

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3639215号  
(P3639215)

(45) 発行日 平成17年4月20日(2005.4.20)

(24) 登録日 平成17年1月21日(2005.1.21)

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

F I

A 6 1 C 7/00

A 6 1 C 7/00

Z

A 6 1 C 19/00

A 6 1 C 19/00

Z

請求項の数 48 (全 26 頁)

|               |                               |           |                       |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2000-617816 (P2000-617816)  | (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   |
| (65) 公表番号     | 特表2002-543917 (P2002-543917A) |           | イテッド                  |
| (43) 公表日      | 平成14年12月24日 (2002.12.24)      |           | アメリカ合衆国 カリフォルニア 950   |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US1999/023574             |           | 50, サンタ クララ, マーティン アベ |
| (87) 国際公開番号   | W02000/069356                 |           | ニュー 851               |
| (87) 国際公開日    | 平成12年11月23日 (2000.11.23)      | (74) 代理人  | 100078282             |
| 審査請求日         | 平成15年6月3日 (2003.6.3)          |           | 弁理士 山本 秀策             |
| (31) 優先権主張番号  | 09/313,289                    | (72) 発明者  | チシュティ, ムハマド ジアウラ カン   |
| (32) 優先日      | 平成11年5月13日 (1999.5.13)        |           | アメリカ合衆国 カリフォルニア 940   |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 86, サニーベイル, コーテ マデラ   |
| 早期審査対象出願      |                               |           | アベニュー ナンバー302 972     |
|               |                               |           | 最終頁に続く                |

(54) 【発明の名称】 歯の経路処置計画

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歯の最初の位置のセットから歯の最終位置のセットに患者の歯を再配置するための複数の器具を製造する際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、

該歯の最初の位置のセットを表すデータと該歯の最終位置のセットを表すデータとに基づいて、歯の位置のシーケンスまたは歯の動きベクトルのシーケンスのいずれかとして、該歯の最初の位置から該歯の最終位置に至る歯の移動を表す一連の処置経路セグメントをコンピュータによって計算することと、

該処置経路セグメントによって表される該歯の移動に関する1つ以上の制約に対応するデータを受け取ることと、

該処置経路セグメントが該1つ以上の制約を満たすか否かをコンピュータによってテストすることと、

処置経路セグメントが該1つ以上の制約を満たさない場合には、1つ以上の処置経路セグメントを繰り返し再計算することと

を包含し、

該処置経路セグメントを計算することは、該最初の位置から該最終の位置に各歯を移動するために必要とされる変形の最小量を決定することと、該最小量の移動のみを必要とする各処置経路セグメントを作成することとを含む、方法。

【請求項2】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の歯の叢生を制約する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の歯の間隔を制約する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の抜歯を制約する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯のストリップングを制約する、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 6】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の回転を制約する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記処置経路セグメントの 1 つが、前記歯を 5 度および 10 度回転させる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の移動を制約する、請求項 1 に記載の方法。 20

【請求項 9】

前記処置経路セグメントの 1 つが、各歯を 0.2 mm～0.4 mm 移動させる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記制約が、アレイ状に格納されている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

各セグメントに対する制約が、アレイ状に格納されている、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記処置経路セグメントを生成することが、少なくとも 1 つの歯についての中間位置であって、該中間位置の間で該歯が同じ大きさの並進運動を起こす中間位置を生成することを含む、請求項 1 に記載の方法。 30

【請求項 13】

前記処置経路セグメントを生成することが、少なくとも 1 つの歯についての中間位置であって、該中間位置の間で該歯が異なる大きさの並進運動を起こす中間位置を生成することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記患者の歯が前記処置経路セグメントに沿って移動する場合に生じる任意の衝突を検出することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

衝突を検出することが、 40

第 1 の歯と第 2 の歯との間に中立投影平面を確立することと、

該平面に垂直な z 軸であって、該投影平面上の基点のセットの各々から正の方向および負の方向を有する z 軸を確立することと、

該第 1 の歯までの第 1 の符号付けされた距離および該第 2 の歯までの第 2 の符号付けされた距離を含む一対の符号付けされた距離を計算することであって、該符号付けされた距離は、該基点を通過する直線であって該 z 軸に平行な直線上で測定されることと、

該符号付けされた距離の対のいずれかが衝突を示す場合に、衝突が発生することを決定することと、

によって該第 1 の歯と該第 2 の歯との間の距離を計算することを含む、請求項 14 に記載の方法。 50

## 【請求項 1 6】

前記第 1 の距離についての前記正の方向が、前記第 2 の距離についての前記正の方向に対向し、符号付けされた距離のいずれかの対の和がゼロ以下の場合に衝突が検出される、請求項 1 5 に記載の方法。

## 【請求項 1 7】

前記患者の歯が前記処置経路セグメントに従っているか否かを示す情報を受信することと、従っていない場合、該処置経路セグメントを修正するために該情報を使用することとをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 8】

処置経路セグメントを生成することが、各歯についての 1 より多くの候補処置経路セグメントを生成することと、人間のユーザーの選択のために、各候補処置経路セグメントのグラフィカル表示を提供することとを包含する、請求項 1 に記載の方法。

10

## 【請求項 1 9】

前記第 1 の距離についての正の方向が、前記第 2 の距離についての前記正の方向に対向し、符号付けされた距離のいずれかの対の和がゼロ以下の場合に衝突が検出される、請求項 1 5 に記載の方法。

## 【請求項 2 0】

前記患者の歯が前記処置経路セグメントに沿って移動する場合に生じる任意の不適切な咬合を検出することをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 2 1】

20

正常な配列および咬合からの逸脱度を表す不正咬合指数を示す値を計算することと、人間のユーザーに該値を表示することとをさらに包含する、請求項 2 0 に記載の方法。

## 【請求項 2 2】

前記処置経路セグメントを生成することが、前記患者の歯の移動に関する制限を示すデータを受信することと、該患者の歯の移動に関する制限を示すデータに基づいて該処置経路セグメントを生成することとを包含する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 2 3】

選択されたデータセットに対応する位置において、該歯の 3 次元 (3 D) グラフィカル表示を与えることをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 2 4】

30

前記歯の前記処置経路セグメントに沿った移動の視覚表示を提供するために、該歯の前記グラフィカル表示を動画化することをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 5】

ビデオカセットレコーダ上に制御ボタンを示す要素を備えるグラフィカルインターフェースを提供することをさらに包含し、人間のユーザーが前記動画を制御するために該制御ボタンを操作し得る、請求項 2 4 に記載の方法。

## 【請求項 2 6】

前記歯のグラフィカル表示を与えるために、前記選択されたデータセット内のデータの一部のみを使用することをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 7】

40

前記データセットを圧縮することにより該データセットより小さなデータサイズを有する圧縮されたデータセットを生成することと、該圧縮されたデータセットに基づいて前記歯のグラフィカル表示を与えることとをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 8】

前記歯のグラフィカル表示を改変するために人間のユーザーからの指示を受信することと、該指示にตอบสนองして該グラフィカル表示を改変することとをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 2 9】

前記ユーザーからの指示にตอบสนองして前記選択されたデータセットを改変することをさらに包含する、請求項 2 8 に記載の方法。

50

## 【請求項 3 0】

人間のユーザーが前記グラフィカル表示において歯を選択することを可能にすることと、それに応答して該歯についての情報を表示することとをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 3 1】

前記情報が、前記処置経路セグメントに沿って移動する間に前記歯が受ける運動に関連する、請求項 3 0 に記載の方法。

## 【請求項 3 2】

前記情報が、前記歯と前記グラフィカル表示において選択された別の歯との間の直線距離を示す、請求項 3 0 に記載の方法。

10

## 【請求項 3 3】

前記グラフィカル表示を与えることが、歯科矯正に特有の視角において前記歯の 3 D グラフィカル表示を与えることを含む、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 3 4】

前記患者の歯のグラフィカル表示を見た後に、人間のユーザーがテキストベースのコメントを提供し得るユーザーインターフェースを提供することをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 3 5】

前記グラフィカル表示を与えることが、人間の視聴者が該グラフィカル表示を見ることを望む遠隔コンピュータにデータをダウンロードすることを含む、請求項 2 3 に記載の方法。

20

## 【請求項 3 6】

人間のユーザーによって制御される 3 D ジャイロスコープ入力デバイスからの入力信号を受信することと、該入力信号を使用して、前記グラフィカル表示における歯の配向を変更することとをさらに包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

## 【請求項 3 7】

歯の最初の位置のセットから歯の最終位置のセットに患者の歯を再配置する ための複数の器具を製造する際に 使用されるコンピュータを用いたシステムであって、

該システムは、

該歯の最初の位置のセットを表すデータと該歯の最終位置のセットを表すデータとに基づいて、歯の位置のシーケンスまたは歯の動きベクトルのシーケンスのいずれかとして、該歯の最初の位置から該歯の最終位置に至る歯の移動を表す一連の処置経路セグメントをコンピュータによって計算する手段と、

30

該処置経路セグメントによって表される該歯の移動に関する 1 つ以上の制約に対応するデータを受け取る手段と、

該処置経路セグメントが該 1 つ以上の制約を満たすか否かをコンピュータによってテストする手段と、

処置経路セグメントが該 1 つ以上の制約を満たさない場合には、1 つ以上の処置経路セグメントを繰り返し再計算する手段と

を備え、

40

該一連の処置経路セグメントを計算する手段は、該最初の位置から該最終の位置に各歯を移動するために必要とされる変形の最小量を決定する手段と、該最小量の移動のみを必要とする各処置経路セグメントを作成する手段とを含む、システム。

## 【請求項 3 8】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の叢生を制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

## 【請求項 3 9】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の間隔を制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

## 【請求項 4 0】

50

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の抜歯を制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 1】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯のストリッピングを制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 2】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の回転を制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 3】

前記処置経路セグメントの 1 つが、前記歯を 5 度および 1 0 度回転させる、請求項 4 2 に記載のシステム。 10

【請求項 4 4】

前記 1 つ以上の制約の 1 つが、前記処置経路セグメントによって表される歯の移動を制約する、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 5】

前記処置経路セグメントの 1 つが、各歯を 0 . 2 mm ~ 0 . 4 mm 移動させる、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 6】

