

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7703558号
(P7703558)

(45)発行日 令和7年7月7日(2025.7.7)

(24)登録日 令和7年6月27日(2025.6.27)

(51)国際特許分類 F I
A 6 1 C 13/38 (2006.01) A 6 1 C 13/38
A 6 1 C 13/00 (2006.01) A 6 1 C 13/00 Z

請求項の数 16 (全15頁)

(21)出願番号	特願2022-555851(P2022-555851)	(73)特許権者	515304558
(86)(22)出願日	令和3年3月11日(2021.3.11)		デンツプライ・シロナ・インコーポレイ
(65)公表番号	特表2023-520154(P2023-520154		テッド
	A)		アメリカ合衆国、ペンシルバニア州 1
(43)公表日	令和5年5月16日(2023.5.16)		7 4 0 1、ヨーク、ウエスト・フィラデ
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/056134		ルフィア・ストリート 2 2 1、スイート
(87)国際公開番号	WO2021/185661		6 0、サスケハンナ・コマース・センタ
(87)国際公開日	令和3年9月23日(2021.9.23)		ー
審査請求日	令和6年3月8日(2024.3.8)	(73)特許権者	519410367
(31)優先権主張番号	20164430.9		シロナ・デンタル・システムズ・ゲーエ
(32)優先日	令和2年3月20日(2020.3.20)		ムベーパー
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		ドイツ連邦共和国、6 4 6 2 5 ベンス
前置審査		(74)代理人	110003708
			弁理士法人鈴榮特許総合事務所
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 機械加工のプロセスパラメータを生成するための歯科機械加工システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

歯科修復物 / 装置を製造するための歯科機械加工システムであって、

1 つ以上の歯科ツール (3) に対して相対的に移動可能な 1 つ以上の歯科ブランク (2) を保持するための歯科ブランクホルダと、

前記歯科ブランク (2) を機械加工するための少なくとも 1 つの歯科ツール (3) を各々移動可能に保持するための 1 つ以上の駆動ユニット (4) と、

各歯科ブランク (2) のタイプを決定するための決定ユニットと、

ユーザが機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物 / 装置及び歯科ツール (3) の安全性レベルのうちの少なくとも 1 つを調整することを可能にするための調整手段と

を備える歯科ツール機械 (1) を備える歯科機械加工システムにおいて、

前記歯科ブランク (2) のタイプ、前記機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物 / 装置及び歯科ツール (3) の前記安全性レベルのうちの少なくとも 1 つに基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、前記歯科修復物 / 装置の構築データと生成された前記プロセスパラメータとに基づいて前記機械加工のための前記歯科ツール (3) の時間的軌道を計算することと、

計算された前記時間的軌道に基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット (4) を制御することと

を行うように更に適合された制御ユニットを更に備えることを特徴とする、歯科機械加工システム。

【請求項 2】

前記決定ユニットは、前記歯科ツール（3）のタイプ及び前記歯科ツール（3）の摩耗状態を決定するように更に適合され、

前記制御ユニットは、

前記歯科ツール（3）のタイプ及び前記歯科ツール（3）の摩耗状態に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行するように更に適合される

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の歯科機械加工システム。

10

【請求項 3】

前記歯科ツール（3）に関連する力学量を検知するための感知ユニットを更に備え、

前記制御ユニットは、

感知された前記力学量に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、

前記機械加工中に、生成された前記プロセスパラメータに基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット（4）を適応的に制御することと

を行うように更に適合されることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の歯科機械加工システム。

【請求項 4】

20

前記制御ユニットは、

前記歯科ツール（3）の前記時間的軌道に沿った歯科ツール（3）負荷を決定することと、

以前に完了した機械加工における、前記時間的軌道及び前記時間的軌道に沿った決定された前記歯科ツール（3）負荷に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、

前記機械加工中に、生成された前記プロセスパラメータに基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット（4）を適応的に制御することと

を行うように更に適合されることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

30

【請求項 5】

前記調整手段は、前記ユーザが前記機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物 / 装置及び歯科ツール（3）の前記安全性レベルのうちの少なくとも 1 つを連続的に又は離散的に調整することを更に可能にすることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

【請求項 6】

前記制御ユニットは、

前記歯科ブランクのタイプと、以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、正規化された機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の前記品質レベル、並びに前記歯科修復物 / 装置及び前記歯科ツール（3）の前記安全性レベルのうちの少なくとも 1 つとに基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

40

【請求項 7】

前記制御ユニットは、

前記歯科ツール（3）のタイプと、以前に完了した機械加工の完了前及び / 又は完了後の前記歯科ツール（3）の摩耗状態とに更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項 2 に従属する請求項 6 に記載の歯科機械加工システム。

【請求項 8】

50

前記制御ユニットは、

以前に完了した機械加工の前記歯科ツール（３）に関連する感知された前記力学量に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項３に従属する請求項６に記載の歯科機械加工システム。

