

# ポップアウトボイス話者の 声帯振動観測の試み

北村達也 (甲南大), 榊原健一 (北海道医療大),  
内尾紀彦, 山中絢太 (そらいろ耳鼻咽喉科センター北駅前院),  
能田由紀子 (国語研), 天野成昭 (愛知淑徳大)

# 背景と目的

- ポップアウトボイス (PV) の生成要因は？
  - 大きな雑音下でもよく聞こえる声, いわゆる「よく通る声」 (Amano et al., 2022)
- EGGによる発声様式の調査 (北村ら, 2022)
  - PV発声時は声門開放時間率 (Oq) の異なる発声様式が用いられる
- rtMRIによる声道の形態, 動態の調査 (相馬ら, 2023)(相馬ら, 2024)

PV発声時の声帯音源生成に関する直接的観測を

# 実験1：喉頭ストロボスコーピーによる観察

- 実験参加者
  - 話者A：PVを有する女性（日本語母語話者）。小学生の時に声帯粘膜における器質的病変の診断を受けた。
  - 話者B：通らない声を有する男性（日本語母語話者）
- タスク：母音/e/
  - 話声区の音高4音を鍵盤アプリにより提示
  - 話者A：PV
  - 話者B：通らない声とPVを意識した声
- 実施：そらいろ耳鼻咽喉科センター北駅前院の医師
  - 神奈川県医師会倫理委員会の承認（No. 2303）

# 実験方法（つづき）

- 装置
  - ファイバ스코ープ：PENTAX Medical VNL8-J10
  - ビデオプロセッサ：PENTAX Medical EPK-3000
  - デジタルストロボ스코ープ：永島医科機器 LS-H10
- 座位にて実施
- ボスミン噴霧後，ファイバを経鼻的に挿入
- 麻酔なし



Modified Killian's Methodによる観察の様子

# 結果：実験参加者A

- 結節が確認された
- 結節のため、声門下圧が低い状態では声帯の規則的な振動が得られない
- 発声の際に過緊張の状態で声帯振動を生じさせている
  - 声門が披裂部により隠れて観察不可
- この発声様式が習慣化し、ポップアウトボイスにつながっているのではないか

# 結果：実験参加者B (1/2)

- 声帯がやや萎縮気味で薄い



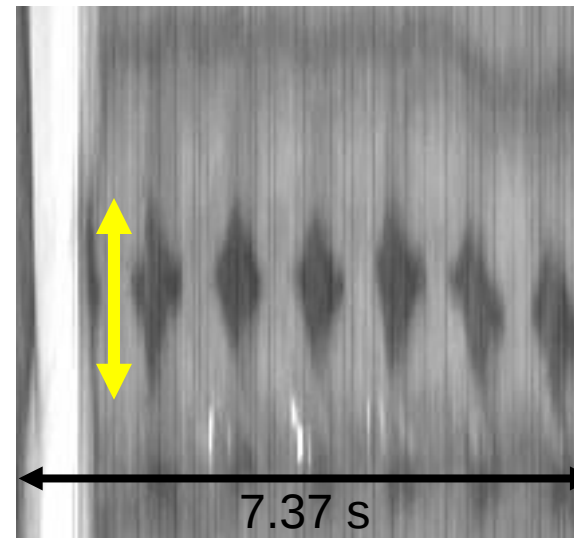
通常の声 (通らない声) 167 Hz



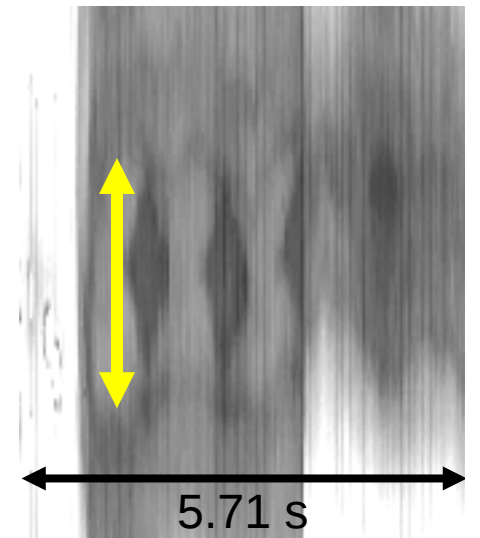
PVを意識した声 167 Hz

# 結果：実験参加者B (2/2)

- 動画からキモグラフを作成し、声門開放時間率 (Oq) を算出
  - 通らない声：0.57
  - PVを意識した声：0.57
  - 差はない
- 目視する限りでは、PVを意識した声では声門開閉の動きが大きい



