

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-214979

(P2010-214979A)

(43) 公開日 平成22年9月30日 (2010.9.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 4 D 45/04 (2006.01)	B 6 4 D 45/04	B
B 6 4 C 13/20 (2006.01)	B 6 4 C 13/20	D

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2009-60465 (P2009-60465)	(71) 出願人	00006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成21年3月13日 (2009.3.13)	(74) 代理人	100099461 弁理士 溝井 章司
		(74) 代理人	100122035 弁理士 渡辺 敏雄
		(72) 発明者	實松 洋平 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

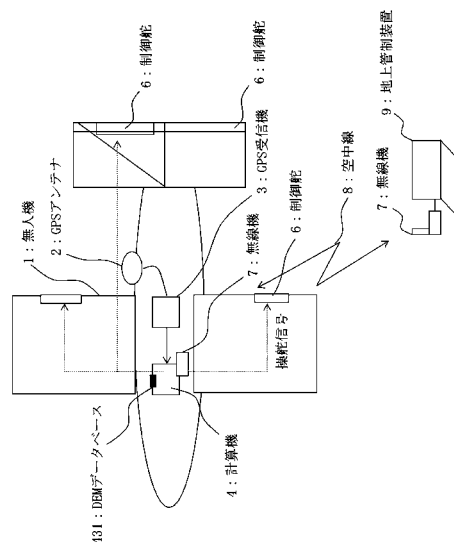
(54) 【発明の名称】 計算機及び着陸経路計算プログラム及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 飛行中の無人機に着陸地点の変更が必要となった場合に、変更後の着陸地点までの経路を計算して変更後の着陸地点に無人機を着陸させる計算機を提供することを目的とする。

【解決手段】 無人機 1 に搭載される計算機 4 は、DEMデータベース 431 が記憶された記憶部 43、着陸経路計算部 110 を備えている。着陸経路計算部 110 は、飛行中の無人機 1 の着陸地点の変更を指令すると共に地表平面における変更後の着陸地点の2次元座標を含む着陸地点変更指令を無線機 7 を介して地上管制装置 9 から受信し、受信した着陸地点変更指令に含まれる2次元座標と、DEMデータベース 431 とに基づいて、変更後の着陸地点に向かう着陸経路を計算する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

自律飛行を行う無人航空機（以下、無人機という）に搭載される計算機において、前記無人機の飛行領域の数値標高モデル（DEM；Digital Elevation Model）を記憶した数値標高モデル記憶部と、飛行中の前記無人機の着陸地点の変更を指令すると共に地表平面における変更後の前記着陸地点の2次元座標を含む着陸地点変更指令を無線装置を介して受信し、受信した前記着陸地点変更指令に含まれる前記2次元座標と、前記数値標高モデル記憶部に記憶された前記数値標高モデルとに基づいて、前記変更後の着陸地点に向かう着陸経路を計算する着陸経路計算部とを備えたことを特徴とする計算機。

10

【請求項 2】

前記着陸経路計算部は、前記無人機に搭載されて地表に対する前記無人機の高度を計測する対地高度計によって計測された高度を示す計測高度を前記対地高度計から入力し、入力した前記計測高度を用いることにより前記数値標高モデルを用いて計算された前記着陸経路を修正することを特徴とする請求項 1 に記載の計算機。

【請求項 3】

前記着陸経路計算部は、前記無人機に搭載されて前記無人機の飛行位置を取得する飛行位置取得装置から前記飛行位置を入力し、入力した前記飛行位置と前記数値標高モデル記憶部に記憶された前記数値標高モデルとに基づいて、前記飛行位置における地表面からの高度を計算することを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の計算機。

20

【請求項 4】

自律飛行を行う無人航空機（以下、無人機という）に搭載される計算機において、飛行中の前記無人機の着陸地点の変更を指令すると共に前記無人機の飛行領域の数値標高モデル（DEM；Digital Elevation Model）に基づいて算出された変更後の前記着陸地点の3次元座標を含む着陸地点変更指令を無線装置を介して受信し、受信した前記着陸地点変更指令に含まれる前記3次元座標に基づいて、前記変更後の着陸地点に向かう着陸経路を計算する着陸経路計算部を備えたことを特徴とする計算機。

30

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の計算機を搭載した無人機。

【請求項 6】

自律飛行を行う無人航空機（以下、無人機という）に搭載されるコンピュータを、前記無人機の飛行領域の数値標高モデル（DEM；Digital Elevation Model）を記憶した数値標高モデル記憶部、飛行中の前記無人機の着陸地点の変更を指令すると共に地表平面における変更後の前記着陸地点の2次元座標を含む着陸地点変更指令を無線装置を介して受信し、受信した前記着陸地点変更指令に含まれる前記2次元座標と、前記数値標高モデル記憶部に記憶された前記数値標高モデルとに基づいて、前記変更後の着陸地点までの着陸経路を計算する着陸経路計算部、として機能させる着陸経路計算プログラム。

