

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5209715号
(P5209715)

(45) 発行日 平成25年6月12日(2013.6.12)

(24) 登録日 平成25年3月1日(2013.3.1)

(51) Int.Cl.

A 61 C 7/00 (2006.01)

F 1

A 61 C 7/00

Z

請求項の数 2 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2010-517035 (P2010-517035)
 (86) (22) 出願日 平成20年5月7日 (2008.5.7)
 (65) 公表番号 特表2010-533549 (P2010-533549A)
 (43) 公表日 平成22年10月28日 (2010.10.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2008/062816
 (87) 國際公開番号 WO2009/011959
 (87) 國際公開日 平成21年1月22日 (2009.1.22)
 審査請求日 平成23年4月20日 (2011.4.20)
 (31) 優先権主張番号 11/777,350
 (32) 優先日 平成19年7月13日 (2007.7.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国、ミネソタ州 55133
 -3427, セント ポール, ポスト オ
 フィス ボックス 33427, スリーエ
 ム センター
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敏
 (74) 代理人 100087413
 弁理士 古賀 哲次
 (74) 代理人 100128495
 弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】デジタル歯科矯正装具結合マトリックス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンピュータに実装される方法であって、
 3次元(3D)環境内で歯の少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングする工程と、
 前記3D環境内における、前記歯のデジタル表現に対する歯科矯正装具の少なくとも一部のデジタル表現の位置を割り出す工程と、
 結合マトリックスの少なくとも一部の厚みを割り出す工程と、
 前記歯科矯正装具の位置に基づき、前記3D環境内で、前記結合マトリックスのデジタル表現をレンダリングする工程と、を含む方法。

【請求項 2】

コンピューティングデバイスと、
 前記コンピューティングデバイス上で実行されるモデリングソフトウェアと、を含むシステムであって、前記モデリングソフトウェアが、
 3次元(3D)環境内で、歯の少なくとも一部及び結合マトリックスの少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングするレンダリングエンジンと、
 前記3D環境内で、前記歯のデジタル表現に対する歯科矯正装具の位置を自動的に計算する歯科矯正装具制御モジュールと、
 前記歯科矯正装具の位置に基づき、前記結合マトリックスの少なくとも一部の厚みを割り出す結合マトリックス計算モジュールと、を含む、システム。

10

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は歯科矯正に関し、より具体的には歯科矯正診断及び治療を支援するためのコンピュータベースの技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

歯科矯正の分野は、咬合及び審美的外観をよくするため、患者の歯群を再配置及び整列させることに関する。例えば、歯科矯正治療は、患者の前歯、犬歯、及び小白歯に固着される、プラケットとして知られる非常に小さい溝付き装具を使用することを伴う場合が多い。アーチワイヤは各プラケットのスロットに受容されて、所望の向きへと歯群の動きを案内する軌跡としての役割を果たす。アーチワイヤの端部は、通常、患者の大臼歯に固着される、バッカルチューブとして知られる装具に受容される。

【0003】

今日の多くの商用歯科矯正装具は、ローレンス・F・アンドリューズ博士 (Dr. Lawrence F. Andrews) D.D.S. によって開発された「ストレートワイヤ概念 (straight wire concept)」の原理に基づいて構築される。この概念によれば、器具のスロットの向きを包含する器具の形状は、治療終了時にスロットが平坦な基準面で整列するように選択される。それに加えて、通常時には平坦な基準面内にある全体的に湾曲した形状の弾力的アーチワイヤが選択される。

【0004】

歯科矯正治療の開始時に、アーチワイヤは、ストレートワイヤ器具のスロットへ配置されると、アーチワイヤは、しばしば患者の不正咬合に従って、器具ごとに上向き又は下向きにそれる。しかし、アーチワイヤの弾性が、アーチワイヤを、基準平面内の通常時の湾曲形状へと戻す傾向にある。アーチワイヤが平坦な基準面に向かって移動するにつれて、それが取り付けられた歯群は、対応する形で整列した審美的に美しい配列に向かって動かされる。

【0005】

歯上のプラケットの位置並びにプラケットとアーチワイヤとの間の相互作用は、得られる歯の位置に影響する。理解されるように、所望の歯の動きを達成するために、施術者がストレートワイヤ器具を使用して、各プラケットを対応する歯の適切な位置に正確に固定することが重要である。例えば、プラケットが歯の表面上で咬合方向に深すぎる位置で設置された場合、アーチワイヤは、治療の終了時に歯の歯冠を歯肉（歯茎）に近すぎる位置に位置付ける傾向がある。別の例として、プラケットが、近心方向又は遠心方向のいずれかで歯の中心の一方の側に配置される場合、得られる歯の向きは、その長軸周囲で過剰に回転される向きとなる可能性がある。

【0006】

患者の歯へプラケットを配置及び固着するプロセスでは、プラケットが歯の動きにどのように影響するかという推測に基づき、歯科矯正施術者が、対応する歯の上のプラケットの適切な位置を視覚的に定めることが、しばしば求められる。特定の患者に用いるプラケット又はその他の歯科矯正装具のタイプを選択する際の1つの要因は、プラケットと、プラケットが取り付けられる患者の歯の表面との間の嵌合度である。プラケットと歯の表面との間の嵌合が弱いと、プラケットと歯との間の固着強度の低下を引き起こす場合がある。プラケットは典型的に、接着剤又は別の類似の物質を介して、患者の歯に取り付けられ、接着剤又は別の類似の物質は典型的に、患者の歯の表面とプラケットとの間の空隙を埋める。プラケットと歯との間の接着剤は、硬化したら、用いられる固着技術のタイプ（例えば、インダイレクト又はダイレクトボンディング技術）に応じて、「接着剤層」、「カスタムベース」、又は「接着剤パッド」と呼ばれることがある。ただし、硬化済みの接着剤が厚すぎるか、又は不均等に分散している場合、固着強度が低下する場合がある。したがって、施術者は、プラケットが特定の患者において、弱い嵌合をもたらすと判断する場

10

20

30

40

50

合がある。

【0007】

歯科矯正における現況技術は、デジタル及びコンピュータ支援技術へと急速に移行している。これらの技術は、口腔内外スキャナー、歯牙構造の3次元（3D）モーデリング、及びデジタルデータからの歯科矯正器具の製造を含む。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0008】

広くは、本発明は、歯科矯正診断及び治療において施術者を支援するコンピュータに実装される技法に関する。より具体的には、コンピューティングシステムは、患者の歯列弓のデジタル表現をモデル化し描写するための3次元（3D）環境を提供するものとして説明される。このシステムと対話することによって、歯科矯正施術者は、歯列弓のデジタル表現に対して、3D環境内で、ブラケットのような1つ以上の歯科矯正器具を配置することができる。歯科矯正施術者は、手動で、又は、コンピューティングシステムに実装される歯科矯正器具嵌合アルゴリズムの助けを借りて、歯科矯正器具のデジタル表現を配置してもよい。少なくとも1つの歯科矯正器具において、コンピューティングシステムは、患者の歯列弓のそれぞれの歯に対する歯科矯正器具の位置に起因する結合マトリックスのデジタル表現を提供する。結合マトリックスのデジタル表現は、歯科矯正器具を歯に固着、貼付、又はその他の方法で結合する硬化済み接着剤又は機械加工されたベースのような物質を示す。

10

【0009】

コンピューティングシステムによって示される結合マトリックスのデジタル表現は、歯科矯正器具のデジタル表現と、モデル化された歯列弓の対応する歯との間の相対位置を視覚化するのに有用なツールを提供する。結合マトリックスの形状（例えば形及びサイズ）に基づき、歯科矯正施術者は、選択した歯科矯正器具が、特定の患者の特定の歯に満足のゆく嵌合度をもたらすか否か、又は、施術者が別の歯科矯正器具を選択すべきか否かを判断してよい。例えば、結合マトリックスの厚み（実質的に唇側-舌側方向で測定される）分布は、特定のタイプの歯科矯正器具と患者の対応する歯との間の嵌合度を示している場合がある。特定の患者の歯の表面は典型的に、患者によって異なるため、実際に歯科矯正器具を歯に固着する前に、仮想3D環境内で、特定の歯科矯正器具が特定の患者の歯に対してどの程度嵌合するかを歯科矯正施術者が判断するのが有用である場合がある。

20

【0010】

いくつかの実施形態では、コンピューティングシステムは、結合マトリックスの1つ以上の部分の厚みを示す。例えば、コンピューティングシステムは、3D環境内で結合マトリックスの厚みマップを生成してもよい。この厚みマップは、例えば、異なる色が、異なる厚み範囲、若しくは所定の厚みからの異なる厚み偏差を示すカラーコードマップ、又は、結合マトリックスの厚みを示す等高線を含む等高線マップとして示してよい。所定の厚みは、1人以上の施術者が好む標準厚、又は、コンピューティングシステムによって自動的に選択されたか、若しくは施術者が手動で選択した別の所定の厚みであってよい。

30

【0011】

厚みのカラーコードマップは、歯科矯正施術者が、結合マトリックスの厚み分布、及び、対応する歯科矯正器具と、器具が取り付けられる患者の歯の対応する表面との間の嵌合度を比較的迅速に確認するための視覚的な基準を提供する。いくつかのケースでは、器具と歯との間に、より高い嵌合度をもたらすために、器具の中心周辺の結合マトリックスの厚みの均衡を保つのが望ましい場合がある。別のケースでは、歯科矯正施術者は、特定の成果（例えば、ある方向への歯の移動）を得るために、不均衡な厚みを有する結合マトリックスを意図的に画定してよい。

40

【0012】

いくつかの実施形態では、コンピューティングシステムは、結合マトリックスの体積を示してもよい。あるいは、施術者が、厚みマップに基づき、この体積を定めてもよい。結

50

合マトリックスが、接着剤又は別の固着剤からなる場合、施術者は、歯科矯正装具をダイレクトボンディング技術で直接患者の歯に取り付けるか、又はインダイレクトボンディング技術で歯の物理的モデルに取り付けるときに分注する接着剤の量を判断するために、体積情報を用いてもよい。接着剤は、歯科矯正装具、歯、又はこれら双方に塗布してよい。

【0013】

コンピューティングシステムは、いくつかの動作モードでは、3D環境内で、歯科矯正装具と、モデル化された歯列弓の歯との間に配置された結合マトリックスのデジタル表現を表示する。別の動作モードでは、コンピューティングシステムは、モデル化された歯列弓の歯に対する結合マトリックスのデジタル表現を表示し、歯科矯正装具は表示しない。この方法では、施術者は、歯科矯正装具のデジタル表現を表示するか否かを制御してよい。10

。

【0014】

1つの実施形態では、本発明は、3次元(3D)環境内で、歯の少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングする工程と、3D環境内で、歯のデジタル表現に対する歯科矯正装具のデジタル表現の位置を割り出す工程と、結合マトリックスの少なくとも一部の厚みを割り出す工程と、歯科矯正装具のデジタル表現の位置に基づき、3D環境内で、結合マトリックスのデジタル表現をレンダリングする工程とを含む、コンピュータに実装される方法を目的とする。

【0015】

別の実施形態では、本発明は、コンピューティングデバイス、及びコンピューティングデバイス上で実行されるモデリングソフトウェアを備えるシステムを目的とする。このモデリングソフトウェアは、3D環境内で、歯の少なくとも一部及び結合マトリックスの少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングするレンダリングエンジンと、3D環境内で、歯のデジタル表現に対する歯科矯正装具の位置を自動的に計算する歯科矯正装具制御モジュールと、歯科矯正装具の位置に基づき、結合マトリックスの少なくとも一部の厚みを割り出す結合マトリックス計算モジュールとを含む。20

【0016】

別の実施形態では、本発明は、命令を収容したコンピュータ読み取り可能な媒体を目的とする。これらの命令は、プログラマブルプロセッサに、3次元(3D)環境内で、歯の少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングさせ、3D環境内で、歯のデジタル表現に対する歯科矯正装具のデジタル表現の位置を割り出させ、結合マトリックスの少なくとも一部の厚みを割り出させ、歯科矯正装具のデジタル表現の位置に基づき、3D環境内で、結合マトリックスのデジタル表現をレンダリングさせる。30

【0017】

本発明による1つ以上の実施形態の詳細を、添付の図面及び以下の説明に示す。本発明の他の特徴、目的及び利点は、説明、図面及び特許請求の範囲から明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】クライアントコンピューティングデバイスが、特定の患者のために歯科矯正治療をもたらす所望の歯の位置及び/又は所望の歯の動きの表示を受信する、例示的なコンピュータ環境を図示するブロック図。40

【図2】図1のクライアントコンピューティングデバイスの例示的な実施形態を更に詳細に示すブロック図。

【図3】結合マトリックスと少なくとも1つの歯とのデジタル表現を含む3次元(3D)環境内で、結合マトリックスの厚みマップを表示するプロセスを示すフローチャート。

【図4A】3D環境内で結合マトリックスのデジタル表現を生成するための1つの技術を示すフローチャート。

【図4B】3D環境内の歯列弓とプラケット78とのデジタル表現とを含む概略図であり、プラケットから歯の方に突き出て結合マトリックスを画定する仮想射線。

【図5】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスのモデリングソフ50

トウェアによって示される代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。

【図6A】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスによって表される別の代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。

【図6B】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスによって表される別の代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。

【図6C】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスによって表される別の代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。

【図7A】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスによって表される別の代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。 10

【図7B】図2に示されているクライアントコンピューティングデバイスによって表される別の代表的なグラフィカル・ユーザー・インターフェースのディスプレイ。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1は、代表的なコンピュータ環境10を示すブロック図であり、コンピュータ環境10では、歯科矯正施術者14が、患者16の歯列弓の一部又は全体のデジタル表現と対話して、患者16のために歯科矯正治療計画を生成及び視覚化するための環境をクライアントコンピューティングデバイス12が示す。歯科矯正業界は、多くの市販の歯科矯正装具の標準的な処方を開発してきた。一般に、処方は、1つ以上の装具、又は一式の装具の特徴を定めることができる。例えば、プラケットの特徴としては、トルク、角部位、唇・舌の補正(イン・アウト)、及び回転補正を含み得る。ある患者については、歯列における歯群のための標準化された測定基準は、機能的及び審美的要求を満たし得る。他の患者に対しては、施術者14は、より審美的に満足できる結果を得るために、又は、患者の不正咬合をより適切に考慮するために、カスタマイズ処方を作成してもよい。他の例として、歯列における異なる歯群に対して、標準化された処方箋とカスタマイズされた処方箋との組み合わせを使用してもよい。施術者14は、クライアントコンピューティングデバイス12が提供するモデリングソフトウェアを用いて、カスタマイズ処方を考案してもよい。 20

