

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-515826  
(P2005-515826A)

(43) 公表日 平成17年6月2日(2005.6.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
A61C 7/00

F I  
A61C 7/00 Z

テーマコード(参考)  
4C052

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2003-563419 (P2003-563419)  
 (86) (22) 出願日 平成14年1月25日(2002.1.25)  
 (85) 翻訳文提出日 平成16年7月26日(2004.7.26)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/002479  
 (87) 国際公開番号 W02003/063721  
 (87) 国際公開日 平成15年8月7日(2003.8.7)  
 (81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, C H, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, P L, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

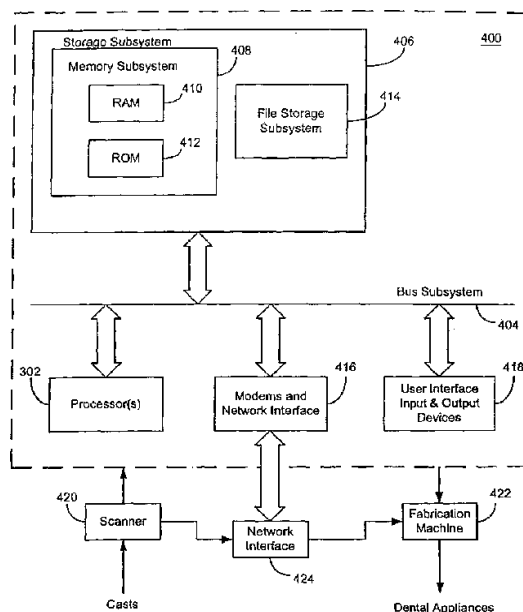
(71) 出願人 501214845  
 アライン テクノロジー, インコーポレ  
 イテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 950  
 50, サンタ クララ, マーティン アベ  
 ニュー 851  
 (74) 代理人 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (74) 代理人 100062409  
 弁理士 安村 高明  
 (74) 代理人 100113413  
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歯から歯肉を除去するためのシステムおよび方法

(57) 【要約】

コンピューターで実行される方法は、歯肉に沿って切断表面を規定すること；および歯から歯肉を分離するためにこの切断表面を歯に付与することにより、歯のモデルから歯肉を分離する。この方法の実施は、以下の1つ以上を含み得る。前記切断表面は湾曲され得る。前記切断表面は、スプライン関数および二次関数のような関数として表され得る。前記二次関数は放物線関数であり得る。前記切断表面は相互作用的に調節され得、ここでこの切断表面の相互作用的調節が、該切断表面を規定する関数を改変する。この方法は、分離された部分およびこの分離された部分の境界を相互作用的に強調する工程を包含し得る。上記切断表面は、歯の基礎を特定することによって規定され得る。歯表面と歯肉とを分離する歯肉線が決定され得る。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

歯から歯肉を分離するためにコンピューターで実施される方法であって：

該歯肉に沿って切断表面を規定する工程；および

該歯から単一の切断で該歯肉を分離するために該切断表面を該歯に付与する工程を包含する、方法。

## 【請求項 2】

前記切断表面が湾曲している、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記切断表面が関数として表される、請求項 1 に記載の方法。 10

## 【請求項 4】

前記切断表面がスプライン関数および二次関数として表される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記切断表面がスプライン関数および放物線関数として表される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記切断表面が相互作用的に調節される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記切断表面の相互作用的調節が、該切断表面を規定する関数を改変する、請求項 4 に記載の方法。 20

## 【請求項 8】

分離された部分を相互作用的に強調する工程をさらに包含する、請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記分離された部分の境界を相互作用的に強調する工程をさらに包含する、請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記切断表面が、前記歯の基礎を特定することにより規定される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 11】

歯の表面と歯肉とを分離する歯肉線を見出す工程をさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。 30

## 【請求項 12】

前記歯の表面上の高い湾曲の位置を見出す工程をさらに包含する、請求項 11 に記載の方法。

## 【請求項 13】

スプラインを前記歯肉線に適合する工程をさらに包含する、請求項 11 に記載の方法。

## 【請求項 14】

前記切断表面が複数の表面をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 15】

前記歯の根が、歯肉線の下放物線表面としてモデル化される、請求項 14 に記載の方法。 40

## 【請求項 16】

前記歯の冠を取り囲むための包囲表面を規定する工程をさらに包含する、請求項 14 に記載の方法。

## 【請求項 17】

請求項 14 に記載の方法であって：

複数のノードで特定される前記表面を表示する工程；

該表面を改変するために 1 つ以上のノードを調節する工程；および

前記歯から前記歯肉を分離するために該表面を付与する工程をさらに包含する、方法。

## 【請求項 18】

切断形状の各配向を調節するためにハンドルを提供する工程をさらに包含する、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記 1 つ以上のノードを調節する工程が、1 つ以上のノードを移動する工程をさらに包含する、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

前記切断表面が、円柱座標系中の関数を用いて形成される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

歯から歯肉を分離するためのシステムであって：

該歯肉に沿って切断表面を規定するための手段；および

該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与するための手段、を備える、システム。

10

【請求項 22】

歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のための、有形の記憶媒体上にあるコンピュータープログラムであって、

コンピューターに：

該歯肉に沿って切断表面を規定させ；および

該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与させるために作動可能な実行可能な指示を含む、プログラム。

20

【請求項 23】

歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のための、有形の記憶媒体上にあるコンピュータープログラムであって、

コンピューターに：

該歯肉に沿って切断表面を規定させること、ここで、該切断表面がスプライン関数および二次関数として表される；および

該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与させることを、させるために作動可能な実行可能な指示を含む、プログラム。

【請求項 24】

コンピューターであって：

プロセッサ；

該プロセッサに接続されたデータ記憶デバイスであって、該データ記憶デバイスは、歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のためのコードを含み、プログラムが、コンピューターに：

該歯肉に沿って切断表面を規定させることであって、ここで該切断表面がスプライン関数および二次関数として表され、そしてここで該切断表面が複数の表面をさらに備え、そしてここで該歯の根が歯肉線の下放物線表面としてモデル化されること；および

該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に切断表面を付与すること、をさせるよう作動可能な実行可能な指示を含む、コンピューター。

30

【請求項 25】

前記歯の冠を取り囲む包囲表面を規定する指示をさらに備える、請求項 24 に記載のシステム。

40

【請求項 26】

歯肉から歯を分離するためコンピューターで実行される方法であって：

該歯肉に沿って切断表面を規定する工程；および

該歯肉を分離し、そして該歯の根を単一切断で再構築するために該歯に該切断表面を付与する工程、を包含する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(発明の背景)

50

## ( 1 . 発明の分野 )

本発明は、一般に、歯科矯正学の分野に関し、そしてより詳細には、歯のモデルのコンピューター自動化分離に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

## ( 2 . 背景技術の説明 )

歯科矯正学処置を仕上げるための歯保定器が、Am. J. Orthod. Oral. Surg. 31: 297~304 (1945) および 32: 285~293 (1946) において Kesling によって記載されている。患者の歯の総合的な歯科矯正学的再整列のためのシリコン歯保定器の使用が、Warunekら (1989) J. Clin. Orthod. 23: 694~700 中に記載されている。歯保定器を仕上げるため、および維持するための透明プラスチックの歯保定器が、Raintree Essix, Inc. New Orleans, Louisiana 70125、および Tru-Tain Plastics, Rochester, Minnesota 55902 から市販されている。歯科矯正学的歯保定器の製造は、米国特許第 5, 186, 623 号; 同第 5, 059, 118 号; 同第 5, 055, 039 号; 同第 5, 035, 613 号; 同第 4, 856, 991 号; 同第 4, 798, 534 号; および 同第 4, 755, 139 号に記載されている。

10

## 【0003】

歯科歯保定器の製作および使用を記載するその他の刊行物は、Kleemann および Janssen (1996) J. Clin. Orthodon. 30: 673~680; Cureton (1996) J. Clin. Orthodon. 30: 390~395; Chiappone (1980) J. Clin. Orthodon. 14: 121~133; Shilliday (1971) Am. J. Orthodontics 59: 596~599; Wells (1970) Am. J. Orthodontics 58: 351~366; および Cottingham (1969) Am. J. Orthodontics 55: 23~31 を含む。

20

## 【0004】

Kurodaら (1996) Am. J. Orthodontics 110: 365~369 は、プラスチック歯科キャストをレーザー走査し、このキャストのデジタルイメージを生成する方法を記載している。米国特許第 5, 605, 459 号をまた参照のこと。

30

## 【0005】

Ormco Corporation に譲渡された米国特許第 5, 533, 895 号; 同第 5, 474, 448 号; 同第 5, 454, 717 号; 同第 5, 447, 432 号; 同第 5, 431, 562 号; 同第 5, 395, 238 号; 同第 5, 368, 478 号; および 同第 5, 139, 419 号は、歯科矯正学的器具を設計するために歯のデジタルイメージを操作するための方法を記載している。

## 【0006】

米国特許第 5, 011, 405 号は、歯をデジタル的にイメージし、そして歯科矯正学的処置のために最適ブラケット位置決めを決定するための方法を記載している。三次元モデルを生成するために成形された歯のレーザー走査が、米国特許第 5, 338, 198 号中に記載されている。米国特許第 5, 452, 219 号は、歯モデルをレーザー走査し、そして歯鋳型を平削りするための方法を記載している。歯の輪郭のデジタルコンピューター操作は、米国特許第 5, 607, 305 号 および 同第 5, 587, 912 号中に記載されている。顎のコンピューター化デジタルイメージングが米国特許第 5, 342, 202 号 および 同第 5, 340, 309 号中に記載されている。重要なその他の特許は、米国特許第 5, 549, 476 号; 同第 5, 382, 164 号; 同第 5, 273, 429 号; 同第 4, 936, 862 号; 同第 3, 860, 803 号; 同第 3, 660, 900 号; 同第 5, 645, 421 号; 同第 5, 055, 039 号; 同第 4, 798, 534 号; 同第 4, 856, 991 号; 同第 5, 035, 613 号; 同第 5, 059, 118 号; 同第 5,

