を解決するための手段」の項で記述する。

【００２５】

【問題を解決するための手段】

［手段１］

まず、課題を解決するための手段１として、本発明では下記のような手段を用いた。

【００２６】

課題１に述べたように、従来の２個の磁気センサだけでは、水平回転の二次元的な方位もしくは回転角しか検出することができなかった。そこで、２個の磁気センサと各センサの出力信号を増幅する増幅回路と、アナログデジタル変換回路付きコンピュータを配置した位置検出システムに対して、傾斜角を測定するため、少なくとも１つの傾斜センサを追加した。しかし、２個の磁気センサでは値が傾斜の影響で変化したのか、回転の影響で変化したのか判断できない。そこで、回転面内の２個の磁気センサに対してその面に角度を持たせて少なくとも１つの補正用磁気センサを追加した。

【００２７】

また、傾斜センサとして、梁のたわみもしくは重りの移動量によって重力加速度方向を感知する加速度センサ、もしくは窓中の透過光量の変化によって重力加速度の方向を感知する回転角センサを設置した。上記位置センサは、磁気センサが少なくとも３個と傾斜センサが少なくとも１個というシンプルな構成を持っている。ただし、課題２に述べたように、重力成分を用いて傾斜角を測定しようとするとき、傾斜センサが運動中は傾斜角を正確に計測することができない。

【００２８】

そこで、手段１では、これら少なくとも３個の磁気センサと少なくとも１個の傾斜センサが出力する信号を複合して用いて回転角度の測定と重力加速度成分の分離を同時に行った。

以下にその方法を示す。回転面上で２個の磁気センサが、回転平面内に存在する直行軸ＸＹに対して、反時計回りを正として、Ｘセンサが角μ、Ｙセンサが角φだけ傾いて設置されていたとすると、その時に出力する値（Ｘa，Ｙa）を式（１）に代入することにより回転角度が求めることができる。

【００２９】

ここでは、回転面上にＸ、Ｙの２個の磁気センサがあると仮定している。

回転角$=\tan^{-1}\{(Xa\cdot\sin\phi+Ya\cdot\cos\mu)/(Xa\cdot\cos\phi-Ya\cdot\sin\mu)\}$　（１）式（１）は従来例１、２に示している２個の磁気センサを用いて回転角を検出する場合の一般式である。よって、これは回転面が傾斜しない、もしくは一定の傾斜角を保持している場合である。ここで、回転面上にある角度を持った補正磁気センサを考える。ここでは補正センサＺが１個、回転面に垂直であるＺ軸に対して角ψだけ傾いて、その傾きのベクトルをＸ

Ｙ面に投影した時に得られる投影ベクトルとＸ軸の成す角を反時計回りを正として角κだけ回転して取り付けられているとした。このときのＺセンサの出力値をＺａとした場合、回転面が傾斜した分を補正する式は次の式（２）で与えられる。

【００３０】

回転角＝$\tan^{-1}$｛（Ｙｂ・cosＢ＋Ｚｂ・sinＢ）／Ｘｂ｝　　（２）

Ｘｂ＝（Ｘａ・cosφ－Ｙａ・sinμ）／cos（φ－μ）

Ｙｂ＝（Ｘａ・sinφ＋Ｙａ・cosμ）／cos（φ－μ）

Ｚｂ＝Ｚａ／cosψ＋（Ｘｂ・cosκ＋Ｙｂ・sinκ）・tanψ

ここで、角Ｂは回転面のＸ軸回りの傾斜角である。これは傾斜センサが計測する角度である。

【００３１】

式（２）を用いることにより、三次元的な回転を回転角、傾斜角として計測することができる。

次に、傾斜センサが静止し、重力成分の計測中に出力する真の傾斜角をＢｔとする。そして、課題２で問題となっている傾斜センサが運動しているときの運動加速度のような動成分も含んだ値を計測することにより計算される傾斜角をＢｆとする。このＢｆからＢｔを求める手段、すなわち、合成加速度成分から運動加速度を削除して傾斜角を求める手段を以下に示す。

【００３２】

物体が静止しているときに受ける重力加速度１Ｇとセンサの傾きによって、変位する信号をＧａとするとその時の傾斜角度Ｂは式（３）で求めることができる。

Ｂ＝$\sin^{-1}$（Ｇａ／１Ｇ）　　（３）

この場合は、Ｂ＝Ｂｔとなる。

【００３３】

さらに、回転面が傾斜していないときの回転面上のＸセンサの示す値をＸ0、Ｙセンサの示す値をＹ0、補正用磁気センサＺの示す値をＺ0とすると式（３）が成り立つような静的な場合に次の式（４）が成り立つ。

Ｚ0/cosψ+(Ｘ1・cosκ+Ｙ1・sinκ)・tanψ=Ｚｂ・cosＢ-Ｙｂ・sinＢ　（４）

Ｘ1＝（Ｘ0・cosφ－Ｙ0・sinμ）／cos（φ－μ）

Ｙ1＝（Ｘ0・sinφ＋Ｙ0・cosμ）／cos（φ－μ）

Ｘｂ＝（Ｘａ・cosφ－Ｙａ・sinμ）／cos（φ－μ）

Ｙｂ＝（Ｘａ・sinφ＋Ｙａ・cosμ）／cos（φ－μ）

Ｚｂ＝Ｚａ／cosψ＋（Ｘｂ・cosκ＋Ｙｂ・sinκ）・tanψ

ここで、Ｂ＝Ｂｔであり、Ｘａ、Ｙａ、Ｚａは各センサの傾斜後の計測値である。

【００３４】

しかしながら、回転面の傾斜の変化が動的に変化している場合や、回転面が回転中の場合に、式（３）により得られるＢはＢｆとなる。ＢｆをＢとして、式（４）に代入しては、式（４）が成り立たなくなる。すなわち、式（４）の右辺と左辺に差が生じる。

【００３５】

そこで、この差を動的ノイズの特性値Ｃとすると、式（５）が得られる。

Ｃ=Ｚｂ・cosＢ-Ｙｂ・sinＢ-Ｚ0/cosψ-(Ｘ1・cosκ+Ｙ1・sinκ)・tanψ　（５）

ここで、Ｂ＝Ｂｆである。Ｂ＝Ｂｔとなるときは、式（４）に示すとおり、Ｃ＝0となる。

【００３６】

この動的ノイズ特性値Ｃを求めることが本発明の手段１における最も特徴的なところである。Ｃが0以外の値を示すときには、Ｂｆが代入されているので、この時のＣの値を用いて、動的な成分を除去すれば、Ｂｔを求めることができる。

よって、本発明ではＢｆから動的な影響によるノイズ成分を除去するアクティブフィルタを創出した。

【００３７】

Ｂｔ(ｉ)=Ｂｔ(ｉ-1)・(１-ｆ(0.81))+Ｂ・ｆ(0.81)　　（６）

f(x)=1/{x・(|C|+1)}　　（７）

式（３）より求まるＢを式（６）に代入することにより、静的に求めた場合のＢｔと同様な値を求めることができる。

【００３８】

ここで、Ｂt(i)は測定結果として出力する傾斜角度である。Ｂt(i-1)は一つ前にセンサが出力した角度である。Ｂは式（３）より求めた動的、静的にかかわらない傾斜角度でＢｔの場合もＢｆの場合もある。

式（７）のxの値はフィルタ制御係数であり、この係数を決めることによって、系に働く他の加速度成分を効率よく除去することができる。

【００３９】

さらに、ここで求めた傾斜角Ｂt(i)を式（２）に代入して回転角を求めることができる。また、直接式（７）を用いて、次の式（８）のように回転角Ａを求めることもできる。

A(i)=A(i-1)・(1-f(0.75))+A・f(0.75)　　（８）

ここで、A(i)は測定結果としてセンサが出力する回転角度である。A(i-1)は一つ前に出力した角度である。Ａは式（３）より求められたＢｔもしくはＢｆを式（２）に代入して求めた回転角度である。

【００４０】

以上のような方法を用いることにより、従来の２個の磁気センサでは不可能であった角度の三次元位置検出を行うことが可能となる。

しかも、センサの構成としては、最小使用個数が磁気センサ３個と傾斜センサ１個というシンプルな構成で安価に実現可能である。また、積分の手法も用いていない。さらに、従来では不可能であった傾斜センサが感知する合成加速度成分から運動加速度成分を特性値Ｃを求める方法で除去することができる。

【００４１】

［手段２］

また、さらにシンプルな構成として、以下のような手段２を行うことにより、三次元の位置検出を行った。手段１のシステムから傾斜センサを取り外したシステムである。ただし、回転の条件が少し制限される。

【００４２】

磁気の独立した３軸成分を検出する磁気センサのみを用い、かつ３軸のうち２軸の回りの回転角のみを磁気の３軸成分より演算する。

簡単のため図４７のように、Ｘ，Ｙ，Ｚ軸を直交軸とし、装置は原点Ｏを中心として回転運動を行うものとする。Ｍ０　は原点Ｏにおける地磁気である。装置の回転ＲはＸ軸回りの回転ＲＸ　（回転角Ｂ），Ｙ軸回りの回転ＲＹ　（回転角Ｃ）およびＺ軸回りの回転ＲＺ　（回転角Ａ）によって表現することができる。初期状態におけるＸ，Ｙ，Ｚ成分をＭＸ０，ＭＹＯ，ＭＺ０，回転Ｒ後の成分をＭＸ　，ＭＹ　，ＭＺ　とする。回転ＲをＲＺ　→ＲＸ　→ＲＹ　の順に実現するものとすると、

【００４３】

【数１】

$$\begin{bmatrix} MX \\ MY \\ MZ \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} MX0 \\ MY0 \\ MZ0 \end{bmatrix} = RY \cdot RX \cdot RZ \begin{bmatrix} MX0 \\ MY0 \\ MZ0 \end{bmatrix} \qquad (9)$$

【００４４】

と表すことができる。ここで、

【００４５】

【数２】

$$RX=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos B & \sin B \\ 0 & -\sin B & \cos B \end{bmatrix} \qquad (10)$$

【００４６】

【数３】

$$RY=\begin{bmatrix} \cos C & 0 & -\sin C \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin C & 0 & \cos C \end{bmatrix} \qquad (11)$$

【００４７】

【数４】

$$RZ=\begin{bmatrix} \cos A & \sin A & 0 \\ -\sin A & \cos A & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (12)$$

【００４８】

である。

（ＭＸ０，ＭＹ０，ＭＺ０）および（ＭＸ　，ＭＹ　，ＭＺ　）は磁気センサの出力値より得られる。従って式（９）は３つの回転角Ａ，Ｂ，Ｃについての３元連立方程式であるが、独立な方程式は実際は２つしかない。そこで例えばＹ軸回りの回転がない場合、すなわち、回転角Ｃ＝０の場合を考える。このとき式（９）より回転角Ａ，Ｂについて次の方程式（１３）を得る。

【００４９】

この回転角Ｃ＝０という考え方が本発明の解決手段２における最も大きな特徴である。この条件を与えることにより、傾斜センサ不要のよりシンプルな装置が実現できる。ただし、この方法は手段１に比べて回転を制限することになる。しかし、バーチャルリアリティの分野に用いる場合、このような制限があっても、頭の動きの中で首を傾げる方向となるＣ回転を０として、ほとんど影響が無い。

【００５０】

$$MX = MX0\cos A + MY0\sin A$$
$$MY = -MX0\cos B\sin A + MY0\cos B\cos A + MZ0\sin B \qquad (13)$$
$$MZ = MX0\sin A\sin B - MY0\sin B\cos A + MZ0\cos B$$

そして、式（１３）より回転角Ａ，Ｂは、

$$A = \sin^{-1}(MX/(MX0^2+MY0^2)) - \alpha \qquad (14)$$
$$B = \sin^{-1}(MZ0/(MY^2+MZ^2)) - \beta \qquad (15)$$

と求められる。ここでαおよびβは、

$$\tan\alpha = MX0/MY0 \qquad (16)$$
$$\tan\beta = MZ/MY \qquad (17)$$

である。
【００５１】
このようにしてＹ軸回りの回転がない場合、磁気の初期成分（ＭＸ０，ＭＹ０，ＭＺ０）および回転運動後あるいは回転運動中の成分（ＭＸ　，ＭＹ　，ＭＺ）を磁気センサにより検出することによって、Ｚ軸回りの回転角ＡおよびＸ軸回りの回転角Ｂを求めることができ、装置の姿勢を知ることができる。
【００５２】
上述説明ではＸ，Ｙ，Ｚ軸を直交軸とし、またＹ軸回りの回転をゼロとしたが、Ｘ，Ｙ，Ｚ軸が斜交軸であっても、また回転のない軸をＸあるいはＺ軸としても演算の一般性を損なうことはなく、同様の演算によって２軸分の回転角を求めることができる。
【００５３】
上述の例においては回転角ＡおよびＢを求めるための必要条件は、
ＭＹ０≠０　かつ　ＭＹ　≠０
である。ＭＹ０≠０は初期状態において磁気のＹ成分がゼロではない姿勢をとることが必要なことを示しているが、この姿勢を初期状態に選ぶことには事実上全く問題を生じない。また、ＭＹ　≠０は、回転運動後あるいは回転運動中の磁気検出時においてＹ成分がゼロではないことを要請するが、Ｙ成分がゼロを検出したとき、出力データとしてゼロでない小さな値をダミーデータとして出力すべく演算アルゴリズムを作成しておけば、演算上のオーバーフローを避けることができる。ダミーデータが小さい値であれば、演算によって求められた回転角Ｂと実際の回転角とのずれは十分小さいものにすることができる。このように、回転角を導出する上で必要となる条件は装置を実際に使用する上でなんら制約をもたらすものではない。
【００５４】
もう一度、実現条件を整理すると、本発明の手段２においては、三次元回転角度を検出する装置を組み込むべき機器が、ある特定の方向のまわりには回転しないという場合に成立するものである。もし、その方向の回りの回転がある場合には演算誤差を生じるが、多くの機器においてあるいは多くの回転運動状態において、ある方向については回転しないまたは回転は十分に微小なものとみなせる場合が多々あり、かつバーチャルリアリティの分野等の姿勢制御などの場合には、一定の精度内で姿勢角を求めれば十分であることが多い。従って、回転のない、あるいは回転の微小な軸を非回転軸と想定し、回転角を検出する装置を組み込むことにより機器の姿勢を検知し制御することは実用上十分に可能である。
【００５５】
そこで、この方法においても、従来では不可能であった角度の三次元位置検出を行うことが可能となる。しかも、センサの構成としては、最小使用個数が磁気センサ３個という最もシンプルな構成で安価に実現可能である。また、積分の手法も用いていない。
【００５６】
［手段３］
次に、傾斜センサを用いるときの問題点について、傾斜センサ単体で解決する手段３を説明する。先に述べたように、傾斜センサとして重力加速度を感知するものや角速度を感知するものがある。前者の場合、重力による加速度と運動による加速度を分離することはできないので、動的に変化する傾斜角を計測することは難しく、後者の場合、角速度センサの信号を積分することで角度の値を求めるため、微少な測定誤差も同時に積分することになり、時間とともに誤差が増大してしまうという欠点がある。
【００５７】
そこで、これらの問題を解決するために、下記のような手段を用いた。
加速度センサと角速度センサを組み合わせて、角速度センサの信号を微分することで運動加速度を求め、加速度センサの出力から差し引くことで補正する方法である。この方法により、加速度センサの信号のうち純粋に重力だけによる成分が残り、傾斜角が動的に変化していても、あるいは静止状態にあっても正確に計測することができる。角速度センサの信号を微分しているため、積分による誤差の蓄積は起こらない。

【００５８】
また、このようなセンサの場合、温度特性による信号のドリフトが発生することが多いが、積分しないので十分無視することができる。さらに、積分による誤差が生じないということは、感度の悪い安価なセンサを用いても、正確な測定ができるということである。
【００５９】
以下に、その考え方を説明する。加速度のないときに出力電圧がゼロ、地球上の通常の重力と同じ加速度Ｇ（９．８ｍ毎秒毎秒）においてＶＧなる出力電圧を発生する感度を持つ加速度センサを考える場合、傾斜角θで静止した加速度センサに働く重力Ｇのうち感度に寄与する力の成分Ｆは
Ｆ ＝ Ｇ × ｓｉｎθ （１８）
である。
【００６０】
したがって、このとき加速度センサの出力電圧Ｖａは、
Ｖａ ＝ ＶＧ × ｓｉｎθ （１９）
である。
傾斜角θが動的に変化しているとき、傾斜の回転の中心から加速度センサまでの距離をｒ、加速度センサの速度をｖ、傾斜角θの変化率すなわち角速度をωとすると、加速度センサに働く加速度ａは時間をｔとして、次の式で表せる。
【００６１】
ａ＝ｄｖ／ｄｔ ＝ ｒ × ｄω／ｄｔ （２０）
ただし、ｄｖ／ｄｔはｖの時間微分、ｄω／ｄｔはωの時間微分である。
したがって、静止状態にない、運動中の加速度センサの出力電圧は、
Ｖａ ＝ ＶＧ ×（Ｆ ＋ ａ）／Ｇ （２１）
Ｖａ＝ＶＧ×(Ｇ×sinθ＋ｒ×ｄω／ｄｔ)／Ｇ （２２）
と表すことができる。これにより、計測しようとしているＦ以外の運動加速度成分ａが誤差となり、正確な傾斜角を測ることができないことがわかる。また、ジャイロセンサなどの角速度センサのみを用いて傾斜角θを計測しようとする場合、角速度の信号を積分して角度の信号に変換する必要がある。このとき信号のわずかなノイズやバイアス成分が積分され、大きな誤差となる。この誤差は時間とともに累積される場合が多い。そのため、安価で性能の悪い振動ジャイロセンサなどの角速度センサを用いて安定した傾斜計を作ることは極めて困難である。
【００６２】
そこで、加速度センサと角速度センサの２個を使い、角速度センサを用いて角速度ωを測定し、角加速度ｄω／ｄｔと式（２２）を使って加速度センサの信号を補正すれば、課題２を解決することができる。
微分などの信号処理はアナログ演算回路で行ってもよいし、マイクロ・プロセッサ（デジタル演算）で行ってもよい。
【００６３】
［手段４］
また、いままで述べたように、手段３では、複合傾斜センサで重力加速度と運動加速度を分離する方法を述べている。しかし、式（２０）で用いられている速度ｖは、磁気センサの成分を演算することにより求めることもでき、これから加速度ａを求めることもできる。つまり、傾斜センサと同様に回転している磁気センサの成分を時間微分する。ここで、傾斜センサとは、手段３で述べている加速度センサのことである。この結果傾斜センサの速度ｖを求めることができる。このｖをもう一度時間で微分することにより、式（２０）と同様となり、傾斜センサに働く加速度ａが算出される。以後は同様の計算で傾斜センサの信号を補正することができる。この方法を手段４とする。
【００６４】
［手段５］
上述した手段については、いづれも数式的に運動加速度を割り出して、差し引いて補正す

