

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6610741号
(P6610741)

(45) 発行日 令和1年11月27日(2019.11.27)

(24) 登録日 令和1年11月8日(2019.11.8)

(51) Int. Cl.	F I	
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232	290
GO3B 15/00 (2006.01)	GO3B 15/00	W
GO3B 37/00 (2006.01)	GO3B 37/00	A
GO6T 3/00 (2006.01)	GO6T 3/00	745
	HO4N 5/232	160
請求項の数 8 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2018-166919 (P2018-166919)	(73) 特許権者	000006747 株式会社リコー
(22) 出願日	平成30年9月6日(2018.9.6)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(62) 分割の表示	特願2014-173261 (P2014-173261) の分割	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
原出願日	平成26年8月27日(2014.8.27)	(72) 発明者	佐藤 哲也 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式 会社リコー内
(65) 公開番号	特開2019-24206 (P2019-24206A)		
(43) 公開日	平成31年2月14日(2019.2.14)		
審査請求日	平成30年10月5日(2018.10.5)	審査官	佐藤 直樹
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 画像表示システム、画像表示装置、画像表示方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

全地球画像を取得する画像撮影装置と、
前記画像撮影装置の傾きを取得する傾きセンサと、
前記画像撮影装置の方位を取得する方位センサと、
前記画像撮影装置の位置を取得する第1の位置取得手段と、
注目すべき撮影対象の位置を注目点位置として指示する注目点指示装置と、
前記画像撮影装置により取得された全地球画像を、前記画像撮影装置の傾きに基づき天頂補正し、天頂補正した前記全地球画像を、前記画像撮影装置の方位、前記画像撮影装置の位置及び前記注目点指示装置により指示された前記注目点位置に基づき、前記注目点位置が表示される表示画像に変換し、当該表示画像を表示する画像表示装置と、
を備えることを特徴とする画像表示システム。

【請求項2】

前記注目点指示装置は、前記撮影対象に備え付けられた、前記撮影対象の位置を取得する第2の位置取得手段であることを特徴とする請求項1に記載の画像表示システム。

【請求項3】

前記第1の位置取得手段または前記第2の位置取得手段は、GPS受信器を備える機器であることを特徴とする請求項2に記載の画像表示システム。

【請求項4】

前記注目点指示装置は、前記撮影対象の位置を入力する位置入力手段であることを特徴

とする請求項 1 に記載の画像表示システム。

【請求項 5】

前記画像表示装置は、

前記画像撮影装置の傾きに基づいて前記全天球画像の天頂補正をする天頂補正手段と、
前記画像撮影装置の方位と、前記画像撮影装置の位置および前記注目点位置とに基づいて、
前記全天球画像を前記注目点位置が表示される表示画像へ変換する回転補正手段とを備える、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の画像表示システム。

【請求項 6】

画像撮影装置が取得した全天球画像を、傾きセンサにより取得された前記画像撮影装置の傾きに基づき天頂補正し、天頂補正した前記全天球画像を、方位センサにより取得された前記画像撮影装置の方位、第 1 の位置取得手段により取得された前記画像撮影装置の位置及び注目すべき撮影対象の注目点位置に基づいて、前記注目点位置が表示される表示画像に変換し、当該表示画像を表示する、

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】

画像撮影装置が取得した全天球画像を、傾きセンサにより取得された前記画像撮影装置の傾きに基づき天頂補正し、天頂補正した前記全天球画像を、方位センサにより取得された前記画像撮影装置の方位、第 1 の位置取得手段により取得された前記画像撮影装置の位置及び注目すべき撮影対象の注目点位置に基づいて、前記注目点位置が表示される表示画像に変換し、当該表示画像を表示する、

ことを特徴とする画像表示方法。

【請求項 8】

画像撮影装置が取得した全天球画像を、傾きセンサにより取得された前記画像撮影装置の傾きに基づき天頂補正し、天頂補正した前記全天球画像を、方位センサにより取得された前記画像撮影装置の方位、第 1 の位置取得手段により取得された前記画像撮影装置の位置及び注目すべき撮影対象の注目点位置に基づいて、前記注目点位置が表示される表示画像に変換する機能と、

当該変換された表示画像を画像表示装置に表示する機能と、

をコンピュータに実現させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示システム、画像表示装置、画像表示方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、超広角レンズや複数カメラや複数回撮影などを用いてパノラマ写真またはパノラマ動画（以下、静止画と動画とを区別せず、パノラマ画像と呼ぶ）を撮影する方法が普及している。また、パノラマ画像の画角を上下左右に 360 度の全天球まで広げた全天球画像を撮影する方法も知られている。

【0003】

これらの機器で撮影されたパノラマ画像は、例えばパーソナルコンピュータやスマートフォン、タブレット型コンピュータなどで表示され、閲覧者が視点を自由に変えながら閲覧し得る表示技術が知られている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来のパノラマ画像の表示技術では、最初の表示時における注目点の位置や、表示中における注目点の変化は、撮影時の機器の都合で決まってしまう、撮影者の

10

20

30

40

50

意図を反映させることは困難であるという問題があった。

【0005】

また、撮影者（編集者を含む。以下同じ）が意図する注目点を撮影後に編集するには、膨大な時間および手間がかかってしまい、特別な機材や技能を持たない撮影者には、撮影後に注目点を編集することは事実上不可能であった。

【0006】

例えば特許文献1には、パノラマ画像の表示領域を指定する目的で、表示画像の領域制御情報に従ってパノラマ画像の表示画像領域を表示する表示画像制御装置が開示されている。この表示画像制御装置は、表示画像領域制御情報を予め準備し、表示するパノラマ画像とともに提供して、表示画像制御装置にて画表示画像領域を表示させている。

10

【0007】

確かに特許文献1に記載の方法でも撮影者など画像提供者側で意図した表示画像領域を表示することができる。しかし、特許文献1の方法では表示画像領域を制御するための情報を作成する必要があり、撮影者が意図する注目点をパノラマ画像の表示に反映させることが困難であるという問題は依然として解消できていない。

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、その目的は、撮影者が意図する注目点を簡単にパノラマ画像の表示に反映させることができる画像表示システム、画像表示装置、画像表示方法、およびプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、全天球画像を取得する画像撮影装置と、前記画像撮影装置の傾きを取得する傾きセンサと、前記画像撮影装置の方位を取得する方位センサと、前記画像撮影装置の位置を取得する第1の位置取得手段と、注目すべき撮影対象の位置を注目点位置として指示する注目点指示装置と、前記画像撮影装置により取得された全天球画像を、前記画像撮影装置の傾きに基つき天頂補正し、天頂補正した前記全天球画像を、前記画像撮影装置の方位、前記画像撮影装置の位置及び前記注目点指示装置により指示された前記注目点位置に基づき、前記注目点位置が表示される表示画像に変換し、当該表示画像を表示する画像表示装置と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0010】

