

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5699720号

(P5699720)

(45) 発行日 平成27年4月15日 (2015. 4. 15)

(24) 登録日 平成27年2月27日 (2015. 2. 27)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 4 D 47/08 (2006. 01)

B 6 4 D 47/08

G 0 3 B 17/56 (2006. 01)

G 0 3 B 17/56

Z

H 0 4 N 5/232 (2006. 01)

H 0 4 N 5/232

Z

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-61751 (P2011-61751)
(22) 出願日 平成23年3月18日 (2011. 3. 18)
(65) 公開番号 特開2012-197010 (P2012-197010A)
(43) 公開日 平成24年10月18日 (2012. 10. 18)
審査請求日 平成26年1月8日 (2014. 1. 8)

(73) 特許権者 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(74) 代理人 100089118
弁理士 酒井 宏明
(72) 発明者 野村 洋
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 株式会社富士通システム統合研究所
内

審査官 山口 祐一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視軸角制御装置および視軸角制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像装置の視軸角の実測値と該視軸角の実測値に対応するウェッジプリズムのプリズム回転角の実測値とから求められた2元多項近似式を用いて、視軸角を補正する補正部と、

前記補正部によって補正された視軸角に対して、近軸領域でのスネルの式を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角を算出する算出部と、

前記算出部によって算出されたプリズム回転角に応じて、ウェッジプリズムを回転させる回転制御部と、

を有することを特徴とする視軸角制御装置。

【請求項 2】

前記プリズム回転角の実測値を用いて近軸領域でのスネルの式を用いた計算を行って視軸角を算出し、該算出された視軸角と前記視軸角の実測値とから第1の2元多項近似式のパラメータを算出し、該算出された第1の2元多項近似式を用いて視軸角の実測値を補正し、該補正された視軸角と前記視軸角の実測値とから第2の2元多項近似式のパラメータを算出し、該第2の2元多項近似式のパラメータを前記2元多項近似式に設定するパラメータ計算部をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の視軸角制御装置。

【請求項 3】

ジャイロが検出した視軸角の角速度に対応する視軸のズレに応じて、指向すべき指令角の指令を発生させる視軸角発生部をさらに有し、

前記補正部は、前記視軸角発生部によって発生された指令角の指令に対して、前記2元

10

20

多項近似式を用いて補正することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の視軸角制御装置。

【請求項 4】

視軸角を制御する視軸角制御方法であって、

撮像装置の視軸角の実測値と該視軸角の実測値に対応するウェッジプリズムのプリズム回転角の実測値とから求められた 2 元多項近似式を用いて、視軸角を補正し、

前記補正された視軸角に対して、近軸領域でのスネルの式を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角を算出し、

前記算出されたプリズム回転角に応じて、ウェッジプリズムを回転させる

ことを特徴とする視軸角制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、視軸角制御装置および視軸角制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

航空機や船舶に搭載するカメラ等の撮像装置において、撮像装置の取り付け部に動揺外乱が生じ、撮像装置の視軸が変化する場合がある。このような場合に、撮像装置の視軸が変化しないように、慣性座標系に対して固定する空間安定化視軸制御機構の方式の一つとして、例えばストラップダウン方式が知られている。

20

【0003】

ストラップダウン方式では、カメラの視軸方向に、視軸方向を変化させられる光学系（例えば、ミラー、プリズムなど）を設置し、ジャイロを撮像装置近傍に搭載する。そして、ジャイロで検出した動揺外乱に対応する視軸のズレがキャンセルされる方向に、光学系を動かして視軸を制御する。

【0004】

また、ストラップダウン方式の空間安定化視軸制御機構において、ウェッジプリズムを 2 基組み合わせる視軸角を制御するダブルウェッジプリズム方式が知られている。ダブルウェッジプリズム方式を使用する場合には、ジャイロで検出された動揺外乱をキャンセルするように、与えられた視軸角を指向するプリズム回転角を求める。なお、ここで視軸角とは、カメラからプリズムに向かう直線に対して視軸がなす角のことをいい、プリズム回転角とは、カメラからプリズムに向かう直線の回りの回転角のことをいう。

30

【0005】

所望の視軸角からそれを実現するプリズム回転角を求めるには、主に以下の 3 通りの方法が考えられる。第一の方法は、屈折の式を繰返し数値計算を行って近似的に解く方法である。プリズム回転角から視軸角への関係は、3 次元的な屈折の式、すなわち三角関数を含む非線形関係式であるスネルの法則のベクトル表現式（屈折面の法線ベクトル、入射光、射出光の方向ベクトル、相対屈折率による外積の式で表現される）が屈折の数だけあれば表現できる。所望の視軸角が得られるまでプリズム角を変化させて繰返し演算することにより解を得る方法である。

40

【0006】

また、第二の方法として、線形近似した屈折の式の逆関数を用いて求める方法である。プリズム回転角から視軸角へ変換する変換式を線形近似した後、視軸角からプリズム回転角を算出する逆関数を用いて、プリズム回転角を求める方法である。

【0007】

第三の方法としては、現在の視軸角を検出し、視軸角についてのフィードバックによりプリズム回転角を求める方法である。例えば、ビーム、スプリッタ、ビーム位置センサ等を用いて視軸角を検出し、視軸角についてのフィードバックによりプリズム回転角を制御する。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-90142号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記した従来の技術では、以下のような課題がある。

第一の方法では、屈折の数だけある3次元ベクトル式の繰り返し計算を行う必要があるため、演算時間が掛かるという問題がある。また、第一の方法、第二の方法では、視軸角の制御に影響のある各種誤差が存在する場合に、視軸角の制御を精度よく行うことができないという課題があった。つまり、従来の技術では、例えば、機械的誤差、ウェッジプリズム屈折率の誤差、ウェッジプリズム頂角の誤差、角度センサの誤差などの各種誤差が存在する場合に、これらの誤差が視軸角の制御に影響を与えるので、視軸角の制御を精度よく行うことができない。

