

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7707439号
(P7707439)

(45)発行日 令和7年7月14日(2025.7.14)

(24)登録日 令和7年7月4日(2025.7.4)

(51)国際特許分類	F I
G 0 5 D 1/46 (2024.01)	G 0 5 D 1/46
G 0 5 D 1/243(2024.01)	G 0 5 D 1/243
G 0 1 C 21/20 (2006.01)	G 0 1 C 21/20
G 0 8 G 5/30 (2025.01)	G 0 8 G 5/30
B 6 4 U 10/14 (2023.01)	B 6 4 U 10/14

請求項の数 22 (全38頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2024-527391(P2024-527391)	(73)特許権者	520297148 スカイディオ, インコーポレイテッド SKYDIO, INC. アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 4 0 2, サンマテオ, ビルディング イ ー, クリアビュー ウェイ 3 0 0 0
(86)(22)出願日	令和3年11月10日(2021.11.10)	(74)代理人	110002365 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所
(65)公表番号	特表2024-544898(P2024-544898 A)	(72)発明者	ヘンリー, ピーター ベンジャミン アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 1 レッドウッド シティ, ヘイ ゼル アベニュー 1 1 4 スカイディオ , インコーポレイテッド内
(43)公表日	令和6年12月5日(2024.12.5)	(72)発明者	マルチロシャン, ハイク アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 最終頁に続く
(86)国際出願番号	PCT/US2021/058690		
(87)国際公開番号	WO2023/086078		
(87)国際公開日	令和5年5月19日(2023.5.19)		
審査請求日	令和6年10月17日(2024.10.17)		
早期審査対象出願			

(54)【発明の名称】 無人航空機を使用する輪郭スキャン

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無人航空機(UAV)であって、
 推進メカニズムを含んでいるUAV本体と、
 前記UAV本体に取り付けられたカメラと、
 実行可能な下記の命令によって構成された1つまたは複数のプロセッサと
3Dスキャン対象のインジケーションを受信する、
前記3Dスキャン対象に関連付けられた少なくとも1つの軸に沿って互いに離れ
て間隔を空けられた複数の輪郭経路を、前記3Dスキャン対象の軸を横切って取得された
一連のスライスに前記3Dスキャン対象を分割することによって決定する、
 輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定する、
 前記複数の輪郭経路の前記複数の画像取得位置をトラバースするための最大速度
 を決定する、および、
 前記輪郭経路のうちの各輪郭経路の前記画像取得位置に基づいて、前記カメラを
 使用して前記3Dスキャン対象の前記表面の画像を取得しながら、前記最大速度に少なく
 とも部分的に基づく速度で前記複数の輪郭経路に沿って前記UAVをナビゲートするよう
 に前記推進メカニズムを操作する、
 を含み、
 各輪郭経路が、選択された距離に基づいて前記3Dスキャン対象の表面から離れて間隔
 を空けられ、

各画像取得位置が、前記3Dスキャン対象の表面の画像が取得されるべきである位置を示し、

前記最大速度が、前記選択された距離および前記表面に関連付けられた照明に少なくとも部分的に基づく、
無人航空機(UAV)。

【請求項2】

前記1つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記表面の画像の重複を決定する、および、
前記重複、前記選択された距離、および前記表面の前記画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、前記各輪郭経路の隣接する画像取得位置間の距離を決定する、
請求項1に記載のUAV。

10

【請求項3】

前記1つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記表面の画像間のサイドラップを決定する、
前記サイドラップ、前記選択された距離、および前記表面の前記画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、隣接する輪郭経路間の距離を決定する、
請求項1に記載のUAV。

【請求項4】

前記1つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記3Dスキャン対象の前記表面の少なくとも一部に関連付けられた照明の変化を決定する、および、
前記照明の前記変化を決定することに少なくとも部分的に基づいて前記UAVの前記速度を変更する、
請求項1に記載のUAV。

20

【請求項5】

前記1つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記3Dスキャン対象のインジケーションを受信することに応答して、UAVに相対的に、前記3Dスキャン対象の1つまたは複数の画像に基づいて、前記3Dスキャン対象の表面上の複数の点の位置を決定する、および、
複数の点から決定された前記3Dスキャン対象の構成に少なくとも基づいて、座標系を前記3Dスキャン対象に関連付ける、
請求項1に記載のUAV。

30

【請求項6】

前記1つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記座標系の選択された軸を、前記3Dスキャン対象の最長のエッジと、前記3Dスキャン対象の最長の要素とのうちの少なくとも1つに関連付ける、
請求項5に記載のUAV。

【請求項7】

無人航空機(UAV)の1つまたは複数のプロセッサによって、3Dスキャン対象に関連付けられた少なくとも1つの軸に沿って互いに離れて間隔を空けられた複数の輪郭経路を、前記3Dスキャン対象の軸を横切って取得された一連のスライスに前記3Dスキャン対象を分割することによって決定することと、

40

輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定することと、

前記複数の輪郭経路の少なくとも一部をトラバースする前に、前記表面に関連付けられた照明および前記選択された距離に少なくとも基づいて、前記複数の輪郭経路の前記少なくとも一部をトラバースする際に使用する速度を決定することと、

前記画像取得位置に基づいて前記3Dスキャン対象の前記表面の画像を取得しながら、決定された速度で前記複数の輪郭経路の前記少なくとも一部に沿って前記UAVをナビゲートすることと

50

を含み、

各輪郭経路が、選択された距離に基づいて前記3Dスキャン対象の表面から離れて間隔を空けられ、

各画像取得位置が、前記3Dスキャン対象の表面の各画像が取得されるべきである各位置を示す、

方法。

【請求項8】

前記表面に関連付けられた前記照明および前記選択された距離に少なくとも基づいて、前記複数の輪郭経路の前記少なくとも一部をトラバースするための最大速度を決定することと、

前記最大速度以下で前記複数の輪郭経路の少なくとも前記一部をトラバースすることによって、前記決定された速度で前記複数の輪郭経路に沿って前記UAVをナビゲートすることと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記最大速度の決定は、前記取得された画像に対して許容できると決定された被写体ぶれのしきい値レベルにさらに基づく、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記3Dスキャン対象の前記表面の少なくとも一部に関連付けられた照明の変化を決定することと、

前記照明の前記変化を決定することに少なくとも部分的に基づいて前記UAVの前記速度を変更することと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項11】

前記表面の前記画像の重複を決定することと、

前記重複、前記選択された距離、および前記表面の前記画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、前記各輪郭経路の隣接する画像取得位置間の距離を決定することと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項12】

前記表面の前記画像間のサイドラップを決定することと、

前記サイドラップ、前記選択された距離、および前記表面の前記画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、隣接する輪郭経路間の距離を決定することと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項13】

前記3Dスキャン対象の構成に少なくとも基づいて座標系を前記3Dスキャン対象に関連付けることをさらに含む、

前記座標系が前記少なくとも1つの軸を含み、

前記座標系は、前記少なくとも1つの軸を前記3Dスキャン対象の最長のエッジまたは前記3Dスキャン対象の最長の要素のうちの少なくとも1つに揃えることに少なくとも基づいて、前記3Dスキャン対象に関連付けられる、請求項7に記載の方法。

【請求項14】

規則的間隔に基づいて前記表面の前記画像を取得しながら、一定速度に基づいて前記複数の輪郭経路の少なくとも一部に沿って前記UAVをナビゲートすることをさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項15】

無人航空機(UAV)であって、

前記UAVに取り付けられた第1のカメラと、

実行可能な下記の命令によって構成された1つまたは複数のプロセッサと

10

20

30

40

50

スキャンされる 3D スキャン対象の表面を決定する、
前記 3D スキャン対象に関連付けられた少なくとも 1 つの軸に沿って互いに離れて間隔を
空けられた複数の輪郭経路を、前記 3D スキャン対象の軸を横切って取得された一連のス
ライスに前記 3D スキャン対象を分割することによって決定する、

前記 3D スキャン対象の前記表面からの距離を、画像を取得することに関連付け
られた選択された距離として決定する、

前記表面の少なくとも第 1 の部分をトラバースする前に、前記表面の少なくとも
前記第 1 の部分に関連付けられた照明に少なくとも基づいて、および前記選択された距離
に基づいて、前記表面の少なくとも前記第 1 の部分をトラバースするための最大速度を決
定する、および、

前記 3D スキャン対象の前記表面の少なくとも前記第 1 の部分の画像を取得しな
がら、前記選択された距離に基づいて前記 3D スキャン対象の前記表面の少なくとも前記
第 1 の部分に相対的に、前記決定された最大速度に少なくとも基づく速度で UAV をナビ
ゲートする、を含む
無人航空機 (UAV)。

【請求項 16】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記最大速度以下で飛行しながら、前記 3D スキャン対象の前記表面の前記第 1 の部
分の前記画像を取得する、

前記 3D スキャン対象の前記表面の第 2 の部分に関連付けられた照明が、前記表面の
前記第 1 の部分に関連付けられた前記照明と異なるということを決定する、および、

前記表面の前記第 2 の部分に関連付けられた前記照明に少なくとも基づいて、および
前記選択された距離に基づいて、前記表面の前記第 1 の部分をトラバースするために決定
された前記最大速度と異なる前記表面の前記第 2 の部分をトラバースするための最大速度
を決定する

請求項 15 に記載の UAV。

【請求項 17】

前記最大速度の決定は、前記取得された画像に対して許容できると決定された被写体ぶ
れのしきい値レベルにさらに基づく、請求項 15 に記載の UAV。

【請求項 18】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成され、
前記 3D スキャン対象に関連付けられた少なくとも 1 つの軸に沿って互いに離れて間
隔を空けられた複数の輪郭経路を決定する、および、

輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定する、

各輪郭経路が、前記選択された距離に基づいて前記 3D スキャン対象の前記表面から離
れて間隔を空けられ、

各画像取得位置が、前記 3D スキャン対象の前記表面の各画像が取得されるべきである
各位置を示す、

前記 3D スキャン対象の前記表面の少なくとも前記第 1 の部分の画像を取得しながら、
前記選択された距離に基づいて前記 3D スキャン対象の前記表面の少なくとも前記第 1 の
部分に相対的に、前記決定された最大速度に基づく速度で、前記 UAV をナビゲートする
ことは、前記画像取得位置に基づいて前記 3D スキャン対象の前記表面の前記画像を取得
しながら、決定された速度で前記輪郭経路のうちの前記 1 つまたは複数に沿って前記 UAV
をナビゲートすることを含む、請求項 15 に記載の UAV。

【請求項 19】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
前記 3D スキャン対象の構成に少なくとも基づいて、前記少なくとも 1 つの軸を含む
座標系を前記 3D スキャン対象に関連付ける、および、

前記少なくとも 1 つの軸に沿って、前記 3D スキャン対象の前記表面の各輪郭に少な
くとも基づいて、間隔を空けられた前記複数の輪郭経路を決定する、

10

20

30

40

50

請求項 18 に記載の UAV。

【請求項 20】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、実行可能な下記の命令によってさらに構成される、
コンピューティング装置から、前記 3D スキャン対象のインジケーションを受信する、
前記 3D スキャン対象の前記インジケーションに基づいて、前記 UAV に取り付けら
れた 1 つまたは複数の第 2 のカメラの 1 つまたは複数の視野をそれぞれ向けるための 1 つ
または複数の位置を前記 UAV にとらせる、

前記 1 つまたは複数の第 2 のカメラを使用して、前記 1 つまたは複数の位置から少な
くとも 1 つの画像を取得する、および、

前記少なくとも 1 つの画像に基づいて決定された前記 3D スキャン対象の 1 つまたは
複数の表面までの距離に基づいて、前記 3D スキャン対象の前記表面に対応する複数の点
を含む 3D モデルを決定する、

請求項 15 に記載の UAV。

【請求項 21】

前記実行可能な命令は、下記をさらに含む、

前記 3D スキャン対象の前記表面の画像間のサイドラップを決定する、および、

前記サイドラップと、前記選択された距離に基づいて、前記スライスの数を決定する、

請求項 1 または 15 に記載の UAV。

【請求項 22】

前記 3D スキャン対象の前記表面の画像間のサイドラップを決定することと、

前記サイドラップと、前記選択された距離に基づいて、前記スライスの数を決定するこ
とと

をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、無人航空機の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

「ドローン」と称されることがある無人航空機 (UAV) は、典型的には、飛行中に物
体の画像を取得するための 1 つまたは複数のカメラを含む。例えば、このような UAV は
、普通なら到達することが困難であるはずの見晴らしの良い地点から画像を取得するた
めに使用され得る。従来、UAV は、所望の対象の画像を取得するために、地上のパイロ
ットによって制御されていた。しかし、表面からの所望の距離で、ならびに被覆の所望の解
像度および精度で、対象物体の表面の画像を取得することは、人間のパイロットにと
って退屈な作業であることがある。

【発明の概要】

【0003】

いくつかの実装形態は、スキャン対象に関連付けられた少なくとも 1 つの軸で互いに離
れて間隔を空けられた複数の輪郭経路を決定できる UAV を含む。例えば、各輪郭経路は
、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面から離れて間隔を空けられてもよい。U
AV は、輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定してもよい。画像取得位置は、スキャ
ン対象の表面の画像が取得されるべきである位置を示してもよい。UAV は、画像取得位
置に基づいてスキャン対象の表面の画像を取得しながら、決定された速度に基づいて複数
の輪郭経路に沿ってナビゲートしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0004】

詳細な説明は添付の図を参照して示される。図において、参照番号の最左の桁は、参照
番号が最初に現れる図を識別する。異なる図における同じ参照番号の使用は、同様のまた
は同一の項目または特徴を示す。

10

20

30

40

50

【図 1】いくつかの実装形態による画像を取得することができる無人航空機（UAV）を含んでいる例示のシステムを示す図である。

【図 2】いくつかの実装形態によるスキャン対象のスライスの輪郭経路およびウェイポイントを決する例を示す図である。

【図 3 A】いくつかの実装形態によるスキャン対象の輪郭経路を決する例を示す図である。

【図 3 B】いくつかの実装形態によるスキャン対象の輪郭経路を決する例を示す図である。

【図 4 A】いくつかの実装形態によるスキャン対象の輪郭経路を決する例を示す図である。

【図 4 B】いくつかの実装形態によるスキャン対象の輪郭経路を決する例を示す図である。

【図 5】いくつかの実装形態によるスキャン対象をスキャンするための例示のプロセスを示すフロー図である。

【図 6】いくつかの実装形態によるスキャン対象の 3D モデルを生成するための例示のプロセスを示すフロー図である。

【図 7】いくつかの実装形態による UAV の上側の例示の構成を示す図である。

【図 8】いくつかの実装形態による UAV の底部側の例示の構成を示す図である。

【図 9】いくつかの実装形態による例示の UAV の抜粋したコンポーネントを示す図である。

【図 10】いくつかの実装形態によるコンピューティング装置を含んでいるコントローラの例示の構成を示す図である。

【図 11】いくつかの実装形態による例示のコントローラの抜粋したコンポーネントを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

本明細書のいくつかの実装形態は、操作者によってスキャン対象として指定され得る構造、建物、橋、パイプライン、設備、現場、光景、地理的特徴、または任意の他の物体などの、3次元（3D）スキャン対象をスキャンするように UAV を構成するための技法および配置を対象にする。例えば、UAV は、スキャン対象の最初のインジケーションに基づいて自律的にスキャン対象をスキャンするように構成可能であってもよい。スキャンは、表面からの所望の距離で示されたスキャン対象の表面の一連の画像を取得することを含んでもよい。UAV は、完全に繰り返し可能なやり方で、スキャン対象の一連のスライスに沿って画像を自律的に取得してもよい。UAV は、凹所、でこぼこして傾いた表面および特徴、開口部、非対称な幾何学的形状などを含むスキャン対象などの、複雑な幾何学的形状を有しているスキャン対象を取得することができる。場合によっては、取得された画像は、スキャン対象の 3D モデルを生成するため、またはさまざまな他の最終使用のいずれかのために使用されてもよい。

【0006】

1つの例として、UAV は、スキャン対象の表面からの選択された距離（本明細書ではベースライン距離と称されることもある）で、スキャン対象の周囲の複数の仮想的輪郭に対応する経路をトラバースするように構成されてもよい。UAV は、スキャン対象を、スキャン対象の軸を横切って取得された一連のスライスに分割することによって、仮想的輪郭を決してもよい。1つの例として、UAV は、座標系（ x 、 y 、 z 座標系など）をスキャン対象に関連付けてもよく、スキャン対象を、座標系の少なくとも 1つの軸を横切る複数のスライスに分割してもよい。UAV は、スキャン対象の表面（ゼロ輪郭としても知られている）の選択された距離および検出された位置に基づいて、スライスごとに輪郭を決してもよい。さらに、UAV は、輪郭ごとにウェイポイントおよび注視点を決めてもよい。各ウェイポイントは、UAV がスキャン対象の表面の画像を取得する画像取得位置であってもよい。UAV は、最初のスライスの最初の輪郭に沿って画像を取得し、次に

