

## 【最近のトピックス】 矯正歯科関連

## Finite Helical Axisを用いた剛体の三次元運動解析法

林 一夫

北海道医療大学歯学部 口腔構造・機能発育学系 歯科矯正学分野

矯正学分野において歯の移動における最適な矯正力の大きさは未だ明らかにされていない。その理由の一つとして、三次元的な歯の移動挙動解析の困難さが挙げられる。以前は精度良く三次元的な歯の移動を計測することが難しかったが、高精度の三次元計測器の歯科領域への応用とともにより詳細な三次元情報を得ることができるようになってきた。しかしながら多くの三次元解析で用いられている剛体移動の表現系はデカルト座標（XYZ系）を用いている。この表現手法は非常に一般的で理解しやすい面はあるものの、原点の位置の設定、各軸（X, Y, Z軸）の回転の順序および平行移動の時期により各軸での回転角度が影響を受ける。現在のところ、解析ソフトウェアやシステムごとに各軸の回転順序が異なっているのが現状であり、回転順序を公表していないソフトウェアも存在する。これは歯の移動の三次元解析を行った場合、異なったソフトウェアやシステムでは移動を表現する回転角度に違いが生じることを意味している。この問題を解決するには表現系としてFinite Helical Axis (FHA) 系を用いる方法が考えられる。FHAは工業用ロボットアームなどの制御に用いられてきた表現系であり、生体力学分野においても関節運動の解析に用いられるようになってきた。数学的に高度な計算を要するためFHAによる解析は未だ一般的とは言えないが、歯科においても顎関節の運動解析に用いた研究が幾つか報告されている。

北海道医療大学歯科矯正学講座では、このFHAの新しい計算方法を独自に開発し歯の移動解析に応用してきた<sup>1-4</sup>。図1は歯の移動をXYZ系とFHA系それぞれで表現した場合を示している。FHA系では空間に規定された軸（FHA）周りの回転運動とFHAに沿った平行移動であらゆる三次元的な剛体移動を表現することができる。また原点の位置による解析結果への影響を受けることがなく、回転回数も1回転だけであり回転順による影響も排除できる。さらにXYZ系では確認できないより詳細な情報をFHA解析により得ることができる。このようにFHA系による解析は既存の表現系と比較して多くの利点

を有しているが、直感的に理解することが難しく、解析パラメータの統一および新しいパラメータ運用法を提案することが今後の課題である。

- 1 Hayashi K., Araki Y., Uechi J., Ohno H., Mizoguchi I. A novel method for the three-dimensional (3-D) analysis of orthodontic tooth movement –Calculation of rotation about and translation along finite helical axis–, *Journal of Biomechanics*, 35(1) : 45–51, 2002.
- 2 Hayashi K., Tanaka F., Hikita K., Mizoguchi I. Basic behavior of the finite helical axis in a simple tooth movement simulation. *Medical Engineering and Physics* 26(10) : 867–872, 2004.
- 3 Hayashi K., Hamaya M., Mizoguchi I. Simulation study for a finite helical axis (FHA) analysis of tooth movement. *Angle Orthodontist*, 75(3) : 328–333, 2005.
- 4 Hayashi K., DeLong R., Mizoguchi I. Comparison of the finite helical axis and the rectangular coordinate system in representing orthodontic tooth movement. *Journal of Biomechanics*, 39(16) : 2925–2933, 2006.

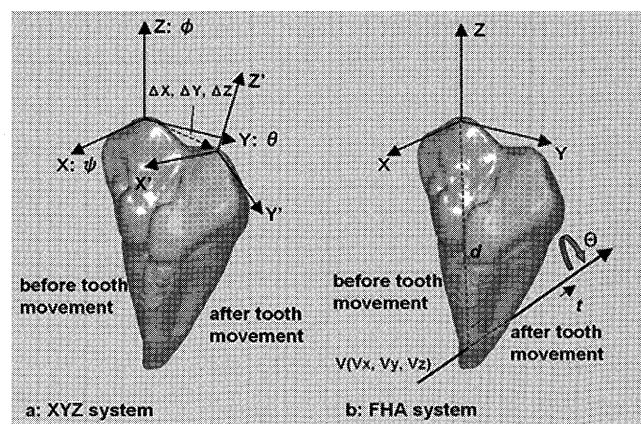


図1：XYZおよびFHA系による歯の移動の表現。FHA系ではFHA ( $V_x, V_y, V_z$ ) 周りの回転 ( $\theta$ ) と軸方向の平行移動 ( $t$ ) で三次元空間の移動を表現できる。