

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6898975号
(P6898975)

(45) 発行日 令和3年7月7日 (2021.7.7)

(24) 登録日 令和3年6月15日 (2021.6.15)

(51) Int. Cl.	F I
G 0 5 D 1/02 (2020.01)	G 0 5 D 1/02 S
B 6 4 C 39/02 (2006.01)	B 6 4 C 39/02
B 6 4 D 47/00 (2006.01)	B 6 4 D 47/00
G 0 5 D 1/00 (2006.01)	G 0 5 D 1/00 B
G 0 5 D 1/10 (2006.01)	G 0 5 D 1/10

請求項の数 43 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2019-201588 (P2019-201588)	(73) 特許権者	513068816
(22) 出願日	令和1年11月6日 (2019.11.6)		エスゼット ディージェイアイ テクノロ
(65) 公開番号	特開2020-91851 (P2020-91851A)		ジー カンパニー リミテッド
(43) 公開日	令和2年6月11日 (2020.6.11)		S Z D J I T E C H N O L O G Y C
審査請求日	令和1年11月6日 (2019.11.6)		O. , L T D
(31) 優先権主張番号	PCT/CN2018/119168		中華人民共和国、518057 広東省深
(32) 優先日	平成30年12月4日 (2018.12.4)		▲セン▼市南山区高新南区粤興一道9号香
(33) 優先権主張国・地域又は機関	中国 (CN)		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】 可動装置の動きを制御するための方法およびシステム、サーバ、可動装置、無人航空機、並びにプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1可動装置および第2可動装置を含む複数の可動装置の動きを制御する方法であって、

前記可動装置のうち少なくとも前記第1可動装置および前記第2可動装置について優先順位レベルの相対的な高低関係に依存してサイズが定まる、自己を中心とした仮想的な安全ゾーンを決定することと、

前記安全ゾーンの相互の位置関係に基づいて、前記可動装置の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを変化させることにより、移動中における前記可動装置間の衝突を回避するための衝突回避措置を生成して実行することと、

を備える方法。

【請求項 2】

前記第1可動装置について第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンが決定され、

前記第2可動装置に関する情報に基づいて前記第2可動装置について第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンが決定され、

前記衝突回避措置を生成することは、

前記第1優先順位レベルおよび前記第2優先順位レベルの高低を比較することと、

第1および第2可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンが近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

前記可動装置の移動速度を変化させることは、

第1および第2可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンが近接している場合に、前記第1可動装置および前記第2可動装置のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された可動装置の速度を低下させることを含む、

請求項1に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項3】

前記衝突回避措置は垂直衝突回避措置を含み、

前記垂直衝突回避措置は、

安全ゾーンについて水平面投影を決定することと、

第1および第2可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1可動装置と前記第2安全ゾーンの水平面投影が互いに近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

前記可動装置の移動速度を変化させることは、

第1および第2可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1可動装置と前記第2安全ゾーンの水平面投影とが互いに近接している場合に、

第1可動装置および第2可動装置のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された可動装置の垂直方向の速度を低下させる、請求項2に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項4】

前記第1可動装置および前記第2可動装置の前記水平面投影が互いに隣接しているとの前記判断は、前記第1可動装置の前記第1安全ゾーンの水平面投影と、第2可動装置の第2安全ゾーンの水平面投影とが、互いに重なり合うという判断を含む、請求項3に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項5】

前記第1可動装置および前記第2可動装置の前記水平面投影が互いに隣接しているとの前記判断は、前記第2可動装置の水平面投影が前記第1可動装置の前記第1安全ゾーンの水平面投影内にあるという判断を含む、請求項4に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項6】

前記垂直衝突回避措置を生成することは、前記第2可動装置と前記第1安全ゾーンに対応する第1垂直面投影の垂直エッジとの間の第1の距離と、前記第1可動装置と前記第2安全ゾーンに対応する第2垂直面投影の垂直エッジとの間の第2の距離と、を算出することを含み、

前記垂直衝突回避措置は、前記第1の距離と前記第2の距離とのいずれか小さい方の距離に基づいて前記第1可動装置の垂直方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項3に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項7】

前記衝突回避措置は水平衝突回避措置を含み、

前記水平衝突回避措置を生成することは、

安全ゾーンについて垂直面投影を決定することと、

前記第1可動装置の投影された水平移動経路を決定することと、

前記水平移動経路と、前記第2安全ゾーンに対応する垂直面投影との間の交差点を決定することと、

前記第1可動装置と前記交差点との距離を決定することと、

を含み、

前記水平衝突回避措置は、

前記第1優先順位レベルが前記第2優先順位レベルよりも低い間に、前記距離に基づいて前記第1可動装置の水平方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項2に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項8】

前記衝突回避措置を生成することは、第1可動装置の垂直方向の第1移動高さと、第2可動装置の垂直方向の第2移動高さとを決定することを含み、

前記衝突回避措置は、前記第1移動高さと前記第2移動高さとが所定の高さ範囲内であると判定された場合に実行される、請求項7に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項9】

前記安全ゾーンの形状は、円筒形および球形の少なくともいずれかを含む、請求項1から8のいずれか一項に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項10】

前記衝突回避措置を生成することは、前記第1可動装置の第1速度と前記第2可動装置の第2速度とに基づいて、前記第1可動装置の投影された第1走行経路と前記第2可動装置の投影された第2走行経路とが交差点を有するかどうかを判定することをさらに含み、

前記衝突回避措置は、前記交差点が有る場合に前記交差点での衝突を回避するために実行される、

請求項2に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項11】

前記衝突回避措置は、前記第1優先順位レベルが前記第2優先順位レベルよりも高いと判断される場合に、投影された第1移動経路に沿って第1可動装置を前記第2可動装置の減速率よりも小さい減速率で減速させながら移動させ続けることにより実行される、

請求項10に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項12】

前記第2可動装置に関する前記情報を受信することをさらに含み、

前記第2可動装置に関する前記情報は、位置、飛行高度、飛行速度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、可動装置のタイプ、および、遠隔制御装置との接続が確立された時間のうちの少なくとも1つを含む、

請求項2に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項13】

前記速度を低下させることは前記可動装置間の相互衝突前に前記第1可動装置および前記第2可動装置のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された可動装置を停止させることを含む、請求項2から12のいずれか一項に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項14】

前記優先順位レベルおよび前記安全ゾーンの少なくともいずれの決定、並びに、前記衝突回避措置を生成および実行は、コンピュータにより行われ、

前記コンピュータは、前記可動装置の内部または外部に設けられた、プロセッサおよびサーバの少なくともいずれかを含む請求項1から13のいずれか一項に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法。

【請求項15】

請求項1から13のいずれか一項に記載の複数の可動装置の動きを制御する方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項16】

第1可動装置および第2可動装置を含む、移動可能な複数の可動装置と、

請求項15に記載のプログラムを格納するよう構成されるメモリと、

前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるプロセッサと、を備える、複数の可動装置の動きを制御するシステム。

【請求項17】

請求項 15 に記載のプログラムを格納するよう構成されるメモリと、
前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるプロセッサと、
前記プロセッサの命令により前記衝突回避措置を前記第 1 可動装置および前記第 2 可動装置の少なくとも一方に送信するよう構成される送受信機と、
を備えるサーバ。

【請求項 18】

複数の可動装置の動きを制御するプログラムを格納するよう構成されるメモリと、
前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるコンピュータと、
を備える可動装置であって、
前記プログラムには、

第 1 可動装置としての当該可動装置について第 1 優先順位レベルおよび該第 1 優先順位レベルに依存する第 1 安全ゾーンを決定することと、

他の可動装置のうち第 2 可動装置に関する情報に基づいて、該第 2 可動装置について第 2 優先順位レベルおよび該第 2 優先順位レベルに依存する第 2 安全ゾーンを決定することと、

前記第 1 安全ゾーンおよび前記第 2 安全ゾーンの相互の位置関係に基づいて、当該可動装置の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを変化させることにより、移動中における前記第 2 可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成することと、
を含む一連の手順が組み込まれる、可動装置。

【請求項 19】

前記衝突回避措置を生成することは、

前記第 1 優先順位レベルおよび前記第 2 優先順位レベルの高低を比較することと、

第 1 および第 2 可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第 1 安全ゾーンおよび前記第 2 安全ゾーンが近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

当該可動装置の移動速度を変化させることは、

第 1 および第 2 可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第 1 安全ゾーンおよび前記第 2 安全ゾーンが近接している場合に、前記第 1 可動装置および前記第 2 可動装置のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された可動装置の速度を低下させることを含む、

請求項 18 に記載の可動装置。

【請求項 20】

前記衝突回避措置は垂直衝突回避措置を含み、

前記垂直衝突回避措置は、

前記第 1 安全ゾーンおよび前記第 2 安全ゾーンのそれぞれについて水平面投影を決定することと、

第 1 および第 2 可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第 1 可動装置と前記第 2 安全ゾーンの水平面投影とが互いに近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

当該可動装置の移動速度を変化させることは、

第 1 および第 2 可動装置の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第 1 可動装置と前記第 2 安全ゾーンの水平面投影とが互いに近接している場合に、第 1 可動装置および第 2 可動装置のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された可動装置の垂直方向の速度を低下させることを含む、

請求項 19 に記載の可動装置。

【請求項 21】

当該可動装置と前記第 2 可動装置の前記水平面投影とが互いに隣接しているとの前記判断は、当該可動装置の前記第 1 安全ゾーンの水平面投影と、前記第 2 可動装置の第 2 安全

10

20

30

40

50

ゾーンの水平面投影とが、互いに重なり合うという判断を含む、請求項 2 0 に記載の可動装置。

【請求項 2 2】

当該可動装置と前記第 2 可動装置の前記水平面投影とが互いに隣接しているとの前記判断は、前記第 2 可動装置の水平面投影が当該可動装置の前記第 1 安全ゾーンの水平面投影内にあるという判断を含む、請求項 2 1 に記載の可動装置。

【請求項 2 3】

前記垂直衝突回避措置を生成することは、前記第 2 可動装置と前記第 1 安全ゾーンに対応する第 1 垂直面投影の垂直エッジとの間の第 1 の距離と、当該可動装置と前記第 2 安全ゾーンに対応する第 2 垂直面投影の垂直エッジとの間の第 2 の距離と、を算出することを含み、

10

前記垂直衝突回避措置は、前記第 1 の距離と前記第 2 の距離とのいずれか小さい方の距離に基づいて当該可動装置の垂直方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項 2 0 に記載の可動装置。

【請求項 2 4】

前記衝突回避措置は水平衝突回避措置を含み、

前記水平衝突回避措置を生成することは、

安全ゾーンについて垂直面投影を決定することと、

当該可動装置の投影された水平移動経路を決定することと、

前記水平移動経路と、前記第 2 安全ゾーンに対応する垂直面投影との間の交差点を決定することと、

20

当該可動装置と前記交差点との距離を決定することと、

を含み、

前記水平衝突回避措置は、

前記第 1 優先順位レベルが前記第 2 優先順位レベルよりも低い間に、前記距離に基づいて当該可動装置の水平方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項 2 0 に記載の複数の可動装置。

【請求項 2 5】

前記衝突回避措置を生成することは、当該可動装置の垂直方向の第 1 移動高さと、第 2 可動装置の垂直方向の第 2 移動高さとを決定することを含み、

30

前記衝突回避措置は、前記第 1 移動高さと前記第 2 移動高さとが所定の高さ範囲内にあると判定された場合に実行される、請求項 2 4 に記載の可動装置。

【請求項 2 6】

安全ゾーンの形状は、円筒形および球形の少なくともいずれかを含む、請求項 2 0 から 2 5 のいずれか一項に記載の可動装置。

【請求項 2 7】

前記衝突回避措置を生成することは、当該可動装置の第 1 速度と前記第 2 可動装置の第 2 速度とに基づいて、当該可動装置の投影された第 1 走行経路と前記第 2 可動装置の投影された第 2 走行経路とが交差点を有するかどうかを判定することをさらに含み、

前記衝突回避措置は、前記交差点が有る場合に前記交差点での衝突を回避するために実行される、

40

請求項 2 0 に記載の可動装置。

【請求項 2 8】

前記衝突回避措置は、前記第 1 優先順位レベルが前記第 2 優先順位レベルよりも高いと判断される場合に、投影された第 1 移動経路に沿って当該可動装置を前記第 2 可動装置の減速率よりも小さい減速率で減速させながら移動させ続けることにより実行される、

請求項 2 7 に記載の可動装置。

【請求項 2 9】

前記第 2 可動装置に関する前記情報を受信するように構成された送受信機をさらに含み、

50

前記第2可動装置に関する前記情報は、位置、飛行高度、飛行速度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、可動装置のタイプ、および、遠隔制御装置との接続が確立された時間のうちの少なくとも1つを含む、

請求項20に記載の可動装置。

【請求項30】

前記速度を低下させることは当該可動装置と前記第2可動装置とが相互に衝突する前に前記速度を0にすることを含む、請求項20から29のいずれか一項に記載の可動装置。

【請求項31】

本体と、少なくとも1つの推進アセンブリと、コントローラとを備える無人航空機であって、

前記コントローラは、

第1無人航空機としての当該無人航空機について第1優先順位レベルおよび該第1優先順位レベルに依存する第1安全ゾーンを決定し、少なくとも1機の他の無人航空機のうち第2無人航空機に関する情報に基づいて、該第2無人航空機について第2優先順位レベルおよび該第2優先順位レベルに依存する第2安全ゾーンを決定し、

前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンの相互の位置関係に基づいて、当該無人航空機の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを変化させることにより、移動中における前記第2無人航空機との衝突を回避するための衝突回避措置を生成する、

無人航空機。

【請求項32】

前記衝突回避措置を生成することは、

前記第1優先順位レベルおよび前記第2優先順位レベルの高低を比較することと、

第1および第2無人航空機の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンが近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

当該無人航空機の移動速度を変化させることは、

第1および第2無人航空機の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンが近接している場合に、前記第1無人航空機および前記第2無人航空機のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された無人航空機の速度を低下させることを含む、

請求項31に記載の無人航空機。

【請求項33】

前記衝突回避措置は垂直衝突回避措置を含み、

前記垂直衝突回避措置は、

前記第1安全ゾーンおよび前記第2安全ゾーンのそれぞれについて水平面投影を決定することと、

前記第1無人航空機および前記第2無人航空機のうちで相対的にサイズが小さい安全ゾーンが決定された前記第1無人航空機と前記第2安全ゾーンの水平面投影とが互いに近接しているかどうかを判断することと、

を含み、

当該無人航空機の移動速度を変化させることは、

第1および第2無人航空機の移動速度および移動方向が維持されると相互衝突が不可避となる程度に、前記第1無人航空機と前記第2安全ゾーンの水平面投影とが互いに近接している場合に、無人航空機の垂直方向の速度を低下させることを含む、

請求項32に記載の無人航空機。

【請求項34】

当該無人航空機と前記第2無人航空機の前記水平面投影とが互いに隣接しているとの前記判断は、当該無人航空機の前記第1安全ゾーンの水平面投影と、前記第2無人航空機の第2安全ゾーンの水平面投影とが、互いに重なり合うという判断を含む、請求項33に記

10

20

30

40

50

載の無人航空機。

【請求項 3 5】

当該無人航空機と前記第 2 無人航空機の前記水平面投影とが互いに隣接しているとの前記判断は、前記第 2 無人航空機の水平面投影が当該無人航空機の前記第 1 安全ゾーンの水平面投影内にあるという判断を含む、請求項 3 4 に記載の無人航空機。

【請求項 3 6】

前記垂直衝突回避措置を生成することは、前記第 2 無人航空機と前記第 1 安全ゾーンに対応する第 1 垂直面投影の垂直エッジとの間の第 1 の距離と、当該無人航空機と前記第 2 安全ゾーンに対応する第 2 垂直面投影の垂直エッジとの間の第 2 の距離と、を算出することを含み、

10

前記垂直衝突回避措置は、前記第 1 の距離と前記第 2 の距離とのいずれか小さい方の距離に基づいて当該無人航空機の垂直方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項 3 3 に記載の無人航空機。

