

(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)



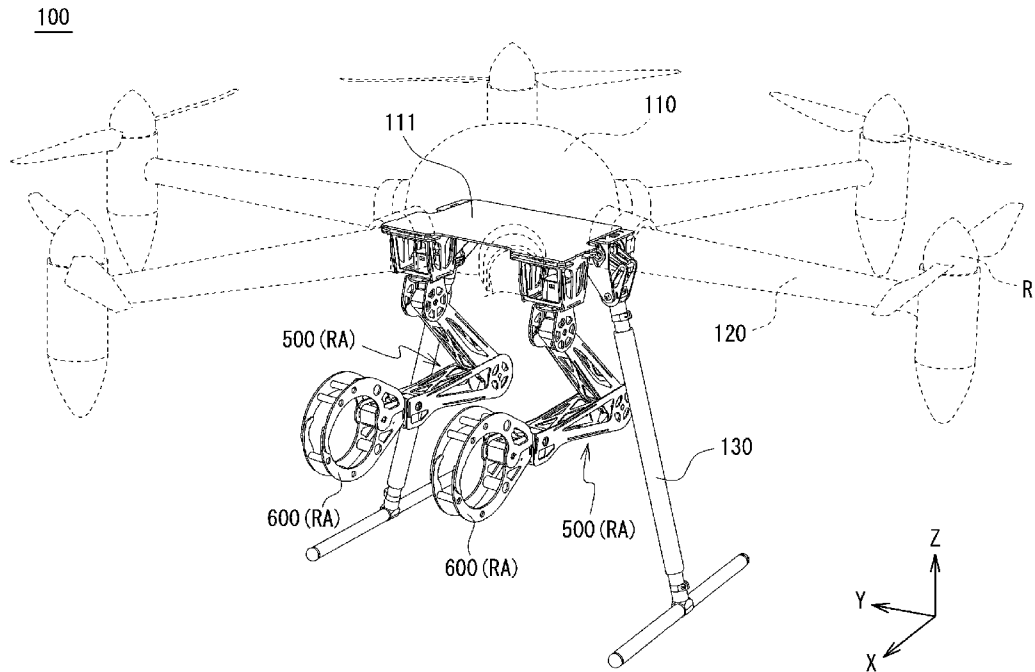
(10) 国際公開番号

WO 2018/042692 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/JP2017/000724
- (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 2016-171917 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). 市原 和雄 (ICHIHARA, Kazuo); 〒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



(57) Abstract: In order to address the problem of providing a robot arm that can be suitably used in an aircraft, and an unmanned aircraft provided with the same, this robot arm mounted on an aircraft is characterized by being provided with an arm part that has a plurality of joint parts, an arm control means that controls the driving of each joint part, and a displacement detection part that detects positional changes and tilting of the arm parts, wherein: base end sections of the arms parts are coupled to the aircraft; at least tip sections of the arm parts are exposed to the outside of the aircraft; and



WO 2018/042692 A1

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 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

when the displacement detection part detects a positional shift that is an unintended positional change or tilt of the arm parts, the arm control means uses the joint parts to absorb the positional shift, thereby suppressing the positional shift from being transmitted to the tip sides of the arm parts.

(57) 要約 : 航空機に好適に用いることができる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。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、前記アーム部の位置の変化および傾きを検知する変位検知部と、を備え、前記アーム部はその基端部が前記航空機に結合されており、前記アーム部の少なくとも先端部は前記航空機の機外に露出しており、前記アーム制御手段は、前記変位検知部が、前記アーム部の意図しない位置の変化または傾きである位置ずれを検知したときに、該位置ずれを前記各関節部により吸収し、該位置ずれが前記アーム部の先端側に伝達されることを抑制することを特徴とするロボットアーム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、航空機に搭載されるロボットアームに関する。

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

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] 上記問題に鑑み、本発明が解決しようとする課題は、航空機に好適に用い

ることができる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

- [0006] 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、前記アーム部の位置の変化および傾きを検知する変位検知部と、を備え、前記アーム部はその基端部が前記航空機に結合されており、前記アーム部の少なくとも先端部は前記航空機の機外に露出しており、前記アーム制御手段は、前記変位検知部が、前記アーム部の意図しない位置の変化または傾きである位置ずれを検知したときに、該位置ずれを前記各関節部により吸収し、該位置ずれが前記アーム部の先端側に伝達されることを抑制することを特徴とする。
- [0007] 航空機にロボットアームを搭載する場合、空中を飛行するという航空機特有の性質により、ロボットアームの位置が安定しにくいという問題がある。本発明のロボットアームはアーム制御手段を備え、アーム制御手段によりアーム部の位置ずれを自動的に補正することにより、空中におけるアーム部の先端側の位置、つまりアーム部に装着されるエンドエフェクタの位置を安定させることができる。これにより、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。
- [0008] また、前記航空機は、複数の回転翼を備える無人航空機であることが好ましい。
- [0009] ホバリング可能な無人回転翼機に本発明のロボットアームを搭載することにより、固定翼機よりも広範で複雑な作業を遠隔から行うことが可能となる。
- [0010] また、前記アーム制御手段は、前記アーム部の先端に前記位置ずれが伝達されることを抑制することが好ましい。
- [0011] アーム制御手段が空中におけるアーム部先端の位置を安定させる構成とすることにより、アーム部の全ての関節部を位置ずれの吸収に利用することができ、アーム部に装着されたエンドエフェクタの位置をより安定させること

ができる。これにより、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さらに高めることができる。

[0012] また、前記変位検知部は、前記航空機の機内、または前記アーム部の基端部に配置されている構成としてもよい。

[0013] 変位検知部を航空機の機内やアーム部の基端部に配置することにより、航空機の機体の変位を正確に検知することができる。また、航空機の機体に予め搭載されている慣性計測装置をアーム部の姿勢制御に併用することが容易となる。

[0014] また、前記変位検知部は、前記アーム部の先端部に配置されている構成としてもよい。

[0015] 変位検知部がアーム部の先端部に配置されることにより、アーム部に装着されたエンドエフェクタの変位を直接的に把握することができ、位置ずれをより高い精度で吸収することが可能となる。

[0016] 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。

[0017] 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、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位置ずれを関節部で吸収することができ、位置ずれがアーム部の先端へ伝達されることを抑制することができる。

[0018] 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。

- [0019] 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、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位置ずれを関節部で吸収することができ、位置ずれが手首部へ伝達されることを抑制することができる。
- [0020] また、前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、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。
- [0021] 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さらに高めることができる。
- [0022] また、前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、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。
- [0023] 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さらに高めることができる。
- [0024] また、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、をさらに備えることが好ましい。
- [0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 測距手段は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、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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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、前記複数の関節部の少なくとも一つは、該関節部を駆動させる駆動源、テーパ部材、および連結部材を有する補強関節部であり、前記駆動源は、前記複数のリンク部材のうちの一つである第1リンク部材に配置されており、前記駆動源の出力軸には前記テーパ部材が装着されており、前記テーパ部材の外周面には、その外径寸法が前記出力軸の軸線方向における基端側から先端側に向かって次第に小さくされた略円錐台形状の第1テーパ部が形成されており、前記連結部材は、前記第1テーパ部の形状と相補的な形

状をなす第2テーパ部を有しており、前記テーパ部材の第1テーパ部には、前記連結部材の第2テーパ部が嵌合されており、前記連結部材はねじで前記テーパ部材側に締め付けられており、前記連結部材は、前記第1リンク部材に隣接する前記リンク部材である第2リンク部材に固定されていることが好ましい。

[0031] アーム部の複数の関節部はそれぞれ、その関節部から先の部分の重量を支持可能する必要がある。これら関節部を補強関節部とすることにより、駆動源であるサーボモータの出力軸に加えられる応力を各部に分散して第2リンク部材を支持することができる。これにより、アーム部の自重やこれに装着されるエンドエフェクタの自重などを関節部で安定して支持することが可能となる。

[0032] また、前記補強関節部はさらに、軸受部材を有しており、前記連結部材の外周面は前記軸受部材に回転可能に支持されており、前記軸受部材は、前記第1リンク部材に固定されていることが好ましい。

[0033] 連結部材が軸受部材で支持されていることにより、補強関節部をより円滑に回転・旋回させることが可能となる。

[0034] 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のうち少なくとも一つはCFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 製の板材で構成されており、該リンク部材は、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とが好ましい。

[0035] CFRP製の枠体でリンク部材を構成することにより、リンク部材の強度の維持と軽量化の両立を図ることができる。これにより本発明のロボットアームを、航空機用にさらに最適化することができる。

[0036] また、前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、前記エンドエフェクタは、閉時において環形状を形成可能な一对の爪部を有しており、前記一对の爪部の少なくとも一方は、該爪部の基端部を中心として回動可能な可動爪であり、前記一对の爪部は、前記可動爪を回動させるこ

とによりその先端部を開閉可能であり、前記一对の爪部の各先端部は、前記一对の爪部の厚み方向における位置を違えて配置されており、閉時における前記一对の爪部の各先端部は、前記環形状の環方向において重ねられており、前記一对の爪部の各先端部には、前記環形状の内側となる部位に、該環形状の外側に向かって窪んだ凹部がそれぞれ形成されており、前記各凹部は、前記環形状の環方向における同位置に形成されていることが好ましい。

[0037] 一对の爪部がその先端部の内側に凹部を有しており、これら凹部が、閉時における一对の爪部の環方向における同位置に形成されていることにより、例えばワイヤーやハンドルなどで重量物を吊支すときに、そのワイヤーやハンドルなどを凹部に掛けることで、その重量物の荷重により一对の爪部の先端部が離間不能にロックされる。これにより、重量物の運搬中に一对の爪部が意図せず開いてしまうことを防止することができる。

[0038] また、前記複数の関節部の少なくとも一つは、該関節部を旋回させる駆動源としてサーボモータを有しており、前記アーム制御手段は、前記無人航空機の水平飛行時に、前記サーボモータを有する前記関節部である揺動制御関節を、該無人航空機の進行方向に沿って旋回可能となる向きに配置するとともに、前記アーム部における前記揺動制御関節よりも先端側の部分である吊支部を前記揺動制御関節から下方へ直線状に配置し、前記アーム制御手段は、前記無人航空機が前記水平飛行を停止したときに、前記揺動制御関節の前記サーボモータの保持特性を徐々に高め、前記吊支部の揺動を速やかに収束させることが好ましい。

