

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3630634号
(P3630634)

(45) 発行日 平成17年3月16日(2005.3.16)

(24) 登録日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G06F 17/50
A61C 19/04

G06F 17/50 680Z
A61C 19/04 Z

請求項の数 58 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2000-573298 (P2000-573298)	(73) 特許権者	501214845
(86) (22) 出願日	平成11年10月8日 (1999.10.8)		アライン テクノロジー, インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2003-521014 (P2003-521014A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 950 50, サンタ クララ, マーティン アベ ニュー 851
(43) 公表日	平成15年7月8日 (2003.7.8)	(74) 代理人	100078282
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/023532		弁理士 山本 秀策
(87) 国際公開番号	W02000/019935	(74) 代理人	100062409
(87) 国際公開日	平成12年4月13日 (2000.4.13)		弁理士 安村 高明
審査請求日	平成14年10月4日 (2002.10.4)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	09/169, 276		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成10年10月8日 (1998.10.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	09/264, 547		
(32) 優先日	平成11年3月8日 (1999.3.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 個体の歯列成分のモデルを形成するためのデジタル歯列モデルの操作

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

患者の歯列のデジタルモデルから個々の成分のデジタルモデルを作成するために使用されるコンピュータを用いた方法であって、該方法は、
 該患者の歯列の3Dデジタルモデルを得ることと、
 コンピュータによる計算により、該患者の歯列において隣接する歯の間の歯間マージン上にある、該デジタルモデルの点を特定することと、
 該特定された点に基づいて、デジタルカット表面をコンピュータにより計算することと、
 該デジタルカット表面に基づいて、コンピュータによる計算により、該歯列モデルの、該隣接した歯を表す部分を分離することと

を包含し、

計算により、該歯間マージン上にある点を特定することは、
 該デジタルモデルの舌側面および頬面を含む平面を生成することと、
 該舌側面および該頬面上の点に対して曲率半径の微分を計算することと、
 該曲率半径の微分が極大となる該舌側面および該頬面上の点を該歯間マージン上にある点として特定することと

を包含する、方法。

【請求項2】

前記デジタルモデルの2D断面をコンピュータに表示させることと、前記隣接する歯の間の歯間マージンが歯肉組織にあう、該デジタルモデルの2D断面の近傍の点を特定するヒ

トオペレータからの入力をコンピュータに受け取らせることをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記デジタルモデルは、前記患者の歯列の 3 D 容積モデルを含み、前記ヒトオペレータからの入力は、該容積モデルの 2 つのボクセルを特定する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

コンピュータによる計算により、前記ヒトオペレータによって特定された 2 つのボクセルのそれぞれの周囲のボクセルの近傍を規定することをさらに包含し、各近傍は、前記デジタルモデルを表すボクセルと、バックグラウンドイメージを表すボクセルとを含む、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

コンピュータによる計算により、互いに最も近くにあり、両方ともバックグラウンドイメージを表すボクセルの対を選択することをさらに包含し、各近傍は該ボクセルの 1 つを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

コンピュータによる計算により、別の 2 D 断面上の、前記歯間マージンを表すボクセルを自動的に特定することをさらに包含する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

別の 2 D 断面上の、前記歯間マージンを表すボクセルを自動的に特定することは、コンピュータによる計算により、前記選択されたボクセルの各々の周囲のボクセルの近傍を規定することであって、各近傍は、前記デジタルモデルを表すボクセルと、バックグラウンドイメージを表すボクセルとを含む、ことと、コンピュータによる計算により、他の 2 D 断面上に該近傍を投影することと、コンピュータによる計算により、該投影された近傍内の、前記歯間マージンを表す 2 つのボクセルを選択することとを含む、請求項 6 に記載の方法。

20

【請求項 8】

コンピュータによる計算により、前記投影された近傍内の 2 つのボクセルを選択することは、コンピュータによる計算により、互いに最も近くにあり、両方とも前記バックグラウンドイメージを表すボクセルの対を選択することを含み、該近傍のそれぞれは、該ボクセルの 1 つを含む、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 9】

患者の歯列の個々の成分のデジタルモデルを作成するために使用されるコンピュータを用いた方法であって、該方法は、デジタルモデルのイメージを表示することと、該イメージ内に、該デジタルモデルの歯が歯肉組織とあう歯肉線を表す点を特定するヒトオペレータからの入力を受け取ることと、該特定された点に基づいて、カット表面を作成することと、該カット表面に基づいて、該歯列モデルの該歯肉組織から、該歯を分離することとをコンピュータに行わせる、方法。

40

【請求項 10】

前記カット表面は、前記デジタルモデルの咬合平面に垂直に広がっている、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記カット表面を作成することは、前記咬合平面に平行な平面上に、前記歯肉線の少なくとも一部を投影することを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記カット表面を作成することは、前記歯肉線を前記投影に連結した表面を作成することを含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

50

前記平面を前記歯肉線上の点の間にフィッティングさせることによって該平面を作成することを包含する、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記平面に垂直な方向に、前記歯から離れて、該平面をシフトさせることをさらに包含する、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記平面をシフトさせることは、前記歯の中心近くの点を含み、該平面を垂直な線セグメントを作成することを含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記線セグメントの長さは歯根の長さに等しい、請求項 1 5 に記載の方法。

10

【請求項 1 7】

前記線セグメントの長さに等しい半径を有し、前記歯の中心の点上に中心がある球を作成することをさらに包含する、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記平面をシフトさせることは、該平面が前記球の接線方向にあるように前記線セグメントに沿って該平面を動かすことを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記ヒトオペレータからの命令をコンピュータに受け取らせ、前記平面を前記球に沿って新しい位置にスライドさせることをさらに包含する、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

20

前記カット表面は、前記デジタルモデルの咬合平面に平行に広がっている、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記ヒトオペレータから受け取った入力、前記デジタルモデルの歯が該デジタルモデルの頬側および舌側の両方の歯ぐき組織にあう、歯肉線を表す 2 つの 3 D 曲線を形成する点を特定する、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記カット表面を作成することは、コンピュータによる計算により、前記表面を前記 2 つの曲線上の点の間にフィッティングさせることを含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

30

前記表面を作成することが、各歯について、コンピュータによる計算により、前記 2 つの曲線の間にある点を特定し、該特定された点および該 2 つの曲線上の点に頂点を有する表面三角形を作成することを含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記点を特定することが、各歯について、コンピュータによる計算により、前記歯に隣接する 2 つの曲線の一部の点の x 座標、y 座標および z 座標の値を平均することを含む、請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 5】

コンピュータによる計算により、歯根を表す表面を作成することをさらに包含する、請求項 2 1 に記載の方法。

40

【請求項 2 6】

前記歯根を表す表面を作成することが、コンピュータによる計算により、前記咬合平面に平行である平面上に点を投影することを含む、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 7】

前記表面を作成することが、コンピュータによる計算により、前記 2 つの曲線上の点を前記投影された点と連結することを含む、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

コンピュータによる計算により、前記表面を用いて、前記デジタルモデルの前記歯根を表す部分を、前記歯肉組織を表す部分から分離することをさらに包含する、請求項 2 7 に記載の方法。

50

【請求項 29】

コンピュータによる計算により、前記デジタルモデルの前記歯根を表す部分を、前記歯を表す部分に連結することをさらに包含する、請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】

プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な格納媒体であって、該プログラムは、患者の歯列のデジタルモデルから個々の成分のデジタルモデルを作成する際に使用される処理をコンピュータに実行させるためのものであり、

該処理は、

該患者の歯列の 3D デジタルモデルを得ることと、

該患者の歯列において隣接する歯の間の歯間マージン上にある、該デジタルモデルの点を特定することと、

該特定された点に基づいて、カット表面を作成することと、

該カット表面に基づいて、該デジタルモデルの、該隣接した歯を表す部分を分離することと

を包含し、

計算により、該歯間マージン上にある点を特定することは、

該デジタルモデルの舌側面および頬面を含む平面を生成することと、

該舌側面および該頬面上の点に対して曲率半径の微分を計算することと、

該曲率半径の微分が極大となる該舌側面および該頬面上の点を該歯間マージン上にある点として特定することと

を包含する、コンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 31】

前記処理が、前記デジタルモデルの 2D 断面を表示することと、前記隣接する歯の間の歯間マージンが歯肉組織とあう、該表示された 2D 断面の近傍の点を特定するヒトオペレータからの入力を受け取ることとをさらに包含する、請求項 30 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 32】

前記デジタルモデルが、前記患者の歯列の 3D 容積モデルを含み、前記ヒトオペレータからの入力が、該容積モデルにおいて 2つのボクセルを特定する、請求項 31 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 33】

前記処理が、前記ヒトオペレータによって特定された 2つのボクセルの各々の周囲のボクセルの近傍を規定することとをさらに包含し、各近傍が、前記デジタルモデルを表すボクセルと、バックグラウンドイメージを表すボクセルとを含む、請求項 32 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 34】

前記処理が、互いに最も近接し、両方ともバックグラウンドイメージを表す、一对のボクセルを自動的に選択することとをさらに包含し、各近傍が、該ボクセルの 1つを含む、請求項 33 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 35】

前記処理が、別の 2D 断面の、前記歯間マージンを表すボクセルを自動的に特定することとをさらに包含する、請求項 32 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 36】

前記別の 2D 断面のボクセルを自動的に特定する際に、前記処理が、

前記選択されたボクセルの各々の周りのボクセルの近傍を規定することとであって、各近傍が、前記デジタルモデルを表すボクセルと、バックグラウンドイメージを表すボクセルとを含む、ことと、

該近傍を他の 2D 断面に投影することと、

該投影された近傍において、前記歯間のマージンを表す 2つのボクセルを選択することとをさらに包含する、請求項 35 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 37】

前記投影された近傍において2つのボクセルを選択する際に、前記処理が、互いに最も近接し、両方ともバックグラウンドイメージを表す、一対のボクセルを選択することをさらに包含し、該近傍の各々が、該ボクセルの1つを含む、請求項36に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 38】

プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な格納媒体であって、
該プログラムは、患者の歯列モデルの個々の成分のデジタルモデルを作成する際に使用される処理をコンピュータに実行させるためのものであり、
該処理は、
デジタルモデルのイメージを表示することと、
該イメージにおいて、該デジタルモデルの歯が歯肉組織とあう歯肉線を表す点を特定するヒトオペレータからの入力を受け取ることと、
該特定された点に基づいて、カット表面を作成することと、
該カット表面に基づいて、該デジタルモデルにおいて該歯肉組織から該歯を分離することと
を包含する、コンピュータ読み取り可能な格納媒体。

10

【請求項 39】

前記カット表面が、前記デジタルモデルにおける咬合平面に対して垂直に広がっている、
請求項38に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

20

【請求項 40】

前記カット表面を作成する際に、前記処理が、前記歯肉線の少なくとも一部を前記咬合平面に平行である面に投影することをさらに包含する、請求項39に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 41】

前記表面を作成する際に、前記処理が、前記歯肉線を前記投影に連結させた表面を作成することをさらに包含する、請求項40に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 42】

前記処理が、前記平面を前記歯肉線上の点の間にフィッティングさせることにより該平面を作成することをさらに包含する、請求項40に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

30

【請求項 43】

前記処理が、前記平面に垂直な方向に、前記歯から離れて、該平面をシフトさせることをさらに包含する、請求項42に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 44】

前記平面をシフトさせる際に、前記処理が、前記歯の中心の点を含み、かつ、該平面に垂直である線セグメントを作成することをさらに包含する、請求項43に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 45】

