

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2008/096856

発行日 平成22年5月27日 (2010.5.27)

(43) 国際公開日 平成20年8月14日 (2008.8.14)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 G O 1 B 7/00 (2006.01) G O 1 B 7/00 I O 3 M 2 F O 6 3

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 55 頁)

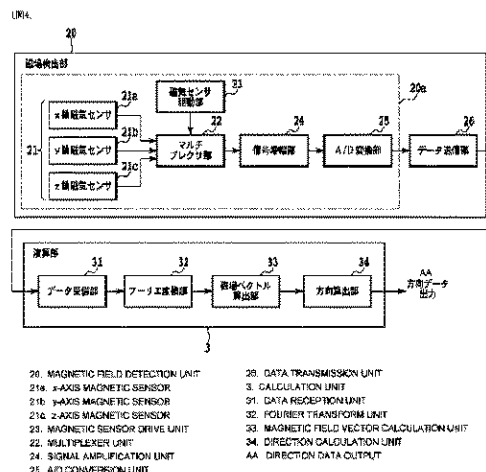
出願番号	特願2008-557170 (P2008-557170)	(71) 出願人	303046277 旭化成エレクトロニクス株式会社 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地
(21) 国際出願番号	PCT/JP2008/052152	(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
(22) 国際出願日	平成20年2月8日 (2008.2.8)	(72) 発明者	中村 威信 東京都千代田区有楽町一丁目1番2号
(31) 優先権主張番号	特願2007-30803 (P2007-30803)	(72) 発明者	山下 昌哉 東京都千代田区有楽町一丁目1番2号
(32) 優先日	平成19年2月9日 (2007.2.9)	Fターム(参考)	2F063 AA04 AA37 BA28 CA10 DA01 DA05 DD03 DD04 GA52 LA03 LA19 LA29 LA30
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-117669 (P2007-117669)		
(32) 優先日	平成19年4月26日 (2007.4.26)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-299759 (P2007-299759)		
(32) 優先日	平成19年11月19日 (2007.11.19)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間情報検出システム及びその検出方法並びに空間情報検出装置

(57) 【要約】

本発明は、交流磁場を利用して連続的に測定ができ、周波数の設定の自由度が大きく、構成が簡単な空間情報検出システムに関する。磁気センサ駆動部(23)は、マルチプレクサ部(22)を介して磁気センサ(21)を駆動する。磁気センサの信号は、アナログ信号からデジタル信号へと変換され、データ送信部(26)から磁気データとして演算部(3)へと送信される。フーリエ変換部(32)は、磁気データ受信部(31)からの出力信号から各軸の複数の周波数成分中の振幅と位相を算出する。磁場ベクトル算出部(33)は、フーリエ変換部(32)からの出力信号から各軸の複数の周波数成分の位相関係から各軸の振幅について符号を算出し、符号と振幅から磁場の向きと大きさを表す磁場のベクトルを算出する。方向算出部(34)は情報端末(2)の方向を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を発生する磁場発生部と、
該磁場発生部から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部と、
該磁場検出部の各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中
の位相と振幅を算出するフーリエ変換部と、

該フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相
関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、該符号と前記振幅から前記交流磁場の向
きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出部と

を備えたことを特徴とする空間情報検出システム。

10

【請求項 2】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部と、

該姿勢検出部の出力信号と前記磁場ベクトル算出部の出力信号とから、前記磁場検出部
の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出部と

を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 3】

前記磁場検出部が、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し

、
前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え
、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

20

前記磁場ベクトル算出部が、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分
の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力信号と、前記直流磁場ベクトルか
ら前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場発生部からの交流磁場に
基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 4】

前記直流磁場は、地磁気であることを特徴とする請求項 3 に記載の空間情報検出システ
ム。

【請求項 5】

前記磁場発生部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁
場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場を少なくとも 1 つ発生させることを特徴
とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の空間情報検出システム。

30

【請求項 6】

前記不均一磁場が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場で
あることを特徴とする請求項 5 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 7】

前記磁場発生部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と
、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大き
さが異なる交流の不均一磁場とを発生させ、

40

前記磁場検出部が、前記均一磁場と、前記不均一磁場とを検出し、

前記磁場ベクトル算出部が、前記フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸
の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場および前記不均一磁場に対する前
記各軸の振幅について符号を算出するとともに、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一
磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算
出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクト
ルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から
出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の空間情報検出システム。

50

【請求項 8】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部を備え、

前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 9】

前記磁場検出部が、前記均一磁場と前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、

前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

前記磁場ベクトル算出部が、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルと、前記直流磁場ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 10】

前記直流磁場は、地磁気であることを特徴とする請求項 9 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 11】

前記不均一磁場は、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場であることを特徴とする請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載の空間情報検出システム。

【請求項 12】

前記磁場発生部は、前記均一磁場と、前記不均一磁場とを重ね合わせて発生させるコイルを有することを特徴とする請求項 7 乃至 11 のいずれかに記載の空間情報検出システム。

【請求項 13】

前記複数の周波数成分の整数比が、偶数対奇数であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の空間情報検出システム。

【請求項 14】

前記整数比が、2 対 1 であることを特徴とする請求項 13 に記載の空間情報検出システム。

【請求項 15】

多軸の磁気センサを有する磁場検出部を用いて、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を検出する磁場検出ステップと、

該磁場検出ステップからの各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換ステップと、

該フーリエ変換ステップからの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、該符号と前記振幅から前記交流磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出ステップと

を有することを特徴とする空間情報検出方法。

【請求項 16】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出ステップと、

前記姿勢検出ステップの出力信号と前記磁場ベクトル算出ステップの出力信号とから、前記磁場検出部の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出ステップと

を有することを特徴とする請求項 15 に記載の空間情報検出方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

前記磁場検出ステップが、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出し、

前記フーリエ変換ステップは、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

前記磁場ベクトル算出ステップが、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出ステップが、前記姿勢検出ステップからの出力信号と、前記直流磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と前記交流磁場に基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 16 に記載の空間情報検出方法。

10

【請求項 18】

前記磁場検出ステップが、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場とを検出し、

前記磁場ベクトル算出ステップが、前記フーリエ変換ステップからの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場に加え、前記不均一磁場に対する前記各軸の振幅について符号を算出し、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出ステップが、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記均一磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

20

ことを特徴とする請求項 15 に記載の空間情報検出方法。

【請求項 19】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出ステップを有し、

前記位置・姿勢算出ステップが、前記姿勢検出ステップからの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

30

ことを特徴とする請求項 18 に記載の空間情報検出方法。

【請求項 20】

前記磁場検出ステップが、前記均一磁場及び前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出し、

前記フーリエ変換ステップは、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

前記磁場ベクトル算出ステップが、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出ステップが、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記均一磁場ベクトルと、前記直流磁場ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

40

ことを特徴とする請求項 18 に記載の空間情報検出方法。

【請求項 21】

異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を発生する磁場発生部から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部と、

該磁場検出部の各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換部と、

該フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相

50

関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、前記符号と前記振幅から前記交流磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出部と

を備えたことを特徴とする空間情報検出装置。

【請求項 2 2】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部と、

前記姿勢検出部の出力信号と前記磁場ベクトル算出部の出力信号とから、前記磁場検出部の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出部と

を備えたことを特徴とする請求項 2 1 に記載の空間情報検出装置。

【請求項 2 3】

前記磁場検出部が、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し

10

、前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

前記磁場ベクトル算出部が、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力信号と、前記直流磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と前記交流磁場に基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 2 2 に記載の空間情報検出装置。

【請求項 2 4】

20

前記磁場検出部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場とを発生させる磁場発生部から発生された磁場を検出し、

前記磁場ベクトル算出部が、前記フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場に加え、前記不均一磁場に対する前記各軸の振幅について符号を算出するとともに、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

30

ことを特徴とする請求項 2 1 に記載の空間情報検出装置。

【請求項 2 5】

前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部を備え、

前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 2 4 に記載の空間情報検出装置。

【請求項 2 6】

40

前記磁場検出部が、前記均一磁場と前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、

前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、

前記磁場ベクトル算出部が、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、

前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルと、前記直流磁場ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部

50

の位置情報を算出する

ことを特徴とする請求項 2 4 に記載の空間情報検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、空間情報検出システム及びその検出方法並びに空間情報検出装置に関し、より詳細には、交流磁場を利用して連続的に測定ができ、また、周波数の設定の自由度が大きく、さらに、構成が簡単な空間情報検出システム及びその検出方法並びに空間情報検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、情報端末の位置や姿勢を検出する空間情報検出システムのニーズが高まってきている。例えば、モーションキャプチャにおけるヘッドマウントディスプレイのような可動体の向きを検出するための空間情報検出システムや、医療機器の分野において、挿入型の内視鏡やカプセル内視鏡のように目視できない場所にある情報端末の方向を計測する空間情報検出システムなどが挙げられる。

【0003】

これら情報端末の位置や姿勢を検出する空間情報検出方法として、交流磁場を利用する方法がある。そのとき、交流磁場の発生する向きと測定に利用される磁気センサの向きが問題となる。例えば、磁気センサに磁場が入射してくると出力信号が増大する方向（以下、磁気センサの正方向という）が、交流磁場の正方向と同方向である場合に測定する交流信号と、磁気センサの正方向が交流磁場の正方向と反対の向きである場合に測定する交流信号は、見かけ上は区別ができない。

【0004】

図 3 1 A 及び図 3 1 B は、磁気センサの正方向が正弦波状の交流磁場の入射方向に対して同方向の場合（図 3 1 A）と反対方向の場合（図 3 1 B）に測定された出力信号の様子を示す図である。図 3 1 A 及び図 3 1 B 共に、出力信号は正弦波となり、半波長分ずれた状態であるだけで、信号を適当な瞬間から連続的に取得している場合には交流磁場がどちらの方向から入射してきたか区別できない。従って、信号強度（振幅）だけを検出しても磁気センサの向きを判断し、振幅について正負の符号を持たせることはできない（符号とは、図 3 1 A のように磁気センサの正方向が交流磁場の入射方向と同じであれば正の符号（+）、図 3 1 B のように磁気センサの正方向が交流磁場の入射方向と反対であれば負の符号（-）と定義する）。すなわち、振幅の符号を手がかりに、磁気センサの向きを判断できない。

【0005】

このような問題を解決するため、例えば、特許文献 1 では、発生コイルから正弦波 A と正弦波 B を重ね合わせた磁場を発生させ、受信コイルで磁場を計測し、正弦波 A と正弦波 B を周波数帯域ごとに分離し、それぞれの信号を同期して比較することで発生コイルが磁場を出力した方向と受信コイルの向きとを判断していた。

【0006】

また、カプセル内視鏡の開発では、例えば、非特許文献 1 のように、発生コイルでの交流磁場の発生に同期させて、受信コイルで磁場を検出し、FFT (Fast Fourier Transform; 高速フーリエ変換) 演算を施すことによって各周波数の信号強度（振幅）を検出し、また、信号検出時から FFT 演算を施すまでのデータから位相を算出し、同じ時間を基準とすると磁気センサの向きと磁場の向きが同方向と反対方向の場合で位相がずれていることから、検出した交流磁場の振幅の符号を決定していた。

【0007】

しかしながら、上述した特許文献 1 に記載された方法では、正弦波 A が正出力を行っている場合に同期して間欠的に正弦波 B を重ね合わせるといった複雑な構成が必要である。また、受信コイルごとにそれぞれの周波数を分離するための帯域の決まったフィルタが必要

10

20

30

40

50

であり、さらに正弦波 A と正弦波 B に利用する周波数が 10 倍以上異なっている必要もあり、周波数の設定の自由度が低いという問題があった。また、システム構成として、発生コイルが動く構成となっており、磁場を発生させるための電源を情報端末へ搭載せねばならず、最近の情報端末に必須な小型化と省電力を図りにくいという問題があった。

【0008】

また、上述した非特許文献 1 に記載された方法では、同じ時間からの位相を検出するために、交流磁場の発生と同期して信号を測定しなければならず、そのためのトリガ（同期信号）を必要とし、連続的な測定を行うことが難しいという問題があった。

【0009】

その他、交流信号を利用した空間情報検出装置については、例えば、特許文献 2 のような音波の方向や、特許文献 3 のような一定間隔に置かれたコイルからの交流磁場を受けて車両の幅方向の位置を検出するような技術も見受けられる。この特許文献 2 では、別の位置にある 2 つの素子が受信した波形の位相差から方向を検出し、特許文献 3 は別の位置にある 2 つの素子が受信した波形の振幅から幅方向の位置を検出するものであるが、どちらも検出方向の範囲が限られており、最近の情報端末の要求する 360 度の方向を検出するには適していなかった。

【0010】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、交流磁場を利用して連続的に測定ができ、また、周波数の設定の自由度が大きく、さらに、構成が簡単な空間情報検出システム及びその検出方法並びに空間情報検出装置を提供すること

【0011】

【特許文献 1】特開 2006 - 214979 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 184341 号公報

【特許文献 3】特開平 11 - 73600 号公報

【特許文献 4】特開 2003 - 65791 号公報

【特許文献 5】特開平 8 - 278137 号公報

【特許文献 6】WO2004/003476

【非特許文献 1】生体医工学 41 - 4, 239 / 249 (2003)

【発明の開示】

【0012】

本発明は、このような目的を達成するためになされたもので、本発明の空間情報検出システムは、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を発生する磁場発生部（1）と、該磁場発生部から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部（20, 111）と、該磁場検出部の各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換部（32, 118）と、該フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、該符号と前記振幅から前記交流磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出部（33, 119）とを備えたことを特徴とする。（全実施形態）

【0013】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部（140）と、該姿勢検出部の出力信号と前記磁場ベクトル算出部の出力信号とから、前記磁場検出部の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出部（120）とを備えたことを特徴とする。（実施形態 8, 9, 10）

【0014】

また、前記磁場検出部が、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大き

10

20

30

40

50

さを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力信号と、前記直流磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場発生部からの交流磁場に基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。(実施形態9)

【0015】

また、前記直流磁場は、地磁気であることを特徴とする。(実施形態9)

【0016】

また、前記磁場発生部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場を少なくとも1つ発生させることを特徴とする。(全実施形態)

10

【0017】

また、前記不均一磁場が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場であることを特徴とする。(実施形態6乃至10)

【0018】

また、前記磁場発生部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場とを発生させ、前記磁場検出部が、前記均一磁場と、前記不均一磁場とを検出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場および前記不均一磁場に対する前記各軸の振幅について符号を算出するとともに、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。(実施形態4乃至7及び10)

20

【0019】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部を備え、前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。(実施形態10)

30

【0020】

また、前記磁場検出部が、前記均一磁場と前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルと、前記直流磁場ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。(実施形態7)

40

【0021】

また、前記直流磁場は、地磁気であることを特徴とする。(実施形態7)

【0022】

また、前記不均一磁場は、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場であることを特徴とする。(実施形態6, 7, 10)

【0023】

また、前記磁場発生部は、前記均一磁場と、前記不均一磁場とを重ね合わせて発生させるコイルを有することを特徴とする。(実施形態5乃至7及び10)

【0024】

50

また、前記複数の周波数成分の整数比が、偶数対奇数であることを特徴とする。（全実施形態）

【0025】

また、前記整数比が、2対1であることを特徴とする。（全実施形態）

【0026】

また、本発明の空間情報検出方法は、多軸の磁気センサを有する磁場検出部を用いて、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を検出する磁場検出ステップと、該磁場検出ステップからの各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換ステップと、該フーリエ変換ステップからの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、該符号と前記振幅から前記交流磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出ステップとを有することを特徴とする。

10

【0027】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出ステップと、前記姿勢検出ステップの出力信号と前記磁場ベクトル算出ステップの出力信号とから、前記磁場検出部の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出ステップとを有することを特徴とする。

【0028】

また、前記磁場検出ステップが、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出し、前記フーリエ変換ステップは、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出ステップが、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出ステップが、前記姿勢検出ステップからの出力信号と、前記直流磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と前記交流磁場に基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

20

【0029】

また、前記磁場検出ステップが、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場とを検出し、前記磁場ベクトル算出ステップが、前記フーリエ変換ステップからの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場に加え、前記不均一磁場に対する前記各軸の振幅について符号を算出し、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出ステップが、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記均一磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

30

【0030】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出ステップを有し、前記位置・姿勢算出ステップが、前記姿勢検出ステップからの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

40

【0031】

また、前記磁場検出ステップが、前記均一磁場及び前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出し、前記フーリエ変換ステップは、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出ステップが、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出ステップが、前記磁場ベクトル算出ステップから出力される前記均一磁場ベクトルと、前記

50

直流磁場ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

また、本発明の空間情報検出装置は、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を発生する磁場発生部（ 1 ）から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部（ 2 0 , 1 1 1 ）と、該磁場検出部の各軸の出力信号に基づいて、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換部（ 3 2 , 1 1 8 ）と、該フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、前記符号と前記振幅から前記交流磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出する磁場ベクトル算出部（ 3 3 , 1 1 9 ）とを備えたことを特徴とする。

10

【 0 0 3 3 】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部と、前記姿勢検出部の出力信号と前記磁場ベクトル算出部の出力信号とから、前記磁場検出部の姿勢情報と位置情報を算出する位置・姿勢算出部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

また、前記磁場検出部が、前記交流磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記交流磁場に基づく磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力信号と、前記直流磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と前記交流磁場に基づく磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

20

【 0 0 3 5 】

また、前記磁場検出部が、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知であり、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場とを発生させる磁場発生部から発生された磁場を検出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記フーリエ変換部からの出力信号に基づいて、前記各軸の前記複数の周波数成分の位相関係から、前記均一磁場に加え、前記不均一磁場に対する前記各軸の振幅について符号を算出するとともに、前記各軸の振幅と前記符号から前記均一磁場及び不均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトル及び不均一磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

30

【 0 0 3 6 】

また、前記磁場検出部の姿勢を検出する姿勢検出部を備え、前記位置・姿勢算出部が、前記姿勢検出部からの出力と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

40

【 0 0 3 7 】

また、前記磁場検出部が、前記均一磁場と前記不均一磁場に加え、直流磁場を検出する多軸の磁気センサを有し、前記フーリエ変換部は、前記各軸における前記複数の周波数成分中の位相と振幅に加え、前記各軸における直流成分の振幅を算出し、前記磁場ベクトル算出部が、前記均一磁場ベクトル及び前記不均一磁場ベクトルに加え、前記直流成分の振幅から前記直流磁場の向きと大きさを表す直流磁場ベクトルを算出し、前記位置・姿勢算出部が、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記均一磁場ベクトルと、前記直流磁場

50

ベクトルとから、前記磁場検出部の姿勢情報を算出し、該姿勢情報と、前記磁場ベクトル算出部から出力される前記不均一磁場ベクトルとから前記磁場検出部の位置情報を算出することを特徴とする。

【0038】

本発明によれば、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である磁場を発生する磁場発生部と、この磁場発生部から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部と、この磁場検出部の各軸の出力信号に基づいて、各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するフーリエ変換部と、このフーリエ変換部からの出力信号に基づいて、各軸の複数の周波数成分の位相関係から前記各軸の振幅について符号を算出し、この符号と振幅から磁場の向きと大きさを表す磁場のベクトルを算出する磁場ベクトル算出部とを備えたので、交流磁場を利用して連続的に測定ができ、また、周波数の設定の自由度が大きく、さらに、構成が簡単な空間情報検出システムを提供することができる。また、同様に、その空間情報検出方法及び空間情報検出装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】図1は、本発明の空間情報検出システムの実施形態1を示す全体構成図である。

【図2A】図2Aは、本発明の空間情報検出システムにおける情報端末と磁場発生部のコイル座標系を示す図で、情報端末の座標系を示す図である。

【図2B】図2Bは、本発明の空間情報検出システムにおける情報端末と磁場発生部のコイル座標系を示す図で、磁場発生部のコイルの座標系を示す図である。

20

【図3】図3は、本発明の空間情報検出システムにおける情報端末の方向と座標系との関係を示す図である。

【図4】図4は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態1の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。

【図5】図5は、磁気センサの向きと発生している交流磁場の向きの関係と、第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相関係を示す図である。

【図6】図6は、磁気センサの向きと発生している交流磁場の向きの関係と、第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相関係を示す他の図である。

【図7A】図7Aは、本発明の空間情報検出システムの実施形態1の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

30

【図7B】図7Bは、本発明の空間情報検出システムの実施形態1の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図8】図8は、1Hzと2Hzのサイン波磁場を重ね合わせた磁場を、方位角センサを磁場と水平に30度ごと回転して測定したと仮定したシミュレーションの結果を示す図である。

【図9A】図9Aは、本発明の空間情報検出システムの実施形態2の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図9B】図9Bは、本発明の空間情報検出システムの実施形態2の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図10】図10は、3Hzと8Hzの正弦波磁場を重ね合わせた磁場を、方位角センサを磁場と水平に30度ごと回転して測定したと仮定したシミュレーションの結果を示す図である。

40

【図11】図11は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態3の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。

【図12A】図12Aは、本発明の空間情報検出システムの実施形態3の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図12B】図12Bは、本発明の空間情報検出システムの実施形態3の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図13】図13は、本発明の空間情報検出システムの実施形態4を示す全体構成図である。

50

【図 1 4】図 1 4 は、情報端末の座標系についての説明図である。

【図 1 5】図 1 5 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 4 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。

【図 1 6】図 1 6 は、位置検出用磁場 B_p がなす磁場の向きに関して模式的に示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、位置検出磁場発生コイルからの位置検出用磁場 B_p を Z_g 軸上方から見た様子を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 4 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図 1 9】図 1 9 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 5 を示す全体構成図である。

10

【図 2 0】図 2 0 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 6 を示す全体構成図である。

【図 2 1 A】図 2 1 A は、勾配磁場発生機構についての説明図である。

【図 2 1 B】図 2 1 B は、勾配磁場発生機構についての説明図である。

【図 2 2】図 2 2 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 6 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図 2 3】図 2 3 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 7 を示す全体構成図である。

【図 2 4】図 2 4 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 7 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

20

【図 2 5】図 2 5 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 8 を示す全体構成図である。

【図 2 6】図 2 6 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 8 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。

