

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6733247号
(P6733247)

(45) 発行日 令和2年7月29日 (2020.7.29)

(24) 登録日 令和2年7月13日 (2020.7.13)

(51) Int. Cl.	F I	
B 6 4 C 39/02 (2006.01)	B 6 4 C	39/02
B 6 4 C 13/18 (2006.01)	B 6 4 C	13/18 Z
B 6 4 D 47/08 (2006.01)	B 6 4 D	47/08
B 6 4 F 1/36 (2017.01)	B 6 4 F	1/36
G O 3 B 21/14 (2006.01)	G O 3 B	21/14 Z

請求項の数 7 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-56831 (P2016-56831)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成28年3月22日 (2016.3.22)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2017-170982 (P2017-170982A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017.9.28)	(74) 代理人	100103090
審査請求日	平成31年2月7日 (2019.2.7)		弁理士 岩壁 冬樹
		(74) 代理人	100124501
			弁理士 塩川 誠人
		(72) 発明者	広井 典良
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		審査官	志水 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無人飛行装置制御システム、無人飛行装置制御方法および画像投影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像であって、対象物の投影面の反射率に応じて生成された画像を前記対象物に投影する画像投影部と、

前記撮像装置によって撮像された前記画像に基づき、前記無人飛行装置の動作を制御する制御部とを備え、

前記画像投影部は、前記反射率に基づいて、前記無人飛行装置の動作を制御するための前記画像の投影位置を決定する

無人飛行装置制御システム。

【請求項 2】

前記画像投影部は、予め定められた基準となる画像を前記対象物に投影し、

投影された前記基準となる画像の色の情報と前記基準となる画像の撮像画像の色の情報とに基づいて、前記反射率を算出する反射率算出部を備える

請求項 1 に記載の無人飛行装置制御システム。

【請求項 3】

前記対象物の投影面の撮像画像の色の情報に基づいて、前記反射率を算出する反射率算出部を備える

請求項 1 に記載の無人飛行装置制御システム。

【請求項 4】

前記撮像装置は、前記反射率に応じた波長の光を透過する光透過部を備え、

10

20

前記画像投影部は、前記透過部が透過する波長の光を照射して前記無人飛行装置の動作を制御するための画像を投影する

請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項に記載の無人飛行装置制御システム。

【請求項 5】

前記画像投影部は、前記対象物の投影面に画像を投影している場合の前記投影面の撮像画像と、前記対象物の投影面に画像を投影していない場合の前記投影面の撮像画像との差分に基づいて、前記投影面の反射率に応じた画像を生成する

請求項 1 から請求項 4 のうちのいずれか 1 項に記載の無人飛行装置制御システム。

【請求項 6】

撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像であって、対象物の投影面の反射率に応じて生成された画像を前記対象物に投影し、

前記画像を投影する際に、前記反射率に基づいて、前記無人飛行装置の動作を制御するための前記画像の投影位置を決定し、

前記撮像装置によって撮像された前記画像に基づき、前記無人飛行装置の動作を制御する

無人飛行装置制御方法。

【請求項 7】

対象物の投影面の反射率に応じて、撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像を生成する画像生成部と、

生成された前記画像を投影する投影部とを備え、

前記投影部は、前記反射率に基づいて、前記無人飛行装置の動作を制御するための前記画像の投影位置を決定する

画像投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無人飛行装置を制御する無人飛行装置制御システム、無人飛行装置制御方法、および、その無人飛行装置制御システムに適用可能な画像投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

無人飛行体を用いた建築物の状態検査（インフラストラクチャ劣化診断）が行われている。例えば、無人飛行体に搭載されたカメラにより撮像された建築物の表面状態から、建築物の劣化状態を推定できる。以下、無人飛行体を U A V（Unmanned Aerial Vehicle）と記す。なお、U A V は、無人飛行装置と称することもできる。

【0003】

U A V をインフラストラクチャ劣化診断に用いるために、診断対象の建築物の付近に U A V を誘導する制御が必要である。

【0004】

一般的な技術では、U A V の制御部は、U A V を目標位置に誘導するために、G P S（Global Positioning System）信号を用いて U A V の位置を把握する。特許文献 1 には、G P S アンテナを有する G P S 装置と、撮像部とを備えたカメラを具備する航空写真装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 6 2 7 8 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

G P S 信号によって位置を把握する U A V を用いて、インフラストラクチャ劣化診断を

10

20

30

40

50

行う場合、以下に示す問題が生じる。単体アンテナをUAV等の移動体に取り付けたGPSでは、リアルタイム測位精度は数メートルの誤差を含む。その結果、インフラストラクチャ劣化診断の対象となる建築物にUAVが近付く場合、UAVのGPS測定位置誤差が大きいため、建築物とUAVとの距離が遠すぎたり近すぎたりすることがある。また、UAVと、GPS衛星との位置関係によっては、GPS信号の強度が弱い場所をUAVが通過することもあり得る。GPS信号の強度が弱い場所をUAVが通過する場合、UAVは、そのUAVの位置を正確に把握できず、目標位置への誘導精度が悪くなる。

【0007】

この問題を簡易な構成で解決するために、建築物等の対象物にUAVの動作を制御するための画像を投影し、投影された画像をUAVに搭載されたカメラにより撮像することで、対象物の付近の目的位置近傍にUAVを誘導することが考えられる。

10

【0008】

このような画像に基づくUAVの誘導制御において、画像を投影する対象物の色や画像投影時の周囲の明るさ等の画像を投影する環境によっては、UAVに搭載されたカメラにより撮像された画像が不鮮明になり、画像に基づくUAV制御が正しく行われない場合がある。

【0009】

なお、このような課題は、インフラストラクチャ劣化診断におけるUAV制御に限らず、建築物の巡回監視等、対象物の付近の目標位置へ誘導するためのUAV制御においても同様に生じ得る。

20

【0010】

そこで、本発明は、対象物に無人飛行装置の動作を制御するための画像を投影して対象物の付近の目標位置近傍に無人飛行装置を誘導する場合において、画像を投影する環境を考慮して無人飛行装置を制御することができる無人飛行装置制御システム、無人飛行装置制御方法、および、その無人飛行装置制御システムに適用可能な画像投影装置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】

【0011】

本発明による無人飛行装置制御システムは、撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像であって、対象物の投影面の反射率に応じて生成された画像を対象物に投影する画像投影部と、撮像装置によって撮像された画像に基づき、無人飛行装置の動作を制御する制御部とを備え、画像投影部が、反射率に基づいて、無人飛行装置の動作を制御するための画像の投影位置を決定する。

30

【0012】

また、本発明による無人飛行装置制御方法は、撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像であって、対象物の投影面の反射率に応じて生成された画像を対象物に投影し、画像を投影する際に、反射率に基づいて、無人飛行装置の動作を制御するための画像の投影位置を決定し、撮像装置によって撮像された画像に基づき、無人飛行装置の動作を制御する。

【0013】

また、本発明による画像投影装置は、対象物の投影面の反射率に応じて、撮像装置を搭載する無人飛行装置の動作を制御するための画像を生成する画像生成部と、生成された画像を投影する投影部とを備え、投影部が、反射率に基づいて、無人飛行装置の動作を制御するための画像の投影位置を決定する。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、対象物に無人飛行装置の動作を制御するための画像を投影して対象物の付近の目標位置近傍に無人飛行装置を誘導する場合において、画像を投影する環境を考慮して無人飛行装置を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の無人飛行装置制御システムおよび検査対象となる建築物を示す模式図である。

【図 2】目標位置からずれた箇所で U A V が撮影を行った場合に、U A V が次の目標位置までの移動制御内容を把握する状況を示す模式図である。

【図 3】情報画像の例を示す説明図である。

【図 4】図 3 に例示した情報画像内の記号の意味を示す説明図である。

【図 5】バーの表示態様の例を示す説明図である。

【図 6】U A V の構成例を示すブロック図である。

【図 7】カメラの視野の例を示す模式図である。

10

【図 8】図 7 (b) に示す視野を撮像することによって生成したカメラ画像の例を示す模式図である。

【図 9】図 8 に示すカメラ画像に、輪郭情報が示すカメラ画像内の輪郭を重ね合わせた状態の例を示す模式図である。

【図 1 0】投影ステーションの構成例を示す模式的ブロック図である。

【図 1 1】本発明の第 1 の実施形態の処理経過の例を示すフローチャートである。

【図 1 2】情報画像を認識できないカメラ画像の例を示す模式図である。

【図 1 3】情報画像と U A V の影とが重なって写ったカメラ画像の例を示す模式図である。

【図 1 4】U A V が移動することによって、情報画像と U A V の影とが重ならない状態になったカメラ画像の例を示す模式図である。

20

【図 1 5】U A V の経路の例を示す模式図である。

【図 1 6】情報画像の投影面と、状態検査のための撮像の対象面とが異なる状況の例を示す模式図である。

【図 1 7】水平な直線を表すパターン画像の例を示す模式図である。

【図 1 8】段差が生じた建築物の表面にパターン画像を投影し、カメラがその投影箇所を撮像している状態を示す模式図である。

【図 1 9】図 1 8 に示す状態の模式的側面図である。

【図 2 0】パターン画像を撮像した結果得られたカメラ画像の例を示す模式図である。

【図 2 1】本発明の無人飛行装置制御システムの概要を示す模式図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 1 7 】

実施形態 1 .

図 1 は、本発明の無人飛行装置制御システムおよび検査対象となる建築物を示す模式図である。本発明の無人飛行装置制御システムは、無人飛行体（以下、U A V と記す。）1 0 と、投影ステーション 2 0 とを備える。前述のように、U A V は、無人飛行装置と称することもできる。

【 0 0 1 8 】

40

U A V 1 0 は、カメラを搭載している。U A V 1 0 に搭載されたカメラは、検査対象となる建築物 3 0 の表面を撮像し、建築物の表面の画像を生成する。この画像によって、建築物の状態検査（インフラストラクチャ劣化診断）を行える。

【 0 0 1 9 】

投影ステーション 2 0 は、プロジェクタ 2 1 を備え、プロジェクタ 2 1 から、U A V 1 0 の制御内容を示す情報を含む画像（以下、情報画像と記す）を、建築物 3 0 の表面に投影する。投影ステーション 2 0 は、車両 2 9 に搭載され、移動したり、同じ場所で停止し続けたりすることができる。

【 0 0 2 0 】

投影ステーション 2 0 は、検査対象の建築物 3 0 の外観および 3 次元形状の情報を予め

50

記憶している。さらに、投影ステーション 20 は、投影ステーション 20 と建築物 30 との位置関係を認識する。投影ステーション 20 と建築物 30 との位置関係は、図示しない様々な測量装置を用いて行い、3次元空間上の位置だけでなく、向きも高精度に測定しておく。なお、建築物 30 の 3次元形状を得る方法は、設計時の図面や 3D - C A D (3Dimension Computer-Aided Design) データを用いる方法でもよいし、3D - L i D A R (3Dimension Light Detection and Ranging) 等を用いて現物を予め測定する方法でもよい。また、建築物 30 の 3次元形状の情報は、建築物 30 全体に関する情報に限らず、建築物 30 のうち本発明を用いて観察する部分に関する情報であってもよい。また、建築物 30 と投影ステーション 20 との位置関係を精度良く知る方法については、トータルステーション等を用いた三角測量等、既知の手法が多数あるため、説明を省略する。投影ステーション 20 と建築物 30 との位置関係は予め計測しておくのが基本である。ただし、風等の影響で作業中に建築物 30 が変形する可能性がある場合や、投影ステーション 20 が船上等の不安定な位置にある場合には、本発明による作業中に位置関係を計測してもよい。

【0021】

投影ステーション 20 は、その位置関係および記憶している情報に基づいて、建築物 30 の表面上における情報画像の投影箇所を複数定め、U A V 10 の経路 35 を導出する。また、投影ステーション 20 は、その各投影箇所に投影する情報画像を生成する。また、投影ステーション 20 は、U A V 10 が情報画像を撮像するための位置（以下、目標位置と記す。）やその目標位置での姿勢（傾きまたは向き）やカメラの向きを定める。この姿勢やカメラの向きは、情報画像を撮像する際の姿勢やカメラの向きである。投影ステーション 20 は、例えば、次の目標位置までの移動制御内容や、移動時の姿勢やカメラの向きを指示するための情報画像を、目標位置間の位置関係に基づいて生成する。また、情報画像には、U A V 10 に状態検査のための撮像を指示する情報も含まれる。投影ステーション 20 は、順次、情報画像を建築物 30 の表面に投影する。なお、後述するように、実際には、U A V 10 は目標位置からずれた位置で情報画像を撮像することが一般的であり、情報画像を撮像する際の姿勢やカメラの向きも、定められた姿勢でなくてよい。

【0022】

U A V 10 は、情報画像が投影された建築物 30 の表面をカメラによって撮像する。以下、U A V 10 のカメラが撮像したことによって得られた画像をカメラ画像と記す。U A V 10 は、カメラ画像内の情報画像（カメラ画像内に写っている情報画像）が示している制御内容に従って動作する。例えば、U A V 10 は、カメラ画像内の情報画像に基づいて、状態検査のための撮像を行ったり、次の目標位置の方向に移動したりする。

【0023】

U A V 10 は、カメラ画像内の情報画像に基づいて動作することによって、経路 35 の近傍を移動しつつ、状態検査のために建築物 30 の表面を撮像する。

【0024】

U A V 10 は、経路 35 上の目標位置で情報画像を撮像するとは限らない。U A V 10 は風等の種々の影響を受けるので、U A V 10 が予め定められた目標位置と同一の箇所に到達することは困難であることが一般的である。そのため、U A V 10 は、目標位置の近傍に到達したならば、建築物 30 の表面を撮像する。U A V 10 は、その結果得られたカメラ画像に基づいて、その位置と、目標位置のずれを計算する。そして、U A V 10 は、カメラ画像内の情報画像が示す移動制御内容と、計算したずれとに基づいて、現在位置から次の目標位置までの移動のための制御内容を導出する。

