

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6446415号
(P6446415)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018.12.7)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 4 C 39/02 (2006.01)
B 6 4 C 25/36 (2006.01)
B 6 4 C 27/08 (2006.01)
A 6 3 H 27/133 (2006.01)

B 6 4 C 39/02
B 6 4 C 25/36
B 6 4 C 27/08
A 6 3 H 27/133

Z

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-162795 (P2016-162795)
(22) 出願日 平成28年8月23日 (2016.8.23)
(65) 公開番号 特開2017-61298 (P2017-61298A)
(43) 公開日 平成29年3月30日 (2017.3.30)
審査請求日 平成29年8月18日 (2017.8.18)
(31) 優先権主張番号 特願2015-188163 (P2015-188163)
(32) 優先日 平成27年9月25日 (2015.9.25)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004695
株式会社 S O K E N
愛知県日進市米野木町南山 5 〇 〇 番地 2 〇
(73) 特許権者 000004260
株式会社 デンソー
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(74) 代理人 110000567
特許業務法人 サトー国際特許事務所
(72) 発明者 松江 武典
愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
会社日本自動車部品総合研究所内
(72) 発明者 川崎 宏治
愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
会社日本自動車部品総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 飛行装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のスラスト (1 3) を有し、前記スラスト (1 3) で発生する推進力を制御することにより、飛行姿勢が変化する飛行ユニット (1 1) と、

前記飛行ユニット (1 1) に設けられ、前記飛行ユニット (1 1) の周辺の対象面 (1 7) に接する 2 つ以上の接触部 (3 3 、 8 1) と、

前記接触部 (3 3 、 8 1) のそれぞれに設けられ、前記接触部 (3 3 、 8 1) と前記対象面 (1 7) との接触によって加わる力を接触力として検出する接触力検出部 (7 1) と

、
前記接触力検出部 (7 1) で検出したそれぞれの前記接触力が等しくなるように前記飛行ユニット (1 1) の姿勢を制御する姿勢制御部 (4 1) と、
を備える飛行装置。

【請求項 2】

前記姿勢制御部 (4 1) は、2 つ以上の前記接触部 (3 3 、 8 1) について前記接触力検出部 (7 1) で検出した前記接触力のばらつきが予め設定した許容範囲に収まるように前記飛行ユニット (1 1) の姿勢を制御する請求項 1 記載の飛行装置。

【請求項 3】

前記姿勢制御部 (4 1) は、2 つ以上の前記接触部 (3 3 、 8 1) について前記接触力検出部 (7 1) で検出した前記接触力のばらつきが予め設定した許容範囲より大きくなると、前記飛行ユニット (1 1) の姿勢を予め設定された目標姿勢に制御する請求項 1 記載

10

20

の飛行装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、飛行装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、いわゆるドローンと称される飛行装置は、地面や機器の搭載面から離陸し、特定の姿勢を維持しながら飛行する。この飛行装置は、車輪を備えることにより、地上や設備の床面に沿って移動を確保することも提案されている（特許文献1）。

10

【0003】

ところで、飛行装置は、空中を飛行可能であることから、床面に限らず、垂直に近い壁面や天井面などに沿うことも可能である。例えば、トンネルの内壁に沿って飛行装置を移動可能であれば、トンネルの内壁は飛行装置を用いて検査することができる。しかしながら、特許文献1の場合、床面に沿った移動が可能とするだけであり、壁面や天井面、あるいは段差を含む面などの複雑な対象面の移動が困難であるという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

20

【特許文献1】特表2013-531573号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明の目的は、壁面や天井面、あるいは段差を含む面などの複雑な対象面についても姿勢を維持したまま移動する飛行装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1記載の発明では、接触力検出部は、飛行ユニットに設けられた接触部が対象面との接触によって加わる力を検出する。姿勢制御部は、接触部にそれぞれ設けられている接触力検出部で検出した力に基づいて、検出した力が等しくなるように飛行ユニットの姿勢を制御する。これにより、飛行ユニットは、複数の接触部に加わる力が等しくなるように姿勢が制御される。そのため、飛行ユニットは、対象面に対して、接触部ごとに加わる力に偏りのない姿勢となる。その結果、飛行ユニットは、対象面に沿った姿勢を維持する。したがって、飛行ユニットは、壁面や天井面などの複雑な対象面に沿って姿勢を維持したまま移動することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態による飛行装置の構成を示すブロック図

【図2】第1実施形態による飛行装置の構成を示す模式図

40

【図3】第1実施形態による飛行装置が対象面に沿っている状態を示す模式図

【図4】第1実施形態による飛行装置における処理の流れを示す概略図

【図5】第1実施形態による飛行装置が対象面に沿って移動する状態を示す模式図

【図6】第1実施形態による飛行装置が対象面に沿って移動する状態を示す模式図

【図7】第2実施形態による飛行装置の構成を示す模式図

【図8】第2実施形態による飛行装置が対象面に沿っている状態を示す模式図

【図9】第2実施形態による飛行装置の構成を示すブロック図

【図10】第2実施形態による飛行装置における処理の流れを示す概略図

【図11】第3実施形態による飛行装置における処理の流れを示す概略図

【図12】第4実施形態による飛行装置が対象面に沿っている状態を示す模式図

50

【図 1 3】第 5 実施形態による飛行装置の構成を示す模式図

【図 1 4】第 6 実施形態による飛行装置の構成を示す模式図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、飛行装置の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、複数の実施形態において実質的に同一の構成部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

(第 1 実施形態)

図 2 および図 3 に示すように第 1 実施形態による飛行装置 10 は、飛行ユニット 11 を備えている。飛行ユニット 11 は、機体本体 12、スラスト 13 および基体部 14 を備えている。機体本体 12 は、飛行ユニット 11 の骨格を構成している。スラスト 13 は、この機体本体 12 に設けられている。第 1 実施形態の場合、飛行ユニット 11 は、4 つのスラスト 13 を有している。スラスト 13 は、それぞれモータ 15 およびプロペラ 16 を有している。スラスト 13 は、プロペラ 16 をモータ 15 で回転駆動することにより、推進力を発生する。飛行装置 10 は、図 3 に示すように対象面 17 に沿って移動する。すなわち、飛行装置 10 は、設備の床面、壁面および天井面などの各種の面を対象面 17 として、この対象面 17 に沿って移動する。