【0020】

本明細書に記載されているように、クライアントコンピューティングデバイス12は、施術者14が、所望の歯の位置をもたらすための歯科矯正治療計画(例えばプラケットの配置)を実現させるために直感的なインターフェースを提供する。具体的には、クライアントコンピューティングデバイス12は、3次元(3D)環境内で、患者の歯列弓の少なくとも1つの歯のデジタル表現を表示するユーザーインターフェースを提供する。クライアントコンピューティングデバイス12は、患者の歯列弓の一部又は全体のデジタル表現を表示することができる。いくつかの実施形態では、クライアントコンピューティングデバイス12によって、施術者は、歯列弓全体、歯列弓の一部、歯列弓の咬合図、歯列弓の唇側の図、歯列弓の舌側の図などを表示する歯列弓の図を選択できるようになる。 30

【0021】

歯群のデジタル表現は、患者16の歯群の物理的な歯科印象材をデジタルでスキャンすること又は印象材から作られた鋳物をスキャンすることにより作成され得る。あるいは、施術者14は、口腔内スキャナーを用いて、患者16の歯から直接デジタル表現を作成してもよい。歯のデジタル表現をスキャンするか、又は別の方で得る別の方も可能である。 40

【0022】

クライアントコンピューティングデバイス12は、歯科矯正装具が取り付けられる歯列弓のデジタル表現の歯に対して配置された歯科矯正装具のデジタル表現(すなわち、仮想歯科矯正装具)と、歯と歯科矯正装具との間の結合マトリックスのデジタル表現(すなわち、3D環境内でレンダリングされた仮想結合マトリックス)とを表示するユーザーインターフェースも提供する。クライアントコンピューティングデバイス12は、歯科矯正装具の位置を割り出すモデリングソフトウェアを実行し、この位置は、近心・遠心方向、唇

側 - 舌側方向、及び咬合 - 齒肉方向沿いの線状位置、並びに、歯に対する歯科矯正装具の回転配向を含む。

【0023】

結合マトリックスは、歯科矯正装具を1つ以上の歯の表面に固着、貼付、又は別の方で結合する接着剤のような物質を表すものであってよい。結合マトリックスは、歯科矯正装具用のベースを画定する材料であってもよく、このベースは、1つ以上の歯の表面と相互作用して、例えば接着剤の助けを借りて、装具を歯に結合させる。例えば、いくつかの実施形態では、結合マトリックスは、金属、ポリマー、又は、装具と一体的か若しくは装具に結合されたその他の材料によって画定してよい。いくつかの実施形態では、ベースを機械加工して、結合マトリックスのデジタル表現に基づき装具が取り付けられる歯の表面に実質的に対応する表面を画定してよい。

10

【0024】

ダイレクトボンディング技術では、結合マトリックスは、プラケットのような歯科矯正装具を接着剤によって患者の歯に直接取り付けるときに塗布する接着剤によって画定される。したがって、ダイレクトボンディング技術では、結合マトリックスは、歯科矯正装具用の「接着剤パッド」を画定することができる。いくつかのダイレクトボンディング技術では、施術者は、歯科矯正装具を患者の1つ以上の歯の上に手で配置してもよい。

【0025】

インダイレクトボンディング技術では、結合マトリックスは典型的に、歯科矯正装具を患者の歯の物理的モデルに取り付けるときに塗布する接着剤によって画定される。この物理的モデルは、成形技術、ステレオリソグラフィー技術、その他のラピッドプロトタイピング技術、又は別の好適な技術によって作製してよい。コンピューティングデバイス12又は別のコンピューティングデバイスの制御の下で、多軸「ピックアンドプレイス」ロボットのような機械デバイスによって、患者の歯の物理的モデルの上に歯科矯正装具を配置してもよい。あるいは、「ラピッドプロトタイピングを用いて歯科矯正ボンディングトレーを作製するための方法及びアセンブリ（METHODS AND ASSEMBLIES FOR MAKING AN ORTHODONTIC BONDING TRAY USING RAPID PROTOTYPING）」という表題の米国特許出願第11/689,869号に記載されているように、物理的モデルに、装具を、モデル化された歯の所望の位置に導くのを補助するガイド構造体をもたらしてもよく、該特許は、参照により、その全体が本明細書に組み込まれるが、他のトランスマートレーも用いてよい。また、好適なトランスマートレー（インダイレクトボンディングトレーとしても知られている）の例は、2000年9月26日に発行された「歯列矯正器具を正確に結合配置する方法及び装置（METHOD AND APPARATUS FOR PRECISE BOND PLACEMENT OF ORTHODONTIC APPLIANCES）」という表題の米国特許第6,123,544号に記載されており、この特許は、参照により、その全体が本明細書に組み込まれる。その他のトランスマートレーを用いてよい。

20

【0026】

インダイレクトボンディング技術では、結合マトリックスは、配置デバイス（例えばトランスマートレー）を用いるなどして、患者の歯牙構造に取り付けるためにカスタマイズした構造体を提供する。したがって、インダイレクトボンディング技術では、カスタムマトリックスが、歯科矯正装具用の「カスタムベース」を画定してよい。

30

【0027】

クライアントコンピューティングデバイス12によって示される3D環境内で、1つ以上の歯に対する歯科矯正装具の位置を割り出した後、結合マトリックスのデジタル表現をレンダリングする。結合マトリックスは、3D環境内で、1つ以上の歯の表面と歯科矯正装具との間に画定された空隙を埋める。したがって、3D環境内で、歯に対する歯科矯正装具の位置を割り出した後に、コンピューティングデバイス12は、結合マトリックスのデジタル表現を生成する。

40

【0028】

コンピューティングデバイス12は、例えば、下に更に詳細に説明されているように、

50

プラケット嵌合アルゴリズム、及び／又は施術者 14 からのインプットを用いて、3D 環境内で、歯科矯正装具の位置を割り出してよい。次に、3D 環境内で、3D オブジェクトとして結合マトリックスをデジタル表現化する。この際、この3D オブジェクトは、歯に面する歯科矯正装具の表面と、歯の表面（例えば顎側又は舌側の表面）との間の空隙と実質的に一致する。すなわち、いくつかの実施形態では、結合マトリックスのデジタル表現は、3D 環境内で、対応する歯科矯正装具と歯との間の間隙と実質的に同じ形とサイズを有する。例えば、結合マトリックスの1つの表面は、歯科矯正装具の噛合表面と実質的に同じ境界と輪郭を有してよい。結合マトリックスの反対側の表面は、装具が取り付けられる歯の表面の一部と実質的に同じ輪郭と、歯の表面側の装具の境界の突出部によって画定される境界とを有してよい。

10

【0029】

別の実施形態では、結合マトリックスのデジタル表現は、歯科矯正装具と歯との間の間隙から、結合マトリックスを歯の表面に固着するか又は別 の方法で結合するために用いられるいづれかの追加の材料（接着剤材料など）によって占められる空間を差し引いたものと実質的に同じ形とサイズを有する。例えば、いくつかのインダイレクトボンディング技術のケースでは、患者の歯の物理的モデルを用いて、カスタムベースを形成した後に、カスタムベースが取り付けられる装具と共に、カスタムベースを物理的モデルから取り外し、プライマーの助けを借りて、患者の歯に付着させてよい。したがって、いくつかの実施形態では、コンピューティングデバイス 12 のモデリングソフトウェアが、結合マトリックスに加えて、プライマーをモデル化してよい。このモデリングソフトウェアは、カスタムベースのデジタル表現内のプライマーの厚みを考慮してよい。ただし、いくつかのインダイレクトボンディング技術では、プライマーの厚みは、結合マトリックスの厚みよりも実質的に薄くてもよい。したがって、いくつかの実施形態では、モデリングソフトウェアは、結合マトリックスの厚みを検討しているとき、プライマーを表示しないか、又は、プライマーの厚みを考慮しない。

20

【0030】

いくつかのインダイレクトボンディング技術では、カスタムベースは、患者の歯の物理的モデルからカスタムベースを外すために用いる場合のある金型離型剤層を含む。金型離型剤の厚みは、カスタムベースを患者の実際の歯に付着させるか又は別 の方法で結合するのに用いられるプライマーの厚みと実質的に同様であることが分かっている。したがって、いくつかの実施形態では、コンピューティングデバイス 12 のモデリングソフトウェアは本質的に、カスタムベースの一部として金型離型剤を含めることによって、カスタムベースのデジタル表現内で、プライマーの厚みを考慮する。いくつかの実施形態では、歯科矯正装具のデジタル表現を表示することなく、結合マトリックスのデジタル表現を示してよい。

30

【0031】

ダイレクト又はインダイレクトボンディング技術のいづれかで、結合マトリックスの第 1 の側面が、歯科矯正装具が取り付けられる歯の意図した取り付け場所の輪郭に実質的に適合する輪郭を画定する。例えば、歯科矯正装具を患者の歯の顎側表面に結合する場合、結合マトリックスは、歯の顎側表面の実質的に凸状の輪郭と実質的に適合する実質的に凹状の輪郭を画定してよい。結合マトリックスの第 2 の側面は、患者の歯に面するよう意図されている歯科矯正装具の表面の輪郭に実質的に対応する輪郭を画定する。歯科矯正装具の表面の輪郭は、歯科装具のタイプによって異なってよい。

40

【0032】

歯科矯正装具と歯との間に延びている結合マトリックスのデジタル表現の側壁は、実質的に円筒形の（すなわち、実質的に平行な側壁を有する）表面、又は、凸面若しくは凹面のような曲面を画定してよい。例えば、いくつかのインダイレクト及びダイレクトボンディング技術では、装具を歯に取り付けた後、歯と歯科矯正装具との間に位置しない余分な結合マトリックス材を取り除いてよい。余分な結合マトリックス材は、「ぱり」と呼ばれる場合がある。ぱり除去技術の例としては、スケーラー、プローブ、スワブ、ブラシ、又

50

は高粘度気流の使用が挙げられる。除去プロセス中、結合マトリックスの側壁は、不注意に又は意図的に凹状に曲げられる（例えば面取りされる）場合がある。結合マトリックスのデジタル表現の側壁を曲げて、ぱり除去プロセス中に発生する場合のあるいずれかの湾曲を反映させてよい。同様に、結合マトリックスの側壁を凸状に曲げて（例えば面取りして）、装具の取り付け中に歯と装具との間の隙間から接着剤がはみ出した結果として発生する場合のある湾曲を反映させてよい。

【0033】

結合マトリックスのデジタル表現を提供することは、患者16に適した歯科矯正装具を選択するか、その歯科矯正装具の特徴（例えば、トルク、アンギュレーション、唇側・舌側のオフセット（インアウト）、及び、歯に対する装具の回転オフセット）を調節するか、又は、特定の歯科矯正装具と患者の歯の表面との間の嵌合度を別の方法で視覚化するために施術者14が対話できる有用かつ直感的なディスプレイをもたらす場合がある。特定の患者の歯の表面特徴は典型的に、患者16に特有のものであるため、実際に装具を歯に固着する前に、仮想3D環境内で、特定の歯科矯正装具が特定の患者16の歯に対してどの程度嵌合するかを施術者14が判断するのに有用である場合がある。結合マトリックスのデジタル表現の構成に基づき、施術者14は、選択した歯科矯正装具が、特定の患者の特定の歯に満足のゆく嵌合度を提供するか否かを判断してよい。結合マトリックスのデジタル表現に基づき、選択した歯科矯正装具が、満足のゆく嵌合度を提供しないと施術者14が判断した場合、施術者14は、クライアントコンピューティングデバイス12によって提供される3D環境内でモデルになる別の歯科矯正装具を選択してよい。

10

20

【0034】

説明は、全体として、1つ以上の歯群及び歯科矯正ブラケットの表示及び配置について考察するが、クライアントコンピューティングデバイス12は、本発明の範囲から逸脱することなく、いかなるタイプの歯科矯正器具を表示及び／又は配置してもよいことを理解されたい。このような歯科矯正器具の例としては、歯科矯正ブラケット、バッカルチュープ、シース、又はボタンなどが挙げられるが、これらに限定されない。これに加えて、本開示の残部全体を通じて「カスタムベース」について主に言及されているが、別の実施形態では、コンピューティングデバイス12は、デジタル表現を提供して、いずれかの好適な固着技術に適したいずれかの結合マトリックスの厚みを割り出してよく、該マトリックスとしては、ダイレクトボンディング技術における接着パッド、又は、歯科矯正装具と一体的であると共に、装具のベースを画定するように機械加工された材料が挙げられるが、これらに限らない。

30

【0035】

大半のケースでは、歯科矯正ブラケットは、特定の患者の個々の歯ではなく、下顎のような歯列弓の特定の歯に取り付けられるように設計されている。特定の歯のサイズ、表面輪郭、及びその他の特徴は、患者によって異なる場合がある。したがって、市販のブラケット（すなわち、特定の患者に合わせてカスタマイズするのではなく、多数の患者に用いるように設計されたブラケット）は、特定の患者の歯と、別の患者の歯とつなぎ合わせる場合と異なる方法で、つなぎ合わせてよい。カスタムベースを患者の歯の表面に結合するのに加えて、カスタムベースは、ブラケットと歯との間の隙間を埋めてよい。各患者の歯は典型的に、独自の表面特徴を有するため、カスタムベースの厚みと、カスタムベースの厚み分布は、患者によって異なってよい。「厚み」は一般に、実質的に唇側・舌側方向沿いで、歯の表面とブラケットの対応する表面との間を測定する。カスタムベースの厚みも、施術者14が、患者の歯に用いるものとしてどのタイプのブラケットを選択するかに応じて、異なってよい。

