(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2022-171048
(P2022-171048A)
(43)公開日　令和4年11月11日(2022.11.11)

(51)国際特許分類			ＦＩ		
Ｇ０１Ｃ	*15/00*	*(2006.01)*	Ｇ０１Ｃ	15/00	１０４Ｃ
Ｂ６４Ｃ	*39/02*	*(2006.01)*	Ｇ０１Ｃ	15/00	１０３Ａ
Ｂ６４Ｃ	*13/18*	*(2006.01)*	Ｂ６４Ｃ	39/02	
Ｂ６４Ｃ	*13/20*	*(2006.01)*	Ｂ６４Ｃ	13/18	Ｚ
			Ｂ６４Ｃ	13/20	Ｚ

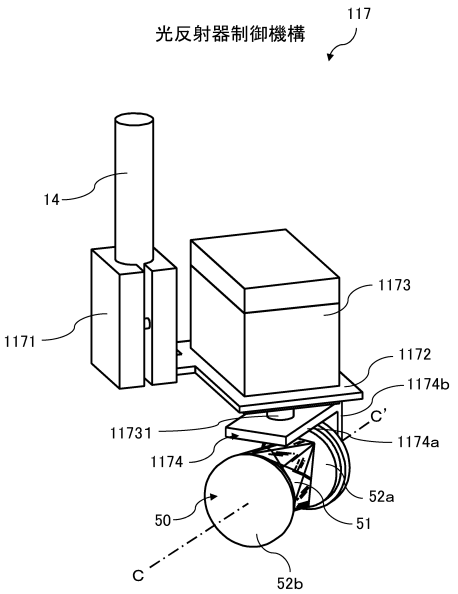
審査請求　有　請求項の数　９　ＯＬ　（全15頁）

(21)出願番号　特願2021-77426(P2021-77426)
(22)出願日　令和3年4月30日(2021.4.30)

(71)出願人　521190163
空撮サービス株式会社
東京都港区高輪２－１６－５３
(74)代理人　110000176
一色国際特許業務法人
(72)発明者　山本　哲男
神奈川県横浜市青葉区しらとり台２１－２１
(72)発明者　掘内　保秀
東京都大田区南六郷２－１４－１３

(54)【発明の名称】　無人飛行体の位置測定システムおよび位置測定方法

(57)【要約】
【課題】トータルステーション（ＴＳ）を利用した無人飛行体の位置測定システムにおいて、無人飛行体の現在位置を精度よく安定して測定できるようにする。
【解決手段】地上に設置したトータルステーション（ＴＳ）と、光反射器を搭載した無人飛行体と、飛行監視制御装置とを通信可能に接続する。ＴＳは、照射した照射光が無人飛行体に搭載された光反射器で反射して戻ってくる反射光を受光して無人飛行体の現在位置を測定し、ＴＳ現在位置として飛行監視制御装置に送信する。飛行監視制御装置は、ＴＳ現在位置を受信するとこれを無人飛行体に送信（転送）する。無人飛行体は、照射光を有効に反射することが可能な光反射器への入射角の範囲である有効角の向きを制御する制御機構を備えており、飛行監視制御装置から受信したＴＳ現在位置に基づき有効角にＴＳが入るように上記制御機構を制御する。
【選択図】図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
地上に設置されたトータルステーションと、
光反射器を搭載した無人飛行体と、
前記トータルステーションおよび前記無人飛行体と通信可能に接続された情報処理装置と、
を備え、
前記トータルステーションは、
前記無人飛行体に向けて照射した照射光が前記光反射器で反射されて戻ってくる反射光を受光し、
受光した前記反射光に基づき前記無人飛行体の現在位置であるＴＳ現在位置を測定し、
測定した前記ＴＳ現在位置を前記情報処理装置に送信し、
前記情報処理装置は、
前記トータルステーションから前記ＴＳ現在位置を受信し、
受信した前記ＴＳ現在位置を前記無人飛行体に送信し、
前記無人飛行体は、
前記照射光を有効に反射することが可能な前記光反射器への入射角の範囲である有効角の向きを制御する光反射器制御機構を有し、
前記情報処理装置から送られてくる前記ＴＳ現在位置を受信し、
受信したＴＳ現在位置に基づき光反射器の前記有効角の向きの制御量を算出し、
前記制御量に基づき、前記有効角に前記トータルステーションが入るように前記光反射器制御機構を制御する、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項２】
請求項１に記載の無人飛行体の位置測定システムであって、
前記無人飛行体は、自身の機軸が現在向いている方位である機軸方位を取得するセンサを備え、前記ＴＳ現在位置と前記機軸方位とに基づき前記制御量を算出する、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項３】
請求項２に記載の無人飛行体の位置測定システムであって、
前記無人飛行体は、前記制御量を、前記ＴＳ現在位置と前記機軸方位との差に基づき算出する、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項４】
請求項２に記載の無人飛行体の位置測定システムであって、
前記光反射器制御機構は、前記光反射器を回転させることにより前記有効角の向きを回転させるサーボモータを備える、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項５】
請求項２に記載の無人飛行体の位置測定システムであって、
前記センサは、前記機軸方位を検出する地磁気センサである、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項６】
請求項１に記載の無人飛行体の位置測定システムであって、
前記無人飛行体は、前記ＴＳ現在位置に基づき、自律飛行又は外部からの遠隔制御による飛行を行う、
無人飛行体の位置測定システム。
【請求項７】
地上に設置されたトータルステーションと、
光反射器を搭載した無人飛行体と、

