

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25462984

研究課題名(和文) 慣性計測装置による義歯の動揺に関する研究

研究課題名(英文) Measuring system for an attitude angle of a denture using an Inertial Measurement Unit

研究代表者

関田 俊明 (Sekita, Toshiaki)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・講師

研究者番号：90236092

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、慣性計測装置を用いた義歯の3次元運動(姿勢角)計測システムを作成し、評価した。このシステムによって計算された姿勢角は3-4%小さい値を示した。この測定精度は4台の赤外線TVカメラによる3次元モーションキャプチャシステムと同等でした。臨床試験として、3名のタッピング時の上顎全部床義歯の姿勢角をこのシステムで測定した。本システムは信頼性が高く、安価に義歯の姿勢角を解析することが可能であり、義歯の咬合検査などの診断器具に役立つことが予想される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we assembled and evaluated a measuring system for 3-D movements (attitude angle) of the denture using an Inertial Measurement Unit. The attitude angles calculated by this system reduced by 3-4%. The measurement accuracy of this system was equivalent to that of 3-D motion capture system by four infrared TV cameras. As a pilot clinical trial, the attitude angles of three upper complete dentures during tapping were measured by this system. This system is reliable and easy to analyze the attitude angle of the denture at low cost, and may serve a diagnostic appliance such as occlusal examination in a denture.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：全部床義歯 慣性測量装置 姿勢角

1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会に向け、高齢者が口腔より栄養を快適に摂取する重要性が広く認知されている。それに伴い高齢者歯科治療の質の向上が求められて来ている。現在、高齢者の多くが全部床義歯などの大型補綴物で補綴されている。さらに高齢化による義歯装着期間の増加に伴い、顎堤の高度の吸収及び顎堤粘膜の菲薄化による義歯装着難症例が近年増加している。そのためにも適切に設計・調整された義歯が求められている。しかし、義歯製作は術者の経験にもっぱら頼っており、現状では義歯の質の底上げは難しいのが実状である。

全部床義歯は歯牙やインプラントなどの固定源がなく、被圧縮性に富む粘膜上の上っているだけなので咬合力などの大きな力ではすぐに変位してしまう。このとき左手で上顎義歯をしっかりと粘膜と適合している位置に固定していないと、見かけ上の義歯の咬頭嵌合位に咬んでしまい、咬合の適否(早期接触の有無、左右前後の咬合のバランス等)を判断することができない。要点として左手の親指と示指で上顎義歯の小白歯部を押さえて、右手は患者のオトガイ部に軽く当てて、下顎を中心位に誘導して咬合させ、咬合時の上顎義歯の変位(動揺)を左手で触知することから始まる。そのときの変位方向と大きさを手指で識別することが重要である。例えば左前方に変位するならば左側では上顎遠心内斜面と下顎近心内斜面に右側では逆の斜面に早期接触の存在が疑われる。この手指で触知した情報を頼りに従来型の咬合紙などを用いて咬合調整を行っていくことになる。しかし、義歯の臨床経験の少ない術者にとってこれは難しい術式となる。

義歯の動揺を最小に抑え維持・安定の向上を図ることは咀嚼・発音などの機能の回復、顎堤の保護の観点からも重要なこととされている。従って、機能時の義歯の動揺量(方向と大きさ)を定量的に把握し、それを直ちに臨床操作に反映できるような手法を開発することは意義のあることと考える。そこで慣性測定装置(Inertial Measurement Unit: IMU)を使って義歯の動揺量(姿勢角)を6自由度で測定し、咬合調整の適否等を診断できる装置の開発を行った。

2. 研究の目的

- (1) 超小型の慣性計測装置(IMU)を使用した動揺量(姿勢角)測定装置の組み立てを行う。
- (2) 従来の研究結果を基に、IMUによる測定精度の検定を実験室で行う。
- (3) 実際に臨床で使用できるか検証する。