10

【0010】

第三の方法、すなわちセンサ等で視軸角を検出する方法では、視軸角を検出するためのセンサ等を装置に組み込むので、スペースなどの問題により実装が困難な場合がある。また、上記した逆関数を用いて、プリズム回転角を算出する方法では、線形近似の誤差に応じて誤差が生じており、大きな視軸角範囲の誤差も大きくなり、高精度な計算ができない。

20

【0011】

そこで、この発明は、上述した従来技術の課題を解決するためになされたものであり、視軸角の制御を精度よく行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、この装置は、撮像装置の視軸角の実測値と該視軸角の実測値に対応するウェッジプリズムのプリズム回転角の実測値とから求められた2元多項近似式を用いて、視軸角を補正する。そして、補正された視軸角に対して、近軸領域でのスネルの式を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角を算出し、算出されたプリズム回転角に応じて、ウェッジプリズムを回転させる。

30

【発明の効果】

【0013】

開示の装置は、視軸角の制御を精度良く行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、実施例1に係る視軸角制御装置のハードウェア構成を示す図である。

【図2】図2は、ダブルウェッジプリズムについて説明する図である。

【図3】図3は、撮像装置とジャイロの配置例を示す図である。

【図4】図4は、フィードフォワードによる視軸角制御方式について説明する図である。

【図5】図5は、実施例1に係る視軸角制御装置の構成を示すブロック図である。

40

【図6】図6は、視軸角とプリズム回転角の実測値の測定例について説明する図である。

【図7】図7は、2元多項近似式のパラメータの算出手順を説明する図である。

【図8】図8は、指令視軸角からプリズム角を算出する算出手順を説明する図である。

【図9】図9は、指令視軸角からプリズム角を算出する処理を説明する図である。

【図10】図10は、実施例1に係るコンピュータの2元多項近似式算出処理の処理手順を説明するフローチャートである。

【図11】図11は、実施例1に係る視軸角制御装置の視軸角制御処理の処理手順を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

50

以下に添付図面を参照して、この発明に係る視軸角制御装置および視軸角制御方法の実施例を詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例 1】

【0016】

以下の実施例では、実施例 1 に係る視軸角制御装置の構成および処理の流れを順に説明し、最後に実施例 1 による効果を説明する。

【0017】

[視軸角制御装置の構成]

最初に、図 1 を用いて、図 1 に示した視軸角制御装置 10 の構成を説明する。実施例 1 に係る視軸角制御装置のハードウェア構成を示す図である。図 1 に示すように、視軸角制御装置 10 は、ダブルプリズム機構部 11 およびダブルプリズム制御部 13 を有し、撮像装置制御部 30 およびジャイロ 40 と接続される。また、図 1 に示すように、視軸角制御装置 10 は、コンピュータ 14 と通信可能に接続される。以下にこれらの各部の処理を説明する。

【0018】

ダブルプリズム機構部 11 は、プリズム回転機構 11a、12a、プリズム 11b、12b、モータ 11c、12c、角度センサ 11d、12d、モータアンプ 11e、12e を有する。なお、図 1 では、プリズムが 2 つの例を示しているが、これに限定されず、プリズムが 3 つ以上であってもよい。

【0019】

プリズム回転機構 11a、12a は、プリズム 11b、12b を回転可能にする機構であり、プリズム 11b、12b を同一回転軸上でそれぞれ回転させて、視軸を走査させる。なお、プリズム 11b、12b は、色収差の補正を目的として、それぞれ複数のプリズムを含んで構成されてもよい。プリズム 11b、12b は、撮像装置 20 の視軸上に設置された二つのウェッジプリズムであり、撮像装置 20 に入射する光束の向きを変化させる。ここで、図 2 を用いて、二つのウェッジプリズムであるプリズム 11b、12b について説明する。図 2 は、ダブルウェッジプリズムについて説明する図である。

【0020】

図 2 に示すように、プリズム 11b、12b は、光束を入射する四角形状でくさび型のウェッジプリズムである。尚、初期状態では、プリズム 12b は、ウェッジプリズム 11b に対して反転させた状態で配置されているものとする。また、図 2 において、 α は、プリズム 11b、12b のプリズム頂角を示し、 n_b は、プリズム 11b、12b の屈折率を示している。また、 θ_1 は、プリズム 11b のプリズム回転角を示し、 θ_2 は、プリズム 12b のプリズム回転角を示している。なお、図 2 に例示するプリズム 11b、12b は、プリズム回転角が「0」であるものとする。

【0021】

また、ウェッジプリズム構造では、2 つのプリズム 11b、12b をプリズム回転機構 11a、12a (図示せず) により回転させることにより、視軸を A Z (azimuth: アジマス)、E L (elevation: エレベーション) 指向とすることができる。これにより、光束をプリズム 11b、12b により所定の角度だけ傾斜させ、入射する光束を撮像装置 20 のほぼ中心位置に入射させることができる。図 2 において、ベクトル n_i は、平面 A_i 上の法線ベクトルを示している。また、図 2 において、ベクトル q_a は、平面 A_1 に入射する光線ベクトルであり、ベクトル q_b は、平面 A_2 に入射する光線ベクトルであり、ベクトル q_c は、平面 A_3 に入射する光線ベクトルであり、ベクトル q_d は、平面 A_4 に入射する光線ベクトルである。また、図 2 において、ベクトル q_e は、視軸の方向ベクトルである。

【0022】

図 1 の説明に戻って、モータ 11c、12c は、回転駆動することで、プリズム 11b、12b をそれぞれ回転させる。角度センサ 11d、12d は、プリズム 11b、12b のプリズム回転角をそれぞれ検出する。モータアンプ 11e、12e は、ダブルプリズム