40

【請求項 7】

請求項 6 記載の着陸経路計算プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、自律飛行を行う無人航空機（以下では無人機と呼称する）を高低差のある

50

場所で運用する場合において、その高低差に係らず、目標地点に高精度に着陸させる自動着陸手法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

小型無人機の多くは、GPS、MEMSセンサーを搭載したアビオニクスボードを有し、自律飛行を行う。無人機の運用で大きな問題となるのは、着陸の方法である。無人機において、目標の地点に自動的に誘導し、着陸させるための技術はこれまでも考えられてきた。

【0003】

飛行中に対気速度、対地速度、方位角の情報を取得し、風速、風向を推定して、風下側から自動的に進入を行う自動着陸方法が知られている（例えば特許文献1）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-207705号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

無人機を自動着陸させる際には、目標とする着陸地点に精度よく着陸することが求められるが、上記文献のような着陸方法では、離陸地点と着陸地点が異なり、離着陸地点で標高が異なる場合には、着陸地点の標高を知らなければ目標地点に正確に着陸することはできない。事前に着陸地点が決まっていれば、予め着陸地点の標高を登録しておくことができるが、飛行中に着陸地点を変更する必要がある場合に、着陸地点を任意に変更することは困難である。

20

【0006】

また、対地高度センサーを搭載することも考えられるが、機体重量3kg程度の小型無人機に搭載可能な対地高度センサーの精度は高々数m程度であり、着陸地点の標高が離陸地点よりも数十m異なる場合など、離陸地点の標高を基準にして目標地点に着陸することは困難であり、着陸地点の標高を知る必要があった。着陸地点が事前に決まっており、その標高が既知であれば、その情報を予め無人機搭載のCPUに登録することもできるが、飛行中に着陸地点の変更が必要になった場合には対応できない。

30

【0007】

この発明は、飛行中の無人機に着陸地点の変更が必要となった場合に、変更後の着陸地点までの経路を計算して変更後の着陸地点に無人機を着陸させる計算機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】

【0008】

この発明の計算機は、自律飛行を行う無人航空機（以下、無人機という）に搭載される計算機において、前記無人機の飛行領域の数値標高モデル（DEM; Digital Elevation Model）を記憶した数値標高モデル記憶部と、飛行中の前記無人機の着陸地点の変更を指令すると共に地表平面における変更後の前記着陸地点の2次元座標を含む着陸地点変更指令を無線装置を介して受信し、受信した前記着陸地点変更指令に含まれる前記2次元座標と、前記数値標高モデル記憶部に記憶された前記数値標高モデルとに基づいて、前記変更後の着陸地点に向かう着陸経路を計算する着陸経路計算部とを備えたことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0009】

この発明により、飛行中の無人機に着陸地点の変更が必要となった場合に、変更後の着

50

陸地点までの経路を計算して変更後の着陸地点に無人機を着陸させる計算機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係る自律飛行を行う機体の機器構成。

【図2】実施の形態1に係る計算機4の構成。

【図3】実施の形態2に係る自律飛行を行う機体の機器構成。

【図4】実施の形態2に係る計算機4の構成。

【図5】実施の形態3に係る自律飛行を行う機体の機器構成。

【図6】実施の形態3に係る計算機4の構成。

10

【図7】実施の形態3に係る各フェーズでの高度変化を示す図。

【図8】実施の形態3に係る着陸経路の一例。

【図9】実施の形態3に係る自動着陸手順を示すフローチャート。

【図10】実施の形態4に係る計算機4のハードウェア構成の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1.

図1、図2を用いて実施の形態1について説明する。

【0012】

まず、実施の形態1の無人機に搭載されるDEMについて説明する。DEMとは数値標高モデル(Digital Elevation Model)の略であり、地表面の地形のデジタル表現のことである。DEMデータは日本国内であれば、国土地理院が発行している2万5千分の1の地形図を元に生成された、約50mメッシュのデータを全国任意の地点で利用することが出来る。なお、世界的に公開されているDEMデータとしては、全世界を網羅した約1km間隔のDEMデータである地球地図(GLOBAL MAP)や、ほとんどすべての地域の約90メートル間隔の標高データを提供するShuttle Radar Topography MissionのDEMデータが知られている。日本国内のDEM情報は、「FORM50M.TXT」の形式で全国各地の標高データが提供されている。DEMデータは地表面をある間隔でメッシュに切って細分化した格子点上の標高データの集合であり、標高を得たい任意の地点の2次元座標、例えば緯度、経度が既知であれば、その点を含む面の格子点上の標高データから、例えば、重み平均や、スプライン補間等により、その点での標高を得ることができる。

