

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-40115

(P2022-40115A)

(43)公開日 令和4年3月10日(2022.3.10)

(51)国際特許分類		F I	
B 6 4 D	1/10 (2006.01)	B 6 4 D	1/10
B 6 4 C	39/02 (2006.01)	B 6 4 C	39/02
B 6 4 D	1/12 (2006.01)	B 6 4 D	1/12
B 6 4 D	1/22 (2006.01)	B 6 4 D	1/22

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全19頁)

(21)出願番号	特願2021-187593(P2021-187593)	(71)出願人	399037405 楽天グループ株式会社 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号
(22)出願日	令和3年11月18日(2021.11.18)	(74)代理人	110000958 特許業務法人 インテクト国際特許事務所
(62)分割の表示	特願2021-544520(P2021-544520))の分割	(74)代理人	100120189 弁理士 奥 和幸
原出願日	令和2年8月26日(2020.8.26)	(72)発明者	田爪 敏明 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号 楽天グループ株式会社内

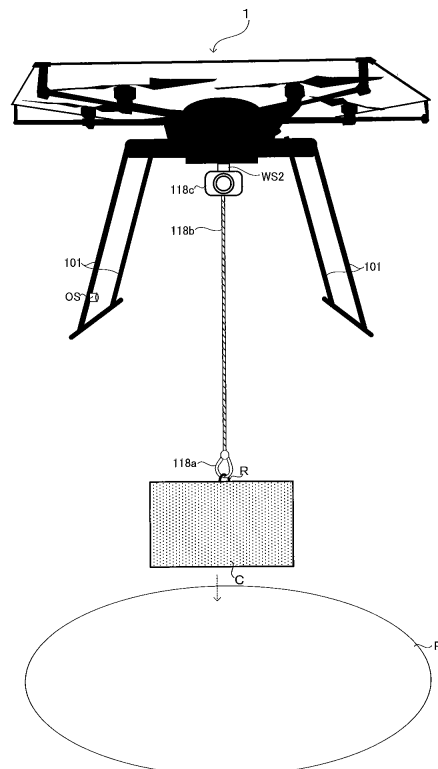
(54)【発明の名称】 航空機、制御方法、及び制御装置

(57)【要約】

【課題】無人で飛行可能な航空機が粉塵による影響を受ける前に粉塵の状態を推定することが可能な処理システム、無人航空機、及び粉塵状態推定方法を提供する。

【解決手段】飛行システムは、貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機を含む。飛行システムは、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う。そして、飛行システムは、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行い、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機を含むシステムにより実行される制御方法であって、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御ステップと、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知ステップと、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知ステップと、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に
10 応じて異なる制御を行う第 2 制御ステップと、を含むことを特徴とする制御方法。

【請求項 2】

貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接続部を備える航空機を含むシステムにより実行される制御方法であって、前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御ステップと、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知ステップと、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知ステップと、
20 前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に
20 応じて異なる制御を行う第 2 制御ステップと、を含むことを特徴とする制御方法。

【請求項 3】

前記機構は、前記アクチュエータを含み、前記解放動作は、前記アクチュエータの駆動により行われることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御方法。

【請求項 4】

前記機構は、前記電磁石を含み、前記解放動作は、前記電磁石への通電停止により行われることを特徴とする請求項 1 また
30 は 2 に記載の制御方法。

【請求項 5】

前記接続部は、前記貨物が接続されるワイヤと、前記ワイヤの送り出しまたは巻き取りを行うリールとを含み、前記制御方法は、前記航空機が飛行している状態で、前記力学的負荷に基づいて、前記貨物の離脱の成否判定を行う第 1 判定ステップと、前記第 1 判定ステップにより前記貨物の離脱が失敗したと判定された場合、前記ワイヤの巻き取り量に基づいて、前記航空機が安全に着陸可能であるか否かを判定する第 2 判定ステップと、
40 前記第 2 判定ステップにより前記航空機が安全に着陸可能であると判定された場合、前記第 2 制御ステップにおいては、前記航空機を着陸させる制御を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の制御方法。

【請求項 6】

貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機であって、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御部と、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる
50

力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、
前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷
に応じて異なる制御を行う第2制御部と、
を備えることを特徴とする航空機。

【請求項7】

貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接
続部を備える航空機であって、
前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前
記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第1制御部と、
前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、
前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる
力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、
前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷
に応じて異なる制御を行う第2制御部と、
を備えることを特徴とする航空機。

10

【請求項8】

貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支
持部を備える航空機を制御する制御装置であって、
前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前
記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第1制御部と、
前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、
前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる
力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、
前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷
に応じて異なる制御を行う第2制御部と、
を備えることを特徴とする制御装置。

20

【請求項9】

貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接
続部を備える航空機を制御する制御装置であって、
前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前
記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第1制御部と、
前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、
前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる
力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、
前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷
に応じて異なる制御を行う第2制御部と、
を備えることを特徴とする制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、航空機に搭載された貨物を航空機から離脱させるための制御を行う方法等の技
術分野に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、無人で飛行可能な航空機により貨物を運搬するため、貨物を把持する把持器や、貨
物が先端に接続された支持ワイヤを備える航空機が知られている。例えば、特許文献1に
開示された飛行体は、基地局からの指令に基づいて把持器が開閉駆動して、荷役を行うよ
うに構成されている。また、特許文献2に開示された無人航空機は、支持ワイヤに支持さ
れた貨物を上空から地上に向かって下降させる際に貨物の着地を検知するように構成され
ている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2018-47866号公報

【特許文献2】国際公開第2017/078118号

【特許文献3】国際公開第2017/053386号

【特許文献4】国際公開第2017/053392号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上述したような航空機が運搬先で人手を介さず自動的に貨物を離脱させる場合（つまり、離脱制御が行われる場合）において、当該貨物が航空機のどこかの部分に引っかかるなどの理由から、当該貨物が適切に離脱しないことがある。このことは、航空機にとって望ましくない。

【0005】

そこで、貨物の離脱成否状況に応じて適切な対応を図ることが可能な航空機、制御方法、及び制御装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機を含むシステムにより実行される制御方法であって、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第1制御ステップと、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知ステップと、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知ステップと、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第2制御ステップと、を含むことを特徴とする。これにより、前記支持部の機構に異常が生じているのか、または、当該機構は正常に動作したにも関わらず貨物が解放されていないのかについて異常の切り分けを行うことができる。

【0007】

請求項2に記載の発明は、貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接続部を備える航空機を含むシステムにより実行される制御方法であって、前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第1制御ステップと、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知ステップと、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知ステップと、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第2制御ステップと、を含むことを特徴とする。これにより、前記接続部の機構に異常が生じているのか、または、当該機構は正常に動作したにも関わらず貨物が解放されていないのかについて異常の切り分けを行うことができる。

【0008】

請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の制御方法において、前記機構は、前記アクチュエータを含み、前記解放動作は、前記アクチュエータの駆動により行われることを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載の制御方法において、前記機構は、前記電磁石を含み、前記解放動作は、前記電磁石への通電停止により行われることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 2 に記載の制御方法において、前記接続部は、前記貨物が接続されるワイヤと、前記ワイヤの送り出しまたは巻き取りを行うリールとを含み、前記制御方法は、前記航空機が飛行している状態で、前記力学的負荷に基づいて、前記貨物の離脱の成否判定を行う第 1 判定ステップと、前記第 1 判定ステップにより前記貨物の離脱が失敗したと判定された場合、前記ワイヤの巻き取り量に基づいて、前記航空機が安全に着陸可能であるか否かを判定する第 2 判定ステップと、記第 2 判定ステップにより前記航空機が安全に着陸可能であると判定された場合、前記第 2 制御ステップにおいては、前記航空機を着陸させる制御を行うことを特徴とする。これにより、航空機が安全に着陸可能であるか否かの判定精度を高めることができる。

10

【 0 0 1 1 】

請求項 6 に記載の発明は、貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機であって、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御部と、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第 2 制御部と、を備えることを特徴とする。

