

(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  
2016 年 12 月 1 日(01.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/190124 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23P 21/00 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)  
B23P 19/04 (2006.01) F16H 57/031 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/064201
- (22) 国際出願日: 2016 年 5 月 12 日(12.05.2016)
- (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 2015-105080 2015 年 5 月 25 日(25.05.2015) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 山根 秀士(YAMANE Hideshi); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 竹林 潤(TAKEBAYASHI Jun); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎

重工業株式会社内 Hyogo (JP). 倉岡 修平(KUR-AOKA Shuhei); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 宇都達博(UTO Tatsuhiko); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 藤澤 真一(FUJISAWA Shinichi); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 依田 明生(YODA Akio); 〒6700945 兵庫県姫路市北条梅原町 2 7 1 番地 株式会社ヤスナ設計工房内 Hyogo (JP). 水本 裕之(MIZU-MOTO Hiroyuki); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP).

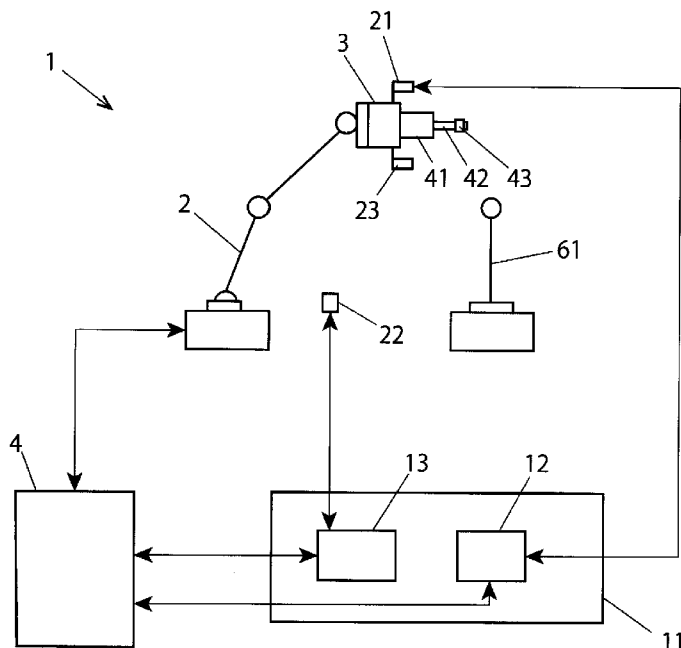
(74) 代理人: 名塚 聡, 外(NAZUKA Satoshi et al.); 〒1510051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-13-18 オフィスコート代々木 凜国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

[続葉有]

(54) Title: GEAR MECHANISM ASSEMBLY APPARATUS AND ASSEMBLY METHOD

(54) 発明の名称: 歯車機構の組立装置および組立方法



(57) Abstract: The present apparatus (1) is provided with: first and second imaging devices (21, 22) for imaging first and second gears; a robot (2) provided with the first imaging device (21); and an image-processing system (11) for processing images of the first imaging device (21) to acquire the fitting position for the second gear (43) and the phase of the first gear, and for processing images of the second imaging device (22) to acquire the phase of the second gear (43) and the position of the gear shaft of the second gear (43). A gear mechanism is assembled by controlling the robot (2) on the basis of information acquired by the image-processing system (11) to position the gear shaft of the second gear (43) held in a hand (3) at the second gear (43) fitting position, and align the phase of the second gear (43) with the phase of the first gear. The present invention is able to fit gears to each other using a robot and assemble a gear mechanism without difficulty.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/190124 A1



FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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

ロシア (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))

本装置(1)は、第 1、第 2 の歯車を撮像する第 1、第 2 の撮像装置(21,22)と、第 1 の撮像装置(21)を設けたロボット(2)と、第 1 の撮像装置(21)の画像を処理して第 2 の歯車(43)の嵌め込み位置および第 1 の歯車の位相を取得し、第 2 の撮像装置(22)の画像を処理して第 2 の歯車(43)の位相および第 2 の歯車(43)の歯車軸の位置を取得する画像処理システム(11)と、を備える。画像処理システム(11)で取得された情報に基づいてロボット(2)を制御し、ハンド(3)に保持された第 2 の歯車(43)の歯車軸を第 2 の歯車(43)の嵌め込み位置に位置合わせし、第 2 の歯車(43)の位相を第 1 の歯車の位相に位置合わせて歯車機構を組み立てる。ロボットを用いて歯車同士を嵌め合わせて歯車機構を支障なく組み立て可能である。

## 明 細 書

発明の名称： 歯車機構の組立装置および組立方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、歯車同士を嵌め合わせて歯車機構を組み立てるための歯車機構の組立装置及び組立方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、製造現場においては、省力自動化、作業時間の短縮、コスト削減などのために、装置や機械などの製品の製造において、ロボットを使用して組み立てるシステムが幅広く実用化されている。製品の組立においては、軸穴への軸の挿入などの嵌め合い作業等を行う必要があるため、ロボットを使用した軸などの挿入や嵌め合いに関して、これまで種々開発がなされてきた。

[0003] 軸穴へ軸を挿入するためには、挿入される軸穴の位置と方向に対して、挿入する軸の位置と方向を一致させるように、ロボットで保持した軸の動作を制御する必要がある。このような動作を機構により実現するものとして、従来、R C C (Remote Center Compliance) 機構が用いられていた。しかし、R C C はバネ等の弾性体を利用して、軸穴の方向ずれ等に対して軸を追従させて挿入しているため、鉛直下方に向かう組立作業（縦組作業）ではなく、横方向に向かう組立作業（横組作業）においては対応が困難であった。

[0004] これに対して、特許文献 1 では、クッション機構部と R C C 機構部とワークチャック機構部とが接続されたロボットハンドにおいて、前記ワークチャック機構部を前記 R C C 機構部内に組み込むことにより、重量による R C C 機構の垂れを小さくして、縦組作業のみならず横組作業も可能としている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献 1：特開平 8－5 2 6 8 2 号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述のＲＣＣを採用した従来のロボットハンドは、単純な円形断面の軸穴に単純な円形断面の軸を挿入することを対象としたものである。このため、例えば、歯車同士を嵌め合わせて歯車機構を組立てるような場合には、ロボットによる自動化が極めて困難、若しくは不可能であった。

[0007] 本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、ロボットを用いて歯車同士を嵌め合わせて歯車機構を支障なく組み立てることができる歯車機構の組立装置および組立方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] 前記課題を解決するために、本発明の第１の態様は、第１の歯車に第２の歯車を嵌め合わせて歯車機構を組み立てるための歯車機構の組立装置であって、前記第２の歯車を保持するためのハンドを有するロボットと、前記ハンドに設けられ、前記第１の歯車を撮像するための第１の撮像装置と、前記第２の歯車を撮像するための第２の撮像装置と、前記第１の撮像装置により撮像された画像を画像処理して前記第２の歯車の嵌め込み位置および前記第１の歯車の位相を取得し、前記第２の撮像装置により撮像された画像を画像処理して前記第２の歯車の位相および前記第２の歯車の歯車軸の位置を取得する画像処理システムと、を備え、前記画像処理システムにより取得された情報に基づいて前記ロボットを制御して、前記ハンドに保持された前記第２の歯車の前記歯車軸を前記第１の歯車における前記第２の歯車の嵌め込み位置に位置合わせするとともに、前記第２の歯車の位相を前記第１の歯車の位相に位置合わせすることにより、前記ロボットを用いて前記歯車機構を組み立てるように構成されている、ことを特徴とする。

[0009] 本発明の第２の態様は、第１の態様において、前記画像処理システムが、前記第１の歯車の画像を画像処理して前記第１の歯車の領域を検出し、検出された前記第１の歯車の領域に基づき、前記第１の歯車における前記第２の歯車の嵌め込み位置および前記第１の歯車の位相を取得する第１の画像処理手段を備えている、ことを特徴とする。

[0010] 本発明の第３の態様は、第２の態様において、前記第１の歯車は、複数の

遊星歯車を有し、前記第 1 の画像処理手段は、前記第 1 の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第 1 の歯車における前記第 2 の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点に最も近い位置にある谷部分の重心に向かう方向を前記第 1 の歯車の位相として特定する、ことを特徴とする。

[0011] 本発明の第 4 の態様は、第 2 の態様において、前記第 1 の歯車は、複数の遊星歯車を有し、前記第 1 の画像処理手段は、前記第 1 の歯車の領域に基づき、前記第 1 の撮像装置の撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第 1 の歯車における前記第 2 の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点からの前記外接円上の長さが、前記円弧において前記接点に最も近い位置に存在する谷部分の重心と前記接点との間の前記円弧の円周上の長さと同しくなる前記外接円の円周上の点に向かう方向を前記第 1 の歯車の位相として特定する、ことを特徴とする。

