

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6278539号
(P6278539)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl.

F 1

G05D	1/10	(2006.01)	G05D	1/10
B64C	39/02	(2006.01)	B64C	39/02
B64C	13/18	(2006.01)	B64C	13/18
B64C	13/20	(2006.01)	B64C	13/20

Z

Z

請求項の数 37 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2016-526860 (P2016-526860)
(86) (22) 出願日	平成26年9月5日 (2014.9.5)
(65) 公表番号	特表2017-501475 (P2017-501475A)
(43) 公表日	平成29年1月12日 (2017.1.12)
(86) 国際出願番号	PCT/CN2014/086006
(87) 国際公開番号	W02016/033796
(87) 国際公開日	平成28年3月10日 (2016.3.10)
審査請求日	平成28年5月17日 (2016.5.17)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 513068816
エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド
S Z D J I T E C H N O L O G Y C O., L T D
中華人民共和国、518057 广東省深▲セン▼市南山区高新南区粤興一道9号香港科大深▲セン▼產学研大楼6楼
6 F, HKUST SZ 1ER Bldg. NO. 9 Yuexing 1st Rd. Hi-Tech Park (South), Nanshan District Shenzhen, Guangdong 518057 China

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】状況に基づく飛行モード選択

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無人航空機を制御するシステムであって、
前記無人航空機によって運ばれ、センサデータを供給する1つまたは複数のセンサと、
1つまたは複数のプロセッサであって、
前記センサデータに基づいて、環境に対する環境タイプを判断し、
前記環境タイプに基づいて複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択し、前記複数の異なる飛行モードのそれぞれは、異なる作動規則のセットに関連付けられており、
前記選択された飛行モードの複数の作動規則の前記セットに適合しつつ、前記無人航空機を動作させ、

1つまたは複数のセンサから1つまたは複数の障害物を検出する信号を受信する
1つまたは複数のプロセッサと

を備え、
前記複数の作動規則はそれぞれ、前記作動規則に対応する特定の前記環境タイプに対し構成され、前記障害物が検出された場合の、複数の互いに異なる障害物回避戦略のいずれかを定義しているシステム。

【請求項 2】

前記環境タイプは、屋内環境、屋外環境、高空環境または低空環境のうち1つまたは複数を有する請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

10

20

複数の前記環境タイプは前記無人航空機の高度に基づいて区別される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

複数の前記環境タイプは、無人航空機を囲む構造物の量に基づいて区別される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

複数の前記環境タイプは、前記無人航空機を制御しているユーザからの前記無人航空機の距離に基づいて区別される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記 1 つまたは複数のセンサは、G P S センサ、慣性センサ、ビジョンセンサ、ライダセンサ、超音波センサ、気圧計または高度計、のうち 1 または複数を有する請求項 1 に記載のシステム。 10

【請求項 7】

前記 1 つまたは複数のセンサはライダセンサを有するとともに、前記環境タイプは前記ライダセンサにより得られた飛行時間データに基づいて判断される請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記 1 つまたは複数のセンサはビジョンセンサを有するとともに、前記環境タイプは前記ビジョンセンサにより得られた画像データに基づいて判断される請求項 1 に記載のシステム。 20

【請求項 9】

前記 1 つまたは複数のセンサはビジョンセンサを有するとともに、前記環境タイプは前記ビジョンセンサにより得られた前記画像データに関連付けられた露出時間に基づいて判断される請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記複数の異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モード、のうちの 1、2 又は 3 以上を有する請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

複数の作動規則の各々のセットは、前記 1 つまたは複数のセンサにより得られたデータを処理するための複数の処理規則を有する請求項 1 に記載のシステム。 30

【請求項 12】

前記複数の処理規則は、前記 1 つまたは複数のセンサにより得られた前記データのセンサフェュージョンを実行するのに使用される請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

複数の作動規則の各々のセットは、前記無人航空機の飛行を制御する複数の制御規則を有する請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 14】

無人航空機を制御する方法であって、

前記無人航空機により運ばれる 1 つまたは複数のセンサからセンサデータを受信するステップ、 40

前記センサデータに基づいて、環境の環境タイプを判断するステップ、

前記環境タイプに基づいて、複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択するステップであって、前記複数の異なる飛行モードは複数の作動規則の異なるセットに関連づけられている、前記選択するステップ、

前記選択された飛行モードの複数の作動規則の前記セットに適合しつつ、前記無人航空機を動作させるステップ、

1 つまたは複数のセンサから 1 つまたは複数の障害物を検出する信号を受信するステップ

を含み、

50

20

30

40

50

前記複数の作動規則はそれぞれ、前記作動規則に対応する特定の前記環境タイプに対して構成され、前記障害物が検出された場合の、複数の互いに異なる障害物回避戦略のいずれかを定義している方法。

【請求項 15】

無人航空機を制御するシステムであって、

前記無人航空機により運ばれる 1 つまたは複数のセンサと、

1 つまたは複数のプロセッサであって、

複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択し、前記異なる飛行モードのそれぞれは互いに異なる複数の障害物回避戦略のいずれかに関連付けられており、

前記無人航空機の所望の移動経路を示す信号を受信し、

10

前記 1 つまたは複数のセンサから前記所望の移動経路に沿ったまたは近くに位置された 1 つまたは複数の障害物を検出する信号を受信し、

前記障害物が検出された場合に、前記無人航空機が前記 1 つまたは複数の障害物と衝突するのを防ぐために、前記複数の障害物回避戦略のうち、前記選択された飛行モードに関連付けられた前記障害物回避戦略に基づいて、前記所望の移動経路を修正する

1 つまたは複数のプロセッサと

を備えるシステム。

【請求項 16】

前記複数の異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モード、のうちの 1、2 又は 3 以上を有する請求項 15 に記載のシステム。

20

【請求項 17】

前記飛行モードは、前記 1 つまたは複数のセンサにより得られたセンサデータに基づいて選択される請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記センサデータは、前記無人航空機が位置する環境に関する環境情報を有する請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記センサデータは、前記無人航空機の状態に関する情報を有する請求項 17 に記載のシステム。

30

【請求項 20】

前記飛行モードは、ユーザ入力命令に基づいて選択される請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 21】

複数の前記障害物回避戦略のうち少なくとも 1 つは、前記 1 つまたは複数の障害物から特定された距離の適切な位置で前記無人航空機をホバリングさせることを有する請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 22】

複数の前記障害物回避戦略のうち少なくとも 1 つは、前記 1 つまたは複数の障害物の周囲に前記無人航空機をナビゲートさせることを有する請求項 15 に記載のシステム。

40

【請求項 23】

前記所望の移動経路を示す前記信号は、前記無人航空機のユーザにより動作されたりモートコントローラから受信される請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記 1 つまたは複数の障害物との潜在的な衝突を示す警告情報をユーザに送信するよう更に構成されている請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記修正された所望の移動経路に沿って前記無人航空機をナビゲートさせるよう更に構成され、これにより前記 1 つまたは複数の前記障害物を回避する請求項 15 に記載のシステム。

50

【請求項 2 6】

前記無人航空機に対する前記 1 つまたは複数の障害物の空間的配置を図表表示するよう構成されたディスプレイユニットを更に備える請求項 1 5に記載のシステム。

【請求項 2 7】

無人航空機を制御する方法であって、

複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択するステップであって、前記異なる飛行モードは互いに異なる複数の障害物回避戦略のいずれかに関連付けられている、前記選択するステップ、

前記無人航空機に対する所望の移動経路を示す信号を受信するステップ、

1 つまたは複数のセンサを用いて、前記所望の移動経路に沿った 1 つまたは複数の障害物を検出すること、および、10

前記障害物が検出された場合に、前記無人航空機が前記 1 つまたは複数の障害物に衝突するのを防ぐため、前記複数の障害物回避戦略のうち、前記選択された飛行モードに関連付けられた前記障害物回避戦略に基づいて前記所望の移動経路を変更することを含む方法。

【請求項 2 8】

無人航空機を制御するシステムであって、

前記無人航空機によって運ばれる 1 つまたは複数のセンサと、

1 つまたは複数のプロセッサであって、

前記 1 つまたは複数のセンサからのデータを用いて、前記無人航空機が第 1 環境タイプにいることを判断し、20

前記第 1 環境タイプに基づいて異なる飛行モードから第 1 飛行モードを選択し、前記異なる飛行モードの各々は複数の作動規則の異なるセットに関連付けられており、

前記第 1 飞行モードの複数の作動規則の前記セットに適合しつつ前記無人航空機を動作させ、

前記 1 つまたは複数のセンサからのデータを用いて、前記無人航空機が第 2 環境タイプにいることを検出し、

前記第 2 環境タイプに基づいて前記異なる飛行モードから第 2 飞行モードを選択し、

前記第 2 飞行モードの複数の作動規則の前記セットに適合しつつ前記無人航空機を動作させ、30

1 つまたは複数のセンサから 1 つまたは複数の障害物を検出する信号を受信する

1 つまたは複数のプロセッサと

を備え、

前記第 1 環境タイプの前記複数の作動規則は、前記第 1 環境タイプに対して構成された、前記障害物が検出された場合の、障害物回避戦略を定義しており、

前記第 2 環境タイプの前記複数の作動規則は、前記第 2 環境タイプに対して構成され、前記障害物が検出された場合の、前記第 1 環境タイプとは異なる障害物回避戦略を定義しているシステム。

【請求項 2 9】

前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは、屋内環境、屋外環境、高空環境または低空環境を有する請求項 2 8に記載のシステム。40

【請求項 3 0】

前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは、前記無人航空機の高度に基づいて区別される請求項 2 8に記載のシステム。

【請求項 3 1】

前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは、前記無人航空機を囲む構造物の量に基づいて区別される請求項 2 8に記載のシステム。

【請求項 3 2】

前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは、前記無人航空機を制御しているユーザからの前記無人航空機の距離に基づいて区別される請求項 2 8に記載のシステム50

。

【請求項 3 3】

前記 1 つまたは複数のセンサはライダセンサを有するとともに、前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは前記ライダセンサにより得られた飛行時間データに基づいて判断される請求項 2 8 に記載のシステム。

【請求項 3 4】

前記 1 つまたは複数のセンサはビジョンセンサを有するとともに、前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは前記ビジョンセンサにより得られた画像データに基づいて判断される請求項 2 8 に記載のシステム。

【請求項 3 5】

前記 1 つまたは複数のセンサはビジョンセンサを有するとともに、前記第 1 および第 2 環境タイプのうち少なくとも 1 つは前記ビジョンセンサにより得られた前記画像データに関連付けられた露出時間に基づいて判断される請求項 3 4 に記載のシステム。

【請求項 3 6】

複数の前記異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モード、のうちの 1、2 又は 3 以上を有する請求項 2 8 に記載のシステム。

【請求項 3 7】

無人航空機を制御する方法であって、

1 つまたは複数のセンサを用いて、前記無人航空機が第 1 環境タイプにいることを判断すること、

前記第 1 環境タイプに基づいて異なる飛行モードから第 1 飛行モードを選択することであって、前記異なる飛行モードの各々は複数の作動規則の異なるセットが関連付かれている、前記選択すること、

前記第 1 飞行モードの作動規則の第 1 のセットに適合しつつ前記無人航空機を動作させること、

前記 1 つまたは複数のセンサを用いて、前記無人航空機が第 2 環境タイプにいることを検出すること、

前記第 2 環境タイプに基づいて前記異なる飛行モードから第 2 飞行モードを選択すること、

前記第 2 飞行モードの作動規則の第 2 のセットに適合しつつ前記無人航空機を動作させることと、

1 つまたは複数のセンサから 1 つまたは複数の障害物を検出する信号を受信することを含み、

前記第 1 環境タイプの前記複数の作動規則は、前記第 1 環境タイプに対して構成された、前記障害物が検出された場合の、障害物回避戦略を定義しており、

前記第 2 環境タイプの前記複数の作動規則は、前記第 2 環境タイプに対して構成され、前記障害物が検出された場合の、前記第 1 環境タイプとは異なる障害物回避戦略を定義している方法。

【発明の詳細な説明】**【背景技術】****【0 0 0 1】**

無人航空機などの無人機は、軍用および民間用の多種多様な環境の適用例において、監視、偵察、探索のタスクを実行するために使用されることができる。無人航空機は、遠隔ユーザにより手動で制御されたり、半自律的または全自律的な態様で動作したりする。さまざまな制御スキームが、環境内で自律性のさまざまな度合いで無人航空機を操作可能にすべく実装され得る。

【0 0 0 2】

しかしながら、無人航空機に対する現存の制御スキームは、いくつかの例においては最適ではないであろう。例えば、幾つかの制御スキームは、無人航空機のための最適な作動

10

20

30

40

50

パラメータを決めるためのユーザ自身の判断に依存する。これは不慣れなユーザや、無人航空機を囲む環境をユーザが正確に把握できない状況においては困難であろう。さらに、幾つかの制御スキームは、障害物との衝突、センサの機能不良、その他無人航空機の操作中に直面するであろうエラー状況を自動的に検出及び／または予測するための安全機構が供給されないであろう。

【発明の概要】

【0003】

無人航空機を作動するための改善された制御スキームが求められている。本明細書中に開示された実施形態は、決定された飛行モードに従って無人航空機が制御されることを可能にする。飛行モードは、無人航空機を制御するための作動規則のセットに関連付づけられてよい。いくつかの実施形態において、飛行モードは、無人航空機上の1つまたは複数のセンサから得られたデータ（例えば、環境情報、無人航空機に対する状態情報）に基づいて自動的に選択される。各々の飛行モードは、異なる障害物回避戦略など、無人航空機を作動させる異なる制御スキームを供給してよく、これにより適合性、安全および使用の容易性が促される。10

【0004】

つまり、1つの観点によれば、環境における無人航空機を制御するシステムが供給される。システムは、無人航空機により運ばれ、センサデータを供給する1つまたは複数のセンサと、1つまたは複数のプロセッサとを有してよい。1つまたは複数のプロセッサは、個々にまたは集合的に、センサデータに基づいて、環境の環境タイプを判断し、環境タイプに基づいて複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択し、選択された飛行モードの作動規則のセットに適合しつつ環境において無人航空機を動作させるよう、構成されてよい。ここで、複数の異なる飛行モードの各々は無人航空機の作動規則の異なるセットに関連付けられている。20

【0005】

いくつかの実施形態において、環境タイプは、屋内環境、屋外環境、高空環境または低空環境、のうち1または複数を有してよい。環境タイプは、無人航空機の高度、無人航空機を囲む構造物の量、及び／または、無人航空機を制御しているユーザからの無人航空機の距離に基づいて区別されてよい。

【0006】

いくつかの実施形態において、1つまたは複数のセンサは、GPSセンサ、慣性センサ、ビジョンセンサ、ライダセンサ、超音波センサ、気圧計または高度計、のうち1または複数を有してよい。1つまたは複数のセンサは、複数の異なるセンサタイプを有してよい。1つまたは複数のセンサがGPSセンサを有してよいとともに、環境タイプがGPSセンサと通信するGPS衛星の数に基づいて判断されてもよい。1つまたは複数のセンサがライダセンサを有してよいとともに、環境タイプがライダセンサにより得られる飛行時間データに基づいて判断されてもよい。1つまたは複数のセンサがビジョンセンサを有してよいとともに、環境タイプが、ビジョンセンサで得られた画像データに関連付けられた露出時間など、ビジョンセンサから得られた画像データに基づいて判断されてよい。30

【0007】

いくつかの実施形態において、複数の異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モード、の2又は3以上を有してよい。作動規則の各々のセットは、1つまたは複数のセンサにより得られたデータを処理するための処理規則を有してよい。処理規則は、1つまたは複数のセンサから得られたデータのセンサフュージョンを実行するのに使用されてよい。その代わりまたはそれとの組み合わせで、作動規則の各々のセットは、UAVの飛行を制御するための制御規則を有してよい。制御規則はUAVの障害物回避戦略を決定するのに使用されてよい。40

【0008】

別の観点によれば、環境における無人航空機を制御する方法が供給される。方法は、無50

人航空機により運ばれる1つまたは複数のセンサからセンサデータを受信すること、センサデータに基づいてかつプロセッサの助けにより環境の環境タイプを判断すること、環境タイプに基づいてかつプロセッサの助けにより複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択すること、選択された飛行モードの作動規則のセットに適合しつつ環境で無人航空機を動作させること、を有してよい。ここで、複数の異なる飛行モードの各々は無人航空機に対する作動規則の異なるセットに関連付けられている。

【0009】

別の観点によれば、環境において無人航空機を制御するためのシステムが供給される。システムは、無人航空機により運ばれ、センサデータを供給するよう構成された1つまたは複数センサと、1つまたは複数プロセッサとを有してよい。1つまたは複数のプロセッサは、個々にまたは集合的に、複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択し、無人航空機に対する所望の移動経路を示す信号を受信し、所望の移動経路に沿ってまたはその近くに位置された1つまたは複数の障害物を検出する1つまたは複数のセンサから信号を受信し、無人航空機が1つまたは複数の障害物と衝突するのを防ぐため、選択された飛行モードに関連付づけられた障害物回避戦略に基づいて所望の移動経路が修正されるよう構成されてよい。ここで、複数の異なる飛行モードのそれぞれは異なる障害物回避戦略に関連付けられている。