【請求項 3 7】

前記衝突回避措置は水平衝突回避措置を含み、

前記水平衝突回避措置を生成することは、

安全ゾーンについて垂直面投影を決定することと、

当該無人航空機の投影された水平移動経路を決定することと、

前記水平移動経路と、前記第 2 安全ゾーンに対応する垂直面投影との間の交差点を決定することと、

20

当該無人航空機と前記交差点との距離を決定することと、

を含み、

前記水平衝突回避措置は、

前記第 1 優先順位レベルが前記第 2 優先順位レベルよりも低い間に、前記距離に基づいて当該無人航空機の水平方向の速度を低下させることにより実行される、

請求項 3 3 に記載の複数の無人航空機。

【請求項 3 8】

前記衝突回避措置を生成することは、当該無人航空機の垂直方向の第 1 移動高さと、第 2 無人航空機の垂直方向の第 2 移動高さとを決定することを含み、

前記衝突回避措置は、前記第 1 移動高さと前記第 2 移動高さとが所定の高さ範囲内にあると判定された場合に実行される、請求項 3 7 に記載の無人航空機。

30

【請求項 3 9】

安全ゾーンの形状は、円筒形および球形の少なくともいずれかを含む、請求項 3 3 から 3 8 のいずれか一項に記載の無人航空機。

【請求項 4 0】

前記衝突回避措置を生成することは、当該無人航空機の第 1 速度と前記第 2 無人航空機の第 2 速度とに基づいて、当該無人航空機の投影された第 1 走行経路と前記第 2 無人航空機の投影された第 2 走行経路とが交差点を有するかどうかを判定することをさらに含み、

前記衝突回避措置は、前記交差点が有る場合に前記交差点での衝突を回避するために実行される、

40

請求項 3 3 に記載の無人航空機。

【請求項 4 1】

前記衝突回避措置は、前記第 1 優先順位レベルが前記第 2 優先順位レベルよりも高いと判断される場合に、投影された第 1 移動経路に沿って当該無人航空機を前記第 2 無人航空機の減速率よりも小さい減速率で減速させながら移動させ続けることにより実行される、

請求項 4 0 に記載の無人航空機。

【請求項 4 2】

前記第 2 無人航空機に関する前記情報を受信する受信するように構成された送受信機をさらに含み、

前記第 2 無人航空機に関する前記情報は、位置、飛行高度、飛行速度、飛行方向、姿勢

50

、タスク、信号品質、識別、タイプのうちの少なくとも1つを含む、
請求項33に記載の無人航空機。

【請求項43】

前記速度を低下させることは当該無人航空機と前記第2無人航空機とが相互に衝突する前に前記速度を0にすることを含む、請求項33から42のいずれか一項に記載の無人航空機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、可動装置の技術分野に関し、より具体的には、可動装置の動きの制御を対象とする。 10

【背景技術】

【0002】

無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle; 以下、単に「UAV」と称する。)は、広範囲の用途のために開発されてきた。特定のシナリオでは、一群のUAVまたはUAVのネットワークは、協調的に、もしくは独立して、または協調的かつ独立して動作するように展開され得る。一群のUAVは、地理的領域を飛び越えて同時にもしくは共同して、または同時にかつ共同して異なるタスクを実行するために、または同一のタスクの異なる部分を同時にもしくは共同で、または、同時にかつ共同して実行するために1つ以上のリモートコントローラまたは1つ以上の通信基地局によって制御され得る。例えば、娯楽目的のため(例えば特定の単語を表示するため)、監視目的(例えば交通量を監視するため)、写真撮影目的のため(例えばさまざまな観点からイベントの画像をキャプチャするため)、公衆の安全(例えば、安全上の問題を監視および検出するため)などを目的として、空中で様々な行動を実行するために一群のUAVが祝賀行事またはスポーツイベント中に展開されることがある。 20

【0003】

同じ地理的地域を同時に飛行する複数のUAVを制御するのは容易でない場合がある。複数(例えば数百機)のUAVが異なるタスク(または同じタスクの異なる部分)を実行すると、これらのUAVの飛行経路が互いに交差する可能性が高い。そのため、適切な衝突回避措置を講じないと、衝突の危険性が高くなる。現在の消費者レベルおよび専門家レベルのUAV市場では、負荷および製造コストの制限のために、UAVが自律的衝突回避機能を備えているとしても、ごくわずかである。消費者航空会社は自律衝突回避システムを使用しているが、そのようなシステムは、民生用の小型UAV、特に限られた量の荷重しか運搬できない軽量UAVにとっては、あまりにも高価で嵩張る。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】中国公開公報108700877

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】 40

【0005】

本発明は、衝突を回避するために複数の可動装置を同時にもしくは共同で、または、同時にかつ共同して制御するための効果的な方法およびシステム、サーバ、可動装置、無人航空機、並びにプログラムを提供することを主な目的とする。

【0006】

本開示の他の目的および特徴は、明細書、特許請求の範囲、および添付の図面を検討することによって明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の側面によれば、複数の可動装置の動きを制御する方法が提供される。該 50

複数の可動装置は第1可動装置および第2可動装置を含み、該方法は、

少なくとも前記第1可動装置および前記第2可動装置について優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することと、

前記優先順位レベルの高低および前記安全ゾーンの相互の位置関係の少なくともいずれかに基づいて、前記可動装置の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを变化させることにより、移動中における前記可動装置間の衝突を回避するための衝突回避措置を生成して実行することと、

を備える。

【0008】

本発明の第2の側面によれば、上述の複数の可動装置の動きを制御する方法をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

10

【0009】

本発明の第3の側面によれば、複数の可動装置の動きを制御するシステムが提供され、該システムは、

第1可動装置および第2可動装置を含む、移動可能な複数の可動装置と、

上述のプログラムを格納するよう構成されるメモリと、

前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるプロセッサと、

を備える。

【0010】

本発明の第4の側面によれば、サーバが提供され、該サーバは、

20

上述のプログラムを格納するよう構成されるメモリと、

前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるプロセッサと、

前記プロセッサの命令により前記衝突回避措置を前記第1可動装置および前記第2可動装置の少なくとも一方に送信するように構成される送受信機と、

を備える。

【0011】

本発明の第5の側面によれば、可動装置が提供され、該可動装置は、

当該可動装置を含め複数の可動装置の動きを制御するプログラムを格納するよう構成されるメモリと、

前記メモリにアクセスして前記プログラムを実行するよう構成されるコンピュータと、

30

を備える可動装置であって、

前記プログラムには、

第1可動装置としての当該可動装置について第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することと、

他の可動装置のうち第2可動装置に関する情報に基づいて、該第2可動装置について第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することと、

前記第1優先順位レベル、前記第1安全ゾーン、前記第2優先順位レベル、および前記第2安全ゾーンのうちの少なくともいずれかに基づいて、当該可動装置の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを变化させることにより、移動中における前記第2可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成することと、

40

を含む一連の手順が組み込まれる。

【0012】

そして、本発明の第6の側面によれば、無人航空機が提供され、該無人航空機は、

本体と、少なくとも1つの推進アセンブリと、コントローラとを備え、

前記コントローラは、

第1無人航空機としての当該無人航空機について第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンの少なくともいずれかを決定し、少なくとも1機の他の無人航空機のうち第2無人航空機に関する情報に基づいて、該第2無人航空機について第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンの少なくともいずれかを決定し、

前記第1優先順位レベル、前記第1安全ゾーン、前記第2優先順位レベル、および前記

50

第2安全ゾーンのうち少なくともいずれかに基づいて、当該無人航空機の移動速度および移動方向の少なくともいずれかを変化させることにより、移動中における前記第2無人航空機との衝突を回避するための衝突回避措置を生成する。

【0013】

本開示の他の目的および特徴は、明細書、特許請求の範囲、および添付の図面を検討することによって明らかになるであろう。

【発明の効果】

【0014】

本発明の実施形態によれば、衝突を回避するために複数の可動装置を同時にもしくは共同で、または、同時にかつ共同して制御するための効果的な方法およびシステム、サーバ、可動装置、無人航空機、並びにプログラムが提供される。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態による、複数の可動装置を含むシステムの概略図の一例である。

【図2】本発明の別の実施形態による、複数の可動装置を含むシステムの概略図の一例である。

【図3】本発明の一実施形態による可動装置の概略図の一例である。

【図4】本発明の一実施形態による飛行制御装置の概略図の一例である。

【図5】本発明の一実施形態によるサーバの概略図の一例である。

20

【図6】本発明の一実施形態による、遠隔制御装置または基地局の概略図の一例である。

【図7】(A)は本発明の一実施形態による安全ゾーンの概略図の一例であり、(B)は本発明の一実施形態による安全ゾーンの水平面投影の概略図の一例であり、(C)は本発明の一実施形態による安全ゾーンの垂直平面図の一例である。

【図8】本発明の一実施形態による、垂直衝突回避措置の概略図の一例である。

【図9】本発明の一実施形態による、垂直層分離方式の概略図の一例である。

【図10】本発明の一実施形態による、水平方向での衝突回避措置の一例の概略図の一例である。

【図11】本発明の一実施形態による水平衝突回避措置の他の例の概略図の一例である。

【図12】(A)から(C)は、それぞれ、本発明の一実施形態による、第1可動装置から第3可動装置によって計算された安全ゾーンの概略図の例である。

30

【図13】(A)は、本発明の一実施形態による、2つのUAVの投影飛行経路が交差点を有するシナリオの概略図の一例であり、(B)から(E)は、本発明の一実施形態による、優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかに基づく衝突回避措置の概略図の例である。

【図14】本発明の一実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

【図15】発明の別の実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

【図16】発明の別の実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

40

【図17】発明の別の実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

【図18】発明の別の実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

【図19】発明の別の実施形態による、可動装置の移動を制御する方法を示すフローチャートの一例である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本開示の異なる態様は、個別に、集合的に、または互いに組み合わせて理解することが

50

できることを理解されたい。本明細書に記載される本開示の様々な態様は、以下に記載される特定の用途のうちの任意のものに、または任意の他の種類の可動装置に適用され得る。無人航空機などの本明細書における任意の説明は、任意の車両などの任意の可動装置に適用して使用することができる。さらに、空中運動（例えば、飛行）の文脈で本明細書に開示されているシステム、装置、および方法は、地上または水中での運動、水中運動、または運動などの他の種類の運動の文脈でも適用することができる。宇宙で。

【0017】

本開示の新規な特徴は、添付の特許請求の範囲に詳細に記載されている。本開示の特徴および利点のよりよい理解は、本開示の原理が利用される例示的な実施形態を説明する以下の詳細な説明、および添付の図面を参照することによって得られるであろう。

10

【0018】

本開示の技術的解決策について、図面を参照しながら詳細に説明する。説明した実施形態は、本開示の実施形態の全部ではなく一部を表すことを理解されよう。発明の努力なしに記載された実施形態に基づいて当業者によって考え出されまたは導き出された他の実施形態は、本開示の範囲内に含まれるべきである。

【0019】

例示的な実施形態は、添付の図面を参照して説明され、図面において、特に指定されない限り、同じ番号は同じまたは類似の要素を指す。

【0020】

本明細書で使用されるとき、第1の構成要素（またはユニット、要素、部材、部品、部品）が第2の構成要素に、または第2の構成要素と「結合」、「取り付け」、「固定」、「固定」と呼ばれる場合、第1の構成要素は、第2の構成要素と直接結合、搭載、固定、または固定されてもよく、あるいは別の中間構成要素を介して第2の構成要素と間接的に結合、搭載、または固定されてもよい。「結合された」、「取り付けられた」、「固定された」、および「固定された」という用語は、第一の構成要素が第二の構成要素と恒久的に結合されることを必ずしも意味しない。これらの用語が使用されるとき、第1の構成要素は第2の構成要素と取り外し可能に結合されてもよい。第1の構成要素が第2の構成要素と「接続される」と呼ばれる場合、第1の構成要素は第2の構成要素と直接接続されるか、または中間構成要素を介して間接的に接続されることが意図される。接続は、機械的接続および／または電氣的接続を含み得る。接続は恒久的でも取り外し可能でもよい。電氣的接続は有線でも無線でもよい。第1の構成要素が第2の構成要素上に「配置された」、「配置された」、または「提供された」と呼ばれるとき、第1の構成要素は第2の構成要素に直接配置、配置または配置され得る。中間部品を介して第2部品上に設けられる。第1の構成要素が第2の構成要素内で「配置」、「配置」、または「提供」と呼ばれる場合、第1の構成要素は、第2の構成要素内、内部または内部に部分的または全体的に配置、配置または提供される。本明細書で記述される用語「垂直」、「水平」、「左」、「右」、「上」、「上」、「下」、「下」、「下」および同様の表現は単に説明のために意図して使用されるものである。

20

30

【0021】

他に定義されない限り、本明細書で使用されるすべての技術的および科学的用語は、当業者によって一般的に理解されるのと同じまたは類似の意味を有する。本明細書に記載されるように、本開示の明細書において使用される用語は、本開示を限定するのではなく、例示的な実施形態を説明することを意図している。本明細書で使用される「および／または」という用語は、列挙された1つまたは複数の関連項目の任意の適切な組合せを含む。

40

【0022】

「通信可能に結合された」という用語は、関連アイテムが有線または無線通信チャネルなどの通信チャネルを介して結合されていることを示す。

【0023】

さらに、図面に示される実施形態が単一の要素を示すとき、その実施形態は複数のそのような要素を含み得ることが理解される。同様に、図面に示される実施形態が複数のその

50

ような要素を示すとき、その実施形態はそのような要素を1つだけ含むことができることが理解される。図面に示された要素の数は例示目的のためだけのものであり、実施形態の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。さらに、特に断らない限り、図面に示す実施形態は相互に排他的ではなく、それらは任意の適切な方法で組み合わせることができる。例えば、一実施形態では示されているが他の実施形態では示されていない要素がそれにもかかわらず他の実施形態に含まれていてもよい。

【0024】

以下の説明では、添付の図面を参照しながら、本開示の実施形態の例を説明する。明らかな矛盾があると特に断らない限り、様々な実施形態に含まれる実施形態または特徴を組み合わせることができる。

【0025】

以下の実施形態は、開示された方法に含まれるステップの実行順序を限定しない。工程の順序は、任意の適切な順序であり得、そして特定の工程が繰り返され得る。

【0026】

図1は、環境内で移動可能な複数の可動装置111、112、113、121、131、および132を含むシステム100の概略図である。可動装置は、環境内を移動することができる任意の適切な装置を含み得る。例えば、可動装置は、無人航空機（「UAV」）のような航空機であり得る。可動装置はまた、ロボット、地上車両、水上車両、水中車両、衛星、飛行物体などであり得る。開示された技術の例示および理解の便宜のために、以下の議論ではUAVが例示的な可動装置として使用される。これにより、図1に示した可動装置111、112、121、131、132が得られる。図1に関連する以下の説明では、説明および例示の目的で可動装置としてUAVを取り挙げる。このため、可動装置111、112、121、131、132は適宜UAV111、112、121、131、および132とも称する。

【0027】

図1に示すように、システム100は、第1遠隔制御装置110、第2遠隔制御装置120、および第3遠隔制御装置130などの1つまたは複数の遠隔制御装置を含むことができる。遠隔制御装置110、120、および130は、ハンドヘルド遠隔制御装置、UAVを遠隔制御することができるコンピュータおよびコントローラの少なくともいずれかを備えた地上端末、UAVを遠隔制御するための遠隔制御アプリケーションを搭載したスマートフォン、または通信基地局とすることができる。例えば、セルラー電気通信基地局、ルータ、リレーなど。本開示の遠隔制御装置は、UAVを遠隔制御することができる任意の種類のコントローラを含み得る。遠隔制御装置110、120、および130は、同じタイプのもの（たとえば、すべてがハンドヘルド遠隔制御装置）であってもよく、または異なるタイプの混合物（たとえば、いくつかはハンドヘルド遠隔制御装置のもので、いくつかは地上端末）であってもよい。

【0028】

遠隔制御装置110、120、および130（または基地局）のそれぞれは、1つまたは複数のUAVと通信可能に結合することができ、1つまたは複数のUAVを制御するように構成することができる。遠隔制御装置110、120、および130はそれぞれ、1つまたは複数のUAV111、112、113、121、131、および132からデータまたは信号を受信するように通信可能に結合され、それらを受信するように構成またはプログラムされてもよい。遠隔制御装置110、120、および130のそれぞれは、UAVの移動（たとえば飛行）を制御するために1つまたは複数のUAVにデータ（たとえば制御信号またはコマンド）を送信するように構成され得る。例えば、UAV111、112、および113は、第1遠隔制御装置110とデータまたは信号を交換することができる。第1遠隔制御装置110は、制御信号をUAVに送信することによって、UAV111、112、および113の飛行を制御することができる。UAV121は、第2遠隔制御装置120とデータまたは信号を交換することができる。第2遠隔制御装置120は、制御信号をUAV121に送信することによってUAV121の飛行を制御すること