本発明によれば、撮影者が意図する注目点を簡単にパノラマ画像の表示に反映させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、第1実施形態に係る画像表示システムの概略構成を示す概念図である。

【図2】図2は、パノラマ画像撮影装置の側面図である。

【図3】図3は、パノラマ画像撮影装置の正面図である。

【図4】図4は、パノラマ画像撮影装置のハードウェア構成図である。

【図5】図5は、パノラマ画像撮影装置の使用イメージ図である。

40

【図6】図6は、パノラマ画像撮影装置で撮影された前側半球画像を示す図である。

【図7】図7は、パノラマ画像撮影装置で撮影された後側半球画像を示す図である。

【図8】図8は、図6および図7の半球画像を変換および合成したパノラマ画像を示す図である。

【図9】図9は、パノラマ画像撮影装置のレンズおよび撮像素子における射影関係を示す図である。

【図10】図10は、撮影像が撮像素子上に射影される位置を示す図である。

【図11】図11は、撮像素子上の画素をパノラマ画像上の画素へ変換する変換方法を説明する図である。

【図12】図12は、パノラマ画像の座標系について説明する図である。

50

【図13】図13は、パノラマ画像撮影装置が傾いていない場合における、半球画像からパノラマ画像への変換を示す図である。

【図14】図14は、パノラマ画像撮影装置が傾いている場合における、半球画像からパノラマ画像への変換を示す図である。

【図15】図15は、カメラ座標系とグローバル座標系の関係を示す図である。

【図16】図16は、パノラマ画像撮影装置が検出する重力方向を示す図である。

【図17】図17は、2つの回転の回転角 θ_1 , θ_2 を示した図である。

【図18】図18は、地表の座標系の定義を説明する図である。

【図19】図19は、 y_1 軸方向と y_0 軸方向との関係を示す図である。

【図20】図20は、 y_1 軸方向と y_2 軸方向と y_0' 軸方向との関係を示す図である。

【図21】図21は、パノラマ画像撮影装置と注目点指示装置との相対的位置関係を示す図である。

【図22】図22は、第2実施形態に係る画像表示システムの概略構成を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態に係る画像表示システム、画像表示装置、画像表示方法、およびプログラムを詳細に説明する。なお、以下では、静止画を用いた実施形態について説明を行うが、動画であっても各フレームを静止画とみなして本発明を適用した実施形態を構成することができる。したがって、以下で説明では、単に「画像」と云った場合、静止画と動画を含むものと理解されるべきである。

【0013】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る画像表示システムの概略構成を示す概念図である。図1に示されるように、第1実施形態の画像表示システム1000は、パノラマ画像撮影装置100と、画像表示装置200と、注目点指示装置300とを備える。

【0014】

パノラマ画像撮影装置100は、パノラマ画像を撮影するための機器である。さらに、パノラマ画像撮影装置100は、装置自身の傾き、装置が向いている方位、および装置の位置に関する情報を取得する手段を備えている。パノラマ画像撮影装置100が取得した画像、傾き、方位、および位置は、画像表示装置200へ送信される。

【0015】

なお、パノラマ画像撮影装置100から画像表示装置200への情報送信は、無線方式であっても、有線方式であってもよく、また、リアルタイムで送信しても、一旦パノラマ画像撮影装置100内に保存した後に画像表示装置200へ送信してもよい。

【0016】

注目点指示装置300は、撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_1 の位置を注目点位置として指示するための機器である。なお、ここで云う注目点位置とは、撮影対象 O_1 が存在する3次元空間上の位置である。図1に示されるように、撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_1 が例えば自動車である場合、注目点の位置は撮影中に移動しまう。そこで、注目点指示装置300は、注目点の位置を画像表示装置200で表示する画像に反映させるために、パノラマ画像撮影装置100との相対的な位置を取得する。

【0017】

本実施形態では、注目点指示装置300は、GPS(Global Positioning System)受信器を備える位置取得手段を、撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_1 に備え付けることで構成されている。なお、移動し得る注目点は自動車に限らず、人や動物などあらゆる移動体とすることができ、GPS受信器を備える位置取得手段の例としては、スマートフォンやパーソナルコンピュータやカーナビゲーションなど一般的なGPSを備える装置を流用することができる。また、パノラマ画像撮影装置100を2つ用意し、一方を注目点指示装置300として撮影対象 O_1 に備え付ける構成とすることも可能である。

【 0 0 1 8 】

なお、注目点指示装置 3 0 0 から画像表示装置 2 0 0 への送信は、無線方式であっても、有線方式であってもよく、また、リアルタイムで送信しても、一旦注目点指示装置 3 0 0 内に保存した後に画像表示装置 2 0 0 へ送信してもよい。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示されるように、画像表示装置 2 0 0 は、画像処理部 2 0 1 と画像表示部 2 0 2 とを備えている。画像処理部 2 0 1 は、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 が取得した画像、傾き、方位、および位置と、注目点指示装置 3 0 0 が取得した位置とに基づいて、画像表示部 2 0 2 へ表示すべき画像を構成する。画像表示部 2 0 2 は、画像処理部 2 0 1 が構成した画像を表示するためのディスプレイである。

10

【 0 0 2 0 】

例えば、画像表示装置 2 0 0 は、一般的なパーソナルコンピュータを用いて構成することも、スマートフォンなどのデバイスを用いて構成することも、専用デバイスとして構成することもできる。画像処理部 2 0 1 は、別個の独立した 1 つの装置として構成される必要はなく、画像処理部 2 0 1 の機能をネットワーク上のサーバに実装することも可能である。また、画像処理部 2 0 1 をパノラマ画像撮影装置 1 0 0 に付属させる構成とすることも可能である。

【 0 0 2 1 】

次に、図 2 ~ 図 4 を参照しながら、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の構成について説明する。図 2 は、パノラマ画像撮影装置の側面図であり、図 3 は、パノラマ画像撮影装置の正面図であり、図 4 は、パノラマ画像撮影装置のハードウェア構成図である。

20

【 0 0 2 2 】

図 2 および図 3 に示されるように、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の上部には、レンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b が設けられている。パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の正面に設けられたレンズ 1 0 2 a は、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の前側半分を撮像するための広角レンズであり、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の背面に設けられたレンズ 1 0 2 b は、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の後ろ側半分を撮像するための広角レンズである。すなわち、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 は、2 つのレンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b を用いて全天球を撮影することができるように構成されている。また、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 の正面には、撮像の開始などを行うための操作ボタン 1 1 4 a が設けられている。