10

20

30

40

50

、次の隣接するスライスに移動し、そのスライスに対して決定された輪郭に沿って画像を取得し、スキャン対象のすべての所望の部分が取得されるまで、次の隣接するスライスに移動し続けることによるなどの、整然とした連続的な方法で、スキャン対象に対して決定された複数の輪郭に沿って移動することによって、整然とした方法でスキャン対象の画像を取得してもよい。

【 0 0 0 7 】

各スライスは、その特定のスライスの空間内の位置での平面内の2次元(2D)輪郭に等しくてもよい。UAVは、スライスの位置に対応するスキャン対象の表面の画像を取得するために、カメラをスキャン対象に向けて、その輪郭を移動経路としてトラバースしてもよい。例えば輪郭は、基本的に、そのスライスの空間内の位置でのスキャン対象の表面の形状に従ってもよく、UAVがスキャン対象の表面の画像を取得しながらスキャン対象の表面からの選択された距離でトラバースするための経路を形成してもよい。UAVは、UAVが規則的間隔で画像を取得しながら一定速度で最適に移動することを可能にする、輪郭をトラバースするためのパターンを選択してもよい。

10

【 0 0 0 8 】

スライス間の距離は、画像を取得するために使用されるUAVに搭載されたカメラの視野に加えて、スキャン対象の表面からの移動経路の選択された距離、および取得される画像の隣接するスライス間のサイドオーバーラップ(サイドラップ)の望ましいレベルに少なくとも基づいて決定されてもよい。スキャン対象の表面からのカメラの距離は、UAV上のカメラの能力および取得される画像の所望の詳細度に少なくとも基づいて選択されてもよい。例えば、解像度、鮮明さ、露光時間などの所望の詳細度は、取得された画像のその後の使用目的に少なくとも部分的に依存してもよい。

20

【 0 0 0 9 】

下でさらに説明されるように、スキャンターゲットの構成に一部分においてに応じて、UAVは、さまざまなパターンのいずれかを使用してスキャン対象の周囲で決定された仮想的輪郭をトラバースするように構成されてもよい。1つの例として、UAVは、芝刈り機パターンを使用して1つのスライスでの輪郭から次のスライスでの輪郭に移動してもよく、往復パターンで、各交互のスライスで反対方向に移動してもよい。別の例として、UAVは、スキャン対象の軌道を実行してもよく、最初のスライスの終点に達し、次の隣接するスライスの始点の位置に移動するとき、(例えば、どの軸でスライスが取得されるかに応じて)次の隣接するスライスの上/下または左/右に移動してもよい。例えば、UAVは、最初のスライスの位置で最初の軌道を作り、次のスライスの位置に移動し、そのスライスに対して決定された輪郭に沿ってスキャン対象の別の軌道を作ることなどによって、スキャン対象の周囲で複数の軌道(例えば、円形、楕円など)としてスライスをトラバースしてもよい。さらに別の例として、UAVは、例えば、スキャン対象の最初の垂直方向のスライスでスキャン対象の長さに沿って垂直方向に移動し、隣接するスライスに移動し、別の垂直方向の柱としてそのスライスに沿って移動するなど、一連の隣接する垂直方向の柱としてスライスをトラバースしてもよい。

30

【 0 0 1 0 】

さらに、いくつかの例では、スキャン対象の構成に応じて、スキャン対象の追加の画像を取得するために、(例えば、第1の軸と直角な)第2の軸に沿って追加のスライスが決定されてもよい。例えば、スキャン対象の側面の画像を取得するために、z軸を横切ってスキャン対象をスライスすることによって、スキャン対象の第1の一連のスライスが取得されると仮定する。スキャン対象は、スキャン対象の上部および/または下部の画像を取得するための、x軸またはy軸を横切ってさらにスライスされてもよい。さらに、必要に応じて、第3の軸または軸の何らかの組み合わせを横切って追加のスライスが取得されてもよい。さらに、本明細書において説明された例は、複数の最適なスライス技法およびスライスパターンについて説明するが、特定のスキャン対象をスライスすること、およびスライスに対して決定された輪郭をトラバースするための可能なパターンを選択することにおける多数の変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかである

40

50

う。

【 0 0 1 1 】

本明細書のいくつかの実装形態では、UAVは、規則的間隔で画像を取得し、規則的に間隔を空けられた画像を取得しながら、一定速度などでトラバースされ得る、構造化された連続的経路を決定してもよい。速度は、場合によっては、撮影された画像の被写体ぶれの許容できるしきい値量に基づいて決定されてもよく、これはさらにまた、撮影された画像の使用目的および必要とされる詳細さのレベルに一部分において依存してもよい。例えば、スキャン対象の表面からより遠くで画像が取得されるほど、輪郭移動経路に沿って移動するとき表面の連続的画像を取得しながら、UAVの速度がより速くなることができる。一方、表面の詳細な近接画像が望ましい場合、UAVは、被写体ぶれがなくなるよう

10

【 0 0 1 2 】

説明の目的で、スキャン対象を自律的にスキャンしてスキャン対象の画像を取得するようにUAVを構成するための、いくつかの例示の実装形態が説明される。しかし、本明細書の実装形態は、提供された特定の例に限定されず、本明細書の開示に照らすと当業者に明らかになるように、他の種類のスキャン対象、他の種類の車両、他の種類の飛行経路計画技法、他の種類のスキャン、他の種類の画像取得などに拡張されてもよい。

【 0 0 1 3 】

図1は、いくつかの実装形態に従って、画像を取得することができる無人航空機(UAV)102を含んでいる例示のシステム100を示している。この例では、UAV102は、コントローラ104と通信することができる。コントローラ104は、場合によっては、コンピューティング装置を含んでもよい。1つの例として、コントローラ104は、直接的に、または代替としてネットワークなどの別の装置を介して間接的に、UAV102と無線で通信することができる携帯電話、タブレットコンピューティング装置、ウェアラブル装置、ラップトップコンピュータなどの、モバイル装置を含んでもよい。

20

【 0 0 1 4 】

UAV102に搭載された1つまたは複数のプロセッサ(図1に示されていない)は、UAV102に取り付けられた少なくとも1つのカメラから画像を受信するように実行可能な命令によって構成されてもよい。示された例では、UAV102は、第1のカメラ106および複数の第2のカメラ108などの、複数のカメラを含む。例えば、第1のカメラ106は、より長い焦点距離を有するレンズを含んでもよく、第2のカメラ108より高解像度の画像センサを含んでもよい。第2のカメラ108は、第1のカメラ106より短い焦点距離、より広い視野(FOV)、およびより低解像度の画像センサを有してもよい。第1のカメラ106が、この例ではスキャン対象111などの所望の対象物体または他のスキャン対象に向けられることを可能にするために、第1のカメラ106は、ジンバル110に取り付けられてもよい。場合によっては、第2のカメラ108は、UAV102がナビゲーション、位置決定、距離決定、ステレオ撮像、障害物回避、追跡などのさまざまな目的に使用することができる画像を提供してもよい。

30

【 0 0 1 5 】

UAV102は、無線通信などを介してコントローラ104と通信することができる。コントローラ104は、ユーザ112によって制御されてもよく、さまざまな種類の無線通信技術のいずれかによって、UAV102との双方向通信に構成されてもよい。複数の例として、コントローラ104は、Wi-Fiネットワーク、Bluetooth(登録商標)無線リンク、セルラー無線、直接ISMバンド通信、または任意の他の適切な無線通信を介するなどの、さまざまな種類の無線プロトコルおよび周波数を介して通信してもよい。例えば、900MHz、2.4GHz、および5.8GHzが、UAVとの双方向通信に使用される最も一般的な無線周波数であるが、本明細書の実装形態は、いかなる特定の通信の種類、周波数、またはプロトコルにも限定されない。

40

【 0 0 1 6 】

さらに、または代替的に、UAV102は、前述の無線通信の種類の内いずれか、または

50

任意の他の種類の無線通信技術などを介して、1つまたは複数のネットワーク113と通信してもよい。1つの例として、ネットワーク113は、UAV102が1つまたは複数のネットワーク113と接続し、1つまたは複数のネットワーク113を経由して通信できるようにするために、無線アクセスポイント、セルラー無線タワーまたは他のセルラートランシーバ、短距離無線トランシーバなどを含んでもよい。

【0017】

UAV102は、本体114および1つまたは複数の推進装置116を含む。この例では、第2のカメラ108の第1のセットが本体114の上側に取り付けられ、第2のセットが本体114の下側に取り付けられる。さらに、第1のカメラ106は、固定焦点レンズを含んでもよく、または代替的に、光学ズーム可能なレンズを含んでもよい。ジンバル110は、UAV102を回転させて所望の対象に直接向けることを必要とせず、第1のカメラ106を対象に向けて焦点を合わせることを可能にする。UAV102は、第1のカメラ106によって画像を取得してもよく、取得された画像の少なくとも一部を画像118としてコントローラ104に送信してもよい。さらに、いくつかの実装形態では、第2のカメラ108によって取得された画像の少なくとも一部が画像118の一部として送信されてもよい。いくつかの例では、送信される画像118は、コントローラ104などへのより高速な無線送信を可能にするために、UAV102によって取得される画像の解像度と比較して、より低解像度の画像であってもよい。

【0018】

場合によっては、UAV102は、UAV102によって取得された画像を使用して、UAV102に搭載される3Dモデル情報を生成してもよく、3Dモデル情報の少なくとも一部が、モデル情報120としてコントローラ104に送信されてもよい。コントローラ104は、無線通信リンクを介してUAV102から画像118（ビデオまたは静止画像を含んでもよい）を受信してもよい。受信された画像118に基づいて、ユーザ112は、コントローラ104に関連付けられたディスプレイ124を使用して、UAV102によって取得された視野を見ること、および/またはUAV102によって少なくとも部分的に生成されて3Dモデル情報120として提供され得るスキャン対象111の3Dモデルを見ることができる。

【0019】

いくつかの例では、ユーザ112は、スキャン対象111のスキャンを実行するようにUAV102に指示するために、コントローラ104を使用してスキャン対象111を選択してもよい。さらに、ユーザ112は、コントローラ104に含まれている、グラフィカルユーザインターフェース（GUI）に提示された1つまたは複数の仮想コントロール、および/またはジョイスティック、ボタンなどの1つまたは複数の物理的コントロールなどを介して、コントローラ104を使用して、他の従来のコマンド、例えば、「離陸」、「着陸」、「追従」をUAV102発行してもよい（図1に示されていない）。したがってコントローラ104は、ユーザ112が、UAV102を手動で制御するため、および/または自律的に動作するようにUAV102に指示するために、手動制御入力を行うことを可能にしてもよい。例示のコントローラ104が、図10および11に関して下でさらに示され、説明される。

【0020】

いくつかの例では、コントローラ104および/またはUAV102は、1つまたは複数のネットワーク113を経由して、1つまたは複数のサービスコンピューティング装置126、または他のユーザコンピューティング装置などの他の適切なコンピューティング装置と、通信することができてもよい。1つまたは複数のネットワーク113は、インターネットなどのワイドエリアネットワーク（WAN）、イントラネットなどのローカルエリアネットワーク（LAN）、セルラーネットワークまたは他の無線通信などの無線ネットワーク、Wi-Fiなどのローカル無線ネットワーク、Bluetooth（登録商標）などの近距離無線通信、光ファイバおよびイーサネットを含む有線ネットワーク、これらの任意の組み合わせ、あるいは任意の他の適切な通信ネットワークまたは他の通信技術

10

20

30

40

50

を含む、任意の適切なネットワークまたは他の通信技術を含むことができる。

【0021】

場合によっては、サービスコンピューティング装置126は、クラウドコンピューティングの位置、データセンター、サーバームなどに位置するなど、コントローラ104および/またはUAV102から遠隔に位置してもよい。サービスコンピューティング装置126は、データベース130に格納する画像132を受信するためなど、コントローラ104および/またはUAV102と通信するために実行され得る管理プログラム128を含んでもよい。画像132は、前述の画像118を含んでもよく、および/またはスキャン対象111のスキャン中にUAV102によって取得されたスキャン対象111の画像の完全なセットを含んでもよい。例えば、指定された解像度での画像の完全なセットは、UAV102がスキャン対象111のスキャンを完了した後などに、時間をかけてサービスコンピューティング装置126にアップロードされてもよい。さらに、データベース130は、3Dモデル情報134を含んでもよい。例えば、3Dモデル情報は、UAV102によって送信された3Dモデル情報120を含んでもよい。さらに、または代替的に、管理プログラム128は、取得された画像を使用してテクスチャ処理され得るスキャン対象111の高解像度3Dモデルを生成するために、UAV102から受信された画像132および受信された関連する位置情報を使用して、1つまたは複数の3Dモデリングプログラムを実行してもよい。

10

【0022】

加えて、管理プログラム128は、コントローラ104から、および/またはUAV102から受信された画像132および他の情報を管理するために、他の機能を実行してもよい。場合によっては、サービスコンピューティング装置126は、コントローラ104に関連付けられたユーザ112がデータベース130内の画像132、3Dモデル情報134、および/またはUAV102に関連する他の情報などにアクセスできるようにする、ウェブアプリケーション(図1に示されていない)を含んでもよい。

20

【0023】

いくつかの例では、UAV102に搭載された1つまたは複数のプロセッサは、本明細書に記載された自律的動作を実行するように、プログラムコードまたは他の実行可能な命令によって構成されてもよい。例えば、1つまたは複数のプロセッサは、スキャン対象111の最初のより低解像度のモデルを生成するか、またはこのモデルにアクセスすること、最初のモデルに基づいてスキャン対象111の複数のスライスを決めること、各スライスの輪郭を決めること、およびスキャン対象111の表面の画像を取得するためのウェイポイントを決定することなどの、本明細書に記載された他の動作も実行しながら、UAV102を制御し、意図された飛行経路に沿ってナビゲートしてもよい。UAV102は、障害物も回避しながら、規則的間隔で規則的に間隔を空けられた画像を取得するために、一定速度でなどの、複数の輪郭経路に沿ってUAV102をナビゲートするためのスキャン計画を決定してもよい。

30

【0024】

スキャン対象111の最初のモデルは、スキャン中にUAV102によって取得された追加の画像情報に基づいて、スキャン中にリアルタイムで更新されてもよい。さらに、または代替的に、場合によっては、UAV102から遠隔にあり、UAV102と通信するコントローラ104またはサービスコンピューティング装置126は、前述の動作のうちの1つまたは複数をサポートまたは管理するための、命令をUAV102に搭載されたプロセッサに提供してもよい。例えば、UAVに、距離決定を使用してスキャン対象の最初のモデルを作成させるのではなく、最初のモデルは、UAV102によって、コントローラ104またはサービスコンピューティング装置126から受信されてもよい。

40

【0025】

スキャンを開始するために、ユーザ112は、入力情報をUAV102に提供できるコントローラ104または他のコンピューティング装置に提示されたユーザインターフェースへの1つまたは複数の入力を行うことなどによって、スキャン対象111またはスキャ

50

ン対象 1 1 1 の一部を最初に示してもよい。1 つの例として、ユーザ 1 1 2 は、スキャン対象の画像を取得するために、U A V 1 0 2 を手動でナビゲートしてもよく、ユーザ 1 1 2 は、ユーザインターフェースに提示されたスキャン対象の画像上に多角形または他の 2 D 形状を作成し、スキャン対象を示してもよい。代替的に、ユーザは、ユーザインターフェース内のスキャン対象の画像の周囲に境界ボリュームを指定してもよく、3 つ以上の基準点（例えば、「柱」）などに基づいて、境界エリアを指定してもよく、または複数の他の技法のいずれかを使用して U A V 1 0 2 に対してスキャン対象を指定してもよい。例えば、ユーザは、スキャン対象の形状、望ましいスキャンの種類、スキャンされるのが望ましい対象の部分などに応じるなどの、最も効果的であると決定されたスキャン対象を指定するための技法を採用してもよい。

10

【 0 0 2 6 】

スキャン対象 1 1 1 の受信されたインジケーションに基づいて、U A V 1 0 2 は、グローバル座標系、ナビゲーション座標系との相関性などに基づいて、またはさまざまな他の技法によって、スキャン対象 1 1 1 のインジケーションを空間内の 1 つまたは複数の位置と相関させてもよい。例えば、U A V 1 0 2 は、例えば、範囲センサなどを使用して最初のスキャンを実行して、3 D 空間内のスキャン対象の表面の位置を決定することによって、スキャン対象 1 1 1 の最初の粗いスキャンを自律的に実行してもよい。1 つの例として、範囲センサは、画像センサをそれぞれ含んでいる第 2 のカメラ 1 0 8 のうちの 1 つまたは複数によって提供されてもよい。例えば、第 2 のカメラ 1 0 8 のうちの 2 つ以上のアレイが、立体撮像用に構成されてもよく、U A V 1 0 2 からスキャン対象 1 1 1 の表面上のさまざまな点までの距離を決定するために使用されてもよい。第 2 のカメラ 1 0 8 は、自律的ナビゲーションを可能にするために U A V 1 0 2 によって使用されてもよく、U A V 1 0 2 からスキャン対象 1 1 1 の表面までの距離を決定するために使用され得る 1 つまたは複数の（例えば、第 1 のカメラ 1 0 6 の高解像度画像センサから受信された画像と比較して）低解像度の画像を提供してもよい。第 2 のカメラ 1 0 8 が 1 つまたは複数のステレオ撮像対を含む場合、U A V 1 0 2 は、U A V 1 0 2 からスキャン対象 1 1 1 の表面上の 1 つまたは複数の点までの相対距離を決定するために、第 2 のカメラ 1 0 8 からの入力を使用して、同じ表面の 2 つの関連する画像間の視差を決定してもよい。代替的に、U A V 1 0 2 の既知の位置に相対的になど、3 D 空間内のスキャン対象の表面の位置を決定するために、異なる角度から撮られた 1 つまたは複数の単眼視の第 2 のカメラ 1 0 8 からの画像が使用されてもよく、および / またはさまざまな他の距離センシングおよび 3 D 再構成技法が使用されてもよい。