【0025】

図 2 は、目標位置からずれた箇所で U A V 10 が撮影を行った場合に、U A V 10 が次の目標位置までの移動制御内容を把握する状況を示す模式図である。図 2 に示す例において、建築物 30 の表面の領域 A 1 , A 2 は、情報画像の投影箇所である。また、領域 A 1 に投影された情報画像を撮像するための位置として目標位置 P 1 が定められているとする。同様に、領域 A 2 に投影された情報画像を撮像するための位置として目標位置 P 2 が定められているとする。また、目標位置 P 1 , P 2 それぞれにおける U A V 10 の姿勢やカ

メラの向きも定められている。上記のように、UAV10は風等の種々の影響を受けるので、UAV10は、目標位置P1と完全に一致する位置で、領域A1に投影された情報画像を撮像することは困難である。そのため、UAV10は、目標位置P1の近傍の位置P1'で、領域A1に投影された情報画像を撮像する。このときの、UAV10の姿勢やカメラの向きも、予め定められた目標位置P1における姿勢やカメラの向きと一致していないことが一般的である。

【0026】

UAV10は、目標位置P1において、定められた姿勢およびカメラの向きで、領域A1に投影された情報画像を撮像したと仮定した場合におけるカメラ画像内の情報画像の輪郭と、実際に、位置P1'で情報画像を撮像して得たカメラ画像内の情報画像の輪郭とに基づいて、目標位置P1と位置P1'とのずれM(図2参照)を計算する。また、領域A1に投影された情報画像には、目標位置P1から目標位置P2に移動するための移動制御内容が示されている。UAV10は、その移動制御内容と、計算したずれMとに基づいて、位置P1'から目標位置P2に移動するための制御内容を導出し、その制御内容に基づいて、次の目標位置P2に向けて移動する。UAV10は、領域A2に投影された情報画像を撮像する場合にも、目標位置P2の近傍で情報画像を撮像し、同様に、次の目標位置に移動するための制御内容を導出する。

10

【0027】

なお、予め定められた目標位置において、定められた姿勢およびカメラの向きで、情報画像を撮影したと仮定した場合におけるカメラ画像内の情報画像の輪郭の情報は、事前にUAV10に与えられる。

20

【0028】

また、UAV10は、風等の種々の影響により、情報画像の正面位置で情報画像を撮影できないことが一般的である。そのため、カメラ画像において、情報画像は歪んで写っていることが一般的である。UAV10は、その情報画像の歪みを取り除く処理を行ってから、カメラ画像内に写っている情報画像が示している制御内容を認識する。

【0029】

図3は、投影ステーション20が投影する情報画像の例を示す説明図である。図4は、図3に例示した情報画像内の記号の意味を示す説明図である。

【0030】

情報画像40は、例えば、移動制御記号41と、カメラ向き制御記号43と、姿勢制御記号44とを含む。

30

【0031】

移動制御記号41は、UAV10の移動に関する制御内容を示す記号である。移動制御記号41によって、進行方向の指示、滞空指示および速度指示を行うことができる。図3に例示する移動制御記号41は、矢印の形状をしており、その矢印の示す方向が、指示している進行方法である。図3に示す例では、下方への移動を指示している。移動制御記号41によって指示する進行方向は、下方向に限定されない。

【0032】

また、移動制御記号41は、付加されているバー42によって、UAV10に滞空することを指示することができる。バー42は、滞空の指示を意味している。移動制御記号41のアローヘッド(arrowhead)とは反対側の端部にバー42が設けられた場合、滞空してから、矢印方向(本例では、下方)に移動することを意味する。また、移動制御記号41のアローヘッド側の端部にバー42を表示することによって、移動してから滞空することを指示することもできる。以下の説明では、説明を簡単にするために、UAV10が、情報画像40が示す制御内容を認識してから滞空し、その滞空時間内に状態検査のための撮像を行い、その後、指示された方向に移動するものとして説明する。この場合、バー42はアローヘッドとは反対側の端部に表示される。また、バー42は、滞空中に状態検査のための撮像を指示する意味も有しているものとして説明する。

40

【0033】

50

また、移動制御記号 4 1 は、移動制御記号 4 1 (矢印形状の記号) の内部の色の濃淡の変化の仕方によって、U A V 1 0 が移動する際の移動速度を指示する。なお、図 3 および図 4 では、矢印形状の記号の色の濃淡の変化を、便宜的に、模様の変化で表している。実際の矢印形状内の色の濃淡は、例えば、徐々に変化してもよい。

【 0 0 3 4 】

なお、バー 4 2 の向きは、例えば、矢印の向きと垂直に定められる。ただし、バー 4 2 の向きの定め方は、この例に限られず、例えば、常に水平であってもよい。図 5 は、バー 4 2 の表示態様の例を示す説明図である。図 5 では、移動制御記号 4 1 内部の色の濃淡の表示を省略している。図 5 (a) は、バー 4 2 の向きを矢印の向きと垂直に定める場合の例を示している。図 5 (b) は、バー 4 2 の向きを常に水平に定める場合の例を示している。図 5 に例示するように矢印が右向きである場合、図 5 (a) に示す例では、バー 4 2 は縦向きのバーとして定められる。一方、図 5 (b) に示す例では、バー 4 2 は水平であり、矢印の内部に示される。

【 0 0 3 5 】

カメラ向き制御記号 4 3 は、U A V 1 0 に搭載されているカメラの向きに関する制御内容を表す記号である。カメラ向き制御記号 4 3 によって、カメラの仰俯角および水平角が制御される。図 3 では、カメラ向き制御記号 4 3 が U 字回転矢印である場合を例示している。本例では、U 字回転矢印は、カメラの仰俯角を上向きにし、水平角は固定することを意味しているものとする。カメラの向きに関する制御内容と、カメラ向き制御記号 4 3 の形状との対応関係は、予め定めておけばよい。

【 0 0 3 6 】

なお、次の目標位置までの移動中のカメラの向きと、次の目標位置に対応する撮影時のカメラの向きとを別々に規定している場合には、投影ステーション 2 0 は、それぞれの向きに対応するカメラ向き制御記号を、情報画像 4 0 に含めてもよい。

【 0 0 3 7 】

姿勢制御記号 4 4 は、U A V 1 0 の姿勢に関する制御内容を表す記号である。図 3 では、姿勢制御記号 4 4 が半円図形である場合を例示している。本例では、半円図形は、U A V 1 0 の姿勢を水平に制御することを意味しているものとする。U A V 1 0 の姿勢に関する制御内容と、姿勢制御記号 4 4 の形状との関係は、予め定めておけばよい。

【 0 0 3 8 】

なお、次の目標位置までの移動中の姿勢と、次の目標位置に対応する撮影時の姿勢とを別々に規定している場合には、投影ステーション 2 0 は、それぞれの姿勢に対応する姿勢制御記号を、情報画像 4 0 に含めてもよい。

【 0 0 3 9 】

また、図 3 では、図示を省略しているが、ある目標位置で、その目標位置に対応して定められた姿勢およびカメラの向きで情報画像を撮像したと仮定した場合におけるカメラ画像内の情報画像の輪郭を表す情報が、情報画像 4 0 に含まれていてもよい。以下、ある目標位置で、その目標位置に対応して定められた姿勢およびカメラの向きで情報画像を撮像したと仮定した場合におけるカメラ画像内の情報画像の輪郭を表す情報を輪郭情報と記す。

【 0 0 4 0 】

移動制御記号 4 1、バー 4 2、カメラ向き制御記号 4 3 および姿勢制御記号 4 4 は、U A V 1 0 の制御内容を識別する識別情報であり、情報画像 4 0 は、そのような識別情報を含む画像であると言える。また、図 3 では、制御内容を識別する識別情報 (移動制御記号 4 1、バー 4 2、カメラ向き制御記号 4 3 および姿勢制御記号 4 4) が図形の記号で表されている場合を例示している。制御内容を識別する識別情報を、図 3 に例示するように、図形の記号等で表すことにより、検査作業者が遠方からでも視認しやすくなることができる。

【 0 0 4 1 】

また、U A V 1 0 の制御内容を識別する識別情報は、Q R コード (登録商標) やバーコ

10

20

30

40

50

ード等の記号であってもよい。

【0042】

また、UAV10の制御内容を識別する識別情報は、漢字、数字または象形文字等の記号であってもよい。

【0043】

また、UAV10の制御内容を識別する識別情報は、例えば、「30秒滞在後下に1メートル飛行」のような文章であってもよい。

【0044】

また、検査作業者の見やすさの観点から、投影ステーション20は、情報画像40内の情報（制御内容を識別する識別情報）を、例えば、点滅させるようにして、情報画像40を投影してもよい。このように情報画像40を投影することで、情報画像40の内容を目立たせることができ、検査作業者は、その内容を認識しやすくなる。

【0045】

また、投影ステーション20は、制御内容を識別する識別情報の他に、他の情報も情報画像40に含めてよい。例えば、投影ステーション20は、状態情報（例えば、UAV10の現在の高度や、作業の進み具合を示すステップ番号等）を情報画像40に含めてもよい。

【0046】

前述の輪郭情報は、目標位置P1と実際の位置P1'とのずれMを求める際に用いられる。目標位置P1と実際の位置P1'とのずれMを求めるために必要な情報は、前述の輪郭情報でなくてもよい。投影ステーション20は、目標位置P1と実際の位置P1'とのずれMを求めるために必要な情報を情報画像40に含め、UAV10はその情報を予め記憶していてもよい。例えば、投影ステーション20は、輪郭情報の代わりに4隅に特別なアイコンを含んだ情報画像40を投影し、UAV10はカメラ画像内に写ったそれらのアイコンの位置関係によって、ずれMを求めてもよい。このように、輪郭を用いずに認識しやすい形状を用いることで、UAV10がずれMを誤認識する可能性を減らすことができる。

【0047】

また、投影ステーション20は、目標位置P1と実際の位置P1'とのずれMを求めるために必要な情報を、情報画像40内に固定的に含めてもよい。例えば、検査区域を示す検査区域番号（図示略）が情報画像40に含まれるとする。投影ステーション20は、検査区域番号の前半部分を例えばアルファベット等で固定的に定め、後半部分を任意に定めてもよい。UAV10はカメラ画像内に写ったその固定的な部分の変形によって、ずれMを求めてもよい。このように情報画像40の一部を固定的に定め、カメラ画像内におけるその部分の画像に基づいてずれMを求めることによって、ずれMを求めるための情報画像40内の要素が、検査作業者の邪魔にならないようにすることができる。

【0048】

次に、UAV10の構成例について説明する。図6は、UAV10の構成例を示すブロック図である。本例では、UAV10が4つのプロペラ（図6において図示略）を有し、4つのプロペラと一対一に対応する4つのモータを有する場合を例にして説明する。ただし、プロペラおよびモータの数は、上記の例に限定されない。

【0049】

UAV10は、カメラ11と、制御部13と、カメラ角度制御部15と、モータドライバ16と、4つのモータ17a～17dと、通信部18とを備える。

【0050】

カメラ11は、インフラストラクチャ劣化診断の検査対象となる建築物30（図1参照）の表面を撮像し、建築物の表面を写したカメラ画像を生成する。カメラの視野内に情報画像が投影されている場合には、その情報画像もカメラ画像内に写っている。カメラ11は、生成したカメラ画像を制御部13に入力する。カメラ11の向きは制御可能である。

【0051】

ここで、建築物 30 (図 1 参照) の表面におけるカメラの視野と、その視野を撮影した場合のカメラ画像について説明する。

【 0 0 5 2 】

図 7 は、建築物 30 (図 1 参照) の表面におけるカメラの視野の例を示す模式図である。図 7 (a) は、U A V 1 0 (図 7 において図示略) のカメラ 1 1 が、建築物 30 の表面 30 a を撮像する状況の例を示す模式的上面図である。また、建築物 30 の表面 30 a には、情報画像 4 0 が投影されているものとする。風等の影響により、カメラ 1 1 が建築物 30 の表面 30 a と完全に正対して表面 30 a を撮像することは困難である。そのため、図 7 (a) に示すように、カメラ 1 1 が、斜め方向から建築物 30 の表面 30 a を撮像することが一般的である。図 7 (b) は、図 7 (a) に示す状態における建築物 30 の表面 30 a 上のカメラ 1 1 の視野を示す模式図である。表面 30 a におけるカメラ 1 1 の視野 4 9 は、四角形である。図 7 (b) に示す例では、カメラ 1 1 が斜め方向から建築物 30 の表面 30 a を撮像する状態となっていることによって、視野 4 9 が台形である場合を示している。視野 4 9 が台形になるとは限らない。ただし、視野 4 9 が長方形になるのは、カメラ 1 1 が建築物 30 の表面 30 a と正対している場合であり、図 7 (a) に示すようにカメラ 1 1 が斜め方向から建築物 30 の表面 30 a を撮像する場合、視野 4 9 が長方形になることはない。また、投影ステーション 2 0 は、表面 30 a 上で情報画像 4 0 が長方形になるように、情報画像 4 0 を投影する。従って、表面 30 a 上に投影された情報画像 4 0 は長方形である。視野 4 9 の頂点を A , B , C , D とする。また、建築物 30 の表面 30 a に投影された情報画像 4 0 の頂点を a , b , c , d とする。なお、図 7 (b) において、情報画像 4 0 内の種々の記号の図示は省略している。この点は、図 8 等においても同様である。

