

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5872869号
(P5872869)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int.Cl.

G05B 19/4103 (2006.01)
B23Q 15/00 (2006.01)

F 1

G 05 B 19/4103 D
G 05 B 19/4103 J
B 23 Q 15/00 K

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2011-266125 (P2011-266125)
(22) 出願日	平成23年12月5日 (2011.12.5)
(65) 公開番号	特開2013-117924 (P2013-117924A)
(43) 公開日	平成25年6月13日 (2013.6.13)
審査請求日	平成26年7月23日 (2014.7.23)

(73) 特許権者	390008235 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 358 ○番地
(74) 代理人	110001151 あいわ特許業務法人
(72) 発明者	大槻 俊明 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 358 ○番地 ファナック株式会社内

審査官 牧 初

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】工具背面での切削点指令により加工を行う数値制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

テーブルに取付られたワーク（加工物）に対して少なくとも直線軸3軸を制御点位置に移動させることによって工具を前記ワークに対して相対移動させて前記工具の切削点で前記ワークを加工する工作機械を制御する数値制御装置において、
加工プログラムにより指令される指令切削点位置、指令切削面垂直ベクトル、工具径補正量、工具長補正量および工具先端面と工具背面との距離である工具厚補正量を読み取り切削点指令読み取りデータとする切削点指令読み取り部と、

前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に補間切削点位置および補間工具径補正ベクトルを求めて切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量および前記工具厚補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部を有し、

前記少なくとも直線3軸を前記制御点位置に移動するよう各軸を駆動することを特徴とする数値制御装置。

【請求項 2】

前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具背面コーナR補正量をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、

前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記

補間切削点位置および前記補間工具径補正ベクトルに加えて補間コーナR補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量、前記工具厚補正量および前記工具背面コーナR補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置。

【請求項3】

前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具テーパ角をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、

前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記補間切削点位置および前記補間工具径補正ベクトルを求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量および前記工具厚補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置。 10

【請求項4】

前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具背面コーナR補正量、工具先端面コーナR補正量および工具テーパ角をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、

前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記補間切削点位置および前記補間工具径補正ベクトルに加えて補間コーナR補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量、前記工具厚補正量および前記工具背面コーナR補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置。 20

【請求項5】

前記工作機械は、テーブルに取付られたワーク（加工物）に対して少なくとも直線軸3軸および回転軸2軸を制御点位置に移動させることによって工具を前記ワークに対して相対移動させて前記ワークを加工する多軸工作機械であり、

前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される指令工具方向をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、 30

前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に補間工具方向ベクトル V_t および補間工具長補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データから前記直線軸3軸および前記回転軸2軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であり、

前記少なくとも直線軸3軸および前記回転軸2軸を前記制御点位置に移動するよう各軸を駆動することを特徴とする記請求項1乃至請求項4のいずれか1つに記載の数値制御装置。

【請求項6】

前記指令工具方向は指令人軸位置として指令される請求項5に記載の数値制御装置。

【請求項7】

前記指令工具方向は指令工具方向ベクトルとして指令される請求項5に記載の数値制御装置。

【請求項8】

前記回転軸2軸は工具ヘッドを回転する前記回転軸2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置。

【請求項9】

前記回転軸2軸はテーブルを回転する前記回転軸2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置。

【請求項10】

前記回転軸2軸の1軸は工具ヘッドを回転し他の1軸はテーブルを回転する前記回転軸 50

2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テーブルに取付られたワーク（加工物）に対して少なくとも直線軸3軸によって加工する工作機械を制御するとともに、加工プログラムにより指令される指令切削点位置、指令切削面垂直方向、工具径補正量、工具長補正量および工具厚補正量から補間周期毎に各軸の制御点位置を求める切削点指令制御部を有する数値制御装置に関する。さらに、前記工作機械は前記直線軸3軸に加えて回転軸2軸によって加工する多軸工作機械である、または前記切削点指令制御部はさらに加工プログラムにより指令される工具テーパ角、工具背面コーナR補正量または工具先端面コーナR補正量をも考慮する切削点指令制御部である数値制御装置に関する。10

【背景技術】

【0002】

少なくとも直線軸3軸と回転軸2軸によって加工する多軸工作機械において、加工プログラムにより指令切削点位置（ワークを切削する工具切刃位置）、指令切削面垂直方向、指令工具方向、工具径補正量および工具長補正量を指令し、補間周期毎に補間切削点位置、補間切削面垂直方向ベクトル、補間工具方向ベクトル、補間工具径補正ベクトルおよび補間工具長補正ベクトルを求め、それらの補間切削点位置、補間工具径補正ベクトルおよび補間工具長補正ベクトルから直線軸3軸および回転軸2軸の制御点位置を求めて駆動する数値制御装置が知られている。このように、加工プログラムにより指令切削点位置、指令切削面垂直方向、指令工具方向、工具径補正量および工具長補正量を指令し、ワーク上の実際の切削点位置が補間切削点位置になるように各軸の制御点位置を求めて駆動する指令方法および制御方法を切削点指令と呼ぶ。20

この切削点指令は多軸工作機械のみならず、回転軸を持たず少なくとも直線軸3軸によって加工する工作機械においても使用される。その場合、上記の補間工具方向ベクトルおよび補間工具長補正ベクトルは補間周期毎には変化しないため、一定の工具方向ベクトルおよび工具長補正ベクトルとなる。

【0003】

一般に切削点指令は少なくとも直線軸3軸と回転軸2軸によって加工する多軸工作機械において使用されることが多いため、以下の従来技術の説明は多軸工作機械の場合の説明とする。30

特許文献1では、回転テーブルを持つ多軸工作機械、つまり回転軸1軸でテーブルを回転し他の回転軸1軸で工具ヘッドを回転する混合型多軸工作機械（段落0062、図1）や回転軸2軸でテーブルを回転するテーブル回転型多軸工作機械（段落0062、図2）において、「ボールエンドミル工具の先端における半球上の切削点」（請求項10）によって切削点指令を行う技術（段落0023、段落0064、図14、図17）や、「フラットエンドミル工具の先端面の切削点」（請求項11）によって切削点指令を行う技術（段落0064、図16）が開示されている。