40

【0036】

特定のブラケット位置に起因するカスタムベースのデジタル表現を表示するのに加えて、いくつかのモードでは、クライアントコンピューティングデバイス12は、3D環境内の要素を介して、カスタムベースの1つ以上の位置におけるカスタムベースの厚み、及び／又は、カスタムベースの体積を示す。この要素は、例えば、施術者14に厚みの指標を

50

提供する、3D環境内の3Dオブジェクト、テキスト、グラフィック、又は幾何学的原形（例えば、線、曲線など）であってよい。例えば、1つの実施形態では、施術者14は、1つ以上の部分を選択してよく（例えば、マウスのような周辺ポインティングデバイスによってカスタムベースのデジタル表現をクリックしてよく）、クライアントコンピューティングデバイス12は、選択された部分のカスタムベースの厚みを提供するテキストボックスを示してよい。

【0037】

別の実施形態では、クライアントコンピューティングデバイス12は、カスタムベースの異なる厚みと厚みの変動を示すカスタムベースの厚みマップを示す。例えば、クライアントコンピューティングデバイス12は、異なる厚み範囲間を区別するカラーコーディングスキームを用いる厚みマップを示してよい。カラーコーディングスキームは、異なる色、同じ色の異なる影、又はそれぞれ異なる色と影の組み合わせを含むいすれかの好適なスキームであってよい。下に更に詳細に記載されているように、各色及び／又は影は、所定の基準厚に対する総厚範囲又は厚み範囲を示してよい。いくつかの実施形態では、基準厚は、施術者14、多数の施術者にとっての標準厚であってよく、あるいは、施術者14又はクライアントコンピューティング12によって選択してよい。別の実施形態では、基準厚は、クライアントコンピューティング12、施術者14、クライアントコンピューティングデバイス上で動作するモデリングソフトウェアの製造者、又はその他の好適な関係筋によって割り出された閾値厚であってよい。閾値厚は、十分な固着強度を提供するための、カスタムベースの許容可能な最大及び／又は最低厚を示してよい。厚みマップは、歯に面するカスタムベースの表面の表面形状の変動を視覚的に示すので、マップがカラーコーディングされる実施形態では、厚みマップは、「等高線マップ」又は「トポグラフィーマップ」とも呼ばれることがある。

【0038】

施術者14は、視覚的な補助としてカスタムベースのデジタル表現を用いて、特定の治療計画に起因するプラケット位置が患者16に適しているか否かを判断し、必要に応じて、3D環境内で、歯の表面に対するプラケットの位置を再調節してよい。例えば、施術者14は、プラケット位置を再調節して、1つ以上の点におけるカスタムベースの厚みを最小限にするか、又は、カスタムベースのより一様な分布をもたらしてもよい。プラケットを選択して、プラケット嵌合特徴を割り出すために、クライアントコンピューティングデバイス12が、プラケット嵌合アルゴリズムを実行する実施形態では、施術者14が、カスタムベースのデジタル表現に基づき、プラケット嵌合アルゴリズムが正確に機能していることを視覚的に確認してよい。

【0039】

カスタムベースの厚み分布は、特定のタイプの歯科矯正装具と患者16の歯との間の嵌合を示してよい。いくつかのケースでは、施術者は、プラケットと歯との間のより確実な嵌合を提供するために、一様なカスタムベースの厚み分布を得たいと考える場合がある。いくつかのケースでは、最小厚が実質的に正確に装具システムのインアウト処方を反映するので、カスタムベースの厚みを最小限にすることも望ましい場合もある。これに加えて、いくつかのケースでは、カスタムベースの全厚を最小限にすると、それよりも厚い別のカスタムベースよりも信頼できる、装具と歯との間の固着が得られる。カスタムベースの反対側における比較的不均等な分布のようないくつかのカスタムベース分布（又は輪郭）によって、歯と歯科矯正装具との間の固着が弱まる場合があり、場合によっては、接着不良が生じることがある。別のケースでは、施術者14は、特定のトルク又は歯の移動方向のような特定の結果を得るために、カスタムベースの不均一な分布を意図的に導く場合がある。

【0040】

施術者14は、患者の既往歴、過去の経験、又はカスタムベースを形成する接着剤のタイプのような情報に基づき、カスタムベースの所望の分布を選択してよい。また、カスタムベースの輪郭は、所望の方向でアーチワイヤを受容するためのプラケット内のスロット

10

20

30

40

50

を配向するように選択してよい。いくつかのケースでは、患者の咬合平面と実質的に平行である実質的に水平な方向に、ブラケット内のアーチワイヤ受容スロットを配向するのが望ましい場合がある。

【0041】

カスタムベースの厚み及び／又は体積の情報は、ダイレクトボンディング技術において歯科矯正装具を直接患者16の歯に取り付けるか、インダイレクトボンディング技術において歯科矯正装具を歯の物理的モデルに取り付けるときに分注する接着剤又はその他の固着物質の量を判断するための有用なツールをもたらすことができる。接着剤の正確な分注は、ピックアンドブレイスロボットがブラケットを患者の歯の上に配置するシステムの場合、有用な情報である場合がある。カスタム厚及び／又は体積情報がないと、施術者は、接着剤をブラケットに過剰に塗布して、資源を無駄にする場合があり、あるいは、施術者は、不十分な量の接着剤をブラケットに塗布して、患者の歯に対するブラケットの嵌合度を潜在的に変化させる場合がある。不十分な量の接着剤は、ブラケットベースと歯との間に隙間又は空洞を引き起こし、その結果、ブラケットと歯との間で得られる固着度が弱まる場合があり、固着不良を引き起こす場合もあり、及び／又は、食べ物が詰まる場所となり、最終的に虫歯の形成を促す場合もある。

10

【0042】

一般に、3D環境によるカスタムベースのデジタル表現は、表示されたブラケットが満足のゆく嵌合度を提供するか否か、及び、別のタイプのブラケットの方が、患者の特定の歯に対して、高い嵌合度をもたらすか否かを施術者が判断するのを助ける場合もある。例えば、カスタムベース厚が、1つ以上の部分において所定の閾値を上回る場合、施術者14は、別のブラケットを選択するか、ブラケットの位置を調節してよい。閾値は、例えば、施術者14、又は、クライアントコンピューティングデバイス12上で動作するソフトウェアの製造者が決定してよい。更に、閾値は、特定の患者に合わせて個別化してよく、あるいは、1人以上の患者に適用可能であってよい。閾値は、歯によって異なってよい。例えば、切歯よりも、臼歯の方が、広い範囲の厚み、すなわち大きい閾値を許容可能である場合がある。

20

【0043】

ブラケットのデジタル表現を直接操作するのではなく、特定のカスタムベース厚又は厚み分布を得るために、いくつかの実施形態では、施術者14がカスタムベースの1つ以上の部分の所望のカスタムベース厚を指定できるようにするGUIをモデリングソフトウェア30が示す場合がある。ただし、特定のタイプのブラケットでは特定のカスタムベース厚しか得られないため、モデリングソフトウェア30は、カスタムベース厚の利用可能範囲を制限することができる。

30

【0044】

カスタムベースの厚み分布は、歯に対するブラケットの均衡を示す場合がある。カスタムベースの分布は、ブラケットを歯に配置したときのブラケットと患者の歯との間の間隔を示すので、多くのケースでは、実質的に均一に分布しているカスタムベースは、実質的に均衡なブラケットを示す場合がある。したがって、カスタムベースの厚み分布は、ブラケット嵌合アルゴリズムに基づきブラケットを歯の上に配置した場合にブラケットに加わる「ロックング」の程度を示す場合がある。施術者14は、所望のカスタムベース分布が得られるまでブラケットの位置を調節することによって、患者16の対応する歯に対するブラケットの均衡を制御してよい。

40

【0045】

クライアントコンピューティング12は、カスタムベースのデジタル表現に加えて、歯に付随する1つ以上の歯科矯正装具のデジタル表現も表示してよい。一実施形態において、歯科矯正器具はブラケットである。ただし、別の実施形態では、歯科矯正装具は、患者16の特定の歯、又は特定の歯一式に対応する装具であってよく、該一式は一般に、患者16の全歯列弓よりも少ない。クライアントコンピューティングデバイス12は、歯科矯正装具の視覚表現全体を表示する必要はない。むしろ、装具の外郭、又は、装具の特定の

50

機構（装具のベースの機構など）の外郭のような装具の一部を表示してよい。更に、クライアントコンピューティングデバイス12は、アーチワイヤの完全な視覚的表現、又はアーチワイヤの輪郭、又はアーチワイヤのある特性の輪郭などの、アーチワイヤの一部の視覚的表現を表示し得る。

【0046】

歯科矯正装具及び／又はアーチワイヤは、可視オブジェクト、又は一部が可視的なオブジェクトとして表示してよく、あるいは、歯及び／又はカスタムベースの図解をしやすくするために、実質的に透明なオブジェクトとして装具を表示してもよい。実質的に透明なオブジェクトとして装具を表示するか、又は、装具を表示しないことによって、装具を実質的に不透明なオブジェクトとして表示するときよりもカスタムベースが見えやすいインターフェースを提供する。装具を可視オブジェクトとして表示してもカスタムベースが見える場合もあるが、いくつかのケースでは、カスタムベースの厚みマップをもっと見やすくするために、上を覆う歯科矯正装具がない状態でカスタムベースを表示するのが望ましいことがある。

10

【0047】

別の代替例として、クライアントコンピューティングデバイス12は器具自体を表示しなくてもよい。むしろ、器具又は器具の配置と関連付けられた別のオブジェクトが、器具自体の代わり又はそれに加えて示されてもよい。このようなその他のオブジェクトの例としては、十字線（装置の中心が配置されることになる歯の上の位置を示す交差線）、配置ジグ、配置ガイド、インダイレクトボンディングトレー、又は、装具を表すか、装具に取り付けられてよいその他のオブジェクト、若しくは、装具及び／又はその配置と関連付けてよいその他のオブジェクトが挙げられる。別 の方法としては、クライアントコンピューティングデバイス12は、デバイス自体の代わりに歯科矯正器具類似物（すなわち、座標系等のデータにより表される歯科矯正器具）を参照してもよい。用語「器具」又は「プラケット」は、ひいては本明細書で使用される場合、あらゆる種類の器具、器具の完全又は部分的な表示、器具及び／又はその配置又は歯科矯正器具の類似物に関連するあらゆるオブジェクトを含むことを理解されたい。

20

【0048】

本明細書に詳細に記載されているように、クライアントコンピューティングデバイス12は、施術者14が患者16用の処方を定義するために対話するグラフィカル・ユーザー・インターフェース（GUI）を提供する。施術者14は、クライアントコンピューティングデバイス12によって示されるGUIと対話して、3D環境内で歯のデジタル表現を表示させ、歯科矯正処方案を定義し、所望の機能的及び／又は審美的結果を得るために、1つ以上の歯に対する1つ以上のプラケットの適切な配置を割り出してよい。すなわち、施術者14は、モデル化された歯列弓内で個々の歯群上にプラケットを配置するために、3D環境内で仮想プラケットを選択し、仮想プラケットを直接操作する。施術者を助けるために、クライアントコンピューティングデバイス12は最初に、市販のプラケット用の標準的な処方、施術者14が定めた初期処方に基づき、又は、プラケット嵌合アルゴリズムによって、個々の歯に仮想プラケットを配置してよい。

30

【0049】

3D環境内でプラケットを最初に配置するためにクライアントコンピューティングデバイス12が実行できるプラケット嵌合アルゴリズム又は技術の例は、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第7,210,929号（表題「3D仮想世界で歯科矯正プラケットを歯の上に配置する方法（Method of Placing Orthodontic Brackets on Teeth in a 3D Virtual World）」、2007年5月1日発行）、及び、本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願公開第2006/0024637号（表題「3次元（3D）環境での歯列矯正プラケットの所望の咬合高さへの自動調整（Automatic Adjustment of an Orthodontic Bracket to a Desired Occlusal Height Within a Three-Dimensional（3D）Environment）」、2004年7月30日にラビー（Raby）らによって出願）に記載されており、これらの特許のいずれも、参照により、その全体が本明細書に組み込まれる。アーチワイヤ

40

50

沿いに歯及び／又はブラケットを配置するシステムは、本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願公開第2006/0073436号（表題「3次元（3D）環境内におけるアーチワイヤ沿いで歯科矯正オブジェクトの移動（Movement of Orthodontic Objects Along a Archwire Within a Three-Dimensional (3D) Environment）」、2006年4月6日にラビー（Raby）らによって出願）に記載されており、この特許は、参照により、その全体が本明細書に組み込まれる。

【0050】

いくつかのケースでは、クライアントコンピューティングデバイス12は、施術者14が3D環境内で歯科矯正ブラケットを歯に対して手動で配置できる環境も提供する。ブラケットの手動による配置は、本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願公開第2005/0170309号（表題「3次元（3D）環境内で歯列矯正器具配置を視覚的に支援する平面ガイド（Planar Guides to Visually Aid Orthodontic Appliance Placement within a Three-Dimensional (3D) Environment）」2004年2月4日にラビー（Raby）らによって出願）に記載されているような視覚的な平面ガイドを用いることによって補助してよく、この特許は、参照により、その全体が本明細書に組み込まれる。

10

【0051】

これら及び／又は他の種々の技法を使用して、初めに3D環境内でブラケットを歯の上に設置し、それによって患者の処方を決定することができること、また本発明がこの点に関して制限されないことを理解すべきである。更に、例示のためにクライアントコンピューティングデバイス12で実行されるモデリングソフトウェアに関して記載したが、この技法は、施術者14から遠隔したサーバを含め、あらゆるコンピューティングデバイスによって適用され得る。

