

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-97851  
(P2019-97851A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード(参考)
A 6 1 B 34/20 (2016.01)	A 6 1 B 34/20	4 C 0 5 2
A 6 1 C 19/00 (2006.01)	A 6 1 C 19/00	Z
A 6 1 C 19/04 (2006.01)	A 6 1 C 19/04	Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-231483 (P2017-231483)	(71) 出願人	504258527 国立大学法人 鹿児島大学 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(22) 出願日	平成29年12月1日(2017.12.1)	(74) 代理人	100095407 弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100162259 弁理士 末富 孝典
		(74) 代理人	100133592 弁理士 山口 浩一
		(74) 代理人	100168114 弁理士 山中 生太
		(72) 発明者	菊地 聖史 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号 国立大学法人 鹿児島大学内
		Fターム(参考)	4C052 NN02 NN03 NN04 NN15

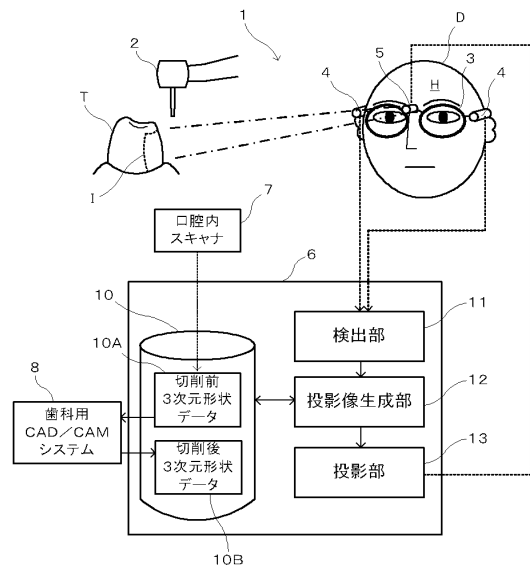
(54) 【発明の名称】 歯科手術支援システム及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】術者が適切な歯科手術を行うことができる歯科手術支援システム及びプログラムを提供する。

【解決手段】記憶部10は、歯科手術に関連する歯Tの切削前3次元形状データ10Aを記憶する。検出部11は、歯科手術を行う術者Dから見た歯Tの向き及び大きさに関する情報を検出する。投影像生成部12は、記憶部10に記憶された歯Tの切削前3次元形状データ10Aと検出部11で検出された歯Tの向き及び大きさに関する情報とに基づいて、術者Dから見た歯Tの見かけの3次元形状を特定し、その3次元形状に応じて術者Dを支援する情報を含む投影像Iを生成する。投影部13は、投影像生成部12で生成された投影像Iを、歯Tに投影する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

歯科手術に関連する部位の 3 次元形状に関する情報を記憶する記憶部と、  
 歯科手術を行う術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報を検出する検出部と、

前記記憶部に記憶された前記部位の 3 次元形状に関する情報と前記検出部で検出された前記部位の向き及び大きさに関する情報とに基づいて、前記術者から見た前記部位の見かけの 3 次元形状を特定し、その 3 次元形状に応じて前記術者を支援する情報を含む投影像を生成する投影像生成部と、

前記投影像生成部で生成された投影像を、前記部位に投影する投影部と、  
 を備える歯科手術支援システム。

10

## 【請求項 2】

前記術者から見た前記部位を互いに視差のある状態で撮像する複数のカメラと、  
 前記投影像を投影するプロジェクタと、  
 を備え、

前記カメラ及び前記プロジェクタは、  
 前記術者の頭部に装着される装着具に取り付けられるか、前記術者が前記部位を観察するの  
 に用いるマイクロスコープに組み込まれている、

請求項 1 に記載の歯科手術支援システム。

20

## 【請求項 3】

前記記憶部に記憶される前記部位の 3 次元形状に関する情報には、前記部位において切  
 削対象となる領域との位置関係が変わらず、互いに識別可能な少なくとも 3 つのマーカの  
 位置情報が含まれ、

前記検出部は、

前記術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報として、前記術者から見た少  
 なくとも 3 つのマーカの現在の位置情報を検出し、

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された少なくとも 3 つのマーカの位置情報と前記検出部で検出された  
 少なくとも 3 つのマーカの現在の位置情報とに基づいて、前記術者が見た前記部位の見  
 かけの 3 次元形状を特定し、

30

特定された前記部位の 3 次元形状に基づいて、前記術者を支援する情報を含む投影像を  
 生成する、

請求項 1 又は 2 に記載の歯科手術支援システム。

## 【請求項 4】

前記検出部は、

前記部位の向き及び大きさに関する情報として、前記部位において切削対象となる領域  
 との位置関係が変わらない少なくとも 3 つの前記部位の特徴点の現在の位置情報を検出し  
 、

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された少なくとも 3 つの前記部位の特徴点の位置情報と前記検出部で  
 検出された少なくとも 3 つの特徴点の現在の位置情報とに基づいて、前記術者が見た前記  
 部位の見かけの 3 次元形状を特定し、

40

特定された前記部位の 3 次元形状に基づいて、前記術者を支援する情報を含む投影像を  
 生成する、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の歯科手術支援システム。

## 【請求項 5】

前記記憶部に記憶された前記部位の 3 次元形状に関する情報に基づいて、術後の前記部  
 位の 3 次元形状に関する情報を生成する切削後データ生成部を備え、

前記記憶部は、

術後の前記部位の 3 次元形状に関する情報を記憶し、

50

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された術後の前記部位の３次元形状に関する情報に基づいて、前記投影像として、前記部位における切削する部分と、切削しない部分とを区別する像を生成する、

請求項１から４のいずれか一項に記載の歯科手術支援システム。

【請求項６】

前記投影像生成部は、

前記投影像として、前記部位に対する術具の姿勢又は位置に関する指標を生成する、

請求項１から４のいずれか一項に記載の歯科手術支援システム。

【請求項７】

コンピュータを、

歯科手術に関連する部位の３次元形状に関する情報を記憶する記憶部、

歯科手術を行う術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報を検出する検出部

、  
前記記憶部に記憶された前記部位の３次元形状に関する情報と前記検出部で検出された前記部位の向き及び大きさに関する情報とに基づいて、前記術者から見た前記部位の見かけの３次元形状を特定し、その３次元形状に応じて前記術者を支援する情報を含む投影像を生成する投影像生成部、

