

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-14409

(P2022-14409A)

(43)公開日 令和4年1月19日(2022.1.19)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 Q 11/00 (2006.01)	B 2 3 Q 11/00	P 3 C 0 1 1
B 2 3 Q 17/24 (2006.01)	B 2 3 Q 17/24	Z 3 C 0 2 9

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全13頁)

(21)出願番号	特願2020-116731(P2020-116731)	(71)出願人	000146847
(22)出願日	令和2年7月6日(2020.7.6)		D M G 森精機株式会社
(11)特許番号	特許第6774588号(P6774588)		奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(45)特許公報発行日	令和2年10月28日(2020.10.28)	(74)代理人	100134430
			弁理士 加藤 卓士
		(72)発明者	菅我 崇明
			奈良県大和郡山市北郡山町106番地
			D M G 森精機株式会社内
		F ターム(参考)	3C011 BB12 BB15
			3C029 EE01 EE20

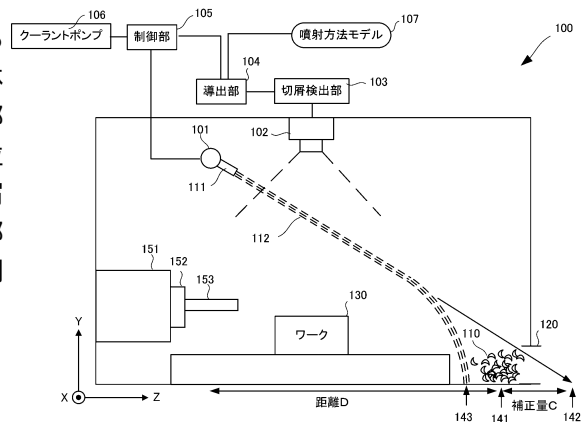
(54)【発明の名称】 工作機械およびその制御方法

(57)【要約】

【課題】より効率的に切屑を除去すること。

【解決手段】より効率的に切屑を除去する工作機械であって、流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、工作機械の内部を撮像する撮像部と、撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出する切屑検出部と、流体の噴射目標位置の切屑位置からの補正量を、切屑位置に応じて導出する導出部と、補正量を用いて、ノズルによる流体の噴射方向を制御する制御部と、を備えた工作機械を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出する切屑検出部と、
 前記流体の噴射目標位置の前記切屑位置からの補正量を、前記切屑位置に応じて導出する導出部と、
 前記補正量を用いて、前記ノズルによる流体の噴射方向を制御する制御部と、
 を備えた工作機械。

10

【請求項 2】

前記補正量とは、前記ノズルの方向を規定する位置と前記切屑位置との差分である請求項 1 に記載の工作機械。

【請求項 3】

前記ノズルの方向を規定する位置と前記切屑位置は、前記工作機械の底面と平行な平面上の位置で定義される請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 4】

前記補正量とは、前記ノズルの方向と、前記ノズルの位置と前記切屑位置とを結ぶ方向とがなす角度である請求項 1 に記載の工作機械。

【請求項 5】

前記導出部は、前記補正量を、前記ノズルの位置と、前記切屑位置との距離に応じて導出する、または、前記補正量を、前記流体噴射部による流体の噴射圧に応じて導出する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の工作機械。

20

【請求項 6】

(a) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記流体の噴射圧を導出し、前記制御部は、導出した前記噴射圧で流体を噴射するように前記流体噴射部を制御する、または、

(b) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記流体が到達する領域の形状または面積で定義される拡散レベルを導出し、

前記制御部は、導出した前記拡散レベルで前記流体を噴射するように前記流体噴射部を制御する、または、

30

(c) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記ノズルの動かし方を導出し、前記制御部は、導出した前記動かし方で前記ノズルを動かすように前記流体噴射部を制御する請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の工作機械。

【請求項 7】

前記導出部は、切屑位置と、過去に噴射した流体の噴射方向と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして機械学習することにより生成された噴射方向モデルを用いて、前記切屑位置から予測される、流体を噴射すべき噴射方向を導出する請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の工作機械。

【請求項 8】

流体の噴射方法を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出する切屑検出部と、
 切屑位置と、過去に噴射した流体の噴射方法と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして機械学習することにより生成された噴射方法モデルを用いて、前記切屑位置から予測される、流体を噴射すべき噴射方法を導出する導出部と、
 を備えた工作機械。

40

【請求項 9】

前記噴射方法モデルは、過去に噴射した流体の噴射方法と、前記ノズルと切屑位置との距

50

離と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして、機械学習により生成されたモデルである請求項 8 に記載の工作機械。

【請求項 10】

流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出する切屑検出部と、
 を備えた工作機械の制御方法であって、
 前記流体の噴射方向の前記切屑位置からの補正量を、前記切屑位置に応じて導出する導出ステップと、
 前記補正量を用いて、前記ノズルの向きを制御する制御ステップと、
 を含む工作機械の制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械およびその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

上記技術分野において、特許文献 1 には、マニピュレータを含むロボットで工作機械内の切屑を除去する技術が開示されている。特に、段落 0059 には、「制御部 12 は、ノズル 18 の位置および姿勢を決定する。ここで、本実施形態においては、第 1 の区域 108 a、第 2 の区域 108 b、第 3 の区域 108 c、および第 4 の区域 108 d に存在する加工屑を有効に除去するためのノズル 18 の位置および姿勢（すなわち、ツール座標系）が、使用者によってあらかじめ定められる。」と記載されている。また、段落 0060 には、「一例として、ノズル 18 のツール座標系は、領域 108 に存在する加工屑を、治具 104 の中心から放射状に外方へ向かう方向へ吹き飛ばすことができるように、設定される。」と記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2017-35765 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記文献は、どの位置の加工屑に対してどの方向から流体を吹き付けるかを決定しているが、段落 0037 にある通り、「加工屑に流体を吹き付けて該加工屑を除去する」という発想しかなく、効果的に切屑を除去することができなかった。

