



サブハーモニクス測定を組み込んだ粗さ性嚙声の評価のための多変量モデルの開発

医学系研究科 耳鼻咽喉科・頭頸部外科学

招へい教員 北山 一樹

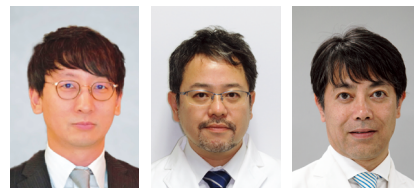
Researchmap <https://researchmap.jp/itkktky>

講師 細川 清人

Researchmap <https://researchmap.jp/drink>

教授 猪原 秀典

Researchmap <https://researchmap.jp/read0046473>



研究の概要

声の粗さ性（ガラガラ声）は、声帯振動の非周期性に由来する主要徴候です。本研究では、サブハーモニクスやカオス性雑音と呼ばれるガラガラ声の特徴を自動検出し、その種類と出現割合を数値化しました。さらに従来の音響指標を統合し、粗造性を0~10で定量化する多変量モデル Acoustic Roughness Index (ARI) を構築しました。ARI は文章音読と持続母音を連結した音声から算出でき、聴覚印象と高い一致を示し、ガラガラ声に対して高い弁別性能を示しました。

研究の背景と結果

粗さ性の知覚は、声帯振動の周期性が乱れるときに強まり、その物理的手がかりとして基本周波数 (f_0) の整数分の1に相当する周波数成分—— $1/2$ や $1/3$ などのサブハーモニクス——および規則性の乏しいカオス性雑音が知られています。ところが、実際の連続発話ではこれらが時間的に入り混じり、さらに左右声帯の非同期などに伴う二重発声や高次サブハーモニクスが重なるため、サブハーモニクスの安定検出と定量が難題でした。最大のボトルネックは、非周期性が強い音声で基本周波数の見積り自体が乱れやすいことでした。

本研究では、まず前処理として堅牢な基本周波数推定方法を開発し、その上で $f_0 \sim 2f_0$ 帯域を対象にフレーム解析を行い、 $1/2 \cdot 1/3 \cdot$ 高次サブハーモニクス、カオス性雑音の4群に自動分類して出現割合（必要に応じて相対強度）を数値化しました。単一指標では聴覚印象の粗さ性との相関は限定的でしたが、サブハーモニクス総量 (SubSUM) とカオス指標 (ChaoN) は中等度~強い相関を示し、粗さ性の説明力が向上しました。さらに、これら新規指標を既存音響量と統合し、多変量回帰式 ARI を構築しました。

検証では、連結音声（文章音読+持続母音）に対する ARI が Spearman の順位相関係数 $=0.807$ で聴覚印象とよく一致し、受信者動作特性曲線の曲線下面積 $=0.916$ と高い弁別性能を示しました。モデルは主観評価を置き換えるものではなく、評価者間のばらつきを減らし、治療前後や経時変化を同一物差しで比較するための補助尺度として機能します。今後は、多言語・感情音声・歌唱など非標準発声への拡張と、臨床現場・在宅での運用要件（録音環境や雑音耐性）の最適化を進め、距離に依らない客観的な声の健康チェックの基盤技術として発展させていきます。

研究の意義と将来展望

ARI により、これまで主観評価に依存していた粗さ性の判定を客観化し、治療前後の効果や経時変化を定量で把握できるようになります。臨床研究のアウトカム指標としても活用しやすく、診断の標準化や施設間比較の促進に資すると考えます。今後は多言語・感情音声・歌唱など“非標準発声”への適用拡大、遠隔診療や在宅モニタリングへの実装、AI 診断支援との連携を進め、距離や環境に左右されない音声ヘルスチェックの社会実装を目指します。

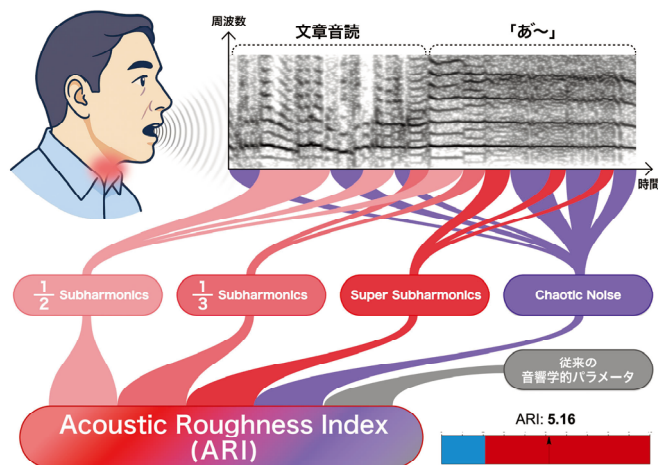


Figure 1: ARIの概要図

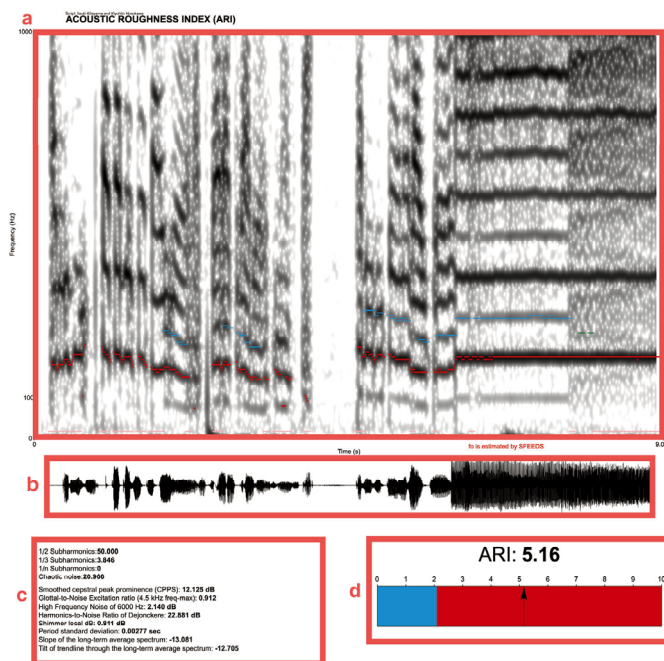


Figure 2: ARIの結果出力

特許 特開2025-180166

論文 Kitayama, Itsuki; Hosokawa, Kiyohito; Iwaki, Shinobu et al. A multivariate model incorporating subharmonic measurements for evaluating vocal roughness. NPJ Digit Med. 2025, 8(1), 295. doi: 10.1038/s41746-025-01702-2
Kitayama, Itsuki; Hosokawa, Kiyohito; Iwaki, Shinobu et al. Robust fundamental frequency-detection algorithm unaffected by the presence of hoarseness in human voice. J Acoust Soc Am. 2024, 156(6), 4217-4228. doi: 10.1121/10.0034624

参考URL https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2025/20250701_1

キーワード 音声解析、嚙声、粗さ性、サブハーモニクス、音響モデル