

1-1-1

1-1-1 Geometrically Constrained Moving Interference Suppression with Estimated Moving Range

☆ Mingxue Song, Tetsuya Ueda, Shoji Makino (Waseda Univ.)

- ◆ Multiple GC-AuxIVA (MGC-AuxIVA) uses more microphones to create multiple null constraints to let the separation matrix suppress the moving interference.
- ◆ Although MGC-AuxIVA shows better performance than Online GC-AuxIVA, it requires information on the moving range of the interference.
- ◆ In this paper, we preprocess the observed signals by CSV-AuxIVE to extract the interference signal and estimate its moving range. Then we apply MGC-AuxIVA to suppress the moving interference.
- ◆ According to the experimental result, the proposed method showed a comparable performance of that of MGC-AuxIVA while no moving range is required.

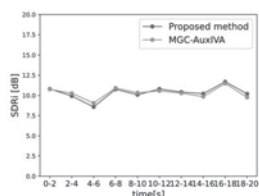


Fig.1: Average SDRi of the target source enhanced by each method every 2 s.

1-1-3

1-1-3 独立低ランク行列分析における iterative projection with adjustment を用いた 分離行列の更新

IPA-based demixing filter updates of independent low-rank matrix analysis

© 蓮実拓也, シャイブラー ロビン (LINE)

- ◆ ブラインド音源分離手法の独立ベクトル分析 (independent vector analysis: IVA) では、近年、iterative projection with adjustment (IPA) に基づく高速な分離行列の更新手法が提案されている。
- ◆ 本稿では、IVA の生成モデルを Gauss 分布に拡張した独立低ランク行列分析 (ILRMA) に対して IPA を適用する。また、IPA の数値不安定性を緩和するために、実装上の改善を行う。
- ◆ 音声と楽音それぞれの多チャネル音源分離実験により、提案手法の数値安定性を評価する。また、ILRMA において、IPA と従来手法と比較した場合の分離性能と収束速度を評価する。

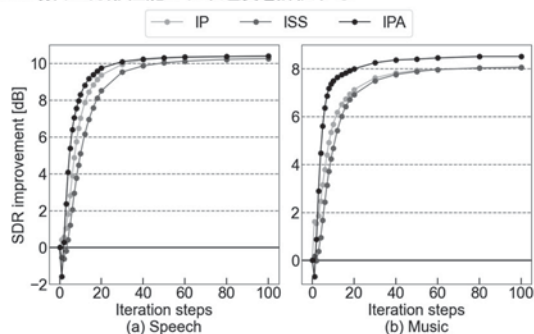


Fig1. ILRMA の各更新アルゴリズムにおける

反復に対する SDR 改善量の変化

1-1-2

1-1-2 目的音声の方位を用いた空間正則化付き 独立低ランク行列分析による 拡散雑音下リアルタイム音声強調

Real-time speech enhancement under diffuse noise condition using ILRMA with spatial regularization based on DOA of target speech

☆ 石川悠人, △小中康平(東大), 中村友彦(産総研),

高宗典玄, 猿渡洋(東大)

- ◆ 拡散性雑音下における多チャネルブラインド音声抽出手法であるランク制約付き空間分散行列推定法のリアルタイム拡張を提案
- ◆ 性能向上のため、前段処理に目的話者の方位を用いた空間正則化付き独立低ランク行列分析 (ILRMA) を導入し、正則化項の設計方法の違いから2種類 (SR-ILRMA, RSR-ILRMA) を提案
- ◆ シミュレーション実験により、RSR-ILRMA が事前情報を使用しない ILRMA (NaiveILRMA) より優れた分離性能を示し、かつリアルタイムに動作する範囲で動作することを確認

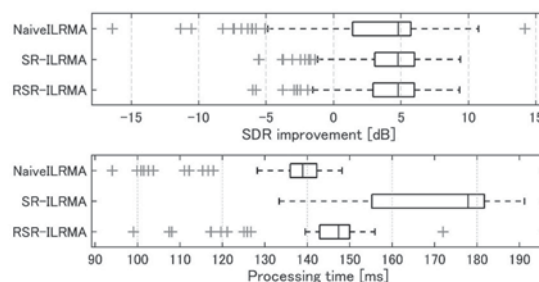


Fig. 1: Boxplots of source-to-distortion ratio (SDR) improvements (top) and processing times (bottom) for each method

1-1-4

1-1-4 ADMM アルゴリズムを用いた 優決定ブラインド音源分離

Determined blind source separation using ADMM algorithm

☆ 渡會博子, 山田宏樹, 矢田部浩平 (農工大)

- ◆ 背景: 優決定ブラインド音源分離 (Determined BSS) ... 線形分離フィルタにより、音源を分離するタスク 音源モデルを一般化したフレームワークが存在
- ◆ 従来法: PDS アルゴリズムを用いた最適化 → 収束が遅い場合がある
- ◆ 提案手法: ADMM アルゴリズムを用いて最適化 → より少ない反復回数での収束を可能に
- ◆ 結果: 収束速度の向上、分離性能の向上が見られた

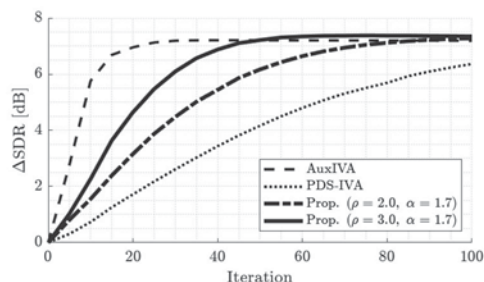


Fig.1: Comparison of separation performance for each iteration

1-1-5

1-1-5 主-双対近接分離法に DNN を Plug-and-Play した優決定ブラインド音源分離

Plug-and-Play Blind Source Separation by Primal-Dual Splitting and DNN

☆ 松本和樹(早大), 矢田部浩平(農工大)

- ◆ 背景: 分離行列推定に対する DNN の援用
DNN が現実には忠実な音源モデルを実現し、分離性能向上に寄与一方で、単純な方法では安定した分離が困難
...従来法では特殊な構造や学習法の DNN が必要であった
- ◆ 提案手法: 主-双対近接分離法に対する Plug-and-Play
DNN と閾値作用素を平均化し、近接作用素の代わりに利用
 - DNN 音声強調器: データに基づいた緻密な音声強調を実現
 - 閾値作用素: IVA などの従来法で安定した分離を達成
- ...相補的な働きが単純な音声強調器による分離性能向上を実現!

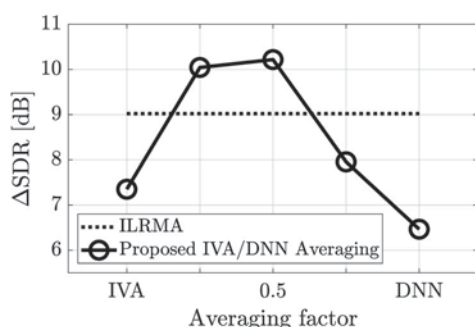


Fig1. Relationship between averaging factor and SDR improvement

1-1-7

1-1-7 音源の分離と再混合による事前学習を必要としないモノラル教師なし音源分離

Unsupervised Monaural Source Separation via Separation and Remixing from Scratch

◎西城耕平, 小川哲司(早大)

- ◆ RemixIT, Self-Remixing による事前学習を必要としない教師なし学習
 - 教師モデルで観測信号を分離・再混合して疑似混合音を作成し、生徒モデルは疑似混合音を分離するように学習
 - ランダムに初期化したモデルを用いると、MixIT と同様の最適化問題に帰着
 - 学習の安定化および性能改善のための再混合アルゴリズムを提案

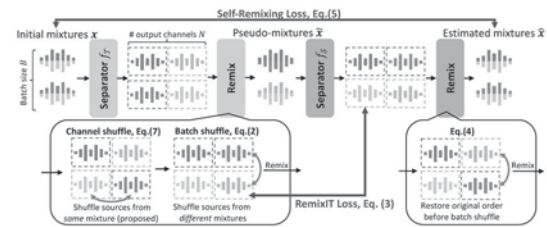


Figure 1. Overview of RemixIT and Self-Remixing

- ◆ 実験: 雑音残響環境における2話者の混合音を用いた教師なし学習
 - RemixIT, Self-Remixing はスクラッチから学習可能であることを示した
 - MixIT で避けられない over-separation 問題の影響を低減し高い性能を達成

Table 1. Performance on noisy reverberant two-speaker mixtures.

Method	SISDR[dB]	WER[%]
MixIT	8.8	42.3
RemixIT	10.3	43.4
Self-Remixing	10.3	50.1
Self-Remixing †	10.3	39.7

再混合手法の改善により、
WER を大きく改善

1-1-6

Phase Derivative Aware Speech Enhancement

☆ Shiqi Zhang (Waseda Univ.), Daiki Takeuchi, Daisuke Niizumi, Noboru Harada (NTT), Shoji Makino (Waseda Univ.)

- ◆ Estimating the phase spectrum has persistently been a challenging problem within the domain of neural network-based speech enhancement. At present, researchers have tried to use various methods to perform phase reconstruction explicitly or implicitly, such as Complex Ideal Ratio Masks, Time-domain Neural Networks, and Phase-amplitude-separated Reconstructions. The Conformer-based Metric Generative Adversarial Networks (CMGAN) have recently been successful, largely owing to the Conformer's capability to extract long-distance information, but the unistructural characteristics of the phase spectrum hinder the efficacy of the reconstructed phase, rendering it less than ideal.
- ◆ To deal with the problem, we proposed an enhancement to the existing optimization function by incorporating an additional loss function based on phase derivatives. This modification offers a more structured approach and aligns well with the learning patterns of neural networks. The resultant Phase Derivative-based CMGAN has improved performance across various metrics, including PESQ, CSIG, CBAK, and COVL, demonstrating the effectiveness of this approach.

Performance comparison on the Voice Bank+DEMAND dataset. "-" denotes the result is not provided. "prov." indicates the evaluation was conducted by directly using the official pre-trained model parameters provided on the dataset.

Method	# Parameters (M)	PESQ	CSIG	CBAK	COVL	SSNR	STOI
Noisy	-	1.97	3.35	2.44	2.63	1.68	0.91
PHASEN	-	2.99	4.21	3.55	3.62	10.08	-
PFFL	-	3.15	4.18	3.60	3.67	-	0.95
DB-AIAT	2.81	3.31	4.61	3.75	3.96	10.79	0.96
DPT-FSNet	0.91	3.33	4.58	3.72	4.00	-	0.96
CMGAN	1.83	3.41	4.63	3.94	4.12	11.10	0.96
CMGAN (prov.)	1.83	3.39	4.65	3.89	4.12	10.34	0.96
PDCMGAN	1.83	3.49	4.72	3.96	4.22	10.86	0.96

1-1-8

1-1-8 サンプリング周波数非依存畳み込み層における非整数ストライド処理アルゴリズム

Handling Method for Non-integer Hopsize in Sampling-Frequency-Independent Layers

◎今村 奏海(東大/産総研), 中村 友彦(産総研), 高宗 典玄(東大), 矢田部 浩平(農工大), 猿渡 洋(東大)

- ◆ 背景: 汎用的な音源分離の実現
 - サンプリング周波数非依存(SFI)畳み込み層: 入力サンプリング周波数(SF)に合わせて重みを生成し、未学習のSFでも頑健に動作
 - SFI Conv-TasNet: 代表的な end-to-end 音源分離モデルである Conv-TasNet に SFI 畳み込み層を適用
- ◆ 問題点: 畳み込み層における非整数ストライド
 - SFI Conv-TasNet においてカーネルサイズとストライドを調整する際、カーネルサイズとストライドが非整数になる場合あり
 - ストライドを整数値に丸めると、分離性能が大きく低下
- ◆ 提案法: 窓付き sinc 補間に基づくアルゴリズム
 - 窓付き sinc 補間により、離散時間領域で与えられる特徴量の連続時間での表現を得られるため、所望のストライドで処理可能
 - 既存手法より一貫した分離性能を持つことを確認

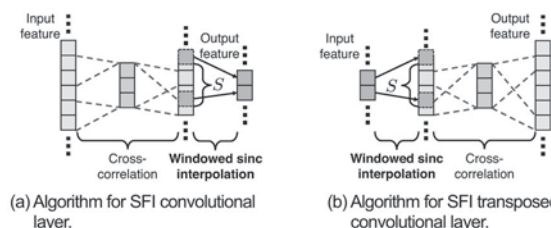


Fig. 1: Illustration of proposed algorithms for SFI layers.

1-1-9

1-1-9 Universal Sound Separation への サンプリング周波数非依存畳み込み層の適用 Application of Sampling-Frequency-Independent Convolutional Layer to Universal Sound Separation

©中村 友彦(産総研), 矢田部 浩平(農工大)

- ◆様々なタスクの前処理として利用できる汎用音源分離の実現に向けて
 - 音源の種類に対する汎用性を備えさせることが重要
 - ⇒ 任意種類の音源を扱う universal sound separation (USS) が有望
 - サンプリング周波数(SF)に関する汎用性も重要だが、従来の USS 手法では学習した SF のみが対象
- ◆提案法: 未学習の SF でも動作する USS 手法を提案
 - SF 非依存(SFI)畳み込み層: 入力 SF に合わせて重みを生成する機構を備え、未学習の SF にも対応可能
 - 高性能な USS 用 DNN である SuDoRM-RF へ SFI 畳み込み層を導入し、提案モデルを構築
- ◆実験結果
 - USS においても、信号のリサンプリングを用いると分離性能低下
 - 提案法は、信号をリサンプリングするよりも高い分離性能を発揮

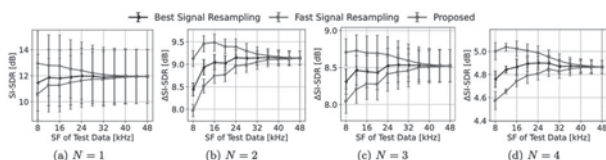


Fig. 1: Separation performances of proposed and signal-resampling-based methods for USS with varying number of sources (N). Red dotted lines denote trained SF and error bars show standard errors.

1-1-11

1-1-11

音響信号のグループ構造を自動適応させる スパース時間周波数解析

Sparse time-frequency analysis by automatically adapting group structure of acoustic signals

☆新井慶大, 山田宏樹, 矢田部浩平(農工大)

離散ガボール変換による時間周波数表現
窓による広がり解析に影響 ▶ スパースな表現が必要

従来手法 (最適化ベース)

- ℓ_1 最小化: スパース化
 - △ 過剰な局在化 ▶ グループ構造が分かりにくい
- 混合 $\ell_{2,1}$ 最小化: 既知のグループに対しスパース化
 - △ グループはデータ依存 ▶ 事前に決めるのは困難

重み付きノルムと重みの全変動の和の最小化

- ▶ 事前に決めずとも、データごとにグループを自動適応させたスパース表現を得る手法を提案

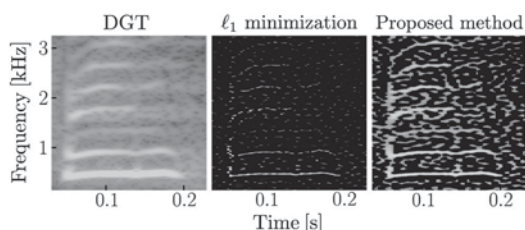


Fig. 1: Obtained time-frequency representations of a speech signal

1-1-10

1-1-10

時間領域の畳み込みを厳密に再現する 時間周波数領域の計算法

Rigorous computation of time-domain convolution in the time-frequency domain

☆松山直哉, 山田宏樹, 矢田部浩平(農工大)

◆背景

- ・時間周波数領域では、変換時に信号に窓をかける影響で、畳み込みを単純な積の形で表すことができない。
- ・応用上、畳み込みは積の形で近似されることが多く、窓長やインパルス応答長の関係などによって近似精度が悪化する。

◆提案

時間周波数領域での、時間周波数ビン間の依存性を考慮した厳密な畳み込みの表現を導出した。

→周波数ビン間の情報を増やせば、誤差が低下する

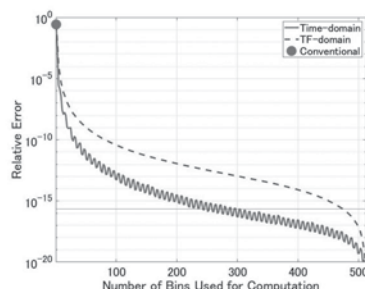


Fig. 1: Relative Error for Number of Used for Computation

1-1-12

1-1-12

ヒルベルト包絡を用いて

窓の整合性を考慮した反復型位相復元

Iterative phase reconstruction considering window shape using Hilbert envelope.

☆小林朋記, 田中僚郎(早大理工), 矢田部浩平(農工大), 及川靖広(早大理工)

◆窓の整合性を考慮した位相復元アルゴリズム

正しくない位相により乱れた波形 Fig.1(右上) を窓の形状に変調する操作を加えた位相復元手法

◆提案法

ヒルベルト包絡を用いた変調 Fig.1(右下) により波形の歪み軽減

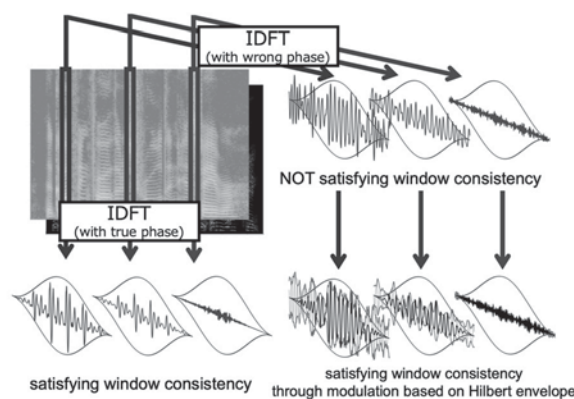


Fig.1: Illustration of window consistency with Hilbert Envelope.

1-1-13

1-1-13

位相を考慮した audio inpainting の
正則化の違いによる性能変化

On the impact of different regularization approaches on phase-aware audio inpainting

© 田中僚郎(早大理工), 矢田部浩平(農工大), 及川靖広(早大理工)

audio inpainting = 音響信号の欠損部分を推定して復元

□ 従来手法: 振幅スペクトログラムのスパース性を誘導

□ 本研究で実施したこと

1. 位相も明示的に正則化する手法の新たなアルゴリズムを提案し、従来手法と比較
2. 提案手法におけるバイアスの大小を変化させて比較することで、バイアスがもたらす影響を確認

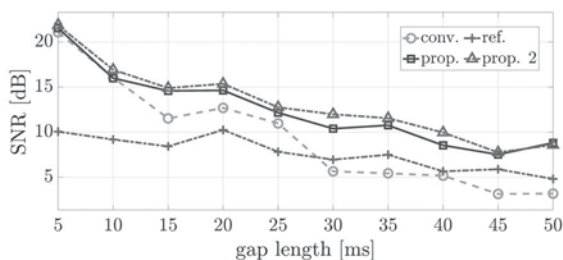


Fig. 1 Comparison among a state-of-the-art conventional method, the proposed method, ref. (larger bias), and prop. 2 (smaller bias)

□ 数値実験からわかったこと

1. 提案手法は全ての欠損長で従来手法と同等かそれ以上
2. 小さいバイアスでスパース性を誘導することが有効

1-2-2

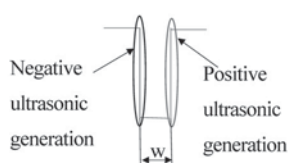
1-2-2

超音波探触子の送信時と
受信時における応答特性

Response characteristics of ultrasonic probes in transmitting and receiving

© 田中雄介, △伊津美隆, △小倉幸夫(ジャパンプローブ)

- ◆ 超音波探触子へ矩形パルス印加時はステップ応答により立下りパルス、立上りパルスの両方で超音波が発生する。
- ◆ 駆動装置、探触子の組合せで印加する矩形波の形状が変化する。
- ◆ 矩形波の立上りパルスの速度が探触子の応答速度より遅い場合、立上りパルスによる超音波の振幅が低下する。
- ◆ 正弦波印加時は最初の発生時と最後の停止時にステップ応答が発生し、ステップ応答と正弦波印加の応答が混じった波形となる。
- ◆ 受信時は矩形パルスの応答が最大応答周波数となり、その周波数より低い周波数の信号受信時は信号が応答するが、高い周波数の場合では受信信号は検出されるが、周波数は最大応答周波数となる。受信時でもステップ応答の周波数の信号が混じった波形となる。
- ◆ パースト波印加時は最初と最後の信号は探触子固有の最大応答周波数が検出されるが、中央は印加周波数の信号となる。

Figure 1 Waveform applied
200[kHz] square pulse.Figure 2 Ultrasonic generation
applied square pulse.

1-2-1

1-2-1

音響整合層と定在波による
高周波圧電高分子トランスデューサについてStudy on high frequency piezoelectric polymer transducers
with acoustic matching layers and standing waves

○ 高橋貞幸(山形大学)

MHz 帯域で超音波送受信による画像化の場合は、波長との関係から高周波数ほど高分解能を得ることが可能となる。このとき、圧電振動子と空気との境界で起こる反射による減衰値は大きい。この減衰値を改善することは技術的に極めて重要である。筆者らは、音響インピーダンス値の小さい、圧電高分子である P(VDF/TrFE) トランスデューサの開発を、2～3MHz を中心に行っている。最近の音響整合層(材)を用いた研究で、5MHz 程度で動作する P(VDF/TrFE) トランスデューサに音響整合層としてポリエステル材を用い、このとき発生する定在波(約 2MHz)に着目し、この定在波(Figure1)による P(VDF/TrFE) トランスデューサを試作した。本研究ではその動作性能の評価を行った結果を報告する。

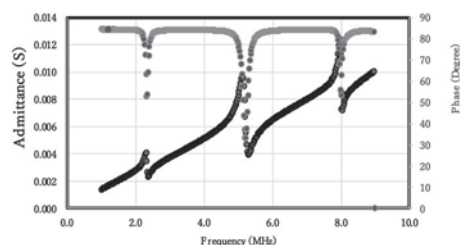


Fig.1: Observed the admittance (S)-phase (Deg) / frequency response curves of the P(VDF/TrFE) piezoelectric film with an acoustic matching layer (polyester t=95μm).

1-2-3

1-2-3 任意の位相特異点を生成する音響ホログラム
最適化アルゴリズムの開発

Development of Acoustic Hologram Optimizer that Generate Arbitrary Phase Singularities

© 伏見龍樹(筑波大学) △落合陽一(筑波大学 ピクシーダストテクノロジーズ株式会社)

特異点は台風や竜巻、空気渦などの物理現象で普遍的に発生し、音響的には、振幅がゼロで位相情報が存在しない位相特異点となる。これは音響浮揚のトラップにも普遍的に存在し、音響放射力の生成にも寄与している。しかし、音響的な位相特異点の検証は進んでおらず、どのような位相特異点が生成可能であるかの理解も進んでいない。そこで本研究では、任意の位相特異点を生成可能な音響ホログラムの最適化アルゴリズムを開発する。ここでは振動子の位相のみを考慮し、ロス関数は指定した点の位相勾配が最大化するように最適化した。その結果、指定した点で位相勾配を近似する場が生成されているのが確認され、位相勾配の方向を調整することで、任意の形状の音場も生成できることを確認した。今後は位相特異と音響浮揚との関係性を検証し、音響トラップの新たな最適化手法について探求する。

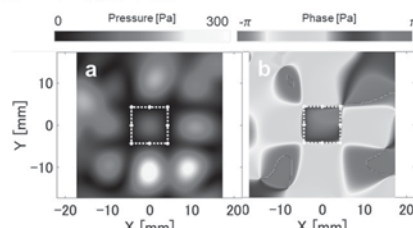


Fig.1: Optimization with target shape set to square (length = λ)

1-2-4

1-2-4 音場状況を考慮した デコンボリューション法による パンタグラフ空力音の音源同定手法

Source localization methods of the aerodynamic pantograph noise by the deconvolution method considering the acoustic field

○山崎展博(鉄道総研), 中山雅人(阪産大), 西浦敬信(立命館大)

パンタグラフ空力音の低減を効率的に進めるためには詳細な音源の発生箇所を把握することが重要であり、その手段としてマイクロホンアレイを活用した風洞試験が有効である。本研究では、風洞試験によりパンタグラフ空力音をマイクロホンアレイで測定したうえで、新幹線の屋根やパンタグラフが音場に与える影響を考慮したうえで、3次元音響数値計算により算出した Point spread function (以下、改良 PSF) をデコンボリューション法に適用し、音源同定精度に与える影響を調査した。その結果、従来の自由音場を想定した PSF を適用した場合に比べ、改良型 PSF の適用により 315Hz 帯～630Hz の周波数帯域においてパンタグラフまわりで発生する主要な音源の同定精度が改善されることを示した。

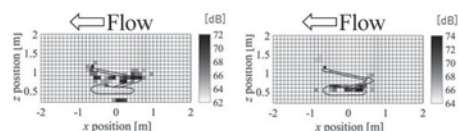


Fig. 1 Effect of the SPF on the spatial distribution of the source strength of aerodynamic pantograph noise at 400 Hz band. (Left : Conventional PSF, Right : Improved PSF)

1-2-6

1-2-6 光学透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた音圧分布可視化手法に関する研究 —その7 3次元音場可視化システムの有用性に関する検討—

Studies on visualization method of sound pressure distribution using optical see-through head-mounted display
- Part 7 Investigation on the usefulness of three-dimensional sound field visualization system -

◎佐藤考浩, 岩根康之, 小林真人(飛鳥建設), 及川靖広, 井上敦登, 寺岡航(早大理工/INSPIREI), 後藤昌彦(早大理工)

- ◆本研究では、単一断面の音圧レベル分布を実空間上で可視化する“音場可視化システム OTOMIRU” (従来システム) を高度化し、任意に設定される複数断面の音圧レベルを計測することにより 3 次元的な音場を可視化するシステム (3 次元システム) を構築した。
- ◆マイクロホンアレイからみて奥行方向で設置距離の異なる複数のスピーカを用い従来システムと 3 次元システムの比較実験を行った結果、3 次元システムにより任意の範囲で複数断面の音圧レベル分布を可視化することで、計測の効率化や音源定位精度の向上に寄与することを把握した。

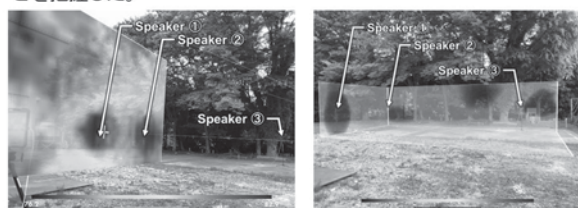


Fig. 1: Visualization results

1-2-5

1-2-5 光学透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた音圧分布可視化手法に関する研究 —その6 MVDR ビームフォーマを用いた 3 次元音場可視化システムの実装と精度検証—

Studies on visualization method of sound pressure distribution using optical see-through head-mounted display

- Part 6 : 3D Sound Field Visualization System Using MVDR Beamformer -

◎井上敦登, 寺岡航, 及川靖広(早大理工/INSPIREI), 佐藤考浩, 岩根康之, 小林真人(飛鳥建設)

- ◆拡張現実・複合現実(AR・MR)技術とビームフォーミングを組み合わせた、リアルタイム音圧分布可視化システム“OTOMIRU”を開発。
- ◆これまで、2次元断面上の音圧分布を可視化していたが、MVDR ビームフォーマを適用した 3 次元音場可視化システムを実装。
- ◆点群データ読み込み、複数周波数帯域の同時観測モード、音圧の強い箇所のみ表示モードなどを実装し、幅広い状況の可視化に対応。

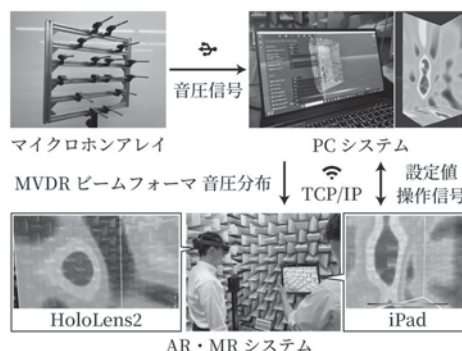


Fig.1: Process flow of 3D sound field measurement and visualization.

1-2-7

1-2-7 光学透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた音圧分布可視化手法に関する研究 —その8 立体アレイを用いた全周囲音場可視化システムの検討—

Studies on visualization method of sound pressure distribution using optical see-through head-mounted display - Part 8: Investigation of a Full Surround Sound Field Visualization System Using a Stereophonic Array

☆潘 明宇, 後藤 昌彦(早大理工), 井上 敦登, 寺岡 航, 及川 靖広(早大理工/INSPIREI), 佐藤 考浩, 岩根 康之, 小林 真人(飛鳥建設)

- ・従来システム: 平面マイクロホンアレイを用いたシステム
- ・提案システム: 立体マイクロホンアレイを用いたシステム
-
- ・全周囲音場を可視化することが可能
- ・より鋭く音源位置を示すことが可能
- ・音源が複数存在する場合でも、正確に特定することが可能

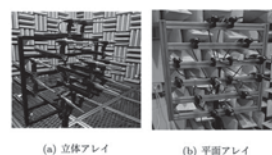


Fig.1: Microphone Arrays.

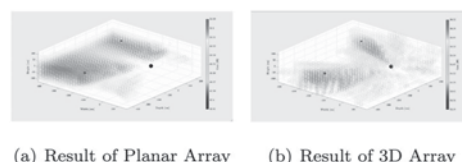


Fig.2: Results of Sound Field Analysis with Different Microphone Arrays.

1-2-8

1-2-8 室形状情報と音場モデルを用いた
複合現実技術による3次元音場の可視化

Three-dimensional sound field visualization
using room geometry and sound field model

☆内田彩芽, 津國和泉, 池田雄介(東京電機大), 及川靖広(早大理工)

◆背景

- ・ 手持ちマイクロホンと複合現実技術(MR)を用いた多点室内インパルス応答の可視化技術をこれまでに提案
- ・ 手持ちマイクロホンでは、測定者自身への反射の影響で反射音を含んだ高精度な音場の可視化が困難

◆提案手法

- ・ 音場の物理モデルと固定マイクロホンによる少数測定情報を用いたMRによる3次元室内インパルス応答の可視化
- ・ 部屋形状をSLAMで取得し、室形状情報に基づき音場を等価音源法によってモデル化

◆シミュレーション実験

- ・ 1次反射音を含んだ3次元音場の可視化を実現

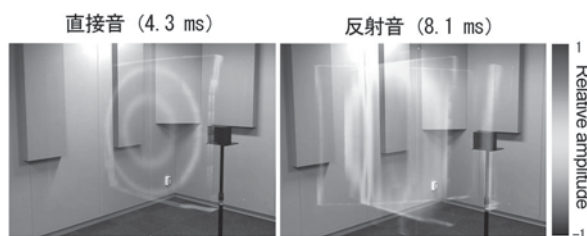


Fig.1:MR Visualization of sound field including reflected sounds

1-2-10

1-2-10 光ファイバ P-P インテンシティマイクの検討

Study on Optical Fiber P-P Intensity Microphone

○星貴之, 大岡佳生(ピクシーダストテクノロジー株式会社)

- ◆音響インテンシティは音響パワー計測や音源位置特定に利用される。今後、強力超音波の空中利用の拡大に伴い、超音波向けのインテンシティマイクが必要になると予想される。
- ◆インテンシティマイクは、2本の音圧マイクを近接配置したP-P型が一般的である。音圧の空間差分で粒子速度を近似的に求め、これに音圧をかけることで音響インテンシティを計算する。
- ◆正確な計測のためマイク間隔が小さく、かつ音場を乱さないことが重要である。そのため波長と比べて細いプローブが必要である。
- ◆光ファイバを使用した超音波向けのインテンシティマイクを提案する。40 kHzの超音波に対しても、音場を乱さないことが期待される。
- ◆提案する光ファイバP-P インテンシティマイクの原理と、その妥当性を実験により確認した結果について報告する。

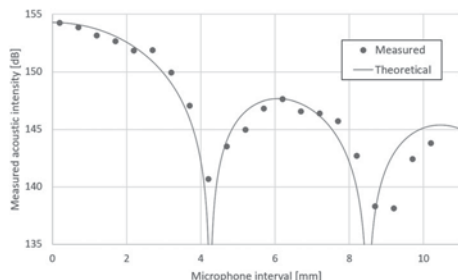


Fig.1: Experimental results on interval of two optical fiber microphones.

1-2-9

1-2-9 レベルセット法による界面形状最適化
—超音波振動工具のトポロジー最適化(4)—

Interface optimization using level-set method
—Topology optimization of large ultrasonic tools (4)—

○和田有司, 中村健太郎(東工大・未来研)

- ◆超音波接合等を目的とする振動工具の作用面を平坦に振動させることは産業応用上重要であるが、経験に基づくノウハウとなっている。
- ◆レベルセット法を利用したトポロジー最適化は明瞭な界面を保持したまま最適化を進行させるので、密度モデルを利用するものに比べて最適化結果と密度分布から生成した形状とで性能差が生じにくい。
- ◆本稿ではレベルセットトポロジー最適化に、複数点の入出力内積のMINMAX 結合関数を目的関数として導入する。
- ◆Fig.1(a)の設計領域と境界条件に対して、あらかじめ(b)のようなレベルセット関数を与えて最適化を開始する。
- ◆Fig. 2(a)が最適形状であり、(b)のような平坦な振動分布を得ている。

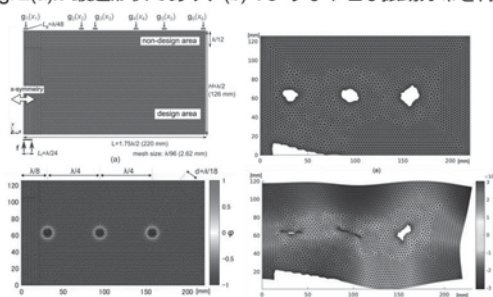


Fig.1: (a) Target model design area mesh and boundary conditions, (b) initial level-set function.

Fig.2:(a) Optimal shape, (b) vertical displacement distribution at 20 kHz in the final optimization step.

1-2-11

1-2-11 非対称な音場を利用した
微小物体の非接触高速回転

Noncontact rotation of a small object using an asymmetric ultrasonic field

☆山本詠明, 黒田悠真, 小山大介(同志社大)

- ◆超音波浮揚を用いた試料の非接触操作は高温材料の物性測定や、工業分野における計測技術などへの応用が期待されている。
- ◆円形振動板に4つのBLTを接続し、連続同相正弦波信号で振動板・反射板間の空気中に音響定在波を形成し(Fig. 1(a))、節の位置に発泡スチロール楕円体を浮揚させた。
- ◆2枚の半円反射板の角度 θ (Fig. 1(b))を変化させることで、非対称音場を形成し、楕円体を非接触回転させた。
- ◆音響定在波の節において音響インテンシティから物体に働くトルクを算出したところ、トルクの向きと浮揚物体の回転方向は一致した。(Fig. 1(c))
- ◆入力電流を大きくするほど、回転速度は上昇した。

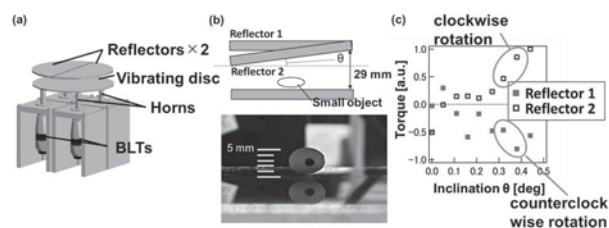


Fig.1:(a) Configuration of the ultrasound vibrator and the reflector, (b) definition of the inclination angle of the reflectors θ , photograph of small object in the air between the two discs, and (c) relationship between the inclination angle of the reflectors and torque.

1-2-12

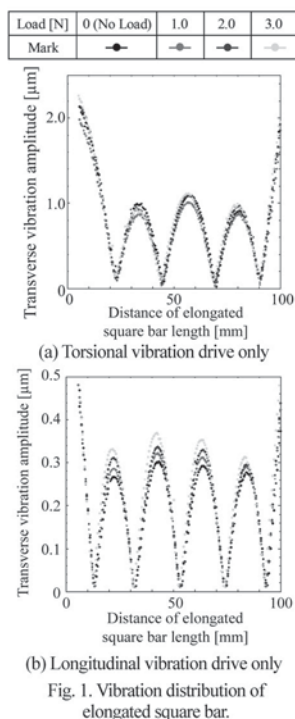
1-2-12 超音波複合振動源に取り付けた細長い
矩形棒に生じる振動変位

Vibration distribution of elongated square bar
attached to an ultrasonic complex vibration source

☆水野隼佑, 浅見拓哉, 三浦 光(日大・理工)

◆本研究では、超音波複合振動源の接合可能範囲を拡大するために、細長い矩形棒を作成して振動源に取り付けた。そして矩形棒先端に負荷を加えて駆動させた場合に生じるたわみ振動分布を検討した。

◆超音波複合振動源を各共振周波数にて駆動させ、細長い矩形棒の振動分布を測定した。その結果がFig.1である。図(a)より、ねじり振動方向のたわみ振動は矩形棒全体で約2波長の振動であり、図(b)より、縦振動方向のたわみ振動は矩形棒全体で約2.5波長の振動であることが分かった。また、負荷を加えたことによる振動分布への影響は測定範囲内ではほとんどないことが分かった。



1-2-14

1-2-14 超音波浮揚における
超音波振動子の周波数特性の影響

Influence of frequency characteristics of ultrasonic transducers in ultrasonic levitation

○小塚晃透, 井上雄大(愛工大), △豊田昌弘(本多電子), 鎌倉友男(電通大), 畑中信一(宇都宮大)

- ◆振動子 36 個による音源を用いて、超音波浮揚の研究を行っている。
- ◆超音波振動子には個体差がある。240 個の振動子における、共振周波数の分布をFig. 1に示す。40.2 kHzを中心として、39.0 kHz~41.0 kHzに分布していることが分かる。
- ◆共振周波数が40.0 kHz付近の振動子を72個用いて2音源を構築し、音源を対向させて定在波音場を形成した。周波数に0.05 Hzの差を与えることで、音場を20秒周期で上から下に移動させた。
- ◆直径3mmの鉄球を電子天秤に吊して音場中に配置し、作用する力を調べた。Fig. 2に、60秒(3周期)の実験結果を示す。振動子を選別しない場合に比べて、強力な力が作用していることが確認できる。

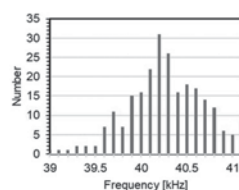


Fig. 1: Histogram of frequency for transducers.