20

【0052】

続いて、クライアントコンピューティングデバイス12は、最初のブラケットの配置から得られる、モデル化された歯の得られる最終位置を計算してよい。施術者14は、その後、特定の歯に対する特定のブラケットの位置を調節して、所望の機能的及び／又は審美的結果を実現させてよい。上述のとおり、カスタムベースの厚み及び厚み分布は、特定の歯に対するブラケットの均衡を示す場合があるので、施術者14は、カスタムベースのデジタル表現に基づき、特定のブラケットの位置を調節してよい。例えば、施術者14は、マウス又は別の周辺ポインティングデバイスによってブラケットを選択し、3D環境内でそのブラケットを操作するなどして、ブラケットの位置を手動で調節してよい。施術者14は、例えば、3D環境内で所望の位置にブラケットをドラッグするか、又は、ブラケットを再配向してよい。あるいは、施術者14は、ブラケットを選択して、そのブラケット用の座標を手動で入力することによって、3D環境内でそのブラケットを再配置してよい。施術者14は更に、3D環境内でブラケットを自動的に再配置するために、クライアントコンピューティングデバイス12に実装された再嵌合アルゴリズムを起動してもよい。別の実施形態では、施術者14は、3D環境内でブラケットを再配置するためのいずれかの好適な技法を実行してよい。いくつかの実施形態では、続いて、クライアントコンピューティングデバイス12が、施術者14によるブラケットの操作から得られたモデル化された歯の配置を再計算してよい。更には、各ブラケットの配置を繰り返した後、クライアントコンピューティングデバイス12は、対応するブラケットの位置に起因するカスタムベースを再生成してよい。

30

【0053】

歯科矯正処方案を作成及び表示し、最終的な機能的及び／若しくは審美的結果、並びに／又は、所望に応じて、その他の結果を得るためにブラケットを配置し、施術者14が承認したら、クライアントコンピューティングデバイス12は、ネットワーク20を通じて、ブラケットの配置位置を製造設備18に伝達する。それに応じて、製造設備18は、ブラケットを患者16の歯の上に物理的に配置する際に用いるためのインダイレクトボンディングトレー22を構築する。換言すれば、製造設備18は、クライアントコンピューティングデバイス12によって示される3D環境内で施術者14が選択したブラケットの配

40

50

置位置に基づき、インダイレクトボンディングトレーニングトレー²²を作製する。製造設備¹⁸は、例えば、施術者¹⁴が選択した従来の市販プラケットを用いて、インダイレクトボンディングトレーニングトレー²²を形成してもよい。製造設備¹⁸は、プラケットを患者¹⁶の歯の上に配置する従来のインダイレクトボンディング手順で用いるために、インダイレクトボンディングトレーニングトレー²²を施術者¹⁴に渡す。別の選択肢として、製造設備¹⁸は、インダイレクトボンディングトレーニングトレー²²の代わりに、単一のプラケットを患者の歯に、又は、プラケットの一群を例えば歯列弓の四半部若しくは歯列弓全体に配置するためのカスタムジグを構築する。

【0054】

あるいは、クライアントコンピューティングデバイス¹²は、プラケットの配置位置を10 製造設備¹⁸に送る必要がない。その代わりに、クライアントコンピューティングデバイス¹²は、各プラケットの関連する距離と角度を出力、例えば表示又は印刷して、施術者¹⁴がダイレクトボンディング技術でプラケットを患者¹⁶の歯の上に手動で配置するのを補助してよい。別 の方法としては、クライアントコンピューティングデバイス¹²は、クライアントコンピューティングデバイス¹²のグラフィカル・ユーザー・インターフェース上に表示された3D画像の2D表現を印刷してもよい。

【0055】

図²は、クライアントコンピューティングデバイス¹²の例示的実施形態を更に詳細に示すプロック図である。図示されている実施形態では、クライアントコンピューティングデバイス¹²は、モデリングソフトウェア³⁰のための動作環境を提供する。上記のように、モデリングソフトウェア³⁰は、患者¹⁶(図¹)の歯のデジタル表現と、1つ以上の歯科矯正装具のデジタル表現と、歯科矯正装具と対応する歯との間に形成される結合マトリックスのデジタル表現をモデリング及び描写するためのモデリング環境を提供する。図示されている実施形態では、モデリングソフトウェア³⁰は、ユーザーインターフェース³²と、歯科矯正装具制御モジュール³⁴と、カスタムベース計算モジュール³⁶と、レンダリングエンジン³⁸を含む。モデリングソフトウェア³⁰は、ネットワークインターフェース⁴⁰を介して、ネットワーク²⁰とインターフェース接続する。「カスタムベース」計算モジュール³⁶と称されているが、別の実施形態では、計算モジュール³⁶は一般に、いずれかの好適なタイプの結合マトリックス、例えばダイレクトボンディング技術用の接着剤パッドの厚み、体積、又はその他の幾何学形状、及び寸法を計算する「結合マトリックス」計算モジュールであってよい。³⁰

【0056】

ユーザーインターフェース³²は、患者の歯列弓、及び/又は患者の歯列弓の指定の部分とのデジタル表現と、プラケット(又はその他の歯科矯正装具)のデジタル表現と、患者の歯に結合するためのプラケットのカスタムベースのデジタル表現を視覚的に表示するG.U.Iを提供する。これらのデジタル表現は、3D又は二次元(2D)であってよい。更に、ユーザーインターフェース³²は、例えば、歯又はプラケットを操作するために、キーボード及び周辺デバイスなどを介し、施術者¹⁴などのユーザーから入力を受信するためのインターフェースを提供する。

【0057】

歯科矯正装具制御モジュール³⁴及びカスタムベース計算モジュール³⁶は、特定の患者¹⁶(図¹)に合わせて所望の歯の配列を得られるように歯科矯正治療計画を立てるための対話式モジュールとみなしてよい。いくつかの実施形態では、施術者¹⁴は、ユーザーインターフェース³²を介して、モデリングソフトウェア³⁰と対話して、特定の歯に関連するプラケットの所望の位置を示してよい。また、歯科矯正制御モジュール³⁴は、施術者¹⁴が入力した動きに基づき、プラケットを動かしてよい。ユーザーインターフェース³²の上にプラケットのデジタル表現をレンダリング及び表示する実施形態では、プラケットの調節済みの位置をユーザーインターフェース³²のG.U.Iを介して表示させてよい。施術者¹⁴は、カスタムベースの厚み又は体積を割り出すために、カスタムベース計算モジュール³⁶と対話してよい。例えば、施術者¹⁴は、更なる情報が所望される、⁴⁰

10

20

30

40

50

カスタムベースの表現の一部を選択してよく、それに応じて、カスタムベース計算モジュール36は、選択されたカスタムベース部分の周辺の詳細を施術者14に提供してよい。別の例として、カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベースの厚みマップを施術者14に提供してよい。

【0058】

上記のように、治療中、市販のブラケットは、独自の表面特徴を有する場合のある特定の患者の個別の歯ではなく、特定の歯（例えば下顎臼歯）の上に配置するように設計されている。したがって、接着剤は、ブラケットを歯の表面に結合できるだけではなく、歯とブラケットとの間のいずれの隙間も埋めることができ、それによって、ブラケットを患者の歯に取り付けるためのカスタマイズされた構造を作り出す。インダイレクトボンディング技術では、ブラケットを患者の歯の物理的モデルに取り付ける準備段階中に、カスタムベースを作る。別の接着剤を用いて、固着段階中に、患者の実際の歯にカスタムベースを固着する。

10

【0059】

歯科矯正治療計画を作る目的で、歯科矯正装具と歯のデジタル表現を提供する多くの既存のシステムは、歯に対する自由空間内でのブラケットの「浮遊」を示す。浮遊しているブラケットは、3D環境に配置されたときにブラケットベースが歯にどの程度適合しているかを施術者14が視覚的に確認しにくくする場合がある。例えば、ブラケットと歯との間の隙間は、隙間しか示されない場合にカスタムベースの厚みを判断しにくくなる場合がある。とりわけ、隙間が完全に示されず、隙間の外側の境界しか示されないからである。その一方で、レンダリングエンジン38は、施術者14が視覚的にブラケットの嵌合を確認するのを助けるために、カスタムベースのデジタル表現をレンダリングする。カスタムベースのデジタル表現は、カスタムベースの両方の側壁（又は外側の境界）を含んでよく、この側壁は、歯とブラケットとの間に延びている表面と内面を含み、この内面は、歯科矯正装具又は歯に実質的に面するカスタムベースの表面を含む。外側の境界に加えて、カスタムベースの内面を表示するのが望ましい場合がある。内面は、患者の歯の表面特徴に応じて、輪郭がかなり変わるものがあるためである。カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベースの1つ以上の部分の厚み、又はカスタムベースの体積など、カスタムベースの異なる特徴を割り出し、特定の患者16向けの治療計画を立てるのを更に補助する。

20

【0060】

カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベースの少なくとも一部の厚みを視覚的に示す3D環境内で、少なくとも1つの要素をレンダリングしてよい。この要素は、例えば、施術者14に厚みの指標を提供する3D環境内の3Dオブジェクト、テキスト、グラフィック、又は、幾何学的原形（例えば、線、曲線など）であってよい。例えば、1つの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、レンダリングエンジン38が施術者14に提供する厚みマップを生成することによって、1つ以上のカスタムベース部分の厚みを示してよい。この厚みマップは、カスタムベースの異なる部分の厚みを視覚的に示す。厚みマップは、対話式であってよい。施術者14は、厚みマップの1つ以上の部分を選択して、その選択した部分の厚みに関する更なる詳細を得てよい。

30

【0061】

いくつかの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、カラーコーディングされた厚みマップを生成し、このマップでは、異なる色又は1つ以上の色の影が、異なるカスタムベース厚（実質的に唇側-舌側方向で測定される）を示す。均一な色を有するカスタムベースのデジタル表現が有用である場合もあるが、カスタムベースのデジタル表現をカラーコーディングすると、カスタムベースのディスプレイに更なる有用性が加わることがある。例えば、カスタムベースのカラーコーディングされた厚みマップによって、施術者14は、異なる厚みを迅速に区別できるようになる場合がある。白黒の厚みマップも、特定の場合には有用であることもある。例えば、灰色の影、又は、異なるタイプのクロスハッチング若しくはその他のグラフィックな印を用いて、異なる厚みを示してよい。

40

50

【0062】

異なるカラーコーディングスキームを用いてよい。例えば、1つの実施形態では、異なる色が、異なる範囲の絶対カスタムベース厚を示してよい。各色は、任意の好適な厚み範囲を示してよい。例えば、各色は、約0.05mm～約0.5mmの厚み範囲を示してよい。また、任意の数の色を用いてよい。1つの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、3～7個の厚み範囲を示す3～7個の色を含むカラーコードスキームを実行する。例えば、カスタムベース計算モジュール36は、約5個の厚み範囲を含む厚みマップを生成してよい。施術者14が、厚みの変動を、いくつかのケースでは、カスタムベースの異なる部分の厚みを迅速に検討、かつ迅速に確認できるディスプレイを提供するために、相互から容易に区別できる色又は1つ以上の色の異なる影を用いてよい。例えば、青は、約0mm～約0.12mmの厚み範囲を示してよく、緑は、約0.13mm～約0.25mmの厚み範囲を示してよく、黄色は、約0.26mm～約0.38mmの厚み範囲を示してよく、オレンジは、約0.39mm～約0.50mmの厚み範囲を示してよく、赤は、0.51mm超の厚み範囲を示してよい。その他のカラーコーディングスキームと厚み範囲を用いててもよい。色は、厚みが変化するのに応じて離散的に変わってよく、あるいは、色は、カスタムベースの輪郭をより正確に描写するために、連続的に変わってもよい。

【0063】

別の実施形態では、異なる色は、標準厚、又は厚みの閾値のような基準厚からの偏差を示す場合があり、この場合、基準厚は、施術者、モデリングソフトウェア30の製造者、又はモデリングソフトウェア30が選択されてよい。例えば、モデリングソフトウェア30は、特定の施術者14による過去の利用法に基づき、標準厚を「学習」してよい。すなわち、モデリングソフトウェア30は、カスタムベース厚を繰り返し採用した後又は平均カスタムベース厚のように、施術者14が特定の範囲のカスタムベース厚を好みことを学習してよい。あるいは、標準値は、1人以上の施術者の習慣に基づいてよい。標準厚は、第1の色として表してよく、その他の色を用いて、標準値に対して異なる厚み範囲を示してよい。別の実施形態では、標準厚は、特定のタイプのプラケットのような少なくとも一式の歯科矯正装具に関する標準厚であってよい。モデリングソフトウェア30が、1人以上の施術者14による過去の利用法に基づき、特定のタイプの歯科矯正装具の標準厚を学習してよく、あるいは、装具製造者が、標準厚を指定してもよい。ここでも、標準厚からの偏差を示す色は、約3～約7個の厚み範囲のように、いずれかの好適な数の厚み範囲を表してよい。

【0064】

異なる色が、閾値厚の値からの偏差を表す実施形態では、カスタムベース制御モジュール36は、均一な色でカスタムベースを生成すると共に、1つ以上の色を使用して、カスタムベースが閾値の値を上回る厚みの範囲を示してよい。また、カスタムベース制御モジュール36は、カスタムベースの厚みが1つ以上の点で、閾値の値を超えていることを施術者14に通知する指標も生成してもよいと共に、カラーコーディングされた厚みマップを介して、その領域を指定してよい。

【0065】

別の実施形態では、レンダリングエンジン38は、均一な色を有するカスタムベースをレンダリングしてよく、カスタムベース計算モジュール36は、施術者14が、カスタムベースの1つ以上の部分を選択して、その選択した部分の厚みに関する更なる情報を得られるようにする対話型の機能を提供してよい。例えば、施術者14は、マウス又は別の周辺装置のポインティングデバイスを用いて、表示されたカスタムベースの一部を選択してよく、カスタムベース計算モジュール36は、GUIディスプレイ区域のような、テキストを含む少なくとも1つの要素をレンダリングしてよく、このテキストは、選択した部分におけるカスタムベースの厚みのように、カスタムベースの選択した部分に関する詳細な情報を含む。

【0066】

10

20

30

40

50

別の実施形態では、レンダリングエンジン38は、等高線マップを介して、カスタムベースの厚み分布を示してよい。輪郭線は、カスタムベース、対応する歯の表面、又は歯科矯正装具のベースのデジタル表現の上に描いてよい。各輪郭線は、一定の厚みの経路をたどってよく、例えば、輪郭線にごく近接して、別個のGUIウィンドウ内、若しくは、施術者14が輪郭線の上にカーソルを配置したときに現れるテキストボックス内に示された数値によって、又は、色（又はモノクロ値）を厚みにマッピングする凡例に従って輪郭線をカラーコーディングすることによって、各輪郭に関連する厚みの値を示してよい。