[0012] 本発明の第 5 の態様は、第 1 乃至第 4 のいずれかの態様において、前記画像処理システムが、前記第 2 の歯車の画像を画像処理して前記第 2 の歯車の領域を検出し、検出された前記第 2 の歯車の領域に基づき、前記第 2 の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置、および前記第 2 の歯車の位相を取得する第 2 の画像処理手段を備えている、ことを特徴とする。

[0013] 本発明の第 6 の態様は、第 5 の態様において、前記第 2 の画像処理手段により取得された前記第 2 の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に基づき、前記第 2 の歯車の軸心方向を取得し、前記第 2 の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第 2 の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、ことを特徴とする。

[0014] 本発明の第 7 の態様は、第 6 の態様において、前記第 2 の画像処理手段に

より前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を取得した後、前記ハンドを予め設定された角度回転させて、前記第2の撮像装置により前記第2の歯車を再度撮像し、再度の撮像画像に基づき前記第2の画像処理手段により前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を再度取得し、それら前後2回にわたって取得した前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に関する情報に基づき、前記第2の歯車の軸心方向を取得し、前記第2の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第2の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、ことを特徴とする。

[0015] 本発明の第8の態様は、第1乃至第7のいずれかの態様において、前記第2の歯車は、モータの出力軸に設けられており、前記ハンドは、前記モータを把持するように構成されており、前記モータが装着される対象物までの距離を測定するための光学センサが前記ハンドに設けられている、ことを特徴とする。

[0016] 本発明の第9の態様は、第1乃至第8のいずれかの態様において、前記歯車機構は、遊星歯車機構であり、前記第1の歯車が前記遊星歯車機構の遊星歯車であり、前記第2の歯車が前記遊星歯車機構の太陽歯車である、ことを特徴とする。

[0017] 本発明の第10の態様は、ロボットを用いて第1の歯車に第2の歯車を嵌め合わせて歯車機構を組み立てる歯車機構の組立方法であって、前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得する第1の歯車計測工程と、前記第2の歯車の位相および歯車軸の位置を取得する第2の歯車計測工程と、を備え、前記第1の歯車計測工程および前記第2の歯車計測工程により取得された情報に基づいて前記ロボットを制御して、前記ロボットのハンドに保持されている前記第2の歯車の前記歯車軸を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置に位置合わせするとともに、前記第2の歯車の位相を前記第1の歯車の位相に位置合わせすることにより、前記ロボットを用いて前記歯車機構を組み立てる、ことを特

徴とする。

[0018] 本発明の第11の態様は、第10の態様において、前記第1の歯車計測工程が、前記ハンドに設けられた撮像装置を用いて前記第1の歯車の画像を取得して画像処理を行う第1の画像処理工程を有し、前記第1の画像処理工程が、前記第1の歯車の画像を画像処理して前記第1の歯車の領域を検出し、検出された前記第1の歯車の領域に基づき、前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得するように構成されている、ことを特徴とする。

[0019] 本発明の第12の態様は、第11の態様において、前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、前記第1の画像処理工程において、前記第1の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点に最も近い位置にある谷部分の重心に向かう方向を前記第1の歯車の位相として特定する、ことを特徴とする。

[0020] 本発明の第13の態様は、第11の態様において、前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、前記第1の画像処理工程において、前記第1の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点からの外接円上の長さが、前記円弧において前記接点に最も近い位置に存在する谷部分の重心と前記接点との間の前記円弧の円周上の長さと同しくなる前記外接円の円周上の点に向かう方向を前記第1の歯車の位相として特定する、ことを特徴とする。

[0021] 本発明の第14の態様は、第10乃至第13のいずれかの態様において、前記第2の歯車計測工程が、前記第2の歯車の画像を取得して画像処理する

第２の画像処理工程を有し、

前記第２の画像処理工程が、前記第２の歯車の画像を画像処理して前記第２の歯車の領域を検出し、検出された前記第２の歯車の領域に基づき、前記第２の歯車の歯車軸の先端部の位置および根元部の位置、および前記第２の歯車の位相を取得する、ことを特徴とする。

[0022] 本発明の第１５の態様は、第１４の態様において、前記第２の画像処理工程により取得された前記第２の歯車の歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に基づき、前記第２の歯車の軸心方向を取得し、前記第２の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第２の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、ことを特徴とする。

[0023] 本発明の第１６の態様は、第１５の態様において、前記第２の歯車計測工程において前記第２の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を取得した後、前記ハンドを予め設定された角度回転させて、前記第２の歯車を再度撮像し、再度の撮像画像に基づき前記第２の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を再度取得し、それら前後２回にわたって取得した前記第２の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に関する情報に基づき、前記第２の歯車の軸心方向を取得し、前記第２の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第２の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、ことを特徴とする。

[0024] 本発明の第１７の態様は、第１０乃至第１６のいずれかの態様において、前記第二の歯車は、モータの出力軸に設けられており、前記ハンドは、前記モータを把持するように構成されており、前記モータが装着される対象物までの距離を、前記ハンドに設けられた光学センサによって計測し、その計測結果に基づいて前記対象物におけるベース座標系を生成する、ことを特徴とする。

[0025] 本発明の第１８の態様は、第１０乃至第１７のいずれかの態様において、前記歯車機構は、遊星歯車機構であり、前記第１の歯車が前記遊星歯車機構の遊星歯車であり、前記第２の歯車が前記遊星歯車機構の太陽歯車である、

ことを特徴とする。

## 発明の効果

[0026] 本発明によれば、ロボットを用いて歯車同士を嵌め合わせて歯車機構を支障なく組み立てることができる歯車機構の組立装置および組立方法を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の一実施形態による歯車機構の組立装置の概略構成を示した図。

[図2]図1に示した実施形態の第1の画像処理部による遊星歯車内において組立後にモータ側歯車の軸心となるべき目標位置および遊星歯車の位相を算出する方法を説明するための概念図。

[図3]図1に示した実施形態を用いて、減速機歯車の位相とモータ側歯車の位相を精密に位置合わせするためのモータ側歯車の位相を算出する方法を示した概念図。

[図4]図1に示した実施形態を用いて、出力軸の先端部中心位置の算出座標値P、P'に基づく出力軸の先端部中心位置の補正方法を説明するための図。

## 発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の一実施形態による歯車機構の組立装置、および同組立装置を使用した歯車機構の組立方法について、図面を参照して説明する。

[0029] 図1に示したように、本実施形態における歯車機構の組立装置1は、歯車の組立に使用するロボット（以下「作業ロボット」という。）2、作業ロボット2の手首部に装着されてワークを把持するハンド3、作業ロボット2の動作を制御するロボット制御装置4、画像処理システム11、第1の撮像装置21および第2の撮像装置22を備えている。

[0030] ハンド3には、さらに、レーザ距離センサなどから成る光学センサ23が装着されている。光学センサ2を用いて、ワークを取り付ける対象物までの距離などを測定することができる。

[0031] 画像処理システム11は、第1の撮像装置21により撮像した画像の処理を行う第1の画像処理部12と、第2の撮像装置22により撮像した画像の

処理を行う第１の画像処理部１３を備えている。なお、第１の画像処理部１２と第２の画像処理部１３とは、ハードウェアとしてまったく独立した機器であってもよいし、ハードウェアとしては一体な機器内に配置され、機器内部で一部共通要素を有しながらサブコンポーネントとして構成されていてもよく、さらに機器内部のハードウェアとしても一体であるが、ソフトウェアとして一部共通要素があってもサブコンポーネントとして構成されているものでも良い。

[0032] 本実施形態においては、作業ロボット２は、６軸を有する多関節型ロボットを使用し、ロボット制御装置４により、手首部を空間の任意の位置と方向、および動作経路の制御が行われる。ただし、本発明における作業ロボットは、６軸多関節型ロボットに限定されるものではない。

[0033] 第１の撮像装置２１、第２の撮像装置２２には、CCDカメラなどが使用される。

[0034] 本実施形態において組立の対象とする歯車機構は、中心に配置した１個の太陽歯車の周囲に３個の遊星歯車を有する機構としている。但し、本発明による歯車機構の組立装置によって組立て可能な歯車機構は、この構成の歯車機構に限定されるものではない。