【0011】

基体部 14 は、制御ユニット 18 および検査部 19 を有している。制御ユニット 18 は、4 つのスラスト 13 をはじめとする飛行装置 10 の全体を制御する。検査部 19 は、例えばカメラなどを有しており、飛行装置 10 が検査の対象とする対象面 17 の可視的な検査などを実施する。なお、検査部 19 は、カメラなどのように可視的な検査に限らず、例えば赤外線のように不可視的な検査や、超音波のような音響的な検査など、任意な手段によって検査を行なう構成とすることができる。また、飛行装置 10 は、検査部 19 に限らず、例えば物品を運搬するための容器など、任意の装備を設けることができる。

【0012】

制御ユニット 18 は、図 1 に示すように姿勢計測部 21 および演算部 22などを有している。姿勢計測部 21 は、変化検出部に相当し、例えば 3 軸の加速度センサ 23、3 軸の角速度センサ 24、3 軸の地磁気センサ 25、および高度センサ 26などを有しており、飛行ユニット 11 を含む飛行装置 10 の飛行姿勢や飛行位置を検出する。演算部 22 は、例えば CPU、ROM および RAM を有するマイクロコンピュータで構成されている。

【0013】

飛行装置 10 は、図 2 および図 3 に示すようにアクチュエータ 31 を備えている。アクチュエータ 31 は、いずれも機体本体 12 に設けられており、スラスト 13 で発生する推進力の向きを変更する。すなわち、推進力を発生するスラスト 13 は、アクチュエータ 31 でその取り付け角度が変更される。制御ユニット 18 は、アクチュエータ 31 の取り付け角度を変更することにより、スラスト 13 が発生する推進力の向きを制御し、飛行ユニット 11 の飛行姿勢を制御する。制御ユニット 18 は、複数のスラスト 13 およびアクチュエータ 31 を個別または総括して制御する。なお、図 2 に示す例の場合、飛行装置 10 は、2 つのスラスト 13 を駆動する 2 つのアクチュエータ 31 を備えている。しかし、アクチュエータ 31 は、1 つのスラスト 13 を個別に駆動する構成としてもよい。この場合、飛行装置 10 は、4 つのアクチュエータ 31 を備えることになる。

【0014】

飛行装置 10 は、接触部としてのタイヤ 33 を備えている。タイヤ 33 は、機体本体 12 に設けられている。第 1 実施形態の場合、飛行装置 10 は、4 つのタイヤ 33 を備えている。これら 4 つのタイヤ 33 は、対象面 17 と接することにより、飛行ユニット 11 を含む飛行装置 10 の移動を案内する。

【0015】

制御ユニット 18 は、図 1 に示すように姿勢制御部としての姿勢制御部 41 を有している。姿勢制御部 41 は、例えば演算部 22 でコンピュータプログラムを実行することにより、ソフトウェア的に実現されている。なお、姿勢制御部 41 は、ソフトウェア的に限ら

10

20

30

40

50

ず、ハードウェア的またはソフトウェアとハードウェアとの協働によって実現する構成としてもよい。姿勢制御部41は、姿勢計測部21で検出した飛行ユニット11の飛行姿勢の変化を取得する。そして、姿勢制御部41は、この取得した飛行姿勢の変化が予め設定した変化許容値Lを超えたか否かを判断する。姿勢制御部41は、この変化許容値Lを超えているとき、飛行姿勢の変化が変化許容値Lより小さくなるように飛行ユニット11の目標姿勢を制御する。具体的には、姿勢制御部41は、飛行姿勢の変化が変化許容値Lより小さくなるように、飛行ユニット11が目標とする飛行姿勢を目標姿勢として設定する。姿勢制御部41は、姿勢計測部21で検出した最新の飛行姿勢と、既に取得した直前の飛行姿勢とから飛行姿勢の変化量を飛行姿勢変化量として算出する。そして、この飛行姿勢変化量が変化許容値Lを超えているとき、飛行姿勢変化量が変化許容値Lよりも小さくなるように飛行ユニット11の目標姿勢を設定する。姿勢制御部41は、設定された目標姿勢に基づいて、スラスト13およびアクチュエータ31を駆動する。これにより、飛行ユニット11の飛行姿勢は変化する。このように、姿勢制御部41は、姿勢計測部21で検出した飛行ユニット11の飛行姿勢に基づいて、スラスト13およびアクチュエータ31を制御し、飛行ユニット11の飛行姿勢を制御する。

10

【0016】

次に、上記の構成による飛行装置10における飛行姿勢の制御の流れを図4に基づいて説明する。

制御ユニット18は、飛行装置10の飛行が開始されると、ガイドモードであるか否かを判断する(S101)。すなわち、制御ユニット18は、床面、壁面および天井面などの対象面17に沿って飛行するガイドモードであるか、または通常の飛行を行なう通常モードであるかを判断する。姿勢制御部41は、S101において制御ユニット18でガイドモードであると判断されると(S101: Yes)、姿勢計測部21から飛行姿勢に関するデータを取得する(S102)。姿勢計測部21は、加速度センサ23で飛行ユニット11に加わる加速度、角速度センサ24で飛行ユニット11に加わる角速度、および地磁気センサ25で飛行ユニット11における地磁気を検出する。また、姿勢計測部21は、高度センサ26で飛行ユニット11の高度を検出する。姿勢制御部41は、これら加速度センサ23、角速度センサ24、地磁気センサ25、および高度センサ26で検出されたデータを取得する。

20

【0017】

姿勢制御部41は、姿勢計測部21から取得した加速度、角速度、地磁気および高度に関するデータから飛行ユニット11の最新の飛行姿勢 S_n を算出する(S103)。飛行姿勢 S_n は、加速度、角速度、地磁気および高度などの関数として予め設定された条件に基づいて算出される。姿勢制御部41は、S103において最新の飛行姿勢 S_n を算出すると、この最新の飛行姿勢 S_n の前回に算出した前回の飛行姿勢 S_b が記憶されているか否かを判断する(S104)。姿勢制御部41は、飛行装置10の飛行開始から飛行装置10の飛行姿勢を算出する。そのため、飛行装置10が飛行を開始した直後に、飛行姿勢の初回の算出を行なう場合を除き、制御ユニット18の演算部22を構成する図示しないRAMには前回の飛行姿勢 S_b が記憶されている。姿勢制御部41は、S104において、この前回の飛行姿勢 S_b が算出され、すでに記憶されているかを判断する。姿勢制御部41は、S104において前回の飛行姿勢 S_b が記憶されていないと判断すると(S104: No)、算出した最新の飛行姿勢 S_n を制御ユニット18の図示しないRAMに記憶してS102へリターンする。