【図 2 7】図 2 7 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 8 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図 2 8】図 2 8 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 9 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図 2 9】図 2 9 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 1 0 を示す全体構成図である。

30

【図 3 0】図 3 0 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 1 0 の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図 3 1 A】図 3 1 A は、磁気センサの正方向が正弦波状の交流磁場の入射方向に対して同方向の場合に測定された出力信号の様子を示す図である。

【図 3 1 B】図 3 1 B は、磁気センサの正方向が正弦波状の交流磁場の入射方向に対して反対方向の場合に測定された出力信号の様子を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

40

本発明において、空間情報とは姿勢、または位置の情報のことを意味している。姿勢とは、自由度の残った一部の姿勢であることもあるし、自由度の残っていない任意姿勢のこともある。

【0041】

まず、一部の姿勢である方向の検出について以下に説明する。

この方向の検出については、発生磁場の周波数比 1 : 2 で 3 軸磁気センサを使用する場合（実施形態 1）、発生磁場の周波数比 $M : N$ で 3 軸磁気センサを使用する場合（実施形態 2）、発生磁場の周波数比 $M : N$ で 2 軸磁気センサを使用する場合（実施形態 3）がある。これらの各実施形態について以下に説明する。実施形態 1 から 3 では、発生磁場は 1 つのコイルから発生する磁場として説明する。1 つのコイルから発生する磁場はコイルの

50

中心軸に対称に広がってゆくが、実施形態 1 から 3 では、1つの方向へ発生している磁場としてみなせる範囲で情報端末の方向を検出する方法を説明する。つまり、磁場の向きと大きさが一定とみなせる均一磁場として扱える領域、あるいはコイルの中心軸上、あるいは固定した位置に、情報端末があるとした状態での実施形態となっている。

【0042】

[実施形態 1]

< 発生磁場の周波数比 1 : 2 で 3 軸磁気センサを使用する場合 >

図 1 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 1 を示す全体構成図で、図中符号 1 は磁場発生部、1 a は電源、1 b はコイル、2 は情報端末、2 0 は磁場検出部、2 1 は磁気センサ、3 は演算部を示している。この実施形態 1 は、周波数比 1 : 2 で 1 つの磁場発生部を備え、磁場検出部 2 0 は、3 軸の磁気センサ 2 1 を備えたものである。

10

【0043】

本発明の空間情報検出システムは、磁場発生部 1 と、磁場検出部 2 0 と、フーリエ変換部（後述する図 4 の符号 3 2）と、磁場ベクトル算出部（後述する図 4 の符号 3 3）と、方向算出部（後述する図 4 の符号 3 4）を有する演算部 3 とから構成されている。磁場検出部 2 0 は、方向を検出したい情報端末 2 に取り付けられているものである。

【0044】

なお、情報端末 2 とは、利用者が何らかの情報を得ることのできる部分や部位を意味し、携帯電話、PDA (Personal Digital Assistant; パーソナルデジタルアシスタント)、カプセル内視鏡、内視鏡、ゲーム機など多様なものを意味している。また、演算部 3 は、例えば、携帯電話、PDA、ゲーム機向け、あるいはカプセル内視鏡、内視鏡向けの計測器または PC (Personal Computer; パーソナルコンピューター) 内の CPU (Central Processing Unit; 中央演算処理装置)、DSP (Digital Signal Processor; デジタルシグナルプロセッサ)、マイクロコンピューターなどに、メモリやハードディスクのような記憶装置や、外部との通信機能などを利用して構成する。

20

【0045】

本発明の空間情報検出システムを構成する磁場発生部 1 は、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流磁場を発生するものである。図 1 に示すように、電源 1 a とコイル 1 b とからなり、電源 1 a は、周波数が異なる 2 つの交流電流（又は電圧）を重ね合わせて発生させることができ、その第 1 と第 2 の周波数の角周波数は、それぞれ、 ω_1 、 ω_2 である（最小の整数比として周波数比が 1 : 2 である）。そして、コイル 1 b に電源 1 a からの発生電流を印加することで磁場を発生することができる。発生した交流磁場の位相は、第 1 の周波数成分、第 2 の周波数成分ともに時間 $t = 0$ において 0 / 2 であるとする。すなわち、第 1 の周波数成分の磁場の位相 θ_1 、第 2 の周波数成分の磁場の位相を θ_2 とすると、

30

$$B_1 = B_0 \cos(\omega_1 t - \theta_1 / 2) \dots (1)$$

$$B_2 = B_0 \cos(\omega_2 t - \theta_2 / 2) \dots (2)$$

と表すことができるとする。

【0046】

磁場検出部 2 0 は、図 4 にその具体的な構成が示されているが、磁場発生部 1 から発生された磁場を検出する 3 軸の磁気センサ 2 1（図 4 の X 軸磁気センサ 2 1 a、Y 軸磁気センサ 2 1 b、Z 軸磁気センサ 2 1 c）を搭載した方位角センサ 2 0 a を含んでおり、この方位角センサ 2 0 a は、互いに直交した面を向いた 3 軸の磁気センサ 2 1 a、2 1 b、2 1 c が搭載されている。この磁気センサは、例えば、ホール素子、MR 素子、GMR 素子、MI 素子などの半導体型の磁気センサである。

40

【0047】

演算部 3 は、図 4 にその具体的な構成が示されているが、フーリエ変換部 3 2 と、磁場ベクトル算出部 3 3 と、方向算出部 3 4 とを含んでおり、用途に応じ情報端末 2 に搭載されていてもされていなくてもよい。なお、図 1 においては情報端末 2 と演算部 3 の間に信

50

号線が描かれているが、無線であってもよい。

【 0 0 4 8 】

フーリエ変換部 3 2 は、図 4 に基づいて後述するが、磁場検出部 2 0 の各軸の出力信号に基づいて、各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅を算出するものである。磁場ベクトル算出部 3 3 は、図 4 に基づいて後述するが、フーリエ変換部 3 2 からの出力信号に基づいて、各軸の複数の周波数成分の位相関係から各軸の振幅について符号を算出するとともに、各軸の符号と、複数の周波数成分の少なくともいずれか一つの周波数成分における振幅から磁場の向きと大きさを表す磁場ベクトルを算出するものである。方向算出部 3 4 は、磁場ベクトル算出部 3 3 からの出力に基づいて情報端末 2 の向いている方向を算出するものである。

10

【 0 0 4 9 】

図 2 A 及び図 2 B は、本発明の空間情報検出システムにおける情報端末と磁場発生部のコイルの座標系を示す図で、図 2 A は情報端末の座標系を、図 2 B は磁場発生部のコイルの座標系を各々示す図である。

【 0 0 5 0 】

図 2 A に示すように、情報端末 2 の長手方向を x 軸、短手方向を y 軸とし、x 軸と y 軸に垂直な z 軸で、右手系の座標系 x y z 座標系（端末座標系）を定義する。また、情報端末 2 の方位角センサ 2 0 a が有する互いに直交な 3 軸の磁気センサ 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c の方向は、x y z 座標系を構成する各軸の方向と一致しているものとする。すなわち、x 軸、y 軸、z 軸の磁気センサがあり、それぞれの出力の増大方向（正方向）が x y z 座標系の各軸の正方向の向きである。

20

【 0 0 5 1 】

また、図 2 B に示すように、コイル 1 b は、水平面に鉛直に設置されており、このコイル 1 b から発生する正の磁場の方向と一致する X g 軸と、水平面（地平面）と鉛直な上方へ向かう Z g 軸と、水平面と平行な面を X g 軸と構成する Y g 軸で、右手系の座標系 X g Y g Z g 座標系（絶対座標系）が構成されている。

【 0 0 5 2 】

図 3 は、本発明の空間情報検出システムにおける情報端末の方向と座標系との関係を示す図である。図 3 において、ある方向を向いた情報端末 2 の x y z 座標系と X g Y g Z g 座標系は原点以外一致していない。実施形態 1 の空間情報検出システムで検出する情報端末 2 の空間情報である方向データ は、情報端末 2 の x 軸、y 軸を X g Y g 面へ座標変換した時のベクトルをそれぞれ x' 軸、y' 軸とすると、x' 軸と正の磁場の発生方向である X g 軸とのなす角で表される。（はじめに、x 軸周りの回転を行い、y 軸を y' 軸へ、次に y' 軸周りの回転を行い、x 軸を x' 軸へ移す。）なお、この図 3 におけるような方向データ は方位角ともいう。なお、本発明の実施の形態 1 の空間情報検出システムで検出する方向データ は、用途によっては方位角に限らず、情報端末 2 が検出した磁場の向きを表す磁場ベクトルとする場合もある。

30

【 0 0 5 3 】

図 4 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 1 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。この空間情報検出装置は、磁場検出部 2 0 と演算部 3 とから構成され、この演算部 3 は、データ受信部 3 1 とフーリエ変換部 3 2 と磁場ベクトル算出部 3 3 と方向算出部 3 4 を備えている。磁場検出部 2 0 は、方位角センサ 2 0 a とデータ送信部 2 6 を備えている。

40

【 0 0 5 4 】

この方位角センサ 2 0 a は、x 軸磁気センサ 2 1 a と y 軸磁気センサ 2 1 b と z 軸磁気センサ 2 1 c との 3 軸の磁気センサ 2 1 と、この 3 軸の磁気センサ 2 1 を選択して選択された軸の磁気センサからの出力信号を取得するマルチプレクサ部 2 2 と、このマルチプレクサ部 2 2 を介して磁気センサ 2 1 を駆動する磁気センサ駆動部 2 3 と、マルチプレクサ部 2 2 からの出力信号を増幅する信号増幅部 2 4 と、この信号増幅部 2 4 からの増幅信号を A / D 変換する A / D 変換部 2 5 とから構成されている。データ送信部 2 6 は、A / D

50

変換部 2 5 で変換された信号を演算部 3 に送信する。

【 0 0 5 5 】

このような構成により、磁気センサ駆動部 2 3 は、マルチプレクサ部 2 2 を介して磁気センサ 2 1 を駆動する。マルチプレクサ部 2 2 は、測定する軸の磁気センサを選択する。選択された軸の磁気センサの信号は、信号増幅部 2 4 において適切な大きさに増幅され、A / D 変換部 2 5 においてアナログ信号からデジタル信号へと変換される。このデジタル信号への変換は、各軸の磁気センサからの信号に対して行う。デジタル化された信号は、データ送信部 2 6 から磁気データとして演算部 3 へと送信される。

【 0 0 5 6 】

演算部 3 は、上述したように、磁場検出部 2 0 のデータ送信部 2 6 からの磁気データを受信するデータ受信部 3 1 と、フーリエ変換部 3 2 と、磁場ベクトル算出部 3 3 と、方向算出部 3 4 とから構成されている。

10

【 0 0 5 7 】

フーリエ変換部 3 2 は、データ受信部 3 1 からの出力信号から各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅を算出する。また、磁場ベクトル算出部 3 3 は、フーリエ変換部 3 2 からの出力信号から各軸の複数の周波数成分の位相関係から各軸の振幅について符号を算出し、符号と振幅から磁場の向きと大きさを表す磁場のベクトルを算出する。また、方向算出部 3 4 は、磁場ベクトル算出部 3 3 からの出力信号から情報端末 2 の方向を算出する。

【 0 0 5 8 】

このような構成により、データ受信部 3 1 は、磁場検出部 2 0 のデータ送信部 2 6 から送られてきた磁気データを受信してフーリエ変換部 3 2 へ送る。このフーリエ変換部 3 2 は、所望量の 3 軸の磁気センサ 2 1 からの磁気データを取得した後に、それらに対し F F T 演算（高速フーリエ変換）を実行する。所望量として取得するデータ量は、例えば、重ね合わせた交流磁場の波形の整数周期分のデータ量である。例えば、1 H z と 2 H z の交流磁場を重ねて発生し、方位角センサ 2 0 a にて 1 2 8 H z のサンプリングで磁気データを取得する場合、1 H z と 2 H z の周期が整数倍になるデータ量は 1 2 8 個であり、これを取得するデータ量とする。F F T 演算の実行は、x 軸の所望量の磁気データ、y 軸の所望量の磁気データ、z 軸の所望量の磁気データに対し、別々に F F T 演算を行うか、いずれかの 2 軸の所望量の磁気データを同時に複素 F F T 演算して F F T データを得て、残りの 1 軸の所望量の磁気データに対しては別に F F T 演算を行う方法でも良い。そして、F F T 演算の実行により算出された各軸の F F T データから第 1 の周波数成分の各軸の振幅と、第 1 と第 2 の周波数成分の位相を算出し、磁場ベクトル算出部 3 3 へと送る。

20

30

【 0 0 5 9 】

ここで、各軸の F F T データから、フーリエ変換部 3 2 で算出された振幅を x 軸、y 軸、z 軸でそれぞれ A_x 、 A_y 、 A_z とし、算出された第 1 の周波数成分の位相の各軸成分を同様に ϕ_x 、 ϕ_y 、 ϕ_z 、第 2 の周波数成分の位相の各軸成分を ψ_x 、 ψ_y 、 ψ_z として表す ($0 \leq \phi_x, \phi_y, \phi_z, \psi_x, \psi_y, \psi_z < 2\pi$)。

【 0 0 6 0 】

これら算出された位相は、磁場ベクトル算出部 3 3 へと送られ、測定した軸の磁気センサの正方向が磁場の正方向に対してどちらの方向を向いていたか、次の位相関係から求める振幅符号判定値を利用して振幅の符号を判定する。以下に x 軸の成分に関して説明を行う。

40

【 0 0 6 1 】

振幅符号判定値 S_x を

$$S_x = \phi_x - 2\pi \times \psi_x \quad \dots \text{(式 3)}$$

と定義する。但し、 $0 \leq S_x < 2\pi$ である。

【 0 0 6 2 】

磁気センサ 2 1 の正方向と、発生磁場の正方向が一致している場合、算出される第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相を ϕ_x^+ 、 ψ_x^+ とすると、

50

$$x^+ = t - / 2 - 2 p x^+ \dots (式4)$$

$$x^+ = 2 t - / 2 - 2 q x^+ \dots (式5)$$

(但し、 $p x^+$ 、 $q x^+$ は0 x^+ 、 $x^+ < 2$ にするための整数)と測定される。そして、そのときの振幅符号判定値 x^+ は(式3)より、

$$x^+ = / 2 + 2 (2 p x^+ - q x^+) - 2 x^+ \dots (式6)$$

となり、一定値である(但し、 x^+ は0 $x^+ < 2$ にするための整数)。一方、磁気センサ21の正方向と、発生磁場の正方向が反対の場合、算出される第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相を x^- 、 x^- とすると、

$$x^- = t - / 2 + - 2 p x^- \dots (式7)$$

$$x^- = 2 t - / 2 + - 2 q x^- \dots (式8)$$

と測定される(位相がずれる。また $p x^-$ 、 $q x^-$ は0 x^- 、 $x^- < 2$ にするための整数)ので、この場合の振幅符号判定値 x^- は(式3)から

$$x^- = 3 / 2 + 2 (2 p x^- - q x^-) - 2 x^- \dots (式9)$$

となり(但し、 x^- は0 $x^- < 2$ にするための整数)、これも一定値である。

【0063】

従って、(式3)から算出した振幅符号判定値 x^+ が(式6)の x^+ と(式9)の x^- として、値が異なることから、発生磁場の方向と磁気センサ21の向きとの関係が、同方向であるのか反対方向であるのかが判別できる。そして、振幅の符号を判定することが可能である。

【0064】

例えば、x軸の振幅の符号 $Sign(A_x)$ (但し、 $Sign(k)$ はkの符号を表し、-1または+1となる)は、(式3)の x^+ を用いて

$$Sign(A_x) = Sign(Sin(x^+)) \dots (式10)$$

と表現できる。

【0065】

図5及び図6は、磁気センサの向きと発生している交流磁場の向きとの関係と、第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相関係を示す図である。最上段に正の磁場の方向と磁気センサ21の正方向の関係を示し、2段目に磁気センサ21で測定される、交流磁場の変動を周波数成分ごとに $t = 0$ から $t = 3 /$ まで図示し、3段目に2段目の交流磁場の第1の周波数成分の位相 x^+ 、第2の周波数成分の位相 x^- 、そして $2 x^-$ の時間変化をそれぞれ実線、破線、一点鎖線で $t = 0$ から $t = 3 /$ まで図示し、最下段に $x^+ (= x^- - 2 x^-)$ の時間変化を $t = 0$ から $t = 3 /$ まで図示している。

【0066】

図5は、磁場の正方向と磁気センサの正方向が同方向の場合、図6は、反対方向の場合を示している。図5では、 x^+ が $/ 2$ で一定に(式6)の x^+ に対応)、図6では x^+ が $3 / 2$ で一定(式9)の x^- に対応)になる。図では磁気センサ21の感磁面(磁場を検知する面)が磁場と垂直の場合で表しているが、垂直でない場合は測定される磁場の振幅が減少するだけで、感磁面が磁場と平行となって反対の方向側へ向くまで、(式6)と(式9)の x^+ 、 x^- は変化しない。従って、磁気センサ21の出力の正負が判別できる。そして、以上見てきたように、(式6)と(式9)の x^+ 、 x^- は時間に依存しない値をとり、振幅の符号決定には磁場と同期したデータからの位相算出を必要としないので、測定するタイミングを自由に選ぶこともでき、また連続的な測定が可能である。そして、上述した特許文献1のように、間欠的に信号を重ね合わせる構成を利用しなくてよいという利点がある。

【0067】

x軸と同様にしてy軸、z軸の振幅符号判定値 y^+ 、 z^+ から、y軸、z軸の振幅の符号を求め、次の符号付き振幅を算出する。x軸、y軸、z軸の符号付き振幅を A_x' 、 A_y' 、 A_z' とすると、

$$A_x' = Sign(Sin(x^+)) \times A_x \dots (式11)$$

$$A_y' = Sign(Sin(y^+)) \times A_y \dots (式12)$$

10

20

30

40

50

$$A_z' = \text{Sign}(\text{Sin}(\theta_z)) \times A_z \quad \dots \text{(式13)}$$

を算出する。これによって、測定している交流磁場の第1の周波数成分の強度と向きを表す磁場ベクトル (A_x', A_y', A_z') ^T を得ることができた(ただし、 X^T は X の転置を表し、このベクトルは縦ベクトルを表現している)。なお、この磁場ベクトルは、必要に応じて規格化して用いてもよい。すなわち、 A_x' や磁場ベクトル (A_x', A_y', A_z') ^T の大きさを基準にした比で磁気ベクトルデータを表現し直しても良い。そして、この得られた磁場ベクトルを方向算出部34へと送る。

【0068】

この方向算出部34では、磁場ベクトルから姿勢情報である方向データを求め、出力する。方向データを、図3のような方位角として算出する場合は、情報端末2の姿勢を検知し、磁場ベクトルを情報端末2の姿勢に合わせて補正し、その水平成分から算出することができる。例えば、特許文献4, 5などに記されているような方法で方向データを求めることができる。

10

【0069】

補正された磁場ベクトルの水平成分を A_x'', A_y'' とすると、方向データは

$$= \tan^{-1}(A_y''/A_x'') \quad \dots \text{(式14)}$$

で、360度の方向を求めることができる。

【0070】

もちろん、 xy 平面と $XgYg$ 平面が同一平面上にある場合には、(式11)、(式12)から直接

$$= \tan^{-1}(A_y'/A_x') \quad \dots \text{(式15)}$$

で求めることができる。

20

【0071】

なお、方向データを方位角としてではなく単純に磁場の存在方向を表したい場合には、磁場ベクトルをそのまま方向データとして利用する。

【0072】

図7A及び図7Bは、本発明の空間情報検出システムの実施形態1の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、磁場発生部1により周波数比が1:2で異なる2つの交流磁場を重ね合わせて発生させる(ステップS1)。次に、磁場発生部1により発生した磁場を、磁場検出部20の3軸の磁気センサ21を有する方位角センサ20aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する(ステップS2)。次に、フーリエ変換部32は、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する(ステップS3)。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

30

【0073】

次に、フーリエ変換部32にて、取得された所望量のx軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステップS4)。次に、同様にy軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステップS5)。次に、同様にz軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステップS6)。

40

【0074】

次に、x軸のFFTデータから第1の周波数成分の振幅 A_x を算出する(ステップS7)。次に、同様にy軸のFFTデータから第1の周波数成分の振幅 A_y を算出する(ステップS8)。次に、同様にz軸のFFTデータから第1の周波数成分の振幅 A_z を算出する(ステップS9)。

【0075】

次に、x軸のFFTデータから第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相 ϕ_x, ψ_x を算出する(ステップS10)。次に、同様にy軸のFFTデータから第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相 ϕ_y, ψ_y を算出する(ステップS11)。次に、同様にz軸のFFTデータから第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相 ϕ_z, ψ_z を算出する(

50

ステップ S 1 2)。

【 0 0 7 6 】

次に、磁場ベクトル算出部 3 3 において、算出した x , y , z , x , y , z から (式 3) に基づいて各軸の振幅符号判定値 x , y , z を算出し (ステップ S 1 3)、算出した振幅符号判定値 x , y , z から、各軸の振幅の符号を判定し、符号付き振幅、すなわち、磁場ベクトルを算出する (ステップ S 1 4)。この磁場ベクトルから方向データ を方向算出部 3 4 で算出する (ステップ S 1 5)。

【 0 0 7 7 】

なお、フーリエ変換部 3 2 で F F T 演算がなされた後であれば、その後のステップ S 1 3 以前の演算順序は交換することは可能である。例えば、ステップ S 4 の後に、ステップ S 7、ステップ S 1 0 という順のように x 軸の磁気データの演算を一度に行ってしまう順序も考えられる。また、ステップ S 1 3、ステップ S 1 4 の演算を各軸のデータごとに行なってもよい。例えば、x 軸の x から符号を判定し、x 軸の振幅の符号を判定し、符号付き振幅 A_x' を算出する。その後、y 軸、z 軸の y , z から順次同様の手順にて A_y' , A_z' を算出するのでもよい。