前記トータルステーションおよび前記無人飛行体と通信可能に接続された情報処理装置と、
を備えて構成される、無人飛行体の位置測定方法であって、
前記トータルステーションが、
前記無人飛行体に向けて照射した照射光が前記光反射器で反射されて戻ってくる反射光を受光し、
受光した前記反射光に基づき前記無人飛行体の現在位置であるＴＳ現在位置を測定し、
測定した前記ＴＳ現在位置を前記情報処理装置に送信するステップと、
を実行し、
前記情報処理装置が、
前記トータルステーションから前記ＴＳ現在位置を受信し、
受信した前記ＴＳ現在位置を前記無人飛行体に送信するステップと、
を実行し、
前記無人飛行体は、
前記照射光を有効に反射することが可能な前記光反射器への入射角の範囲である有効角の向きを制御する光反射器制御機構を有しており、
前記情報処理装置から送られてくる前記ＴＳ現在位置を受信するステップと、
受信したＴＳ現在位置に基づき光反射器の前記有効角の向きの制御量を算出するステップと、
前記制御量に基づき、前記有効角に前記トータルステーションが入るように前記光反射器制御機構を制御するステップと、
を実行する、無人飛行体の位置測定方法。
【請求項８】
請求項７に記載の無人飛行体の位置測定方法であって、
前記無人飛行体は、
自身の機軸が現在向いている方位である機軸方位を取得するセンサを備え、
前記ＴＳ現在位置と前記機軸方位とに基づき前記制御量を算出する、
無人飛行体の位置測定方法。
【請求項９】
請求項８に記載の無人飛行体の位置測定方法であって、
前記無人飛行体は、前記制御量を、前記ＴＳ現在位置と前記機軸方位との差に基づき算出する、
無人飛行体の位置測定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、無人飛行体の位置測定システムおよび位置測定方法に関し、とくに飛行中の無人飛行体の位置を精度よく安定して測定できるようにするための技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
無人飛行体（無人航空機、ＵＡＶ（unmanned aerial vehicle）、ドローン等）は、自律飛行や安全確保等のため、その飛行中に自己の現在位置を把握している必要があるが、この現在位置の取得を通常は自身に搭載されたＧＰＳ装置（GPS：Global Positioning System）により行っている。
【０００３】
しかしＧＰＳ装置は、橋梁の下やビルの屋内のようにＧＰＳ衛星から送られてくる信号（以下、「ＧＰＳ信号」と称する。）が届きにくい環境では、安定して位置情報を提供することができない。そのため、こうした環境で無人飛行体を飛行させる場合には、飛行中に人が無人飛行体を目視で監視する必要があり、また、自律飛行や自動制御が困難になった場合は手動操作に切り換えて遠隔制御する必要があり、監視や操縦にかかる人の負担が

大きいことが課題である。そこで、こうした環境下でも無人飛行体の正確な現在位置を安定して取得できるようにするための様々な仕組みが提案されている。

【０００４】

例えば、特許文献１には、トータルステーション、無人飛行機を用いた無人飛行機の飛行制御システム又は地形計測システムであって、トータルステーションで測定した無人飛行機の飛行位置をリアルタイムで無人飛行体に伝送することを目的として構成されたシステムについて記載されている。トータルステーションは、測定データをデータ伝送光に重畳し、無人飛行器（ＵＡＶ）は、受光信号から測定データを分離して飛行位置を取得する。

【０００５】

また例えば、非特許文献１には、無人飛行体を山間域の谷間や堤体のような高い構造物付近を飛行させている際、ＧＰＳ測位情報の精度が低下すると、測量分野で用いられるトータルステーション（以下、「ＴＳ」と表記する。）により測定された無人飛行体の現在位置を利用することが記載されている。

【０００６】

また例えば、非特許文献２には、屋内や非ＧＰＳ環境での測量や点検のため、ドローンに搭載したプリズムにＴＳからレーザ光を照射してドローンの位置を計測し、ドローンからタブレットに計測データを送信し、タブレットのソフトウェアが計測データから目標点とドローンの現在位置との差分を算出し、目標点までの移動指示を、人がドローンを操縦する際に用いられる無線送信機（「プロポ」とも称される。）に送信することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開２０２０－２０３６６４号公報

【非特許文献】

【０００８】

【非特許文献１】”NEWS　トータルステーションを活用したUAVの自律航行によりダム堤体の空撮作業効率および取得画像の品質と再現性を向上させた「DamLook（ダムルック）」を開発”、［online］、2020年09月17日、八千代エンジニヤリング株式会社、［令和3年4月23日検索］、インターネット、〈URL：https://www.yachiyo-eng.co.jp/news/2020/09/post_487.html〉

【非特許文献２】”TS Drone Control Software”、［online］、2020年09月17日、株式会社ジツタ、［令和3年4月23日検索］、インターネット、〈URL：https://www.jitsuta.co.jp/service-drone/〉

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

ところで、特許文献１乃至非特許文献１，２に記載されているような、トータルステーション（ＴＳ）を用いた無人飛行体の位置測定においては、ＴＳから照射されるレーザ光（照射光）をＴＳの方向に向けて反射するための光学機器（３６０度プリズム、レトロリフレクタ、再帰反射器、再帰反射材、コーナーキューブ等。以下、「光反射器」と称する。）を無人飛行体に搭載する必要がある。

【００１０】

しかし、光反射器の多くは、ＴＳから送られてくる照射光を有効に反射することが可能な領域（例えば、３６０度プリズムであればプリズム本体の表面。以下、「反射可能域」と称する。）の周囲に、当該反射可能域への照射光の入射を遮る構造、例えば、光反射器を測量技師等が光反射器を手持ち支持するポールに取り付けるための部材や反射器の破損を防ぐための部材等が設けられていることがあり、当該構造によってＴＳからの照射光が反射可能域に有効に入射することが可能な光反射器の角度範囲（以下、「有効角」と称す

る。）が制限されてしまう（即ち、「死角」が存在する。）。

【００１１】

図８Ａに光反射器の一例を示す。例示する光反射器５０は、前述したポールの先端に取り付けて用いられるタイプのものであり、中心軸Ｃ－Ｃ‘の周りに略対称な太鼓型の全体形状を呈する。同図に示すように、例示する光反射器５０は、中心軸Ｃ－Ｃ‘の側方から入射する照射光を、当該照射光が入射してきた方向に向けて反射する略柱状のプリズム本体５１と、プリズム本体５１の両端に設けられた２つの鍔部５２ａ，５２ｂと、鍔部５１ａから光反射器５０の中心軸Ｃ－Ｃ‘に沿って外周方向に突出し、光反射器５０の前述したポールへの取り付けに際しポールの端部に螺合されるネジ部５３と、を有する。

【００１２】

図８Ｂは、図８Ａに示した光反射器５０における、反射可能域、有効角、および死角を示した図である。同図に示すように、例示する光反射器５０においては、２つの鍔部５２ａ，５２ｂによって有効角が制限されるため、略錐体状の死角が形成される。このように、例示する光反射器５０には死角が存在するが、この死角によって、無人飛行体を安定して自律飛行もしくは自動制御することが可能な空域が制限されてしまう。

【００１３】

図９は、無人飛行体１００（光反射器５０）の飛行に死角が与える影響を説明する図であり、ＴＳ３００および飛行中の無人飛行体１００を側方（地面に水平な方向）から眺めた図である。尚、光反射器５０は、無人飛行体１００が無風時に空中で静止している状態（以下、「安定状態」と称する。）において光反射器５０の図８Ａに示した中心軸Ｃ－Ｃ‘が地面に対して垂直になる向きに無人飛行体１００に搭載されている。

