

音声コミュニケーションを科学する -「音声」を多角的な視点で研究する-

荒井隆行 (上智大学理工学部)

略歴:
・上智大学理工学部電気・電子工学科卒業 (89年卒)
・同大学大学院理工学研究科 博士 (工学)
・アメリカ Oregon Graduate Institute 研究員 (現 Oregon Health & Science University)
・アメリカ Intel Computer Science Inst. 研究員
・アメリカ Massachusetts Inst. of Tech. 研究員
・現在、上智大学理工学部情報理工学科 教授

書籍:
・デジタル信号と時間数
・語彙シリーズの監修
・音声の音響分析、信号処理システム、音入門、音声知覚の基礎
・その他多数
・言語聴覚士テキスト「音声学」他

所属学会:
・IEEE, アメリカ音響学会, ISCA, 音声情報通信学会,
・日本音響学会 (理事・前副会長・音声学コミュニケーション委員会),
・日本音声学会 (理事), 日本音声学会 (理事), その他
・その他: 世界でも影響力のある研究者トップ2% (2023-24年)
・NHK Eテレ「えいごであそぼ」監修 など

受賞:
・日本音響学会論文賞 2回
・ISCA Fellow / INTERSPEECH Show & Tell 賞 2回
・日本音声学会学術研究奨励賞 2回
・その他

Nov., 2024 講演の一部はJSPS特別研究21K02889 / 24K06423ならびに上智大学重点領域研究の助成を得た成果です。 T. Arai

Websites

The Knot / Find Sophia / Arai Lab.

つながる!

Nov., 2024 T. Arai

Outline: Speech Chain (Denes & Pinson, 1993を改定) と共に

音声コミュニケーション:
・複数の話者・子どもから高齢者まで、非聴覚話者も
・片方がコンピュータやロボットであることも
・遠隔地間でも (電話・インターネット他)
・言語学/心理学/医学/脳神経/生理学/社会学/社会学

自分の声を聞く?

周囲で変わる聞こえ

片耳で聞く

聞いた声を表紙

どうやって発音?

音声の指向性

Nov., 2024 言語学的役割 生理学的役割 音響学的役割 心理学的役割 言語学的役割 T. Arai

音声の指向性

Sugimoto and Kinoshita (2023)

- NHK放送技術研究所との共同研究
- VR空間:従来の3DoFから次世代の6DoFへ
- 私たちは話者が向いている方向を知覚できるか?
→ 音の大きさやスペクトルの変化の組み合わせ

Nov., 2024 音場他 (2024) T. Arai

NHK放送技術研究所での様子

- 2024年7月31日と8月1日にて収録実験

プロジェクトメンバー (無響室にて)

新所長である神田菊文氏にご挨拶 (電電卒業生)

Nov., 2024 T. Arai

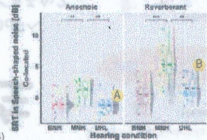
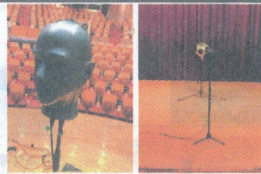
周囲で変わる聞こえ

- Auckland大学他との共同研究
→ 16個のスピーカによる音場再現
→ 正面からターゲット音声
→ 周囲から雑音や残響
- 科学警察研究所との共同研究
→ 話している人は同じ? 違う?
→ 雑音の有無でどう変化?
- 聴取者に対する実験
→ SN比低下
→ 誤り増加
→ FAR > FRR

Nov., 2024 Hoka et al. (2023) T. Arai

片耳で聞く

- 一側性難聴 (UHL)
 - 片耳は正常、もう1つの耳に難聴
- 実験
 - 環境: Anechoic vs. Reverberant
 - 聴取者: UHL, BNH (健聴者)、MNH (健聴者の片耳受聴)
- 結果
 - UHLに改善、特に残響下で顕著
- 人工内耳
 - 国際医療福祉大学との共同研究



Nov., 2024

Tsuiji et al. (2024)

T. Arai

自分の声を聞く?

