

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6312178号

(P6312178)

(45) 発行日 平成30年4月18日(2018.4.18)

(24) 登録日 平成30年3月30日(2018.3.30)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 5 D 1/10 (2006.01) G O 5 D 1/10
 B 6 4 C 27/08 (2006.01) B 6 4 C 27/08
 B 6 4 C 39/02 (2006.01) B 6 4 C 39/02
 B 6 4 D 47/08 (2006.01) B 6 4 D 47/08
 B 6 4 D 45/00 (2006.01) B 6 4 D 45/00

Z

請求項の数 32 (全 57 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-553376 (P2016-553376)
 (86) (22) 出願日 平成26年12月31日(2014.12.31)
 (65) 公表番号 特表2017-509981 (P2017-509981A)
 (43) 公表日 平成29年4月6日(2017.4.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2014/095983
 (87) 国際公開番号 WO2016/106715
 (87) 国際公開日 平成28年7月7日(2016.7.7)
 審査請求日 平成28年8月30日(2016.8.30)

早期審査対象出願

前置審査

(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
 SZ DJI TECHNOLOGY C
 O., LTD
 中華人民共和国、518057 広東省深
 圳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
 6F, HKUST SZ IER Bld
 g. NO. 9 Yuexing 1st
 Rd. Hi-Tech Park (Sou
 th), Nanshan Distric
 t Shenzhen, Guangdon
 g 518057 China

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ナビゲーションシステム、輸送機の状態情報を評価する方法、及び、輸送機の状態情報を評価する装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像を撮影する複数の撮像装置を備える輸送機と、
 前記複数の撮像装置に接続され、ステップ(a)～(c)を実行する1つ以上のプロセ
 ッサと、を備え、

ステップ(a)～(c)は、

(a) 各撮像装置からの各画像の特徴点数を計算すること、

(b) 前記特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価することにより、前記複数の撮
 像装置のうち少なくとも1つを選択すること、

(c) 前記選択した少なくとも1つの撮像装置からの画像を用いて前記輸送機の状態情
 報を評価すること、であり、

前記状態情報は、前記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度のうち少なくとも1
 つを含む、

ナビゲーションシステム。

【請求項 2】

前記輸送機は、無人航空機である、

請求項1に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 3】

前記輸送機は、前記輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備える、

請求項1または2に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 4】

前記複数の撮像装置は、異なる視野から複数の画像を撮影する、
請求項 1 から 3 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 5】

前記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

請求項 1 から 4 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 6】

前記複数の撮像装置は、それぞれ、前記輸送機に対して異なる方向に向けられる、
請求項 1 から 5 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

10

【請求項 7】

前記異なる方向は、直交する方向である、
請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 8】

前記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、
請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 9】

前記異なる方向の少なくとも 1 つは、前記輸送機の動作方向にほぼ沿っている、
請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 10】

前記複数の撮像装置は、前記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側の場所のうちの 3 つ以上に配置される、

請求項 1 から 9 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

20

【請求項 11】

前記各画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、

請求項 1 から 10 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 12】

各画像の前記特徴点数は、前記各画像の顕著性を示す、
請求項 1 から 11 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

30

【請求項 13】

各画像の前記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、
請求項 1 から 12 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 14】

前記姿勢は、前記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きのうち少なくとも 1 つを含む、

ことを特徴とする、請求項 1 から 13 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 15】

前記 1 つ以上のプロセッサは、ステップ (d) をさらに実行し、
ステップ (d) は、

40

(d) 前記状態情報に基づいて、前記輸送機を移動させる制御信号を出力すること、である、

請求項 1 から 14 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 16】

ステップ (a) ~ (c) は、前記輸送機の運転中、繰り返される、
請求項 1 から 15 の何れか 1 つに記載のナビゲーションシステム。

【請求項 17】

複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する方法であって、
ステップ (a) ~ (d) を含み、
ステップ (a) ~ (d) は、

50

- (a) 前記複数の撮像装置を用いて複数の画像を撮影するステップ、
(b) プロセッサを利用して、前記複数の画像の各画像の特徴点数を計算するステップ

、
(c) 前記プロセッサを利用して、前記特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価することにより、前記複数の撮像装置のうち少なくとも1つを選択するステップ、

(d) 前記プロセッサを利用して、前記選択した少なくとも1つの撮像装置からの前記複数の画像を用いて、前記輸送機の状態情報を評価するステップ、であり、

前記状態情報は、前記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含む、

方法。

10

【請求項18】

前記輸送機は、無人航空機である、

請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記輸送機は、前記輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備える、

請求項17に記載の方法。

【請求項20】

前記複数の画像のそれぞれは、異なる視野から撮影される、

請求項17から19の何れか1つに記載の方法。

【請求項21】

前記複数の撮像装置は、それぞれ、前記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

請求項17から20の何れか1つに記載の方法。

20

【請求項22】

前記異なる方向は、直交する方向である、

請求項21に記載の方法。

【請求項23】

前記異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含む、

請求項21に記載の方法。

【請求項24】

前記異なる方向の少なくとも1つは、前記輸送機の動作方向に沿っている、

請求項21に記載の方法。

30

【請求項25】

前記複数の撮像装置は、前記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置される、

請求項17から24の何れか1つに記載の方法。

【請求項26】

前記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、

請求項17から25の何れか1つに記載の方法。

【請求項27】

各画像の前記特徴点数は、前記各画像の顕著性を示す、

請求項17から26の何れか1つに記載の方法。

40

【請求項28】

各画像の前記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、

請求項17から27の何れか1つに記載の方法。

【請求項29】

前記姿勢は、前記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含む、

請求項17から28の何れか1つに記載の方法。

【請求項30】

50

ステップ（e）をさらに含み、

ステップ（e）は、

（e）前記状態情報に基づいて、前記輸送機を移動させる制御信号を出力するステップ、である、

請求項 17 から 29 の何れか 1 つに記載の方法。

【請求項 31】

ステップ（a）～（d）は、前記輸送機の運転中、繰り返される、

請求項 17 から 30 の何れか 1 つに記載の方法。

【請求項 32】

複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する装置であって、
前記複数の撮像装置により撮影された複数の画像の各画像の特徴点数を計算し、
前記特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価することにより、前記複数の撮像装置
のうち少なくとも 1 つを選択し、

前記選択した少なくとも 1 つの撮像装置からの前記複数の画像を用いて、前記輸送機の状態情報を評価し、

前記状態情報は、前記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも 1 つを含む、

装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

無人航空機（UAV）等の無人機は、軍用及び民生用の広範な環境において監視、偵察、探査などの業務を行うために用い得る。UAV は、遠隔のユーザーによって手動で制御されてもよく、半自律的もしくは自律的に運転されてもよい。このような UAV は、周囲環境からセンサデータを収集するセンサと、収集したデータから UAV を操縦するための情報を計算し決定するプロセッサと、を備え得る。

【背景技術】

【0002】

しかし、既存の方法でナビゲーション情報を評価すると、最適な評価結果を得られない場合がある。例えば、1 つのセンサから集められたセンサデータは、低品質となることがある。他方、複数のセンサからのセンサデータを処理して、状態情報を評価、決定する場合、システムの処理遅延が増加する場合がある。低品質のセンサデータまたは処理遅延の増加は、UAV の機能に悪影響を与えることがある。

【発明の概要】

【0003】

本発明に関わる実施形態では、周囲環境内において、UAV 等の輸送機の状態情報をより良く評価する方法を提供する。多くの実施形態において、UAV は、周囲環境に関する情報を収集する複数の撮像装置を備える。各撮像装置から取得したデータは、処理されて、例えば、各撮像装置の時間間隔にわたる画像データの品質を判定できる。画像データの品質に基づいて、UAV の状態情報を評価するために、処理する撮像装置の画像データのサブセットを選択できる。本発明による選択的な処理方法を使用すると、コンピューティングリソースを節約し、評価された状態情報の正確度を向上させることが可能となる。また、この方法を用いると、多様な環境タイプ及び運転条件における UAV の機能性を向上させることができる。

【0004】

本発明は、1 つの態様において、ナビゲーションシステムを提供する。このシステムは、個々に複数の画像を撮影する複数の撮像装置を備える輸送機と、1 つ以上のプロセッサと、を備える。1 つ以上のプロセッサは、複数の撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的に、次のステップ（a）～（c）を実行する。（a）各撮像装置からの複数の画像の各画像における特徴点数を計算する。（b）計算した特徴点数に基づいて、複数の

の撮像装置の少なくとも1つを選択する。(c) 選択した撮像装置(単数または複数)からの複数の画像を用いて、輸送機の状態情報を評価する。

【0005】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVは、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。また、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は、空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

【0006】

ある実施形態において、輸送機は、輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備え得る。1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与えることができる1つ以上の回転翼を備え得る。

10

【0007】

ある実施形態において、複数の撮像装置は輸送機に配置され、各撮像装置は異なる視野から複数の画像を撮影する。また、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。複数の撮像装置は、それぞれ、輸送機に対して異なる方向に向けられ得る。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。これらの異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置され得る。

20

【0008】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

【0009】

ある実施形態において、各画像の特徴点数は、各画像の顕著性を示し得る。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segment Test) アルゴリズムであり得る。

30

【0010】

ある実施形態において、上記のステップ(b)は、特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価することを含み得る。

【0011】

ある実施形態において、状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0012】

ある実施形態において、1つ以上のプロセッサは、次のステップ(d)を実行し得る。(d) 状態情報に基づいて輸送機を移動させる制御信号を出力する。

40

【0013】

ある実施形態において、輸送機の運転中、上記のステップ(a)～(c)を繰り返してよい。ステップ(a)～(c)は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返し得る。

【0014】

本発明は、他の態様において、複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する方法を提供する。方法は、次のステップ(a)～(d)を含む。(a) 複数の撮像装置の各撮像装置を用いて複数の画像を撮影するステップ。(b) プロセッサを用いて、各撮像装置からの複数の画像の各画像の特徴点数を計算するステップ。(c) プロセッサを用いて、計算した特徴点数に基づいて、複数の撮像装置の少なくとも1つを選

50

択するステップ。(d) プロセッサを用いて、選択した撮像装置(単数または複数)からの複数の画像を用いて輸送機の状態情報を評価するステップ。

【0015】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVの重量は、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。あるいは、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は、空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

【0016】

ある実施形態において、輸送機は、輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備え得る。1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与えることができる1つ以上の回転翼を備え得る。

10

【0017】

ある実施形態において、複数の撮像装置は輸送機に配置され、複数の画像のそれぞれを異なる視野から撮影する。ある実施形態において、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。複数の撮像装置は、それぞれ、輸送機に対して異なる方向に向けられてよい。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、それと併用して、異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含んでよい。それらの異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置できる。

20

【0018】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

【0019】

ある実施形態において、各画像の特徴点数は、各画像の顕著性を示し得る。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST(Features from Accelerated Segment Test)アルゴリズムであり得る。

30

【0020】

ある実施形態において、上記のステップ(c)は、特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含み得る。

【0021】

ある実施形態において、状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0022】

ある実施形態において、評価する方法は、状態情報に基づいて輸送機を移動させる制御信号を出力するステップをさらに含み得る。

40

【0023】

ある実施形態において、輸送機の運転中、上記のステップ(a)~(d)を繰り返してよい。ステップ(a)~(d)は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返し得る。

【0024】

また、本発明は、他の態様において、ナビゲーションシステムを提供する。このシステムは、輸送機と、1つ以上のプロセッサを備える。輸送機は、輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットと、各撮像装置が複数の画像を撮影する複数の撮像装置とを備える。1つ以上のプロセッサは、複数の撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的に、次のステップ(a)~(d)を実行し得る。(a)各撮像装置からの複数の画像の画質を

50

評価すること。(b)ステップ(a)の評価に基づいて複数の撮像装置の少なくとも1つを選択すること。(c)選択した撮像装置(単数または複数)からの複数の画像を用いて輸送機の状態情報を評価すること。また、1つ以上のプロセッサは、さらに、次のステップ(d)を実行し得る。(d)状態情報に基づいて、1つ以上の推進ユニットに輸送機を移動させる制御信号を出力すること。

【0025】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVは、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。また、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

10

【0026】

ある実施形態において、1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与える1つ以上の回転翼を備え得る。

【0027】

ある実施形態において、複数の撮像装置は輸送機に配置され、各撮像装置は異なる視野から複数の画像を撮影する。ある実施形態において、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。複数の撮像装置は、それぞれ、輸送機に対して異なる方向に向けられ得る。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、それと併用して、異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。これらの異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置され得る。

20

【0028】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

【0029】

ある実施形態において、画質は、複数の画像の各画像の特徴点数に基づき得る。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST(Features from Accelerated Segment Test)アルゴリズムであり得る。画質は、複数の画像の各画像の顕著性に基づき得る。画質は、複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づき得る。画質は、輸送機の状態情報の評価に使用する複数の画像の適切性に基づき得る。

30

【0030】

ある実施形態において、ステップ(a)は、複数の画像の画質が所定の閾値を超えるか否かを評価することを含み得る。ステップ(a)は、複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別することを含み得る。

【0031】

40

ある実施形態において、状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0032】

ある実施形態において、輸送機の運転中、ステップ(a)～(c)を繰り返してよい。ステップ(a)～(c)は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返してよい。

【0033】

また、本発明は、他の態様において、複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機を制御する方法を提供する。制御方法は、次のステップ(a)～(d)を含む。(a)複

50

数の撮像装置の各撮像装置を用いて複数の画像を撮影するステップ。(b) プロセッサを利用して、各撮像装置からの複数の画像の画質を評価するステップ。(c) プロセッサを利用して、ステップ(b)の評価に基づいて、複数の撮像装置の少なくとも1つを選択するステップ。(d) プロセッサを利用して、選択した撮像装置(単数または複数)からの複数の画像を用いて輸送機の状態情報を評価するステップ。また、ある実施形態において、制御方法は、次のステップ(e)をさらに含む。(e) プロセッサを利用して、状態情報に基づいて、輸送機に搭載された1つ以上の推進ユニットに輸送機を移動させる制御信号を出力するステップ。

【0034】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVは、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。あるいは、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は、空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

10

【0035】

ある実施形態において、1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与える1つ以上の回転翼を備え得る。

【0036】

ある実施形態において、複数の撮像装置は輸送機に配置され、複数の画像のそれぞれを異なる視野から撮影する。ある実施形態において、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。

20

【0037】

複数の撮像装置は、それぞれ、輸送機に対して異なる方向に向けられてよい。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。それらの異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置できる。

【0038】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

30

【0039】

ある実施形態において、画質は、複数の画像の各画像の特徴点数に基づき得る。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segment Test) アルゴリズムであり得る。画質は、複数の画像の各画像の顕著性に基づき得る。画質は、複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づき得る。画質は、航空機の状態情報の評価に使用する複数の画像の適切性に基づき得る。

40

【0040】

ある実施形態において、ステップ(b)は、上記した複数の画像の画質が所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含み得る。

【0041】

ある実施形態において、ステップ(b)は、複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別するステップを含み得る。

【0042】

ある実施形態において、状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

50

【0043】

ある実施形態において、輸送機の運転中、ステップ（a）～（d）を繰り返してよい。ステップ（a）～（d）は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返し得る。

【0044】

また、本発明は、他の態様において、ナビゲーションシステムを提供する。このシステムは、航空機と、1つ以上のプロセッサを備える。輸送機は、各撮像装置が複数の画像を撮影する複数の撮像装置を備える。複数の撮像装置は、一次撮像装置と、1つ以上の二次撮像装置とを含む。1つ以上のプロセッサは、撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的に、次のステップ（a）～（d）を実行し得る。（a）一次撮像装置からの複数の画像の画質を評価して、画質が所定の閾値を満たすか否かを決定する。（b）ステップ（a）の画質が所定の閾値を満たさない場合、1つ以上の二次撮像装置からの複数の画像の画質を評価する。（c）ステップ（b）の評価に基づいて1つ以上の二次撮像装置の少なくとも1つを選択する。（d）選択した二次撮像装置（単数または複数）からの複数の画像を用いて輸送機の状態情報を評価する。

10

【0045】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVは、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。あるいは、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は、空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

20

【0046】

ある実施形態において、1つ以上の推進ユニットは、航空機に揚力を与えることができる1つ以上の回転翼を備え得る。

【0047】

ある実施形態において、複数の撮像装置は輸送機に配置され、各撮像装置は異なる視野から複数の画像を撮影する。また、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。複数の撮像装置は、それぞれ、輸送機に対して異なる方向に向けられ得る。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。これらの異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置され得る。

30

【0048】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

【0049】

ある実施形態において、ステップ（a）及び（b）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の特徴点数に基づいてよい。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST（Features from Accelerated Segment Test）アルゴリズムでよい。

40

【0050】

ある実施形態において、ステップ（a）及び（b）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の顕著性に基づき得る。ステップ（a）及び（b）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づき得る。ステップ（a）及び（b）の各画質は、輸送機の状態情報の評価に使用する上記した複数の画像の適切性に基づき得る。

【0051】

ある実施形態において、ステップ（b）は、上記した複数の画像の画質が第2の所定の

50

閾値を超えるか否かを評価することを含み得る。ステップ（b）は、上記した複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別することを含み得る。

【0052】

ある実施形態において、状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0053】

ある実施形態において、輸送機の運転中、ステップ（a）～（d）を繰り返してよい。ステップ（a）～（d）は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返し得る。

10

【0054】

また、本発明は、他の態様において、複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する方法を提供する。制御方法は、次のステップ（a）～（e）を含む。（a）複数の撮像装置の各撮像装置を用いて複数の画像を撮影するステップ。ここで、複数の撮像装置は、一次撮像装置と1つ以上の二次撮像装置とを含む。（b）プロセッサを利用して、一次撮像装置からの複数の画像の画質を評価して、画質が所定の閾値を満たすか否かを決定するステップ。（c）ステップ（b）の画質が所定の閾値を満たさない場合、プロセッサを利用して、1つ以上の二次撮像装置からの複数の画像の画質を評価するステップ。（d）プロセッサを利用して、ステップ（c）の評価に基づいて1つ以上の二次撮像装置の少なくとも1つを選択するステップ。（e）プロセッサを利用して、選択した二次撮像装置（単数または複数）からの複数の画像を用いて輸送機の状態情報を評価するステップ。

20

【0055】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。UAVは、10kgを越えない重量であり得る。UAVの最大寸法は、1.5mを越えない大きさであり得る。UAVは、400mを越えない高さを飛行できる。あるいは、UAVは、飛行制限領域の存在を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにできる。飛行制限領域は、空港であり得る。UAVは、多重回転翼航空機であり得る。

【0056】

ある実施形態において、1つ以上の推進ユニットは、航空機に揚力を与える1つ以上の回転翼を備え得る。

30

【0057】

ある実施形態において、複数の撮像装置は航空機に配置され、各撮像装置は異なる視野から複数の画像を撮影する。また、複数の撮像装置は、少なくとも3つの撮像装置を含み得る。あるいは、複数の撮像装置は、少なくとも4つの撮像装置を含み得る。複数の撮像装置は、それぞれ、航空機に対して異なる方向に向けられ得る。異なる方向は、直交する方向でよい。あるいは、それと併用して、異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。これらの異なる方向の少なくとも1つは、航空機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。複数の撮像装置は、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置され得る。

40

【0058】

ある実施形態において、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内であり得る。

【0059】

ある実施形態において、ステップ（b）及び（c）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の特徴点数に基づき得る。各画像の特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算できる。コーナー検出アルゴリズムは、FAST（Features from Accelerated Segment Test）アルゴリズムであり得る。

【0060】

50

ある実施形態において、ステップ（b）及び（c）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の顕著性にに基づき得る。ステップ（b）及び（c）の各画質は、上記した複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づき得る。ステップ（b）及び（c）の各画質は、輸送機の状態情報の評価に使用する上記した複数の画像の適切性に基づき得る。