10

【 0 0 7 8 】

また、以上の手順では、3 軸の磁気データに対して個別に 3 回の F F T 演算を行ったが (ステップ S 4 ~ ステップ S 6)、複素 F F T 演算を用いて、3 軸の磁気データの F F T を、2 回の F F T 演算実行で済ますこともできる。例えば、x 軸と y 軸の磁気データに対して実数部に x 軸の磁気データを、虚数部に y 軸の磁気データを入れ、複素 F F T 演算を実行し、残りの z 軸の磁気データに対しては虚数部をゼロ詰めした複素 F F T 演算を行うという方法もある。なお、これ以外の F F T 演算アルゴリズムに対しても、3 軸の磁気データの F F T データが得られれば、本発明の空間情報検出方法は有効であることは明らかである。

20

【 0 0 7 9 】

また、以上の手順では、振幅を算出する周波数成分を第 1 の周波数成分としたが、磁気センサが測定した信号の強度として、第 2 の周波数成分の振幅も算出後の F F T データから求めることもでき、第 1 の周波数成分の振幅と同じ符号を持つので、方向データ算出に十分な強度が得られれば、第 1 の周波数成分の振幅ではなく、第 2 の周波数成分の振幅を演算に利用してもよいのは明らかである。その場合、算出される磁場ベクトルは第 2 の周波数成分を表したものとなる。

30

【 0 0 8 0 】

また、以上では 1 つの周波数成分の交流磁場の波形を理想的な正弦波と仮定して説明したが、理想的な正弦波でない場合でも、取得したい周波数成分とそうでない周波数成分の信号が分離できる場合には、その他の正弦波でない波形を利用した場合でも今回の発明に含まれる。

【 0 0 8 1 】

図 8 は、1 Hz と 2 Hz の正弦波磁場を重ね合わせた磁場を、方位角センサを磁場と水平に 30 度ごと回転して測定したと仮定したシミュレーションの結果を示す図である。サンプリング周波数は 100 Hz であり、F F T 演算時のデータ量は 100 個とした。設定方位角と、算出角度が一致している。

40

【 0 0 8 2 】

[実施形態 2]

< 発生磁場の周波数比 M : N で 3 軸磁気センサを使用する場合 >

本発明の実施形態 2 における空間情報検出システムの構成は、図 1 と同様であるが、図 1 の磁場発生部 1 で発生させる交流磁場の、第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の角周波数が、互いの偶奇が異なる正の整数 M、N を用い、それぞれ M、N である (最小の整数比として周波数比が M : N である)。なお、互いの偶奇が異なるとは、どちらかが偶数であった場合に、もう一方は奇数であるということである。つまり、M : N は偶数対奇数、または奇数対偶数である。そして、コイル 1 b に電源 1 a からの発生電流を印加する

50

ことで磁場を発生することができる。発生した交流磁場の位相は、第1の周波数成分、第2の周波数成分ともに時間 t = 0 においてそれぞれ、 θ_1 、 θ_2 である。すなわち、第1の周波数成分の磁場の位相を θ_1 、第2の周波数成分の磁場の位相を θ_2 とすると、

$$B_x = M \cos(\omega_1 t + \theta_1) + \dots \text{ (式 16)}$$

$$B_y = N \cos(\omega_2 t + \theta_2) + \dots \text{ (式 17)}$$

と表すことができるとする。

【0083】

また、図2，図3，図4のコイルと情報端末の座標系を表す図及び情報端末の方向と座標系との関係を示す図及び空間情報検出装置の構成ブロック図は、発明の実施形態1と同様である。

【0084】

上述した(式16)、(式17)の形式で表される交流磁場が重なって発生し、発明の実施形態1と同様に方位角センサ20aにて3軸の磁気データを測定し、フーリエ変換部32にて所望量の3軸の磁気センサ21からの磁気データを取得後、それらに対しFFT演算を実行する。

【0085】

ここで、発明の実施形態1と同様に、各軸のFFTデータから、振幅をx軸，y軸，z軸でそれぞれ A_x ， A_y ， A_z とし、第1の周波数成分の位相の各軸成分を同様に ϕ_x ， ϕ_y ， ϕ_z 、第2の周波数成分の位相の各軸成分を ψ_x ， ψ_y ， ψ_z として表す ($0 \leq \phi_x, \phi_y, \phi_z, \psi_x, \psi_y, \psi_z < 2\pi$)。

【0086】

磁場ベクトル算出部33では、測定した軸の磁気センサの正方向が磁場の正方向に対してどちらの方向を向いていたか、位相関係から求める振幅符号判定値を利用して、振幅の符号を判定する。以下にx軸の成分に関して説明を行う。振幅符号判定値 S_x を

$$S_x = M \cos(\phi_x) - N \cos(\psi_x) + \dots \text{ (式 18)}$$

と定義する。但し、 $0 \leq \phi_x < 2\pi$ である。

【0087】

磁気センサの正方向と、発生磁場の正方向が一致している場合、算出される第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相を ϕ_x^+ ， ψ_x^+ とすると、

$$\phi_x^+ = M \cos(\phi_x) + 2 p_x^+ \sin(\phi_x) + \dots \text{ (式 19)}$$

$$\psi_x^+ = N \cos(\psi_x) + 2 q_x^+ \sin(\psi_x) + \dots \text{ (式 20)}$$

(但し、 p_x^+ 、 q_x^+ は $0 \leq \phi_x^+, \psi_x^+ < 2\pi$ にするための整数) と測定される。そして、そのときの振幅符号判定値 S_x^+ は(式18)より、

$$S_x^+ = (M \cos(\phi_x) - N \cos(\psi_x)) + 2 (N p_x^+ \sin(\psi_x) - M q_x^+ \sin(\phi_x)) - 2 \dots \text{ (式 21)}$$

となる(但し、 ϕ_x^+ は $0 \leq \phi_x^+ < 2\pi$ にするための整数)。一方、磁気センサの正方向と、発生磁場の正方向が反対の場合、算出される第1の周波数成分と第2の周波数成分の位相を ϕ_x^- ， ψ_x^- とすると、

$$\phi_x^- = M \cos(\phi_x) + 2 p_x^- \sin(\phi_x) + \dots \text{ (式 22)}$$

$$\psi_x^- = N \cos(\psi_x) + 2 q_x^- \sin(\psi_x) + \dots \text{ (式 23)}$$

と測定される(位相がずれる。また p_x^- 、 q_x^- は $0 \leq \phi_x^-, \psi_x^- < 2\pi$ にするための整数)ので、この場合の振幅符号判定値 S_x^- は(式18)より、

$$S_x^- = (M \cos(\phi_x) - N \cos(\psi_x)) + (M - N) + 2 (N p_x^- \sin(\psi_x) - M q_x^- \sin(\phi_x)) - 2 \dots \text{ (式 24)}$$

となる(但し、 ϕ_x^- は $0 \leq \phi_x^- < 2\pi$ にするための整数)。発明の実施の形態1と同様に、発生磁場の方向と磁気センサの向きが判別できるためには、(式21)の S_x^+ と(式24)の S_x^- が異なることであるので、

$$M - N = 2j \text{ (但し、} j \text{ は整数)} + \dots \text{ (式 25)}$$

かつ、

$$N p_x^+ - M q_x^+ = N p_x^- - M q_x^-$$

10

20

30

40

50

が常に整数であるようにM、Nを選ぶ必要がある。すなわち、MとNは互いの偶奇の異なる整数である。つまり、M - Nが偶数にならなければ(式21)の x^+ と(式24)の x^- は区別が可能である。M、Nは一方が偶数で、もう一方が奇数であればよい。

【0088】

このようにして、(式18)から算出した振幅符号判定値 x は、(式21)の x^+ と(式24)の x^- として区別が可能であるので、発生磁場の方向と磁気センサの向きとの関係も区別できる。 $Sign(A_x)$ は、(式21)の x^+ と(式24)の x^- によって、発生磁場の方向と磁気センサの向きに応じて正負の符号が算出できるように、予め関数を設定しておけばよい。

【0089】

$$M - N = \dots / 2 \dots \dots (式26)$$

の場合には、

$$Sign(A_x) = Sign(\sin(x)) \dots \dots (式27)$$

と表現できる。

【0090】

同様にy軸、z軸の振幅符号判定値 y 、 z から、y軸、z軸の振幅の符号を求め、次の符号付き振幅を求める。x軸、y軸、z軸の符号付き振幅を A_x' 、 A_y' 、 A_z' とすると、

$$A_x' = Sign(A_x) \times A_x \dots \dots (式28)$$

$$A_y' = Sign(A_y) \times A_y \dots \dots (式29)$$

$$A_z' = Sign(A_z) \times A_z \dots \dots (式30)$$

を算出する。

【0091】

以上のようにして、磁場ベクトルが得られたので、発明の実施形態1と同様にこの得られた磁場ベクトルを方向算出部34へと送る(必要に応じて、磁場ベクトルを規格化したい場合は規格化する。)。この方向算出部34では、発明の実施形態1と同様に方向データを算出する。

【0092】

以上のように、重ね合わせる交流磁場の周波数比を、発明の実施形態1の1:2からM:Nへと拡張し、利用する周波数の選択の幅を広げることができた。発明の実施形態1の1:2とは、一般的にはこの発明の実施形態2のM:Nに含まれているのはもちろんである。さらに、磁場発生時に位相 θ 、 ϕ が決まっていれば、上記の方式で方向検出を行うことが可能であるので、第1の周波数と第2の周波数の位相が必ずしも一致せず異なってもよい。また、発明の実施形態1と同様に振幅の符号決定には磁場と同期したデータからの位相算出を必要としないので、測定するタイミングを自由に選ぶこともでき、また連続的な測定が可能である。そして、上述した特許文献1のように間欠的に信号を重ね合わせる複雑な構成を利用しなくてよい。

【0093】

図9A及び図9Bは、本発明の空間情報検出システムの実施形態2の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、磁場発生部1で周波数比がM:Nで異なる2つの交流磁場を重ね合わせて発生させる(ステップS1)。次に、磁場発生部1で発生した磁場を、3軸の磁気センサ21を有する方位角センサ20aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する(ステップS2)。次に、フーリエ変換部32は、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する(ステップS3)。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

【0094】

次に、フーリエ変換部32において、取得された所望量のx軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステップS4)。次に、同様にy軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステップS5)。次に、同様にz軸の磁気データに対してFFT演算を行う(ステ

10

20

30

40

50

ップ S 6)。

【 0 0 9 5 】

次に、x 軸の F F T データから第 1 の周波数成分の振幅 A_x を算出する (ステップ S 7)。次に、同様に y 軸の F F T データから第 1 の周波数成分の振幅 A_y を算出する (ステップ S 8)。次に、同様に z 軸の F F T データから第 1 の周波数成分の振幅 A_z を算出する (ステップ S 9)。

【 0 0 9 6 】

次に、x 軸の F F T データから第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} を算出する (ステップ S 1 0)。次に、同様に y 軸の F F T データから第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相 ϕ_{y1} , ϕ_{y2} を算出する (ステップ S 1 1)。次に、同様に z 軸の F F T データから第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相 ϕ_{z1} , ϕ_{z2} を算出する (ステップ S 1 2)。

【 0 0 9 7 】

次に、磁場ベクトル算出部 3 3 において、算出した ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{y1} , ϕ_{y2} , ϕ_{z1} , ϕ_{z2} から (式 1 8) に基づいて各軸の振幅符号判定値 σ_x , σ_y , σ_z を算出し (ステップ S 1 3)。算出した振幅符号判定値 σ_x , σ_y , σ_z から各軸の振幅の符号を判定し、符号付き振幅、すなわち、磁場ベクトルを算出する (ステップ S 1 4)。次に、磁気ベクトルデータから方向データ θ を方向算出部 3 4 で算出する (ステップ S 1 5)。

【 0 0 9 8 】

フーリエ変換部 3 2 で F F T 演算がなされた後であれば、その後のステップ S 1 3 以前の演算順序は交換することは可能である。例えば、ステップ S 4 の後に、ステップ S 7、ステップ S 1 0 という順のように x 軸の磁気データの演算を一度に行ってしまう順序も考えられる。また、ステップ S 1 3、ステップ S 1 4 の演算を各軸のデータごとにおこなってもよい。例えば、x 軸の ϕ_{x1} から符号を判定し、x 軸の振幅の符号を判定し、符号付き振幅 A_x' を算出する。その後、y 軸、z 軸の ϕ_{y1} , ϕ_{y2} , ϕ_{z1} , ϕ_{z2} から順次同様の手順にて A_y' , A_z' を算出するのでもよい。

【 0 0 9 9 】

また、以上の手順では、3 軸の磁気データに対して個別に 3 回の F F T 演算を行ったが (ステップ S 4 ~ ステップ S 6)、複素 F F T 演算を用いて、3 軸の磁気データの F F T を、2 回の F F T 演算実行で済ますこともできる。例えば、x 軸と y 軸の磁気データに対して実数部に x 軸の磁気データを、虚数部に y 軸の磁気データを入れ、複素 F F T 演算を実行し、残りの z 軸の磁気データに対しては虚数部をゼロ詰めした複素 F F T 演算を行うという方法もある。なお、これ以外の F F T 演算アルゴリズムに対しても、3 軸の磁気データの F F T データが得られれば、本発明の空間情報検出方法は有効であることは明らかである。

【 0 1 0 0 】

また、以上の手順では、振幅を算出する周波数成分を第 1 の周波数成分としたが、実施形態 1 と同様に、磁気センサが測定した信号の強度として、第 2 の周波数成分の振幅を利用してもよいことは明らかである。

【 0 1 0 1 】

また、実施形態 1 と同様に 1 つの周波数成分の交流磁場の波形が理想的な正弦波でない場合でも、取得したい周波数成分とそうでない周波数成分の信号が分離できる場合には、その他の正弦波でない波形を利用した場合であっても今回の発明に含まれる。

【 0 1 0 2 】

図 1 0 は、3 H z と 8 H z の正弦波磁場を重ね合わせた磁場を、方位角センサを磁場と水平に 3 0 度ごと回転して測定したと仮定したシミュレーションの結果を示す図である。サンプリング周波数は 1 0 0 H z であり、F F T 演算時のデータ量は 1 0 0 個とした。設定方位角と算出角度が一致していることがわかる。

【 0 1 0 3 】

[実施形態 3]

10

20

30

40

50

< 発生磁場の周波数比 $M : N$ で 2 軸磁気センサを使用する場合 >

本発明の実施形態 3 は、周波数比 $M : N$ で 1 つの磁場発生手段と 2 軸の磁気センサ 2 1 を有する場合を示している。情報端末 2 が水平面に固定されて使用される場合には、方位角センサ 2 0 a は、 x 軸と y 軸の 2 軸の磁気センサ (2 1 a , 2 1 b) のみを有するもので、発明の実施形態 1、もしくは発明の実施形態 2 と同様の手順で磁場の方向を検出することができる。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 3 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図で、2 軸の磁気センサ 2 1 を利用した場合の本発明に係る空間情報検出装置の構成ブロック図である。図 1 1 が、上述した実施形態 1 の図 4 と異なるのは、磁気センサ 2 1 の数であり、 x 軸、 y 軸のみの 2 軸となっている。その他の構成及び動作は、図 4 と同様である。

10

【 0 1 0 5 】

図 1 2 A 及び図 1 2 B は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 3 の動作を説明するためのフローチャートを示す図で、磁気センサが 2 軸の場合の方向検出方法の手順を示すフローチャートである。まず、磁場発生部 1 により周波数比が $M : N$ で異なる 2 つの交流磁場を重ね合わせて発生させる (ステップ S 1)。次に、磁場発生部 1 で発生した磁場を、2 軸の磁気センサ 2 1 を有する方位角センサ 2 0 a で測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する (ステップ S 2)。次に、フーリエ変換部 3 2 は、FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する (ステップ S 3)。FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップ S 4 へ進み、FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップ S 2 へ戻る。

20

【 0 1 0 6 】

次に、フーリエ変換部 3 2 において、取得された所望量の x 軸の磁気データに対して FFT 演算を行う (ステップ S 4)。次に、同様に y 軸の磁気データに対して FFT 演算を行う (ステップ S 5)。次に、 x 軸の FFT データから第 1 の周波数成分の振幅 A_x を算出する (ステップ S 6)。次に、同様に y 軸の FFT データから第 1 の周波数成分の振幅 A_y を算出する (ステップ S 7)。

【 0 1 0 7 】

次に、 x 軸の FFT データから第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相 θ_x 、 θ_x を算出する (ステップ S 8)。次に、同様に y 軸の FFT データから第 1 の周波数成分と第 2 の周波数成分の位相 θ_y 、 θ_y を算出する (ステップ S 9)。

30

【 0 1 0 8 】

次に、磁場ベクトル算出部 3 3 において、算出した θ_x 、 θ_y 、 θ_x 、 θ_y から (式 1 8) に基づいて各軸の振幅符号判定値 θ_x 、 θ_y を算出し (ステップ S 10)、算出した振幅符号判定値 θ_x 、 θ_y から、各軸の振幅の符号を判定し、符号付き振幅、すなわち、磁気ベクトルデータを算出する (ステップ S 11)。次に、磁場ベクトルから方向データを方向算出部 3 4 で算出する (ステップ S 12)。

【 0 1 0 9 】

以上の手順によって、空間情報である方向データを算出することができた。続けて方向データを算出するには、ステップ 2 へもどれば良い。

40

【 0 1 1 0 】

以上の実施形態 1 乃至 3 においては、磁場を発生するコイルを 1 つのコイルとして説明したが、情報端末をはさむ形でヘルムホルツコイルを配置し、そのヘルムホルツコイルから実施形態 1 乃至 3 で説明した磁場を発生させても良い。

【 0 1 1 1 】

なお、以上の実施形態と同様な交流磁場を発生するコイルを複数個利用し、同様な方法を利用することで情報端末 2 の任意の姿勢検出が可能である。実施形態 1 乃至 3 においては 1 つの交流磁場の発生方向を軸とした動きの自由度が残っているが、もう一つ別の交流磁場を発生させることでその自由度を減らすことができ、任意の姿勢が規定できるように

50

なる。従って、実施形態にあるような方位角センサ 20a によって、任意の姿勢検出が可能である。このことは、以降の実施形態において説明する方法を利用する。

【0112】

次に、均一磁場と不均一磁場を用いた位置と姿勢の検出について以下に説明する。

この均一磁場と不均一磁場を用いた位置と姿勢の検出については、別々のコイルで Zg 軸用磁場と位置検出用磁場を発生する場合（実施形態 4）、1つのコイルで Zg 軸用磁場と位置検出用磁場を発生する場合（実施形態 5）がある。以下、これらの実施形態について以下に説明する。

【0113】

[実施形態 4]

< 別々のコイルで Zg 軸用磁場と位置検出用磁場を発生する場合 >

図 13 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 4 を示す全体構成図である。この空間情報検出システムは、磁場発生部として、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知で、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なっている交流の不均一磁場を発生する不均一磁場発生部（位置検出磁場発生コイル 103 と位置検出磁場発生用電源 106）と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場を発生する 2つの均一磁場発生部（Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 と Xg 軸ヘルムホルツコイル用電源 104 及び Zg 軸ヘルムホルツコイル 102 と Zg 軸ヘルムホルツコイル用電源 105）と、この不均一磁場発生部から発生された交流磁場と均一磁場発生部から発生された交流磁場を検出する多軸の磁気センサを有する磁場検出部 111 と、この磁場検出部 111 の姿勢情報を 2つの均一磁場発生部から発生される交流の均一磁場に基づく磁場検出部 111 の出力信号から算出し、その姿勢情報と、不均一磁場発生部により発生される交流の不均一磁場に基づく磁場検出部 111 の出力信号とから磁場検出部 111 の位置情報を算出する演算部 108 とを備えている。

【0114】

つまり、空間情報検出システムは、Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 と Zg 軸ヘルムホルツコイル 102 と位置検出磁場発生コイル 103 と Xg 軸ヘルムホルツコイル用電源 104 と Zg 軸ヘルムホルツコイル用電源 105 と位置検出磁場発生用電源 106 と磁場検出部 111 を有する情報端末 107 と演算部 108 とデータ表示部 109 とから構成されている。情報端末 107 と演算部 108 とデータ表示部 109 とは、空間情報検出装置を構成している。

【0115】

右手系の座標系 Xg Yg Zg 座標系（絶対座標系であり、Xg 軸、Yg 軸、Zg 軸は、それぞれ互いに直交している）が定義され、2つのコイル 1組で構成される 1対のヘルムホルツコイルである Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 と Zg 軸ヘルムホルツコイル 102 は、それぞれのコイルの中心軸が Xg 軸と Zg 軸に沿って構成されている。

【0116】

Yg 軸は、Zg 軸から Xg 軸の方向へ右ネジを回してネジの進む方向にあるものとする（図 13 の紙面手前側から奥側へ向かうものとする）。Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 は、そのコイル間中心付近に Xg 軸の向きに同一となる交流の均一磁場 B_x （Xg 軸方向磁場）を発生できる。Zg 軸ヘルムホルツコイル 102 も同様に、そのコイル間中心付近に Zg 軸の向きに同一となる交流の均一磁場 B_z （Zg 軸方向磁場）を発生できる。Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 と Zg 軸ヘルムホルツコイル 102 がともに均一磁場を発生できる空間を均一空間と呼ぶ。図 13 の点線内がその均一空間を表している。

【0117】

そして、Zg 軸に沿って中心軸をもつ位置検出磁場発生コイル 103 が 1つ配置される。この位置検出磁場発生コイル 103 からは、各ヘルムホルツコイルが形成する均一空間内の任意の位置において、磁場の向きまたは大きさが異なる交流の不均一磁場 B_p （位置検出用磁場）を発生する。

【0118】

10

20

30

40

50

X g 軸ヘルムホルツコイル用電源 104 と、Z g 軸用ヘルムホルツコイル用電源 105 と、位置検出磁場発生用電源 106 は、それぞれ上記の各コイル、X g 軸ヘルムホルツコイル 101 と、Z g 軸ヘルムホルツコイル 102 と、位置検出磁場発生コイル 103 に、周波数が異なる 2 つの交流電流（又は電圧）を重ね合わせて供給する。