20

30

【0013】

図1は、実施の形態1に係る自律飛行を行う機体の機器構成例である。無人機1は、GPSアンテナ2を持つGPS受信機3、DEMデータベース431を持つ計算機4、無線機7を備えている。計算機4は、GPS受信機3、無線機7に接続している。計算機4は、制御舵信号によって制御舵6をコントロールする。地上管制装置9は、地上側の無線機7によって無人機1を制御する。

【0014】

無人航空機1は、後述する図2にも示しているように、計算機4、対気速度検出手段411、対地速度検出手段412、速度方向検出手段413を備えている。

40

(1)対気速度検出手段411は、機体外部にピトー管を備え、内部の圧力計に接続することで、飛行中の動圧から対気速度を得る。

(2)無人航空機1は、対地速度検出手段412を備えている。対地速度検出手段412は、GPSアンテナ2、GPS受信機3から構成され、飛行中の対地速度を検出する。

(3)速度方向検出手段413は、GPSアンテナ2、GPS受信機3から構成され、速度方位(方位角)を検出する。

(4)また、無人航空機1の機体内部には例えば加速度計などの自律飛行に必要なセンサーが配置されるが、本実施の形態1の内容には直接関係しないため詳細は省略する。これらのセンサーは、無人航空機1内部に配置された計算機4に接続され、計算機4が、内部

50

演算により、制御舵 6、例えば通常の航空機の場合ならば、補助翼、昇降舵、方向舵、および推力を制御することで、目標点に向けて飛行するなどの自律飛行を実現する。本実施の形態 1 では、無人航空機 1 が DEM データベース 431 を搭載する点が特徴である。計算機 4 の動作については後述する。

【0015】

図 2 は、計算機 4 の構成例である。実施の形態 1 では、DEM データベース 431 は記憶部 43 に記憶されている。また、着陸進入開始点決定部 44、風速風向推定部 42 とは、着陸経路を計算する着陸経路計算部 110 を構成している。

【0016】

無人機 1 は、自己位置を知るために GPS アンテナ 2 と GPS 受信機 3 を有しており、飛行中は常に飛行高度を取得する。計算機 4 には飛行する領域の DEM データベース 431 が登録されており、地上管制装置 9 から空中線 8 を介して、着陸目標点の二次元座標を指令値として受信すると、その座標に対応した標高を直ちに算出する。標高の算出は例えば、重み平均や、スプライン補間等により行うことが可能である。

10

【0017】

無人機の運用においては、着陸地点の状況の変化や、飛行経路の変更、残り飛行時間の低下等、無人機の状態により、当初の予定地点から着陸地点の変更を余儀なくされる場合がある。このとき、標高を含む着陸地点の情報を新たに無人機に登録する必要がある。

【0018】

(変更された着陸地点の登録)

変更された着陸地点の登録は、次の様に行う。計算機 4 の着陸経路計算部 110 は、リアルタイムに変化する環境に対応して、地上管制装置 9 を操作するオペレータからの着陸目標点の (x, y) 座標の変更操作を、無線機 7 を介して受け取る。着陸経路計算部 110 は着陸地点変更指令を受け取る。計算機 4 の記憶部 43 の DEM データベース 431 には、無人機 1 の飛行領域内の DEM 情報が記録されており、着陸経路計算部 110 は、着陸地点変更指令を受け取ると、直ちにその点 (変更後の着陸地点) の標高を DEM データベース 431 を用いて内部計算する。ここでの標高の計算は、例えば、重み平均や、スプライン補間等の処理により行うことができる。着陸地点の情報が更新されると、着陸経路計算部 110 は、その地点へ着陸するための着陸経路を生成する。着陸地点の更新後の着陸経路の生成については、特許文献 1 に示した従来技術で実施できる。

20

30

【0019】

このように、本実施の形態 1 の無人機 1 は DEM データベース 431 を搭載するので、着陸地点が当初の予定地点から変更された場合であっても着陸経路を生成することが可能となる。そして、その経路に航行制御部 45 が無人機 1 を誘導・制御することで、目標点への高精度着陸を実現することができる。

【0020】

なお、実施の形態 1 では、DEM データを利用することで、着陸目標点の周辺の標高データも得ることが出来る。すなわち、着陸経路計算部 110 は、着陸目標点 (x, y, z) 周辺の標高データを DEM データベース 431 を用いて計算することができる。また、着陸経路計算部 110 は、GPS 受信機 3 (飛行位置取得装置) から飛行位置を入力し、入力した飛行位置と DEM データベース 431 とに基づいて、飛行位置における地表面の形状、及び地表面からの無人機 1 の高度も計算することができる。周囲に崖などが存在する場所では、安全に着陸するための進入方位に制限が与えられる場合や、そもそもその地点への着陸は地理的に困難である場合も考えられる。これらについては、着陸目標地点近傍のメッシュ格子点の標高データにある閾値を設け、それによって、進入方位の制限を定める、あるいは着陸目標点の変更を無効とし、再設定を求めるエラー表示を出すようにすることもできる。

40

【0021】

また、実施の形態 1 では、無人機 1 の計算機 4 が DEM データベース 431 を備えているので、着陸経路計算部 110 は、無人機 1 の飛行中、常に飛行している地点の地表面の

50

標高を得ることができる。このため、無人機 1 の対地高度を一定に保つ計測飛行を行うことも可能となる。

【0022】

実施の形態 2 .