る方法が主であった。手段５として、位置計算を行うマイクロコンピュータのデジタル処理の中で、運動の加速度が大きく影響している場合を割り出して、運動加速度の影響を補正する手段を述べる。ただし、この方法は、左右回転が高速に行われているときに、傾斜センサに加わる運動の加速度を補正する場合にほぼ限定される。

【００６５】

運動の加速度が大きく傾斜センサに作用するのは、センサ基板が高速に回転している場合である。影響を及ぼす力には、遠心力や慣性力が考えられる。そこで、磁気センサの信号の微分値をモニタリングし、微分値が大きい場合には、左右に高速回転していると判断する。高速回転している場合は、回転角度の計算に用いる傾斜角の値を、現在求めた値から１サイクル前に求めた値に変えて、手段１に示す回転角度の計算を行う機能とした。高速に回転していない場合は、手段１の方法により、回転角度の計算を行う。

【００６６】

ここで、上記計算処理の１サイクルは、２０ｍｓである。

このアルゴリズムは、本発明の三次元位置検出装置を頭に装着して、頭の回転に対する評価を行った結果、高速に頭を回転させているときには、上下方向に対する回転がほとんど起きていないという結論から割り出したものである。

【００６７】

［さらなる改善事項］

課題１、課題２を解決するための手段として、従来の位置検出システムに前記本発明の各センサを追加することにより、三次元位置検出を可能にした。しかも、そのシステムは、従来からあった高価でセンサ数の多い三次元位置検出システムよりも、安価で簡単に作ることができる。しかしながら、上述のセンサ構成による三次元位置検出装置を実現する上で、いくつかの新たなる問題点が発生したので、本発明ではそれらを解決するさらなる改善手段を発明した。

【００６８】

以下に本発明のさらなる改善手段を説明する。ただし、手段の番号は本発明の手段１～５とわかりやすく区別するために、通し番号とした。手段６からは本発明のさらなる改善である。

［さらなる改善手段６］

微少な磁気を計測するためには、高感度の磁気センサを用いる必要がある。また、傾斜センサとして加速度センサを使う場合、１Ｇ程度の加速度をセンスするためには、高感度の加速度センサを用いる必要がある。しかし、高感度なゆえ、ノイズに関しても高感度となる。例えば、商用電源が発する磁場がノイズとなったり、加速度センサが装置の振動を関知してノイズとなる場合もある。仮想現実感（バーチャル・リアリティ）システムにおいては、傾斜角検出装置の出力する座標データにしたがって画像表示を行うため、センサの信号にノイズがあると、ノイズが画面表示の振動となってあらわれてしまう。

【００６９】

従って、高感度の磁気センサによる磁場ノイズや高感度の加速度センサの振動ノイズが発生することによる測定への影響を無くすことが課題となった。そこで、これに対処するために、センサ回路にフィルタ回路を付加した。しかも、本発明の三次元位置検出装置を仮想現実感システムに応用する場合は、カットオフ周波数ｆｃが１０から１００Ｈｚ程度のローパス・フィルタ回路（高域除去、低域通過回路）を用いるのが良いことがわかった。この方法によりノイズが高感度のセンサに及ぼす影響を無くすことができた。

【００７０】

また、ノイズをデジタル処理側でフィルタリングする手段について、以下に述べる。本発明の三次元位置検出装置において、位置計算のサイクルを１５～２０ｍｓとした。主に６０Ｈｚを基準としている。このサイクルで処理を行うことは、前記時間内に発生した振動ノイズや急峻な運動加速度による傾斜センサの値の振動をある程度カットすることができる。

【００７１】

［さらなる改善手段７］
次に、前記とは別の種類のノイズによっても、三次元位置検出の精度が悪化する問題が起きることがわかった。前述したセンサ構成の三次元位置検出装置では、測定空間内に存在する地磁気もしくは、測定環境の半固定磁場が、モニタテレビのような磁場発生源や鉄板、鉄骨のような磁性材料によって歪んでいると、傾斜角度や回転角度が０度から大きく離れるにつれて、回転角度が正常値から大きくシフトしてしまう。
【００７２】
従って、磁気センサが検出する磁場がゆがんでいても、精度良く回転角を検出することが次の課題となった。そこで、これに対処するために、回転面内に２個設置した磁気センサに対してその回転面に角度を持たせて少なくとも２個以上の補正用磁気センサを設置する構成を考えた。
【００７３】
これら少なくとも２個の補正用磁気センサを用いて、測定周囲の磁場の歪みを補正した。以下にこれを説明する。
一般に磁場歪の無い状態で、回転角を求める式は式（２）で与えられる。
ここで、Ｘａ、Ｙａは、回転面上にある２個の磁気センサがその面内に存在する直行軸ＸＹに対して、反時計回りを正として、Ｘセンサが角μ、Ｙセンサが角φだけ傾いて設置されていたときの出力値である。Ｚａは回転面に対してある角度を持って設置されている補正用磁気センサの出力値であり、角ψはその補正磁気センサが、回転面に垂直であるＺ軸に対して傾いている角度である。また、角κはその傾きのベクトルを回転面に投影した時に得られる投影ベクトルとＸ軸の成す角を反時計回りを正としてときの角度である。Ｂは回転面のＸ軸回りの傾斜角であり、傾斜センサが出力する角度である。
【００７４】
式（２）は、回転面内で一様な磁界であれば、回転が生じても補正用磁気センサ成分から算出される回転面ＸＹに垂直な磁気成分は変化しない。しかしながら、回転面内に磁気歪みが生じると、補正用磁気センサの成分は回転によって変化する。結果として、式（２）の計算結果は正常な回転角度と異なった値となってしまう。これが、磁場歪の影響である。
【００７５】
そこで、回転中の補正用Ｚセンサの値を、磁場歪みの影響を少なくして安定させるために、回転面内の磁場の値を平均してとれば良い。今、ｎ個の補正用Ｚセンサを回転面上に設置したとすると回転角は式（２３）より求めることができる。
【００７６】
【数５】

$$\text{回転角} = \tan^{-1}\{(Yb\cdot\cos B + Zc\cdot\sin B)/Xb\} \qquad (23)$$

$$Xb = (Xa\cdot\cos\phi - Ya\cdot\sin\mu)/\cos(\phi-\mu)$$

$$Yb = (Xa\cdot\sin\phi + Ya\cdot\cos\mu)/\cos(\phi-\mu)$$

$$Zc = \{\sum_{i=1}^{n}(Zai/\cos\phi i + (Xb\cdot\cos\kappa i + Yb\cdot\sin\kappa i)\cdot\tan\phi i)\}/n$$

【００７７】
ここで、Ｚａｉはそれぞれの補正用磁気センサの出力値であり、角ψｉはその補正磁気センサが、回転面に垂直である軸Ｚに対して傾いている角度であり、また、角κｉはその傾きのベクトルをＸＹ面に投影した時に得られる投影ベクトルとＸ軸の成す角を反時計回りを正としてときの角度である。
【００７８】
式（２３）から回転角度を導くと、磁場歪みは平均化されて回転角度に対する磁場歪みの影響が小さくなる。以上のような方法を用いることにより、磁場歪が発生している場所で

も、精度良く回転角度を求めることができた。
［さらなる改善手段８］
また、傾斜センサにおいても、傾斜感度の問題による測定誤差が発生した。そこで、精度の高い測定を目的として、以下のような工夫をした。傾斜センサは、感度方向と重力方向が平行である場合に、高い検出精度をもつが、垂直に近づくにつれて検出精度が悪くなる。これは、式（１８）に示すように、検出感度がリニアではなくサイン曲線を持つためである。これを解決するために、検出精度が悪くなるところを補うように、複数個の傾斜センサを取り付け角度を変えて設置した。この方法により、測定誤差がほとんど無くなった。ところが、傾斜センサの検出精度にバラツキがあると、信号の切り換えの時に信号の「とび」が発生した。そこで、傾斜センサの信号切り換えの前後で、値を平均する等の補正を加えて計算を行った。この結果、垂直に近づくにつれて発生する誤差や信号の「とび」は軽減された。
【００７９】
ただし、この誤差に関しては、±９０度付近という極値での現象なので、普通に使用する場合はあまり悪影響は無い。また、バーチャルリアリティやナビゲーションなどの位置検出に関しては、垂直付近はほとんど関係がない。
［さらなる改善手段９］
次に、傾斜センサの検出範囲が、傾斜センサとして加速度センサを用いる限り、その構造上から正負９０度に限られるという問題が発生した。例えば、重力１Ｇに対してセンサ感度方向が重力方向と一致した向きを０度として、１８０度反転すると、逆方向に最も変位し、－１Ｇを感知する。しかし、この構造では反転（１８０度）したときに、０度から右回転して１８０度に達したのか、左回転して１８０度に達したのか感知できず、結局、０～１８０度の範囲しか出力することができない。そこで、全回転３６０度の角度を求めるための方法を考えた。
【００８０】
回転面内に少なくとも２つ以上の傾斜センサを、その感度方向が回転面に対して直行し、それぞれが位相差を持つように設置した。これによって、傾斜センサ同士の出力値がお互いの設置角度差分、位相遅れとなって検出されるので、この位相差とそれぞれの出力値を検出することにより、±９０度の境を越えても現在向いている方向を検出することができる。つまり、この方法によって、３６０度全周の回転方向を検出することができる。
【００８１】
この場合のセンサ構成は、少なくとも３個の磁気センサと少なくとも２個の傾斜センサとなる。手段１、手段２において説明した装置よりもセンサの数が少なくとも１つ増加しているが、従来技術例３に示したような磁気センサと傾斜センサが６個以上の構成に対してはセンサ数、コストの点でも優位な構成といえる。また、バーチャルリアリティに用いる頭部回転角検出センサは、そのシステムを頭に保持したまま人間が逆立ちすることは不可能なので、本発明の手段１に示したセンサ構成でも十分実用的ではある。
【００８２】
［さらなる改善手段１０］
次に、安価な三次元位置検出装置を実現するために、低性能なセンサを用いたことによる問題が発生した。手段１、手段２で述べたように、三次元の位置を検出するには、各センサの信号を増幅回路で増幅し、それをマイクロコンピュータ等の演算回路を用いて計算し、角度算出を行っている。一般に磁気センサや傾斜センサ等のセンサ類は環境温度によって、センシング特性が変化する特徴をもっている。また、生産されるセンサは同じ型のものでも、生産時の微妙な製造バラツキにより、１つ１つがセンシング特性にバラツキを持っていることが常である。特に、このバラツキが原因で、温度特性が個体差で非常に大きく変化することが当業者の常識となっている。また、これはセンサの信号の増幅を行うアンプについても同様のことがいえる。このように、個体差が非常に激しい部品を使って三次元位置検出を行う場合、その出力信号もバラツキが発生し、検出角度にも同様にバラツキがでてしまう。

【００８３】
このバラツキを小さくするためには、センサを出荷するときにきびしい検査をして特性を揃えたセンサを識別する必要がある。ただし、このようなことを行うと、センサのコストが非常に高くなり、安価な三次元位置検出装置を実現することができない。
【００８４】
そこで、位置センサ部または演算回路部に、不揮発性もしくはバックアップ電池によってデータを保存することができるメモリを搭載し、位置検出を行う前に少なくとも１回、個体バラツキ特性を測定し、その結果及びその校正値を上記メモリに登録することにより、安価であるがゆえに生じるバラツキを解消した。
【００８５】
個体バラツキのデータとしては、全センサの出力電圧のバラツキを、そしてアンプ回路に関しても、センサを含めた出力電圧バラツキを記録対象とする。また、温度ドリフトによる出力値変化もメモリに記録する。回路の製造番号等の個体を識別できるデータも記録する。さらに、ソフトスイッチの役割も持たせた。
【００８６】
個体バラツキの解決方法を述べる。電圧バラツキは主に、オフセット電圧のバラツキとゲイン電圧のバラツキがある。そこで、データとしては、各センサと増幅回路のオフセット電圧とゲイン電圧が記録されている。オフセット電圧は標準のオフセット電圧値に対してズレている差分を差し引いて校正を行う。ゲイン電圧は標準のゲイン電圧値に対して増減している割合を求め、乗除することにより校正を行う。温度ドリフトについては、各温度のドリフト電圧を測定し記録してあるので、測定時に温度センサより求めた温度からドリフト電圧を求め、差し引くことにより校正を行う。測定時温度がメモリに記録されている温度データを参照できない場合は、温度データから近似計算を行って校正電圧を算出した。
【００８７】
この校正を行うことにより、各センサは同じ磁場環境では同じ電圧を出力し、環境温度が変化しても、同じ電圧を保持することができる。従って、部品の製造時のバラツキによる角度算出への影響を無くし、バラツキをもった部品すべての組み合わせに対し、三次元位置を精度良く求めることが可能となった。各種センサの低コストを目指すことによって、メモリと温度センサが部品として増加したが、どちらも量産部品であるため、従来、製品バラツキを無くすために、完成品を感度別に識別するという手間がかかる作業を余儀なくされている高級で高価な磁気センサや加速度センサを用いる場合に対して、部品増加によるコストアップ量は微小である。
【００８８】
［応用用途別解決手段］
これまでは、三次元位置検出装置について、特に特定の用途を限定しない場合について解決手段を説明してきた。以降では応用例として、用途を特定した場合の問題点解決手段を述べる。
【００８９】
また、上述した手段１～１０とわかりやすく区別するために、同様に通し番号とした。手段１０からは本発明の応用用途別解決手段である。
［応用用途別解決手段１１］
課題２として、傾斜センサに加速度センサを用いると、運動による加速度成分と重力成分を同時に検出してしまうという問題を示した。この問題を解決するときに、用途をバーチャルリアリティシステムのための頭部回転検出に用いる場合に限定すると、次のような手段が考えられる。
【００９０】
一般に、回転による力の影響が無い条件は、回転方向に感度が無いときと、回転の中心部分にセンサを配置したときである。すなわち、頭の回転運動が行われるときに、その回転に対して、上記した感度がない方向に傾斜センサを設置すると運動の加速度の影響が発生

しない。人間の頭の回転運動で激しく運動する方向は、頭を左右に振る動きと、頭を上下に振る動きである。

【００９１】

そこで、この頭の動きを考慮して、傾斜センサに加速度センサを用いる場合、センサの設置位置を、センサの感度方向と重力場の方向が一致する向きに設置するときは、頭の耳付近に設置し、センサの感度方向と重力場の方向が垂直である向きに設置するときは、頭の後頭部から首の付け根付近に設置した。これらの配置は、回転に対してセンサの感度が無い方向である。

【００９２】

このように、三次元位置検出装置の使用をバーチャルリアリティシステムへの応用と限定した場合、頭部への傾斜センサの取り付け位置を変えることによりで課題２にあげたような、運動の加速度を取り除くことができる。

［応用用途別解決手段１２］

次に、二次元の「マウス」や二次元の「タブレット」に本発明の三次元位置検出装置を応用する場合について述べる。これら従来装置の問題点として以下のことがあげられる。一つは、平面上の移動にしか対応できないこと、もう一つは、広い平らな面が必要であることである。

【００９３】

これらの課題を解決するために、前記の手段１以降に述べた磁気センサを少なくとも３つ、もしくは、そこに加速度センサを用いた傾斜センサを少なくとも１つ加えた三次元位置センサを構成する。これにより、手段１，２に示したのと同じ手段を用いて、広いエリアを必要としないその場での三次元回転角度を検出する事ができる。

【００９４】

さらに、傾斜センサに加速度センサを用いているため、三次元位置センサの移動加速度を検出することができる。つまり、加速度を時間で２回積分することにより、移動距離を計測することができ、三次元の位置を検出できる「マウス」や「タブレット」を実現することもできる。また、この場合、次元軸に対応させて傾斜センサを増やすと、増やした数の次元軸に対して移動距離を計測することができる。ただし、三次元のポインタや位置入力デバイスとして使用する場合、各軸に対する移動距離を計測しなくても、回転角と１軸の移動距離を計測して、それに対応させて利用アプリケーション側で移動量を決めることを行っても十分実用的である。

【００９５】

課題２では、運動の加速度の分離を述べているが、これらは回転時に発生する回転運動における加速度のことである。三次元位置検出装置が平行移動する場合は、磁気センサの成分は変化しない。従って、平行移動における運動の加速度は磁気センサの成分を用いて計算する回転角に影響しない。さらに、移動の時に発生する加速度は傾斜を検出するときの重力成分の変化に比較して十分大きいので、積分によりその移動距離を計算しても、計算誤差はさほど大きくない。

【００９６】

［応用用途別解決手段１３］

次に、ナビゲーションシステムにおける位置センサとして、三次元位置検出装置を応用する場合について述べる。これらの問題点として以下のことがあげられる。

【００９７】

従来技術応用例に示したように、従来のシステムでは位置センサ外部に基準を設けて、相対位置を検出している。従って、外部基準が認識できる位置以外では、位置を検出することができない。

これらの課題を解決するために、上述の手段１以降に述べたような磁気センサを少なくとも３つと、加速度センサを少なくとも２つ用いた三次元位置センサを構成する。これにより、外部基準を必要としないナビゲーションシステムが可能となる。

【００９８】

移動距離検出方法は、「マウス」への応用として述べたように、加速度センサの成分を２回積分することにより算出することができる。また、上述と同様に、三次元位置検出装置が平行移動する場合は、磁気センサの成分は変化しないので、回転角と移動量を独立して計測することができる。

【００９９】

従って、ナビゲーションシステムとして、自動二輪車や自転車のように移動中に車体が傾く物体でも取り付けることができ、正確に現在位置を測定することができる。本発明の三次元位置検出装置は、小型で安価な装置であるため、特にこのような軽車両むけには最も適した装置である。しかも、小型で安価にもかかわらず、実用的に十分な位置精度を得ることができる性能を持っている。

【０１００】

【作用】

従来、２個の磁気センサだけでは、水平回転の二次元の方位もしくは回転角しか検出することができず、三次元の空間の位置変化を計測することができなかった。さらに、傾斜センサを用いるときに、傾斜センサの回転運動中は動的加速度成分が重力加速度成分に合成されて検出されるので、傾斜角を正確に計測することができなかった。

【０１０１】

そこで、手段１に示したように、補正用磁気センサを含めて少なくとも３個の磁気センサと少なくとも１個の傾斜センサを用いて、その信号を増幅、演算できる三次元位置検出装置を構成した。そして、これらセンサの信号から動的ノイズ特性値Ｃを計算し、前記式（３）より求めた動的ノイズを含んだ傾斜角度Ｂから、動的ノイズ特性値Ｃを用いて動的な成分を除去した。この結果、従来の２個の磁気センサでは不可能であった角度の三次元位置検出を行うことができた。さらに、多数個のセンサを用いて三次元位置を求めていた高価な位置検出システムに比較して、最小使用個数が磁気センサ３個と傾斜センサ１個というシンプルで安価なシステムを実現した。また、シンプルで安価なシステムであるが、その精度に関しては、実用に十分耐える測定結果が得られる。