前記線セグメントの長さが、歯根の長さに等しい、請求項44に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

40

【請求項 46】

前記処理が、前記線セグメントの長さに等しい半径を有し、前記歯の中心の点上に中心がある球を作成することをさらに包含する、請求項44に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 47】

前記平面をシフトさせる際に、前記処理は、該面が前記球の接線方向にあるように、該平面を前記線セグメントに沿って移動させることをさらに包含する、請求項46に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 48】

50

前記処理が、ヒトオペレータからの指示を受けて、前記平面を前記球に沿って新たな位置にスライドさせることをさらに包含する、請求項 47 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 49】

前記カット表面が、前記デジタルモデルにおける咬合平面に平行に広がっている、請求項 48 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 50】

前記ヒトオペレータから受けた前記入力が、前記デジタルモデルの頬側および舌側の両方において該デジタルモデルの歯が歯肉組織とあう歯肉線を表す 2 つの 3D 曲線を形成する点を特定する、請求項 49 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

10

【請求項 51】

前記カット表面を作成する際に、前記処理が、前記 2 つの曲線に存在する前記点の間に表面をフィッティングさせることをさらに包含する、請求項 50 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 52】

前記表面を作成する際に、前記処理が、各歯について、前記 2 つの曲線の間に存在する点を特定することと、該特定された点および該 2 つの曲線上の点を頂点とする表面三角形を作成することとをさらに包含する、請求項 50 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 53】

20

前記点を特定する際に、前記処理が、各歯について、前記歯に隣接する 2 つの曲線の一部上の該点の x 座標、y 座標および z 座標の値を平均することをさらに包含する、請求項 52 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 54】

前記処理が、歯根を表す表面を作成することをさらに包含する、請求項 50 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 55】

前記歯根を表す表面を作成する際に、前記処理が、前記咬合平面に平行である平面上に点を投影することをさらに包含する、請求項 54 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

30

【請求項 56】

前記表面を作成する際に、前記処理が、前記 2 つの曲線上の点を前記投影された点に連結することをさらに包含する、請求項 55 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 57】

前記処理が、前記表面を用いて、前記デジタルモデルの前記歯根を表す部分を歯肉組織を表す部分から分離することをさらに包含する、請求項 56 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

【請求項 58】

前記処理が、前記デジタルモデルの前記歯根を表す部分を前記歯を表す部分に連結することをさらに包含する、請求項 57 に記載のコンピュータ読み取り可能な格納媒体。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は、コンピュータ補助歯科学および歯科矯正学の分野に関する。

【0002】

(背景)

2次元(2D)および3次元(3D)デジタル画像技術は、最近、歯科および歯科矯正の処置を補助するためのツールとして開発された。多くの処置供給者は、患者の歯列を研究するためのデジタル画像技術のいくつかの形態を使用する。米国特許出願 09/169,276号は、個々の歯列構成要素のモデルを含む、患者の歯列のデジタルモデルを形成す

50

る際における2Dおよび3D画像データの使用を記載する。このようなモデルは、中でも、患者のための歯科矯正処置計画を発達させることにおいて、ならびに処置計画を実行するための1以上の歯科矯正器具を作製することにおいて有用である。

【0003】

(要旨)

本発明者らは、デジタル歯列モデルを個々の歯列構成要素のモデルへ再分割またはセグメント化するためのいくつかのコンピュータ自動化技法を発達させた。これらの歯列構成要素には、歯冠、歯根、および歯肉領域が挙げられるが、これらに限定されない。セグメント化技法には、人的補助技法および完全自動化技法が挙げられる。いくつかの人的補助技法は、人間ユーザーがデジタル歯列モデルにおける特定の特徴を同定することによって「アルゴリズムヒント」を提供することを可能にする。次いで、同定された特徴は、自動化セグメント化のための基礎として役立つ。いくつかの技法は、歯列の容積測定3D画像モデル(volumetric 3D image model)、すなわち「ボクセル表示」に従い、そして他の技法は、幾何学的3Dモデル、すなわち「幾何学的表示」に従う。

10

【0004】

1局面において、本発明を実行するコンピュータは、患者の歯列の3次元(3D)表示を形成するデータセットを受容し、このデータセットへ試験を適用して個々の構成要素の部分を表現するデータエレメントを同定し、そして上記同定されたデータエレメントに基づいた個々の構成要素のデジタルモデルを作製する。いくつかの実行は、コンピュータが、歯列を横切る1以上の2D平面図における歯列の1以上の2D断面図を形成するデータエレメントを同定することを要求する。多くのこれらの実施態様において、これらの2D平面図は、歯列の咬合面に対しておおよそ平行である。コンピュータは、2D断面図の特徴を分析し、モデル化される個々の構成要素に対応するデータエレメントを同定する。例えば、1つの技法は、コンピュータが、歯列の2D断面における咬頭を同定することを要求し、ここで、これらの咬頭は、歯列における歯の間の隣接面の縁の配置を表現する。この技法の1変形は、コンピュータが、別の2D平面上で既に同定された咬頭の近傍における領域に対する1つの2D平面における歯列についてのその検索を制限することを可能にする。別の変形は、コンピュータが、隣接する2D平面上の咬頭をリンクして、隣接面の縁を表現する中実表面を形成することを可能にする。いくつかの実施態様は、コンピュータが、1以上の2D断面図における咬頭配置を同定する人間ユーザーから入力を受容することを可能にする。

20

30

【0005】

別の実施態様は、コンピュータが、モデル化される各個々の構成要素の構造コア、または骨格、を表現するデータエレメントを同定することを要求する。コンピュータは、構造コアに対して個々の構成要素を表現する他のデータエレメントをリンクすることによってモデルを作製する。

【0006】

別の局面において、本発明を実行するコンピュータは、患者の歯列を表現する3次元(3D)データセットを受容し、試験を適用して、歯列における2つの歯の間の隣接面の縁を表現するデータエレメントを同定し、そして別のコンピュータ実行された試験を適用して、デジタルモデルにおける包含についての隣接間の縁の1側面に横たわるデータエレメントを選択する。いくつかの実行は、コンピュータが、歯列の咬合面に対してほぼ平行である歯列を横切る1以上の2D平面における歯列の1以上の2D断面図を形成するデータエレメントを同定することを要求する。

40

【0007】

別の局面において、本発明を実行するコンピュータは、歯および歯を包囲する歯ぐき組織(gum tissue)の少なくとも一部分を含む、患者の歯列の少なくとも一部分を表現する3Dデータセットを受容し；試験を適用して、歯および歯ぐき組織が出会うところで生じる歯肉境界線に横たわるデータエレメントを同定し；そして試験をこの境界に横たわるデータエレメントに適用し、歯の部分表現する他のデータエレメントを同定する

50

【0008】

1局面において、本発明は、患者の歯列の3次元(3D)デジタルモデルを得、そしてモデルを分析して自動的にこのモデルの少なくとも1軸の配向を決定することを包含する。いくつかの実行において、モデルのz軸は、モデルの周りに配向付けられた境界ボックス(Oriented Bounding Box(OBB))を作製し、そしてOBBが最小の厚みを有する方向を同定することによって分かる。z軸は、この方向においてモデルの下部表面からその上部表面へ延びる。その上、たった1つの下顎骨を有する歯列モデルにおいて、モデル表面の1つは、実質的に平坦であり、そして対向する表面は、テクスチャー加工(textured)されている。正のz軸の方向は、このタイプのモデルにおいて、表面のどこが平坦であるかまたはテクスチャー加工されているかを同定することによって、同定され得る。そのように行うための1技法は、z軸に対してほぼ垂直であり1以上の平面を作製し、次いで、これらの平面と歯列モデルの上部平面および下部平面との間に延びる線分を作製することを包含する。線分の全てが1つの長さである表面は、平坦な表面であるとして同定され、そして線分が異なる長さを有する表面はテクスチャー加工されている表面であるとして同定される。

10

【0009】

他の実行において、x軸およびy軸は、これらの軸および歯列モデルの弓形状断面図を含む2次元(2D)平面を選択し、そしてこの平面におけるこれらの軸の配向を同定することによって見出される。一般的に、弓形状断面図は、y軸周りにほぼ対称的である。y軸を同定するための1技法は、弓形状断面図の各末端におけるポイントを同定し、これらの同定されたポイント間に延びる線分を作製し、そしてy軸の配向を線分に対してほぼ垂直であると同定することを包含する。弓の各末端のポイントは、弓形状断面図によって包囲される領域内に横たわるポイントを選択し、2D平面の選択されたポイントとエッジとの間に延びる線分を作製し、選択されたポイント周りに円形様式で線分をスイープし(sweep)、そしてスイープ線分が歯列モデルの断面図を横切り始め、そして歯列モデルの断面図を横切るのを止める弓形状断面図の末端のポイントを同定することによって同定され得る。一般的に、x軸はy軸に対して垂直である。

20

【0010】

別の局面において、本発明は、プログラムされたコンピュータを使用して患者の歯列の3Dデジタルモデルを得、患者の歯列の隣接する歯の間の隣接面の縁に横たわる歯列モデルにおけるポイントを同定し、そしてこれらの同定されたポイントを使用して隣接する歯を表現する歯列モデルの部分を分離する際の使用のために切断表面を作製することによって患者の歯列の個々の構成要素のデジタルモデルを作製するを包含する。

30

【0011】

いくつかの実行において、歯列モデルの2D断面図は、操作者へ表示され、そしてこの操作者は、隣接する歯の間の隣接面の縁が歯肉組織と出会うおおよそのポイントを同定する入力を提供する。いくつかの場合において、歯列モデルは、歯列の3D容積測定モデルを含み、そして操作者によって提供される入力は、この容積測定モデルにおける2つのボクセルを同定する。次いで、コンピュータは、操作者によって同定された2つのボクセルの各々の周りのボクセルの近傍を規定し、ここで各近傍は、歯列モデルを表現するボクセルおよびバックグラウンド画像を表現するボクセルを含む。コンピュータは、一对のボクセル、各近傍のもの、最も近くにとともに横たわるバックグラウンド画像を表現するものを選択する。

40

【0012】

これらの実行のいくつかにおいて、コンピュータはまた、隣接面の縁を表現する別の2D断面図におけるボクセルを同定する。このように行うための1つの技法は、選択されたボクセルの各々の周りのボクセルの近傍を規定し(ここで、各近傍は、歯列モデルを表現するボクセルおよびバックグラウンド画像を表現するボクセルを含む)、他の2D断面図上へこれらの近傍を投影し、そして隣接面の縁を表現する投影された近傍における2つのボク

50

セルを選択することによる。

【0013】

別の局面において、本発明は、歯列モデルの画像を表示し、歯列モデルの歯が歯肉組織と出会う歯における歯肉ラインを表現する画像におけるポイントを同定する操作者からの入力を受容し、そして同定されたポイントを使用して歯列モデルの歯肉組織から歯を分離する際の使用のための切断表面を作製することを包含する。この切断表面は、しばしば、歯列咬合面に対してほぼ垂直に延びる。

【0014】

いくつかの実行において、切断表面は、咬合面に対してほぼ平行である平面へ歯肉ラインの少なくとも一部を投影し、次いでこの投影に歯肉ラインを接続させる表面を作製することによって作製される。この平面を確立する1方法は、歯肉ラインのポイントの周りに平面をフィットさせ、次いで、この平面を歯から、この平面に対してほぼ垂直である方向にシフトさせることによる。例えば、この平面は、歯の中央に近いポイントを含み、かつこの平面に対してほぼ垂直である線分に沿ってシフトされ得る。線分の長さは、通常、歯根の長さに近い。