【 0 0 5 3 】

カメラ 1 1 は、視野 4 9 を撮像し、カメラ画像を生成する。図 8 は、図 7 (b) に示す視野 4 9 を撮像することによって生成したカメラ画像の例を示す模式図である。カメラ画像 5 0 は、長方形である。カメラ画像 5 0 の個々の頂点はそれぞれ、図 7 (b) に示す視野 4 9 の個々の頂点と対応している。視野 4 9 の頂点 A に対応するカメラ画像 5 0 の頂点も符号 A で表す。他のカメラ画像の頂点も同様である。また、カメラ画像 5 0 に写った情報画像 4 0 (図 8 参照) の個々の頂点は、建築物 30 の表面 30 a に投影された情報画像 4 0 (図 7 (b) 参照) の個々の頂点と対応している。図 7 (b) に示す情報画像 4 0 の頂点 a に対応するカメラ画像 5 0 内の情報画像 4 0 (図 8 参照) の頂点も符号 a で表す。カメラ画像 5 0 内の情報画像 4 0 の他の頂点も同様である。以下、カメラ画像 5 0 内の情報画像 4 0 の輪郭を、輪郭 a b c d と記す。

【 0 0 5 4 】

カメラ 1 1 は、長方形ではない視野 4 9 を撮影し、長方形のカメラ画像 5 0 を生成する。従って、カメラ 1 1 の視野 4 9 内に投影されていた長方形の情報画像 4 0 は、図 8 に示すように、カメラ画像 5 0 内で歪んで写っている。

【 0 0 5 5 】

制御部 1 3 は、カメラ 1 1 からカメラ画像 5 0 が入力されると、カメラ画像 5 0 内の情報画像 4 0 の輪郭 a b c d を検出する。

【 0 0 5 6 】

また、制御部 1 3 には、事前に輪郭情報が与えられている。既に説明したように、輪郭情報は、ある目標位置で、その目標位置に対応して定められた姿勢およびカメラの向きで情報画像を撮像したと仮定した場合におけるカメラ画像内の情報画像の輪郭を表す情報である。図 9 は、図 8 に示すカメラ画像に、輪郭情報が示すカメラ画像内の輪郭を重ね合わせた状態の例を示す模式図である。制御部 1 3 は、輪郭情報が示すカメラ画像 5 0 内の輪郭 5 1 と、カメラ画像 5 0 内の情報画像 4 0 の輪郭 a b c d とに基づいて、U A V 1 0 の現在位置と目標位置とのずれ M を計算する。なお、ずれ M には位置に留まらず姿勢情報も含まれる。以後も同様であるので、特に記載がない場合は姿勢情報について省略する。

【 0 0 5 7 】

制御部 13 は、カメラ画像内に情報画像を認識できなかった場合には、モータドライバ 16 を介して各モータ 17 a ~ 17 d を制御することで、UAV 10 を移動させる。

【0058】

また、制御部 13 は、カメラ画像内に情報画像を認識できた場合には、UAV 10 の現在位置と目標位置とのずれ M を計算する。さらに、制御部 13 は、カメラ画像 50 内の情報画像 40 の歪みを取り除く処理（換言すれば、カメラ画像 50 内の情報画像 40 を長方形にする処理）を行い、その処理後の情報画像 40 が示す制御内容を把握し、その制御内容に従って、UAV 10 を制御する。例えば、制御部 13 は、情報画像 40 が示す制御内容に従って、建築物 30 の表面の状態検査のための撮像を行う。また、制御部 13 は、計算したずれ M（UAV 10 の現在位置と目標位置のずれ）と、情報画像 40 が示す次の目標位置までの移動制御内容と、現在位置から次の目標位置までの移動のための制御内容を導出し、その制御内容に応じてモータドライバ 16 を介して各モータ 17 a ~ 17 d を制御することで、UAV 10 を移動させる。また、制御部 13 は、情報画像 40 が示す制御内容に従って、UAV 10 の姿勢を制御したり、カメラ角度制御部 15 を介してカメラ 11 の向きを制御したりする。

10

【0059】

カメラ角度制御部 15 は、制御部 13 に従い、カメラ 11 の向きを制御する。具体的には、カメラ角度制御部 15 は、カメラ角度制御部 15 は、カメラ 11 の仰俯角および水平角を制御する。

【0060】

20

モータドライバ 16 は、制御部 13 に従って、各モータ 17 a ~ 17 d を駆動する。モータドライバ 16 は、各モータ 17 a ~ 17 d を別々に駆動可能である。従って、制御部 13 は、UAV 10 を前後に移動させる制御、UAV 10 を左右に移動させる制御、UAV 10 を上下に移動させる制御、ピッチ角制御、ロール角制御およびヨー角制御を実現できる。

【0061】

通信部 18 は、投影ステーション 20 との通信に用いられる通信インタフェースである。

【0062】

制御部 13 およびカメラ角度制御部 15 は、例えば、プログラムに従って動作するコンピュータの CPU によって実現されていてもよい。この場合、CPU がそのプログラムを読み込み、そのプログラムに従って、制御部 13 およびカメラ角度制御部 15 として動作すればよい。また、制御部 13 およびカメラ角度制御部 15 がそれぞれ別々のハードウェアで実現されていてもよい。

30

【0063】

次に、投影ステーション 20 の構成例について説明する。図 10 は、投影ステーション 20 の構成例を示す模式的ブロック図である。投影ステーション 20 は、プロジェクタ 21 と、プロジェクタ制御部 22 と、データ記憶部 23 と、経路導出部 24 と、情報画像生成部 25 と、通信部 27 とを備える。

【0064】

40

データ記憶部 23 は、建築物の外観および建築物の 3 次元形状の情報を記憶する記憶装置である。

【0065】

経路導出部 24 は、投影ステーション 20 と建築物との位置関係を認識する。このとき、経路導出部 24 は、投影ステーション 20 の現在位置を、例えば、外部から与えられてもよい。経路導出部 24 は、その位置関係と、建築物の外観および建築物の 3 次元形状の情報との情報に基づいて、建築物 30 の表面上における情報画像の投影箇所を複数定める。さらに、経路導出部 24 は、UAV 10 の経路を導出する。

【0066】

経路導出部 24 は、例えば、データ記憶部 23 に記憶されている情報に基づいて、建築

50

物の表面を格子状に区切ることによって、複数の検査区域を定め、個々の検査区域内の所定箇所（例えば、検査区域の中央）を情報画像の投影箇所として定めてもよい。ただし、情報画像の投影箇所の決定方法は、上記の例に限られず、他の方法で、投影箇所を決定してもよい。また、経路導出部 24 は、その各投影箇所に投影された情報画像を撮像できるように U A V 10 の経路を定めればよい。このとき、経路導出部 24 は、U A V 10 の消費電力が最小となる経路を定めることが好ましい。ただし、経路導出部 24 は、消費電力以外の基準に基づいて経路を定めてもよい。

【0067】

このとき、経路導出部 24 は、投影箇所に投影された情報画像を U A V 10 が撮影するための目標位置を、投影箇所に対応させて決定する。さらに、経路導出部 24 は、その目標位置での U A V 10 の姿勢やカメラの向きを定める。この姿勢やカメラの向きは、情報画像を撮像する際の姿勢やカメラの向きである。ただし、風等の影響により、実際に移動する U A V 10 が、定められた目標位置で、定められた姿勢およびカメラの向きで情報画像を撮像することは困難である。そのため、U A V 10 は、目標位置の近傍で情報画像を撮像すればよい。また、そのときの U A V 10 の姿勢やカメラの向きも、目標位置とともに定められた姿勢やカメラの向きと一致していなくよい。

10

【0068】

情報画像生成部 25 は、投影箇所毎に、情報画像を生成する。情報画像生成部 25 は、投影箇所（ $\# i$ とする。）に対応する目標位置（ $\# P_i$ とする。）と、その次の投影箇所（ $\# i + 1$ とする。）に対応する目標位置（ $\# P_{i+1}$ とする。）との位置関係に基づいて、投影箇所 $\# i$ に投影する情報画像を生成すればよい。また、情報画像生成部 25 は、目標位置毎に輪郭情報を生成する。

20

【0069】

プロジェクタ 21 は、情報画像を建築物の表面に投影する。プロジェクタ 21 の向きは可変である。

【0070】

プロジェクタ制御部 22 は、プロジェクタ 21 の向きを制御する。プロジェクタ制御部 22 がプロジェクタ 21 の向きを変えることで、定められた投影箇所に情報画像を投影することができる。

【0071】

また、プロジェクタ制御部 22 は、プロジェクタ 21 を情報画像の投影箇所に向ける際に、そのプロジェクタ 21 の向き、建築物の外観および建築物の 3 次元形状の情報に基づいて、建築物の表面上で情報画像が歪まないように、情報画像を補正する。換言すれば、プロジェクタ制御部 22 は、建築物の表面上に長方形の情報画像が投影されるように、情報画像を補正する。プロジェクタ 21 は、プロジェクタ制御部 22 によって補正された情報画像を投影する。なお、以降の説明では、プロジェクタ制御部 22 による情報画像の補正動作についての説明を省略する場合がある。

30

【0072】

通信部 27 は、U A V 10 との通信に用いられる通信インタフェースである。

【0073】

経路導出部 24、情報画像生成部 25 およびプロジェクタ制御部 22 は、例えば、プログラムに従って動作するコンピュータの C P U によって実現されていてもよい。この場合、C P U がそのプログラムを読み込み、そのプログラムに従って、経路導出部 24、情報画像生成部 25 およびプロジェクタ制御部 22 として動作すればよい。また、経路導出部 24、情報画像生成部 25 およびプロジェクタ制御部 22 がそれぞれ別々のハードウェアで実現されていてもよい。

40

【0074】

また、制御部 13（図 6 参照）が、U A V 10 ではなく、投影ステーション 20 または他の情報処理装置に設けられていてもよい。そして、制御部 13 の動作が、投影ステーション 20 または他の情報処理装置で行われ、U A V 10 の移動制御、姿勢制御、カメラ 1

50

１の向きの制御等が外部（例えば、投影ステーション２０）との通信によって実現されてもよい。

【００７５】

次に、本発明の第１の実施形態の処理経過について説明する。図１１は、本発明の第１の実施形態の処理経過の例を示すフローチャートである。なお、図１１に示すフローチャートは例示であり、本発明の処理経過は、図１１に示すフローチャートに限定されない。

【００７６】

また、投影ステーション２０の経路導出部２４は、予め、建築物の表面上における情報画像の投影箇所を複数定め、ＵＡＶ１０の経路を導出し、ＵＡＶ１０が情報画像を撮像するための各目標位置、並びに、各目標位置でのＵＡＶ１０の姿勢およびカメラの向きを定めているものとする。また、第１の実施形態では、説明を簡単にするために、検査途中での経路の変更はないものとして説明する。また、瞬間的に生じた大きな外乱によるＵＡＶ１０への影響（例えば、瞬間的な突風によりＵＡＶ１０が経路から大きく外れてしまうこと等）はないものとして説明する。ただし、通常の風等に起因する目標位置からのずれ（図２参照）は生じ得る。

【００７７】

投影ステーション２０は、プロジェクタ２１から、情報画像を、建築物の表面上におけるその画像の投影箇所に投影する（ステップＴ１）。１回目のステップＴ１では、投影ステーション２０は、１番目の情報画像をその画像の投影箇所に投影する。

【００７８】

また、制御部１３は、ステップＴ１で投影された目標画像を撮像するための目標位置に向けてＵＡＶ１０を移動させる（ステップＢ１）。１番目の情報画像が投影されている場合には、検査作業者がＵＡＶ１０を遠隔操作する。検査作業者は、１番目の情報画像がカメラ１１の視野内に入るように、ＵＡＶ１０を移動させる。制御部１３は、検査作業による遠隔操作に従い、建築物の表面上に投影された情報画像がカメラ１１の視野内に入るようにＵＡＶ１０を移動させる。

【００７９】

また、ＵＡＶ１０は、移動しながら、カメラ１１によって建築物の表面を撮像し、カメラ画像を得る（ステップＢ２）。カメラ１１は、生成したカメラ画像を制御部１３に入力する。

【００８０】

制御部１３は、カメラ画像が入力されると、カメラ画像の中の情報画像を検索する（ステップＢ３）。検索に成功したということは、カメラ画像内に情報画像を認識できたということである。また、検索に失敗したということは、カメラ画像内に情報画像を認識できなかったということである。カメラ画像内に情報画像を認識できた場合（ステップＢ３のＹｅｓ）、制御部１３は、ＵＡＶ１０の現在位置と目標位置とのずれを計算する（ステップＢ４）。情報画像がカメラ画像内にない場合や、情報画像が途切れている場合等、ステップＢ３でカメラ画像内に情報画像を認識できなかった場合、ＵＡＶ１０は移動を続ける。

【００８１】

図１２は、情報画像を認識できないカメラ画像の例を示す模式図である。

【００８２】

図１２（ａ）は、カメラ画像５０内に情報画像が写っていない場合を示している。この場合、カメラ画像内に情報画像が存在しないので、制御部１３は、カメラ画像内に情報画像を認識できない。

【００８３】

図１２（ｂ）は、カメラ画像５０内に情報画像４０の一部のみが写っている場合を示している。この場合、情報画像４０が途切れているので、制御部１３は、カメラ画像内に情報画像を認識できない。

【００８４】

図12(c)は、カメラ画像50内に情報画像40が写っているが、カメラ画像50内の情報画像40の面積が非常に小さい場合(閾値よりも小さい場合)である。この場合、情報画像40の面積が小さすぎるために、制御部13は、カメラ画像内に情報画像を認識できない。

