

機関番号：16101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20791429

研究課題名 (和文) 咀嚼運動時における顎関節空隙の診査方法の確立

研究課題名 (英文) The method of evaluation for TMJ joint space during masticatory movement

研究代表者

薩摩 登誉子 (SATSUMA TOYOKO)

徳島大学・病院・助教

研究者番号：80335801

研究成果の概要 (和文)：下顎頭と関節窩の形態をCT画像から三次元的に立体構築し、6自由度顎運動測定器から得られた運動データを重ね合わせることで、下顎運動時における顎関節の動態を立体表示する方法を検討した。顎運動測定用シーネとCT撮像用基準標点を一体化したアクリルの治具を作製した。アクリルの治具を装着後CT撮影を行い、その後で咀嚼運動を含めた各種顎運動を測定した。すべての測定は一時間以内で完了した。さらにコンピュータグラフィックスで立体運動を表示し、顎関節空隙の動態についても解析を行った。

研究成果の概要 (英文)：This research introduces a new method to produce 3-D TMJ movement graphics with combination of 3-D CT data and six-degree-of-freedom jaw movement data, and to analyze TMJ. The acrylic jig attached the ceramic balls for combining movement data and morphological data was made. It took almost 1 hour for setting appliance, CT scanning and jaw movement. Visualization and animation provide an easier understanding of TMJ kinematics and joint space could be analyzed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：咀嚼, 6自由度顎運動, 磁気空間, 顎関節, 顎関節空隙, 顎頭運動, 立体運動, CT

## 1. 研究開始当初の背景

歯科診療に於いて咬合が重要であると経験的に知ることから学問としての咬合学が確立していない。歯科医が個々の患者について、どの咬合がその人にとって最適な咬合状態であるかを客観的に評価する方法はなく、従って治療の際、最適な咬合状態を再現するための有効な手法も確立されていない。そして

咬合を考える上で「顎関節の運動解析」は不可欠な要素である。

顎運動のうち歯の接触を伴う運動は上下の歯の咬合面形態や接触関係によって規定されるアンテリアガイダンスと関節隆起後方斜面の傾斜などの解剖学的要素によって規定されるポステリアガイダンスとによって誘導されている。顎路 (ポステリアガイダンス) に比べて切歯路 (アンテリアガイダンス)

ス)の傾斜が緩いと、咬頭嵌合位に向かう滑走運動において下顎の開口運動方向への回転が起り好ましくないとされている<sup>1)</sup>。また、習慣性顎関節脱臼を繰り返す患者に犬歯ガイド付与すると脱臼が収まったケースがある。このようにポステリアガイダンスとアンテリアガイダンスの調和が保たれることで円滑な咀嚼運動が行われており、咀嚼とくに咬合を考える上で顎関節は重要な要素である。

## 2. 研究の目的

現在、6自由度顎運動測定器については機械式、光学式、磁気式などが開発され、いくつかは市販されており、下顎を剛体とした場合、切歯点の顎運動のみならず下顎頭における運動についても解析できるようになってきている。6自由度顎運動データから全運動軸や運動論的顎頭点を求め、それをもって顎関節での運動を評価することも可能であるが、実際の解剖学的形態との詳細な関係は解明されていない。

そこで本研究ではCTにより顎関節の形態を再構築して下顎頭と関節窩で構成される骨関節隙の3次元的形態を把握し、さらに6自由度顎運動データと重ね合わせることで、グラフィックスタミナル上で下顎頭を立体的に動かし、種々の顎運動時に下顎頭が関節窩に対してどのような位置関係で運動しているかについて詳細に解析することを目的とする。

## 3. 研究の方法

当大学病院には医用CT(スパイラルCT、シーメンス社製 Somatom Plus 4)と歯科用マイクロCTの2機を有しており、2機とも顎関節の撮影は可能である。しかし、本研究では顎運動に重ね合わせることが可能な標点(マーカー)を顎関節と同じ座標系で撮影する必要があり、この標点を口腔外に設置したため撮影範囲の大きなスパイラルCTを使用した。顎運動測定には磁気式の6自由度顎運動測定器CS-IIIiを用いてCT撮影時の咬合状態を測定し、その後で咀嚼運動を含めた各種顎運動を測定する。