前記制約が、アレイ状に格納されている、請求項 3 7 に記載のシステム。

【請求項 4 7】

各セグメントに対する制約が、アレイ状に格納されている、請求項 4 6 に記載のシステム。 20

【請求項 4 8】

歯の最初の位置のセットから歯の最終位置のセットに患者の歯を再配置するための複数の器具を製造する際に使用される装置であって、

該装置は、

該歯の最初の位置のセットを表すデータと該歯の最終位置のセットを表すデータとに基づいて、歯の位置のシーケンスまたは歯の動きベクトルのシーケンスのいずれかとして、歯の最初の位置から歯の最終位置に至るまでの歯の移動を表す一連の処置経路セグメントをコンピュータによって計算する手段と、 30

該処置経路セグメントによって表される該歯の移動に関する 1 つ以上の制約に対応するデータを受け取る手段と、

該処置経路セグメントが該 1 つ以上の制約を満たすか否かをコンピュータによってテストする手段と、

処置経路セグメントが該 1 つ以上の制約を満たさない場合には、1 つ以上の処置経路セグメントを繰り返し再計算する手段と

を備え、

該一連の処置経路セグメントを計算する手段は、該最初の位置から該最終の位置に各歯を移動するために必要とされる変形の最小量を決定する手段と、該最小量の移動のみを必要とする各処置経路セグメントを作成する手段とを含む、装置。 40

【発明の詳細な説明】

【0001】

本出願は、「System and Method for Repositioning Teeth」と題された米国特許出願 09/169,036 (代理人事件整理番号 09943/003001)、および「Defining Tooth-Moving Appliances Computationally」と題された同 09/169,034 (代理人事件整理番号 09943/004001)に関連し、これら両方は 1998 年 10 月 8 日に提出され、これらの開示全体が参考として本明細書中で援用される。

【0002】

(背景)

## (1. 発明の分野)

本発明は、一般的に、歯科矯正学の分野に関し、そしてより詳細には、歯科矯正処置計画および取付け具のコンピューター自動化開発に関する。

## 【0003】

審美的または他の理由のための歯の整復は、通常「プレス」とよばれる物を付けることによって慣習的に達成される。プレスは、ブラケット、弧線、リガチャー、およびリングのような種々の取付け具を含む。患者の歯に取付け具を取りつけることは、退屈で、時間のかかる計画であり、何回も処置する矯正歯科医にかかることを必要とする。結果として、従来の歯科矯正処置は、矯正歯科医の患者の受容量を限定し、歯科矯正処置を非常に高価にする。従来のプレスの使用は、それ自体退屈で、時間のかかるプロセスであり、そして矯正歯科医の診察室に多く来診する必要がある。さらに、患者の観点から、プレスの使用は、見苦しく、不快で、感染の危険を示し、ブラッシング、フロッシング、および他の歯科衛生手順を困難にする。

10

## 【0004】

## (2. 背景技術の説明)

歯科矯正処置を仕上げるための歯のポジショナーは、K e s l i n gによって、Am. J. Orthod. Oral. Surg. 31:297-304 (1945) および32:285-293 (1946)に記載される。患者の歯の総合的な歯科矯正再調整のためのシリコンポジショナーの使用は、Warunekら(1989) J. Clin. Orthod. 23:694-700に記載される。歯の位置を仕上げ、そして維持するための清潔なプラスチック保持具は、Raintree Essix, Inc., New Orleans, Louisiana 70125、およびTru-Train Plastics, Rochester, Minnesota 55902から市販されている。歯科矯正ポジショナーの製造は、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号に記載される。

20

## 【0005】

歯科用ポジショナーの製造および使用を記載する他の刊行物には、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が挙げられる。

30

## 【0006】

Kurodaら(1996) Am. J. Orthodontics 110:365-369は、鋳型のデジタル画像を作り出すために石膏歯科用鋳型をレーザー走査するための方法を記載する。米国特許第5,605,459号も参照のこと。

## 【0007】

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(Ormc o Corporationに譲渡されている)は、歯科矯正取付け具を設計するための歯のデジタル画像を操作するための方法を記載する。

40

## 【0008】

米国特許第5,011,405号は、歯のデジタル画像化および歯科矯正処置のために位置決めする最適のブラケットを決定するための方法を記載する。3次元モデルを作製するための型枠の歯をレーザー走査することは、米国特許5,338,198号に記載される。米国特許第5,452,219号は、歯のモデルをレーザー走査し、そして歯型を工作

50

する方法を記載する。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号に記載される。顎のコンピューター化されたデジタル画像化は、米国特許第5,342,202号、および同第5,340,309号に記載される。目的の他の特許には、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5,186,623号；および同第4,755,139号が挙げられる。

#### 【0009】

(要約)

1つの局面において、本発明は、患者の歯を歯の最初の位置のセットから歯の最終位置のセットに整復するための計画の作製において使用するためのコンピューター実行可能な方法に関する。この方法は、最初の位置での歯を示す最初のデジタルデータセットを受信する工程；歯の整復に関連する1つ以上の制約を受信する工程；およびこの制約に従って、歯を最初の位置から最終位置に移動するための処置経路を作製する工程、を包含する。

#### 【0010】

本発明の実行としては、以下の1つ以上が挙げられる。この制約は、歯の叢生、歯の間隔、抜歯、歯のストリップング、歯の回転および歯の移動に関する。この歯は、（段階当たり）約5度および10度回転し得、そして1以上の段階において（段階ごとに）増加的に移動し得、各歯が各段階において約0.2mm～約0.4mm移動する。この制約はアレイにおいて格納され得、このアレイの1つの次元が、歯の移動における各段階を同定し得る。この処置経路は、最初の位置から最終位置に各歯を移動するために必要とされる変形の最小限の量を決定すること、およびこの最小量の移動のみを要求するための各処置経路を作製することを含む。さらに、少なくとも1つの歯についての中間位置であって、この中間位置の間で歯が同じ大きさの並進運動を起こす中間位置が作製され得る。さらに、少なくとも1つの歯についての中間位置であって、この中間位置の間で歯が異なる大きさの並進運動を起こす中間位置が作製され得る。患者の歯が処置経路に沿って運動する場合に生じる任意の衝突を検出するために、規則のセットが適用され得る。衝突は、第1の歯と第2の歯との間に中立投影平面を確立することによって第1の歯と第2の歯との間の距離を計算すること、この平面に垂直であり、そしてこの投影平面上の基点のセットの各々から正の方向および負の方向を有するz軸を確立すること、第1の歯までの第1の符号付けされた距離および第2の歯までの第2の符号付けされた距離を含む一対の符号付けされた距離を計算することであって、この符号付けされた距離は、この基点を通過し、そしてこのz軸に平行な直線上で測定されること、ならびに符号付けされた距離の対のいずれかが衝突を示す場合に、衝突が発生することを決定すること、によって検出され得る。この第1の距離についての正の方向が、第2の距離についての正の方向に対向する場合、符号付けされた距離のいずれかの対の和がゼロ以下の場合に衝突が検出される。患者の歯がこの処置経路に従っているか否かを示す情報が、この処置経路を修正するために使用され得る。各歯についての1より多くの候補処置経路が作製され得、そして人間のユーザーの選択のために、各候補処置経路がグラフィカル表示され得る。患者の歯がこの処置経路に沿って運動する場合に生じる任意の衝突を検出するために、規則のセットが適用され得る。衝突は：第1の歯と第2の歯との間に中立投影平面を確立すること、この平面に垂直であり、そしてこの投影平面上の基点のセットの各々から正の方向および負の方向を有するz軸を確立すること、第1の歯までの第1の符号付けされた距離および第2の歯までの第2の符号付けされた距離を含む一対の符号付けされた距離を計算することであって、この符号付けされた距離は、この基点を通過し、そしてz軸に平行な直線上で測定されること、ならびに符号付けされた距離の対のいずれかが衝突を示す場合に、衝突が発生することを決定すること、によって第1の歯と第2の歯との間の距離を計算することにより検出され得る。衝突はまた、符号付けされた距離のいずれかの対の和がゼロ以下の場合に検出され得

10

20

30

40

50

る。患者の歯が処置経路に沿って移動する場合に生じる任意の不適切な咬合を検出するために、規則のセットが適用され得る。不正咬合指数についての値が計算され得、そしてこの値が人間のユーザー表示され得る。処置経路は、患者の歯の移動に関する制限を示すデータを受信し、そしてこのデータを処置経路を作製するために適用することによって作製され得る。選択されたデータセットに対応する位置において、歯の3次元(3D)グラフィカル表示が与えられ得る。処置経路に沿った歯の移動の視覚表示を提供するために、歯のグラフィカル表示が作製され得る。ビデオカセットレコーダ上に制御ボタンを示す要素を備えるグラフィカルインターフェースが作製され、人間のユーザーは動画を制御するためにこの制御ボタンを操作し得る。歯のグラフィカル表示を与えるために、選択されたデータセット内のデータの一部が使用され得る。歯のグラフィカル表示を与えるために、詳細さのレベルの圧縮がデータセットに適用され得る。人間のユーザーは、歯のグラフィカル表示を改変し得、そして選択されたデータセットは、ユーザーの要求に応答して改変され得る。人間のユーザーは、グラフィカル表示において歯を選択し得、そしてそれに応答してこの歯についての情報が表示され得る。この情報は、処置経路に沿って移動する間に歯が受ける運動に関連し得る。この情報はまた、歯とグラフィカル表示において選択された別の歯との間の直線距離を示し得る。この歯は、複数表示の歯科矯正の特定の視角の選択された1つで与えられ得る。患者の歯のグラフィカル表示を見た後に、人間のユーザーがテキストベースのコメントを提供し得るユーザーインターフェースが提供され得る。このグラフィカル表示データは、人間の視野がこのグラフィカル表示を見ることを望む遠隔コンピューターに、ダウンロードされ得る。人間のユーザーによって制御される3Dジャイロスコープ入力デバイスからの入力信号が、このグラフィカル表示における歯の配向を変更するために適用され得る。

#### 【0011】

(説明)

図1は、上顎骨22および下顎骨20とともに頭蓋10を示す。下顎骨20は、頭蓋10に対して関節30で蝶番式につながっている。関節30は、側頭下顎骨関節(TMJ)とよばれる。上顎骨22は、上顎101と関連づけられている一方で、下顎骨20は、下顎100と関連づけられている。

