

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年3月8日(08.03.2018)



(10) 国際公開番号

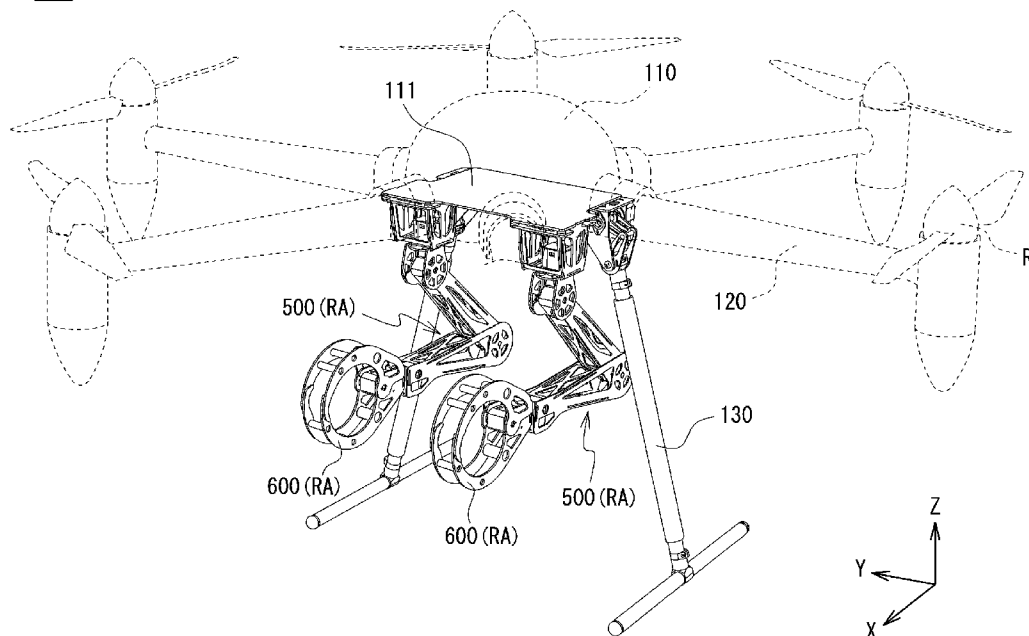
WO 2018/042693 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 5/00 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000725
- (22) 国際出願日: 2017年1月12日(12.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-171918 2016年9月2日(02.09.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社プロドローン (PRODRONE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4600004 愛知県名古屋市中区新栄町二丁目4番地 坂種栄ビル16階 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 菅木 紀代一 (SUGAKI, Kiyokazu); 〒4600004 愛知県名古屋市中区新栄町二丁目4番地 坂種栄ビル16階 株式会社プロドローン内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人上野特許事務所 (WENO & PARTNERS); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄三丁目21番23号 ケイエスイセヤビル8階 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) Title: ROBOT ARM AND UNMANNED AIRCRAFT PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: ロボットアームおよびこれを備える無人航空機

100



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to address the problem of providing a robot arm that can automatically avoid collision with an obstruction, and an unmanned aircraft provided with the robot arm. To solve the problem, the present invention provides a robot arm mounted on an unmanned aircraft provided with a plurality of rotary wings, and an unmanned aircraft provided with the robot arm, the robot arm being characterized by being provided with: arm parts that have a plurality of joint parts; an arm control means that controls driving of each joint part; end effectors attached to



CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

the tips of each arm parts; a distance measuring means that measures the distance to an object present in the vicinity of the airframe of the unmanned aircraft; and an obstruction avoidance means that controls the attitudes of the arm parts so that the arm parts and the end effectors do not collide with an obstruction detected by the distance measuring means.

(57) 要約: 障害物との衝突を自動的に回避可能なロボットアームおよびこれを備える無人航空機を提供する。数の回転翼を備える無人航空機に搭載されるロボットアームであって、複数の関節部を有するアーム部と、前記各関節部の駆動を制御するアーム制御手段と、前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタと、前記無人航空機の機体周辺に存在する物体との距離を測定する測距手段と、前記測距手段が検知した障害物に前記アーム部および前記エンドエフェクタが衝突しないよう前記アーム部の姿勢を制御する障害物回避手段と、を備えていることを特徴とするロボットアーム、およびこれを備える無人航空機によりこれを解決する。

明 細 書

発明の名称： ロボットアームおよびこれを備える無人航空機

技術分野

[0001] 本発明は、無人航空機に搭載されるロボットアームの衝突回避技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、産業用無人ヘリコプターに代表される小型の無人航空機は、機体が高価で入手困難なうえ、安定して飛行させるためには操作に熟練が必要とされるものであった。しかし近年、無人航空機の姿勢制御や自律飛行に用いられるセンサ類およびソフトウェアの改良、低価格化が進み、これにより無人航空機の操作性が飛躍的に向上した。特に小型のマルチコプターについては、ヘリコプターに比べてローター構造が簡単であり、設計およびメンテナンスが容易であることから、趣味目的だけでなく、広範な産業分野における種々のミッションへの応用が試行されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-139762号公報

特許文献2：特開2014-149622号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] マルチコプターの応用範囲が拡大するにつれ、マルチコプターに行わせようとする作業の難易度も高まってきており、より複雑で精密な作業を高い品質で行うことのできる機体の登場が望まれている。このような要望に応えるべく、マルチコプターの機体構造を各作業に特化させ、その作業専用の機体を提供することが考えられるが、一つの機体で様々な作業を比較的高品質に行える方が好ましい場合もある。このような汎用的なマルチコプターを実現する手段としては、例えばマルチコプターにロボットアームを搭載し、種々

の作業に応じた交換可能なエンドエフェクタを用意することが考えられる。

[0005] 一般に、ロボットアームは複数の関節部を有しており、これら関節部を個々に可動させることで複雑な姿勢をとることができる。またロボットアームは、その基端から先端までを直線状に延ばした長さを半径とする広範な可動範囲を有している。このようなロボットアームを搭載したマルチコプターを飛行させるときには、ロボットアームが機体周辺の障害物に衝突しないよう、マルチコプターとロボットアームの両方に注意を払いながらこれを飛行させる必要があり、オペレータには高度な操縦技能が要求される。

[0006] 上記問題に鑑み、本発明が解決しようとする課題は、障害物との衝突を自動的に回避可能なロボットアームおよびこれを備える無人航空機を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するため、本発明のロボットアームは、複数の回転翼を備える無人航空機に搭載され、複数の関節部を有するアーム部と、前記各関節部の駆動を制御するアーム制御手段と、前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタと、前記航空機の機体周辺に存在する物体との距離を測定する測距手段と、前記測距手段が検知した障害物に前記アーム部および前記エンドエフェクタが衝突しないよう前記アーム部の姿勢を制御する障害物回避手段と、を備えていることを特徴とする。

[0008] 障害物回避手段が、アーム部やエンドエフェクタと障害物との衝突を自動的に回避することにより、オペレータの操縦技能に依存することなく、これらの衝突事故を防止することができる。

[0009] また、前記アーム部の現在の姿勢を特定可能な情報を記憶する記憶手段をさらに備え、前記障害物回避手段は、前記記憶手段の情報に基づいて、前記測距手段が検知した前記物体が、前記障害物か、前記アーム部または前記エンドエフェクタか、を判別可能である構成としてもよい。

[0010] 測距手段は無人航空機の機体周辺を測定しているため、アーム部の姿勢によってはその測定範囲内にアーム部やエンドエフェクタの一部が入り込むこ

とがある。このときに障害物回避手段がこれらアーム部等を障害物と誤判断した場合、アーム部等が自らを避けることでその可動範囲が狭められ、アーム部が制御不能に陥るおそれがある。アーム部の現在の姿勢を記憶する記憶手段を備えることにより、障害物回避手段は、測距手段が検知した物体が障害物であるか、またはアーム部やエンドエフェクタであるかを判別することが可能となり、このような不具合を防止することができる。

[0011] また、前記障害物回避手段は、前記測距手段の測定範囲内において遠方から次第に近づいてくる前記物体を前記障害物であると判断し、前記測距手段の測定範囲内に唐突に現れた前記物体は前記アーム部または前記エンドエフェクタであると判断する構成としてもよい。

[0012] 測定手段の測定範囲内への現れ方に基づいて、その物体が障害物であるか、アーム部やエンドエフェクタであるかを判断することにより、簡易な条件でこれらを判別することができる。

[0013] また、前記複数の関節部は、互いに直交する方向へ旋回可能な二つの前記関節部を一組としたときに、三組の前記関節部を有していることが好ましい。

[0014] アーム部が有する複数の関節部に、互いに直交する方向へ旋回可能な二つの関節部が三組含まれていることにより、無人航空機の機体の前後、左右、上下への移動、および機体の傾き、さらにはこれらの組み合わせによるアーム部の位置ずれを関節部で吸収することができる。

[0015] また、前記アーム部は、前記複数の関節部で連結された複数のリンク部材を有しており、前記複数のリンク部材は、前記アーム部の基端側から先端側に向かって、前記航空機の機体に結合されたベース部、肩部、上腕部、下腕部、および、前記アーム部の先端部である手首部を有しており、前記肩部は前記ベース部に対して周方向へ回転可能に連結されており、前記肩部および前記上腕部、前記上腕部および前記下腕部、並びに、前記下腕部および前記手首部は、互いに直交する方向へ旋回可能な二つの前記関節部により連結されていることが好ましい。

