

機関番号：32622

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20592414

研究課題名 (和文) バイオメカニカルシミュレーションを用いた矯正診断法の確立

研究課題名 (英文) Establishment of diagnosis in orthodontics using biomechanical simulation

研究代表者

榎 宏太郎 (MAKI KOUTARO)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：80219295

研究成果の概要 (和文)：本システムを適用することで、従来法にはない顎骨周囲の形態的、機能的評価に基づく診断および治療法の選択が可能となり、形態情報と機能情報を統合した、より包括的な咬合再構築の手法が確立した。

研究成果の概要 (英文)：This system enables us to diagnose and choice treatment method based on the biomechanical evaluation of maxillofacial structure. This method makes it possible to establish occlusal reconstruction method by integrate morphological and functional condition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：歯科矯正学

科研費の分科・細目：矯正・小児系歯学

キーワード：バイオメカニクス、シミュレーション、矯正治療

## 1. 研究開始当初の背景

上下顎骨の離断を要する重篤な顎変形症例や、広範囲にわたる臼歯部の咬合支持を喪失した症例などの矯正治療では、大規模な歯列の移動や、短期間でそれまでとは全く異なる咬合状態への歯列再構築が必要とされる場合も少なくはない。

しかし、従来の矯正診断における治療ゴール設定方法の多くは、近遠心的な歯の位置や顔貌の審美性に主眼が置かれているため、治療後の歯列が咀嚼器官の一構造体として機能的にも適正であるか否かを検討するための論理的な基盤を有しているとは言えず、形態

診断が主流をなし、そこに機能情報を包含する手段に欠けていたと言わざるを得ない。つまり、診断時に、個々の症例における最適な咬合平面の傾斜やその垂直的な位置、さらには、機能を障害しないようなそれぞれの歯の位置、接触関係、荷重方向などを、より科学的に推定する方法が確立されていない状況であった。

## 2. 研究の目的

そのため、咀嚼の機能的側面を顎顔面全体から捉えた、新たな「咬合再構築理論」の創出が不可欠であると考えられ、形態情報と機能情報を統合したバイオメカニクス解析から、

咀嚼に最適な咬合状態や歯列位置の予測と評価をおこなうシステム開発を目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) コーンビーム CT (CBCT) データからの正確な密度情報の獲得、(2)シミュレーションを用いた個別の最適な治療目標の決定、(3)新たな治療概念に基づく歯科矯正診断法の確立、を具体的な目標とし、結果は以下の通りであった。

### 4. 研究成果

(1)CBCT データからの正確な密度情報の獲得について

CBCT は、高画質・低被爆かつ等方性を有する非常に汎用性の高い検査機器となったにも関わらず、濃度値の定量性を示さないという点から、顎骨の骨密度などの機能的情報を抽出する診断装置としての有用性は皆無であった。そこで本研究では、画像再構成方法に検討を加え、それまでは不可能であったコーンビーム X 線による生体骨組織のカルシウム含有量の定量測定法を確立した(世界初)。

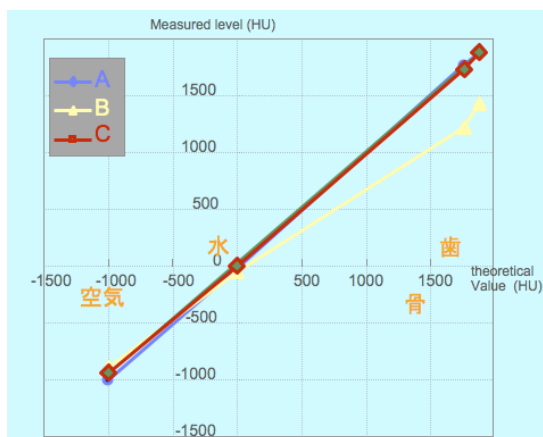


図1 CT 値の線形性

従来型 CBCT を用いた場合(B)、CT 値は真の値(A)に比べ、特に高い CT 値の領域で線形性が保たれず、歯や顎骨、軟組織や空気といった顎顔面領域に存在する様々な CT 値を持つ構造を、機能的には再現出来ていない。これに比べ、画像再構成法を改良した CBCT (C)では、高い CT 値領域でも良好な線形性を示した。

