

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7036220号

(P7036220)

(45)発行日 令和4年3月15日(2022.3.15)

(24)登録日 令和4年3月7日(2022.3.7)

(51)国際特許分類

F I

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

請求項の数 10 (全25頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-538386(P2020-538386)
 (86)(22)出願日 令和1年8月20日(2019.8.20)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2019/032339
 (87)国際公開番号 WO2020/040105
 (87)国際公開日 令和2年2月27日(2020.2.27)
 審査請求日 令和2年12月21日(2020.12.21)
 (31)優先権主張番号 特願2018-155678(P2018-155678)
 (32)優先日 平成30年8月22日(2018.8.22)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(出願人による申告)平成26年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発/橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボット」
 最終頁に続く

(73)特許権者 000004237
 日本電気株式会社
 東京都港区芝五丁目7番1号
 (74)代理人 100109313
 弁理士 机 昌彦
 (74)代理人 100149618
 弁理士 北嶋 啓至
 (72)発明者 山下 敏明
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
 審査官 今井 貞雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 選定装置、選定方法及び選定プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する、移動モード指定手段と、前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢のみの制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度のみの制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う選定手段と、を備える選定装置。

【請求項2】

前記周囲状況情報が、前記周囲の状況を取得するセンサから送付されたものである、請求項1に記載された選定装置。

【請求項3】

前記周囲状況情報に、前記移動体に当たる風に係る風速又は向きを表す情報が含まれる、請求項1又は請求項2に記載された選定装置。

【請求項4】

前記周囲状況情報に、前記移動体が撮像する画像情報が含まれる、請求項1乃至請求項3のうちのいずれかに記載された選定装置。

【請求項5】

前記周囲状況情報に、前記移動体と前記周囲に存在する物との距離を表す情報が含まれる、請求項1乃至請求項4のうちのいずれかに記載された選定装置。

【請求項 6】

前記周囲状況情報に、前記移動体と前記周囲に存在する物との接触状況を表す情報が含まれる、請求項 1 乃至請求項 5 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

【請求項 7】

前記移動モード指定手段は、前記位置の推定値を表す位置推定情報を前記移動状況情報とする場合がある、請求項 1 乃至請求項 6 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

【請求項 8】

前記移動モード指定手段は、前記位置の推定値を表す位置推定情報と、前記位置推定情報と前記位置の目標値を表す位置目標情報との乖離の程度を表す位置姿勢乖離情報とを、前記移動状況情報とする場合がある、請求項 1 乃至請求項 6 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

10

【請求項 9】

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定し、

前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢のみの制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度のみの制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う、

選定方法。

【請求項 10】

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する処理と、

20

前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢のみの制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度のみの制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う処理と、

をコンピュータに実行させる選定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体の移動制御に関する。

【背景技術】

30

【0002】

回転翼を複数有する多軸回転翼ロータにより浮揚し飛行するマルチコプタ（ドローン）は、その扱いが容易であるため、物の観測や監視、さらにはインフラ構造物などを対象とした点検業務への適用検討が進められている。

【0003】

例えば、特許文献 1 が開示するマルチコプタは、炭素繊維、熱硬化型合成樹脂及び金属からなる複合材で成形された円筒形機体に対し、機体全体にわたって均等に配分して取り付けられた多数の回転翼ロータを備える。

【0004】

また、特許文献 2 が開示する無人機システムでは、無人機と係留装置とが係留索を介して接続される。そして、当該無人機システムは、上空の無人機と地上の係留装置とが互いに協調することで、強風発生時など環境条件の変動に応じ係留索の張力を所定の条件に対する維持制御を可能とする。

40

【0005】

非特許文献 1 乃至 3 は、インフラ点検を行うための飛行ロボットシステム等を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許第 6 1 5 6 6 6 9 号公報

特開 2 0 1 7 - 2 1 7 9 4 2 号公報

50

【非特許文献】

【0007】

【文献】山下敏明他、インフラ点検用飛行ロボットシステムの開発、第53回飛行機シンポジウム講演論文、2G06。

山下敏明他、インフラ点検用飛行ロボットシステムの性能評価、第54回飛行機シンポジウム講演論文、2L09。

正沢道太郎他、飛行ロボットにおける安全な接触飛行システムの開発、第55回飛行機シンポジウム講演論文、1F10。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

非特許文献1乃至3が開示する、インフラ点検用の飛行ロボットは、橋脚等の打音点検を行うことを目的としたものである。当該飛行ロボットは、当該打音点検の際に、打検機の先端を橋脚などの壁面等の点検対象に接触させる。そして、飛行ロボットは、打検機に搭載するハンマーをある周波数で駆動し、ハンマーで前記点検対象を連続的にたたくことにより音を発生させる。さらに、前記飛行ロボットは、所定の速度で前記先端を移動させることにより、前記点検対象の所定の範囲の打音検査を行う。そのため、前記先端部を指定した壁面等の表面位置に固定した時の位置精度と共に、前記先端部が移動する速度が設定通りであることの双方を共に達成できることが重要である。

【0009】

しかしながら、前記先端部の位置及び移動する速度は、飛行ロボット本体の位置及び姿勢並びに速度及び角速度に依存する。それとともに、前記壁面等と接触する前記先端部が被る外乱などの影響により、飛行ロボット本体自体の制御精度が劣化する結果となる。

【0010】

そのため、非特許文献1乃至3が開示するインフラ点検用ロボットに、一般的なドローンが行うような制御を行わせた場合、そのままでは前記先端部の位置決め性能と移動させる速度精度を共に達成することは困難である。

【0011】

本発明は、移動体の移動状況及び周囲の状況により適した、移動体の位置決め制御と移動制御を共に可能とする選定装置等の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の選定装置は、移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する、移動モード指定部と、前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢の制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度の制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う選定部と、を備える。

【発明の効果】

【0013】

本発明の選定装置等は、移動体の移動状況及び周囲の状況により適した、移動体の位置決め制御と移動制御を共に可能とする。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態の飛行体の構成例を表すブロック図である。

【図2】移動制御部の構成例を表す概念図である。

【図3】位置制御性能情報の割当て例を表す概念図である。

【図4】姿勢制御性能情報の割当て例を表す概念図である。

【図5】速度制御性能情報の割当て例を表す概念図である。

【図6】角速度性能情報の割当て例を表す概念図である。

【図7】実施形態の選定装置の最小限の構成を表すブロック図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0015】**

飛行体の移動状況及び周囲の状況によって、前記移動について、位置及び姿勢の制御を行う場合と、速度及び角速度の制御を行う場合とに分類できる。

【0016】

本実施形態の飛行体は、飛行に係る制御モードを、前記飛行体の位置及び姿勢の制御を行う前記第一制御モードと、前記飛行体の速度及び角速度を制御する前記第二制御モードとで切り替える。前記飛行体は、前記切り替えを、センサで検出した風速や風向きのような飛行体の周囲の状況と、飛行体の移動状況とにより行う。これにより、前記飛行体は、飛行体の移動状況及び周囲の状況により適した、飛行制御を可能にする。

10

[構成と動作]

図1は、本実施形態の飛行体の例である飛行体501の構成を表すブロック図である。

【0017】

飛行体501は、例えば、マルチコプタ、ドローン、又は、飛行ロボットである。飛行体501は、より具体的には、例えば、検査対象の位置まで飛行して、前記検査対象についての所定の検査を実行するマルチコプタである。当該検査対象は、例えば、橋脚の所定の部分である。また、前記検査は、例えば、前記部分を飛行体501の所定の部分で叩いて発生する音の解析等を行う打音検査である。そのような、打音検査を行うマルチコプタは、例えば、非特許文献1乃至3に開示がある。

【0018】

飛行体501は、移動制御部201と、駆動制御部206と、作業制御部256と、センサ群301と、飛行可能化部401と、作業部451とを備える。

20

【0019】

センサ群301は、飛行体501の各部分に設置されたセンサからなるセンサ群である。センサ群301を構成する当該センサは、例えば、風向センサ、風速センサ、気圧センサ、高度センサ、画像センサ(カメラ)、レーザ距離センサ、接触センサ等である。各センサは、検出したセンサ情報を、逐次、移動制御部201へ送付する。当該センサ情報は、飛行体501の周囲の状況を表す周囲状況情報である。

【0020】

移動制御部201は、センサ群301から送付を受けた前記センサ情報により、駆動制御部206へ飛行に係る制御情報を送付する制御部を選定する。移動制御部201は、当該制御部を複数備えている。当該制御部は、飛行体501の、例えば、速度及び角速度を制御するためのものと、位置及び姿勢を制御するためのものとに分かれている。また、当該制御部には、制御性能の異なる複数のものが含まれている。

30

【0021】

駆動制御部206は、移動制御部201が選定した前記制御部により、飛行可能化部401の駆動に係る制御を行う。

【0022】

飛行可能化部401は、駆動制御部206による駆動制御に従い、飛行体501の飛行動作を実行する。

40

【0023】

飛行可能化部401は、例えば、四つ以上のプロペラを備えている。その場合、飛行可能化部401は、前記駆動制御に従い、各プロペラの回転数を変えることにより、飛行体501を、浮上、降下、移動及び姿勢変更を行う。

