

### 1-1-1

#### 1-1-1 グランドピアノにおける複数弦とブリッジの物理モデル化とそれによる周波数ロッキングの解析

Physical modeling of multiple strings and bridge of a grand piano and its application to analysis of frequency locking

☆成清友貴, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆ピアノは弦鳴楽器であり, Fig.1 に示すように弦の振動がブリッジから響板に伝わって音が鳴る。
- ◆Fig.2 に示すように, 複数のピアノ弦とブリッジを物理モデル化する。ピアノ弦は剛性の高い弦である故, 張力を有する Euler-Bernoulli はりとして物理モデル化する。ハンマーヘッドは, 1 自由度の非線形弾性体としてモデル化する。これらの構成要素は適切に連成される。
- ◆この振動系の時間発展を, 差分法によって解析する手法を構築する。
- ◆構築した解析手法を用いて, ピアノの特徴である余韻の原因である 2 段減衰を引きおこす, 周波数ロッキングが起こる条件を解析する。

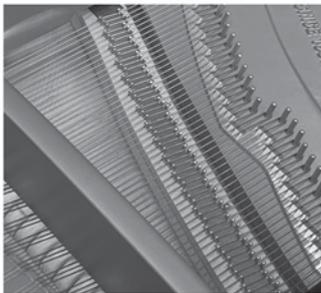


Fig.1: Piano strings and Bridge.

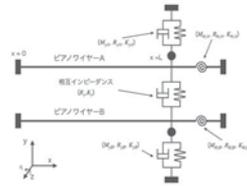


Fig.2: Physical model of piano strings and bridge.

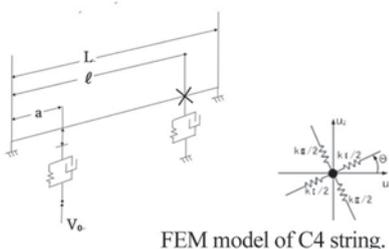
### 1-1-3

#### 1-1-3 ハンマー stiffness のピアノ音への影響に関する検討(第2報) - 数値解析による検討 -

Examination of the effect of hammer stiffness on the piano sound II - Numerical analysis -

○辻虎斗, △古知悠太郎(神工大), △倉田尚彦(クオルピアノ), 西口磯春(神工大)

- ◆報告者の 1 人は, 「叩いた弦と響板のエネルギー伝達の効率最適になるような硬さにハンマーを調整すること」として整音を捉えている。
- ◆前報では, この観点からハンマー stiffness を調整した場合について行った弦振動およびピアノ音の測定実験について報告した。
- ◆整音の指針について検証する 1 つの方法は, ハンマーの材料特性や形状が, ピアノ音, 特に低次の部分音とどのように関わってくるかを表すことのできる物理モデルを構築することである。
- ◆本報では, 弦の回転運動を考慮した FEM による弦モデルについて述べる。



FEM model of C4 string.

### 1-1-2

#### 1-1-2 ハンマーシャックのダイナミクスを考慮したピアノ弦の振動解析

Vibration analysis of piano strings involving dynamics of hammer shanks

☆佐藤菜緒, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆ピアノの音色との関連性が指摘されているハンマーシャックを多自由度系として物理モデル化したグランドピアノの振動解析を行う。
- ◆ Fig. 2 に示すように, ピアノ弦を張力を有する Euler-Bernoulli 梁, ハンマーシャックを一般的な梁振動場として物理モデル化する。
- ◆上記の振動系を, 差分法, 有限要素法によって数値解析する。ハンマーシャックの運動の高忠実度物理モデル化のため, 回転運動の影響を考慮した FEM の定式化手法を提案する。
- ◆ハンマーローラーへの加振力の時間波形を変えることでタッチの違いの物理モデル化を試みたところ, 既往の実測結果と同様の傾向が観察された。



Fig.1: Grand piano action model.

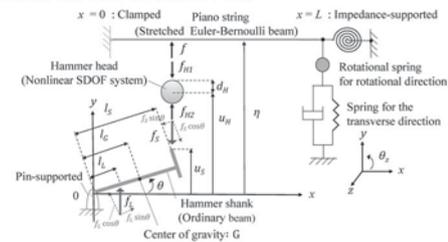


Fig.2: Physical model of a piano string, hammer head, and hammer shank; coupling configuration of them.

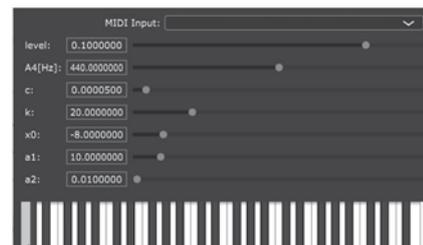
### 1-1-4

#### 1-1-4 振動体と電磁ピックアップを有する電気ピアノ音源に関する検討 IV - プログラム実装の検討 -

On Physical modeling of the E-piano with vibrating bodies and electromagnetic pickups IV - Program implementation -

☆川内詩土, 西口磯春(神工大)

- ◆振動体と電磁ピックアップを有する電気ピアノ(商品名: ローズピアノ)を対象とする物理モデルの検討を行っている。
- ◆これまでに, 電磁ピックアップの近傍で tine と呼ばれる棒状の振動体が振動することにより生じる起電力を求めるモデルを提案している。
- ◆本研究では, このモデルを JUCE (Jules' Utility Class Extensions) と呼ばれるフレームワークにより実装した。



MIDI Synthesizer Application

### 1-1-5

#### 1-1-5 付加製造法を用いた管楽器における材質と音響出力の評価

Evaluation of emitted sound power of wind instruments for various materials produced by additive manufacturing

☆塩野菜々子, 高橋義典(工学院大)