特許文献2では、回転工具ヘッドを持つ工具ヘッド回転型多軸工作機械において「コーナR部を持たないミル工具」によって切削点指令を行う技術（請求項1の1行目～8行目、図2、図6）や、「コーナR部を持つミル工具」によって切削点指令を行う技術（請求項2の1行目～8行目、図7）が開示されている。40

これらの従来技術では工具を側面から見ると工具先端面の端点またはその延長のコーナR部を切削点とする（図1、図2を参照）。

【0004】

一方、近年工具種類が多様化し、図3のように工具背面のコーナR部でも加工を行う工具が登場してきている。特に研削工具（グラインダ）においてはそのような工具も使用されるようになってきている。図4は図3で示した工具の斜視図である。

さらに、今後図5のような工具背面の端点で加工する工具も想定される。図6は図5で50

示した工具の斜視図である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第3643098号公報

【特許文献2】特開2008-287471号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような工具の切削点指令に対しては図3、図5に示した工具厚補正量や工具背面のコーナR部における工具背面コーナR補正量（コーナR半径）を考慮して切削点指令に対する制御を行う必要があるが、上記従来技術の切削点指令の制御においては工具厚補正量や工具背面コーナR補正量を考慮する技術思想はなかった。 10

また、工具側面にテーパ角がある工具や工具先端面のコーナR部における工具先端面コーナR補正量と工具背面コーナR補正量とが相違する工具も今後想定される。図7、図8ではそのような工具の側面図を示す。便宜上ワークは省略して描いている。そのような工具による切削点指令の制御において、工具厚補正量、テーパ角、工具先端面コーナR補正量または工具背面コーナR補正量を考慮する技術思想はなかった。

そのため、このような工具背面のコーナR部や端点で加工を行う場合はCAMで加工プログラムを作成する時にそのような加工を考慮して各軸の制御点位置を指令したり工具先端面中心位置を指令する必要があった。したがって、工具毎にCAMで加工プログラムを作成する必要があった。つまり、工具が変更されれば変更された工具に合わせてCAMで加工プログラムを作成し直す必要があった。 20

【0007】

そこで、本発明の課題は、工具厚補正量を考慮し上記のような工具における工具背面のコーナR部分や端点による切削点指令での加工を可能にする数値制御装置を提供することである。また、工具厚補正量に加えて工具側面のテーパ角、工具背面コーナR補正量や工具先端面コーナR補正量を持つ工具に対しても同様に工具背面のコーナR部分や端点での切削点指令での加工を可能にする数値制御装置を提供することである。さらに、少なくとも直線軸3軸を持つ工作機械や少なくとも直線軸3軸に加えて回転軸2軸を持つ多軸工作機械において、そのような工具による切削点指令を可能にする数値制御装置を提供することである。 30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本願の請求項1に係る発明は、テーブルに取付られたワーク（加工物）に対して少なくとも直線軸3軸を制御点位置に移動させることによって工具を前記ワークに対して相対移動させて前記工具の切削点で前記ワークを加工する工作機械を制御する数値制御装置において、加工プログラムにより指令される指令切削点位置、指令切削面垂直ベクトル、工具径補正量、工具長補正量および工具先端面と工具背面との距離である工具厚補正量を読み取り切削点指令読み取りデータとする切削点指令読み取り部と、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に補間切削点位置および補間工具径補正ベクトルを求めて切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量および前記工具厚補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部を有し、前記少なくとも直線3軸を前記制御点位置に移動するよう各軸を駆動することを特徴とする数値制御装置である。 40

請求項2に係る発明は、前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具背面コーナR補正量をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記補間切削点位置および前記補間工具径 50

補正ベクトルに加えて補間コーナR補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量、前記工具厚補正量および前記工具背面コーナR補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置である。

【0009】

請求項3に係る発明は、前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具テーパ角をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記補間切削点位置および前記補間工具径補正ベクトルを求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量および前記工具厚補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置である。10

【0010】

請求項4に係る発明は、前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される前記指令切削点位置、前記指令切削面垂直ベクトル、前記工具径補正量、前記工具長補正量および前記工具厚補正量に加えて工具背面コーナR補正量、工具先端面コーナR補正量および工具テーパ角をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に前記補間切削点位置および前記補間工具径補正ベクトルに加えて補間コーナR補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データ、前記工具長補正量、前記工具厚補正量および前記工具背面コーナR補正量から前記直線軸3軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であることを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置である。20

請求項5に係る発明は、前記工作機械は、テーブルに取付られたワーク（加工物）に対して少なくとも直線軸3軸および回転軸2軸を制御点位置に移動させることによって工具を前記ワークに対して相対移動させて前記ワークを加工する多軸工作機械であり、前記切削点指令読み取り部は、加工プログラムにより指令される指令工具方向をも読み取り前記切削点指令読み取りデータとする前記切削点指令読み取り部であり、前記切削点指令制御部は、前記切削点指令読み取りデータにもとづいて、補間周期毎に補間工具方向ベクトル V_t および補間工具長補正ベクトルをも求めて前記切削点指令補間データとし、前記切削点指令補間データから前記直線軸3軸および前記回転軸2軸の制御点位置を求める切削点指令制御部であり、前記少なくとも直線軸3軸および前記回転軸2軸を前記制御点位置に移動するよう各軸を駆動することを特徴とする記請求項1乃至請求項4のいずれか1つに記載の数値制御装置である。30

【0011】

請求項6に係る発明は、前記指令工具方向は指令人軸位置として指令される請求項5に記載の数値制御装置である。

請求項7に係る発明は、前記指令工具方向は指令工具方向ベクトルとして指令される請求項5に記載の数値制御装置である。40

請求項8に係る発明は、前記回転軸2軸は工具ヘッドを回転する前記回転軸2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置である。

請求項9に係る発明は、前記回転軸2軸はテーブルを回転する前記回転軸2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置である。

請求項10に係る発明は、前記回転軸2軸の1軸は工具ヘッドを回転し他の1軸はテーブルを回転する前記回転軸2軸である請求項5乃至請求項7のいずれか1つに記載の数値制御装置である。