【0024】

作業制御部256は、移動制御部201により、飛行モードが作業モードである旨の飛行モード情報の送付を受けた場合には、作業部451に所定の作業を実行させる。当該作業は、例えば、前述の、橋脚の打音検査である。ここで、打音検査は、対象物を作業部451の所定の部位で叩いて、発生する音の音質等の状況を検査するものである。

【0025】

50

飛行体 501 は、例えば、発明が解決しようとする課題の項で説明した飛行ロボットのように、当該打音点検の際に、打検機の先端を橋脚などの壁面等の点検対象に接触させる。そして、飛行体 501 は、前記打検機に搭載するハンマーをある周波数で駆動し、前記ハンマーで前記点検対象を連続的に叩くことにより音を発生させる。さらに、前記飛行ロボットは、所定の速度で前記先端を移動させることにより、前記点検対象の所定の範囲の打音検査を行う。

【0026】

作業部 451 は、作業制御部 256 からの指示に従い、前記作業を実行する。

【0027】

図 2 は、図 1 に表す移動制御部 201 の構成例を表す概念図である。

10

【0028】

図 2 に表す移動制御部 201 は、判定部 150 と、第一制御部 151 と、第二制御部 152 と、選定部 105 とを備える。

【0029】

判定部 150 は、モード指定部 101 と、位置姿勢目標生成部 102 と、速度角速度目標生成部 103 と、状態推定部 104 とを備える。

【0030】

第一制御部 151 は、位置姿勢制御系 p_1 乃至 p_n のうちのいずれかを選択し得る。位置姿勢制御系 p_1 乃至 p_n の各々（各位置姿勢制御系）は、位置及び姿勢の制御のみを行う制御系である。各位置姿勢制御系は、他の各位置姿勢制御系と、制御性能が異なる。当該制御性能は、後述のように制御誤差と応答速度との組合せにより表し得る制御精度と対応付けられる性能である。第一制御部 151 は、例えば、周知の可変構造制御の構造を有することにより、制御性能の異なる位置姿勢制御系 p_1 乃至 p_n が選択される。

20

【0031】

第二制御部 152 については、速度角速度制御系 v_1 乃至 v_n のうちのいずれかを選択し得る。速度角速度制御系 v_1 乃至 v_n の各々（各速度角速度制御系）は、速度及び角速度の制御のみを行う制御系である。各速度角速度制御系は、他の各速度角速度制御系と、制御性能が異なる。当該制御性能は、後述のように制御誤差と応答速度との組合せにより表し得る制御精度と対応付けられる性能である。第一制御部 151 は、例えば、周知の可変構造制御の構造を有することにより、制御性能の異なる速度角速度制御系 v_1 乃至 v_n が

30

【0032】

センサ群 301 は、センサ S_1 乃至 S_n を備える。

【0033】

センサ群 301 のセンサ S_1 乃至 S_n の各々（各センサ）から、モード指定部 101、位置姿勢目標生成部 102、速度角速度目標生成部 103 及び状態推定部 104 の各々へは、前述のセンサ情報 S_1 乃至 S_n の各々が送付される。

【0034】

また、駆動制御部 206 から、モード指定部 101、位置姿勢目標生成部 102 及び速度角速度目標生成部 103 の各々へは、位置姿勢推定情報 S_07 及び速度角速度推定情報 S_08 が送付される。ここで、位置姿勢推定情報 S_07 は、駆動制御部 206 により生成される、飛行体 501 の位置及び姿勢についての推定情報である。また、速度角速度推定情報 S_08 は、駆動制御部 206 により生成される、飛行体 501 の速度及び角速度についての推定情報である。

40

【0035】

モード指定部 101 は、各センサから送付を受けた各センサ情報や、駆動制御部 206 から送付された位置姿勢推定情報又は速度角速度推定情報から、飛行体 501 の移動状況を表す移動状況情報を導出する。モード指定部 101 は、当該移動状況情報として、位置姿勢推定情報に含まれ、飛行体 501 の位置の推定値を表す、位置推定情報を用いても構わない。モード指定部 101 は、あるいは、後述の具体例で説明するように、センサ群 30

50

1に含まれるセンサの一つである画像センサが撮像した画像中の所定の物の大きさを前記移動状況情報に用いても構わない。モード指定部101は、あるいは、位置推定情報とセンサ情報との組合せを前記状況情報に用いても構わない。

【0036】

そして、モード指定部101は、前記飛行状況情報から、飛行体501の飛行モードを表す飛行モード情報S09を生成する。

【0037】

当該飛行モードは、例えば、離陸モード、着陸モード、上昇下降モード、水平飛行モード、接近モード、接触モード、作業モード等である。

【0038】

ここで、前記離陸モードは、例えば、飛行体501を、出発地点から浮上させる飛行モードである。また、前記離陸モードは、飛行体501を、着陸地点に着陸させる飛行モードである。

【0039】

また、前記上昇下降モードは、例えば、飛行体501を、その地点の直上の所定の高さまで上昇又は下降させる飛行モードである。また、前記水平飛行モードは、飛行体501を、高度を保持しつつ、所定の地点まで、水平飛行させる飛行モードである。また、前記接近モードは、飛行体501を、対象物の所定の位置から所定の距離に接近させる飛行モードである。また、前記接触モードは、飛行体501を対象物の所定の位置に接触させる飛行モードである。また、前記作業モードは、飛行体501に、所定の作業を行わせる飛行モードである。当該作業は、例えば、前述の、対象物の打音検査である。

【0040】

モード指定部101は、生成した飛行モード情報S09を状態推定部104及び図1に表す作業制御部256へ送付する。

【0041】

位置姿勢目標生成部102は、各センサから送付を受けた各センサ情報と、駆動制御部206から送付された位置姿勢推定情報とから、飛行体501の位置及び姿勢の目標を表す位置姿勢目標情報S10を生成する。位置姿勢目標生成部102は、生成した位置姿勢目標情報S10を、状態推定部104へ送付する。

【0042】

速度角速度目標生成部103は、各センサから送付を受けた各センサ情報と、駆動制御部206から送付された位置姿勢推定情報S07及び速度角速度推定情報S08とから、飛行体501の速度及び角速度の目標を表す速度角速度目標情報S11を生成する。速度角速度目標生成部103は、生成した速度角速度目標情報S11を状態推定部104へ送付する。

【0043】

状態推定部104は、飛行モード情報S09、位置姿勢目標情報S10、速度角速度目標情報S11及び選定部105により前回出力された制御情報S15から、位置姿勢制御と速度角速度制御とのどちらが適切であるかの選定を制御モード選定として実施する。

【0044】

位置姿勢制御は、飛行体501の位置及び姿勢のみに関する制御である。

【0045】

一方、速度角速度制御は、飛行体501の速度及び角速度のみに関する制御である。

【0046】

なお、速度角速度制御を行った結果として、飛行体501が位置を誤り、姿勢が飛行継続困難な状態に近づく場合も想定され得る。そのような場合は、状態推定部104は、センサ群301から送付されたセンサ情報により異常を検出する。そして、状態推定部104は、速やかに、制御モードを、位置姿勢制御モードに切り替える。これにより、状態推定部104は、飛行体501の位置の大幅なずれや姿勢を崩すことによる墜落の危険性を回避する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

例えば、センサ情報が、センサ群 3 0 1 に含まれるセンサであるカメラが撮像した画像情報であるとする。その場合において、その画像情報が表す画像に当然含まれているはずの物の形状が検出されない場合は、状態推定部 1 0 4 は、位置又は姿勢が大きすぎていることを検出する。そして、状態推定部 1 0 4 は、制御モードを、速度角速度制御モードから位置姿勢制御モードに切り替え、その物が画像に含まれるように飛行体 5 0 1 を制御する。

【 0 0 4 8 】

以下、飛行モード情報 S 0 9、位置姿勢目標情報 S 1 0、速度角速度目標情報 S 1 1 及び選定部 1 0 5 により前回出力された制御情報 S 1 5 を、「第一情報群」と定義する。

10

【 0 0 4 9 】

状態推定部 1 0 4 は、例えば、前記第一情報群の組合せと、前記制御モード選定に係る選定結果とを対応付ける情報である第一対応情報を予め保持している。そして、状態推定部 1 0 4 は、選択を行うタイミングにおける前記第一情報群の組合せと前記第一対応情報とから、前記制御モード選定を行う。そして、状態推定部 1 0 4 は、前記選定結果を表す選定情報を選定部 1 0 5 へ送付する。