20

【 0 0 1 2 】

請求項 7 に記載の発明は、貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接続部を備える航空機であって、前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御部と、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第 2 制御部と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 に記載の発明は、貨物を支持するための支持部であって前記貨物を支持または解放するための機構を含む支持部を備える航空機を制御する制御装置であって、前記支持部により支持された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記支持部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御部と、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記支持部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第 2 制御部と、を備えることを特徴とする。

30

【 0 0 1 4 】

請求項 9 に記載の発明は、貨物を接続するための接続部であって前記貨物を接続または解放するための機構を含む接続部を備える航空機を制御する制御装置であって、前記接続部により接続された貨物を前記航空機から離脱させるための離脱制御であって前記接続部の前記機構に解放動作させる離脱制御を行う第 1 制御部と、前記機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行う解放動作検知部と、前記解放動作検知処理により前記機構の解放動作が検知された後に、前記接続部にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部と、前記力学的負荷の検知が行われた後における前記航空機の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う第 2 制御部と、を備えることを特徴とする。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

50

本発明によれば、貨物の離脱成否状況に応じて航空機に適切な対応をとらせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】貨物運搬システムSの概要構成例を示す図である。

【図2】UAV1の概要構成例を示す図である。

【図3】支持部117を備えるUAV1の外観の一例を示す図である。

【図4】接続部118を備えるUAV1の外観の一例を示す図である。

【図5】制御部16における機能ブロック例を示す図である。

【図6】UAV1が着陸している状態で離脱制御が行われる様子を示す図である。

10

【図7】UAV1がホバリングしている状態で離脱制御が行われる様子を示す図である。

【図8】実施例1におけるUAV1の制御部16の処理の一例を示すフローチャートである。

【図9】実施例2におけるUAV1の制御部16の処理の一例を示すフローチャートである。

【図10】実施例3におけるUAV1の制御部16の処理の一例を示すフローチャートである。

【図11】実施例4におけるUAV1の制御部16の処理の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【0017】

以下、図面を参照して本発明の一実施形態について説明する。なお、以下の実施形態は、貨物を運搬する貨物運搬システムに対して本発明を適用した場合の実施形態である。

【0018】

[1. 貨物運搬システムSの構成及び動作概要]

まず、図1を参照して、本実施形態に係る貨物運搬システムSの構成及び動作概要について説明する。図1は、貨物運搬システムSの概要構成例を示す図である。図1に示すように、貨物運搬システムSは、大気中（空中）を飛行する無人航空機（以下、「UAV（Unmanned Aerial Vehicle）」と称する）1、及び運航管理システム（以下、「UTMS（UAV Traffic Management System）」と称する）2を含んで構成される。UAV1、及びUTMS2は、通信ネットワークNWを介して互いに通信可能になっている。通信ネットワークNWは、例えば、インターネット、移動体通信ネットワーク及びその無線基地局等から構成される。なお、図1の例では、1つのUAV1を示すが実際には複数存在してよい。

30

【0019】

UAV1は、貨物の運搬（例えば、配送）のために、地上からオペレータによる遠隔操縦に従って飛行、または自律的に飛行することが可能になっている。UAV1は、ドローン、またはマルチコプタとも呼ばれる。貨物の例として、商品、宅配物、避難物資、救援物資等が挙げられるが、UAV1が運搬できる貨物であればどのような物品であってもよい。UAV1は、貨物の運搬先（移動予定地の一例）において貨物を離脱（換言すると、切り離し）する。なお、UAV1は、GCS（Ground Control Station）により管理され、地上からオペレータにより遠隔操作可能になっている。GCSは、例えば、アプリケーションとして通信ネットワークNWに接続可能な操縦端末に搭載される。この場合、オペレータは、例えば、操縦端末を操作する人、または操縦端末が備えるコントローラである。或いは、GCSは、サーバ等によりシステム化されてもよい。この場合、オペレータは、例えば、システム管理者、またはサーバが備えるコントローラである。

40

【0020】

UTMS2は、制御サーバCSを含む1以上のサーバ等を備えて構成される。UTMS2は、UAV1の運航を管理する。UAV1の運航管理には、UAV1の運航計画の管理、UAV1の飛行状況の管理、及びUAV1の制御が含まれる。UAV1の運航計画とは、UAV1の出発

50

地点（飛行開始地点）から貨物の運搬先（経由地点、または目的地点）までの飛行経路（予定経路）等を含む飛行計画である。飛行経路は、例えば、その経路上の緯度及び経度で表され、飛行高度を含んでもよい。UAV 1 の飛行状況の管理は、UAV 1 の航空機情報に基づいて行われる。UAV 1 の航空機情報には、少なくとも UAV 1 の位置情報が含まれる。UAV 1 の位置情報は、UAV 1 の現在位置を示す。UAV 1 の現在位置とは、飛行中の UAV 1 の飛行位置である。UAV 1 の航空機情報には、UAV 1 の速度情報等が含まれてもよい。速度情報は、UAV 1 の飛行速度を示す。

【 0 0 2 1 】

[2 . UAV 1 の構成及び機能概要]

次に、図 2 等を参照して UAV 1 の構成及び機能概要について説明する。図 2 は、UAV 1 の概要構成例を示す図である。図 2 に示すように、UAV 1 は、貨物搭載部 1 1、駆動部 1 2、測位部 1 3、撮像部 1 4、無線通信部 1 5、及び制御部 1 6 等を備える。制御部 1 6 は、制御装置の一例である。図示しないが、UAV 1 は、水平回転翼であるロータ（プロペラ）、各種センサ、及び UAV 1 の各部へ電力を供給するバッテリー等を備える。各種センサには、3 軸加速度センサ、及び地磁気センサ等が含まれる。また、各種センサには、重量センサ、トルクセンサ、光学センサ、及び超音波センサのうち少なくとも何れかのセンサが含まれてもよい。各種センサにより検知された検知データは、制御部 1 6 へ出力される。なお、UAV 1 は、音声を出力するためのスピーカを備えてもよい。

【 0 0 2 2 】

貨物搭載部 1 1 は、1 または複数の貨物を搭載するものであり、搭載された貨物を支持するための支持部 1 1 7 と該貨物を接続するための接続部 1 1 8 との少なくとも何れか一方を含む。図 3 は、支持部 1 1 7 を備える UAV 1 の外観の一例を示す図である。支持部 1 1 7 は、図 3 に示すように、貨物 C を収納するための収納体 1 1 7 a と、貨物 C を支持または解放するための駆動機構 1 1 7 b とを含む。収納体 1 1 7 a は、複数の貨物 C を収納可能に構成されてもよい。駆動機構 1 1 7 b は、制御部 1 6 から出力される制御信号（電気信号）を機械的動作に変換するアクチュエータを含む。アクチュエータは、例えばモータ等を含んで構成される。また、収納体 1 1 7 a は、貨物 C を受ける貨物受け 1 1 7 a 1 を含む。貨物受け 1 1 7 a 1 は、駆動機構 1 1 7 b により矢印方向に回転駆動する（つまり、貨物受け 1 1 7 a 1 が閉状態から開状態に移行する）。このような回転駆動（換言すると、解放動作）により、支持部 1 1 7 から貨物 C が解放（この例では、落下）される。かかる解放動作は、駆動機構 1 1 7 b におけるアクチュエータの駆動により行われる。