10

20

30

40

50

ができる。UAV 131および132は、第3遠隔制御装置130とデータまたは信号を交換することができる。第3遠隔制御装置130は、制御信号をUAVに送信することによって、UAV 131および132の飛行を制御することができる。

【0029】

UAVと遠隔制御装置との間、および遠隔制御装置間の通信チャネルは、任意の適切な通信技術を実装することができる。例えば、通信は、Wi-Fi通信（例えば、2.4GHz通信、5.8GHz通信）、セルラー通信（例えば、3G、4G、または5G電気通信）、赤外線通信などのような任意の適切な無線通信技術を使用することができる。いくつかの実施形態では、遠隔制御装置間の通信は、ケーブル、ワイヤなどを介した有線通信も使用することができる。

10

【0030】

遠隔制御装置110、120、および130は、互いに通信可能に結合されてもよく、データを交換してもよい。例えば、第1遠隔制御装置110は第2遠隔制御装置120と通信可能に接続され、第2遠隔制御装置120は第3遠隔制御装置130と通信可能に接続されてもよい。いくつかの実施形態では、第1遠隔制御装置110は第3遠隔制御装置130と直接通信可能に結合されてもよい。

【0031】

いくつかの実施形態では、UAVは、UAVと通信可能に結合されたそれらのそれぞれの遠隔制御装置と情報を共有することができる。遠隔制御装置は、1つ以上のUAVから受信した情報を1つ以上の他の遠隔制御装置と共有することができる。言い換えれば、UAVは、遠隔制御装置を介して相互間で情報を共有することができる。いくつかの実施形態では、UAVは、遠隔制御装置を介してではなく、3G、4G、または5Gセルラーネットワークなどの電気通信ネットワークの基地局を介して情報を共有することができる。UAVによって共有される情報は、場所、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号の質、識別、UAVの種類、および、遠隔制御装置との接続が最初に確立される時間のうちの少なくとも1つを含み得る。

20

【0032】

UAVの位置に関する情報は、全地球測位システム（「GPS」）センサ、リアルタイムキネマティックセンサ、視覚慣性走行距離センサなどの、UAVに設けられた位置決めセンサを使用して決定されてもよい。いくつかの実施形態では、位置情報はまた、UAVと通信可能に結合された電気通信セルラー基地局によって決定され得る。いくつかの実施形態では、位置情報はまた、UAVと通信可能に結合された遠隔制御装置によって決定されてもよい。いくつかの実施形態では、位置情報は、所定の座標系における座標によって、または緯度、経度および高度の組み合わせによって表すことができる。

30

【0033】

姿勢に関する情報は、UAVのピッチ角、ロール角、またはヨー角のうちの少なくとも1つを含み得る。タスクに関する情報は、タスクの種類、タスクの実行状態または進行状況、タスクの緊急度、タスクの重要度を含むことができる。例えば、タスクは、火事および救助、農業、写真撮影、娯楽、監視、警備などに関連してもよく、それらのそれぞれは緊急度レベルまたは重要度レベルを割り当てられてもよい。別の例として、タスクは他のUAVに制御役割を提供すること、他のUAVに信号中継機能を提供することなどであり得る。

40

【0034】

信号品質に関する情報は、UAVと対応する遠隔制御装置との間の通信品質を示すことができる。信号の質は、悪い、良い、優れているか、または数値を使用して定量化され得る。UAVの識別に関する情報は、UAVを一意に識別することができる識別番号またはコードを指すことができる。例えば、各UAVは、一意であり得るシリアル番号を有し得る。

【0035】

UAVの種類は、UAVのサイズ（例えば、大、中、小、マイクロ）、または、例えば

50

撮影用UAV、火災救助用UAV、公安または警備用UAV、交通監視UAV、警察UAV、軍用UAV、農業用UAV、娯楽用UAV、消費者用UAV、プロ用UAV、通信用UAVなどのUAVの有用性を指すことができる。UAVの種類はまた、3軸UAV、4軸UAV、6軸UAV、8軸UAVなどの軸数を指すこともある。

【0036】

遠隔制御装置との接続が最初に確立される時間は、遠隔制御装置との接続を確立することによってUAVが最初にシステム100に参加した時間を指すことができる。例えば、UAVは、所定の通信プロトコルを使用してシステム100に含まれる1つまたは複数の遠隔制御装置との通信を確立することによってシステム100に参加することができる。UAVは、同じ種類でなくても、同じ製造業者によって製造されてもよい。UAVが所定の通信プロトコルを使用してシステム100に含まれる遠隔制御装置と通信できる限り、UAVはシステム100に参加することができる。時間は、例えば、2018年11月6日の午前8時30分であり得る。したがって、UAVが異なる一意の時間にシステム100に参加すると、UAVに関連付けられた時間は、UAVを一意に識別し得るか、またはUAVに関連付けられた一意の優先順位レベルを計算するために使用され得る。

【0037】

いくつかの実施形態では、UAV111、112、および113は、UAV111、112、および113に関する情報を第1遠隔制御装置110に送信することによって、第1遠隔制御装置110と情報を共有することができる。第1遠隔制御装置110は、UAV111、112、および113から受信した情報を1つまたは複数の他の遠隔制御装置と共有することができる。例えば、第1遠隔制御装置110は、UAV111、112、および113から受信した情報を第2遠隔制御装置120と共有することができる。いくつかの実施形態では、第1遠隔制御装置110は、UAV111、112、および113から受信した情報を第3遠隔制御装置130と共有することができる。

【0038】

いくつかの実施形態では、UAV111、112、および113のうちのいずれか1つ、たとえばUAV111がその情報を第1遠隔制御装置110と共有するとき、第1遠隔制御装置110は、UAV111に関する情報をUAV112および113の一方または両方と共有し得る。UAV112および113の一方または両方は、第1遠隔制御装置110からUAV111に関する情報を受信することができる。いくつかの実施形態において、第1遠隔制御装置110は、UAV111に関する情報を第2遠隔制御装置120および第3遠隔制御装置130の一方または両方と（さらには遠隔制御装置120および130に接続されたすべてのUAVと）共有し得る。いくつかの実施形態では、第1遠隔制御装置110は、他のUAVからUAV111までの距離に関係なく、直接または間接的に他の遠隔制御装置を介してシステム100に含まれるすべてのUAVとUAV111から受信した情報を共有し得る。いくつかの実施形態では、第1遠隔制御装置110は、UAV111から所定の距離内に位置するUAVのみとUAV111から受信した情報を共有することができる。例えば、第1遠隔制御装置110は、UAV111から受信した情報を、UAV111から所定の距離（例えば、10メートル）内に位置し、UAV111が衝突の危険をもたらし得るUAV112および113とのみ共有することができる。がある。UAV111は、UAV111から所定の距離を超えて位置するUAVへの衝突の危険性をもたらさない可能性があり、したがって、第1遠隔制御装置110は、UAV111から受信した情報をそれらのUAVと共有しない可能性がある。いくつかの実施形態では、第1遠隔制御装置110は、UAV111から所定の距離内に位置する他のUAVに関する情報をUAV111と共有することがある。例えば、UAV111は、第1遠隔制御装置110から、UAV111から所定の距離内に位置する他のUAVに関する情報を受信してもよい。

【0039】

いくつかの実施形態において、第1遠隔制御装置110は、UAV111から受信した情報を、第1遠隔制御装置110から所定の距離内に位置する他の遠隔制御装置と共有す

10

20

30

40

50

ることができる。例えば、第2遠隔制御装置120が第1遠隔制御装置110から所定の距離内に位置するとき、第1遠隔制御装置110は、UAV 111、UAV 112、またはUAV 113から受信した情報を第2遠隔制御装置120と共有し得る。第2遠隔制御装置120が第1遠隔制御装置110から所定の距離を超えて配置されている場合、第1遠隔制御装置110は、UAV 111、112、および113のいずれから受信した情報を第2遠隔制御装置120と共有できない。

【0040】

第2遠隔制御装置120は、第1遠隔制御装置110から受信したUAV 111、112、および113に関する情報を、それぞれ第2遠隔制御装置120と通信可能に接続されているUAV 121および第3遠隔制御装置130の少なくともいずれかと共有し得る。UAV 121は、第2遠隔制御装置120と情報を共有することができる。第2遠隔制御装置120は、UAV 121から受信した情報を第1遠隔制御装置110および第3遠隔制御装置130の少なくともいずれかと共有することができる。第1遠隔制御装置110は、UAV 121に関する情報をUAV 111、112、113とさらに共有してもよい。第3リモコン装置130は、UAV 121に関する情報をUAV 131、132と共有してもよい。情報を共有することによって、システム100に含まれる各UAVは定期的に他のUAVの情報を受信することができる。周期性は、情報共有がリアルタイムまたはほぼリアルタイムになり得るように適切に設定され得る。各UAVは、他のUAVによって即座に共有される情報に基づいて他のUAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを計算することができる。

【0041】

いくつかの実施形態では、情報は、例えば10Hz以上のパルス信号を使用して、UAVによって定期的に（たとえば、リアルタイムまたはほぼリアルタイムで）遠隔制御装置または通信基地局と共有されてもよい。他の適切な信号および周波数の少なくともいずれかもまた使用され得る。いくつかの実施形態では、UAVは情報をデータパケットに組み立てることができ、データパケットを遠隔制御装置に送信することができる。遠隔制御装置は、遠隔制御装置に接続された他のUAVまたは他の遠隔制御装置にデータパケットを送信することができる。他の遠隔制御装置はさらに、他の遠隔制御装置と接続されている1つまたは複数の他のUAVと情報を共有することができる。

【0042】

第3遠隔制御装置130は、UAV 131および132のうちの1つ（たとえば、UAV 131）から情報を受信することができる。第3遠隔制御装置130は、UAV 131から受信した情報をUAV 132と共有することができる。いくつかの実施形態において、第3遠隔制御装置130は、UAV 131から受信した情報を第1遠隔制御装置110および第2遠隔制御装置120の一方または両方と共有することができる。第1遠隔制御装置110は、第1遠隔制御装置110に接続されている1つまたは複数のUAV 111、112、および113とUAV 131に関する情報を共有することができる。第2遠隔制御装置120は、UAV 131に関する情報を、第2遠隔制御装置120に接続されたUAV 121と共有することができる。実施形態によっては、第3遠隔制御装置130が第2遠隔制御装置120のみとUAV 131に関する情報を共有する場合、第2遠隔制御装置120はさらにUAV 131に関する情報を第1遠隔制御装置110と共有することができる。

【0043】

図2は、複数の可動装置を含むシステム200の概略図である。システム200は、サーバ210を追加したこと以外はシステム100と同様である。サーバ210は、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、タブレット、スマートフォンなどの任意のコンピューティングデバイスを含み得る。図5は、サーバ210の概略図の一例である。サーバ210は、開示された方法を実施するコンピュータ実行可能命令またはコードを格納するように構成されたメモリ510を含み得る。メモリ510は、フラッシュメモリ、ランダムアクセスメモリ（「RAM」）、読み出し専用メモリ（「ROM」）、プログラム可

10

20

30

40

50

能読み出し専用メモリ（「PROM」）、フィールドプログラマブルリードオンリーメモリ（FPROM）などの任意の適切なメモリを含み得る。

【0044】

いくつかの実施形態では、サーバ210は記憶装置515も含み得る。記憶装置515は、1つ以上のUAVおよび1つ以上の遠隔制御装置の少なくともいずれかから受信した情報を含むデータを記憶するように構成されてもよい。記憶装置515は、ハードディスク、光ディスク、磁気ディスク、ソリッドステートドライブ、テープ、ポータブルディスク、ネットワークドライブなどの任意の適切な装置を含み得る。

【0045】

サーバ210は、メモリ510および記憶装置515の少なくともいずれかにアクセスするように構成されたプロセッサ520（またはマイクロプロセッサ520）を含み得る。いくつかの実施形態では、プロセッサ520は、本明細書に開示されているさまざまな方法を実行するためにメモリ510に格納されている命令を実行するように構成されていてもよい。プロセッサ520は、中央処理装置（「CPU」）、マイクロプロセッサ、特定用途向け命令セットプロセッサ（「ASIP」）、グラフィック処理装置（「GPU」）、物理処理ユニット（「PPU」）、デジタルシグナルプロセッサ（「DSP」）、ネットワークプロセッサなどの任意の適切なプロセッサを含み得る。プロセッサ520は、シングルコアプロセッサまたはマルチコアプロセッサであり得る。

【0046】

サーバ210は、システム200に含まれる他の構成要素、例えば遠隔制御装置などと通信するように構成されたトランシーバ530を含み得る。トランシーバ530は、任意の適切な通信回路、デバイス、インターフェース、ポート、アンテナなどを含み得る。トランシーバ530は、システム200に含まれる他の構成要素との間でデータの送受信を行うように構成することができる。例えば、トランシーバ530は、Wi-Fiまたはセルラー通信チャネルなどの適切な無線通信チャネルまたはリンクを介して遠隔制御装置110、120、および130と通信可能に結合することができる。トランシーバ530は、遠隔制御装置110、120、および130からUAVに関する情報を受信するように構成することができる。

【0047】

いくつかの実施形態では、プロセッサ520は、トランシーバ530によって受信されたUAVに関する情報を処理することができる。プロセッサ520は、処理したデータを、遠隔制御装置110、120、および130に送り戻すようトランシーバ530に命令することができる。例えば、プロセッサ520は、遠隔制御装置110、120、および130から受信したUAVに関する情報に基づいて、UAVの優先度レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定（例えば、計算）することができる。トランシーバ530は、計算された優先度レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかのデータを遠隔制御装置110、120、および130に送信することができ、遠隔制御装置110、120、および130はさらに、優先度レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかのデータを、対応するUAVに送信することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、例えば、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVの種類、または遠隔制御装置との接続が最初に確立された時間のうちの少なくとも1つを含む、システム200に含まれるすべてのUAVに関する情報を受け取ることができる。

【0048】

プロセッサ520は、すべてのUAVに関する情報を処理することができる。例えば、プロセッサ520は、任意のUAV（例えば、UAV111）について、そのUAVについての優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを計算することができる。プロセッサ520はまた、UAVについて、他のUAVに関する情報に基づいて他のUAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを計算することができる。いくつかの実施形態では、プロセッサ520は、システム200に含まれる他のすべてのU

10

20

30

40

50

A Vの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれか、あるいはそれから所定の距離内にある他のU A V（たとえばU A V 1 1 2および1 1 3）のみを計算することができる。U A V（例：U A V 1 1 1）トランシーバ5 3 0は、U A V（例えば、U A V 1 1 1）および他のU A V（例えば、他のすべてのU A Vまたは唯一のU A V 1 1 2および1 1 3のみ）の優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかに関するデータを、関連する遠隔装置に送信することができる。制御装置（例えば、第1遠隔制御装置1 1 0）は、データを特定のU A V（例えば、U A V 1 1 1）および他の関連するU A Vの少なくともいずれかにさらに送信することができる。このようにして、システム2 0 0内の各U A Vは、それ自体およびシステム2 0 0に含まれる他のU A V（例えば、他のすべてのU A Vまたは所定の距離内に位置する他のU A Vのみ）に関する優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかのデータを受信することができる。

10

【0 0 4 9】

図2に戻り、いくつかの実施形態では、サーバ2 1 0は、U A Vに関する情報をリアルタイムで収集し、その情報をリアルタイムで処理し、処理された情報をシステム2 0 0に含まれるU A Vにリアルタイムで共有する中央処理ハブとして機能し得る。いくつかの実施形態では、サーバ2 1 0は、U A Vから所定の距離内に位置する近隣のU A Vに関して、各U A Vについて衝突回避措置を開発することができる。サーバ2 1 0は、例えば、衝突を回避するためにU A Vの速度を低下させることを含む、衝突回避措置を実行するようにU A Vに指示するように、各U A Vに制御信号を送信することができる。サーバ2 1 0の使用は、処理されるべき情報が、U A Vおよび遠隔制御装置の少なくともいずれかによって処理されるとかなりの遅延を引き起こしかねない程に大量であるときに望ましいであろう。

