阪大一補方式顎口腔機能計測、記録、解析システムについて

A New System for Measuring, Recording, Analyzing of Stomatognathic Function

○西塔治、大前泰三、井上俊二、石井弘二、石垣尚一、

奥田眞夫、中村隆志、赤西正光、丸山剛郎

Osamu Saito, Taizo Ohmae, Inoue Shunji, Hiroji Ishii, Ishigaki Shouichi,
Tadao Okuda, Takashi Nakamura, Masamitsu Akanishi, Takao Maruyama

大阪大学歯学部歯科補綴学第一講座

1st Department of Prosthetic Dentistry, Osaka University, Faculty of Dentistry

近年、顎関節雑音、疼痛、顎運動障害などを主症状とした顎口腔機能異常が増加しているが、その病因は複雑であり、いまだ不明な点が多く定説はない。しかしこれまでの研究によるとその病因、考え方の1つとしていわゆる機能的咬合系の不調和があげられている。すなわち、歯、筋肉、顎関節、およびそれらと関連のある中枢は1つの系をなしており、それら要素の一つにでも障害が起こると、相互に絡み合って複雑な病相を呈するようになるという考え方である。それゆえ顎口腔機能異常者に対する治療は、このような複雑な病因を知り、十分な診査及び、的確な診断を行った上でなされなければならないわけである。

顎口腔機能の診査法としてはこれまでより、一般的な口腔診査、顎筋触診、模型による咬合分析、咬合音、顎関節音の診査、シェーラー氏法や顎関節同時多層断層撮影などのX線写真診査による静的な咬合診査や、下顎位、顎運動、咀嚼筋活動の分析による動的な咬合診査もある。下顎運動では、限界運動や習慣性開閉口運動および咀嚼運動を対象とし、それらにおける下顎の偏位、開口量、最大速度発現時期などが分析されており、一方、咀嚼筋筋電図については、波形分析、左右差、筋肉間の相連、筋活性のタイミング等の分析項目がある。当教室では機能的咬合系の考え方をもとにして、生理的な運動である咀嚼運動に注目し¹⁾、これまでもシロナソグラフ・アナライジングシステムを用いていくつかの知見につき報告を行ってきた²⁾。しかし下顎運動を論じる際、それは機能的咬合

系の要素の中で顎筋と密接な関係を持っており、それゆえに同時に記録、分析されねばならないと考えられ、これについては、すでに当教室の東が報告している³⁾。

ところが、咀嚼に関与する筋肉の数は多く、機能は複雑であり、下顎運動時の対象筋肉の活性状態を解析するにも今まではアンプやデータレコーダのチャンネル数の関係から計測に限度があった。

そこで、今回当教室では新たに筋電図、下顎運動、咬合音、顎関節音、重心位置などを総合的に知り得、かつ膨大なデータを迅速に処理しうる顎口腔機能計測、記録、解析システムを開発した。

本システムは顎口腔機能計測システム、記録システム、及び解析システムからなるが(図1)、各システムにおける必要条件および選定機種を示すと以下になる。

図1 本システムのブロックダイアグラム

〔A〕計測システムについて

- (1) 顎口唇機能計測機器が一体となって作動し、集中コントロールが行えること。
- (2) 入力データの種類として、顎筋活性、咬合音あるいは顎関節音、下顎位あるいは下顎運動、全身の平衡機能を想定し、各々筋電図、マイクロフォン、顎運動計測装置、重心計よりの電気信号を対象とするものであること。
- (3) 入力データとして少なくとも筋電図12ch、音声2ch、外部機器として顎運動測定装置あるいは重心計よりの3chおよび積分処理するための4chの計21chの同時測定を必要とするか、将来の増設、拡張が可能であること。
- (4) 入力箱については立位、座位ともに使用可能なように調整できること。また、高入力インピーダンスバッファアンプを内蔵させ、S/N比を改善させるとともに、14ch以上の入力能力を有すること。
- (5) 筋電図およびマイクロフォンよりの電気信号に対するプリアンプは生体電気現象全般にわたって測定可能で、低雑音、高感度、高入力インピーダンスをもつものとし、DCアンプとしての機能も有するものであること。筋電図用積分アンプについては積分リセット機構があり、バランス調整などの操作をおこないやすいこと。
- (6) 顎運動測定装置としては、精度、操作性、安定性の上で優れたものであり、当科で従来より使用してきたデータが利用できるものであること。
- (7) 身体平衡機能測定装置としては、重心の前後、左右への偏りを見ることができるとともに、重量の記録も出力できるものであること。
- (8) 入力データに対する各プリアンプからの出力データについて、同時記録あるいは解析を必要とするシステムであるため、共通に適應される多用途監視装置であること。
- (9) データ認識についてはレコーダによる印記、あるいはフラウン管モニターによるか、特にEMGに関しては顎筋活性の強