20

30

【 0 0 2 7 】

1 つの例として、U A V 1 0 2 は、第 2 のカメラ 1 0 8 のステレオ対および / または第 2 のカメラ 1 0 8 の広域ベースライン多視点ステレオ (M V S) 対からの範囲画像を、複数の点を含んでいる表面位置推定値を提供できる符号付き距離関数のボリューム (v o l u m e t r i c S i g n e d D i s t a n c e F u n c t i o n (S D F)) に融合してもよい。例えば、最初に占有マップが決定されてもよく、その後、スキャン対象 1 1 1 に対して、3 D 空間内の複数の点の位置を含んでいる完全な S D F モデルが決定されてもよい。複数の点は、スキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 上のさまざまな点の位置を示してもよい。

40

【 0 0 2 8 】

別の代替策として、U A V 1 0 2 は、表面 1 3 6 での輪郭に関してスキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 をサンプリングしてもよく、各ゼロ輪郭の法線の関数に基づいて、これらのゼロ輪郭を拡張してもよく、この拡張は、ゼロ輪郭（すなわち、スキャン対象 1 1 1 の表面）からの選択された距離で輪郭経路を決定するための平滑化ステップを含んでもよい。スプライン適合は、この代替技法のための 1 つの技法であってもよい。さらに、スキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 からより大きい距離で最初のサンプリングを実行すると、スキャン対象 1 1 1 の全体的により低解像度の 3 D モデルを素早く生成するため、より効率的であることができるが、スキャン対象 1 1 1 のより小さい表面の輪郭の詳細が制限されるこ

50

とがあり、傾いた表面が存在するなどの場合に、スキャン対象 1 1 1 の詳細なスキャン中に不十分な画像取得をもたらすことがある。

【 0 0 2 9 】

前述したように、最初の S D F モデルは、典型的には、スキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 上の一部の点の位置を示す 3 D 空間内の複数の点を含んでいる低解像度 3 D モデルであってもよく、典型的には、3 D 空間内のスキャン対象 1 1 1 の主要なエッジ 1 3 8 の位置を含んでもよい。S D F モデルは、スキャン対象 1 1 1 がまだ撮像されていないか、またはそうでなければより高い精度のための十分に多様な視点および / または十分に近い距離からスキャンされていないため、より低い精度を有するより低解像度の 3 D モデルと称されることがある。例えば、U A V 1 0 2 がステレオ対の範囲画像をモデルに融合し続ける

10

【 0 0 3 0 】

スキャン対象の低解像度 3 D モデルを生成するために、U A V 1 0 2 によって最初のスキャンが実行されてもよい。最初のスキャン中に、U A V 1 0 2 は、スキャン対象 1 1 1 の 1 つまたは複数の表面を自律的に撮像してもよい。U A V 1 0 2 は、最初のスキャン中に、または後でスキャン対象 1 1 1 の完全なスキャンを実行するときに、スキャン対象 1 1 1 に近接して飛行し、追加の画像を取得しながら、より低解像度の 3 D モデルの完全性および / または解像度をリアルタイムで動的に改善してもよい。例えば、より低解像度の 3 D モデルは、3 D 空間内の複数の点のセットを含んでもよく、点の位置は、距離の測定

20

【 0 0 3 1 】

U A V 1 0 2 は、より低解像度の 3 D モデルを使用して、スキャン対象 1 1 1 のスキャン (すなわち、高解像度画像の取得) を実行するためのスキャン計画を生成してもよい。例えば、スキャンは、所望の解像度、詳細、重複などの画像を取得するために、U A V 1 0 2 とスキャン対象 1 1 1 の間の選択された距離 (例えば、選択された地上分解能) からスキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 一連の画像を取得することを含んでもよい。例えば、スキャン計画を決定することは、下でさらに説明されるように、選択された軸、スキャン対象の中心線、スキャン対象の本体などに沿って、スキャン対象 1 1 1 を複数のスライス 1 4 0 にスライスすることを含んでもよい。示された例では、下でさらに説明されるように、U A V 1 0 2 が、スキャン対象 1 1 1 を、スキャン対象 1 1 1 に対して決定された座標系 1 4 2 の Z 軸に沿って取得された複数のスライス 1 4 0 (1) ~ 1 4 0 (1 4) に分割したと仮定する。

30

【 0 0 3 2 】

さらに、U A V 1 0 2 は、ベースライン距離として使用するために、スキャン対象 1 1 1 の表面 1 3 6 からの距離 D を選択してもよい。場合によっては、距離 D は、取得される画像の所望の詳細さのレベル、スキャン結果の使用目的などに基づいて、実行される特定の種類のスキャンに対して指定された、所定のデフォルト値であってもよい。さらに、または代替的に、距離 D はユーザ 1 1 2 によって指定されてもよい。

【 0 0 3 3 】

加えて、U A V 1 0 2 は、スキャン中に取得される画像に対して、重複の割合 O およびサイドラップの割合 S を決定してもよい。例えば、重複 O は、スキャン中に画像を取得しているときの、U A V の移動方向での取得される連続する画像の重複の割合であってもよい。サイドラップ (横方向の重複またはサイドオーバーラップとしても知られている) は、隣接する輪郭スライス 1 4 0 の画像間の重複量、すなわち、第 2 のスライス 1 4 0 (2) に沿って取得される画像と、第 2 のスライス 1 4 0 (2) に隣接する第 1 のスライス 1 4 0 (1) に沿って取得される画像との間に設けるサイドオーバーラップの量のことを指してもよい。場合によっては、重複およびサイドラップは、特定の種類のスキャンを実行するためにあらかじめ決定されたデフォルト値であってもよい、および / またはユーザ 1 1 2 によって指定されてもよい、などである。

40

50

【 0 0 3 4 】

スキャン中に画像を取得するために使用されるカメラのカメラ F O V (例 えば、 図 1 の 例 にお ける 第 1 の カメ ラ 1 0 6 の F O V) に 基 づ いて、 U A V 1 0 2 は、 距 離 D お よ び 重 複 O から ウェイポイントベースライン (w a y p o i n t b a s e l i n e) B w を 決 定 して も よ い。 例 えば、 ウェイポイントベースライン B w は、 (例 えば、 F O V、 カメ ラ から 表 面 まで の 距 離 D、 お よ び 重 複 O の 割 合 を 考 慮 して) 1 つ の 画 像 が 取 得 さ れ る 位 置 と 次 の 画 像 が 取 得 さ れ る 位 置 の 間 で U A V 1 0 2 が 移 動 す る、 ス ラ イ ス の 輪 郭 に 沿 っ た 距 離 であ っ て も よ い。 例 えば、 F O V お よ び 距 離 D に 基 づ いて、 各 画 像 に よ っ て 覆 わ れ る 表 面 積 が 計 算 さ れ て も よ い。 さ ら に、 2 つ の 画 像 の 指 定 さ れ た 重 複 を 確 実 に 達 成 す る た め に、 画 像 が 取 得 さ れ る ウェイポイントから次の画像が取得される次のウェイポイントに移動するときに、 U A V 1 0 2 の (例 えば、 図 1 の 例 にお ける Z 軸 の 周 り の) 回 転 が 追 跡 さ れ て 制 御 さ れ て も よ い。 例 えば、 ジ ン バ ル 1 1 0 は、 輪 郭 経 路 を ト ラ バ ース し な が ら、 カメ ラ 1 0 6 を 次 の 注 視 点 に 向 け て、 U A V 1 0 2 の 回 転 を 打 ち 消 す よ う に 制 御 さ れ て も よ い。

10

【 0 0 3 5 】

U A V 1 0 2 は、 距 離 D お よ び サ イ ド ラ ッ プ S から ス ラ イ ス ベ ース ラ イ ン (s l i c e b a s e l i n e) B s を 決 定 して も よ い。 例 えば、 ス ラ イ ス ベ ース ラ イ ン 距 離 B s は、 ス ラ イ ス と 隣 接 す る ス ラ イ ス の 間 の 距 離 であ っ て も よ い。 例 えば、 カメ ラ 1 0 6 から 表 面 1 3 6 まで の 距 離 D に 基 づ いて、 F O V に よ っ て 覆 わ れ る 表 面 の 面 積 が 決 定 さ れ る こ と が 可 能 であり、 次 に、 サ イ ド ラ ッ プ S の 指 定 さ れ た 割 合 に 基 づ いて、 U A V 1 0 2 は、 ス ラ イ ス 1 4 0 間 の 間 隔 (す な わ ち、 ス ラ イ ス ベ ース ラ イ ン 距 離 B s) を 決 定 して も よ い。

20

【 0 0 3 6 】

スライスベースライン B s が 決 定 さ れ た 後 に、 ス ラ イ ス ベ ース ラ イ ン B s が、 隣 接 す る ス ラ イ ス 間 の 許 容 で き る 距 離 を 指 定 す る た め、 U A V 1 0 2 は、 ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 に 適 用 す る ス ラ イ ス 1 4 0 の 数 を 決 定 して も よ い。 1 つ の 例 と し て、 U A V は、 (X、 Y、 Z) 座 標 系 1 4 2 を ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 に 関 連 付 け て も よ い。 座 標 系 1 4 2 を ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 に 関 連 付 け る 方 法 を 決 定 す る た め に、 さ ま ざ ま な 技 法 が 使 用 さ れ て も よ い。 1 つ の 例 と し て、 座 標 系 1 4 2 の 向 き は、 S D F モ デ ル から 決 定 さ れ た ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 の 検 出 さ れ た 形 状 に 少 な く と も 部 分 的 に 基 づ いて も よ い。 例 えば、 図 1 の 例 で は、 ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 が 上 に 垂 直 に 伸 び る 細 長 い 構 造 である た め、 U A V 1 0 2 は、 こ の 場 合 は Z 軸 などの、 軸 の うち の 1 つ を ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 の 最 長 の 垂 直 部 分 (例 えば、 主 要 な エ ッ ジ 1 3 8) に 関 連 付 け て も よ く、 他 の 軸 の うち の 少 な く と も 1 つ、 す な わ ち X 軸 お よ び / また は Y 軸 を、 他 の 検 出 さ れ た 主 要 な エ ッ ジ 1 4 4 お よ び / また は ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 の 他 の 目 立 っ た 構 造 に 関 連 付 け よ う と し て も よ い。 別 の 代 替 策 と し て、 U A V 1 0 2 は、 境 界 楕 円 を ス キ ャ ン 対 象 に 適 合 さ せ て も よ く、 こ の 例 で は Z 軸 などの、 座 標 系 の 1 つ の 軸 を 楕 円 の 長 軸 に 関 連 付 け、 X 軸 また は Y 軸 の うち の 1 つ を 楕 円 の 短 軸 に 関 連 付 け て も よ い。 さ ら に 別 の 代 替 策 と し て、 U A V 1 0 2 は、 境 界 矩 形 を ス キ ャ ン 対 象 に 適 合 さ せ て も よ く、 座 標 系 1 4 2 の 1 つ の 軸 を 境 界 矩 形 の 長 軸 に 割 り 当 て、 座 標 系 1 4 2 の 別 の 軸 を 境 界 矩 形 の 短 軸 に 割 り 当 て て も よ い。 さ ら に 別 の 代 替 策 と し て、 ユ ー ザ は、 座 標 系 1 4 2 を ス キ ャ ン 対 象 に 関 連 付 け る 方 法 を 決 定 して も よ い。 さ ら に 別 の 代 替 策 と し て、 U A V 1 0 2 は、 ス キ ャ ン 対 象 へ の X、 Y、 Z 軸 の 最 適 な 割 り 当 て を 決 定 す る た め に、 機 械 学 習 モ デ ル を 採 用 し て も よ い。 例 えば、 機 械 学 習 モ デ ル は、 座 標 系 の 軸 を さ ま ざ ま な 形 状 お よ び 構 造 に 割 り 当 て る よ う に 機 械 学 習 モ デ ル を ト レ ー ニ ン グ す る た め に 座 標 系 に 関 連 付 け ら れ た 複 数 の 異 な る 構 造 対 し て、 ト レ ー ニ ン グ さ れ て も よ い。

30

40

【 0 0 3 7 】

座 標 系 1 4 2 が ス キ ャ ン 対 象 1 1 1 に 関 連 付 け ら れ た 後 に、 (X、 Y、 Z) 座 標 系 1 4 2 の 軸 A ご と に、 コ ン ピ ュ ー テ ィ ン グ 装 置 は、 例 えば、 $A = 床 + n * B s$ に な る よ う な B s の ス テ ッ プ で の 連 続 的 順 序 (例 えば、 昇 順 また は 降 順) で、 選 択 さ れ た 軸 A に 沿 っ て S D F ス ラ イ ス (S D F s l i c e s) を サ ン プ リ ン グ し て も よ い。 ス キ ャ ン 対 象 モ デ ル が、 選 択 さ れ た 軸 A に 沿 っ て 互 い に 距 離 B s 離 れ て 複 数 の ス ラ イ ス 1 4 0 に 割 割 さ れ た 後 に、 ス ラ イ ス ご と に、 U A V 1 0 2 は、 そ の ス ラ イ ス に 沿 っ て D の 輪 郭 を 決 定 して も よ い

50

。輪郭は、特定のスライスに対応する2D平面内の（例えば、1つのウェイポイントから隣接するウェイポイントまでの）1D経路のセットとして表されてもよい。

【0038】

UAV102は、各スライスの2D平面内の輪郭経路に沿った1つのウェイポイントから次の隣接するウェイポイントまでの輪郭ステップごとに、ウェイポイントベースラインBwに基づいてウェイポイントの位置をさらに決定してもよい。各ウェイポイントは、スキャン対象111の表面の画像を取得するために第1のカメラが操作され得る画像取得位置である。さらに、スライス内の選択されたウェイポイントごとに、UAVは、SDF勾配およびスライス平面の関数として、スキャン対象111の表面上の注視点を選択してもよい。例えば、注視点は、UAV102が対応する選択されたウェイポイントに位置付けられたときに、表面の画像を取得するために第1のカメラ106の焦点が向けられるスキャン対象111の表面上の点であってもよい。UAV102が1つのウェイポイントから次のウェイポイントに移動するとき、第1のカメラを現在のウェイポイントに対して指定された注視点に向けるように、ジンバル110の回転およびUAV102の回転が制御されてもよい。

10

【0039】

加えて、UAV102は、最適な方法で各スライス内のウェイポイントを順序付けてもよい。1つの例として、UAV102は、ウェイポイントの平均位置間で巡回セールスマン問題アルゴリズムを実行してもよい。これによって、ウェイポイントの順序付けられたセットを含んでいる輪郭の順序付けられたセットを含んでいるスライスの順序付けられたセットを形成する。座標系142の3つの軸X、Y、およびZの各々について、ウェイポイントの順序付けられたセットを含んでいる輪郭の順序付けられたセットを含んでいるスライスの順序付けられたセットを形成するために、他の2つの軸の各々について、このプロセスが繰り返されてもよい。

20

【0040】

一部の例では、UAV102は、第1の選択された軸ではすべてのウェイポイントを画像取得のために維持し、次に、増分被覆指標(Incremental Coverage Metric)へのある程度の近接性に基づいて、第2および第3の軸からウェイポイントを取り除くことを優先する、Z、X、Yなどの好ましい軸の順序付けを適用してもよい。例えば、選択された軸が、スキャンされるのが望ましいスキャン対象のすべてのエリアの完全な被覆をもたらす場合、他の2つの軸に沿ったスキャンは、全く実行されなくてもよい。しかし、第1の選択された軸が部分的な被覆しかもたらさない場合、UAV102は、第1の選択された軸のスライスによって覆われずに残っているエリアの被覆をもたらす残りの軸のうちの1つを選択してもよい。トラバースされる軸およびスライスの選択に続いて、UAV102は、第1の選択された軸の1つの端部から開始することなどによって、スキャン中の不必要な移動距離を最小限に抑えることに基づいて、開始位置を選択してもよい。スキャン対象およびスライスの構成に応じて、UAV102は、スキャン対象の連続する軌道の軌道パターンを実行してもよく、芝刈り機パターンを実行してもよく、柱パターンを実行してもよく、またはこれらのパターンの組み合わせを実行してもよい。UAV102は、軸の第1の端部から開始して他の端部に移動するなど、軸のうちの選択された1つを輪郭ごとに順番に（順次に）トラバースしてもよい。例えば、示された例では、UAV102は、スライス140(1)から開始し、スライスごとに順次に上へ、例えば、140(2)、140(3)などへ移動してもよく、またはこれとは逆に、スライス140(14)から開始し、スライスごとに順次に下へ、例えば、140(13)、140(12)などへ移動してもよい。