【0005】

本発明の目的は、上述の課題を解決する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、特許請求の範囲に記載した工作機械等を提供するものである。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、より効率的に切屑を除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】第 1 実施形態に係る工作機械の構成およびクーラント制御の一例を示す図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る工作機械の構成およびクーラント制御の一例を示す図である。

50

。【図 3】第 1 実施形態に係る工作機械の構成およびクーラント制御の一例を示す図である。

。【図 4】第 1 実施形態に係る工作機械の構成およびクーラント制御の一例を示す図である。

。【図 5】第 1 実施形態に係る工作機械の切屑検出部の構成を示す図である。

【図 6】第 1 実施形態に係る工作機械の切屑検出部の学習方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に、図面を参照して、本発明の実施の形態について例示的に詳しく説明する。ただし、以下の実施の形態に記載されている構成要素はあくまで例示であり、本発明の技術範囲をそれらだけに限定する趣旨のものではない。

【0010】

[第 1 実施形態]

本発明の第 1 実施形態としての工作機械 100 について、図 1 を用いて説明する。工作機械 100 は、金属、木材、石材、樹脂等のワーク 130 に対して、不図示の主軸および工具を用いて、切削や研削等の加工を行うための機械である。図 1 に示すように、工作機械 100 は、クーラント噴射部 101 と、カメラ 102 と、切屑検出部 103、導出部 104 と制御部 105 とを備える。工作機械 100 は、また、工具主軸 151 とホルダ 152 と工具 153 とを備えている。

【0011】

クーラント噴射部 101 は、主軸、工具およびワーク 130 の潤滑・冷却・洗浄のためだけでなく、切屑 110 の効果的な排出のためにクーラント 112 を噴射する。クーラント噴射部 101 は、クーラントの噴射方法を制御可能なクーラントノズル 111 を有する。噴射方法とは、クーラントノズル 111 の方向（または方向を規定する噴射目標位置 142）、クーラント 112 の噴射圧、クーラントの拡散レベル、クーラントノズル 111 の動かし方、およびクーラント 112 の脈流の有無の少なくともいずれか 1 つを含む。拡散レベルとは、クーラント 112 が到達する領域の形状または面積で定義される。クーラントノズル 111 の動かし方とは、噴射されたクーラント 112 の軌跡である。ここでは例示的に切屑の排出のために噴射する流体をクーラントとしたが、切屑を動かすことのできる流体であれば、空気や水など、いかなる流体でも適用可能である。

【0012】

カメラ 102 は、工作機械 100 内部を撮像することにより機内画像を取得する撮像部である。カメラ 102 は、機内の天井付近に固定されたカメラでもよいが、自動工具交換装置（Automatic Tool Changer：ATC）により工具同様に主軸に着脱可能なカメラでもよい。さらにカメラ 102 は、機内天井に取り付けられたレール（不図示）に沿ってスライド移動可能な構成でもよい。ここでは、撮像装置の一例としてカメラ 102 を設けたが、例えばラインスキャナや X 線撮影装置などを設けてもよい。

【0013】

切屑検出部 103 は、カメラ 102 によって撮像された機内画像に基づいて、工作機械 100 の内部に存在する清掃対象物としての切屑 110 の位置 141 を検出する。具体的には、機内画像を小領域に分割（メッシュ化）し、部分領域ごとに、切屑 110 の有無を判定する。切屑検出部 103 は、切屑 110 の位置以外に、切屑の大きさ、切屑の量、切屑の形状、切屑の種類またはこれらの組み合わせ等のように、切屑に関する様々な情報を検出してもよい。例えば、切屑の洗浄のし易さを示す「クラス」を判定してもよい。

【0014】

切屑検出部 103 は、撮影画像の特徴量を抽出する。切屑検出部 103 が抽出する特徴量は、撮像画像の情報量、周波数成分、コントラスト、および輝度の分布のうち少なくともいずれか 1 つを含む。切屑検出部 103 は、撮影画像の特徴量を抽出し、切屑検出に使える画像が否か判定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

導出部 1 0 4 は、切屑位置と、過去に噴射した流体の噴射方法と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして機械学習することにより生成された噴射方法モデル 1 0 7 を用いて、切屑位置から予測される、流体を噴射すべき噴射方法を導出する。導出部 1 0 4 は、例えば、クーラントの噴射目標位置 1 4 2 の切屑位置 1 4 1 からの補正量 C を、切屑位置 1 4 1 に応じて導出してもよい。クーラント 1 1 2 は、ノズル 1 1 1 から噴射された後、放物線を描いて、到着位置 1 4 3 に達する。切屑 1 1 0 をシュータ 1 2 0 に向けて移動させるためには、クーラント 1 1 2 を、切屑 1 1 0 に直接ぶつけるのではなく、切屑 1 1 0 の図中左側の到着位置 1 4 3 に到着させてシュータ 1 2 0 への流れを生成するべきである。そこで、そのような噴出後のクーラント 1 1 2 の挙動およびクーラント到着後の切屑への影響を考慮して、噴射目標位置 1 4 2 を定める。導出部 1 0 4 は、切屑位置 1 4 1 だけでなく切屑量に応じて、噴射方法を導出してもよい。例えば、切屑量が多ければ、まず切屑位置に直接クーラント 1 1 2 をぶつけて、切屑を分散させ、その後、切屑位置 1 4 1 から離れた位置に噴射目標位置 1 4 2 を定めてもよい。