【０１０２】

また、手段２に示したように、３軸成分を検出する磁気センサのみと、その信号を増幅、演算する回路を設けた三次元位置検出装置を作ることにより、ある特定の方向のまわりには回転しないという制限付きで、角度の三次元位置検出を行うことが可能である。しかも、センサの構成としては最もシンプルで安価な構成で、三次元位置検出を実現することができる。また、多くの回転運動状態において、ある方向についての回転は十分に微小なものとみなせる場合が多々ある。特にバーチャルリアリティシステムにおける人間の頭部の回転角検出の場合、顔のロール方向はほとんど無視できるので、手段２における回転の制限があっても姿勢を検知することは実用上十分に可能である。

【０１０３】

次に、本発明の傾斜センサについて、その作用を述べる。傾斜センサに用いる加速度センサや角速度センサは、動的に変化する傾斜角を計測することは難しく、角速度センサの信号を積分することは時間とともに積分誤差が増大してしまうという２つの欠点があった。

【０１０４】

そこで、手段３に示したように、本発明では、加速度センサと角速度センサを組み合わせて傾斜センサを構成し、混合加速度から運動加速度を差し引いた。その結果、純粋な重力だけを取り出すことができ、傾斜角が動的に変化していても、あるいは静止状態にあっても、傾斜角を正確に計測することができる。また、同様の考え方で、手段４に示したように、加速度センサを用いた傾斜センサと磁気センサで構成される三次元位置検出装置上で、磁気センサの成分を時間微分し、傾斜センサの動的成分を求めて差し引き、複合の加速度から動的ノイズを分離することも行った。

【０１０５】

さらに、手段５に示したように、磁気センサの値の微分値から、センサ基板の運動の大きさを割り出して、その結果によって、回転角度計算に用いる傾斜センサの値を選択した。

この方法によって、高速な左右回転から受ける傾斜センサへの運動加速度の影響を補正することができる。

【０１０６】

次に、本発明により行った電気的もしくは磁気的なノイズや微振動によるノイズの消去作用について説明する。商用電源によるノイズ、センサの微小振動によるノイズ、または、磁場歪によるノイズ等、種々のノイズが三次元位置検出装置の周辺において発生する。電源ノイズや微小な振動によるノイズは、センサ回路にカットオフ周波数ｆｃが１０から１００Ｈｚ程度のローパス・フィルタ回路を付加することにより除去することができる。また、磁場歪によるノイズは、回転面内の磁気センサに対して、少なくとも２個以上の補正用磁気センサをその回転面に角度を持たせて設置し、これらの磁気センサの値を平均して求めることにより、磁場歪の平均化を行い、磁場歪によるノイズを無視できるくらいに小さくすることができる。

【０１０７】

さらに、ノイズをデジタル処理側でフィルタリングするために、位置計算のサイクルを１５～２０ｍｓとすることにより、前記時間内に振動ノイズや急峻な運動加速度による傾斜センサの値の振動が発生していても、ある程度カットすることができる。

【０１０８】

また、傾斜センサの感度の問題についての本発明の作用を述べる。複数個の傾斜センサを取り付け角度を変えて設置し、それぞれ感度が悪くなる方向を向くときに感度の良いセンサにサンプリングを切り替えて検出することにより、１個の傾斜センサでは、感度方向が垂直に近づくにつれて精度が悪くなる現象を無くすることができる。さらに、傾斜センサの信号切り替えの前後で、値を平均する等の補正行うことにより、傾斜センサの感度不良域を無くすことができる。ただ、これでは、検出範囲が正負９０度に限られるので、回転面内の少なくとも２つ以上の傾斜センサから出力される信号の位相差を検出し、演算回路で計算することにより、３６０度の範囲で三次元回転位置を測定する。

【０１０９】

また、低性能なセンサや安価な部品を用いたことによる固体バラツキや温度特性バラツキの問題についての本発明の作用を述べる。位置センサ部または演算回路部に、不揮発性もしくはデータを保存することができるメモリを搭載し、個体バラツキ特性や温度バラツキ特性を記録した。さらに、回路の製造番号等の個体を識別することができるデータも記録し、ソフトスイッチの役割も付けた。この結果、環境温度が変化しても、三次元位置検出にバラツキが無くなった。しかも、アプリケーションによって、個体の識別や内部演算のソフトスイッチによる切り替えができるようになった。

【０１１０】

次に、バーチャルリアリティシステムに応用する時に、有効である本発明の作用について述べる。傾斜センサの設置向きによって耳付近や後頭部から首の付け根付近に傾斜センサの設置方向を変えた。これは、バーチャルリアリティシステムの使用者の頭の動きを考慮した結果である。一般に、回転による力の影響が無い条件は、回転方向にセンサの感度が無いときと、回転の中心部分にセンサがあるときである。すなわち、頭の回転運動が行われるときに、その回転に対して感度がない方向に傾斜センサを設置すると運動の加速度の影響が発生しない。バーチャルリアリティシステムの使用者の頭の回転運動で激しく運動する方向は、頭を左右に振る動きと、頭を上下に振る動きである。

【０１１１】

ここで、バーチャルリアリティシステムの使用者が正面を向いて上下の方向に感度を持つように傾斜センサを設置することを考えた場合、運動の影響を受ける回転方向は上下方向である。左右方向に関しては原理的に感度がない。頭の上下回転を調べた結果、ほぼ耳付近が回転の中心となることがわかった。そこで、耳付近にセンサを設置することによって、回転による力の影響を無視できる程度に小さくすることができた。

【０１１２】

また、バーチャルリアリティシステムの使用者が正面を向いて前後の方向に感度を持つよ

うに傾斜センサを設置することを考えた場合、上下回転に関しては上述したように耳付近が最も影響が小さい。しかしながら、左右回転を考えた場合、傾斜センサは最も大きく回転運動の影響を受けてしまう。そこで、左右の回転方向に対して感度が無く、しかも、上下回転に対しても感度が小さい位置を考えると、頭の後頭部から首の付け根付近である。この部分であれば、左右回転に対しては傾斜センサの感度方向が回転の中心を向いているので影響が無く、上下回転に関しても、回転の中心付近を向いているし、位置も回転中心に近い。

本発明の三次元位置検出装置をバーチャルリアリティシステムへの応用に用いるとき、取り付け位置を変えるだけでも、良好な回転角測定が行える。

【０１１３】

次に、二次元「マウス」や二次元「タブレット」に応用する時の本発明の作用について述べる。これらの装置では、二次元エリアのみの検出範囲であること、動作に広い平らな面が必要であることが問題であった。そこで、本発明の三次元位置検出装置の少なくとも３個の磁気センサもしくはそれに加えて少なくとも１個の加速度センサを用いた傾斜センサを用いて三次元位置検出装置を作ることにより、三次元の回転角度及び移動量を得ることができる。しかも、これらを使用するために広い平らな場所を必要せず、その場で三次元回転角を検出する事ができる。さらに、加速度センサを用いたことで、２回積分により移動距離を計測することができ、三次元の位置を検出できる「マウス」や「タブレット」を実現することもできる。

【０１１４】

同様に、ナビゲーションシステムにおける位置センサとして応用する場合も、本発明では自立して位置を検出することができる。方法は上述の三次元回転角検出方法と加速度センサを用いた２回積分による移動距離検出方法である。しかも、装置が小型軽量なので、持ち運びや取付を簡単に行うことができる。

【０１１５】

ここで、本発明の三次元位置検出装置を用いた応用範囲をまとめると、人や動物の体の部分の動きの様子、ロボットのような空間位置制御を必要とする機器、ペン入力デバイスのようなペンの動きの情報を移動や回転量で入力する器具、ポインティングデバイス、画像選択機、ナビゲーションシステムのような機器自身の空間に対する絶対位置や相対位置の計算を必要とするもの等があげられ、このようなものに簡単に取り付け、もしくは内蔵して、三次元位置を計測することができる。また、メインＣＰＵへの入力デバイスとして、簡単に接続することが可能である。

【０１１６】

【実施例】

［実施例１～７］

以下に、本発明の実施例１～７を図面に基づいて説明する。

図１に、以下に説明する本発明の実施例１～７における回路ブロック構成例を示す。Ｘ，Ｙ，Ｚの３成分の磁場を検出するため、３つの磁気センサ１、２、３と１つの傾斜センサ４の出力がそれぞれ増幅器５に接続されフィルタ回路６を通してアナログデジタル（Ａ／Ｄ）変換器７に入力される。さらに、そのＡ／Ｄ変換結果がマイクロコンピュータ８に入力され、演算を行う回路構成となっている。そして、マイクロコンピュータ８はその演算結果を出力する。図２に三次元位置検出装置の概略図を示す。回路基板９内にＸ磁気センサ１とＹ磁気センサ２を設置し、その２つのセンサが成す面に立つように補正用Ｚ磁気センサ３を設置した。このとき、Ｘ，Ｙ磁気センサ１、２の取り付け位置を計測して、前記式（１）における角φと角μが０度となるように取り付けた。また、補正用Ｚ磁気センサ３についても、前記式（２）における角ψと角κが０度となるように取り付けた。角φ、μ、ψ、κが０度で無くても計算には差し支えないが、こうすることにより演算回路内部の三角関数の処理が簡単になり、動的ノイズ特性値Ｃを求める計算が簡単になる。これ以降の実施例に対しても、同様の理由で、角φ，μ，ψ，κがほぼ０度となるように取り付けている。

【０１１７】
そして、Ｘ、Ｙ磁気センサ１、２が測定する磁場の面を回転面とし、この面に垂直になるように傾斜センサ４を設置した構造とした。図中のセンサに付けた矢印はセンサの向きを示すものである。
実施例としては、磁気センサ１、２、３にフラックスゲートを用いたものと、磁気抵抗素子を用いたものと、磁気インピーダンス素子を用いたものとを用意し、それぞれの磁気センサに組み合わせるように、梁１１のたわみ量から傾斜角度を測定する加速度センサタイプの傾斜センサ４と、窓１６を透過する光量から傾斜角度を測定する傾斜センサ４を用いて三次元位置検出装置を作成した。
【０１１８】
実施例１は、磁気センサ１、２、３にフラックスゲートを用い、傾斜センサ４に梁のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。このセンサはその断面図を図３に示すように、支持フレーム１０から出た梁１１の先に重り１２が付いており、重力によって梁１１がたわむ量を梁１１に取り付けた抵抗体１３の抵抗値変化によって検出する仕組みとなっている。今回の実施例では、シリコンウエハをエッチングすることにより重り１２と梁１１を形成し、梁１１の部分に拡散抵抗を埋め込んで、その出力を取り出せるセンサを作製した。
【０１１９】
実施例２は、磁気センサ１、２、３に磁気抵抗素子を用い、傾斜センサ４に実施例１と同様の梁１１のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。
実施例３は、磁気センサ１、２、３に磁気インピーダンス素子を用い、傾斜センサ４に実施例１と同様の梁１１のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。
【０１２０】
実施例４は、磁気センサ１、２、３にフラックスゲートを用い、傾斜センサ４に窓１６を透過する光量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。このセンサはその断面図を図４に示すように、遮光塗料で遮光した平らな円筒形の容器１４の中に、遮光性液体１５を封入し、９０度ずつ３つの面に光が透過する窓１６を開けた。向かい合う窓１６の近傍にそれぞれ光源１７を置き、前記向かい合う窓１６の間にある窓１６の近傍に光検出素子１８を取り付けて、２個の光源１７と同期させて光検出素子１８を作動させ、発光源の位置と検出強度から傾斜センサ４の円周方向の傾きを計測する仕組みになっている。そして、円筒形の容器１４は遮光性の箱に設置されている。今回の実施例では、遮光塗料を塗った透明プラスチックの円筒型容器に、遮光性のインクを半分程度封入し、窓部にＬＥＤを１つずつ取り付け、受光部にフォトトランジスタを取り付けて、トランジスタの出力から角度を測定するセンサを作製した。
【０１２１】
実施例５は、磁気センサ１、２、３に磁気抵抗素子を用い、傾斜センサ４に実施例４と同様の窓１６を透過する光量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。実施例６は、磁気センサ１、２、３に磁気インピーダンス素子を用い、傾斜センサ４に実施例４と同様の窓１６を透過する光量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。
【０１２２】
また、位置移動の動的変化にともなう遠心力や慣性力等の力を取り除くことは、センサが異なっていても、センサが出力する電圧ゲインをＡ／Ｄ変換することにより同様なデジタル信号に置き換えることができ、既に述べた式（１）～（８）を用いて処理が行える。
また、各センサ、増幅器５、フィルタ回路６までのアナログ回路部とＡ／Ｄ変換器７、マイクロコンピュータ８までのデジタル回路部は長さ２～３メートルのケーブルを用いて接続した。
【０１２３】
ただし、アナログ回路部とデジタル回路部を分離したことにより、回路が不安定になる場合もあるので、今回の実施例では実施例７として、デジタル回路部も同一の回路基板９上に設置した三次元位置検出装置も作成した。実施例７は、磁気センサ１、２、３に磁気抵

抗素子、傾斜センサ４に梁１１のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。

【０１２４】

次に、実施例１～７における位置検出装置の回転角及び傾斜角度の検出結果を図５から図１１に示す。図中原点が回転、傾斜ともに０度の位置を現わす。横軸が回転角度を意味し、左右に±１８０度の角度として表示している。回転角については１回転の計測が可能である。縦軸は傾斜角を意味し、上下に±９０度の角度を示している。また、グラフ上の点は、縦軸の傾斜角を±１０、±３０、±５０、±７０、±９０度、横軸の回転角を０、±２０、±４０、±６０、±８０、±１００、±１２０、±１４０、±１６０、±１８０度にして、縦軸と横軸の各組合わせの各位置で出力された角度をプロットしたものである。全てにおいて、回転、傾斜にともなって、良好に角度を測定することができている。

【０１２５】

実施例７のアナログ回路部とデジタル回路部が同一基板タイプと実施例１～６の分離基板タイプによる違いがほとんど無いことから、デジタル回路部を２～３メートル分離しても測定精度に影響がないことがわかる。

以上のような実施例により、本発明の三次元位置検出装置を用いると、測定物体の三次元的な回転角度の精度の良い測定が可能となることがわかる。

【０１２６】

［実施例８］

図１２に本発明における他の実施例８の回路ブロック構成例を示す。三次元位置を測定する装置に付属する独立した３軸をＸ、Ｙ、Ｚとする。磁気センサ１、２、１９において前記Ｘ、Ｙ、Ｚ軸方向の磁気成分が検出され、これら３成分に対応する出力は、増幅器５、フィルタ回路６によって増幅、整流され、さらにＡ／Ｄ変換器７によってデジタル信号化された後、マイクロコンピュータ８に入力される。マイクロコンピュータ８では前記手段２に示した演算方法によって前記３軸のうち２軸の回りの回転角のみが演算され、その結果が出力される。

【０１２７】

本実施例では、傾斜センサ４を用いることなく３軸磁気センサのみで機器の姿勢角を検知することができる。

好適な実施例は、頭部の姿勢角を検出しその角度に応じてディスプレイ上の仮想視野を変化させる、いわゆるヘッドマウントディスプレイ３３によって与えられ、例えばバーチャルリアリティを利用したゲーム機として多用される。図１３のように頭部に付随してＸ、Ｙ、Ｚ軸を設定する。この場合、Ｙ軸回りの回転を微小なものとみなし、Ｙ軸回りの回転角Ｃ（ローリング）をゼロとすることによってＺ軸回りの回転角Ａ（ヨーイング）およびＸ軸回りの回転角Ｂ（ピッチング）を上述の演算によって求め、こうして得られた角度Ａ、Ｂに応じてディスプレイ上に映し出される視野を変化させる。本発明者らの研究によれば、ピッチング角があまり大きくない場合、ローリング角は十分に小さいものとみなしてよいことが明らかになった。実際、ピッチング角が約±６０度以内であれば実際の姿勢角に応じて表示した視野と上述の演算アルゴリズムによって出力された回転角に応じて表示した視野との差はほとんどなかった。コンピュータを使用したゲームなどの場合、頭部のピッチング角が±６０度程度になることはほとんどないため、本実施例は簡易的回転角検出装置としてきわめて有効である。さらに装置独自のリファレンスが不用であるため、場所を制限することなく使用することができる。

【０１２８】

［実施例９］

図１４にさらなる他の実施例としての三次元位置検出装置の構成の概略を示す。図１４（ａ）は上面より見た平面図、図１４（ｂ）は側面より見た側面図である。

【０１２９】

回路基板９上に、動的ノイズ特性値Ｃを求める計算を簡単にするため、前記角φ，μ，ψ，κが０度になるように取り付けた３つの磁気センサ、Ｘ軸センサ１、Ｙ軸センサ２、補正用Ｚ軸センサ３と傾斜角を検知するための加速度センサ２１と角速度センサ２２を実装

した。すなわち、加速度センサ２１と角速度センサ２２で傾斜センサ４を実現している。

【０１３０】

本実施例の磁気センサ１、２、３には磁気抵抗素子（ＭＲ素子）を用いた。本実施例で用いた磁気センサの感度は磁場１ガウスあたり出力電圧４ｍＶである。ＭＲ素子以外のセンサでも、アモルファス磁気インピーダンス素子（ＭＩ素子）、フラックスゲートのように、高感度な磁気センサであれは、他の実施例１～６に示したとおり、発明の効果は同様である。そして、３つの磁気センサ１、２、３は、それぞれ、磁気ベクトルのＸ成分、Ｙ成分、Ｚ成分を検出する。

【０１３１】

本実施例の加速度センサ２１は、重りの付いた梁が加速度または重力によってたわむことを利用したものである。梁のたわみは梁に組み込まれた半導体のピエゾ抵抗効果によって抵抗値の変化として検出される。抵抗値の変化はブリッジ回路によって電圧の変化に変換される。なお、別の方式として梁のたわみ量を静電容量によって検出する容量型加速度センサもあるが、どちらを用いても発明の効果は同等である。

【０１３２】

加速度センサ２１は基板面（Ｘ軸、Ｙ軸）に対して垂直に、Ｚ軸に対して平行に取り付けられており、Ｘ軸回りの傾斜角を検出することができる。加速度センサ２１は、垂直に対して傾斜角がゼロのとき、出力電圧がゼロ、傾斜角がθのとき出力電圧はｓｉｎθに比例する。

