

下顎骨の形態と咀嚼に関する生体力学的考察 (特徴的な形態を有する下顎骨の個別別有限要素モデリング)

Biomechanical Study of Human Mandible concerning Correlation of Morphology and Mastication (Patient-specific finite element modeling of typical mandibles)

○高橋満理子(昭和大), 小関道彦(東工大), 伊能教夫(東工大), 槇宏太郎(昭和大)
Mariko TAKAHASHI, Michihiko KOSEKI*, Norio INOU*, and Koutarou MAKI

Dept. Orthodontics, Showa University, 2-1-1, Kitasenzoku, Ota-ku, Tokyo, 145-8515 Japan

*Dept. Mech. Ctrl. Eng., Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550 Japan

A number of studies have been conducted on a human masticatory system. However, there are few studies which focus on the biomechanical characteristics of the craniofacial structure, such as a relationship between three dimensional structure of the mandibular bone and mechanical conditions under mastication. This paper discusses the biomechanical characteristics of a human mandible using patient-specific finite element models of the two typical mandibles.

Key word: Biomechanics, Patient-specific finite element modeling, Human mandible, Mastication.

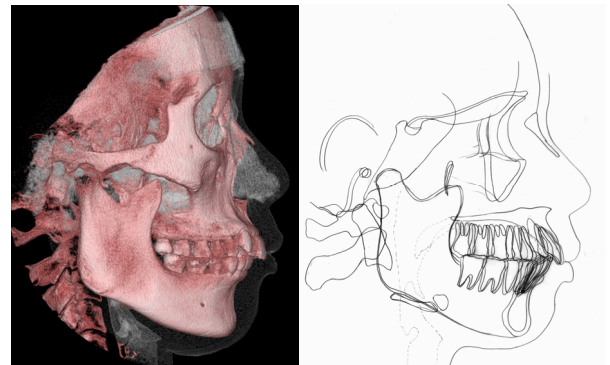
1. はじめに

噛み締めによって顎顔面に生じる力学状態と顎骨の形態には相関があると考えられる。すなわち、顎骨に作用する筋の牽引力や咬合力、関節頭反力などの力学状態は、頭蓋と顎骨の3次元的位置関係に影響を受けるため、顎骨の形状により異なることが推測される。これまでの研究では主に、顔面のパターンと顎骨形態を関連づけた議論がなされているが、ここでは力学的な観点あまり扱われていない。そこで本研究では、下顎骨の形態と力学状態について把握することを目的としている。本稿では、特徴的な2つの顎態について応力解析を行ったことを報告する。

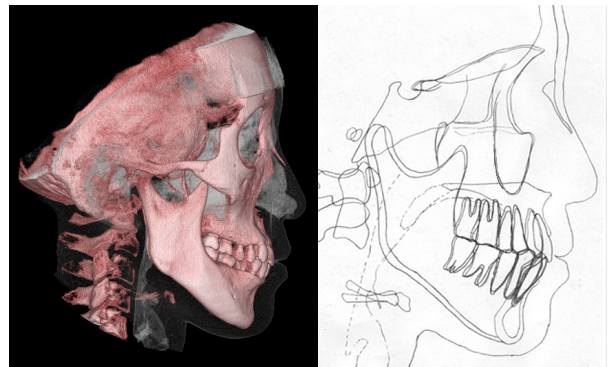
2. 下顎骨の有限要素解析

2.1 被検者の選出

顎顔面形態については、特に顔面高の特徴により9つに分類されている[1]。この骨形状の差異は、頭蓋と下顎骨の咀嚼筋付着部の相対的位置関係に影響するため、筋の牽引方向が異なることを意味している。また、咬合力を主に負担する筋が骨形態の違いによって異なっていることが予想され、結果として顎骨に生じる力学状態にも差異が生じていると考えられる。そこで今回は、後顔面高と前顔面高が同程度のBrachyfacialを有する被験者Aと、後顔面高より前顔面高の方が長いDolichofacialを有する被験者Bの2名を選出した。各被験者について、歯顎顔面用X線CT装置CB MercuRay(日立メディコ社)による3次元構築画像および側方頭部X線規格写真のトレースを図1に示す。