10

【 0 0 1 6 】

噴射方法モデル 1 0 7 は、過去に噴射したクーラント 1 1 2 の噴射方法と、クーラントノズル 1 1 1 と切屑位置 1 4 1 との水平距離と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして、機械学習により生成されたモデルである。流体噴射後の切屑位置 1 4 1 の変化は、クーラント 1 1 2 の噴射前後の撮像画像を比較することにより導かれる。つまりクーラント 1 1 2 の噴射前後で、ターゲットとなる切屑の位置がどのように変化しているかを判定し、その変化量が所定値を超えており、変化方向がシュータ 1 2 0 の方向であれば、高いスコアとなる。

20

【 0 0 1 7 】

クーラント噴射部 1 0 1 は、ノズル 1 1 1 を 2 つ以上備えてもよく、導出部 1 0 4 は、噴射方法として、その 2 つ以上のノズルのそれぞれの最適方向をそれぞれの切屑位置 1 4 1 ごとに導出してもよい。

【 0 0 1 8 】

制御部 1 0 5 は、クーラントポンプ 1 0 6 を制御しつつ、クーラントポンプ 1 0 6 の動きに連動して、カメラ 1 0 2 の撮影を制御する。制御部 1 0 5 は、クーラントポンプ 1 0 6 を制御してクーラント 1 1 2 の噴射を停止させた後、カメラ 1 0 2 を制御して撮像を行い、撮像後にクーラントを再度噴射するようにクーラントポンプ 1 0 6 を制御する。

30

【 0 0 1 9 】

また、制御部 1 0 5 は、加工プログラム (G コード) やユーザ操作に従い、切屑検出のための撮影を行なうタイミングか否かを判定する。例えば、ランニング中における加工の切れ目 (ワークの別の面を削るタイミング) や、 A T C による工具の取替タイミングなどや、ユーザからの指示があったタイミングがこれに当たる。

【 0 0 2 0 】

制御部 1 0 5 は、カメラ 1 0 2 の撮影画像を解析した結果に基づいて、クーラント噴射部 1 0 1 を制御し、効果的かつ効率的に、切屑にクーラントを噴射する。

【 0 0 2 1 】

なお、導出部 1 0 4 は、噴射方法モデル 1 0 7 を用いずに、補正量 C を、切屑位置 1 4 1 に応じて導出してもよい。例えば、導出部 1 0 4 は、切屑位置 1 4 1 と補正量 C とを対応付けて記憶する記憶部と、クーラント噴射後の切屑位置 1 4 1 の変化に応じて、記憶部に記憶された補正量 C を更新する更新部と、を有してもよい。ここで、補正量 C とは、クーラントノズル 1 1 1 の方向を示すベクトルが工作機械の底面とぶつかる位置を噴射目標位置 1 4 2 とした場合、噴射目標位置 1 4 2 と切屑位置 1 4 1 との差分であり、平面距離である。噴射目標位置 1 4 2 と切屑位置 1 4 1 は、工作機械 1 0 0 の底面における X Z 平面上の位置で定義することができる。ただし、補正量 C の定義はこれに限定されるものではなく、例えばクーラントノズル 1 1 1 の方向と、クーラントノズル 1 1 1 の位置と切屑位置とを結ぶ方向とがなす角度であってもよい。導出部 1 0 4 は、補正量 C を、クーラント

40

50

ノズル 1 1 1 の位置と切屑位置 1 4 1 との距離に応じて導出してもよい。クーラントノズル 1 1 1 そのものを移動できる構成の場合、導出部 1 0 4 は、クーラントノズル 1 1 1 の移動速度を加味して、補正量 C を導出してもよい。

【 0 0 2 2 】

導出部 1 0 4 は、補正量 C を、さらにクーラント噴射部 1 0 1 によるクーラント 1 1 2 の噴射圧に応じて導出してもよい。例えば、クーラント 1 1 2 の噴射圧が高ければ、噴射目標位置 1 4 2 と、クーラントの到着位置 1 4 3 との差分が小さくなるので、補正量 C が小さくなるように導出すればよい。

【 0 0 2 3 】

また、図 2 に示すように、切屑位置 1 4 1 が壁 2 0 1 に近い場合には、壁 2 0 1 に向けて噴射され、反射したクーラント 1 1 2 が、切屑 1 1 0 をシュータ 1 2 0 に移動させるように、導出部 1 0 4 が、補正量 C を導出する。同様に、図 3 に示すように、切屑 1 1 0 が工作機械 1 0 0 のコーナー 3 0 1 に固まっている場合には、クーラント 1 1 2 がコーナー 3 0 1 に向けて噴射され、反射したクーラント 1 1 2 が切屑 1 1 0 をシュータ 1 2 0 に移動させるように、導出部 1 0 4 が、補正量 C を導出する。

10

【 0 0 2 4 】

導出部 1 0 4 は、さらに、切屑位置 1 4 1 に基づいて、クーラント 1 1 2 の噴射圧を導出してもよい。具体的には、切屑位置 1 4 1 がクーラントノズル 1 1 1 から遠ければ、強い噴射圧を導出し、近ければ弱い噴射圧を導出してもよい。制御部 1 0 5 は、導出した噴射圧でクーラント 1 1 2 を噴射するようにクーラント噴射部 1 0 1 を制御する。

