

個別別顎運動表示システムによる咀嚼運動の観察

Observation of the Human Mastication using the Display System of Individual Mandibular Movement

佐藤慎平(東工大) 正 小関道彦(東工大) 正 木村仁(東工大)
正 伊能教夫(東工大) 槇宏太郎(昭和大)

Shinpei SATO, Michihiko KOSEKI, Hitoshi KIMURA and Norio INOU:
Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo
Koutarou MAKI: Showa University, Kitasenzoku, Ohta-ku, Tokyo

ABSTRACT - It is expected to develop an intelligible diagnostic system of temporomandibular disorders (TMD) for both medical doctors and patients. Our proposed display system 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 an individual modeling method based on the x-ray CT data. This study demonstrates visualization of the human mandibular motion in mastication with the display system.

Key Words: Temporomandibular disorders, Mandibular movement, Patient specific modeling, Human Mastication

1. 緒言

日本顎咬合学会の調査[1]によれば,日本の顎関節症の有病率は男性 9.9%,女性は 17.3%にのぼり,適切な診断が急務となっている.顎関節症の診断には下顎切歯点の矢状面上の限界運動路を記録する手法が従来から多く用いられている.しかしこの方法では,下顎頭の回転と滑走が複合した複雑な運動を直接観察することができないため,データ判読には医師でも経験を要し,患者が自らの病状を把握することはさらに難しい.インフォームドコンセントが重視される現代では,顎運動状態を医師と患者が対話的に閲覧可能なシステムの実現が求められている.そこで本研究では,上下顎骨の形状モデルと運動データを組み合わせたアニメーション表示により,顎運動状態を視覚的に把握可能なシステムを開発している[2].本稿では,提案する顎運動表示システムの概要について述べ,本システムを用いてヒトの咀嚼運動を観察した結果について報告する.

2. 顎運動表示システム

顎運動は物理的にみれば上顎骨および下顎骨の独立した剛体運動として捉えることができる.このため,上下顎骨の3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3次元的に把握することが可能となる.本研究で提案する顎運動表示システムは,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.このことは歯科矯正分野に重要な情報を提供すると期待される.本システムは,以下に示す手順で顎運動を計測し,顎骨の3次元モデルと関係することによって,複雑な顎運動を容易に理解可能なアニメーション表示を行う.(図1参照)

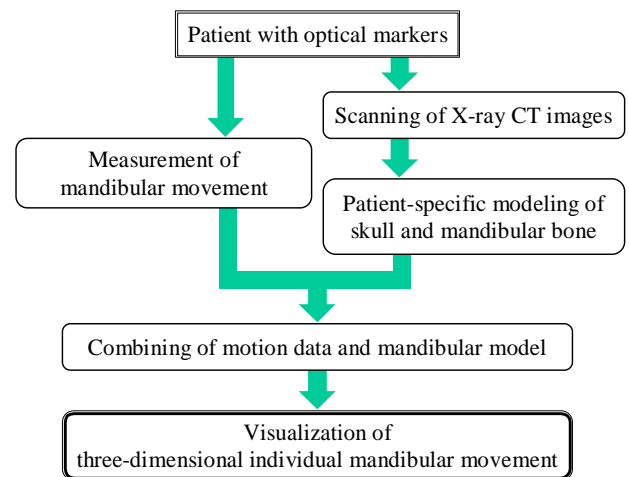


Fig.1 Diagram of the three-dimensional display system.

手順1. 標識点の装着

顎運動を光学的に計測するために,患者の上下歯列に標識点装置を装着する.本研究で開発した標識点装置は上顎,下顎用ともに3点ずつの標識点を備えている.顎関節症の診断・治療の際に最も重要な関節部の運動を高精度に計測するため,標識点装置は顔面に沿ったアーチ型とし,左右の標識点を顎関節近傍に配置している.

手順2. 3次元モデルの構築

標識点を装着した状態でCT撮影を行い,骨体のサーフェスモデルを構築する.このサーフェスモデルは筆者らが提案している個別別有限要素モデリング手法を応用して構築している.このため,同一の形状で有限要素モデルとサーフェスモデルが存在するため,将来は静的な力学解析と動的な運動解析を連携させて顎顔面の様々な症例の診断を支援するシステムへと発展させることが可能である.

手順3. 標識点の3次元運動座標計測

上下歯列につけた標識点の運動を2台のCCDカメラを用いて計測する。計測の様子を図2に示す。2台のカメラから得られた2次元座標からDLT法を用いて3次元座標を算出する。

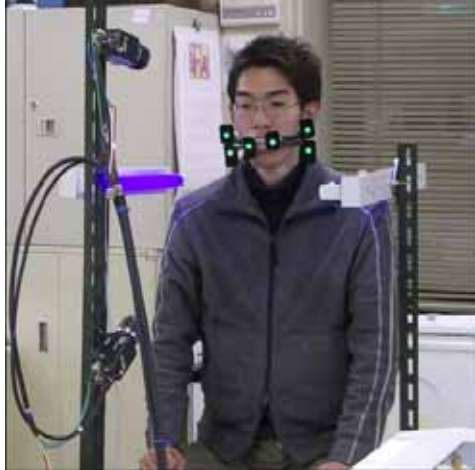


Fig.2 Measurement of individual mandibular movements.