【0061】

ある実施形態において、ステップ（c）は、上記した複数の画像の画質が第2の所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含み得る。ステップ（c）は、上記した複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別するステップを含み得る。

【0062】

ある実施形態において、状態情報は、航空機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、航空機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0063】

ある実施形態において、航空機の運転中、ステップ（a）～（e）を繰り返してよい。ステップ（a）～（e）は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回繰り返し得る。

【0064】

本発明の様々な態様は、個別に、集合的に、または相互に組み合わせて認識され得ることを理解されたい。本明細書において説明する本発明の様々な実施形態は、以下に記載する任意の特定の用途、または任意の他のタイプの可動物体に適用し得る。航空機に関する本発明の任意の説明は、さらに、空中運動（例えば、飛行）の文脈において本明細書で説明するシステム、デバイス、および方法は、また、地上もしくは水上の運動、水中の運動、または宇宙での運動などの他のタイプの運動の文脈においても適用可能である。さらに、回転翼または回転翼アセンブリに関する本明細書における任意の説明は、回転によって推進力を生じさせる任意の推進システム、推進装置、または推進機構（例えば、プロペラ、車輪、車軸）に適用してよく、回転によって推進力を生じさせる任意の推進システム、推進装置、または推進機構（例えば、プロペラ、車輪、車軸）に適用し、使用し得る。

【0065】

また、本発明は、その他の態様において、ある環境内で輸送機を操縦するシステムを提供する。このシステムは、輸送機と、1つ以上のプロセッサとを備える。輸送機は、輸送機に配置された複数のセンサを備え、各センサは異なる視野からセンサデータを取得する。1つ以上のプロセッサは、複数のセンサに動作可能に接続され、個々にまたは集合的に、次の（a）～（c）を実行する。（a）1つ以上の所定の基準に基づいて、ある環境内の輸送機の操縦に使用する複数のセンサのサブセットを選択する。（b）選択したセンサ（単数または複数）からのセンサデータを処理し、ある環境内で輸送機を操縦するナビゲーション情報を生成する。（c）ナビゲーション情報に基づいて輸送機を制御する信号を出力する。

【0066】

ある実施形態において、センサのサブセットの選択は次のように行われる。すなわち、少なくとも、各センサが1つ以上の所定の基準を満たすか否かを評価し、その評価結果が、1つ以上の所定の基準を満たすセンサを選択する。1つ以上の所定の基準は、次の（a）～（d）を含み得る。（a）センサが輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられているか否か。（b）センサが取得するセンサデータの品質が所定の閾値を超えるか否か。（c）センサが複数のセンサのうち最も高いセンサデータ品質を有するか否か。（d）センサの消費電力が所定の閾値未満か否か。（e）センサが複数のセンサのうちで消費電力が最も少ないか否か。

【0067】

ある実施形態において、サブセットのセンサの数は、輸送機の動作方向によって異なる。サブセットのセンサの数は、環境の複雑性によって異なり得る。

10

20

30

40

50

【0068】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。輸送機は、輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備え得る。1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与えることができる1つ以上の回転翼を備え得る。

【0069】

ある実施形態において、複数のセンサは、複数の異なるセンサタイプを含む。複数のセンサは、撮像装置、超音波センサ、ライダーセンサ、または、レーダセンサの少なくとも1つを含み得る。複数のセンサは、少なくとも3つのセンサまたは少なくとも4つのセンサを含み得る。各センサは、輸送機に対して異なる方向に向けられ得る。異なる方向は、直交する方向でよい。異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。

10

【0070】

ある実施形態において、複数のセンサは、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置される。

【0071】

ある実施形態において、ナビゲーション情報は、輸送機の状態情報を含む。状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

【0072】

ある実施形態において、ナビゲーション情報は、環境に関する環境情報を含む。環境情報は、環境の1つ以上の障害物の場所を含み得る。信号によって、輸送機は、1つ以上の障害物を回避できる。

20

【0073】

本発明は、他の態様において、ある環境内で輸送機を操縦する方法を提供する。輸送機を操縦する方法は、以下のステップを含む。(a) プロセッサを利用して、1つ以上の所定の基準に基づいて、ある環境内の輸送機の操縦に使用する複数のセンサのサブセットを選択するステップ。ここで、複数のセンサは輸送機に配置され、各センサは異なる視野からセンサデータを取得する。(b) プロセッサを利用して、選択したセンサ(単数または複数)からのセンサデータを処理し、ある環境内で輸送機を操縦するナビゲーション情報を生成するステップ。(c) プロセッサを利用して、ナビゲーション情報に基づいて、輸送機を制御する信号を出力するステップ。

30

【0074】

ある実施形態において、サブセットを選択するステップは、各センサを評価してセンサが1つ以上の所定の基準を満たすか否かを決定するステップ、センサが1つ以上の所定の基準を満たす場合にそのセンサを選択するステップ、を含む。1つ以上の所定の基準は、次の(a)～(d)を含み得る。(a) センサが輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられているか否か。(b) センサが取得するセンサデータの品質が所定の閾値を超えるか否か。(c) センサが複数のセンサのうち最も高いセンサデータ品質を有するか否か。(d) センサの消費電力が所定の閾値未満か否か。(e) センサが複数のセンサのうちで消費電力が最も少ないか否か。

40

【0075】

ある実施形態において、サブセットのセンサの数は、輸送機の動作方向によって異なる。サブセットのセンサの数は、環境の複雑性によって異なり得る。

【0076】

ある実施形態において、輸送機は、UAVであり得る。輸送機は、輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備え得る。1つ以上の推進ユニットは、輸送機に揚力を与えることができる1つ以上の回転翼を備え得る。

【0077】

ある実施形態において、複数のセンサは、複数の異なるセンサタイプを含む。複数のセンサは、撮像装置、超音波センサ、ライダーセンサ、または、レーダセンサの少なくとも1

50

つを含み得る。複数のセンサは、少なくとも3つのセンサまたは少なくとも4つのセンサを含み得る。各センサは、輸送機に対して異なる方向に向けられてよい。異なる方向は、直交する方向でよい。異なる方向は、少なくとも4つの異なる方向を含み得る。異なる方向の少なくとも1つは、輸送機の動作方向に、ほぼ沿ってよい。

【0078】

ある実施形態において、複数のセンサは、輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置される。

【0079】

ある実施形態において、ナビゲーション情報は、輸送機の状態情報を含む。状態情報は、輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含み得る。姿勢は、輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含み得る。

10

【0080】

ある実施形態において、ナビゲーション情報は、環境に関する環境情報を含む。環境情報は、環境の1つ以上の障害物の場所を含み得る。信号によって、輸送機は、1つ以上の障害物を回避できる。

【0081】

本発明の他の目的及び特徴は、明細書、特許請求の範囲、及び、添付の図面を参照することによって明らかとなろう。

【0082】

(参照による組み込み)

20

本明細書において言及される全ての刊行物、特許、および特許出願は、個別の刊行物、特許、または特許出願のそれぞれが具体的にかつ個別に示され参照により組み込まれるのと同程度に、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0083】

本発明の新規の特徴は、添付する特許請求の範囲において、詳細に示される。本発明の特徴及び利点は、本発明の原理を利用する例示的な実施形態を示す以下の詳細な説明、および以下の付随する図面を参照することによって、より深く理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明の実施形態に関わる、屋外環境で運転しているUAVを示す図である。

30

【図2】本発明の実施形態に関わる、屋内環境で運転しているUAVを示す図である。

【図3】本発明の実施形態に関わる、複数のセンサが接続されたUAVを示す図である。

【図4】本発明の実施形態に関わる、異なる視野を有するセンサを示す図である。

【図5】本発明を適用した、環境内で航空機を操縦する方法のステップを示すフローチャートである。

【図6】本発明を適用した、複数の撮像装置からの画像を用いて、UAVの状態情報を処理するシステムを示す図である。

【図7】本発明を適用した、状態情報を評価し、処理された情報に基づいて航空機を制御する方法のステップを示すフローチャートである。

【図8】本発明を適用した、特徴点数の計算に基づいて、状態情報を評価する方法のステップを示すフローチャートである。

40

【図9】本発明の実施形態に関わる、一次撮像装置及び二次撮像装置を備えた、移動中のUAVを示す上面図である。

【図10】本発明を適用した、一次撮像装置及び二次撮像装置に基づいた状態情報を評価する方法のステップを示すフローチャートである。

【図11】本発明を適用した、3つの二次撮像装置によって取得された3つの画像列の特徴点数の例を示す図である。

【図12】本発明の実施形態に関わる、UAVを示す図である。

【図13】本発明の実施形態に関わる、支持機構及び搭載物を含む可動物体を示す図である。

50

【図 1 4】本発明を適用した、可動物体を制御するシステムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0085】

以下、本発明による、UAV等の輸送機の状態情報を評価するナビゲーションシステム及び方法について説明する。ある実施形態において、UAVは、環境データを収集する複数のセンサを運搬できる。また、センサは、カメラ等の撮像装置を含み得る。本発明による方法は、2つ以上の撮像装置を用いて、異なる視野から複数の画像を取得することを含み得る。また、複数の撮像装置によって撮影された画像フレームの品質を、時間間隔にわたって比較して、その期間に、最も高品質の画像列を有する一次撮像装置を判定し得る。プロセッサは、一次撮像装置が撮影した画像フレームのみからの情報を処理して、UAVの状態を判定または評価してよい。この方法は、1つの撮像装置で、ある期間にわたって高品質の画像を取得するのが困難な状況において、正確で信頼できる状態情報を提供するために有利となり得る。一次撮像装置によって撮影された画像のみから状態情報を求めて画像を処理することによって、処理時間及び遅延を低減し得る。また、必要なコンピュータリソースも低減し得る。本明細書に開示するように環境データ収集に複数の撮像装置を使用することは、多様な環境及び運転条件においても、UAVの状態情報の判定の正確度を向上させることができる。そのことにより、ナビゲーション及び障害物回避等のUAVの機能性のロバスト性及び柔軟性を高めることができる。

10

【0086】

本明細書に記載する実施形態は、UAV等の様々なタイプの輸送機に適用できる。例えば、UAVは、重量が10kgを越えない、または最大寸法が1.5mを越えないことのいずれか、またはその両方の小型UAVでよい。ある実施形態において、UAVは、複数のプロペラで推進されて空中を移動する多重回転翼航空機等の回転翼機（例えば、クワッドコプタ）でよい。本明細書で提示する本発明の実施形態と共に使用するのに適するUAV、他の輸送機、及び、他の可動物体の追加の実施例について、以下にさらに詳しく記載する。

20

【0087】

本明細書に記載するUAVは、（例えば、機上コントローラ等の適切なコンピュータシステムによって）完全に自律して運転されてもよく、半自律的に、または、手動で（例えば、人間ユーザーによって）運転されてもよい。UAVは、適切な実体（例えば、人間ユーザーまたは自律制御システム）からの命令を受信でき、1つ以上のアクションを行って、このような命令に応答できる。例えば、地面から離陸し、（例えば、並進の3以下の自由度及び回転の3以下の自由度で）空中を移動し、目標場所もしくは一連の目標場所に移動し、空中でホバーリングし、地面に着陸する等、UAVを制御できる。他の実施例として、UAVは、特定の速度と加速度のいずれか、または、その両方で、（例えば、並進の3以下の自由度及び回転の3以下の自由度で）、移動するよう制御できる。さらに、命令によって、本明細書に記載する部品等（例えば、センサ、アクチュエータ、推進ユニット、搭載物等）の1つ以上のUAV部品を制御できる。例えば、幾つかの命令によって、カメラ等のUAVの搭載物の位置、向き、動作の少なくとも1つを制御できる。また、UAVは、1つ以上の所定の運転規則に従って運転するようにできる。運転規則を用いて、UAVの位置（例えば、緯度、経度、高度）、向き（例えば、ロール、ピッチ、ヨー）、速度（例えば、並進速度と角速度の少なくとも1つ）、加速度（例えば、並進加速度と角加速の少なくとも1つ）の少なくとも1つ等、UAVの任意の適切な側面を制御してよい。例えば、運転規則により、閾値高度を超えた飛行を許可しないようにできる。例えば、UAVは、地上から400mを超えない高さを飛行するようにできる。ある実施形態において、運転規則は、UAVの安全性を向上させ、安全に関する事故を防止する自動化機構を提供できる。例えば、UAVは、飛行制限領域（例えば、空港）を検出し、飛行制限領域から所定の距離内を飛行しないようにして、航空機及び他の障害物との衝突の可能性を回避できる。

30

40

【0088】

50

図1には、屋外環境100で運転されるUAV102が、本発明の実施形態に従って示されている。屋外環境100は、都市、郊外、もしくは、田舎の設定、または、少なくとも部分的に建物内ではない任意の他の環境であり得る。UAV102は、地面104の比較的近く（例えば、低い高度）で運転されてもよく、地面104から比較的離れて（例えば、高い高度）で運転されてもよい。例えば、地面から約10m以下で運転されるUAV102は、低い高度にあると考えてよく、地面から約10m以上で運転されるUAV102は、高い高度にあると考えてよい。

【0089】

また、屋外環境100は、1つ以上の障害物108a～108dを含む。障害物は、UAV102の移動を妨害する可能性のある任意の物体または実体を含み得る。一部の障害物は、建物、地上車（例えば、車、オートバイ、トラック、自転車）、人間、動物、植物（例えば、高木、低木）、及び、他の人工もしくは自然の構造物等、地面104に位置し得る（例えば、障害物108a、108d）。一部の障害物は、地面104、水域、人工構造物、または、自然構造物と接触する、それらに支持される、のいずれか、または、その両方であってよい。あるいは、一部の障害物は、航空機（例えば、飛行機、ヘリコプタ、熱気球、他のUAV）または鳥類を含み、全体として空中106に位置し得る（例えば、障害物108b、108c）。空中の障害物は、地面104、水域、自然構造物、または、人工構造物のいずれにも支持されなくてよい。地面104に位置する障害物は、空中106に著しく延びた部分（例えば、塔、超高層ビル、街灯柱、ラジオ放送塔、送電線、高木等、背の高い構造物）を含み得る。

【0090】

図2には、屋内環境150で運転されるUAV152が、本発明の実施形態に従って示されている。屋内環境150は、建物154の内部であり、建物154は、床156、1つ以上の壁158、天井もしくは屋根160、の少なくとも1つを有する。例示の建物は、家屋、アパート、事務所、製造施設、保管施設等の、居住用、商用、または、工業用建物を含む。建物154の内部は、床156、壁158、及び、天井160によって完全に囲まれ、UAV152は、その内部空間に閉じ込められ得る。逆に、床156、壁158、または、天井160の少なくとも1つがなくてもよく、それによって、UAV152は、内部から外部に、または、外部から内部に飛行できる。あるいは、1つ以上の開口部164（例えば、ドア、窓、天窓）を、床156、壁158、または、天井160に形成してもよい。

【0091】

屋外環境100と同様、屋内環境150は、1つ以上の障害物162a～162dを含み得る。家具、器具、人間、動物、植物、及び、他の人工もしくは自然の物体等の障害物（例えば、障害物162a）は、床156上に位置し得る。逆に、鳥類または他のUAV等の障害物（例えば、障害物162b）は空中に位置し得る。屋内環境150内の一部の障害物は、他の構造または物体によって支持されてよい。照明器具、天井ファン、または、他の天井に取り付ける器具もしくは構造等の障害物（例えば、障害物162c）は、天井160に取り付けられてよい。また、照明器具、棚、戸棚、及び、他の壁に取り付ける器具もしくは構造等の障害物（例えば、障害物162d）は、壁158に取り付けられてもよい。床156、壁158、及び、天井160を含む建物154の構造部品も障害物と考えられることは、注意を要する。

【0092】

本明細書に記載する障害物は、実質的に不動（例えば、建物、植物、構造物）であってもよい。あるいは、実質的に可動（例えば、人間、動物、航空機、または、他の移動できる物体）であってもよい。不動部品と可動部品の組み合わせを含み得る障害物もある（例えば、風車）。可動の障害物または障害物部品は、所定のまたは予測可能な経路またはパターンに従って移動し得る。例えば、車の移動は、（例えば、道路形状によって）比較的予測可能な場合がある。あるいは、一部の可動の障害物または障害物部品は、ランダムに、または、予測不能な軌道に沿って移動し得る。例えば、動物などの生き物は、比較的予

測不能に移動し得る。

【0093】

安全、効率的に運転できるように、周囲環境の物体の場所等の環境情報と、位置、速度、高度、及び、加速度等のUAVの状態情報のいずれか、または、両方を評価する機構を、UAVに備えることは有益となり得る。さらに、環境情報と状態情報のいずれか、または両方の正確な評価は、特に、UAVが半自律的に、または、完全に自律して運転している時の操縦を容易にでき、また、広範なUAVの機能的な価値を高め得る。

【0094】

従って、本明細書に記載するUAVは、センサデータを収集する1つ以上のセンサを備え得る。センサデータは処理されて、UAVを操縦するためのナビゲーション情報を取得できる。ナビゲーション情報は、UAVの状態、周囲環境、または、環境内の物体に関する情報を含み得る。収集されたセンサデータに基づいて、UAVの操縦を制御する制御信号が生成され得る。本明細書に開示する実施形態と共に使用するのに適切なセンサは、例えば、位置センサ（例えば、全地球測位システム（GPS）センサ、位置三角測量を可能にするモバイル機器送信機）、視覚センサ（例えば、カメラ等の可視光、赤外線、または、紫外線を検出できる撮像装置）、近接もしくは距離センサ（例えば、超音波センサ、ライダー、飛行時間型もしくは深度カメラ、レーダ）、慣性センサ（例えば、加速度計、ジャイロスコープ、慣性計測装置（IMU））、高度センサ、姿勢センサ（例えば、コンパス）、圧力センサ（例えば、気圧計）、オーディオセンサ（例えば、マイクロフォン）、または、フィールドセンサ（例えば、磁気計、電磁センサ）を含む。1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上等、任意の適切な数及び組み合わせのセンサを用いてもよい。また、データは、異なるタイプ（例えば、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上のタイプ）のセンサから受信できる。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、向き、速度、加速度、近接性、圧力等）を測定する、異なるタイプの測定技術を利用してデータを取得する、のいずれかまたは両方であってよい。例えば、センサは、能動型センサ（例えば、自身のエネルギー源からのエネルギーを生成、測定するセンサ）及び受動型センサ（例えば、利用可能なエネルギーを検出するセンサ）の任意の適切な組み合わせを含み得る。他の実施例として、一部のセンサは、グローバル座標系で提供された絶対測定データ（例えば、GPSセンサによって提供された位置データ、コンパスまたは磁気計によって提供された姿勢データ）を生成してもよい。一方、他のセンサは、ローカル座標系で提供される相対測定データ（例えば、ジャイロスコープによって提供される相対角速度、加速度計によって提供される相対並進加速度、視覚センサによって提供される相対姿勢情報、超音波センサ、ライダー、または、飛行時間型カメラによって提供される相対距離情報）を生成してよい。場合によっては、ローカル座標系は、UAVに対して規定される機体座標系であってよい。

【0095】

センサは、UAV、周囲環境、または、環境内の物体に関するデータ等、ナビゲーションにとって有用な様々なタイプのセンサデータを収集できる。センサデータは、状態情報または環境情報等のナビゲーション情報を取得するように、（例えば、1つ以上のプロセッサによって）処理できる。例えば、少なくとも一部のセンサは、UAVの状態に関するデータをセンサデータとして取得し、このセンサデータを処理して、UAVの状態情報を取得できる。センサによって取得された状態情報は、UAVの空間的配置に関する情報（例えば、経度、緯度、高度の少なくとも1つ等、場所もしくは位置情報、または、ロール、ピッチ、ヨーの少なくとも1つ等、向きもしくは姿勢情報）を含み得る。状態情報は、UAVの動作に関する情報（例えば、並進速度、並進加速度、角速度、角加速度等）も含み得る。センサは、例えば、6以下の自由度（例えば、位置と並進のいずれか、または、その両方の3自由度、向きと回転のいずれか、または、その両方の3自由度）に関して、UAVの空間的配置と動作のいずれか、または、その両方を判定できる。状態情報は、グローバル座標系に対して、または、ローカル座標系に対して（例えば、UAVまたは他の

