

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6943741号
(P6943741)

(45) 発行日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(24) 登録日 令和3年9月13日(2021.9.13)

| | | | |
|-------------------|------------------|------------|---|
| (51) Int. Cl. | F I | | |
| G05D 1/00 | (2006.01) | G05D 1/00 | Z |
| B64C 39/02 | (2006.01) | B64C 39/02 | |
| B64C 13/20 | (2006.01) | B64C 13/20 | Z |

請求項の数 20 (全 34 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2017-229708 (P2017-229708) | (73) 特許権者 | 513068816 |
| (22) 出願日 | 平成29年11月29日(2017.11.29) | | エスゼット ディージェイアイ テクノロ |
| (65) 公開番号 | 特開2019-101587 (P2019-101587A) | | ジー カンパニー リミテッド |
| (43) 公開日 | 令和1年6月24日(2019.6.24) | | SZ DJI TECHNOLOGY C |
| 審査請求日 | 令和1年11月11日(2019.11.11) | | O., LTD |
| | | | 中華人民共和国、518057 広東省深 |
| | | | ▲セン▼市南山区高新南区粤興一道9号香 |
| | | | 港科大深▲セン▼産学研大樓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】 情報処理装置、飛行制御指示方法、プログラム、及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置であって、
 処理部を備え、
 前記処理部は、
 複数の前記飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、前記飛行形状が配置される位置と、の情報を取得し、
 第1の時点での複数の前記飛行体の位置情報を取得し、
 前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを取得し、
 前記パラメータに基づいて、前記第1の時点に後続する第2の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示し、
 前記パラメータは、
 複数の前記飛行体を前記飛行形状の位置へ誘導するための第1のパラメータと、
 各飛行体が他の飛行体及び前記飛行形状の周端から離間するための第2のパラメータと、
 を含み、
 前記処理部は、
 前記第1のパラメータを取得し、
 前記第1の時点での複数の前記飛行体の位置及び前記飛行形状に基づいて、前記第2のパラメータを算出し、

10

20

前記第 1 のパラメータ及び前記第 2 のパラメータに基づいて、前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示する、
 情報処理装置。

【請求項 2】

前記処理部は、
 前記第 1 のパラメータ及び前記第 2 のパラメータに基づいて、前記第 2 の時点での前記飛行体の位置及び速度を算出し、
 前記飛行体の位置及び速度に基づいて、前記飛行体の飛行の制御を指示する、
 請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記処理部は、前記第 2 の時点での前記飛行体の位置及び速度を前記飛行体へ送信する、
 請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記処理部は、
 前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の実測位置及び実測速度を取得し、
 前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の実測位置を、前記第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置情報として設定する、
 請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記処理部は、
 前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の算出位置及び算出速度を取得し、
 前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の算出位置を、前記第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置情報として設定する、
 請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

前記処理部は、前記第 2 の時点での前記飛行体の位置及び速度の算出を複数回反復して、前記飛行体が飛行する飛行経路を生成し、
 前記飛行経路に基づいて、前記飛行体の飛行の制御を指示する、
 請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記処理部は、前記各飛行体の速度が閾値以下となるまで、前記第 1 のパラメータ及び前記第 2 のパラメータに基づく前記飛行体の位置及び速度の算出を継続する、
 請求項 2 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記処理部は、前記各飛行体と各飛行体以外の他の飛行体との距離と、前記他の飛行体との衝突を回避するための安全距離と、に基づいて、各飛行体の前記第 2 のパラメータを算出する、
 請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 9】

前記処理部は、前記各飛行体と前記飛行形状の周端との距離に基づいて、各飛行体の前記第 2 のパラメータを算出する、
 請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置における飛行制御指示方法であって、
 複数の前記飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、前記飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、
 第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置情報を取得するステップと、
 前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導する

10

20

30

40

50

ためのパラメータを取得するステップと、

前記パラメータに基づいて、前記第1の時点に後続する第2の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、

を有し、

前記パラメータは、

複数の前記飛行体を前記飛行形状の位置へ誘導するための第1のパラメータと、

各飛行体が他の飛行体及び前記飛行形状の周端から離間するための第2のパラメータと

、を含み、

前記パラメータを取得するステップは、

前記第1のパラメータを取得するステップと、

前記第1の時点での複数の前記飛行体の位置及び前記飛行形状に基づいて、前記第2のパラメータを算出するステップと、を含み、

前記飛行の制御を指示するステップは、前記第1のパラメータ及び前記第2のパラメータに基づいて、前記第2の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップを含む、

飛行制御指示方法。

【請求項11】

前記飛行の制御を指示するステップは、

前記第1のパラメータ及び前記第2のパラメータに基づいて、前記第2の時点での前記飛行体の位置及び速度を算出するステップと、

前記飛行体の位置及び速度に基づいて、前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を含む、

請求項10に記載の飛行制御指示方法。

【請求項12】

前記飛行の制御を指示するステップは、前記第2の時点での前記飛行体の位置及び速度を前記飛行体へ送信するステップ、を含む、

請求項11に記載の飛行制御指示方法。

【請求項13】

前記第2の時点での複数の前記飛行体の実測位置及び実測速度を取得するステップ、を更に含み、

前記飛行体の位置情報を取得するステップは、前記第2の時点での複数の前記飛行体の実測位置を、前記第1の時点での複数の前記飛行体の位置情報として設定するステップ、を含む、

請求項12に記載の飛行制御指示方法。

【請求項14】

前記第2の時点での複数の前記飛行体の算出位置及び算出速度を取得するステップ、を更に含み、

前記飛行体の位置情報を取得するステップは、前記第2の時点での複数の前記飛行体の算出位置を、前記第1の時点での複数の前記飛行体の位置情報として設定するステップ、を含む、

請求項11に記載の飛行制御指示方法。

【請求項15】

前記飛行の制御を指示するステップは、

前記第2の時点での前記飛行体の位置及び速度の算出を複数回反復して、前記飛行体が飛行する飛行経路を生成ステップと、

前記飛行経路に基づいて、前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を含む、

請求項11に記載の飛行制御指示方法。

【請求項16】

前記飛行の制御を指示するステップは、前記各飛行体の速度が閾値以下となるまで、前記第1のパラメータ及び前記第2のパラメータに基づく前記飛行体の位置及び速度の算出

10

20

30

40

50

を継続するステップ、を含む、

請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか 1 項に記載の飛行制御指示方法。

【請求項 1 7】

前記パラメータを取得するステップは、前記各飛行体と各飛行体以外の他の飛行体との距離と、前記他の飛行体との衝突を回避するための安全距離と、に基づいて、前記各飛行体の前記第 2 のパラメータを算出するステップ、を含む、

請求項 1 0 ~ 1 6 のいずれか 1 項に記載の飛行制御指示方法。

【請求項 1 8】

前記パラメータを取得するステップは、前記各飛行体と前記飛行形状の周端との距離に基づいて、前記各飛行体の前記第 2 のパラメータを算出するステップ、を含む、

10

請求項 1 0 ~ 1 7 のいずれか 1 項に記載の飛行制御指示方法。

【請求項 1 9】

複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置に、飛行制御指示方法の各ステップを実行させるためのプログラムであって、

前記飛行制御指示方法は、

複数の前記飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、前記飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、

第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置情報を取得するステップと、

前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを取得するステップと、

20

前記パラメータに基づいて、前記第 1 の時点に後続する第 2 の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、

を有し、

前記パラメータは、

複数の前記飛行体を前記飛行形状の位置へ誘導するための第 1 のパラメータと、

各飛行体が他の飛行体及び前記飛行形状の周端から離間するための第 2 のパラメータと
、を含み、

前記パラメータを取得するステップは、

前記第 1 のパラメータを取得するステップと、

前記第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置及び前記飛行形状に基づいて、前記第 2 の
パラメータを算出するステップと、を含み、

30

前記飛行の制御を指示するステップは、前記第 1 のパラメータ及び前記第 2 のパラメータに基づいて、前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップを含む、

プログラム。

【請求項 2 0】

複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置に、飛行制御指示方法の各ステップを実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、

前記飛行制御指示方法は、

複数の前記飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、前記飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、

40

第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置情報を取得するステップと、

前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを取得するステップと、

前記パラメータに基づいて、前記第 1 の時点に後続する第 2 の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、

を有し、

前記パラメータは、

複数の前記飛行体を前記飛行形状の位置へ誘導するための第 1 のパラメータと、

各飛行体が他の飛行体及び前記飛行形状の周端から離間するための第 2 のパラメータと

50

、を含み、

前記パラメータを取得するステップは、

前記第 1 のパラメータを取得するステップと、

前記第 1 の時点での複数の前記飛行体の位置及び前記飛行形状に基づいて、前記第 2 のパラメータを算出するステップと、を含み、

前記飛行の制御を指示するステップは、前記第 1 のパラメータ及び前記第 2 のパラメータに基づいて、前記第 2 の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップを含む、

記録媒体。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置、飛行制御指示方法、プログラム、及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、複数の無人航空機が 1 つのエリアで連携して飛行することが知られている。複数の無人航空機を連携して飛行させるために、例えば、予め設定された飛行プログラムの実行により、複数の無人航空機が連携して飛行可能である（特許文献 1 参照）。特許文献 1 では、複数の無人航空機としての複数の飛翔体が、地上局からの指令により空中の指定された位置に移動停止し、発光する。これにより、観測者は、星座などを疑似的に観測できる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2016 - 206443 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載された飛翔体は、事前に設定された飛行ルートや飛行位置に従って飛行可能であるが、事前に設定されていない飛行ルートや飛行位置を考慮して飛行することは困難である。例えば、特許文献 1 に記載されたシステムは、リアルタイムに複数の飛翔体が形成する飛行形状を指定できず、無人航空機の飛行時の自由度が低い。また、飛行ルートや飛行位置の設定のための作業が煩雑であり、難しい。

30

【0005】

また、操作装置（プロポ）を用いて無人航空機の飛行を撮像すると、リアルタイムに操縦者の意思を反映して無人航空機に対して飛行ルートや飛行位置を指示できる。しかし、複数の無人航空機を操縦するためには複数の操作装置が必要であり、複数の無人航空機を連携して操縦することは困難である。また、リアルタイムに複数の飛翔体が形成する飛行形状を指定することは困難である。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

一態様において、情報処理装置は、複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置であって、処理部を備え、処理部は、複数の飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、飛行形状が配置される位置と、の情報を取得し、第 1 の時点での複数の飛行体の位置情報を取得し、飛行形状が配置される位置における複数の飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを算出し、パラメータに基づいて、第 1 の時点に後続する第 2 の時点での複数の飛行体の飛行の制御を指示する。

【0007】

処理部は、パラメータとして、複数の飛行体を飛行形状の位置へ誘導するための第 1 の

50

パラメータを取得し、第1の時点での複数の飛行体の位置及び飛行形状に基づいて、各飛行体が他の飛行体及び飛行形状の周端から離間するための第2のパラメータを算出し、パラメータに基づいて、第2の時点での複数の飛行体の飛行の制御を指示してよい。

【0008】

処理部は、第1のパラメータ及び第2のパラメータに基づいて、第2の時点での飛行体の位置及び速度を算出し、飛行体の位置及び速度に基づいて、飛行体の飛行の制御を指示してよい。

【0009】

処理部は、第2の時点での飛行体の位置及び速度を飛行体へ送信してよい。

【0010】

処理部は、第2の時点での複数の飛行体の実測位置及び実測速度を取得し、第2の時点での複数の飛行体の実測位置を、第1の時点での複数の飛行体の位置情報として設定してよい。

【0011】

処理部は、第2の時点での複数の飛行体の算出位置及び算出速度を取得し、第2の時点での複数の飛行体の算出位置を、第1の時点での複数の飛行体の位置情報として設定してよい。

【0012】

処理部は、第2の時点での飛行体の位置及び速度の算出を複数回反復して、飛行体が飛行する飛行経路を生成し、飛行経路に基づいて、飛行体の飛行の制御を指示してよい。

【0013】

処理部は、各飛行体の速度が閾値以下となるまで、第1のパラメータ及び第2のパラメータに基づく飛行体の位置及び速度の算出を継続してよい。

【0014】

処理部は、各飛行体と各飛行体以外の他の飛行体との距離と、他の飛行体との衝突を回避するための安全距離と、に基づいて、各飛行体の第2のパラメータを算出してよい。

【0015】

処理部は、各飛行体と飛行形状の周端との距離に基づいて、各飛行体の第2のパラメータを算出してよい。

【0016】

一態様において、飛行制御指示方法は、複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置における飛行制御指示方法であって、複数の飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、第1の時点での複数の飛行体の位置情報を取得するステップと、飛行形状が配置される位置における複数の飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを算出するステップと、パラメータに基づいて、第1の時点に後続する第2の時点での複数の飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を有する。

【0017】

パラメータを算出するステップは、パラメータとして、複数の飛行体を飛行形状の位置へ誘導するための第1のパラメータを取得し、第1の時点での複数の飛行体の位置及び飛行形状に基づいて、各飛行体が他の飛行体及び飛行形状の周端から離間するための第2のパラメータを算出するステップを含んでよい。飛行の制御を指示するステップは、パラメータに基づいて、第2の時点での複数の飛行体の飛行の制御を指示するステップを含んでよい。