前記投影像生成部で生成された投影像を、前記部位に投影する投影部、

として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、歯科手術支援システム及びプログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

歯の切削（広義の切削であり、研削又は研磨も含まれる）に用いるハンドピースは、臨床に欠かせない基本的な治療機器の１つである。ハンドピースは、現在までその出力や耐久性などの面において改良が積み重ねられ、高い切削性能を有するようになってきている（例えば、特許文献１参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２０１７－１７６２２９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、ハンドピースは、あくまで歯科医師（術者）が手に持って操作するものである。そのため、ハンドピースによって切削した歯の仕上がりは術者の技量に大きく左右されるといって残されたままである。このことは、歯科用ＣＡＤ／ＣＡＭ（Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture）システムを用いても変わるものではない。歯科用ＣＡＤ／ＣＡＭシステムは、口腔内に装着される修復物や補綴物の設計及び製造に用いられるものであり、ハンドピースを用いた術者の操作を支援するものではないからである。

【０００５】

現在、歯科用ＣＡＤ／ＣＡＭシステムを製造・販売する企業からハンドピースによる歯の削り方に関する資料が提供されている。しかしながら、術者は、削り過ぎなのか削り足りないのかを目測で判断しているのが現状である。

【０００６】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、術者が適切な歯科手術を行うことが

10

20

30

40

50

できる歯科手術支援システム及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の第1の観点に係る歯科手術支援システムは、  
 歯科手術に関連する部位の3次元形状に関する情報を記憶する記憶部と、  
 歯科手術を行う術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報を検出する検出部  
 と、

前記記憶部に記憶された前記部位の3次元形状に関する情報と前記検出部で検出された  
 前記部位の向き及び大きさに関する情報とに基づいて、前記術者から見た前記部位の見か  
 けの3次元形状を特定し、その3次元形状に応じて前記術者を支援する情報を含む投影像  
 を生成する投影像生成部と、

前記投影像生成部で生成された投影像を、前記部位に投影する投影部と、  
 を備える。

【0008】

この場合、前記術者から見た前記部位を互いに視差のある状態で撮像する複数のカメラ  
 と、

前記投影像を投影するプロジェクタと、  
 を備え、

前記カメラ及び前記プロジェクタは、

前記術者の頭部に装着される装着具に取り付けられるか、前記術者が前記部位を観察す  
 るのに用いるマイクروسコープに組み込まれている、  
 こととしてもよい。

【0009】

前記記憶部に記憶される前記部位の3次元形状に関する情報には、前記部位において切  
 削対象となる領域との位置関係が変わらず、互いに識別可能な少なくとも3つのマーカ  
 の位置情報が含まれ、

前記検出部は、

前記術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報として、前記術者から見た少  
 なくとも3つのマーカの現在の位置情報を検出し、

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された少なくとも3つのマーカの位置情報と前記検出部で検出された  
 少なくとも3つのマーカの現在の位置情報とに基づいて、前記術者が見た前記部位の見か  
 けの3次元形状を特定し、

特定された前記部位の3次元形状に基づいて、前記術者を支援する情報を含む投影像を  
 生成する、

こととしてもよい。

【0010】

前記検出部は、

前記部位の向き及び大きさに関する情報として、前記部位において切削対象となる領域  
 との位置関係が変わらない少なくとも3つの前記部位の特徴点の現在の位置情報を検出し  
 、

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された少なくとも3つの前記部位の特徴点の位置情報と前記検出部で  
 検出された少なくとも3つの特徴点の現在の位置情報とに基づいて、前記術者が見た前記  
 部位の見かけの3次元形状を特定し、

特定された前記部位の3次元形状に基づいて、前記術者を支援する情報を含む投影像を  
 生成する、

こととしてもよい。

【0011】

前記記憶部に記憶された前記部位の3次元形状に関する情報に基づいて、術後の前記部

10

20

30

40

50

位の 3 次元形状に関する情報を生成する切削後データ生成部を備え、

前記記憶部は、

術後の前記部位の 3 次元形状に関する情報を記憶し、

前記投影像生成部は、

前記記憶部に記憶された術後の前記部位の 3 次元形状に関する情報に基づいて、前記投影像として、前記部位における切削する部分と、切削しない部分とを区別する像を生成する、

こととしてもよい。

【0012】

前記投影像生成部は、

前記投影像として、前記部位に対する術具の姿勢又は位置に関する指標を生成する、  
こととしてもよい。

【0013】

本発明の第 2 の観点に係るプログラムは、

コンピュータを、

歯科手術に関連する部位の 3 次元形状に関する情報を記憶する記憶部、

歯科手術を行う術者から見た前記部位の向き及び大きさに関する情報を検出する検出部

、  
前記記憶部に記憶された前記部位の 3 次元形状に関する情報と前記検出部で検出された前記部位の向き及び大きさに関する情報とに基づいて、前記術者から見た前記部位の見かけの 3 次元形状を特定し、その 3 次元形状に応じて前記術者を支援する情報を含む投影像を生成する投影像生成部、

前記投影像生成部で生成された投影像を、前記部位に投影する投影部、  
として機能させる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、術者を支援する情報を含む投影像を、歯科手術に関連する部位に投影する。このようにすれば、術者がその部位から視線をそらさずに、支援する情報を見ながら歯科手術を行うことができる。この結果、術者が適切な歯科手術を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る歯科手術支援システムの斜視図である。

【図 2】図 1 の情報処理装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 3】切削前の歯の 3 次元形状と切削後の歯の 3 次元形状とを示す斜視図である。

【図 4】術者と歯との位置関係を示す図である。

【図 5】左のカメラの撮像視野と、右のカメラの撮像視野との関係を示す模式図である。

【図 6】歯の 3 つの特徴点の一例を示す図である。

【図 7】歯に投影される投影像の一例を示す図である。

【図 8】図 1 の情報処理装置のフローチャートである。

【図 9】本発明の実施の形態 2 に係る歯科手術支援システムのマイクロスコープの光学系の構成を示す図である。

【図 10】図 9 のマイクロスコープの変形例 1 を示す図である。

【図 11】図 9 のマイクロスコープの変形例 2 を示す図である。

【図 12】投影像の変形例を示す図である。

【図 13】マーカを用いて歯の向き及び大きさを検出する場合を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、図中、同一又は対応する部分には同一の符号を付している。

【0017】

10

20

30

40

50

実施の形態 1 .