10

20

30

40

50

実体に対して）提供され得る。例えば、センサは、U A VとU A Vを制御しているユーザーとの距離、または、U A VとU A Vの飛行の開始点との距離を測定できる。

【0096】

また、センサによって取得されたデータを処理し、様々なタイプの環境情報を提供してもよい。例えば、センサデータは、屋内環境、屋外環境、低高度環境、または、高高度環境等の環境タイプを示し得る。センサデータは、天候（例えば、晴天、雨、雪）、可視性条件、風速、時刻等を含む、現在の環境条件に関する情報であり得る。また、センサによって収集された環境情報は、障害物等、環境内の物体に関する情報を含み得る。障害物情報は、環境内の1つ以上の障害物の数、密度、形状、場所、の少なくとも1つに関する情報を含み得る。

10

【0097】

ある実施形態において、環境情報は、周囲環境の複雑性に関する情報を含んでよい。本明細書において、「環境複雑性」は、障害物が環境に占める程度を示し得る。環境複雑性は、量的または質的尺度を示し得る。また、環境複雑性は、障害物の数、障害物が空間に占める体積もしくはパーセンテージ、U A Vに一定の近接性を有する空間に障害物が占める体積もしくはパーセンテージ、障害物によって妨げられていない空間の体積もしくはパーセンテージ、U A Vに一定の近接性を有する空間で障害物が妨げていない空間の体積もしくはパーセンテージ、障害物のU A Vに対する近接性、障害物の密度（例えば、空間単位当たりの障害物の数）、障害物のタイプ（例えば、不動、または、可動）、障害物の空間的配置（例えば、位置、向き）、障害物の動作（例えば、速度、加速度）等の少なくとも1つに基づいて決定される。例えば、比較的高い障害物密度を有する環境（例えば、屋内環境、都市環境）は、高い環境複雑性を有することになり、比較的低い障害物密度を有する環境（例えば、高高度環境）は、低い環境複雑性を有することになる。また、空間の大きなパーセンテージを障害物が占める環境は、複雑性が高く、大きなパーセンテージの妨げられていない空間を有する環境は、複雑性が低い。

20

【0098】

ある実施形態においては、センサデータの処理によって取得されるナビゲーション情報を用いて、移動、障害物回避、環境マッピング等のU A V操縦の様々な側面を制御する信号を生成する。信号は、様々なU A V部品、例えば、推進ユニットに出力されて、環境内でU A V操縦を行うことができる。また、このような操縦は、U A Vの制御にユーザー入

30

【0099】

環境内でのU A V操縦を最適化するために、U A Vを制御する基本情報となるナビゲーション情報の正確度を最適化することが有益となり得る。ナビゲーション情報の正確度は、ナビゲーション情報生成に用いられるセンサデータの正確度、信頼性、及び、品質に依存し得る。例えば、装置の故障、最善とは言えないセンサデータ品質、センサ視野の限界等が原因で、1つのセンサでは、U A Vの運転に満足なセンサデータを常に提供できない場合がある。従って、取得したセンサデータを操縦に適した満足のいくものとするために、操縦目的でU A Vに複数のセンサを備えることが有益となり得る。例えば、センサに冗長性を与え、処理に利用できるデータの量を増やし、かつ、任意の1つのセンサの故障または不正確さを補償することは、有益となり得る。

40

【0100】

図3には、複数のセンサ308、310、312を接続したU A V300が、本発明の実施形態に従って示されている。U A V300は、機体302を備え得る。推進ユニット304、306は、機体302に接続できる。U A V300は、センサ308、310、312等、機体302に接続された1つ以上のセンサを備え得る。各センサは、異なる視野314、316、318を有し得る。図3において、センサ308、310は、機体302の側面に接続され、センサ312は、支持機構320（例えば、ジンバル）によって機体302に接続されている。センサは、機体の側面に接続されるか、または支持機構によって機体に接続される。しかし、本発明に関わるセンサは、U A Vの機体の上、下、側

50

面（単数または複数）、または、内部等、U A Vの任意の適切な部分に配置できる。一部のセンサは、U A Vの空間的配置、U A Vの動作の少なくとも1つが、センサの空間的配置、センサの動作の少なくとも1つと一致するように、U A Vに機械的に接続できる。センサは、センサが取り付けられているU A Vの部分に対してセンサが移動しないように、固定継手を用いてU A Vに接続できる。あるいは、センサを、U A Vに対して移動（例えば、U A Vに対する並進移動または回転移動）可能に、U A Vに接続してもよい。接続は、永続的な接続であってもよいし、一時的（例えば、取り外し可能）な接続であってもよい。適切な接続方法は、接着剤、ボンディング、溶接、締結部材（例えば、ねじ、釘、ピン等）の少なくとも1つを含み得る。また、センサを、U A Vの一部と一体的に形成してもよい。さらに、センサは、U A Vの一部（例えば、処理ユニット、制御システム、データ記憶装置）に電氣的に接続可能である。従って、センサが収集したデータを、本明細書に記載した実施形態等、U A Vの様々な機能（例えば、ナビゲーション、制御、推進、ユーザーまたは他の装置との通信等）に使用できる。センサは、U A Vの一部（例えば、処理ユニット、制御システム、データ記憶装置）に動作可能に接続され得る。

【0101】

図3には、3つのセンサを備えたU A Vが示されている。しかし、本発明に関わる実施形態においては、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上のセンサ等、任意の適切な数のセンサを使用可能である。ある実施形態において、U A Vは、少なくとも1つ、少なくとも2つ、少なくとも3つ、少なくとも4つ、少なくとも5つ、少なくとも6つ、少なくとも7つ、または、少なくとも8つのセンサを備える。センサは、それぞれ、異なる方向を指してよい。センサは、互いに対して、及び、U A Vに対して、所望の位置及び向きをとり得る。また、センサは、互いに近くに配置されてもよい。あるいは、一部のセンサは、互いに離れて配置されてもよい。センサは、機体の両側、機体の隣り合う側、機体の同じ側、機体の同じ部分、または、機体の異なる部分に配置され得る。例えば、各センサは、U A Vの異なる側または表面（例えば、前面、後面、左面、右面、上面（上側）、底面（下側）の少なくとも1つ）に取り付けられ得る。また、ある実施形態において、一部またはすべてのセンサは、U A Vに取り付けられた1つ以上の支持機構に取り付けられる。また、複数のセンサは、U A Vの3つ以上の異なる側または表面（例えば、機体の前側、後側、左側、右側、上側、下側）に設置できる。

【0102】

センサは、各センサの視野が異なるように異なる位置、及び、向きに置かれ得る。センサの視野は、センサによって検出可能な（例えば、目に見える）環境の程度でよい。異なる視野を有するセンサは、周囲環境の異なる部分を表し得る。一部のセンサまたは全てのセンサの視野は、重なり合ってもよい。あるいは、センサの視野は、重なり合わなくてもよい。2つのセンサ間の視野は重なってもよいが、異なってもよい（互いに、部分的に重なりあう）。視野は、画角に関連してよく、画角は、センサによって撮像される所与のシーンの角度範囲によって測定され得る。センサの画角は、約360°、300°、270°、240°、180°、120°、90°、60°、45°、30°、20°、10°、5°、または、1°の角度、または、それ未満であり得る。各センサの画角は異なってもよい。あるいは、一部のセンサまたは全てのセンサの画角は同じでよい。

【0103】

ある実施形態において、光学部品を備えたセンサ（例えば、カメラ等の視覚センサ）の方向性は、光軸の方向性によって特徴付けられ得る。複数のセンサは、センサの各光軸が異なるように、異なる位置及び向きに置かれてよい。センサの「主軸」とも呼ばれる光軸は、センサにおいて、その線に沿ってある程度の回転対称性を有する線であり得る。また、センサの光軸は、センサの光学部品（例えば、レンズ、フォトセンサ）の中心を通る。ある実施形態において、センサは、センサの各光軸が、互いに対して、約10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、170°、または、180°の角度となるように、配置され得る。また、センサは、等しい間隔で離されてよい（例えば、2

つの装置は180°離れ、3つの装置は120°離れ、4つの装置は90°離れる等)。また、センサは、互いに対して直角に向けられてよい。あるいは、センサの少なくとも1つは、UAVの動作方向に沿って向けられてよい。光軸は、画角を測定する起点となる軸であり得る。画角は、光軸に沿って、垂直方向、水平方向、または、斜めに測定され得る。

【0104】

図4には、異なる視野415、420を有する近くに配置された2つのセンサ405、410が、本発明の実施形態に従って示されている。ある実施形態において、センサ405、410はカメラである。センサ405は、視野415でセンサデータを取得し、センサ410は、視野420でセンサデータを取得する。図4に示す実施形態において、視野415、420は、異なっており、重ならない。ある実施形態において、水平方向に測定されたセンサ405、410の画角435、440は、約60°である。センサ405は、センサ410の光軸430に対して90°の角度である光軸425を有し得る。また、他の実施形態において、視野415、420、画角435、440、及び、光軸425、430、の少なくとも1つは必要に応じて変更できる。

10

【0105】

UAV（または、他の可動物体）が運搬するセンサは、全て同じタイプでよい。あるいは、センサの少なくとも一部は異なるタイプでもよい。ある実施形態において、センサは、それぞれ、異なる位置、異なる向き、または、異なる位置で異なる向きから見た同じシーンのセンサデータを取得する。センサは、同じ時刻、または、ほぼ同じ時刻のシーンのセンサデータを取得できる。あるいは、一部のセンサは、他のセンサとは異なる時刻にセンサデータを取得できる。

20

【0106】

本明細書で説明したように、センサデータの収集に複数のセンサを使用すると、ナビゲーション情報の正確度を向上させ得る場合がある。しかし、一定の状況において、複数のセンサからのセンサデータを処理することは、理想より多くの処理能力、処理時間、コンピューティングリソース、の少なくとも1つを必要とする場合がある。例えば、小型UAV（例えば、10kg未満の重量）及び他の小さい可動物体では、ナビゲーションするのに十分なスピードで、複数のセンサデータセットを処理し得る十分なプロセッサ、メモリ、他のタイプのコンピューティングリソースの少なくとも1つを運搬できない可能性がある。

30

【0107】

従って、ある実施形態においては、センサデータの選択的処理を行い、処理能力及びコンピューティングリソースを節約し、処理時間を低減する。このような実施形態においては、UAVが運搬するセンサのサブセットのみを使用して、ナビゲーション情報を生成するためのセンサデータを提供する。この場合、センサのサブセットを1つ以上の所定の基準に基づいて選択することにより、結果として得られるナビゲーション情報の正確度を最適にし、また、全体としてのUAVの性能を向上させる（例えば、消費電力、プロセッサ負荷、計算の複雑さを低減する）。この方法によれば、ナビゲーション情報の正確度及び信頼性を向上させながら、センサデータ処理のスピードと効率を向上させることができる。

40

【0108】

図5には、環境内で航空機を操縦する方法500が、本発明の実施形態に従って示されている。方法500は、複数のセンサ（例えば、撮像装置、超音波センサ、ライダーセンサ、レーダセンサ、または、それらの組み合わせ）を運搬するUAV等の輸送機の制御に適用できる。また、センサを輸送機に配置し、各センサが異なる視野から各センサデータを取得するようにできる。視野の少なくとも幾つかは、互いに重なってよい。ある実施形態において、視野の少なくとも幾つかは、異なってもよい。他の実施形態において、視野の少なくとも幾つかは、同じでよい。方法500のステップの一部または全ては、複数のセンサに動作可能に接続された1つ以上のプロセッサによって実行され得る。また、方法50

50

0 は、ユーザー入力を必要とせずに実行した場合、ナビゲーション情報を生成するためのセンサデータを自律的に選択して処理できる。

【0109】

ステップ510において、航空機によって運搬される複数のセンサのサブセットが、1つ以上の所定の基準に基づいて選択される。サブセットは、少なくとも1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、または、6つ以上のセンサ等、任意の数のセンサを含み得る。ある実施形態において、サブセットは、操縦のために航空機によって運搬される全てのセンサより少なくてもよい。またある実施形態においては、サブセットは、1つのセンサのみを含む。サブセットとして選択されるセンサの数は、特定の要因に基づいて異なってよい。例えば、サブセットのセンサの数は、環境複雑性等の周囲環境の特性によって異なり得る。比較的複雑な環境内（例えば、障害物密度が高い）で航空機が運転している時は、選択するセンサの数を多くしてよく、複雑でない環境内（例えば、障害物密度が小さい）で航空機が運転している時は、選択するセンサの数を少なくしてよい。非常に複雑な環境内を操縦する時に多くの数のセンサを選択することは、センサデータに冗長性を加えると共に正確度を与え、事故（例えば、障害物との衝突）の危険を低減するために、有益となり得る。また、航空機が非常に複雑な環境内を運転している時は、少なくとも2つ、3つ、4つ、5つ、または、6つ以上のセンサが選択される。

10

【0110】

他の実施形態においては、サブセットの一部として選択されるセンサの数は、輸送機の動作方向、航空機の速度のいずれか、または両方等、輸送機の状態によって異なってよい。ある実施形態においては、動作方向が（例えば、輸送機の基準フレームの直交座標軸に対して）一次元の場合、1つのセンサが選択され、動作方向が二次元の場合、2つのセンサが選択され、動作方向が三次元の場合、3つのセンサが選択される。例えば、センサが動作方向に位置合わせされている場合、1つのセンサを選択してよい。また、センサが動作方向に対して斜めになっているが、同一の動作面にある場合は2つのセンサを選択してよい。また、センサが動作方向に対して斜めになっており、動作面の外側にある時、3つのセンサを選択してよい。センサの動作方向に対する位置合わせは、本明細書で上述したセンサの視野、画角、光軸の少なくとも1つに従って決定できる。

20

【0111】

様々なタイプの所定の基準を用いて、センサを選択できる。例えば、基準は、センサが輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられているか否か、センサの視野が動作方向に重なっているか否か等、センサの向き、センサの視野の少なくとも1つに関連してよい。あるいは、基準は、品質が所定の閾値を超えるか否か、センサが最も高いセンサデータ品質を有するか否か等、センサによって生成されたセンサデータの品質（例えば、信号対ノイズ比、処理に対する適切性、正確度、ロバスト性、信頼性）に関連してよい。また、ある実施形態においては、各センサからのセンサデータを分析して、品質を決定し、最も高い品質のデータを生成するセンサのみを選択する。さらに別の実施例においては、基準は、例えば、消費電力が所定の閾値か否か、センサの消費電力が最も少ないか否か等、各センサの消費電力に関連してよい。また、他の実施形態においては、低い消費電力を示すセンサが、高い消費電力を示すセンサの前に選択されることが好ましい。また、1つ以上の所定の基準は、様々な方法で提供され得る。これは、例えば、運転前にUAVにプリセットまたはプログラムされる、運転中にUAVに送信される、運転前または運転中にユーザー入力に基づいて決定される、または、それらの組み合わせ等の方法である。また、ある実施形態において、ステップ510は、各センサを評価して、そのセンサが1つ以上の所定の基準を満たすか否かを判断すること、そのセンサが基準を満たす場合、そのセンサを選択すること、を含む。

30

40

【0112】

ステップ520において、選択したセンサ（単数または複数）からのセンサデータを処理して、環境内で輸送機を操縦するためのナビゲーション情報を生成する。本明細書で上述したように、センサデータを処理して、輸送機の状態情報、環境の環境情報の少なくと

50

も1つを処理できる。ある実施形態において、ナビゲーション情報は、選択したセンサ（単数または複数）からのセンサデータのみを用いて、残りのセンサからのセンサデータを処理しないように、特定される。この選択的処理方法によって、本明細書に上述したように、ナビゲーション情報を特定する処理効率及びスピードが向上し得る。

【0113】

ステップ530において、輸送機を制御する信号が、ステップ520で生成されたナビゲーション情報に基づいて出力される。環境内で輸送機のナビゲーションを制御する信号を生成する。ある実施形態において、信号は、輸送機の推進ユニットの制御信号を含み、輸送機の空間的配置と、輸送機の移動の少なくとも1つを制御する。例えば、1つ以上の障害物の場所に関する環境情報を用いて、輸送機を移動させる制御信号を生成し、障害物を回避できる。別の実施例において、輸送機の現在速度に関する状態情報は、輸送機が所望の速度を確実に達成、維持できるように、推進ユニットの動作を調整するフィードバックとして使用できる。

10

【0114】

ある実施形態において、本発明に関わる方法は、本明細書で「撮像装置」とも称する視覚センサによって取得された画像データの選択的処理に適用できる。撮像装置は、電磁放射（例えば、可視光、赤外線、紫外線の少なくとも1つ）を検出し、検出した電磁放射に基づいて画像データを生成する。例えば、撮像装置は、光の波長に応じて電気信号を生成する電荷結合素子（CCD）センサまたは相補型金属酸化膜半導体（CMOS）センサを備え得る。結果として得られる電気信号を処理して画像データを生成できる。撮像装置によって生成された画像データは、1つ以上の画像を含み得る。画像は、静止画像（例えば、写真）、動画（例えば、ビデオ）または、それらの適切な組み合わせでよい。画像データは、多色（例えば、RGB、CMYK、HSV）であってもよく、単色（例えば、グレースケール、白黒、セピア色）であってもよい。本明細書に記載の一部の実施形態は、撮像装置の文脈で記載しているが、理解されるように、本開示は、任意の適切なタイプのセンサに適用でき、逆もまた同様である。

20

【0115】

ある実施形態において、撮像装置はカメラでよい。カメラは、動画データ（例えば、ビデオ）を撮影するムービーカメラまたはビデオカメラでよい。カメラは、静止画像（例えば、写真）を撮影する静止カメラでよい。本明細書において、特定の実施形態は、カメラの文脈で記載されているが、理解されるように、本発明は、任意の適切な撮像装置に適用できる。また、カメラに関する本明細書の記載はいずれも、任意の適切な撮像装置にも適用できる。また、カメラに関する本明細書の記載はいずれも他のタイプの撮像装置にも適用できる。カメラを用いて、3Dシーン（例えば、環境、1つ以上の物体等）の2D画像を生成できる。カメラが生成した画像は、3Dシーンの2D画像面への投影を表現できる。従って、2D画像の各点は、シーンの3D空間座標に対応する。

30

【0116】

本明細書に記載の撮像装置によって取得された画像は、UAVの運転に関する様々な用途に使用できる。ある実施形態において、画像を用いて、環境内での（例えば、自律的、半自律的、または、手動で）UAVの操縦を容易にする。例えば、画像を処理して、UAVの状態情報（例えば、位置、向き、速度、加速度の1つ以上の情報）を特定できる。あるいは、画像を処理して、環境情報（例えば、複雑性、障害物の場所）を特定できる。状態情報に関する本明細書の記載はいずれも環境情報等の他のタイプのナビゲーション情報にも適用でき、逆もまた同様である。状態情報は、1つの撮像装置によって取得された画像を用いて特定できる。あるいは、状態情報は、複数の撮像装置から取得した画像を用いて特定できる。

40

【0117】

ある実施形態において、本明細書に記載する撮像装置は、状態情報を特定するために処理される複数の画像を撮影する。撮像装置によって撮影された複数の画像は、本明細書では、画像列と称することがある。撮像装置によって撮影された個々の画像は、本明細書で

50

は、「画像フレーム」と称することがある。画像列は、1つ以上の画像フレームを含み得る。画像列は、特定の撮影レートで撮影できる。ある実施形態において、画像フレームは、約24p、25p、30p、48p、50p、60p、72p、90p、100p、120p、300p、50i、または、60i等の標準的なビデオフレームレートで撮影し得る。ある実施形態において、画像フレームは、0.0001秒、0.0002秒、0.0005秒、0.001秒、0.002秒、0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、または、10秒毎に約1回以下のレートで撮影され得る。また、撮影レートは、ユーザー入力、状態情報、または、外部条件（例えば、雨、雪、風、環境のわかりにくい表面テクスチャー）に応じて変化してよい。