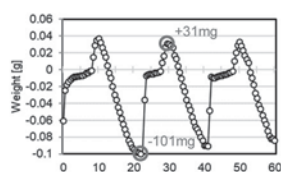


Fig. 2: Experimental result.

1-2-13

1-2-13 たわみ振動板型超音波源を用いた
水の直接滴下による微粒化

Atomization by direct dripping of water using a transverse
vibrating plate type ultrasonic source

☆五十嵐隆一, 浅見拓哉, 三浦 光(日大・理工)

◆本研究では、たわみ振動板型超音波源を用いて振動板上に直接滴下した水を微粒化することを考えており、水の滴下量及び入力電力を変化させた場合の微粒化量について検討した。

◆Fig.1は微粒化実験において単位時間当たりの滴下量と単位時間当たりの微粒化量をまとめた結果である。図より、超音波源への入力電力が大きいくほど微粒化量が多くなり、20 Wの場合では供給した水量の全てを微粒化できることがわかる。

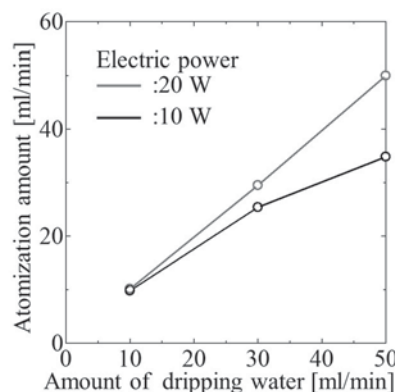


Fig.1. Relationship between amount of dripping water and atomization amount.

1-2-15

1-2-15 パースト弾性表面波による
ガラス基板上の液滴の振動励振

Excitation of vibration of a droplet on
glass substrate with burst surface acoustic waves

☆國分愁, 和田有司, 中村健太郎(東工大)

- ◆自動車フロント・シールドを想定した SAW によるガラス面液滴除去について、パースト駆動による液滴振動の励振による除去効果の向上について検討した。
- ◆ガラス面上液滴の自由振動周波数の測定および、パースト繰り返し周波数ごとに水滴が動き出す必要電流の測定を行い、関係を調べた。
- ◆液滴の自由振動周波数と最適なパースト繰り返し周波数に明確な関係は見いだせなかった。しかし、連続駆動に比べ 85 % 以下まで駆動電流を低減できた。
- ◆パースト Duty 比が 50 % であることを考慮すると、必要な電力は 36 % 程度に低減できたことになる。

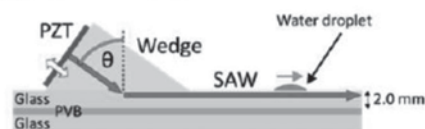


Fig.1 Excitation of SAW on a triple-layered glass plate using a wedge transducer.

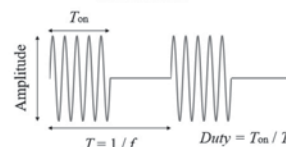


Fig.2 Burst waveform for PZT drive.

1-2-16

1-2-16 チャープ信号を用いた非線形空中超音波の高調波パルス圧縮

Harmonic pulse compression of nonlinear airborne ultrasound using chirp signals

©清水鏡介(日大院)大隅歩, 伊藤洋一(日大理工)

- ◆空中超音波フェーズドアレイ(AUPA)を用いた弾性波源走査法による非破壊検査について研究を行っている。
- ◆本報告では, AUPA から放射される音波のパルス圧縮の手法として, 非線形チャープ信号とミキシングによる周波数補間を用いたパルス圧縮方法を提案し, 検証した。
- ◆Figure. 1に提案手法の計測結果を示す。図(a)はAUPAの音波集束点で計測した非線形チャープ信号の結果であり, 図(b)は提案手法による周波数補間後のパルス圧縮結果である。
- ◆急峻な立ち上がりを持つパルス圧縮を実現可能であることを確認した。

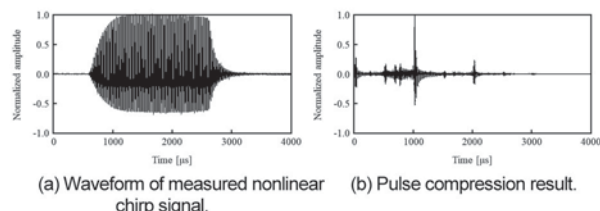


Figure 1. Measurement results of the proposed method.

1-2-18

1-2-18 100 MHz 帯の強力超音波照射によって発生する音響キャビテーションバブルの粒径評価

Evaluation of the particle size of acoustic cavitation bubbles generated by 100-megahertz-range high-intensity ultrasound irradiation

☆原田裕生(同志社大), 石河睦生(桐蔭横浜大), 松川真美, 小山大介(同志社大)

- ◆100 MHz 帯域の強力超音波照射で発生する音響キャビテーションの観測及びその粒径評価を行った。
- ◆高速度カメラによって, 高周波強力超音波照射前後のトランスデューサ表面付近を観測した(Fig. 1)。
- ◆高周波強力超音波照射によって, トランスデューサ表面付近にてキャビテーションバブルクラウドが確認された(Fig. 1(i))。
- ◆動的散乱法(DLS)を用いた評価より, 高周波強力超音波照射後の測定試料にて数 100nm の位置に粒径ピークが観測された (Fig. 1(ii))。
- ◆高周波強力超音波照射によって, 水中にキャビテーションバブルクラウドが発生し, バブル同士の凝集・合体や分裂の過程で, nm オーダーのパブルが形成されている可能性が示唆された。

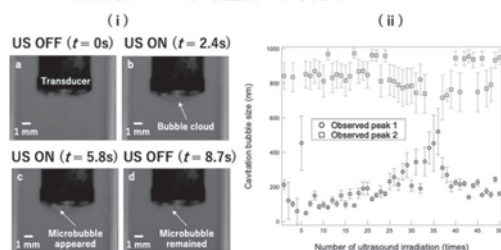


Fig. 1: (i) High-speed camera images near the surface of the transducer. (ii) Relationship between the number of ultrasound irradiation and the cavitation bubble size.

1-2-17

1-2-17 パルスインバージョン法による非線形空中超音波の複数高調波検出の基礎検証

Basic verification of multi-order harmonic detection of nonlinear airborne ultrasound by pulse inversion method

☆神谷大樹, 清水鏡介(日大院・理工), 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆非線形効果を伴う空中超音波を利用したハーモニクイメージング(Harmonic Imaging: HI)を提案し, 研究を行っている。
- ◆HI は高次の高調波になるにつれて, 信号雑音比(Signal-Noise Ratio: SNR)が低下するため, 高次の高調波を利用する際には, 受信信号を高感度で検出する必要がある。
- ◆本報告では, SNR 向上を目的とした空中超音波に対するパルスインバージョン法(Pulse Inversion: PI)の適用について, 実験的に検討を行った。
- ◆その結果, 基本波および奇数次高調波成分が打ち消され, PI 法適用前の信号と比較して, 偶数次高調波成分の信号強度が増大することを確認し, 高次高調波成分を用いた HI の SNR 向上の可能性を得た。

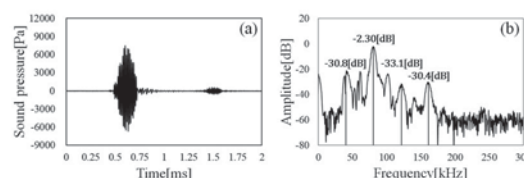


Fig. 1. Results of applying the PI method. (a) Time waveform. (b) Frequency spectrum.

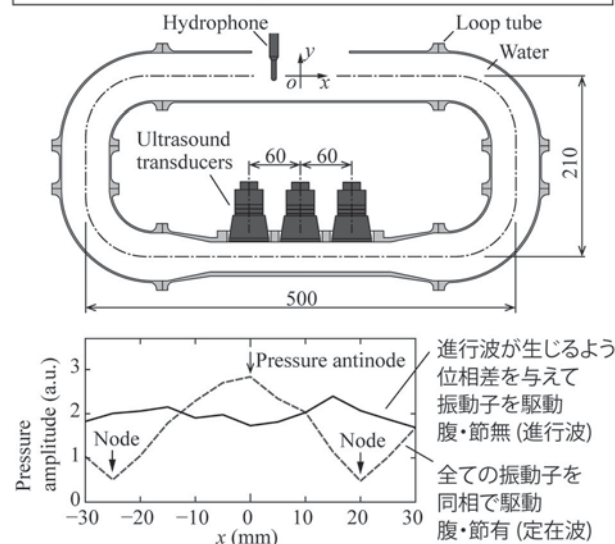
1-2-19

1-2-19 ループ管中の進行波超音波による音響キャビテーション気泡の発生

Generation of acoustic cavitation bubbles by traveling ultrasound in loop tube

©黒山 喬允, 小笠原 英子, 森 和義(防衛大)

- ・3個のボルト締ランジェバン振動子を位相の異なる正弦波交流電圧で駆動しループ管中に進行波音場を形成
- ・ループ管中に形成された28 kHzの進行波および定在波音場により音響キャビテーション気泡を発生
- ・進行波音場では定在波音場に比べ気泡の局所集中を抑制できソノケミカル効率を向上できる可能性を示唆



1-2-20

1-2-20 音響管により遅延フィードバックを与えた
燃焼器モデルに対する線形安定性解析

Linear stability analysis of a combustor model with a delayed feedback tube

○高島耀介, △笠井湧斗, △庄司衛太, 琵琶哲志(東北大院・工学研)

- ◆ 確実に簡便な燃焼振動抑制手法の開発のために、音響管による遅延フィードバックを与える方法を検討している。
- ◆ 本研究では、効果的な音響管サイズを予測するために、Fig. 1の燃焼振動系の線形安定性を数値的に調べた。
- ◆ 振動の減衰率を表す固有周波数の虚部は振動モードごとに異なり、しかも音響管長さとともに大きく変化することがわかった (Fig. 2)。
- ◆ 系が最も安定化すると考えられる音響管長さでは、燃焼振動が抑制されることを実験で確認した。

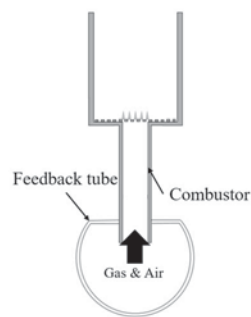


Fig. 1 A combustor with a delayed feedback induced by an acoustic tube.

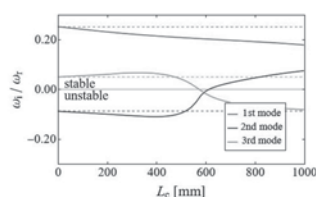


Fig. 2 Stabilities (Attenuation rates divided by angular frequencies) of eigen acoustic modes of the system with a variable length feedback tube (solid) and without feedback (dashed).

1-2-22

1-2-22 熱音響デバイスに対する
音響スピーカー特性の影響

The Influence of Loudspeaker Characteristics on Thermoacoustic Devices

☆倉井陽太郎, 関本諭志, 上田祐樹(農工大)

- ◆ 熱音響冷凍機を製作する際、安価なリニアモータとして音響スピーカーが用いられることがある。冷凍機の性能を数値計算するためには音響スピーカーの有する各種パラメータを正確に把握する必要があるが、製造会社からそれらがすべて提供されているとは限らない。
- ◆ 本研究では、熱音響機器に音響スピーカーを用いる際に必要な各種パラメータを容易に測定する方法を提案する。さらに、音響スピーカーに導波管を繋げた電気-力学-音響の連成モデルを製作し、実験結果と数値計算結果を比較することで、測定したパラメータの正確性について検証する。
- ◆ 測定の結果、比較的簡易な装置においてもメーカー公表値とうまく一致する値を得られることが分かった。また、測定したパラメータを用いた計算と実験値の比較を行ったところ、平均圧力の20%程度の大振幅時においても圧力・音響パワーともに誤差19%程度で熱音響機器の計算を行えることが分かった。

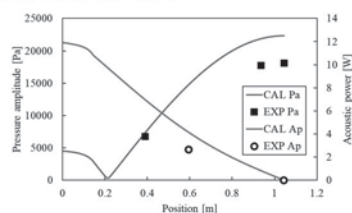


Fig. 1: Distribution of pressure and acoustic power.

1-2-21

1-2-21 往復流タービンと等価な負荷特性を持つ
オリフィスを実装した

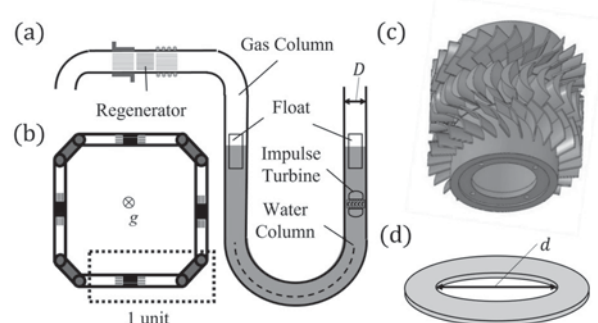
液体ピストン型熱音響エンジンの評価

Performance test of a liquid piston thermoacoustic engine implementing an orifice with load characteristics equivalent to a bi-directional turbine.

☆富平 嗣大(東北大), △庄司 衛太(東北大), 琵琶 哲志(東北大),

△高尾 学(松江高専), Prastowo Murti (Universitas Gadjah Mada)

- ◆ 液体ピストン型熱音響エンジンの一つのユニットの液体部へ往復流タービンを設置した時に、タービンの回転が確認され、タービンとオリフィスが同等の負荷特性を持つことがわかっていく。
- ◆ 本研究ではエンジンに最適な往復流タービンを決定するため、タービンと等価なオリフィス孔径の特定をするとともに、種々のオリフィス孔径を用いてエンジンに最適な負荷を実験的に調べた。

Fig.1: (a) Side view of the unit section of a liquid-piston type thermoacoustic engine. (b) Engine top view. (c) The schematic of the impulse turbine and (d) the orifice with aperture ratio $(d/D)^2$.

1-3-1

1-3-1 ヘッドホン受聴によるステレオステージ幅と
チャンネル間相互相関の関係

Relationship between perceptual stereo stage width and inter-channel cross-correlation for headphones reproduction

○水町光徳(九工大), 堀内俊治(KDDI 総合研)

- ◆ 2 ch ステレオ音源の多くは、スピーカ再生を前提としており、ヘッドホンやイヤホンで再生では、スピーカ再生で生じる左右チャンネル間クロストーク成分が欠落し、制作者が意図した空間印象を得ることができない。
- ◆ ステレオ音源の知覚的ステレオステージ幅とチャンネル間相互相関の関係を明らかにできれば、主観評価実験を行わずに、最適なクロストーク成分の生成が可能となる。
- ◆ 大編成のオーケストラ音源(Fig. 1)と小編成の弦楽四重奏音源に対して、ステレオ音源のチャンネル間相関値に基づき、クロストーク成分の最適付加量を調整可能であることが示唆された。

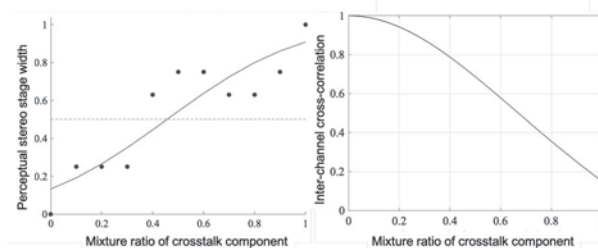


Figure 1: Perceptual stereo stage width (left panel) and inter-channel cross-correlation (right panel) for Tchaikovsky's Violin Concerto in D major, op. 35.

1-3-2

1-3-2 外耳道開放型マイクを用いた
音の再現性の向上Improvement of sound reproducibility
using open-ear-canal microphones.☆高橋昂希(都立大), 草野翼(華為技術日本),
洪振翔, 孫暢, 大久保寛(都立大)

- ◆バイノーラル再生における補正フィルタは音響インピーダンスの変化を示すPDRが1と仮定して設計されてきた。
- ◆これまでバイノーラル録音の際は外耳道を閉塞することを推奨されてきたが、外耳道閉塞マイクは、外音響インピーダンス変化により、音色が変わってしまう問題がある。
- ◆本研究では、外耳道閉塞マイクと外耳道開放マイクを用いて、PDRの観点から音の再現性を評価した。
- ◆外耳道開放マイクを用いると、音の再現性が高くなり、音の提示角度変化による影響を軽減できることを確認した (Fig. 1)。

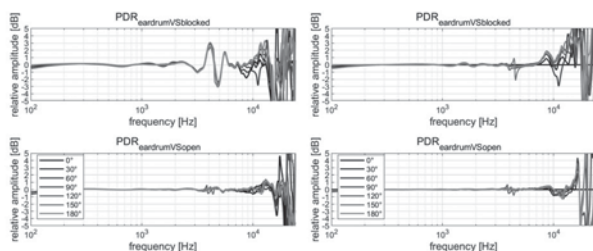


Fig.1: The PDR results measured with an open-ear-canal and a blocked-ear-canal microphone using the K1000 headphones.
(Each line shows measurements with sound from seven directions)

1-3-4

1-3-4 オブジェクトベース音響と波面合成技術
を活用したイマーシブコンテンツ制作Immersive content production
using object-based audio and sound field synthesis

○佐々木陽, 中山靖茂 (NHK)

- ◆正面と床面投射した高精細な大画面映像による、高い没入体験を実現するコンテンツを制作した (Fig.1)。
- ◆ポリュメトリックキャプチャした被写体の3DCGモデルを用いた、複数視点での映像演出に合わせ、オブジェクトベース音響により視点に合わせた22.2ch音響の音声コンテンツを切り替えるシステムを構築した (Fig.2)。
- ◆22.2ch音響と直線アレイスピーカによる音場合成技術を併用した再生システムを構築し、スクリーン上に表示されたCGオブジェクトが演奏する楽音の遠距離音場表現に加え、視聴者近傍に音源が配置されているかのような効果音の近距離音場表現を可能とし、高い没入感を演出した。

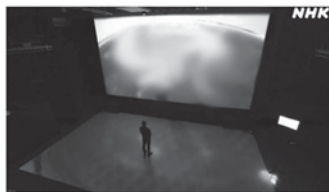


Fig.1: Overview

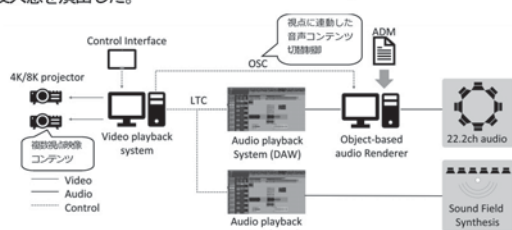


Fig.2: reproduction system

1-3-3

1-3-3 オブジェクトベース音響に対応した音声同期
装置 Non-PCM AES10 signal synchronizer
の開発Development of a Non-PCM AES10 signal synchronizer
for object-based audio

◎久保弘樹, 大出訓史 (NHK)

- ◆デジタル音声インターフェース AES3 に Non-PCM Data (NPD) を格納する方法が規定 (SMPTE ST 337, ST 2116) されており、圧縮音声信号を伝送したり、NPD である音響メタデータと PCM である音声オブジェクトを同期伝送したりすることができる。しかし当該 AES3 信号を、Sampling Rate Converter (SRC) を用いて特定の同期信号にサンプルタイミングを合わせこむ際に、NPD が破壊される課題があった。
- ◆そこで、AES3 の拡張である AES10 (MADI) に格納された NPD を破壊せずに異なる同期信号に合わせるために開発した音声同期装置、Non-PCM AES10 signal synchronizer (NPASS) を開発した。
- ◆NPASS では NPD を一度バッファに格納した後外部同期信号を基準に bit exact で取り出すことでサンプルタイミングをシフトする。

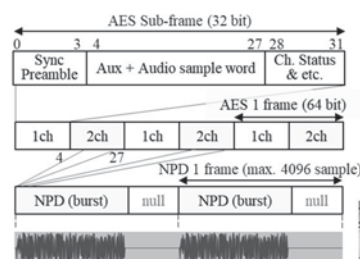


Fig.1: How to store NPD in AES3

バッファが枯渇するまでの
耐久時間を試算した結果、
放送局で想定される使用環
境では、耐久時間が通常の
放送番組長を上回った。



Fig.2: Appearance of NPASS

1-3-5

1-3-5

アルミ電解キャパシタで生じる高調波歪みと
電圧・電流・周波数の関係についての検討Correlation between harmonic distortion generated by aluminum
electrolytic capacitors and voltage, current and frequency

◎庄司 晃太, 黒澤 実 (東工大・工)

- ◆受動素子の非線形性は今まであまり研究対象とされてこなかった一方、受動素子は音質に影響を及ぼすと信じられている。
- ◆Fig. 1 のブリッジ回路を用いて、アルミ電解キャパシタで発生する歪みを測定することが可能だが、高調波歪みが電圧・電流・周波数のいずれに依存するかは未調査だった。
- ◆キャパシタのインピーダンスが周波数に反比例するので、以下の3通りの設定で測定した。
 1. 周波数を一定に保ち、電圧と電流を変化させる測定。
 2. 電圧を一定に保ち、電流と周波数を変化させる測定。
 3. 電流を一定に保ち、電圧と周波数を変化させる測定。
- ◆電解キャパシタで発生する高調波歪みは、電流および周波数とは相関がなく、電圧と相関があると予想された。
- ◆2次高調波、3次高調波は信号電圧の2乗、3乗に比例して変化すると予想された。

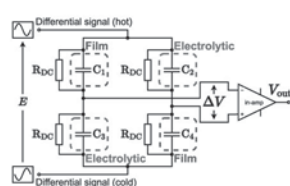


Fig. 1 Bridge circuit composed of capacitors

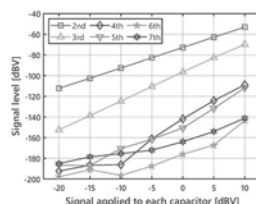


Fig. 2 Correlation between signal voltage and harmonic distortion

1-3-6

1-3-6 小型で低コストなBoSC再生室の開発

—再生室の構成と逆システムの検討—

*Development of a compact, low-cost BoSC sound field reproduction room
—Design of the sound field reproduction room and study on its inverse system—

☆平山大祐, 伊勢史郎(東京電機大), 安念佑真, 上野佳奈子(明治大)

- ◆境界音場制御の原理に基づく音場再生システム(BoSC システム)として開発した「音響櫛」は内部で楽器演奏が可能だが、受聴するだけであれば小型化・低コスト化が可能である。
- ◆我々ではできるだけ組み立てや設置が容易な形状を目標として、3D オーディオ受聴を行うための小型再生室を開発した。
- ◆スピーカの数に MADI ケーブル 1 本で信号伝送を可能とすることを意図して 64 個とした。
- ◆80ch の BoSC マイクのうち 40ch を用いて正則化パラメータ法により逆システムを設計した。

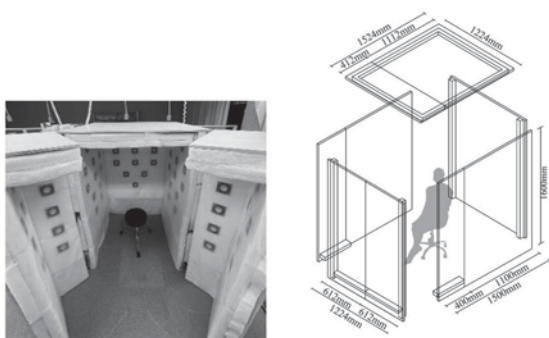


Fig.1: Compact, low-cost BoSC sound field reproduction room.

1-3-8

1-3-8 3D オーディオにおける上層の知覚と頭部運動(Roll)との関連について

The relationship between the perception of the upper layer and head motion (Roll) in 3D audio

○亀川徹, 丸井淳史(東京芸大)

- ◆22.2 マルチチャンネル音響などの3D オーディオの上層の知覚における頭部の運動の影響について調査した。
- ◆ダミーヘッドを用いて頭部を傾けた場合と直立させた場合との左右の耳の信号の周波数特性の違いを調べた結果、2kHz 以上の周波数帯域で違いが見られた。
- ◆上層の周波数帯域の違いを判断する手がかりとして頭部運動 (Roll) が寄与している周波数帯域が 1~2kHz 以上であることから、上層の再生信号に 1kHz 以下の信号が含まれていなくても聴取印象に影響しない可能性がある。

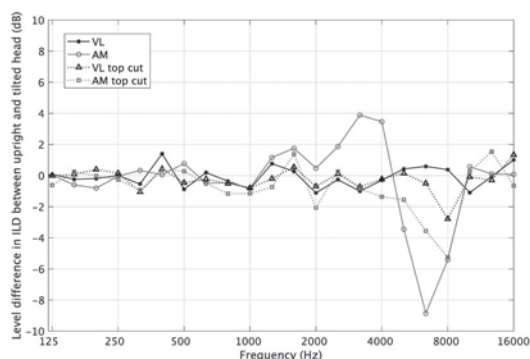


Fig.1: Frequency response of the Level difference in ILD between upright and tilted head (dB).

1-3-7

1-3-7 小型で低コストな BoSC 再生室の開発
—定位性能と聴感印象評価—

Development of a compact, low-cost BoSC sound field reproduction room
—Evaluation of sound localization and auditory impression—

☆安念佑真, 上野佳奈子(明治大), 平山大祐, 伊勢史郎(東京電機大)

- ◆3D オーディオ受聴を目的として、より小型で低コストな BoSC 再生室を開発した。小型再生室の性能評価を行うために音像定位および聴感印象評価に関する心理実験を行い、定位性能や臨場感に関して音響櫛との比較検討を行った。
- ◆水平面内の定位実験の結果 (Fig.1) から、小型再生室の音像呈示性能は十分に高いことが示された。
- ◆聴感印象評価実験では、音源・評価項目によって差が見られたものの、全体としては同等の評価が得られた項目が多かった。「臨場感」「空間の広がり」等の評価項目では、音響櫛の方が評価が高い傾向がみられた。一方で、人の声の再現性において小型再生室の性能の高さが示唆された。

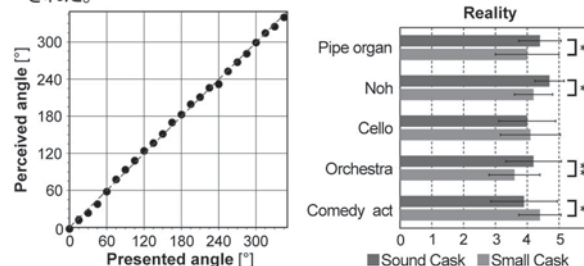


Fig.1: The results of the horizontal localization test.
(●: Average, error bar: Standard error)

Fig.2: Experimental results of the auditory impression evaluation.
(* $p < .05$, ** $p < .01$)

1-3-9

1-3-9 音線法による室内音場予測と高臨場再生を適用した可聴化

Sound field estimation by ray tracing method and auralization by high presence audio reproduction

○芦澤 剛, 森尾 謙一(日本音響エンジニアリング)

- ◆会議室に音響調整具を設置することで生じる音場の変化を予測することを目的とし、音線法による幾何音響解析結果から Ambisonic Room Impulse Response (ARIR) を取得した。
- ◆実際の会議室において FOA マイクを用いて ARIR を収録した。
- ◆幾何音響解析から得られた ARIR と、収録によって得られた ARIR を用いて音源を作成し、比較聴取した。

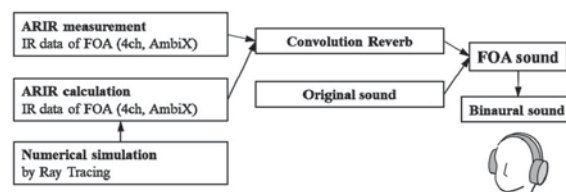


Fig. 1 Schematic diagram of FOA and binaural auralization from measurements and numerical simulations.

1-3-10

1-3-10 時間領域差分法を用いた頭部伝達関数の
低コスト・高精細な数値計算

Low-cost high-resolution numerical calculation of head related transfer function using finite-difference time-domain methods

☆ 洪振翔(東京都立大), 草野翼(華為日本),
高橋昂希, △ 孫暢, 大久保寛(東京都立大)

- ◆ 本研究では、モデル情報を $O(N^2)$ の複雑度で保存する境界インデックス法と不等間隔メッシュの組み合わせで、メモリと計算時間を大幅に削減できる時間領域差分 (FDTD) 法を基づいた頭部伝達関数 (HRTF) の高精度計算手法を実装・評価する。
- ◆ モデル情報をすべて格納する三次元ボクセルのフルインデックス配列の代わりに、モデル表面の位置情報のみを格納する境界インデックスを採用した。その上 Fig. 1 のように不等間隔メッシュを利用し、頭部周りに 1mm グリッドサイズで Fig. 2 に示すような HRTF を数時間程度で計算できた。

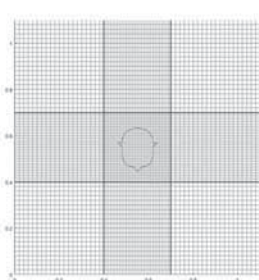


Fig. 1: HRTF calculation schematic of nonuniform mesh

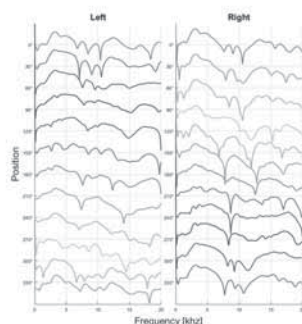


Fig. 2: Calculated HRTF

1-5-2

1-5-2 児童発達支援センターにおける
音環境ワークショップの実践と効果の検証

The effect of a sound environment workshop at a child development support center

○ 野口紗生(明大/ADC), 上野佳奈子(明大), 船場ひさお(駿河台大/ADC),
△ 松本知子(根洗学園), △ 渡辺涼子(常葉大)

- ◆ 児童発達支援センターでの音環境づくりの導入として、体験型音環境ワークショップ (WS) を行った。
- ◆ WS では「吸音」をテーマとし、ミニレクチャー (音環境の基礎知識と子ども施設の音環境に関する講義) とグループワーク (音の視点からの振り返り・吸音体験・グループディスカッション) を通して、吸音効果を実感的に学び、支援や環境づくりに活かすことを目的とした。
- ◆ WS 体験を通して、音の問題や吸音による子どもや保育への効果を実感的に理解すること、声の掛け方等の支援や環境の工夫など音の視点を保育へと取り入れていくきっかけとなったことが捉えられた。
- ◆ WS 後の効果として、WS で持たれた各自の問題意識に基づいて支援方法を工夫したり、吸音効果など音環境についての理解を深めていったことが、WS 後に実施した音環境づくりの振り返り (報告会) の際に確認された。



Fig. 1: Experiencing sound-absorbing settings

1-5-1

1-5-1 Background Music Preference While Studying and Its Effect on Productivity, Learning Endurance, and Creativity

○ Tenzin Paldon, Hiroshi SUDA (Chiba Institute of Technology, Faculty of Information Science)

The advancements in educational technology offer a plethora of tools to boost our concentration and maximize our learning efficiency. Studying while listening to music is one popular method. The efficacy of background music as a learning aid has sparked differing opinions among researchers.

Comprehending an individual's music preference in the context of learning and studying is of great significance. Our study seeks to delve into music listening preferences among university students, with an emphasis on Japanese university students, due to the scarcity of research in this subject matter.

Through combination of Quantitative survey and experimental study, this research aims will offer a comprehensive understanding of how individual music preferences impact students' studying experiences and provide valuable insights to optimize learning strategies and outcomes.

1-5-3

1-5-3 プログラミング学習における音読の有効性に関する検討
-その3-

A Study on the Effectiveness of Reading Aloud in Programming Learning - Part 3

○ 上田麻理, 田中哲雄 (神奈川工科大)

本稿では、プログラミング学習のレベルと音読の有効性を明らかにするために、プログラミングが苦手な工学系・情報系学部所属する大学生を対象として、プログラミング講座を実施したのでその結果を報告する



Mari Ueda et al., 2023

Fig. 初級者でも学びやすい? 音読プログラミング学習

1-5-4

1-5-4 学生の言語コミュニケーション能力を高める学習教材の開発と評価

Proposal for a learning material to improve students' verbal communication skills.

○上田麻理, 春日秀雄, 西口磯春, 松本一教, 田中哲雄 (神奈川工科大)

大学生の言語コミュニケーション能力を高めるための学習教材の開発とその評価を行ったので報告する。



Fig. 人間のロボット化阻止に必要な教育の実践と提案を行う

1-5-5

1-5-5 3D 映像コンテンツと連動する HOA サウンドのヘッドホン再生

Headphone binaural playback of HOA sound linked with panorama image

○棚瀬 康人, △廣瀬 健治, △櫻田 信弥(ヤマハ), △川原 正順(AWT),

△村岡 睦稔, △池本 亨(HEIWA), △鈴木 晋二(concent works)

- ◆立体音響の収録、再生技術である高次アンビソニック (High Order Ambisonics) のヘッドホンバイノーラル再生への活用事例を紹介する。バイノーラル再生の立体音響が 360 度の立体映像と連動する 3D コンテンツ制作に適用する。
- ◆立体映像の収録は、機材の低価格化や動画配信サイトの発達もあり、盛んにコンテンツが制作されている。
- ◆立体音響は 64ch マイク収録データを、1~5 次の HOA 形式に変換し、さらに HRTF 技術を用いてバイノーラル化することができる。
- ◆映像投影は平面ディスプレイ、3 次元ドーム、VR ゴーグルなどの選択が可能で、方向はコントローラ入力、トラッキング情報を利用する。



Fig.1: Panorama image content with Binaural HOA and 64ch 3D-Microphone.

1-5-6

1-5-6 オンライン授業と対面授業における シミュレータ教材の教育効果の比較

Comparison of the Educational Effectiveness of Simulator Teaching / Learning Materials in On-Line and Face-to-Face Classes

○須田宇宙 (千葉工業大学・情報科学)

- ◆音響工学の教育分野では、不可視現象を扱うことが多い。
- ◆筆者らは、パラメータの変更に即座に対応して可視化・可聴化するシミュレータ教材を中心としたマルチメディア教材を開発し、教育に利用することによって教育効果を高めてきた。
- ◆コロナ禍での対応として、大学ではオンライン授業を実施せざるを得ない状況に陥り、多くの授業がオンデマンドで実施された。しかし、オンデマンドでは実験を伴う体験的学習を行うことが難しい。
- ◆この問題を解決するために、筆者はオンライン授業にシミュレータ教材を用いた簡易的な実験を取り込む形式の授業を実施した。
- ◆2023 年度より、一部の例外を除いて対面授業に戻ったことを受け、オンライン授業と対面授業におけるシミュレータ教材の教育効果を比較することを目的とする。

1-5-7

1-5-7 コロナ禍における 中学校家庭科の音に関する授業実践

Implementation of Home Economics Class on Sound in Junior High School during the COVID-19 Pandemic

○豊増美喜 (大分大), △鈴木佐代 (福岡教育大)

△古田慧 (元福岡教育大), △有友里沙 (元福岡教育大)

- ◆本報では、コロナ禍に実施した、福岡県の大学附属中学校における、家庭科住生活分野での音に関連する授業実践を 2 例報告する。
- ◆Case1 の、音の内容を含む住生活文化の対面授業では、ふすまの開閉の様子や、縁側から鳥のさえずりや葉擦れの音などが聞こえる様子など、複数の映像コンテンツを作成し、授業に使用した。
- ◆Case2 の、生活と音の授業は、対面授業と遠隔授業を同時に実施するハイブリッド型授業で行った。音当てクイズや騒音レベルの測定などを通して生活と音について学び、生徒一人一人が音のチラシを考案・作成し、学習活動の充実を図った。
- ◆家で授業を受けた場合の、測定レベル測定時の発声音と音当てクイズの音は、先生の声と比較して「少しききにくかった」「ききにくかった」の割合が多いため、今後の配慮が必要である (表 1)。

表 1 授業中の声、音のききとりやすさ

授業中の声、音	先生の声 (1,2回目の授業)		測定時の発声音 (1,2回目の授業)		音当てクイズ (1回目の授業)	
	教室 (n=65)	家 (n=145)	教室 (n=65)	家 (n=145)	教室 (n=32)	家 (n=73)
授業を受けた場所						
よくきき取れた	87.7%	51.0%	81.5%	31.0%	90.6%	26.0%
まあきき取れた	10.8%	41.4%	10.8%	35.2%	9.4%	42.5%
少しききにくかった	0.0%	6.9%	4.6%	26.2%	0.0%	23.3%
ききにくかった	0.0%	0.7%	1.5%	7.6%	0.0%	8.2%
無回答	1.5%	0.0%	1.5%	0.0%	3.1%	0.0%
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

1-5-8

1-5-8 (招待講演)地方の公立中学校は どのようにコロナ禍を乗り切ったか —福岡市立西陵中学校の事例報告—

(Invited Paper) Case study: SEIRYO junior high school; How did local public junior high schools survive the COVID-19 pandemic.