【0085】

カメラ画像内に情報画像を認識できなかった場合(ステップB3のNo)、UAV10は、ステップB1以降の動作を繰り返す。なお、1番目の投影箇所に対応する目標位置方向に移動している場合、制御部13は、直近に得られたカメラ画像に基づいてどの方向に移動すればよいのかを判定できない場合には、引き続き、検査作業者による遠隔操作に従ってUAV10を移動させる。例えば、直近に得られたカメラ画像に情報画像が全く写っていない場合、制御部13は、引き続き、検査作業者による遠隔操作に従ってUAV10を移動させる。また、制御部13は、直近に得られたカメラ画像に基づいてどの方向に移動すればよいのかを判定できる場合には、検査作業者による遠隔操作に依らず、自律的な動作を開始する。例えば、図12(b)に例示するように、直近に得られたカメラ画像50内に情報画像40の一部が写っている場合、制御部13は、情報画像40全体をカメラ11の視野内に入れるためには、どちらの方向にUAV10を移動させればよいのかを判定できる。この場合、制御部13は、情報画像40全体をカメラ11の視野内に入れるように、自律的にUAV10を移動させる。

【0086】

カメラ画像の中に情報画像を認識できなかった場合(ステップB3のNo)、カメラ画像の中に情報画像を認識できるまで、ステップB1~B3を繰り返す。

【0087】

カメラ画像の中に情報画像を認識できる場合は、図9に例示するように、カメラ画像50内に情報画像40が適度な大きさで写っていて(換言すれば閾値以上の面積で写っていて)、情報画像40の輪郭abcdを検出できる場合である。この場合、制御部13は、輪郭情報が示すカメラ画像50内の輪郭51(図9参照)と、カメラ画像50内の情報画像40の輪郭abcd(図9参照)とに基づいて、UAV10の現在位置と目標位置とのずれを計算する(ステップB4)。

【0088】

カメラ画像の中に情報画像を認識できたということは、UAV10が目標位置の近傍に存在していると言うことができる。なお、実際には、UAV10は、移動しながらステップB1~B3の処理を繰り返している。そのため、カメラ画像の中に情報画像が全て入った瞬間に、ステップB3で情報画像が完全に認識されたとして、ステップB4に進んでしまう。換言すると、UAV10が目標位置から比較的離れた位置であってもカメラ画像の端の方に情報画像が入った瞬間に、制御部13は、ステップB4を実行してしまう。これを防ぐため、図11では省略しているが、「情報画像がカメラ画像のある一定の範囲に入るまでステップB4への移行を停止する」、あるいは、「カメラ画像のある一定の範囲に情報画像を入れるための移動方向を判定しステップB1以降を繰り返す」、あるいは、「一定時間(または一定フレーム数)、情報画像がカメラ画像内で認識されるまでステップB4への移行を停止する」等の処理があってもよい。あるいは、ステップB4においてずれMを計算できるため、このずれMに対応した移動量を計算しステップB1以降を繰り返すとなお良い。これに加えて、ずれMが規定の形状となるようカメラの向きを制御しつつステップB1を繰り返すとさらに良い。ずれMを基にしたUAV10の移動やカメラ11の制御により、より精確な位置にUAV10を移動させたり、より精確な姿勢にUAV10をさせたりすることができるからである。

【0089】

UAV10の現在位置と目標位置とのずれを計算した後、制御部13は、カメラ画像50内の情報画像40の歪みを取り除く(ステップB5)。既に説明したように、建築物の表面に投影されている情報画像40は長方形であり、カメラの視野49は長方形ではない(図7(b)参照)。一方、その視野49を撮像することによって得られるカメラ画像5

10

20

30

40

50

0 は長方形である。従って、カメラ画像 5 0 内に写っている情報画像 4 0 は、長方形ではなく、歪んだ状態になっている（図 8 参照）。ステップ B 5 において、制御部 1 3 は、この歪みを取り除く。

【 0 0 9 0 】

続いて、制御部 1 3 は、歪みを取り除いた後の情報画像 4 0 が示す命令（制御内容）を認識し、その命令を実行する（ステップ B 6）。

【 0 0 9 1 】

本例では、制御部 1 3 が、図 3 に例示する情報画像 4 0 が示す命令（制御内容）を認識し、その命令を実行する場合を例にして説明する。

【 0 0 9 2 】

具体的には、制御部 1 3 は、その場で所定時間滞空し、滞空中に建築物の表面の状態検査のための撮像をする旨を認識する。そして、制御部 1 3 は、その命令に従って、その場で所定時間滞空し、滞空中に建築物の表面をカメラ 1 1 によって撮像する。このとき、カメラ 1 1 の視野内に情報画像 4 0 が投影された状態のままであってもよい。

【 0 0 9 3 】

また、制御部 1 3 は、所定時間滞空後に下降する旨、下降する際にカメラ 1 1 の水平角を固定したままカメラ 1 1 を上向きにする旨、および、U A V 1 0 の姿勢を水平に制御する旨を認識する。このとき、制御部 1 3 は、ステップ B 4 で計算した U A V 1 0 の現在位置と目標位置とのずれと、下降する旨の移動制御内容とに基づいて、次の目標位置までの移動のための制御内容を導出し、その制御内容に応じてモータドライバ 1 6 を介して各モータ 1 7 a ~ 1 7 d を制御することで、U A V 1 0 を移動させる。すなわち、制御部 1 3 は、情報画像 4 0 が示す移動に関する制御内容を、ステップ B 4 で計算したずれによって補正し、補正後の制御内容に基づいて、U A V 1 0 を移動させる。

【 0 0 9 4 】

また、制御部 1 3 は、情報画像 4 0 が示す命令を認識した後、命令認識が完了した旨を、投影ステーション 2 0 に通知する（ステップ B 7）。

【 0 0 9 5 】

制御部 1 3 は、上述の補正後の制御内容に基づいて、U A V 1 0 の移動を開始すると、ステップ B 1 以降の動作を繰り返す。このステップ B 1 では、1 番目の投影箇所に対応する目標位置に向けて移動する場合と異なり、制御部 1 3 は、検査作業による遠隔操作に依らず、自律的に U A V 1 0 を移動させる。

【 0 0 9 6 】

プロジェクタ制御部 2 2 は、命令認識が完了した旨の通知を U A V 1 0 から受信すると、プロジェクタ 2 1 にそれまで投影していた情報画像の投影を停止させる。また、情報画像生成部 2 5 は、命令認識が完了した旨の通知を U A V 1 0 から受信すると、次の情報画像の投影箇所（ここでは、2 番目の情報画像の投影箇所）を特定し、その投影箇所に投影する 2 番目の情報画像を生成する（ステップ T 2）。本例では、情報画像生成部 2 5 は、2 番目の目標位置の近傍で状態検査のための撮像を指示する命令や、2 番目の目標位置から 3 番目の目標位置まで U A V 1 0 を移動させるための命令等を含む情報画像を生成する。

【 0 0 9 7 】

U A V 1 0 は、移動しながらカメラ 1 1 によって建築物の表面を撮像し（ステップ B 2）、制御部 1 3 は、ステップ B 3 を実行する。2 番目の情報画像が投影されるまでの間、2 番目の情報画像はカメラ画像に写らないので、U A V 1 0 は、ステップ B 1 ~ B 3 を繰り返す。

【 0 0 9 8 】

プロジェクタ制御部 2 2 は、情報画像生成部 2 5 がステップ T 2 で、次の投影箇所に投影する情報画像（ここでは、2 番目の情報画像）を生成すると、その情報画像をその投影箇所に投影するようにプロジェクタ 2 1 を制御する。この結果、プロジェクタ 2 1 は、2 番目の情報画像の投影箇所に、2 番目の情報画像を投影する（ステップ T 1）。

【 0 0 9 9 】

新たに投影された情報画像がカメラ 1 1 の視野内に入る位置まで U A V 1 0 が移動し、カメラ画像内に情報画像を認識できた場合（ステップ B 3 の Y e s ）、U A V 1 0 は、ステップ B 4 以降の処理を繰り返せばよい。また、投影ステーション 2 0 は、ステップ B 7 の通知を受けた場合、それまで投影していた情報画像の投影を停止し、ステップ T 2 , T 1 を実行すればよい。

【 0 1 0 0 】

上記の処理を繰り返すことによって、U A V 1 0 は、定められた経路の近傍を移動しつつ、状態検査のために建築物の表面を撮像することができる。

【 0 1 0 1 】

また、投影ステーション 2 0 が、最後の情報画像を投影し、制御部 1 3 が、最後の情報画像に示されている命令を実行した場合、ステップ B 7 の通知を行うことなく、無人飛行装置制御システムは処理を終了してよい。この場合、投影ステーション 2 0 が、最後の情報画像内に、最後の情報画像であることを示す所定の記号を含めておき、制御部 1 3 が最後の情報画像であることを認識できるようにしておけばよい。

【 0 1 0 2 】

本実施形態によれば、制御部 1 3 は、カメラ画像内に情報画像を認識できるまで、ステップ B 1 ~ B 3 を繰り返し、カメラ画像内に情報画像を認識できた場合には、ずれ M を計算し、カメラ画像内の情報画像のゆがみを取り除き、情報画像が示す命令を認識し、その命令に従って動作する。制御部 1 3 がこの動作を繰り返すことで、定められた経路の近傍を移動しつつ、状態検査のために建築物の表面を撮像することができる。従って、簡易な構成で、建築物の付近の目標位置近傍に U A V 1 0 を誘導することができる。

【 0 1 0 3 】

また、本発明では、情報画像によって U A V 1 0 を誘導するので、U A V 1 0 は G P S 信号を受信する必要がない。従って、本発明では、どの場所においても G P S 信号による位置情報を得るために、G P S 衛星の代わりとなる設備を多数設ける必要がない。この点でも、本発明では、システムの構成を簡易にすることができる。

【 0 1 0 4 】

また、本発明では、情報画像によって U A V 1 0 を誘導する。U A V 1 0 は情報画像に近付いてずれを求めるため、情報画像と U A V 1 0 の位置および姿勢を精確に得ることが可能である。すなわち、測定装置である U A V 1 0 は、測定対象である情報画像に近接しているため誤差要因が少なくなり、この結果、G P S や他の方法に比べて精緻な位置測定、および、測定結果に基づいた誘導が可能となる。

【 0 1 0 5 】

また、U A V 1 0 は、U A V 1 0 の現在位置と目標位置とのずれを、情報画像に基づいて導出する。このずれを差分として用いることで、U A V 1 0 は精確に目標位置に移動することもできる。

【 0 1 0 6 】

また、U A V 1 0 は、U A V 1 0 の現在位置と目標位置とのずれと、情報画像が示す移動制御内容とに基づいて、次の目標位置までの移動制御内容を導出する。この結果、U A V 1 0 は、次の目標位置の近傍まで移動することができる。すなわち、良好な精度で U A V 1 0 の移動を制御することができる。また、上記のように、本発明では、U A V 1 0 は G P S 信号を受信する必要がない。従って、G P S 信号の受信が困難な場所であっても、精度良く U A V 1 0 を制御することができる。

【 0 1 0 7 】

また、投影ステーション 2 0 は情報画像を一定の大きさに建築物に投影しており、U A V 1 0 はこの情報画像を監視している。また、この情報画像と U A V 1 0 との位置関係は U A V 1 0 の内部で計算できるため、U A V 1 0 は、その位置関係を、ほぼリアルタイムで連続して取得できる。従って、例えば、突風等の外乱により U A V 1 0 の位置が大きく変化したり姿勢が崩れたりしても、U A V 1 0 は建築物に接触する前に位置や姿勢を補正

10

20

30

40

50

することができる。

【0108】

次に、第1の実施形態の変形例について説明する。

【0109】

上記の実施形態では、ステップB5において、制御部13は、カメラ画像50内の情報画像40の歪みを取り除く場合を説明した。情報画像40の歪みを取り除かなくても、情報画像40が示す命令を制御部13が認識できるのであれば、ステップB5を省略してもよい。

【0110】

また、上記の実施形態では、ステップB6において、建築物の状態検査のために建築物の表面を撮像する際、カメラ11の視野内に情報画像40が投影された状態のまま、建築物の表面を撮像する場合を示した。建築物の状態検査のために建築物の表面を撮像する際、制御部13が、投影ステーション20に情報画像の投影の停止を指示してもよい。この場合、投影ステーション20の情報画像生成部25は、1つの投影箇所に対して、状態検査のための撮像を指示する情報画像と、次の目標位置への移動を指示する情報画像とを生成すればよい。情報画像生成部25は、状態検査のための撮像を指示する情報画像内に、その情報画像の投影中止を投影ステーション20に通知する旨の命令、その通知後に（換言すれば、投影ステーション20がその通知に応じて投影を中止した後に）状態検査のために建築物を撮像する旨の命令、およびその撮像完了後に撮像完了を投影ステーション20に通知する旨の命令を含める。投影ステーション20は、その情報画像を先に投影箇所に投影する。制御部13がそれらの命令を認識し、投影中止を投影ステーション20に通知した場合、投影ステーション20は、その情報画像の投影を中止する。UAV10は、その状態で、建築物の表面を撮像する。また、UAV10が、撮像完了を投影ステーション20に通知した場合には、次の目標位置への移動を指示する情報画像を同じ投影箇所に投影する。このとき、状態検査のための撮像を行っている間に、風等の影響によりUAV10が多少移動することがある。そのため、次の目標位置への移動を指示する情報画像が投影後も、UAV10は、ステップB2以降の動作を再度行うことが好ましい。UAV10の現在位置と目標位置とのずれを再度計算するためである。そして、ステップB6において、制御部13は、その情報画像が示す移動に関する制御内容をそのずれによって補正すればよい。

【0111】

情報画像が投影された状態で建築物の表面を撮像すると、カメラ画像において、情報画像以外の部分が相対的に暗くなってしまう場合がある。上記のように、UAV10が状態検査のための撮像を行う場合に、投影ステーション20が情報画像の投影を停止することで、そのようなことを防止できる。