3. 研究の方法

- (1) 直径25cmの回転円盤上にIMUを固定して回転角1.2°と2.4°の回転を正逆繰り返して与え測定を行った。これをx,y,z軸につい

て行った。

- (2) 3名の全部床義歯装着者の上顎中切歯唇面にIMUをワックスで固定しタッピング時の義歯の動揺(姿勢角)の測定を行った。

4. 研究成果

(1) システム

本計測システムはIMU、制御部、Bluetooth送信部より構成されている。姿勢角の計算方法は加速度センサからの加速度出力とジャイロセンサからの角速度出力の積分値を使って補間フィルタを通して算出している。IMUセンサの大きさは13x11x4mm、重量は0.9gである。制御部とBluetooth送信部合わせた大きさは90x60x25mmである。

IMUセンサの10分間の静止時の出力特性の時系列グラフを図1に示す。上方のグラフは加速度センサの出力を、下方のグラフはジャイロセンサの出力を示す。それぞれ上方よりx、y、z軸の出力を示す。

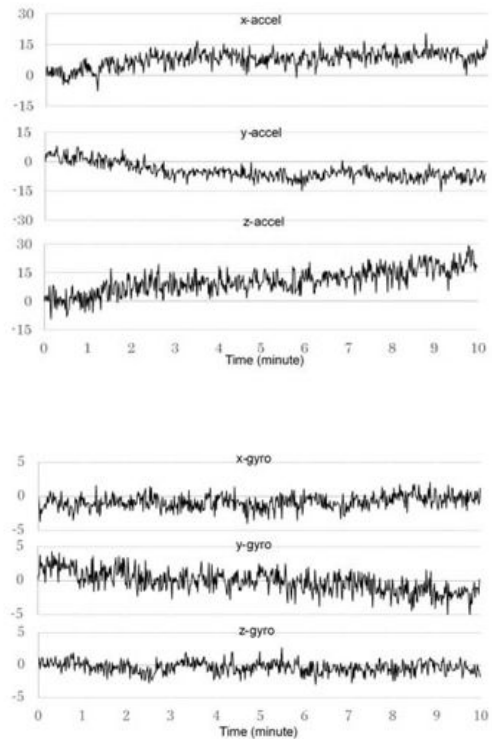


図1 センサのゼロノイズおよびドリフト

X軸の加速度センサの標準偏差は3.99LSB、y軸は4.11LSB、z軸は6.55LSBとなった。加速度出力の1LSBは $5.986 \times 10^{-4} \text{ m/sec}^2$ となる。x軸のジャイロセンサの標準偏差は1.02LSB、y軸は1.62LSB、z軸は0.90LSBとなった。ジャイロセンサの1LSBは $7.629 \times 10^{-3} \text{ degree/sec}$ となる。x、y軸の加速のセンサ出力は時間の経過と共に増加する傾向に、またy軸の出力は減少する傾向を示した。

ノイズ減少させるために、データの平滑化に関する実験を行った。今回使用した移動平均フィルタを下記に示す。

$$y(i) = 1/N \sum_{j=i-m}^{i+m} x(i+j)$$

$N = 2m + 1$ (平滑化点の数)