手順4. 顎運動表示

CT画像に写る標識点の位置を元に、標識点の運動データと顎骨の3次元モデルを対応づけ、PC上で顎運動表示を行う。本研究で開発した顎運動表示ソフトウェアはOpenGLを用いて実装されており、マウス操作により直感的に視点や拡大率を変更することが可能である。

4. 咀嚼運動の計測

本システムを用いてヒトの咀嚼運動の計測を行った。なお、対象は欠損歯のない22歳の健康な男性ボランティア1名である。今回の実験では、被験者の平常の咀嚼状態を再現するためガムの咀嚼について観察することとし、計測は100フレーム(約3.3秒)行い、評価を試みた。本システムが出力するアニメーション表示のスナップショットを図3に示す。

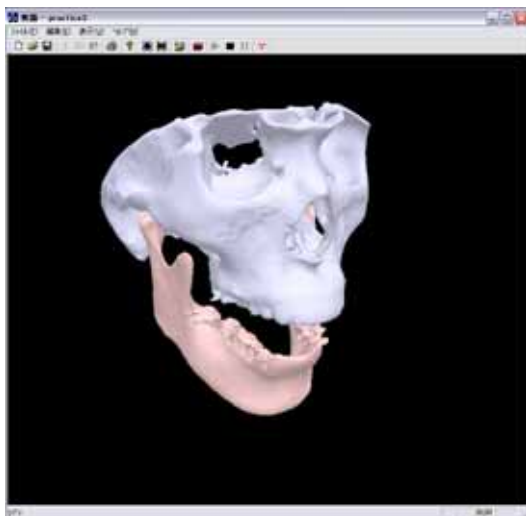


Fig.3 Snapshot of the proposed system.

フレームごとに得られる3次元座標を3次スプライン補間することによって運動軌跡を算出した。右奥歯でガムを咀嚼した状態について、上顎に対する下顎の相対運動として求めた左右関節頭の運動軌跡および速度、加速度履歴を図4、図5に示す。左側で噛んだ場合にも同様の結果が得られる。今回の被験者は顎関節症の既往症がなく、左右の咀嚼頻度にも差がないため、左右で関節部の運動に差が出なかったと思われる。顎関節症患者の場合には咀嚼に左右差があると予想され、本システムを用いた計測でも明確な差となって表現されることが期待される。

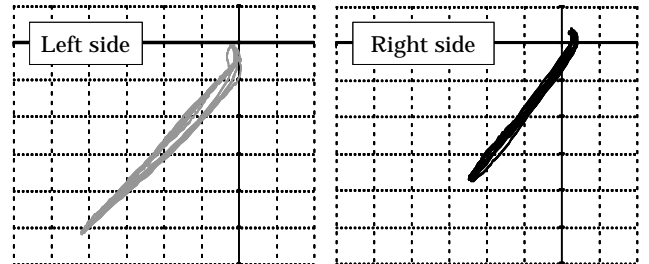


Fig.4 Positions of condyles in time sequence. (unit of length:2mm)

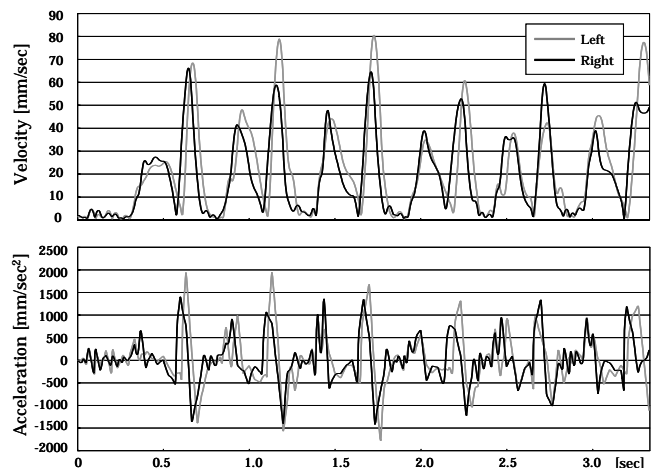


Fig.5 Changes in velocity and acceleration of condyles.

5. 結言

本研究で開発したシステムを用いて被験者の咀嚼運動を計測し、左右関節頭の運動軌跡および速度、加速度履歴に基づく評価を試みた。今後は、多数の被験者について咀嚼運動を計測するとともに、食感の異なる食物を咀嚼した場合の咀嚼運動の変化について定量分析を試みたい。

参考文献

1. 岡部良博ら:日本の地域歯科医療における顎関節症患者の実態(第1報 予備調査結果 有病者の年齢構成と地域性);日本顎咬合学会誌, Vol.24, No.1, pp.94-100, 2004.
2. M. Koseki, et al.: Three-dimensional Display System of Individual Mandibular Movement; Proceedings of The First International Conference on Complex Medical Engineering (CME2005), pp.249-254, 2005