

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7585539号
(P7585539)

(45)発行日 令和6年11月18日(2024.11.18)

(24)登録日 令和6年11月8日(2024.11.8)

(51)国際特許分類		F I	
B 2 3 Q	17/00 (2006.01)	B 2 3 Q	17/00 A
B 2 3 Q	7/00 (2006.01)	B 2 3 Q	7/00 G
B 2 3 Q	1/01 (2006.01)	B 2 3 Q	7/00 M
B 2 3 Q	1/52 (2006.01)	B 2 3 Q	1/01 T
B 2 3 Q	15/26 (2006.01)	B 2 3 Q	1/52
請求項の数 6 (全30頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2024-46292(P2024-46292)	(73)特許権者	000154990 株式会社牧野フライス製作所 東京都目黒区中根2丁目3番19号
(22)出願日	令和6年3月22日(2024.3.22)	(74)代理人	100099759 弁理士 青木 篤
審査請求日	令和6年3月22日(2024.3.22)	(74)代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
		(74)代理人	100160705 弁理士 伊藤 健太郎
		(74)代理人	100227835 弁理士 小川 剛孝
		(72)発明者	渡邊 大輔 山梨県南都留郡富士河口湖町勝山356 0番地1 株式会社牧野フライス製作所内
		審査官	亀田 貴志 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 推定装置、推定方法及び工作機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークが取付けられたパレットの質量及び重心位置の推定装置であって、ベースと、

前記ベースに取り付けられ、水平方向に延在する回転中心軸周りに前記パレットを回転可能かつ負荷を取得可能に構成された駆動部と、

前記駆動部に回転可能に取り付けられ、前記ワークを組付ける上面を有する前記パレットを保持し、前記パレットの前記上面を水平面側へ移動した水平状態と前記パレットの前記上面を鉛直面側へ移動した直立状態との間を含むアーム回転範囲内で姿勢変更するためのアームと、

前記アームを単独で、前記アーム回転範囲内の第1のアーム位置へと回転したときに前記駆動部に作用する第1の基準負荷と、前記第1のアーム位置とは異なる前記アーム回転範囲内の第2のアーム位置へと回転したときに前記駆動部に作用する第2の基準負荷と、前記水平状態における前記パレットのパレット中央部分と前記駆動部の前記回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、を記憶する記憶部と、

前記アームによって保持した前記パレットを前記アーム回転範囲内の第1のアーム位置へと姿勢変更したときに前記駆動部に作用する第1の負荷、及び、前記アーム回転範囲内の第2のアーム位置へと姿勢変更したときに前記駆動部に作用する第2の負荷を取得し、少なくとも前記基準距離、前記第1の基準負荷、前記第2の基準負荷、前記第1の負荷、及び、前記第2の負荷に基づいて前記パレットの質量及び重心位置を推定する推定部と、

を備える、推定装置。

【請求項 2】

ワークが取付けられたパレットの質量及び重心位置の推定方法であって、

負荷を取得可能に構成された駆動部に回動可能に取り付けられたアームによって、前記ワークを組付ける上面を有する前記パレットを保持し、前記パレットの前記上面を水平面側へ移動した水平状態と、前記パレットの前記上面を鉛直面側へ移動した直立状態との間を含むアーム回転範囲内で姿勢変更することと、

前記アームを単独で、前記アーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと回動したときに、前記駆動部に作用する第 1 の基準負荷を取得することと、

前記アームを単独で、前記アーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと回動したときに、前記駆動部に作用する第 2 の基準負荷を取得することと、

10

前記アームによって保持した前記パレットを前記アーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと姿勢変更したときに前記駆動部に作用する第 1 の負荷を取得することと、

前記アームによって保持した前記パレットを前記アーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと姿勢変更したときに前記駆動部に作用する第 2 の負荷を取得することと、

前記水平状態における前記パレットのパレット中央部分と前記駆動部の回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、少なくとも前記第 1 の基準負荷、前記第 2 の基準負荷、前記第 1 の負荷、及び、前記第 2 の負荷に基づいて前記パレットの質量及び重心位置を推定することと、

を含む、パレットの質量及び重心位置の推定方法。

20

【請求項 3】

工具を装着する主軸と、

前記ワークが組付けられた前記パレットを前記アームから受け取り、前記直立状態で取付け可能なテーブルと、

前記テーブルを支持するテーブル支持部、第 1 のアクチュエータ取付部、及び、第 2 のアクチュエータ取付部が一体で形成されたハウジングと、

前記第 1 のアクチュエータ取付部及び前記第 2 のアクチュエータ取付部に取り付けられ、前記第 1 のアクチュエータ取付部及び前記第 2 のアクチュエータ取付部に、前記ハウジングに対して離反又は接近する方向に力を作用し、前記ハウジングを弾性変形させるアクチュエータと、

30

請求項 1 に記載の推定装置と、

前記推定装置によって推定した前記パレットの質量及び重心位置に基づいて、前記アクチュエータが前記第 1 のアクチュエータ取付部及び前記第 2 のアクチュエータ取付部に作用する調整力を計算する計算部と、

第 1 のアクチュエータ取付部及び前記第 2 のアクチュエータ取付部に計算した前記調整力が作用するように前記アクチュエータを作動し、前記ハウジングを弾性変形させて前記テーブル支持部の位置又は姿勢を変化させることによって、前記テーブルの位置を制御するテーブル位置制御装置と、

を備える、工作機械。

【請求項 4】

40

前記テーブルは、前記パレットを取り付けた状態で回転可能、かつ、負荷を取得可能に構成され、

前記推定部は、第 1 のテーブル回転位置において前記パレットを取り付けた前記テーブルに作用する第 1 のテーブル負荷、及び、第 1 のテーブル回転位置から前記テーブルを 90 度回転した第 2 のテーブル回転位置において前記パレットを取り付けた前記テーブルに作用する第 2 のテーブル負荷を取得し、

前記基準距離、前記第 1 の基準負荷、前記第 2 の基準負荷、前記第 1 の負荷、前記第 2 の負荷、前記第 1 のテーブル負荷、及び、前記第 2 のテーブル負荷に基づいて前記パレットの質量及び重心位置を推定する、請求項 3 に記載の工作機械。

【請求項 5】

50

前記推定装置は、前記推定した前記パレットの質量が、前記記憶部に記憶されたテーブル取付け可能上限質量、又は、前記アームの保持可能上限質量を超過する場合に、超過している旨を報知する報知部を備える、請求項 3 又は請求項 4 に記載の工作機械。

【請求項 6】

前記推定装置は、前記推定した前記パレットの質量と前記パレットの重心位置に応じて、前記アーム及び前記工作機械の送り軸の動作の速度及び／又は加速度を制御するように構成されている、請求項 3 又は請求項 4 に記載の工作機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、推定装置、推定方法及び工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、工作機械（マシニングセンタ）のパレット交換装置（APC：Automatic Pallet Changer）によるワーク重量検出方法が開示されている。この方法によれば、パレット昇降サーボモータの負荷に基づいてワークの重量を計算し、計算した重量に合わせてパレット昇降サーボモータの加速度やサーボループゲインを最適化することができる。しかしながら、ワークの加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させるためには、ワークの重量だけではなく重心位置も検出することが望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2020 - 196105 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記事情に鑑み、ワークの加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させるために、部品点数を増やすことなくワークが取り付けられたパレットの質量及び重心位置を精度よく推定する工作機械の推定装置及び推定方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一の態様によれば、ワークが取付けられたパレットの質量及び重心位置の推定装置であって、ベースと、ベースに取り付けられ、水平方向に延在する回転中心軸周りにパレットを回転可能かつ負荷を取得可能に構成された駆動部と、駆動部に回転可能に取り付けられ、ワークを組付ける上面を有するパレットを保持し、パレットの上面を水平面側へ移動した水平状態とパレットの上面を鉛直面側へ移動した直立状態との間を含むアーム回転範囲内で姿勢変更するためのアームと、アームを単独で、アーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと回転したときに駆動部に作用する第 1 の基準負荷と、第 1 のアーム位置とは異なるアーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと回転したときに駆動部に作用する第 2 の基準負荷と、水平状態におけるパレットのパレット中央部分と駆動部の回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、を記憶する記憶部と、アームによって保持したパレットをアーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第 1 の負荷、及び、アーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第 2 の負荷を取得し、少なくとも基準距離、第 1 の基準負荷、第 2 の基準負荷、第 1 の負荷、及び、第 2 の負荷に基づいてパレットの質量及び重心位置を推定する推定部と、を備える、推定装置が提供される。

【0006】

本発明の一の態様によれば、ワークが取付けられたパレットの質量及び重心位置の推定方法であって、負荷を取得可能に構成された駆動部に回転可能に取り付けられたアームによって、ワークを組付ける上面を有するパレットを保持し、パレットの上面を水平面側へ

10

20

30

40

50

移動した水平状態と、パレットの上面を鉛直面側へ移動した直立状態との間を含むアーム回転範囲内で姿勢変更することと、アームを単独で、アーム回転範囲内の第1のアーム位置へと回転したときに、駆動部に作用する第1の基準負荷を取得することと、アームを単独で、アーム回転範囲内の第2のアーム位置へと回転したときに、駆動部に作用する第2の基準負荷を取得することと、アームによって保持したパレットをアーム回転範囲内の第1のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第1の負荷を取得することと、アームによって保持したパレットをアーム回転範囲内の第2のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第2の負荷を取得することと、水平状態におけるパレットのパレット中央部分と駆動部の回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、少なくとも第1の基準負荷、第2の基準負荷、第1の負荷、及び、第2の負荷に基づいてパレットの質量及び重心位置を推定すること、を含む、パレットの質量及び重心位置の推定方法が提供される。

10

【0007】

本発明の一の態様によれば、工具を装着する主軸と、ワークが組付けられたパレットをアームから受け取り、直立状態で取付け可能なテーブルと、テーブルを支持するテーブル支持部、第1のアクチュエータ取付部、及び、第2のアクチュエータ取付部が一体で形成されたハウジングと、第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に取り付けられ、第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に、ハウジングに対して離反又は接近する方向に力を作用し、ハウジングを弾性変形させるアクチュエータと、本発明の一の態様に係る推定装置と、推定装置によって推定したパレットの質量及び重心位置に基づいて、アクチュエータが第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に作用する調整力を計算する計算部と、第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に計算した調整力が作用するようにアクチュエータを作動し、ハウジングを弾性変形させてテーブル支持部の位置又は姿勢を変化させることによって、テーブルの位置を制御するテーブル位置制御装置と、を備える、工作機械が提供される。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明の一の態様に係る推定装置は、アームを単独で、第1のアーム位置へと回転したときに駆動部に作用する第1の基準負荷と、第2のアーム位置へと回転したときに駆動部に作用する第2の基準負荷と、水平状態におけるパレットのパレット中央部分と駆動部の回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、を記憶する記憶部を備える。また、推定装置は、アームによって保持したパレットをアーム回転範囲内の第1のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第1の負荷及び第2のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第2の負荷を取得し、少なくとも基準距離、第1の基準負荷、第2の基準負荷、第1の負荷、及び、第2の負荷に基づいてパレットの質量及び重心位置を推定する推定部を備える。このため、駆動部及びアームを用いてパレットの質量及び重心位置を推定することができ、部品点数を増やすことなくワークが取り付けられたパレットの質量及び重心位置を精度よく推定することができる。これによって、ワークの取付け位置の確認及び調整を容易にし、また工作機械の作動を制御して、ワークの加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させることができる。

30

40

【0009】

本発明の一の態様に係る推定方法によると、アームを単独で、アーム回転範囲内の第1のアーム位置へと回転したときに、駆動部に作用する第1の基準負荷を取得し、第2のアーム位置へと回転したときに、駆動部に作用する第2の基準負荷を取得することができる。また、アームによって保持したパレットをアーム回転範囲内の第1のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第1の負荷を取得し、第2のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部に作用する第2の負荷を取得することができる。さらに、水平状態におけるパレットのパレット中央部分と駆動部の回転中心軸との水平方向距離となる基準距離と、少なくとも第1の基準負荷、第2の基準負荷、第1の負荷、及び、第2の負荷に基づ

50

いてパレットの質量及び重心位置を推定することができる。このため、駆動部及びアームを用いてパレットの質量及び重心位置を推定することができ、部品点数を増やすことなくワークが取り付けられたパレットの質量及び重心位置を精度よく推定することができる。これによって、ワークの取付け位置の確認及び調整を容易にし、また工作機械の作動を制御して、ワークの加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の一の態様に係る工作機械によると、本発明の一の態様に係る推定装置を備えるため、駆動部及びアームを用いてパレットの質量及び重心位置を推定することができ、部品点数を増やすことなくワークが取り付けられたパレットの質量及び重心位置を精度よく推定することができる。さらに、工作機械は、アクチュエータと、推定装置によって推定したパレットの質量及び重心位置に基づいて、アクチュエータが第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に作用する調整力を計算する計算部とを備える。また、工作機械は、第1のアクチュエータ取付部及び第2のアクチュエータ取付部に、計算された調整力が作用するようにアクチュエータを作動し、ハウジングを弾性変形させてテーブル支持部の位置又は姿勢を変化させることによって、テーブルの位置を制御するテーブル位置制御装置を備える。これによって、ワークの取付け位置の確認及び調整をさらに容易にし、また工作機械の作動を制御して、ワークの加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図1】図1は、本実施形態に係る推定装置を備える工作機械の平面図を示す。

【図2】図2は、本実施形態に係る推定装置の斜視図を示す。

【図3】図3は、パレット係合位置においてピンに係合したフィンガをアームの長手方向から見た図を示す。

【図4】図4は、本実施形態に係る工作機械のブロック図を示す。

【図5】図5(a)は、第1の負荷を取得する際のアームの側面図を示し、図5(b)は、第1の基準負荷を取得する際のアームの側面図を示す。

【図6】図6(a)は、第2の負荷を取得する際のアームの側面図を示し、図6(b)は、第2の基準負荷を取得する際のアームの側面図を示す。

【図7A】図7Aは、アームが水平面に対して θ_1 度だけ傾斜した位置において負荷を取得する際のアームの側面図を示す。

【図7B】図7Bは、アームが水平面に対して θ_2 度だけ傾斜した位置において負荷を取得する際のアームの側面図を示す。

【図8a - 8b】図8aは、重心位置とパレット中央とが一致しない場合の第1の負荷を取得する際のアームの側面図を示し、図8bは、第2の負荷を取得する際のアームの側面図を示す。