以下、図 3、図 4 を用いて実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 は、地上管制装置 9 が DEM データベース 9 3 を備えており、地上管制装置 9 で算出した着陸地点の情報を無線を介して無人機 1 に送信する実施形態である。したがって、図 4 では、計算機 4 の記憶部 4 3 に DEM データベース 4 3 1 は格納されていない。

【0023】

無人機 1 の計算機 4 には、飛行前に予め着陸目標点の三次元座標を設定することが可能である。前述のように、この着陸目標点の変更が可能であり、飛行中の状況に応じて、地上管制装置 9 を操作するオペレータがこの目標点の二次元座標 (x, y) を、例えば地上管制装置 9 のモニタに表示された地図上の点を指定するなどして決定すると、地上管制装置 9 内の DEM データベース 9 3 を用いて、変更した着陸目標点の標高を地上管制装置 9 で計算し、着陸目標点を三次元座標 (x, y, z) の指令値 (着陸地点変更指令) として空中線 8 を介して送信する。無人機 1 に搭載された計算機 4 の着陸経路計算部 1 1 0 は、着陸目標点の三次元座標を無人機 1 側の無線機 7 を介して受信し、着陸経路計算部 1 1 0 は、その変更後の着陸地点へ着陸するための着陸経路を生成し、航行制御部 4 5 が生成された経路に無人機 1 を誘導・制御することで、目標点への高精度着陸を実現する。

10

【0024】

実施の形態 2 では、無人機 1 に搭載された計算機 4 が DEM データベース 4 3 1 を持たないので、無人機 1 は実施の形態 1 のように対地高度一定での飛行を行うことはできないが、DEM データベースの搭載を不要とすることで、計算機 4 のメモリ消費を抑える効果があり、搭載計算機 4 の小型化、省エネ化に貢献する、あるいは他の機能を実装する計算機内の余剰領域を確保することが出来る。

20

【0025】

実施の形態 3 .

次に、図 5 ~ 図 9 を用いて実施の形態 3 を説明する。実施の形態 3 は、実施の形態 1 の構成の計算機 4 が、さらに、地表面に対する高度の測定可能な、対地高度計 4 0 1 (対地高度検出部) を備えた構成である。

30

【0026】

図 5 は、実施の形態の自律飛行を行う機体の機器構成例である。図 6 は、実施の形態 3 の計算機 4 の構成例である。図 7 は、実施の形態 3 の着陸経路の一例である。実施の形態 3 では、無人機 1 が対地高度計 4 0 1 を備えることが特徴である。

【0027】

実施の形態 1 あるいは実施の形態 2 において、着陸目標点の標高データは、例えば国土地理院の DEM データであれば 5 0 m メッシュになっているなど離散的な値であり、その内挿計算によって求められる任意の点の標高データは必ずしも正しいものではない。また、DEM データベースそのものの作成時に行われた測定誤差、地形の変化などによる、実際の標高との誤差があるため、それによる着陸位置精度の低下が考えられる。このように DEM データベースを用いて算出した目標地点の標高データは必ずしも正確なものでないため、無人機 1 が、例えば地面に衝突し着陸に失敗することも想定される。

40

【0028】

そこで実施の形態 3 では、無人機に数メートル ~ 数十メートルまでの対地高度を高精度に計測できる、対地高度計 4 0 1 を備える。

【0029】

図 8 は、対地高度の測定を説明するための図である。対地高度計 4 0 1 は、超音波を用いるもの、電波を用いるものなど種々の方式があるが、例えば超音波高度計を用いると、図 8 のように、機体直下の地表面までの高度 (対地高度) を知ることが出来る。

【0030】

50

周囲の起伏が大きく、着陸が困難な場合は、進入領域の制限や、着陸目標位置の更新を無効とする設定が実施されるため、最終進入時には十分に対地高度計が機能する高度まで降下可能である。着陸経路計算部 110 は、DEM データベース 431 を用いて、着陸地点周辺の標高データを計算し、また、GPS 受信機からの位置情報を取得しており、これら着陸地点周辺の標高データと GPS 受信機からの位置情報とから、DEM データベース 431 に基づく対地高度を計算する。そして、対地高度計 401 は、無人機 1 と、DEM データベース 431 に基づき計算された機体直下の地表面との距離が設定された作動レンジ内に入ると、対地高度の計測を開始する（図 7、図 9 の S620）。対地高度計 401 の作動レンジに入った後は、対地高度計 401 の計測する計測高度を用いることにより、着陸経路計算部 110 は、着陸目標位置に実際に着陸するための経路角指令値を修正する。航行制御部 45 は、この修正に従って高度制御する。