【００１４】

同図に示すように、無人飛行体１００が測定限界角α以下の空域を飛行しているときは、ＴＳ３００は有効角内に入り、ＴＳ３００からの照射光が光反射器５０の反射可能域に入射するため、ＴＳ３００により無人飛行体１００の現在位置を測定することが可能である。一方、無人飛行体１００が同図に示す測定限界角αを超える空域、即ち、ＴＳ３００からの照射光が光反射器５０の死角に入る空域を飛行するときは、ＴＳ３００は有効角外となり、ＴＳ３００から光反射器５０の反射可能域に照射光を入射させることができず、ＴＳ３００による無人飛行体１００の現在位置を測定することができない。このように、光反射器として死角が形成されてしまう構造を有するものを用いた場合、ＴＳ３００による位置測定が可能な空域が制限されてしまう。

【００１５】

本発明はこのような背景に鑑みてなされたものであり、飛行中の無人飛行体の現在位置を精度よく安定して測定することが可能な、無人飛行体の位置測定システムおよび位置測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１６】

上記目的を達成するための本発明のうちの一つは、無人飛行体の位置測定システムであって、地上に設置されたトータルステーションと、光反射器を搭載した無人飛行体と、前記トータルステーションおよび前記無人飛行体と通信可能に接続された情報処理装置と、を備え、前記トータルステーションは、前記無人飛行体に向けて照射した照射光が前記光反射器で反射されて戻ってくる反射光を受光し、受光した前記反射光に基づき前記無人飛行体の現在位置であるＴＳ現在位置を測定し、測定した前記ＴＳ現在位置を前記情報処理装置に送信し、前記情報処理装置は、前記トータルステーションから前記ＴＳ現在位置を受信し、受信した前記ＴＳ現在位置を前記無人飛行体に送信し、前記無人飛行体は、前記照射光を有効に反射することが可能な前記光反射器への入射角の範囲である有効角の向きを制御する光反射器制御機構を有し、前記情報処理装置から送られてくる前記ＴＳ現在位置を受信し、受信したＴＳ現在位置に基づき光反射器の前記有効角の向きの制御量を算出し、前記制御量に基づき、前記有効角に前記トータルステーションが入るように前記光反射器制御機構を制御する。

【００１７】
　その他、本願が開示する課題、およびその解決方法は、発明を実施するための形態の欄、および図面により明らかにされる。
【発明の効果】
【００１８】
　本発明によれば、飛行中の無無人飛行体の現在位置を精度よく安定して測定することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１】位置測定システムの概略的な構成を示す図である。
【図２】無人飛行体の外観を示す図であり、無人飛行体を側方から眺めた図である。
【図３】無人飛行体が備える主な構成を説明するブロック図である。
【図４Ａ】飛行監視制御装置のハードウェア構成例を説明するブロック図である。
【図４Ｂ】飛行監視制御装置が備える主な機能を示す図である。
【図５Ａ】トータルステーション（ＴＳ）の構成を説明するブロック図である。
【図５Ｂ】トータルステーション（ＴＳ）の外観の一例を示す図である。
【図６】光反射器制御機構の構成を示す部分拡大斜視図である。
【図７】飛行制御装置によるサーボモータの制御方法を説明する図である。
【図８Ａ】光反射器の一例を示す図（光反射器の側面図）である。
【図８Ｂ】光反射器の反射可能域、有効角、および死角を説明する図である。
【図９】無人飛行体の飛行に死角が与える影響を説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００２０】
　以下、発明を実施するための形態について説明する。尚、以下の説明において、同一の又は類似する構成について共通の符号を付して説明を省略することがある。
【００２１】
　図１に、本発明の一実施形態として説明する、無人飛行体の現在位置を測定するシステム（以下、「位置測定システム１」と称する。）の概略的な構成を示している。同図に示すように、位置測定システム１は、無人飛行体１００、飛行監視制御装置２００、およびトータルステーション（以下、「ＴＳ３００」と称する。）を含む。
【００２２】
　無人飛行体１００は、空中を飛行し、空撮、測量、構造物等の状態診断、荷物の運搬等の様々な用途に多目的に用いられる無人航空機（ＵＡＶ（unmanned aerial vehicle）、ドローン）である。無人飛行体１００の種類は限定されないが、例えば、マルチコプタ（クアッドコプタ(quadcopter）、ヘキサコプタ（hexacopter）、オクトコプタ（octocopter）等）、回転翼航空機（ヘリコプタ）、固定翼機（飛行機）等である。
【００２３】
　無人飛行体１００にはＧＰＳ装置（GPS：Global Positioning System）が搭載され、無人飛行体１００は、ＧＰＳ衛星から送られてくる所定数の信号（以下、「ＧＰＳ信号」と称する。）を受信することにより測定された自身の現在位置（以下、「ＧＰＳ現在位置」と称する。）を利用して自律飛行を行うことができる。また、無人飛行体１００は、ＴＳ３００によって測定され、飛行監視制御装置２００を介して送られてくる自身の現在位置（以下、「ＴＳ現在位置」と称する。）を利用して自律飛行を行うことができる。また、無人飛行体１００は、飛行監視制御装置２００や無線送信器（プロポ）から送られてくる無線信号による遠隔制御で飛行することもできる。尚、ＧＰＳ現在位置およびＴＳ現在位置は、例えば、無人飛行体１００が現場の画像や映像を撮影する目的で使用される場合に撮影位置を特定する情報等として利用する等、自律飛行以外の目的にも利用することができる。
【００２４】
　図２は、無人飛行体１００の外観を示す図であり、無人飛行体１００を側方から眺めた

図である。同図に示すように、例示する無人飛行体１００は、その基本骨格（フレーム）として、各種装置２１や各種積載物２２を搭載するための台座１１（荷台）、台座１１から略水平方向に延出し、その端部に推力機構１２（プロペラ、動力モータ等）が設けられる複数の支持アーム１３、台座１１から下方に延出する複数（本例では４つ）の脚部１４等を有する。

【００２５】

無人飛行体１００の下方には、ＴＳ３００がＴＳ現在位置を測定する際に出射するレーザ光（以下、「照射光」と称する。）を照射光の入射方向に向けて反射する光反射器５０や、後述する光反射器制御機構１１７等が搭載されている。尚、本例では、光反射器５０および光反射器制御機構１１７は、無人飛行体１００の脚部１４に搭載されているものとするが、光反射器５０および光反射器制御機構１１７の搭載位置や搭載方法は必ずしも限定されない。例えば、無人飛行体１００を主にＴＳ３００が設置される位置よりも低い空域を飛行させるような場合には、光反射器５０を無人飛行体１００の上方に設けてもよい。また、無人飛行体１００に、光反射器５０の搭載位置を自在に変更可能にする機構（自在アーム等）を設け、無人飛行体１００の飛行目的や飛行させる空域等に応じて、搭載位置を柔軟に調節できるようにしてもよい。

