

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：12602

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24659854

研究課題名(和文)メッシュレス解析(SPH法)による義歯と周囲軟組織との力学的関係の解明

研究課題名(英文)Dynamic intraoral analysis with a denture and circumference soft tissue by SPH method

研究代表者

水口 俊介(Minakuchi, Shunsuke)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・教授

研究者番号：30219688

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、義歯装着によって生じる顔面形態の変化や、口腔機能時の義歯周囲軟組織の動きが義歯形態に及ぼす影響を数値シミュレーションの手法により明らかにするため、無歯顎患者の顎堤、周囲軟組織の形態を数値解析可能な3次元モデルを構築し、SPH法により義歯との力学的関係を解析することを目的とする。インプラントオーバーデンチャー希望の患者を被験者とし、CTデータを取得し、顎堤、周囲軟組織と義歯のSPH法による解析モデルを作成し解析法の精度を検討した。また精度を向上させるため、各組織の材料定数や拘束条件の検討を行った。義歯と顎堤粘膜の部分のモデルを作成しほぼ適切な数値とアルゴリズムを得ることができた。

研究成果の概要(英文)：With the advent of super-aging society, it's expected that the popularity of patients will increase those who need complete dentures. But the complete dentures quality varies widely depending on dentist's experiences and techniques. As a solution of that difference, we have suggested a new method of fabrication which uses CAD/CAM. The step of designing form in that method, supposing that we are able to calculate the dynamic analysis of oral mucosa, which leads to product better designed complete dentures. In this study, we made a particle oral model, and analyzed the motion of oral mucosa by SPH method. We concluded that the SPH method had the potential to facilitate our product method.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：顔面形態 義歯周囲軟組織 義歯形態 数値シミュレーション SPH法 CTデータ 無歯顎 口腔機能

1. 研究開始当初の背景

SPH(Smoothed particle hydrodynamics)法は、宇宙物理学の分野において圧縮性流体解析法として開発され、その後工学、理学などの分野で様々な問題の解析に応用されつつある。近年では SPH 法を利用した生体解析などの研究も行われるようになったが、歯科の分野への本格的な応用はまだ試みられていない。

超高齢化社会の到来に伴い、今後義歯(入れ歯)の需要は増加することが予想される。特に総義歯(総入れ歯)の治療では、完成形の義歯が唇、頬、舌の動きを干渉しないように、また歯の喪失により窪んだ顔面形態を適切に回復するように考慮しながら治療を進めなければならない。そのため、完成義歯の品質は歯科医師の経験や技量によるばらつきが大きいのが現状である。当医局の金澤らは、このような品質の差を解消すべく、CAD/CAM による総義歯の製作を提案している。CAD 上での義歯設計時に、患者の口腔内粘膜の動きをシミュレーションしたうえで形態を決定できれば、より口腔内に適した義歯を製作することが可能と考えられる。粘膜のように大変形を伴うシミュレーションは、FEM のような解析手法では困難である。

2. 研究の目的

今回は患者の CT 画像をもとに、口腔内とその周囲組織の粒子化モデルを作成し、SPH 法によるシミュレーションを行った。またこの結果から、SPH 法は CAD/CAM による総義歯製作の一助となり得るか検討した。

3. 研究の方法

本研究では口腔内とその周囲組織の挙動を弾塑性解析により解析した。今回の口腔内モデルには、当医局の外来にて治療を行った無歯顎患者の CT 画像を利用した。尚、CT 画像は総義歯の保持装置となるインプラント埋入手術の為に撮影されたものを利用しており、この研究手法については当病院倫理委員会の承認を受けている。モデルの作成手順は次に示す通りである。

2次元スライスCT画像上で、金属のアーチファクト等により組織の境界が不明瞭な部分について、Photoshopにより境界を設定した(Fig.3)。

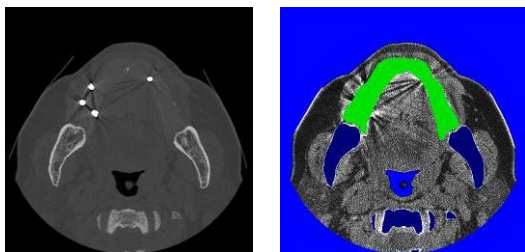


Fig.3 CT image with artifact, and modified image

各画像の組織分類については pixel 毎に輝度の閾値を併用して骨、筋、軟組織、皮

膚の自動判別を行った(Fig.4)。実際の口腔内の筋肉は、人体の中でも特に細かく複雑に入り組んでいる。

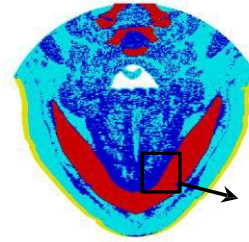


Fig.4 Sorted CT image

また CT の分解能からも、筋肉と軟組織を明瞭に区別して撮影することにも限界がある。よって輝度の閾値のみで組織判定を行うと、筋肉と軟組織が数 pixel 毎に入り交った状態に判定され(Fig.5)、本来一塊の組織として成り立っている筋肉の連続性が断たれてしまう。このため、連続性が断たれている部分についてはある程度補完するように自動処理を行った(Fig.6)。