【発明の効果】

【0012】

本発明により、工具厚補正量を考慮し上記のような工具における工具背面のコーナR部50

分や端点による切削点指令での加工を可能にする数値制御装置を提供できる。また、工具厚補正量に加えて工具側面のテーパ角、工具背面コーナR補正量や工具先端面コーナR補正量を持つ工具に対しても同様に工具背面のコーナR部分や端点での切削点指令での加工を可能にする数値制御装置を提供できる。さらに、少なくとも直線軸3軸を持つ工作機械や少なくとも直線軸3軸に加えて回転軸2軸を持つ多軸工作機械において、そのような工具による切削点指令を可能にする数値制御装置を提供できる。

【0013】

そのことにより、CAMでは工具形状にかかわらず加工形状に合わせて切削点を指令する加工プログラムを作成すればよくなる。つまり、工具毎にCAMで加工プログラムを作成する必要がなくなる。工具が変更されてもCAMで加工プログラムを作成し直す必要がなくなる。その結果、より効率的な加工が可能となる。10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】工具先端面の端点が切削点であることを説明する図である。

【図2】工具先端面のコーナR部が切削点であることを説明する図である。

【図3】工具背面のコーナR部で加工を行う工具の例を説明する図である。

【図4】図3で示した工具の斜視図である。

【図5】工具背面の端点で加工する工具の例を説明する図である。

【図6】図5で示した工具の斜視図である。

【図7】工具側面にテーパ角がある工具の例を説明する図である。20

【図8】工具先端面のコーナR部における工具先端面コーナR補正量と工具背面コーナR補正量とが相違する工具の例を説明する図である。

【図9】回転軸B軸、C軸で工具ヘッドが回転し直線軸X、Y、Z軸で工具ヘッドが移動する工具ヘッド回転型多軸工作機械を説明する図である。

【図10】図9に示した工具ヘッド回転型多軸工作機械に取り付けられた工具の側面図である。

【図11】図10に示した工具の工具形状における工具背面左上を拡大してワークの一部分と共に描いて説明する図である。

【図12】加工プログラムの例を説明する図である。

【図13】回転軸2軸でテーブルを回転するテーブル回転型多軸工作機械を説明する図である。30

【図14】回転軸1軸で工具ヘッドを回転し他の回転軸1軸でテーブルを回転する混合型多軸工作機械を説明する図である。

【図15】直線軸X、Y、Z軸で工具ヘッドが移動する多軸工作機械を説明する図である。

【図16】図15に示す多軸工作機械で実行される加工プログラムの例を説明する図である。

【図17】本発明の第1の実施形態における数値制御装置の機能プロック図である。

【図18】本発明の第1の実施形態における切削点指令制御部のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態を図面と共に説明する。

下記に説明する本発明の実施形態の数値制御装置により研削工具のような工具の背面のコーナR部分や端点を切削点とする指令での加工を可能にする。本発明はテーブルに取付られたワーク(加工物)に対して少なくとも直線軸3軸によって加工する工作機械を制御するとともに、加工プログラムにより指令される指令切削点位置、指令切削面垂直方向、工具径補正量、工具長補正量および工具厚補正量から各軸の制御点位置を求める切削点指令制御部を有する数値制御装置である。前記工作機械は前記直線軸3軸に加えて回転軸2軸によって加工する多軸工作機械である。前記切削点指令制御部はさらに加工プログラムにより指令される工具テーパ角、工具背面コーナR補正量または工具先端面コーナR補正

40

50

量をも考慮して各軸の制御点位置を求める切削点指令制御部である。

【0016】

<実施形態>

1) 第1の実施形態

上記のように、本発明は、工具厚補正量、工具側面のテーパ角、工具背面コーナR補正量や工具先端面コーナR補正量を持つ工具に対して工具背面のコーナR部分や端点での切削点指令での加工を可能にする。さらに、少なくとも直線軸3軸を持つ工作機械や少なくとも直線軸3軸に加えて回転軸2軸を持つ多軸工作機械において、切削点指令を可能にする。

第1の実施形態では、それらの多くの組合せのうち最も複雑な実施形態を説明する。つまり、少なくとも直線3軸と回転軸2軸によって加工する多軸工作機械において、図8のような工具背面コーナR補正量、工具先端面コーナR補正量、工具テーパ角を持つ工具による実施形態とする。この第1の実施形態から各要素を簡略化することにより、回転軸を持たない少なくとも直線3軸によって加工する工作機械への適用や、より簡単な工具への適用について第2の実施形態以降の実施形態で説明する。

【0017】

対象の多軸工作機械は図9のように、テーブル3上にワーク1を載置し、回転軸B軸、C軸で工具ヘッドが回転し直線軸X、Y、Z軸で工具ヘッドが移動する工具ヘッド回転型多軸工作機械とする。図では工具(グラインダ)を大きめに描いている。ここでは、回転軸はB軸、C軸としたが、他にもA軸、B軸の組合せやA軸、C軸の組合せによる多軸工作機械もある。直線軸X、Y、Z軸で工具ヘッドが移動するとしているが、他にもX、Y、Z軸でテーブルを移動する多軸工作機械もある。また、図示していない工具マガジンやワークを載せるパレットなどを動作させる他の直線軸が追加されている多軸工作機械もある。そのような他の構成の多軸工作機械にも同様に適用可能である。ワーク上の切削点位置はプログラム座標系のX、Y、Z軸位置で指令される。工具形状をその側面図(図10参照)で示す。ワーク1は省略して描いている。制御点位置はB、C軸の回転中心交点とする。工具形状における工具背面左上を拡大して図11に示す。図11にはワークも描いている。

【0018】

加工プログラム例としては図12のように指令される。ここで、G43.8は切削点指令を開始するGコードである。H_は工具長補正量番号、D_は工具径補正量番号、T_は工具厚補正量番号、L_はテーパ角番号、R_は工具背面コーナR補正量番号、Q_は工具先端面コーナR補正量番号の指令である。

各工具長補正量番号毎に対応する工具長補正量、各工具径補正量番号毎に対応する工具径補正量、各工具厚補正量番号毎に対応する工具厚補正量、各テーパ角番号毎に対応するテーパ角、各工具背面工具先端面コーナR補正量番号毎に対応する工具背面工具先端面コーナR補正量、および、各工具先端面コーナR補正量番号毎に対応する工具先端面コーナR補正量が、予め設定されており、H_の指令によって工具長補正量Th、D_の指令によって工具径補正量Tr、T_の指令によって工具厚補正量Tt、L_の指令によってテーパ角、R_の指令によって工具背面コーナR補正量Cb、Q_の指令によって工具先端面コーナR補正量Cfを指令する。もちろん、各工具番号毎に対応するこれらのデータを1つのグループとして設定しておく、1つの工具番号を指令することでこれらのデータを一括して指令するようにしてもよい。

