新しい顎運動解析装置の紹介 — 不正咬合者の機能分析 —

Introduction of New Equipment for Mandibular Movement

中村良司, 半田秀穂, 三浦不二夫,
NAKAMURA, R. HANDA, H. MIURA, F.

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学教室第1講座

1st Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry
Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

1. はじめに

顎運動機能の検討を行う上で、その顎運動路の把握は重要な事柄の一つであり、顎運動路を詳細に記録、再現し、臨床応用しようとする試みは、種々の方法により、古くから数多く行なわれて来ている。しかし、これらの運動路についての検討は、あくまでも、その観察する部位での運動路軌跡であり、顎顔面頭蓋に関連させた観察は、ほとんど行なわれていない。

従来より、当教室においては、三浦らの開発した Video 方式による multipoint xy-tracker を利用した顎運動解析装置を用い、矯正患者について顎運動を記録し、解析を行なってきた。

今回は、この装置の特性を活かし、さらに精度の向上と、頭部 X 線規格写真上の下顎骨の任意の複数点の運動路を、同一規準座標上に再現するため、ポジションセンサーシステムを応用した新しい顎運動解析装置を開発したので、その概要を紹介する。

2. 装置および方法

本装置は、下顎の任意点の動きを解析するもので、被験者の上下前歯に固定した各 2 点、4 個の LED をターゲットと

図 1

Sella-Nasion と 4 個のターゲット P₁, P₂, P₃, P₄

図 2

して(図 1)、開閉運動に併うこれらの点の動きを、ポジションセンサーでとらえ、これら 4 点の動きの信号を 16 bit 構成の演算装置に入力する。演算部分では、計測時における頭部動揺の補正を行ない、パラメーターの入れかえにより任意の点の運動をオリジナルデータを用いて、順次演算を行うとともに、頭部 X 線規格写真の頭蓋規準面 (Sella-Nasion: これは

パラメーターの設定により他の面を規準準とすることも可能である。) に対して一定となる様処理するものである。表示は、プロッターに出力され、さらに演算処理されたものは、DA-out も可能であり、Data-Recorder へ記録し、EMG,咬合音等との同時記録も行なうことができる(図2)。

1) ポジションセンサーシステム

ポジションセンサーシステム(C-1373-04, 浜松テレビ社製)は、光半導体位置検出器(感度波長範囲: 700~1150nm, 最高感度波長: 900nm) Position Sensitive Detector: P.S.D)を使用した2次元位置計測装置で、コントロールユニットからの時分割信号(293Hz)により、上下前歯に固定した4個のLED(東芝社製, Ga-As 赤外発光, TLN104, ピーク発光波長: 940nm, 発光角度 $\pm 50^\circ$)を順次点灯する。このLED光をカメラヘッドに装填した大型Pin シリコンフォトダイオードの受光面(10×10mm)上に光スポットとして結像させることにより、光スポットの中心を検出し、結像位置より光電流を発生する。この発生した光電流は、受光素子の両面に生成された抵抗層を通して、各電流に出力される。この電極信号をアナログ演算回路(図3)により処理し、2次元位置を精密に計測するもの

図3

である。またこのPSDは、従来使用していた装置の撮像素子と異なり、絵素間の不感部がなく、連続した位置信号を出

力する。また従来は光スポットの最明点の検出であったのに対して光スポットの中心を検出するものであるため高精度計測(位置分解能 $1/5000$, 位置誤差 $\pm 1\%$ 以下)が行なえる。

2) 顎運動演算装置

顎運動演算装置(エムイーコマercial社製, ME-8100)は、CPU: 8088/8087, ROM: 64K, RAM: 264K, ADC: 12BIT, DAC: 12BIT, SERIAL I/O: RS422/RS232Cで構成されている。ソフトウェア言語は、iRMX863, PL/M86, ROM書き込みである。操作は、すべてテンキーで行ない、表示はプロッター(SEKONIC S-201GP)に行なう。図4は、ハードウェアのブロック図である。

図4

演算処理は、ポジションセンサーシステムから出力された各ターゲット P_1, P_2, P_3, P_4 の動きの信号を演算装置に入力し上顎に装着した2点 P_1, P_2 の信号より頭部の動揺成分を検出、 P_1, P_2, P_3, P_4 からの信号を演算し、動揺成分を補正する。頭部動揺成分が除去された P_3, P_4 の真の動きの信号を用いて、任意に特定した点(object)の運動を算出する。同時に頭蓋基準面(SN平面等)に対する P_1, P_2 の傾斜角度も補正し、SN平面をX