- ◆異なる材質によって作成した音響管と、クラリネットのマウスピース、リコーダーの頭部管を組み合わせ、楽器の気柱共鳴による音響出力と楽器の振動から生じる音響出力を比較した。
- ◆シングルリードで駆動した場合、管の振動によって生じる音圧レベルが35 dB程度となる周波数帯域が確認された(Fig.1)。
- ◆エアリード駆動の場合は知覚可能な音圧レベルは確認されなかった。

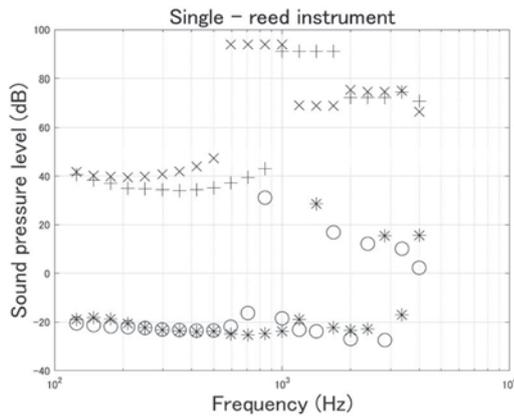


Fig.1: Acoustic output (single reed)  
(○ Sound by vibration(PLA), \* Sound by vibration(wood), × Total sound(PLA), + Total sound(wood))

### 1-1-7

#### 1-1-7 ヴァイオリンの振動音響解析モデルの作成 (第3報 裏板と指板付きネック部のモデル化と振動解析)

Creating violin vibration and acoustic analysis model

○黒沢良夫, 岡本朋也(帝京大・理工)

- ◆ヴァイオリンの振動音響解析を有限要素法で行うことを目標に、製作段階から木材の材料データ(ヤング率、密度など)や、1つ1つのパーツの形状データの取得を行っている。今回は、裏板と指板付きネックのFEモデルと振動解析結果と計測結果との比較等を紹介する。



Fig.1: 3D scanner (back plate)

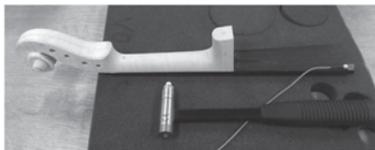


Fig.2: violin neck and fingerboard



Fig.3: FE model for violin back plate and neck

### 1-1-6

#### 1-1-6 雑壇を考慮したチェロの音響振動連成解析

Vibro-acoustic analysis of cellos considering the effect of stage raiser

☆酒井新太郎, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆チェロは床にエンドピンを刺して演奏するため、雑壇や床面に直接振動が伝わり、音が放射される。
- ◆数値解析手法によって雑壇の音響的影響が検討されているが、楽器は点音源と見なされ非常に簡易的なモデルであった。
- ◆そこで、著者が提案しているチェロの数値解析手法に雑壇を組み込むことで、雑壇の音響的影響を検討することを試みた。(Fig.1)
- ◆さらに、雑壇を考慮した時のエンドピンの素材の影響を検討した。
- ◆結果として、雑壇の効果は周波数特性の形状の違いとして見られ、エンドピンの素材の影響は雑壇からの放射音圧に顕著に現れる可能性が示唆された。

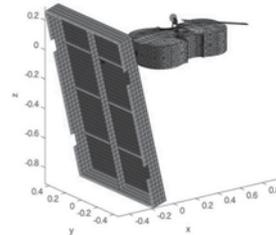


Fig.1: FEM model of cello considering stage raiser.



Fig.2: Measurement of cello using stage raiser.

### 1-1-8

#### 1-1-8 音叉の振動継続時間における温度の影響: 異なる金属材料間の比較

Effects of the temperature on the vibration duration of tuning forks: Comparison between different metal materials

☆野水響太, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆音叉には、共振周波数の正確さに加えて、基音の十分な持続、および基音とともに発生する高調波成分の速やかな減衰が求められる。
- ◆音叉の製作現場においては周波数のチューニングがなされるものの、振動継続時間の評価はほとんど行われていない。アルミニウム製音叉の振動継続時間への温度の影響を調査した前報に続き、本研究ではアルミニウム製とステンレス製の音叉を異なる温度で鳴らし、基音と倍音の振動継続時間に対する温度の影響の比較を行った。
- ◆両種の音叉において、温度上昇に伴って基音の振動継続時間が短縮したが、影響の大小には個体差も観察された(Fig.1)。一方、倍音については、アルミニウム製音叉では温度上昇に伴う延長が観察されたが、ステンレス製音叉では個体間に共通した傾向は見られなかった。
- ◆温度の影響における両種の音叉の差異の原因としては、ヤング率や熱膨張率などの材料性質や、両音叉のサイズの違いが考えられる。

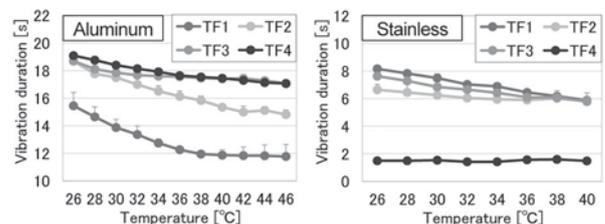


Fig.1 Vibration duration of fundamental tone at each temperature.

