

機関番号：32710

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500430

研究課題名（和文）顎変形症手術シミュレーションシステムの開発

研究課題名（英文）Development of a Surgical Simulation System for Jaw deformity.

研究代表者

小川 匠(OGAWA TAKUMI)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：20267537

研究成果の概要(和文)：

あごの歪みや大きさの不調和は、手術によって治療される。近年、適切な処置を行うため、CTデータから三次元再構築したモデルを用い、仮想空間シミュレーションが行われている。しかし、CTデータを用いた場合、銀歯などの口腔内修復物の影響により、歯の再現が困難となる。また、骨の削除量や干渉を確認するためには、実空間での検証も重要となる。そこで、上記の問題点を解決する新たなシミュレーションシステムを構築した。

研究成果の概要(英文)：

Orthognathic surgery have been applied to patients with severe dento-maxillofacial deformity. In recent year, the surgical simulation using 3D reconstructed model from CT data in virtual space was carried out to determine an appropriate surgical form. However metal artifact due to the dental prosthesis reduced the accuracy of reconstruction in a dentition region. In addition, the volume of osteoplasty and the occurrence of bony interferences require to verify in real space. To overcome these issues, we developed a novel surgical simulation system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：コンピュータ外科学，手術シミュレーション，顎変形症

### 1. 研究開始当初の背景

顎矯正手術には術式の選択や良好な予後のため術前にシミュレーションが行われる。これまで、セファロやセットアップモデルを用いた術前予測が行われ、その情報を参考に手術が行われてきた。しかしながら、これらのシミュレーションは2次元的手法が主であり、手術予測のための情報は十分ではない。近年では3次元解析についての報告は散見されるものの、CTの歯冠補綴装置によるアーチファクトのため表面構造の再現性が低い、実体模型の製作コストが高い、下顎運動が再現できない、などの問題がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は正確かつ再現性を持った安全な手術、それに伴う患者への十分な説明、正確な術後予測を可能とするシステム確立である。術前に採得した患者の画像データより再構築した3次元画像から、顎の位置を術中に正確に再現するための手術シミュレーションを仮想空間上(VR)および実空間の両方で行う。

### 3. 研究の方法

(1) システムの構築に先立って、シミュレーションの根幹でもあるCT画像データから製作する3次元モデルの精度の向上を図った。画像構築の際に最も問題となる補綴装置などのアーチファクトを研究用模型から製作した3次元表面形状データと統合させることから高精度3次元再構築モデルの構築を行い、その精度検証を行った。

精度検証は骨標本3体を対象とし、各CT画像から構築した3次元再モデル(Amira 3.1: Mercury Computer Systems)と高精度3次元再構築モデルの両者について、骨標本の実測値と比較することで行った。計測部位はマルチン法に従いFaro Gage Plus(FARO Technologies, Inc.)を用いて各点を設置し、計測を行った(図1)。

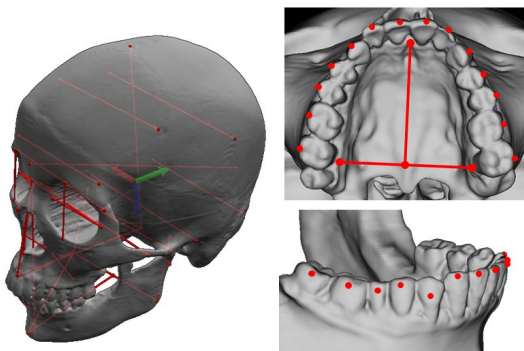


図1. 計測部位

(2) 高精度3次元再構築モデルを用い、光學式位置センサを用いて計測した顎運動デ

ータによる4次元解析からコンピュータ上でのバーチャル手術シミュレーションを行い、さらに3次元造形装置による石膏モデルを用いることにより、モデルシミュレーションからなるシミュレーションを構築した。これらのシステムを応用し、顎変形手術が適応となる患者20名についてシミュレーションを行った。

### 4. 研究成果

CTのみの3次元モデルでは、画像上に生じたメタルアーチファクトの影響で、計測不可能な箇所が認められたが、高精度3次元再構築モデルでは、アーチファクトの影響がなく各計測が可能になった。また、金属修復が施されていない標本でも、咬合面形態等の再現に限界があったが、高精度3次元再構築モデルを作製により詳細な形態が得られた。

