

Title	3次元生理学的舌モデルを用いた舌の健常時及び部分切除手術後の運動に関する研究
Author(s)	藤田, 覚
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4194
Rights	
Description	Supervisor: 党建武, 情報科学研究科, 博士

3次元生理学的舌モデルを用いた舌の健常時及び部分切除手術後の運動に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

藤田 覚

舌は生存にとって重要な機能である味覚、咀嚼や嚥下機能に大きく関わる器官であると共に、人間の社会生活に重要な音声コミュニケーションにとっても重要な器官である。音声コミュニケーションは言語情報交換のみならず、音楽における歌のように人間の豊かな文化生活に欠かせない役割を果たしている。また、幼児と親との音声を介した関わりはコミュニケーションであると共に人間の発達・学習にとって重要な過程であると考えられる。そのため、舌の運動障害は人間の生活の質（QOL）に深刻な影響を与える。舌の運動障害の原因のなかで大きな比重を占める、舌切除手術によって生じる障害の軽減が可能ならばその効果は大きい。そこで、本研究は生理学的舌モデルに基づいて舌切除手術後の舌運動の推定・予測を正確に行うシステムの開発を目指し、そのために必要な要素技術の研究とする。

これまで、舌運動の研究は音声生成研究を中心に行われ、X線マイクロビーム撮影、tagged-cine-MRIなどを用いた運動観測や electromyography(EMG)を用いた外舌筋の活動計測が行なわれた。また構造的な解析手法として2次元または3次元舌計算モデルが用いられ、舌の動きと内部変形の数値化や可視化により発話メカニズムを究明してきた。だが、これまでのモデルを用いた研究は健常者しかも左右対称の発話運動が対象であったため、障害時の運動のような大変形かつ左右非対称な動きを再現できるモデルはまだ実現されていない。また、舌運動は muscular hydrostat と呼ばれる筋肉と軟組織の非圧縮性を利用したものであると考えられるが、3次元の舌運動と内舌筋を含む筋活性との関係の知識は不十分であり、舌運動の障害診断に用いられる突き出しや曲げ運動に関してもそのメカニズムは明らかではない。そのため手術計画段階での正確な障害予測は現状では困難であり、医療の課題となっている。もし、舌切除手術後の障害推定・予測を正確に行うシステムが開発されたならば、手術後の QOL を正確に考慮した手術計画が可能になり、またリハビリテーション計画作成にも有用であろう。さらに、正確な障害予測は機能的な側面におけるインフォームドコンセント形成にも役立つと考えられその波及効果は大きい。

本研究では、舌手術計画支援システムを目指して、既存の2.5次元生理学的発話シミュレータの舌モデルを拡張することにより3次元舌モデルを構築した。モデルは7x11x5層からなる質点群とそれらを結ぶ仮想的な体積を持つシリンダーから構成される。舌の軟組織はバネとダッシュポットを用いてモデル化され、また、筋肉はサルコメアのレオロジー的モデルである Morecki モデルを用いている。運動は変位依存型有限要素法(X-FEM)を用いて計算され、軟組織の非圧縮性は舌全体の体積に対する拘束条件とシリンダーのポアソン比で表わされる。その結果、舌の運動はモデルの筋活性によって生成可能であり、変形中の体積はほぼ一定に保たれる。

モデルの基本機能評価のため個別の外舌筋および内舌筋活性による運動生成を行い、その結果解剖学的知見と一致し基本機能の有効性が確認された。舌の障害診断に用いられる基本運動である突き出し・曲げ運動に対して HARP-MRI 法を用いた舌変形の観測を行ない、個別筋肉において、左右側および前・中・後部分の制御の自由度があることと、内舌筋（垂直舌筋、横舌筋）の関与が推定される結果を得た。観測結果と解剖学的知識を基に、内舌筋の共収縮を含む、muscular hydrostat 原理に基づいた突き出し運動と曲げ運動をモデルの筋活性により実現し、その筋活性パターンを推定した。そして、医師の手術計画に基づいた血管腫のあるモデルと舌部分切除モデルを用いて基本運動への影響推定を行い、患者の症例と比較・評価を行なった。血管腫の場合、影響は小さく症例と一致した。部分切除の場合、突き出し運動の障害側への偏位や曲げ運動の左右差など症例と傾向が一致する結果を得た。これは、モデル機能と基本運動の筋活性パターン推定の有効性を示す結果である。だが、偏位の大きさなどに違いがあり定量的な推定には至っていない。また半側再建舌モデルを用いて皮弁の剛性・粘性の突き出し運動への影響を調べ、剛性・粘性と偏位の単調増加かつ非線形な関係を得た。また同様に、構音運動に関して内舌筋を含む筋活性パターンを推定し外舌筋の EMG データや筋長計測データと比較し整合する結果を得、また内舌筋の関与も示された。その結果を利用して舌手術の影響推定を試み、さらに重力の舌運動への影響の考察も行なった。

本研究の結果、本モデルが健常時の舌運動解析、および舌手術後の障害予測の有用な手段となる可能性が示唆された。今後さまざまな切除範囲の模擬と症例との比較を行うことにより、精度良い舌切除手術の障害予測に繋がる可能性を得ることができた。