10

20

30

40

50

制御部 13 からの指令に基づき、モータ 11c、12c に対して必要な電力を供給する。

【0023】

ダブルプリズム制御部 13 は、ストラップダウン方式による視軸制御方式により、撮像装置 20 の視軸上に設置されたプリズム 11b、12b の中心軸を中心とする回転角を制御することで、撮像装置 20 に入射する光束の向きを制御する。かかるダブルプリズム制御部 13 は、動揺などによる角度外乱により撮像装置 20 の視軸が変化しないように、プリズム 11b、12b の回転を制御する。ダブルプリズム制御部 13 については、後に図 5 を用いて詳述する。

【0024】

撮像装置 20 は、所定の方角を撮像し、撮像した画像を画像データとして図示しない外部端末に出力する。撮像装置制御部 30 は、撮像装置 20 が撮像するタイミング等を制御する。ジャイロ 40 は、撮像装置 20 の近傍に設置されており、視軸角の角速度を測定し、測定した角速度をダブルプリズム制御部 13 に通知する。

10

【0025】

ここで、図 3 を用いて撮像装置 20 とジャイロ 30 の配置例を示す説明する。図 3 は、撮像装置とジャイロの配置例について説明する図である。撮像装置 20 は、所定の方角を撮像している。ジャイロ 40 は、撮像装置 20 の近傍に設置されている。図 3 に示すように、ストラップダウン方式による視軸制御方式では、ジンバル等を搭載しないため、駆動機構が小さくできる。なお、図 3 では、プリズム 11b、12b 等の図示を省略している。また、ストラップダウン方式では、撮像装置 20 の視軸方向に、視軸方向を変化させられるプリズム 11b、12b を設置し、ジャイロ 40 を撮像装置近傍に搭載する。そして、ジャイロ 40 で検出した角速度に対応する視軸のズレがキャンセルされる方向に、プリズム 11b、12b を動かして視軸を制御する。

20

【0026】

ここで、図 4 を用いて、ストラップダウン方式によるフィードフォワードでの視軸制御方式について説明する。図 4 は、フィードフォワードによる視軸角制御方式について説明する図である。図 4 に示すように、ジャイロ 40 で検出された撮像装置が搭載されている機体動揺角度をキャンセルする方向に視軸角を制御する。ジャイロ 40 が角速度を検出する場合は、検出した角速度を積分した値を視軸角の指令値として使用する。この値は、後述する視軸角指令発生器 13a が発生される視軸角の指令に相当する。

30

【0027】

以下、図 1 に戻って、説明する。図 1 において、コンピュータ 14 はパラメータの計算を行う。コンピュータ 14 のパラメータ計算部 15 は、プリズム回転角の実測値を用いて近軸領域でのスネルの式（プリズム角から視軸角への変換式）を用いた計算を行って視軸角を算出し、算出された視軸角と視軸角の実測値とから 2 元多項近似式のパラメータを算出する。そして、パラメータ計算部 15 は、2 元多項近似式を用いて視軸角の実測値を補正し、補正された視軸角と視軸角の実測値とから 2 元多項近似式のパラメータを算出し、2 元多項近似式のパラメータを 2 元多項近似式に設定する。なお、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値は、事前に測定され、コンピュータ 14 の記憶部 16 に記憶されている。記憶部 16 は、例えばハードディスクドライブなどのほか、ROM (Read Only Memory) や、RAM (Random Access Memory) などを含む。

40

【0028】

ここで、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値の測定について説明する。図 6 は、視軸角とプリズム回転角の実測値の測定例について説明する図である。図 6 に例示するように、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値の測定については、外乱振動を低減する光学定盤 50 上で実施される。また、プリズム 11b およびプリズム 12b は、ジンバル式 2 軸回転台 70 上に設置され、AZ 軸、EL 軸を中心軸として回転可能となっている。また、図 6 に例示するように、コリメータ 60 が平行光線をプリズム 11b およびプリズム 12b に出射している。

【0029】

50

そして、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値の測定する際には、決定された A Z 軸、E L 軸となるように、ジンバル式 2 軸回転台 7 0 でプリズム 1 1 b およびプリズム 1 2 b を回転させる。そして、コリメータ 6 0 から出射された平行光線をプリズム 1 1 b およびプリズム 1 2 b に通過させ、通過した光軸から視軸角を測定する。これにより、決定された A Z 軸および E L 軸と、測定された視軸角とを一つの組として、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値とを測定する。このように、プリズム回転角と視軸角との関係を離散的に実測する処理を事前に行っておく。

【0030】

このように測定された視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値の測定を用いて、パラメータ計算部 1 5 は、2 元多項近似式のパラメータを算出する。ここで、図 7 を用いて、2 元多項近似式のパラメータの算出方法について説明する。図 7 は、2 元多項近似式のパラメータの算出手順を説明する図である。まず、図 7 (1) に示すように、パラメータ計算部 1 5 は、基準データとして、事前に用意された視軸角の実測値 E L、A Z とそれに対応するプリズム回転角の実測値 θ_1 、 θ_2 とを読み出す。そして、パラメータ計算部 1 5 は、図 7 (2) に示すように、近軸領域でのスネルの式（プリズム角から視軸角への変換式）を用いた計算を行って、基準データであるプリズム回転角の実測値 θ_1 、 θ_2 から視軸角 E L **、A Z ** を算出する。近軸領域でのスネルの式（プリズム角から視軸角への変換式）は、以下の式 (1)、式 (2) で表される。なお、 S_α は $\sin \alpha$ を意味する。

【0031】

【数 1】

$$EL^{**} = \sin^{-1} \left(2(1 - n_b) S_\alpha \sin \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right) \right) \quad \dots (1)$$