#### 【0012】

顎100および101のコンピューターモデルが作製され、そしてコンピューターシミュレーションは、顎100と101との歯の間の相互作用をモデリングする。このコンピューターシミュレーションは、このシステムが顎に備えられる歯の間の接触に関わる運動に対して焦点を当てることを可能にする。このコンピューターシミュレーションは、このシステムが、顎100および101が互いに接触する場合に物理的に正しい、実際の顎の運動を与えることを可能にする。この顎のモデルは、処置される位置に個々の歯を配置する。さらに、このモデルを用いて、前方突き出し運動、横運動、または「歯を誘導する」運動を含む、顎の運動をシミュレートする。ここで、下顎100の経路は、顎100および101の解剖学的制限よりむしろ、歯の接触により誘導される。運動は、一方の顎に対して適用されてもよいし、両方の顎に対して適用されてもよい。咬合位の決定に基づいて、歯の最終的な位置が確認され得る。

#### 【0013】

ここで図2Aを参照すると、下顎100は、例えば、複数の歯102を備える。これらの歯のうちの少なくともいくつかは、最初の歯列から最終的な歯列まで動かし得る。どのように歯を動かし得るかを記載する評価基準系として、歯102を通る任意の中心線(CL)が引かれ得る。この中心線(CL)に対して、各歯は、軸104、106、および108(ここで、104は中心線である)により示される直交方向に動かされ得る。この中心線は、それぞれ、矢印110および112により示されるように、軸108(歯根角形成(root angulation))および軸104(トルク)の周りに回転され得る。さらに、この歯は、矢印114によって示されるように、中心線の周りに回転され得る。従って、全ての可能な歯の自由形態運動が行われ得る。

10

20

30

40

50

## 【0014】

図2Bは、歯102上の任意の点Pの最大線形平行移動に関して、任意の歯の運動の大きさをどのように規定し得るかを示す。各点 $P_1$ は、歯が図2Aに規定された直行方向または回転方向のいずれかに動くにつれて、累積平行移動を受ける。すなわち、この点は通常非線形経路をたどるが、処置の間のいずれか2回、決定されるときに、歯の任意の点の間に線形距離が存在する。従って、任意の点 $P_1$ は、事実、矢印 $d_1$ により示されるように、真の側方から側方への平行移動を受け得るが、第2の任意の点 $P_2$ は、弓状経路に沿って移動して、最終的な平行移動 $d_2$ を獲得し得る。本発明の多くの局面は、任意の特定の歯に対して示された点 $P_1$ の最大の許容可能な移動に関して規定される。このような最大の歯の移動は、次いで、任意の処置工程においてその歯のための最大の移動を受ける歯上の点 $P_1$ の最大線形平行移動として規定される。

10

## 【0015】

図2Cは、上に一般的に記載されるように、顎における個々の歯の、漸増的な整復を達成するために患者が装着する、1つの調節取り付け具11を示す。この取り付け具は、歯を受け入れる腔を有するポリマー外殻である。これは、米国特許出願第09/169,036号(1998年10月8日出願)に記載されており、この出願は、米国特許出願第08/947,080号(1997年10月8日出願)の優先権を主張し、同様に、この出願は、米国仮特許出願第60/050,352号(1997年6月20日出願)の優先権を主張する(これらをまとめて、「先願」とよぶ)。これらの全ての開示は、本明細書中に参考として援用される。

20

## 【0016】

先願において示されるように、各ポリマー外殻は、その歯を受け入れる腔が、取り付け具に対して意図される、中間歯列または最終的な歯列に対応するジオメトリーを有するように、形づくられ得る。患者の歯は、患者の歯の上に一連の漸増式位置調節取り付け具を配置することにより、それらの最初の歯列から最終的な歯列まで整復される。この調節取り付け具は、処置の最初に作製され、そして患者は、歯にかかる各取り付け具の圧力をもはや感じることができなくなるまで、各取り付け具を装着する。その点では、患者は現在の調節取り付け具を、取り付け具がもはや存在しないようになるまで、この過程で次の調節取り付け具と交換する。都合のよいことには、この取り付け具は、概して歯に張り付けられず、患者は、この手順の間のいずれかの時間にこの取り付け具を配置し、そして交換し得る。最終的な取り付け具またはこの過程の中でのいくつかの取り付け具は、歯列を過剰矯正するために選択されたジオメトリーを有し得る(すなわち、(十分に達成された場合)「最終的」と選択された歯列を超えて個々の歯を動かすジオメトリーを有し得る)。このような過剰矯正は、整復方法が終了した後の潜在的な再発を相殺するために所望され得る(すなわち、それらの予め矯正された位置へ個々の歯を戻すいくらかの動きを許容する)。過剰矯正はまた、矯正の速度を早めるために有益であり得る。すなわち、取り付け具が所望の中間位置または最終的な位置を超えて配置されるジオメトリーを有することにより、個々の歯は、より速い速度でその位置に向かって移動する。このような場合において、取り付け具の使用は、取り付け具により規定された位置に歯が達する前に終了し得る。

30

## 【0017】

ポリマー外殻111は、上顎または下顎に存在する全ての歯に対してフィットされ得る。しばしば、歯のわずかな特定の1つが整復されるが、他の歯は、取り付け具111が整復されるべき歯(単数または複数)に対する弾力的な整復力を適用する場合に、代わりに、取り付け具111を維持するための基部またはアンカー領域を提供する。しかし、複雑な場合には、複数の歯が処置の間にいくらかの点で整復され得る。このような場合、動かされる歯はまた、整復取り付け具を維持するための基部またはアンカー領域として働き得る。

40

## 【0018】

図2Cのポリマー取り付け具111は、適切なエラストマーのポリマー(例えば、True-Tain Plastics, Rochester, Minnesotaから市販される熱形成歯科材料である、True-Tain 0.03 in)の薄いシートから形成さ

50

れ得る。通常、歯に対して定位置にこの取り付け具を維持するために、ワイヤまたは他の手段は提供されない。しかし、いくつかの場合、歯に対する個々のアンカーに、取り付け具100において、対応するレセプタクルまたはアパーチャを提供することが所望または必要とされ、その結果、取り付け具が、このようなアンカーがない場合には不可能である上方向の力を、歯に対して適用し得る。

#### 【0019】

図3は、患者の歯を整復するように、患者が引き続き使用するための漸増式位置調節取り付け具を作製するためのプロセス200を示す。第1の工程として、最初の歯列を表す最初のデジタルデータセット（IDDS）を得る（工程202）。幾つかの実施において、IDDSは、患者の歯の物理的モデルをスキャニングすることによって（例えば、患者の歯の正の窪みまたは負の窪みをレーザースキャナーまたは破壊性スキャナーを用いてスキャニングすることによって）得られるデータを含む。この正または負の窪みは、互いに組み合う間にスキャンされ、より正確なデータを提供し得る。この初期デジタルデータセットはまた、患者の歯の容量画像データを含み得、コンピューターは、例えば、従来のマッピングキューブ技術（*marching cubes technique*）を使用して、これを歯の表面の3D幾何学的モデルに変換し得る。幾つかの実施形態において、個々の歯モデルは、X線、CTスキャン、またはMRI技術を介して画像化された根元（*root*）のような隠れた歯の表面を表現するデータを含む。歯の根元および隠れた表面はまた、患者の歯の可視表面から外挿され得る。次いで、IDDSは、適切なグラフィカルユーザーインターフェース（GUI）および画像をみて変更するために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具体的な局面は、以下に詳細に記載される。

10

20

#### 【0020】

個々の歯および他の成分は、このモデルにおいてセグメント化されるかまたは抜き出されて、それらの個々の整復またはこのデジタルモデルからの除去を可能にする。成分をセグメント化したか、または抜き出した後に、ユーザーは、しばしば、処方箋または処置専門家により提供された他の書かれた仕様書に従うことにより、このモデルにおいて歯を整復する。あるいは、このユーザーは、外見に基づいて、またはコンピューターにプログラミングされた規則（*rule*）およびアルゴリズムに基づいて1つ以上の歯を整復し得る。一旦ユーザーが満足すると、最終的な歯列が最終的デジタルデータセット（FDDS）に取り込まれる（工程204）。

30

#### 【0021】

工程204において、患者の咀嚼系における上側の歯と下側の歯についての最終位置は、咀嚼系のコンピューター表示を作製することにより決定される。上側の歯と下側の歯の咬合位は、このコンピューター表示から計算され；そして機能的咬合位は、この咀嚼系のコンピューター表示における相互作用に基づいて計算される。この咬合位は、歯の理想的モデルのセットを作製することにより決定され得る。理想的モデルのセットにおける各理想的モデルは、以下で議論されるように、患者の歯に合わせて作られた理想化した歯の配置の理論的モデルである。この理想的モデルをこのコンピューター表示に適用した後、理想的モデルにフィットするように歯の位置を最適化する。この理想的モデルは、1つ以上の弓形により特定されてもよいし、歯と関連づけられた種々の特徴を用いて特定されてもよい。

40

#### 【0022】

FDDSは、矯正歯科医の処方箋に従うことによって作製され、モデル内の歯をそれらの最終位置まで移動する。1つの実施形態において、この処方箋は、コンピューターに入力され、このコンピューターは自動的に歯の最終位置を計算する。代替の他の実施形態において、使用者は、処方箋の制限を満足しながら、1つ以上の歯を独立して操作することによって、歯をそれらの最終位置まで移動させる。上に記載される技術の種々の組み合わせをまた使用して、最終的な歯の位置に到達し得る。

#### 【0023】

50

F D D Sを作製するための1つの方法は、特定の配列に歯を移動する工程を包含する。第1に、各歯モデルの中心は、多くの方法を使用して配列され得る。1つの方法は、標準弓である。次いで、歯モデルは、それらの根元が適切な垂直位置になるまで回転される。次いで、これらの歯モデルは、それらの垂直軸の周りで、適切な方向に回転される。これらの歯モデルは、側面から観察され、それらの適切な垂直位置に垂直方向に並進される。最終的には、2つの弓形は一緒に配置され、そして上方弓形および下方弓形が適切に一緒にかみ合うことを保証するようにこれらの歯モデルが僅かに移動する。上方弓形および下方弓形を一緒に噛み合わせる工程は、歯の接触点を強調するための衝突検出プロセスを使用して視覚化される。

#### 【0024】

10

I D D SおよびF D D Sの両方に基づいて、複数の中間デジタルデータセット（I N T D D S）を規定して、漸増的に調節した取り付け具を対応させる（工程206）。最終的に、I N T D D SおよびF D D Sに基づいて、漸増式位置調節取り付け具のセットを作製する（工程208）。