- [0016] 互いに直交する方向へ旋回可能な三組の関節部がアーム部に適切に配置され、さらに機体の回転を吸収可能な関節部が設けられていることにより、無人航空機の機体の前後、左右、上下への移動、機体の傾き、および機体の回転、さらにはこれらの組み合わせによるアーム部の位置ずれを関節部で吸収することができる。
- [0017] また、前記エンドエフェクタには、該エンドエフェクタの作業対象を撮影する撮影手段が設けられている構成としてもよい。
- [0018] エンドエフェクタに、その作業対象を撮影する撮影手段が設けられていることにより、無人航空機のオペレータは手元でその映像を確認しながら作業を行うことができる。これにより、無人航空機に搭載されたロボットアームによる作業の品質を高めることができる。
- [0019] また、前記エンドエフェクタには、該エンドエフェクタの作業対象との距離を測定する測距手段が設けられている構成としてもよい。
- [0020] エンドエフェクタに、エンドエフェクタとその作業対象との距離を測定する測距手段が設けられていることにより、無人航空機のオペレータは、エンドエフェクタとその作業対象との距離を数値で正確に把握することができる。これにより、無人航空機に搭載されたロボットアームによる作業の品質を高めることができる。
- [0021] また、上記課題を解決するため、本発明の無人航空機は、複数の回転翼と、本発明のロボットアームを備えることを特徴とする。

発明の効果

- [0022] このように、本発明のロボットアームおよびこれを備える無人航空機によれば、ロボットアームが障害物を自動的に検知して回避することにより、オペレータの操縦技能に依存することなく、ロボットアームと障害物との衝突事故を防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]第1実施形態にかかるマルチコプターの外観を示す透過斜視図である。
[図2]アーム部の構造を示す斜視図である。

[図3]アーム部の変形例の関節構造を示す模式図である。

[図4]アーム部の変形例による手首部の姿勢維持方法を示す模式図である。

[図5]第1実施形態にかかるマルチコプターの機能構成を示すブロック図である。

[図6]ロボットアームの機能構成の変形例を示すブロック図である。

[図7]ロボットアームの機能構成の他の変形例を示すブロック図である。

[図8]第2実施形態にかかるマルチコプターの機能構成を示すブロック図である。

[図9]アーム部の障害物回避動作を説明する模式図である。

[図10]マルチコプターの障害物誤検知防止機能を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明のロボットアームの実施形態について図面を用いて説明する。以下に説明する実施形態は、複数の回転翼を備える無人航空機の一形態であるマルチコプターに本発明のロボットアームが搭載された例である。以下の説明における「上」、「下」とは、図1における上下方向をいい、図1の座標軸表示に示されるZ軸方向に平行な方向をいう。また、「水平」とは、同座標軸表示に示されるXY平面方向をいう。「前」および「後ろ」とは、図1における前後方向をいい、図1の座標軸表示に示されるX軸方向に平行な方向をいう。「右」および「左」とは、読み手から見た図1の左右方向をいい、図1の座標軸表示に示されるY軸方向に平行な方向をいう。

[0025] [第1実施形態]

(全体構成概要)

図1は、本実施形態にかかるマルチコプター100の外観を示す透過斜視図である。マルチコプター100は、その機体中央部110から水平方向に延びる6本のローター支持部120を有している。これらローター支持部120は、機体中央部110を中心として周方向等間隔に配置されており、機体中央部110から放射状に延びている。各ローター支持部120の先端には、回転翼であるローターRが配置されている。マルチコプター100のロ

ーター数は特に限定されず、その用途や、求められる飛行安定性、許容されるコスト等に応じて、ローターが2基のヘリコプターから、ローターが8基のオクタコプター、さらには8基よりも多くのローターを備えるものまで適宜変更可能である。

[0026] 機体中央部110は、その下部に、種々のアタッチメントを取り付け可能なアダプタプレート111を備えている。アダプタプレート111には、本実施形態のロボットアームRAを構成する二本のアーム部500が取り付けられている。二本のアーム部500はその全体が機外に露出している。アーム部500はいずれも同じ構造のものである。各アーム部500の先端には、フォーククロ形状のグリッパ機構であるハンド600がそれぞれ装着されている。ハンド600は本実施形態のロボットアームRAのエンドエフェクタである。なお、本発明で用いられるエンドエフェクタはハンド600には限られず、例えば、溶接装置、ねじ締め装置、穿孔装置、塗装装置、さらには撮影装置など、種々の用途に応じたエンドエフェクタが使用可能である。

[0027] アダプタプレート111にはさらに、マルチコプター100の降着装置である一对のスキッド130が接続されている。図1のマルチコプター100は着陸した状態にあり、これらスキッド130は地面に対して略垂直となるように配置されている。なお、本実施形態のスキッド130はリトラクタブルランディングギヤであり、マルチコプター100の飛行時には、これらスキッド130は、図示しないサーボモータによりその基端部を中心として水平方向外側に向かって持ち上げられ、ローター支持部120と平行に支持される。そして、マルチコプター100の着陸時には、スキッド130は同サーボモータにより図1の配置に戻される。これにより、マルチコプター100の飛行中にスキッド130が各アーム部500の動作範囲を制限することが防止されている。なお、スキッド130は必須の構成ではなく、省略してもよい。

[0028] (アーム部の構造)

図2はアーム部500の構造を示す斜視図である。本実施形態のアーム部500およびハンド600は、垂直多関節型マニピュレータを構成している。なお、本発明でいう「アーム部」には、ハンド600などのエンドエフェクタは含まれていない。アーム部500は、アーム部500の基端側から先端側に向かって、ベース部510、肩部520、上腕部530、および下腕部540の4つのリンク部材により構成されている（以下、これらを総称して「リンク部材510～540」という。）。そして、これらリンク部材510～540は、肩回転軸 J_1 、上腕旋回軸 J_2 、下腕旋回軸 J_3 、および手首回転軸 J_4 の4つの関節部を介して連結されている（以下、これら関節部を総称して「関節部 $J_1 \sim J_4$ 」という。）。各関節部 $J_1 \sim J_4$ にはそれぞれサーボモータ551～554が配置されており、これらサーボモータ551～554が駆動されることにより各関節部 $J_1 \sim J_4$ の回転角度および旋回角度が調節される。なお、本発明の関節部の駆動源はサーボモータには限られず、これら関節部を任意の回転角度・旋回角度に調節可能であることを条件として、他の駆動手段を用いることもできる。

[0029] リンク部材510～540のうち、アーム部500の基端部であるベース部510は、アダプタプレート111に取り付けられており（図1参照）、ベース部510の位置はアダプタプレート111に対して固定されている。ベース部510には肩部520が連結されており、肩部520は肩回転軸 J_1 を中心として周方向に回転することができる。肩部520には上腕部530が連結されており、上腕部530は上腕旋回軸 J_2 を中心として上下方向に旋回することができる。上腕部530には下腕部540が連結されており、下腕部540は下腕旋回軸 J_3 を中心として上下方向に旋回することができる。そして、下腕部540にはハンド600が連結されており、ハンド600は手首回転軸 J_4 を中心として周方向に回転することができる。

[0030] 本実施形態のリンク部材510～540はCFRP製の板材（以下、「CFRPプレート」という。）により構成されている。図2に示されるように、各リンク部材510～540はそれぞれ、骨格を残しつつ肉抜きが施され

た枠体形状に形成されている。これにより本実施形態のアーム部500は、軽量化と強度との両立が図られており、マルチコプター100への搭載に好適な構成とされている。

[0031] ベース部510は略箱形に形成されたリンク部材である。ベース部510の内部には肩回転軸 J_1 を構成するサーボモータ551が配置されている。サーボモータ551の図示しない軸体は、ベース部510の底板511を下方に貫通している。

[0032] 肩部520は、コの字型のリンク部材であり、平行に配置された二枚の側板521、522と、これら側板521、522の板面に対して垂直に配置された天板523とにより構成されている。側板521、522はその板面を水平方向に向けて配置されており、天板523はこれら側板521、522の上端部を支持している。天板523には、サーボモータ551の図示しない軸体が結合されている。これにより肩部520は、肩回転軸 J_1 を中心として周方向に回転することが可能とされている。

[0033] 上腕部530は略角筒形状のリンク部材であり、平行に配置された二枚の側板531、532と、これら側板531、532の短手方向の端部同士を結ぶ筋交状の側板533、534とにより構成されている。上腕部530の側板531、532は、これらの基端部近傍の各外面が、肩部520の側板521、522の各内面にそれぞれ当接するように配置されている。上腕部530の基端部には、その内側に、上腕旋回軸 J_2 を構成するサーボモータ552が配置されている。サーボモータ552の図示しない軸体は、上腕部530の側板531、532を厚み方向に貫通し、肩部520の側板521、522に結合されている。これにより上腕部530は、上腕旋回軸 J_2 を中心として上下方向に旋回することが可能とされている。

