

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24592937

研究課題名(和文) 診療室で簡便に使用できる小型・軽量かつ高精度な下顎運動記録装置の開発

研究課題名(英文) Development of a compact-sized lightweight and high-precision mandibular movement recording device installable in the clinic

研究代表者

志賀 博 (SHIGA, Hiroshi)

日本歯科大学・生命歯学部・教授

研究者番号：50226114

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：開発した下顎運動記録装置は、安定した出力信号を有し、生体の顎運動を観察する際の十分な測定範囲を有することが確認できた。咀嚼運動経路と側方運動時の下顎の経路は、開発した装置と市販の高精度下顎運動記録装置とが近似していることが確認できた。これらの結果から、新しく開発した3次元下顎運動記録装置は、高精度の下顎運動記録装置と同程度に顎運動を記録・分析できることが確認でき、臨床応用できることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The mandibular movement recording device developed by us delivered stable output signals and had a sufficient measurement range for checking jaw movements. It was verified that the masticatory movement and the jaw pathways on the lateral excursions recorded with the newly developed device approximated those determined a commercially available high-precision mandibular movement recording device. From these results it was confirmed that the newly developed three-dimensional mandibular movement recording device is capable of recording and analyzing jaw movements to essentially the same degree as the high-precision mandibular movement recording device, and suggested that it is also clinically applicable.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：下顎運動 3次元下顎運動記録装置 6自由度 咀嚼運動

1. 研究開始当初の背景

複数の LED (light-emitting diode) を含むシーンを上下顎歯列に附着し、LED の位置座標を離れた場所に設置した大型の計測装置で記録する高精度の 6 自由度顎運動記録装置が開発されているが、シーネが大きく、また精度を求めため、シーネの附着にも時間がかかり、さらに計測装置が大きいという欠点がある。そこで、申請代表者は、3 個の LED からなるトライアングルのシーネを上下顎歯列に附着させる装置の開発を試みた (信号処理回路内蔵の PSD (position sensitive device) を用いた小型・高精度の下顎運動記録システムの開発、課題番号 17659617)。しかしながら、信号処理回路内蔵の PSD を用いたカメラを 400g と小型・軽量にできたが、台座を含めると約 2kg となり、診療室のデンタルユニット上に設置できるほどの軽量化には至らなかった。また、信号処理回路内蔵の PSD により、出力信号のノイズは減少したが、十分には除去できず、さらに、シーネに近い下顎切歯点の運動解析では有効性を確認できたが、シーネから離れた下顎任意点の運動の解析の際には、出力信号のノイズと信号の不安定さの影響があり、不十分な解析結果となった。

これらの問題を解決するためには、より小型・軽量のカメラの使用と出力信号のノイズと信号の不安定さを十分に除去する信号処理装置の開発が必要と考えた。

2. 研究の目的

本研究は、安定した出力信号を有し、簡便で小型・軽量の測定用シーネを用いて一般の臨床の場で自然な状態で記録が行え、さらに十分な精度を有する下顎運動記録システムを開発する目的で、以下の研究を企画した。

(1) DC-DC コンバータのスイッチング周波数にあわせたフィルターをかけ、USB 接続の ADC を用いることにより小型化を実現すると同時に、ノイズの除去と安定した信号を出力できる信号処理装置を開発する。

(2) 下顎運動記録装置のカメラ部分に小型の PSD を用いることにより、診療室のデンタルユニット上に設置できる小型・軽量の装置を開発する。

(3) 大型であるが、高精度を有する 6 自由度顎運動記録装置 TRIMET® (現有設備) と本研究で開発した記録システム (申請設備) を用いて被験者の開閉口運動と咀嚼運動を同時記録後、両データを比較し、本研究で開発した記録システムの臨床的有用性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 小型・軽量の下顎運動記録装置の開発
出力信号のノイズの除去と安定した信号を出力する信号処理装置の開発と小型・軽量の下顎運動記録装置の開発を行う。次いで、3 次元読み取り顕微鏡 (ピカ精工社製) に付着

した LED (Light-emitting diode) を上下、左右、前後方向に移動させた時の位置座標を新たに開発した装置を用いて計測し、測定可能範囲を調べる。

