

▶ 超音波画像法にもとづく舌の相対的 サイズ計測の試み

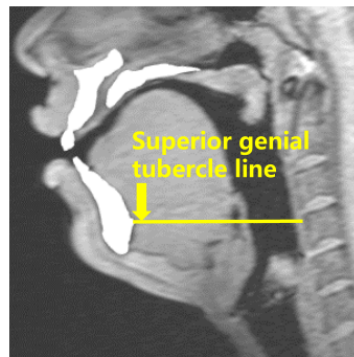
◎孫静(神戸大), 北村達也(甲南大), 能田由紀子(国語研),
牧野桃子, 談曉鋒,
山根典子(広島大), 林良子(神戸大)

研究背景

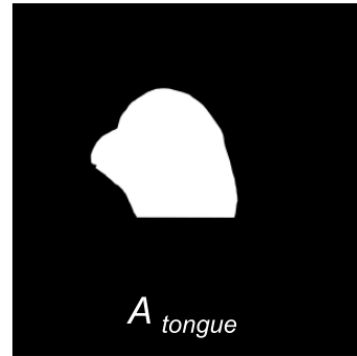
- 発話には個人差があり，舌の動きが滑舌や明瞭度に影響する．舌の動きが鈍いと構音障害の特徴として現れることもある [1] ．
- 口腔・咽頭腔に対する舌の相対的サイズ（Relative Tongue Size, RTS）が舌の動きに差異を生じさせる一因と考えられる [1] ．
- MRI を用いた RTS 測定は高コストである ．

🌐 研究目的

- 目的1：超音波によるRTS計測手法の提案
 - MRIデータから求めた舌の相対的サイズは**RTS**とされる.



(a) Lower boundary



(b) tongue area



(c) oropharynx area

Feng ら(2017)

母音/i/発話時の舌面積 (A_t)
と口腔・咽頭腔面積 (A_o)
から計算

$$\text{Relative tongue size (RTS)} = \frac{A_{\text{tongue}}}{A_{\text{tongue}} + A_{\text{oropharynx}}}$$

- 超音波データから求めたRTSを**uRTS**とする
- 目的2：uRTSと舌運動速度の関係の解明



実験参加者

- 日本語母語話者 8 名（男性 3 名，女性 5 名）
- 中国語を母語とする日本語学習者 2 名（女性 1 名，男性 1 名， JLPT N1, N2 合格者）

🌐 rtMRIデータの収集

- rtMRIデータベース:
 - 3種類のデータベースから日本語母音 /i/ 発話時のフレームを抽出 [2,3].
- 使用装置: 3T MRI装置 (MAGNETOM Verio, Siemens)
- 撮像内容: 発話中の正中矢状断面のrtMRIを撮像.
- 撮像条件:
 - 画像サイズ: 256×256 ピクセル.
 - 解像度: $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$.
 - スライス厚: 10 mm .
 - フレームレート: 13.79 fps .



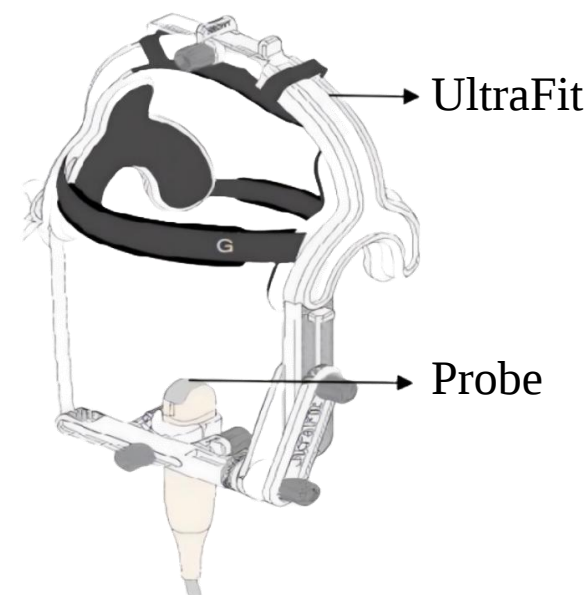
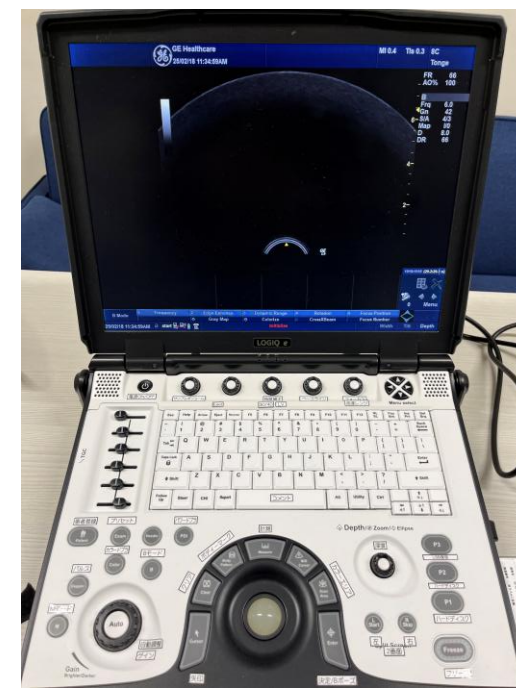
[2] Maekawa, AST, 46(1), 45 - 54, 2025.