【請求項９】

前記制御ユニットは、

前記歯科ブランク（２）に対する前記歯科ツール（３）の前記時間的軌道と、以前に完了した機械加工の前記時間的軌道に沿った決定された前記歯科ツール（３）負荷とに基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項４に従属する請求項６に記載の歯科機械加工システム。

10

【請求項１０】

前記制御ユニットは、

新しい歯科ブランク（２）のタイプと、新しいタイプの前記歯科ブランク（２）の少なくとも１つの以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物／装置及び歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つとに基づいて新しいタイプの前記歯科ブランク（２）の前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項６～９のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

20

【請求項１１】

前記制御ユニットは、

新しい歯科ツール機械（１）のタイプと、新しいタイプの前記歯科ツール機械（１）での少なくとも１つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物／装置及び歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つとに基づいて新しいタイプの前記歯科ツール機械（１）での前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項６～１０のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

30

【請求項１２】

前記制御ユニットは、

新しい軌道計算アルゴリズムの変化と、前記新しい軌道計算アルゴリズムでの少なくとも１つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物／装置及び歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つとに基づいて前記新しい軌道計算アルゴリズムでの前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、請求項６～１１のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

40

【請求項１３】

前記正規化された機械加工時間は、測定された前記機械加工時間と前記歯科修復物／装置の前記構築データとに基づいて決定されることを特徴とする、請求項７～１２のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

【請求項１４】

前記プロセスパラメータは、前記歯科ツール（３）の回転速度、前記歯科ツール（３）の材料への送り速度、前記歯科ツール（３）の経路距離、前記歯科ツール（３）に作用する機械加工力及びトルクについての限界値、並びに前記歯科ブランク（２）の送り速度のうちの少なくとも１つを備えることを特徴とする、請求項１～１３のうちのいずれか一項

50

に記載の歯科機械加工システム。

【請求項 15】

前記歯科修復物 / 装置の前記品質レベルは、前記歯科修復物 / 装置の表面平滑性、欠けの程度、及び精度のうちの少なくとも1つを備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 14 のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

【請求項 16】

前記力学量は、それぞれの前記歯科ツール(3)の位置、速度、加速度、振動、それぞれの前記歯科ツール(3)に作用する力、トルク、それぞれの前記歯科ツール(3)の歯科ツールモータへの供給電流、又はそれぞれの前記歯科ツール(3)によって生成される音のうちの少なくとも1つに対応することを特徴とする、請求項 3 に従属する請求項 4 ~ 6、8 ~ 15 のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、1つ以上の歯科ツールを使用することによって歯科ブランクから歯科修復物又は歯科装置を製造するための歯科ツール機械を有する歯科機械加工システムに関する。本発明は、より具体的には、歯科ブランクを機械加工するためのプロセスパラメータを生成する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、歯科機械加工システムは、歯科ブランクを機械加工するための歯科ツール機械を有する。歯科ツール機械は、一般に、歯科ブランクを機械加工するための少なくとも1つの歯科ツールを各々移動可能に保持する1つ以上の駆動ユニットを有する。歯科ツールは、駆動ユニット中のツールモータにそれぞれ取り付けられる。歯科ツールは、それらの耐用年数が過ぎた後に交換することができる。歯科ブランクは、歯科ツールに対して相対的に移動可能な歯科ブランクホルダに取り付けられる。制御ユニットは、歯科機械加工システムの動作を制御する。一般に、CAD/CAMソフトウェアは、例えば、歯科ツール機械に接続されたPC上で実行される。CAD/CAMソフトウェアは、一般に、製造される歯科修復物の構築データをデジタル的に提供するために使用される。CAD/CAMソフトウェアは、機械加工の構築データ及びプロセスパラメータに基づいて、歯科ツール機械における歯科ツールの時間的軌道を更に生成する。その後、歯科ブランクホルダ及び駆動ユニットが、歯科ツールの時間的軌道に基づいて制御される。典型的には、ユーザは、歯科ツール機械のユーザインターフェースを介して歯科ブランクのタイプを入力する。ユーザは、通常、CAD/CAMソフトウェアのグラフィカルユーザインターフェースを介して、機械加工時間(例えば、非常に速い、速い、通常)、歯科修復物の品質レベル(例えば、非常に高い、高い、通常)、及び/又は機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベル(例えば、非常に高い、高い、通常)を離散的に調整することを可能にされる。複雑な試験シリーズでは、歯科ブランクの送り速度、歯科ツールの経路距離、歯科ツールの材料への送り速度、歯科ツールの回転速度などの歯科機械ツールについてのプロセスパラメータは、歯科ブランクの各タイプ、例えば、歯科修復物の各品質レベル、及びユーザによって所望される各安全性レベルについて手動で定義されなければならない。