30

40

【0041】

加えて、UAV102は、輪郭経路をトラバースするときに選択された一定速度で移動するように構成されてもよい。例えば、UAV102は、選択された距離D、カメラの露光時間設定、現在の照明条件、および取得された画像の使用目的にとって許容できる被写体ぶれの量に基づいて、トラバース速度を決定してもよい。被写体ぶれは、露光が開始す

50

る時間と露光が終了する時間の間に、カメラの画像センサでスキャン対象の表面上の点が移動する（ピクセル単位の）距離に基づいて決定されてもよい。例えば、画像の所望の鮮明さに応じて、許容できる被写体ぶれのしきい値レベルが確立されてもよい。許容できる被写体ぶれのしきい値レベル、（例えば、第1のカメラ106に対してあらかじめ経験的に決定されたカメラのモデルに基づいて決定されたか、またはカメラ製造業者によって提供された）第1のカメラ106の能力、例えば第1のカメラ106に関連付けられた光センサによって決定された、現在の照明条件、および距離Dに基づいて、UAV102は、スライスの輪郭経路をトラバースするための最大トラバース速度を決定してもよく、各ウェイポイントで減速することも停止することも必要とせずに、規則的間隔でのウェイポイントで画像を取得しながら、例えば最大トラバース速度に基づく一定速度で、輪郭経路をトラバースしてもよい。

10

【0042】

いくつかの例では、スキャン対象の異なる側面での速度は、異なってもよい。例えば、他の側面が明るい日差しの中にある間に、スキャン対象111の1つの側面が陰になっている場合、UAV102は、影側ではより遅い一定速度で移動し、日に照らされた側ではより速い一定速度で移動してもよい。代替的に、別の例として、UAV102は、最低の光レベルを有するスキャン対象111の部分に対して最大一定速度を決定してもよく、その速度をスキャン全体の一定の画像取得速度として使用してもよい。多くの他の変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

【0043】

スライス140(1)~140(14)に対応する輪郭経路(図1に示されていない)をトラバースしているときなどの、スキャン対象111のスキャン中に、UAV102は、スキャンするべきスキャン対象の追加の輪郭または他の表面を識別してもよい。例えば、UAV102がスキャンを実行しているときに、UAV102は、スキャン計画の再計画をリアルタイムで実行してもよい。例えば、UAV102は、もともと決定されたスライスを維持してもよく、現在の輪郭および新しい輪郭がほぼ同じ平面上にある場合(例えば、スライスベースラインBsのサイズ未満の差の範囲内にある場合)、現在の輪郭を新しい輪郭に接合してもよい。他の例では、これまで発見されていない表面が発見された場合、UAV102は、現在のスキャンを中断し、スキャン対象の周囲およびより遠い距離を飛行して、新しいエリアを含んでいるスキャン対象のメッシュ3Dモデルを生成することなどによって、調査動作を実行し、より良い視覚化および効果的な時間推定を取得し、追加のスライスを含む新しいスキャン計画を決定してもよい。

20

30

【0044】

いくつかの例では、UAV102がスキャン対象111のすべての所望のエリアのスキャンを確実に実行するために、被覆指標が採用されてもよい。1つの例として、複数のスライスの複数の輪郭経路のウェイポイントから最初の被覆メッシュが作成されてもよい。UAV102は、不完全なエリアを決定してもよく、スキャン中に第2のカメラ108を使用して画像を取得することによって追加の点の位置を3Dモデルに統合することに基づいてスキャン中に決定されて更新された3Dモデルとの、最初の被覆メッシュの比較に基づいて、画像を取得することによって、これらのエリアを埋めてもよい。比較に基づいて識別された不完全なエリアごとに、UAV102は、その位置で表面の法線を決定してもよく、その位置に移動して、表面から距離Dで表面の1つまたは複数の画像を取得してもよい。

40

【0045】

一部の例では、SDFモデルの勾配に基づいて注視点が決定されてもよい。Zスライスが地面の近くに位置する場合、スライス平面内のSDFの勾配のみが使用されてもよく、これによって、そのスライスに対するジンバル110のレベルを維持し、そうしなければ勾配がカメラを地面に向けることを引き起こす状況を、防ぐことができる。加えて、芝刈り機パターンを使用してトラバースされ得るスライスの場合、UAV102が、一連の各スライスで反対方向に移動して、芝刈り機パターンの行を往復してトラバースするときに

50

、距離に相対的に小さい傾いた表面を取得するために輪郭に沿ってカメラ106が傾けられるように、ジンバル110が制御されてもよい。前方にゆがめられた注視点を含む交互のスライスで軌道の方向を反転することによって、軌道パターンの場合に同様の効果が実現されてもよい。

【0046】

スライスをトラバースするために決定されたスキャン計画に基づいて、UAV102は、前述したような整然とした方法で、場合によっては、一定の速度で画像を取得する一定速度で、スライスごとに輪郭をトラバースしてもよい。さらに、いくつかの例では、UAV102が第1のカメラ106を使用して画像を取得しているときに、UAV102は、第2のカメラ108からの画像を使用して3Dモデルを更新し、3Dモデルの精度を改善してもよい。UAV102は、自律的にナビゲートし、スキャン計画に基づいてスキャン対象の画像を取得してもよい。例えば、スキャン計画に基づいて、UAV102が、存在することがある障害物との衝突を回避しながら1つの輪郭から次の輪郭へ連続して飛行している間に、すき間のない画像が取得されてもよい。

10

【0047】

スキャン計画に基づくスキャン対象のスキャン中に、UAV102は、3D再構成技法を使用して、表面の点までの新たに検出された距離などに少なくとも部分的に基づいて、スキャン対象の3Dモデルのより高解像度のバージョンをリアルタイムで生成してもよい。本明細書の例では、「リアルタイム」は、「ほぼリアルタイム」を含んでもよく、例えば、UAV102が1つまたは複数の画像の取得後にまだ飛行中である間に、および/またはUAV102がスキャンを実行している、ウェイポイント間を移動している、などの間に、処理能力が利用可能になるときに、過度の遅延なしで言及された処理または他の動作を実行することを指してもよい。本明細書におけるリアルタイム処理の実際の時間量は、UAV102の搭載プロセッサおよび他のコンポーネントの処理能力に基づいて変化してもよい。例えば、本明細書におけるUAV102は、3Dモデルを更新すること、スキャン計画を更新することなどの、複数の異なる処理動作のいずれかをリアルタイムで実行してもよい。

20

【0048】

いくつかの例では、スキャンおよび3D再構成は、最初のスキャン計画に従うスキャン対象111のスキャン中に、スキャン対象の表面を代表するさらなる点または他の情報を3Dモデルに追加し、3Dモデルに追加された情報に基づいて最初のスキャン計画を動的に更新することなどによって、反復的に実行されてもよい。したがって、UAV102がスキャン計画をナビゲートし、追加の表面が発見され得るため、3Dモデルの表面情報の品質が改善され続けてもよい。場合によっては、3Dモデルの精度、被覆などが反復的に改善されるため、スキャン計画は、これまで含まれていなかった新しい点を覆うこと、またはこれまで識別されなかった障害物を回避することなどのために、動的に更新されてもよい。

30

【0049】

例えば、UAV102がスキャン対象のスキャンを完了したか、またはスキャンの少なくとも一部を完了した後に、スキャン中に取得されたより高解像度の3Dモデルおよび画像が、ネットワーク113などを經由して、UAV102からサービスコンピューティング装置126にエクスポートされてもよい。いくつかの例では、スキャン対象111のスキャンが行われているときに、取得された画像および/または3Dモデル情報が、コントローラ104および/またはサービスコンピューティング装置126に無線で送信されてもよい。場合によっては、スキャン対象111を見ること、スキャン対象111の高解像度検査、またはそのような高解像度3Dモデルおよび高解像度画像を使用して実行され得るさまざまな他の観測、コンピュータグラフィック、もしくはコンピュータモデリング動作のいずれかを実行することなどのために、スキャン対象のテクスチャ処理された3Dモデルの作成を可能にするために、画像は、3Dモデル上の点と相関関係があってもよい。

40

【0050】

50

図 2 は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象 202 のスライスの輪郭経路およびウェイポイントを決定する例 200 を示している。この例では、図に示されているように、スキャン対象 202 が星形断面を有すると仮定する。さらに、座標系 204 によって示されているように、Z 軸が上を向いた状態で、断面が X - Y 平面を示し、図 1 に関して上で説明されたスライス 140 と同様に Z 軸を横切って取得されたスライス 206 を表すと仮定する。当然ながら、他の例では、スライス 206 は、X 軸または Y 軸を横切って取得されてもよい。

【0051】

場合によっては、各スライスは、座標系の 1 つの軸を一定に保つことなどによって、スライスの位置で SDF モデルの 2D 平面に沿ってサンプリングされた等高線を決定するために使用されてもよい。例えば、ゼロ輪郭、すなわち、スキャン対象の表面からの所望の距離で、2D 等高線が決定されてもよい。スライスは、任意の平面内で取得されてもよく、計算を簡略化するために、第 3 の軸を一定に保つことによって、軸のうちの 2 つに揃えられてもよい。例えば、 $Z = 1$ に保つと、X - Y 平面内の Z の断面を得ることができる。(例えば、スライスベースライン距離 B_s に基づいて) 指定された間隔でスライスを取得することによって、複数のスライスが決定されてもよい。スライスごとに、1D 輪郭経路を取得するために、表面からの距離 D での輪郭がサンプリングされてもよい。次に、指定された重複に関連する間隔、すなわち、ウェイポイントベースライン距離 B_w で、輪郭経路に沿ってウェイポイントがサンプリングされてもよい。UAV102 は、規則的間隔で画像を取得しながら、輪郭経路に沿って移動してもよく、通常は、符号付き距離の法線または輪郭形状の何らかの派生情報に沿って、内側を見ている。場合によっては、トラバースパターン、例えば、芝刈り機、軌道、柱などが、情景形状および選択されたスライス寸法の特定の事例に対応することがある。

【0052】

前述したように、UAV102 は、スキャンのための画像を取得するときに、第 1 のカメラ 106 と表面 207 の間のベースライン距離として使用するために、スキャン対象 202 の表面 207 からの距離 D を決定してもよい。場合によっては、距離 D は、取得される画像の所望の詳細さのレベル、スキャン結果の使用目的などに基づいて、実行される特定の種類のスキャンに対して指定された、所定のデフォルト値であってもよい。さらに、または代替的に、距離 D は、ユーザが、指定されたスキャン対象 202 のスキャンを実行するように UAV102 に指示するとき、ユーザ 112 によって指定されてもよい。同様に、ユーザ 112 は、スキャンに対して重複 O およびサイドラップ S を指定してもよく、ならびに N または O および S は、特定の種類のスキャン、特定の種類のスキャン対象などのデフォルト値であってもよい。

【0053】

UAV102 は、距離 D に基づいて、表面 207 に相対的に UAV102 がトラバースするための輪郭経路 208 を決定してもよい。加えて、UAV102 は、スキャンのための画像を取得するために使用される距離 D 、所望の重複 O 、および第 1 のカメラ 106 の FOV に基づいて、ウェイポイントベースライン B_w を決定してもよい。例えば、ウェイポイントベースライン B_w は、例えば、第 1 のウェイポイント 210 (1) で第 1 の画像が取得される位置と、第 2 のウェイポイント 210 (2) で次の画像が取得されるときの位置の間の、UAV102 が移動するスライスの輪郭経路 208 に沿った距離であってもよい。例えば、FOV および距離 D に基づいて、各画像取得によって覆われる表面積が計算されてもよい。さらに、ウェイポイントベースライン B_w に従ってウェイポイントの間隔を均等に空けることによって、いくつかの例では、UAV102 は、規則的間隔で表面 207 の画像を取得しながら、一定速度で輪郭経路 208 をトラバースするように構成されてもよい。この配置は、スキャン対象 202 の完全な整然とした被覆も保証しながら、画像を取得しているときの UAV102 の動作を最適化することができる。

【0054】

さらに、スキャン対象 202 の表面 207 上の注視点 212 の位置が決定されてもよい

10

20

30

40

50

。各注視点 2 1 2 は、ウェイポイント 2 1 0 のうちの 1 つに対応してもよく、対応するウェイポイント 2 1 0 で画像を取得するときのスキャン対象 2 0 2 の表面 2 0 7 上の第 1 のカメラ 1 0 6 の焦点であってもよい。例えば、第 1 の注視点 2 1 2 (1) は第 1 のウェイポイント 2 1 0 (1) に対応してもよく、第 2 の注視点 2 1 2 (2) は第 2 のウェイポイント 2 1 0 (2) に対応してもよく、第 3 の注視点 2 1 2 (3) は第 3 のウェイポイント 2 1 0 (3) に対応してもよい、などである。場合によっては、注視点間の距離 (図 2 に示されていない) を決定するために、ウェイポイントベースライン距離 B_w が使用されてもよい。次に、場合によっては、注視点 2 1 2 に基づいてウェイポイント 2 1 0 の位置が決定されてもよい。

【 0 0 5 5 】

さらに、2 つの画像の指定された重複を確実に達成するために、画像が取得される 1 つのウェイポイント 2 1 0 から次の画像が取得される次のウェイポイント 2 1 0 に移動するときなどに、UAV 1 0 2 の、例えば、Z 軸の周りの回転が追跡されて制御されてもよい。例えば、UAV 1 0 2 が正しい注視点 2 2 2 に対応するウェイポイント 2 1 0 に達するときに、カメラが表面 2 0 7 上の正しい注視点 2 2 2 に確実に向けられるように、第 1 のカメラ 1 0 6 のジンバル 1 1 0 が制御されてもよい。例えば、ジンバルは、カメラ 1 0 6 を回転させて、1 つのウェイポイント 2 1 0 から次のウェイポイント 2 1 0 へ輪郭経路 2 0 8 をトラバースしているときに発生することがある UAV 1 0 2 の本体の回転を打ち消すように、UAV 1 0 2 によって制御されてもよい。したがって、ウェイポイントベースライン距離 B_w に基づいて、UAV 1 0 2 は、輪郭経路 2 0 8 に沿って複数の間隔を空けられたウェイポイント 2 1 0 を決定してもよい。前述したように、このプロセスは、スキャン対象のスライスごとに繰り返されてもよい。ウェイポイントの決定に続いて、ウェイポイントを効率的にトラバースするためのスキャンパターンが決定されてもよい。

【 0 0 5 6 】

図 3 A および 3 B は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象の輪郭経路を決定する例を示している。図 3 A は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象 3 0 2 のスライスを決定する例 3 0 0 を示している。この例では、UAV 1 0 2 が座標系 3 0 4 をスキャン対象 3 0 2 に関連付けており、座標系 3 0 4 の Y 軸をスキャン対象 3 0 2 の最長の主要なエッジ 3 0 6 に揃えており、X 軸を別のエッジ 3 0 8 に揃えていると仮定する。さらに、UAV 1 0 2 は、Y 軸を横切ってスキャン対象 3 0 2 をスライスして、スライスベースライン距離 B_s だけ間隔を空けられた複数のスライスを生成しており、スキャン対象 3 0 2 の表面から距離 D の間隔を空けられた複数の対応する輪郭経路 3 1 0 を決定している。さらに、UAV 1 0 2 が、輪郭経路 3 1 0 がスキャンされるべきすべての表面の被覆をもたらすということを決めていると仮定する。したがって、UAV 1 0 2 は、輪郭 3 1 0 の各々に対してウェイポイントの位置を決定してもよく、芝刈り機パターンなどの、スキャンを実行するためのパターンを選択してもよい。例えば、スキャン対象 3 0 2 をスキャンするために、輪郭経路 3 1 0 の左端または右端で開始し、反対端に達するまで、連続的に隣接する輪郭経路 3 1 0 に沿って往復して飛行することによって、芝刈り機パターンが実行されてもよい。

【 0 0 5 7 】

図 3 B は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象 3 2 2 のスライスを決定する例 3 2 0 を示している。この例では、スキャン対象 3 2 2 は、立方体形であり、UAV 1 0 2 は、座標系 3 2 2 を立方体の水平方向および垂直方向のエッジに揃えている。さらに、UAV 1 0 2 は、Z 軸のスライスに対応する、スキャン対象 3 2 2 の側面 3 2 8 から距離 D で間隔を空けられ、スキャンベースライン距離 (*scan baseline distance*) B_s だけ互いに離れて間隔を空けられた、対応する複数の第 1 の輪郭経路 3 2 6 を決定するために、Z 軸に沿って第 1 の複数のスライスを決定している。