【 0 0 5 0 】

状態推定部 1 0 4 は、飛行モード情報 S 0 9 のみにより前記制御モード選定を行っても構わない。

【 0 0 5 1 】

状態推定部 1 0 4 は、位置姿勢推定情報 S 0 7 に含まれる位置推定情報のみにより前記制御モード選定を行っても構わない。

20

【 0 0 5 2 】

あるいは、状態推定部 1 0 4 は、飛行モード情報 S 0 9 と、その時点における、位置姿勢情報 S 0 7 に含まれる位置推定情報と前記位置姿勢目標情報に含まれる位置目標情報との乖離の程度を表す位置乖離情報により、前記制御モード選定を行っても構わない。

【 0 0 5 3 】

状態推定部 1 0 4 は、前記制御モード選定により位置姿勢制御を選定した場合は、要求される位置姿勢制御の性能（精度）である位置姿勢制御性能を表す位置姿勢制御性能情報を特定する。状態推定部 1 0 4 は、当該特定を、前記第一情報群から行う。状態推定部 1 0 4 は、例えば、前記第一情報群の組合せと、前記位置姿勢性能情報とを対応付ける情報である第二対応情報を予め保持している。そして、状態推定部 1 0 4 は、選択を行うタイミングにおける前記第一情報群の組合せと前記第二対応情報とから、前記位置姿勢性能情報の特定を行う。

30

【 0 0 5 4 】

そして、状態推定部 1 0 4 は、特定した前記位置姿勢制御性能情報により、第一制御部 1 5 1 の各位置姿勢制御系のうちから、実際に位置姿勢制御を行わせるものの選択（位置姿勢制御系選択）を行う。その際に、複数の位置姿勢制御系の組合せが位置姿勢制御を行い得る場合は、状態推定部 1 0 4 は、複数の位置姿勢制御系を選択しても構わない。

【 0 0 5 5 】

状態推定部 1 0 4 は、例えば、前記位置姿勢制御性能情報の各々と、その位置姿勢性能情報により表される位置姿勢制御性能を実現することが想定される位置姿勢制御系との対応を表す情報である第三対応情報を予め保持している。そして、状態推定部 1 0 4 は、特定した前記位置姿勢制御性能情報と、前記第三対応情報とから、位置姿勢制御系に係る前記位置姿勢制御系選択を行う。

40

【 0 0 5 6 】

状態推定部 1 0 4 は、当該位置姿勢制御系選択を行った場合は、当該選択結果を表す情報を含む第一選択情報 S 1 2 を、第一制御部 1 5 1 へ送付する。第一選択情報 S 1 2 には、位置姿勢目標生成部 1 0 2 から送付された位置姿勢目標情報 S 1 0 が含まれている。

【 0 0 5 7 】

50

一方、状態推定部 104 は、前記制御モード選定により速度角速度制御を選定した場合は、速度角速度制御について要求される性能（精度）を表す速度角速度制御性能情報を特定する。状態推定部 104 は、当該特定を、前記第一情報群から行う。状態推定部 104 は、例えば、前記第一情報群の組合せと、前記速度角速度制御性能情報とを対応付ける情報である第四対応情報を予め保持している。そして、状態推定部 104 は、選択を行うタイミングにおける前記第一情報群の組合せと前記第四対応情報とから、前記速度角速度制御性能情報の特定を行う。

【0058】

そして、状態推定部 104 は、前記速度角速度制御性能情報から、第二制御部 152 の各速度角速度制御系のうちから、速度角速度制御を行わせるものの選択（速度角速度制御系選択）を行う。ただしその際、複数の速度角速度制御系の組合せが速度角速度制御を行い得る場合には、状態推定部 104 は、複数の速度角速度制御系を選択しても構わない。

10

【0059】

状態推定部 104 は、例えば、前記速度角速度制御性能情報の各々と、その速度角速度制御性能情報が表す制御性能を実現することが想定される速度角速度制御系との対応を表す情報である第五対応情報を予め保持している。そして、状態推定部 104 は、導出した前記速度角速度制御性能情報と、前記第五対応情報とから、前記速度角速度制御系選択を行う。

【0060】

状態推定部 104 は、前記速度角速度制御系選択を行った場合は、当該選択結果を表す第二選択情報 S13 を、第二制御部 152 へ送付する。第二選択情報 S13 には、速度角速度目標生成部 103 から送付を受けた速度角速度目標情報が含まれている。

20

【0061】

第一制御部 151 は、位置姿勢制御性能の異なる複数の位置姿勢制御系を備えている。各位置姿勢制御系は、例えば、制御方式が異なることにより、前記第一精度が異なる。より高性能な制御を実現する制御方式は周知であるので、ここでは、説明を省略する。

【0062】

第一制御部 151 は、状態推定部 104 から、前記第一選択情報の送付を受けると、当該第一選択情報が表す位置姿勢制御系を選択する。そして、第一制御部 151 は、第一制御部 151 における以降の位置姿勢制御を、選択した位置姿勢制御系により行う。選択された位置姿勢制御系は、第一選択情報 S12 に含まれる位置姿勢目標情報 S10 と、駆動制御部 206 から送付された位置姿勢推定情報とにより、駆動制御部 206 を制御するための位置姿勢制御情報 S16 を生成し、選定部 105 に送付する。

30

【0063】

第二制御部 152 は、速度角速度制御性能の異なる複数の速度角速度制御系を備えている。各速度角速度制御系は、例えば、制御方式が異なることにより、前記速度角速度制御性能が異なる。

【0064】

第二制御部 152 は、状態推定部 104 から、前記第二選択情報の送付を受けると、当該第二選択情報が表す速度角速度制御系を選択する。そして、第二制御部 152 は、第二制御部 152 における、以降の速度角速度制御を、選択した速度角速度制御系により行う。選択された速度角速度制御系は、第二選択情報 S13 に含まれる速度角速度目標情報と、駆動制御部 206 から送付された速度角速度推定情報 S08 とにより、駆動制御部 206 を制御するための速度角速度制御情報 S17 を生成し、選定部 105 に送付する。

40

【0065】

選定部 105 は、制御モード判定情報 S14 により、位置姿勢制御情報 S16 及び速度角速度制御情報 S17 のうちのいずれか一方を選択する。そして、選定部 105 は、位置姿勢制御情報 S16 及び速度角速度制御情報 S17 のうちの選択したいずれか一方を含む制御情報 S15 を、駆動制御部 206 及び状態推定部 104 へ送付する。

【0066】

50

駆動制御部 206 は、選定部 105 から送付を受けた制御情報 S15 により、飛行可能化部 401 を駆動する。

【0067】

駆動制御部 206 は、例えば、互いに直交する三軸の向きの加速度を検出し得る加速度センサを備える。そして、駆動制御部 206 は、検出した三軸の向きの加速度から、飛行体 501 の、位置、姿勢、速度及び角速度を推定する。三軸の向きの加速度から、飛行体 501 の、位置、姿勢、速度及び角速度を推定する方法は周知であるので、説明を省略する。

【0068】

駆動制御部 206 は、推定した位置及び姿勢を表す位置姿勢推定情報 S07 を、判定部 150 及び第一制御部 151 へ送付する。駆動制御部 206 は、また、飛行体 501 の速度及び角速度の推定値を表す速度角速度推定情報 S08 を、判定部 150 及び第二制御部 152 へ送付する。

10

【0069】

図 3 は、状態推定部 104 が、第一制御部 151 が備える位置姿勢制御系を選択する際に用いる、位置制御性能情報の割当て例を表す概念図である。図 3 に表す ap 乃至 hp の各々は、位置制御情報の ID (Identifier) である。各位置制御性能情報 ID が表す制御性能は、ap が最も低く、ID における左側のアルファベットが h に近づくにつれて、高くなるように割り当てられている。

【0070】

各位置制御情報は、位置応答性と位置誤差との組合せについて割り当てられている。ここで、位置誤差は、例えば、位置制御の結果生じる位置の誤差の最大値を表す情報である。また、位置応答性は、例えば、制御後の位置に到達するまでに要する時間の最大値を表す情報である。位置応答性は、制御帯域の帯域幅に依存することが知られている。

20

【0071】

位置制御性能情報は、位置誤差に関しては、6 段階のレベルに分けられている。そして、位置制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、位置誤差を少なく制御できる。

【0072】

位置制御性能情報は、また、位置応答性に関しては、8 段階のレベルに分けられている。そして、位置制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、位置応答性を良好に制御できる。

30

【0073】

図 3 に表す例では、位置応答性及び位置誤差のいずれかがレベル 1 の場合は、位置に関する制御性能が最低レベルである ap の位置制御性能情報 ID が割り当てられている。そして、位置制御情報は、図 3 の右上の領域に移行するに従い、制御性能のレベルが高くなるように割り当てられている。そして、位置誤差及び位置応答性が共に最高レベルの場合に、位置に関する制御性能が最も高いことを表す hp の位置制御性能情報 ID が割り当てられている。

【0074】

図 4 は、状態推定部 104 が、第一制御部 151 が備える位置姿勢制御系を選択する際に用いる、姿勢制御性能情報の割当て例を表す概念図である。図 4 に表す aa 乃至 ha の各々は、姿勢制御情報を表す姿勢制御性能情報 ID である。各姿勢制御性能情報 ID が表す制御性能は、aa が最も低く、各 ID における左側のアルファベットが h に近づくにつれて、高くなるとしている。