○吉瀬竜二(福岡市立西陵中), △松下絵美(福岡市教育委員会)

- ◆2020年2月末より福岡市の判断によりコロナ感染症対策として全市の小中特高校が一斉休校となった。本学では、その対応として、ICTを本格的に活用していく方針を立てた。教職員の「生徒たちの学びを2度と止めたくない」、そして安心して休校中を過ごす方法をチーム西陵として試行錯誤を行なった。

- ◆自身のパフォーマンスを動画で記録して確認させることを行なった。生徒たちは、より良い表現にするためにはどうしたらよいか試行錯誤し工夫するようになった。ここには、よく「聴く」というプロセスがあることが重要な点であると考えている。1人1台端末の收音再生機能の不十分さは、ヘッドセットの使い方や教室の構造による音質の変化にも気付かせ、活用の幅や質を高めることができた。



Figure: The examination of singing in music class at the COVID-19 pandemic.

1-5-10

1-5-10 言語聴覚士養成校の音響学、コロナ禍で 何が変わったか？

What has changed in acoustic classes during the COVID pandemic in speech therapy courses

○竹内京子(順天堂大), 青木直史(北大), 荒井隆行(上智大), △鈴木恵子(北里大), 世木秀明(千葉工大), △秦若菜(北里大), 安啓一(筑波技術大)

- ◆ことばのリハビリの専門職である言語聴覚士養成校では、音響学(聴覚心理学を含む)が必修科目である。音響学の授業は、コロナ禍の3年間で何が変わったのか？何を体験し、何が残ったのか。そして、コロナが収束しようとしている今、どのような状態なのか、現状を報告する。
- ◆コロナの影響は学校差、地域差が大きい。最も影響が大きかった2020年度は、首都圏では登校制限があり、ほとんどがオンライン学習となった。他の地域では、対面授業が続けられ、影響が少ないところもある。この差はとても大きい。
- ◆オンライン授業や行動制限付きの対面授業によって、音や音声の授業でできないことも多く、いろいろと工夫が必要であったが、より影響を受けたのが、学校におけるグループ活動や人間関係である。
- ◆今、対面授業は以前の活気を取り戻しつつある。また、オンライン授業や、動画配信など、コロナ後に使える知識や技術が、学生も教師も増えた。
- ◆コロナの影響は、学校差、地域差はあるが、大変な時期であったことは間違いない。それでも、学生も教師も、苦しみながら獲得したものがある。制限されることによって初めて知った普通の生活と人間関係のありがたさ。それを支える音声の役割。記憶に残る経験であったことは間違いない。

1-5-9

1-5-9 (招待講演)コロナ禍がもたらした教育への インパクト —コロナ禍を振り返って—

(Invited paper) The Impact of the Covid-19 pandemic on Education
— Reflections on the Covid-19 pandemic—

○河原一彦(九州大・芸工)

- ◆コロナ禍は、教育機関における授業・コミュニケーションのあり方に大きなインパクトを与えた。教育インフラのICT化を推し進めたのも事実であろう。本稿では、コロナ禍が一段落した現在、コロナ禍を振り返り、教育に与えたインパクトをまとめ、振り返り記録に残したい。
- ◆さらに、学生の「私語」という視点から、学生同士のコミュニケーションの様子についても私感を述べた。
- ◆本稿がコロナ禍の振り返りの記録となれば幸いである。

1-6-1

1-6-1 第3の聴覚・軟骨伝導による コミュニケーション革命

Communication revolution by third hearing, the cartilage conduction

○細井裕司(奈良医大), 下倉良太(大阪大), 西村忠己(奈良医大)

- ◆軟骨伝導は細井が2004年に発見した気導とも骨導とも異なる第3の音伝達経路である。
- ◆気導や骨伝導とは異なる軟骨伝導の特徴は、①通信音、周囲音が同時に両耳で聞ける。②完全なステレオ音、③音量、S/N 瞬時調節、④耳介裏からの音入力、⑤水中で良く聞こえる、⑥音が聞ける宝飾品、⑦耳垢の付着なく衛生的、⑧外耳道炎にならない、⑨イヤホン難聴を起こさない、などがある。
- ◆発見から19年が経過し、上記の特徴に着目した補聴器、ヘッドホン、窓口用聴覚補助イヤホン、集音器など世界初の軟骨伝導製品が次々と上市されるようになってきた。
- ◆Fig.1に3種類の軟骨伝導振動子の装着位置を示す。
- ◆今後、骨伝導製品の大部分と気導製品の何割かが軟骨伝導製品に置き換わっていくと予想している。



Fig.1: Mounting position of cartilage conduction transducer

1-6-2

1-6-2 伝音性難聴のある成人による
軟骨伝導型振動子の装着位置の検討

Evaluation of the wearing position of a cartilage conduction type transducer by adults with conductive hearing loss.

○安啓一, △中津 智貴, 平賀瑠美, 坂尻正次(筑波大),
三浦貴大(産総研), 藪謙一郎, 伊福部達(東大)

- ◆伝音性難聴および混合性難聴のある参加者 2 名を対象に軟骨伝導振動子を装着した 2 つの形状(帽子型骨伝導イヤホン(Fig.1 左), ヘッドホン型骨伝導イヤホン(Fig.1 右))のイヤホンを用いた単語理解度試験を行った。比較対象として市販の骨伝導イヤホンを使用した。
- ◆伝音性難聴ある参加者 A は市販の骨伝導イヤホンが、混合性難聴のある参加者 B はヘッドホン型骨伝導イヤホン正解率が高い結果となった。



Fig. 1 帽子型骨伝導イヤホン (左) 及びヘッドホン型骨伝導イヤホン (右)。軟骨伝導振動子をそれぞれのマテリアルに粘着テープで貼り付けている。

1-6-4

1-6-4 軟骨伝導補聴器の購入率に影響する因子
—外耳道の状態別検討—

Factors influencing the purchase rate of cartilage conduction hearing aids

○西村忠己(奈良医大), 細井裕司(奈良医大), 北原 紘(奈良医大)

- ◆外耳道の状態ごとに購入例と非購入例を比較した。
- ◆両閉鎖群で低音域の装用閾値が購入群で有意に低下していた。
- ◆その他の群では装用効果の明らかな差を認めなかった。
- ◆非閉鎖耳では振動子の形状で購入率に有意な差を認めた。

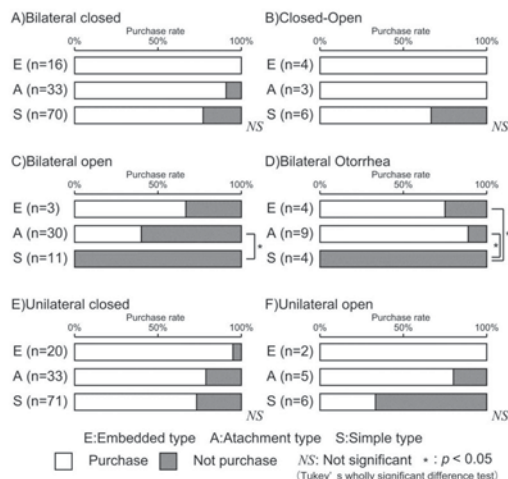


Fig. 1 Difference in purchase rate among the transducers

1-6-3

1-6-3 感音性難聴に向けた軟骨伝導補聴器の検討

A study of cartilage conduction hearing aids for sensorineural hearing loss

○綿貫敬介, 山崎隆志, 添田晃弘, 古山慶, 弥永さえ, 弥永慎一郎, 石川慎一(リオン)

- ◆感音性難聴向けの補聴には、一般的に気導補聴器が適応される。また、軽度の場合は、こもり音を解消するために穴の開いた耳栓を用いる「オープンフィッティング」が広く用いられている。しかし、オープンフィッティングは、低域での十分な音響利得を得ることが難しい。
- ◆軟骨伝導では、外耳道を塞がない状態においても低域の音響利得が得られることが知られている。そこで、軟骨伝導を応用した感音性向け補聴器の検討を行ったので報告する。
- ◆今回、耳甲介腔における機械インピーダンスの実測結果を用いて低域の出力を大きくさせつつ耳甲介腔に収まる新しい振動子を試作した。この振動子を補聴器として評価するために実耳装用利得を調べた。
- ◆試作した振動子より、安定して装用できる形状を見出した。音響面の評価においては、軽度難聴に対して低域で十分な利得が得られたが、高域の利得は不足していることがわかった。



Fig.1: Prototype cartilage conducting hearing aid and vibrators.

1-6-5

1-6-5 軟骨伝導音源ドライバーの開発とその応用

Development of Cartilage Conduction Specific Transducer and its Applications

○河野猛(株式会社CCHサウンド)

株式会社 CCH サウンドは軟骨伝導現象を活用した新規ヒアラブルデバイスの社会実装化を目的として、軟骨伝導に関する国内外 100 件の知財に対する独占的専用実施権を取得し、2019 年 10 月に設立した。設立後、直ちに、試作を重ねて軟骨伝導専用音源ドライバーの自社開発を行い、2023 年 3 月には量産化を目指した設備導入を行った。音源ドライバーは量産化と製造コストの点からダイナミック型を選択した。ダイナミック型振動子の持つ音響特性を最大限抽出するために、外耳道軟骨部の接触部位に対する振動子のサイズ、及び、電磁駆動部の構成要素部品であるダンパーの形状、磁石の磁束密度、ヨークの形状と重量の最適化をはかり、外形の異なる 2 種類の組み込み型音源ドライバーを用意した。この音源ドライバーは 600Hz 以上で安定した音圧出力を得ることができ、各種音響デバイスに組み込むことで軟骨伝導聴覚機器として広く応用することができる。

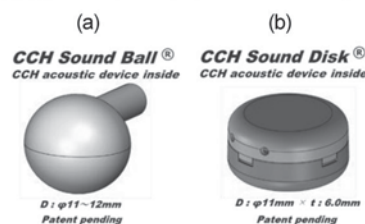


Fig. 1 CCH Sound Ball® (a) and CCH Sound Disk® (b)

1-6-6

1-6-6 世界初の窓口用・個人用軟骨伝導集音器の高齢者福祉への貢献

Contribution to the welfare of the elderly with the world's first cartilage conduction sound collector for window and personal use

○東 享 (TRA 株式会社), 細井裕司(奈良医大)

- ◆高齢者が生き生きと活躍できる環境整備と認知症の予防を軟骨伝導技術で実現する。
- ◆役所や金融機関等では、老眼鏡が用意されているが、「聞こえ」に対しては、スピーカーでは周囲の人に聞こえる、従来型のイヤホンには音の出口があり、前に使用した人の耳垢が固着し、不衛生であるから適切な方法がなかった。
- ◆軟骨伝導イヤホンは、音の出口も凹凸もなく、表面平滑で球状であるため、清潔が保てることから、窓口用のイヤホンが実現した。全国の役所、金融機関、病院、薬局、警察等に導入が進んでいる。
- ◆難聴は認知症のリスクファクターである。窓口で高齢者が自己の難聴を自覚し、補聴器や集音器の普及率が高まることによって、会話が促進され脳活動が活発化し、認知症の予防につながる。

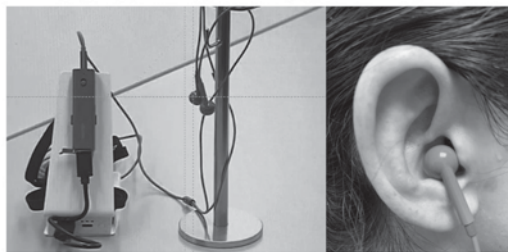


Fig.1: Cartilage conduction earphones for window

1-6-8

1-6-8 3D プリンタで作製した HATS 用耳介モデルと軟骨伝導音計測

Measurement of cartilage conduction sound using a HATS introduced by 3D-printed ear pinna simulator

○下倉良太(大阪大), 細井裕司, 西村忠己(奈良医大)

- ◆本研究では、3D プリンタで作製した硬度 (A25, A5) の異なる耳介モデルを Head and Torso Simulator (HATS) に搭載し (Fig. 01a), 軟骨伝導音の再現性について検証した。
- ◆圧電型軟骨伝導振動子を耳介モデルに装用し (Fig. 01a), 純音列 (125Hz から 16 kHz まで 1/12 octave 刻みで信号長 1s) を提示して、HATS による計測を行った。
- ◆硬度が A25 の場合、2500Hz 付近の外耳道共鳴ピークと出力のピークが一致した。その反面、800Hz 付近の軟骨伝導特有のピークは、大きさが不十分であった (Fig. 01b)。
- ◆硬度が A5 の場合、逆に 800Hz 付近のピークは出力と一致し、2500Hz 付近のピークはやや高周波数へシフトした (Fig. 01c)。また共に 9kHz の高周波数帯域では、HATS 出力が実測値よりも高い値を示した。

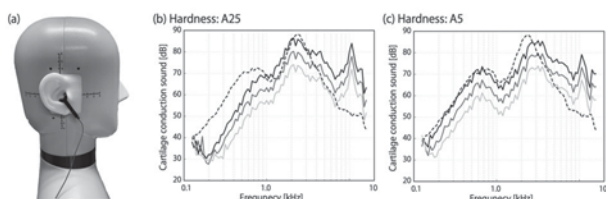


Fig. 01. (a) Ear pinna model embedded in HATS and simulated (rigid lines: black for 2V, dark gray for 1V and light gray for 0.5V of input intensity) and measured (dot line: 2V input) cartilage conduction sounds in the hardness (b) A25 and (c) A5 of the pinna model.

1-6-7

軟骨伝導ヘッドホン

ATH-CC500BT の開発について

Product development of the ATH-CC500BT cartilage conduction headphones

○吉田康平(株式会社オーディオテクニカフクイ)

- ◆軟骨伝導を応用した世界初の民生向けヘッドホン「ATH-CC500BT」の開発について記す。
- ◆ヘッドホンなどの音声機器を使用する際、周囲の環境音（例えば危険な音や人との会話など）を同時に聞き取ることが難しいという課題があり、近年の在宅勤務の増加などの社会の変化に伴ってその解決需要が高まった。
- ◆その新たな解決手段として軟骨伝導を応用した製品の企画・開発を進めた結果、世界初の民生向け軟骨伝導ヘッドホン（弊社名称：ATH-CC500BT）を開発するに至った。
- ◆家事など他の事をしながら音声を聴くことを目的とした「ながら聴き」というコンセプトの製品となっている。



Fig.1: Appearance of the ATH-CC500BT cartilage conduction headphones

1-6-9

軟骨伝導を二次音源とした狭帯域ノイズ除去シミュレーション

Narrowband noise reduction simulation using cartilage conduction as a secondary source

☆東美幸, 下倉良太, △飯國洋二 (大阪大)

- ◆オープンイヤーでのノイズキャンセリングを目指しており、オープンイヤーで音の制御が可能な軟骨伝導に着目した。
- ◆本研究は、音声と狭帯域ノイズが重畳した環境で、二次音源として軟骨伝導から信号を出力することで、鼓膜での狭帯域ノイズの除去を目標としており、本発表では、シミュレーション実験に関して発表する。
- ◆周波数ごとに出力信号の振幅を最適化する Delayed-X Harmonics Synthesizer (DXHS) アルゴリズムに、二次経路情報を組み込んだ Conv-DXHS アルゴリズムを提案した。
- ◆狭帯域ノイズの中心周波数付近の消音効果を高めるため、更新の変化量を定めるステップサイズを中心周波数に近いほど大きく設定した。
- ◆提案アルゴリズムを用いた結果、中心周波数 350Hz の狭帯域ノイズが 13.2dB 消音されることが確認できた。

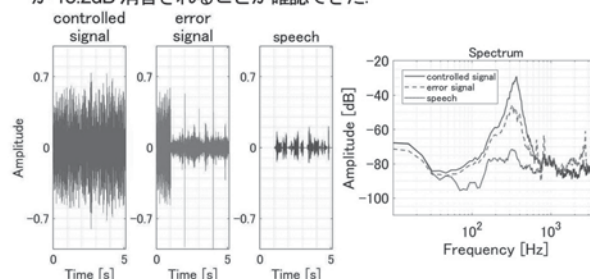


Fig.1: Time wave and Spectrum before and after noise cancelling

1-7-1

1-7-1 航空機騒音のAI識別:CNNを用いた
地上騒音と飛行騒音の分類

Artificial Intelligence identification for aircraft noise:
Ground and flight noise classification using CNN

☆小泊楓奈, 森淳一, 森長誠, 土屋健伸(神奈川大),

山元一平(防衛基盤整備協会), 花香和之(成田空港振興協会),

川瀬康彰(成田空港振興協会/小林理研)

- ◆飛行場周辺では、航空機騒音に係る調査が定期的に行われている
- ◆航空機による単発騒音の状態の観測を自動化するために、我々は、音響情報を用いた機械学習(CNN)による航空機騒音識別を行ってきた
- ◆これまでの検討で、飛行騒音を対象とした機種識別は、極めて高い精度で可能であることが見出された
- ◆ただし、滑走路に近い測定地点では、地上騒音も考慮する必要がある
- ◆本研究では、飛行騒音と地上騒音の識別について検討した
- ◆飛行騒音(air)、地上騒音(grd)、その他の騒音(others)の4カテゴリの識別の結果、飛行騒音と地上騒音についても高い精度で識別可能であることが示された(Table 1-a)
- ◆ただし、妨害音が重畳した航空機騒音(gray)のカテゴリを追加した結果、識別精度は低下した(Table 1-b)

Table 1 Results of 10-fold cross validation

True Label	Predicted Label				N
	air	grd	others	gray	
air	113	3	2	118	118
grd	1	117	0	118	118
others	3	2	113	118	118
N	117	122	115	354	
Total 96.9					

True Label	Predicted Label				N
	air	grd	gray	others	
air	108	2	4	4	118
grd	3	111	3	1	118
gray	4	5	88	21	118
others	4	5	15	94	118
N	119	123	110	120	472
Total 85.0					

1-7-2

1-7-2 空港周辺地域における総合騒音に着目した検討
—その1 長期の常時監視データからの抽出—

Analysis study focusing on total sound around an international airport
—Part 1: Extraction from long-term monitoring data

○岡田恭明, 加藤千佳(名城大・理工)

生活環境に及ぼす騒音の影響は、表1に示すように道路交通や航空機など発生源(Specific sound)ごとに定められている指標値を用いて評価される。一方、通常環境には複数の発生源が同時に存在することから、それら全てを含めた総合騒音(Total sound, 図1参照)で捉えた視点も必要であろう。本研究では、中部国際空港周辺で常時監視されている短時間騒音レベル $L_{Aeq,10min}$ を用いて、航空機騒音を含む総合騒音が、ここ数年間の社会情勢下でどの様に変化しているのかを検討している。ここでは、周辺の風速データを基に抽出した $L_{Aeq,10min}$ について述べる。

Table 1 Environmental quality standards for noise.

Source	Index	Day	Night	Source	Index	Day	Night
Environment	$L_{Aeq,T}$	55	45	Construction*	L_A, L_{A5}	85	—
Road traffic	$L_{Aeq,T}$	65	60	Factories*	L_A, L_{A5}	50	40
		70	65	Exp. railway	$L_{A,Smax}$	70	
Aircraft	L_{den}	57					

* Emission regulation for specified factories or work sites

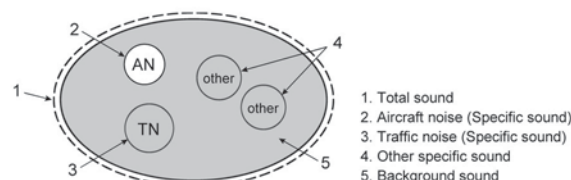


Fig.1 Total, specific, and background sound in residential environment.

1-7-3

1-7-3 空港周辺地域における総合騒音に着目した検討
—その2 ノイズイベントと等価騒音レベルの変化—

Analysis study focusing on total sound around an international airport
—Part 2: Variations of L_{Aeq} and aircraft noise events

☆加藤千佳, 岡田恭明, 吉光久一(名城大・理工)

前報に引き続き、中部国際空港の常時監視4局で得られた2018年1月～2021年5月のうち29か月間(881日)のデータを用いて、周辺環境の風速条件を考慮した $L_{Aeq,10min}$ から、Aircraft noise events (ANEs)と短時間等価騒音レベル $L_{Aeq,1h}$ との対応などについて検討した。図1は、空港から北北西26km離れた監視局での $L_{Aeq,10min}$ である。2020年の平均値は、前2年間に比べて昼間で1dB程度低く、50dB以上の観測データが少ない様子も見取れる。このようなデータを基にして1時間ごとのANEs数と $L_{Aeq,1h}$ との対応を整理した(図2, 7-22hr)。ノイズイベントが多くなると観測される $L_{Aeq,1h}$ は確かに高くなると言える。当該局では、ANEs数が15回/hになると8dB程度変化していた。

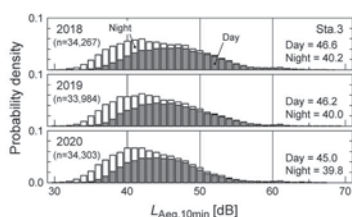


Fig.1 Distribution of $L_{Aeq,10min}$ at station 3 in 2018-2020 (Day: 6-21 hr, Night: 21-6 hr).

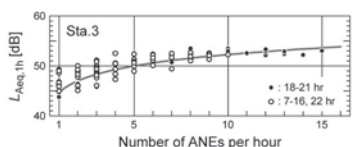


Fig.2 Correspondence between $L_{Aeq,1h}$ and number of ANEs per hour over 29 months (7-22 hr).

1-7-4

1-7-4 魚眼カメラを搭載したIoTシステムによる航空機測位の計測精度

IoT Camera System with Fisheye Camera for Sensing Accuracy of Aircraft Positioning

☆小松史弥, 土屋健伸, 森淳一, 森長誠(神奈川大), △西野健太郎, 横島潤紀(神奈川県環境科学センター), 山元一平(防衛基盤整備協会)

- ◆航空機やUAV等の空を飛行するモビリティの管理としては、機体の3次元的な位置情報を計測することが重要で、我々は低価格で機動性を有し、なおかつ機械的に局所範囲における航空機の3次元位置を計測できる魚眼カメラを搭載したIoTデバイスをベースとする航空機測位カメラを開発し、その性能確認のための2つのケーススタディを報告する。
- ◆1つめのケーススタディでは、相互相関法に基づく音響計測による航空機の位置を推定する方法と、航空機測位カメラによる方法との結果を比較し、音速補正を施せば、ほぼ同じ推定結果が得られることを確認した。
- ◆2つめのケーススタディでは、滑走路近傍における上空を通過する航空機の経路をADS-B信号のモニタリングによる方法と、航空機測位カメラによる方法との結果を比較した。その結果、両手法の経路はそれぞれの特徴を有しているものの、ほぼ同等の3次元軌跡であった。
- ◆以上のことから、航空機測位カメラによって得られた航空機の3次元的な位置は、既存の方法の結果とよく一致し、低高度を飛行する航空機の位置計測に対して、本手法が有効的に利用できることが見出された。

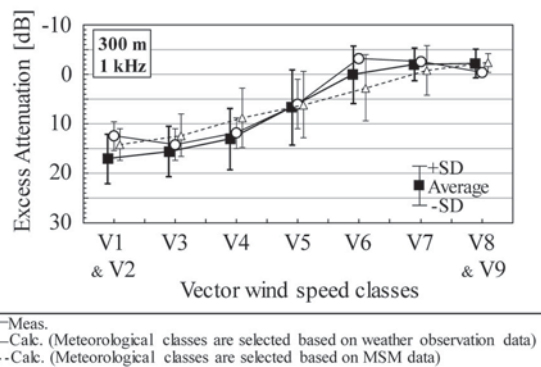
1-7-5

1-7-5 草地上における音の伝搬に及ぼす
気象影響に関する実験及び予測計算

Experiment and calculation on the effect of meteorology on outdoor sound propagation over grassland

○横田孝俊, 牧野康一(小林理研), 飯泉元気(道総研北総研), △堤 拓哉(道総研)

- ◆平坦な草地上(北海道, 当麻滑空場)において, 長期間にわたり繰り返し屋外音響伝搬実験を実施し, 種々の気象条件について超過減衰を取得。
- ◆PE法による数値解析結果に基づき, 実験時の超過減衰について予測計算を実施。
- ◆現地の気象観測データに基づき予測計算を行うことで, 長期間にわたって実測により収集した超過減衰の各気象条件(気象クラス)に対する平均値について, 対応の良い予測が可能であることを確認。
- ◆気象影響を考慮した屋外音響伝搬予測における数値気象予報(MSM)データ活用有効性を確認。



◆ Fig.1: Comparisons of Excess Attenuation between measurements and calculations.

1-7-7

1-7-7 エネルギー相補性を仮定した
鏡面反射予測モデル

Calculation method of specular reflection on the assumption of energetic reciprocity.

○福島昭則(ニュース環境設計), 安田洋介(神奈川大), 坂本慎一(東大・生研)

- ◆有限で剛な反射面でのエネルギーベース反射計算モデルを提案した。
- ◆鏡面反射と障壁での回折が等価であることから, Kirchhoffの回折理論を基本とし, エネルギー相補性を仮定した実務的な予測モデルを提案し, 数値解析結果との比較により提案するモデルの妥当性を考察した。
- ◆1/3 オクターブバンドで数値解析により算出した反射補正量と比較した結果, 反射性障壁を前提とした従来のモデルによる計算値よりも, 今回提案するモデルの方が対応は良かった。
- ◆自動車走行騒音のオーバーオール値では, 反射補正量がおおよそ 0~20 dB の範囲であれば, 数値解とのレベル差は±3 dB 以内であった。

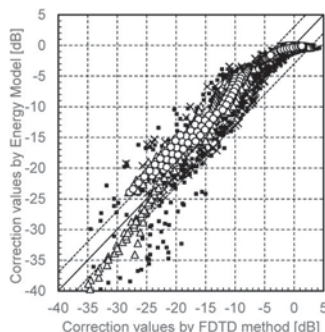


Fig.1: Comparison of correction values between by the energy model and by the FDTD method. (Plane Type ○: Half-plane, △: Quarter-plane, ×: Belt, ■: Rectangle)

1-7-6

1-7-6 高速道路を走行する自動車の音響パワー
レベルの算出方法に関する検討

— 最大騒音レベル法と二乗積分法の算出値の比較 —
Comparison of sound power levels of running vehicles on expressway by the integral method of squared sound pressure or the maximum A-weighted sound pressure level.

○大蔵崇, 池谷公一, 糸畑浩(NEXCO 総研), 一木智之, 太田達也, 福島昭則(ニュース環境設計), 岡田恭明(名城大・理工)

- ◆高速道路における自動車走行騒音のユニットパターンの実測例を紹介した。対称形のパターンが最も多いが, 接近時の騒音レベルが大きいパターンや通過後の騒音レベルが大きいパターンも多かった。
- ◆最大騒音レベル法による音響パワーレベルの算出値 $L_{WA,Fmax}$ と二乗積分法での算出値 $L_{WA,RMS}$ を比較した。舗装種別や車種で分類して整理したが, いずれの分類においても $L_{WA,Fmax}$ と $L_{WA,RMS}$ の対応は良好であり, 両者のレベル差は, 平均値では 0.1~0.4 dB であった。
- ◆ $L_{WA,Fmax}$ と $L_{WA,RMS}$ のレベル差には, 走行速度との関係が見られた。騒音計の時間重み付け回路(特性F)の影響が考えられる。100 km/h 程度であれば, その影響は 0.5 dB 以下と考えられる。

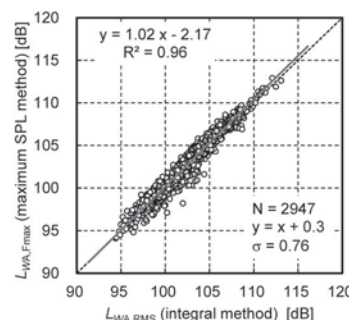


Fig.1. Relationship between $L_{WA,Fmax}$ and $L_{WA,RMS}$ of light vehicles on porous asphalt pavement.

1-7-8

1-7-8 航空写真に基づく道路交通騒音の推定結果
から算定した環境基準達成率に関する検討

Achievement Rate of Environmental Quality Standards Calculated by Road Traffic Noise Estimation using Aerial Photographs

☆章心怡(東大大学院), 中貴一, 坂本慎一(東大生研)

- ◆道路交通騒音の評価のために, 騒音の常時監視に基づき, 面的評価による環境基準達成率が集計されている。
- ◆航空写真から機械学習アルゴリズム YOLO を用いて車両を識別し, ASJ RTN-Model 2018 を利用して道路交通騒音の推定手法を応用して, 首都圏の4つの区間を対象として, 騒音に係る環境基準達成率の推定を試みた。
- ◆環境基準達成率の推定結果と環境省による公表データとの対応は良好であった。



Fig.1: Noise distribution of 42190-1.

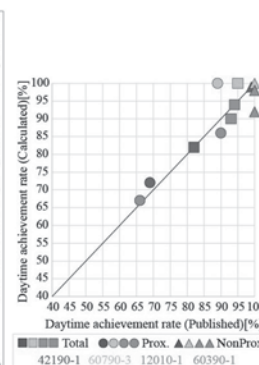


Fig.2: Comparison between calculation and published data.

1-7-9

1-7-9 欧州における交通騒音マッピングの現在地 – 欧州委員会報告及び違反手続に見る環境騒音指令の履行状況 –

Current status of traffic noise mapping in Europe:
The implementation of the Environmental Noise Directive in view of the European Commission reports and infringement procedure

○大嶋拓也(新潟大), 平栗靖浩(近畿大), 原田和典(岡山県立大),
齊藤由典(日本ミシュランタイヤ), △跡部哲士(日本ミシュランタイヤ)

- 欧州連合 (EU) 全体の環境騒音指令 (指令 2002/49/EC: END) の履行状況を把握し, 政策を維持する立場である欧州委員会 (EC) は, END 第11条により欧州議会および理事会に対して当該状況の定期的な報告を求められている。
- 2017年には, 政策評価プログラムに基づき, ENDの履行に係る人口あたり費用および費用便益評価が報告されている。
- 2023年には, EU機能条約に基づく「違反手続」により, 時には訴訟も行い確実な義務履行を促す努力が報告されている。
- これらに関連する文献及びデータベース調査により, ENDに加えてEU法の枠組みも利用した, ECによるENDの政策維持の取組み (Fig. 1) を報告する。

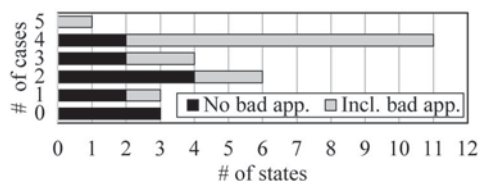


Fig. 1 Number of states in terms of infringement cases.

1-7-11

1-7-11 沿線観測点におけるパンタグラフ用遮音板の騒音低減効果 Noise reduction effect at a railway-side observation point by the insulation panel of the Shinkansen pantograph

○山崎展博(鉄道総研)

高速で走行する新幹線から発生する騒音の中で, パンタグラフから放射される騒音は主たる騒音源の一つであり, その低減策の開発が数多く行われている。本研究ではパンタグラフ騒音の伝播過程に着目し, 列車の移動に伴って沿線観測点からパンタグラフを見通す際の角度が変化する影響や地面による反射の影響を考慮したうえで, パンタグラフまわりの音源位置 (Fig. 1) と沿線観測点における音圧レベルの関係を数値計算により算出した。これにより, 遮音板や車体ならびに地面による反射音が沿線観測点における音圧レベルに与える影響を評価した。さらにパンタグラフまわりの音源位置毎に遮音板による騒音低減効果 (Fig. 2) を明らかにした。

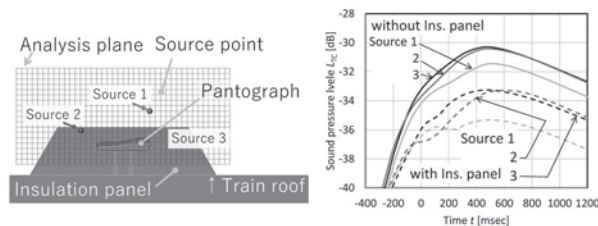


Fig. 1 Analysis plane around the pantograph.

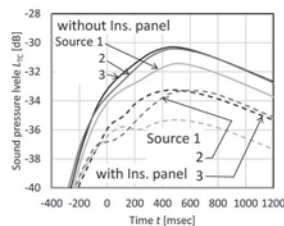


Fig. 2 Sound pressure level at the ground observation point.

1-7-10

1-7-10 音源の移動に伴う放射音の振幅変調に音源種別が与える影響に関する実験的検討

Experimental study on the effect of sound source type on amplitude modulation of radiated sound due to source movement

☆牧野 裕介、高野 靖、大谷 真(京大院・工学研)、
阿久津 真理子(早稲田大学/鉄道総研)、△宇田 東樹(鉄道総研)

◆ 模型発射実験 (Fig.1)

- 模型にとりつけた超音波スピーカからの放射音の指向性の変化を計測

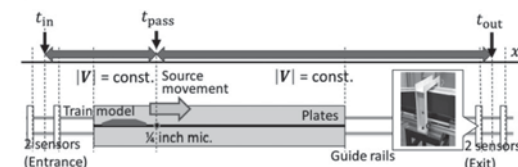


Fig. 1: Setting of a semi-anechoic chamber.

◆ Doppler factor と音源移動に伴う指向性の変化の関係 (Fig.2)

- 先行研究 (空力音由来の音源からの放射音の振幅変調) より大きい
- 音源の物理的メカニズムによって音源移動に伴う振幅変調が異なると示唆

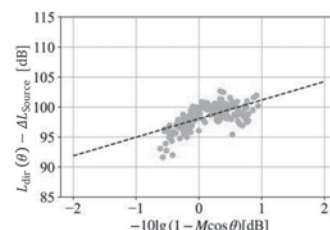


Fig. 2: Amplification of sound pressure level due to source movement.

1-7-12

1-7-12 鋸歯状構造を持つ超音波減衰機構の提案

Proposal for ultrasonic attenuation mechanism with serrated structure

○今村俊樹, 福井崇之, 池田賢二(セコム)

- ◆ 180度指向性超音波スピーカとマイクを隣接させ, 1つの筐体で広い空間をアクティブセンシングする場合, スピーカからマイクへ直接到達する高強度の回り込み音波を減衰する目的で防音壁が必要である。
- ◆ 減衰量の観点からは防音壁を高背化するのが望ましいが, 一方で高背な壁は, スピーカ (やマイク) 指向性を狭くするという新たな課題を生む。これら相反する課題に対応するため, 低背かつ減衰量が大きな防音壁を新たに提案する。
- ◆ 提案する防音壁は, 鋸歯状構造による超音波減衰機構を有し, FEM によるシミュレーションおよび3D プリンタで製作した実機にて減衰効果を確認した。
- ◆ 25kHz を対象に設計した本機構の防音壁は 13dB の減衰量を達成し, 同等の減衰量を有する単一防音壁に比べて高さを 1/7 に圧縮できた。
- ◆ また 25kHz 周辺帯域で減衰効果を保ち FMCW 等に適用可能なこと, 壁の段数により減衰量を調整可能なことも確認した。

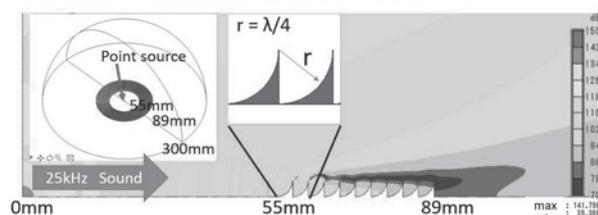


Fig. 1: simulation result of attenuation effect of serrated structure

1-7-13

1-7-13 管内伝搬音抑制構造による 破裂音に対する減音効果の確認

Confirmation of sound reduction effect for bursting sound by using the tubular structure for noise reduction

◎熊谷直登, 星野康, 木山雅和 (日本環境アムニティ)

- ◆管内伝搬音に対して, 伝搬方向と直交する複数枚の仕切り板と通気性のある吸音材を組み合わせることで減音効果が得られる。
- ◆実現場への応用を考え, トンネル緩衝工をイメージした 1/80 スケールの模型を作成し, 音源に破裂音を用いて実験を行った。
- ◆出口部分において仕切り板や吸音材の有無を変化させた結果と, 内部が平滑な基準条件を比較し減音効果を算出した。
- ◆音源として破裂音源を用いても管内伝搬音抑制構造が有効であることを示した。

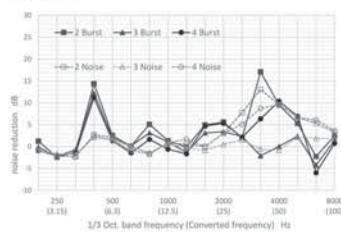
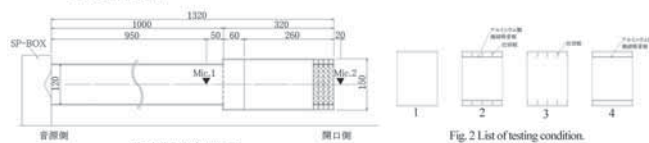


Fig.3 Results of noise reduction. [dB]

1-7-14

1-7-14 インパクトレンチ使用時に 発生する音の低減手法提案

Proposal of reducing sound caused by impact wrench

☆坂之上大喜, 山崎匠, 及川靖広(早大理工), △生谷正一(小松製作所)

- ◆背景・目的: インパクトレンチの作業で発生する打撃音は大きく, 労働環境改善を考えた場合, その低減が必要
- ◆提案手法
 1. インパクトレンチに装着するアタッチメントによる音の低減
 2. 施工対象物である金属板の制振
- ◆実験結果
 1. インパクトレンチの打撃音の低減を確認
 2. 聴感的にも金属的響きが低減され, 不快感が和らぐ音へ変化

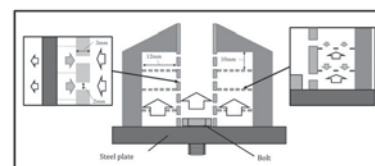


Fig.1: Example of the attachment.