20

【0 0 5 0】

図3は、可動装置3 0 0の概略図の一例である。可動装置3 0 0は、U A V、無人地上車、水上車、水中車、衛星、飛行物体などであり得る。説明のために、図3では、可動装置3 0 0の一例としてU A Vを示す（可動装置3 0 0をU A V 3 0 0とも表記する場合がある）。U A V 3 0 0は、本明細書に開示される任意の可動装置または任意のU A Vの一実施形態であり得る。

【0 0 5 1】

U A V 3 0 0は本体3 1 5を含み得る。本体3 1 5は、U A V 3 0 0の他の部材を取り付けるための複数のフレームを含み得る。例えば、推進システム3 1 0は本体3 1 5に取り付けることができる。いくつかの実施形態において、本体3 1 5は、本体3 1 5の中央フレームから半径方向に延びる複数のアームを含み得る。各推進アセンブリはアームに取り付けることができる。例えば、いくつかの実施形態では、モータ3 1 3およびプロペラ3 1 2は、本体3 1 5の中央部から離れたアームの端部に取り付けられてもよい。

30

【0 0 5 2】

U A V 3 0 0は、U A V 3 0 0の飛行のために推進力を提供するように構成された推進システム3 1 0を含み得る。推進システム3 1 0は、1つ以上の推進アセンブリを含み得る。各推進アセンブリは、プロペラ3 1 2またはモータ3 1 3のうちの少なくとも一方を含み得る。図3には、説明のみを目的として、2つの推進アセンブリが示されている。U A V 3 0 0は、1個、3個、4個、5個、6個、7個、8個などの任意の適切な数の推進アセンブリを含むことができる。

40

【0 0 5 3】

推進システム3 1 0は、1つまたは複数の電気速度制御（「E S C」）3 1 1を含み得る。モータ3 1 3は、E S C 3 1 1とプロペラ3 1 2との間に電氣的に結合することができる。E S C 3 1 1は、次記する飛行制御装置3 2 0から駆動信号を受信するように構成またはプログラムすることができる。E S C 3 1 1は、飛行制御装置3 2 0から受信した駆動信号に基づいてモータ3 1 3に駆動電流を供給し、それによってモータ3 1 3の回転速度および回転方向の少なくともいずれかを制御するように構成されてもよい。各モータ3 1 3はプロペラ3 1 2を回転させるように駆動し、それによってU A V 3 0 0の飛行の

50

ための推進力を提供する。

【0054】

UAV300は、飛行制御装置320を含み得る。飛行制御装置320は、UAV300に含まれる様々な構成要素または装置と動作可能に結合することができる。飛行制御装置320は、UAV300に含まれる様々な構成要素または装置の飛行および動作の少なくともいずれかを制御するための中央制御装置として機能することができる。例えば、飛行制御装置320は、モータ313の回転速度および回転方向の少なくともいずれかを制御するために、ESC111のための駆動信号を生成するように構成されてもよい。飛行制御装置320はまた、飛行中のUAV300のピッチ角、ヨー角、およびロール角を制御し得る。

10

【0055】

図4は、飛行制御装置320の一例を示す概略図である。飛行制御装置320はメモリ410を含み得る。メモリ410は、コンピュータ実行可能命令またはコードを格納するように構成されてもよい。メモリ410は、(例えば、図5に示すメモリ510と同様に)上述した任意の適切なメモリを含み得る。飛行制御装置320は、プロセッサ420(またはマイクロプロセッサ420)を含み得る。プロセッサ420は、(例えば、図5に示すプロセッサ520と同様に)上述した任意の適切なプロセッサを含み得る。プロセッサ420は、回路、ゲート、論理要素などの様々なハードウェア構成要素を含み得る。プロセッサ420は、UAV300の動き(例えば、飛行)を制御するための方法を含む、本明細書に開示されているさまざまな方法を実行するためにメモリ410にアクセスし、そこに格納されている命令を実行するように構成される。いくつかの実施形態において、飛行制御装置320はハードウェアチップを含み得る。ハードウェアチップは、特定用途向け集積回路(「ASIC」)、プログラマブルロジックデバイス(「PLD」)、またはそれらの組み合わせであり得る。PLDは、複合プログラマブルロジックデバイス(「CPLD」)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(「FPGA」)、汎用アレイロジック(「GAL」)、またはこれらの任意の組み合わせであり得る。

20

【0056】

UAV300は、任意の適切なセンサを含み得るセンサシステム330を含み得る。センサの例として、全地球測位システム(「GPS」)センサ、リアルタイム運動学センサ、視覚慣性走行距離測定センサ、慣性測定ユニット、マイクロフォン、加速度計、撮像センサ(例えば、UAV300によって運ばれる撮像装置に含まれる)、赤外線センサ、デジタルコンパス、レーダ、レーザセンサ、熱センサ、暗視センサなどが挙げられる。センサシステム330は、UAV300およびUAV300が動作している環境に関する情報を取得し、収集し、検出し、または測定することができる。例えば、GPSセンサは、UAV300の位置情報を提供してもよい。レーダおよびレーザセンサの少なくともいずれかは、UAV300と他の隣接するUAVまたは障害物との間の距離の測定値を提供することができる。測定された距離に基づいて、UAV300は、どのUAVがUAV300から所定の距離内に位置しているか、およびどのUAVがUAV300の飛行に対して衝突の危険をもたらす可能性があるかについての情報を有することができる。

30

【0057】

いくつかの実施形態では、UAV300は、遠隔制御装置、通信基地局(セルラー電気通信ネットワークなど)、または衛星と通信するように構成されたトランシーバ350を含むことができる。例えば、トランシーバ350は、3G、4G、または4Gロングタームエボリューション(「LTE」)通信チップ、5Gまたは5Gニューラジオ(「NR」)通信チップ、Bluetooth(登録商標)通信装置、およびWi-Fi通信装置のうちの少なくとも1つ、または適切な範囲の通信を提供することができる他の任意の通信装置を含み得る。

40

【0058】

図3には示されていないが、UAV300は電池を含み得る電源を含み得る。電池は、充電式電池、非充電式電池、アルカリ電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニ

50

ッケルカドミウム電池、鉛酸電池、リチウムイオンポリマーなどの任意の適切な電池であり得る。電池などいくつかの実施形態では、電源は太陽電池パネルおよび電池を含み得る。太陽電池パネルは、太陽エネルギーを電気に変換するように構成されてもよく、それは電池に貯蔵されてもよい。電源は、UAV300に含まれる推進アセンブリを駆動するための電力を供給するための任意の他の適切な装置を含み得る。

【0059】

図6は、リモコン装置または基地局600（以下、簡単のため「リモコン装置600」という）の概略図の一例である。リモコン装置600は、遠隔制御装置110、120、および130の一実施形態またはその一部であり得る。リモコン装置600は、メモリ610、プロセッサ620（またはマイクロプロセッサ620）、およびトランシーバ630を含み得る。メモリ610は、メモリ510に関して上述した任意の適切なメモリを含み得る。プロセッサ620は、プロセッサ520に関して上述した任意の適切なプロセッサを含み得る。トランシーバ630は、トランシーバ530に関連して上述した任意の適切なトランシーバを含み得る。

【0060】

メモリ610は、コンピュータ実行可能命令またはコードを格納するように構成されてもよい。プロセッサ620は、メモリ610にアクセスし、本明細書に開示されているさまざまな方法を実行するための命令を実行するように構成され得る。トランシーバ630は、UAV、システム100または200に含まれる他の遠隔制御装置、およびサーバ210の少なくともいずれかと通信するように構成され得る。例えば、トランシーバ630は、UAV300に含まれるトランシーバ350とデータを交換するように構成することができる。いくつかの実施形態では、トランシーバ630は、UAV300の飛行および他の動作を制御するために、UAV300のトランシーバ350に制御信号を送信することができる。いくつかの実施形態では、トランシーバ630は、トランシーバ350からUAV300に関する情報を受信することができる。受信された情報は、センサシステム330によって測定または取得された様々なデータを含む、UAV300に関する様々な情報を含むことができる。図示されていないが、遠隔装置はデータ記憶装置も含むことができ、それは図5に示される記憶装置515と同様であり得る。

【0061】

図7（A）、図7（B）、および図7（C）は、UAV用の安全ゾーンの概略図の例である。図7（A）は、UAVの安全ゾーンの斜視図の概略図の一例である。安全ゾーンは、球形、円筒形、立方体形、直角プリズム形などの任意の適切な形状を取り得る。例示および説明の目的のために、円筒形は安全ゾーンの形状の一例として使用されている。図7（A）に示すように、UAVは安全ゾーンの中央部に配置されてもよい。安全ゾーンの大きさは、水平面投影における寸法と垂直面投影における寸法とによって表すことができる。

【0062】

図7（B）は、図7（A）に示す安全ゾーンの水平面投影の略図である。この円筒形安全ゾーンの水平面投影は円である。図7（B）に示すように、UAVの水平面投影は円の中心にある。円の大きさは、円の半径によって表すことができる。円の半径は、UAVに関する様々な情報に基づいて決定することができる。例えば、円の半径は、UAVの優先度に基づいて決定されてもよい。

【0063】

図7（C）は、図1に示す安全ゾーンの垂直平面図である。図7（A）に示す円筒形安全ゾーンの垂直平面投影は長方形である。図7（C）に示すように、UAVの垂直平面投影は長方形の中心にある。長方形の幅は図7（B）に示す円の直径に等しく、長方形の長さは図7（A）に示す円柱の高さに等しい。いくつかの実施形態では、円柱の高さは、UAVの位置情報を提供する位置決めシステムの精度に基づいて決定されてもよい。

【0064】

UAVの安全ゾーンは、物理ゾーンではなく仮想のデジタルゾーンである。安全ゾーン

の機能は、他のUAVが当該UAVの安全ゾーンに入らないように、安全な飛行のために当該UAVが占有する必要があるスペースを他のUAVに知らせることであり、それによって衝突回避を達成する。安全ゾーンの大きさは様々な要因に左右される可能性がある。例えば、安全ゾーンの大きさは、UAVによって実行されるタスクに依存し得る。UAVによって実行されるタスクがより高い重要度を有する場合、UAVの安全ゾーンはより大きくなり得る（例えば、図7（B）に示される円の半径はもっと大きくてもよい）。いくつかの実施形態では、安全ゾーンの高さは、UAVの位置情報を提供する位置決めシステムの精度に基づいて決定されてもよい。例えば、第1測位システムが10メートルの精度を有する場合、UAVの安全ゾーンは約15～20メートルの高さを有し得る。第2測位システムが5メートルの精度を有する場合、UAVの安全ゾーンは約10～15メートルの高さを有し得る。いくつかの実施形態では、UAVがより高い優先順位レベルを有する場合、安全ゾーンの半径はより大きくなり得る。

10

【0065】

いくつかの実施形態では、すべてのUAVがシステム100または200に含まれる他のUAVの安全ゾーンに関する情報を保有するとき、有効な衝突回避措置は、互いに衝突を回避するためにすべてのUAVによって自動的にまたは自律的に取られ得る。したがって、自律的衝突回避は、システム100または200内のUAVによって実行され得る。いくつかの実施形態では、UAVは、システム100または200に含まれる他のすべてのUAVの安全ゾーンに関する情報を所有する必要がない場合がある。むしろ、UAVは、当該UAVから所定の距離内に位置する特定のUAVの安全ゾーンに関する情報を所有するだけでよい。そのようなUAVは、当該UAVに近接している可能性があり、UAVに衝突の危険性をもたらす可能性がある。

20

【0066】

いくつかの実施形態では、衝突回避措置は、UAVの優先順位レベルと安全ゾーンの両方に基づいて決定され得る。いくつかの実施形態では、衝突回避措置は、UAVの優先順位レベルに基づいて決定されてもよい。いくつかの実施形態では、衝突回避措置は、UAVの安全ゾーンに基づいて決定されてもよい。いくつかの実施形態では、2つ以上のUAVの速度が垂直速度成分と水平速度成分の両方を有するとき、衝突回避措置は水平衝突回避および垂直衝突回避を含み得る。いくつかの実施形態では、2つ以上のUAVの速度が垂直速度成分のみを有する場合、衝突回避措置は垂直方向または垂直平面においてのみ実行されてもよい（例えば、垂直衝突回避）。2つ以上のUAVの速度が水平速度成分のみを有する場合、衝突回避措置は水平方向または水平面においてのみ実行されてもよい（例えば、水平衝突回避）。

30

【0067】

いくつかの実施形態では、衝突回避対策は、水平衝突回避と垂直衝突回避とを分離することなく、3次元空間内で実行されてもよい。そのような実施形態では、衝突回避測度は、2つ以上のUAVの三次元速度に基づいて決定され得る。例えば、UAVの安全ゾーンは、水平面および垂直面に投影される必要はないかもしれない。むしろ、安全ゾーンおよびUAVの三次元サイズデータ、三次元速度データ、および三次元位置データを互いに共有することができる。例えば、UAV111は、UAV112の三次元速度、サイズ、および位置に関する情報を受け取ることができる。UAV111は、UAV112のための安全ゾーンを受信または決定することができる。UAV111は、その速度およびUAV112の速度に基づいて、それらの投影された走行経路に交差点があるかどうかを判定することができる。交差点がある場合、UAV111はそれ自体の優先順位レベルとUAV112の優先順位レベルとを比較することができる。いくつかの実施形態では、UAV111は、比較の前にUAV112の優先順位レベルを決定してもよい。UAV111の優先度レベルがUAV112の優先度レベルよりも小さい場合、UAV111は、例えば、UAV112の安全ゾーンの外側垂直端でホバリングするまで（例えば、速度がゼロになるまで）その速度を低下させることによって、3次元衝突回避措置を実行することができる。UAV112が安全に交差点を通過した後、UAV111はその移動経路に沿って

40

50

進むことができる。いくつかの実施形態では、UAV111は、それ自体の安全ゾーンとUAV112の安全ゾーンとを直接比較することができる。UAV111の安全ゾーンがUAV112の安全ゾーンよりも小さい場合、UAV111は、例えばUAV112の安全ゾーンの垂直方向の外側の端にホバリングするまでその速度を減速することによって、UAV112との衝突を回避するための衝突回避措置を実行することができる。いくつかの実施形態では、UAV111は、UAV111の安全ゾーンの外側垂直端がUAV112の安全ゾーンの外側垂直端に達するまでその速度を減速することができる。いくつかの実施形態では、UAV111の優先順位レベルがUAV112の優先順位レベルより大きい場合、UAV111はその速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続け、UAV112が衝突回避措置を実行してもよい。いくつかの実施形態では、UAV111の安全ゾーンがUAV112の安全ゾーンよりも大きい場合、UAV111はその速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続け、UAV112が衝突回避措置を実行してもよい。

【0068】

図8は、垂直衝突回避措置の概略図の一例である。図8に示すように、UAV1およびUAV2の安全ゾーンは、互いに重なり合う水平面投影801および802を有することができる。UAV1およびUAV2が互いに垂直方向に移動するとき、UAV1およびUAV2の各々は互いに衝突を回避するために自律的に垂直衝突回避措置を講ずることができる。図8において、H1は、UAV2と、UAV1の安全ゾーンの垂直平面投影の上垂直端との間の距離を表し、L1は、UAV1と、UAV2の安全ゾーンの垂直平面投影の下垂直端との間の距離を表す。H2は、UAV2の安全ゾーンの垂直面投影の高さの半分を表す。L2は、UAV1の安全ゾーンの垂直平面投影の高さの半分を表す。UAV1およびUAV2のそれぞれは、L1をH1と比較し、L1およびH1のうちの低い方を初期距離として取り得る。例えば、L1がH1より小さければ、L1を初期距離としてもよい。UAV1およびUAV2の両方は、L1に基づいてそれらのそれぞれの速度（垂直方向の速度）を減速し得る。減速スキームは、初期距離が約ゼロに減少したときに、UAV1の上方向への移動速度を約ゼロまで減少させることと、UAV2の下方向への移動速度を約ゼロまで減少させることを含み得る。すなわち、初期距離L1がほぼゼロに減少すると、UAV1およびUAV2はそれぞれ垂直方向にゼロ速度に達することができる。言い換えれば、初期距離L1が約ゼロに減少すると、UAV1およびUAV2は空中をホバリングすることができる。L1がほぼゼロにまで減少すると、UAV1またはUAV2の垂直速度はほぼゼロになる。

