

明 細 書

発明の名称：

無人航空機用の自己位置推定装置及び自己位置推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、無人航空機に関し、特に、無人航空機用の自己位置推定装置及び自己位置推定方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、無人航空機は操縦者が地上の操縦送信器から上空の無人航空機へと制御信号を送信して操縦することにより飛行するか、あるいは自律制御装置を搭載することにより飛行計画に従って自律飛行をしていた。

[0003] 近年、固定翼機、回転翼機を含む無人航空機を自律飛行させるためのさまざまな自律制御装置が開発されている。小型無人ヘリコプタの位置、姿勢、高度、方位を検知するセンサと、小型無人ヘリコプタの舵を動かすサーボモータへの制御指令値を演算する主演算部と、センサからのデータ収集を行い、また主演算部による演算結果をサーボモータへのパルス信号に変換する副演算部とを1つの小型フレームボックスにアセンブリした自律制御装置が提案されている。

自律制御装置を備えた無人航空機においては、Visual SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)等を利用して生成した3次元地図データに基づいて無人航空機の位置(高度)を推定することができる。

また、無人航空機においては、特許文献1に記載されるように、光源を備えて無人航空機を制御するものも開発されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-224123

[0005] Visual SLAM(VSLAM)では、カメラからの動画像に基づいて特徴点を追跡し、無人航空機(ドローン)の位置の推定を行うと共に環

境地図データを作成する。この場合、同じ特徴の領域については、対象物が同じものとみなして推定する。

この点、無人航空機の周辺環境を撮影する際に、照明が十分に射出されないと、露光量の不足やコントラストの低下に繋がる。また、撮影するシーンが影を含む場合がある。この場合も、影の領域は、露光量不足となりコントラストが低下する。一方、影ではない領域は、飽和露光量に達してしまい、コントラストが低下することもある。ドローンの影がドローンと共に移動すると、特徴点を移動させることになり、これは、VSLAMなどの位置推定アルゴリズムに有害なものとなる。

例えば、図7のように、対象物に影（図の斜線領域）ができている場合には、影の領域を別の特徴を有する領域として認識することになり、精度よく対象物の特徴点を認識できない状況が生じ得る。このように対象物に影ができてしまう状況は、対象物に大きな段差が存在する場合や、光源が複数ある環境や、屋外で太陽光と対象物との間に他の物体が存在することなどの場合にも起こり易い。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] したがって、太陽光や外界の光源とそれに伴う影の影響を低減して対象物に対する無人航空機の位置推定が行える装置等を提供することが望ましい。また、段差等を有する対象物に対する無人航空機の位置推定が精度よく行えることが望ましい。

課題を解決するための手段

- [0007] 本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、以下のような特徴を有するものである。すなわち、本発明の1つの特徴によれば、無人航空機の周囲にある対象物を照射するための光源と、前記対象物からの反射光を画像データとして取得する集光センサと、前記集光センサにより取得された画像データを用いて無人飛行機の前記対象物に対する相対位置を推定する位置推定部とを備えた無人飛行機用の自己位置推定装置であって、前記光源は、環境

光と区別可能な光を放出するレーザと、前記レーザからの光を拡散するための拡散器とを有しており、前記集光センサは、前記対象物からの反射光に対して前記環境光と区別可能な光を感知するように構成された無人飛行機用の自己位置推定装置が提供される。

[0008] 本発明は、前記レーザの発光強度、位置及び方向の少なくとも1つを調整する光源制御部を更に備えることもできる。

[0009] また、本発明は、前記環境光と区別可能な光は、所定の帯域の光であり、前記集光センサは、前記所定の帯域の光を感知するように構成することもできる。また、前記所定の帯域は、複数の帯域を有しており、前記集光センサは、前記複数の帯域の信号の各々を感知するように構成することもできる。また、前記光源は、前記複数の帯域の各々が異なる強度の光を照射できるように構成されており、前記集光センサは、前記対象物との距離に応じてどの帯域の光を感知するかを選択できるように構成することもできる。また、前記集光センサは、画素毎又は画像内の所定の領域毎に、どの帯域の光を感知するかを選択できるように構成することもできる。

[0010] また、本発明は、前記拡散器が広角レンズを備えることもできる。また、前記拡散器は、前記広角レンズの周囲部から投影される光が中心部から投影される光よりも明るいように放射される光を成形するように構成することもできる。

[0011] また、本発明は、更に、前記拡散器の前段に、コヒーレントなレーザをインコヒーレントなスペクトルに変換する蛍光体リフレクタを備えることもできる。

[0012] また、本発明は、前記自己位置推定装置により推定された前記無人航空機の前記対象物に対する相対位置と、前記無人航空機の数とを用いて前記無人航空機の飛行を制御することもできる。