[3] 神戸大日中対照調音動態 MRI 動画コーパス (KUJC-MRI) , 2023.



超音波データの収集

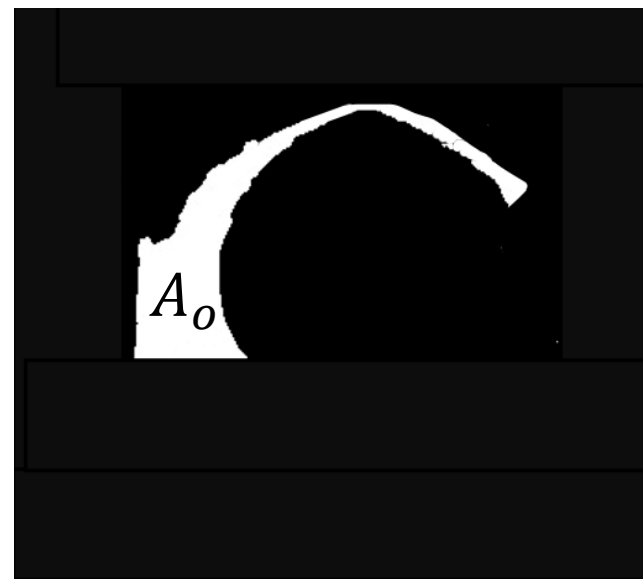
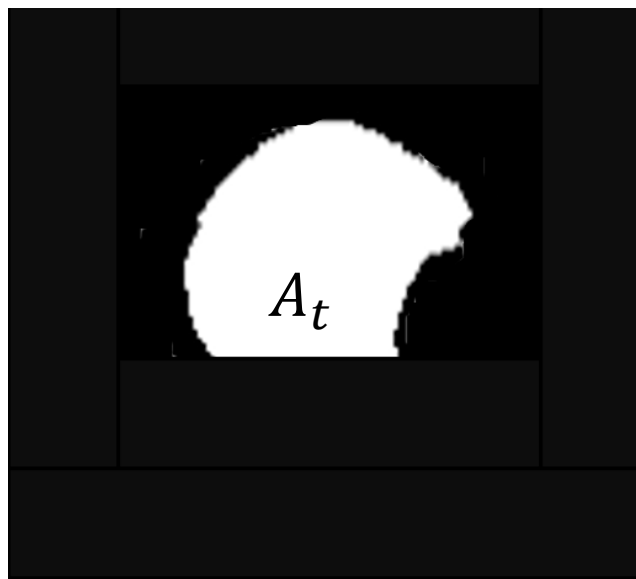
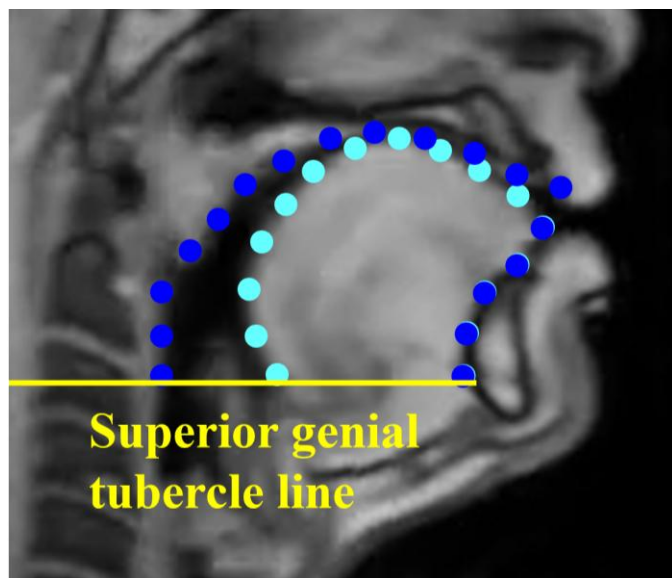
- 超音波データの収集方法:
 - 超音波ゼリーを塗布したマイクロコンベックスプローブ（8C-Rs）を実験参加者の下顎に当てる.
 - 超音波断層撮像装置（LOGIQ e Premium）を使用し，正中矢状断面における舌の運動をBモードで撮像（60 fps）.
- プローブの固定:
 - プローブはUltraFitヘッドセットで固定.
 - 発話時に頭を動かさないよう指示.
- 発話資料:
 - 日本語汎用版「北風と太陽」[4]を使用.
 - 計327モーラの音声を収録.