【0069】

図9は、垂直層分離方式の概略図の一例である。垂直層分離方式は、UAV、遠隔制御装置、基地局、またはサーバのうちの少なくとも1つによって実行され得る。図9に示すように、UAV1、UAV2、およびUAV3は異なる高さに位置している。UAVの飛行高度の測定に誤差がある可能性があるため、衝突回避の目的のため、所定の垂直高さ範囲内に位置するUAVは、同じ垂直領域内に位置するとして扱われてもよい。同じ垂直領域内に位置するUAVは、水平に移動するときに互いに衝突を回避するために水平衝突回避対策を講じてもよい。いくつかの実施形態では、第1UAVは、垂直方向における当該第1UAVの第1移動高さおよび第2UAVの第2移動高さが所定の高さ範囲内にあるかどうかを判定することができる。例えば、UAV1は、高さH3を有する安全ゾーンを有することができる。UAV2は、UAV1の安全ゾーンの高さH3によって定義される垂直領域内に位置している。言い換えれば、UAV1の第1移動高さ（例えばUAV1の飛行高度）とUAV2の第2移動高さ（例えばUAV2の飛行高度）は所定の垂直高さ範囲（例えばH3）内に位置する。したがって、UAV1の観点からは、UAV2はUAV1と同じ垂直領域内に位置するものとして扱われ、したがってUAV2は衝突の危険をもたらす可能性がある。したがって、UAV1の優先順位がUAV2の優先順位よりも小さい場合、UAV1は、UAV2との衝突を回避するために自律的に水平衝突回避措置を実行することができる。UAV3は、UAV1の安全ゾーンの高さH3によって定義される垂直

領域の外側に位置している。したがって、UAV3は所定の垂直高さ範囲（例えば、H3）内に位置しない。したがって、UAV1の観点からは、UAV3は衝突の危険をもたらすものではない。したがって、UAV1の優先度がUAV3の優先度よりも小さい場合であっても、UAV1は、UAV3に対して水平方向の衝突回避措置を講じなくてよい。

【0070】

図9に示すように、UAV1は、UAV2の安全ゾーンの高さH4によって規定される垂直領域内に配置されている。したがって、UAV2の観点からは、UAV1はUAV2と同じ垂直領域内に位置しているものとして扱われ、水平移動において衝突の危険をもたらす可能性がある。したがって、UAV2は、UAV1との衝突を回避するために自律的に水平衝突回避対策を実行することができる。UAV3は、UAV2の安全ゾーンの高さH4によって定義される垂直領域の外側に位置している。したがって、UAV2の観点からは、UAV3はUAV2と同じ垂直領域内に位置するものとして扱われず、したがって衝突の危険をもたらすことはない。したがって、UAV2は、UAV3に対して水平衝突回避措置を講じなくてよい。UAV3については、垂直領域は、UAV3の安全ゾーンの高さH5によって定義される。UAV1とUAV2はどちらも、UAV3に関連付けられた垂直領域の外側にある。したがって、UAV3の観点からは、UAV1およびUAV2は水平方向の移動において衝突の危険をもたらさない。したがって、UAV3は、UAV1およびUAV2に対して水平方向の衝突回避措置を講じなくてもよい。

【0071】

開示された垂直層分離方式は、複数のUAVを異なる高さに分割し、所定の垂直高さ範囲内に位置するいくつかのUAVは同じ高さに位置するものとして扱われ、それによって衝突回避手段を呼び出す。これにより、そうでなければUAVの飛行高度の測定における誤差によって引き起こされるであろう水平衝突を回避することができる。垂直領域の概念は安全ゾーンの概念とは異なることに留意されたい。垂直領域は、あるUAVが他のUAVと同じ垂直領域に位置するかどうかを判定するためにのみ使用される。垂直領域は、任意の限度で水平方向に延びることがあるので、水平方向における安全領域よりもかなり大きい可能性がある。垂直領域は、UAVが他のUAVの安全ゾーン内に位置しているかどうかを判定するためには使用されない。

【0072】

図10は、水平衝突回避措置の一例を示す概略図の一例である。開示された衝突回避措置は、優先順位レベルおよび、あるUAVが他のUAVのために決定した安全ゾーンの少なくともいずれかに基づいて、当該UAV（たとえば、UAV1）によって自律的にとることができる。UAV1が他のUAVとの衝突を回避するために水平衝突回避手段をとるUAVであると仮定すると、UAV1は他の隣接UAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。いくつかの実施形態では、遠隔制御装置およびサーバ210の少なくともいずれかは、UAV1の優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかに加え、他の隣接UAVに対する優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。遠隔制御装置およびサーバ210の少なくともいずれかは、優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかをUAV1に提供することができる。UAV1は水平衝突回避措置を実行する実例エンティティとして使用されるが、当業者は、同様の水平衝突回避措置が他のUAVによって個別に実行されてもよいことを理解することができる。

【0073】

いくつかの実施形態では、UAV2、UAV3、UAV4は、それらのそれぞれの情報をUAV1と共有することができる。UAVによって共有される情報はすでに上述した。UAVによって共有される情報は、UAVに関する以下の情報のうちの少なくとも1つを含み得る：場所、飛行高度、飛行速度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、遠隔制御装置との接続が確立された時間。いくつかの実施形態において、UAV1は、UAV2、UAV3、およびUAV4によって共有される情報に基づいて、UAV2、UAV3、およびUAV4の優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なく

ともいづれかを決定することができる。いくつかの実施形態において、UAV2、UAV3、またはUAV4の安全ゾーンの高さは、UAV2、UAV3、またはUAV4の位置情報を提供する測位システム（例えば、GPSシステム）の精度に基づいてUAV1によって決定されてもよい。UAV2、UAV3、またはUAV4の安全ゾーンの水平面投影である水平寸法、例えば水平面内の円の半径は、決定されるUAV2、UAV3、またはUAV4の各々の優先順位レベルに基づいてUAV1によって決定されてもよい。いくつかの実施形態では、優先順位が高いほど、円の半径が大きくなる（すなわち、安全ゾーンの水平面投影における水平方向の寸法が大きくなる）。図10は、UAV1によって計算された、UAV2、UAV3、およびUAV4の安全ゾーンの水平面投影の例を示す。図10は、UAV2の安全領域が水平面投影において最大のサイズを有し、UAV3およびUAV4の安全領域が水平面投影において同様のサイズを有し得ることを示す。UAV1の安全ゾーンは図10には示されていない。

10

【0074】

いくつかの実施形態では、UAV1はまた、それ自体の優先順位レベルおよび安全ゾーンを決定し得る。UAV1の優先順位レベルは、UAV1に関する以下の情報のうちの少なくとも1つに基づいて決定され得る：場所、飛行高度、飛行速度、飛行方向、姿勢、タスク、信号の質、識別、UAV1のタイプ、および、遠隔制御装置との接続が確立される時間。安全ゾーンは、UAV2、UAV3、およびUAV4に関連して上述した方法と同様の方法で決定することができる。

【0075】

20

図10にさらに示すように、UAV1が矢印で示される方向に移動すると、UAV1の移動方向の延長、例えばUAV1の投影された走行経路は、円上、例えばUAV2の安全ゾーンの水平面投影上に交差点B、を有することができる。また、UAV1と交差点Bとの間の距離Dを決定することができる。例えばUAV1の優先度レベルがUAV2の優先度レベルよりも小さいという決定に基づいて、UAV1は、UAV1が交差点B（または交差点Bに対応する位置）に到達すると、UAV1の水平速度がゼロになるような距離Dに基づいてUAV1自身の速度を減速することにより、水平衝突回避措置を実行することができる。言い換えれば、地点Bにおいて、UAV1は空中をホバリングすることができる。UAV1がUAV2に衝突の危険をもたらさないように、UAV2がUAV1を通過するまで、UAV1は交差点Bで前方に移動することはできない。いくつかの実施形態では、UAV1は、距離Dが所定の距離D0より小さくなるまでその速度を減速し始めないことがある。

30

【0076】

図11は、水平衝突回避措置の他の例の概略図である。図11に示すように、UAV1の移動方向が矢印で示されている。UAV1の速度方向の延長、すなわちUAV1の投影された走行経路は、UAV4の安全ゾーンの水平面投影との交点Cを有することができる。UAV1と交差点Cとの間の距離は距離Dによって表される。例えばUAV1の優先度レベルがUAV4の優先度レベルよりも小さいという決定に基づき、UAV1は距離Dに基づいてその速度を低下させることによって水平衝突回避措置を実行する。UAV1の速度の低下は、図10に関連して上述したものと同様であり得る。交差点Cにおいて、UAV1の速度はゼロになり得る。言い換えれば、地点Cにおいて、UAV1は空中をホバリングすることができる。UAV1がUAV4に衝突の危険をもたらさないように、UAV4がUAV1を通過するまで、UAV1は交差点Cで前方に移動することはできない。いくつかの実施形態では、UAV1は、距離Dが所定の距離D0より小さくなるまでその速度を減速し始めないことがある。

40

【0077】

図11に示す例では、UAV1の速度方向の延長は、UAV3との交点を持たない。したがってUAV1は、UAV3に対して水平方向の衝突回避措置を講じなくてもよい。

【0078】

UAV1は、システム100または200に含まれる他のすべてのUAVの優先順位レ

50

ベルを決定することができる。いくつかの実施形態では、UAV1は、UAV1から所定の距離内に位置するそれらの隣接UAVについてのみ優先度レベルを決定することができる。優先順位レベルは、他のUAVに共有される情報に基づいて決定され得る。そのような情報は、場所、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、遠隔制御装置との接続が最初に確立された時間のうちの少なくとも1つを含み得る。いくつかの実施形態では、UAV1は、優先順位レベルをUAV1自身の優先順位レベルと比較することができる。比較の結果に基づいて、UAV1は他のUAVに対する安全ゾーンを決定することができる。例えば、UAV2の安全領域の大きさは、UAV2の優先度とUAV1の優先度との差に基づいて決定されてもよい。いくつかの実施形態では、（UAV2の優先度レベルがUAV1の優先度レベルよりも大きいと仮定すると）優先度レベルのより大きな差は、UAV2内のより大きな安全ゾーンをもたらし得る。いくつかの実施形態では、UAV1は自身の安全ゾーンを計算することができ、他のUAVのサイズはUAV1の安全ゾーンのサイズに関連して決定することができる。

10

【0079】

他のUAVの中では、優先順位レベルはすべて異なってもよく、これにより、他のUAVの安全ゾーンのサイズが異なってもよい。いくつかの実施形態では、他のUAVのうちのいくつかは同じ優先順位レベルを有し得、そして安全ゾーンのサイズは同じであり得る。いくつかの実施形態では、UAV1によって計算されるように、他のUAVの優先順位レベルのどれも、UAV1の優先順位レベルと同じではない。他のUAVの優先順位は、UAV1の優先順位より大きい小さいかのいずれかである。したがって、いくつかの実施形態では、各UAVは固有の優先順位レベルを有することができる。

20

【0080】

他のUAVについては、UAV1の優先順位レベルよりも高い優先順位レベルを有するUAVは、UAV1の優先順位レベルよりも低い優先順位レベルを有するUAVの安全ゾーンよりも大きい安全ゾーンを有することができる。いくつかの実施形態では、UAV1の優先度レベルより高い優先度レベルを有するUAVの安全領域は、同じサイズ（例えば、同じ大きいサイズ）を有してもよく、UAV1の優先度レベルより低い優先順位レベルを有するUAVの安全領域は、同じサイズ（例えば、同じ小さいサイズ）を有してもよい。いくつかの実施形態では、UAV1の優先順位レベルより高い優先順位レベルを有するUAVの安全ゾーンは、異なるサイズ（例えば、異なる大きなサイズ）を有してもよく、UAV1の優先順位レベルより小さい優先順位レベルを有するUAVの安全ゾーンは、異なるサイズ（例えば、異なる小さなサイズ）を有してもよい。

30

【0081】

いくつかの実施形態では、UAV1は、UAVの位置に基づいて、システム100（または200）に含まれる他のすべてのUAVについて優先度レベルを計算してもよいし、またはUAV1から所定の距離内にある近隣のUAVについてのみ優先度レベルを計算してもよい。例えば、UAV1からより遠くに位置するUAVはより低い優先順位レベルを有してもよく、UAV1により近くに位置するUAVはより高い優先順位レベルを有してもよい。

【0082】

40

UAV1は、UAVの飛行速度に基づいて、システム100（または200）に含まれる他のすべてのUAVについて、またはUAV1から所定の距離内に位置する隣接UAVについてのみ優先度レベルを計算することができる。例えば、より速い速度で走行するUAVはより高い優先順位レベルを有することができ、より低い速度で走行するUAVはより低い優先順位レベルを有することができる。

【0083】

いくつかの実施形態では、UAV1は、UAVの飛行高さに基づいて、システム100に含まれる他のすべてのUAVについて、またはUAV1から所定の距離内にある近隣のUAVについてのみ優先度レベルを計算することができる。例えば、（UAV1に対して）より高い高さで飛行するUAVはより高い優先度レベルを有することができ、（UAV

50

1 に対して) より低い高さで飛行する U A V はより低い優先度レベルを有することができる。

【0084】

いくつかの実施形態では、U A V 1 は、U A V の飛行方向に基づいて、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V 1 から所定の距離内に位置する隣接 U A V についてのみ優先度レベルを計算することができる。例えば、U A V 1 の移動方向と反対の方向に飛行する U A V は、より低い優先順位レベルと関連付けられてもよく、U A V 1 の移動方向に向かう方向に飛行する U A V は、より高い優先順位レベルと関連付けられてもよい。

【0085】

10

いくつかの実施形態では、U A V 1 は、U A V の姿勢に基づいて、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V 1 から所定の距離内に位置する隣接 U A V についてのみ優先度レベルを計算することができる。例えば、U A V の姿勢は、ピッチ角、ヨー角、およびロール角の少なくともいずれかを含み得る。U A V 1 の投影された走行経路から離れる方向を向くピッチ角を有する U A V は、より低い優先順位レベルと関連付けられてもよく、U A V 1 の投影された走行経路を向くピッチ角を有する U A V はより高い優先順位レベルと関連付けられてもよい。

【0086】

いくつかの実施形態では、U A V 1 は、U A V によって実行されるタスクに基づいて、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V 1 から所定の距離内にある近隣 U A V についてのみ優先度レベルを計算し得る。例えば、U A V 1 は、他の U A V によって実行されたタスクの重要度に基づいて、他の U A V の優先度を計算することができる。例えば、U A V 2 が重要なタスクを実行しているとき、U A V 1 は、U A V 2 に対して比較的高い優先度レベルを計算し得、そして U A V 2 に対して計算された優先度レベルに基づいて、U A V 2 に対して比較的大きな安全ゾーンをさらに計算し得る。

20

【0087】

いくつかの実施形態において、U A V 1 は、U A V の信号の品質に基づいて、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V 1 から所定の距離内に位置する近隣 U A V についてのみ優先度レベルを計算し得る。信号品質は、U A V 間で特定の遠隔制御装置と通信される信号品質を指すことがある。例えば、U A V 1 は、他の U A V の信号品質と U A V 1 の信号品質とを比較してもよく、信号品質の差に基づいて優先順位レベルを割り当ててもよい。

30

【0088】

いくつかの実施形態において、U A V 1 は、U A V の識別に基づいて、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V 1 から所定の距離内に位置する隣接 U A V についてのみ優先度レベルを計算することができる。各 U A V は、一意であり得るシリアル番号などの識別を有し得る。U A V 1 は、他の U A V の優先順位レベルを決定するために、他の U A V のシリアル番号を U A V 1 のシリアル番号と比較することができる。例えば、より大きなシリアル番号を有する U A V はより低い優先順位レベルを割り当てられ、より小さなシリアル番号を有する U A V はより高い優先順位レベルを割り当てられ得る。

40

【0089】

いくつかの実施形態では、U A V 1 は、システム 100 (または 200) に含まれる他のすべての U A V について、または U A V の種類に基づいて U A V 1 から所定の距離内に位置する隣接 U A V についてのみ優先度レベルを計算することができる。異なるタイプの U A V の優先順位は異なる場合がある。例えば、優先度レベルは、農業用 U A V については 1.0、娯楽用 U A V については 2.0、監視用 U A V については 3.0 などとすることができる。優先度レベルは、4 軸 U A V の場合は 1.0、6 軸 U A V の場合は 2.0、8 軸 U A V の場合は 3.0 などとすることができる。