### 1-1-9

#### 1-1-9 注水したガラス瓶の固有振動数に関する検討

Examination of natural frequency of water-filled glass bottle  
☆佐々木脩太, △榎並幸廣, 辻虎斗, 西口磯春 (神工大)

- ◆平原らは、2016年および2019年の日本音響学会の研究発表会において、ガラス瓶に水を注いだ場合の打音のピッチに関する検討結果の報告を行っている。
- ◆これらの検討では、ガラス瓶を傾けた場合の打音のピッチ変化の傾向が、注水量によって異なることを実験により明らかにしているが、その理由は不明だとしている。
- ◆本研究では、この現象について実験および有限要素法による固有振動解析を行った。
- ◆先行研究と整合性のある実験結果が得られた。また、有限要素法により、ガラス瓶の傾斜角度によりガラス瓶の固有振動数が増加することが分かった。



Glass bottle and fixing device

### 1-1-11

#### 1-1-11 円筒シェル構造を用いた梵鐘の物理モデル化と動的シミュレーション

Physical modeling and dynamic simulation of temple bells with cylindrical shell structure.  
☆小口雄也, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆梵鐘の物理的本質を保ちながら計算負荷を低減できる物理モデルとして、円筒シェル構造を用いた物理モデルを提案する。
- ◆円筒シェルはその厚さの取り扱いに応じて、薄肉円筒シェルと厚肉円筒シェルの2種類の定式化が考えられる。
- ◆シミュレーションの結果、厚肉円筒シェルモデルで駒爪(軸方向の厚さの変化)が部分音の周波数分布に影響したことから、厚さの厳密な取り扱いが個別の梵鐘らしさの表現に寄与する可能性が示唆された。



Fig. 1 Example of temple bell.

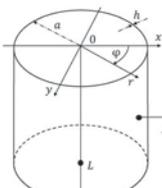


Fig. 2 Coordinates of cylindrical shell.

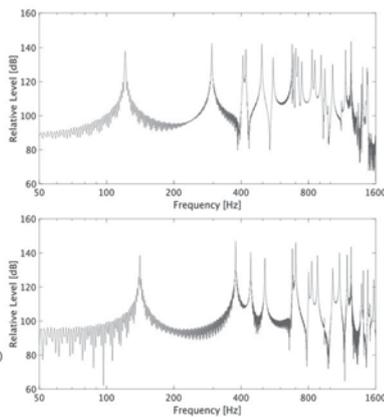


Fig. 3 Frequency responses of temple bell, calculated by the proposed thick shell method. (Top: uniform thickness, bottom: consider "Komachime.")

### 1-1-10

#### 1-1-10 シンバルの形状における曲率の変化を考慮した非線形物理モデル音源

Nonlinear physical modeling sound synthesis of cymbals involving multiple curvatures  
☆森田悠冊, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- より現実の条件に近いシンバルの非線形物理モデル音源を実現することを目的としている。
- 本研究では、シンバルの形状において、カップ部分とボウ部分を曲率の変化としてモデル化した。それぞれの間には平行バネと回転バネによる連成によってモデル化した。
- 盛り上がり部分の高さが小さくなれば、各ピーク周波数に影響を与えることがわかった。



Fig. 1 A Zildjian 18inch crash cymbal

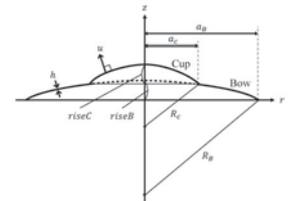


Fig. 2 Geometry of cymbal cross section.

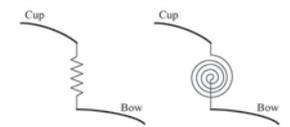


Fig. 3 Cymbal coupling model

### 1-1-12

#### 1-1-12 縞投影法を用いた不均一張力ドラムヘッドの振動モード可視化

Visualizing mode shape of a drumhead under non-uniform tension using Fourier transform profilometry  
☆橋本涼汰(早大理工), 矢田部浩平(農工大), 及川靖広(早大理工)

- ◆縞投影法を用いて不均一張力ドラムヘッドの振動を可視化
- ◆Fig.1にチューニングとモード形状の対応が現れている

##### ➢ 直接的な節線

- 円周上で反対に位置する白点と黒点を結ぶ傾向  
→ 張力分布の幾何的対称性

##### ➢ 曲線的な節線

- 白点の領域を囲むように湾曲
- 張力が均一になるにつれてカーブが緩やかになる  
→ 理想円形膜の直線状モードに近づく

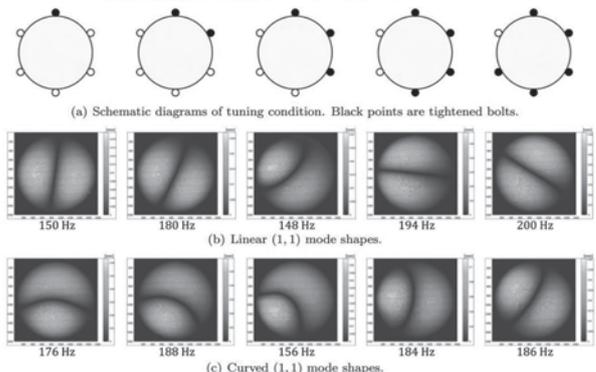


Fig.1 Variation of (1,1) mode shapes with tuning conditions.