#### 【0025】

歯および他の成分が配置または移動されて最終的な歯の配置のモデルを作製された後、前に記載されるような一連のI N T D D SおよびF D D Sを生成する処置計画を作る必要がある。これらのデータセットを作製するために、初期位置から最終位置まで、一連の連続工程にわたって、選択された個々の歯の移動を規定するかまたはマッピングすることが必要である。さらに、処置取り付け具において所望される特徴を生成するために、これらのデータセットに他の特徴を加えることが必要であり得る。例えば、特定の目的（例えば、歯肉の痛みを軽減し、歯周の問題を回避し、キャップを考慮するなどのために取り付け具と歯または顎の特定の領域との間の空間を維持するため）のための窩または窪みを規定するために画像にワックスパッチを加えることが所望され得る。さらに、例えば、アンカーが顎に対して離昇されることを必要とする様式で歯が操作されることを可能にするために、歯の上に配置されるべきアンカーに適応することが意図されるレセプタクルまたはアパーチャを提供することが、しばしば必要である。

20

#### 【0026】

上記で議論されるように、どのように患者の歯を最初の未処置の状態から最終的な処置された状態まで動かすべきかに対する情報を用いて、処方箋または処置計画を作成する。処方箋は、以下のことを考慮に入れる：

30

1. 最初の位置：最初の不正咬合の詳細な説明
2. 最終的な位置：患者の処置目的の詳細な説明
3. 移動：最終的な配置の詳細な目的を達成するために、患者の歯をどのように動かすべきかの詳細な逐次的説明。

#### 【0027】

##### （1. 最初の位置）

最初の位置の節は、患者の不正咬合を詳細に記載する。考慮事項としては、以下が挙げられる：

1. 叢生
2. 間隔
3. 抜歯
4. ストリッピング（stripping）。

40

#### 【0028】

さらに、以下で議論される最終位置についての考慮事項もまた、用いられ得る。

#### 【0029】

##### （2. 最終位置）

この節は、患者の（your）最終位置目標の詳細な記載および処置目的（静的かつ機能的）である。これらの考慮事項としては、以下が挙げられる：

1. オーバージェット

50

2. オーバーバイト
3. 正中線 (midline)
4. 機能的咬合位
5. 分類
6. トルク
7. 尖 (tip)
8. 回転
9. 舌／口蓋
10. 頬／顔
11. 咬頭嵌合
12. 咬合位の最初の位置－CR／CO考慮事項
13. 顎間の問題 (interarch issue)
14. 顎内の問題 (intra-arch issue)
15. 空間。

10

### 【0030】

#### (3. 移動)

移動の節は、最終位置の目的を達成するために、患者の歯を移動させる順序を特定する。このプロセスにおいて、矯正歯科医は、矯正歯科医が動かしたいと考える歯および固定したい（動かさない）と考える歯に対して正確に制御しなければならず、それによって、不連続な段階への処置が乗り越えられる。移動順の情報は、上側歯列弓形および下側歯列弓形の両方について獲得される。

20

### 【0031】

各段階において、歯の大きな移動および小さな移動が分析される。大きな移動は、通常、歯の移動の最初に生じる。小さな移動は、通常、処置の終了に向かって生じる「精細な」移動として生じる。概して、各アライナー (aligner) は、約 0.25～0.33 mmの移動を達成し得、そして2週間の期間内に約 5～10°回転し得るべきである。しかし、生物学的変動性、患者および医師の優先もまた、考慮される。さらに、種々の移動（例えば、遠心化 (distalization)、尖およびトルク）は、別々のパラメーターを有し得る。

### 【0032】

これらの考慮事項に基づいて、歯を移動させるための計画が作成される。図4は、同時係属中の米国特許出願第09/169,034号（その内容は、本明細書中に参考として援用される）に議論されるように、歯の指数を最小化しながら歯の移動を生じるためのプロセス300を示す。最初に、プロセス300は、自動的に、またはヒトの補助を伴って、歯のモデルに達するために各歯と関連する種々の特徴を同定する（工程302）。次いで、歯の理想的モデルセットは、患者の歯のキャストまたは既知の受容可能な咬合位を有する患者のいずれかから作製される（工程303）。

30

### 【0033】

工程302から、プロセス300は理想的モデルに対する特徴の対応に基づいて、その適切な最終位置に歯のモデルを配置する（工程304）。その工程において、各歯のモデルは、その特徴が理想的モデルにおける対応する歯の特徴と合わされるように動かされる。この特徴は、咬頭、窩、隆線 (ridge)、距離ベースの測定基準法、または形状ベースの測定基準法に基づき得る。形状ベースの測定基準法は、とりわけ、患者の歯列弓形の関数として表され得る。

40

### 【0034】

次いで、プロセス300は、歯科矯正／咬合位の指数を計算する（工程306）。使用され得る1つの指数は、PAR（同等査定評価測定規準法）指数である。PARに加えて、他の測定規準法（例えば、形状ベースの測定規準法または距離ベースの測定規準法）が用いられ得る。このPAR指数は、良好な咬合位から歯がどのくらい離れているかを同定する。不正咬合を構成する種々の咬合位形質に対してスコアが割り当てられる。個々のスコ

50

アを合計して、合計全体を得る。この合計は、症例が、正常な配列および咬合位からはずれている程度を示す。正常な咬合位および配列は、隣接している、上頬側の歯と下頬側の歯との間の良好な咬合位 (intercuspal mesh) および過度ではないオーバージェットおよびオーバーバイトを伴う全ての解剖学的接触点として規定される。

#### 【0035】

P A Rでは、ゼロというスコアは、良好な配列を示し、そしてより高いスコアは、不揃いのレベルの増加を示す。スコア全体は、処置前および処置後の歯のキャストに対して記録される。これらのスコア間の差異は、矯正介入および積極的な処置の結果として改善の程度を表す。P A R指数の11の構成成分は、以下のとおりである：右上方セグメント；上前方セグメント；左上方セグメント；右下方セグメント；下前方セグメント；左下方セグメント；右頬側咬合位；オーバージェット；オーバーバイト；中心線；および左頬側咬合位。P A R指数に加えて、他の指数は、それらの理想的な位置または理想的な形状から歯についての特徴の距離に基づき得る。

10

#### 【0036】

工程306から、プロセス300は、さらなる指数減少の移動が可能か否かを決定する（工程308）。ここで、全ての可能な移動が試みられる（各主軸に沿った小さな移動および小さな回転を伴う小さな移動を含む）。指数値は、各小さな移動および最も良好な結果を伴う移動が選択された後に計算される。この状況において、最も良好な結果は、P A Rベースの測定規準値、形状ベースの測定規準値、または距離ベースの測定規準値の1つ以上の測定基準値を最小化する結果である。最適化は、多くの技術（とりわけ、シミュレートされたアニーリング技術、ヒルクライミング技術、ベストファースト技術、Powell法、および発見的技術を含む）を用い得る。シミュレートされたアニーリング技術が用いられ得、ここで、この指数は、より小さな最低値を有する検索空間において別の経路が見出され得るように、一時的に増加される。しかし、歯をほぼ理想的な位置で始めることにより、指数の任意の減少が最も良好な結果に収束するはずである。

20

#### 【0037】

工程308において、歯を動かすことにより指数が最適化され得る場合、漸増的な指数減少の移動の入力が加えられ（工程310）、そしてこのプロセスは、工程306にループバックして、歯科矯正／咬合位の指数を計算し続ける。あるいは、この指数がこれ以上最適化され得ない事象では、プロセス300は終了する（工程312）。

30

#### 【0038】

工程310の移動を減少させる指数を生成することにおいて、このプロセスは、歯の経路の移動計画に影響を及ぼす移動の制約のセットを考慮する。1つの実施形態において、約50の不連続の段階についての移動情報が特定される。各段階は、単一のアライナーを示し、このアライナーは、約2週間ごとに再配置されることが予測される。従って、各段階は、約2週間の期間を示す。1つの実施形態において、二次元アレイを用いて、特定の期間に各歯についての特定の移動を追跡する。このアレイの1つの次元は、歯の同定に関連する一方で、第2の次元は、期間または段階に関する。いつ歯が動かされ得るかに対する考慮事項としては、以下が挙げられる：

1. 近心
2. 遠心
3. 頬／顔
4. 舌／口蓋 (palatal)
5. 拡大 (expansion)
6. 空間
7. 互いの歯移動経路
8. 貫入 (intrusion)
9. 突出
10. 回転
11. どの歯がいつ動くか

40

50

- 1 2. どの歯を最初に動かすか
- 1 3. どの歯を動かした後に、他の歯を動かす必要があるか
- 1 4. どのような動きが容易に行われるか
- 1 5. 固定 ( a n c h o r a g e )
- 1 6. 臼歯の遠心化に対する矯正歯科医ユーザーの観点および成体における小さな拡大。

**【0039】**

1つの実施形態において、ユーザーは、最初の状態から歯の標的状态までの所望される処置段階の数を変化させ得る。動かされない任意の構成成分は、一定のままであると仮定される。従って、その最終位置は、最初の位置と同じであると仮定される（同様に、全ての中間位置については、1つ以上のキーフレームがその構成成分について規定されない限り

10

**【0040】**

ユーザーはまた、中間段階を選択し、そして構成成分位置に対する変化を作製することにより、「キーフレーム」を特定し得る。いくつかの実施形態において、他に指示されない限り、ソフトウェアは、全てのユーザーが特定した位置（最初の位置、全てのキーフレーム位置、および標的位置を含む）の間で自動的に線形的に内挿する ( i n t e r p o l a t e )。例えば、最終位置のみが、特定の構成成分について規定される場合、最初の段階の後に続く各段階は、この構成成分、等しい線形距離および最終位置により近い回転（四元法算法により特定される）を容易に示す。ユーザーがその構成成分についての2つのキーフレームを特定する場合、構成成分は、位置に対する異なる段階を通じた最初の位置から第1のキーフレームにより規定される位置まで線形的に「動かす」。次いで、これは、おそらく異なる方向に、第2のキーフレームにより規定された位置に線形的に動く。最終的に、これは、おそらく異なる方向になお、標的位置に線形的に動く。