軸とする座標として，すべての運動路を演算処理し出力する。

操作は，ディスプレイを見ながら対話形式で行ない，テンキーより入力し，実行して行く。

図 5

図 5 は General Flow Chart を示してあり，最終出力は，Target, Object のプロッターへの表示と，Object の DA out によるデータレコーダーへの記録がある。なお，プロッターへの出力表示，DA out 共に誤差 $1/2000$ (0.05%) 以下である。すなわち，従来の装置ではアナログ信号に含まれる jitter や distortion が混入していたが，本装置ではこれらが減少され，さらに電氣的ノイズはすべてソフトウェアで取り除かれている。

3) 記録方法および表示

従来より行なっている方法と同様に，金属バンド，金属線を介して，頭部動揺成分の検出のためと，頭蓋の規準平面 (Sella-Nasion, F-H 等) に対して一定とするため，上顎に 2 点，下顎にも任意特定点の演算のために 2 点を固定し，4 個の LED を装置しこれをターゲットとして記録を行なう。

演算装置の操作方法は，装置本体の

図 6

Display 部に表示されるステートメントに対して答え，テンキーより入力を行なう。まずはじめに Sampling time の設定を行なう。設定値は最大 4.0 sec であり，0.8 sec / 1 stroke で約 50 回までの開閉運動を取り込むことができる。MEASURE (Sampling) の Start は，外部よりの Trigger 信号，あるいはテンキー内の Start Key で行なう。計測後，取り込まれたデータをもとに，パラメーターの数値をテンキーより入力し，順次実行し，演算処理を行なってゆく (図 6)。

Parameter の設定は，計測に先立ちセファロの撮影を行ない，このトレースより読み取る。任意特定点 (object) としては，従来より用いている Menton, そして Lower inciser, Ist Molar, Gonion, Condyllion, Coronoid process 等を用いる (図 7)。

図 7

これら object の parameter の抽出は、図 8 に示すように、例えば object を Coronoid process とした場合、まず P₃ より P₃-P₄ に対して垂線を出し、この線に object からさらに垂線を下ろす。この P₃ からの長さを L₁ とし、L₁ よりの高さを L₂ とする。また L₁ より上方にあるものを upper (+)、下にあるものを lower (-) とし、P₃-P₄ の長さを L₃ とする。この L₃ の長さは規定されたターゲット間の長さでトレース上では一定となるものである。さらに Sella-Nasion に対する P₁-P₂ の傾きを S_N と直交する Y ϕ とのなす角度 θ で Angle とする。これらの parameter の計測には、タブレットデジタイザー (MUTOH BIT PAD ONE, 分解能 0.1mm) でセファロのトレースより読み取り、micro computer (OKI if-800 model 30) を使い、演算処理後 Print out を行う。図 9 は、Parameter の演算結果の Print out 例で、L₁, L₂, L₃, X ϕ , Y ϕ , ANGLE と表示されてくる。

```

0 9479 [REDACTED] CLASS III: LAT.CROSS EXP.      03/07/07      14:57:10
OBJECT: LAT. NEWTON
*****
              X              Y
INPUT < Object > : 169.6  aa  87.8  aa
INPUT < P1 > : 219.6  aa  130.6  aa
INPUT < P2 > : 212.5  aa  115.7  aa
INPUT < P3 > : 208.3  aa  103.4  aa
INPUT < P4 > : 203.0  aa  88.0  aa
INPUT < H > : 264.5  aa  218.1  aa
INPUT < S > : 132.1  aa  209.5  aa

L1 = 36.8  aa
L2 = -29.5  aa
L3 = 18.4  aa
X0 = 72.5  aa
Y0 = 100.8  aa
ANGLE = 28.1  deg
*****
next object is: LAT. L 1

```

運動路の表示は、計測中の P1, P2, P3, P4 4 点の target と演算処理後の object それぞれについて行うことができ、target 4 点の表示を行うことにより、計測時の頭部の動揺の程度も知ることができる。これらの表示は、計測時間内の時間設定 (0.1 sec step) により行う。