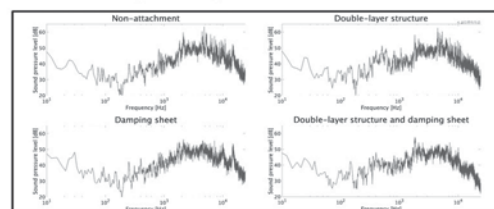


Fig.2: Results of using damping sheet.

1-7-15

1-7-15 時間領域差分法を用いた音響振動連成解析による車室内外の音空間シミュレーション

Sound simulation inside and outside vehicle using finite difference time domain method based acoustic vibration coupled analysis

◎奥木友和(マツダ㈱), 大久保寛(都立大)

- ◆時間領域差分法 (FDTD 法: Finite Difference Time Domain Method) を自動車の車室内外の音響振動特性・伝搬現象の数値解析・可視化に適用することを提案・評価した。
- ◆Fig. 1 に救急車サイレント音 (960Hz) の到来を想定した解析モデルを, Fig. 2 に音圧と垂直応力の車室内外の空間分布結果を示す。
- ◆自動車の車室内外における音波と弾性波の過渡状態から定常状態までの伝搬現象を解析できることを確認した。これより, 自動車性能開発における音響振動の数値解析手法の一つとして, FDTD 法は高い有用性があると評価できた。

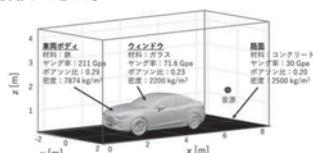


Fig. 1 Inside and outside acoustic model of vehicle

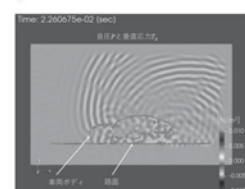


Fig. 2 Spatial distribution of sound pressure and vertical stress

1-7-16

1-7-16 500Hz 以下の騒音を対象とした 膜振動とヘルムホルツ共鳴を利用した 広帯域吸音音響メタマテリアル

The evaluation of the developed sound absorber using the membrane vibration and Helmholtz resonator for under 500Hz noise.

◎後藤 達彦, 江波戸 明彦, 西村 修 (株)東芝

本稿では, 通常の吸音材では吸音性能が低下する 500Hz 以下の騒音を対象に, 提案する膜振動とヘルムホルツ共鳴を利用した広帯域吸音音響メタマテリアルの評価結果を示した。評価結果, 吸音率 0.8 以上を示す周波数帯域が L1 長 75mm, L2 長 35mm (全高 110mm +10 mm)にて, 354Hz 幅 (196 Hz ~ 550 Hz) となり, 500Hz 以下の周波数帯域にて十分な吸音性能が得られることが確認できた。

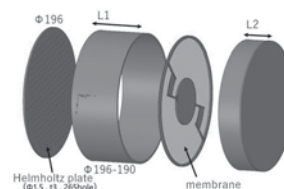


Fig1 . The structure of the proposed sound metamaterial.

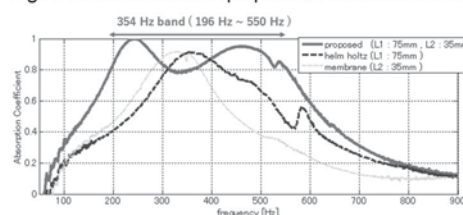


Fig2 . Measured absorption coefficient.

1-8-1

1-8-1 パーソナルブースの音漏れ低減のための
適応型サウンドマスキング手法の提案

Proposal of the adaptive sound masking method
to reduce sound leakage of personal booth

○寛 裕介, △藤 大地(パナソニック),

△鷲尾 信彦, △坂井 剛, △栗原 伸一郎(パナソニックホールディングス)

- ◆ オープンスペースでの WEB 会議増加に伴い、会議音声漏れによる情報漏洩や、周囲の執務者に対する作業妨害といった問題が生じている。そこで、漏洩音声の明瞭性低減のためサウンドマスキングが利用される。
- ◆ 従来のサウンドマスキングでは定常マスクを再生していたため、会議音声が生じた際は音圧が不足し、音声がマスクできないといった問題が生じていた。
- ◆ そこで、マイクで収音した会議音声の音響特性変動に応じてマスクの音響特性を逐次調整する適応型サウンドマスキングを考案した。提案する WEB 会議向けサウンドマスキングの概念図、概要図を Fig. 1, 2 に示す。
- ◆ 提案法をセミオープン型 WEB 会議ブースの音漏れに適用し、聴感評価により効果検証を行った結果を Fig. 3 に示す。従来法と比べて漏洩音声の聞き取りにくさ、集中のしやすさにおいて提案法の優位性が明らかとなった。

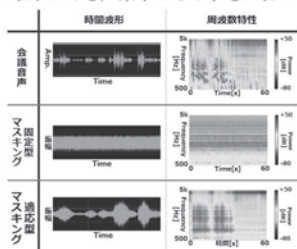


Fig.1 Conceptual diagram of the proposed method

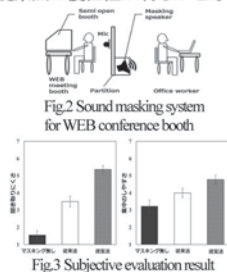


Fig.3 Subjective evaluation result

1-8-3

1-8-3 音節の立ち上がり限定した動的な周波数
補正が残響下の単語理解度に与える影響

The effect of a dynamic frequency correction limited to syllable onset
on word intelligibility scores in a reverberant sound field

○佐藤逸人, △齋藤 潤(神戸大院・工学研)

- ◆ 本稿では、先行研究において提案した動的に音声の周波数補正を行う方法を残響音が妨害音の場合にも適用できるように拡張し、4 連単語を用いた了解度試験によりその有効性を検討した。
- ◆ 残響音に対する直接音のエネルギー比が小さい時間-周波数領域を選択的に強調した。また、残響音の抑制を目的として、周波数補正を適用する範囲を音節の立ち上がり区間に制限した場合の効果も併せて検討した。
- ◆ その結果、周波数補正により単語理解度が有意に上昇することが確認できたが、補正の範囲を音節の立ち上がり区間に限定する方法の優位性は明確ではなかった。

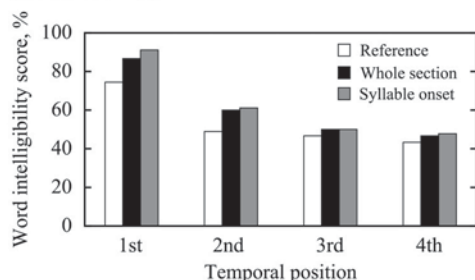


Fig. 1: Intelligibility scores for 4 consecutive words. The words were preprocessed to be robust against reverberation using a method suggested in this paper. The color difference shows the difference in the section to be pre-processed.

1-8-2

1-8-2 多言語同時拡声による案内放送の了解度
(3) 騒音の影響

Intelligibility of speech guidance simultaneously presented
in multiple languages: (3) The effect of background noise

○森本政之(神戸大), 佐藤逸人, △上羽希佳(神戸大院・工学研)

- ◆ 著者らは多言語による案内放送の時間短縮を目的とし、多言語同時拡声について研究してきた。本稿では騒音の影響について検討した。
- ◆ 2 言語(日本語, 韓国語)あるいは3 言語(日本語, 英語, 中国語)の音声を1つのスピーカから同時に再生し、騒音を付加した条件下で日本語を第1言語とする学生を対象に了解度試験を行った。
- ◆ 目的音声は5つの異なる日本語単語を繋ぎ合わせたものとし、1 番目あるいは5 番目の単語を回答させる実験を別々に実施した。
- ◆ その結果、同時に再生する言語数が3 以下で、かつ目的音声以外は騒音とみなした SN 比が -3dB 程度以上であれば、少なくとも 80% 程度の単語理解度が確保できることを示した。

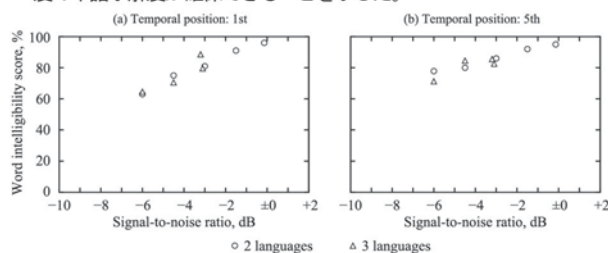


Fig.1: Word intelligibility scores as a function of the signal-to-noise ratio, which considers speech other than target speech as noise. The circles and triangles are the scores when 2 and 3 languages are presented simultaneously to the listeners, respectively. Panels (a) and (b) are the results when the temporal positions of the target word are 1st and 5th, respectively.

1-8-4

1-8-4 会話しやすさ/しにくさ・聴き取りやすさ/にくさ
に関するインタビュー調査

Interview survey on
ease/difficulty of conversation and ease/difficulty of listening

◎丸山直也, 川井敬二(熊本大院)

- ◆ 会話空間の音環境を評価する「会話しやすさ」・「会話しにくさ」・「聴き取りやすさ」・「聴き取りにくさ」の4つの評価語に関するインタビュー調査を実施した。
- ◆ 「会話」、「聴き取り」とともに「しにくい」側だけでなく「しやすい」側の評価が存在していることが分かった。
- ◆ 回答結果から評価構造を整理し、多様な評価要素が抽出できた。(Fig.1:「会話しやすさ」の評価構造)

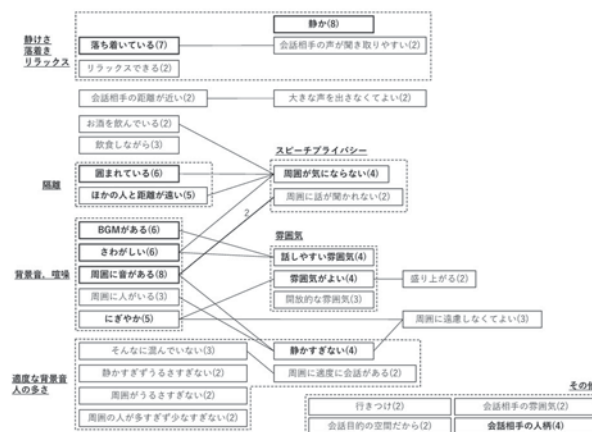


Fig.1: Evaluation structure on the ease of conversation

1-8-5

1-8-5 STIに対する最適残響時間曲線による
室内音響設計

Room acoustic design using optimum reverberation times for STI

○増田 潔(大成建設技術センター)

- ◆室内音響設計時には、著名な研究者が実用途毎に定義した最適残響時間曲線を使用して内装計画を行う場合が多い。しかし、それらの曲線が定義されていない容積をもつ空間に対しては、従来の曲線を任意に延長したり、実測値に対する近似曲線を代用したりする場合が多い。
- ◆本報ではLochnerとBurgerが提案した明瞭度評価指標SNRを基に、設計時に統計室内音響理論で予測可能なSNRstatを開発し、それを基にSTI値に対する最適残響時間曲線を導出し、室容積に範囲を設けずに内装計画を行う手法を提案した(Fig.1)。
- ◆本報では空気吸収が影響するような空間でも上記手法が有効であることを理論的に示した。

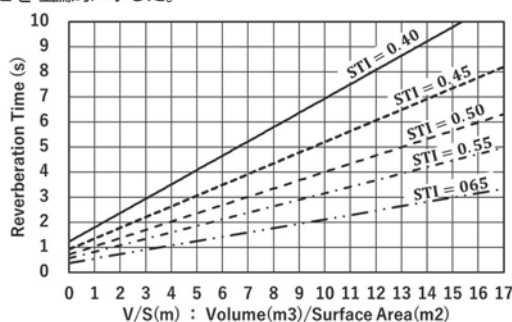


Fig.1: Optimum reverberation times for STI and V/S.

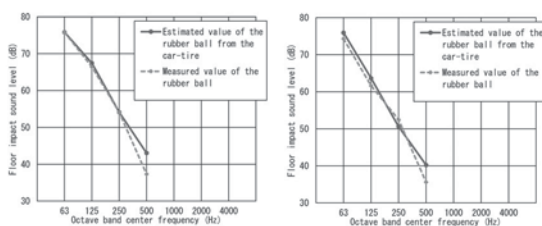
1-8-7

1-8-7 タイヤとゴムボール加振時の乾式二重床の
床衝撃音レベルの互換性に関する考察

Consideration of compatibility of floor impact sound level of dry-type floating floors during car-tire and rubber ball Excitation

○富田隆太(日大・理工)

- ◆筆者は、これまで乾式二重床を対象に、タイヤとゴムボール加振時の床衝撃音レベル低減量について、互換性の検討を行ってきた。
- ◆本報では、既報で提案した推定式について考察を行い、さらに、乾式二重床施工後の床衝撃音レベルの互換性について述べる。
- ◆検討の結果、Fig. 1に示すように、タイヤとゴムボールの乾式二重床施工時の床衝撃音レベルの周波数特性はほぼ同様であり、63Hz帯域のみで補正すれば、絶対値も同様な値となることがわかった。
- ◆以上のように、乾式二重床施工後の床衝撃音レベルの周波数特性が同様な傾向になるため、既報で提案した、発表原稿の式(6)、(7)により、タイヤとゴムボールによる乾式二重床の床衝撃音レベル低減量の互換性が得られたものと考えられる。

Fig.1: Floor impact sound level of dry-type floating floors.
(left: dry-type floating floor 1, right: dry-type floating floor 2))

1-8-6

1-8-6 箱型モデルを用いた CLT 建築物の床衝撃音に関する研究—乾式二重床の設置が床スラブと壁面の振動特性に及ぼす影響—

Study on floor impact sound of CLT structure with box-type model - Influence of installing dry-type double floors on the vibration characteristics of the floor slab and wall surfaces -

◎兵藤伸也, 山下祐, 小林真人(飛鳥建設), 森長誠, 安田洋介(神奈川大学)

- ◆CLT 建築物の床衝撃音対策を目的に防振性能を向上させた乾式二重床を対象として、その効果を衝撃点から天井面と壁面への伝達インピーダンスや振動加速度レベル、室内平均最大音圧レベルに着目して検討した(Fig. 1)。
- ◆天井面への伝達インピーダンスの結果から、乾式二重床を設置することで床スラブが一体振動に近づくことが確認された。
- ◆壁面への伝達インピーダンスの結果から、壁面振動に及ぼす影響は床スラブの共振特性に大きく依存しない可能性を示した。
- ◆室内平均最大音圧レベルと振動加速度レベルの結果から、二重床の設置により壁面からの音響放射の寄与が相対的に小さくなることが示唆された。

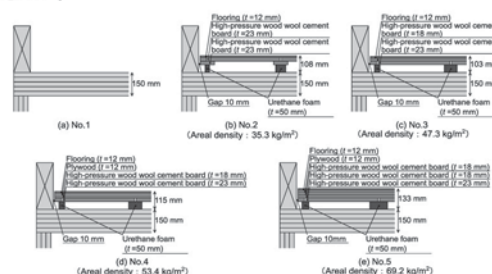


Fig. 1 Experiment cases.

1-8-8

1-8-8 実験室における乾式二重床構造の床衝撃
音低減性能に関する数値解析的検討

Numerical analysis on floor impact sound reduction performance of dry-type double floor system in laboratory

◎曹達(東大・工), 會田祐(長谷工技研),

井上尚久(九大・芸工), 佐久間哲哉(東大・工)

- ◆JIS A 1440 - 2 に準拠した二重床試験体の数値解析モデルを構築し、二重床構造の条件による床衝撃音低減性能の傾向を考察した。
- ◆床スラブと床面材を厚板要素によりモデル化した。
- ◆支持脚は Kelvin-Voigt モデルにより再現し、床下空気層は音響要素によりモデル化した。
- ◆時刻歴応答解析による音響振動連成解析。
- ◆床下空気層厚さの増大は性能向上に有効と考えるが、引張時の支持脚ばねの条件により効果が明確に生じない場合があることを確認した。
- ◆床面材構成の変更は支持脚の接触・接着条件に関わらず有効であることを確認した。

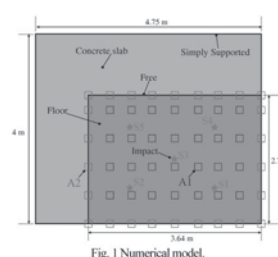


Fig. 1 Numerical model.

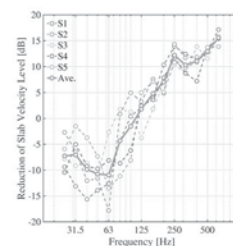


Fig. 2 Simulated reduction of slab velocity level for each impact point.

1-8-9

1-8-9 横棧を用いた縦格子手摺の風鳴り音対策に関する実験的検討

Experimental study on wind noise reduction of vertical lattice handrail with horizontal piers

○黒木拓, △加藤優輝, 大脇雅直(熊谷組)

共同住宅では、バルコニーや屋上等に手すりが設置される。意匠、採光、風荷重の観点から、縦格子手摺が多く用いられている。本報では、横棧を用いた縦格子手摺の風鳴り音対策に関して、横棧の取付方法、取付位置に関する検討を行い、今回実験に用いた試験体から以下の知見を得た。

- ◆弾性のある厚手の両面テープを用いることが風鳴り音対策として有効である。
- ◆脱着防止対策として行うビスによる固定箇所数は少なくすることが有効である。
- ◆眺望や安全性を考慮した $w=0\text{mm}$ の位置に横棧を設置すると、風鳴り音が発生しており、風鳴り音対策としての横棧の取付位置は、笠木から一定の距離を離れた位置とすることが有効である。

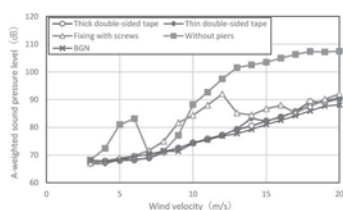


Fig.1: A-weighted sound pressure level measurement results for different horizontal pier attachment methods.

1-8-11

1-8-11 岐阜高専内の空間の音場の評価と室仕様との関係性

Relationship between evaluation of sound field and room specification in space of NIT, Gifu College

☆岩佐栄音歌, 石川あゆみ(岐阜高専)

- ◆岐阜高専内の 15 室に対して、インパルス応答測定を行い、残響時間 (T_{60})、クラリティ (C_{50}, C_{80})、音声明瞭度 (RASTI) を調査した。
- ◆AIJES における室用途及び室容積ごとの残響時間の推奨値(中音域平均値)を示す図²⁾に、本調査で得た 15 室の T_{60} の中音域平均値をプロットしたものが Fig.1 である。
- ◆校内の様々な空間の音場を調査し、その音響指標値を AIJES 等の基準と照らし合わせて評価すること、その評価と各空間の室仕様との関連性を明らかにすることを目的とした。

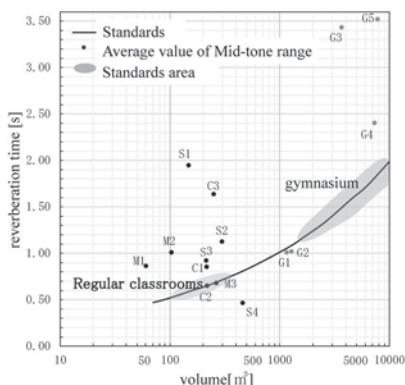


Fig.1: Comparison with recommended values of reverberation time

1-8-10

1-8-10 集合住宅における排水横主管から発生する振動の伝搬特性

Propagation characteristics of vibration from drainage horizontal main pipes in residential buildings

◎市川友己, 小林秀彰(三井住友建設), 岡田恭明(名城大・理工), △岩槻剛史(小島製作所)

- ◆排水用特殊継手を用いた単管式排水立て管システムにおいて、一般的に最下階に設けられる脚部継手を含む排水横主管を対象として、排水横主管を支持するスラブへ伝搬する振動の測定を行った。
- ◆測定対象の排水横主管は Fig. 1 に示すとおりで、2 系統の排水立て管から横主管へ合流しながら排水されていく構造である。
- ◆振動は加速度ピックアップを吊り金具近傍のスラブ下面に設置し、脚部継手の近傍、曲り部、合流部、直管部の計 6 点で測定した。
- ◆脚部継手の支持部のみを防振した場合におけるスラブへ伝搬する振動加速度レベルの測定例を Fig. 2 に示す。
- ◆その他、振動の基礎的な特性として排水負荷流量や脚部継手からの距離との関係、支持部の防振対策による低減効果の違いなどについて検討した結果を報告する。

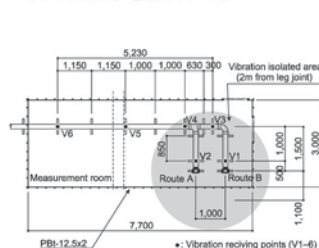


Fig. 1 Arrangements of receiving points.

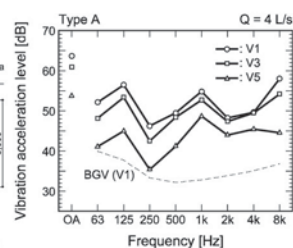


Fig. 2 VAL from horizontal main pipe.

1-8-12

1-8-12 パワーが不均一な平面波の重ね合わせによる方向的拡散音場の生成

Plane waves with uneven power can synthesize a directional diffuse sound field

○田中 達宏, 大谷 真(京都大院・工学研)

背景 球面調和領域で定式化される方向的拡散性と、平面波領域での拡散性との関係についてより正確に理解したい。

目的 平面波のパワーの均一性(平面波領域での等方性)は方向的拡散性が成立するための必要条件ではないことを明らかにする。

方法 球面上の求積公式にしたがって平面波を重ね合わせて音場を生成することで方向的拡散性が成立することを示す。

結果 理論的な導出に加え、簡単な数値実験(Figs.1,2)によっても、提案する拡散音場モデルの有効性を示した。

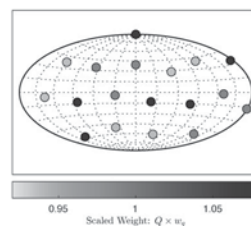


Fig. 1: Arrival directions and powers of 18 plane waves in a numerically synthesized 3rd-degree directional diffuse sound field.

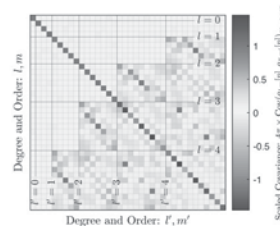


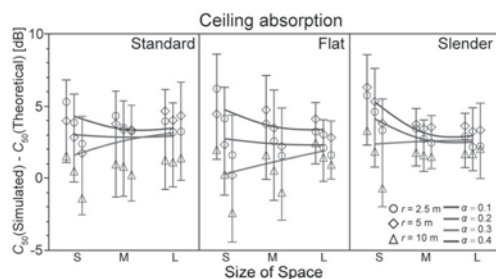
Fig. 2: Sample covariance matrix of the synthesized 3rd-degree directional diffuse sound field.

1-8-13

1-8-13 クラリティ C_{50} の理論式の適用性に関する研究
— 室形状の影響 —Study on the applicability of the theoretical equation of Clarity C_{50} in different room shapes

☆陳科吉(東大・工), 廣瀬量子(日本環境アミニティ), 佐久間哲哉(東大・工)

- ◆ 拡散音場の仮定の下で音声明瞭度 C_{50} の理論式が示されているが、各室条件において適用性まだ不明確である。幾何音響シミュレーションに基づき、標準・扁平・細長空間における室容積、吸音条件、音源受音点配置を変化させ、理論値と解析値の対応を分析し、室形状の影響を検討する。
- ◆ T_{30} の理論値と解析値の比率は標準形状に比べて扁平・細長形状で吸音率の上昇に伴って比率の増加が生じている。
- ◆ C_{50} の解析値と理論値の差について、均等吸音条件では、反射性の室内では 3-5 dB 程度であり、吸音性の大空間では最低 -2 dB である。天井吸音条件では、規模が大きくなると吸音率による差はほとんどなくなり、3 dB 程度に収束する。
- ◆ C_{50} の理論式の適用性に関しては全体的には安全側であるが、室形状と吸音分布の組合せによっては過大評価が生じうる。特に、吸音性天井の扁平空間では過大評価が顕著となったが、実測による検証が必要である。

Fig. Difference of C_{50} simulated to theoretical for three room shapes with ceiling

1-8-15

1-8-15 境界要素法への波数領域アドミタンス導入による
音響反射特性の入射角依存性のモデル化

Modeling of incident angle dependence of acoustic reflection characteristics by introducing wavenumber domain admittance into the boundary element method.

◎星加慧, 岩見貴弘, 尾本章(九大芸工)

- ◆ 鏡面反射成分以外にも散乱が生じる場合や反射の主方向が鏡面反射でない場合も発生し得るが、そのような反射特性をどのように把握し、どのように数値計算へ適用するかを検討した例は少ない
- ◆ 筆者らは波数領域の音響反射率を計測し、材料の反射特性の入射角依存性を把握する手法検討を進めてきた
- ◆ 本研究では、波数領域において音響反射率を比音響アドミタンスへ変換し、境界要素法の境界条件に適用することを試みた
- ◆ 数値計算結果より、既往手法では鏡面反射のみ扱えるのに対して、提案法では任意の反射特性を扱うことが可能であることを示した

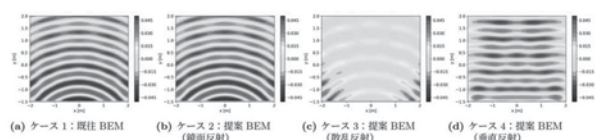


Fig. 6 計算結果 (500 Hz 純音放射時の反射音)

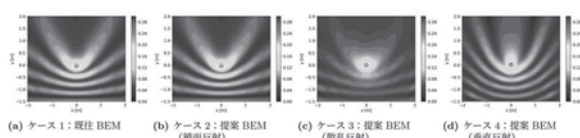


Fig. 7 計算結果 (500 Hz 純音放射時の絶対値音圧)

1-8-14

1-8-14 四辺形室内音場を対象とした
深層学習による音場シミュレーション

Sound-field simulation of trapezoidal room by deep neural networks

☆佐藤元, 池田雄介(東京電機大)

◆ 背景

- より高速に音場シミュレーション結果を得る目的で、深層学習の活用が試みられている

◆ 提案手法

- 室形状情報と音場シミュレーションのデータを学習に用いた深層学習モデルで音場推定

◆ 実験

- 左右非対称形状を含む、台形の室形状を想定
- 結果から振幅位相ともにおおよその推定は可能だが、左右対称形状の学習と比較して、推定精度の悪化が見られた。

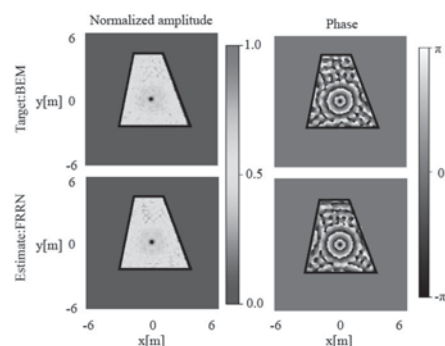


Fig.1: Estimated amplitude and phase (Frequency: 500Hz)

1-8-16

1-8-16 交差リブ拡散体の実施例

— オフィス個室ブースの内装木質化と音響改善に関するアンケート調査 —

Example of Crossed Rib Diffuser

- Interior wood and acoustic improvement of private office booths -

○ 関野祐美, △ 碓美友, △ 栢野旭代(大建工業), 中津成博, 上田泰孝(安藤ハザマ技研)

- ◆ 室内音響調整のための音響拡散体について、「交差リブ拡散体*」のようなシンプルな音響拡散体は非音楽空間に対して意匠的な親密度が高く、オフィスや公共空間など様々な場面で活用できる可能性がある。
- ◆ 一方で、公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律制定以降、内装も木質化する建築物が増えており、例えばオフィスの内装木質化によって、空間の見た目や仕事の効率に関する印象が向上した事例も報告されている。
- ◆ 本稿では、Fig.1 のような後付けタイプの木製交差リブ拡散体を作製し、オフィスの個室ブースに設置した場合の音響改善、並びに木質化の効果について、オフィス利用者を対象にアンケート調査した結果を報告する。*交差リブ拡散体 (Crossed Rib Diffuser, 以下「CRD」)



Fig. 1: room B-CRD diffusion type installed

1-8-17

1-8-17 入放射インピーダンスを考慮した気柱共鳴器とヘルムホルツ共鳴器の伝達関数

Transfer functions of air column and Helmholtz resonators considering incident and radiation impedance

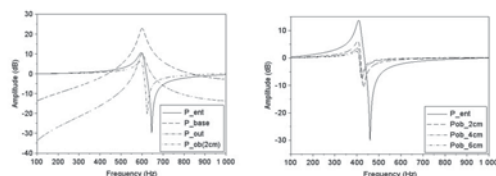
○中井孝芳(静岡大)

◆管の入射、放射インピーダンスが異なることを測定で示した。これに基づいて、平面波で成り立つ電気等価回路であるFパラメータを用いて式を導出する。入射インピーダンスは、管の特性音響インピーダンス W で、放射インピーダンスは、無限大平面パワルのときに使用する値 Z_r である。入り口から管を見たインピーダンスは、放射インピーダンスと管の特性音響インピーダンスの並列回路である。これらは、等価回路ではトランスで表すことができる。

◆入力音圧1のとき管の入り口での音圧 V_{in} をFパラメータで求めると、

$$V_{in} = \frac{2(Z_r + W) \cos kl}{(Z_r + 2W) \cos kl + jZ_r \sin kl}$$

である。ヘルムホルツ共鳴器では、入り口から見たインピーダンスを首の部分を空洞の特性音響インピーダンスで終端したものとすれば同様に求めることができる。結果は、測定とよく一致する。



(a) 133mm length glass tube

(b) coffee can

Fig.1 Frequency characteristics by simulation.

1-8-19

1-8-19 厚み分布を有するCAD データを利用した音響性能の有限要素解析

Finite element analysis of acoustic performance using CAD data of nonwovens fabric with thickness distribution.

◎佐波 慧也, 加藤 大輔 (HOWA) 井上 尚久 (九大・芸工)

△乾正知 (茨城大学)

自動車の騒音対策では、繊維多孔質材料と遮音材を積層した防音材が多用される。このような防音材は、圧縮加工により繊維多孔質材料が多様なかさ密度分布を持つことになる。筆者らはこれまで、かさ密度分布を考慮した数値解析を実施するため、圧縮加工により変化のない繊維径と物質密度をパラメータとするKatoモデルを活用した音響FEMを提案し、本提案手法を有効に活用するために、CAD データからかさ密度分布を抽出する技術を構築している。しかし、かさ密度分布の抽出技術には誤差が伴うため、その影響を評価する必要がある。そこで、本研究では抽出したかさ密度分布の誤差が防音材の音響透過損失と吸音率の数値解析結果に与える影響を確認したので報告する。

1-8-18

1-8-18 波動音響による室内音響予測の音響材料モデリングに関する研究—一局所作用性の材料を対象としたランダム入射吸音率モデルの適用性検証—

Acoustic material modeling for wave-based room-acoustics simulation-Applicability of random-incidence absorption coefficient model in local-reaction materials

☆田尻加奈子, 奥園健 (神戸大院・工学研)

◆本稿では、信頼性の高い波動音響解析による室内音響予測を可能とするため、局所作用性の音響材料を対象に、ランダム入射吸音率を用いた音響材料モデリングの精度と適用限界を波動性を考慮したモデリングとの比較から明らかにした。

◆両モデルの斜入射吸音特性の比較から、吸音率モデルの特徴を考察するとともに、周波数応答の類似度指標 FRAC (Fig.1), ならびに、室内音響指標の差を JND で正規化した量である ND(Fig.2)を用いて吸音率モデルの適用性を検証した。

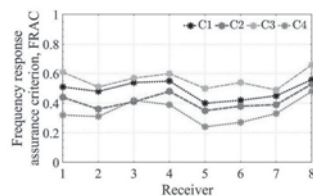


Fig. 2 Comparison of FRAC

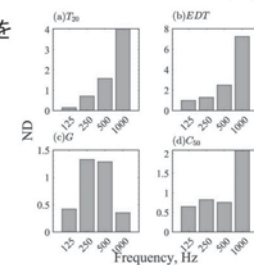


Fig. 1 Differences in room acoustic parameters by ND, @ C2

1-8-20

1-8-20 周波数領域の再生核を用いた音場表現に基づくヘルムホルツ方程式の数値解法—その1 弱形式方程式の解法—

Numerical analysis methods for Helmholtz equation based on a sound field representation using the reproducing kernel in the frequency domain — Part 1 A method for weak form equation

○井上尚久, 岩見貴弘, 尾本章(九大・芸工)

◆高精度な音場補間手法である周波数領域の再生核を用いた音場表現を弱形式方程式の数値解法へ応用した。

◆点音源を反映する方法に若干の工夫が必要となるが、種々の再生核節点配置で妥当な計算結果が得られることを示した (Fig. 1)。

◆本稿では各種計算条件の設定方法について検討を行い、計算の汎用化に向けての知見を整理した。

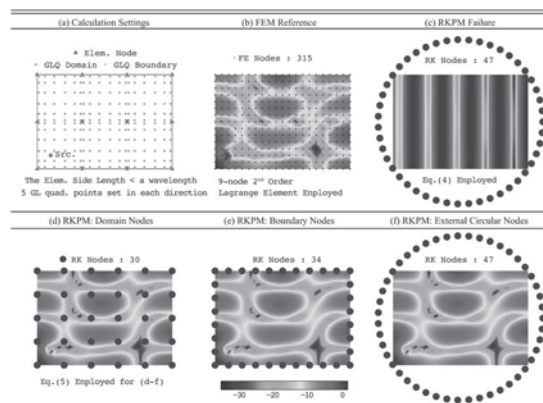


Fig. 1 Relative sound pressure level distributions calculated at 800 Hz.

1-8-21

1-8-21 周波数領域の再生核を用いた音場表現に基づくヘルムホルツ方程式の数値解法—その2境界積分方程式の解法—

Numerical analysis methods for Helmholtz equation based on a sound field representation using the reproducing kernel in the frequency domain
— Part 2 A method for the boundary integral equation

○井上尚久, 岩見貴弘, 尾本章(九大・芸工)

- ◆高精度な音場補間手法である周波数領域の再生核を用いた音場表現を境界積分方程式の数値解法へ応用した。
- ◆閉空間問題では妥当な計算結果が得られることを示した。
- ◆開空間中の剛円筒による円筒波の散乱問題の解析では, 妥当な解が得られないことを示した。
- ◆内挿関数に0次第2種ハンケル関数を用いることで, 妥当な解が得られることを例示した。
- ◆提案手法は境界要素法において広く知られる解の非一意性問題を効果的に回避することができる。

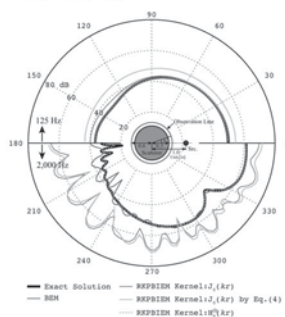


Fig. 1 Calculated polar SPL distributions of the scattering sound field around a rigid cylinder.