40

50

186, 623号; および同第4, 755, 139号を含む。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

(発明の簡単な要旨)

1つの局面では、コンピューターで実施される方法は、歯肉に沿って切断表面を規定する工程; および該歯から単一の切断で該歯肉を分離するために該切断表面を歯に付与する工程によって歯のモデルから歯肉を分離する。

【0008】

この方法の実施は、以下の1つ以上を含み得る。前記切断表面は湾曲され得る。前記切断表面は、スプライン関数および二次関数のような関数として表され得る。前記二次関数は放物線関数であり得る。前記切断表面は相互作用的に調節され得、ここでこの切断表面の相互作用的調節が、該切断表面を規定する関数を改変する。この方法は、分離された部分およびこの分離された部分の境界を相互作用的に強調する工程を包含し得る。上記切断表面は、歯の基礎を特定するによって規定され得る。歯表面と歯肉とを分離する歯肉線が決定され得る。この方法は、前記歯の表面上の高い湾曲の位置を見出す工程を包含し得る。スプラインは、前記歯肉線に適合し得る。前記切断表面は、複数の表面を含み得る。前記歯の根は、歯肉線の下放物線表面としてモデル化され得る。この方法は、歯の冠を取り囲むための包囲表面を規定する工程を包含し得る。この方法はまた、複数のノードで特定される前記表面を表示する工程; 該表面を改変するために1つ以上のノードを調節する工程; および前記歯から前記歯肉を分離するために該表面を付与する工程を包含する。

【0009】

別の局面では、歯から歯肉を分離するためのシステムは、該歯肉に沿って切断表面を規定するための手段; および該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与するための手段を備える。

【0010】

別の局面では、歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のための、有形の記憶媒体上にあるコンピュータープログラムであって、このプログラムは、コンピューターに: 該歯肉に沿って切断表面を規定させ; および該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与させるために作動可能な実行可能な指示を含む。

【0011】

別の局面では、歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のための、有形の記憶媒体上にあるコンピュータープログラムであって、このプログラムは、コンピューターに: 該歯肉に沿って切断表面を規定させること、ここで、該切断表面がスプライン関数および二次関数として表される; および該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に該切断表面を付与させることを、させるために作動可能な実行可能な指示を含む。

【0012】

なお別の局面では、コンピューターであって: プロセッサ; 該プロセッサに接続されたデータ記憶デバイスを有し、該データ記憶デバイスは、歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のためのコードを含み、プログラムが、コンピューターに: 該歯肉に沿って切断表面を規定させることであって、ここで該切断表面がスプライン関数および二次関数として表され、そしてここで該切断表面が複数の表面をさらに備え、そしてここで該歯の根が歯肉線の下放物線表面としてモデル化されること; および該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に切断表面を付与すること、をさせるよう作動可能な実行可能な指示を含む。

【0013】

なお別の局面では、歯肉から歯を分離するためコンピューターで実行される方法であって: 該歯肉に沿って切断表面を規定する工程; および該歯肉を分離し、そして該歯の根を

単一切断で再構築するために該歯に切断表面を付与する工程を包含する。

【0014】

このシステムの利点は、以下の1つ以上を含み得る。このシステムは、歯肉線を追従するように改変され得る可撓性カッターを提供し、そこで、ユーザーが1つの単一切断で歯肉を切断し得る。ここで、ユーザーにより規定される歯肉線はまた、歯肉再構築プロセスのために後に再使用され得る。

【0015】

本発明の利点は、以下の1つ以上を包含し得る。このシステムは、歯から歯肉を単一切断で分離する。このシステムはまた歯を再構築し、同じ配向にある歯の根を提供する。このシステムはまた、コンピューター化された関数を適用することにより比較的迅速に、歯モデルの歯冠表面部分を生成する。歯冠表面を描くことにおける速度は、ユーザーが歯冠制御点および先端制御点を動かすとき、またはユーザーが歯肉線を編集するとき、ユーザーによるリアルタイム形状化を可能にする。また、それは、交差知見自体を促進する。なぜなら、このシステムは、歯メッシュの頂点のような所定の点が、この歯肉切断表面の内側であるか、または外側であるかを迅速に決定し得るからである。

【0016】

(発明の詳細な説明)

図1Aを参照して、代表的な顎100は、16本の歯を含み、少なくともそのいくつかは、初期の歯の配列から最終の歯の配列までに移動されるべきである。歯がどのように移動され得るのかを理解するために任意の中央線(CL)が、歯102の1つを通じて引かれている。この中央線(CL)を参照して、歯は、軸104、106、および108(ここで104は中央線である)によって表される直交する方向で移動され得る。この中央線は、矢印110および112でそれぞれ示される、軸108(根の角形成)および104(トルク)の回りで回転され得る。さらに、歯は、矢印114によって表されるように、中央線の回りで回転され得る。従って、歯のすべての可能な自由形態移動が実施され得る。

【0017】

ここで、図1Bを参照して、任意の歯の移動の大きさは、歯102上の任意の点Pの最大の直線並進に関して規定される。各点 $P_i$ は、その歯が図1Aで規定される任意の直交または回転方向に移動するにつれ、累積する並進を受ける。すなわち、この点は、通常、直線的でない経路を辿るが、処置の間の任意の2つの時間で測定されるとき、歯中の任意の点の間では直線距離が存在する。従って、任意の点 $P_1$ は、実際、矢印 $d_1$ によって示されるような並んだ並進を行い得、その一方、第2の任意の点 $P_2$ は、弧状の経路に沿って移動し得、最終の並進 $d_2$ を生じる。多くの状況では、任意の特定の歯における点 $P_i$ の最大許容移動は、任意の処置ステップにおいてその歯について最大移動を行う歯上のその点 $P_i$ の最大直線並進として規定される。

【0018】

歯を漸進的に再配置するための1つのツールは、1つ以上の調節器具のセットである。適切な器具は、従来の歯科矯正術処理と組み合わせて歯の位置を仕上げかつ維持するために用いられる、任意の公知の歯保定器、保持具、またはその他の除去可能な器具を含む。以下に記載されるように、複数のこのような器具は、患者によって継続的に着用され、段階的な歯の再配置を達成し得る。特に有利な器具は、図1Cに示されるような器具100であり、これは、代表的には、1つの歯の配列から別の歯の配列に歯を受容し、かつ弾力的に再配置する形状の空洞を有するポリマー性シェル備える。このポリマー性シェルは、代表的には、上顎または下顎中に存在するすべての歯の上に適合する。しばしば、いくつかの歯のみが再配置され、その一方、その他の歯は、再配置する器具を適所に保持するための基礎または係留領域を提供する。なぜなら、それは、再配置される歯(単数または複数)に対して弾力的再配置力を付与するからである。しかし、複雑な事例では、歯の多くまたは大部分は、処置の間に特定の点で再配置される。このような事例では、移動される歯はまた、再配置する器具を保持するための基礎または係留領域として供され得る。歯ぐ

きおよびパレットもまた、いくつかの場合には係留領域として供され、従って、歯のすべてまたはほぼすべてを同時に再配置させる。

【0019】

図1Cのポリマー性器具100は、好ましくは、Tru-Tain Plastics、Rochester、Minnesota 55902によって市販されている、Tru-Tain 0.03インチ熱成形性歯科材料のような、適切なエラストマーポリマー性の薄いシートから形成される。多くの事例では、歯の上の適所にこの器具を保持するためにワイヤまたはその他の手段は提供されない。いくつかの場合には、しかし、器具100中の対応する容器またはアパーチャとの、歯上の個々の取付具を提供することが必要であり、器具は、このような取付具がないと、付与するのが不可能であり得るか、または困難であり得る力を付与し得る。

10

【0020】

図2は、患者の歯を再配置するために患者による次の使用のための増分位置調節器具を生成するプロセス200を示す。最初のステップとして、初期の歯の配列を表す初期デジタルデータセット(IDDS)が得られる(ステップ202)。このIDDSは種々の方法で得られ得る。例えば、患者の歯は、X線、三次元X線、コンピューター支援断層撮影イメージもしくはデータセット、または特に磁気共鳴イメージを用いて走査またはイメージされ得る。接触または非接触スキャナーに関するさらなる詳細は、共有に係る同時係属中の1998年10月8日に出願され、その内容が参考として援用される出願番号第09/169,276号にある。

20

【0021】

患者の歯の石膏像(plaster cast)は、Grabber、Orthodontics: Principle and Practice、第2版、Saunders、Philadelphia、1969、401~415頁に記載されるような周知の技法により得られる。歯のキャストが得られた後、このキャストを、非接触型レーザーまたは分解(destructive)スキャナーまたは接触型スキャナーのようなスキャナーによってデジタル的に走査し、IDDSを生成する。スキャナーによって生成されたデータセットは、任意の種々のデジタルフォーマットで提示され、このデータによって表されるイメージを操作するために用いられるソフトウェアとの適合性を確実にし得る。歯の剥き出た表面をレーザー走査または分解走査することにより集められた3Dイメージデータに加え、ユーザーは、患者の歯の根および患者の顎骨のような、隠れた特徴についてのデータを集めることを希望し得る。この情報は、患者の生歯の詳細なモデルを構築するため、および歯が処置に対してどのように反応するかをより正確かつ精密に示すために用いられる。例えば、根に関する情報は、歯冠だけではなく、歯のすべての表面のモデリングを可能にし、これは、次に、歯冠と根とが処置の間に動くとき、それらの間の関係のシミュレーションを可能にする。患者の顎および歯ぐきについての情報はまた、処置の間の歯の動きのより正確なモデルを可能にする。例えば、患者の顎骨のx線は、強直歯を同定することを支援し得、そしてMRIは、患者の歯ぐき組織の密度についての情報を提供し得る。さらに、患者の歯とその他の頭蓋特徴との間の相関関係に関する情報は、処置ステップの各々における頭の残りに関する歯の正確な整列を可能にする。これらの隠れた特徴についてのデータは、2Dおよび3Dのx線システム、CTスキャナー、および磁気共鳴画像化法(MRI)システムを含む多くの供給源から収集され得る。歯のモデルに対し視覚的に隠れた特徴を導入するためにこのデータを用いることは、以下により詳細に記載されている。