まず顎口腔系に異常を認めず、第3大臼歯を除いて歯列に欠損のない(可能であれば歯冠補綴の行われていない)健康者について上記のCT撮影と顎運動測定を行う。

パーソナルコンピュータおよびグラフィックワークステーションに画像データと運動データを移動し、それぞれ別々のプログラムをソフトウェア(Microsoft Visual Studio 2005, Intel Fortran)上で作り、重ね合わせのための解析処理を行う。立体運動の表示については可視化ソフトウェア(ケイ・ジー・ティー社製, AVS/Express Developer,

MicroAVS)を用いる。

咬頭嵌合位における下顎頭-関節窩の骨関節隙の状態(最短距離、部位)を算出する。さらに運動データを重ね合わせて前方位、側方位、開口位での顎頭位を計算し、関節窩に対する位置関係を解析する。運動に伴う骨関節隙の変化をアニメーションで観察する。

## 4. 研究成果

顎運動測定用シーネとCT撮像用基準標点を一体化したアクリルの治具(図1)を製作した。



図1 アクリル治具

アクリルの治具には重ね合わせ用のセラミック球を4つ配置し、治具を装着後CT撮影を行い、その後で6自由度顎運動測定器を用いてCT撮影時の咬合状態を測定し、その後で各種限界運動や咀嚼運動などの顎運動を約20分間測定した。すべての測定に要した時間は1時間以内であり臨床応用可能と考えられる。

次に顎関節、セラミック球、歯列の形態や位置関係を測定した。CT画像からはセラミック球と顎関節部の形態および両者の位置関係が得られた。セラミック球と歯列の位置関係は、アクリル治具を口腔内に装着した状態で精密印象を採得して製作した石膏模型上で計測した(図2)。



図2 セラミック球と歯列の石膏模型

石膏模型上でセラミック球と歯列の位置関係を三次元座標測定機(ミットヨ,

Microcode FN503) にて計測した。250 $\mu$ m 間隔で歯列の咬合面とセラミック球の表面を測定した。接触式の座標測定機のため1歯あたり約2時間を要し、歯列およびセラミック球の測定には数日必要であった。

3次元再構築した顎関節と重ね合わせ用標点(セラミック球)および歯列のデータをすべて顎運動データの基準座標系へ変換し、画面上に表示した(図3)。

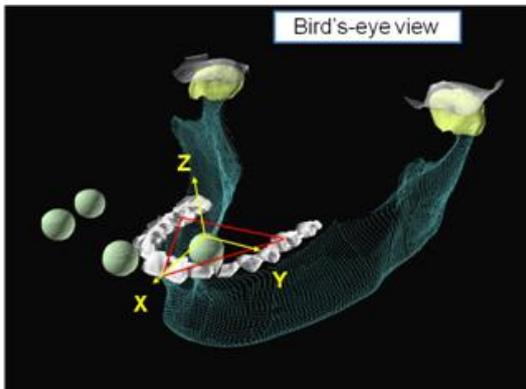


図3 三次元再構築した顎関節

三次元再構築した顎関節を6自由度顎運動データとリンクすることで、関節窩に対して下顎頭がどのように動いたかを解析した。

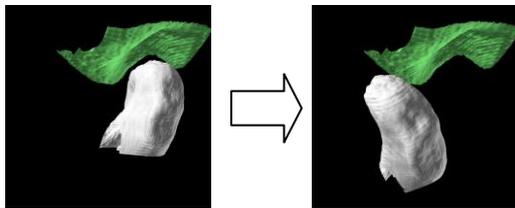


図4 咬頭嵌合位(左図)と最大開口位(右図)における左側顎関節の立体運動

下顎頭が関節窩の中で収まっている咬頭嵌合位(図4左)から徐々に開口すると、最大開口位では下顎頭は関節結節を乗り越えている(図4右)。これにより直視できない顎関節の動きをグラフィックスワークステーション上で再現することができ、また前方側方後方など、あらゆる角度から運動を観察することができる。