1-9-1

1-9-1 事前学習済みマスク言語モデルを用いた End-to-End 音声認識

Integrating Pre-trained Masked Language Model into End-to-End Speech Recognition

○樋口陽祐, 小川哲司, 小林哲則(早大), 渡部晋治(CMU)

- ◆研究目的: 事前学習済みのマスク言語モデル (BERT に着目) と End-to-End 音声認識モデルの統合
- ◆提案手法 (Fig. 1c, 1d)
 - ① BERT-CTC ... CTC に BERT の埋め込み表現を条件づけ
 - ② BECTRA ... BERT-CTC を Transducer に拡張し, BERT の語彙を用いるによる性能の劣化を解消
- ◆実験
 - ✓ LibriSpeech-{100h, 960h}, TED-LIUM2, AISHELL-1 において **BERT を用いることで認識性能が向上**することを確認

Model	WER [%]
CTC	16.7
BERT-CTC	11.8
BECTRA	10.5

+ BERT の言語知識の利用
++ 語彙制約の解消

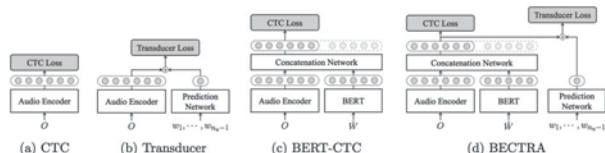


Fig. 1 Comparison between different end-to-end speech recognition models.

1-8-22

1-8-22 CE-FDTD 法により再現した放射特性の3次元位置での精度評価

Accuracy evaluation in 3D position of radiation characteristics reproduced by CE-FDTD method

◎大久保翔太, 堀内俊治(KDDI 総合研)

- ◆CE-FDTD 法における入力音圧, 非伝播領域を, 音源を囲う球形状の3次元位置に配置し, 音源の放射特性についての再現を試みた。
- ◆音響特徴量のうち音圧レベル差, 到達時間差, スペクトル重心を用いて定量評価を行った。
- ◆音圧レベル差 (Fig. 1) から, 球形状入力と円筒形状入力と比較し, 仰角 45° にて精度が向上されることが確認された。円筒形状入力の仰角 45°, -45° に見られる方位角 180° 方向の誤差が改善されていることが確認された。
- ◆スペクトル重心 (Fig. 2) の結果から, 仰角 45° において, 球形状入力の精度が他の手法と比較し最も高いことが確認された。仰角 -45° において, 球形状入力の中心周波数の分布は実測値より高いものの分布形状が近いものであることが確認された。

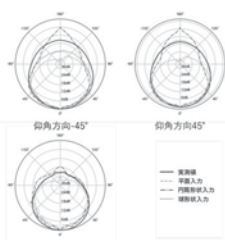


Fig.1 Result of level difference

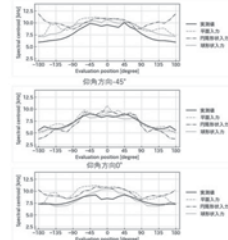


Fig.2 Result of spectral centroid

1-9-2

1-9-2 時間軸-周波数軸上の幅を持たせる音声合成を用いた音声認識のデータ拡張

Data augmentation for speech recognition based on speech synthesis to create wider time-frequency distribution of Mel spectrogram

◎上乃聖, 李晃伸(名工大)

- ◆音声合成を用いた音声認識のデータ拡張では, 合成音声の自然性の向上以外にも, 生成される音声の音響的な多様性が音声認識の性能改善に必要である。
- ◆本研究では, 音声合成が生成するメルスペクトログラムの設定に着目し, 複数の設定を持つスペクトログラムを使用し音声合成を学習させて, 音響的な多様性を持たせる手法を提案する。
- ◆複数設定をモデル化可能な音声合成モデルの他に, 複数設定のスペクトログラムによる音声認識の学習, 音声合成モデル内での duration, F0 の予測値の変更, speed perturbation の適用も行う。
- ◆実験結果により, ベースラインモデルと比較し, 提案手法は音声誤り率が改善し, さらに他の拡張手法と組み合わせることでもさらなる改善が確認された。

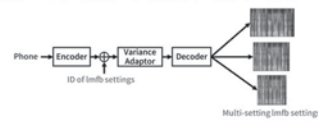


Fig.1: Text-to-Mel model to use multiple-setting log Mel-filter bank (lmfb)

Table 1: ASR performance (WER (%)) for LibriSpeech testset. We used 10-hour paired data (speech and transcription) from LibriSpeech100. We generated speech from 950-hour transcription.

Model	test-clean	test-other
Real (960h) [oracle]	2.90	7.14
Augmented model: baseline	5.60	22.51
Multiple settings training for ASR model	5.10	20.82
Multiple settings training for text-to-Mel model	5.48	21.64
Changing Duration and F0	5.28	20.69
Speed perturbation	5.08	19.70
All methods	4.71	18.58

1-9-3

講演取消

1-9-4

1-9-4 Streaming transducer におけるテキストのみを用いた学習方法に関する検討

Study on learning method using only text in streaming transducer

◎佐藤裕明, △菅野竜雅, △佐久間旭, △河合吉彦, △熊野正,
△山田一郎 (NHK 技研), 小川哲司 (早大)

◆テキストのみを用いた Transducer 音声認識モデルの学習

- Transducer の encoder を, 音声を入力とする speech encoder と, テキストを入力する text encoder で構成
- 両出力特徴量を共通の潜在空間に変換するため, Transducer 出力のアライメント情報を利用し, 出力特徴量間の対応を取る
- Text encoder を介してテキストのみで Transducer を学習

◆提案法 speech encoder に CTC 損失を導入

- Transducer の出力段のアライメント情報ではなく, より直接的に speech encoder からアライメント情報を取れるようにする
- Speech encoder から得られた CTC のアライメント情報を元に両出力特徴量間の対応を取る
- ドメイン適応の実験により WER 削減率が2.1%から5.9%に向上

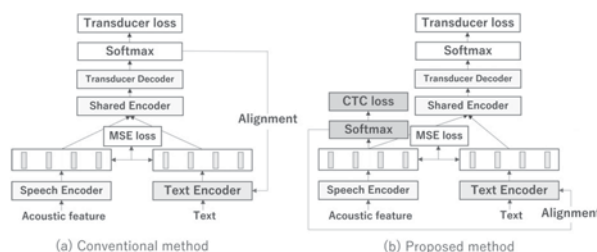


Fig.1: Overview of text-only training method for transducer

1-9-5

1-9-5 An investigation on constructing Multi-look-ahead Contextual Block Streaming Transducer

☆ Huaibo Zhao, Shinya Fujie, Tetsuji Ogawa, Tetsunori Kobayashi (Waseda Univ.)

◆ Objective

Achieving high accuracy without look-ahead delay in streaming ASR

◆ Proposal: Multi-look-ahead Encoder Architecture

- Operating **two encoders in parallel** with and without look-ahead to achieve high accuracy while **recognizing look-ahead frames without further delay**
- Three implementation methods: Gangi, Unity and Bifurcation

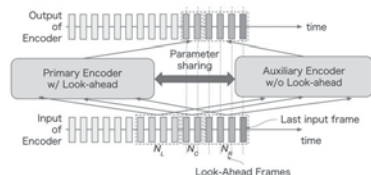


Fig. 1: Multi-look-ahead encoder architecture

◆ Speech recognition experiments

- Proposal achieved high recognition accuracy with delay reduction

Table 1 Experimental results on CSJ dataset.

Model	Block	CER [%] (↓)	Delay [ms] (↓)	
			P50	P90
Single	8-3-0	5.8	111.5	121.0
Single	8-3-12	4.3	513.5	523.7
MLA (Gangi)	8-3-12	4.3	321.8	342.0
MLA (Unity)	8-3-12	7.0	138.3	155.6
MLA (Bif)	8-3-12	4.3	181.5	203.6

1-9-6

1-9-6 F0 予測・波形生成ネットワークの一貫学習によるメルスペクトログラム入力型 F0 制御可能ニューラルボコーダ

F0 controllable neural vocoder with mel-spectrogram input by means of joint learning for F0 prediction and waveform generation network

☆清水聡太^{1,2}, 岡本拓磨², 高島遼一¹, 大谷大和²,
滝口哲也¹, 戸田智基^{3,2}, 河井恒²
(¹ 神戸大学, ² 情報通信研究機構, ³ 名古屋大学)

- ◆入力のメルスペクトログラムから WORLD 特徴量を予測するネットワークを導入し, メルスペクトログラム入力型の F0 制御可能なニューラルボコーダ (MS-Harmonic-Net++) を提案。高品質かつ特徴量抽出を含むリアルタイム合成を達成 (春の音響学会で発表済み)。
- ◆本研究では, 特徴量予測ネットワークとニューラルボコーダの一貫学習を行うことで, 特徴量予測の精度と合成音声の品質向上を目指す。
- ◆客観評価・主観評価実験の結果より, 特徴量予測の精度と合成音声の品質向上を一部確認。

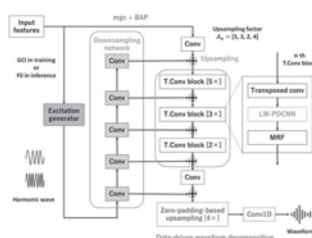


Fig.1: Network architecture of MS-Harmonic-Net+ generator

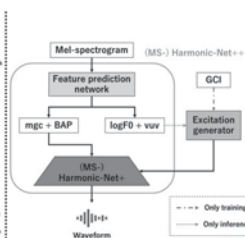


Fig.2: Network architecture of (MS-) Harmonic-Net++

1-9-7

1-9-7 PeriodGrad: 基本周波数を制御可能な 拡散確率モデルに基づくニューラルボコーダ

PeriodGrad: A neural vocoder
based on a diffusion probabilistic model
with fundamental frequency controllability

○法野行哉, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一 (名工大)

- 近年, 拡散確率モデル (denoising diffusion probabilistic model; DDPM) を用いたニューラルボコーダが提案され, 高品質な波形を生成できる非自己回帰型のニューラルボコーダとして注目されている。
- ニューラルボコーダは, 歌声合成等において, 48kHzのような高サンプリングレートの音声波形の高品質な生成や, 基本周波数の柔軟な制御が求められる。
- 本稿では, 明示的な周期信号 (正弦波) を DDPM の条件として用いる拡散確率モデル PeriodGrad を提案する。
- 48kHz でサンプリングされた単一女性歌唱者の歌声データ (約70分) を用いた実験により, 提案法の有効性を評価する。

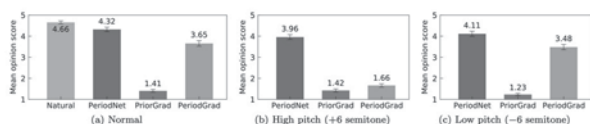


Fig. 1: Subjective evaluation results with 95% confidence intervals.

1-9-9

1-9-9 V2Coder: 階層型 VAE に基づく ニューラルボコーダ

V2Coder: A neural vocoder based on hierarchical variational autoencoders

○藤本崇人, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一 (名工大)

本稿では, 階層型 variational autoencoder (VAE) に基づく非自己回帰型ニューラルボコーダである VAE-based Voice Coder (V2Coder) を提案する。階層構造をもつ潜在変数により音声波形の構造を効率的にモデル化し, 高性能かつ高速なニューラルボコーダを目指す。主観評価実験により GAN や DDPM ベースのニューラルボコーダと同程度の自然性を獲得し, 推論速度の改善を示した。

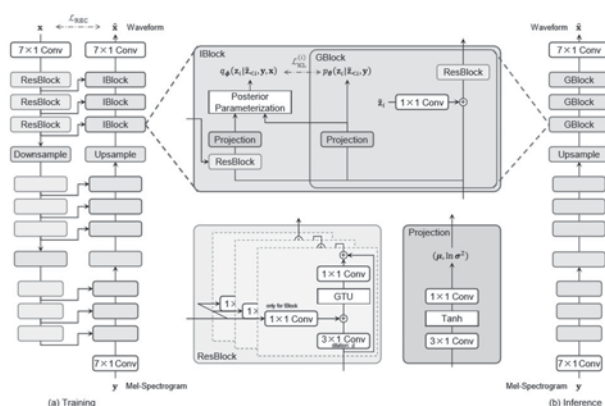


Fig. 1: Architecture of V2Coder.

1-9-8

1-9-8 iSTFTNet2: 1D-2D CNN を用いた iSTFTNet ニューラルボコーダの高速化と軽量化

iSTFTNet2: Fastening and lightweighting iSTFT-based neural vocoder with 1D-2D CNN

○金子卓弘, 田中宏, 亀岡弘和, 関翔梧 (NTT)

- ◆高速で軽量のニューラルボコーダである **iSTFTNet** は, 1D CNN ベースの GAN ボコーダ (HiFi-GAN など) の出力側の数層を, 高速で軽量の iSTFT に置き換えることで高速化と軽量化を実現している。
- ◆iSTFTNet は時間方向のアップサンプリングが少ない方が速いが, 1D CNN では高次元スペクトログラムの表現が難しく, 時間方向に大幅なアップサンプリングを行い, 周波数解像度を下げる必要があった。
- ◆上記課題解決のため, 1D-2D CNN を用いた iSTFTNet の改良モデル (**iSTFTNet2**) を提案する。iSTFTNet2 は, 1D CNN を用いて時間方向の大域的なモデリングを行い, 2D CNN を用いて周波数方向の局所的なモデリングを行うことで, 時間方向に必要なアップサンプリングの量を削減し, **iSTFTNet** の高速化と軽量化を実現する。

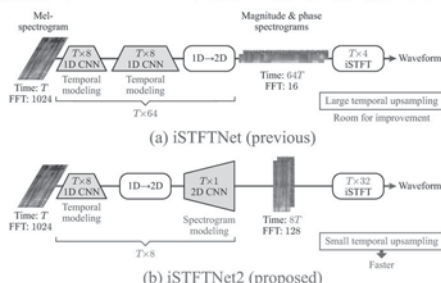


Fig. 1: Comparison of iSTFTNet (previous) and iSTFTNet2 (proposed).

Audio samples: <https://www.kecl.ntt.co.jp/people/kaneko.takuhiro/projects/istftnet2/>

1-9-10

1-9-10 ロバストな音声復元モデル Miipher と それを利用した LibriTTS-R データセットの構築

Introducing the LibriTTS-R dataset generated by a robust speech restoration model Miipher

○小泉 悠馬, 全 炳河, 苅田 成樹, Yifan Ding (Google DeepMind),

矢田部 浩平 (農工大) 森岡 伸之, Yu Zhang, Wei Han,

Ankur Bapna, Michiel Bacchiani (Google DeepMind)

- ◆雑音、残響、符号化など、様々な要因で劣化した音声データを、スタジオ録音品質に復元する手法 Miipher を開発した
- ◆それを複数話者音声合成データセットの Libri-TTS に適用し、585 時間のスタジオ品質データセット LibriTTS-R を構築した
- ◆LibriTTS-R を OpenSLR でライセンスフリーで公開した



Fig. 1: QR-code of LibriTTS-R download URL. The URL is <http://www.openslr.org/141/>

1-9-11

音声感情認識技術の最前線

Frontiers of Speech Emotion Recognition Technology

○安藤厚志(NTT)

- ◆音声感情認識は、音声から話者の感情状態を認識する技術である。本稿では、近年の音声感情認識の主流である深層学習に基づく手法と、いくつかの代表的な研究トピックを紹介する。
- ◆初めに、深層学習に基づく音声感情認識手法について解説する。音声感情認識のタスク設定、深層学習に基づく手法の狙い、感情認識モデルの構成などについて述べる。
- ◆その後、近年の研究トピックとして以下の4つを紹介する。
 1. 事前学習モデルの導入。少量の正解感情ラベル付き学習データからでも高精度な感情認識モデルを構築するため、自己教師あり学習モデルなどの事前学習モデルを導入する。
 2. 感情認識向けデータ拡張。音声感情認識タスクに適した学習データ拡張を行う。
 3. 言語情報の活用。韻律の情報と言語情報を組み合わせて感情認識を行うためのマルチモーダルモデルを構築する。
 4. 感情の曖昧性のモデル化。聞き手ごとに感情知覚が異なることを感情認識モデルに獲得させる。

1-9-12

1-9-12 (招待講演)情動発声研究のその先に:
笑い声・叫び声の認識・合成, そしてインタラクション

Beyond the study of emotional vocalization:

Affect burst recognition and synthesis, and affective interaction

○有本泰子(千葉工大)

- ◆対話中に表出する感情を表現した音声には、言語的な内容を伴い韻律や声質を話者が意図して制御した表現や、話者が制御できず突発的に感情が表出した音声現象がある
- ◆後者を affect burst という。当然、言語内容は伴わない音声である
- ◆affect burst には笑い・叫びなどの現象が見られるが、affect burst の中でも笑いに関する研究はたくさんあるが、叫び声に関する研究は笑い声ほど多くない
- ◆本報告では、笑い声と叫び声に関する基礎的な研究についてまとめるとともに、これまでに行ってきた笑い声・叫び声合成および検出の研究について説明する。また、笑い声という音声現象に対して、どのようなインタラクションをコンピュータが取るべきか検証した研究を紹介する

Table1: Accuracy of laughter, screaming, and speech event detection

Event Model	AGSC	OGVC	MSAI
Laughter			
CTC (baseline)	81.83	79.38	78.63
Attention	80.71	79.75	76.59
Attention-CTC	81.40	80.54	76.90
Screaming			
CTC (baseline)	81.68	58.89	71.63
Attention	82.92	53.75	69.95
Attention-CTC	83.12	61.68	73.00
Speech			
CTC (baseline)	78.96	71.06	69.40
Attention	73.42	64.62	62.06
Attention-CTC	76.66	69.30	69.86

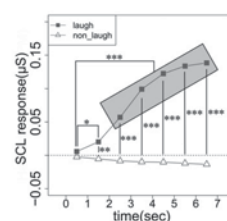


Fig.1: SCL response against game events presented to laughing player

1-9-13

1-9-13 (招待講演)会話エージェントは、いつ、どのように笑うべきか

— ヒトの笑い声研究からの示唆 —

When and how should conversational agents laugh?
Implications from human laughter studies

○森 大毅(宇都宮大・工)

- ◆アンドロイドやAIスピーカーなど、人と音声でインタラクションを行う機械は見慣れた存在になった。彼女らの合成音声の自然さに驚いた人も多いだろう。しかし、少し注意すると何かが違うことに気づく。そう、彼女らは笑わないのである。
- ◆機械が笑う必要なんてない、という意見は根強くある。建設的な議論のためには、人がなぜ笑うか(=笑う必要があるのか)、いつ笑うか、どのように笑うかについての認識を共有するとともに、「機械に笑わせる」という研究目標をもっと具体化する、すなわち「何がどこまで達成できれば、機械に笑わせることができたと言えるのか」を明確にすることが必要である。
- ◆本講演では、今後の会話エージェントに求められる笑い声合成研究の目標を明確化すべく、人の笑い声研究を概観するとともに、そこから学ぶべきものについて議論する。

1-9-14

1-9-14 情動音声理解の発達: いかにして
我々は棒読みが気になるようになるのか?

The development of emotion recognition from voices

○山本寿子(立命館大)

「わあ、すごいね」と言われても、抑揚がなければ、相手は真剣に感動していないように感じるのではないだろうか。このことは、棒読みが演技のスキル不足を示す要素として揶揄されることの背景と言える。この例のように、時に言語情報以上に重視される「どう言うか」、情動音声を、私たちはいつから理解しているのだろうか。

乳児を対象とした研究では、生後1年のあいだに乳児が情動音声に対する感受性を示すこと、また感情を区別できることが明らかにされてきた。しかし、乳児から大人まで一貫して同じように情動音声から感情を読み取る、と解釈するのは早計である。幼児期から児童期にかけての情動音声の聞き取りが上達することが指摘されているのはもちろん、情動音声と他の手がかりからの統合的な読み取りにも発達的な変化がみられる。たとえば、対面コミュニケーションでは、情動音声に「何を言うか」の言語情報や、顔の表情が伴われる。発達研究では、子どもがときに言語情報や顔の表情を優先し、あたかも情動音声を無視するようなふるまいを見せることも報告されている。このように、情動音声理解の発達はまだ知覚が洗練されていくだけではなく、包括的な手がかりの使用を獲得する過程を含むと言えるだろう。

本講演では、音声の韻律から感情を読み取る能力の発達に焦点を当てる。乳児期から児童期の発達をめぐる先行研究を主に紹介するが、生涯発達の流れ、発達の過程で生じる文化差、社会性や言語の発達とも絡めた議論を提供したい。

1-9-15

1-9-15 日本語音声感情認識のための
自己教師あり学習モデルの検討A Study of Self-Supervised Learning Models
for Japanese Speech Emotion Recognition

○瀧澤大吾, 緒方淳, △近井学, 佐藤洋(産総研)

- ◆本研究では、テレビ放送から取得した感情表現豊かな日本語音声を用いて大規模日本語自己教師あり学習モデルを学習・構築し、日本語音声感情認識において評価・検証を行った
- ◆日本語音声感情認識は日本語音声で事前学習した自己教師あり学習モデルを用いることで性能が向上することが示された
- ◆感情表現豊かな音声を事前学習した自己教師あり学習モデルは言語を問わず音声感情認識に有効に働く可能性があることが確認された
- ◆放送字幕と対応付かない音声は多様な感情表現が豊富な重要な学習データであり、特に自然発話の感情認識に対して有効に働くことがわかった

Table 1 各感情音声データセットにおける音声感情認識の評価結果 (JTES, IEMOCAP は WAR, OGVC は UAR)

自己教師あり学習モデル	JTES	OGVC (4 感情)	OGVC (3 感情)	IEMOCAP
wav2vec2	70.10	42.48	43.97	62.94
Hubert_base	66.34	43.41	42.76	65.31
xls_r_300m	72.90	<u>48.23</u>	48.35	67.68
wavlm_large	71.70	44.01	47.70	<u>69.41</u>
w2v2 JTV-1.8k-trans	79.02	45.67	45.22	64.37
w2v2 JTV-5.3k	<u>80.02</u>	47.56	<u>49.88</u>	64.83

1-9-17

1-9-17 演技感情音声における
演技感情と他者評価の関係の分析Analysis of the Relationship between Acting Emotions and Peer Evaluation
in Acted-Emotional Speech

○目良和也, △黒澤義明, 竹澤寿幸 (広島市立大院)

多くの感情音声コーパスでは他者評価感情の代わりに話者が演じた感情(演技感情)をそのまま感情ラベルとして採用しているが、演じた通りの感情が常に相手に正しく伝わっていると言えるのだろうか？

そこで本研究では、演技感情音声における演技感情と他者評価感情の関係について、(1) 各感情における演技感情と他者評価感情の一致度、(2) 演技感情以外のどの感情として認識されやすいかの傾向、(3) 他者評価感情との一致度が高い音声と低い音声における音響的特徴の違い、の3つの観点から分析を行った。

各感情音声に対して演技感情ラベルと他者評価感情ラベルの両方を付与している HCUDB を用いて分析した結果、喜怒哀楽と冷静に関連する感情については演技感情と他者評価感情に比較的關係があること、快不快感が類似した感情と誤認識されやすいことが明らかになった。

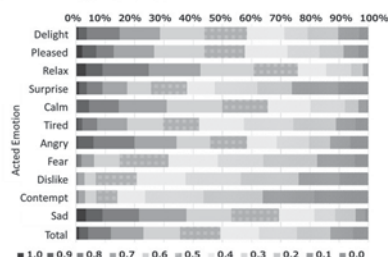


Fig.1: Degree of agreement between acted emotion and perceived emotion

1-9-16

1-9-16 自発的な笑い声と叫び声検出可能な
End-to-End 音声認識の検討End-to-end speech recognition
with detection of spontaneous laughter and screams

☆松田匠翔, 有本泰子 (千葉工大)

- ◆笑い声・叫び声の検出と音声認識を同時に行う ASR-SSD モデルを3種類の End-to-End アーキテクチャにより構築
- ◆ASR・SSD 単体モデルとの比較や複数対話ドメインで検出・認識精度を検証
- ◆各単体モデルと比較して音声認識は1%程度精度が向上
- ◆笑い声・叫び声検出では特に叫び声の検出精度が顕著に低下
- ◆本提案モデルは互いの精度向上が見込まれるが、少ない笑い声・叫び声データをより効率的に学習できる工夫を講じる必要がある

Table 1: F-measure of detection of laughter, screaming, and speech in the two conditions of the ASR-SSD model

Event	Model	ASR-SSD-1 (AGSC)			ASR-SSD-2 (AGSC+CSJ)		
		AGSC	OGVC	MSAI	AGSC	OGVC	MSAI
Laughter	CTC	86.18	51.04	75.16	86.45	52.65	58.63
	Attention	88.17	62.03	81.72	87.74	57.21	70.92
	Attention-CTC	89.17	59.79	82.12	87.94	59.27	67.91
Screaming	CTC	75.93	33.04	67.99	75.21	23.21	34.08
	Attention	74.21	31.35	69.80	73.73	26.02	42.86
	Attention-CTC	74.75	32.02	65.63	75.22	22.99	39.04
Speech	CTC	84.74	74.65	82.25	85.77	75.04	72.36
	Attention	82.41	73.89	81.65	83.05	72.19	75.89
	Attention-CTC	84.90	71.55	82.23	84.76	75.59	74.61

1-9-18

1-9-18 感情アノテーション方法の比較と提案

Comparison and Proposal of Emotion Annotation Methods

○西田文香 (Poetics), 山岡大志 (Poetics)

- ◆データ収集の研究では、3つの課題がある。
- ◆1つ目は、アノテーターのラベルが一致しなかった際に、なぜ一致しなかったのかについての考察に比重が置かれることが少なく、データ収集の方法の改善の検討が十分に進んでいない点。
- ◆2つ目は、感情の定義が十分にできていないため、感情概念がカバーする範囲が、研究の目的や研究結果と一致しているかの検討が出来ない点。
- ◆3つ目に、データの信頼性・妥当性に関する議論がされていないことである
- ◆本研究の目的は、感情をアノテーションするとは何を意味しているのかを明らかにすることと感情アノテーションの音声コーパスの分析結果を、感情の科学全体から解釈することを通して、感情アノテーションを行う際の課題をより鮮明にすることである。

1-9-19

1-9-19 NNSVS: ニューラルネットワークに基づく
歌声合成のためのオープンソースソフトウェア

NNSVS: A Neural Network-Based Singing Voice Synthesis Toolkit

©山本 龍一(名大/LINE), 米山 伶於(名大), 戸田 智基(名大)

- ◆歌声合成のためのオープンソースソフトウェア NNSVS について述べる。NNSVS は、Sinsy に影響を受けて開発された。NNSVS を使うことで、ユーザは独自の歌声合成システムを構築可能である。
- ◆日本語歌唱データベースを用いた実験では、音響モデルにおけるマルチストリームモデルや自己回帰モデルの有効性を検証した。提案法は Muskits, DiffSinger より高い自然性を示した。また、hn-uSFGAN ボコーダが hn-HiFi-GAN ボコーダより優位に働くことを示した。
- ◆最新版の NNSVS では、拡散モデルに基づく高品質歌唱合成、48kHz のフルバンド歌唱合成、Opencpop データベースを利用した中国語歌唱合成も利用可能である。最新情報は GitHub を参照されたい。

Table 1: Comparison of open-source software for SVS

	Parametric SVS	Neural vocoders	OSS
Sinsy	○	○	△*
Muskits / DiffSinger	×	○	○
NNSVS	○	○	○

*: DNN version is not publicly available



Figure 1: Overview of NNSVS's SVS system

1-9-21

1-9-21 基本周波数制御性を考慮したピッチ抽出器
を用いたニューラルボコーダ学習法の検討

A neural vocoder learning method using a pitch extractor for fundamental frequency controllability

☆福田至音, 法野行哉, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一(名工大)

- ◆音声波形の学習に基本周波数の損失を導入
 - ニューラルボコーダによる基本周波数の制御することは困難であるが、ピッチ抽出器を学習に組み込むことで基本周波数の制御性の向上を目指す。
- ◆ニューラルボコーダに F0 損失とエネルギー損失を導入
 - 学習時に正解音声と生成音声のそれぞれから F0 とエネルギーを抽出し L1 距離によって損失を計る。
- ◆結果
 - 従来法より制御やピッチシフトで出力することが可能になった。
 - これは歌声しゃくりやフォール、音声合成のイントネーションを表現する際に効果を発揮することが期待できる。

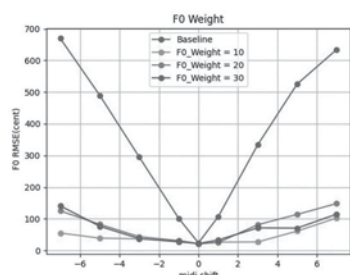


Fig.1: Objective evaluation of the fundamental frequency by F0 MRSE.

1-9-20

1-9-20 基本周波数の制御性を考慮した特徴分離に
基づくニューラルボコーダ構成法Neural vocoder based on disentangled representation learning
to control fundamental frequency

☆佐藤鈴夏, 藤本崇人, 法野行哉, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一(名工大)

- ◆本稿では、メルスペクトログラムと基本周波数を入力とするニューラルボコーダの学習において、メルスペクトログラムに含まれる基本周波数情報を相互情報量最小化に基づく特徴量分離によって分離するニューラルボコーダ構成法を提案する。メルスペクトログラムから基本周波数情報を取り除くことで、基本周波数を制御することが可能なニューラルボコーダを実現する。
- ◆実験結果より、CLUB による相互情報量を損失関数として追加して学習を行うことで、メルスペクトログラムと基本周波数の特徴が分離され、合成音声の基本周波数を学習データの範囲内で変更可能となることが示された。

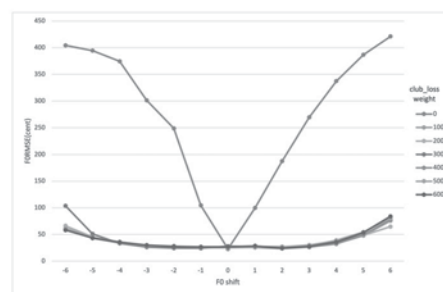


Fig.1: 合成音声のF0MRSE

1-9-22

1-9-22 異なるスタイルの笑い声生成のための
有声音・無声音間隔の制御Controlling voiced and unvoiced intervals for generating
different styles of laughter

☆木全亮太郎, 上乃聖, 李晃伸(名工大)

- ◆異なるスタイルの笑い声を生成するために、有声音・無声音の割合を制御できる笑い声合成モデルを提案する。
- ◆FastSpeech 2 内の Variance adaptor に有声音・無声音を予測する Voiced / Unvoiced predictor を追加する。
- ◆提案手法による笑い声の品質、話者類似度、MCD はベースラインモデルと同等の性能を示した。
- ◆多様性の評価方法として、笑い声を聞いた時の印象を元に、被験者同士が近い感性を持つようにクラスタを生成する。
 - 提案手法が一番多くのクラスタを生成し、多様な印象を持つ笑い声を生成できることを示した。

Table 1. The MOS and SMOS with 95% confidence intervals and MCD (Mean Cepstral Distortion)

	MOS	SMOS	MCD
Ground Truth	3.55±0.83	-	-
ベースラインモデル	2.98±0.71	2.89±0.72	6.74
提案手法	2.88±0.58	2.75±0.74	6.40

Table 2. The result of diversity evaluation

	Real data	Baseline model	Proposed model
Number of clusters	2	3	4

1-9-23

1-9-23 Voice-to-foley: 環境音を模倣した音声を入力とする環境音合成

Voice-to-foley: Environmental sound conversion from vocal imitations

©岡本悠希(立命館大学), 井本桂右(同志社大学),

高道慎之介(東大院・情報理工), 永瀬亮太郎(立命館大学),

福森隆寛, 山下洋一(立命館大学)

◆ 環境音を模倣した音声(模倣音声)を入力とする環境音合成を提案

✓ 従来の入力情報では音高やリズムが表現困難

- 従来の入力情報: 音響イベントラベル, オノマトペ etc.
- 音声を入力に使用することで生成音の音高やリズムの制御を期待

✓ 2種類のモデル学習法を提案

- 提案法 (I): 模倣音声のみを入力とする手法 (Fig. 1 (a))
- 提案法 (II): 模倣音声と音響イベントラベルを入力とする手法 (Fig. 1 (b))

◆ 主観 / 客観評価実験によって生成音を評価

✓ 環境音の自然性, 入力音声に対する妥当性, 多様性の観点で評価

- イベントラベルのみを入力とする手法と比較して提案法 (II)は多様かつ自然な環境音を生成可能であることを確認

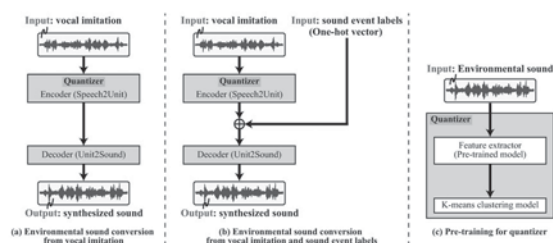


Fig. 1: Architecture of environmental sound conversion from vocal imitations

1-10-2

1-10-2 未知の方言を想起させる逆相 f_0 パターンの検証: 「声のサッチャン錯聴」と実在方言の高低反転A study of inverse phase f_0 patterns that evoke unknown dialects

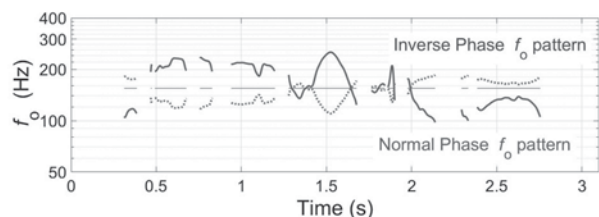
©内田照久(大学入試センター 研究開発部)

目的 イントネーションの高低を反転した逆相 f_0 パターンの音声から、「未知の方言印象」が想起されるか、また、その話者に「緩やかな人柄」を感じるかについて、実証的に検証する。

実験1 標準語の正相 f_0 音声から逆相 f_0 音声を生成して評価した。「標準語らしさ」、「地方の方言らしさ」、「人柄の緩やかさ」、「音声の自然性」を10件法で評定させた。さらに、想起した方言地域も自由記述で回答させた。

実験2 実在する方言である大阪弁と熊本弁をベースとした正相・逆相 f_0 音声について、実験1と同じように評価させた。

結果 首都圏の国立大学1年生89名の参加者による評価の結果、逆相 f_0 の音声は、言語音声として破綻してしまうのではなく、未知の方言として認知された。また、のほほんとした緩やかな話者を想起することが確認された。

Fig. 1 Conversion from normal phase f_0 pattern to inverse phase f_0 pattern

1-10-1

1-10-1 日本語ピッチアクセントの特徴表現と主観的妥当性

Feature Representation of Japanese Pitch Accent and the Subjective Adequacy

©勝瀬郁代(近畿大・産業理工)

◆本研究では、日本語4モーラ単語音声のピッチアクセント特徴表現を得るモデルを提案している。

◆5種類の音声コーパスを用いてデータセットを作成し、モデル学習を行った。

◆ピッチアクセントの特徴が分布した潜在空間の各座標からピッチパターンを再構成し、音声の再合成を行った。

◆再合成音声を用いて聴取実験を行い、ピッチ変化の適切性を5段階で評定した。

◆評定平均値を、そのF0の再構成に使用した潜在空間の座標に配置して分布を求めた。

◆ピッチアクセントの特徴を表す潜在変数の分布と、評定平均の分布それぞれにGMMを当てはめ、形状の違いを比較した。

◆その結果、評定平均値は、教師データのアクセント型以外に対しても、比較的高い値を持つ傾向がみられた。

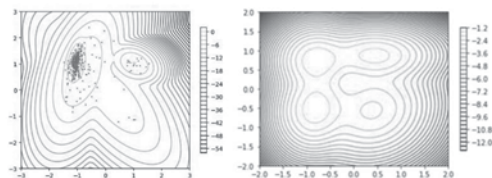


Fig.1: GMMs of feature distribution for the annotated accent (type 3) and distribution of rating averages for F0s corresponding to the accent.

1-10-3

1-10-3 中国語を母語とする日本語学習者による摩擦音の促音の発話

—時間的特徴に関する予備的な検討—

Japanese fricative geminates produced by speakers of Standard Chinese: A preliminary study on the temporal characteristics

©守本真帆(上智大・学振), 李瑋昱(上智大), 溝口愛(前橋工科大), 荒井隆行(上智大)

◆中国語を母語とする日本語学習者10名と日本語母語話者10名による発話実験を行い、摩擦音の促音・非促音の狭窄区間および前後の母音の持続時間を計測した。

◆学習者による発話では、全体的に母語話者よりも伸長の度合いが小さい傾向がみられた。

◆中級の話者では特に/j/の促音の伸長の度合いが小さかったが、初級の話者では破裂音よりも摩擦音の方が長短対立の実現が明確であった。

◆全ての学習者において摩擦音よりも破裂音の習得の方が容易であるとは限らないということが示唆された。

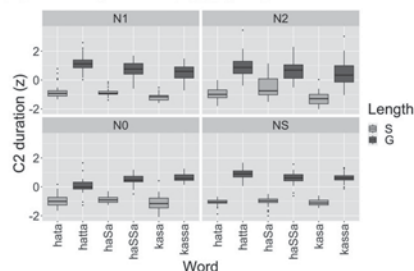


Fig. 1 Consonant duration (z-score) of singleton and geminate /t, f, s/ produced by advanced learners (N1), intermediate learners (N2), and beginners (N0), as well as native speakers (NS) of Japanese.