【0018】

飛行の制御を指示するステップは、第1のパラメータ及び第2のパラメータに基づいて、第2の時点での飛行体の位置及び速度を算出するステップと、飛行体の位置及び速度に基づいて、飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を含んでよい。

【0019】

飛行の制御を指示するステップは、第2の時点での飛行体の位置及び速度を飛行体へ送

10

20

30

40

50

信するステップ、を含んでよい。

【0020】

飛行制御指示方法は、第2の時点での複数の飛行体の実測位置及び実測速度を取得するステップ、を更に含んでよい。飛行体の位置情報を取得するステップは、第2の時点での複数の飛行体の実測位置を、第1の時点での複数の飛行体の位置情報として設定するステップ、を含む、

【0021】

飛行制御指示方法は、第2の時点での複数の飛行体の算出位置及び算出速度を取得するステップ、を更に含んでよい。飛行体の位置情報を取得するステップは、第2の時点での複数の飛行体の算出位置を、第1の時点での複数の飛行体の位置情報として設定するステップ、を含んでよい。

10

【0022】

飛行の制御を指示するステップは、第2の時点での飛行体の位置及び速度の算出を複数回反復して、飛行体が飛行する飛行経路を生成ステップと、飛行経路に基づいて、飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を含んでよい。

【0023】

飛行の制御を指示するステップは、各飛行体の速度が閾値以下となるまで、第1のパラメータ及び第2のパラメータに基づく飛行体の位置及び速度の算出を継続するステップ、を含んでよい。

【0024】

パラメータを算出するステップは、各飛行体と各飛行体以外の他の飛行体との距離と、他の飛行体との衝突を回避するための安全距離と、に基づいて、各飛行体の第2のパラメータを算出するステップ、を含んでよい。

20

【0025】

パラメータを算出するステップは、各飛行体と飛行形状の周端との距離に基づいて、各飛行体の第2のパラメータを算出するステップ、を含んでよい。

【0026】

一態様において、プログラムは、複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置に、複数の飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、第1の時点での複数の飛行体の位置情報を取得するステップと、前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを算出するステップと、前記パラメータに基づいて、前記第1の時点に後続する第2の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を実行させるためのプログラムである。

30

【0027】

一態様において、記録媒体は、複数の飛行体の飛行の制御を指示する情報処理装置に、複数の飛行体の飛行位置により形成するための飛行形状と、飛行形状が配置される位置と、の情報を取得するステップと、第1の時点での複数の飛行体の位置情報を取得するステップと、前記飛行形状が配置される位置における複数の前記飛行体のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータを算出するステップと、前記パラメータに基づいて、前記第1の時点に後続する第2の時点での複数の前記飛行体の飛行の制御を指示するステップと、を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体である。

40

【0028】

なお、上記の発明の概要は、本開示の特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】第1の実施形態における飛行体群制御システムの第1構成例を示す模式図

【図2】第1の実施形態における飛行体群制御システムの第2構成例を示す模式図

【図3】無人航空機の具体的な外観の一例を示す図

50

【図 4】無人航空機のハードウェア構成の一例を示すブロック図

【図 5】端末のハードウェア構成の一例を示すブロック図

【図 6】飛行中の複数の無人航空機の位置を示す図

【図 7】飛行シミュレーションにおいて、複数の無人航空機が無人航空機群として連携して飛行するためのターゲットの形状及び位置を示す図

【図 8】飛行シミュレーションにおいて、各無人航空機を目標位置に近づける引力を説明する図

【図 9】飛行シミュレーションにおいて、無人航空機の衝突を回避する斥力を説明する図

【図 10】無人航空機に作用する合力及び加速度の算出を説明するための図

【図 11】各無人航空機に作用する加速度を示す図

10

【図 12】図 11 の後の時点における各無人航空機に作用する加速度を示す図

【図 13】図 12 の後の時点における各無人航空機に作用する加速度を示す図

【図 14】図 13 の後の時点における、ターゲット内に収まった無人航空機群の各無人航空機の位置関係を示す図

【図 15】第 1 に実施形態における端末及び無人航空機の動作手順を示すシーケンス図

【図 16】S 4 等における飛行シミュレーションの動作手順の第 1 例を示すフローチャート

【図 17】第 1 の実施形態の変形例における端末及び無人航空機の動作手順の第 2 例を示すシーケンス図

【図 18】第 2 の実施形態における端末及び各無人航空機の動作手順の第 1 例を示すシーケンス図

20

【図 19】S 5 4 等における飛行シミュレーション動作手順の一例を示すフローチャート

【図 20】第 2 の実施形態の変形例における端末及び無人航空機の動作手順の第 2 例を示すシーケンス図

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、発明の実施形態を通じて本開示を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須とは限らない。

【0031】

30

特許請求の範囲、明細書、図面、及び要約書には、著作権による保護の対象となる事項が含まれる。著作権者は、これらの書類の何人による複製に対しても、特許庁のファイル又はレコードに表示される通りであれば異議を唱えない。ただし、それ以外の場合、一切の著作権を留保する。

【0032】

以下の実施形態では、飛行体として、無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）を例示する。無人航空機は、空中を移動する航空機を含む。本明細書に添付する図面では、無人航空機を「UAV」と表記する。また、情報処理装置として、無人航空機、端末及びPC（Personal Computer）を例示する。なお、情報処理装置は、無人航空機、端末やPC以外の装置、例えば送信機（プロポ（Proportional Controller））、その他の装置

40

でもよい。飛行制御指示方法は、情報処理装置の動作が規定されたものである。また、記録媒体は、プログラム（例えば情報処理装置に各種の処理を実行させるプログラム）が記録されたものである。

【0033】

（第 1 の実施形態）

図 1 は、第 1 の実施形態における飛行体群制御システム 10 の第 1 構成例を示す模式図である。飛行体群制御システム 10 は、無人航空機 100 及び端末 80 を備える。無人航空機 100 及び端末 80 は、相互に有線通信又は無線通信（例えば無線 LAN（Local Area Network））により通信可能である。図 1 では、端末 80 が端末（例えばスマートフォン、タブレット端末）であることを例示している。端末 80 は情報処理装置の一例である

50

【 0 0 3 4 】

なお、飛行体群制御システム 1 0 は、無人航空機 1 0 0、送信機、及び端末 8 0 を備えた構成であってよい。送信機を備える場合、送信機の前面に配置された左右の制御棒を使って、ユーザは、無人航空機の飛行の制御を指示可能である。また、この場合、無人航空機 1 0 0、送信機、及び端末 8 0 は、相互に有線通信又は無線通信により通信可能である。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、第 1 の実施形態における飛行体群制御システム 1 0 の第 2 構成例を示す模式図である。図 2 では、端末 8 0 が PC であることを例示している。図 1 及び図 2 のいずれであって、端末 8 0 が有する機能は同じでよい。

10

【 0 0 3 6 】

図 3 は、無人航空機 1 0 0 の具体的な外観の一例を示す図である。図 3 には、無人航空機 1 0 0 が移動方向 S T V 0 に飛行する場合の斜視図が示される。無人航空機 1 0 0 は飛行体の一例である。

【 0 0 3 7 】

図 3 に示すように、地面と平行であって移動方向 S T V 0 に沿う方向にロール軸 (x 軸参照) が定義されたとする。この場合、地面と平行であってロール軸に垂直な方向にピッチ軸 (y 軸参照) が定められ、更に、地面に垂直であってロール軸及びピッチ軸に垂直な方向にヨー軸 (z 軸参照) が定められる。

20

【 0 0 3 8 】

無人航空機 1 0 0 は、U A V 本体 1 0 2 と、ジンバル 2 0 0 と、撮像部 2 2 0 と、複数の撮像部 2 3 0 とを含む構成である。

【 0 0 3 9 】

U A V 本体 1 0 2 は、複数の回転翼 (プロペラ) を備える。U A V 本体 1 0 2 は、複数の回転翼の回転を制御することにより無人航空機 1 0 0 を飛行させる。U A V 本体 1 0 2 は、例えば 4 つの回転翼を用いて無人航空機 1 0 0 を飛行させる。回転翼の数は、4 つに限定されない。また、無人航空機 1 0 0 は、回転翼を有さない固定翼機でもよい。

【 0 0 4 0 】

撮像部 2 2 0 は、所望の撮像範囲に含まれる被写体 (例えば、空撮対象となる上空の様子、山や川等の景色、地上の建物) を撮像する撮像用のカメラである。

30

【 0 0 4 1 】

複数の撮像部 2 3 0 は、無人航空機 1 0 0 の飛行を制御するために無人航空機 1 0 0 の周囲を撮像するセンシング用のカメラである。2 つの撮像部 2 3 0 が、無人航空機 1 0 0 の機首である正面に設けられてよい。さらに、他の 2 つの撮像部 2 3 0 が、無人航空機 1 0 0 の底面に設けられてよい。正面側の 2 つの撮像部 2 3 0 はペアとなり、いわゆるステレオカメラとして機能してよい。底面側の 2 つの撮像部 2 3 0 もペアとなり、ステレオカメラとして機能してよい。複数の撮像部 2 3 0 により撮像された画像に基づいて、無人航空機 1 0 0 の周囲の 3 次元空間データが生成されてよい。なお、無人航空機 1 0 0 が備える撮像部 2 3 0 の数は 4 つに限定されない。無人航空機 1 0 0 は、少なくとも 1 つの撮像部 2 3 0 を備えていればよい。無人航空機 1 0 0 は、無人航空機 1 0 0 の機首、機尾、側面、底面、及び天井面のそれぞれに少なくとも 1 つの撮像部 2 3 0 を備えてよい。撮像部 2 3 0 で設定できる画角は、撮像部 2 2 0 で設定できる画角より広くてよい。撮像部 2 3 0 は、単焦点レンズ又は魚眼レンズを有してよい。

40

【 0 0 4 2 】

図 4 は、無人航空機 1 0 0 のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。無人航空機 1 0 0 は、U A V 制御部 1 1 0 と、通信インタフェース 1 5 0 と、メモリ 1 6 0 と、ストレージ 1 7 0 と、ジンバル 2 0 0 と、回転翼機構 2 1 0 と、撮像部 2 2 0 と、撮像部 2 3 0 と、GPS 受信機 2 4 0 と、慣性計測装置 (I M U : Inertial Measurement Unit) 2 5 0 と、磁気コンパス 2 6 0 と、気圧高度計 2 7 0 と、超音波センサ 2 8 0 と、レー

50

ザー測定器 290 と、を含む構成である。

【0043】

UAV制御部 110 は、例えばCPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit) 又はDSP (Digital Signal Processor) を用いて構成される。UAV制御部 110 は、無人航空機 100 の各部の動作を統括して制御するための信号処理、他の各部との間のデータの入出力処理、データの演算処理及びデータの記憶処理を行う。

【0044】

UAV制御部 110 は、メモリ 160 に格納されたプログラムに従って無人航空機 100 の飛行を制御する。UAV制御部 110 は、送信機や端末 80 による飛行の制御の指示に従って、飛行を制御してよい。UAV制御部 110 は、撮像部 220 又は撮像部 230 に画像を空撮させてよい。

10

【0045】

UAV制御部 110 は、無人航空機 100 の位置を示す位置情報を取得する。UAV制御部 110 は、GPS受信機 240 から、無人航空機 100 が存在する緯度、経度及び高度を示す位置情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、GPS受信機 240 から無人航空機 100 が存在する緯度及び経度を示す緯度経度情報、並びに気圧高度計 270 から無人航空機 100 が存在する高度を示す高度情報をそれぞれ位置情報として取得してよい。UAV制御部 110 は、超音波センサ 280 による超音波の放射点と超音波の反射点との距離を高度情報として取得してよい。

【0046】

UAV制御部 110 は、磁気コンパス 260 から無人航空機 100 の向きを示す向き情報を取得してよい。向き情報は、例えば無人航空機 100 の機首の向きに対応する方位で示されてよい。

20

【0047】

UAV制御部 110 は、撮像部 220 が撮像すべき撮像範囲を撮像する時に無人航空機 100 が存在すべき位置を示す位置情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、無人航空機 100 が存在すべき位置を示す位置情報をメモリ 160 から取得してよい。UAV制御部 110 は、無人航空機 100 が存在すべき位置を示す位置情報を、通信インタフェース 150 を介して他の装置から取得してよい。UAV制御部 110 は、3次元地図データベースを参照して、無人航空機 100 が存在可能な位置を特定して、その位置を無人航空機 100 が存在すべき位置を示す位置情報として取得してよい。

30

【0048】

UAV制御部 110 は、撮像部 220 及び撮像部 230 のそれぞれの撮像範囲を示す撮像範囲情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、撮像範囲を特定するためのパラメータとして、撮像部 220 及び撮像部 230 の画角を示す画角情報を撮像部 220 及び撮像部 230 から取得してよい。UAV制御部 110 は、撮像範囲を特定するためのパラメータとして、撮像部 220 及び撮像部 230 の撮像方向を示す情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、例えば撮像部 220 の撮像方向を示す情報として、ジンバル 200 から撮像部 220 の姿勢の状態を示す姿勢情報を取得してよい。撮像部 220 の姿勢情報は、ジンバル 200 のピッチ軸及びヨー軸の基準回転角度からの回転角度を示してよい。