【0019】

G49は切削点指令をキャンセルするGコードであり、その間の各ブロックのX_、Y_、Z_は、プログラム座標系でワーク上の指令切削点位置を指令する指令である。B_、C_は、指令回転軸位置として指令工具方向を指令する指令である。B_、C_の代わりにU_、V_、W_のようなベクトルによる指令工具方向ベクトルとして指令工具方向を指令することもできる。I_、J_、K_は、指令切削点位置における切削面に対する垂直方向をベクトルで指令する指令切削面垂直ベクトルの指令である。U_、V_、W_

10

20

30

40

50

または I __、 J __、 K __は単位ベクトルで指令されるとする。 F __は各指令切削点位置間の加工速度を指令する指令である。

【 0 0 2 0 】

本発明は切削点指令に対して、つまり G 4 3 . 8 から G 4 9 指令までの加工プログラムに適用される。切削点指令読み取り部（図 1 7 の切削点指令読み取り部 1 2 を参照）で、加工プログラムにより指令されるこれらの指令データ、 D __、 H __、 T __、 L __、 R __、 Q __、 X __、 Y __、 Z __、 B __、 C __（または、 U 、 V 、 W ）、 I __、 J __、 K __を読み取り、工具径補正量 T r 、工具長補正量 T h 、工具厚補正量 T t 、テーパ角 、工具背面コーナ R 補正量 C b 、工具先端面コーナ R 補正量 C f 、指令切削点位置（ X __、 Y __、 Z __）、指令切削面垂直ベクトル（ I __、 J __、 K __）、指令工具方向（ B __、 C __または U __、 V __、 W __）を、切削点指令読み取りデータとする。

【 0 0 2 1 】

上記において、 B __、 C __の指令は、数 1 式の計算により指令工具方向ベクトルの指令とすることができます。以降では U __、 V __、 W __で指令工具方向ベクトルが指令されているとして説明する。

【 0 0 2 2 】

【 数 1 】

$$U = \cos C * \sin B$$

$$V = \sin C * \sin B$$

$$W = \cos B$$

20

【 0 0 2 3 】

(X , Y , Z) 、 (I , J , K) 、 (U , V , W) の指令に対して、各ブロック間で補間周期毎に補間する。これは従来技術であるので詳述しない。(X , Y , Z) について補間した位置を補間切削点位置 P c (X c , Y c , Z c) T 、(I , J , K) について補間した方向を補間切削面垂直ベクトル V p (V p x , V p y , V p z) T 、(U , V , W) について補間した方向を補間工具方向ベクトル V t (V t x , V t y , V t z) T とする。補間切削面垂直ベクトル V p 、補間工具方向ベクトル V t は単位ベクトルとする。ここで、「 T 」は転置を表す。図 1 0 など図中や以降の記載におけるベクトル表記の「 T 」について、自明の場合省略する。

30

これらから、数 2 式のように補間コーナ R 補正ベクトル V c (V c x , V c y , V c z) を求める。数 3 式のように補間工具長補正ベクトル V h (V h x , V h y , V h z) を求める。

【 0 0 2 4 】

【 数 2 】

$$Vc = Cb * Vp$$

【 0 0 2 5 】

【 数 3 】

$$Vh = (Th - Tt + Cb) * Vt$$

40

【 0 0 2 6 】

補間工具径補正ベクトル V r (V r x , V r y , V r z) は次のように求める。

V v (V v x , V v y , V v z) は V p および V t に垂直な単位ベクトル、つまり図 1 1 紙面に垂直な（紙面手前に向いた）ベクトルである。V v (V v x , V v y , V v z) は数 4 式で表される。 は V p と V r の成す角、 は V p と V t の成す角であり、数 5 式の関係がある（図 1 1 参照）。マトリックス M r は V v を回転中心軸として だけ回転させるマトリックスである（数 6 式参照）。L r は V r の長さである（数 7 式、図 1 0 、図 1 1 参照）。V p に対して M r を乗算し長さを L r にしたベクトルが V r である（数 8 式参照）。記号「 × 」は外積、記号「 · 」は内積、「 * 」は乗算を示す。

50

【 0 0 2 7 】

【数4】

$$Vv = \frac{Vp \times Vt}{|Vp \times Vt|}$$

【 0 0 2 8 】

【数5】

$$\alpha = \arccos(Vp \cdot Vt)$$

$$\beta = \alpha - 90^\circ$$

10

【 0 0 2 9 】

【数6】

$$Mr = \begin{bmatrix} Vvx^2 + (1 - Vvx^2) \cos \beta & VvxVvy(1 - \cos \beta) - Vvz \sin \beta & VvxVvz(1 - \cos \beta) + Vvy \sin \beta \\ VvxVvy(1 - \cos \beta) + Vvz \sin \beta & Vvy^2 + (1 - Vvy^2) \cos \beta & VvyVvz(1 - \cos \beta) - Vvx \sin \beta \\ VvxVvz(1 - \cos \beta) - Vvy \sin \beta & VvyVvz(1 - \cos \beta) + Vvx \sin \beta & Vvz^2 + (1 - Vvz^2) \cos \beta \end{bmatrix}$$

【 0 0 3 0 】

【数7】

$$Lr = Tr - (Tt - Cf - Cb) \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} (Cf(1 - \cos \theta) - Cb)$$

20

【 0 0 3 1 】

【数8】

$$Vr = Lr * Mr * Vp$$

【 0 0 3 2 】

これらの、補間切削点位置 P c、補間工具径補正ベクトル V r、補間コーナ R 補正ベクトル V c、補間工具方向ベクトル V t、補間工具長補正ベクトル V h が、切削点指令補間データである。

切削点指令補間データから、数9式のように直線軸3軸の制御点位置 P m (X m , Y m , Z m) および数10式のように回転軸2軸の制御点位置 (B m , C m) を求め、それらの制御点位置に移動するように各軸を駆動する。これらの計算を行うのが切削点指令制御部である。これによって、工具背面のコーナ R 部分による切削点指令での加工が可能になる。