【図8c - 8d】図8cは、第1のテーブル負荷を取得する際のテーブルの正面図を示し、図8dは、第2のテーブル負荷を取得する際のテーブルの正面図を示す。

【図9】図9は、テーブルの位置制御のフローチャートを示す。

【図10】図10は、工作機械の外側から搬入したパレットの側面図を示す。

【図11】図11は、係合位置まで回動してパレットに対して位置決めしたアームの側面図を示す。

【図12】図12は、パレット係合位置へと作動したフィンガをピンに係合させたパレットの側面図を示す。

【図13】図13は、直立状態へ姿勢変更したパレットの側面図を示す。

【図14】図14は、APCアームに保持されたパレットの側面図を示す。

【図15】図15は、直立状態においてフィンガがパレット係合解除位置へと作動したパレットの側面図を示す。

【図16】図16は、待機位置まで回動したアームの側面図を示す。

【図17】図17は、APCアームによって入れ替えた第2のパレットの側面図を示す。

10

20

30

40

50

【図 18】図 18 は、入れ替えたパレットを取り付ける C 軸ロータリテーブルの側面図を示す。

【図 19】図 19 は、パレットを C 軸ロータリテーブルへ引き渡す A P C アームの側面図を示す。

【図 20】図 20 は、自重によって傾斜するパレット及びワークの側面図を示す。

【図 21】図 21 は、たおれ補正をするためにアクチュエータが作動する C 軸ロータリテーブルの側面図を示す。

【図 22】図 22 は、加工を行うために主軸側へ向けて回動した C 軸ロータリテーブルの側面図を示す。

【発明を実施するための形態】

10

【0012】

以下、添付図面を参照して、実施形態に係る推定装置を備えた工作機械について説明する。同様な又は対応する要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。理解を容易にするために、図の縮尺を変更して説明する場合がある。

【0013】

図 1 に、本実施形態に係る推定装置としてのパレット姿勢変更装置 42 を備える工作機械 10 の概略的な平面図を示す。工作機械 10 は、加工によって生じる切りくずの飛散等を防止するためのスプラッシュガード 16 に覆われている。また、スプラッシュガード 16 内部は、鉛直方向に平行な回転軸 R 2 周り（図 2 参照）に回転可能（旋回可能）に配置された旋回扉 46 によって、加工室 12 と段取り室 14 とに仕切られている。さらに、スプラッシュガード 16 には、作業者 W K（図 4 参照）が外部から加工室 12 及び段取り室 14 内部へアクセスできるように、オペレータ扉 12 a 及び段取り室扉 14 a がそれぞれ取り付けられている。

20

【0014】

加工室 12 内には、被加工物としてのワーク W 1、W 2（図 10 及び図 17 参照）を加工するための主軸 26、テーブルとしての C 軸ロータリテーブル 36 などの機器が配置されている。工作機械 10 を設置する工場等の床面に配置されるベッド 18 の上面には、左右方向、すなわち X 軸方向に沿って延在する一対の X 軸直動ガイド 30 が配置され、X 軸直動ガイド 30 上には、これに沿って往復動可能なコラム 22 が立設配置されている。また、工作機械 10 は、コラム 22 の前面に、鉛直方向（Y 軸方向、図 1 の紙面に対して垂直方向）に沿って延在する一対の Y 軸直動ガイド（図示省略）を備え、Y 軸直動ガイドには、これに沿って往復動可能なサドル 24 が配置されている。サドル 24 の前方側には、水平方向に沿った中心軸周りに回転可能に構成された主軸 26 が配置されている。さらに、主軸 26 の前方側（段取り室 14 側）には、ワーク W 1、W 2 を加工するための工具 28 が脱着可能に取り付けられている。工作機械 10 は、主軸 26 と電氣的に接続され、加工を制御するための N C 装置（図示省略）を備えており、工具 28 を用いたワーク W 1、W 2 の加工を制御可能に構成されている。

30

【0015】

工作機械 10 の主軸 26 の前方側には、ベッド 18 の上面に前後方向、すなわち Z 軸方向に沿って延在する一対の Z 軸直動ガイド 38 を備え、Z 軸直動ガイド 38 上には、これに沿って往復動可能な Z 軸テーブル 32 が配置されている。また、Z 軸テーブル 32 上には、鉛直方向に平行な回転軸周り（B 軸周り）に回転可能に構成された B 軸ロータリテーブル 34 が配置されている。さらに、B 軸ロータリテーブル 34 上には、取り付けられるパレット 76（第 1 のパレット）の上面 76 a（図 2 参照）が鉛直面側にある直立状態となるように構成されたテーブルとしての C 軸ロータリテーブル 36 が配置されている。C 軸ロータリテーブル 36 は、また、取り付けたワーク W 1、W 2 及びパレット 76 を水平方向に沿った中心軸周り（C 軸周り）に回転可能に構成されている。このように、Z 軸テーブル 32、B 軸ロータリテーブル 34 及び C 軸ロータリテーブル 36 によって、ワーク W 1、W 2 と工具 28 との位置合わせをすることができる。さらに、工作機械 10 は、コラム 22 を X 軸直動ガイド 30 に沿って駆動させるための X 軸送り装置、サドル 24 を Y

40

50

軸直動ガイドに沿って駆動させるためのＹ軸送り装置、及び、Ｚ軸テーブル３２をＺ軸直動ガイド３８に沿って駆動させるためのＺ軸送り装置（いずれも図示省略）を備える。

【００１６】

図４及び図１８に示すように、Ｃ軸ロータリテーブル３６は、テーブル３６ｄ、テーブル３６ｄの回転軸を支持するテーブル支持部３６ｃ、Ｃ軸ロータリテーブル３６の背面側に配置された第１のアクチュエータ取付部３６ａ及び第２のアクチュエータ取付部３６ｂが一体で形成されたハウジング３６ｅを備える。Ｃ軸ロータリテーブル３６のテーブル３６ｄの回転中心軸ＣＣ（図８ｃ参照）は水平方向に沿って延在し、第１のアクチュエータ取付部３６ａは、Ｃ軸ロータリテーブル３６の下方側で水平方向に沿って延在し、第２のアクチュエータ取付部３６ｂは、Ｃ軸ロータリテーブル３６の上方側で水平方向に沿って延在する。第１のアクチュエータ取付部３６ａと回転中心軸ＣＣとの鉛直方向の間隔と第２のアクチュエータ取付部３６ｂと回転中心軸ＣＣとの鉛直方向の間隔は同一になるように構成されている。また、Ｃ軸ロータリテーブル３６の背面側には、回転中心軸ＣＣと直交するように鉛直方向に沿って延在するアクチュエータ３５が、第１のアクチュエータ取付部３６ａ及び第２のアクチュエータ取付部３６ｂを介して取り付けられている。アクチュエータ３５は、ここでは引き込み型の油圧シリンダであり、第１のアクチュエータ取付部３６ａ及び第２のアクチュエータ取付部３６ｂに、ハウジング３６ｅに対して離反又は接近する方向に力を作用し、ハウジング３６ｅを弾性変形させるように構成されている。また、テーブル３６ｄは、内蔵するサーボモータ３６ｆによって回転可能に構成されており、サーボモータ３６ｆは、回転位置を検出するように構成されたエンコーダ３６ｇを有し、サーボモータ３６ｆに電力を供給すると共にエンコーダ３６ｇから回転位置を検出するように構成されたサーボアンプ３６ｈに電氣的に接続されている。なお、ここでは、アクチュエータ３５は一体で形成されているものとして説明するが、これに限らず、例えば、アクチュエータは、第１のアクチュエータ取付部側と第２のアクチュエータ取付部側に分割した複数のユニットで形成されてもよい。テーブル支持部３６ｃは、軸受などで構成することができる。

【００１７】

図１に示すように、段取り室１４内には、加工前のワークＷ１をパレット７６に取付け（組付け）、加工後のワークＷ２を取り外すといった段取りを行うための段取りステーション４０が配置されている。段取りステーション４０は、パレット７６に取付けられたワークＷ１、Ｗ２の姿勢を変更するためのパレット姿勢変更装置４２を備える。また、段取りステーション４０は、パレット７６並びにパレット７６に取付けられたワークＷ１、Ｗ２及び／又は治具の何れかに、油、エア、切削液を含む媒体を供給する媒体供給部８０を備える。媒体供給部８０は、パレット７６の下面７６ｂ（図２参照）に取り付けられたカブラ（図示省略）を介して媒体を供給するように構成されている。

【００１８】

加工室１２と段取り室１４とを仕切る旋回扉４６は、スブラッシュガード１６の側壁間を鉛直方向に沿って延在し、スブラッシュガード１６の側壁の下方側に配置された旋回扉保持部４８に載置されている。具体的には、旋回扉４６及び旋回扉保持部４８の双方に形成された嵌め合い部分（図示省略）が嵌め合わされた状態で載置されている。また、旋回扉４６は、機械正面から見て左右方向、すなわち、Ｘ軸方向を幅方向とする。旋回扉４６の下方側には、旋回扉４６とは別個に、又は、旋回扉４６と連動して、鉛直方向（Ｙ軸方向）に平行な旋回軸Ｒ１周りに旋回可能に構成されたパレット交換装置４４が配置されている。パレット交換装置４４は、段取り室１４と加工室１２との間で加工前のワークＷ１及び加工後のワークＷ２を受渡しするために、鉛直方向（Ｙ軸方向）に平行な旋回軸Ｒ１周りに旋回可能（回転可能）に配置された旋回アームとしてのＡＰＣアーム５０と、ＡＰＣアーム５０を旋回させるための旋回駆動部としてのＡＰＣアーム駆動機構５６とを備える。また、ＡＰＣアーム５０は、ＡＰＣアーム駆動機構５６によって、鉛直方向（図２のＹ１方向）に沿って上下動可能に構成されている。ＡＰＣアーム駆動機構５６は、油圧シリンダ、空圧シリンダ、又は、細かい作動設定及び調整を可能にするサーボモータといっ

10

20

30

40

50

たアクチュエータ（図示省略）を有しており、アクチュエータによってＡＰＣアーム５０を回転させ、上下動させる。また、アクチュエータは、工作機械１０に配置された制御装置１００（図４参照）によって制御可能に構成されている。なお、回転扉保持部４８は、スプラッシュガード１６の側壁の下方側に配置されているとして説明したが、これに限らず、回転扉保持部は、ベッド、又は、床面に直接設置されてもよい。また、回転扉保持部は、ＡＰＣアームが下降し、回転扉と係合していないときに、ＡＰＣアームに代えて回転扉の回転方向及び重力方向の動きを規制できればよい。また、嵌め合い部分以外の態様によって回転扉を保持してもよい。

【００１９】

ＡＰＣアーム５０は、ワークＷ１、Ｗ２の受け渡しをしないときは、格納位置として、その長手方向を回転扉４６の幅方向、すなわち、Ｘ軸方向に沿うように位置付けられて格納される。また、回転扉４６の下方側には、その下方側（鉛直方向下側）へ向かうにつれて、段取りステーション４０及び加工室１２の側（Ｚ軸方向前方側及び後方側）へ向けて延在する傾斜面を有する切りくずカバー５２が形成されている。切りくずカバー５２は、回転扉４６と係合したＡＰＣアーム５０を上方側から覆うように形成されており、加工室１２における加工によって生じた切りくず等がＡＰＣアーム５０に付着することを防止又は抑制することができる。

【００２０】

図２に示すように、ＡＰＣアーム５０は、その長手方向の両端部に、パレット７６を保持するための第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４を備える。第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４は、ＡＰＣアーム５０の幅方向両端部に柱状部材を有し、ＡＰＣアーム５０の長手方向から見て凹形状である。パレット７６のＡＰＣアーム５０と対向する側面となる当接側面７６ｄには、保持部材７６ｆが取り付けられており、保持部材７６ｆは、第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４の凹形状部分に嵌め込むことができる寸法の板状に形成されている。このため、パレット７６が直立状態にあるときには、保持部材７６ｆが第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４の凹形状部分に嵌め込まれると共に、第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４の両端部の柱状部材の上面がパレット７６の当接側面７６ｄと当接する。これによって、ＡＰＣアーム５０は、パレット７６を支持し、直立状態のパレット７６及びこれに組付けられた治具９６及びワークＷ１、Ｗ２（図１０及び図１７参照）を保持することができる。

【００２１】

なお、ここでは、ＡＰＣアーム５０の第１のパレット保持部８２及び第２のパレット保持部８４は、保持部材７６ｆを凹形状部分に嵌め込み、両端部の柱状部材の上面がパレット７６の当接側面７６ｄと当接することによってパレット７６を支持するものとして説明するが、これに限らない。例えば、ＡＰＣアームの保持部は、パレットの上面及び下面を挟み込むような機構で構成されてもよい。

【００２２】

また、図１に示すように、ＡＰＣアーム５０と回転扉４６とは係合機構５４によって係合することができる。係合機構５４は、ＡＰＣアーム５０側の係合部としての係合ピン５４ａ及び回転扉４６側の被係合部としてのガイド穴４６ａを含んで構成されている。係合ピン５４ａは、ＡＰＣアーム５０の上面側に、上方側へ向けて延在して形成されている。このため、係合ピン５４ａは、ＡＰＣアーム５０の上下動に伴って上下動するように構成されている。また、ガイド穴４６ａは、回転扉４６の底部において、挿し込まれた係合ピン５４ａと係合可能に形成されている。ここでは、係合ピン５４ａはＡＰＣアーム５０の回転軸ＲＡ２を中心とし１８０°等配で２つ配置され、ガイド穴４６ａは係合ピン５４ａと対応するようにＡＰＣアーム５０の回転軸ＲＡ２を中心として９０°等配に４箇所形成されている。なお、係合ピン５４ａ及びガイド穴４６ａは最低１対を配置すればよい。係合機構５４は、係合ピン５４ａとガイド穴４６ａとが係合、又は、係合解除できるように構成されており、これによって、ＡＰＣアーム５０と回転扉４６とを係合することができ