まず、本発明の実施の形態 1 について説明する。

【0018】

図 1 に示すように、本実施の形態に係る歯科手術支援システム 1 は、歯科医師（以下、「術者」という）D が、手術に関連する部位としての患者の歯 T（手術の対象）を、例えばハンドピース 2 を用いて切削する場合に用いられる。術者 D は、頭部 H に装着具としてメガネ 3 を装着しつつ、ハンドピース 2 を操作して歯 T を見ながら切削する。ここで、手術に関連する部位とは、手術の対象となる歯 T であってもよいし、歯 T を含む周辺の領域であってもよい。

【0019】

メガネ 3 には、2 台のカメラ 4 と、プロジェクタ 5 とが取り付けられている。カメラ 4 は、術者 D の視線の先にある領域（ここでは、歯 T 及びその周辺領域）を撮像する。カメラ 4 はそれぞれメガネ 3 の両端に設けられ、視差を有しているので、2 台のカメラ 4 の撮像結果から、歯 T 及びその周辺領域に関する 3 次元の位置情報を得ることができる。

【0020】

プロジェクタ 5 は、メガネ 3 の中央部分に設けられており、歯 T に、術者 D を支援する情報を含む投影像 I を投影する。これにより、術者 D は、歯 T に投影された投影像 I を見ながら、ハンドピース 2 を用いて歯 T を切削することができる。これにより、歯 T が正確に切削され、適切な歯科手術が実現される。

【0021】

歯科手術支援システム 1 は、カメラ 4 の撮像結果に基づいて、プロジェクタ 5 が投影する投影像 I を生成する情報処理装置 6 を備える。情報処理装置 6 は、プログラムによって動作するコンピュータである。

【0022】

図 2 に示すように、情報処理装置 6 は、ハードウェア構成として、内部バス 20 と、制御部 21、主記憶部 22、外部記憶部 23 及び通信部 24 を備える。主記憶部 22、外部記憶部 23 及び通信部 24 はいずれも内部バス 20 を介して制御部 21 に接続されている。

【0023】

制御部 21 は、CPU (Central Processing Unit) 等から構成されている。この CPU が、外部記憶部 23 に記憶され主記憶部 22 にロードされたプログラム 29 を実行することにより、情報処理装置 6 の各構成要素が実現される。

【0024】

主記憶部 22 は、RAM (Random-Access Memory) 等から構成されている。主記憶部 22 には、外部記憶部 23 に記憶されているプログラム 29 がロードされる。その他、主記憶部 22 は、制御部 21 の作業領域（データの一時記憶領域）として用いられる。

【0025】

外部記憶部 23 は、フラッシュメモリ、ハードディスク、DVD (Digital Versatile Disc)、Blu-ray (登録商標) Disc 等の不揮発性メモリから構成される。外部記憶部 23 には、制御部 21 に実行させるためのプログラム 29 があらかじめ記憶されている。また、外部記憶部 23 は、制御部 21 の指示に従って、このプログラム 29 の実行の際に用いられるデータを制御部 21 に供給し、制御部 21 から供給されたデータを記憶する。

【0026】

通信部 24 は、シリアルインターフェイス又はパラレルインターフェイスから構成されている。通信部 24 は、通信ネットワークを介してカメラ 4 及びプロジェクタ 5 と接続されており、カメラ 4 から画像データを受信するとともにプロジェクタ 5 に投影像 I の映像データを送る。

【0027】

情報処理装置 6 の各種構成要素は、制御部 21、主記憶部 22、外部記憶部 23 及び通

10

20

30

40

50

信部 24 などをハードウェア資源として用いてプログラム 29 が実行されることによってその機能を発揮する。

【0028】

図 1 に戻り、情報処理装置 6 は、プログラム 29 の実行により実現される機能要素として、記憶部 10 と、検出部 11 と、投影像生成部 12 と、投影部 13 と、を備える。

【0029】

記憶部 10 は、歯科手術の対象となる歯 T の切削前の 3 次元形状を示す切削前 3 次元形状データ 10A を記憶する。切削前 3 次元形状データ 10A は、口腔内スキャナ 7 を用いてあらかじめ測定されたものである。

【0030】

また、記憶部 10 は、歯 T の術後、すなわち切削後の 3 次元形状を示す切削後 3 次元形状データ 10B を記憶する。切削後 3 次元形状データ 10B は、術者 D による手術後の歯の 3 次元形状を示すデータであり、切削後データ生成部としての歯科用 CAD / CAM システム 8 が、記憶部 10 に記憶された切削前 3 次元形状データ 10A に基づいて生成する。生成後、切削後 3 次元形状データ 10B は、記憶部 10 に記憶される。

【0031】

切削前 3 次元形状データ 10A と切削後 3 次元形状データ 10B とを視覚的に表示すると、例えば図 3 に示すようになる。図 3 では、切削前 3 次元形状データ 10A が実線で示され、切削後 3 次元形状データ 10B が点線で示されている。術者 D は、ハンドピース 2 を用いて、歯 T を切削前 3 次元形状データ 10A で示す形状から切削後 3 次元形状データ 10B に示す形状に切削する。したがって、点線の部分を除く実線の部分が、切削される部分となり、点線の部分が切削されない部分となる。