(2) 開発した下顎運動記録装置の有用性の検討

実験

咬合器の上弓と下弓に 3 個の LED で構成するトライアングルをそれぞれ前頭面と平行に装着する。上弓では、切歯ピンの外側にトライアングルを装着する (図 1)。次いで、上弓を矢状面内で顎頭間軸周りに回転させた時の 2 つのトライアングルの各標点 (LED) の位置座標を新たに開発した下顎運動記録装置 (装置 A) (図 2) で記録後、トライアングルの重心点の運動を観察した。また、咬合器の切歯ピンが切歯路板上にある時を基準の a とし、トライアングルの重心点が位置 a に対して垂直的に約 100 mm 拳上されるまでの各記録データから、ほぼ等間隔に 10 個の位置 b1 から b10 までの位置情報 (座標値) と両側の顎頭弓点の midpoint との距離を算出し、位置 a の座標値と両側の顎頭弓点の midpoint との距離との誤差率を算出し、トライアングルの重心点が正確な円弧を描くかどうかを調べた。なお、トライアングルの重心点と両側の顎頭弓点は 3 次元読み取り顕微鏡 (ピカ精工社製) で位置座標を測定して求めた。

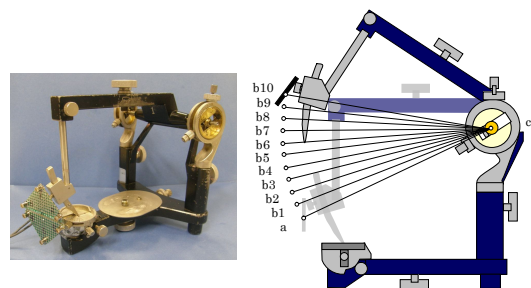


図 1 咬合器に装着したトライアングル
a: 切歯ピンが切歯路板上にある位置、
b1 ~ b10: 垂直的に 100mm 拳上される
までの各位置、c: 下顎頭球の中心の
位置

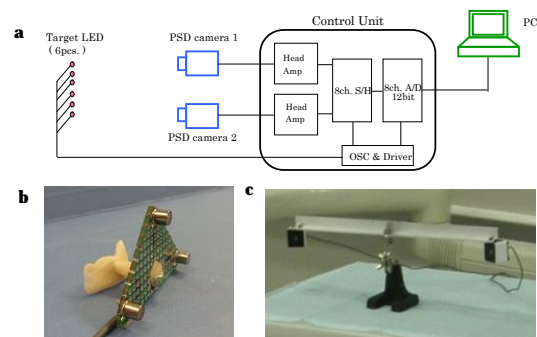


図 2 システムの構成図とトライアングル、
ならびにカメラ部
a: システムの構成図、b: 3 個の LED
からなるトライアングル、c: カメラ部

実験

20 歳代の健常者 3 名（男性 2 名、女性 1 名）に左右側方運動をさせた時の下顎運動を開発した装置（装置 A）と市販の高精度下顎運動記録装置（東京歯材社製 TRIMET[®]、装置 B）で同時記録した。なお、本実験では、同時記録のため、装置 B の上弓と下弓の前方部に重量約 5 g のトライアングルをそれぞれ装着した（図 3）。次いで、切歯部、犬歯部、第 1 大臼歯部の運動を算出後、定性的に観察した。さらに、切歯部で側方に 1 mm、2 mm、3 mm 移動した時の左右犬歯部、左右第 1 大臼歯部の位置座標を算出し、両装置間で比較した。



図 3 TRIMET[®]のシーネとトライアングルの装着状態

実験

健常者 10 名（男性 5 名、女性 5 名、22～39 歳、平均年齢 26.6 歳）に主咀嚼側で軟化したチューインガムを咀嚼させた時の下顎運動を装置 A と装置 B で同時記録した（100Hz、20 秒間）。なお、本実験では、同時記録のため、装置 B の上弓と下弓の前方部にトライアングルをそれぞれ装着した。また、咀嚼運動記録後、任意点として切歯点の位置情報を追加記録した。分析は、咀嚼開始後の第 5 サイクルからの 10 サイクルについて、切歯点の各サイクルとその重ね合わせ表示、ならびに平均経路の表示を行い、定性的に観察した。次いで、平均経路から開口量と咀嚼幅を算出し、両装置間で比較した。

4. 研究成果

(1) 小型・軽量の下顎運動記録装置の開発
スイッチング周波数にあわせたフィルターをかけることにより、出力信号の位相のズレをなくすことができ、信号が安定することがわかった（図 4）。また、USB 接続の ADC (Analog-to-digital converter) を用い、ADC 前段の入力アンプを低消費電流設計にすることにより、装置用電圧源を必要としない構成にすることができ、小型化を実現することができた。さらに、装置のカメラ部分に市販されている中で最も小型の PSD (position sensitive device) を用いることにより、PSD カメラが約 30 g、台座部分が 200～300 g と小型・軽量化が実現でき、診療室のデンタル