る。このため、A P C アーム 5 0 と旋回扉 4 6 とが係合している場合には、A P C アーム 5 0 と旋回扉 4 6 とを一体で旋回させることができる。また、A P C アーム 5 0 と旋回扉 4 6 との係合が解除されている場合には、A P C アーム 5 0 にパレット 7 6、9 4 の受け渡しをさせるため、あるいは、受け渡しをしていない A P C アーム 5 0 を格納位置に格納するために、A P C アーム 5 0 を単独で旋回させることができる。なお、ここでは、A P C アーム 5 0 が、係合ピン 5 4 a を有し、旋回扉 4 6 の底部にはガイド穴 4 6 a が形成されているものとして説明するが、これに限らず、例えば、旋回扉は、底部から延在する係合ピンを有してもよく、A P C アームにガイド穴が形成されてもよい。また、係合ピン 5 4 a とガイド穴 4 6 a との組み合わせだけでなく、A P C アーム及び旋回扉の双方に配置された爪部等を互いに係合 / 係合解除するように構成されてもよい。さらに、係合ピンは、棒状又は柱状のものに限らず、例えば、係合機構に配置された駆動機構を用いて上下動可能に構成されてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

パレット交換装置 4 4 は、具体的には、以下のように作動する。工作機械 1 0 において、パレット 7 6 の受け渡しを開始すると、係合機構 5 4 は旋回扉 4 6 と A P C アーム 5 0 との係合を解除し、A P C アーム駆動機構 5 6 は A P C アーム 5 0 を下降させる。このとき、旋回扉 4 6 は、係合機構 5 4 の係合ピン 5 4 a とガイド穴 4 6 a との係合が解除されることによって A P C アーム 5 0 との係合が解除され、旋回扉保持部 4 8 に嵌め合わされ、載置される。A P C アーム 5 0 が下降すると、A P C アーム駆動機構 5 6 は、A P C アーム 5 0 を 9 0 度（又は 2 7 0 度）旋回させる。このため、A P C アーム 5 0 の第 1 のパレット保持部 8 2 及び第 2 のパレット保持部 8 4 は、回転軌跡 T R 1（図 1 参照）に沿って C 軸ロータリテーブル 3 6 及びパレット姿勢変更装置 4 2 の側へ移動し、A P C アーム 5 0 の長手方向が Z 軸方向に沿った状態となる。

20

【 0 0 2 4 】

第 1 のパレット保持部 8 2 及び第 2 のパレット保持部 8 4 が C 軸ロータリテーブル 3 6 及びパレット姿勢変更装置 4 2 の側へ移動すると、A P C アーム駆動機構 5 6 は A P C アーム 5 0 を上昇させる。A P C アーム 5 0 が上昇することによって、係合機構 5 4 の係合ピン 5 4 a はガイド穴 4 6 a に挿入され、係合する。これによって、旋回扉 4 6 と A P C アーム 5 0 とが係合し、旋回扉 4 6 は、旋回扉保持部 4 8 に代えて A P C アーム 5 0 に積載される。

30

【 0 0 2 5 】

A P C アーム 5 0 が旋回扉 4 6 を積載すると、A P C アーム駆動機構 5 6 は、旋回扉 4 6 及び A P C アーム 5 0 を上昇させる。これによって、第 1 のパレット保持部 8 2 及び第 2 のパレット保持部 8 4 の凹形状部分にパレット 7 6 の保持部材 7 6 f を嵌め込み、パレット 7 6 の当接側面 7 6 d に両端部の柱状部材を当接させることによって、パレット 7 6 を保持することができる。ここで、C 軸ロータリテーブル 3 6 及びパレット姿勢変更装置 4 2 から A P C アーム 5 0 へとパレット 7 6 が受け渡される。C 軸ロータリテーブル 3 6 及びパレット姿勢変更装置 4 2 は A P C アーム 5 0 にパレット 7 6 を受け渡したら、旋回する A P C アーム 5 0 や旋回扉 4 6 と干渉しない待機位置に退避する。これに続いて、A P C アーム 5 0 は、これらを一体で 1 8 0 度旋回させる。これによって、A P C アーム 5 0 が保持するパレット 7 6 を加工室 1 2 側と段取り室 1 4 側とで入れ替えることができる。パレット 7 6 が入れ替えられると、C 軸ロータリテーブル 3 6 及び / 又はパレット姿勢変更装置 4 2 のアーム 6 4 は、待機位置からパレット受渡位置へと移動し、入れ替えられたパレット 7 6、9 4 を保持する。さらに、A P C アーム駆動機構 5 6 は、旋回扉 4 6 とパレット 7 6 を保持した状態の A P C アーム 5 0 とを下降し、A P C アーム 5 0 だけに積載されていた旋回扉 4 6 は、旋回扉保持部 4 8 に嵌め合わされた状態で載置される。また、係合機構 5 4 の係合ピン 5 4 a は、ガイド穴 4 6 a から引き抜かれ、係合が解除される。A P C アーム駆動機構 5 6 は、A P C アーム 5 0 を下降させた上で 9 0 度旋回して第 1 のパレット保持部 8 2 及び第 2 のパレット保持部 8 4 を旋回扉 4 6 の下方側へ移動する。

40

【 0 0 2 6 】

50

第1のパレット保持部82及び第2のパレット保持部84が旋回扉46の下方側へ移動すると、APCアーム駆動機構56は、APCアーム50を上昇させ、旋回扉46は旋回扉保持部48に代えてAPCアーム50に積載される。さらに、係合機構54の係合ピン54aはガイド穴46aに挿入され、これらは係合する。これによって、APCアーム50は旋回扉46の下方側の格納位置に格納される。

【0027】

図2に示すように、段取りステーション40には、段取りした加工前のワークW1及び加工後のワークW2（図10及び図17参照）が組付けられたパレット76をAPCアーム50との間で受渡しするためのパレット姿勢変更装置42が配置されている。パレット76は、ワークW1、W2及び治具96（図10参照）を組付ける上面76aと、下面76bとを有する板状に形成されている。また、パレット76は、上面76a及び下面76bに接し、パレット76のX軸方向外側に位置する2つの係合側面76eと、2つの係合側面76eの間に位置し、パレット76のZ軸方向後方側に位置し、APCアーム50と対向する当接側面76dと、パレット76のZ軸方向前方側に位置し、段取り室扉14aと対向する前方側面76cを有する。さらに、2つの係合側面76eは、パレット76と一体で形成され、その外側、すなわち、X軸方向外側へ向けて延伸するピン78を有する。ここでは、各係合側面76eには、係合側面76eの面方向に沿って延伸する円柱状のピン78が2つずつ形成されている。2つのピン78は、間隔をあけて、係合側面76eの長手方向（Z軸方向）の両端側に1つずつ形成されている。なお、ピンは、各係合側面に1つずつ形成されてもよく、また、角柱形状や三角柱形状等、円柱形状以外の形状に形成されてもよい。

【0028】

段取り室14の段取りステーション40にパレット76を配置し、これにワークW1及び治具96を組み付ける作業者WKは、パレット76の上面76aを水平面側へ向けた水平状態で、パレット76を媒体供給部80の上に配置する。段取りステーション40とパレット76が直立状態で取り付けられるC軸ロータリテーブル36との間でパレット76を受け渡しするために、パレット姿勢変更装置42は、パレット76を保持し、水平状態と直立状態との間を含んで姿勢変更するように構成されている。具体的には、パレット姿勢変更装置42は、旋回扉46及びAPCアーム50のZ軸方向前方側にX軸方向に沿って配置されたベース60と、ベース60に取り付けられ、X軸方向（水平方向）に沿って延在する回転軸を回転中心軸RA1周り（R1方向）に回転可能に構成された駆動部62と、駆動部62に回転可能に取り付けられ、2つの係合側面76eに対向したときに、これらと平行になるように延在し、パレット76を保持することのできる一対のアーム64とを備える。図10に示すように、ベース60は、APCアーム50の旋回中心位置に配置されたAPCアーム駆動機構56の外周部からZ軸方向前方側（段取り室扉14a側）へ向けて延在する。このため、ベース60を平面視でAPCアーム50の回転軌跡TR1の内側に配置することができ、ワークW1、W2が組付けられたパレット76を端部に保持してAPCアーム50が旋回する際に、切りくずがベース60に直接落下することを抑制することができる。

【0029】

駆動部62は、油圧シリンダ、空圧シリンダ、又は、細かい作動設定及び調整を可能にするサーボモータ62a（図4参照）を備えており、これらによって回転軸を回転させる。サーボモータ62aは、回転位置を検出するように構成されたエンコーダ62bを有し、サーボモータ62aに電力を供給すると共にエンコーダ62bから回転位置を取得するように構成されたサーボアンプ62cに電氣的に接続されている。また、サーボモータ62aは、工作機械10に配置された制御装置100（図4参照）によって制御可能に構成されている。さらに、パレット姿勢変更装置42は、後述するように、直立状態と水平状態との間だけではなく、直立状態における直立位置から水平状態における係合位置を越えた退避位置までアーム64を回転させ、位置決め可能（静止可能）に構成されている。また、パレット姿勢変更装置42は、直立位置と係合位置との間の待機位置といった中間位

10

20

30

40

50

置においても位置決め可能（静止可能）に構成されている。

【 0 0 3 0 】

なお、以下の説明では、パレット 7 6 は平面視で正形状に形成されており、互いに平行な 2 つの係合側面 7 6 e が、互いに平行な一対のアーム 6 4 によって保持されるものとして説明するが、これに限らない。例えば、パレットは、角部が面取りされている場合やパレットが平面視で八角形状又は丸形状といった正形状以外の形状も含みうる。さらに、パレットが正形状以外の形状であるために 2 つの係合側面が互いに平行でない場合であっても、一対のアームは、例えば、2 つの係合側面と平行になるように平面視で V 字状に延在するといった互いに平行ではない場合も含みうる。また、パレットが丸形状の場合には、アーム形状を湾曲させ、パレットの外形に沿うように設計してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

図 2 に示すように、アーム 6 4 は、駆動部 6 2 の回転軸に連結されるアーム基端部 6 6 と、係合側面 7 6 e に対向できるように、アーム基端部 6 6 の X 軸方向外側部分から直線状に延在するアーム係合部 6 8 とを有する。アーム 6 4 のベース 6 0 側となるアーム基端部 6 6 の X 軸方向内側には、アーム 6 4 によってパレット 7 6 を保持したときに、当接側面 7 6 d と対向する位置に受け部 7 4 が形成されている。受け部 7 4 は、水平状態で工作機械 1 0 の側方（X 軸方向外側）から見たときに、L 字状又は逆 L 字状に形成されており、アーム 6 4 に対して垂直方向に延在する平面状の第 1 のパレット受け面 7 4 a と、アーム 6 4 の長手方向に沿って延在する平面状の第 2 のパレット受け面 7 4 b とを有し、第 1 のパレット受け面 7 4 a に当接側面 7 6 d を、第 2 のパレット受け面 7 4 b に下面 7 6 b を当接できるように寸法決めされている。なお、第 1 のパレット受け面及び第 2 のパレット受け面は、厳密に寸法決めされる必要はなく、パレットに当接してパレットの自重を確実に受け止める程度に形成されていればよい。このため、第 1 のパレット受け面及び第 2 のパレット受け面は平面に限らず、例えば、曲面形状や多角錐形状に形成されてもよく、これによって、パレットを点接触又は線接触の状態で支持してもよい。

20

【 0 0 3 2 】

各アーム 6 4 は、アーム係合部 6 8 の長手方向の両端部、すなわち、Z 軸方向の両端部に、アーム係合部 6 8 の長手方向に沿ってスライド可能に構成された 2 つのスライド部 7 0 を備える。また、2 つのスライド部 7 0 には、パレット 7 6 と係合するためのフィンガ 7 2 がそれぞれ取り付けられている。2 つのフィンガ 7 2 の間隔は、2 つのピン 7 8 の間隔に対応するように構成されている。2 つのスライド部 7 0 にはアーム係合部 6 8 内に配置されたロッドが一体で接続され、ロッドは油圧シリンダ、空圧シリンダ、又は、細かい作動設定及び調整を可能にするサーボモータといったアクチュエータに接続される（何れも図示省略）。このため、アクチュエータによるロッドの作動に応じて、スライド部 7 0 及びフィンガ 7 2 をパレット係合位置とパレット係合解除位置との間で同一方向に連動させることができる。ここでは、パレット係合位置がパレット係合解除位置よりもアーム基端部 6 6 側となるように構成されている。また、スライド部 7 0 及びフィンガ 7 2 を作動するアクチュエータは、工作機械 1 0 に配置された制御装置 1 0 0（図 4 参照）によって制御可能に構成されている。図 3 に示すように、フィンガ 7 2 は、パレット 7 6 を保持するためにアーム係合部 6 8 をパレット 7 6 の側方へ移動したときに係合側面 7 6 e と対向する中央部 7 2 c と、中央部 7 2 c の上方側（上面 7 6 a 側）に形成された上面側規制部 7 2 a と、中央部 7 2 c の下方側（下面 7 6 b 側）に形成された下面側規制部 7 2 b とを有する。このため、中央部 7 2 c、上面側規制部 7 2 a 及び下面側規制部 7 2 b によって溝部 7 2 d が形成されている。溝部 7 2 d は、フィンガ 7 2 をアーム 6 4 の長手方向から見たときに、パレット 7 6 側へ向けた凹状に形成されている。溝部 7 2 d は、その深さ方向が、ピン 7 8 の延伸方向と一致するように形成されている。このため、アーム係合部 6 8 をパレット 7 6 の係合側面 7 6 e の側方へ移動し、フィンガ 7 2 とピン 7 8 とが X 軸方向に沿って対向していない位置（パレット係合解除位置）からフィンガ 7 2 とピン 7 8 とが X 軸方向に沿って対向する位置（パレット係合位置）へ移動する（X F 1 方向に沿ってスライドする）ことによって、パレット 7 6 にフィンガ 7 2 を係合させることができる。

30

40

50

これによって、アーム 6 4 は、パレット 7 6 を安定して保持することができる。また、凹形状の溝部 7 2 d は、フィンガ 7 2 の外側に対して開放された形状であるため、フィンガ 7 2 とピン 7 8 との間に加工により生じる切りくずを挟み込むことを防止又は抑制することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、ここでは、フィンガ 7 2 は、アーム 6 4 の長手方向から見たときにパレット 7 6 側へ向けた凹状に形成されているとして説明するが、これに限らず、ピンに係合できる形状であればよく、例えば、フィンガは、アームの長手方向から見たときにピンの側へ向けた開放した V 字状等の他の形状で形成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