10

【0015】

他の実施態様において、切断表面は、歯列モデルの歯列の咬合面に対してほぼ平行に延びる。これらの実施態様のいくつかにおいて、操作者からの受容される入力は、歯肉ラインを表現する2つの3D曲線を形成するポイントを同定し、ここで、歯列モデルの歯は、歯列モデルの頬側面および舌側面の両方における歯ぐき組織に出会う。切断表面は、2つの曲線に横たわるポイントの間に表面をフィットさせることによって作製される。各歯について、2つの曲線間に横たわるポイントが同定され、そして表面三角形が、同定されたポイントと2つの曲線に横たわるポイントとの間で作製される。このポイントを同定する1技法は、各歯について、この歯に対して隣接する2つの局面の一部におけるポイントのx、yおよびz軸値を平均することを包含する。

20

【0016】

他の実施態様は、各歯について、歯の根を表現する表面を作製することを包含する。このように行うための1技法は、咬合面に対してほぼ平行である平面上にポイントを投影し、そして投影されたポイントへ2つの曲線上のポイントを接続させることを包含する。この表面は、歯根を示す歯列モデルの部分を歯肉組織を表現する部分から分離するために使用される。次いで、歯根のモデルが歯のモデルに関係付けられる。

30

【0017】

他の実施態様および利益は、詳細な説明および上記の特許請求の範囲から明らかである。

【0018】

(詳細な説明)

米国特許出願09/169,276号は、3Dデジタルデータセットを作成するための技法を開示し、このデータセットは、患者の歯列(患者の歯の歯冠および歯根ならびに周りの歯ぐき組織を含む)のモデルを含む。このような技法の1つは、プラスターのような材料から、歯列の物理的モデルを作製し、次いで、レーザースキャナーまたは破壊的スキャンニングシステムを用いてこのモデルをデジタル的に画像化することを包含する。このような技法は、歯列モデルのデジタル容積測定3Dモデル(「容積エレメント表現」または「ボクセル表現」、)および/または歯列のデジタル幾何学的3D表面モデル(「幾何学的モデル」)を作製するために使用される。以下に記載される、コンピュータ実行される技法は、これらのタイプの3D歯列モデルの1つまたは両方に従う。

40

【0019】

ボクセル表現を作製する際において、物理的モデルが、通常、物理的モデルの色と鋭く対照的であるポッティング材料に組み込まれ、歯列造作の検出を増強する。黒色ポッティング材料に組み込まれる白色歯列モデルは、最も鋭いコントラストを提供する。広範な情報が、使用され3Dモデルを増強し、この情報は、患者の歯列の写真画像、2Dおよび3DのX線スキャン、コンピュータ連動断層撮影(CT)スキャン、ならびに磁気共鳴画像法

50

(MRI) スキャンから取られたデータを含む。

【0020】

3Dデータセットは、コンピュータにロードされ、このコンピュータは、歯列の1以上の技法を実行するプログラムの制御下で、人間の補助有りまたは無しいずれかで、デジタル歯列モデルを個々の歯列構成要素(歯および歯肉組織)のデジタルモデルへセグメント化する。1実行において、コンピュータは、患者の歯列における各個々の歯のデジタルモデル、ならびに歯を包囲する歯肉組織のデジタルモデルを作製する。

【0021】

デジタル歯列モデルを正確にセグメント化するために、コンピュータは、しばしば、歯列モデルの正確な配向を知らなければならない。3Dデータセットにおけるデジタル歯列モデルの配向を確立するための1つの技法は、上記のデジタル画像化プロセスの間、前述の配向で物理的歯列モデルを保持することを包含する。中実ポッティング材料における特定の配向で物理的モデルを組み込むことは、物理的モデルを保持する1つの様式である。しかし、いくつかのシステムにおいてこの技法でさえ、歯列モデルの配向における少しいずれかのエラーを誘導する。

【0022】

(デジタル歯列モデルの配向)

図25、26、27A~Cおよび28は、デジタル歯列モデル500を適切に配向するためにコンピュータによって使用されるいくつかの技法を示す。コンピュータは、第1に、上述の技法の1つを使用して歯列のデジタルモデルを得る(工程700)。次いで、コンピュータは、モデルのz軸502を配置し、これは、記載される実施例において、モデルの基部から患者の口の根まで延び、そして歯列の咬合面に垂直である(工程702)。次いで、コンピュータは、モデルのy軸504を配置し、これは、記載される実施例において、歯の弓内に横たわる領域から患者の前歯に向けて延びる(工程704)。右手の法則を使用して、次いで、コンピュータは、モデルのx軸506を規定して歯の弓内に横たわる領域から患者の口の右側の歯へ延びる(工程706)。咬合面は、患者の下顎骨がかみ合う場合に患者の歯の咬頭の全てによって刺される面である。咬合面を同定するための技法は、この平面の配置を同定するユーザー入力を受容し、そして歯列モデルの全受動化分析を実施することを包含する。

【0023】

図25、26、および29は、z軸502を同定するための1つの技法を示す。コンピュータは、第1に、3Dデータセットにおける歯列モデル500を同定する(工程710)。3D幾何学的データについて、歯列モデルを同定することは、単に、幾何学的表面の配置の問題である。3D容積測定データについて、歯列モデルを同定することは、より明るいボクセル(これは、歯列モデルを表現する)をより暗いボクセル(これは、バックグラウンドを表現する)と区別することを包含する。次いで、コンピュータは、第1に、従来のOBBフィッティング技法を使用して歯列モデル500周りにOriented Bounding Box(「OBB」)510をフィットさせる(工程712)。OBB510がその最も小さな厚み T_{MIN} を有する寸法は、z軸502が延びる寸法である(工程714)。

【0024】

z軸502が延びる寸法を決定した後、コンピュータは、歯列モデルが上方または下方に(すなわち、この方向で正のz軸が延びる)直面しているかどうかを決定する。図26および30は、正のz軸の方向を決定するための技法を示す。この技法は、歯列モデルの下部表面512が平坦であり、そして上部表面514が患者の歯のギザギザ外形に従う観察による。この技法はまた、この点でのモデルが患者の下顎骨のたった1つを含むという仮定による。

【0025】

コンピュータは、第1に、z軸502に垂直である1以上の平面516、518を作製する(工程720)。次いで、コンピュータは、平面516、518とモデルの表面512

10

20

30

40

50

、514との間に線分515A、515Bを作製する(工程722)。平坦下部表面512に触れる線分515Aは全て、およそ同一の長さである(工程724)。ギザギザ上部表面514に触れる線分515Bは、異なる長さを有する(工程726)。コンピュータは、下部表面512から上部表面514へ延びるとして正のz軸を同定し、そしてデジタル歯列モデル500を従って配向する(工程782)。

【0026】

図27A、図27B、27C、および31は、歯列モデル500のy軸504およびx軸506を同定するための技法を示す。コンピュータは、z軸に垂直であり、かつ歯列モデルの断面図522を含むデータの2Dスライス520を選択することによって始まる(工程730)。この技法は、歯列モデルの断面522が弓形状であるという観察による。コンピュータは、2Dスライス520の中央かまたはその付近のポイント524を同定する(工程732)。次いで、コンピュータは、スライス520の選択されたポイント524からエッジ528(または532)へ延びる線分526(または530)を作製する(工程734)。線分が延びる方向は任意であり、従って、線分は、歯の断面図を横切ってもよく、または横切らなくともよい。記載される実施例は、2つの線分526、530を示し、これらのうちの1つは、歯の断面図522を横切り、これらの他方は横切らない。

【0027】

次いで、コンピュータは、中央点524の周りに線分526、530の1つを回転、またはスイープし始める(工程736)。一般的に、コンピュータは、小さな個々の段階で、通常5度の回転のオーダーで、線分をスイープする。それがスイープされると、最初に歯の断面図522を横切る線分526は、最終的に断面図522を横切るのを停止し、そしてコンピュータは、これが生じるポイント534をマークする。スイープが続く場合、線分526は、最終的に、断面図522を横切ることを再開し、そしてコンピュータは、これが生じるポイント536をマークする。同様に、最初は断面図522を横切らない線分530は、最終的に、断面図522を横切り始め、そしてコンピュータは、これが生じるポイント536をマークする。コンピュータはまた、この線分530が断面図522を横切ることを停止するポイント534をマークする(工程738)。コンピュータは、ポイント534、536の両方をマークした後、線分526、530をスイープすることを停止する(工程740)。

【0028】

次いで、コンピュータは、2つのマークされたポイント534、536間に延びる線分538を作製する(工程742)。歯列モデルのy軸504は、歯の弓の前部540を通過してこの線分538に対してほぼ垂直に延びる(工程744)。x軸506は、歯の弓の右側面542を通過してこの線分538に対してほぼ平行に延びる(工程746)。コンピュータは、この線分538を使用して、歯列モデルをx軸およびy軸に沿って正確に配向する(工程748)。

【0029】

(デジタル歯列モデルの個々の構成要素モデルへのセグメント化)
3D歯列モデルを個々の歯列構成要素のモデルへセグメント化するためのコンピュータ実行されるいくつかの技法は、コンピュータとの相当な量の人間相互作用を要求する。このような技法の1つ(これは、図1A、1B、および2に示される)は、通常の鋸子を模倣する造作とのグラフィカルユーザーインターフェースを提供し、ユーザーが、歯列モデル100から切断されるべき構成要素を同定することを可能にする。グラフィカルユーザーインターフェースは、歯列モデルのレンダリングされた3D画像100を提供し、予め決定された位置からの1以上の静止図(図1Aおよび1Bに示される)またはユーザーが視角を変化することを可能にする「全3D」モード(図2に示される)のいずれかである。鋸子ツールは、レンダリングされた画像100において図的に表現される、数学的コントロールポイント102のセットとして実行され、これは、容積測定歯列モデルまたは幾何学的歯列モデルを横切る3D切断表面104を規定する。コンピュータは、3D切断表面104と歯列モデルとの間の表面相互作用操作を実行することによって、歯列モデルにお

10

20

30

40

50

けるデータエレメントを細分割する。ユーザーは、数学的コントロールポイントの配置を設定し、従って、3D切断表面の形状および配置を、入力デバイス（例えば、マウス）を使用してグラフィカル表示におけるコントロールポイントを操作することによって、設定する。コンピュータは、ディスプレイ上の切断表面の視覚的表現104を提供し、分離されるべき個々の構成要素周りにこの表面をフィットさせる際にユーザーを補助する。一旦、交差操作が完全となると、コンピュータは、新しくセグメント化されたデータエレメントを使用して、個々の構成要素のモデルを作製する。

【0030】

図3に示されるように、実質的な人的介入を必要とする別の技術は、従来の消去器を模倣するツールを有するグラフィカルユーザーインターフェースである。消去器ツールは、ユーザーが、個々の歯列成分を、その個々の成分を取り囲む歯列モデルの一部を除去することによって単離することを可能にする。この消去器ツールは、3D固体110として実行され、これは、代表的に長方形プリズムの形状を有するか、または歯の側面の形状に適合する曲面を有する。この固体は、可能な限り小さく（通常は、ただ単一のボクセルの厚さ）され、データセットの劣化を最小化する。鋸子技術を用いるように、このグラフィカルユーザーインターフェースは、1以上の所定の静止画または完全な3Dモードの歯列モデルの与えられた3D画像112をユーザーに提示する。ユーザーは、入力デバイスで3D固体のグラフィカル表示110を操作することによって、除去する歯列モデルの一部を同定する。代替的实施態様において、コンピュータは、ユーザーが消去器112を移動するに従い、歯列モデルの同定された部分を除去するか、コンピュータは、ユーザーが消去器の移動を停止し、そしてこの同定された部分を除去するための指示を提供するまで待機する。コンピュータは、実時間でディスプレイを更新し、歯列モデルを通る消去器の経路114を示す。