1-1-13

1-1-13 コンタクトマイクで収録した打楽器練習用ゴムパッド音の対照損失に基づく音色可視化

Contrastive Loss-based Timbre Visualization for Percussion Training Pad with Contact Microphone

☆前田哲徳, 西村雅史(静岡大院)

- ◆打楽器の基礎演奏能力の習得にゴムパッドが用いられる。
- ◆人の指導者の代わりにシステムによるフィードバックが研究・開発されており、これまでに音の大きさやリズム、フォームのずれに取り組みられてきた。
- ◆本研究では音色のずれを点の分布として可視化する。
- ◆トレーニングのための音色可視化としてコンタクトマイク入力のVAEを用いた手法があるが、入力は人が聴く空気伝導音と異なる。
- ◆人が空気伝導音を聴いた結果が反映されるよう、対照損失を用いてコンタクトマイク入力のゴムパッド音色可視化を試みる。

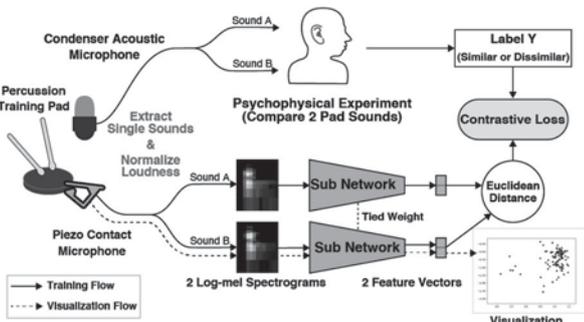


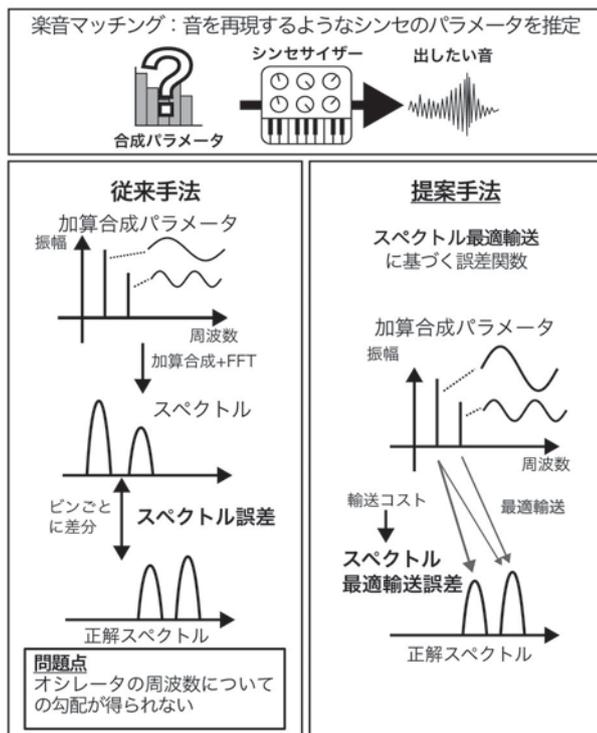
Fig.1: Proposed Method

1-1-15

1-1-15 楽音マッチングのための最適輸送に基づくスペクトル誤差関数の検討

Optimal Transport-based Spectral Loss Function for Sound Matching

☆増田尚建, 齋藤大輔(東大)



1-1-14

1-1-14 小鼓の非線形・音響振動連成解析手法と物理モデル音源への応用

Nonlinear vibro-acoustic analysis of a Japanese traditional drum Kotsuzumi and its application to physical modeling sound synthesis

○鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆ Fig. 1 に示す日本の伝統打楽器の一つである能楽の「小鼓」は、キャリー・ヘッドの裏側に貼られた鹿皮(調子革), 中央部分に極端な絞りがあがるケトル, およびヘッドの張力を与える紐(調緒)など, 独特の形態を有しており, そのことが, ピッチ変動をはじめとした独特な音色に影響を及ぼしている。
- ◆ 「小鼓」の音色の物理的要因を明らかにするために, Fig.2 に示すような物理モデル化を行う。ヘッドは張力をもつ非線形薄板振動場として物理モデル化する。ケトル内音場は音響管の縦続接続としてモデル化する。そして, それらを適切に連成して解析する方法を構築する。
- ◆ 構築した解析手法を用いて, 「小鼓」のピッチ変動に着目した物理モデル音源の実現を試みる。



Fig.1: Japanese traditional musical drum Kotsuzumi.

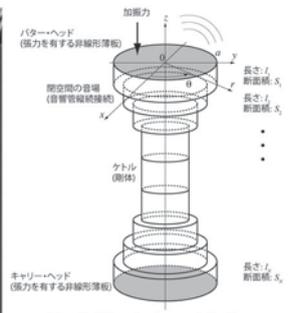


Fig.2: Physical model of a Kotsuzumi.

1-1-16

1-1-16 双方向LSTMによるラウドネス及びMFCCからの振幅スペクトログラム予測と評価

Amplitude spectrogram prediction and evaluation from MFCC and loudness using bidirectional LSTM

☆川口翔也, 北村大地(香川高専)

目的:

VAEを用いて潜在空間上で楽器音のMFCCを操作する音色変換システム(Fig. 1)を構想中

問題点:

音高( $f_0$ )・音色(MFCC)・音量(ラウドネス)から高精度に振幅スペクトログラムを予測するデコーダ(Fig. 1右側)が必要

解決方法:

多層パーセプトロン・双方向GRU・双方向LSTMの3種類のDNNデコーダを用いて振幅スペクトログラムの予測精度を比較・評価

結果:

双方向GRU及び双方向LSTMでは高い精度で予測できることを確認

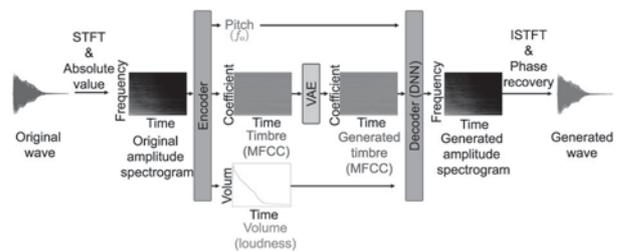


Fig. 1: Detailed process flow of the proposed sound generation system.