30

【 0 0 3 3 】

【数9】

$$Pm = Pc + Vc + Vr + Vh$$

【 0 0 3 4 】

【数10】

$$Bm = \arccos(-Vtz)$$

40

$$Cm = \arctan\left(\frac{Vty}{Vtx}\right)$$

【 0 0 3 5 】

ここでは、工具ヘッド回転型多軸工作機械で説明したが、多軸工作機械には他にも、Z 軸方向に移動する工具ヘッドに工具 2 を取り付け回転軸 2 軸でテーブル 5 を回転するテーブル回転型多軸工作機械（図 13 参照）や、回転軸 1 軸で工具 2 が取り付けられた工具ヘッドを回転し他の回転軸 1 軸でテーブル 7 を回転する混合型多軸工作機械（図 14 参照）もある。本発明はそれらの多軸工作機械にも同様に適用可能である。

50

【0036】

さらに、ここでは少なくとも直線軸3軸と回転軸2軸を持つ5軸工作機械の例としたが、回転軸2軸のうち1軸の位置を固定位置にすることによりその回転軸は不要とし、少なくとも直線軸3軸と回転軸1軸を持つ4軸工作機械にも適用可能である。

【0037】**2) 第2の実施形態**

第1の実施形態では工具背面のコーナR部分やテーパ角を持つ工具で説明したが、第1の実施形態を基に工具背面のコーナR部分やテーパ角を持たない工具の場合について説明する。

図7のような工具背面のコーナR部分を持たない工具の場合、第1の実施形態における工具背面コーナR補正量番号の指令R_ _はしない。工具先端面コーナR補正量番号の指令Q_ _も不要である。したがって、切削点指令読み取り部(図17参照)で、工具径補正量Tr_ _、工具長補正量Th_ _、工具厚補正量Tt_ _、テーパ角_ _、指令切削点位置(X_ _、Y_ _、Z_ _)、指令切削面垂直ベクトル(I_ _、J_ _、K_ _)、指令工具方向(B_ _、C_ _またはU_ _、V_ _、W_ _)を、切削点指令読み取りデータとする。数2式～数10式において、Cb = Cf = 0とすればよい。補間切削点位置Pc_ _、補間工具径補正ベクトルVr_ _、補間工具方向ベクトルVt_ _および補間工具長補正ベクトルVh_ _が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データから直線軸3軸および回転軸2軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0038】

図3、図4のようなテーパ角を持たない工具の場合、第1の実施形態におけるテーパ角番号の指令L_ _はしない。工具先端面コーナR補正量番号の指令Q_ _も不要である。したがって、切削点指令読み取り部で、工具径補正量Tr_ _、工具長補正量Th_ _、工具厚補正量Tt_ _、工具背面コーナR補正量Cb_ _、指令切削点位置(X_ _、Y_ _、Z_ _)、指令切削面垂直ベクトル(I_ _、J_ _、K_ _)、指令工具方向(B_ _、C_ _またはU_ _、V_ _、W_ _)を、切削点指令読み取りデータとする。数2式～数10式において、=0とすればよい。この時、数7式はLr = Tr - CbとなりCbは現われない。補間切削点位置Pc_ _、補間工具径補正ベクトルVr_ _、補間コーナR補正ベクトルVc_ _、補間工具方向ベクトルVt_ _および補間工具長補正ベクトルVh_ _が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データから直線軸3軸および回転軸2軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0039】

図5、図6のような工具背面のコーナR部分もテーパ角も持たない工具の場合、第1の実施形態における工具背面コーナR補正量番号の指令R_ _、工具先端面コーナR補正量番号の指令Q_ _、およびテーパ角番号の指令L_ _はしない。したがって、切削点指令読み取り部で、工具径補正量Tr_ _、工具長補正量Th_ _、工具厚補正量Tt_ _、指令切削点位置(X_ _、Y_ _、Z_ _)、指令切削面垂直ベクトル(I_ _、J_ _、K_ _)、指令工具方向(B_ _、C_ _またはU_ _、V_ _、W_ _)を、切削点指令読み取りデータとする。数2式～数10式において、Cb = Cf = 0、=0とすればよい。補間切削点位置Pc_ _、補間工具径補正ベクトルVr_ _、補間工具方向ベクトルVt_ _および補間工具長補正ベクトルVh_ _が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データから直線軸3軸および回転軸2軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0040】**3) 第3の実施形態**

第1の実施形態では少なくとも直線軸3軸と回転軸2軸によって加工する多軸工作機械で説明したが、第1の実施形態を基に回転軸を持たない工作機械の場合について説明する。

対象の工作機械では図15のように直線軸X、Y、Z軸で工具ヘッドが移動する。他にもX、Y、Z軸でテーブルを移動する工作機械もある。また、第1の実施形態でも記載したように、図示していない工具マガジンやワークを載せるパレットなどを動作させる他の

10

20

30

40

50

直線軸が追加されている工作機械もある。

このような少なくとも直線軸 3 軸によって加工する工作機械の場合、第 1 の実施形態における指令工具方向の指令はない。つまり、図 12 で示した加工プログラムにおける B_、C_ の指令はない。それに代わる U_、V_、W_ の指令もない（図 16 参照）。したがって、切削点指令読み取り部（図 17 参照）で、加工プログラムにより指令されるこれらの指令データ、D_、H_、T_、L_、R_、Q_、X_、Y_、Z_、I_、J_、K_ を読み取り、工具径補正量 T_r、工具長補正量 T_h、工具厚補正量 T_t、テーパ角、工具背面コーナ R 補正量 C_b、工具先端面コーナ R 補正量 C_f、指令切削点位置（X_、Y_、Z_）、指令切削面垂直ベクトル（I_、J_、K_）を、切削点指令読み取りデータとする。

