

X線CT画像に基づく歯周組織の個別モデリング

Individual Finite Element Modeling of Periodontal Tissue based on X-ray CT Images

○ 正 小関 道彦 (信州大) 学 宮下 智弥 (信州大)
正 伊能 教夫 (東工大) 榎 宏太郎 (昭和大)

Michihiko KOSEKI and Tomoya MIYASHITA:

Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda, Nagano, JAPAN.

Norio INOU: Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, JAPAN.

Koutaro MAKI: Showa University, 2-1-1, Kitasenzoku, Ota-ku, Tokyo, JAPAN.

Keywords : Biomechanics, Periodontal Tissue, Patient-specific model, X-ray CT.

1 はじめに

歯列矯正では、歯に装着したワイヤの弾性力を利用し、歯根膜および歯槽骨の力学状態を変化させることによって歯の移動を実現している。このため、矯正治療中の歯列の力学状態を正確に数値解析するためには、歯・歯根膜・歯槽骨からなる歯周組織を適切にモデル化する必要がある。本稿では、X線CT画像に基づく歯周組織の個別モデリングにおける課題を指摘し、ファントム像を用いた検討について報告する。

2 歯周組織をモデル化する際の課題

筆者らはこれまで、X線CT画像に基づき骨体の個別有限要素モデルを構築する手法について検討を行ってきた [1]。本手法では、X線CT画像によって与えられるモデリング対象領域のボクセル空間に、直接的に節点を配置することによってメッシュ分割を実施している。このため、複雑な生体組織の形状をCADモデル化することなく有限要素モデルを構築できるという特長がある。

本研究では、筆者らが提案するモデリング手法を歯周組織に適用する。その際、臨床で用いられているX線CT画像に基づくモデリングには以下の課題がある。

- ・ X線CT画像の空間分解能の限界
- ・ メッシングアルゴリズムの最適化

第一の課題として、現在、歯科臨床に用いられているX線CT画像の空間分解能の上限が0.1mm/pixel程度であることが挙げられる。これは、厚さが0.2mm程度しかない歯根膜は、CT画像上では2pixel程度でしか表現されないことを意味している。そして、このように少ない画素数では、実際にはなめらかな曲面を構成する歯根膜がガタガタに表現されてしまう。

第二の課題として、歯根膜が歯や歯槽骨に挟まれた構造となっている歯周組織にあわせてメッシングアルゴリズムを最適化することが求められる。ソリッド要素によるモデリングでは、各要素のアスペクト比が解析結果に影響を及ぼすため、非常に薄い歯根膜部にも適切なアスペクト比の要素を用いる必要がある。しかし、歯周組織全体を歯根膜部と同等のサイズの要素で分割したのでは、非常に大規模なモデルになってしまう。

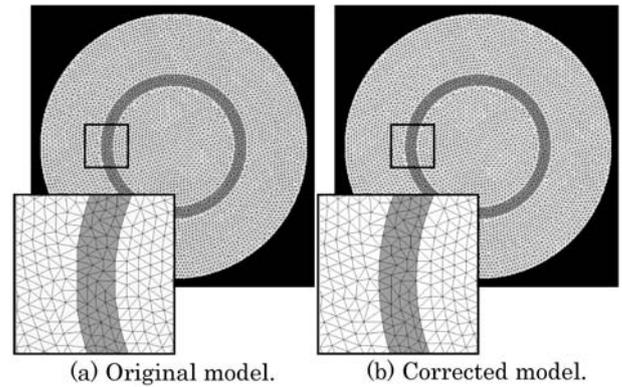


Fig. 1: Correction of locations of nodal points.

3 円柱ファントム像を用いた検討

今回は検討の第一段階として、数式により描画した円柱形状のファントム像を用いた。この円柱ファントム像に基づいて筆者らのモデリング手法で構築した有限要素モデルを図1(a)に示す。グレーで示す歯根膜領域も適切に要素分割がなされている。しかし図1(a)を詳細に観察すると、X線CT画像の空間分解能の限界により領域が直線的に区切られている部分があることがわかる。

そこで、モデル構築後に歯根膜の境界面を構成する節点を抽出し、それを円柱表面の法線方向に沿って移動することを試みた。結果を図1(b)に示す。この補正により、歯根膜領域の境界面がなめらかな曲線を描いており、より適切なモデルとなっていることがわかる。

4 まとめ

歯周組織は、その構造の複雑さのため適切な有限要素モデルを構築することが非常に難しい対象である。今回は簡単のため円柱ファントム像のモデル化および補正を試みた。今後、自由曲面に対応し、実際の歯周組織に適用してモデリングを実施する予定である。

参考文献

- [1] 小関道彦・上西雅也・伊能教夫・榎宏太郎: X線CT画像に基づく骨体の個別モデリング手法に関する研究(骨形態を考慮した要素分割手法の提案); 日本機械学会論文集C編, 72-717, (2006), 1470-1477.