【0067】

施術者14が、患者16の歯に対するブラケットの位置を調節する場合、モデリングソフトウェア30、及び、特にカスタムベース制御モジュール36は、カスタムベースの厚みを再計算してよく、レンダリングエンジン38は、カスタムベースの厚みを反映する厚みマップをレンダリングするか、又は、別 の方法で、カスタムベースの厚みを示してよい。カスタムベース計算モジュールの1つ以上の部分の厚みを示すための上記技法のいずれを組み合わせてもよく、別の実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベースの厚みを示すための別の技法を実装してよい。

【0068】

上述のとおり、施術者14は、患者16のために所望のカスタムベース分布、又は、所望の歯の位置若しくは歯列弓配列を得るために、ユーザーインターフェース32を介して、ブラケットの位置を再調節してよい。モデリングソフトウェア30は、多種多様な方法で、ブラケットの所望の位置を示すインプットを受信してよい。例えば、モデリングソフトウェア30は、本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願第11/551,372号（表題「デジタル歯科矯正治療計画（DIGITAL ORTHODONTIC TREATMENT PLANNING）」、2006年10月20日出願）に記載されている技法を実装してよく、該特許の内容全体は、参照により、本明細書に組み込まれる。米国特許出願第11/551,372号には、歯列弓の3D表現を視覚化し、1つ以上の歯の所望の位置又は所望の動きを示し、所望の歯の位置をもたらすことになる1つ以上の歯科矯正装具の位置を割り出すために、施術者14がコンピューティングシステムのモデリングソフトウェアと対話できる技法が記載されている。米国特許出願第11/551,372号では、このシステムは、施術者が、最終的な（すなわち所望の）歯の位置を特定するために、患者の歯の3D表現を直接操作しているという認識を施術者に提供する特定の技法を実行する。また一方、施術者からの入力に応じ、コンピューティングシステムは、ブラケット（又は、別の歯科矯正器具）の現在の位置に対する調整を計算する。すなわち、3D環境内で歯を直接操作する代わりに（施術者が認識するものとして）、施術者によって入力された動きは、むしろ逆の方法で歯に関連する器具へ適用される。その後、システムは、器具に対する調整に基づき、歯のための新しい位置を計算する。

【0069】

施術者14が、ブラケットを操作することによって、仮想カスタムベースの厚みを均衡化又は最小化するために、所望のブラケット又は歯の位置を示す場合、歯科矯正装具制御モジュール34は、所望のブラケットの位置を示す、施術者14からのインプットに応じて、（マウス、ボタン、又はその他のインプットイベントを受信するのに応じて連続的又は増加的のいずれかで）、示されたブラケットの位置に対して歯のデジタル表現を再適合させてよい。モデリングソフトウェア30の別の動作モードであり得る別の実施形態では、施術者14は、歯の位置をもたらす歯の動作に対する更に直接的な制御力を与えられてもよい。歯の位置を直接操作する機能によって、施術者14は、歯に対して最も適合したブラケット形状によってもたらされる歯の位置に対する中間的な歯の位置を効果的に実現できるようになる場合がある。最も適合した形状は典型的に、ブラケットの位置に関する別個の測定基準（例えばトルク、角度測定、イン／アウト）に左右される。広範な最終的な歯の位置は、カスタムベースの厚み分布の不均衡を可能にすることによって、実現してよい。このような不均衡は、カスタムベースの厚みマップを用いることによって、更に容易に視覚化される。これに加えて、カスタムベースの厚みマップによって、施術者14は

10

20

30

40

50

、許容可能な制限内で不均衡を保持できるようになる場合がある。

【0070】

いくつかの実施形態では、ユーザーインターフェース32は、仮想の歯及び/又はブラケットを動かすためのナビゲーションコントロールを表示するアイコンをクリックすることなどにより、歯科矯正オブジェクトを動かす及び/又は配置するためのナビゲーションコントロールを含んでもよい。その結果は、モデリングソフトウェア30によって、施術者14は、歯に対する初期のブラケット配置を生成し、初期のブラケット配置に基づき、歯の得られる位置を予測し、施術者14が、ブラケットと対応する歯との間の嵌合度を視覚化するツールとしてカスタムベースのデジタル表現を用いて、ブラケットの位置を調節できるか、又は別のタイプのブラケットを選択できるようにすることによって、患者用の治療計画を対話形式で作成できるようになる。レンダリングエンジン38によって提供されるカスタムベースのデジタル表現と、カスタムベース制御モジュール36によって提供される厚みマップによって、施術者14は、ブラケットの再配置が望ましいか否かを判断するのに有用である場合がある追加の情報を提供することによって、ブラケット及び/又は歯を更に正確に再配置できるようになる。10

【0071】

モデリングソフトウェア30は、データベース42と対話して、ブラケットデータ44(ブラケットベースに関するデータを含む)、患者データ46、配置規則48、3Dデータ50、及びカスタムベースデータ52のような様々なデータにアクセスする。「カスタムベース」データ52と称されているが、別の実施形態では、データベース42は、その他のタイプの結合マトリックスに関するデータ52を含んでもよい。データベース42は、データ格納ファイル、ルックアップテーブル、又は1つ以上のデータベースサーバで実行されるデータベース管理システム(DBMS)を含む、様々な形態で提示されてもよい。データベース管理システムは、リレーションナル型(RDBMS)、階層型(HDBMS)、多次元型(MDBMS)、オブジェクト指向型(OODBMS若しくはOODBMS)、オブジェクトリレーションナル型(ORDBMS)、又は他のタイプのデータベース管理システムであってよい。データは、例えば、マイクロソフト社(Microsoft Corporation)製のSQLサーバなど、単一のリレーションナルデータベース内に格納されてもよい。データベース42は、クライアントコンピューティングデバイス12に近接したものとして示されているが、クライアントコンピューティングデバイス12から離れた位置にあり、公共ネットワーク又は私設ネットワーク、例えばネットワーク20を介し、クライアントコンピューティングデバイス12に結合していてもよい。20

【0072】

ブラケットデータ44は、施術者14によって選択でき、3Dモデリング環境内で配置可能である、市販のブラケット、又は他の歯科矯正器具の一組を記述する。例えば、ブラケットデータ44は、寸法、スロットの場所、特性、トルク角度、角部位(angulations)、及び他の属性など、市販のブラケットの様々な属性を格納してもよい。ユーザーインターフェース32は、施術者14が、患者16についての歯科矯正処方箋を定義する際に使用するブラケットの種類を選択するための、メニュー式インターフェースを提供する(図1)。ブラケットデータ44は、各ブラケットと対応する歯との関係を定義するブラケット-歯の動作規則を含んでもよい。30

【0073】

患者データ46は、施術者14と関係がある1人以上の患者群、例えば患者16(図1)に関するものである。例えば、患者データ46は、各患者に関する氏名、出生日、及び歯科疾病歴のような一般的な情報を特定する。任意に、患者データ46は、予約スケジュール情報及び請求情報を含む。これに加えて、患者データ46は、各患者に用いるために施術者14が選択したブラケットのタイプ、並びに、それに関連する、患者14の歯の上における位置及び配向を含め、各患者に関して定められた現行の処方を特定する。患者データ46は、選択したブラケットベースの組成、構造、又は構築に関する情報も含んでよい。施術者14が、モデリングソフトウェア30を介し、所望のブラケット配置位置を決4050

定した後、施術者 14 は、データベース 42 の患者データ 46 内にブラケット配置位置を格納してもよい。

【 0 0 7 4 】

配置規則 48 は、市販の歯科矯正器具のための業界定義の配置規則を指定してもよい。更に、配置規則 48 は、施術者 14 によって指定されたユーザー定義規則又は更に器具の配置を制御する他の規則を含むことができる。モデリングソフトウェア 30 及び / 又は施術者 14 (又は施術者 14 の指示下の技術者) は、所望の弓形態へ歯群を配列する前に、設置規則 48 を参照して、患者の 1 つ以上の歯群について、ブラケット又は他の歯科矯正器具を最初に配置することができる。

【 0 0 7 5 】

特定の市販のブラケットに対する 1 つの規則は、ブラケットの中央線又は長手方向の軸と、歯の臨床歯冠の顔面軸 (FACC: Facial Axis of the Clinical Crown) と、を整列させることである。FACC は、正中矢状面と歯の頬面との交点によって形成される曲線として規定される。別の代表的な業界規定の配置規則は、FACC 上の咬合縁又は最咬合点と歯冠の歯肉縁から等距離で歯の FACC の上に、ブラケットのカスタムベースの中心を配置することである。この場所は、顔面軸点 (FacialAxis Point) (FA 点) としても知られている。別の例として、施術者 14 が、FA 点とは異なる位置にブラケットを配置することを望む場合がある。したがって、施術者 14 は、歯列内の異なるタイプの歯群に対して、又は異なる種類のブラケットに対して、あるいはその両方に対して、異なる処方箋を指定することができる。任意に、処方箋は、施術者 14 によって選択される器具の特定の種類に関連した既知の規則のすべて又は一部に基づいたものであってもよい。

10

【 0 0 7 6 】

配置規則 48 は、ブラケット嵌合アルゴリズム、又は 3D 環境内にブラケットを配置するためのその他の技法も含んでよい。格納されるアルゴリズムは、米国特許第 7,210,929 号 (表題「3D 仮想世界で歯科矯正ブラケットを歯に配置する方法 (Method of Placing Orthodontic Brackets on Teeth in a 3D Virtual World)」、2007 年 5 月 1 日発行)、米国特許出願公開第 2005/0170309 号 (表題「3 次元 (3D) 環境内で歯列矯正器具配置を視覚的に支援する平面ガイド (Planar Guides to Visually Aid Orthodontic Appliance Placement within a Three-Dimensional (3D) Environment)」、2004 年 2 月 4 日出願、ラビー (Raby) ら)、米国特許出願公開第 2006/0024637 号 (表題「3 次元 (3D) 環境内での歯列矯正ブラケットの所望の咬合高さへの自動調整 (Automatic Adjustment of an Orthodontic Bracket to a Desired Occlusal Height Within a Three-Dimensional (3D) Environment)」、2004 年 7 月 30 日にラビー (Raby) らによって出願)、及び、米国特許出願公開第 2006/0073436 号 (表題「3 次元 (3D) 環境内におけるアーチワイヤ沿いで歯科矯正オブジェクトの移動 (Movement of Orthodontic Objects Along a Virtual Archwire within a Three-Dimensional (3D) Environment)」、2006 年 4 月 6 日にラビー (Raby) らによって出願) を含んでよく、これらの特許は、すでに参照により、本明細書に組み込んだ。

20

【 0 0 7 7 】

レンダリングエンジン 38 は、ユーザーインターフェース 32 によって施術者 14 に示される 3D 図を生成するために、3D データ 50 にアクセスしてレンダリングする。更に具体的には、3D データ 50 は、3D 環境内で、各歯、歯科矯正装具、及びカスタムベースを示す 3D オブジェクトを定義する情報を含む。レンダリングエンジン 38 は、3D 環境内で施術者 14 の視点に基づき、3D 三角メッシュをレンダリングするために各オブジェクトを加工する。ユーザーインターフェース 32 は、レンダリングされた 3D 三角メッシュを施術者 14 に対して表示し、施術者 14 が 3D 環境内で視点を変更し、オブジェクトを調節することを可能にする。レンダリングエンジン 38 が、透明又は可視オブジェクトとして、ブラケット又はいずれかの他の歯科矯正装具をレンダリングする場合、レンダリングエンジン 38 は最初に、上記のいくつかの異なる技法のうちのいずれかを用いて、まず 3D 環境内にブラケットを配置してよい。

30

40

50

【0078】

カスタムベースデータ52は、施術者14がカスタムベースを作製するために用いることのできる異なるタイプの接着剤のように、異なるタイプのカスタムベースに関する情報を格納する。カスタムベースデータ52は、1つ以上の歯の基準（例えば標準又は閾値）カスタムベース厚も格納してよく、この基準厚は、特定の施術者14、診療所（すなわち多数の施術者）、又は歯科矯正装具に特有のものであってよい。カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベースの厚みマップを作成するときに基準厚を参照してよい。

【0079】

図3は、コンピューティングデバイス12のモデリングソフトウェア30（図2）によって示される3D環境内でカスタムベースの厚みマップを表示するためのプロセスを示すフローチャートである。モデリングソフトウェア30のレンダリングエンジン38は、3Dモデリング環境内で、患者の歯列弓の少なくとも一部のデジタル表現をレンダリングする（60）。レンダリングエンジン38は、1つの歯、多数の歯、又は歯列弓全体をレンダリングしてもよい。いくつかの実施形態では、レンダリングエンジン38は、プラケット（又は別の歯科矯正装具）のデジタル表現も可視オブジェクトとしてレンダリングする（62）。ただし、上記のように、別の実施形態では、レンダリングエンジン38は、プラケットを実質的に透明なオブジェクトとしてレンダリングしてよい。モデリングソフトウェア30の歯科矯正装具制御モジュール34は、嵌合アルゴリズムを実行して、3D環境内で、歯列弓の対応する歯のデジタル表現に対するプラケットのデジタル表現の初期位置を割り出してよい。

10

20

【0080】

レンダリングエンジン38は、カスタムベースのデジタル表現をレンダリングする（64）。下に更に詳細に説明されているように、モデリングソフトウェア30のカスタムベース計算モジュール36は、3D環境内の歯とプラケットとの間の相対距離に基づき、カスタムベースの形状を割り出してよい。プラケットを透明なオブジェクトとしてレンダリングするか、又は全くレンダリングしない実施形態であっても、歯科矯正装具制御モジュール34は、歯に対する3D環境内のプラケットの初期位置を割り出す。カスタムベース計算モジュール36は、この情報を用いて、レンダリングエンジン38がユーザーインターフェース32を介して施術者14に示すカスタムベースの形状を割り出す（64）と共に、カスタムベース厚を計算（66）してよい。いくつかの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、レンダリングエンジン38によるレンダリングに備えて、カスタムベースの厚みマップを生成する（68）。上述のように、カスタムベースの厚みマップは、等高線マップと同様のものであり、カスタムベースの異なる厚みを区別するために、異なる色又は影を含んでよい。