20

【 0 0 2 5 】

導出部 1 0 4 は、さらに、切屑位置 1 4 1 に応じて、クーラント 1 1 2 の拡散レベルや動かし方を導出してもよい。例えば、図 4 の左図に示すように、導出部 1 0 4 および制御部 1 0 5 は、切屑位置 1 4 1 が壁 4 0 1 に沿って広がって分布している場合、クーラント 1 1 2 の到達位置が壁 4 0 1 に沿ってジグザグに往復動するようにクーラントノズル 1 1 1 を動かして、切屑 1 1 0 を壁から離れるように制御してもよい。また例えば、図 4 の右図に示すように導出部 1 0 4 および制御部 1 0 5 は、切屑位置 1 4 1 が壁 4 0 1 に沿って広がって分布している場合、クーラント 1 1 2 が壁 4 0 1 に沿って広範囲に拡散するように噴射させて、切屑 1 1 0 を壁から離れるように制御してもよい。

【 0 0 2 6 】

制御部 1 0 5 は、クーラントポンプ 1 0 6 を制御しつつ、クーラントポンプ 1 0 6 の動きに連動して、カメラ 1 0 2 の撮影を制御する。制御部 1 0 5 は、クーラントポンプ 1 0 6 を制御してクーラント 1 1 2 の噴射を停止させた後、カメラ 1 0 2 を制御して撮像を行い、撮像後にクーラントを再度噴射するようにクーラントポンプ 1 0 6 を制御する。

30

【 0 0 2 7 】

制御部 1 0 5 は、例えば、A T C (Auto Tool Changer) による工具の取替タイミングに合わせて、クーラントポンプ 1 0 6 をオフにしてクーラント 1 1 2 の噴射を停止させ、その停止時間に合わせて切屑の撮影を行う。

【 0 0 2 8 】

図 5 は、切屑検出部 1 0 3 の内部構成を説明するためのブロック図である。切屑検出部 1 0 3 は、演算処理部 5 0 1 とストレージ 5 0 2 とタッチパネル 5 0 3 とを備える。

40

【 0 0 2 9 】

演算処理部 5 0 1 は、各種の演算処理を実行し、各種の機能を実現する。ストレージ 5 0 2 は、各種のデータを記憶するとともに、演算処理部 5 0 1 が演算処理を行う際のワーキングエリアとして機能する。具体的に、ストレージ 5 0 2 は、切屑検出プログラム 5 2 1 と、判定用パラメータ 5 2 3 と、判定結果 5 2 4 と、洗浄条件 5 2 5 と、洗浄回数 5 2 6 と機内画像 5 2 7 とを記憶する。ここでは切屑検出部 1 0 3 の内部にストレージ 5 0 2 を設けているが、外部サーバに用意されたストレージから、ネットワークを介して切屑検出部 1 0 3 に各種データが提供されてもよい。

【 0 0 3 0 】

50

タッチパネル 5 0 3 は、ユーザからの指示入力を受け付ける入力機能と、切屑の判定結果等を表示する表示機能とを備える。

【 0 0 3 1 】

切屑検出プログラム 5 2 1 は、学習・推論モデルに判定用パラメータ 5 2 3 を適用してなる切屑判定モデル 5 2 2 を採用する。判定用パラメータ 5 2 3 は、切屑を検出するためのパラメータであり、部分画像と切屑に関する情報を教師データとして用いて、学習・推論モデルに事前学習させて得られる。

【 0 0 3 2 】

判定用パラメータ 5 2 3 は、複数の異なるメッシュサイズごとに記憶されている。また、ストレージ 5 0 2 には、切屑判定モデル 5 2 2 の学習効率等の特性を左右する学習パラメータ（不図示）が別途記憶されている。

10

【 0 0 3 3 】

判定結果 5 2 4 は、機内画像 5 2 7 をメッシュに分割した部分画像のそれぞれ（メッシュエリアに対応）について切屑検出プログラムを実行した結果である。

【 0 0 3 4 】

切屑判定モデル 5 2 2 は、図 6 に示すように、判定結果 5 2 4 として、部分画像 6 0 1 ごとに、切屑の洗浄のし易さを示す「クラス」を導き出す。この「クラス」は、切屑の量、密集度合、大きさ、長さ、形状等を総合的に勘案して決定される。具体的には、切屑が少ない、散在している、小さい、短い、引っ掛かり難い等のように、洗浄し易い状態であるほど低いクラスとし、切屑が多い、密集している、大きい、長い、引っ掛かり易い等のように、洗浄し難い状態であるほど高いクラスとして分類される。クラスごとに、そのクラスの確率が判定結果 5 2 4 として記憶される。例えば、切屑がない「クラス 0」と、切屑が少ない「クラス 1」と、切屑が多い「クラス 2」の 3 クラスが設定されている場合、部分画像 6 0 1 ごとに、「クラス 0」である確率 P_0 と、「クラス 1」である確率 P_1 と、「クラス 2」である確率 P_2 とが記憶される。なお、判定結果 5 2 4 は、クラスごとの確率に限定されるものではなく、最も確率の高いクラスを単純に判定結果として記憶してもよい。