30

40

【0018】

姿勢制御部41は、前回の飛行姿勢 S_b が記憶されていると判断すると(S104: Yes)、前回の飛行姿勢 S_b を取得する(S105)。すなわち、姿勢制御部41は、制御ユニット18の図示しないRAMから前回の飛行姿勢 S_b を取得する。姿勢制御部41は、S103で算出した最新の飛行姿勢 S_n と、S105で取得した前回の飛行姿勢 S_b とから、飛行姿勢変化量 S を算出する(S106)。具体的には、姿勢制御部41は、 $S = |S_n - S_b|$ として、飛行姿勢変化量 S を算出する。

50

【 0 0 1 9 】

姿勢制御部 4 1 は、S 1 0 6 で算出した飛行姿勢変化量 S が、変化許容値 L を超えたか否かを判断する (S 1 0 7)。すなわち、姿勢制御部 4 1 は、飛行姿勢変化量 S と変化許容値 L との間に、 $S > L$ の関係が成立しているか否かを判断する。姿勢制御部 4 1 は、飛行姿勢変化量 S が変化許容値 L を超えているとき (S 1 0 7 : Yes)、飛行ユニット 1 1 の目標姿勢を変更する (S 1 0 8)。すなわち、姿勢制御部 4 1 は、飛行姿勢変化量 S が変化許容値 L を超えているとき、この飛行姿勢変化量 S が変化許容値 L よりも小さくなるように飛行ユニット 1 1 の目標姿勢を変更する。具体的には、姿勢制御部 4 1 は、算出した飛行姿勢変化量 S 、および最新の飛行姿勢 S_n に基づいて目標姿勢を設定し、設定した目標姿勢に向けて複数のスラスト 1 3 およびアクチュエータ 3 1 を制御する。すなわち、姿勢制御部 4 1 は、目標姿勢に基づいてスラスト 1 3 の回転数、およびアクチュエータ 3 1 の取り付け角度などを制御する。このスラスト 1 3 およびアクチュエータ 3 1 の制御量は、飛行姿勢変化量 S および最新の飛行姿勢 S_n に関連する。したがって、姿勢制御部 4 1 は、あらかじめ設定されている変化許容値 L 、S 1 0 3 で算出した最新の飛行姿勢 S_n 、および S 1 0 6 で算出した飛行姿勢変化量 S を用いて、スラスト 1 3 およびアクチュエータ 3 1 の目標姿勢として制御量を設定し、この目標姿勢に基づく制御量に応じて飛行姿勢を変更する。また、姿勢制御部 4 1 は、S 1 0 3 で算出した最新の飛行姿勢 S_n を制御ユニット 1 8 の RAM に記憶する (S 1 0 9)。

10

【 0 0 2 0 】

姿勢制御部 4 1 は、S 1 0 8 で変更した目標姿勢に基づいて、飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢を制御する (S 1 1 0)。姿勢制御部 4 1 は、S 1 0 7 において、飛行姿勢変化量 S が変化許容値 L を超えていないと判断したとき (S 1 0 7 : No)、S 1 1 0 へ移行し、飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢の制御を継続する。また、制御ユニット 1 8 は、ガイドモードでない、つまり通常モードであると判断すると (S 1 0 1 : No)、S 1 1 0 へ移行し、飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢の制御を継続する。

20

【 0 0 2 1 】

以上のような処理によって、飛行装置 1 0 は、飛行を継続している間、飛行姿勢が制御される。

このような処理を行なう第 1 実施形態の飛行装置 1 0 は、図 5 の (A) から (F) に示すように対象面 1 7 として、床面だけでなく、壁面および天井面に沿って飛行する。すなわち、飛行装置 1 0 は、図 5 の (A) から (C) に示すように対象面 1 7 としてほぼ垂直な壁面に沿って上方へ移動する。そして、飛行装置 1 0 は、図 5 の (D) から (F) に示すように、壁面から天井面に姿勢を変化させながら対象面 1 7 に沿って移動する。このとき、スラスト 1 3 は、飛行ユニット 1 1 を対象面 1 7 に向けて推進力を発生する。この場合、飛行ユニット 1 1 のタイヤ 3 3 は、対象面 1 7 に接触している。なお、タイヤ 3 3 は、対象面 1 7 に接していなくてもよい。

30

【 0 0 2 2 】

また、図 6 の (A) から (I) に示すように壁面などの対象面 1 7 に段差 5 0 がある場合、飛行装置 1 0 は、この段差 5 0 を乗り越えるように飛行姿勢を適宜変更する。すなわち、飛行装置 1 0 は、図 6 の (A) から (C) に示すように対象面 1 7 に沿って段差 5 0 まで移動すると、(D) から (F) に示すようにその姿勢を変化させる。そして、飛行装置 1 0 は、段差 5 0 を乗り越えた後、図 6 の (G) から (I) に示すように姿勢を変化させたまま対象面 1 7 に沿って移動する。このように、飛行装置 1 0 は、対象面 1 7 の段差 5 0 を乗り越えることができる。

40

【 0 0 2 3 】

以上、説明した第 1 実施形態では、姿勢計測部 2 1 は、飛行ユニット 1 1 の姿勢の変化を検出する。姿勢制御部 4 1 は、この姿勢計測部 2 1 で検出した飛行ユニット 1 1 の姿勢の変化から、この姿勢の変化が予め設定した変化許容値 L を超えたか否かを判断する。そして、姿勢制御部 4 1 は、姿勢の変化が変化許容値 L よりも小さくなるまで飛行ユニット 1 1 の姿勢を変更する。これにより、飛行ユニット 1 1 の姿勢は、飛行する対象面 1 7 に

50

沿って飛行姿勢の変化が変化許容値よりも小さくなるように維持される。そのため、飛行ユニット１１は、必要以上に大きな姿勢の変化が生じない。したがって、飛行ユニット１１は、壁面や天井面、あるいは段差５０などを含む複雑な対象面１７に沿って姿勢を維持したまま移動することができる。