【0119】

X g 軸ヘルムホルツコイル用電源 104 からの交流電流（又は電圧）は、第 1 と第 2 の周波数の角周波数が、偶奇が異なる正の整数 M_x 、 N_x を用いて、それぞれ $M_x \omega_x$ 、 $N_x \omega_x$ である（最小の整数比として周波数比が $M_x : N_x$ である）。例えば $M_x = 1$ 、 $N_x = 2$ としてよい。同様に、Z g 軸ヘルムホルツコイル用電源 105 からは、 $M_z \omega_z$ 、 $N_z \omega_z$ の角周波数を、位置検出磁場発生用電源 106 からは、 $M_p \omega_p$ 、 $N_p \omega_p$ の角周波数を持つ交流電流（又は電圧）を発生させる。これらの各角周波数はそれぞれ互いに異なるものであるとする。

10

【0120】

そして、各コイルに各電源からの電流を供給することで磁場を発生でき、各コイルから発生した磁場、X g 軸方向磁場 B_x 、Z g 軸方向磁場 B_z 、位置検出用磁場 B_p は、それぞれ、 $M_x \omega_x$ と $N_x \omega_x$ 、 $M_z \omega_z$ と $N_z \omega_z$ 、 $M_p \omega_p$ と $N_p \omega_p$ の組み合わせの角周波数を有する。

【0121】

そして、これら B_x 、 B_z 、 B_p の各周波数成分の位相関係は、実施形態 2 と同様に表すことができ、例えば、 B_x の第 1 と第 2 の周波数成分の位相 ϕ_{x1} 、 ϕ_{x2} は次のように表されるものとする。

20

$$\phi_{x1} = M_x \omega_x t + \phi_{x1} \quad \dots \text{(式 3 1)}$$

$$\phi_{x2} = N_x \omega_x t + \phi_{x2} \quad \dots \text{(式 3 2)}$$

（第 1 の周波数成分、第 2 の周波数成分ともに時間 $t = 0$ においてそれぞれ ϕ_{x1} 、 ϕ_{x2} であるとする）。 B_z 、 B_p についても同様な形式で表現できるものとする。

【0122】

均一空間内には、情報端末 107 が配置されている。この情報端末 107 の内部には、上述した各コイルから発生された磁場を検出する磁場検出部（方位角センサ 111a とデータ送信部 116；後述する図 15 参照）111 が搭載されており、この方位角センサ 111a には、互いに直交した面を向いた 3 軸の磁気センサ 110 である x 軸磁気センサ 110a と y 軸磁気センサ 110b と z 軸磁気センサ 110c が搭載されている。

30

【0123】

この磁気センサ 110a ~ 110c は、例えば、ホール素子、MR 素子、GMR 素子、MI 素子などの半導体型の磁気センサである。また、データ送信部 116 は、方位角センサ 111a 内の 3 軸の磁気センサ 110 が検出した磁場をデジタル信号へと変換した磁気データを、情報端末 107 の外部の演算部 108 内のデータ受信部 117 へと送信することができる。なお、図 13 では、情報端末 107 のデータ送信部 116 から磁気データを無線で演算部 108 へと送信する様子が描かれている（鉤型の点線矢印が無線で送信される磁気データを表している）。

【0124】

40

用途によっては、必ずしも無線である必要はなく、情報端末 107 と演算部 108 を有線で接続し、データの送受信を行っても良い。また、演算部 108 も情報端末 107 の外部に描かれているが、演算部 108 を情報端末 107 の内部に搭載して、演算部 108 のデータを情報端末 107 の外部のデータ表示部 109 とやり取りしても良い。この際、用途に応じて無線でも有線でも構わない。

【0125】

なお、情報端末 107 とは、実施の形態 1 に記載と同様に多様なものを意味している。また、演算部 108 も、実施形態 1 と同様に多様なものを意味している。また、データ表示部 109 は、演算部 108 からの出力信号を利用者へ表示する機能を有する部分で、例えば、携帯電話、PDA、ゲーム機、計測器、PC 用のディスプレイなどを利用して構成

50

する。

【 0 1 2 6 】

図 1 4 は、情報端末 1 0 7 の座標系についての説明図である。情報端末 1 0 7 の長手方向を x 軸、短手方向を y 軸とし、x 軸と y 軸に垂直な z 軸で、右手系の座標系 x y z 座標系（端末座標系という）を定義する。また、情報端末 1 0 7 に搭載された方位角センサ 1 1 1 a が有する互いに直交な 3 軸の磁気センサ 1 1 0 の方向は、それぞれ x y z 座標系を構成する各軸の方向と一致しているものとする。すなわち、x 軸、y 軸、z 軸の磁気センサ（1 1 0 a ~ 1 1 0 c）がありそれぞれの出力の増大方向（正方向）が x y z 座標系の各軸の正方向の向きである。

【 0 1 2 7 】

そして、演算部 1 0 8 では受信した磁気データから、絶対座標系に対する情報端末 1 0 7 の位置と姿勢を表す位置情報と姿勢情報を算出してデータ表示部 1 0 9 へと送り、このデータ表示部 1 0 9 において情報端末 1 0 7 の位置と姿勢を知ることができる。

【 0 1 2 8 】

図 1 5 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 4 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。この空間情報検出装置は、磁場検出部 1 1 1 と演算部 1 0 8 とから構成され、この演算部 1 0 8 は、データ受信部 1 1 7 とフーリエ変換部 1 1 8 と磁場ベクトル算出部 1 1 9 と位置・姿勢算出部 1 2 0 とを備えている。磁場検出部 1 1 1 は、上述したように方位角センサ 1 1 1 a とデータ送信部 1 1 6 から構成されている。

【 0 1 2 9 】

この方位角センサ 1 1 1 a は、x 軸磁気センサ 1 1 0 a と y 軸磁気センサ 1 1 0 b と z 軸磁気センサ 1 1 0 c との 3 軸の磁気センサ 1 1 0 と、この 3 軸の磁気センサ 1 1 0 を選択して選択された軸の磁気センサからの出力信号を取得するマルチプレクサ部 1 1 2 と、このマルチプレクサ部 1 1 2 を介して磁気センサ 1 1 0 を駆動する磁気センサ駆動部 1 1 3 と、マルチプレクサ部 1 1 2 からの出力信号を増幅する信号増幅部 1 1 4 と、この信号増幅部 1 1 4 からの増幅信号を A / D 変換してデータ送信部 1 1 6 へ出力する A / D 変換部 1 1 5 とから構成されている。データ送信部 1 1 6 は、A / D 変換部 1 1 5 で変換された信号を演算部 1 0 8 に送信する。

【 0 1 3 0 】

このような構成により、磁気センサ駆動部 1 1 3 は、マルチプレクサ部 1 1 2 を介して磁気センサ（1 1 0 a ~ 1 1 0 c）を駆動する。マルチプレクサ部 1 1 2 は、測定する軸の磁気センサを選択する。選択された軸の磁気センサの信号は、信号増幅部 1 1 4 において適切な大きさに増幅され、A / D 変換部 1 1 5 においてアナログ信号からデジタル信号へと変換される。このデジタル信号への変換は、各軸の磁気センサ 1 1 0 からの信号に対して行う。デジタル化された信号は、データ送信部 1 1 6 から磁気データとして演算部 1 0 8 へと送信される。

【 0 1 3 1 】

演算部 1 0 8 は、上述したように、データ受信部 1 1 7 とフーリエ変換部 1 1 8 と磁場ベクトル算出部 1 1 9 と位置・姿勢算出部 1 2 0 とから構成されている。

【 0 1 3 2 】

このような構成により、データ受信部 1 1 7 は、磁場検出部 1 1 1 のデータ送信部 1 1 6 からの磁気データを受信し、フーリエ変換部 1 1 8 へと送る。このフーリエ変換部 1 1 8 は、データ受信部 1 1 7 からの所望量（例えば、1 2 8 H z のサンプリング周波数で測定を行う場合、1 H z の周波数分解能が必要であれば 1 2 8 個のデータ量となる）の 3 軸の磁気センサ 1 1 0 からの磁気データを取得した後に、それらに対し F F T 演算を実行する。そして、各軸の F F T 演算結果から、各軸において、各コイルから発生する交流磁場 B_x 、 B_z 、 B_p の各周波数成分中（それぞれ角周波数成分が、 $M_{x \ x}$ と $N_{x \ x}$ 、 $M_{z \ z}$ と $N_{z \ z}$ 、 $M_{p \ p}$ と $N_{p \ p}$ の複数の周波数成分中）の、信号強度（振幅）と位相を算出し（ここで、各軸における $M_{x \ x}$ 、 $M_{z \ z}$ 、 $M_{p \ p}$ の周波数成分の振幅を算出し、 $M_{x \ x}$ と $N_{x \ x}$ 、 $M_{z \ z}$ と $N_{z \ z}$ 、 $M_{p \ p}$ と $N_{p \ p}$ の周波数成分

10

20

30

40

50

の位相を算出したものとする)、磁場ベクトル算出部 119 へと送る。

【0133】

磁場ベクトル算出部 119 は、フーリエ変換部 118 からの各軸における複数の周波数成分中の振幅と位相から、発明の実施形態 2 に記載の方法によって、各磁場に対して、各軸の複数の周波数成分の位相関係を利用し、各軸の振幅について符号を算出することで、角周波数が M_{xx} 、 M_{zz} 、 M_{pp} の周波数成分の磁場ベクトル、それぞれ m_x 、 m_z 、 m_p を算出する。すなわち、発明の実施形態 2 に記載の方法によって、 m_x は M_{xx} の周波数成分の振幅と、 M_{xx} と N_{xx} の周波数成分の位相関係から算出する。同様に、 m_z は M_{zz} の周波数成分の振幅と、 M_{zz} と N_{zz} の周波数成分の位相関係から、 m_p は M_{pp} の周波数成分の振幅と、 M_{pp} と N_{pp} の周波数成分の位相関係から算出する。これらは、 B_x 、 B_z 、 B_p の角周波数が M_{xx} 、 M_{zz} 、 M_{pp} の成分の磁場の向きと大きさを端末座標系でのベクトルとして表現したものとなっている。すなわち、 m_x 、 m_z は均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトルであり、姿勢検出用の磁場ベクトルとして、 m_p は不均一磁場の向きと大きさを表す不均一磁場ベクトルであり、位置検出用の磁場ベクトルとして利用される。

10

【0134】

なお、磁場ベクトルは、 x 軸、 y 軸、 z 軸の磁気センサ 110 から検出する符号付き振幅 $A_{x'}$ 、 $A_{y'}$ 、 $A_{z'}$ から求めることができる。例えば、 Xg 軸方向磁場 B_x に対する符号付き振幅を $A_{x'}$ (M_{xx})、 $A_{y'}$ (M_{xx})、 $A_{z'}$ (M_{xx}) とすると、磁場ベクトル m_x は、

20

$$m_x = (A_{x'}(M_{xx}), A_{y'}(M_{xx}), A_{z'}(M_{xx}))^T \cdot \cdot$$

・ (式 33)

となる(ただし、 X^T は X の転置を表し、このベクトルは縦ベクトルを表現している)。同様に、 m_z 、 m_p を、各軸における B_z 、 B_p のそれぞれの周波数成分中の振幅と位相から算出することができる。

【0135】

そして、位置・姿勢算出部 120 は、磁場ベクトル算出部 119 で算出された磁場ベクトル m_x 、 m_z 、 m_p から、情報端末 107 の姿勢情報と位置情報を算出し、データ表示部 109 へと送る。

【0136】

30

ここで、位置・姿勢算出部 120 が、情報端末 107 の姿勢情報と位置情報を算出する手順の一例について説明する。

【0137】

図 16 は、位置検出用磁場 B_p がなす磁場の向きに関して模式的に示す図である。位置検出磁場発生コイル 103 から発生する磁場の向きは、コイルの中心軸 (Zg 軸) で対称に放射上に広がってゆく。この不均一磁場 B_p が位置によって向きまたは大きさが異なるため、この B_p を計測することによって情報端末 107 の位置を決定できる。

【0138】

例えば、図 17 は、位置検出磁場発生コイル 103 からの位置検出用磁場 B_p を Zg 軸上方から見た様子を示す図である。 $XgYg$ 平面は、位置検出磁場発生コイル 103 の中心を原点としてひろがっている。位置検出磁場発生コイル 103 の中心から B_p が放射状に広がるため、 $XgYg$ 面に平行な面では等強度な位置は円周上にある。

40

【0139】

図 17 において、この等強度の円周上の異なる位置に、情報端末 107 が $XgYg$ 平面に平行に (端末座標系の x 軸 y 軸が $XgYg$ 平面に平行)、かつ端末座標系の x 軸が円の接線に垂直な外側を向いている姿勢 a 、 b 、 c が描かれている。姿勢 a 、 b 、 c は、絶対座標系の $XgYg$ 座標に対して姿勢と位置が異なっているが、端末座標系で測定される磁場ベクトル m_p は同じである。したがって、いずれの姿勢 a 、 b 、 c であるか区別する姿勢情報を求めることで、絶対座標系と端末座標系の関係がわかり、端末座標系の磁場ベクトル m_p を絶対座標系で表すことができ、等強度円周上のどの位置の B_p を測定したか判

50

断できるため、情報端末107が存在する位置を決定できる。例えば、情報端末107がさらに静電容量型又は piezo 抵抗型素子を利用した加速度センサを備え、磁場検出部111から地磁気をさらに検出し、その地磁気と加速度を利用して予め情報端末107の姿勢を検出すれば、上述のように不均一な磁場を利用して位置を決定することも可能である。また、情報端末107が圧電素子を利用した振動ジャイロセンサと、加速度センサを備えており、情報端末107(磁場検出部111)の任意の姿勢を検出する機能を備え、姿勢情報を算出し、その姿勢情報と、上述の不均一磁場を利用して位置を決定することも可能である(これらは後述の実施形態8を参照)。

【0140】

そこでまず、情報端末107の姿勢情報を求める。

10

ここでは、均一な交流磁場を利用して姿勢情報を算出する方法について以下に説明する。

【0141】

磁場ベクトル算出部119で算出された端末座標系の均一磁場ベクトル m_x 、 m_z から絶対座標系を表す正規直交基底ベクトル e_x 、 e_y 、 e_z が次のように表現できる。

$$e_x = m_x / |m_x| \quad \dots \text{(式34)}$$

$$e_y = m_z \times m_x / |m_z \times m_x| \quad \dots \text{(式35)}$$

$$e_z = m_z / |m_z| \quad \dots \text{(式36)}$$

ここで、 $|x|$ は、 x の絶対値を表し、 \times はベクトル同士の外積演算を表す演算子である。そして、 $X = (e_x \ e_y \ e_z)$ で3行3列行列を表現すると、任意の絶対座標系の任意のベクトル r_g は、次のような変換で端末座標系のベクトル r として表現されることになる。

20

$$X r_g = r \quad \dots \text{(式37)}$$

すなわち、端末座標系のベクトル r から、

$$r_g = X^{-1} r = X^T r \quad \dots \text{(式38)}$$

として、絶対座標系でのベクトル r_g へと変換することができる。

【0142】

X^T は、絶対座標系から見た端末座標系の正規直交基底より成る行列であり、情報端末107の姿勢を表す姿勢情報にもなっている。例えば、情報端末107の長手方向(端末座標系の x 軸方向)は $r_x = (1, 0, 0)^T$ と表されるが、このベクトルを X^T によって絶対座標系で表したベクトル $r_{x_g} = (R_x, R_y, R_z)^T$ へと変換されるとすると、このベクトルの各成分は、 X^T の1列目の成分である。そして、この長手方向が、 X_g 軸となす角 θ 、 $X_g Y_g$ 平面となす角 ϕ を以下の式で算出することができる。

30

$$\theta = \tan^{-1}(R_y / R_x) \quad \dots \text{(式39)}$$

$$\phi = \tan^{-1}(R_z / (R_x^2 + R_y^2)^{1/2}) \quad \dots \text{(式40)}$$

これらは、情報端末107の長手方向の姿勢を表している。同様に短手方向 $r_y = (0, 1, 0)^T$ 及び端末座標系の z 軸方向 $r_z = (0, 0, 1)^T$ を、それぞれ X^T の2列目、 X^T の3列目の成分を利用して姿勢を表現できる。これによって、情報端末107の任意の姿勢を表す姿勢情報を求めることができた。なお、上述した方法に限らず、端末座標系から絶対座標系への変換が行うために、姿勢情報としてオイラー角(ヨー角・ピッチ角・ロール角など)などで姿勢を表現しても良い。

40

【0143】

そして、端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、不均一磁場ベクトル m_p を絶対座標系へと変換したベクトル J_p が求められる。

$$J_p = X^T m_p \quad \dots \text{(式41)}$$

そして、位置検出磁場発生コイル103からの位置検出用磁場 B_p が絶対座標系のある任意の座標点 $r_p = (X, Y, Z)$ で $B_p = (B_{px}, B_{py}, B_{pz})^T$ であったとすると、

$$B_p = J_p \quad \dots \text{(式42)}$$

より、位置情報として r_p を求めることができる。

50

【0144】

例えば、本発明における位置検出磁場発生コイル103が作る磁場が、磁気双極子（それを m_{coil} と定義する）からの磁場としてビオ・サバルの法則から求めることができる場合、 r_p における位置検出用磁場 B_p は、位置検出磁場発生コイル103の絶対座標系での位置が r_0 で表されるとすると、

$$B_p = 1/4 \times (-m_{coil}/|r_p - r_0|^3 + 3(m_{coil} \cdot (r_p - r_0)) / |r_p - r_0|^5) \cdots \text{(式43)}$$

として一意に求めることができる。この式を(式42)に当てはめることによって簡単に位置情報 r_p を求めることができる。

【0145】

もちろん、(式43)のような代数式ではなく、有限要素法などのようなシミュレーションによって位置検出磁場発生コイル103からの位置検出用磁場 B_p を算出する方法や、予め計測した位置検出用磁場 B_p を記憶しておいて、測定値として求めた J_p と(式42)でテーブル参照によって比較して位置情報 r_p を求めても良い。

【0146】

図18は、本発明の空間情報検出システムの実施形態4の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、各コイル101,102,103からXg軸方向磁場 B_x 、Zg軸方向磁場 B_z 、位置検出用磁場 B_p の各磁場を発生する(ステップS1)。次に、各コイル101,102,103から発生中の磁場を、3軸の磁気センサ110を有する方位角センサ111aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する(ステップS2)。

【0147】

次に、フーリエ変換部118において、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する(ステップS3)。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

【0148】

次に、取得された所望量の各軸の磁気データに対してFFT演算を行い、上述のように各軸における複数の周波数成分中の振幅と位相を算出する。すなわち、各軸において、各磁場の各周波数成分中の振幅と位相を算出する(ステップS4)。そして、磁場ベクトル算出部119において、各軸における各磁場の周波数成分中の振幅と位相から、各磁場に対して、各軸の複数の周波数成分の位相関係を利用し、各軸の振幅について符号を求め、各磁場の向きと大きさを表す、位置姿勢検出に必要な磁場ベクトル m_x 、 m_z 、 m_p を算出する(ステップS5)。

【0149】

そして、位置姿勢算出部120において、姿勢検出用の磁場ベクトル m_x 、 m_z から、情報端末107の姿勢を表す姿勢情報を算出する(ステップS6)。そして、情報端末107の姿勢情報から端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、位置検出用の磁場ベクトル m_p を絶対座標系へと変換したベクトル J_p が求められ、(式20)により情報端末107の位置情報を算出する(ステップS7)。

【0150】

以上のような手順によって、均一空間内において、交流の均一磁場 B_x 、 B_z から情報端末107の姿勢情報を、そして、情報端末107の姿勢情報と交流の不均一磁場 B_p から情報端末107の位置情報を求めることができた。すなわち、情報端末107の姿勢と位置を検出できた。そして、続けて位置と姿勢の検出を行う場合には、ステップS2へと戻ればよい。

【0151】

本発明の空間情報検出システムの実施形態4の構成において、必ずしも位置検出磁場発生コイル103の中心軸は、Zg軸と一致させなくてもよい。(式42)のように位置検出用磁場 B_p を測定して求めた J_p と比較して位置情報を求めることができるならば、任

10

20

30

40

50

意の位置に配置可能である。

【 0 1 5 2 】

また、実施形態 4 の構成において、均一磁場発生部として X g 軸ヘルムホルツコイル 1 0 1 と Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 0 2 の 2 対のヘルムホルツコイルで構成したが、情報端末 1 0 7 が加速度センサを備え、Z g 軸方向に重力加速度を検出できる場合には、X g 軸ヘルムホルツコイル 1 0 1 の 1 対だけを利用して、磁場ベクトル m_z と加速度センサで検出する加速度ベクトルを利用して情報端末 1 0 7 の任意姿勢を検出でき、不均一な交流磁場 B_p から情報端末 1 0 7 の位置情報を求めることもできる。このような構成も本発明に含まれる。

【 0 1 5 3 】

[実施形態 5]

< 1 つのコイルで Z g 軸用磁場と位置検出用磁場を発生する場合 >

図 1 9 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 5 を示す全体構成図である。発明の実施形態 4 の図 1 3 と異なる構成に関して説明を行う。図 1 9 においては、発明の実施形態 4 の位置検出磁場発生コイル 1 0 3 と位置検出磁場発生用電源 1 0 6 がなく、Z g 軸ヘルムホルツコイル用電源 1 0 5 の代わりに、電源 1 2 5 a と電源 1 2 5 b からなる Z g 軸ヘルムホルツコイル用電源部 1 2 5 を備えている。また、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 は、コイル 1 2 2 a とコイル 1 2 2 b に区別され、それぞれ電源 1 2 5 a と電源 1 2 5 b に接続されている。この構成はコイル 1 2 2 a から、Z g 軸方向磁場 B_z だけでなく、位置検出用磁場 B_p の成分を重ね合わせて発生させるように構成したものである。すなわち、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 から均一磁場と不均一磁場を重ね合わせて出力するように構成したものである。

【 0 1 5 4 】

電源 1 2 5 a から角周波数が M_z 、 N_z 及び M_p と N_p の交流電流をコイル 1 2 2 a に供給し、電源 1 2 5 b から角周波数が M_z 、 N_z の交流電流をコイル 1 2 2 b に供給する。