[0034] 下腕部540は略角筒形状のリンク部材であり、平行に配置された二枚の側板541、542と、これら側板541、542の短手方向の端部同士を結ぶ筋交状の側板543、544とにより構成されている。下腕部540の側板531、532は、これらの基端部近傍の各内面が、上腕部530を構

成する側板 531, 532 の先端部近傍の各外面にそれぞれ当接するように配置されている。上腕部 530 の先端部には、その内側に、下腕回転軸 J_3 を構成するサーボモータ 553 が配置されている。サーボモータ 553 の図示しない軸体は、上腕部 530 の側板 531, 532 を厚み方向に貫通し、下腕部 540 の側板 541, 542 に結合されている。これにより下腕部 540 は、下腕回転軸 J_3 を中心として上下方向に回転することが可能とされている。

[0035] 本実施形態の下腕部 540 の先端およびその近傍部は、下腕部 540 と一体に形成された手首部 540a を構成している。手首部 540a はアーム部 500 の先端部である。手首部 540a の先端には、側板 541, 542 の板面に対して垂直に配置された前板 545 が設けられている。前板 545 には手首回転軸 J_4 を構成するサーボモータ 554 が配置されている。サーボモータ 554 の軸体 554a は、前板 545 を貫通して前方に延びている。軸体 554a にはハンド 600 が取り付けられており、これによりハンド 600 は、手首回転軸 J_4 を中心として周方向に回転することが可能とされている。

[0036] (アーム部の変形例)

本発明のアーム部の関節数はアーム部 500 の形態には限定されず、作業の複雑さや求められる正確性、許容されるコスト等に応じて適宜変更することができる。以下に、アーム部 500 の関節構造を拡張したアーム部 500 の変形例について説明する。

[0037] 図 3 は、アーム部 500 の変形例であるアーム部 500' の関節構造を示す模式図である。アーム部 500' はアーム部 500 の関節部 $J_1 \sim J_4$ に加え、上腕回転軸 J_5 、下腕回転軸 J_6 、手首回転軸 J_7 、および手首回転軸 J_8 を有している（以下、これらを総称して「関節部 $J_1 \sim J_8$ 」という。）。ここで、上腕回転軸 J_2 および上腕回転軸 J_5 は、互いに直交する方向へ上腕部 530 を回転させる関節部である。下腕回転軸 J_3 および下腕回転軸 J_6 は、互いに直交する方向へ下腕部 540 を回転させる関節部である。手首回転軸

J₇および手首旋回軸J₈は、互いに直交する方向へ手首部540aを回転させる関節部である。アーム部500'は、これら関節部J₁～J₈を備えていることにより、マルチコプター100の意図しない移動や傾きをこれら関節部J₁～J₈で吸収することができ、手首部540aの姿勢、すなわちハンド600の姿勢を一定に保つことが可能とされている。

[0038] 図4は、アーム部500'による手首部540aの姿勢維持方法を示す模式図である。図4(a)(c)(d)は、アーム部500'の側面図であり、図4(b)(e)(f)は、アーム部500'の正面図である。図4では、説明の便宜上、マルチコプター100の構成のうち、アダプタプレート111と二本のアーム部500'のうち的一本のみを表示し、他の構成は省略している。

[0039] 図4に示される各図のうち、図4(a)は、上腕旋回軸J₂、下腕旋回軸J₃、および手首旋回軸J₈により、マルチコプター100の前後方向への移動を吸収する例である。図4(b)は、上腕旋回軸J₅、下腕旋回軸J₆、および手首旋回軸J₇により、マルチコプター100の左右方向への移動を吸収する例である。図4(c)は、上腕旋回軸J₂、下腕旋回軸J₃、および手首旋回軸J₈により、マルチコプター100の上下方向への移動を吸収する例である。図4(d)は、上腕旋回軸J₂により、マルチコプター100の前後方向への揺動を吸収する例である。図4(e)は、上腕旋回軸J₅により、マルチコプター100の左右方向への揺動を吸収する例である。図4(f)は、肩回転軸J₁により、マルチコプター100の回転を吸収する例である。これらを適宜組み合わせることにより、マルチコプター100の様々な動きに対応することができる。

[0040] マルチコプター100がアーム部500'を備え、手首部540aの姿勢維持を自動的に実行することにより、ハンド600の空中における位置が安定し、また、オペレータはハンド600の操縦のみに専念することができる。これにより、マルチコプター100を用いた作業の品質を高めることが可能となる。なお、図4からも分かるように、手首部540aの姿勢維持には

手首回転軸 J_4 は用いられていない。手首回転軸 J_4 はアーム部 500 特有の構成であり、他のエンドエフェクタを用いる場合には省略することができる。

[0041] (マルチコプターの飛行機能)

図5はマルチコプター100の機能構成を示すブロック図である。マルチコプター100の機能は、主に、フライトコントローラFC、複数のローターR、ローターRごとに備えられたESC241 (Electric Speed Controller)、本実施形態のロボットアームRA、およびこれらに電力を供給するバッテリー900により構成されている。以下、マルチコプター100の基本的な飛行機能について説明する。

[0042] 各ローターRは、モータ242と、その出力軸に連結されたブレード243とにより構成されている。ESC241は、ローターRのモータ242に接続されており、フライトコントローラFCから指示された速度でモータ242を回転させる。

[0043] フライトコントローラFCは、オペレータ（送信器210）からの操縦信号を受信する受信器231と、受信器231が接続されたマイクロコントローラである制御装置220を備えている。制御装置220は、中央処理装置であるCPU221、ROMやRAMなどの記憶装置であるメモリ222、および、ESC241を介して各モータ242の回転数を制御するPWM (Pulse Width Modulation) コントローラ223を有している。

[0044] フライトコントローラFCはさらに、飛行制御センサ群232およびGPS受信器233（以下、これらを総称して「センサ等」ともいう。）を備えており、これらは制御装置220に接続されている。本実施形態におけるマルチコプター100の飛行制御センサ群232には、3軸加速度センサ、3軸角速度センサ、気圧センサ（高度センサ）、地磁気センサ（方位センサ）などが含まれている。制御装置220は、これらセンサ等により、機体の傾きや回転のほか、飛行中の緯度経度、高度、および機首の方位角を含む自機の位置情報を取得可能とされている。

[0045] 制御装置 220 のメモリ 222 には、マルチコプター 100 の飛行時における姿勢や基本的な飛行動作を制御するアルゴリズムが実装されたプログラムである飛行制御プログラム FCP が記憶されている。飛行制御プログラム FCP は、オペレータからの指示に従い、センサ等から取得した情報を基に、個々のローター R の回転数を調節し、機体の姿勢や位置の乱れを補正しながらマルチコプター 100 を飛行させる。

[0046] マルチコプター 100 の操縦は、オペレータが送信器 210 を用いて手動で行うほか、マルチコプター 100 の飛行経路や速度、高度などのパラメータである飛行計画 FP を自律飛行プログラム APP に予め登録しておき、マルチコプター 100 を目的地へ自律的に飛行させることも可能である（以下、このような自律飛行のことを「オートパイロット」という。）。

[0047] このように、本実施形態におけるマルチコプター 100 は高度な飛行制御機能を備えている。ただし、本発明における無人航空機はマルチコプター 100 の形態には限定されず、ロボットアーム RA を備えていることを条件として、例えばセンサ等から一部のセンサが省略された機体や、オートパイロット機能を備えず手動操縦のみにより飛行可能な機体を用いることもできる。

[0048] （ロボットアームの機能構成）

図 5 に示されるように、本実施形態のロボットアーム RA は、主に、オペレータ（送信器 210）からの操縦信号を受信する受信器 731 と、受信器 731 が接続されたマイクロコントローラである制御装置 720、アーム部 500 の各関節部 $J_1 \sim J_4$ を駆動するサーボモータ 551 ～ 554、サーボモータ 551 ～ 554 ごとに備えられたサーボアンプ 741、および、アーム部 500 の位置の変化および傾きを検知する変位検知部である IMU (Inertial Measurement Unit) 732 を備えている。サーボアンプ 741 は、サーボモータ 551 ～ 554 からのフィードバックをうけながらサーボモータ 551 ～ 554 の出力軸を指示された角度位置に調節する。IMU 732 は一般的な慣性計測装置であり、主に加速度センサおよび角速度センサにより

構成されている。

[0049] 制御装置 720 は、中央処理装置である CPU 721、ROM や RAM などの記憶装置であるメモリ 722、および、サーボアンプ 741 に対してサーボモータ 551～554 の回転角度を指示するサーボコントローラ 723 を有している。メモリ 722 には、各サーボモータ 551～554 の駆動を制御するアーム制御手段であるアーム制御プログラム ACP が登録されている。アーム制御プログラム ACP は、オペレータの指示に従って、アーム部 500 の姿勢を変化させ、また、ハンド 600 を開閉させる。

[0050] アーム制御プログラム ACP はさらに、アーム部 500 の意図しない位置の変化または傾きである位置ずれを IMU 731 が検知したときに、その位置ずれを関節部 J₁～J₄ で自動的に吸収し、位置ずれが手首部 540a に伝達されることを可能な限り抑制する。本実施形態のアーム部 500 の関節数は少なく、吸収可能な位置ずれの種類や程度は限定的であるが、アーム部 500 の変形例であるアーム部 500' を備えることにより、図 4 に示される広範な種類の位置ずれを吸収することが可能となる。なお、アーム制御プログラム ACP が対処する位置ずれは、アーム部 500 の「意図しない」位置の変化や傾きであるため、例えばオペレータの操作によるアーム部 500 の姿勢変化や機体の移動は無視することができる。