🌐 RTSの計測方法

- rtMRI による **RTS** : Feng ら[1]の方法で, 母音 /i/ 発話時の舌と口腔・咽頭腔の面積から RTS を計算.

$$\text{RTS} = \frac{A_t}{A_t + A_o}$$



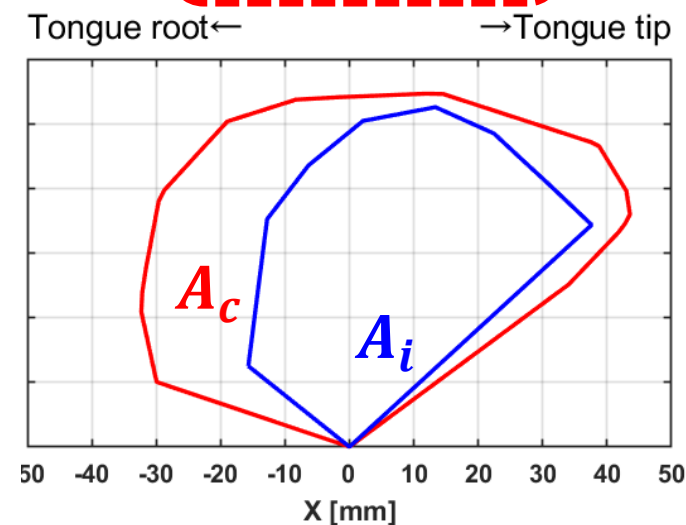
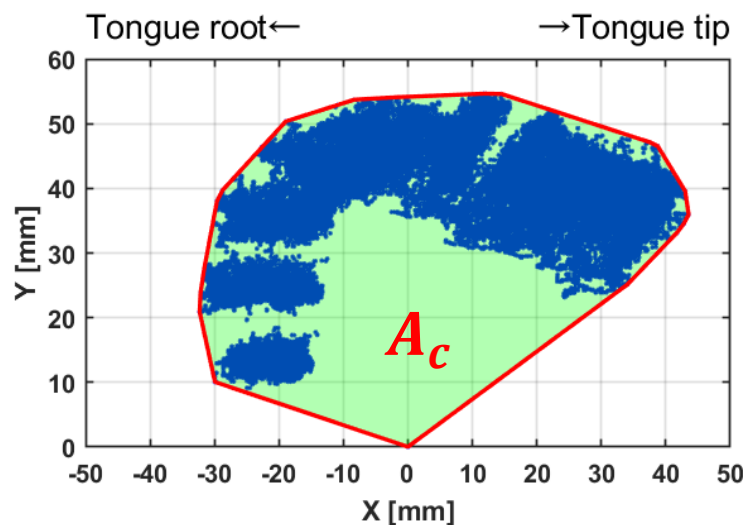
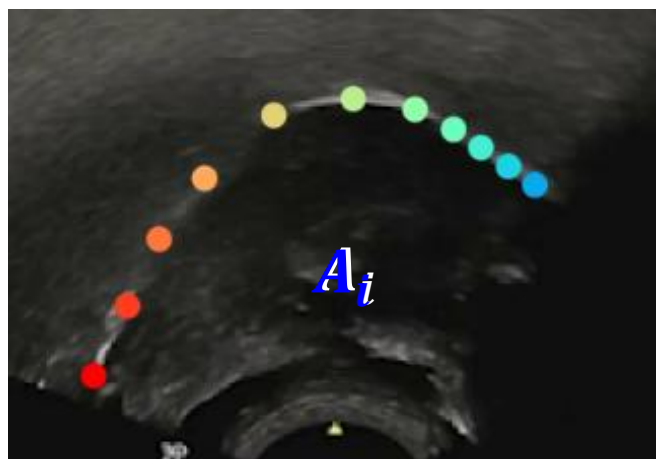
- DeepLabCut (DLC) を使ってrtMRI データから舌輪郭点を自動抽出 [5] .

[5] Mathis et al., Nature Neuroscience, 21(9), 1281 - 1289, 2018.