【0010】

いくつかの実施形態において、1つまたは複数のセンサは、GPSセンサ、慣性センサ、ビジョンセンサ、ライダセンサ、超音波センサ、気圧計または高度計、のうち1つまたは複数を有してよい。1つまたは複数のセンサは複数の異なるセンサタイプを有してよい。

【0011】

いくつかの実施形態において、複数の異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モード、の2又は3以上を有してよい。飛行モードは、1つまたは複数のセンサにより得られたセンサデータに基づいて選択されてよい。センサデータは、無人航空機が位置している環境に関する環境情報、及び／または、無人航空機の状態に関する情報を有してよい。飛行モードはユーザ入力命令に基づいて選択されてよい。

【0012】

いくつかの実施形態において、障害物回避戦略のうち少なくとも1つは、無人航空機に、1つまたは複数の障害物から特定された距離の適切な位置でホバリングさせ及び／または1つまたは複数の障害物の周りにナビゲートさせることを有してよい。所望の移動経路を示す信号は、無人航空機のユーザによって操作されるリモートコントローラから受信してよい。

【0013】

いくつかの実施形態において、1つまたは複数のプロセッサは、1つまたは複数の障害物との潜在的な衝突を示す警告情報をユーザへ送信するよう更に構成されている。1つまたは複数のプロセッサは、無人航空機を修正された所望の移動経路に沿ってナビゲートさせるよう更に構成されてよく、これにより1つまたは複数の障害物を回避する。

【0014】

いくつかの実施形態において、システムは、無人航空機に対する1つまたは複数の障害物の空間的配置を図表表示するよう構成されたディスプレイユニットを更に有してよい。

【0015】

別の観点によれば、無人航空機を制御する方法が供給される。方法は、複数の異なる飛行モードから飛行モードを選択すること、無人航空機に対する所望の移動経路を示す信号を受信すること、1つまたは複数のセンサを用いて所望の移動経路に沿った1つまたは複数の障害物を検出すること、無人航空機が1つまたは複数の障害物に衝突するのを防ぐため、選択された飛行モードに関連付づけられた障害物回避戦略に基づいて所望の移動経路を修正すること、を有してよい。ここで、複数の異なる飛行モードの各々は、異なる障害物回避戦略に関連付づけられている。

10

20

30

40

50

【0016】

別の観点によれば、無人航空機を制御するためのシステムが供給される。システムは、無人航空機により運ばれ、センサデータを供給するよう構成された1つまたは複数のセンサと、1つまたは複数のプロセッサとを有してよい。1つまたは複数のプロセッサは、個々にまたは集合的に、1つまたは複数のセンサからのデータを用いて無人航空機が第1環境タイプにいることを判断し、第1環境タイプに基づいて複数の異なる飛行モードから第1飛行モードを選択し、第1飛行モードの作動規則のセットに適合しつつ無人航空機を動作させ、1つまたは複数のセンサからのデータを用いて無人航空機が第2環境タイプにいることを検出し、第2環境タイプに基づいて複数の異なる飛行モードから第2飛行モードを選択し、第2飛行モードの作動規則のセットに適合しつつ無人航空機を動作させるよう構成されてよい。ここで、複数の異なる飛行モードの各々は無人航空機に対する作動規則の異なるセットに関連付づけられる。

10

【0017】

いくつかの実施形態において、環境タイプは、屋内環境、屋外環境、高空環境または低空環境のうち1または複数を有してよい。環境タイプは、無人航空機の高度、無人航空機を囲む構造物の量、及び／または、無人航空機を制御しているユーザからの無人航空機の距離に基づいて区別されてよい。

【0018】

いくつかの実施形態において、1つまたは複数のセンサは、GPSセンサ、慣性センサ、ビジョンセンサ、ライダセンサ、超音波センサ、気圧計または高度計、のうち1または複数を有してよい。1つまたは複数のセンサは複数の異なるセンサタイプを有してよい。1つまたは複数のセンサはGPSセンサを有してよいとともに、環境タイプはGPSセンサと通信するGPS衛星の数に基づいて判断されてよい。1つまたは複数のセンサがライダセンサを有してよいとともに、環境タイプがライダセンサによって得られた飛行時間データに基づいて判断されてよい。1つまたは複数のセンサがビジョンセンサを有してよいとともに、環境タイプは、ビジョンセンサにより得られた画像データに関連付づけられた露出時間など、ビジョンセンサによって得られた画像データに基づいて判断されてよい。

20

【0019】

いくつかの実施形態において、複数の異なる飛行モードは、屋内飛行モード、屋外飛行モード、高空飛行モード、低空飛行モード、完全自律飛行モード、半自律的飛行モードまたは手動飛行モードの2又は3以上を有してよい。

30

【0020】

別の観点によれば、無人航空機を制御する方法が供給される。この方法は、1つまたは複数のセンサを用いかつプロセッサの助けにより、無人航空機が第1環境タイプにあることを判断すること、第1環境タイプに基づいてかつプロセッサの助けにより複数の異なる飛行モードから第1飛行モードを選択すること、第1飛行モードの作動規則の第1のセットに適合しつつ無人航空機を動作させること、1つまたは複数のセンサを用いかつプロセッサの助けにより、無人航空機が第2環境タイプにいることを検出すること、第2環境タイプに基づいてかつプロセッサの助けにより、複数の異なる飛行モードから第2飛行モードを選択すること、第2飛行モードの作動規則の第2のセットに適合しつつ無人航空機を動作させること、を有してよい。ここで、複数の異なる飛行モードの各々は無人航空機に対する作動規則の異なるセットに関連付けられている。

40

【0021】

本発明の異なる観点は、個々に、集合的にまたは互いに組み合わせされてもよいと理解されるべきである。本明細書中に記載された様々な態様が、以下に記載された特定のいかなる適用例またはいかなる他のタイプの可動物体に適用されてよい。航空機の本明細書中のいかなる説明も、いかなる輸送体など、いかなる可動物体に適用されかつそれに対し使用されてよい。さらに、空中の移動（例えば、飛行）に関連して本明細書中に記載されたシステム、デバイスおよび方法は、地上若しくは水上の移動、水中の移動、または、宇宙空間での移動など、他のタイプの移動に関連しても適用されてよい。さらに、ローターま

50

たはロータアセンブリの本明細書中のいかなる説明も、回転により推進力を生成するよう構成されたいかなる推進システム、デバイスまたはメカニズム(例えば、プロペラ、車輪、車軸)に適用されまたは使用されてよい。

【0022】

本願発明の他の目的および特徴は、明細書、特許請求の範囲および添付図面の検討によつて明らかになるであろう。

(引用による参照)

【0023】

この明細書で言及された全ての出版物、特許および特許出願は、各々個別な出版物、特許または特許出願が参照により組み込まれることが特にかつ個々に示されていたのと同じ程度まで、参照により本明細書中に組み込まれる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

本発明の新規な特徴は、添付された特許請求の範囲で特に記載される。本願発明の特徴と利点のよりよい理解は、本発明の原理が利用される実施形態で示される以下の詳細な説明、及び、添付図面を参照することによって得られるであろう。

【0025】

【図1A】実施形態による屋外環境での無人航空機を示す。

【0026】

【図1B】実施形態による屋内環境での無人航空機を示す。

【0027】

【図2】実施形態による、ある環境での無人航空機を制御する方法を示す。

【0028】

【図3】実施形態による、GPS信号強度に基づく環境タイプの判断を表すヒストグラムを示す。

【0029】

【図4】実施形態による、露出時間に基づく環境タイプの判断を表すグラフを示す。

【0030】

【図5】実施形態による、複数の異なる飛行モード間を切り替えるためのスキームを示すプロック図である。

【0031】

【図6】実施形態による、1つまたは複数の障害物との衝突を回避するための方法を示す。

【0032】

【図7】実施形態による、無人航空機の安全システムを示す。

【0033】

【図8】実施形態による、故障検知および分離を実行するスキームを示すプロック図である。

【0034】

【図9】実施形態による、UAVのリモートコントローラを示す。

【0035】

【図10】実施形態による、UAV動作に関する情報をディスプレイするよう構成されたモバイルデバイスを示す。

【0036】

【図11】実施形態による、無人航空機を示す。

【0037】

【図12】実施形態による、支持機構と積載物とを含む可動物体を示す。

【0038】

【図13】実施形態による、可動物体を制御するシステムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0039】

10

20

30

40

50

本開示は、無人航空機（UAV）の動作を制御するために改善されたシステムおよび方法を供給する。いくつかの実施形態において、UAVは、選択された飛行モードに従って（例えば、手動で、半自律的に、または、全自律的に）制御されうる。「飛行モード」という用語は、本明細書中では UAV を作動させる制御スキームを参照するのに使用されえる。飛行モードは、UAV 状態（例えば、位置、方向、速度、加速度）、機能（例えば、衝突防止、故障検知）及び／または振る舞い（例えばユーザ命令への応答、自律性の度合い）に対する作動規則のセットを含んでよい。飛行モードは、例えば、UAV に運ばれる 1 つまたは複数センサにより収集された環境データに基づいて、自動的に決定されえる。有利に、本明細書中に記載された実施例は、現在の環境状況に基づいて適切な飛行モードを選択することにより、UAV の作動規則を自動的にかつ動的に最適化するのに使用され得ることができ、これにより安全性、ユーザ利便性および UAV の適合性が促される。

【0040】

例えば、UAV は、短距離飛行モードまたは長距離飛行モードで動作するように構成されえる。各々の飛行モードは、UAV がユーザに比較的近い場合か遠方の場合かに対して各々適切な作動規則に関連付けられえる。例えば、短距離飛行モードは、ユーザの制御の度合いがより大きい影響を与える作動規則を供給し、長距離飛行モードは自律障害物回避戦略など、自動制御メカニズムを利用する作動規則を供給するであろう。UAV とユーザとの間の距離の検出に基づいて、UAV のオンボードプロセッサは、UAV 動作を制御するのに使用される適切な飛行モードを選択することができる。

【0041】

本明細書中に記載される複数の UAV は、自律的に（例えば、オンボードコントローラなどの適切なコンピューティングシステムによって）、半自律的にまたは手動で（例えば、ヒューマンユーザによって）動作されえる。UAV は、適切なエンティティからコマンドを受信し得ることができ（例えば、ヒューマンユーザまたは自律制御システム）、1 つまたは複数の動作を実行することによりそのようなコマンドに応答しえる。例えば、UAV は、地面を離陸し、空中を移動し（例えば、並進の 3 自由度まで、および、回転の 3 自由度まで）、空中をホバリングし、地面に着陸するなどをするよう制御され得る。他の例として、UAV は、特定の速度及び／または加速度（例えば、並進の 3 自由度までおよび回転の 3 自由度まで）、または特定の移動経路に沿って移動するよう制御され得る。さらに、コマンドは、本明細書中に記載される構成要素など（例えば、センサ、アクチュエータ、推進ユニット、積載物等）の、1 つまたは複数の UAV 構成要素を制御するのに使用されえる。例えば、幾つかのコマンドは、位置、方向及び／または、カメラなどの UAV 積載物の操作の制御に使用されえる。

【0042】

UAV は、屋外、屋内、高空、低空、都市、田舎等などの様々なタイプの環境で動作し得る。異なるタイプの環境は、様々な環境の特性及び条件のうち少なくとも 1 つに基づき互いに区別されるであろう。例えば、屋外と屋内環境とは、以下により詳細に記載されているように、環境が囲まれている度合い（例えば、壁部、天井、屋根および他の構造）に基づいて区別されえる。他の例として、高空と低空環境とは、地面からの距離など、予め定められた距離閾値に基づいて区別されえる。地面からおよそ 10 m または 50 m に等しいかより小さい環境は低空環境とみなされえるし、地面からおよそ 10 m または 50 m と等しいかより大きい環境は高空環境とみなされえる。同様に、短距離と長距離環境とは、UAV を制御しているユーザ及び／または UAV 飛行の開始地点からの距離など、予め定められた距離閾値に基づいて区別されえる。短距離環境は、ユーザ及び／または開始地点からおよそ 50 m に等しいかより小さくてよいし、長距離環境はユーザ及び／または開始地点から 50 m と等しいかより大きくてよい。いくつかの実施形態において、環境タイプが、環境内の物体（例えば、自然なまたは人工建造物、障害物または他のエンティティ）の量、タイプ、密度等に基づいて区別されえる。例えば、都市または郊外環境は人工建造物および人間が高密度を有することで特徴付けられるであろうし、農村環境は自然構造物が高密度で人間が少ないことで特徴付けられるであろう。異なる環境タイプ間を区別す

10

20

30

40

50

るのに使用されれる他の特性は、天気状況（例えば、風速、可視性、降水）、地形（例えば、山、森、水上）、人間活動の量（例えば、高集合、低集合、人けなし）、航空活動の量（例えば小禽、航空機、その他の飛行輸送体による）、安全ハザードへの近接度（例えば、パワーライン、建物、空港などの飛行制限区域）等を含む。

【0043】

さて図面に目を向けると、図1Aは、実施形態による、屋外環境100で作動するUAV102を示す。屋外環境100は、都市、郊外若しくは田舎環境、または、少なくとも部分的に建物内にないいかなる他の環境であってよい。UAV102は地面104に比較的近い（例えば低空）または地面104から比較的遠方（例えば高空）で動作されるであろう。例えば、地面からおよそ10mに等しいまたは未満で作動しているUAV102は低空とみなされるであろうし、一方、地面からおよそ10mに等しいかそれより高く作動しているUAV102は高空とみなされるであろう。

10

【0044】

いくつかの実施形態において、屋外環境100は、1つまたは複数の障害物108a-dを含む。障害物は、UAV102の移動を遮るであろうあらゆる物体やエンティティを含んでよい。幾つかの障害物は、建物、地上車両（例えば、自動車、自動二輪車、トラック）、人間、動物、植物（例えば、木、草むら）および他の人工または自然構造物など、地面104に位置されるであろう（例えば、障害物108a、108d）。幾つかの障害物は、地面104、水、人工建造物、または、自然構造物に接触及び／または支持されるであろう。その代わり、幾つかの障害物は、航空機（例えば、飛行機、ヘリコプタ、熱気球、他のUAV）または小禽を含み、完全に空中106に位置するであろう（例えば、障害物108b、108c）。空中障害物は、地面104によつても、水によつても、いかなる自然なまたは人工建造物によつても支持されないであろう。地面104に位置する障害物は、実質的に空中106に伸びる部分を含んでよい（例えば、タワー、摩天楼、街灯ポスト、電波塔、パワーライン、木その他などの高い構造）。

20

【0045】

図1Bは、実施形態による、屋内環境150で作動しているUAV152を示す。屋内環境150は、床156、1つまたは複数の壁部158及び／または天井もしくは屋根160を有する建物154の内部の中である。例示的な建物は、家、アパート、オフィス、工場、倉庫その他などの住居、商用または工業の建物を含む。建物154の内部は、UAV152が内部空間に制限されるように、床156、壁部158および天井160によつて完全に囲まれるであろう。逆に、床156、壁部158または天井160のうち少なくとも1つがなくてもよく、これによりUAV152が内から外へまたはその逆に飛行することが可能である。その代わりまたは組み合わせで、1つまたは複数の開口164が、床156、壁部158または天井160に形成されてもよい（例えば、ドア、窓、天窓）。

30

【0046】

屋外環境100と同様に、屋内環境150は1つまたは複数の障害物162a-dを含んでよい。幾つかの障害物は、家具、電化製品、人間、動物、植物、および、他の人工または自然な物体など、床156の上に位置されるであろう（例えば、障害物162a）。逆に、幾つかの障害物は、複数の小禽または他のUAVなど、空中に位置するであろう（例えば、障害物162b）。屋内環境150の幾つかの障害物は他の構造や物体に支持されてもよい。障害物は、照明器具、天井ファン、梁、または他の天井取り付け器具若しくは構造など、天井160に取り付けられていてもよい（例えば、障害物162c）。いくつかの実施形態において、障害物は、照明器具、本棚、キャビネット、および他の壁部取り付け器具または構造など、壁部158に取り付けられてもよい（例えば、障害物162d）。とりわけ、建物154の構成要素も障害物とみなされてもよく、床156、壁部158、天井160を含む。