[0051] なお、本実施形態の IMU 732 は機体中央部 110 の中に収容されている。これにより、マルチコプター 100 の機体位置の変化や傾きを正確に検知することができる。本実施形態のアーム制御プログラム ACP は、かかる機体の変位量からアーム部 500 の位置ずれを間接的に算出する。その他、例えば手首部 540a に IMU 732 を配置することにより、手首部 540a やハンド 600 の状態を直接的に把握することが可能となり、ハンド 600 の空間中の位置や姿勢をより高い精度で安定させることもできる。

[0052] (ロボットアーム機能の変形例)

図 6 はロボットアーム RA の機能構成の変形例を示すブロック図である。本実施形態のロボットアーム RA は、独自の受信器 731 および IMU 73

2を備えているが、これらに代えて、フライトコントローラFCの受信器231や、飛行制御センサ群232の3軸加速度センサ、3軸角速度センサをロボットアームRA用に併用することも可能である。

[0053] 図7はロボットアームRAの機能構成の他の変形例を示すブロック図である。本変形例のハンド600には、ハンド600の作業対象であるワークの様子を撮影する撮影手段であるカメラ650、および、ハンド600とワークとの距離を測定する測距手段である測距センサ660が搭載されている。なお、測距センサ660は、超音波、レーザー、または赤外線などの非接触測距手段を用いた一般的な距離センサである。

[0054] 本変形例では、オペレータ（送受信器210）は、カメラ650の撮影映像を手元のモニター211に表示することができ、ワークの様子を間近で視認しながら作業を行うことができる。また、カメラ650の映像からではハンド600とワークとの実際の距離が分かりにくい場合でも、測距センサ660を用いてハンド600とワークとの距離を数値で把握することができる。これにより、マルチコプター100を用いた作業の品質をさらに高めることが可能とされている。なお、ハンド600には、カメラ650および測距センサ660のいずれか一方のみを搭載してもよい。

[0055] [第2実施形態]

以下に、本発明の無人航空機の第2実施形態について図面を用いて説明する。図8は、第2実施形態にかかるマルチコプター101の機能構成を示すブロック図である。なお、以下の説明では、先の実施形態と同一または同様の機能を有する構成については、先の実施形態と同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0056] （障害物回避機能）

図8に示されるように、マルチコプター101のロボットアームRAは、マルチコプター100のロボットアームRAの構成に加え、測距手段である複数の測距センサ733、これら測距センサ733の測定値を監視する障害物回避手段である障害物回避プログラムBAP、並びに、アーム制御プログ

ラムACPおよび障害物回避プログラムBAPからアクセス可能なアーム姿勢情報領域APAを有している。

[0057] 複数の測距センサ733は、機体中央部110からアーム部500周辺の物体との距離を常時測定する。測距センサ733は、超音波、レーザー、または赤外線などの非接触測距手段を用いた一般的な距離センサである。障害物回避プログラムBAPは、測距センサ733が検知した障害物を避けるように、アーム部500の姿勢を調節する。なお、本実施形態の障害物回避プログラムBAPはアーム部500を直接制御せず、アーム制御プログラムACPに指示を出すことでアーム部500を制御する。アーム姿勢情報領域APAは、アーム部500の現在の姿勢を特定可能な情報が記憶された記憶手段である。アーム姿勢情報領域APAの情報は、アーム制御プログラムACPにより常に最新の情報に更新される。

[0058] 図9は、アーム部500の障害物回避動作を示す模式図である。図9の一点鎖線で示された範囲Sは、アーム部500およびハンド600（以下、これらを「アーム部500等」という。）の可動範囲を示している。図9では、説明の便宜上、二本のアーム部500等のうち一本のみを表示している。障害物回避プログラムBAPは、各測距センサ733の測定値を監視し（図9（a））、アーム部500等の可動範囲S内に障害物Bを検知したときに、アーム部500等が障害物Bと接触しないようにアーム部500の姿勢を調節する（図9（b）（c））。なお、図9（c）の障害物Bは地面である。

[0059] マルチコプター101は、測距センサ733および障害物回避プログラムBAPを備えていることにより、オペレータの操縦技能に依存することなく、アーム部500等と障害物Bとの衝突事故を防止することが可能とされている。なお、本実施形態においては、アーム部500等の可動範囲Sのほぼ全体を網羅できるように複数の測距センサ733が配置されているが、測距センサ733の数や測定範囲はマルチコプター101の形態には限定されない。例えば、機体中央部110から鉛直下方に向けられた測距センサ733

のみを備え、アーム部５００等と地面との接触のみを避ける構成としてもよく、または、機体中央部１１０の鉛直下方から機首側（進行方向側）の範囲のみを測定するように測距センサ７３３を配置してもよい。さらには、一つ、または複数の測距センサ７３３を回転させることで所定の角度範囲を測定する構成としてもよい。

[0060] （障害物誤検知防止機能）

図１０は、マルチコプター１０１の障害物誤検知防止機能を説明するための模式図である。図１０の一点鎖線で示された範囲Ｄは、複数の測距センサ７３３のうち、一つの測距センサ７３３の測定範囲を示している。図１０では、説明の便宜上、二本のアーム部５００等のうち一本のみを表示している。

[0061] 本実施形態の測距センサ７３３は、マルチコプター１０１の機体中央部１１０から、アーム部５００等の可動範囲Ｓを含む範囲を測定しているため（図１０（ａ））、アーム部５００等の姿勢によってはその測定範囲内にアーム部５００等の一部が入り込むことがある（図１０（ｂ））。このときに障害物回避プログラムＢＡＰがアーム部５００等を障害物Ｂと誤判断した場合、アーム部５００等が自らを避ける方向に退避し、アーム部５００等が制御不能に陥るおそれがある。

[0062] そのため、マルチコプター１０１の障害物回避プログラムＢＡＰは、アーム姿勢情報領域ＡＰＡの情報に基づいてアーム部５００の現在の位置を常時把握し、その位置において検知された物体は無視するように設定されている。なお、障害物誤検知防止機能はマルチコプター１０１の形態には限られず、例えばアーム姿勢情報領域ＡＰＡを備えず、測距センサ７３３の測定範囲内において遠方から次第に近づいてくる物体を障害物Ｂと判断し、測距センサ７３３の測定範囲内に唐突に現れた物体はアーム部５００等と判断する構成としてもよい。

[0063] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記各実施の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種々の改変

が可能である。例えば、ロボットアーム R A を構成するアーム部 5 0 0 やアーム部 5 0 0 ' の本数は二本には限定されず、一本でもよく、三本以上としてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の回転翼を備える無人航空機に搭載されるロボットアームであって、
複数の関節部を有するアーム部と、
前記各関節部の駆動を制御するアーム制御手段と、
前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタと、
前記無人航空機の機体周辺に存在する物体との距離を測定する測距手段と、
前記測距手段が検知した障害物に前記アーム部および前記エンドエフェクタが衝突しないよう前記アーム部の姿勢を制御する障害物回避手段と、を備えていることを特徴とするロボットアーム。
- [請求項2] 前記アーム部の現在の姿勢を特定可能な情報を記憶する記憶手段をさらに備え、
前記障害物回避手段は、前記記憶手段の情報に基づいて、前記測距手段が検知した前記物体が、前記障害物か、前記アーム部または前記エンドエフェクタか、を判別可能であることを特徴とする請求項1に記載のロボットアーム。
- [請求項3] 前記障害物回避手段は、前記測距手段の測定範囲内において遠方から次第に近づいてくる前記物体を前記障害物であると判断し、前記測距手段の測定範囲内に唐突に現れた前記物体は前記アーム部または前記エンドエフェクタであると判断することを特徴とする請求項1に記載のロボットアーム。
- [請求項4] 前記複数の関節部は、互いに直交する方向へ旋回可能な二つの前記関節部を一組としたときに、三組の前記関節部を有していることを特徴とする請求項1に記載のロボットアーム。
- [請求項5] 前記アーム部は、前記複数の関節部で連結された複数のリンク部材を有しており、
前記複数のリンク部材は、前記アーム部の基端側から先端側に向か