[0035] 本実施形態における歯車組立装置１は、例えば、製作組立中のロボット（以下、「製品ロボット」という。）６１の駆動軸に既に組み込まれている減速機歯車３１（図２）に対して、モータ４１の出力軸４２に装着されたモータ側歯車４３（図３）を嵌め合わせて、出力軸４２を減速機歯車３１中に差し込んで減速機歯車３１とモータ側歯車４３を組み立てる作業を行うものである。

[0036] このため、製品ロボット６１の駆動軸に装着されるモータ４１の出力軸４２の軸方向は、一般に、鉛直方向に限られず、水平方向に配置されることが多いため、水平方向に配置される出力軸４２を有するモータ４１のモータ側歯車４３を作業ロボット１により減速機歯車３１に組み合わせる作業は、横組作業となる。

[0037] また、モータ側歯車43は、出力軸42およびモータ41と一体となった状態であるため、作業ロボット1のハンド3により把持されるワークは一般に非常に高重量である。本実施形態は、このように、組み合わせる歯車を含むワークが高重量であって、横組作業による歯車の組立を作業ロボットにより行う場合にも支障なく対応できる。

[0038] 図2に示したように、本実施形態における歯車機構では、モータ41の出力軸42に装着されるモータ側歯車43を組み込む遊星歯車44は、減速機のケーシング内に組み込まれており、ケーシングの外部からは、出力軸42をケーシング内に挿入するための挿入穴46を通してのみ見える状態となっている。

[0039] モータ側歯車43を遊星歯車44に嵌め合わせて組み立てるためには、遊星歯車44内において組立後にモータ側歯車43の軸心となるべき目標位置に出力軸42の先端部軸心を一致させ、かつモータ側歯車43の位相を遊星歯車44の位相に対応する方向に出力軸42の角度を調整して、出力軸42を遊星歯車44の内部に挿入し組み込む必要がある。

[0040] そのために、本実施形態においては、まず、遊星歯車44内において組立後にモータ側歯車43の軸心となるべき目標位置および遊星歯車44の位相を計測する。

[0041] 以下、遊星歯車44内において組立後にモータ側歯車43の軸心となるべき目標位置および遊星歯車44の位相を計測する方法について、詳細に説明する。なお、以下では、計測を行うこれら2つの量を「減速機歯車の特性情報」という。

[0042] 歯車の組立作業の前に、作業ロボット2のハンド3に装着された第1の撮像装置21により挿入穴46を通して減速機歯車31を含む画像を撮像し、第1の撮像装置21で撮像した画像を、画像処理システム11の第1の画像処理部12において画像処理を行い、減速機歯車の特性情報を算出する。

[0043] 減速機歯車の特性情報の計測は、ロボット制御装置4から第1の画像処理部12への指令信号により開始され、当該指令信号を受けた第1の画像処理

部 1 2 は、第 1 の撮像装置 2 1 に対して撮像指令信号を送信し、第 1 の撮像装置 2 1 により撮像が行われる。撮像された画像は、前記のとおり、第 1 の撮像装置 2 1 から第 1 の画像処理部 1 2 に送信され、画像処理されて算出値がロボット制御装置 4 に送信される。

[0044] <減速機歯車の特性情報の算出方法>

減速機歯車の特性情報のうち、遊星歯車 4 4 内において組立後にモータ側歯車 4 3 の軸心となるべき目標位置は、すべての遊星歯車 4 4 に囲まれた領域において、すべての遊星歯車 4 4 から等距離にある点として算出し特定する。

[0045] 減速機歯車 3 1 の谷部分とモータ側歯車 4 3 の山部分が一致するように、モータ側歯車 4 3 を減速機歯車 3 1 の内部に挿入することにより両歯車を嵌め合わせることができる。このためには、遊星歯車 4 4 内において組立後にモータ側歯車 4 3 の軸心となるべき目標位置を基準として、遊星歯車 4 4 の谷部分の方向（以下「遊星歯車の位相」または「減速機歯車の位相」という。）を計測して、モータ側歯車 4 3 の山部分の方向（以下「モータ側歯車の位相」という。）を、基本的には、前記により計測され遊星歯車 4 4 の位相の方向に調整して位置合わせすることにより実行することができる。

[0046] ここで、正確に位置合わせを行うためには、遊星歯車 4 4 の谷部分について特定の位置を選定する必要がある。この特定の位置としては、例えば、ピッチ円の谷部分の midpoint などが考えられるが、画像処理などの容易さ等も考慮して、本実施形態においては、遊星歯車 4 4 の谷部分の重心とする。なお、挿入するモータ側歯車 4 3 の山部分についての特定の位置も同様であり、歯車のピッチ円の山部分の midpoint などが考えられるが、線対称である歯車の山部分の中心線の方角を基本とする。

[0047] 以下、第 1 の画像処理部 1 2 による減速機歯車 3 1 の位相の算出方法について、図 2 に基づいて、処理の順序により説明する。

[0048] （１）遊星歯車 4 4 の領域検出

撮像画像を二値化等その他の画像処理手段を用いて遊星歯車 4 4 の部分の

輪郭線を抽出し、予め記憶しておいた遊星歯車 4 4 の形状とのパターンマッチングにより、遊星歯車 4 4 の領域の検出を行う。なお、遊星歯車 4 4 の領域は、図 2 において、遊星歯車 4 4 の歯型形状の境界線と挿入穴 4 6 の円弧に囲まれた部分である。

[0049] (2) 遊星歯車 4 4 の谷部分の重心を通る円弧の算出

前記 (1) により検出された遊星歯車 4 4 の領域に基づき、検出された領域に存在する複数の谷部分を抽出し、抽出された複数の谷部分の重心 E の位置を算出した後、それらの重心 E の位置を通る 3 つの円弧  $a_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) を算出する。

[0050] (3) 3 つの円弧  $a_i$  の外接円 b の算出

前記 (2) で算出された 3 つの円弧  $a_i$  のすべてに外接する外接円 b およびその中心点 B を算出する。中心点 B が、遊星歯車 4 4 内において組立後にモータ側歯車 4 3 の軸心となるべき目標位置となる。

[0051] 外接円 b が、遊星歯車 4 4 と嵌め合わせるモータ側歯車 4 3 に対応し、中心点 B がモータ側歯車 4 3 の軸心に対応するため、以下、外接円 b を「モータ側歯車挿入軸穴」、外接円の中心点 B を「挿入軸穴軸心」と呼ぶことがある。

[0052] なお、前記においては、3 個の遊星歯車を有する遊星歯車機構の場合について説明したが、4 個以上の遊星歯車機構の場合であっても、前記と同様な方法で外接円 b および外接円 b の中心点 B を算出して、遊星歯車 4 4 内において組立後にモータ側歯車 4 3 の軸心となるべき目標位置を取得することができる。

[0053] また、遊星歯車の個数が 2 個である遊星歯車機構の場合には、次の方法により外接円 b およびその中心点 B を算出することができる。

[0054] 前記と同様な方法により、2 つの円弧を算出し、その 2 つの円弧の中心点を算出する。次に、それらの円弧の中心を結ぶ線分と 2 つの円弧との交点 (2 つ) を算出し、それら 2 つの交点を直径とし、2 つの交点を結ぶ線分の中点を中心 B とする円 b を算出することにより、外接円 b とその中心 B を求め

ることができる。

[0055] (4) 円弧  $a_i$  と外接円  $b$  の接点  $D$  から最も近い谷部分の重心  $E$  に対する中心点  $B$  からの方向の算出

3つの円弧  $a_i$  のうち1つの円弧を選定して、選定された円弧  $a_i$  と円  $b$  の接点  $D$  から最も近い重心  $E$  を選択し、円  $b$  の中心点  $B$  から重心  $E$  の方向を算出する。モータ側歯車43の軸心を基準として、方向  $BE$  が、遊星歯車44の谷の方向であるため、モータ側歯車挿入軸穴に挿入して嵌め合わせるべきモータ側歯車の山部分の中心線（線対称である歯車の山部分の中心線）の方向であると近似することができる。これにより、遊星歯車44のモータ側歯車挿入軸穴内にモータ側歯車43を組み込む際は、モータ側歯車43の歯車の山部分の中心線方向を前記で算出した方向  $BE$  となるように調整して挿入することができる。

[0056] ただし、遊星歯車の形状、寸法によっては、歯車のピッチ、ピッチ円などの（相互）関係により、挿入軸穴軸心を基準としたモータ側歯車43の山部分の中心線方向と遊星歯車44の谷部分の重心の方向（方向  $BE$ ）とのずれが大きくなり、モータ側歯車43の山部分の中心線方向を遊星歯車44の谷部分の重心の方向と一致させてモータ側歯車43を遊星歯車44内に挿入しても、両歯車の嵌め合わせが難しくなる場合がある。

