

顎関節の有限要素モデル構築に関する研究

日大生産工 (院) ○市川 卓 日大生産工 村田 守
 日大生産工 西 恭一 日大歯学 中島 昭
 日大生産工 星野 和義 日大生産工 坂井 卓爾
 日大歯学 新井 嘉則 徳島大歯学 田中 栄二

1 緒言

近年、コンピュータ技術の発展に伴い、工学分野において広く用いられている有限要素法を使ってCTやMRIにより得られた3次元データを元にした生体診断及び力学的解析が盛んになっている。人体の内部構造（臓器や骨など）のモデルをコンピュータ上に構築し、運動シミュレーションを行うことで人体に負担をかけない研究が行われている。歯学の分野においてもこの技術が用いられ、顎関節症などにおける最適治療法を把握するためにX線CT装置で撮影した画像から顎関節（Fig.1の円で囲った部分）のモデルを構築することが行われている。X線CT装置は利点として高精度な画像を得ることができるのだが、欠点として軟組織がぼやけてしまうなどの欠点がある。そこで特別な配慮を行った画像処理、要素位置の決定が必要となってくる。本研究では、咀嚼運動時の顎関節における応力解析を行うための有限要素モデルの構築を行う。

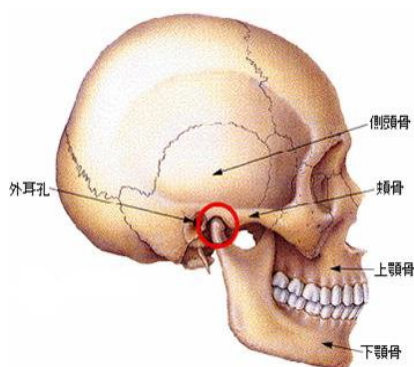


Fig.1 Position of temporomandibular joint

2 CT画像の概要

CT (computed tomography) は装置や対象物を回転させながら撮影されるため、撮影領域は円柱型となる。今回撮影されたものは高さ40[mm]、直径40[mm]で、一般歯科での処理範囲を満たし、低被爆と高解析度を実現している。Fig.2はその中の1枚である。

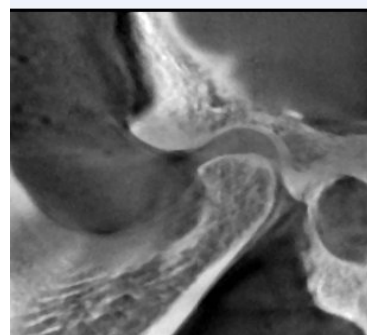


Fig.2 CT image of temporomandibular

3 有限要素モデルの構築

3.1 二次元画像処理

3.1.1 二値化

それぞれのCT画像において、骨の部分と周辺組織とを区別するため、二値化処理を行った。これは画素における濃度値が閾値以上であれば黒（周辺組織）、閾値以下であれば白（骨）とする処理である。

3.1.2 骨の輪郭座標を抽出

三次元化処理が容易に行えるようにするため、二値化された画像上にある1つ1つの画素を隣の画素と比較しながら輪郭となる画素を判別した。このときFig.2のような画像でスライス面（XY平面）を左から右のように判別走査した場合には黒→白、白→黒という順に変化するところを輪郭だと判断し、その

Study on constructing the finite element model of temporomandibular joint.

Suguru ICHIKAWA, Mamoru MURATA, Kyoichi NISHI, Akira NAKAJIMA,
 Kazuyoshi HOSHINO, Takuji SAKAI, Yoshinori ARAI and Eiji TANAKA

画素におけるX, Y座標を抽出していく．またスライス間隔が1[mm]であるのでこの間隔を座標に変換すると，8画素分の間隔となり，この値からZ座標を抽出した．

3.1.3 二次元モデル

抽出された座標は，輪郭を形成する点である．この点を繋ぐことで線としての輪郭を形成していく．そのときに，同一平面上に存在する点の座標から，隣との距離が最も近い点を選び出して順に並べていく処理を行っている．

