

# 母音連鎖/ei/発声時の多断面タギングMRIによる 舌の内部変形の計測\*

高野佐代子 (ATR-CIS, ATR-Promotions)、松崎博季、元木邦俊 (北海学園大・工)

## 1 はじめに

我々は筋肉の集合体として舌運動を模擬する音声生成機構のモデル化を目指し、磁気共鳴映像法 (MRI) を用いて舌の変形運動メカニズムを調べている。これまでに母音発声/ei/の正中矢状面におけるタギングMRI (tagged-MRI: t-MRI) による内部変形の可視化より内舌筋 (横舌筋) の関与が示唆され [1]、また筋活動によって舌変形を行う有限要素法 (FEM) シミュレーションを用いて、横舌筋前部の関与により/i/の前後上下および左右膨張圧縮変形をほぼ再現できることを確認した。 [2]。

しかし母音/i/の音響生成の実現には正中面でのシミュレーションでは不完全であり [3]、オトガイ舌筋前部 (genioglossus anterior: GGa) によって作られる前舌部の正中溝による狭めが必須である。そこで本報告では、舌の正中溝の実現とその周囲で生じる口蓋への衝突を含めた広範囲の変形運動を調べるために、多断面の t-MRI を用いて、母音発声/ei/における広範囲の観察を行ったので報告する。

## 2 方法

### 2.1 t-MRI の撮像

本報告で用いた t-MRI 撮像法は先行研究 [1] と同様であり、ある時刻に MRI の陰影タグを付加して音声生成中の舌の内部変形を記録するものである。日本人男性話者 1 名が MRI 装置内 (島津 Marconi 社、Magnex Eclipse 1.5T) にて外部トリガ同期撮像法により 1 秒間隔の 2 拍子のガイドトーンのリズムに合わせて母音連鎖/ei/を繰り返し発声した。なお本報告では Fig. 1 に示すように矢状方向において新たに 5 断面を撮像し、8 mm 間隔の格子状の tag を付加して 25 フレーム/秒の MRI データを得た。撮像パラメータは TE/TR=3/910 ms、NEX=2、4mm 厚、F0V128 × 128 mm、256 × 256 pixels である。得られた MRI データのうち、初期状態 /e/ (0 ms ~ 40 ms) と最終状態 /i/ (360 ms ~ 400 ms) についての比較を行う。

### 2.2 画像分析と可視化

得られた矢状面タギングデータの各時刻の縦線 tag、横線 tag、舌表面のトレースを画像データとして保存

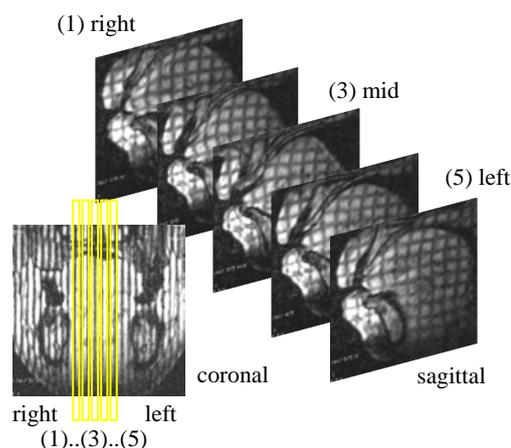


Fig. 1 多断面 t-MRI における撮像位置。図中、向って左側が話者の右部位、向って右側が左部位に相当する。スライス名は被験者の右側から左側に向って (1)..(3)..(5) である。

した (Fig. 2 (A))。縦線および横線の AND 操作により得られた領域の重心点を tag 線の交点として記録し、初期状態から最終状態への移動ベクトルを示した (Fig. 2 (B))。ベクトルの大きさは実際の移動距離の 1.5 倍の長さで示されており、上向きの移動は赤、下向きの移動は青とした。

また上記のベクトル図 (B) は下顎の運動の上に舌の変形が重畳されているので、舌組織の部分的な伸長と短縮を明らかにするために、各格子点間の初期状態から最終状態の長さ変化について記した (Fig. 2 (C))。上下方向の伸長 / 短縮はベクトルの鉛直方向成分、前後方向の伸長 / 短縮はベクトルの水平方向成分で表現している。 Fig. 2 (C) の丸印は初期位置 (tag の格子点) を表す。ベクトルが上向きの場合は、その部位での局所的な上下方向の伸長を、左向きの場合は前後方向の伸長を表している。局所的な短縮がある場合には、ベクトルは下向き (上下方向の短縮) 右向き (前後方向の短縮) となる。

## 3 結果と考察

### 3.1 格子タグ、ベクトル図

母音連鎖/ei/における変形は (Fig. 2 (A),(B)) に示すように、全てのスライスにおいて前舌部では前上

\*Measurements of the internal tongue deformation during /ei/ using multi-slice tagged-MRI. by Sayoko Takano (ATR-CIS, ATR-Promotions), Hiroki Matsuzaki and Kunitoshi Motoki (Hokkai-Gakuen University)