【0031】

他のコンピューター実行型セグメント化技術は、セグメント化プロセスの間にほとんど、または全く人的介入を必要としない。図4に例示される、1つのこのような技術は、歯列モデルの容積測定表現に対する従来の「造作骨格」の適用を含む。この技術は、個々の歯の同定およびモデリングに特に有用である。一般に、この技術を適用するコンピューターは、ボクセルのコアを同定し、これは、歯列120についての骨格122を形成する。この骨格122は、患者の歯内の生物学的神経網と大まかに類似する。次いで、このコンピューターは、骨格122を分岐124に分割し、その各々は、1つの歯内全体に配置されるボクセルを含有する。分岐を同定するための1つの技術は、患者の歯列の咬合面にほぼ平行な、骨格122を通る切断面126（「水平面」）を規定することによる。各分岐124は、1以上の点、すなわちクラスターで水平面126と交差し、このクラスターは、他の分岐と関連するクラスターと比較的離れている。このコンピューターは、骨格の適切な分岐124に他のボクセルを連結することによって個々の歯モデルを形成する。

【0032】

図5は、歯列モデルにおける骨格を形成するための特定の技術を記載する。コンピューターは、最初に、歯表面を表示する歯列モデル中のボクセルを同定する（工程130）。鮮鋭に対照的な物質に埋込まれる物理的モデルから作製されるボクセル表示について、歯表面を同定することは、米国特許出願09/169,276に記載のような、画像値における鮮鋭な変化が生じるボクセルを同定するのと同程度に単純である。次いで、コンピューターは、このモデルの各ボクセルについて、ボクセルと最も近い歯表面との間の物理的距離を示す距離の尺度を計算する（工程132）。コンピューターは、最も大きい距離尺度を有するボクセルを同定し、そしてこれらのボクセルの各々がその骨格の一部を形成するものとして標識する（工程134）。造作骨格分析技術は、以下の刊行物により詳細に記載される：(1) GagvaniおよびSilver, 「Parameter Controlled Skeletons for 3D Visualization」、Proceedings of the IEEE Visualization Conference (1997); (2) Bertrand, 「A Parallel Th

10

20

30

40

50

inning Algorithm for Medial Surfaces」、Pattern Recognition Letters、第16巻、979-986頁(1995); (3) Mukherjee, Chatterji、およびDas、「Thinning of 3-D Images Using the Safe Point Thinning Algorithm (SPTA)」、Pattern Recognition Letters、第10巻、167-173頁(1989); (4) Niblack, Gibbons、およびCapson、「Generating Skeletons and Centerlines from the Distance Transform」、CVGIP: Graphical Models and Image Processing、第54巻、n. 5、420-437頁(1992)。

【0033】

一旦、骨格が形成されると、コンピューターはこの骨格を使用して、歯列モデルを個々の歯の3Dモデルに分割する。図6は、これを実行するための技術の1つを示す。コンピューターは、最初に、各々の個々の歯に関連する骨格のこれらの部分を同定する。これを実行するために、コンピューターは、歯列の咬合面にほぼ平行であり、そしてその基部の近くの骨格と交差する平面を規定する(工程136)。次いで、コンピューターは、骨格と平面の両方に位置する各ボクセルを同定することによって、この平面と骨格が交差するポイントを同定する(工程138)。一般に、単一の歯は、骨格の特定の分岐に位置する全てのボクセルを含み;そしてこの平面がその基部の近くで骨格と交差するので、骨格の分岐で共に位置するボクセルは、通常、その交差平面上に共にクラスター化する。コンピューターは、この交差平面上の互いの特定の距離内で位置する、骨格上のボクセルを同定することによって、その分岐を位置付け得る(工程140)。次いで、コンピューターは、各分岐に属する骨格上の全てのボクセルを同定および標識する(工程142)。

【0034】

一旦、分岐が同定されると、コンピューターは、このモデル中の他のボクセルをこれら分岐に連結する。コンピューターは、骨格の各分岐において参照ボクセルを同定することによって開始する(工程144)。各参照ボクセルについて、コンピューターは、骨格上に位置しない隣接ボクセルを選択する(工程146)。次いで、コンピューターは、この選択されたボクセルをプロセスし、このボクセルが歯列の外側に位置するか否か(すなわち、この関連する画像値が、特定の閾値より上か下か)を決定し(工程148);このボクセルが、別の歯に属するものとしてすでに標識されているか否かを決定し(工程150);そしてこのボクセルの距離尺度が、参照ボクセルの距離尺度より大きいか否かを決定する(工程152)。これらの条件が実際に存在しない場合、コンピューターは、この選択されたボクセルを、参照ボクセルと同じ歯に属するものとして標識する(工程154)。次いで、コンピューターは、この参照ボクセルに隣接する他の全てのボクセルについて、この試験を繰り返す(工程156)。全ての隣接ボクセルを試験する際に、隣接ボクセルが同じ歯に属するとして標識されるという条件で、コンピューターは、新たな参照点としてこれらの隣接ボクセルの1つを選択し、次いで、この新たな参照点に隣接する、各々の試験されていないボクセルについて上記試験を繰り返す。このプロセスは、歯列中の全てのボクセルが、試験されるまで継続する。

【0035】

図7Aおよび7Bは、歯列モデルにおける個々の歯を同定およびセグメント化するための別の技術を例示する。この技術(「2Dスライス分析」と呼ばれる)は、歯列モデルのボクセル表示を一連の平行な2D平面160(すなわち、スライス)に分割する工程を含み、この一連の平面160は、各1ボクセルの厚さであり、そして歯列の咬合面にほぼ平行であり、この咬合面は、このモデルのz軸にほぼ垂直である。2Dスライス160の各々は、この歯列の2D断面162を含み、この表面164は、患者の歯および/または歯ぐきの舌側面ならびに頬面を表示する。コンピューターは、各2Dスライス160の断面162を検査して、歯間の隣接面の縁166の位置に近位するボクセルを同定する。これらのボクセルは、2D断面表面164における咬頭165の先端に位置する。次いで、コン

コンピューターは、この同定されたボクセルを使用して、これらの位置で歯列モデルと交差する3D表面168を作製する。コンピューターは、これらの交差表面168に沿った歯列モデルをフラグメント化して、個々の歯モデルを作製する。

【0036】

図8は、2Dスライス分析技術の特定の実行を記載する。コンピューターは、この2Dスライスの各々を形成するボクセルを同定すること(工程170)によって開始する。次いで、コンピューターは、各2Dスライスについて、患者の歯および歯ぐきの舌側面ならびに頬面を表示するボクセルを同定し(工程172)、そしてこれら全てのボクセルを含む曲線を規定する(工程174)。この曲線は、この2D断面162の表面164を表示する。

10

【0037】

次いで、コンピューターは、2D断面の表面164上の各ボクセルでの曲率を計算し(すなわち、曲率半径の微分)(工程176)、そして曲率の極大が生じるボクセルの全てを同定する(工程178)。極大が生じる各ボクセルは、2D断面の表面164における「咬頭」を表示し、そして歯間の隣接面の縁とほぼ一致する。各2Dスライスにおいて、コンピューターは、同じ隣接面の縁に対応するこれらの咬頭ボクセルの対を同定し(工程180)、そしてコンピューターは、各対を標識して、各対が関連する隣接面の縁を同定する(工程182)。次いで、コンピューターは、同じ隣接面の縁を表示する全ての2Dスライス上のボクセル対を同定する(工程184)。各隣接面の縁について、コンピューターは、その関連するボクセル対の間の隣接面の縁の形状を近似する3D表面168を適合

20

【0038】

図9は、隣接面の縁を近似する3D表面を作製するための1つの技術を例示する。特定の隣接面領域と関連する2Dスライスにおける咬頭ボクセル190a-bの各対について、コンピューターは、これらの咬頭ボクセル190a-bで結ばれる線分192を作製する。コンピューターは、線分中のボクセル(このセグメントを結ぶ咬頭ボクセル190a-bを含む)の色を変化し、2Dスライスにおける他のボクセルと対比する。コンピューターは、各連続2Dスライスにおいて、この様式で線分を作製し、隣接面領域を表示する3D表面を形成する。これらの3D表面の隣接する表面間に位置する全てのボクセルは、個々の歯を表示する。

30

【0039】

図10Aから10Cは、図9に示された技術の洗練を例示する。これらの洗練化技術は、線分200の、1つのスライスから次に連続するスライス上の線分206上への射影を含み、関連する隣接面の縁について、線分200、206の、咬頭ボクセル202a-b、204a-bで結ばれる2D領域を形成する。線分200、206は、図10Aに示されるように、一方のセグメント200上の任意のボクセルが、もう一方のセグメント206上のボクセルに隣接しないように配向され、従って、得られる3D表面は、白いボクセル208、210の不連続性の、残存する不要な「島」である。

【0040】

コンピューターは、2つの新しい線分212、214を作製することによってこれらの不連続性を排除し、この新しい線分の各々は、図10Bに示されるように、各々の元の線分200、206由来の1つの咬頭ボクセル202a-b、204a-bで結ばれる。次いで、コンピューターは、図10Cに示されるように、この新しい線分212、214の間の全てのボクセルの色を変化することによって、この新しい線分212、214の間の島を排除する。

40

【0041】

自動化されたセグメント化は、「シード咬頭検出」として公知の技術を介して増強される。用語「シード咬頭」とは、隣接する歯の間の隣接面の縁が患者の歯肉組織に面する位置をいう。患者の歯列の容積表示において、特定の隣接面の縁に対するシード咬頭が、歯ぐきラインに最も近くに位置する咬頭ボクセルで見出される。2Dスライス分析にこのシー

50

ド咬頭検出を適用することによって、コンピューターは、3Dモデルにおけるシード咬頭ボクセルの全てを自動的に同定し得る。

【0042】

図11は、シード咬頭技術の特定の実行を示し、ここで、コンピューターは、咬頭の曲率が、最初に所定の閾値より下に低下する各々の2Dスライスを同定することによって、シード咬頭を検出する。コンピューターは、各アーチにおける全ての歯を交差する2Dスライスを選択すること(工程220)によって開始する。コンピューターは、歯肉組織を表示するいずれのボクセルも含まない、歯肉領域に近位するスライスを選択することを試行する。次いで、コンピューターは、2Dスライスにおいて全ての咬頭ボクセルを同定する(工程222)。任意の咬頭ボクセルでの2D断面の曲率は、所定の閾値未満である場合、コンピューターは、このボクセルをシード咬頭として標識する(工程224)。次いで、コンピューターは、歯肉領域により近い1つのボクセル層である、次の2Dスライスを選択し(工程226)、そしてコンピューターがすでにシード咬頭と同定した咬頭と関連しない全てのシード咬頭を同定する(工程228)。2D断面の曲率は、任意のこれらの咬頭ボクセルで所定の閾値未満である場合、コンピューターは、このボクセルをシード咬頭として標識し(工程230)そして次の2Dスライスに進行する。コンピューターは、シード咬頭ボクセルが、隣接面の縁に関連する各咬頭について同定されるまで、この様式で継続する(工程232)。