3.2 輪郭補正処理

CT画像に含まれていたアーチファクト（Fig.3の円で示した部）といわれるノイズにより正確な骨の境界（点線で示した部分）が消え，二値化処理の際に境界位置の検出が困難な箇所が存在する．そこで，ノイズ成分が存在している近傍領域に注目し，近似境界線を形成する補正処理を行った．対象物におけるこの領域は直線に近い滑らかな曲線であると判断し，前後に存在している正確な点の位置関係を利用して，補正曲線により新しい境界線を作成していった．この二次元で輪郭補正したものを全て重ねたものがFig.4となる．これを使って三次元モデルを形成していく．

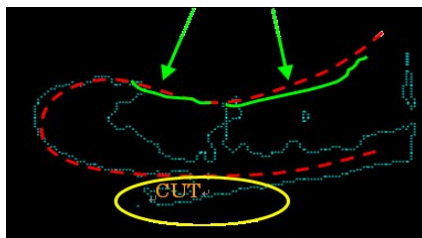


Fig.3 Outline correction of two dimension model

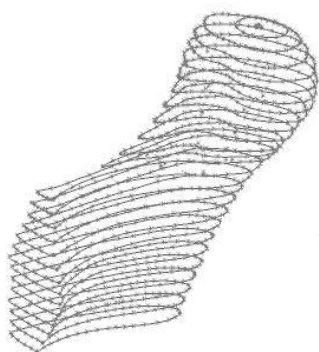


Fig.4 After processing the CT image

4 三次元モデル形成と解析

下顎骨と同じ方法で上側の下顎窩を作成し，関節円板は下顎骨と下顎窩の座標を用い

て隙間を埋めるような形で作りました．Fig.5は今回作成した顎関節のモデルの概要と，3つのモデルを繋げるイメージを示したものです．このモデルで噛締めと開口を想像して，モデル自体にエラーがないかの確認を兼ねて試しに解析を行いました（Fig6（噛締め時の応力），Fig7（開口時の変位））．

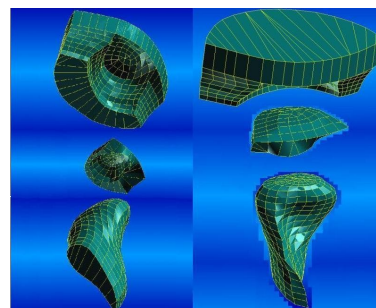


Fig.5 Model of temporomandibular joint

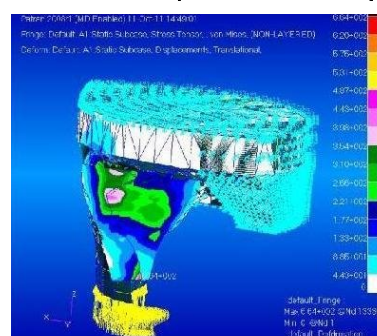


Fig.6 The analysis result of the case 1

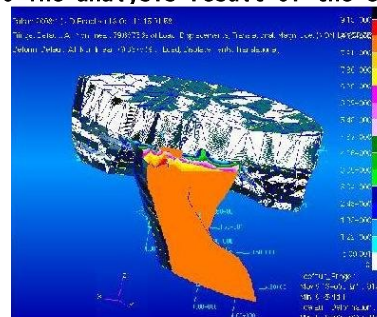


Fig.7 The analysis result of the case 2

5 結言

CT画像から今回作成したモデルでの解析では特にエラーなどは見られなかった．今後は物性値を決めて顎の動きの解析を行い，変位と応力の関係や関節円板の役割について考察していく．骨及び関節円板の特性を考慮した条件設定がポイントとなる．また必要があればモデルの形状（主に関節円板）を修正して解析を行う．

- 1)吉本啓一，歯科放射線学 医歯薬出版．
- 2)下野正基，歯科医療の最前線 講談社．