40

【0075】

各姿勢制御情報は、姿勢応答性と姿勢誤差との組合せについて割り当てられる。ここで、姿勢誤差は、例えば、姿勢制御の結果生じる姿勢の誤差の最大値を表す情報である。また、姿勢応答性は、例えば、制御後の姿勢に到達するまでに要する時間の最大値を表す情報である。姿勢応答性は、制御帯域の帯域幅に依存することが知られている。

【0076】

姿勢制御性能情報は、姿勢誤差に関しては、6 段階のレベルに分けられている。そして、

50

姿勢制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、姿勢誤差を少なく制御できる。

【 0 0 7 7 】

一方、姿勢制御性能情報は、姿勢応答性に関しては、8段階のレベルに分けられている。そして、姿勢制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、姿勢応答性を良好に制御できる。

【 0 0 7 8 】

姿勢応答性及び姿勢誤差が共にレベル1の場合は、姿勢に関する制御性能が最低レベルであることを表す a a の姿勢制御性能情報 I D が割り当てられている。

【 0 0 7 9 】

姿勢制御情報の割当ては、図4の右上の領域に行くに従い、制御性能が高くなるようにされている。 10

【 0 0 8 0 】

そして、姿勢応答性が最高レベルの場合に、姿勢に関する制御性能が最も高いことを表す h a の姿勢制御性能情報 I D が割り当てられている。

【 0 0 8 1 】

図2に表す状態推定部 1 0 4 は、図3に表す位置制御性能情報割当て及び図4に表す姿勢制御性能情報割当てを用いて、以下のように、第一制御部 1 5 1 の位置姿勢制御系の選定を行う。

【 0 0 8 2 】

状態推定部 1 0 4 は、まず、前述の第一情報群から、必要とされる、位置誤差、位置応答性、姿勢誤差、及び、姿勢応答性を導出する。 20

【 0 0 8 3 】

そして、状態推定部 1 0 4 は、導出した位置誤差及び位置応答性から、図3に表す位置制御性能情報割当てにより、位置制御性能情報 I D を特定する。

【 0 0 8 4 】

状態推定部 1 0 4 は、また、導出した姿勢誤差及び姿勢応答性から、図4に表す姿勢制御性能情報割当てにより、姿勢制御性能情報 I D を特定する。

【 0 0 8 5 】

状態推定部 1 0 4 は、図示しない記憶部に、予め、第一制御部 1 5 1 が備える各位置姿勢制御系とその位置姿勢制御系に係る位置制御性能情報 I D 及び姿勢制御性能情報 I D との組合せとの対応を表す第六対応情報を保持している。 30

【 0 0 8 6 】

そして、状態推定部 1 0 4 は、当該第六対応情報を参照して、特定した位置制御性能情報 I D より位置制御性能が上であり、かつ、特定した姿勢制御性能情報 I D より姿勢制御性能が上の、位置姿勢制御系の一つを選択する。状態推定部 1 0 4 は、上記性能を満たす位置制御情報部が複数ある場合には、それらのうちから、最も消費電力の少ない制御を行うものを選択しても良い。最も消費電力の少ない制御を行うものは、位置制御性能と姿勢制御性能とを組み合わせた性能が最も低いものであってもよい。

【 0 0 8 7 】

図5は、状態推定部 1 0 4 が、第二制御部 1 5 2 が備える速度角速度制御系を選択する際に用いる、速度制御性能情報の割当て例を表す概念図である。図5に表す a v 乃至 h v の各々は、速度制御性能情報 I D である。各速度制御性能情報 I D が表す制御性能は、a v が最も低く、アルファベット順に h v に近づくにつれて、高くなるように割り当てられている。 40

【 0 0 8 8 】

各速度制御情報は、速度応答性と速度誤差との組合せについて割り当てられる。当該速度誤差は、例えば、速度制御の結果生じる速度の誤差の最大値を表す情報である。また、速度応答性は、例えば、制御後の速度に到達するまでに要する時間の最大値を表す情報である。速度応答性は、制御帯域の帯域幅に依存することが知られている。

【 0 0 8 9 】

速度制御性能情報は、速度誤差に関しては、6段階のレベルに分けられている。そして、 50

速度制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、速度誤差を少なく制御できる。

【 0 0 9 0 】

一方、速度制御性能情報は、速度応答性に関しては、8段階のレベルに分けられている。そして、速度制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、速度応答性を良好に制御できる。

【 0 0 9 1 】

速度応答性及び速度誤差のいずれかがレベル1の場合は、速度に関する制御性能が最低レベルであることを表す a_v の速度制御性能情報 ID が割り当てられている。

【 0 0 9 2 】

速度制御情報の割当ては、図5の右上の領域に行くに従い、制御性能のレベルが高くなる。 10

【 0 0 9 3 】

そして、速度誤差及び速度応答性が共に最高レベルの場合に、速度に関する制御性能が最も高いことを表す h_v の速度制御性能情報 ID が割り当てられている。

【 0 0 9 4 】

図6は、状態推定部104が、第二制御部152が備える速度角速度制御系を選択する際に用いる、角速度性能情報の割当て例を表す概念図である。図6に表す a_r 乃至 h_r の各々は、角速度制御情報 ID である。各角速度制御性能情報 ID が表す制御性能は、 a_r が最も低く、アルファベット順に h_r に近づくにつれて、高くなるように割り当てられている。

【 0 0 9 5 】

各角速度制御情報は、角速度応答性と角速度誤差との組合せについて割り当てられる。角速度誤差は、例えば、角速度制御の結果生じる角速度の誤差の最大値を表す情報である。また、角速度応答性は、例えば、制御後の角速度に到達するまでに要する時間の最大値を表す情報である。角速度応答性は、制御帯域の帯域幅に依存することが知られている。 20

【 0 0 9 6 】

角速度制御性能情報は、角速度誤差に関しては、6段階のレベルに分けられている。角速度制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、角速度誤差を少なく制御できる。

【 0 0 9 7 】

角速度制御性能情報は、角速度応答性に関しては、8段階のレベルに分けられている。角速度制御性能情報は、当該レベルを表す数値が大きいほど、角速度応答性を良好に制御できる。 30

【 0 0 9 8 】

角速度応答性及び角速度誤差が共にレベル1の場合は、角速度に関する制御性能が最低レベルである a_r の角速度制御性能情報 ID が割り当てられている。

【 0 0 9 9 】

角速度制御情報の割当ては、図6の右上の領域に行くに従い、制御性能のレベルが高くなる。

【 0 1 0 0 】

そして、角速度応答性が最高レベルの場合に、角速度に関する制御性能が最も高いことを表す h_r の角速度制御性能情報 ID が割り当てられている。 40

【 0 1 0 1 】

図2に表す状態推定部104は、図5に表す速度制御性能情報割当て及び図6に表す角速度制御性能情報割当てを用いて、以下のように、第二制御部152の速度角速度制御系の選定を行う。

【 0 1 0 2 】

状態推定部104は、まず、前述の第一情報群から、要求される、速度誤差、速度応答性、角速度誤差、及び、角速度応答性を導出する。

【 0 1 0 3 】

そして、状態推定部104は、導出した速度誤差及び速度応答性から、図5に表す速度制御性能情報割当てにより、速度制御性能情報 ID を特定する。 50

【 0 1 0 4 】

状態推定部 1 0 4 は、また、導出した角速度誤差及び角速度応答性から、図 6 に表す角速度制御性能情報割当てにより、角速度制御性能情報 I D を特定する。

【 0 1 0 5 】

状態推定部 1 0 4 は、図示しない記憶部に、予め、第二制御部 1 5 2 が備える速度角速度制御系とその速度角速度制御系に係る速度制御性能情報 I D 及び角速度制御性能情報 I D との組合せとの対応を表す第七対応情報を保持している。

【 0 1 0 6 】

そして、状態推定部 1 0 4 は、当該第七対応情報を参照して、特定した速度制御性能情報 I D より速度制御性能が上であり、かつ、特定した角速度制御性能情報 I D より角速度制御性能が上の、速度角速度制御系の一つを選択する。状態推定部 1 0 4 は、上記性能を満たす速度制御情報部が複数ある場合には、それらのうちから、最も消費電力の少ない制御を行うものを選択しても良い。最も消費電力の少ない制御を行うものは、速度制御性能と角速度制御性能とを組み合わせた性能が最も低いものであってもよい。

10

[具体例]

次に、図 1 に表す飛行体 5 0 1 の飛行動作の具体例を説明する。

【 0 1 0 7 】

以下に説明する飛作の前提として、飛行体 5 0 1 は、センサ群 3 0 1 のセンサとして、少なくとも、カメラ、複数のレーザ距離計及び風速計を備えるものとする。これらのセンサの取得するセンサ情報は、前述のように飛行体 5 0 1 の周囲の状況を表す周囲状況情報である。