【０１３３】

本実施例の角速度センサ２２は圧電振動ジャイロ方式のものである。Ｘ軸回りの回転角速度を検出できるように取り付けてある。

いずれのセンサも増幅器５を利用した増幅回路と低域通過のフィルタ回路６（ローパス・フィルタ）を通してアナログ／デジタル変換器７（Ａ／Ｄ変換器）に接続している。Ａ／Ｄ変換器７の入力レンジに対してセンサの信号が小さいため、増幅する必要がある。また、不要なノイズを除去するため、ローパス・フィルタ回路６が必要となる。図１５に実施例で用いたローパス・フィルタ回路６の概要を示した。フィルタのカットオフ周波数ｆｃは２０Ｈｚとした。ｆｃが２０Ｈｚであれば、商用電源の５０Ｈｚまたは６０Ｈｚのノイズ、および、コンピュータ機器などが発する高周波ノイズも除去される。本発明の応用例の一つである仮想現実感システム（バーチャル・リアリティ・システム）においては、人間の頭部の動きは通常１０Ｈｚ以下程度であるので、ローパス・フィルタのカットオフ周波数ｆｃを１０Ｈｚから１００Ｈｚ程度とすれば必要な信号は除去することなく、不要な高周波信号を除去することができる。

【０１３４】

回路基板９にはセンサだけでなく、傾斜角および回転角の計算のためのマイクロコンピュータ８が実装してある。Ａ／Ｄ変換器７により各センサの信号をデジタル量に変換したのち、マイクロコンピュータ８によりデジタル演算処理することができる。また、このマイクロコンピュータ８は入出力ポートを持ち、外部のコンピュータ機器またはテレビゲーム機器などに対しデータのデジタル信号出力または受信することができる。この実施例では、１２ｂｉｔ、８チャンネルのＡ／Ｄ変換器およびメモリを内蔵した１６ｂｉｔ型ワンチップマイクロコンピュータを用いた。また、回路基板９上に、センサのデータを記憶し、プロセッサの作業領域として用いるためのメモリを実装してもよい。この実施例では、１つの回路基板９上にＡ／Ｄ変換器７からマイクロコンピュータ８までを実装しているが、センサ部の基板と演算部の基板を分けて構成しても、何等問題なく、角度検出が行える。

【０１３５】

加速度センサ２１の信号と角速度センサ２２の信号は増幅器５によって増幅され、ローパス・フィルタ回路６によってノイズを除去した後、角速度センサ２２の信号は微分回路２５によって角加速度信号に変換した後、加算回路２６によって合成される。微分された角速度センサ２２の信号をあらかじめ反転増幅させておけば、加算回路２６によって、加速度センサ２１の信号から角速度センサ２２の信号を差し引くことができる。加速度センサ

２１と角速度センサ２２の信号の合成により、加速度センサ２１に含まれる運動加速度成分を除去し、重力による加速度成分のみが残る。以上の方法で得られた加速度センサ２１の信号はＡ／Ｄ変換器７によってデジタル量に変換され、演算処理によって傾斜角のデータを得ることができる。また、得られた傾斜角のデータと磁気センサ１、２、３のデータから回転角のデータが得ることができる。すなわち、センサの向いている方向を検出することができる。

【０１３６】

なお、本実施例の三次元位置検出装置には温度センサ２３が設けてあり、温度変化によるセンサの特性変化を補正することができる。

以上に述べた本実施例の回路構成の概略を図１６に示す。図１７に本実施例で用いた加算回路２６の概略を示す。図１８に本実施例で用いた微分回路２５の概略を示す。図１５に本実施例で用いたローパス・フィルタ回路６の概略を示す。いずれの回路も抵抗器を可変抵抗にすれば、センサの感度などに合わせた特性に調整することが可能である。

【０１３７】

なお、上で述べた実施例では、１組だけの加速度センサ２１と角速度センサ２２しか備えていないため、Ｘ軸回りの傾斜角のみを計測する構成であるが、直交する配置でもう１組の加速度センサ２１と角速度センサ２２を備えることによりＹ軸回りの傾斜角も計測可能である。

【０１３８】

本実施例の三次元位置検出装置を用いて傾斜角の測定を行った。その結果を図１９に示す。傾斜角をマイナス４５°から４５°まで、２秒の周期で連続的に変化させ、傾斜角のデータを記録したものである。点線は計算値６３、一点鎖線は従来の方法による補正をしていない信号６５、実線は加速度センサ２１と角速度センサ２２の信号を合成した本実施例の信号６４、破線は角速度信号６６である。図１９からわかるように連続的に傾斜角を変化させると、重力加速度だけでなく運動加速度が加速度センサ２１に働くため、従来の方法では正しい信号よりも大きな信号になってしまっている。それに対し、本実施例の信号６４は計算値６３に近い、ほぼ正しい信号になっている。

【０１３９】

応用例として、図２０に示すヘッドマウントディスプレイ３３（ＨＭＤ）に本実施例のセンサ回路基板９（三次元位置検出装置）を搭載し、図２１に示すようにこのＨＭＤ３３をパーソナルコンピュータ３７とを接続し、仮想現実感システム（バーチャル・リアリティ・システム，ＶＲシステム）を構成した。

【０１４０】

図２０に本実施例のセンサ回路基板９（三次元位置検出装置）を搭載したＨＭＤ３３の概略を示す。

ＨＭＤ３３のゴーグル２０内部にはセンサ回路基板９（三次元位置検出装置）と液晶表示装置３１（ＬＣＤ）が搭載されている。液晶表示装置３１は右目用液晶表示装置（右）３４と左目用液晶表示装置（左）３５の合わせて２枚搭載されている。ＨＭＤ３３を頭部２８に装着し、地磁気または人工的磁場の中で頭部２８を動かすと、センサ回路基板９（三次元位置検出装置）が傾斜角と磁場の方向を検出するため、頭部２８が向いている方向を検出することができる。センサ回路基板９（三次元位置検出装置）に搭載したマイクロコンピュータ８はパラレル出力ポートを備えているため、検出した角度のデータをデジタル信号としてパーソナルコンピュータ３７へ送ることができる。パーソナルコンピュータ３７内部のメモリには画像のデータが格納されており、その画像をＨＭＤ３３のゴーグル２０内部の液晶表示装置３１に表示することができる。

【０１４１】

たとえば、ある室内画像のデータを表示すれば、ＨＭＤ３３装着者は、あたかもその室内にいるかのような感覚を得られる。画像信号は信号分配器３６を通して左右の左右の液晶表示装置に入力される。左右の液晶表示装置３５、３４に視差を計算したわずかに異なる画像を表示することにより立体映像を表現することも可能である。このとき、センサ回路

基板９（三次元位置検出装置）で検出した頭部２８の動きに合わせてパーソナルコンピュータ３７で画像のデータを演算処理した上、そのデータをゴーグル２０内部の液晶表示装置３１に表示することにより、ＨＭＤ３３装着者が右を向けば右側、左を向けば左側の画像のデータを表示することができる。したがって、表示している画像のデータが、室内を表現したデータであるとすると、ＨＭＤ３３装着者は頭部２８を動かすことで、あたかも自分が室内を見回しているかのような感覚が得られる。この仮想現実感システムを用いると従来のテレビゲームに比べて臨場感あふれるゲームや立体映像を生かした三次元ＣＡＤシステムなどの応用が可能である。このようなＨＭＤ方式仮想現実感システムについては、

ハワード・ワインゴールド　著　『バーチャル・リアリティ』（ソフトバンク　刊）

Ｍ・Ｗ・クルーガー　著　『人工現実』（トッパン　刊）

服部桂　著　『人工現実感の世界』（工業調査会　刊）

などで解説されている。

【０１４２】

以上のような仮想現実感システムにおいて、加速度センサ２１のみで角速度センサ２２を含まない三次元位置検出装置を用いると、頭部２８の動きが速い場合、運動加速度の影響から正しい角度を検出できないことは、上述したとおりである。また、従来の三次元位置検出装置を用いると、回転角の計算にも傾斜角の値を用いるため、回転のデータも誤ったものとなってしまう。そのため、頭部２８の動きに対してズレのある画像が表示され、ＨＭＤ３３装着者にとって不自然な画像の動きを見ていることになる。このように頭部２８の動きを正確に反映しない動きの画像を長時間見ていると、ＨＭＤ３３装着者は気分が悪くなり、吐き気やめまい、頭痛を訴えた場合があった。

【０１４３】

しかし、本発明のセンサ回路基板９（三次元位置検出装置）を搭載したＨＭＤ３３では、速い動作であっても正確に傾斜角、回転角を計測することができるため、頭部２８の動きに対して正確に追従する画像を表示することができ、ＨＭＤ３３装着者が頭痛などの不調を訴えることはなかった。

【０１４４】

［実施例１０］

図２２に本発明のさらなる他の実施例の回路構成の概略を示す。実施例９がアナログ回路を用いて加速度センサ２１と角速度センサ２２の信号を合成して傾斜角を求めたものであるのに対して、実施例１０は、各信号をデジタル量に変換した後に、マイクロコンピュータ８によってデジタル演算を行って合成し、傾斜角を求める方法を用いたものである。

【０１４５】

実施例９と同様に、本実施例の三次元位置検出装置は、３つの磁気センサ１、２、３と１つの加速度センサ２１と１つの角速度センサ２２を備えている。各センサの信号は増幅器５、ローパス・フィルタ回路６を経由して、Ａ／Ｄ変換器７によりデジタル量に変換される。Ａ／Ｄ変換した各センサの信号を表すデジタル量はマイクロコンピュータ８が演算処理し、傾斜角および回転角をデジタル信号出力する。計算式は問題を解決するための手段で述べた式を用いることができる。角速度信号は微分処理することにより角加速度信号に変換し、加速度センサ２１の信号を補正するために用いる。デジタル演算処理では連続量の微分は行えないので、差分演算で代用すればよい。

【０１４６】

以上の方法により、実施例１と同様の効果、すなわち、傾斜角の変化量が大きく、運動による加速度が加速度センサ２１に影響を与える場合であっても、正しい傾斜角のデータが得られる。

［実施例１１］

以下に、本発明のさらなる他の実施例を図面に基づいて説明する。図２３に本実施例における回路ブロック構成例を示す。Ｘ，Ｙ，Ｚの３成分の磁場を検出するため、４つの磁気

センサと１つの傾斜センサがそれぞれ増幅器５に接続されフィルタ回路６を通してアナログデジタル変換器７に入力されている。さらに、その結果がマイクロコンピュータ８に入力され、演算が行われて結果が出力される回路構成となっている。図２４に三次元位置検出装置の概略図を示す。回路基板９内にＸ磁気センサ１とＹ磁気センサ２を設置し、その２つのセンサが成す面に立つように補正用Ｚ磁気センサ３を２つ設置した。このとき、前記式（１）（２）の角φ，μ，ψ，κがほぼ０度となるように４個の磁気センサを取り付けている。そして、Ｘ、Ｙ磁気センサが測定する磁場の面を回転面とし、この面に垂直となるように傾斜センサ４を設置した構造とした。図中のセンサに付けた矢印はセンサの向きを示すものである。補正用Ｚ磁気センサ３は前記式（２３）に示すように、２つ以上であればいくつでもかまわない。

【０１４７】

磁気センサ１、２、３には磁気抵抗素子を用い、傾斜センサ４には梁１１のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いて三次元位置検出装置を作成した。次に、本実施例における三次元位置検出装置の回転角及び傾斜角度の検出結果を図２５に示す。原点が回転、傾斜ともに０度の位置を現す。横軸が回転角度を意味し、左右に±１８０度の角度として表示している。回転角については１回転の計測が可能である。縦軸は傾斜角を意味し、上下に±９０度の角度を示している。実施例において傾斜センサを１個のみの設置であったため、±９０度の範囲を越えた計測は不可能であった。また、グラフ上の点は、縦軸の傾斜角を±１０、±３０、±５０、±７０、±９０度、横軸の回転角を０、±２０、±４０、±６０、±８０、±１００、±１２０、±１４０、±１６０、±１８０度にして、縦軸と横軸の各組合わせの各位置で出力された角度をプロットしたものである。全てに於いて、回転、傾斜にともなって、良好に角度を測定することができている。

【０１４８】

これと比較して図２５中で測定誤差が大きい白丸は補正用Ｚセンサが１個の場合の測定値である。傾斜角度が０度から大きく離れるにつれて回転角度がシフトしていく。これは前後左右の回転面内に存在する地磁気、もしくは、測定環境の半固定磁場がモニタテレビのような磁場発生源や鉄板、鉄骨のような磁性材料によって歪まされている影響が現れているためである。

【０１４９】

以上の実施例により、本実施例の三次元位置検出装置を用いると、磁場の影響が軽減された精度の良い測定物体の三次元回転角度の測定が可能となることがわかる。

［実施例１２］

以下に、さらに他の本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図２６に本発明の本実施例における回路ブロック構成例を示す。Ｘ，Ｙ，Ｚの３成分の磁場を検出するため、３つの磁気センサ１、２、３と２つの傾斜センサ４がそれぞれ増幅器５に接続されフィルタ回路６を通してアナログデジタル変換器７に入力されている。さらに、その結果がマイクロコンピュータ８に入力され、演算が行われて結果が出力される回路構成となっている。図２７に三次元位置検出装置の概略図を示す。回路基板９内にＸ磁気センサ１とＹ磁気センサ２を設置し、その２つのセンサが成す面に立つように補正用Ｚ磁気センサ３を１つ設置した。このとき、前記式（１）（２）の角φ，μ，ψ，κがほぼ０度となるように磁気センサを取り付けている。そして、Ｘ、Ｙ磁気センサ１、２が測定する磁場の面を回転面とし、この面に垂直となるように傾斜センサ４を２個設置した構造とした。２個の傾斜センサ４は角度差９０度で取り付けられているため、片方の傾斜センサ４が９０度もしくは－９０度傾いた場合、もう片方の傾斜センサ４は回転方向によって、プラスもしくはマイナスのＧを感知しながら０度に達する。この値と符号を用いて計算することにより、傾斜角度を全転３６０度測定することができる。このような構造の三次元位置検出装置を作製した。図中のセンサに付けた矢印はセンサの向きを示すものである。

【０１５０】

本実施例では傾斜センサ４は２個であるが、傾斜センサ４は２つ以上であればいくつでもかまわない。また、磁気センサ１、２、３には磁気抵抗素子を用い、傾斜センサ４には梁

１１のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いた。本実施例の磁気センサには磁気抵抗素子を用いたが、磁気抵抗素子以外のセンサでも、磁気インピーダンス素子、フラックスゲートのような高感度な磁気センサであれば、磁気抵抗素子を用いた場合と同レベルの検出信号を得ることができるので、このような磁気センサを用いても発明の効果は磁気抵抗素子を用いた場合と同様である。

【０１５１】

次に、本実施例における三次元位置検出装置の回転角及び傾斜角度の検出結果を図２８に示す。原点が回転、傾斜ともに０度の位置を現す。横軸が回転角度を意味し、左右に±１８０度の角度として表示している。回転角については１回転の計測が可能である。縦軸は傾斜角を意味し、上下も±１８０度の角度を表示している。

【０１５２】

グラフ上の点は、縦軸の傾斜角を±１０、±３０、±５０、±７０、±９０、±１１０、±１３０、±１５０、±１７０度、横軸の回転角を０、±２０、±４０、±６０、±８０、±１００、±１２０、±１４０、±１６０、±１８０度にして、縦軸と横軸の各組合わせの位置で出力された角度をプロットしたものである。グラフからもわかるように、従来では不可能であった±９０度以上の傾斜角度を測定できている。

【０１５３】

以上のような実施例により、本発明の三次元位置検出装置を用いると、測定物体の傾斜全転の三次元的な角度測定が可能となることがわかる。

［実施例１３］

以下に、本発明のさらに他の実施例を図面に基づいて説明する。図２９に三次元位置検出装置の概略図を示す。回路基板９内にＸ磁気センサ１とＹ磁気センサ２を設置し、その２つのセンサが成す面に立つように補正用Ｚ磁気センサ３を１つ設置した。このとき、前記式（１）（２）の角φ，μ，ψ，κがほぼ０度となるように磁気センサを取り付けている。本実施例の磁気センサ１、２、３には磁気抵抗素子を用いた。また、磁気抵抗素子以外のセンサでも、磁気インピーダンス素子、フラックスゲートのような高感度な磁気センサであれば、磁気抵抗素子を用いた場合と同レベルの検出信号を得ることができるので、発明の効果は磁気抵抗素子を用いた場合と同様である。

【０１５４】

さらに、Ｘ、Ｙ磁気センサ１、２が測定する磁場の面を回転面とし、この面にほぼ垂直となるように傾斜センサ４を１個設置した構造とした。図中のセンサに付けた矢印はセンサの向きを示すものである。さらに、その回転面上に不揮発性メモリ２４であるＥＥＰＲＯＭ及び、センサ周辺温度を計測するための温度センサ２３を搭載した。図３０にセンサ回路のブロック図を示す。Ｘ，Ｙ，Ｚの３つの磁気センサ１、２、３と傾斜センサ４がそれぞれ増幅器５に接続されフィルタ回路６を通してアナログデジタル変換器７に入力されている。また、温度センサ２３もアナログデジタル変換器７に入力されている。そして、Ａ／Ｄ変換結果がマイクロコンピュータ８に入力され、不揮発性メモリの信号を参照して演算が行われ、その結果が出力される回路構成となっている。

【０１５５】

次に、本実施例の三次元位置検出装置を恒温槽に入れ、最初に２０度での各センサが出力する基準電圧をそれぞれ測定し、センサ個体のバラツキを校正し、それをＥＥＰＲＯＭに記録した。次に、温度を０度から５０度まで変化させて、センサ及び回路の温度ドリフト量を測定し、ＥＥＰＲＯＭに記録した。

【０１５６】

図３１、図３２に本実施例における位置検出装置の回転角及び傾斜角度の検出結果を示す。回転角４５、９０、１３５、１８０度に保持して、温度を変化させたときに出力される角度をプロットしたものが図３１で、傾斜角度±４５、９０度に保持して、温度を変化させたときに出力される角度をプロットしたものが図３２である。全てに於いて、回転、傾斜とも、温度の影響無しに角度を測定することができている。