1-10-4

1-10-4

言語特徴量から調音運動の予測

Prediction of articulatory movements from linguistic features

☆脇田真子, △高畑諒汰, 竹本浩典(千葉工大), 平井啓之,
前川喜久雄(国語研)

- ◆言語特徴量から EMA (Electro Magnetic Articulography) で得られたセンサコイルの位置情報を予測する試みもあるが、センサコイルの個数が少数であるため調音器官全体の形状の予測は困難である。
- ◆本研究では、まず調音器官全体の形状を観測できるリアルタイム MRI を用いて調音運動を動画として記録し、フレームごとに調音器官の輪郭を抽出した。そして、DNN を用いて言語特徴量からフレームごとの調音器官の輪郭点 (調音運動) の予測を試みた。
- ◆本研究による予測結果と正解となる画像から自動抽出した輪郭点との平均 RMSE は 1.19 pixel であった (Table 1)。また、平均的な予測精度をもつフレームでの予測結果と正解の比較は目視では良く一致した (Fig. 1)。

Table 1: Prediction accuracy
(unit: pixel)

部位	平均 RMSE
舌	1.94
口唇・下顎	0.94
軟・硬口蓋	0.69
咽頭後壁	0.83
喉頭蓋・声帯	1.52
平均	1.19

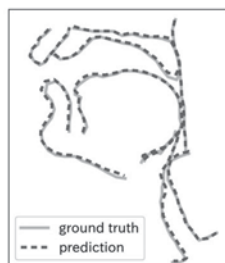


Fig. 1: Comparison between ground truth and prediction in the frame with average accuracy

1-10-6

1-10-6 ポップアウトボイス生成時における
母音声道形状の分析

Analysis of the vocal tract shape of vowels during pop-out voice production

☆相馬巧海, △深澤祐樹, 竹本浩典(千葉工大),
北村達也(甲南大), 天野成昭(愛知淑徳大)

- ◆背景雑音などの妨害音がある環境下でも聞き取りやすい音声ポップアウトボイスと呼ぶ。
- ◆本研究ではポップアウトボイスの生成メカニズムを明らかにするために、ポップアウトする声 (PV) とポップアウトしない声 (NV) の声道形状の MRI 撮像と音声録音を実施し、PV と NV の比較・分析を行った。
- ◆発話器官の輪郭を比較したところ (Fig.1), PV では口の開きが増大し、口腔と咽頭が拡大している傾向がみられた。また口腔、咽頭、声道全体の面積を PV と NV で比較した結果 (Table1), 個人差はあるが PV では咽頭より口腔が顕著に拡大した。
- ◆音声分析の結果、母音によらず PV では NV より基本周波数が高く、3 kHz 以上の高域で音圧レベルが上昇する傾向がみられた。

Table1: NV に対する PV の声道面積の比の平均



Fig.1: PV (灰) と NV (黒) の声道形状

	口腔	咽頭	全体
/a/	1.71	1.05	1.54
/i/	1.46	1.04	1.09
/u/	1.40	1.15	1.21
/e/	1.79	1.06	1.22
/o/	1.49	1.14	1.39
平均	1.57	1.09	1.29

1-10-5

1-10-5 対話コミュニケーション準備のための
自己単独発話行為について

Self-single speech utterances in preparation for interactive communication

○浅野恵子(順天堂大・医)

- ◆対話において、発話を行う事前の状態がある。脳内活動や口腔内器官の構えとの関連、フィラーによる代替の研究がある。
- ◆今回は、単独言語発話行為「ハミング、独り言、内的発話」から検討。
- ◆アンケート調査対象者は、英語学習者を TOEFL ITP により 500 点上下で 2 群に分けた、大学生、男女 48 名。上級者 28 名、初級者 20 名。
- ◆英語の発話準備について、英語関連と日常行動から、単独発話状況について、質と量の両面からアンケート調査を行った。
- ◆全体の結果は、男性が独り言、女性が内的発話を多く用いていた。
- ◆ハミング、独り言とも、準備には使用したことがあまりないが、準備に役立つ、英語の音の確認になると、両英語習熟度群とも回答した。
- ◆内的発話は単独発話の中で一番多く使用されており、英語 3 技能中において、習熟度別に音声、文字、映像の使用に相違が見られた。

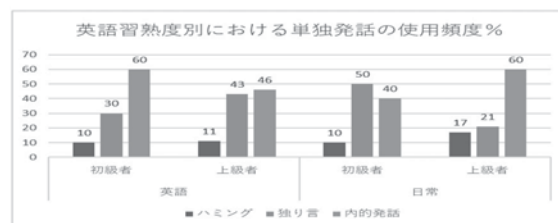


Fig. 1 The most frequent use of three different self-utterances between the different proficiency levels of Japanese L2 learners of English

1-10-7

1-10-7 一側性難聴者の残響下での文章理解度・
方向性マスキング解除の検討
—雑音下・競合音声下聴取の比較—

An investigation of speech recognition and spatial release from masking under reverberation for those with unilateral hearing loss: A comparison of speech intelligibility under noise and that under competitive speech

☆辻慎也, 荒井隆行(上智大・理工)

- ◆一側性難聴により、以下 3 つの場面で困難な状況が生じる。

1) 難聴側聴取, 2) 騒音下聴取, 3) 音源定位

- ◆本稿では一側性難聴者・健聴者のモノラル受聴・両耳聴を対象に、残響下での雑音下 / 競合音声下の文章理解度テストを行い、次の結果を得た (Fig. 1)。

- 1) 残響下での音声聴取のために、一側性難聴者は両耳聴と比べて、大きな音声の音圧を必要とした。
- 2) 健聴者のモノラル受聴と比べて、一側性難聴者は閾値が改善し、音声を良聴耳側 / 患耳側どちらに置いた場合とも大きな方向性マスキング解除の効果を示した。
- 3) 発症から長期間経過した一側性難聴者のモノラル受聴におけるキューへの適応が示唆された。

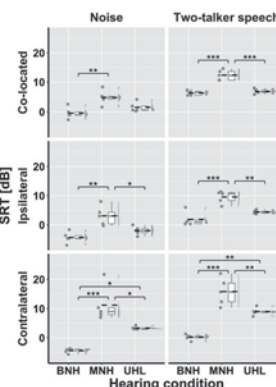


Fig. 1 Raincloud plots for the speech reception thresholds (SRT) including raw jittered data, box-whisker plots, and split-half violins for three hearing conditions: BNH (n = 5), MNH (n = 5), and UHL (n = 5). The solid and broken horizontal lines indicate the median and mean, respectively. ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05

1-10-8

1-10-8 避難する気になる ボイストレーニングシステム構築に向けて ーVTuber 利用の試みー

Towards the Development of a Voice Training System
to Encourage Evacuation - An Attempt Using a VTuber

○高野佐代子、長塚全、土田義郎

(金沢工大、Zen Voice Factory、金沢工大)

Sayoko TAKANO, Zen Nagatsuka and Yoshio TSUCHIDA

- ◆ 避難のよびかけの際、逃げる気になる音声を目指し、防災ボイストレーニングシステムの構築を目指している。本研究では、実際に効果のあるボイストレーナーに近づけるための第一歩として、ヴァーチャルなキャラクター：VTuberによる改善を目指す。
- ◆ 文字の掲示に比べて、音声ガイドおよびVTuberによるトレーニングで得られた音声は、聴覚的に評価が高い傾向が見られた。

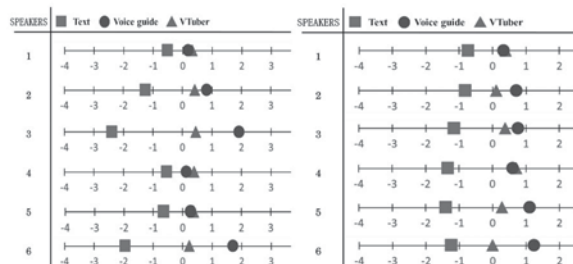


Figure 1. The results of the hearing experiment
(Left: Loud, Right: Intonation)

1-11-2

1-11-2 話者の違いによる宣伝音声の印象と 購買意欲の関係の分析: 合成音声を用いた検討

The impact of speaker differences on the relationship between voice quality and the willingness to buy in advertising speech: A verification study using speech synthesis.

◎長野瑞生、井島勇祐、廣谷定男(NTT)

- ◆ 感情を媒介とする購買意欲モデル [R. Donovan+, 1982]
 - Stimulus-Organism-Response (SOR) 理論に基づき、消費者の購買意欲を外部刺激→感情→購買意欲の3ステップで表すモデル
 - 音声刺激においてもこのモデルが適用可能 [M. Nagano+, Front. Psychol., 2023]
- ◆ 音声印象を媒介とする購買意欲モデル
 - 音声からは感情だけでなく音声に対する印象も知覚される
 - F0の最高値が落ち着いた声の知覚に影響する (S-O) [R. Elbarougy+, 2014]
 - 音声の緊迫感の知覚が避難行動を促す (O-R) [M. Kobayashi+, 2022]
 - 音声印象が宣伝音声の購買意欲への影響を媒介するモデル (S-O-q-R) が適用可能であるかを検証した研究は少ない
- ◆ 話者クラスタリングによって男女26名の話者を選出し、1話者あたり13文章を音声合成で作成。音声は購買意欲に影響を与えるときの音声印象の媒介効果を大規模な主観評価実験によって調査
 - 音声印象を媒介とするモデルは音声は購買意欲に及ぼす影響を説明可能
 - 特に声の明るさや温かさの媒介効果が大きい

Mediator	Est.	S.E.	95 %CI	
			Lower	Upper
(b) Hoarse-Clear	0.86	0.10	0.68	1.05
(c) Unstable-Calm	0.04	0.02	0.02	0.06
(d) Powerful-Weak	0.63	0.07	0.49	0.77
(f) Bright-Dark	1.20	0.12	0.98	1.44
(g) Cold-Warm	2.35	0.25	1.86	2.85

Fig.1: Result of mediation analysis for SOqR.

1-11-1

1-11-1 精緻なフォルマント周波数と基本周波数の 同時摂動を可能とする変形聴覚フィードバックシステムの開発

Development of an altered auditory feedback system that allows simultaneous perturbation of precise formant and fundamental frequencies

○廣谷定男、持田岳美 (NTT CS 研)

- ◆ 音声生成においては、基本周波数 (f0) とフォルマント周波数 (F1) を同時に制御する必要がある。これまで、発話時の聴覚フィードバックの重要性を検証するために、f0 と F1 に対してそれぞれ独立した変形聴覚フィードバック (AAF) 実験が行われ、いずれも摂動に対する補償応答が生じる結果が得られた。
- ◆ しかし、日常的な発話では、f0 と F1 のエラーが同時に生じることがあるが、これらの摂動を同時に与えた AAF 実験はほとんど行われておらず、補償応答が生じるかどうかについては明らかではない。
- ◆ 本稿では、精緻な f0 と F1 の同時摂動が可能な AAF システムの開発を行い、発話実験を行った。実験の結果、f0 と F1 のエラーに対する補償応答メカニズムが異なる可能性が示唆された。

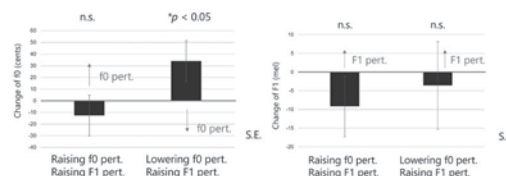


Table.1: Experimental results.

1-11-3

1-11-3 リファレンスを必要としない相対的な音質 評価に向けた MUSHRA 法の改良について

Modification of MUSHRA toward the relative sound quality evaluation without references

☆田鎖佑弥、堀部貴紀、小口純矢、森勢将雅 (明治大)

- ◆ 合成音声の性能を効率的に評価する評価法の検討
- ◆ リファレンスが必要という MUSHRA 法の制約を緩和した評価法

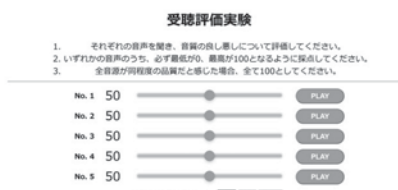


Fig. 1: 提案法のGUI

- ◆ MOS と提案法の比較

- MOS 評価、提案法どちらも 96, 48, 32 kHz の結果に有意差無し
- 両手法ともに 32 kHz と 24 kHz に差があるという結果
- 提案法は音質の差をより顕著に検出可能

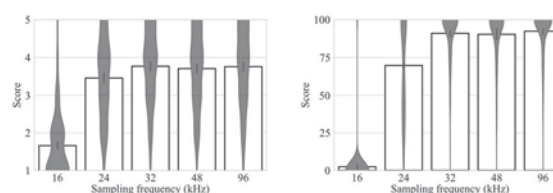


Fig. 2: サンプリング周波数別評価結果
(左) MOS (右) 提案法

1-11-4

1-11-4 ささやき声のスペクトル操作によるピッチ制御と疑問文の知覚

Pitch manipulation by the spectral transform of whispering voice and interrogative sentence perception.

○内田照久(大学入試センター 研究開発部)

目的 ささやき声のスペクトル変形によるピッチ制御を検証

方法 下降調の平叙文の音声から、上昇調の疑問文の音声を生成

- (1) 通常音声の時間長、音圧、 f_0 を操作して上昇調に変換
- (2) 疑似ささやき声のスペクトルの区分線形変換で上昇調化
- (3) リアルなささやき声に、その変換法を適用して疑問文化

評価 生成した音声の平叙文・疑問文らしさを聴覚実験で評価

疑似ささやき声、リアルなささやき声のいずれも、

4 kHz を中心とした帯域のスペクトル成分の上方シフトが有効

Interrogative Sentence

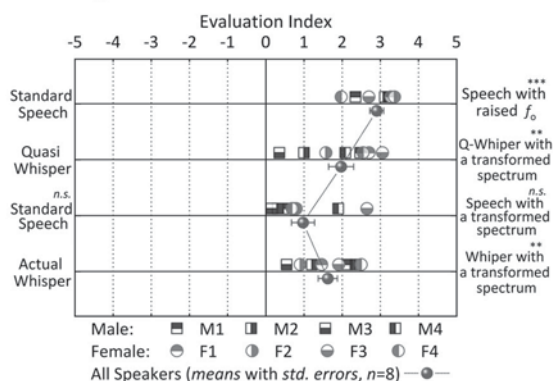


Fig.1 A summary of evaluation indices (* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$)

1-Q-2

1-Q-2 快音度に基づくコード進行パターン選択を用いた歯科治療音の快音化

Comfortable sound design using chord progression pattern selection based on comfortable sound score for dental treatment sound

☆林 拓哉, 畑中 まゆ, 高橋 徹(阪産大), 西浦 敬信(立命館大), 中山 雅人(阪産大)

◆我々がこれまで提案してきた歯科治療音の快音化手法では、コード進行の単調さと過度なピーク周波数への追従に起因する転調の多発により快音度が低下する問題があった。そこで、本研究では、コード進行の単調さを改善するために、代表的な複数のコード進行パターンの快音度を予備実験により事前に評価し、快音度に基づきコード進行パターン選択のアルゴリズムを設計する。そのアルゴリズムに基づきコード進行パターンを選択し、転調条件に臨界帯域幅を活用、緩和することで快音化する手法を提案する。

◆提案手法の有効性を確認するため、主観評価実験を行った。エアービンによる歯科治療音を対象とし、快音度と不快感低減度を評価した。

Fig.1 に快音度と不快感低減度の実験結果を示す。実験結果より提案手法は、従来手法よりも快音度、不快感低減度が向上していることを確認した。

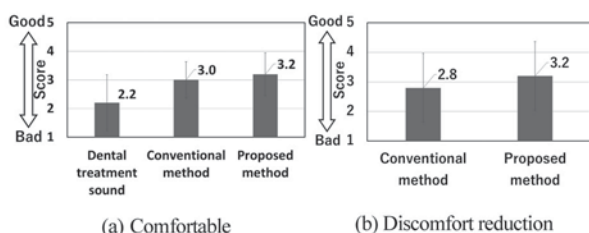


Fig.1 Experimental results

1-Q-1

1-Q-1 エレキベースを対象とした楽器音のリリースエンベロープが自然性に与える影響

Effect of release envelopes of electric bass guitar sounds on naturalness

☆蟹江世莉奈, 小口純矢, 堀部貴紀, 森勢将雅(明治大)

素片接続楽器音合成におけるリリースパラメータと自然性の関係は？

⇒エレキベースを対象に聴取実験

➢減衰時間: 0.01, 0.05, 0.10 [秒]

➢減衰カーブ: Linear, Slow, Fast

経験者は相対的に明確に区別した

平均 29.6 %			平均 37.1 %		
0.05	No Pref.	0.01	0.05	No Pref.	0.01
0.10	No Pref.	0.01	0.10	No Pref.	0.01
0.10	No Pref.	0.05	0.10	No Pref.	0.05
Fast	No Pref.	Slow	Fast	No Pref.	Slow
Linear	No Pref.	Slow	Linear	No Pref.	Slow
Linear	No Pref.	Fast	Linear	No Pref.	Fast

楽器経験者の評価

楽器未経験者の評価

1-Q-3

1-Q-3 音楽的期待に基づく和音進行聴取時の印象評価と事象関連電位との関連 -計測部位ごとの検討-

Relation between impression and ERP from expectations for chord progressions - Consideration of each measurement site -

☆末崎真実(電通大), 高橋範行(愛知県立大), 森本智志(慶応大), 齋藤絵里子(電通大)

◆多くの西洋音楽は、機能と和声のような規則に従い構成されているため、和音の予測がおおよそ可能となり、音楽的な期待が生じる。期待から逸脱した音を聴取すると mismatch negativity (MMN) と呼ばれる脳波の振幅等に変化が現れることが報告されている。

◆しかしながら、音楽的期待には、典型的な和音進行から逸脱したことで被験者に不快感を与える進行と、予想外の「良い意外性」をもち不快感を与えない進行も存在する。

◆本研究では、「違和感」や「良い意外性」に対する主観評価が極端であった和音進行刺激に対してオドポール課題を用いた脳波計測を行い、主観評価との対応関係を検証した。

◆その結果、逸脱刺激への不快感の有無と事象関連電位には相関がある可能性が示唆された。

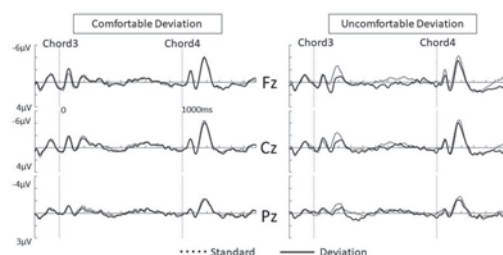


Fig.1: Grand mean ERP Waveforms

1-Q-4

1-Q-4 謡曲の良さに寄与する
スペクトル・時間変調情報の検討Study on spectro-temporal modulation information
that contributes to quality Noh song

○木谷俊介, 磯山拓人, 鶴木祐史(北陸先端大)

【目的】謡曲の良さに寄与するスペクトル・時間変調(STM)情報を
明らかにすること

【手法/手順】

1. 熟練度の異なる話者の謡曲を収録する
2. 収録した謡曲を STM 分析する
3. シェッフェの対比較法によって収録した謡曲の良さの心理スケールを求める
4. 部分的最小二乗回帰 (PLS) によって謡曲の良さスケールと関連度の高い STM 情報を求める

【結果】時間変調が 2 Hz, スペクトル変調が 0 ~ 5 cyc/kHz の STM 情報に謡曲の良さと関連度が高い成分が見られた (Fig. 1)

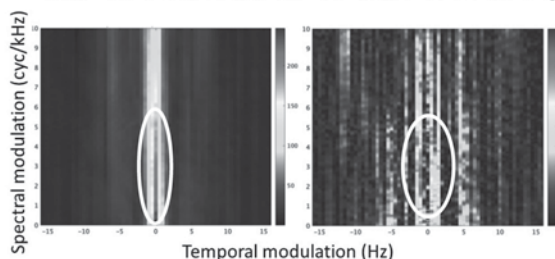


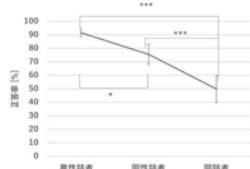
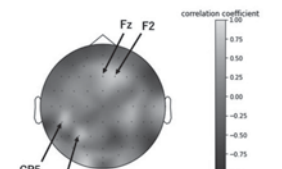
Figure 1 Quality scale for Noh song and highly relevant STM information. Circled are the areas indicated by PLS to be highly relevant to the quality scale.

1-Q-6

1-Q-6 競合音存在下における音声聴取成績と
脳律動の関係Relationship between speech perception and neural oscillations in the presence
of competitive sounds

☆齊官重樹, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆聴力検査が正常である人でも, 特に騒音や部屋の残響がある時にコミュニケーションの困難さを訴えることがある。この困難さが聴覚的難聴であり, 現状では実用的な診断手法は提案されていない。
- ◆皮質レベルの時間情報処理については, 劣化度合いの異なる合成音声を用いて, 了解度の上昇に伴って δ - θ 帯域の脳律動と音声の同期性が上昇することが報告されている。一方で, 競合音存在下における聴取成績と δ - θ 帯域の脳律動の関係は明らかになっていない。
- ◆本研究では, 複数話者が混在する環境下での聴取成績を測定し, 同時に計測した δ - θ 帯域の脳律動との関係を調べた。
- ◆妨害音声とターゲット音声の組み合わせが, 異性, 同性, 同一話者の順に聴取成績が高かった (Fig. 1)。情報マスキングの効果を反映していると推察される。いずれの電極も Bonferroni 補正後の有意水準は満たさず, 偽陽性の可能性は否定できないものの, 左頭頂部・前頭部付近の電極で測定した δ - θ 帯域の脳律動の位相同期度と聴取成績との間に比較的高い相関が見られた (Fig. 2)。

Fig.1 Correct answer rate of speech reception task. ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ (Corrected for multiple comparisons with Ryan's method).Fig.2 Topography of correlation coefficients between δ - θ band PLV and correct answer rate of speech reception task.

1-Q-5

1-Q-5 雑音下における音声聴取閾値と
純音聴力レベルの関係Relation between speech reception threshold in noise
and pure tone levels◎岡龍也, 中市健志(リオン), △山岡香央, △坂井友美(ファンケル),
△岡本康秀(済生会中央/慶応大)

- ◆本実験では被験者 70 名を対象に雑音下音声聴取検査である J-HINT より得られる雑音下 SRT と純音聴力レベルを比較しその関係を求めた。
- ◆J-HINT より得られた雑音下の SRT と各周波数の純音聴力レベルおよび PTA の相関係数を Fig.1 に示す。
- ◆高域側純音聴力レベルおよび高域側周波数を含んだ PTA と SRT の相関が強く雑音下における良好な音声聴取には高域側純音聴力レベルが関係していることが示唆された。
- ◆音声周波数帯域に近い低域側純音聴力レベル (0.125, 0.25, 0.5 kHz) の相関が低いことから雑音下における音声聴取には低域側純音聴力レベルの関連性が薄いことが示唆された。

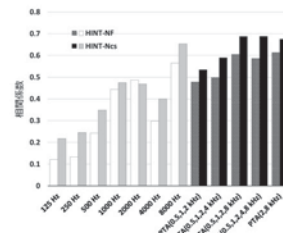


Fig.1: Correlation coefficient between SRT and pure tone levels

1-Q-7

1-Q-7 飼育環境下のニホンライチョウの
鳴き声パターンに関する考察

A study on call patterns of lagopus muta japonica in breeding environment

○石井要次(積水化学), 土肥哲也(小林理研), 森川大輔(富山県立大),
△林 亜紀, △秋葉由紀, △堀口政治(富山市ファミリーパーク)

- ◆ニホンライチョウは, 日本では国の特別天然記念物で絶滅危惧 I B 類に指定され, 2000 年代には 2,000 羽弱に減少したと推測されている。
- ◆本研究では, 保護飼育環境下の複数のニホンライチョウの鳴き声を対象に長期収録を実施し, 鳴き声の種類, 組み合わせパターンを考察した。
- ◆雄については大きく分けて 5 種類の鳴き声を観測し, うち観測数が多かった 4 種類について鳴き声パターンについて考察した。その結果, 鳴き声 A や C はコミュニケーション, B や D は警戒や威嚇として鳴いている可能性が示唆された (Fig.1)。

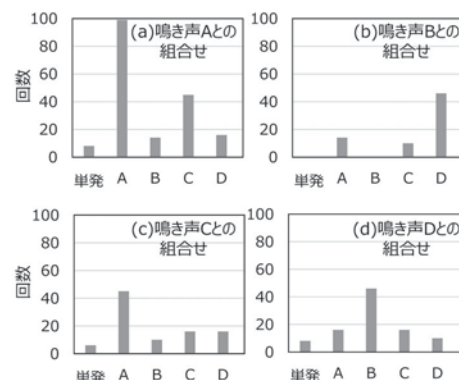


Fig.1: Combination patterns of the lagopus muta japonica call

1-Q-8

1-Q-8 ストレス状況下における発声パターンと心拍数を指標としたアブラコウモリの個性評価

Evaluation of individuality of *Pipistrellus abramus* based on vocalization patterns and heart rate under stressful conditions

☆西内唯夏, 橋澤(吉野)寿紀, 小林耕太, 飛龍志津子(同志社大)

- ◆ストレス状況下におけるコウモリの発声パターンから、個性を定量的に評価するシステムの確立を試みた。
- ◆物理的なストレス刺激に対して、個体毎にDC (Distress call) の発声パターンや発声頻度が異なり、主な発声パターンはFM (下降周波数変調型) とNB (広帯域ノイズ型) であった (Fig.1)。
- ◆FM の発声頻度が高い個体は刺激から逃げる行動、NB の発声頻度が高い個体は刺激に対して噛みつく等の攻撃行動が見られた。
- ◆NB の発声頻度が高い個体 (F2) はFM の発声頻度が高い個体 (F1) より心拍、体温ともに上昇幅の平均値が有意に高かった (Fig.2)。
- ◆DC の発声パターンが心拍数や体温の変化と関連し、個性を定量的に評価する行動学的な指標となる可能性が示唆された。

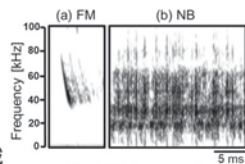


Fig.1 Distress calls

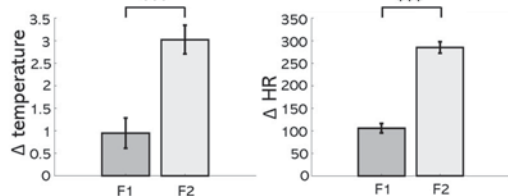


Fig.2 Average of changes in heart rate and body temperature. Error bars represent SEM. (Paired t-test, ***: $p < 0.001$)

1-Q-10

1-Q-10 話者が想定する声の大きさについての考察

Study of the loudness that speakers assume

○豊村暁, 田村優奈(群馬大学), Kazuyo Nakabayashi, David R Smith (University of Hull)

- ◆我々は日常会話において、場面にに応じて声の大きさを調整している。この事実は我々が普段、それぞれの状況において、適切な声の大きさがあることを無意識に認識していることを示している。
- ◆話者の声の大きさ(「発声」)が、聴き手が聴いているだろうと話者が想定する声の大きさ(「想定」)、および他者が自分に話しかける際の好み(「好み」)とどのように関係しているのだろうか。先行研究は、「おはよう」を用いて、「発声」が、「想定」や「好み」よりも7dB程度大きいことを示している (AST., 41(6), 841-844, 2020)。
- ◆本研究では、長めの中性的な文章(「今日は…です」)を話す際も同様の結果が得られるか調べた。また、社交性との関係を調べた(実験1)。
- ◆さらに、聴き手に届いた音の大きさの推定が可能かどうか、発話せずに手元のスピーカーから録音音声やバンドノイズを出して、聴き手に届く音の大きさの推定の精度を計測した(実験2)。
- ◆結果(実験1): 長めの文章においても、「発声」は「想定」や「好み」よりも9~10dB前後大きいことを示した。また、社交不安度が高い話者ほど「発声」と「想定」の差が小さく、より正確な発話をしていた。
- ◆結果(実験2): 想定との差は、録音音声では0.27dB、バンドノイズでは1.31dBであり、聴き手に届いている音量の推定はある程度可能であることが分かった。従って実験1で得られた差は、発声することにより生じていることが分かった。

1-Q-9

1-Q-9 話者性を操作した遅延聴覚フィードバックが発話に与える影響の検討

An investigation of the effect of the delayed auditory feedback with manipulation of the speaker individuality

○上江洲安史 (JAIST)

- ◆聴覚-発話運動制御メカニズム解明のパラダイムである遅延聴覚フィードバック(DAF; Delayed auditory feedback)では、発話者自身の話者性を十分に含んだ音声が遅れて聴覚フィードバックされるからこそ、発話の乱れを引き起こしている可能性がある。
- ◆本研究では、話者性を実時間で変換するシステムを組み込んだ DAF 下での発話実験を通して、フィードバック音声の話者性の違いが DAF 下での発話に与える影響を調べた。
- ◆遅延量と話者性を操作した DAF 下での文章読み上げ課題を行った。その結果、話者性によらず遅延量が大きいほど、発話時間長とモーラ数が増加することがわかった。また、遅延量が200 ms のとき、話者性を交換しない音声(「None」)がフィードバックされるほうが発話の乱れが顕著になり、発話時間長とモーラ数がより増加することが分かった。

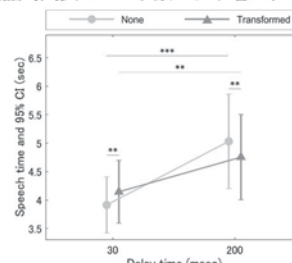


Fig.1: Mean and 95% confidence intervals of the speech time length under DAF for the delay and speaker individuality conditions.

1-Q-11

1-Q-11 絵本読み聞かせでのBGMの物語調和度が物語理解度に与える影響

Influence of background music on comprehension in picture book reading

☆油谷凜, 程島奈緒(東海大)

- ◆小学校低学年の児童を対象に、絵本読み聞かせの際の物語とBGMの調和度が物語理解度に影響するか調査した
- ◆森を舞台とした3冊の絵本を「BGM なし」、「物語の内容に沿ったBGM」、「物語の内容に沿わないBGM」の3種類のBGM条件と組み合わせ読み聞かせを実施した
- ◆読み聞かせ後の物語理解度テスト、読み聞かせ中の実験参加者の様子から、BGMと物語理解度、集中力との関係を調査した

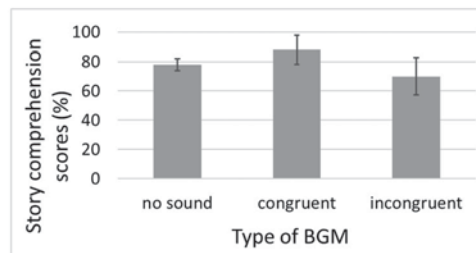


Fig.1: Story comprehension scores for each BGM condition

- ◆本研究のBGM条件と絵本の組み合わせでは、物語理解度 (Fig.1)・集中力ともにBGMの3条件間での有意差は見られなかった
- ◆今後は眼球運動や唾液アミラーゼなど客観的指標から集中力を測定すること、室内音響特性から読み聞かせに適した空間の検討を行う

1-Q-12

1-Q-12 GESIによる実拡声環境下での
低親密度単語了解度の推定

Estimation of intelligibility for low-familiarity word
by actual environment using GESI

☆渡邊健太郎(室蘭工大), 小林洋介(室蘭工大), 入野俊夫(和歌山大)

- ◆客観音声了解度評価指標 Gammachirp Envelope Similarity Index (GESI) による実空間での放送音声評価のため、実拡声環境を想定した低親密度単語音声の主観評価と了解度の予測を行った。
- ◆評価音声にインパルス応答の畳み込みと雑音の加算を行い、ラウンジと会議室の2環境を模擬した音声を用いて主観評価を実施し、Fig. 1の結果を得た。
- ◆片方の部屋条件で了解度推定のための係数を決定し、もう一方の部屋条件における了解度をGESIと従来指標ESTOIで予測した。その結果、GESIの内部計算で用いる拡張コサイン類似度指標 ρ の値を0.55とした場合では、ESTOIよりSRTでの推定誤差が大きかったが、0.80とした場合では、ESTOIより推定性能が改善することがわかった。

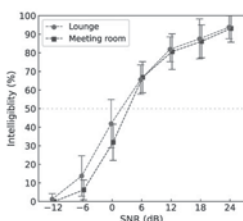


Fig.1: Result of subjective evaluation.

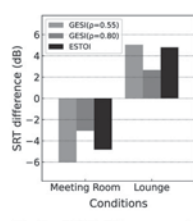


Fig.2: SRT difference when the coefficients were determined in another condition.

1-Q-14

1-Q-14 学童期の選択的聴取能力: 小学校6年間に
みられる発達の変化および地域差の検討

Investigating Developmental Changes and Regional Disparities in Selective
Listening Ability among Japanese Elementary School and Preschool
Children

○加藤正晴(同志社大), 木谷俊介(JAIST), 嶋田容子(同志社大)

一般に人の聴覚は発達初期より成熟していると考えられているが、周りが騒がしい中で聴きたい音を聴く選択的聴取に関しては12歳になっても成人よりもかなり劣ることが海外で報告されている。このことは我が国においてはあまり知られていない。

著者らは日本語を使った、我が国の学童期の選択的聴取能力を調べる標準検査を開発中であり、今回は4歳から12歳までの270名を対象に2種類の課題を用いて選択的聴取の発達を調査した。

聴覚的図と地課題(FG task)、競合語課題(CW task)ともに発達とともに正答率が向上していることが示された。競合語課題において右耳優位性は8,9歳で最も顕著になることや、地域(施設)による正答率の差が見られなかったことも合わせて報告する。

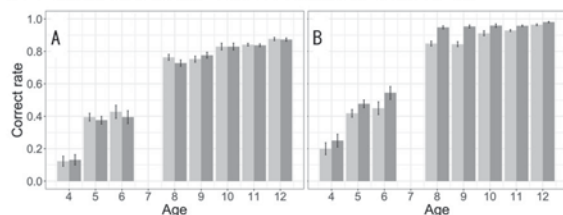


Fig.1: Correct rate of (A) FG task and (B) CW task by participant age, with left ear in light gray, right ear in dark gray.