40

【0049】

UAV制御部 110 は、撮像範囲を特定するためのパラメータとして、無人航空機 100 が存在する位置を示す位置情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、撮像部 220 及び撮像部 230 の画角及び撮像方向、並びに無人航空機 100 が存在する位置に基づいて、撮像部 220 が撮像する地理的な範囲を示す撮像範囲を画定し、撮像範囲情報を生成することで、撮像範囲情報を取得してよい。

【0050】

UAV制御部 110 は、メモリ 160 から撮像範囲情報を取得してよい。UAV制御部 110 は、通信インタフェース 150 を介して撮像範囲情報を取得してよい。

【0051】

50

UAV制御部110は、ジンバル200、回転翼機構210、撮像部220及び撮像部230を制御する。UAV制御部110は、撮像部220の撮像方向又は画角を変更することによって、撮像部220の撮像範囲を制御してよい。UAV制御部110は、ジンバル200の回転機構を制御することで、ジンバル200に支持されている撮像部220の撮像範囲を制御してよい。

【0052】

撮像範囲とは、撮像部220又は撮像部230により撮像される地理的な範囲をいう。撮像範囲は、緯度、経度、及び高度で定義される。撮像範囲は、緯度、経度、及び高度で定義される3次元空間データにおける範囲でよい。撮像範囲は、緯度及び経度で定義される2次元空間データにおける範囲でもよい。撮像範囲は、撮像部220又は撮像部230の画角及び撮像方向、並びに無人航空機100が存在する位置に基づいて特定されてよい。撮像部220及び撮像部230の撮像方向は、撮像部220及び撮像部230の撮像レンズが設けられた正面が向く方位と俯角とから定義されてよい。撮像部220の撮像方向は、無人航空機100の機首の方位と、ジンバル200に対する撮像部220の姿勢の状態とから特定される方向でよい。撮像部230の撮像方向は、無人航空機100の機首の方位と、撮像部230が設けられた位置とから特定される方向でよい。

10

【0053】

UAV制御部110は、複数の撮像部230により撮像された複数の画像を解析することで、無人航空機100の周囲の環境を特定してよい。UAV制御部110は、無人航空機100の周囲の環境に基づいて、例えば障害物を回避して飛行を制御してよい。

20

【0054】

UAV制御部110は、無人航空機100の周囲に存在するオブジェクトの立体形状(3次元形状)を示す立体情報(3次元情報)を取得してよい。オブジェクトは、例えば、建物、道路、車、木等の風景の一部でよい。立体情報は、例えば、3次元空間データである。UAV制御部110は、複数の撮像部230から得られたそれぞれの画像から、無人航空機100の周囲に存在するオブジェクトの立体形状を示す立体情報を生成することで、立体情報を取得してよい。UAV制御部110は、メモリ160又はストレージ170に格納された3次元地図データベースを参照することにより、無人航空機100の周囲に存在するオブジェクトの立体形状を示す立体情報を取得してよい。UAV制御部110は、ネットワーク上に存在するサーバが管理する3次元地図データベースを参照することで、無人航空機100の周囲に存在するオブジェクトの立体形状に関する立体情報を取得してよい。

30

【0055】

UAV制御部110は、回転翼機構210を制御することで、無人航空機100の飛行を制御する。つまり、UAV制御部110は、回転翼機構210を制御することにより、無人航空機100の緯度、経度、及び高度を含む位置を制御する。UAV制御部110は、無人航空機100の飛行を制御することにより、撮像部220の撮像範囲を制御してよい。UAV制御部110は、撮像部220が備えるズームレンズを制御することで、撮像部220の画角を制御してよい。UAV制御部110は、撮像部220のデジタルズーム機能を利用して、デジタルズームにより、撮像部220の画角を制御してよい。

40

【0056】

撮像部220が無人航空機100に固定され、撮像部220を動かさない場合、UAV制御部110は、特定の日に特定の位置に無人航空機100を移動させることにより、所望の環境下で所望の撮像範囲を撮像部220に撮像させてよい。あるいは撮像部220がズーム機能を有さず、撮像部220の画角を変更できない場合でも、UAV制御部110は、特定された日に、特定の位置に無人航空機100を移動させることで、所望の環境下で所望の撮像範囲を撮像部220に撮像させてよい。

【0057】

通信インタフェース150は、端末80と通信する。通信インタフェース150は、任意の無線通信方式により無線通信してよい。通信インタフェース150は、任意の有線通

50

信方式により有線通信してよい。通信インタフェース150は、空撮画像や空撮画像に関する付加情報(メタデータ)を、端末80に送信してよい。

【0058】

メモリ160は、UAV制御部110がジンバル200、回転翼機構210、撮像部220、撮像部230、GPS受信機240、慣性計測装置250、磁気コンパス260、気圧高度計270、超音波センサ280、及びレーザー測定器290を制御するのに必要なプログラム等を格納する。メモリ160は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体でよく、SRAM(Static Random Access Memory)、DRAM(Dynamic Random Access Memory)、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)、及びUSB(Universal Serial Bus)メモリ等のフラッシュメモリの少なくとも1つを含んでよい。メモリ160は、無人航空機100から取り外し可能であってよい。メモリ160は、作業用メモリとして動作してよい。

10

【0059】

ストレージ170は、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)、SDカード、USBメモリ、その他のストレージの少なくとも1つを含んでよい。ストレージ170は、各種情報、各種データを保持してよい。ストレージ170は、無人航空機100から取り外し可能であってよい。ストレージ170は、空撮画像を記録してよい。

【0060】

ジンバル200は、ヨー軸、ピッチ軸、及びロール軸を中心に撮像部220を回転可能に支持してよい。ジンバル200は、ヨー軸、ピッチ軸、及びロール軸の少なくとも1つを中心に撮像部220を回転させることで、撮像部220の撮像方向を変更してよい。

20

【0061】

回転翼機構210は、複数の回転翼と、複数の回転翼を回転させる複数の駆動モータと、を有する。回転翼機構210は、UAV制御部110により回転を制御されることにより、無人航空機100を飛行させる。回転翼211の数は、例えば4つでもよいし、その他の数でもよい。また、無人航空機100は、回転翼を有さない固定翼機でもよい。

【0062】

撮像部220は、所望の撮像範囲の被写体を撮像して撮像画像のデータを生成する。撮像部220の撮像により得られた画像データ(例えば空撮画像)は、撮像部220が有するメモリ、又はストレージ170に格納されてよい。

30

【0063】

撮像部230は、無人航空機100の周囲を撮像して撮像画像のデータを生成する。撮像部230の画像データは、ストレージ170に格納されてよい。

【0064】

GPS受信機240は、複数の航法衛星(つまり、GPS衛星)から発信された時刻及び各GPS衛星の位置(座標)を示す複数の信号を受信する。GPS受信機240は、受信された複数の信号に基づいて、GPS受信機240の位置(つまり、無人航空機100の位置)を算出する。GPS受信機240は、無人航空機100の位置情報をUAV制御部110に出力する。なお、GPS受信機240の位置情報の算出は、GPS受信機240の代わりにUAV制御部110により行われてよい。この場合、UAV制御部110には、GPS受信機240が受信した複数の信号に含まれる時刻及び各GPS衛星の位置を示す情報が入力される。

40

【0065】

慣性計測装置250は、無人航空機100の姿勢を検出し、検出結果をUAV制御部110に出力する。慣性計測装置250は、無人航空機100の姿勢として、無人航空機100の前後、左右、及び上下の3軸方向の加速度と、ピッチ軸、ロール軸、及びヨー軸の3軸方向の角速度とを検出してよい。

【0066】

磁気コンパス260は、無人航空機100の機首の方位を検出し、検出結果をUAV制

50

御部 110 に出力する。

【0067】

気圧高度計 270 は、無人航空機 100 が飛行する高度を検出し、検出結果を UAV 制御部 110 に出力する。

【0068】

超音波センサ 280 は、超音波を放射し、地面や物体により反射された超音波を検出し、検出結果を UAV 制御部 110 に出力する。検出結果は、無人航空機 100 から地面までの距離つまり高度を示してよい。検出結果は、無人航空機 100 から物体（被写体）までの距離を示してよい。

【0069】

レーザー測定器 290 は、物体にレーザー光を照射し、物体で反射された反射光を受光し、反射光により無人航空機 100 と物体（被写体）との間の距離を測定する。レーザー光による距離の測定方式は、一例として、タイムオブフライト方式でよい。

【0070】

図 5 は、端末 80 のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。端末 80 は、端末制御部 81、操作部 83、通信部 85、メモリ 87、表示部 88、及びストレージ 89 を備える。端末 80 は、複数の無人航空機 100 の飛行制御の指示を希望するユーザに所持され得る。

【0071】

端末制御部 81 は、例えば CPU、MPU 又は DSP を用いて構成される。端末制御部 81 は、端末 80 の各部の動作を統括して制御するための信号処理、他の各部との間のデータの入出力処理、データの演算処理及びデータの記憶処理を行う。

【0072】

端末制御部 81 は、通信部 85 を介して、無人航空機 100 からのデータ（例えば、各種計測データ、空撮画像データ）や情報（例えば、無人航空機 100 の位置情報、無人航空機同士が衝突する旨の情報）を取得してもよい。端末制御部 81 は、操作部 83 を介して入力されたデータや情報（例えば各種パラメータ）を取得してもよい。端末制御部 81 は、メモリ 87 に保持されたデータや情報を取得してもよい。端末制御部 81 は、通信部 85 を介して、無人航空機 100 へ、データや情報（例えば無人航空機の位置、速度、飛行経路の情報）を送信させてもよい。端末制御部 81 は、データや情報を表示部 88 に送り、このデータや情報に基づく表示情報を表示部 88 に表示させてもよい。

【0073】

端末制御部 81 は、複数の無人航空機 100（無人航空機群 100G とも称する）の飛行制御を指示するためのアプリケーションを実行してもよい。端末制御部 81 は、アプリケーションで用いられる各種のデータを生成してもよい。

【0074】

操作部 83 は、端末 80 のユーザにより入力されるデータや情報を受け付けて取得する。操作部 83 は、ボタン、キー、タッチスクリーン、マイクロホン、等の入力装置を含んでもよい。ここでは、主に、操作部 83 と表示部 88 とがタッチパネルにより構成されることを例示する。この場合、操作部 83 は、タッチ操作、タップ操作、ドラック操作等を受付可能である。操作部 83 は、各種パラメータの情報を受け付けてもよい。操作部 83 により入力された情報は、無人航空機 100 へ送信されてもよい。

【0075】

通信部 85 は、各種の無線通信方式により、無人航空機 100 との間で無線通信する。この無線通信の無線通信方式は、例えば、無線 LAN、Bluetooth（登録商標）、又は公衆無線回線を介した通信を含んでよい。通信部 85 は、任意の有線通信方式により有線通信してよい。

【0076】

メモリ 87 は、例えば端末 80 の動作を規定するプログラムや設定値のデータが格納された ROM と、端末制御部 81 の処理時に使用される各種の情報やデータを一時的に保存

10

20

30

40

50

するRAMを有してもよい。メモリ87は、ROM及びRAM以外のメモリが含まれてよい。メモリ87は、端末80の内部に設けられてよい。メモリ87は、端末80から取り外し可能に設けられてよい。プログラムは、アプリケーションプログラムを含んでよい。

表示部88は、例えばLCD(Liquid Crystal Display)を用いて構成され、端末制御部81から出力された各種の情報やデータを表示する。表示部88は、アプリケーションの実行に係る各種データや情報を表示してもよい。

【0077】

ストレージ89は、各種データ、情報を蓄積し、保持する。ストレージ89は、HDD、SSD、SDカード、USBメモリ、等でよい。ストレージ89は、端末80の内部に設けられてもよい。ストレージ89は、端末80から取り外し可能に設けられてもよい。ストレージ89は、無人航空機100から取得された空撮画像や付加情報を保持してよい。付加情報は、メモリ87に保持されてよい。

10

【0078】

次に、複数の無人航空機100を含む無人航空機群100Gの飛行制御の指示に関する機能について説明する。ここでは、端末80の端末制御部81が無人航空機群100Gの飛行制御の指示に関する機能を有することを主に説明するが、無人航空機100が無人航空機群100Gの飛行制御の指示に関する機能を有してよい。端末制御部81は、処理部の一例である。端末制御部81は、無人航空機群100Gの飛行制御の指示に関する処理を行う。

【0079】

20

飛行制御の対象となる無人航空機群100Gは、互いに連携して飛行する複数の無人航空機100であってもよいし、連携することなくある空間に群がって飛行する複数の無人航空機100であってもよく、特に限定されない。

【0080】

端末制御部81は、無人航空機100の飛行パラメータを取得する。端末制御部81は、通信部85を介して無人航空機100の飛行パラメータを取得してよい。飛行パラメータは、無人航空機100の位置、速度、加速度を含んでよい。端末制御部81は、無人航空機100の位置を、例えばGPS受信機240や超音波センサ280を介して取得してよい。端末制御部81は、無人航空機100の加速度を、慣性計測装置250を介して取得してよい。端末制御部81は、無人航空機100の速度を、無人航空機100の位置を微分した微分値を基に取得してよいし、無人航空機100の加速度を積分した積分値を基に取得してよい。