10

【0031】

具体例を挙げると、着陸経路計算部 110 は、GPS 受信機 3 から得られる位置座標から、着陸目標位置までの水平距離を求めることが出来る。この水平距離と対地高度から、着陸目標位置に向けた目標着陸経路を生成し、その経路に追従するように機体を制御することで、更に高精度に着陸位置を制御することが可能となる。なお、対地高度を計測するセンサーとしては、超音波を用いるもの以外にも、レーザー、電波、あるいは 2 台のカメラを使用した画像を利用したセンサーが知られており、これらのセンサーを使っても着陸位置精度の向上を実現することが出来る。

20

【0032】

航空機には安全に着陸するための降下率の制限があり、実際の着陸位置の標高が、DEM 情報に基づいた着陸位置の推定標高よりも低い場合、機体性能上許容される降下率では目標地点に着陸できないこともありうる。その場合は再上昇し、対地高度計から得られた DEM 高度の誤差分の補正を加えた着陸経路を再計算し、着陸のやり直しを行う。目標位置の実際の高度を一度目の進入で記録しておくことで、実際の地形に応じて最終進入開始高度を修正することが出来るようになる。

【0033】

このように実施の形態 3 によれば、無人機 1 は対地高度計 401 を備え、無人機 1 は対地高度計 401 の作動レンジ内に入った後は、対地高度計 401 の計測結果に基づき目標着陸経路を生成し、その経路に追従するように機体を制御するようにしたので、着陸地点の実際の地形に応じて最終進入開始高度を修正することが出来るようになり、更に高精度に、着陸目標位置に安全な降下率で着陸することが可能となる。

30

【0034】

実施の形態 4 .

図 10 を参照して、以上の実施の形態 1 ~ 3 において説明した、無人機 1 に搭載される計算機 4 (コンピュータ) のハードウェア構成の例を説明する。図 10 において、計算機 4 は、プログラムを実行する CPU 810 (Central Processing Unit) を備えている。CPU 810 は、バス 825 を介して ROM (Read Only Memory) 811、RAM (Random Access Memory) 812、通信ボード 816、磁気ディスク装置 820 と接続され、これらのハードウェアデバイスを制御する。磁気ディスク装置 820 の代わりに、光ディスク装置、フラッシュメモリなどの記憶装置でもよい。

40

【0035】

RAM 812 は、揮発性メモリの一例である。ROM 811、磁気ディスク装置 820 等の記憶媒体は、不揮発性メモリの一例である。これらは、記憶装置あるいは蓄積部、記憶部、格納部、記録部の一例である。通信ボード 816 は、入力部、入力装置、通信部の一例である。また、通信ボード 816 は、出力部、出力装置の一例である。

【0036】

通信ボード 816 は、GPS 受信機 3、無線機 7 に接続されている。

【0037】

50

磁気ディスク装置 8 2 0 には、オペレーティングシステム 8 2 1 (O S)、プログラム群 8 2 3、ファイル群 8 2 4 が記憶されている。プログラム群 8 2 3 のプログラムは、C P U 8 1 0、オペレーティングシステム 8 2 1 により実行される。

【 0 0 3 8 】

上記プログラム群 8 2 3 には、以上に述べた実施の形態の説明において「～部」として説明した着陸経路計算部 1 1 0、航行制御部 4 5 等の機能を実行するプログラムが記憶されている。プログラムは、C P U 8 1 0 により読み出され実行される。

【 0 0 3 9 】

ファイル群 8 2 4 には、以上に述べた実施の形態の説明において、実施の形態 1、実施の形態 3 であれば D E M データベース 4 3 1 や、実施の形態 1 ～ 3 であれば「～の算出結果」、「～の生成結果」、「～の処理結果」として説明した情報や、データや信号値や変数値やパラメータなどが、「～ファイル」や「～データベース」の各項目として記憶されている。「～ファイル」や「～データベース」は、ディスクやメモリなどの記録媒体に記憶される。ディスクやメモリなどの記憶媒体に記憶された情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、読み書き回路を介して C P U 8 1 0 によりメインメモリやキャッシュメモリに読み出され、抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・出力などの C P U の動作に用いられる。抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・出力の C P U の動作の間、情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、メインメモリやキャッシュメモリやバッファメモリに一時的に記憶される。

10

【 0 0 4 0 】

また、以上に述べた実施の形態の説明においては、データや信号値は、R A M 8 1 2 のメモリ、磁気ディスク装置 8 2 0 の磁気ディスク、フラッシュメモリ等の記録媒体に記録される。また、データや信号は、バス 8 2 5 や信号線やケーブルその他の伝送媒体によりオンライン伝送される。