30

【 0 0 2 3 】

なお、図に示されたパノラマ画像撮影装置 1 0 0 は、2 つのレンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b を用いて全天球を撮影する構成例であるが、本実施形態の適用は設けられたレンズの個数に限定されない。例えば、4 つのレンズを用いて全天球を 4 分割して撮影する撮影装置や、さらに多くのレンズを用いた撮影装置であってもよい。また、全天球を撮影しなくとも、撮影した画像に対して注目点を変更することにメリットが現れる程度に高画角の撮影装置であれば、本実施形態の効果を楽しむ得る。

【 0 0 2 4 】

図 4 に示されているように、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 は、撮像ユニット 1 0 1、画像処理ユニット 1 0 4、CPU (Central Processing Unit) 1 1 1、ROM (Read Only Memory) 1 1 2、RAM (Random Access Memory) 1 1 3、操作部 1 1 4、ネットワーク I / F 1 1 5、通信部 1 1 6、アンテナ 1 1 6 a、加速度センサ 1 1 7、電子コンパス 1 1 8、および GPS 受信器 1 1 9 を備えている。

40

【 0 0 2 5 】

撮像ユニット 1 0 1 は、各々半球画像を結像するための 1 8 0 ° 以上の画角 (好適には 1 8 5 ° から 1 9 0 °) を有するレンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b と、各レンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b に対応させて設けられている 2 つの撮像素子 1 0 3 a , 1 0 3 b とを備えている。撮像素子 1 0 3 a , 1 0 3 b は、レンズ 1 0 2 a , 1 0 2 b による光学像を電気信号の画像データに変換して出力する CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサや CCD (Charge Coupled Device) センサなどの画像センサである。

50

【0026】

撮像ユニット101の撮像素子103a, 103bは、各々、画像処理ユニット104に接続されている。画像処理ユニット104は、バス110を介してCPU111と接続される。さらに、バス110には、ROM112、RAM113、操作部114、ネットワークI/F115、通信部116、加速度センサ117、電子コンパス118、およびGPS受信器119なども接続されている。

【0027】

画像処理ユニット104は、撮像素子103a, 103bから出力される画像データを通して取り込み、それぞれの画像データをメルカトル図法で展開したパノラマ画像に変換することに用いられる。

10

【0028】

CPU111は、パノラマ画像撮影装置100の全体の動作を制御すると共に画像処理を実行することに用いられる。ROM112は、CPU111のための種々のプログラムを記憶するために用いられる。RAM113はワークメモリであり、CPU111で実行するプログラムや画像処理途中のデータ等を記憶するために用いられる。パノラマ画像撮影装置100が撮影した画像データは、RAM113のなかで、加速度センサ117、電子コンパス118、およびGPS受信器119が取得する関連情報と対応付けられて記憶されている。

【0029】

操作部114は、例えば図3に示された操作ボタン114aなどから入力された操作を制御信号に変換することに用いられる。

20

【0030】

ネットワークI/F115は、SDカード等の外付けのメディアやパーソナルコンピュータなどとのインターフェース回路である。RAM113に記憶された画像のデータは、このネットワークI/F115を介して外付けのメディアに記録されたり、外部装置に送信されたりする。

【0031】

通信部116は、アンテナ116aを介して、例えば画像表示装置200や注目点指示装置300など外部装置と通信を行うことに用いられる。この通信部116によっても、画像のデータを外部装置に送信することができる。

30

【0032】

加速度センサ117は、パノラマ画像撮影装置100の上下方向、左右方向、および前後方向の、互いに直交する3方向に関する加速度を検出する3軸加速度センサである。したがって、加速度センサ117は、重力加速度の方向を検出することによって、パノラマ画像撮影装置100の傾きを検出することが可能である。

【0033】

電子コンパス118は、地球の磁気からパノラマ画像撮影装置100の正面が向いている方位および傾きを算出し、方位および傾き情報を出力する。すなわち、電子コンパス118は、パノラマ画像撮影装置100の上下方向、左右方向、および前後方向の、互いに直交する3方向に関する地磁気方向を検出し、パノラマ画像撮影装置100の正面が向いている方位および傾きを算出する。

40

【0034】

GPS受信器119は、人工衛星からの電波を受信し、パノラマ画像撮影装置100の位置および高さを測定することに用いられる。なお、パノラマ画像撮影装置100の位置および高さの測定における原点は任意に定めることができるが、注目点指示装置300の位置および高さの測定における原点と一致させておく必要がある。なぜならば、本実施形態で必要となるのは、パノラマ画像撮影装置100と注目点指示装置300との間の相対的位置関係であるからである。

【0035】

次に、図5～図8を参照しながら、パノラマ画像撮影装置100によるパノラマ画像の

50

撮影の例を説明する。図5は、パノラマ画像撮影装置の使用イメージ図であり、図6は、パノラマ画像撮影装置で撮影された前側半球画像であり、図7は、パノラマ画像撮影装置で撮影された後側半球画像であり、図8は、図6および図7の半球画像を変換および合成したパノラマ画像である。

【0036】

図5に示されるように、パノラマ画像撮影装置100は、撮影者Mが手に持って撮影者の周りの撮影対象物を撮影することが可能である。先述のように、パノラマ画像撮影装置100は、2つのレンズ102a, 102bによって全球を2つの半球に分割する。

【0037】

図6および図7は、それぞれ2つのレンズ102a, 102bによって分割撮影された前側半球画像および後側半球画像である。この2つの前側半球画像および後側半球画像をメルカトル図法を用いて変換した後に、2つの画像を合成したものが図8に示されたパノラマ画像である。

【0038】

しかしながら、図8に示されたパノラマ画像は、撮影者Mの意図する注目点を中心とした適切な変換がなされてなく、パノラマ画像撮影装置100の装置自体の傾きによる影響を補正していない。つまり、撮影者Mの意図する注目点を中心として最適化された変換がされていないので、撮影者Mの意図する注目点の付近で画像歪み等が残ってしまうことがある。

【0039】

そこで、本実施形態に係る画像表示システム1000、画像表示装置200、および画像表示方法では、以下に示すように、パノラマ画像撮影装置100が取得したパノラマ画像を、パノラマ画像撮影装置100自身の傾き、方位、及び位置と、撮影者Mが意図する注目すべき撮影対象の注目点位置とに基づいて、注目点位置を中心とした画像にパノラマ画像を変換する。以下で説明する画像変換方法は、画像処理部201にて実行されるものである。