30

【0081】

端末制御部81は、無人航空機群100Gの飛行位置により形成するための飛行形状を取得する。無人航空機群100Gにおける複数の無人航空機100は、取得された飛行形状となるように、飛行制御することになる。つまり、無人航空機群100Gがこの飛行形状を形成することを目標として飛行することから、この取得された飛行形状をターゲット形状とも称する。端末制御部81は、メモリ87に保持されたターゲット形状の情報を取得してよい。端末制御部81は、通信部85を介して外部装置からターゲット形状の情報を取得してよい。

40

【0082】

端末制御部81は、操作部83を介してユーザ操作を受け、ターゲット形状を生成してよい。つまり、端末80は、ユーザ操作を基にターゲット形状を生成することで、ユーザ所望のターゲット形状を新たに生成できる。この場合、端末制御部81は、取得された各無人航空機100の位置を表示部88に表示させてよい。端末制御部81は、操作部83を介してユーザ操作を受け、表示部88に表示された無人航空機群100Gの数及び位置を考慮して、ターゲット形状を生成することで、ターゲット形状を取得してよい。例えば、操作部83を介して、ユーザが無人航空機群100Gを表示するタッチパネルに対し所定の形状を描くようにユーザ入力することで、ターゲット形状が生成されてよい。

【0083】

50

ターゲット形状は、平面的（二次元）に設定されてもよいし、立体的（三次元）に設定されてもよい。立体的に設定される場合、ターゲット形状は、三角形、四角形等の多角形、円形、楕円形、等の形状であってもよい。立体的に設定される場合、ターゲット形状は、三角錐、四角錐等の多角錐、三角柱や四角柱等の多角柱、円錐、円柱、楕円体、球等の形状であってもよい。

【 0 0 8 4 】

端末制御部 8 1 は、ターゲット形状が配置される位置を取得する。無人航空機群 1 0 0 G における複数の無人航空機 1 0 0 は、取得された位置においてターゲット形状となるように、飛行制御することになる。つまり、無人航空機群 1 0 0 G がこの位置を目標として飛行することから、この取得された位置をターゲット位置とも称する。端末制御部 8 1 は、メモリ 8 7 に保持されたターゲット位置の情報を取得してよい。端末制御部 8 1 は、通信部 8 5 を介して外部装置からターゲット位置の情報を取得してよい。端末制御部 8 1 は、操作部 8 3 を介してユーザ操作を受け、ターゲット位置を生成してよい。つまり、端末 8 0 は、ユーザ操作を基にターゲット位置を決定することで、ユーザ所望のターゲット位置を新たに生成できる。ターゲット位置は、ターゲット形状全体の位置でもよいし、ターゲット形状の内部の任意の位置でもよい。ターゲット形状は、ターゲット形状における何らかの基準点、頂点、中心点、重心点、ターゲット形状の外縁、周端となる端辺の任意の点でよい。

【 0 0 8 5 】

端末制御部 8 1 は、安全距離 r_s を取得してよい。安全距離 r_s は、例えば、他の無人航空機 1 0 0 との衝突を回避するための距離でよい。端末制御部 8 1 は、メモリ 8 7 に保持された安全距離 r_s の情報を取得してよい。端末制御部 8 1 は、通信部 8 5 を介して外部装置から安全距離 r_s の情報を取得してよい。端末制御部 8 1 は、操作部 8 3 を介してユーザ操作を受け、安全距離 r_s を生成してよい。つまり、端末 8 0 は、ユーザ操作を基に安全距離 r_s を決定することで、ユーザ所望の安全距離 r_s を生成できる。

【 0 0 8 6 】

図 6 は、例えば飛行中の複数の無人航空機 1 0 0 の位置を示す図である。図中、各無人航空機 1 0 0 の位置を中心とする球面（3次元空間において等距離にある点の集合面）は、他の無人航空機 1 0 0 との衝突を回避するための安全距離 r_s の範囲を表す安全圏 s_r を示す。小型の無人航空機 1 0 0 の場合、安全距離 r_s は短く、大型の無人航空機の場合、安全距離 r_s は長く設定されてよい。安全距離として、例えば 2 ~ 3 m が挙げられる。なお、安全距離 r_s は、無人航空機 1 0 0 のサイズに応じて可変でよい。

【 0 0 8 7 】

安全距離 r_s は、無人航空機 1 0 0 を中心とする周囲において等距離に設定されることを例示したが、無人航空機 1 0 0 の飛行方向に応じて異なるように設定されてもよい。例えば、無人航空機 1 0 0 の進行方向に対しては安全距離 r_s が長く設定され、その反対方向に対しては安全距離 r_s を短く設定されてもよい。

【 0 0 8 8 】

安全距離 r_s は、無人航空機 1 0 0 の速度に応じて異なるように設定されてもよい。例えば、無人航空機の速度が速い場合、安全距離 r_s が長く設定され、無人航空機の速度が遅い場合、安全距離 r_s が短く設定されてもよい。

【 0 0 8 9 】

安全距離 r_s は、無人航空機 1 0 0 の機種によって異なるように設定されてもよい。例えば、最高速度の遅い、サイズが小さい、小回りが利く等の仕様を有する無人航空機 1 0 0 の安全距離 r_s が短く設定され、最高速度の速い、サイズが大きい、小回りが利かない等の仕様を有する安全距離 r_s が長く設定されてもよい。

【 0 0 9 0 】

図 7 は、飛行シミュレーションにおいて、複数の無人航空機 1 0 0 が無人航空機群 1 0 0 G として連携して飛行するためのターゲット T G の形状（ターゲット形状）及びターゲット T G の位置（ターゲット位置）を示す図である。図 7 では、ターゲット T G は、無人

10

20

30

40

50

航空機群 100G に含まれる複数の無人航空機 100 を全て収容可能な大きさを有し、ターゲット形状は、三角形である。この三角形は、鉛直方向（重力方向）に設定されてもよいし、重力方向に対して垂直な水平方向あるいは所定の角度方向に設定されてもよい。ここでは、ターゲット TG の形状は、端末 80 を所持するユーザが視覚的に分かり易い飛行隊形となるように、重力方向（図 7 の上下方向）に設定された三角形であるとする。

【 0091 】

また、ターゲット位置は、無人航空機群 100G が飛行する方向（進行方向）に設定される。ターゲット TG の位置は、固定された位置に設定されてもよいし、無人航空機群 100G が飛行する位置に応じて、その進行方向に連動するように可変した位置に設定されてもよい。例えば、ターゲット TG は、無人航空機群 100G から進行方向 200m 先の位置に設定される場合、無人航空機群 100G がこの 200m 先の位置に設定されたターゲット TG に近づくと、次のターゲット TG が進行方向 50m 先の位置に設定されてもよい。

10

【 0092 】

無人航空機群 100G がターゲット TG の内側に全て収容されると、端末制御部 81 は、無人航空機群 100G の飛行形状（隊形）を確定し、無人航空機群 100G がターゲット TG に向かうための飛行制御の指示を終了させてもよい。無人航空機群 100G の飛行形状が崩れた場合には、端末制御部 81 は、再度、この飛行制御の指示を再開してもよい。

【 0093 】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G をターゲット位置においてターゲット形状となるように、飛行シミュレーションを行い、無人航空機群 100G の飛行を制御するための飛行制御情報を生成する。飛行シミュレーションは、例えば、無人航空機群 100G に作用させる引力 F_a 、無人航空機群 100G に作用させる斥力 F_r 、無人航空機群 100G が飛行する際の加速度、速度、位置の算出を含んでよい。引力 F_a 及び斥力 F_r は、各無人航空機 100 に加速度が与え、つまり無人航空機 100 が飛行するための動力を与える。引力 F_a 及び斥力 F_r は、ターゲット位置における複数の無人航空機 100 のそれぞれの位置へ誘導するためのパラメータの一例である。引力 F_a は、第 1 のパラメータの一例である。斥力 F_r は、第 2 のパラメータの一例である。

20

【 0094 】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G をターゲット位置へ誘導するための引力 F_a を取得してよい。端末制御部 81 は、複数の無人航空機 100 のそれぞれの引力 F_a を取得してよい。端末制御部 81 は、操作部 83 を介してユーザ操作を受け、引力 F_a の値を取得してよい。

30

【 0095 】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G がターゲット形状を保つための斥力 F_r を算出してよい。この場合、端末制御部 81 は、無人航空機群 100G に含まれる各無人航空機 100 が他の無人航空機 100 から離間するための斥力 F_{r1} を加味した斥力 F_r を算出してよい。端末制御部 81 は、ターゲット形状の端辺から離間するための斥力 F_{r2} を加味した斥力 F_r を算出してよい。例えば、ターゲット形状の外縁となる端辺から力を受けるように、斥力 F_r を算出してよい。端末制御部 81 は、斥力 F_{r1} 、 F_{r2} を合成して斥力 F_r を算出してよい。端末制御部 81 は、複数の無人航空機 100 のそれぞれの斥力 F_r を算出してよい。

40

【 0096 】

図 8 は、飛行シミュレーションにおいて、各無人航空機 100 をターゲット位置に近づけるための引力 F_a を説明する図である。端末 80 は、飛行シミュレーションにおいて、各無人航空機 100 に作用する引力 F_a を決定する。引力 F_a の決定例を以下に第 1 例及び第 2 例を示す。

【 0097 】

第 1 例では、端末制御部 81 は、ターゲット TG の重心 GP の位置を、ターゲット位置

50

として決定する。この場合、各無人航空機 100 に作用する引力 F_a は、それぞれ各無人航空機 100 からターゲット T G の重心 G P に向かう力であり、ベクトルで表される。ターゲット位置が重心 G P に決定された場合、ターゲット形状内に収容される無人航空機群 100 G をバランス良く配置可能である。

【0098】

第2例では、端末制御部 81 は、各無人航空機 100 から最も遠い位置である、ターゲット T G の先端 t p の位置を、ターゲット位置として決定する。この場合、各無人航空機 100 に作用する引力 F_a は、それぞれ各無人航空機 100 からターゲット T G の先端 t p に向かうベクトル力で表される。ターゲット位置が先端 t p に決定された場合、無人航空機群 100 G がターゲット T G に収容されると、ターゲット T G の先端 t p 側に多くの無人航空機 100 が集まり易くなる。よって、端末 80 は、例えば無人航空機群 100 G を観察する者に対し、無人航空機群 100 G が突き進んでいくような飛行イメージを与えることができる。

10

【0099】

なお、無人航空機群 100 G に含まれる複数の無人航空機 100 がターゲット T G の内側に入った場合、無人航空機 100 の位置によっては、先端 t p が各無人航空機 100 から最も遠い位置とは限らない。したがって、複数の無人航空機 100 がターゲット T G の外側にいる場合に限り、先端 t p が複数の無人航空機 100 のターゲット位置として決定されてもよい。また、ターゲット位置がターゲット T G の先端 t p の位置とされた場合において、複数の無人航空機 100 が飛行を継続することでターゲット T G の内側に入った場合でも、ターゲット位置が変わることなく、ターゲット T G の先端 t p の位置に固定されてもよい。

20

【0100】

例えば、端末制御部 81 は、操作部 83 を介してユーザ操作を受け、引力 F_a の値を任意に決定してよい。例えば、端末制御部 81 は、操作部 83 を介して、引力 F_a を 3 N (ニュートン) に決定できる。引力 F_a は、複数の無人航空機 100 に対し、同一の値に決定されてよい。なお、引力 F_a は、無人航空機 100 毎に異なる値に決定されてもよい。例えば、引力 F_a は、無人航空機 100 の位置関係に応じて、無人航空機 100 毎に異なる値に設定されてもよい。引力 F_a が設定されることで、各無人航空機 100 には、ターゲット位置に向かう力が作用する。

30

【0101】

図9は、飛行シミュレーションにおいて、無人航空機 100 の衝突を回避するための斥力 F_r を説明する図である。端末 80 は、飛行シミュレーションにおいて、各無人航空機 100 に作用する斥力 F_r を決定する。斥力 F_r は、斥力 F_{r1} 及び斥力 F_{r2} を含んでよい。斥力 F_r は、斥力 F_{r1} 及び斥力 F_{r2} が合成(ベクトル合成)された力であり、

【0102】

斥力 F_{r1} は、無人航空機 100 が近傍の無人航空機 100 との衝突を回避するために、無人航空機 100 に働く力であり、ベクトルで表される。図9では、位置 p に位置する無人航空機 100 が近傍の無人航空機 100 との衝突を回避するために、端末制御部 81 は、斥力 F_{r1} (F_{r11} , F_{r12} , F_{r13}) を発生させる。なお、斥力 F_{r1} は、自機としての無人航空機 100 が他機としての他の無人航空機 100 から受ける力であり、自機としての無人航空機 100 が他機に及ぼす押す力とは、方向が 180 度異なる(逆方向となる)。斥力 F_{r1} により、自機と他機との衝突が回避される。

40

【0103】

端末制御部 81 は、位置 p に位置する無人航空機 100 が近傍の無人航空機 100 から受ける斥力 F_{r1} を、式(1)に従って算出してよい。

【0104】

【数 1】

$$\vec{Fr1} = \sum_{n \in \text{nearby}} \frac{\vec{1}}{(d1n - rs)^2} \dots\dots (1)$$