【 0 1 5 5 】

そして、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 のコイル 1 2 2 a とコイル 1 2 2 b から角周波数 M_z と N_z の異なる周波数の交流磁場が、さらにコイル 1 2 2 a からは角周波数が M_p と N_p である交流磁場が重なって発生する。このとき、電源 1 2 5 a と電源 1 2 5 b によってコイル 1 2 2 a とコイル 1 2 2 b から発生する角周波数 M_z と N_z の交流磁場の成分は、大きさと位相が一致するように調整されているものとする。

【 0 1 5 6 】

Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 を構成するコイル 1 2 2 a とコイル 1 2 2 b から同時に角周波数 M_z と N_z の成分の交流磁場を発生させることで、コイル間中心付近に均一な Z g 軸方向磁場 B_z を形成し、コイル 1 2 2 a からの角周波数 M_p と N_p の成分は不均一な位置検出用磁場 B_p を形成することができる。

【 0 1 5 7 】

このとき、周波数の整数比 $M_z : N_z$ 及び $M_p : N_p$ は、発明の実施形態 4 において説明したように互いの偶奇が異なる整数比である。例えば、 $M_z : N_z$ は 1 : 2、 $M_p : N_p$ は、3 : 8 などである。そのため、発明の実施の形態 2 の (式 1 8) 乃至 (式 2 4) の演算をこれらの周波数成分に対して適用できる。

【 0 1 5 8 】

このような不均一磁場と均一磁場を重ね合わせて発生するコイルの構成にすることで、位置検出磁場発生コイル 1 0 3 は不要となり、空間情報検出システムの構成がさらに簡略化される。また、本発明の実施の形態において、Z g 軸ヘルムホルツコイル用電源部 1 2 5 として、電源 1 2 5 a と電源 1 2 5 b と同等な出力が 1 台で可能な、2 系統出力の交流電源を利用しても良い。

【 0 1 5 9 】

10

20

30

40

50

この実施形態において、情報端末 107 の位置と姿勢の検出は、実施形態 4 と同様の手順で行える。すなわち、空間情報検出方法及び空間情報検出装置は、実施形態 4 と同様である。

【0160】

実施形態において、均一な磁場とは、ある定義された空間内の任意の点で、実質的に磁場の方向が一定でかつ大きさも一定であるとみなせる磁場である。また、実施形態において、不均一な磁場とは、ある定義された空間内で位置により、実質的に磁場の向きまたは大きさが異なっているとみなせる磁場である。

【0161】

以上、本発明によって、実施形態 4 乃至 5 において、均一な磁場を構成することで、簡単な計算によって姿勢検出が行えるようになり、また、そのような均一な磁場で構成された均一空間内の任意の座標で、不均一な磁場を発生させることで、姿勢の検出に加えて位置の検出が可能となり、しかも、簡単な計算で算出できる。

【0162】

次に、不均一磁場として勾配磁場を用いた位置と姿勢の検出について以下に説明する。

この勾配磁場を用いた位置と姿勢の検出については、均一磁場 + 均一・勾配合成磁場で位置と姿勢を検出する場合（実施形態 6）、地磁気 + 均一・勾配合成磁場で位置と姿勢を検出する場合（実施形態 7）、加速度センサ + ジャイロセンサ + 勾配磁場で位置と姿勢を検出する場合（実施形態 8）、加速度センサ + 地磁気 + 勾配磁場で位置と姿勢を検出する場合（実施形態 9）、均一・勾配合成磁場 + 加速度センサを使用する場合（実施形態 10）がある。実施形態 8 乃至 10 において、本発明の空間情報システム並びに装置は、姿勢検出部を新たに備えている。実施形態 8 においては、姿勢検出部が検出する姿勢は、任意姿勢であり、姿勢検出部の出力信号だけから磁場検出部の姿勢すべてを表現できる。一方、実施形態 9 及び 10 においては、姿勢検出部が検出する姿勢は、座標系のいずれかの軸について自由度の残った姿勢であり、姿勢検出部の出力信号からは一部の姿勢を表現できる。いずれの実施形態においても、最終的に検出する姿勢とは自由度を残さずに決定できる実施形態 4 から 5 で述べたような任意姿勢のことである。これらの実施形態について以下に説明する。

【0163】

[実施形態 6]

< 均一磁場 + 均一・勾配合成磁場で位置と姿勢を検出する場合 >

図 20 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 6 を示す全体構成図である。以下、実施形態 5 との相違点を中心に説明する。

【0164】

実施形態 6 と実施の形態 5 では、位置検出用磁場 B_p が異なる。実施形態 5 では、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知で、位置によって磁場の向きまたは大きさが異なっている交流の不均一磁場として、磁気双極子から発生する磁場を近似した 1 つのコイルから発生する磁場を用いているのに対し、発明の実施形態 6 では、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である各軸方向に線形な交流の勾配磁場を用いている。この線形な交流勾配磁場は、コイル間中心付近にある均一空間内に X_g Y_g Z_g 軸の各軸方向に線形な勾配をもっている。また、本発明において、線形な勾配磁場とは、各軸方向に沿って強度が線形に変化する磁場のことをいい、その変化割合のことを勾配という。

【0165】

次に、勾配磁場の発生機構について、図 21 A 及び図 21 B を用いて説明する。図 21 A では、右手系の X_g Y_g Z_g 座標系があり、原点は 1 対のヘルムホルツコイルのコイル間中心に一致し、また Z_g 軸はヘルムホルツコイルの中心軸に一致している。

【0166】

ヘルムホルツコイルの一方のコイル 122 a へは電流 I_a が、もう一方のコイル 122 b へは電流 I_b が流れる。電流 I_a がコイル 122 a を流れる方向は、 Z_g 軸を軸として

Z g軸の正方向を向いて時計回りに回転する方向となっている。一方、電流 I b がコイル 1 2 2 b を流れる方向は、Z g軸の正方向を向いて反時計回りに回転する方向へと流れている。このとき、コイル 1 2 2 a から発生した磁場(図中の原点付近の実線矢印)とコイル 1 2 2 b から発生した磁場(図中の原点付近の点線矢印)により合成された磁場は X g、Y g 軸成分は原点から離れる方向、Z g 軸成分は原点に向かう方向を向いて、原点付近では X g、Y g、Z g 軸の各軸の成分の強度が次のように各軸の方向に線形に変化する勾配磁場 B p (X g 成分、Y g 成分、Z g 成分がそれぞれ B p x , B p y , B p z) となる。

【 0 1 6 7 】

$$B p = (B p x , B p y , B p z) ^ T = (k X , k Y , - 2 k Z) ^ T \quad \dots (式 4 4)$$

10

ここで、X、Y、ZはX g Y g Z g 座標系の座標を表している。また、kはコイルの形状や電流によって決まる比例定数である。図 2 1 B は、B p x が X g 軸の座標に沿って磁場の強度が線形に変化する様子を示している。B p y、B p z についても同様に各軸の座標に沿って磁場の強度が線形に変化することになる(但し、B p z は傾きが負)。従って、ある位置座標 (X、Y、Z) での磁場の各軸の成分の強度が測定されれば、比例定数 k によってその位置を決定できる。

【 0 1 6 8 】

各電流が交流電流の場合には、電流の流れる向きは各電流の位相を 1 8 0 度ずらすことによって互いに逆向きとして流すことができる。また発生する磁場は交流磁場のため、磁場の各軸の成分の強度は当該周波数の振幅で表す。そして、その振幅が各軸方向に線形に変化する。振幅の正負は、以下ではコイル 1 2 2 a の交流電流の正出力時における磁場の方向が座標軸の正方向に一致している場所では正、一致していない場所では負として考えることにする。

20

【 0 1 6 9 】

そして、交流電流 I a、I b を異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流電流として利用するとき、発生する磁場は異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場となる。なお、電流の流れる向きを互いに同じ方向にする(位相を一致させる)と、原点付近に発生する磁場は均一な磁場となる。すなわち、よく知られたヘルムホルツコイルによって発生する均一な磁場である。なお、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 は、勾配磁場と、Z g 軸方向磁場 B z とを、重ね合わせて発生できるような構成となっている。

30

【 0 1 7 0 】

また、発明の実施形態 6 では、Z g 軸ヘルムホルツ用電源部 1 2 5 に、電流を制御するための電流制御部 1 2 4 が備わっている点で、発明の実施形態 5 と異なる。ここで、電流制御部 1 2 4 は、主に、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 に供給する電流の発生周期や電流量を制御するものである。具体的には、図 2 0 に記載の Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 の一方(コイル 1 2 2 a)に電流を供給する電源 1 2 5 a と、他方(コイル 1 2 2 b)に電源を供給する電源 1 2 5 b のヘルムホルツコイルに供給する電流を、制御している。他の構成および座標系は発明の実施形態 5 と同じである。

【 0 1 7 1 】

40

ここで、電源 1 2 5 a は、M z z、N z z、M p p、N p p の角周波数(各角周波数はそれぞれ互いに異なるものであるとし、周波数の整数比 M z : N z 及び M p : N p は、発明の実施形態 4 と同様にそれぞれ互いの偶奇が異なる整数比である)を持つ交流電流(又は電圧)を発生させる。電源 1 2 5 a に供給される電流 I a は次のように表される。

【 0 1 7 2 】

$$I a = I z * (\sin (M z z t) + \sin (N z z t)) + I p * (\sin (M p p t) + \sin (N p p t)) \quad \dots (式 4 5)$$

ここで、I z、I p は電流振幅を表している。

【 0 1 7 3 】

50

電源 1 2 5 b も同様に $M_{z z}$ 、 $N_{z z}$ 、 $M_{p p}$ 、 $N_{p p}$ の角周波数を持つ交流電流を発生する。電源 1 2 5 b に供給される電流 I_b は次のように表される。

【 0 1 7 4 】

$$I_b = I_z * (\sin (M_{z z} t) + \sin (N_{z z} t)) - I_p * (\sin (M_{p p} t) + \sin (N_{p p} t)) \dots (式 4 6)$$

ここで、 I_a と I_b の電流において、 $M_{z z}$ 、 $N_{z z}$ の周波数成分は位相が一致しており、 $M_{p p}$ 、 $N_{p p}$ の周波数成分は位相が 1 8 0 度ずれていることを表している。

【 0 1 7 5 】

電流制御部 1 2 4 は、この電流 I_a と I_b の発生周期や電流振幅（電流量）を制御する。そして、上記のように各コイルに各電源からの電流を供給することで、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 から交流の均一磁場である Z g 軸方向磁場 B_z 及び不均一磁場である交流勾配磁場 B_p を発生できる。また、発明の実施形態 4、5 と同様な方法で、X g 軸ヘルムホルツコイル 1 0 1 から交流の均一磁場である X g 軸方向磁場 B_x を発生することができる。 B_x 、 B_z 、 B_p はそれぞれ、 $M_{x x}$ と $N_{x x}$ 、 $M_{z z}$ と $N_{z z}$ 、 $M_{p p}$ と $N_{p p}$ の組み合わせの角周波数を有することになる。

10

【 0 1 7 6 】

そして、発明の実施形態 4 に記載の方法を用いて、各軸における、各コイルから発生する交流磁場 B_x 、 B_z 、 B_p の各周波数成分中の（それぞれ角周波数成分が、 $M_{x x}$ と $N_{x x}$ 、 $M_{z z}$ と $N_{z z}$ 、 $M_{p p}$ と $N_{p p}$ の複数の周波数成分中の）信号強度（振幅）と位相から（実施形態 4 と同様に $M_{x x}$ 、 $M_{z z}$ 、 $M_{p p}$ の周波数成分の振幅、 $M_{x x}$ と $N_{x x}$ 、 $M_{z z}$ と $N_{z z}$ 、 $M_{p p}$ と $N_{p p}$ の周波数成分の位相から）、磁場ベクトル m_x 、 m_z 、 m_p を算出することができる。 m_x 、 m_z は、均一磁場の向きと大きさを表す均一磁場ベクトルであり、姿勢検出用である。 m_p は位置検出用の不均一磁場の向きと大きさを表す不均一磁場ベクトルであり、位置検出用である。実施形態 4 と同様に、姿勢検出用の磁場ベクトル m_x 、 m_z から正規直交基底ベクトル e_x 、 e_y 、 e_z を求め、 $X = (e_x e_y e_z)$ で 3 行 3 列行列を表現すると、位置検出用の磁場ベクトル m_p を絶対座標系へと変換したベクトル F_p を求めることができる。

20

【 0 1 7 7 】

$$F_p = X^T m_p \dots (式 4 7)$$

30

ここで、 B_p の $M_{p p}$ の周波数成分が絶対座標系のある任意の座標点 $r_p = (X, Y, Z)$ で $F_p = (F_{p x}, F_{p y}, F_{p z})^T$ として情報端末 1 0 7 によって測定されたとすると、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 から発生している勾配磁場 B_p の勾配は（式 4 4）から比例定数を k として、 F_p との関係が

$$B_p = (k X, k Y, - 2 k Z)^T = F_p = (F_{p x}, F_{p y}, F_{p z})^T \dots (式 4 8)$$

となっているので、比例定数 k を求めることで位置情報として r_p を求めることができる。

【 0 1 7 8 】

さらに実施形態における構成では、同じヘルムホルツコイルから均一磁場と勾配磁場を発生しているので、 I_z と I_p の関係を調整することで、均一磁場の大きさを測定すると勾配磁場の比例定数 k を簡単に求めることができる。例えば、Z g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 を半径 R の円形コイルとし、コイル 1 2 2 a とコイル 1 2 2 b を R の距離間隔で離して構成し、 I_z 、 I_p によって発生するコイル 1 2 2 a 及びコイル 1 2 2 b からの磁場の絶対値は等しいものとするとき、 B_z の $M_{z z}$ の周波数成分の絶対値 $| m_z |$ から次式を利用して勾配磁場の比例定数 k を求めることができる。

40

【 0 1 7 9 】

$$2 k = 6 | m_z | / (5 R) \dots (式 4 9)$$

すなわち、交流の均一磁場の大きさ $| m_z |$ を測定すると、既知の R から（式 4 9）によって勾配磁場の比例定数 k を求めることができ、予め比例定数を測定しなくても良い。

50

均一空間内では $|m_z|$ は一定だから、均一空間内のどこを最初に測っても比例定数 k を直ちに求めて位置情報を求めることが可能となる。

【0180】

図22は、本発明の空間情報検出システムの実施形態6の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、各コイルから異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場 Xg 軸方向磁場 B_x 、 Zg 軸方向磁場 B_z の2つと、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の勾配磁場 B_p の各磁場を重ね合わせて発生する(ステップS1)。次に、各コイルから発生中の磁場を、3軸の磁気センサ110を有する方位角センサ111aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する(ステップS2)。

10

【0181】

次に、フーリエ変換部118において、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する(ステップS3)。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

【0182】

次に、取得された所望量の各軸の磁気データに対してFFT演算を行い、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相を算出する(ステップS4)。そして、磁場ベクトル算出部119において、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相から、位置姿勢検出に必要な、2つの均一磁場と、勾配磁場を示す磁場ベクトル m_x 、 m_z 、 m_p を算出する(ステップS5)。

20

【0183】

そして、位置姿勢算出部120において、2つの均一磁場を示す磁場ベクトル m_x 、 m_z から、情報端末107の姿勢を表す姿勢情報を算出する(ステップS6)。そして、情報端末107の姿勢情報から端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、勾配磁場を示す磁場ベクトル m_p から絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、(式48)により情報端末107の位置を表す位置情報を算出する(ステップS7)。

【0184】

以上のような手順によって、均一空間内において、交流の均一磁場 B_x 、 B_z から情報端末の姿勢情報を、そして、情報端末の姿勢情報と交流の勾配磁場 B_p から情報端末の位置情報を求めることができた。すなわち、情報端末の姿勢と位置を検出できた。そして、続けて位置と姿勢の検出を行う場合には、ステップS2へと戻ればよい。

30

【0185】

[実施形態7]

<地磁気+均一・勾配合成磁場で位置と姿勢を検出する場合>

図23は、本発明の空間情報検出システムの実施形態7を示す全体構成図である。発明の実施形態6の図20と異なる構成に関して説明を行う。図23では図20における Xg 軸ヘルムホルツコイルがなく、代わりに Xg 軸方向に地磁気が B_x として存在している。すなわち、1つの均一磁場発生部の代わりに地磁気を利用している。均一空間は地磁気 B_x と異なる複数の周波数の位相関係が既知である交流の均一磁場 B_z がともに均一である空間となっている。その他の構成は発明の実施形態6と同様である。

40

【0186】

情報端末内の磁場検出部111は、地磁気 B_x と Zg 軸ヘルムホルツコイル122からの異なる複数の周波数の位相関係が既知である交流の均一磁場 B_z と交流の勾配磁場 B_p とを同時に測定する。そして、磁場検出部111のデータ送信部116から磁気データを無線で演算部108へと送信し、この演算部108においてデータ受信部117がデータ送信部116からの磁気データを受信し、フーリエ変換部118へと送る。

【0187】

フーリエ変換部118では、発明の実施形態6と同様にFFT演算を実行し、各軸にお

50

ける複数の周波数成分中の振幅と位相を算出する。また、各軸の直流成分（0 Hzの周波数成分）の振幅を算出する。磁場ベクトル算出部119では、実施形態6と同様に磁場ベクトル m_z 及び m_p を算出すると同時に、各軸の直流成分の振幅をベクトル m_x として算出する。この直流成分ベクトル m_x が地磁気 B_x を示す磁場ベクトルを含んでいる。例えば、磁気データが8 bitのコード（0～255）で表され、x軸磁気センサ110aが B_x と平行、 B_x の大きさが30 LSB、0 uTの磁場が128 LSBであったとすると、 m_x は $m_x = (158, 128, 128)^T$ として求められる。従って、この場合地磁気信号の中心となる0 uTを示すオフセット分128 LSBを除去してやることで、地磁気 B_x を示す直流磁場ベクトルとすることができる。したがって、オフセット分を除去した地磁気 B_x を示す直流磁場ベクトル m_x' を算出する。なお、オフセット分を求める方法は、地磁気による信号の描く円もしくは球面の中心を求める方法ならば何でもよいが、例えば、情報端末107を水平方向に一周回転させ、得られた軌跡のX座標およびY座標の最大値および最小値から求める方法や、出願人が特許文献6に提示しているように、情報端末107を3次元方向に任意に動かした時の地磁気情報から統計的手法により球の中心を求める方法などを利用して求めておく。以後、発明の実施形態6と同様な演算によって姿勢と位置を検出することができる。

【0188】

地磁気 B_x を示す直流磁場ベクトル m_x' を、式(34)と式(35)の m_x に置き換えれば、地磁気 B_x と交流の均一磁場 B_z から情報端末107の姿勢情報を求めることができる。そして、発明の実施形態6と同様に m_p から絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、(式48)により情報端末107の位置情報を求めることができる。尚、(式49)により(式48)の勾配磁場の比例定数 k を m_z の測定から求めることもできる。

【0189】

図24は、本発明の空間情報検出システムの実施形態7の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、地磁気 B_x が存在する場所にて、Zg軸コイルから、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場であるZg軸方向磁場 B_z と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の線形な勾配磁場 B_p の各磁場を重ね合わせて発生する(ステップS1)。次に、発生中の磁場を、3軸の磁気センサ110を有する方位角センサ111aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する(ステップS2)。

【0190】

次に、フーリエ変換部118において、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する(ステップS3)。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

【0191】

次に、取得された所望量の各軸の磁気データに対してFFT演算を行い、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相を算出する。すなわち、各軸における、 B_z 、 B_p の各周波数成分中の振幅と位相と、 B_x を表す直流成分(0 Hz)の振幅を算出する。(ステップS4)。そして、磁場ベクトル算出部119において、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相から、方位角センサ111aが測定している各磁場の向きと大きさを表す、位置姿勢検出に必要な地磁気 B_x と、均一磁場 B_z と勾配磁場 B_p を示す磁場ベクトル m_x' 、 m_z 、 m_p を算出する(ステップS5)。

【0192】

そして、位置姿勢算出部120において、1つの均一磁場 B_z と地磁気を示す磁場ベクトル m_z 、 m_x' から、情報端末107の姿勢を表す姿勢情報を算出する(ステップS6)。そして、情報端末107の姿勢情報から端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、勾配磁場 B_p を示す磁場ベクトル m_p から絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、(式48)により情報端末107の位置情報を算出する(ス

テップ S 7)。

【 0 1 9 3 】

以上のような手順によって、均一空間内において、地磁気 B_x と交流の均一磁場 B_z から情報端末の姿勢情報を、そして、情報端末の姿勢情報と交流勾配磁場 B_p から情報端末の位置情報を求めることができた。すなわち、情報端末の姿勢と位置を検出できた。そして、続けて位置と姿勢の検出を行う場合には、ステップ S 2 へと戻ればよい。

【 0 1 9 4 】

なお、実施形態 7 において、交流の均一磁場と勾配磁場を発生させるヘルムホルツコイルを Z_g 軸に配置したが、 Y_g 軸に配置した場合にも、(式 3 4) ~ (式 3 6) と (式 4 8) の演算式を座標系にあわせて適切に変換するだけで、同様な手順により情報端末の姿勢と位置を検出することができる。

10

【 0 1 9 5 】

[実施形態 8]

< 加速度センサ + ジャイロセンサ + 勾配磁場で位置と姿勢を検出する場合 >

図 2 5 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 8 を示す全体構成図である。発明の実施形態 7 の図 2 3 との相違点に関して説明を行う。この発明の実施形態では、情報端末 1 0 7 は新たに姿勢検出部 1 4 0 を備えている。この姿勢検出部 1 4 0 は、例えば、圧電素子を利用した振動ジャイロセンサと、静電容量型又はピエゾ抵抗型素子を利用した加速度センサを利用して、情報端末 1 0 7 (磁場検出部 1 1 1) の任意の姿勢を検出する機能を備えている。この姿勢検出部 1 4 0 から、出力信号である姿勢データが演算部 1 0 8 へ出力される。この演算部 1 0 8 へのデータ送信は、発明の実施形態 7 と同様に有線でも無線でも良い。また、均一な磁場を利用しないので均一空間は表していない。

