

エラストマー製マウスピースを用いた MRI による歯列計測法*

○北村 達也 (甲南大・知能情報), 林 峻平 (甲南大・理工)

1 はじめに

磁気共鳴画像法 (MRI) は, 発話の形態や動態の観測に広く利用されている。しかし, MRI では歯が空気と同じく低輝度に造影され, その境界を抽出するのが難しい。そのため, 発話時の声道形状を正確に計測できないという問題がある。

この問題に対して, 被験者の歯型石膏模型を水中に入れて MRI で撮像することにより歯列形状を計測する方法 [1], 造影プレートと呼ばれる MRI 造影剤を封入した歯冠プレートを歯にかぶせて撮像する方法 [2] が提案された。また, Takemoto ら [3] は, 造影剤 (ブルーベリーゼリー飲料) を口にふくませて撮像することによって歯列形状を計測する手法を開発した。しかし, 彼らの方法では, 被験者は撮像に要する約 10 分間造影剤を口にふくんでおく必要がある。また, 呼吸がしやすいように伏臥位で撮像するため, 呼吸に伴って頭部が動き, モーション・アーチファクトを生じることがある。

本研究では, MRI で高輝度に造影される素材を用いてマウスピースを製作し, 被験者にこれをくわえさせて撮像を行うことによって, 歯列形状を計測する手法を開発した。

2 エラストマー製マウスピース

マウスピースは熱可塑性エラストマーの 1 種であるクラレ社製セプトン [4] を用いて成形した。エラストマーとは弾力性に富む高分子化合物を意味する。なお, 以前の報告 [5] ではセプトンにパラフィンを混ぜていたが, 本報告のマウスピースではセプトンのみで成形しているため, 以前のものよりも弾力が強い。

このマウスピースは, 歯に密着しやすくするために, 上下の門歯および犬歯の形状はくさび状に, 臼歯部の形状は角状にしてある。また, 門歯および犬歯の長さを臼歯に対して長くして歯列とマウスピースとの間に隙間が生じないようにした。さらに, マウスピースをくわえた状態で自然な咬合になるように上の歯列に対して下の

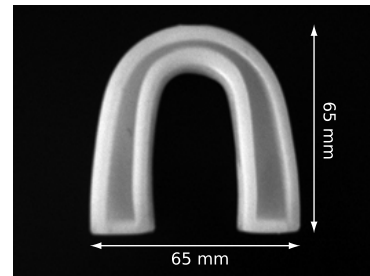


Fig. 1 Elastomer dental mouthpiece.

歯列が若干後方に位置するようにした。

作製したマウスピースの写真を図 1 に示す。このマウスピースの大きさは縦約 65 mm, 横約 65 mm, 高さ約 20 mm であり, 咬合部の厚さは約 4 mm である。MR 画像中の上下歯列を分離するためには, MR 画像の解像度に対して十分な厚さのセプトンが上下歯列間に存在する必要がある。咬合部の厚さは, 被験者がマウスピースを噛むことによる変形, MR 画像の解像度, および被験者のくわえやすさを考慮して決定した。なお, マウスピースの臼歯部を切断することにより被験者の歯列の大きさに合わせることができる。

3 MRI 撮像

撮像に用いた MRI 装置は, ATR-Promotions 脳活動イメージングセンタに設置された島津 Marconi 社製 MAGNEX ECLIPSE 1.5T Power Drive 250 である。撮像シーケンスは, Fast Spin Echo 法, TE=3.36 msec, TR=15.0 msec, FA=30°, 撮像領域は 256×256 (分解能は 512×512 pixels), スライスは矢状方向で, 厚み 1 mm, 間隔 1 mm, 加算回数は 1 回である。

セプトンは化学シフトを生じさせるため, MR 画像上で実際の位置とは異なる位置に造影されてしまう。そこで, 頭部を高磁場に設定した撮像と, 脚部を高磁場に設定した撮像を行い, 後述する方法で化学シフトを補正して歯列を抽出した [5]。以下, これらの撮像によって得られる画像をそれぞれ「head-to-foot(HF) 画像」, 「foot-to-head(FH) 画像」と呼ぶ。

* A method for measuring tooth shape by magnetic resonance imaging using an elastomer dental mouthpiece. by KITAMURA, Tatsuya and HAYASHI, Shunpei (Konan Univ.)