1-Q-13

1-Q-13 話者の性別を考慮した年齢推定における
人と機械学習の傾向の分析

Analyzing trends in gender-aware speaker age estimation performance
between human perception and deep neural network models

◎北岸佑樹, 依直弘, 小川厚徳, 増村亮, 浅見太一(NTT)

- ◆DNNによる話者年齢推定の実用化を目指し、人間(オペレータ経験者)とDNNの推定傾向の違いをこれまでに分析してきた
- ◆しかし、性別を考慮した年齢推定における両者の違いは不明
 - F0など、いくつかの音響特徴量の加算による変化には男女差がある
 - 両者ともに性別を考慮して年齢を推定しているはず
- ◆話者性別を考慮可能な話者年齢推定DNNを構築
 - Fig.1に示すようにエンコーダが男女別に分かれ、両エンコーダの出力を性別推定結果を用いて重みとしたものから年齢を推定するモデル
- ◆DNNと人間による年齢推定結果を比較し、以下の点が明らかになった

1. 人間が性別推定を誤った時、年齢推定の精度は大きく劣化
2. DNNが性別推定を誤った時、年齢推定の精度が大きく劣化するものと、そうでないものにわかれた
3. DNNによる性別推定の事後確率が曖昧な(0や1から遠い)時、男女別エンコーダの出力をそれぞれ考慮可能なため、精度劣化が防がれた

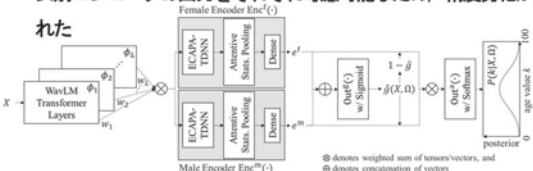


Fig.1: DNN-based speaker age and gender estimation model

1-R-1

1-R-1 蝸牛遅延特性を模擬した
オールパスフィルタの設計

All-pass filter design for simulating cochlear delay characteristics

☆飯田大貴, 高津航輝, 山田宏樹, 矢田部浩平(農工大), 饗庭絵里子(電通大)

◆ 蝸牛遅延

- 複数の周波数を同時に提示したとしても、低周波が高周波に比べて遅れて処理される現象
- 音楽的な利用は検討されていない

- ◆ 蝸牛遅延の音楽的な利用を検討するために、遅延量を調整できる蝸牛の群遅延特性を模したオールパスフィルタを設計した

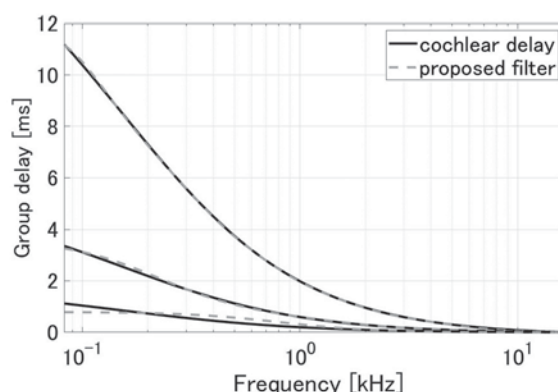
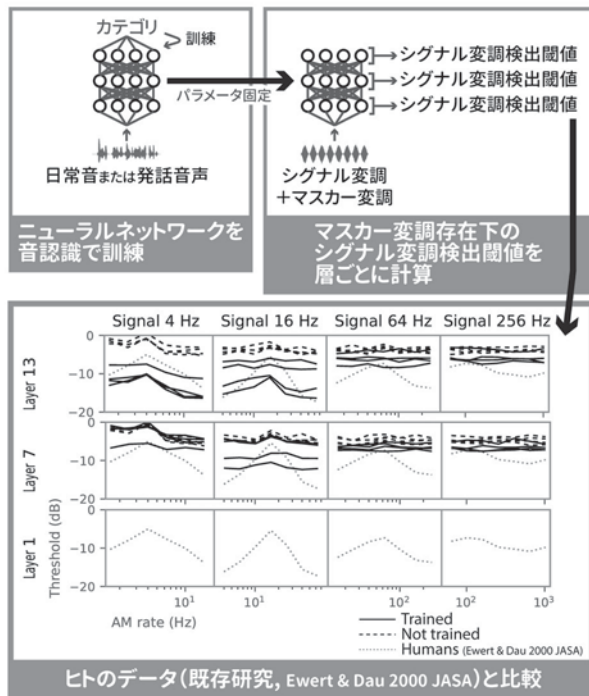


Fig.1: Targeted cochlear delay model and group delay of the proposed filters

1-R-2

1-R-2 音認識で訓練した人工ニューラルネットワークの
各層における変調周波数選択性Modulation Frequency Selectivity in an Artificial Neural Network Layers
Trained for Sound Recognition○上村 卓也(NTT CS 研)、寺島 裕貴(NTT CS 研)、
古川 茂人(静岡社会健康医学大学院大、静岡県立総合病院、NTT CS 研)

1-R-4

1-R-4 聴覚フィルタバンクを用いた時変動音の
ラウドネス計算法の構築Method for calculating loudness of time-varying sound using
auditory filterbank

©磯山拓都, 木谷俊介, 鶴木祐史(JAIST)

【背景】これまでガンマトーンやガンマチャープ聴覚フィルタバンクを用いた定常音に対するラウドネスの計算法を提案した。しかし、我々の身の回りには、定常音だけでなく時変動音も存在するため、このような音に対して提案法では適用できない。

【目的】時変動音のラウドネスの計算法に向けて提案法を改良すること。

【改良方法】Moore らの時変動音のラウドネス計算法に使われている自動得制御回路を提案法に組み込む。

【結果】Moore らの計算法から算出されたラウドネスと改良法から算出されたラウドネスの推定誤差が、多くの評価刺激で 0.5 sone 以下であった。(Fig. 1)

【結論】改良法は、時変動音に適用できることがわかった。

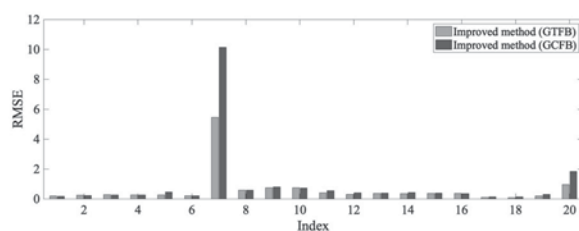


Fig. 1: Estimation error of both versions of improved method using GTFB or GCFB.

1-R-3

1-R-3 複合音の非調和性に対する自然音分類に
最適化された Deep neural network の中間
表現と心理実験の検出閾値の類似度分析Similarity Analysis of Intermediate Representations in Deep Neural
Networks Optimized for Natural Sound Classification and Detection
Threshold from Psychological Experiment in Inharmonic Complex

☆中澤和司, 近藤和弘(山形大院), 寺島裕貴, 古川茂人, 上村卓也(NTT)

- ◆ 非調和性識別の感度の形成が適応した結果として説明可能な検証
- ◆ 基本周波数と 12 倍音から構成される複合音に対し、特定の倍音成分をシフトさせて非調和性識別の閾値 μ_m [%] を測定した心理物理実験(Moore et al. 1985)と比較対象に選択
- ◆ 自然音分類(ESC50)で最適化された 13 層の DNN に対して心理物理実験と同様の刺激を入力し中間表現を取得し、ロジスティック分類による精度が 0.71 となる閾値 μ_m [%] を心理物理実験結果と比較
- ◆ 最適化後の DNN の第 7 層での中間表現から得られる閾値系列が最も類似性が高いという結果が示されたが、7 層目で類似性が高くなる説明をするためには更に調査が必要

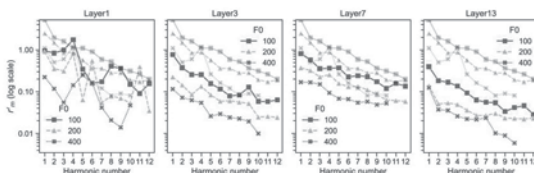


Fig. 1: Thresholds obtained from the intermediate representations of an optimized DNN (layer 1, layer 3, layer 7, layer 13). The gray plot represents the psychophysical results (Moore et al. 1985).

1-R-5

1-R-5 遠位呈示骨導超音波の伝搬特性の検
討：呈示部位の解剖学的構造の影響Examination of transmission characteristics of distantly-presented
bone-conducted ultrasound: Effect of the anatomical structure of
stimulus placements

☆高橋尚也, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆ 骨伝導で呈示された 20 kHz 以上の高周波音(骨導超音波)は、頭部から離れた位置に呈示(遠位呈示)された場合も明瞭に知覚可能であり、デバイス応用が図られている。
- ◆ しかしながら、遠位呈示における音の伝搬経路は長く複雑であり、その伝搬/知覚メカニズムには不明な点も残る。特に、刺激呈示部位の直下や近傍の解剖学的構造は、遠位呈示骨導超音波の伝搬と知覚に大きな影響を与える可能性がある。
- ◆ 胸部、背部、上肢を細かく区分し、骨導超音波を呈示した際に生じる外耳道内振動を計測した。
- ◆ 胸部、背部、上肢間で外耳道内振動に有意な差異が観察された。
- ◆ 特に背部に呈示した場合には、胸部や上肢よりも大きな振動加速度が得られた。背部は平らで大きな筋肉で覆われており、伝搬効率がよかった可能性がある。
- ◆ 上肢各部位で得られた振動加速度には、受容器までの距離に依存したシステムティックな傾向は観察されなかった。数多くの筋肉で構成された上肢の複雑な構造が起因している可能性がある。

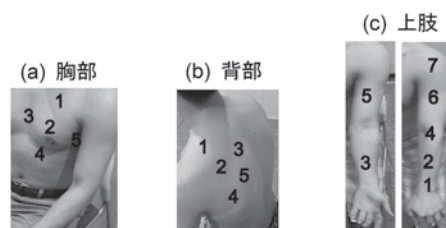


図1 刺激呈示位置

1-R-6

1-R-6 標的音聴取における距離に対する聴覚的注意の影響

Effects of auditory spatial attention in depth on target sound detection.

☆田中優希(熊本大), 寺岡諒(室蘭工大), △寺本渉(熊本大)

- ◆本研究では、距離方向に対する聴覚的注意が標的音の検出に及ぼす影響を検討した。
- ◆特定の距離に注意を向けるよう仕向けない条件(注意なし条件)と、標的刺激の提示確率を調整して、32 cm (near), 96 cm (middle), 160 cm (far) のいずれかに注意がひきつけられるよう仕向けた条件(注意あり条件)から構成された。
- ◆特に Far 条件において、標的音に対する誤警報率(標的ではない音を標的であると誤判断してしまう確率)は注意を向けた距離で有意に低く、離れるにつれて高くなることを示した。
- ◆距離に対する聴覚的注意の空間特性を反映している可能性を示した。

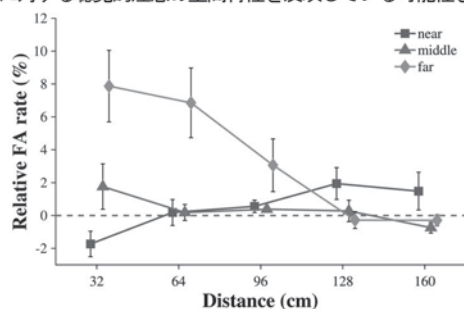


Fig.1: Relative false alarm (FA) rate (each attention condition – control condition) as a function of distance of the target sound source. Error bars denote the standard error of the mean.

1-R-8

1-R-8 Paired-click 刺激法による蝸牛シナプス障害の評価と拡張高周波数帯の聴力閾値との関連性

Relationship between extended high-frequency hearing thresholds and electrophysiological measures using paired-click stimulation as a marker of cochlear synaptopathy

○藤平晴奈(九州大学・NTT CS 研), 山岸慎平(NTT CS 研),

古川茂人(静岡社会健康医学大学院大学・静岡県立総合病院・NTT CS 研),

柏野牧夫(NTT CS 研)

- ◆加齢や強大声の暴露によって内耳毛細胞と蝸牛神経との間において障害(蝸牛シナプス障害: CS)が生じることが報告されている。
- ◆CSは、聴力閾値は正常であるにもかかわらずノイズ下での聴取が困難になる“隠れ難聴”の一因と考えられている。
- ◆動物や亡くなったヒトでは解剖によってCSが確認されているが、生きているヒトにおけるCSの評価が現在の課題となっている。
- ◆我々は、2023年春季研究発表会において、様々な時間間隔で区切られた2つのクリック音(paired-click 刺激)に対する蝸牛神経由来の反応によるCSの評価方法を提案した。
- ◆本研究では、従来よりCSの評価指標の1つとして挙げられている拡張高周波数帯の聴力閾値(EHF 聴力閾値)と我々が提案するpaired-click 刺激法による値において、加齢の影響とノイズ下での聴取成績との関連性、さらに各指標間の関連性について検証した。
- ◆EHF 聴力閾値と paired-click 刺激法による値は、互いに関連性を示し、加齢の影響を受け、ノイズ下での聴取成績とも関連性を示した。

1-R-7

1-R-7 聴覚刺激の好ましさが睡眠の質に及ぼす影響の検討

Effects of the preference for acoustic stimuli on sleep quality

☆眞木頌太, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆カラーノイズを利用した非薬理的な睡眠促進技術の開発が試みられている。
- ◆しかしながら、先行報告の結果には一貫性がなく、睡眠の質の向上に関する要因も未だに解明されていない。
- ◆カラーノイズが有する睡眠促進効果の要因として聴取者の嗜好に着目し、各被験者が好ましく感じるノイズの種類と、好ましさの程度が睡眠の質に与える影響を検討した。
- ◆Scheffe の一対比較法により、各被験者におけるノイズの好ましさを調査し、以下の条件下で、睡眠脳波および眼電図の計測を行った。(1) 最も好ましいと評価されたノイズが 60 分間提示される (Preferred: P), (2) 最も好ましくないと評価されたノイズが 60 分間提示される (Unpreferred: UP), および (3) 聴覚刺激が提示されない。
- ◆ノイズ提示下による睡眠潜時の短縮、および P 条件では UP 条件よりも SWS が延長する傾向が確認されたが、いずれも有意ではなかった (Fig.1)。刺激音間の好ましさの差異が十分でなかったことや、実験環境や実験時間の短さが結果に影響した可能性がある。

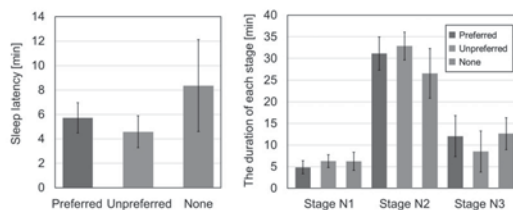


Fig.1 Sleep latency (left) and the duration of each sleep stage (right) in 3 conditions (Mean ± SD).

1-R-9

1-R-9 大脳皮質の活性がオリーブ蝸牛束反射に及ぼす影響

Effect of cortical activity enhancement on medial olivocochlear reflex.

☆内山寛大, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆脳幹から外有毛細胞へ接続した連心性神経束であるオリーブ蝸牛束は、強大声に反応し外有毛細胞の増幅を抑制することで内耳を保護している。この反応はオリーブ蝸牛束反射(MOCR)と呼ばれている。MOCR 強度の計測によって騒音性難聴のリスクを事前評価できる可能性がある。しかし MOCR は計測毎のばらつきが大きく、安定したリスク評価のため MOCR の変動の要因の解明が必要である。
- ◆MOCR は認知活動の変動の影響を受けることが報告されている。前報では、認知機能の低下の一因である精神疲労と MOCR 強度の関わりについて調べるため、広範囲な皮質ネットワーク活動を要する暗算課題の前・後で MOCR 強度を計測し、課題難易度に対する依存性を調べた。その結果、適度な難易度では MOCR が弱化する可能性が示された。本研究では、この MOCR 弱化的神経基盤を解明することを目的として、MOCR と脳波を同時計測し、両者の神経的な変動パターンを比較した。MOCR は耳音響放射の測定により評価した。皮質活動は、計算課題実行中の 0.5-30 Hz 帯域の自発脳波の振幅(RMS 値)によって評価した。
- ◆計算フェーズでは暗算課題が 6 問提示され、計測フェーズでは 7 秒間の MOCR が計測された。計算・計測フェーズを 1 エポックとし、50 回繰り返した。
- ◆課題進行に伴って自発脳波の振幅が増加した被験者は MOCR が減少する傾向があり、自発脳波に増加・減少傾向が見られなかった被験者は MOCR にも変動が見られなかった (Fig.1)。この結果は、皮質活動の活性が MOCR の弱化的関与していることを支持している。今後、被験者を増やすことでこの個人差を精査したい。

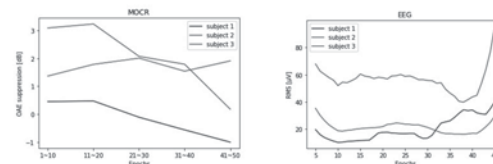


Fig. 1 MOCR and EEG amplitude for each epochs

1-R-10

1-R-10 注意を向けた周波数とオリーブ蝸牛束反射の周波数特性の関係 — ターゲット周波数の試行ごとの切り替えが与える影響

Relationship between frequency of attention and frequency characteristics of medial olivocochlear reflex – effect of trial-by-trial switching of target frequency

☆菊池梢馬, 石坂勇毅, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆ 脳幹から外有毛細胞へ投射するオリーブ蝸牛束反射は、音響刺激に反応し、外有毛細胞の増幅を抑制する働きがある(オリーブ蝸牛束反射: MOCR)。MOCRは聴覚的注意によって周波数選択的に増強することが報告されている。しかし、その効果のチューニング特性は明らかになっていない。著者はこれまでに、被験者の注意を誘導するために2つの注意条件を検討してきた。(1) ターゲット周波数を試行毎に変えないことでターゲット周波数に注意を誘導する条件(静的注意条件)、および、(2) 試行ごとにターゲット周波数は変わるが、ターゲットと同一周波数のCueを提示することで、ターゲット周波数に注意を誘導する条件(動的注意条件)である。
- ◆ いずれの条件においても、中程度の周波数において注意の効果が見られたが、注意に伴うMOCRの周波数特性の変動パターンは異なっていた。本研究では、その違いを生じるメカニズムを解明するために、静的注意条件においてもCueを提示することで刺激系列を統制し、両注意条件下でのMOCRの周波数特性を比較した。
- ◆ 静的注意条件においては、前報と同様にターゲット周波数が1500 Hzの場合に、MOCRの周波数特性の変動が認められたが、その変動パターンは前報とは異なっていた。本研究では、静的注意条件においてもCueを提示した前報との結果の違いはCueの有無に起因している可能性がある。動的注意条件において有意なMOCRの周波数特性の変動が認められなかったのは、被験者が少ないことに起因する可能性があるため、今後、被験者を増やすことで有意性を検証したい。

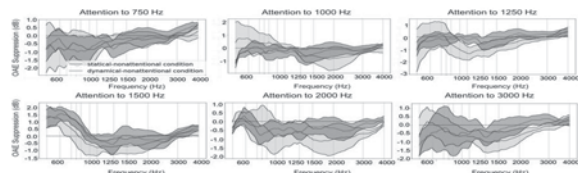


Fig. 1: Mean difference in frequency characteristics of MOCR with and without the auditory attention task. Error bars depict the standard errors.

1-R-12

1-R-12 インパルス応答測定原理を応用した中耳インピーダンスメーターの改良

Improvement of middle-ear impedance meter based on principles of impulse response measurement

◎鳥谷輝樹(山梨大), △永井理紗, △杉本寿史(金沢大・医), 村越道生(金沢大・理工)

- ◆ **背景:** 音を用いた非侵襲・簡便な中耳機能測定法として、周波数掃引インピーダンス(SFI)メーターが開発されている。
→ 従来法では、雑音の影響で測定失敗することがあった。
- ◆ **目的:** 雑音環境下でも安定してSFI測定可能な改良法の検討。
- ◆ **方法:** 対数スイープ信号によるインパルス応答測定の原理によりS/Nを改善し、中耳動特性を含む伝達関数(SPLカーブ)を得た。
→ 中耳系の共振周波数(RF)とSPL変化(Δ SPL)を捕捉。
- ◆ **評価:** 2 cc キャビティを用い、雑音付加の有無でのSPLカーブを比較。改良法による正常耳・中耳疾患耳のSFIも測定。
→ SPLカーブは静音下・雑音付加下で概ね同等であった(図1)。
正常耳・中耳疾患耳の中耳動特性を明瞭に捕捉できた(図2)。
- ◆ **結論:** 改良法により、雑音環境下でも静音下と同等のSFI測定性能が得られ、中耳動特性を安定して測定できることが分かった。

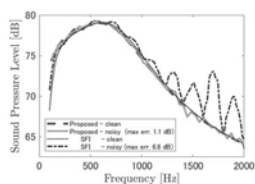


Figure 1: SPL curves for a normal ear with clean and noisy signals

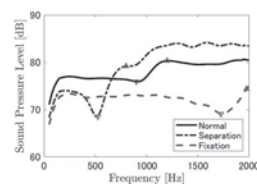


Figure 2: SPL curves for a normal ear and those with ossicular-chain separation and fixation

1-R-11

1-R-11 顔面に呈示された骨伝導刺激による振動覚特性の検討

Examination of characteristics of vibrotactile perception by bone-conducted stimuli presented to the human face

☆上村 昂, 大塚 翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆ 骨伝導刺激は一般に側頭骨の乳様突起や下顎骨の顎状突起に呈示されるが、近年は鼻骨、頬骨といった顔面への呈示も試みられている。
- ◆ しかしながら、概して体性感覚の感度が高い顔面では、低周波の骨伝導刺激に伴ってムズムズとした振動覚が生じることも多い。
- ◆ 顔面呈示骨伝導における振動覚特性を明らかにするため、鼻骨、眼窩下部(上顎骨)、頬骨、下顎角(下顎骨)、およびオトガイ隆起(下顎骨)に呈示された骨伝導刺激による振動覚閾の推定を行った。
- ◆ 各呈示部位における振動覚閾は250 Hzで50-55 dBであり、その後750 Hzまでは周波数に伴って上昇し、750-1000 Hzにおいておよそ65 dBで飽和した(Fig. 1)。周波数や呈示部位によるものの、刺激強度が50 dBを超えると振動覚の発生を配慮する必要がある。
- ◆ 低周波域において、振動覚閾は鼻骨、頬骨および下顎角でやや低下する一方で、眼窩下部およびオトガイ隆起で上昇した。眼窩下部およびオトガイ隆起は振動覚発生の懸念が少ない部位であると考えられる。

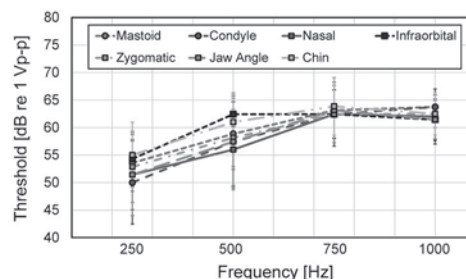


Fig. 1 Vibrotactile thresholds for each part

1-R-13

1-R-13 耳に手を当てて音を聞く際の効果的な手の形に関する考察

Consideration on effective hand shape for hand ear listening

☆木村唯斗, △室賀早登, △井平亮弥, 高橋昂希, 洪振翔, △孫暢, 大久保寛(都立大)

- ◆ 聞こえづらい音を聞く際に、耳に手を当て、音を集めるようにして音声を取り取ろうとする動作(hand ear listening)がある。
- ◆ 耳に手を当てて行動作に関し、実際にどの程度音声を聞き取りやすくなる効果があるのか、また最も効果的な手の形状はどのようなものか、HRTFの測定と考察する。
- ◆ 開放型イヤーマイクの使用することで、音を聞きつつ最適な手の形状を探索しながら、HRTFを計測する。
- ◆ 図に測定環境とHRTF測定結果を示す。手を添えることで、音が増幅されていることがわかる。また、個人差はあるもののPR型に比べ、CV型のほうが全体としてより増幅されていることが確認できた。

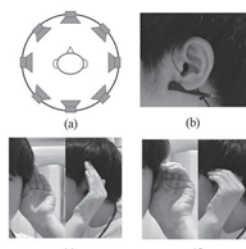


Fig. 1 (a)測定環境, (b)開放型イヤーマイク, (c)PR型の例, (d)CV型の例

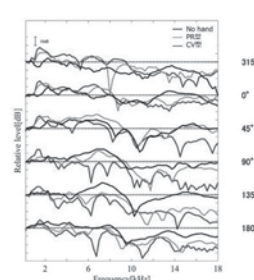


Fig. 2 HRTF結果

1-R-14

1-R-14 Comparing Sound Propagation in Silicone Pinna Models: The Effect of Vibrator Positioning

© IRWANSYAH, Akane TAMURA, Sho OTSUKA, and Seiji NAKAGAWA (Chiba University)

- ◆ This study explores the influence of pinna hardness and vibrator placement on sound transmissibility in cartilage conduction (CC).
- ◆ We measured transmissibility to understand how much of sound vibrations from a vibrator are being transmitted through a model of the pinna to an accelerometer (see Fig. 1).
- ◆ Our data shows that softer pinnas more effectively transmit low-frequency vibrations, and vibrators placed closer to the cochlea's representative location result in higher transmissibility.



Fig. 1 Three CC vibrators' positions on the pinna and accelerometer placement.

1-R-17

1-R-17 行列リフティングを用いた単チャンネルブラインド残響除去におけるランク1制約の有効性

Effectiveness of rank-1 constraint in single-channel blind dereverberation using matrix lifting

© 饒平名文希, 山田宏樹, 矢田部浩平 (農工大)

単チャンネルブラインド残響除去
… 単チャンネルの音響信号に含まれる残響を補助情報なしで抑圧

残響を含んだ信号を行列リフティングを用いてモデル化し、ランク1行列を復元する問題として定式化した手法を前回提案

- ▶ ランク1制約は厳しい制約であるため、制約を緩和した場合の性能と比較

ランク k ($k = 2, 3$)制約を課す手法、核ノルム最小化によって低ランク性を誘導する手法と性能を比較

- ▶ 実験によりランク1制約の妥当性を確認

Tab. 1 Processing time and SDR of the proposed method and its variants

Type of method	実行時間 [s]	SDR [dB]
提案手法	119.1	8.5947
ランク2射影 ver.	134.6	1.2205
ランク3射影 ver.	155.9	-1.5974
核ノルム ver.	2525.6	-9.0376

1-R-15

1-R-15 産業機器の異常音検知に向けた音色関連特徴量の検討

Study on timbre-related features for anomalous sound detection of industrial machines

© 大田恭士, 鶴木祐史 (北陸先端大)

動機: 産業機器の動作音を対象とする「音色観点の異常検知」技術の開発

課題: 人の聴覚上の差異に関連づけた音響特徴量による異常音分類技術の実現

提案法:

- 特徴量に音質評価指標5種と独自開発特徴量2種の組合せを採用
- 分類技術にはサポートベクターマシン (SVM) を導入

特長: 機器異常による聴覚上の差異を音質評価指標に関連づけて開発した独自の音色関連特徴量にて異常音検知性能を向上

評価結果:

- 産業機器動作音データベースによる評価で、4機種種の平均F値が0.920と高い分類性能を実現
- 異常度スコアのAUC評価で独自特徴量の異常分類への高い貢献度も確認

まとめ: 人の聴覚検知上の差異に着目し、音色観点の特徴量に基づくヒューマンセントリックな異常音検知手法を実現

表 提案手法のSVM分類性能と異常度スコアのAUC評価結果

機器種	正解率		F値		異常度スコアのAUC	
	SQMのみ	SQM+APF+AS	SQMのみ	SQM+APF+AS	SQMのみ	SQM+APF+AS
Fan	0.974	0.992	0.950	0.985	0.899	0.923
Pump	0.988	0.992	0.939	0.959	0.880	0.883
Slider	0.970	0.983	0.865	0.937	0.883	0.888
Valve	0.957	0.971	0.703	0.798	0.749	0.768
平均	0.972	0.984	0.864	0.920	0.852	0.865

1-R-18

1-R-18 グラフフィルタを用いたスペクトログラムの再割り当て

Reassignment method of spectrogram using graph filters

© 山田宏樹, 矢田部浩平 (農工大)

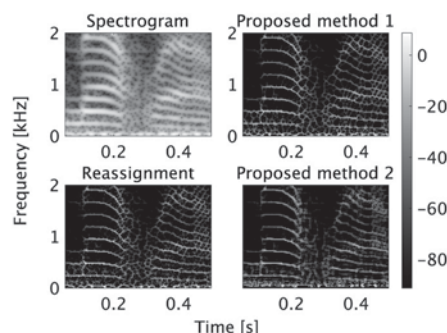
再割り当て法によるスパース時間周波数表現

- ▶ 再割り当て位置の誤特定によりノイズが生じる

再割り当て法で移動した信号成分は格子状に並んでいない

- ▶ 通常のフィルタ処理による補正は困難

移動した信号成分をグラフ信号として捉え
グラフフィルタによる再割り当て結果の補正法を提案



1-R-19

1-R-19 微分可能なコンプレッサーの
パラメータ推定に関する検討

Study on parameter estimation of differentiable compressor

☆王様(農工大), 中村友彦(産総研), 山田宏樹, 矢田部浩平(農工大)

- ◆背景:
 - 微分可能なコンプレッサーが提案されているが, 直接的にパラメータを推定させていないため, パラメータの推定性能が不明である。
- ◆目的:
 - 微分可能なコンプレッサーのパラメータ推定性能を確認したい。
- ◆提案手法:
 - 元の自己教師あり学習モデルをパラメータセットの教師あり学習モデルに拡張する。
- ◆結果:
 - スレッシュホールドとアタックタイムの推定は容易であった。
 - レシオの推定は範囲によって性能が異なった。
 - ニーの推定は比較的難しかった。

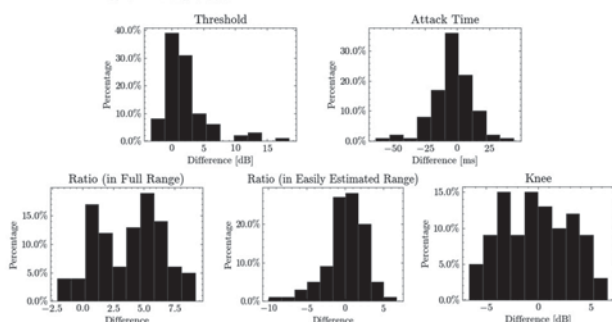


Fig.1: Difference distribution of each parameter after estimating parameter sets using differentiable compressor.

1-R-21

1-R-21 コーナーリフレクターを用いた
音響測距の確認

Confirmation of acoustic distance measurement with corner reflector.

☆大橋勇介, 上保徹志(近畿大), 中山雅人(阪産大), 中迫昇(近畿大)

- ◆著者らは音響測距(Acoustic Distance Measurement: ADM)法をもとにして音源と反射板間の多重反射に注目した音源までの距離推定を目指している。本稿では, 反射板として, コーナーリフレクターを利用するための第一段階として, その反射特性や音響測距における性能の確認を行う。
- ◆音響測距の実験では, Fig.1のように音源を起点として, マイクロホンと対象物(コーナーリフレクター)を音源の正面から真横まで移動させ, 測定を行った。比較のため, 平板でも同様の配置で音響測距を行った。
- ◆Table1はコーナーリフレクター, 平板を対象物とした測定距離0.5mにおける $\theta=10^\circ$ ごとの測定結果である。結果として, コーナーリフレクター・平板ともに対象物として機能していることが確認できた。
- ◆一方で, 特定の配置において測定できる角度の範囲がコーナーリフレクターの方が平板よりも 20° 広いことも確認できた。今後は, コーナーリフレクターのみ測定できた角度において, 側面や斜面など, どの箇所における反射により測定ができたのかを検討する必要がある。

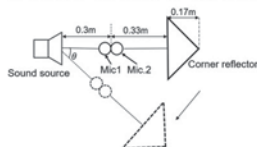


Fig.1: Distance measurement by ADM.

Table1: Result of ADM experimentation.

θ	Corner reflector	Flat reflector
0°	0.49m	0.49m
10°	0.48m	0.48m
20°	0.48m	0.47m
30°	0.48m	0.47m
40°	0.47m	0.47m
50°	0.47m	0.46m
60°	0.47m	0.48m
70°	0.47m	0.46m
80°	0.47m	0.48m
90°	0.47m	0.48m

1-R-20

1-R-20 ギターアンプのノブ操作による音色の変化に
対応したブラックボックスモデリング

Black-box modeling for tone changes by guitar amplifier knob operation

☆江崎友都, 酒向慎司(名工大)

- ◆エレキギターの音を変化させるギターアンプが行う信号処理を計算機によって模倣する研究がある。
- ◆本研究ではギターアンプのノブ操作による音色の変化に対応したブラックボックスモデリングを条件付けモデルの使用により試みる。
- ◆実験結果より提案モデルの出力信号は波形レベル, また聴感的にモデルからの出力信号に再現性があることが確認できた。

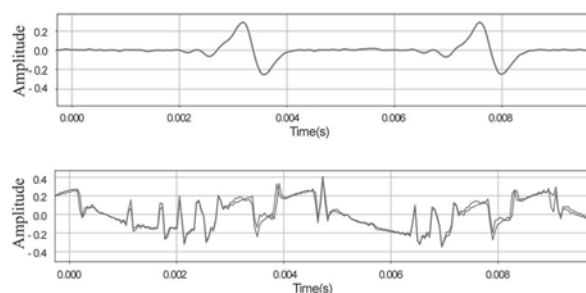


Fig.1: experiment results(Purple: input, Green: generated, Red: ground-truth)

1-R-22

1-R-22 音の到来時間推定における
クリギングの活用

Estimation of sound arrival time by using kriging

☆山下美月, 立蔵洋介(静岡大学)

- ◆クリギングとは, 現象を確率的にとらえることで位置によって値が異なるデータを用い, 推定点の値を求める手法である
- ◆実験: クリギングを用いて, 音の到来時間の推定を行う
- ◆目的: インパルス応答の推定にクリギングを使えるのではないかと考え, それに先駆けて音の到来時間の推定を行うことでクリギングの可能性を示すため
- ◆結果: Fig.1より誤差率がすべて1%未満となり, 音源位置に依存することなく, 推定が可能であることが示唆された

4.5	0.0128	0.0067	0.0432	0.0056	0.0097
3.5	0.0620	0.0440	0.0162	0.0800	0.0059
2.5	0.1060	0.0006	0.0845	0.0165	0.0437
1.5	0.0992	0.0839	0.0013	0.0441	0.0067
0.5	0.0198	0.0994	0.1059	0.0611	0.0132
Y/X	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5

4.5	0.0030	0.0068	0.0411	0.0063	0.0098
3.5	0.0603	0.0438	0.0167	0.0804	0.0061
2.5	0.1115	0.0018	0.0847	0.0167	0.0411
1.5	0.1047	0.0839	0.0019	0.0440	0.0067
0.5	0.0198	0.1043	0.1112	0.0602	0.0029
Y/X	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5

Fig.1 Results of sound arrival time estimation. The left shows the case where the sound source location is known, and the right shows the case where the sound source location is unknown.

1-R-23

1-R-23 三次元方向に移動可能な インタラクティブ焦点音源の感じ方について

Perception of Interactive Moving Focused Source in Three-Dimension.

☆廣橋美帆, 羽田陽一(電通大)

- ◆三次元方向に移動可能な焦点音源の生成を検討
 - 上下に2段並べた直線スピーカアレイを使用
 - ◆焦点音源を投げる体験
 - モーションキャプチャで手の位置と速度を取得
 - 手の速度が一定値以上設定された到達点まで等速直線運動
 - ◆焦点音源が自動で移動する場合と、手で投げた場合を比較
 - 投動作と焦点音源の移動が異なる実験も実施
- 定位は、実際の焦点音源の移動よりも、投動作に影響を受ける

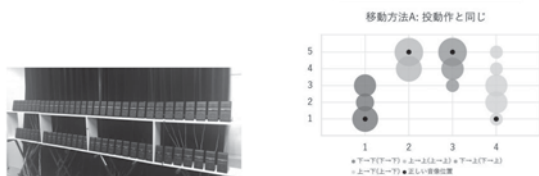


Fig. 1: Linear loudspeaker array placed at low and high positions

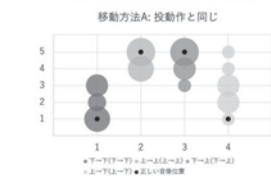


Fig. 2-1: Result (Focused sound source moves like a throw)

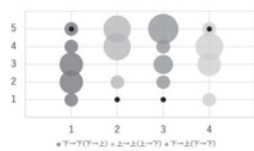


Fig. 2-2: Result (Arrival point of the focused source is opposite to the throwing motion)

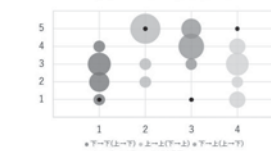


Fig. 2-3: Result (Starting point of focused source is opposite to throwing motion)

1-R-25

1-R-25 一次経路の純粋遅延削減を用いた 信号先読み型バーチャルセンシング ANC

A virtual sensing ANC system removing pure delay of primary path to predict noise signal

☆吉松亨真, 信夫直樹(電通大), 伊藤弘章, 小塚詩穂里, 鎌土記良(NTT), 羽田陽一(電通大)

- ◆耳元近傍に等間隔に配置した複数のマイクで観測される信号を用いた、影耳側でも利用可能な耳元の音圧推定手法を提案する。
- ◆提案手法は、騒音源付近に配置した参照マイクから耳元近傍に配置したマイクまでの一次経路を推定し、その純粋遅延を一定時刻削る。これにより、影耳付近に到来する騒音信号よりも到来時刻が見かけ上前倒しされた騒音信号を推定する。推定した騒音信号からマイク間の相互相関フィルタ $\alpha(n)$ を作成し、耳元の騒音予測フィルタとする。
- ◆提案手法による騒音信号予測の有無による騒音低減性能の比較、頭部からの反射による収束性能への影響を計算機シミュレーションで検証した結果について報告する。

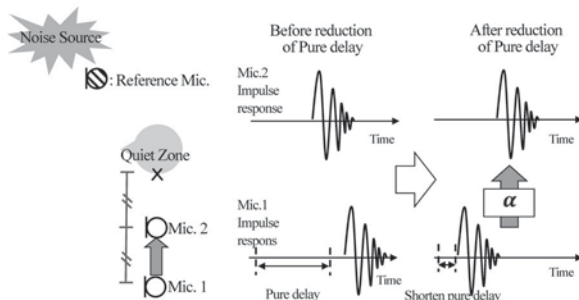


Fig. 1: Concept of proposed method

1-R-24

1-R-24 正中面の PNP モデルによる 全天空個人化頭部伝達関数の生成

- モデルの再構築と個人化プロセスの簡易化 -
Generation of the individualized HRTFs in the upper hemisphere using parametric notch-peak models in the median plane
- Reformulation of the model and simplification of the individualization process -

◎中村風香(千葉工大・院), 飯田一博(千葉工大・先進工)

- ◆118 耳介の HRTF を用いて正中面 7 方向の PNP HRTF モデルを再構築し(Fig. 1), 全天空の任意の 3 次元方向の個人化 HRTF を生成するアプリケーションを開発した(Fig. 2).
- ◆音像定位実験を行った結果、水平面、正中面、横断面のいずれにおいても良好な音像定位が可能であることが示された(Fig. 3).

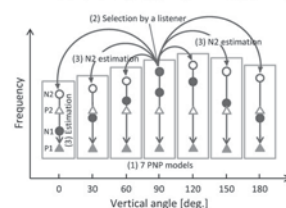


Fig. 1 Schematic diagram for generating the individualized HRTFs using PNP models.

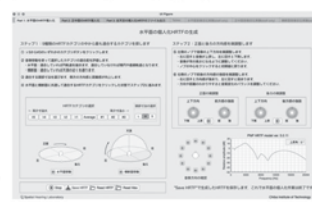


Fig. 2 GUI of the application software of PNP model for HRTF individualization.