10

【0043】

図32、33および34は、デジタル歯列モデルにおいてシード咬頭を検出するための、「近傍フィルター化シード咬頭検出」として知られる、人的補助を要する技術を例示する。この技術は、操作者がビデオディスプレイ上の2D画像スライスを通してスクロールし、そして隣接面の縁の各々についてのシード咬頭の位置を同定することを可能にする。コンピューターは、2Dスライスを提示し(工程750)、そして操作者は、この2Dスライスを検索して、歯の各々の隣接対について、どのスライス550がこの対応する隣接面の縁に対するシード咬頭を最も含みそうであるか決定する。マウスまたは電子ペンのような入力デバイスを使用して、ユーザーは、このシード咬頭を表示するようであるスライス550における点552、554をマスクする(工程752)。この人的指導によって、コンピューターは、このスライスにおける2つのボクセルをシード咬頭として自動的に同定する。

20

30

【0044】

操作者によって同定された点552、554は、実際のシード咬頭560、562であってもよく、またはそうでなくてもよいが、これらの点552、554は、この実際のシード咬頭560、562に非常に近くに位置する。結果として、コンピューターは、実際のシード咬頭560、562についてのこの検索を、操作者によって選択された点552、554の直ぐ周辺のボクセル近傍556、558に制限する。コンピューターは、この近傍556、558の各々を、本明細書中に示されるような、特定の数のボクセル(例えば、5×5平方に配列された25個)に含まれるように規定する(工程754)。次いで、コンピューターは、近傍556、558における全てのボクセルについての画像値を試験して、バックグラウンド画像に関連する画像値とこの歯列に関する画像値を同定する(工程756)。この例において、バックグラウンドにおけるボクセルは、黒色であり、そして歯列におけるボクセルは、白色である。コンピューターは、共に最も近くに位置する、黒色ボクセル(各々の近傍556、558由来の1つ)の対を位置付けることによって実際のシード咬頭560、562を同定する(工程758)。示された例において、実際のシード咬頭560、562の各々は、操作者によって選択された点552、554の1つの近くに位置する。

40

【0045】

図12、13および14は、「近傍フィルター化シード咬頭検出」として知られる、技術を例示し、これによって、コンピューターは、1つの2Dスライス上の咬頭に対するその検索を、別の2Dスライス上に先に検出された咬頭ボクセル240、242の対によって

50

規定されたボクセルの近傍 2 4 4、2 4 6 に対して集束させる。この技術は、上記の近傍フィルター化シード咬頭検出技術に類似する。

【 0 0 4 6 】

レベル N の 2 D スライスにおける咬頭ボクセル 2 4 0、2 4 2 の対の検出 (工程 2 5 0) の際に、コンピューターは、その対の周辺の所定の数のボクセルを含む 1 以上の近傍 2 4 4、2 4 6 を規定する (工程 2 5 2)。次いで、コンピューターは、元のスライス上の近傍中のボクセルに直ぐ隣接する次のスライス上のボクセルを同定することによって、レベル N + 1 の次の 2 D スライス上にその近傍を投影する (工程 2 5 4)。これらの近傍は、これらが、この N + 1 スライス上の咬頭ボクセルを含むことを確実にするのに十分大きくされる。図 1 3 の例において、各咬頭ボクセル 2 4 0、2 4 2 は、5 × 5 平方に配列された 2 5 個のボクセルの近傍 2 4 4、2 4 6 の中心に位置する。

10

【 0 0 4 7 】

N + 1 スライス上の咬頭ボクセルの検索において、コンピューターは、投影された近傍における全てのボクセルについての画像値を試験して、バックグラウンド画像に関する画像値とこの歯列に関する画像値を同定する (工程 2 5 6)。この例示された例において、バックグラウンドにおけるボクセルは、黒色であり、そして歯列におけるボクセルは、白色である。コンピューターは、共に最も近くに位置する、2 つの近傍における黒色ボクセルの対を位置付けることによって、N + 1 スライス上の咬頭ボクセルを同定する (工程 2 5 8)。次いで、コンピューターは、残りの全てのスライスについてこのプロセスを繰り返す (工程 2 5 9)。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 5 および 1 6 は、歯列における歯間の隣接面の縁を同定するための、「アーチ曲線適合」として公知の別の技術を例示する。歯列の 2 D 断面スライスにもまた適用する、このアーチ曲線適合技術は、歯列アーチ 2 6 4 の 2 D 断面の表面 2 6 2 上のボクセル間で適合する曲線 2 6 0 の作製を含む。その各々が、断面の表面 2 6 2 によって結ばれる、一連の近位に間隔をあけた線分 2 6 8 が、2 D 断面 2 6 4 を通って、曲線 2 6 0 の間に曲線 2 6 0 にほぼ垂直に形成される。一般的に、これらの線分 2 6 8 の最も短いものが、隣接面の縁上または隣接面の縁の近辺に位置し；従って、コンピューターは、線分 2 6 8 の相対的な長さを決定することによってこの隣接面の縁を規定する咬頭を同定する。

【 0 0 4 9 】

アーチ曲線適合技術を適用する場合、コンピューターは、2 D スライスを選択すること (工程 2 7 0) によって開始し、そして断面アーチ 2 6 4 の表面 2 6 2 に関連するボクセルを同定する (工程 2 7 2)。次いで、コンピューターは、アーチの表面 2 6 2 上のボクセル間で適合する曲線 2 6 0 を規定する (工程 2 7 4)。コンピューターは、種々の技術 (以下に議論される数種) のいずれかを使用して、曲線を適合する。次いで、コンピューターは、曲線にほぼ垂直であり、そして断面の表面 2 6 2 によって結ばれる、一連の線分を作製する。これらの線分は、必要とされる解像度および受容可能な計算時間に依存する間隔距離で、ほぼ均等に間隔をあけられる。より大きい解像度は、より多くの線分を導き、従ってより多くの計算時間を導く。一般に、0 . 4 mm の程度の間隔は、このアーチ曲線適合技術の開始通路において十分である。

30

40

【 0 0 5 0 】

コンピューターは、各線分の長さを計算し (工程 2 7 8)、次いで局所的な最小の長さを形成する、これらの線分を同定する (工程 2 8 0)。これらの線分は、隣接面の境界の位置にほぼ近似し、そしてコンピューターは、これらの線分を結合するボクセルを咬頭ボクセルとして標識する (工程 2 8 2)。コンピューターは、2 D スライスの各々についてこのプロセスを繰り返し (工程 2 8 4)、次いで隣接面の縁に近似する 3 D 切断表面を規定するために、この咬頭ボクセルを使用する。

【 0 0 5 1 】

いくつかの実行において、コンピューターは、いくつかのさらなる線分のセットを作製することによって、アーチ咬頭決定を精錬し、そのアーチ咬頭の周囲の中心の各々を、第一

50

の通路上に同定する。これらの線分は、この通路上により狭い間隔をあけられ、アーチ咬頭の実際の位置の同定においてより高い解像度を提供する。

【 0 0 5 2 】

コンピューターは、アーチを通す曲線を作成するために種々の曲線適合技術のいずれかを使用する。1つの技術は、アーチの2つの末端に位置する終点265、267(図15)を有するカテナリー曲線の作製を含む。このカテナリー曲線は、式 $y = a + b c o s h(c x)$ によって定義され、そしてコンピューターは、定数 a 、 b および c について適切な値を選択することによってこのアーチに曲線を適合する。別の技術は、2つの曲線の作製を含み、その1つは、アーチの前面271上に位置するボクセル間に適合され、そしてもう一方は、後面273上のボクセル間に適合される。第3の曲線(上記線分の配置を誘導する)は、第1の2つの曲線の間が存在する領域の中間を通して通過する。

10

【 0 0 5 3 】

図17および18は、アーチを通る曲線を作成するための別の技術を例示する。この技術は、アーチ264を通る一連の開始線分の作製、およびその後のこれらの線分の中間に適合される曲線290の形成を含む。この曲線290は、上記のアーチ曲線適合技術におけるアーチ曲線として作用する。

【 0 0 5 4 】

この技術の適用において、コンピューターは、アーチの末端265を最初に位置付けし(工程300)、そしてこの末端265の近辺のアーチ264を通過する線分291を作製する(工程301)。この線分291は、アーチの表面上に位置するボクセル292a-bによって結ばれる。次いで、コンピューターは、線分291の midpoint 293を決定し(工程302)、midpoint 293から特定の距離に位置付けられるボクセル294を選択し(工程304)、そして開始線分291に平行であり、そしてその選択されたボクセル294を含む第2の線分295を作製する(工程306)。次いで、コンピューターは、第2の線分295の midpoint 296を計算し(工程308)、そしてこの第2の線分295を、その線分をその可能な最小な長さにする方向295'に回転させる(工程309)。いくつかの場合において、コンピューターは、第2の線分295を所定の回転量(例えば、 $\pm 10^\circ$)に制限する。

20

【 0 0 5 5 】

次いで、コンピューターは、第2の線分295の midpoint 296からの特定の距離に位置付けられるボクセル297を選択し(工程310)、そして第2の線分295に平行であり、そしてその選択されたボクセル297を含む第3の線分298を作製する(工程312)。コンピューターは、第3の線分298の midpoint 299を計算し(工程314)、そしてこの線分298を、その線分をその可能な最小な長さにする方向298'に回転させる(工程316)。コンピューターは、断面のアーチのもう一方の末端に到達するまで、この様式で線分を追加し続ける(工程318)。次いで、コンピューターは、これらの線分の midpoint 間に適合する曲線を作製し(工程320)、そして上記のアーチ適合技術の適用の際にこの曲線を使用する。

30

【 0 0 5 6 】

図19A、19Bおよび20は、患者の歯列の隣接面の縁の形状および位置を近似する3D表面を作製するための代替的技術を例示する。この技術は、隣接面の縁を近似する位置の3D歯列モデルと交差する2D平面の作製を含む。一般的に、コンピューターは、この歯列モデルの咬合面にほぼ垂直である、アーチ332の一端331の開始平面330を開始する、一連の平面(「垂直な」面)を規定する。各平面は、2D断面334を形成するために歯列モデルと交差する。これらの平面が、互いに十分近接して間隔をあけられる場合、最も小さい断面積を有する表面は、この歯列における隣接面の縁の位置を近似する。コンピューターは、その平面が、最も小さい可能な断面積を生じる方向に達するまで、2つの直交する軸336、338にほぼ、各平面を回転させることによって、より正確に隣接面領域を位置付ける。

40

【 0 0 5 7 】

50

この技術の1つのインプリメンテーションにおいて、コンピューターは最初に、この歯列モデルのアーチの一端を同定する(工程340)。次いで、コンピューターは、この末端の近辺のアーチを通る垂直平面330を作製(工程342)し、そしてこの平面330の中点331を同定する(工程344)。次いで、コンピューターは、中点から所定の距離に位置付けされたボクセルを選択し(工程345)、そして開始平面に平行であり、そしてこの選択されたボクセルを含む第2の平面333を作製する(工程346)。コンピューターは、第2の平面の中点を計算し(工程348)、そしてこの中点で交差する2つの直交軸にほぼ、第2の平面を回転させる(工程350)。コンピューターは、最小の断面積を生じる方向を見出した時点で平面の回転を停止する。いくつかの場合、コンピューターは、平面を所定の回転量(例えば、各軸の周りに $\pm 10^\circ$)に制限する。次いで、コンピューターは、第2の平面の中点からの特定の距離に位置付けされるボクセルを選択し(工程352)、そして第2の平面に平行であり、そしてその選択されたボクセルを含む第3の平面を作製する(工程354)。コンピューターは、第3の平面の中点を計算し(工程356)、そしてこの平面を、その線分をその可能な最小の断面積を生じる方向に回転させる(工程357)。コンピューターは、アーチの他端が到達するまで、この様式で平面を追加かつ回転し続ける(工程358)。コンピューターは、局所的な最小の断面積を生じる平面を同定し、そしてこれらの平面を、隣接面の縁の位置に近似する、「隣接面平面」として標識する。