[0057] このような場合には、遊星歯車44内に挿入しようとするモータ側歯車43の方向を、遊星歯車44の谷部分の重心の方向ではなく、次の方法により導出した方向に調整して、モータ側歯車43を遊星歯車44内に組み込むこととする。

[0058] すなわち、図3に示したように、円弧  $a_i$  の円周上の接点  $D$  と重心  $E$  との長さ  $DE$  を算出して、外接円の円周上における接点  $D$  からの長さが、前記円周上の長さ  $DE$  と等しくなる点  $F$  を算出し、遊星歯車44のモータ側歯車挿入軸穴内にモータ側歯車43を組み込む際は、モータ側歯車43の歯車の山部分の中心線方向が、前記で算出した方向  $BF$  となるように調整して挿入することとする。これにより、接点  $D$  と重心  $E$  との距離が大きい場合であっても

、モータ側歯車 4 3 と遊星歯車 4 4 の嵌め合わせが正確に行える。

[0059] <モータ側歯車の計測>

作業ロボットを用いた歯車の組立作業においては、載置台上に載置されているモータ 4 1 をハンド 3 で把持して組立作業を行うため、作業ごとにハンド 3 によるモータ 4 1 の把持位置にずれが生ずる。この把持位置のずれにより、モータ 4 1 の出力軸 4 2 の先端部中心位置および軸線方向にずれが生じる。また、載置台上に載置されているモータ側歯車 4 3 の位相は任意であるため、ハンド 3 に把持された直後の状態においては、モータ側歯車 4 3 の位相は特定されていない。

[0060] このため、モータ側歯車 4 3 を減速機歯車 3 1 に嵌め合わせて組み立てるためには、出力軸 4 2 の先端部中心位置と軸線方向のずれ、およびモータ側歯車 4 3 の位相を計測して、それらの計測情報に基づき、出力軸 4 2 の先端部位置と軸線方向、およびモータ側歯車 4 3 の位相を、それぞれ減速機歯車 3 1 における挿入軸穴軸心と挿入軸穴軸線方向、および遊星歯車 4 4 の位相に一致するように作業ロボット 2 の動作制御を行う必要がある。

[0061] モータ側歯車 4 3 の計測は、ロボット制御装置 4 から第 2 の画像処理部 1 3 への指令信号により開始され、当該指令信号を受けた第 2 の画像処理部 1 3 は、第 2 の撮像装置 2 2 に対して撮像指令信号を送信し、第 2 の撮像装置 2 2 により撮像が行われる。このとき、作業ロボット 1 は、ハンド 3 で把持したモータ 4 1 を、第 2 の撮像装置 2 2 の視野範囲に移動させる。撮像された画像は、第 2 の撮像装置 2 2 から第 2 の画像処理部 1 3 に送信され、画像処理されて算出されたモータ側歯車 4 3 の位相等がロボット制御装置 4 に送信される。

[0062] 第 2 の画像処理部 1 3 により算出された出力軸 4 2 の先端部中心位置と軸線方向のずれおよびモータ側歯車 4 3 の位相は、作業ロボット 2 のロボット制御装置 4 に送信され、ツール座標系の再設定およびモータ側歯車 4 3 の動作制御実行のために使用される。

[0063] ここで、本実施形態における作業ロボット 2 のツール座標系は、出力軸 4

２のモータ４１の根元部の平面をＸＹ座標面、出力軸４２の軸線をＺ座標軸（出力軸先端部へ向かう方向が正方向）とする座標系として設定され、モータ側歯車４３を減速機歯車３１に組み込む際は、作業ロボット２により把持されているモータ４１をツール座標系Ｚ軸方向へ動作させるように制御される。

[0064] なお、第２の画像処理部１３におけるモータ側歯車４３の位相および出力軸４２の先端部中心位置と根元部中心位置の算出方法については、以下の＜出力軸４２の軸心方向の修正方法＞の項において、詳しく説明する。

[0065] ＜出力軸４２の軸心方向の修正方法＞

以下、第２の画像処理部１３による画像処理方法を含めて、モータ側歯車４３の位相の計測および出力軸４２の先端部中心位置と軸線方向のずれを計測し、その計測結果に基づき、出力軸４２の軸心方向を修正する方法について、詳細に説明する。

[0066] （１）出力軸４２の先端部中心位置とモータ側歯車４３の位相の計測

作業ロボット２を動作させて、出力軸４２の先端が第２の撮像装置２２の方に向き、出力軸４２の軸線が第２の撮像装置２２のレンズ光軸と略一致する位置であって、第２の撮像装置２２に対して少なくとも出力軸の長さよりも長い距離を離れた位置にハンド３を移動する。

[0067] その後、第２の撮像装置２２により、出力軸４２の先端部およびモータ側歯車４３が視野範囲に含まれるようにして撮像する。第２の撮像装置２２により取得された画像は、第２の画像処理部１３に送信され、第２の画像処理部１３により出力軸４２の先端部中心位置Ｐとモータ側歯車４３の位相が算出される。

[0068] 第２の画像処理部１３による出力軸４２の先端部中心位置とモータ側歯車４３の位相の算出方法について、以下に説明する。

[0069] (i)出力軸４２の先端部中心位置の算出

まず、二値化処理その他の手法を用いて、モータ側歯車４３の輪郭線を抽出し、予め記憶しておいたモータ側歯車４３の形状とのパターンマッチング

により、モータ側歯車 4 3 の領域の検出を行う。その後、検出されたモータ側歯車 4 3 の領域に基づき、出力軸 4 2 の先端部中心位置 P を算出する。

[0070] (ii) モータ側歯車 4 3 の位相の算出

前記(i)により検出されたモータ側歯車 4 3 の領域に基づき、モータ側歯車 4 3 の山部分を抽出し、特定の山部分の頂点 N を選択して、前記(i)で算出された先端部中心位置 P から選択された頂点 N に対する方向 P N を生成する。この方向 P N をモータ側歯車 4 3 の位相とする。

[0071] (2) 出力軸 4 2 の根元部の中心位置の算出

作業ロボット 2 を動作させて、出力軸 4 2 の軸線方向に第 2 の撮像装置 2 2 から離れる方向に出力軸 4 2 の長さに相当する距離だけモータ 4 1 を後退させた後、第 2 の撮像装置 2 2 により、出力軸 4 2 の根元部が視野範囲に含まれるように撮像する。第 2 の撮像装置 2 2 により取得された画像は、第 2 の画像処理部 1 3 へ送信され、第 2 の画像処理部 1 3 により二値化処理などの手法を用いて、出力軸 4 2 の根元部の輪郭線を抽出し、根元部の断面形状が円形であるという形状的特徴を利用して、出力軸 4 2 の根元部中心位置 Q を算出する。

[0072] (3) 出力軸 4 2 の軸心方向を修正

(3-1) 出力軸 4 2 の先端部中心位置の計測（再計測）

モータ側歯車 4 3 を減速機歯車 3 1 に組み込む作業を作業ロボット 2 に行わせる場合には、減速機歯車 3 1 の挿入軸穴軸心および挿入軸穴軸心方向に対して出力軸 4 2 の先端部中心および軸心を一致させて組立ロボット 2 を動作制御するために、前述したツール座標系が設定されている。

[0073] 作業ロボット 2 のハンド 3 に把持されたモータ 4 1 を、前記ツール座標系 Z 軸まわりに予め設定した角度  $\theta$  だけ回転させた後、その姿勢を維持して、作業ロボット 2 を動作させて、前記(1)における計測位置にハンド 3 を移動した後、第 2 の撮像装置 2 2 により、出力軸 4 2 の先端部およびモータ側歯車 4 3 が視野範囲に含まれるようにして撮像する。

[0074] 撮像画像を第 2 の画像処理部 2 3 により、二値化処理その他の手法を用い

て、モータ側歯車 4 3 の輪郭線を抽出し、予め記憶しておいたモータ側歯車 4 3 の形状とのパターンマッチングにより、モータ側歯車 4 3 の領域の検出を行う。その後、検出されたモータ側歯車 4 3 の領域に基づき、再計測された出力軸 4 2 の先端部中心位置  $P'$  を算出する。

[0075] (3-2) 出力軸 4 2 の根元部の計測

作業ロボット 2 を動作させて、出力軸 4 2 の軸線方向に第 2 の撮像装置 2 2 から離れる方向に出力軸 4 2 の長さに相当する距離だけモータ 4 1 を後退させた後、第 2 の撮像装置 2 2 により、出力軸 4 2 の根元部が視野範囲に含まれるようにして撮像する。撮像画像を第 2 の画像処理部 2 3 により二値化処理などの手法を用いて、出力軸 4 2 の根元部の輪郭線を抽出し、根元部の断面形状が円形であるということを利用して、再計測された出力軸 4 2 の根元部中心位置  $Q'$  を算出する。