40

【0047】

本明細書中に記載される障害物は、実質的に静止していてもよく（例えば、建物、植物、構造）、また、実質的に移動してもよい（例えば、人間、動物、輸送体、その他移動可

50

能な物体）。幾つかの障害物は、静止と移動のコンポーネントの組み合わせを含んでよい（例えば、風車）。移動障害物または障害物構成要素は、予め定められたまたは予測された経路またはパターンに従って移動してもよい。例えば、車の移動は比較的予測可能であろう（例えば、道の形に従う）。その代わり、幾つかの移動障害物または障害物構成要素は、ランダムさもしくは予測できない軌道に沿って移動してもよい。例えば、動物などの生きものは、比較的予測できない態様で移動するであろう。異なるタイプの環境は、異なる量およびタイプの障害物に関連付けられるであろう。例えば、高空環境は障害物がないかほとんどないであろう。対して、屋内環境または低空環境ではより多くの障害物があるであろう。低空、屋外環境の幾つかのタイプ（例えば広場および他の開空間）では、他のタイプ（例えば、都市環境および他の密集領域、林）よりも障害物は少ないであろう。従って、高密度の障害物の環境で作動しているUAVは、衝突、ニアミスまたは他の安全性事故の增大リスクにさらされるであろう。逆に、低密度の障害物の環境におけるUAV動作は比較的安全であろう。移動障害物はUAVでなされるいかなる動作とは独立してUAVと衝突またはこれを遮るであろうように、移動障害物は静止障害物と比較して増大したリスクをもたらすであろう。

【0048】

UAVはさまざまな環境において1つまたは複数の作動規則に従って動作されてもよい。本明細書中に先に記載されたように、作動規則は、UAV状態、機能及び／または振る舞いなどのUAV動作のいかなる適切な態様を制御するのに使用されてもよい。いくつかの実施形態において、1つまたは複数の作動規則は、UAVの状態の1つまたは複数の観点に対する範囲、限界、値等を供給してよい（例えば、高度、緯度、経度、ロール、ピッチ、ヨー、並進速度、角速度、並進加速度、角加速度など）。他の例として、1つまたは複数の作動規則は、UAVの1つまたは複数の機能を実施するための、アルゴリズム、ロジック、処理などを供給してよい（例えば、衝突防止、故障検知、安全機構、ナビゲーション、マッピング、データ収集、データ処理等）。例えば、作動規則は、以下に更なる詳細が記載されるように、UAVに対する障害物回避戦略を定義してもよい。その代わりまたは組み合わせとして、例示的な作動規則は、UAVの振る舞いの1つまたは複数の観点を制御するためのアルゴリズム、ロジック、処理などを供給してもよい（例えば、ユーザ命令への応答、検出された障害物への応答、エラーや機能不良への応答、自律的または半自律的動作等）。

【0049】

1つまたは複数の作動規則のセットは、「制御モード」または「飛行モード」としても知られる、UAVに対する制御スキームを定義するのに使用されてもよい。異なる飛行モードは、UAVを制御するための作動規則の異なるセットを供給してもよい。例えば、「低速度飛行モード」、「中速度飛行モード」および「高速度飛行モード」は、各々、低、中または高速度範囲のUAV飛行を可能にする作動規則を含んでよい。他の例として、ユーザがUAVを制御する範囲を異なる飛行モード間で異ならせてよい。例えば、「自由飛行モード」または「手動飛行モード」は、自動介入を全くまたは少しだけにして、ユーザがUAVを制御するのを可能にする作動規則を含んでよい。自由飛行モードにおいて、ユーザから供給された入力コマンドは、1つまたは複数のUAV構成要素（例えば、推進システム、アクチュエータ、センサ等）を直接制御するのに使用されてもよい。例として、ユーザが、運動の6自由度までに対するUAVの、位置、方向、速度及び加速度のうち少なくとも1つを直接制御してもよい。逆に、「完全自律飛行モード」は、いかなるユーザ入力からも独立してUAVを制御する作動規則を含んでよい。完全自律飛行モードは、いかなるユーザ入力を用いることなく、運動の6自由度までに対する、UAVの位置、方向、速度及び加速度のうち少なくとも1つを制御するための自動化管理システムを利用してもよい。例えば、自律帰還飛行モードは、ユーザからのいかなる制御入力なしに、特定された位置（例えば、初期離陸位置）へ帰還するようUAVを制御してもよい。自律帰還モードは、UAVがそのUAVの制御が失われた（例えば、UAVがリモートコントローラの範囲の外にあるか、さもなければリモートコントローラとの通信を失った）と判断さ

10

20

30

40

50

れた場合にトリガされてもよい。「半自律的飛行モード」は、ユーザ命令と自動的に生成されたUAVを制御する命令とのいかなる適切な組み合わせを利用する作動規則を含んでよい。半自律的飛行モードにおいて、UAV動作の幾つかの観点は自動である一方で、他の観点がユーザ入力に依存してもよい。例えば、「ウェイポイント飛行モード」は、UAVが行き来する一連のターゲット位置またはウェイポイントをユーザが示すことを可能にしてもよい(例えば、リモートコントローラ、モバイルデバイス等を用いた入力)。UAVはウェイポイント間の飛行経路を自律的に決定して、それで飛行経路に従ってナビゲートしてもよい。

【0050】

飛行モードの作動規則は所望に応じて構成されてもよい。幾つかの飛行モードは、ある作動条件(例えば、安全の観点、使用の容易さ、操縦性、航空写真や他のタイプのデータ収集などの機能性)に対して最適化されてもよいし、それらに基づいて他の飛行モードから区別されるようにしてもよい。いくつかの実施形態において、飛行モードは、特定の環境タイプにおいてUAVの最適なパフォーマンスを供給するように設計されてもよい。例えば、「低空飛行モード」または「短距離飛行モード」は、低空及び/または短距離環境での使用に最適化された作動規則のセットに関連付けられてもよい。逆に、「高空飛行モード」または「長距離飛行モード」は、高空及び/または長距離環境のために構成されてもよい。同様に、「屋内飛行モード」、「屋外飛行モード」、「都市飛行モード」、「田舎飛行モード」は、対応する環境タイプに対してUAVのパフォーマンスを促進するように設計され得る。適切な作動規則は、例えば以前の飛行データの分析、機械学習、テストユーザからのフィードバック等に基づくなど、いかなる適切な態様で決定されてもよい。

【0051】

本明細書中に記載されるUAVは、同時に及び/または順次、複数の異なる飛行モードに従って動作するよう構成されてもよい。1、2、3、4、5またはそれ以上の異なる飛行モードなど、異なる飛行モードのいかなる適切な数または組み合わせが使用されえる。例えば、単一の飛行中に、UAVは異なる作動規則が有する異なる飛行モードを利用してもよい。いくつかの実施形態において、UAVは、複数の異なる飛行モードを同時に利用することができる。二つの飛行モードが競合する状況において、優先付された飛行モードの作動規則が低優先付けされた飛行モードの作動規則よりも先行するように、飛行モードがそれぞれ予め定められた優先度に関連付けられてよい。UAVは、予め定められたシーケンスに従って、異なる飛行モード間を切り替えてよい。その代わり、使用されている単数または複数の飛行モードがUAV動作中に動的に決定されてもよい。

【0052】

手動、半自律的または全自律的な方法を含む、さまざまなアプローチがUAVを制御するために、適切な飛行モードを決定する。例えば、ユーザは、飛行モードを選択及び/または異なる飛行モードの間を変更するために、(例えば、リモートコントローラまたはモバイルデバイスにより)入力コマンドを供給してよい。その代わりまたは組み合わせて、UAVやその構成要素の状態(例えば、空間的配置、離陸または着陸など操作の状態、電力の残りのパーセント、機能不良)、UAVに近い他の物体の状態(例えば、障害物、構造、他のUAVの存在)、UAVで実行されている機能(例えば、データ収集、ナビゲーション)など、他の要因が飛行モードの決定に使用されえる。いくつかの実施形態において、飛行モード決定は、少しのユーザ入力または全くなしで自動な態様で実行ができる。これにより、最適な飛行モードの選択に関連付けられるユーザの責任を開放することができる。これは、不慣れなユーザまたはユーザが適切な飛行モードを正確に判断することができない状況(例えば、ユーザがUAV及び/またはUAVの周囲の環境を直接見ることができない場合)において有利であろう。さらに、自動飛行モード選択は、いくつかの例においては、誤ったユーザ入力を調整し、オーバーライドするのに使用されてよく、これによりUAV動作および安全性が改善される。例えば、特定の複数の飛行モードは危険な状況(例えば、障害物に近付きすぎるUAVの飛行をすること)を導きえるユーザ入力を制限してよい。

10

20

30

40

50

【0053】

いくつかの例においては、UAVの現在の環境が飛行モードの選択に影響してもよい。上で記載されたように、幾つかの飛行モードは特定の環境タイプにおいて他の複数の飛行モードに比較してより最適であってもよい。例えば、自動衝突防止などのより切迫した安全性の特徴を実施する飛行モードは、ユーザの視覚範囲の外及び／または比較的多数の障害物を有する環境において適切であろう。逆に、ユーザにUAVの比較的束縛されない制御を供給する飛行モードは、ユーザの視覚範囲内の障害物のない環境での作動時に望まれるであろう。従って、適切な方法は、UAV動作に対する適切な飛行モードを決定するために、UAVを囲む環境の評価を実装してもよい。

【0054】

図2は、実施形態によるある環境においてUAVを制御する飛行モードを選択する方法200を示す。方法200は、本明細書中で提示されたすべての方法と同じく、本明細書中に記載されたシステムおよびデバイスのいかなる実施形態を用いて実行することができる。例えば、方法200の1つまたは複数のステップは、個々にまたは集合的に動作する1つまたは複数のプロセッサによって実行されてよい。プロセッサの幾つかはUAVによって運ばれてよい（例えば、オンボードプロセッサ）。その代わりまたは組み合わせとして、プロセッサの幾つかは、遠隔地からUAVと通信してもよい（例えば、リモートコンピューティングシステムまたはデバイス）。いくつかの実施形態において、遠隔装置は別デバイス（例えば、UAVまたはその部分、ディスプレイユニット、または他の外部装置）の1つまたは複数の構成要素を制御する1つまたは複数のユーザ入力を受け取るリモートコントローラであってよく、更なる詳細本明細書中に記載される。方法200は、いかなるユーザ入力または手動の介入も必要としない全自动態様で実行されてもよい。その代わり、方法200のステップの少なくとも幾つかは、受信されたユーザ入力に基づいて実行されてもよい。いくつかの実施形態において、方法200の幾つかまたはすべてのステップが、UAVの操作中にリアルタイムで実行され、これにより、UAV飛行モードの状況に基づくリアルタイム選択を供給する。

【0055】

ステップ210において、環境のセンサデータが1つまたは複数センサから受信される。環境情報を集めるのに適したあらゆるセンサが使用されうる。それらは、位置センサ（例えば、全地球測位システム（GPS）センサ、位置の三角測量可能なモバイルデバイス送信機）、ビジョンセンサ（例えば、カメラなどの、可視、赤外または紫外光を検出可能なイメージングデバイス）、近接センサ（例えば、超音波センサ、ライダ、飛行時間カメラ）、慣性センサ（例えば、加速センサ、ジャイロスコープ慣性測定ユニット（IMUs））、高度センサ、圧力センサ（例えば、気圧計）、音声センサ（例えば、マイク）、またはフィールドセンサ（例えば、磁力計、電磁気センサ）を含む。1、2、3、4、5またはそれ以上のセンサなど、センサのあらゆる適切な数および組み合わせが使用されえる。必要に応じて、データは異なるタイプの複数のセンサ（例えば、2、3、4、5またはそれ以上のタイプ）から受信されてもよい。異なるタイプのセンサは異なるタイプの信号または情報（例えば、位置、方向、速度、加速度、近接度、圧力等）を測定してよく、及び／または、データを得るのに異なるタイプの測定技術を利用してよい。例えば、センサは、能動センサ（例えば、それ自身のソースからエネルギーを生成および測定するセンサ）と受動センサ（例えば、利用できるエネルギーを検出するセンサ）のあらゆる適切な組み合わせを含む。

【0056】

センサデータは様々なタイプの環境情報を供給してよい。例えば、センサデータは、屋内環境、屋外環境、低空環境、高空環境など、環境タイプを表すであろう。センサデータに基づいて環境タイプを判断するための例示的な方法は以下に供給される。センサデータは、天候（例えば、晴れ、雨、雪）、可視性状態、風速、時刻等を含む、現在の環境条件に関する情報をも供給してよい。さらに、センサで収集された環境情報は、構造または障害物など、環境内の物体に関する情報を含んでよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

いくつかの実施形態において、少なくとも幾つかセンサは、UAVの状態に関するデータを供給するよう構成されてよい。センサにより供給される状態情報は、UAVの空間的配置に関する情報を含んでよい（例えば、経度、緯度及び／または高度などの位置情報；ロール、ピッチ及び／またはヨーなどの方向情報）。状態情報は、UAVの動きに関する情報も含んでよい（例えば、並進速度、並進加速度、角速度、角加速度など）。センサは、例えば6自由度までに対するUAVの空間的配置及び／または動き（例えば、位置及び／または並進の3自由度、方向及び／または回転の3自由度）を判断するように構成されてよい。状態情報は、グローバル基準フレームに対して、または、別のエンティティの基準フレームに対して供給されてもよい。例えば、センサはUAVとユーザ及び／またはUAVの飛行開始地点との間の距離を判断するよう構成されてもよい。

10

【 0 0 5 8 】

本明細書中に記載されたセンサはUAVで運ばれてもよい。センサは、UAVの機体の上、下、側面または中など、UAVのいかなる適切な部分に位置されてよい。幾つかのセンサは、UAVの空間的配置及び／または動きがセンサの空間的配置及び／または動きに対応するように、UAVと機械的に接続されてよい。センサは、それが取り付けられたUAVの部分に対して当該センサが移動しないように、強固な接続によってUAVに接続されてよい。その代わり、センサとUAVとの間の接続は、UAVに対するセンサの移動を可能にしてもよい。接続は、永久的な接続でもよいし、非永久的な接続でもよい（例えば、取り外し可）。適切な接続方法は、接着、ボンディング、溶着及び／またはファスナー（例えば、ネジ、クギ、ピン等）を含んでよい。必要に応じて、センサはUAVの部分と一緒に形成されてもよい。さらに、本明細書中に記載された複数の実施形態などのように、センサは、センサで収集されたデータがUAVのさまざまな機能（例えば、ナビゲーション、制御、推進、ユーザや他のデバイスとの通信等）に対して使用されることを可能にすべく、UAVの部分（例えば、プロセッシングユニット、制御システム、データストレージ）に電気的に接続されてよい。

20

【 0 0 5 9 】

ステップ220において、環境の環境タイプは、センサデータに基づいて判断され、本明細書中ではそれを、「環境認識」または「環境分析」とも呼ぶ。いくつかの実施形態において、1つまたは複数のセンサから得られたデータは、特定の環境タイプを示すさまざまな定量的な統計及び／または定性的な測定を判断するために、分析されてよい。使用されるデータ処理および分析方法は、以下の例示的な実施形態に記載されるように、特定のセンサタイプに基づいて異なってもよい。

30

【 0 0 6 0 】

図3は、実施形態による、GPS信号強度に基づく環境タイプの判断を表すヒストグラム300を示す。GPSセンサで受信されたGPS信号の強度は、GPSセンサと通信するGPS衛星の数に依存するであろう。屋内環境において、GPSセンサとGPS衛星との間の視界の線が遮られるので、GPS信号は比較的弱いであろう（例えば、少ないかまったく衛星が利用できない）。逆に、屋外環境において、GPS信号は比較的強いであろう。さらに、GPS信号はより低空に比較してより高空の方が強いであろう。従って、GPS信号強度は、いくつかの例においては、UAVが屋内環境、屋外環境、低空環境、または、高空環境のいずれにあるか判断するのに使用されてよい。例えば、もしGPSセンサが4つ以下のGPS衛星と通信したら、これはUAVが屋内環境にあることを示すとしてよい。逆に、もしGPSセンサが5つ以上のGPS衛星と通信したら、これはUAVが屋外環境において低空（例えば、地面から50m未満）にあることを示すとしてよい。もしGPSセンサが6つ以上のGPS衛星と通信したら、これはUAVが屋外環境において高空（例えば、地面から50mより高い）にあることを示すとしてよい。

40

【 0 0 6 1 】

図4は実施形態による、露出時間に基づく環境タイプの判断を表すグラフ400を示す。カメラなどのビジョンセンサは、周囲環境の明るさに基づいた画像データに対する最適

50

な露出時間を自動的に判断してもよい。より明るい環境は短い露出時間に関連付けられてよいし、対して、より暗い環境はより長露出時間に関連付けられてよい。環境の相対的な明るさは、いくつかの例においては屋外と屋内環境との間を区別するのに使用されてよい。例えば、昼間は、屋外環境の方が屋内環境よりも明るいであろう。逆に、夜間では、屋内環境の方が屋外環境よりも明るいであろう。従って、露出時間は U A V が屋内か屋外かを判断するのに使用されてよい。グラフ 4 0 0 において、ビジョンセンサに対して計測された露出時間は、時間点 4 1 0 で急激に減少しており、これは、U A V が屋内環境から昼の屋外環境へ移動したことを示すであろう。昼間は、ビジョンセンサの露出時間は、U A V が屋外にある場合に、5 m s から 1 0 m s の範囲内であるとしてよい。露出時間は、屋内環境に対しては一日の時間では実質的に異ならないであろう。例えば、露出時間は U A V が屋内にある場合、2 0 m s から 3 0 m s の範囲内であるとしてよい。