TARGET

<p>PLANT CODE 2-0000 PLANT NAME T-0000</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p>	<p>PLANT CODE 2-0000 PLANT NAME T-0000</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p>	<p>PLANT CODE 2-0000 PLANT NAME T-0000</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p> <p style="text-align: center;">//</p>
--	--	--

☒ 1 0

図 10 は、target 4 点の表示を行なったもので、計測開始より 2.0～4.0 sec, 20～22 sec, 35～37 sec とそれぞれ 2 秒間ずつのものであり、P1 P2 の動きがあることより、頭部動揺のあることが認められる。object の運動路については、必要なパラメータを入力し、演算処理後、出力表示される。また object の表示では、ATTE-NUATERにより拡大率の選択を行うことができる。

TARGET

PRINT FROM 01 PAGE
 PRINT TO 01 PAGE
 PRINTED 0001 *****

/ P1

/ P2

/ P3

/ P4

Object

SCALE (mm/mm) 10
 0° 00' 00" 0.000

FILTER: NONE 30

1.1	2.1
1.2	2.2
1.3	2.3
1.4	2.4
1.5	2.5
1.6	2.6
1.7	2.7
1.8	2.8
1.9	2.9
2.0	3.0

UNIT: mm
 LENSE: 50mm

OBJ. 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.0 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9 4.0 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5.0 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 6.0 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 7.0 7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 7.7 7.8 7.9 8.0 8.1 8.2 8.3 8.4 8.5 8.6 8.7 8.8 8.9 9.0 9.1 9.2 9.3 9.4 9.5 9.6 9.7 9.8 9.9 10.0 10.1 10.2 10.3 10.4 10.5 10.6 10.7 10.8 10.9 11.0 11.1 11.2 11.3 11.4 11.5 11.6 11.7 11.8 11.9 12.0 12.1 12.2 12.3 12.4 12.5 12.6 12.7 12.8 12.9 13.0 13.1 13.2 13.3 13.4 13.5 13.6 13.7 13.8 13.9 14.0 14.1 14.2 14.3 14.4 14.5 14.6 14.7 14.8 14.9 15.0 15.1 15.2 15.3 15.4 15.5 15.6 15.7 15.8 15.9 16.0 16.1 16.2 16.3 16.4 16.5 16.6 16.7 16.8 16.9 17.0 17.1 17.2 17.3 17.4 17.5 17.6 17.7 17.8 17.9 18.0 18.1 18.2 18.3 18.4 18.5 18.6 18.7 18.8 18.9 19.0 19.1 19.2 19.3 19.4 19.5 19.6 19.7 19.8 19.9 20.0 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5 20.6 20.7 20.8 20.9 21.0 21.1 21.2 21.3 21.4 21.5 21.6 21.7 21.8 21.9 22.0 22.1 22.2 22.3 22.4 22.5 22.6 22.7 22.8 22.9 23.0 23.1 23.2 23.3 23.4 23.5 23.6 23.7 23.8 23.9 24.0 24.1 24.2 24.3 24.4 24.5 24.6 24.7 24.8 24.9 25.0 25.1 25.2 25.3 25.4 25.5 25.6 25.7 25.8 25.9 26.0 26.1 26.2 26.3 26.4 26.5 26.6 26.7 26.8 26.9 27.0 27.1 27.2 27.3 27.4 27.5 27.6 27.7 27.8 27.9 28.0 28.1 28.2 28.3 28.4 28.5 28.6 28.7 28.8 28.9 29.0 29.1 29.2 29.3 29.4 29.5 29.6 29.7 29.8 29.9 30.0 30.1 30.2 30.3 30.4 30.5 30.6 30.7 30.8 30.9 31.0 31.1 31.2 31.3 31.4 31.5 31.6 31.7 31.8 31.9 32.0 