20

【 0 1 9 6 】

この空間情報検出システムは、磁場発生部として、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の線形な勾配磁場を発生する不均一磁場発生部 (Z_g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 と Z_g 軸ヘルムホルツコイル用電源部 1 2 5) と、この不均一磁場発生部から発生された磁場を検出する多軸の磁気センサ 1 1 0 a , 1 1 0 b , 1 1 0 c を有する磁場検出部 1 1 1 と、この磁場検出部 1 1 1 の姿勢を検出する姿勢検出部 1 4 0 と、姿勢検出部 1 4 0 からの出力信号と、磁場発生部により発生される交流の勾配磁場に基づく磁場検出部 1 1 1 の出力信号とから磁場検出部 1 1 1 の姿勢情報と位置情報を算出する演算部 1 0 8 とを備えている。

30

【 0 1 9 7 】

つまり、この空間情報検出システムは、 Z_g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 と Z_g 軸ヘルムホルツコイル用電源部 1 2 5 と、磁場検出部 1 1 1 と姿勢検出部 1 4 0 を有する情報端末 1 0 7 と、演算部 1 0 8 とデータ表示部 1 0 9 とから構成されている。情報端末 1 0 7 と演算部 1 0 8 とデータ表示部 1 0 9 は、空間情報検出装置を構成している。

【 0 1 9 8 】

この位置検出システムにおいて、右手系の座標系 $X_g Y_g Z_g$ 座標系が、 Z_g 軸ヘルムホルツコイル 1 2 2 の中心軸に沿って Z_g 軸が配置され、 X_g 軸、 Y_g 軸は互いに垂直、かつ Z_g 軸に垂直になるように配置されているものとする。

40

【 0 1 9 9 】

図 2 6 は、本発明の空間情報検出システムにおける実施形態 8 の空間情報検出装置の具体的な構成ブロック図である。この空間情報検出装置は、磁場検出部 1 1 1 と姿勢検出部 1 4 0 と演算部 1 0 8 とから構成され、この演算部 1 0 8 は、データ受信部 1 1 7 とフーリエ変換部 1 1 8 と磁場ベクトル算出部 1 1 9 と位置・姿勢算出部 1 2 0 とを備えている。磁場検出部 1 1 1 は、発明の実施形態 6 と同様に方位角センサ 1 1 1 a とデータ送信部 1 1 6 から構成されている。この演算部 1 0 8 では、姿勢検出部 1 4 0 からの出力信号である姿勢データを磁気データと同様にデータ受信部 1 1 7 で受信し、姿勢データは位置・姿勢算出部 1 2 0 へ送られ、磁気データは発明の実施形態 6 , 7 と同様に処理されるよう、フーリエ変換部 1 1 8 へと送られる。

50

【0200】

Zg軸ヘルムホルツコイル用電源部内の電源125aは、発明の実施形態6,7とは異なり、 M_{p-p} 、 N_{p-p} の角周波数（各角周波数はそれぞれ互いに異なり、最小の整数比の偶奇が異なっている）を持つ交流電流（又は電圧）を発生させる。このとき、供給される電流 $I_{a'}$ は次のように表されるものとする。

【0201】

$$I_{a'} = I_p * (\sin(M_{p-p}t) + \sin(N_{p-p}t)) \dots (\text{式50})$$

ここで、 I_p は電流振幅を表している。

【0202】

また、電源125bは、同様に M_{p-p} 、 N_{p-p} の角周波数を持つ交流電流を発生するが、このとき供給される電流 $I_{b'}$ は次のように表されるものとする。

【0203】

$$I_{b'} = -I_p * (\sin(M_{p-p}t) + \sin(N_{p-p}t)) \dots (\text{式51})$$

これらの交流電流により、 M_{p-p} 、 N_{p-p} の角周波数をもち、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知のである交流の線形な勾配磁場 B_p をZg軸ヘルムホルツコイル122から発生する。

【0204】

磁場検出部111の構成及び動作は発明の実施形態6,7と同様であるので説明を省略する。

演算部108において、データ受信部117は、磁場検出部111のデータ送信部116からの磁気データと姿勢検出部140からの姿勢データを受信する。姿勢データは位置・姿勢算出部120へ送られ、磁気データはフーリエ変換部118へと送る。このフーリエ変換部118は、データ受信部117からの所望量の3軸の磁気センサ110からの磁気データを取得した後に、それらに対しFFT演算を実行し、各軸において、Zg軸ヘルムホルツコイル122から発生する交流勾配磁場 B_p の複数の周波数成分（角周波数成分が、 M_{p-p} と N_{p-p} ）中の、信号強度（振幅）と位相を算出し、磁場ベクトル算出部119へと送る。磁場ベクトル算出部119は、発明の実施形態6と同様の手順により、角周波数が M_{p-p} の周波数成分の不均一磁場ベクトル m_p を算出する。

【0205】

そして、位置・姿勢算出部120は、姿勢検出部140からの姿勢データから、姿勢情報を算出する。例えば、実施形態4のように絶対座標系から見た端末座標系の正規直交基底より成る行列を算出し、それから、（式39）～（式40）やオイラー角などの所望の形式で、姿勢情報を算出する。そして、姿勢情報から、端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、不均一磁場ベクトル m_p を端末座標系から絶対座標系のベクトル F_p への変換し、（式48）により、情報端末107の位置情報を算出し、データ表示部109へと送る。

【0206】

図27は、本発明の空間情報検出システムの実施形態8の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。まず、Zg軸ヘルムホルツコイル122から異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の線形な勾配磁場 B_p を発生する（ステップS1）。次に、Zg軸ヘルムホルツコイル122から発生中の磁場を、3軸の磁気センサ110を有する方位角センサ111aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する（ステップS2）。

【0207】

次に、フーリエ変換部118において、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する（ステップS3）。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

10

20

30

40

50

【 0 2 0 8 】

次に、取得された所望量の各軸の磁気データに対してFFT演算を行い、各軸における交流勾配磁場 B_p の二つの周波数成分中の振幅と位相を算出する（ステップS4）。そして、磁場ベクトル算出部119において、各軸における交流勾配磁場 B_p の二つの周波数成分中の振幅と位相から、方位角センサ111aが測定している交流勾配磁場 B_p の向きと大きさを表す、位置検出に必要な磁場ベクトル m_p を算出する（ステップS5）。

【 0 2 0 9 】

そして、姿勢検出部140から、情報端末107の姿勢を表す姿勢データを取得し、位置姿勢情報算出部120において、取得した姿勢データから所望の形式の情報端末107の姿勢情報を算出する（ステップS6）。そして、端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、位置検出用の磁場ベクトル m_p を絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、（式48）により情報端末107の位置情報を算出する（ステップS7）。

10

【 0 2 1 0 】

以上のような手順によって、姿勢検出部140により情報端末107の姿勢データを取得して所望の形式の姿勢情報を算出し、交流勾配磁場 B_p から情報端末107の位置情報を求めることができた。すなわち、情報端末107の姿勢と位置を検出できた。

【 0 2 1 1 】

[実施形態9]

< 加速度センサ + 地磁気 + 勾配磁場で位置と姿勢を検出する場合 >

20

発明の実施形態8において、姿勢検出部140として加速度センサを備え、発明の実施形態7において説明した地磁気を磁場検出部111で同時に検出することで情報端末107の姿勢情報を算出することも考えられる。

【 0 2 1 2 】

この実施形態9の空間情報検出システムの構成は、発明の実施形態8と同様であるが、姿勢検出部140として加速度センサを利用する。また、地磁気 B_x を X_g 軸に、重力加速度の反対方向に Z_g 軸をとる。

【 0 2 1 3 】

姿勢検出部140からの加速度データからは一部の姿勢が表現できるが、 Z_g 軸を軸とした動きの自由度が残っているので、実施形態8のように情報端末107の任意の姿勢すべてを表現できない。そのため、さらに地磁気を利用して情報端末107の任意姿勢を検出する。地磁気の検出から地磁気を示す直流磁場ベクトルの算出は実施形態7と同様である。

30

【 0 2 1 4 】

図28は、本発明の空間情報検出システムの実施形態9の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。地磁気 B_x が存在している場所にて、 Z_g 軸ヘルムホルツコイル122から異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の線形な勾配磁場 B_p を発生する（ステップS1）。次に、 Z_g 軸ヘルムホルツコイル122から発生中の磁場を、3軸の磁気センサ110を有する方位角センサ111aで測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する（ステップS2）。

40

【 0 2 1 5 】

次に、フーリエ変換部118にて、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する（ステップS3）。FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップS4へ進み、FFT演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップS2へ戻る。

【 0 2 1 6 】

そして、取得された所望量の各軸の磁気データに対してFFT演算を行い、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相を算出する。すなわち、各軸における B_p の二つの周波数成分中の振幅と位相と、 B_x を表す直流成分（0Hz）の振幅を算出する。（ステップS4）。そして、磁場ベクトル算出部119にて、各軸における各磁場の各周波数

50

成分中の振幅と位相から、方位角センサ 111a が測定している各磁場の向きと大きさを表す、位置姿勢検出に必要な地磁気 B_x と勾配磁場 B_p を示す磁場ベクトル m_x' 、 m_p を算出する（ステップ S5）。そして、位置姿勢算出部 120 において、姿勢検出部 140 から検出した姿勢データである加速度データ a と、地磁気を示す磁場ベクトル m_x' （直流磁場ベクトル）とから新たに情報端末 107 の姿勢情報を算出する（ステップ S6）。このとき、加速度データ a は Zg 軸の方向を表す端末座標系から見たベクトルを示している（式 35）～（式 36）の m_z に置き換えることで姿勢情報が算出できる。

【0217】

そして、算出した情報端末 107 の姿勢情報から端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、勾配磁場を示す磁場ベクトル m_p から絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、（式 48）により情報端末 107 の位置情報を算出する（ステップ S7）。

【0218】

以上のような手順によって、地磁気 B_x と重力加速度による加速度データから情報端末 107 の姿勢情報を、そして、情報端末 107 の姿勢情報と交流勾配磁場 B_p から情報端末 107 の位置情報を求めることができる。すなわち、情報端末 107 の姿勢と位置を検出できる。そして、続けて位置と姿勢の検出を行う場合には、ステップ S2 へと戻ればよい。

【0219】

[実施形態 10]

< 均一・勾配合成磁場 + 加速度センサを使用する場合 >

図 29 は、本発明の空間情報検出システムの実施形態 10 を示す全体構成図である。発明の実施形態 7 の図 23 と異なり、ヘルムホルツコイルが Zg 軸ではなく、Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 として配置されている。また、Zg 軸ヘルムホルツコイル用電源部の代わりに、同様の機能と構成を持つ Xg 軸ヘルムホルツコイル用電源部 135 があり、Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 は、コイル 101a とコイル 101b とに分かれ、Xg 軸ヘルムホルツコイル用電源部 135 内の電源 135a と電源 135b にそれぞれ接続されている。また、電源 135a と 135b は電流制御部 134 に接続され、発生周期や電流量を制御されている。電源 135a と電源 135b から供給される交流電流 I_a 及び I_b は、（式 45）及び（式 46）の均一磁場 B_z を発生させる部分を均一磁場 B_x 用に置き換え、勾配磁場の部分は実施の形態 6 又は 7 と同様である。そして、Xg 軸ヘルムホルツコイル 101 から、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場 B_x と、交流の勾配磁場 B_p とを同時に発生する。均一空間は、均一磁場 B_x が発生している空間である。

【0220】

また、空間情報検出装置は、実施形態 9 と同様である。すなわち、図 26 と構成が同じとなっているので、説明を省略する。

【0221】

この実施形態 10 での情報端末 107 の位置と姿勢検出の手順は、実施の形態 9 における地磁気を、Xg 軸ヘルムホルツコイルからの異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場 B_x に置き換え、勾配磁場 B_p の発生方向を変更したことに相当する。この場合も、姿勢検出部 140 からの加速度データからは、一部の姿勢が表現できる。しかし、Zg 軸を軸とした動きの自由度が残っているので、実施形態 8 のように情報端末 107 の任意の姿勢すべてを表現できない。そのため、さらに均一磁場 B_x を利用して情報端末 107 の任意姿勢を検出する。また、勾配磁場 B_p の発生方向を変更したので、（式 44）を座標系にあわせて変換した

$$B_p = (-2kX, kY, kZ)^T \cdots (式 52)$$

を利用して位置情報を算出する。

【0222】

図 30 は、本発明の実施形態 10 の動作を説明するためのフローチャートを示す図であ

10

20

30

40

50

る。すなわち、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の均一磁場である X g 軸方向磁場 B_x と、異なる複数の周波数成分の位相関係が既知である交流の線形な勾配磁場 B_p の各磁場を重ね合わせて発生する (ステップ S 1)。次に、X g 軸ヘルムホルツコイル 1 0 1 から発生中の磁場を、3 軸の磁気センサ 1 1 0 を有する方位角センサ 1 1 1 a で測定し、デジタル信号である各軸の磁気データを取得する (ステップ S 2)。

【0223】

次に、フーリエ変換部 1 1 8 にて、FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得したかどうか判断する (ステップ S 3)。FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得していれば次のステップ S 4 へ進み、FFT 演算に必要な所望量の磁気データを取得していなければステップ S 2 へ戻る。

【0224】

次に、取得された所望量の各軸の磁気データに対して FFT 演算を行い、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相を算出する (ステップ S 4)。そして、磁場ベクトル算出部 1 1 9 にて、各軸における各磁場の各周波数成分中の振幅と位相から、方位角センサ 1 1 1 a が測定している各磁場の向きと大きさを表す、位置姿勢検出に必要な均一磁場 B_x と勾配磁場 B_p を示す磁場ベクトル m_x 、 m_p を算出する (ステップ S 5)。そして、位置姿勢算出部 1 2 0 にて、姿勢検出部 1 4 0 から検出した姿勢データである加速度データ a と、均一磁場を示す磁場ベクトル m_x とから情報端末 1 0 7 の姿勢情報を算出する (ステップ S 6)。このとき、加速度データ a は Z g 軸の方向を表す端末座標系から見たベクトルを示しているので (式 3 5) ~ (式 3 6) の m_z に置き換えることで姿勢情報が算出できる。

【0225】

そして、情報端末 1 0 7 の姿勢情報から端末座標系から絶対座標系への座標変換ができるようになったので、測定された勾配磁場を示す磁場ベクトル m_p から絶対座標系へと変換したベクトル F_p が求められ、(式 4 8) の演算式中の勾配磁場 B_p を (式 5 2) で表して利用することにより情報端末 1 0 7 の位置情報を算出する (ステップ S 7)。

【0226】

以上のような手順によって、交流の均一磁場 B_x と重力加速度による加速度データから情報端末 1 0 7 の姿勢情報を、そして、情報端末 1 0 7 の姿勢情報と交流勾配磁場 B_p から情報端末 1 0 7 の位置情報を求めることができる。すなわち、情報端末 1 0 7 の姿勢と位置を検出できる。そして、続けて位置と姿勢の検出を行う場合には、ステップ S 2 へと戻ればよい。

【0227】

以上のように、本発明によって、実施形態 7 乃至 1 0 において、位相関係が既知である異なる複数の周波数の交流の線形な勾配磁場を発生させることで、情報端末の姿勢情報から簡単な構成と計算で情報端末の位置を算出できる。

【0228】

なお、実施形態 7 乃至 1 0 において、不均一磁場を線形な勾配磁場としたが、勾配磁場の代わりに、実施形態 4 から 5 で示した不均一磁場を利用することも可能である。例えば、実施形態 7 及び 1 0 においては、不均一磁場発生部を実施形態 5 の不均一磁場発生部へと変更しても、同じ空間情報検出装置を利用して同様の手順で情報端末の位置姿勢検出を行うことができる。また、実施形態 8 及び 9 においては、不均一磁場発生部を発明の実施形態 4 の、1 つのコイルから発生する磁場に置き換え、同じ空間情報検出装置を利用して同様の手順で情報端末の位置姿勢検出を行うことができる。但し、これらの場合には、位置情報を算出する (式 4 8) を (式 4 2) に変更し、適切な座標系にあわせて利用する。

【0229】

また、実施形態 7 乃至 1 0 において位置情報を算出する場合、必ずしも (式 4 8) のような代数式で算出するのではなく、予め検出する位置の磁場を測定しておき、使用の際に参照する形で位置を決定する方式でも良い。また、(式 4 4)、(式 5 2) で表される磁場の勾配も予め測定することで求めても良いし、シミュレーションによって求めても良い

10

20

30

40

50

。また、磁場の勾配は実施形態 7 乃至 9 において（式 4 4）、実施形態 10 において（式 5 2）によって示した形となっているが、これらの式以外で表される勾配磁場でも本発明によって簡単に姿勢と位置の検出ができることは明らかである（例えば、（式 4 4）、（式 5 2）中の定数 k が各軸において異なっている場合などがある。）。（式 4 4）、（式 5 2）のような式で表されない場合でも、上記のような代数式算出ではなく、予め測定することで求めても良いし、シミュレーションによって求めても良い。

【0230】

また、実施形態 7 及び 9 において地磁気を利用した例を示したが、地磁気をコイルから発生する直流の磁場（静磁場）に置き換えることも可能である。例えば実施形態 6 において、Xg 軸ヘルムホルツコイルから直流の均一磁場を発生させることで、実施形態 7 と同様の手順によって情報端末の姿勢と位置を求めることができる。なお、実施形態 7 及び 9 では、地磁気を利用することで磁場を発生するコイルを削減でき、システムの構成を簡単にすることができる。また、実施形態 10 において、交流の均一磁場 B_x の代わりに直流の磁場を勾配磁場 B_p に重ね合わせることも可能であって、この場合にも実施形態 9 と同様の手順で姿勢と位置を求めることができる。よって地磁気ではなく、直流の磁場を利用する場合も本発明に含まれている。

【0231】

また、以上すべての実施形態 1 乃至 10 において説明したフーリエ変換部は、FFTではなく DFT (Discrete Fourier Transform: 離散フーリエ変換) を利用してもよいことは明らかである。さらにまた、利用したい周波数のみ取り出せるようにデジタルフィルタを構成し、ヒルベルト変換を行うことによって位相を算出するような、デジタル信号処理に通じた者なら容易に行えるような振幅と位相を算出する演算処理と置き換えることも可能である。このような場合も本発明に含まれている。

【0232】

以上のように、本発明によって様々な形態の空間情報検出が簡単な構成と簡単な計算で可能となった。

【0233】

本発明において、フーリエ変換部は、磁場検出部からの各軸の信号に基づいて、各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅を算出している。そして、直流成分の振幅も算出している。以下、実施形態ごとに場合分けしてこの意味を説明する。

(1) 実施形態 1 から実施形態 3、実施形態 8 及び実施形態 9

実施形態 1 から実施形態 3、実施形態 8 及び実施形態 9 においては、二つの周波数成分が含まれている交流磁場を一つ利用する。フーリエ変換部は、各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅として、各軸において二つの周波数成分の位相と、少なくともいずれか一つの周波数成分の振幅を算出する。

(2) 実施形態 4 から実施形態 7、及び実施形態 10

実施形態 4 から実施形態 7、及び実施形態 10 においては、二つの周波数成分が含まれている交流磁場を複数利用する（均一、不均一、勾配などの複数種類の磁場を利用する）。フーリエ変換部は、各軸における複数の周波数成分中の位相と振幅として、各軸における各磁場の有する二つの周波数成分の位相を算出し、二つの周波数成分のうち少なくともいずれか一つの周波数成分の振幅を算出する。

(3) 実施形態 7 及び実施形態 9

直流磁場を利用する実施形態 7 及び実施形態 9 においては、フーリエ変換部は上記 (1) 又は (2) の位相と振幅に加え、各軸における直流成分 (0 Hz の周波数成分) の振幅を算出している。

【0234】

本発明では、検出したい磁場が特定の周波数であることがわかっているので、その他の周波数の交流磁場やノイズ磁場がある磁場環境でも識別が可能である。さらに、発生させる磁場は、最小の整数で表される周波数比が偶数対奇数であって、位相が既知である周波数成分を含むだけであり、測定した信号を周波数帯域毎に分離するフィルタを利用する必

要がないので、構成が容易で、また周波数選択の自由度が高い。また、システムを構成後に自由に周波数を選択できる。

【0235】

また、磁場検出部で測定軸ごとに周波数帯域を分離するフィルタが必要でないことは、回路規模も小さく済み、小型かつ安価な磁気センサとして実現可能である。また、磁場の発生と測定を同期して行わなくてよいので、参照信号が必要なく構成が容易で、一度磁場を発生すれば、任意のタイミングでの測定と、連続的な測定が可能である。

【0236】

また、異なる複数の周波数の位相関係が既知である交流の均一磁場を構成することで、簡単な計算によって任意の姿勢検出が行えるようになり、また、そのような均一な磁場で構成された均一空間内の任意の座標で、不均一な磁場を発生させることで、姿勢の検出に加えて位置の検出が可能となり、しかも簡単な計算で算出できることは今まで説明した実施の形態で明らかである。また、いくつかの形態において説明したように、磁気センサのみで情報端末の位置と姿勢を検出することもできる。

10

【0237】

さらに、異なる複数の周波数の位相関係が既知である交流の均一磁場と不均一磁場は同一のコイルから発生させることもでき、システムの構成を簡単にし、不均一磁場が勾配磁場である場合には、均一磁場の強度を測定すると同時に勾配磁場の勾配を求めることができる。すなわち、位置検出のための勾配磁場の勾配を予め測定しなくても良い。

【0238】

また、フーリエ変換部によってフィルタを使わずとも直流成分と交流成分が同時に分離できるので、地磁気のような直流成分も同時に検出して姿勢情報算出などに利用することもできる。

