

個別別顎運動表示システムによる咀嚼運動の観察

Observation of Mastication using a Display System of Individual Mandibular Movement

○小関 道彦(東工大), 中村 基司(東工大), 伊能 教夫(東工大),
小川 尚己(昭和大), 榎 宏太郎(昭和大)

Michihiko KOSEKI¹, Motoji NAKAMURA¹, Norio INOU¹, Naoki OGAWA² and Koutarou MAKI²
¹Dept. Mech. Ctrl. Eng., Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550 Japan
²Dept. Dentistry, Showa University, 2-1-1, Kitasenzoku, Ota-ku, Tokyo, 145-8515 Japan

This study proposes a display system of individual mandibular movement that visualizes motion of the human mandible. The system integrates two engineering methods. One is an optical motion capture technique for measuring the mandibular movements. The other is a patient-specific modeling method based on the X-ray CT data. The system provides not only three-dimensional visual information of the mandibular movements as animations but also quantitative information of position, velocity and acceleration at an arbitral point of the model. The user interface of the system enables intuitive operation of a medical doctor. The system makes it possible to grasp even mastication when a subject masticates various foods. The system indicates significant differences in the mandibular movements depending on the foods.

Key word: Mandibular movement, Display system, Patient-specific modeling, X-ray CT

1. はじめに

顎運動は物理的に見れば上顎骨および下顎骨の独立した剛体運動として捕らえることができる。このため、上下顎骨の三次元絶対座標系における位置変化が得られれば、顎運動を三次元的に把握することが可能となる。そこで筆者らは、X線CT画像に基づく個別別モデリング技術¹⁾と非接触運動計測技術を利用した顎運動表示システムを開発している^{2,3)}。本システムは、測定時の患者に対する負担が少なく、実際に食物を咀嚼している時の顎運動も観察することが可能であるという特長を持っている。本稿では、被験者に様々な食物を咀嚼してもらい、そのときの顎運動について測定した結果を報告する。

2. 個別別顎運動表示システム

本システムは、図1に示す手順で顎運動を計測し、顎骨の三次元モデルと連係することによって複雑な顎運動をアニメーション表示するものである。以下にシステムの構成技術および本システムのユーザインタフェースについて述べる。

2.1. システムを構成する基本技術

本システムは、非接触に顎運動を計測する技術として2台のCCDカメラを用いた光学的な運動計測手法を用いている。これは、蛍光アクリル球をつけた標識点装置を患者の上下歯列に装着し、その三次元的な運動状態をCCDカメラの画像情報から算出することにより、上下顎骨の相対運動を計測するものである。作成した標識点装置は非常に軽量なため、

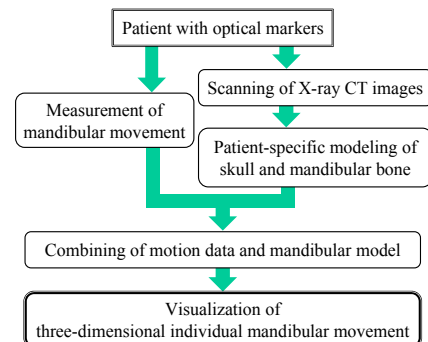


Fig. 1 Diagram of the display system of individual mandibular movement.

装置を装着した状態でも食物の咀嚼が可能である。また本システムで用いる個別別モデリング技術は、X線CT画像に基づき内部の海綿骨も含めた有限要素モデルを構築するものである¹⁾。本システムでは、有限要素モデルの表面データだけを用いることにより、高速なアニメーション表示を実現している。

2.2. システムのユーザインタフェース

提案するシステムを臨床で活用することを目指し、歯科医師にも扱いやすいユーザインタフェースを構築した。図2にシステムの概観を示す。本システムは、アニメーション表示部、軌跡表示部、およびグラフ表示部の3つのデータ表示部を有しており、それぞれに示される情報は簡便なマウス操作により同期した情報として操作者に提示することが可能となっている。

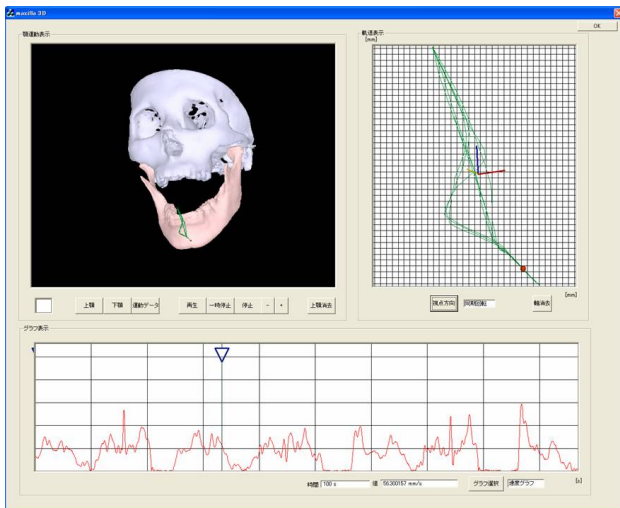


Fig. 2 Overview of the display system.

