

超音波診断装置による調音運動観測におけるプローブ位置の補正*

☆大山 陣, 北村 達也 (甲南大), 孫 静, 林 良子 (神戸大)

1 はじめに

超音波診断装置は舌の運動を簡便に可視化できる比較的安価な装置として広く利用されている。この装置で調音運動を計測する際には、下顎に超音波プローブ (以下、プローブ) をあてることが多い。これによって、プローブから発せられる超音波ビームが舌表面にて反射し可視化される。しかし、発話によって下顎が動き、それに伴ってプローブも動くため、得られる画像には下顎の動きが反映されない。

この問題は以前から認識されており、様々な手法が提案されている (例えば [1])。本研究では、2D マーカーを用いる簡便な方法を実装したので報告する。

2 提案法

提案法では、超音波撮像と同時に Web カメラにより話者の側方の映像を撮影し、後者を用いて求めた頭とプローブの位置関係から超音波画像を補正する。話者の頭部とプローブの側面に正方形のマーカー (それぞれヘッドマーカー、プローブマーカーと呼ぶ) を固定し、画像認識によりそれらの位置を計測する。

マーカーは AprilTag [2] を採用した。MATLAB の Computer vision toolbox にてそれを認識する関数が提供されているためである。ヘッドマーカーとプローブマーカーのサイズは、それぞれ 30 mm 四方、20 mm 四方である。プローブマーカーはプローブ先端から約 30 mm の位置に固定した。

話者の頭部とプローブにマーカーを固定した様子を Fig. 1 に示す。頭部と下顎の動きに伴う各マーカーとプローブの相対的な位置関係の変化を Fig. 2 に示す。簡単のため、初期状態 (Fig. 2 左) では 2 つのマーカーが画像に対して垂直であるとしている。画像より各マーカーの 4 隅の画像上の座標が得られる。発話状態 (Fig. 2 右) におけるヘッドマーカーの傾き θ_h はその 4 隅の座標から求められる。プローブマーカーの 4 隅

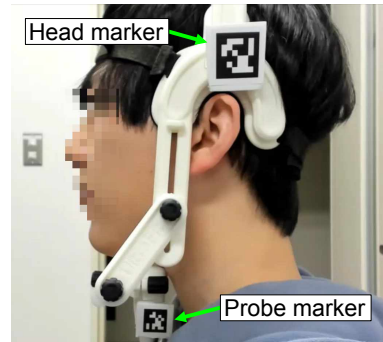


Fig. 1 Head and probe fiducial markers.

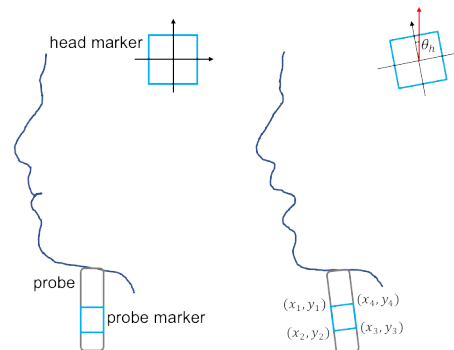


Fig. 2 Relative position and angle of the probe to the head marker.

の座標 (x_n, y_n) ($n = 1, \dots, 4$) をヘッドマーカー中心を基準に θ_h だけ回転させた座標 (x'_n, y'_n) を求める。これらの座標からプローブマーカーの傾きとプローブ先端の座標を求め、それらを用いて対応するフレームの超音波画像をユークリッド変換する。以上の処理により、下顎の動きによるプローブ位置変動を補正した超音波画像が得られる。

本研究ではヘッドセットを用いてプローブを固定するため、発話中に下顎とプローブの位置関係は変化しないと仮定している。しかし、プローブを手で保持する場合には、計測中に下顎とプローブの位置関係が変化することが避けられず、撮像領域が変化 (回転) してしまう。提案法はこのようなケースには対応していないが、理論上は、下顎にマーカーを追加し下顎とプローブの位置関係も計測すれば対応可能である。

* Calibration of relative probe position on measurement of articulatory movements by ultrasound. by OHYAMA, Jin, KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), SUN, Jing, and HAYASHI, Ryoko (Kobe Univ.)