20

本発明は、以上の実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更があっても本発明に含まれる。

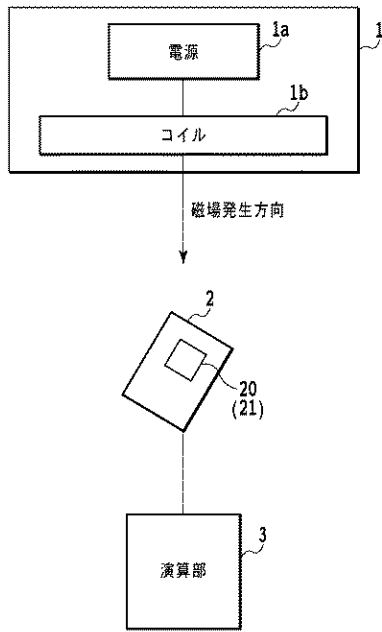
【産業上の利用可能性】

【0239】

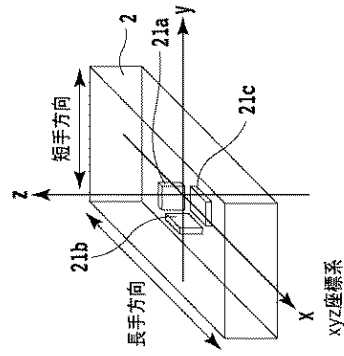
本発明は、空間情報検出システム及びその検出方法並びに空間情報検出装置に関するもので、交流磁場を利用して連続的に測定ができ、また、周波数の設定の自由度が大きく、さらに、構成が簡単な空間情報検出システムを提供することができる。また、同様に、その空間情報検出方法及び空間情報検出装置を提供することができる。

30

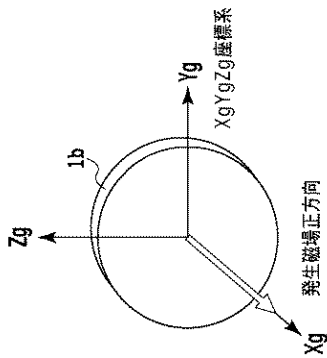
【図1】



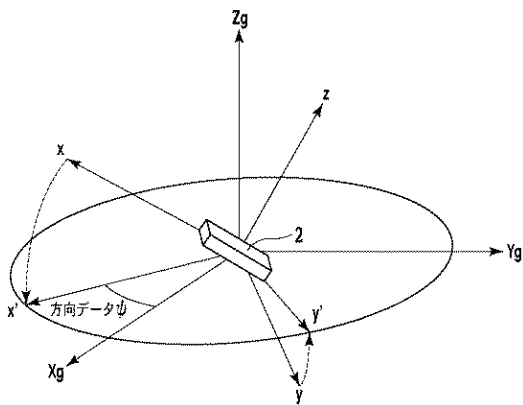
【図2A】



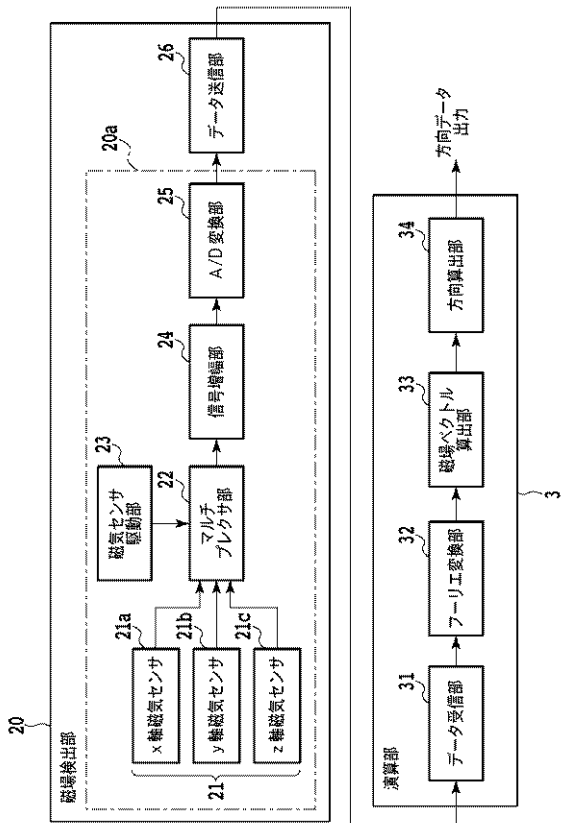
【図2B】



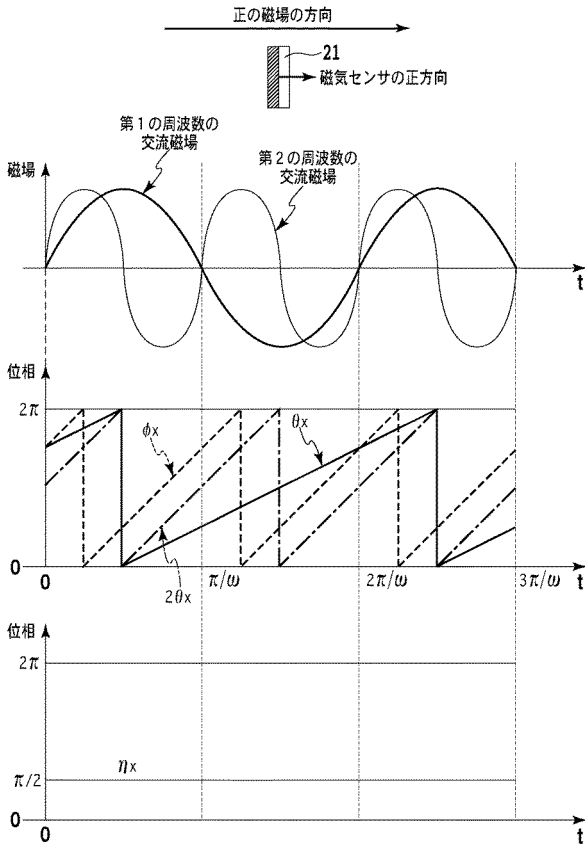
【図3】



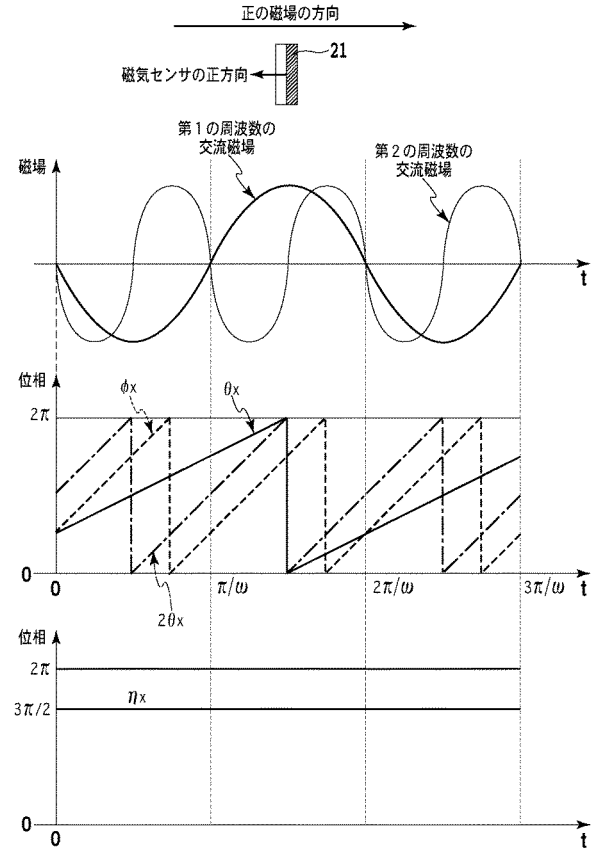
【図4】



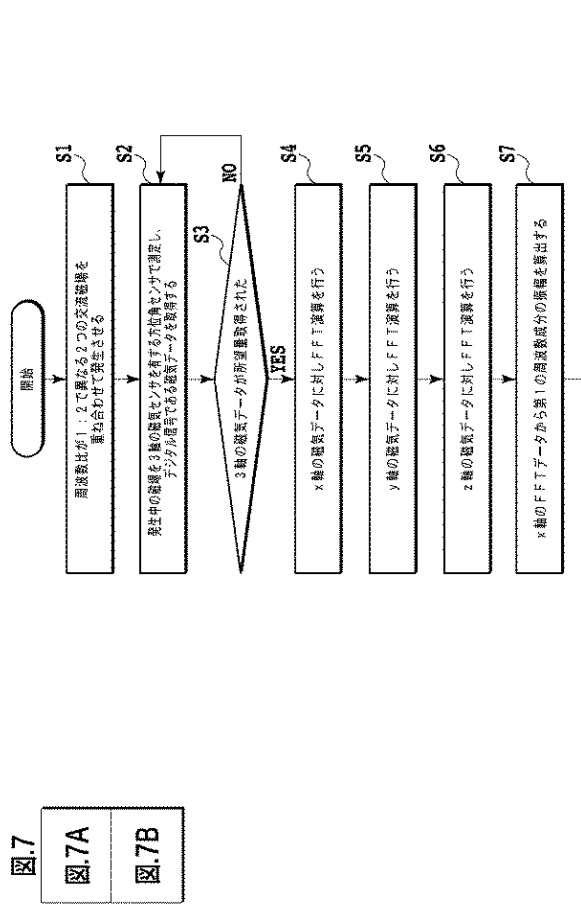
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 A 】



【 図 7 B 】

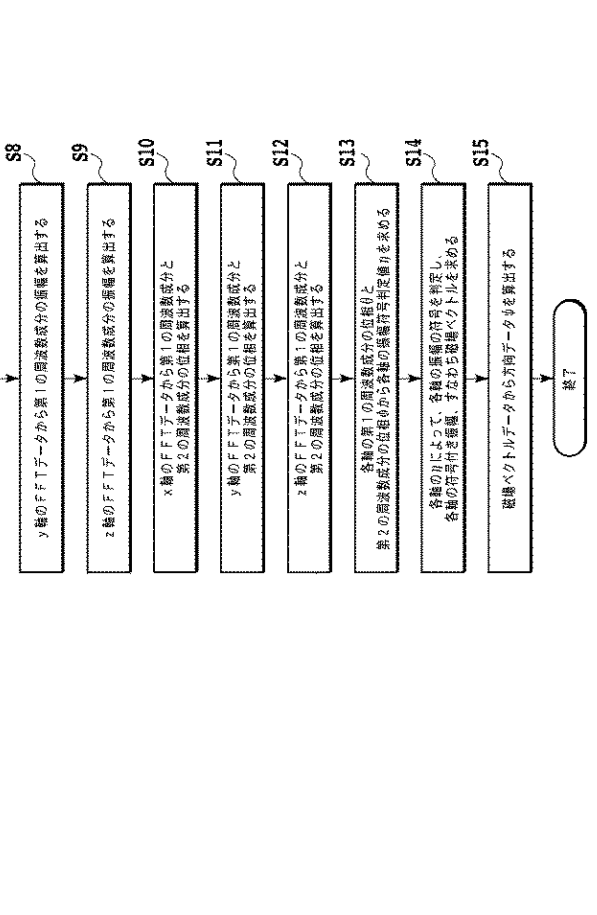
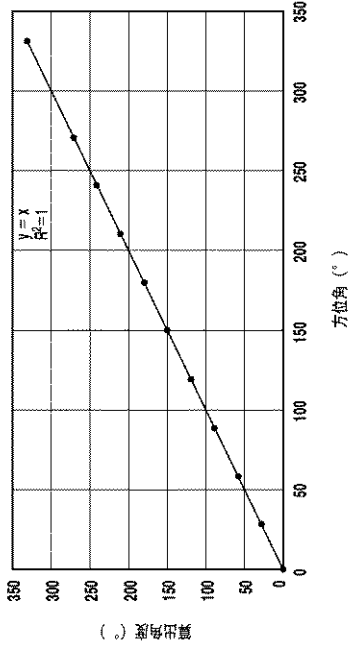


図.7
図 7A
図 7B

【 図 8 】

1Hzと2Hzのサイン波の合成信号から方位角度を求めた
—サンプリング周波数100Hz,FFTデータサイズ100個を仮定



【 図 9 A 】

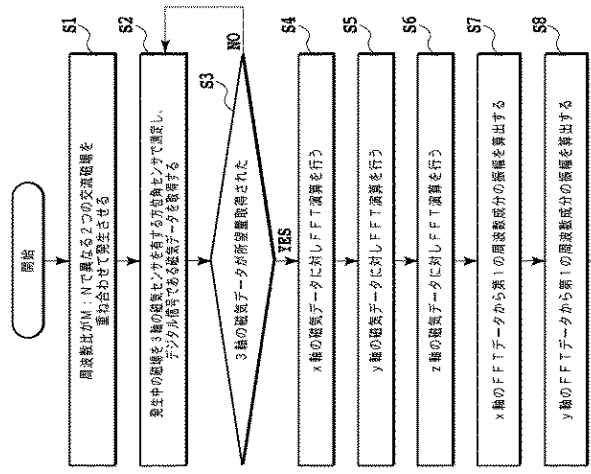
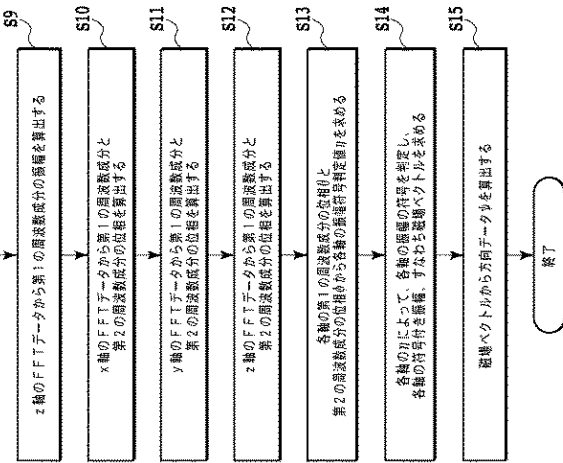


図9

図9A

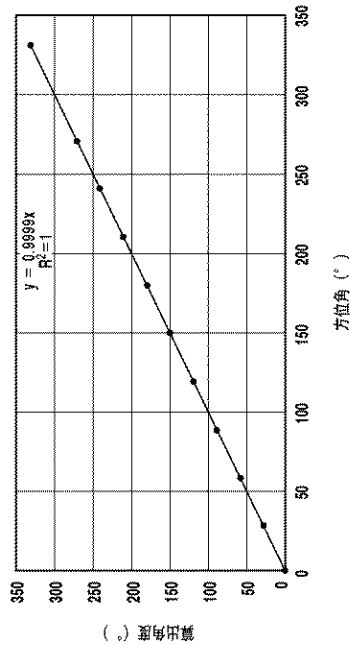
図9B

【 図 9 B 】

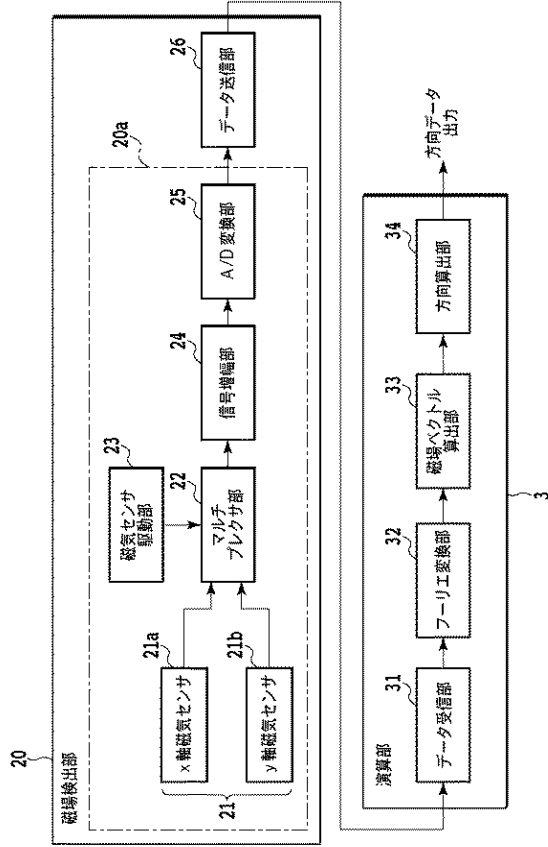


【 図 1 0 】

3Hzと8Hzのサイン波の合成信号から方位角度を求めた
—サンプリング周波数100Hz,FFTデータサイズ100個を仮定



【 図 1 1 】



【 図 1 2 A 】

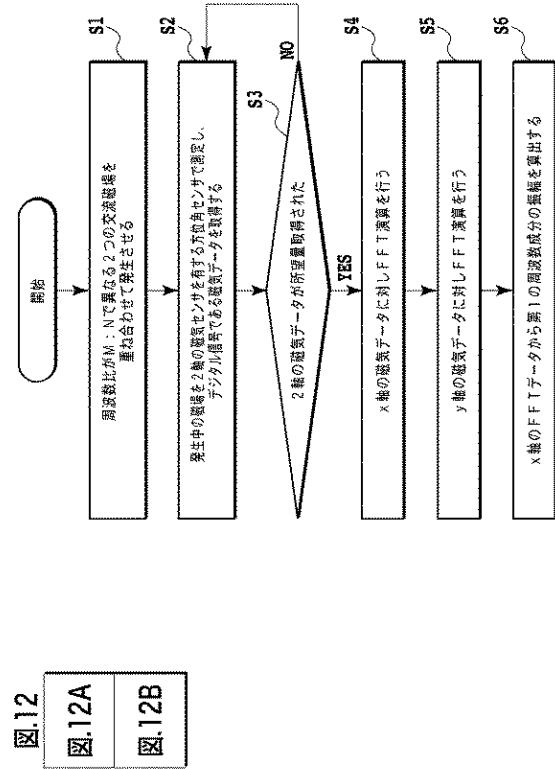
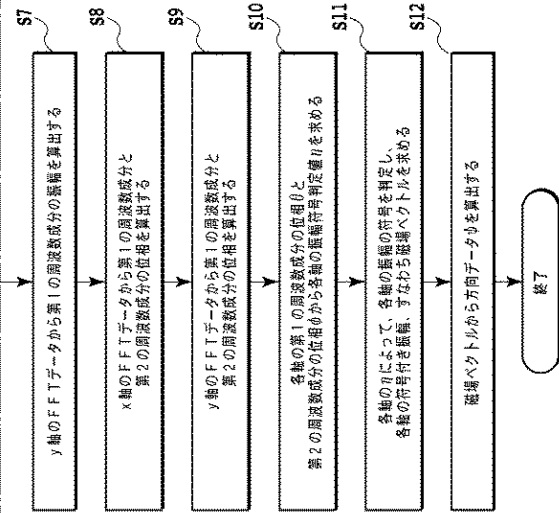