[0039] アーム部が揺動制御関節を有していることにより、無人航空機の停止時において、吊支部や吊支部で支持された運搬物の揺動を抑えることができる。

[0040] 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

[0041] このように、本発明のロボットアームは航空機に好適に用いることができ、複数の回転翼を備える無人航空機に特に好適に用いることができる。

図面の簡単な説明

- [0042] [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]関節部の補強構造を示す側面視断面図である。
- [図4]アーム部の変形例の関節構造を示す模式図である。
- [図5]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6]ハンドの構造を示す側面図および正面図である。
- [図7]ハンドの開閉動作を示す側面図である。
- [図8]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9]ロボットアームの揺動制御機能を説明する模式図である。
- [図10]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11]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12]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13]アーム部の障害物回避動作を説明する模式図である。
- [図14]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

- [0043] 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。

- [0044] [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。

[0045] 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。

[0046] 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対のスキッド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。

[0047] (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 ~ J_4 」という。)。各関節部 J_1 ~ 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 ~ 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。

[0048] 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は下腕回転軸 J_3 を中心として上下方向に回転することができる。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。

- [0049] 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。
- [0050] 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。
- [0051] 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。
- [0052] 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、上腕回転軸 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回転することが可能とされている。

[0053] 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、下腕旋回軸 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、下腕旋回軸 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。

[0054] 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。

[0055] (関節部の補強構造)

アーム部500の関節部 $J_1 \sim J_4$ はそれぞれ、その関節部 $J_1 \sim J_4$ から先の部分の重量を支持する必要がある。より具体的には、関節部 $J_1 \sim J_4$ を構成するサーボモータ551~554の出力軸は、それぞれ、そのサーボモータ551~554からハンド600に至るまでの、各リンク部材520~540の自重、サーボモータ552~554の自重、およびハンド600の自

重、さらにはハンド600で持ち上げた物体の荷重を支持可能な強度を備えている必要がある。

[0056] 図3は関節部 J_1 の補強構造を示す側面視断面図である。本実施形態の関節部 $J_1 \sim J_4$ はいずれも図3に示す補強構造を備えた補強関節部である。以下、関節部 J_1 を例として、関節部 $J_1 \sim J_4$ の補強構造について説明する。

[0057] 関節部 J_1 を構成するサーボモータ551の出力軸561には、その外周面にセレーション561aが設けられており、また、出力軸561先端面には、その中央に、雌ねじが切られたねじ穴561bが開口している。出力軸561は、テーパ部材であるテーパブロック562、連結部材563、および軸受部材564により補強されて肩部520の天板523を支持している。

[0058] テーパブロック562は、その径方向中心に沿って貫通孔が形成された略円錐台形状の部材である。テーパブロック562の貫通孔は、出力軸561の外形寸法に対応する穴径を有するセレーション部562bと、ねじ565の軸部の外形寸法に対応する穴径を有するねじ穴部562cとにより構成されている。セレーション部562bの内周面には、出力軸561のセレーション561aに噛み合うセレーションが設けられている。セレーション部562bが出力軸561のセレーション561aに噛み合うことにより、出力軸561およびテーパブロック562は周方向に一体的に回転する。なお、ねじ穴部562cの内周面には雌ねじは切られていない。

[0059] また、テーパブロック562の外周面は、出力軸561の軸線方向（肩回転軸 J_1 と同方向）における基端側から先端側に向かってその外径寸法が次第に小さくなるテーパ面562a（第1テーパ部）とされている。

[0060] 連結部材563は、サーボモータ551の駆動対象（図3の例では肩部520の天板523）を出力軸561に連結する部材である。連結部材563は、略円筒形状の本体部563a、および、本体部563aから径方向外側に向かって円環形状に延出した平板部であるフランジ部563bにより構成されている。フランジ部563bはねじ563sで肩部520の天板523に結合されている。本体部563aの筒内には、テーパブロック562の上

面と、ねじ565の頭部との間に挟まれる平板部である被挟持部563dが設けられている。被挟持部563dの中央には、ねじ565の軸部が挿通されるねじ穴が設けられている。なお、被挟持部563dのねじ穴には雌ねじは切られていない。連結部材563は、ねじ565が、被挟持部563dのねじ穴と、テーパブロック562のねじ穴部562cとに挿通され、出力軸561のねじ穴561bに螺合されることにより、テーパブロック562を間に介在させて出力軸561に固定される。

[0061] 本体部563aの筒内のうち、テーパブロック562のテーパ面562aに対応する部分の内周面には、テーパブロック562のテーパ面562aの形状と相補的な形状をなすテーパ面563c（第2テーパ部）が設けられている。なお、テーパブロック562のテーパ面562a、および連結部材563のテーパ面563cは、どちらも凹凸のない平坦面で構成されている。

[0062] テーパブロック562のテーパ面562aに連結部材563のテーパ面563cが嵌合され、連結部材563がねじ565でテーパブロック562側に締め付けられると、これらテーパ面562a、563cが互いに押し付けられ、密着する。テーパ面562a、563cが密着すると、これらテーパ面562a、563cの間には、互いを周方向へ連れ回すように作用する摩擦力が生じる。この摩擦力によりテーパブロック562および連結部材563は周方向に一体的に回転する。

[0063] 出力軸561と連結部材563との間にテーパブロック562が介在していることにより、ベース部510（第1リンク部材）に対する肩部520（第2リンク部材）の連結角度を調節するとき、ねじ565を都度取り外して出力軸561から連結部材563を引き抜く必要がなくなる。上で述べたように、出力軸561の外周面にはセレーション561aが設けられている。そのため、出力軸561と、出力軸561の外周面に装着された部材との相対角度を変更するときには、その部材を出力軸561から一度引き抜いて装着し直す必要がある。また、この場合、セレーション561aの凹凸の形成間隔を最小単位として装着位置を調節しなければならない。本実施形態の

関節部の補強構造では、出力軸561の外周面にはテーパブロック562が装着されており、また、連結部材563とテーパブロック562は、これらのテーパ面562a, 563cが密着したときの摩擦力で一体的に回転する。そのため、ねじ565を少し緩め、これらの密着状態を解除するだけで、ベース部510と肩部520とがねじ565で繋がった状態を維持したまま、これらの相対角度を調節することができる。また、テーパ面562a, 563cはどちらも凹凸のない平坦面により構成されていることから、セレーション561aの凹凸の形成間隔に影響されることなく、これらを任意の相対角度に設定することができる。

[0064] 連結部材563は、サーボモータ551側の外周面が軸受部材564に支持されている。軸受部材564は、連結部材563を回転可能に支持するリング状のベアリング部564aと、ベアリング部564aから径方向外側に向かって円環形状に延出した平板部であるフランジ部564bと、により構成されている。フランジ部564bはねじ564sによりベース部510の底板511に固定されている。

[0065] 関節部 $J_1 \sim J_4$ が図3に示す補強構造を有していることにより、サーボモータ551~554の出力軸に対してラジアル方向に加えられた応力は各部に分散される。これにより、アーム部500やハンド600の自重、さらにはハンド600で持ち上げた物体の荷重を関節部 $J_1 \sim J_4$ で安定して支持することが可能とされている。なお、本実施形態では関節部 $J_1 \sim J_4$ の全てが図3の補強構造を有する補強関節部とされているが、想定される荷重に応じて、関節部 $J_1 \sim J_4$ の一部のみを補強関節部としてもよい。

[0066] (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。

[0067] 図4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、上腕旋回軸 J_5 、下腕旋回軸 J_6 、手首旋回軸 J_7 、および手首旋回軸 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、上腕旋回軸 J_2 および上腕旋回軸 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。下腕旋回軸 J_3 および下腕旋回軸 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。手首旋回軸 J_7 および手首旋回軸 J_8 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 $J_1 \sim J_8$ 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 $J_1 \sim J_8$ 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。

[0068] 図5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5(a)(c)(d)は、アーム部500'の側面図であり、図5(b)(e)(f)は、アーム部500'の正面図である。図5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。

[0069] 図5に示される各図のうち、図5(a)は、上腕旋回軸 J_2 、下腕旋回軸 J_3 、および手首旋回軸 J_8 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5(b)は、上腕旋回軸 J_5 、下腕旋回軸 J_6 、および手首旋回軸 J_7 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5(c)は、上腕旋回軸 J_2 、下腕旋回軸 J_3 、および手首旋回軸 J_8 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5(d)は、上腕旋回軸 J_2 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5(e)は、上腕旋回軸 J_5 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5(f)は、肩回転軸 J_1 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。

[0070] 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5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J₄は用いられていない。手首回転軸J₄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。

[0071] (ハンドの構造)

図6は、ハンド600の構造を示す側面図および正面図である。図6(a)はハンド600が環形状に閉じた状態を示す側面図であり、図6(b)のハンド600を矢示B方向に見た図である。図6(b)は、図6(a)のハンド600を矢示A方向に見たハンド600の正面図である。図6に示されるように、本実施形態のハンド600はフォーククロー形状のグリップ機構であり、その用途は特に限定されない。なお、本実施形態のハンド600は、リンク部材510~540と同様に、CFRPプレートにより構成されている。

[0072] ハンド600は一对の爪部である略円弧形状の固定爪610および可動爪620を有している。固定爪610は平行に配置された二枚の側板611, 612により構成されている。側板611および側板612の間には、これら側板611, 612の板面に対して垂直に配置された三本のパイプ材615が配置されており、これらパイプ材615により側板611と側板612とが結合されている。同様に、可動爪620も平行に配置された二枚の側板621, 622により構成されている。側板621および側板622の間には、これら側板621, 622の板面に対して垂直に配置された三本のパイプ材625が配置されており、これらパイプ材625により側板621と側板622とが結合されている。側板611, 612および側板621, 62

2が中空のパイプ材615, 625で結合されていることにより、ハンド600の肉抜きによる軽量化と強度の維持との両立が図られている。

[0073] また、固定爪610の基端部610bには、手首回転軸 J_4 を介して手首部540aに連結される底板613が取り付けられている。固定爪610の基端部610bにはさらに、可動爪620の駆動源であるサーボモータ640が配置されている。サーボモータ640の軸体641は、固定爪610の側板611, 612を貫通して可動爪620に結合されている。本実施形態の固定爪610は基本的に固定された状態にあり、可動爪620がサーボモータ640の軸体641を中心として回転することによりハンド600の先端部610a, 620aが開閉される。