【0040】

以下、図9～図21を参照しながら、注目点位置を中心とした画像にパノラマ画像を変換する方法について説明する。以下の説明は3部にて構成されており、図9～図12を参照したパノラマ画像の生成方法、図13～図14を参照した天頂補正、および図15～図21を参照した注目点方向の変換の説明で構成されている。

【0041】

[パノラマ画像の生成方法]

図9は、パノラマ画像撮影装置のレンズおよび撮像素子における射影関係を示す図であり、図10は、撮影像が撮像素子上に射影される位置を示す図である。

【0042】

パノラマ画像撮影装置100のレンズ102aおよび撮像素子103aで構成される光学系は、180度の画角を有している。図9に示されるように、レンズ102aの光軸からの角度である入射角度 θ の光線は、撮像素子103a上にて中心から距離である像高 h の位置に投影される。この関係は、0度から180度の範囲の入射角度 θ に対して像高 h が定まる関係であり、これを射影関数 f と定める。図10に示されるように、入射角度 θ の光線は、撮像素子103a上にて中心から距離である像高 $h (= f(\theta))$ の位置に投影されるので、同一の入射角 θ の光線は、撮像素子103a上にて同心円状に投影される。

【0043】

この射影関数 f は、レンズ102aの設計によって自由に設計し得るものであるが、例えば中心射影方式、立体射影方式、等距離射影方式、等立体角射影方式、正射影方式などの例を挙げることができる。一般に、中心射影方式は、通常の画角を有するレンズを備えるデジタルカメラで撮影する際に用いられる方式であり、その他4つの方式は、魚眼レンズなどの超広角な画角を持つ広角レンズを用いたデジタルカメラで利用される方式である

10

20

30

40

50

。

【 0 0 4 4 】

次に、図 1 1 および図 1 2 を参照しながら、撮像素子上の画素とパノラマ画像上の画素との対応関係について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 1 1 は、撮像素子上の画素をパノラマ画像上の画素へ変換する変換方法を説明する図である。図 1 1 (a) は、変換前後の画像座標値のマトリクスを示した変換テーブルの例を示す図であり、図 1 1 (b) および (c) は、それぞれ変換後であるパノラマ画像上の画素の座標値および変換前である撮像素子上の画素の座標値を示す図である。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 (a) に示されるように、撮像素子上の画素をパノラマ画像上の画素へ変換する変換テーブルは、パノラマ画像上の座標値 (x 、 y) と、それに対応する撮像素子上の座標値 (x 、 y) とのデータセットを、パノラマ画像上のすべての画像の座標値 (3600×1800) に対して有する。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 (a) に示した変換テーブルにしたがって、撮像された画像 (変換前画像) から変換後画像を生成する。具体的には、図 1 1 (b) 、 (c) に示すように、変換前と変換後の変換テーブル (図 1 1 (a)) の対応関係から、変換後画像の各画素を、座標値 (x 、 y) に対応する変換前画像の座標値 (x 、 y) の画素値を参照することによって生成する。

【 0 0 4 8 】

なお、上記説明した変換は、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 が備える 2 つの撮像素子 1 0 3 a , 1 0 3 b のそれぞれについて行なわれ、最終的に一つのパノラマ画像が生成される。

。

【 0 0 4 9 】

図 1 2 は、上記説明した方法で生成されたパノラマ画像の座標系について説明する図である。図 1 2 (a) に示されるように、変換後のパノラマ画像は、(x 、 y) の 2 次元平面座標を有する。これら座標 (x 、 y) は、それぞれ経度および緯度に相当し、図 1 2 (b) に示されるように、半球画像では、地球儀上における緯度経度座標のような座標系に対応している。

【 0 0 5 0 】

〔 天頂補正 〕

ここで、図 1 3 および図 1 4 を参照しながら、以下で説明する天頂補正の概要を説明する。図 1 3 は、パノラマ画像撮影装置が傾いていない場合における、半球画像からパノラマ画像への変換を示す図であり、図 1 4 は、パノラマ画像撮影装置が傾いている場合における、半球画像からパノラマ画像への変換を示す図である。図 1 3 (a) (b) は、それぞれパノラマ画像撮影装置が傾いていない場合における前側半球画像および後側半球画像を示し、図 1 3 (c) は、パノラマ画像撮影装置が傾いていない場合における変換後のパノラマ画像上の水平線位置を示す図である。同様に、図 1 4 (a) (b) は、それぞれパノラマ画像撮影装置が傾いている場合における前側半球画像および後側半球画像を示し、図 1 3 (c) は、パノラマ画像撮影装置が傾いている場合における変換後のパノラマ画像上の水平線位置を示す図である。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 (a) (b) に示されるように、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 が傾いていない場合における半球画像は、天頂 V が半球画像の上端に位置し、水平線 H が半球画像の中央に直線状に位置している。この 2 つの半球画像を上記説明した変換方法でパノラマ画像へ変換すると、図 1 3 (c) に示されるように、水平線 H はパノラマ画像上の中央に直線状に変換される。

【 0 0 5 2 】

一方、図 1 4 (a) (b) に示されるように、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 が傾いてい

10

20

30

40

50

る場合における半球画像は、天頂Vが半球画像の上端からずれた場所に位置し、水平線Hが半球画像の中央に円弧状に曲がって位置している。この2つの半球画像を上記説明した変換方法でパノラマ画像へ変換すると、図14(c)に示されるように、水平線Hはパノラマ画像上の中央に円弧状に曲がって変換されてしまう。

【0053】

そこで、パノラマ画像撮影装置が傾いていることに起因して図14(c)に示される画像のように歪みが発生してしまったパノラマ画像を、図13(c)に示される画像のように補正する。この補正を天頂補正と呼び、以下ではこの天頂補正についての詳細を説明する。

【0054】

まず、図15を参照しながら、座標系の定義を行う。図15は、カメラ座標系とグローバル座標系の関係を示す図である。カメラ座標系とは、パノラマ画像撮影装置100に固定された座標系であり、グローバル座標系とは、天頂補正後にカメラ座標系が変換される座標系である。

10

【0055】

図15に示されるように、カメラ座標系(x_0, y_0, z_0)は、パノラマ画像撮影装置100に固定された3次元直交座標系である。座標 z_0 は、パノラマ画像撮影装置100にとっての上方向に一致し、座標平面 $x_0 - y_0$ は、パノラマ画像撮影装置100にとっての水平方向に一致している。なお、注目点方向の初期値を座標 y_0 の正方向に定める。つまり、初期設定においては、座標 y_0 の正方向に存在する撮影対象がパノラマ画像の中央に配置されるものとする。