【0032】

検出部 11 は、歯科手術を行う術者 D から見た歯 T の見え方、すなわち術者 D から見た歯 T の向き及び大きさに関する情報を検出する。術者 D と患者の一方あるいは両方が動くと、図 4 に示すように、術者 D と歯 T との位置関係が変わる。術者 D と歯 T との位置関係が変わると、術者 D から見た歯 T の見え方は異なってくる。歯 T に正確な投影像 I を投影すべく、検出部 11 は、歯科手術を行う術者 D から見た歯 T の向き及び大きさに関する情報を検出する。

【0033】

ここで、歯 T の全体の 3 次元形状は既知であるので、術者 D から見た歯 T の向き及び大きさがわかれば、術者 D から見た歯 T の見かけの 3 次元形状を特定することができる。この見かけの 3 次元形状を特定するために、メガネ 3 には、カメラ 4 が 2 台取り付けられている。

【0034】

図 5 には、左のカメラ 4 の撮像視野 4L と、右のカメラ 4 の撮像視野 4R とが示されている。図 5 に示すように、左のカメラ 4 の撮像視野 4L と、右のカメラ 4 の撮像視野 4R 内に位置が異なる 3 つの点 P1, P2, P3 が入っているものとする。左右のカメラ 4 の視差により、点 P1, P2, P3 では、撮像視野 4L 及び撮像視野 4R 内の位置が異なる。これは、左右のカメラ 4 の撮像データ内の点 P1, P2, P3 に基づいて、術者 D から見た点 P1, P2, P3 それぞれの位置情報を検出することができることを示している。

【0035】

そこで、検出部 11 は、各カメラ 4 からそれぞれの撮像データを受信し、受信した撮像結果に基づいて、図 6 に示すように、術者 D から見た歯 T の直線上にない少なくとも 3 つの特徴点 P1, P2, P3 の位置情報を検出する。少なくとも 3 つの特徴点 P1, P2, P3 の位置情報は、術者 D から見た歯 T の向き及び大きさに関する情報となる。なお、特徴点 P1 ~ P3 は、切削対象となる領域以外に設定する必要がある。また、特徴点 P1 ~ P3 は、それらと歯 T において切削対象となる領域との位置関係が変わらないように、切削対象の歯 T が上顎の歯なら上顎の硬組織（歯や骨）やインプラントなど、下顎の歯なら下顎の硬組織やインプラントなどに設定する必要がある。図 6 では、特徴点 P1 は、歯 T

10

20

30

40

50

の切削されない領域に設定されている。

【 0 0 3 6 】

投影像生成部 1 2 は、記憶部 1 0 に記憶された歯 T の切削前 3 次元形状データ 1 0 A と、検出部 1 1 で検出された術者 D から見た歯 T の向き及び大きさに関する情報と、に基づいて、術者 D から見た歯 T の見かけの 3 次元形状を特定する。より具体的には、投影像生成部 1 2 は、記憶部 1 0 に記憶された少なくとも 3 つの歯 T の特徴点の位置情報と検出部 1 1 で検出された少なくとも 3 つの特徴点の現在の位置情報とに基づいて、術者 D が見た歯 T の見かけの 3 次元形状を特定する。

【 0 0 3 7 】

さらに、投影像生成部 1 2 は、特定された 3 次元形状に応じて術者 D を支援する情報を含む投影像 I を、術者 D から見た歯 T の 3 次元形状に基づいて生成する。具体的には、投影像生成部 1 2 は、記憶部 1 0 に記憶された術後の歯 T の 3 次元形状に関する情報に基づいて、投影像 I として、歯 T における切削する部分と、切削しない部分とを区別する像を生成する。ここで、術者 D から見て、歯 T の裏側、すなわち見えない部分については、投影像 I から消去すれば、術者 D が像を見やすくなる。

10

【 0 0 3 8 】

投影部 1 3 は、投影像生成部 1 2 で生成された投影像 I を、歯 T に投影する。本実施の形態では、図 7 に示すように、切削後の歯 T の 3 次元形状の輪郭が投影像 I として投影される。この輪郭は、ハンドピース 2 によって切削される部分と、切削されるべきでない領域との境目となるため、術者 D を支援する情報となる。

20

【 0 0 3 9 】

次に、本実施の形態に係る歯科手術支援システム 1 の処理の流れについて説明する。図 8 に示すように、まず、口腔内スキャナ 7 によって読み込まれた歯 T の 3 次元形状が測定される（ステップ S 1 ; 3 次元測定ステップ）。測定された歯 T の 3 次元形状は、記憶部 1 0 に切削前 3 次元形状データ 1 0 A として記憶される。

【 0 0 4 0 】

続いて、歯科用 C A D / C A M システム 8 は、記憶部 1 0 に記憶された歯 T の切削前 3 次元形状データ 1 0 A を読み出して、切削後 3 次元形状データ 1 0 B を生成する（ステップ S 2 ; 切削後データ生成ステップ）。生成された切削後 3 次元形状データ 1 0 B は、記憶部 1 0 に記憶される。

30

【 0 0 4 1 】

その後、検出部 1 1、投影像生成部 1 2 及び投影部 1 3 による、繰り返し処理が行われる。その周期は、例えば数 m s である。すなわち、図 8 に示すように、情報処理装置 6 では、その周期毎に、検出部 1 1 により、歯科手術を行う術者 D から見た歯 T の向き及び大きさに関する情報が検出され（ステップ S 3 ; 検出ステップ）、投影像生成部 1 2 により、記憶部 1 0 に記憶された歯 T の 3 次元形状データと検出部 1 1 で検出された歯 T の向き及び大きさに関する情報とに基づいて、術者 D から見た歯 T の見かけの 3 次元形状を特定し、特定した 3 次元形状に応じて術者 D を支援する情報を含む投影像 I が生成され（ステップ S 4 ; 投影像生成ステップ）、投影部 1 3 により、投影像 I が、歯 T に投影される（ステップ S 5 ; 投影ステップ）。