10

【0041】

工具方向は別途パラメータで設定しておく。図 15 の工作機械では工具方向は Z 軸方向である。第 1 の実施形態における補間工具方向ベクトル V_t は、本実施形態では工具方向ベクトル V_t (0, 0, 1) となる。第 1 の実施形態では、各ブロックの (U, V, W) の指令に対して補間周期毎に補間した方向を補間工具方向ベクトル V_t とし、補間工具長補正ベクトル V_h を数 3 式で補間周期毎に求めたが、本実施形態では工具方向ベクトルは一定なので補間周期毎に求める必要はない。数 3 式に対応する計算として、工具長補正量 T_h、工具厚補正量 T_t または工具背面コーナ R 補正量 C_b が指令された時に、それらの量と設定されている工具方向 V_t = (0, 0, 1) によって、数 11 式のように工具長補正ベクトル V_h を計算する。ここで求められる工具長補正ベクトル V_h および上記工具方向ベクトル V_t は、補間工具長補正ベクトル V_h および補間工具方向ベクトル V_t と同様に数 4 式、数 5 式、数 8 式、数 9 式などで使用する。そのため、それらは補間工具長補正ベクトル V_h および補間工具方向ベクトル V_t と同じ記号としたが、上記のように、工具長補正ベクトル V_h は補間周期毎に求めるベクトルではなく、工具長補正量 T_h、工具厚補正量 T_t または工具背面コーナ R 補正量 C_b が指令された時に、それらの量と工具方向ベクトル V_t から求めるベクトルであり、工具方向ベクトル V_t は設定されているベクトルである。

20

【0042】

【数 11】

$$V_h = (Th - Tt + Cb)^* \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Th - Tt + Cb \end{bmatrix}$$

30

【0043】

数 11 式以外の数 2 式、数 4 式～数 9 式の計算は第 1 の実施形態と同様である。したがって、補間切削点位置 P_c、補間工具径補正ベクトル V_r、補間コーナ R 補正ベクトル V_c が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データ、工具長補正量 T_h、工具背面コーナ R 補正量 C_b および工具厚補正量 T_t から直線軸 3 軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

40

【0044】

4) 第 4 の実施形態

第 3 の実施形態では少なくとも直線軸 3 軸によって加工する工作機械において工具背面のコーナ R 部分やテーパ角を持つ工具での実施例であったが、第 3 の実施例を基に工具背面のコーナ R 部分やテーパ角を持たない工具の場合について説明する。

【0045】

図 7 のような工具背面のコーナ R 部分を持たない工具の場合、第 3 の実施形態における工具背面コーナ R 補正量番号の指令 R_ はない。工具先端面コーナ R 補正量番号の指令 Q_ も不要である。したがって、切削点指令読み取り部で、工具径補正量 T_r、工具長補正量 T_h、工具厚補正量 T_t、テーパ角、指令切削点位置（X_、Y_、Z_）、指令切削

50

面垂直ベクトル(I_{\perp} 、 J_{\perp} 、 K_{\perp})を、切削点指令読み取りデータとする。数2式、数1式、数4式～数9式において、 $C_b = C_f = 0$ とすればよい。補間切削点位置 P_c 、補間工具径補正ベクトル V_r が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データ、工具長補正量 T_h および工具厚補正量 T_t から直線軸3軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0046】

図3、図4のようなテーパ角を持たない工具の場合、第3の実施形態におけるテーパ角番号の指令 L_{\perp} はない。工具先端面コーナR補正量番号の指令 Q_{\perp} も不要である。したがって、切削点指令読み取り部で、工具径補正量 T_r 、工具長補正量 T_h 、工具厚補正量 T_t 、工具背面コーナR補正量 C_b 、指令切削点位置(X_{\perp} 、 Y_{\perp} 、 Z_{\perp})、指令切削面垂直ベクトル(I_{\perp} 、 J_{\perp} 、 K_{\perp})を、切削点指令読み取りデータとする。数2式、数11式、数4式～数9式において、 $= 0$ とすればよい。この時、数7式は $L_r = T_r - C_b$ となり C_f は現われない。補間切削点位置 P_c 、補間工具径補正ベクトル V_r 、補間コーナR補正ベクトル V_c が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データ、工具長補正量 T_h 、工具厚補正量 T_t および工具背面コーナR補正量 C_b から直線軸3軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0047】

図5、図6のような工具背面のコーナR部分もテーパ角も持たない工具の場合、第3の実施形態における工具背面コーナR補正量番号の指令 R_{\perp} 、工具先端面コーナR補正量番号の指令 Q_{\perp} 、およびテーパ角番号の指令 L_{\perp} はない。したがって、切削点指令読み取り部で、工具径補正量 T_r 、工具長補正量 T_h 、工具厚補正量 T_t 、指令切削点位置(X_{\perp} 、 Y_{\perp} 、 Z_{\perp})、指令切削面垂直ベクトル(I_{\perp} 、 J_{\perp} 、 K_{\perp})を、切削点指令読み取りデータとする。数2式、数11式、数4式～数9式において、 $C_b = C_f = 0$ 、 $= 0$ とすればよい。補間切削点位置 P_c 、補間工具径補正ベクトル V_r が切削点指令補間データであり、それらの切削点指令補間データ、工具長補正量 T_h および工具厚補正量 T_t から直線軸3軸の制御点位置を求め、制御点位置に移動するよう各軸を駆動する。

【0048】

次に、図17を用いて本発明第1の実施形態での数値制御装置を説明する。数値制御装置は一般に、指令読み取り解析部10で加工プログラムの指令を読み取るとともに解析して補間用データを作成し、補間部16で補間用データにもとづいて補間を行って各軸の移動すべき位置を求め、その位置によって各軸のサーボ22X、22Y、22Z、22B(A)、22Cを駆動する。

【0049】

本発明では、指令読み取り解析部10に属する切削点指令読み取り部12で、加工プログラムを読み取り切削点指令読み取りデータ14を作成する。また、補間部16に属する切削点指令制御部18で切削点指令補間データ20を作成し、各軸の制御点位置を求める。求められた各軸の制御点位置に移動するよう各軸のサーボ22X、22Y、22Z、22B(A)、22Cを駆動する。

【0050】

図18に第1の実施形態における切削点指令制御部のフローチャートを示す。以下、各ステップに従って説明する。

[ステップSA01] 切削点指令読み取り部で読み取っている切削点指令読み取りデータ(T_r 、 T_h 、 T_t 、 C_b 、 C_f)を得る。

[ステップSA02] 各ブロックの(X 、 Y 、 Z)指令について補間した位置を補間切削点位置 P_c (X_c 、 Y_c 、 Z_c)とし、(I 、 J 、 K)指令について補間した方向を補間切削面垂直ベクトル V_p (V_{px} 、 V_{py} 、 V_{pz})とし、(U 、 V 、 W)指令について補間した方向を補間工具方向ベクトル V_t (V_{tx} 、 V_{ty} 、 V_{tz})とする。