【００２４】

（第２実施形態）

図７および図８に示すように第２実施形態による飛行装置１０は、第１実施形態の飛行装置１０の構成に加え、接触力検出部としての接触力センサ７１を備えている。また、制御ユニット１８は、距離検出部としての距離センサ７２を有している。距離センサ７２は、飛行ユニット１１の機体本体１２に設けられている。距離センサ７２は、飛行ユニット１１と対象面１７との間の距離を検出し、制御ユニット１８の演算部２２へ出力する。距離センサ７２は、例えばレーザ光などの光照射や超音波などを用いて、対象面１７までの距離を非接触で検出する。

【００２５】

接触力センサ７１は、接触部としてのタイヤ３３またはその近傍に設けられている。接触力センサ７１は、タイヤ３３と対象面１７との間の接触力を検出する。接触力センサ７１は、タイヤ３３のそれぞれに対応して設けられている。第２実施形態のように４つのタイヤ３３を有する飛行装置１０の場合、４つの接触力センサ７１が設けられている。これにより、接触力センサ７１は、タイヤ３３のそれぞれに加わる接触力を個別に検出する。接触力センサ７１は、検出した接触力を電気信号として制御ユニット１８へ出力する。

【００２６】

制御ユニット１８は、図９に示すように接触力センサ７１および距離センサ７２に接続している。姿勢制御部４１は、接触力センサ７１からそれぞれ接触力のデータを取得する。そして、姿勢制御部４１は、この取得した接触力のデータ、および距離センサ７２から取得した対象面１７までの距離のデータから対象面１７に接地するように飛行ユニット１１の飛行姿勢を制御する。姿勢制御部４１は、対象面１７に接地した後、すべての接触力センサ７１で検出した接触力が等しくなるように飛行ユニット１１の飛行姿勢を制御する。飛行ユニット１１の飛行姿勢が対象面１７に沿っているとき、４つのタイヤ３３に加わる力は均等になる。そのため、飛行ユニット１１の飛行姿勢が対象面１７に沿って安定しているとき、４つの接触力センサ７１で検出した接触力は等しくなる。一方、飛行ユニット１１の飛行姿勢が対象面１７に沿って不安定なとき、４つの接触力センサ７１で検出した接触力は不均一となる。そこで、姿勢制御部４１は、飛行ユニット１１の飛行姿勢が対象面１７に沿って安定するように、４つの接触力センサ７１で検出する接触力を均等化させる。つまり、姿勢制御部４１は、４つの接触力センサ７１で検出した接触力のばらつきが予め設定した許容範囲に収まるようにスラスト１３およびアクチュエータ３１を制御して、飛行ユニット１１の姿勢を制御する。言い換えると、姿勢制御部４１は、４つの接触力センサ７１で検出した接触力が等しくなるようにスラスト１３およびアクチュエータ３１を制御する。ここで、上述の許容範囲は、例えば接触力のばらつきの偏差が数％～数十％以内などのように、適用する飛行ユニット１１に応じて任意に設定することができる。このように、姿勢制御部４１は、接触力センサ７１で検出した接触力に基づいて、スラスト１３およびアクチュエータ３１を制御し、飛行ユニット１１の飛行姿勢を制御する。このとき、姿勢制御部４１は、距離センサ７２で取得した対象面１７までの距離も利用して飛行ユニット１１の飛行姿勢を制御してもよい。また、姿勢制御部４１は、姿勢計測部２１で検出した飛行ユニット１１の飛行姿勢を用いて、飛行ユニット１１の飛行姿勢を補正してもよい。

【００２７】

次に、第２実施形態による飛行装置１０における飛行姿勢の制御の流れを図１０に基づいて説明する。なお、第１実施形態と共通する処理については、説明を省略する。

制御ユニット１８は、飛行装置１０の飛行が開始されると、ガイドモードであるか否かを判断する（Ｓ２０１）。姿勢制御部４１は、Ｓ２０１においてガイドモードであると判

10

20

30

40

50

断されると (S201: Yes)、接触力を検出する (S202)。すなわち、姿勢制御部41は、4つの接触力センサ71から4つのタイヤ33に加わる接触力を取得する。

【0028】

姿勢制御部41は、S202で接触力を検出すると、4つの接触力センサ71で検出した接触力のばらつきを算出する (S203)。そして、姿勢制御部41は、算出した接触力のばらつきが許容範囲に収まっているか否かを判断する (S204)。姿勢制御部41は、接触力のばらつきが許容範囲に収まっていると判断すると (S204: Yes)、飛行ユニット11の目標姿勢を維持したまま飛行ユニット11の飛行を継続する (S205)。一方、姿勢制御部41は、算出した接触力のばらつきが許容範囲に収まっていないと判断すると (S204: No)、飛行ユニット11の目標姿勢を変更する (S206)。すなわち、姿勢制御部41は、4つの接触力センサ71で検出した接触力が等しくなるように、スラスト13およびアクチュエータ31を制御し、飛行ユニット11の目標姿勢を変更する。

10

【0029】

第2実施形態では、接触力センサ71は、飛行ユニット11に設けられたタイヤ33が対象面17との接触によって加わる力を検出する。姿勢制御部41は、タイヤ33にそれぞれ設けられている接触力センサ71で検出した力に基づいて、検出した力が等しくなるように飛行ユニット11の姿勢を制御する。これにより、飛行ユニット11は、複数のタイヤ33に加わる力が等しくなるように姿勢が制御される。そのため、飛行ユニット11は、対象面17に対して、タイヤ33ごとに加わる力に偏りのない姿勢となる。その結果、飛行ユニット11は、対象面17に沿った姿勢を維持する。したがって、飛行ユニット11は、壁面や天井面などの複雑な対象面17に沿って姿勢を維持したまま移動することができる。また、第2実施形態では、姿勢制御部41は、接触力センサ71の出力値を用いて飛行ユニット11の飛行姿勢を制御している。そのため、姿勢制御部41は、接触力センサ71の出力値を要素として、スラスト13およびアクチュエータ31を制御する。したがって、処理が簡略化され、応答性の向上を図ることができる。

20

【0030】

(第3実施形態)

第3実施形態は、第2実施形態の変形であり、処理の流れが第2実施形態と異なっている。以下、第3実施形態による飛行装置10の処理の流れを図11に基づいて説明する。なお、第2実施形態と共通する処理については、説明を省略する。