【0032】

【数 2】

$$AZ^{**} = \sin^{-1} \left(2(1 - n_b) S_\alpha \cos \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right) \right) \quad \dots (2)$$

【0033】

そして、パラメータ計算部 1 5 は、図 7 (3) に示すように、算出した視軸角 E L **、A Z ** と基準データである視軸角の実測値 E L、A Z とから連立方程式で 2 元多項近似式のパラメータ $c_1 \sim c_n$ 、 $d_1 \sim d_n$ を算出する。 n は、2 元多項式の次数に応じて適宜選択される。例えば 2 元 5 次の多項近似式の場合、 n は 21 である。下記 (3) 式および (4) 式は、5 次の 2 元関数式を例示している。

【0034】

【数 3】

$$\begin{aligned} EL = f_3(EL^{**}, AZ^{**}) = & c_1 + c_2 \cdot EL^{**} + c_3 \cdot AZ^{**} + c_4 \cdot EL^{**2} + c_5 \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**} + c_6 \cdot AZ^{**2} \\ & + c_7 \cdot EL^{**3} + c_8 \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**} + c_9 \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**2} + c_{10} \cdot AZ^{**3} + c_{11} \cdot EL^{**4} \\ & + c_{12} \cdot EL^{**3} \cdot AZ^{**} + c_{13} \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**2} + c_{14} \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**3} + c_{15} \cdot AZ^{**4} + c_{16} \cdot EL^{**5} \\ & + c_{17} \cdot EL^{**4} \cdot AZ^{**} + c_{18} \cdot EL^{**3} \cdot AZ^{**2} + c_{19} \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**3} + c_{20} \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**4} \\ & + c_{21} \cdot AZ^{**5} \end{aligned} \quad \dots (3)$$

【0035】

【数 4】

$$\begin{aligned}
 AZ = f_4(EL^{**}, AZ^{**}) = & d_1 + d_2 \cdot EL^{**} + d_3 \cdot AZ^{**} + d_4 \cdot EL^{**2} + d_5 \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**} + d_6 \cdot AZ^{**2} \\
 & + d_7 \cdot EL^{**3} + d_8 \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**} + d_9 \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**2} + d_{10} \cdot AZ^{**3} + b_{11} \cdot EL^{**4} \\
 & + d_{12} \cdot EL^{**3} \cdot AZ^{**} + d_{13} \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**2} + d_{14} \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**3} + d_{15} \cdot AZ^{**4} + d_{16} \cdot EL^{**5} \\
 & + d_{17} \cdot EL^{**4} \cdot AZ^{**} + d_{18} \cdot EL^{**3} \cdot AZ^{**2} + d_{19} \cdot EL^{**2} \cdot AZ^{**3} + d_{20} \cdot EL^{**} \cdot AZ^{**4} \\
 & + d_{21} \cdot AZ^{**5}
 \end{aligned}
 \quad \dots (4)$$

【0036】

10

以下、2元5次の多項近似式の場合について説明するものとする。続いて、パラメータ計算部15は、図7(4)に示すように、近軸領域でのスネルの式(視軸角からプリズム角への変換式)で、基準データである視軸角の実測値EL、AZからプリズム角を求める。そして、パラメータ計算部15は、近軸領域でのスネルの式(プリズム角から視軸角への変換式)を用いた計算を行って、プリズム角から視軸角を求め、2元多項近似式を用いて、視軸角EL*、AZ*を算出する。近軸領域でのスネルの式(視軸角からプリズム角への変換式)は、以下の式(5)、式(6)で表される。

【0037】

【数 5】

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\sin(AZ)}{\sin(EL)} \right) + \sin^{-1} \left(\frac{\sqrt{(\sin(AZ))^2 + (\sin(EL))^2}}{2(1-n_b) S_\alpha} \right) + \frac{\pi}{2} \quad \dots (5)$$

20

【0038】

【数 6】

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\sin(AZ)}{\sin(EL)} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{\sqrt{(\sin(AZ))^2 + (\sin(EL))^2}}{2(1-n_b) S_\alpha} \right) + \frac{\pi}{2} \quad \dots (6)$$

【0039】

30

その後、パラメータ計算部15は、図7(5)に示すように、基準データである視軸角の実測値EL、AZと、算出した視軸角EL*、AZ*とから2元多項近似式のパラメータ $a_1 \sim a_{21}$ 、 $b_1 \sim b_{21}$ を算出する。下記(7)式および(8)式は、5次の2元関数式を例示している。

【0040】

【数 7】

$$\begin{aligned}
 EL^* = f_1(EL, AZ) = & a_1 + a_2 \cdot EL + a_3 \cdot AZ + a_4 \cdot EL^2 + a_5 \cdot EL \cdot AZ + a_6 \cdot AZ^2 \\
 & + a_7 \cdot EL^3 + a_8 \cdot EL^2 \cdot AZ + a_9 \cdot EL \cdot AZ^2 + a_{10} \cdot AZ^3 + a_{11} \cdot EL^4 \\
 & + a_{12} \cdot EL^3 \cdot AZ + a_{13} \cdot EL^2 \cdot AZ^2 + a_{14} \cdot EL \cdot AZ^3 + a_{15} \cdot AZ^4 + a_{16} \cdot EL^5 \\
 & + a_{17} \cdot EL^4 \cdot AZ + a_{18} \cdot EL^3 \cdot AZ^2 + a_{19} \cdot EL^2 \cdot AZ^3 + a_{20} \cdot EL \cdot AZ^4 + a_{21} \cdot AZ^5
 \end{aligned}
 \quad \dots (7)$$