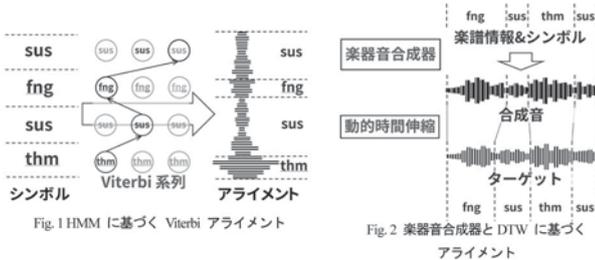
### 1-1-17

#### 1-1-17 エレキベースを対象とした 楽器音のアーティキュレーション アライメント手法の検討

A study of articulation alignment method of  
instrumental sound for electric bass

◎小口純矢, 森勢将雅(明治大)

- ◆ 演奏情報と楽器音の時間的対応付け (アライメント)
  - 音声における音素アライメントの知見を活用できないか?
- ◆ エレキベース音をアタックとサスティンに分割
  - 仮定1: 奏法による音響的性質の差異がアタックに現れる
  - 仮定2: アタック部分は非周期的である
  - アタックを子音、サスティンを母音のように扱う
- ◆ 以下の手法によるアライメント精度を評価
  - HMM: 隠れマルコフモデルに基づく Viterbi アライメント (Fig. 1)
  - DTW: 合成楽器音とターゲット音との動的時間伸縮 (Fig. 2)
  - DTW-GMM: 特徴量に Affine 変換を施してから DTW
  - DTW-Affin: 特徴量に GMM による変換を施してから DTW



### 1-1-19

#### 1-1-19 NMF を用いたサウンドコラージュ合成音の 音質評価

Sound quality evaluation for sound collage synthesis using NMF

◎田中元彌, 小坂直敏(東京電機大)

- ◆ 環境音を目的音として、これを別の要素音を用いて再合成する、新たなエフェクトであるサウンドコラージュ合成音の音質評価を行った。
- ◆ 目的音を馬、象、蛙の鳴き声とし、NMF によるサウンドコラージュ音合成を行って、要素音の音数や基底数をパラメータとし、目的音が表現されているか (再現性)、要素音に用いた楽器音が表現されているか (楽器性) の2点について主観評価を行った。
- ◆ その結果、適切なパラメータの選択により再現性は向上した。しかし、楽器性はあまり向上しなかった。

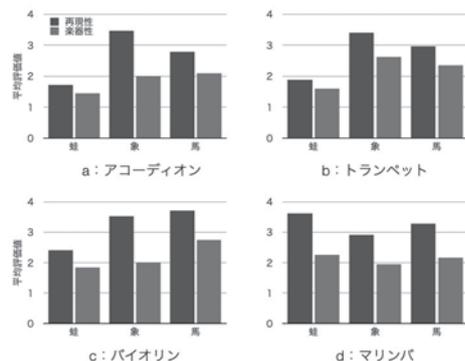


Fig. 2 Mean evaluation for various elemental sounds

### 1-1-18

#### 1-1-18 減算合成シンセサイザにおける SuperSaw のユニゾン数とデチューンの推定

Estimation of the number of unison and degree of detune of SuperSaw  
in subtractive synthesizers

☆ 松本和樹(早大), 矢田部浩平(農工大)

- ◆ 目的: プロがシンセサイザで作った音を再現したい  
⇒ 既存の音響信号からシンセサイザの設定を自動的に推定
- ◆ SuperSaw = 音高の少しずつ異なる複数の saw 波の重ね合わせ  
⇒ ポップス, EDM などにおいて重要な音色, 現代の音楽で多用
- ☑ 基本的な設定項目は二つ
  - ① ユニゾン数: 重ねる Saw 波の数
  - ② デチューン量: 音高をずらす量



Fig. 1: Saw waves and a SuperSaw wave

- ◆ 提案法: SuperSaw の音響信号からユニゾン数とデチューン量を推定  
コスト関数と推定手順を考案し, 実用上十分な性能を達成

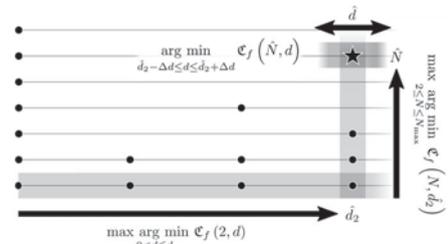


Fig. 2: Minimizer of the cost function and procedure of estimation

### 1-2-1

#### 1-2-1 因果的 MPDR ビームフォーマの オンライン化およびタップ長の影響評価

Analysis of causal minimum power distortionless response beamformer  
and its online extension

◎升山義紀, 山岡洸瑛(都立大), 木下裕磨(東海大), 小野順貴(都立大)

- ◆ 目的: 移動する妨害音を含む環境での低遅延なビームフォーミング
  - 時間周波数領域での処理はアルゴリズム遅延を発生させるため、因果的なフィルタによる時間領域での処理が求められる
  - 妨害音の移動にともなった空間フィルタの逐次更新が望ましい
- ◆ 従来手法: 無歪み性と因果性を同時に満たす空間フィルタの設計
  - 最小パワー無歪応答 (MPDR) ビームフォーマの設計問題に、空間フィルタの因果性を制約として追加
  - 音源が移動しないことを仮定し、オフラインアルゴリズムを利用
- ◆ 提案手法: 適応 Douglas-Rachford splitting 法によるオンライン化
  - コスト関数に用いられる空間共分散行列を指数移動平均で更新することで、妨害音の移動に追従
  - 時不変な制約 (無歪み性と因果性) のもと、時変のコスト関数を適応 Douglas-Rachford splitting 法で最小化
  - 妨害音が移動するシミュレーションにて目的音抽出性能を改善