30

40

【0022】

IDDSは、適切なグラフィカルユーザーインターフェース(GUN)およびイメージを見てかつ変更するための適切なソフトウェアを有するコンピューターを用いて操作される。このプロセスのより詳細な局面は、以下に詳細に記載される。

【0023】

個々の歯およびその他のコンポーネントは、このモデル中でセグメント化されるかまた

50

は単離され、それらの個々の再配置またはデジタルモデルからの除去を可能にし得る。コンポーネントをセグメント化または単離した後、ユーザーは、処置専門家によって提供される処方箋またはその他の書面の仕様書に従うことによりモデル中で歯をしばしば再配置する。あるいは、ユーザーは、視覚的な外観に基づくか、またはコンピューター中にプログラムされた規則およびアルゴリズムに基づき、1つ以上の歯を再配置し得る。一旦ユーザーが満足されると、最終の歯の配列が最終デジタルデータセット(FDDS)中に取り込まれる(ステップ204)。

#### 【0024】

このFDDSは、歯を特定されたシークエンスで移動する器具を生成するために用いられる。最初に、各歯のモデルの中心が多くの方法を用いて整列され得る。1つの方法は、標準的な弧である。次に、この歯のモデルは、それらの根が適切な垂直位置にあるまで回転される。次に、歯のモデルは、それらの垂直軸の回りを適正な配向に回転される。次に、この歯のモデルは、側面から観察され、そしてそれらの適正な垂直位置に垂直方向に並進される。最後に、これら2つの弧は一緒に配置され、そしてこの歯のモデルはわずかに移動され、上部の弧および下部の弧が適正に一緒にメッシュで捕らえられることを確実にする。上部の弧および下部の弧を一緒にメッシュで捕らえることは、歯の接触点を強調する衝突検出プロセスを用いて可視化される。

10

#### 【0025】

ステップ204では、患者の咀嚼系中の上部の歯および下部の歯の最終位置が、咀嚼系のコンピューター表示を生成することにより決定される。上部の歯および下部の歯の咬み合わせがこのコンピューター表示から算出され；そして機能的咬み合わせが、この咀嚼系のコンピューター表示中の相互作用を基に算出される。この咬み合わせは、歯の理想的ナモデルのセットを生成することにより決定され得る。この理想的モデルのセット中の各理想的モデルは、理想化された歯の配置の要約モデルであり、これは、以下に論議されるように、患者の歯に特注される。コンピューター表示に理想的モデルを適用した後、そして歯の位置は、この理想的モデルに適合するように最適化される。この理想的モデルは、1つ以上の弧の形態により特定され得るか、または歯に関連する種々の特徴を用いて特定され得る。

20

#### 【0026】

IDDSおよびFDDSの両方を基に、複数の中間デジタルデータセット(INTDDS)が規定され、増分調節器具に対応する(ステップ206)。最後に、増分調節器具のセットが、INTDDおよびFDDSに基づいて生成される(ステップ208)。

30

#### 【0027】

図3は、1つの歯の例示の3D表面モデルを示す。顎上の歯の3Dモデルの表面トポロジは、それらのエッジで連結される適切なサイズおよび形状の多角形のセットとしてモデル化され得る。この3D目的物を規定する多角形のセットは、3D目的物の「モデル」または「メッシュ」と称される。1つの実施形態では、この多角形は三角形である。この実施形態では、三角形メッシュは、それらのエッジに沿って連結される三角形面を有する区分的に直線状の表面である。

#### 【0028】

光学的走査システムによって得られるような、多くのタイプのスキャンデータは、獲得されるとき、歯の3D幾何学的モデル(例えば、三角形表面メッシュ)を提供する。上記の分解走査技法のような、その他の走査技法は、歯の表面のデジタル幾何学的モデルに変換され得る容量要素(「ボキセル(voxel)」)の形態にあるデータを提供する。1つの履行では、マーチングキューブアルゴリズムを適用してこのボキセルをメッシュに変換し、これは、マーチングキューブ転換により引き起こされる歯モデルの表面上のぎざぎざを減少するための平滑操作を受け得る。1つの平滑化操作は、個々の三角形の頂点を、メッシュ中の三角形間の角度を減少するために連結された近隣の頂点の平均を表す位置に移動する。

40

#### 【0029】

50



別の任意のステップは、データ点をなくすために、平滑化されたメッシュへの間引き操作の適用であり、これは処理速度を改善する。平滑化操作および間引き操作が遂行された後、エラー値が、得られるメッシュと、当初のメッシュまたは当初のデータとの間の差異を基に算出され、そしてエラーが受容可能な閾値と比較される。この平滑化操作と間引き操作は、このエラーが受容可能な値を超えない場合、もう一度メッシュに対して適用される。上記閾値を満足する最後のセットのメッシュデータを、歯モデルとして記憶する。

#### 【0030】

図3中の三角形は連結グラフを形成する。この文脈では、グラフ中の2つのノードは、1つのノードから他への経路を形成するエッジのシークエンスがある場合、連結される(エッジの方向は無視する)。このように規定された連結性は、グラフ上で等価な関係である：三角形Aが三角形Bに連結され、そして三角形Bが三角形Cに連結される場合、三角形Aは三角形Cに連結される。次いで、連結されるノードのセットは、パッチと呼ばれる。グラフは、それが単一のパッチからなる場合完全に連結されている。以下に論議されるプロセスは、連結される三角形を維持する。

10

#### 【0031】

メッシュモデルはまた、モデルの所望されないかまたは不必要なセクションを除去することにより単純にされ得、データ処理速度を増加し、そして視覚表示を増大する。不必要なセクションは、歯の再配置器具の生成に必要なでないセクションを含む。これらの所望されないセクションの除去は、デジタルデータセットの複雑さ、およびサイズを減少し、それ故、データセットおよびその他の操作の処理を加速する。ユーザーが消去ツールを位置決め、そしてサイズを決定し、そしてソフトウェアに所望されないセクションを消去するよう指令したのち、ユーザーによって設定されたボックス内のすべての三角形は除去され、そして境界三角形が変更され、平滑な直線状の境界を残す。ソフトウェアは、ボックス内のすべての三角形を削除し、そしてボックスの境界に交差するすべての三角形をクリップする。これは、ボックスの境界上に新たな頂点を生成することを必要とする。ボックスの面においてモデル中に生成された孔は、矩形にされ、そして新たに生成された頂点を用いて閉鎖される。

20

#### 【0032】

代替の実施形態では、コンピューターが、上記のユーザーに向けられた機能を実施することによりデジタルモデルを自動的に単純にする。コンピューターは、歯科矯正術の相当する知識を利用してイメージ処理のためにデジタルモデルのどの部分が不必要であるかを決定する。

30

#### 【0033】

一旦、歯表面の3Dモデルが構築されると、患者の個々の歯のモデルが引き出され得る。1つのアプローチでは、個々の歯およびその他のコンポーネントが、切断ツールを用いて「切断」され、デジタルデータ中またはそれから個々の再配置または歯の除去を可能にする。コンポーネントが「フリー」にされたのち、処理専門家により提供される処方箋またはその他の書面の仕様書に沿って歯を再配置する。あるいは、歯は、視覚的外観に基づき、またはコンピューター中にプログラムされた規則およびアルゴリズムに基づき、再配置され得る。一旦、受容可能な最終配列が生成されると、最終の歯の配列が、最終のデジタルデータセット(FDDS)中に取り込まれる。

40

#### 【0034】

図4をここで参照して、すべての歯を個々の単位に分離するプロセス211が示される。最初に、プロセス211は、切断ツールをカスタマイズする(ステップ212)。次に、切断ツールを用い、ユーザーまたは自動化プロセスは、この切断ツールを適用して、歯が個々の単位に減少するまで歯のグループを2つのより小さなグループに繰り返して割る(ステップ214)。ビュープログラムは、歯の初期イメージを、そしてユーザーによって要求される場合、分離された歯のイメージを表示する。ユーザーは、これらイメージを三次元で回転して、種々の歯の表面を観察し得、そして臨床医は、イメージを、任意のいくつかの所定の視角まで撮り得る。これらの視角は、標準的な前面図、背面図、平面図

50

、底面図および側面図、ならびに舌図、頬図、顔面図、咬み合わせ図、および切縁図のような歯科矯正術に特異的な視角を含む。

【0035】

のこぎりツールが、移動されるべき個々の歯（またはおそらくは歯のグループ）を規定するために用いられる。このツールは、走査されたイメージを、ソフトウェアが歯またはその-他のコンポーネントイメージを、モデルの残りの部分とは独立に移動することを可能にする個々の幾何学的コンポーネントに分割する。1つの実施形態では、のこぎりツールは、恐らくは開放されるか、または閉鎖されるいずれかの平行な平面に制約される、空間に横たわる2つの三次方程式B-スプラインカーブを用いることにより、グラフィックイメージを切断する経路を規定する。直線のセットがこの2つのカーブを連結し、そしてユーザーに一般的切断経路を示す。ユーザーは、以下に記載されるように、この三次方程式B-スプライン上のコントロール点、のこぎり切断の厚さ、および用いるイレイザーの数を編集し得る。