【0105】

式(1)において、 $d1n$ は、注目の(任意の)無人航空機100と他の無人航空機100との間の距離を表す。 rs は、前述した安全距離である。 n は、近傍の無人航空機100の数(nearby)内の変数である。近傍の無人航空機100は、注目の無人航空機100に対し、周囲に位置する複数の無人航空機100であり、無人航空機群100Gに含まれる複数の無人航空機100の全体又は一部でよい。図9では、近傍の無人航空機100は6つでよい。

10

【0106】

式(1)では、無人航空機100が安全距離 rs に近づく程、大きな斥力 $Fr1$ が発生する。そのため、注目の無人航空機100が、近傍の無人航空機100との衝突を避けることができる。

【0107】

このように、端末制御部81は、各無人航空機100について、無人航空機100とこの無人航空機100以外の他の無人航空機100との間の距離 $d1n$ と、他の無人航空機100への衝突を回避するための安全距離 rs と、に基づいて、無人航空機100の斥力 $Fr1$ を算出してよい。これにより、端末80は、無人航空機100間の距離とともに安全距離 rs を考慮して無人航空機100間の距離を安全に確保できる。したがって、端末80は、無人航空機群100GがターゲットTGを実現するために無人航空機100同士が衝突する事態を抑制できる。

20

【0108】

斥力 $Fr2$ は、ターゲットTGの端辺(周端、壁とも称する)から離間するために、無人航空機100に働く力であり、ベクトルで表される。斥力 $Fr2$ は、無人航空機群100Gの少なくとも一部がターゲットTGの内側に入った場合に存在するとされてよい。斥力 $Fr2$ は、無人航空機群100GがターゲットTGの外側に位置する場合には、存在しないとされてもよい。

30

【0109】

端末制御部81は、無人航空機100がターゲットTGの端辺から受ける斥力 $Fr2$ を、式(2)に従って算出してよい。

【0110】

【数 2】

$$\vec{Fr2} = \sum_{n=0}^2 \frac{\vec{1}}{(d2n - rs)^2} \dots\dots (2)$$

【0111】

式(2)において、 $d2n$ は、無人航空機100とターゲットTGの端辺との間の距離を表す。 rs は、式(1)と同様、安全距離である。 n は、三角形の辺の数(値3)内の変数である。なお、ターゲット形状が三角形でない場合、 n の値は変化する。

40

【0112】

式(2)では、無人航空機100がターゲットTGの端辺に近づく程、大きな斥力 $Fr2$ が発生し、ターゲットTGの端辺との衝突を避けるように、つまり無人航空機群100Gを形成する一番外側の無人航空機100がターゲットTGの内側に位置し続けるように、作用する。

【0113】

このように、端末制御部81は、各無人航空機100とターゲットTGの端辺との間の

50

距離 d_{2n} に基づいて、各無人航空機 100 の斥力 F_{r2} を算出してよい。これにより、端末 80 は、例えば無人航空機 100 がターゲット TG に入った場合、無人航空機 100 の周囲に存在するターゲット TG の端辺からの距離を確保できる。したがって、端末 80 は、複数の無人航空機 100 がターゲット TG の形状に対して過度に小さくなったり大きくなったりすることを抑制でき、適正に無人航空機群 100 G の飛行隊形を維持できる。

【0114】

端末制御部 81 は、引力 F_a 及び斥力 F_r に基づいて、無人航空機群 100 G の飛行の制御を指示する。この場合、端末制御部 81 は、引力 F_a 及び斥力 F_r に基づいて、飛行制御情報を生成する。飛行制御情報は、無人航空機群 100 G が飛行する際の飛行位置や飛行速度を指示するための情報でよい。

10

【0115】

端末制御部 81 は、引力 F_a 及び斥力 f_r を合成（ベクトル合成）し、合力 F_w を算出してよい。端末制御部 81 は、合力 f_s を基に、第 1 の時点の一例としての時刻 t_1 での加速度、時刻 t_1 に後続する第 2 の時点の一例としての時刻 t_2 （例えば時刻 t_1 の微小時間後の時点）の速度及び位置を算出してよい。

【0116】

図 10 は、無人航空機 100 に作用する合力 F_w 及び加速度 A_n の算出を説明するための図である。

【0117】

端末制御部 81 は、引力 F_a のベクトル（ F_a ベクトル）及び斥力 F_r のベクトル（ F_r ベクトル）を合成し、合力 F_w のベクトル（ F_w ベクトル）（ $= F_a$ ベクトル + F_r ベクトル）を得る。端末制御部 81 は、式（3）に従って、合力 F_w を無人航空機 100 の質量 M_n で除することで、加速度 A_n のベクトル（ A_n ベクトル）を算出する。 A_n 、 M_n の「 n 」は、個々の無人航空機 100 を表す変数である。

20

【0118】

【数 3】

$$\vec{A}_n = \frac{\vec{F}_r + \vec{F}_a}{M_n} \quad \dots\dots (3)$$

30

【0119】

端末制御部 81 は、算出された時刻 t_1 での加速度 A_n のベクトルを基に、式（4）に従って、時刻 t_2 における無人航空機 100 の速度 V_n のベクトルを算出してよい。時刻 t_2 は、例えば、加速度 A_n を算出する周期（例えば、0.1 秒）に相当してよい。速度 V_n は、飛行シミュレーションを基に無人航空機 100 が飛行する際の飛行速度の予定値であり、飛行制御情報の一例である。

【0120】

【数 4】

$$\vec{V}_n = \vec{V}_{n-1} + \vec{A}_n \cdot \Delta t \quad \dots\dots (4)$$

40

【0121】

端末制御部 81 は、算出された速度 V_n のベクトルを基に、式（5）に従って、時刻 t_2 における無人航空機 100 の位置 P_n を算出してよい。位置 P_n は、飛行シミュレーションを基に無人航空機 100 が飛行する際の飛行位置の予定値であり、飛行制御情報の一例である。

【0122】

【数5】

$$P_n = P_{n-1} + \overset{\rightarrow}{V_n} \cdot \Delta t \quad \dots\dots (5)$$

【0123】

このように、端末制御部81は、引力 F_a 及び斥力 F_r に基づいて、次の時点 t （時刻 t_1 の t 後の時刻 t_2 ）における無人航空機100の位置 P_n 及び速度 V_n を算出してよい。したがって、端末80は、飛行シミュレーションによって無人航空機100の位置 P_n 及び速度 V_n の予定値を得ることができる。無人航空機100は、端末80からこの無人航空機100の位置 P_n 及び速度 V_n の予定値を得て、飛行制御することにより、
10 実空間において、飛行シミュレーションにより得られた速度で飛行し、飛行シミュレーションにより得られた位置に飛行できる。飛行シミュレーションにより得られる時刻 t_2 の位置は、無人航空機100毎に異なる。よって、無人航空機100は、他の無人航空機100と衝突することなく、また、ターゲットTGの端辺と衝突することなく、目標位置に向かって飛行できる。

【0124】

図11は、無人航空機群100Gに含まれる各無人航空機100に作用する加速度 A_n を示す図である。端末制御部81は、無人航空機群100Gの各無人航空機100が、それぞれ合力 F_w に応じた加速度 A_n で加速し、ターゲット位置に向かって飛行させるよう、無人航空機100毎に飛行制御情報を生成する。図11に示す時点（例えば時刻 t_1 ）
20 では、位置 p_0 に位置する無人航空機100の安全圏 s_r と、位置 p_1 , p_2 に位置する無人航空機100の安全圏 s_r とが一部重複している。この場合、無人航空機100同士の衝突を避けるために、例えば位置 p_0 に位置する無人航空機100には、位置 p_1 , p_2 に位置する無人航空機100から斥力 F_r1 が働く。位置 p_0 に位置する無人航空機100には、引力 F_a も働く。この結果、位置 p_0 に位置する無人航空機100に対し、図11の矢印で示す方向に向かう加速度 A_n が発生する。他の無人航空機100についても同様に、引力 F_a 及び斥力 F_r が作用し、合力 F_w に基づく加速度 A_n が作用する。

【0125】

図12は、図11の時点から時間が経過した時点（例えば時刻 t_2 ）において、無人航空機群100Gに含まれる各無人航空機100に作用する加速度 A_n を示す図である。図
30 12に示す時点では、図11の時点と比較すると、安全圏 s_r 同士が重複することなく、ターゲットTGに近づくように、飛行制御情報を生成する。したがって、各無人航空機100は、安全圏 s_r 同士が重複することなく、ターゲットTGに向かって飛行可能となる。

【0126】

図13は、図12の時点から時間が経過し、無人航空機群100Gに含まれる各無人航空機100に作用する加速度 A_n を示す図である。図13に示す時点では、図12の時点と比較すると、ターゲットTGに無人航空機群100Gの一部の無人航空機100が進入している。端末制御部81は、無人航空機群100Gの一部の無人航空機100がターゲットTGに進入すると、ターゲットTGの端辺から斥力 F_r2 を受け、各無人航空機10
40 がターゲットTG内に留まるように、飛行制御情報を生成する。したがって、各無人航空機100は、各無人航空機100がターゲットTG内に留まって飛行可能である。

【0127】

図14は、図12の時点から時間が経過し、ターゲットTG内に収まった無人航空機群100Gの各無人航空機100の位置関係を示す図である。図14では、無人航空機群100Gに含まれる全ての無人航空機100がターゲットTGの内側に収まっている。図14では、一部の無人航空機100の安全圏 s_r が重複している。無人航空機群100GがターゲットTGの内側に収容された場合、無人航空機群100GがターゲットTGに向かう飛行制御が終了してよい。つまり、端末制御部81は、無人航空機群100GがターゲットTGの内側に収容された場合、飛行シミュレーションを終了し、各無人航空機100
50

の加速度 A_n 、速度 V_n 、位置 P_n の算出を終了する。

【0128】

なお、無人航空機群 100G がターゲット TG の内側に収容された場合、端末制御部 81 は、安全圏 s_r の範囲を狭めてもよい。つまり端末制御部 81 は、安全距離 r_s を短くしてもよい。これにより、端末 80 は、各無人航空機 100 の安全圏 s_r が重複することを抑制できる。なお、ターゲット TG の形状が三角錐等の立体的な形状である場合、各無人航空機 100 の安全圏 s_r は、平面的（二次元的）に重複していても、立体的（三次元的）に重複していないこともある。

【0129】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G の停止条件を満たした場合、無人航空機群 100G がターゲット TG に向かう飛行制御を終了してよい。この場合、端末制御部 81 は、飛行シミュレーションを終了してよく、つまり無人航空機群 100G の各無人航空機 100 の飛行を制御するための飛行制御情報の生成を終了してよく、各無人航空機 100 の位置や速度の予定値の生成を終了してよい。無人航空機群 100G の停止条件は、飛行シミュレーションにより算出された無人航空機群 100G に含まれる各無人航空機 100 の速度 V_n がいずれも閾値 t_{h1} 以下となることを含んでよい。無人航空機 100 の速度 V_n が閾値 t_{h1} 以下となることには、例えば、無人航空機 100 の着地、ホバリング、低速飛行（例えば 1 m/s 以下）等が含まれてよい。

10

【0130】

端末制御部 81 は、図 6 ~ 図 14 に示された無人航空機群 100G やターゲット TG や飛行シミュレーションによる様々な導出結果（例えば引力 F_a 、斥力 F_r 、合力 F_w 、加速度 A_n 、速度 V_n ）の情報を、表示部 88 に表示させてもよい。これにより、端末 80 は、飛行シミュレーションにおける途中経過や結果を可視化でき、ユーザが直感的に理解し易くなるようにできる。

20

【0131】

次に、飛行体群制御システム 10 の動作例について説明する。

【0132】

図 15 は、端末 80 及び無人航空機 100 の動作手順の第 1 例を示すシーケンス図である。図 15 の動作は、各無人航空機 100 が飛行中に行われてよい。

【0133】

無人航空機 100（各無人航空機 100）では、UAV 制御部 110 は、通信インタフェース 150 を介して、自機の位置及び速度の情報を端末 80 に送信する（S11）。なお、UAV 制御部 110 は、自機の速度を送信せずに、端末 80 の端末制御部 81 により算出されてもよい。

30

【0134】

端末 80 では、端末制御部 81 は、無人航空機群 100G に含まれる各無人航空機 100 のパラメータを取得する（S1）。無人航空機 100 のパラメータは、無人航空機 100 の位置、速度、安全距離 r_s 、等の情報を含む。端末制御部 81 は、通信部 85 を介して無人航空機 100 と通信を行い、無人航空機 100 から各無人航空機 100 の位置及び速度を受信してよい。端末 80 は、通信部 85 を介して各無人航空機 100 の位置及び速度を各無人航空機 100 から取得することで、飛行中の無人航空機 100 のパラメータ（リアルタイムのパラメータ）を取得できる。ここで得られる無人航空機 100 の位置及び速度は、飛行シミュレーション前（時刻 t_{11} ）の値となる。時刻 t_{11} は、時刻 t_1 の一例である。