10

【0058】

図21に記載される、この技術の1つのバリエーションは、コンピューターが、隣接面として標識された平面の周辺の領域における、さらなる、より近接に位置される平面を作製することによって、近接面平面のその同定を洗練することを可能にする。コンピューターは、隣接面平面として標識された平面の中点間に適合する曲線を最初に作製し(工程372)、次いで、この曲線に沿ったさらなる平面のセットを作製する(工程374)。これらのさらなる平面は、曲線に沿って均等に間隔をあけられていないが、むしろ、隣接面の縁の周辺に集中される。各隣接面領域における平面は、非常に接近して間隔をあけられる(例えば、互いから0.05mm)。コンピューターは、その平面がその最小の断面積に到達するまで、その新規に構築された平面の各々を2つの直交軸の周りに回転させる。(工程376)。次いで、コンピューターは、この最小の断面積を有する各クラスターにおける平面を、隣接面の縁と最も密接に近似する平面として選択する(工程378)。

20

30

【0059】

図22、23および24は、患者の歯列に置ける歯と歯ぐきとの間の境界を規定する、歯肉縁を同定するための技術を例示する。この技術は、一連の垂直2D平面380(すなわち、スライス)の作製を含み、これらは、咬合面にほぼ垂直な歯列モデルに交差する(図19Aを参照のこと)。これらの平面380の各々における歯列モデルの断面の表面382は、歯肉縁を表示する咬頭384、386を含む。このコンピューターは、上記の咬頭検出技術の1以上を適用することによって、歯肉縁を同定する。

【0060】

1つの技術は、上記の近傍フィルター化咬頭検出技術に非常に類似する。すなわち、ボクセル近傍388、390が、1つの2D平面上に規定され、隣接2D平面上の咬頭についてのコンピューター検索を集束する。1つの2D平面上の一对の咬頭384、386を検出する(工程400)際に、コンピューターは、1以上の近傍388、390を、この対の周辺に所定の数のボクセルを含むように規定する(工程402)。コンピューターは、元の平面上の近傍388、390中のボクセルに対応する、隣接平面上のボクセルを同定することによって、隣接2D平面上にこれらの近傍を投射する(工程404)。次いで、コンピューターは、この隣接平面上の2つの近傍において共に最も近接して位置する黒色ボクセルの対を、これらのボクセルを咬頭に位置するものとして標識して、同定する(工程406)。コンピューターは、残り全ての平面についてこのプロセスを繰り返す(工程408)。

40

【0061】

50

多くのこれらの自動セグメント化技術は、人的補助される技術を組み合わせて使用される場合に、さらにより有用であり、そして効果的である。例えば、隣接面の縁または歯肉縁の同定に依存する技術は、人間ユーザーが、最初に歯列モデルの画像における隣接面の咬頭または歯肉の咬頭を表示する場合に、より迅速かつ効果的に機能する。ユーザーからこのタイプの情報を受け取るための技術は、2Dまたは3D表示を提示して、そしてユーザーにこのディスプレイにおける個々のボクセルを表示することを可能にすることによる。別の技術は、上記の近傍フィルター化シード咬頭検出技術におけるように、隣接面の咬頭または歯肉の咬頭のような鍵となる特徴を表示するこれらのボクセルを同定して、一連の2D断面スライスを通してスクロールすることを可能にする(図32、33、および34)。これらのいくつかの技術は、カーソルおよびバウンディングボックスマーカー(bounding-box marker)のようなユーザーインターフェイスツールに依存する。

10

【0062】

図35A~35Fは、歯列モデルの歯肉組織から歯を分離するための別の技術を例示する。この技術は、人的補助される技術であり、ここで、コンピューターが歯列モデルの画像を提示し(工程760)、そして操作者が、各歯について、歯冠602を取り囲む、歯肉縁または歯肉ライン600を同定することを可能にする(工程762)。この技術のいくつかの適用は、歯列モデルの3D容積画像を提示し、そしてユーザーが、マウスのような入力デバイスを用いて、各歯冠602の周辺の歯肉ライン600を規定するボクセルを選択することを可能にする。次いで、コンピューターは、この同定された歯肉ラインを使用して、歯根をモデリングし、そして歯肉組織604から歯(この根モデルを含む)を分離する切断面を作製する。

20

【0063】

一旦人間の操作者が歯肉ライン600を識別すると、そのコンピューターは、歯冠602の中心またはその付近に存在する点606を選択する(工程764)。この点を選択する方法は、歯列の咬合面に平行であり、かつ、歯冠602と交叉する2D画像切断面を選択すること、次いで歯冠602の表面608に存在するこの2D切断面においてすべてのボクセルのx座標およびy座標の値を平均化することによる。中心点606を選択した後、このコンピューターは、歯肉線606におけるいくつかの点605を規定し(工程766)、そしてこれらの点605から平面610を適合させる(工程768)。次いで、このコンピューターは、平面610に対して垂直であり、かつ選択された中心点606から所定の距離だけのびる線セグメント612を作成する(工程770)。代表的な歯の予測される大きさまたは患者の歯の実際の大きさは、線セグメント612の長さを決定する。2cmの程度の長さがほとんどの歯根をモデリングするに十分である。このコンピューターは、選択された中心点606に中心付けられた球614または部分球を規定する(工程772)。球614の半径は、線セグメント612の長さによって決定される。

30

【0064】

次いで、このコンピューターは、線セグメント612に沿って平面610をシフトさせ、その結果、その平面610が球614に正接する(工程774)。いくつかの適用において、そのコンピューターによって、人間の操作者は、球614の表面に沿って平面610をスライドさせて平面610の方向を調節し得る(工程776)。これは、例えば、歯冠602が傾いている場合(これは、歯根もまた傾いていることを示唆する)に、有用である。次いで、コンピューターは、シフトされた平面610において歯根線600の投影616を作成する(工程778)。歯根は、投影616に歯根線600を接続する表面618を作成することによってモデリングされる(工程780)。このコンピューターは、この表面を切断表面を使用して、歯肉組織から歯を分離する。この切断表面は、歯冠602の咬合表面にほぼ垂直である方向にのびる。

40

【0065】

一般に、歯肉ライン600をその投影に接続する表面618は、その歯肉線とその投影との間にのびる直線セグメントによって形成される。しかし、いくつかの実行が、これらの

50

線セグメントに沿った曲率を可能とする。いくつかのアプリケーションにおいて、このコンピュータは、その投影 616 を、その歯肉ライン 600 より大きくまたはより小さくするようにスケーリングし、これにより、その表面 618 がテーパ状となる（工程 782）。これらのアプリケーションの多くは、そのコンピュータに、人間の支援を要するか、または要さずに、テーパ状の表面のプロフィールを変化させ、その結果、テーパ率を表面 618 の長さによって変化させる（工程 784）。例えば、いくつかの表面は、その歯冠からの距離が増加するにつれてより迅速にテーパ状となる。

【0066】

図 37A ~ C および 38 は、歯列モデルにおける歯肉組織から歯を分離するための別の人間支援技術を例示する。この技術は、人間の操作者に対して歯列モデルの画像を表示する工程（工程 790）およびその操作者が歯弓の頬側および舌側における歯肉線 620、622 を追跡することを可能にする工程（工程 792）を包含する。これは、頬側表面および舌側表面における歯肉線 620、622 を表す 2 つの 3D 曲線 624、626 を生成する。このコンピュータは、これらの曲線 624、626 を使用して、3D 切断表面 628 を作成し、この表面は、歯冠 630、632 を、歯列モデルにおける歯肉組織 634 から分離する（工程 794）。切断表面 628 は、歯冠 630、632 の咬合表面とほぼ平行である。

【0067】

図 37C および 39 は、切断表面 628 を規定するための 1 つの技術を例示する。一般に、このコンピュータは、点 636、638 を、3D 曲線 624、626 の各々に沿って規定すること、およびその点 636、638 の間に適合させるように切断表面 628 を規定することによって切断表面 628 を作成する。このコンピュータはまず、3D 曲線 624、626 における点 636、638 を規定し（工程 800）、次いで各歯冠 630 の中心またはその付近の点 640 を規定する（工程 802）。中心点 640 を規定する 1 つの方法は、その歯に関連する歯肉曲線 624、626 の部分に存在する点 636、638 の全てについて x、y および z の座標値を平均することによる。次いで、このコンピュータは、中心点 640 および歯肉曲線における点 636、638 を頂点として用いて三角表面メッシュ 642 を作成する（工程 804）。このコンピュータは、この表面メッシュ 642 を使用して、歯肉組織から離れるように歯冠を切断する（工程 806）。いくつかの実行において、各歯冠についての歯根モデルを、例えば、上記のように離れた平面上に歯肉曲線を投影することによって作成する（工程 808）。このコンピュータは、その歯冠に歯根を接続して、個々の歯のモデルを完成させる（工程 810）。

【0068】

上記のセグメント化技術のすべては、個々の歯のデジタルモデルおよびその歯の周りの歯肉組織のモデルを作成する際に有用である。いくつかの場合、このコンピュータは、これらの技術の一つを用いて歯を識別およびセグメント化して、個々の歯のモデルを形成し、次いで、全ての残りのデータを使用して歯肉モデルを作成する。

【0069】

（他の実行）

多くの場合、このコンピュータは、歯列モデルをセグメント化するための計画を作成し、次いで、ユーザーが最良の代替案を選択することを可能にする。例えば、上記の弓曲線適合技術の一つのバージョンは、そのコンピュータが、候補の懸垂線またはスプライン曲線を作成することを要求する。これによってユーザーが数学的制御パラメータを操作することによって、改変することを可能にする。他の技術は、候補の切断表面であるいくつかの表面を表示すること、および適切な表面をユーザーが選択することを可能にすることを包含する。

【0070】

本発明のいくつかの実行は、デジタル電子回路において実現される（例えば、特定用途向け集積回路（ASIC））。他のものは、コンピュータハードウェア、ファームウェアおよびソフトウェアにおいて実現されるか、またはデジタル回路およびコンピュータ構成要

10

20

30

40

50

素の組み合わせによって実現される。本発明は、通常、少なくとも一部分は、コンピュータプロセッサによる実行のための機械読み出し可能な格納デバイスに具体的に保存されたコンピュータプログラムとして実現される。これらの状況において、本発明を実現する方法は、そのプロセッサがプログラムモジュールにおいて構成された命令を実行するときに行われ、入力データを操作し、そして出力を生成する。適切なプロセッサとしては、一般目的のマイクロプロセッサおよび特定の目的のマイクロプロセッサが挙げられ、これらは、一般に、読み出し専用メモリおよび/またはランダムアクセスメモリ機器から命令およびデータを受ける。コンピュータプログラムの命令を具体的に実現するために適切な格納デバイスとしては、すべての形態の不揮発メモリ（半導体メモリデバイス（例えば、EPROM、EEPROMおよびフラッシュメモリデバイス）；磁気ディスク（例えば、内部ハードディスクおよび着脱式ディスク）；光磁気ディスク；ならびにCD-ROMが挙げられる。