[0013] また、本発明の別の特徴によれば、光源として用いられるレーザから環境光と区別可能な光を放出するステップと、放出された前記光を拡散して無人航空機の周囲にある対象物に照射するステップと、前記対象物からの反射光

を集光して画像データを取得するステップと、取得された前記画像データを用いて無人飛行機の前記対象物に対する相対位置を推定するステップと、を備え、前記画像データを取得するステップは、前記対象物からの反射光に対して前記環境光と区別可能な光を感知することにより前記画像データを取得する方法が提供される。

[0014] 本発明は、光源の発光強度、位置及び方向の少なくとも1つを設定するステップを更に備え、設定された前記光源を用いて、前記放出するステップと、前記対象物に照射するステップと、前記画像データを取得するステップと、前記推定するステップを行うこともできる。

[0015] また、本発明は、前記環境光と区別可能な光は、所定の帯域の光であり、前記画像データを取得するステップは、前記所定の帯域の光を感知することにより前記画像データを取得することもできる。

[0016] また、本発明は、前記所定の帯域が、複数の帯域を有しており、前記画像データを取得するステップは、前記複数の帯域の信号の各々を感知することもできる。また、前記照射するステップは、前記複数の帯域の各々が異なる強度の光を照射し、前記画像データを取得するステップは、前記対象物との距離に応じてどの帯域の光を感知するかを選択するステップを更に備えることもできる。また、前記画像データを取得するステップは、画素毎又は画像内の所定の領域毎に、どの帯域の光を感知するかを選択するステップを更に備えることもできる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、外界の光源の影響を受けない無人航空機の位置推定が可能となる。また、GPS機能を有しない自律無人飛行機において、自律無人飛行機の位置推定を効率的かつ精度よく行うことを可能とする。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態である無人航空機の斜視図。

[図2]図1の無人航空機を下方向から見た図。

[図3]図1の無人航空機の構成の一実施例を示すブロック図。

[図4]図1の無人航空機用の光源の光学構造の一実施例を示す図。

[図5]無人航空機の位置推定処理の一実施例を示すフローチャート。

[図6]図4の光源による実際の照射例。

[図7]無人航空機で撮影される対象物の影の様子を示す図。

発明を実施するための形態

[0019] [無人航空機の構成]

図1は、本発明の一実施形態による無人航空機（マルチコプタ）1の外観図である。

図2は、図1の無人航空機（マルチコプタ）1の下面図である。

[0020] 無人航空機1は、本体部2と、6つのモータ3と、6つのロータ（回転翼）4と、本体部2及び各々のモータ3を接続する6つのアーム5と、着陸脚6と、ローカルセンサ7と、を備える。

[0021] 6つのロータ4は、各々のモータ3の駆動により回転して揚力を発生させる。本体部2が6つのモータ3の駆動を制御して6つのロータ4各々の回転数、回転方向を制御することにより、上昇、下降、前後左右への飛行、旋回等、無人航空機1の飛行が制御される。着陸脚6は、離着陸時の無人航空機1の転倒防止などに寄与し、無人航空機1の本体部2モータ3、及びロータ4などを保護する。

[0022] ローカルセンサ7は、レーザ光源8を用いて無人航空機1の周囲の状況を計測する。ローカルセンサ7は、光源8から主として対象物に対して下方にレーザを照射し、反射して得られた情報を用いて、無人航空機1の周囲にある物体との距離を測定するとともに、周囲にある物体の形状を作成することを可能とする。レーザを照射する方向は一例であるが、少なくとも下方を含むことが好ましい。このように本実施形態では、ローカルセンサ7は、無人航空機1の周囲にある物体に対する無人航空機1の相対位置を計測するために用いられるセンサであり、無人航空機1と周囲にある物体との位置関係を計測できるものであればよい。したがって、例えば、用いるレーザは1つであってもよいし、複数であってもよい。また、ローカルセンサ7は、例えば

、画像センサとすることもできる。上記ローカルセンサ 7 は、好ましくは、SLAM 技術を利用する際に用いられる。

[0023] 例えば、ローカルセンサ 7 が画像センサである場合、無人航空機 1 は撮像装置を含む。撮像装置は、イメージセンサなどから構成される単眼カメラ又はステレオカメラを含み、無人航空機 1 の周囲を撮像することにより、無人航空機 1 周囲の映像や画像を取得する。この場合、好ましくは、無人航空機 1 は、カメラの向きを変更可能なモータを備え、飛行制御装置 11 は、カメラ及び該モータの動作を制御する。例えば無人航空機 1 は単眼カメラを用いて連続して画像を取得し、又はステレオカメラを用いて画像を取得するなどし、取得された画像を解析することにより、周囲にある物体との距離や該物体の形状の情報を取得する。撮像装置は、赤外線投影により形状データを取得可能な赤外線デプスセンサであってもよい。