40

【0041】

【数 8】

$$\begin{aligned}
 AZ^* = f_2(EL, AZ) = & b_1 + b_2 \cdot EL + b_3 \cdot AZ + b_4 \cdot EL^2 + b_5 \cdot EL \cdot AZ + b_6 \cdot AZ^2 \\
 & + b_7 \cdot EL^3 + b_8 \cdot EL^2 \cdot AZ + b_9 \cdot EL \cdot AZ^2 + b_{10} \cdot AZ^3 + b_{11} \cdot EL^4 \\
 & + b_{12} \cdot EL^3 \cdot AZ + b_{13} \cdot EL^2 \cdot AZ^2 + b_{14} \cdot EL \cdot AZ^3 + b_{15} \cdot AZ^4 + b_{16} \cdot EL^5 \\
 & + b_{17} \cdot EL^4 \cdot AZ + b_{18} \cdot EL^3 \cdot AZ^2 + b_{19} \cdot EL^2 \cdot AZ^3 + b_{20} \cdot EL \cdot AZ^4 + b_{21} \cdot AZ^5
 \end{aligned}$$

... (8)

【0042】

10

これにより、算出されたパラメータ $a_1 \sim a_{21}$ 、 $b_1 \sim b_{21}$ を 2 元多項近似式に設定し、かかる 2 元多項近似式を所定の記憶部 16 に記憶する。

【0043】

次に、図 5 を用いて、視軸角制御装置 10 の構成を説明する。図 5 は、実施例 1 に係る視軸角制御装置 10 の構成を示すブロック図である。ダブルプリズム制御部 13 は、視軸角指令発生器 13 a、視軸角プリズム角変換器 13 b、プリズム角制御器 13 c、13 d を有する。

【0044】

視軸角指令発生器 13 a は、指向すべき視軸角の指令（以下、視軸角指令という）を発生させ、視軸角指令を視軸角プリズム角変換器 13 b に通知する。例えば、ジャイロ 40 が検出した視軸角の角速度に対応する視軸のズレに応じて、指向すべき指令角の指令を発生させ、視軸角指令を視軸角プリズム角変換器 13 b に通知する。なお、ここで視軸角指令とは、指向すべき視軸角にする旨の指示とともに、指向すべき視軸角の値のことをいうものとする。

20

【0045】

視軸角プリズム角変換器 13 b は、視軸角指令をプリズム角指令に変換する。また、視軸角プリズム角変換器 13 b は、設定部 130、補正部 131、算出部 132 を有する。設定部 130 は、コンピュータ 14 の記憶部 16 から、撮像装置の視軸角の実測値と視軸角の実測値に対応するウェッジプリズムのプリズム回転角の実測値とから求められた 2 元多項近似式を読み出し、補正部 131 で用いる 2 元多項近似式として設定する。

30

【0046】

補正部 131 は、撮像装置の視軸角の実測値と視軸角の実測値に対応するウェッジプリズムのプリズム回転角の実測値とから求められた 2 元多項近似式を用いて、視軸角を補正する。例えば、補正部 131 は、2 元多項近似式として、上記（7）式および（8）式を用いて、視軸角指令発生器 13 a によって発生された視軸角指令を補正する。つまり、プリズム回転角と視軸角との関係の非線形性や部品の製造・組立上の誤差の影響をまとめて補正するべく、上記のようにプリズム回転角と視軸角との関係を離散的に実測しておき、プリズム回転角と視軸角との関係を 2 元多項近似式で補間する。

【0047】

算出部 132 は、補正された視軸角に対して、近軸領域でのスネルの式を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角を算出する。例えば、算出部 132 は、近軸領域でのスネルの式（視軸角からプリズム角への変換式）として、上記の（5）式および（6）式を用いて、補正された視軸角からウェッジプリズム 11 b、12 b のプリズム回転角を算出する。そして、算出部 132 は、算出したプリズム回転角だけウェッジプリズム 11 b、12 b を回転させる指令であるプリズム角指令をプリズム角制御器 13 c、13 d に通知する。

40

【0048】

このように、視軸角制御装置 10 は、図 8 に示すように、2 元多項近似式を用いて、視軸角 EL、AZ を補正し、補正した視軸角指令 EL、AZ に対して、近軸領域でのスネルの式（視軸角からプリズム角への変換式）を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角

50

θ_1 、 θ_2 を算出する。図8は、指令視軸角からプリズム回転角を算出する算出手順を説明する図である。

【0049】

つまり、図9に示すように、視軸角制御装置10は、2元多項近似式を用いて、視軸角指令を補正することで、視軸角の誤差、すなわち機械的誤差、ウェッジプリズム屈折率の誤差、ウェッジプリズム頂角の誤差、角度センサの誤差などを補正した視軸角EL、AZ（図9では、「視軸角*」と記載）を求めることができる。そして、視軸角制御装置10は、近軸領域でのスネルの式を用いて、視軸角からプリズム回転角を算出することで、視軸角の誤差を精度よく補正することができ、視軸角の制御を精度良く行うことができる。

【0050】

このように、視軸角制御装置10が、視軸角の実測値とプリズム回転角の実測値とから算出した2元多項近似式を用いて、視軸角指令を補正する。これにより、指向角の増大に伴って急激に増える非線形性に起因する指向角誤差や、プリズム特性や角度センサの誤差に起因する指向角誤差を補正することができる。

【0051】

プリズム角制御器13c、13dは、算出部132によって算出されたプリズム回転角に応じて、プリズム11b、12bを回転させるように制御する。例えば、プリズム角制御器13c、13dは、視軸角プリズム角変換器13bからプリズム角指令を受信すると、算出部132によって算出されたプリズム回転角に応じて、モータアンプ11e、12eに電流指令を出力する。

【0052】

モータアンプ11e、12eは、モータ11c、12cに対して、電流指令に基づき、必要な電力を供給する。また、モータ11c、12cは、回転軸受け等に支持されたプリズム回転機構11a、12aを回転されるトルクを供給する。プリズム11b、12bが回転すると、角度センサ11d、12dは、プリズム11b、12bの角度を検出し、フィードバック信号として、プリズム角制御器13c、13dに入力する。