10

【0118】

画像列は、ある時間間隔にわたって撮影され得る。ある実施形態において、画像列、すなわち、複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含み得る。ユーザーは、時間間隔を希望に応じて設定できる。時間間隔は一定でよい。あるいは、時間間隔は、例えば、プロセッサによって自動的に決定され得る。時間間隔は、UAVまたはその部品（例えば、撮像装置）の操作の過程で、一定のままでよく、変化してもよい。ある実施形態において、時間間隔は、約0.005秒、0.002秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒以下でよい。ある実施形態において、時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内でよい。また、時間間隔は、ユーザー入力、状態情報、または、外部条件に応じて変化し得る。撮像装置は、任意の持続時間の間、上述した画像列を撮影し得る。また、持続時間は、UAVが運転可能な時間、UAVが移動している時間、ユーザーによって設定された時間、プロセッサによって自動的に決定された時間、プリセットされた時間、ユーザー入力が行われた時間、不安定な状態があった時間（例えば、乱気流、ドリフト）、または、状態情報に応じて決定され得る。

20

【0119】

ある実施形態において、撮像装置が撮影した画像列を処理して、各撮像装置からの複数の画像の各画像に存在する1つ以上の特徴点を検出し得る。特徴点は、画像の残りの部分から一意に区別可能な画像の部分（例えば、エッジ、コーナー、注目点、プロブ、リッジ等）と、画像の他の特徴点のいずれか、または両方でよい。また、特徴点は、撮像された物体の変換（例えば、並進、回転、拡大縮小）と、画像の特性（例えば、明るさ、露光量）の変化と、のいずれか、または両方に対して比較的に不変であってよい。特徴点は、情報内容（例えば、著しい2Dテクスチャー）に富む画像の部分で検出されてよい。特徴点は、摂動時（例えば、画像の照度や明るさを変更する時）に安定している画像の部分で検出されてよい。本明細書に記載の特徴検出は、画像データから1つ以上の特徴点を抽出し、特徴点の総数、すなわち、「特徴点数」を計算し得る様々なアルゴリズムを用いて実現できる。アルゴリズムは、エッジ検出アルゴリズム、コーナー検出アルゴリズム、プロブ検出アルゴリズム、または、リッジ検出アルゴリズムでよい。ある実施形態において、コーナー検出アルゴリズムは、「FAST (Features from accelerated segment test)」でよい。また、ある実施形態において、特徴検出器は、特徴点を抽出し、FASTを用いて特徴点数を計算し得る。また、特徴検出器は、キャニーエッジ検出器、Sobelオペレータ、Harris&Stephens/Plessy/Shi-Tomasíコーナー検出アルゴリズム、SUSANコーナー検出器、Level curve curvature法、ラプラシアンガウシアン、DoG (Difference of Gaussians)、ヘッセ行列式 (Determinant of Hessian)、MSER (Maximally Stable Extremal Regions)、PCBR (Principal Curvature-Based Regions)、もしくは、グレースケールのプロブ、ORB (Oriented Fast and Rotation BRIEF)、FREAK (Fas

30

40

50

t Retina Keypoint)、または、それらの適切な組み合わせでよい。

【0120】

状態情報は、1つ以上のプロセッサを用いて、抽出された特徴に従って評価できる。ある実施形態において、プロセッサは、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、特定用途向け集積回路（ASIC）、特定用途向け規格品（ASSP）、または、接続プログラム可能論理回路（CPLD）を含み得る。また、プロセッサは、UAVによって運搬される組み込みプロセッサでよい。あるいは、プロセッサは、UAVと離れていてよい（例えば、UAVと通信する地上局にあってよい）。また、プロセッサは、物体を追跡、マッピングし、画像フレームにわたって相対的变化を特定するために、画像フレーム列全体の抽出された特徴点を取得し、その特徴点を比較できる。また、プロセッサは、特徴点に基づいて画像フレームにわたる相対的变化を分析することによって、位置（例えば、経度、緯度、高度）、姿勢、向き（例えば、ロール、ピッチ、ヨー）、速度（例えば、並進速度、角速度）、及び、加速度（例えば、並進加速度、角加速度）等のUAVの状態情報を、特定できる。

【0121】

図6には、複数の撮像装置602からの画像を用いてUAVの状態情報を処理するシステム600が、本発明の実施形態に従って示されている。システム600は、複数の撮像装置602、第1のプロセッサ604、及び、第2のプロセッサ606を備え得る。各撮像装置602を用いて、画像列を撮影できる。撮像装置602によって撮影された画像列は、第1のプロセッサ604（例えば、FPGA）に送信でき、第1のプロセッサ604は、各画像の特徴点を検出するために、例えば、上記したアルゴリズムを用いて、画像列を処理する。ある実施形態において、プロセッサ604は、本明細書でさらに詳しく説明するように、画像列の各画像から複数の特徴点を特定し、特徴点数を計算し、特徴点数を用いて画質を評価または判定する。画像列のそれぞれの特徴点は、第2のプロセッサ606（例えば、組み込みプロセッサ）に送信できる。プロセッサ606は、画像列を処理して、UAVの状態情報をさらに評価できる。また、プロセッサ606は、上述したように、プロセッサ604が生成した画像列の特徴点を用いて、状態情報を特定できる。状態情報は、UAVの飛行制御モジュールに出力されてよく、また、UAVを移動させる制御信号を出力する根拠として用いられ得る。例えば、制御信号は、UAVに搭載された1つ以上の推進ユニットに出力され得る。システム600は、特徴点を検出し、状態情報を評価する2つの異なるプロセッサ604、606を備える、ものとして示されているが、任意の適切な数及び組み合わせのプロセッサを用いてよい。例えば、1つのプロセッサを用いて、特徴点検出及び状態情報特定を行ってよい。ある実施形態において、少なくとも一部のプロセッサは、UAVによって運搬されてよい。また、少なくとも一部のプロセッサは、UAVと離れていてもよい。（例えば、UAVと通信する地上局にあってよい。）特徴点を検出し、状態情報を評価する1つ以上のプロセッサがあってよい。特徴点及び状態情報は、異なるプロセッサ、または、同一のプロセッサによって決定できる。

【0122】

画像から決定される状態情報の正確度及びロバスト性は、画像の画質に依存し得る。ある実施形態において、画質は、（例えば、UAV状態情報を評価するための）画像処理に関する画像フレーム（単数または複数）の適切性を指す。処理に適さない低品質の画像は、不正確なデータを提供する可能性があり、処理に適した高品質の画像は、正確なデータを提供し得る。画質は、画像の顕著性に関連、または、依存し得る。本明細書において、画像の顕著性は、画像が、例えば、背景と、周りの画像ピクセルのいずれか、または両方から容易に区別可能または「目立つ」特徴をどの程度有するかを指して使用され得る。本明細書における画質に関する記載はいずれも、画像の顕著性にも適用してよく、逆も同様である。ある実施形態において、画質は、画像の露光レベルとコントラストのいずれか、または両方によって決定できる。また、画質は、画像勾配法を用いて決定してもよい。画像勾配法においては、画像の各ピクセルの勾配を計算でき、その結果を用いて、画像テクスチャーが十分に豊かであるか否かを判定できる。テクスチャーがより豊かな画像は、よ

り大きい勾配を有し得る。より大きい勾配は、より高い品質の画像を意味し得る。ある実施形態において、上述したように、画質は、特徴検出によって評価される。例えば、画質は、画像で検出された特徴点の数に関連し得る。また、画像の特徴点の数は、画質を判定するために評価、識別される。また、各画像の特徴点数は、画像の顕著性を示し得る。特徴点の数が多い画像は、状態情報の評価に使用するのに適した高品質の画像を意味し得る。特徴点の数が少ない画像は、状態情報の評価に使用するのに適さない低品質の画像を意味し得る。例えば、高品質の画像は、少なくとも約100、150、200、250、500、1000、または、それより多い特徴点を有し得る。逆に、低品質の画像は、約100、75、60、50、25、または、それより少ない特徴点を有し得る。

【0123】

ある実施形態において、1つの撮像装置によって撮影された一部または全ての画像フレームは、例えば、最適とは言えない撮像条件が原因で、比較的低い画質となり得る。撮像装置は、ある状況において、満足な画像データを提供できないことがある。照明が明るい、もしくは、高コントラストである時、または、雨、霧、もしくは、スモッグ等の悪い環境条件等の場合である。画像が、反復的な環境（例えば、壁、水）、低コントラストの環境（例えば、雪、夜間）、露光過多、露光不足、わかりにくい表面テクスチャー、の少なくとも1つを表す場合、画質が低くなり得る。さらに、撮像装置が撮影した最初の画像列の品質が良い場合でも、その後に撮像装置が撮影した画像は、環境条件の変化が原因でその品質は低下し得る。低画質によって、特徴点の数が減り、その結果、状態情報の処理が不正確になったり、または、状態情報の処理ができなくなったりする場合がある。

【0124】

ある実施形態において、低画質は、画像の露光過多が原因である。画像の最も明るい部分の詳細が失われている、画像の重要な部分が「白くなっている」のいずれか、または、両方の場合、画像は、露光過多とみなされる。プロセッサは、露光過多の画像の白くない部分からのみ特徴点を検出でき、その結果、識別できる特徴点の数が少なくなり、画像ノイズと区別することが難しくなり得る。

【0125】

また、画像が、表面テクスチャーが低いまたはわかりにくいシーン（例えば、開口部のない壁）を表す場合、低画質となる。表面テクスチャーは、より、表面粗さ、及び、波立ち、として定義される表面の性質であり得る。表面テクスチャーがわかりにくい画像は、画像コントラストが比較的低くなり得る。表面テクスチャーがわかりにくい画像は、特徴点数が少なくなり、画像ノイズと区別することが難しくなり得る。

【0126】

この問題を軽減するために、プロセッサは、複数の撮像装置によって撮影された複数の画像列を用いて、状態情報を特定し得る。特徴点が、多くの異なる視野から抽出されている場合、撮像装置の少なくとも1つが、状態情報の特定に適した高品質の画像列を生成するチャンスが増加し得る。しかし、UAVの状態情報を評価するために複数の撮像装置からの複数の画像フレーム列を用いることは、コンピューティングリソースの使用と処理時間のいずれか、または両方を増加させる可能性がある。従って、ある実施形態においては、複数の撮像装置のサブセットのみを用いて状態情報を特定する。様々な方法を用いて、どの撮像装置（単数または複数）を使用すべきかを選択できる。例えば、撮像装置によって生成された画像列の品質に基づいて、（例えば、プロセッサを利用して）撮像装置を選択してよい。画質は、上述したように、各画像列の画像に存在する特徴点の数に基づいて決定できる。

【0127】

ある実施形態において、各画像列の画質の評価は、並行して（例えば、同時に）行われる。その場合、複数の撮像装置から撮影された画像を処理する時においても、システムの処理遅延は必ずしも増加しない。また、ある実施形態において、各画像列からの状態情報の特定は、順次（例えば、連続的）に行われる。そうすると、複数の撮像装置からの情報を処理して状態情報を特定する場合、システムの処理遅延が増加し得る。従って、全ての

撮像装置からの画像列を処理して画質を判定する一方、状態情報の特定には、使用する撮像装置のサブセットのみを選択することが有益となり得る。ある実施形態においては、1つの撮像装置のみを選択する。あるいは、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上の撮像装置を選択できる。

【0128】

状態情報を特定する撮像装置の選択は、1つ以上の基準に基づいてよい。基準は、（例えば、ユーザーによりUAVの運転前にプリセットされた）所定の基準でよい。あるいは、基準は、UAVの運転中、例えば、自動的に、または、ユーザー入力に基づいて、決定できる。また、基準は、UAVの運転中、例えば、運転条件の変化に応じて修正できるように動的でよい。ある実施形態において、基準は、画像列と、画像列の個々の画像のいずれか、または両方の、画質及び画像の顕著性の少なくとも1つに関連し得る。画質または画像の顕著性は、上述したように、画像列の特徴点数に関連し得る。また、状態情報特定のために評価する画像列を有する撮像装置を選択する基準を決定するという目的においては、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。例えば、基準は、画像列全体、または、画像列の各画像が画質の最低閾値を満たす（例えば、最小特徴点数を満たす）か否かでよい。例えば、画質閾値として用いられる最小特徴点数は、約10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、150、200、500、または、それを超える特徴点でよい。基準は、最も高い平均画質（例えば、画像フレームあたり最も多い特徴点数）を有する画像列を生成する撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最高の最高画質（例えば、最大の最大特徴点数）を有する撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最高の最低画質（例えば、最大の最小特徴点数）を有する撮像装置を選択することであり得る。このように、基準は、選択すべき撮像装置の数に応じて変わり得ることが理解される。例えば、2つの撮像装置を選択する場合、基準は、画像列内で1番目に高い及び2番目に高い最高画質（例えば、1番目に多い及び2番目に多い特徴点数）を有する2つの撮像装置を選択することであり得る。

【0129】

図6に示した実施形態においては、システム600の1つ以上のプロセッサは、撮影された画像フレームの画質を評価できる。例えば、各画像列の画質を評価するために、プロセッサ604を用いて、各撮像装置602の画像列を処理できる。プロセッサ604は、画質を判定するために、プロセッサ604に送られた各画像フレームを処理できる。例えば、ある実施形態において、プロセッサ604は、画像列の各画像から複数の特徴点を決定し、特徴点数を計算し、特徴点数を用いて画質を判定する。各画像列の特徴点数は、プロセッサ606に送信でき、プロセッサ606は、状態情報評価のための撮像装置（単数または複数）を選択する根拠として特徴点数を使用できる。選択した撮像装置（単数または複数）によって取得された画像列は、次に、プロセッサ606によって処理されて、状態情報を生成できる。

【0130】

図7には、処理された情報に基づいて状態情報を評価し、航空機を制御する方法1000のステップを示すフローチャートが、本発明の実施形態に従って示されている。方法1000のステップは、本明細書に提示した全ての方法と同様、本明細書に記載したシステム及び装置の任意の実施形態を用いて行い得る。例えば、方法1000は、UAVによって運搬されるナビゲーションシステムによって実行されてよい。ある実施形態において、方法1000のステップ1010～1050は、1つ以上のプロセッサによって実行されてよく、そのプロセッサの少なくとも一部は、UAVによって運搬されてよい。さらに、ステップの少なくとも一部は、ユーザー入力を必要とせずに自動的に実行されてよい。あるいは、ステップの少なくとも一部は、ユーザー入力を伴ってよい。方法1000のステップの一部または全ては、必要に応じて繰り返されてよい。例えば、ステップ1010～1050は、所望の割合で繰り返されてよい。割合は、0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒毎に約1

回以下でよい。ある実施形態において、割合は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回でよい。

【0131】

ステップ1010において、複数の画像列は、時間間隔にわたって複数の撮像装置によって撮影され得る。時間間隔は、約0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒以下でよい。ある実施形態において、時間間隔は、約0.02秒～約0.1秒の範囲内でよい。また、他の実施形態において、時間間隔は、約0.005秒～約10秒の範囲内でよい。時間間隔中に撮影された画像列は、約1つの画像、2つの画像、5つの画像、10の画像、20の画像、50の画像、100の画像、200の画像、500の画像、または、1000の画像から構成され得る。また、上述したように、撮像装置は、UAVに配置され、複数の画像のそれぞれを異なる視野から撮影し得る。

10

【0132】

ステップ1020において、プロセッサを利用して、各撮像装置からの複数の画像の画質を評価できる。画質は、上述したように、特徴点数に関連し得る。画質の決定は、並行して（例えば、全ての画像列を同時に）処理できる。従って、よい画質を得るために、複数の撮像装置から撮影された画像が処理された場合でも、システムの処理遅延は必ずしも増加しない。

【0133】

ステップ1030において、複数の撮像装置によって撮影された画像列の少なくとも1つを、ステップ1020の画質の評価に基づいて選択できる。撮像装置の選択は、1つ以上の基準に基づいてよい。基準は、上述したように、画像列の画質または画像の顕著性に関連し得る。例えば、基準は、画像列全体、または、画像列の各画像が画質の最低閾値を満たしているか否かであり得る。基準は、最も高い平均画質の画像列を有した撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最も高い最高画質を有する撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最も高い最低画質を有する撮像装置を選択することであり得る。このように、基準は、選択すべき撮像装置の数に応じて変わり得ることが理解される。例えば、2つの撮像装置を選択する場合、基準は、画像列内で1番目に高い及び2番目に高い最高画質を有する2つの撮像装置を選択することであり得る。ある実施形態においては、状態情報特定のために評価する画像列を有する撮像装置を選択する基準を決定するという目的において、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。

20

30

【0134】

ステップ1040において、ステップ1030で選択された撮像装置（単数または複数）からの複数の画像をプロセッサで処理し、UAVの状態情報を評価できる。プロセッサからの状態情報の評価または特定は、順次（例えば、連続的に、一度に1つの画像列）、行われ得る。従って、複数の撮像装置からの情報を処理する場合、システムの処理遅延は増加し得る。しかし、状態情報を特定する際に処理すべき撮像装置のサブセットのみから画像列を選択するという基準を有することによって、処理時間及びコンピューティングリソースを節約できる。ある実施形態において、画質は、並行処理されるので、複数の撮像装置が撮影した全ての画像の画質が評価される。一方、状態情報は、順次処理されるので、撮像装置のサブセットのみからのデータを用いて評価される。さらに、状態情報の特定は、画質の特定よりも、計算に集中したものとなり得る。画質の特定は、計算的に安価な低レベルの画像処理作業であり得るからである。このように、図7は、本発明に関わる、計算的に効率が良く、かつ時間的に効率のよい状態情報を特定する方法を示している。

40

【0135】

ステップ1050において、状態情報は、UAVを環境内で操縦させる信号を出力する根拠として使用し得る。信号は、UAVを移動させるUAVの推進システム（例えば、回転翼）の制御信号を含み得る。信号は、リモート端末または他のユーザー装置に入力され、その後、UAVに送信されるユーザー命令に基づいて生成される。あるいは、信号は、

50

UAV（例えば、自動機上コントローラ）によって自律的に生成される。場合によっては、信号は、ユーザー入力の助けを得て半自律的に、及び、自動で、生成される。ある実施形態において、状態情報は、制御信号を生成する飛行制御アルゴリズムへの入力として用いられる。

【0136】

図8には、特徴点数の計算に基づいて、状態情報を評価する方法1100のステップを示すフローチャートが、本発明の実施形態に従って示されている。方法1100は、方法1000の特殊バージョンと理解してよく、各撮像装置によって撮影された複数の画像の画質を、その画像の各画像の特徴点数を計算して評価できる。

【0137】

方法1100のステップ1110～1150は、1つ以上のプロセッサによって実行でき、そのプロセッサの少なくとも一部は、UAVによって運搬されてよい。ある実施形態において、方法1100は、UAVのナビゲーションシステムによって行われる。さらに、ステップの少なくとも一部は、ユーザー入力を必要とせずに自動で行われ得る。あるいは、ステップの少なくとも一部は、ユーザー入力を伴ってよい。方法1100のステップの一部または全ては、必要に応じて繰り返されてよい。例えば、ステップ1110～1150は、所望の割合で繰り返されてよい。割合は、0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒毎に約1回以下でよい。ある実施形態において、割合は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回でよい。

【0138】

ステップ1110において、複数の画像列は、時間間隔にわたって複数の撮像装置の各撮像装置によって撮影されてよい。時間間隔は、約0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒以下でよい。ある実施形態において、時間間隔は、約0.02秒～約0.1秒の範囲内でよい。また、時間間隔は、約0.005秒～約10秒の範囲内でよい。時間間隔中に撮影された画像列は、約1つの画像、2つの画像、5つの画像、10の画像、20の画像、50の画像、100の画像、200の画像、500の画像、または、1000の画像から構成され得る。上述したように、撮像装置は、UAVに配置され、複数の画像のそれぞれを異なる視野から撮影し得る。