20

【0056】

一方、グローバル座標系(x_1, y_1, z_1)は、天頂補正後にカメラ座標系が変換される座標系であり、以下の条件を満たす座標系である。

- ・座標平面 $x_1 - y_1$ が水平である。
- ・座標軸 z_1 が天頂方向である。
- ・パノラマ画像撮影装置100の座標平面 $x_0 - y_0$ の中に、グローバル座標系の座標軸 x_1 が存在する。

【0057】

上記要件を満たす座標系は、天頂補正後にカメラ座標系が変換される座標系として1つに定まる。天頂補正では、カメラ座標系からグローバル座標系への変換を2つの回転で実現する。このために、カメラ座標系とグローバル座標系との間の関係をパノラマ画像撮影装置100が検出する重力方向を用いて演算する。

30

【0058】

図16は、パノラマ画像撮影装置が検出する重力方向を示す図である。先述した図4に記載のように、パノラマ画像撮影装置100は加速度センサ117を備えている。加速度センサ117は、カメラ座標系(x_0, y_0, z_0)の各座標方向に関する加速度を検出する3軸加速度センサであるので、図16に示されるように、重力加速度Gは、カメラ座標(x_0, y_0, z_0)の各成分(A_x, A_y, A_z)に分解され検出される。

【0059】

加速度センサ117が検出した重力加速度Gの各成分(A_x, A_y, A_z)を用いると、カメラ座標系からグローバル座標系への変換を導く2つの回転の回転角 θ_1, θ_2 は以下のよう求められる。

40

【0060】

【数 1】

$$\alpha = \arctan\left(\frac{A_x}{A_y}\right)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}\right) \quad \dots(1)$$

【0061】

図 17 は、上記算出した 2 つの回転の回転角 α 、 β を示した図である。図 17 に示されるように、回転角 α は x_0 - 原点 - x_1 の角度であり、回転角 β は z_0 - 原点 - z_1 の角度である。

10

【0062】

以上に算出した 2 つの回転の回転角 α 、 β を用いると、天頂補正後のパノラマ画像の座標 (x_1, y_1) から天頂補正前のパノラマ画像の座標 (x_0, y_0) への変換は、以下の変換式 (2) で記述される。なお、パノラマ画像の座標とは、図 12 によって説明した座標である。

【0063】

【数 2】

$$x_1 = \sin(\varphi_1)\cos(\theta_1)$$

$$y_1 = \sin(\varphi_1)\sin(\theta_1)$$

$$z_1 = \cos(\varphi_1)$$

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & \sin\beta \\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \quad \dots(2)$$

20

$$\varphi_0 = \arccos(z_0)$$

$$\theta_0 = \arctan\left(\frac{y_0}{x_0}\right)$$

30

【0064】

天頂補正前のパノラマ画像から天頂補正後のパノラマ画像への変換は、天頂補正後の画素の座標 (x_1, y_1) に対応する天頂補正前の画素の座標 (x_0, y_0) を上記変換式 (2) を用いて算出し、座標 (x_0, y_0) における画素情報 (RGB データ等) を座標 (x_1, y_1) へ写像すればよい。

【0065】

[注目点方向の変換]

以上により、パノラマ画像撮影装置 100 が傾いていることに起因するパノラマ画像の不具合を補正することができた。この後、撮影者が意図する注目すべき撮影対象の位置をパノラマ画像の中央に移動する変換を行う。この変換のために、地表の座標系を定義する。

40

【0066】

図 18 は、地表の座標系の定義を説明する図である。先述した図 4 に記載のように、パノラマ画像撮影装置 100 は電子コンパス 118 と GPS 受信器 119 とを備えている。地表の座標系は、電子コンパス 118 で得られた情報と GPS 受信器 119 で得られた情報とを対応付けるための座標系である。

【0067】

図 18 に示されるように、地表の座標系 (x_2, y_2, z_2) は、地表に固定された 3 次元直交座標系である。図 18 に示されるように、地表の座標系 (x_2, y_2, z_2) は

50

、座標軸 x_2 の正方向を東 E とし、座標軸 x_2 の負方向を西 W とし、座標軸 y_2 の正方向を北 N とし、座標軸 y_2 の負方向を南 S とし、座標軸 z_2 の正方向を天頂 V とする。なお、電子コンパス 118 が検出する地軸と実際の地軸とは誤差があるが、日本付近では 6° 程度と微小であるため無視してもよく、必要に応じて補正してもよい。

【0068】

ここで、天頂補正後の注目点方向について検討する。すなわち、天頂補正前の注目点方向はカメラ座標系における y_0 軸方向であり、パノラマ画像ではこの方向の撮影対象物が中心となっていた。しかしながら、天頂補正をしたことにより、この注目点方向が y_1 軸方向になっている。そこで、 y_0 軸方向と y_1 軸方向との関係を検討する。

【0069】

ところで、天頂補正時の処理では、 x_0 軸を x_1 軸に合わせるために z_0 軸を中心に度回転させ、その後、 x_1 軸を中心として度回転させている。このことから、グローバル座標系の水平平面に限った場合、天頂補正後の注目点方向 (y_1 軸方向) と初期値の注目点方向 (y_0 軸方向) は、度だけずれていることが解る。

【0070】

図19は、 y_1 軸方向と y_0 軸方向との関係を示す図である。天頂補正は、度の回転と度の回転の合成によって実現されるが、図19に示されるように、座標平面 $x_1 - y_1$ に限定して考えると、度の回転となっている。なお、図19に示される y_0' 軸は、 y_0 軸を座標平面 $x_1 - y_1$ に射影したものである。

【0071】

さらに、天頂補正の注目点方向である y_1 軸の正方向は、地表の座標系で考えた場合にどの方向であるかを検討する。図20は、 y_1 軸方向と y_2 軸方向と y_0' 軸方向との関係を示す図である。図20は、記載を見やすくするため、座標平面 $x_1 - y_1$ 上に、地表の座標系で北方向を示す y_2 軸と、カメラ座標系で注目点方向を示す y_0 軸方向の射影である y_0' 軸とを記載している。

【0072】

ところで、先述した図4に記載のように、パノラマ画像撮影装置100は電子コンパス118を備えている。電子コンパス118は、カメラ座標系 (x_0, y_0, z_0) における北方向 H_0 の各成分 (H_x, H_y) を検出するものである。よって、図20に示されるように、電子コンパス118の検出値 H_x と H_y とをもちいて、下式のように、 y_0' 軸と y_2 軸との成す角 α_h を算出できる。

【0073】

【数3】

$$\alpha_h = \arctan\left(\frac{H_x}{H_y}\right) \quad \dots(3)$$

【0074】

一方、 y_1 軸と y_0' 軸との成す角は度であったので、 y_1 軸と y_2 軸との成す角は (α_h) 度であることが解る。なお、 y_1 軸および y_2 軸は、共に座標平面 $x_1 - y_1$ 上に存在しているので、グローバル座標系 (x_1, y_1, z_1) と地表の座標系 (x_2, y_2, z_2) との間の変換では、仰角の変換をする必要がない。