【 0 0 6 2 】

センサデータの他のタイプが環境タイプを判断するのに使用されてもよい。例えば、位置センサ（例えば、G P S センサ、高度計）及び圧力センサ（例えば、気圧計）のうち少なくとも 1 つが U A V の高度を判断するのに使用されてよく、これにより低度環境と高空環境との間を区別してもよい。同様に、位置センサが U A V と開始地点及びユーザとの間の距離のうち少なくとも 1 つを測定するのにも使用されてよく、これにより、U A V が短距離環境にあるか長距離環境にあるかを判断する。いくつかの例においては、ライダなどの近接センサからの飛行時間データは、環境タイプ（例えば、屋内及び／または低空環境は屋外及び／または高空環境よりも多くの構造を含むであろう）と相関するであろう U A V 近傍の構造物の量を判断するのに使用されてよい。さらに、適切な画像認識技術が、異なる環境間を区別ためにビジョンセンサから得られる画像データに適用されてよい。例えば、画像認識は特定の環境タイプを表す環境物体を識別するのに使用されてよい（例えば、木々は田舎環境を示し、建物および人々は都市環境を示す）。

【 0 0 6 3 】

環境認識の精度を向上させるために、さまざまなセンサタイプからの結果が比較され及び／または結合されて最終感知結果を生成してもよい。各々のセンサからの結果はセンサデータの質および信頼性に依存して、異なる重みづけが与えられてよい。さらに、特定の時間間隔において得られたセンサデータが、改善された環境認識結果を生成するために比較され（例えば、計算された統計に基づいて）及び／または結合（例えば、加重平均を用いて）されてよい。例えば、画像データを用いて実行された環境認識の実施形態において、データ分析は画像データのフレーム毎に一度実行されてもよく（「フレームに基づく環境分析」）、最終結果を得るために、複数の連続する画像の各々から得られた結果が比較及び／または結合されてもよい。このアプローチは、環境認識技術の精度およびノイズ耐性を向上させるであろう。

【 0 0 6 4 】

ステップ 2 3 0 において、飛行モードは環境タイプに基づいて選択される。飛行モードは複数の異なる飛行モードから選択されてよく、その各々は、本明細書中で先に記載されているように、作動規則の異なるセットに関連付けられる。あらゆる適切な方法が、環境タイプに対する適切な飛行モードを決定するのに使用されてよい。いくつかの例においては、特定の飛行モードは特定の環境タイプに最適化されていてよく、それゆえ、対応する環境タイプが認識された場合に優先的に選択されてよい。例えば、飛行モードの作動規則は、特定の環境タイプに対して構成された障害物回避戦略を定義してよい。様々な環境タイプに対する例示的な障害物回避戦略は、更なる詳細が以下に記載される。

【 0 0 6 5 】

その代わりまたはそれと組み合わせて、ユーザ嗜好（例えば、リモートコントローラまたは他のデバイスから受信された入力コマンドに基づく）、操作の状態（例えば、離陸、着陸）、環境内の他の物体の存在（例えば、障害物、構造、他の複数の U A V ）、または、U A V 若しくはその構成要素の状態（例えば、位置、方向、残りのバッテリ寿命）など、他の要因が飛行モード選択において考慮されてよい。必要に応じて、もし環境タイプが

10

20

30

40

50

判断できないならば（例えば、エラー、不適切または信頼できないセンサデータのために）、飛行モード選択は環境タイプとは独立して実行されてよく、または、UAVはデフォルトの飛行モード（例えば、手動飛行モード）に従って動作してもよい。

【0066】

ステップ240において、UAVは、選択された飛行モードに関連付けられた作動規則のセットに適合しつつ環境内で動作させられる。作動規則は、UAVが手動で、半自律的にまたは全自律的に制御されているときに適用されてよい。例えば、UAVは、UAVの所望の運動（例えば、所望の並進、回転、速度及び／または加速度）を示す信号（例えば、ユーザからの入力コマンド、自動化管理システムからの制御命令）を受信してよい。UAVの1つまたは複数のオンボードプロセッサ（または、本明細書中で供給されるいかなる他の適切なシステムまたはデバイス）は、作動規則を満たしつつ受信した信号による指示によってUAVが移動できるか否かを判断してよい。もしそうであれば、プロセッサは、UAVに移動を実行させるために、UAV推進システムに送信する制御命令を生成する。もしそうでなければ、プロセッサは信号を修正して、結果的な移動が作動規則を満たし、かつ、対応する命令を推進システムに供給するようにする。さらに、本明細書中で先に記載されたセンサのうち1つまたは複数は、UAVの現在状態を測定し、作動規則に継続的に従うことを確実にするために、UAV制御システムにフィードバックが供給されるよう 10 に使用されてもよい。フィルタリング、センサフュージョン（例えば、カルマンフィルタを用いる）、時間平均等など、UAV制御の安定性を向上させるべく、様々な技術が、センサ測定のノイズを減少させるのに適用されてよい。

【0067】

いくつかの実施形態において、作動規則はUAVを制御するコマンドを生成するのに使用されてよい。例えば、作動規則は、以下に更なる詳細が記載されるように、検出された環境障害に応じて適切な回避行動をUAVに実行させるなどによって、UAVの振る舞いを制御することができる。他の例として、作動規則は1つまたは複数UAV構成要素の機能を制御してもよい。UAVの機体に1つまたは複数の光が設けられている（例えば、UAVの状況の視覚インジケータを供給するため）実施形態において、作動規則は、環境タイプに基づいて可視性と電力消費を最適化すべく光の適切な輝度を特定してもよい（例えば、屋外環境では可視性を向上させるべくより明るくし、屋内環境では電力消費を減少させるべくより暗くする）。さらに他の例において、作動規則は、UAVがセンサデータをどのように処理するかを制御する処理規則を含んでよい。例えば、実施形態において、現飛行モードの作動規則は、様々なセンサタイプからのセンサデータをセンサフュージョン結果の信頼性をどのように融合するかを示してよい。このアプローチは、環境タイプに従って幾つかセンサタイプの信頼性が異なる状況において有利であろう（例えば、GPSデータは屋外環境より屋内環境の方が正確性が低いし、磁力計は屋内環境など電場のある環境によって影響を受ける、等）。UAVは、現在の環境タイプに対するセンサの信頼性の予測に従って、異なるデータ処理規則を実装してもよい。

【0068】

上記ステップは実施形態によるUAVを制御する方法200を示すが、本明細書中に記載された手法に基づいた多くの変更が当業者には認識されるであろう。ステップの幾つかはサブステップを有してよい。いくつかの実施形態において、ステップ230において飛行モードが環境タイプを考慮することなしにセンサデータに基づいて決定されるように、ステップ220は随意的である。複数のステップの多くは、それが有益な頻度で繰り返されてよい。例えば、ステップ210、220、230および240は、動的でかつ適応できる飛行モードの決定を供給すべく、UAVの操作中に、継続的にまたは予め定められた時間間隔で繰り返されてよい。さらに、方法200は飛行モード決定の観点から提示されているが、他の実施形態において、方法200は環境タイプに基づいた1つまたは複数の作動規則を、いかなる飛行モード選択からも独立して決定するにも使用されてよい。例えば、いくつかの実施形態において、ステップ230は、複数の異なるセットの作動規則から、ある作動規則のセットを選択することが可能であるように変更されてもよい。飛行 40 50

モードの決定に関する本明細書中のいかなる説明も、作動規則の決定にも適用されうるし、その逆でもよい。

【0069】

いくつかの実施形態において、操作中に U A V が異なる飛行モード間を切り替えることは有利であろう。例えば、ユーザが U A V に（例えば、リモートコントローラやモバイルデバイスなどのユーザデバイスによって）飛行モード間を切り替えるよう指示してもよい。その代わり、飛行モード切替は半自律的または完全自律的な態様で実現されてもよい。自動飛行モード切替は、環境タイプ、U A V またはその構成要素の状態、操作の状態、機能不良及び／または障害物などの検出された安全性リスク、または適切なこれらの組み合わせなどの環境情報に基づいて実行されてよい。例えば、もし収集されたセンサデータを U A V が第 1 環境タイプから出て第 2 の、異なる環境タイプへ移動していることを示すなら、現飛行モードは第 2 環境タイプに対してより最適な異なるモードに切り替えられてよい。本明細書中に記載されている飛行モード切替方法の実施形態は、現在の作動条件及び／またはユーザ嗜好に基づいて、U A V 作動規則が動的かつ順応的に決定されることが有利に可能である。

10

【0070】

図 5 は、実施形態による、複数の異なる飛行モード間を切り替えるためのスキーム 500 を示すブロック図である。飛行モードは、手動飛行モード 502、屋内飛行モード 504、低空または短距離飛行モード 506、および、高空または長距離飛行モード 508 を含んでよい。U A V は、もし特定の基準が満足されているならば、それらの飛行モードのいかなる 2 つの間を切り替えてよい。例えば、U A V は、離陸中は初期的に手動モード 502 であってよいし、もし離陸が成功して U A V 状態が正常になったら、屋内モード 504 に切り替えてよい。一旦は屋内モード 504 にあっても、もしセンサデータが、例えば、近接センサ深さマッピングデータ、イメージセンサ露出時間、G P S 信号強度等に基づいて、U A V が開かれた、屋外環境にいることを示すなら、U A V は低空または短距離モード 506 に切り替えてよい。逆に、もしセンサデータが、例えば、G P S 信号強度が低い、深さマッピングデータの信頼性が低い、壁部や他の構造を画像認識したなど、U A V が囲まれた、屋内環境にいることを示すなら、U A V は低空モードまたは短距離範囲 506 における作動を屋内モード 504 に切り替えてよい。低空または短距離モード 506 と高空または長距離モード 508 との間の遷移は、U A V 高度が特定の閾値を超えているかどうか、開始地点及び／またはユーザからの U A V 距離が特定の閾値を超えているかどうか、を含む、さまざまな要因によってトリガされてよい。いくつかの実施形態において、例えば、以下に供給される方法を用いて、もし機能不良が検出されたならば、U A V は自動的に現飛行モードから手動モード 502 に切り替えてよい。

20

【0071】

本明細書中に記載される飛行モードは、U A V 動作の様々な態様を制御するのに使用されてよい。いくつかの実施形態において、幾つかの飛行モードは、1 つまたは複数の環境障害との潜在的な衝突の検出など、特定の状況にどのように U A V が応答するかに影響を与えるであろう。異なる飛行モードは、障害物回避戦略の異なるタイプを定義する作動規則を供給してよい。障害物回避戦略は、U A V のユーザ制御との過度な干渉なしに衝突のリスクを低減するために、特定の作動状況及び／または環境タイプに対して最適化されてよい。

30

【0072】

図 6 は、実施形態による、1 つまたは複数障害物との衝突を回避するための方法 600 を示す。方法 600 の 1 つまたは複数のステップは、1 つまたは複数プロセッサによってなど、本明細書中に供給されるいかなるシステムおよびデバイスのいかなる実施形態によって実行されてよい。

40

【0073】

ステップ 610 において、飛行モードは、複数の異なる飛行モードから選択される。飛行モードの選択は、先に本明細書中に記載されているように、検出された環境タイプに基

50

づいてよい。逆に、飛行モードは、環境タイプから独立して、例えば、ユーザ入力、UAV状態、操作の状態、障害物タイプ等に基づいて、選択されてよい。各々の飛行モードが異なる障害物回避戦略に関連付けられるように、各々の飛行モードは、所望の障害物回避戦略を定める作動規則のセットを含んでよい。

【0074】

例えば、「手動障害物回避戦略」は、UAVのユーザ制御との干渉を最小化するように設計されてよく、つまり、いかなる自動障害物回避機構も供給しなくてよい。従って、ユーザのみが衝突を防ぐための適切な入力コマンドを供給する責任を負うであろう。必要に応じて、警告信号または情報が、検出された障害物をユーザにアラートするため、及び／または、障害物をどのように回避するかに関する提案を供給するために、表示されてよく（例えば、リモートコントローラまたは他のユーザデバイスに供給されるユーザインターフェースによって）、更なる詳細は以下に記載される。この方法は、自由または手動飛行モードなど、ユーザ制御を最大化するよう設計された飛行モードに利用されれるし、熟練したユーザに対して、及び／または比較的安全で、障害物のない環境にあるUAVを作動しているユーザに対して適切であろう。

10

【0075】

他の例として、「非ユーザ入力衝突回避戦略」は、ユーザが現在、UAVを制御するいかなるコマンドも入力していないとき（例えばユーザがUAVリモートコントローラのジョイスティックを放してしまっている）にのみ、自動反衝突機構を供給してもよい。もしこの状況で潜在的な衝突が検出されたら、UAVは自動的に、1つまたは複数回避行動を実行し（例えば、適切な位置でのホバリング、さもなくば障害物から特定された距離を維持、障害物から離れるよう移動）、ユーザにアラートしてよい。UAV制御は、一旦、ユーザが入力コマンドを供給したら（例えば、リモートコントローラジョイスティックへ力が与えられた）、ユーザに戻されてよい。この方法は、屋内環境や、GPSの視界ラインが（例えば、建物、木や他の構造によって）ブロックされるような混んでいる屋外環境など、貧弱なGPS信号によってUAVがドリフトしがちな条件に対して有利であろう。例えば、屋内飛行モードは、本明細書中に記載されている非入力障害物回避戦略を実施する作動規則のセットを含んでよい。

20

【0076】

更なる例において、「誤ユーザ入力衝突回避戦略」は、ユーザがUAVに対して入力コマンドを現在供給しているときであっても、自動反衝突機構を供給してよい。誤ユーザ入力戦略は、上に記載された非入力障害物回避戦略の少なくとも幾つかの特徴をも取り込んでよい。いくつかの実施形態において、もしユーザが衝突する結果をまねくようなコマンドを供給したときに（例えば、ユーザがUAVを障害物に向かって飛ぶステアリングをしたり、ユーザがUAVを障害物から離れるような方向付けに失敗したり）、UAVは衝突を防ぐべくユーザ命令をオーバーライドし、回避行動を自動的に実行してもよい（例えば、適切な位置でのホバリング、障害物から特定された距離の維持、障害物から離れるよう移動、障害物をまわって飛行）。さらに、適切な警告情報が、検出された障害物をユーザにアラートし、障害物を回避する命令を供給するために、供給されてよい。ユーザが誤入力を正すまで、UAVは制御を引き受けてよい。例えば、もしユーザがUAVが障害物に向かって飛ぶよう指示し続けているなら、制御は戻されないようにする。いくつかの例においては、ユーザが特定された期間の間、誤入力を供給し続けているとき、UAVは、ユーザがもはや適切な制御していないと仮定し、半自律的または完全自律飛行モードに切り替えてよい（例えば、自動帰還モード）。逆に、一旦、UAVが障害物から離れて飛ぶようになれば再方向付けしたら、制御が戻されてよい。いくつかの実施形態において、もし適切なセンサデータ（例えばGPSデータ）が利用できるなら、UAVに対して1つまたは複数の障害物の現在の空間的配置を示すグローバルナビゲーションマッピングが、ユーザへ表示されてもよい。ナビゲーションマッピングは、ユーザが障害物を探して回避することが可能な視覚的なガイドを供給すべく、リアルタイムにアップデートされてよい。誤ユーザ入力衝突回避戦略は、ユーザの未経験または不注意での誤ったユーザ入力に

30

40

50

より事故が起きないようにするために有益であろう。いくつかの実施形態において、この方法は、低空及び／または短距離飛行モードに実装されてよい。

【0077】

「誤入力ロック障害物回避戦略」は、上に記載された誤ユーザ入力戦略と同様であって、ユーザが衝突を生じうる入力をすることのないようにする付加的な特徴を有してよい。ジョイティックに基づく制御スキームが使用される実施形態において、ユーザは、ジョイティックの対応する方向の移動がロックされることで、UAVを障害物に向かって飛ばすようなコマンドの入力が物理的に妨げられてもよい。この方法は、UAVがユーザの視覚範囲の外あるなど、ユーザがUAVの状態及び／または取り囲む障害物を直接評価することが不可能な状況において有利であろう。そのような状況は、UAVが高空環境または長距離環境で作動するときにより生じる可能性があるであろう。従って、この方法は、高空及び／または長距離飛行モードに実装されてよい。10