[0074] 図7は、ハンド600の開閉動作を示す側面図である。図7(a)は可動爪620が開方向Oに向かって回転した状態を示す図である、図7(b)は可動爪620が閉方向Cに向かって最も深く回転した状態を示す図である。上でも述べたように、ハンド600の開閉動作は、可動爪620がサーボモータ640の軸体641を中心として回転することにより行われる。図6(b)に示されるように、固定爪610の側板611, 612と可動爪620の側板621, 622とは、その厚み方向における位置を違って配置されている。具体的には、可動爪620の側板621, 622は、その内側の板面が、固定爪610の側板611, 612の外側の板面に接する位置に配置されている。つまり、可動爪620および固定爪610の先端部610a, 620aは、可動爪620の回転時に互いに衝突しない位置に配置されている。これにより、可動爪620は、可動爪620のパイプ材625が固定爪610に接触する位置(図7(b))まで深く閉じることができる。

[0075] (ハンドのロック構造)

図6(a)に示されるように、本実施形態の固定爪610および可動爪620の先端部610a, 620aには、それぞれ凹部619, 629が形成されている。凹部619, 629は、ハンド600が環形状に閉じられたときに、先端部610a, 620aの内側の一部が外側に向かって窪んだ形状

とされている。これら凹部619, 629は、環形状に閉じられたハンド600のその環方向における同位置に形成されている。

[0076] 例えばワイヤーやハンドルなどで重量物を吊支するときに、凹部619, 629に対して図6(a)に示される矢示L方向の荷重をかけることにより、固定爪610および可動爪620の先端部610a, 620aを離間不能にロックすることができる。これにより、重量物の運搬中にハンド600が意図せず開いてしまうことを防止することが可能とされている。

[0077] (マルチコプターの飛行機能)

図8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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。）。

[0083] 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。

[0084] （ロボットアームの機能構成）

図8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（Ine

rtial 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。IMU732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。

[0085] 制御装置720は、中央処理装置であるCPU721、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。

[0086] 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IMU731が検知したときに、その位置ずれを関節部 $J_1 \sim J_4$ 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5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。

[0087] なお、本実施形態のIMU732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IMU732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

0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。

[0088] (揺動制御機能)

図9はロボットアームRAの揺動制御機能を説明する模式図である。図9では、説明の便宜上、二本のアーム部500のうちの本のみを表示している。本実施形態のアーム制御プログラムACPは、例えば荷物Wなどをマルチコプター100で搬送するときに、上腕旋回軸 J_2 を本発明の揺動制御関節として用いる。より具体的には、アーム制御プログラムACPは、マルチコプター100が荷物Wを吊支して水平飛行するときに、上腕旋回軸 J_2 がマルチコプター100の進行方向に沿って旋回できるように肩部520の向きを調節する。そして、本発明の吊支部である上腕部530および下腕部540を下方へ直線状に配置する(図9(a))。その後、マルチコプター100が水平飛行を停止したときには、上腕旋回軸 J_2 を構成するサーボモータ552の保持特性を徐々に高め、吊支部と荷物Wの揺動を速やかに収束させる(図9(b))。

[0089] (ロボットアーム機能の変形例)

図10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IMU732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。

[0090] 図11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。

[0091] 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。

[0092] [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12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。

[0093] (障害物回避機能)

図12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。

[0094] 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AC

Pにより常に最新の情報に更新される。

[0095] 図13は、アーム部500の障害物回避動作を示す模式図である。図13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13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13（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13（b）（c））。なお、図13（c）の障害物Bは地面である。

[0096] 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。

[0097] （障害物誤検知防止機能）

図14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14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14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。

- [0098] 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14（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14（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。
- [0099] 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。
- [0100] 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RAを構成するアーム部500やアーム部500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。また、上記実施形態では、主に手首部540aやハンド600の空間中における位置を安定させる構成について述べているが、同様の方法で、例えば下腕部540など、アーム部500の先端部以外の部位の位置を安定させるようアーム制御プログラムACPを構成することもできる。この場合、吸収可能な位置ずれの種類や程度は限定的となる。また、本発明における航空機は無人回転翼機には限定されず、ロボットアームRAを備える無人固定翼機であってもよく、さらには有人の航空機であってもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 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、
前記アーム部の位置の変化および傾きを検知する変位検知部と、を
備え、
前記アーム部はその基端部が前記航空機に結合されており、
前記アーム部の少なくとも先端部は前記航空機の機外に露出しており、
前記アーム制御手段は、前記変位検知部が、前記アーム部の意図しない位置の変化または傾きである位置ずれを検知したときに、該位置ずれを前記各関節部により吸収し、該位置ずれが前記アーム部の先端側に伝達されることを抑制することを特徴とするロボットアーム。
- [請求項2] 前記航空機は、複数の回転翼を備える無人航空機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] 前記アーム制御手段は、前記アーム部の先端に前記位置ずれが伝達されることを抑制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] 前記変位検知部は、前記航空機の機内、または前記アーム部の基端部に配置さ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5] 前記変位検知部は、前記アーム部の先端部に配置されていることを特徴とする請求項3に記載のロボットアーム。
- [請求項6] 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3に記載のロボットアーム。
- [請求項7] 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を特徴とする請求項6に記載のロボットアーム。

[請求項8] 前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、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2に記載のロボットアーム。

[請求項9] 前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、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2に記載のロボットアーム。

[請求項10] 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、をさらに備え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11] 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10に記載のロボットアーム。

[請求項12] 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10に記載のロボットアーム。

[請求項13] 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、

前記複数の関節部の少なくとも一つは、該関節部を駆動させる駆動源、テーパ部材、および連結部材を有する補強関節部であり、

前記駆動源は、前記複数のリンク部材のうちの一つである第1リンク部材に配置されており、

前記駆動源の出力軸には前記テーパ部材が装着されており、

前記テーパ部材の外周面には、その外径寸法が前記出力軸の軸線方向における基端側から先端側に向かって次第に小さくされた略円錐台形状の第1テーパ部が形成されており、

前記連結部材は、前記第1テーパ部の形状と相補的な形状をなす第2テーパ部を有しており、

前記テーパ部材の第1テーパ部には、前記連結部材の第2テーパ部が嵌合されており、

前記連結部材はねじで前記テーパ部材側に締め付けられており、

前記連結部材は、前記第1リンク部材に隣接する前記リンク部材である第2リンク部材に固定さ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14] 前記補強関節部はさらに、軸受部材を有しており、

前記連結部材の外周面は前記軸受部材に回転可能に支持されており、

、

前記軸受部材は、前記第1リンク部材に固定されていることを特徴とする請求項13に記載のロボットアーム。

[請求項15] 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のうち少なくとも一つはCFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 製の板材で構成されており、該リンク部材は、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16] 前記アーム部の先端に装着されたエンドエフェクタをさらに備え、前記エンドエフェクタは、閉時において環形状を形成可能な一对の爪部を有しており、

前記一对の爪部の少なくとも一方は、該爪部の基端部を中心として回転可能な可動爪であり、

前記一对の爪部は、前記可動爪を回転させることによりその先端部を開閉可能であり、

前記一对の爪部の各先端部は、前記一对の爪部の厚み方向における位置を違って配置されており、

閉時における前記一对の爪部の各先端部は、前記環形状の環方向において重ねられており、

前記一对の爪部の各先端部には、前記環形状の内側となる部位に、該環形状の外側に向かって窪んだ凹部がそれぞれ形成されており、

前記各凹部は、前記環形状の環方向における同位置に形成さ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17] 前記複数の関節部の少なくとも一つは、該関節部を回転させる駆動源としてサーボモータを有しており、

前記アーム制御手段は、前記無人航空機の水平飛行時に、前記サーボモータを有する前記関節部である揺動制御関節を、該無人航空機の進行方向に沿って回転可能となる向きに配置するとともに、前記アーム

ム部における前記揺動制御関節よりも先端側の部分である吊支部を前記揺動制御関節から下方へ直線状に配置し、

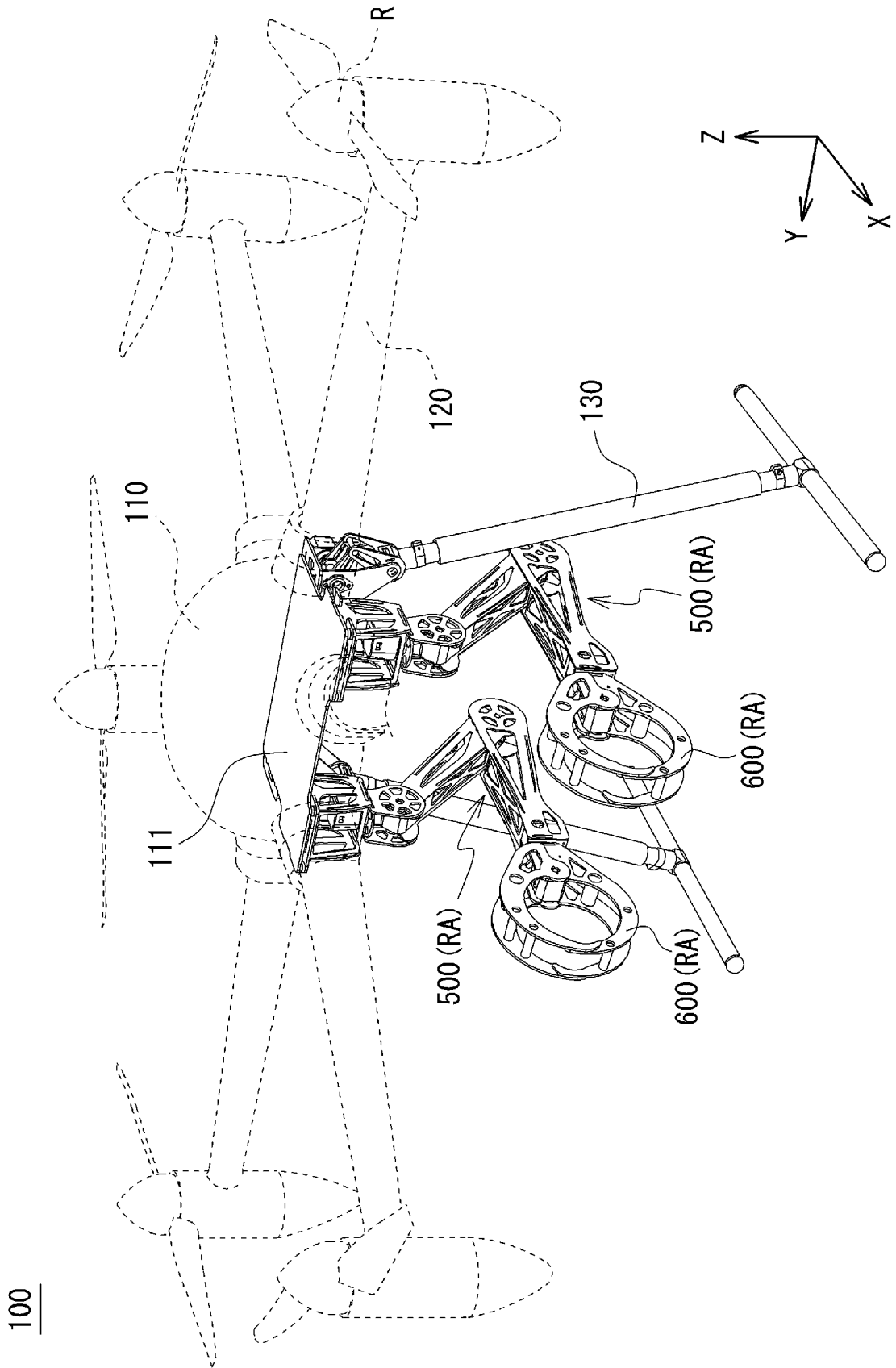
前記アーム制御手段は、前記無人航空機が前記水平飛行を停止したときに、前記揺動制御関節の前記サーボモータの保持特性を徐々に高め、前記吊支部の揺動を速やかに収束させることを特徴とする請求項2に記載のロボットアーム。

