

統合型顎運動表示システムの開発

Development of Integrated Display System of Mandibular Movements

○伊能教夫(東工大), 佐藤慎平(東工大), 小関道彦(東工大), 木村仁(東工大),
小川 尚己* (昭和大), 槇宏太郎* (昭和大)

Norio INOU, Shinpei SATO, Michihiko KOSEKI, Hitoshi KIMURA,
Naoki Ogawa*, Koutarou MAKI*

Department of Mechanical and Control Engineering, Tokyo Institute of Technology

*Department of Orthodontics, Showa University

It is expected to develop an intelligible diagnostic system of temporomandibular disorders (TMD) for both medical doctors and patients. The 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 proposes a newly designed facebow to apply patients with various types of alignments. The display system provides not only visual information of mandibular movements but also quantitative characteristics of the movements.

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

1. はじめに

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が一般に用いられているが、このデータから顎関節部の動きを読み取るの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動画表示により、顎運動を視覚的に把握可能なシステムを開発している [1]。本研究では、さまざまな歯列の患者に適用可能なフェイスボウを提案すると同時に、運動評価機能を持つ統合型表示システムの実現を目指す。

2. 顎運動表示システム

顎運動表示は、図1に示す手順で実現される。まず、顎運動を計測するために上下歯列に標識点の付いたフェイスボウを装着する。フェイスボウを装着した状態で頭部のX線CT撮影を行う。次に図2に示すように2台のCCDカメラによる顎運動測定を行う。一方、CT撮影で得られたマルチスライス画像から個別モデリング手法 [2] を用いて顎骨のサーフェスモデルを作成する。そして顎運動データとサーフェスモデルを連動することにより顎運動の三次元運動表示が実現される。

3. フェイスボウの改良

本研究では、さまざまな歯列の患者に適用可能なフェイスボウの開発に焦点を当てた。フェイスボウは図3に示すようにアーム部と歯列に装着する固定部で構成される。

アーム部には顎運動測定用の標識点が3個取り付けられ

ている。また、CT撮影の際に標識点が撮影範囲から外れても運動データと画像データとの対応付けが可能ないように位置決め用の特徴点を備えている。

固定部は個々の患者の歯列にフィットするように個別別に設計製作する。すなわち歯列部石膏モデルから歯列形状を三次元計測し、これをCADデータに変換してラピッドプロトタイピングで固定部を製作する。この製作手法により、過蓋咬合の被験者でも臼歯部に固定部を装着する形状デザインを行うことにより対応可能になる。フェイスボウはX線CT撮影で画像にアーチファクトが生じないように全てがプラスチック製であり、固定部を含めた質量は約15グラムと軽量である。このフェイスボウによって装着が容易になると同時に装着時の顎運動時の負担が大幅に軽減される。

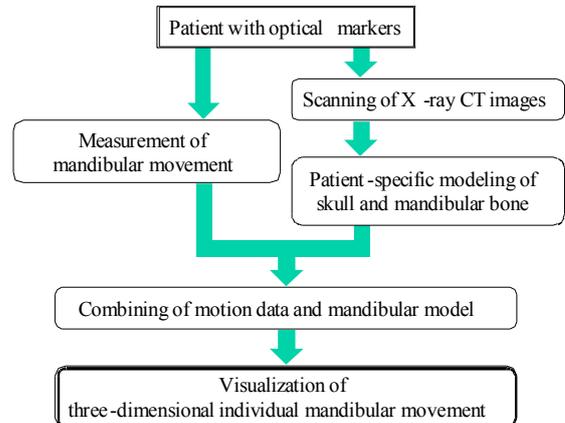


Fig.1 Procedures of visualization of the individual mandibular movements.

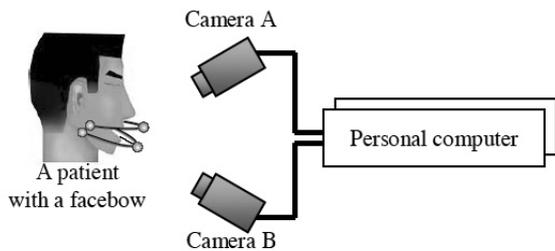


Fig.2 Measurement of individual mandibular movements by two CCD cameras.