[ステップSA03] 数2式～数8式の計算を行い、切削点指令補間データ(P_c 、 V_c 、 V_r 、 V_h 、 V_t)を得る。

[ステップSA04] 数9式、数10式の計算によって P_m (X_m 、 Y_m 、 Z_m)、 B

10

20

30

40

50

m, C mを得る。

【符号の説明】

【0 0 5 1】

- 1 ワーク
- 2 工具
- 3 テーブル

5 テーブル

7 テーブル

10

1 0 指令読み取り解析部

1 2 切削点指令読み取り部

1 4 切削点指令読み取りデータ

1 6 補間部

1 8 切削点指令制御部

2 0 切削点指令補間データ

2 2 X X 軸サーボ

2 2 Y Y 軸サーボ

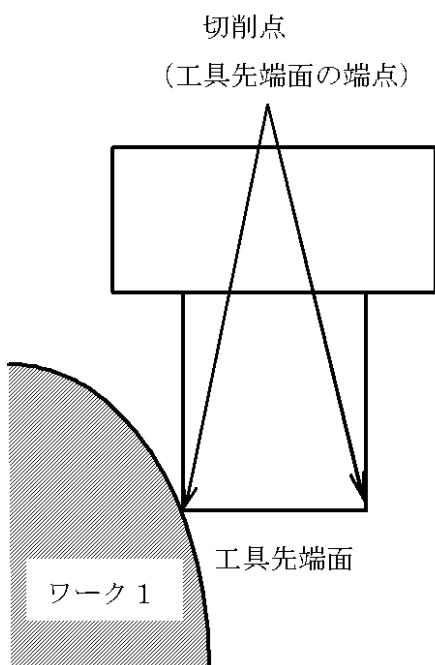
2 2 Z Z 軸サーボ

20

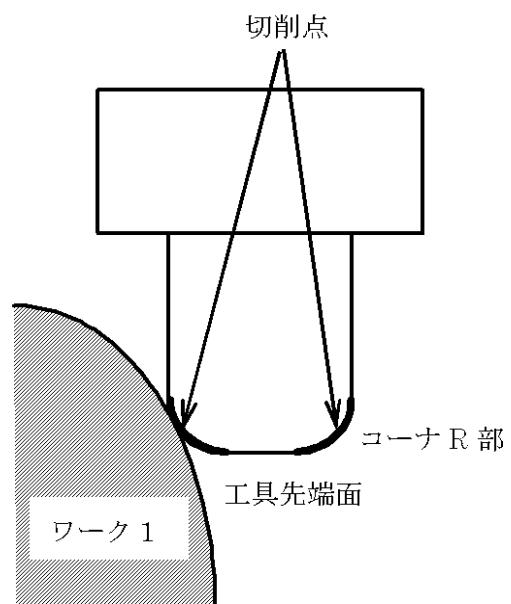
2 2 B (A) B (A) 軸サーボ

2 2 C C 軸サーボ

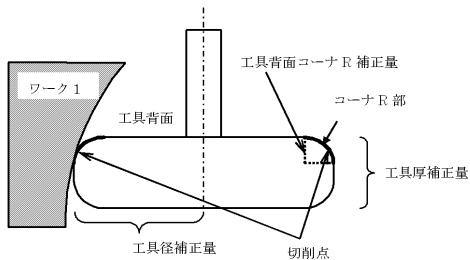
【図 1】



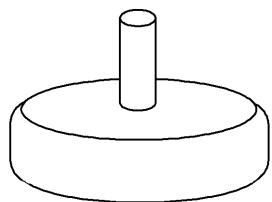
【図 2】



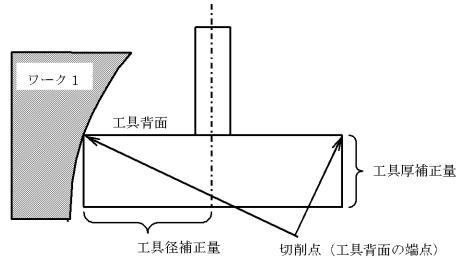
【図3】



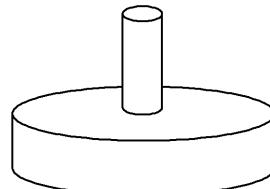
【図4】



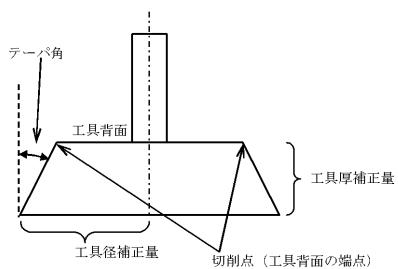
【図5】



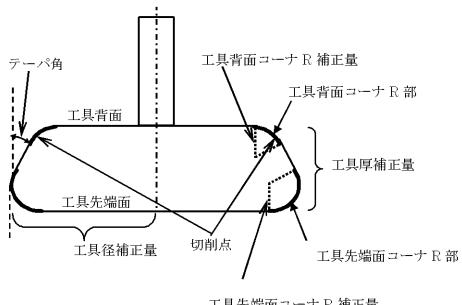
【図6】



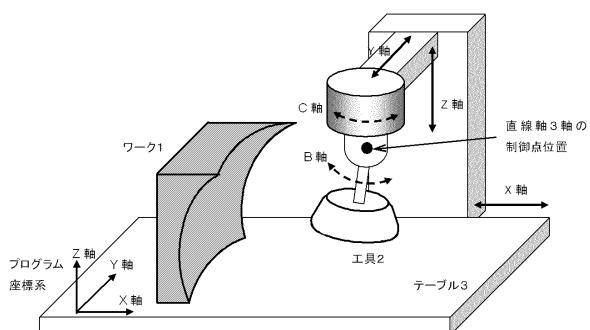
【図7】



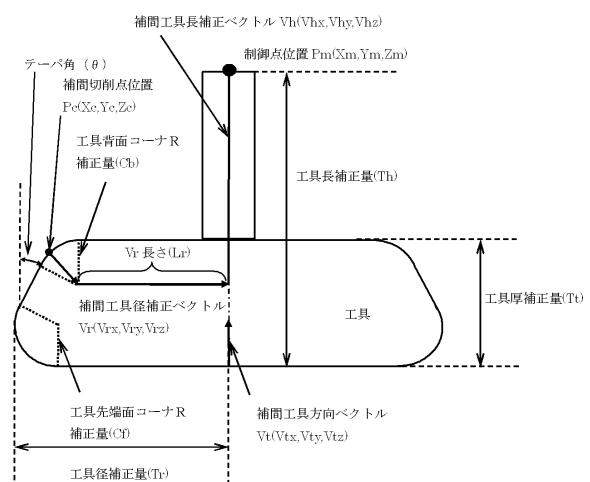
【図8】



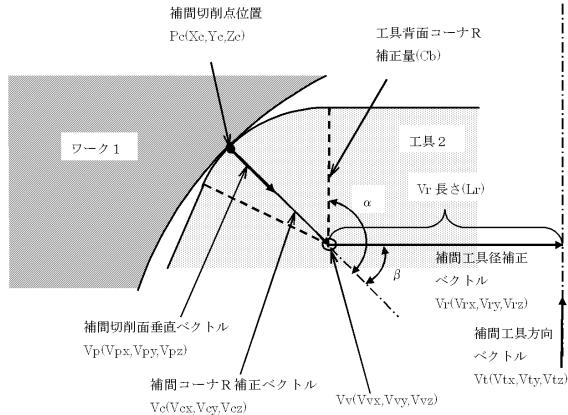