[請求項18]

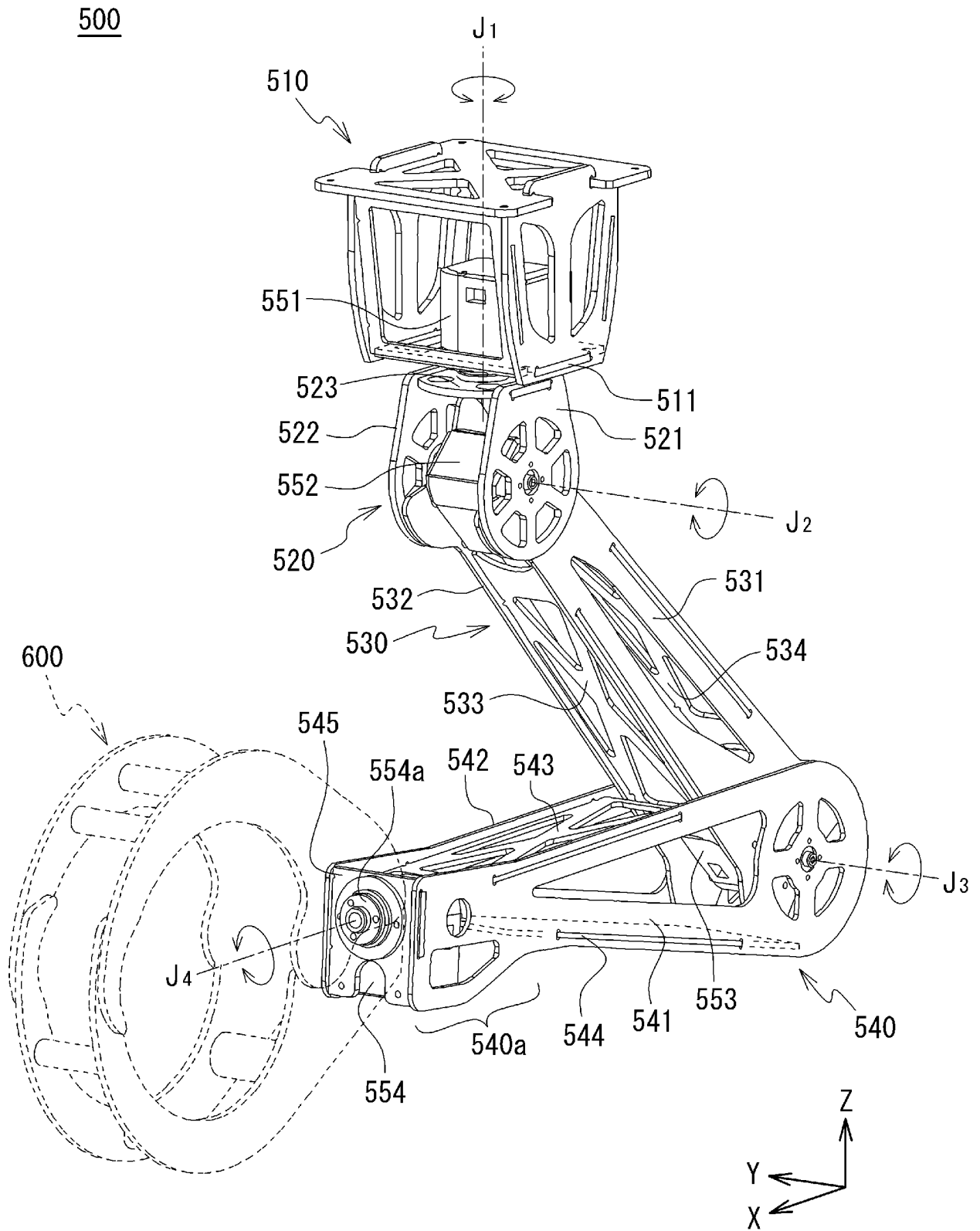
複数の回転翼と、

請求項1から請求項17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。

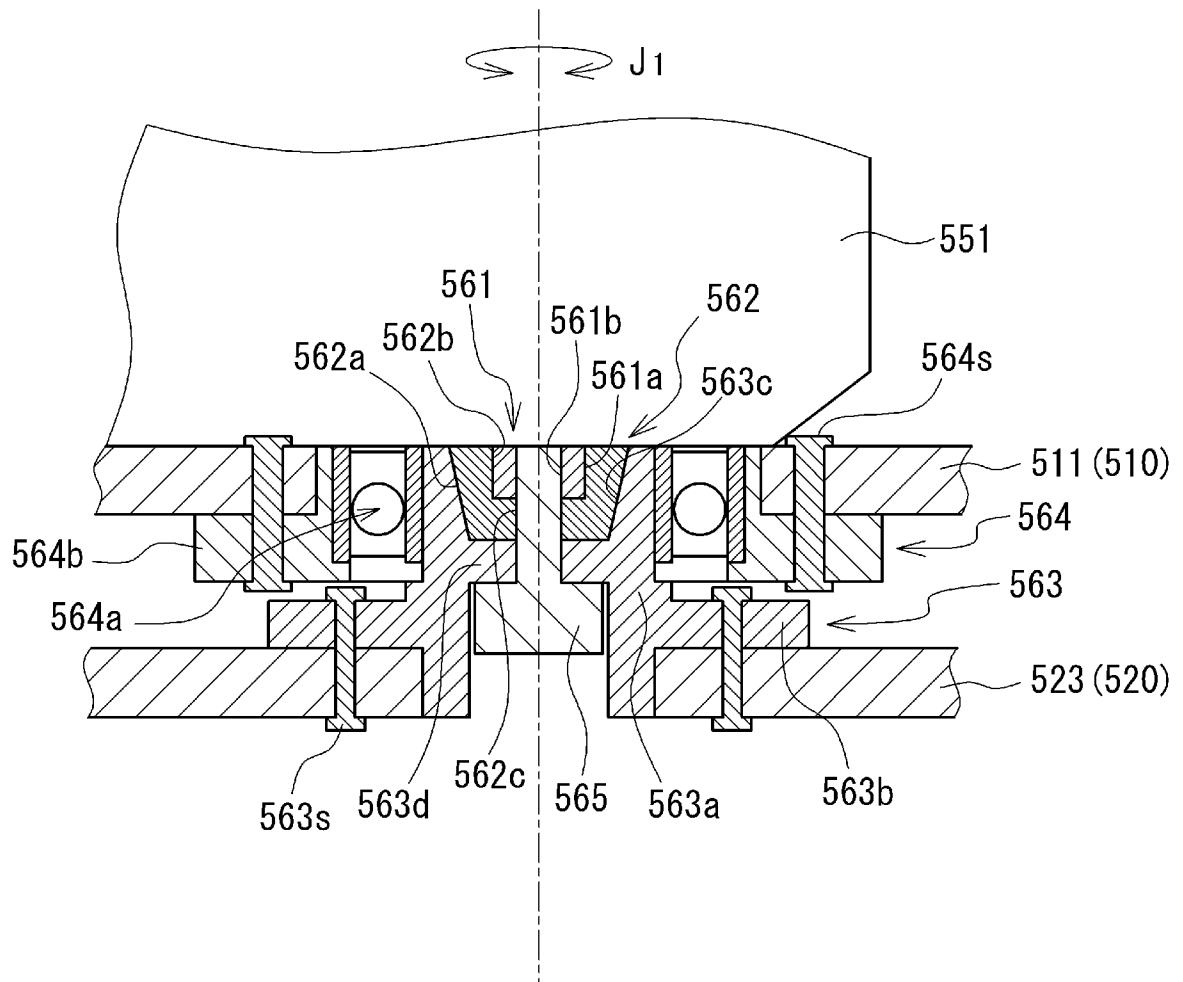
[図1]