10

【0036】

代替の実施形態では、歯は、のこぎりを「コアリング」デバイスとして用い、歯を垂直のこぎり切断で上から切断することにより分離される。歯の歯冠、およびこの歯冠のすぐ下にある歯肉組織は、幾何学的形状の残りから分離され、そして個々の単位として処理され、歯と称される。このモデルが移動されるとき、歯肉組織は、歯冠に対して移動し、歯肉が患者の口内で再形成される様式の最初の順番の近似を生成する。

【0037】

各歯はまた、当初の切取モデルから分離され得る。さらに、歯の歯冠を切断することにより当初の切取モデルからベースを生成し得る。得られるモデルは、歯を移動するためのベースとして用いられる。これは、以下に記載されるように、幾何学的モデルからの物理的鑄型の最終的な製造を容易にする。

20

【0038】

厚さ：切断を用いて歯を分離するとき、ユーザーは、通常、この切断が可能な限り薄いことを欲する。しかし、ユーザーは、例えば、上記のように、周辺の歯を削ぎ落とすとき、より厚い切断を欲し得る。グラフィック的には、この切断は、カーブの1つの側面上の切断の厚さにより境されるカーブとして見える。

【0039】

イレイザーの数：切断は、のこぎりツールのカーブ経路の区分的直線近似として、互いに次に配列される複数のイレイザーボックスから構成される。ユーザーは、イレイザーの数を選択し、これは、生成されるカーブの高度化を決定する：セグメントの数が多いほど、この曲線に追従する切断はより正確になる。イレイザーの数は、2つの三次方程式B-スプラインカーブを連結する平行線の数によりグラフ的に示される。一旦、のこぎり切断が完全に特定されると、ユーザーは、この切断をモデルに適用する。この切断は、図4Aに示されるように消去のシーケンスとして実施される。図4Bは、開放末端B-スプラインカーブのためのアルゴリズム中に記載のような、切断の単一消去の繰り返しを示す。垂直切断には、カーブは閉鎖されており、 $P_A [O]$ と $P_A [S]$ とは同じ点であり、そして $P_B [O]$ と $P_B [S]$ は同じ点である。

30

40

【0040】

1つの実施形態では、ソフトウェアは、ユーザーによるインプットされた平滑度基準に基づき、のこぎりツールをイレイザーのセットに自動的に仕切る。のこぎりは、エラー測定基準が、理想的表現から近似表現までの偏差が平滑度設定により特定される閾値より小さくなるまで、適合して小分けされる。1つのエラー測定基準は、小分けされたカーブの直線長さを、理想的スプラインカーブの弧長さと比較する。この差異が、平滑度設定から算出された閾値より大きいとき、小分け点がスプラインカーブに沿って追加される。

【0041】

プレビュー特徴もまた、ソフトウェア中に提供され得る。このプレビュー特徴は、のこぎり切断を、切断の対向側面を表す2つの表面として視覚的に表示する。これは、ユーザ

50

ーが最終切断を、それがモデルデータセットに適用する前に考慮することを可能にする。

【0042】

1つの実施形態では、可撓性平面を用いて、さらに2つ歯を、歯の2つのグループにスプライスし得る。このプロセスは、ユーザーが、複数のコントロールグリッドノードをもつ可撓性平面を見、そしてそれを表示する1つ以上の歯を表示する。この可撓性平面は、双三次方程式 *Bezier* パッチと呼ばれる多くの表面パッチによって形成される。このようなパッチの等式は周知であり、そして以下の式として記載され得る：

【0043】

【数1】

$$S(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{k=0}^3 b_{i,k} B_k^3(u) B_i^3(v)$$

10

ここで、*u*、および *v* は、2つの歯の間の真っ直ぐな平面に沿って選択された3Dスペース中の座標であり、そして *S* は、この真っ直ぐな平面に対して正規直交方向に沿った関数であり、 $b_{i,k}$  は、パッチの *Bezier* 点を表し、そして

【0044】

【数2】

$$B_i^n(t) = {}_n C_i (1-t)^{n-i} t^i, i=0,1,\dots,n$$

20

は、Bernstein多項式を示す。

【0045】

このプロセスは、種々のグリッドノードの位置に対するユーザー調節を受容し、可撓性平面を改変する。可撓性平面にともなう切断カーブおよび歯の部分は、次にリアルタイムにアップデートされる。ユーザーは、これらの操作を繰り返して実施し得、すべての歯を、処理が準備される個々の歯に分割する。

【0046】

図5は、歯のモデルから歯肉を切断またはスプライスするプロセス220を示す。最初に、ユーザーは切断されるべき歯を選択する。次に、プロセス220は、歯肉線が位置決めされ得るか否かを決定し、そしてそうであれば、カッターが適用されてこの歯肉線を追従する。ここで図5を参照して、歯肉線は、歯の臨床歯冠表面を、歯のコンピューターモデル中の歯肉表面から分離する線である(ステップ230)。次に、このプロセス220は、上記で見出された歯肉線を通る切断線の閉鎖した表面モデルを生成する(ステップ250)。この表面は、臨床歯冠部分を通して切断すべきではなく、そして近似根形状を生成すべきである。この切断線は、歯の歯肉線を正確に通る閉鎖表面モデルの一部である。

30

【0047】

次に、このプロセス220は、それらの内容が参考として援用される「歯モデルを分離するためのシステム」と題する、2000年3月30日出願された米国特許第09/539,185号；および「歯モデルを分離するための可撓性平面」と題する2000年3月30日出願された米国特許第09/539,021号に記載されるカーブしたクリッピングアルゴリズムを用いて、歯から歯肉をクリップする。

40

【0048】

プロセス220は、既に単一切断操作で分離された歯の歯肉部分を切断し、そして同時に相対的に閉鎖している根形状を再構築する。

【0049】

図5のカッターは、それ自体を、切断されるべき歯中に包埋する。図6の実施形態では、カッターは、アイスクリームコーンのような形状であり、抽出されるべき歯301の歯冠の頂部、および歯301の根を規定する歯肉300内側に包埋された底を有する。歯肉線またはカーブは、このアイスクリームコーン形状のカッターのためのリム304を規定

50

する。このカッターは、いくつかのセットのコントロール点により形成される。リム 3 0 4 ( 歯肉カーブ ) コントロール上の点は、歯肉線の定義を与える。コントロール点のこのセットは、歯 3 0 1 の表面上を移動され得る。1 つ以上の歯冠コントロール点 3 0 8 は、カッターの上部分を規定する。歯冠コントロール点 3 0 8 のこのセットは調節され得、カッターの上部分により歯の歯冠部分を取り囲む。歯冠コントロール点 3 0 8 はまた、歯肉カッターの歯冠部分が任意の歯肉 3 0 0 を切断しないように調節される。

**【 0 0 5 0 】**

さらに、根コントロール点 3 0 6 が提供される。これらコントロール点の挙動は、歯冠コントロール点 3 0 8 とは、コントロール点 3 0 6 のセットが、内と外に 1 方向にのみ移動され得る点で異なり、但し、ピボットコントロール点はまた、上下にも移動され得、そしてそのようにすることにより、すべての根コントロールをそれとともに上下に実際に移動し得る。根コントロール点 3 0 6 のセットを調節する目的は、切断歯のための出発根構造を規定することである。

10

**【 0 0 5 1 】**

このシステムはまた、根部分の深さを規定する上部分と 1 つの底コントロールの高さを規定する 1 つの頂部コントロールを提供する。両者は、上下方向に移動され得る。頂部コントロール点を調節する目的は、その結果、歯のすべての歯冠部分がカッター内に取り囲まれることであり、その一方、底コントロール点を調節する目的は、適正な根深さをセットすることである。さらに、歯肉線は、区別する色で可視化され得、そして他の線より強調して描かれ、歯肉切断の編集の間より良好な可視化を可能にし得る。このプロセスの間に生成された歯肉曲線はまた、歯肉再構成において再使用され得る。歯肉再構築に関するさらなる詳細は、その内容が本明細書に参考として援用される、1999年5月14日に出版された「歯科矯正術処置の間の歯肉組織の変形のデジタルモデリング」と題する出願番号第 0 9 / 3 1 1 , 7 1 6 号を有する同時係属中の出願中に見出され得る。

20

**【 0 0 5 2 】**

図 7 は、図 5 のステップ 2 3 0 をより詳細に示す。図 7 のプロセスは、歯肉線の自動的発見を実施する。最初に、ユーザーは、適正に規定された基礎 ( ステップ 2 3 2 ) および識別番号を有する歯を選択する。例えば、z 軸が歯の頂部に沿って横切り、中心が歯のほぼ中心にセットされ、そして y 軸が舌から唇表面に開始する。従って、規定された歯の基礎はまた、処置プロセスのその他の部分においても用いられ得る。図 7 のプロセスは、歯のコンピューターモデルにおいて歯表面および歯肉表面の周縁を近似するスプラインカーブを生成する ( ステップ 2 3 4 ) 。次に、図 7 のプロセスは、所定の歯の E D F 表面を生成する ( ステップ 2 3 6 ) 。

30

**【 0 0 5 3 】**

次に、歯の z 軸の周りの角度のプリセット数値に沿って、z 軸方向に沿う最大湾曲点が見出される ( ステップ 2 3 8 ) 。これらの湾曲点は、所定の歯のタイプが歯肉線を有し得る領域でのみ見出される。これは、これは、ノイズおよび歯の特徴それ自体に起因する他の場所である多くの高湾曲点の発見をなくす。フィルタリング手順を用いて、データ中のノイズにより生成される点を見出す ( ステップ 2 4 0 ) 。歯肉線は、しばしば、極めて平滑ではないので、平滑化手順が適用されて特定の点を調節し、そして曲線上のノイズ点をなくする ( ステップ 2 4 2 ) 。平滑なスプラインカーブは、フィルタリングおよび平滑化手順後に利用可能である最終セットの点に沿って適合される ( ステップ 2 4 4 ) 。このスプラインカーブは、この歯の歯肉線を表す。このスプラインカーブは、必要に応じて、このカーブ上の 1 つ以上のコントロール点を移動することにより編集され得る ( ステップ 2 4 6 ) 。