さらに、アーム係合部 6 8 の係合側面 7 6 e と対向する幅方向内側、すなわち、X 軸方向内側には、係合側面 7 6 e 側へ向けて延在するアーム凸部 8 6 (図 1 0 参照) が形成されている。また、係合側面 7 6 e には、パレット 7 6 の内側へ凹むように形成されたパレット溝 8 8 が形成されており、アーム凸部 8 6 を挿し込むことができるように構成されている。これによって、アーム 6 4 は、フィンガ 7 2 とアーム凸部 8 6 の両方を用いてパレット 7 6 を保持することができるため、パレット 7 6 を安定して保持することができる。

【 0 0 3 5 】

なお、ここでは、アーム係合部 6 8 のフィンガ 7 2 は、アーム係合部 6 8 の長手方向、すなわち、Z 軸方向 (図 3 中の X F 1 方向) に沿ってパレット係合解除位置とパレット係合位置との間をスライド可能に構成されているとして説明するが、これに限らず、フィンガを X 軸方向、すなわち、パレットと対向する方向 (図 3 中の X F 2 方向) にスライドして、パレットを保持するように構成されてもよい。このように構成した場合は、フィンガはアームの長手方向には変位しないため、長手方向についてはアームを省スペースにすることができ、アームをコンパクトに構成することができる。

【 0 0 3 6 】

図 4 には工作機械 1 0 のブロック図を示す。工作機械 1 0 は、加工制御を行うための N C 装置 1 0 2 を有する制御装置 1 0 0 を備える。N C 装置 1 0 2 は、駆動部 6 2 のためのサーボアンプ 6 2 c と電氣的に接続されており、サーボアンプ 6 2 c にアーム 6 4 の回転位置の指令を送信すると共に、サーボアンプ 6 2 c を介してサーボモータ 6 2 a に発生した電流値又はトルク及びエンコーダ 6 2 b が検出したアーム 6 4 の回転位置を取得するように構成されている。このため、工作機械 1 0 は、サーボモータ 6 2 a に発生した電流値からパレット 7 6 を保持するアーム 6 4 に作用する荷重 (負荷) をサーボモータ 6 2 a に発生するトルクとして取得 (算出) することができる。なお、ここでは、駆動部 6 2 は、2 本のアーム 6 4 からの負荷を一元的に取得するように構成されているものとして説明するが、これに限らず、例えば、2 本のアームに各々対応する第 1 の駆動部及び第 2 の駆動部を配置し、これらで取得した負荷 (トルク) を合算する等して負荷を取得してもよい。

【 0 0 3 7 】

N C 装置 1 0 2 は、また、C 軸ロータリテーブル 3 6 のためのサーボアンプ 3 6 h と電氣的に接続されており、サーボアンプ 3 6 h にテーブル 3 6 d の回転位置の指令を送信すると共に、サーボアンプ 3 6 h を介してサーボモータ 3 6 f に発生した電流値又はトルク及びエンコーダ 3 6 g が検出したテーブル 3 6 d の回転位置を取得するように構成されている。このため、工作機械 1 0 は、サーボモータ 3 6 f に発生した電流値からパレット 7 6 を保持するテーブル 3 6 d に作用する荷重 (負荷) をサーボモータ 3 6 f に発生するトルクとして取得 (算出) することができる。

【 0 0 3 8 】

制御装置 1 0 0 は、さらに、記憶部 1 0 4、推定部 1 0 6 及び計算部 1 0 8 を有する。記憶部 1 0 4 は、N C 装置 1 0 2 が取得した駆動部 6 2 の負荷及び C 軸ロータリテーブル 3 6 の負荷を記憶するように構成されている。また、記憶部 1 0 4 は、後述するように、アーム 6 4 を単独で、つまりアーム 6 4 自身の負荷を除いては無負荷の状態、水平状態と直立状態の間を含むアーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと回動したときに駆動部 6

10

20

30

40

50

2 に作用する第 1 の基準負荷 $T B 1$ (図 5 b 参照) と、第 1 のアーム位置とは異なるアーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと回動したときに駆動部 6 2 に作用する第 2 の基準負荷 $T B 2$ (図 6 b 参照) を予め記憶するように構成されている。また、水平状態におけるパレット 7 6 のパレット中央部分と駆動部 6 2 の回転中心軸 $R A 1$ との水平方向距離となる基準距離 L を予め記憶するように構成されている。

【0039】

推定部 106 は、アーム 6 4 によって保持したパレット 7 6 をアーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部 6 2 に作用する第 1 の負荷 $T 1$ (図 5 a 参照)、及び、アーム回転範囲内の第 2 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部 6 2 に作用する第 2 の負荷 $T 2$ (図 6 a 参照) を取得し、基準距離 L 、第 1 の基準負荷 $T B 1$ 及び第 1 の負荷 $T 1$ からワーク $W 1$ を取り付けたパレット 7 6 の質量 M を推定するように構成されている。また、推定したパレット 7 6 の質量、第 2 の基準負荷 $T B 2$ 及び第 2 の負荷 $T 2$ からワーク $W 1$ を取り付けたパレット 7 6 の重心 $G W 1$ の位置 H を推定するように構成されている。

【0040】

図 5 a 及び図 5 b を通じてパレット 7 6 の質量 M の推定方法について説明する。はじめに、図 5 a に示すように、パレット 7 6 が水平状態、すなわちアーム 6 4 が係合位置にあるときのパレット中央部分(ここでは、重心 $G W 1$ の位置にも相当)と駆動部 6 2 の回転中心軸 $R A 1$ との水平方向距離となる基準距離 L を予め計測又は設計情報から予め取得し、記憶部 104 に記憶する。さらに、図 5 b に示すように、アーム 6 4 が単独で、すなわち、アーム 6 4 自身の負荷を除いては無負荷の状態、第 1 のアーム位置としての係合位置にあるときの第 1 の基準負荷 $T B 1$ を取得し、記憶部 104 に記憶する。具体的には、予め定められた電流値とトルクの換算式を用いて、サーボモータ 6 2 a に発生した電流値から駆動部 6 2 に作用するトルクである第 1 の基準負荷 $T B 1$ を取得する。つぎに、図 5 a に示すように、パレット 7 6 を保持したアーム 6 4 が係合位置にあるときのサーボモータ 6 2 a の電流値を取得し、駆動部 6 2 に作用するトルクである第 1 の負荷 $T 1$ を第 1 の基準負荷 $T B 1$ と同じ方法で取得する。基準距離 L 、第 1 の基準負荷 $T B 1$ 、第 1 の負荷 $T 1$ 及び質量 M の関係式は以下のように表すことができる。

$$T 1 - T B 1 = M g L \quad (1)$$

ここで、 g は重力加速度を表す。

したがって、(1) 式を

$$M = (T 1 - T B 1) / g L \quad (2)$$

と変形することによって、質量 M を推定(算定)することができる。

【0041】

つぎに、図 6 a 及び図 6 b を通じてパレット 7 6 の重心 $G W 1$ の位置、ここでは、重心位置距離 H の推定方法について説明する。重心位置距離 H は、パレット 7 6 を保持したアーム 6 4 が直立位置にあるときの重心 $G W 1$ と駆動部 6 2 の回転中心軸 $R A 1$ との間の水平方向距離と定義する。はじめに、図 6 b に示すように、アーム 6 4 が単独で、すなわち、パレット 7 6 を保持することなく、第 2 のアーム位置としての直立位置にあるときに、サーボモータ 6 2 a に発生した電流値から駆動部 6 2 に作用するトルクである第 2 の基準負荷 $T B 2$ を取得し、記憶部 104 に記憶する。具体的には、予め定められた電流値とトルクの換算式を用いて、サーボモータ 6 2 a に発生した電流値から駆動部 6 2 に作用するトルクである第 2 の基準負荷 $T B 2$ を取得する。つぎに、図 6 a に示すように、パレット 7 6 を保持したアーム 6 4 が直立位置にあるときのサーボモータ 6 2 a の電流値を取得し、駆動部 6 2 に作用するトルクである第 2 の負荷 $T 2$ を第 2 の基準負荷 $T B 2$ と同じ方法で取得する。パレット 7 6 が直立状態にあるときの重心 $G W 1$ と駆動部 6 2 の回転中心軸 $R A 1$ との水平方向距離となる重心位置距離 H と上記の様に求めた第 2 の基準負荷 $T B 2$ 及び第 2 の負荷 $T 2$ 及び質量 M の関係式は以下のように表すことができる。

$$T 2 - T B 2 = M g H \quad (3)$$

ここで、 g は重力加速度を表す。

したがって、(3)式を

$$H = (T_2 - T_{B2}) / Mg \quad (4)$$

と変形することによって、重心位置距離Hを推定(算定)することができる。

【0042】

パレット76の質量M及び重心位置距離Hは、アーム64が係合位置や直立位置以外の位置にある場合でも推定することができる。例えば、図7Aに示すように、アーム64を水平面に対して θ_1 度だけ傾斜した場合の駆動部62に作用するトルクを第1の基準負荷 T_{B1} 及び第1の負荷 T_1 とし、そして、図7Bに示すように、アーム64を水平面に対して θ_2 度だけ傾斜した場合の駆動部62に作用するトルクを第2の基準負荷 T_{B2} 及び第2の負荷 T_2 とした場合、これらの負荷、基準負荷、質量M及び重心位置距離Hとの関係は次式で表される。

$$T_1 - T_{B1} = (L \times \cos \theta_1 - H \times \sin \theta_1) Mg \quad (5)$$

又は、

$$T_2 - T_{B2} = (L \times \cos \theta_2 - H \times \sin \theta_2) Mg \quad (6)$$

ここでgは重力加速度を表す。

このため、(1)式と(6)式、(3)式と(5)式、又は(5)式と(6)式を連立させることによって、質量M及び重心位置距離Hを推定(算定)することができる。さらに、3か所以上のアーム位置で、それぞれ負荷と基準負荷を取得し、単回帰分析して質量M及び重心位置距離Hをさらに精度よく推定することもできる。

【0043】

制御装置100による質量M及び重心位置距離Hの推定は、負荷を取得した後であれば任意のタイミングで行えるように構成されている。例えば、APCアーム50によるパレット76の交換動作中にこれと平行して質量M及び重心位置距離Hを推定し、パレット76交換後にアクチュエータ35を作動することができる。これによって、推定時間分だけ作業サイクル時間を短縮することができる。

【0044】

上記の質量M及び重心位置距離Hの推定は、重心GW1の位置がパレット中央部にあるとの仮定の上に立つ。ワーク及び治具を含むパレット76の重心GW1は、原則パレット中央部付近に位置するように各種設計が行われているので、一定の精度で質量M及び重心位置距離Hを推定できるといえる。しかしながら、言い換えれば、ワークW1及び治具96は一品一様の設計であり、重心GW1は正確にはパレット中央には位置しないため、上述の仮定では、質量M及び重心位置距離Hを正しく推定できない場合がある。このような場合、重心GW1が基準距離Lの方向においてパレット中央部から遠ざかるほど、質量M及び重心位置距離Hを推定する精度は、低下する。そこで、図8c及び図8dに示すような、テーブル36dに取り付けられたパレット76の重心GW1の位置が、水平方向軸(C軸)周りに回転するC軸ロータリテーブル36の回転中心軸CCとX軸方向及び/又はY軸方向にずれている(図中のu及び/又はv)場合に、制御装置100の推定部106は、これらのずれ(u及びv)を推定するように構成されている。

【0045】

具体的な推定方法について、図8aから図8dを用いて説明する。はじめに、図8a及び図8bに示すように、制御装置100の推定部106は、パレット76を保持したアーム64が係合位置にあるときの第1の負荷 T_1 を、パレット76を保持したアーム64が直立位置にあるときの第2の負荷 T_2 を取得する。また、図5(b)、図6(b)に示すように、アーム64が単独で、すなわち、パレット76を保持することなく、係合位置にあるときの第1の基準負荷 T_{B1} を、パレット76を保持することなく、係合位置にあるときの第2の基準負荷 T_{B2} を取得し、あらかじめ記憶部104に記憶しておく。次に、図8cに示すように、制御装置100の推定部106は、パレット76が引き渡されたC軸ロータリテーブル36が第1のテーブル回転位置にあるときにC軸ロータリテーブル36のサーボモータ36fに発生する電流値から、第1のテーブル回転位置においてテーブル36dに作用する第1のテーブル負荷 T_3 (トルク)を取得する。具体的には、予め定

められた電流値とトルクの換算式を用いて、サーボモータ 36 f に発生した電流値からテーブル 36 d に作用する第 1 のテーブル負荷 T 3 を取得する。さらに、図 8 d に示すように、制御装置 100 の推定部 106 は、第 1 のテーブル回転位置から 90 度回転した第 2 のテーブル回転位置へとテーブル 36 d を回転し、C 軸ロータリテーブル 36 のサーボモータ 36 f に発生する電流値から、第 2 のテーブル回転位置においてテーブル 36 d に作用する第 2 のテーブル負荷 T 4 (トルク) を取得する。具体的には、予め定められた電流値とトルクの換算式を用いて、サーボモータ 36 f に発生した電流値からテーブル 36 d に作用するトルクである第 2 のテーブル負荷 T 4 を取得する。このように取得した各種情報は、以下の関係式で表される。

$$T1 - TB1 = Mg(L + v) \quad (7)$$

$$T2 - TB2 = Mgh \quad (8)$$

$$T3 = Mgu \quad (9)$$

$$T4 = Mgv \quad (10)$$

ここで、g は重力加速度を表す。

(7) 式から (10) 式を連立させることによって、質量 M、重心位置距離 H 及び重心 GW1 の C 軸ロータリテーブル 36 の回転中心軸 CC からのずれ (u 及び v) は、

$$M = (T1 - TB1 - T4) / gL \quad (11)$$

$$H = (T2 - TB2) / Mg \quad (12)$$

$$u = T3 / Mg \quad (13)$$

$$v = T4 / Mg \quad (14)$$

のように推定 (算定) することができる。このように、推定部 106 は、重心 GW1 の C 軸ロータリテーブル 36 の回転中心軸 CC からのずれ (u 及び v) を推定することができるため、テーブル 36 d を回転する際の最高回転速度や加速度をずれ (u 及び v) を考慮して設定することができる。なお、C 軸ロータリテーブル 36 はパレット 76 を保持していないときは無負荷であるため、基本的には第 1 のテーブル負荷 T 3 及び第 2 のテーブル負荷 T 4 に対応する基準負荷を取得しておく必要はないが、必要に応じてこれらの基準負荷を取得してもよい。また、ここでは、トルクを取得すると説明しているが、これに限らず、サーボアンプ 62 c 及びサーボアンプ 36 h から電流値を取得して制御装置 100 でトルクに換算してもよいし、又は電流値から直接質量及び重心位置を推定してもよい。