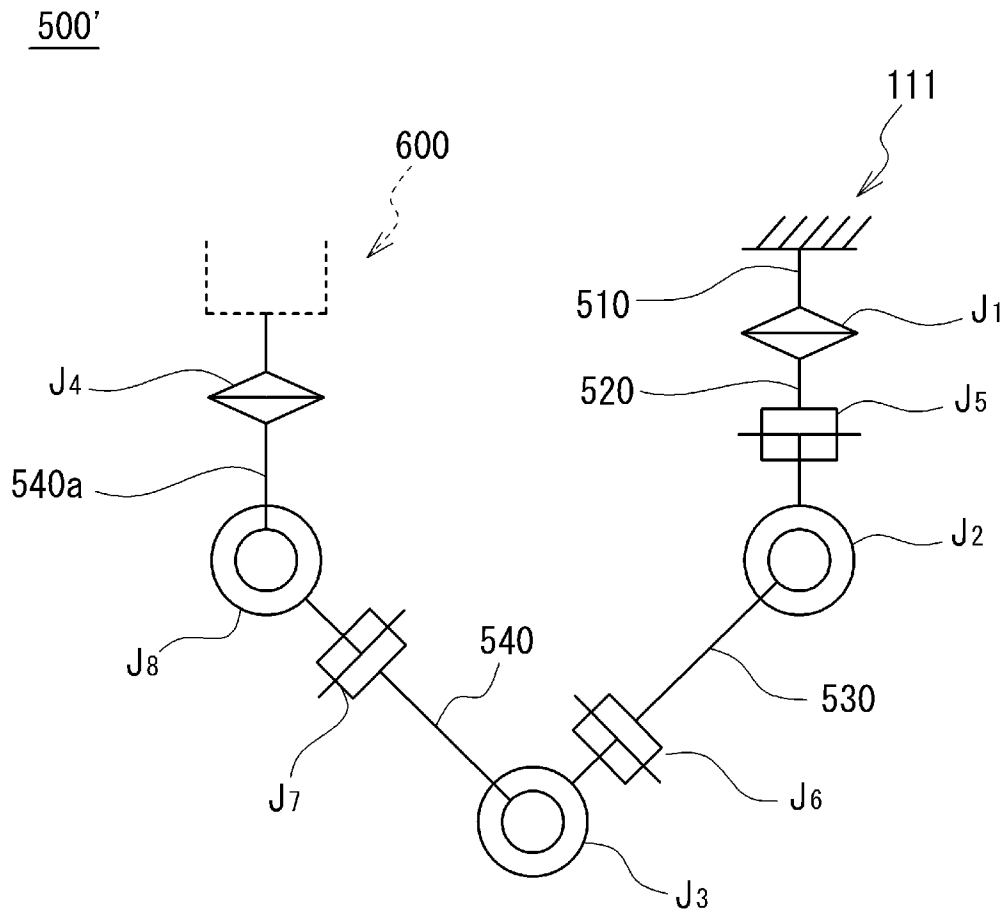
[図2]



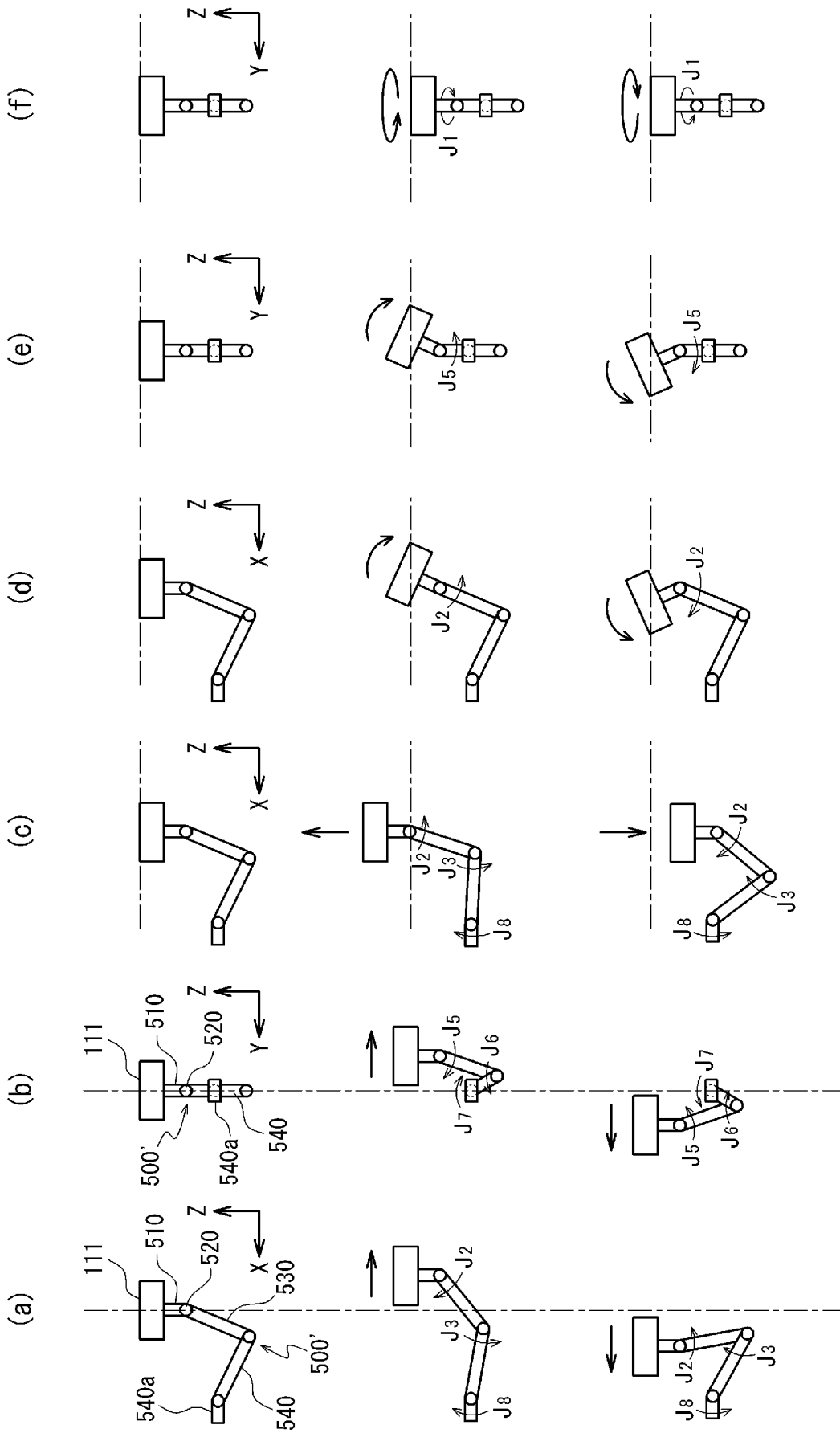
[図3]



[図4]

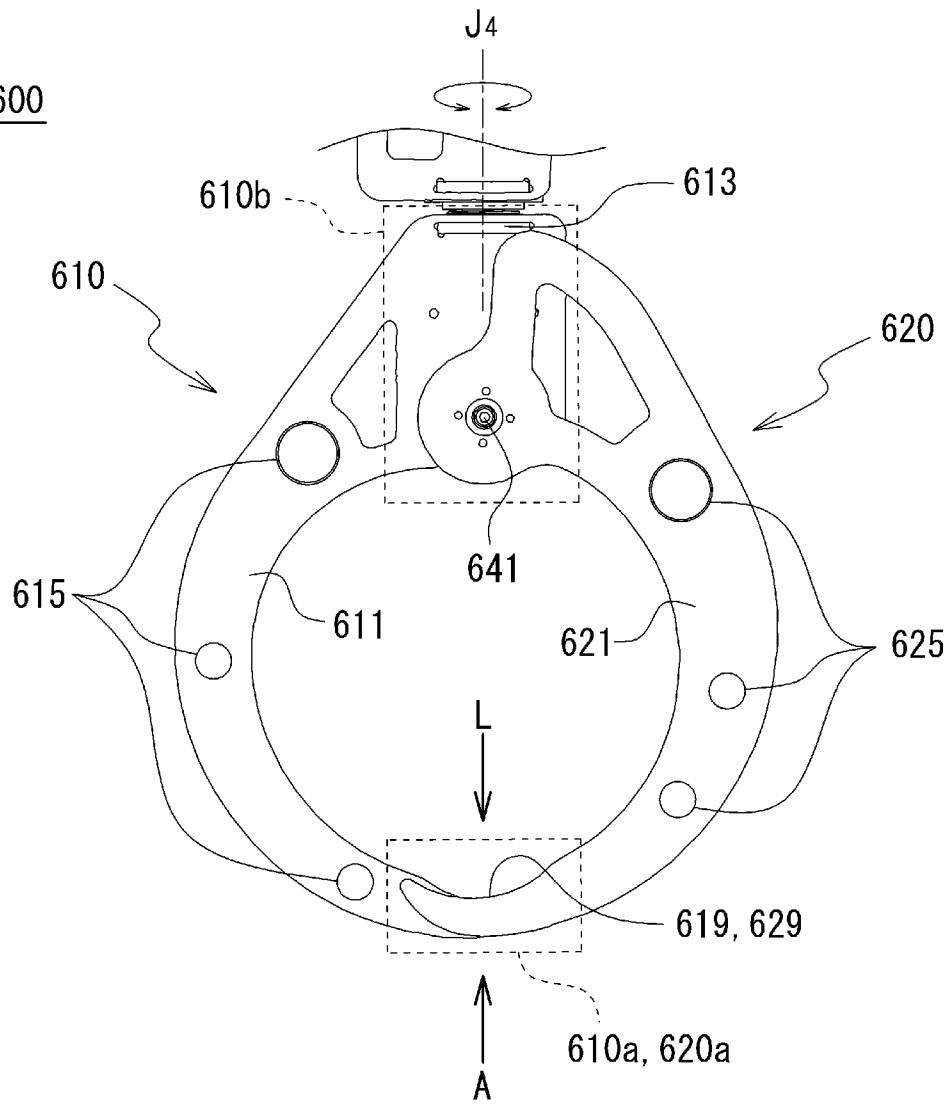


[図5]