って、前記無人航空機の機体に結合されたベース部、肩部、上腕部、下腕部、および、前記アーム部の先端部である手首部を有しており、

前記肩部は前記ベース部に対して周方向へ回転可能に連結されており、

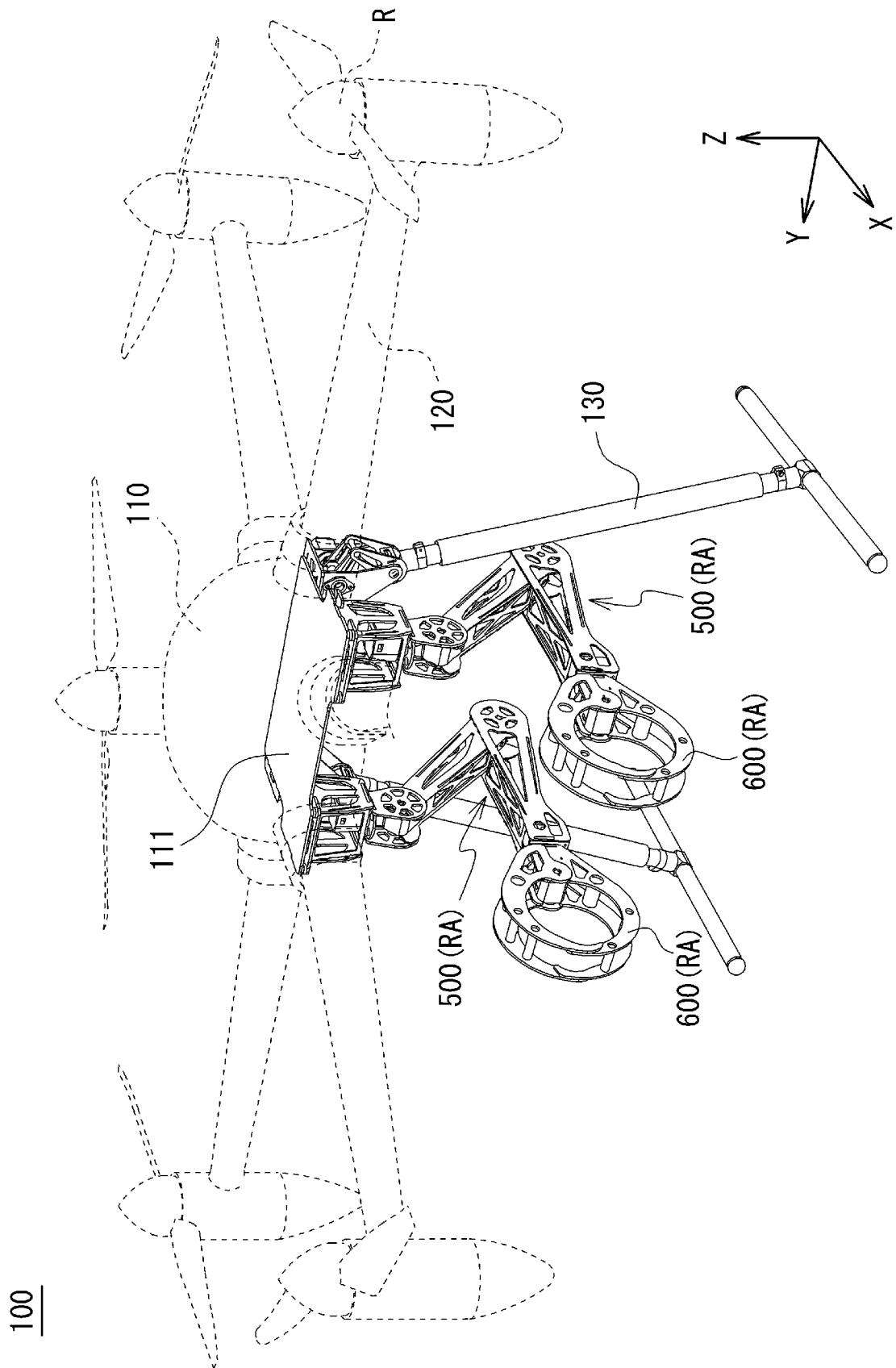
前記肩部および前記上腕部、前記上腕部および前記下腕部、並びに、前記下腕部および前記手首部は、互いに直交する方向へ旋回可能な二つの前記関節部により連結されていることを特徴とする請求項4に記載のロボットアーム。

[請求項6] 前記エンドエフェクタには、該エンドエフェクタの作業対象を撮影する撮影手段が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のロボットアーム。

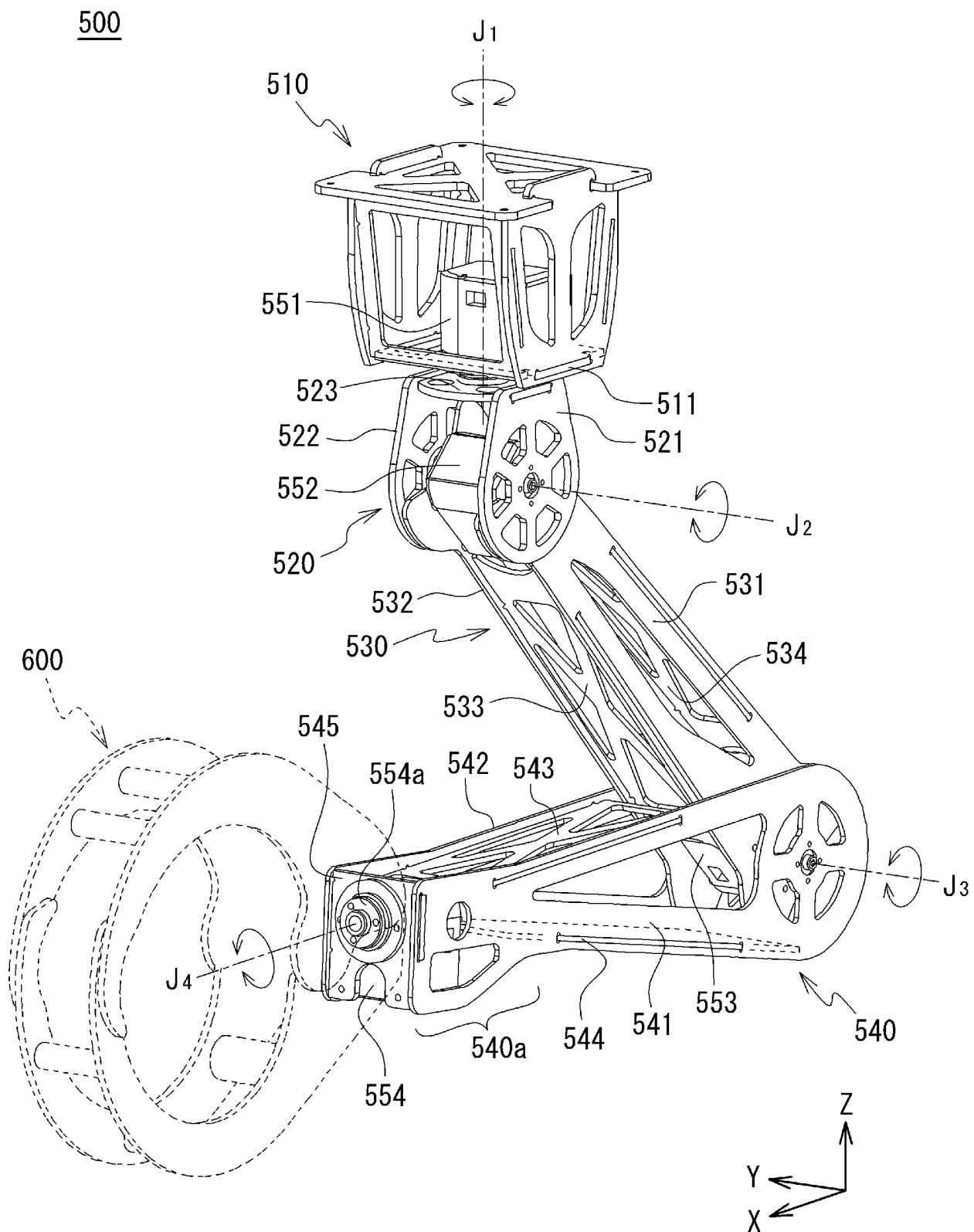
[請求項7] 前記エンドエフェクタには、該エンドエフェクタの作業対象との距離を測定する測距手段が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のロボットアーム。