【0053】

[コンピュータによる処理]

次に、図10および図11を用いて、実施例1に係るコンピュータ14による処理を説明する。図10は、実施例1に係るコンピュータ14の2元多項近似式算出処理の処理手順を説明するフローチャートである。図11は、実施例1に係る視軸角制御装置の視軸角制御処理の処理手順を説明するフローチャートである。

【0054】

図10に示すように、コンピュータ14のパラメータ計算部15は、基準データとして、事前に用意された視軸角の実測値とそれに対応するプリズム回転角の実測値とを読み出す（ステップS101、図7（1）に対応）。例えば、パラメータ計算部15は、基準データとして、事前に測定され、記憶部に記憶された視軸角の実測値EL、AZとそれに対応するプリズム回転角の実測値 θ_1 、 θ_2 とを読み出す。

【0055】

そして、パラメータ計算部15は、近軸領域でのスネルの式を用いた計算を行って、基準データであるプリズム回転角の実測値から視軸角を算出する（ステップS102、図7（2）に対応）。例えば、パラメータ計算部15は、近軸領域でのスネルの式を用いた計算を行って、基準データであるプリズム回転角の実測値 θ_1 、 θ_2 から視軸角EL*、AZ*を算出する。

【0056】

そして、パラメータ計算部15は、算出した視軸角と基準データである視軸角の実測値とから2元多項近似式のパラメータを算出する（ステップS103、図7（3）に対応）。例えば、パラメータ計算部15は、算出した視軸角EL*、AZ*と基準データである視軸角の実測値EL、AZとから連立方程式で2元多項近似式のパラメータ $c_1 \sim c_{21}$ 、 $d_1 \sim d_{21}$ を算出する。

10

20

30

40

50

【0057】

続いて、パラメータ計算部15は、2元多項近似式等を用いて、基準データの視軸角から補正後の視軸角を算出する（ステップS104、図7（4）に対応）。例えば、パラメータ計算部15は、近軸領域でのスネルの式で、基準データである視軸角の実測値EL、AZからプリズム角を求める。そして、コンピュータ14は、近軸領域でのスネルの式を用いた計算を行って、プリズム角から視軸角を求め、2元多項近似式を用いて、視軸角EL*、AZ*を算出する。

【0058】

そして、コンピュータ14は、算出した視軸角と基準データの視軸角から2元多項近似式のパラメータを算出する（ステップS105、図7（5）に対応）。例えば、パラメータ計算部15は、基準データである視軸角の実測値EL、AZと、算出した視軸角EL*、AZ*とから2元多項近似式のパラメータ $a_1 \sim a_{21}$ 、 $b_1 \sim b_{21}$ を算出する。

10

【0059】

次に、図11を用いて、視軸角制御装置10の視軸角制御処理の処理手順を説明する。図11に示すように、視軸角制御装置10の補正部131は、2元多項近似式を用いて、指令視軸角を補正する（ステップS201）。例えば、補正部131は、2元多項近似式として、上記（7）式および（8）式を用いて、視軸角指令発生器13aによって発生された視軸角指令を補正する。

【0060】

そして、算出部132は、スネルの式を用いて、視軸角からプリズム回転角を算出する（ステップS202）。例えば、算出部132は、近軸領域でのスネルの式として、上記（3）式および下記（4）式を用いて、補正された視軸角からウェッジプリズム11b、12bのプリズム回転角を算出する。

20

【0061】

続いて、プリズム角制御器13c、13dは、算出されたプリズム回転角だけプリズム11b、12bを回転制御する（ステップS203）。例えば、プリズム角制御器13c、13dは、視軸角プリズム角変換器13bからプリズム角指令を受信すると、算出部132によって算出されたプリズム回転角に応じて、モータアンプ11e、12eに電流指令を出力することで、回転制御する。

【0062】

30

[実施例1の効果]

上述してきたように、視軸角制御装置10は、撮像装置の視軸角の実測値と視軸角の実測値に対応するプリズム11b、12bのプリズム回転角の実測値とから求められた2元多項近似式を用いて、視軸角を補正する。そして、視軸角制御装置10は、補正された視軸角に対して、近軸領域でのスネルの式を用いて、ウェッジプリズムのプリズム回転角を算出する。その後、視軸角制御装置10は、算出されたプリズム回転角に応じて、プリズム11b、12bを回転させる。この結果、視軸角制御装置10は、視軸角の誤差（例えば、機械的誤差、ウェッジプリズム屈折率の誤差、ウェッジプリズム頂角の誤差、角度センサの誤差）を精度よく補正することができる。これにより、視軸角制御装置10は、視軸角の誤差を精度よく補正することができ、視軸角の制御を精度良く行うことが可能である。

40

【0063】

また、実施例1によれば、視軸角制御装置10は、プリズム回転角の実測値を用いて近軸領域でのスネルの式を用いた計算を行って視軸角を算出し、算出された視軸角と視軸角の実測値とから2元多項近似式のパラメータを算出する。そして、視軸角制御装置10は、算出された2元多項近似式を用いて視軸角の実測値を補正し、補正された視軸角と視軸角の実測値とから2元多項近似式のパラメータを算出し、2元多項近似式のパラメータを2元多項近似式に設定する。このため、視軸角の実測値およびプリズム回転角の実測値を用いて、視軸角の誤差（例えば、機械的誤差、ウェッジプリズム屈折率の誤差、ウェッジプリズム頂角の誤差、角度センサの誤差）を精度よく補正可能な2元多項近似式を算出す