20

【 0 0 3 5 】

図 5 に戻り、洗浄条件 5 2 5 は、切屑の洗浄が必要か否かを判定するための条件である。洗浄条件 5 2 5 として、各部分画像の位置とクラスごとの確率と、を組み合わせられた条件が設定されている。例えば、上述した 3 クラスが設定されている場合には、以下のような洗浄条件（1）～（4）を降順に評価することにより、効率的で高性能な洗浄判定アルゴリズムが実現される。（1） P_0 、 P_1 、 P_2 のうち、最大値が P_2 である：洗浄する（2） $P_1 + P_2 \geq 99\%$ である：洗浄する（3）メッシュエリアがテーブル 1 2 上であり、かつ、 $P_1 + P_2 \geq P_0$ である：洗浄する（4）上記条件（1）～（3）に該当しない：洗浄しない

30

例えば、上述した最も単純化された 2 クラスが設定されている場合は、メッシュエリアの位置に関わらず、クラス 0（切屑なし）であれば洗浄せず、クラス 1（切屑あり）であれば洗浄する、という洗浄条件を設定してもよい。

【 0 0 3 6 】

例えば、洗浄回数 5 2 6 は、機内を連続して洗浄した回数である連続洗浄回数と、各メッシュエリアを連続して洗浄した回数である局所連続洗浄回数とを含む

40

演算処理部 5 0 1 は、例えば CPU（Central Processing Unit）によって構成されている。演算処理部 5 0 1 は、切屑検出プログラム 5 2 1 を実行することにより、駆動制御部 5 1 1、撮像制御部 5 1 2、メッシュ分割部 5 1 3、切屑判定部 5 1 4、洗浄処理部 5 1 5、ティーチング処理部 5 1 6、追加学習部 5 1 7 およびクーラント制御部 5 1 8 として機能する。

【 0 0 3 7 】

駆動制御部 5 1 1 は、カメラ 1 0 2 として ATC カメラを使用する場合、自動工具交換装置（Automatic Tool Changer：ATC）を制御し、工具を ATC カメラに交換させ

50

る。

【 0 0 3 8 】

撮像制御部 5 1 2 は、あらかじめ設定した撮影タイミングでカメラ 1 0 2 に撮影制御信号を出力し、機内画像 5 2 7 を取得してストレージ 5 0 2 に記憶する。撮影タイミングは、工程と工程との間、工具交換時、一定時間間隔、所定の加工量に達したタイミング等である。

【 0 0 3 9 】

メッシュ分割部 5 1 3 は、機内画像を複数の部分画像に分割処理する。これにより、切屑の検出を簡単化かつ高精度化することができる。

【 0 0 4 0 】

切屑の外形を構成するエッジ（稜線）は、比較的複雑で不規則である。当該特徴は、多数の切屑が堆積して折り重なり、個々の形状が認識できないような状態においても失われることがない。一方、切屑の背景となるワークや治具については、一般的に、切屑のような不規則性はない。そこで、メッシュ分割部 5 1 3 は、切屑、ワークおよび治具の各サイズに基づいて、決定されたサイズの部分画像に分割する。これより、ワークや治具のエッジ形状と切屑とが識別しやすくなり、誤検出が低減される。メッシュは碁盤目状に限定されるものではなく、菱形、三角形、ハニカム形状等であってもよい。また、機内画像の全てを部分画像に分割する必要はなく、切屑の検出が必要なエリアのみを分割してもよい。

10

【 0 0 4 1 】

切屑判定部 5 1 4 は、各部分画像に対して、ノイズの除去処理や、画像サイズの変換処理等のような、判定精度を向上させるための前処理を実行する。その後、切屑判定部 5 1 4 は、部分画像のそれぞれについて、切屑検出プログラム 5 2 1 を実行することにより、切屑判定モデル 5 2 2 を用いて切屑の有無を判定し、判定結果 5 2 4 を保存する。

20

【 0 0 4 2 】

切屑判定部 5 1 4 は、例えば、環境変化に比較的強いディープラーニング手法のうち、とりわけ画像のクラス分類に特化したモデルである畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network：CNN）を用いる。ただし、これに限定されるものではなく、他の機械学習アルゴリズムを用いてもよい。

【 0 0 4 3 】

例えば、サポートベクターマシン（SVM：support vector machine）等のように、画像ではない入力データを用いる機械学習アルゴリズムを使用する場合、部分画像に対してフィルタ処理等を実行し、各部分画像が有する形状特徴量を算出する。そして、当該形状特徴量を学習済の切屑判定モデルに入力することにより、部分画像のそれぞれについてクラスを判定してもよい。さらに決定的アルゴリズムのような非機械学習アルゴリズムを使用してもよい。例えば、部分画像は、切屑が多いほど複雑になり、高い画像周波数成分が多くなる傾向がある。そこで、切屑判定部 5 1 4 は、高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform：FFT）等の周波数解析を実行し、各部分画像のスペクトル統計量を判定用パラメータとを比較して、クラスを判定してもよい。ただし、高速フーリエ変換は環境依存度が高く、部分画像内に切屑以外の小さなネジ穴や、クーラントの飛沫等が撮像されていると、高周波成分が多くなり、誤判定しやすくなる。このため、切屑がない状態でのエリア全体画像をあらかじめ用意しておき、これと判定対象であるエリア全体画像との差分画像をメッシュ分割し、高速フーリエ変換することにより、環境依存成分を排除してもよい。

30

40

【 0 0 4 4 】

洗浄処理部 5 1 5 は、部分画像のそれぞれについて、切屑の洗浄が必要か否かを判定し、クーラントポンプ 1 0 6 を駆動して洗浄を行なう。洗浄処理部 5 1 5 は、記憶されている洗浄条件 5 2 5 と、各部分画像の判定結果 5 2 4 とを比較する。そして、洗浄条件 5 2 5 を満たす部分画像については洗浄が必要と判定する。洗浄処理部 5 1 5 は、洗浄が必要と判定すると、クーラント噴射部 1 0 1 を制御して切屑の洗浄を行わせる。洗浄処理部 5 1 5 は、洗浄が必要と判定された部分画像に対応するメッシュエリアの位置（工作機械 1 0