本システムを応用した症例は20名、顎変形症治療シミュレーション16例、腫瘍摘出後の下顎骨再建シミュレーション4例であった。すべての症例は、患者の個々の解剖形態を正確に再現するために、CT画像データから製作した3次元再構築モデルと研究用模型から計測した歯列形態の表面形状データを統合し、高精度3次元再構築モデルを製作した。これらの重ね合わせは、3次元再構成モデルで(アーチファクトの影響が少ない)歯の側面をリファレンスポイントとし、ICP

(Iterative Closest Point) アルゴリズムを用いて行った(図2)。高精度3次元再構築モデルを用いて仮想空間および実空間でのシミュレーションを行い、術式の決定を行った。また、これまでに我々が開発した下顎運動再現システムに高精度3次元再構築モデルを用いることで、モニタ上に患者の機能的な下顎運動を表示することが可能であった。

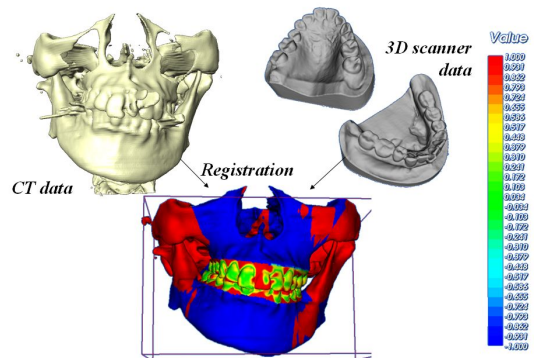


図2. 高精度3次元再構築モデルの生成

以下に症例の一例を示す。31歳女性。顔のゆがみを主訴に来院。左下顎頭の過形成とそれに伴う顔面非対称を認めた。また右側上顎臼歯部の咬合崩壊を認め、上下顎の左右的な咬合平面の傾斜に明らかな差を認めた。最終

的な補綴処置を考慮した新たな顎間関係の確立と顔面非対称の改善を図ることを目的に左下顎頭形成術と上下顎同時移動術（上顎 Le Fort I 骨切り + 右側 SSRO，左側 ObliqueIVRO with Backward DOG）による手術計画を立案した。従来の術前シミュレーションでは，下顎頭の切除量によって，三次元的に下顎骨がどのように回転するのか，咬合を優先した上下顎移動によって骨切り線の解離がどの方向にどの程度起きるのか，あるいは骨片同志の干渉は起きるのか否か，その結果，計画した術式で予定通りの位置に上下顎を移動できるのか否か，といった手術の成否を左右する不確定要素が多かった。そこで，3D プリンターによる実体頭蓋石膏模型を作製し，樹脂系硬化処理剤を用いて硬化処理後，この模型上で実際の手術をシミュレーションし，最終的な術式の詳細を検討した。まず，コンピュータ画面上で 3D 手術シミュレーションを行い（図 3），下顎頭の切除量と上下顎骨の移動量の目安を付けた後，頭蓋・顔面骨の実体石膏模型を用いて最終的なモデルサージャリーを行った（図 4）。その結果，左下顎頭形成術と上下顎同時移動術（Le Fort I 骨切り + 両側 SSRO）での対応が合理的との結論に至り，実際の手術に臨んだ。