【００２６】

図１に戻り、飛行監視制御装置２００は、例えば、ノートブック型のコンピュータである。飛行監視制御装置２００は、無人飛行体１００との間で双方向の無線通信を行う。また、飛行監視制御装置２００は、ＴＳ３００との間で双方向の通信（無線通信又は有線通信）を行う。飛行監視制御装置２００は、ＴＳ３００から送られてくるＴＳ現在位置を受信し、受信したＴＳ現在位置を無人飛行体１００に送信（転送）する。飛行監視制御装置２００は、無人飛行体１００から送られてくる無人飛行体１００の飛行状態に関する情報（無人飛行体１００が把握している自身についての情報（現在位置、姿勢、速度、加速度、角速度、角加速度、ナビゲーションに用いる情報等）。以下、「飛行状態情報」と称する。）や各構成の動作状態に関する情報（印加電圧、消費電流、バッテリ残量、エラーの有無等。以下、「動作状態情報」と称する。）等を受信し、受信した飛行状態情報および動作状態情報の監視や制御（無人飛行体１００に搭載されている機器の制御や無人飛行体１００の飛行の遠隔制御）を行う。飛行監視制御装置２００は、無人飛行体１００を目的地まで誘導するナビゲーション機能を備え、例えば、無人飛行体１００が、ユーザ等により予め設定されたウェイポイント（Waypoint）に沿って飛行するように無人飛行体１００を遠隔制御する。

【００２７】

図１に示すＴＳ３００は、光波測距儀（electro-optical distance measuring instrument）およびセオドライト（theodolite）を備えた機器であり、光反射器５０の距離と角度を計測することにより光反射器５０の現在位置を測定する。尚、本実施形態では、ＴＳ３００は、測量に使用される、移動する光反射器５０を自動追尾する機構（以下、「自動追尾機構」と称する。）を備えるタイプのものであるものとする。ＴＳ３００は、地上の所定位置に固定して用いられる。本例では、ＴＳ３００は、地上に設置された三脚３５０に取り付けて用いるものとする。ＴＳ３００は、無人飛行体１００に搭載されている光反射器５０に向けて照射光を照射し、当該照射光と当該照射光が光反射器５０で反射して戻ってくる反射光とに基づき（例えば、両者を干渉させることにより）、無人飛行体１００の現在位置を測定し、測定した現在位置（ＴＳ現在位置）を飛行監視制御装置２００に送信する。

【００２８】

図３は、無人飛行体１００が備える主な構成を説明するブロック図である。同図に示すように、無人飛行体１００は、飛行制御装置１１１（FCS：Flight Control System）、各種センサ１１２、慣性航法装置１１３、ＧＰＳ装置１１４、推力発生装置１１５、通信装置１１６、光反射器制御機構１１７、バッテリ１１８、および光反射器５０を備える。尚、上記構成のうち、飛行制御装置１１１、各種センサ１１２、慣性航法装置１１３、

ＧＰＳ装置１１４、推力発生装置１１５、通信装置１１６、および光反射器制御機構１１７は、内部バス等により互いに双方向通信が可能な状態で接続されている。

【００２９】

飛行制御装置１１１は、マイクロコンピュータ（マイコン）等の情報処理装置を用いて構成されており、主に無人飛行体１００の飛行や各種動作に関する制御を行う。飛行制御装置１１１は、各種センサ１１２、慣性航法装置１１３、ＧＰＳ装置１１４、および通信装置１１６から入力される情報（各種計測値）に基づき推力発生装置１１５を制御することにより、無人飛行体１００の飛行制御や姿勢制御を行う。飛行制御装置１１１は、例えば、そのファームウェアを更新することにより、飛行制御や飛行制御以外の様々な機能を実装することができる。後述する光反射器制御機構１１７を制御する機能は、例えば、上記ファームウェアを更新することにより飛行制御装置１１１に実装される。

【００３０】

各種センサ１１２は、例えば、３軸ジャイロセンサ（角速度センサ）、３軸加速度センサ、気圧センサ、地磁気センサ（２軸、３軸）、超音波センサ等である。尚、無人飛行体１００は、必ずしも以上に示した総てのセンサを備えていなくてもよいし、更に別の種類のセンサを備えていてもよい。

【００３１】

慣性航法装置１１３は、各種センサ１１２により計測される情報（加速度、角速度等）を所定のアルゴリズム（拡張カルマンフィルタ（EKF：Extended Kalman Filter）等）に入力して実行することにより、無人飛行体１００の現在位置や現在速度等の情報をリアルタイムに算出し、算出した情報を飛行制御装置１１１に入力する。飛行制御装置１１１は、例えば、ＧＰＳ現在位置やＴＳ現在位置が利用できなくなった際に慣性航法装置１１３が提供する情報を利用して無人飛行体１００の飛行制御を継続する。

【００３２】

ＧＰＳ装置１１４は、所定数以上のＧＰＳ衛星から送られてくるＧＰＳ信号を受信して現在位置（ＧＰＳ現在位置）を算出し、算出した現在位置を飛行制御装置１１１に入力する。

【００３３】

推力発生装置１１５は、動力モータおよびモータ制御装置（ESC:Electronic Speed Controller）を備える。モータ制御装置は、飛行制御装置１１１から送られてくる制御信号に応じて動力モータの回転を制御する。

【００３４】

通信装置１１６は、飛行監視制御装置２００や無線送信機（プロポ）との間での所定のプロトコルに従った双方向の無線通信（例えば、２．４ＧＨｚ帯や５ＧＨｚ帯の周波数を用いた各種プロトコルに従ったデータ通信、映像信号／音声信号の伝送等）を行う。

【００３５】

光反射器制御機構１１７は、飛行制御装置１１１から送られてくる制御信号に基づき、光反射器５０における、ＴＳ３００から送られてくる照射光を有効に反射することが可能な領域（以下、「反射可能域」と称する。）に入射することが可能な光反射器５０の角度範囲（以下、「有効角」と称する。）の向き（方向）を制御する。光反射器制御機構１１７の詳細については後述する。