[0024] ローカルセンサ 7 は、本体部 2 の外部に取り付けられたものとして説明するが、無人航空機 1 と周囲環境との位置関係を計測できるものであれば本体部 2 の内部に取り付けられてもよい。

[0025] [システム概要]

図 3 は、図 1 及び図 2 の無人航空機 1 のハードウェア構成図である。無人航空機 1 の本体部 2 は、飛行制御装置（フライトコントローラ）11 と、送受信機 12 と、センサ 13 と、スピードコントローラ（ESC: Electric Speed Controller）14 と、バッテリー電源（図示せず）と、を備える。

[0026] 送受信機 12 は、外部との各種データ信号の送受信を行うものであり、アンテナを含む。説明の便宜上、送受信機 12 は 1 つの装置として説明するが、送信機と受信機が別々に設置されていても構わない。

[0027] 飛行制御装置 11 は、各種情報に基づいて演算処理を行い、無人航空機 1 を制御する。飛行制御装置 11 は、プロセッサ 21 と、記憶装置 22 と、通信 I/F 23 と、センサ用 I/F 24 と、信号変換回路 25 と、を備える。これらはバス 26 を介して接続される。

- [0028] プロセッサ 21 は、飛行制御装置 11 全体の動作を制御するものであり、例えば CPU である。なお、プロセッサとしては、MPU 等の電子回路が用いられてもよい。プロセッサ 21 は、記憶装置 22 に格納されているプログラムやデータを読み込んで実行することにより、様々な処理を実行する。
- [0029] 記憶装置 22 は、主記憶装置及び補助記憶装置を含む。主記憶装置は、例えば RAM のような半導体メモリである。RAM は、情報の高速な読み書きが可能な揮発性の記憶媒体であり、プロセッサが情報を処理する際の記憶領域及び作業領域として用いられる。主記憶装置は、読み出し専用の不揮発性記憶媒体である ROM を含んでいてもよい。この場合、ROM はファームウェア等のプログラムを格納する。補助記憶装置は、様々なプログラムや、各プログラムの実行に際してプロセッサ 21 が使用するデータを格納する。補助記憶装置は、例えばハードディスク装置であるが、情報を格納できるものであればいかなる不揮発性ストレージ又は不揮発性メモリであってもよく、着脱可能なものであっても構わない。補助記憶装置は、例えば、オペレーティングシステム (OS)、ミドルウェア、アプリケーションプログラム、これらのプログラムの実行に伴って参照され得る各種データなどを格納する。
- [0030] 通信用 IF 23 は、送受信機 12 と接続するためのインタフェースである。センサ用 IF 24 は、ローカルセンサ 7 により取得されたデータを入力するためのインタフェースである。説明の便宜上、各 IF は 1 つのものとして説明するが、各装置やセンサごとに異なる IF を備えることができることは理解される。
- [0031] 信号変換回路 25 は、例えば PWM 信号などのパルス信号を生成し、ESC 14 へ送る。ESC 14 は、信号変換回路 25 により生成されたパルス信号をモータ 3 への駆動電流へと変換し、該電流をモータ 3 へ供給する。
- [0032] バッテリ電源は、リチウムポリマーバッテリーやリチウムイオンバッテリー等のバッテリーデバイスであり、各構成要素に電力を供給する。なお、モータ 3 を動作させるためには大きな電源が必要となるため、好ましくは、ESC 14 は、直接バッテリー電源と接続され、バッテリー電源の電圧や電流を調整して

駆動電流をモータ 3 へ供給する。

[0033] 好ましくは、記憶装置 22 は、無人航空機 1 の飛行時における姿勢や基本的な飛行動作を制御する飛行制御アルゴリズムが実装された飛行制御プログラムを記憶する。プロセッサ 21 が飛行制御プログラムを実行することにより、飛行制御装置 11 は、設定された目標高度及び目標速度となるように演算処理を行い、各モータ 3 の回転数や回転速度を計算して制御指令値データを算出する。このとき飛行制御装置 11 は、飛行中の無人航空機 1 の姿勢などの様々な情報を各種センサから取得し、取得したデータと設定された目標高度及び目標速度とに基づいて演算処理を行う。

[0034] 飛行制御装置 11 の信号変換回路 25 は、上記のとおり算出された制御指令値データを PWM 信号へ変換し、ESC 14 へ送る。ESC 14 は、信号変換回路 25 から受け付けた信号をモータ 3 への駆動電流へと変換してモータ 3 へ供給することによりモータ 3 を回転させる。このようにして、飛行制御装置 11 を含む本体部 2 は、ロータ 4 の回転速度を制御し、無人航空機 1 の飛行を制御する。