【0139】

ステップ1120において、各撮像装置からの複数の画像の各画像の特徴点数を、例えば、プロセッサを利用して計算する。ある実施形態において、特徴点数は、FAST等の特徴検出アルゴリズムを用いて、各画像の特徴点数を計算することによって評価し得る。特徴点数の計算は、並行処理できる。従って、複数の特徴点数を得るために、撮像装置から撮影された複数の画像を処理する場合でも、システムの処理遅延は、必ずしも増加しない。

【0140】

ステップ1130において、ステップ1120の評価に基づいて、複数の撮像装置の少なくとも1つを選択できる。撮像装置の選択は、1つ以上の基準に基づいてよい。基準は画像列の特徴点数に関連し得る。例えば、基準は、画像列全体、または、画像列の各画像が特徴点数の最低閾値を満たすか否かであり得る。基準は、最も多い平均特徴点数の画像列を有した撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最も多い最大特徴点数を有する撮像装置を選択することであり得る。基準は、画像列内で最も多い最小特徴点数を有する撮像装置を選択することであり得る。このように基準は、選択する撮像装置の数に応じて変わり得ることが理解される。例えば、2つの撮像装置を選択する場合、基準は、画像列内で1番目と2番目に多い最大特徴点数を有する2つの撮像装置を選択することであり得る。

【0141】

ステップ1140において、ステップ1130で選択された撮像装置（単数または複数）からの複数の画像をプロセッサで処理し、UAVの状態情報を評価できる。プロセッサからの状態情報の特定は、順次、行い得る。従って、複数の撮像装置からの情報を処理する場合、システムの処理遅延が増加し得る。しかし、状態情報特定の際に処理する画像のサブセットを選択するという基準を有することによって、処理時間及びコンピューティングリソースを節約できる。

【0142】

また、状態情報は、環境内でUAVを操縦させる信号を出力する根拠として使用し得る。信号は、UAVを移動させるUAVの推進システム（例えば、回転翼）の制御信号を含み得る。信号は、リモート端末または他のユーザー装置に入力され、その後、UAVに送信されるユーザー命令に基づいて生成される。あるいは、信号は、UAV（例えば、適切な飛行制御アルゴリズムを実施する自動機内コントローラ）によって自律的に生成される。場合によっては、信号は、ユーザー入力の助けを借りて半自律的に、及び、自動で、生成される。

【0143】

ある実施形態において、1つ以上の撮像装置を、状態情報の評価に使用する「デフォルト」撮像装置として指定する。このような撮像装置を本明細書では、「一次撮像装置」と称することがある。デフォルトによって選択されない撮像装置は、本明細書では「二次撮像装置」と称することがある。一次撮像装置すなわちデフォルト撮像装置は、画質決定のために常にその画像列が使用される。そして、その画質が満足のいくものであると見なされた場合、その一次撮像装置による画像列がUAVの状態情報として使用され得る。二次撮像装置すなわち非デフォルト撮像装置は、一次撮像装置が撮影した画像列の画質が不十分であると見なされた場合のみ、その画像列の画質が評価される撮像装置であり得る。一次撮像装置によって撮影された画像列が不十分な画質である場合のみ、二次撮像装置によって撮影された画像列を用いて、UAVの状態情報を評価してよい。UAVは、任意の適切な数の一次及び二次撮像装置を有してよい。例えば、UAVは、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上の一次撮像装置を有してよい。UAVは、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ、7つ、8つ、または、9つ以上の二次撮像装置を有してよい。UAVは、二次撮像装置より多くの一次撮像装置を有してよく、逆もまた同様である。また、一次撮像装置の数は、二次撮像装置の数と同じでもよい。

【0144】

ある実施形態において、一次撮像装置は、UAVの動作方向にほぼ沿って向けられた撮像装置であり得る。一次撮像装置は、一次撮像装置の視野が動作方向に重なる時、動作方向にほぼ沿って向けられていると考えてよい。また、一次撮像装置は、視野または光軸が動作方向に位置合わせされている場合、UAVの動作方向にほぼ沿って向けられていると考えてよい。ある実施形態において、一次撮像装置は、撮像装置の視野または光軸が、動作方向の約10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、170°、または、180°またはその範囲内にある時、UAVの動作方向にほぼ沿って向けられていると考えてよい。一次撮像装置は、UAVの動作方向が変化するにつれて変化してよい。UAVの動作方向が変わると、一次撮像装置は、もはやUAVの動作方向に向いていない場合があり得る。

【0145】

図9には、一次撮像装置1202及び二次撮像装置1204、1206、1208を備えた移動中のUAV1200を示す上面図が、本発明の実施形態に従って示されている。UAV1200は、撮像装置1202、1204、1206、1208を運搬する機体1210を備える。撮像装置1202、1204、1206、1208は、それぞれ、UAV1200の異なる側に接続され、対応する視野1212、1214、1216、1218を有する。UAV1200は、1つ以上の推進ユニット（図示せず）によって推進され

て（矢印1220によって示された）移動方向に沿って移動できる。UAVの移動方向は、任意の方向でよい。UAVは、水平方向（例えば、前、後ろ、左、右）、垂直方向（例えば、上、下）、または、任意の組み合わせで移動し得る。図9の実施形態において、撮像装置1202は、視野1212が移動方向に沿って向けられているので、一次撮像装置として指定され、二次撮像装置1204、1206、1208の視野1214、1216、1218は、移動方向に沿って向けられていない。また、その後、移動方向が変化した場合、一次及び二次撮像装置の指定は変化してよく、新しい移動方向に沿って向けられた撮像装置が新しい一次撮像装置に指定される。

【0146】

他の実施形態において、一次撮像装置の選択は、UAVの動作方向とは無関係に行われる。例えば、一次及び二次撮像装置は、他の基準（例えば、ユーザー嗜好、特徴点数、画質、消費電力等）に基づいて選択されてよい。従って、一次撮像装置は、UAVの移動方向にほぼ沿って向いていなくてよい。

【0147】

一次撮像装置の画質が一定の基準を満たす場合、または、一定の閾値を超える場合、一次撮像装置によって撮影された画像列を処理して、UAVの状態情報を評価してよい。基準は、画像列全体が画質の最低閾値を満たしているか否か、画像列の各画像が画質の最低閾値を満たしているか否か、または、画像列の画像のサブセットが画質の最低閾値を満たしているか否かでよい。また、一次撮像装置によって撮影された画像をUAVの状態情報の処理に用いるか否かの基準を決定する目的において、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。例えば、画質の最低閾値は、約10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、150、200、500以上の特徴点等の、特徴点数でよい。一次撮像装置の画質が一定の基準を満たさない、一定の閾値を超えない、のいずれか、または、両方の場合、二次撮像装置の画質を判定し得る。1つ以上の基準に基づいて状態情報を処理するために、二次撮像装置の少なくとも1つを選択してよい。

【0148】

一次撮像装置が満足な品質の画像列を撮影しなかった場合、状態情報を処理するために、1つ以上の基準に基づいて撮像装置を選択してよい。基準は、画像列の全体、または、画像列の各画像が画質の最低閾値を満たしているか否かでよい。基準は、最も高い平均画質の画像列を有した撮像装置でよい。基準は、画像列内で最も高い最高画質を有する撮像装置でよい。基準は、画像列内で最も高い最低画質を有する撮像装置でよい。このように、基準は、選択する撮像装置の数に応じて変わり得ることが理解される。例えば、2つの撮像装置を選択する場合、基準は、画像列内で1番目及び2番目に高い最高画質を有する2つの撮像装置でよい。また、状態情報特定のために評価する画像列を有する撮像装置を選択する基準を決定する目的において、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。また、状態情報の処理に使用された画像列を有する二次撮像装置を、新しい一次撮像装置として指定できる。そして、満足な画質を有していなかった以前の一次撮像装置を、二次撮像装置として指定してもよい。また、UAVの動作方向は、一次及び二次撮像装置に関連付けられなくてもよい。

【0149】

図10には、一次及び二次撮像装置に基づいた状態情報を評価する方法1300のステップを示すフローチャートが、本発明の実施形態に従って示されている。図10のステップ1310～1350は、1つ以上のプロセッサによって実行されてよく、そのプロセッサの一部は、UAVによって運搬されてよい。ある実施形態において、方法1300は、UAVのナビゲーションシステムによって行われる。さらに、ステップは、ユーザー入力を必要とせずに自動的に行われ得る。図10のステップ1310～1350は、所望の割合で繰り返されてよい。割合は、0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒以下毎に約1回であってよい。ある実施形態において、割合は、0.02秒毎に約1回から0.1秒毎に約1回でよい。

【0150】

ステップ1310において、複数の画像が、ある時間間隔にわたって、複数の撮像装置の各撮像装置によって撮影され得る。時間間隔は、約0.005秒、0.01秒、0.02秒、0.05秒、0.1秒、0.2秒、0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、20秒、50秒、100秒、200秒、500秒、1000秒、または、3600秒以下でよい。ある実施形態において、時間間隔は、約0.02秒～約0.1秒の範囲内でよい。時間間隔中に撮影された画像列は、約1つの画像、2つの画像、5つの画像、10の画像、20の画像、50の画像、100の画像、200の画像、500の画像、または、1000の画像から構成され得る。上述したように、撮像装置は、複数の画像のそれぞれを異なる視野から撮影するように、UAVに配置され得る。複数の撮像装置は、1つ以上の一次撮像装置（例えば、1つの一次撮像装置）と、1つ以上の二次撮像装置を含み得る。

10

【0151】

ステップ1320において、上述のように、一次撮像装置からの複数の画像の画質を、（例えば、プロセッサを利用して）評価し、画質が所定の閾値を満たすか否かを判定できる。ある実施形態において、画質は、画像内の特徴点の総数に基づいて判定され得る。画像列の画質が所定の閾値を満たす場合、一次撮像装置によって撮影された画像を用いて、状態情報を評価または特定してよい。あるいは、他のタイプの基準を用いて、一次撮像装置からの画像の画質を評価できる。基準は、画像列の全体または画像列の各画像が画質の最低閾値を満たしているか否かでよい。ある実施形態においては、一次撮像装置によって撮影された画像がUAVの状態情報の処理に用いられるか否かの基準を決定する目的において、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。

20

【0152】

ステップ1325において、画質がステップ1320で評価されて、所定の閾値を満たす（または、基準を満たす）場合、一次撮像装置によって撮影された複数の画像をプロセッサで処理し、UAVの状態情報を評価できる。

【0153】

ステップ1330において、ステップ1320で画質が所定の閾値を満たさなかった（または、基準を満足しなかった）場合、1つ以上の二次撮像装置からの複数の画像の画質をプロセッサで処理し、UAVの状態情報を評価してよい。ある実施形態において、画質は、上述したように、画像内の特徴点の総数によって評価、判定されてよい。

30

【0154】

ステップ1340において、ステップ1330の評価に基づいて、1つ以上の二次撮像装置のうちの少なくとも1つを選択できる。撮像装置の選択は、1つ以上の基準に基づいてよい。基準は、画像列の全体または画像列の各画像が画質の最低閾値を満たしているか否かでよい。基準は、最高の平均画質の画像列を有した撮像装置でよい。基準は、画像列内で最も高い最高画質を有する撮像装置でよい。基準は、画像列内で最も高い最低画質を有する撮像装置でよい。このように基準は、選択する撮像装置の数に応じて変わり得ることが理解される。例えば、2つの撮像装置を選択する場合、基準は、画像列内で1番目と2番目に高い最高画質を有する2つの撮像装置でよい。ある実施形態において、状態情報の特定のために評価する画像列を有する撮像装置を選択するための基準を決定する目的において、「特徴点の数」は、「画質」と置き換え可能である。

40

【0155】

ある実施形態において、二次撮像装置（単数または複数）によって撮影された画像列が、一次撮像装置（単数または複数）より画質が低い場合（例えば、所定の閾値を超えた画像列を撮影した撮像装置がなかった場合）、一次撮像装置は、所定の基準または閾値を超えていない場合でも、UAVの状態情報の評価のために選択され得る。

【0156】

ステップ1350において、ステップ1340で選択された二次撮像装置（単数または複数）からの複数の画像をプロセッサで処理して、UAVの状態情報を評価してよい。状

50

態情報は、上述したように、例えば、選択した撮像装置によって撮影された画像列に基づいて特定してよい。ある実施形態において、二次撮像装置が一次撮像装置より低い画質の画像列を撮影した場合、一次撮像装置が撮影した複数の画像をプロセッサで処理して、UAVの状態情報を評価してよい。ある実施形態において、状態情報評価の結果は、使用された画像列の視野によって異なり得る。従って、(ナビゲーションに使用可能な)状態情報の評価は、選択した撮像装置(単数または複数)の視野のいかなる変化も考慮し得る。

【0157】

ある実施形態において、UAVの状態情報の評価に用いられた画像列(単数または複数)を有する撮像装置(単数または複数)は、「一次撮像装置(単数または複数)」になってよく、あるいは「一次撮像装置(単数または複数)」のままでよい。一次撮像装置は、画質判定のために常にその画像列が使用される。そして、その画質が満足のいくものであると見なされた場合、その一次撮像装置による画像列がUAVの状態情報として使用され得る。UAVの状態情報の評価に用いられなかった画像列(単数または複数)を有する撮像装置(単数または複数)は、「二次撮像装置(単数または複数)」になってよく、あるいは、「二次撮像装置(単数または複数)」のままでよい。二次撮像装置の画像列の画質は、一次撮像装置が撮影した画像列の画質が不十分であると見なされた場合のみ、評価される。

【0158】

また、ステップ1350で評価された状態情報は、ある環境内でUAVを操縦させる信号を出力する根拠として使用できる。信号は、UAVを移動させるUAVの推進システム(例えば、回転翼)の制御信号を含み得る。信号は、リモート端末または他のユーザー装置に入力され、その後、UAVに送信されるユーザー命令に基づいて生成される。あるいは、信号は、UAV(例えば、自動機上コントローラ)によって自律的に生成される。信号は、ユーザー入力の助けを得て半自律的に、及び、自動で生成される場合もある。

【0159】

図11には、3つの二次撮像装置によって取得された3つの画像列の特徴点数の例が、本発明の実施形態に従って示されている。画像列1405は、二次撮像装置#1によって撮影された10の画像フレームの特徴点数を示す。画像列1410は、二次撮像装置#2によって取得された10の画像フレームの特徴点数を示す。画像列1415は、二次撮像装置#3によって撮影された10の画像フレームの特徴点数を示す。撮像装置#1、#2、#3は、上述したように、異なる視野、異なる光軸のいずれか、または両方を用いて画像を撮影できる。図11の実施形態において、「一次撮像装置」によって取得された各画像フレームの特徴点の数は、時間間隔 t 中、閾値 T_1 未満である(図示せず)。閾値 T_1 は、約100の特徴点でよい。従って、必ずしも一次撮像装置によって撮影された画像を使用して、UAVの状態情報を評価しなくもよい。そして、一次撮像装置に対して、または互いに異なる視野を有する二次撮像装置によって撮影された画像を使用して、その画質を評価してもよい。

【0160】

状態情報評価により適した画像列があるか否かを判定するために、時間 t (例えば、2秒)中に各二次撮像装置によって撮影された10の画像フレームのそれぞれから抽出された特徴点の数を数えてよい。図11において、二次撮像装置#1によって撮影された10のフレームのうちの特徴点の最小数は、(フレーム2に示された)51で、二次撮像装置#2によって撮影された10のフレームのうちの特徴点の最小数は、(フレーム6に示された)62で、二次撮像装置#3によって撮影された10のフレームの特徴点の最小数は(フレーム1によって示された)49である。これらの最小数のうちで最大の値を有する画像フレームを撮影した二次撮像装置を選択してよい(例えば、二次撮像装置#2)。選択した二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報特定に使用するために選択される、のいずれか、または、両方であってよい。ある実施形態において、選択した二次撮像装置によって撮影された10のフレームの特徴点の最小数が、第2の閾値 T_2 より大きい場合、選択された二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報特定に使用するために選

10

20

30

40

50

扱われる、のいずれか、または両方であってよい。閾値T2は、約120の特徴点であり得る。また、UAVの状態情報は、新しい一次撮像装置によって撮影された画像列を用いて処理できる。

【0161】

あるいは、二次撮像装置によって撮影された10の画像フレームの特徴点の数のうちで最大値を比較して、撮像装置を選択できる。図11において、これは、二次撮像装置#1の（フレーム4に示される）72、二次撮像装置#2の（フレーム4に示される）82、及び、二次撮像装置#3の（フレーム10に示される）77である。これらの最大数のうちで最大値を有する画像フレームを撮影した二次撮像装置（例えば、二次撮像装置#2）を選択してよい。選択された二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報評価に使用するために選択される、のいずれか、または両方であってよい。ある実施形態において、選択した二次撮像装置によって撮影された10のフレームの特徴点の最大数が第2の閾値T2より大きい場合、選択された二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報特定に使用するために選択される、のいずれか、または両方であってよい。また、UAVの状態情報は、新しい一次撮像装置によって撮影された画像列を用いて処理できる。

10

【0162】

あるいは、二次撮像装置によって撮影された10の画像フレームの特徴点の平均値または合計値を比較して、撮像装置を選択できる。図11において、これは、二次撮像装置#1の61.1（合計値611）、二次撮像装置#2の71.3（合計値713）、及び、二次撮像装置#3の64.1（合計値641）である。特徴点の最大の平均値または合計値を有する二次撮像装置（例えば、二次撮像装置#2）を選択してよい。選択された二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報特定に使用するために選択される、のいずれか、または、両方であってよい。ある実施形態において、選択した二次撮像装置によって撮影された10のフレームの特徴点の平均数または総数が第2の閾値T2より大きい場合、選択された二次撮像装置は、一次撮像装置になる、状態情報評価に使用するために選択される、のいずれか、または両方であってよい。また、UAVの状態情報は、新しい一次撮像装置によって撮影された画像列を用いて処理できる。

20

【0163】

一次撮像装置が、状態情報の特定に使用するのに適した画像列を撮影しない時、高い画質の値を有する画像列を撮影した二次撮像装置を選んで、UAVの状態情報を評価してよい。ある実施形態において、上述した他の基準を、UAVの状態情報の評価に最も適した撮像装置を選択する基準として選択してよい。本明細書に記載し図11に示した方法は、他の方法と組み合わせて使用する（例えば、方法1000のステップ1030～1050の一部として実行する）ことができる。例えば、状態情報は、航空機を移動させる航空機に搭載された1つ以上の推進ユニットに制御信号を出力する基準として評価、使用されてよい。

30

【0164】

本発明に関わるシステム、装置、及び方法は、幅広い可動物体に適用できる。上述したように、航空機に関する説明を、いかなる可動物体に適用し、いかなる可動物体に使用すること可能である。本発明における可動物体は、空気中で（例えば、固定翼機、回転翼航空機、または固定翼も回転翼も有さない航空機）、水中で（例えば、船舶または潜水艦）、地上で（例えば、車、トラック、バス、バン、オートバイ、自転車等の自動車、ステッキ、釣竿等の可動構造またはフレーム、または列車）、地下で（例えば、地下鉄）、宇宙で（例えば、宇宙飛行機、衛星、または宇宙探査機）等の任意の適切な環境の中で、またはこれらの環境の任意の組合せの中で移動できる。可動物体は、本明細書の他の箇所に説明される輸送機等の輸送手段であり得る。また、可動物体は、人間もしくは動物等の生体を使用して運ぶことができ、生体から発進することもできる。その場合、適切な動物は、鳥類、イヌ科の動物、ネコ科の動物、ウマ科の動物、ウシ科の動物、羊、豚、イルカ、齧歯動物、または昆虫を含み得る。