【 0 0 5 8 】

加えて、UAV 1 0 2 は、スキャン対象 3 2 2 の上面 3 3 2 から距離 D の間隔を空けられ、スキャンベースライン距離 B_s だけ互いに離れて間隔を空けられた、対応する第 2 の

10

20

30

40

50

複数の輪郭経路 330 を決定するために、Y 軸を横切って取得された第 2 の複数のスライスを決定している。UAV 102 は、輪郭 326、330 ごとに複数のウェイポイントを決定してもよい。さらに、ウェイポイントがスキャン対象 322 の表面の被覆において重複することがある場合、UAV 102 は、それらのウェイポイントの一部を除去し、スキャン対象 322 の同じ表面上の画像取得の重複を防いでもよい。例えば、この例では、スキャン対象 322 の側面 328 の画像を取得するための Y 軸のウェイポイントが、スキャン対象 322 をスキャンするために実行されるスキャン計画から取り除かれよう。さらに、スキャン対象 322 をスキャンするためのスキャン計画を決定する場合、UAV は、スキャン対象 322 の下部または上部から開始することなどによって、第 1 の複数の輪郭経路 326 をトラバースして、側面 328 をスキャンするために、軌道パターンを実行してもよく、その後、第 2 の複数の輪郭経路 330 をトラバースして、スキャン対象 322 の上面 332 をスキャンするために、芝刈り機パターンを適用してもよい。さらに、本明細書では、さまざまな種類のスキャン対象に対して輪郭経路を決定する複数の例が説明されるが、多くの変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

【0059】

図 4A および 4B は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象の輪郭経路を決定する例を示している。図 4A は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象 402 に対して垂直方向の柱の輪郭経路を決定する例 400 を示している。この例では、UAV 102 が座標系 404 をスキャン対象 402 に関連付けており、座標系 404 の Z 軸をスキャン対象 402 の最長の主要なエッジ 406 に揃えていると仮定する。さらに、UAV 102 は、Y 軸を横切ってスキャン対象 402 をスライスして、X - Z 平面内の複数のスライスを決定し、それぞれ複数の垂直方向の柱の輪郭経路 408 を取得している。輪郭経路 408 は、スライススペースライン距離 B_s 以下の距離だけ、互いに離れて間隔を空けられている。UAV 102 が、輪郭経路 408 に沿ってウェイポイントの位置を決定した後に、UAV 102 は、第 1 の輪郭経路 408 の下部から開始し、上に移動してから、輪郭経路 408 の反対側を逆向きに下に移動し、次の隣接する輪郭経路 408 に移動し、すべての輪郭経路 408 がトラバースされるまで繰り返すことによって、垂直方向の柱の輪郭経路 408 をトラバースしてもよい。

【0060】

図 4B は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象 422 のスライスに対して複数の輪郭経路を決定する例 420 を示している。この例では、図に示されているように、スキャン対象 422 が三角形断面を有すると仮定する。さらに、座標系 424 によって示されているように、Z 軸が上を向いた状態で、断面が X - Y 平面を示し、Z 軸を横切って取得されたスライス 426 を表すと仮定する。この例では、UAV 102 が、スキャン対象 422 の表面 428 からの 3 つの異なる距離 D_1 、 D_2 、および D_3 で、スキャン対象の 3 つのスキャンをそれぞれ実行するように指示されていると仮定する。したがって、UAV 102 は、3 つの異なる距離に対応する 3 つの等高線経路、すなわち、表面 428 からの距離 D_1 に位置する第 1 の輪郭経路 430、表面 428 からの距離 D_2 に位置する第 2 の輪郭経路 432、および表面 428 からの距離 D_3 に位置する第 3 の輪郭経路 434 を決定してもよい。1 つの例として、UAV 102 は、距離 D_3 のすべての輪郭経路をトラバースし、次に、距離 D_2 のすべての輪郭経路をトラバースし、その後、距離 D_1 のすべての輪郭経路をトラバースしてもよい。別の例として、UAV 102 は、次の隣接するスライスへ Z 軸を上または下に移動する前に、スライス 426 ごとに D_3 、 D_2 、および D_1 で 3 つの輪郭経路をトラバースしてもよい。いくつかの例では、UAV 102 が各輪郭経路 430、432、および 434 をトラバースする速度は、異なってもよい。例えば、表面 428 により近い輪郭経路 430 で取得された画像に発生することがある被写体ぶれの量を減らし、より詳細な画像の取得を可能にするなどのために、輪郭経路 434 のトラバース速度は、輪郭経路 432 のトラバース速度より高速であっててもよく、輪郭経路 432 のトラバース速度は、輪郭経路 430 のトラバース速度より高速であっててもよい。

【0061】

10

20

30

40

50

図5および6は、いくつかの実装形態に従って例示のプロセスを示すフロー図を含んでいる。これらのプロセスは、ハードウェア、ソフトウェア、またはこれらの組み合わせにおいて一部またはすべてが実施され得る一連の動作を表す、論理フロー図内のブロックの集合として示されている。ソフトウェアの文脈において、ブロックは、1つまたは複数のプロセッサによって実行された場合に列挙された動作を実行するようにプロセッサをプログラムする、1つまたは複数のコンピュータ可読媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を表してもよい。通常、コンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するか、または特定のデータ型を実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを含む。ブロックが記述される順序は、制限と解釈されるべきでない。プロセスまたは代替のプロセスを実施するために、任意の数の記述されたブロックが、任意の順序で、および/または並列に組み合わせられることが可能であり、ブロックのすべてが実行される必要があるわけではない。説明の目的で、本明細書の例において説明された環境、システム、および装置を参照してプロセスが説明されるが、プロセスは、多種多様な他の環境、システム、および装置において実施されてもよい。

10

【0062】

図5は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象をスキャンするための例示のプロセス500を示すフロー図である。いくつかの例では、プロセス500の少なくとも一部は、スキャンプログラムおよび車両制御プログラムを実行することなどによって、UAV102によって実行されてもよい。代替的に、いくつかの例では、プロセス500の少なくとも一部は、コントローラ104および/またはサービスコンピューティング装置126などの、UAV102から遠隔にあるコンピューティング装置によって実行されてもよい。

20

【0063】

502で、UAV102は、スキャン対象のインジケーションを受信してもよい。いくつかの例では、UAV102は、コントローラ104を介して行われた1つまたは複数のユーザ入力などに基づいて、コントローラ104からスキャン対象のインジケーションを受信してもよい。代替的に、別の例として、UAV102は、サービスコンピューティング装置126から、またはUAV102と通信することができる任意の他のコンピューティング装置から、スキャン対象のインジケーションを受信してもよい。

【0064】

504で、UAV102は、要求されたスキャンに使用するための距離D、重複O、およびサイドラップSを決定してもよい。場合によっては、距離D、重複O、および/またはサイドラップSは、取得される画像の所望の詳細さのレベル、スキャン結果の使用目的などに基づいて、実行される特定の種類のスキャンに対して指定された、所定のデフォルト値であってもよい。さらに、または代替的に、ユーザ112によって、これらの値のうちの一つまたは複数指定されてもよい。

30

【0065】

506で、UAV102は、示されたスキャン対象の1つまたは複数の表面の位置を表している3D空間内の複数の点を含んでいるモデルにアクセスしてもよい。1つの例として、UAV102は、図6に関して下でさらに説明されるように、スキャン対象の受信されたインジケーションに応答して、スキャン対象の複数の最初の画像を取得することに基づいて3D SDFモデルを生成してもよい。他の例では、UAV102は、コントローラ104、サービスコンピューティング装置126、または他のリモートコンピューティング装置から、スキャン対象の既存の3Dモデルを受信してもよい。

40

【0066】

508で、UAV102は、スキャンのためのウェイポイントベースライン距離Bwおよびスライスベースライン距離Bsを決定してもよい。例えば、UAV102は、第1のカメラ106のFOV、距離D、および重複Oに基づいてウェイポイントベースライン距離Bwを決定してもよい。ウェイポイントベースラインBwは、所望の重複を維持しながら、1つの画像が取得される位置と次の画像が取得される位置の間でUAV102が移動する、スライスの輪郭に沿った距離であってもよい。同様に、UAVは、第1のカメラ1

50

06のFOV、距離D、およびサイドラップSに基づいてスライスベースライン距離Bsを決定してもよい。例えば、スライスベースライン距離Bsは、スライスと隣接するスライスの間の距離であってもよい。

【0067】

510で、UAV102は、座標系をスキャン対象に関連付けてもよい。1つの例として、UAV102は、座標系の軸のうちの1つをスキャン対象の最長のエッジまたは要素に関連付けてもよく、他の軸を、他の主要なエッジなどのスキャン対象の他の部分に関連付けようとしてもよい。

【0068】

512で、(X、Y、Z)座標系の軸Aごとに、UAV102は、軸Aを横切る、スライスベースライン距離Bsだけ軸A上で間隔を空けられた、1つまたは複数のスライスを決定してもよい。例えば、動作が3D SDFモデルに対して実行されている場合、スライスは、座標系の3つの軸の各々に沿ってSDFモデルに対して決定されてもよい。

10

【0069】

514で、UAV102は、スライスごとに、距離Dの輪郭を決定してもよい。1つの例として、輪郭は、各スライスの2D平面内の複数の1D経路のセットとして決定されてもよい。複数の1D経路は、共に、スキャン対象の表面からの距離Dに位置する3D空間内の輪郭経路を含んでもよい。

【0070】

516で、輪郭ごとに、UAV102は、輪郭に沿って進み、ウェイポイントベースライン距離Bw以下の距離だけ間隔を空けられたウェイポイントの位置を決定してもよい。

20

【0071】

518で、ウェイポイントごとに、UAV102は、UAV102がその各ウェイポイントにあるときにカメラが焦点を合わせる注視点を決定してもよい。1つの例として、注視点は、各ウェイポイントに対して、スライス平面のSDF勾配の関数として決定されてもよい。

【0072】

520で、UAV102は、各スライス内の輪郭を順序付けてもよい。例えば、UAV102は、輪郭の各平均位置に基づいて輪郭を順序付けるために、巡回セールスマン問題(TSP)アルゴリズムを使用してもよい。座標系の軸ごとにブロック512~520を繰り返して、座標系の軸ごとに、ウェイポイントの順序付けられたセットを含んでいる輪郭の順序付けられたセットを含んでいるスライスの順序付けられたセットを得ることができる。

30

【0073】

522で、UAV102は、スキャンを実行するためのスキャン計画を決定してもよい。1つの例として、UAV102は、Z軸を選択してから、X軸を選択し、その後、Y軸を選択するなどの、好ましい軸の順序付けを使用してもよい。代替的に、別の例として、UAV102は、最も多くのスライスを含む軸を選択してもよい。次に、UAV102は、近接性指標、増分被覆指標などに基づいて、他の2つの軸からスライスおよび/またはウェイポイントを取り除いてもよい。例えば、スキャン対象の表面のエリアが、選択された軸のウェイポイントによってすでに覆われている場合、そのエリアの他の2つの軸のウェイポイントは、取り除かれるか、またはそうでなければ使用されなくてもよい。

40

【0074】

524で、UAV102は、スキャン計画を実行するための効率的なパターンを決定してもよい。例えば、輪郭経路がスキャン対象を包含している場合、UAV102は、輪郭経路をトラバースするために、最初に軌道パターンを適用しようとしてもよい。代替的に、軌道パターンが適用され得ない輪郭経路の場合、UAV102は、第1の輪郭経路のトラバースに続いて1つの輪郭経路から隣接するスライスの隣接する輪郭経路への移動を可能にする、芝刈り機パターンまたは他の効率的なパターンを適用しようとしてもよい。

【0075】

50

526で、UAV102は、スキャン計画において各輪郭経路をトラバースする速度を決定してもよい。1つの例として、UAV102は、時間および/または空間の規則的間隔でスキャン対象の表面の画像を取得するために、一定速度で輪郭経路の少なくとも一部をトラバースするように構成されてもよい。例えば、UAV102は、選択された距離D、カメラの露光時間設定、スキャン対象の表面での現在の照明条件、および取得された画像の使用目的にとって許容できる被写体ぶれの量に基づいて、トラバース速度を決定してもよい。場合によっては、画像の所望の鮮明さに応じて、許容できる被写体ぶれのしきい値レベルが確立されてもよい。許容できる被写体ぶれのしきい値レベル、第1のカメラ106の能力、例えば第1のカメラ106に関連付けられた光センサによって決定された、現在の照明条件、および距離Dに基づいて、UAV102は、スキャン計画の少なくとも一部の輪郭経路をトラバースするための一定のトラバース速度を決定してもよい。

10

【0076】

いくつかの例では、スキャン計画の異なる部分での速度は、異なってもよい。例えば、別の部分が明るく照らされている間に、スキャン対象の1つの部分が日陰になっている場合、UAV102は、日陰になっている部分ではより遅い一定速度で移動し、明るく照らされている部分に関してはより速い一定速度で移動してもよい。代替的に、別の例として、UAV102は、最低の光レベルを有するスキャン対象の部分に対して最大一定速度を決定してもよく、その速度をスキャン計画全体の一定の画像取得速度として使用してもよい。多くの他の変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

【0077】

20

528で、UAV102は、可能な限り決定された一定速度で移動し、輪郭経路の連続的な構造化され性質によって少なくとも部分的に可能にされる時間および/または空間の規則的間隔で画像を取得することによって、スキャン計画を実行してもよい。

【0078】

図6は、いくつかの実装形態に従ってスキャン対象の3Dモデルを生成するための例示のプロセス600を示すフロー図である。いくつかの例では、下でさらに説明されるように、プロセス600の少なくとも一部は、スキャンプログラムおよび車両制御プログラムを実行することなどによって、UAV102によって実行されてもよい。代替的に、いくつかの例では、プロセス600の少なくとも一部は、コントローラ104および/またはサービスコンピューティング装置126などの、UAV102から遠隔にあるコンピューティング装置によって実行されてもよい。

30

【0079】

602で、UAV102は、スキャン対象のインジケーションを受信してもよい。例えば、UAV102は、コントローラ104を介して行われた1つまたは複数のユーザ入力などに基づいて、コントローラ104からスキャン対象のインジケーションを受信してもよい。代替的に、別の例として、UAV102は、サービスコンピューティング装置126から、またはUAV102と通信することができる任意の他のコンピューティング装置から、スキャン対象のインジケーションを受信してもよい。

【0080】

604で、UAV102は、示されたスキャン対象に対応する表面の画像を取得するための1つまたは複数の姿勢を決定してもよい。例えば、スキャン対象を指定するために境界エリアまたは境界ボリュームが使用される場合、UAV102は、境界エリアまたは境界ボリューム内の任意の表面の画像を取得するために、境界エリアまたは境界ボリュームを現実世界の位置と相関させることに基づいて、示されたスキャン対象の画像を取得する1つまたは複数の位置および視野を決定してもよい。

40

【0081】

606で、UAV102は、各姿勢で画像を取得するために、決定された1つまたは複数の姿勢へ飛行するようにUAV102の推進メカニズム116を制御してもよい。1つの例として、UAVは、第2のカメラ108が立体視レンジファインダとして機能し、スキャン対象の表面上のさまざまな点までの距離を決定することを可能にするように、第2

50

のカメラ 108 のうちの 2 つ以上と同時に画像を取得してもよい。

【0082】

608 で、UAV102 は、関連する画像内の点間の視差を決定することなどに基づいて、UAV から画像に取得された表面までの距離を決定してもよい。例えば、UAV102 は、スキャン対象の表面上の各点の各距離を決定するために、複数の画像の多視点ステレオ分析を採用してもよい。

【0083】

610 で、UAV102 は、3D 空間内の複数の点の位置を含んでいる 3D SDF モデルを生成するために、カメラ 108 からの画像を使用してもよい。3D モデルは、最初は、粗い低解像度の 3D モデルであってもよく、UAV102 によってスキャン対象の追加の画像を取得されるにつれて、精度が改善されてもよい。例えば、より低解像度の 3D SDF モデルは、複数の点を含んでもよく、3D 空間内のそれらの点の位置は、UAV102 で複数の画像センサを使用して取得された点の 2 つ以上の画像間の視差または他の差を決定することなどの、画像分析に基づいて決定されてもよい。

【0084】

612 で、UAV102 は、より低解像度の 3D モデルに関する情報をリモートコンピューティング装置に送信してもよい。例えば、3D SDF モデルに関するモデル情報は、UAV102 と連通することができる、UAV102 から遠隔にあるコントローラ 104、サービスクompューティング装置 126、または他のコンピューティング装置に送信されてもよい。さらに、前述したように、3D SDF モデルは、図 5 に関して上で説明されたようにスキャン対象をスキャンするためのスキャン計画を決定するために使用されてもよい。加えて、スキャン対象の表面上の点の 3D 空間内の位置を決定するための 1 つの技法として符号付き距離関数が説明されたが、他の技法が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