30

【0081】

カスタムベース計算モジュール36は、カスタムベース厚を割り出して、モデリングソフトウェア30によって示される3D環境内における歯に面する仮想プラケットの表面と歯の表面の座標に基づくなどして、多数の点における仮想プラケットと歯の顔側表面との間の相対距離を計算することによって、厚みマップを生成（68）してよい。いくつかの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、統いて、実質的に連続的な厚みマップを作成するために、計算した厚みの間を補間してよい。別の実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、マップの離散点の厚みを含む厚みマップを示してよい。各離散点の色を混ぜ合わせて、徐々に変化する厚みを示してよい。

40

【0082】

仮想プラケットを可視オブジェクトとしてレンダリングする（60）実施形態では、カスタムベースのデジタル表現を、3D環境内で、プラケットと歯との間に配置する。仮想プラケットを実質的に透明なオブジェクトとしてレンダリングする（又はレンダリングしない）実施形態では、カスタムベースの最上面、すなわち、プラケットに面する表面を、より明確に示すことができる。カスタムベースの厚みマップは、仮想プラケットを実質的に透明なオブジェクトとしてレンダリングすると、より明確に表示される。

50

【0083】

図4Aは、3D環境内でカスタムベースのデジタル表現を生成するための1つの技法を示すフローチャートである。上述のように、1つの実施形態では、患者の歯列弓と歯科矯正装具のデジタル表現は、3D三角メッシュを介して表示する。歯科矯正装具制御モジュール34(図2)が、最適アルゴリズムを実装して、装具が取り付けられることになる1つ又は複数の歯に対して、3D環境内で仮想プラケットを配置した後、レンダリングエンジン38は、歯に面する仮想プラケットの表面を定義するデータを取得する(70)と共に、プラケットが取り付けられることになる歯の表面を定義するデータを取得する(71)。3Dデータは、クライアントコンピューティングデバイス12のデータベース42の3Dデータ50(図2)内に格納してよい。

10

【0084】

レンダリングエンジン38は、プラケット表面の外周部を定義するデータから、3D環境内の標本点の離散集合を選択してよい(72)。例えば、三角メッシュを介して、プラケットのデジタル表現を表示する実施形態では、標本点は、歯に面する仮想プラケットの表面の周囲部沿いの、三角形の最外頂点であってよい。プラケット表面の外周部の形状及びサイズ(例えば長さ及び幅)を少なくとも大まかに特徴付けるのに十分な数及び分布の標本点を選択する必要がある。例えば、少なくとも3つ、最大で50個以上の標本点を用いてよい。

【0085】

続いて、レンダリングエンジン38は、複数の仮想基準線又は射線を定義してよく、この場合、少なくとも1つの射線は、各標本点から、歯列弓の対応する歯のデジタル表現を画定する三角メッシュの方に延びている(73)。各射線は、1つの点から発散している実質的に直っすぐな線であり、射線は、相互に対して実質的に平行に延びている。1つの実施形態では、射線は、歯に面する仮想歯科矯正装具の表面の周囲部沿いの三角形の最外頂点から、舌側・唇側の基準軸に沿って歯を画定する三角メッシュの方に延びている。カスタムベースは、歯科矯正装具と境界を接すると共に、実質的に歯科矯正装具の形をなすため、歯に面する仮想プラケットの表面を画定する三角メッシュは、仮想カスタムベースの表面も画定する。

20

【0086】

カスタムベースのデジタル表現をレンダリングするためにレンダリングエンジン38(図2)によって用いられる技法の例を説明するのを補助する目的で、本明細書では、仮想射線を記載する。仮想プラケットは、実質的に透明なオブジェクト、可視オブジェクト、又はその他の物として表示してよい。仮想プラケットを表示しない実施形態では、歯科矯正装具制御モジュール34(図2)は、対応する歯に最も近い歯科矯正装具の表面の座標を有するカスタムベース計算モジュール36を提供するなどして、歯科矯正装具の場所を有するカスタムベース計算モジュール36を提供してよい。

30

【0087】

カスタムベースの外周部は、射線と、歯を画定する三角メッシュとの間の交点をつなぐことによって抽出する(74)。これらの交点は、カスタムベースの周囲部を示すポリラインを画定する。射線・三角形の交点は、その起源である仮想歯科矯正装具の周囲部の点と同様に順序付けて配置してよい。1つの例として、クライアントコンピューティングデバイス12(図2)上で動作するモバイル3DグラフィックスAPIアプリケーションは、ピック法を実装して、射線と、歯を画定する三角メッシュとの間の交点を抽出してよい。モバイル3DグラフィックスAPIは、コンピュータグラフィックスを作成するジャバベースのプログラム用のアプリケーションプログラミングインターフェースを定義する仕様である。

40

【0088】

標本点は、プラケット表面の外周部以外の点で取得してもよい。対応する標本点におけるカスタムベースの厚みを計算するために、射線をこれらの標本点から出してもよい。すなわち、プラケット表面と歯の表面との間に延びている射線の長さは、その射線の標本点

50

源におけるカスタムベースの厚みと実質的に等しい。カスタムベース計算モジュール36は、各射線の長さを割り出すために、プラケット表面における射線源と、歯の表面における射線の末端部との座標の差を計算するなどして、任意の好適な数学関数を実装してよい。

【0089】

射線は本質的に、カスタムベースの外面を画定するため、カスタムベースの壁は、歯科矯正装具を画定する三角形メッシュ射線と、歯を画定する三角形メッシュとの間に延びている射線間の空隙を取り囲むことによって生成してよい(75)。取り囲んだ空隙内に三角形を形成して、閉じた又は立体の3Dオブジェクトを画定してよい。例えば、各三角形の縁は、周囲部内の各起源点を、歯の上の対応する射線-三角形の交点と対にすることによって、形成する。縁は、周囲部内の各起源点を、歯の上の隣接物の対応する射線-三角形の交点と対にすることによっても形成する。各点の「隣接物」は常に、同じ方向(例えば時計回り、又は反時計回り)である。歯の上の射線-三角形の交点は、合わさって、歯の顔側表面上の三角形のサブセットを画定するのに用いられる別の3Dポリラインを形成する。得られる3Dポリラインを用いて、歯の上の三角形のコピーを切断、抽出、又は別 の方法で形成し、それらを用いて、仮想カスタムベースの表面を画定してよい。この方法では、隣接し合う射線間の空隙を取り囲むことによって、カスタムベースの実質的に滑らかな外面と、カスタムベースの3D形状を画定する。いくつかの実施形態では、仮想カスタムベースの体積は、閉じた又は立体の3Dオブジェクトに変換されない。

【0090】

仮想カスタムベースの総体積は、いずれかの好適な体積計算アルゴリズムを用いて計算してよい。上記のように、仮想カスタムベースの総体積は、カスタム固定ベースの体積に、装具を患者の歯に固定するか、付着させるか、又はその他の方法で取り付けるのに用いられるいずれかの接着剤又はその他の固定材料の体積を加えたものを示す。接着剤の体積は、歯列弓の各歯に関する合計であってよく、それによって、1本の歯あたりの体積ではなく、患者がどの程度の接着剤を固定プロセスで消費するかの見積もりを示す。施術者14は、この体積情報を用いて、1週間、1ヶ月、又はその他の期間のような特定の期間用として十分な量の接着剤を事前に注文するなど、備品を管理してよい。総体積は、歯科矯正装具が患者の歯の表面にどの程度しっかりと適合するかも示す。カスタムベースの体積が大きいことは、プラケットが患者16の歯にあまりしっかりと適合しないことを示す場合がある。

【0091】

いくつかの実施形態では、カスタムベース計算モジュール36は、実質的に唇側-舌側方向で縦に延びている複数のカラムに仮想カスタムベースの体積を細分化することによって、仮想カスタムベースの体積を割り出してよい。例えば、カスタムベースの各三角メッシュの頂点(又は、カスタムベースの「キャップ」を画定するカスタムベースに面する歯科矯正装具の表面)から、歯の方に射線を出すことによって、複数の三角カラムを生成してよい。別の例として、カスタムベースの三角メッシュベースの各三角形の中心(又は、カスタムベースに面する歯科矯正装具の表面)から、歯の方に射線を出すことによって、複数の三角カラムを生成してよい。各カラムの断面積は、カラムの両端上の三角形によって、又は正方形格子若しくは別のパターンによって、カスタムベースの対応する三角形の断面積と実質的に等しくてよい。したがって、いくつかの実施形態では、各カラムは、実質的に同じ断面積を有するが、長さは異なる。別の実施形態では、カラムは、実質的に異なる断面積を有する。各カラムの長さは、厚み(すなわち唇側-舌側方向)と実質的に同じ方向で測定する。

【0092】

各カラムは、唇側-下側方向沿いで測定されるその長さ、その体積、又は、基準長若しくは基準体積からのその長さ若しくは体積の偏差に従って着色してよい。上述のように、基準長又はいずれかの基準値は、施術者14、モデリングソフトウェア30、モデリングソフトウェア30の製造者、又は別の関係筋によって選択された標準値又は閾値であって

10

20

30

40

50

よい。この基準は、施術者に固有であるか、又は、1人以上の施術者に適用可能であってよい。カラムがそれぞれ実質的に同じ断面積を有する実施形態では、カラーコーディングシステムの色は、各カラムのそれぞれに異なる体積も示す。カラーコーディングされたカラムを介して、カラーコーティングされた厚みを生成してよく、ブラケットが可視オブジェクトとして表示されず、咬合、歯肉、近心、及び遠心方向から部分的に見えるとき、マップ全体は、唇側から見える。各カラムの色を混ぜ合わせて、徐々に変化する厚みを示してもよい。

【0093】

図4Bは、3D環境内で、歯77を含む歯列弓76のデジタル表現と、ブラケット78のデジタル表現を示す概略図である。ブラケット78は、歯77の唇側表面77Aに取り付けられるように描えられている。図4Bは、カスタムベースのデジタル表現を生成するために用いることのできる仮想射線79A～Dの例を示している。射線79A～Dは、歯77に面するブラケットの表面78Aから、歯77の唇側表面77Aの方に出ている。具体的には、射線79A～Dは、表面78Aの外周部上の標本点から、歯77Aの唇側表面77Aの方に延びている。射線79A～Dは、相互に対して実質的に平行であり、カスタムベースの外側境界を画定するのを助けるために、ブラケット78の表面78Aの外周部を囲むように隔置されている。4本の仮想線が図4Bに示されているが、別の実施形態では、いずれかの好適な数の仮想射線を用いて、カスタムベースのデジタル表現を生成してよい。

【0094】

図5は、クライアントコンピューティングデバイス12のモデリングソフトウェア30によって示される代表的なGUI80のディスプレイの図である。GUI80は、ディスプレイ区域82及び84を含み、このそれぞれの区域は、3Dモデリング環境によって、患者の歯列弓86の一部のデジタル表現の異なる図を表示する。ディスプレイ区域82は、歯列弓86の歯肉図の中を見るように、唇側（又は顎側）を示し、ディスプレイ区域84は、歯列弓86の咬合画像を示す（すなわち、概ね歯肉方向に見るよう、歯列弓86の咬合表面を示す）。

【0095】

歯列弓86は、歯88Aを含む、複数の歯群88を含む。GUI80には、歯88Aに取り付けられたブラケット90Aも含め、歯列弓86の歯88に取り付けられた複数のブラケット90のデジタル表現も表示される。図5に示されているGUI80の実施形態では、施術者14は、ディスプレイ区域86内で対応するカスタムベースを見るために、ブラケット90の1つを選択してよい。ディスプレイ区域84では、GUI80は、歯88Aとブラケット90Aとの間に配置されたカスタムベース92のデジタル表現を表示する。図5にはカスタムベース92のみが示されているが、GUI80によって提供されるその他の画面では、他のブラケット90のカスタムベースも表示させてよい。

【0096】

図5に示されているように、カスタムベース92の一方の表面は、歯88Aの唇側表面94の輪郭に実質的に適合し、カスタムベース92の実質的に反対側の表面は、歯88Aの唇側表面94に面するブラケット90Aの表面に実質的に適合する。歯88Aの唇側表面94の表面特徴は、特定の患者によって異なる場合があるため、カスタムベース92は、唇側表面94に実質的に適合し、カスタムベース92は、特定の患者の特定の歯に対してブラケット90Aを「カスタマイズ」する。ブラケット90Aは、在庫に保管されている市販のブラケットであってよいため、カスタムベース92は、特定の患者で使用できるように、市販のブラケットを修正するのを助ける。図5のカスタムベース92は、均一の色として表示されている。均一な色のカスタムベース92は、ブラケット90Aが歯88Aの唇側表面上にどの程度しっかりと嵌合するかを判断するのに有用なツールを提供する。

【0097】

別の実施形態では、カスタムベース計算モジュール36（図2）は、カラーコーディングされた厚みマップで、異なる色を用いてカスタムベース92の異なる厚みを示す厚みマ

10

20

30

40

50

ップを生成してよい。このような実施形態では、カスタムベースの厚みマップを定義する2つ以上の色として、カスタムベース92を表示する。カスタムベースの「厚み」は、ディスプレイ区域84内の線96によって示されている唇側・舌側方向沿いに測定する。

【0098】

図6A及び6Bは、クライアントコンピューティングデバイス12のモデリングソフトウェア30によって示される別の例のGUI100を示している。図6A及び6Bに示されている実施形態では、モデリングソフトウェア30は、患者16の、歯列弓86全体が表示される歯列弓全体考察モードの状態にあり、歯列弓86は歯88を含む。また、GUI100は、対応する歯88に取り付けられたブラケット90を示す。GUIは、ドロップダウンメニュー106と、選択ボタン108を含む。ボタン108は、数ある中でも、
10 施術者14が患者の歯列弓86のいくつかの図のいずれかから選択できるボタンを含む。

【0099】

図6Aでは、モデリングソフトウェア30は、各歯88と各ブラケット90との間にカスタムベースが表示されないモードで動作している。図6Bに示されているディスプレイでは、モデリングソフトウェア30は、GUI100がカスタムベース92とカスタムベース102を表示するモードで動作している。いくつかの実施形態では、施術者14は、モデリングソフトウェア30を制御して、図6Aに示されているディスプレイ、又は図6Bに示されているディスプレイを選択的に表示してよい。