【0078】

「トンネル障害物回避戦略」は、構造的に複雑な環境にUAVをナビゲートするユーザをアシストするのに使用されてよい。そのような環境の例は、林、洞窟、都市エリア、その他、ナビゲートのためにUAVが複数の障害物に非常に近接して飛ぶ必要があるであろうエリアを含む。トンネル戦略が実装されている場合、ユーザは所望の移動経路を入力する必要があるだけでも、UAVはその方向に沿った移動をしつつ、対面するいかなる障害物をも回避すべく飛行軌道を自動的に修正するであろう。例えば、もしユーザが障害物群に向かって飛ぶようUAVを方向付けしたとすると、UAVは、障害物の周りにUAVをルート付けする経路を自動的に決定してもよい。このアプローチは、ユーザが比較的簡単な入力コマンドで複雑な環境内にUAVをナビゲートすることを可能にすることができます、これにより、使用の容易性が改善されるとともに、ユーザが、UAV動作の他の観点に彼らの注意を向けることができるようになる（例えば、航空写真のカメラの制御）。従って、このアプローチは、多くの障害物を有する環境に対して構成された飛行モードに実装されてよい。20

【0079】

「監視障害物回避戦略」は、移動障害物に対するUAV反応を最適化するよう実装されてよい。UAVが障害物を検出した場合に、適切な位置にホバリングし、及び／または、特定の期間にわたって障害物からの距離を一定に維持してよい。UAVは、そこで、移動情報などの障害物情報を収集する1つまたは複数のセンサを使用してよい。障害物の移動パターンを判断するために、そこで、反復学習技術がセンサデータを分析するよう適用されてよく、これにより障害物がどのようにふるまうかの予測を生成する。一度、反復学習が完了すると、UAVは、観察及び／または予測した障害物の振る舞いに基づいて、障害物を回避する移動軌道を自動的に設計する。この戦略は、都市環境など、多くの移動障害物を有する環境に対して構成される飛行モードによって実装されてよい。30

【0080】

「完全自律障害物回避戦略」は、UAVがユーザ入力とは独立して動作しているときでさえ衝突防止を可能にするため、半自律的または完全自律飛行モードと併せて使用されてよい。自律飛行中に、UAVは周囲環境のマップを生成し、環境障害を検出すべくそのマップを用いることができる。障害物の特性に基づいて（例えば空間的配置、サイズ、タイプ、移動度）、UAVは、障害物を回避する自律飛行軌道に従って、自動的に移動経路を生成する。この戦略は、ウェイポイント飛行モードまたは自律帰還飛行モードなど、完全自律または半自律的飛行モードによって実装されてよい。40

【0081】

ステップ620において、UAVに対する所望の移動経路を示す信号が受信される。信号は、ユーザ入力に基づいて生成されてよい（例えば、リモートコントローラから受信される）。その代わり、信号は、自動化管理システムによって供給された命令に基づいて自律的に生成されてよい。いくつかの例においては、信号は、半自律的に生成されてよい（例えば、ユーザがUAVに対する一連のウェイポイントを示し、UAVがウェイポイント50

を行き来する経路を自動的に計算する)。所望の移動経路は、UAVに対する所望の位置及び/または方向を示してよい(例えば、6自由度までに關して)。いくつかの実施形態において、信号は所望の移動経路に沿って移動させるようなUAV速度及び/または加速度に対する命令を供給する。必要に応じて、信号はUAVが現在位置及び/または方向を維持するよう指示してもよい(例えば、適切な位置でのホバリング)。

【0082】

ステップ630において、1つまたは複数のセンサを用いて、所望の移動経路に沿って1つまたは複数の障害物が検出される。本明細書中に記載されたセンサのいかなる組み合わせも、障害物検出のために使用されるデータを得るのに使用されてよい(例えば、ビジョンセンサ、ライダ、超音波等)。いくつかの実施形態において、センサデータは、ノイズを除いて信号ノイズ比を向上させるために、第1に前処理されてよい。例えば、ひずみ補正、水平強調、ガウシアンフィルタリング、コントラスト強調などの技術が画像データに適用されてよい。他の例として、ライダ地点クラウドデータが、メジアンフィルタリングを用いて前処理されてよい。さまざまなセンサが使用される実施形態において、各々のセンサからのデータは、センサフェュージョン技術を用いて結合されてよい。結合されたデータは、UAVを囲む環境の2次元または3次元再構成を生成するのに使用されてよい(例えば、地点クラウド、占有グリッド、視差マップ)。再構成は、特徴抽出またはパターン認識技術などによって、UAVの移動経路またはその近くに位置する障害物を識別する、または、さもなければ衝突リスクをとるよう分析されてよい。必要に応じて、適切な機械学習アルゴリズムが、障害物検出を実行するのに実装されてよい。障害物検出結果は、位置、方向、サイズ、近接度及び/または各々の障害物のタイプに関する情報を、その結果に対する対応する信頼性の情報をともに供給してもよい。

10

20

【0083】

いくつかの実施形態において、ステップ630で得されたセンサデータを用いて飛行モードが決定されるように、ステップ610がステップ630とともに実行されてもよい。例えば、センサデータは、本明細書中に先に記載されたように、環境タイプを判断するためにも処理され、環境タイプに従って飛行モードが選択されてよい。

【0084】

ステップ640において、所望の移動経路は、選択された飛行モードに関連付けられた障害物回避戦略に基づいて変更される。本明細書中に提示された飛行モードおよび障害物回避戦略のいかなる実施形態も使用される。例えば、特定の飛行モードおよび障害物戦略に依存して、UAVは、検出された障害物に対し、適切な位置でのホバリング、障害物の周りを飛行する、障害物から離れよう飛行する、障害物から特定された距離を維持する、ユーザに障害物をアラート、障害物との衝突を生じさせるコマンドをユーザに入力させないようにする、または、適切なこれらの組み合わせで、応答してよい。

30

【0085】

本明細書中に記載される飛行モードに基づくアプローチは、適合性および使用の容易性を向上させるために、UAV動作の様々な態様において利用されてよい。幾つかの飛行モードは、データ収集(例えば、航空写真、監視、マッピング)またはナビゲーション(例えば、自動または半自動飛行、ウェイポイントに基づくナビゲーション、自動帰還)などの、特定のUAVに基づく適用例に対して最適化されてよい。いくつかの実施形態において、1つまたは複数の飛行モードは、UAV動作に対する能動及び/または受動安全機構の一部として実装されてよい。能動安全機構は、安全性事故(例えば、障害物との衝突またはニアミス、UAV構成要素の機能不全等)を予測、検出及び/または防ぐメカニズムを指してよく、受動安全機構は、生じてしまった安全性事故へ応答するメカニズムを指してよい(例えば、エアバッグ、パラシュート)。能動安全機構の使用は、UAV状態を正確に監視することができなかっただし(例えば、UAVがユーザの視覚範囲の外にあるとき)、不注意(例えば、ユーザの気が散っているか、さもなければ安全性リスクの通知に失敗)、誤ったユーザ命令(例えば、ユーザが障害物に向かってUAVを飛ばすよう指示する)等によってなど、ユーザが目前の安全性リスクに適切に応答するのに失敗したよう

40

50

な状況での事故の発生を減少することができる。いくつかの実施形態において、検出された安全性リスク（例えば、潜在的な衝突、システム機能不良）に対するUAV反応は、現飛行モードの作動規則に基づいて異なってよい。

【0086】

図7は、実施形態による、UAVに対する安全システム700を示す。いくつかの実施形態において受動安全機構も使用されてよいにも関わらず、システム700は、能動安全機構710のセットを含んでよい。能動安全機構710は、障害物回避機構730に加えて故障検知および分離機構720を含んでよい。障害物回避機構730は、手動飛行モード740および自律飛行モード750など、1つまたは複数の飛行モードに基づいていてよい。安全システム700は、UAV動作の安全性を向上させるため、本明細書中に記載されたいかなる実施形態の組み合わせが使用されてよい。10

【0087】

故障検知および分離機構720は、UAVの1つまたは複数のコンポーネント（例えば、センサ、アクチュエータ、コントローラ、送信機、レシーバ）の機能不全を検出し、機能不良のタイプとソースを特定することで診断を実行するように構成されてよい。いくつかの実施形態において、メカニズム720は、例えば、ハードウェア及び／またはソフトウェアの異常性によって、1つまたは複数のUAVセンサが誤ったデータを生成していたり、データを生成できなくなったりしている場合の検出に使用されてよい。メカニズム720は、いかなる適切な故障検知および分離技術を実装してもよい。例えば、メカニズム720は、実際のUAV状態データと予測されたUAV状態データとの間の不一致に基づいて故障を検出するモデリングを用いてよい。20

【0088】

図8は、多くの実施形態による、故障検知および分離を実行するためのスキーム800を示すブロック図である。スキーム800は、故障検知および分離機構720に関連付けられた1つまたは複数のプロセッサによってなど、本明細書中に記載されたシステムおよびデバイスのいかなる実施形態によって実装されてもよい。スキーム800において、1つまたは複数のUAVセンサから受信されたセンサデータ810は、UAVシステム状態820の予測を生成するのに使用されてよい。状態予測820はUAVに対する飛行制御命令830に依存してもよく、振り返って、受信したセンサデータ810に基づいて生成されてもよい。状態予測820はそれから、故障検知および分離840を実行するため、UAVの実際の状態と比較されてよい。UAVの予測と実際の状態との間の実質的な偏差は、故障の存在を示すであろう。故障検知および分離処理により生成された故障情報850は、適切なUAV反応を決定するために出力及び／または使用されてよい。30

【0089】

いくつかの実施形態において、予測状態データは、状態空間モデルなど、UAVのシステムモデルを用いて生成されてよい。例えば、現在の時間間隔kにおけるUAV状態 X_k （例えば、位置、方向、速度、加速度、バッテリレベル等）は、センサデータ810および現在の飛行制御命令830用いて判断されてよい。予測されるUAV状態に対する状態空間モデルは以下の通りである。

【数1】

$$X_{(k+1|k)} = A \cdot X_{(k|k)} + B \cdot U_k + \alpha_k$$

ここで、 $X_{(k|k)}$ は時間kにおける状態ベクトルであり（ $n \times 1$ の次元を持つ）、 $X_{(k+1|k)}$ は $X_{(k|k)}$ に基づいて予測された時間k+1における状態ベクトルであり（ $n \times 1$ の次元を持つ）、Aはシステム行列であり（ $n \times n$ の次元を持つ）、Bは入力行列であり（ $n \times m$ の次元を持つ）、 U_k は入力ベクトルであり（ $m \times 1$ の次元を持つ）、 α_k はシステムノイズである（ $n \times 1$ の次元を持つ）。いくつかの実施形態において、入力ベクトル U_k は、UAVを制御するために生成された飛行制御命令830に対応するであろう。飛行制御命令830は、ユーザ入力、センサデータ810に基づく飛行制御アルゴリズムにより自動的に生成され、またこれらの組み合わせ適切な組み合わせに基づいて決定されてよい。4050

【0090】

それから、状態予測820は、故障検知および分離840を実行するのに使用されてよい。いくつかの実施形態において、時間 $k+1$ におけるUAV状態 X_{k+1} は、センサデータ810から得られてよい。予測された状態 $X_{(k+1|k)}$ と実際の状態 X_{k+1} との間の残差の共分散行列 E_{k+1} は、以下の関係を用いて計算されてよい。

【数2】

$$E_{k+1} = (X_{k+1} - X_{(k+1|k)}) \cdot (X_{k+1} - X_{(k+1|k)})^T$$

【0091】

共分散行列は対角要素 $E_{i,i}$ のいずれかが特異値を持つか否かを判断するようにチェックされてよい($E_{i,i} >$ 閾値)。もし特異値が検出されなければ、現在のUAV状態が正常であることを示す。共分散行列のj行目に検出された特異値は、状態ベクトル X_{k+1} のj番目の値に故障があることを示す。他の実施形態において、状態予測820とシステムの異常状態を表す実際のUAV状態との間の不一致を検出するために他のアプローチが使用されてよい。例えば、マハラノビス距離、ユークリッド距離、絶対値等など、様々な統計が、特異値を判断するのに計算されて使用されてよい。もし故障が検出されたら、異常状態は分離されてよく、かつ、予測された状態がシステムモデルをアップデートするための現在状態として使用されてよい。検出された故障情報850は適切なUAV応答を決定するのに使用されてよい。

【0092】

再び図7を参照して、システム700の障害物回避機構730は、UAVと環境内の1つまたは複数の障害物との間の潜在的な衝突を検出し、続いて、衝突しないような適切なUAV応答を生成するよう、構成されてよい。いくつかの実施形態において、障害物回避方法は、異なる飛行モードが回避衝突のための異なる戦略に関連付けられるように、現在のUAV飛行モードの作動規則によって特定されてよい。本明細書中に記載された飛行モードのいずれもが、障害物回避機構730とともに使用されてよい。例えば、障害物回避機構730は、手動飛行モード740および自律飛行モード750を実装してよい。手動飛行モード740は、UAVを制御するためにユーザ命令を受け取るように構成されてよく、自動化された介在メカニズムを比較的少しあるは全く実装しなくてよい。例えば、手動飛行モード740は、手動障害物回避戦略、非ユーザ入力衝突回避戦略、誤ユーザ入力衝突回避戦略、または、誤入力ロック障害物回避戦略を実装してよい。逆に、自律飛行モード750は、自律帰還飛行モードまたはウェイポイント飛行モードなど、半自律的にまたは完全に自律的に動作するよう構成されてよい。いくつかの例においては、自律飛行モード750は、検出された障害物に応じて自動化されたUAVの再ルートを供給する完全自律障害物回避戦略を実装してよい。

【0093】

いくつかの例においては、例えば、手動飛行モード740から自律飛行モード750またはその逆のように、障害物回避機構730の飛行モード間を切り替えることが有益であろう。飛行モード切替は、本明細書中に先に記載されたように、環境タイプなどの検出された環境情報に基づいて実行されてよい。その代わりまたはそれとの組み合わせで、ユーザが飛行モード間を手動で切り替えてよい(例えば、適切なコマンドをリモートコントローラまたはユーザデバイスへ入力することによって)。例えば、ユーザは、手動飛行モード740から自律飛行モード750へまたはその逆に切り替える優先順位を示してもよい。さらに、飛行モード切替は、1つまたは複数の基準を満足しているという判断に引き続いで実行されてよい。例えば、もしUAVが手動飛行モード740にあってかつ誤ったユーザ入力によって自動障害物回避戦略が現在実行されている(例えば、適切な位置でホバリング)、もしユーザが特定された期間内(例えば、およそ3秒より長い)にUAV飛行経路を正す適切な入力の供給に失敗しているとき、UAVはユーザがもはやUAVを適切な制御をできないと仮定してよく、かつ、衝突を回避すべく自律飛行モード750に自動的に切り替えてよい。ユーザが適切な入力を供給するか、さもなければ、適切な制御を

10

20

30

40

50

取り戻したことが一旦示されたら、UAVは手動飛行モード740に自動的に切り替え戻してよい。

【0094】

本明細書中に記載された安全機構は、UAV動作中に検出されたいかなる安全性リスクもユーザにアラートするため、適切なユーザインターフェースを実装してよい。いくつかの実施形態において、警告情報または検出された安全性リスク（例えば、故障検知および分離機構720により検出された故障、障害物回避機構730によって検出された障害物）を示すフィードバックがUAVのユーザまたはオペレータに供給されてよい。警告情報は、視覚インジケータ（例えば、絵柄インジケータ、警告文字）、音声アラーム（例えば、ブザー、サイレン、口頭の命令）、触覚フィードバック（例えば、振動）、または、適切なこれらの組み合わせとして供給されてよい。さらに、警告情報はいくつかの例においては、安全性リスクにどのように適切に応答するかを示すユーザへの命令を供給してよい。例えば、UAVの近くの障害物が検出されたとき、命令は、UAVを障害物から離れるようまたは周るようステアリングするようユーザがコマンドを入力するように指示してもよい。他の例として、1つまたは複数のUAV構成要素の故障または機能不良を検出したときに、命令は、ユーザにUAVを着陸させるよう指示してよく、それによりメンテナンスが実行できる。警告情報は、リモートコントローラ、スマートフォン、タブレット、ラップトップ、パーソナルコンピュータ、または他のモバイルデバイスなど、適切なユーザデバイスによってユーザに提示されてよい。

【0095】

図9は、多くの実施形態による、UAVのリモートコントローラ900を示す。リモートコントローラ900は、1つまたは複数のジョイスティック904、1つまたは複数のノブ906及び1つまたは複数のスライド切り替え908など、コントローラ本体902に取り付けられた1つまたは複数の入力メカニズムを含んでよい。ジョイスティック904は、UAVの位置、方向及び動きのうち少なくとも1つを制御するコマンドを入力するのに使用されてよい。いくつかの実施形態において、ノブ906及び／またはスライド切り替え908は、本明細書中に記載された飛行モードのうち1つまたは複数など、UAVを作動するための所望の飛行モードを選択するために、ユーザによって操作されてもよい。例えば、複数の異なる利用できる飛行モードの一つを選択するために、ユーザがノブ906を複数の異なる位置に回転できてよい。他の例として、スライド切り替え908の位置が、ユーザが選択した飛行モードを示すのに使用されてもよい。