20

30

40

【0003】

これまで、以前の試験からの経験値が、プロセスパラメータを定義するための基礎として使用されてきた。経験値に基づいて、プロセスパラメータは、基本的なセットアップのために定義される。適切な方法、例えば、統計的実験計画法(DoE)を用いて、プロセスパラメータ空間が構成され得、それは次いで、歯科ツール機械に対する実際の精緻化を用いて検査される。これらの検査結果から、大まかなプロセスパラメータモデルを導出することができる。このモデルに基づいて、機械加工時間、歯科修復物の品質レベル(例えば、欠けがない)、歯科修復物の安全性レベル(例えば、歯科修復物又は歯科ツールに損

50

傷がない)、歯科ツールの耐用年数などの上記の最適化変数に関して有利な挙動を約束するプロセスパラメータの組み合わせを、次いで、決定することができる。プロセスパラメータの組み合わせは、歯科ツール機械の更なる試験によって更に検査及び/又は改良されなければならない。この先行技術の方法に伴う問題は、異なる/新しいタイプの歯科ブランク、異なる/新しいタイプの歯科ツール機械、歯科ツール機械の異なる/新しい動作モード、又は異なる/新しいタイプのフレームワーク条件について、複雑な一連の多数の試験が行われなければならないことである。しかしながら、これは非常に時間が掛かり、労働集約的である。プロセスパラメータが最適化変数、例えば、歯科ツールの摩耗状態、動態、又は負荷に連続的に依存するとき、実験負荷が多すぎる。

【発明の概要】

【0004】

本発明の目的は、先行技術の問題を克服し、歯科修復物/装置を製造するために機械加工のプロセスパラメータを正確に生成することができる歯科機械加工システムを提供することである。

【0005】

この目的は、請求項1に規定される歯科機械加工システムを通して達成されている。従属請求項の主題は、更なる実施形態及び展開に関する。

【0006】

本発明の実施形態によると、歯科機械加工システムは、人口知能、例えばニューラルネットワークなどを利用する。本発明によると、歯科機械加工システムは、訓練モード及び推論モードを有する。推論モードをまず簡単に開示する。本発明の歯科機械加工システムでは、推論モードでは、制御ユニットは、歯科ブランクのタイプ、機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、歯科修復物の構築データと生成されたプロセスパラメータとに基づいて機械加工のための歯科ツールの時間的軌道を計算することと、計算された時間的軌道に基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニットを制御することとを行うように更に適合される。プロセスパラメータは、歯科ツールの回転速度、歯科ツールの材料への送り速度、歯科ツールの経路距離、歯科ツールに作用する機械加工力及びトルクについての限界値、歯科ブランクの送り速度などのうちの少なくとも1つを備える。

【0007】

本発明の主な有利な効果は、訓練された人工知能アルゴリズムが、将来の機械加工(又は試験シリーズ)を簡略化するか、又は置換さえするために、過去の機械加工(又は試験シリーズ)から生じる、歯科機械ツールにおいて使用されるプロセスパラメータに関連する知識を保存することである。それによって、試験技術者は、このことから、全ての以前の試験の結果によってプロセスパラメータ設定において自動的にサポートされる。本発明の別の主要な有利な効果は、訓練された人工知能アルゴリズムが、過去の機械加工(又は試験シリーズ)から学習された大量の知識のおかげで、例えば連続範囲において、明確に区別されたプロセスパラメータを生成することができることである。本発明の別の主要な有利な効果は、訓練された人工知能アルゴリズムが、安全性レベルを保証しながら、例えば、機械加工速度対品質レベルの最適化に基づいて、プロセスパラメータの生成を連続的に改善することである。

【0008】

本発明の実施形態によると、決定ユニットは、歯科ツールのタイプ及び歯科ツールの摩耗状態を決定するように更に適合される。この実施形態では、歯科ツールのタイプ及び歯科ツールの摩耗状態は、ユーザが歯科ツール機械に入力することができるか、又は歯科ツール上のRFIDタグなどを使用することによって、歯科ツール上に直接及び/又は遠隔ロケーションに位置するデータ記憶装置から取り出すことができる。この実施形態では、推論モードでは、制御ユニットは、歯科ツールのタイプ及び歯科ツールの摩耗状態に更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人

10

20

30

40

50

工知能アルゴリズムを実行するように更に適合される。それによって、歯科ツールのそのような特定の特性を考慮してプロセスパラメータを生成することができる。

【0009】

本発明の実施形態によると、歯科機械加工システムは、歯科ツールに関連する力学量を感知するための感知ユニットを更に備える。この実施形態では、推論モードでは、制御ユニットは、感知された力学量に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、機械加工中に、生成されたプロセスパラメータに基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニットを適応的に制御することとを行うように更に適合される。力学量は、それぞれの歯科ツールの位置、速度、加速度、振動、それぞれの歯科ツールに作用する力、トルク、それぞれの歯科ツールの歯科ツールモータへの供給電流、又はそれぞれの歯科ツールによって生成される音のうちの少なくとも1つに対応し得る。それによって、生成されたプロセスパラメータを、歯科ツールの動態を考慮してリアルタイムで機械加工に適合させることができる。

