

顎関節症診断システムの開発

- 個別別顎運動評価 -

○伊能教夫（東工大）、小関道彦（東工大）、中村基司（東工大）、
木村 仁（東工大）、小川尚己（昭和大）、槇宏太郎（昭和大）

Development of Diagnostic System for Temporomandibular Disorders

- Patient specific evaluation of mandibular movements -

*Norio Inou, Michihiko Koseki, Motoji Nakamura, Hitoshi Kimura (Tokyo Tech),
Naoki Ogawa and Koutarou Maki (Showa Univ.)

Abstract – It is expected to develop an intelligible diagnostic system of temporomandibular disorders (TMD) for both medical doctors and patients. This study proposes a diagnostic system 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 system enables intuitive operation of a medical doctor. We apply the system to two subjects, one has no symptom of TMD and the other has typical TMD. The system clarifies the difference in mandibular movements of them and reveals details of characteristic mandibular movements of TMD. The system will be useful not only for proper diagnosis of TMD but also for informed consent in medical treatments.

1. はじめに

近年増加傾向にある顎関節症には、顎関節における様々な症状があり、その原因もまた様々である。このため顎関節症を診断し、症状にあった適切な治療を施すためには、視診や触診などに基づく顎運動検査と、レントゲン写真や MRI などによる画像検査とを総合して評価する必要があり、経験豊富な医師でなければ適切な診断は困難であると考えられる。

そこで本研究では、コーンビーム X 線 CT による画像情報と顎運動データを連動させた顎関節症診断システムを開発している。本稿ではまず、提案するシステムの機能について概説する。そして、本システムを 2 名の被験者に適用し、臨床における有用性について考察する。

2. 顎関節症診断システム

筆者らが提案する顎関節症診断システムは図 1 に示すように、非接触運動計測技術と、CT 画像に基づく個別別モデリング技術とを組み合わせたシステムとなっている¹⁾。本システムの最大の特徴は、これらの技術を組み合わせることによって、患者固有の顎形状による三次元アニメーションとして個別別の顎運動が表示可能になることである。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。

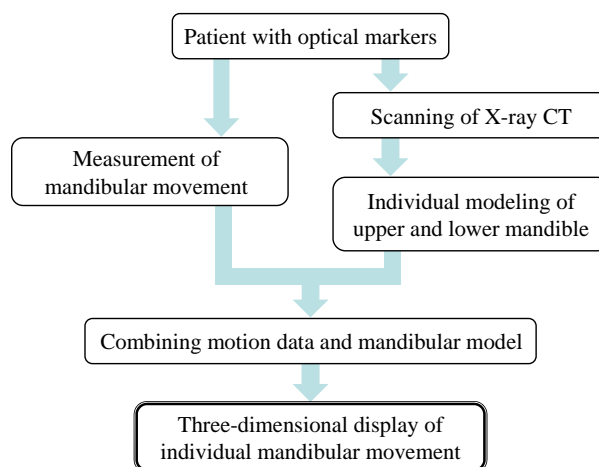


Fig.1 Diagram of the diagnostic system for temporomandibular disorders.

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。標識点装置と上下顎骨の位置関係は、標識点を装着した状態で X 線 CT 撮影することによって求めている。作成した標識点装置は非常に軽量な

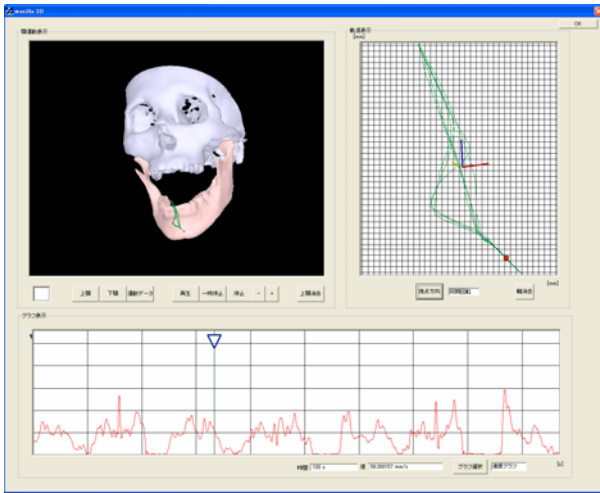


Fig.2 Overview of the system.

ため、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モデリング技術は、筆者らが生体骨に生じる応力状態を解析するために開発した技術であり、X線CT画像に基づき内部の海绵骨も含めた有限要素モデルを構築するものである²⁾。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

本研究は、提案するシステムを臨床で活用することによって顎関節症診断に有用な情報を提供することを目指している。そのためには、提案するシステムを医師が容易に取り扱えることが要求される。そこで、歯科医師とともに臨床での活用方法について検討し、それに合わせた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。

アニメーション表示部では、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、顎運動を任意の方向から容易に観察することが可能である。そして、アニメーション表示部において顎骨モデルの任意箇所をマウスにより指定することにより、その部位の軌跡が3次元表示される。

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なため、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

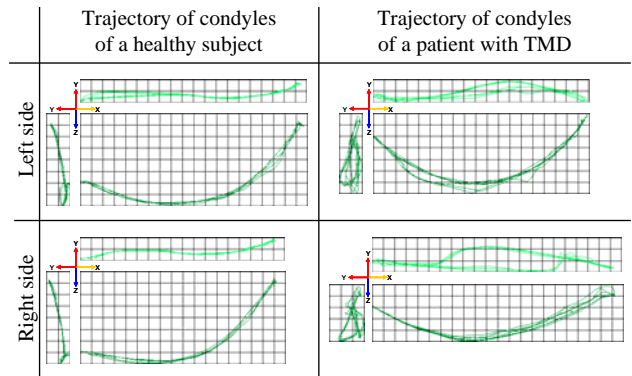


Fig.3 Trajectory of two subjects' condyles.