[請求項8] 複数の回転翼と、
請求項1から請求項7のいずれか一項に記載にロボットアームを備える無人航空機。

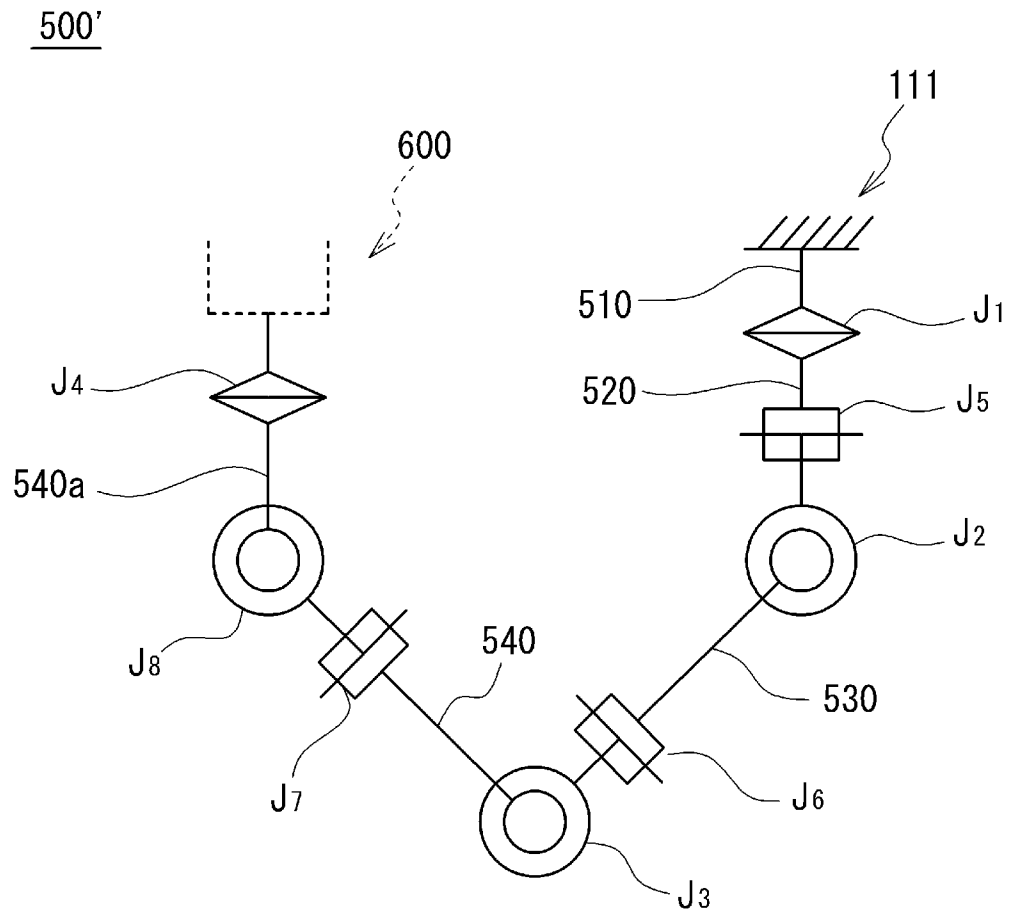
[図1]



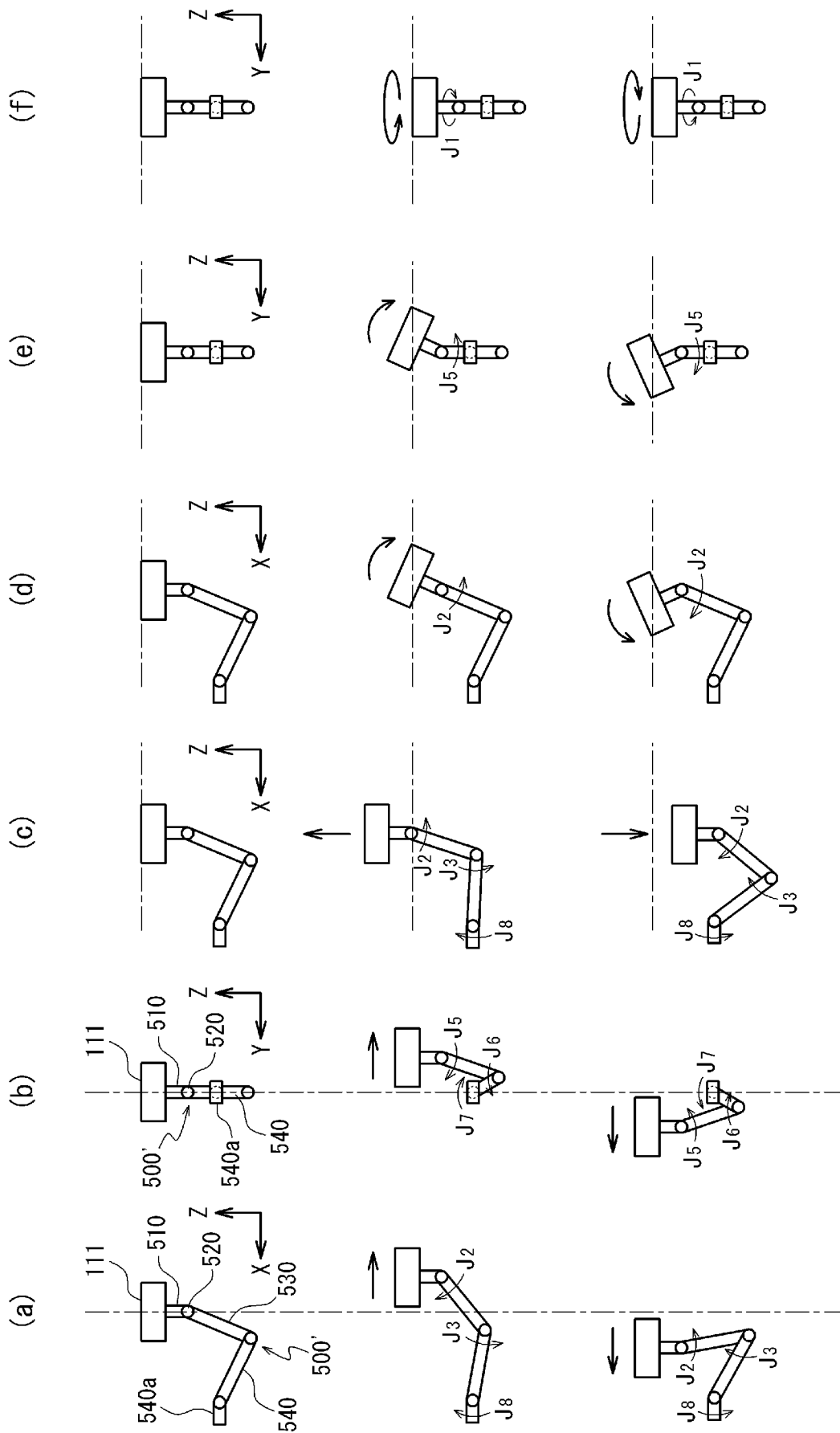
[図2]



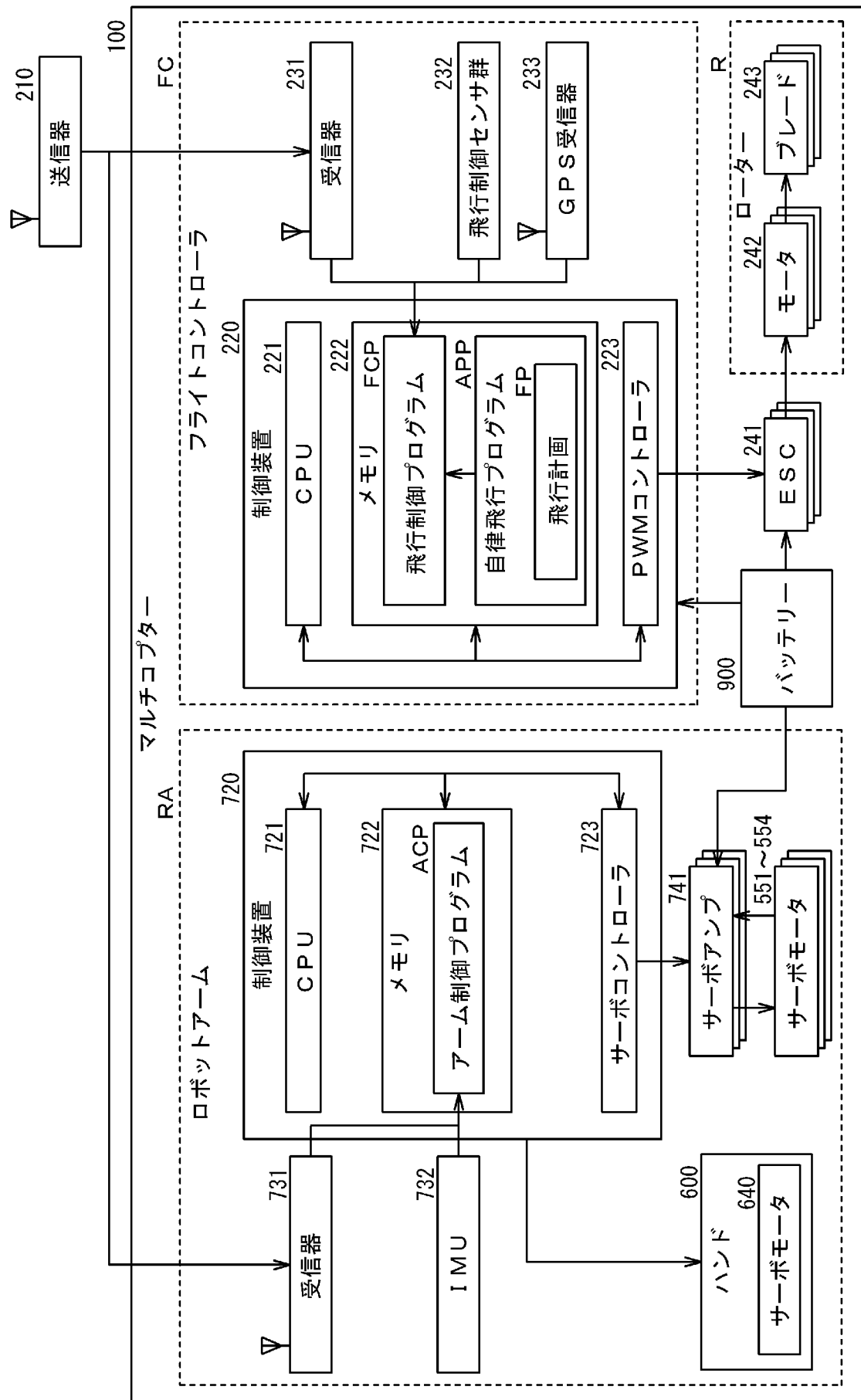
[図3]