10

【0010】

本発明の実施形態によると、推論モードでは、制御ユニットは、時間的軌道に沿った歯科ツール負荷を決定することと、時間的軌道及び決定された歯科ツール負荷に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、機械加工中に、生成されたプロセスパラメータに基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニットを適応的に制御することとを行うように更に適合される。それによって、歯科ツール負荷を考慮してプロセスパラメータを生成することができる。歯科ツール負荷は、例えば、空間的ツール軌道のコースの分析に基づいて推定することができる。

20

【0011】

本発明の実施形態によると、調整手段は、ユーザが機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルを離散的に又は代替として連続的に調整することを更に可能にする。好ましくは、3つの異なる機械加工モードについての3つの異なるパラメータセットが離散的に調整され得る。連続的な調整は、ソフトウェアスライダを用いて達成され得る。それによって、プロセスパラメータをより一層区別化して生成することができる。

【0012】

後続では、訓練モードを簡単に開示する。訓練モードでは、歯科機械加工システムは、実験的又は実際の製造作業から導出されたデータを使用する。記憶媒体は、訓練モードについてのそのようなデータで絶えず更新され、データベースとしての役割を果たすことができる。本発明の実施形態によると、歯科機械加工システムはまた、好ましくは、CAD/CAMソフトウェアを実行するPCなどのコンピュータステーションを含むCAD/CAMモジュールを有し得る。訓練された人工知能アルゴリズムは、好ましくは、CAD/CAMモジュールの一部として提供される。CAD/CAMモジュールは、好ましくは、歯科ツール機械の外部にあり、ネットワークなどを通してアクセス可能である。複数の異なる歯科ツール機械が、推論モードで、訓練された人工知能アルゴリズムを使用し得る。CAD/CAMモジュールはまた、歯科ツール機械の一部として提供され得る。本発明はまた、歯科機械加工システムの上述の機能を実装するためのCAD/CAMソフトウェアを提供する。CAD/CAMソフトウェアは、コンピュータ化された歯科機械加工システムに機能を実行させるためのコンピュータ可読コードを有する。CAD/CAMソフトウェアは、コンピュータ可読記憶媒体中に記憶される。記憶媒体は、携帯型であり得るか、又は一体化され得る。記憶媒体は、歯科機械加工システムの外部又は内部に位置し得る。記憶媒体は、ネットワークなどを通してアクセス可能であり得る。本発明は、歯科ブランク及び歯科ツールを移動させるための様々なタイプの運動学的及び動力学的能力を有する歯科ツール機械に適用することができる。

30

40

【0013】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ブランクのタイプ

50

と、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルと、以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。正規化された機械加工時間は、好ましくは、測定された機械加工時間と歯科修復物の構築データとに基づいて決定される。例えば、正規化された機械加工時間は、測定された機械加工時間をキャップの数及び/又は歯科修復物の表面積などで除算することによって得られ得る。一般に、構築データは、歯科修復物に固有のそのような情報を暗黙的又は明示的に備え、正規化のために導出することができる。

【0014】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ツールのタイプと、以前に完了した機械加工の完了前及び/又は完了後の歯科ツールの摩耗状態とに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。歯科ツール摩耗状態は、一般に、その動作時間と共に変化する。このことから、ツール寿命初期の切削状態は、ツール寿命末期の切削状態とは異なる。訓練された人工知能アルゴリズムは、ツール寿命全体にわたって連続的なプロセスパラメータ追跡を可能にする。このようにして、新しい歯科ツールが利用されるか又は使用済みの歯科ツールが利用されるかにかかわらず、結果として製造される歯科修復物の品質を維持することができ、このことから、歯科ツールを最適に利用することができる。

10

【0015】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、以前に完了した機械加工についての歯科ツールに関連する感知された力学量に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。それによって、訓練された人工知能アルゴリズムは、力学量に基づいてプロセスパラメータ生成を改善する。

20

【0016】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ブランクに対する歯科ツールの時間的軌道と、以前に完了した機械加工についての時間的軌道に沿った決定された歯科ツール負荷とに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。それによって、訓練された人工知能アルゴリズムは、歯科ツール負荷の態様、例えば、材料依存型速度低減に基づいて、プロセスパラメータ生成を改善する。

30

【0017】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、新しい歯科ブランクのタイプと、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルと、新しいタイプの歯科ブランクの少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに基づいて新しいタイプの歯科ブランクの機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。それによって、訓練された人工知能アルゴリズムは、その新しい材料のための機械加工を設定するとき、僅か数回の試行で新しい材料特性に関する新しい知識を収集することを可能にする。そして残りは、他の材料での訓練された人工知能アルゴリズムの過去の知識から生じる。特に大規模な実験室では、妥当性確認されていない材料に対する機械加工プロセスを最適化したいという要望がしばしばある。本発明では、顧客は、未知の材料についてのプロセスパラメータを効果的に生成する手段を提供される。