【0112】

また、UAV10が状態検査のための撮像を行うときに投影ステーション20が情報画像の投影を停止する場合、プロジェクタ制御部22は、プロジェクタ21に情報画像の投影を停止させた後、プロジェクタ21に白色光または適当な色の光を照射させてもよい。このとき、プロジェクタ21は、プロジェクタ制御部22に従い、状態検査の対象となる建築物の表面に光を照射する。この結果、UAV10は、建築物の表面に光が照射された状態で、建築物の状態検査のために建築物の表面を撮像する。

【0113】

プロジェクタ21が建築物の表面に光を照射することによって、UAV10のカメラ11が建築物の表面を撮像する際における光量不足を補える。例えば、カメラ11が建築物の奥まった箇所を撮像する場合や、夜間に無人飛行装置制御システムを運用する場合、光量が不足して、建築物の表面が明瞭に写っているカメラ画像が得られない。UAV10のカメラ11が建築物の状態検査のために建築物の表面を撮像する時に、プロジェクタ21が建築物の表面に光を照射することによって、上記のように光量不足を補うことができ、カメラ11は、建築物の表面が明瞭に写っているカメラ画像を生成することができる。

【 0 1 1 4 】

なお、投影ステーション 2 0 は、プロジェクタ 2 1 とは別に、光を照射するための投光器を備えていてもよい。

【 0 1 1 5 】

また、投光ステーション 2 0 から投影する情報画像の輪郭の形状は、常に同じでなくてもよい。輪郭情報は、情報画像を認識するステップ B 3 の前に既知である必要がある。そのため、1 つ前の情報画像に含めておいたり、投影ステーション 2 0 が通信によって U A V 1 0 に通達したり、あるいは、予め情報画像毎の輪郭情報を U A V 1 0 に記憶させておいたりすればよい。制御部 1 3 は、ずれ M を計算する毎に、情報画像に対応する輪郭情報を適用すればよい。また、情報画像の輪郭の形状を変形させることにより、建築物の状態検査の際に情報画像が邪魔にならないようにすることができる。

10

【 0 1 1 6 】

以下に示す各実施形態では、既に説明した事項と同様の事項については、説明を省略する。

【 0 1 1 7 】

実施形態 2 .

本発明の第 2 の実施形態では、U A V 1 0 が大きな外乱を受けたことによって、U A V 1 0 の姿勢や位置が変化し、制御部 1 3 がカメラ画像内に写っていた情報画像を見失った場合の動作について説明する。U A V 1 0 が外乱を受ける前にカメラ画像内に情報画像が写っていて、制御部 1 3 がその情報画像を認識していたとしても、外乱によって U A V 1 0 の姿勢や位置が変化したことによって、建築物に投影されている情報画像がカメラ 1 1 の視野外に出てしまうと、カメラ画像内に情報画像が写らなくなる。すなわち、制御部 1 3 がカメラ画像内の情報画像を見失うことになる。

20

【 0 1 1 8 】

この場合、制御部 1 3 は、U A V 1 0 の姿勢を各方向に変化させ、カメラ 1 1 により撮像を行う。あるいは、制御部 1 3 は、カメラ角度制御部 1 5 を介して、カメラ 1 1 の向きを変化させ、カメラ 1 1 により撮像を行う。このとき、制御部 1 3 は、U A V 1 0 の姿勢を変化させるととともに、カメラ 1 1 の向きを変化させてもよい。この結果、制御部 1 3 は、情報画像が写っているカメラ画像を取得したならば、ステップ B 4 (図 1 1 参照) 以降の動作を行えばよい。

30

【 0 1 1 9 】

また、このとき、制御部 1 3 は、直近の複数のフレームのカメラ画像に基づいて、U A V 1 0 の位置および姿勢が、制御部 1 3 がカメラ画像内の情報画像を認識していた時の位置および姿勢からどれだけ変化したかを検出してもよい。

【 0 1 2 0 】

あるいは、U A V 1 0 が慣性航法装置を備えていてもよい。そして、U A V 1 0 の位置および姿勢が、制御部 1 3 がカメラ画像内の情報画像を認識していた時の位置および姿勢からどれだけ変化したかを、慣性航法装置が検出してもよい。

【 0 1 2 1 】

そして、制御部 1 3 は、U A V 1 0 の位置および姿勢それぞれの変化量に基づいて、カメラ 1 1 の視野を情報画像方向に向けるために、U A V 1 0 の姿勢やカメラ 1 1 の向きをどの方向に向けるかを判定してもよい。制御部 1 3 は、その判定結果に応じて、U A V 1 0 の姿勢やカメラ 1 1 の向きを変化させればよい。この場合、制御部 1 3 は、迅速に、カメラ 1 1 の視野を情報画像方向に向けることができ、投影されている情報画像を早めに撮像することができる。

40

【 0 1 2 2 】

また、制御部 1 3 は、制御部 1 3 がカメラ画像内の情報画像を認識していた時からの U A V 1 0 の位置および姿勢の変化量を投影ステーション 2 0 に通知してもよい。制御部 1 3 は、上記の例と同様に、この変化量を、直近の複数のフレームのカメラ画像に基づいて検出してもよい。あるいは、U A V 1 0 が慣性航法装置を備え、制御部 1 3 がカメラ画像

50

内の情報画像を認識していた時からのUAV10の位置および姿勢の変化量を慣性航法装置が検出してもよい。

【0123】

UAV10の位置および姿勢の変化量を通知されると、投影ステーション20の情報画像生成部25(図10参照)は、その変化量に基づいて、カメラ11の視野範囲を計算し、その視野範囲に投影する情報画像を生成する。この情報画像は、制御部13がカメラ画像内の情報画像を認識していた位置までUAV10を誘導するための情報画像である。プロジェクタ制御部22は、計算されたカメラの視野範囲の方向にプロジェクタ21を向け、プロジェクタ21にその情報画像を投影させる。そして、カメラ11が撮像を行い(ステップB2)、その後、UAV10は、ステップB3以降の動作を行えばよい。この結果、UAV10は、その情報画像に従って、制御部13がカメラ画像内の情報画像を認識していた位置まで戻ることができる。また、プロジェクタ制御部22は、ステップ7の通知を受けた後に、元の投影箇所から元の情報画像をプロジェクタに再度投影させればよい。この場合にも、カメラ11が撮像を行い(ステップB2)、その後、UAV10は、ステップB3以降の動作を行えばよい。

10

【0124】

また、投影ステーション20が、UAV10を追尾しながらUAV10を撮像する追尾カメラ(図示略)と、その追尾カメラによって得られたUAV10の画像に基づいて、UAV10の位置および姿勢の変化量を検出する状態変化量検出部(図示略)とを備える構成であってもよい。この場合、状態変化量検出部は、追尾カメラによって得られた画像に基づいて、UAV10が外乱によって急激に移動したことを検出した場合、その移動の直前の時点からのUAV10の位置および姿勢の変化量を検出する。そして、上記の場合と同様に、情報画像生成部25(図10参照)は、その変化量に基づいて、カメラの視野範囲を計算し、その視野範囲に投影する情報画像を生成する。この情報画像は、制御部13がカメラ画像内の情報画像を認識していた位置までUAV10を誘導するための情報画像である。プロジェクタ制御部22は、計算されたカメラの視野範囲の方向にプロジェクタ21を向け、プロジェクタ21にその情報画像を投影させる。その後の動作については、上記と同様であり、説明を省略する。

20

【0125】

第2の実施形態によれば、UAV10は、外乱によって、カメラ11の視野が情報画像とは異なる方向に向いてしまったとしても、UAV10は、再度、その情報画像を捉え、通常の制御に復帰することができる。

30

【0126】

実施形態3.

本発明の第3の実施形態では、無人飛行装置制御システムは、情報画像とUAV10の影とが重なってカメラ画像に写る状態を回避する。

【0127】

投影ステーション20の経路導出部24は、情報画像の投影箇所として、UAV10の影と重ならない投影箇所を定める。

【0128】

40

例えば、経路導出部24が、データ記憶部23に記憶されている情報に基づいて、建築物の表面を格子状に区切ることによって、複数の検査区域を定め、個々の検査区域内の所定箇所(例えば、検査区域の中央)を情報画像の投影箇所として定めるとする。また、経路導出部24は、投影箇所毎に、UAV10の目標位置、並びに、その目標位置でのUAV10の姿勢およびカメラの向きも定める。そして、経路導出部24は、投影箇所毎に、投影箇所とUAV10の影とが重なるか否かを判定する。この判定は、投影ステーション20と目標位置と投影箇所との位置関係に基づいて行うことができる。経路導出部24は、UAV10の影と重なる投影箇所に関して、検査区域内で、UAV10の影と重ならない位置に変更し、その変更に合わせて、投影箇所に対応するUAV10の姿勢およびカメラの向きも変更する。このとき、経路導出部24がUAV10の目標位置も変更すること

50

があってもよい。検査区域内で、投影箇所の変更しても、UAV10の影と重なってしまう場合には、その検査区域に関しては、投影箇所を定めないと決定する。そして、経路導出部24は、UAV10の影と重ならない投影箇所を対象として、その各投影箇所に投影された情報画像を撮像するための経路を決定する。

【0129】

このように情報画像の投影箇所を定めることによって、投影箇所に投影される情報画像とUAV10の影とが重なった状態でカメラ画像に写ってしまうことを防止しやすくなる。

【0130】

また、上記のように、経路導出部24がUAV10の影と重ならない投影箇所を定めた場合であっても、UAV10が風等の影響を受けるので、投影箇所に対応する目標位置で情報画像を撮像することは一般的に少ない。その結果、上記のように投影箇所を定めた場合であっても、投影箇所に投影される情報画像とUAV10の影とが重なる場合が生じ得る。

【0131】

この場合、制御部13は、UAV10を移動させればよい。図13は、情報画像とUAV10の影とが重なって写ったカメラ画像の例を示す模式図である。制御部13は、情報画像40の輪郭の一部が黒色の画素群の存在によって途切れていると判定した場合、図13に例示するように、情報画像40の外周部の一部分と影55とが重なっていると判定する。制御部13は、このように判定した場合、例えば、任意の方向に移動し、ステップB1（図11参照）以降の動作を実行すればよい。また、このとき、制御部13は、情報画像40の輪郭のうち影55によって途切れている箇所に基づいて、UAV10を移動させる方向を判定し、その方向にUAV10を移動させてもよい。図14は、UAV10が移動することによって、情報画像40とUAV10の影55とが重ならない状態になったカメラ画像の例を示す模式図である。図14に例示するカメラ画像では、情報画像40の輪郭全体の位置を検出可能である。制御部13は、UAV10を移動させた後、図14に例示するカメラ画像を用いて、現在位置を目標位置とのずれを計算できる。その後、制御部13は、ステップB5（図11参照）以降の動作を実行すればよい。

【0132】

このように、情報画像40とUAV10の影との重なりを検出した場合、制御部13は、UAV10を移動させることによって、情報画像40とUAV10の影との重なりを回避することができる。この動作は、UAV10の影と投影箇所とが重ならないように経路導出部24が投影箇所を決定していない場合であっても適用可能である。

【0133】

上記の説明では、UAV10が移動することによって情報画像40とUAV10の影との重なりを回避する動作を説明した。制御部13は、投影ステーション20に情報画像の投影位置を変更させることによって、情報画像40とUAV10の影との重なりを回避してもよい。例えば、制御部13が、上記の場合と同様に、情報画像40の外周部の一部分と影55とが重なっていると判定したとする。この場合、制御部13は、情報画像40の輪郭のうち影55によって途切れている箇所に基づいて、情報画像40と影55との重なりを回避するために投影ステーション20が情報画像の投影箇所をどの方向にどれだけ移動させればよいかを判定し、投影箇所の移動方向および移動量を投影ステーション20に通知する。この通知は、投影箇所の変更の指示であると言えることができる。この通知を受けた投影ステーション20の情報画像生成部25は、通知された移動方向および移動量に応じて、情報画像40の内容を変更する。これは、情報画像の投影箇所が変わることによって、次の投影箇所への移動制御内容が変化するためである。また、経路導出部24は、通知された移動方向および移動量に応じて投影箇所を移動させた場合における目標位置、並びに、その目標位置における姿勢およびカメラの方向も定める。プロジェクタ制御部22は、通知された移動方向および移動量に応じて投影箇所の方向にプロジェクタ21を向け、プロジェクタ21にその情報画像40を投影させる。この結果、UAV10は、例

えば、図 1 4 に例示するカメラ画像を得る。その後、制御部 1 3 は、ステップ B 4 (図 1 1 参照) 以降の動作を実行すればよい。

【 0 1 3 4 】

このように、U A V 1 0 が投影ステーション 2 0 に情報画像 4 0 の投影箇所を変更させることでも、情報画像 4 0 と U A V 1 0 の影との重なりを回避することができる。この動作は、U A V 1 0 の影と投影箇所とが重ならないように経路導出部 2 4 が投影箇所を決定していない場合であっても適用可能である。

【 0 1 3 5 】

実施形態 4 .