10

【0071】

本発明は、特定の実施態様に関して記載されてきた。他の実施態様は、上記の特許請求の範囲の範囲内にある。

【図面の簡単な説明】

【図1A】図1Aは、コンピュータモニター上に表示されて、そして人的操作される（human-operated）鋸子ツールでセグメント化される歯列モデルの部分図である。

【図1B】図1Bは、コンピュータモニター上に表示されて、そして人的操作される鋸子ツールでセグメント化される歯列モデルの部分図である。

20

【図2】図2は、コンピュータモニター上に表示されて、そして人的操作される鋸子ツールでセグメント化される歯列モデルの部分図である。

【図3】図3は、コンピュータモニター上に表示されて、そして人的操作される消しゴムツールでセグメント化される歯列モデルの部分図である。

【図4】図4は、造作骨格（feature skeleton）が同定された歯列モデルの図である。

【図5】図5は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される造作骨格分析技法についてのフローチャートである。

【図6】図6は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される造作骨格分析技法についてのフローチャートである。

30

【図7A】図7Aは、歯列モデルの水平2D断面図である。

【図7B】図7Bは、いくつかの2D平面によって交差される歯列モデルの側面図である。

【図8】図8は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される2Dスライス分析技法についてのフローチャートである。

【図9】図9は、歯列モデルの2Dスライスにおけるボクセルの群を示す。

【図10A】図10Aは、歯列モデルの2Dスライスにおけるボクセルの群を示す。

【図10B】図10Bは、歯列モデルの2Dスライスにおけるボクセルの群を示す。

【図10C】図10Cは、歯列モデルの2Dスライスにおけるボクセルの群を示す。

40

【図11】図11は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される自動咬頭検出技法についてのフローチャートである。

【図12】図12は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される近傍フィルターされた自動化咬頭検出技法を示す歯列モデルの水平2D断面図である。

【図13】図13は、近傍フィルターされた自動化咬頭検出技法を示す歯列モデルの2Dスライスにおける2群のボクセルを示す。

【図14】図14は、近傍フィルターされた自動化咬頭検出技法についてのフローチャートである。

【図15】図15は、歯列モデルをセグメント化する際に使用される弓状カーブフィッティング技法を示す歯列モデルの水平2D断面図である。

50

【図16】図16は、弓状カーブフィッティング技法についてのフローチャートである。

【図17】図17は、弓状カーブフィッティング技法を用いる使用についてのカーブ作製技法を示す歯列モデルの水平2D断面図である。

【図18】図18は、カーブ作製技法についてのフローチャートである。

【図19A】図19Aは、歯列モデルをセグメント化するために使用するため別の技法を例示する歯列モデルの斜視図である。

【図19B】図19Bは、歯列モデルをセグメント化するために使用するため別の技法を例示する歯列モデルの垂直2D断面図である。

【図20】図20は、図19Aおよび19Bに示される技法のフローチャートである。

【図21】図21は、図19Aおよび19Bに示される技法のフローチャートである。

10

【図22】図22は、歯列モデルをセグメント化するために使用するための歯肉縁検出技法を例示する歯列モデルの垂直2D断面図である。

【図23】図23は、歯肉縁検出技法を示す検出モデルの2Dスライスにおけるボクセルの群を示す。

【図24】図24は、歯肉縁検出技法についてのフローチャートである。

【図25】図25は、Oriented Bounding Box(OBB)内のデジタル歯列モデルを示す。

【図26】図26は、z軸に沿ってデジタル検出モデルを適切に配向するための技法を示す。

【図27A】図27Aは、x軸およびy軸に沿ってデジタル検出モデルを適切に配向するための技法を示す。

20

【図27B】図27Bは、x軸およびy軸に沿ってデジタル検出モデルを適切に配向するための技法を示す。

【図27C】図27Cは、x軸およびy軸に沿ってデジタル検出モデルを適切に配向するための技法を示す。

【図28】図28は、図25、26、および27A~Cの技法についてのフローチャートである。

【図29】図29は、図25、26、および27A~Cの技法についてのフローチャートである。

【図30】図30は、図25、26、および27A~Cの技法についてのフローチャートである。

30

【図31】図31は、図25、26、および27A~Cの技法についてのフローチャートである。

【図32】図32は、歯の間の隣接面の縁を同定するための、人的補助技法を示す。

【図33】図33は、歯の間の隣接面の縁を同定するための、人的補助技法を示す。

【図34】図34は、図32および33の技法についてのフローチャートである。

【図35A】図35Aは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

【図35B】図35Bは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

40

【図35C】図35Cは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

【図35D】図35Dは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

【図35E】図35Eは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

【図35F】図35Fは、デジタル歯列モデルを個々の歯および歯肉組織のモデルへセグメント化するための技法を示す。

【図36】図36は、図35A~35Fの技法についてのフローチャートである。

【図37A】図37Aは、デジタル歯列モデルを個々の歯のモデルへセグメント化するた

50

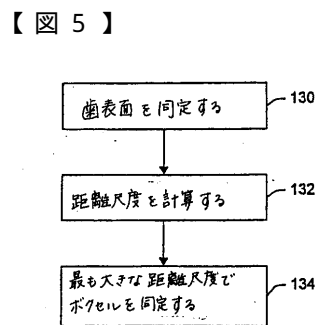
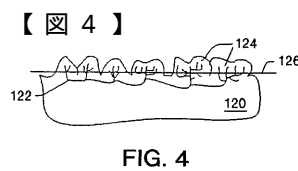
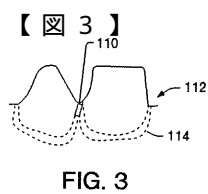
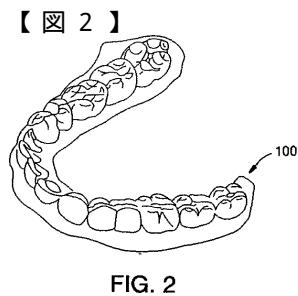
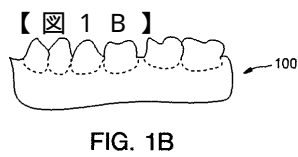
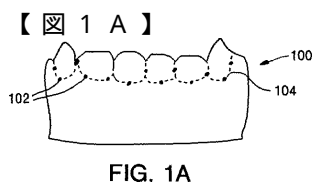
めの別の技法を示す。

【図37B】図37Bは、デジタル歯列モデルを個々の歯のモデルへセグメント化するための別の技法を示す。

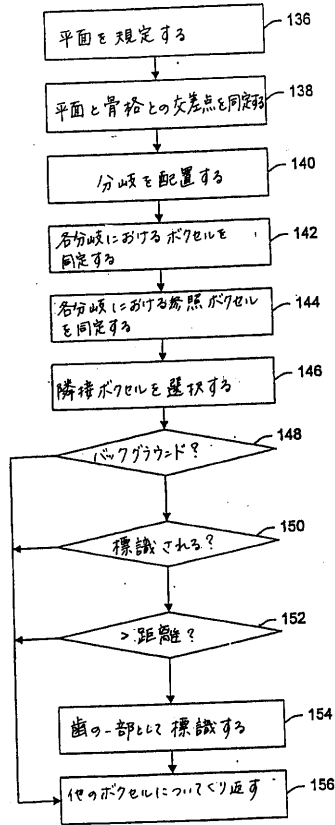
【図37C】図37Cは、デジタル歯列モデルを個々の歯のモデルへセグメント化するための別の技法を示す。

【図38】図38は、図37A、37B、および37Cの技法についてのフローチャートである。

【図39】図39は、図37A、37B、および37Cの技法についてのフローチャートである。



【 図 6 】



【 図 7 A 】

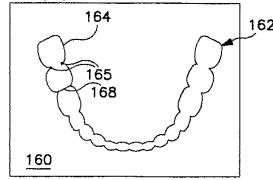


FIG. 7A

【 図 7 B 】

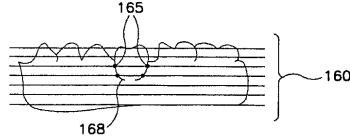
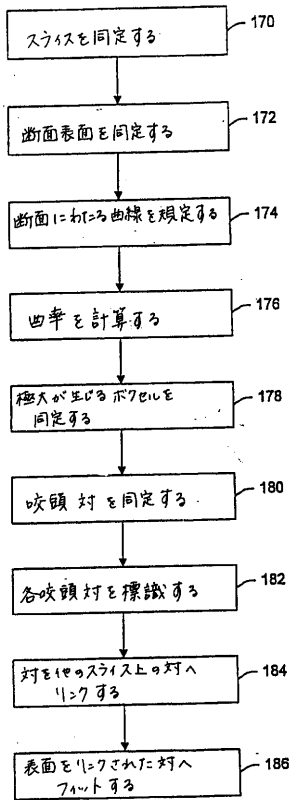


FIG. 7B

【 図 8 】



【 図 9 】

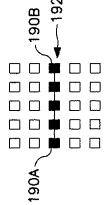


FIG. 9

【 図 10 A 】

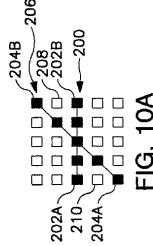


FIG. 10A

【 図 10 B 】

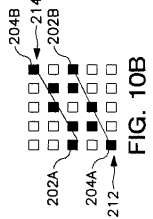
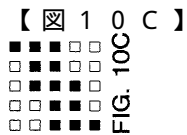
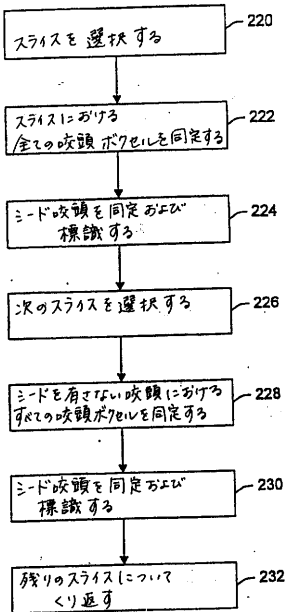


FIG. 10B



【 1 1 】



【 1 4 】

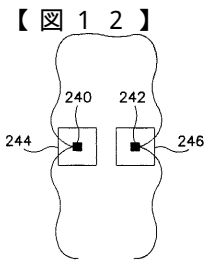
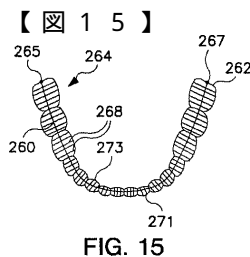
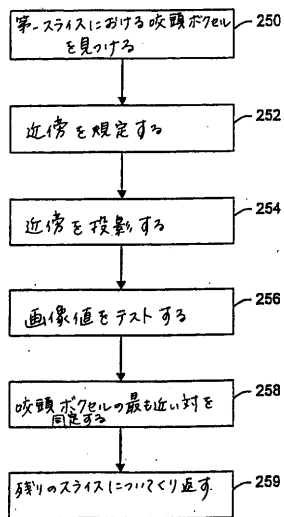


FIG. 12

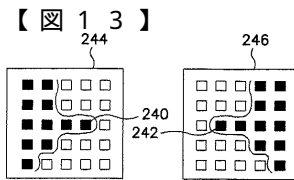
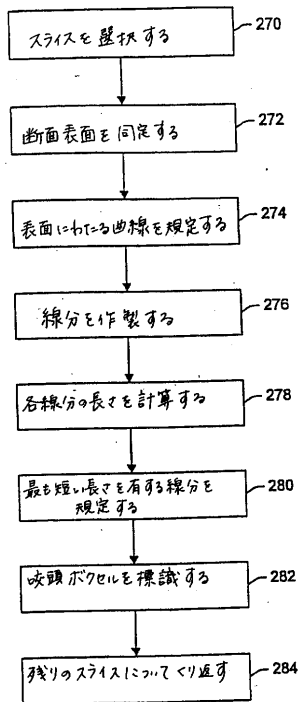