【 0 0 2 3 】

なお、図 3 の例では、収納体 1 1 7 a により貨物 C の側面が覆われていないため、収納体 1 1 7 a の外側から貨物 C が視認可能になっている。しかし、収納体 1 1 7 a は、貨物 C の側面を覆うように箱状に構成されてもよい。つまり、収納体 1 1 7 a は、収納箱として構成されてもよい。この場合、収納体 1 1 7 a の外側から貨物 C が視認不能となる。また、支持部 1 1 7 は、貨物 C を支持するために、貨物受け 1 1 7 a 1 に代えて、貨物 C（または、貨物 C に取り付けられたリング）を把持可能なキャッチャー（または、アーム）を含んでもよい。この場合の解放動作も、駆動機構 1 1 7 b におけるアクチュエータの駆動により行われる。或いは、支持部 1 1 7 は、貨物 C を支持するために、駆動機構 1 1 7 b 及び貨物受け 1 1 7 a 1 に代えて、貨物 C に取り付けられた磁石を磁力により引き寄せ可能な電磁石を有する駆動機構を含んでもよい。この場合の解放動作は、当該電磁石への通電停止により行われる。

【 0 0 2 4 】

図 4 は、接続部 1 1 8 を備える UAV 1 の外観の一例を示す図である。接続部 1 1 8 は、図 4 に示すように、貨物 C に取り付けられたリング R を引っ掛けるフック 1 1 8 a と、フック 1 1 8 a を介して貨物 C が接続されるワイヤ 1 1 8 b と、ワイヤ 1 1 8 b の送り出しまたは巻き取りを行うリール（ウインチ）1 1 8 c とを含む。リール 1 1 8 c は、モータを含み、制御部 1 6 により駆動制御される。フック 1 1 8 a は、複数の貨物 C に取り付けられたリング R を引っ掛けるものであってもよい。また、フック 1 1 8 a は、貨物 C を自

動的に接続または解放するための駆動機構を含んでもよい。当該駆動機構の動作（つまり、フック 1 1 8 a の開閉動作）は、当該駆動機構におけるアクチュエータの駆動により行われる。なお、接続部 1 1 8 は、貨物 C を接続するために、フック 1 1 8 a に代えて、貨物 C 自体（または、貨物 C に取り付けられたリング R）を把持可能なキャッチャー（または、アーム）を含んでもよい。或いは、接続部 1 1 8 は、貨物 C を接続するために、フック 1 1 8 a に代えて、貨物 C に取り付けられた磁石を磁力により引き寄せ可能な電磁石を有する駆動機構を含んでもよい。この場合の解放動作は、当該電磁石への通電停止により行われる。

【 0 0 2 5 】

駆動部 1 2 は、モータ及び回転軸等を備える。駆動部 1 2 は、制御部 1 6 から出力された制御信号に従って駆動するモータ及び回転軸等により複数のロータを回転させる。測位部 1 3 は、電波受信機、及び高度センサ（例えば、気圧センサや TOF センサ）等を備える。測位部 1 3 は、例えば、GNSS（Global Navigation Satellite System）の衛星から発信された電波を電波受信機により受信し、当該電波に基づいて UAV 1 の水平方向の現在位置（緯度及び経度）を検出する。UAV 1 の現在位置は、飛行中の UAV 1 の飛行位置である。なお、UAV 1 の水平方向の現在位置は、撮像部 1 4 により撮像された画像データや上記無線基地局から発信された電波に基づいて補正されてもよい。

【 0 0 2 6 】

さらに、測位部 1 3 は、高度センサにより UAV 1 の垂直方向の現在位置（高度）を検出してもよい。測位部 1 3 により検出された現在位置を示す位置情報は、制御部 1 6 へ出力される。撮像部 1 4 は、カメラ（RGBカメラまたは赤外線カメラ）を備える。撮像部 1 4 は、カメラの画角に収まる範囲内の実空間を連続的に撮像する。撮像部 1 4 により撮像された画像データは、制御部 1 6 へ出力される。無線通信部 1 5 は、通信ネットワーク NW を介して行われる通信の制御を担う。

【 0 0 2 7 】

制御部 1 6 は、プロセッサである CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、及び不揮発性メモリ等を備える。図 5 は、制御部 1 6 における機能ブロック例を示す図である。制御部 1 6 は、例えば ROM または不揮発性メモリに記憶されたプログラムに従って、図 5 に示すように、離脱制御部 1 6 a、負荷検知処理部 1 6 b、離脱成否判定部 1 6 c、及び機体制御部 1 6 d 等として機能する。ここで、離脱制御部 1 6 a は、第 1 制御部の一例である。機体制御部 1 6 d は、第 2 制御部の一例である。なお、不揮発性メモリには、UAV 1 を識別する機体 ID、及び制御サーバ CS へアクセスするためのアドレス情報が記憶されている。制御部 1 6 は、UAV 1 の機体 ID 及び航空機情報を、一定間隔または不規則間隔で無線通信部 1 5 を介して制御サーバ CS へ送信する。

【 0 0 2 8 】

離脱制御部 1 6 a は、UAV 1 が飛行している状態、または UAV 1 が着陸している状態において、支持部 1 1 7 により支持された貨物 C、または接続部 1 1 8 により接続された貨物 C を UAV 1 から離脱させるための離脱制御を行う。ここで、UAV 1 が飛行している状態とは、UAV 1 が空中を移動（つまり、水平方向、垂直方向、または斜め方向に移動）している状態、または UAV 1 がホバリングしている（つまり、UAV 1 が空中で静止している）状態である。ただし、UAV 1 がホバリングしている状態は、UAV 1 が空中で完全に静止した状態に限定されず、UAV 1 が多少の移動が発生してもよい（つまり、UAV 1 が着陸せず空中に浮いていればよい）。

【 0 0 2 9 】

UAV 1 から貨物 C を離脱させるため離脱制御は、離脱制御部 1 6 a が支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 へ制御信号を出力することにより行われる。かかる離脱制御には、例えば、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 の駆動機構に解放動作させる制御が含まれる。ここで、支持部 1 1 7 の駆動機構に解放動作させる制御は、UAV 1 が着陸している状態で行われることが望ましいが、UAV 1 が飛行している状態で行われてもよい。図 6 は、UAV 1

が着陸している状態で離脱制御が行われる様子を示す図である。図 6 の例では、運搬先の地面に設置されたポート（離着陸施設）P に着陸している UAV 1 から貨物 C が地面方向に解放される。ただし、貨物の種類（例えば、落下させても壊れない物）によっては、運搬先の地面に設置されたポート P の上空にホバリングしている UAV 1 から貨物 C が地面方向に投下されてもよい。なお、上述した電磁石を有する駆動機構が支持部 117 に含まれる場合、上記離脱制御は、UAV 1 が着陸している状態で当該電磁石への通電を停止させる制御（つまり、当該電磁石を有する駆動機構に解放動作させる制御）である。

【0030】

一方、接続部 118 の駆動機構に解放動作させる制御は、UAV 1 がホバリングしている状態で行われる。図 7 は、UAV 1 がホバリングしている状態で離脱制御が行われる様子を示す図である。図 7 の例では、運搬先の地面に設置されたポート P の上空にホバリングしている UAV 1 からワイヤ 118b の送り出しが行われることによって貨物 C が地面方向に降下されている。なお、接続部 118 の駆動機構に解放動作させる制御は、UAV 1 が着陸状態で行われてもよい。また、図 7 の例において、貨物 C がフック 118a から手で外される場合、上記離脱制御は、接続部 118 のリール 118c にワイヤ 118b を送り出させる（つまり、貨物 C を降下させる）制御ということもできる。また、上述した電磁石を有する駆動機構が接続部 118 に含まれる場合、上記離脱制御は、例えば貨物 C がポート P に着地している状態で当該電磁石への通電を停止させる制御である。

10

【0031】

負荷検知処理部 16b は、上記離脱制御が行われた後に、支持部 117 または接続部 118 にかかる力学的負荷（換言すると、支持部 117 または接続部 118 に作用する力学的負荷）を検知するための負荷検知処理を行う。例えば、負荷検知処理部 16b は、UAV 1 が備える重量センサにより検知された重量データに基づいて、上記負荷検知処理を行うことにより、支持部 117 または接続部 118 にかかる力学的負荷をより簡単に検知することができる。この場合、力学的負荷は、重量で表される。重量センサは、UAV 1 において貨物 C の重量を検知可能な位置に取り付けられる。なお、上記負荷検知処理は、UAV 1 が空中を移動している状態と、UAV 1 がホバリングしている状態との何れの状態でも実行可能であるが、UAV 1 がホバリングしている状態で行われた方が上記重量データをより正確に検知することができる。