20

【 0 1 0 8 】

飛行体 5 0 1 は、また、作業部 4 5 1 として、橋脚の指定箇所を打音検査する構成を備えるものとする。

【 0 1 0 9 】

そして、飛行体 5 0 1 は、地点 A から離陸し、目的の橋脚の所定箇所の打音検査を行い、地点 A に着陸する飛行を行うものとする。なお、地点 A と前記橋脚群との間には、特に飛行の障害になるものは存在しないとする。

【 0 1 1 0 】

飛行体 5 0 1 は、まず、地点 A を離陸し、地点 A の上方の所定の高さに上昇する。

30

【 0 1 1 1 】

その際に、前記風速センサは、微風であることを表すセンサ情報をモード指定部 1 0 1 へ送付しているとする。当該センサ情報は飛行体 5 0 1 の周囲の風の強さという状況を表す前述の周囲状況情報である。以下の説明において、飛行体 5 0 1 が微風又は強風を観測した時には、前記風速センサは、それらの風の強弱を表す前記周囲状況情報をモード指定部 1 0 1 へ送付しているものとする。

【 0 1 1 2 】

モード指定部 1 0 1 は、微風時における上昇モードを表す前述の飛行モード情報 S 0 9 を状態推定部へ送付する。

【 0 1 1 3 】

状態推定部 1 0 4 は、この時点における、位置姿勢目標情報 S 1 0 と位置姿勢推定情報 S 0 7 との乖離の程度を表す位置姿勢乖離情報を導出する。

40

【 0 1 1 4 】

状態推定部 1 0 4 が保持する前述の第一対応情報においては、微風時の上昇モードには位置姿勢制御が対応付けられているとする。

【 0 1 1 5 】

また、当該モードであり、位置姿勢乖離情報が導出した前記のものの場合には、前述の第二対応情報において、位置制御性能情報 I D として e p が、姿勢制御性能情報 I D として e a が、それぞれ、対応付けられているものとする。

【 0 1 1 6 】

50

その場合、状態推定部 104 は、位置姿勢制御を行う旨を表す制御モード判定情報 S14 を選定部 105 へ送付する。状態推定部 104 は、また、e p の位置制御性能情報 ID 及び e a の姿勢制御性能情報 ID から、それらの ID が表す制御性能を満たす第一制御部 151 の位置姿勢制御系を、前記第六対応情報により、特定する。そして、状態推定部 104 は、特定した位置姿勢制御系の ID を含む第一選択情報 S12 を、第一制御部 151 へ送付する。

【0117】

第一制御部 151 は、第一選択情報 S12 により位置姿勢制御を行う位置姿勢制御系を特定する。当該位置姿勢制御系は、駆動制御部から送付される位置姿勢推定情報 S07 と、第一選択情報 S12 に含まれる位置姿勢目標情報 S10 とにより、位置姿勢制御情報 S16 を生成し、選定部 105 へ送付する。

10

【0118】

選定部 105 は、状態推定部 104 から送付を受けた S14 により、第一制御部 151 から送付される位置姿勢制御情報 S16 を選択する。そして、選定部 105 は、位置姿勢制御情報 S16 を含む制御情報 S15 を駆動制御部 206 へ送付する。

【0119】

駆動制御部 206 は、制御情報 S15 に含まれる位置姿勢制御情報 S16 に従い、飛行可能化部 401 を駆動する。

【0120】

飛行可能化部 401 は、位置姿勢制御情報 S16 に従い、姿勢を略水平に保ちつつ、飛行体 501 を所定の高さに浮上させる。

20

【0121】

モード指定部 101 は、駆動制御部 206 から送付される位置姿勢推定情報 S07 により飛行体 501 が所定の高さに浮上したことを判定する。飛行体 501 は、当該高さまで到達したことの判定を、図 2 に表す位置姿勢推定情報 S07 により行う。位置姿勢推定情報 S07 は、飛行体 501 の移動状況を表す移動状況情報である。

【0122】

その際に前記風速計は、微風を観測しているとする。その場合、モード指定部 101 は、飛行モードを、微風時の水平飛行モードという前記飛行モードに切り替える。

【0123】

そして、モード指定部 101 は、微風時の水平飛行モードを表す前記飛行モード情報 S09 を状態推定部へ送付する。

30

【0124】

モード指定部 101 は、また、この時点での、速度角速度目標情報 S11 と速度角速度推定情報 S08 との誤差を表す速度角速度誤差情報を導出する。

【0125】

状態推定部 104 が保持する前述の第一対応情報においては、微風時の水平飛行モードには速度角速度制御が対応付けられているとする。当該対応付けは、例えば、飛行体 501 を最高速度で飛行させたいという事情により行われたものである。

【0126】

一方、前述の第四対応情報において、当該モードで、かつ、速度角速度乖離情報が導出した前記のものである場合には、速度制御性能情報 ID として a v が、角速度制御性能情報 ID として c r が、それぞれ、対応付けられているものとする。

40

【0127】

その場合、状態推定部 104 は、速度角速度制御を行う旨を表す制御モード判定情報 S14 を選定部 105 へ送付する。状態推定部 104 は、また、a v の速度制御性能情報 ID 及び c r の角速度制御性能情報 ID から、それらの ID が表す制御性能を満たす第二制御部 152 の速度角速度制御系を、前記第七対応情報により特定する。そして、状態推定部 104 は、特定した速度角速度制御系の ID を含む第二選択情報 S13 を、第二制御部 152 へ送付する。

50

【 0 1 2 8 】

第二制御部 1 5 2 は、第二選択情報 S 1 3 により速度角速度制御を行う速度角速度制御系を特定する。当該速度角速度制御系は、駆動制御部から送付される速度角速度推定情報 S 0 8 と、第二選択情報 S 1 3 に含まれる速度角速度目標情報 S 1 1 とにより、速度角速度制御情報 S 1 7 を生成し、選定部 1 0 5 へ送付する。

【 0 1 2 9 】

選定部 1 0 5 は、状態推定部 1 0 4 から送付を受けた S 1 4 により、第二制御部 1 5 2 から送付される速度角速度制御情報 S 1 7 を選択する。そして、選定部 1 0 5 は、速度角速度制御情報 S 1 7 を含む制御情報 S 1 5 を駆動制御部 2 0 6 へ送付する。

【 0 1 3 0 】

駆動制御部 2 0 6 は、制御情報 S 1 5 に含まれる速度角速度制御情報 S 1 7 に従い、飛行可能化部 4 0 1 を駆動する。

【 0 1 3 1 】

飛行可能化部 4 0 1 は、速度角速度制御情報 S 1 7 に従い、飛行体 5 0 1 を飛行させる。

【 0 1 3 2 】

飛行体 5 0 1 の飛行中、センサ群 3 0 1 の前述のカメラは、飛行体 5 0 1 の進行方向を撮像し、撮像画像を逐次取得している。

【 0 1 3 3 】

当該撮像情報は前述のセンサ情報である。センサ情報は、前述のように、周囲の状況を表す周囲状況情報である。

【 0 1 3 4 】

そして、モード指定部 1 0 1 は、前記カメラから送付された撮像画像に、前述の橋脚群の画像パターンが含まれるか否かを判定している。ここで、モード指定部 1 0 1 は、画像認識機能を備えることを前提としている。また、モード指定部 1 0 1 は、図示しない記憶部に前記橋脚群の画像パターンを保持していることを前提とする。

【 0 1 3 5 】

モード指定部 1 0 1 は、撮像画像中に前記橋脚群の画像パターンが含まれることを判定すると、撮像画像中における前記橋脚群に含まれる所定の部分の画像パターンの大きさを測定する。

【 0 1 3 6 】

そして、モード指定部 1 0 1 は、前記部分の画像パターンの大きさが所定の値を超えると、飛行モード情報 S 0 9 を状態推定部 1 0 4 へ送付する。ここで、前記風速計は、この時点で、微風を計測していることを前提としている。

【 0 1 3 7 】

モード指定部 1 0 1 は、前記部分の画像パターンの大きさが所定の値を超えたことで、飛行体 5 0 1 の位置を特定している。すなわち、ここでは、モード指定部 1 0 1 は、前記部分の画像パターンの大きさを、飛行体 5 0 1 の移動状況を表す前記移動状況情報として使用している。

【 0 1 3 8 】

状態推定部 1 0 4 は、モード指定部 1 0 1 から送付された微風時橋脚群通過飛行モードを表す飛行モード情報 S 0 9 の送付を受けて、位置姿勢制御を選定させる制御モード判定情報 S 1 4 を選定部 1 0 5 へ送付する。ここで、飛行体 5 0 1 の飛行制御を速度角速度制御から位置姿勢制御に切り替えるのは、前記橋脚群の各橋脚への衝突を確実に回避させることを想定するためである。