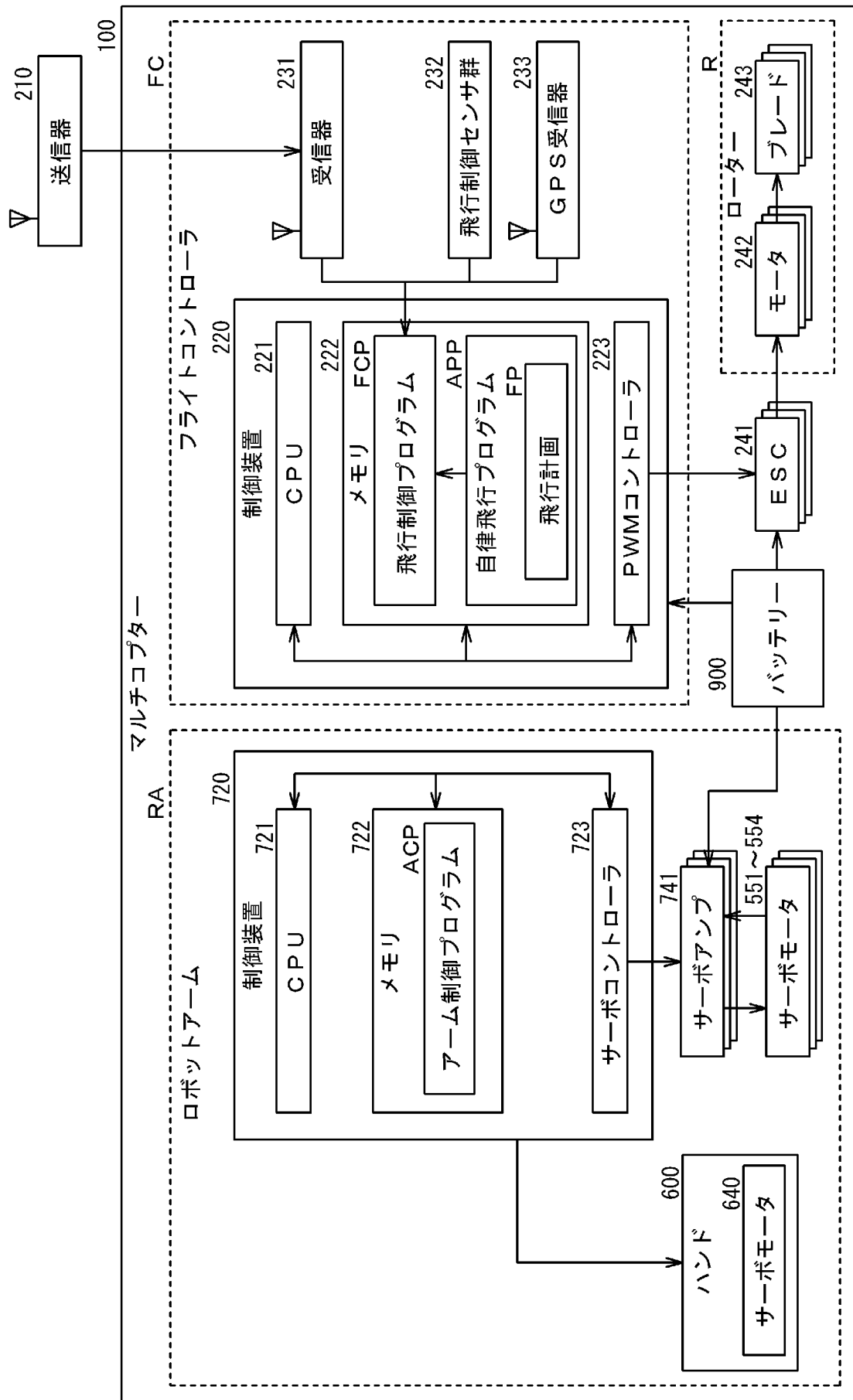
[図4]



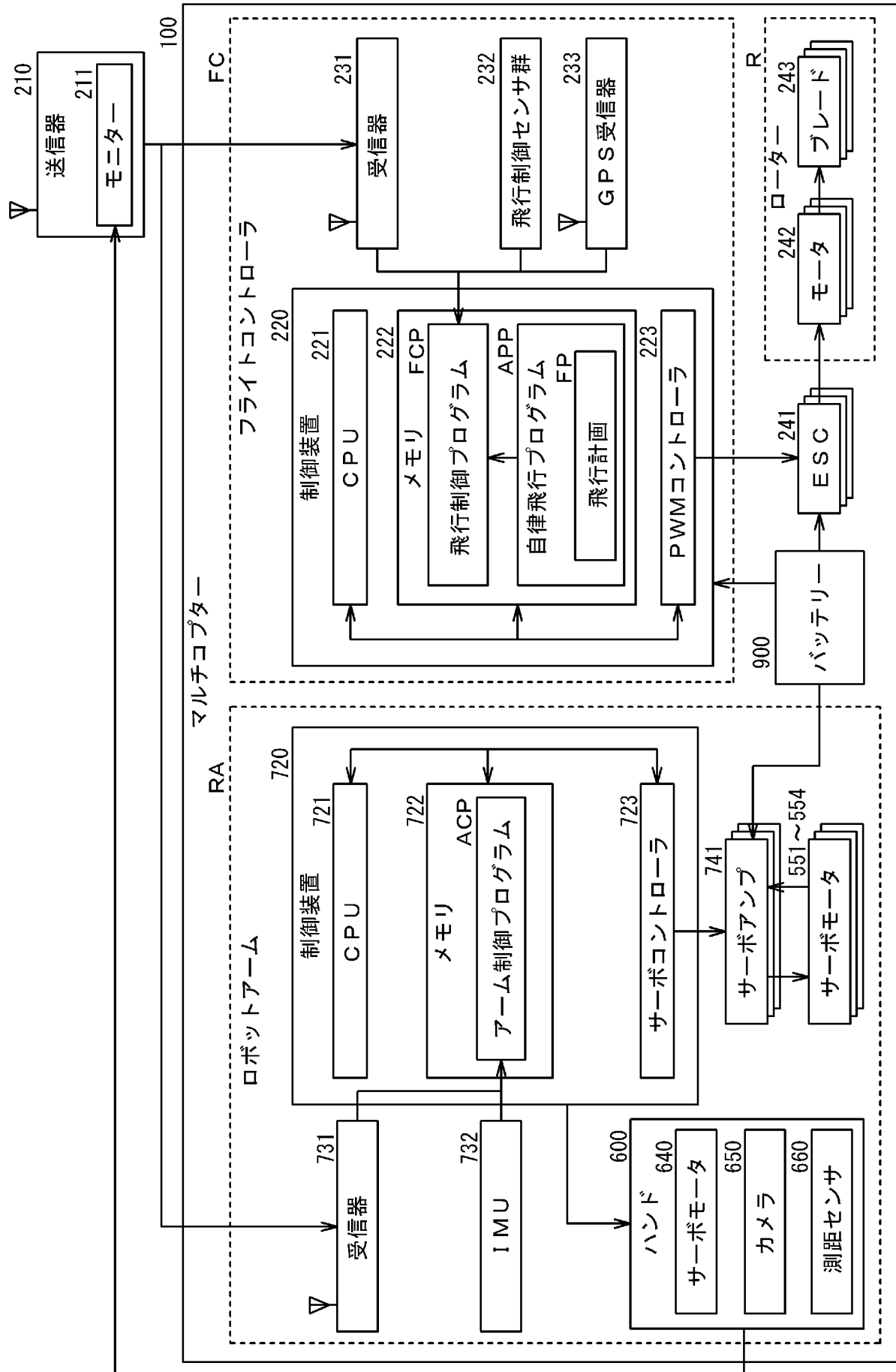
[図5]