【0046】

図 4 に示すように、制御装置 100 は、推定部 106 が推定したパレット 76 の質量 M 及び重心位置距離 H に基づいて、アクチュエータ 35 から第 1 のアクチュエータ取付部 36 a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 36 b に作用する調整力を計算する計算部 108 を備える。ここでいう調整力とは、取り付けたパレット 76 の重量によって下方側へ傾斜した (倒れた) テーブル 36 d を持ち上げ、下方側へ傾斜したテーブル 36 d の回転中心軸 CC を水平方向軸と一致するように補正 (たおれ補正) するために、アクチュエータ 35 を作動させる力であり、本実施形態では、アクチュエータ 35 を作動するための油圧である。質量 M 及び重心位置距離 H と油圧との関係、又は質量 M 及び重心位置距離 H から推定するたおれ量と油圧との関係は、実験等によって計測し、整理されており、関係式又は数値テーブルの形態で記憶部 104 に記憶されている。制御装置 100 は、計算した調整力が作用するようにアクチュエータ 35 を作動し、第 1 のアクチュエータ取付部 36 a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 36 b を介してハウジング 36 e を弾性変形させてテーブル支持部 36 c の位置又は姿勢を変化させることによって、テーブル 36 d の位置を制御するテーブル位置制御装置 110 を備える。テーブル位置制御装置 110 は、工作機械 10 が有する油圧源 (流体圧源) 112 を作動して、アクチュエータ 35 に油圧を供給する。これによって、アクチュエータ 35 に調整力を生じさせることができる。テーブル位置制御装置 110 は、C 軸ロータリテーブル 36 のテーブル 36 d の変位や傾斜による影響も考慮してアクチュエータ 35 の調整力を修正するように構成されている。具体的には、変位や傾斜によって変化したテーブル 36 d の位置に応じてアクチュエータ 35 へ供給する油圧を制御する。このため、テーブル 36 d の回転中心軸 CC の位置 (傾き) が変わるこ

とによる重心GW1の位置の変化に対応して、テーブル36dの回転中心軸CCと水平方向軸とが常に一致するように、つまりワークW1が加工されるべき位置に位置決めされるように、緻密に調整力を作用させることができる。

【0047】

また、テーブル位置制御装置110は、NC装置102においてNCプログラム及びワークW1のモデル情報から取得したワークW1の加工工程の進捗に応じて、アクチュエータ35の調整力を変更するように構成されている。さらに、テーブル位置制御装置110は、C軸ロータリテーブル36に配置された位置センサ等を用いて計測したテーブル36dの位置情報（変位情報及び傾き情報）に応じてアクチュエータ35に生じさせる調整力を変化させることができるように構成されている。

10

【0048】

制御装置100は、推定したパレット76の質量Mが、記憶部104に予め記憶されたテーブル36dに取付け可能な質量の上限（テーブル取付け可能上限質量）、アーム64が保持できる質量の上限（アーム保持可能上限質量）、又は、旋回アームとしてのAPCアーム50が保持できる質量の上限（APCアーム保持可能上限質量）を超過する場合に、超過している旨を報知する報知部100（図示省略）を有する。このため、例えば、パレット76の姿勢変更後、アーム64が保持するパレット76をC軸ロータリテーブル36に取り付けられるパレット94と交換する前にパレット76の質量Mを推定し、テーブル取付け可能上限質量又はAPCアーム保持可能上限質量を超過する場合は、パレットの交換を中止した上で、作業者WKに警報（音、光等の知覚できる表示やパソコン、携帯端末等への通知等）を報知することができる。第1の負荷T1を取得した直後に質量を推定し、アーム保持可能上限質量を超過している場合は、パレット姿勢変更を行うことなく、警報を報知することもできる。これによって、C軸ロータリテーブル36、アーム64、APCアーム50の故障を未然に防止することができ、工作機械10の稼働効率を向上させることができる。

20

【0049】

図9には、たおれ補正のフローチャートを示す。また、図10から図22には、たおれ補正のフローに対応するパレット76の段取りを示す。これらの説明を通じて、本実施形態に係る工作機械10の制御装置100及び推定方法の作用効果を以下に説明する。なお、図10から図22に示すパレット姿勢変更装置42及びC軸ロータリテーブル36の側面図は、これらの装置の作用効果を説明するための概略的な図である。このため、図面の見易さの観点から、実際の側面視ではアーム64によって隠れるために直接見えない部分（フィンガ72、受け部74、アーム凸部86等）やC軸ロータリテーブル36の内部の構成（テーブル支持部36c、テーブル36d等）も実線で描画している点に注意されたい。

30

【0050】

制御装置100は、ステップS10（図9参照）へ移行し、たおれ補正を開始する。たおれ補正を開始すると、ステップS20（図9参照）へ移行し、パレット姿勢変更装置42にパレットを搬入する。図10には、治具96及び加工前のワークW1が組付けられたパレット76が工作機械10の外側から搬入された状態を示す。ここでは、パレット姿勢変更装置42の直下においてベッド18の上面に配置されたレール90に下面76bを載せたパレット76（図10の点線部分）が、工作機械10の外側から段取り室扉14aを通じて段取りステーション40側、すなわち、パレット姿勢変更装置42側へと水平状態で搬入される。なお、パレット76の搬入方法は、レール90に限らず、工作機械の上部に設置された搬送装置で水平状態パレットが鉛直方向に沿って搬入されてもよく、フォークを有する搬送車のフォークを用いて搬入されてもよい。搬入されたパレット76は、レール90の端部に形成されたストッパ92に当たることで、スライドを停止し、水平状態の段取り位置に位置決めされる。このとき、アーム64は、水平状態における係合位置よりも下方側となる退避位置へ位置付けされており（旋回されており）、フィンガ72はパレット係合解除位置に位置付けされている。パレット姿勢変更装置42は、退避位置にお

40

50

いて、アーム 6 4 及びアーム 6 4 の構成要素であるフィンガ 7 2、受け部 7 4、アーム凸部 8 6 が、パレット 7 6 の搬入に干渉しないよう構成されている。一方、図示しない加工室 1 2 側の C 軸ロータリテーブル 3 6（図 2 参照）には、加工が完了した（加工後の）ワーク W 2 及び治具 9 6 が組付けられたパレットとしての第 2 のパレット 9 4 が保持されている。

【 0 0 5 1 】

パレット姿勢変更装置 4 2 にパレットが搬入されると、ステップ S 3 0（図 9 参照）へ移行し、パレット姿勢変更装置 4 2 のアーム 6 4 を作動し、水平状態のパレット 7 6 を保持する。図 1 1 には、駆動部 6 2 によってアーム 6 4 とパレット 7 6 の係合側面 7 6 e とが対向する係合位置までアーム 6 4 を回動し、パレット 7 6 に対して位置決めする状態を示す。この状態において、アーム凸部 8 6 及び受け部 7 4 の第 2 のパレット受け面 7 4 b は、パレット 7 6 に接触しないように構成されてもよく、パレット 7 6 に接触するように構成されてもよい。パレット 7 6 に接触しない場合は、パレット 7 6 はレール 9 0 上に保持されている。パレット 7 6 に接触する場合は、アーム凸部 8 6 はパレット溝 8 8 の内壁の上面側と接触し、第 2 のパレット受け面 7 4 b はパレット 7 6 の下面 7 6 b と接触する。このため、パレット 7 6 はレール 9 0 から離れ、アーム 6 4 によって保持されることとなる。この場合、アーム凸部 8 6 はパレット溝 8 8 に挿入されているため、パレット 7 6 に不測の外力が作用した場合であっても、パレット 7 6 が工作機械 1 0 の外側へ不意に移動することを規制することができる。

【 0 0 5 2 】

図 1 2 には、フィンガ 7 2 をパレット係合解除位置からパレット係合位置へ作動して（図中矢印）、フィンガ 7 2 とピン 7 8 とを係合させた状態を示す。ここでは、フィンガ 7 2 及びピン 7 8 は、ピン 7 8 が抜け落ちない程度においてフィンガ 7 2 とピン 7 8 との間に隙間（遊び）が生じるように寸法決めされている。アーム 6 4 がパレット 7 6 を保持すると、ステップ S 4 0（図 9 参照）へ移行し、サーボモータ 6 2 a のエンコーダ 6 2 b は、アーム 6 4 の回転位置が係合位置（質量 M 及び重心位置距離 H の推定における第 1 のアーム位置）にあることを検出する。また、駆動部 6 2 のサーボモータ 6 2 a にはパレット 7 6 の質量 M 及び重心位置距離 H に応じた電流が生じる。制御装置 1 0 0（NC 装置 1 0 2）は、このときの電流値に基づくトルク（第 1 の負荷 T 1）をサーボアンプ 6 2 c から取得し、記憶部 1 0 4 に記憶する。

【 0 0 5 3 】

制御装置 1 0 0 が第 1 の負荷 T 1 を取得すると、ステップ S 5 0（図 9 参照）へ移行し、パレット姿勢変更装置 4 2 のアーム 6 4 を作動し、パレット 7 6 を直立状態まで回動する。図 1 3 には、駆動部 6 2 が、アーム 6 4 を直立位置まで回動し、パレット 7 6 を直立状態へ姿勢変更した状態を示す。姿勢変更中は、フィンガ 7 2 とピン 7 8 とが係合するため、パレット 7 6 単体での回転方向（R 1 方向）への移動を規制することができる。さらに、第 2 のパレット受け面 7 4 b がパレット 7 6 の下面 7 6 b と当接し、かつ、第 1 のパレット受け面 7 4 a がパレット 7 6 の当接側面 7 6 d と当接するため、パレット 7 6 の自重を支え、重力方向に移動することを規制することができる。これによって、アーム 6 4 は、パレット 7 6 を安定して保持しつつ、水平状態から直立状態へと姿勢変更することができる。パレット 7 6 を直立状態まで回動すると、ステップ S 6 0（図 9 参照）へ移行し、サーボモータ 6 2 a のエンコーダ 6 2 b は、アーム 6 4 の回転位置が、直立位置（質量 M 及び重心位置距離 H の推定における第 2 のアーム位置）にあることを検出する。また、駆動部 6 2 のサーボモータ 6 2 a にはパレット 7 6 の質量 M 及び重心位置距離 H に応じた電流が生じる。制御装置 1 0 0（NC 装置 1 0 2）は、このときの電流値に基づくトルク（第 2 の負荷 T 2）を取得し、記憶部 1 0 4 に記憶する。

【 0 0 5 4 】

制御装置 1 0 0 が第 2 の負荷 T 2 を取得すると、ステップ S 7 0（図 9 参照）へ移行し、制御装置 1 0 0 は APC アーム 5 0 を作動してパレット 7 6、9 4 を交換する。図 1 4 は、パレット交換装置 4 4 の APC アーム 5 0 を上昇させ、第 1 のパレット保持部 8 2 に

よってパレット 7 6 を保持した状態を示す。具体的には、A P C アーム 5 0 を上昇させることによって、保持部材 7 6 f が第 1 のパレット保持部 8 2 の凹形状部分に嵌め込まれると共に、第 1 のパレット保持部 8 2 の両端部の柱状部材の上面がパレット 7 6 の当接側面 7 6 d と当接する。これによって、A P C アーム 5 0 は、パレット 7 6 を保持することができる。このとき、フィンガ 7 2 は、ピン 7 8 のパレット 7 6 単体での回転方向（R 1 方向）への移動を規制しているに過ぎないため、A P C アーム 5 0 は、アーム 6 4 に干渉することなくパレット 7 6 を持ち上げることができる。

【 0 0 5 5 】

図 1 5 は、A P C アーム 5 0 がパレット 7 6 を保持した上で、フィンガ 7 2 をパレット係合位置からパレット係合解除位置へと作動した状態を示す。図中に矢印で示すように、フィンガ 7 2 をパレット係合位置からパレット係合解除位置へと作動させることによって、A P C アーム 5 0 だけがパレット 7 6 を保持する。このとき、図示しない加工室 1 2 側の第 2 のパレット 9 4 も C 軸ロータリテーブル 3 6 から取り外される。これによって、段取り室 1 4 側のパレット 7 6 及び加工室 1 2 側の第 2 のパレット 9 4（図 1 7 参照）の両方が A P C アーム 5 0 だけで保持されている。

【 0 0 5 6 】

図 1 6 は、フィンガ 7 2 をパレット係合解除位置へと作動したアーム 6 4 を駆動部 6 2 によって待機位置まで回転した状態を示す。パレット姿勢変更装置 4 2 は、アーム 6 4 を直立位置（直立状態）と係合位置（水平状態）との間の待機位置へと位置決めする（回転する）ことができる。これによって、段取り室 1 4 側のパレット 7 6 と加工室 1 2 側の第 2 のパレット 9 4 とを入れ替えるために、A P C アーム 5 0 及び旋回扉 4 6 を旋回したときに、A P C アーム 5 0 及び旋回扉 4 6 と、パレット姿勢変更装置 4 2 や工作機械 1 0 内の他の部材との干渉が発生することを防止することができる。また、アーム 6 4 を係合位置まで戻すことなく、待機位置に位置決めできるため、アーム 6 4 を回転する時間を最低限に短縮することができ、ひいては、パレット 7 6 の姿勢変更及び交換に必要な時間を短縮することができる。

【 0 0 5 7 】

図 1 7 は、A P C アーム 5 0 の旋回によって、段取り室 1 4 側のパレット 7 6（図 1 6 参照）と加工室 1 2 側の第 2 のパレット 9 4 とを入れ替えた（交換した）状態を示す。パレット 7 6 及び第 2 のパレット 9 4 を保持した A P C アーム 5 0 を 1 8 0 度回転することによって、加工前のワーク W 1 が組付けられたパレット 7 6 を加工室 1 2 側へと移動して C 軸ロータリテーブル 3 6 に受渡し、加工後のワーク W 2 が組付けられた第 2 のパレット 9 4 を段取り室 1 4 側へと移動することができる。