40

**【 0 0 5 4 】**

図 8 A は、歯肉を切断した表面モデルを生成する図 5 のステップ 2 5 0 のためのプロセスをより詳細に示す。このプロセスのインプットは、上記ステップで見出される歯肉線、歯の境界ボックス、および歯自体のタイプを特定する汎用歯識別である。このプロセスは、歯肉線を通る閉鎖表面モデルを生成する。この表面は、3 つの別個の表面 : a ) 歯

50

肉線で始まり、そして歯のすべての臨床歯冠部分を取り囲む歯冠表面； b ) ほぼ歯の根の底部分で歯肉内側による放物線表面； および c ) この放物線根底を歯冠表面に連結する湾曲表面を有している。 1つの実施形態では、これらの表面片は、円柱座標系 ( r 、 、 z ) 中でモデル化される。

【 0 0 5 5 】

図 8 A のプロセスは、歯冠表面を、歯肉線および歯の臨床歯冠部分の周りの点 ( 歯冠点 ) のセット、ならびに歯冠の頂部の上の点を通るスプライン表面としてモデル化する ( ステップ 2 5 2 ) 。最初に、 z 軸の周りの所定の角度 ( phi ) で、歯肉カーブを、 z 軸上角度 phi で始まる半平面と交差させる。別の点を、歯のタイプ、歯表面から離れるビット、および歯肉線上に依存して算出する。二次式カーブを、頂部コントロール点から歯肉点までの各角度で、かつ歯冠コントロール点を通して構築する。次に、歯冠コントロールのためにこのように見出されたすべての点を通して、スプラインが z 軸の周りで適合される。従って、歯冠表面が、 z 軸に沿った二次式、および z 軸に沿った三次式であるグリッド点を生成することにより規定される。歯冠コントロール点は、表面の歯冠部分の形状を変更するために編集され得る ( ステップ 2 5 4 ) 。例えば、歯の頂部の上の点は、 z 方向に移動され得、歯冠表面部分の形状を変更する。

10

【 0 0 5 6 】

図 8 B は、カッター表面の構築の説明を示す。この図は、 z 軸の周りの表面の 4 つの子午線を示す。歯肉線の上にある各子午線の部分は、歯冠部分 7 7 1 と呼ばれる。これは、極座標中の二次関数としてモデル化される。 1つの実施形態では、このカーブの数学的表現は、

20

【 0 0 5 7 】

【 数 3 】

$$a * \sqrt{z} + b * z = r$$

であり、ここで「 a 」および「 b 」は定数である。この関数を用いて、任意の所定の z 値について z 軸から等距離にある点の半径を見出し得る。定数 a および b は、カーブが通過する点、すなわち、頂部点 7 7 4、歯冠点 7 7 6 および歯肉点 7 7 7 によって決定される。

【 0 0 5 8 】

歯肉線 7 7 0 の下に横たわる子午線カーブの部分は、 2 つのカーブ 7 7 2 および 7 7 3 を有する。曲線 7 7 2 は、歯肉点 7 7 7 から根コントロール点 7 7 8 まで直線状である。カーブ 7 7 3 は、底コントロール点 7 7 5 が頂点の放物線である。 1つの実施形態では、このカーブは、関数

30

【 0 0 5 9 】

【 数 4 】

$$r = d\_a * (z - d\_b)^2 + d\_c$$

によって表され、ここで、 d \_\_ a 、 d \_\_ b および d \_\_ c は定数であり、そしてこのカーブが、根コントロール点 7 7 8 および底コントロール点 7 7 5 を通過しなければならない条件から算出され得る。

40

【 0 0 6 0 】

子午線カーブ 7 7 1、 7 7 2 および 7 7 3 は、 z 軸の周りで所定数の間隔に 3 6 0 度を分割するコントロール角度の各々について決定される。次いで、均一な z 増分の子午線カーブ上の点が見出される。各々の標高にあるこれらの点を用いて、 z 軸 7 7 9 の周りの三次式周期エルミートカーブを構築する。次に、カーブ 7 7 9 のような、これらの標高カーブの各々が、 z 軸周りに均一に分配された予め設定された数の点について評価される。従って、これら標高カーブによって生成された点のグリッドを用い、子午線カーブが、カッター用の全体のグリッドを生成するために用いられる。

【 0 0 6 1 】

50

歯冠表面部分は、相対的に迅速に生成され得る。それは関数に基づくからである。歯冠表面を描く速度は、ユーザーが歯冠コントロール点および頂部コントロール点を移動するとき、またはユーザーが歯肉線を編集するとき、ユーザーによるリアルタイム形状化を可能にする。また、それは、交差点の発見自体を容易にする。なぜなら、このシステムは、歯メッシュの頂点のような所定の点が、歯肉切断表面の内側であるか、または外側であるかを迅速に決定し得るからである。

#### 【0062】

歯冠コントロール点の初期配置は、歯識別情報から推測される近似歯形状を用いてなされる(ステップ256)。例えば、臼歯については、これらの点は、切歯についてよりz軸からはるかに離れているべきである。次に、歯肉切断表面の根部分が生成される(ステップ258)。この根部分は、表面の底にある放物線表面、およびこの放物線表面を歯冠表面に連結する規定表面から構成され得る。

10

#### 【0063】

図9は、歯から歯肉を抽出するために歯肉切断表面を用いる図5のステップ260をより詳細に示す。図9のプロセスへのインプットは、歯の三角形メッシュモデルおよび歯肉切断表面の三角形メッシュモデルである。図9のプロセスは、歯の切り出し歯肉部分および歯冠部分を生成する(ステップ262)。湾曲したクリッピング手順を用いて歯から歯肉をカットする。このプロセスは、次に、歯肉切断表面を用いて歯根を再構築する(ステップ264)。根の再構築は、切断プロセスの一部として起こり、そして切断歯の根部分は、歯肉切断表面の根部分の一部/全部である。次に、このプロセスは、歯の歯肉部分の切り出し、および歯冠部分を生成する(ステップ266)。

20

#### 【0064】

歯肉線が深い場合には、歯タイプ情報を用いて構築される歯冠表面は、歯肉の一部を通過して切断され得る。この目的のために、図10に示される「自動歯冠(AutoCrown)」手順が用いられ得る。図10のプロセスは、歯肉カットのコンパクトな歯冠部分を生成し、なお、それは、歯の歯冠部分を通過して切断しない。ここで、図10に戻り、z軸から離れる各方向において、接線方向が、歯肉線上の対応する点から歯の歯冠部分まで算出される(ステップ272)。これらの接線は、それらがz軸から最も遠くなるように選択される(ステップ274)。換言すれば、この接線は、歯肉カットの歯冠部分と交差しませんが、1つ以上の点で歯冠部分に触れる。図11は、1つの特定の(z, phi)平面を示す。これらの接線は、歯肉カットの歯冠表面を規定する歯冠コントロール点を自動的に位置決めするために用いられる(ステップ276)。

30

#### 【0065】

図11は、歯モデル301上で図10のプロセスの1つの例示の操作を示す。この歯モデル301は、歯肉300の上に静止している。根モデル301は、歯肉線316で歯肉300と界面を接している。さらに、歯冠表面310は、歯301を覆っている。接線312は、歯肉線316から出て、歯冠表面310上の対応する点に向かう。図11のプロセスは、接線312を小オフセットだけシフトすることにより、代替の接線314を算出する。この代替の接線314の歯冠表面310との交差点は、図10のプロセスによる新たな歯冠点318である。

40

#### 【0066】

図12は、歯モデルから歯肉504を除去し得るカッター500の例示のユーザーインターフェースを示す。カッター500は、ユーザーが、3つの主要な方向(x, yおよびz)中およびその周りにカッター500を回転および移動することを可能にする、軸仕掛け502を提供する。ボールコントロール506が、歯肉線508に沿って提供され、そこで、ユーザーは、歯肉線508を編集し得る。コントロールキューブ510が提供され、ユーザーがカッター500の形状を変更することを可能にし、そしてこれらのキューブ510は、それらを移動することにより編集され得る。すべてのユーザー変更は、カッター500の表面の再算出を引き起こし、そしてこの表面が歯肉線508を通過するようにする。

50

## 【 0 0 6 7 】

このユーザーインターフェースは、ユーザーが実線オプションをオンおよびオフすることを可能にし、その結果、歯肉カッター 500 の表面は、そのワイヤフレームモデルから可視化され得る。根は、表示され得るか、または透明度セッティングを用いて隠したままであり得、そして歯の内側の根構造を見るために有用である。交差点の幾何学的構造が示され得、そして根の点および歯冠の点および根の深さが特定され得る。

## 【 0 0 6 8 】

一旦中間データセットおよび最終データセットが生成されると、器具が図 13 に示されるように製作され得る。従来の製作方法は、立体リソグラフィー機械のような迅速試作品製造デバイス 201 を採用する。特に適切な迅速試作品製造機械は、3 D System 10、Valencia、California から入手可能な Model SLA - 250 / 50 である。この迅速試作品製造機械 201 は、液体またはその他の非固化樹脂を残りの非固化樹脂が分離し、洗浄し、そして器具として直接的に、または器具を生成するための鋳型として間接的に、いずれかで用いられ得る三次元構造に選択的に固化する。この迅速試作品製造機械 201 は、個々のデジタルデータセットを受け、そして所望の器具の各々に対応する 1 つの構造を生成する。一般に、この迅速試作品製造機械 201 は、非最適機械的性質をもつ樹脂を利用し得、そしてこれは、一般に患者使用に受容可能でないかもしれないので、代表的には、迅速試作品製造機械は、処置の各連続ステージの有効なポジティブ歯モデルにおける鋳型を製造するために用いられる。ポジティブモデルが調製された後、従来の圧力成形または真空成形機械 251 を用いて、より適切な材料（例えば、Tru-Tain Plastics、Rochester、Minnesota 559 20 02 から入手可能な 0.03 インチ熱成形性歯科材料）から器具を生成する。適切な圧力成形装置は、Great Lakes Orthodontics、Ltd.、Tonawanda、New York 14150 から商標名 BIOS T A R の下で入手可能である。この成形機械 251 は、ポジティブ歯モデルおよび所望の材料から直接各々の器具を生成する。適切な真空成形機械は、Raintree Essix、Inc. から入手可能である。