20

【0032】

図 3 の例では、重量センサ WS1 が収納体 117a の上部に取り付けられている。この場合、負荷検知処理部 16b は、重量センサ WS1 により検知された、支持部 117（収納体 117a）の重量を示す重量データに基づいて、支持部 117 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う。これにより、支持部 117 にかかる力学的負荷の検知精度を高めることができる。例えば、貨物 C が支持部 117 から解放されている場合、収納体 117a の重量には貨物 C の重量は含まれていないので、検知された重量は小さくなる（つまり、力学的負荷が軽い）。一方、貨物 C が支持部 117 から解放されていない場合、収納体 117a の重量には貨物 C の重量が含まれているので、検知された重量は大きくなる。貨物 C が支持部 117 から解放されていない場合には、例えば、貨物 C が収納体 117a 内に引っかかっていることで支持部 117 から完全に解放されていない場合も含まれる。

30

40

【0033】

なお、重量センサ WS1 は、貨物受け 117a1 が閉状態で貨物 C の重量だけを検知できるように貨物受け 117a1 に取り付けられてもよい。この場合、貨物受け 117a1 が開状態になると、貨物 C の重量が検知されなくなる（つまり、貨物 C からの圧力がなくなる）ので、貨物 C が解放されたものと推定される。ただし、この場合、貨物 C が収納体 117a 内に引っかかっていると、貨物 C が解放されていないにも関わらず、貨物 C の重量が検知されなくなる（つまり、貨物 C が解放されたものと誤推定される）。そのため、図 3 に示すように、重量センサ WS1 が収納体 117a の上部に取り付けられている方が、支持部 117 の全体にかかる力学的負荷の検知精度を高めることができる。

50

【 0 0 3 4 】

一方、図 4 の例では、重量センサ W S 2 がリール 1 1 8 c の上部に取り付けられている。この場合、負荷検知処理部 1 6 b は、重量センサ W S 2 により検知された、接続部 1 1 8 の重量を示す重量データに基づいて、接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う。これにより、接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷の検知精度を高めることができる。例えば、貨物 C が接続部 1 1 8 から解放されている場合、接続部 1 1 8 の重量には貨物 C の重量は含まれていないので、検知された重量は小さくなる。一方、貨物 C が接続部 1 1 8 から解放されていない場合、接続部 1 1 8 の重量には貨物 C の重量が含まれているので、検知された重量は大きくなる。貨物 C が接続部 1 1 8 から解放されていない場合には、例えば、貨物 C がワイヤ 1 1 8 b やフック 1 1 8 a に引っかかっていること

10

【 0 0 3 5 】

また、重量センサが用いられることなく、上記力学的負荷が検知されてもよい。例えば、負荷検知処理部 1 6 b は、UAV 1 がホバリングしている状態で、ロータのモータの回転数を検知し、検知された回転数に基づいて、上記負荷検知処理を行ってもよい。この場合、力学的負荷は、単位時間あたりの回転数で表される。例えば、貨物 C が支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 から解放されている場合、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 は軽くなるので、検知された回転数は小さくなる。一方、貨物 C が支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 から解放されていない場合、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 は重くなるので、検知された回転数は大きくなる。

20

【 0 0 3 6 】

別の例として、負荷検知処理部 1 6 b は、所定の回転数となるようにロータのモータを制御した状態で、高度センサにより検知された飛行高度（高度差）と時間とから UAV 1 の上昇速度を算出してもよい。そして、負荷検知処理部 1 6 b は、当該算出された上昇速度に基づいて、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行ってもよい。この場合、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷は、上昇速度で表される。例えば、貨物 C が支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 から解放されている場合、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 は軽くなるので、算出された上昇速度は速くなる。一方、貨物 C が支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 から解放されていない場合、支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 は重くなるので、算出された上昇速度は遅くなる。

30

【 0 0 3 7 】

或いは、UAV 1 が接続部 1 1 8 を備える場合、負荷検知処理部 1 6 b は、トルクセンサによりリール 1 1 8 c のモータのトルクを計測してもよい。そして、負荷検知処理部 1 6 b は、当該計測されたトルクに基づいて、接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行ってもよい。この場合、接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷は、トルクで表される。例えば、貨物 C が接続部 1 1 8 から解放されている場合、接続部 1 1 8 は軽くなるので、測定されたトルクは小さくなる。一方、貨物 C が接続部 1 1 8 から解放されていない場合、接続部 1 1 8 は重くなるので、測定されたトルクは大きくなる。或いは、負荷検知処理部 1 6 b は、ワイヤ 1 1 8 b の張力を計測し、当該計測された張力に基づいて、接続部 1 1 8 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行ってもよい。

40

【 0 0 3 8 】

離脱成否判定部 1 6 c は、負荷検知処理部 1 6 b により検知された力学的負荷に基づいて、貨物 C の離脱の成否判定を行う。これにより、貨物 C の離脱成否判定の結果（つまり、離脱成否状況）に応じて UAV 1 に適切な対応をとらせることができる。例えば、UAV 1 が飛行している状態、または UAV 1 が着陸している状態で、力学的負荷が閾値より大きいか否かが判定される。ここで、力学的負荷が重量で表される場合、上記閾値は、例えば、UAV 1 がホバリングしている状態で貨物 C が搭載されていない場合の支持部 1 1 7 または接続部 1 1 8 の重量（既知）+ マージンに予め設定される。或いは、力学的負荷が回転数で表される場合、上記閾値は、UAV 1 がホバリングしている状態で貨物 C が搭載されていない場合のモータの回転数（換言すると、貨物 C が搭載されていない場合に UAV

50

1 のホバリング状態が維持されるモータの回転数) + マージンに予め設定される。

【0039】

そして、当該力学的負荷が閾値より大きくない(閾値未満の)場合、貨物Cの離脱が成功したと判定される。一方、当該力学的負荷が閾値より大きい場合、貨物Cの離脱が失敗したと判定される。或いは、力学的負荷が上昇速度で表される場合、上記閾値は、貨物Cが搭載されていない場合の上昇速度(平均値)に予め設定される。この場合、当該力学的負荷が閾値より大きくない場合(つまり、上昇速度が遅い)、貨物Cの離脱が失敗したと判定される。一方、当該力学的負荷が閾値より大きい場合、貨物Cの離脱が成功したと判定される。

【0040】

ところで、貨物Cの離脱の成否は、カメラにより撮像された画像データを用いても判定可能であるが、外側から貨物Cが視認不能な収納体(収納箱)が支持部117に備えられる場合、カメラにより撮像された画像データを用いて、貨物Cの離脱の成否を判定することは困難である。また、カメラの取り付け位置によって貨物Cを捉えられない死角がある場合、カメラにより撮像された画像データを用いて、貨物Cの離脱の成否を判定することは困難である(この課題は、特に、貨物Cが複数積載される場合に顕著となる)。これに対し、負荷検知処理部16bにより検知された力学的負荷を用いることで、これらの課題を解決し、貨物Cの離脱の成否判定を正確に行うことができる。

【0041】

機体制御部16dは、測位部13から取得された位置情報、撮像部14から取得された画像データ、各種センサから取得された検出データ、及び飛行計画を示す飛行計画情報を用いて、UAV1の機体制御を行う。当該機体制御では、例えば、ロータのモータの回転数の制御、UAV1の位置、姿勢及び進行方向の制御が行われる。また、UAV1の機体制御には、UAV1の離陸制御、UAV1の移動制御、UAV1のホバリング制御、及びUAV1の着陸制御等が含まれる。ここで、UAV1の離陸制御には、状況によってはUAV1を離陸させない制御も含まれる。なお、飛行計画情報は、例えばGCSまたはUTMS2から取得される。飛行計画情報には、貨物Cの運搬先の位置情報が含まれる。機体制御部16dは、貨物Cの運搬先の位置情報に従ってUAV1を当該運搬先へ遠隔操縦または自律的に飛行(移動)させることができる。UAV1の自律的な飛行は、UAV1に備えられる制御部16が移動制御を行うことによる自律飛行に限定されるものではなく、UAV1の自律的な飛行には、例えば貨物運搬システムS全体として移動制御を行うことによる自律飛行も含まれる。