20

**【0041】**

これらの操作は、各構成成分とは独立して行われ得、その結果、1つの構成成分についてのキーフレームは、他の構成成分がまたそのキーフレームにおいてユーザーにより動かされなければ、別の構成成分に影響を及ぼさない。1つの構成成分は、1対の段階（例えば、多くの段階を有する処置計画における段階3および8）の間の曲線に沿って加速される一方で、別の構成成分が、別の対の段階（例えば、段階1～5）の間に線形的に動き、次いで、突然に方向を変化し、そして後の段階（例えば、段階10）に線形的経路に沿って減速する。この柔軟性は、患者の処置を計画することにおいて、多くの自由を可能にする。

30

**【0042】**

いくつかの手段において、非線形的内挿が線形的内挿の代わりに用いられて、または線形的内挿に加えて用いられて、キーフレームの中で処置経路を構築する。一般に、選択された位置の中でフィットするように作製された非線形的経路（例えば、スプライン曲線）は、位置を接続する直線セグメントから形成される経路より短い。「処置経路」は、特定の歯に適用される変換曲線を説明して、その最初の位置からその最終位置まで歯を動かす。代表的な処置経路は、上記のように、対応する歯の回転移動および並進移動のある組み合わせを含む。

40

**【0043】**

図5は、工程310をより詳細に記載する。最初に、第1の歯を選択する（工程311）。次いで、歯に関連した制約は、現在の段階または期間のために埋め合わされる（工程312）。従って、二次元アレイを維持して、特定の期間で各歯についての特定の移動を追跡する実施形態について、歯の同定および期間または段階の情報をを用いて、このアレイへの指標にし、現在の歯に関連した制約を埋め合わせる。

**【0044】**

次いで、この制約を考慮に入れた歯の移動計画が作成される（工程313）。次いで、図5のプロセスは、計画された移動が隣接する歯との衝突を引き起こすか否かを検出する（工程314）。この衝突検出プロセスは、歯の表面を記載するジオメトリーのいずれが交

50

差するか否かを決定する。障害がない場合、空間は自由と見なされる；そうでない場合、空間は妨害される。適切な衝突検出アルゴリズムは、以下でより詳細に議論される。

【0045】

衝突が生じる場合、「プッシュ」ベクトルを作成して、計画されたハノイ洞の経路をシフトさせる（工程315）。プッシュベクトルに基づいて、現在の歯が衝突から「跳ね返（bounce）」り、そして新たな歯の移動が作製される（工程316）。工程314または316から、現在の歯の移動が最終的に承認される。

【0046】

次いで、図5のプロセスは、歯の移動計画が全ての歯について作成されたか否かを決定し（工程317）、もしそうならば、このプロセスを終わる。あるいは、処置計画において次の歯が選択され（318）、そして図5のプロセスは工程312にループバックして、歯の移動計画を作成し続ける。

10

【0047】

得られる最終的な経路は、一連のベクトルからなり、これらのベクトルの各々が、移動する歯の変換の並進および回転の成分の補間パラメータの一群の値を表す。一緒になって、これらは、歯間干渉を回避する歯の移動のスケジュールを構成する。特定された制約の観点での歯の経路を作製するための擬似コードを、以下に示す：

【0048】

【表1】

**For each tooth path model**

20

**For each path increment**

**Load constraints associated with each tooth**

**Move the tooth in view of constraint**

**Perform tooth collision detection**

**If collision occurs, for associated colliding teeth create "push"**

**vector and**

**"bounce" back from collision to avoid**

30

**collision**

**end for**

**end tooth path model**

図6は、非線形処置経路（これに沿って、患者の歯が処置の間に移動する）を作製するための、コンピューター実行可能なプロセスのフローチャートである。この非線形経路は、通常、コンピュータープログラムにより自動的に作製され、いくつかの場合において、人による補助を伴う。このプログラムは、入力として、患者の歯の最初の位置および最後の位置を受信し、そしてこの情報を使用して、各歯が移動される中間の位置を選択する（工程1600）。次いで、このプログラムは、従来のスプライン曲線計算アルゴリズムを適用して、各歯の最初の位置をその歯の最後の位置に関連付けるスプライン曲線を作成する（工程1602）。多くの状況において、この曲線は、中間の位置の間の最短経路を辿るよう構成される。次いで、このプログラムは、中間位置の間の各スプライン曲線をサンプリングし（工程1604）、そしてこれらのサンプルに衝突検出アルゴリズムを適用する（工程1606）。何らかの衝突が検出される場合には、このプログラムは、1つの中間工程に対して新たな位置を選択することによって、各衝突する対のうちの少なくとも一方の歯の経路を変更し（工程1608）、そして新たなスプライン曲線を作成する（1602）。次いで、このプログラムは、新たな経路をサンプリングし（1604）、そして再度、衝突検出アルゴリズムを適用する（1606）。このプログラムは、衝突が検出され

40

50

なくなるまで、この様式で継続する。次いで、このルーチンは、例えば経路上の各位置における歯の各点の座標を、電子格納デバイス（例えば、ハードディスク）に保存することによって、これらの経路を格納する（工程1610）。

#### 【0049】

経路作製プログラムは、一次補間を使用しようと非線形補間を使用しようと、歯の治療経路が処置工程の各隣接する対間でおおよそ等しい長さを有するように、処置位置を選択する。このプログラムはまた、所定の最大速度より大きな速度で歯の位置が強制的に移動するような処置位置を回避する。図15Cは、第一の経路T1に沿って、最初の位置T1<sub>1</sub>から最後の位置T1<sub>3</sub>へと、中間位置T1<sub>2</sub>（これは、最後の位置T1<sub>3</sub>のより近くに存在する）を通して移動するようスケジューリングされた歯を示す。別の歯は、より短い経路T2に沿って、最初の位置T2<sub>1</sub>から最後の位置T2<sub>3</sub>へと、中間位置T2<sub>2</sub>（これは、最初の位置T2<sub>1</sub>および最後の位置T2<sub>3</sub>から等距離である）を通して移動するようスケジューリングされている。この状況において、このプログラムは、第一の経路T1に沿った第二の中間位置T1<sub>4</sub>を、挿入のために選択し得る。この第二の中間位置T1<sub>4</sub>は、最初の位置T1<sub>1</sub>および中間の位置T1<sub>2</sub>からおおよそ等距離であり、そしてこれら2つの位置から、中間の位置T1<sub>2</sub>を最後の位置T1<sub>3</sub>から隔離する距離とおおよそ同じ距離で隔離されている。

10

#### 【0050】

第一経路T1をこの様式で変更することにより、第一の歯が等しいサイズの段階で移動することが確実となる。しかし、第一の経路T1を変更することはまた、第二の経路T2における対を有さないさらなる処置工程を導入する。このプログラムは、種々の様式で、この状況に応答し得る。例えば、第二の歯が第二の処理経路の間に（すなわち、第一の歯が1つの中間位置T1<sub>4</sub>から他の中間位置T1<sub>3</sub>へと移動するにつれて）静止したままにさせることによるか、または第二の経路T2を4つの等距離の処置点を含むよう変更することによる。このプログラムは、歯の移動を制限する矯正制約のセットを適用することによって、応答の方法を決定する。

20

#### 【0051】

経路作製プログラムにより適用され得る矯正制約は、任意の所定の時点における隣接する歯の間に許容される最小距離および最大距離、歯が移動するべき最大の線形速度また歯回転速度、処置ステップ間に歯が移動するべき最大距離、歯の形状、歯を取り巻く組織および骨の特徴（例えば、強直歯は全く移動し得ない）、ならびに配列器材料の特性（例えば、所定の歯を所定の期間にわたって整列器が移動させ得る最大距離）を含む。例えば、患者の年齢および顎の骨密度は、特定の「安全限度」を記載し得、これを超えて、患者の歯は強制的に移動されるべきではない。一般に、2つの隣接する比較的垂直な尖っていない中央の歯と側方の歯との間の間隔は、7週間ごとに約1mmを超えて接近するべきではない。矯正用取り付け具の材料特性もまた、この取り付け具が歯を移動させ得る量を制限する。例えば、従来のリテナー材料は、通常、個々の歯の移動を、処置工程の間でおおよそ0.5mmに制限する。制約は、患者に特定の値がユーザーにより計算または提供されない限り適用されない、デフォルト値を有する。制約情報は、種々の供給源（教科書および処置している臨床医を含む）から入手可能である。

30

40

#### 【0052】

各歯に対する中間位置を選択する際に、経路作製プログラムは、衝突検出プログラムを呼び出して、選択された経路に沿って衝突が生じるか否かを決定する。このプログラムはまた、その経路に沿った各処置工程における患者の咬合を調査して、歯が整列して処置の過程にわたって受容可能な咬合（bite）を形成すること確実にする。衝突または受容不可能な咬合が生じる場合、あるいは要求される制約が満足され得ない場合には、このプログラムは、条件が適合されるまで、不快を与える歯の経路を繰り返し変更する。上記の仮想アーティキュレーターは、中間の処置位置の咬合を試験するための、1つのツールである。

#### 【0053】

50

図7に示すように、一旦、経路作製プログラムが、移動されるべき各歯についての衝突のない経路を確立すると、このプログラムは、最適化ルーチンを呼び出す。この最適化ルーチンは、最初の位置と最後の位置との間の各歯についての変換曲線を、より線形にすることを試みる。このルーチンは、各処置経路を、例えば、2つのサンプル点を各処置点の間に配置することによって処置工程間の点においてサンプリングすること（工程1702）、および各歯について、サンプル点の間にフィットするより線形の処置経路を計算すること（工程1704）により、開始する。次いで、このルーチンは、衝突検出アルゴリズムを適用して、変更された経路から衝突が生じるか否かを決定する（工程1706）。そうである場合には、このルーチンは、変更した経路を再サンプリングし（工程1708）、次いで各歯について、代替の経路をそれらのサンプルの間に構築する（工程1710）。このルーチンは、衝突が生じなくなるまで、この様式で継続する（工程1712）。 10

#### 【0054】

いくつかの実施形態において、上で示唆したように、このソフトウェアは、I DDSおよびF DDSに基づいて、処置経路を自動的に電算する。これは、経路スケジューリングアルゴリズムを使用して達成され、このアルゴリズムは、各成分（すなわち、各歯）がその経路に沿って最初の位置から最後の位置へと移動する速度を決定する。この経路スケジューリングアルゴリズムは、処置経路を決定し、一方で「往復」を回避する。すなわち、一方で、歯を真っ直ぐにするために絶対的に必要とされるより大きな距離に沿って、歯を移動させることを回避する。このような移動は、非常に望ましくなく、そして患者に対する潜在的にネガティブな効果を有する。 20