40

【0018】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、新しい歯科ツール機械のタイプと、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルと、新しいタイプの歯科ツール機械での少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに基づいて新しいタイプの歯科ツール機械での機械加工のためのプロセスパラメータを生成す

50

るために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。それによって、訓練された人工知能アルゴリズムは、いくつかの実際の実験に基づいて新しい機械タイプでの機械加工を学習することができる。

【0019】

本発明の実施形態によると、訓練モードでは、制御ユニットは、軌道計算アルゴリズムの変化と、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツールの安全性レベルと、新しい軌道計算アルゴリズムでの少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに更に基づいて新しい軌道計算アルゴリズムでの機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。それによって、訓練された人工知能アルゴリズムは、いくつかの実際の実験に基づいて、フレームワーク条件、例えば軌道計算アルゴリズムが変化した場合の機械加工を学習することを可能にする。これは、製造プロセスの機敏性を増大させる。

10

【0020】

本発明の実施形態によると、歯科修復物の品質レベルは、歯科修復物の表面平滑性、欠けの程度、及び精度のうちの少なくとも1つを備える。

【0021】

後続の説明では、本発明の更なる態様及び有利な効果を、例証的な実施形態を使用することによって、及び図面を参照することによってより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

20

【0022】

【図1】本発明による実施形態の歯科機械加工システムにおける歯科ツール機械の部分的概略図である。

【0023】

図面に示す参照番号は、以下に列挙される要素を示し、例証的な実施形態の後続の説明において参照されるであろう：

1. 歯科ツール機械
 2. 歯科ブランク
 - 2 a. シャフト
 3. 歯科ツール
 4. 駆動ユニット
 - 4 a. アーム
 - 4 b. シャフト
- X, Y, Z: 方向

30

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1は、歯科修復物を製造するための歯科機械加工システムであって、歯科ツール(3)に対して相対的に移動可能な歯科ブランク(2)を保持するための歯科ブランクホルダと、歯科ブランク(2)を機械加工するための歯科ツール(3)を各々移動可能に保持するための2つの駆動ユニット(4)と、各歯科ブランク(2)のタイプを決定するための決定ユニットと、ユーザが所望の機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール(3)の安全性レベルを調整することを可能にするための調整手段とを備える歯科ツール機械(1)を備える、歯科機械加工システムを示す。各駆動ユニット(4)は、シャフト(4b)と、シャフト(4b)に半径方向に固定されたアーム(4a)とを有する。各シャフト(4b)は、それぞれの駆動ユニット(4)の駆動機構を通して歯科ブランク(2)に又はそれから離れてz軸において移動することができる。各アーム(4a)は、駆動機構を通してz軸を中心として移動することができる。歯科ツール(3)は、アーム(4a)中のツールモータにそれぞれ取り付けられる。歯科ブランク(2)は、別の駆動機構を通してy軸に沿って移動し、且つy軸を中心として回転することができるシャフト(2a)に連結される。歯科機械加工システムは、

40

50

制御ユニットを備える。制御ユニットは、訓練モード及び推論モードを有する。まず、推論モードを説明する。推論モードでは、制御ユニットは、歯科ブランク（２）のタイプ、機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール（３）の安全性レベルに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、歯科修復物の構築データと生成されたプロセスパラメータとに基づいて機械加工のための歯科ツール（３）の時間的軌道を計算することと、計算された時間的軌道に基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニット（４）を制御することとを行うように更に適合される。プロセスパラメータは、例えば、歯科ツール（３）の回転速度、歯科ツール（３）の材料への送り速度、歯科ツール（３）の経路距離、歯科ツール（３）に作用する機械加工力及びトルクについての限界値、歯科ブランク（２）の送り速度などを備える。歯科機械加工システムは、構築データを計算するか、又は外部ソースからそれを受信する。歯科修復物の品質レベルは、歯科修復物の表面平滑性、欠けの程度、及び精度のうちの少なくとも１つを備える。

10

【 0 0 2 5 】

実施形態では、決定ユニットは、歯科ツール（３）のタイプ及び歯科ツール（３）の摩耗状態を決定するように更に適合され、推論モードでは、制御ユニットは、歯科ツール（３）のタイプ及び歯科ツール（３）の摩耗状態に更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行するように更に適合される。決定ユニットは、そのような目的のために、RFセンサ、タッチセンサなどのセンサ、ユーザ入力手段、及び／又はデータベースを使用し得る。

20

【 0 0 2 6 】

実施形態では、歯科機械加工システムは、歯科ツール（３）に関連する力学量を検知するための感知ユニットを更に備え、推論モードでは、制御ユニットは、感知された力学量に更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、機械加工中に、生成されたプロセスパラメータに基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニット（４）を適応的に制御することとを行うように更に適合される。力学量は、それぞれの歯科ツール（３）の位置、速度、加速度、振動、それぞれの歯科ツール（３）に作用する力、トルク、それぞれの歯科ツール（３）の歯科ツールモータへの供給電流、又はそれぞれの歯科ツール（３）によって生成される音のうちの少なくとも１つに対応する。