【０１５７】

また、他の実施例８に示した、最もシンプルな磁気センサのみの三次元位置検出装置においても、センサの近傍に温度センサを設置し、上述したような温度補正をかけたところ、同様の結果を得ることができた。
以上のような実施例により、本発明の三次元位置検出装置を用いると、環境温度に左右されず、測定物体の三次元的な角度測定が可能となることがわかる。
【０１５８】
［実施例１４］
以下に、本発明のさらに他の実施例を図に基づいて説明する。
図３３に、本実施例の構成図を示す。本実施例の三次元位置検出装置は、ヘッドマウントフレーム２９上に設置された磁気センサユニット４０と傾斜センサユニット４１、センサからの信号を処理する演算ボックス４２からなる。磁気センサユニット４０と傾斜センサユニット４１には、それぞれ中に増幅器５が組み込まれてあり、演算ボックス４２にケーブルで接続されている。演算ボックス４２には、フィルタ回路６とＡ／Ｄ変換器７とマイクロコンピュータ８が組み込まれてあり、マイクロコンピュータ８で計算されたデータはＲＳ－２３２Ｃを介してコンピュータシステム４９に接続されている。全体のブロック図を図３４に示す。
【０１５９】
このとき、磁気センサ１、２、３は磁気抵抗素子からなり、前記式（１）（２）の角φ，μ，ψ，κがほぼ０度となるように磁気センサを取り付けている。磁気センサ１、２、３が検出した信号は、これを増幅する増幅器５に入力される。磁気抵抗素子は、外部磁界の方向によって電気抵抗に異方性を生じる磁気抵抗効果を用いたものである。このため、磁気抵抗素子は感度に指向性を持っていて、局所磁場を簡単に検出することができる。本実施例の磁気センサ１、２、３には磁気抵抗素子を用いたが、磁気抵抗素子以外のセンサでも、磁気インピーダンス素子、フラックスゲートのように、高感度な磁気センサであれば、磁気抵抗素子を用いた場合と同レベルの検出信号を得ることができ、発明の効果は磁気抵抗素子を用いた場合と同様である。
【０１６０】
傾斜センサ４も信号を増幅する増幅器５に入力されている。傾斜センサ４は、梁の先に重りを付け、梁がたわむことを利用して、ひずみゲージでたわみ量を測定するタイプである。図３５に傾斜センサ４の傾きを変化させたときのセンサの出力値変化特性のグラフを示す。横軸は傾斜センサ４の傾き、縦軸は１Ｇで１Ｖ出力とした場合の傾斜センサ４の出力値である。
【０１６１】
増幅された各センサの信号は、ノイズ成分をカットするフィルタ回路６に入力され、Ａ／Ｄ変換器７に入力される。そして、デジタル信号に変換し、マイクロコンピュータ８により、ユーザーの頭の回転角または位置を計算し、結果を出力する。フィルタ回路６はよく知られている例えばＣＲ回路からなり、電気的なノイズを除去するものである。マイクロコンピュータ８は、処理プログラムの入ったメモリを内蔵している。また、Ａ／Ｄ変換器７以降の演算部をヘッドマウントフレーム２９に取り付けることも可能である。
【０１６２】
本実施例の動作原理は、最初にスタート時点での局所磁場の向きと重力に対するユーザーの頭の傾きを磁気センサ１、２、３、傾斜センサ４から求めておく。次に、センサからの信号をマイクロコンピュータ８に送り、前記式（１）から（８）を用いてユーザーの頭の傾きと回転角度を計算してデータを出力する。これら一連の処理を２０ｍｓ以内で行い、次の時点で新たに角度を計算する。
【０１６３】
本実施例では、傾斜センサ４のヘッドマウントフレーム２９への取り付け位置が重要となる。
傾斜センサ４は、地球の重力を検出する以外に、物体の運動加速度も検出する。そのため、ヘッドマウントフレーム２９に傾斜センサ４を設置した場合、傾斜センサ４は重力によ

る力の合成値と、頭の回転及び移動によって引き起こされる加速度成分値の合成値が出力される。そのため、ヘッドマウントフレーム２９に取り付けられた傾斜センサ４の出力値を用いて方向及び位置の計算を行った場合、本来の方向及び位置とは大きく異なってしまう。そこで、本実施例では、傾斜センサ４の設置位置を特定することで、頭の回転及び移動によって引き起こされる加速度成分を最小にし、重力による力の成分値だけを検出する三次元位置検出装置を作製した。

【０１６４】

傾斜センサ４の取り付け方が、図３６（ａ）に示すように、傾斜センサ４の感度方向と重力の方向が一致する場合、垂直回転平面内に傾斜センサ４を設けると、傾斜センサ４の重りに回転による接線方向の加速度成分が大きくかかる。従って、回転による接線方向の加速度成分を最小にするために、傾斜センサ４の設置位置は頭の耳付近に設置した。前記の傾斜センサ４の設置位置では、垂直回転の場合、傾斜センサ４の設置位置が頭の回転の中心に近いため、回転の接線方向の加速度が小さく、重力による力の成分値の方が大きくなり、回転による加速度成分を最小にすることができる。さらに水平回転の場合、図３６（ａ）のような取り付け方では、回転による加速度は、傾斜センサ４の感度方向に垂直であるため、無視することができる。

【０１６５】

また、傾斜センサ４の取り付け方が、第３６図（ｂ）に示すように、傾斜センサ４の感度方向と重力の方向が垂直である場合、水平回転平面内に傾斜センサ４を設けると、傾斜センサ４の重りに、回転による遠心力成分が大きくかかり、垂直回転平面内に傾斜センサ４を設けると、傾斜センサ４の重りに、回転による接線方向の加速度成分が大きくかかる。このため、遠心力、回転の接線方向の加速度成分等の検出を最小にするために、傾斜センサ４の設置位置は、頭の後頭部から首の付け根付近に設置した。前記の傾斜センサ４の設定位置では、水平回転の場合、頭の回転の中心に近いため、傾斜センサ４の重りにかかる回転による遠心力成分を小さくすることができる。また、垂直回転の場合、頭の後頭部付近の動きは小さいため、傾斜センサ４の重りにかかる回転の接線方向の加速度成分は非常に小さい。このため、頭の傾きによる重力の成分が大きく出力されることになる。

【０１６６】

上記の方法により、本発明は傾斜センサ４の取り付け場所を変え、運動の加速度成分に対する感度をできるだけ小さくした結果、精度の良い三次元位置検出ができた。

［実施例１５］

本実施例は、磁気センサ１、２、３、傾斜センサ４から演算回路全ては、実施例１４と同様の構成になっている。傾斜センサ４は、地球の重力を検出する以外に、物体の運動加速度も検出する。そのため、傾斜センサ４の出力値を用いて位置の計算を行った場合、本来の位置とは大きく異なってしまう。そこで、本実施例では、三次元位置検出装置の回転によって引き起こされる加速度成分を、磁気センサ１、２、３の信号を用いて取り除いた。

【０１６７】

マイクロコンピュータ８に入力される磁気センサ１、
２、３の信号から、前記式（２０）に示される速度ｖを求める方法について説明する。前記手段４に示したように、傾斜センサ４と同様に回転している磁気センサ１、２、３の成分を時間微分し速度ｖを計算する。さらに、もう一度時間で微分することにより、傾斜センサ４に働く加速度ａが算出される。そして、傾斜センサ４の出力値からこの加速度ａを引くことで、重力加速度成分だけが残ることになる。上記の方法によって、傾斜センサ４の運動成分を取り除いた正確な位置検出をすることができる。

【０１６８】

［実施例１６］

三次元位置検出装置の左右回転が非常に早いとき、その回転による遠心力や回転の接線方向の加速度も大きくなる。そこで、本実施例では、左右回転角度の変化分が大きい場合、現在の傾斜センサ４の値を、１つ前に計測した値に入れ換えて、角度計算を行うアルゴリズムをマイクロコンピュータ８に組み入れた。尚、回路構成は、前記実施例１４と全て同

じである。
【０１６９】
図３７に本実施例の位置計算用フローチャートを示す。磁気センサ１、２の現在の値と１サイクル前の値をメモリから取り出して、それらの差の絶対値を求める。そして、その値がすべて１ビット以下であれば、高速な左右回転は発生していないと判断し、現在の傾斜センサ４の値をメモリから取り出し、手段１に示した方法で三次元位置を計算する。しかし、絶対値の一つでも２ビット以上であれば、高速な左右回転が発生していると判断し、１サイクル前の傾斜センサ４の値をメモリから取り出し、手段１に示した方法で三次元位置を計算する。
【０１７０】
ここで、１サイクルは２０ｍｓの周期である。
三次元位置検出装置が左右に速く回転するときには、三次元位置検出装置の重力方向に対する傾斜が大きく変化することは少ない。そして、磁気センサの信号の変化量は、１サイクル２０ｍｓ付近で三次元位置計算を行っている場合、１ビット以下になると、運動の加速度の影響が大きくなるといえる。これは本実施例の三次元位置検出装置を使った動作テストから割り出したものである。
【０１７１】
この処理を行った結果、非常に速い三次元位置検出装置の動きも追従して計測できた。
［実施例１７］
実施例１７では、傾斜センサ４についてのさらに他の実施例をしめす。傾斜センサ４に関する問題点において、傾斜センサ４に梁のたわみ量から傾斜角度を測定するタイプを用いるとき、その検出感度がサインカーブを描くため、検出角度が±９０度付近で出力値の変化量が小さくなり、角度の検出分解能が下がり、感度が悪くなるという問題があった。
【０１７２】
そこで、前記さらなる改善手段８に示したように、傾斜センサ４を２個使い、感度が悪い範囲をカバーして傾斜を測定した。図３８に本実施例の傾斜センサ４を回転させたときの出力波形を示す。出力に関しては、出力値を出力の振幅で割り、単位量として表現している。回転角が０度のとき、傾斜センサ▲１▼の出力は０であり、傾斜センサ▲２▼の出力は最大となる。回転角が増すと、傾斜センサ▲１▼の感度は９０度に近づくにしたがって悪くなり、逆に傾斜センサ▲２▼の感度は大きくなる。そこで、水平面に対して－４５度～４５度、１３５度～１８０度、－１８０度～－１３５度の範囲は傾斜センサ▲１▼を用い、４５度～１３５度、－１３５度～－４５度の範囲は傾斜センサ▲２▼を用いることにした。このように、本実施例では、傾斜センサの傾き角度によって、信号を取り込む傾斜センサを切り換えることで、正確な傾斜角度の検出が可能となった。
【０１７３】
［実施例１８］
実施例１７に説明した傾斜角度の検出方法について、同じ型の傾斜センサ４でも、その感度にバラツキがある場合を、さらに他の実施例１８として説明する。２個の傾斜センサ４にバラツキがある場合、傾斜センサ４の信号切り換えを行うと、例えば傾斜センサ▲１▼の出力が４５度を示していたとしても、傾斜センサ▲２▼の出力が４５度を示しているとは限らず、切り換えたときに角度が４５度から急に５０度に「とぶ」ということも起こる。
【０１７４】
そこで、前記さらなる改善手段８に示した「とび」補正の手段に従って、本実施例では、信号の切り換えの前後で傾斜センサの信号に補正を加えて位置計算に信号を送る機構とした。
動作原理は、信号切り換えの前後５度の範囲の所から、
傾斜センサ▲１▼の出力×α＋傾斜センサ▲２▼の出力×（１－α）
という計算を行い、２つの傾斜センサの値の「とび」をフィルタしてとっている。ここで係数αは、傾斜センサの検出する角度によって変化する値であり、傾斜センサ▲１▼と傾

斜センサ▲２▼の切り換え前後５度の角度とαの関係は図３９に示すとおりである。
【０１７５】
以上の手段をとることで、傾斜センサの出力信号を切り換えたときの信号の「とび」がなくなり、スムーズなカーソルの移動や画面の切り換えが可能となった。
［実施例１９］
以下に、本発明を三次元マウス装置として応用したさらに他の実施例１９を図４０に基づいて説明する。また、図４１に本発明の三次元マウスのブロック図を示す。
【０１７６】
三次元マウス装置は、光通信窓４６と光通信部４７及び、ボタンスイッチ４４を有する三次元マウスと外部コンピュータシステム４９に接続された光通信部４７からなる。三次元マウスには、傾斜センサ４を兼ねる２つの加速度センサ２１と３つの磁気センサが組み込まれている。各センサは、センサの信号を増幅する増幅器５に接続され、さらに電気的ノイズを除去する例えばＣＲ回路を用いたフィルタ回路６に接続されている。フィルタ回路６の出力端は、Ａ／Ｄ変換器７を通してマイクロコンピュータ８に接続され、各センサからの信号から三次元マウスの位置を算出する。マイクロコンピュータ８の出力端は光通信部４８と接続され、算出された位置情報は、例えばデジタル信号で光送信される。
【０１７７】
光通信部４７、４８は、信号を発信する光発光素子例えば赤外発光ＬＥＤと信号を受信する素子例えばＰＩＮダイオードとその駆動回路からなる。また、光通信部４８には、受信信号をコンピュータシステム４９のシリアルマウスやバスマウスの端子に送る処理回路を持っている。
【０１７８】
磁気センサの設置方法は、実施例１と同様である。加速度センサ２１の設置方向は、以下に示す。マウスが検出する移動方向をＸ方向、Ｙ方向とすると、２個のＸ、Ｙ加速度センサ６１、６２をその感度方向がＸ、Ｙの方向に平行となるように設置した。加速度センサ２１の構造は、実施例１で用いた梁のたわみ量から傾斜角を求める傾斜センサと同じである。
【０１７９】
Ｘ加速度センサ６１の検出する方向とＹ加速度センサ６２の検出する方向で構成される平面を基準面とし、この面で三次元マウスが移動した軌跡を測定する。
本発明の動作原理について説明する。
基本的に三次元マウスの光通信窓４６の方向を正面とし、その方向をＹ加速度センサ６２の感度方向とする。そして、それに直行する方向をＸ加速度センサ６１の感度方向とする。また、移動距離は、基準面を含む平面内の平行移動を計測する。ここで、三次元マウスが移動することによって加速度が発生し、Ｘ、Ｙ加速度センサ６１、６２で加速度が検出される。検出されたＸ方向の加速度の大きさとＹ方向の加速度の大きさから、三次元マウスの移動した方向と加速度の大きさが分かる。この加速度の大きさを時間で２回積分することで、三次元マウスの移動した距離と方向が求まる。この計算は、５ミリ秒ごとに行う。そして、積分の計算により算出された距離Ｘ、Ｙはコンピュータシステム４９に送られる。
【０１８０】
次に、Ｙ加速度センサ６２の感度方向をＹ軸とし、その軸の回転をＣ回転、Ｘ加速度センサ６１の感度方向をＸ軸とし、その軸の回転をＢ回転、基準面に垂直な方向をＺ軸とし、その軸の回転をＡ回転とする。ここで、基準面内での移動は回転を伴わない移動であるので、磁気センサの出力は変化しない。回転が起きた時には、磁気センサの信号が変化する。磁気センサが変化し、かつ、Ｙ加速度センサ６２が変化した場合は、Ｂ回転が起きたことになる。よって、Ｙ加速度センサ６２の値を用いて、前記式（３）によりＢ回転した角度を求める。また、磁気センサが変化し、かつ、Ｘ加速度センサ６１が変化した場合は、Ｃ回転が起きたことになる。
【０１８１】

前記式（３）はＸ加速度センサ６１を用いた場合、Ｃ回転した角度を角Ｂとしたときと等価になるので、前記式（３）を用いてＣ回転した角度を求める。そして、Ａ回転は、Ｘ、Ｙ、Ｚ磁気センサ１、２、３と角Ｂを用いて、前記式（２）もしくは前記式（８）により求める。

【０１８２】

三次元マウスでは、空間内の軌跡や回転を計測するため、三次元マウスとコンピュータシステム４９がケーブル等で接続されている場合、操作の妨げとなる。そこで、本実施例では、三次元マウスで計算された位置信号を光通信部４８で例えば赤外光に変換して信号を送り、光通信部４７で信号を受けてデジタル信号に変換し、コンピュータシステム４９に信号を送る。

【０１８３】

本実施例の三次元マウスを用いて三次元ポインティング入力を行った。ＸＹ平面内のカーソルの移動は、通常のマウス動作と同様にした。そして、マウスの回転角度に対応させて、コンピーュータシステム４９内に表示されているマウスカーソルの矢印の方向を、回転させるポインティングアプリケーションを作成した。マウスカーソルの矢印は立体的に描かれており、コンピュータシステム４９の画面中でマウスの回転と同じ向きに回転する仕様となっている。三次元の画像をコンピュータシステム４９の画面に表示し、本実施例の三次元マウスを手に持って、その仮想立体画面内の物体を人間の感覚を損なわずにポインティングすることができた。さらに、ボタンスイッチ４４を用いて画面内を移動させることも違和感なくできた。

【０１８４】

また、回転をコンピュータシステム４９の画面上下移動量に換算するソフトを登録して、画面の２次元的な部分のポインティングデバイスとして使用した。この場合、移動距離を求める必要が無いので、本実施例の三次元マウスに組み込まれた加速度センサのうち、Ｙ加速度センサ６２一つだけ機能させ、Ｘ加速度センサ６１は使用しなかった。使用においては、通常のマウスのように、机上を移動させることなく、軽く手首をひねるだけで容易にマウスカーソルによるポインティングを行うことができた。

【０１８５】

次に、回転軸を限定して同様に回転をコンピュータシステム４９の画面上下移動量に換算するソフトを登録して、画面の２次元的な部分のポインティングデバイスとして使用した。この場合、本実施例の三次元マウスに組み込まれた磁気センサだけ機能させ、加速度センサ６１、６２は使用しなかった。使用においては、上下左右回転だけで、上記とどうように、通常のマウスのように、机上を移動させることなく、軽く手首をひねるだけで容易にマウスカーソルによるポインティングを行うことができた。

【０１８６】

本実施例では、三次元マウスへの応用実施例を述べたが、このシステムは三次元空間の移動量を計測できるので、三次元タブレットと考えても同等であり、三次元タブレットとしても十分実用的ある。

［実施例２０］

本実施例によるナビゲーションシステム５０は、移動する物体、例えば、自動車、船舶、自動二輪車、自転車、カート等に用いられる位置検出システムである。図４２に本実施例の構成図、図４３に本実施例のブロック図を示す。ナビゲーションシステム５０には、少なくとも２つの加速度センサ２１と３つ以上の磁気センサ１、２、３が組み込まれている。各センサは、センサの信号を増幅する増幅器５に接続され、さらに電気的ノイズを除去する例えばＣＲ回路を用いたフィルタ回路６に接続されている。フィルタ回路６の出力端は、アナログデジタル変換器７からマイクロコンピュータ８に接続され、各センサからの信号から移動物体の現在位置を算出する。マイクロコンピュータ８の出力端はデータ出力端子と接続され、算出された位置情報は、地形データを持ったコンピュータシステム４９に送られ、モニタ４３に現在位置が表示される。