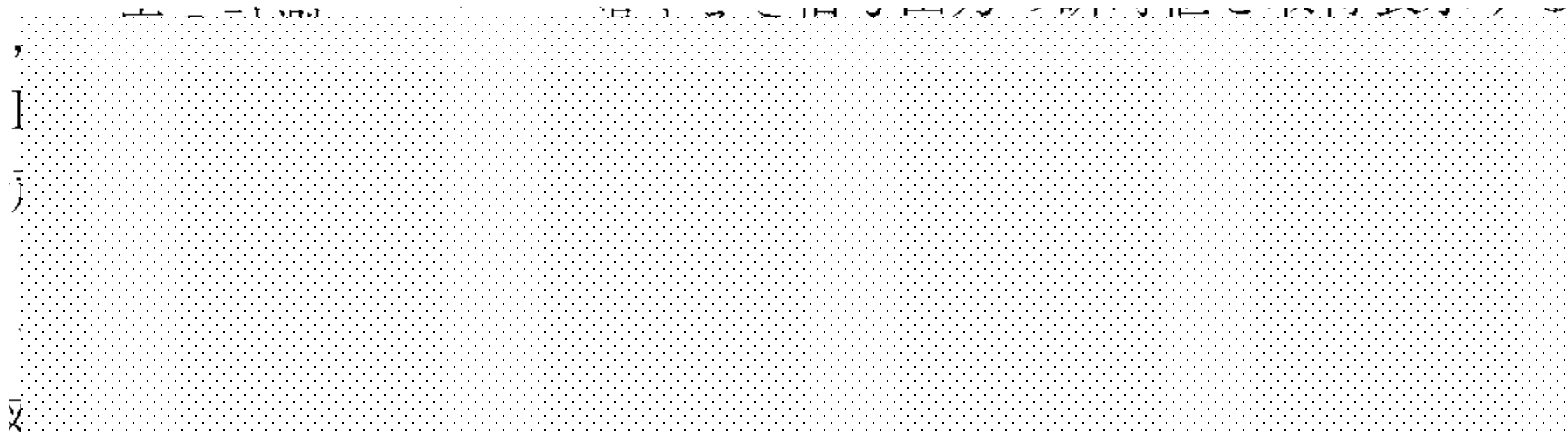
通常の声 (通らない声)



PVを意識した声

# 実験2: 空気力学的検査

- 呼気流から音声へのエネルギーの変換効率をAC/DC (vocal efficiency index) にて定義
- AC/DC : 発声時呼気流の直流成分 (DC) と変動成分 (AC) の比