【００３６】

バッテリ１１８は、例えば、リチウムポリマー二次電池であり、無人飛行体１００が備える各構成に対し夫々の駆動に必要な電力を供給する。

【００３７】

図４Ａは、飛行監視制御装置２００のハードウェア構成例を示すブロック図である。飛行監視制御装置２００は、情報処理装置（コンピュータ）を用いて構成され、プロセッサ２０１（ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）等）、主記憶装置２０２（ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、不揮発性メモリ（ＮＶＲＡＭ（Non Volatile RAM））等）、補助記

憶装置２０３（ＳＳＤ（Solid State Drive）、ハードディスクドライブ、光学式記憶装置（ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）等））、入力装置２０４（キーボード、マウス、タッチパネル、記録媒体の読取装置等）、出力装置２０５（表示装置（ＬＣＤ（Liquid Crystal Display）等）、音声出力装置（スピーカ等）等）、および通信装置２０６（無線通信モジュール、有線通信モジュール、シリアル通信モジュール等）を備える。通信装置２０６は、無人飛行体１００との間の無線通信、およびトータルステーション３００との間の通信（無線通信又は有線通信）を実現する。尚、飛行監視制御装置２００には、例えば、オペレーティングシステム、ファイルシステム、ＤＢＭＳ（DataBase Management System）、各種アプリケーションソフトウェア等が適宜導入される。

【００３８】

図４Ｂは、飛行監視制御装置２００が備える主な機能を説明するブロック図である。同図に示すように、飛行監視制御装置２００は、記憶部２１０、飛行管理部２２０、飛行監視制御部２３０、ＴＳ現在位置受信部２４０、およびＴＳ現在位置送信部２５０の各機能を備える。これらの機能は、プロセッサ２０１が、主記憶装置２０２に格納されているプログラムを読み出して実行することにより、もしくは、飛行監視制御装置２００のハードウェアが本来的に備える機能によって実現される。

【００３９】

上記機能のうち、記憶部２１０は、飛行管理情報２１１、飛行監視情報２１２、およびＴＳ現在位置２１３を記憶する。飛行管理情報２１１は、無人飛行体１００の飛行に関する情報（飛行計画、飛行実績（飛行ログ）等）を含む。飛行監視情報２１２は、無人飛行体１００から送られてくる動作状態情報および飛行状態情報を含む。ＴＳ現在位置２１３は、ＴＳ３００から受信し無人飛行体１００に送信（転送）されるＴＳ現在位置である。

【００４０】

飛行管理部２２０は、無人飛行体１００の飛行計画、飛行ルート、飛行実績、飛行中に行う作業や業務（撮影等）に関する情報等を飛行管理情報２１１として管理する。飛行管理部２２０は、例えば、飛行計画、飛行ルート、飛行実績、飛行中に無人飛行体１００が行う作業に関する機器の制御計画等をユーザが管理（登録、編集、削除等）するためのユーザインタフェースを提供する。

【００４１】

飛行監視制御部２３０は、無人飛行体１００から送られてくる、前述の動作状態情報や飛行状態情報を飛行監視情報２１２として管理し、無人飛行体１００の監視や制御、例えば、飛行計画に従った無人飛行体１００の遠隔制御や飛行中の安全確保のための遠隔制御を行う。

【００４２】

ＴＳ現在位置受信部２４０は、ＴＳ３００からＴＳ現在位置を受信し、ＴＳ現在位置２１３として記憶する。ＴＳ現在位置送信部２５０は、ＴＳ現在位置を無人飛行体１００に送信（転送）する。尚、ＴＳ現在位置受信部２４０がＴＳ３００からＴＳ現在位置を受信してからＴＳ現在位置送信部２５０が無人飛行体１００にＴＳ現在位置を送信（転送）するまでの時間は、無人飛行体１００の飛行に支障が生じない程度に十分に短いものとする。

【００４３】

図５Ａに、ＴＳ３００（トータルステーション）の構成を説明するブロック図を、また図５Ｂに、ＴＳ３００の外観の一例（ＴＳ３００を正面方向から眺めた図）を示す。図５Ａに示すように、ＴＳ３００は、マイコン３１１（ＣＰＵ、ＭＰＵ等）、記憶装置３１２（ＲＯＭ、ＲＡＭ、不揮発性メモリ等）、ユーザインタフェース３１３（キーボード、タッチパネル、表示装置（ＬＣＤ（Liquid Crystal Display）等）、音声出力装置（スピーカ等）等）、通信装置３１４、光波測距儀３１５、セオドライト３１６（theodolite）、および自動追尾機構３１７を備える。

【００４４】

通信装置３１４は、無線通信モジュール、有線通信モジュール、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）、シリアル通信モジュール（ＵＳＢモジュール、ＲＳ－２３２Ｃモジュール等）等を用いて構成され、飛行監視制御部２３０との間の通信（無線通信又は有線通信）を行う。

【００４５】

光波測距儀３１５は、照射光（レーザ光）を対象物に照射して当該照射光の対象物からの反射光を受光し、照射光と受光した反射光とに基づき光反射器５０までの距離を計測する。

【００４６】

セオドライト３１６は、望遠鏡や球心望遠鏡、角度表示器等を用いて構成され、対象物（光反射器５０）の水平面並びに垂直面における角度を計測する。

【００４７】

マイコン３１１は、光波測距儀３１５により計測された対象物までの距離と、セオドライト３１６により計測された対象物の水平面並びに垂直面における角度に基づき対象物の位置を算出し、算出した位置を示す情報（例えば、絶対座標又は相対座標で表された位置情報）を、ユーザインタフェース３１３を介してユーザに提供する。また、マイコン３１１は、位置情報（例えば、ＴＳ現在位置）を、通信装置３１４を介して飛行監視制御装置２００に送信する。

【００４８】

自動追尾機構３１７は、光波測距儀３１５が照射する照射光の方向（もしくは反射光の受光窓（受光レンズ）の光軸の方向が、対象物である飛行中の無人飛行体１００（光反射器５０）の方向を常に向いているように制御（自動視準および自動追尾）するための回転機構（制御モータ、当該制御モータを制御する電子部品等）を含む。

【００４９】

図６は、無人飛行体１００に搭載され、光反射器５０の支持並びに回転制御を行う光反射器制御機構１１７の構成を示す部分拡大斜視図である。同図に示すように、光反射器制御機構１１７は、無人飛行体１００の脚部１４の一つにボルト／ナット等で締め付け固定される取付具１１７１、取付具１１７１から延出し、無人飛行体１００が無風時に空中で静止している状態（以下、「安定状態」と称する。）にあるときに水平（地面に平行）になるように支持される平板状のサーボ固定台１１７２、サーボ固定台１１７２にそのモータ回転軸１１１７３が下方に向くように固定されたサーボモータ１１７３、モータ回転軸１１７３１に固定され光反射器５０が懸垂支持されるＬ型部材１１７４を有する。尚、光反射器５０は、図８Ａに示す構造からなり、図８Ｂに示す反射可能域、有効角、および死角を有するものとする。