【0096】

さらに、リモートコントローラ900は、本明細書中に記載された警告情報など、ユーザと情報をやり取りするために、コントローラ本体902に取り付けられた1つまたは複数の出力メカニズムを含んでよい。例えば、コントローラ900は、ユーザへの警報音の出力のために構成された1つまたは複数のスピーカ910を含んでよい。異なる警告音声が異なるタイプの安全問題をユーザにアラートすべく鳴らされてよい。いくつかの実施形態において、スピーカ910は、ユーザに対する口頭のアラートまたは命令を再生してよい。その代わりまたはその組み合わせとして、コントローラ900は1つまたは複数のインジケータ光912（例えば、LED）を含んでよく、それは、警告情報の様々なタイプを示すために様々な色とパターン（例えば、点滅、フラッシュ、一定）に従って光ってよい。一例において、緑光が正常状態を示すのに使用され、黄光が潜在的な安全性リスクを示すのに使用され、一方、赤光がユーザの緊急な動作を必要とする緊急安全性リスクを示すのに使用されてよい。その代わりまたはそれと組み合わせて、少なくとも幾つかのインジケータ光912は、リモートコントローラ900に関する情報をディスプレイするにも使用されてもよい（例えば、コントローラ900に対する残りのバッテリレベル）。

【0097】

図10は、実施形態による、UAV動作に関する情報をディスプレイするよう構成されたモバイルデバイス1000を示す。モバイルデバイス1000は、スマートフォンとして本明細書中に描写されており、UAV関連情報をディスプレイするディスプレイ100

10

20

30

40

50

2（例えば、スクリーン、タッチスクリーン）を含んでよい。例えば、モバイルデバイス1000は、UAVを作動させるためのグラフィカルユーザインターフェースを供給するモバイルアプリケーション（「app」）を実行してよい。ディスプレイ1002は、現在状態（例えば、位置、方向、速度、加速度、ユーザからの距離、現飛行モード、残りのバッテリ寿命など）、1つまたは複数センサで収集されたデータ（例えば、カメラから送られる画像または動画）、環境に関する情報（例えば、環境条件、マッピングデータ）等、UAVの操作に関する様々なタイプの情報を表すのに使用されてよい。いくつかの実施形態において、ディスプレイ1002は警告情報をユーザに示すのに使用されてよい。例えば、ディスプレイ1002は、UAV状態が現在正常であるか否か、または、故障または機能不良が検出されているか否かを示す、1つまたは複数の状態アイコン1004をディスプレイしてよい。ディスプレイ1002は、すぐ近くの障害物など、検出された安全性リスクをユーザにアラートする1つまたは複数の警告アイコン1006もディスプレイしてよい。10

【0098】

必要に応じて、ディスプレイ1002は、障害物マップ1008など、UAVに対する1つまたは複数の障害物の空間的配置の図表表示を含んでよい。障害物マップ1008は、UAVの位置及び／または方向を表すインジケータ1010と、同様に、UAVに対する1つまたは複数の障害物のサイズ、位置及び／または方向を表す1つまたは複数のインジケータ1012を含んでよい。例えば、障害物マップ1008は、UAVの直径10m以内で検出された全ての障害物を示してよい。さらに、ディスプレイ1002は、検出された安全性リスクのタイプについてユーザに知らせ及び／またはリスクを低減する動作をユーザにガイドする命令を供給する文字アラート1014を表示するのに使用されてよい。さらに、モバイルデバイス1000は、警報音の出力（例えば、リモートコントローラ900に関して上に記載された実施形態と同様）に適合された1つまたは複数のスピーカ（不図示）を含んでよい。20

【0099】

本明細書中に記載されたシステム、デバイスおよび方法は、多種多様な可動物体に適用され得る。先に述べたように、本明細書中の航空機に関するいかなる説明も、いかなる可動物体に適用されうるし、使用されえる。本願発明の可動物体は、空中（例えば、固定翼航空機、回転翼航空機または固定翼も回転翼も有しない航空機）、水中（例えば、船または潜水艦）、地上（例えば、自家用車、トラック、バス、バン、自動二輪車などの自動車；ステッキ、釣竿などの可動構造またはフレーム；または列車）、地下（例えば、地下鉄）、宇宙空間（例えば、宇宙船、衛星または探査機）、または、これらの環境のいかなる組み合わせなど、いかなる適切な環境内で移動するよう構成されてよい。可動物体は、本明細書中の他の箇所で記載された輸送体など、の輸送体であってよい。いくつかの実施形態において、可動物体は、人間または動物など生き物に取り付けられてもよい。適切な動物には、avines、犬、猫、馬、牛、羊、豚、イルカ、齧歯類または昆虫を含む。30

【0100】

可動物体は6自由度（例えば、並進の3自由度および回転の3自由度）に関して環境内を自由に移動できる可能性を有してよい。その代わり、可動物体の移動は、予め定められた経路、トラックまたは方向によってなど、1つまたは複数の自由度に対して制限されてもよい。移動は、エンジンまたはモータなど、いかなる適切な駆動機構によって駆動されてよい。可動物体の駆動機構は、電気エネルギー、磁気エネルギー、太陽エネルギー、風力エネルギー、重力エネルギー、化学エネルギー、核エネルギーまたはこれらのいかなる適切な組み合わせなど、いかなる適切なエネルギー源によって動かされてよい。可動物体は、本明細書中の他の箇所で記載されているように、推進システムによって自己推進してよい。推進システムは、必要に応じて、電気エネルギー、磁気エネルギー、太陽エネルギー、風力エネルギー、重力エネルギー、化学エネルギー、核エネルギーまたはそれらのいかなる適切な組み合わせなどのエネルギー源で実行してもよい。その代わりに、可動物体は生き物に運ばれてもよい。40

【0101】

いくつかの例においては、可動物体は輸送体であってよい。適切な輸送体には、水上輸送体、航空機、宇宙船、または地上輸送体を含んでよい。例えば、航空機は、固定翼航空機（例えば、飛行機、グライダー）、回転翼航空機（例えば、ヘリコプタ、ロータクラフト）、固定翼と回転翼の両方を有する航空機、またはいずれをも有さない航空機（例えば、飛行船、熱気球）であってよい。輸送体は、空中で、水上または水中、宇宙空間内、地上または地下の自己推進など、自己推進するものであってよい。自己推進する輸送体は、1つまたは複数のエンジン、モータ、車輪、車軸、磁石、ローター、プロペラ、翼、ノズル、またはそれらのいかなる適切な組み合わせを含んだ推進システムなどの推進システムを利用してよい。いくつかの例においては、推進システムは、可動物体が面から離陸、面に着陸、その現在位置及び／または方向を維持（例えば、ホバリング）、方向を変更、及び／または、位置を変更することが可能になるように使用されてよい。

10

【0102】

可動物体は、ユーザにより遠隔的に制御されてもよく、可動物体の内部または上の乗員により局所的に制御されてもよい。いくつかの実施形態において、可動物体は、UAVなど、無人可動物体である。UAVなどの無人可動物体は、可動物体に搭乗する乗員を有しないでよい。可動物体は、人間または自律制御システム（例えば、コンピュータ制御システム）、またはそれらのいかなる適切な組み合わせによって制御されてよい。可動物体は、人工知能を有するよう構成されたロボットなど、自律的または半自律的なロボットであってよい。

20

【0103】

可動物体はいかなる適切なサイズ及び／または寸法を有してよい。いくつかの実施形態において、可動物体は、輸送体の内部または上に搭乗員を乗せるためのサイズ及び／または寸法であってよい。その代わりに、可動物体は、輸送体の内部または上に搭乗員を有することができるサイズ及び／または寸法よりも小さくてもよい。可動物体は、人間によって持ち上げられまたは運ばれるのに適したサイズ及び／または寸法であってよい。その代わり、可動物体は、人間によって持ち上げられまたは運ばれるのに適したサイズ及び／または寸法より大きくてよい。いくつかの例においては、可動物体は、最大寸法（例えば、長さ、幅、高さ、半径、対角線）が、約、2 cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 1 m, 2 m, 5 m, または 10 mと等しいかより小さくてよい。最大寸法は、約、2 cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 1 m, 2 m, 5 m, または 10 mと等しいかより大きくてよい。例えば、可動物体の対向する回転翼のシャフト間距離が、約、2 cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 1 m, 2 m, 5 m, または 10 mと等しいかより小さくてよい。その代わり、対向する回転翼のシャフト間距離が、約、2 cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 1 m, 2 m, 5 m, または 10 mと等しいかより大きくてよい。

30

【0104】

いくつかの実施形態において、可動物体は、100cm × 100 cm × 100cm未満、50 cm × 50 cm × 30 cm未満、または、5 cm × 5 cm × 3 cm未満の体積を有してよい。可動物体の総体積は、約、1 cm³, 2 cm³, 5 cm³, 10 cm³, 20 cm³, 30 cm³, 40 cm³, 50 cm³, 60 cm³, 70 cm³, 80 cm³, 90 cm³, 100 cm³, 150 cm³, 200 cm³, 300 cm³, 500 cm³, 750 cm³, 1,000 cm³, 5,000 cm³, 10,000 cm³, 100,000 cm³, 1 m³, または 10 m³に等しいかより小さくてよい。逆に、可動物体の総体積は、約、1 cm³, 2 cm³, 5 cm³, 10 cm³, 20 cm³, 30 cm³, 40 cm³, 50 cm³, 60 cm³, 70 cm³, 80 cm³, 90 cm³, 100 cm³, 150 cm³, 200 cm³, 300 cm³, 500 cm³, 750 cm³, 1,000 cm³, 5,000 cm³, 10,000 cm³, 100,000 cm³, 1 m³, または 10 m³に等しいかより大きくてよい。

40

【0105】

いくつかの実施形態において、可動物体は、設置面積（可動物体に囲まれる横方向の断面積を指す）が、約、32,000 cm², 20,000 cm², 10,000 cm², 1,000 cm², 500 cm², 100 cm², 50 cm², 10 cm², または 5 cm²と等しいかより小さくてよい。逆に、設置面積は約、32,000 cm², 20,000 cm², 10,000 cm², 1,000 cm², 500 cm², 100 cm², 50 cm², 10 cm²と等しいかより大きくてよい。

50

², または 5 cm²と等しいかより大きくてよい。

【0106】

いくつかの例においては、可動物体は 1000 kg 以下 の重さであってよい。可動物体の重量は、約、1000 kg, 750 kg, 500 kg, 200 kg, 150 kg, 100 kg, 80 kg, 70 kg, 60 kg, 50 kg, 45 kg, 40 kg, 35 kg, 30 kg, 25 kg, 20 kg, 15 kg, 12 kg, 10 kg, 9 kg, 8 kg, 7 kg, 6 kg, 5 kg, 4 kg, 3 kg, 2 kg, 1 kg, 0.5 kg, 0.1 kg, 0.05 kg, または 0.01 kg と等しいかより小さくてもよい。逆に、重量は、約、1000 kg, 750 kg, 500 kg, 200 kg, 150 kg, 100 kg, 80 kg, 70 kg, 60 kg, 50 kg, 45 kg, 40 kg, 35 kg, 30 kg, 25 kg, 20 kg, 15 kg, 12 kg, 10 kg, 9 kg, 8 kg, 7 kg, 6 kg, 5 kg, 4 kg, 3 kg, 2 kg, 1 kg, 0.5 kg, 0.1 kg, 0.05 kg, または 0.01 kg と等しいかより大きくてよい。

10

【0107】

いくつかの実施形態において、可動物体は、可動物体によって運ばれる荷物に対して小さくてよい。荷物は、更なる詳細が以下に記載されるように、積載物及び / または支持機構を含んでよい。幾つかの例において、荷物の重量に対する可動物体の重量の比は、約 1 : 1 より大きいか、より小さいか、または等しくてよい。いくつかの例においては、荷物の重量に対する可動物体の重量の比は、約 1 : 1 より大きいか、より小さいか、または等しくてよい。必要に応じて、荷物の重量に対する支持機構の重量の比は、約 1 : 1 より大きいか、より小さいか、または等しくてよい。所望であれば、荷物の重量に対する可動物体の重量の比は、1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:10 またはより小さいものと等しいかより小さくてよい。逆に、荷物の重量に対する可動物体の重量の比は、2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 10:1 またはより大きいものと等しいかより大きくてよい。

20

【0108】

いくつかの実施形態において、可動物体は低いエネルギー消費量であってよい。例えば、可動物体は、約、5 W/h, 4 W/h, 3 W/h, 2 W/h, 1 W/h またはより小さいもの未満を用いてよい。いくつかの例においては、可動物体の支持機構は低いエネルギー消費量であってよい。例えば、支持機構は、約、5 W/h, 4 W/h, 3 W/h, 2 W/h, 1 W/h またはより小さいもの未満を用いてよい。必要に応じて、可動物体の積載物は、約、5 W/h, 4 W/h, 3 W/h, 2 W/h, 1 W/h またはより小さいもの未満などの低いエネルギー消費量であってよい。

【0109】

図 11 は、本願発明の実施形態による、UAV1100 を示す。UAV は、本明細書中に記載されるように、可動物体の例であってよい。UAV1100 は、4 つのローター 1102、1104、1106 および 1108 を有する推進システムを含んでよい。任意の数のローターが供給されてよい（例えば、1 つ、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つまたはそれ以上）。ローターは本明細書中の他の箇所に記載されたセルフタイピングローターの実施形態であってよい。ローター、ローターアセンブリまたは無人航空機の他の推進システムは、無人航空機が位置でホバリング / 維持、方向を変更及び / または位置変更することを可能にしてもよい。対向する回転翼のシャフト間の距離は、いかなる適切な長さ 1110 であってよい。例えば、長さ 1110 は 2 m と等しいかより小さくてもよく、5 m と等しいかより小さくてもよい。いくつかの実施形態において、長さ 1110 は、40 cm から 1 m まで、10 cm から 2 m まで、または 5 cm から 5 m までの範囲内であってよい。UAV の本明細書中のいかなる説明も、異なるタイプの可動物体などの、可動物体に適用してよく、その逆であってもよい。

30

【0110】

いくつかの実施形態において、可動物体は荷物を運ぶように構成されてよい。荷物は、乗客、貨物、設備、機器等のうち 1 または複数を含んでよい。荷物は筐体内に供給されてよい。筐体は可動物体の筐体と別個であってもよく、可動物体の筐体の一部であってよい。その代わり、可動物体が筐体を有していない一方で、荷物が筐体を供給してもよい。その代わり、荷物の部分または荷物の全体が、筐体なしで供給されてもよい。荷物は可動物体に対して強固に固定されてよい。必要に応じて、荷物は、可動物体に対して可動式であってよい（例えば、可動物体に対して並進可能または回転可能）。

40

50

【 0 1 1 1 】

いくつかの実施形態において、荷物は積載物を含む。積載物は、いかなる操作または機能も実行しないように構成されてよい。その代わり、積載物は、操作または機能を実行するように構成された積載物であってよく、機能的な積載物としても知られる。例えば、積載物は、1つまたは複数のターゲットを調査するための1つまたは複数のセンサを含んでよい。画像取得デバイス（例えば、カメラ）、音声取得デバイス（例えばパラボラマイク）、赤外線画像デバイスまたは紫外線画像デバイスなど、いかなる適切なセンサが積載物に組み込まれてよい。センサは、静的な感知データ（例えば、写真）を供給してもよいし、動的な感知データ（例えば、動画）を供給してもよい。いくつかの実施形態において、センサは、積載物のターゲットのために感知データを供給する。その代わりまたはそれと組み合わせて、積載物は、1つまたは複数のターゲットに信号を供給するための1つまたは複数のエミッタを含んでよい。発光ソースまたは音声ソースなど、いかなる適切なエミッタが使用されてよい。いくつかの実施形態において、積載物は、可動物体から離れたモジュールと通信するためなど、1つまたは複数の送受信機を含む。必要に応じて、積載物は環境またはターゲットと相互作用するように構成されてよい。例えば、積載物は、ロボットアームなど、物体を操作可能な道具、機器、またはメカニズムを含んでよい。

10

【 0 1 1 2 】

必要に応じて、荷物は支持機構を含んでよい。支持機構は積載物のために供給されてよく、かつ、積載物は直接的に（例えば可動物体に直接接触）または間接的に（例えば可動物体とは非接触で）のいずれかで支持機構によって可動物体に接続されてよい。逆に、積載物は支持機構を必要としない可動物体に取り付けられてもよい。積載物は支持機構と一緒に形成されてもよい。その代わり、積載物は着脱可能に支持機構と接続されてよい。いくつかの実施形態において、積載物は、1つまたは複数の積載物要素を含んでよく、積載物要素のうち1または複数は、上に記載されるように、可動物体及び／または支持機構に対して可動式であってよい。