【 0 0 5 8 】

パレット 7 6，9 4 の交換と並行して又は交換後に、推定部 1 0 6 は、ステップ S 8 0（図 9 参照）へ移行し、上述した（1）式及び（2）式を用いて、記憶部 1 0 4 に記憶した基準距離 L、第 1 の基準負荷 T B 1 及び第 1 の負荷 T 1 から質量 M を推定する。つぎに、推定部 1 0 6 は、ステップ S 9 0（図 9 参照）へ移行し、上述した（3）式及び（4）式を用いて、記憶部 1 0 4 に記憶した第 2 の基準負荷 T B 2 及び第 2 の負荷 T 2 から重心位置距離 H を推定する。このとき、第 1 の基準負荷 T B 1 及び第 2 の基準負荷 T B 2 は、予め実験等によって求められ、記憶部 1 0 4 に記憶されている。さらに、ステップ S 1 0 0（図 9 参照）へ移行し、制御装置 1 0 0 の計算部 1 0 8 は、たおれ補正を行うために、推定部 1 0 6 が推定したパレット 7 6 の質量 M 及び重心位置距離 H に基づいてアクチュエータ 3 5 から第 1 のアクチュエータ取付部 3 6 a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 3 6 b に作用する調整力を計算する。

【 0 0 5 9 】

図 1 8 は、入れ替えたパレット 7 6 を取り付ける C 軸ロータリテーブル 3 6 を示す。A P C アーム 5 0 は、1 8 0 度回転してパレット 7 6 を加工室 1 2 側へと入れ替え、入れ替えられたパレット 7 6 は、C 軸ロータリテーブル 3 6 に位置決めされ、取り付けられる。C 軸ロータリテーブル 3 6 は、A P C アーム 5 0 が回転している間は、A P C アーム 5 0

10

20

30

40

50

及びこれが保持するパレット 7 6 と干渉しない待機位置（図 1 8 での点線で示す位置）において旋回の完了まで待機する。C 軸ロータリテーブル 3 6 は、旋回の完了後、A P C アーム 5 0 及びパレット 7 6 側へ向けて Z 軸方向に沿って移動し、パレット 7 6 の下面 7 6 b 及び C 軸ロータリテーブル 3 6 の取付面の取付け機構（図示省略）によって、パレット 7 6 を保持し、取付ける。

【 0 0 6 0 】

図 1 9 は、パレット 7 6 を C 軸ロータリテーブル 3 6 へ引き渡す A P C アーム 5 0 の側面図を示す。C 軸ロータリテーブル 3 6 にパレット 7 6 が取り付けられると、A P C アーム 5 0 が下降し、C 軸ロータリテーブル 3 6 に引き渡したパレット 7 6 から離脱する。A P C アーム 5 0 による保持が解除されるため、パレット 7 6 は、C 軸ロータリテーブル 3 6 のテーブル 3 6 d の取付面だけで保持されている状態となる。パレット 7 6、治具 9 6 及びワーク W 1 は、テーブル 3 6 d の取付面に直立状態で取り付けられ、水平方向に突き出している。このため、テーブル 3 6 d には、パレット 7 6、治具 9 6 及びワーク W 1 の重量によって生じるモーメントが作用し、この結果、テーブル 3 6 d は、鉛直方向下向きに傾斜し、テーブル 3 6 d の回転軸（C 軸）は水平方向軸に対して鉛直方向下向きに傾斜し、いわゆる、たおれが発生し、加工精度が低下する。たおれが生じたままワーク W 1 の加工を行うと、例えば、治具 9 6 の基準面に取り付けられたワーク W 1 の基準面に対するワーク W 1 の上面 7 6 a の平行度の要求を満たせなくなる。

【 0 0 6 1 】

図 2 0 は、自重によってテーブル 3 6 d が傾斜する（倒れる）パレット 7 6 及びワーク W 1 の側面図を示す。パレット 7 6 を C 軸ロータリテーブル 3 6 へ引き渡すと、ステップ S 1 1 0（図 9 参照）へ移行し、制御装置 1 0 0 は、たおれ補正を行うためにテーブル位置制御装置 1 1 0 を作動して、計算部 1 0 8 が計算した調整力（油圧）でアクチュエータ 3 5 を作動させるための油圧源 1 1 2 を制御する。

【 0 0 6 2 】

図 2 1 は、たおれ補正を行うためにアクチュエータ 3 5 が作動する C 軸ロータリテーブル 3 6 の側面図を示す。テーブル位置制御装置 1 1 0 がアクチュエータ 3 5 を作動させるために油圧源 1 1 2 を制御すると、ステップ S 1 2 0（図 9 参照）へ移行し、アクチュエータ 3 5 が作動し、C 軸ロータリテーブル 3 6 のハウジング 3 6 e を弾性変形させる。具体的には、アクチュエータ 3 5 は、油圧供給されることによって作動し、第 1 のアクチュエータ取付部 3 6 a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 3 6 b に調整力を作用する。このため、ハウジング 3 6 e に対して離反又は接近する方向に力を作用し、ハウジング 3 6 e を背面側（アクチュエータ 3 5 側）へ傾倒する（起き上がる）ように弾性変形させる。これによって、治具 9 6、ワーク W 1 及びパレット 7 6 と共に下方側へ傾いていたテーブル 3 6 d の回転中心軸 C C が水平方向軸に沿うように補正され、テーブル 3 6 d が、本来あるべき位置に位置決めされる。テーブル 3 6 d が位置決めされると、ステップ S 1 3 0（図 9 参照）へ移行し、たおれ補正を終了する。

【 0 0 6 3 】

図 2 2 は、加工を行うために主軸 2 6 側へ向けて B 軸ロータリテーブル 3 4 によって回転した C 軸ロータリテーブル 3 6 の側面図を示す。B 軸ロータリテーブル 3 4 によって回転し、主軸 2 6 と対向するように位置決めされたパレット 7 6 に取り付けられたワーク W 1 は、主軸 2 6 と C 軸ロータリテーブル 3 6 及び B 軸ロータリテーブル 3 4 とが相対移動し、主軸 2 6 に取付けられた工具 2 8 によって加工される。加工が完了すると、再度パレット 7 6 の交換が行われる。

【 0 0 6 4 】

本実施形態に係る工作機械 1 0 の制御装置 1 0 0 によると、制御装置 1 0 0 は、アーム 6 4 を単独で、第 1 のアーム位置へと回転したときに駆動部 6 2 に作用する第 1 の基準負荷 T B 1 と、第 2 のアーム位置へと回転したときに駆動部 6 2 に作用する第 2 の基準負荷 T B 2 と、水平状態におけるパレット 7 6 のパレット中央部分と駆動部 6 2 の回転中心軸 R A 1 との水平方向距離となる基準距離 L と、を記憶する記憶部 1 0 4 を備える。また、

10

20

30

40

50

制御装置 100 は、アーム 64 によって保持したパレット 76 をアーム回転範囲内の第 1 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部 62 に作用する第 1 の負荷 T_1 及び第 2 のアーム位置へと姿勢変更したときに駆動部 62 に作用する第 2 の負荷 T_2 を取得し、少なくとも基準距離 L 、第 1 の基準負荷 T_{B1} 、第 2 の基準負荷 T_{B2} 、第 1 の負荷 T_1 、及び、第 2 の負荷 T_2 に基づいてパレット 76 の質量 M 及び重心 GW_1 の位置（重心位置距離 H ）を推定する推定部 106 を備える。このため、駆動部 62 及びアーム 64 を用いて部品点数を増やすことなくパレット 76 の質量 M 及び重心位置距離 H を推定することができる。

【0065】

さらに、本実施形態に係る工作機械 10 によると、工作機械 10 は、アクチュエータ 35 と、制御装置 100 によって推定したパレット 76 の質量 M 及び重心位置距離 H に基づいて、アクチュエータ 35 が第 1 のアクチュエータ取付部 36a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 36b に作用する調整力を計算する計算部 108 とを備える。また、工作機械 10 は、第 1 のアクチュエータ取付部 36a 及び第 2 のアクチュエータ取付部 36b に、計算された調整力が作用するようにアクチュエータ 35 を作動し、ハウジング 36e を弾性変形させてテーブル支持部 36c の位置又は姿勢を変化させることによって、テーブル 36d の位置を制御するテーブル位置制御装置 110 を備える。これによって、テーブル 36d のたおれ補正を行うことができ、ワーク W_1 の加工精度を向上させることができる。

【0066】

また、本実施形態に係る工作機械 10 によると、制御装置 100 の推定部 106 は、パレット 76 が引き渡された C 軸ロータリテーブル 36 が第 1 のテーブル回転位置にあるときにテーブル 36d に作用する第 1 のテーブル負荷 T_3 を取得することができる。さらに、制御装置 100 の推定部 106 は、第 1 のテーブル回転位置から 90 度回転した第 2 のテーブル回転位置へとテーブル 36d を回転し、テーブル 36d に作用する第 2 のテーブル負荷 T_4 を取得することができる。このため、重心 GW_1 の C 軸ロータリテーブル 36 の回転中心軸 CC からのずれを推定することができる。

【0067】

さらに、本実施形態に係る工作機械 10 によると、制御装置 100 は、推定したパレット 76 の質量 M が、記憶部 104 に記憶されたテーブル取付け可能上限質量、保持可能上限質量、又は APC アーム保持可能上限質量を超過する場合に、超過している旨を報知する報知部 100 を有する。このため、パレット 76 の姿勢変更後、アーム 64 が保持するパレット 76 を C 軸ロータリテーブル 36 に取り付けられるパレット 94 と交換する前にパレット 76 の質量 M を推定し、テーブル取付け可能上限質量又は APC アーム保持可能上限質量を超過する場合は、パレットの交換を中止した上で、作業者 WK に報知することができる。第 1 の負荷 T_1 を取得した直後に質量を推定し、アーム保持可能上限質量を超過している場合は、パレット姿勢変更を行うことなく警報を報知することもできる。これによって、C 軸ロータリテーブル 36、アーム 64、APC アーム 50 の故障を未然に防止することができ、工作機械 10 の稼働効率を向上させることができる。

【0068】

また、本実施形態に係る工作機械 10 によると、制御装置 100 は、推定したパレット 76 の質量 M と重心位置距離 H に応じて、アーム 64、APC アーム 50、及び工作機械 10 の送り軸の動作の速度及び / 又は加速度を制御するように構成されている。このため、質量 M が APC アーム保持可能上限質量の一定割合より大きい場合は、パレット交換装置 44 の APC アーム 50 の旋回速度や上昇速度を小さく設定することができる。また、重心 GW_1 の位置が、C 軸の負荷が相対的に小さくなるように位置しているときには、C 軸、B 軸及び Z 軸の加速度 / 回転加速度を大きく設定することができ、逆に重心 GW_1 の位置が C 軸の負荷が相対的に大きくなるよう位置しているときには、C 軸、B 軸及び Z 軸の加速度 / 回転加速度を小さく設定することができるため、ワーク W_1 の加工精度及び工作機械の稼働効率を向上させることができる。

【0069】

10

20

30

40

50

以上の説明のとおり、本実施形態に係る工作機械 1 0 の制御装置 1 0 0 及び推定方法によれば、ワーク W 1 の加工精度及び稼働効率を向上させるために、部品点数を増やすことなくワーク W 1 が取り付けられたパレット 7 6 の質量 M 及び重心位置距離 H を精度よく推定することができる。さらに、推定したパレット 7 6 の質量 M 及び重心位置距離 H を工作機械 1 0 の様々な場面で活用して、ワーク W 1 の加工精度及び工作機械 1 0 の稼働効率を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

以上、工作機械 1 0 の制御装置 1 0 0 及び質量 M と重心位置距離 H の推定方法の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されない。上記のほか、当業者であれば、上記の実施形態の様々な変形が可能であることを理解できると考えられる。

10

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

1 0	工作機械	
2 6	主軸	
2 8	工具	
3 5	アクチュエータ	
3 6	C 軸ロータリテーブル (テーブル)	
3 6 a	第 1 のアクチュエータ取付部	
3 6 b	第 2 のアクチュエータ取付部	
3 6 c	テーブル支持部	20
3 6 d	テーブル	
3 6 e	ハウジング	
3 6 f	サーボモータ	
3 6 g	エンコーダ	
3 6 h	サーボアンプ	
3 8	Z 軸直動ガイド	
4 0	段取りステーション	
4 2	パレット姿勢変更装置 (推定装置)	
4 4	パレット交換装置	
6 0	ベース	30
6 2	駆動部	
6 4	アーム	
7 6	パレット	
7 6 a	上面	
9 6	治具	
1 0 0	制御装置	
1 0 4	記憶部	
1 0 6	推定部	
1 0 8	計算部	
1 1 0	テーブル位置制御装置	40
H	重心位置距離	
L	基準距離	
M	質量	
R A 1	駆動部の回転中心軸	
T B 1	第 1 の基準負荷	
T B 2	第 2 の基準負荷	
T 1	第 1 の負荷	
T 2	第 2 の負荷	
T 3	第 1 のテーブル負荷	
T 4	第 2 のテーブル負荷	50

W 1 ワーク
W 2 ワーク

【要約】

【課題】ワークの加工精度及び稼働効率を向上させるために、部品点数を増やすことなくワークが取り付けられたパレットの質量及び重心位置を精度よく推定する工作機械の推定装置及び推定方法を提供する。

【解決手段】制御装置 1 0 0 は、回転中心軸周りにパレット 7 6 を回転可能な駆動部 6 2 に取り付けられ、パレット 7 6 を保持して水平状態と直立状態との間を含むアーム回転範囲内で姿勢変更するアーム 6 4 と、アーム 6 4 単独でアーム回転範囲内の第 1 及び第 2 のアーム位置へと回転したときの第 1 及び第 2 の基準負荷と、水平状態におけるパレット中央部分と回転中心軸との水平方向距離となる基準距離 L とを記憶する記憶部 1 0 4 と、パレット 7 6 を第 1 及び第 2 のアーム位置へと姿勢変更したときの第 1 及び第 2 の負荷を取得し、少なくともこれらの負荷及び基準距離に基づいてパレット 7 6 の質量及び重心位置を推定する推定部 1 0 6 を備える。