## 【 0 0 6 9 】

製造後、器具は、処置専門家にすべて一度に供給され得る。これら器具は、いくつかの様式、代表的には、これら器具上に直接、または各器具に取り付けられるか、もしくは各器具を包むタグ、ポーチ、もしくはその他の品目上に連続的番号付けによりマークされ、それらの使用の順序を示す。必要に応じて、書面の指示書がこのシステムに付随し、これは、患者に、器具またはパッケージング中のどこかにあるマークされた順序で個々の器具を着用することを提示する。このような様式の器具の使用は、患者の歯を、最終の歯配列に向かって漸次再配置する。 30

## 【 0 0 7 0 】

患者の歯は、当初予期されるとは異なって反応し得るので、処置臨床医は、処置の経過の間に患者の進行を評価することを希望し得る。このシステムはまた、これを、新たに計測された経過中の生歯から開始して、自動的に行い得る。患者の歯が計画通りに進行しない場合、臨床医は、必要に応じて処置計画を改定し得、患者の処置を予定の方向に戻すか、または代替の処置計画を設計する。臨床医は、口頭または書面のコメントを、処置計画を改定することの使用のために提供し得る。臨床医はまた、デジタルイメージおよび操作のために患者の歯の別のセットのギブス（石膏像）を形成し得る。臨床医は、次の整列器に関する生産を患者の進行が評価されるまで遅らせ、初期整列器生産をほんの 2 ~ 3 の整列器に制限することを希望し得る。 40

## 【 0 0 7 1 】

図 14 は、歯科矯正処置計画を進展するために用いられ得るデータプロセッシングシステム 800 の簡略ブロック図である。このデータプロセッシングシステム 800 は、代表的には、バスサブシステム 804 を経由して多くの周辺デバイスと通信する少なくとも 1 つのプロセッサ 802 を備える。これらの周辺デバイスは、代表的には、記憶サブシステ 50

ム 8 0 6 (メモリサブシステム 8 0 8 およびファイル記憶サブシステム 8 1 4)、ユーザーインターフェースインプットデバイスおよびユーザーインターフェースアウトプットデバイス 3 1 8 のセット、ならびに公衆スイッチ電話ネットワークを含む外側ネットワーク 3 1 6 へのインターフェースを含む。このインターフェースは、「モデムおよびネットワークインターフェース」ブロック 8 1 6 として図示され、そして通信ネットワークインターフェース 8 2 4 を経由してその他のデータプロセッシングシステム中の対応するインターフェースデバイスに連結されている。データプロセッシングシステム 8 0 0 は、末端もしくはローエンドのパーソナルコンピュータまたはハイエンドのパーソナルコンピュータ、ワークステーションまたはメインフレームであり得る。

【 0 0 7 2 】

代表的には、ユーザーインターフェースインプットデバイスは、キーボードを含み、そしてポインティングデバイスおよびスキャナーをさらに含み得る。ポインティングデバイスは、マウス、トラックボール、タッチパッド、またはグラフィックタブレットのような間接ポインティングデバイス、またはディスプレイに組み込まれたタッチスクリーンのような直接ポインティングデバイス、または米国特許第 5, 4 4 0, 3 2 6 号に記載のようなジャイロスコープポインティングデバイスのような三次元ポインティングデバイス、音声認識システムのようなその他のタイプのユーザーインターフェースインプットデバイスもまた用いられ得る。

10

【 0 0 7 3 】

代表的には、ユーザーインターフェースアウトプットデバイスは、プリンター、ならびにディスプレイコントローラーおよびコントローラーに接続されたディスプレイデバイスを含む、ディスプレイサブシステムを含む。このディスプレイデバイスは、カソード線管 (CRT)、液晶ディスプレイ (LCD) のようなフラットパネルデバイス、またはプロジェクションデバイスであり得る。ディスプレイサブシステムはまた、音響アウトプットのような非視覚ディスプレイを提供し得る。

20

【 0 0 7 4 】

記憶サブシステム 8 0 6 は、プログラミングおよびデータ構築に必要な基礎を維持する。上記で論議されたプログラムモジュールは、代表的には、記憶サブシステム 8 0 6 中に記憶される。代表的には、記憶サブシステム 8 0 6 は、メモリサブシステム 8 0 8 およびファイル記憶サブシステム 8 1 4 を備える。

30

【 0 0 7 5 】

代表的には、メモリサブシステム 8 0 8 は、プログラム実行の間の命令およびデータの記憶のためのメインランダムアクセスメモリ (RAM) 8 1 0、および固定された命令が記憶される読み出し専用メモリ (ROM) 8 1 2 を含む多くのメモリを含む。Macintosh 互換パーソナルコンピュータの場合には、この ROM は、オペレーティングシステムの一部を含む；IBM 互換パーソナルコンピュータの場合には、これは、BIOS (基礎インプット/アウトプットシステム) を含み得る。

【 0 0 7 6 】

ファイル記憶サブシステム 3 1 4 は、持続性の (不揮発性の) プログラムおよびデータファイルを記憶し、そして代表的には、少なくとも 1 つのハードディスクドライブおよび少なくとも 1 つのフロッピー (登録商標) ディスクドライブ (関連するリムーバブル媒体とともに) を含む。CD-ROM ドライブおよび光学的ドライブ (すべてそれらの関連するリムーバブル媒体とともに) のようなその他のデバイスもまた存在し得る。さらに、このシステムは、リムーバブル媒体カートリッジをもつタイプのドライブを含み得る。リムーバブル媒体カートリッジは、例えば、Syquest その他により市販されているようなハードディスクカートリッジ、および Iomega により市販されているような可撓性ディスクカートリッジであり得る。ローカルエリアネットワーク中のサーバー、または Internet 's World Wide Web 上のサイトにあるような遠隔位置にて 1 つ以上のドライブが配置され得る。

40

【 0 0 7 7 】

50



この文脈で、用語「バスシステム」は、種々のコンポーネントおよびサブシステムの意図するような互いに通信を行う任意の機構を一般に含むように用いられる。インプットデバイスとディスプレイを除き、その他のコンポーネントは、同じ物理的位置にある必要はない。従って、例えば、ファイル記憶システムの一部は、電話線を含む種々のローカルエリアまたはワイドエリアネットワーク媒体を経由して連結され得る。同様に、インプットデバイスおよびディスプレイは、代表的にはパーソナルコンピュータおよびワークステーションが用いられることが予期されるけれども、プロセッサと同じ場所にある必要はない。

【0078】

バスサブシステム804は、単一バスとして図示されているが、代表的なシステムは、ローカルバスおよび1つ以上の拡張バス（例えば、ADB、SCSI、ISA、EISA、MCA、NuBus、またはPCI）、ならびにシリアルポートおよびパラレルポートのような多くのバスを有している。通常、ネットワーク通信が、これら拡張バスの1つの上にあるネットワークアダプター、またはシリアルポート上のモデムのようなデバイスを通じて確立されている。クライアントのコンピュータは、デスクトップシステムまたはポータブルシステムであり得る。

【0079】

スキャナー820は、患者から、または歯科矯正者からのいずれかから得た患者の歯の走査キャストを担い、そしてさらなるプロセッシングのために、データプロセッシングシステム800に走査されたデジタルデータセット情報を提供する。分散された環境では、スキャナー820は、遠隔位置に配置され得、そしてネットワークインターフェース824を経由してデータプロセッシングシステム800に走査されたデジタルデータセット情報を通信する。

【0080】

製作機械822は、データプロセッシングシステム800から受けた中間および最終のデータセット情報に基づき歯科器具を製作する。分散された環境では、製作機械822は、遠隔位置に配置され得、そしてネットワークインターフェース824を経由してデータプロセッシングシステム800からデータセット情報を受信する。

【0081】

本発明を特定の実施形態に関して記載してきた。その他の実施形態は、添付の請求項の範囲内にある。例えば、上記の三次元走査技法は、歯ギブスおよび整列器を形成する材料の収縮および膨張のような材料特性を分析するために用いられ得る。また、上記の上記3D歯モデルおよびグラフィカルインターフェースは、制約物が適用され、それ故歯の移動が改変される場合に、従来の固定器またはその他の従来の歯科矯正術器具で患者を処置する臨床医を支援するために用いられ得る。さらに、歯モデルは、対応する患者および処置する臨床医による限定アクセスのためにハイパーテキストトランスファープロトコール（http）ウェブサイト上に提供され得る。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1A】図1Aは、患者の顎を示し、そして歯がどのように移動され得るかを一般に示す。

【図1B】図1Bは、図1Aからの1つの歯を示し、そして歯の移動距離がどのように決定されるのかを規定する。

【図1C】図1Cは、図1Aの顎を増分位置調節器具とともに示す。

【図2】図2は、増分位置調節器具のシステムを生成するためのステップを示すブロック図である。

【図3】図3は、三角形メッシュを用いる歯の3Dモデルの図である。

【図4】図4は、歯のグループを歯の2つのグループに繰り返し分離するためのプロセスを示すフローチャートである。

【図5】図5は、歯のモデルから歯肉を切断またはつなぎ合わせるためのプロセスを示す

10

20

30

40

50

フローチャートである。

【図 6】図 6 は、例示の円錐体形状のカッター、およびこのカッターのための制御点を示す。

【図 7】図 7 は、歯肉線の自動的発見を示すフローチャートである。

【図 8 A】図 8 A は、切断歯肉の表面モデルの生成を示すフローチャートである。

【図 8 B】図 8 B は、切断歯肉の例示の表面モデルを示す。

【図 9】図 9 は、歯から歯肉を取り出すための歯肉切断表面の使用法を示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、歯肉切断（まだ歯の歯冠部分を通じて切断していない）のコンパクトな歯冠部分の生成を示すフローチャートである。