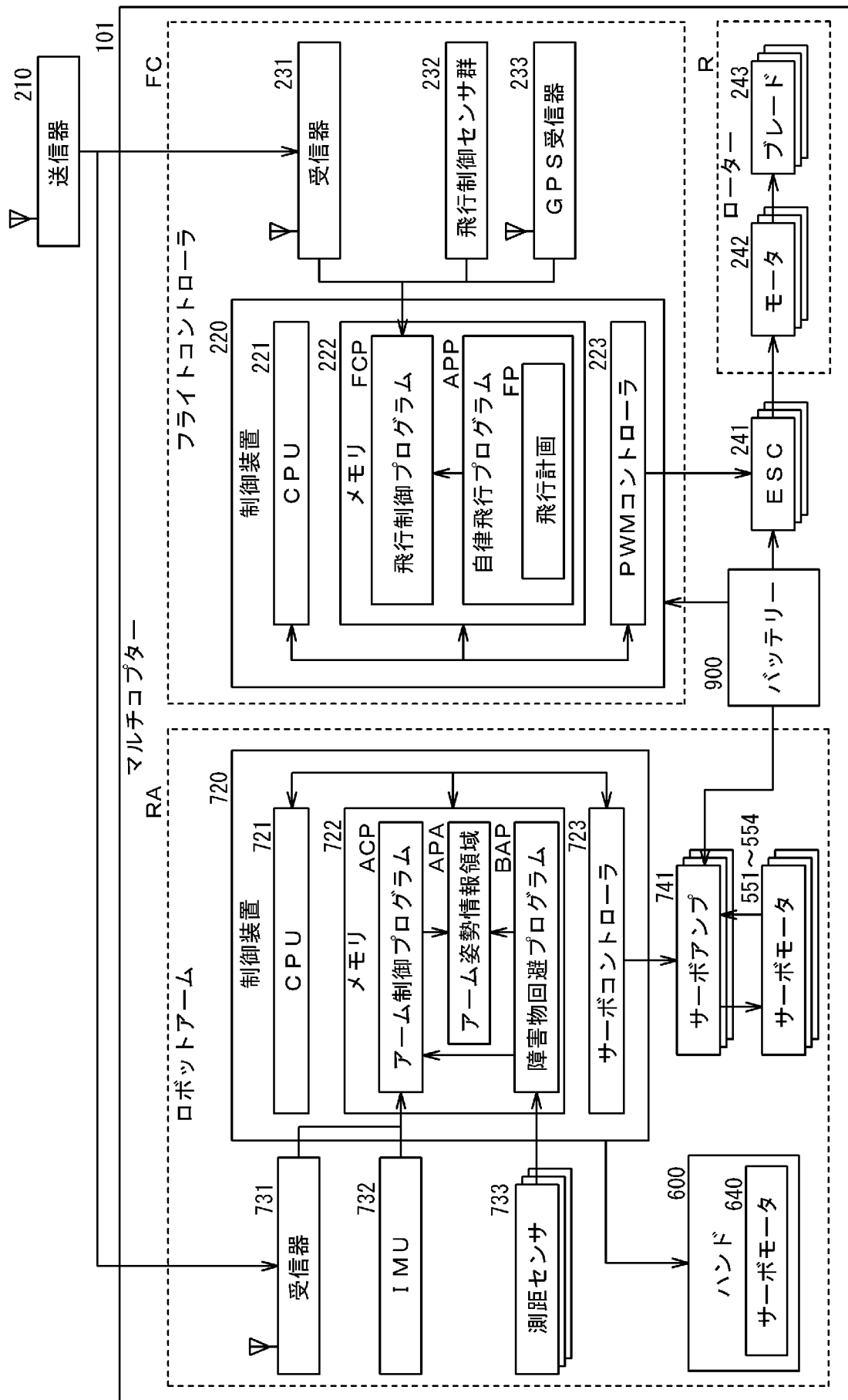
[図6]



[図7]

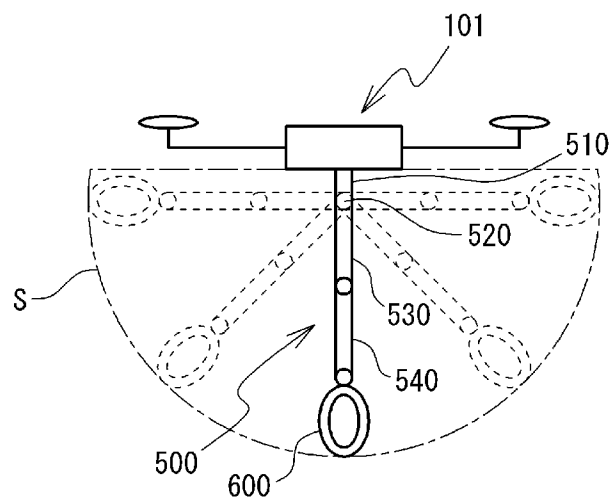


[図8]

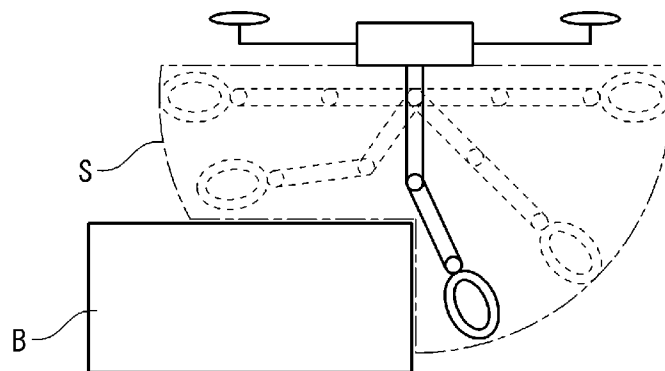


[図9]

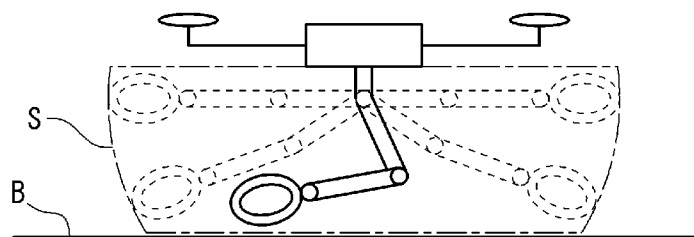
(a)



(b)

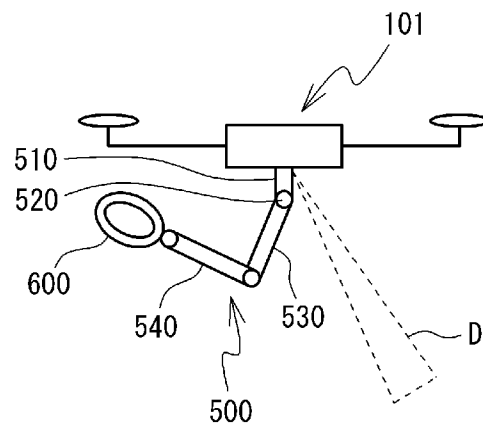


(c)

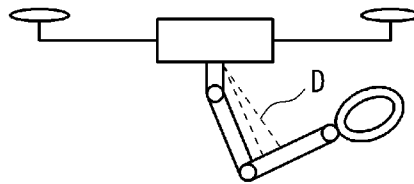


[図10]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000725

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J5/00(2006.01)i, B25J13/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J5/00, B25J13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 7-024751 A (Toshiba Corp.), 27 January 1995 (27.01.1995), column 3, line 17 to column 10, line 21; fig. 1 to 7 (Family: none)	1, 8 2, 4-7 3
Y	JP 2010-052116 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0011] to [0025]; fig. 1 to 2 (Family: none)	2
Y	JP 2012-240130 A (Yaskawa Electric Corp.), 10 December 2012 (10.12.2012), paragraphs [0060] to [0101]; fig. 5 to 8 (Family: none)	2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 March 2017 (15.03.17)

Date of mailing of the international search report
28 March 2017 (28.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000725

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-240323 A (Hitachi, Ltd.), 11 September 1998 (11.09.1998), paragraphs [0011] to [0028]; fig. 2 to 3, 6 to 7 (Family: none)	4-5
Y	JP 2015-062991 A (Canon Inc.), 09 April 2015 (09.04.2015), paragraphs [0015] to [0092]; fig. 1, 7 to 8 (Family: none)	4-7
Y	JP 2013-052490 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 March 2013 (21.03.2013), paragraphs [0016] to [0047]; fig. 1 to 4 (Family: none)	6-7
A	JP 2015-131371 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 23 July 2015 (23.07.2015), paragraphs [0017] to [0018]; fig. 4 (Family: none)	1-8
A	JP 11-157497 A (Hitachi, Ltd.), 15 June 1999 (15.06.1999), paragraphs [0013] to [0025]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2004-017722 A (Toyota Motor Corp.), 22 January 2004 (22.01.2004), paragraphs [0024] to [0052]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25J5/00(2006.01)i, B25J13/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25J5/00, B25J13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 7-024751 A（株式会社東芝）1995.01.27,	1, 8
Y	第3欄第17行-第10欄第21行, 図1-7（ファミリーなし）	2, 4-7
A		3
Y	JP 2010-052116 A（三菱電機株式会社）2010.03.11,	2
	段落[0011]-[0025], 図1-2（ファミリーなし）	
Y	JP 2012-240130 A（株式会社安川電機）2012.12.10,	2
	段落[0060]-[0101], 図5-8（ファミリーなし）	
Y	JP 10-240323 A（株式会社日立製作所）1998.09.11,	4-5
	段落[0011]-[0028], 図2-3, 6-7（ファミリーなし）	

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.03.2017

国際調査報告の発送日

28.03.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

白井 卓巳

3U

4550

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2015-062991 A (キヤノン株式会社) 2015. 04. 09, 段落[0015]-[0092], 図 1, 7-8 (ファミリーなし)	4-7
Y	JP 2013-052490 A (三菱電機株式会社) 2013. 03. 21, 段落[0016]-[0047], 図 1-4 (ファミリーなし)	6-7
A	JP 2015-131371 A (日立建機株式会社) 2015. 07. 23, 段落[0017]-[0018], 図 4 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-157497 A (株式会社日立製作所) 1999. 06. 15, 段落[0013]-[0025], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2004-017722 A (トヨタ自動車株式会社) 2004. 01. 22, 段落[0024]-[0052], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-8