

下顎模擬歯列の6軸矯正力評価に関する研究

Measurement of Six-axis Orthodontic Force in Lower Jaw

○学 緑川 善之(東理大) 正 竹村 裕(東理大) 正 溝口 博(東理大)

曾我 公平 (東理大) 上村 真生(東理大) 須賀 一博(諏訪東理大)

頼威任(東京医科歯科大) 簡野 瑞誠(東京医科歯科大) 宇尾 基弘(東京医科歯科大)

Yoshiyuki MIDORIKAWA, Tokyo University of Science
 Hiroshi TAKEMURA, Tokyo University of Science, takemura@rs.noda.tus.ac.jp
 Hiroshi MIZOGUTI, Tokyo University of Science, hm@rs.noda.tus.ac.jp
 Kohei SOGA, Tokyo University of Science
 Masao KAMIMURA, Tokyo University of Science
 Kazuhiro SUGA, University of Science, Suwa
 Lai wei-jen, Tokyo Medical and Dental University
 Zuissei KANNO, Tokyo Medical and Dental University
 Motohiro UO, Tokyo Medical and Dental University

Abstract: The purpose of this study was to develop a six-axis orthodontic force and moment measurement system to simulate orthodontics and to evaluate effect of orthodontic forces and moments in lower-jaw model. The developed system also simulates various type of teeth row shape pattern in orthodontic operation and measures 14 teeth × 6 axis orthodontic force and moment simultaneously. We measured forces and moments that occurred in the case of three different row shape pattern. The experimental results show that the development device can measure orthodontic forces and moments with different row shape pattern.

Key Words: Six-axis Orthodontic Force, Moment, Wire

1. 背景

歯列矯正において、現在の課題として、矯正歯科医の定量的な力学的評価が行えない状況での治療が問題とされている。治療時に歯列にかかる力、モーメントである矯正力が計測できない問題は、過度な矯正力を生じ、治療事故を招きかねない。矯正力の計測は、これまでに、口腔内環境を再現した模擬歯を利用して、力とモーメントの測定が行われている⁽¹⁾⁽²⁾。先行研究では、測定可能な軸が限定的であること、装置が大がかりであること、実寸法の模擬歯へ対応していないことなどが課題とされていた。本研究では、小型の6軸力センサーとアクションスティックを用いることでこの問題を解決する。下顎14本の模擬歯に対応した、3軸の力と3軸のモーメントを複数同時に計測・評価が可能な計測システムの開発を目的とする。

2. システムの設計・開発

システム開発にて使用する6軸力覚センサー((株)レプトリノ社製, CFS018CA201)を図1に示す。センサーは模擬歯に比べ、寸法が大きくて、直接模擬歯に取り付けることはできない。その為、センサーと模擬歯を仲介するアクションスティック分を作製し、これを各模擬歯—センサー間に設置した図2。アクションスティックの剛性が十分に高い場合には、模擬歯で発生した力 F_{model} 、モーメント M_{model} とセンサーで測定された力 F_{sensor} 、モーメント M_{sensor} の関係は図3のようになる。ここで、 r は模擬歯—センサー間の距離を示す。図2で示したモデルを発展させ開発した下顎14本の同時測定装置を図4に示す。6軸力覚センサーを模擬歯の背部に集中させることにより、矯正器具の取り付けや矯正の練習への過程を実際の歯列と同じように実現可能にした。また、歯列の間隔は、歯列を計測したCT画から歯列の大きさに対応させ実際の寸法と同じ大きさに設計・開発を行った。



Fig. 1 Six-axis sensor

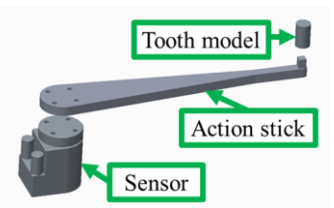
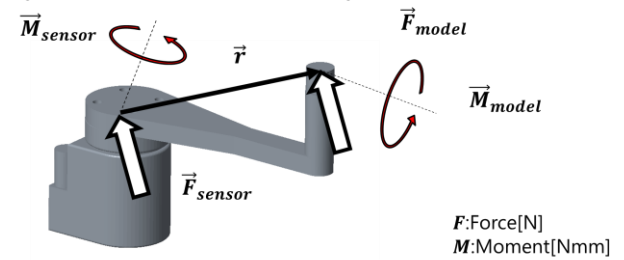