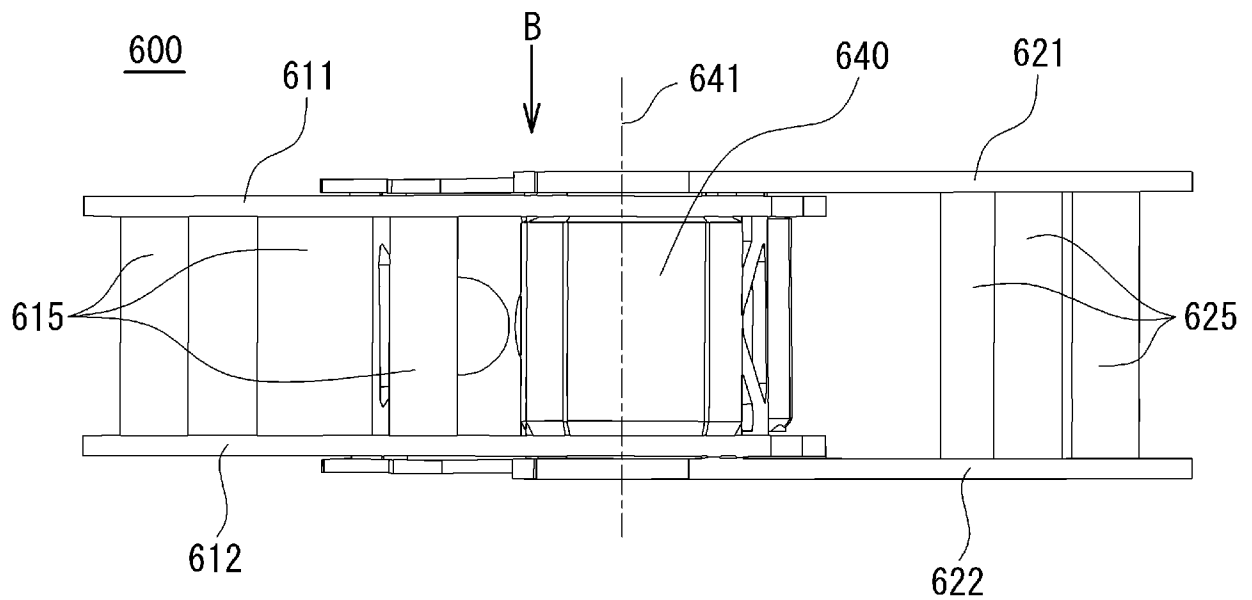


[図6]

(a)

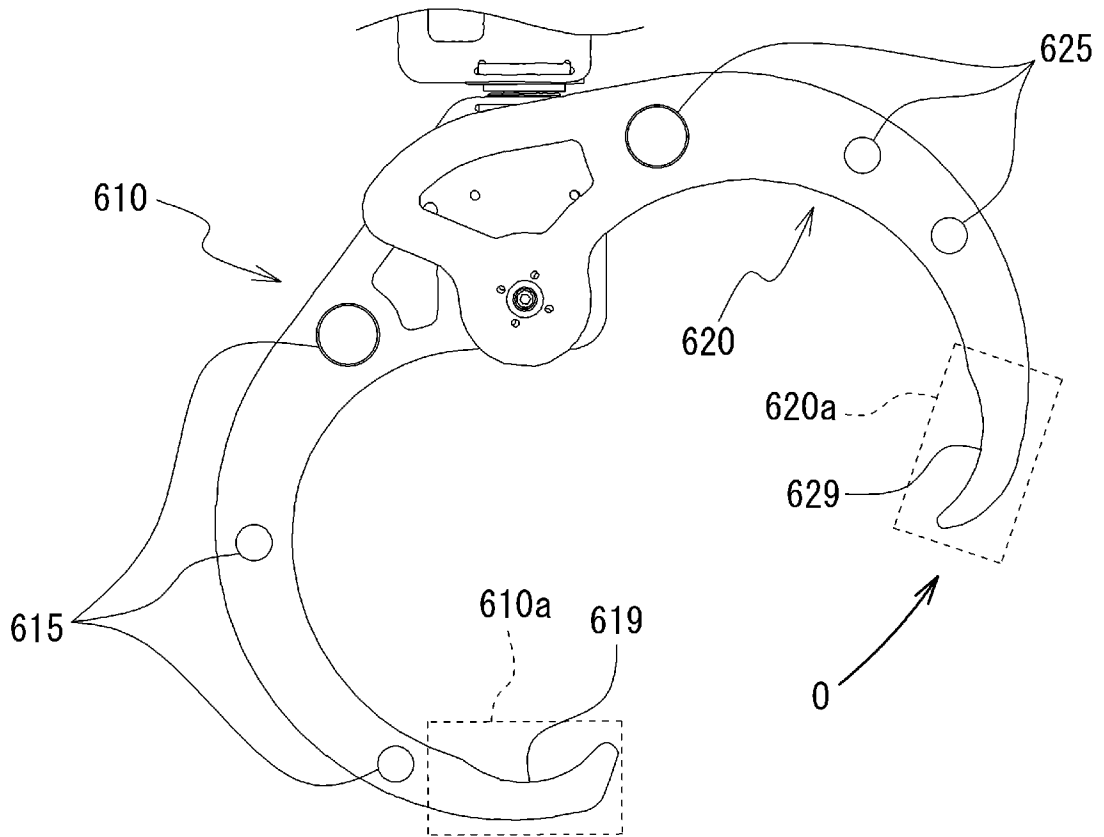
600

(b)

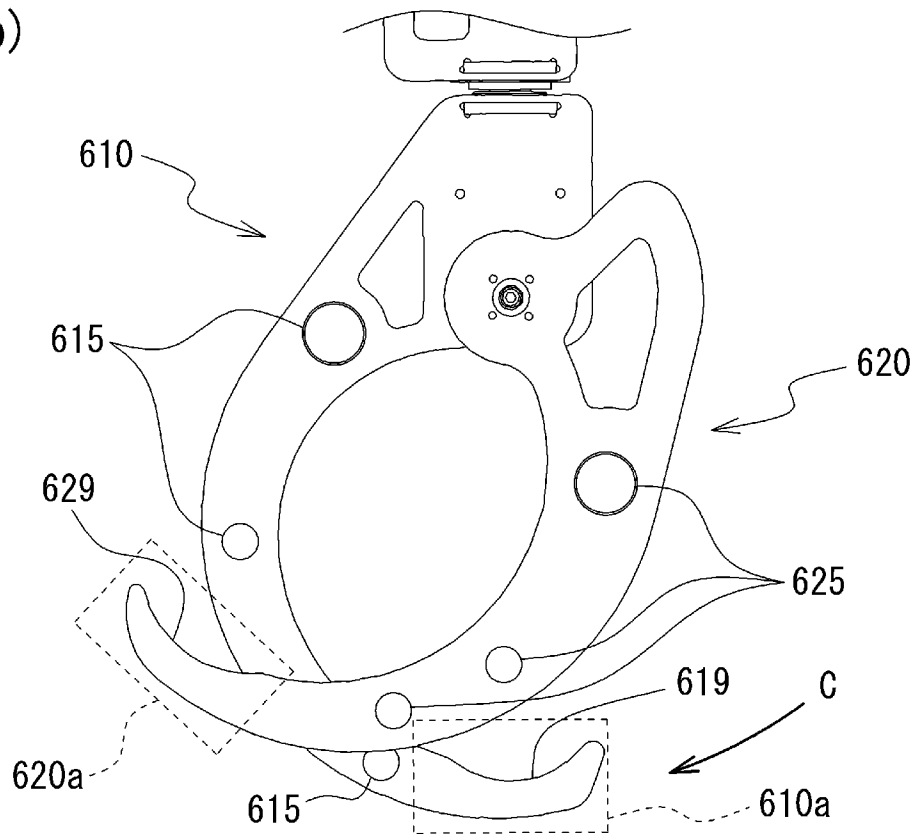
600

[図7]

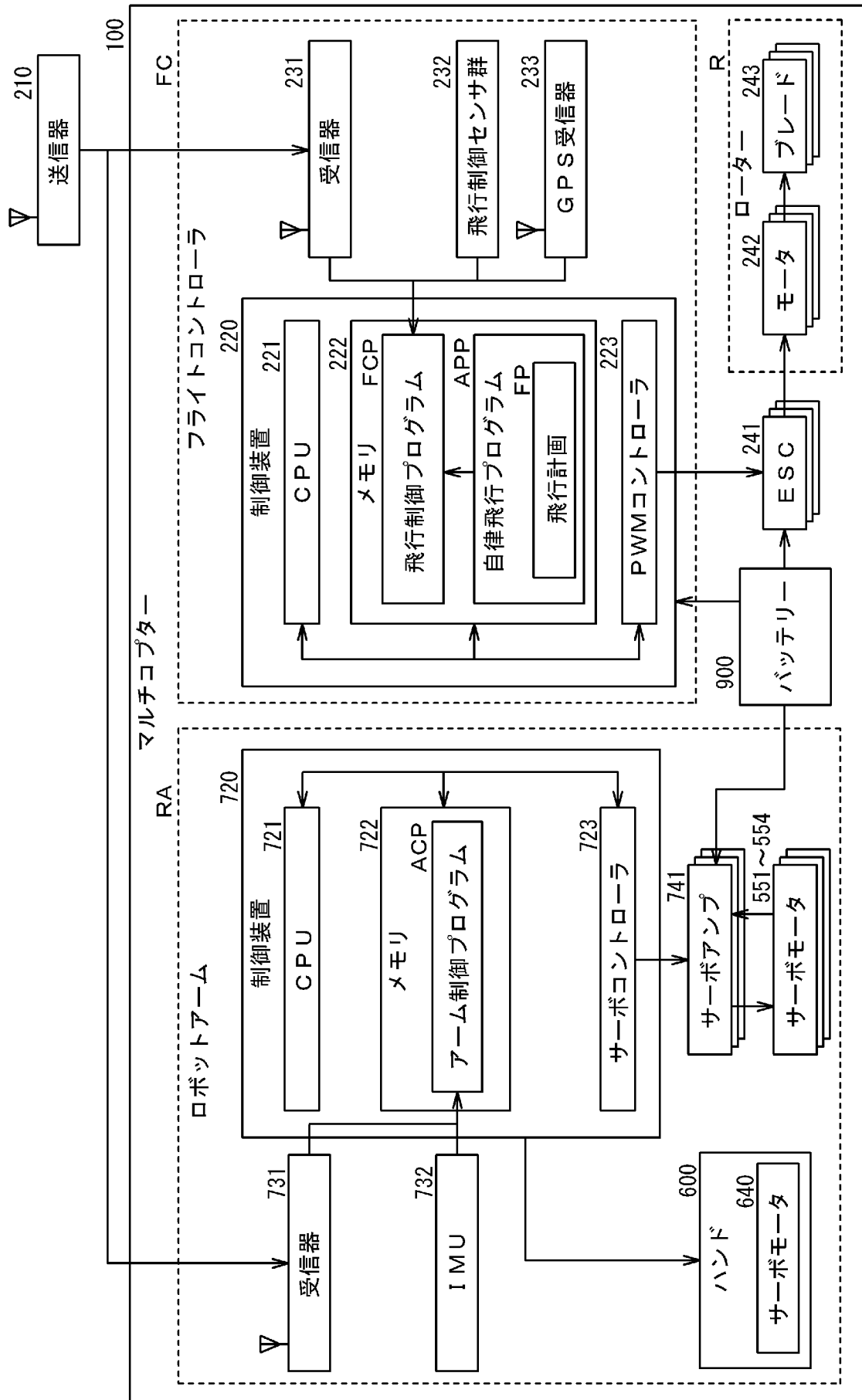
(a)