図.12

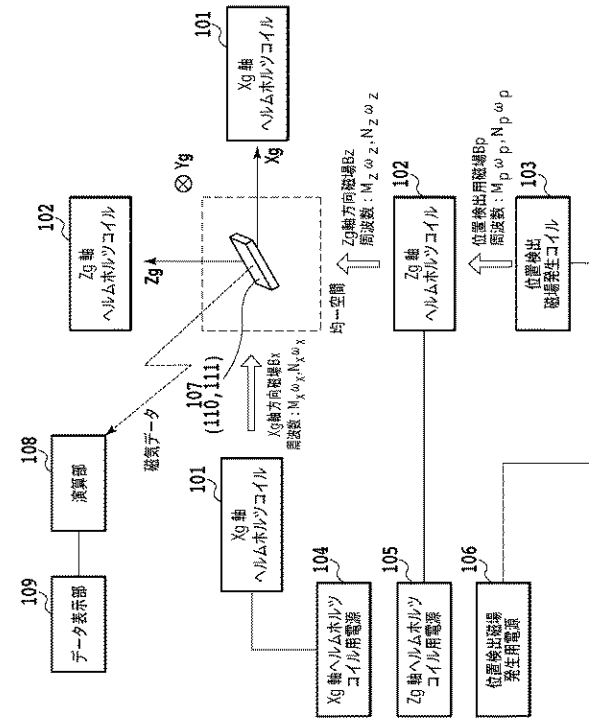
図.12A

図.12B

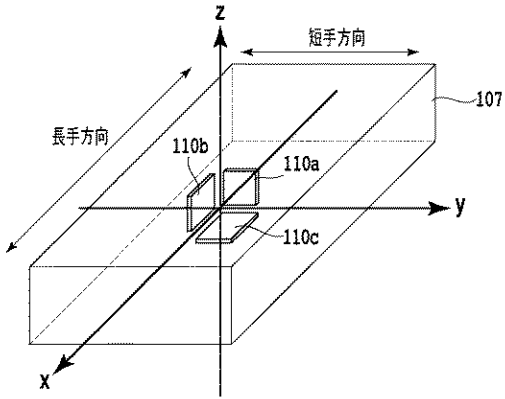
【 図 1 2 B 】



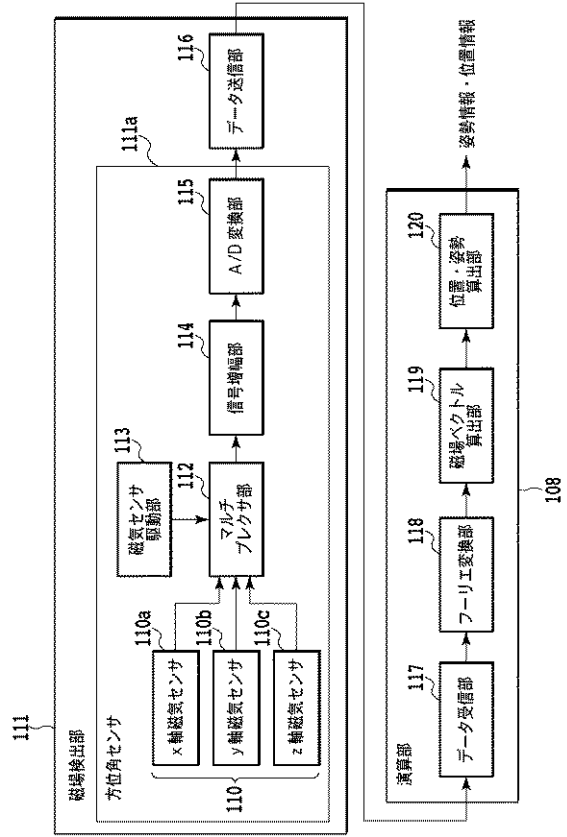
【 図 1 3 】



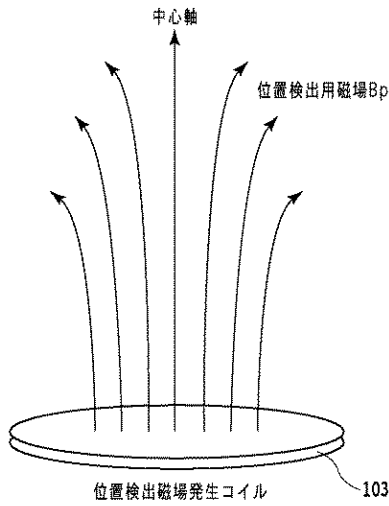
【 図 1 4 】



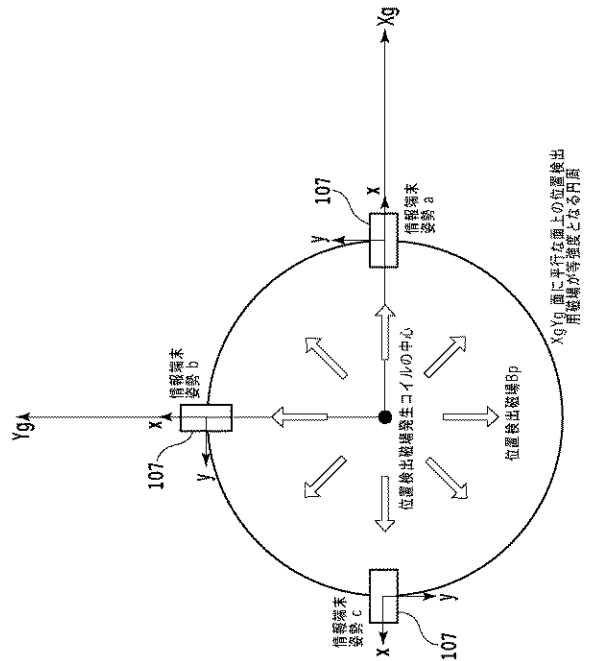
【 図 1 5 】



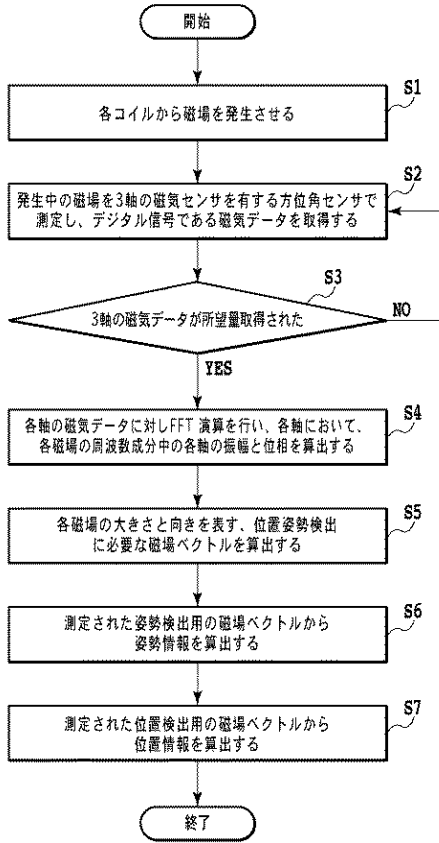
【 図 1 6 】



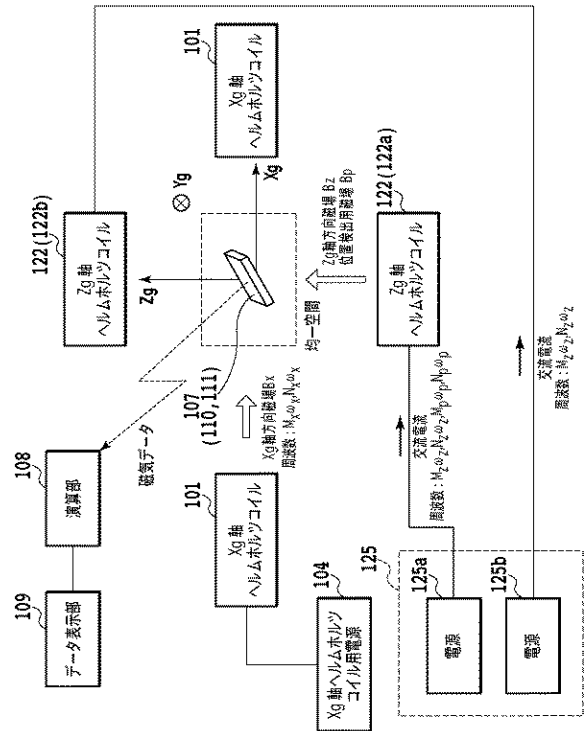
【 図 1 7 】



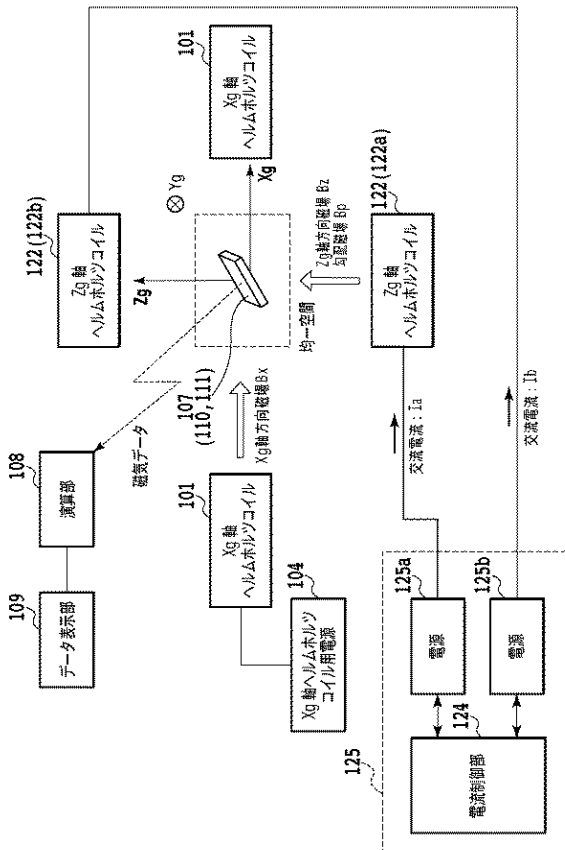
【図18】



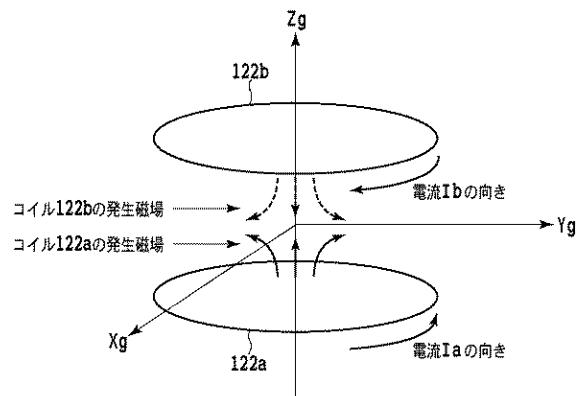
【図19】



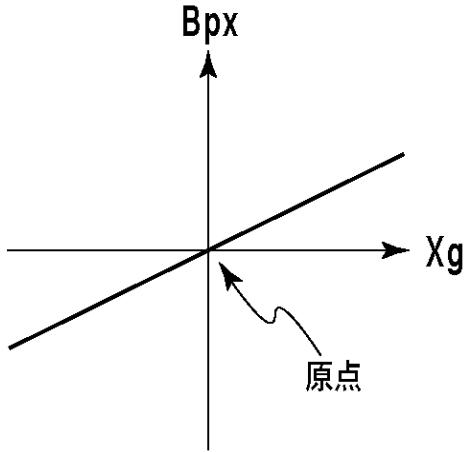
【図20】



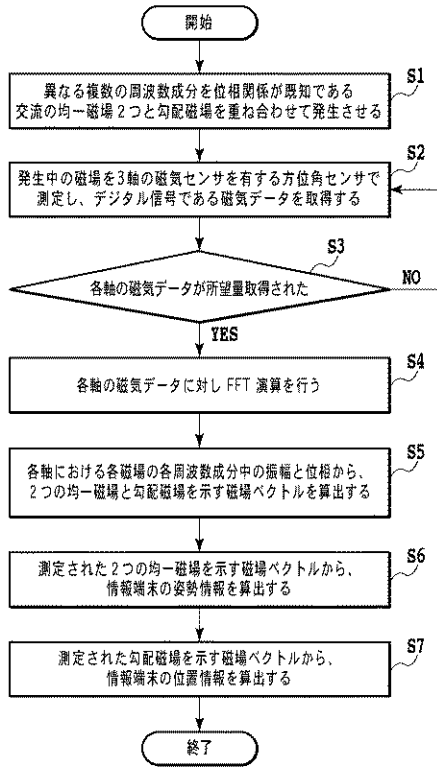
【図21A】



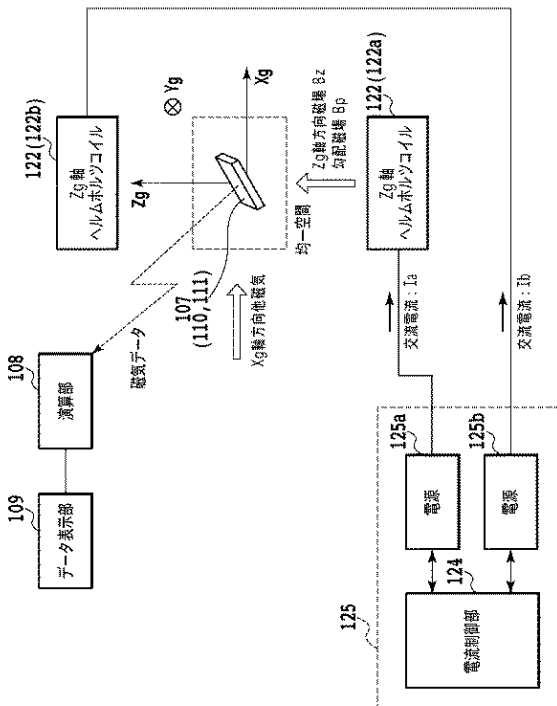
【図21B】



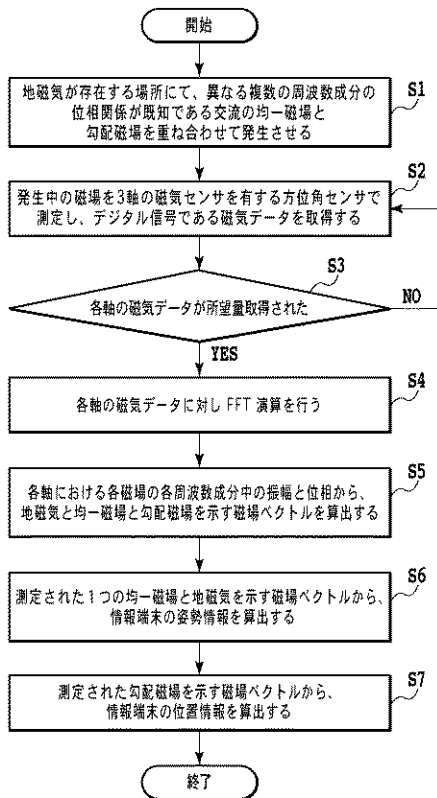
【図22】



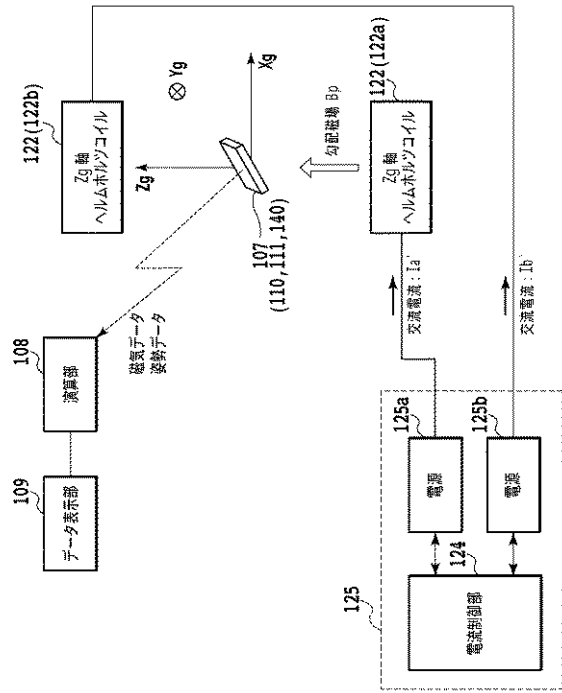
【図23】



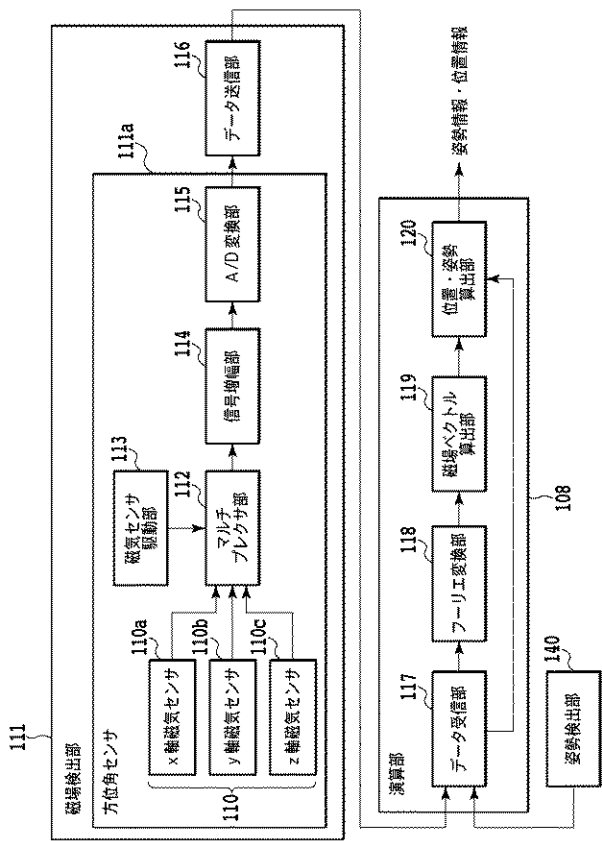
【図24】



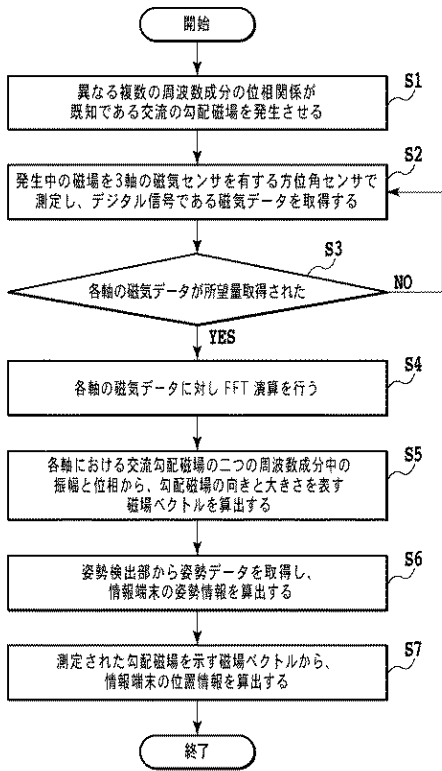
【図 25】



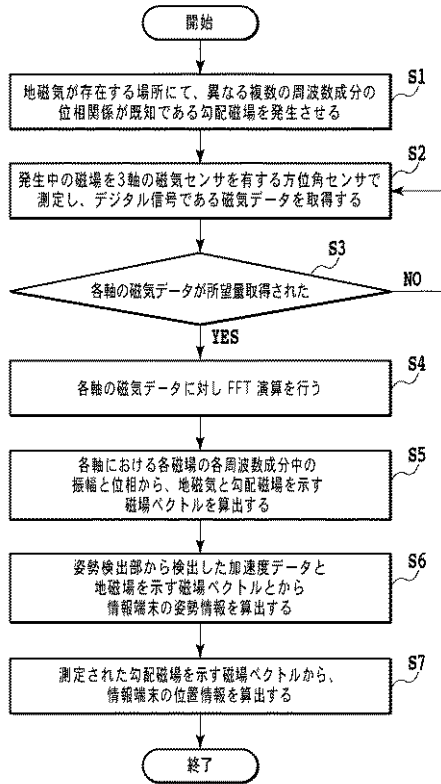
【図 26】



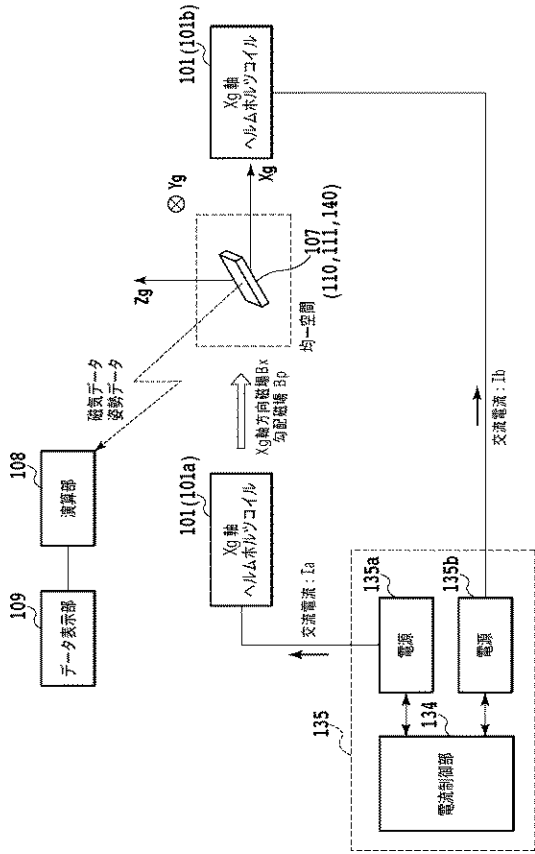
【図 27】



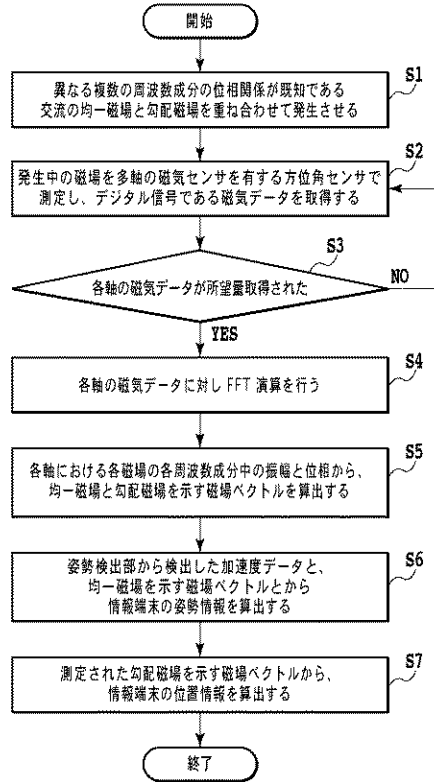
【図 28】



【図 29】

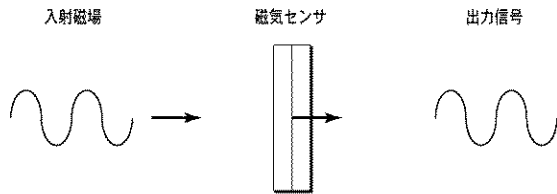


【図 30】



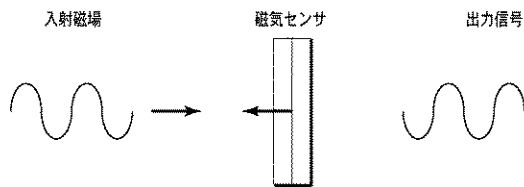
【図 31 A】

磁場の入射方向と磁気センサの正方向が同方向の場合



【図 31 B】

磁場の入射方向と磁気センサの正方向が反対方向の場合



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2008/052152
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01B7/00(2006.01) i, G01B7/30(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B7/00-G01B7/34		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-038301 A (Commissariat a L'Energie Atomique), 19 February, 1987 (19.02.87), Full text; all drawings & EP 215695 A & DE 3669586 C & FR 2586302 A & CA 1314993 A	1-26
A	JP 9-325003 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 16 December, 1997 (16.12.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-26
A	JP 11-132704 A (Shimadzu Corp.), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-26
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 19 March, 2008 (19.03.08)		Date of mailing of the international search report 01 April, 2008 (01.04.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/052152

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-292111 A (Japan Science and Technology Corp.), 20 October, 2000 (20.10.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-26

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 5 2 1 5 2													
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B7/00(2006.01)i, G01B7/30(2006.01)i															
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B7/00-G01B7/34															
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2008年														
日本国実用新案登録公報	1996-2008年														
日本国登録実用新案公報	1994-2008年														
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に利用した用語)															
C. 関連すると認められる文献															
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号													
A	J P 6 2 - 0 3 8 3 0 1 A (コミッサリア ア レネルジイ アトミック), 1987.02.19, 全文全図, &EP 215695 A, &DE 3669586 C, &FR 2586302 A, &CA 1314993 A	1-26													
A	J P 9 - 3 2 5 0 0 3 A (積水化学工業株式会社), 1997.12.16, 全文全図 (ファミリーなし)	1-26													
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。															
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</td> <td>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献	「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献														
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの														
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの														
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの														
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献														
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願															
国際調査を完了した日 19.03.2008	国際調査報告の発送日 01.04.2008														
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 櫻井 仁	2S	9008												
		電話番号 03-3581-1101 内線 3258													

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2008/052152

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-132704 A (株式会社島津製作所), 1999.05.21, 全文全図 (ファミリーなし)	1-26
A	JP 2000-292111 A (科学技術振興事業団), 2000.10.20, 全文全図 (ファミリーなし)	1-26

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (2007年4月)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),
EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,T
R),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,
BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,K
G,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT
,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。