50

0 内における実際の位置)を算出し、当該メッシュエリアに向けて、クーラント噴射部 101 から洗浄液を噴射させる。

【0045】

なお、メッシュエリアの位置は、例えば、エリア全体画像を格納する画像メモリ(図示せず)を工作機械100内の座標系に対応させておくことにより、特定することができる。クーラント噴射部101はプログラマブルなクーラントノズル111を用いて、噴射方向を変えながら、洗浄が必要と判定された全てのメッシュエリアに対してクーラントを噴射する。

【0046】

洗浄処理部515は、洗浄動作を実行するたびに、洗浄回数526を更新し、洗浄回数526が、所定の閾値未満の場合には洗浄を実施する。一方、洗浄回数526(連続洗浄回数および局所連続洗浄回数のうち少なくとも一方)が、所定の閾値に到達した場合には、所定の異常時処理を実行する。

10

【0047】

異常時処理は、自動洗浄動作がいつまでも終了しない事態を回避するための処理であれば特に限定されるものではなく、例えば、工作機械100の運転を停止するとともにアラームを報知してもよい。あるいは、閾値に到達した旨を記録、通知するとともに、そのメッシュエリアの洗浄はあらかじめユーザが設定した「洗浄中断期間」だけ中断し、他のメッシュエリアの洗浄や工作機械100の運転は継続してもよい。なお、洗浄回数526の閾値は、ユーザによって設定可能に構成されている。洗浄回数526が所定の閾値に達した場合は、その位置の切屑に対して選択された噴射方法(補正量Cや噴射圧や拡散レベル、動かし方など)が誤っている可能性がある。この場合には、他の噴射方法を試すことにより、噴射方法モデル107を更新してもよい。

20

【0048】

ティーチング処理部516は、各部分画像の判定結果524をストレージ502から読み出し、タッチパネル503に表示させる。具体的には、各部分画像を判定結果が識別可能な態様(例えば異なる判定結果ごとに異なる色)で表示する。例えば、クラス0(切屑なし)の判定確率P0、およびクラス1(切屑あり)の判定確率P1の値によって、以下に示す4グループに分類され、異なる色でマスクされる。

【0049】

グループ1: P1が0~30%(P0が70~100%): 赤色
 グループ2: P1が30~50%(P0が50~70%): 青色
 グループ3: P1が50~70%(P0が30~50%): 緑色
 グループ4: P1が70~100%(P0が0~30%): 黄色

30

画像から判定結果を確認したユーザは、誤って判定されている任意の部分画像をタッチ選択し、正しい判定結果(別の色)を入力することができる。例えば、グループ2に色分けされている部分画像を、グループ1に、グループ3に色分けされている部分画像をグループ4に分類するなど、といった変更を行なうことができる。ティーチング処理部516は、ユーザによる判定結果の変更入力に応じて、判定結果524を訂正する。

【0050】

追加学習部517は、新たな教師データを用いて追加学習を行う。追加学習部517は、ティーチング処理部516によって訂正された判定結果(ユーザによる正しい切屑検出結果)を教師データとして、切屑判定モデル522に追加学習を実行させる。そして、追加学習の結果に応じて判定用パラメータ523を更新する。追加学習部517をネットワーク上の学習サーバに教師データをアップロードして追加学習させ、得られた判定用パラメータで切屑判定モデル522を更新してもよい。追加学習部517は、ティーチングモードの終了後、所定のタイミングでバックグラウンドで追加学習を開始し、訂正された判定結果を反映させた判定用パラメータを生成し更新するとともに、切屑判定モデル522を更新する。

40

【0051】

50

クーラント制御部 518 は、制御部 105 を介してクーラントポンプ 106 を制御する。具体的には、機内の状況をそのまま撮像してタッチパネル 503 に表示する観察モードや、切屑検出部 103 で切屑を検出する切屑検出モードでは、クーラントポンプ 106 をオフにする。

【0052】

以上、本実施形態によれば、クーラントの噴射方法を学習することで効果的に切屑を除去することが可能となる。

【0053】

[他の実施形態]

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明の技術的範囲で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。また、それぞれの実施形態に含まれる別々の特徴を如何様に組み合わせたシステムまたは装置も、本発明の技術的範囲に含まれる。