(b)

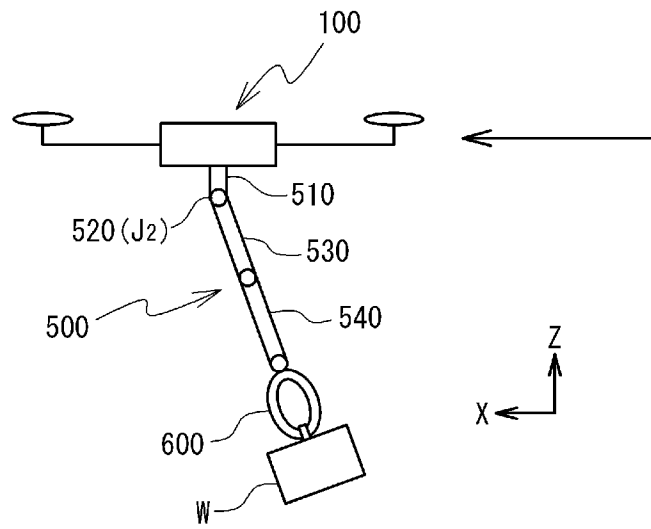


[図8]

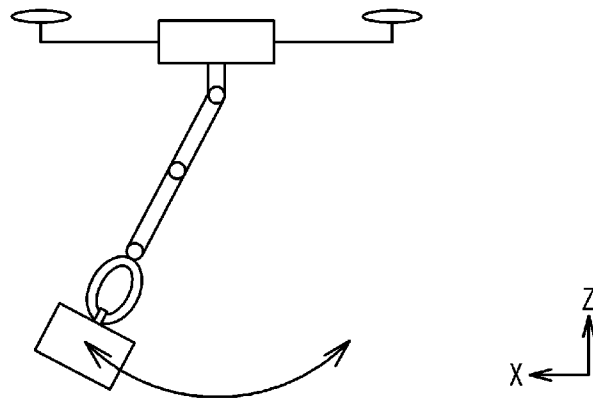


[図9]

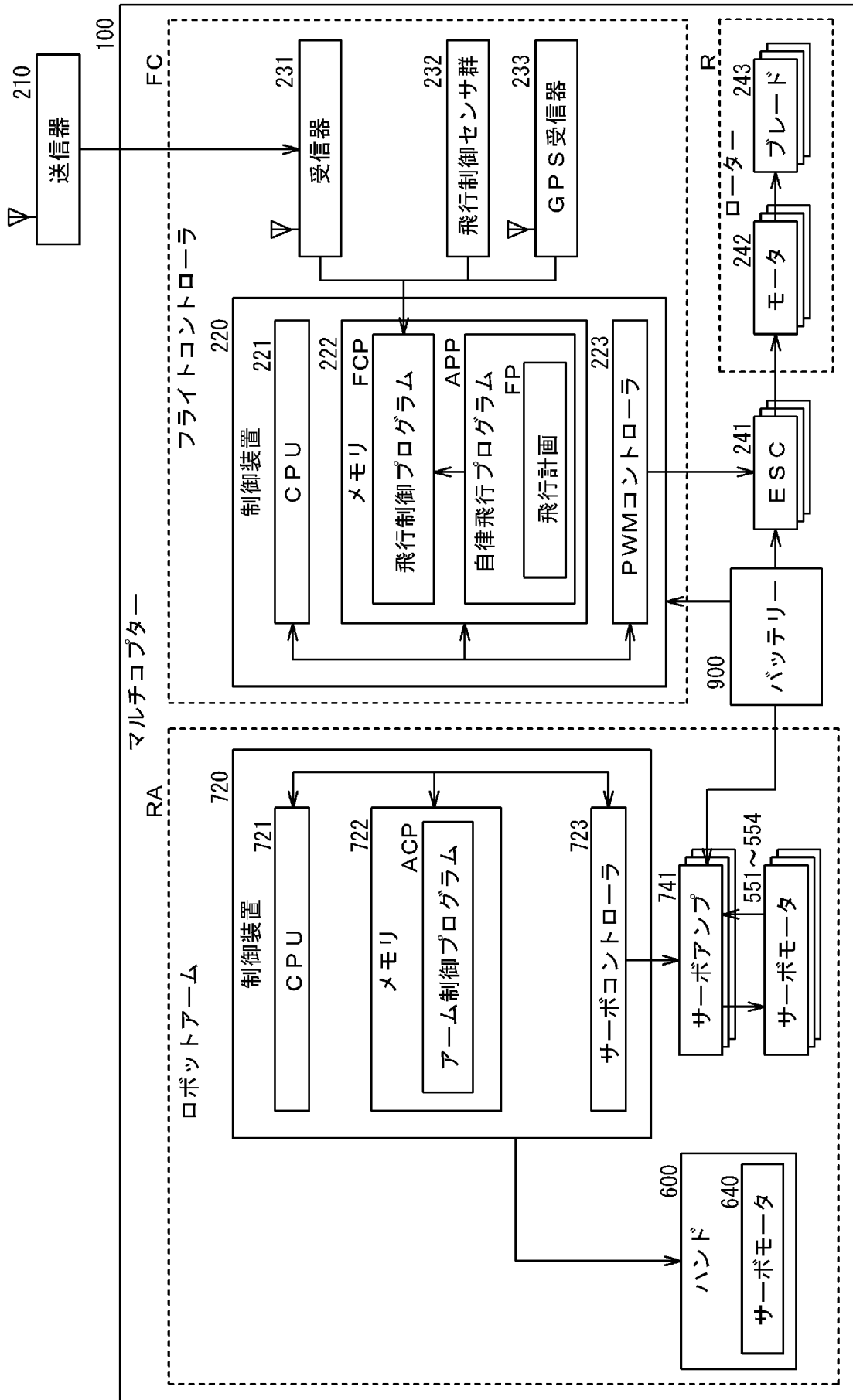
(a)



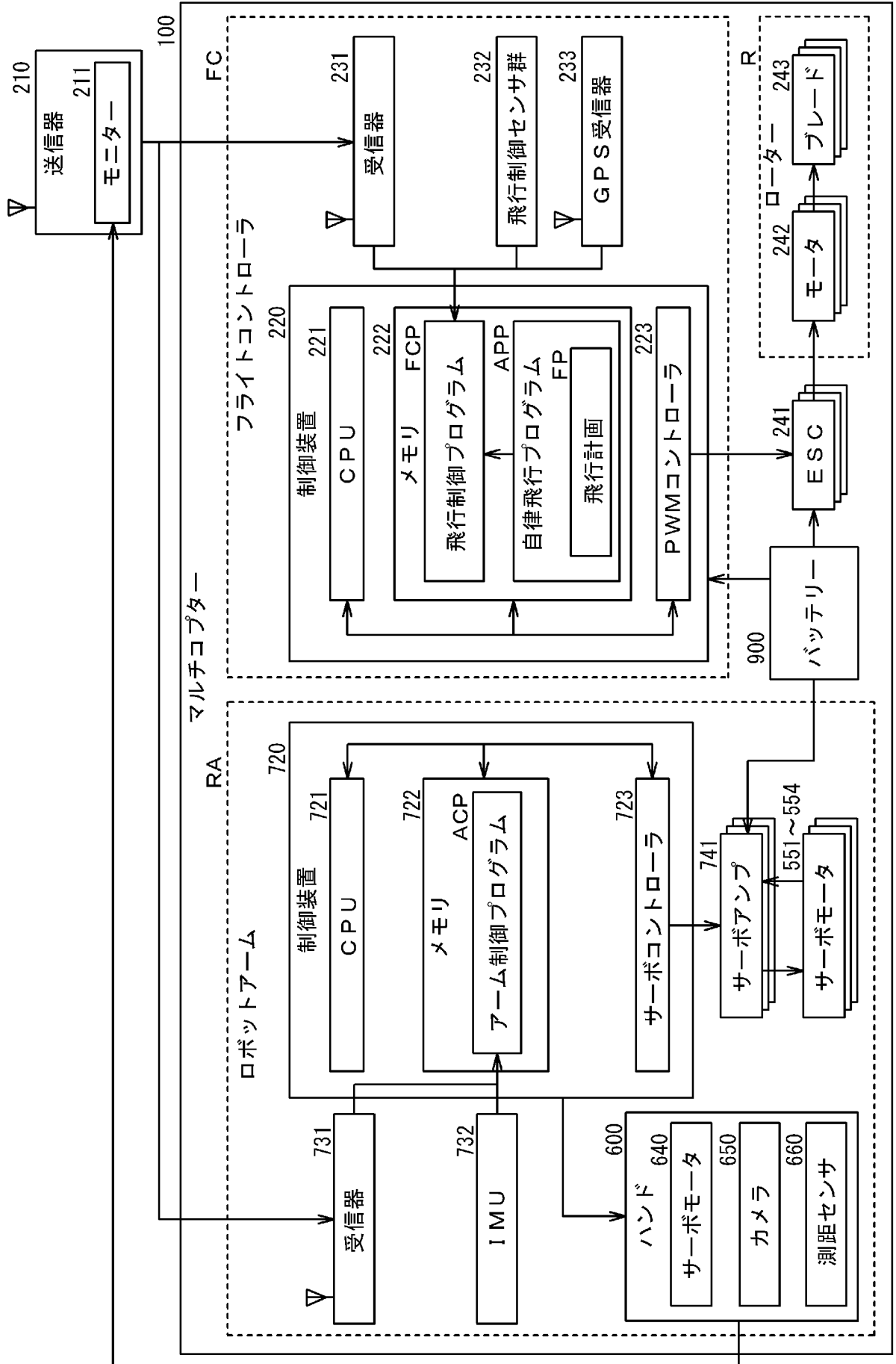
(b)