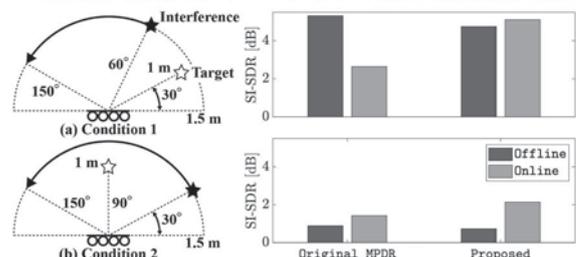


Fig. 1 Average scale-invariant signal-to-distortion ratios (SI-SDR)

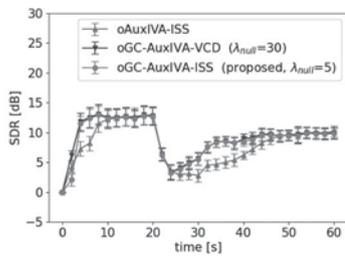
### 1-2-2

#### 1-2-2 幾何学的制約付き独立ベクトル分析を用いたオンライン指向性音声強調の Iterative Source Steering による高速化

Fast online algorithm for directional speech enhancement using geometrically constrained independent vector analysis with iterative source steering.

☆後藤加奈(筑波大), 上田哲也(早大), 李莉(NTT), 山田武志(筑波大), 牧野昭二(早大, 筑波大)

- ◆本論文で提案するオンライン GC-AuxIVA-ISS は、独立ベクトル分析による音源分離と出力順序誘導を同時に行う指向性音声強調手法の1つである。Iterative source steering に基づくオンライン更新処理を採用することで、従来手法の問題点であった逆行行列演算を除去し計算コストを削減した。
- ◆また現実では移動音源の DOA が既知であると仮定することは強い制限となるため、Multiple Signal Classification (MUSIC) による DOA 推定を取り入れた。音声強調実験を行った結果、提案手法は従来手法より 24%以上短い実行時間で従来手法と同等の強調性能を達成した。



Average SDR of the target source (fixed source) enhanced by each method in every 2 s.  $\lambda_{null}$  means the weight of the geometric constraint.

### 1-2-4

#### 1-2-4 空間正則化付き独立ベクトル抽出に対する分離フィルタのスケール正則化の導入

Scale Regularization for Spatially Regularized Independent Vector Extraction

☆上田哲也(早稲田大), 中谷智広, 池下林太郎, 木下慶介, 荒木章子 (NTT), 牧野昭二 (早稲田大)

- ◆空間正則化付き独立ベクトル抽出 (SRIVE) は、事前推定した音響伝達関数を用いて、所望の出力順序になるように音源分離を行う。
- ◆しかし、従来の SRIVE はスケール任意性や伝達関数の誤差による出力順序誘導への影響が十分に考慮されていなかった。
  - 例えば、平面波仮定で推定した伝達関数を用いると、SRIVE の出力順序正答率 (correct permutation) は高々 75% だった。
- ◆我々は、空間正則化に加えてさらに分離フィルタのスケールを小さくする正則化を導入することで上記の問題の解決を試みた。
- ◆実験より、スケール正則化が分離性能 (SDR) を維持しつつ、出力順序正答率を 75% から 100% に改善することを確かめた。

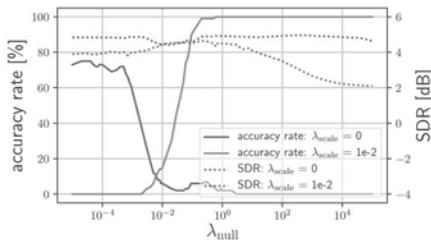


Fig.1: 空間正則化の重みに対する correct permutation [%] と SDR dB

### 1-2-3

#### 1-2-3 拡散性雑音をモデル化した独立低ランク行列分析における一般化固有値問題の解法に基づく高速化

Fast independent low-rank matrix analysis with diffuse noise modeling based on generalized eigenvalue problem solver

☆西田光輝, 高宗典玄(東大), 北村大地(香川高専), 猿渡洋(東大), 池下林太郎, 中谷智広(NTT)

- ◆本稿では、拡散性雑音環境下における多チャンネルブラインド音声抽出が可能な手法である NoisyLRMA を扱う。
- ◆従来 NoisyLRMA の同時対角化行列の最適化は、独立ベクトル抽出 (IVE) と同様な IP 法に基づくアルゴリズムに帰着される。一方、IVE において目的音声が入力の場合に、一般化固有値問題 (GEP) 解法を用いたより高速なアルゴリズムが提案されている。
- ◆そこで本稿では、NoisyLRMA において目的音声が入力の場合に解くべき問題が IVE と同型になることに着目し、IVE と同様な GEP 解法に基づく高速な更新アルゴリズムを導入することを考える。
- ◆シミュレーション実験により高速な分離が可能となることを示す。

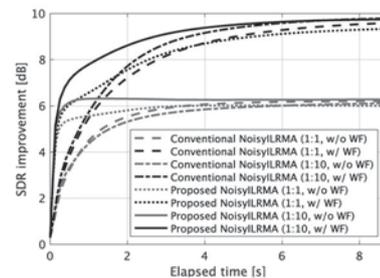


Fig.1: Averaged SDR behaviors with respect to elapsed time

### 1-2-5

#### DNN と凸最適化の平衡による Audio declipping

Audio declipping based on equilibrium between DNN and convex optimization

◎ 田中僚郎 (早大理工), 矢田部浩平 (農工大), 及川清広 (早大理工)

- ◆目的: 振幅が制限されて歪んだ信号の復元 (Audio declipping)
- ◆スパース最適化に基づく従来手法:
  - 信号の制約を考慮可能 → 歪みが小さいと高精度
  - △ データドリブンでない → 歪みが大きいと復元が不十分
- ◆DNN に基づく従来手法:
  - データドリブンである → 歪みが大きくても十分に復元可能
  - △ 信号の制約を考慮不可 → 歪みが小さくても活かさない
- ◆提案法: 複数の作用素を同時に考慮可能な不動点近似アルゴリズムを応用 → スパース最適化と DNN を同時に考慮可能な手法を実現