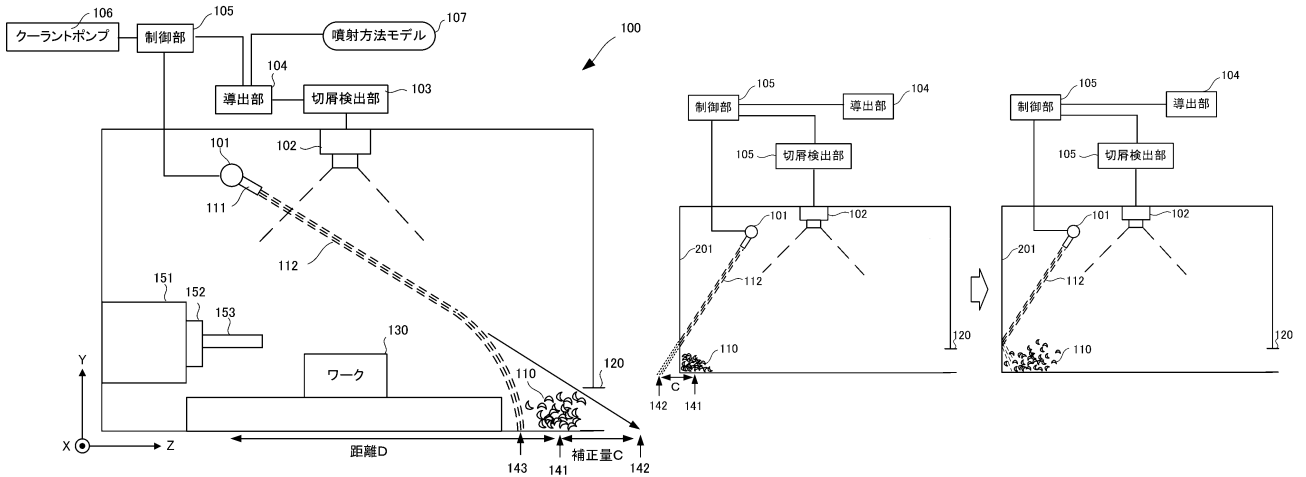
【0054】

また、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用されてもよいし、単体の装置に適用されてもよい。さらに、本発明は、実施形態の機能を実現する情報処理プログラムが、システムあるいは装置に供給され、内蔵されたプロセッサによって実行される場合にも適用可能である。本発明の機能をコンピュータで実現するために、コンピュータにインストールされるプログラム、あるいはそのプログラムを格納した媒体、そのプログラムをダウンロードさせるサーバも、プログラムを実行するプロセッサも本発明の技術的範囲に含まれる。特に、少なくとも、上述した実施形態に含まれる処理ステップをコンピュータに実行させるプログラムを格納した非一時的コンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) は本発明の技術的範囲に含まれる。

【図面】

【図 1】

【図 2】

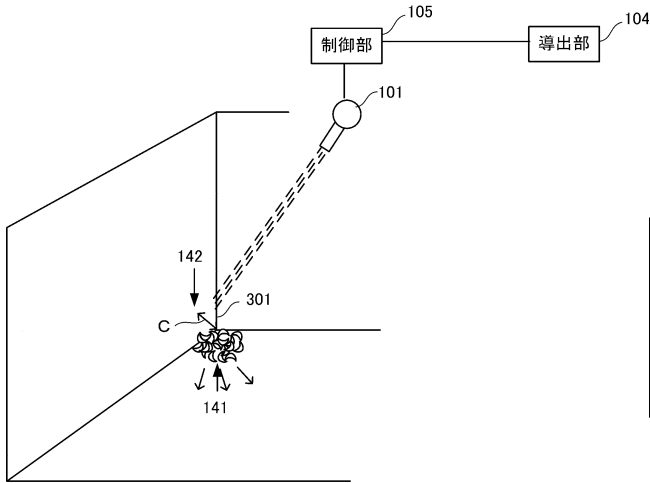


30

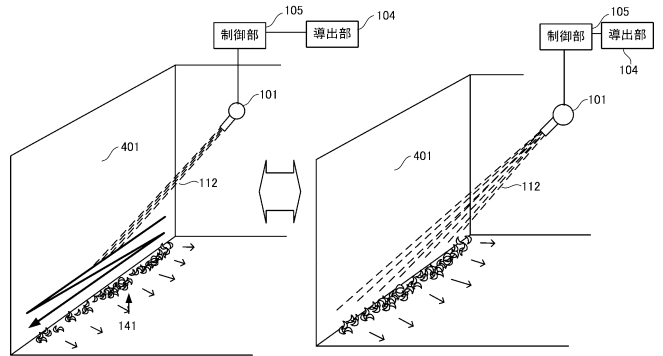
40

50

【 図 3 】



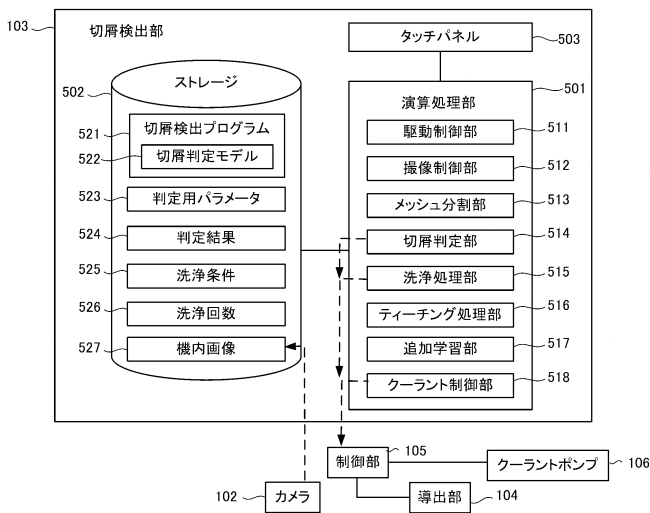
【 図 4 】



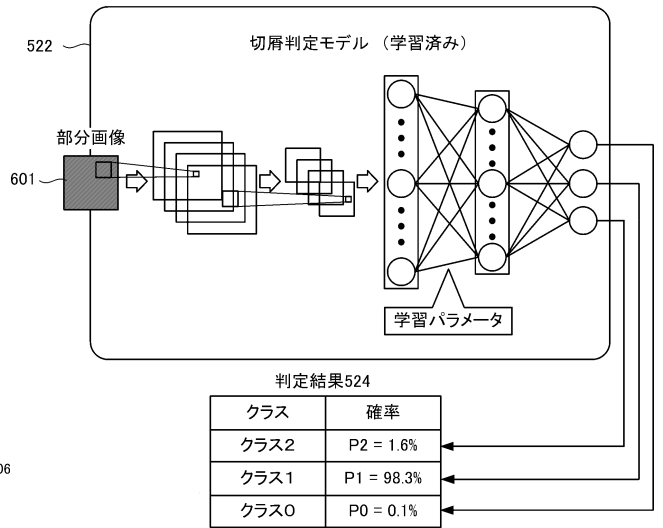
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】