[0035] 1 つの例では、飛行制御プログラムは、緯度経度や高度を含む飛行ルートや飛行速度などのパラメータを含み、飛行制御装置 11 は、目標高度及び目標速度を逐次決定して上記演算処理を行うことにより、無人航空機 1 を自律的に飛行させる。

[0036] 1 つの例では、飛行制御装置 11 は、送受信機 12 を介して外部の送信機から上昇下降・前進後退などの指示を受信することで、目標高度及び目標速度を決定して上記演算処理を行うことにより、無人航空機 1 の飛行を制御する。

[0037] [自己位置推定処理]

自己位置推定部 32 は、ローカルセンサ 7 を収集センサとして用いて取得された無人航空機 1 の周囲にある物体の画像データの点群データに基づいて無人航空機 1 の自己位置を推定する。自己位置推定部 32 が推定する自己位置は、無人航空機 1 周囲の物体に対する無人航空機 1 の相対位置である。本

実施形態では、自己位置推定部32は、SLAM技術を利用して無人航空機1の自己位置を推定する。SLAM技術は、既知の技術であるため説明は省略するが、ローカルセンサ7を用いて周囲にある物体認識を行い、該物体認識結果に基づいて自己位置推定と地図作成とを同時に行うものである。

[0038] 本実施形態では、自己位置推定部32は、SLAM技術を利用して無人航空機1の相対位置（高度）を推定して出力する。

[0039] 自己位置推定部32は、後述する光源を用いて無人航空機1の周囲の点群データを取得する。自己位置推定部32は、光源から放射されるレーザによる測距距離が所定距離範囲（例えば0.1～20m）内の点群データを取得できた場合に推定の演算を開始し、その点群データを取得し始めたタイミングにいた自己位置を基準座標と定める。それから自己位置推定部32は、取得した点群データを用いて、マップを作成しつつ自己位置を推定する。

自己位置推定部32は、カメラ等の撮像装置を用いて画像を取得し、取得した画像における物体の位置又は表面上の点を特徴点して抽出し、抽出したパターンと作成されたマップ（又は取得した点群）のパターンをマッチングさせる。

自己位置推定部32は、作成されたマップとレーザ光源を用いて取得された点群データとの一致度により自己位置推定を行う。自己位置推定部32は、無人航空機1が十分な点群データを収集した場合に、無人航空機1の相対高度を推定して出力するように構成される。

[0040] [光源]

図2に示される通り、光源8は、望ましくは、地表付近の状況を把握できるように無人飛行機の底面側から下向きに取り付けられる。ただし、光源は、地表付近に向けて照射できるように構成されていればよく、無人航空機その他の位置に取り付けられていてもよい。

[0041] 図4は、光源の光学構造の一実施例を示す。レーザ光源40は、例えば、帯域特異性を有しており、波長が420nmの青色レーザである。レーザ光源40は、コヒーレント光として出射されると蛍光体リフレクタ41におい

て人間の眼に安全なものとするようにインコヒーレント光に変換される。蛍光体リフレクタ41を通った光は、拡散レンズを含む拡散器42において所定の設定のプロジェクションパターンとして拡散された後に対象物に照射される。

[0042] ここで、拡散レンズは、広角レンズ（例えば110度）を採用することにより、カメラ側で撮像する際に対象物の広範囲の領域を一度で撮像することができ、一度の撮像で取得できる情報量を増大させることができるようになり、このことはSLAM技術を用いた自己位置推定において有用である。

[0043] また、拡散レンズは、特に、広角レンズを採用すると、一般に、図6（a）に示す通り、レンズの中心付近を通った光はレンズの外側を通った光より相対的に明るい光となるという開口効率特性の影響が大きくなる。すなわち、このように、拡散レンズを通った光のプロジェクションパターンが一様ではなく、また、光源及び取集センサ（カメラ）から対象物までの距離が十分にあることを前提とすると、カメラ側では、画像の外側は暗い像として取得され、画像の内側は明るい像として取得されることになる。したがって、本発明に係る一実施例では、拡散器（拡散レンズ）42は、図6（b）に示す通り、上記の所定の設定のプロジェクションパターンとして、レンズの周囲部から投影される光が中心部から投影される光よりも明るいように放射される光を成形するように広角の程度に依存して構成されることが望ましい。このような構成にすることにより、広角レンズなどの拡散レンズによる上記の開口効率特性を補償することができる。

