

1Z-7

実体模型操作と 3D 画像表示による実時間顎矯正手術支援システム

下永吉 達成[†] 青木 義満[†] 不島 健持[‡] 小林 優^{*}

芝浦工業大学工学部情報工学科[†] かなざわ矯正歯科クリニック[‡] 神奈川歯科大学顎顔面外科^{*}

1. はじめに

顎変形症の手術においては、顎骨の前後的位置と対称性、および歯列の咬合状態とのバランスを考慮した 3 次元的な手術計画の立案が必要である。

本研究では、骨格対称性と咬合状態を同時に把握し、最適な位置決めを実現するための外科矯正手術システム (ManMoS) [1] を開発している。実体歯列模型を操作して最適な咬合位置を決める歯列模型操作部と、同時に実時間表示される骨格 3D-CT 像を統合することで、骨格形態と咬合状態の改善を考慮した下顎の位置・姿勢を決定することが可能である。実体模型のリアルな操作感と仮想的な 3 次元画像表示を融合することにより、複合現実感を伴う手術シミュレーションシステムを構築した。

2. 処理の流れ

提案システム全体の処理の流れを図 1 に示す。本システムは、実体模型部と 3D 画像表示部から構成される。以降、実体模型操作部、3D 画像表示部のシステム構成及び処理の内容について述べる。

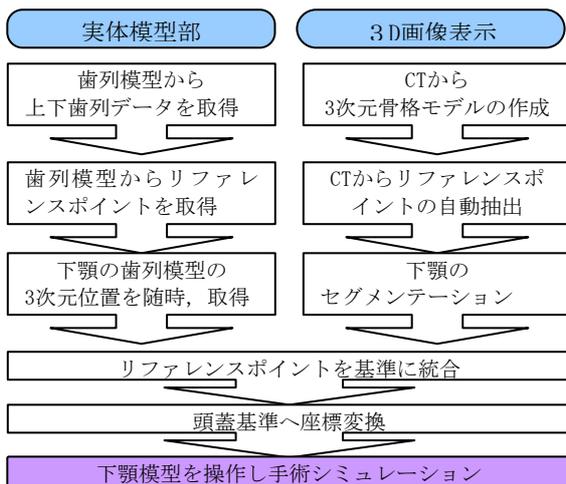


図 1 処理の流れ図

A real time orthognathic surgical simulation by entity model manipulation and 3D image display

[†]Tatsunari Shimonagayoshi, Yoshimitsu Aoki(Department of Information Science and Engineering,Shibaura Institute of Technology)

[‡]Kenji Fushima(Kanazawa Orthodontic Clinic)

^{*}Masaru Kobayashi(Kanagawa Dental College)

3. 3次元位置測定と実体模型部

3.1 実体操作部の概要

下顎模型の操作、リファレンスポイント、歯列位置、頭部基準の 3 次元位置を取得する。磁気センサ検知方式の 3 次元位置計測装置 Fastrak (Polhemus 社) を用い、目標物の 3 次元座標値 (X, Y, Z) 及びオイラー角 (Azimuth, Elevation, Roll) の 6 自由度データを、最大 120Hz で PC に転送することが可能である。Fastrak 及び、歯列模型を図 2 のように設置した。頭蓋基準を取得するため、外耳道に挿入したフェースボウの左右イヤード中心点と眼窩下点の 3 点をペン型レーザーにより計測した。同時に口腔内に装着した 3 個のチタン球の中心座標を計測した (図 3)。



図 2 Fastrak と実体模型の設置 図 3 頭蓋基準座標の取得

3.2 歯列模型の計測

歯列石膏模型を計測台に固定し、Fastrak のペン型レーザーを用い咬頭嵌合時の上下歯列のセントリックストップを代表点として計測する。また模型上の正中部及び、左右臼歯部に再現されたチタン球の中心をリファレンスポイントとし 3 次元位置を取得する (図 4)。