【０１８７】

加速度センサ２１は、回路基板９内に互いに垂直に配置されたＸ加速度センサ６１とＹ加速度センサ６２からなる。Ｘ加速度センサ６１の検出する方向とＹ加速度センサ６２の検出する方向で構成される平面を基準面とする。Ｘ、Ｙ加速度センサ６１、６２は、梁の先に重りを付け、慣性力により梁がたわむことを利用して、たわみ量を測定するタイプで実施例１で用いた傾斜センサ４と同様の仕組みである。磁気センサの設置方法は、実施例１と同様に設置されている。Ｘ磁気センサ１は、Ｘ加速度センサ６１の検出方向と、Ｙ磁気センサは、Ｙ加速度センサ６２の検出方向と一致させる。磁気センサには、磁気抵抗素子を用いているが、これは外部磁界の方向によって電気抵抗に異方性を生じる磁気抵抗効果を用いたものである。このため、磁気抵抗素子は感度に指向性を持っていて、３軸に配置することにより磁場を検出することができる。本実施例の磁気センサには磁気抵抗素子を用いたが、磁気抵抗素子以外のセンサでも、磁気インピーダンス素子、フラックスゲートのように、高感度な磁気センサであれば、磁気抵抗素子を用いた場合と同レベルの検出信号を得ることができ、発明の効果は磁気抵抗素子を用いた場合と同様である。

【０１８８】

本発明の動作原理について説明する。

基本的に移動物体の進行方向をＹ方向とする。スタート時点で現在位置をコンピュータシステム４９に登録し、また、スタート時点での加速度センサ２１、磁気センサ１、２、３の出力値をオフセット値として記憶させる。この場合、スタート時点の登録は、水平な場所で行うことが必要である。次に、移動物体が移動することによって加速度が発生し、Ｙ加速度センサ６２で加速度が検出される。検出されたＹ方向の加速度の大きさから、移動物体の移動した加速度の大きさが分かる。この加速度の大きさを時間で２回積分することで、移動物体の移動した距離が求まる。

【０１８９】

移動物体が自動二輪車や自転車のように移動中に左右（Ｘ方向）に車体が傾く場合、磁場が変化するため、正確な進行方向を算出することができない。そこで、本発明では、Ｘ加速度センサ６１を用いて移動中の車体の傾きを測定し、Ｘ、Ｙ、Ｚ磁気センサ１、２、３の出力値とＸ加速度センサ６１の出力値から常に正確な進行方向を測定することができる。この測定は、手段で説明した式（１）から式（８）について、左右傾斜を角Ｂとおき、磁気センサＸ、Ｙの値を入れかえることで対応できる。

【０１９０】

また、Ｙ加速度センサ６２は運動加速度を検出する以外に重力加速度も検出してしまうため、移動物体の移動による加速度センサの出力には、重力加速度と運動加速度の合成値分が出力される。例えば、移動物体が傾斜地を移動するとき、Ｙ加速度センサ６２の出力値には、重力加速度と運動加速度の合成値分が出力されることになる。そこで、加速度センサの出力値から移動物体の移動による加速度成分を分離するために、手段で説明した式（１）から式（８）を用いて、移動物体が傾斜角（角Ｂ）を求める。そして、Ｙ加速度センサ６２の変化量から傾斜分の重力加速度を引いて積分の計算を行うことにより、移動距離を求めることができる。

【０１９１】

本実施例のナビゲーションシステム５０を自転車に取り付けて、地図をコンピュータシステム４９に入力した地域を走って評価した。コンピュータシステム４９にはサブノートパソコンを用いた。モニタ４３として、通信機能の付いたポケットコンピュータを用いて、その液晶画面に地図と位置を表示させた。位置検出回路基板９は、自転車のボディにクランプして取り付けた。また、サブノートパソコンは荷台に取り付け、ポケットコンピュータはハンドルに取り付けた。そして、それぞれをケーブル等で接続した。

【０１９２】

自転車を運転していると、左右の揺れが起きるが、多少の左右の揺れには影響されず、正確に移動位置をナビゲートした。コース途中の勾配に対しても、完全に追従していた。

以上のような構成により、取り付け、取り外しが容易であり、静止衛星からの信号に依存しない自立したナビゲーションシステム５０が可能となった。また、従来では、現在位置

を測定するのが困難であった自動二輪車や自転車のような軽車両のナビゲーションシステムも可能となる。しかも、構成が簡単なため、安価に製造することができる。

【０１９３】

以上に、本発明を実施例に基づいて説明したが、本発明は上記の実施例だけに限定されるものではなく、本発明の技術思想と同じ思想の応用例は当然本発明に属するものである。

【０１９４】

【発明の効果】

発明の効果として、従来の方位センサのような磁気センサが２個の装置は、水平回転の二次元的な方位もしくは回転角のみを検出するだけであり、三次元的な空間の位置変化を計測することができなかった。しかし、本発明で示したように、補正用磁気センサを含めて少なくとも３個の磁気センサと少なくとも１個の傾斜センサを用いて、その信号を増幅、演算することができる三次元位置検出装置を構成することにより、最小使用個数が磁気センサ３個と傾斜センサ１個というシンプルで安価なシステムで、三次元位置検出を実現することができた。

【０１９５】

また、３軸成分を検出する磁気センサのみと、その信号を増幅、演算する回路を設けた三次元位置検出装置を作ることにより、ある特定の方向のまわりには回転しないという制限付きではあるが、角度の三次元位置検出を行うことが可能となった。しかも、センサの構成としては磁気センサのみの最もシンプルで安価な構成で、三次元位置検出を実現することができた。尚、バーチャルリアリティシステム等における人間の頭部の回転角検出を行なう場合、顔のロール方向はほとんど無視できるので、回転に制限があっても姿勢を検知することは実用上十分に可能である。

【０１９６】

次に、本発明の傾斜センサについての効果を述べる。

本発明では、加速度センサと角速度センサを組み合わせて傾斜センサを構成し、混合加速度から運動加速度を差し引くことにより、純粋な重力成分の分離に成功した。すなわち、傾斜角が動的に変化していても、あるいは静止状態にあっても正確に角度を計測することができるようになった。

【０１９７】

さらに、同様の考え方で、加速度センサを用いた傾斜センサと磁気センサで構成される三次元位置検出装置の場合、磁気センサの成分から運動加速度を算出し、加速度センサの値から差し引くことで、正確に角度を計測することもできるようになった。

【０１９８】

また、磁気センサの変化量から左右の高速回転を判断し、位置計算に使う傾斜センサの値を選択するアルゴリズムを用いることにより、高速な左右回転による傾斜センサへの運動加速度の影響が小さくなるように補正することができた。

次に、本発明のさらなる改善により行った電気的もしくは磁気的なノイズや微振動によるノイズの消去の効果について述べる。

【０１９９】

商用電源によるノイズ、微小振動によるノイズ、または、磁場歪によるノイズ等、種々のノイズが三次元位置検出の周辺において発生する。しかし、本発明のカットオフ周波数ｆｃが１０から１００Ｈｚ程度のローパスフィルタにより、電源ノイズや微小な振動のノイズを取り除くことができた。また、磁場歪による磁場のノイズは、回転面に角度を持たせて少なくとも２個以上の補正用磁気センサを設置し、これらを平均して求めることにより、磁場歪によるノイズを無視できるくらい小さくすることができた。

【０２００】

さらに、ノイズをデジタル処理側でフィルタリングするために、位置計算のサイクルを１５～２０ｍｓとすることにより、前記時間内に発生した振動ノイズや急峻な運動加速度による傾斜センサの値の振動をある程度カットすることができた。

【０２０１】

次に、傾斜センサの感度の問題についての本発明のさらなる改善における効果を述べる。
梁のたわみ量から傾斜角を求めるタイプの傾斜センサは感度方向が垂直に近づくにつれて精度が悪くなる。しかし、本発明に示したように、複数個の傾斜センサを取り付け角度を変えて設置することにより、感度の良いセンサに切り換えることができ、傾斜センサの感度不良域を無くすことができた。また、傾斜センサの信号切り換えの前後で、値を平均する等の補正を行うことにより、傾斜センサが２個にわたるときの感度の「とび」を無くすことができた。

【０２０２】

さらに、傾斜センサに梁のたわみ量から傾斜角を求めるタイプを用いる限り、その検出範囲が正負９０度に限られていたが、本発明において、回転面内の少なくとも２つ以上の傾斜センサから出力される信号の位相差を検出し、演算回路で計算することにより、±９０度の以外の範囲で三次元回転位置を測定することができた。

【０２０３】

また、三次元位置検出装置のコストを安くするために、低性能なセンサや安価な部品を用いたことにより発生した問題を解決した本発明のさらなる改善の効果を述べる。
位置センサ部または演算回路部に、不揮発性もしくはデータを保存することができるメモリを搭載し、個体バラツキ特性や温度バラツキ特性を記録した。さらに、回路の製造番号等の個体を識別できるデータも記録し、ソフトスイッチの役割も付けたことにより、環境温度の変化や部品の固体バラツキによる性能の違いを取り去って、常に安定した位置を検出することができるようになった。また、三次元位置検出装置を用いるアプリケーションから三次元位置検出装置の個体の識別や内部演算のソフトスイッチによる切り換えができるようになった。

【０２０４】

次に、傾斜センサの感度方向によって、その配置を変えた場合の本発明の応用用途別解決手段の効果について述べる。
本発明では、バーチャルリアリティに三次元位置検出装置を用いるとき、傾斜センサを耳付近、または、後頭部から首の付け根付近に設置する構成を発明した。この構成により、傾斜センサ感度と頭の回転の方向を分離し、頭の回転に対して角加速度の影響を最も小さくすることができ、良好な回転角測定を行うことができた。

【０２０５】

次に、マウスやタブレットに応用した本発明の効果について述べる。
これらの機器において、少なくとも３個の磁気センサもしくはそれに加えて少なくとも１個の梁のたわみ量から傾斜角や加速度を求めることができる加速度センサを用いた本発明の三次元位置入力装置を用いることにより、入力に広い場所を必要とせず、しかも、三次元位置も入力できるマウスやタブレットを発明することができた。また、
加速度センサの数を増やすことにより、さらに高次元の移動距離を測定することができた。

【０２０６】

また、ナビゲーションシステムにおける位置センサとして応用する場合の効果について述べる。
本発明の三次元位置入力装置を用いることにより、自立して位置を検出することができ、安価で小型軽量で取付を安易に行うこともできる装置を発明することができた。

【０２０７】

以上は本発明の主な効果であるが、本発明は上記の如く多大なる効果を発するものである。

【図面の簡単な説明】

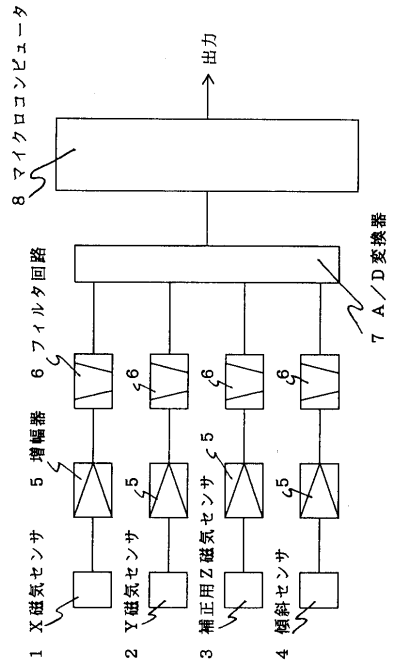
【図１】本発明の三次元位置検出装置の実施例１の回路ブロック図である。
【図２】本発明の三次元位置検出装置の実施例１～７のセンサ構成を示す説明図である。
【図３】本発明の三次元位置検出装置及び傾斜センサの実施例に用いた重力によってたわむ梁を持つセンサの断面図である。

【図４】本発明の三次元位置検出装置の実施例４～６に用いた光量型傾斜センサの断面図である。
【図５】本発明の三次元位置検出装置の実施例１の角度検出結果である。
【図６】本発明の三次元位置検出装置の実施例２の角度検出結果である。
【図７】本発明の三次元位置検出装置の実施例３の角度検出結果である。
【図８】本発明の三次元位置検出装置の実施例４の角度検出結果である。
【図９】本発明の三次元位置検出装置の実施例５の角度検出結果である。
【図１０】本発明の三次元位置検出装置の実施例６の角度検出結果である。
【図１１】本発明の三次元位置検出装置の実施例７の角度検出結果である。
【図１２】本発明の三次元位置検出装置の実施例８の回路ブロック図である。
【図１３】本発明の三次元位置検出装置の実施例８を内蔵したヘッドマウントディスプレイを頭部に装着したときの座標を示す説明図である。
【図１４】本発明の三次元位置検出装置の実施例９の概略を示す平面図と側面図である。
【図１５】本発明の三次元位置検出装置の実施例９で用いたフィルタ回路の回路図である。
【図１６】本発明の三次元位置検出装置の実施例９の回路構成のブロック図である。
【図１７】実施例９で用いた本発明の傾斜角検出装置の加算回路の回路図である。
【図１８】実施例９で用いた本発明の傾斜角検出装置の微分回路の回路図である。
【図１９】実施例９で用いた本発明の傾斜角検出装置の信号特性を示す図である。
【図２０】本発明の三次元位置検出装置の実施例９を搭載したヘッドマウントディスプレイ装置の概略図である。
【図２１】本発明の三次元位置検出装置の実施例９を搭載した仮想現実感システム構成のブロック図である。
【図２２】本発明の三次元位置検出装置の実施例１０の回路構成のブロック図である。
【図２３】本発明の三次元位置検出装置の実施例１１の回路構成のブロック図である。
【図２４】本発明の三次元位置検出装置の実施例１１のセンサ構成を示す説明図である。
【図２５】本発明の三次元位置検出装置の実施例１１の角度検出結果である。
【図２６】本発明の三次元位置検出装置の実施例１２の回路構成のブロック図である。
【図２７】本発明の三次元位置検出装置の実施例１２のセンサ構成を示す説明図である。
【図２８】本発明の三次元位置検出装置の実施例１２の角度検出結果である。
【図２９】本発明の三次元位置検出装置の実施例１３のセンサ構成を示す説明図である。
【図３０】本発明の三次元位置検出装置の実施例１３の回路構成のブロック図である。
【図３１】本発明の三次元位置検出装置の実施例１３の回転角度の温度特性を示す図である。
【図３２】本発明の三次元位置検出装置の実施例１３の傾斜角度の温度特性を示す図である。
【図３３】本発明の三次元位置検出装置の実施例１４の傾斜傾斜センサ取り付け位置及び概略を示す説明図である。
【図３４】本発明の三次元位置検出装置の実施例１４の回路構成のブロック図である。
【図３５】本発明の三次元位置検出装置の実施例１４に搭載された加速度センサを用いた傾斜センサの出力値変化特性のグラフである。
【図３６】本発明の三次元位置検出装置の実施例１４に搭載された加速度センサを用いた傾斜センサの取付方法と設定位置の関係を示した説明図である。
【図３７】本発明の三次元位置検出装置の実施例１６に搭載されたマイクロコンピュータが処理する速い回転が起きた場合の位置計算用フローチャートである。
【図３８】本発明の三次元位置検出装置の実施例１７に搭載された２個の傾斜センサの出力値変化特性のグラフである。
【図３９】本発明の三次元位置検出装置の実施例１８に搭載された２個の傾斜センサの切り換えの係数αの値と角度の関係を示したグラフである。
【図４０】本発明の三次元位置検出装置を応用した実施例１９の三次元マウスの概略図で

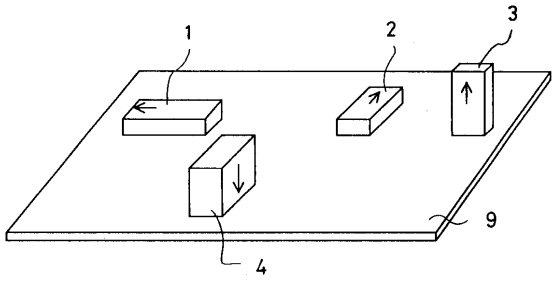
ある。
【図４１】本発明の三次元位置検出装置を応用した実施例１９の三次元マウスの回路構成のブロック図である。
【図４２】本発明の三次元位置検出装置を応用した実施例２０のナビゲーションシステムの概略図である。
【図４３】本発明の三次元位置検出装置を応用した実施例２０のナビゲーションシステムの回路構成のブロック図である。
【図４４】従来の方位系に用いられる２巻きコイルのフラックスゲートを示す説明図である。
【図４５】重力によってたわむ梁を持つ加速度センサが傾斜角を検知する原理の説明図である。
【図４６】従来技術例２に示した傾斜センサの概略図である。
【図４７】手段２に示す軸と回転の関係を表す説明図である。
【符号の説明】
１　Ｘ磁気センサ
２　Ｙ磁気センサ
３　補正用Ｚ磁気センサ
４　傾斜センサ
５　増幅器（アンプ）
６　フィルタ回路
７　アナログデジタル（Ａ／Ｄ）変換器
８　マイクロコンピュータ
９　回路基板
１０　支持フレーム
１１　梁
１２　重り
１３　抵抗体
１４　容器
１５　遮光性液体
１６　窓
１７　光源
１８　光検出素子
１９　Ｚ磁気センサ
２０　ゴーグル
２１　加速度センサ
２２　角速度センサ
２３　温度センサ
２４　不揮発性メモリ
２５　微分回路
２６　加算回路
２７　固定バンド
２８　頭部
２９　ヘッドマウントフレーム
３０　接続ケーブル
３１　液晶表示装置
３２　ヘッドフォン
３３　ヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）
３４　液晶表示装置（右）
３５　液晶表示装置（左）
３６　信号分配器

３７　パーソナルコンピュータ
４０　磁気センサユニット
４１　傾斜センサユニット
４２　演算ボックス
４３　モニタ
４４　ボタンスイッチ
４５　基準面
４６　光通信窓
４７，４８　光通信部
４９　コンピュータシステム
５０　ナビゲーションシステム
５１　Ｘ方向
５２　Ｙ方向
５３　Ｚ方向
５４　コイルＡ
５５　コイルＢ
５６　コア
５７　透明球
５８　透明液体
６０　軽車両
６１　Ｘ加速度センサ
６２　Ｙ加速度センサ
６３　計算値
６４　実施例の装置の信号
６５　補正していない信号
６６　角加速度信号