30

制御ユニット18は、飛行装置10の飛行が開始されると、ガイドモードであるか否かを判断する (S301)。姿勢制御部41は、S301においてガイドモードであると判断されると (S301: Yes)、接触力を検出する (S302)。姿勢制御部41は、S302で接触力を検出すると、4つの接触力センサ71で検出した接触力のばらつきを算出する (S303)。そして、姿勢制御部41は、算出した接触力のばらつきが許容範囲に収まっているか否かを判断する (S304)。姿勢制御部41は、接触力のばらつきが許容範囲に収まっていると判断すると (S304: Yes)、飛行ユニット11の目標姿勢を維持したまま飛行ユニット11の飛行を継続する (S305)。

【0031】

40

一方、姿勢制御部41は、算出した接触力のばらつきが許容範囲に収まっていないと判断すると (S304: No)、飛行ユニット11の制御を停止する (S306)。すなわち、姿勢制御部41は、接触力のばらつきが許容範囲を超えると、通常のアプローチに沿った飛行姿勢の制御を停止する。そして、姿勢制御部41は、通常のアプローチの制御を停止した後、飛行ユニット11の目標姿勢を設定する (S307)。すなわち、姿勢制御部41は、通常のアプローチと無関係な飛行姿勢を、目標姿勢として強制的に設定する。この目標姿勢は、例えば飛行ユニット11の進行方向に対して垂直な軸を中心に90°以上回転した位置などのように、それまでの飛行姿勢と大きく異なる姿勢となるように予め設定されている。飛行ユニット11は、対象面17に沿って飛行しているとき、段差50などの障害物に遭遇することがある。このとき、飛行ユニット11の飛行姿勢は、段

50

差 5 0 などの障害物によって変化をともしなう。そのため、姿勢制御部 4 1 は、飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢を制御する。

【 0 0 3 2 】

第 3 実施形態の場合、姿勢制御部 4 1 は、接触力センサ 7 1 で検出する接触力が等しくなるように制御する。ところが、この段差 5 0 などの障害物が大きいとき、接触力を制御するだけでは段差 5 0 などの障害物を迅速に回避できないおそれがある。そこで、第 3 実施形態では、段差 5 0 などの障害物によって接触力のばらつきが許容範囲を超えるような大きな飛行姿勢の変化が生じる場合、姿勢制御部 4 1 は飛行ユニット 1 1 の制御を停止する。その上で、姿勢制御部 4 1 は、通常のアプローチに沿った飛行姿勢の制御とは大きく異なる目標姿勢を設定する。姿勢制御部 4 1 は、S 3 0 7 で設定した目標姿勢に基づいて飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢を制御する (S 3 0 8)。姿勢制御部 4 1 は、目標姿勢に基づいて飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢を変更すると、通常のアプローチによる飛行姿勢の制御に復帰した後 (S 3 0 9)、処理を継続する。

10

【 0 0 3 3 】

第 3 実施形態では、姿勢制御部 4 1 は、接触力のばらつきが許容範囲を超える場合、通常のアプローチによる飛行姿勢の制御とは大きく異なる目標姿勢を設定する。これにより、対象面 1 7 に段差 5 0 などの大きな変化が生じるとき、飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢は通常の状態とは異なる目標姿勢に強制的に変更される。そのため、飛行ユニット 1 1 は、飛行姿勢が大きく変化し、段差 5 0 などの障害物を迅速に回避する。したがって、飛行ユニット 1 1 の移動速度の向上を図ることができる。

20

【 0 0 3 4 】

(第 4、第 5 実施形態)

図 1 2 に示すように第 4 実施形態の飛行装置 1 0 は、タイヤ 3 3 の外径が大きく設定されている。具体的には、第 3 実施形態による飛行装置 1 0 のタイヤ 3 3 は、プロペラ 1 6 を含むスラスト 1 3 の外形的な寸法よりも大きく設定されている。そのため、飛行装置 1 0 に設けられているスラスト 1 3 のプロペラ 1 6 は、飛行装置 1 0 の姿勢にかかわらず、対象面 1 7 に接触しない。すなわち、飛行装置 1 0 は、大きなタイヤ 3 3 によって対象面 1 7 に接触し、これに内包される大きさであるスラスト 1 3 のプロペラ 1 6 が対象面 1 7 に接しない。

したがって、第 4 実施形態では、プロペラ 1 6 を含むスラスト 1 3 の損傷を低減することができる。

30

【 0 0 3 5 】

第 5 実施形態の飛行装置は、図 1 3 に示すように接触部としてオムニホイール 8 1 を備えている。第 5 実施形態による飛行装置 1 0 は、オムニホイール 8 1 を備えることにより、姿勢にかかわらず対象面 1 7 にオムニホイール 8 1 が接する。例えば、飛行装置 1 0 が対象面 1 7 として天井に沿って移動する場合でも、飛行ユニット 1 1 のスラスト 1 3 が発生する推進力でオムニホイール 8 1 が天井に押し付けられる。また、例えば、飛行装置 1 0 が壁面と壁面との間の隙間に沿って移動する場合でも、スラスト 1 3 の発生する推進力でいずれか一方または両方の壁面にオムニホイール 8 1 が接する。さらに、オムニホイール 8 1 を備える飛行装置 1 0 は、オムニホイール 8 1 の回転自由度の高さによって、自由な方向への移動が容易になる。

40

したがって、第 5 実施形態では、オムニホイール 8 1 と対象面 1 7 との接触を常に維持することができ、姿勢の自由度および対象面 1 7 に沿った飛行ユニット 1 1 の移動の自由度を高めることができる。

【 0 0 3 6 】

(第 6 実施形態)

図 1 4 に示すように第 6 実施形態による飛行装置 1 0 は、第 2 実施形態の接触力センサ 7 1 に代えて複数の距離センサ 7 2 を備えている。第 6 実施形態の場合、飛行装置 1 0 は、4 つの距離センサ 7 2 を備えている。なお、距離センサ 7 2 は、2 つ以上の複数であればよく、4 つに限るものではない。