20

【 0 1 1 3 】

支持機構は可動物体と一緒に形成されてよい。その代わり、支持機構は、着脱可能に可動物体に接続されてよい。支持機構は、直接的にまたは間接的に可動物体に接続されてよい。支持機構は、積載物のサポートを供給してよい（例えば、積載物の重量の少なくとも一部を運ぶ）。支持機構は積載物の移動を安定化及び／または方向付けることが可能な、適切な搭載構造を含んでよい（例えば、ジンバルプラットフォーム）。いくつかの実施形態において、支持機構は、可動物体に対する積載物の状態（例えば、位置及び／または方向）を制御するように適合されてよい。例えば、積載物が可動物体の移動によらず適切な基準フレームに対してその位置及び／または方向を維持するように、支持機構が可動物体に対して移動するよう構成されてもよい（例えば、並進の1、2または3の度及び／または回転の1、2または3の度に対して）。基準フレームは固定基準フレームであってよい（例えば、周囲環境）。その代わり、基準フレームは移動基準フレームであってよい（例えば、可動物体、積載物ターゲット）。

30

【 0 1 1 4 】

いくつかの実施形態において、支持機構は、支持機構及び／または可動物体に対する積載物の移動を可能にするよう構成されてよい。移動は、3自由度までに対する並進であってもよく（例えば、1、2または3軸に沿って）、3自由度までに対する回転であってもよく（例えば、1、2または3軸の周りに）、またはそれらのいかなる適切な組み合わせでもよい。

40

【 0 1 1 5 】

いくつかの例においては、支持機構は、支持機構フレームアセンブリおよび支持機構作動アセンブリを含んでよい。支持機構フレームアセンブリは、積載物に対する構造的なサポートを供給してよい。支持機構フレームアセンブリは、個別の支持機構フレーム要素を含んでよく、それらの幾つかは、互いに対しても可動式であってよい。支持機構作動アセンブリは、個別の支持機構フレーム要素の移動を作動する1つまたは複数のアクチュエータ

50

(例えば、モータ)を含んでよい。アクチュエータは、複数の支持機構フレーム要素を同時に移動することを可能にしてもよいし、一度に単一の支持機構フレーム要素の移動を許容するように構成されてもよい。支持機構フレーム要素の移動は、積載物の対応する移動を生成してよい。例えば、支持機構作動アセンブリは、回転の1つまたは複数の軸(例えば、ロール軸、ピッチ軸またはヨー軸)の周りに1つまたは複数の支持機構フレーム要素の回転を作動させてよい。1つまたは複数の支持機構フレーム要素の回転が、可動物体に対して1つまたは複数の回転軸の周りの積載物の回転を生じさせてよい。その代わりまたはそれと組み合わせて、支持機構作動アセンブリは、1つまたは複数の並進軸に沿って1つまたは複数の支持機構フレーム要素の並進を作動させてよく、これにより、可動物体に対して1つまたは複数の対応する軸に沿った積載物の並進が生成される。

10

【0116】

いくつかの実施形態において、可動物体、支持機構および積載物の固定基準フレーム(例えば、周囲環境)及び/または互いに対する移動は、端末により制御されてよい。端末は、可動物体、支持機構及び/または積載物から離れた位置における遠隔制御デバイスであってよい。端末はサポートプラットフォーム上に配されるか、取り付けされてよい。その代わり、端末は手持ちまたは装着可能なデバイスであってよい。例えば、端末は、スマートフォン、タブレット、ラップトップ、コンピュータ、メガネ、手袋、ヘルメット、マイクまたは適切なこれらの組み合わせを含んでよい。端末は、キーボード、マウス、ジョイスティック、タッチスクリーンまたはディスプレイなどのユーザインタフェースを含んでよい。手動で入力されたコマンド、音声制御、ジェスチャ制御または位置制御(例えば、端末の移動、位置または傾きによって)など、いかなる適切なユーザ入力も、端末と相互作用するのに使用されてよい。

20

【0117】

端末は、可動物体、支持機構及び/または積載物のいかなる適切な状態を制御するのに使用されてよい。例えば、端末は、固定参照及び/または互いに対する、可動物体、支持機構及び/または積載物の位置及び/または方向を制御するのに使用されてよい。いくつかの実施形態において、端末は、支持機構の駆動アッセンブリ、積載物のセンサまたは積載物のエミッタなど、可動物体、支持機構及び/または積載物の個別の構成要素を制御するのに使用されてよい。端末は、可動物体、支持機構または積載物のうち1または複数と通信するよう適合された無線通信デバイスを含んでよい。

30

【0118】

端末は、可動物体、支持機構及び/または積載物の情報を見るための適切なディスプレイユニットを含んでよい。例えば、端末は、位置、並進速度、並進加速度、方向、角速度、角加速度または適切なこれらの組み合わせに関する、可動物体、支持機構及び/または積載物の情報をディスプレイするよう構成されてよい。いくつかの実施形態において、端末は、機能的な積載物によって供給されたデータ(例えば、カメラまたは他の画像記録デバイスにより記録された画像)など、積載物によって供給された情報をディスプレイしてよい。

【0119】

必要に応じて、同じ端末が、可動物体、支持機構及び/または積載物、または、可動物体、支持機構及び/または積載物の状態を制御するのと、可動物体、支持機構及び/または積載物からの情報を受信及び/またはディスプレイするとの両方を行ってよい。例えば、端末は、環境に対して積載物を位置決めを制御しつつ、積載物により取得された画像データまたは積載物の位置についての情報を表示してもよい。その代わり、異なる端末が異なる機能に使用されてよい。例えば、第1端末が可動物体、支持機構及び/または積載物の移動または状態を制御する一方で、第2端末が可動物体、支持機構及び/または積載物からの情報を受信及び/またはディスプレイしてよい。例えば、第1端末は環境に対する積載物の位置決めを制御するのに使用される一方で、第2端末が積載物により取得された画像データをディスプレイしてよい。様々な通信モードが、可動物体と、可動物体の制御とデータの受信との両方を行う一体端末との間、または、可動物体と、可動物体の制御と

40

50

データの受信との両方を行う複数の端末との間に利用されてよい。例えば、少なくとも異なる二つの通信モードが、可動物体と、可動物体の制御と可動物体からのデータの受信との両方を行う端末との間に形成されてよい。

【 0 1 2 0 】

図12は、実施形態による、支持機構1202および積載物1204を含む可動物体1200を示す。可動物体1200が航空機として描写されているが、この描写は限定されることが意図されているのではなく、本明細書中で先に記載されたいかなる適切タイプの可動物体が使用されてもよい。航空機システムに関連して本明細書中に記載されたいかなる実施形態も、いかなる適切な可動物体（例えば、UAV）にも適用されえることを、当業者は理解するであろう。いくつかの例においては、積載物1204は、支持機構1202を必要としない可動物体1200に供給されてよい。可動物体1200は、推進機構1206、感知システム1208および通信システム1210を含んでよい。10

【 0 1 2 1 】

推進機構1206は、先に記載されたような、ローター、プロペラ、翼、エンジン、モータ、車輪、車軸、磁石、または、ノズル、のうち1または複数を含んでよい。例えば、推進機構1206は、本明細書中の他の箇所で記載されているように、セルフトイトニングローター、ローターセンブリ、または、他の回転推進ユニットであってよい。可動物体は、1つまたは複数、2又はそれ以上、3またはそれ以上、4またはそれ以上の推進機構を有してよい。推進機構は全てが同じタイプであってよい。その代わり、1つまたは複数の推進機構は、異なるタイプの推進機構であってよい。推進機構1206は、本明細書中の他の箇所に記載されているような支持要素（例えば、駆動シャフト）など、あらゆる適切な手段を用いて可動物体1200に取り付けられてよい。推進機構1206は、上面、底面、正面、後面、側面または適切なこれらの組み合わせなど、可動物体1200のいかなる適切な部分に取り付けられてよい。20

【 0 1 2 2 】

いくつかの実施形態において、推進機構1206は、可動物体1200のいかなる水平方向の動きを必要とすることなしに（例えば、滑走路での移動なしに）、可動物体1200が面から垂直に離陸または面へ垂直に着陸することを可能にしてもよい。必要に応じて、推進機構1206は、特定された位置及び／または方向において可動物体1200が空中でホバリングすることを可能にするように動作できてよい。推進機構1200のうち1または複数は、他の推進機構から独立して制御されてよい。その代わり、推進機構1200は、同時に制御されるよう構成されてよい。例えば、可動物体1200は可動物体へ揚力及び／または推進力を供給することができる複数の水平に方向付けられたローターを有してよい。複数の水平に方向付けられたローターは、垂直離陸、垂直着陸およびホバリングの能力を可動物体1200に供給するよう作動されてよい。いくつかの実施形態において、水平に方向付けられたローターのうち1または複数は、時計回り方向に回転する一方で、水平なローターのうち1または複数は、反時計回り方向に回転してもよい。例えば、時計回りのローターの数は、反時計回りのローターの数と等しくてよい。水平に方向付けられローターの各々の回転率は、各々のローターによって生成される揚力及び／または推進力を制御するために独立して変化してよく、これにより、可動物体1200の空間的配置、速度及び／または加速度（例えば、並進の3つの度までおよび回転の3つの度までに対する）が調整される。3040

【 0 1 2 3 】

感知システム1208は、可動物体1200の空間的配置、速度及び／または加速度（例えば、並進の3つの度までおよび回転の3つの度までに対する）を感知できてよい1つまたは複数のセンサを含んでよい。1つまたは複数のセンサは、GPSセンサ、運動センサ、慣性センサ、近接センサまたはイメージセンサを含む、本明細書中で先に記載されたいかなるセンサを含んでよい。感知システム1208によって供給された感知データは、可動物体1200の空間的配置、速度及び／または方向を制御するのに使用されてよい（例えば、以下に記載されるように、適切なプロセッシングユニット及び／または制御モジ

ユールを用いて）。その代わり、感知システム 1208 は、天気状況、潜在的障害物への近接度、地理的特徴物の位置、人工建造物の位置等など、可動物体を囲む環境に関するデータを供給するのに使用されてよい。

【0124】

通信システム 1210 は、無線信号 1216 によって、通信システム 1214 を有する端末 1212 との通信を可能にする。通信システム 1210、1214 は、無線通信に適した、任意の数の送信機、レシーバ及び／または送受信機を含んでよい。通信は、データが唯一の方向に送信されえるような、单方向通信であってよい。例えば、单方向通信は、可動物体 1200 が端末 1212 にデータを送信するだけか、その逆であることを含む。データは、通信システム 1210 の 1 つまたは複数の送信機から通信システム 1212 の 1 つまたは複数のレシーバへ、またはその逆で送信されてよい。その代わり、通信は、データが可動物体 1200 と端末 1212 との間を両方の方向に送信しえるような、双向通信であってよい。双向通信は、通信システム 1210 の 1 つまたは複数の送信機から通信システム 1214 の 1 つまたは複数のレシーバへ、またはその逆でデータを送信することを含んでよい。10

【0125】

いくつかの実施形態において、端末 1212 は、可動物体 1200、支持機構 1202 および積載物 1204 のうち 1 または複数へ制御データを供給し、かつ、可動物体 1200、支持機構 1202 および積載物 1204 のうち 1 または複数から情報を受信してよい（例えば、可動物体、支持機構または積載物の位置、及び／または移動情報；積載物カメラにより取得された画像データなど、積載物より感知されたデータ）。いくつかの例においては、端末からの制御データは、可動物体、支持機構及び／または積載物の相対位置、運動、駆動、制御のための命令を含んでよい。例えば、制御データは、可動物体の位置及び／または方向の変更（例えば、推進機構 1206 の制御により）、または、可動物体に対する積載物の移動（例えば、支持機構 1202 の制御により）をもたらしてよい。端末からの制御データは、カメラまたは他の画像取得デバイスの動作の制御（例えば、静止画または動画を撮ること、ズームインまたはアウト、電源のオンまたはオフ、画像モードの切り替え、画像解像度の変更、焦点の変更、被写界深度の変更、露出時間の変更、視角または視野の変更）など、積載物の制御をもたらしてよい。いくつかの例においては、可動物体、支持機構及び／または積載物からの通信は、1 つまたは複数のセンサ（例えば、感知システム 1208 のまたは積載物 1204 の）からの情報を含んでよい。通信は、1 つまたは複数の異なるタイプのセンサ（例えば、GPS センサ、運動センサ、慣性センサ、近接センサまたはイメージセンサ）から感知された情報を含んでよい。そのような情報は、可動物体、支持機構及び／または積載物の位置（例えば、位置、方向）、移動または加速度に関連してよい。積載物からのそのような情報は、積載物で取得されたデータまたは感知された積載物の状態を含んでよい。端末 1212 から供給され送信された制御データは、可動物体 1200、支持機構 1202 または積載物 1204 のうち 1 または複数の状態を制御するよう構成されてよい。その代わりまたはその組み合わせで、支持機構 1202 および積載物 1204 は、端末が可動物体 1200、支持機構 1202 および積載物 1204 を各々独立して通信および制御できるように、端末 1212 と通信するよう構成された通信モジュールを各々含んでよい。203040

【0126】

いくつかの実施形態において、可動物体 1200 は、端末 1212 に加えてまたは端末 1212 に代えて、別の遠隔装置と通信するよう構成されてよい。端末 1212 は、可動物体 1200 に加えて別の遠隔装置と通信するよう構成されてもよい。例えば、可動物体 1200 及び／または端末 1212 は、別の可動物体、または、別の可動物体の支持機構若しくは積載物と通信してよい。所望の場合、遠隔装置は、第 2 端末または他のコンピューティング装置であってよい（例えば、コンピュータ、ラップトップ、タブレット、スマートフォンまたは他のモバイルデバイス）。遠隔装置は、データを可動物体 1200 に送信し、可動物体 1200 からデータを受信し、端末 1212 にデータを送信し、及び／ま50

たは、端末 1212 からデータを受信するよう構成されてよい。必要に応じて、遠隔装置は、可動物体 1200 及び / または端末 1212 から受信したデータをウェブサイトまたはサーバにアップロードできるように、インターネットまたは他の電気通信のネットワークに接続されてよい。

【 0127 】

図 13 は、実施形態による、可動物体の制御のためのシステム 1300 のブロック図の方法による模式図である。システム 1300 は、本明細書中に記載されたシステム、デバイスおよび方法のあらゆる適切な実施形態の組み合わせが使用されてよい。システム 1300 は、感知モジュール 1302、プロセッシングユニット 1304、非一時的コンピュータ可読媒体 1306、制御モジュール 1308、および、通信モジュール 1310 を含んでよい。
10

【 0128 】

感知モジュール 1302 は、可動物体に関する情報を異なる方法で収集する異なるタイプのセンサを利用することができます。異なるタイプのセンサは、異なるタイプの信号または異なるソースからの信号を感じてよい。例えば、センサは、慣性センサ、GPS センサ、近接センサ（例えば、ライダ）または視覚 / イメージセンサ（例えば、カメラ）を含んでよい。感知モジュール 1302 は、複数のプロセッサを有するプロセッシングユニット 1304 に動作可能に接続されよい。いくつかの実施形態において、感知モジュールは、適切な外部装置またはシステムに感知データを直接送信するよう構成された送信モジュール 1312（例えば、Wi-Fi 画像送信モジュール）と動作可能に接続されてよい。
20 例えれば、送信モジュール 1312 は、感知モジュール 1302 のカメラで取得された画像を遠隔端末へ送信するのに使用されてよい。

【 0129 】

プロセッシングユニット 1304 は、プログラマブルプロセッサ（例えば、中央演算処理装置（CPU））など、1つまたは複数プロセッサを有してよい。プロセッシングユニット 1304 は、非一時的コンピュータ可読媒体 1306 と動作可能に接続されてよい。非一時的コンピュータ可読媒体 1306 は、1つまたは複数のステップを実行するための、ロジック、コード及び / またはプロセッシングユニット 1304 によって実行可能なプログラム命令を格納してよい。非一時的コンピュータ可読媒体は、1つまたは複数のメモリユニット（例えば、SD カードまたはランダムアクセスメモリ（RAM））など、取り外し可能媒体または外部格納装置）を含んでよい。いくつかの実施形態において、感知モジュール 1302 からのデータは、非一時的コンピュータ可読媒体 1306 のメモリユニットに直接運ばれて格納されてよい。非一時的コンピュータ可読媒体 1306 のメモリユニットは、本明細書中に記載された方法のいかなる適切な実施形態を実行するべく、ロジック、コード及び / またはプロセッシングユニット 1304 によって実行可能なプログラム命令を格納してよい。例えば、プロセッシングユニット 1304 は、プロセッシングユニット 1304 の1つまたは複数のプロセッサに、感知モジュールで生成された感知データを分析させる命令を実行するよう構成されてよい。メモリユニットは、プロセッシングユニット 1304 によって処理される感知モジュールからの感知データを格納してよい。
30 いくつかの実施形態において、非一時的コンピュータ可読媒体 1306 のメモリユニットは、プロセッシングユニット 1304 によって生成された処理結果を格納するのに使用されてよい。
40