40

【0135】

端末制御部 81 は、ターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得する（S2）。端末制御部 81 は、ターゲット TG の形状を用いて、飛行シミュレーションを実行する（S3）。

【0136】

端末制御部 81 は、飛行シミュレーションの結果、無人航空機 100 毎に得られた位置

50

及び速度を含む飛行制御情報を、通信部 85 を介して各無人航空機 100 に送信する (S4)。

【0137】

無人航空機 100 (各無人航空機 100) では、UAV 制御部 110 は、通信インタフェース 150 を介して飛行制御情報を受信する (S12)。UAV 制御部 110 は、飛行制御情報に従って無人航空機 100 の飛行を制御する (S13)。この場合、UAV 制御部 110 は、飛行制御情報に含まれる位置を飛行制御情報に含まれる速度で飛行するよう、無人航空機 100 の飛行を制御してよい。

【0138】

UAV 制御部 110 は、通信部 85 を介して、無人航空機 100 の位置及び速度を端末 80 へ送信する (S14)。つまり、UAV 制御部 110 は、シミュレーション結果に基づいて飛行制御している無人航空機 100 の位置及び速度の実測値を送信する。速度 V_n の実測値 (実測速度の一例) は、無人航空機 100 の位置や加速度の実測値を基に算出される速度でよい。速度 V_n の実測値は、無人航空機 100 により算出されて端末 80 へ送られてもよいし、無人航空機 100 から端末 80 へは送られずに、端末 80 の端末制御部 81 により算出されてもよい。

10

【0139】

端末 80 では、端末制御部 81 は、通信部 85 を介して、各無人航空機 100 の位置及び速度の実測値を取得する (S5)。ここで得られる無人航空機 100 の位置及び速度は、シミュレーション後 (時刻 t_{11} に後続する時刻 t_{12}) の値となる。また、時刻 t_{12} (時刻 t_2 の一例) の無人航空機 100 の位置及び速度は、反復して実行される飛行シミュレーションの次回実行時における、飛行シミュレーション前 (時刻 t_{12} に後続する時刻であるが、時刻 t_{11} に相当) の位置及び速度に相当してよい。また、端末制御部 81 は、各無人航空機 100 から時刻 t_{12} における位置及び速度の実測値を受信すると、受信した各位置を表示部 88 に表示させてよい。

20

【0140】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G の停止条件を満たすか否かを判定する (S6)。停止条件を満たさない場合、端末制御部 81 は、S3 の処理に戻る。停止条件を満たす場合、端末制御部 81 は、図 15 の処理を終了する。

【0141】

なお、図 15 の処理を終了する際に、停止条件を満たす場合には、無人航空機 100 を停止するための指示情報を各無人航空機 100 に送信しなくても、着地やホバリングにより無人航空機 100 はほぼ停止したものと推定できる。この場合、無人航空機群 100G は、ターゲット位置においてターゲット形状を維持できる。

30

【0142】

図 16 は、S3 における飛行シミュレーションの動作手順を示すフローチャートである。

【0143】

端末制御部 81 は、各無人航空機 100 に作用する引力 F_a を算出する (S21)。端末制御部 81 は、各無人航空機 100 に作用する斥力 F_r を算出する (S22)。端末制御部 81 は、引力 F_a 及び斥力 F_r を基に、各無人航空機 100 の加速度 A_n を算出する (S23)。端末制御部 81 は、各無人航空機 100 の加速度 A_n のベクトルを基に、時刻 t_{12} における各無人航空機 100 の位置 P_n 及び速度 V_n を算出する (S24)。この後、端末制御部 81 は本動作を終了する。

40

【0144】

このように、端末 80 は、無人航空機群 100G に含まれる各無人航空機 100 の飛行ルートや飛行位置が事前に設定されていない場合でも、引力 F_a と斥力 F_r とを想定することで、複数の無人航空機 100 による飛行形状をターゲット形状となるよう飛行させることができる。また、ユーザは、無人航空機 100 に対して個別に飛行ルートや飛行位置の設定のための作業を行う必要がなく、端末 80 が容易に無人航空機群 100G の飛行制

50

御を指示できる。また、端末80は、ターゲット形状に応じて複数の無人航空機100を移動させることが可能であるので、複数の無人航空機100を操縦するために複数の操作装置を用意する必要がなく、複数の無人航空機100を連携させることを容易化できる。

【0145】

したがって、端末80は、無人航空機群100Gを飛行制御するための設定を容易化でき、各無人航空機100の飛行時の自由度を向上できる。

【0146】

また、端末80は、無人航空機100の位置 P_n 及び速度 V_n が算出される度に、各無人航空機100にそれぞれの位置及び速度を送信できる（反映できる）。したがって、無人航空機100は、逐次算出された位置及び速度となるように、飛行を制御できる。

10

【0147】

また、端末80は、飛行シミュレーションの算出結果が反映された無人航空機100の実空間における位置や速度の実測値を取得する。よって、端末80は、無人航空機100の位置 P_n や速度 V_n が算出された直後に、リアルタイムに飛行シミュレーション結果と実際の無人航空機100の飛行状態とに乖離がないかを確認できる。また、端末80は、取得された実測位置を時刻 t_{11} における無人航空機100の位置として、再度引力 F_a や斥力 F_r を導出することで、実測値に基づく飛行シミュレーションを継続して行うことができる。よって、実測値を用いることから、端末80は、実際の無人航空機100の飛行状態との乖離を小さくしながら、無人航空機群100Gが飛行形状を維持して飛行するよう支援できる。

20

【0148】

なお、無人航空機群100Gの飛行形状がターゲット形状となった後には、無人航空機100は、どのように飛行制御の指示を受けてもよい。例えば、各無人航空機100では、UAV制御部110は、予め定められた最終目的地や飛行経路に従って、無人航空機100の飛行を制御してよい。この場合でも、各無人航空機100は、各UAV制御部110が同様の飛行経路（各無人航空機100の飛行位置が一定量異なる飛行経路）で飛行することで、既に形成された無人航空機群100Gの飛行形状が崩れないように飛行できる。また、UAV制御部110は、端末80や送信機に対して操作部を介してユーザが入力した操縦情報を受け、操縦情報に従って無人航空機100の飛行を制御してよい。この場合でも、各無人航空機100は、各UAV制御部110が操縦情報に応じた無人航空機100の移動量及び移動方向を同じにすることで、既に形成された無人航空機群100Gの飛行形状が崩れないように飛行できる。

30

【0149】

本実施形態の飛行制御指示は、無人航空機100により実施されてもよい。この場合、無人航空機100のUAV制御部110が、端末80の端末制御部81が有する飛行制御指示に関する機能と同様の機能を有する。UAV制御部110は、処理部の一例である。UAV制御部110は、飛行制御指示に関する処理を行う。なお、UAV制御部110による飛行制御指示に関する処理において、端末制御部81が行う飛行制御指示に関する処理と同様の処理については、その説明を省略又は簡略化する。

【0150】

飛行制御指示は、1つの無人航空機100が全無人航空機の飛行制御を指示してもよいし、各無人航空機100がそれぞれ自機の飛行制御を指示してもよい。飛行制御を指示する無人航空機100を、特定の無人航空機100とも称する。特定の無人航空機100は情報処理装置の一例である。

40

【0151】

図17は、端末80及び無人航空機100の動作手順の第2例を示すシーケンス図である。なお、図15、図16に示した動作手順と同様の処理については、その説明を省略又は簡略化する。

【0152】

特定の無人航空機100では、UAV制御部110は、無人航空機群100Gに含まれ

50

る各無人航空機100のパラメータを取得する(S41)。無人航空機100のパラメータは、無人航空機100の位置、速度、安全距離 r_s 、等の情報を含む。UAV制御部110は、通信インタフェース150を介して他の無人航空機100と通信を行い、他の無人航空機100の位置及び速度を受信してよい。端末80は、通信部85を介して各無人航空機100の位置及び速度を各無人航空機100から取得することで、飛行中の無人航空機100のパラメータ(リアルタイムのパラメータ)を取得できる。ここで得られる無人航空機100の位置及び速度は、飛行シミュレーション前(時刻 t_{11})の値となる。UAV制御部110は、GPS受信機240等から自機の位置を取得してよい。各無人航空機100の速度は、無人航空機100の位置を基に算出されてよい。

【0153】

UAV制御部110は、ターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得する(S42)。UAV制御部110は、メモリ160に保持されたターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得してよい。UAV制御部110は、通信インタフェース150を介して外部装置からターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得してよい。UAV制御部110は、端末80から操作部83を介したユーザの操作情報を、通信インタフェース150を介して取得してよい。UAV制御部110は、操作情報に基づいて、メモリ160に保持された複数のターゲット形状から、任意のターゲット形状を選択して取得してよい。UAV制御部110は、通信インタフェース150を介して、端末80により生成されたターゲット形状の情報を受信して取得してよい。

【0154】

UAV制御部110は、飛行シミュレーションを実行する(S43)。図17の飛行シミュレーションは、図15の飛行シミュレーションと比較すると、飛行シミュレーションの各ステップを実行する主体が端末80の端末制御部81から特定の無人航空機100のUAV制御部110に変更となる。その他の点は、図16に示した処理の通りであるので、詳細な説明を省略する。

【0155】

UAV制御部110は、飛行シミュレーションの結果、無人航空機100毎に得られた位置及び速度を含む飛行制御情報を、通信インタフェース150を介して他の無人航空機100に送信する(S44)。

【0156】

UAV制御部110は、飛行シミュレーションにより得られた自機の飛行制御情報に従って、自機としての無人航空機100の飛行を制御する(S45)。この場合、UAV制御部110は、飛行制御情報に含まれる位置を飛行制御情報に含まれる速度で飛行するよう、無人航空機100の飛行を制御する。

【0157】

UAV制御部110は、通信インタフェース150を介して、他の無人航空機100の位置及び速度を、他の無人航空機100から受信する(S46)。つまり、UAV制御部110は、シミュレーション結果に基づいて飛行制御している他の無人航空機100の位置及び速度の実測値を取得する。速度の実測値は、他の無人航空機100の位置や加速度の実測値を基に算出される速度でよい。速度の実測値は、他の無人航空機100により算出されて特定の無人航空機100(自機)へ送られてもよいし、他の無人航空機100から特定の無人航空機100へは送られずに、特定の無人航空機100のUAV制御部110により算出されてもよい。ここで得られる各無人航空機100の位置及び速度は、シミュレーション後(時刻 t_{11} に後続する時刻 t_{12})の値となる。また、時刻 t_{12} の無人航空機100の位置及び速度は、反復して実行される飛行シミュレーションの次回実行時における、飛行シミュレーション前(時刻 t_{12} に後続する時刻であるが、時刻 t_{11} に相当)の位置及び速度に相当してよい。

【0158】

UAV制御部110は、無人航空機群100Gの停止条件を満たすか否かを判定する(S47)。停止条件を満たさない場合、UAV制御部110は、S43の処理に戻る。停

10

20

30

40

50

止条件を満たす場合、UAV制御部110は、図17の処理を終了する。

【0159】

このように、無人航空機100は、無人航空機群100Gに含まれる各無人航空機100の飛行ルートや飛行位置が事前に設定されていない場合でも、引力 F_a と斥力 F_r とを想定することで、複数の無人航空機100による飛行形状をターゲット形状となるよう飛行させることができる。また、ユーザは、無人航空機100に対して個別に飛行ルートや飛行位置の設定のための作業を行う必要がなく、無人航空機100が容易に無人航空機群100Gの飛行制御を指示できる。また、無人航空機100は、ターゲット形状に応じて複数の無人航空機100を移動させることが可能であるので、複数の無人航空機100を操縦するために複数の操作装置を用意する必要がなく、複数の無人航空機100を連携させることを容易化できる。

10

【0160】

したがって、無人航空機100は、無人航空機群100Gを飛行制御するための設定を容易化でき、各無人航空機100の飛行時の自由度を向上できる。

【0161】

また、無人航空機100が飛行シミュレーションを行うことで、無人航空機100は、実測値を用いた飛行シミュレーションを実施するための端末80の処理負荷を軽減できる。なお、端末80は、操作部83を介した操作入力や表示部88を介した表示を行ってもよいし、操作入力や表示を行わなくてもよい。つまり、無人航空機100のみにより図17の処理が実施されてよく、端末80が設けられなくてもよい。

20

【0162】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、飛行シミュレーションの実行中に無人航空機群100Gが飛行中である場合についての動作例を説明した。第2の実施形態では、飛行シミュレーションの実行中に無人航空機群100Gが飛行していない場合(例えば飛行前)の動作を示す。

【0163】

第2の実施形態の飛行体群制御システム10は、第1の実施形態とほぼ同一の構成を有する。第1の実施形態と同一の構成要素については同一の符号を用いることで、その説明を省略する。

【0164】

図18は、第2の実施形態における端末80及び各無人航空機100の動作手順の第1例を示すシーケンス図である。なお、図15～図17に示した動作手順と同様の処理については、その説明を省略又は簡略化する。