【００５０】

Ｌ型部材１１７４は、Ｌ型を構成する一方の矩形板１１７４ａの平面内の所定位置においてモータ回転軸１１７３１に固定されている。また、光反射器５０は、そのネジ部５３を他方の矩形板１１７４ｂの面内の所定位置に螺合することによりＬ型部材１１７４に取り付けられている。矩形板１１７４ａは、無人飛行体１００が安定状態にあるときに地面と水平になるように調節されて設けられている。また、光反射器５０の中心軸Ｃ－Ｃ’は、無人飛行体１００が安定状態にあるときに地面と平行になるように調節されて設けられている。

【００５１】

サーボモータ１１７３には、図示しない給電線を介してバッテリ１１８から駆動電力が供給される。サーボモータ１１７３の図示しない制御信号線は、飛行制御装置１１１に接続されている。無人飛行体１００の飛行中、サーボモータ１１７３のモータ回転軸１１７３１の回転は、上記制御信号線を介して飛行制御装置１１１により制御される。無人飛行体１００の飛行中、飛行制御装置１１１は、光反射器５０の有効角の向きが常にＴＳ３００の方向を向くように、サーボモータ１１７３のモータ回転軸１１７３１の回転を制御する。光反射器５０は、その中心軸Ｃ－Ｃ’が、サーボモータ１１７３のモータ回転軸１１

７３１に垂直になるように設けられ、光反射器５０は、無人飛行体１００が安定状態にあるときにその中心軸Ｃ－Ｃ’が地面と平行な面内を回転するように１つのサーボモータ１１７３によって１軸制御される。尚、光反射器５０の有効角の向きの制御方法は必ずしも限定されず、光反射器５０をより高い自由度（２軸もしくは３軸）で制御するようにしてもよい。

【００５２】

飛行制御装置１１１は、各種センサ１１２（例えば、地磁気センサ）の情報に基づき特定される、無人飛行体１００の機軸が現在向いている方位（以下、「機軸方位θｄ」と称する。）と、飛行監視制御装置２００から送られてくるＴＳ現在位置に基づき特定される、無人飛行体１００から見たＴＳ３０が存在する方位（以下、「ＴＳ方位θｔ」と称する。）とに基づき、サーボモータ１１７３の回転を制御し、光反射器５０の有効角の向きが常にＴＳ３０の方向を向くようにする。尚、機軸の設定方法は必ずしも限定されないが、本実施形態では、機軸は、無人飛行体１０が安定状態にあるときに無人飛行体１０の重心を通り地面に平行な所定の方向（例えば、機首の向きと一致する方向）に延出する直線であるものとする。

【００５３】

図７は、飛行制御装置１１１によるサーボモータ１１７３の制御方法を説明する図であり、飛行中の無人飛行体１００とＴＳ３００を上空から見下ろすように眺めた図である。同図に示すように、飛行制御装置１１１は、ＴＳ方位θｔと機軸方位θｄとの差の角度（θｔ－θｄ）（以下、「制御角θｐ」と称する。）に基づく角度だけ光反射器５０を回転させるようにサーボモータ１１７３を制御し、光反射器５０の有効角にＴＳ３００が常に入るように（ＴＳ３００からの照射光が常に有効角に入るように）する。

【００５４】

尚、飛行制御装置１１１は、好ましくは、有効角の向き、即ち、有効角の中央を通り光反射器５０の中心軸Ｃ－Ｃ’に直角の方向（図８Ａにおいて光反射器５０のプリズム本体５１の中央（中心）を通り、中心軸Ｃ－Ｃ’に垂直な方向）がＴＳ３００の方向に一致するようにサーボモータ１１７３を制御する。これにより、例えば、飛行中に突風を受けて無人飛行体１００の姿勢が急に変化した場合でも、ＴＳ３００が常に有効角に入るようにすることができる。また、無人飛行体１００の飛行中、光反射器５０の中心軸Ｃ－Ｃ’は地面と平行に維持されているので、サーボモータ１１７３を回転させることで、有効角の向きは地面と平行な面内を３６０度回転する。そのため、無人飛行体１００が高い高度を飛行する場合および低い高度で飛行する場合のいずれにおいても、有効角の向きをＴＳ３００の方向に向けることができ、広い空域に亘って無人飛行体１００の位置をＴＳ３００により測定することができる。

【００５５】

以上に説明したように、本実施形態の位置測定システム１は、ＴＳ３００により測定された無人飛行体１００の現在位置であるＴＳ現在位置を飛行監視制御装置２００を介して無人飛行体１００に通知し、無人飛行体１００が、ＴＳ現在位置から特定されるＴＳ方位θｔと各種センサ（例えば、地磁気センサ）から取得される機軸方位θｄとに基づき算出される制御量でサーボモータ１１７３を制御することにより光反射器５０の有効角の向きがＴＳ３００の方向を向くように制御するので、広い空域に亘って無人飛行体１００の現在位置を精度よく安定して測定することが可能になる。

【００５６】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、以上の説明は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明はその趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に本発明にはその等価物が含まれることは勿論である。例えば、上記の実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また上記実施形態の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることが可能である。

【００５７】

例えば、ＴＳ３００によって測定されたＴＳ現在位置を、無人飛行体１００が実際に飛行した経路（ルート）の管理や、無人飛行体１００が何らかの作業を遂行する際に作業対象が存在する位置を精度よく特定するための情報等として用いてもよい。

【００５８】

また以上の実施形態では、光反射器５０として太鼓型のものを例示したが、本発明は、太鼓型以外の構成からなる光反射器を用いた場合にも適用することができる。

【００５９】

また以上の実施形態では、ＴＳ現在位置を飛行監視制御装置２００を介して無人飛行体１００に転送しているが、例えば、ＴＳ３００および無人飛行体１００を通信可能に接続し、ＴＳ３００から無人飛行体１００にＴＳ現在位置を直接送信するようにしてもよい。

【００６０】

また以上の実施形態では、機軸方位θｄを地磁気センサを利用して取得しているが、機軸方位θｄは、例えば、角速度センサや角加速度センサの値を用いて算出する等、他の方法で取得するようにしてもよい。