【0075】

次に、注目点指示装置300の検出結果を反映させる。すなわち、パノラマ画像撮影装置100が備えるGPS受信器との測定値と注目点指示装置300が備えるGPS受信器とから、パノラマ画像撮影装置100と注目点指示装置300との相対的位置関係を求め、注目点指示装置300が示す位置がパノラマ画像の中心となるように画像を変換する。

【0076】

図21は、パノラマ画像撮影装置と注目点指示装置との相対的位置関係を示す図である。図21では、パノラマ画像撮影装置100および注目点指示装置300の位置が、地表

10

20

30

40

50

の座標系 (x_2, y_2, z_2) を用いて、それぞれ座標 (G_{x0}, G_{y0}, G_{z0}) および座標 (G_{x1}, G_{y1}, G_{z1}) に記載されている。

【0077】

図21に示されるように、北方向 (y_2 軸) と注目点方向 (注目点指示装置300の方向) との水平方向の成す角 θ_h および仰角 θ_v は、下記式で計算できる。

【数4】

$$\theta_h = \arctan \left(\frac{G_{x1} - G_{x0}}{G_{y1} - G_{y0}} \right)$$

$$\theta_v = \arctan \left(\frac{\sqrt{(G_{x1} - G_{x0})^2 + (G_{y1} - G_{y0})^2}}{G_{z1} - G_{z0}} \right) \quad \dots(4)$$

10

【0078】

以上の検討から、天頂補正後のパノラマ画像に対して、水平方向に対して (θ_h 度) の回転をし、その後、垂直方向に対して (θ_v 度) の回転をすることで、注目点方向を中心としたパノラマ画像を得ることができることが解る。なお、実際の回転に係る変換は、先述の変換式(2)のパラメータを適切に変更したものをを用いればよい。

【0079】

以上、撮影者が意図する注目方向をパノラマ画像の中心に移動させる変換を説明したが、当該変換は、動画の各フレームに適用すれば、静止画のみならず、動画に対しても適用可能である。

20

【0080】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態に係る画像表示システムについての説明を行う。第1実施形態に係る画像表示システムは移動可能な撮影対象を注目点とするのに好適なものであったが、第2実施形態に係る画像表示システムは移動しない撮影対象を注目点とするのに好適である。第2実施形態は、例えば大きな目標物(山、木、建造物など)を周遊しながらの撮影や橋やビルなどをラジコンヘリで空撮して欠陥検査する場合などに好適である。

【0081】

図22は、第2実施形態に係る画像表示システムの概略構成を示す概念図である。図22に示されるように、第2実施形態の画像表示システム2000は、パノラマ画像撮影装置100と、画像表示装置210とを備える。

30

【0082】

パノラマ画像撮影装置100は、パノラマ画像を撮影するためのものであり、第1実施形態と同一の構成とすることができる。すなわち、パノラマ画像撮影装置100は、装置自身の傾き、装置が向いている方位、および位置の情報を取得する手段を備えている。パノラマ画像撮影装置100が取得した画像、傾き、方位、および位置は、画像表示装置210へ送信される。

【0083】

なお、パノラマ画像撮影装置100から画像表示装置210への送信は、無線方式であっても、有線方式であってもよく、また、リアルタイムで送信しても、一旦パノラマ画像撮影装置100内に保存した後に画像表示装置210へ送信してもよい。

40

【0084】

画像表示装置210は、画像処理部211と画像表示部212と入力手段213とを備えている。画像処理部211は、パノラマ画像撮影装置100が取得した画像、傾き、方位、および位置と、入力手段213により入力された注目点位置とに基づいて、画像表示部212へ表示すべき画像を構成する。画像表示部212は、画像処理部211が生成した画像を表示するためのディスプレイである。

【0085】

50

入力手段 2 1 3 は、撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_2 の位置を注目点位置として指示するための手段である。入力手段 2 1 3 は、例えばタッチパネルやキーボードなどの一般的な入力機器を用いて構成されている。撮影者は意図する注目すべき撮影対象 O_2 の位置を入力手段 2 1 3 を用いて入力する。

【 0 0 8 6 】

上記の構成から解るように、第 2 実施形態に係る画像表示システム 2 0 0 0 は、第 1 実施形態における注目点指示装置 3 0 0 の代わりに入力手段 2 1 3 を用いて撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_2 の位置を注目点位置として指示する構成である。言い換えると、第 2 実施形態に係る画像表示システム 2 0 0 0 では、入力手段 2 1 3 は、撮影者が意図する注目すべき撮影対象 O_2 の位置を注目点位置として指示する注目点指示装置として機能している。

10

【 0 0 8 7 】

本実施形態の画像処理部 2 1 1 も、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 が取得したパノラマ画像を、パノラマ画像撮影装置 1 0 0 自身の傾き、方位、及び位置と、撮影者が意図する注目すべき撮影対象の注目点位置とに基づいて、注目点位置を中心とした表示画像にパノラマ画像を変換するが、その変換方法は第 1 実施形態と同一である。したがって、本実施形態の説明では、変換方法の説明は省略するものとする。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 8 】

1 0 0 0、2 0 0 0 画像表示システム

20

1 0 0 パノラマ画像撮影装置

1 0 1 撮像ユニット

1 0 2 a , 1 0 2 b レンズ

1 0 3 a , 1 0 3 b 撮像素子

1 0 4 画像処理ユニット

1 1 0 バス

1 1 1 C P U

1 1 2 R O M

1 1 3 R A M

1 1 4 操作部

30

1 1 4 a 操作ボタン

1 1 5 ネットワーク I / F

1 1 6 通信部

1 1 6 a アンテナ

1 1 7 加速度センサ

1 1 8 電子コンパス

1 1 9 G P S 受信器

2 0 0 , 2 1 0 画像表示装置

2 0 1 , 2 1 1 画像処理部

2 0 2 , 2 1 2 画像表示部

40

2 1 3 入力手段

3 0 0 注目点指示装置

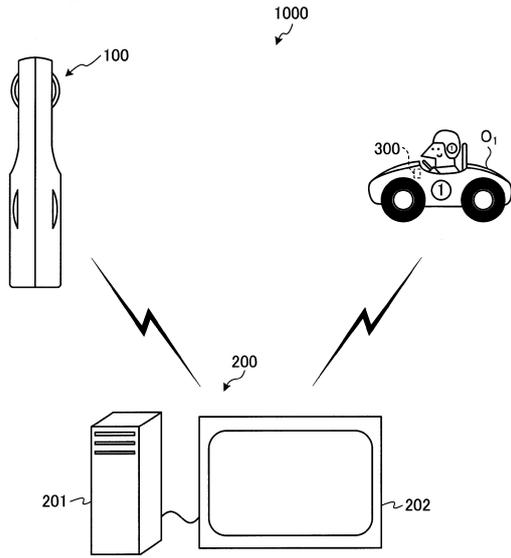
【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