本発明の第 4 の実施形態では、U A V 1 0 は、天候等の影響によって消費電力が大きく、全ての検査区域で状態検査のための撮像を行えない場合に、経路の途中で経路を変更する。

【 0 1 3 6 】

第 1 の実施形態で説明したように、経路導出部 2 4 は、例えば、各投影箇所に投影された情報画像を撮像できるように U A V 1 0 の経路を定める。すなわち、各投影箇所の付近を通過するように U A V 1 0 の経路を定める。

【 0 1 3 7 】

このとき、経路導出部 2 4 は、U A V 1 0 の消費電力が最小となる経路を定めることが好ましい。ここで、U A V 1 0 が電力を多く消費するのは、飛行の速度ベクトルが変わる場合である。従って、経路導出部 2 4 は、例えば、U A V 1 0 の速度ベクトル変更が最小となる経路を定めればよい。

【 0 1 3 8 】

経路導出部 2 4 が、図 1 5 に例示する経路を定めたとする。図 1 5 では、建築物の表面上の各検査区域および U A V 1 0 の経路 6 1 を図示している。また、検査区域 R a は、最初の検査区域であり、検査区域 R z は、最後の検査区域である。

【 0 1 3 9 】

経路導出部 2 4 は、経路 6 1 上に、U A V 1 0 が近道となる経路に切り替え可能な位置 (以下、切り替え可能位置と記す。) を定める。切り替え可能位置は、1 つであっても、複数であってもよい。図 1 5 に示す切り替え可能位置 7 1 を例にして説明する。

【 0 1 4 0 】

経路導出部 2 4 は、経路 6 1 を定めた後、切り替え可能位置 7 1 から終点 7 9 までの近道となる経路の候補を複数定める。経路導出部 2 4 は、既に通過した検査区域を通過しないように、経路の候補を定める。また、経路の候補は、切り替え可能位置 7 1 から終点 7 9 までの近道であるので、未通過の検査区域を全て通過する必要はない。また、切り替え可能位置 7 1 に関して定められる複数の経路の候補が通過する検査区域の数は、経路の候補毎に異なっていてよい。換言すれば、切り替え可能位置 7 1 から終点 7 9 まで経路の候補の長さは、それぞれ異なっていてよい。なお、本例では説明を簡単にするため、経路の各候補において、切り替え可能位置 7 1 から次の検査区域までの一区分分の移動経路は、予め定められた経路と変わらないものとする。

【 0 1 4 1 】

経路導出部 2 4 は、切り替え可能位置 7 1 以外の各切り替え可能位置に対しても、切り替え可能位置毎に、終点 7 9 までの近道となる経路の候補を複数定める。

【 0 1 4 2 】

以下、説明を簡単にするため、検査区域に対応する U A V 1 0 の目標位置が、切り替え可能位置として定められるものとする。

【 0 1 4 3 】

U A V 1 0 の制御部 1 3 は、命令認識が完了した旨を投影ステーション 2 0 に通知する際 (ステップ B 7) 、飛行開始後の消費エネルギー、その時点における電池残量、および天候 (ここでは、横風の風速を例にする。) を計測し、それらの値も、投影ステーション 2 0 に通知する。なお、これらの値を計測するためのセンサを U A V 1 0 に搭載しておけば

10

20

30

40

50

よい。ただし、制御部 13 は、例えば、飛行可能距離が十分確保できる条件（例えば、電池残量が閾値以上残っているという条件）が満たされている場合には、消費エネルギー、電池残量および天候（横風の風速）を投影ステーション 20 に通知しなくてもよい。

【0144】

また、経路導出部 24 は、予め、消費エネルギー、電池残量および天候（横風の風速）を説明変数とし、UAV 10 の飛行可能距離を被説明変数とする飛行可能距離の予測式を保持している。この予測式は、例えば、回帰分析等の機械学習によって予め定めておけばよい。経路導出部 24 は、UAV 10 から消費エネルギー、電池残量および天候を通知されると、それらの値を、予測式の説明変数に代入することによって、UAV 10 の飛行可能距離を算出する。

10

【0145】

さらに、経路導出部 24 は、UAV 10 が存在している切り替え可能位置に対して予め定めていた経路の候補毎に、経路の候補の長さから、予測式によって算出した飛行可能距離を減算する。経路導出部 24 は、この減算結果が最も小さい経路の候補を、最適な近道と判定し、以降、その経路の候補を UAV 10 の経路とする。

【0146】

UAV 10 の消費電力は、風等の天候に影響を受ける。例えば、強風が吹いている場合は、その強風に対向する推力が必要なるため、無風時よりも消費電力が大きくなる。この結果、最初に定められた経路 61 に沿って UAV 10 が移動し続けようとした場合、経路の途中で電池残量が 0 になってしまう場合が起こり得る。本実施形態によれば、切り替え可能位置で終点 79 までの近道となる経路に切り替えることができるので、通過する検査区画の数を少なくすることと引き換えに、終点 79 まで UAV 10 の飛行を維持することができる。

20

【0147】

なお、上記の例では、飛行可能距離の予測式に用いられる説明変数として、消費エネルギー、電池残量および天候を例示したが、他の説明変数を用いてもよい。

【0148】

実施形態 5 .

本発明の第 5 の実施形態では、UAV 10 が大きな外乱を受けたことによって、UAV 10 の位置が変化した場合、投影ステーション 20 は、その変化後の位置から経路の終点までの経路を、再度、導出する。

30

【0149】

外乱によって UAV 10 が移動し、UAV 10 の制御部 13 がカメラ画像内の情報画像を見失った場合、制御部 13 は、第 2 の実施形態で例示した場合と同様に、カメラ画像内の情報画像を認識していた時からの UAV 10 の位置および姿勢の変化量を投影ステーション 20 に通知する。

【0150】

投影ステーション 20 の経路導出部 24 は、この通知を受けると、この通知に基づいて、現在の UAV 10 の位置を計算する。そして、経路導出部 24 は、その位置からの経路を再度、導出する。ただし、経路導出部 24 は、既に UAV 10 が通過した検査区域を通過しないように、新たに経路を導出すればよい。また、新たな経路は、未通過の検査区域を全て通過しなくてもよい。また、このとき、経路導出部 24 は、例えば、消費電力が最小となる経路を選択することが好ましい。例えば、前述のように、経路導出部 24 は、UAV 10 の速度ベクトルの変化が最小となる経路を定めてもよい。

40

【0151】

本実施形態によれば、突風等の外乱によって UAV 10 が移動したとしても、その位置からの経路を経路導出部 24 が再度定める。従って、UAV 10 の消費電力の増加を抑えることができ、UAV 10 の運用効率を上げることができる。

【0152】

実施形態 6 .

50

本発明の第6の実施形態において、投影ステーション20は、建築物等の対象物の投影面（以降、「投影対象面」とする）の反射率に応じた情報画像を生成（補正）し、生成された情報画像を投影する。

【0153】

なお以下の説明において、反射率とは、物体固有の各波長における光の各反射量を示す。したがって、同一の物体に対し、ある波長の反射率が判明していたとしても、別の波長における反射率は同じとは限らない。一定の波長領域における反射率とは、その波長領域の反射率の積分値を示す。また以下の説明において、輝度とは各波長における単位面積あたりの光のエネルギーを示す。また以下の説明において、光のスペクトルとは、ある波長範囲の各波長における輝度分布を示す。

10

【0154】

反射率は、例えば、UAV10に搭載されたカメラ11により撮像された投影対象面の撮像画像に基づき算出される。具体的には、例えば、UAV10の制御部13は、カメラ11により撮像された投影対象面の撮像画像から、投影対象面を照明している光のスペクトルを予測して、予測結果から各波長の反射率を算出する。すなわち、制御部13は、投影対象面の撮像画像の色の情報に基づいて、反射率を算出する。また、制御部13は、太陽光が反射しているとして各波長の反射率を算出しても良い。照明光のスペクトルを推定する手法は様々な方法が知られているため省略する。

【0155】

その他、例えば、投影ステーション20が予め定められた基準となる画像（以降、「基準画像」とする）を投影対象面に投影することにより、反射率が算出されてもよい。例えば、白色の枠形状の画像が基準画像として投影対象面に投影されると、投影対象面は、各波長の反射率にしたがってスペクトルを変化させ、反射光として出力する。UAV10のカメラ11は、この反射光（白色の枠形状）を含む建築物の表面を撮像し、カメラ画像を生成する。そして、制御部13は、カメラ画像内におけるその枠形状部分のスペクトル（枠形状の白色光を反射した画像がカメラ内でどのような色で写っているか）を認識することで、反射率を算出する。すなわち、制御部13は、投影対象面に投影された基準画像の色の情報と基準となる撮像画像の色の情報とに基づいて、反射率を算出する。なお、基準画像の色は、白色に限らず、ある波長範囲においてスペクトル形状が一定である光であってもよい。このように、基準画像を投影する場合、投影対象面を照明している光のスペクトルを推測する必要が無いため、より正確な反射率が求められる。

20

30

【0156】

なお、上記説明においては、UAV10の制御部13が反射率を算出する場合を例として説明したが、制御部13に限らず、投影ステーション20のプロジェクタ制御部22や情報画像生成部25、その他の装置が反射率を算出してもよい。反射率を算出するこれらの構成は、反射率算出部として機能する。また、上記説明においては、UAV10に搭載されたカメラ11が投影対象面や投影対象面に投影された基準画像を撮像する場合を例として説明した。しかしながら、これらを撮像するカメラは、カメラ11に限らず、投影ステーション20に搭載されているカメラやその他のカメラであってもよい。以下の説明においても、UAV10に搭載されたカメラ11が基準画像等を撮像し、UAV10の制御部13が反射率を算出する場合を例として説明する。

40

【0157】

制御部13は、算出した反射率を投影ステーション20のプロジェクタ制御部22に通知する。投影ステーション20のプロジェクタ制御部22は、各波長の反射率情報を受信すると、その反射率に応じて、情報画像生成部25によって生成された情報画像のスペクトルを補正する。

【0158】

反射率が一樣である場合、投影した画像はそのままの色味で再現される。これに対し、各波長で反射率が異なる場合、例えば、白色光で投影した枠形状の画像はカメラ画像内で別の色として認識される。例えば、建築物の表面が緑色に塗装されている場合、反射率は

50

例えば $550\text{ nm} \pm 30\text{ nm}$ の波長範囲で 100% に近く、他の波長は 0% に近い。つまり、例えば $400\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$ の白色光による情報画像を投影しても、カメラで観察されるのは $550\text{ nm} \pm 30\text{ nm}$ の緑色光の成分のみとなり、他の波長成分の光は観察されない。この場合、 $550\text{ nm} \pm 30\text{ nm}$ 以外の波長で描画された情報が欠損する。

【0159】

そこで、プロジェクタ制御部22は、反射率を受信すると、その波長に応じて、情報画像のスペクトルを、例えば、波長が $530\text{ nm} \sim 570\text{ nm}$ の範囲内に収まるように補正する。この結果、カメラ11は、建築物の表面に投影された情報画像を過不足無く撮像することができる。同時に、プロジェクタ制御部22は、色の他に、情報画像の輝度を補正してもよい。投影ステーション20のプロジェクタ制御部22は、反射率を元に情報画像の輝度を補正する。例えば、プロジェクタ制御部22は、建築物の反射率が低い場合には、情報画像の輝度を上げるように補正する。

10

【0160】

このように反射率を元に情報画像のスペクトルを補正することによって、建築物の表面に投影した情報画像の一部または全てがUAV10の制御部13で認識出来ず情報が不足することを防止できる。なお、情報画像生成部25は、制御部13から受信した反射率に応じたスペクトルの情報画像を新たに生成してもよい。このような情報画像生成部25による情報画像の補正や生成を、反射率に応じた画像の生成とする場合がある。

【0161】

また、情報画像は特定の波長のみで構成されていても良い。すなわち、プロジェクタ21は、例えば、赤色、緑色および青色のそれぞれの色毎に、所定の波長の光のみを照射する光源を有するプロジェクタ（例えば、レーザプロジェクタ）であってもよい。プロジェクタ制御部22は、反射率に応じて、プロジェクタ21の光源を切り替えることによって、情報画像の色を補正してもよい。

20

【0162】

さらに、UAV10のカメラ11には、所定の波長の光のみを透過させるフィルタであって、透過させる光の波長を切り替え可能な構成のフィルタ（光透過部）を備えていてもよい。例えば、フィルタが透過させる光の波長は、プロジェクタ21が有する個々の光源に合わせて定められていればよい。例えば、カメラ11のフィルタは、プロジェクタ21の赤色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態、プロジェクタ21の緑色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態、および、プロジェクタ21の青色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態のいずれかに切り替え可能なフィルタである。例えば、制御部13は、赤色という情報を投影ステーション20に通知した場合、カメラ11のフィルタをプロジェクタ21の赤色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態に切り替える。同様に、制御部13は、緑色という情報を投影ステーション20に通知した場合、カメラ11のフィルタをプロジェクタ21の緑色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態に切り替える。同様に、制御部13は、青色という情報を投影ステーション20に通知した場合、カメラ11のフィルタをプロジェクタ21の青色の光源に対応する波長の光のみを透過させる状態に切り替える。なお、カメラ11が備えるフィルタの様子は特に限定されない。例えば、一般的なカラーカメラには、各画素にベイヤー配列（Bayer arrangement）のR/G/Bフィルタが配置されている。このフィルタによって対応する光源の光のみを用いてもよい。すなわち、緑色の光源のみを用いるのであれば、緑色の画素のみを用いてもよい。同様に、他の色の光源を用いるのであれば、その光源に対応する画素のみを用いてもよい。また、モノクロカメラと、外部に取り付けた交換式カラーフィルタとの組み合わせを用いてもよい。また、カメラ11に上記のフィルタが設けられていなくてもよい。

30

40

【0163】

特に直射日光下等、プロジェクタの輝度に対して周辺光が強い場合、投影ステーション20のプロジェクタ21にはレーザ等、波長幅の狭い光源を用い、この波長の光のみを透過させる狭帯域フィルタをUAV10に取り付けるとなお良い。より正確には、UAV1