【0100】

図6Bでは、カスタムベース92及び102は、カラーコーディングされた厚みマップとして表示されている。ブラケット90は、対応するブラケット90に面する各カスタムベース92、102の表面を明確に表示する妨げとなる。図6Bには、各カスタムベース92及び102が示されているが、別の実施形態では、施術者14は、1つ以上のカスタムベース92又は102を選択的に表示するために、特定の歯88、ブラケット90、及びカスタムベース92若しくは102を選択してよい。例えば、施術者14は、オブジェクト選択メニュー104を介して歯88を選択してよく、このオブジェクト選択メニューは、パーマーノーテーションシステム(Palmer Notation System)を用いて、歯列弓86内の特定の歯88を特定する。代替の実施形態では、オブジェクト選択メニューは、ユニバーサルナンバリングシステム(Universal Numbering System)又はインターナショナルナンバリングシステム(International Numbering System)のようなその他の好適なナンバリング又はラベリングシステムによって、個々の歯88、ブラケット90、又はカスタムベース92、102を特定してよい。
20
30

【0101】

いくつかの動作モードでは、施術者14は、GUI100と対話して、ブラケット90の表示を無効にしてよい。例えば、施術者14は、GUI100によって提供されるドロップダウンメニュー106又は操作ボタン108を用いて、ブラケット90を実質的に透明なオブジェクトとして表示する動作モードを選択するか、又は、別の方で、ブラケット90がGUI100上に表示されるのを無効にするか、若しくは、施術者14が部分的又は完全にブラケット90を見ることがないようにしてよい。ブラケット90を含まないディスプレイの例は図6Cに示されている。ブラケット90の表示を無効にすることによって、施術者14は、カスタムベース92及び102の1つ以上を、より明確に見ることができるようになる場合がある。カスタムベース計算モジュール(図2)が、各カスタムベース92及び102の厚みマップを生成する場合、ブラケット90のGUI100からの除去によって、遮るものがない状態で、カスタムベース92及び102の厚みマップを表示する。図6B～Cでは、各カスタムベース92、102の厚みが、グレースケールシェーディングによって、示されており、濃淡の濃い方の部分は、濃淡の薄い方の部分よりも厚みが厚いことを示している。図6B～6Cの図に示されている実施形態では、カスタムベース92、102の実質的に連続的な輪郭を示すグレーの異なる陰影間に、比較的滑らかで連続的な移行部が存在する。ただし、グレーの分離性の影も用いてよい。上記のように、別の実施形態では、その他の厚み指標を用いてよく、その指標としては、カラー
40
50

コーディングされたマップ、等高線マップ、又は厚みの値を提供するテキストボックスなどがあるが、これらに限らない。

【0102】

図7A及び7Bは、クライアントコンピューティングデバイス12のモデリングソフトウェア30(図2)によって示すことのできる別のGUI110を示している。図7A～7Bでは、各カスタムベース92、102の厚みは、グレースケースシェーディングによって示されており、濃淡の濃い方の部分は、濃淡の薄い方の部分よりも厚みが厚いことを示している。この場合も、別の実施形態では、他の厚み指標を用いてよく、その指標としては、カラーコーディングされたマップ、等高線マップ、又は厚みの値を提供するテキストボックスなどがあるが、これらに限らない。

10

【0103】

図6A～6CのGUI100の場合のように、GUI110によって、施術者14は、プルダウンメニュー106及び/又は選択ボタン108を介して、患者の歯列弓86のいくつかの図のいずれかから選択できるようになる。図7A及び7Bに示されているGUI110の実施形態では、GUI110は3つの図を同時に表示する。具体的には、ディスプレイ区域112は、歯列弓86全体を表示し、ディスプレイ区域112は、唇側から見た歯列弓86の一部の拡大画像を表示し、ディスプレイ区域114は、ディスプレイ区域112に表示された歯列弓86の一部を咬合側から見た画像を表示する。別の実施形態では、GUI110は、歯列弓86のいずれかの好適な数の図を表示してよい。

20

【0104】

ディスプレイ区域112は、歯列弓86の歯88Bと、ディスプレイ区域114、116内で表示するために、対応するブラケット90Bが選択されていることを示している。例えば、GUI110は、選択された歯88及び/又はブラケット90を別の色で表示するなどして、選択された歯88及び/又はブラケット90を視覚的に区別することによって、どの歯88及び/又はブラケット90が選択されているかを示してよい。図7Aに示されている実施形態では、施術者14は、マウス、他の周辺ポインティングデバイスを用いて、歯88B及び/若しくはブラケット90Bのデジタル表現を直接選択することによって、又は、メニュー104若しくはプルダウンメニュー106を介して、歯88B及び/若しくはブラケット90Bを間接的に選択することによって、歯88B及び/又はブラケット90Bを選択してよい。また、カスタムベース92、102もディスプレイ区域112で見ることができ、これらのカスタムベースは、対応する歯88に対する対応するブラケット90の特定の配置に起因する厚みの変動を視覚的に示すようにカラーコーディングされている。

30

【0105】

ディスプレイ区域114は、選択された歯88Bとブラケット90Bの頬側図と共に、隣接する歯88とブラケット90の一部を示す。ブラケット90Bのカスタムベースは、ディスプレイ区域114に示される唇側図からは見えない。しかし、歯88Bの咬合側図を示すディスプレイ区域116は、選択された歯88Bとブラケット90Bに加えて、カスタムベース102Aを示す。GUI110は、歯列弓86の個々の歯88と、対応する歯88に対するブラケット90の位置に起因するカスタムベース92、102を見るためのインターフェースを施術者14に提供する。

40

【0106】

施術者14は、ドロップダウンメニュー106などによっても図を選択してよく、カスタムベース102が、より明確に見えるようになるインターフェースを施術者14に提供するために、ブラケット90は、実質的に透明なオブジェクトとして表示されるか、又は、全く表示されない。図7Bは、ブラケット90が実質的に透明なオブジェクトとして表示されているGUI110を示している。施術者14は、図7Aに示されている図と図7Bに示されている図を切り替えてよい。図7Aに示されている図は、歯88Bの上のブラケット90Bを視覚化するのに有用である場合があり、図7Bに示されている、ブラケット90のない図は、カスタムベース102の厚み分布を視覚化するのに有用である場合が

50

ある。

【0107】

モデリングソフトウェアのプラケット調節モードが、図7A及び7BのG U I 1 1 0に示されている。プラケット調節モードでは、施術者14は、特定のプラケットを選択して、例えば、そのプラケットの並進又は回転を調節することによって、そのプラケットを歯の上に再嵌合させることによって、又は、そのプラケットを別のプラケットと交換することによって、プラケットの位置を調節してよい。施術者14は、（例えば、メニュー14を用いるか、又は、ウィンドウ112、114、若しくは116のうちの1つ内の所望のプラケットのデジタル表現を選択することによって）プラケット90のうちの1つを選択し、選択したプラケットを歯肉若しくは咬合方向にドラッグすることによって、そのプラケットの高さを調節するか、又は、プラケット90のうちの1つを選択し、選択したプラケットを近心方向若しくは遠心方向にドラッグすることによって、そのプラケットの近心-遠心位置を調節してよい。また、施術者14は、選択したプラケットを3D環境内で操作して、周辺ポインティングデバイスを用いて、歯88に対する所望の回転位置を導いてもよい。あるいは、施術者14は、ボタン118A、Bを用いて、選択したプラケットを歯肉若しくは咬合方向に漸増式に動かすか、選択したプラケットを、ボタン120Aを用いて近心方向に、若しくは薄団120Bを用いて遠心方向に漸増式に動かすか、及び／又は、ボタン122A、Bを用いて、選択したプラケットの回転位置を漸増式に調節してもよい。ボタン118A～B、120A～B、及び122A～Bのそれぞれのクリックは典型的に、選択したプラケットの別個の動作と関連付けられている。10
20

【0108】

G U I 8 0 (図5)、100 (図6A～6C)、及び110 (図7)の各々と共に、歯科矯正装具制御モジュール34とカスタムベース計算モジュール36 (図2)によって、施術者14は、対応するG U I上に示される患者の歯列の仮想3Dモデルを用いて、治療計画と、所望の最終的な咬合をもたらす対応する装具処方を対話式に作成できるようになる。各G U I 8 0、100、110は、治療計画を立てる目的で、歯88及び／又はプラケット90の視覚化及び対話による移動に備えて、歯冠及び／若しくは歯根、又は歯肉を施術者14に示してよい。例えば、施術者14は、現在表示されているプラケット90Bの位置 (プラケット90B自体が表示されているか否かは問わない) が歯88Bに適しているか否かを判断するために、図7A又は7Bに示されているG U I 1 1 0のいずれかに、カスタムベース102を表示してよい。30

【0109】

カスタムベース102Aの分布が許容不可能である、例えば、近心部分のような1つ以上の部分におけるカスタムベース102Aの厚みが、閾値を超えていると施術者14が判断した場合、施術者14は、プラケット90Bを手動で再配置するか、又は、プラケット90Bを自動的に再配置する再配置アルゴリズムを実行してよい。施術者14は、調節ボタン112A～B、114A～B、及び116A～Bを用いて、プラケット90Bを手動で再配置してよい。ボタン112A～Bは、プラケット90Bを咬合-歯肉方向に動かし、ボタン114A～Bは、プラケット90Bを近心-遠心方向に動かし、ボタン116A～Bは、プラケット90Bの回転配向を調節する。あるいは、施術者14は、マウス又は別の周辺ポインティングデバイスを用いて、プラケット90Bをクリックして、プラケット90Bを所望の位置 (回転配向を含んでもよい) にドラッグすることによって、プラケット90Bを再配置してよい。40

【0110】

プラケット90Bを歯88Bに対して再配置するのではなく、プラケット90Bの間に、より高い嵌合度を実現するために、例えば、カスタムベース102Aのより均一な分布を実現するために、施術者14は、別のプラケットを選択して、ドロップダウンメニュー106を介して、3D環境内で歯88Bに適用してよい。歯科矯正装具制御モジュール34 (図2)が、歯88Bに対して3D環境内で新たなプラケットを配置した後、カスタムベース計算モジュール36とレンダリングエンジン38が、新たなプラケットに関する力50

スタムベースとカスタムベースマップをレンダリングしてよい。施術者 14 は、続いて、得られるカスタムベースに基づき、新たなプラケットが、歯 88B に対する、より高い嵌合度を提供するか否かを判断してよい。また、施術者 14 は、GUI 110 と対話して、対応するは 88 に対する他のプラケット 90 の嵌合度を表示して、必要又は所望に応じて、他のプラケット 90 を再配置してよい。

【0111】

1つ以上の代表的な実施形態では、ハードウェア、ソフトウェア、及び／若しくはファームウェア、又はこれらの組み合わせにおいて、本開示に記載されている様々な機能が実装されてよい。ハードウェア内に実装する場合、これらの機能は、プロセッサ内に実装されてよい。プロセッサは、1つ以上のマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタルシグナルプロセッサ (DSP)、特定用途向け集積回路 (ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)などを含んでよい。このようなコンポーネントは、コンピューティングシステム、又はその他のシステム内に常駐してよい。10

【0112】

ソフトウェアに実装される場合には、これらの機能は、コンピュータ読み取り可能な媒体上の1つ以上の命令又はコードとして格納してよい。コンピュータ読み取り可能な媒体としては、コンピュータストレージ媒体が挙げられる。ストレージ媒体は、コンピュータによってアクセスすることができる任意の入手可能な媒体であってよい。例として、限定するものではなく、このようなコンピュータ読み取り可能な媒体は、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読み取り専用メモリ (ROM)、電気的消去書き込み可能読み取り専用メモリ (EEPROM)、コンパクトディスク読み取り専用メモリ (CD-ROM)、又はその他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージ、若しくはその他の磁気ストレージデバイス、又は、命令若しくはデータ構造の形式で所望のプログラムコードを格納するのに用いることができると共に、コンピュータによってアクセスできる他の任意の媒体を含むことができる。ストレージ媒体は、コンピュータプログラム製品を含んでよい。磁気ディスク及び光ディスクは、本明細書で使用する場合、コンパクトディスク (CD)、レザーディスク (登録商標)、光ディスク、DVD 光ディスク、フロッピー (登録商標) ディスク、及びブルーレイディスクを含み、磁気ディスクは一般に、データを磁気的に複製し、光ディスクは、データをレーザーによって光学的に複製する。上記の組み合わせは、コンピュータ読み取り可能な媒体の範囲内に含まれなければならない。20

【0113】

結合マトリックスのデジタル表現は、表示されたプラケットが、患者にとって満足のゆく嵌合度を提供するか否かを判断する以外の用途に有用である。例えば、別の実施形態では、特定の歯科矯正装具及び歯のための結合マトリックスのデジタル表現をレンダリングする、コンピューティングデバイス 12 のモデリングソフトウェア 30 は、実際の結合マトリックスを形成するのに有用である場合もある。1つの例として、歯科矯正装具と一体的である材料によって結合マトリックスを画定する実施形態では、結合マトリックスの形及びサイズを定義する、モデリングソフトウェア 30 からのデジタルデータを用いて、結合マトリックスを画定するために、装具の機械加工を制御してよい。例えば、モデリングソフトウェア 30 は、結合マトリックスのデジタル表現の形状 (例えば形及びサイズ) に関する情報を、放電加工 (EDM) プロセスと共に用いるためのグラファイト電極を形成するデバイスに提供してよい。電極面は、患者の歯の表面と噛み合う結合マトリックスの表面を画定する。30

【0114】

別の例として、接着剤又はその他の分注可能な結合マトリックス材によって結合マトリックスを画定する実施形態では、結合マトリックスのデジタル表現を用いて、自動的に接着剤を分注する装置を誘導してよい。この方法では、結合マトリックスのデジタル表現を用いて、実際の結合マトリックスを形成してよい。モデリングソフトウェア 30 によって提供される結合マトリックスのデジタル表現の体積と厚み分布に基づき、接着剤を自動的に分注することによって、ばりを軽減又は排除するのを助けると共に、施術者がばりを除40