50

【 0 0 3 7 】

姿勢制御部 4 1 は、距離センサ 7 2 を用いて検出した対象面 1 7 までの距離に基づいて、この飛行ユニット 1 1 から対象面 1 7 までの距離が予め設定された範囲内に収まるように飛行ユニット 1 1 の飛行姿勢を制御する。この場合、姿勢制御部 4 1 は、4 つの距離センサ 7 2 で検出した対象面 1 7 までの距離を用いて、飛行ユニット 1 1 の姿勢を制御する。これにより、飛行ユニット 1 1 は、飛行中において、対象面 1 7 までの距離が所定の範囲内に収まり、大きな姿勢の変化を招かない。したがって、飛行ユニット 1 1 は、壁面や天井面などの複雑な対象面 1 7 に沿って姿勢を維持したまま移動することができる。また、第 5 実施形態では、非接触の距離センサ 7 2 を用いることにより、タイヤ 3 3 などの接触部に相当する構成がない状態、つまり飛行ユニット 1 1 が対象面 1 7 から浮遊した状態でも、飛行ユニット 1 1 は飛行姿勢が維持される。したがって、より空間的な制約が厳しい場合でも、飛行ユニット 1 1 の安定した姿勢での飛行を維持することができる。

10

【 0 0 3 8 】

(その他の実施形態)

以上説明した複数の実施形態では、機体本体 1 2 に 4 つのタイヤ 3 3 またはオムニホイール 8 1 を設ける例について説明した。しかし、飛行装置 1 0 の移動を案内するタイヤ 3 3 やオムニホイール 8 1 などの接触部は、機体本体 1 2 に少なくとも 2 つ設ければよく、4 つに限るものではない。当然、接触部は、5 つ以上であってもよい。また、個別に説明した複数の実施形態は、組み合わせて適用してもよい。例えば第 6 実施形態のように距離センサ 7 2 で距離を検出することによる移動と、第 2 実施形態および第 3 実施形態のように接触力センサ 7 1 で接触力を検出することによる移動とを組み合わせたり、第 6 実施形態の移動から連続して第 2 実施形態および第 3 実施形態の移動に切り替えたりする構成でもよい。

20

【 0 0 3 9 】

以上説明した本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の実施形態に適用可能である。

本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

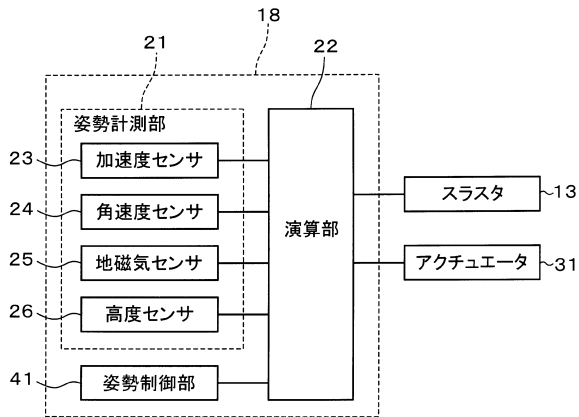
30

【 符号の説明 】

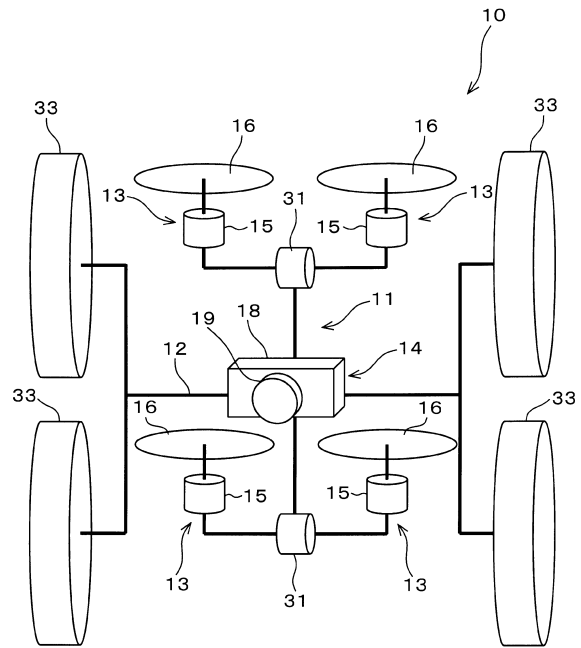
【 0 0 4 0 】

図面中、1 0 は飛行装置、1 1 は飛行ユニット、1 3 はスラスタ、1 7 は対象面、2 1 は姿勢計測部 (変化検出部)、3 3 はタイヤ (接触部)、4 1 は姿勢制御部 (姿勢制御部)、7 1 は接触力センサ (接触力検出部)、7 2 は距離センサ (距離検出部)、8 1 はオムニホイール (接触部) を示す。