40

【 0 0 4 2 】

このようにして、常に術者 D から見た歯 T の向き及び大きさ、その向き及び大きさに応じた 3 次元形状が検出され、検出された 3 次元形状に従った投影像 I が歯 T に投影される。投影像 I が投影されている間、術者 D によるハンドピース 2 による歯 T の切削が行われる。この切削は、投影像 I を用いた支援により、例えば切削すべきでない場所を削らないように、かつ、削り残しがないように行われる。

【 0 0 4 3 】

なお、本実施の形態では、記憶部 1 0 は、主記憶部 2 2、外部記憶部 2 3 によって実現される。また、検出部 1 1 は、制御部 2 1、主記憶部 2 2 及び通信部 2 4 によって実現される。また、投影像生成部 1 2 は、制御部 2 1、主記憶部 2 2 によって実現される。さら

50



に、投影部 1 3 は、制御部 2 1、主記憶部 2 2 及び通信部 2 4 によって実現される。

【 0 0 4 4 】

以上詳細に説明したように、本実施の形態によれば、術者 D を支援する情報を含む投影像 I を、歯科手術の対象となる歯 T に投影する。このようにすれば、術者 D が歯 T から視線をそらさずに、支援する情報を見ながら歯科手術を行うことができる。この結果、術者 D が適切な歯科手術を行うことができる。

【 0 0 4 5 】

なお、本実施の形態では、歯科手術に関連する部位を歯 T としたが、本発明はこれには限られない。複数の歯 T や、歯 T 及びその周辺の領域を歯科手術に関連する部位とするようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 2 .

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。

【 0 0 4 7 】

上記実施の形態では、装着具にカメラ 4 及びプロジェクタ 5 を取り付けたが、本実施の形態に係る歯科手術支援システムは、術中に術者 D が歯 T を観察するのに用いるマイクロスコープ 3 0 ( 図 9 参照 ) にカメラ及びプロジェクタが組み込まれている他は、上記実施の形態 1 と同じである。

【 0 0 4 8 】

マイクロスコープ 3 0 の構成について説明する。図 9 に示すように、マイクロスコープ 3 0 には、左眼用の拡大観察光学系 3 0 L と、右眼用の拡大観察光学系 3 0 R とが設けられている。拡大観察光学系 3 0 L 及び 3 0 R では、対物レンズ 3 1、結像レンズ 3 3 L、3 3 R、ハーフミラー 3 2 L、3 2 R 及びカメラ 3 4 L、3 4 R が、術部 ( 歯 T ) に近い方から順に配置されている。

【 0 0 4 9 】

歯 T には、照明装置 4 0 から照明光が照射されている。図 9 では、照明装置 4 0 として 1 台の側斜照明を例示しているが、照明装置 4 0 は、2 台以上設けられてもよい。また、照明装置 4 0 は、マイクロスコープ 3 0 の内部に設けられてもよく、側斜照明に限らず、同軸落射照明であってもよい。なお、照明装置 4 0 は、ハロゲンランプや蛍光ランプでもよいが、発熱量が小さく、長寿命であり、また消費電力が小さいという利点があることから、LED を使用するのが望ましい。

【 0 0 5 0 】

照明装置 4 0 によって照らされた歯 T の像は、対物レンズ 3 1 から結像レンズ 3 3 L、3 3 R 及びハーフミラー 3 2 L、3 2 R を通り、それぞれのカメラ 3 4 L、3 4 R で電子画像化される。

【 0 0 5 1 】

カメラ 3 4 L、3 4 R で撮像された画像は、カメラ 3 4 L、3 4 R に電氣的に接続されたモニタ 3 5 L、3 5 R にそれぞれ表示される。モニタ 3 5 L、3 5 R は一対の接眼鏡筒 3 6 L、3 6 R の内部に搭載されており、歯科医が接眼鏡筒 3 6 L、3 6 R を覗くことで、歯 T の像を立体視できる構成になっている。

【 0 0 5 2 】

本実施の形態では、カメラ 3 4 L、3 4 R が、上記実施の形態 1 に係る左右のカメラ 4 に相当する。カメラ 3 4 L、3 4 R で撮像された撮像データは、情報処理装置 6 の検出部 1 1 に送られる。検出部 1 1、投影像生成部 1 2 及び投影部 1 3 は、上記実施の形態 1 と同様の処理を行い、投影像 I をプロジェクタ 3 7 L、3 7 R に投影させる。

【 0 0 5 3 】

また、本実施の形態では、プロジェクタ 3 7 L、3 7 R が、上記実施の形態 1 に係るプロジェクタ 5 に相当する。プロジェクタ 3 7 L、3 7 R から投影された光は、ハーフミラー 3 2 L、3 2 R で反射して、結像レンズ 3 3 L、3 3 R 及び対物レンズ 3 1 を介して、歯 T に到達する。これにより、情報処理装置 6 の投影部 1 3 から送信された投影像 I が、

10

20

30

40

50

歯 T に投影される。実際には、プロジェクタ 37L で投影される像と、プロジェクタ 37R で投影される像との間には、視差が生じる。そこで、プロジェクタ 37L で投影される像とプロジェクタ 37R で投影される像とを交互に投影し、カメラ 34L、34R の撮像タイミングをプロジェクタ 37L、37R の投影タイミングと同期させる。このようにすれば、プロジェクタ 37L で投影される投影像 I は、カメラ 34L のみで撮像され、プロジェクタ 37R で投影される投影像 I は、カメラ 34R のみで撮像されるようになるので、上述のような視差の問題を解消することができる。なお、この場合、投影像 I としては、視差を考慮して、右目用のものと、左目用のものを用意する必要がある。

#### 【0054】

マイクロ스코プ 30 の内部構成は、上述のものには限られず、例えば図 10 に示すように変形が可能である。このマイクロ스코プ 30 では、術者 D は、カメラ 34L、34R の撮像結果を見るのではなく、結像レンズ 33L、33R、ハーフミラー 32L、32R、接眼鏡筒 36L、36R の接眼レンズ 35L'、35R' を介して、歯 T を直接観察する。この構成では、左右のカメラ 34L'、34R' は、ハーフミラー 32L、32R で反射した光で歯 T を撮像する。カメラ 34L'、34R' で撮像された撮像データは、情報処理装置 6 の検出部 11 に送られる。検出部 11、投影像生成部 12 及び投影部 13 は、上記実施の形態 1 と同様の処理を行い、投影像 I をプロジェクタ 37 に投影させる。プロジェクタ 37 から出射された光は、ハーフミラー 32 で反射され、投影レンズ 33 及び対物レンズ 31 を経て、歯 T に到達する。これにより、投影像 I が歯 T 上に結像する。