【0085】

本明細書に記載された例示のプロセスは、説明の目的で提供されるプロセスの例にすぎない。本明細書の開示に照らすと、多くの他の変形が当業者にとって明らかであろう。さらに、本明細書の開示は、プロセスを実行するための適切なフレームワーク、アーキテクチャ、および環境の複数の例を示しているが、本明細書の実装形態は、示されて説明された特定の例に限定されない。さらに本開示は、説明され、図面に示されたように、さまざまな例示の実装形態を提供する。しかし、本開示は、本明細書において説明され、示された実装形態に限定されず、当業者に知られているように、または当業者に知られることになるように、他の実装形態に拡張することができる。

【0086】

図 7 は、いくつかの実装形態に従って UAV102 の上側の例示の構成を示している。この例では、UAV102 は、4 つのモータ 704 およびプロペラ 706 を含んでいる推進装置 116 を含む。この例では、UAV102 は、クワッドコプタドローンとして示されているが、本明細書の実装形態は、そのようなクワッドコプタドローンに限定されない。

【0087】

UAV102 は、UAV102 の本体 114 に取り付けられた、場合によってはナビゲーションカメラとして使用され得る複数の第 2 のカメラ 108 を含む。UAV102 は、より広角のカメラ 108 の画像センサより高解像度の画像センサを含むことができる照準可能な第 1 のカメラ 106 をさらに含む。場合によっては、第 1 のカメラ 106 は、固定焦点距離レンズを含む。そうでない場合、第 1 のカメラ 106 は、機械的に制御可能な光学ズーム可能レンズを含んでもよい。第 1 のカメラ 106 はジンバル 110 に取り付けられ、ジンバル 110 は、約 180 度の半球エリア内の第 1 のカメラ 106 の照準を可能にし、安定したぶれの少ない画像取得および物体追跡をサポートする。例えば、第 1 のカメラ 106 は、対象物体の高解像度画像を取得すること、物体追跡ビデオを提供すること、またはさまざまな他の動作に使用されてもよい。

【0088】

10

20

30

40

50

この例では、3つの第2のカメラ108が、UAV102の上側708に間隔を空けて配置され、広い視野をもたらす、立体コンピュータビジョンをサポートする各魚眼レンズによって覆われている。UAV102の上側708にあるより広角のカメラ108に加えて、下で説明される底部側にあるより広角のカメラ108は、UAV102の本体114への取り付けの後に、互いに対して正確に校正され得る。校正の結果として、各より広角のカメラによって取得された画像の各々のピクセルごとに、UAVを取り囲む仮想的球体に対する正確な対応する3次元(3D)の向きが、あらかじめ決定され得る。場合によっては、UAV102の周りの球面空間全体を覆うために、十分に広いFOV(例えば、180度のFOV、200度のFOVなど)を有する6つのより広角のカメラ108が採用され、UAV102の本体114に位置付けられる。

10

【0089】

図8は、いくつかの実装形態に従ってUAV102の底部側の例示の構成を示している。この透視図には、UAV102の底部側802に配置された3つのさらなる第2のカメラ108が示されている。底部側802にある第2のカメラ108も、広い視野をもたらす、立体コンピュータビジョンをサポートする各魚眼レンズによって覆われていてもよい。第2のカメラ108のこの(例えば、UAV102の上側の3つおよび底部側の3つの)アレイは、高解像度のローカリゼーションならびに障害物の検出および回避のための視覚慣性オドメトリ(VIO)を可能にしてもよい。例えば、第2のカメラ108のアレイは、UAV102の自律的ナビゲーション中に使用する、またはUAV102からの表面の距離を決定するなどのために、周囲のエリアをスキャンして範囲データを取得し、第2のカメラ108のFOV内で検出された物体までの距離を示す範囲マップを生成することに使用され得る画像情報を提供するために使用されてもよい。

20

【0090】

UAV102は、電池の充電を可能にする導電接点812と共に、UAV102の底部側802に取り付けられた電池パック810を含んでもよい。UAV102は、1つまたは複数のプロセッサおよびコンピュータ可読媒体(図8に示されていない)を含んでいる内部処理装置に加えて、さまざまな他の電子コンポーネントおよび機械的コンポーネントも含む。例えば、UAV102は、図6に関して下で説明されるように、ハードウェア構成を含んでもよい。

【0091】

図9は、いくつかの実装形態に従って例示のUAV102の抜粋したコンポーネントを示している。本明細書の例では、UAV102は、「ドローン」と称されることがあり、人間のパイロットが乗らずに制御された飛行が可能である任意の種類UAVとして実装されてもよい。例えば、UAV102は、1つまたは複数の実行可能なプログラムを実行する1つまたは複数の搭載プロセッサ902によって自律的に制御されてもよい。さらに、または代替的に、UAV102は、人間のパイロットによって操作される、および/またはコントローラ104上でもしくはコントローラ104と連携して実行する実行可能なプログラムによって制御される、遠隔に位置するコントローラ104を介するなど、リモートコントローラを介して制御されてもよい。

30

【0092】

示された例では、UAV102は、1つまたは複数のプロセッサ902および1つまたは複数のコンピュータ可読媒体904を含む。例えば、1つまたは複数の902は、飛行、ナビゲーション、画像取得、およびUAV102の他の機能を制御するために、ソフトウェア、実行可能な命令などを実行してもよい。各プロセッサ902は、単一の処理ユニットまたは複数の処理ユニットであってもよく、単一または複数のコンピューティングユニットあるいは複数の処理コアを含んでもよい。プロセッサ902は、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、中央処理ユニット、グラフィックス処理ユニット、状態機械、論理回路、および/または動作命令に基づいて信号を操作する任意の装置として実装され得る。例えば、プロセッサ902は、本明細書に記載されたアルゴリズムおよびプロセスを実行するように

40

50

特にプログラムされたか、または構成された任意の適切な種類の1つまたは複数のハードウェアプロセッサおよび/または論理回路であってもよい。プロセッサ902は、本明細書に記載された機能を実行するようにプロセッサ902をプログラムすることができる、コンピュータ可読媒体904に格納されたコンピュータ可読命令をフェッチして実行するように構成され得る。

【0093】

コンピュータ可読媒体904は、コンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュール、または他の実行可能コードおよびデータなどの情報の格納のために任意の種類の技術で実装された、揮発性および不揮発性メモリならびに/または取り外し可能および取り外し不能な媒体を含んでもよい。そのようなコンピュータ可読媒体904は、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリまたは他のメモリ技術、光ストレージ、ソリッドステートストレージ、磁気ストレージ、あるいは所望の情報を格納するために使用されることが可能であり、コンピューティング装置によってアクセスされ得る任意の他の媒体を含んでもよいが、これらに限定されない。構成に応じて、コンピュータ可読媒体904は、本明細書に述べられるとき、非一時的なコンピュータ可読媒体が、エネルギー、搬送波信号、電磁波、および信号自体などの媒体を除外する限りにおいて、一種のコンピュータ可読媒体であってもよく、および/または有形的な非一時的媒体であってもよい。

【0094】

コンピュータ可読媒体904は、プロセッサ902によって実行可能な任意の数の機能要素を格納するために使用されてもよい。多くの実装形態では、これらの機能要素は、プロセッサ902によって実行可能であり、実行されたときに、UAV102に起因する上記のアクションの少なくとも一部を実行するように1つまたは複数のプロセッサ902を特に構成する、命令またはプログラムを含む。コンピュータ可読媒体904に格納された機能要素は、UAV102の自律的ナビゲーションを制御することに加えて、第1のカメラ106を対象に向け、対象の画像を取得するために第1のカメラ106を制御することのために実行され得る車両制御プログラム906を含んでもよい。機能要素は、本明細書に記載されたスキャン対象のスキャン機能の少なくとも一部を実行するために1つまたは複数のプロセッサによって実行され得るスキャンプログラム908をさらに含む。加えて、機能要素は、UAV102の制御に使用するためにコントローラ104によってアクセスされ得るウェブアプリケーション909を含んでもよい。例えば、ウェブアプリケーション909は、ユーザがUAV102の現在の視点の画像を受信し、スキャン対象のスキャン中にUAV102のスキャン進行状況を見ながら、スキャンされた画像、3Dモデルなどを受信することを可能にするなどのために、コントローラ104に接続されたユーザ装置上のブラウザで実行してもよい。

【0095】

加えて、コンピュータ可読媒体904は、本明細書に記載されたナビゲーション動作およびスキャン動作を実行するために使用されるデータを格納してもよい。したがって、コンピュータ可読媒体404は、少なくとも一時的に、取得された画像910、センサデータ912、1つまたは複数の3Dモデル914、および1つまたは複数のスキャン計画916を格納してもよい。加えて、コンピュータ可読媒体は、1つまたは複数の命令に従ってUAV102をナビゲートするため、および撮像のための1つまたは複数の対象に関連する情報を提供するために使用され得るナビゲーション/追跡情報918を格納してもよい。加えて、UAV102は、多くの他の論理、プログラム、および物理コンポーネントを含んでもよく、本明細書に記載された論理、プログラム、および物理コンポーネントは、本説明に関連する例にすぎない。

【0096】

ナビゲーションを支援するために、UAV102は、UAV102に搭載された全地球航法衛星システム(GNSS)受信機または他の衛星測位システム受信機920を含んでもよい。GNSS受信機920は、全地球測位衛星(GPS)システム、ロシアの全地球航法衛星システム(GLONASS)、中国の北斗衛星導航系統(BDS)、欧州連

10

20

30

40

50

合のガリレオシステム、日本の準天頂衛星システム（ＱＺＳＳ）、インド地域航法衛星システム（ＩＲＮＳＳ）などの、ＧＮＳＳの１つまたは複数の衛星から信号を受信することができてもよい。

【 0 0 9 7 】

ＵＡＶ１０２は、慣性測定ユニット（ＩＭＵ）９２２をさらに含んでもよい。いくつかの実施例では、ＩＭＵ９２２は、１つまたは複数の加速度計を使用して直線加速および重力を検出するように、および、１つまたは複数のジャイロスコープを使用して回転速度を検出するように、構成されてもよい。１つの例として、ＩＭＵ９２２は、加速度、姿勢などの出力を提供するためにジャイロスコープおよび加速度計からの入力を処理するための３軸ジャイロスコープ、３軸加速度計、および埋め込みプロセッサを有する自給式であつてもよい。例えば、ＩＭＵ９２２は、ジャイロスコープおよび加速度計の組み合わせを使用することなどによって、ＵＡＶ１０２で速度、加速度、向き、および重力を測定してレポートしてもよい。加えて、ＵＡＶ１０２は、磁気計、気圧計、近接センサ、ライダー、レーダー、超音波、または当技術分野で知られているさまざまな他の種類のセンサのいずれかなどの、他のセンサ９２４を含んでもよい。

10

【 0 0 9 8 】

さらに、ＵＡＶ１０２は、１つまたは複数の通信インターフェース９２６、１つまたは複数の飛行コントローラ９２８、１つまたは複数の推進装置１１６、および画像取得システム９３０を含んでもよい。画像取得システム９３０は、第２のカメラ１０８と、第１のカメラ１０６と、前述のジンバル１１０などの１つまたは複数の安定化および追跡装置９３４とを含んでもよい。

20

【 0 0 9 9 】

加えて、ＵＡＶ１０２は、画像送信システム９３６、入力／出力（Ｉ／Ｏ）装置９３８、および電力システム９４０を含んでもよい。ＵＡＶ１０２に含まれるコンポーネントは、１つまたは複数の通信バス、信号線（図示されていない）などを經由して、少なくとも１つまたは複数のプロセッサ９０２と通信することができてもよい。

【 0 1 0 0 】

ＵＡＶ１０２は、図９の例に示されたコンポーネントより多いか、または少ないコンポーネントを含んでもよく、２つ以上のコンポーネントを機能ユニットとして結合してもよく、あるいはコンポーネントの異なる構成または配置を有してもよい。図９に示された例示のＵＡＶ１０２のさまざまなコンポーネントの一部は、１つまたは複数の信号処理および／または特定用途向け集積回路を含む、ハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアおよびソフトウェアの両方の組み合わせにおいて実装されてもよい。

30

【 0 1 0 1 】

飛行コントローラ９２８は、車両制御プログラム９０６から入力データ（例えば、センサデータ、画像データ、生成された軌道、または他の命令）を受信し、データおよび／または命令を解釈し、制御信号をＵＡＶ１０２の推進装置１１６に出力するように構成されたハードウェアおよび／またはソフトウェアの組み合わせを含んでもよい。代替的に、またはさらに、飛行コントローラ９２８は、別のコンポーネントまたは装置（例えば、プロセッサ９０２および／またはコントローラ１０４）によって生成された制御コマンドを受信し、それらの制御コマンドを解釈し、ＵＡＶ１０２の推進装置１１６への制御信号を生成するように構成されてもよい。いくつかの実装形態では、ＵＡＶ１０２の前述した車両制御プログラム９０６は、飛行コントローラ９２８および／またはＵＡＶ１０２の他のコンポーネントのうちの任意の１つまたは複数を含んでもよい。代替的に、飛行コントローラ９２８は、車両制御プログラム９０６とは別のコンポーネントとして存在してもよい。

40

【 0 1 0 2 】

通信インターフェース９２６は、例えば無線周波数（ＲＦ）送受信機を介して、通信信号の送信および受信を可能にしてもよい。いくつかの実装形態では、通信インターフェース９２６は、ＲＦ回路（図９に示されていない）を含んでもよい。そのような実装形態では、ＲＦ回路は、電気信号を電磁信号に／電磁信号から変換し、電磁信号を介して通信ネ

50

ットワークおよび他の通信装置と通信してもよい。RF回路は、アンテナシステム、RF送受信機、1つまたは複数の増幅器、同調器、1つまたは複数の発振器、デジタル信号プロセッサ、CODECチップセット、加入者識別モジュール(SIM)カード、メモリなどを含むが、これらに限定されない、これらの機能を実行するための既知の回路を含んでもよい。RF回路は、通信ネットワーク(パブリック、プライベート、ローカル、およびワイドエリアを含む)を経由してデータの送信および受信を容易にしてもよい。例えば、通信は、ワイドエリアネットワーク(WAN)、ローカルエリアネットワーク(LAN)、またはインターネットなどのネットワークのネットワークを経由してもよい。

【0103】

通信インターフェース926は、1つまたは複数のネットワークなどを経由して、さまざまな他の装置との通信を可能にするための1つまたは複数のインターフェースおよびハードウェアコンポーネントを含んでもよい。例えば、通信インターフェース926は、本明細書の他の箇所にさらに列挙されるように、インターネット、ケーブルネットワーク、セルラーネットワーク、無線ネットワーク(例えば、Wi-Fi)および有線ネットワーク(例えば、光ファイバおよびイーサネット)、ならびにBLUETOOTH(登録商標)などの近距離無線通信などのうちの1つまたは複数を通じて、通信を可能にしてもよい。例えば、900MHz、2.4GHz、および5.8GHzが、UAVとの通信に使用される最も一般的な無線周波数であるが、本明細書の実装形態は、いかなる特定の周波数にも限定されない。

【0104】

入力/出力(I/O)装置938は、UAV102のある機能と対話するか、またはそうでなければそれらの機能进行操作するために使用され得る、物理的ボタン(例えば、プッシュボタン、ロッカボタンなど)、LED、ダイヤル、ディスプレイ、タッチ画面ディスプレイ、スピーカなどを含んでもよい。UAV102は、さまざまなコンポーネントに電力を供給するための電力システム940も含む。電力システム940は、電力管理システム、1つまたは複数の電源(例えば、電池、交流電流など)、充電システム、停電検出回路、電力変換装置または変換器、電源状態表示器(例えば、発光ダイオード(LED))、ならびにコンピュータ化装置における電力の生成、管理、および分散に関連付けられた任意の他のコンポーネントを含んでもよい。

【0105】

いくつかの実施例では、航空機と同様に、UAV102は、揚力およびナビゲーションを実現するために1つまたは複数の推進装置116と共に固定翼または他の空気力学的表面を利用してもよい。代替的に、他の例では、ヘリコプタと同様に、UAV102は、重力に逆らい、揚力およびナビゲーションを実現するために、1つまたは複数の推進装置116を直接使用してもよい。(ヘリコプタの場合のような)推進力による揚力は、固定された空気力学的表面を揚力を使用するUAVと比較して、全ての軸に沿ってより制御された動きを可能にするため、いくつかの実装形態において利点をもたらすことができる。

【0106】

図1および7~9に示されたUAV102は、例示の目的で提供された例である。本開示に従うUAV102は、示されたコンポーネントより多いか、または少ないコンポーネントを含んでもよい。例えば、クワッドコプタが示されているが、UAV102は、いかなる特定のUAVの構成にも限定されず、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであるように、ヘキサコプタ、オクトコプタ、固定翼航空機、または任意の他の種類の独立的に操縦可能な航空機を含んでもよい。さらに、本明細書では、スキャン対象のスキャンを実行するために自律UAV102のナビゲーションを制御するための技法が説明されているが、説明された技法は、他の種類の車両(例えば、宇宙機、陸上車、船舶、水中船など)による案内ナビゲーションに同様に適用されてもよい。