32.1 32.2 32.3 32.4 32.5 32.6 32.7 32.8 32.9 33.0 33.1 33.2 33.3 33.4 33.5 33.6 33.7 33.8 33.9 34.0 34.1 34.2 34.3 34.4 34.5 34.6 34.7 34.8 34.9 35.0 35.1 35.2 35.3 35.4 35.5 35.6 35.7 35.8 35.9 36.0 36.1 36.2 36.3 36.4 36.5 36.6 36.7 36.8 36.9 37.0 37.1 37.2 37.3 37.4 37.5 37.6 37.7 37.8 37.9 38.0 38.1 38.2 38.3 38.4 38.5 38.6 38.7 38.8 38.9 39.0 39.1 39.2 39.3 39.4 39.5 39.6 39.7 39.8 39.9 40.0 40.1 40.2 40.3 40.4 40.5 40.6 40.7 40.8 40.9 41.0 41.1 41.2 41.3 41.4 41.5 41.6 41.7 41.8 41.9 42.0 42.1 42.2 42.3 42.4 42.5 42.6 42.7 42.8 42.9 43.0 43.1 43.2 43.3 43.4 43.5 43.6 43.7 43.8 43.9 44.0 44.1 44.2 44.3 44.4 44.5 44.6 44.7 44.8 44.9 45.0 45.1 45.2 45.3 45.4 45.5 45.6 45.7 45.8 45.9 46.0 46.1 46.2 46.3 46.4 46.5 46.6 46.7 46.8 46.9 47.0 47.1 47.2 47.3 47.4 47.5 47.6 47.7 47.8 47.9 48.0 48.1 48.2 48.3 48.4 48.5 48.6 48.7 48.8 48.9 49.0 49.1 49.2 49.3 49.4 49.5 49.6 49.7 49.8 49.9 50.0 50.1 50.2 50.3 50.4 50.5 50.6 50.7 50.8 50.9 51.0 51.1 51.2 51.3 51.4 51.5 51.6 51.7 51.8 51.9 52.0 52.1 52.2 52.3 52.4 52.5 52.6 52.7 52.8 52.9 53.0 53.1 53.2 53.3 53.4 53.5 53.6 53.7 53.8 53.9 54.0 54.1 54.2 54.3 54.4 54.5 54.6 54.7 54.8 54.9 55.0 55.1 55.2 55.3 55.4 55.5 55.6 55.7 55.8 55.9 56.0 56.1 56.2 56.3 56.4 56.5 56.6 56.7 56.8 56.9 57.0 57.1 57.2 57.3 57.4 57.5 57.6 57.7 57.8 57.9 58.0 58.1 58.2 58.3 58.4 58.5 58.6 58.7 58.8 58.9 59.0 59.1 59.2 59.3 59.4 59.5 59.6 59.7 59.8 59.9 60.0 60.1 60.2 60.3 60.4 60.5 60.6 60.7 60.8 60.9 61.0 61.1 61.2 61.3 61.4 61.5 61.6 61.7 61.8 61.9 62.0 62.1 62.2 62.3 62.4 62.5 62.6 62.7 62.8 62.9 63.0 63.1 63.2 63.3 63.4 63.5 63.6 63.7 63.8 63.9 64.0 64.1 64.2 64.3 64.4 64.5 64.6 64.7 64.8 64.9 65.0 65.1 65.2 65.3 65.4 65.5 65.6 65.7 65.8 65.9 66.0 66.1 66.2 66.3 66.4 66.5 66.6 66.7 66.8 66.9 67.0 67.1 67.2 67.3 67.4 67.5 67.6 67.7 67.8 67.9 68.0 68.1 68.2 68.3 68.4 68.5 68.6 68.7 68.8 68.9 69.0 69.1 69.2 69.3 69.4 69.5 69.6 69.7 69.8 69.9 70.0 70.1 70.2 70.3 70.4 70.5 70.6 70.7 70.8 70.9 71.0 71.1 71.2 71.3 71.4 71.5 71.6 71.7 71.8 71.9 72.0 72.1 72.2 72.3 72.4 72.5 72.6 72.7 72.8 72.9 73.0 73.1 73.2 73.3 73.4 73.5 73.6 73.7 73.8 73.9 74.0 74.1 74.2 74.3 74.4 74.5 74.6 74.7 74.8 74.9 75.0

図 11 は、計測開始より 30~32 sec の 2 秒間について Target, object の表示を行なったものであり、target の P₁, P₂ から頭部の動揺のあることが認められ、P₃, P₄ の運動

略には、動揺成分が混入している。これらの任意点をMentonとした場合のパラメーターを入力し、演算処理したものが“OBJECT”と表示したものである。これは、頭部の動揺成分が取り除かれ、基準座標の頭蓋規準面SNに対して規格化され、出力表示されたものである。