【選択図】図 4

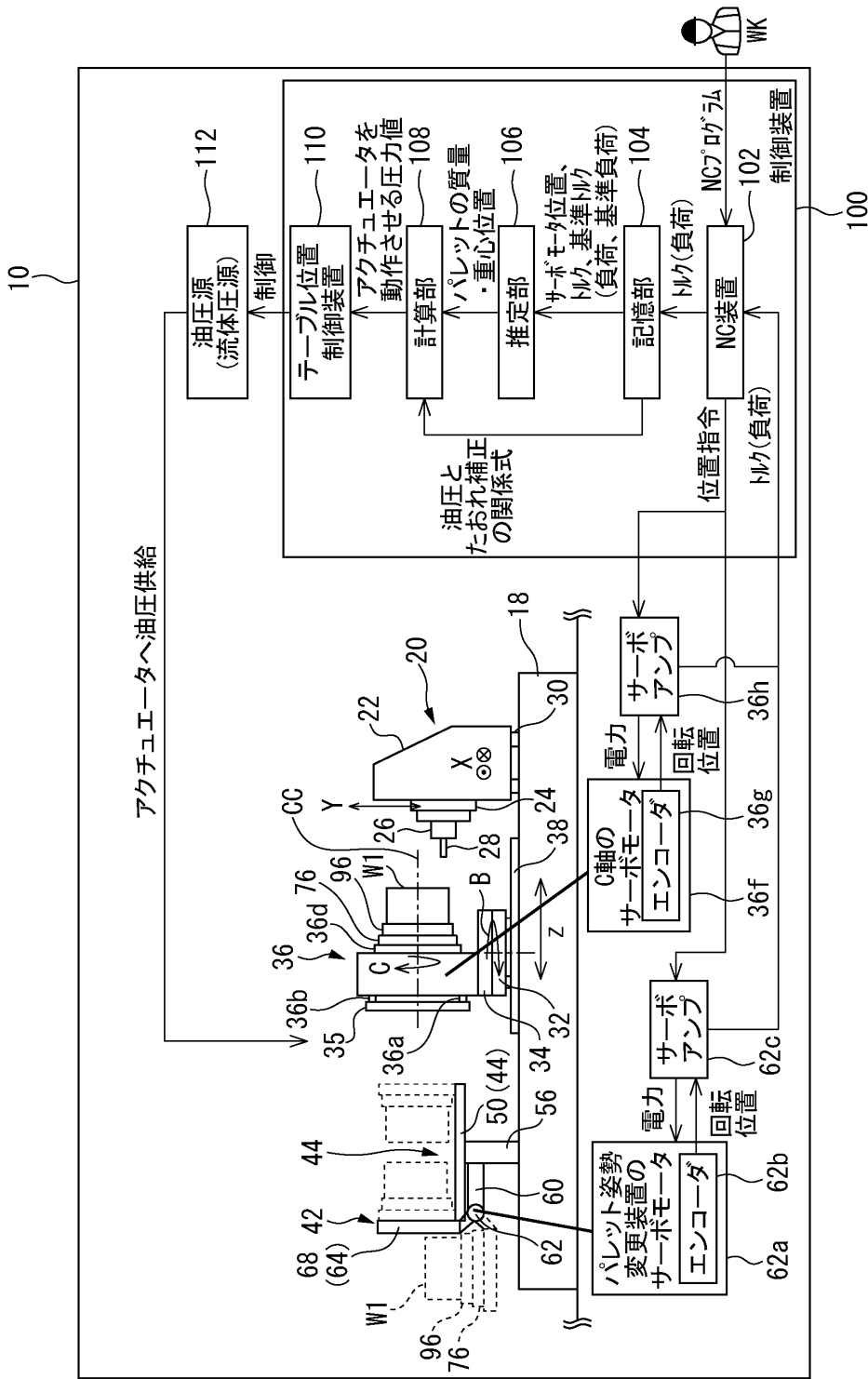
10

20

30

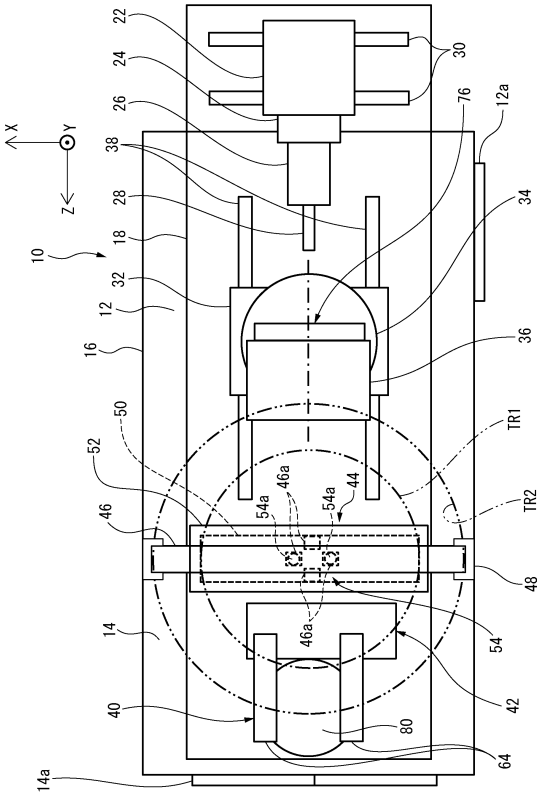
40

50

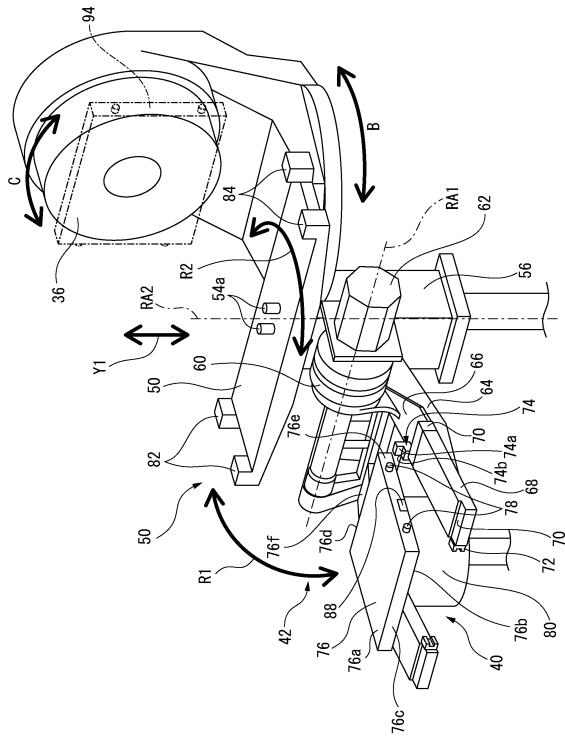


【図面】

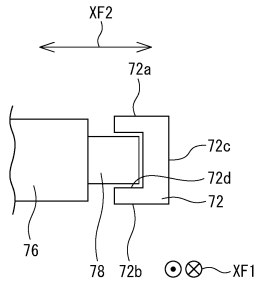
【図 1】



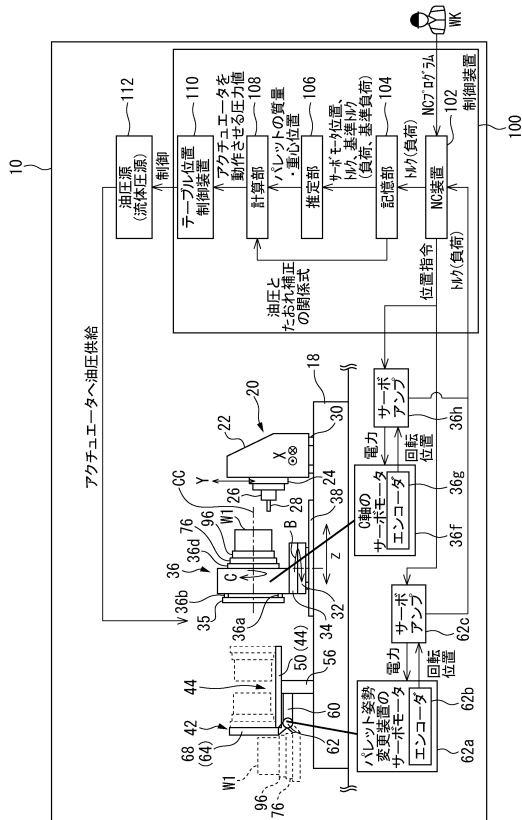
【図 2】



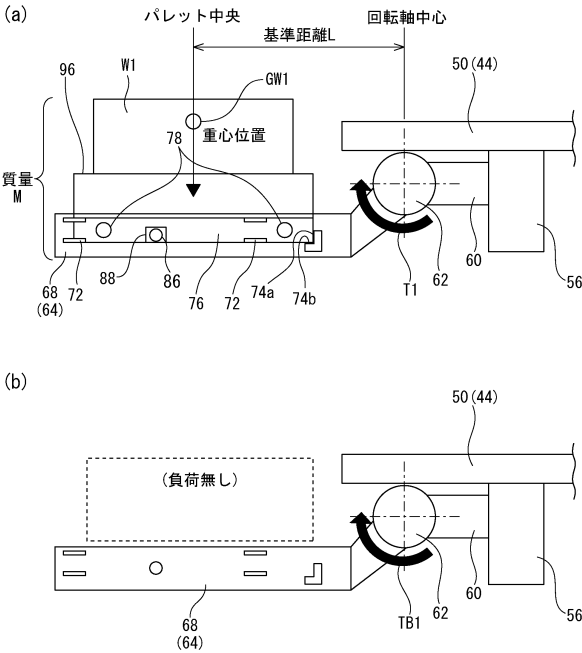
【図 3】



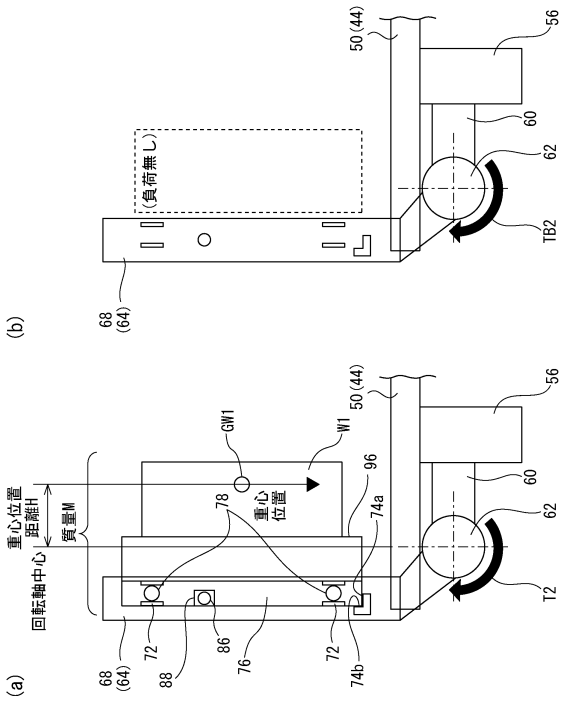
【図 4】



【図 5】



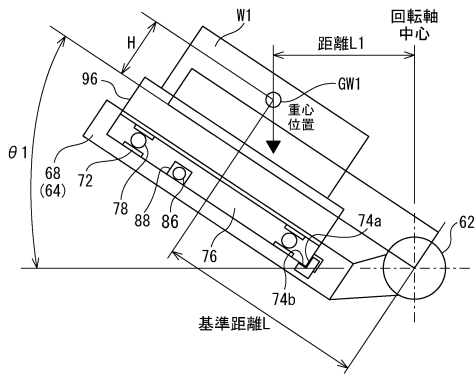
【図 6】



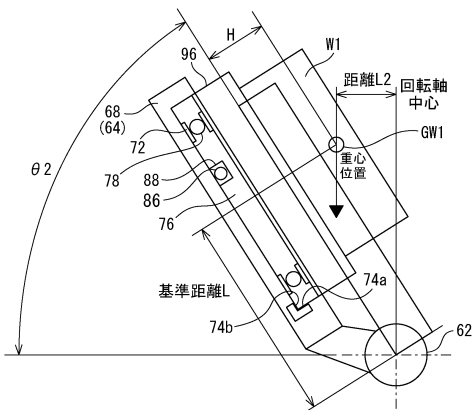
10

20

【図 7 A】



【図 7 B】

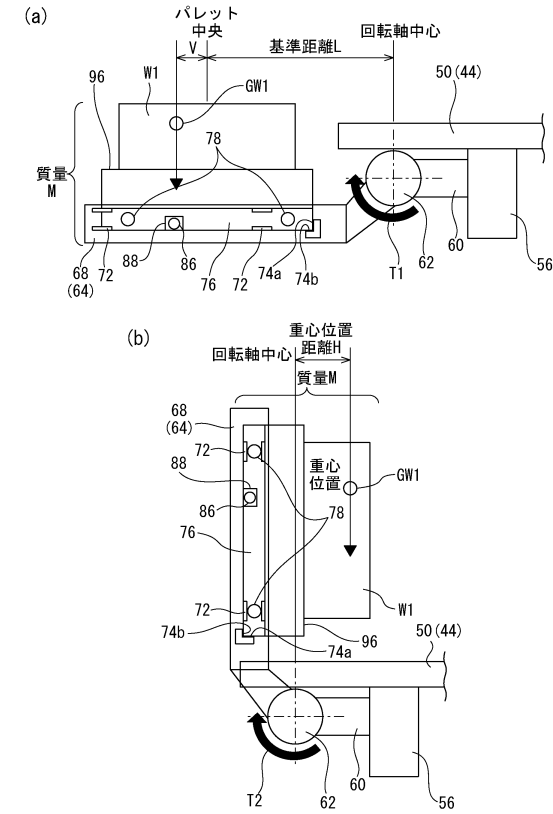


30

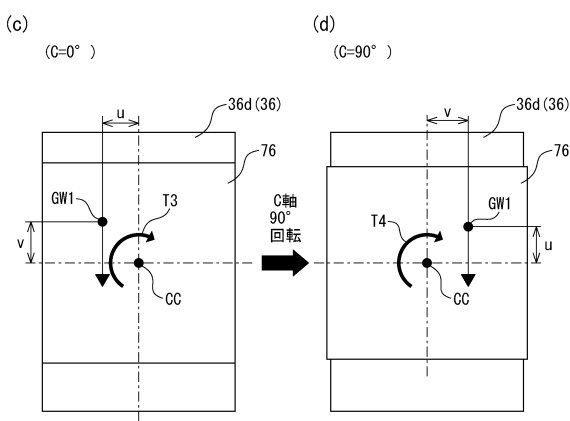
40

50

【図 8 a - 8 b】



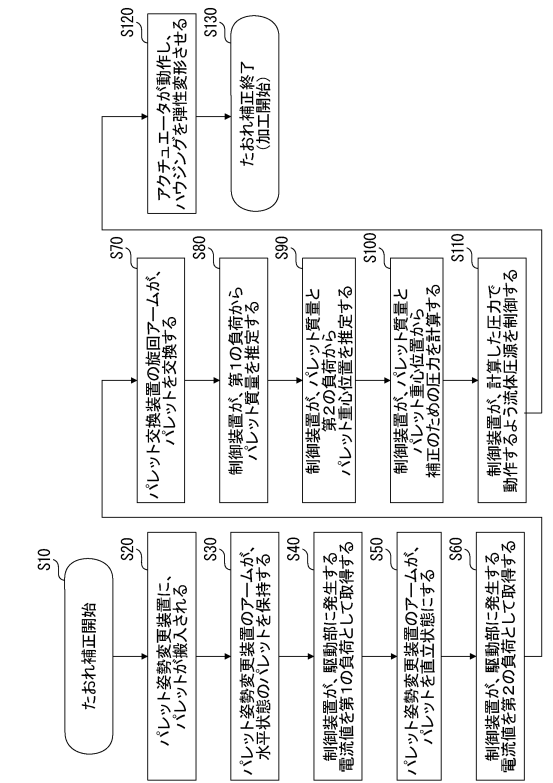
【図 8 c - 8 d】



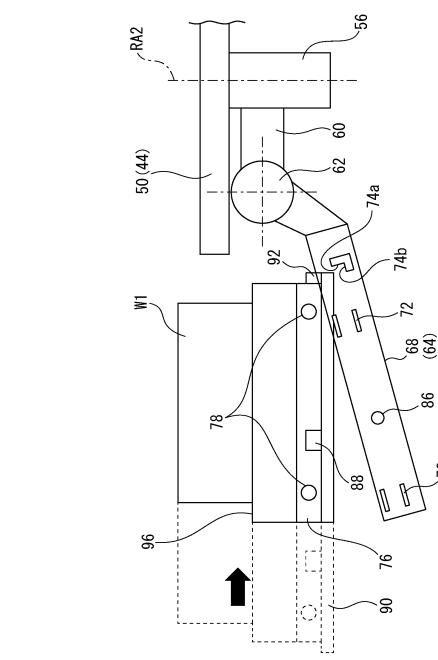
10

20

【図 9】



【図 10】

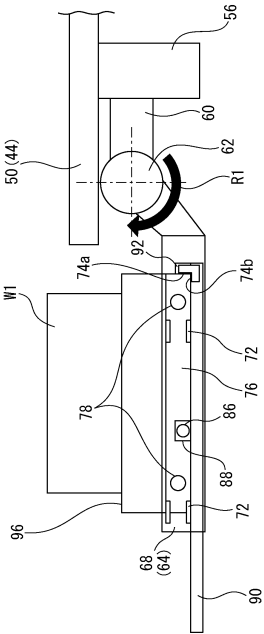


30

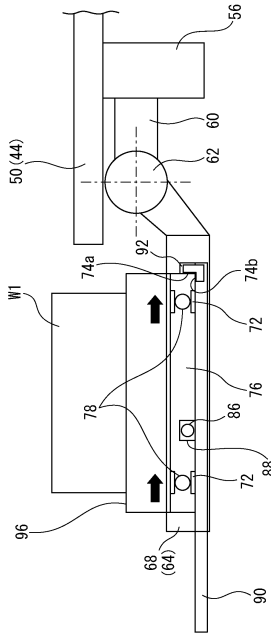
40

50

【図 1 1】



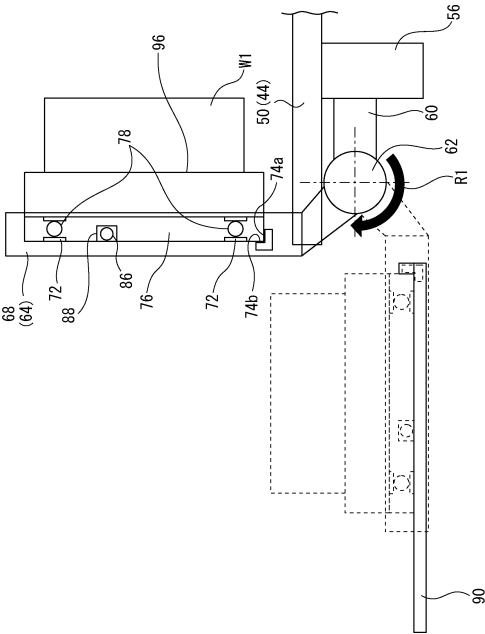