#### 【0055】

経路スケジューリングアルゴリズムの1つの実行は、最初の位置と最後の位置との間の、最も線形の処置経路に、各歯を制約することによって、歯の移動を最初にスケジューリングまたは段階化することを試みる。次いで、このアルゴリズムは、この線形の経路に沿って歯の間に衝突が生じる場合、または必須の制約が無視される場合のみに、最後の位置へのより直接的でない経路に頼る。このアルゴリズムは、上記の経路作製プロセスのうちの1つを、必要であれば適用して、中間処置工程が一次変換曲線に沿って最初の位置と最後の位置との間に存在しない、経路を構築する。あるいは、このアルゴリズムは、例示的な歯の配列についての好ましい処置のデータベース上に書き込むことによって、処置経路をスケジューリングする。このデータベースは、処置の種々の過程を観察し、そして各一般 30

的クラスの最初の歯の配列において最大の成功を提供する処置計画を同定することによって、経時的に構築され得る。この経路スケジューリングアルゴリズムは、いくつかの代替の経路を作製し得、そして各経路を図式的にユーザーに提供し得る。このアルゴリズムは、ユーザーにより選択された経路を、出力として提供する。

別の実行において、この経路スケジューリングアルゴリズムは、確率検索技術を利用して、可能な処置計画を記載する構成空間を通る、非咬合経路を見出す。2つのユーザー規定のグローバルキーフレームの間の移動をスケジューリングするための1つのアプローチを、以下に記載する。中間のキーフレームを含む時間間隔にわたるスケジューリングは、この時間間隔を、中間キーフレームを含まないサブ間隔に分割し、これらの間隔の各々を独立してスケジューリングし、次いで得られるスケジュールを接続させることにより、達成される。 40

#### 【0057】

1つの実施形態において使用される、衝突または干渉を検出するアルゴリズムは、SIGGRAPHの論説、Stefan Gottschalkら（1996）：「OBTree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection」に記載されるアルゴリズムに基づく。SIGGRAPH論説の内容は、本明細書中に参考として援用される。

#### 【0058】

このアルゴリズムは、二進木様の様式で組織化された物体により占められる空間の反復細 50

分の周囲で中心を合わせられる。三角形を使用して、DDSにおける歯を表す。この木の各分枝 (node) は、配向された境界付けボックス (oriented bounding box) (OBB) と称され、そして分枝の親 (node's parent) に現れる三角形のサブセットを含む。親分枝の子 (children) は、それらの間に、親分枝に格納された三角形データの全てを含む。

#### 【0059】

分枝の境界付けボックスは、その分枝の三角形の全ての周囲に密にフィットするように、配向される。この木の葉分枝 (leaf node) は、理想的には、単一の三角形を含むが、1つより多い三角形を含むことが、可能であり得る。2つの物体間の衝突の検出は、物体のOBB木が交差するか否かを決定する工程を包含する。この木の根分枝 (root node) のOBBが重なる場合には、これらの根の子は、重なりについてチェックされる。このアルゴリズムは、葉の分枝が達成されるまで、反復様式で進行する。この時点で、ロバスト三角形交差ルーチンを使用して、葉における三角形が衝突に参与するか否かを決定する。

10

#### 【0060】

本明細書に記載の衝突検出技術は、SIGGRAPH論説に記載される衝突検出アルゴリズムに対するいくつかの増強を提供する。例えば、OBB木が、怠け様式 (lazy fashion) で構築されて、メモリおよび時間を節約し得る。このアプローチは、このモデルのいくらかの部分が衝突に決して関与しないことの観察に由来し、そしてその結果、モデルのこのような部分についてのOBB木は、電算される必要がない。OBB木は、必要に応じて、反復衝突決定アルゴリズムの間に、この木の中間の分枝を分裂させることによって、拡張される。

20

#### 【0061】

さらに、衝突データのためには必要とされない、このモデルにおける三角形もまた、OBB木を構築する際に、考慮から特に排除され得る。例えば、移動が、2つのレベルにおいて観察され得る。物体は、グローバルな意味においては「移動している」として概念化され得るか、または他の物体に対して「移動している」と概念化され得る。さらなる情報は、互いに対して静止している物体間の衝突情報の再電算を回避することによって、衝突検出に要する時間を改善する。なぜなら、このような物体間の衝突の状態は変化しないからである。

30

#### 【0062】

図8は、代替の衝突検出スキームを図示し、これは、z軸1802（これに沿って、2つの歯1804、1806が位置する）に沿って配向する「衝突バッファ」を電算する。この衝突バッファは、各処置工程に関して計算されるか、または衝突検出が必要とされる処置経路に沿った各位置で、計算される。バッファを作製するために、x、y平面1808が、歯1804と1806との間に規定される。この平面は、これら2つの歯に関して「中立」でなければならない。理想的には、この中立平面は、この平面がいずれの歯とも交差しないように配置される。一方または両方の歯との交差が必然である場合には、この中立平面は、これらの歯が、可能な限り、この平面の反対側に位置するように、配向される。換言すれば、この中立平面は、この平面に対して他方の歯と同じ側に存在する、各歯の表面積の量を最小化する。

40

#### 【0063】

平面1808には、不連続点のグリッドが存在し、この分解は、衝突検出ルーチンのために必要とされる分解に依存する。代表的な高分解衝突バッファは、400×400グリッドを含む；代表的な低分解バッファは、20×20グリッドを含む。z軸1802は、平面1808に対して垂直な線により、規定される。

#### 【0064】

歯1804、1806の相対的な位置は、グリッドにおける点の各々に関して、平面1808と、各歯1804、1806の最も近い表面との間の、z軸1802に対して平行な直線距離を計算することによって、決定される。例えば、任意の所定のグリッド点 (M,

50

N)において、平面1808と後ろの歯1804の最も近い表面とは、値 $Z_{1(M,N)}$ により表される距離だけ隔離され、一方で平面1808と前の歯1806の最も近い表面とは、値 $Z_{2(M,N)}$ により表される距離だけ隔離される。平面1808が $z=0$ に位置し、そして正の値の $z$ が後ろの歯1804の方に存在するように、衝突バッファが規定される場合には、平面1808上の任意のグリッド点(M, N)において $Z_{1(M,N)} < Z_{2(M,N)}$ である場合に、歯1804、1806は、衝突する。

#### 【0065】

図9は、この衝突緩衝スキームを実行する衝突検出ルーチンのフローチャートである。このルーチンは、最初に、試験される歯の表面の位置を示すデジタルデータセットの1つからデータを受け取る(工程1900)。次いで、このルーチンは、中立な $x$ 、 $y$ 平面を規定し(工程1902)、そしてこの平面に垂直な $z$ 軸を作り出す(工程1904)。

10

#### 【0066】

次いで、このルーチンは、この平面上の第一のグリッド点の $x$ 、 $y$ 位置に対して、この平面と各歯の最も近い表面との間の、 $z$ 方向の直線距離を決定する(工程1906)。その $x$ 、 $y$ 位置での衝突を検出するために、このルーチンは、歯の裏の近接表面の $z$ 位置が、歯の表の近接表面の $z$ 位置より短いまたはそれに等しいか否かを決定する(工程1908)。そうであるならば、このルーチンは、ユーザーへの表示のためか、または経路発生プログラムへのフィードバックのために、衝突が起こることを示すエラーメッセージを作り出す(工程1910)。次いで、このルーチンは、平面上のグリッド点に関連する全ての $x$ 、 $y$ 位置を試験したか否かを決定し(工程1912)、そうでなければ、残る各点について上の工程を繰り返す。この衝突検出ルーチンは、各処置工程で患者の口の中の隣接した歯の各対に対して実施される。

20

#### 【0067】

このシステムはまた、そして初期状態から標的状态への動きのアニメーションを示すために、「映画」特性を組み入れ得、そしてユーザーは、それを使用し得る。これは、処置プロセスにわたって、全ての成分の動きを可視化するのに役立つ。

#### 【0068】

上記のように、成分同定のための1つの適切なユーザーインターフェースは、3次元インタラクティブグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)である。3次元GUIはまた、成分操作に対して有利である。このようなインターフェースは、処置専門家またはユーザーに、デジタルモデル成分との瞬時かつ視覚的なインタラクションを提供する。この3次元GUIは、コンピュータが特定のセグメントを操作するように指向するための単純な低レベルのコマンドのみを可能にするインターフェースに対する利点を提供する。すなわち、操作のために適合されたGUIは、例えば、以下のようなディレクティブのみを受け入れるインターフェースよりも、多くの様式でよりよい：「この成分を、右に0.1mmだけ移動させよ」。このような低レベルのコマンドは、微調整において有用であるが、それらが単独のインターフェースである場合、成分操作のプロセスは、退屈であり、そして時間を浪費するインタラクションになる。

30

#### 【0069】

操作プロセスの前またはその間に、1つ以上の歯成分が、歯根のテンプレートモデルで増大され得る。根テンプレートで補強された歯モデルは、例えば、歯茎境界(gumline)より下の歯の埋伏(impacting)が関係する状況において、有用である。これらのテンプレートモデルは、例えば、患者の歯の $x$ 線のデジタル化表現を含み得る。

40

#### 【0070】

ソフトウェアはまた、テキストおよび／または装置の配列番号を含み得るデータセットに注釈を加えることが可能である。この注釈は、レセズド(recessed)テキスト(すなわち、これは3D幾何である)として加えられ、その結果、それは、プリントされたポジティブモデル上に現れる。再位置決め取り付け具によって被覆される口の一部に配置され得る場合、歯の動きには重要ではないが、この注釈は、配置された(delivered)整復取り付け具(単数または複数)上に現れ得る。

50

## 【0071】

上記の成分同定および成分操作ソフトウェアは、操作者の訓練レベルと釣り合った性能（*sophistication*）で、操作するように設計される。例えば、成分操作ソフトウェアは、歯の許容できる操作および禁じられた操作に関するフィードバックを提供することによって、コンピュータ操作者（歯科矯正訓練を欠く）を補助する。一方で、矯正歯科医（口内生理学および歯移動動力学において高度の技術を有する）は、単に、成分同定および操作ソフトウェアをツールとして使用し得、そしてそのデバイスを使用禁止にするか、そうでなければ、デバイスを無視する。