Fig. 2 Method of Measurement



$$\vec{F}_{sensor} = \vec{F}_{model}$$

$$\vec{M}_{sensor} = \vec{M}_{model} + \vec{r} \times \vec{F}_{model}$$

Fig.3 Calculation method

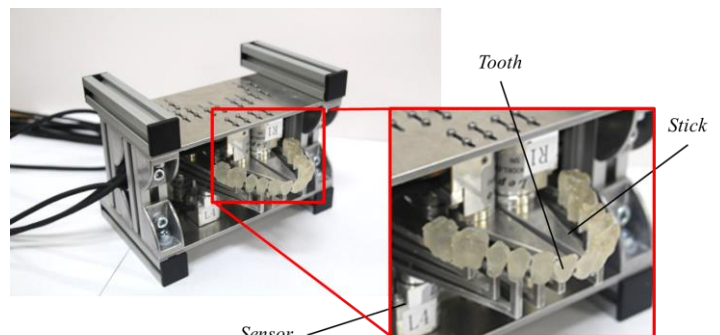


Fig. 4 The developed device

3. 測定実験

歯科医に協力お願いし，実際に行われる歯列矯正の治療方法を参考に測定を行った．図5のように，円柱モデル14本全てにブラケットを装着し，NiTi アーチワイヤー(L&H TITAN wire ,0.016×0.022inch)を前歯から順々に装着していく．歯列モデルの1カ所(R1, 図5 参照)を1mm, 2mmずらし，同様にアーチワイヤーを前歯から順々に装着していき，この時の力，モーメントを測定する(図6 参照)．今回は，歯科医に同じアーチワイヤーを一度装着して，計測し(0mm)，いったん取り外し，歯列モデルをずらして，再度，アーチワイヤーを装着してもらった．さらに，同じ沿矯正力が掛かるようにアーチワイヤーを装着してもらった．

測定結果を図7に示す．横軸は歯の位置を示し，縦軸は矯正力/矯正モーメントを示す．赤で囲んだところは，今回歯列をずらした歯(R1)を示す．いずれの移動の場合でも，移動した歯(R1)の力やモーメントは同じような値を示している．歯列をx方向にずらしているだけなので，他の軸にも影響が出ていることも確認できる．歯の取り付け位置なので，±1N程度の差が出ており，x方向だけでなく，他の軸やモーメントにも影響を与えていることが分かる．これは，歯科医の意図したところではなく，ベテランの歯科医でもこの程度の矯正力の違いが生じることが示唆される．また，模擬歯の両側奥歯については，いずれの条件においてでも，力，モーメントはほとんど生じなかった．