50

ることが可能である。

【0064】

また、実施例1によれば、視軸角制御装置10は、ジャイロが検出した視軸角の角速度に対応する視軸のズレに応じて、指向すべき指令角の指令を発生させ、発生された指令角の指令に対して、2元多項近似式を用いて補正する。このため、視軸角制御装置10は、ことが可能である。

【実施例2】

【0065】

さて、上述した実施例以外にも、視軸角制御装置は、種々の異なる形態にて実施されてよいものである。そこで、以下では実施例2として本実施例に含まれる他の実施例を説明する。

【0066】

(1) プリズム

上記の実施例1では、視軸角制御装置がウェッジプリズムを2枚有する場合を説明したが、本実施例はこれに限定されるものではなく、ウェッジプリズムが1枚であってもよいし、3枚以上であってもよい。また、ウェッジプリズムの代わりに、視軸方向を変化させられる光学系として、ミラーなどを用いてもよい。

【0067】

(2) システム構成等

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。例えば、補正部131と算出部132を統合してもよい。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。例えば、実施例1に係るコンピュータ14による処理が、視軸角制御装置10の内部（視軸角プリズム角変換器13bなど）において行われてもよい。

【0068】

(3) プログラム

なお、本実施例で説明した視軸角制御方法は、あらかじめ用意されたプログラムをパーソナルコンピュータやワークステーションなどのコンピュータで実行することによって実現することができる。このプログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、このプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク（FD）、CD-ROM、MO、DVDなどのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することもできる。

【符号の説明】

【0069】

- 10 視軸角制御装置
- 11 ダブルプリズム機構部
- 11a、12a プリズム回転機構
- 11b、12b プリズム
- 11c、12c モータ
- 11d、12d 角度センサ
- 11e、12e モータアンプ
- 13 ダブルプリズム制御部
- 13a 視軸角指令発生器
- 13b 視軸角プリズム角変換器
- 13c、13d プリズム角制御器

10

20

30

40

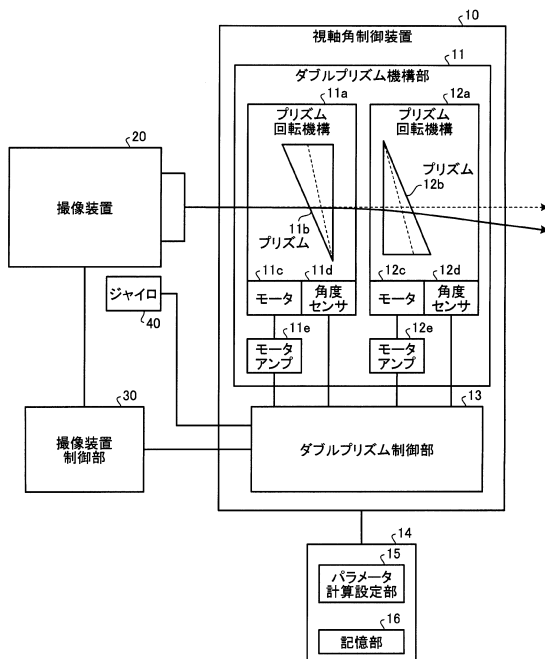
50

- 14 コンピュータ
- 15 パラメータ計算部
- 16 記憶部
- 130 設定部
- 131 補正部
- 132 算出部
- 20 撮像装置
- 30 撮像装置制御部
- 40 ジャイロ
- 50 光学定盤
- 60 コリメータ
- 70 ジンバル式2軸回転台