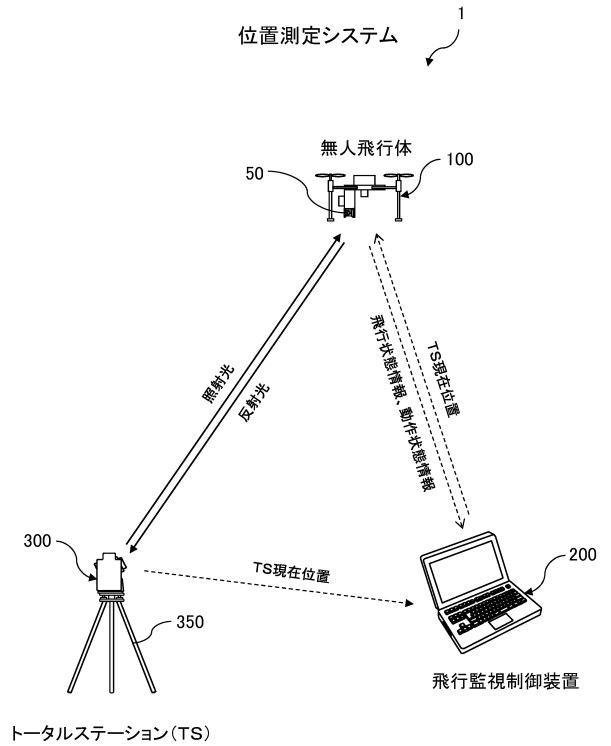
【符号の説明】

【００６１】

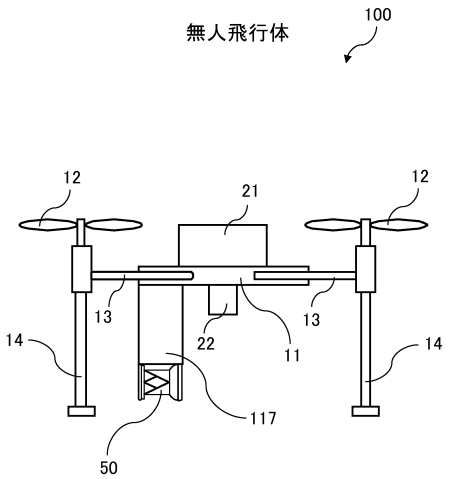
１　位置測定システム、５０　光反射器、５１　プリズム本体、５２ａ，５２ｂ　鍔部、５３　ネジ部、１００　無人飛行体、１１１　飛行制御装置、１１２　各種センサ、１１３　慣性航法装置、１１４　ＧＰＳ装置、１１５　推力発生装置、１１６　通信装置、１１７　光反射器制御機構、１１７１　取付具、１１７２　サーボ固定台、１１７３　サーボモータ、１１７４　Ｌ型部材、１１７４ａ，１１７４ｂ　矩形板、１１８　バッテリ、１５０　脚部、２００　飛行監視制御装置、２０１　プロセッサ、２０２　主記憶装置、２０３　補助記憶装置、２０４　入力装置、２０５　出力装置、２１０　記憶部、２１１　飛行管理情報、２１２　飛行監視情報、２１３　ＴＳ現在位置、２２０　飛行管理部、２３０　飛行監視制御部、２４０　ＴＳ現在位置受信部、２５０　ＴＳ現在位置送信部、３００　トータルステーション、３１１　マイコン、３１３　ユーザインタフェース、３１４　通信装置、３１５　光波測距儀、３１６　セオドライト、３１７　自動追尾機構