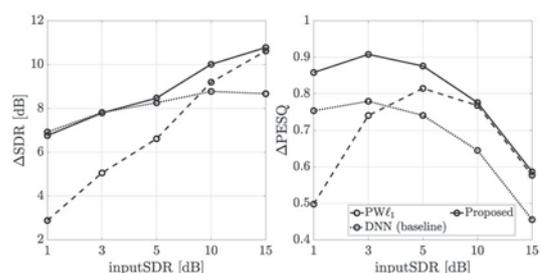


Fig. 1: The results of audio declipping ( $PW_{L1}$ : sparsity-based)

## 1-2-6

### 1-2-6 窓の形状を考慮した反復型位相復元

Iterative phase reconstruction algorithm considering window shape.

☆小林明記, 田中俊郎(早大理工), 矢田部浩平(農工大), 及川靖広(早大理工)

◆従来の反復型位相復元:

2種類の集合  $C, A$  の共通部分を見つけるアルゴリズム

$C$ : 無矛盾なスペクトログラムの集合

$A$ : 所望の振幅スペクトログラムの集合

◆提案法:

3種類の集合  $C, A, W$  の共通部分を見つけるアルゴリズム

$W$ : 各時間セグメントを時間領域に戻した際、絶対値が使用した窓の大きさを超えないスペクトログラムの集合

→ 評価スコアの分散を抑え、より良い解に導いた

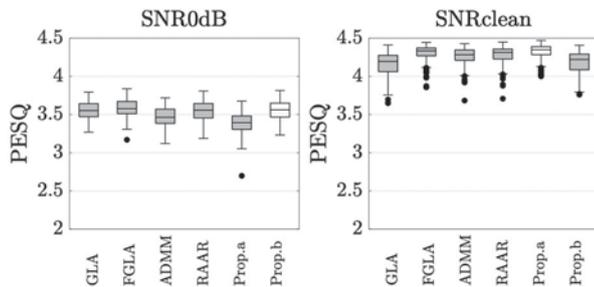


Fig. 1: Scores of reconstruction from noisy and clean amplitude (1000th iter.).

## 1-2-8

### 1-2-8 光学的音響計測における計測雑音

Measurement noise on optical sound measurement

○石川憲治, △白木善史, 守谷健弘(NTT), 石澤淳(日大), 日達研一, 小栗克弥(NTT)

光学的音響計測のさらなる低雑音化のため、光学系に由来する雑音要因とその性質を調査した

#### 光の強度に現れる雑音

- ★ ショットノイズ: 光の量子性に起因
  - ✓ 古典的な干渉計の計測限界を決める
  - ✓ 光量が多いほど小さくなる
- ★ ディテクタの雑音: 検出器の電気的な雑音
  - ✓ ディテクタの雑音等価電力 (NEP) をチェック

- ★ レーザ強度雑音: レーザ光源の強度揺らぎ
  - ✓ レーザの相対強度雑音 (RIN) をチェック
  - ✓ 差動検出により低減可能

#### 光の位相に現れる雑音

- ★ レーザ位相雑音: レーザ光源の周波数揺らぎ
  - ✓ レーザの線幅をチェック
  - ✓ 干渉計の2つの光路長を揃えると消える

## 1-2-7

### 1-2-7 2次元 synchrosqueezing 変換を用いた干渉縞復元

Fringe restoration using two-dimensional synchrosqueezing transform

◎草野翼(早大理工), 矢田部浩平(農工大), 及川靖広(早大理工)

- ◆音の干渉計測において観測データから干渉縞を復元する処理が重要である。
- ◆干渉縞復元において窓掛け Fourier 変換 (WFT) に基づくフィルタ処理 (WFF) が用いられるが、WFT で得られた表現は窓を掛ける影響で広がりを持ち、WFF のノイズ除去性能に影響を及ぼす。
- ◆本研究では2次元 synchrosqueezing 変換を用いた干渉縞復元手法を提案し、エネルギーを局在化させることで閾値処理におけるパラメータ選択に対して頑健であり余剰な振動を抑えた結果が得られることを確認した (Fig. 1)。

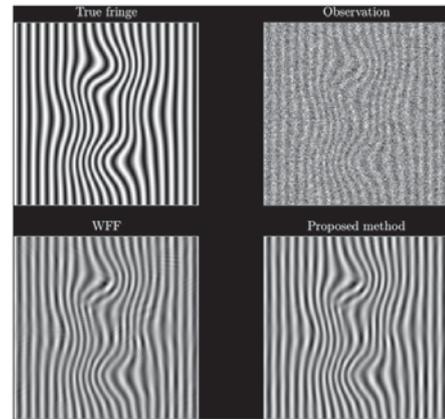


Fig. 1 Results of fringe restoration using WFF and the proposed method.

## 1-3-1

### 1-3-1 Real-time audio spatialization in Pure-data based on a compressed database of Head-Related Transfer Functions

☆Kazuki Fujita, △Camilo Arévalo, Julián Villegas (University of Aizu)

- ◆We present a novel audio spatializing system for binaural reproduction.
- ◆The system, programmed in Pure-data, is built upon a database comprising more than one million interpolated HRTFs in the near-field around a listener.
- ◆The system improves real-time performance, and it is scalable since interpolations are precomputed.
- ◆Objective evaluation results showed that our system consumes less CPU time than the default binaural spatializer in Pure-data.
- ◆Subjective evaluation results indicate that our method does not degrade the accuracy with which listeners can determine the auditory location of sources.