【図9】



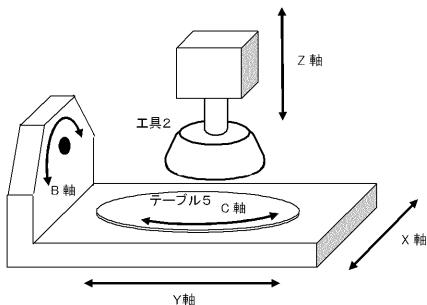
【図10】



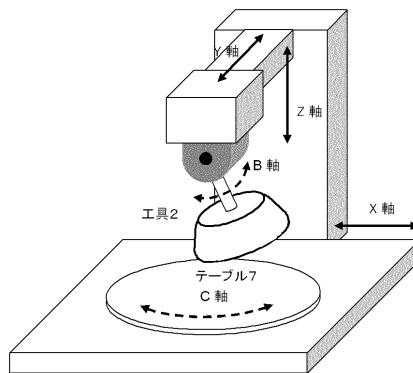
【図11】



【図13】



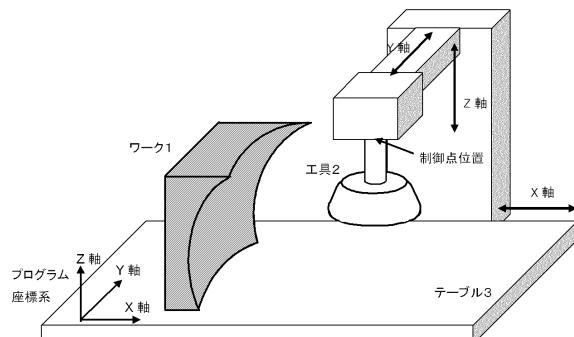
【図14】



【図12】

```
G 4 3. 8 D_ H_ T_ L_ R_ Q_ F_ ;
X_ Y_ Z_ B_ C_ I_ J_ K_ ;
X_ Y_ Z_ B_ C_ I_ J_ K_ ;
X_ Y_ Z_ B_ C_ I_ J_ K_ ;
X_ Y_ Z_ B_ C_ I_ J_ K_ ;
....;
....;
G 4 9 ;
```

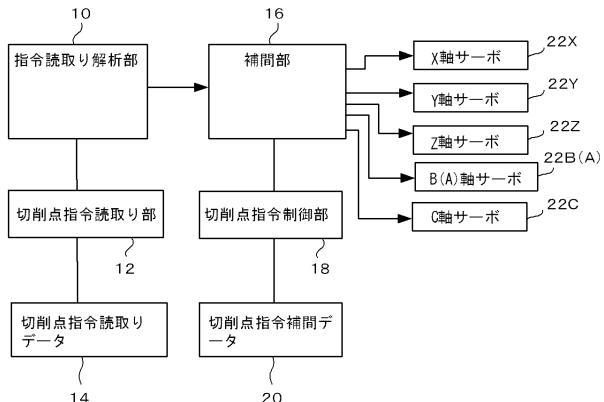
【図15】



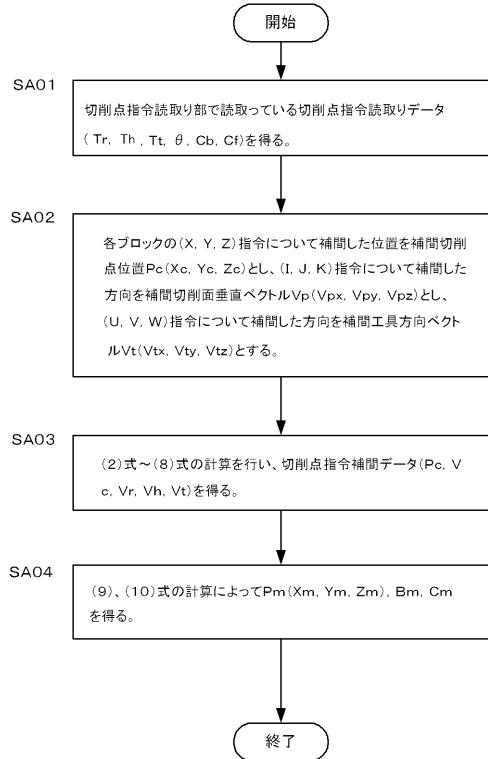
【図16】

```
G 4 3. 8 D_ H_ T_ L_ R_ Q_ F_ ;
X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ ;
....;
....;
G 4 9 ;
```

【図17】



【図18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平3 - 290705 (JP, A)
特開昭57 - 161906 (JP, A)
特開平7 - 124847 (JP, A)
特開2002 - 215211 (JP, A)
特開2003 - 195917 (JP, A)
特開2001 - 75623 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 05 B 19 / 1 / - 19 / 416
G 05 B 19 / 42 - 19 / 46
B 23 Q 15 / 00 - 15 / 28