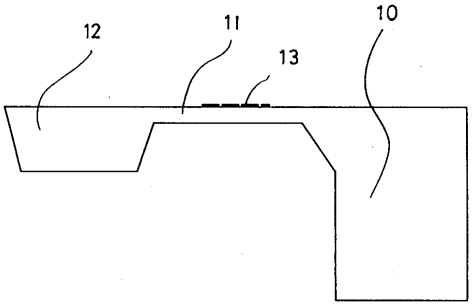
【図１】


8 マイクロコンピュータ
出力
7 A／D変換器
6 フィルタ回路
5 増幅器
1 X磁気センサ
2 Y磁気センサ
3 補正用Z磁気センサ
4 傾斜センサ

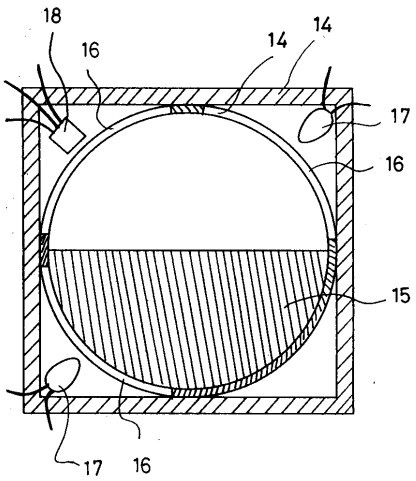
【図２】


1
2
3
4
9

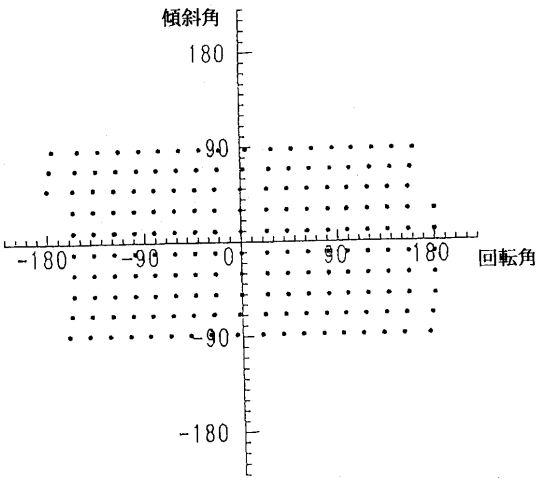
【図３】


12
11
13
10

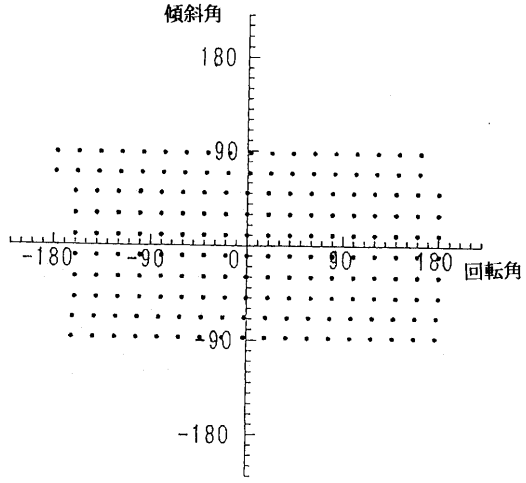
【図４】


18
16
14
14
17
16
15
17
16

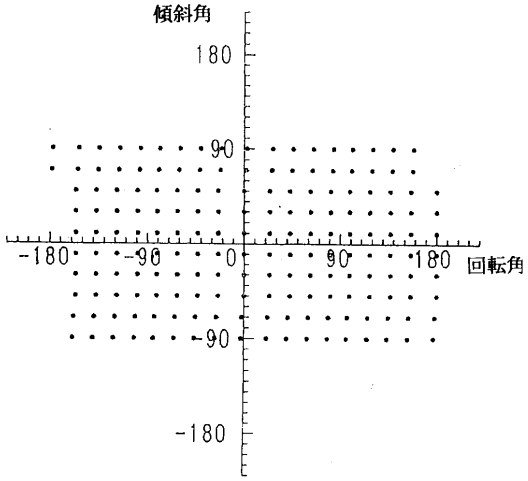
【図５】


傾斜角
180
90
-180
-90
0
90
180
回転角
-90
-180

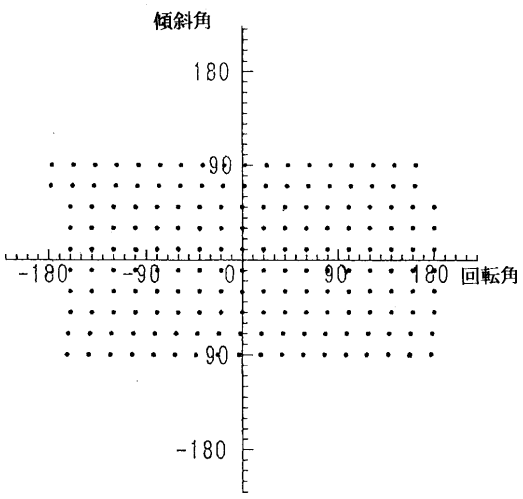
【図６】


傾斜角
180
90
-180
-90
0
90
180
回転角
-90
-180

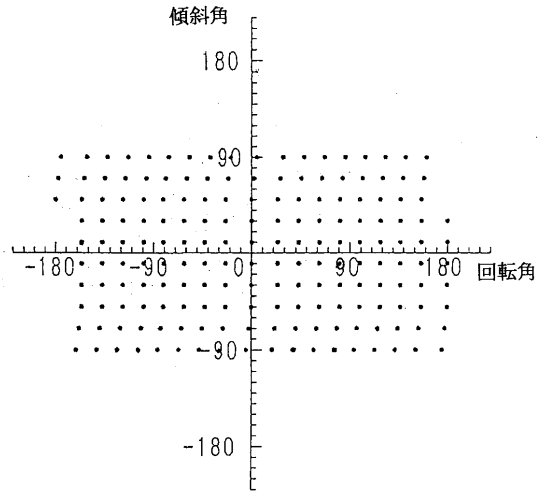
【図７】


傾斜角
180
90
-180
-90
0
90
180
回転角
-90
-180

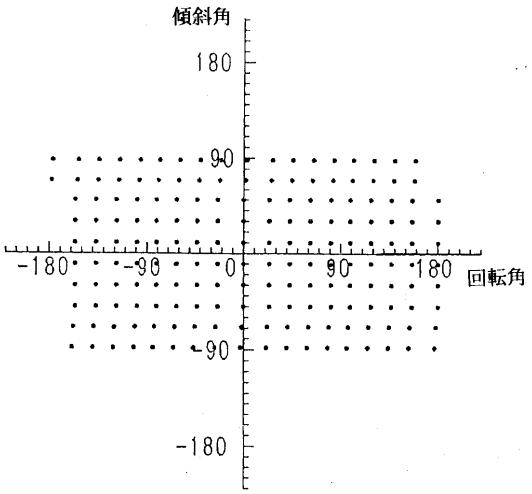
【図８】


傾斜角
180
90
-180
-90
0
90
180
回転角
-90
-180

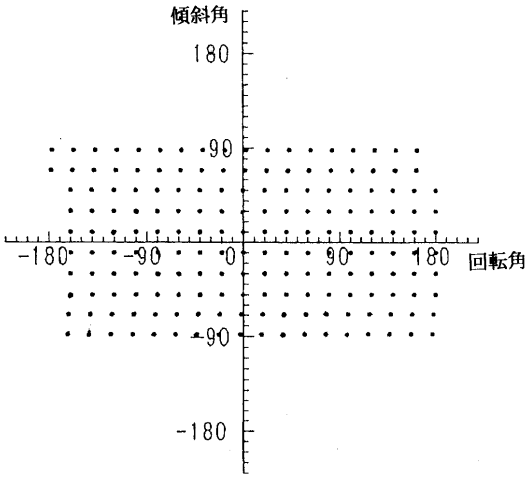
【図９】


傾斜角
180
90
-180
-90
0
90
180
回転角
-90
-180

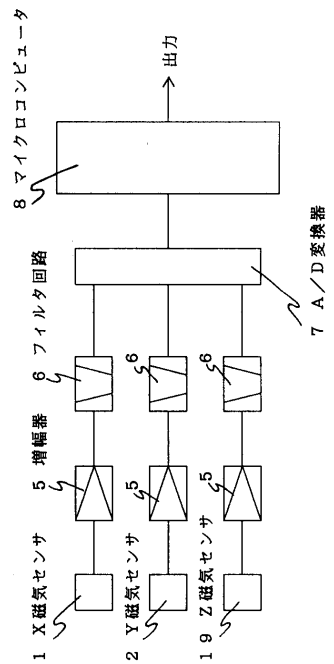
【図１０】



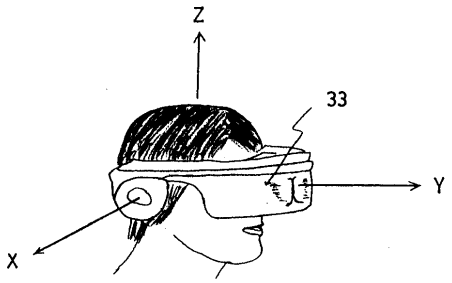
【図１１】



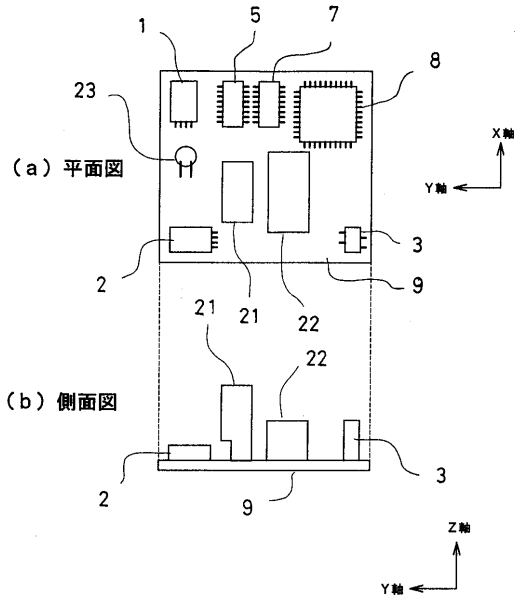
【図１２】



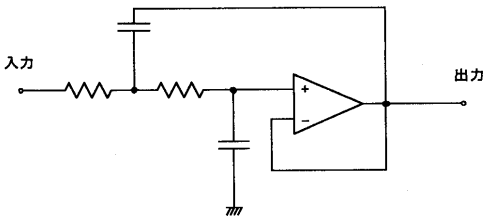
【図１３】



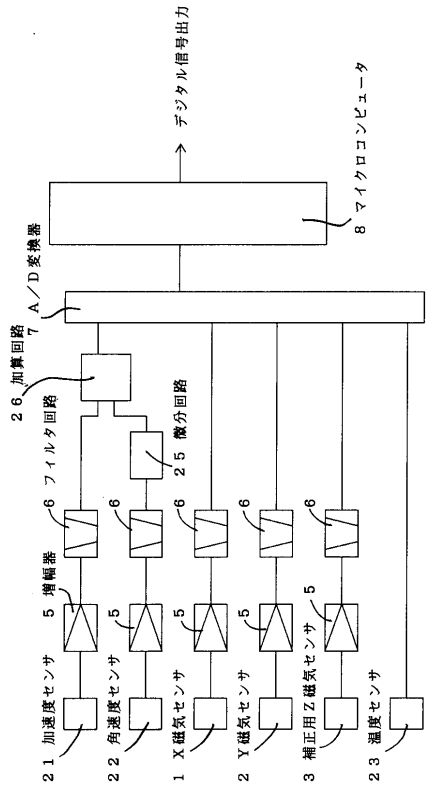
【図１４】



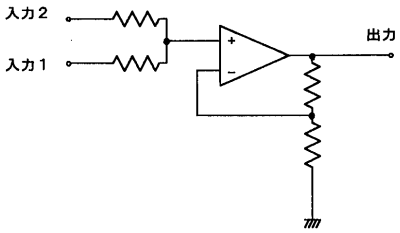
【図１５】



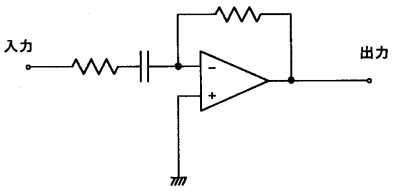
【図１６】



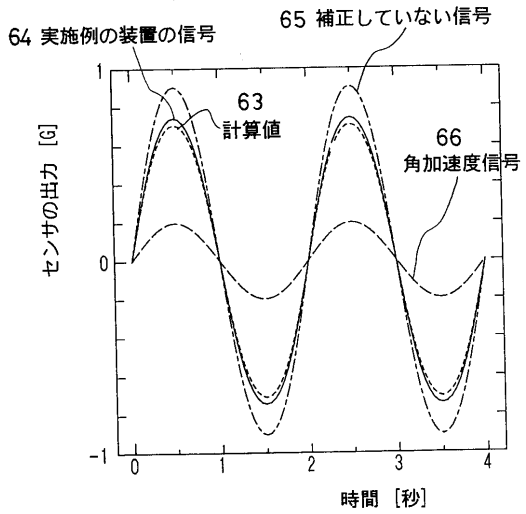
【図１７】



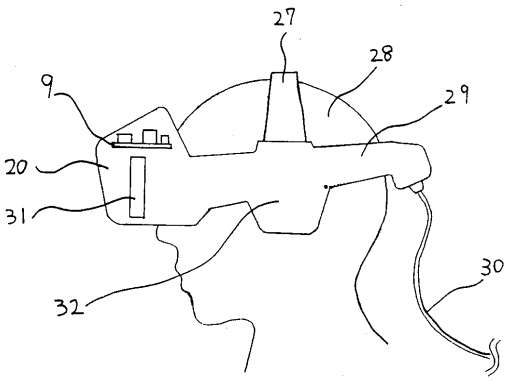
【図１８】



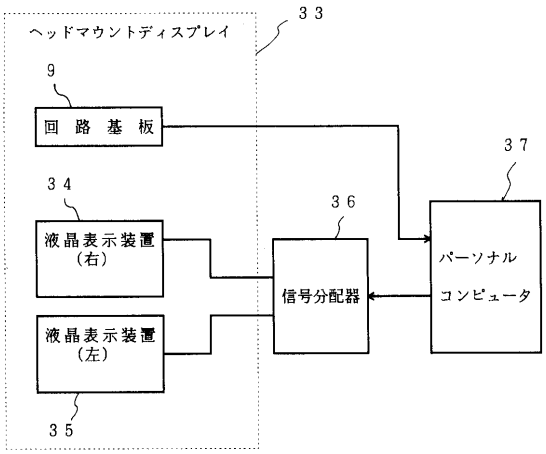
【図１９】



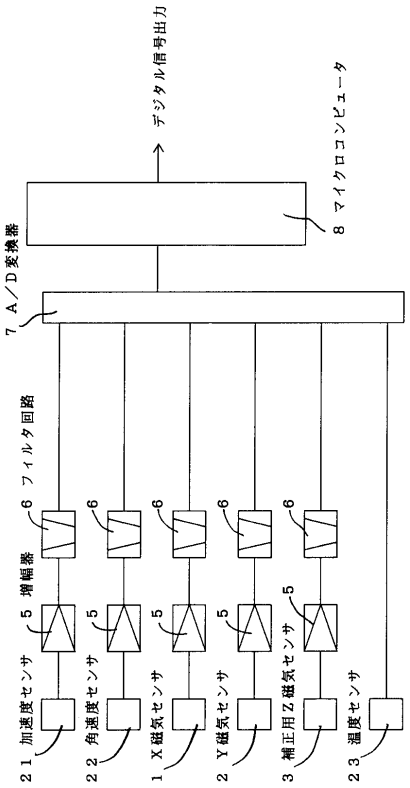
【図２０】



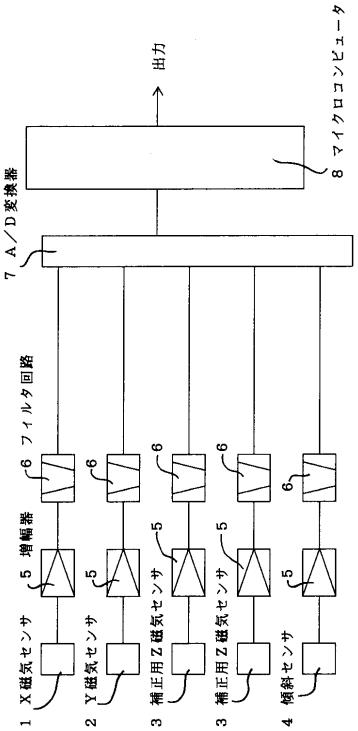
【図２１】



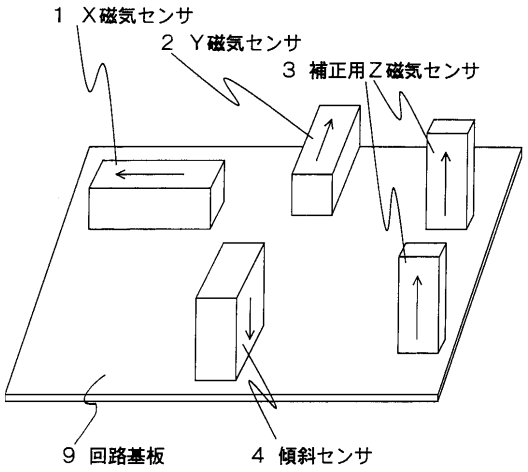
【図２２】



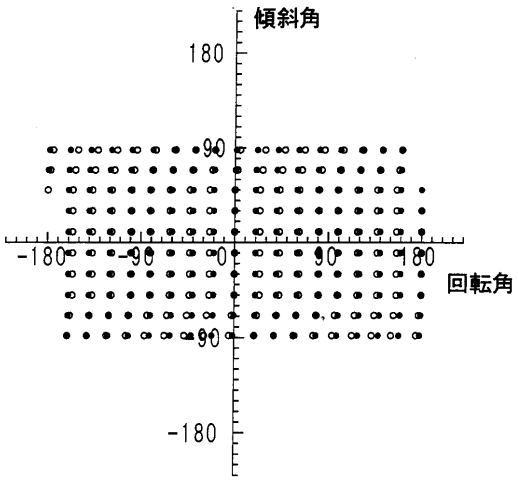
【図２３】



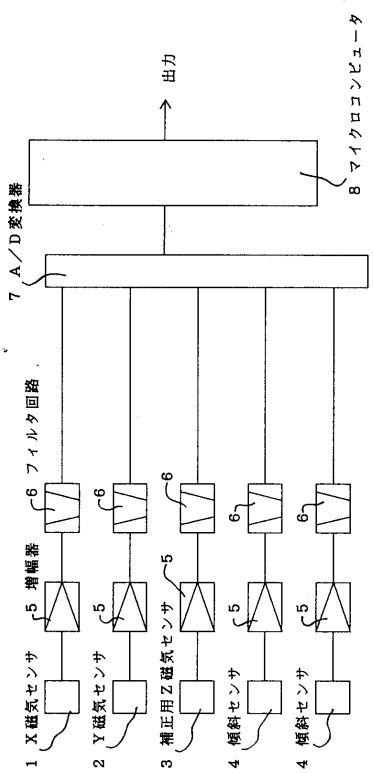
【図２４】



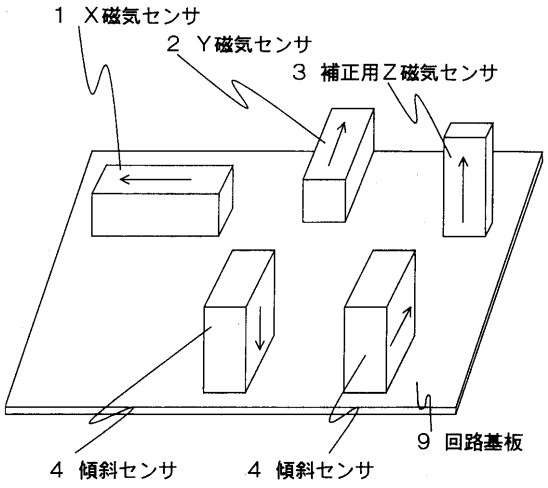
【図２５】



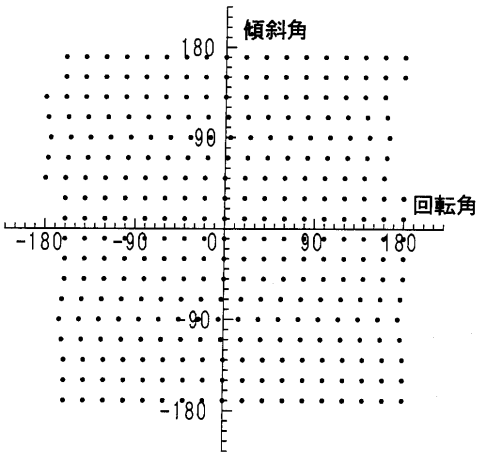
【図２６】



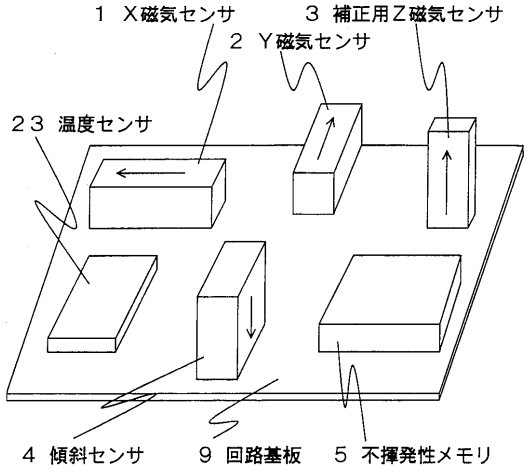
【図２７】



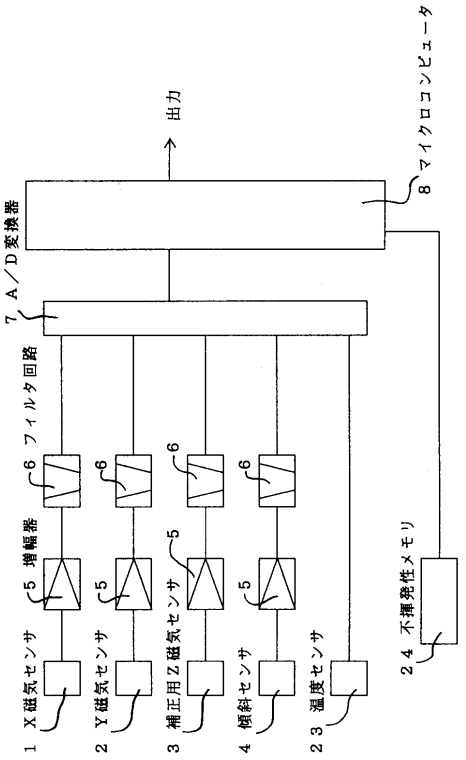
【図２８】