50

【0090】

いくつかの実施形態において、UAV1は、遠隔制御装置との接続が最初に確立された時間に基づいて、システム100（または200）に含まれる他のすべてのUAVについて、またはUAV1から所定の距離内にある近隣UAVについてのみ優先順位レベルを計算することができる。例えば、遠隔制御装置110は複数のUAVを制御することができる。各UAVは、特定の通信プロトコルを使用して遠隔制御装置110との通信を確立することによって、遠隔制御装置110によって制御されるUAVのグループまたはネットワークに参加することができる。各UAVは、異なる時間（例えば、異なる日付および異なる時間、分、秒の少なくともいずれかなど）に遠隔制御装置110によって制御されるネットワークに参加することができる。いくつかの実施形態では、時間は一意的であり得る。いくつかの実施形態では、より早い時間に、より高い優先順位レベルが割り当てられてもよい。例えば、UAV1は午前08:00にネットワークに参加し、UAV2は午前8:05にネットワークに参加し、UAV3は午前8:10にネットワークに参加することができる。各時間は優先順位レベルに対応することができる。いくつかの実施形態において、早い時間はより高い優先順位レベルに対応し得る。例えば、UAV1の優先順位レベルは、午前8:00の参加時間に対して5.0であり得、UAV2の優先順位レベルは、午前08:05の参加時間に対して4.0であり得、そしてUAV3の優先順位レベルは、午前8:10の参加時間に対して3.0であり得る。

10

【0091】

UAVの優先順位レベルは以下の規則を満たすことができる。第一に、他のUAVの優先度レベルは、UAV1自体の優先度レベルよりも大きい小さいかのいずれかである。UAV1の優先順位と同じである他のUAVの優先順位はありません。したがって、他のUAVのそれぞれは、UAV1と比較して異なる優先度レベルを有し得る。第二に、第2優先順位と第1優先順位との関係は、第2移動装置のために第2移動装置により決定される第3優先順位と、第1移動装置のために第2移動装置により決定される第4優先順位との関係に対応する。例えば、UAV1が自分自身のために第1優先度を決定し、UAV2のために第2優先度を決定する場合、およびUAV2がそれ自体に対して第3優先度およびUAV1に対して第4優先度を決定する場合、UAV1によって決定されるような、第2優先度と第1優先度との関係は、UAV2によって決定されるな、第3優先順位レベルと第4優先順位レベルとの間の関係に対応する（例えば、同じである）。いくつかの実施形態では、UAV1が、UAV1によって計算されたUAV1の優先度よりも高い（または低い）UAV2用の優先度を計算するとき、UAV2はまた、UAV2によって計算されたUAV2用の優先度より低い（または高い）UAV1用の優先度を計算する。第三に、より低い優先順位レベルは、より小さな安全ゾーンに対応するかまたはそれを示し得、そしてより高い優先順位レベルは、より大きな安全ゾーンに対応するかまたはそれを示し得る。したがって、より高い優先順位レベルは、より大きなサイズの安全ゾーンに起因して、UAVのための優れた衝突保護を示し得る。

20

30

【0092】

いくつかの実施形態では、UAV1は、他のUAVについて計算された優先順位レベルに基づいて、他のUAVについての安全ゾーンを決定することができる。例えば、UAV2の安全ゾーンは、UAV2の優先順位レベルに比例し得る。いくつかの実施形態では、優先順位レベルが高いほど、安全ゾーンが大きくなる（例えば、安全ゾーンの水平面投影における円の半径が大きくなる）。いくつかの実施形態では、UAV1は、優先順位レベルに基づいて安全ゾーンを計算するのではなく、他のUAVによって共有される情報に基づいて他のUAVについての安全ゾーンを直接計算することができる。

40

【0093】

図12(A)は、UAV1などの第1の可動装置によって計算された他のUAVの安全ゾーンの概略図の一例である。UAV1の優先度レベルがUAV2の優先度レベルよりも大きいと仮定する。UAV2の優先度レベルはUAV3の優先度レベルよりも大きい。UAV1がUAV2およびUAV3の安全ゾーンを計算するとき、安全ゾーンは図12(A)

50

）に示されるようなサイズを有することができる。UAV 2 および UAV 3 の両方の安全ゾーンは、低い優先順位レベルに対応する（UAV 1 の観点から）小さい安全ゾーンであり得る。いくつかの実施形態では、UAV 2 および UAV 3 の安全ゾーンは、同じサイズの水平面投影を有し得る。いくつかの実施形態では、UAV 2 および UAV 3 の安全ゾーンは、異なる大きさの水平面投影を有してもよい。いくつかの実施形態では、UAV 2 および UAV 3 の安全ゾーンは、UAV 1 の安全ゾーンよりも小さくてもよい。

【0094】

図12（B）は、第2可動装置、例えばUAV 2によって計算された安全ゾーンの概略図の一例である。UAV 2がUAV 1およびUAV 3の安全ゾーンを計算するとき、UAV 1の優先順位レベルがUAV 2の優先順位レベルより大きいので、UAV 2はUAV 1 10
のための大きい安全ゾーンを決定することができる。UAV 3の優先順位レベルはUAV 2の優先順位レベルよりも小さいので、UAV 2はUAV 3のための小さな安全ゾーンを決定することができる。

【0095】

図12（C）は、第3可動装置、例えばUAV 3によって計算された安全ゾーンの概略図の一例である。UAV 1およびUAV 2の優先順位レベルは両方ともUAV 3の優先順位レベルより高いので、UAV 3はUAV 1およびUAV 2の両方に対して大きな安全ゾーンを決定することができる。いくつかの実施形態において、UAV 1およびUAV 2の安全ゾーンは、同じサイズの水平面投影を有し得る。いくつかの実施形態では、UAV 1 20
およびUAV 2の安全ゾーンは、異なる大きさの水平面投影を有してもよい。いくつかの実施形態では、UAV 1およびUAV 2の安全ゾーンは、UAV 3の安全ゾーンよりも大きい。

【0096】

いくつかの実施形態では、図12（A）および図12（C）に示すように、（安全ゾーンの計算を実行するUAVの優先順位レベルと比較して）より高い優先順位レベルを有する他のUAVは、同じ大きいサイズの安全ゾーンを有してよく、（UAVの優先順位レベルと比較して）より小さい優先順位レベルを有する他のUAVは、同じ小さいサイズの安全ゾーンを有してよい。言い換えれば、いくつかの実施形態では、安全ゾーンのために、2つのサイズのみがあり得、少なくとも安全ゾーンの水平面投影に対して、所定の大きいサイズおよび所定の小さいサイズのみがあり得る。いくつかの実施形態では、異なる優先 30
度レベルは、安全ゾーンの異なるサイズにそれぞれ対応し得る。例えば、UAV 2の優先順位がUAV 3の優先順位よりも大きい場合、UAV 1によって計算されたUAV 2の安全ゾーンは、UAV 1によって計算されたUAV 3の安全ゾーンよりも大きいサイズを有することができる。

【0097】

図12（A）および図12（C）に示すように、UAV 2については、UAV 1とUAV 3で算出される安全帯が異なる。UAV 1の観点からは、UAV 2の安全ゾーンは小さい（優先順位の低いレベルに対応する）一方、UAV 3の観点からは、UAV 2の安全ゾーンは大きい（優先順位の高いレベルに対応する）。したがって、いくつかの実施形態では、特定のUAVについての安全ゾーンのサイズは、UAVの優先度レベルと計算を実行 40
するUAVの優先度レベルとの比較に依存する。したがって、いくつかの実施形態では、システム100または200について、すべてのUAVはそれ自体の位置および状態、並びにそれ自体の固有の優先順位レベルを有する。いくつかの実施形態では、すべてのUAVの安全ゾーンのサイズは、UAVの優先順位レベルと安全ゾーンの計算を実行するUAV（すなわち衝突回避措置をとるUAV）との間の相対的な関係に依存する。

【0098】

図13（A）から図13（F）は、異なるUAVの飛行経路が交差点を有するときの衝突回避を示す図の一例である。図13（A）は、2つのUAVの投影飛行経路が交差点を有するシナリオの概略図である。図13（A）において、UAV 1とUAV 2の射影飛行経路は交差点を有する。UAV 1とUAV 2は同じ速度で交差点に向かって飛行してもよ 50

い。衝突回避措置が講じられない場合、UAV1とUAV2は交差点で衝突する可能性がある。UAV1とUAV2の安全ゾーンが同じ大きさを有する場合、それらが交差点に近づくと、同じ大きさの安全ゾーンはこれらのUAVの前進を妨げる可能性がある。UAV1とUAV2はその時点で動けなくなり、割り当てられているタスクを正常に実行できない可能性がある。

【0099】

図13(B)は、優先順位および安全ゾーンの少なくともいずれかに基づく衝突回避措置の概略図の一例である。UAV2がUAV1よりも高い優先順位レベルを有すると仮定すると、UAV1の観点から、UAV2は(UAV1の安全ゾーンと比較して)より大きな安全ゾーンを有する。UAV1がUAV2の安全ゾーンに近づくと、UAV1は、図10および図11に関連して上述した水平衝突回避措置などの衝突回避措置を講じることができる。例えば、UAV1は、UAV2が安全に通り過ぎるまでその速度を減速し、UAV2の安全ゾーン付近のある地点でホバリングすることができる。UAV1はその後その移動経路に沿って前方に移動することができる。

10

【0100】

図13(C)は、優先順位および安全ゾーンの少なくともいずれかに基づく衝突回避措置の概略図の一例である。UAV2の観点から、UAV1には小さな安全ゾーンがある。したがって、UAV2はその速度を減速させないことがあり、またはUAV1の速度が減速される速度よりも低い速度でその速度を減速させることがある。

20

【0101】

図13(D)は、優先順位および安全ゾーンの少なくともいずれかに基づく衝突回避措置の概略図の一例である。このシナリオでは、UAV2はUAV1よりも高い優先順位を持っているため、大きな安全ゾーンがある。UAV1はその速度を落とすことで衝突回避措置を講じることができる。UAV2はスピードを落とさなくてもよい。UAV1は、図10に関連して上述したように、UAV2の安全ゾーンの外縁(例えば、安全ゾーンの水平面投影)との交差点に到達すると、その位置で停止(例えば、その位置でホバリング)してもよい。UAV1は、UAV2が無事通過するまで待機してもよい。UAV1は、その後その移動経路に沿って前方に移動することができる。

【0102】

図13(E)は、安全ゾーンに基づく衝突回避措置の概略図の一例である。UAV2によって計算されるように、UAV1の安全ゾーンが小さいため、UAV2はその速度を落とさなくてもよい。いくつかの実施形態では、UAV2は、その速度を低下させることなく全速力で走行経路の交差点を通過することができる。

30

【0103】

図13(F)は、交差点を通過した後の2機のUAVの動きの概略図の一例である。UAV2が走行経路の交差点を通過した後、UAV1は安全に交差点を通過し、その走行経路に沿って走行し続けることができる。

【0104】

図13(A)から図13(F)に示すように、衝突回避措置は、優先順位の高いUAVが速度を落とすことなく、全速で走行経路の交差点を通過することを可能にする。より低い優先度レベルを有するUAVは、より高い優先度レベルを有するUAVが通り過ぎるまで、その速度を低下させるかまたは前方への移動を停止することができる(例えば、ある場所でホバリングすることができる)。図13(A)から図13(F)は移動経路が互いに垂直に交差することを示しているが、衝突回避手段は、移動経路が任意の角度で互いに非垂直に交差するシナリオにも適用可能であり得る。図13(A)から図13(F)は、それらの移動経路に交差点を有する2機のUAVのみを示しているが、開示された衝突回避措置は、それらの移動経路に交差点を有する3機以上のUAVのシナリオにも適用可能であり得る。

40

【0105】

図14は、可動装置の移動を制御するための方法1400を示すフローチャートである

50

。方法1400は、システム100に含まれる任意の個々のUAVによって実行され得る。例えば、方法1400は、各UAVに含まれる飛行制御装置320によって実行されてもよい。方法1400は、プロセッサによって、複数の可動装置のうちの第1可動装置についての第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンのうちの少なくとも1つを決定することを含み得る（ステップ1410）。例えば、図1に示されるシステム100では、UAV111（第1可動装置の一例）のプロセッサは、自身のための第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンを決定することができる。いくつかの実施形態では、UAV111は、第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンのうちの一方のみを決定し得るが、両方は決定し得ない。いくつかの実施形態では、UAV111は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号の品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立された時間のうちの少なくとも1つに基づいて、第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンを決定し得る。いくつかの実施形態では、UAV111は、自身の情報に基づいて自身の優先順位レベルを決定し得、当該優先順位レベルに基づいてその安全ゾーンを決定し得る。いくつかの実施形態では、UAV111は自身の情報に直接基づいてその安全ゾーンを決定することができる。

【0106】

方法1400はまた、プロセッサによって、第2可動装置に関する情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置について第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することを含み得る（ステップ1420）。例えば、他のUAV（例えば、UAV112、UAV113、UAV121、UAV131、UAV132）は、1つもしくは複数の遠隔制御装置を介して、またはセルラー通信基地局もしくはネットワークを介して、それらの情報をUAV111と共有することができる。UAV111は、UAV111と情報を共有した他の任意のUAV（これは第2可動装置の一例であり得る）のための第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンを決定し得る。いくつかの実施形態では、UAV111は、UAV111から所定の距離内に位置するそれらの他のUAVについてのみ第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンを決定し得る。これにより計算コストをいくらか減らすことができる。他のUAVのいずれかによって共有される情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。UAV111は、UAV112によって共有される情報に基づいて、第2UAV（例えば、UAV112）についての第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンを決定し得る。いくつかの実施形態では、UAV111は、最初にUAV112の第2優先順位を決定し、次に当該第2優先順位に基づいて第2安全ゾーンを決定してもよい。いくつかの実施形態では、UAV111は、第2優先順位レベルを最初に決定することなく、第2安全ゾーンを直接決定してもよい。いくつかの実施形態では、UAV111は、第2優先度レベルを第1優先度レベル（すなわち、UAV111の優先度レベル）と比較し、優先度レベルの比較に基づいて（例えば、第1優先順位レベルおよび第2優先順位レベル間の差に基づいて）第2安全ゾーンを決定してもよい。いくつかの実施形態では、UAV111は、第2優先度レベルを第1優先度レベル（すなわち、UAV111の優先度レベル）と比較し、第1優先度レベルおよび第2優先度レベル間の差、並びに第1安全ゾーンに基づいて第2安全ゾーンを決定し得る。

【0107】

方法1400はまた、プロセッサにより、第1優先順位レベル、第1安全ゾーン、第2優先順位レベル、および第2安全ゾーンのうちの少なくとも1つに基づいて、移動中における第2可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成することを含み得る（ステップ1430）。例えば、UAV111は、第1優先順位レベル、第1安全ゾーン、第2優先順位レベル、または第2安全ゾーンのうちの少なくとも1つに基づいて、移動中における第2可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成して実行し得る。いくつかの実施形態では、UAV111は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルを比較し、優先順位レベル間の比較に基づいて衝突回避措置を実行することができる。いくつ

10

20

30

40

50

かの実施形態では、UAV111は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとを比較し、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとを比較し、優先順位の比較および安全ゾーンの比較に基づいて衝突回避措置を生成し実行することができる。いくつかの実施形態では、UAV111は、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとを比較し、その比較に基づいて衝突回避措置を生成し実行することができる。衝突回避措置は、垂直衝突回避措置、水平衝突回避措置、または垂直衝突回避要素および水平衝突回避要素を分離することなく3次元空間内で実行される衝突回避措置など、本明細書に開示される措置のいずれかを含み得る。

【0108】

図15は、可動装置の移動を制御するための方法1500を示すフローチャートである。方法1500は、システム100または200に含まれる任意の個々のUAVによって実行され得る。例えば、方法1500は、各UAVに含まれる飛行制御装置320によって実行されてもよい。方法1500は、プロセッサによって、複数の可動装置のうちの第1可動装置についての第1優先順位レベルを決定することを含み得る（ステップ1510）。例えば、ステップ1410に関連して上述したように、UAV111に含まれるプロセッサは、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号の品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含む自身の特定の情報に基づいて、自身についての第1優先順位レベルを決定することができる。