🌐 提案法：uRTSの計測方法

- 超音波による **uRTS**：超音波データで舌の可動域（凸包面積） A_c と母音 /i/ の舌面積 A_i から uRTSを計算[6].

$$uRTS = \frac{A_i}{A_c}$$



- 中央の図の青い点は， DLC [6]を用いて発話データにおけるすべての舌の輪郭点から計算したもの



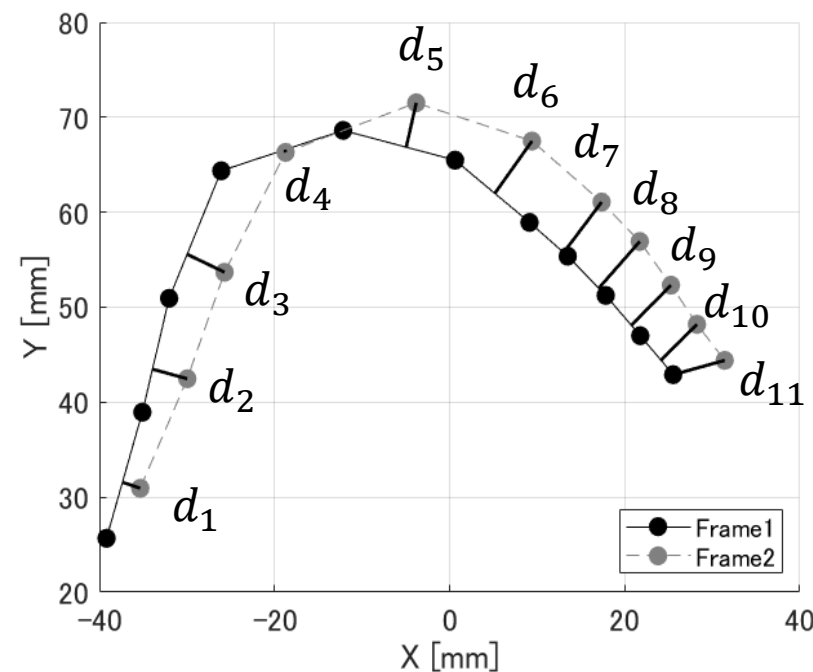
舌の運動速度計測

- 「北風と太陽」の超音波データを用いる
- Takemotoら[7]の評価法でフレーム間の最短垂直距離から舌の運動距離を求める。

$$D = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n$$

- 舌の運動速度 V [mm/s] は運動距離 D をフレーム周期 t と 1 秒あたりの発話モーラ数 s で割って算出。

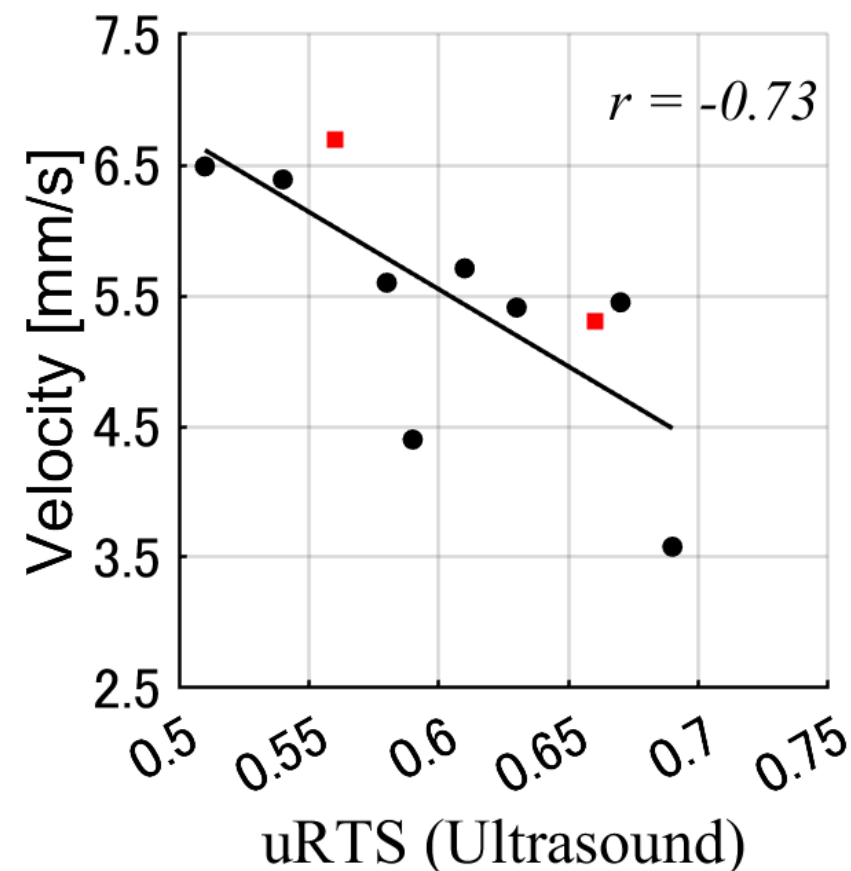
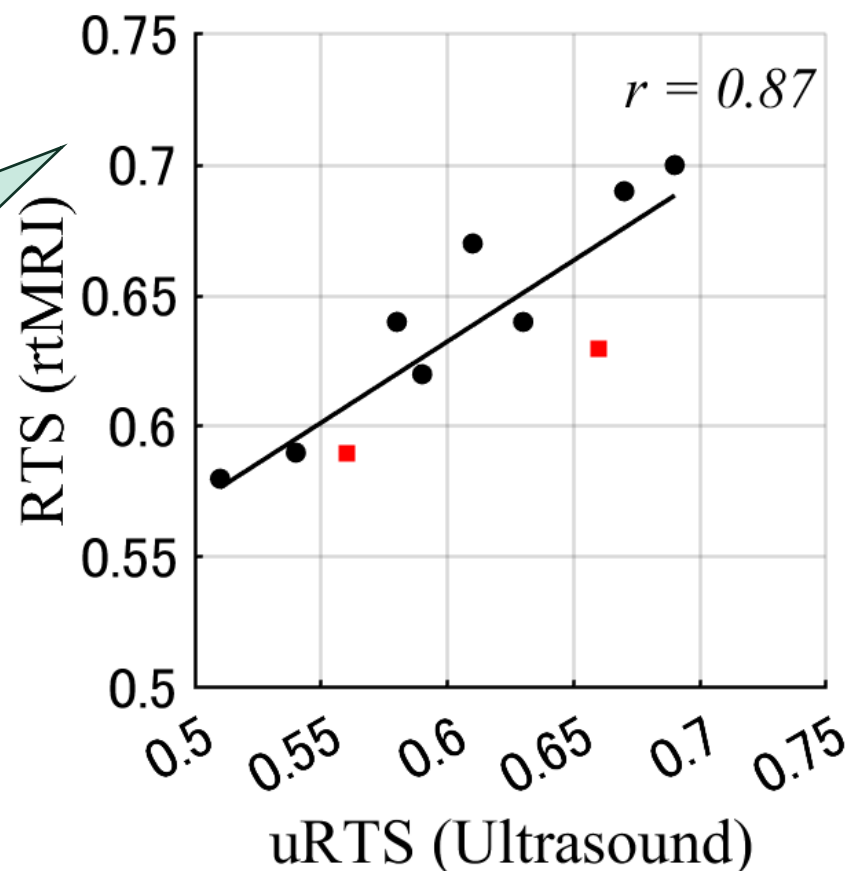
$$V = \frac{D}{t \cdot s}$$





実験結果

黒丸●は日本語母語話者、赤四角■は学習者のデータ



- rtMRIデータから求めたRTSと超音波データから求めたuRTSの相関が高い ($r = 0.87$) .