FIG. 13

【 1 6 】



【 図 17 】

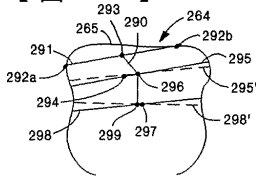
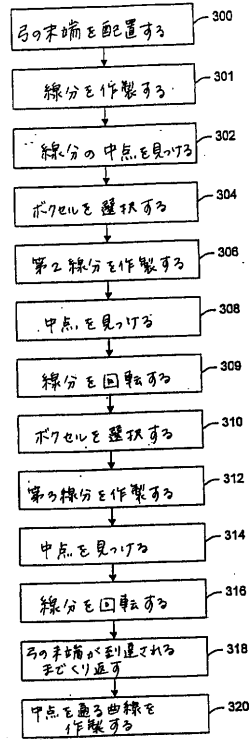


FIG. 17

【 図 18 】



【 図 19 A 】

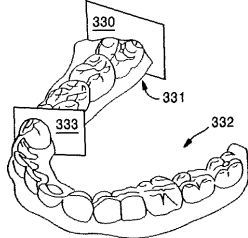


FIG. 19A

【 図 19 B 】

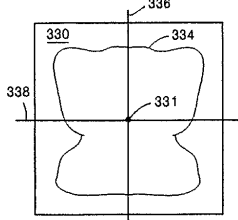
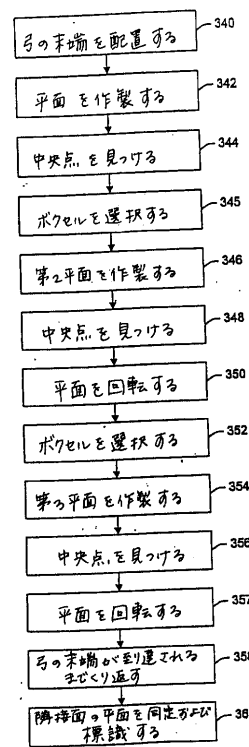
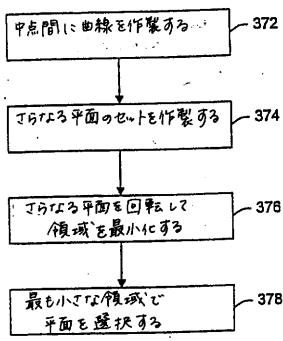


FIG. 19B

【 図 20 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

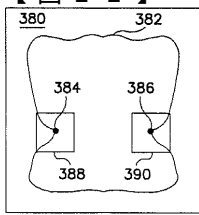


FIG. 22

【 図 2 3 】

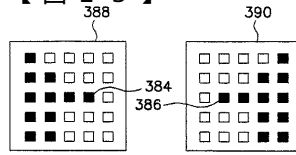
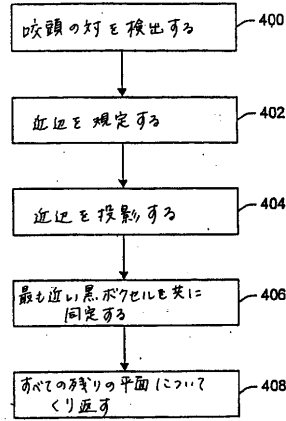


FIG. 23

【 図 2 4 】



【 図 2 5 】

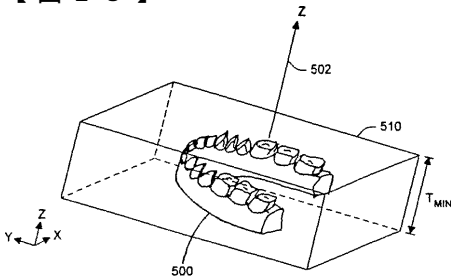
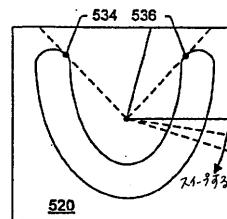


FIG. 25

【 図 2 7 B 】



【 図 2 6 】

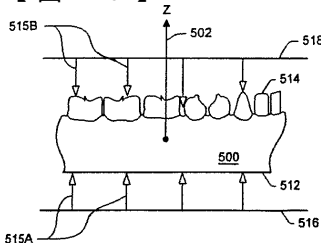


FIG. 26

【 図 2 7 C 】

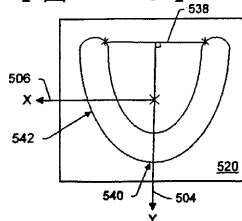


FIG. 27C

【 図 2 7 A 】

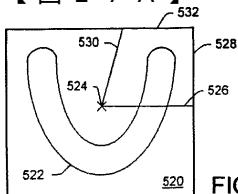
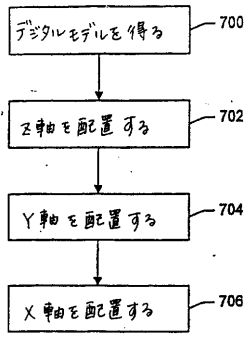
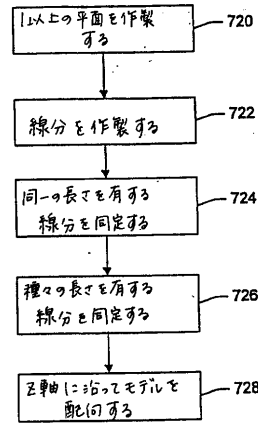


FIG. 27A

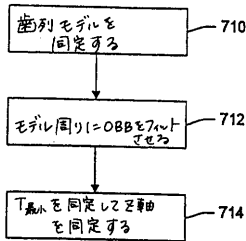
【 図 2 8 】



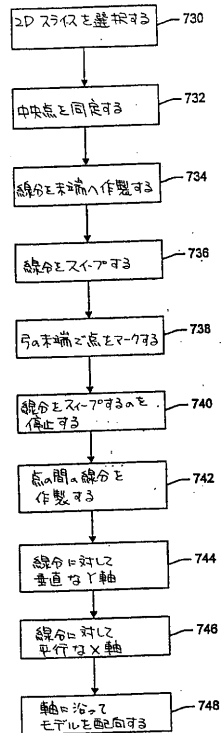
【 図 3 0 】



【 図 2 9 】



【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

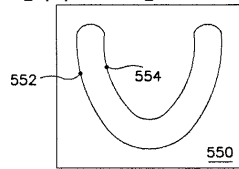


FIG. 32

【 図 3 3 】

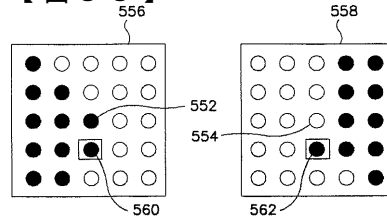
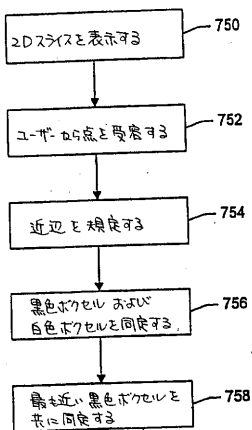


FIG. 33

【 図 3 4 】



【 図 3 5 A 】



FIG. 35A

【 図 3 5 B 】

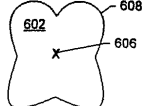


FIG. 35B

【 図 3 5 F 】

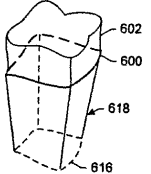
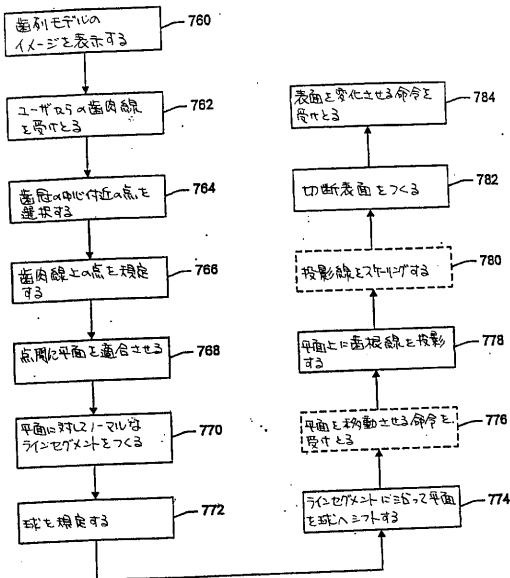


FIG. 35F

【 図 3 6 】



【 図 3 5 C 】

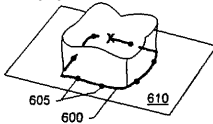


FIG. 35C

【 図 3 5 D 】

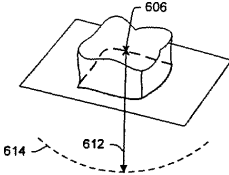


FIG. 35D

【 図 3 5 E 】

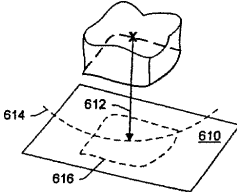


FIG. 35E

【 図 3 7 A 】

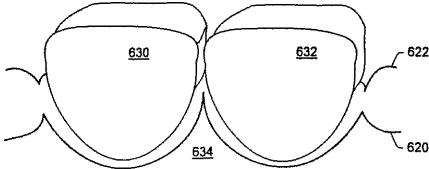


FIG. 37A

【 図 3 7 B 】

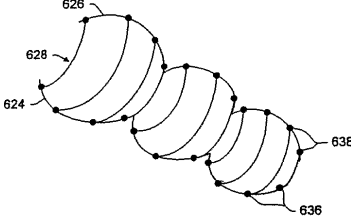


FIG. 37B

【 図 3 7 C 】

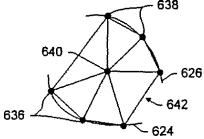
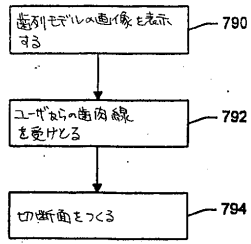
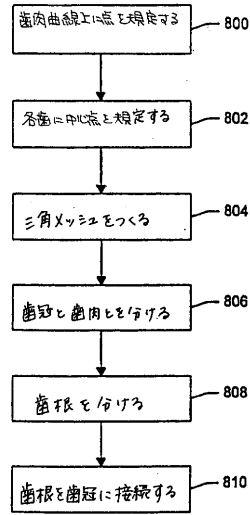


FIG. 37C

【 図 3 8 】



【 図 3 9 】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 09/311,941
(32)優先日 平成11年5月14日(1999.5.14)
(33)優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

- (72)発明者 ジョーンズ, ティモシー エヌ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94043, マウンテン ビュー, セラ サン ブルノ
317
- (72)発明者 チシュティ, ムハンマド
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025, メンロ パーク, ナンバー イー24, シ
ャロン パーク, ドライブ 350
- (72)発明者 ウェン, ファフエング
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94065, レッドウッド ショアーズ, ゴッサマー ア
ベニュー 2117
- (72)発明者 バラ, グレゴリー ピー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95119, サン ノゼ, パーニング トゥリー ドライ
ブ 207

審査官 田中 幸雄

- (56)参考文献 特開平8-7080(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G06F 17/50

A61C 19/04