【0042】

さらに、機体制御部16dは、負荷検知処理部16bによる力学的負荷の検知が行われた後におけるUAV1の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う。例えば、UAV1が着陸している状態で上記負荷検知処理が行われた場合、機体制御部16dは、当該力学的負荷の大きさによって、UAV1を離陸させるか、またはUAV1の離陸を制限する。例えば、機体制御部16dは、力学的負荷の数値範囲を予め設定する。そして、機体制御部16dは、上記負荷検知処理により検知された力学的負荷が、設定された数値範囲内に入る場合に、UAV1を離陸させる(或いは、この場合、UAV1の離陸を制限してもよい)。

【0043】

また、UAV1が着陸している状態で貨物Cの離脱の成否判定が行われた場合、機体制御部16dは、上記負荷検知処理が行われた後におけるUAV1の移動に関して、上記成否判定の結果に応じて異なる制御を行う。例えば、貨物Cの離脱が成功したと判定された場合、機体制御部16dは、UAV1を離陸させる制御(UAV1の離陸制御)を行う。これにより、UAV1を安全に離陸させることができる。一方、貨物Cの離脱が失敗したと判定された場合、機体制御部16dは、UAV1の離陸を制限する制御(例えば、ロータのモータを停止する制御)を行う。これにより、UAV1の安全を担保することができる。

【0044】

10

20

30

40

50

また、UAV 1 が飛行している状態で上記負荷検知処理が行われた場合、機体制御部 16 d は、当該力学的負荷の大きさによって、UAV 1 を次の移動予定地（例えば、次の運搬先、または帰還先）へ向かわせるか、UAV 1 を空中でホバリングさせるか、または、UAV 1 を着陸させる。例えば、機体制御部 16 d は、力学的負荷の数値範囲を複数段階で予め設定（例えば、互いに異なる第 1 ～ 第 3 数値範囲を設定）する。そして、機体制御部 16 d は、上記負荷検知処理により検知された力学的負荷が、第 1 数値範囲内に入る場合に UAV 1 を次の移動予定地へ向かわせ、第 2 数値範囲内に入る場合に UAV 1 を空中でホバリングさせ、第 3 数値範囲内に入る場合に UAV 1 を着陸させる。

【0045】

また、UAV 1 が飛行している状態で貨物 C の離脱の成否判定が行われた場合、機体制御部 16 d は、上記負荷検知処理が行われた後における UAV 1 の移動に関して、上記成否判定の結果に応じて異なる制御を行う。例えば、貨物 C の離脱が成功したと判定された場合、機体制御部 16 d は、UAV 1 を次の移動予定地へ向かわせる制御（UAV 1 の移動制御）を行う。これにより、UAV 1 を次の移動予定地へ安全に向かわせることができる。一方、貨物 C の離脱が失敗したと判定された場合、機体制御部 16 d は、UAV 1 を空中でホバリングさせる制御（UAV 1 のホバリング制御）を行うか、または UAV 1 を着陸させる制御（UAV 1 の着陸制御）を行う。UAV 1 をホバリングさせることにより、UAV 1 の安全を担保することができる。また、UAV 1 を着陸させることにより、UAV 1 が不安定な状態で移動することを防止することができる。

【0046】

なお、貨物 C の離脱が失敗したと判定された場合、機体制御部 16 d は、UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かを判定するとよい。そして、機体制御部 16 d は、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定した場合に、UAV 1 を着陸させる。これにより、UAV 1 をより安全に離陸させることができる。UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かは、例えば、カメラ等の光学センサにより検知された検知データに基づいて行われるとよい。これにより、UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かの判定精度を高めることができる。なお、光学センサにより検知された検知データは、画像データであってもよい。

【0047】

図 3 及び図 4 の例では、光センサ OS が UAV 1 の脚部 101 に取り付けられている。この場合、機体制御部 16 d は、光センサ OS により検知された検知データを解析することで貨物 C が脚部 101 の下端より下に突出していないと判断できる場合、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定する。或いは、UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かは、ワイヤ 118 b の巻き取り量に基づいて行われてもよい。これにより、UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かの判定精度を高めることができる。この場合、機体制御部 16 d は、巻き取り量から貨物 C が脚部 101 の下端より下に突出していないと判断できる場合、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定する。一方、機体制御部 16 d は、UAV 1 が安全に着陸可能でないとして判定した場合に、UAV 1 のホバリングを維持させる。

【0048】

[3 . UAV 1 の動作]

次に、UAV 1 の動作について、実施例 1 ～ 実施例 4 に分けて説明する。なお、以下に説明する動作は、出発地点または経路地点において UAV 1 に貨物 C が搭載され、当該 UAV 1 が離陸した後の動作である。

【0049】

（実施例 1）

先ず、図 8 を参照して、UAV 1 の動作の実施例 1 について説明する。図 8 は、実施例 1 における UAV 1 の制御部 16 の処理の一例を示すフローチャートである。実施例 1 は、支持部 117 を備える UAV 1 が飛行している状態で離脱制御が行われる場合の実施例である。図 8 において、貨物 C の運搬先に向けて UAV 1 の移動制御が開始（ステップ S1）された後、制御部 16 は、UAV 1 が貨物 C の運搬先に到着したか否かを判定する（ステップ S2）。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

そして、制御部 1 6 は、貨物 C の運搬先に到着したと判定した場合（ステップ S 2 : Y E S）、UAV 1 が移動している状態で貨物 C を UAV 1 から離脱させるための離脱制御を行う（ステップ S 3）。これにより、特に異常がなければ、例えば運搬先に設置されたポート P 上に貨物 C が投下される。なお、上記離脱制御は、UAV 1 がホバリングしている状態で行われてもよい。

【 0 0 5 1 】

次いで、制御部 1 6 は、UAV 1 のホバリング制御を行う（ステップ S 4）。これにより UAV 1 がホバリングしている状態において、制御部 1 6 は、支持部 1 1 7 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う（ステップ S 5）。例えば、上述したように検知された重量データまたはモータの回転数等に基づいて負荷検知処理部 1 6 b により負荷検知処理が行われる。

10

【 0 0 5 2 】

次いで、制御部 1 6 は、UAV 1 がホバリングしている状態で、ステップ S 5 で検知された力学的負荷に基づいて、離脱成否判定部 1 6 c により、貨物 C の離脱の成否判定を行う（ステップ S 6）。

【 0 0 5 3 】

そして、制御部 1 6 は、ステップ S 5 で検知された力学的負荷が閾値以下である場合、貨物 C の離脱が成功したと判定し（ステップ S 6 : 成功）、次の移動予定地（例えば、次の運搬先、または帰還先）へ向けて UAV 1 の移動制御を行う（ステップ S 7）。

20

【 0 0 5 4 】

一方、制御部 1 6 は、ステップ S 5 で検知された力学的負荷が閾値より大きい場合（つまり、異常な負荷が支持部 1 1 7 にかかっている場合）、貨物 C の離脱が失敗したと判定し（ステップ S 6 : 失敗）、ステップ S 8 へ進む。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 8 では、制御部 1 6 は、離脱異常通知処理を行う。かかる離脱異常通知処理では、離脱異常を示す音声スピーカから出力される。また、離脱異常通知処理では、貨物 C の運搬先に設置されたポート P のスタッフ所持する携帯端末のメールアドレス宛に離脱異常を示すメールが送信されてもよい。これにより、ポート P のスタッフに離脱異常を迅速に伝えることができる。