20

【 0 0 4 1 】

また、以上に述べた実施の形態の説明において、「～部」として説明したものは、「手段」、「～回路」、「～機器」であってもよく、また、「～ステップ」、「～手順」、「～処理」であってもよい。すなわち、「～部」として説明したものは、R O M 8 1 1 に記憶されたファームウェアで実現されていても構わない。或いは、ソフトウェアのみ、或いは、素子・デバイス・基板・配線などのハードウェアのみ、或いは、ソフトウェアとハードウェアとの組み合わせ、さらには、ファームウェアとの組み合わせで実施されても構わない。ファームウェアとソフトウェアは、プログラムとして、磁気ディスク、光ディスク、コンパクトディスク等の記録媒体に記憶される。プログラムは C P U 8 1 0 により読み出され、C P U 8 1 0 により実行される。すなわち、プログラムは、以上に述べた「～部」としてコンピュータを機能させるものである。あるいは、以上に述べた「～部」の手順や方法をコンピュータに実行させるものである。

30

【 0 0 4 2 】

以上の実施の形態 1 では、

G P S (全地球測位システム) 等、自律飛行を実現するためセンサーと、内部計算処理を行う計算機を有する自律飛行制御装置を備え、自律飛行を行う無人機において、

40

飛行領域の数値標高モデル (D E M) を無人機のメモリに登録することで、飛行領域内の任意の地点を着陸目標に設定しても、その地点の標高を直ちに知ることができ、G P S から得られる自機の飛行高度 (標高) から、着陸目標点までの経路を算出し、目標地点に精度良く着陸することの可能な無人機を説明した。

【 0 0 4 3 】

以上の実施の形態 2 では、

飛行領域の D E M 情報を、無人機の飛行を管制する地上管制装置側で有し、着陸地点に変更が加えられた場合は、管制装置から着陸目標点を三次元座標で送信することにより、無人機側では、受信した三次元目標点座標に向けて着陸経路を算出し、目標地点に精度良く着陸することの可能な無人機を説明した。

50

【0044】

以上の実施の形態3では、

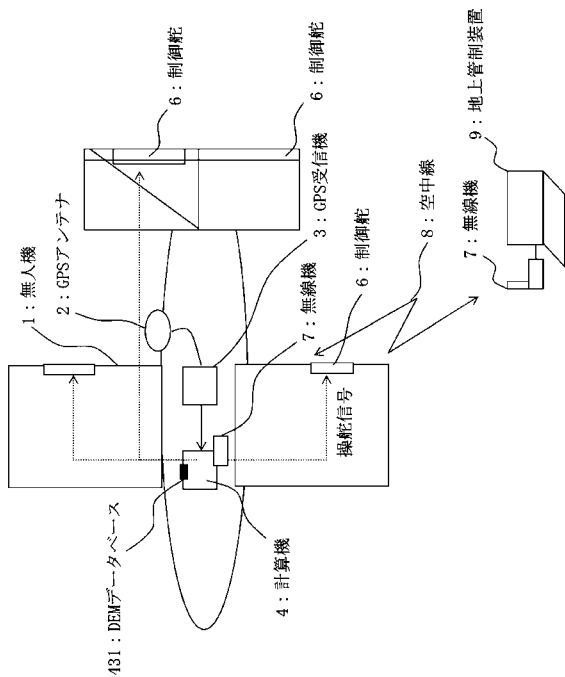
対地高度計（例えば超音波高度計）を備え、DEM高度の誤差を補間し、着陸目標点への着陸位置精度を更に向上することが可能な無人機を説明した。