弱を音として出力できること。

以上の条件を満足するものとして、日本光電社製RM-6000を母体とし、それに外部機器をとり入れたシステムを組んだ。(図2)

図2 システム全景

さて、双極表面電極により採取されたEMG信号は入力箱中のバッファアンプを介して、RM-6000の生体電気用アンプへと導かれる。バッファアンプは入力抵抗が100MΩ、出力抵抗が50Ω以下であり、電極間抵抗の影響を少なくし、入力箱からRM-6000までの間のノイズが少ないように設計されている。

音声2chも同様にバッファアンプを介しRM-6000の生体電気用アンプに導かれるが、咬合音、顎関節音の採取にあたっては、顎運動測定器に対する磁場の影響がないようにエレクトレットコンデンサマイクを使用する。

顎運動の測定には、シーメンス社製シロナソグラフを用い、重心位置の測定には共和電業社製重心位置測定器を用いた。これは重心位置出力、モーメント出力および体重の3出力がそれぞれ単独に導出可能で記録器、データの解析に専用器を必要としないなどの特徴をもっている。

シロナソグラフおよび重心位置測定器からの3出力はRM-6000に導かれるが、アンプにて増幅されず、次の記録システム、解析システムへと出力される。

〔B〕記録システムについて

- (1) 入力データに対応する記録機器については同時記録、再生を可能にするため、21ch以上の記録容量をもつこと。
- (2) リアルタイム同様、再生データについて

顎口腔機能の解析を可能とし、多数現象の同時解析も行える構成とするため、集中出力方式かとれること。

- (3) 従来より当科にて分析に使用してきたシグナルアナライザへの出力を可能とするシステムであること。
- (4) 速度切り替えが多いこと。
- (5) 使用するテープとしてはカセット方式であること。

以上の条件を備えた母体機器としてTEAC社製XR-710を選定し、システム中の記録装置として組み込んだ。また記録システムにはKM-6000中のサーマルアレイレコーダも含まれている。

XR-710は21chの記録、再生が可能で日本電子機械工業会規格12.7mm幅磁気録画カセットテープ、いわゆるVHS方式のビデオカセットを用い、指定テープであるMaxell T-120 HGX Goldを使用した場合、テープスピード9.5cm/secにて44分の記録が可能であり、KM-6000からの信号は本レコーダに内蔵されているFMアンプを介して記録される。

日本光電社製サーマルアレイレコーダは、サーマルヘッドを使用した熱書レコーダであり、2.8kHzと高帯域現象の記録が可能で、0.125mmと分解性が高く、また最高200mm/secの記録速度があり、高帯域周波数現象の記録が鮮明に行える、等の利点がある。

〔C〕解析システムについて

- (1) 多チャンネルの筋電図をデジタル変換して情報処理を行う場合、非常に多くの記憶容量が必要である。16chのデータを30秒間2kHzでサンプリングした場合その情報量は、12bit/秒で量子化を行うと、約2Mbitにもなる。そのため、筋電図をリアルタイムで処理するため本体内にこのような大容量のデータ用メモリーをもった高速処理の可能なコンピュータであること。
- (2) 波形分析上、0.025mm以上の高分解デジタル化を必要とする。
- (3) できろだけ多くの解析を行える波形分析用ソフトが利用可能であること。
- (4) 従来使用しているデータレコーダとの併

用が可能であること。

- (5) 多チャンネルデータをモニター面に一度に表示可能であるとともに十分な精度を持つこと。

以上の条件を満足する母体機器としてNEC社製PC-98XLを選定した。PC-98XLは16bit/秒であり、グラフィック16色表示、1120x750bit/秒の解像度により、今回のような多チャンネルのデータを一度にモニター画面上に精密に表示することができる。またA/Dコンバータ、D/Aコンバータおよび拡張RAMは拡張ボードとしてPC-98XL本体内に組み込まれている。本A/Dコンバータは16ch、12chの変換が可能であり、変換速度は1chあたり10μsecと高速であるため、16chのデータを最高5kHzでサンプリングすることが可能である。