50

0 のカメラ 1 1 が撮像する画像の光のスペクトルは、プロジェクタ 2 1 が投影する光と、（太陽光などの）周辺光の両方とが、建築物の表面の反射率に従って反射された光である。また、カメラ 1 1 が取得する輝度は積分輝度である。したがって、例えばある波長幅における周辺光の積分輝度が 1 0 0 であり、プロジェクタ 2 1 が投影する光の積分輝度が 1 0 であった場合、その反射光も周辺光の成分が 1 0 倍大きくなる。つまり周辺光と同時に情報画像をカメラ 1 1 が撮影しても、情報画像ではない領域との積分輝度差が小さく、制御部 1 3 は情報画像を抽出できない場合がある。これを防ぐため、狭帯域光源およびフィルタで使用する波長域を限定し、ある特定の波長の光のみを用いる。すなわち、カメラ 1 1 が撮像する光の積分範囲を狭くすると、プロジェクタ 2 1 の積分輝度は 1 0 のまま変わらないが、周辺光の積分輝度は 1 0 0 から例えば 1 0 に減少するため、反射光の輝度差が同程度となり、情報画像が検出可能となる。

10

【0164】

また、周辺光からの反射に対しプロジェクタ光からの反射が弱い場合、投影ステーション 2 0 は、プロジェクタ光が有る場合と無い場合の画像を比較し、プロジェクタ光からの反射成分を抽出しても良い。すなわち、UAV 1 0 と投影ステーション 2 0 はタイマーやタイミング信号により同期をとり、投影ステーション 2 0 のプロジェクタ 2 1 が投影の有無を切り替えるタイミングを、UAV 1 0 の制御部 1 3 が判定できるようにする。UAV 1 0 はこのタイミングに従い、プロジェクタ光が含まれる場合と、含まれない場合の画像を撮像する。どちらの画像にも周辺光成分が含まれるため、前者と後者の差分画像を制御部 1 3 が生成すれば、プロジェクタ光からの反射成分のみを抽出することが可能である。すなわち、投影ステーション 2 0 は、対象物の投影面に画像を投影している場合の投影面の撮像画像と、対象物の投影面に画像を投影していない場合の投影面の撮像画像との差分に基づいて、投影面の反射率に応じた画像を生成する。

20

【0165】

さらに、投影ステーション 2 0 がカメラを備える場合、予め投影ステーション 2 0 のカメラが建築物の表面の画像を撮像し、経路導出部 2 4 はその画像に基づいて建築物の表面のうち、周辺光成分が弱い箇所（直射日光が当たっておらず影が生じている領域）を抽出しても良い。そして、経路導出部 2 4 が、その周辺光成分の弱い領域を情報画像の投影箇所を定めてもよい。

【0166】

30

また、周辺光成分が強い領域と弱い領域の境界領域や、投影面に模様が描かれた領域に情報画像を投影する必要がある場合は、その領域の周辺光の強度分布や模様の反射率を考慮して情報画像生成部 2 5 は情報画像を生成するとよい。すなわち、例えば、日光が当たっている部分における情報画像の背景部分は輝度レベルを落とし、日光が当たっておらず影になっている部分の情報画像の背景部分は輝度レベルを高くして、日光の有無により情報画像が UAV 1 0 の制御部 1 3 に誤認識されるのを避ける。また模様に関しても、反射光となった時点で一様に見えるよう各部分の光のスペクトルを変化させて、誤認識を避ける映像を投影する。

【0167】

本実施形態によれば、建築物の表面が特定の波長の光しか反射しない場合であっても、カメラ 1 1 は、情報画像が写ったカメラ画像を生成することができる。また、建築物の表面に投影した情報画像が環境光に埋もれることを防止することができる。従って、カメラ画像内の情報画像を検出しやすくすることができる。

40

【0168】

実施形態 7 .

本発明の第 7 の実施形態では、情報画像の投影面と、状態検査のための撮像の対象面が異なる場合の動作について説明する。

【0169】

図 1 6 は、情報画像の投影面と、状態検査のための撮像の対象面とが異なる状況の例を示す模式図である。状態検査のための撮像対象となる領域が、領域 8 2 であるとする。し

50

かし、領域 8 2 は、水平である。また、領域 8 2 には、建築物 3 0 の構造物 3 9 によって、プロジェクタ 2 1 から見て死角となる領域が存在する。また、プロジェクタ 2 1 から見て死角となる領域には、情報画像を投影することができない。領域 8 2 のうち、プロジェクタ 2 1 から見て死角とならない領域にプロジェクタ 2 1 が情報画像を投影したとしても、UAV 1 0 は、水平な領域 8 2 に投影された情報画像を撮像できない場合がある。

【0170】

このような状況では、情報画像の投影面と、状態検査のための撮像の対象面とを異なる面とすればよい。

【0171】

領域 8 1 は、情報画像の投影箇所を含む領域である。プロジェクタ 2 1 は、領域 8 1 に情報画像（以下、この情報画像を情報画像 Q と記す。）を投影する。プロジェクタ 2 1 の情報画像生成部 2 5（図 1 0 参照）は、情報画像 Q を生成する際、移動中のカメラの向きの制御内容とは別に、滞空中のカメラの向きの制御内容も情報画像 Q に含めておく。本例では、情報画像生成部 2 5 は、滞空中にはカメラの向きを真上方向に向けることを指示する制御内容を、情報画像 Q に含めておく。

【0172】

UAV 1 0 は、情報画像 Q の一つ前の情報画像に基づいて、目標位置 P 3 の方向に進み、ステップ B 1 ~ B 3（図 1 1 参照）を行う。そして、カメラ画像内に情報画像を認識できたならば、UAV 1 0 は、ステップ B 4 以降の動作を行う。

【0173】

UAV 1 0 の制御部 1 3（図 6 参照）、ステップ B 6 において、情報画像 Q に従い、その場で UAV 1 0 を滞空させる。さらに、制御部 1 3 は、情報画像 Q に含まれる上記の制御内容に従い、滞空中にカメラの向きを真上方向に向ける。制御部 1 3 は、この状態で滞空している間に、状態検査のための撮像を行う。このとき、カメラ 1 1 は真上方向を向いているので、検査対象となる領域 8 2 を撮像でき、領域 8 2 のカメラ画像を生成することができる。

【0174】

本実施形態によれば、状態検査のための撮像の対象面に情報画像を投影できなくても、他の面に投影された情報画像 Q を利用して目標位置の近傍に到達することができる。そして、情報画像 Q に含まれている制御内容に従って、UAV 1 0 は、滞空中におけるカメラ方向を変え、状態検査のための撮像の対象面を撮像し、その面のカメラ画像を生成することができる。

【0175】

実施形態 8 .

建築物の経年劣化により、建築物の表面にひび割れや浮き等の欠陥が生じる場合がある。本発明の第 8 の実施形態の無人飛行装置制御システムは、そのような欠陥を検出する。また、無人飛行装置制御システムは、その欠陥に応じて、投影された情報画像が歪まないように情報画像を補正する。

【0176】

本発明の第 8 の実施形態では、プロジェクタ 2 1 は、所定のパターンを表す画像（以下、パターン画像と記す。）も、建築物の表面に投影する。UAV 1 0 の制御部 1 3 は、カメラ画像内に写っているパターンの形状に応じて、建築物の表面の欠陥の状態を検出する。投影ステーション 2 0 は、その欠陥の状態に応じて、情報画像を補正する。

【0177】

以下、より具体的に説明する。プロジェクタ 2 1 は、パターン画像を建築物の表面に投影する。パターン画像は、例えば、メッシュパターンを表す画像であってもよい。本実施形態では、説明を簡単にするために、所定のパターンとして水平な直線を例にして説明する。図 1 7 は、水平な直線を表すパターン画像の例を示す模式図である。図 1 7 では、1 本の直線を表すパターン画像を示しているが、パターン画像内に複数の直線が表わされていてもよい。

【0178】

図18は、経年劣化によって段差が生じた建築物の表面にパターン画像を投影し、UAV10のカメラ11がその投影箇所を撮像している状態を示す模式図である。図19は、図18に示す状態の模式的側面図である。図18および図19に示す例では、建築物の面91は、面92よりも浮いた状態となり、段差が生じている

【0179】

カメラ11が、パターン画像（水平な直線）が投影された面91および面92を撮像し、カメラ画像を生成する。図20は、パターン画像を撮像した結果得られたカメラ画像の例を示す模式図である。図20に示すカメラ画像には、面91、92および線93が写っている。プロジェクタ21は、水平な直線を面91、92に投影しているが、面91、92の段差により、その直線では、カメラ画像内では、曲がった線93として写る。

10

【0180】

また、投影ステーション20は、パターン画像の投影方向と壁面とがなす角度をUAV10に伝達する。投影ステーション20は、通信によって、この角度をUAV10に伝達してもよい。あるいは、投影ステーション20は、この角度の情報を含む情報画像を投影し、UAV10の制御部13が、カメラ画像内の情報画像によって、角度の情報を認識してもよい。

【0181】

UAV10の制御部13は、カメラ画像内に写ったパターン（本例では、線93）の形状を認識する。制御部13は、カメラ画像内に写ったパターンの形状に基づいて、建築物の表面の状態を判定する。本例では、制御部13は、カメラ画像内に写った線93の形状から、面91と面92との段差があると判定する。すなわち、制御部13は、面91と面92との段差の大きさおよび段差が生じている位置を検出する。例えば、制御部13に、パターン画像の投影方向と壁面とがなす角度と、カメラ画像内のパターンの形状変形との対応関係を予め記憶させておけばよい。そして、制御部13は、カメラ画像内のパターンの形状変形に対応する建築物の表面の状態を特定することによって、建築物の表面の状態を判定すればよい。

20

【0182】

制御部13は、建築物の表面の状態の情報（本例では、面91と面92との段差の大きさ、および段差が生じている位置）を投影ステーション20に送信する。

30

【0183】

投影ステーション20のプロジェクタ制御部22は、制御部13から送信された建築物の表面の状態の情報を受信する。すると、プロジェクタ制御部22は、データ記憶部23に記憶されている建築物の外観および建築物の3次元形状の情報と、UAV10（制御部13）から受信した建築物の表面の状態の情報とに基づいて、投影された情報画像が歪まないように、情報画像を補正する。

【0184】

本実施形態によれば、制御部13は、経年劣化等により生じた建築物の欠陥とその欠陥の大きさを検出することができる。さらに、制御部13は、建築物の表面の状態の情報を投影ステーション20に送信するので、投影ステーション20（プロジェクタ制御部22）は、投影された情報画像が歪まないように、情報画像を補正することができる。従って、投影ステーション20は、良好な状態で情報画像を建築物の表面に投影することができる。UAV10の誘導精度をより高くすることができる。

40

【0185】

本発明の各実施形態は、インフラストラクチャ劣化診断の他、建築物の巡回監視を行うためにUAVを制御する場合等にも適用可能である。

【0186】

次に、本発明の概要について説明する。図21は、本発明の無人飛行装置制御システムの概要を示す模式図である。無人飛行装置制御システム100は、画像投影部101と、制御部103とを備える。

50

【 0 1 8 7 】

画像投影部 1 0 1 (例えば、投影ステーション 2 0) は、撮像装置 (例えば、カメラ 1 1) を搭載する無人飛行装置 (例えば、U A V 1 0) の動作を制御する画像 (例えば、情報画像) であって、対象物 (例えば、状態検査の対象となる建築物) の投影面の反射率に応じて生成された画像を対象物に投影する。

【 0 1 8 8 】

制御部 1 0 3 (例えば、制御部 1 3) は、撮像装置によって撮像された画像に基づき、無人飛行装置の動作を制御する。

【 0 1 8 9 】

そのような構成により、対象物に無人飛行装置の動作を制御するための画像を投影して対象物の付近の目標位置近傍に無人飛行装置を誘導する場合において、画像を投影する環境を考慮して無人飛行装置を制御することができる。

10

【産業上の利用可能性】

【 0 1 9 0 】

本発明は、無人飛行装置を制御する無人飛行装置制御システムに好適に適用される。

【符号の説明】

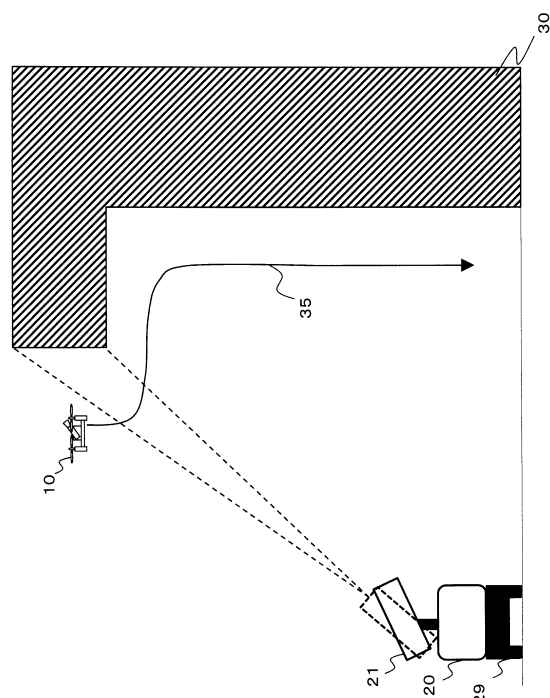
【 0 1 9 1 】

- 1 0 U A V (無人飛翔体)
- 1 1 カメラ
- 1 3 制御部
- 1 5 カメラ角度制御部
- 1 6 モータドライバ
- 1 7 a ~ 1 7 d モータ
- 1 8 通信部
- 2 0 投影ステーション
- 2 1 プロジェクタ
- 2 2 プロジェクタ制御部
- 2 3 データ記憶部
- 2 4 経路導出部
- 2 5 情報画像生成部
- 2 7 通信部