10

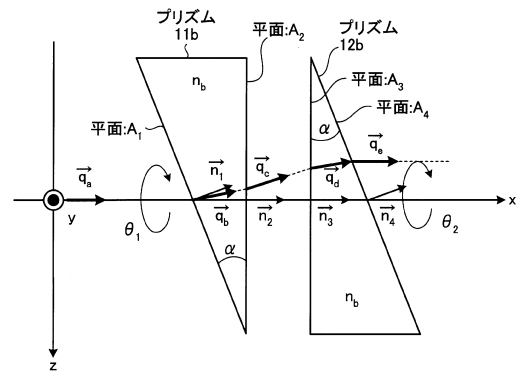
【図1】

実施例1に係る視軸角制御装置のハードウェア構成を示す図



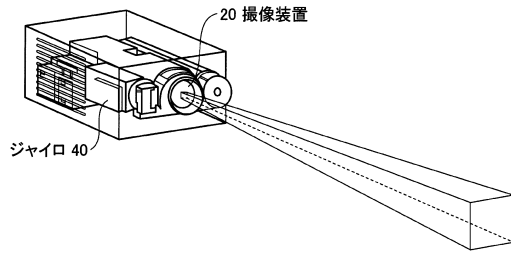
【図2】

ダブルウェッジプリズムについて説明する図



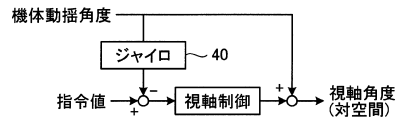
【図 3】

撮像装置とジャイロの配置例を示す図



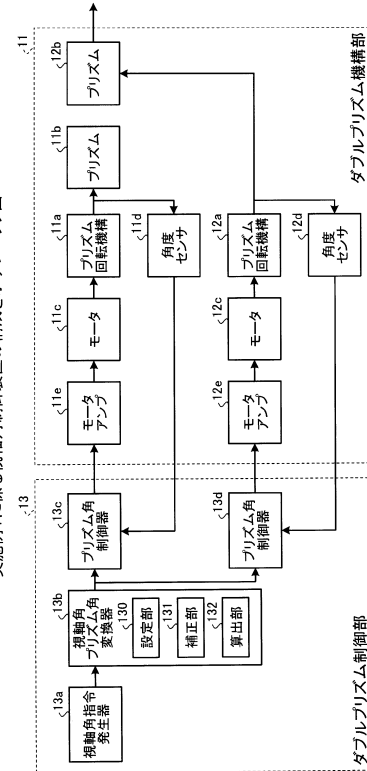
【図 4】

フィードフォワードによる視軸角制御方式について説明する図



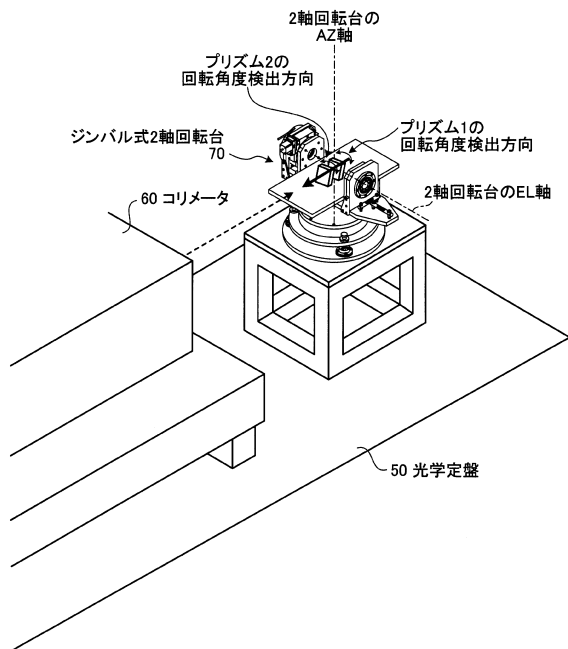
【図 5】

実施例1に係る視軸角制御装置の構成を示すブロック図



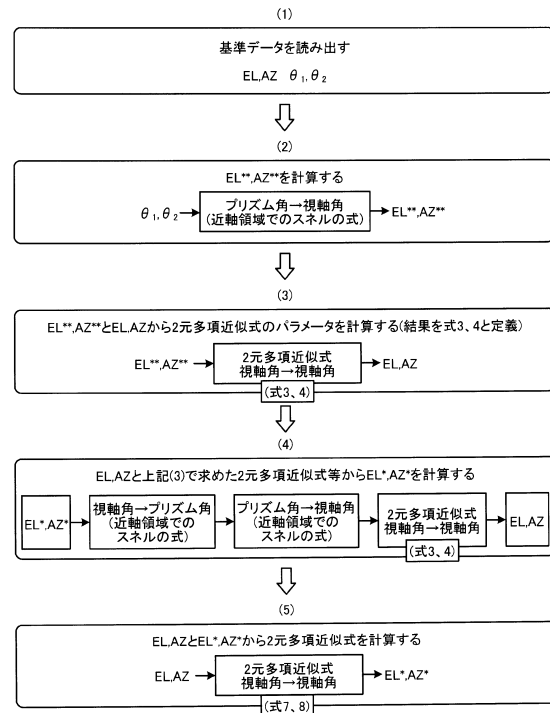
【図 6】

視軸角とプリズム回転角の実測値の測定例について説明する図



【図 7】

2元多項近似式のパラメータの算出手順を説明する図



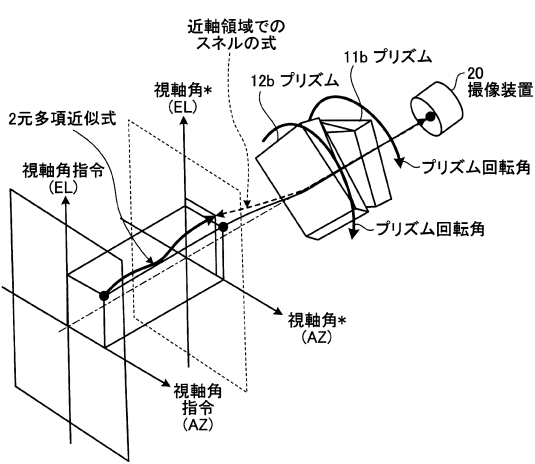
【図 8】

指令視軸角からプリズム角を算出する算出手順を説明する図



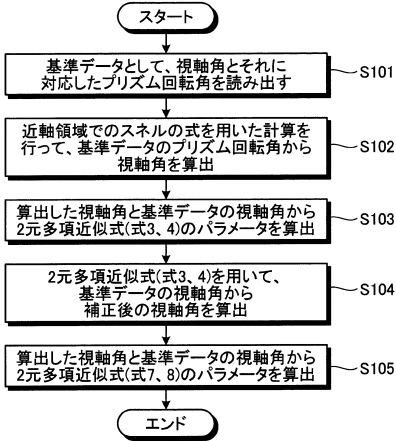
【図 9】

指令視軸角からプリズム角を算出する処理を説明する図



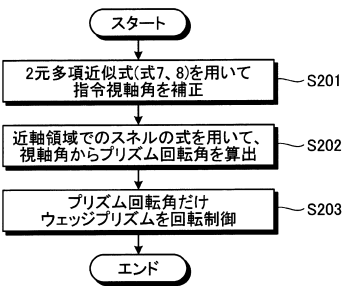
【図 10】

実施例1に係る視軸角制御装置の2元多項近似式算出処理の
処理手順を説明するフローチャート



【図 11】

実施例1に係る視軸角制御装置の視軸角制御処理の
処理手順を説明するフローチャート



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平5-224115 (JP, A)
特開2009-77405 (JP, A)
特開2006-47748 (JP, A)
特開2006-60459 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 4 B	1 / 0 0 - 1 / 7 0
B 6 4 C	1 / 0 - 9 9 / 0 0
B 6 4 D	1 / 0 0 - 4 7 / 0 8
B 6 4 F	1 / 0 0 - 5 / 0 0
B 6 4 G	1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
G 0 3 B	1 7 / 5 6 - 1 7 / 5 8
H 0 4 N	5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7