- 発話中にも自分自身で自分の声を実は聞いている
 - モニタリング=フィードバック制御
- もし自分の声が聞こえない?
 - フィードフォワード制御のみ (修正がされない)
 - 聴覚に障がいがある方々
 - DAF (遅延聴覚フィードバック): 発話がもつれる、吃音が改善など
- 実験 (荒井他, 日本音響学会研究発表会, 2022)
 - ヘッドフォンに雑音を流す → 一時的に自分の声が聞きにくい状態
 - 発話時の音声と舌の様子を記録 (超音波診断装置)
 - 日本語 (母語) と英語 (非母語) の比較

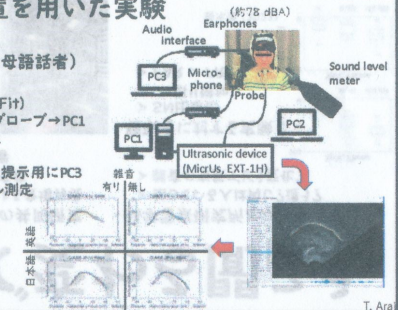
Nov., 2024

T. Arai

超音波診断装置を用いた実験

荒井他 (2022)

- 発話者: 9名 (日本語母語話者)
- 実験環境
 - ヘッドセット (UltraFit)
 - 超音波診断装置+プローブ → PC1
 - マイクフォン → PC1
 - 教示用にPC2
 - 雑音 (babble noise) 提示用にPC3
 - 騒音計で騒音レベル測定
- 発話内容
 - 英語 "run" "ran"
 - 日本語 「ラン」「ラン」
- 結果
 - 2パターンを観測



Nov., 2024

T. Arai

どうやって発音?

- 言語音の多くは呼吸と共に作られる (そうではない音もある)
- 大きく分けると母音と子音
 - 母音: その多くが声帯の振動を音源+声道の共鳴 (声道の形状が重要)
 - 子音: 声帯振動源に加えて摩擦音源・過渡音源・摩擦音源+共鳴
- 音声生成の音源フィルタ理論 (Fant, 1960)
 - 例えば、音源として声帯振動源をシステムへの入力 $x(t)$
 - 声道形状が固定 → 声道は線形時不変なシステム → インパルス応答: $h(t)$
 - 出力 $y(t)$ は音声 (あくまでも近似モデル)

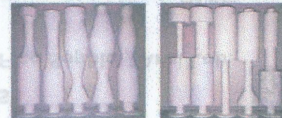
$$x(t) \rightarrow h(t) \rightarrow y(t) = h(t) * x(t)$$

Nov., 2024

T. Arai

声道模型 (音源とフィルタの独立性と相互作用)

- Chiba and Kajiyama (1941-42)
 - 音源に関わる喉頭の詳細な計測
 - フィルタに関わる声道の形状を3次元的に計測 (X線や口蓋図、喉頭鏡など)
 - 母音の形状によって質が決まる → 声道模型によって確認
- Arai (2001, 2007, 2012, 2016, 2022)
 - Chiba and Kajiyamaの声道模型を復元 → 種類を増やし音声教育にも応用
 - VTM-N20やVTM-T20: 3Dプリンタ用ファイルがwebsiteから無償公開

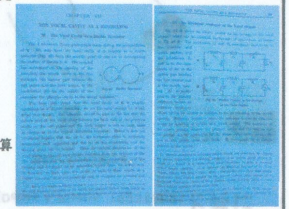

<https://splab.net/APD/V100/>

Nov., 2024

T. Arai

千葉・梶山の母音論 (1941-42)