【 0130 】

いくつかの実施形態において、プロセッシングユニット 1304 は、可動物体の状態を制御するよう構成された制御モジュール 1308 と動作可能に接続されてよい。例えば、制御モジュール 1308 は、6つの自由度に対する可動物体の空間的配置、速度及び / または加速度を調整すべく可動物体の推進機構を制御するよう構成されてよい。その代わりまたはその組み合わせで、制御モジュール 1308 は、支持機構、積載物または感知モジュールの状態のうち 1 または複数を制御してもよい。

【 0131 】

プロセッシングユニット 1304 は、1つまたは複数の外部装置（例えば、端末、表示装置または他のリモートコントローラ）からのデータを送信及び／または受信するよう構成された通信モジュール 1310 に動作可能に接続されてよい。有線通信または無線通信など、通信のいかなる適切な手段が使用されてよい。例えば、通信モジュール 1310 は、ローカルエリアネットワーク（LAN）、ワイドエリアネットワーク（WAN）、赤外線、無線、Wi-Fi、ポイントツーポイント（P2P）ネットワーク、電気通信網、クラウド通信等のうち 1 または複数を利用することができる。必要に応じて、タワー、衛星または移動局など、中継局が使用されてよい。無線通信は、近接度に依存してもよいし、近接度から独立してもよい。いくつかの実施形態において、照準線が通信のために必要とされてもよいし、されなくてもよい。通信モジュール 1310 は、感知モジュール 1302 からの感知データ、プロセッシングユニット 1304 で生成される処理結果、予め定められた制御データ、端末またはリモートコントローラからのユーザ命令等のうち 1 または複数を送信及び／または受信してよい。
10

【0132】

システム 1300 の構成要素は、いかなる適切な形態に配置されてよい。例えば、システム 1300 の構成要素のうち 1 または複数は、可動物体、支持機構、積載物、端末、感知システムまたは上記のうち 1 または複数と通信する追加の外部デバイス上に位置されてよい。さらに、図 13 は単一のプロセッシングユニット 1304 および単一の非一時的コンピュータ可読媒体 1306 を示したが、当業者は、それが限定することを意図されたものでないこと、および、システム 1300 が複数のプロセッシングユニット及び／または非一時的コンピュータ可読媒体を含んでよいことを理解するであろう。いくつかの実施形態において、複数のプロセッシングユニット及び／または非一時的コンピュータ可読媒体のうち 1 または複数は、可動物体、支持機構、積載物、端末、感知モジュール、上記のうち 1 または複数と通信する追加の外部デバイスまたはこれらのいかなる適切な組み合わせなどの異なる位置に位置されてよく、システム 1300 により実行される処理機能および／またはメモリ機能のいかなる適切な観点も上記した位置のうち 1 または複数で発生するようにしてもよい。
20

【0133】

本明細書中で使用される A 及び／または B は、A または B のうち 1 または複数、並びに、A および B などのようなこれらの組み合わせを含む。
30

【0134】

本願発明の好ましい実施形態が本明細書中で図示されかつ記載されている一方、当業者にとってそれらの実施形態は例示を目的としてのみ供給されていることは自明である。多くの変種、変更および取り替えが、発明から離れることなしに当業者にとって生じるであろう。本明細書中に記載された発明の実施形態に対して様々な代替案が発明の実施に用いてよいことが理解されるべきである。添付の請求の範囲が発明の範囲を定め、かつ、これによりこれらの請求の範囲の範囲内の方法および構造がカバーされるべきことが意図される。

【図 1 A】

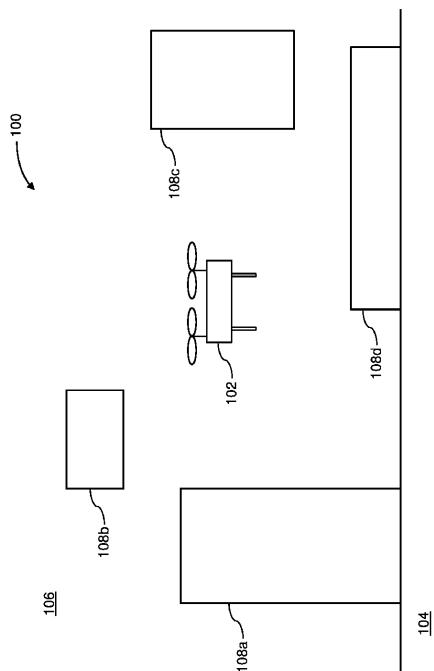


FIG. 1A

【図 1 B】

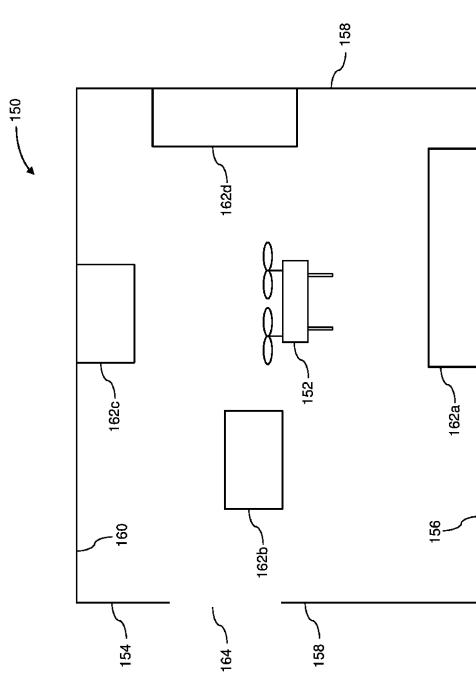
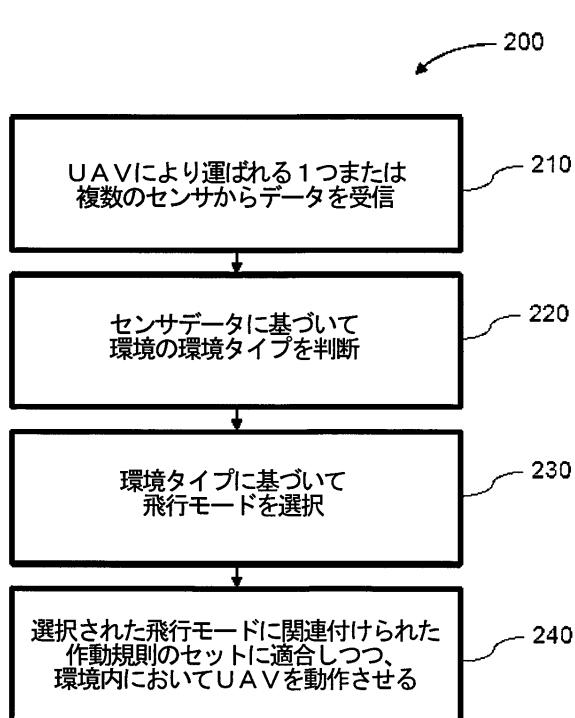
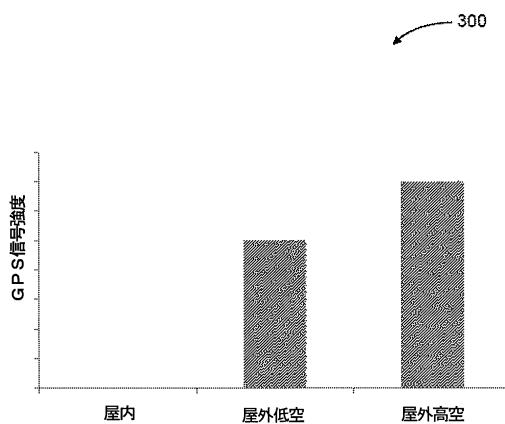


FIG. 1B

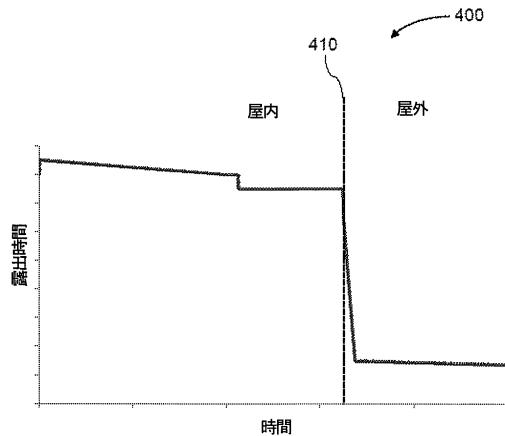
【図 2】



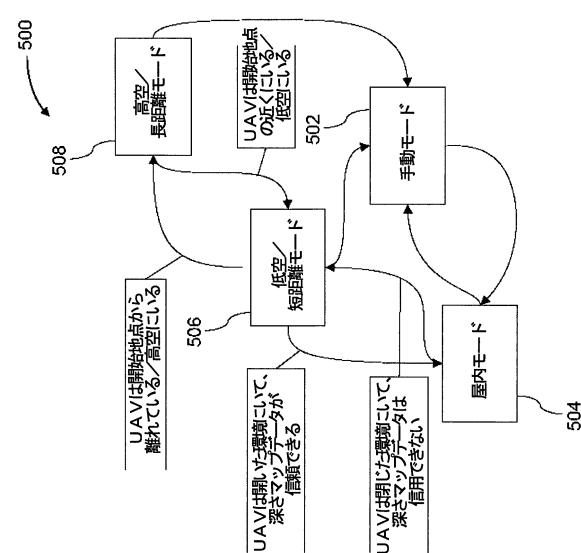
【図 3】



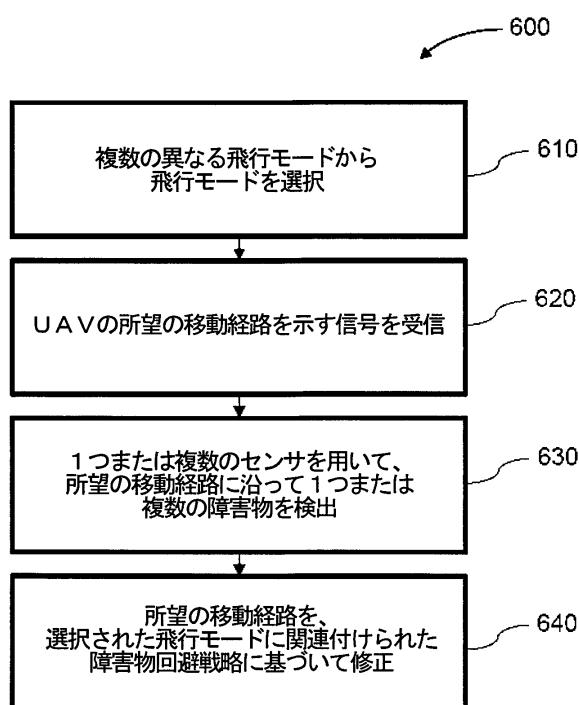
【図4】



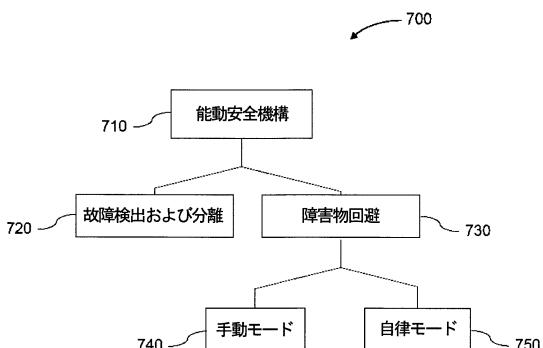
【図5】



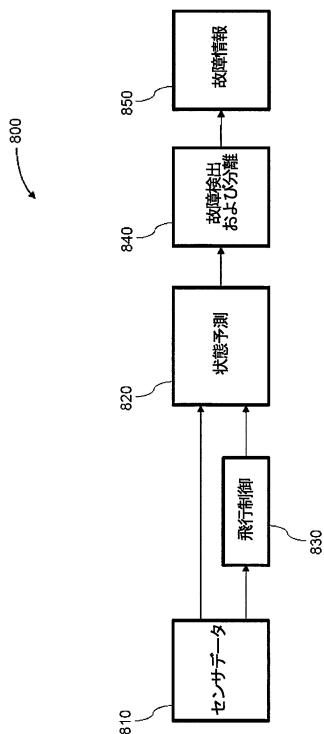
【図6】



【図7】



【図 8】



【図 9】

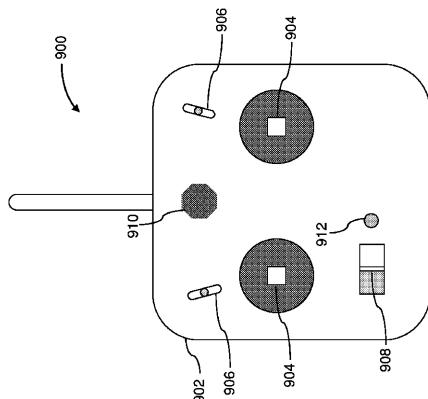


FIG. 9

【図 10】

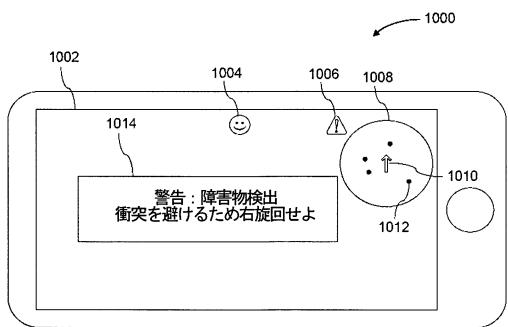


FIG. 10

【図 11】

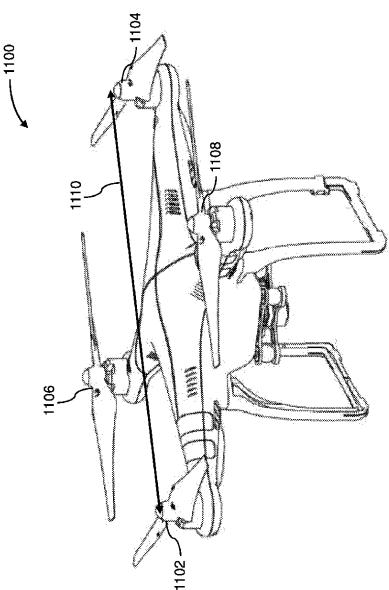


FIG. 11

【図 12】

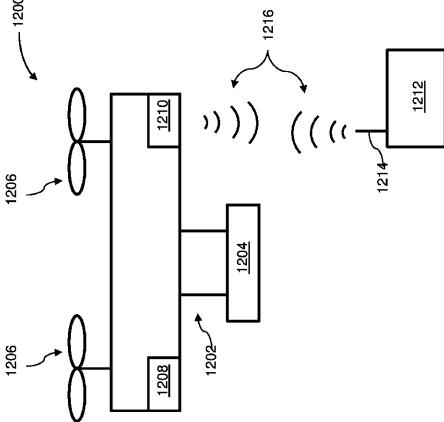


FIG. 12

【図 1 3】

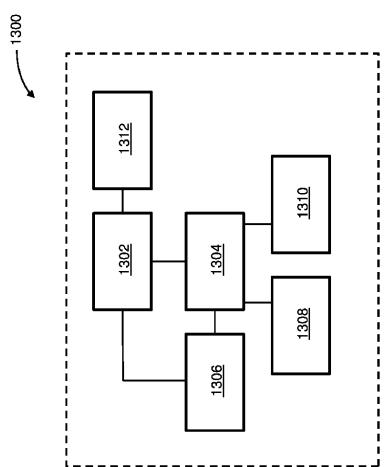


FIG. 13

フロントページの続き

(74)代理人 110000877

龍華国際特許業務法人

(72)発明者 リウ、アン

中華人民共和国、518057 広東省深セン市南山区高新南区粤興一道9号香港科大深セン産学研大楼6楼 エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド内

(72)発明者 フ、シャオ

中華人民共和国、518057 広東省深セン市南山区高新南区粤興一道9号香港科大深セン産学研大楼6楼 エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド内

(72)発明者 ゾウ、グユ工

中華人民共和国、518057 広東省深セン市南山区高新南区粤興一道9号香港科大深セン産学研大楼6楼 エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド内

(72)発明者 パン、フヤン

中華人民共和国、518057 広東省深セン市南山区高新南区粤興一道9号香港科大深セン産学研大楼6楼 エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド内

審査官 白井 卓巳

(56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0093945(US, A1)

中国特許出願公開第103744430(CN, A)

特開平08-273100(JP, A)

米国特許出願公開第2011/0084162(US, A1)

国際公開第2014/108026(WO, A1)

中国特許出願公開第103914077(CN, A)

中国実用新案第203397214(CN, U)

中国特許出願公開第103925920(CN, A)

米国特許第9051043(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 22/00

G05D 1/06 - 1/10

B64C 13/18 - 39/02