【0107】

図10は、いくつかの実装形態に従ってコンピューティング装置1001を含んでいるコントローラ104の例示の構成を示している。コントローラ104は、UAV102を

10

20

30

40

50

制御し、UAV102から受信された画像118を見るためのグラフィカルユーザインターフェイス(GUI)1002を提示してもよい。コントローラ104は、図1に関して上で説明されたディスプレイ124に対応することができるタッチ画面1004を含んでもよい。タッチ画面1004は、UAV102のステータスを制御し、見るための仮想制御およびステータスインジケータを提供してもよい。例えば、カメラ設定仮想制御1008は、ユーザがUAV102上の少なくとも第1のカメラ106の解像度および他の設定を制御できるようにしてもよい。さらに、電池充電レベルインジケータ1010は、UAV102上の電池の現在の状態を示す。信号強度インジケータ1012は、UAV102との通信信号の現在の信号強度を示してもよい。設定仮想制御1014は、ユーザがコントローラ104の設定を制御できるようにしてもよい。さらに、マップ仮想制御1016は、ユーザがマップ上のUAV102の位置を見ることができるようにもよい。ホーム仮想制御1018は、ユーザがユーザインターフェイス1002のホーム画面に戻ることができるようにしてもよい。記録仮想制御1020は、ユーザが、現在、第1のカメラ106の視野内にある光景の記録の開始または停止を制御できるようにしてもよい。スキル仮想制御1022は、ユーザがUAV102のスキル設定を制御できるようにしてもよい。手動の仮想制御1024は、ユーザが、UAV102を手動で操縦するか、またはUAV102が自律的にそれ自体を操縦することを許可するかを切り替えることができるようにしてもよい。

10

【0108】

加えて、ユーザインターフェイスは、UAV102の現在の視野の画像1026(例えば、ライブビデオ画像)を提示してもよい。この例では、タッチ画面1004は、スマートフォン、タブレットコンピューティング装置、またはコントローラ付属品1034を使用してコントローラ104に取り付けられ得る他のコンピューティング装置などの、コンピューティング装置1001の一部である。コントローラ104は、左ジョイスティック1038、右ジョイスティック1040、ホームボタン1042、発進/着陸ボタン1044、コントローラ104のステータスを示すLEDステータスインジケータ1046、およびこの図では見えない他の物理的制御などの、UAV102を手動で制御するために使用され得る複数の物理的制御を含むコントローラ本体1036をさらに含んでもよい。いくつかの例では、コントローラ104が、コンピューティング装置1001単独で可能になることができる距離より長い距離のUAV102との通信のための通信範囲拡張能力を提供できるように、Wi-Fiアンテナがコントローラ付属品1034に含まれてもよい。

20

30

【0109】

場合によっては、コンピューティング装置1001(またはUAV102から遠隔にある別のコンピューティング装置)が、コンピューティング装置1001のプロセッサ上でアプリケーションを実行してもよい。1つの例として、アプリケーションは、UAV102によってコンピューティング装置1001に供給されるか、またはそうでなければ提供され得るウェブアプリケーションを実行するブラウザを含んでもよい。例えば、ウェブアプリケーション(またはコンピューティング装置1001上で実行される別のアプリケーション)は、前述のユーザインターフェイス1002を提供してもよく、UAV102との通信を可能にすること、UAV102の遠隔制御を可能にすることなどの、コンピューティング装置1001に関して本明細書に記載された他の機能を提供してもよい。さらに、場合によっては、アプリケーションは、BLUETOOTH(登録商標)無線、Wi-Fiなどを介して、コントローラ104へのコンピューティング装置1001の無線接続を可能にしてもよい。

40

【0110】

いくつかの実装形態では、通常はUAV102によって実行され得る処理の一部(例えば、画像処理機能および制御機能)が、UAV102から遠隔にあるコンピューティング装置1001のプロセッサ上で実行するアプリケーションによって代わりに実行されてもよい。さらに、いくつかの実施例では、処理時間の短縮を実現するための、処理負

50

荷が、UAV102上のプロセッサとコンピューティング装置1001上のプロセッサの間で分割されてもよい。多くの他の変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

【0111】

示された例では、ユーザが、図1に関して前述したようにスキャン対象111がスキャンされるべきであることをUAV102に示すために、コントローラ104を使用してスキャン対象111を選択していると仮定する。したがって、ユーザは、所望のスキャン対象111の取得された画像を選択してもよく、UAV102に対してスキャン対象111を指定するために、ユーザインターフェース1002を操作して、スキャン対象またはスキャン対象111の一部の周囲に多角形または他の2D形状1050を描いてもよい。このようにして、ユーザは、スキャン対象111をUAV102に示すために、ユーザインターフェース1002でエリアを指定してもよい。例えば、ユーザは、指1052などを使用して、スキャン対象111の周囲に多角形の外周(すなわち、境界)を描くように、少なくとも3つの基準点、すなわちハンドル1054を制御してもよい。UAV102は、指定された外周内のスキャン対象111を調査するように構成されてもよく、一部の例では、指定された外周に対応する検出されたスキャン対象の周囲にプリズムのボリュームを提示してもよい。例えば、ユーザは、UAV102がスキャンを開始する前に、表面までの距離および他のスキャンパラメータを調整することができてもよい。

10

【0112】

さらに、図8の例では多角形が示されているが、他の例では、スキャン対象の周囲または上に外周を作成するために、任意の他の技法が使用されてもよい。例えば、ユーザは、ユーザインターフェース1002で、スキャン対象の上または周囲に円形、楕円形、不規則な線などを描いてもよい。代替的に、他の例では、ユーザインターフェース1002は、スキャン対象111をUAV102に示すために、境界エリアではなく境界ボリュームの操作を可能にしてもよい。さらに他の例では、ユーザは、スキャン対象をUAV102に示すために、ユーザインターフェース1002でスキャン対象111の画像をタップするか、またはそうでなければ選択してもよい。いくつかの実施例では、UAV102は、ユーザインターフェース1002を介して受信されたインジケーションに基づいてスキャン対象111を認識するために、機械学習モデルを採用してもよい。別の例として、ユーザは、スキャン対象111の指定された緯度と経度の座標をUAV102に提供してもよく、UAV102は、それ自体を指定された座標にナビゲートして、スキャン対象111の画像を取得してもよい。多くの他の変形が、本明細書の開示の利益を有する当業者にとって明らかであろう。

20

30

【0113】

図11は、いくつかの実装形態に従って例示のコントローラ104の抜粋したコンポーネントを示している。コントローラ104は、この例では、少なくとも1つのプロセッサ1102、1つまたは複数のコンピュータ可読媒体1104、1つまたは複数の通信インターフェース1106、および1つまたは複数の入力/出力(I/O)装置1108などのコンポーネントを含んでもよい。例えば、プロセッサ1102、コンピュータ可読媒体、通信インターフェース1106、およびI/O装置1108の少なくとも一部は、コントローラ104に接続されるか、またはそうでなければコントローラ104と共に含まれるコンピューティング装置1001(図11では別々に示されていない)によって提供されてもよい。

40

【0114】

各プロセッサ1102自体は、1つまたは複数のプロセッサまたは処理コアを備えてもよい。例えば、プロセッサ1102は、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、中央処理ユニット、状態機械、論理回路、および/または動作命令に基づいて信号を操作する任意の装置として実装され得る。場合によっては、プロセッサ1102は、本明細書に記載されたアルゴリズムおよびプロセスを実行するように特にプログラムされたか、または構成された任意の

50

適切な種類の1つまたは複数のハードウェアプロセッサおよび/または論理回路であってもよい。プロセッサ1102は、コンピュータ可読媒体1104に格納されたコンピュータ可読プロセッサ実行可能命令をフェッチして実行するように構成され得る。

【0115】

コントローラ104の構成に応じて、コンピュータ可読媒体1104は、有形的な非一時的コンピュータ記憶媒体の例であってもよく、コンピュータ可読プロセッサ実行可能命令、データ構造、プログラムモジュール、または他のデータなどの情報の格納のために任意の種類で実装された、揮発性および不揮発性メモリならびに/または取り外し可能および取り外し不能な媒体を含んでもよい。コンピュータ可読媒体1104は、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリ、ソリッドステートストレージ、磁気ディスクストレージ、光ストレージ、および/または他のコンピュータ可読媒体技術を含んでもよいが、これらに限定されない。さらに、場合によっては、コントローラ104は、情報を格納するために使用されることが可能であり、直接、または別のコンピューティング装置もしくはネットワークを介してプロセッサ1102によってアクセスされ得る、ストレージシステム、ストレージアレイ、ネットワーク接続ストレージ、ストレージエリアネットワーク、クラウドストレージ、または任意の他の媒体などの、外部ストレージにアクセスしてもよい。したがって、コンピュータ可読媒体1104は、プロセッサ1102によって実行され得る命令、モジュール、またはコンポーネントを格納することができるコンピュータ記憶媒体であってもよい。さらに、非一時的コンピュータ可読媒体は、言及されるとき、エネルギー、搬送波信号、電磁波、および信号自体などの媒体を除外する。

【0116】

コンピュータ可読媒体1104は、プロセッサ1102によって実行可能な任意の数の機能要素を格納して維持するために使用されてもよい。いくつかの実装形態では、これらの機能要素は、プロセッサ1102によって実行可能であり、実行されたときに、コントローラ104に起因する上記のアクションおよびサービスを実行するための動作論理を実装する、命令またはプログラムを含む。コンピュータ可読媒体1104に格納されたコントローラ104の機能要素は、前述したように、ユーザがコントローラを使用してUAV102を遠隔に制御できるようにし得るユーザアプリケーション1108を含んでもよい。いくつかの例では、ユーザアプリケーション1108は、UAV102上のウェブアプリケーションにアクセスしてもよいが、他の例では、ユーザアプリケーション1108は、スタンドアロンコントローラアプリケーション(standalone controller application)であってもよい。

【0117】

加えて、コンピュータ可読媒体1104は、機能要素によって使用されるデータ、データ構造などを格納してもよい。例えば、コンピュータ可読媒体1104は、UAV102から受信された画像118を少なくとも一時的に格納してもよく、いくつかの例では、UAV102から受信された3Dモデル情報120を格納してもよい。コントローラ104の種類に応じて、コンピュータ可読媒体1104は、アプリケーション、プログラム、ドライバなど、および機能要素によって使用または生成されるデータを含むことができる他のプログラムおよびデータ1110などの、他の機能要素およびデータを、任意選択的に含んでもよい。さらに、コントローラ104は、多くの他の論理、プログラム、および物理コンポーネントを含んでもよく、説明された論理、プログラム、および物理コンポーネントは、本明細書の説明に関連する例にすぎない。

【0118】

通信インターフェース1106は、ネットワーク113を経由するか、または直接的になどの、さまざまな他の装置との通信を可能にするための1つまたは複数のインターフェースおよびハードウェアコンポーネントを含んでもよい。例えば、通信インターフェース1106は、本明細書の他の箇所でさらに説明されるように、インターネット、ケーブルネットワーク、セルラーネットワーク、無線ネットワーク(例えば、Wi-Fi)および有線ネットワーク、一方向または双方向無線送信、ならびにBLUETOOTH(登録商

10

20

30

40

50

標)などの近距離通信などのうちの1つまたは複数を通じて、通信を可能にしてもよい。

【0119】

加えて、コントローラ104は、図10に関して上で説明されたタッチ画面1004含むことができるディスプレイ124を含んでもよい。コントローラ104は、図10に関して上で説明されたような複数の他のI/O装置1112をさらに含んでもよい。

【0120】

第1項。無人航空機(UAV)であって、UAVに取り付けられた第1のカメラと、実行可能な命令によって動作を実行するように構成された1つまたは複数のプロセッサとを備え、動作は、スキャンされるスキャン対象の表面を決定することと、スキャン対象の表面からの距離を、画像を取得することに関連付けられた選択された距離として決定することと、表面の少なくとも第1の部分に関連付けられた照明に少なくとも基づいて、および選択された距離に基づいて、表面の少なくとも第1の部分をトラバースするための最大速度を決定することと、スキャン対象の表面の少なくとも第1の部分の画像を取得しながら、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面の少なくとも第1の部分に相対的に、決定された最大速度に少なくとも基づく速度でUAVをナビゲートすることと、を含む、無人航空機(UAV)。

10

【0121】

第2項。動作は、最大速度以下で飛行しながら、スキャン対象の表面の第1の部分の画像を取得することと、スキャン対象の表面の第2の部分に関連付けられた照明が、表面の第1の部分に関連付けられた照明と異なるということを決することと、表面の第2の部分に関連付けられた照明に少なくとも基づいて、および選択された距離に基づいて、表面の第1の部分をトラバースするために決定された最大速度と異なる表面の第2の部分をトラバースするための最大速度を決定することとをさらに含む、第1項に記載のUAV。

20

【0122】

第3項。最大速度を決定する動作は、取得された画像に対して許容できると決定された被写体ぶれのしきい値レベルにさらに基づく、第1項に記載のUAV。

【0123】

第4項。動作は、スキャン対象に関連付けられた少なくとも1つの軸に沿って互いに離れて間隔を空けられた複数の輪郭経路を決定することであって、各輪郭経路が、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面から離れて間隔を空けられる、複数の輪郭経路を決定することと、輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定することであって、各画像取得位置が、スキャン対象の表面の各画像が取得されるべきである各位置を示す、複数の画像取得位置を決定することとをさらに含み、スキャン対象の表面の少なくとも第1の部分の画像を取得しながら、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面の少なくとも第1の部分に相対的に、決定された最大速度に基づく速度で、UAVをナビゲートすることは、画像取得位置に基づいてスキャン対象の表面の画像を取得しながら、決定された速度で輪郭経路のうちの1つまたは複数に沿ってUAVをナビゲートすることを含む、第1項に記載のUAV。

30

【0124】

第5項。動作は、スキャン対象の構成に少なくとも基づいて座標系をスキャン対象に関連付けることであって、座標系が少なくとも1つの軸を含む、スキャン対象に関連付けることと、少なくとも1つの軸に沿って、スキャン対象の表面の各輪郭に少なくとも基づいて、間隔を空けられた複数の輪郭経路を決定することとをさらに含む、第5項に記載のUAV。

40

【0125】

第6項。動作は、コンピューティング装置から、スキャン対象のインジケーションを受信することと、スキャン対象のインジケーションに基づいて、UAVに取り付けられた1つまたは複数の第2のカメラの1つまたは複数の視野をそれぞれ向けるための1つまたは複数の位置をUAVにとらせることと、1つまたは複数の第2のカメラを使用して、1つまたは複数の位置から少なくとも1つの画像を取得することと、少なくとも1つの画像に

50

基づいて決定されたスキャン対象の1つまたは複数の表面までの距離に基づいて3Dモデルを決定することであって、3Dモデルが、スキャン対象の表面に対応する複数の点を含む、3Dモデルを決定することとをさらに含む、第1項に記載のUAV。

【0126】

第7項。無人航空機(UAV)の1つまたは複数のプロセッサによって、スキャン対象に関連付けられた少なくとも1つの軸に沿って互いに離れて間隔を空けられた複数の輪郭経路を決定することであって、各輪郭経路が、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面から離れて間隔を空けられる、複数の輪郭経路を決定することと、輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定することであって、各画像取得位置が、スキャン対象の表面の各画像が取得されるべきである各位置を示す、複数の画像取得位置を決定することと、画像取得位置に基づいてスキャン対象の表面の画像を取得しながら、決定された速度で複数の輪郭経路に沿ってUAVをナビゲートすることとを含む、方法。

10

【0127】

第8項。表面に関連付けられた照明および選択された距離に少なくとも基づいて、複数の輪郭経路の少なくとも一部をトラバースするための最大速度を決定することと、最大速度以下で複数の輪郭経路の少なくとも一部をトラバースすることによって、決定された速度で複数の輪郭経路に沿ってUAVをナビゲートすることとをさらに含む、第7項に記載の方法。

【0128】

第9項。最大速度を決定することは、取得された画像に対して許容できると決定された被写体ぶれのしきい値レベルにさらに基づく、第8項に記載の方法。

20

【0129】

第10項。スキャン対象の表面の少なくとも一部に関連付けられた照明の変化を決定することと、照明の変化を決定することに少なくとも部分的に基づいてUAVの速度を変更することとをさらに含む、第7項に記載の方法。

【0130】

第11項。表面の画像の重複を決定することと、重複、選択された距離、および表面の画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、各輪郭経路の隣接する画像取得位置間の距離を決定することとをさらに含む、第7項に記載の方法。

【0131】

第12項。表面の画像間のサイドラップを決定することと、サイドラップ、選択された距離、および表面の画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、隣接する輪郭経路間の距離を決定することとをさらに含む、第7項に記載の方法。

30

【0132】

第13項。スキャン対象の構成に少なくとも基づいて座標系をスキャン対象に関連付けることをさらに含み、座標系が少なくとも1つの軸を含み、座標系は、少なくとも1つの軸をスキャン対象の最長のエッジまたはスキャン対象の最長の要素のうちの少なくとも1つに揃えることのうちの少なくとも1つに少なくとも基づいてスキャン対象に関連付けられる、第7項に記載の方法。