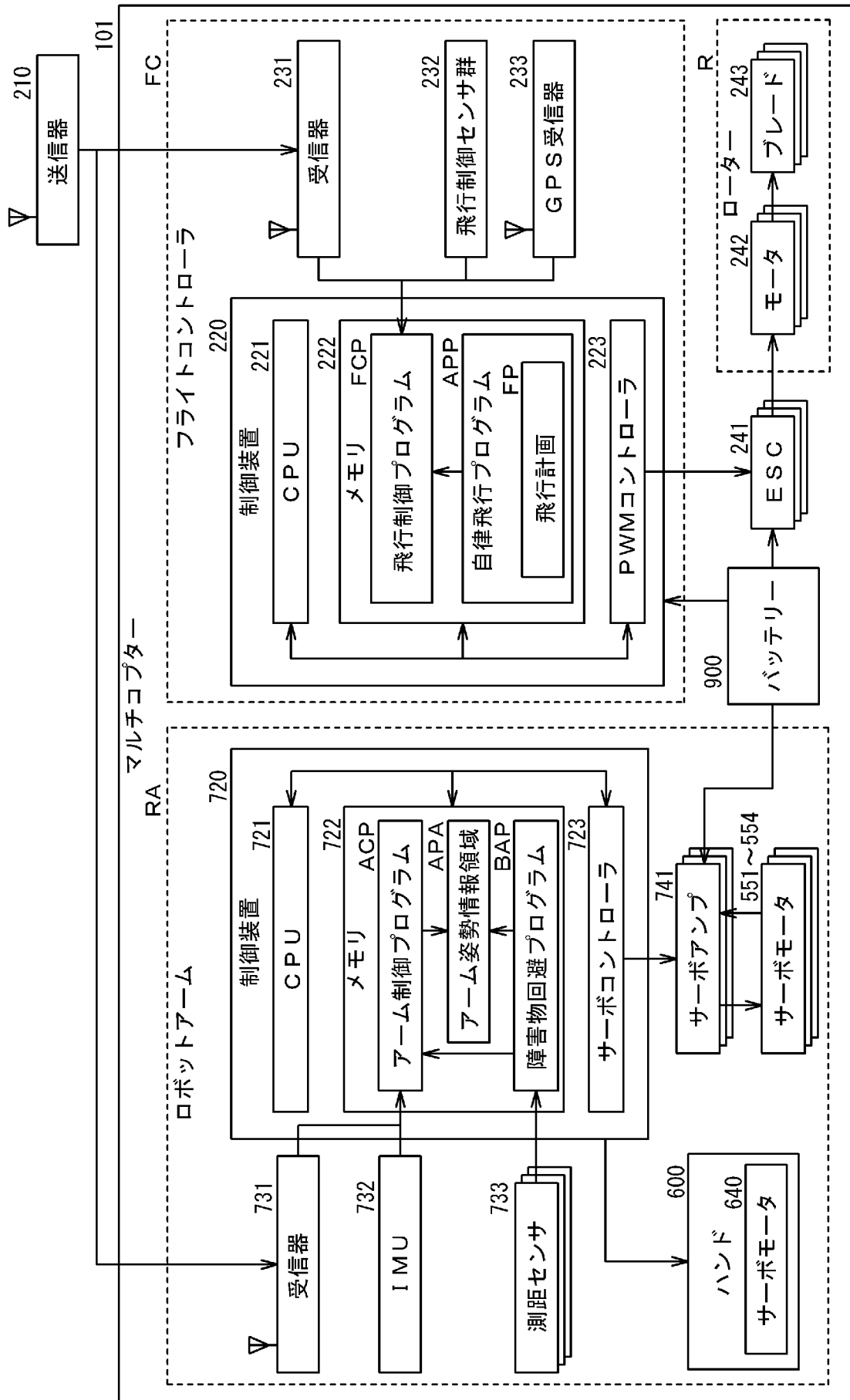
[図10]



[図11]

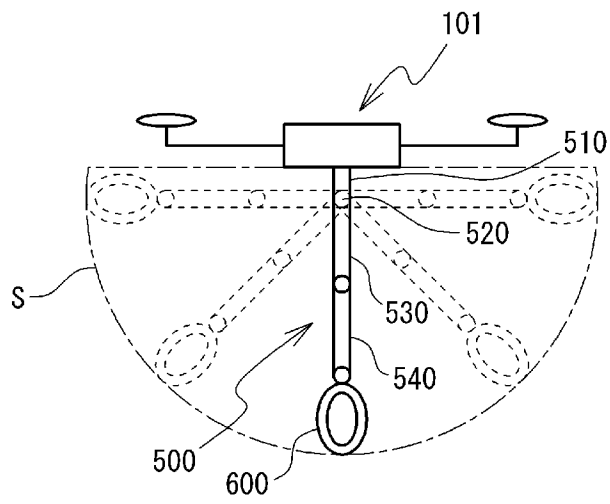


[図12]

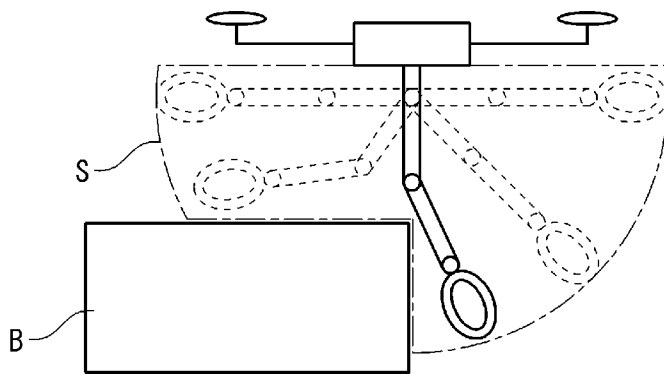


[図13]

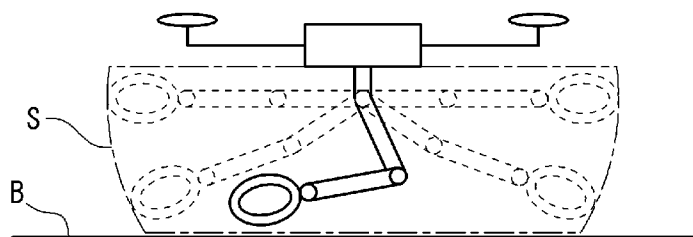
(a)



(b)

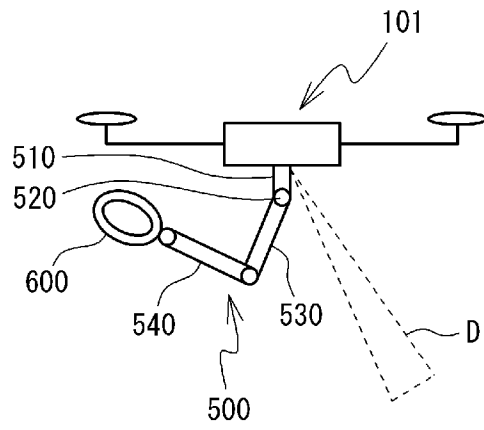


(c)

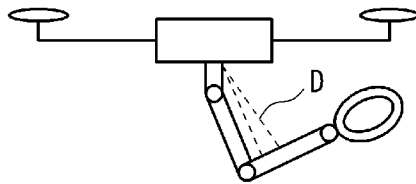


[図14]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/000724

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.
Y	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)	1-10, 15-16, 18
Y	JP 2004-017722 A (Toyota Motor Corp.), 22 January 2004 (22.01.2004), paragraphs [0024] to [0052]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-10, 15-16, 18
Y	JP 2004-242128 A (Nippon Hoso Kyokai), 26 August 2004 (26.08.2004), paragraphs [0022] to [0048]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-10, 15-16, 18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

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/JP2017/000724

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 11-157497 A (Hitachi, Ltd.), 15 June 1999 (15.06.1999), paragraphs [0013] to [0025]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-10, 15-16, 18
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)	6-7
Y	JP 2015-062991 A (Canon Inc.), 09 April 2015 (09.04.2015), paragraphs [0015] to [0028], [0087] to [0092]; fig. 1, 7 (Family: none)	6-7
Y	JP 2007-050871 A (Tokyo Denki University), 01 March 2007 (01.03.2007), paragraphs [0023] to [0067]; fig. 1 (Family: none)	9-10
Y	JP 2014-198369 A (Honda Motor Co., Ltd.), 23 October 2014 (23.10.2014), paragraph [0027]; fig. 1, 3 (Family: none)	15
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 98183/1991 (Laid-open No. 046872/1993) (Mazda Earth Technologies Co., Ltd.), 22 June 1993 (22.06.1993), paragraphs [0007] to [0019]; fig. 1 to 10 (Family: none)	16
A	JP 2013-052490 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 March 2013 (21.03.2013), paragraphs [0011] to [0068]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-18
A	JP 2011-143494 A (IHI Corp.), 28 July 2011 (28.07.2011), paragraphs [0019] to [0049]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-18

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
Y	JP 7-024751 A（株式会社東芝）1995.01.27, 第3欄第17行-第10欄第21行, 図1-7（ファミリーなし）	1-10, 15-16, 18
Y	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）	1-10, 15-16, 18
Y	JP 2004-242128 A（日本放送協会）2004.08.26, 段落[0022]-[0048], 図1-6（ファミリーなし）	1-10, 15-16, 18
Y	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）	1-10, 15-16, 18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U 4550

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 10-240323 A (株式会社日立製作所) 1998. 09. 11, 段落[0011]-[0028], 図 2-3, 6-7 (ファミリーなし)	6-7
Y	JP 2015-062991 A (キヤノン株式会社) 2015. 04. 09, 段落[0015]-[0028], [0087]-[0092], 図 1, 7 (ファミリーなし)	6-7
Y	JP 2007-050871 A (学校法人東京電機大学) 2007. 03. 01, 段落[0023]-[0067], 図 1 (ファミリーなし)	9-10
Y	JP 2014-198369 A (本田技研工業株式会社) 2014. 10. 23, 段落[0027], 図 1, 3 (ファミリーなし)	15
Y	日本国実用新案登録出願 3-98183 号(日本国実用新案登録出願公開 5-046872 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (マツダアステック株式会社) 1993. 06. 22, 段落[0007]-[0019], 図 1-10 (ファミリーなし)	16
A	JP 2013-052490 A (三菱電機株式会社) 2013. 03. 21, 段落[0011]-[0068], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2011-143494 A (株式会社 I H I) 2011. 07. 28, 段落[0019]-[0049], 図 1-10 (ファミリーなし)	1-18