Fig. 3 The new facebow. (left: arm, right: braces)

4. 統合型表示システムの構築

本研究で提案する顎運動表示システムの有効性を確認するために2名の被験者（男性ボランティア）に適用した。1人（被験者A）は、顎関節症は認められないが過蓋咬合の歯列を有している。もう1人（被験者B）は、顎関節症が認められる。

本システムで表示される画面のスナップショットを図4に示す。顎運動表示はOpenGLを用いて実装されており、マウス操作により視点や拡大率を自由に変更可能である。

顎関節症の被験者では、アニメーション画像から下顎が不連続に動いている様子がはっきり認められた。そこでまず、二人の被験者について、下顎頭の運動軌跡を求めてみた。運動軌跡は、画像毎に得られる3次元座標を3次スプライン補間することによって算出した。最大開口運動時の左右の下顎頭の軌跡を図5に示す。両者とも左右の軌跡が異なっていることがわかる。これは関節部の形状差を反映していると考えられる。また運動軌跡からは被験者Bの方が軌跡が若干乱れているものの大きな差異は見られない。

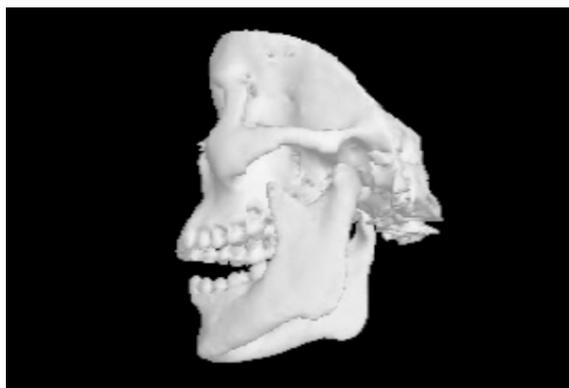


Fig. 4 Snapshot of the proposed system.

そこで下顎頭における運動変化をより定量的に調べるために下顎頭の軌道に沿った速度プロフィールを求めてみた。結果を図6に示す。被験者Aでは、左右の下顎頭ともにほぼ同じ速度プロフィールをしている。これに対して被験者Bでは速度が急激に変化する場面が見いだされた。

本システムでは、食物を食べた時の咀嚼時の運動も観察可能であり、被験者A, Bでは咀嚼運動時の速度プロフィールに特徴的な差異が認められた。

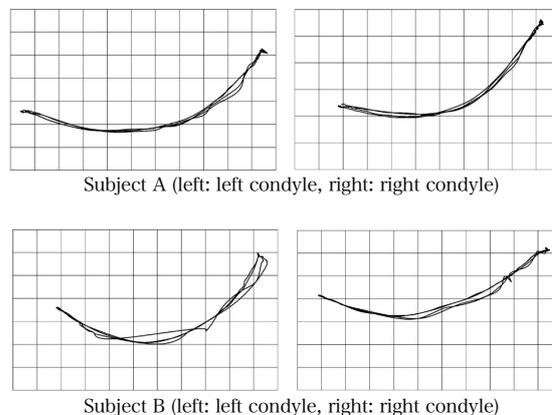


Fig. 5 Trajectories of condyles. (unit length: 2mm)

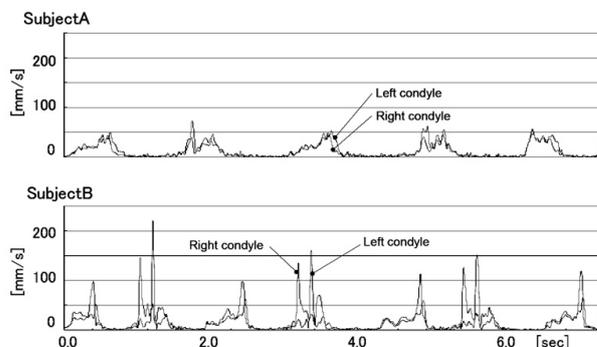


Fig. 6 Time series of mandibular velocities at both condyles of the two subjects.

5. おわりに

本研究で提案する顎運動表示システムは、現状では動画表示と速度プロフィールの提示は別のプログラムで動かししている。今後これらの情報を同時に閲覧可能な統合型表示システムを構築する計画である。また、食物摂取時の咀嚼運動についても定量的な分析を試みる予定である。

参考文献

[1] 伊能, 中村, 榎, 宇治橋: 個別顎運動表示システムの開発, 顎顔面バイオメカニクス学会誌, Vol.3, No.2, pp.28-348 (1997)
 [2] 伊能, 鈴木, 宇治橋, 榎: X線CT画像に基づく骨体の自動モデリング手法(デラウニー分割を利用した有限要素モデルの生成), 日本機械学会論文集C編, Vol.68, No.669, pp.1481-1486 (2002)