[0076] (3-3) 出力軸 4 2 の精密な軸線方向の算出

作業ロボット 2 のハンド 3 に把持されたモータ 4 1 をツール座標系 Z 軸周りに角度  $\theta$  回転させた場合、回転中心であるツール座標系 Z 軸上に存在する点は、物理的に不変であるため、第 2 の撮像装置 2 2 による撮像画像における位置も同様に不変であることから、カメラ座標系 (CCD カメラの CCD 等の撮像面を XY 面とし、撮像面の中心を原点とする座標系) においても不変である。

[0077] しかし、Z 軸上に存在しない点は、Z 軸周りの回転に伴い回転変位 (移動) し、その移動量は、Z 軸からの距離の増減に従って増減する結果、カメラ座標系における計測座標値も同様に移動する。

[0078] そこで、この物理的性質を利用して、モータ 4 1 をツール座標系 Z 軸周りに角度  $\theta$  回転させた場合における計測対象点の移動量の計測値に基づき、計測対象点のツール座標系 Z 軸からのずれ量を算出することができる。本実施形態においては、その算出ずれ量に基づき、出力軸 4 2 の精密な軸線方向を算出する。

[0079] 前記 (4) と (5) により、再取得された出力軸 4 2 の先端部中心位置お

よび根元部中心位置の座標値を利用した、より精密な出力軸 4 2 の軸心方向を算出する方法について、図 4 を参照しつつ、以下に詳細に説明する。

[0080] (i)算出座標値  $P$ 、 $P'$  に基づく出力軸 4 2 の先端部中心位置の補正

作業ロボット 2 のハンド 3 に把持されたモータ 4 1 をツール座標系  $Z$  軸周りに角度  $\theta$  回転させると、出力軸 4 2 の先端部中心がツール座標系  $Z$  軸上に存在していないと、出力軸 4 2 の先端部中心位置のカメラ座標系の  $X$   $Y$  座標値は、図 3 に示すように、 $P$  から  $P'$  に移動（変位）する。カメラ座標系において  $P$  から  $P'$  に向かう移動ベクトルをベクトル  $V_1$  とすると、ベクトル  $V_1$  は、 $P$ 、 $P'$  の算出座標値から算出できる。

[0081] したがって、図 4 に基づき、ベクトル  $V_1$  と  $\theta$  を用いて、下記の方法により、 $P$  からツール座標系原点に向かうベクトル  $V_2$  を求めることができるので、現在のツール座標系における出力軸 4 2 の先端部中心位置にベクトル  $V_2$  を合成することにより、精密な出力軸 4 2 の先端部中心位置を求めることができる。

[0082] すなわち、まず、 $P$  と  $P'$  の座標値からベクトル  $V_1$ （大きさ  $L_1$ 、カメラ座標系  $X$  軸からの角度  $\alpha_2$ ）を算出し、それら算出された値を用いて、ツール座標系原点から  $P$  に向かうベクトル  $V_1$ （大きさ  $L$ 、カメラ座標系  $X$  軸からの角度  $\alpha$ ）を次式による求める。

$$[0083] \quad L = L_1 / (2 \cdot \sin(\theta/2))$$

$$[0084] \quad \alpha = \alpha_2 - (\pi/2 + \theta/2)$$

[0085] 前記で求めたベクトル  $V_1$  を、現在のツール座標系原点位置に合成することにより、出力軸 4 2 の精密な先端部中心位置  $P^*$  を算出する。

[0086] (ii)算出座標値  $Q$ 、 $Q'$  に基づく出力軸 4 2 の根元部中心位置の補正

出力軸 4 2 の根元部中心位置についても、前記(i)と同様な方法により、算出座標値  $Q$ 、 $Q'$  に基づき補正し、出力軸 4 2 の精密な根元部中心位置  $Q^*$  を算出する。

[0087] (iii)モータ 4 1 の出力軸 4 2 の精密な軸心方向の算出

前記(i)と(ii)で算出した  $P^*$  と  $Q^*$  に基づき、出力軸 4 2 の精密な軸心方向

C\*を算出する。

[0088] (3-4) 出力軸42の軸心方向を修正

前記により算出された出力軸42の精密な根元部中心位置Q\*および先端部中心位置P\*、および精密な軸心方向C\*に基づき、Q\*をツール座標系原点、Cをツール座標系Z軸と新たなツール座標系となるように設定し直す。

[0089] <モータ側歯車と減速機歯車の組立方法>

本実施形態による歯車組立装置に基づくモータ側歯車43と減速機歯車の組立方法を、以下に詳細に説明する。

[0090] (1) モータ取付け平面の測定

ハンド3がモータ41を把持していない状態で作業ロボット1を駆動して、ハンド3に装着された光学センサ（レーザ距離センサなど）23を用いて、モータ41を取り付ける平面（例えば、製品ロボット61のアーム部材の表面）の位置（ロボットベース座標系）を生成する。すなわち、光学センサ23で検出した3点を通る平面を算出し、ロボットベース座標系での平面傾き（挿入軸方向）を決定する。

[0091] (2) モータ嵌め合い部の中心位置の測定

モータ41を取り付ける対象の部材（例えば、製品ロボット61のアーム部材）における、加工精度の高い、モータ嵌め合い部（円形状の挿入口）のエッジを、上述の光学センサ（距離センサ）23でセンシングする。このとき、作業ロボット2のハンド3は、内側から外側に向かって移動しながら距離センサ読み値を監視し、段差部分を検出する。ここで、処理速度向上のため、内側から外側に向けて粗センシング、外側から内側に向けて詳細センシングの二段階でセンシングを実施する。

[0092] 上述のセンシングにより検出した3カ所の位置を通る円の中心位置（ロボットベース座標系）を算出し、モータ嵌め合い部の中心位置を特定する。

[0093] (3) モータ取付け穴の計測

作業ロボット2に装着したCCDカメラ（第1の撮像装置21を兼用しても良い。）で、モータを取り付ける対象部材に形成されたボルト穴（モータ

４１を対象部材に固定するためのボルトを螺着する穴）を計測し、最終セット回転位置を決定する。

[0094]   そして、上記（１）で求めた平面をＸＹ平面、上記（２）で求めた中心位置を挿入位置、上記（２）で求めた中心位置から、上記（３）で検出したボルト穴中心位置への方向をＸ軸とする座標（ベース座標系）を生成する。

[0095]   （４）減速機歯車３１の位相、およびモータ側歯車挿入軸穴および挿入軸穴軸心の位置の計測

作業ロボット２のハンド３を製品ロボット６１の駆動軸付近に接近させて、駆動軸に設けられたモータ３１の挿入穴４６から、ハンド３に装着された第１の撮像装置２１により挿入穴４６の内部の状況を撮像して、第１の画像処理部２２を用いた画像処理により、減速機歯車３１の位相並びにモータ側歯車挿入軸穴および挿入軸穴軸心の位置を算出する。

[0096]   なお、第１の画像処理で算出された減速機歯車の特性情報は、作業ロボット２のロボット制御装置４に送信される。

[0097]   （５）作業ロボット２のハンド３によるモータ３１の把持

載置台上に載置されているモータ３１を作業ロボット２のハンド３で把持する。ハンド３又はモータ３１には位置決め用ピンが設けられているため、モータ３１は、所定の精度でハンド３に把持される。

[0098]   （６）モータ側歯車４３の位相の検出並びに出力軸４２の先端部中心位置と根元部中心位置の計測および出力軸４２の軸心方向の計測

作業ロボット２のハンド３で把持したモータ３１の出力軸４２を第２の撮像装置で撮像し、撮像画像を第２の画像処理部２３により画像処理することにより、モータ側歯車４３の位相の検出および出力軸４２の先端部中心位置と根元部中心位置の計測を行う。

[0099]   （７）出力軸４２の軸心方向の計測結果に基づくツール座標系の設定の変更

第２の画像処理部２３により算出された出力軸４２の軸心方向の計測結果に基づき、ツール座標系の設定を変更する。

[0100] (8) 設定変更されたツール座標系に基づき組立ロボット 2 の動作制御による歯車の組立の実行

設定変更されたツール座標系に基づき組立ロボット 2 の動作制御により、モータ側歯車 4 3 が、減速機側歯車 3 1 と嵌め合わせながら歯車同士の組立が実行される。