[0044] また、光源8は、光源制御部9によりその位置及び照射方向を制御できるようになっていることが望ましい。この点、後述する通り、光源が対象物に対してカメラの背後にある場合には、無人航空機自身の影がマシンビジョンシステムによって視認されないように光源の位置及び照射方向を調整するように制御される。また、光源の方向制御により、Visual SLAMで環境認識に重要な特徴点をハイライトすることが可能となる。

[0045] また、光源は、後述の通り、電流を調整することによって強度を可変なも

のとして照射されるように構成し、Visual SLAM処理用に一連の画像を光源の強度を変えながら取得できるようにしてもよい。この点、例えば、対象物が遠い場合には、取得される画像が暗くなりがちであるので、その方向には強い強度で照射するように構成することができる。

[0046] なお、光源は、太陽光などの他の光源（環境光）と区別できるような特有の光であればよく、後述の通り、例えば、環境光の影を排除できるものであればよく、青色レーザに限らず、他の所定の狭帯域の光源であってもよい。さらに言えば、光源は、帯域以外にもスペクトル分布、光の強度、点滅パターンの光などを環境光と異なるように構成する光源であってもよい。光源が所定のパターンで点滅する場合の一例として、一定周期の点滅が考えられる。

[0047] また、光源は、複数の帯域を照射できる光源（例えば、R、G、B等を含むマルチスペクトル）とすることができる。マルチスペクトル光源は、ダイクロイックミラー等を利用して光を分離し、時間的にそれぞれの帯域を切り替えるように構成してもよいし、同時に複数の帯域を照射できるように構成すると共に各帯域の対象物への照射方向を個別に空間的に調整できるように構成してもよい。

[0048] なお、この場合、後述する通り、集光センサは、当該複数の帯域を個別に収集できるようなフィルタを有するように構成される。

[0049] [光源及びカメラ（集光センサ・フィルタ）の構成]

－ 光源の帯域に対応する集光センサ・フィルタ（他の光源の遮断）

SLAMなどのマシンビジョンアルゴリズムは、カメラで視認可能な特徴部のほとんどは固定されており、動かないという前提で処理されることが望ましい。光源が対象物に対してカメラの背後にある場合には、無人航空機自身の影がマシンビジョンシステムによって視認され得ることになる。この影は、特徴点の主要なソースであることが多いが、当該影は、無人飛行機と共に移動することになり、当該影の特徴部は、固定されないことになる。このことは、マシンビジョンの性能を低下させる。

[0050] 光源がカメラの近傍で無人航空機に固定され得る場合には、光源からの影は、最小化され又はマスクすることが可能である。しかしながら、無人航空機に固定されていないような他の光源からの無人航空機自体の影の影響は、無人航空機の移動と共に不規則に移動し得る。この場合、カメラの撮像に基づく影の領域の認識について精度が低下し、このことは、VSLAMによる無人航空機の位置推定の精度の低下に繋がる。

[0051] これに対して、本発明に係る光源とカメラ（フィルタ）の構成によれば、影の影響を低減することが可能となる。すなわち、例えば、上述の通り、光源は、青色レーザとする場合を考える。この場合、光源は、蛍光体リフレクタと拡散器を通ることにより、青色レーザ光をワイドスペクトル光に変換し、この光の大部分は、レーザと同じ420nmで対象物によって反射される。マシンビジョンシステムの撮像側では、カメラのレンズに所定のノッチフィルタ（青色420nm）を取り付けておくことによって、対象物から反射される光の多くは、青色ノッチフィルタを通り、集光センサにより画像データとして取得される。一方で、他の光源からの光の大部分は、420nmブルーノッチフィルタにより遮断されることになり、また、他の光源により生じる影も特徴点として認識されることなく集光センサにより画像として取得され、他の光源による影の影響も遮断することが可能となる。

また、光源が所定のパターンで点滅する光の場合、対象物からの反射光は、撮像側で順次、動画像として撮像され、集光センサは、光源が所定のパターンで点滅していることに伴って動画像の一連の画像内で光の強度（例えば、画像内のグレースケール値）が上下している箇所を感知するように構成される。このように構成された光源及び集光センサにより、光の強度が上下している画像内の箇所を検知し、その光の画角や大きさ等から反射点の位置を推定することが可能となり、環境光から放出され、その後、対象物から反射された光の影響を低減してVSLAMによる無人航空機の位置推定を行うことができる。