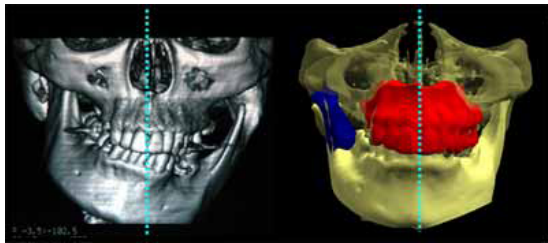


図 3 . VR シミュレーション

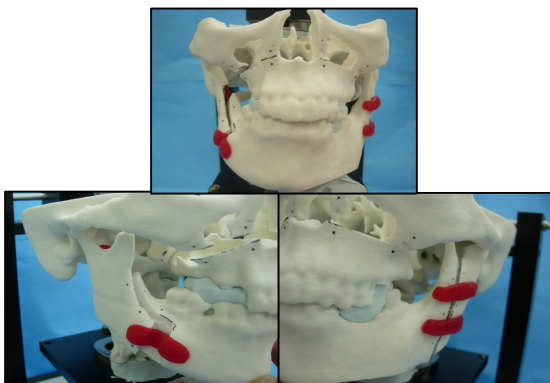


図 4 . モデルシミュレーション



図 5 . 口腔内写真（左：術前，右：術後）

本システム的应用により難症例に対しても予知性の高い顎矯正手術が可能になった。具体的には，最終的な術式を決定したり，術

中の上下顎骨の形成量や位置決め，骨片間の干渉部位の削除などがスムーズに行え，手術時間の短縮にも繋がると思われた。

#### 5 . 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Ogawa T, Ikawa T, Shigeta Y et al. Virtual reality image applications for treatment planning in prosthodontic dentistry. Stud Health Technol Inform. 査読有, 163, 2011, 422-424.

Tomoko IKAWA, Takumi OGAWA, Yuko SHIGETA et al. esign for Functional Occlusal Surface of CAD/CAM Crown Using VR Articulator. Stud Health Technol Inform. 査読有, 163, 2011, 239-241.

Kasama S, Ogawa T, Ikawa et al. Influence of Metal Artifacts on the Creation of Individual 3D Cranio-mandibular Models. Stud Health Technol Inform. 査読有, 163, 2011, 261-263.

Takumi OGAWA, Tomoko IKAWA, Yuko SHIGETA. et al. Designing Artificial Jaw Joints (AJJs) in VR Space for Patients with Rheumatoid Arthritis. Stud Health Technol Inform, 査読有, 142, 2009, 230-232.

Tomoko IKAWA, Takumi OGAWA, Yuko SHIGETA et al. The Reproduction of High Precision 3D Maxillofacial Reconstruction Models. Stud Health Technol Inform, 査読有, 142, 2009, 125-127.

小川 匠, 井川知子, 重田優子, 安藤栄里子, 他 . Using the Digital Gothic Arch Tracer for Occlusal Diagnosis and Management of Malocclusion with Osteoarthritis . Prosthodont Res Pract . 査読有, 7(2), 2008, 252-254.

〔学会発表〕(計 8 件)

勝村聖子, 小川 匠, 佐藤慶太 . ConeBeam CT を用いた頭蓋骨 3 次元再構築画像の精度検証 . 日本法歯科医学会第 4 回学術大会, 2010 年 7 月 24 日 .

笠間慎太郎, 井川知子, 小川 匠, 他 . 仮想空間における上下顎咬合接触再現性の検討 . 補綴学会西関東支部学術大会, 2010 年 1 月 10 日 .

小川 匠, 重田優子, 井川知子, 他. 低位咬合症例にVirtual Reality Dental Plannerを応用した一例. 鶴見大学歯学会70回例会, 2009年12月19日.

小川 匠, 井川知子, 重田優子, 他. 顎矯正手術へのmulti-phase simulation and navigation systemの臨床応用. 第18回日本コンピュータ外科学会大会, 2009年11月22日.

永坂 哲, 重田優子, 小川 匠, 他. 矯正治療・顎変形症治療におけるVRシミュレーションの応用. 第19回日本顎変形症学会総会, 2009年6月5日.

小川 匠, 重田優子, 井川知子, 他. 顎変形症治療におけるマルチシミュレーション・ナビゲーションシステム. 第19回日本顎変形症学会総会, 2009年6月5日.

勝村聖子, 小川 匠, 井川知子, 他. 口腔内歯科用金属によるアーチファクト回避を目的とした3D-CTおよび顎模型Surface dataの複合. 日本法科学技術学会 第13回学術集会, 2008年11月8日.

小川 匠, 重田優子, 井川知子, 平林里大, 他. Development of a Craniofacial Surgical Multiphase Simulation System Based on New Concept. Computer Assisted Radiology 22st International Congress and Exhibition, 2008年6月27日.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小川 匠 (OGAWA TAKUMI)  
鶴見大学・歯学部・講師  
研究者番号: 20267537

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

濱田 良樹 (HAMADA YOSHIKI)  
鶴見大学・歯学部・教授  
研究者番号: 70247336