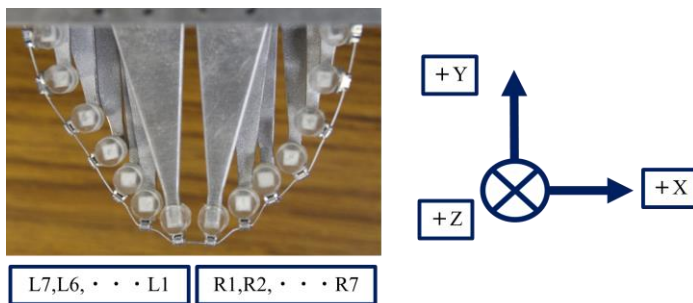


Fig. 5 The serching of six-axis orthodontic force in lower jaw

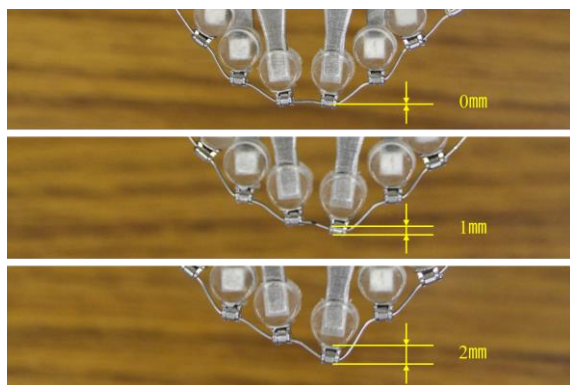


Fig. 6 The displacement of tooth model

4. おわりに

本研究は矯正時の力を定量的に評価をする為のシステムを開発し，模擬歯における任意の力，モーメントの測定を行い，比較，評価を行った．下顎歯列モデルにブラケット・ワイヤーを装着した際の力，モーメントの値を計測した．実験結果は，開発した装置が，下顎モデルの6軸力を14本同時測定に有用であることを示唆した．模擬歯の位置や矯正器具の種類，矯正治療条件における測定や複雑な模擬歯における測定などが今後の課題となる．

参考文献

- (1) 永良 百合子, 小関 道彦, 島田 幸世, 小倉 有美子, 伊能 教夫, 榎 宏太郎, “CAD/CAM を用いた熱可塑性樹脂製矯正装置の矯正力発現に関する生体力学的検討”, 顎顔面バイオメカニクス学会誌, Vol.14, pp.14-19, 2008.
- (2) Hisham, M.B., Roger W.T., Jason P.R.C., Giseon, H. and Paul, W.M., “Three-dimensional orthodontic force measurements”, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, vol.136-4, pp.518-528, 2009.

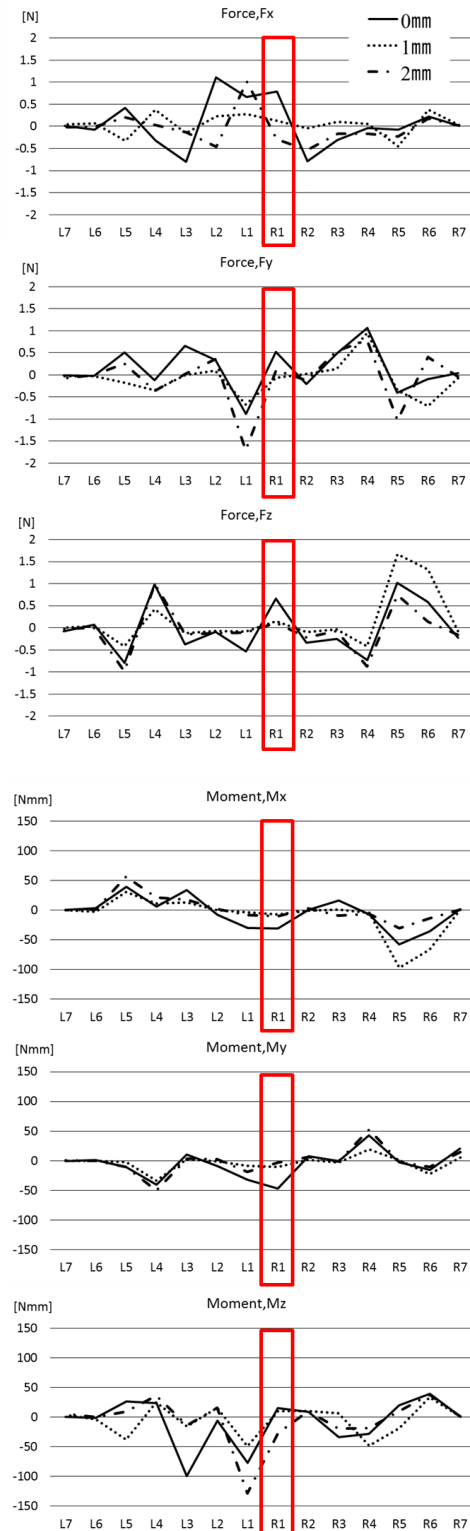


Fig. 7 Result of forces and moments