3. 記録例

計測後、取り込まれたオリジナルデータをもとに、各任意特定点について順次演算処理し表示を行なっていく。図12は、任意点として選んだ6 point : Menton, Lower inciser, 1st. Molar, Gonion, Condylion, Coronoid processそれぞれの出力表示であり、計測開始より30~32 secの2秒間についての同一時間帯のものである。これらは、すべてSN平面に対して規格されており、各点における運動の量、SNに対する運動路軌跡の傾きなども観察することができる。

図 12

出力表示されたそれぞれの運動路軌跡は、基準座標が同一となっているためそれぞれの点を平行移動することにより、セファロのトレース上に運動路を重ね合わせることが可能である(図13)。

図 13

このように一定の規準面に対して表示することにより、顎顔面形態と下顎骨上の各点の運動路との関連についても検討が可能となり、下顎骨全体の動きとしてとらえることができる。

4. 不正咬合者の機能分析

顎運動機能を詳細に記録、再現することにより、機能的不正に対する客観的評価が可能となり、臨床的にも有用な手法である。

矯正臨床において、個体の持つ不正咬合が歯・顎顔面の形態的不正とともに、咬合時の顎位に機能的不正が関与しているか否かの判定は、診断のみならず、予後の判定にも重要な事柄である。当教室においては、不正咬合者の機能検査にあたり、1 stroke/0.8 sec. の習慣性閉閉運動を行なわせ、その筋放電活動と顎運動路とを同時記録し、それによって得られた筋放電パターンと顎運動路パターンとを抽出、解析して、いわゆる骨格性(skeletal)不正咬合と、機能的(functional)不正咬合との鑑別に応用している。

筋電図については、閉口相における放電開始より咬合位に至るまでの放電様式に着目し、その原波型の干渉波電位、頻度、積分値について観察を行ない、2種のtype, Type IとType IIに大別した。すなわち、閉口相に移行するに伴い、低電位で放電を開始し、直線的に漸時増加するもの、(Type I)と放電開始初期より直ちに急激な増加を示すもの(Type II)の2種である(図14)。

図 14

顎運動路については、下顎骨上の点Me-ntonの軌跡を頭蓋規準面(SN)に対する運動路軌跡として表示し、運動路全域について観察を行い、その開閉路のズレの量、開閉路の前後の位置関係より、開閉路のズレの少ないパターンJ1と、ズレの多いパターンJ2に大別した。さらにJ1はJ1a,とJ1bに、J2は閉口路が前方に大きく変位するJ2aと、閉口路が開口路と交叉するJ2bとに区別される(図15)。

図 15

筋放電パターンType Iは、顎運動路パターンJ1a, J1bと対応し、Type IIはJ2a,

J2bと対応し、Type I, J1a, J1bは個体が本来持つべきパターンで、骨格性不正咬合が持つパターンであり、Type II, J2a, J2bは機能的な不正咬合の持つパターンである。これにより、不正咬合者の筋放電パターンと顎運動路パターンの両者を把握することによって、不正咬合の顎位に、機能的な不正の要因が関与しているか否かの判定が可能となった。

5. まとめ

矯正臨床において、今まで行なわれて来た主観的な要素が大きかった顎運動機能の診断に対して、客観的な判定が可能となった。さらに、筋放電パターン、顎運動路パターンに加え、顎運動路の終末位の状態、Silent Period, 咬合接触音なども検査の項目に加え、総合的にとらえ判断することにより、よりの確な診断が行なえるものと考えられる。また新しい顎運動解析装置も従来の装置に比べ精度の向上がみられ、下顎骨上の複数点の運動路を観察することが可能となり、下顎骨全体の動きとしてとらえられることより、顎・顔面形態と下顎運動機能との関連についても詳細な検討が行なえるものである。

参考文献

- 三浦不二夫, 近藤勝義: xy-trackerを利用した新しい顎運動記録装置について, 口病誌, 43:177-183, 1976.
- 三浦不二夫, 近藤勝義: 顎運動にともなう頭部動揺の補正について. 口病誌, 44:267-272, 1977.
- 三浦不二夫, 近藤勝義: 新しい顎運動解析装置について. 口病誌, 45:166-173, 1978.
- 新内秀一: 混合歯列期における顎運動パターンの観察, 口病誌, 46:306-322, 1979.
- 半田秀穂: 上顎急速拡大前・後における顎運動パターンならびに筋放電パターンの変化, 口病誌, 48:85-103, 1981.
- 中村良司: 筋放電パターンと顎運動路パターンによる不正咬合者の機能分析, 口病誌, 49:415-442, 1982.