40

【0165】

50

可動物質は6自由度（例えば、並進で3自由度と回転で3自由度）に関する環境内で自由に移動可能であり得る。一方、可動物体の移動は、所定の経路、軌道、または位置等によって、1つ以上の自由度に関して制約されることがある。移動は、エンジンまたはモータ等の任意の適切な作動機構によって実現できる。可動物体の作動機構は、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、またはその任意の適切な組合せ等の任意の適切なエネルギー源によって電力を供給され得る。可動物体は、本明細書の他の箇所に説明されるように、推進システムを使用する自走式であり得る。また、推進システムは、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、またはその任意の適切な組合せで実行してよい。また、可動物体は生物によって運ばれ得る。

10

【0166】

場合によっては、可動物体は輸送機であり得る。適切な輸送機は、水上輸送機、航空機、宇宙船、または、地上車を含み得る。例えば、航空機は固定翼機（例えば、飛行機、グライダー）、回転翼航空機（例えば、ヘリコプター、回転翼機）、固定翼と回転翼の両方を有する航空機、またはどちらも有さない航空機（例えば、小型飛行船、熱気球）であり得る。航空機は、空気を通した自走式等、自走式であり得る。自走式車両は、1つ以上のエンジン、モータ、車輪、車軸、磁石、回転翼、プロペラ、羽根、ノズル、またはその任意の適切な組合せを含んだ推進システム等の推進システムを利用できる。また、推進システムは、可動物体が表面から離陸する、表面に着陸する、その現在位置または向きの少なくとも一方を維持する（例えば、ホバーリングする）、向きまたは位置の少なくとも一方を変更可能に使用できる。

20

【0167】

可動物体は、ユーザーによって遠隔で制御可能、あるいは可動物体中のまたは可動物体上の乗員によって局所的に制御可能である。ある実施形態において、可動物体はUAV等の無人可動物体である。UAV等の無人可動物体には可動物体に搭乗する乗員がいないことがある。可動物体は、人間によって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）、またはその任意の適切な組合せによって制御できる。可動物体は、人工知能で構成されたロボット等の自律ロボットまたは半自律ロボットであることがある。

【0168】

30

可動物体は任意の適切なサイズまたは寸法の少なくとも一方を有し得る。ある実施形態において、可動物体は、可動物体内部にまたは可動物体上に人間の乗員を備えるためのサイズまたは寸法の少なくとも一方を有し得る。また、可動物体は、可動物体内部にまたは可動物体上に人間の乗員を備えることができるサイズまたは寸法の少なくとも一方より、小さいサイズまたは寸法の少なくとも一方であってよい。可動物体は、人間によって持ち上げられるまたは運ばれるのに適したサイズまたは寸法の少なくとも一方であり得る。また、可動物体は、人間によって持ち上げられるか運ばれるのに適したサイズまたは寸法の少なくとも一方よりも大きいことがある。ある実施例においては、可動物体は、約2 cm、5 cm、10 cm、50 cm、1 m、2 m、5 m、または10 m以下の最大寸法（例えば、長さ、幅、高さ、直径、対角線）を有し得る。可動物体の最大寸法は、約2 cm、5 cm、10 cm、50 cm、1 m、2 m、5 m、または10 m以上であり得る。例えば、可動物体の対向する回転翼の軸間距離は、約2 cm、5 cm、10 cm、50 cm、1 m、2 m、5 m、または10 m以下であってよい。あるいは、対向する回転翼の軸間の距離は、約2 cm、5 cm、10 cm、50 cm、1 m、2 m、5 m、または10 m以上であってよい。

40

【0169】

ある実施形態において、可動物体は、100 cm×100 cm×100 cm未満、50 cm×50 cm×30 cm未満、または、5 cm×5 cm×3 cm未満の体積を有し得る。可動物体の全体積は、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

50

、 100 cm^3 、 150 cm^3 、 200 cm^3 、 300 cm^3 、 500 cm^3 、 750 cm^3 、 1000 cm^3 、 5000 cm^3 、 $10,000\text{ cm}^3$ 、 $100,000\text{ cm}^3$ 、 1 m^3 、または、 10 m^3 以下であり得る。逆に、可動物体の全体積は、約 1 cm^3 、 2 cm^3 、 5 cm^3 、 10 cm^3 、 20 cm^3 、 30 cm^3 、 40 cm^3 、 50 cm^3 、 60 cm^3 、 70 cm^3 、 80 cm^3 、 90 cm^3 、 100 cm^3 、 150 cm^3 、 200 cm^3 、 300 cm^3 、 500 cm^3 、 750 cm^3 、 1000 cm^3 、 5000 cm^3 、 $10,000\text{ cm}^3$ 、 $100,000\text{ cm}^3$ 、 1 m^3 、または、 10 m^3 以上でもあり得る。

【0170】

ある実施形態において、可動物体は、 $32,000\text{ cm}^2$ 、 $20,000\text{ cm}^2$ 、 $10,000\text{ cm}^2$ 、 $1,000\text{ cm}^2$ 、 500 cm^2 、 100 cm^2 、 50 cm^2 、 10 cm^2 、または 5 cm^2 以下の専有面積（あるいは可動物体によって包囲される側面方向断面積）を有し得る。逆に、専有面積は約 $32,000\text{ cm}^2$ 、 $20,000\text{ cm}^2$ 、 $10,000\text{ cm}^2$ 、 $1,000\text{ cm}^2$ 、 500 cm^2 、 100 cm^2 、 50 cm^2 、 10 cm^2 、または 5 cm^2 以上であり得る。

【0171】

ある実施形態において、可動物体の重量は 1000 kg 程度であり得る。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 、 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 以下であり得る。逆に、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 、 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 以上であり得る。

【0172】

ある実施形態において、可動物体は可動物体によって運ばれる積載物に比して小さいことがある。積載物は、以下にさらに詳細に説明するように、搭載物または支持機構の少なくとも一方を含んでよい。ある実施例においては、可動物体重量と積載物重量の割合は、約 $1:1$ を超えてよい、未満であってよい、または等しくてよい。また、他の実施例においては、可動物体重量と積載物重量の割合は約 $1:1$ を超えてよい、未満であってよい、または等しくてよい。また、支持機構重量と積載物重量の割合は、約 $1:1$ を超えてよい、未満であってよい、または等しくてよい。所望される場合には、可動物体重量と積載物重量の割合は、 $1:2$ 、 $1:3$ 、 $1:4$ 、 $1:5$ 、 $1:10$ 以下またはさらに小さいことがある。逆に、可動物体重量と積載物重量の割合は、 $2:1$ 、 $3:1$ 、 $4:1$ 、 $5:1$ 、 $10:1$ 以上またはさらに大きいことがある。

【0173】

ある実施形態において、可動物体の消費エネルギーが低いことがある。例えば、可動物体は約 5 W/時 、 4 W/時 、 3 W/時 、 2 W/時 、 1 W/時 未満、または以下のエネルギーを使用し得る。また、他の実施例では、可動物体の支持機構の消費エネルギーが低いことがある。例えば、支持機構は約 5 W/時 、 4 W/時 、 3 W/時 、 2 W/時 、 1 W/時 未満、または以下のエネルギーを使用し得る。また、可動物体の搭載物の消費エネルギーは、約 5 W/時 、 4 W/時 、 3 W/時 、 2 W/時 、 1 W/時 未満、または以下等の低いエネルギーであり得る。

【0174】

図12には、UAV1500が、本発明の実施形態に従って示されている。UAVは、本明細書に説明されるように、可動物体の例であり得る。UAV1500は4つの回転翼1502、1504、1506、及び1508を有する推進システムを含み得る。任意の数の回転翼が使用され得る（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ以上）。無人

10

20

30

40

50

機の回転翼、回転翼アッセンブリ、及び他の推進システムは、無人機がホバーリングするあるいは位置を維持する、向きを変更する、または場所を変更することの少なくとも一つのことのできるようにし得る。対向する回転翼の軸間の距離は任意の適切な長さ1510であり得る。例えば、長さ1510は、2m以下、または5m以下であり得る。ある実施形態において、長さ1510は40cmから1m、10cmから2m、または5cmから5mの範囲内にあり得る。本明細書におけるいかなるUAVの説明も、異なるタイプの可動物体等の可動物体に適用してよく、逆の場合も同じである。UAVは、本明細書に説明される補助装置付き離陸システムまたは方法を使用してよい。

【0175】

ある実施形態において、可動物体は積載物を運ぶように構成できる。積載物は、乗客、貨物、設備、計器等の内の1つ以上を含み得る。積載物は筐体内部に備え付けられることがある。筐体は可動物体の筐体とは別個であることもあれば、可動物体の筐体の一部分であることもある。逆に、積載物は筐体と共に備え付けられることがあり、その場合可動物体は筐体を有さない。また、積載物の一部分または積載物全体は筐体なしで提供できる。積載物は、可動物体に対してしっかりと固定できる。また、積載物は、可動物体に対して可動（例えば、可動物体に対して並進可能または回転可能）であり得る。

【0176】

ある実施形態において、積載物は、搭載物を含む。搭載物は、いかなる操作も機能も行わないように構成できる。あるいは、搭載物は、機能的搭載物としても知られる操作または機能を行う搭載物であり得る。例えば、搭載物は、1つ以上の目標物体を調査するための1つ以上のセンサを含み得る。撮像装置（例えば、カメラ）、音声取得装置（例えば、パラボラマイク）、赤外線撮像装置、または、紫外線撮像装置等、任意の適切なセンサを搭載物に組み込んでよい。センサは、静的検出データ（例えば、写真）または動的検出データ（例えば、ビデオ）を出力できる。ある実施形態において、センサは、搭載物の目標物体に検出データを提供する。あるいは、搭載物は、1つ以上の目標物体に信号を提供する1つ以上のエミッタを含み得る。照明光源または音源等の任意の適切なエミッタを使用してよい。ある実施形態において、搭載物は、可動物体から離れたモジュールと通信する等のために、1つ以上の送受信機を含む。また、搭載物は、環境または目標物体と相互作用できる。例えば、搭載物は、ロボットアーム等、目標物体を操作可能なツール、機器、または、機構を含み得る。

【0177】

また、積載物は、支持機構を含み得る。支持機構は、搭載物のために備えられ得る。搭載物は、支持機構を介して、直接的に（例えば、可動物体に直接的に接触して）または、間接的に（例えば、可動物体に接触せずに）可動物体に接続され得る。逆に、搭載物は、支持機構を使用せずに、可動物体に取り付けることも可能である。搭載物は、支持機構と一体的に形成できる。あるいは、搭載物は、支持機構から解放可能に接続できる。ある実施形態において、搭載物は、1つ以上の搭載物要素を含み得る。搭載物要素の少なくとも1つは、上述のように、可動物体と支持機構の少なくとも1つに対して可動であり得る。

【0178】

支持機構は、可動物体と一体的に形成できる。あるいは、支持機構は、可動物体から解放可能に接続できる。支持機構は、可動物体に直接的にまたは間接的に接続し得る。支持機構は、搭載物を支持し得る（例えば、搭載物の重量の少なくとも一部を支える）。支持機構は、搭載物の移動の安定と方向付けのいずれか、または両方を行うことができる適切な取付け構造（例えば、ジンバルプラットフォーム）を含み得る。ある実施形態において、支持機構は、可動物体に対する搭載物の状態（例えば、位置と向きの少なくとも1つ）を制御できる。例えば、支持機構は、（例えば、1、2、または、3の並進度、及び、1、2、または、3の回転度のいずれかあるいは両方に関して）可動物体に対して移動できる。この場合、搭載物は、可動物体の移動に関わらず、適切な基準フレームに対して位置と向きの少なくとも1つを維持する。基準フレームは、固定基準フレーム（例えば、周囲環境）であり得る。あるいは、基準フレームは、移動基準フレーム（例えば、可動物体、

10

20

30

40

50

搭載物の目標物体)であり得る。

【0179】

ある実施形態において、支持機構と可動物体の少なくとも1つに対して搭載物を移動可能にできる。移動は、(例えば、1つ、2つ、または、3つの軸に沿った)3以下の自由度に関する並進、(例えば、1つ、2つ、または、3つの軸に沿った)3以下の自由度に関する回転、または、それらの任意の適切な組み合わせであり得る。

【0180】

ある実施形態においては、支持機構は、支持機構フレームアッセンブリ及び支持機構作動アッセンブリを備え得る。支持機構フレームアッセンブリは、搭載物を構造的に支持できる。支持機構フレームアッセンブリは、個々の支持機構フレーム部品を備え得る。支持機構フレーム部品の幾つかは、互いに対して可動であり得る。支持機構作動アッセンブリは、個々の支持機構フレーム部品の移動を作動させる1つ以上のアクチュエータ(例えば、モータ)を備え得る。アクチュエータは、複数の支持機構フレーム部品を同時に移動させ得る、または、一度に1つの支持機構フレーム部品を移動させ得る。支持機構フレーム部品の移動によって、対応する搭載物を移動できる。例えば、支持機構作動アッセンブリは、1つ以上の回転軸(例えば、ロール軸、ピッチ軸、または、ヨー軸)を中心にした1つ以上の支持機構フレーム部品を回転させ得る。1つ以上の支持機構フレーム部品の回転によって、搭載物を可動物体に対して1つ以上の回転軸を中心に回転させ得る。あるいは、支持機構作動アッセンブリは、1つ以上の並進軸に沿って1つ以上の支持機構フレーム部品を並進させ得る。それによって、可動物体に対して1つ以上の対応する軸に沿って搭載物を並進させ得る。

【0181】

ある実施形態において、端末は、可動物体、支持機構、及び、搭載物の固定基準フレーム(例えば、周囲環境)に対する移動と、互いに対する移動のいずれか、または両方を制御できる。端末は、可動物体、支持機構、搭載物の少なくとも1つから離れた場所にあるリモートコントロール装置であり得る。端末は、支持プラットフォームに置いてよく、取り付けてもよい。あるいは、端末は、ハンドヘルドまたはウェアラブルな装置でよい。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、眼鏡、手袋、ヘルメット、マイクロフォン、または、それらの適切な組み合わせであり得る。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、ディスプレイ等のユーザーインタフェースを備え得る。手動入力命令、音声制御、ジェスチャ制御、または、(例えば、端末の移動、場所、または、傾きを介した)位置制御等、任意の適切なユーザー入力を用いて、端末と相互作用できる。

【0182】

端末を用いて、可動物体、支持機構、搭載物の1つ以上の任意の適切な状態を制御できる。例えば、端末を用いて、固定基準と互い、の少なくとも1つに対して、可動物体、支持機構、搭載物の1つ以上の、位置と向き of いずれかまたは両方を制御し得る。ある実施形態において、端末を用いて、支持機構の作動アッセンブリ、搭載物のセンサ、または、搭載物のエミッタ等、可動物体、支持機構、搭載物の1つ以上の個々の要素を制御できる。端末は、可動物体、支持機構、または、搭載物の少なくとも1つと通信できる無線通信装置を含み得る。

【0183】

端末は、可動物体、支持機構、搭載物、の1つ以上の情報を表示するための適切な表示ユニットを備え得る。例えば、端末は、位置、並進速度、並進加速度、向き、角速度、角加速度、または、それらの任意の適切な組み合わせに関して、可動物体、支持機構、搭載物、の1つ以上の情報を表示できる。ある実施形態において、端末は、機能的な搭載物によって提供されるデータ等(例えば、カメラまたは他の撮像装置によって記録される画像)、搭載物によって提供される情報を表示できる。

【0184】

また、同じ端末で、可動物体、支持機構、搭載物、の少なくとも1つ、または、可動物

体、支持機構、搭載物、の1つ以上の状態の制御と、可動物体、支持機構、搭載物、の少なくとも1つからの情報の受信と表示の少なくとも1つと、の両方を行ってもよい。例えば、端末は、搭載物によって捕捉された画像データ、または、搭載物の位置に関する情報を表示しながら、環境に対する搭載物の位置決めを制御してよい。あるいは、異なる端末を異なる機能に対して用いてよい。例えば、第1の端末が、可動物体、支持機構、搭載物、の1つ以上の移動または状態を制御する。一方、第2の端末が、可動物体、支持機構、搭載物、の少なくとも1つ情報を受信、表示のいずれか、または両方を行う。例えば、第1の端末を用いて、環境に対する搭載物の位置決めを制御してよい。一方、第2の端末は、搭載物によって捕捉された画像データを表示する。可動物体と、可動物体の制御とデータの受信の両方を行う統合端末との間、または、可動物体と、可動物体の制御とデータの受信の両方を行う複数の端末との間で、様々な通信モードを利用し得る。例えば、少なくとも2つの異なる通信モードを、可動物体の制御と可動物体からのデータ受信の両方を行う端末と、可動物体との間に形成してよい。

10

【0185】

図13には、支持機構1602及び搭載物1604を備える可動物体1600が、本発明の実施形態に従って示されている。可動物体1600は、航空機として示されているが、この図は、制限を意図するものではなく、本明細書に記載した任意の適切なタイプの可動物体を用いてよい。航空機システムの文脈で本明細書に記載した実施形態はいずれも、任意の適切な可動物体（例えば、UAV）に適用可能なことを当業者は理解されよう。また、支持機構1602を使用せず、可動物体1600上に搭載物1604を設けてもよい。可動物体1600は、推進機構1606、検出システム1608、及び、通信システム1610を備え得る。

20

【0186】

推進機構1606は、上述したように、回転翼、プロペラ、羽根、エンジン、モータ、車輪、車軸、磁石、または、ノズルの少なくとも1つを備え得る。例えば、推進機構1606は、上述したように、回転翼アセンブリまたは他の回転推進ユニットでよい。可動物体は、少なくとも1つ、2つ以上、3つ以上、または、4つ以上の推進機構を有し得る。1つ以上の推進機構は、全て、同じタイプでもよいが、それぞれ異なるタイプの推進機構でもよい。推進機構1606は、上述したように、支持要素（例えば、駆動軸）等の任意の適切な手段を用いて可動物体1600に取り付け可能である。推進機構1606は、可動物体1600の、上部、底部、前部、後部、側部、または、それらの適切な組み合わせ等、任意の適切な部分に取り付け可能である。

30

【0187】

ある実施形態において、推進機構1606は、可動物体1600が、その水平方向に動作せずに（例えば、滑走路を進むことなく）、表面から垂直に離陸、または、表面に垂直に着陸することを可能にする。また、推進機構1606は、可動物体1600が空中の特定の位置と向きの少なくとも1つでホバーリングし得る。推進機構1600の少なくとも1つを、他の推進機構と独立して制御し得るが、それぞれ同時に制御することも可能である。例えば、可動物体1600は、揚力と推力の少なくとも1つを可動物体に与える複数の水平方向に向いた回転翼を有し得る。複数の水平方向に向いた回転翼を作動させて、垂直方向の離着陸能力、及び、ホバーリング能力を可動物体1600に与え得る。また、水平方向に向いた回転翼の少なくとも1つは、時計回りに、あるいは、反時計回りに回転し得る。例えば、時計回りの回転翼の数を、反時計回りの回転翼の数と等しくてよい。水平方向に向いた各回転翼の回転速度はそれぞれ独立して変更すると、各回転翼が提供する揚力と推力の少なくとも1つを制御できる。それによって、（例えば、3以下の並進度と3以下の回転度に関して）可動物体1600の空間的配置、速度、加速度、の少なくとも1つを調整する。

40

【0188】

検出システム1608は、（例えば、3以下の並進度と3以下の回転度に関して）可動物体1600の空間的配置、速度、加速度の少なくとも1つを検出し得る1つ以上のセン

50

サを備え得る。1つ以上のセンサは、全地球測位システム（GPS）センサ、モーションセンサ、慣性センサ、近接センサ、または、画像センサを含み得る。検出システム1608が提供する検出データを用いて、（例えば、以下に記載のように、適切な処理ユニットと制御モジュールの少なくとも1つを用いて）可動物体1600の空間的配置、速度、向き、の少なくとも1つを制御できる。あるいは、検出システム1608を用いて、天候条件、潜在的障害物への近接性、地理的特徴のある場所、人工的構造物の場所等、可動物体の周囲環境に関するデータを提供できる。