【符号の説明】

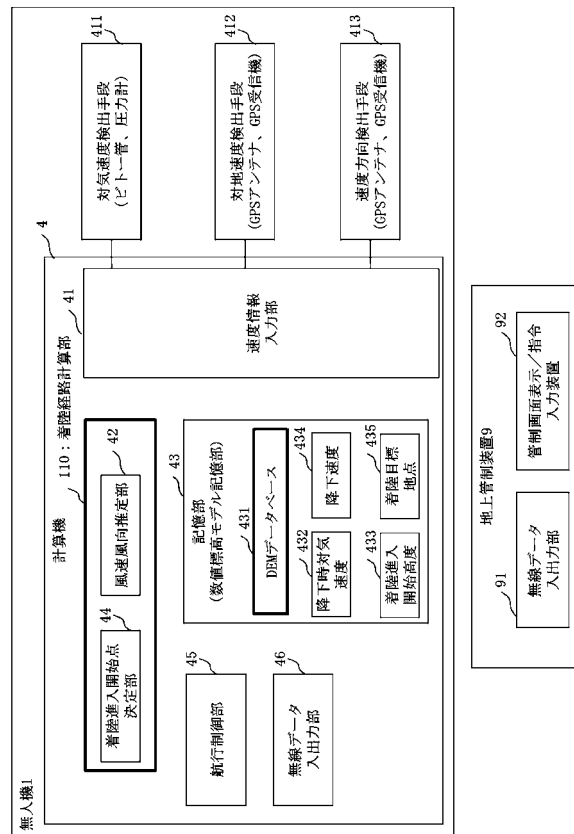
【0045】

1 無人機、110 着陸経路計算部、2 GPSアンテナ、3 GPS受信機、4 計算機、41 速度情報入力部、42 風速風向推定部、43 記憶部、44 着陸進入開始点決定部、45 航行制御部、46 無線データ入出力部、401 対地高度計、411 対気速度検出手段、412 対地速度検出手段、413 速度方向検出手段、431 DEMデータベース、6 制御舵、7 無線機、8 空中線、9 地上管制装置、91 無線データ入出力部、92 完成画面表示/指令入力装置。