30

【0165】

無人航空機100(各無人航空機100)では、UAV制御部110は、通信インターフェース150を介して、自機の位置及び速度の情報を端末80に送信する(S61)。

【0166】

端末80では、端末制御部81は、無人航空機群100Gに含まれる各無人航空機100のパラメータを取得する(S51)。無人航空機100のパラメータは、無人航空機100の位置、速度、安全距離 r_s 、等の情報を含む。ここで得られる無人航空機100の位置及び速度は、飛行シミュレーション前(時刻 t_{21})の値となる。時刻 t_{21} は、時刻 t_1 の一例である。なお、端末制御部81は、操作部83を介してユーザ操作を受け、各無人航空機100の位置(初期位置)及び速度を指定してもよい。

40

【0167】

端末制御部81は、ターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得する(S52)。端末制御部81は、ターゲット形状及びターゲット位置を基に、飛行シミュレーションを実行する(S53)。端末制御部81は、飛行シミュレーションの結果、無人航空機100毎に得られた飛行制御情報を、通信部85を介して各無人航空機100に送信する(S54)。

【0168】

50

無人航空機 100 (各無人航空機 100) では、UAV 制御部 110 は、通信インタフェース 150 を介して飛行制御情報を受信する (S62)。UAV 制御部 110 は、飛行制御情報 (例えば飛行経路の情報) に従って無人航空機 100 の飛行の制御を開始する (S63)。

【0169】

図 19 は、S53 における飛行シミュレーションの動作手順を示すフローチャートである。

【0170】

端末制御部 81 は、各無人航空機 100 に作用する引力 F_a を算出する (S71)。端末制御部 81 は、各無人航空機 100 に作用する斥力 F_r を算出する (S72)。端末制御部 81 は、引力 F_a 及び斥力 F_r を基に、各無人航空機 100 の加速度 A_n を算出する (S73)。

10

【0171】

端末制御部 81 は、各無人航空機 100 の加速度 A_n のベクトルを基に、時刻 t_{12} における各無人航空機 100 の位置 P_n 及び速度 V_n を算出する (S74)。ここで得られる無人航空機 100 の位置及び速度 (算出速度の一例) は、シミュレーション中 (時刻 t_{21} に後続する時刻 t_{22}) の値となる。時刻 t_{22} は、時刻 t_2 の一例である。また、時刻 t_{22} の無人航空機 100 の位置及び速度は、反復して実行される飛行シミュレーションの次回実行時における、飛行シミュレーション前 (時刻 t_{22} に後続する時刻であるが、時刻 t_{21} に相当) の位置及び速度に相当してよい。また、端末制御部 81 は、時刻 t_{22} における位置及び速度を、表示部 88 に表示させてよい。

20

【0172】

端末制御部 81 は、無人航空機群 100G の停止条件を満たすか否かを判定する (S75)。停止条件を満たさない場合、端末制御部 81 は、S71 の処理に戻る。停止条件を満たす場合、端末制御部 81 は、無人航空機 100 毎に得られた位置及び速度を含む飛行制御情報を生成する (S76)。S76 の後、図 19 の処理を終了する。なお、この飛行制御情報は、位置及び速度の代わりに、飛行シミュレーションにより得られた各時点での位置を接続した飛行経路の情報を含んでもよい。飛行経路は、端末制御部 81 により生成されてよい。

【0173】

したがって、本実施形態では、端末 80 は、シミュレーション結果に基づいて飛行制御している無人航空機 100 の位置及び速度の実測値を取得せずに、S74 において得られた位置 P_n 及び速度 V_n を、次の飛行シミュレーション (S71 ~ S74) において用いる。よって、端末 80 は、無人航空機 100 の位置 P_n 及び速度 V_n を飛行シミュレーションの継続中において逐次更新していく。端末 80 は、最終的に飛行シミュレーションが終了した段階で、飛行制御情報を各無人航空機 100 に 1 回送信することになる。

30

【0174】

このように、端末 80 は、飛行シミュレーションにより無人航空機 100 の位置 P_n 及び速度 V_n を算出し、この算出位置を再び時刻 t_{21} における無人航空機 100 の位置として、再度引力 F_a や斥力 F_r を導出する。これにより、端末 80 は、実測値を用いずに飛行シミュレーションを継続して行うことができる。また、実測値を用いなくて済み、各無人航空機 100 への飛行制御情報の送信が 1 回で済むことから、端末 80 は、無人航空機 100 との間のデータ通信を少なくできる。

40

【0175】

また、端末 80 は、飛行シミュレーションにより無人航空機 100 の位置 P_n 及び速度 V_n の算出を反復し、無人航空機 100 の位置を順次繋げることで、飛行経路を含む飛行制御情報を生成できる。無人航空機 100 は、この飛行経路を含む飛行制御情報を取得することで、無人航空機 100 の位置の算出に参与することなく、最終的に得られる無人航空機 100 の位置の集合である飛行経路に従って、飛行できる。

【0176】

50

また、端末 80 は、算出された各無人航空機 100 の速度 V_n が閾値 t_{h1} 以下となるまで飛行シミュレーションを継続し、速度 V_n が閾値 t_{h1} 以下となった場合に飛行シミュレーションの継続を終了する。つまり、端末 80 は、例えば無人航空機 100 の飛行が終了したり、各無人航空機 100 がホバリングの状態となったりするまで、無人航空機 100 の位置 P_n や速度 V_n を順次算出できる。端末 80 は、例えば、無人航空機群 100 G の飛行形状がターゲット形状となってホバリングする場合、ターゲット形状を達成した時点で飛行シミュレーションを終了できる。なお、無人航空機群 100 G の飛行形状がターゲット形状となった後は、例えば、事前に設定された目的地まで飛行形状を維持して無人航空機群 100 G が自動で飛行してもよいし、送信機（プロポ）を介して飛行形状を維持して複数の無人航空機 100 を手動で飛行させてもよい。

10

【0177】

本実施形態の飛行制御指示は、無人航空機 100 により実施されてもよい。この場合、無人航空機 100 の UAV 制御部 110 が、端末 80 の端末制御部 81 が有する飛行制御指示に関する機能と同様の機能を有する。UAV 制御部 110 は、飛行制御指示に関する処理を行う。なお、UAV 制御部 110 による飛行制御指示に関する処理において、端末制御部 81 が行う飛行制御指示に関する処理と同様の処理については、その説明を省略又は簡略化する。

【0178】

飛行制御指示は、1つの無人航空機 100（特定の無人航空機）が全無人航空機の飛行制御を指示してもよいし、各無人航空機 100 がそれぞれ自機の飛行制御を指示してもよい。

20

【0179】

図 20 は、第 2 の実施形態における端末 80 及び各無人航空機 100 の動作手順の第 2 例を示すシーケンス図である。なお、図 15 ~ 図 19 に示した動作手順と同様の処理については、その説明を省略又は簡略化する。

【0180】

特定の無人航空機 100 では、UAV 制御部 110 は、無人航空機群 100 G に含まれる各無人航空機 100 のパラメータを取得する（S91）。無人航空機 100 のパラメータは、無人航空機 100 の位置、速度、安全距離 r_s 、等の情報を含む。ここで得られる無人航空機 100 の位置及び速度は、飛行シミュレーション前（時刻 t_{21} ）の値となる。UAV 制御部 110 は、GPS 受信機 240 等から自機の位置を取得してよい。各無人航空機 100 の速度は、無人航空機 100 の位置を基に算出されてよい。

30

【0181】

UAV 制御部 110 は、ターゲット形状及びターゲット位置の情報を取得する（S92）。

【0182】

UAV 制御部 110 は、飛行シミュレーションを実行する（S93）。図 20 の飛行シミュレーションは、図 18 の飛行シミュレーションと比較すると、飛行シミュレーションの各ステップを実行する主体が端末 80 の端末制御部 81 から特定の無人航空機 100 の UAV 制御部 110 に変更となる。その他の点は、図 19 に示した処理の通りであるので、詳細な説明を省略する。

40

【0183】

UAV 制御部 110 は、飛行シミュレーションの結果、無人航空機 100 毎に得られた位置及び速度を含む飛行制御情報を、通信インタフェース 150 を介して他の無人航空機 100 に送信する（S94）。

【0184】

UAV 制御部 110 は、飛行シミュレーションにより得られた自機の飛行制御情報（例えば飛行経路の情報）に従って、自機としての無人航空機 100 の飛行の制御を開始する（S95）。

【0185】

50

このように、無人航空機 100 が飛行シミュレーションを行うことで、無人航空機 100 は、実測値を用いない飛行シミュレーションを実施するための端末 80 の処理負荷を軽減できる。なお、端末 80 は、操作部 83 を介した操作入力や表示部 88 を介した表示を行ってもよいし、操作入力や表示を行わなくてもよい。つまり、無人航空機 100 のみにより図 20 の処理が実施されてよく、端末 80 が設けられなくてもよい。

【0186】

以上、本開示を実施形態を用いて説明したが、本開示の技術的範囲は上述した実施形態に記載の範囲には限定されない。上述した実施形態に、多様な変更又は改良を加えることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本開示の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載からも明らかである。

10

【0187】

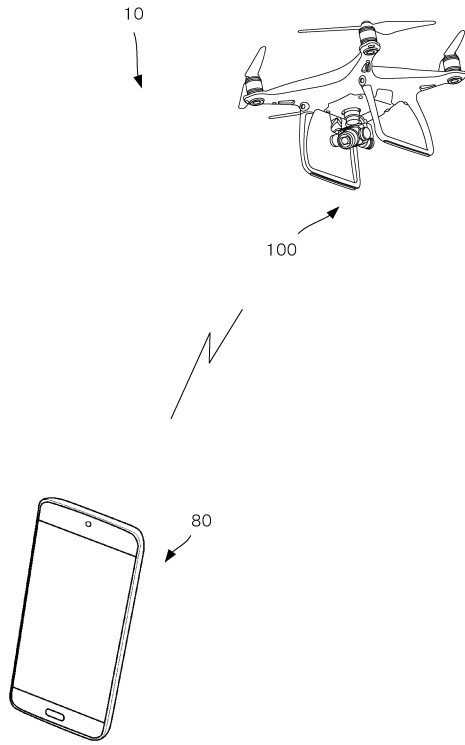
特許請求の範囲、明細書、及び図面中において示した装置、システム、プログラム、及び方法における動作、手順、ステップ、及び段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現可能である。特許請求の範囲、明細書、及び図面中の動作フローに関して、便宜上「先ず、」、「次に」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【符号の説明】

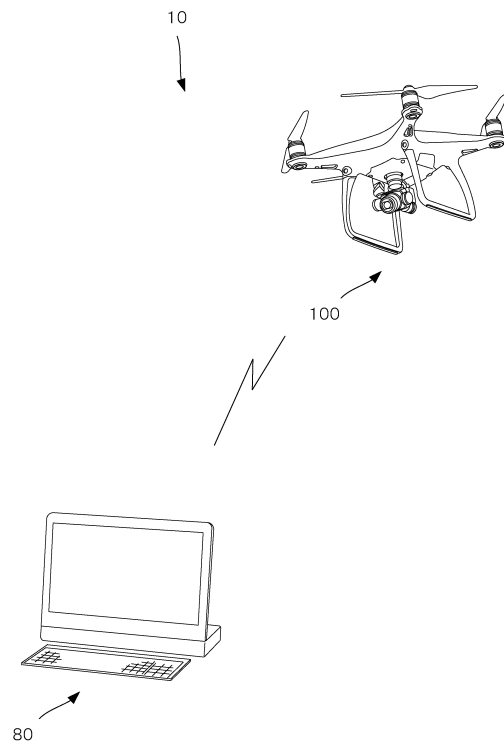
【0188】

| | | |
|-----------------------|------------|----|
| 10 | 飛行体群制御システム | 20 |
| 80 | 端末 | |
| 81 | 端末制御部 | |
| 83 | 操作部 | |
| 85 | 通信部 | |
| 87 | メモリ | |
| 88 | 表示部 | |
| 89 | ストレージ | |
| 100 | 無人航空機 | |
| 100G | 無人航空機群 | |
| 110 | UAV制御部 | 30 |
| 150 | 通信インタフェース | |
| 160 | メモリ | |
| 170 | ストレージ | |
| 200 | ジンバル | |
| 210 | 回転翼機構 | |
| 220, 230 | 撮像部 | |
| 240 | GPS受信機 | |
| 250 | 慣性計測装置 | |
| 260 | 磁気コンパス | |
| 270 | 気圧高度計 | 40 |
| 280 | 超音波センサ | |
| 290 | レーザー測定器 | |
| An | 加速度 | |
| Fa | 引力 | |
| Fr11, Fr12, Fr13, Fr2 | 斥力 | |
| GP | 重心 | |
| rs | 安全距離 | |
| sr | 安全圏 | |
| TG | ターゲット | |
| tp | 先端 | 50 |