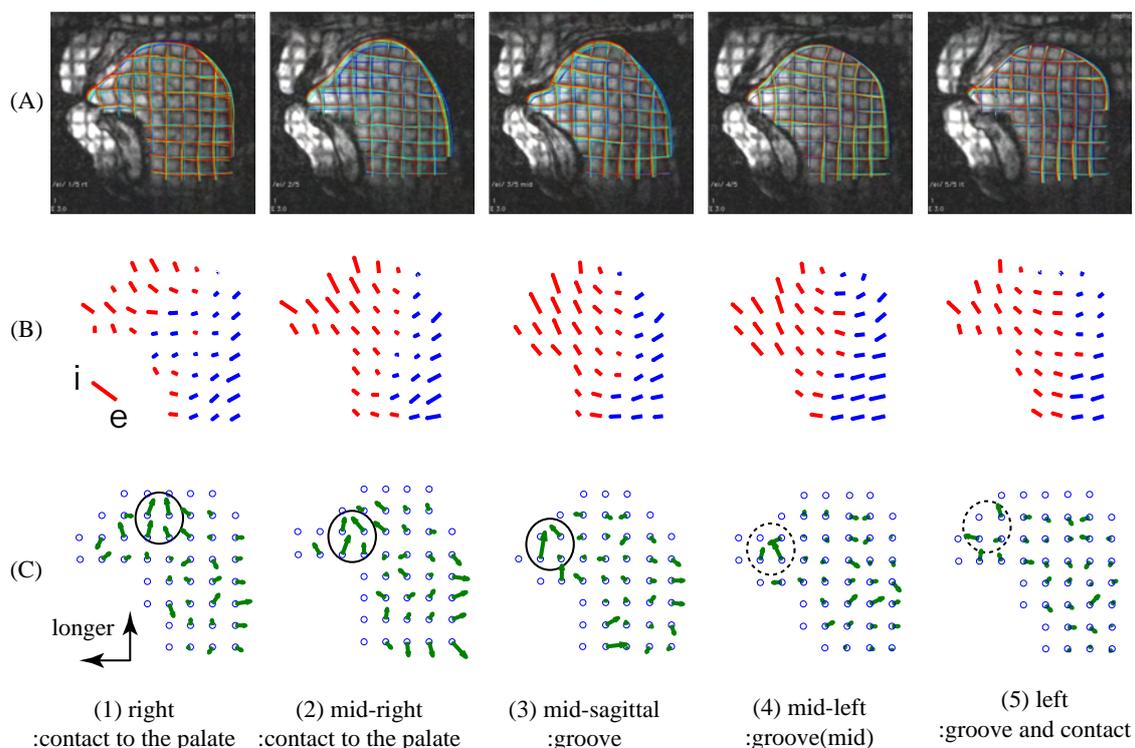


Fig. 2 (A) t-MRI とそのトレース図。初期状態/e/は青色、最終状態/i/は赤色である。(B) tag 点の移動方向のベクトル図。上向きの移動は赤、下向きの移動は青で、長さは実際の約 1.5 倍である。(C) tag 点間の上下前後の組織伸長短縮図。上方向および前方向は tag 交点間の伸長を意味する。

方への移動、舌後方部では前下方への移動が見られる。矢状正中面およびその左側に相当する (3)~(4)、(5) において正中溝が存在する。正中溝に相当する部位における移動変形量が最も大きく、その外側で顕著な左右差が見られる。被験者右部位 (1) では前方への移動が大きく、被験者左部位 (5) では上方への移動が大きい。右部位では舌表面の口蓋への衝突が生じて上方への移動が制限されており、左部位では上方への移動が顕著に見られる。

### 3.2 組織の伸長短縮図

下顎運動による影響を差し引くために、舌内部の変形の伸長短縮図 (Fig. 2 (C)) を観察すると、舌根部では前後方向の短縮、主に舌上部前方では上下方向の伸長が見られる。これまでの先行研究から推測すると舌根部の短縮は主に GGp によるものと考えられる。舌上部については、被験者右部位 (1) のうち舌上方中央部における伸長、(2) では舌上方前部の伸長、(3) では舌上方先端部の伸長がわずかに生じ、(4)、(5) では舌上方前部が複雑に変形している。正中溝に相当する (3)~(5) の舌前部では、上方への組織の移動が生じつつ GGa による下方への引き下げが生じているので特に複雑な伸長短縮が見られると考えられる。

また (B) のベクトル図と (C) の伸長短縮図における左側および右側の変形の特徴は必ずしも一致しな

い。下顎の左右方向の回転の成分は舌の両側部位において特に顕著に現れるので、舌の変形メカニズムを調べるためには、下顎運動を考慮した上で内部変形の左右差を含めた立体的な変形を考える必要がある。

今後は時間経過も含め、口蓋への衝突前後の様子を調べる予定である。

## 4 まとめ

5 断面の t-MRI を用いて、広範囲にわたる舌の変形運動について調べた。舌の変形には大きな左右差が見られ、正中溝を作る部位では複雑な伸長短縮が見られた。舌の変形メカニズムを調べる上では内部変形の左右差を含めた検討が重要であることが示された。

謝辞 本研究のデータは ATR 人間情報科学研究所において撮像されたものである。本研究の一部は平成 19 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (B) 課題番号 18300069 からの支援により行われた。

## 参考文献

- [1] 高野, 本多, (2006), 音声言語医学. 47. 283-290.
- [2] Takano, S., Matsuzaki, H., Motoki, K. (2007). Proc. Interspeech. TuC.02-3, pp.62-65.
- [3] 松崎, 高野, 元木. (printing). 北海学園大学工学部研究報告 35 号.