30

【 0 0 5 6 】

例えば、貨物 C が支持部 1 1 7 のどこかの部分に引っかかっている場合、離脱異常が通知されたスタッフが適切に対応することができる。なお、UAV 1 が異常復旧までポート P を占有する可能性があるため、離脱異常通知処理では、UAV 1 の機体 ID 及び航空機情報と共に、離脱異常を示すメッセージが制御サーバ C S へ送信されてもよい。これにより、制御サーバ C S は、他の UAV 1 が当該ポート P を利用しないように制御することができる。

【 0 0 5 7 】

次いで、制御部 1 6 は、例えば光学センサ O S により検知された検知データに基づいて、UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かを判定する（ステップ S 9）。例えば、貨物 C が脚部 1 0 1 の下端より下に突出していないと判断できる場合、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定される。また、UAV 1 の脚部 1 0 1 が貨物 C の垂直方向の長さに比べて十分に長い場合、貨物 C が支持部 1 1 7 のどこかの部分に引っかかっていたとしても、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定することができる。

40

【 0 0 5 8 】

そして、制御部 1 6 は、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定した場合（ステップ S 9 : Y E S）、UAV 1 の着陸制御を行う（ステップ S 1 0）。これにより、UAV 1 がポート P に着陸することで、ポート P のスタッフが貨物 C の引っかかりを解消して当該貨物 C を回収することができる。

【 0 0 5 9 】

50

一方、制御部 16 は、UAV 1 が安全に着陸可能でないと判定した場合（ステップ S 9 : NO）、ホバリングを維持させる制御を行う（ステップ S 11）。その後、制御部 16 は、UAV 1 を出発地点または経由地点に帰還させる。

【0060】

（実施例 2）

次に、図 9 を参照して、UAV 1 の動作の実施例 2 について説明する。図 9 は、実施例 2 における UAV 1 の制御部 16 の処理の一例を示すフローチャートである。実施例 2 は、支持部 117 を備える UAV 1 が着陸している状態で離脱制御が行われる場合の実施例である。なお、図 9 におけるステップ S 21 及び S 22 の処理は、図 8 におけるステップ S 1 及び S 2 の処理と同様である。

10

【0061】

制御部 16 は、貨物 C の運搬先に到着したと判定した場合（ステップ S 22 : YES）、UAV 1 の着陸制御を行う（ステップ S 23）。これにより、UAV 1 がポート P に着陸した後、制御部 16 は、貨物 C を UAV 1 から離脱させるための離脱制御を行う（ステップ S 24）。これにより、特に異常がなければ、例えば運搬先に設置されたポート P 上に貨物 C が解放される。

【0062】

次いで、制御部 16 は、UAV 1 の離陸制御を行う（ステップ S 25）。次いで、制御部 16 は、UAV 1 が所定高度に達したと判断した場合、UAV 1 のホバリング制御を行う（ステップ S 26）。次いで、制御部 16 は、UAV 1 がホバリングしている状態において、支持部 117 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う（ステップ S 27）。なお、図 9 におけるステップ S 28 ~ S 33 の処理は、図 8 におけるステップ S 6 ~ S 11 の処理と同様である。

20

【0063】

（実施例 3）

次に、図 10 を参照して、UAV 1 の動作の実施例 3 について説明する。図 10 は、実施例 3 における UAV 1 の制御部 16 の処理の一例を示すフローチャートである。実施例 3 は、支持部 117 を備える UAV 1 が着陸している状態で離脱制御が行われる場合の実施例である。なお、図 10 におけるステップ S 41 ~ S 44 の処理は、図 9 におけるステップ S 21 ~ S 24 の処理と同様である。

30

【0064】

次いで、制御部 16 は、UAV 1 が着陸している状態において、支持部 117 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う（ステップ S 45）。次いで、制御部 16 は、UAV 1 が着陸している状態で、ステップ S 45 で検知された力学的負荷に基づいて、貨物 C の離脱の成否判定を行う（ステップ S 46）。

【0065】

そして、制御部 16 は、ステップ S 45 で検知された力学的負荷が閾値以下である場合、貨物 C の離脱が成功したと判定し（ステップ S 46 : 成功）、UAV 1 の離陸制御を行う（ステップ S 47）。次いで、制御部 16 は、次の移動予定地（例えば、次の運搬先、または帰還先）へ向けて UAV 1 の移動制御を行う（ステップ S 48）。

40

【0066】

一方、制御部 16 は、ステップ S 45 で検知された力学的負荷が閾値より大きい場合、貨物 C の離脱が失敗したと判定し（ステップ S 46 : 失敗）、上述したように離脱異常通知処理を行う（ステップ S 49）。次いで、制御部 16 は、UAV 1 の離陸を制限する（ステップ S 50）。これにより、UAV 1 はポート P に着陸したままとなり、当該ポート P のスタッフが貨物 C の引っかかりを解消して当該貨物 C を回収することができる。

【0067】

（実施例 4）

次に、図 11 を参照して、UAV 1 の動作の実施例 4 について説明する。図 11 は、実施例 4 における UAV 1 の制御部 16 の処理の一例を示すフローチャートである。実施例 4

50

は、接続部 118 を備える UAV 1 が飛行している状態で離脱制御が行われる場合の実施例である。なお、図 11 におけるステップ S 61 及び S 62 の処理は、図 8 におけるステップ S 1 及び S 2 の処理と同様である。

【0068】

そして、制御部 16 は、貨物 C の運搬先に到着したと判定した場合（ステップ S 62：YES）、所定高度において UAV 1 のホバリング制御を行う（ステップ S 63）。これにより UAV 1 がホバリングしている状態において、制御部 16 は、ワイヤ 118b の送り出し制御を行う（ステップ S 64）。これにより、例えばフック 118a を介してワイヤ 118b に接続された貨物 C が降下される。

【0069】

次いで、制御部 16 は、例えば貨物 C がポート P に到達した場合（例えばワイヤ 118b の送り出し量に基づいて判断）に、当該貨物 C を UAV 1 から離脱させるための離脱制御を行う（ステップ S 65）。例えば、フック 118a の駆動機構の解放動作が行われる。これにより、特に異常がなければ、例えばフック 118a から貨物 C が解放される。

【0070】

次いで、制御部 16 は、ワイヤ 118b の巻き取り制御を行う（ステップ S 66）。次いで、制御部 16 は、UAV 1 がホバリングしている状態で、接続部 118 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う（ステップ S 67）。ここで、制御部 16 は、ステップ S 66 で巻き取り制御を行う前に、UAV 1 の高度を上昇（例えば、数 m だけ上昇）させた上で負荷検知処理を行ってもよい。なお、図 11 におけるステップ S 68 ~ S 70 の処理は、図 8 におけるステップ S 6 ~ S 8 の処理と同様である。

【0071】

次いで、制御部 16 は、例えばワイヤ 118b の巻き取り量に基づいて UAV 1 が安全に着陸可能であるか否かを判定する（ステップ S 71）。ワイヤ 118b の巻き取り量から貨物 C が脚部 101 の下端より下に突出していないと判断できる場合、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定される。

【0072】

そして、制御部 16 は、UAV 1 が安全に着陸可能であると判定した場合（ステップ S 71：YES）、UAV 1 の着陸制御を行う（ステップ S 72）。一方、制御部 16 は、UAV 1 が安全に着陸可能でないと判定した場合（ステップ S 71：NO）、ホバリングを維持させる制御を行う（ステップ S 73）。

【0073】

なお、上記実施例 1 ~ 4 においては、検知された力学的負荷に基づいて貨物 C の離脱の成否判定が行われるように構成したが、制御部 16 は貨物 C の離脱の成否判定を行うことなく、当該力学的負荷に応じて UAV 1 の制御（例えば、図 8 に示すステップ S 7 以降に示す制御）を行ってもよい。