ユニット上に設置できるようになった（図 5）。また、トライアングルの重量が約 5 g で軽量であるため、歯列へ装着するシーネも小さく、臨床の場で短時間で製作することができ、装着に要する時間がほとんど問題にならなかった。なお、測定可能範囲は、上下、左右、前後方向にそれぞれ ± 116 mm、 ± 77 mm、 -100 mm～ $+238$ mm であり、生体の下顎運動を観察する際の十分な測定範囲を有していることが確認できた。これらのことから、本装置は、臨床の場で簡便に下顎運動を記録できるようになり、当該分野の研究を広く発展させ、臨床応用へと広げられるものと考えられる。

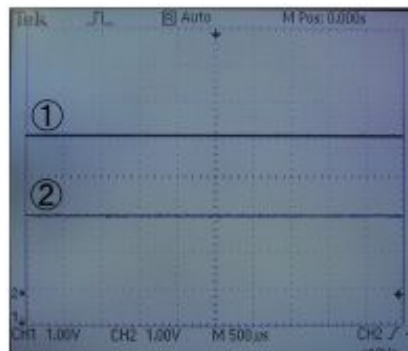


図 4 フィルター挿入前後の信号表示
フィルター挿入前， フィルター挿入後



図 5 デンタルユニット上に設置したカメラ部

(2) 開発した下顎運動記録装置の有用性の検討

実験

実際の記録は、切歯ピンを切歯路板上から上方に拳上したが、既存の運動解析プログラムを用いたため、評点の表示は切歯ピンが切歯路板上にある点を原点とし、下方に表示された。前頭面観では、ほぼ垂直に、矢状面観では、原点から後下方に移動し、円弧を描いていることが観察された。そこで、両側の顎頭弓の中心（点 c）と点 a を結ぶ線を半径とした円を描記した結果、記録した重心点の軌跡がほぼ一致していた。また、点 b1～b10 と点 c 間との距離と点 a と点 c 間との距離の誤差率は、 $0.07 \pm 0.16\%$ であり、極めて小さかった（図 6）。これらの結果は、咬合器の上弓に装

着したトライアングルの重心点が、両側の顆頭球間の中点を中心にほぼ正確な円弧を描いており、開発した下顎運動記録装置が、評点の動きを正確に記録できていることを示すものと考えられる。

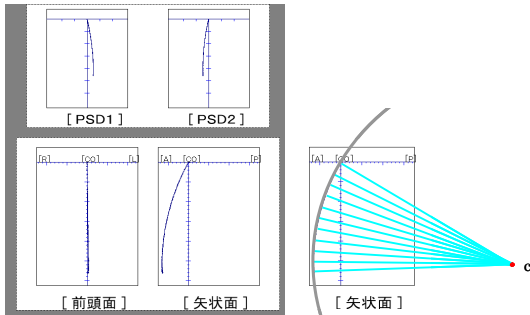


図 6 咬合器に装着したトライアングルの重心点の軌跡
c: 下顎頭球の中心の位置, PSD1: PSD カメラ 1 で記録した軌跡, PSD2: PSD カメラ 2 で記録した軌跡

実験

被験者 1 における左右側方運動時の切歯部、犬歯部、第 1 大臼歯部の装置 A と装置 B の運動経路および装置 A と装置 B の運動経路の重ね合わせを図 7 に示す。

被験者 1 における側方運動時の切歯部、犬歯部、第 1 大臼歯部の運動経路は、装置 A と装置 B とがほぼ一致していた。この所見は、他の被験者も同様だった。

各被験者における装置 A の切歯部で側方に 1mm、2mm、3mm 移動した時の装置 A と装置 B の左右犬歯部、左右第 1 大臼歯部の位置座標を図 8 に示す。

装置 A の切歯部で側方に 1mm、2mm、3mm 移動した時の装置 A と装置 B の左右犬歯部、左右第 1 大臼歯部の位置座標は、いずれも近似し、両装置間に有意差が認められなかった。