現在、同様の装置は世界各国で製造されているが、CT 値の定量化を実現した他に類をみない画期的な手法となった。

(2)シミュレーションを用いた個別の最適な治療目標の決定

従来は、一定のモデルを用いて、おおよその傾向を解析するだけに限られていたが、モデル化に関する一連の本手法では、この診断精度の飛躍的に向上した画像再構成手法を組み込むことで、正確な CT 値をもとにした顎骨

の力学モデルの構築により、非常に高精度で現実に即したバイオメカニクス解析が可能となった。

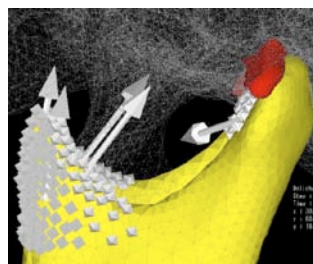


図2 顎関節部の力学モデルおよび力学条件

特に、これまで再現が非常に困難であった顎関節部の下顎頭、関節円板、下顎窩が良好に再現された。各個体の咬合力、筋力(図左の矢印群)から下顎頭反力(図右の矢印)を得、歯の角度により微細な変化を認める事が明らかとなり、最適な咬合位置や歯列位置を決定する上で重要かつ先進的な情報となった。

(3)新たな治療概念に基づく歯科矯正診断法の確立

これまでの研究成果より、CT 値の再現、それによる精密な力学モデルの製作と、個別別の咬合力、咀嚼筋力および下顎頭反力等の生体情報を用いた力学モデルから、咬合治療前の状態の精密な生体力学解析は十分に可能となった。この手法により得られた咀嚼時の力学状態を、歯科矯正治療におけるシミュレーションとして、咬合治療後のモデル構築、特に抜歯モデルおよび非抜歯モデルとして咬合荷重部位と大きさを変更した力学解析結果とを比較することにより、力学条件が最適と考え得る歯列位置を導出することが可能となった。

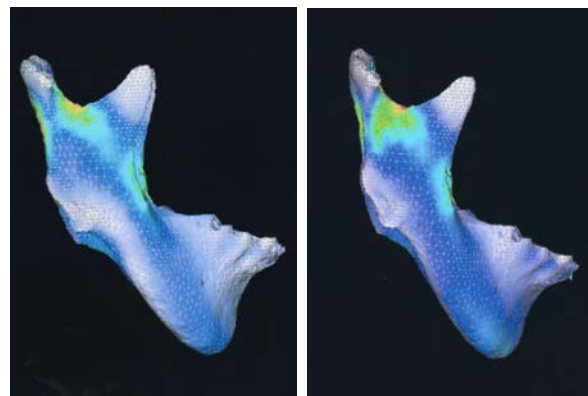


図3 矯正治療における抜歯・非抜歯の比較

この個体におけるシミュレーションでは、抜歯治療の場合(左)と比べ、非抜歯治療を再現した場合(右)の方が、下顎枝では中央や辺縁に、骨体部では下顎下縁から歯槽骨に向かってより広い応力分布がみられ、広範囲にわたり機能力の発生が見られた。

これらの結果より、実際の治療法の選択に際し、幾何学的な計測値と共に、機能的評価の観点からも、咀嚼に最適な歯列位置を実践すると考えられる咬合治療法の選択が可能となった。