#### 【0055】

なお、図 10 において、カメラ 34L'、34R' は、マイクロ스코プ 30 の外部に設けられるようにしてもよい。また、ハーフミラー 32 及びプロジェクタ 37 は、対物レンズ 31 と、歯 T との間に設けられるようにしてもよい。この場合、投影レンズ 33 は不要となる。また、この場合、ハーフミラー 32 及びプロジェクタ 37 は、マイクロ스코プ 30 の内部に設けられていてもよいし、マイクロ스코プ 30 の外部に設けられていてもよい。

#### 【0056】

マイクロ스코プ 30 の内部構成は、図 11 に示すように、さらに変形が可能である。例えば、図 11 に示すように、このマイクロ스코プ 30 においても、術者 D は、カメラ 34L、34R の撮像結果を見るのではなく、結像レンズ 33L、33R、接眼鏡筒 36L、36R の接眼レンズ 35L'、35R' を介して、歯 T を直接観察する。結像レンズ 33L、33R と、接眼レンズ 35L'、35R' との間には、ハーフミラー 39L、39R、液晶シャッタ 38L、38R、ハーフミラー 32L、32R が設けられている。この場合、左右のカメラ 34L'、34R' は、ハーフミラー 32L、32R で反射した光で歯 T を撮像する。カメラ 34L'、34R' で撮像された撮像データは、情報処理装置 6 の検出部 11 に送られる。検出部 11、投影像生成部 12 及び投影部 13 は、上記実施の形態 1 と同様の処理を行う。このマイクロ스코プ 30 は、左右のプロジェクタ 37L、37R を備えている。左右のプロジェクタ 37L、37R からの光は、ハーフミラー 39L、39R で反射され、結像レンズ 33L、33R 及び対物レンズ 31 を経て、歯 T に到達する。これにより、歯 T に投影像 I が結像する。

#### 【0057】

実際には、プロジェクタ 37L で投影される像と、プロジェクタ 37R で投影される像との間には、視差が生じる。そこで、プロジェクタ 37L で投影される像とプロジェクタ 37R で投影される像とを交互に投影し、液晶シャッタ 38L、38R の開閉タイミングをプロジェクタ 37L、37R の投影タイミングと同期させることで、視差の問題を解消することができる。

#### 【0058】

なお、液晶シャッタ 38L、38R を、ハーフミラー 32L、32R と接眼レンズ 35L'、35R' との間に配置するようにしてもよい。ただし、この場合には、カメラ 34L'、34R' とプロジェクタ 37L、37R とを同期させる必要がある。

## 【0059】

なお、上記各実施の形態では、切削後の歯Tの3次元形状の輪郭のように、歯Tにおける切削する部分と、切削しない部分とを区別する像を投影像Iとして投影した。このような像としては、他に切削する部分と切削しない部分とを色分けした像であってもよいし、切削する部分だけ又は切削しない部分だけ輝度が高い像などであってもよい。

## 【0060】

また、投影像生成部12は、投影像Iとして、歯Tに対する術具の姿勢に関する指標を生成するようにしてもよい。図12に示すように、ハンドピース2の理想的な姿勢を示す線分を投影像Iとして投影するようにしてもよい。例えば、ハンドピース2の術具としての工具2Aが鉛直方向となるのが適切な姿勢である場合には、縦線の像を投影像Iとして歯Tに投影すればよい。このようにすれば、術者Dが、ハンドピース2を適切な姿勢に保ちながら（工具2Aの回転軸を縦線に沿わせながら）、例えば術者Dから見た歯Tの右側面（又は左側面）、すなわち紙面左右側面等を切削することができる。工具2Aを傾げるべき場合には、斜線を投影すればよい。この投影像Iは、ハンドピース2上にも投影されるので、ハンドピース2と投影像Iの線分とのずれを一致させ易くすることができる。また、ハンドピース2の位置に関する指標を投影像Iとして表示するようにしてもよい。例えばハンドピース2の工具2Aが位置すべき場所だけを他の場所とは識別可能な投影像Iを表示することができる。

10

## 【0061】

このように、投影像Iで示す、術者Dを支援する情報としては様々なものが考えられる。例えば、歯Tの切削場所に望ましい順番がある場合には、次に切削するのが望ましい場所に投影像Iを投影するようにしてもよい。また、歯Tの3次元の内部構造が明らかになっている場合には、その内部構造を歯Tに投影するようにしてもよい。また、投影像Iに切削対象となる領域だけでなく周囲の像（例えば臨在歯の輪郭）も含めるようにしてもよい。このようにすれば、投影像Iがずれて投影されていないことを、術者Dが視覚的に確認しやすくなる（投影像Iがずれた場合にそれを術者Dが気が付きやすくなる）。

20

## 【0062】

また、上記各実施の形態では、歯Tの少なくとも3つの特徴点の位置情報に基づいて、歯Tの見え方に関する情報を検出したが、本発明はこれには限られない。例えば、図13に示すように、あらかじめ歯Tとの位置関係が変わらず既知であり、直線上になく、互いに識別可能なマーカM1～M3を少なくとも3つ配置し、手術に関連する部位を歯T及びマーカM1～M3が配置された領域とする。そして、記憶部10に記憶される部位の切削前3次元形状データ10Aには、少なくとも3つのマーカM1～M3の位置情報が含まれるものとする。なお、マーカM1～M3の位置はできるだけ離れているのが望ましい。ただし、歯の咬合面（上下の歯が噛み合わさる面）へ体積のあるマーカM1～M3を配置することは避けることが望ましい。なお、マーカM1～M3は、切削対象となる領域以外に配置する必要がある。また、マーカM1～M3についても、それらと歯Tにおいて切削対象となる領域との位置関係が変わらないように、切削対象の歯Tが上顎の歯なら上顎の硬い組織、下顎の歯なら下顎の硬い組織（歯、インプラント、骨など）に配置する必要がある。図13では、マーカM3は、歯Tの切削されない領域に配置されている。