[0101] 上記の通り、本実施形態による歯車機構の組立装置 1 を用いて、歯車同士の嵌め合わせを、作業ロボット 2 により支障なく実施することができる。

### 符号の説明

- [0102]
- 1 歯車機構の組立装置
  - 2 作業ロボット
  - 3 ハンド
  - 4 ロボット制御装置
  - 1 1 画像処理システム
  - 1 2 第 1 の画像処理部
  - 1 3 第 2 の画像処理部
  - 2 1 第 1 の撮像装置
  - 2 2 第 2 の撮像装置
  - 2 3 光学センサ（距離センサ）
  - 3 1 減速機歯車（第 1 の歯車）
  - 4 1 モータ
  - 4 2 出力軸
  - 4 3 モータ側歯車（第 2 の歯車）
  - 4 4 遊星歯車
  - 4 6 挿入穴
  - 6 1 製品ロボット
  - C 外接円 b の中心
  - D 円弧 a と外接円 b との接点
  - E 遊星歯車の谷部分の重心

- F モータ側歯車の山部分の重心
- a 遊星歯車谷部分の重心を通る円弧
- b 円弧 a に外接する外接円

## 請求の範囲

- [請求項1] 第1の歯車に第2の歯車を嵌め合わせて歯車機構を組み立てるための歯車機構の組立装置であって、
- 前記第2の歯車を保持するためのハンドを有するロボットと、
- 前記ハンドに設けられ、前記第1の歯車を撮像するための第1の撮像装置と、
- 前記第2の歯車を撮像するための第2の撮像装置と、
- 前記第1の撮像装置により撮像された画像を画像処理して前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得し、前記第2の撮像装置により撮像された画像を画像処理して前記第2の歯車の位相および前記第2の歯車の歯車軸の位置を取得する画像処理システムと、を備え、
- 前記画像処理システムにより取得された情報に基づいて前記ロボットを制御して、前記ハンドに保持された前記第2の歯車の前記歯車軸を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置に位置合わせするとともに、前記第2の歯車の位相を前記第1の歯車の位相に位置合わせすることにより、前記ロボットを用いて前記歯車機構を組み立てるように構成されている、歯車機構の組立装置。
- [請求項2] 前記画像処理システムが、前記第1の歯車の画像を画像処理して前記第1の歯車の領域を検出し、検出された前記第1の歯車の領域に基づき、前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得する第1の画像処理手段を備えている、請求項1記載の歯車機構の組立装置。
- [請求項3] 前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、
- 前記第1の画像処理手段は、前記第1の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置

とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点に最も近い位置にある谷部分の重心に向かう方向を前記第1の歯車の位相として特定する、請求項2記載の歯車機構の組立装置。

[請求項4] 前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、

前記第1の画像処理手段は、前記第1の歯車の領域に基づき、前記第1の撮像装置の撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点からの前記外接円上の長さが、前記円弧において前記接点に最も近い位置に存在する谷部分の重心と前記接点との間の前記円弧の円周上の長さと同しくなる前記外接円の円周上の点に向かう方向を前記第1の歯車の位相として特定する、請求項2記載の歯車機構の組立装置。

[請求項5] 前記画像処理システムが、前記第2の歯車の画像を画像処理して前記第2の歯車の領域を検出し、検出された前記第2の歯車の領域に基づき、前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置、および前記第2の歯車の位相を取得する第2の画像処理手段を備えている、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の歯車機構の組立装置。

[請求項6] 前記第2の画像処理手段により取得された前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に基づき、前記第2の歯車の軸心方向を取得し、前記第2の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第2の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、請求項5記載の歯車機構の組立装置。

[請求項7] 前記第2の画像処理手段により前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を取得した後、前記ハンドを予め設定さ

れた角度回転させて、前記第2の撮像装置により前記第2の歯車を再度撮像し、再度の撮像画像に基づき前記第2の画像処理手段により前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を再度取得し、それら前後2回にわたって取得した前記第2の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に関する情報に基づき、前記第2の歯車の軸心方向を取得し、前記第2の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第2の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、請求項6記載の歯車機構の組立装置。

[請求項8] 前記第二の歯車は、モータの出力軸に設けられており、  
前記ハンドは、前記モータを把持するように構成されており、  
前記モータが装着される対象物までの距離を測定するための光学センサが前記ハンドに設けられている、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の歯車機構の組立装置。

[請求項9] 前記歯車機構は、遊星歯車機構であり、前記第1の歯車が前記遊星歯車機構の遊星歯車であり、前記第2の歯車が前記遊星歯車機構の太陽歯車である、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の歯車機構の組立装置。

[請求項10] ロボットを用いて第1の歯車に第2の歯車を嵌め合わせて歯車機構を組み立てる歯車機構の組立方法であって、  
前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得する第1の歯車計測工程と、  
前記第2の歯車の位相および歯車軸の位置を取得する第2の歯車計測工程と、を備え、  
前記第1の歯車計測工程および前記第2の歯車計測工程により取得された情報に基づいて前記ロボットを制御して、前記ロボットのハンドに保持されている前記第2の歯車の前記歯車軸を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置に位置合わせするとともに、前

記第2の歯車の位相を前記第1の歯車の位相に位置合わせすることにより、前記ロボットを用いて前記歯車機構を組み立てる、歯車機構の組立方法。

[請求項11] 前記第1の歯車計測工程が、前記ハンドに設けられた撮像装置を用いて前記第1の歯車の画像を取得して画像処理を行う第1の画像処理工程を有し、

前記第1の画像処理工程が、前記第1の歯車の画像を画像処理して前記第1の歯車の領域を検出し、検出された前記第1の歯車の領域に基づき、前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置および前記第1の歯車の位相を取得するように構成されている、請求項10記載の歯車機構の組立方法。

[請求項12] 前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、

前記第1の画像処理工程において、前記第1の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点に最も近い位置にある谷部分の重心に向かう方向を前記第1の歯車の位相として特定する、請求項11記載の歯車機構の組立方法。

[請求項13] 前記第1の歯車は、複数の遊星歯車を有し、

前記第1の画像処理工程において、前記第1の歯車の領域に基づき、撮像画像に含まれる前記複数の遊星歯車についての谷部分を抽出し、抽出された前記谷部分の重心を円周上の点とする複数の円弧に外接する外接円の中心を前記第1の歯車における前記第2の歯車の嵌め込み位置とすると共に、前記外接円の中心を基準として、前記複数の円弧のいずれかにおける前記外接円との接点からの外接円上の長さが、前記円弧において前記接点に最も近い位置に存在する谷部分の重心と

前記接点との間の前記円弧の円周上の長さと同しくなる前記外接円の円周上の点に向かう方向を前記第 1 の歯車の位相として特定する、請求項 1 1 記載の歯車機構の組立方法。

[請求項14] 前記第 2 の歯車計測工程が、前記第 2 の歯車の画像を取得して画像処理する第 2 の画像処理工程を有し、

前記第 2 の画像処理工程が、前記第 2 の歯車の画像を画像処理して前記第 2 の歯車の領域を検出し、検出された前記第 2 の歯車の領域に基づき、前記第 2 の歯車の歯車軸の先端部の位置および根元部の位置、および前記第 2 の歯車の位相を取得する、請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の歯車機構の組立方法。

[請求項15] 前記第 2 の画像処理工程により取得された前記第 2 の歯車の歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に基づき、前記第 2 の歯車の軸心方向を取得し、前記第 2 の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第 2 の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、請求項 1 4 記載の歯車機構の組立方法。