10

【0109】

方法1500はまた、プロセッサによって、第2可動装置に関する情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置についての第2優先順位レベルを決定することを含み得る（ステップ1520）。例えば、ステップ1420に関連して上述したように、UAV111に含まれるプロセッサは、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含む、UAV112に関する情報に基づいて、UAV112に対する第2優先順位レベルを決定することができる。

20

【0110】

方法1500は、プロセッサによって、第1優先順位レベルおよび第2優先順位レベルに基づいて、移動中における第2可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成することをさらに含み得る（ステップ1530）。例えば、UAV111に含まれるプロセッサは、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとの比較に基づいて、開示された衝突回避措置のいずれかを生成し実行することができる。例えば、第1優先度レベルが第2優先度レベルより高い場合、UAV111は、速度を落とさずにその走行経路に沿って進むことができ、またはUAV112の速度の減速率よりも低い減速率でその速度を落とすことができる。第1優先順位レベルが第2優先順位レベルよりも小さい場合、UAV112が、もしあれば、UAV111の前に走行経路の潜在的な交差点を通過することができるように、開示された衝突回避措置のいずれかを自律的に取ることができる。

30

【0111】

図16は、可動装置の移動を制御するための方法1600を示すフローチャートである。方法1600は、システム100または200に含まれる任意の個々のUAVによって実行され得る。例えば、方法1600は、各UAVに含まれる飛行制御装置320によって実行されてもよい。方法1600は、プロセッサによって、複数の可動装置のうちの第1可動装置についての第1安全ゾーンを決定することを含み得る（ステップ1610）。例えば、UAV111に含まれるプロセッサは、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別情報、UAVの種類、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含む自身の特定の情報に基づいて、自身のための第1安全ゾーンを決定し得る。

40

【0112】

方法1600はまた、プロセッサにより、第2可動装置に関する情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置についての第2安全ゾーンを決定することを含み得る（

50

ステップ1620)。例えば、UAV111に含まれるプロセッサは、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別情報、UAVのタイプ、および、遠隔制御装置との接続が最初に確立された時間のうちの少なくともいずれかを含む、UAV112によって共有される情報に基づいて、UAV112についての第2安全ゾーンを決定することができる。

【0113】

方法1600は、プロセッサによって、第1安全ゾーンおよび第2安全ゾーンに基づいて、移動中における第2可動装置との衝突を回避するための衝突回避措置を生成することをさらに含み得る（ステップ1630）。例えば、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとの比較に基づいて、UAV111に含まれるプロセッサは、開示された衝突回避措置のい

10

【0114】

図17は、可動装置の移動を制御するための方法1700を示すフローチャートである。方法1700は、図2および図5に示されるように、システム200に含まれるサーバ210によって実行され得る。方法1700は、サーバにより、第1可動装置に関する第1情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第1可動装置について第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンのうちの少なくとも1つを決定することを含み得る（ステップ1710）。例えば、サーバ210は、トランシーバ530を介して、システム200に含まれるUAVのうちのいくつかまたはすべてによって共有される第1情報を受信することができる。UAVによって共有される情報は、場所、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。サーバ210は、プロセッサ520により、場所、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含む、UAVによって共有される情報に基づいて、UAVについて優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。サーバ210は、第1UAVに関する第1情報に基づいて、第1UAVについて第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。

20

30

【0115】

サーバ210は、計算された優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを、サーバ210と情報を共有しているUAVに送り返すことができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、サーバ210と情報を共有しているすべてのUAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンに関するデータを各UAVに送信することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、特定のUAV（例えば、UAV111）の位置に基づいて、他のどのUAVが当該UAV（例えば、UAV111）から所定の距離内に位置するかを決定し、当該UAV（例えば、UAV111）までの所定の距離内に位置するUAV（UAV111を含む）の優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかに関するデータを当該UAVへ送信し得る。このようにして、優先順位レベルおよび安全ゾ

40

【0116】

例えば、サーバ210は、第1UAV111によって共有されるように、第1UAV111に関する第1情報を受信し、この第1UAV111に関する第1情報に基づいて、第1UAV111についての第1優先順位を決定することができる。第1UAV111に関する第1情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少な

50

くともいずれかを含むことができる。サーバ210は、第1 UAV 111に対する第1安全ゾーンを決定することができる。いくつかの実施形態において、サーバ210は、第1優先順位レベルに基づいて第1安全ゾーンを決定することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、第1 UAV 111に関する情報に直接基づいて第1安全ゾーンを決定することができる。

【0117】

方法1700はまた、サーバによって、第2可動装置に関する第2情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置についての第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンのうちの少なくとも1つを決定することを含み得る（ステップ1720）。例えば、サーバ210は、UAV 112によって共有される第2情報を受信することができる。第2情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含む得る。サーバ210は、UAV 112に関する第2情報に基づいて、UAV 112について第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。いくつかの実施形態において、サーバ210は、第2情報に基づいて第2優先順位レベルを決定してもよい。いくつかの実施形態において、サーバ210は、第2優先順位に基づいて第2安全ゾーンを決定してもよい。いくつかの実施形態では、サーバ210は、UAV 111の第1優先度レベルとUAV 112の第2優先度レベルとを比較し、UAV 111の第1安全ゾーン並びに第1優先度レベルおよび第2優先度レベル間の差に基づいて、UAV 112の第2安全ゾーンを決定する。いくつかの実施形態では、UAV 111のために、他のUAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかがUAV 111に提供され得るように、サーバ210は、他のすべてのUAVについて同様の計算を実行し得る。UAV 111は、他のUAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれか、並びにUAV 111の第1優先順位レベルおよび第1安全ゾーンに基づいて衝突回避措置を実行することができる。

【0118】

方法1700は、サーバによって、第1優先順位レベル、第1安全ゾーン、第2優先順位レベルおよび第2安全ゾーンのうちの少なくともいずれかに基づいて、移動中における第1可動装置と第2可動装置との間の衝突を回避するための衝突回避措置を生成することをさらに含み得る。（ステップ1730）。例えば、サーバ210は、UAV 111について計算された第1優先順位レベル、UAV 112について計算された第2優先順位レベル、UAV 111について計算された第1安全ゾーン、および、UAV 112について計算された第2安全ゾーンの少なくともいずれかに基づいて衝突回避措置を生成することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとの間の比較に基づいて衝突回避措置を生成することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとの間の比較に基づいて衝突回避措置を生成することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとの間の比較、および第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとの間の比較の両方に基づいて衝突回避措置を生成し得る。

【0119】

方法1700は、サーバによって、第1可動装置および第2可動装置が互いの衝突を回避することを可能にするための衝突回避措置を第1可動装置および第2可動装置の少なくとも一方に送信することを含み得る。（ステップ1740）。いくつかの実施形態では、サーバ210は、衝突回避測定値を遠隔制御装置に送信することができ、当該遠隔制御装置は、衝突回避措置を遠隔制御装置に接続されたUAVにさらに中継することができる。UAV 111およびUAV 112はそれぞれ、必要であれば、第1優先順位レベル、第2優先順位レベル、第1安全ゾーン、および第2安全ゾーンのうちの少なくともいずれかに基づいて、衝突回避措置の一部を実行し得る。いくつかの実施形態では、サーバ210は、UAV 111の優先度レベル（各UAVの一例）を複数の他の隣接UAV（例えば、UAV 111から所定の距離内に位置するもの）の優先度レベルと比較し、他のどのUAV

に関してUAV111が衝突回避措置をとる必要があるかを決定することができる。サーバ210は、衝突回避措置を開発し、近隣するUAVに対してUAV111が当該衝突回避措置を実行できるように当該衝突回避措置に関する命令をUAV111に送信する。言い換えれば、いくつかの実施形態では、サーバ210はすべての計算を実行し、衝突回避措置を実行するために飛行制御信号または命令をUAV111に送信することができる。

【0120】

例えば、UAV111は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとを比較してもよい。第1優先順位レベルと第2優先順位レベルは同じではないことがある。第1優先度レベルが第2優先度レベルよりも大きい場合、UAV111はその速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続けることができる。第1優先順位レベルが第2優先順位レベルよりも小さい場合、UAV111は、UAV112との衝突を回避するために、その速度を低下させることなどによって衝突回避措置を実行することができる。別の例として、UAV111は第1安全ゾーンのサイズと第2安全ゾーンのサイズとを比較してもよい。いくつかの実施形態では、第1安全ゾーンのサイズが第2安全ゾーンのサイズよりも大きい場合、UAV111はその速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続けることができる。第1安全ゾーンが第2安全ゾーンよりも小さい場合、UAV111は、UAV112との衝突を回避するために、例えばその速度を低下させることによって衝突回避措置を実行することができる。

10

【0121】

図18は、可動装置の移動を制御するための方法1800を示すフローチャートである。方法1800は、図2および図5に示されるように、システム200に含まれるサーバ210によって実行され得る。方法1800は、サーバによって、第1可動装置に関する第1情報に基づいて複数の可動装置のうちの第1可動装置についての第1優先順位レベルを決定することを含み得る（ステップ1810）。例えば、サーバ210は、UAV111から受信した第1情報に基づいてUAV111についての第1優先順位レベルを決定することができる。UAV111によって共有される第1情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。

20

【0122】

方法1800はまた、サーバによって、第2可動装置に関する第2情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置についての第2優先順位レベルを決定することを含み得る（ステップ1820）。例えば、サーバ210は、UAV112から受信した第2情報に基づいて、UAV112についての第2優先度レベルを決定することができる。UAV112によって共有される第2情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。

30

【0123】

方法1800は、サーバによって、第1優先順位レベルおよび第2優先順位レベルに基づいて、移動中における第1可動装置と第2可動装置との間の衝突を回避するための衝突回避措置を生成することを含み得る（ステップ1830）。例えば、サーバ210は、UAV111の第1優先順位レベルおよびUAV112の第2優先順位レベルに基づいて衝突回避措置を生成することができる。サーバ210は、第1優先順位と第2優先順位とを比較してもよい。第1優先順位レベルが第2優先順位レベルよりも大きい場合、衝突回避措置は、例えばUAV111の速度を低下させることなどによって、UAV112との衝突を回避するための行動をとるようにUAV111に指示することができる。

40

【0124】

方法1800は、サーバによって、第1可動装置および第2可動装置が互いの衝突を回避することを可能にするための衝突回避措置を第1可動装置および第2可動装置の少なくとも一方にさらに送信し得る。測定する（ステップ1840）。例えば、サーバ210は、衝突回避措置をUAV111およびUAV112の少なくとも一方に送信することがで

50

きる。いくつかの実施形態では、サーバ210は衝突回避措置を遠隔制御装置に送信することができ、遠隔制御装置はさらに、遠隔制御装置に接続されたUAVにデータを中継することができる。いくつかの実施形態では、サーバ210は、衝突回避措置をUAV111およびUAV112のそれぞれに送信することができる。

【0125】

衝突回避措置は、UAV111およびUAV112の両方が衝突を回避するためにアクションをとる（例えば、異なる低下率で速度を下げる）命令を含み得る。UAV111およびUAV112のそれぞれは、少なくともサーバ210からの衝突回避措置に基づいて、互いの衝突を回避するための衝突回避措置を実行することができる。いくつかの実施形態において、サーバ210は、第1優先順位レベルと第2優先順位レベルとを比較し得る。第1優先度レベルが第2優先度レベルより小さい場合、サーバ210は、例えばUAV111の速度を低下させることによって、UAV112との衝突を回避するための衝突回避措置を実行するようにUAV111に指示することができる。いくつかの実施形態では、第1優先度レベルが第2優先度レベルよりも大きい場合、サーバ210は、速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続けるようにUAV111に指示することができる。

10

【0126】

図19は、可動装置の移動を制御するための方法1900を示すフローチャートである。方法1900は、図2および図5に示されるように、システム200に含まれるサーバ210によって実行され得る。方法1900は、サーバによって、第1可動装置に関する第1情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第1可動装置について第1安全ゾーンを決定することを含み得る（ステップ1910）。例えば、サーバ210は、UAV111から受信した第1情報に基づいてUAV111についての第1安全ゾーンを決定することができる。UAV111によって共有される第1情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。

20

【0127】

方法1900はまた、サーバによって、第2可動装置に関する第2情報に基づいて、複数の可動装置のうちの第2可動装置について第2安全ゾーンを決定することを含み得る（ステップ1920）。例えば、サーバ210は、UAV112から受信した第2情報に基づいてUAV112について第2安全ゾーンを決定することができる。UAV112によって共有される第2情報は、位置、飛行速度、飛行高度、飛行方向、姿勢、タスク、信号品質、識別、UAVのタイプ、および、最初に遠隔制御装置との接続が確立される時間のうちの少なくともいずれかを含み得る。

30

【0128】

方法1900は、サーバによって、第1安全ゾーンおよび第2安全ゾーンに基づいて、移動中における第1可動装置と第2可動装置との間の衝突を回避するための衝突回避措置を生成することを含み得る（ステップ1930）。例えば、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンのサイズとの比較に基づいて、サーバ210は、UAV111とUAV112との間の衝突を回避するための衝突回避措置を決定することができる。例えば、UAV111の第1安全ゾーンがUAV112の第2安全ゾーンよりも小さい場合、サーバ210は、UAV112との衝突を回避するための行動、例えばUAV111の速度を下げるなどを含む行動をとるようUAV111に指示する衝突回避措置を決定することができる。

40

【0129】

方法1900は、サーバによって、第1可動装置および第2可動装置が互いの衝突を回避することを可能にするための衝突回避措置を第1可動装置および第2可動装置の少なくとも一方に送信することをさらに含み得る。（ステップ1940）。例えば、サーバ210は、衝突回避措置を第1可動装置または第2可動装置の少なくとも一方に送信してもよい。いくつかの実施形態では、サーバ210は、衝突回避測定値を遠隔制御装置に送信することができ、遠隔制御装置はさらに衝突回避測定値をUAVに中継することができる。

50

いくつかの実施形態では、サーバ210は、衝突回避措置をUAV111およびUAV112のそれぞれに送信することができる。UAV111およびUAV112のそれぞれは、少なくともサーバ210からのデータに基づいて、互いの衝突を回避するための衝突回避措置の一部を実行することができる。例えば、UAV111は、第1安全ゾーンと第2安全ゾーンとを比較することができる。第1安全ゾーンが第2安全ゾーンよりも小さい場合、UAV111は、例えばUAV111の速度を低下させることによって、UAV112との衝突を回避するための衝突回避措置を実行することができる。いくつかの実施形態では、第1安全ゾーンが第2安全ゾーンよりも大きい場合、UAV111はその速度を落とすことなくその移動経路に沿って移動し続けることができる。

【0130】

開示された方法は他のステップまたはプロセスを含み得る。例えば、いくつかの実施形態では、任意のUAVによって実行される決定または計算のいくつかは、遠隔制御装置によって実行され得る。例えば、遠隔制御装置は、UAVによって共有される情報に基づいて、遠隔制御装置によって制御されるUAVのうちのいくつかまたはすべての優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを決定することができる。いくつかの実施形態では、遠隔制御装置は、遠隔制御装置によって制御されるUAVのうちのいくつかまたはすべてと、計算された優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかを共有することができる。いくつかの実施形態では、遠隔制御装置は、計算された優先度レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかに関するデータを他の遠隔制御装置に送信することによって、計算された優先度および安全ゾーンの少なくともいずれかを他の遠隔制御装置によって制御されるいくつかのUAVと共有することができる。

【0131】

いくつかの実施形態において、サーバ210によって実行される決定または計算のいくつかは、遠隔制御装置によって実行されてもよい。いくつかの実施形態では、UAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンの少なくともいずれかの計算は、1つまたは複数のUAV、1つまたは複数の遠隔制御装置およびサーバ210の少なくともいずれかに分散させることができる。計算の分配は、UAV、遠隔制御装置、およびサーバの少なくともいずれかの計算能力、通信に関する信号強度、通信の遅延などのリアルタイム監視に基づいてもよい。

【0132】

上述した複数の可動装置の動きを制御する方法の一連の手順は、プログラムに組み込んでコンピュータに読込ませて実行させてもよい。これにより、本発明にかかる複数の可動装置の動きを制御する方法を汎用のコンピュータを用いて実現することができる。

また、上述した複数の可動装置の動きを制御する方法の一連の手順をコンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読込ませて実行させてもよい。