30

40

## 【0063】

この場合、検出部11は、術者Dから見た歯Tを含む部位の向き及び大きさに関する情報として、少なくとも3つのマーカM1～M3の現在の位置情報を検出する。そして、投影像生成部12は、記憶部10に記憶された少なくとも3つのマーカM1～M3の位置情報と検出部11で検出された少なくとも3つのマーカM1～M3の現在の位置情報とに基づいて、術者Dが見た部位の見かけの3次元形状を特定する。そして投影像生成部12は、特定された3次元形状に基づいて、術者Dを支援する情報を含む投影像Iを生成するようにしてもよい。

## 【0064】

なお、上記各実施の形態では、2台のカメラで歯T等の部位の3次元形状を検出するも

50

のとしたが、3台以上のカメラで歯T等の部位の3次元形状を検出するようにしてもよい。

【0065】

なお、上記各実施の形態では、歯T等の部位の少なくとも3つの特徴点に基づいて、術者Dから見た歯Tの向き及び大きさに関する情報を検出したが、本発明はこれには限られない。術者Dから見た歯T等の部位の概略的な3次元形状を求め、3次元形状同士のマッチングなどを行って、術者Dから見た歯Tの向き及び大きさに関する情報を検出するようにしてもよい。

【0066】

また、上記各実施の形態によれば、検出部11により、切削中の歯T等の部位の3次元形状の変化を検出するようにしてもよい。例えば、この場合、切削中に変化する歯T等の部位の3次元形状に合わせて、投影像Iを生成することができる。

10

【0067】

部位の3次元形状の検出方法も、上述したものには限られない。例えば、術者Dを支援する投影像Iを投影し、術者Dが感知できない短い時間停止し、その時間に、歯科手術に関連する部位にプロジェクタに位置測定用のパターンを投影し、1台又は複数台のカメラによりパターン像を撮像する。そして、その撮像データに基づいて、3次元形状を測定するようにしてもよい。

【0068】

上記各実施の形態に係る歯科手術支援システム1は、ブリッジ手術やインプラント手術にも適用することができる。これらの場合、例えば1歯中間欠損のブリッジの2つの支台歯(土台となる歯)を歯科手術に関連する部位として、それらの切削後の3次元形状の投影像Iを投影したり、インプラント体を埋めるために開ける穴に相当する投影像Iを投影したりすることができる。

20

【0069】

その他、情報処理装置6のハードウェア構成やソフトウェア構成は一例であり、任意に変更及び修正が可能である。

【0070】

制御部21、主記憶部22、外部記憶部23及び通信部24、内部バス20などから構成される情報処理装置6の処理を行う中心となる部分は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体(フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM等)に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをインストールすることにより、前記の処理を実行する情報処理装置6を構成してもよい。また、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロード等することで情報処理装置6を構成してもよい。

30

【0071】

情報処理装置6の機能を、OS(オペレーティングシステム)とアプリケーションプログラムの分担、又はOSとアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。

40

【0072】

搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して配信することも可能である。たとえば、通信ネットワーク上のサーバにコンピュータプログラムをアップロードし、ネットワークを介してコンピュータプログラムを配信してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、OSの制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、前記の処理を実行できるように構成してもよい。

【0073】

この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するため

50

のものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

【産業上の利用可能性】

【0074】

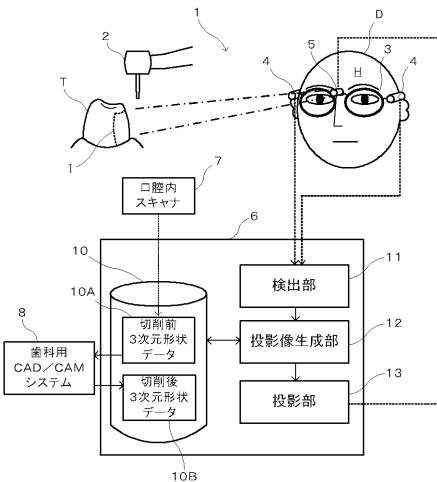
本発明は、歯科手術の支援及び歯科教育に用いることができる。

【符号の説明】

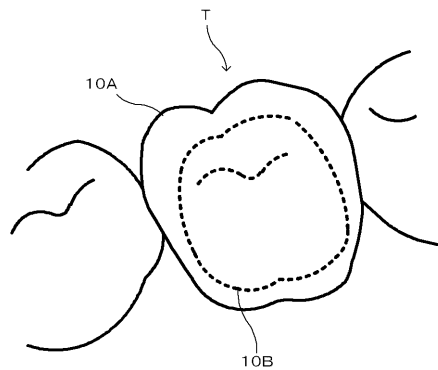
【0075】

1 歯科手術支援システム、2 ハンドピース、2A 工具、3 メガネ、4 カメラ、4L, 4R 撮像視野、5 プロジェクタ、6 情報処理装置、7 口腔内スキャナ、8 歯科用CAD/CAMシステム、10 記憶部、10A 切削前3次元形状データ、10B 切削後3次元形状データ、11 検出部、12 投影像生成部、13 投影部、20 内部バス、21 制御部、22 主記憶部、23 外部記憶部、24 通信部、29 プログラム、30 マイクロスコープ、30L, 30R 拡大観察光学系、31 対物レンズ、32, 32L, 32R ハーフミラー、33 投影レンズ、33L, 33R 結像レンズ、34L, 34R, 34L', 34R' カメラ、35L, 35R モニタ、35L', 35R' 接眼鏡、36L, 36R 接眼鏡筒、37, 37L, 37R プロジェクタ、38L, 38R 液晶シャッタ、39L, 39R ハーフミラー、40 照明装置、D 歯科医師(術者)、I 投影像、H 頭部、T 部位(歯)