【 0 1 3 9 】

状態推定部 1 0 4 は、また、前記位置姿勢乖離情報を導出する。

【 0 1 4 0 】

状態推定部 1 0 4 は、また、飛行モード情報 S 0 9 と導出した位置姿勢乖離情報とから、位置制御性能情報 I D として d_p を、姿勢制御性能情報 I D として d_a を、各々特定する。そして、状態推定部 1 0 4 は、これらが表す位置制御性能及び姿勢制御性能を満たす、

10

20

30

40

50

第一制御部 151 が備える位置姿勢制御系の ID を特定する。そして、状態推定部 104 は、特定した位置姿勢度制御部の ID を含む第一選択情報 S12 を第一制御部 151 へ送付する。第一制御部 151 は、当該第一選択情報 S12 により選択した位置姿勢制御系にそれ以降の位置姿勢制御を行わせる。

【0141】

選択された位置姿勢制御系は、第一選択情報に含まれる位置姿勢目標情報と、駆動制御部 206 から送付された位置姿勢推定情報とから、位置姿勢制御情報 S16 を生成し、選定部 105 へ送付する。

【0142】

選定部 105 は、状態推定部 104 から送付された制御モード判定情報 S14 により、位置姿勢制御情報 S16 を選択する。そして、選定部 105 は、位置姿勢制御情報 S16 を含む制御情報 S15 を駆動制御部 206 へ送付する。

10

【0143】

駆動制御部 206 は、制御情報 S15 に含まれる位置姿勢制御情報 S16 により、飛行可能化部 401 を駆動し、位置姿勢制御により、飛行体 501 を、余裕を持って前記橋脚群の各橋脚に接触しないように飛行させる。

【0144】

当該飛行中、モード指定部 101 は、打音検査を行う予定の検査箇所を表す特徴パターンが、前記カメラによる撮像画像中に現れているかについての判定を継続している。そして、モード指定部 101 は、前記特徴パターンが前記撮像画像中に現れたことを判定すると、その特徴パターンの撮像画像中の大きさを測定する。

20

【0145】

そして、その大きさが所定の値を超えると、モード指定部 101 は、微風時の接近モードを表す飛行モード情報 S09 を、状態推定部 104 へ送付する。ここで、前記風速計は、相変わらず微風を観測しているものとする。

【0146】

ここでは、モード指定部 101 は、前記特徴パターンの大きさから、飛行体 501 の位置を特定している。すなわち、モード指定部 101 は、前記特徴パターンの大きさを、前記移動状況情報として使用している。そして、モード指定部 101 は、微風という前記周囲状況情報と、前記特徴パターンの大きさが所定の値であるという前記移動状況情報とから、前記飛行モードを特定している。

30

【0147】

状態推定部 104 は、位置姿勢制御を表す制御モード判定情報 S14 を選定部 105 へ送付する。ここで、微風時の接近モードには、位置姿勢制御が予め対応付けられているものとする。

【0148】

次に、状態推定部 104 は、前記位置姿勢誤差情報を導出する。そして、状態推定部 104 は、微風時の接近モードにおいて、前記位置姿勢誤差情報が導出したものの場合、位置制御性能情報 ID と姿勢制御性能情報 ID とを、前記第四対応情報により導出する。その際の位置制御性能情報 ID が図 3 に表す hp であり、姿勢制御性能情報 ID が ha であったとする。

40

【0149】

その場合、状態推定部 104 は、位置制御性能が、位置制御性能情報 hp が表すもの以上であり、姿勢制御情報が姿勢制御性能情報 ha 以上の、位置姿勢制御系を、前記第六対応情報により特定する。そして、状態推定部 104 は、特定した位置姿勢制御系の ID を含む第一選択情報 S12 を、第一制御部 151 へ送付する。

【0150】

選択された位置姿勢制御系は、第一選択情報に含まれる位置姿勢目標情報と、駆動制御部 206 から送付された位置姿勢推定情報とから、位置姿勢制御情報 S16 を生成し、選定部 105 へ送付する。

50

【 0 1 5 1 】

選定部 1 0 5 は、状態推定部 1 0 4 から送付された制御モード判定情報 S 1 4 により、位置姿勢制御情報 S 1 6 を選択する。そして、選定部 1 0 5 は、位置姿勢制御情報 S 1 6 を含む制御情報 S 1 5 を駆動制御部 2 0 6 へ送付する。

【 0 1 5 2 】

駆動制御部 2 0 6 は、制御情報 S 1 5 に含まれる位置姿勢制御情報 S 1 6 により、飛行可能化部 4 0 1 を駆動し、位置姿勢制御により、飛行体 5 0 1 を、穏やかに、打音測定対象に接触させる。

【 0 1 5 3 】

モード指定部 1 0 1 は、飛行体 5 0 1 の前方の物体までの距離を測定する第二レーザ距離計からのセンサ情報により、飛行体 5 0 1 が、打音測定対象に接触したことを判定する。

10

【 0 1 5 4 】

すると、モード指定部 1 0 1 は、測定モードを表す飛行モード情報 S 0 9 を状態推定部 1 0 4 に送付する。

【 0 1 5 5 】

状態推定部 1 0 4 は、飛行モード情報 S 0 9 により、速度角速度制御を選択する。そして、状態推定部 1 0 4 は、速度角速度制御を選択させる制御モード判定情報 S 1 4 を選定部 1 0 5 へ送付する。飛行モード情報 S 0 9 が測定モードの場合は、速度角速度制御を行うことが、以下の理由により、予め定められている。

【 0 1 5 6 】

20

すなわち、飛行体 5 0 1 は、測定モードによる打音測定を行う場合には、発明が解決しようとする課題の項で説明した飛行ロボットのように、例えば、打検機の先端を橋脚などの壁面等の点検対象に接触させる。そして、飛行体 5 0 1 は、前記打検機に搭載するハンマーをある周波数で駆動し、前記ハンマーで前記側面を連続的にたたくことにより音を発生させる。さらに、前記飛行体 5 0 1 は、所定の速度で前記先端を移動させることにより、前記点検対象の所定の範囲の打音検査を行う。そのため、前記先端部が移動する速度が設定通りであることが重要である。ここで、前記先端部が移動する速度は、飛行体 5 0 1 の速度及び角速度に依存する。そのため、飛行体 5 0 1 の速度及び角速度を制御することが必要なためである。

【 0 1 5 7 】

30

状態推定部 1 0 4 は、また、当該飛行モード情報 S 0 9 と、速度角速度目標情報 S 1 1 と速度角速度推定情報 S 0 8 との乖離の度合いとから、それらの組合せと予め対応付けられた、速度制御性能情報 I D と角速度制御性能情報 I D とを特定する。その際の速度制御性能情報 I D が図 5 に表す h v であり、角速度制御性能情報 I D が図 6 に表す h r であったとする。

【 0 1 5 8 】

その場合、状態推定部 1 0 4 は、速度制御性能が、速度制御性能情報 h v が表すものであり、角速度制御性能が角速度制御性能情報 h r の、速度角速度制御系を特定する。そして、状態推定部 1 0 4 は、特定した速度角速度制御系の I D を含む第二選択情報 S 1 3 を、第二制御部 1 5 2 へ送付する。

40

【 0 1 5 9 】

選択された速度角速度制御系は、第二選択情報 S 1 3 に含まれる速度角速度目標情報 S 1 1 と、駆動制御部 2 0 6 から送付された速度角速度推定情報 S 0 8 とから、速度角速度制御情報 S 1 7 を生成し、選定部 1 0 5 へ送付する。

【 0 1 6 0 】

選定部 1 0 5 は、状態推定部 1 0 4 から送付された制御モード判定情報 S 1 4 により、速度角速度制御情報 S 1 7 を選択する。そして、選定部 1 0 5 は、速度角速度制御情報 S 1 7 を含む制御情報 S 1 5 を駆動制御部 2 0 6 へ送付する。

【 0 1 6 1 】

駆動制御部 2 0 6 は、制御情報 S 1 5 に含まれる速度角速度制御情報 S 1 7 により、飛行

50

可能化部 4 0 1 を駆動し、速度角速度制御により、飛行体 5 0 1 の前記打部に、打音測定対象をたたかせる。そして、作業制御部 2 5 6 及び作業部 4 5 1 は、打音測定対象の打音測定を行う。

【 0 1 6 2 】

予め定められた測定モードの飛行が完了すると、飛行体 5 0 1 は、地点 A に向けて帰りの飛行を行う。まずは、飛行体 5 0 1 は、前記橋脚群の橋脚間を飛行する。

【 0 1 6 3 】

その際に、前記風速計は当初微風を観測していたが、前記橋脚群の橋脚間を飛行中に、前記風速計が強風を観測したとする。

【 0 1 6 4 】

その場合、モード指定部 1 0 1 は、状態推定部 1 0 4 に送付する飛行モード情報 S 0 9 を、当初の微風時橋脚群通過飛行モードから強風時橋脚通過モードに切り替える。ここで、モード指定部 1 0 1 は、風速という周囲状況情報により飛行モードを切り替えている。