【0189】

通信システム1610は、無線信号1616を介して通信システム1614を有する端末1612と通信を可能にする。通信システム1610、1614は、無線通信に適した任意の数の送信機、受信機、送受信機の少なくとも1つを備え得る。通信は、データを一方方向にのみ送信可能な片方向通信でよい。例えば、片方向通信は、可動物体1600がデータを端末1612に送信することのみを実行してよく、逆もまた同様である。また、通信システム1610の1つ以上の送信機から通信システム1612の1つ以上の受信機にデータを送信してよく、逆もまた同様である。あるいは、通信は、データが可動物体1600と端末1612との間で両方向に送信できる双方向通信でもよい。双方向通信は、通信システム1610の1つ以上の送信機から通信システム1614の1つ以上の受信機にデータを送信してよく、逆もまた同様である。

【0190】

ある実施形態において、端末1612は、可動物体1600、支持機構1602、及び、搭載物1604の少なくとも1つに制御データを提供する。そして、端末1612は、可動物体1600、支持機構1602、及び、搭載物1604の少なくとも1つから情報（例えば、可動物体、支持機構、または、搭載物の位置と動作の情報の少なくとも1つ、搭載物カメラによって撮影された画像データ等、搭載物によって検出されたデータ）を受信できる。また、端末からの制御データは、可動物体、支持機構、搭載物、の1つ以上の相対的な位置、移動、作動、または、制御に関する命令を含んでよい。例えば、制御データによって、（例えば、推進機構1606の制御を介して）可動物体の場所と向きの1つ以上の修正を行い得る。また、（例えば、支持機構1602の制御を介して）可動物体に対して搭載物を移動させてもよい。また、端末からの制御データによって、カメラまたは他の撮像装置の操作の制御等、搭載物を制御し得る（例えば、静止画または動画を撮る、ズームインまたはズームアウトする、電源のオンまたはオフ、画像モードを切り替える、画像の解像度を変更する、フォーカスを変更する、被写界深度を変更する、露光時間を変更する、視野角または視野を変更する）。また、可動物体、支持機構、搭載物、の少なくとも1つからの通信は、（例えば、検出システム1608または搭載物1604の）1つ以上のセンサからの情報を含んでよい。通信は、1つ以上の異なるタイプのセンサ（例えば、GPSセンサ、モーションセンサ、慣性センサ、近接センサ、または、画像センサ）からの検出した情報を含み得る。このような情報は、可動物体、支持機構、搭載物、の1つ以上の位置（例えば、場所または向き）、移動、または、加速度に関連し得る。搭載物からのこのような情報は、搭載物によって取得されたデータ、または搭載物の検出された状態を含み得る。端末1612から送信された制御データによって、可動物体1600、支持機構1602、または、搭載物1604の1つ以上の状態を制御できる。また、支持機構1602及び搭載物1604は、それぞれ、端末1612と通信する通信モジュールも備え得る。端末は、可動物体1600、支持機構1602、及び、搭載物1604のそれぞれと独立して通信し、それらを制御できる。

【0191】

また、可動物体1600は、端末1612に加えて、または、端末1612の代わりに、別のリモート装置と通信することもできる。端末1612も、また、別のリモート装置、及び、可動物体1600と通信できる。例えば、可動物体1600と端末1612にいずれか、または両方は、別の可動物体、別の可動物体の支持機構または搭載物と通信可能である。必要に応じて、リモート装置は、第2の端末または他のコンピュータ装置（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、他のモバイル装置）であり得る。リモート装置は、可動物体1600にデータを送信、可動物体1600からデータを受信、端末1612にデータを送信、及び、端末1612からデータを受信、の少なくとも1つを行い得る。また、リモート装置は、インターネットまたは他の電気通信ネットワークに接続できる。よって、可動物体1600と端末1612の少なくとも1つ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。

【0192】

図14には、本発明を適用した、可動物体を制御するシステム1700の概略ブロック図が示されている。システム1700は、本明細書に開示のシステム、装置、及び、方法の任意の適切な実施形態と組み合わせて用い得る。システム1700は、検出モジュール1702、処理ユニット1704、非一時的コンピュータ可読媒体1706、制御モジュール1708、及び、通信モジュール1710を備え得る。

10

【0193】

検出モジュール1702は、異なる方法で可動物体に関する情報を収集する異なるタイプのセンサを利用できる。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検出し得る。例えば、センサは、慣性センサ、GPSセンサ、近接センサ（例えば、ライダー）、または、視覚及び画像センサ（例えば、カメラ）を含み得る。検出モジュール1702は、複数のプロセッサを有する処理ユニット1704に動作可能に接続できる。ある実施形態において、検出モジュールは、適切な外部装置またはシステムに検出データを直接送信する送信モジュール1712（例えば、Wi-Fi画像送信モジュール）に動作可能に接続できる。例えば、送信モジュール1712を用いて、検出モジュール1702のカメラによって撮影された画像をリモート端末に送信できる。

20

【0194】

処理ユニット1704は、プログラム可能プロセッサ（例えば、中央処理ユニット（CPU））等、1つ以上のプロセッサを有し得る。処理ユニット1704は、非一時的コンピュータ可読媒体1706に動作可能に接続できる。非一時的コンピュータ可読媒体1706は、1つ以上のステップを行うために処理ユニット1704によって実行可能なロジック、コード、プログラム命令、の少なくとも1つを記憶できる。非一時的コンピュータ可読媒体は、1つ以上のメモリユニット（例えば、SDカードもしくはランダムアクセスメモリ（RAM））等の取り外し可能媒体または外部記憶装置）を含み得る。また、検出モジュール1702からのデータは、非一時的コンピュータ可読媒体1706のメモリユニットに、直接、伝達し記憶できる。非一時的コンピュータ可読媒体1706のメモリユニットは、処理ユニット1704によって実行可能なロジック、コード、プログラム命令、の少なくとも1つを記憶でき、本明細書に記載の方法の任意の適切な実施形態を実行できる。例えば、処理ユニット1704は、検出モジュールが生成した検出データを、処理ユニット1704の1つ以上のプロセッサが分析するように命令できる。メモリユニットは、処理ユニット1704が処理すべき検出モジュールからの検出データを記憶できる。また、非一時的コンピュータ可読媒体1706のメモリユニットを用いて、処理ユニット1704が生成する処理結果を記憶することもできる。

30

【0195】

ある実施形態において、処理ユニット1704は、可動物体の状態を制御する制御モジュール1708に動作可能に接続できる。例えば、制御モジュール1708は、6自由度に関して、可動物体の空間的配置、速度、加速度、の少なくとも1つを調整するように可動物体の推進機構を制御し得る。また、制御モジュール1708は、支持機構、搭載物、または、検出モジュールの状態の少なくとも1つを制御することも可能である。

40

【0196】

処理ユニット1704は、通信モジュール1710に動作可能に接続できる。通信モジュール1710は、1つ以上の外部装置（例えば、端末、ディスプレイ装置、または、他のリモートコントローラ）にデータを送信、その外部装置からデータを受信、のいずれか、または両方を行う。有線通信または無線通信等、任意の適切な通信手段を用い得る。例

50

例えば、通信モジュール1710は、ローカルエリアネットワーク（LAN）、広域ネットワーク（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、電気通信ネットワーク、クラウド通信等の少なくとも1つを利用できる。また、タワー、衛星、または、移動局等の中継局を用い得る。無線通信は、近接性に依存することも、無関係であることもあり得る。また、通信のために見通し線が必要な場合も、必要でない場合もある。通信モジュール1710は、検出モジュール1702からの検出データ、処理ユニット1704が生成した処理結果、所定の制御データ、端末もしくはリモートコントローラからのユーザー命令等の少なくとも1つを送信、受信、のいずれかあるいは両方を行い得る。

【0197】

システム1700の部品は、任意の適切な構成で配置できる。例えば、システム1700の部品の少なくとも1つは、可動物体、支持機構、搭載物、端末、検出システム、または、上述した少なくとも1つと通信する追加の外部装置に置いてよい。また、図14には、1つの処理ユニット1704と1つの非一時的コンピュータ可読媒体1706が示されているが、これは本発明の実施形態の制限を意図していない。当業者は、システム1700が、複数の処理ユニットと非一時的コンピュータ可読媒体の少なくとも1つを備えてよいことを理解するであろう。ある実施形態において、複数の処理ユニットと非一時的コンピュータ可読媒体の少なくとも1つは、可動物体、支持機構、搭載物、端末、検出モジュール、上記した少なくとも1つと通信する追加の外部装置、または、それらの適切な組み合わせ等、異なる場所に配置できる。よって、システム1700によって行われる処理とメモリ機能のいずれか、または両方の任意の適切な態様は、上記した場所の少なくとも1つで実行され得る。

【0198】

本明細書における記載、「AとBのいずれか、または、その両方」または「AまたはBの少なくとも一方」は、一つ以上のAまたは一つ以上のB、A及びB等のそれらの組み合わせを含む。

【0199】

本発明の好ましい実施形態を、本明細書に図示し説明したが、このような実施形態は、例示のみを目的としていることは当業者には明らかであろう。本発明を逸脱することなく、多くの変形形態、変更、代替形態を当業者は着想するであろう。本発明を実施するにあたり、本明細書に記載した発明の実施形態の様々な代替形態を採用し得ることを理解されたい。以下の特許請求の範囲は本発明の範囲を定め、それにより特許請求の範囲の方法及び構造、並びにそれらの均等物を網羅することを目的とする。

[項目1]

複数の画像を撮影する複数の撮像装置を備える輸送機と、
上記複数の撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的にステップ（a）～（c）を実行する1つ以上のプロセッサと、を備え、
ステップ（a）～（c）は、
（a）各撮像装置からの上記複数の画像の各画像の特徴点数を計算すること、
（b）上記特徴点数に基づいて、上記複数の撮像装置の少なくとも1つを選択すること
と、
（c）上記選択した撮像装置からの上記複数の画像を用いて上記輸送機の状態情報を評価すること、である、
ナビゲーションシステム。

[項目2]

上記輸送機は、無人航空機である、
項目1に記載のナビゲーションシステム。

[項目3]

上記輸送機は、上記輸送機を移動させる1つ以上の推進ユニットを備える、
項目1に記載のナビゲーションシステム。

[項目 4]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記輸送機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える、

項目 3 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機に配置され、

上記複数の撮像装置の各撮像装置は、異なる視野から上記複数の画像を撮影する、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 6]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 7]

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 8]

上記異なる方向は、直交する方向である、

項目 7 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 9]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、

項目 7 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 10]

上記異なる方向の少なくとも 1 つは、上記輸送機の動作方向にほぼ沿っている、

項目 7 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 11]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側の場所のうちの 3 つ以上に配置される、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 12]

上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 13]

上記所定の時間間隔は、約 0.02 秒から約 0.1 秒の範囲内である、

項目 12 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 14]

各画像の上記特徴点数は、上記画像の顕著性を示す、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 15]

各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 16]

上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、

項目 15 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 17]

ステップ (b) は、上記特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価することを含む、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 18]

上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも 1 つを

10

20

30

40

50

含む、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 19]

上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも 1 つを含む、

項目 18 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 20]

上記 1 つ以上のプロセッサは、ステップ (d) をさらに実行し、
ステップ (d) は、

(d) 上記状態情報に基づいて、上記航空機を移動させる制御信号を出力すること、で
ある、

10

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 21]

ステップ (a) ~ (c) は、上記輸送機の運転中、繰り返される、

項目 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 22]

ステップ (a) ~ (c) は、0.02 秒毎に約 1 回から 0.1 秒毎に約 1 回、繰り返さ
れる、

項目 21 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 23]

20

複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する方法において、
ステップ (a) ~ (d) を含み、

ステップ (a) ~ (d) は、

(a) 上記複数の撮像装置の各撮像装置を用いて複数の画像を撮影するステップ、

(b) プロセッサを利用して、各撮像装置からの上記複数の画像の各画像の特徴点数を
計算するステップ、

(c) 上記プロセッサを利用して、上記特徴点数に基づいて、上記複数の撮像装置の少
なくとも 1 つを選択するステップ、

(d) 上記プロセッサを利用して、上記選択した撮像装置 (単数または複数) からの上
記複数の画像を用いて、上記輸送機の状態情報を評価するステップ、である、

30

方法。

[項目 24]

上記輸送機は、無人航空機である、

項目 23 に記載の方法。

[項目 25]

上記輸送機は、上記輸送機を移動させる 1 つ以上の推進ユニットを備える、

項目 23 に記載の方法。

[項目 26]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記航空機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える
、

40

項目 25 に記載の方法。

[項目 27]

上記複数の撮像装置は、上記航空機に配置され、

上記複数の画像のそれぞれは、異なる視野から撮影される、

項目 23 に記載の方法。

[項目 28]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を
含む、

項目 23 に記載の方法。

[項目 29]

50

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、
項目 2 3 に記載の方法。

[項目 3 0]

上記異なる方向は、直交する方向である、
項目 2 9 に記載の方法。

[項目 3 1]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、
項目 2 9 に記載の方法。

[項目 3 2]

上記異なる方向の少なくとも 1 つは、上記輸送機の動作方向にほぼ沿っている、
項目 2 9 に記載の方法。

10

[項目 3 3]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの 3 つ以上の場所に配置される、

項目 2 3 に記載の方法。

[項目 3 4]

上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、

項目 2 3 に記載の方法。

[項目 3 5]

上記所定の時間間隔は、約 0. 0 2 秒から約 0. 1 秒の範囲内である、
項目 3 4 に記載の方法。

20

[項目 3 6]

各画像の上記特徴点数は、上記画像の顕著性を示す、
項目 2 3 に記載の方法。

[項目 3 7]

各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、
項目 2 3 に記載の方法。

[項目 3 8]

上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、

項目 3 7 に記載の方法。

30

[項目 3 9]

ステップ (c) は、上記特徴点数が所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含む、

項目 2 3 に記載の方法。

[項目 4 0]

上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも 1 つを含む、

項目 2 3 に記載の方法。

40

[項目 4 1]

上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも 1 つを含む、

項目 4 0 に記載の方法。

[項目 4 2]

ステップ (e) をさらに含み、

ステップ (e) は、

(e) 上記状態情報に基づいて、上記輸送機を移動させる制御信号を出力するステップ、である、

項目 2 3 に記載の方法。

50

[項目 4 3]

ステップ (a) ~ (d) は、上記輸送機の運転中、繰り返される、
項目 2 3 に記載の方法。

[項目 4 4]

ステップ (a) ~ (d) は、0.02 秒毎に約 1 回から 0.1 秒毎に約 1 回、繰り返される、

項目 4 3 に記載の方法。

[項目 4 5]

輸送機であって、上記輸送機を移動させる 1 つ以上の推進ユニットと、複数の画像を撮影する複数の撮像装置と、を備える輸送機と、

上記複数の撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的にステップ (a) ~ (c) を実行する 1 つ以上のプロセッサと、を備え、

ステップ (a) ~ (c) は、

(a) 各撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価すること、

(b) ステップ (a) の上記評価に基づいて上記複数の撮像装置の少なくとも 1 つを選択すること、

(c) 上記選択した撮像装置からの上記複数の画像を用いて上記輸送機の状態情報を評価すること、である、

ナビゲーションシステム。

[項目 4 6]

上記 1 つ以上のプロセッサは、ステップ (d) をさらに実行し、
ステップ (d) は、

(d) 上記状態情報に基づいて、上記輸送機を移動させる上記 1 つ以上の推進ユニットに制御信号を出力すること、である、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 4 7]

上記輸送機は、無人航空機である、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 4 8]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記輸送機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 4 9]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機に配置され、

上記複数の撮像装置の各撮像装置は、異なる視野から上記複数の画像を撮影する、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5 0]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5 1]

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

項目 4 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5 2]

上記異なる方向は、直交する方向である、

項目 5 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5 3]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、

項目 5 1 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 5 4]

10

20

30

40

50

上記異なる方向の少なくとも1つは、上記輸送機の動作方向にほぼ沿った、 項目51に記載のナビゲーションシステム。	
[項目55]	
上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの3つ以上の場所に配置される、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目56]	
上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	10
[項目57]	
上記所定の時間間隔は、約0.02秒から約0.1秒の範囲内である、 項目56に記載のナビゲーションシステム。	
[項目58]	
上記画質は、上記複数の画像の各画像の特徴点数に基づいている、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目59]	
各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、 項目58に記載のナビゲーションシステム。	20
[項目60]	
上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、 項目59に記載のナビゲーションシステム。	
[項目61]	
上記画質は、上記複数の画像の各画像の顕著性に基づいている、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目62]	
上記画質は、上記複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づいている、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	30
[項目63]	
上記画質は、上記輸送機の上記状態情報の評価に使用するための上記複数の画像の適切性に基づいている、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目64]	
ステップ(a)は、上記複数の画像の上記画質が所定の閾値を超えるか否かを評価することを含む、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目65]	
ステップ(a)は、上記複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別することを含む、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	40
[項目66]	
上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含む、 項目45に記載のナビゲーションシステム。	
[項目67]	
上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、または、ヨーの向きの少なくとも1つを含む、 項目66に記載のナビゲーションシステム。	50

[項目 68]

ステップ (a) ~ (c) は、上記輸送機の運転中に繰り返される、
項目 45 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 69]

ステップ (a) ~ (c) は、0.02 秒毎に約 1 回から 0.1 秒毎に約 1 回、繰り返される、

項目 68 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 70]

複数の撮像装置が取り付けられた輸送機を制御する方法において、

ステップ (a) ~ (d) を含み、

ステップ (a) ~ (d) は、

(a) 上記複数の撮像装置の各撮像装置を用いて、複数の画像を撮影するステップ、

(b) プロセッサを利用して、各撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価するステップ、

(c) 上記プロセッサを利用して、ステップ (b) の上記評価に基づいて、上記複数の撮像装置の少なくとも 1 つを選択するステップ、

(d) 上記プロセッサを利用して、上記選択した撮像装置 (単数または複数) からの上記複数の画像を用いて上記輸送機の状態情報を評価するステップ、である、

方法。

[項目 71]

ステップ (e) をさらに含み、

ステップ (e) は、

(e) 上記プロセッサを利用して、上記状態情報に基づいて、上記輸送機に搭載された上記輸送機を移動させる 1 つ以上の推進ユニットに制御信号を出力するステップ、である、

項目 70 に記載の方法。

[項目 72]

上記輸送機は、無人航空機である、

項目 70 に記載の方法。

[項目 73]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記輸送機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える、

項目 70 に記載の方法。

[項目 74]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機に配置され、

上記複数の画像は、異なる視野から撮影される、

項目 70 に記載の方法。

[項目 75]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

項目 70 に記載の方法。

[項目 76]

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

項目 70 に記載の方法。

[項目 77]

上記異なる方向は、直交する方向である、

項目 76 に記載の方法。

[項目 78]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、

項目 76 に記載の方法。

10

20

30

40

50

[項目 7 9]

上記異なる方向の少なくとも 1 つは、上記輸送機の動作方向にほぼ沿った、
項目 7 6 に記載の方法。

[項目 8 0]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側または下側のうち 3 つ以上の場所に置かれる、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 8 1]

上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、
項目 7 0 に記載の方法。

10

[項目 8 2]

上記所定の時間間隔は、約 0. 0 2 秒から約 0. 1 秒の範囲内である、
項目 8 1 に記載の方法。

[項目 8 3]

上記画質は、上記複数の画像の各画像の特徴点数に基づいている、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 8 4]

各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、
項目 8 3 に記載の方法。

20

[項目 8 5]

上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、
項目 8 4 に記載の方法。

[項目 8 6]

上記画質は、上記複数の画像の各画像の顕著性に基づいている、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 8 7]

