

歯の咬合のモデリングと咬合不良診断への応用*

4N-7

中尾隆之 國井利泰 指宿真澄†

東京大学理学部情報科学科‡

要旨

歯の噛み合わせ不良によって様々な咬合病が引き起こされる。歯科医学では、歯列のスムーズな滑走を妨げ、顎に負担をかける有害な接触点を削除することによって咬合不良の治療を行なう。

本稿では、歯列をコンピューター上にモデル化し、上下歯列の滑走時の接触点を視覚化し、有害な接触点の発見と、その正しい削除法の検討を援助して、咬合不良の治療へ応用する。

1 はじめに

歯科医学では、咬合不良の診断を「咬合器」に患者顎のモデルを取り付けた間接法によって行なう。咬合器は患者の顎運動を再現する機構を備えており、患者の歯列、顎関節のデータを移して噛み合わせ、滑走のチェックを行なう。この間接法の利点は、患者自身を束縛することなく、歯の噛み合わせを様々な角度から検討することが出来る点であるが、コンピューターの利用によって、この間接法の利点を更に拡張することが出来る。

本稿では、歯列のモデルと顎運動をコンピューター内に構築し、下顎の滑走運動のシミュレーションを行なう。ここでは、接触が歯科医学的に有害かどうかの判断は歯科医師にまかされるが、有害な接触点が発見された後、モデルに対して仮想的に様々な削除法を試みることが出来、更に削除後の滑走運動を行なうことが出来る。この手続きを繰り返すことにより、最良の削除法の発見を支援することが出来る。

2 歯列のモデリング

直接人間に対して歯列の精密な測定を行なうことは不可能なので、歯列の石膏模型を作成し、三次元デジタルを用いて歯列の表面に対するデータを入力する。

歯列の形状表現にはパッチをもちいるが、入力される測定点は任意に分布しており、これらを直接使ってパッチを張ることは出来ない。ここでは、これらの測定点から格子状の点集合を生成し、この点集合を利用してパッチを張ることで歯列の形状を表現する。また、格子状の点集合としてデータを保持することにより、歯列の接触点の発見を容易にすることが出来る。

3 顎運動のモデリング

人間の顎運動は顎関節を支点として行なわれる。ここでは、下顎の運動を

1. ある軸に関する開閉運動
2. 開閉軸そのものの運動

の二つに分けて考える。滑走運動に伴う開閉軸そのものの動きは顎関節の形状によって規定されるが、ここでは咬合器の機構を再現し、開閉軸は患者によって決まる角度を持つ直線に沿って動くものとする。

4 歯列の接触点の発見

人間の歯の形状は非常に複雑であり、上下の歯を噛み合わせた時のこれらの接触点の発見も容易ではない。

しかし、

- 上下歯牙の接触は必ず”上下方向”からに限られる

ので、この特性を活かして接触点の計算を簡略化する。

*Dental Articulation Modeling and Application to Diagnosis of Defective Articulation

†Takayuki Nakao, Toshiyasu L. Kunii, Masumi Ibusuki

‡Department of Information Science, Faculty of Science, The University of Tokyo

まず、水平方向に x 軸 y 軸、鉛直方向に z 軸を取る。更に、各歯牙を含み、各辺が座標軸に平行な最小の直方体を考え、それを用いて各上下歯牙間の接触がありうるかどうかを調べる。接触の可能性のある歯牙については、 x 軸 y 軸方向にそれぞれ二分した四つの直方体を考えてその接触の有無を調べる。ここで上記特性により、 z 軸方向への分割は必要でなくなる。

この分割を繰り返すことにより、直方体を格子の一区画にまで分割することが出来、最後に、上下歯牙の一区画のパッチの距離を実際に計算することによって接触点の有無を調べることが出来る。

5 滑走動作のシミュレーション

有害な接触点を発見するためには、歯列の滑走運動の過程において、上下歯牙の接触点を見究めねばならない。そこで、計算機上で滑走動作をシミュレートし、接触点の視覚化を行なう。

人間の顎関節には滑走運動に対するかなりの自由度があるが、咀嚼に有効でかつ咬合病を引き起こす原因となる滑走は $1 \sim 2\text{mm}$ の狭い範囲である。この滑走範囲内での支点の運動を決定し、またこの滑走範囲を幾つかに分割して、それぞれの支点の位置における上下歯牙の接触を計算する。

6 正しい削除法の検討

有害な接触点を見つけたら、それを削除せねばならない。正しい削除法は、

- 有害な接触点を削除したあと、臼歯の咬合があらゆる方向への滑走運動に対して均等になる

ということである。しかし、この条件を満たすような削除法を一意に見つけ出すことは困難である。

そこで、削除法に更に

- 切断面が平面となる

という条件を付加して単純化する。

その上で有害な接触点に対して幾つかの削除法を試み、各場合における滑走を行なってみることで結果を検討する。

7 結論

本稿では、以下のことを行なった。

1. コンピュータ内での歯列および顎運動モデルの構築
2. 滑走運動のシミュレーション
3. 有害な接触点の発見および正しい削除法の検討の支援

しかし、顎関節の機構は咬合器を再現するに留まっており、より忠実な人間の顎運動のモデル化は今後の課題として残されている。

参考文献

- [1] Boyse, J. W., "Interference Detection Among Solids and Surfaces," *Comm. ACM*, Vol. 22, No. 1, Jan., 1979, pp. 3-9.
- [2] 寺田健二, 田中文基, 他, "歯列の階層幾何モデル," (第3回 札幌国際コンピュータグラフィックスシンポジウム論文集, November, 1989).
- [3] 田中文基, 岸波建史, 他, "歯列形状モデルと咬合シミュレーション," (第4回 札幌国際コンピュータグラフィックスシンポジウム論文集, 1990).
- [4] Gordon, W. J., R. F. Riesenfeld, "B-spline Curves and Surfaces," *Computer Aided Geometric Design*, Academic Press, New York, 1974, pp. 95-126.
- [5] 塩谷景一, 牧之内三郎, 山懸敬一, "任意分布点群による自由曲面の一創成法," *精密機械*, Vol. 49, No. 7, pp. 32-36.