拡張メモリーには現在1Mbitのものを用いており最高32Mbitまで拡張可能である。16chのデータをサンプリング周波数2kHzでA/D変換を行った場合、メモリー容量1Mbit時には連続して約16秒の記録が可能で、32Mbit増設時には8分以上の記録が可能となる。

外部記憶装置として1Mbitフロッピーディスクの他にTEAC社製テープストリーマー付ハードディスクユニットを用いている。これはハードディスクドライブの記憶容量が20Mbitでデータ転送速度5Mbit/sec、カセットストリーマはテープにTEAC CT-500を使用した場合20Mbitの容量のデータを一巻のテープに5分で転送できる。

以上が本システムの必要条件、ならびに選定機種およびその特性である。

最後に本システムの解析ソフトの一部について少し詳しく述べる。図3は、本ソフトによる16ch表示例を示している。矢印がマウスカーソルで術者のもつマウスの動きに対応する。いちばん大きな黒四角がスクリーン、右の黒四角がサブスクリーンである。スクリーンの上の細長い黒四角はウィンドウフレームで、記録されている波形の全体像が表示されており、帯の部分の下スクリーンに表示されていることを示す。スクリーン下の3つの数字はそれぞれスクリーン左端、マウスカーソル、およびスクリーン右端の時間的位置を示している。画面右下は、本

ソフトの機能メニューであるか（図4）、これらの機能はマウスカースルで指定した範囲かつチャンネルでのみ動くようになっていいる。

図3 I G c h表示画面

Cut	Copy	Ins	Move
Pick	***	***	***
A/D	D/A	Write	Read
FFT	***	Smth	OFS
Zero	RECT	CR	AMP
DIF	INT	LP	HP

図4 ソフトの機能メニュー

<Cut> 波形の削除を行う。
 <Copy> 波形の複写を行う。
 <Ins> 波形の挿入を行う。
 <Move> 波形の移動を行う。
 <Pick> 波形の抽出を行う。
 <Write> 指定した範囲のデータのセーブを行う。
 <Read> 指定した範囲のデータのロードを行う。
 <Smth> 指定された範囲の移動平均を行い、各チャンネルごとにsmoothingのポイント数を指定できる。
 <OFS> 指定した範囲の波形に任意の電圧値を加算する。
 <Zero> 指定された範囲の波形を任意の電圧値に変換する。
 <RECT> 指定された範囲の波形の整流を行う。またそのしきい値を各チャンネルごとに指定可能である。

<CR> 指定した値を時定数としてフィルターを通す機能である。

<AMP> 指定した範囲の波形を増幅あるいは減衰させる機能で、増幅度は各チャンネルごとに指定できる。

<DIF> 指定された範囲を微分する。

<INT> 指定された範囲の波形を積分する。

<LP> 指定した周波数よりも高い周波数成分を減衰させる。

<HP> 指定した周波数よりも低い周波数成分を減衰させる。

スクリーン下のシロナソモードを選択すると、波形上でマウスカースルを移動させることにより対応する顎運動の軌跡が画面右上のサブスクリーンに表示される。またテストピン（A、B、C、D）を波形上に移動させると、各ピン上の時間的位置および電圧値と各ピン間の時間差、電位差が表示される。

当教室において今回開発した顎口腔機能計測、記録、解析システムについて紹介した。本システムは最大21chの記録、および16chについての同時解析が可能であり、顎口腔機能の診査、診断においてその果たす役割は大きいと思われるが、改善の余地も多数あると思われるので今後、より研究、および臨床に適したシステムになるよう改良していく所存である。

参考文献

- 1) 丸山剛郎：新しい概念に基づく臨床的生理咬合(1)-(4)、クインテッセンス、Vol4：1109-1118、1309-1317、1661-1672、1815-1825、1985
- 2) 瑞森崇弘：咀嚼運動分析による顎口腔機能診断に関する研究、阪大歯誌、32(1)：105-136、1987
- 3) 東和生、丸山剛郎ら：咀嚼運動と筋活動の関連性（その1）、下顎運動機能とEMG論文集：69-76、1987