3 処理例

3.1 データの収録

超音波診断装置 (GE Healthcare, LOGIQ e Premium) により、矢状面における発話時の舌運動を計測した。ヘッドセット (Articulate Instruments, UltraFit Headset) を用いてマイクロコンベックスプローブ (8C-Rs) の先端を実験参加者の下顎に密着させた (Fig. 1)。プローブ先端に超音波ゼリーを塗布した。

超音波診断装置の映像は HDMI ポートから出力し、ビデオキャプチャー (IO Data, GV-HUVC) を介して PC に入力した。同時に、音声はマイクロフォン (Sony, ECM-77B), オーディオインタフェース (Roland, Rubix22) を介して PC に入力した。これらの映像と音声を OBS Studio にて録画した。

マーカの撮影は、実験参加者の横方向約 0.35 m の位置より web カメラ (Logicool, BRIO) により 30 fps, 720p にて撮影した。撮影には Logicool Capture を用いた。

収録においては、まず実験参加者が食用ゼリーを口腔内に保持した状態を撮影した。超音波診断装置では一般に超音波が舌表面で反射し、口蓋が造影されることはほとんどないが、著者らの経験上この方法により口蓋が造影される¹。続いて、実験参加者の日本語 5 母音発話、最大速度での音節反復の状態を撮影した。得られた超音波画像より口蓋および舌の境界を GetContours [4] を用いてトレースした。以上の手続きは「神戸大学大学院国際文化科学研究科における人を直接の対象とする研究審査」の承認を得た。

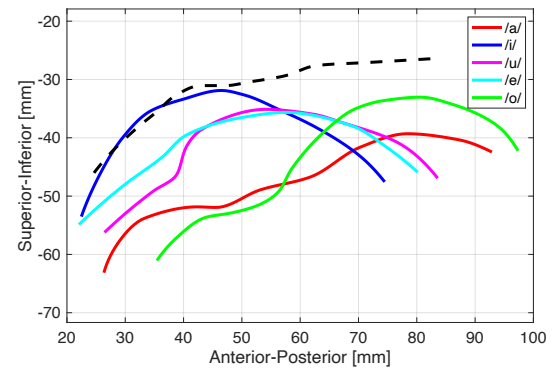
3.2 結果

発話中のヘッドマーカに対するプローブマーカの上下左右方向の変位は数 mm のオーダーであった。この値は通常の発話時の下顎の動きに対して小さいが、これは本研究にて使用したヘッドセットによる制約と考えられる²。このような制約がないケースでは、これ以上にプローブは動くと考えられ、提案法の効果は大きくなる。

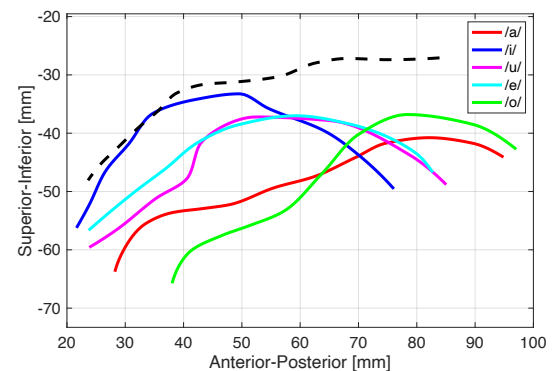
プローブ位置の補正前、補正後の超音波画像より抽出した口蓋および日本語 5 母音発話時の舌輪郭をそれぞれ Fig. 3(a), (b) に示す。図中の破線は口蓋を示す。上述の理由により 2 つの図

¹ 飲料水、炭酸飲料、ゼリー飲料では造影されなかった。

² ヘッドセットが発話を阻害している可能性があり、調査が必要である。



(a) Original



(b) Calibrated

Fig. 3 The palate and tongue measured during production of the five Japanese vowels. Tracings of (a) original and (b) calibrated images.

の差異は小さいが、提案法により口蓋と舌との位置関係が補正されていることがわかる。

4 おわりに

本研究では、超音波診断装置による調音運動の計測時の超音波プローブの空間的位置を 2D マーカを用いてトラッキングし、下顎の動きを超音波画像に反映させる手法を提案した。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 (Nos. 20H00291, 20H01265, 20H05630, 21H04348) の受けた。正木信夫博士 (ATR) のご助言に感謝します。

参考文献

- [1] Masaki *et al.*, *Ann. Bull. RILP*, 20, 33–46 (1986).
- [2] Olson, *Proc. ICRA*, 3400–3407 (2011).
- [3] Pucher *et al.*, *Speech Commun.*, 123, 83–97 (2020).
- [4] Tiede & Whalen, *UltraFest VII*, (2015).