30

【 0 0 2 7 】

実施形態では、推論モードでは、制御ユニットは、計算された又は感知された時間的軌道に沿った歯科ツール（３）負荷を決定することと、時間的軌道及び決定された歯科ツール（３）負荷に更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、機械加工中に、生成されたプロセスパラメータに基づいて歯科ブランクホルダ及び駆動ユニット（４）を適応的に制御することとを行うように更に適合される。

【 0 0 2 8 】

実施形態では、推論モードでは、調整手段は、ユーザが機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール（３）の安全性レベルを連続的に、例えば予め設定された範囲に基づいて、調整することを更に可能にする。代替として、ユーザは、機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール（３）の安全性レベルを離散的に、例えば１つ以上の予め設定された値に基づいて、調整することを可能にされ得る。

40

【 0 0 2 9 】

後続の説明では、訓練モードを説明する。訓練は、複数の過去の機械加工（又は試験シリーズ）の知識から、異なる歯科ブランクタイプについての機械加工時間、品質レベル、及び安全性レベルの三角形の最適化を学習することを対象とする。知識は、歯科ブランク（２）の送り速度、歯科ツール（３）の経路距離、歯科ツール（３）の材料への送り速度、歯科ツール（３）の回転速度、使用された軌道計算アルゴリズム、歯科ツール（３）負

50

荷アルゴリズムのパラメータ、浸漬、経路平滑化などの任意の特別な処置のパラメータ、歯科ツール(3)のタイプ、機械加工の開始及び/又は完了前の歯科ツール(3)の摩耗状態、歯科ブランク(2)のタイプ、例えばその材料、機械加工時間、各方向への速度、加速度をそのポイント毎に含む歯科ツール(3)の全体的な時間的軌道、歯科ツール(3)負荷決定アルゴリズムに従って取り除かれた材料、ツールモータへの電流、センサ技術を通して得られた歯科ツール(3)に作用する力及びトルク、歯科修復物の結果として生じる品質レベル、歯科ツール(3)又は歯科修復物への損傷のような任意の特別な事例、運動学的及び動力学的能力を含む歯科ツール機械のタイプ、を含むプロセスパラメータのうち少なくとも1つを過去の機械加工毎に含み得る。訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ブランクのタイプと、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに歯科修復物及び歯科ツール(3)の安全性レベルと、以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。正規化された機械加工時間は、測定された機械加工時間と、歯科修復物のキャップの数及び/又は表面積などの歯科修復物の構築データから導出可能な特徴とに基づいて決定される。

10

【0030】

実施形態では、訓練は、歯科ツール(3)のタイプ及び摩耗状態を学習することを対象とする。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ツール(3)のタイプと、以前に完了した機械加工の完了前及び/又は完了後の歯科ツール(3)の摩耗状態とに更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。歯科ツール(3)の摩耗状態は、百分率で与えられ、100%は、歯科ツール(3)が実質的に新しいことを示し、0%は、歯科ツール(3)が完全に摩耗したことを示す。

20

【0031】

実施形態では、訓練は、歯科ツール(3)の動態を学習すること、例えば、力及びトルクを処理することを対象とする。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、以前に完了した機械加工の歯科ツール(3)に関連する感知された力学量に更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。

【0032】

実施形態では、訓練は、歯科ツール(3)負荷を学習することを対象とする。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、歯科ブランク(2)に対する歯科ツール(3)の時間的軌道と、以前に完了した機械加工の時間的軌道に沿った決定された歯科ツール(3)負荷とに更に基づいて機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。

30

【0033】

実施形態では、訓練は、新しい歯科ブランク(2)を学習することを対象とする。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、新しい歯科ブランク(2)のタイプと、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール(3)の安全性レベルと、新しいタイプの歯科ブランク(2)の少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに更に基づいて新しいタイプの歯科ブランク(2)の機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。例えば、ある特定のタイプの歯科ブランク(2)の「材料A」については、最も有利な又は最適化された組み合わせでプロセスパラメータを生成するために、複数の関連する過去の機械加工(又は試験シリーズ)を用いて訓練が行われる。ある特定のタイプの歯科ブランク(2)の新しい「材料B」については、最適化されていない組み合わせにおける方向試験のみが必要とされる。結果は、訓練された人工知能アルゴリズムにフィードバックされる。これは、材料Aを用いて学習された相関と、方向付け試験のデータとに基づいて、最も有利な、又は理想的に最適な組み合わせを見つけることを直接可能にすることができ、それは、次いで、最