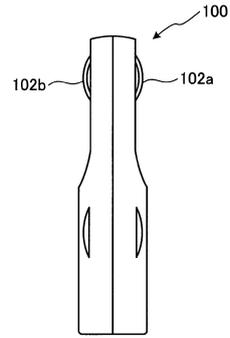
【 0 0 8 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 1 9 2 2 0 7 号公報

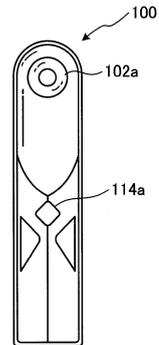
【図1】



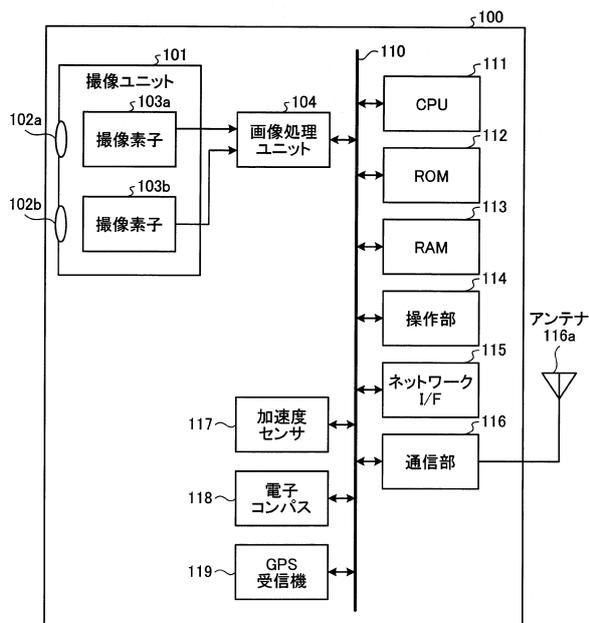
【図2】



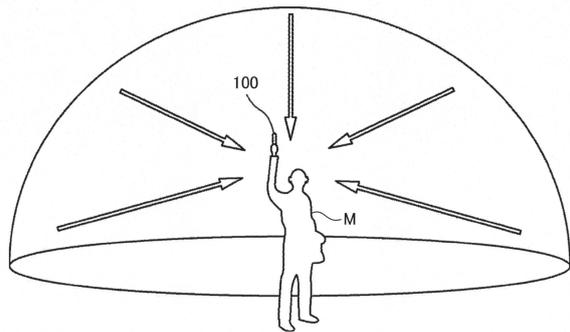
【図3】



【図4】



【図5】



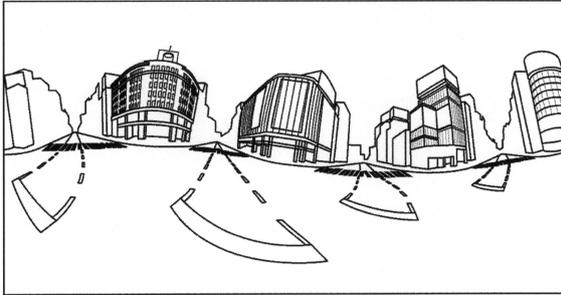
【図6】



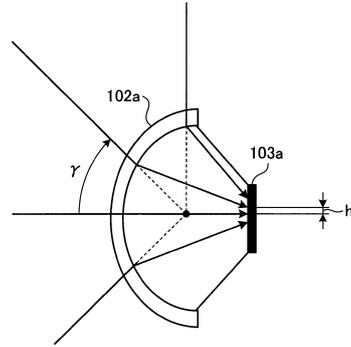
【図7】



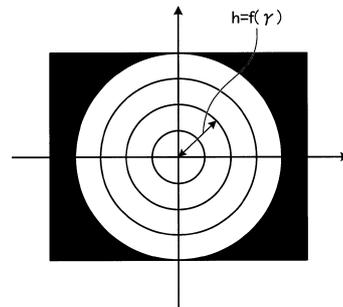
【図8】



【図9】



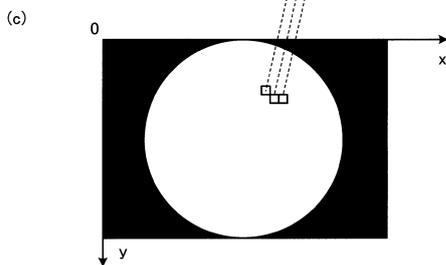
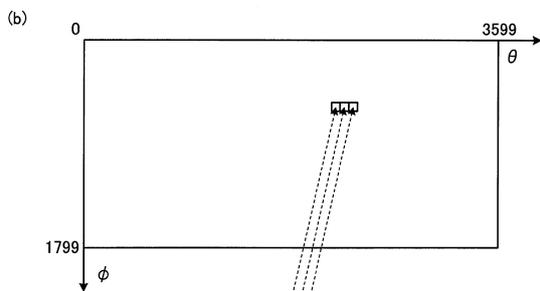
【図10】



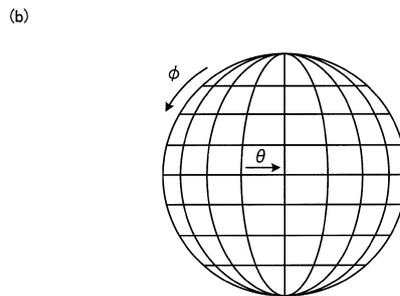
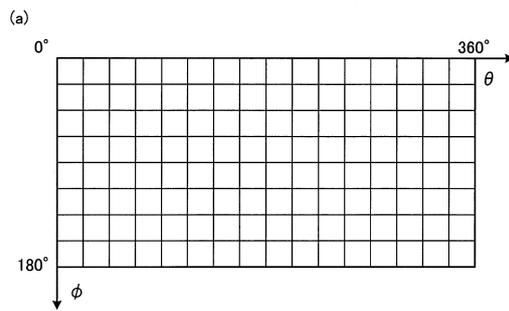
【図11】

(a)