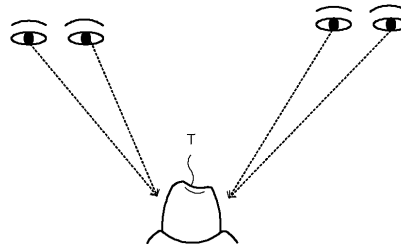
【図1】



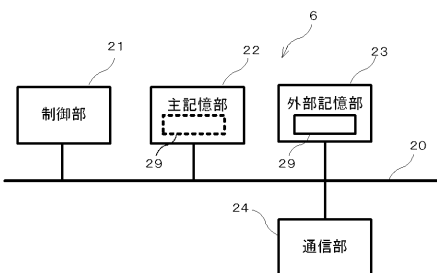
【図3】



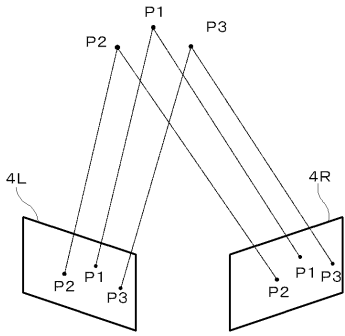
【図4】



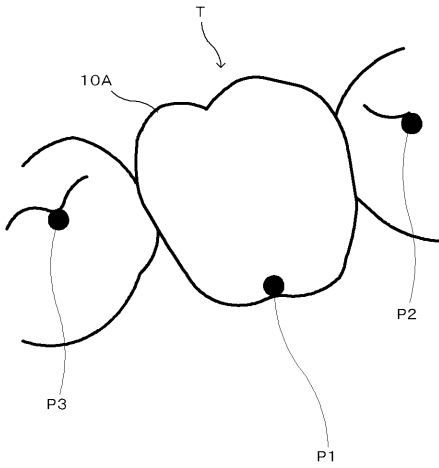
【図2】



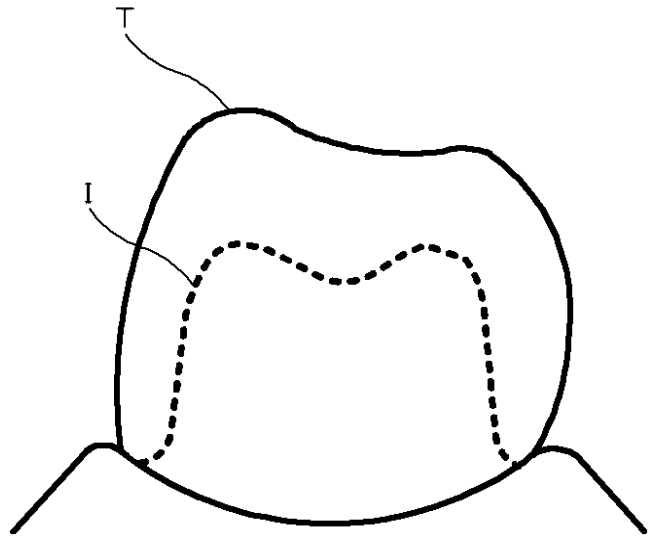
【図5】



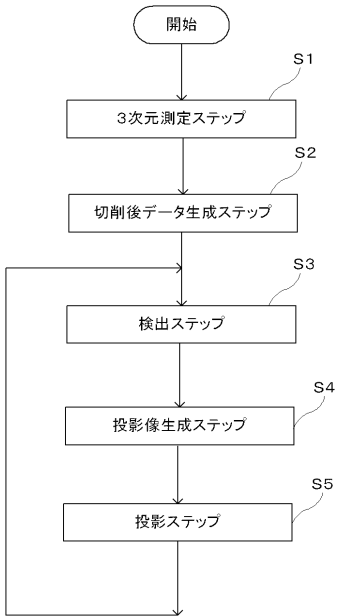
【図6】



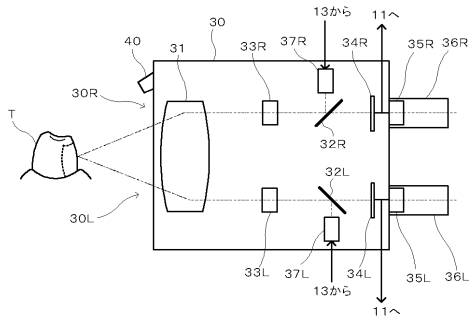
【図7】



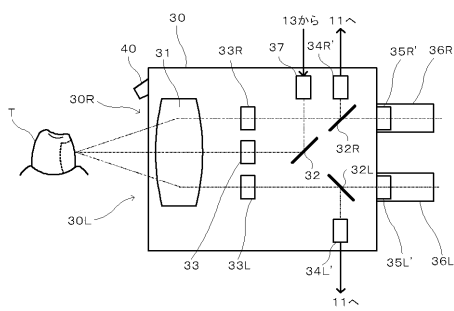
【図8】



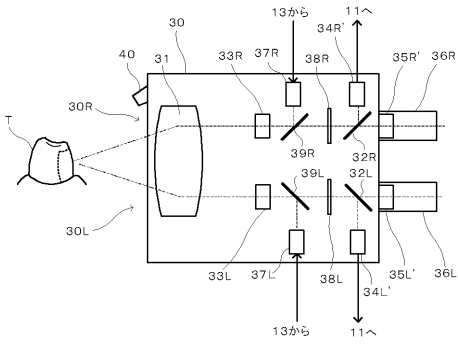
【図9】



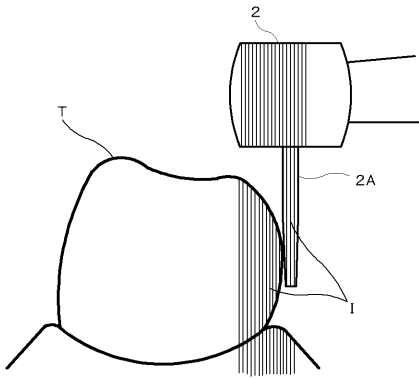
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