$x(i)$: オリジナルデータ

$y(i)$: 平滑化後のデータ

平滑化点を変化させて、その効果を調べた。

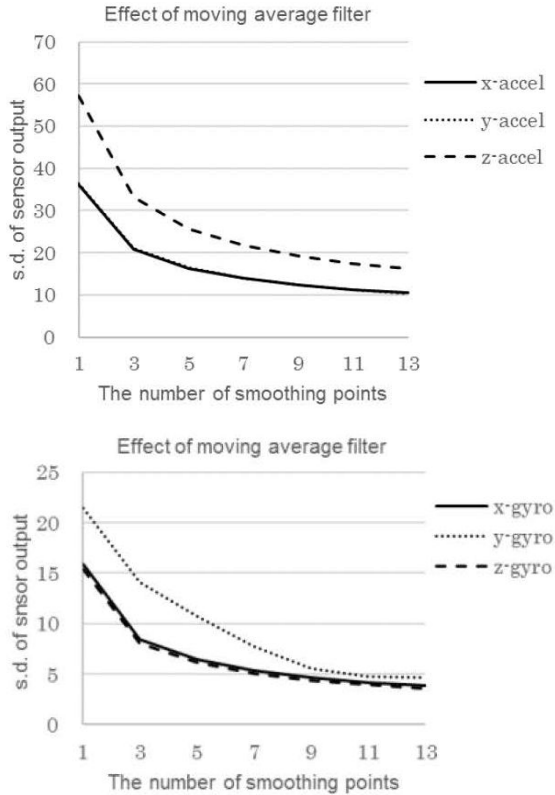


図2 移動平均フィルタの効果

上方のグラフは加速度センサ、下方はジャイロセンサを示す。両グラフより5点より平滑化の効果が減少している。平滑化点が多くなるとデータが歪むので今回は平滑化の点を5点とした。

(2)測定精度の検定

回転円盤上での測定結果を表1に示す。表の値は(IMU - レーザ - 変位計)/レーザ - 変位計。s.d.は標準偏差を示す。IMUにより計算された回転角は各軸とも優位に真値レーザ - 変位計での測定値より小さくなった(t-tests, $p < 0.001$)。その減少は3~4%であった。

表1 精度検定

軸	1.2° (s.d.)	2.4° (s.d.)
x	-0.031 (0.016)	-0.040 (0.0087)
y	-0.027 (0.025)	-0.037 (0.0081)
z	-0.030 (0.021)	-0.037 (0.0080)

これは赤外線カメラを使用したモーションキャクチャシステムでの義歯の測定精度と同等な結果¹⁾となった。

(3)臨床実験

表2に3名の被験者の上顎顎堤の状態²⁾、義歯の安定度を示す。表3にタッピング時の姿勢角(動揺量)を示す。

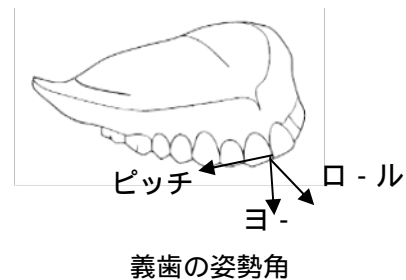
表2 被験者の条件

被験者	顎堤状態	義歯の安定度
A	type B	good
B	type B	good
C	type C	average

表3 タッピング時の姿勢角

被験者	ピッチ(s.d.)	ヨー(s.d.)	ロール(s.d.)
A	0.89 (0.08)	-0.11 (0.20)	0.22 (0.18)
B	0.76 (0.14)	-0.28 (0.21)	0.06 (0.09)
C	2.14 (0.39)	-0.07 (0.30)	-0.65 (0.24)

被験者cのピッチ、ロールはA,Bと比べて優位に大きかった($P < 0.001$)。しかし被験者cのロールはBより有意に小さくなった($P < 0.01$)。顎堤状態と義歯の安定度に関しては良好な方がピッチ、ヨーとも優位に小さくなったが、ロールでは逆に大きくなった。これはサンプル数が少ないのと義歯の動揺に関係する因子を選択しなかったことが原因と考える。



本システムモーションキャプチャシステムに比べ測定装置の費用が1/100に減少し、さらに測定場所もいらずに同程度の精度で義歯の動揺(姿勢角)測定できることが示唆された。今後臨床での測定数を増やし、機器の改善とゴールドスタンダードの作成を行う予定である。

<参考文献>

1) Miyashita K, Sekita T, Minakuchi S, Hirano Y, Kobayashi K, Nagao M. Denture

mobility with six degrees of freedom during function. J Oral Rehabil. 1998;25:545-52.

- 2) McGarry TJ, Nimmo A, Skiba JF, Ahlstrom RH, Smith CR, Koumjian JH. Classification system for complete edentulism. The American College of Prosthodontics. J Prosthodont. 1999;8:27-39.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

関田俊明, 竹内周平, 小林賢一 他、慣性計測装置を用いた義歯変位計の開発、日本補綴歯科学会、横浜、2017.6

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関田 俊明 (SEKITA Toshiaki)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・講師

研究者番号：90236092

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()