Subject A

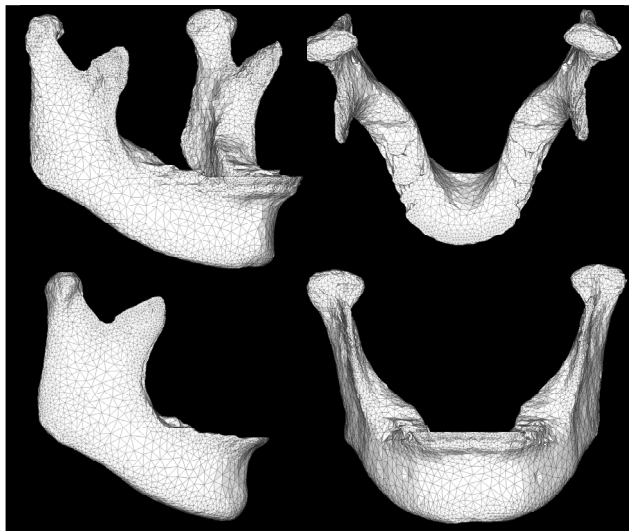


Subject B

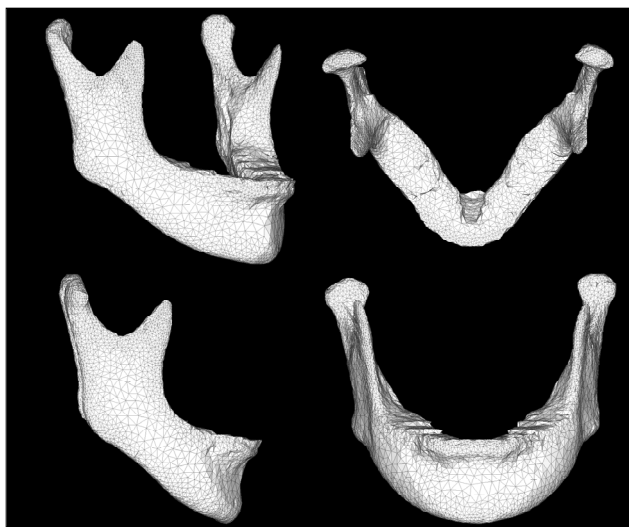
Fig.1 CBCT images and X-P traces of subjects.

2.2 個別別有限要素モデリング

各被験者のDICOMデータに基づき筆者らが提案している個別別モデリング手法[2]を用いて3次元有限要素モデルを構築した。結果を図2に示す。各モデルは約14,000節点・約70,000要素からなり、それぞれの顎態の特徴をよく再現している。



Subject A



Subject B

Fig.2 FE models of two subjects.

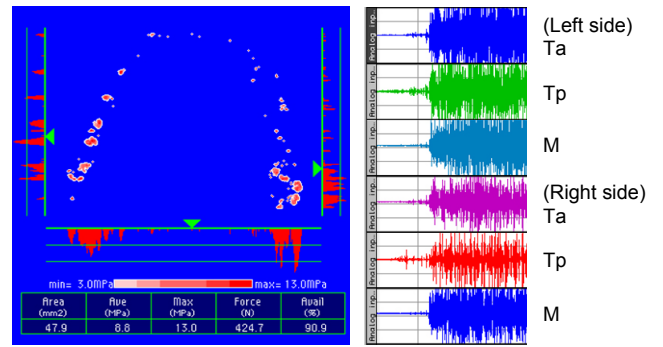
2.3 咬合状態の測定

応力解析に用いる力学条件を得るため、被験者の咬合状態を計測した。まず、被験者には3回の咬合練習をさせた後、感圧シートを用いて咬合接触部位および咬合力の大きさを得た。またこれと同時に、側頭筋前腹、側頭筋後腹および咬筋の筋電位を、表面筋電極を用いて測定した。ここで、内外側翼突筋の筋活動を非侵襲に計測することは非常に困難なため、これらの筋の活動は推測に基づいた。咬合力および筋電位の測定結果を図3に示す。

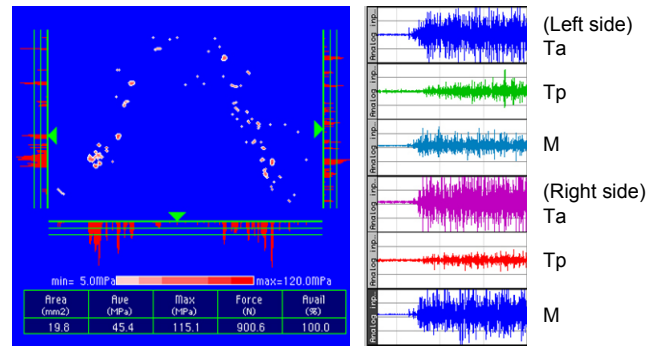
そして、筋の牽引方向をDICOM画像から決定し、有限要素モデルに設定した。各荷重条件は、該当する部位の節点に対し分散荷重として設定した。

3. 応力解析結果

以上の手順により構築した有限要素モデルを用いて応力解析を行った。結果を図4に示す。両者には応力分布に関しても大きな違いが認められる。この詳細については今後検討する予定である。



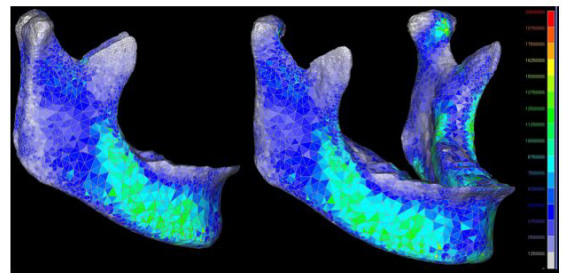
Subject A



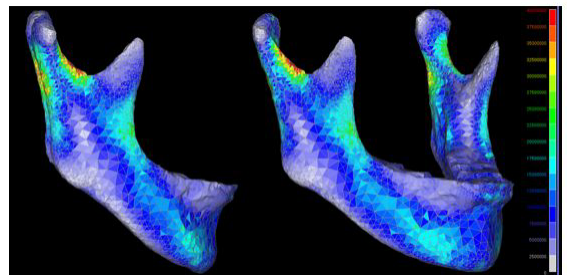
Subject B

Ta: Anterior Temporalis
Tp: Posterior Temporalis
M: Masseter

Fig.3 Dental prescale and EMG.



Subject A



Subject B

Fig.4 Stress distributions.

参考文献

- [1] Sassouni, V., *A classification of skeletal facial types*. Am.J.Orthod. 109-123, 1969.
- [2] 小関道彦・上西雅也・伊能教夫・榎宏太郎: X線CT画像に基づく骨体の個別別モデリング手法に関する研究 (骨形態を考慮した要素分割手法の提案); 日本機械学会論文集C編, 72(717), 1470-1477, 2006.