30

40

50

【 手続補正書 】

【 提出日 】 令和 2 年 9 月 4 日 (2 0 2 0 . 9 . 4)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記ノズルによる流体の噴射方向を制御する制御部と、
を備えた工作機械であって、

10

前記制御部は、前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出した場合に、前記切屑位置に基づいて導出された、前記ノズルの噴射方向を規定する前記工作機械の底面と平行な平面上の位置と前記切屑位置との差分に応じて、前記噴射方向を制御する工作機械。

【 請求項 2 】

前記撮像部によって撮像された画像を用いて、前記工作機械内における切屑の位置を検出する切屑検出部と、

20

前記ノズルの噴射方向を規定する前記工作機械の底面と平行な平面上の位置と前記切屑位置との差分を、前記切屑位置に応じて導出する導出部と、

を更に備えた請求項 1 に記載の工作機械。

【 請求項 3 】

前記導出部は、前記差分を、前記ノズルの位置と、前記切屑位置との距離に応じて導出する、または、前記差分を、前記流体噴射部による流体の噴射圧に応じて導出する、請求項 2 に記載の工作機械。

【 請求項 4 】

(a) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記流体の噴射圧を導出し、前記制御部は、導出した前記噴射圧で流体を噴射するように前記流体噴射部を制御する、
 または、

30

(b) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記流体が到達する領域の形状または面積で定義される拡散レベルを導出し、

前記制御部は、導出した前記拡散レベルで前記流体を噴射するように前記流体噴射部を制御する、または、

(c) 前記導出部は、さらに、前記切屑位置に応じて、前記ノズルの動かし方を導出し、前記制御部は、導出した前記動かし方で前記ノズルを動かすように前記流体噴射部を制御する請求項 2 または 3 に記載の工作機械。

【 請求項 5 】

前記導出部は、切屑位置と、過去に噴射した流体の噴射方向と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして機械学習することにより生成された噴射方向モデルを用いて、前記切屑位置から予測される、流体を噴射すべき噴射方向を導出する請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の工作機械。

40

【 請求項 6 】

流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記ノズルによる流体の噴射方向を制御する制御部と、
を備えた工作機械であって、

前記制御部は、前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出した場合に、前記切屑位置に基づいて導出された、前記ノズルの噴射方向と前記ノズ

50

ルから見た前記切屑位置の方向との差分としての角度に応じて、前記噴射方向を制御する工作機械。

【請求項 7】

流体の噴射方法を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
 前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出する切屑検出部と、
 切屑位置と、過去に噴射した流体の噴射方法と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして機械学習することにより生成された噴射方法モデルを用いて、前記切屑位置から予測される、流体を噴射すべき噴射方法を導出する導出部と、
 を備えた工作機械。

10

【請求項 8】

前記噴射方法モデルは、過去に噴射した流体の噴射方法と、前記ノズルと切屑位置との距離と、流体噴射後の切屑位置の変化とを教師データとして、機械学習により生成されたモデルである請求項 7 に記載の工作機械。

【請求項 9】

流体の噴射方向を制御可能なノズルを備えた流体噴射部と、
 工作機械の内部を撮像する撮像部と、
前記ノズルによる流体の噴射方向を制御する制御部と、
 を備えた工作機械の制御方法であって、
前記撮像部から取得した撮像画像に基づいて工作機械内部の切屑位置を検出した場合に、前記切屑位置に基づいて導出された、前記ノズルの噴射方向を規定する前記工作機械の底面と平行な平面上の位置と前記切屑位置との差分に応じて、前記噴射方向を制御する工作機械の制御方法。

20

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

なお、導出部 104 は、噴射方法モデル 107 を用いずに、補正量 C を、切屑位置 141 に応じて導出してもよい。例えば、導出部 104 は、切屑位置 141 と補正量 C とを対応付けて記憶する記憶部と、クーラント噴射後の切屑位置 141 の変化に応じて、記憶部に記憶された補正量 C を更新する更新部と、を有してもよい。ここで、補正量 C とは、クーラントノズル 111 の方向を示すベクトルが工作機械の底面と平行な平面（底面自体を含む）とぶつかる位置を噴射目標位置 142 とした場合、噴射目標位置 142 と切屑位置 141 との差分であり、平面距離である。噴射目標位置 142 と切屑位置 141 は、工作機械 100 の底面における XZ 平面上の位置で定義することができる。ただし、補正量 C の定義はこれに限定されるものではなく、例えばクーラントノズル 111 の方向と、クーラントノズル 111 の位置と切屑位置とを結ぶ方向とがなす角度であってもよい。導出部 104 は、補正量 C を、クーラントノズル 111 の位置と切屑位置 141 との距離に応じて導出してもよい。クーラントノズル 111 そのものを移動できる構成の場合、導出部 104 は、クーラントノズル 111 の移動速度を加味して、補正量 C を導出してもよい。

30

40

50