【 0 1 6 5 】

これにより状態推定部 1 0 4 は、S 1 4 においては位置姿勢制御を維持しつつ、第一制御部 1 5 1 に選択させる位置姿勢制御系における位置制御能力及び姿勢制御能力を引き上げる。当該引上げは、飛行体 5 0 1 が強風にあおられた場合に、飛行体 5 0 1 の位置姿勢を位置姿勢目標に近づける応答速度を引き上げるために行うものである。

【 0 1 6 6 】

モード指定部 1 0 1 は、飛行体 5 0 1 の推定位置が前記橋脚群から所定の距離だけ離れたことを判定すると、飛行モードを水平飛行モードに切り替える。モード指定部 1 0 1 は、前記橋脚群から所定の距離だけ離れたことの判定を、前記移動状況情報である位置姿勢推定情報 S 0 7 により行う。

【 0 1 6 7 】

その結果、第二制御部 1 5 2 の、上記同様に選択された速度角速度制御系は、駆動制御部 2 0 6 に対し、速度角速度制御を行う。

【 0 1 6 8 】

そして、モード指定部 1 0 1 は、飛行体 5 0 1 の推定位置が、地点 A に近づいたことを判定すると、飛行モードを着陸モードに切り替える。その際、モード指定部 1 0 1 は、地点 A に近づいたことの判定を、前記移動状況情報である位置姿勢推定情報 S 0 7 により行う。

【 0 1 6 9 】

そして、第一制御部 1 5 1 の、上記同様に選択された位置姿勢制御系は、位置姿勢制御により、飛行体 5 0 1 を地点 A に着陸させる。

[効果]

本実施形態の飛行体は、飛行体の周囲の状況を表すセンサ情報と移動状況を表す移動状況情報とにより、飛行体の位置及び姿勢の制御（位置姿勢制御）を行うか、速度及び角速度の制御（速度角速度制御）を行うかを選択する。

【 0 1 7 0 】

そのため、前記飛行体は、周囲の状況及び移動の状況により適した飛行制御（位置決め制御及び移動制御）を行い得る。

【 0 1 7 1 】

前記飛行体は、さらに、位置姿勢制御を行う場合には、前記センサ情報と前記移動状況情報とにより、位置姿勢制御の性能（精度）を選択する。また、前記飛行体は、速度角速度制御を行う場合は、前記センサ情報と前記移動状況情報とにより、速度角速度制御の性能（精度）を選択する。

【 0 1 7 2 】

そのため、前記飛行体は、周囲の状況及び移動の状況に一層適した飛行制御（位置決め制御及び移動制御）を行い得る。

【 0 1 7 3 】

なお、以上の説明では、センサ群の各センサは飛行体が搭載することを前提としていたが

10

20

30

40

50

、一部のセンサは飛行体の外部に設置されて飛行体の状態を計測するものであっても良い。その場合、移動制御部は、外部に設置されたセンサから無線等により送付される情報を受信する機能を備える。

【0174】

また、以上の説明では、移動制御部は飛行体が備えることを前提としたが、移動制御部の一部及び全部は、飛行体の外部に設置されても構わない。その場合、当該外部の各構成は、飛行体に設置された対応する各構成と、無線等により通信できるものとする。

【0175】

また、以上の説明では、移動体が飛行体の場合についての例を説明したが、実施形態の移動体は、飛行体等の空中移動装置に限定されない。前記移動体は、地上移動装置、地中移動装置、物体表面移動装置、物体内部移動装置、液上移動装置、液中移動装置、宇宙移動装置、又は、それらに類する物であっても構わない。

10

【0176】

図7は、実施形態の選定装置の最小限の構成である選定装置201xの構成を表すブロック図である。

【0177】

選定装置201xは、移動モード指定部101xと選定部105xとを備える。

【0178】

移動モード指定部101xは、移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する。

20

【0179】

選定部105xは、前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢の制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度の制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う。

【0180】

移動体の移動状況及び周囲の状況によっては、前記移動について、位置及び姿勢の制御を行った方が良い場合と、速度及び角速度の制御を行った方が良い場合とが想定され得る。

【0181】

選定装置201xは移動体の周囲の状況と移動状況とにより、前記移動に係る制御モードを、前記移動体の位置及び姿勢の制御を行う前記第一制御モードと、前記移動体の速度及び角速度を制御する前記第二制御モードとで切り替える。

30

【0182】

そのため、移動体の移動状況及び周囲の状況により適した、移動体の移動制御（位置決め制御及び移動制御）を可能にする。

【0183】

そのため、選定部105xは、前記構成により、[発明の効果]の項に記載した効果を奏する。

【0184】

なお、図7に表す選定装置201xは、例えば、図2に表す判定部150と選定部105との組合せである。また、移動モード指定部101xは、例えば、図2に表すモード指定部101である。また、選定部105xは、例えば、図2に表す状態推定部104と選定部105との組合せである。また、前記移動体は、例えば、図1に表す飛行体501である。また、前記移動状況情報は、例えば、前述の位置姿勢推定情報や、前述のセンサ情報のうちの前記移動体の位置を表す画像情報である。また、前記移動モードは、例えば、前述の飛行モードである。また、前記第一制御モードは、例えば、前述の位置姿勢制御モードである。また、前記第二制御モードは、例えば、前述の速度角速度制御情報である。

40

【0185】

以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明は、前記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の基本的技術的思想を逸脱しない範囲で更なる変形、置換、調整を加えることができる。例えば、各図面に示した要素の構成は、本発明の理解を助けるための一

50

例であり、これらの図面に示した構成に限定されるものではない。

【 0 1 8 6 】

また、前記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記述され得るが、以下には限られない。

(付記 1)

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する、移動モード指定部と、前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢の制御である第一制御を行う第一制御モード及び前記移動体の速度及び角速度の制御である第二制御を行う第二制御モードのうちのいずれかの選択である制御モード選択を行う選定部と、

10

を備える選定装置。

(付記 2)

前記周囲状況情報が、前記周囲の状況を取得するセンサから送付されたものである、付記 1 に記載された選定装置。

(付記 3)

前記周囲状況情報に、前記移動体に当たる風に係る風速又は向きを表す情報が含まれる、付記 1 又は付記 2 に記載された選定装置。

(付記 4)

前記周囲状況情報に、前記移動体が撮像する画像情報が含まれる、付記 1 乃至付記 3 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

20

(付記 5)

前記周囲状況情報に、前記移動体と前記周囲に存在する物との距離を表す情報が含まれる、付記 1 乃至付記 4 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 6)

前記周囲状況情報に、前記移動体と前記周囲に存在する物との接触状況を表す情報が含まれる、付記 1 乃至付記 5 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 7)

前記移動モード指定部は、前記位置の推定値を表す位置推定情報を前記移動状況情報とする場合がある、付記 1 乃至付記 6 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 8)

前記移動モード指定部は、前記位置の推定値を表す位置推定情報と、前記位置推定情報と前記位置の目標値を表す位置目標情報との乖離の程度を表す位置姿勢乖離情報とを、前記移動状況情報とする場合がある、付記 1 乃至付記 6 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

30

(付記 9)

前記移動モード指定部は、前記移動体が備える撮像装置が撮像した画像のうちの所定の物の大きさを表す情報を前記移動状況情報とする場合がある、付記 1 乃至付記 8 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 1 0)

前記選定部は、前記第一制御の性能の選択である第一選択を行う、付記 1 乃至付記 9 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

40

(付記 1 1)

前記第一制御の性能は、前記移動体の位置制御に係る誤差と応答時間の組合せ、及び、前記移動体の姿勢制御に係る誤差と応答時間の組合せ、によるものである、付記 1 0 に記載された選定装置。

(付記 1 2)

前記選定部は、前記第一選択を、前記第一制御に係る性能の異なる第一の複数の位置姿勢制御系から前記第一制御を行わせるものを特定することにより行う、付記 1 0 又は付記 1 1 に記載された選定装置。

(付記 1 3)

50

前記第一の複数の前記位置姿勢制御系を選択し得る位置姿勢制御部さらに備える、付記 1 2 に記載された選定装置。

(付記 1 4)

前記選定部は、前記第一選択を、前記第一選択の際の前記移動モードにより行う、付記 1 0 乃至付記 1 3 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 1 5)

前記選定部は、前記第一選択を、前記第一選択の際の前記移動モードと、前記第一選択の際の、前記位置及び前記姿勢の推定値を表す位置姿勢推定情報と前記位置及び前記姿勢の目標値を表す位置姿勢目標情報との誤差の程度を表す位置姿勢誤差情報と、により行う、付記 1 0 乃至付記 1 3 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

10

(付記 1 6)

前記選定部は、前記第二制御の性能の選択である第二選択を行う、付記 1 乃至付記 1 5 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 1 7)

前記第二制御の性能は、前記移動体の速度制御に係る誤差と応答時間の組合せ、及び、前記移動体の角速度制御に係る誤差と応答時間の組合せ、によるものである、付記 1 6 に記載された選定装置。