[0052] - 高ダイナミックレンジ

青色レーザ光源などの特定帯域のレーザ光源について、上述の通り、電流を調整することによって照明の強度を可変なものとして照射され、一連の画像を様々な光源の強度で取得できるようにすることは有用である。すなわち、そのような構成にすることにより、非常に広範囲の明るさで特徴点を抽出できるようになる。このことは、対象物について段差などが存在してカメラから様々な距離の表面が存在するとき、カメラから遠い表面を照射することは、カメラから近い表面より高い光出力を必要とするので有用である。例えば、段差が存在する対象物に対して、1回目の撮像で光源を相対的に弱い光とすることにより、近距離の領域の画像データを取得し、2回目の撮像で光源を相対的に強い光とすることにより、遠距離の領域の画像データを取得するように光源及び収集センサを構成することができる。したがって、収集センサを高ダイナミックレンジに対応すると共に可変なダイナミックレンジとし、様々な照射レベルで一連の画像を取得することによって、各表面からの特徴部が抽出され得る。

[0053] - 複数の光源とそれらに対応する複数の集光センサ・フィルタ

上述の通り、光源は、複数の帯域を照射できる光源（マルチスペクトル）とすることができる。一方、この場合、カメラ（集光センサ・フィルタ）は、対応する帯域のそれぞれを検知できるものとするにより、対象物に対して複数の独立した画像情報を取得することができる。

[0054] また、集光センサは、対応する帯域のそれぞれを検知できるものとした上で、更に、対応する帯域ごとに異なる強度の光を照射できるように設定してもよい。これにより、カメラ・光源と対象物との距離に応じて、必要とされる照射光の強度を適応させることが可能となる。また、この場合、集光センサにおいて、画素ごとに検知する帯域を選択できるようにしてもよい。

[0055] 例えば、3次元的に大きな段差を含んでいる対象物を撮像する場合、カメラから遠方側の表面（段差の下側の領域）を照射することは、カメラから近い表面（段差の上側の領域）より高い光出力を必要とする。この場合に、光源及び集光センサについて、段差の下側である領域の画素に対して、強度の

強い光を照射すると共にこの照射光の帯域に対応する帯域のみを検知するように構成し、また、段差の上側である領域の画素に対して、相対的に強度の弱い光を照射すると共にこの照射光の帯域に対応する帯域のみを検知するように構成することにより、例えば、1つの画像内の隣接する画素間でそれぞれ適応した処理とすることが可能となり、画像内で領域毎又は画素単位での可変ダイナミックレンジを実現できる。

[0056] ドローン等の飛行物体では、ドローンの移動と共に周囲のシーンが急変することもあり、カメラにおけるこのような可変ダイナミックレンジの実現は、VSLAMを用いた対象の撮像による位置推定処理の遅延を解消するのに有用である。

[0057] [処理フロー]

以下に、上述の構成に基づく無人航空機の位置推定のための動作について、一実施例として、地面を光源により照射し、その反射波を画像データとして取得して、無人航空機の位置を推定するフローについて説明する。

[0058] まず、無人航空機の光源及び収集センサの設定をする（ステップ100）。

光源のレーザは、例えば、波長が420nmの青色レーザであるとする。光源の設定は、制御部により、必要に応じて、光源の照射光の発光強度の調整と共に位置及び照射方向を調整することができる。

[0059] 光源の発光強度は、対象物との距離が認識される場合において、対象物との距離が相対的に遠い場合には、強度を強く、対象物との距離が相対的に近い場合には、強度を弱く設定することができる。

[0060] ドローン等の無人航空機において、例えば、地上の状態を把握するために本体から地面を照射できるように本体の下面に取り付けられている場合、光源は、3次元的な位置を調整することや、重力方向をベースに方向を調整することが可能であるが、初期段階では重力方向とすることができる。また、光源は、無人航空機自身の影がマシンビジョンシステムによって視認されないようにカメラよりも対象物の近い位置に調整し、また、照射方向を調整し

てもよい。

[0061] 次に、S 1 0 0における光源及び集光センサの設定に基づいて、光源から対象物に照射された光の反射波を収集センサにおいて対象物の画像データとして取得する（ステップ2 0 0）。この場合、上述の通り、光源として青色レーザ光を用い、カメラのフィルタは、この青色レーザ光のみを通すので、仮に、対象物に太陽光等の外界からの光源が照射されていたとしても、これらの外界からの光源に伴う影等は撮像されずに済むこととなり、太陽光による対象物に生じる影による特徴点の誤認等の影響を低減することができる。

[0062] 次に、S 2 0 0で取得された対象物の画像に基づいて、例えば、V S L A M処理等を用いて対象物の特徴点の抽出及び追跡並びに環境地図の作成をすることにより、対象物に対する無人飛行機の相対位置の推定を行う（S 3 0 0）。この場合、動物体を検出した場合には、時系列的に取得した画像の差分データ等を用いてそれを除去する。