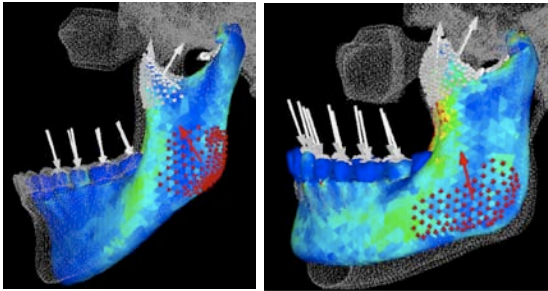


図4 様々な個体での治療シミュレーション

個体別力学解析の結果、それぞれの顎骨により機能力の分布様相に差異が見られるとともに、歯の移動シミュレーションによる分布の変化にも差異が見られることが判明した。

これらの研究成果により、本システムを適用することで、従来法にはない顎骨周囲の形態的、機能的評価に基づく診断および治療法の選択が可能となり、形態情報と機能情報を統合した、より包括的な咬合再構築の手法が確立した。

#### 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14件)

①Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Hatcher C, Miller AJ, Evaluating the mandible with cone-beam computed tomography, Amer J Orthod Dentofacial Orthop, 査読有, Vol. 137, S58-70, 2010

②馬場理香, 植田健, 伊能教夫, 小関道彦, 高橋満理子, 中納治久, 榎宏太郎, 散乱 X 線補正による歯科用コーンビーム CT における再構成像の精度向上, 日コンピュータ外会誌, 査読有, 12 巻, p5-12, 2010

③Ogawa N, Miyazaki Y, Kubota M, Huang J-C, Miller A. J, Maki K, Application of cone beam CT 3D images to cephalometric analysis, Orthod Waves, 査読有, 69 巻, p138-150, 2010

④Watanabe M, Yamaguchi T, Maki K, Cervical vertebra morphology in different skeletal classes A three-dimensional computed tomography evaluation, Angle Orthod, 査読有, Vol. 80, p719-724, 2010

[学会発表] (計27件)

①榎 宏太郎: 生体力学的な治療目標の設定とその具体化案, 第 52 回近畿東海矯正歯科学会学術大会・総会, 大阪, 2010 年 10 月 1 日, 大阪

②榎 宏太郎: 新しい歯科の診断ツール (バイオメカニクスとコーンビーム CT), 第 6 回日本国際歯科大会, 横浜, 2010 年 10 月 8 日, 横浜

③馬場理香, 伊能教夫, 小関道彦, 高橋満理子, 中納治久, 榎 宏太郎, 散乱 X 線補正法を用いた歯科用 CT 像における下顎骨の有限要素解析, 第 18 回顎顔面バイオメカニクス学会大会, 2010 年 9 月 19 日, 札幌

④斎藤 極, 木村 仁, 伊能教夫, 小関道彦, 藤川泰成, 浅間雄介, 小川尚己, 榎 宏太郎, 個別顎運動表示システムを用いた上下歯列の干渉状態の観察, 第 18 回顎顔面バイオメカニクス学会大会, 2010 年 9 月 19 日, 札幌

⑤Baba R, Inou N, Takahashi M, Nakano H, Maki K, High quality head and neck imaging using dental CT with high accuracy of CT, Radiological Society of North America, 2010 年 11 月 28 日, Chicago

⑥榎宏太郎, (シンポジウム) 顎顔面の形態形成におけるバイオメカニクスの考察, 第 37 回日本臨床バイオメカニクス学会, 2010 年 11 月 1 日, 京都

[図書] (計4件)

①R. E. Goldstein 著, 榎 宏太郎(訳), クインテッセンス出版, チェンジユアスマイル新たな笑顔は人生を変える (第 4 版), 2010, 232

②榎宏太郎, 他, クインテッセンス出版, 矯正歯科治療 この症例にこの装置, 2010, 355

③榎宏太郎, 学建書院, 歯科矯正学サイドリーダー - 矯正学講義の理解のために - (第 4 版), 2009, 143

④榎宏太郎, 他, 医歯薬出版株式会社, 歯科矯正学 第 5 版, 2008, 390

[その他]

ホームページ等

<http://www.ortho-showa.com/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

榎 宏太郎 (MAKI KOUTARO)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号: 80219295

##### (2) 研究分担者

伊能 教夫 (INOUE NORIO)

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 40384193

山口 徹太郎 (YAMAGUCHI TETSUTAROU)

昭和大学・歯学部・講師

研究者番号: 40384193