【図 1 2】



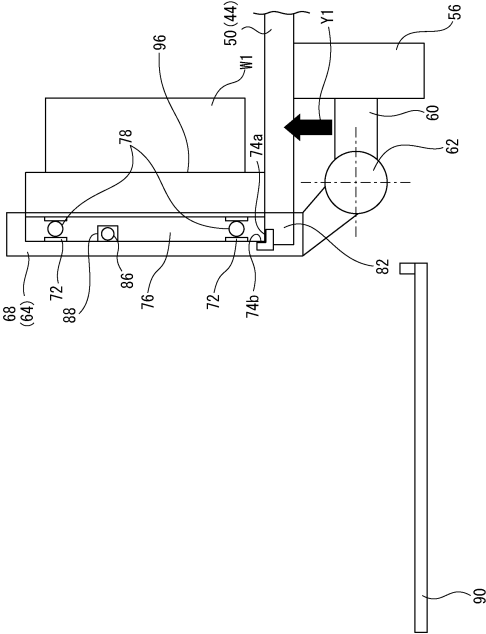
10

20

【図 1 3】



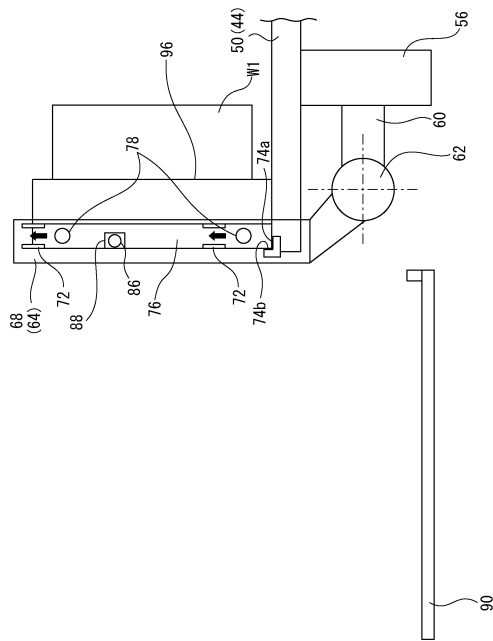
【図 1 4】



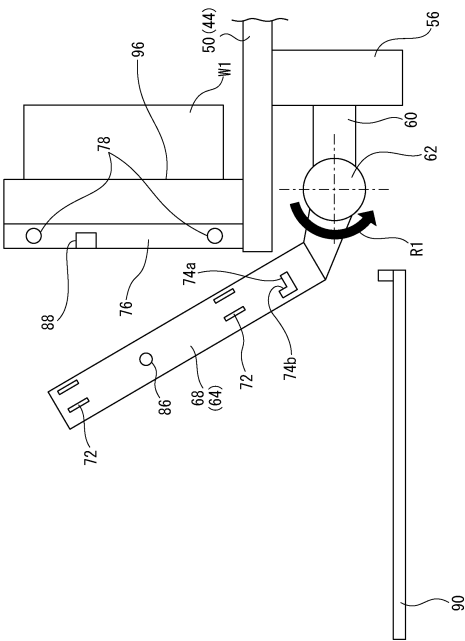
30

40

【図 15】



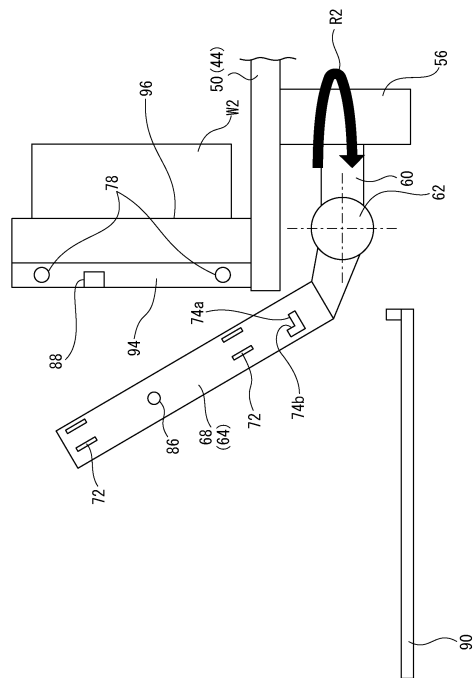
【図 16】



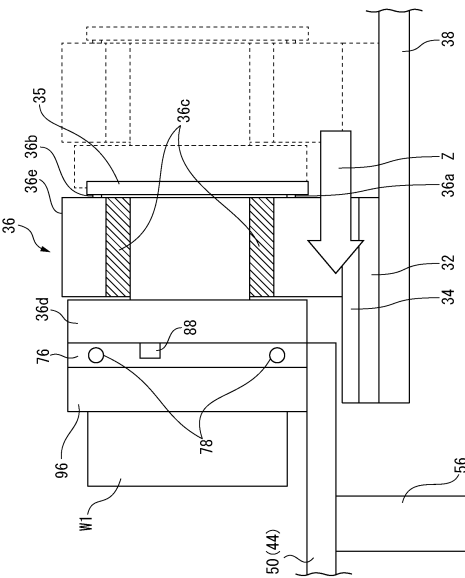
10

20

【図 17】



【図 18】

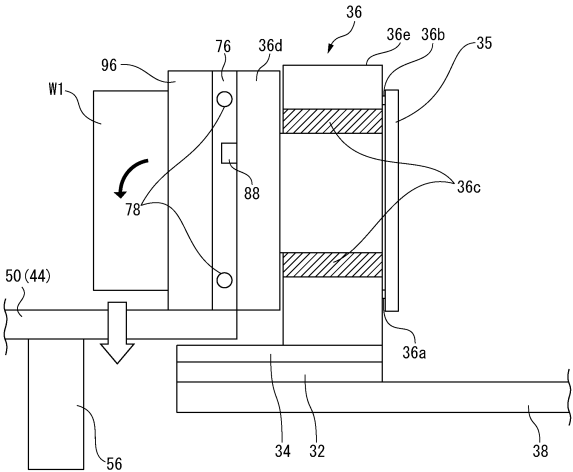


30

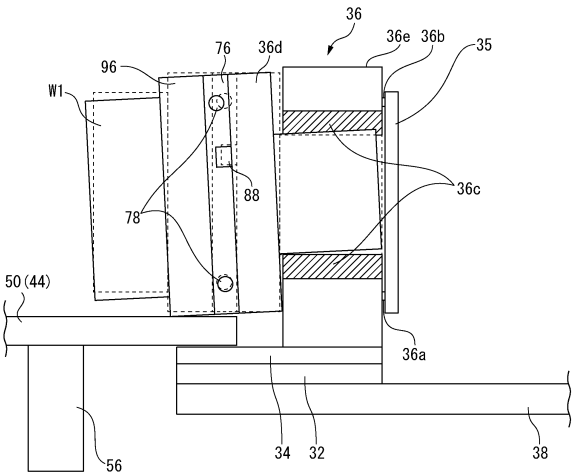
40

50

【図 19】



【図 20】



10

【図 21】

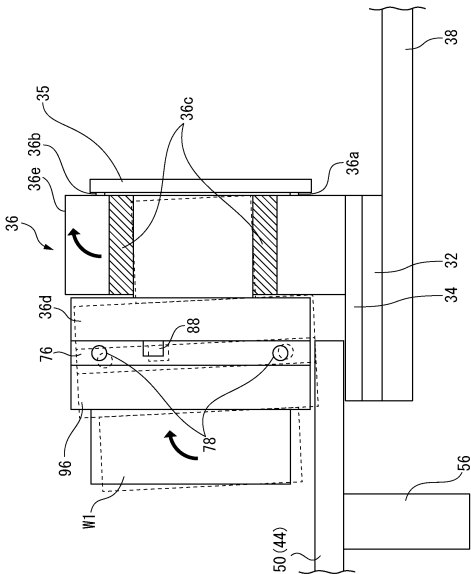
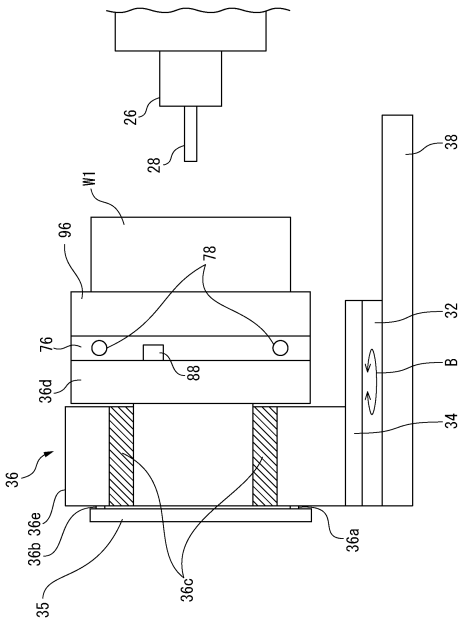


図21

【図 22】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	
	B 2 3 Q	15/26
(56)参考文献	特開昭 6 1 - 7 9 5 3 4 (J P , A)	
	実開昭 6 0 - 1 4 9 7 2 7 (J P , U)	
	国際公開第 2 0 1 9 / 0 5 3 8 3 0 (W O , A 1)	
(58)調査した分野	(Int.Cl. , D B 名)	
	B 2 3 Q	1 7 / 0 0
	B 2 3 Q	7 / 0 0
	B 2 3 Q	1 / 0 1
	B 2 3 Q	1 / 5 2
	B 2 3 Q	1 5 / 2 6
	G 0 1 G	9 / 0 0
	G 0 1 G	1 9 / 0 0