【0074】

以上説明したように、上記実施形態によれば、UAV 1 の支持部 117 により支持または接続部 118 により接続された貨物を UAV 1 から離脱させるための離脱制御が行われ、その後に、支持部 117 または接続部 118 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理が行われ、当該力学的負荷の検知が行われた後における UAV 1 の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御が行われる。かかる負荷検知処理により検知された力学的負荷には貨物の離脱成否状況が反映されるので、貨物の離脱成否状況に応じて UAV 1 に適切な対応をとらせることができる。

【0075】

（応用例）

上記実施形態において、UAV 1 の制御部 16 は、上記負荷検知処理を行う前に、支持部 117 または接続部 118 の駆動機構の解放動作を検知するための解放動作検知処理を行ってもよい。すなわち、制御部 16 は、当該駆動機構の解放動作が検知された後に上記負荷検知処理を行う。例えば、支持部 117 または接続部 118 の駆動機構にアクチュエー

10

20

30

40

50

タが含まれる場合、当該駆動機構の解放動作は、当該アクチュエータにおけるモータの状態（回転位置や負荷等）を検出することにより検知可能である。一方、当該駆動機構に電磁石が含まれる場合、当該駆動機構の解放動作は、当該電磁石が通電されているか否かを検出したり、または、当該電磁石により発生している磁力を検出したりすることにより検知可能である。或いは、当該駆動機構の解放動作は、例えば、離脱制御部 16 a から支持部 117 または接続部 118 へ制御信号が出力されたことを条件として検知されてもよい。このような応用例によれば、解放動作検知処理が別途実行されることにより、支持部 117 または接続部 118 の駆動機構に異常が生じている（例えばアクチュエータまたは電磁石に不具合がある等）のか、または、当該駆動機構は正常に動作したにも関わらず貨物が解放されていない（例えば、引っかかっている）のかについて異常の切り分けを行うことが可能となる。

10

【0076】

なお、上記実施形態は本発明の一実施形態であり、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で上記実施形態から種々構成等に変更を加えてもよく、その場合も本発明の技術的範囲に含まれる。上記実施形態においては、UAV 1 の制御部 16 が、離脱制御を行う第 1 制御部、力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行う負荷検知部、及び力学的負荷に応じて異なる制御を行う第 2 制御部等として機能する場合を例にとって説明したが、制御サーバ CS が制御装置として、第 1 制御部、負荷検知部、及び第 2 制御部等を備えてもよい。この場合、制御サーバ CS が、UAV 1 から必要な情報を適宜取得しつつ、UAV 1 の支持部 117 により支持または接続部 118 に

より接続された貨物を UAV 1 から離脱させるための離脱制御を行い、その後、支持部 117 または接続部 118 にかかる力学的負荷を検知するための負荷検知処理を行い、当該力学的負荷の検知が行われた後における UAV 1 の移動に関して、当該力学的負荷に応じて異なる制御を行う。この場合、離脱制御は、制御サーバ CS から UAV 1（または GCS）へ離脱制御指令を送信することで行われる。また、力学的負荷に応じて異なる制御は、制御サーバ CS から UAV 1（または GCS）へ力学的負荷に応じた制御指令を送信することで行われる。また、この場合、制御サーバ CS は、検知された力学的負荷に基づいて、貨物の離脱の成否判定を行い、負荷検知処理が行われた後における UAV 1 の移動に関して、当該成否判定の結果に応じて異なる制御を行ってもよい。また、上記実施形態においては、本発明を UAV 1 に対して適用した場合を例にとって説明したが、本発明は航空機内に操縦者（パイロット）が存在しなくても飛行することができる有人航空機に対しても適用可能である。

20

30

【符号の説明】

【0077】

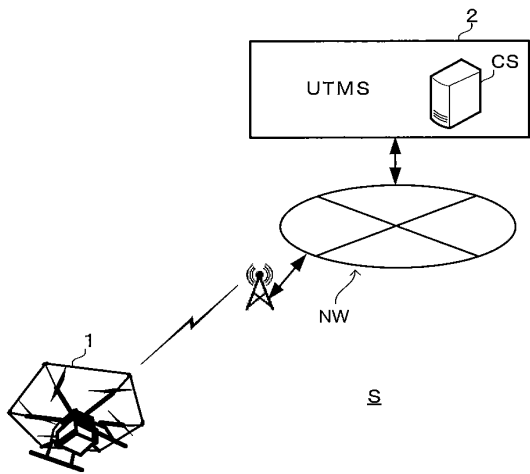
- 1 UAV
- 2 UTMS
 - 1 1 貨物搭載部
 - 1 2 駆動部
 - 1 3 測位部
 - 1 4 撮像部
 - 1 5 無線通信部
 - 1 6 制御部
 - 1 6 a 離脱制御部
 - 1 6 b 負荷検知処理部
 - 1 6 c 離脱成否判定部
 - 1 6 d 機体制御部
- C S 制御サーバ
- S 貨物運搬システム

40

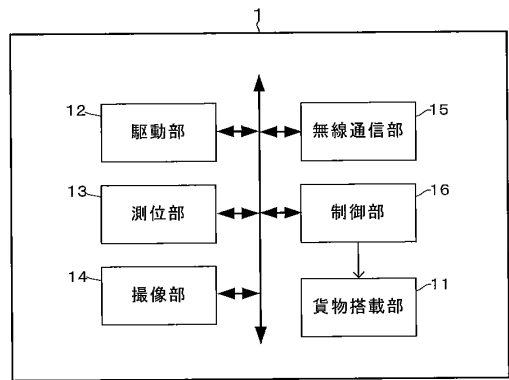
50

【 図 面 】

【 図 1 】



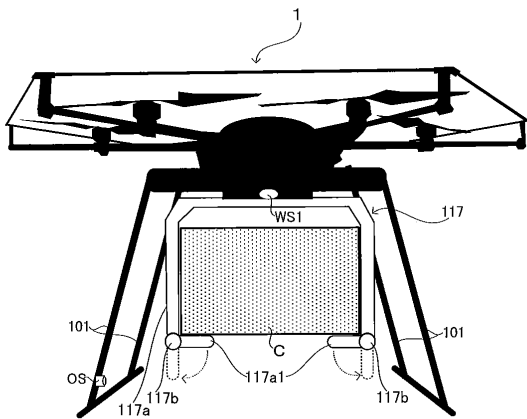
【 図 2 】



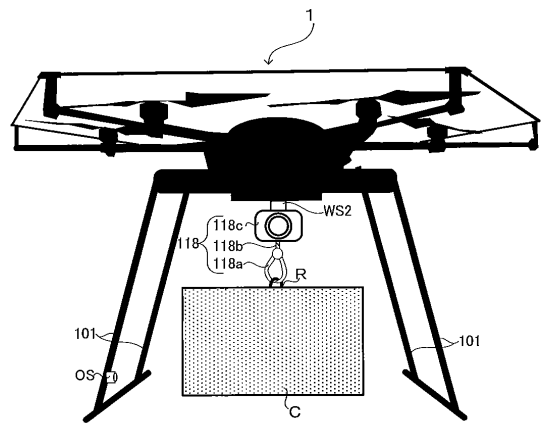
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