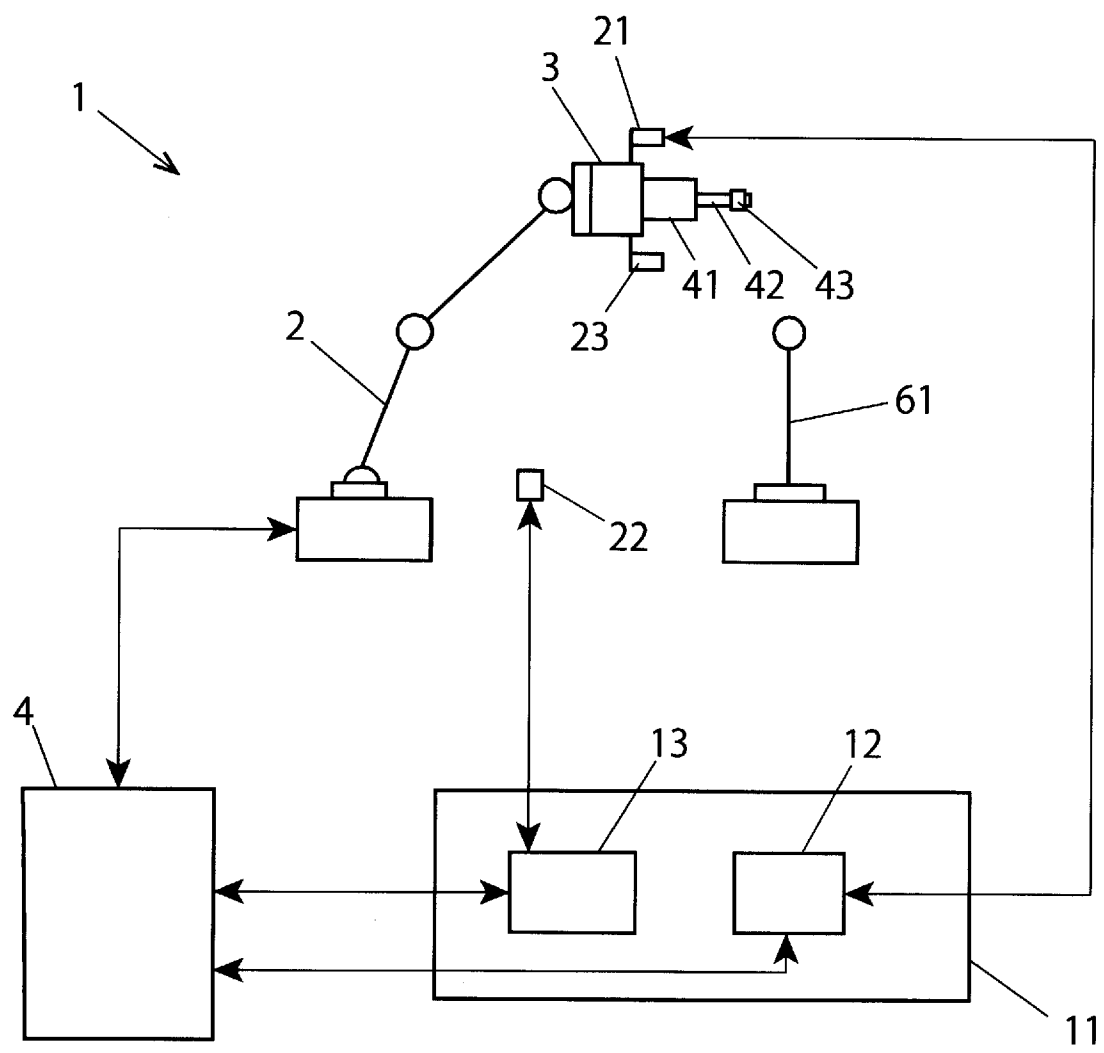
[請求項16] 前記第 2 の歯車計測工程において前記第 2 の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を取得した後、前記ハンドを予め設定された角度回転させて、前記第 2 の歯車を再度撮像し、再度の撮像画像に基づき前記第 2 の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置を再度取得し、それら前後 2 回にわたって取得した前記第 2 の歯車の前記歯車軸の先端部の位置および根元部の位置に関する情報に基づき、前記第 2 の歯車の軸心方向を取得し、前記第 2 の歯車の前記軸心方向に基づき、前記ハンドによる前記第 2 の歯車の保持位置のずれを修正するように前記ロボットを制御する、請求項 1 5 記載の歯車機構の組立方法。

[請求項17] 前記第二の歯車は、モータの出力軸に設けられており、  
前記ハンドは、前記モータを把持するように構成されており、  
前記モータが装着される対象物までの距離を、前記ハンドに設けら

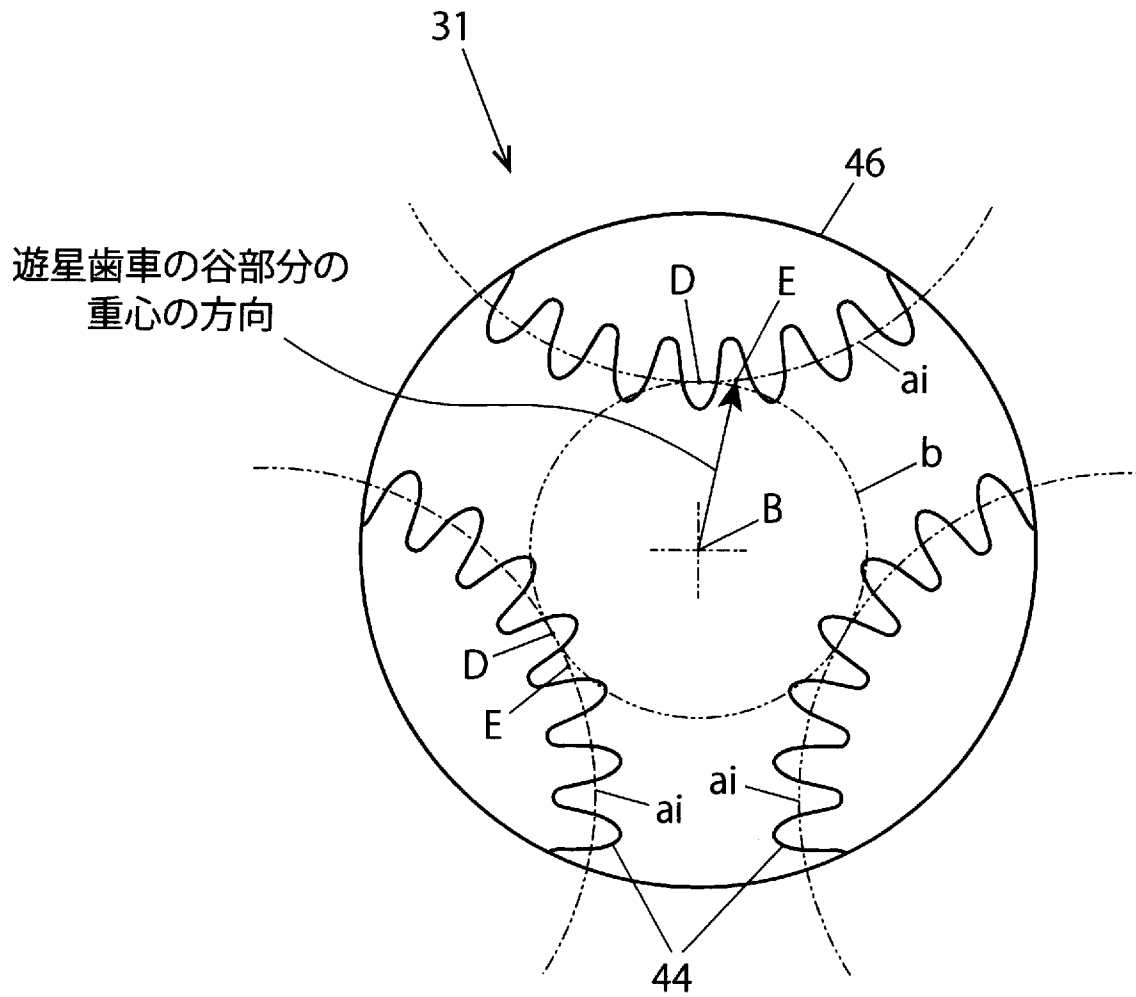
れた光学センサによって計測し、その計測結果に基づいて前記対象物におけるベース座標系を生成する、請求項 10 乃至 16 のいずれか一項に記載の歯車機構の組立方法。

[請求項18] 前記歯車機構は、遊星歯車機構であり、前記第 1 の歯車が前記遊星歯車機構の遊星歯車であり、前記第 2 の歯車が前記遊星歯車機構の太陽歯車である、請求項 10 乃至 17 のいずれか一項に記載の歯車機構の組立方法。