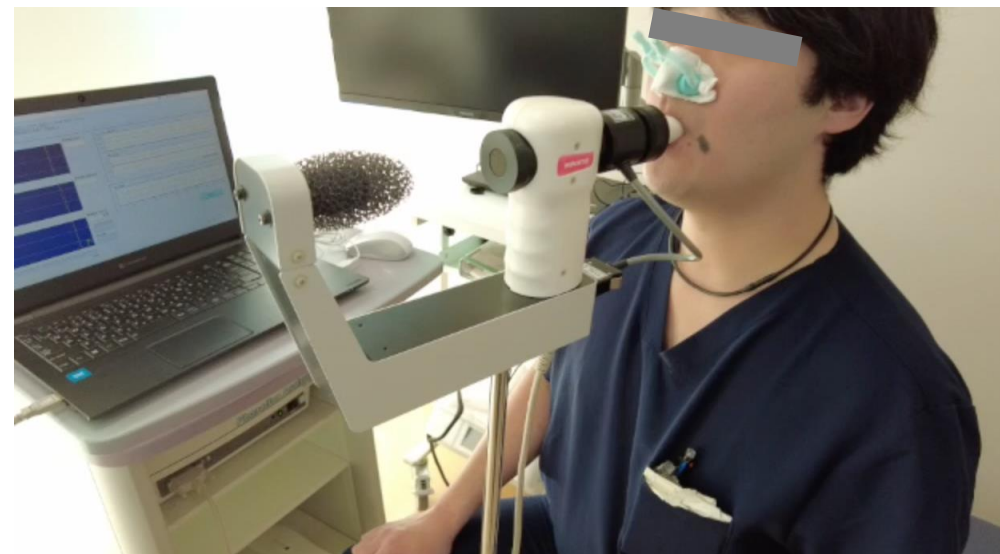
$$\frac{\text{ACフロー}}{\text{DCフロー}}$$

AC/DC算出の原理 (讃岐・一色 (2006) を改変)

讃岐, 一色, 新型ホーネーションアナライザー (PA-1000), 喉頭 (2006).

# 方法

- 参加者：日本語を母語とする成人男性1名 (ボイストレーナーの経験を有する言語聴覚士, 32歳)
- 装置：ミナト社ホーネーションアナライザ PA-1000
- タスク：母音 /e/
  - ポップアウトするように意識した声 (PV)
  - ポップアウトしないように意識した声 (NV)
  - 声の高さ：2段階
- 方法：ノーズクリップをした状態でマウスピースをくわえ発声



# 結果

表1：低fo条件

|              | NV          | PV          |
|--------------|-------------|-------------|
| fo [Hz]      | 190         | 184         |
| DCフロー [mL/s] | 377         | 132         |
| ACフロー [mL/s] | 132         | 123         |
| 音圧レベル [dB]   | 88          | 90          |
| AD/DC [%]    | <b>35.0</b> | <b>93.2</b> |

表2：高fo条件

|              | NV          | PV          |
|--------------|-------------|-------------|
| fo [Hz]      | 315         | 310         |
| DCフロー [mL/s] | 157         | 239         |
| ACフロー [mL/s] | 64          | 197         |
| 音圧レベル [dB]   | 87          | 96          |
| AD/DC [%]    | <b>40.8</b> | <b>82.4</b> |

PVはAC/DCが非常に高い

# まとめ

- 喉頭ストロボスコピー，空気力学的検査により，PV発声に関する声帯振動を観察
- PVの生成には，個人の声帯の特性，発声の習慣が関与するのではないか
- PV発声は発声効率が高い．PV発声時は呼気流のエネルギーを効率的に音響エネルギーに変換しているのではないか

本研究はJSPS科研費基盤研究 (A)「ポップアウト・ボイスの生成・知覚基盤の解明に基づく高性能拡声音技術の開発」(JP20H00291) の支援により実施された．実験2は装置試用品中に行われた．

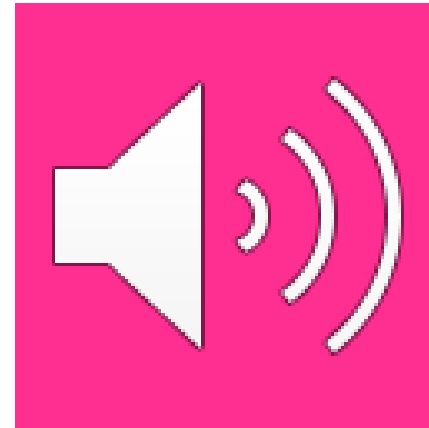
# 実験1: 喉頭ストロボスコーピーによる観察

- 発声中の声帯に、声帯振動と同期して間欠発光するストロボ光を当てることによりスローモーション像を得る手法
- 声帯が周期 $T$ で振動している時、同じ周期で間欠発光するストロボ光を当てると、声帯が静止して見える
- ストロボ光の周期を $T + \Delta t$ とすると、声帯がゆっくり振動するように見える

# 音声サンプル



NV



PV