(付記 1 8)

前記選定部は、前記第二選択を、前記第二制御に係る性能の異なる第二の複数の速度角速度制御系から前記第二制御を行わせるものを選択することにより行う、付記 1 6 又は付記 1 7 に記載された選定装置。

20

(付記 1 9)

前記第二の複数の前記速度角速度制御系を選択し得る速度角速度制御部さらに備える、付記 1 8 に記載された選定装置。

(付記 2 0)

前記選定部は、前記第二選択を、前記第二選択の際の前記移動モードにより行う、付記 1 6 乃至付記 1 8 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 2 1)

前記選定部は、前記第二選択を、前記第二選択の際の前記移動モードに関連付けられた、速度制御に係る性能である速度制御性能と角速度制御に係る性能である角速度制御性能との組合せ、を特定することにより行う、付記 1 6 乃至付記 2 0 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

30

(付記 2 2)

前記移動は空中移動である、付記 1 乃至付記 2 1 のうちのいずれか一に記載された選定装置。

(付記 2 3)

付記 1 乃至付記 2 2 のうちのいずれか一に記載された選定装置と、

前記第一制御を行う第一制御部と、

前記第二制御を行う第二制御部と

を備える、制御装置。

40

(付記 2 4)

付記 2 3 に記載された制御装置と、

前記制御装置により制御され、前記移動を可能にする移動可能化部と、

を備える、前記移動体である移動装置。

(付記 2 5)

前記周囲状況情報を取得するセンサをさらに備える、付記 2 4 に記載された移動装置。

(付記 2 6)

マルチコプタ又はドローンである、付記 2 4 又は付記 2 5 に記載された移動装置。

(付記 2 7)

付記 2 4 乃至付記 2 6 のうちのいずれか一に記載された移動装置と、

50

前記移動モードが所定の場合に、設定された作業を行う作業部と、
を備える、作業装置。

(付記 28)

前記作業が、対象物の検査である、付記 27 に記載された作業装置。

(付記 29)

前記検査が、前記対象物をたたいて音の状態を調べる打音検査である、付記 28 に記載された作業装置。

(付記 30)

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動
状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定し、

10

前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢の制御である第一制御を行う第一制御
モード及び前記移動体の速度及び角速度の制御である第二制御を行う第二制御モードのう
ちのいずれかの選択である制御モード選択を行う、

選定方法。

(付記 31)

移動を行う移動体の周囲の状況を表す周囲状況情報と、前記移動体の移動状況を表す移動
状況情報とから、前記移動に係る移動モードを指定する処理と、

前記移動モードにより、前記移動体の位置及び姿勢の制御である第一制御を行う第一制御
モード及び前記移動体の速度及び角速度の制御である第二制御を行う第二制御モードのう
ちのいずれかの選択である制御モード選択を行う処理と、

20

をコンピュータに実行させる選定プログラムを記録した記録媒体。

【0187】

以上、上述した実施形態を模範的な例として本発明を説明した。しかしながら、本発明は
、上述した実施形態には限定されない。即ち、本発明は、本発明のスコープ内において、
当業者が理解し得る様々な態様を適用することができる。

【0188】

この出願は、2018年8月22日に出願された日本出願特願2018-155678を
基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0189】

30

101 モード指定部

102 位置姿勢目標生成部

103 速度角速度目標生成部

104 状態推定部

150 判定部

151 第一制御部

152 第二制御部

201 移動制御部

206 駆動制御部

256 作業制御部

40

301 センサ群

401 飛行可能化部

451 作業部

501 飛行体

S1、S2、Sn センサ

SS1、SS2、SSn センサ情報

S09 飛行モード情報

S10 位置姿勢目標情報

S11 速度角速度目標情報

S12 第一選択情報

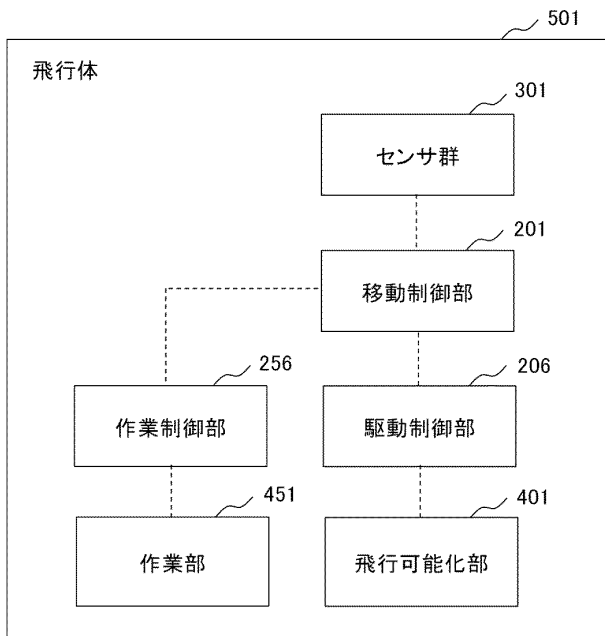
50

- S 1 3 第二選択情報
- S 1 4 制御モード判定情報
- S 1 5 制御情報
- S 1 6 位置姿勢制御情報
- S 1 7 速度角速度制御情報
- p 1、p 2、p n 位置姿勢制御系
- v 1、v 2、v n 速度角速度制御系
- a p、b p、c p、d p、e p、f p、g p、h p 位置制御性能情報
- a a、b a、c a、d a、e a、f a、g a、h a 姿勢制御性能情報
- a v、b v、c v、d v、e v、f v、g v、h v 速度制御性能情報
- a r、b r、c r、d r、e r、f r、g r、h r 角速度制御性能情報

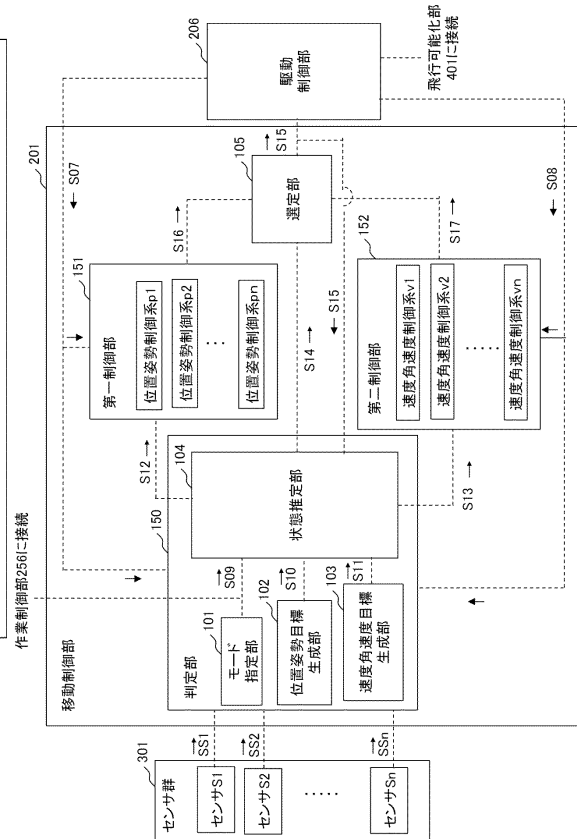
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



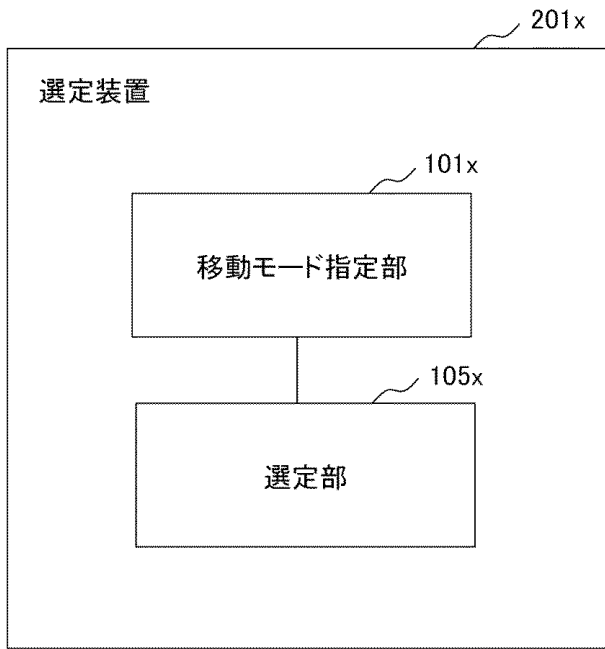
20

30

40

50

【図7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 6 4 C 13/18 (2006.01)

B 6 4 C 13/18

Z

B 6 4 C 27/08 (2006.01)

B 6 4 C 27/08

ットシステムの研究開発」に基づく委託研究の産業技術力強化法第 1 7 条の適用を受ける特許出願

(56)参考文献

特開 2 0 1 8 - 1 1 6 4 4 3 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 7 / 2 0 4 0 5 0 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 1 8 / 1 3 5 3 3 2 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

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