40

50

終試験において妥当性確認されるだけでよい。材料 B に関する最適化のための時間の掛かる試験は、もはや必要ではない。

【 0 0 3 4 】

実施形態では、訓練は、新しい歯科ツール機械 (1) を学習することを対象とする。歯科ツール機械 (1) は、運動学的及び動力学的能力が様々であり得る。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、新しい歯科ツール機械 (1) のタイプと、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール (3) の安全性レベルと、新しいタイプの歯科ツール機械 (1) での少なくとも 1 つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに更に基づいて新しいタイプの歯科ツール機械 (1) での機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。

10

【 0 0 3 5 】

実施形態では、訓練は、新しい軌道計算アルゴリズムを学習することを対象とする。この実施形態では、訓練モードでは、制御ユニットは、軌道計算アルゴリズムの変化と、正規化された機械加工時間、歯科修復物の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する歯科修復物及び歯科ツール (3) の安全性レベルと、新しい軌道計算アルゴリズムでの少なくとも 1 つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータとに更に基づいて新しい軌道計算アルゴリズムでの機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合される。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載事項を付記する。

20

[1] 歯科修復物 / 装置を製造するための歯科機械加工システムであって、

1 つ以上の歯科ツール (3) に対して相対的に移動可能な 1 つ以上の歯科ブランク (2) を保持するための歯科ブランクホルダと、

前記歯科ブランク (2) を機械加工するための少なくとも 1 つの歯科ツール (3) を各々移動可能に保持するための 1 つ以上の駆動ユニット (4) と、

各歯科ブランク (2) のタイプを決定するための決定ユニットと、

ユーザが機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物 / 装置及び歯科ツール (3) の安全性レベルのうちの少なくとも 1 つを調整することを可能にするための調整手段と

を備える歯科ツール機械 (1) を備える歯科機械加工システムにおいて、

30

前記歯科ブランク (2) のタイプ、前記機械加工時間、前記歯科修復物 / 装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物 / 装置及び歯科ツール (3) の前記安全性レベルのうちの少なくとも 1 つに基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、
前記歯科修復物 / 装置の構築データと生成された前記プロセスパラメータとに基づいて前記機械加工のための前記歯科ツール (3) の時間的軌道を計算することと、

計算された前記時間的軌道に基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット (4) を制御することと

を行うように更に適合された制御ユニットを更に備えることを特徴とする、歯科機械加工システム。

40

[2] 前記決定ユニットは、前記歯科ツール (3) のタイプ及び前記歯科ツール (3) の摩耗状態を決定するように更に適合され、

前記制御ユニットは、

前記歯科ツール (3) のタイプ及び前記歯科ツール (3) の摩耗状態に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行するように更に適合される

ことを特徴とする、 [1] に記載の歯科機械加工システム。

[3] 前記歯科ツール (3) に関連する力学量を検知するための感知ユニットを更に備え、
前記制御ユニットは、

感知された前記力学量に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成す

50

るように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、
前記機械加工中に、生成された前記プロセスパラメータに基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット（４）を適応的に制御することと
を行うように更に適合されることを特徴とする、〔１〕又は〔２〕に記載の歯科機械加工システム。

〔４〕前記制御ユニットは、

前記歯科ツール（３）の前記時間的軌道に沿った歯科ツール（３）負荷を決定することと、
前記時間的軌道及び決定された前記歯科ツール（３）負荷に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するように適合された前記訓練された人工知能アルゴリズムを実行することと、

10

前記機械加工中に、生成された前記プロセスパラメータに基づいて前記歯科ブランクホルダ及び前記駆動ユニット（４）を適応的に制御することと
を行うように更に適合されることを特徴とする、〔１〕～〔３〕のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

〔５〕前記調整手段は、前記ユーザが前記機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物／装置及び歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つを連続的に又は離散的に調整することを更に可能にすることを特徴とする、〔１〕～〔４〕のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

〔６〕前記制御ユニットは、

20

前記歯科ブランクのタイプと、以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、正規化された機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに前記歯科修復物／装置及び前記歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つとに基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、〔１〕～〔５〕のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

〔７〕前記制御ユニットは、

前記歯科ツール（３）のタイプと、以前に完了した機械加工の完了前及び／又は完了後の前記歯科ツール（３）の摩耗状態とに更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、〔２〕に従属する〔６〕に記載の歯科機械加工システム。

30

〔８〕前記制御ユニットは、

以前に完了した機械加工の前記歯科ツール（３）に関連する感知された前記力学量に更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、〔３〕に従属する〔６〕又は〔７〕に記載の歯科機械加工システム。

〔９〕前記制御ユニットは、

前記歯科ブランク（２）に対する前記歯科ツール（３）の前記時間的軌道と、以前に完了した機械加工の前記時間的軌道に沿った決定された前記歯科ツール（３）負荷とに更に基づいて前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、〔４〕に従属する〔６〕～〔８〕のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