3.3 下顎模型の設置

下顎模型には操作の際、逐次 3 次元位置と姿勢データを取得するために、スタンダード型レーザーを図 5 のように設置した。



図 4 リファレンスポイントの入力 図 5. スタンダード型レーザー

4. CT撮影と3次元画像表示部

実体歯列模型と表示する3次元データの位置関係を対応付けるため、口腔内に基準点となるリファレンスポイントを設置する。スプリントに直径6mmのチタン球3個を下顎歯列の正中部と左右臼歯部に固定し(図6)、スプリントを装着した状態で咬頭嵌合位にてCTを撮影する。リファレンスポイントを含んだCTデータをボリュームデータとして保存後、リファレンスポイントの自動抽出を行う。

4.1 3次元画像表示

顔面骨格の表示には、CTのボリュームデータを用いた。ボリュームデータをレンダリングし、3D-CT像を表示した(図7)。

4.2 リファレンスポイントの自動抽出

既知であるチタン球のCT値より2値化を行った。2値化されたボリュームデータに対し、3次元的な空間ラベリング処理を施した。処理コストを削減するため、明らかにリファレンスポイントより大きいオブジェクトを探索から除いて処理した。不要なノイズを削除した後、既知である球体積値からリファレンスポイントを判定し、その重心座標をサブボクセル精度で求めた。



図6 チタン球を付けたスプリント

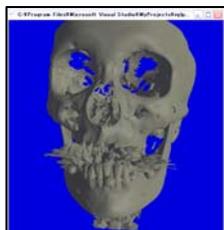


図7 3D-CT表示

4.3 下顎部のセグメンテーション

シミュレーション時には、下顎部のみを動かし、位置決めを行うため、頭部骨格と下顎骨を分割する必要がある。左右の視点から表示した3D画像上で下顎の範囲を多角形で指定し分割を行った。その結果を図8に示す。

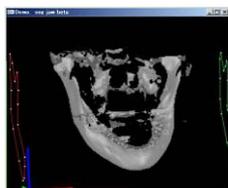


図8 セグメンテーションした下顎部分

5. 実体模型と3次元画像の統合

自動抽出したCT上のリファレンスポイント3点と、歯列模型上で入力した3点を用い、両者を統合する。統合後は、Fastrakから逐次送られてくる位置・姿勢データ(6DOF)に基づき、下顎データを座標変換し、即時に画像表示に反映させる。

6. 結果と考察

顎変形症患者1名について、顎骨格CTデータと歯列石膏模型を取得し、本システムによる手術シミュレーション実験を実施した。

下顎模型を操作し、画面上の変化した結果を示す。模型と画像の位置・姿勢合わせを行い、下顎模型を操作した際の位置・姿勢データにより、実時間で顎骨の画面表示を連動させた(図9)。

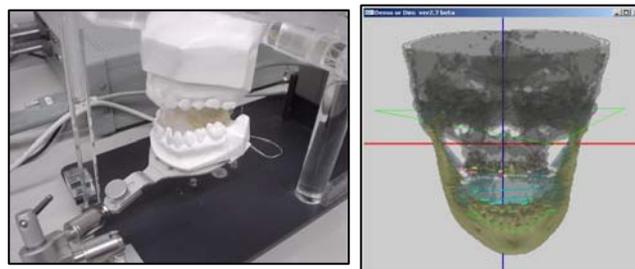


図9 模型操作と、位置決め結果

本システムの最大の特長は、骨切り術に伴う下顎骨の位置付けをシミュレーションする際、歯列の咬合関係は実際の歯列模型を操作することで確認し、同時に顎骨全体の形態はリアルタイムで表示される3D-CT像により確認可能なことにある。これにより、実体模型の現実的な操作感と、仮想的な3次元画像表示による視覚的効果を融合した、複合現実感を伴う手術シミュレーションを可能としている。

7. まとめ

実体模型を3次元位置計測装置にて随時取得、画面上の3D-CT像の顔面骨格に実時間で反映させることで、歯列咬合状態、顔面骨格の左右対称性の両面を考慮した術後予測システムを提案した。今後は現在、半手作業で行っている下顎部のセグメンテーションを自動化する手法を検討する。これが実現できれば、CT撮影からシミュレーションまで、実用的な処理コストでのシステム構築が可能となる。

参考文献

- [1] 不島健持, “外科矯正術後予測システムの臨床的意義”, 画像応用技術専門委員会研究報告 Vol.18, No.2, pp.8-18 2003年