なお、S 3 0 0の相対位置の推定に関して、上述の通り、青色レーザ光などの特定の帯域の光の反射波を収集した対象物の画像データを用いることに加えて、太陽光などの環境光の反射波を別個に収集した対象物の画像データを更に用いるように構成してもよい。すなわち、例えば、特定の帯域の光を光源として取得した画像データを用いたV S L A M等の位置推定処理と、環境光等を用いて取得した別の画像データを用いたV S L A M等の位置推定処理とをそれぞれ独立して行い、それぞれの信頼度に重み付けして最終的に位置推定を行うようにしてもよい。このような構成を採用することにより、上述の影等の影響がないような撮像条件では従来の画像データを用いたV S L A Mによる位置推定を用いることも可能となり、環境光を含む全帯域対応の既存のS L A Mと組み合わせる位置推定することが可能となる。

[0063] また、図示していないが、上記の無人飛行機の位置推定ステップS 3 0 0により推定された無人航空機の対象物に対する相対位置と、無人航空機の数値を用いて無人航空機の飛行を制御するように構成することができる。

[0064] なお、V S L A M処理において、特徴点の抽出及び環境地図の作成等が精

度良くスムーズになされない場合には、再度、ステップ100に戻り、無人航空機の光源及び収集センサの設定をすることができる。

[0065] この点、対象物に対する位置推定処理では、対象物から反射される光の露光量に過不足があるかどうかを判定できるように構成しておくことが望ましい。例えば、対象物から反射される光の露光量に過不足がある場合には、撮像画像にコントラストが低い特徴点などを含み不安定な特徴点が多いと、処理に必要な時間が増大し、また、地図構築に悪影響を及ぼし、作成された環境地図と撮像画像を対照させてVSLAM処理による推定が不正確な可能性が出てくるため、S100に戻り、光源の発光強度を調整する。また、この場合、VSLAMで環境認識に重要な特徴点をサーチしてハイライトするように光源の方向を制御して撮像エリアをシフトさせてもよい。例えば、対象物のその重要な特徴点が遠い場合には、取得される画像が暗くなりがちであるので、その方向には強い強度で照射するように光源を再設定する。

[0066] このように光源を再設定できることは、生成された環境地図と撮像された画像との対照を効率的に行うことに寄与するものであり、特に、対象物に大きな段差形状等が存在している場合のVSLAM処理のエラーを低減するのに有効である。

[0067] [変形例]

次に、複数の帯域を照射できる光源と、対応する帯域のそれぞれを検知できる集光センサ・フィルタにより、対象物に対して複数の独立した画像情報を取得する場合について説明する。

[0068] ここでは、説明の簡単のために、2つの光源として赤色レーザ及び青色レーザを用いて、段差を有する対象物に対する無人飛行機の相対位置を推定する場合を想定するが、3つ以上の帯域を有する光源及びそれらの帯域それぞれを検知できる集光センサ・フィルタとしてもよい。

[0069] まず、赤色レーザ及び青色レーザについて、それぞれの強度及び位置・方向を設定する(S100)。この場合、それぞれ異なる強度の光を照射できるように設定することができるが、例えば、初期段階では、赤色レーザ及び

青色レーザは、共に同じ強度に設定すると共に、照射方向をそれぞれ異なるものとして設定してもよい。

[0070] なお、赤色レーザと青色レーザの光源は、時間的にそれぞれの帯域を切り替えるように構成してもよいし、同時に複数の帯域を照射できるように構成すると共に画像空間的にそれぞれの帯域を切り替えるように構成してもよい。

[0071] 次に、S 1 0 0の設定に基づいて、光源及び集光センサの設定に基づいて、光源から対象物に照射された光の反射波を収集センサで取得し、対象物の画像を取得する（ステップ2 0 0）。

[0072] 次に、S 2 0 0で取得された対象物の画像に基づいて、例えば、S L A M処理等を用いて対象物の特徴点の抽出及び追跡並びに環境地図の作成をすることにより、無人飛行機の位置推定を行う（S 3 0 0）。この場合、動物体を検出した場合には、時系列的に取得した画像の差分データ等を用いてそれを除去する。

[0073] ここで、対象物が段差を有することが推定される場合に、無人飛行機の位置を効率的に推定するためにS 1 0 0に戻り、例えば、赤色レーザを相対的に強い強度に再設定し、青色レーザを相対的に弱い強度に再設定する。なお、レーザ強度の強弱設定は赤色と青色で逆であってもよく、各帯域に異なる強度が設定されていればよい。また、対象物における段差の下側である領域（光源から相対的に遠い領域）に対して、強度の強い光の赤色レーザを照射し、段差の上側である領域（光源に相対的に近い領域）に対して、相対的に強度の弱い青色レーザを照射するように光源の位置及び方向を再設定する。なお、赤色レーザ及び青色レーザの照射は、レーザ光源の構成に応じて、同時に行ってもよいし、時系列的に順次行ってもよく、対象物の段差の上側及び下側を含む画素領域についてセンサへの露光量が一定になるように1つの画像として取得されればよい。