40

〔１０〕前記制御ユニットは、

新しい歯科ブランク（２）のタイプと、新しいタイプの前記歯科ブランク（２）の少なくとも１つの以前に完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物／装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物／装置及び歯科ツール（３）の前記安全性レベルのうちの少なくとも１つとに更に基づいて新しいタイプの前記歯科ブランク（２）の前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、〔６〕～〔９〕のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工

50

システム。

[1 1] 前記制御ユニットは、

新しい歯科ツール機械(1)のタイプと、新しいタイプの前記歯科ツール機械(1)での少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物/装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物/装置及び歯科ツール(3)の前記安全性レベルのうちの少なくとも1つとに更に基づいて新しいタイプの前記歯科ツール機械(1)での前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、[6] ~ [1 0]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

10

[1 2] 前記制御ユニットは、

新しい軌道計算アルゴリズムの変化と、前記新しい軌道計算アルゴリズムでの少なくとも1つの完了した機械加工のために使用されたプロセスパラメータと、前記正規化された機械加工時間、前記歯科修復物/装置の前記品質レベル、並びに機械加工損傷に対する前記歯科修復物/装置及び歯科ツール(3)の前記安全性レベルのうちの少なくとも1つとに更に基づいて前記新しい軌道計算アルゴリズムでの前記機械加工のためのプロセスパラメータを生成するために前記人工知能アルゴリズムを訓練するように更に適合されることを特徴とする、[6] ~ [1 1]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

[1 3] 前記正規化された機械加工時間は、測定された前記機械加工時間と前記歯科修復物/装置の前記構築データとに基づいて決定されることを特徴とする、[6]に從属する[7] ~ [1 2]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

20

[1 4] 前記プロセスパラメータは、前記歯科ツール(3)の回転速度、前記歯科ツール(3)の材料への送り速度、前記歯科ツール(3)の経路距離、前記歯科ツール(3)に作用する機械加工力及びトルクについての限界値、並びに前記歯科プランク(2)の送り速度のうちの少なくとも1つを備えることを特徴とする、[1] ~ [1 3]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

[1 5] 前記歯科修復物/装置の前記品質レベルは、前記歯科修復物/装置の表面平滑性、欠けの程度、及び精度のうちの少なくとも1つを備えることを特徴とする、[1] ~ [1 4]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

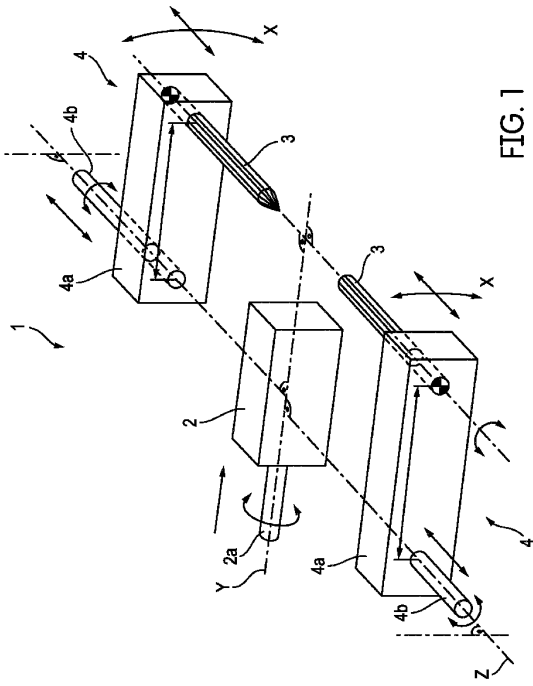
[1 6] 前記力学量は、それぞれの前記歯科ツール(3)の位置、速度、加速度、振動、それぞれの前記歯科ツール(3)に作用する力、トルク、それぞれの前記歯科ツール(3)の歯科ツールモータへの供給電流、又はそれぞれの前記歯科ツール(3)によって生成される音のうちの少なくとも1つに対応することを特徴とする、[3]に從属する[4] ~ [1 5]のうちのいずれか一項に記載の歯科機械加工システム。

30

40

50

【図面】
【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 シュテガー、セバスティアン
ドイツ連邦共和国、64625 ベンスハイム、ファブリークシュトラッセ 31、シロナ・デンタル・システムズ・ゲーエムベーハー気付
- (72)発明者 ノバラ、オリバー
ドイツ連邦共和国、64625 ベンスハイム、ファブリークシュトラッセ 31、シロナ・デンタル・システムズ・ゲーエムベーハー気付
- (72)発明者 バイス、ダニエル
ドイツ連邦共和国、64625 ベンスハイム、ファブリークシュトラッセ 31、シロナ・デンタル・システムズ・ゲーエムベーハー気付
- 審査官 松江 雅人
- (56)参考文献 国際公開第2018/158411(WO, A1)
米国特許出願公開第2019/0258222(US, A1)
特開2019-139755(JP, A)
特開2018-041208(JP, A)
国際公開第2018/154485(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61C 13/00
G05B 19/4065