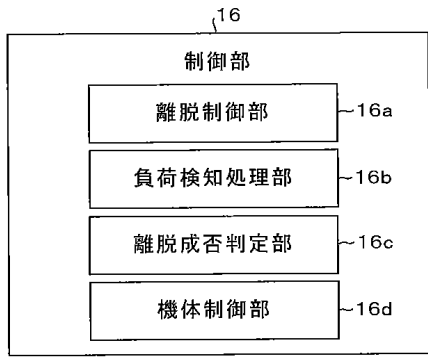


30

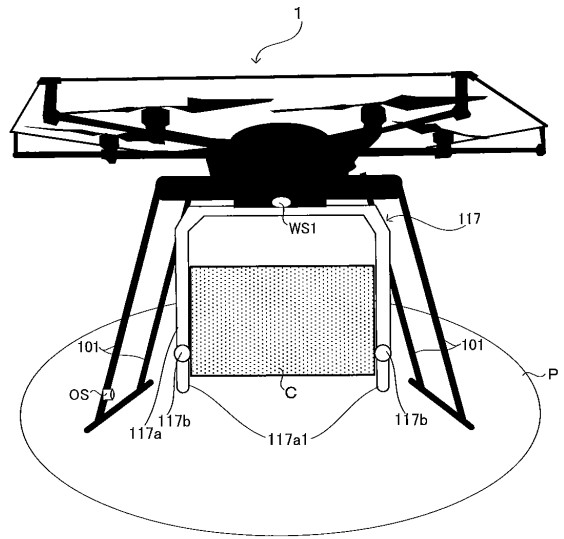
40

50

【 図 5 】



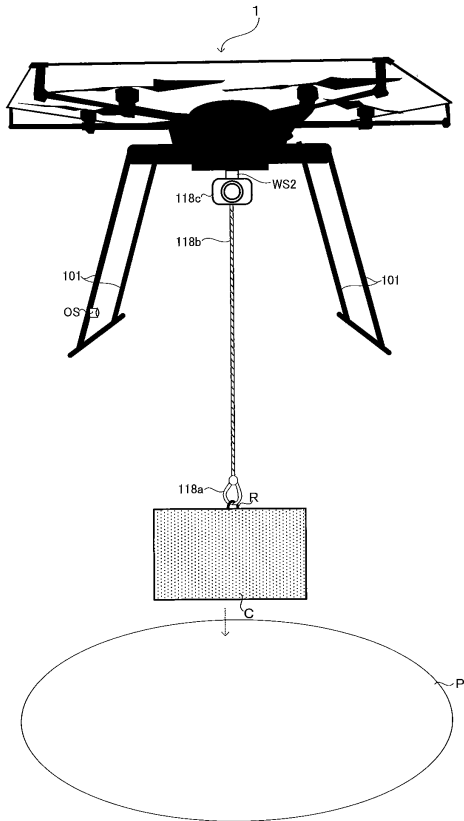
【 図 6 】



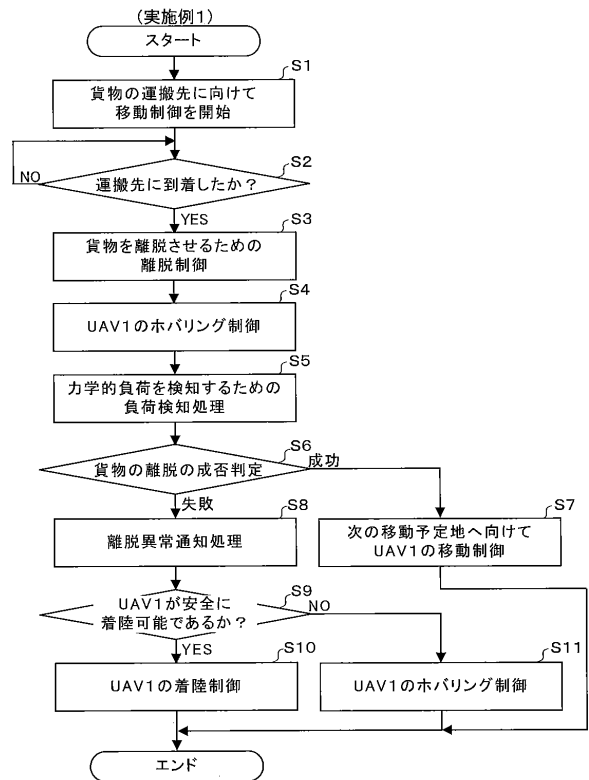
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

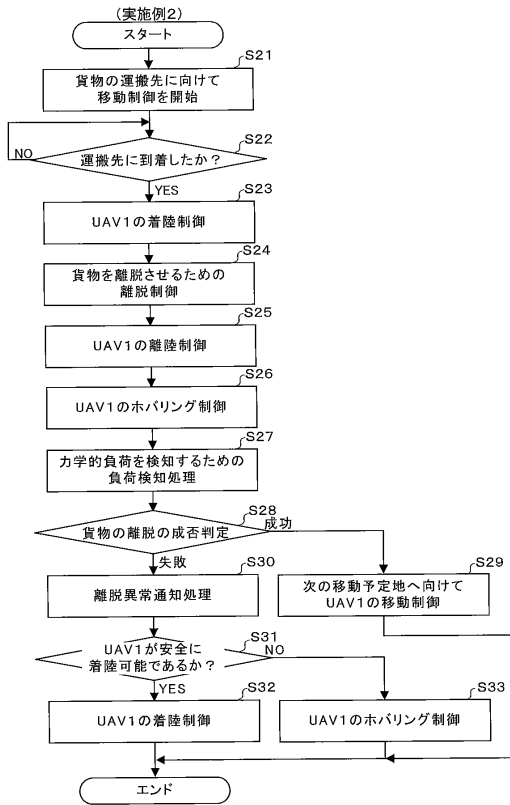


30

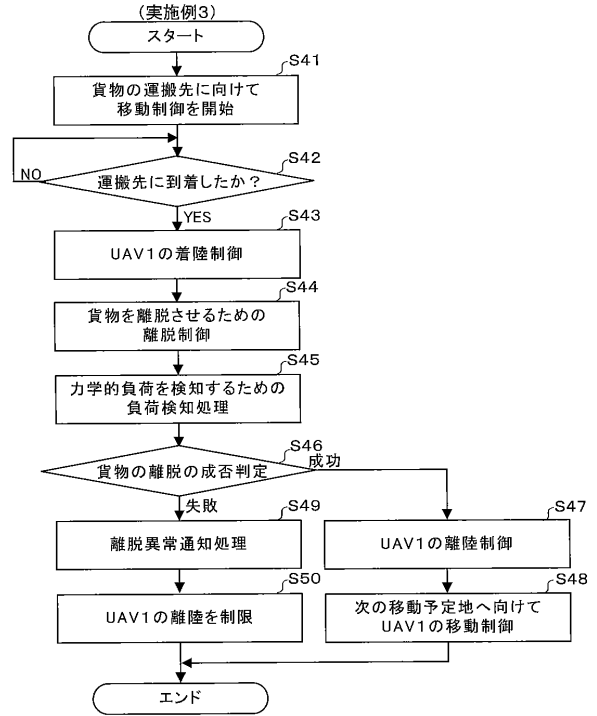
40

50

【 図 9 】



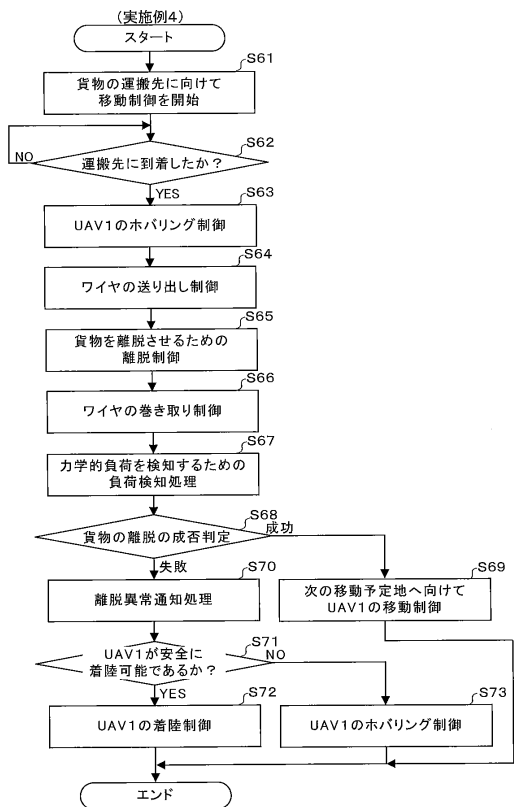
【 図 10 】



10

20

【 図 11 】



30

40

50