- The Vowel: Its Nature and Structure
- 母音生成と知覚機構を次の観点から論じた:
 - 生理学
 - 物理学
 - 心理学
- 歴史上初めてそれらを統合
- 著者らは以下のことを示した:
 - 母音波形はフーリエ分析可能である
 - 声道の共鳴現象に電気回路モデルを使用
 - 測定した声道形状から母音のスペクトルを計算

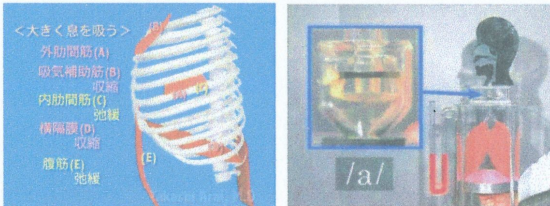


Nov., 2024

T. Arai

肺のモデル

- 呼吸時と発声時のアニメーション(左)
- 肺のモデルと頭部形状模型(右)



Nov., 2024

T. Arai

声道模型の博物館展示

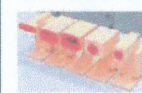


Nov., 2024

T. Arai

最近の博物館・科学館展示

国立民族学博物館

荒井, 日本音響学会
研究発表会 (2023)

Nov., 2024

Guwahati (India)



T. Arai

声道模型: 第2言語の音声教育応用

- Arai (2014)
 - VTM-BRモデル: もともと英語の bunched /r/ を生成する模型
- Arai (2015)
 - 日本語母語話者に対して英語の母音 /ε/ を訓練するために応用

- 声道模型を用いたほうが特に第2フォルマントについてターゲットの母音に近づくことが確認
- マルチモーダルな訓練方法は、聴覚の訓練に加えて、視覚でも舌の高さを確認し、さらに触覚でもその微妙な感覚を身に付けておくことが音声教育には有効

Nov., 2024

T. Arai

NHK Eテレ「えいごであそぼ with Orton」

- 子ども向け英語番組
 - 2017年から2023年まで放送
 - 荒井が発音に関する実験コーナーを監修
 - 例えば、/r/ではひもが通った玉を舌ですくい上げる ↑
 - 博士が英語の中に出てくる「音」に関わる実験道具を発明
 - 子どもたちがそれを使ってその「音」を学ぶという設定
- 実際の馴染みのある英単語を発音しながら、英語の音の作り方を体全体や五感を使って印象付けながら習得
- えいごの音だせるかな? こうさくブック(講談社)
 - 荒井が執筆
- 「えいごであそぼ Meets the World」でも
 - 引き続き発音の監修

Nov., 2024

T. Arai

聞いた声を真似る

- まずは、「動き」のある声道模型を紹介

- 解剖模型風
- 梅田・寺西式
- スライド式

Production of phrases by mechanical models of the human vocal tract

Arai Lab. (Sophia University), Japan



INTER-SPEECH (2020)

INTER-SPEECH (2024)

Nov., 2024

T. Arai

最新のプロジェクト

- 荒井研における博士前期課程 Earp氏の修論
- システムがターゲット音声を出力するように学習
- ターゲット音声と出力音声の差を最小化
 - Trial and Errorによる母音獲得
 - 赤ちゃんのcooing / babbling
- Analysis by Synthesis 法
- 興味深い点
 - 必ずしも同じ生成メカニズムではない
- その後
 - 対象は母音 & 自由度を“3”へ拡張
- 将来
 - フレーズへ拡張



Nov., 2024

T. Arai

その他

- マルチモーダルな音声知覚
 - 視覚と聴覚 Arai et al. (2022)
 - 触覚と聴覚
- マイボイスプロジェクト 川原他 (2016)
 - ALSなどの患者様の声を事前に録音
 - 声を失った後もその方の声でコミュニケーション
- 臨床応用とAI・機械学習
 - 嘔声の判断に応用 石原・荒井 (2021)
 - 閉鼻声の聴覚印象が嘔声の有無に依存



Nov., 2024

T. Arai

つながる!



皆様に感謝申し上げます

Nov., 2024

T. Arai