アニメーション表示部には、上下顎骨の個別モデルが3次元表示されており、ここで患者の顎運動をアニメーション表示する。マウス操作による視点変更機能を有しているため、容易に顎運動を任意の方向から観察することが可能である。また、顎骨モデルの任意箇所をマウスで指定することにより、その部位の軌跡が3次元表示する機能を設けた。

軌跡表示部は、アニメーション表示部で表示された軌跡を詳細に調査するために設けた。指定箇所の軌跡だけを任意方向から観察することが可能のため、複雑な運動を正確に把握することが可能である。

グラフ表示部には、指定箇所の速度または加速度のグラフが表示される。ここでは経過時刻を三角形で示すインジケータによって表現しており、これはアニメーション表示と同期して移動する。また、このインジケータはマウス操作によって任意位置に移動することができるため、指定時刻の開口状態を容易に観察することが可能となっている。

3. 咀嚼運動の観察

提案するシステムを用いて、健康な男性被験者の咀嚼状態の観察を行った。咀嚼物としては、ガム、パンおよびピーナッツを用意し、被験者にはできるだけ平常と同じような咀嚼となるように留意してもらった。それぞれの咀嚼物を右側で咀嚼した場合について、切歯の軌跡を図3に、左右の下顎頭の速度履歴を図4に示す。なお、図中のXYZはモデルの座標系を示しており、被験者の体軸に対してX軸は前後方向、Y軸は左右方向、Z軸は上下方向である。

まず切歯の軌跡に着目すると、軌跡の大きさは咀嚼物の大きさに依存している。すなわちガムは小さく、パンは大きな軌跡を描いている。ここで、パンを咀嚼する場合には、xz面において円を描いており、すり潰すための動作をしていることが分かる。また、ピーナッツの場合には運動方向が突然変化する様子が観察された。これはピーナッツが咀嚼によって

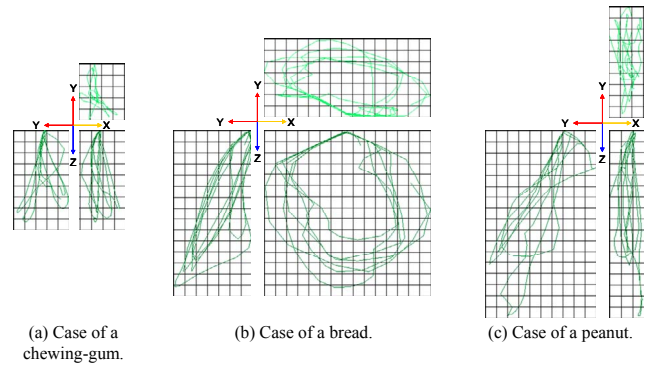


Fig. 3 Trajectory of the lower incisor.

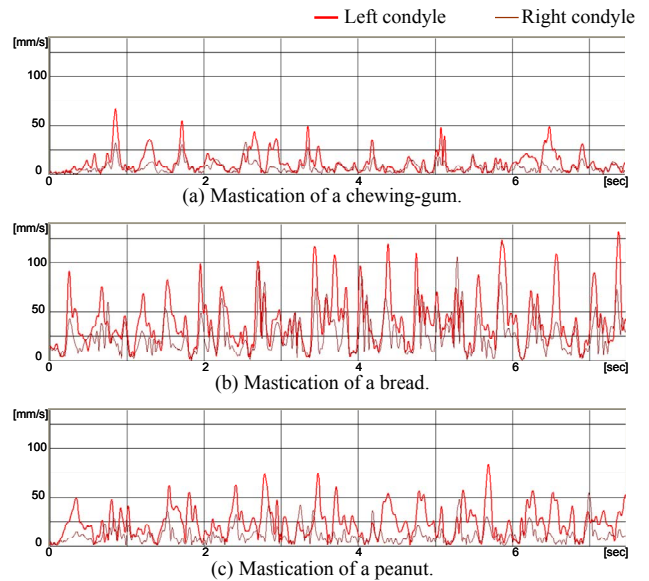


Fig. 4 Velocity records of left and right condyles.

粉碎される状況を示している。

次に速度履歴に着目すると、いずれの咀嚼物についても左下顎頭において右側よりも高い速度を示した。また、ガムとパンではそれぞれの軌跡が大きく異なることに起因して速度にも大きな差が生じていた。

4. まとめ

顎運動の直感的理解と定量観察を結びつけた顎運動表示システムを適用して被験者の咀嚼運動を測定した。そして、咀嚼物の違いにより運動様式が明らかに異なることが観察された。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 小関道彦, 新妻晃, 伊能教夫, 榎宏太郎: 三次元顎運動表示システムの精度向上; 顎顔面バイオメカニクス学会誌, 10(1), 16-23, 2004.
- 3) Michihiko KOSEKI, Akira NIITSUMA, Norio INOU and Koutarou MAKI: Three-dimensional Display System of Individual Mandibular Movement; Proc. 1st Int. Conf. Complex Medical Engineering, 249-254, 2005.