【0133】

第14項。規則的間隔に基づいて表面の画像を取得しながら、一定速度に基づいて複数の輪郭経路の少なくとも一部に沿ってUAVをナビゲートすることとをさらに含む、第7項に記載の方法。

40

【0134】

第15項。無人航空機(UAV)であって、推進メカニズムを含んでいるUAV本体と、UAV本体に取り付けられたカメラと、実行可能な命令によって動作を実行するように構成された1つまたは複数のプロセッサとを備え、動作は、スキャン対象のインジケーションを受信することと、スキャン対象に関連付けられた少なくとも1つの軸に沿って互いに離れて間隔を空けられた複数の輪郭経路を決定することであって、各輪郭経路が、選択された距離に基づいてスキャン対象の表面から離れて間隔を空けられる、複数の輪郭経路

50

を決定することと、輪郭経路ごとに複数の画像取得位置を決定することとであって、各画像取得位置が、スキャン対象の表面の画像が取得されるべきである位置を示す、複数の画像取得位置を決定することと、複数の輪郭経路の複数の画像取得位置をトラバースするための最大速度を決定することとであって、最大速度が、選択された距離および表面に関連付けられた照明に少なくとも部分的に基づき、最大速度を決定することと、輪郭経路のうちの各輪郭経路の画像取得位置に基づいて、カメラを使用してスキャン対象の表面の画像を取得しながら、最大速度に少なくとも部分的に基づき速度で複数の輪郭経路に沿ってUAVをナビゲートするように推進メカニズムを操作することを含む、無人航空機(UAV)。

【0135】

第16項。動作は、表面の画像の重複を決定することと、重複、選択された距離、および表面の画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、各輪郭経路の隣接する画像取得位置間の距離を決定することとをさらに含む、第15項に記載のUAV。

10

【0136】

第17項。動作は、表面の画像間のサイドラップを決定することと、サイドラップ、選択された距離、および表面の画像を取得するために使用されるカメラの視野に少なくとも基づいて、隣接する輪郭経路間の距離を決定することとをさらに含む、第15項に記載のUAV。

【0137】

第18項。動作は、スキャン対象の表面の少なくとも一部に関連付けられた照明の変化を決定することと、照明の変化を決定することに少なくとも部分的に基づいてUAVの速度を変更することとをさらに含む、第15項に記載のUAV。

20

【0138】

第19項。動作は、スキャン対象のインジケーションを受信することに応答して、UAVに相対的に、スキャン対象の1つまたは複数の画像に基づいて、スキャン対象の表面上の複数の点の位置を決定することと、複数の点から決定されたスキャン対象の構成に少なくとも基づいて、座標系をスキャン対象に関連付けることとをさらに含む、第15項に記載のUAV。

【0139】

第20項。動作は、座標系の選択された軸を、スキャン対象の最長のエッジ、またはスキャン対象の最長の要素のうちの少なくとも1つに関連付けることとをさらに含む、第19項に記載のUAV。

30

【0140】

本明細書に記載されたさまざまな命令、プロセス、および技法は、コンピュータ可読媒体に格納され、本明細書におけるプロセッサによって実行されるコンピュータプログラムおよびアプリケーションなどの、コンピュータ実行可能命令の一般的な文脈において考慮され得る。一般に、プログラムおよびアプリケーションという用語は、区別なく使用されてもよく、特定のタスクを実行するか、または特定のデータ型を実装するための命令、ルーチン、モジュール、オブジェクト、コンポーネント、データ構造、実行可能コードなどを含んでもよい。これらのプログラム、アプリケーションなどは、ネイティブコードとして実行されてもよく、または仮想マシンもしくは他のジャストインタイムコンパイル実行環境などにダウンロードされて実行されてもよい。典型的には、プログラムおよびアプリケーションの機能は、さまざまな実装形態において、望ましいように組み合わせられるか、または分散されてもよい。これらのプログラム、アプリケーション、および技法の実装形態は、コンピュータ記憶媒体に格納されるか、または何らかの形態の通信媒体を経由して送信されてもよい。

40

【0141】

本主題は、構造的特徴および/または方法論的動作に固有の言語で説明されたが、添付の特許請求の範囲で定義され主題が必ずしも記載された特定の特徴または動作に限定されないことが、理解されるべきである。むしろ、特定の特徴および動作は、特許請求の範囲

50

を実装する例示的な形態として開示されている。

【図面】

【図 1】

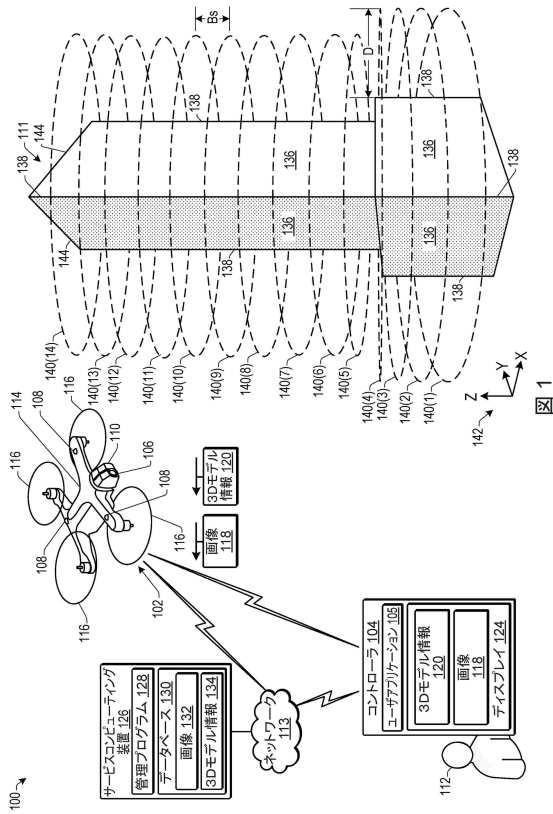


図 1

【図 2】

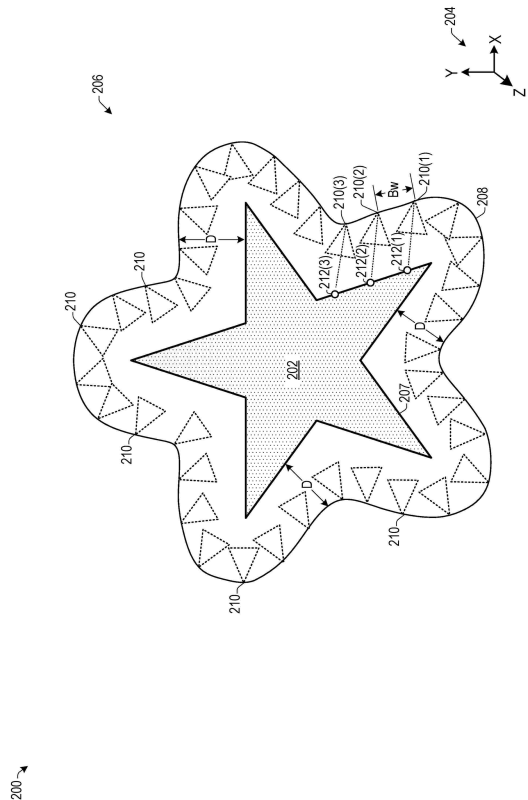


図 2

【図 3 A】

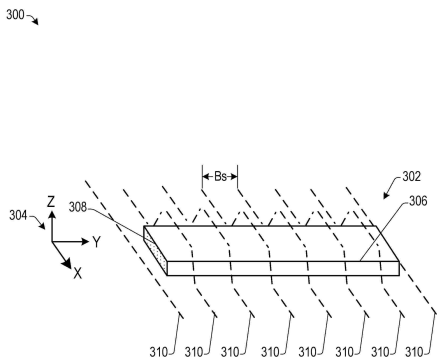


図 3A

【図 3 B】

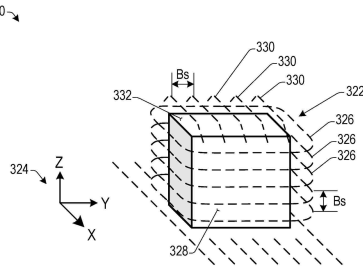


図 3B

10

20

30

40

50

【 図 4 A 】

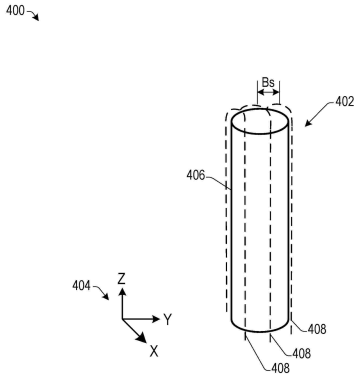


図 4A

【 図 4 B 】

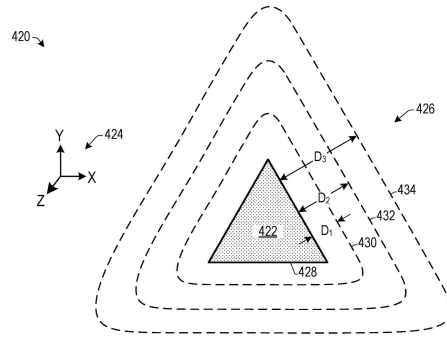


図 4B

10

【 図 5 】

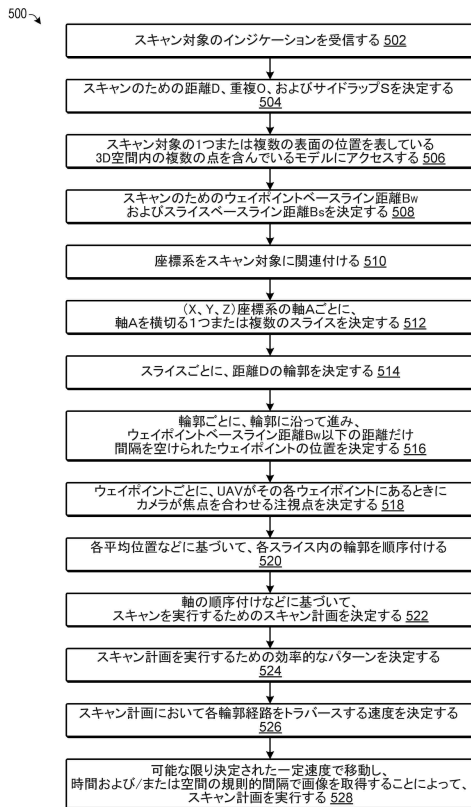


図 5

【 図 6 】

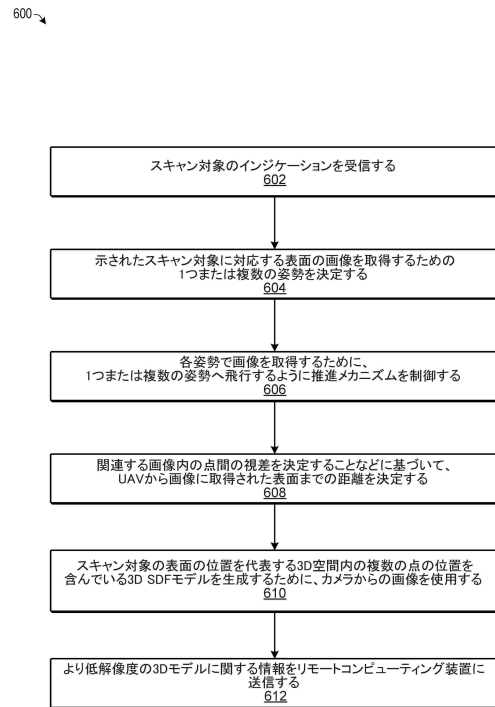


図 6

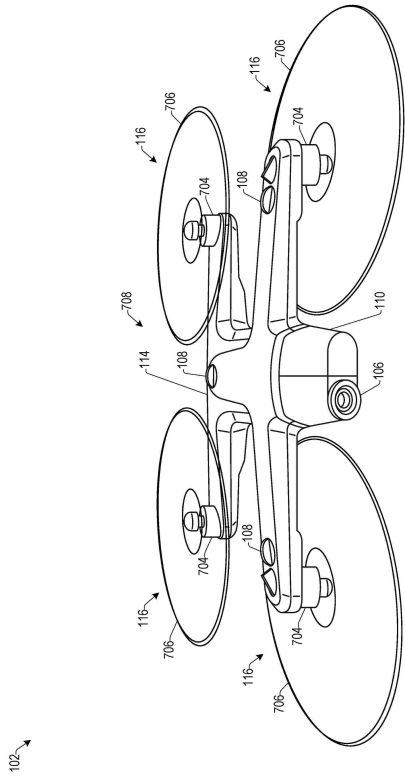
20

30

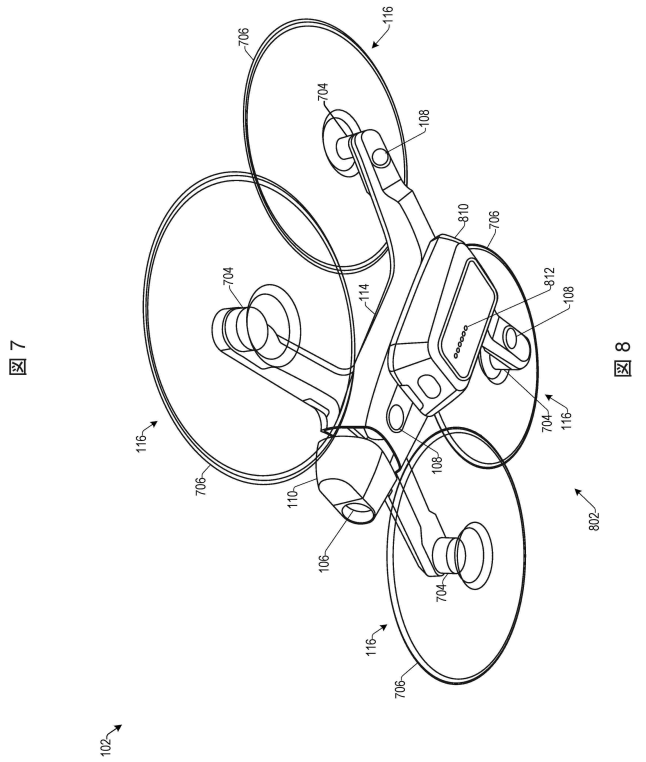
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

【 図 9 】

UAV 102
プロセッサ 902
コンピュータ可読媒体 904
車両制御プログラム 906
スキャンプログラム 908
ウェブアプリケーション 909
取得された画像 910
センサデータ 912
3Dモデル 909
スキャン計画 910
ナビゲーション/追跡情報 918
衛星測位システム受信機 920
慣性測定ユニット(IMU) 922
他のセンサ 924
通信インターフェース 926
飛行コントローラ 928
推進装置 116
画像取得システム 930
第2のカメラ 108
第1のカメラ 106
安定化および追跡装置 934
画像送信システム 936
入力/出力(I/O)装置 938
電カシステム 940

図 9

【 図 10 】

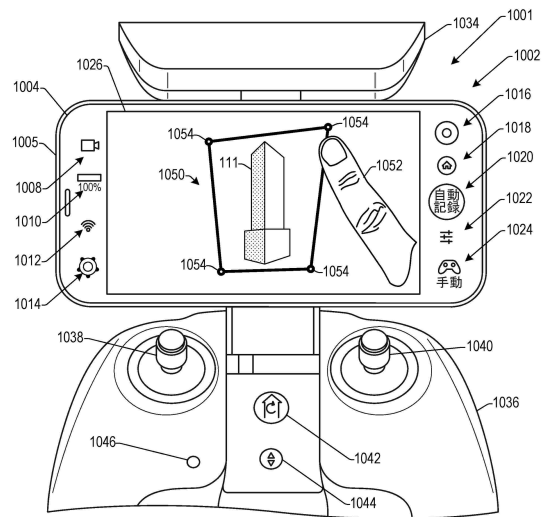


図 10

30

40

【 図 1 1 】



10

20

図 11

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

	F I	
B 6 4 U	20/87	(2023.01)
B 6 4 U	101/30	(2023.01)
	B 6 4 U	20/87
	B 6 4 U	101:30

0 6 1 レッドウッド シティー , ヘイゼル アベニュー 1 1 4 スカイディオ , インコーポレイテッド内

(72)発明者

デレピン , クエンティン アレン ワウ イェン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 1 レッドウッド シティー , ヘイゼル アベニュー 1 1 4 スカイディオ , インコーポレイテッド内

(72)発明者

モンダル , ヒメル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 1 レッドウッド シティー , ヘイゼル アベニュー 1 1 4 スカイディオ , インコーポレイテッド内

(72)発明者

バクラック , エイブラハム ガルトン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 1 レッドウッド シティー , ヘイゼル アベニュー 1 1 4 スカイディオ , インコーポレイテッド内

審査官 田中 友章

(56)参考文献

国際公開第2 0 1 8 / 2 1 2 0 0 8 (W O , A 1)

特開2 0 2 0 - 0 5 0 2 6 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

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