[0074] 次に、集光センサ・フィルタにおいて、対象物における段差の下側である領域の画素に対しては、照射された強度の強い光の赤色レーザのみを検知し

、また、段差の上側である領域の画素に対しては、相対的に強度の弱い青色レーザのみを検知することにより、撮影画像を取得する（S200）。その後、再度、S200で取得された対象物の画像に基づいて、例えば、SLAM処理等を用いて対象物の特徴点の抽出及び追跡並びに環境地図の作成をすることにより、無人飛行機の位置推定を行う（S300）。なお、無人飛行機の移動に伴う周辺環境（対象物）等の変化に応じて、無人飛行機の位置を効率的に推定するために再度S100に戻るよう構成してもよい。また、図示していないが、上記の無人飛行機の位置推定ステップS300により推定された無人航空機の対象物に対する相対位置と、無人航空機の手速度とを用いて無人航空機の飛行を制御するように構成することができる。

[0075] 上述の通り、3次元的に大きな段差を含んでいる対象物を撮像する場合、カメラから遠い側の表面（段差の下側の領域）は、カメラから近い表面（段差の上側の領域）より光源の高い出力を必要とする状況がある。SLAM処理における環境地図を生成しながら光源及び集光センサを再設定する構成により、そのような状況に効率的に対応することが可能となる。また、上述のように青色レーザ及び赤色レーザとそれらの帯域のみを検知可能な構成とすることにより、対象物が大きな段差を有する場合の太陽光等の外光による影の影響を低減することが可能となる。

[0076] なお、ここでは、画像内の所定の領域ごとに光源を切り替える構成について説明したが、光源の切り替えは、画素ごとであってもよいし、画像ごとであってもよい。

[0077] 上述の通り、他の光源や太陽光の影響により、VSLAM処理における点群データの取得が影の存在により誤ってなされる場合があり、このことは、対象物が段差を含むような場合などには特に顕著になる。本発明に係る光源及び集光センサ・フィルタは、そのような他の光源や太陽光を最小限に抑えることが可能である点において有用である。すなわち、例えば、撮影しようとしている対象物の領域内に、太陽光による別の対象物の影が生じる場合があるが、本発明に係る光源及び収集センサを用いて取得した画像データは、

そのような影が除去されたものであり、V S A L Mにおいて特徴点の抽出を精度よく行うことが可能となる。また、この観点から、光源は本体に取り付けられるとき、光源によって作られる影が視認されることを避けるようにできる限りカメラに近い位置に配置することが望ましい。

[0078] 本発明によれば、G P S機能を有しない自律無人飛行装置において、処理時間を低減しながら精度よく自己の位置推定を行うことを可能となる。なお、このことは、自律無人飛行装置が、G P S機能を搭載することを排除することを意図するものではない。自律無人飛行装置がG P S機能を搭載していれば、周囲の環境の情報を精度良く収集することができ、更に、本発明による光源及びカメラ（収集センサ）と組み合わせて用いることにより、無人飛行装置の位置推定を従来よりも効率的かつ精度良くに行うことが可能となる。

[0079] 以上のように、本発明に係る光源及び収集センサ・フィルタの実施の一形態及び実施例について説明してきたが、本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、これに種々の変更を加え得るものであることは容易に理解される。そして、それらが特許請求の範囲の各請求項に記載した事項、及びそれと均等な事項の範囲内にある限り、当然に本発明の技術的範囲に含まれる。上記の実施例は、対象物に対する影及び対象物が段差を有する場合に対してのものであったが、これはあくまでも一例であり、本発明がこの特定の具体例に限定されるものではない。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明は、あらゆる用途に用いられる無人航空機の位置推定及び制御のために利用することが可能である。

符号の説明

- [0081] 1 無人航空機
2 本体部
3 モータ
4 ロータ（回転翼）

- 5 アーム
- 6 着陸脚
- 7 ローカルセンサ
 - 1 1 飛行制御装置
 - 1 2 送受信機
 - 1 3 センサ
 - 1 4 スピードコントローラ (ESC)
- 2 1 プロセッサ
 - 2 2 記憶装置
 - 2 3 通信用 I/F
 - 2 4 センサ用 I/F
 - 2 5 信号変換回路
- 3 1 環境取得部
 - 3 2 自己位置推定部
- 4 0 レーザ光源
 - 4 1 蛍光体リフレクタ
 - 4 2 拡散器