さらに左側方滑走運動時において下顎頭の各点と関節窩との距離を計算し、距離が最小となる「下顎頭-関節窩最短距離」を表1に示す。切歯点における移動距離で咬頭嵌合位を含めて2, 4, 6, 8, 10mm 移動時を解析点とし、作業側(左側)、非作業側(右側)顎関節における最短距離を算出した。

表1 左側方滑走運動時の下顎頭-関節窩の最短距離(mm)

ICP: 咬頭嵌合位

2~10mm: 切歯点での移動距離

	作業側顎頭 (左側)	非作業側顎頭 (右側)
ICP	0.315	0.358
2mm	0.533	0.407
4mm	0.480	0.452
6mm	0.524	0.324
8mm	0.490	0.637
10mm	0.438	0.655

左側方滑走運動では左側下顎頭は関節窩内で外側極が後方へ向かう回転運動を行うため、最短距離に大きな変化を認めないが、右側下顎頭では運動とともに下顎頭は徐々に前方へ移動し、最短距離の位置も上前方から上方へと移行していった。

今後は時間のかかる座標測定機での測定をレーザー方式の機器を用いることで、時間短縮を図り、測定から解析までの作業をできるだけ短時間で、かつ高精度に行えるシステムの構築が必要である。

海外ではMRIによる顎関節部の三次元再構築と立体運動の再現を行っている研究機関があるが、MRIは被爆のリスクはないものの、本来軟組織の撮像を得意としているため、顎関節などの硬組織の再構築にはやや不得意であると考えられる。逆にCTはX線被爆の問題があるが、できるだけ撮像エリアを絞り込むことで、生体への影響を最小限に抑えて高精度な画像データを得ることができると考えられる。本研究は正常な顎関節の動きだけでなく、顎機能障害患者の顎関節の動きも測定することができ、将来的には臨床応用することで、顎機能障害患者の診断・治療の一助となると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

① E. Bando, K. Nishigawa, M. Nakano, H. Takeuchi, S. Shigemoto, K. Okura, T. Satsuma. Current status of researches on jaw movement and occlusion for clinical application. Japanese Dental Science Review. 45(2), 83~97, 2009. 査読有。

[学会発表] (計4件)

① T. SATSUMA, M. HOSOKI, E. BANDO, S.

SHIGEMOTO, K. NISHIGAWA, H. TAKEUCHI, and M. NAKANO. A novel technique to visualize TMJ kinematics with computer graphics. International Association for Dental Research, 2010年7月15日, Barcelona.

②重本修伺, 石川輝明, 坂東永一, 野口直人, 鈴木善貴, 福井真弓, 大倉一夫, 薩摩登誉子, 山本修史, 中野雅徳, 西川啓介, 竹内久裕, 久保吉廣. 運動論的顎頭点の検証. 第43回日本顎口腔機能学会, 2009年11月28日, 東京.

③ T. SATSUMA, T. FUJIMURA, S. SHIGEMOTO, E. BAND, M. HOSOKI and T. YAMAMOTO. Visualization of Tooth Movements in Six-Degree-of-Freedom during Occlusal Force Loading. International Association for Dental Research. 2008年7月4日. Toronto

④山本修史, 坂東永一, 重本修伺, 薩摩登誉子, 野口直人, 中野雅徳, 細木真紀, 石川輝明, 北村万里子. 磁気式歯科用6自由度デジタルタイザの開発. 社団法人日本補綴歯科学会第117回学術大会・第1回日本・中国・韓国補綴歯科学会共催学術大会, 2008年6月7日, 名古屋.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

薩摩 登誉子 (SATSUMA TOYOKO)

徳島大学・病院・助教

研究者番号：80335801