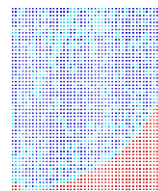


Fig.5

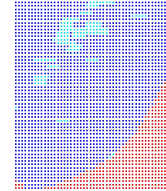


Fig.6

解析モデルの材料定数は Table 1 のように設定し、各スライス画像を 3次元方向に積み重ね、口腔内モデルとした(Fig.7)。全粒子数は 16,988,909 となった。

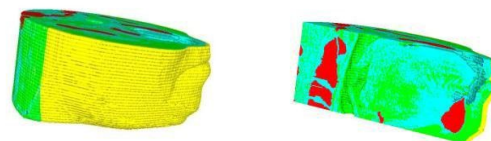


Fig.7 Oral Model

Table 1 Material properties

	Young ' s Modulus [kg/mm ³]	Poisson ' s Ratio	Density [g/cm ³]
Bone	8.63×10^2	0.36	1.0
Muscle	6.89×10^{-3}	0.48	1.1
Soft tissue	2.31×10^{-1}	0.48	1.0
Skin	8.67×10^{-2}	0.48	0.94

4. 研究成果

口腔内モデルから左半側の舌～気道の範囲を切り出し、舌骨を拳動させた際の口腔内粘膜の変化を、SPH法による弾塑性解析でシミュレーションした(Fig.8)。粒子数は5,375,242、計算時間は91時間であった。本来は顎舌骨筋、オトガイ舌筋、顎二腹筋、茎突舌骨筋等の筋肉の収縮により舌骨が移動するが、簡便化のため、今回は舌骨そのものをZ軸方向に動かした。舌骨の拳上に伴い、口腔内底部の粘膜も移動している様子が確認された。口腔内底部のa～e点の粒子について(Fig.8)、経過時間に伴う動態をFig.9に示す。

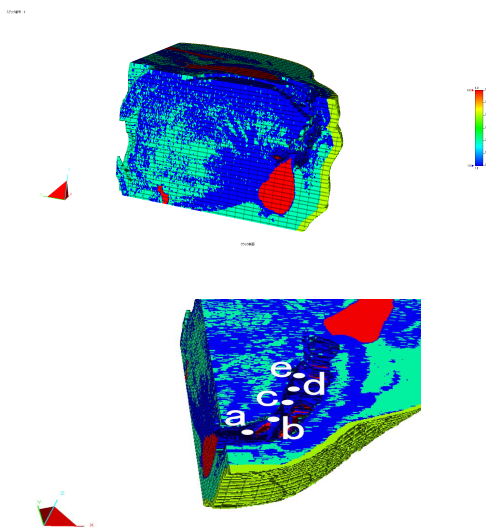


Fig.8 Simulation model and sample points

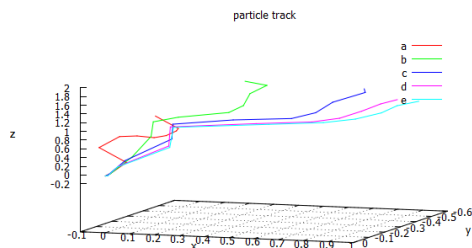


Fig.9 Movement of particles

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 3 件)

1. Katase H, Kanazawa M, Inokoshi M, Minakuchi S. Face simulation system for complete dentures by rapid prototyping. JProsthet Dent J Prosthet Dent. 2013 Jun;109(6):353-60. (査読有)
2. M. Ochi, M. Kanazawa, D. Sato, S. Kasugai, S. Hirano, S. Minakuchi. Factors affecting accuracy of implant placement with mucosa-supported stereolithographic surgical guides in edentulous

mandibles. Computers in Biology and Medicine. 2013;43:1653-60. (査読有)

3. 金澤 学, 水口俊介 CAD/CAM 技術を応用した全部床義歯製作法 補綴臨床 Vol.46 No.2 149-159 2013.3 (査読無)

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 平山 大輔, 水口 俊介, 金澤 学, 呂 学龍, 酒井 譲, “SPH 法による口腔内モデル解析”, 計算力学講演会論文集, #1407, 神戸, 10 月 7 日, 2012.
2. 平山 大輔, 水口 俊介, 秋葉徳寿, 金澤 学, 酒井 譲, 生体における 生体における SPH 法粘弾性計算の検討法, 計算力学講演会論文集, #1202, 佐賀, 11 月 3 日, 2013.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水口 俊介 (MINAKUCHI Shunsuke)
東京医科歯科大学・大学院医歯(薬)学総合研究科・教授
研究者番号：30219688

(2) 研究分担者

金澤 学 (KANAZAWA Manabu)
東京医科歯科大学・大学院医歯(薬)学総合研究科・助教
研究者番号：80431022

佐藤 佑介 (SATO Yusuke)
東京医科歯科大学・大学院医歯(薬)学総合研究科・助教
研究者番号：10451957

飼馬祥頼 (KAIBA Yoshinori)
東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師
研究者番号： 30401326

(3)連携研究者

酒井 譲 (SAKAI Yuzuru)
横浜国立大学
研究者番号： 90114975