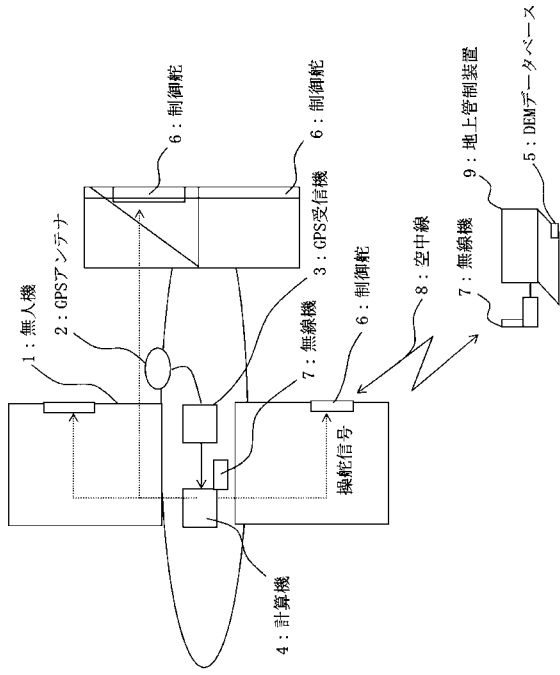
【図1】



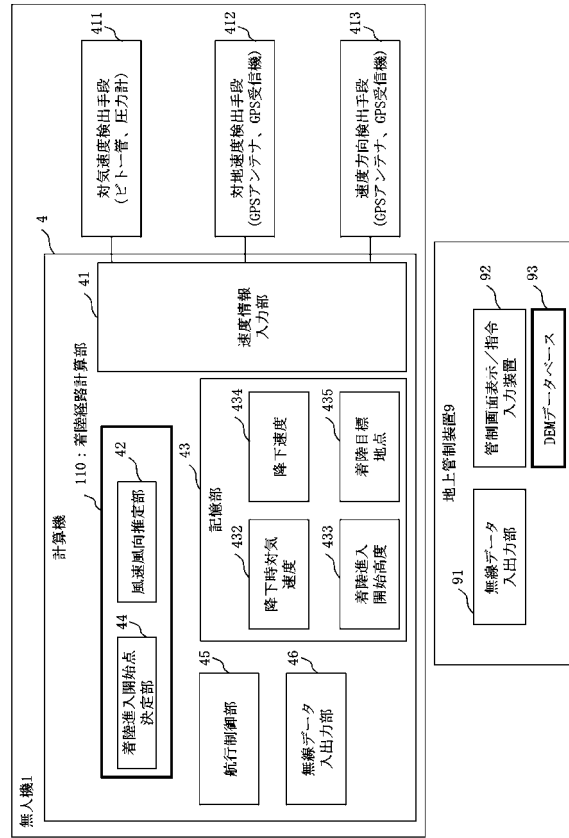
【図2】



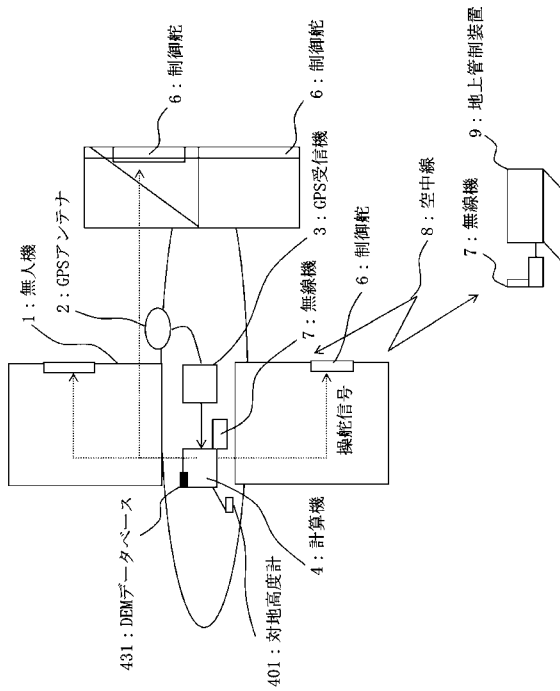
【 図 3 】



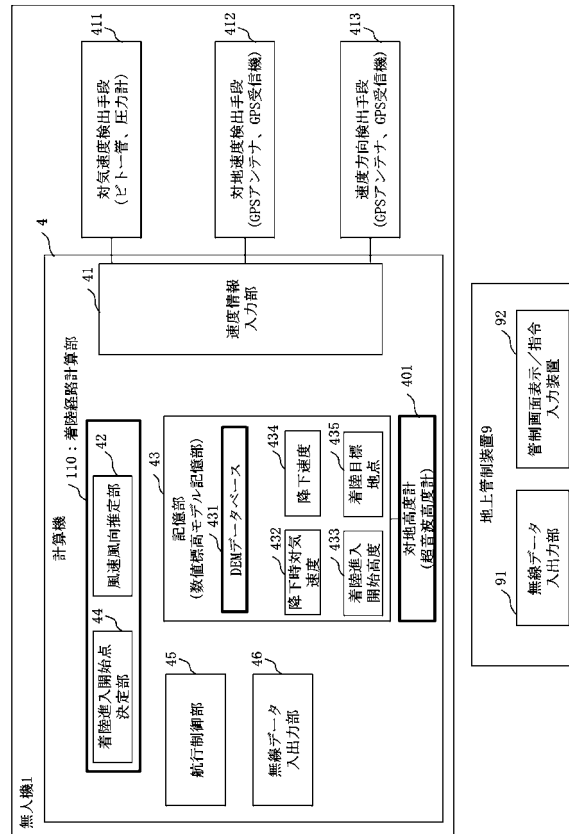
【 図 4 】



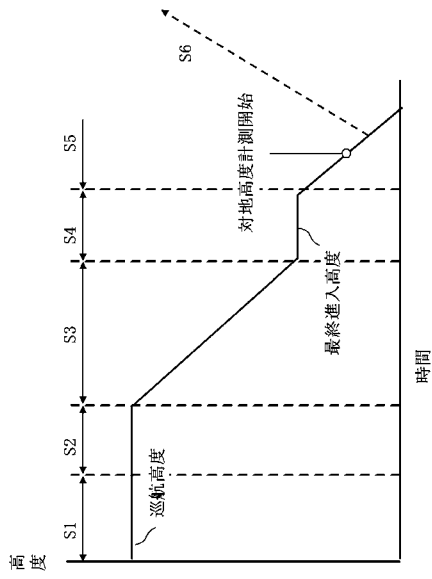
【 図 5 】



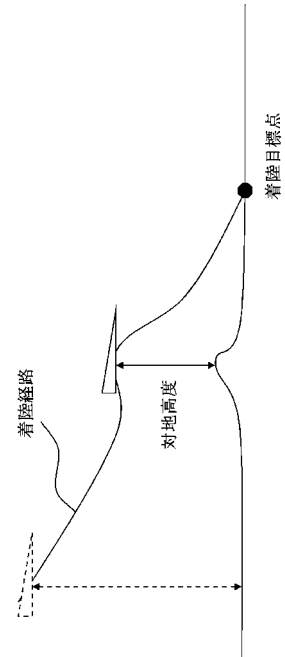
【 図 6 】



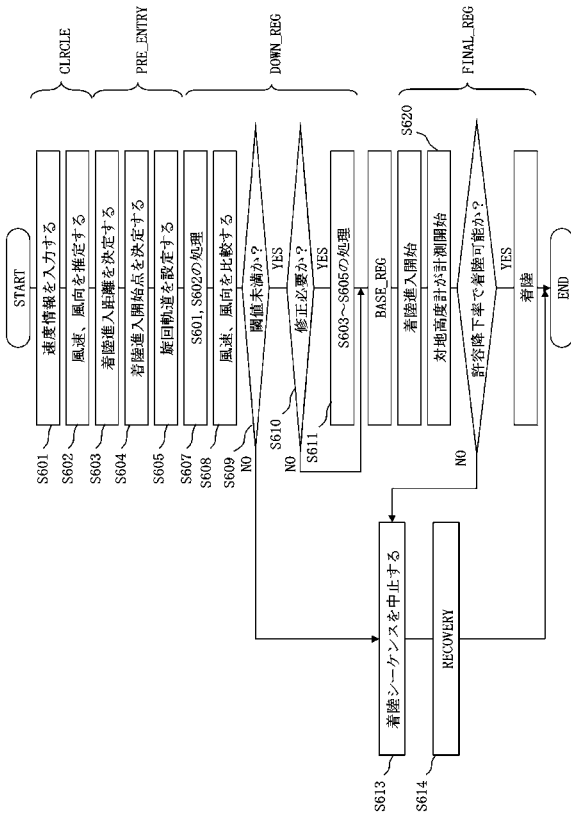
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