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、任意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. システムの有用性評価

提案するシステムを2名の被験者に適用し、その有用性を検証した。今回は、提案するシステムによって提示される情報と顎関節症の有無との関係について調べることを目的とし、被験者として健常男性および顎関節症を有する男性の2名に協力いただいた。今回の実験では、最大開閉口運動や側方運動などの限界運動に加え、ガムやピーナッツなどの咀嚼状態についても測定を行った。

まず、2人の被験者の左右の関節頭について、最大開閉口運動をしたときの運動軌跡を図3に示す。ここで、各軸はCT撮影時の被験者の姿勢に基づき以下のように設定した。

- ・X軸：被験者の前面から後方
- ・Y軸：被験者の左側から右側
- ・Z軸：被験者の上方から下方

提案するシステムによって得られた運動軌跡では、健常男性の場合には開口時と閉口時でほぼ同じ経路を辿っているのに対し、顎関節症を有する被験者では、明らかに違う経路となっている。次に、この時の関節頭の運動速度を図4に示す。速度履歴においては、顎関節症を有している男性の場合に突発的に高い速度を示している。さらに、健常男性の場合には左右の関節頭の色差は小さいが、顎関節症を有する被験者では、そのピークに時刻差があることがわかった。

このことについて、本システムの特徴である速度グラフとアニメーションの同期表示により観察したところ、関節結節と呼ばれる上顎の突起部を関節頭が乗り越える際に異常な軌道や速度変化が生じていることが観察された(図5参照)。これは、顎関節症の原因の一つである関節円盤の転位がこの時に発生していることを示唆している。

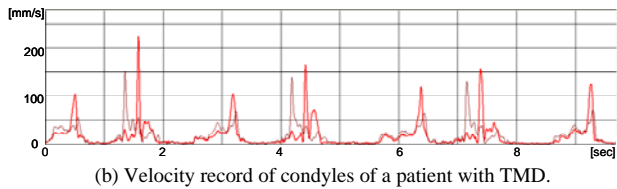
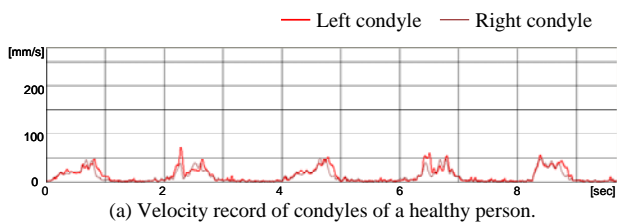


Fig.4 Velocity records of two subjects' condyles.

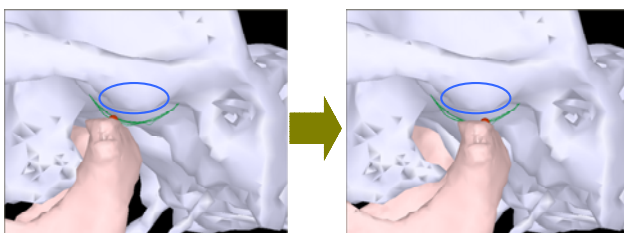


Fig.5 Maximum velocities of the condyles are measured at articular tubercle.

4. まとめ

顎関節症の診断支援を目的として、顎運動の直感的理解と定量観察を結びつけた顎関節症診断システムを開発した。そして、提案するシステムを2人の被験者に適用した。その結果、コーンビーム X 線 CT 画像に基づく顎骨モデルによって被験者の顎骨形態を正確に把握することが可能となった。また、顎骨の運動パターンを視覚的に把握することができるとともに、任意点の運動軌跡や移動速度の変化を定量的に分析することが可能となった。そして、今回の被験者となった顎関節症を有する男性の場合には、左右下顎頭の運動が調和しておらず、顎関節症の原因は関節結節における関節円盤の転位であることが示唆された。

本システムを利用することによって得られる顎骨や歯列の形態・任意点の運動軌跡や速度などの情報は、顎関節症だけでなく、歯列矯正における治療計画の立案や治療結果の評価にも有用であると考えられる。今後、本システムを臨床で実際に活用することにより、顎関節症に関する知見を増やし、治療に役立てたいと考えている。

参考文献

- 1) M. Koseki, et al., Three-dimensional Display System of Individual Mandibular Movement, *Proc. 1st Int. Conf. Complex Med. Eng.*, 249-254, 2005
- 2) N. Inou, et al., Automated Individual Modeling Method Based on the Multi-sliced Images, *Proc. IASTED Int. Conf. Biomech.*, 142-145, 2004