10

【図 11】図 11 は、歯モデル上で図 10 のプロセスの 1 つの例示の操作を示す。

【図 12】図 12 は、歯モデルから歯肉を取り除き得るカッターのための例示のユーザーインターフェースを示す。

【図 13】図 13 は、器具を製作するためのシステムの図である。

【図 14】図 14 は、器具の製造を支持するコンピューターシステムの図である。

【図 1 A】

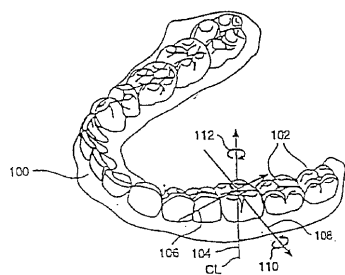


FIG. 1A

【図 1 B】

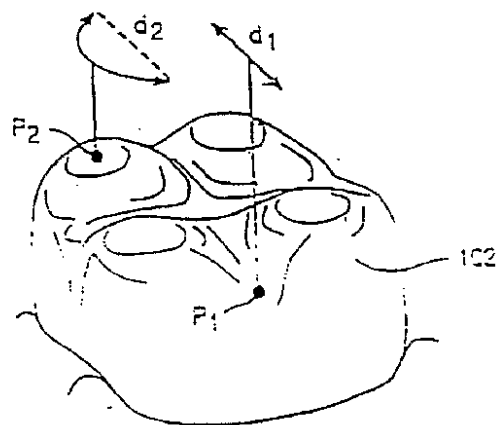


FIG. 1B

【 図 1 C 】

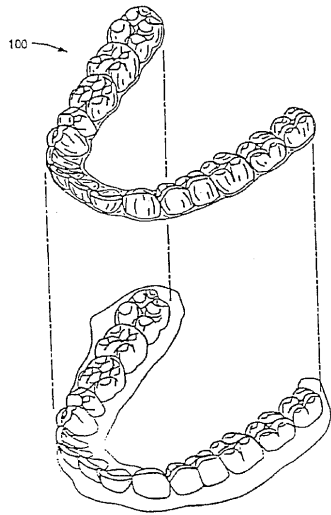


FIG. 1C

【 図 2 】

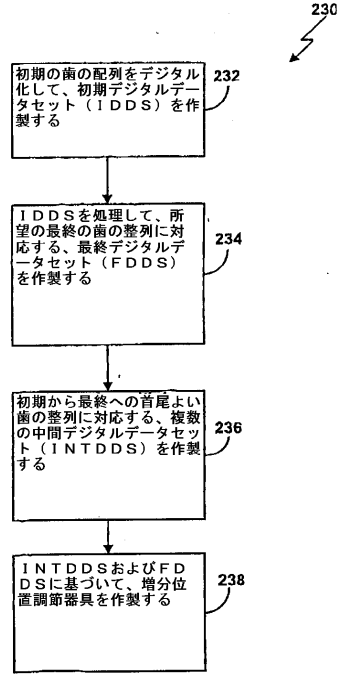


FIG. 2

【 図 3 】

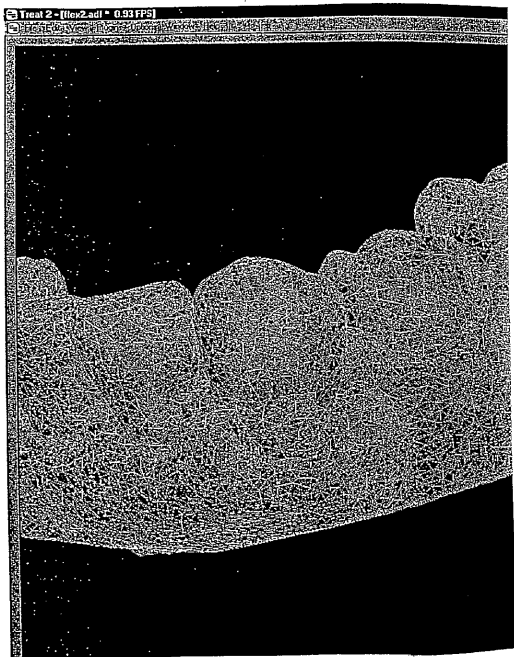


Figure 3

【 図 3 】

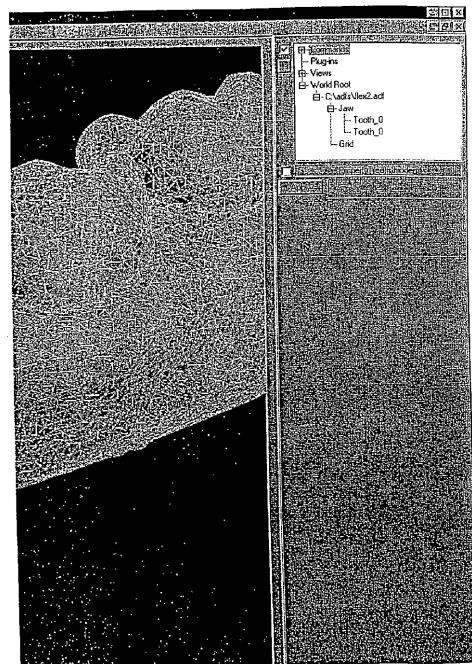


Figure 3

【 図 4 】

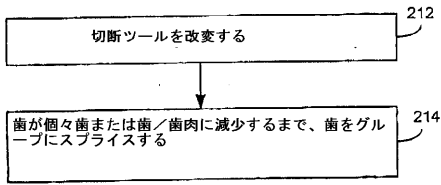


FIG. 4

【 図 5 】

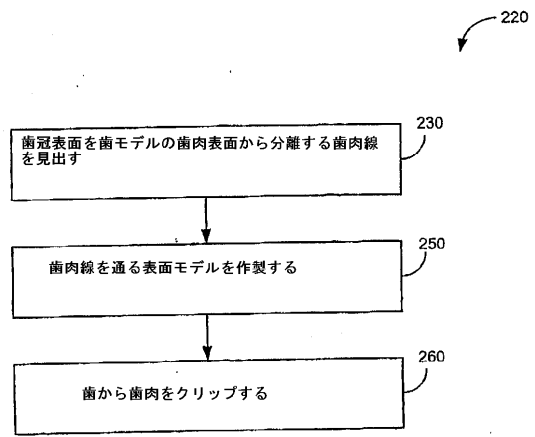


FIG. 5

【 図 6 】

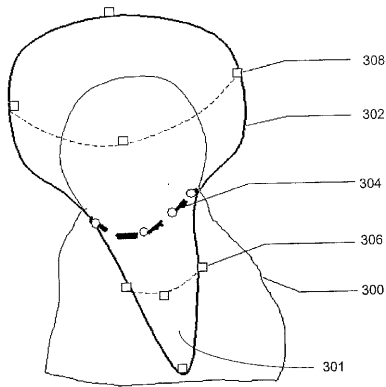


FIG. 6

【 図 7 】

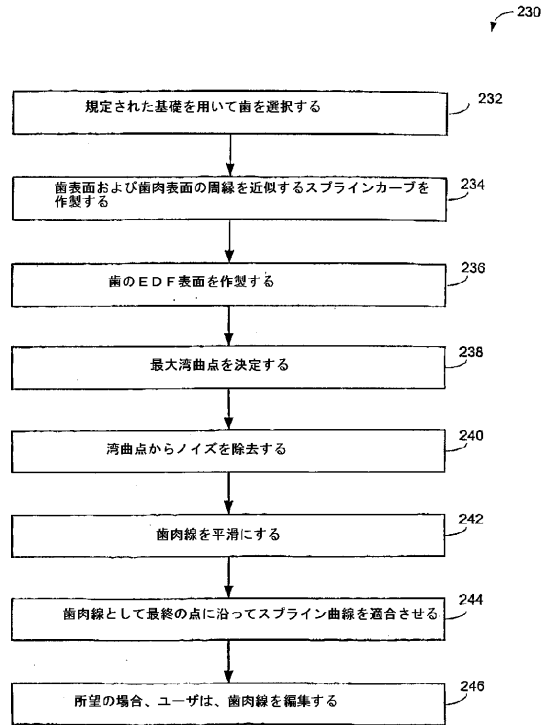


FIG. 7

【 図 8 A 】

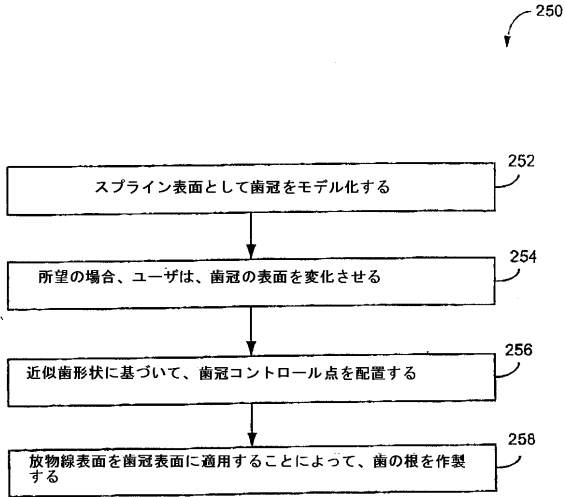


FIG. 8A

【 図 8 B 】

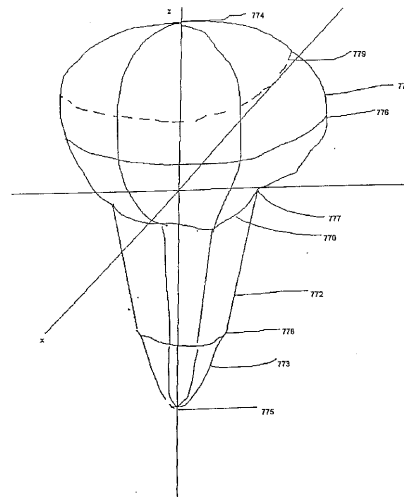


FIG. 8B

【 図 9 】

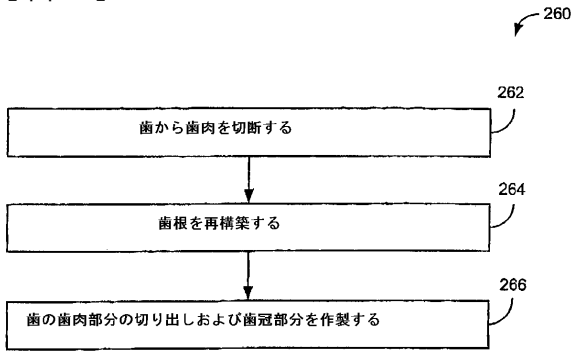


FIG. 9

【 図 1 1 】

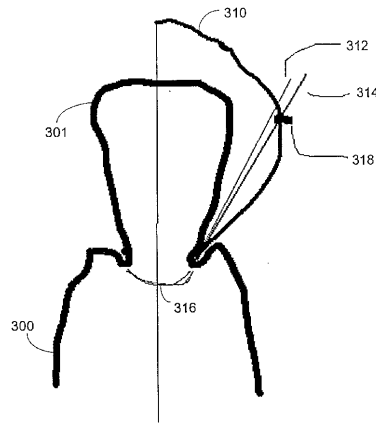


FIG. 11

【 図 1 0 】

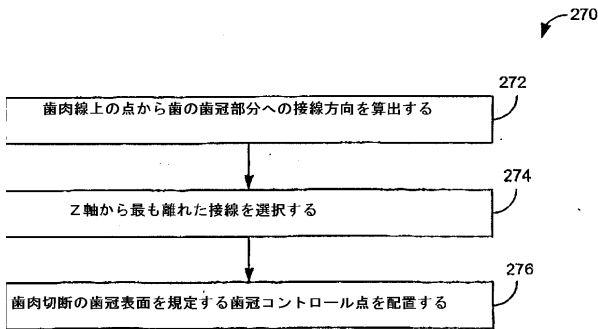


FIG. 10

【 図 1 2 】

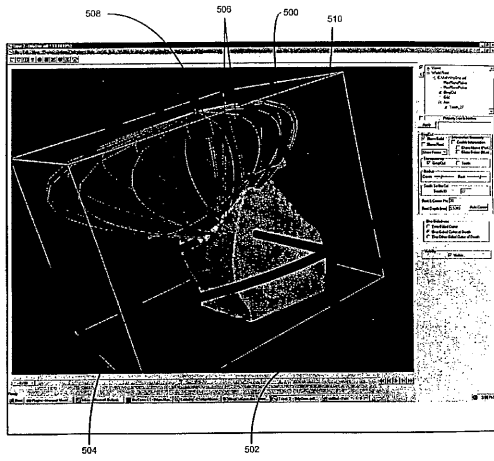


FIG. 12

【 図 1 3 】

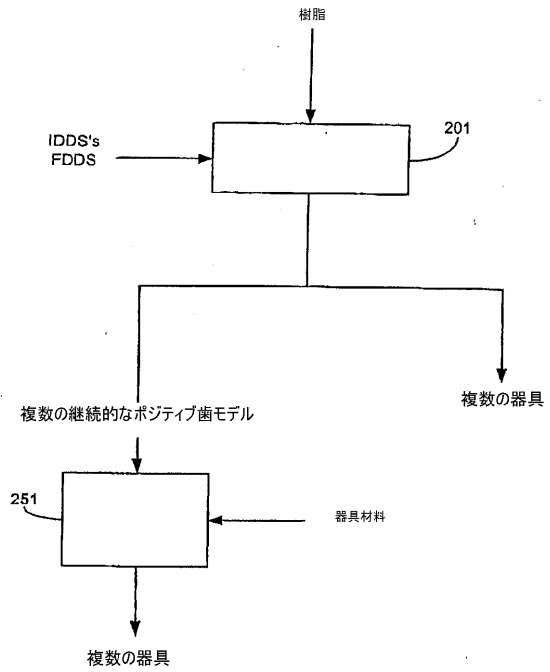


FIG. 13

【 図 1 4 】

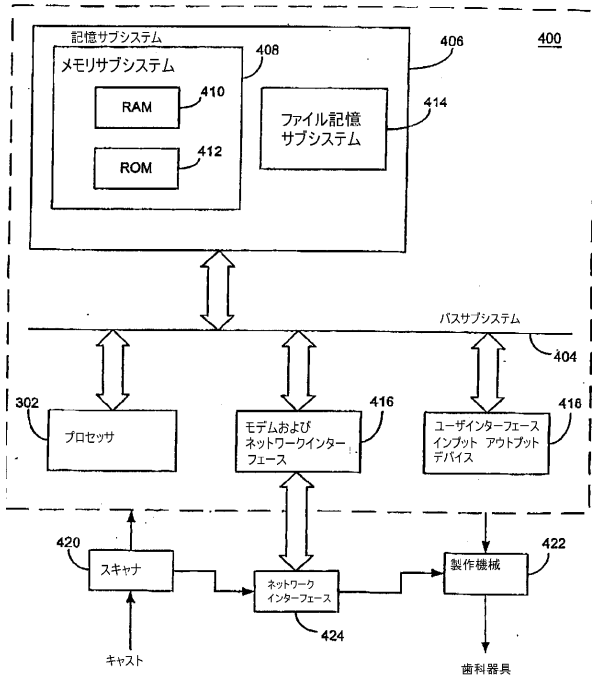


FIG. 14

【手続補正書】

【提出日】平成17年3月1日(2005.3.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

歯から歯肉を分離するためにコンピューターで実施される方法であって：

該歯肉に沿って切断表面を規定する工程；および

該歯から単一の切断で該歯肉を分離するために該切断表面を該歯に付与する工程を包含する、方法。

【請求項2】

前記切断表面が湾曲しており、関数として表現され、スプライン関数および二次関数として表現され、そして、スプライン関数および放物線関数として表現される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記切断表面が相互作用的に調節される、請求項1または2のいずれかに記載の方法。

【請求項4】

前記切断表面の相互作用的調節が、該切断表面を規定する関数を改変する、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記分離された部分の境界を相互作用的に強調する工程、必要に応じて、相互作用的に強調する工程をさらに包含する、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

前記切断表面が、前記歯の基礎を特定することにより規定される、請求項1～5のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】

歯の表面と歯肉とを分離する歯肉線を見出す工程をさらに包含する、請求項1～6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

前記歯の表面上の高い湾曲の位置を見出す工程および/またはスプラインを前記歯肉線に適合する工程をさらに包含する、請求項1～7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項9】