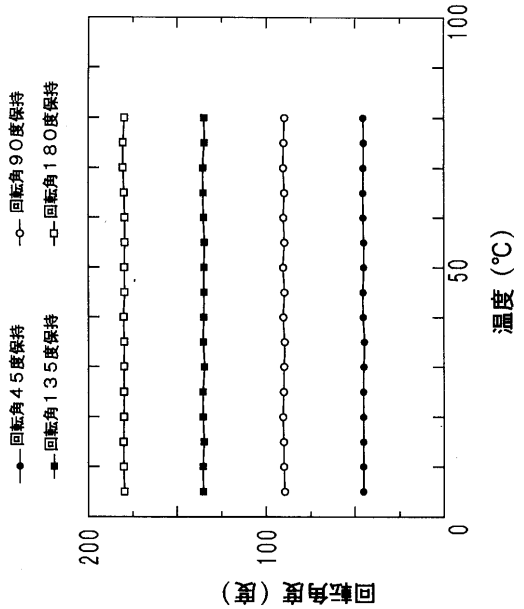
【図２９】



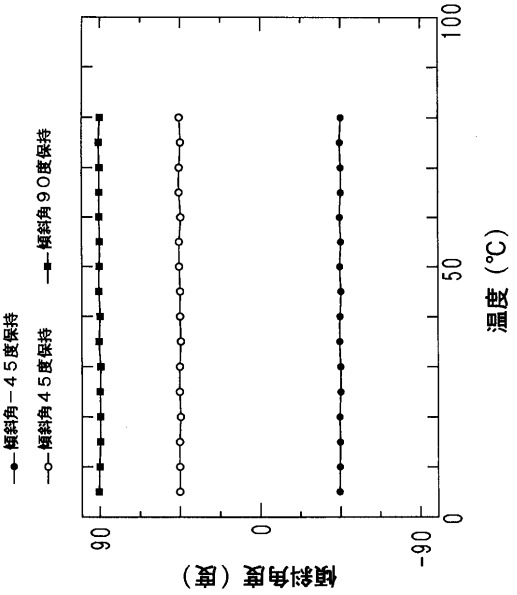
【図３０】



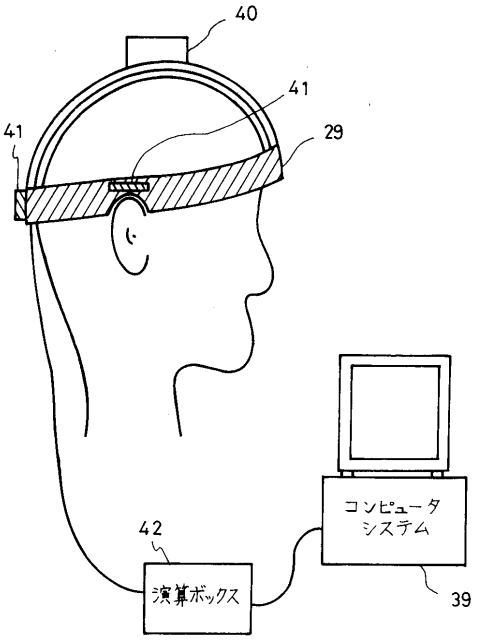
【図３１】



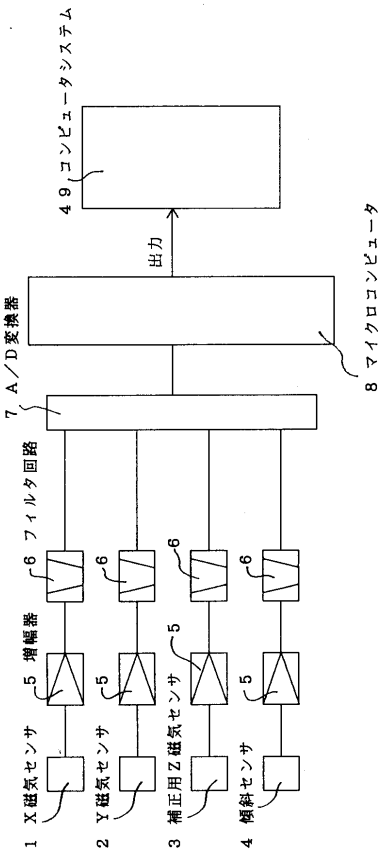
【図３２】



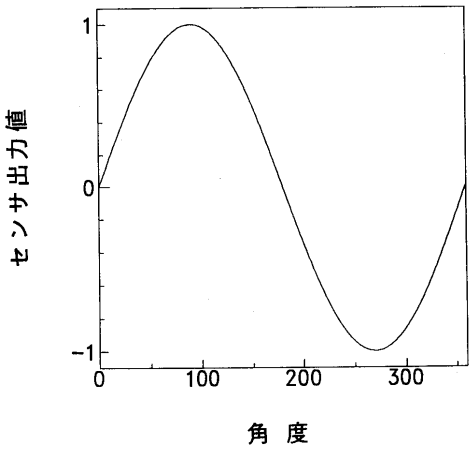
【図３３】



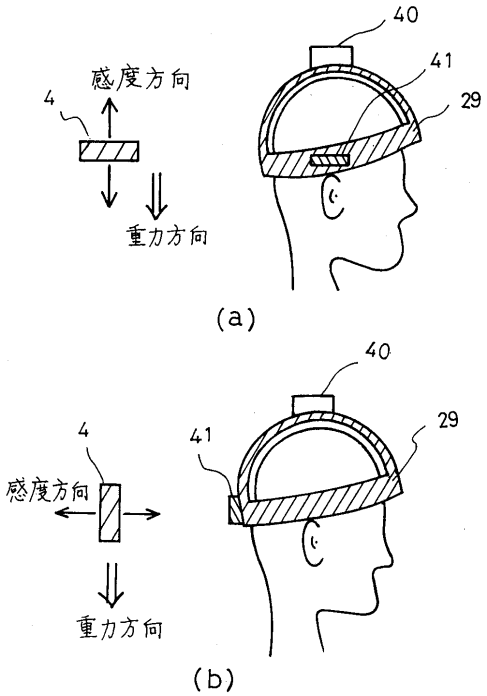
【図３４】



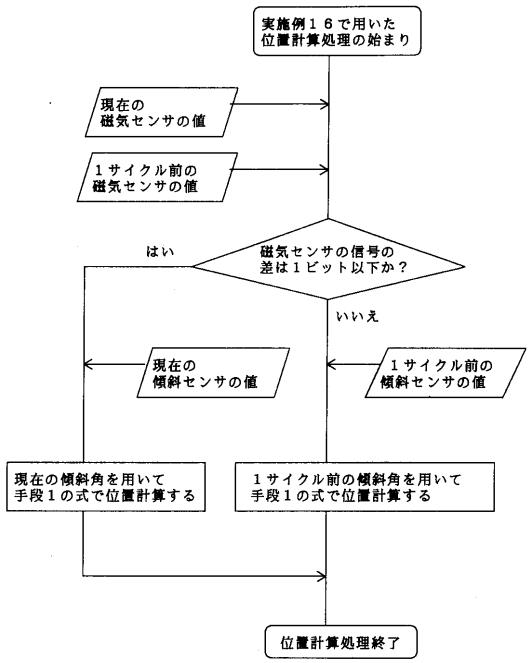
【図３５】



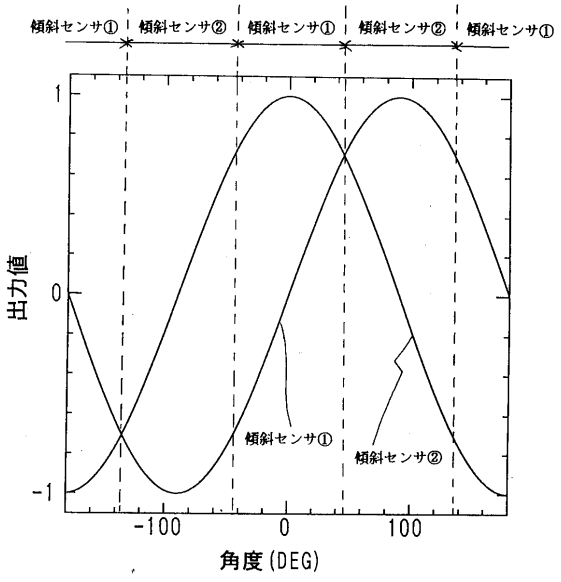
【図３６】



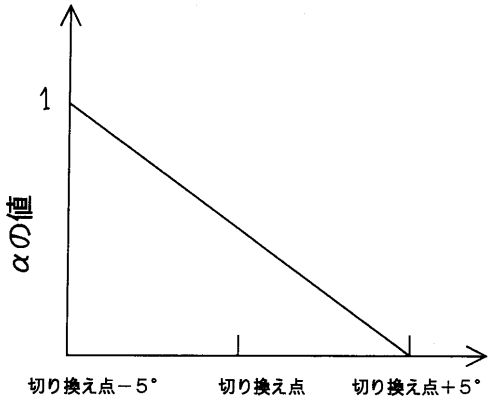
【図３７】



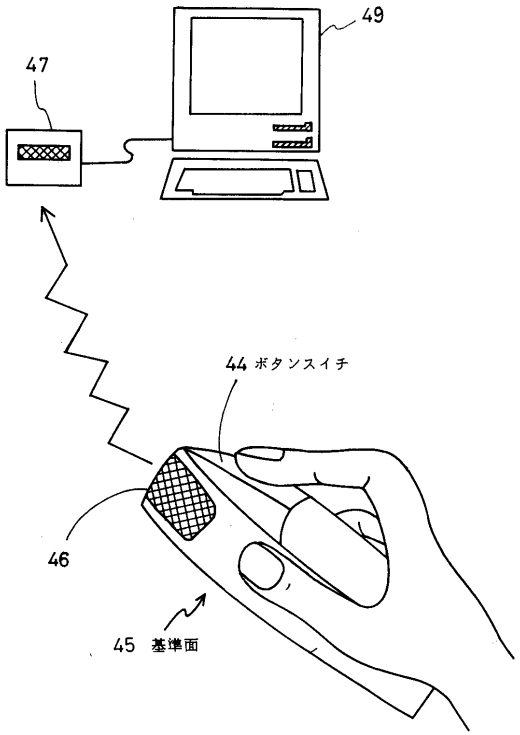
【図３８】



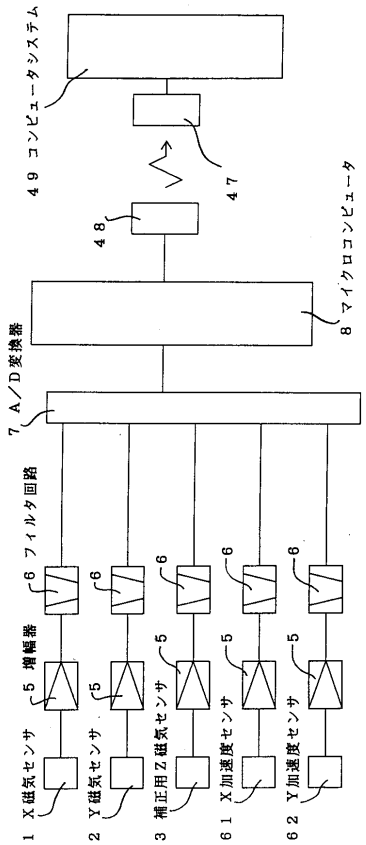
【図３９】



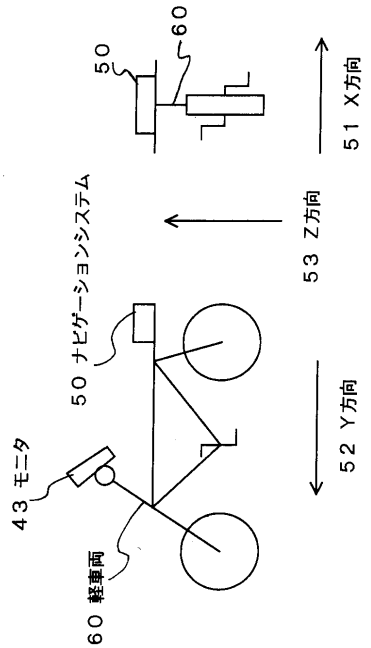
【図４０】



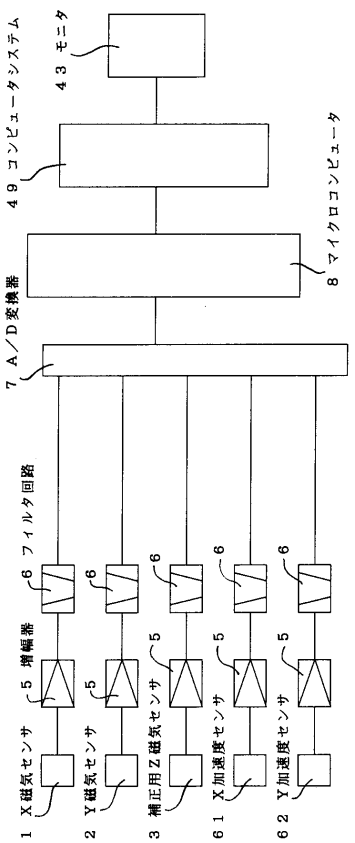
【図４１】



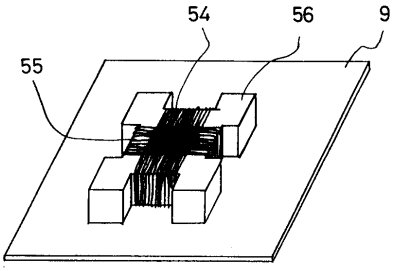
【図４２】



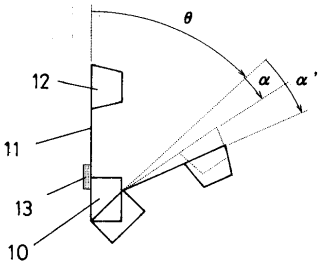
【図４３】



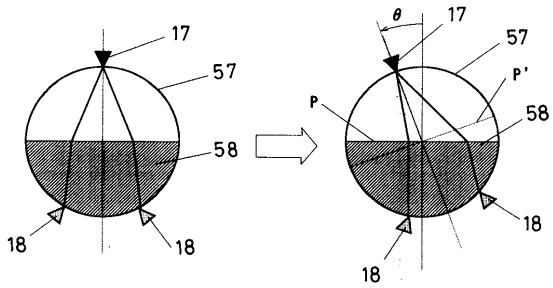
【図４４】



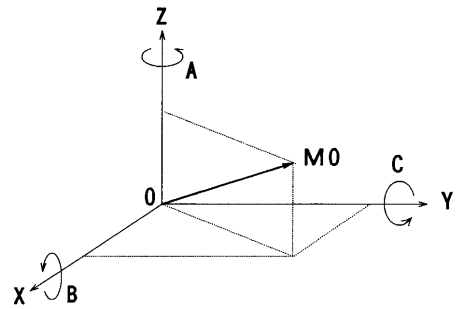
【図４５】



【図４６】



【図４７】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号　特願平7-6028
(32)優先日　平成7年1月18日(1995.1.18)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平7-57826
(32)優先日　平成7年3月16日(1995.3.16)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平7-116104
(32)優先日　平成7年5月15日(1995.5.15)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平7-63225
(32)優先日　平成7年3月22日(1995.3.22)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平7-170606
(32)優先日　平成7年7月6日(1995.7.6)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平7-172518
(32)優先日　平成7年7月7日(1995.7.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(72)発明者　斉藤　豊
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコー電子工業株式会社内
(72)発明者　鈴木　瑞明
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコー電子工業株式会社内

審査官　近藤　聡

(56)参考文献　特開平０２－２３８３３６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G06F 3/00
G01C 17/00
G01C 21/00