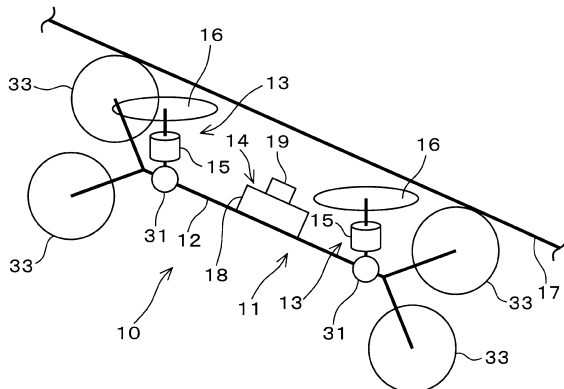
【図 1】



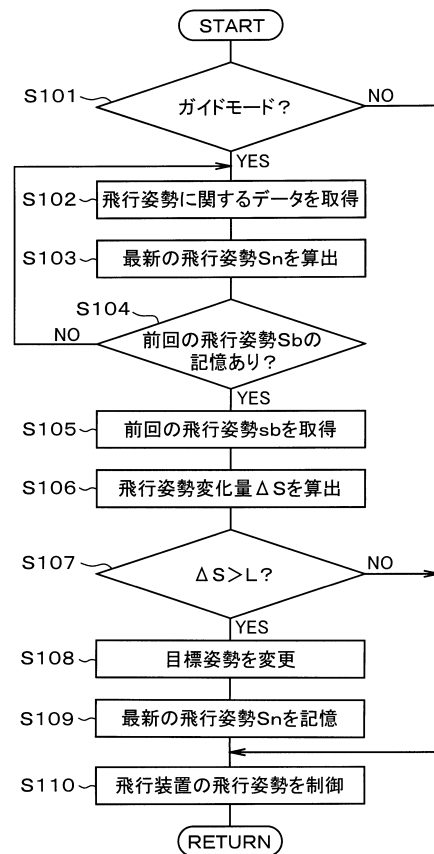
【図 2】



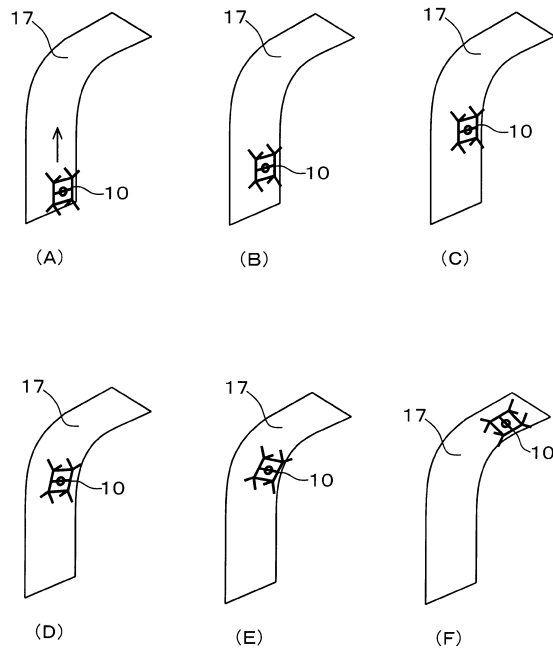
【図 3】



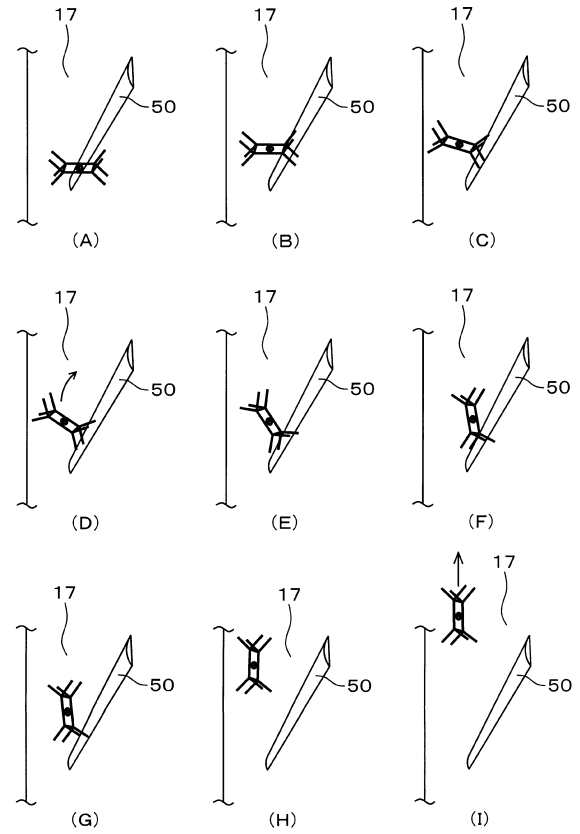
【図 4】



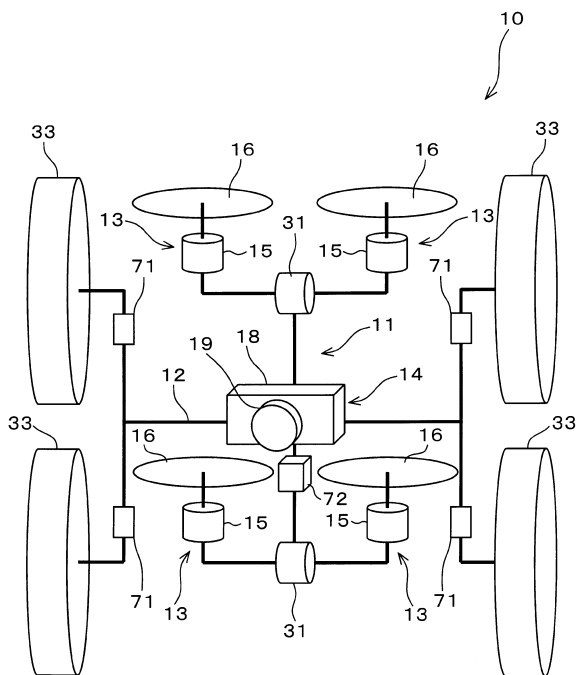
【図 5】



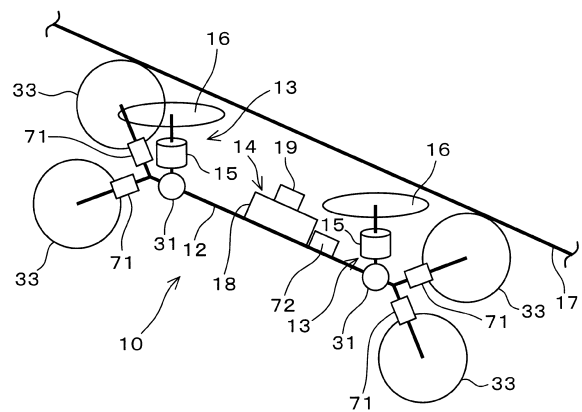
【図 6】



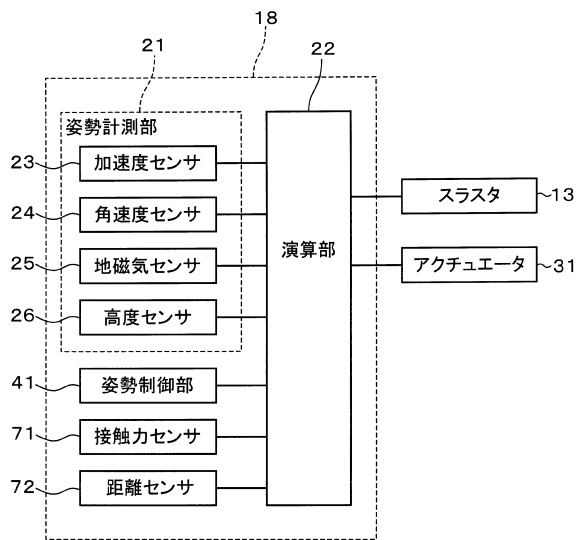
【図 7】



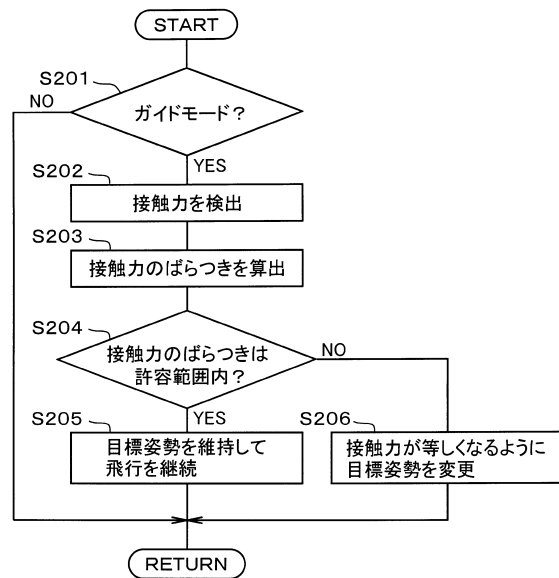
【図 8】



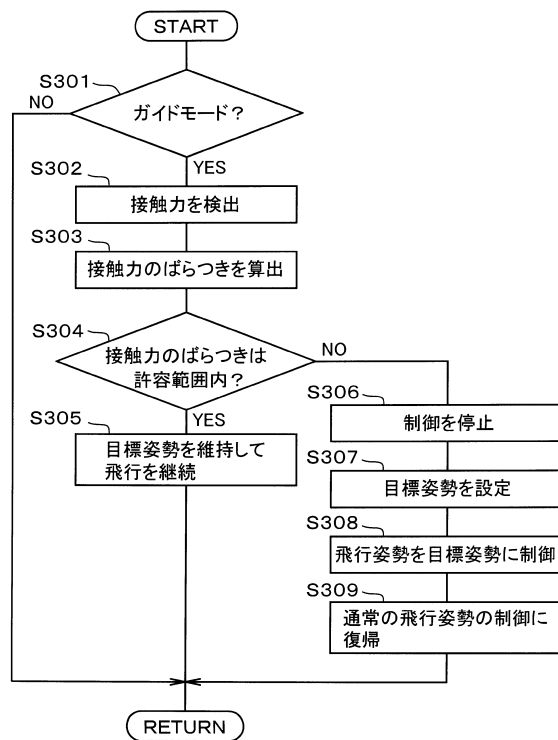
【図 9】



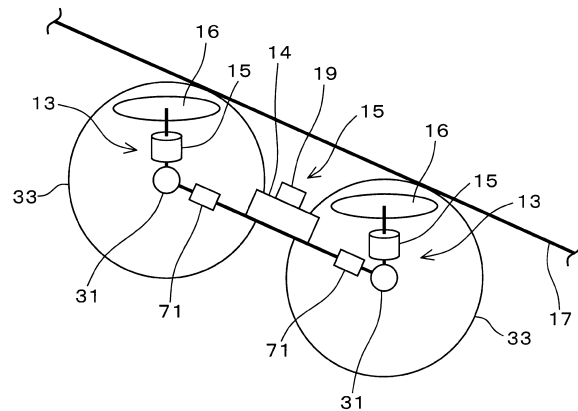
【図 10】



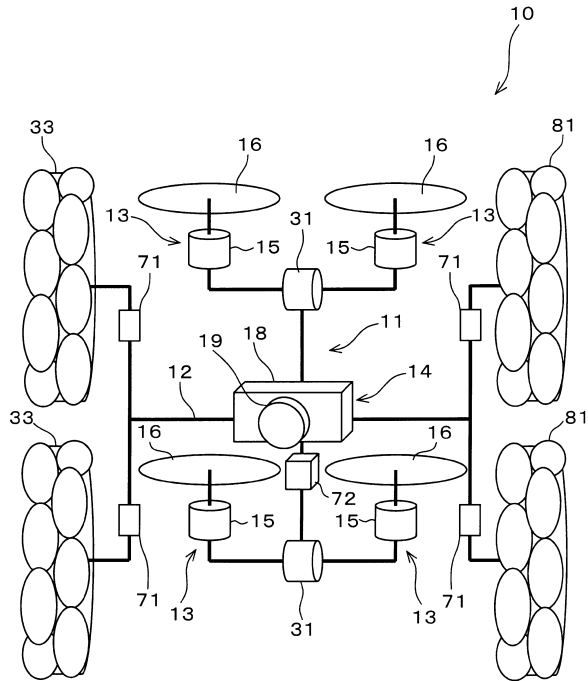
【図 11】



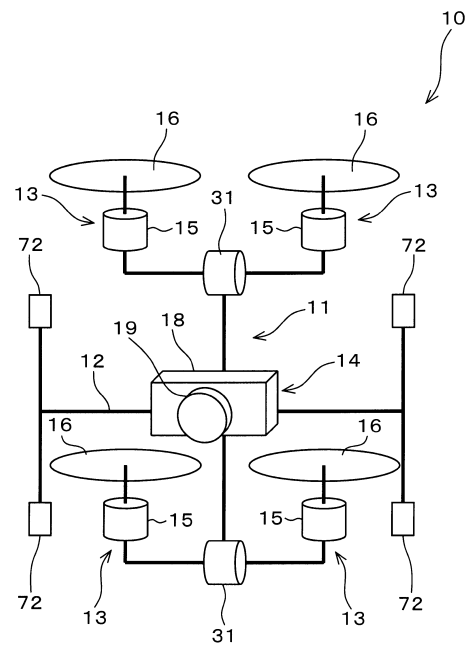
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

- (72)発明者 黒坂 正己
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 松浦 道弘
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 吉川 覚
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

審査官 諸星 圭祐

- (56)参考文献 特開2006-051841(JP,A)
特開2014-149621(JP,A)
特開2010-241409(JP,A)
特開2015-117003(JP,A)
特開2014-227166(JP,A)
特開2003-026097(JP,A)
特開2015-123918(JP,A)
米国特許第08794564(US,B2)
国際公開第2014/177661(WO,A1)
韓国登録特許第10-1536574(KR,B1)
特開2016-211878(JP,A)
特開2015-223995(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64C 39/02
B64C 25/36
B64C 27/08 - 27/10
A63H 27/133