コンピュータは、上述した可動装置、無人航空機遠、隔制御装置の内部または外部に設けられた、プロセッサおよびサーバの少なくともいずれかを含む。

【0133】

記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やリードオンリメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）などの固定型の記録媒体でもよいし、非一時的記憶媒体でもよい。また、上述したパターン計測方法の一連の手順を組込んだプログラムをインターネット等の通信回線（無線通信を含む）を介して頒布してもよい。さらに、上述したパターン計測方法の一連の手順を組込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、又は記録媒体に収納して頒布してもよい。

【0134】

本開示の実施形態は、同時に動く複数の可動装置（例えば、同じ空間を同時に飛ぶ複数のUAV）を有するシステムが遭遇する衝突回避の問題に取り組む。本開示によれば、UAVの優先順位レベルを決定することができる。より高い優先度レベルを有する可動装置

は、より低い優先度レベルを有する可動装置の前に、走行経路の潜在的な交差点を通過することを許可され得る。より低い優先順位レベルを有する可動装置は、より高い優先順位レベルを有する可動装置との衝突を回避するために衝突回避措置を自律的に講じることができる。例えば、より低い優先順位レベルを有する可動装置は、より高い優先順位レベルを有する可動装置との衝突を回避するために自身の速度を自律的に減少させることができる。したがって、移動経路に交差点があるとき、可動装置は衝突することなく交差点を規則正しく効率的に通過することができる。優先順位レベルは、UAVによって共有される情報に基づいて決定され得る。UAVによって共有される情報の量は、大きな通信帯域幅を占有しない可能性がある位置情報および特定のステータス情報を含み得る。さらに、計算はUAV、遠隔制御装置、および／または1つまたは複数のサーバに分散することが可能で、UAVの優先順位レベルおよび安全ゾーンを計算するための計算コストは効果的に制御され得る。したがって、開示されたシステムの通信圧力およびコストを低減することができる。開示された方法およびシステムは、多数のUAVなどの多数の可動装置の移動を同時にもしくは共同で、または、同時にかつ共同して制御するために効果的に適用することができる。

10

【0135】

以上、本開示の実施形態を本明細書に示し説明したが、そのような実施形態が例としてのみ提供されていることは当業者には明らかであろう。本開示から逸脱することなく、多数の変形、変更、および置換が今や当業者には思い浮かぶであろう。本明細書に記載されている本発明の実施形態に対する様々な代替形態が本開示を実施する際に使用され得ることを理解されたい。以下の特許請求の範囲が本発明の範囲を規定し、そしてこれらの特許請求の範囲の範囲内の方法および構造、並びにそれらの均等物がそれによって包含されることが意図される。

20

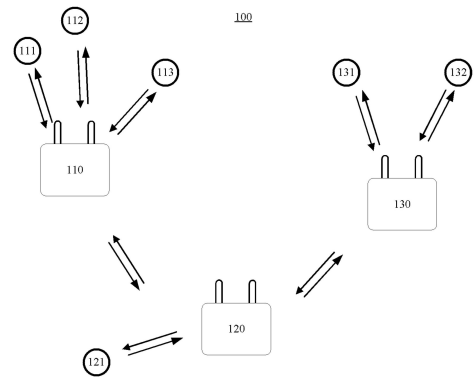
【符号の説明】

【0136】

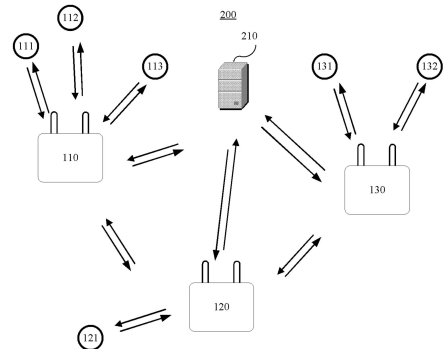
- 110、120、130
- 111～113、121、131～132、300 可動装置（UAV）
- 210 サーバ
- 310 推進システム
- 313 モータ
- 320 飛行制御装置
- 330 センサシステム
- 350、530、630 トランシーバ
- 410、510、610 メモリ
- 515 記憶装置
- 420、520、630 プロセッサ
- 600 リモコン装置または基地局515（リモコン装置）
- 801、802 水平面投影

30

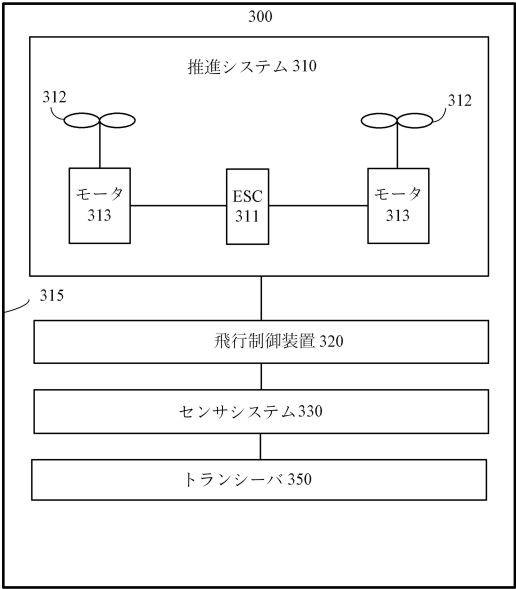
【図 1】



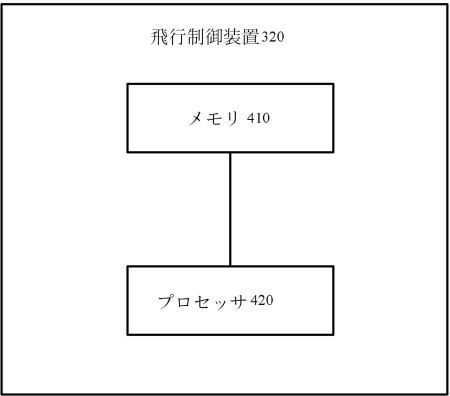
【図 2】



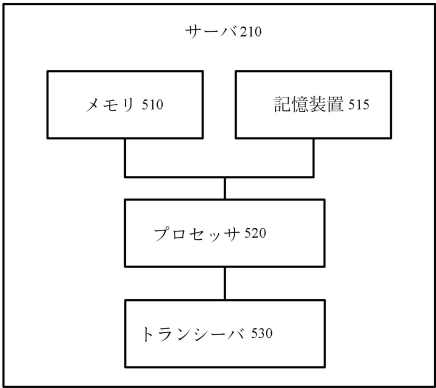
【図 3】



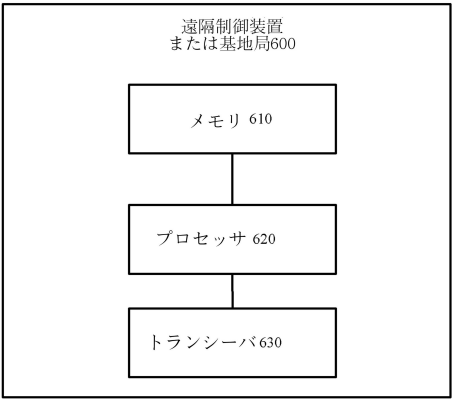
【図 4】



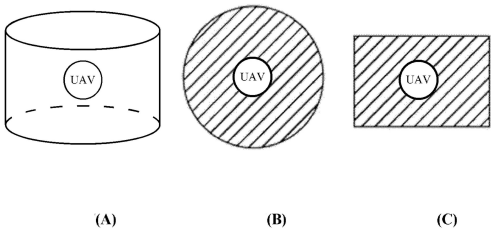
【図 5】



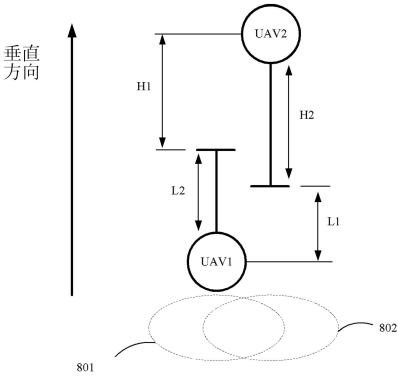
【図 6】



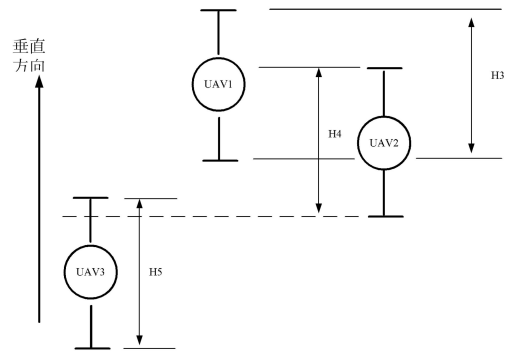
【図 7】



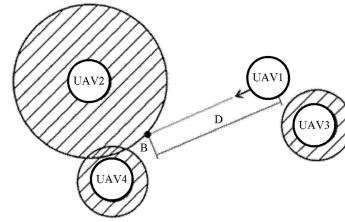
【図 8】



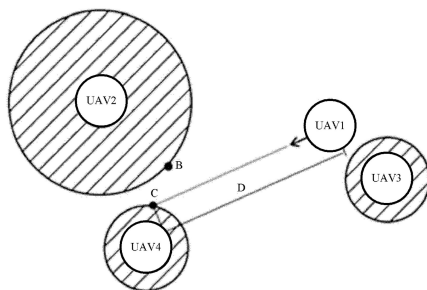
【図 9】



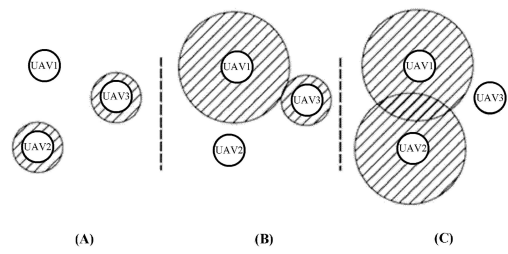
【図 10】



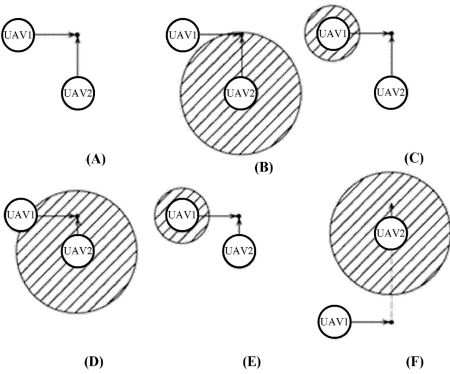
【図 11】



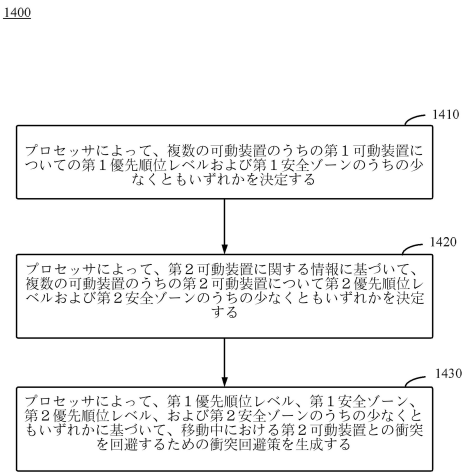
【図 12】



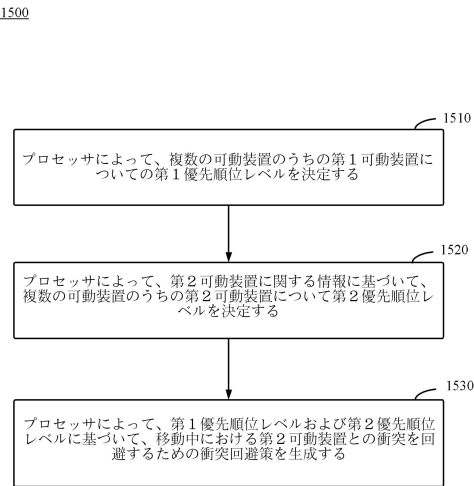
【図 1 3】



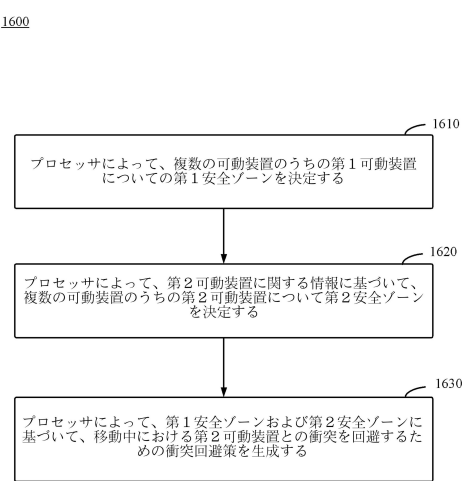
【図 1 4】



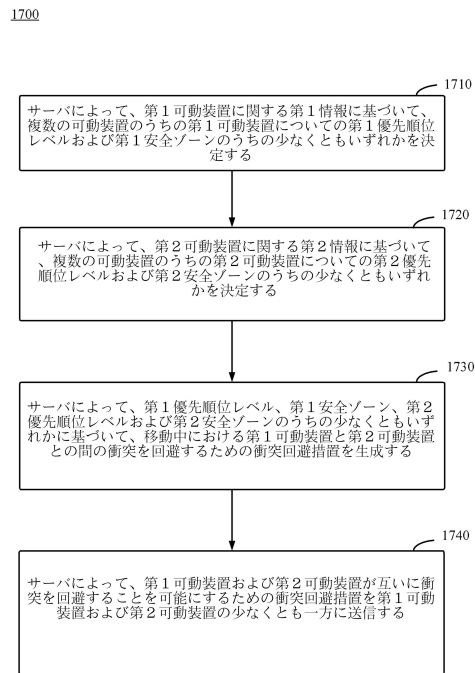
【図 1 5】



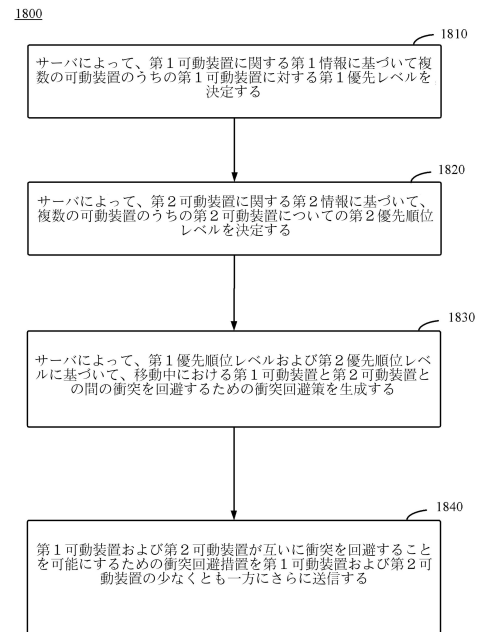
【図 1 6】



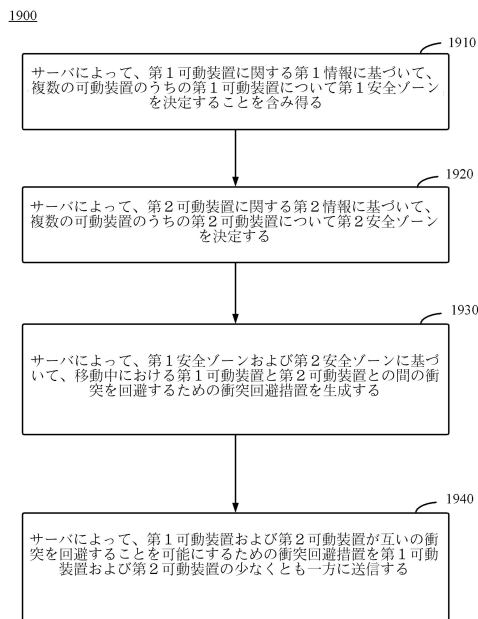
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(74)代理人 110002262

T R Y 国際特許業務法人

(72)発明者 譚 敏哲

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

(72)発明者 王 凱

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

(72)発明者 林 燦龍

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

審査官 杉山 悟史

(56)参考文献 国際公開第2018/058305 (WO, A1)

国際公開第2018/098775 (WO, A1)

特表2015-524111 (JP, A)

国際公開第2016/094849 (WO, A1)

国際公開第2016/154947 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 5 D 1 / 0 0 - 1 / 1 2

B 6 4 C 3 9 / 0 2

B 6 4 D 4 7 / 0 0