Fig. 2 A foot-to-head image of the mid-sagittal plane.

被験者は日本人成人男性5名で、うち1名は金属冠による歯の治療痕がある。被験者はマウスピースを口にくわえ、仰臥位にて撮像を行った。本手法では仰臥位で撮像できるため、呼吸に伴うモーション・アーチファクトが生じにくい。

4 歯列抽出法 [5]

MR画像からマウスピースの領域を抽出し、それを化学シフトと逆方向にシフトさせることによって化学シフトによるずれを補正した。HF画像ではマウスピースは上向きに化学シフトし、FH画像では逆に下向きに化学シフトする。このシフト操作を施すと、HF画像では下顎歯列の形状が正確になり、FH画像では上顎歯列の形状が正確になる。そこで、次に、HF画像、FH画像からそれぞれ下顎、上顎を抽出する。最後に、得られたデータを3次元構築することによって、上顎および下顎のボリューム・データを得る。

5 結果

5.1 撮像及び抽出結果

FH画像の例を図2に示す。MR画像中の白く見える領域がマウスピースである。このように、歯列とマウスピースとの間にコントラストが生じるため歯列を抽出することができる。

上記の方法でマウスピースの領域の化学シフトを補正し、目視により下顎の領域を抽出し、3次元構築した結果を図3に示す。造影剤を用いるTakemotoら[3]による手法では1本1本の歯の形状が抽出できるのに対して、本研究の手法では歯が連結して抽出されてしまう。造影剤は歯間に入り込むため、個々の歯の形状を抽出するにはTakemotoらによる手法が有効である。

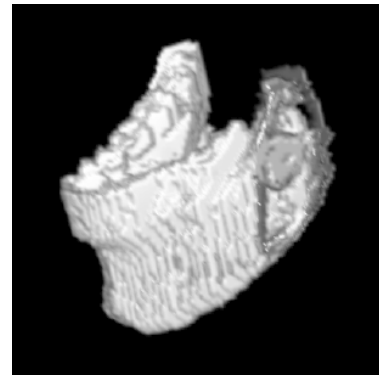


Fig. 3 Volume data of the lower jaw constructed from MR images.

また、本研究で対象とした被験者において、金属冠によるMR画像への影響は見られなかった。

5.2 撮像時に発生した問題

MRI撮像において以下のような問題が生じた。第1に、撮像中の被験者の動きによるモーション・アーチファクトが生じることが何度かあった。これは、被験者に対して撮像中はできるだけ動かないよう指示することで防ぐことができる。

第2に、マウスピースが歯に正しくはまらないまま撮像してしまったという事例があった。被験者本人はマウスピースが正しくはまったかどうか確認しにくいので、実験者が事前に十分確認する必要がある。

第3に、下の門歯とマウスピースに隙間が生じてしまい、歯列形状を正確に抽出できないケースが数多く見られた。この問題については、マウスピースと歯列との間に、粘性が高くかつ脂肪分を多く含む食品を詰めることによる解決を試みたが、完全な解決には至っていない。

6 おわりに

本研究では、MRIで高輝度に造影される素材でマウスピースを作製し、それを用いてMRIにより歯列形状を計測する手法を提案した。

謝辞 本研究は2008年度ひょうご科学技術協会奨励研究助成金の支援を受けた。

参考文献

- [1] 楊ら, 信学論, J77-A, 1327-1335 (1994).
- [2] 和久本ら, 音講論 (秋), 397-398 (1997).
- [3] Takemoto *et al.*, AST, 25, 6, 468-474 (2004).
- [4] 西川, JETI, 51, 93-96 (2003).
- [5] 北村ら, 信学技報 (MI), 103, 113, 7-10 (2007).