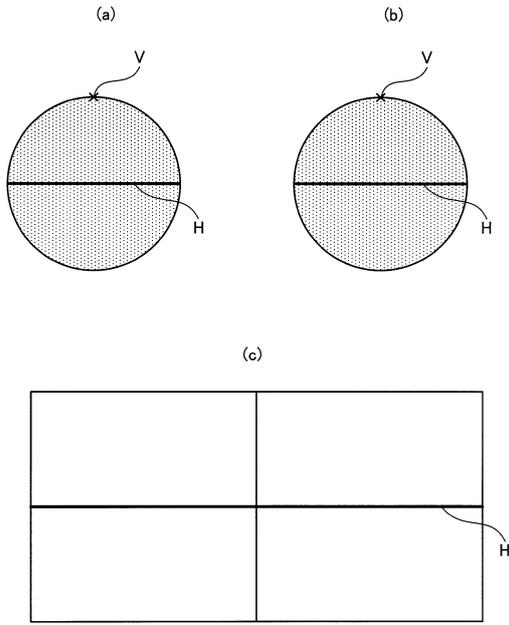
変換後画像の座標値		変換前画像の座標値	
θ (pix)	ϕ (pix)	x (pix)	y (pix)
0	0		
1	0		
2	0		
<hr/>			
3597	1799		
3598	1799		
3599	1799		



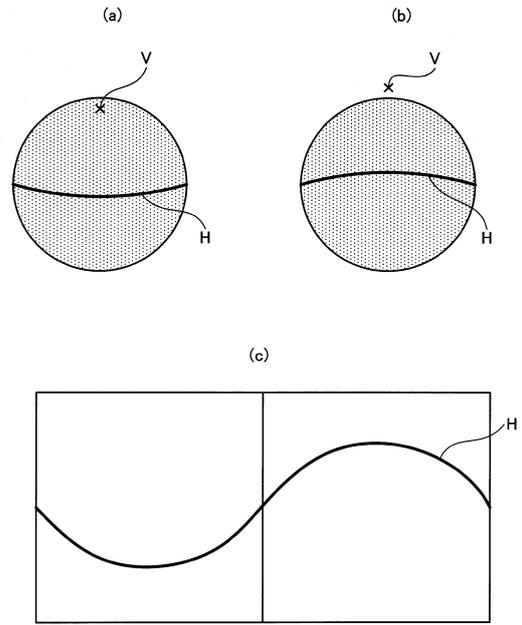
【図12】



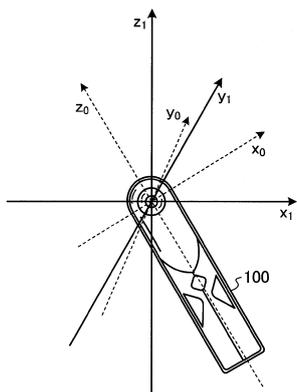
【 図 1 3 】



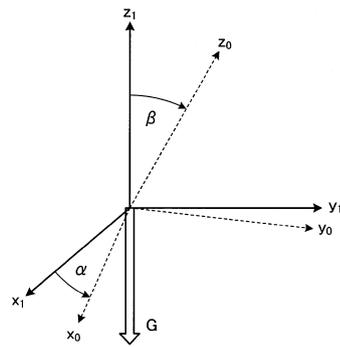
【 図 1 4 】



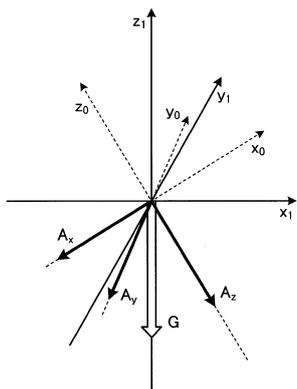
【 図 1 5 】



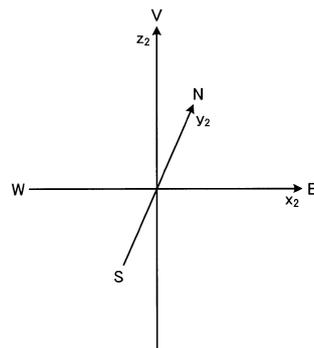
【 図 1 7 】



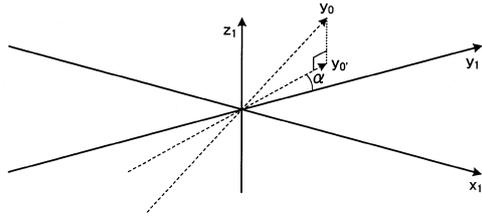
【 図 1 6 】



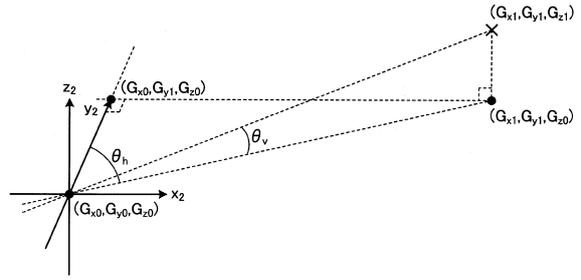
【 図 1 8 】



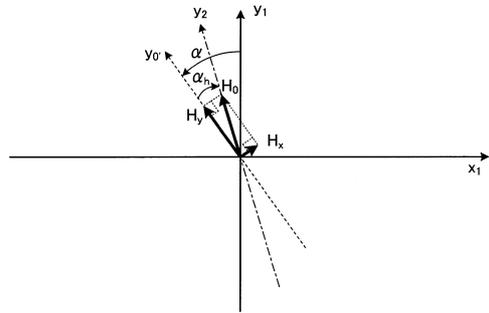
【図 19】



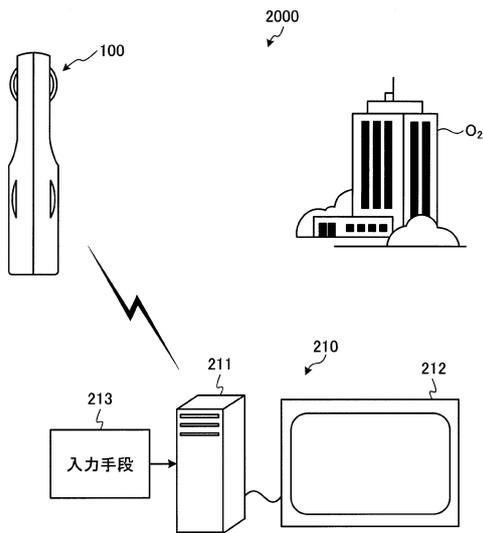
【図 21】



【図 20】



【図 22】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 N 5/232 3 8 0

(56)参考文献 特開2013-214947(JP,A)
国際公開第2013/069048(WO,A1)
特開2002-314851(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 4 N 5 / 2 3 2
G 0 3 B 1 5 / 0 0
G 0 3 B 3 7 / 0 0
G 0 6 T 3 / 0 0