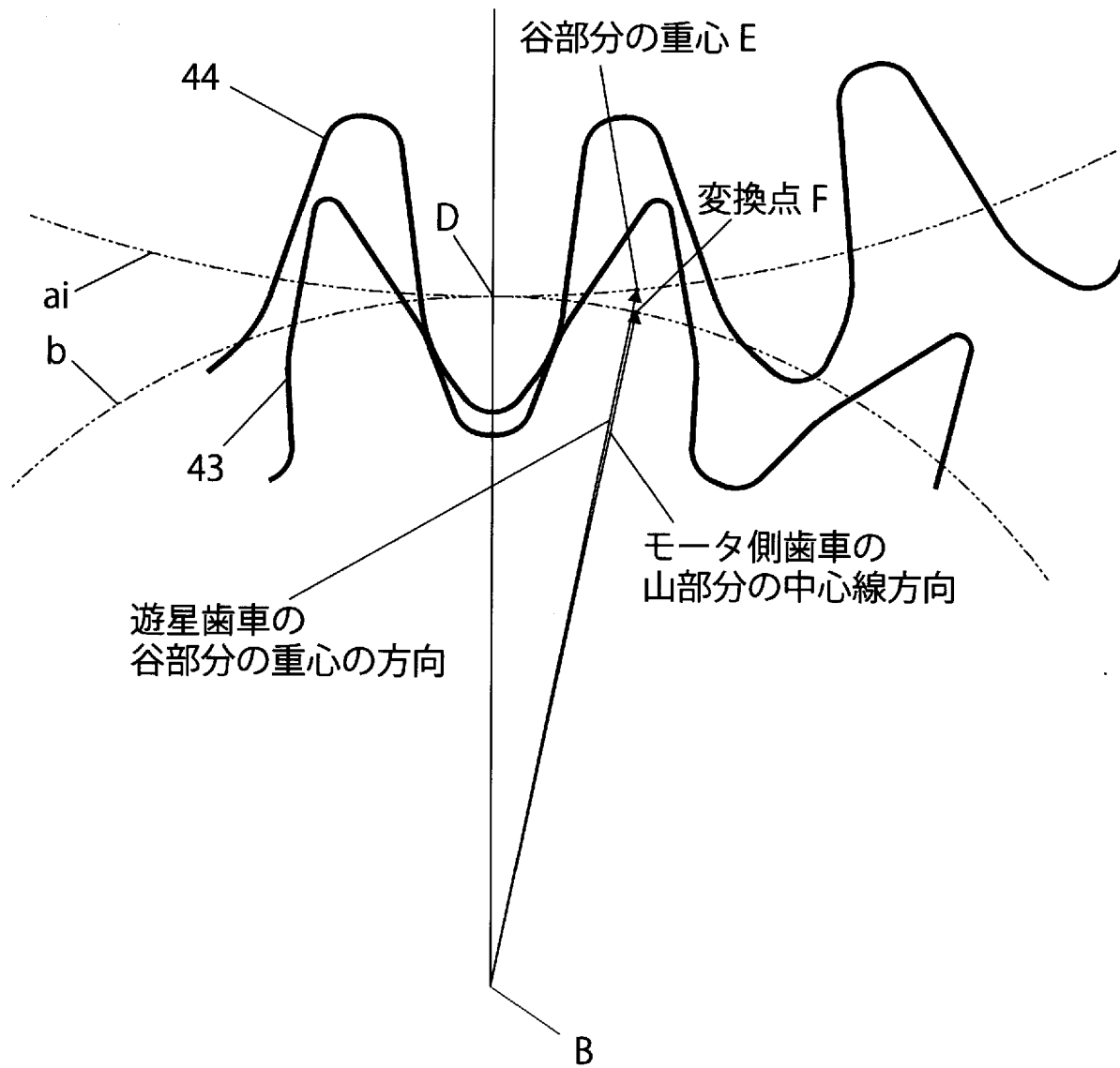
[図1]



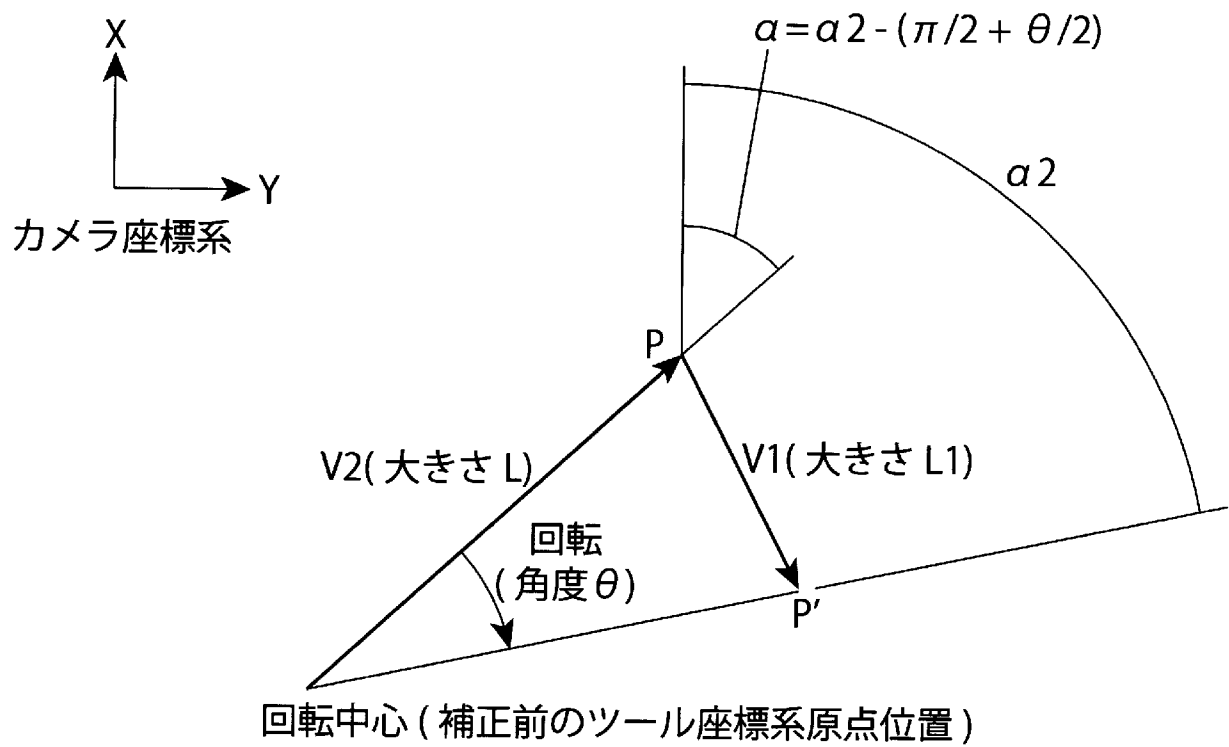
[図2]



[図3]



[図4]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/064201

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23P21/00(2006.01)i, B23P19/04(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)i, F16H57/031(2012.01)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)

B23P21/00, B23P19/04, B25J13/08, F16H57/031

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 | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

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<br>A    | JP 2012-232369 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.),<br>29 November 2012 (29.11.2012),<br>paragraphs [0039] to [0091]; fig. 1 to 10<br>(Family: none)                  | 10, 18<br>1-9, 11-17    |
| Y<br>A    | JP 2854677 B2 (Hitachi, Ltd.),<br>03 February 1999 (03.02.1999),<br>page 4, right column, line 45 to page 6, right<br>column, line 11; fig. 1 to 17<br>(Family: none) | 10, 17-18<br>1-9, 11-16 |
| Y<br>A    | JP 4685804 B2 (Honda Motor Co., Ltd.),<br>18 May 2011 (18.05.2011),<br>paragraphs [0054] to [0067]; fig. 13 to 19<br>(Family: none)                                   | 17<br>1-16, 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  
27 July 2016 (27.07.16)

Date of mailing of the international search report  
09 August 2016 (09.08.16)

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/JP2016/064201

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2-185331 A (Hitachi, Ltd.),<br>19 July 1990 (19.07.1990),<br>page 3, upper right column, line 13 to lower<br>right column, line 5; fig. 1 to 5<br>(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. B23P21/00(2006.01)i, B23P19/04(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)i, F16H57/031(2012.01)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. B23P21/00, B23P19/04, B25J13/08, F16H57/031

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 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016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<br>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<br>請求項の番号                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Y<br>A          | JP 2012-232369 A (川崎重工業株式会社) 2012.11.29,<br>第39-91段落及び図1-10 (ファミリーなし)            | 10, 18<br>1-9, 11<br>-17        |
| Y<br>A          | JP 2854677 B2 (株式会社日立製作所) 1999.02.03,<br>第4頁右欄第45行-第6頁右欄第11行及び図1-17<br>(ファミリーなし) | 10, 17-<br>18<br>1-9, 11<br>-16 |

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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.07.2016

国際調査報告の発送日

09.08.2016

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)

大塚 多佳子

3 F

3731

電話番号 03-3581-1101 内線 3351

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                             |                        |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号         |
| Y<br>A                | JP 4685804 B2 (本田技研工業株式会社) 2011. 05. 18,<br>第 5 4 - 6 7 段落及び図 1 3 - 1 9 (ファミリーなし)           | 1 7<br>1 - 1 6, 1<br>8 |
| A                     | JP 2-185331 A (株式会社日立製作所) 1990. 07. 19,<br>第 3 頁右上欄第 1 3 行 - 右下欄第 5 行及び図 1 - 5<br>(ファミリーなし) | 1 - 1 8                |