【図面】

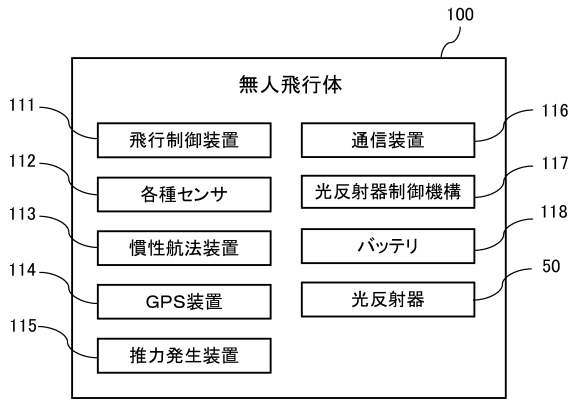
【図１】



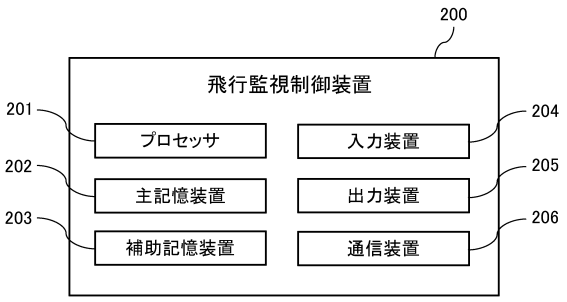
【図２】



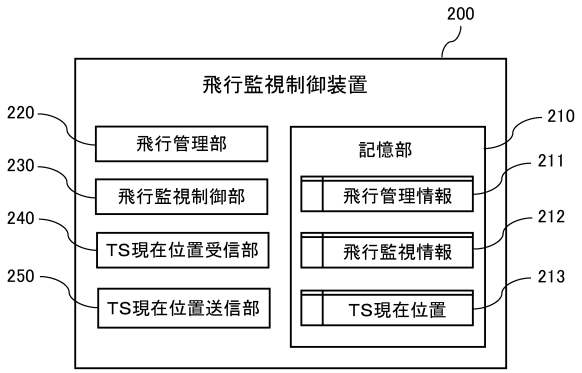
【図３】



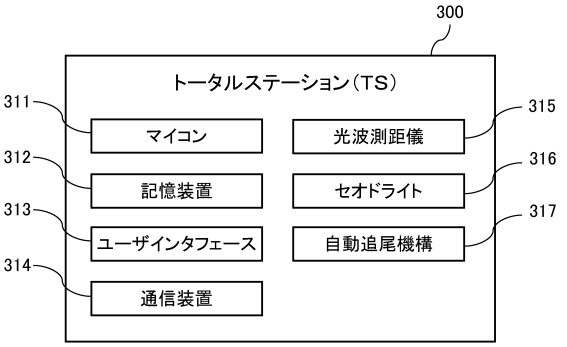
【図４Ａ】



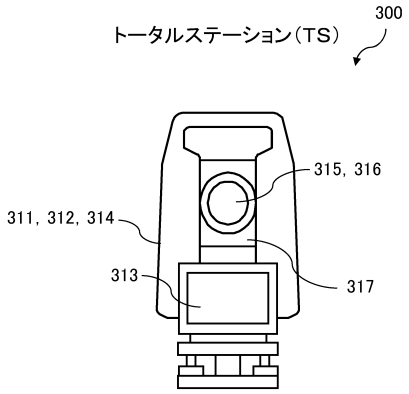
【図４Ｂ】



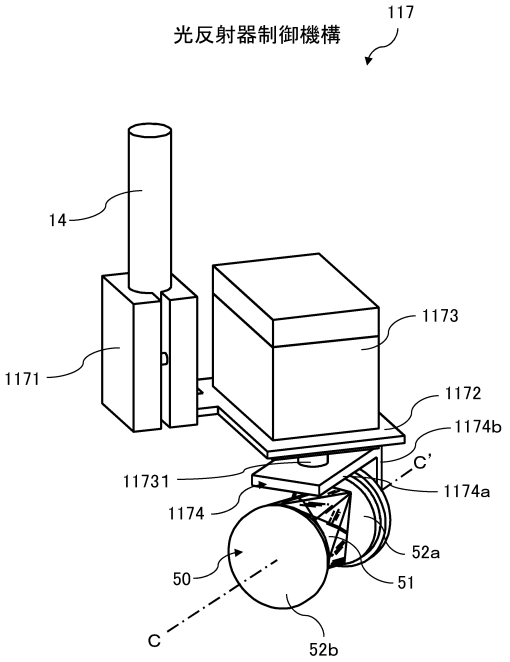
【図５Ａ】



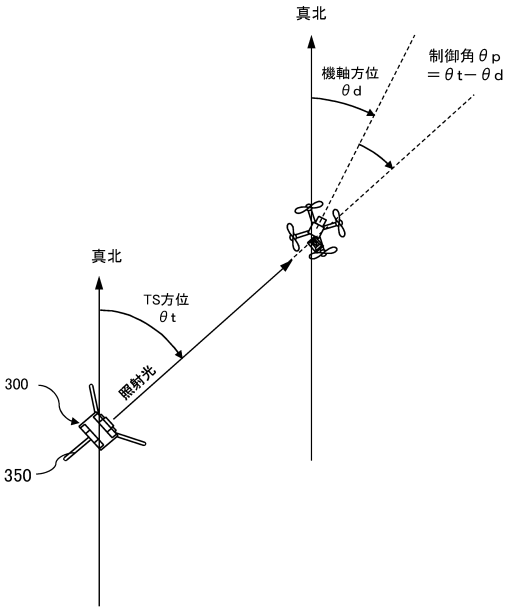
【図５Ｂ】


トータルステーション（TS）
300
315, 316
311, 312, 314
313
317

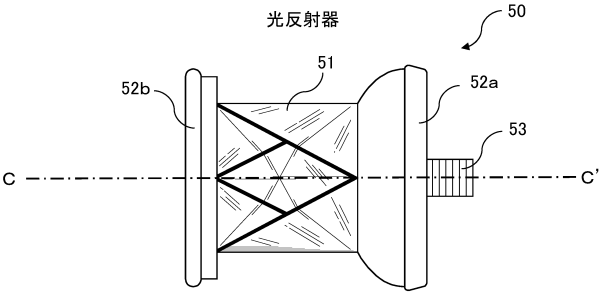
【図６】


光反射器制御機構
117
14
1173
1171
1172
1174b
C'
11731
1174a
1174
52a
50
51
C
52b

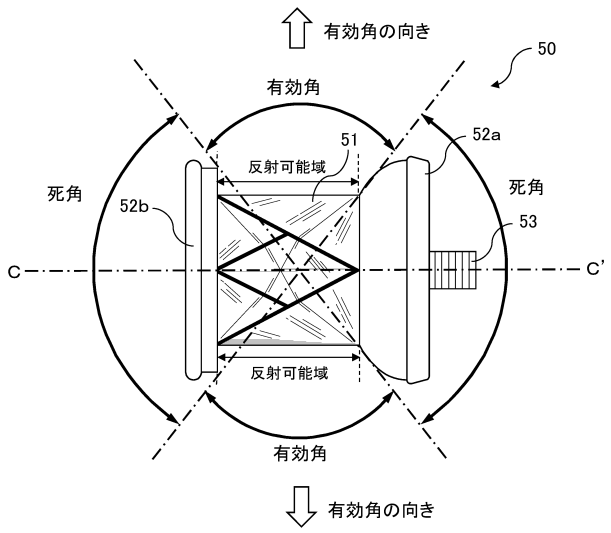
【図７】


真北
機軸方位
θd
制御角θp
＝θt－θd
真北
TS方位
θt
照射光
300
350

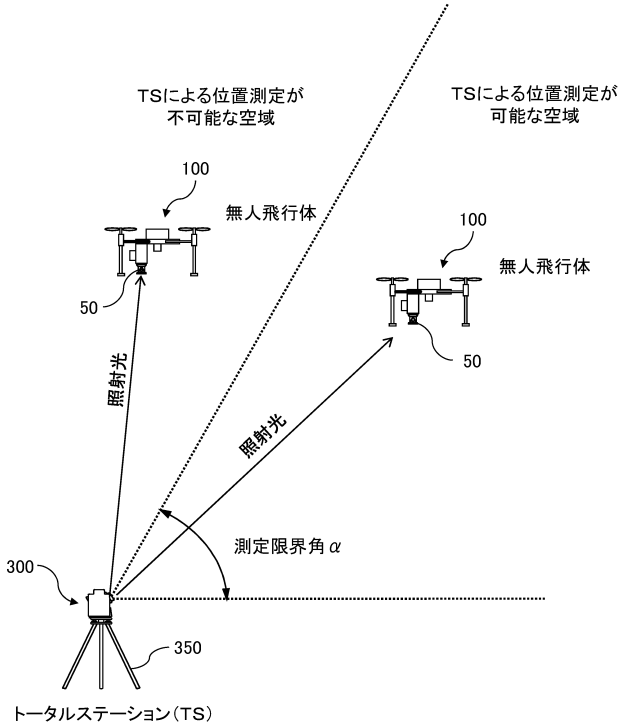
【図８Ａ】


光反射器
50
51
52b
52a
53
C
C'

【図８Ｂ】


有効角の向き
50
有効角
51
52a
反射可能域
死角
死角
52b
53
C
C'
反射可能域
有効角
有効角の向き

【図９】


TSによる位置測定が
不可能な空域
TSによる位置測定が
可能な空域
100
無人飛行体
100
無人飛行体
50
50
照射光
照射光
測定限界角α
300
350
トータルステーション（TS）