去するのに要する時間を短縮又は排除することができる。上記のように、ぱりとは一般的に、例えば、施術者、較正済みのプラケット配置ロボットによって、又は、プラケット配置ガイドが組み込まれた3D印刷モデルを用いて、歯科矯正装具を歯に取り付けたときに、歯科矯正装具の周辺部からはみ出る余分な結合マトリックス材を指す。ぱりの除去は、手先の器用さ、技能、及び根気が必要なため、多大な時間をするプロセスである場合がある。これに加えて、結合マトリックス材を自動的に分注することによって、無駄になる結合マトリックス材の量を抑えるのを助けることができる。

【0115】

また、結合マトリックスのデジタル表現を用いて、例えば、3D印刷のような様々なソリッドフォームファブリケーション(SFF)技術を用いて、所望の形状の結合マトリックスを製造してよい。コンピューティングデバイス12は、結合マトリックスのデジタル表現のサイズ及び幾何学形状に基づき、結合マトリックスの製造(又は形成)を制御してよく、あるいは、コンピューティングデバイス12は、製造装置を制御する別のデバイスに、サイズ及び幾何学形状の情報を提供してよい。10

【0116】

続いて、低粘度プライマー(カリフォルニア州モンロビア(Monrovia)の3Mユニテック(3M Unitek)から入手可能なトランスポンドXTプライマー(Transbond XT Primer)など)を用いて、製造した結合マトリックスを装具、対応する1つ以上の歯、又はこれらの両方に取り付けてよい。いくつかの実施形態では、歯と結合マトリックスとの間、装具と結合マトリックスとの間、又はこれらの双方の間で適切な嵌合度を確保するのを助けるために、製造した結合マトリックスに、特殊な付属物又は位置決め機構を組み込んで、装具上の機構、又は患者の歯の物理的な3Dモデルの中に組み込まれるガイドとの適切な位置合わせを促してよい。米国特許出願第11/689,869号(表題「ラピッドプロトタイピングを用いて歯科矯正ボンディングトレーを作製するための方法及びアセンブリ(METHODS AND ASSEMBLIES FOR MAKING AN ORTHODONTIC BONDING TRAY USING RAPID PROTOTYPING)」、すでに参照により組み込み済み)には、患者の歯の3Dモデルに組み込むことのできる好適なガイドの例が記載されている。20

【0117】

別の実施形態では、インダイレクトボンディング技術で、患者の歯の物理的な3Dモデルと共に、結合マトリックスを製造してよい。例えば、患者の歯の3Dモデル向けの全体的な支持材(例えば、幾何学上の刻み目を支持するため)として第1の溶媒に溶解する第1の材料を用いてよく、結合マトリックスと患者の歯の物理的モデルとの間の境界面内で、第2の溶媒に溶解するが第1の溶媒には溶解しない第2の材料を用いてよい。歯科矯正装具を結合マトリックスにプライマーで固着させ、装具と物理的モデルを覆うように形成されるインダイレクトボンディングトレーによって、装具を所望の位置に固定した後、第2の溶媒を用いて、第2の材料を溶解させ、それによって、モデルから結合マトリックスを外してよい。機械的介入を含むその他の技法を用いて、患者の歯の物理的モデルから結合マトリックスを外してよい。30

【0118】

本発明の様々な実施形態を説明したが、上記及び他の実施形態は、特許請求の範囲の開示内にある。40

【図1】

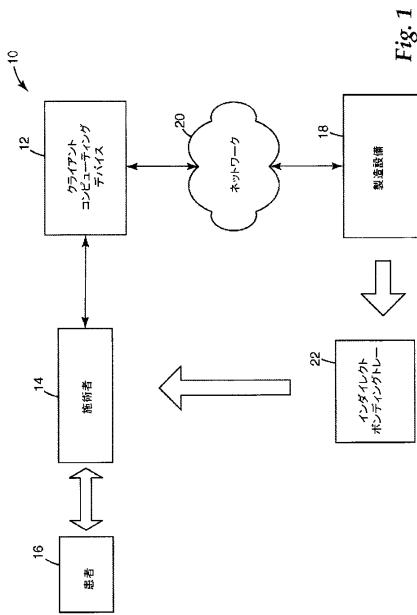


Fig. 1

【図2】

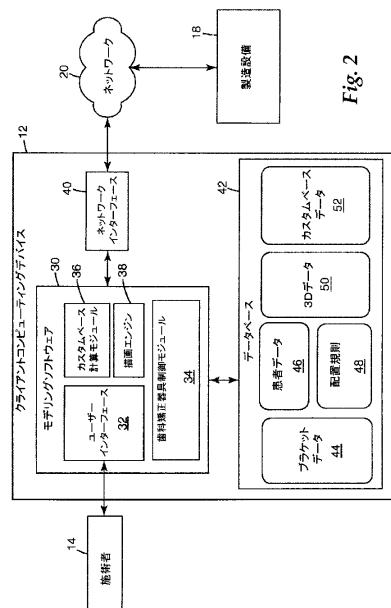


Fig. 2

【図3】

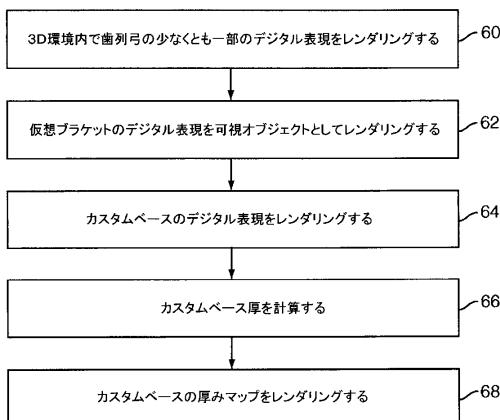


Fig. 3

【図4A】

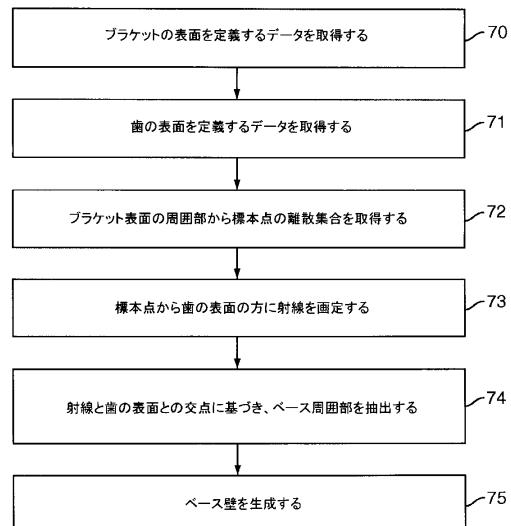


Fig. 4A

【図4B】

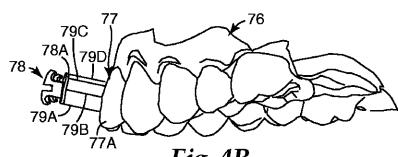


Fig. 4B

【図5】

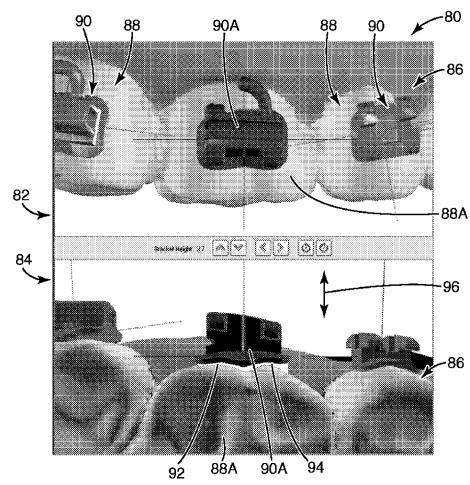


Fig. 5

【図6A】

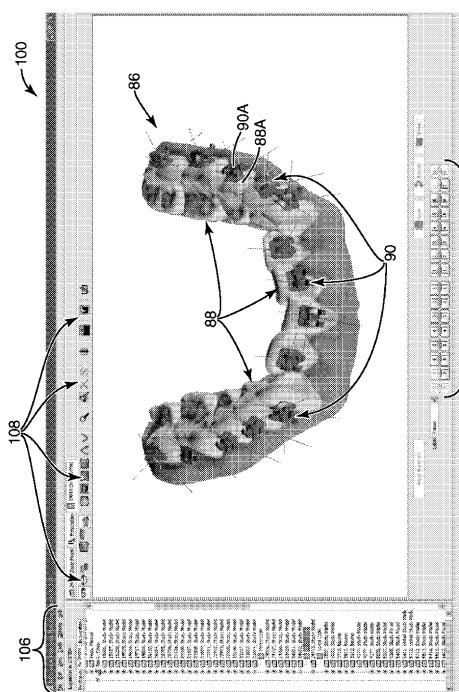


Fig. 6A

【図6B】

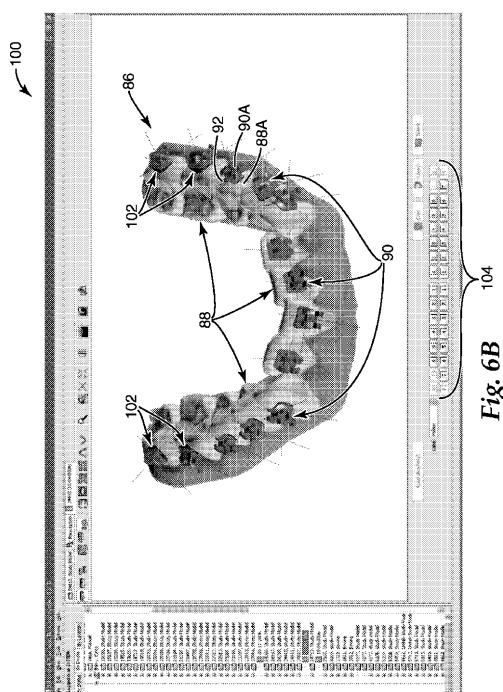


Fig. 6B

【図6C】

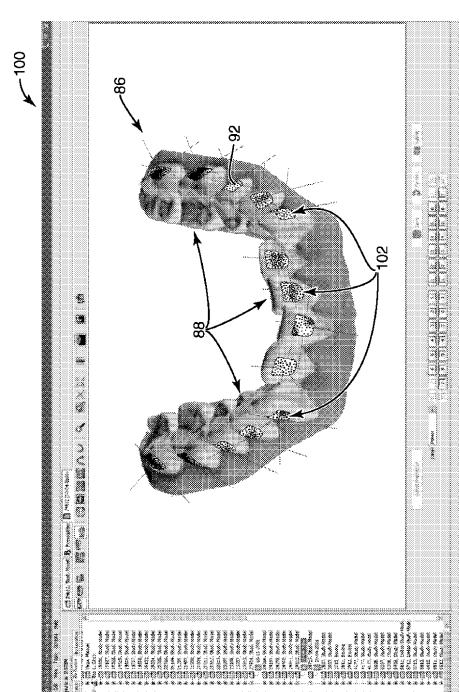


Fig. 6C

【図 7 A】

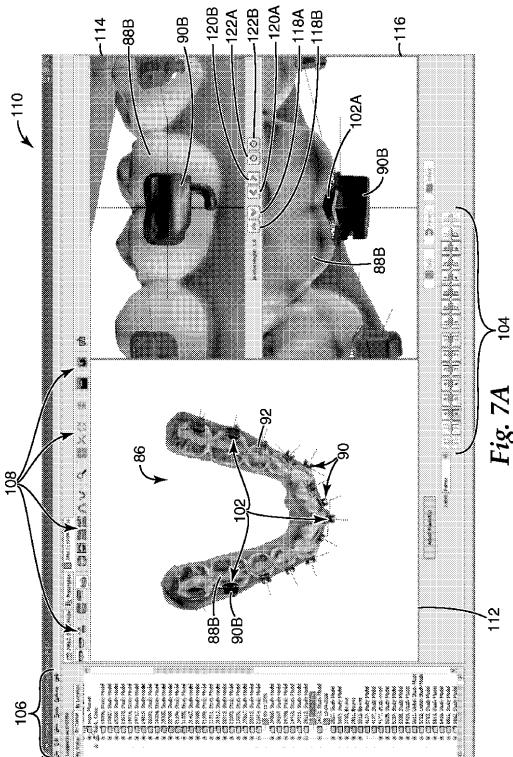


Fig. 7A

【図 7 B】

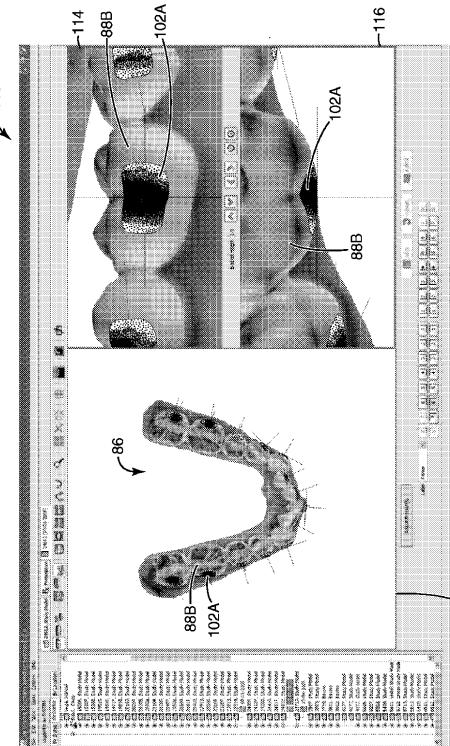


Fig. 7B

フロントページの続き

(74)代理人 100093665

弁理士 蛯谷 厚志

(74)代理人 100146466

弁理士 高橋 正俊

(72)発明者 ラビー, リチャード イー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボック
ス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ブットラー, オリバー エル.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボック
ス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 スターク, ニコラス エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボック
ス 33427, スリーエム センター

審査官 瀬戸 康平

(56)参考文献 特表2003-532485(JP, A)

米国特許出願公開第2005/0208450(US, A1)

国際公開第2005/079695(WO, A1)

米国特許出願公開第2004/0214128(US, A1)

特表2005-516727(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 C 7/00, 19/00