前記切断表面が複数の表面をさらに含む、請求項1～8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項10】

前記歯の根が、歯肉線の下の放物線表面としてモデル化される、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記歯の冠を取り囲むための包囲表面を規定する工程をさらに包含する、請求項9に記載の方法。

【請求項12】

請求項9に記載の方法であって：

複数のノードで特定される前記表面を表示する工程；

該表面を改変するために1つ以上のノードを調節する工程；および

前記歯から前記歯肉を分離するために該表面を付与する工程を

さらに包含する、方法。

【請求項13】

切断形状の各配向を調節するためにハンドルを提供する工程をさらに包含し、ここで、1以上のノードを調節する工程が、必要に応じて1以上のノードを移動する工程を包含し、

そして/または、前記切断表面が円柱座標中の関数を用いて形成される、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

コンピューターであって：

プロセッサ；

該プロセッサに接続されたデータ記憶デバイスであって、該データ記憶デバイスは、歯のコンピューターモデルから歯肉を分離することにおける使用のためのコードを含み、該プログラムが、以下：

該歯肉に沿って切断表面を規定させることであって、ここで該切断表面がスプライン関数および二次関数として表され、そしてここで該切断表面が複数の表面をさらに備え、そしてここで該歯の根が歯肉線の下放物線表面としてモデル化されること；および

該歯から単一切断で該歯肉を分離するために該歯に切断表面を付与することをコンピューターにさせるよう作動可能な実行可能な指示を含む、記憶デバイスを備える、

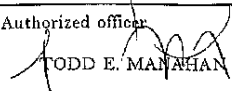
コンピューター。

【請求項 1 5】

前記歯の冠を取り囲む包囲表面を規定する指示をさらに備える、請求項 1 4 に記載のコンピューター。



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/09479
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) :A61C 5/00 US CL :433/215 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 433/215, 218, 24 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3,861,044 A (SWINSON, Jr.) 21 January 1975.	1-26
A	US 5,607,305 A (ANDERSSON et al.) 04 March 1997.	1-26
A	US 5,452,219 A (DEHOFF et al.) 19 September 1995.	1-26
A	US 6,049,743 A (BABA) 11 April 2000.	1-26
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 07 AUGUST 2002		Date of mailing of the international search report 30 JAN 2003
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-2230		Authorized officer  TODD E. MANAHAN Telephone No. (703) 308-3708

---

フロントページの続き

(特許庁注：以下のものは登録商標)

Macintosh

(72)発明者 パプロフカイヤ, エレナ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94109, サンフランシスコ, スッター ストリート  
1688, ナンバー8

(72)発明者 サーバ, ヴェンカタ エス.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94539, フレモント, クーガー サークル 4495  
8

(72)発明者 チャーン, カルメン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーベール, ハウソーン アベニュー 5  
20, ナンバー1

Fターム(参考) 4C052 AA20 JJ10