上記画質は、上記複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも 1 つに基づいている、
項目 7 0 に記載の方法。

30

[項目 8 8]

上記画質は、上記輸送機の上記状態情報の評価に使用する上記複数の画像の適切性に基づいている、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 8 9]

ステップ (b) は、上記複数の画像の上記画質が所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含む、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 9 0]

ステップ (b) は、上記複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別するステップを含む、
項目 7 0 に記載の方法。

40

[項目 9 1]

上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも 1 つを含む、
項目 7 0 に記載の方法。

[項目 9 2]

上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、ヨーの向きの少なくとも 1 つを含む、

50

項目 9 1 に記載の方法。

[項目 9 3]

ステップ (a) ~ (d) は、上記輸送機の運転中に繰り返される、

項目 7 0 に記載の方法。

[項目 9 4]

ステップ (a) ~ (d) は、0.02 秒毎に約 1 回から 0.1 秒毎に約 1 回、繰り返される、

項目 9 3 に記載の方法。

[項目 9 5]

複数の画像を撮影する複数の撮像装置を備える輸送機と、

1 つ以上のプロセッサと、を備え、

上記複数の撮像装置は、一次撮像装置と、1 つ以上の二次撮像装置を備え、

上記 1 つ以上のプロセッサは、上記複数の撮像装置に動作可能に接続され、個々にまたは集合的にステップ (a) ~ (d) を実行し、

ステップ (a) ~ (d) は、

(a) 上記一次撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価して、画質が所定の閾値を満たすか否かを決定すること、

(b) ステップ (a) の上記画質が上記所定の閾値を満たさない場合、上記 1 つ以上の二次撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価すること、

(c) ステップ (b) の上記評価に基づいて、上記 1 つ以上の二次撮像装置の少なくとも 1 つを選択すること、

(d) 上記選択した二次撮像装置 (単数または複数) からの上記複数の画像を用いて、上記輸送機の状態情報を評価すること、である、

ナビゲーションシステム。

[項目 9 6]

上記輸送機は、無人航空機である、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 9 7]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記輸送機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 9 8]

上記複数の撮像装置は、上記航空機に配置され、

上記複数の撮像装置の各撮像装置は、異なる視野から上記複数の画像を撮影する、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 9 9]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 100]

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 101]

上記異なる方向は、直交する方向である、

項目 100 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 102]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、

項目 100 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 103]

上記一次撮像装置は、上記輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられる、

<u>項目 1 0 0 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 4]</u>	
<u>上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうちの 3 つ以上の場所に配置される、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 5]</u>	
<u>上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 6]</u>	
<u>上記所定の時間間隔は、約 0. 0 2 秒から約 0. 1 秒の範囲内である、</u>	
<u>項目 1 0 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 7]</u>	
<u>ステップ (a) 及び (b) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の特徴点数に基づいている、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 8]</u>	
<u>各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、</u>	
<u>項目 1 0 7 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 0 9]</u>	
<u>上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、</u>	
<u>項目 1 0 8 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 0]</u>	
<u>ステップ (a) 及び (b) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の顕著性に基づいている、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 1]</u>	
<u>ステップ (a) 及び (b) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも 1 つに基づいている、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 2]</u>	
<u>ステップ (a) 及び (b) の上記画質は、それぞれ、上記輸送機の上記状態情報の評価に使用する上記複数の画像の適切性に基づいている、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 3]</u>	
<u>ステップ (b) は、上記複数の画像の上記画質が第 2 の所定の閾値を超えるか否かを評価することを含む、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 4]</u>	
<u>ステップ (b) は、上記複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別することを含む、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 5]</u>	
<u>上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも 1 つを含む、</u>	
<u>項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。</u>	
<u>[項目 1 1 6]</u>	
<u>上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、ヨーの向きの少なくとも 1 つを含む、</u>	

10

20

30

40

50

項目 1 1 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 1 1 7]

ステップ (a) ~ (d) は、上記輸送機の運転中に繰り返される、

項目 9 5 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 1 1 8]

ステップ (a) ~ (d) は、0. 0 2 秒毎に約 1 回から 0. 1 秒毎に約 1 回、繰り返される、

項目 1 1 7 に記載のナビゲーションシステム。

[項目 1 1 9]

複数の撮像装置が取り付けられた移動中の輸送機の状態情報を評価する方法において、

ステップ (a) ~ (e) を含み、

ステップ (a) ~ (e) は、

(a) 複数の撮像装置であって、一次撮像装置と、1 つ以上の二次撮像装置とを備える複数の撮像装置の各撮像装置を用いて、複数の画像を撮影するステップ、

(b) プロセッサを利用して、上記一次撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価して、画質が所定の閾値を満たすか否かを判定するステップ、

(c) ステップ (b) の上記画質が上記所定の閾値を満たさない場合、上記プロセッサを利用して、1 つ以上の二次撮像装置からの上記複数の画像の画質を評価するステップ、

(d) 上記プロセッサを利用して、ステップ (c) の上記評価に基づいて、上記 1 つ以上の二次撮像装置の少なくとも 1 つを選択するステップ、

(e) 上記プロセッサを利用して、上記選択した二次撮像装置 (単数または複数) からの上記複数の画像を用いて上記輸送機の状態情報を評価するステップ、である、

方法。

[項目 1 2 0]

上記輸送機は、無人航空機である、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 1]

上記 1 つ以上の推進ユニットは、上記航空機に揚力を与える 1 つ以上の回転翼を備える

、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 2]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機に配置され、

上記複数の画像は、異なる視野から撮影される、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 3]

上記複数の撮像装置は、少なくとも 3 つの撮像装置または少なくとも 4 つの撮像装置を含む、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 4]

上記複数の撮像装置は、それぞれ、上記輸送機に対して異なる方向に向けられる、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 5]

上記異なる方向は、直交する方向である、

項目 1 2 4 に記載の方法。

[項目 1 2 6]

上記異なる方向は、少なくとも 4 つの異なる方向を含む、

項目 1 2 4 に記載の方法。

[項目 1 2 7]

上記一次撮像装置は、上記輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられる、

項目 1 2 4 に記載の方法。

10

20

30

40

50

[項目 1 2 8]

上記複数の撮像装置は、上記輸送機の前側、後ろ側、左側、右側、上側、または、下側のうち3つ以上の場所に置かれる、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 2 9]

上記複数の画像は、所定の時間間隔にわたって撮影された複数の連続した画像フレームを含む、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 0]

上記所定の時間間隔は、約 0. 0 2 秒から約 0. 1 秒の範囲内である、

項目 1 2 9 に記載の方法。

[項目 1 3 1]

ステップ (b) 及び (c) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の特徴点数に基づいている、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 2]

各画像の上記特徴点数は、コーナー検出アルゴリズムを用いて計算される、

項目 1 3 1 に記載の方法。

[項目 1 3 3]

上記コーナー検出アルゴリズムは、FAST (Features from Accelerated Segmented Test) アルゴリズムである、

項目 1 3 2 に記載の方法。

[項目 1 3 4]

ステップ (b) 及び (c) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の顕著性に基づいている、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 5]

ステップ (b) 及び (c) の上記画質は、それぞれ、上記複数の画像の各画像の露光レベルまたはコントラストレベルの少なくとも1つに基づいている、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 6]

ステップ (b) 及び (c) の上記画質は、それぞれ、上記輸送機の上記状態情報の評価に使用する上記複数の画像の適切性に基づいている、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 7]

ステップ (c) は、上記複数の画像の上記画質が第 2 の所定の閾値を超えるか否かを評価するステップを含む、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 8]

ステップ (c) は、上記複数の画像の中のどの画像が最も高画質であるかを識別するステップを含む、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 3 9]

上記状態情報は、上記輸送機の位置、姿勢、速度、または、加速度の少なくとも1つを含む、

項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 4 0]

上記姿勢は、上記輸送機のロールの向き、ピッチの向き、ヨーの向きの少なくとも1つを含む、

項目 1 3 9 に記載の方法。

10

20

30

40

50

[項目 1 4 1]

ステップ (a) ~ (e) は、上記輸送機の運転中に繰り返される、
項目 1 1 9 に記載の方法。

[項目 1 4 2]

ステップ (a) ~ (e) は、0.02 秒毎に約 1 回から 0.1 秒毎に約 1 回、繰り返される、

項目 1 4 0 に記載の方法。

[項目 1 4 3]

環境内で輸送機を操縦するシステムにおいて、

複数のセンサを備える輸送機と、

上記複数のセンサに動作可能に接続され、個々にまたは集合的にステップ (a) ~ (c) を実行する 1 つ以上のプロセッサと、を備え、

ステップ (a) ~ (c) は、

(a) 上記環境内で上記輸送機を操縦するのに使用する上記複数のセンサのサブセットを、1 つ以上の所定の基準に基づいて選択すること、

(b) 上記選択したセンサからのセンサデータを処理して上記環境内で上記輸送機を操縦するナビゲーション情報を生成すること、

(c) 上記ナビゲーション情報に基づいて、上記輸送機を制御する信号を出力すること、である、

システム。

[項目 1 4 4]

上記複数のセンサの上記サブセットを選択することは、

各センサを評価して、そのセンサが上記 1 つ以上の所定の基準を満たすか否かを決定すること、

上記センサが上記 1 つ以上の所定の基準を満たす場合、そのセンサを選択すること、を含む、

項目 1 4 3 に記載のシステム。

[項目 1 4 5]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられているか否かを含む、

項目 1 4 4 に記載のシステム。

[項目 1 4 6]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサによって取得された上記センサデータの品質が所定の閾値を超えるか否かを含む、

項目 1 4 4 に記載のシステム。

[項目 1 4 7]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記複数のセンサのうちの最も高いセンサデータ品質を有するか否かを含む、

項目 1 4 4 に記載のシステム。

[項目 1 4 8]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサの消費電力が所定の閾値未満であるか否かを含む、

項目 1 4 4 に記載のシステム。

[項目 1 4 9]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記複数のセンサのうちで最も消費電力が少ないか否かを含む、

項目 1 4 4 に記載のシステム。

[項目 1 5 0]

上記サブセットのセンサの数は、上記輸送機の動作方向によって異なる、

項目 1 4 3 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

[項目 1 5 1]

上記サブセットのセンサの数は、上記環境の環境複雑性によって異なる、
項目 1 4 3 に記載のシステム。

[項目 1 5 2]

複数のセンサを有する輸送機を環境内で操縦する方法において、

ステップ (a) ~ (c) を含み、

ステップ (a) ~ (c) は、

(a) 上記輸送機に配置されて異なる視野からのセンサデータを取得する上記複数のセンサのサブセットを、プロセッサを利用して 1 つ以上の所定の基準に基づいて選択するステップ、

(b) 上記選択したセンサからの上記センサデータを、上記プロセッサを利用して処理し、上記環境内で上記輸送機を操縦するナビゲーション情報を生成するステップ、

(c) 上記ナビゲーション情報に基づいて、上記プロセッサを利用して上記輸送機を制御する信号を出力するステップ、である、

方法。

[項目 1 5 3]

上記複数のセンサの上記サブセットを選択するステップは、

上記センサを評価して、上記センサが上記 1 つ以上の所定の基準を満たすか否かを判定するステップ、

上記センサが上記 1 つ以上の所定の基準を満たす場合、そのセンサを選択するステップ、を含む、

項目 1 5 2 に記載の方法。

[項目 1 5 4]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記輸送機の動作方向にほぼ沿って向けられているか否かを含む、

項目 1 5 3 に記載の方法。

[項目 1 5 5]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサによって取得された上記センサデータの品質が所定の閾値を超えるか否かを含む、

項目 1 5 3 に記載の方法。

[項目 1 5 6]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記複数のセンサのうちの最高のセンサデータ品質を有するか否かを含む、

項目 1 5 3 に記載の方法。

[項目 1 5 7]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサの消費電力が所定の閾値未満であるか否かを含む、

項目 1 5 3 に記載の方法。

[項目 1 5 8]

上記 1 つ以上の所定の基準は、上記センサが上記複数のセンサのうちで最も消費電力が少ないか否かを含む、

項目 1 5 3 に記載の方法。

[項目 1 5 9]

上記サブセットのセンサの数は、上記輸送機の動作方向によって異なる、

項目 1 5 2 に記載の方法。

[項目 1 6 0]

上記サブセットのセンサの数は、上記環境の環境複雑性によって異なる、

項目 1 5 2 に記載の方法。

10

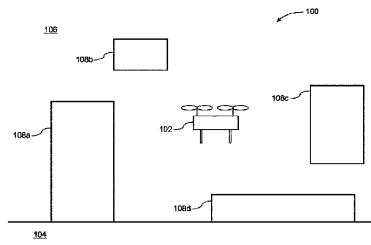
20

30

40

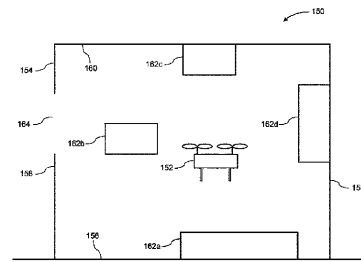
【図 1】

[Fig. 1]



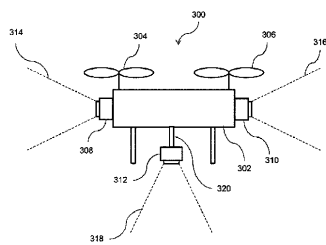
【図 2】

[Fig. 2]



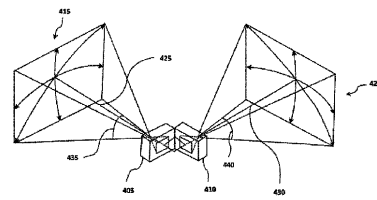
【図 3】

[Fig. 3]

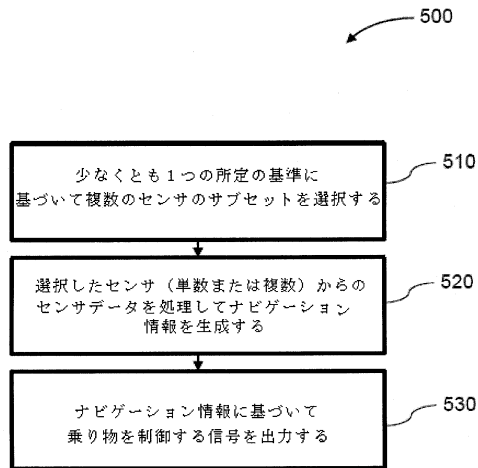


【図 4】

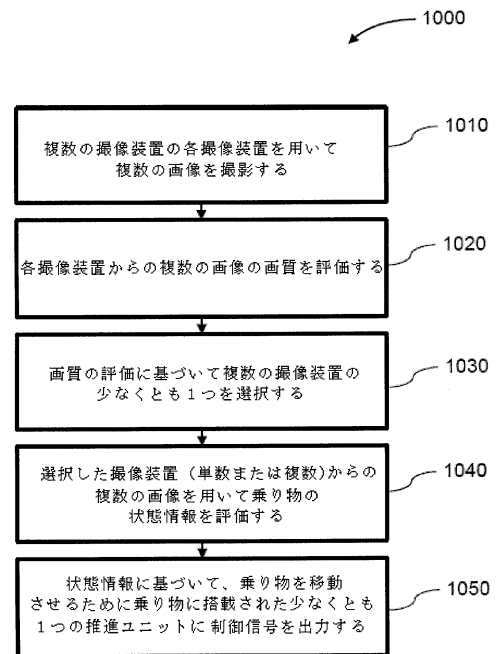
[Fig. 4]



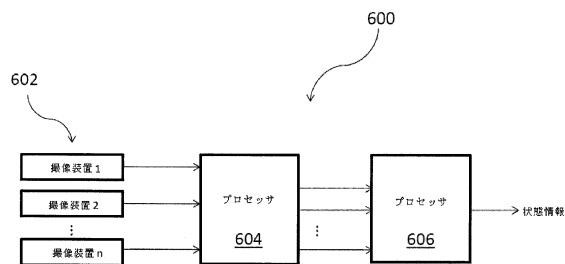
【図 5】



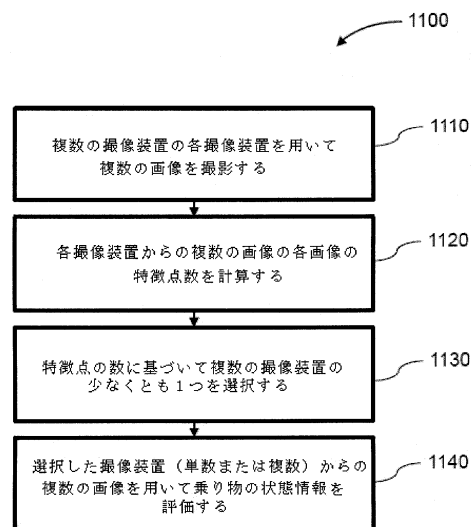
【図 7】



【図 6】

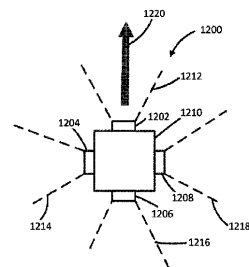


【図 8】

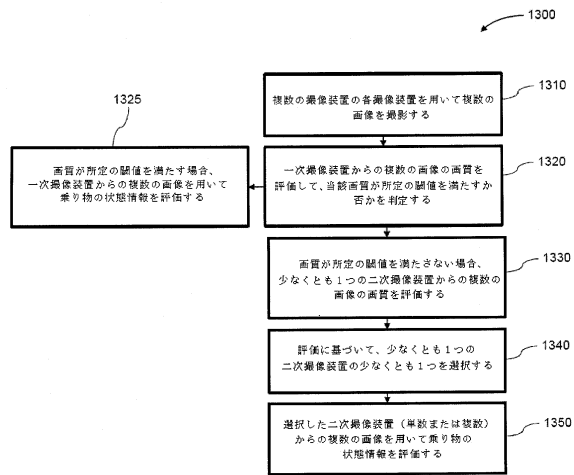


【図 9】

[Fig. 9]

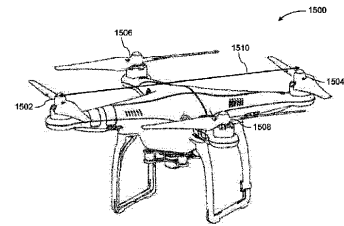


【図 10】



【図 12】

[Fig. 12]



【図 11】

フレーム1 フレーム2 フレーム3 フレーム4 フレーム5 フレーム6 フレーム7 フレーム8 フレーム9 フレーム10

56	51	67	72	52	69	70	53	55	66
65	66	79	82	76	62	71	67	66	79
49	51	57	63	65	65	70	72	72	77

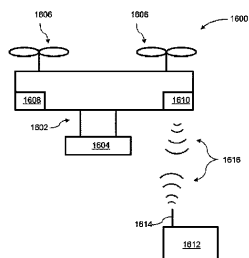
1405

1410

1415

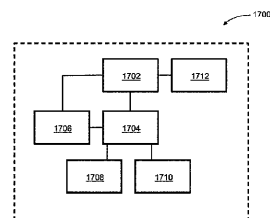
【図 13】

[Fig. 13]



【図 14】

[Fig. 14]



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 6 T 1/00 (2006.01) G 0 6 T 1/00 3 3 0 Z
H 0 4 N 5/225 (2006.01) H 0 4 N 5/225

(74)代理人 110000877
龍華国際特許業務法人

(72)発明者 ワン、タオ
中華人民共和国、5 1 8 0 5 7 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 ヤン、ジアキ
中華人民共和国、5 1 8 0 5 7 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 稲垣 浩司

(56)参考文献 特開2003-122394 (JP, A)
国際公開第2014/108026 (WO, A1)
特開2012-173843 (JP, A)
特開2011-010109 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 5 D 1/10
B 6 4 C 27/08
B 6 4 C 39/02
B 6 4 D 45/00
B 6 4 D 47/08
G 0 6 T 1/00
H 0 4 N 5/225