- 両者の結果はほぼ一致していることが確認された.
- uRTSと舌の運動速度の間には負の相関が見られる ($r = -0.73$) .
- uRTSが大きいほど、舌の運動速度が遅くなる傾向がある.

考察

- uRTSとRTSの間には強い正の相関が認められ, uRTSと舌の運動速度の間には負の相関が確認された.
- 本研究は, Fengら (2017) の研究結果の一部を支持している.
 - 舌サイズ (RTS) が舌の運動速度に影響を与える.
- MRIと比較して低コストで簡便な手法として, より広範囲に使用可能であることが示唆されている.
- 大きな舌を持つ個人が発話に困難を抱える場合, 超音波による評価が治療計画に役立つ可能性がある.

まとめ

- 超音波画像法を用いたRTSの計測法であるuRTSを提案し、その有効性を示した.
- MRIと比較して、超音波はコストが低く、実験参加者への負担が少ないため、研究において実用的なツールとして有用である.
- RTSが大きいほど口腔内の可動域が狭くなり、舌の運動速度が低下する.
 - この制約は、発話の流暢さや明瞭度に悪影響を与え、臨床的な構音障害の一因となる可能性がある.



今後の課題

- 本研究では、日本語母音/i/を用いてRTS（uRTS）を計測したが、今後の研究では他の母音についても同様の計測を行う。