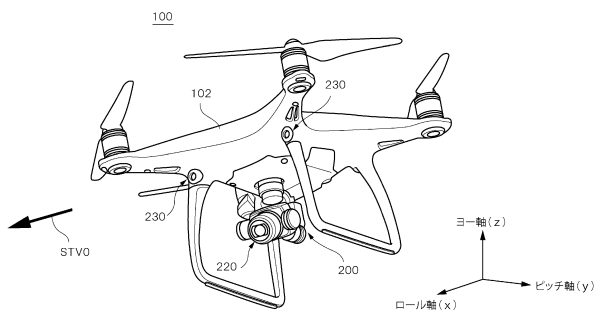
【図1】



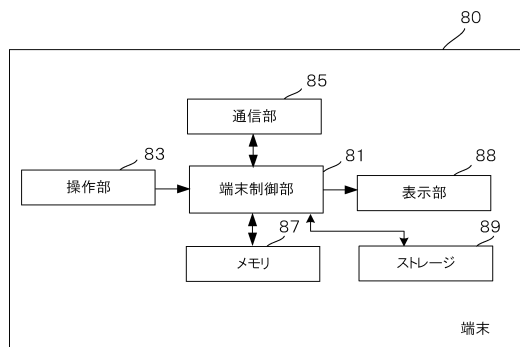
【図2】



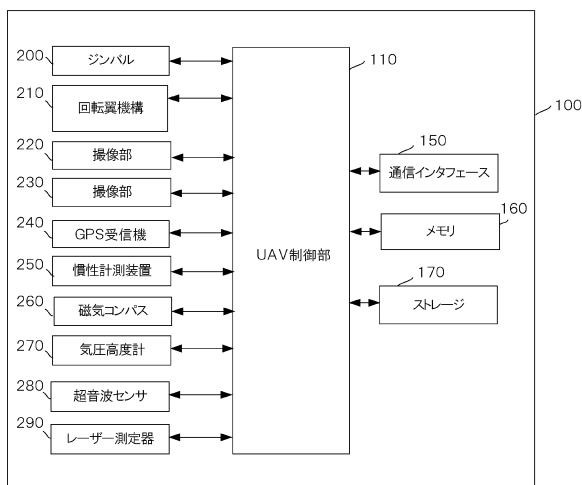
【図3】



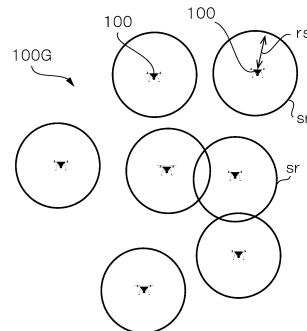
【図5】



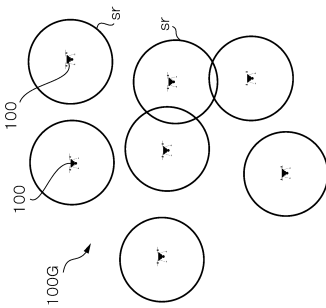
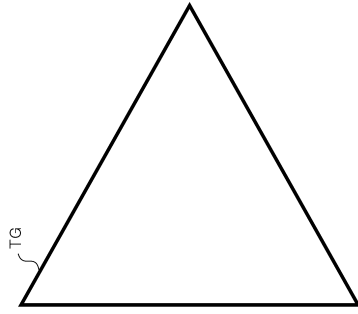
【図4】



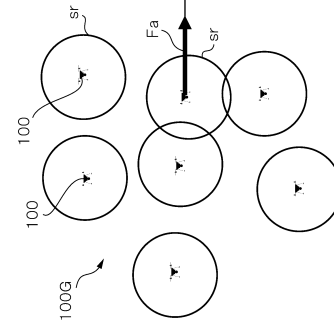
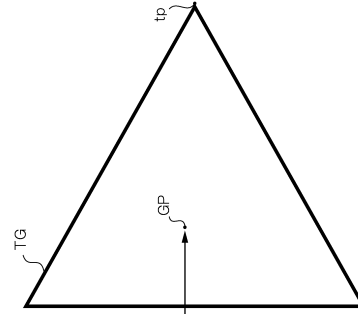
【図6】



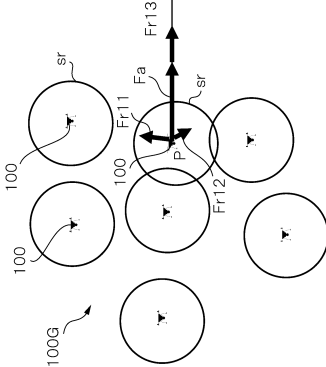
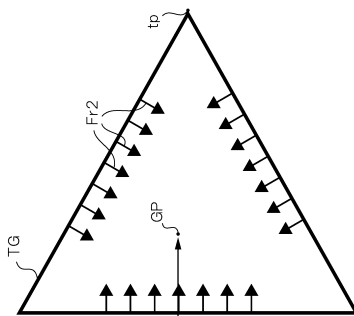
【 図 7 】



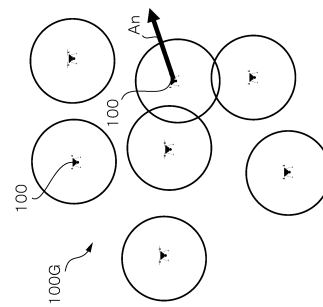
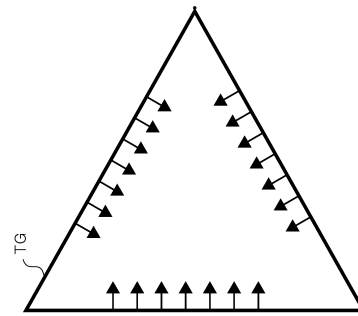
【 図 8 】



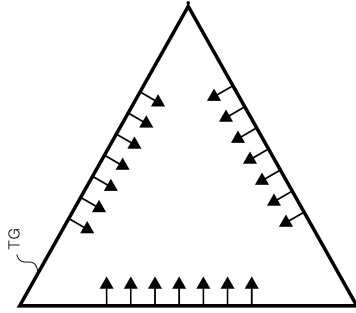
【 図 9 】



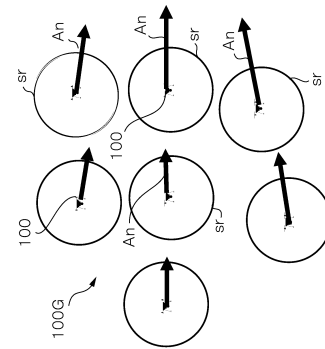
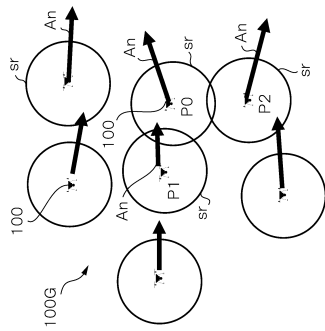
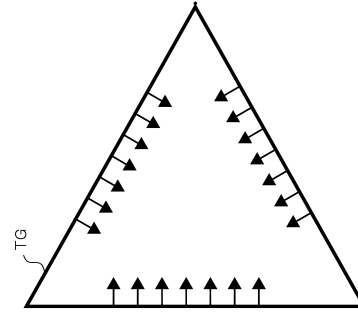
【 図 10 】



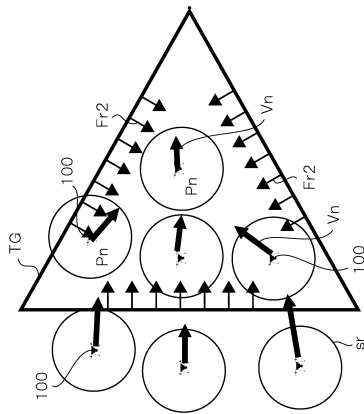
【図 1 1】



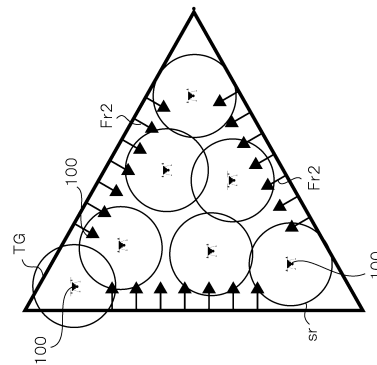
【図 1 2】



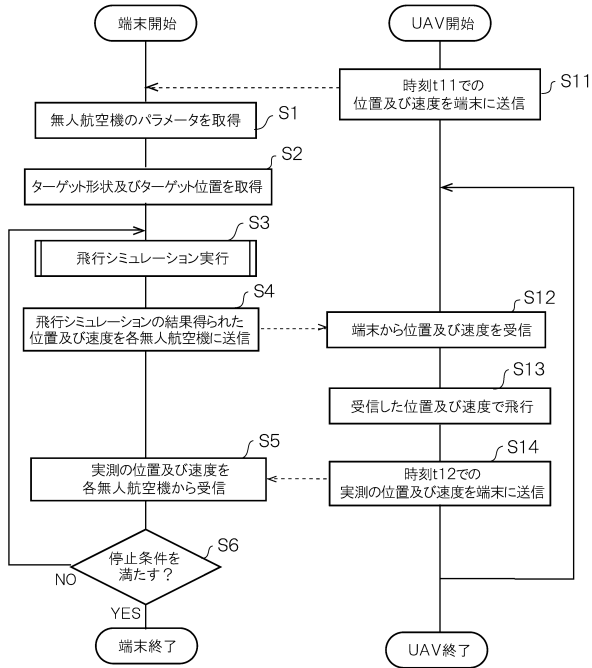
【図 1 3】



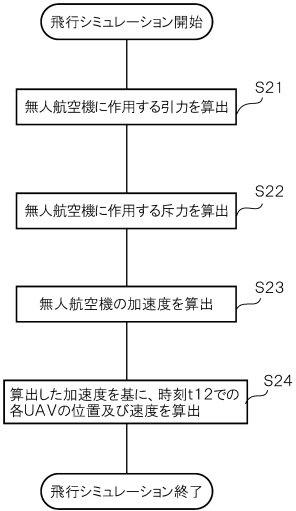
【図 1 4】



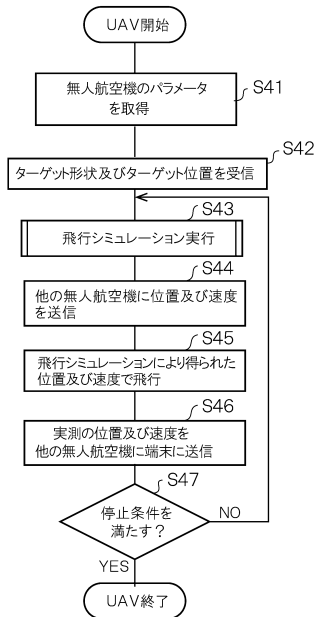
【図15】



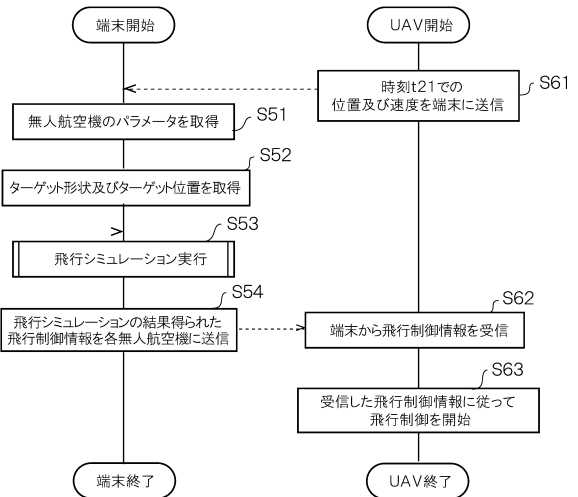
【図16】



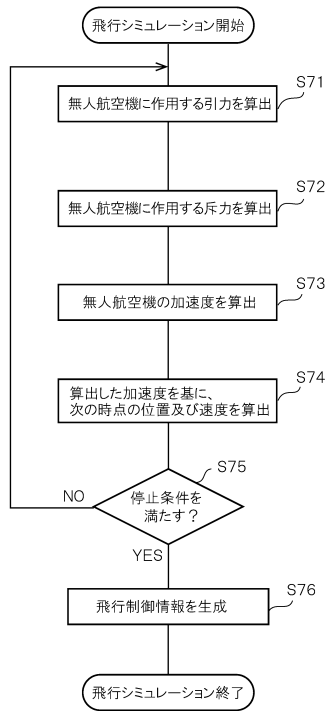
【図17】



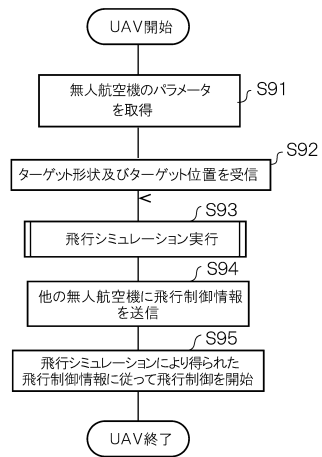
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(74)代理人 110002000

特許業務法人栄光特許事務所

(72)発明者 顧 磊

東京都港区港南1-2-70 品川シーズンテラス11階 DJI JAPAN株式会社内

(72)発明者 劉 光耀

東京都港区港南1-2-70 品川シーズンテラス11階 DJI JAPAN株式会社内

審査官 大古 健一

(56)参考文献 特開2013-242777(JP,A)

滑川 徹 TOORU NAMERIKAWA, 分散型モデル予測制御に基づくマルチUAVのフォーメーション制御, システム/制御/情報 SYSTEMS, CONTROL AND INFORMATION, 一般社団法人システム制御情報学会, 2017年02月21日, 第61巻 第2号, p. 69-75

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 1/00-1/12

B64C 39/02

B64C 13/20