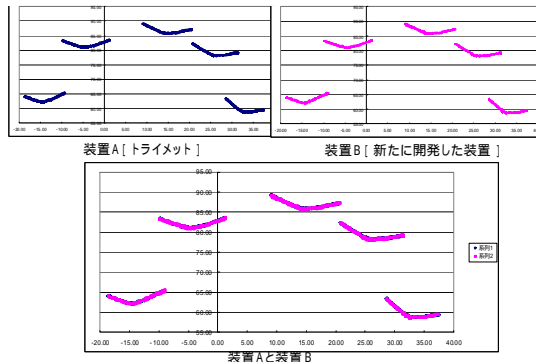


図 7 左右側方運動時の切歯部、犬歯部、第 1 大臼歯部の運動経路 (被験者 1)

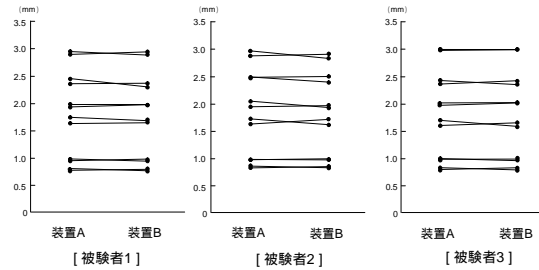


図 8 装置 A の切歯部で側方に 1mm、2mm、3mm 移動した時の装置 A と装置 B の左右犬歯部と左右第 1 大臼歯部の位置座標

実験

被験者 1 の咀嚼運動記録時の装置 A によるカメラ座標系の運動軌跡、ならびに上顎座標系の運動軌跡を図 9 に示す。また、被験者 1 の咀嚼開始後第 5 サイクルから第 14 サイクルまでの各サイクル、重ね合わせ表示、ならびに平均経路を図 10、平均経路の数値表示を表 1 に示す。

被験者 1 と被験者 2 の装置 A の各サイクルの運動経路は、装置 B のそれらと近似し、平均経路の座標値も近似していた。これらの所見は、他の被験者でも同様だった。被験者 10 名の開口量と咀嚼幅を図 11 に示す。

各被験者の開口量と咀嚼幅は、装置 A と装置 B が近似し、両装置間に統計的有意差が認められなかった (開口量: $p=0.346$ 、咀嚼幅: $p=0.319$)。

これらの結果から、新しく開発した 3 次元下顎運動記録装置は、市販の高精度の下顎運動記録装置と同程度に咀嚼運動と下顎運動を記録・分析できることが確認でき、臨床応用できると考えてよいように思われる。

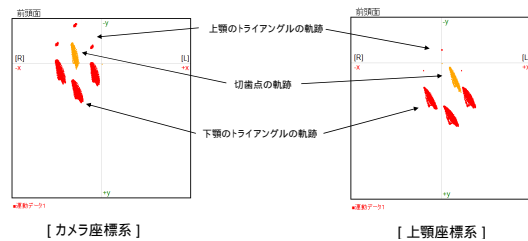


図 9 新たに開発した装置 (装置 A) による咀嚼運動経路 (被験者 1)

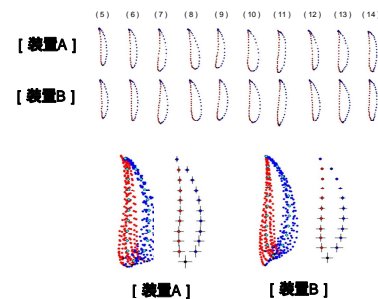


図 10 新たに開発した装置 (装置 A) と TRIMET® (装置 B) による咀嚼運動経路 (被験者 1)

表 1 新たに開発した装置（装置 A）と TRIMET®（装置 B）による咀嚼運動経路の数値データ（被験者 1）

level	開口時側方成分		閉口時側方成分		垂直成分		咀嚼幅
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	
0	-0.1	0.3	-0.1	0.3	0.0	0.7	
1	-0.4	0.3	-2.0	0.4	2.4	0.8	1.6
2	-0.6	0.4	-3.0	0.5	4.8	0.8	2.5
3	-0.7	0.5	-3.8	0.5	7.2	0.9	3.1
4	-0.8	0.6	-4.3	0.6	9.6	1.0	3.5
5	-0.7	0.7	-4.6	0.7	12.1	1.0	3.9
6	-0.6	0.8	-4.7	0.8	14.4	1.0	4.1
7	-0.5	1.0	-4.6	0.9	16.8	1.1	4.1
8	-0.4	1.0	-4.3	1.0	19.3	1.2	3.9
9	-0.5	1.1	-3.6	1.1	21.7	1.3	3.1
10	-1.7	1.3	-1.7	1.3	24.1	1.4	
mean							3.3