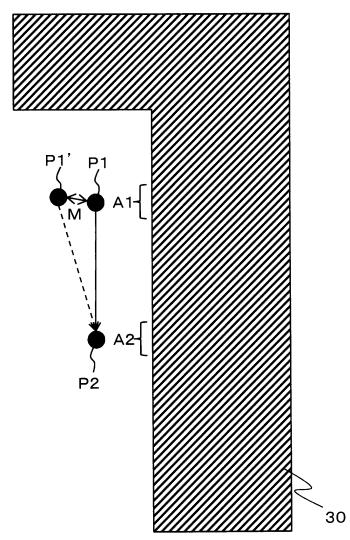
20

30

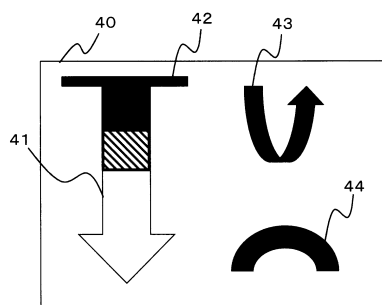
【図 1】



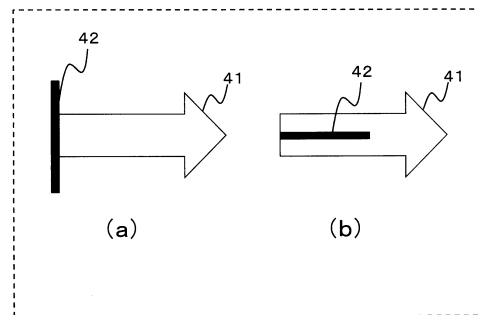
【図 2】



【図 3】



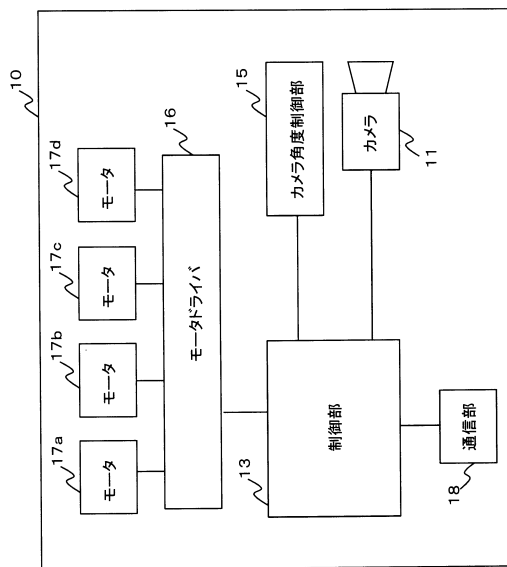
【図 5】



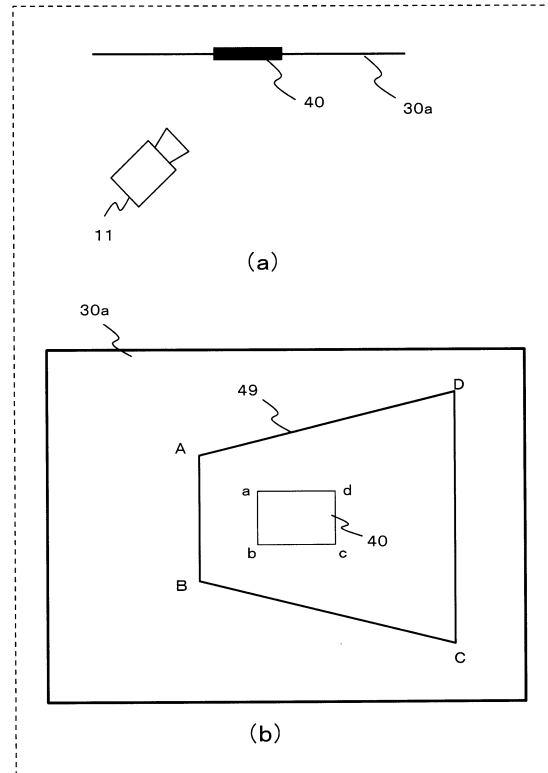
【図 4】

情報画像記号例	記号	意味
進行方向		下向きの矢印。下方への移動を指示。
速度調整		矢印の色の濃淡変化で、飛行速度を指示。
滞空指示		端部に設けられたバー。機体の滞空を指示。
カメラ向き		U字回転矢印。カメラの仰俯角を上向きにし、水平角は固定とする。
姿勢調整		機体の姿勢制御。水平姿勢制御。

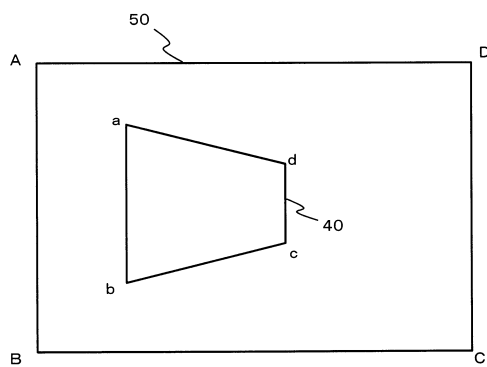
【図 6】



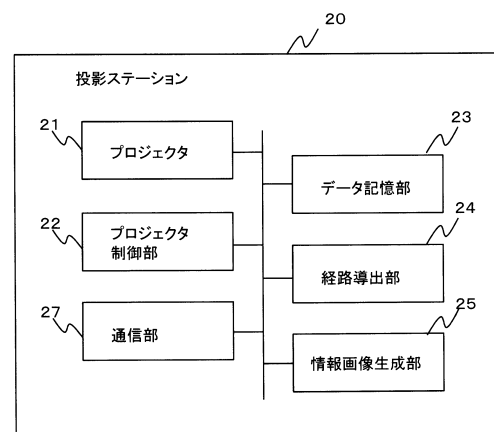
【図 7】



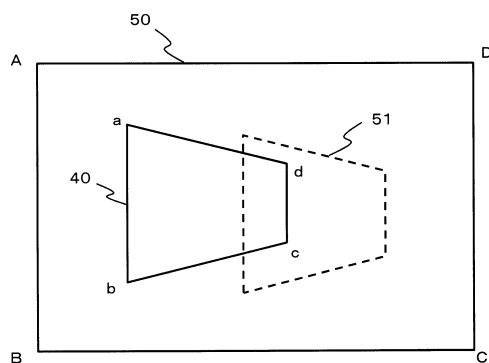
【図 8】



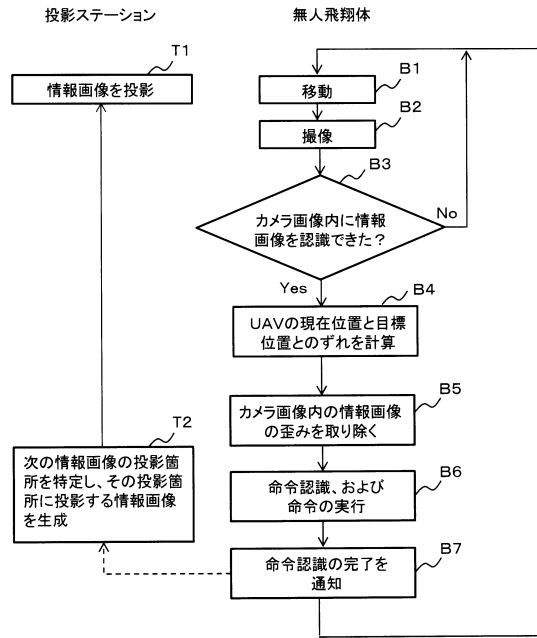
【図 10】



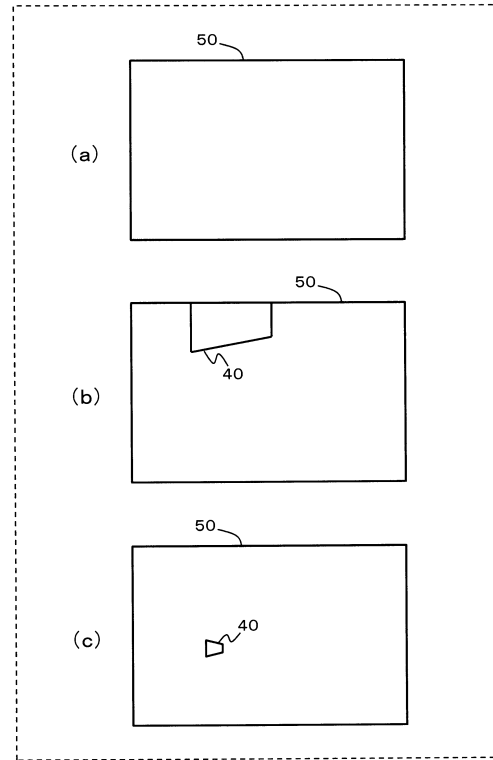
【図 9】



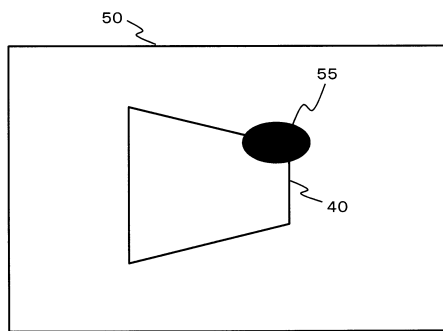
【図 1 1】



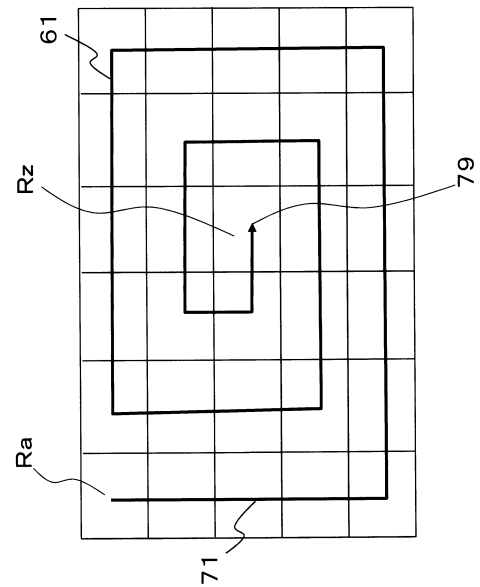
【図 1 2】



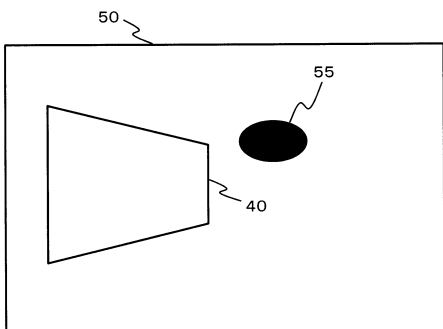
【図 1 3】



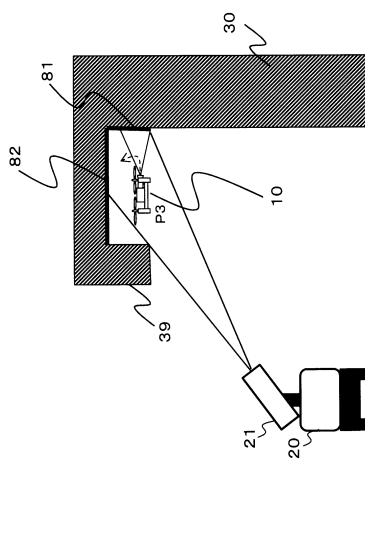
【図 1 5】



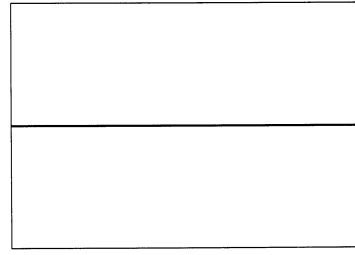
【図 1 4】



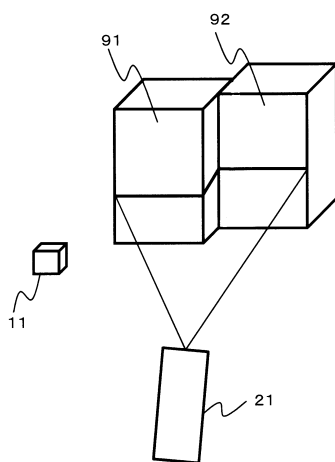
【図 16】



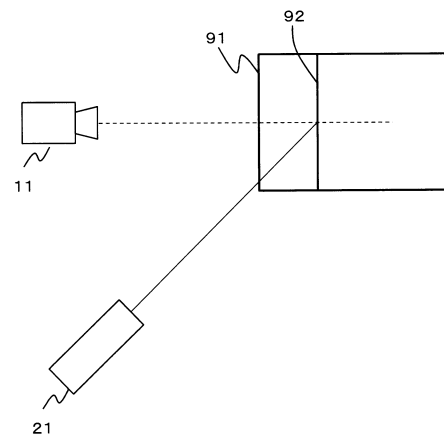
【図 17】



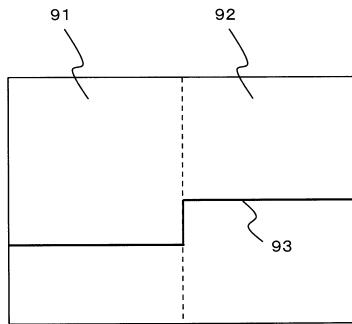
【図 18】



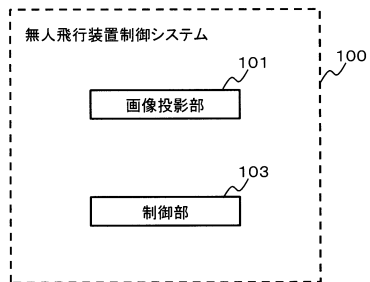
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 5 D	1/10	(2006.01)	G 0 5 D	1/10	
G 0 9 G	5/00	(2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 1 0 B
G 0 3 B	21/00	(2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 5 0 C
			G 0 3 B	21/00	D

(56)参考文献 国際公開第2015/168573(WO,A1)
 中国実用新案第204548509(CN,U)
 国際公開第2009/142015(WO,A1)
 特開2005-214582(JP,A)
 特開2012-248910(JP,A)
 特開2010-151912(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

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