## 【0072】

図10は、データ処理システム500の単純化したブロック図である。データ処理システム500は、代表的には、バスサブシステム504に対して多くの周辺デバイスを接続する少なくとも1つのプロセッサ502を備える。これらの周辺デバイスは、代表的には、格納サブシステム506（メモリサブシステム508およびファイル格納サブシステム514）、ユーザーインターフェース入出力デバイス518のセット、および公の切換えられる電話網（*public switched telephone network*）を備える外部ネットワーク516に対するインターフェースを備える。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516として模式的に示され、そして接続ネットワークインターフェース524に対して他のデータ処理システムの対応するインターフェースデバイスに連結される。データ処理システム500は、端末またはローエンドパーソナルコンピュータもしくはハイエンドパーソナルコンピュータ、ワークステーションもしくはメインフレームを備え得る。

## 【0073】

ユーザーインターフェース入力デバイスは、代表的には、キーボードを備え、そしてポインティングデバイスおよびスキャナをさらに備え得る。ポインティングデバイスは、間接的ポインティングデバイス（例えば、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）、あるいは直接ポインティングデバイス（例えば、ディスプレイに組み込まれたタッチスクリーン）であり得る。他の型のユーザーインターフェース入力デバイス（例えば、音声認識システム）が、使用され得る。

## 【0074】

ユーザーインターフェース出力デバイスは、プリンタおよびディスプレイサブシステムを備え得、このディスプレイサブシステムは、ディスプレイコントローラおよびこのコントローラに連結されたディスプレイデバイスを備える。このディスプレイデバイスは、陰極線管（*CRT*）、平面パネルデバイス（例えば、液晶ディスプレイ（*LCD*））または投影デバイスであり得る。このディスプレイサブシステムはまた、非視覚的ディスプレイ（例えば、音声出力）を提供し得る。

## 【0075】

格納サブシステム506は、本発明の機能性を提供する基本的プログラミングおよびデータ構築を維持する。上記で議論されたソフトウェアモジュールは、代表的には、格納サブシステム506において格納される。格納サブシステム506は、代表的には、メモリサブシステム508およびファイル格納サブシステム514を備える。

## 【0076】

メモリサブシステム508は、代表的には、プログラム実行の間の指示およびデータの格納のための主なランダムアクセスメモリ（*RAM*）510ならびに固定された指示が格納される読み出し専用メモリ（*ROM*）512を含む多くのメモリを備える。マッキントッシュ互換パーソナルコンピュータの場合において、*ROM*は、オペレーティングシステムの部分を含む；*IBM*互換パーソナルコンピュータの場合において、これは、*BIOS*（ベーシック入力／出力システム）を含む。

## 【0077】

ファイル格納サブシステム514は、プログラムおよびデータファイルのための永続的（不揮発性）格納を提供し、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

10

20

30

40

50

および少なくとも1つのフレキシブルディスクドライブ（関連する取り外し可能媒体を伴う）を備える。CD-ROMドライブおよび光学的ドライブのような他のデバイス（全て、それらの関連する取り外し可能媒体を伴う）もまた存在し得る。さらに、このシステムは、取り外し可能媒体カートリッジとともに、この型のドライブを備え得る。この取り外し可能媒体カートリッジは、例えば、ハードディスクカートリッジ（例えば、Syquestなどによって販売されるもの）、およびフレキシブルディスクカートリッジ（例えば、Iomegaによって販売されるもの）であり得る。このドライブの1つ以上は、例えば、ローカルエリアネットワーク上のサーバにおいて、またはインターネットのワールドワイドウェブ上のサイトで遠隔位置に配置され得る。

**【0078】**

10

この状況において、用語「バスサブシステム」は、一般に、種々の構成要素およびサブシステムを、意図されるように、互いに接続させるための任意の機構を含むように用いられる。入力デバイスおよびディスプレイを除外すると、他の構成要素は、同じ物理的位置にある必要はない。従って、例えば、ファイル格納システムの一部は、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（電話回線を含む）に対して接続され得る。同様に、入力デバイスおよびディスプレイは、プロセッサと同じ位置にある必要はないが、本発明はPCおよびワークステーションの状況において最も頻繁に実施されることが予想される。

**【0079】**

バスサブシステム504は、単一バスとして模式的に示されるが、代表的なシステムは、ローカルバスおよび1つ以上の拡張バスのような多くのバス（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を有する。ネットワーク接続は、通常、これらの拡張バス上の1つのネットワークアダプタ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して確立される。クライアントコンピュータは、デスクトップシステムであってもよいし、持ち運び可能なシステムであってもよい。

20

**【0080】**

スキャナ520は、患者または矯正歯科医のいずれかから得られる患者の歯のキャストのスキャニングを担い、そしてスキャンしたデジタルデータセット情報をさらなる処理のためにデータ処理システム500に提供する。分散した環境において、スキャナ520は、遠隔位置に位置し得、そしてスキャンされたデジタルデータセット情報とデータ処理システム500とを、ネットワークインターフェース524によって接続し得る。

30

**【0081】**

製作機器522は、データ処理システム500から受けた中間および最終的データセット情報に基づいて、歯科取り付け具を製作する。分散した環境において、製作機器522は、遠隔位置に位置され得、そしてネットワークインターフェース524によってデータ処理システム500からデータセット情報を受け取り得る。

**【0082】**

種々の代替、改変、および等価物が、上記の構成成分の代わりに使用され得る。歯の最終的位置は、コンピューター補助技術を用いて決定され得るが、ユーザーは、処方箋の制約を満足させつつ、1つ以上の歯を独立して操作することにより、歯をそれらの最終的位置に動かし得る。

40

**【0083】**

さらに、本明細書中に記載の技術は、ハードウェアもしくはソフトウェア、またはこの2つの組み合わせにおいて実施され得る。この技術は、プログラム可能なコンピューター上で実行するコンピュータープログラムにおいて実施され得、このコンピューターは、プロセッサ、プロセッサにより読みとり可能な格納媒体（揮発性もしくは不揮発性メモリおよび/または格納要素を含む）、および適切な入出力デバイスを各々備える。プログラムコードは、入力デバイスを用いて入力したデータに適用されて、記載された機能を行い、かつ出力情報を生成する。この出力情報は、1つ以上の出力デバイスに適用される。

50

## 【0084】

各プログラムは、高レベルの手続プログラミング言語または目的指向性プログラミング言語において実行されて、コンピューターシステムとともに操作され得る。しかし、このプログラムは、所望であれば、アセンブリ言語または機械語において実行され得る。いずれの場合においても、この言語は、コンパイルされた言語または通訳された言語であり得る。

## 【0085】

このようなコンピュータープログラムの各々は、格納媒体またはデバイスが記載された手順を行うためにコンピューターにより読みとられる場合、コンピューターを設定および操作するために、汎用または専用のプログラム可能なコンピューターによって読みとり可能な格納媒体またはデバイス（例えば、CD-ROM、ハードディスクまたは磁気ディスク）に格納され得る。このシステムはまた、コンピューター読みとり可能な格納媒体として実行され得、コンピュータープログラムで設定され得、ここでこのように設定された格納媒体は、コンピューターを特定および予め規定された様式で操作する。

10

## 【0086】

本発明を特定の実施形態の点から記載してきた。他の実施形態は、上記の特許請求の範囲内にある。例えば、上記の3次元スキニング技術は、歯キャストリングおよびアライナーを形成する材料特性（例えば、収縮または膨張）を解析するために、使用され得る。3D歯モデルはまた、上記のグラフィックインターフェースを使用して、患者を従来の装具または他の従来の歯矯正取り付け具で処置する臨床医を補助し得、ここで、このような場合、歯の動きに適用される束縛は、従って、改変される。さらに、歯モデルは、対応する患者および処置をする臨床医によって制限されたアクセスのためにハイパートランスファープロトコル（http）ウェブサイト上に提供され得る。

20

## 【0087】

さらに、本発明は、その実施形態を参照して示され、かつ記載されたが、上記および他の、形態および詳細の変更が、上記の特許請求の範囲の趣旨および範囲から逸脱することなく行われ得ることは、当業者に理解される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、患者の顎の解剖学的関係を示す立面図である。

【図2A】 図2Aは、患者の下顎をより詳細に示し、そして本発明の方法および装置によりどのように歯が動かされるかの一般的表示を提供する。

30

【図2B】 図2Bは、図2Aからの1本の歯を示し、そしてどのように歯の移動距離が決定されるかを規定する。

【図2C】 図2Cは、漸増式位置調節取り付け具とともに図2Aの顎を示し、この取り付け具は、本発明の方法および装置に従って形づくられている。

【図3】 図3は、漸増式位置調節取り付け具を作製するためのプロセスを示す、ブロック図である。

【図4】 図4は、患者の歯の第1の最終配置を最適化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、矯正歯科医の処置計画の種々の工程において歯を配置する工程を例示するフローチャートである。

40

【図6】 図6は、矯正歯科医の処置計画の間に中間位置間の歯の経路を決定するためのプロセスのフローチャートである。

【図7】 図7は、矯正歯科医の処置計画の間に初期位置から最終位置までの歯の経路を最適化するためのプロセスのフローチャートである。

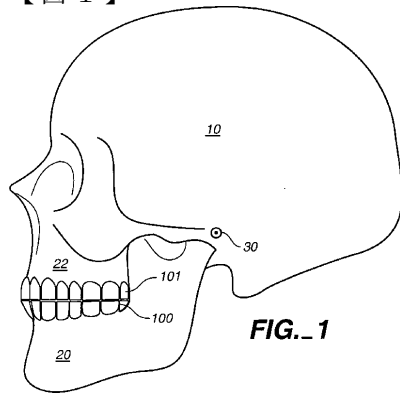
【図8】 図8は、衝突検出アルゴリズムにおける使用のための緩衝技術を例示する図である。