level	開口時側方成分		閉口時側方成分		垂直成分		咀嚼幅
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	-0.4	0.1	-2.2	0.2	2.3	0.1	1.8
2	-0.4	0.2	-3.3	0.3	4.7	0.2	2.9
3	-0.5	0.3	-4.0	0.4	7.1	0.3	3.5
4	-0.4	0.5	-4.4	0.6	9.5	0.4	4.0
5	-0.3	0.6	-4.6	0.7	11.9	0.6	4.3
6	-0.2	0.7	-4.6	0.9	14.3	0.7	4.4
7	-0.2	0.8	-4.4	1.0	16.7	0.8	4.2
8	-0.1	0.9	-4.0	1.1	19.1	0.9	3.9
9	-0.3	1.0	-3.3	1.2	21.5	1.0	3.0
10	-1.5	1.1	-1.5	1.1	23.8	1.2	
mean							3.5

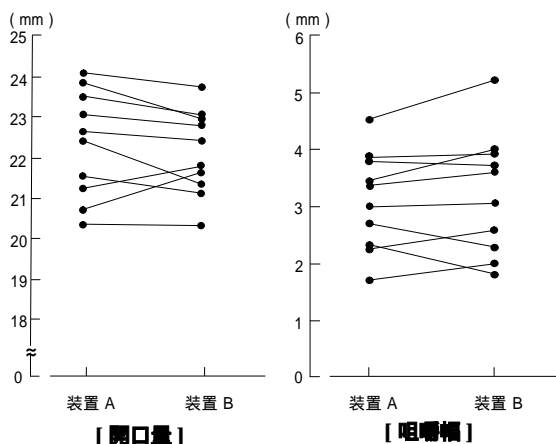


図 11 咀嚼開始後第 5 サイクルからの 10 サイクルにおける開口量と咀嚼幅
装置 A：新たに開発した下顎運動記録装置，装置 B：TRIMET®

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

志賀博，丸山智章，小見野真梨恵，中島邦久，植松俊樹，渡邊篤士．新たに開発した小型・軽量な下顎運動記録装置の有用性．日本顎口腔機能学会雑誌（査読有），21，2014，21～27．

志賀博，中島邦久，丸山智章，小見野真梨恵，上杉華子，岡田大和，小池麻里，横山正起．デンタルユニット上に設置できる小型・軽量な下顎運動記録装置の開発．日本全身咬合学会雑誌（査読有），20，2014，43～47．

小見野真梨恵，志賀博，丸山智章，中島邦

久，渡邊篤士．新たに開発した小型・軽量な下顎運動記録装置の有用性．日本補綴歯科学会誌（査読有），6・123 回特別号，2014，281．

小見野真梨恵，志賀博，丸山智章．小型・軽量な下顎運動記録装置による下顎任意点の運動．日本デジタル歯科学会誌（査読有），4，2014，112．

志賀博，中島邦久，荒川一郎，横山正起，渡邊篤士．小型・軽量な下顎運動記録装置の開発．日本顎関節学会雑誌（査読有），25・第 26 回大会特別号，2013，106．

〔学会発表〕(計 3 件)

小見野真梨恵，志賀博，丸山智章，中島邦久，渡邊篤士．新たに開発した小型・軽量な下顎運動記録装置の有用性．公益社団法人日本補綴歯科学会第 123 回学術大会，2014 年 5 月 24～25 日，宮城県仙台市・仙台国際センター．

小見野真梨恵，志賀博，丸山智章．小型・軽量な下顎運動記録装置による下顎任意点の運動．第 5 回デジタル歯科学会学術大会，2014 年 4 月 19 日，大阪府枚方市・大阪歯科大学創立 100 周年記念会館

志賀博，中島邦久，荒川一郎，横山正起，渡邊篤士．小型・軽量な下顎運動記録装置の開発．一般社団法人日本顎関節学会第 26 回総会・学術大会，2013 年 7 月 20～21 日，東京都千代田区・学術総合センター一橋記念講堂

6. 研究組織

(1)研究代表者

志賀博 (SHIGA, Hiroshi)
日本歯科大学・生命歯学部・教授
研究者号：50226114

(2)研究分担者

渡邊篤士 (WATANABE, Atsushi)
日本歯科大学・生命歯学部・助教
研究者番号：30609467