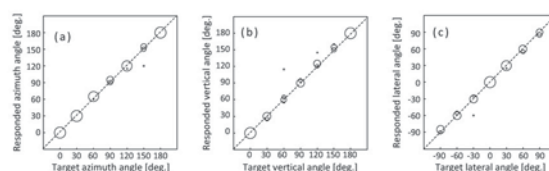


Fig. 3 Responses to the individualized HRTFs in the horizontal plane (a), in the median plane (b), and in the transverse plane (c).

1-R-26

1-R-26 ANC ヘッドレストに向けた 剛球モデルに基づく時間領域音圧推定

Time Domain Pressure Estimation Based on Rigid-sphere Transfer Function for Active Noise Control Headrests

☆信夫直樹, 吉松亨真(電通大), 伊藤弘章, 鎌土記良, 小塚詩穂里(NTT), 羽田陽一(電通大)

- ◆座席上のマイクとスピーカを用いた ANC ヘッドレストの実現に向けて、頭部形状を剛球とみなした剛球モデルに基づく音圧推定手法を提案する。
- ◆周波数領域での音圧内挿処理は ANC のリアルタイム処理に要求される処理遅延を満たさないため、この処理を IIR フィルタとして設計することで騒音波形を時間領域で直接推定する。
- ◆自由空間を仮定した計算機シミュレーション実験を行い、騒音到来方向を変えながら提案手法の騒音低減の有効性を評価した。
- ◆いずれの騒音到来方向についても、従来手法の ANC と比較して低減量の増加がみられたことから、提案手法は ANC のリアルタイム処理に適用可能であると考えられる。

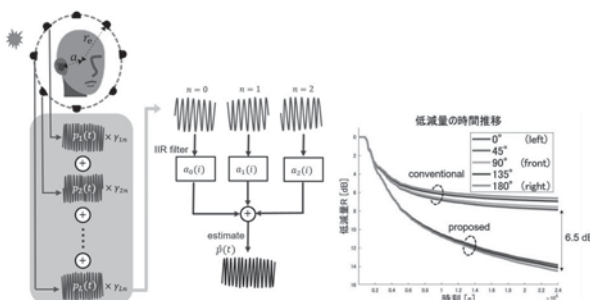


Fig. 1: 時間領域音圧推定フロー

Fig. 2: 騒音低減量

1-R-27

1-R-27 持続的利用を目指す緊急情報サービス
通知システムの設計と実装Design and implementation of indoor announcement system for
government delivered information with sustainable use

☆高橋 稜, 西山 織絵(千葉工大), 菅木 禎史(千葉工大)

- ◆本研究ではIoT家電に付随するスピーカーを用いて国や自治体から配信されるメールを屋内で音声として提示して住民が持続的に情報を入手する方法を検討している。メールの内容をそのまま屋内で拡声するのではなく、人が確実に情報を理解できる文章構造への変換および提示方法について研究している。
- ◆日常生活を行なっている中でIoT家電から音声を提示した場合の聞き取り精度を調査するにはIoT家電を模擬した実験用システムが必要となり、本稿ではフィールド実験のための模擬システムの設計と実装について述べる。
- ◆結果、提案した模擬システムは設計通りに動作し、フィールド実験を実施できている。また、遠隔でのメンテナンスおよび実験システムのモニタリングも行えている。

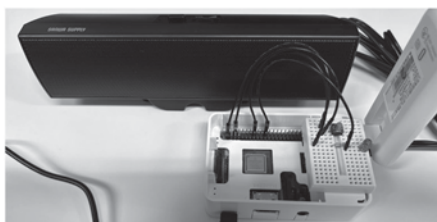


Fig.1: Overview of the experimental device.

1-R-29

1-R-29 時間周波数表現の冗長度による
独立成分分析の信号分離性能の変化Changes in signal separation performance of independent component analysis
due to the redundancy of time-frequency representation

☆樋口 裕季, 山田 宏樹, 矢田部 浩平(農工大), 北村 大地(香川高専)

- ◆独立成分分析(ICA)はブラインド音源分離を解決する手法の一つ。
- ◆時間周波数領域には短時間フーリエ変換(STFT)によって変換されるが、STFTには窓の種類・窓長・窓のシフト量・周波数点数などのパラメータが存在する。
- ◆音源分離では窓長はインパルス応答より長いほうが良いという目安が広く知られている一方で、そのほかのパラメータに関してはあまり検証されていない。
- ◆STFTの冗長度の観点から、窓長・窓のシフト量・周波数点数のパラメータを変化させた際のICAの分離性能の違いを検証した。
- ◆窓長 512 以外では冗長度を上げることでICAの分離性能が向上した。

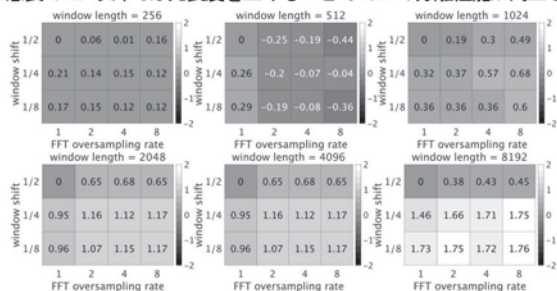


Fig.1 Changes in SDR based on redundancy level of 2

for different redundancy levels

1-R-28

1-R-28 窓振動における異なる条件を与えたマルチ
適応振動制御の検討Consideration of multiple adaptive vibration control for window vibration with
different conditions.

☆中島 尚哉, 武藤 憲司(芝浦工大)

- ◆本研究は窓振動低減システム高性能化のために、効果的な誤差マイクの配置を検討した。
- ◆2つのANCシステムの推定速度に差をつけた実験では、窓面の平均音圧低減レベルは0.2 dBしか低減できなかった。本研究では、まず窓面の振動の様子を振動ピックアップを用いて計測した。その後制御マイクの配置を検討した。
- ◆誤差マイクの配置を変えて窓振動低減実験を行った。最大低減量は16.6 dB、測定した40点の平均した低減量は3.8 dBとなった。

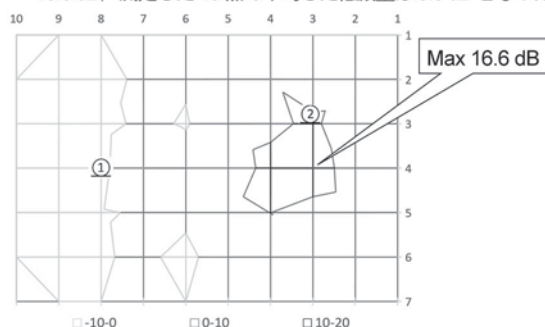


Fig.1: Distribution of attenuation level of sound pressure near window

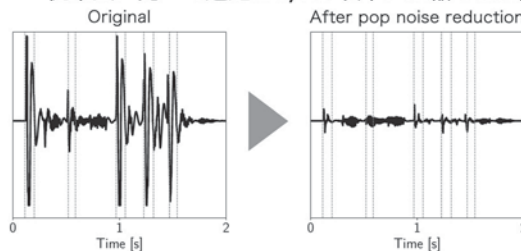
(Max = 16.6 dB, Average = 3.83 dB)

1-R-30

1-R-30 IIRヒルベルト変換器による
リアルタイムポップノイズ低減Real-time pop noise reduction
using an IIR Hilbert transformer☆照沼 卓磨, 高津 航輝, 矢田部 浩平(農工大),
泉 悠斗, 高橋 祐, 近藤 多伸(ヤマハ株式会社)

- ◆背景
ポップノイズは音質劣化を引き起こすため、低減する必要がある。
- ◆従来法
短時間フーリエ変換を用いるため、窓長とFFTの計算時間を合わせた遅延が発生する。
- ◆提案法
IIRヒルベルト変換器を用いて、信号の低域と高域それぞれの包絡線を推定し、比を計算する。比が閾値を超えていたらコンプレッサを適用する。
- ◆結果

- ポップノイズを正しく検出し、低減できた。
- 従来法に比べて遅延を1/20以下に短縮できた。

Fig.1 Comparison of original signal and
signal after pop noise reduction

1-R-31

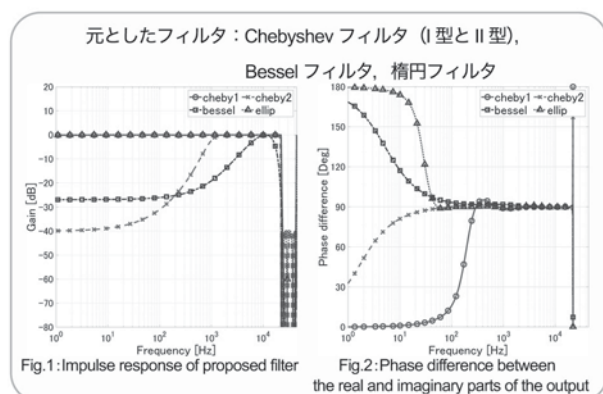
リアルタイム Hilbert 変換器の設計及び性能評価

Design and performance evaluation of a real-time Hilbert transformer

☆高津航輝, 照沼卓磨, 矢田部浩平(農工大),
泉悠斗, 高橋祐, 近藤多伸(ヤマハ株式会社)

- ◆ 理想的な Hilbert 変換は負方向に無限長のインパルス応答を持つ
→ 非因果なフィルタのため有限タップ長で表現できない
- ◆ FIR フィルタや IIR フィルタを用いて近似されてきた
(IIR フィルタであれば FIR フィルタよりも低タップ長で近似可能)
- ◆ フィルタの極零を回転すると周波数特性がシフトする

IIR ハーフバンドフィルタの極零を回転して Hilbert 変換器を設計



1-R-33

1-R-33 エンドファイアアレイと円形アレイを
併用した多点制御に基づく
特定方向の距離減衰制御の検討Investigation of distance attenuation control in a specific direction
based on multi-point control using endfire arrays and circular arrays

○伊藤弘章, 加古達也(NTT)

- ◆ 多点制御に基づく音場制御手法を用い、スピーカアレイの距離減衰制御が可能か検討
- ◆ エンドファイアアレイを用いて特定方向への距離減衰を制御すると、目的方向以外に音漏れが発生
- ◆ 周囲に設置した円形アレイを用いて目的方向以外の音漏れを打ち消し、目的の音場を形成する手法を提案
- ◆ 計算機シミュレーションにより、提案手法の有効性を確認

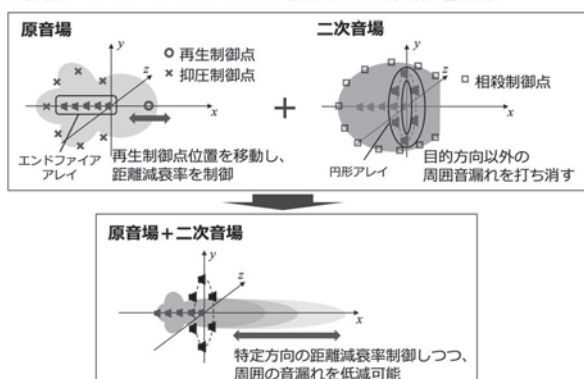


Fig.1: Overview of the proposed method

1-R-32

1-R-32 コーシー・リーマン関係式に基づく時間周波数
領域での振幅と位相の無矛盾度分析Consistency analysis between the time-frequency domain magnitude and
phase of signals based on Cauchy-Riemann relationship

○若林佑幸(豊橋技科大), 矢田部 浩平(東京農工大)

- ◆ 本研究では、対数複素スペクトログラムが時間周波数平面上で正則関数であると仮定し、コーシー・リーマン (CL) 方程式を利用した振幅・位相スペクトログラムが満たすべき関係式から振幅と位相の一致度、つまり無矛盾度を測定する手法を提案する。
- ◆ 対数振幅 $\log|X|$, 位相 $\angle X$ としたとき CL 方程式は以下のように定義されている。 $d\log|X|/dt + d\angle X/df = 0$
- ◆ 振幅と位相が矛盾なければ CL 方程式の左辺がゼロに近づくと考え、この値のヒストグラムの尖度を無矛盾度と定義した。
- ◆ 対象とする音声信号に対し、雑音信号としてガウス雑音、異なる音声を重畳し、様々な組み合わせで無矛盾度を算出・比較し、音声信号の振幅と位相が一致しているときに最も尖度が高いことが示された。

Fig.1 は音声 VS 音声の尖度の箱ひげ図である。

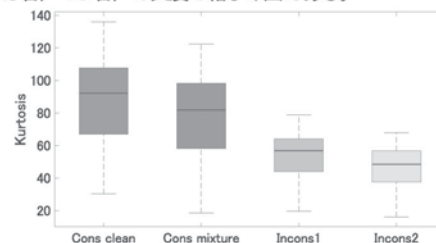


Fig.1: Kurtosis when two different speeches are mixed, Cons and Inconst respectively indicate the consistent and inconsistent cases.

1-R-34

1-R-34 疑似頭スピーカと剛球スピーカの
放射特性の比較についてComparing the radiation patterns of
dummy head loudspeaker and rigid sphere loudspeaker

☆横田康介, 羽田陽一(電通大)

- ◆ 実際に人が話しているような臨場感を再現するためには、3次元空間での人の発話の模倣が重要となる。本報告では、周波数特性が全帯域で安定している単一スピーカでの発話模倣を念頭に、3Dプリンタにて疑似頭スピーカと剛球スピーカを製作し、3次元放射特性の調査・比較を行った。
- ◆ はじめに、放射特性を一度に測定できるが、放射特性を補間して求める 48ch 頭部包囲型マイクロホンアレイと、測定物を回転させながら測定し、直接放射特性を求める 36ch 半円マイクロホンアレイを用いた放射特性測定方法の比較を行った。
- ◆ 各マイクアレイでの放射特性は概ね一致しており、48ch マイクアレイでの測定方法の妥当性が示された。
- ◆ 話者、剛球スピーカ、疑似頭スピーカの放射特性の比較を行った。
- ◆ 剛球スピーカの放射特性は、話者の放射特性と異なる傾向があることが分かった。また、疑似頭スピーカはスピーカ素子の固定等に課題があり、放射特性の傾向を適切に取得できず、課題が残った。



Fig.1: Speaker



Fig.2: Ridge sphere loudspeaker



Fig.3: Dummy head loudspeaker

1-R-35

1-R-35 クロススペクトル法に基づく母音発話時の
頭部からの放射特性計測

Measurement of spatial radiation characteristics from head pronouncing a vowel based on a cross spectral method.

☆栗谷朋留, 福田光太郎(阪産大),

津田龍星, 中山雅人, 高橋徹(阪産大院)

目的: 【1】人の放射特性を手軽に計測(人の発話方向推定への応用)

【2】口唇形状による放射特性のばらつきを確認

手段: ・5母音および息を強くはきだす音を各10回録音

・クロススペクトル法を用い伝達特性を算出

・振幅特性を算出し平均振幅特性を経て3分の1オクターブバンド毎の対数振幅レベルを算出

評価: 【1】母音ごとの放射特性(左図)

【2】周波数帯域ごとに放射レベルの標準偏差を比較(右図)

結論: 【1】クロススペクトル法により放射特性を計測可能

【2】口唇形状のばらつきは2000Hz帯で最小だと確認

空間放射特性のばらつきは、口唇形状よりも方向が支配的

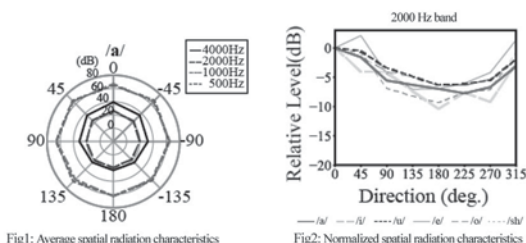


Fig.1: Average spatial radiation characteristics

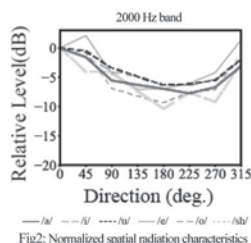


Fig.2: Normalized spatial radiation characteristics

1-R-37

1-R-37 ホーンと通常のスピーカを用いた
小型エンドファイアアレイスピーカの検討

A study of small end-fire loudspeaker array structured with a horn loudspeaker and ordinary loudspeakers

☆柴田美桜(崇城大院), 岡本 学(崇城大)

◆指向性強いスピーカを様々な場所に設置ができるよう、小型で低コストの指向性スピーカシステムの実現を目指している。

◆高域での指向性強いホーンスピーカと、低域での指向性制御が得意なスピーカアレイを組み合わせた。スピーカの並べ方はエンドファイアアレイとした(Fig.1)。

◆本検討では、ホーンスピーカを含めて4個を用いた。スピーカ同士の間隔は5cmである。スピーカアレイの周囲に制御点を設定し、その位置にマイクロホン置き、伝達特性を測定、フィルタを設計した。

◆スピーカアレイの指向特性は、TSP信号をフィルタ処理した音を各スピーカから出力し、取り囲んだマイクロホンで伝達特性を測定して求めた。

◆その結果、高域ではホーンにより指向性が強いが、500~2kHzではさらにホーンスピーカ単体と比べて強い指向性が形成できていた(Fig.2)。

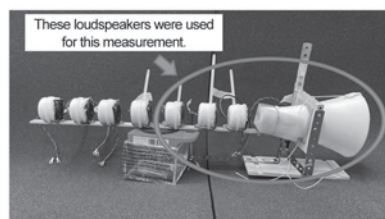


Fig.1: The end-fire loudspeaker array we made.

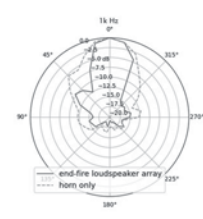


Fig.2: Directivity of the end-fire loudspeaker array and a horn loudspeaker (1k Hz).

1-R-36

1-R-36 格子正多角形配置分散マイクロホン
によるスピーカ方向推定法を構成する
マイクロホン数と精度の関係調査

Investigating the relationship between the number of microphones and the accuracy of loudspeaker radiation direction estimation based on distributed microphones arranged in grid polygons

☆福田光太郎, 栗谷朋留(阪産大),

津田龍星, 中山雅人, 高橋徹(阪産大院)

目的 M個のマイクロホンでスピーカ方向を推定

・M=3, 4, 6の推定精度の比較

手段 M個の観測音の音圧レベル比を手掛かりに方向推定

評価 8方向分類課題の精度で比較

結論 正六角形(M=6)の場合には、M=3, 4の場合と比較して、推定精度が最も高く(90.6%)、ガウス雑音による精度低下が最も低い

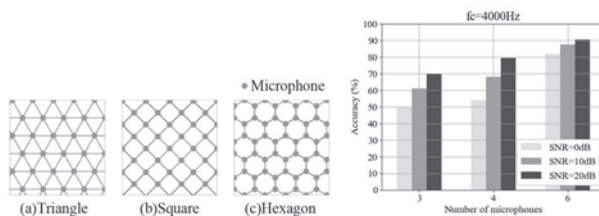


Fig.1 Distributed microphones arranged in grid polygons.

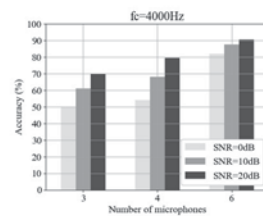


Fig.2 Accuracy of estimating speaker direction based on 1/3 octave band level with a center frequency of 4000 Hz. (M=3, 4, 6 channel, SNR=0, 10, 20 dB)

1-R-38

1-R-38 位相反転を用いた一筐体ステレオ再生方式の
両耳間隔近傍における物理特性による評価

Evaluation of physical characteristics near binaural distance of single-cabinet stereo reproduction system using phase inversion

☆紙俊盛, 岡本学(崇城大)

◆小型一筐体スピーカでステレオ再生したい!

2つのスピーカを逆相接続し、簡易的にクロストーク・キャンセル効果を得るスピーカシステムを提案している。これまで2組を上下配置し、2kHz以上を逆相にすることで、2チャンネルを別の位置に定位させるスピーカを提案。今回、スピーカの配置を見直し、特性を確認した。

◆提案システム

新たな一筐体再生システムは3つのスピーカを横に配置し、3つのうち、2つずつスピーカ(Fig.1)を組み合わせ、音像を左右に振りステレオ再生を行う。特定の方向にNULLが形成されるよう配置を工夫し、トランス・オーラルシステムと同様の効果を、フィルタ等を用いず実現する。

◆測定結果

新たに提案した配置でも従来の配置と同じくNULLが形成され、高い帯域でクロストーク・キャンセルの現象が確認できた(fig.2)。



Fig.1 Arrangement of Proposed Speakers

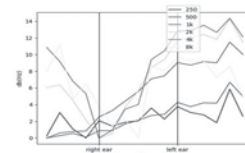


Fig.2 Sound pressure difference by position

1-R-39

1-R-39 Virtual multi-boosted 振幅変調方式を用いた高復調効率型パラメトリックスピーカの実環境評価

Evaluation on Demodulated Sound Enhancement Using Virtual Multi-Boosted Amplitude Modulation with Parametric Array Loudspeaker in Real Environment

☆池崎陽人(立命館大), 歌籠庭(立命館大), 中山雅人(阪産大), 西浦敬信(立命館大)

パラメトリックスピーカ(Parametric Array Loudspeaker: PAL)は超音波の直進性を利用することで鋭い指向性を実現する。しかし、PALは復調音圧が低く、騒音環境での使用が困難である。そこで、変調方式を工夫することで復調音圧改善を目指す。1次波として変調波を大音圧で放射すると、復調音を含めた様々な成分が2次波、3次波として発生する。従来の変調方式では2次波および3次波の復調音への寄与は小さい。そこで、Fig.1のような2つのキャリア波で構成される変調波により、高次波成分を有効活用する手法を提案した。本稿では復調音圧の実環境評価を行い、提案手法により復調音圧が向上することを確認した(Fig.2)。

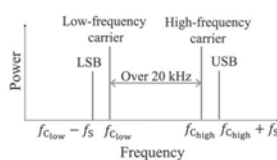


Fig.1: Spectrum of modulated wave in the proposed method

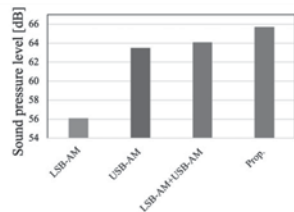


Fig.2: Experimental results for sound pressure of demodulated sound (White noise)

1-R-41

1-R-41 サーモホンと多入力型 $\Delta\Sigma$ 変調を用いたプリンタブルな個別制御スピーカアレイ

Printable individually controlled speaker array using thermophone and multi-input $\Delta\Sigma$ modulator

☆田光史拓, 武岡成人(静岡工大)

- ◆サーモホン再生時の非線形性に着目し、多入力型 $\Delta\Sigma$ 変調(MIDS)信号を用いてサーモホンアレイを駆動することで「共通電極と素材のみで構成される個別制御スピーカアレイ」を提案している。
- ◆本報では、サーモホン構造上の自由度の高さに着目し、CNT分散液を使用したプリント印刷のみで構成されるスピーカアレイを製作し、各素子から個別の信号が得られていることを確認した。
- ◆同じ合計面積の塗布パターンに応じてインピーダンスが変化し、出力音レベルが入力電力に比例している様子が確認された。

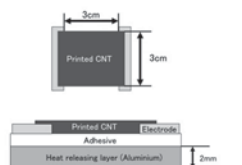


Fig. 1 Structure of the prototype thermophone

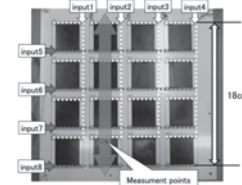


Fig. 2 Image of the prototype board

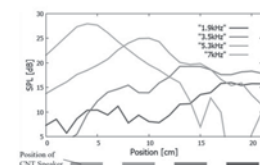


Fig. 3 Distribution of each frequency component

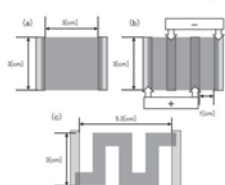


Fig. 4 Printed pattern

1-R-40

1-R-40 ビーム長制御によるパラメトリックスピーカの壁面反射の低減
Reduction of parametric sound reflections from walls by introducing beam length control

☆中川透孝, 野村英之(電通大)

- ◆本研究では、パラメトリックスピーカを狭い空間で利用する際の課題点となる反射音の低減を試みた。
- ◆課題解決のため、2系統のパラメトリック音源を用いたビーム長制御を行い、反射音の発生を抑制した。
- ◆通常のパラメトリックスピーカと比較して、ビーム長制御により反射音の絶対量が低減することを確認した(Fig. 1 左)。
- ◆直達波に対する反射波の比から、近距離においてビーム長制御による反射波の相対的な低減を確認した(Fig. 1 右)。

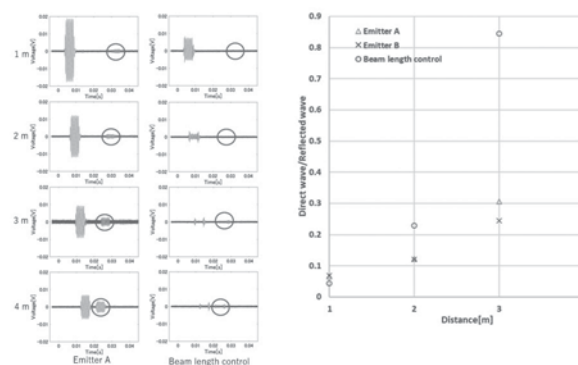


Fig.1 Waveforms of direct and reflected waves (left) and the ratio of reflected to direct waves (right). Circles on the left indicate reflected waves.

1-R-42

1-R-42 補聴器用マイクロホンを応用した小型超低周波マイクロホン

Miniature ultra-low frequency microphone utilizing hearing aid microphone technology

○伊藤平, △森川昌登(リオン), 西村竜一(NICT)

- ◆地震、津波、火山の噴火などが発生すると、1 Hz 以下の超低周波音(インフラサウンド)が生じる。また、自動車走行時の騒音源となるボディ表面で発生する風切り音、乱流なども低周波音が主成分である。これらを測定するための小型超低周波マイクロホンを、補聴器用マイクロホンを応用して作製した。
- ◆マイクロホンのカットオフ周波数を超低周波領域まで伸ばすためには、気圧調整口を狭く、長くし、音響抵抗を大きくする必要がある。小型マイクロホンでは加工上の制約があるが、構造上の工夫によりその問題を解決した。
- ◆作製したマイクロホンと、超低周波音測定用の1/2インチ径計測用マイクロホンの周波数特性を比較した(Fig.1)。0.1 Hz~4 kHzにおいて計測用マイクロホンと同等の周波数特性であることが確認できた。

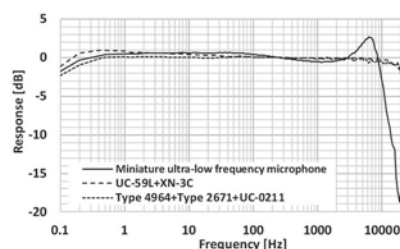


Fig.1: Relative sensitivity to 250 Hz

1-R-43

1-R-43 多孔性ポリプロピレンフィルムのセンサの振動加速度特性

Vibration acceleration characteristics of thin film sensor applied with cellular polypropylene

○大久保則男(リオン), 安野功修, 児玉秀和(小林理研)

- ◆空孔に電気分極を形成した多孔性ポリプロピレンフィルムは厚み伸縮に対して圧電応答を示し、薄型軽量かつ柔軟である。本研究では、この性質を応用した薄型センサを試作し、センサの振動方向に対する角度と振動加速度感度の相関性を評価した。
- ◆評価の結果、C-PP センサは厚み方向に対するせん断力による出力を生じないことが示され、**1軸の加速度センサとして使用可能であることを確認した。**
- ◆センサのアプリケーションとして、C-PP センサを使用して曲面の振動加速度、および振動方向を推定する方法を提示した。センサを2つ使用し、それぞれをセンサの検出軸に直交する向きで曲面に設置することで、**C-PP センサの検出軸と振動方向のなす角と振動加速度を求めることが可能である。**

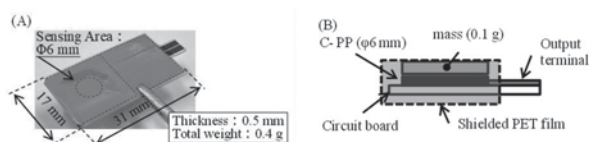


Fig. 1 Structure of film sensor

(A) surface view, (B) cross section view

1-R-45

1-R-45 ローリングシャッターカメラの撮影動画を
用いた抽出音声の特異スペクトル解析に
基づく補間による音質改善

Improvement of Speech Quality by Interpolation Based on Singular Spectrum Analysis of Extracted Speech by Video Captured with Rolling Shutter Camera

☆中野隼汰(立命館大), 耿範庭, 岩居健太, 西浦敬信(立命館大)

近年、音声によって振動する物体をローリングシャッターカメラで撮影し、その撮影動画から音声を出す研究が行われている。しかし、音声抽出できない欠落セグメントが存在し、音質の劣化を引き起こす。従来手法では、自己回帰モデルを用いて欠落セグメントの補間が行われていたが、抽出信号に混入する雑音の影響を無視している。そこで、我々は、解像度とフレームレートの異なる2台のカメラからの抽出信号(Fig. 1)を用いて欠落セグメントの補間を行う。2台のカメラからの抽出信号における欠落セグメントは互いの振幅で置換できる。置換後の信号における不連続点と雑音を考慮するため、特異スペクトル解析を行い、欠落セグメントの補間をする。評価実験の結果、提案手法の有効性を確認できた。

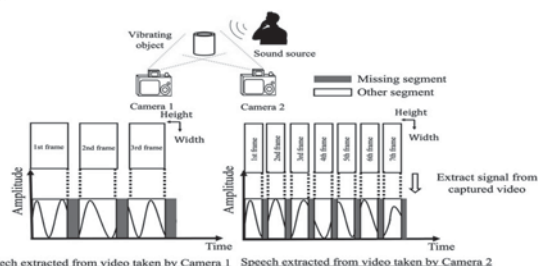


Fig.1 : Overview view of signal extraction by dual cameras.

1-R-44

講演取消

1-R-46

1-R-46 ローリングシャッターカメラを用いた
ビジュアルマイクロホンにおける撮影画像の
超解像化の影響

Effect of super resolution of captured images on visual microphone using rolling shutter camera.

☆高橋瑞貴, 立蔵洋介(静岡大学)

- ◆背景: カメラで音をとる技術であるビジュアルマイクロホンでは微小な振動となる高周波ほど抽出が難しく、抽出可能な周波数帯域が狭い
- ◆目的: 撮影画像の超解像化により振動に対応する画素数を増加させ周波数帯域の拡張が可能となるか調査
- ◆方法: 提示音を 100 Hz から順に増加させ、各周波数の撮影画像を補間により解像度を上げる。
各周波数において、補間画像からの抽出精度が改善するか確認
- ◆結果: 高周波ほど抽出精度が改善し、かつ、抽出可能な周波数帯域が広がることを確認した。

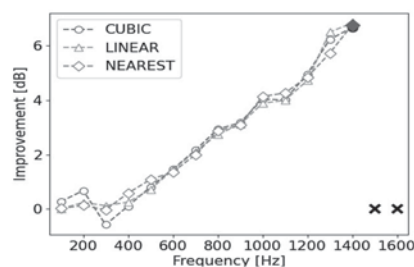


Fig.1: Improvement of extraction accuracy.

1-R-47

1-R-47 レーザピストンホン校正における
音漏れ補正の改良検討Experimental determination of pressure leakage correction
in laser pistonphone system

©平野琴, 山田桂輔, 高橋弘宜, △野里英明(産総研)

- ◆レーザピストンホン法(以下、LP法)は可聴域を下回る周波域における主要な一次校正法である。ピストン振動によりカプラ内体積を変化させることで、変動圧力を発生させる。
- ◆LP法を数 Hz 以下の周波域に適用する際の課題の一つが、ピストンとカプラの隙間からの音漏れである。我々は幾何測定した隙間径から隙間部の伝達音響インピーダンスを計算する事で音漏れ分を評価・補正してきたが、 10^{-2} mm 程度の狭い隙間径を正確に測定するのは難しく、音漏れ補正值に関する不確かさの増大が避けられなかった。
- ◆本研究では、十分低い周波数域では圧力変動と音圧は等価とみなせる事を利用して、圧力計で計測した圧力変動とピストン振動変位から計算した音圧の比較により、隙間部を含めた系全体の伝達音響インピーダンス及び音漏れ補正值を直接評価する方法を検討した。

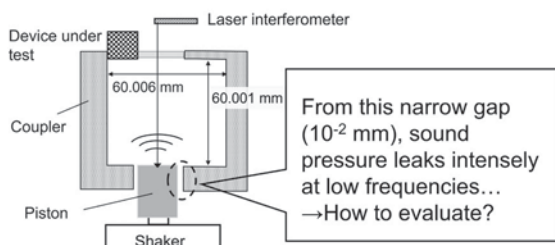


Fig.1: Schematic of NMIJ's laser pistonphone and overview of this study.

1-R-49

1-R-49 M 系列信号を用いたスピーカ特性の
連続指向角測定Continuous directional angle measurement of the property of loudspeaker
using M-sequence

☆岩田水晶, 河原一彦(九州大・芸工), ○立花杜斗, 中家諒(TOA)

- ◆スピーカの様々な指向角における周波数特性を細かく観察するには、マイクとスピーカの位置を調節するために時間や手間がかかる。
- ◆このような課題を解決するために、水平面内の様々な指向角におけるスピーカの周波数特性を効率的に測定する方法を提案する。
- ◆M 系列信号を測定信号として用い、ターンテーブルによってスピーカの音源放射角を連続的に変化させて測定した際の振幅周波数特性の解析結果を報告する。
- ◆解析結果より、本稿で提案した手法によって妥当性のある振幅周波数特性が得られた。

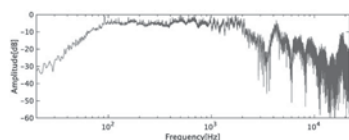


Fig.1 Amplitude-frequency response at 90 degrees (Continuous measurement)

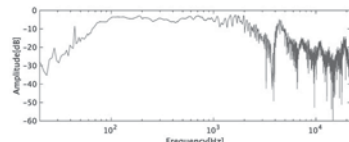


Fig.2 Amplitude-frequency response at 90 degrees (Conventional measurement)

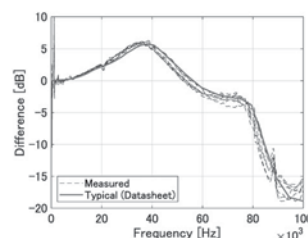
1-R-48

1-R-48 保護グリッドの有無による
WS3 マイクロホンの自由音場感度の違い
— 高周波域を対象とした実測による検討 —Free-field sensitivity of WS3 microphones with and without microphone
protection grid

— Analysis based on actual measurements in a high frequency region —

○高橋弘宜, 平野琴, 山田桂輔(産総研)

- ◆20 kHz 超の音圧測定には自由音場型の WS3 マイクロホン(直径が約 7 mm のコンデンサマイクロホン)が使用されている。
 - 通常、振動膜保護のため保護グリッドを装着して使用
 - 高周波域では保護グリッドによって自由音場感度の周波数特性が大きく変動
- ◆保護グリッドの有無による自由音場感度の定性的な違いは知られているものの、定量的な検討事例はほとんどない。
- ◆7 コの Brüel & Kjær type 4939 について、保護グリッドの有無による自由音場感度レベルの差を実測してメーカー提供値と比較してみた。
 - ➡ 実測による平均値とメーカー提供値との違いは、20 kHz から 75 kHz で ± 1.0 dB 以内



Free-field sensitivity difference with and without a microphone grid for each microphone: (---) Measured values, (—) Typical values.

1-R-50

1-R-50 M 系列信号を用いた音場の効率的な測定

Efficient measurement of the sound field using m-sequence

○立花杜斗, 中家諒(TOA 株式会社), 岩田水晶, 河原一彦(九州大学・芸工)

- ◆音場に対しての拡声の均一性を評価するための音響測定では、測定点ごとに複数回の信号再生と収音が必要であり、時間がかかる。
- ◆上記の課題を解決するために、M 系列信号を用いた連続測定法の精度を検証した。
- ◆従来の測定点ごとのマイク配置による測定法と、マイクを手を持ち歩行しながら録音を行う M 系列信号を用いた連続測定法の 1/3 オクターブバンド分析で比較した結果について報告する。
- ◆結果より 250 Hz から 1 kHz の間に大きな誤差が生じてしまうものの、大まかな 1/3 オクターブバンド分析の概形を確認することができた。
- ◆250 Hz から 1 kHz の精度を改善できれば効率的な測定法として実用できる。

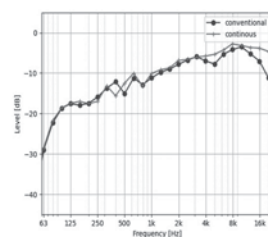


Figure1 Results of 1/3 octave band analysis at 1m

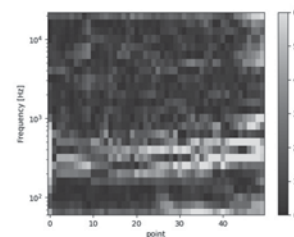


Figure2 Spectral distribution diagram of errors resulting from 1/3-octave band analysis of continuous measurement and conventional measurement