【図9】 図9は、衝突検出技術のためのフローチャートである。

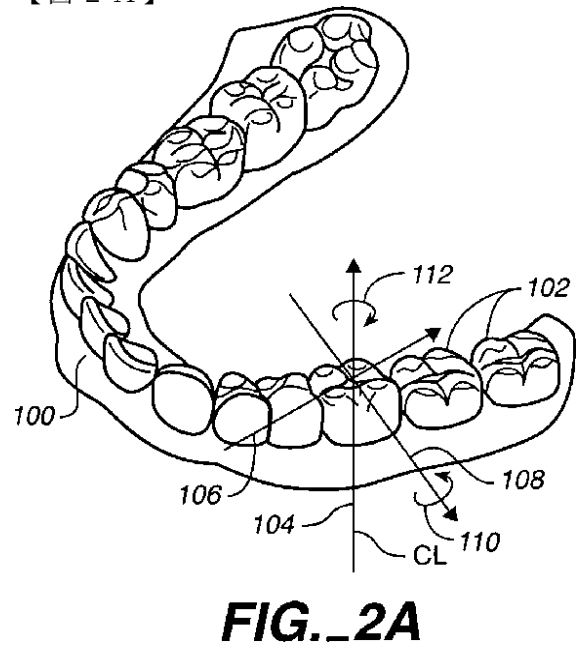
【図10】 図10は、本発明に従う取り付け具を生成するためのシステムを例示するブロック図である。

50

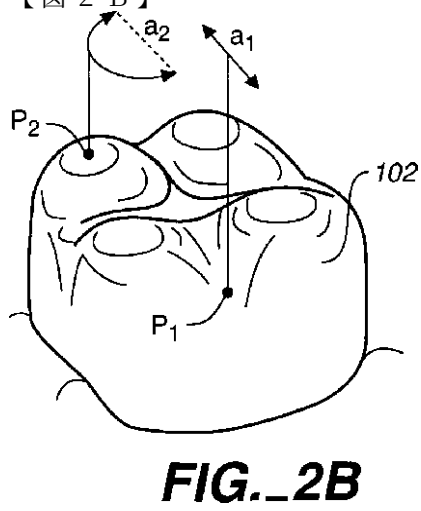
【図 1】



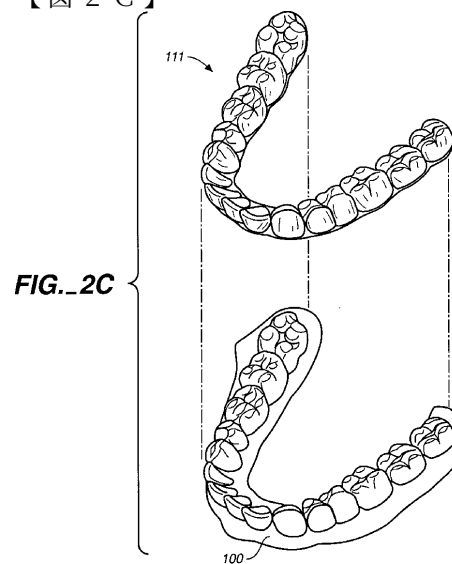
【図 2 A】



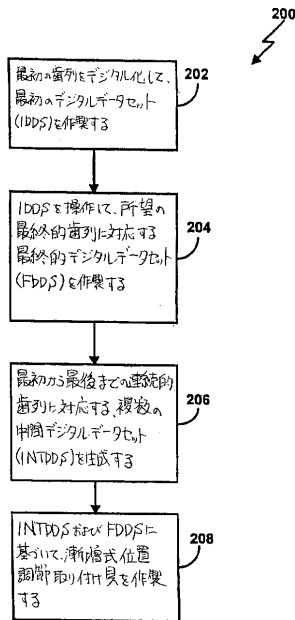
【図 2 B】



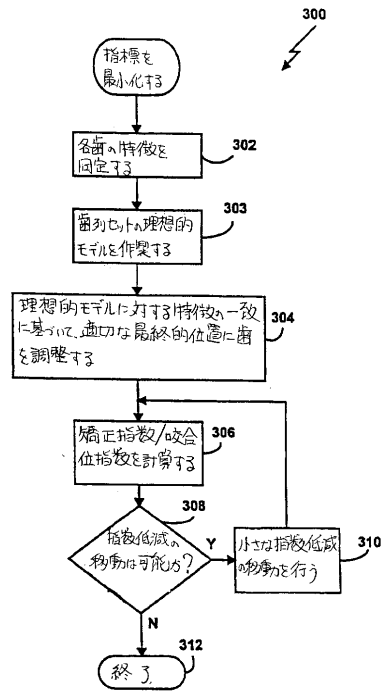
【図 2 C】



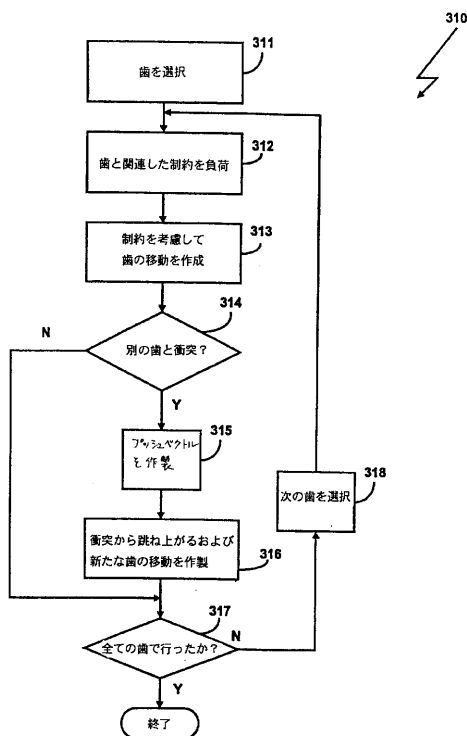
【図 3】



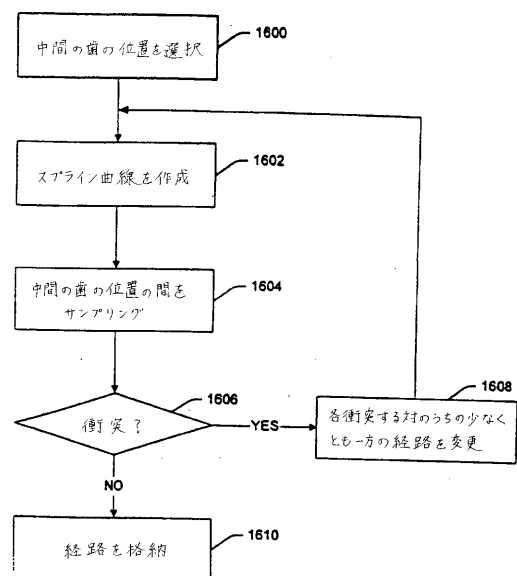
【図 4】



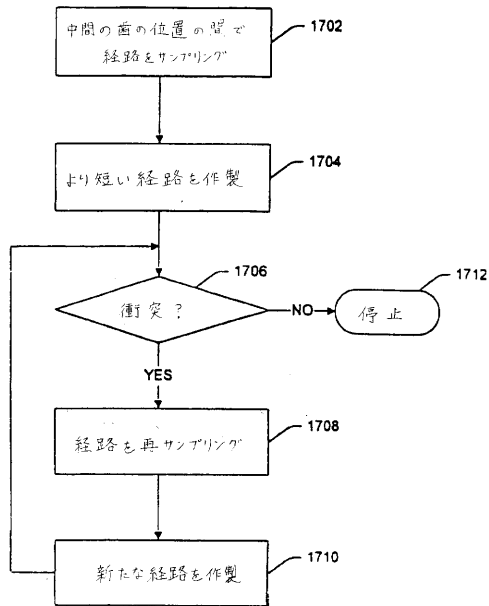
【図 5】



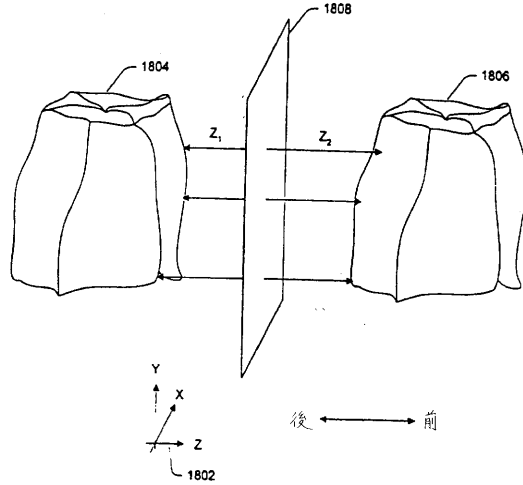
【図 6】



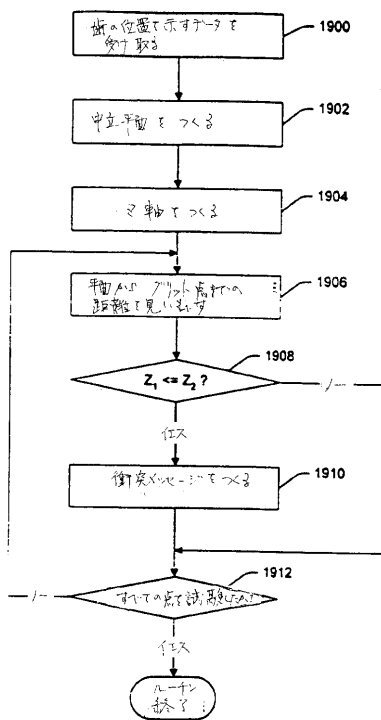
【図 7】



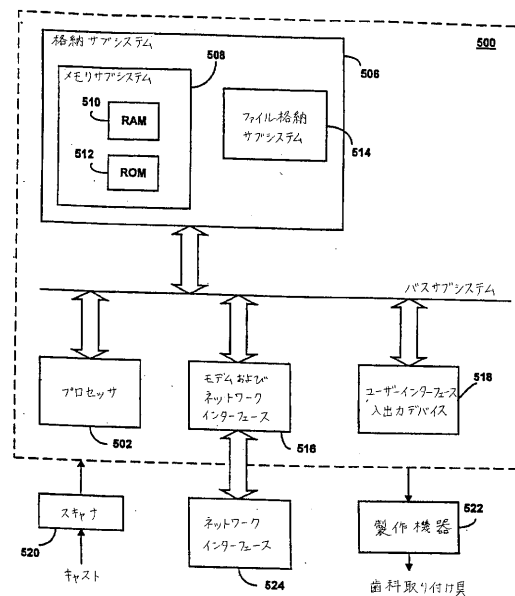
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(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

審査官 山口 直

(56)参考文献 米国特許第05454717 (US, A)  
米国特許第05338198 (US, A)  
米国特許第05340309 (US, A)  
米国特許第05528735 (US, A)  
特開平08-168498 (JP, A)  
特表平08-508174 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
A61C 7/00  
A61C 19/00