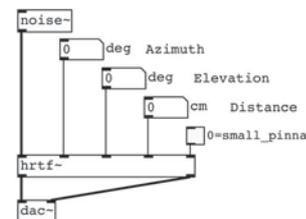


Fig.1: A simple application based on our spatializing system in Pure-data

### 1-3-2

#### 1-3-2 Real-time stereophonic sound using a ring of loudspeakers.

☆Sakuya Fujisawa, △Camilo Arevalo, Julián Villegas (University of Aizu)

We present a real-time spatialization system based on inverse filtering and loudspeaker grouping. Inverse filtering diminishes the influence of each loudspeaker location on the spatialized sound. By grouping loudspeakers on each side of a single loudspeaker ring, elevated sources can be successfully simulated since the sound can reach the front and the back of a listener's pinnae simultaneously. A database comprising more than one million compressed Head-Related Transfer Functions (HRTFs)—most of them interpolated from measured ones, is used so that only convolutions with the audio source are needed in real-time. This way, the processing requirements are eased while the memory needed is still low. An evaluation of a proof-of-concept application built in Pure-data indicates that the proposed system can accurately spatialize audio sources and that external equalization, as performed with smart loudspeakers, can be used with no degradation of the results.

### 1-3-3

#### 1-3-3 ラインアレイスピーカによって合成された音場の測定

Measurements of sound fields reproduced by linear loudspeaker array

○佐々木陽, 松井健太郎, 中山靖茂(NHK)

- ◆これまでに、ラインアレイスピーカを用いた、任意の放射特性を有する音源が任意の軌道で移動する時に形成される音場の合成法を提案した[1].
- ◆これまでは数値シミュレーションのみで評価しており、測定による評価は未実施であった。
- ◆ラインアレイスピーカを構成し、音響無響室にて測定を実施した。その結果、測定された音場と数値シミュレーションの結果で傾向がよく一致していることがわかった。

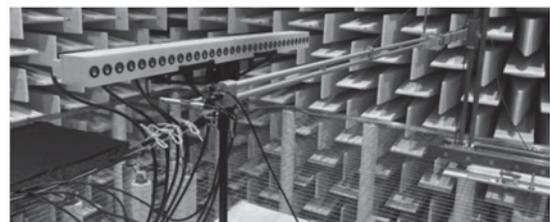


Fig.1: Linear loudspeaker array and measurement device

[1] 佐々木他, 音講論(秋), pp.187-190,2021.

### 1-3-4

#### 1-3-4 副音声制作におけるダイアログおよび背景音のラウドネス値に基づくレベルバランス自動調節法

Automatic level balance adjustment method based on loudness for dialogue and background sound in the production of second audio program

◎久保弘樹, 大出訓史(NHK)

- ◆副音声の自動 MIX に向けて、著者らはこれまでに、ラウドネス値に基づいたレベル調節のための客観指標や、測定時間が異なる複数の客観指標を用いて主音声のダイアログレベルに副音声のダイアログレベルを合わせる自動調節法(従来法)を提案してきたが、背景音の急峻な変動時に対応できない可能性があった。
- ◆本報告では、エンジニアが調節する主音声から、当該番組におけるダイアログと背景音のレベルバランスの目標値を回帰的に求め、副音声のレベルバランスもその信頼区間に収まるようにダイアログおよび背景音のレベルを調節することによる、レベルバランス自動調節法を提案する。提案法は、客観指標の測定時間を適切に設定することで、エンジニアによる調節と同程度の反応速度での調節が期待できる。
- ◆DMOS 法による主観評価実験により、提案法の中でも、三次関数の回帰曲線からなる目標値の信頼区間にダイアログと背景音の両方のレベルを調節して合わせこむ方法が最も有効であると確認できた。

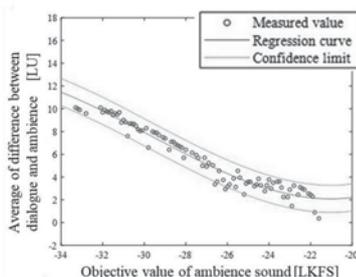


Fig.1: Level balance between dialogue and ambience in main audio program.

### 1-3-5

#### 1-3-5 高臨場感オーディオ再生への期待

Expectations for High-Reality Audio Playback

◎末永信一(一般社団法人日本オーディオ協会)

日本オーディオ協会は、2022年10月で設立70周年を迎える。設立以来、展示会を開催するなど、新しいオーディオ技術の普及啓発に努めてきた。現在3Dオーディオなどの言葉で語られる高臨場感音響技術が話題となっており、色々なフォーマットが開発され、市場を活気づかせている。6月に開催した「OTOTEN2022」では、各フォーマットが大集合し、一堂に体験できる場を提供した。



Fig.1 Photo of the audio exhibition "OTOTEN2022"

この流れは始まったばかりであり、音楽制作から再生環境まで、まだまだ詰めていくべき余地はあると考えられる。日本音響学会に新しく設置された部門「オーディオ」に対して、高臨場感音響の評価方法など、期待することを述べさせていただく。

1-3-6

1-3-6 BoSC システムを用いた  
オーディオルームのアーカイブの提案

Proposal for archiving of audio rooms using BoSC system

○伊勢史郎(東京電機大・システムデザイン工)

- ◆オーディオルームの音響空間を保存(アーカイブ)するために、境界音場制御の原理に基づく音場収録・再生システム(BoSC システム)を用いる。
- ◆オーディオシステム(CD プレイヤー、アンプ、スピーカ)および音響材料の各種条件(拡散体・吸音材などの種類や配置など)毎に収録することにより、音響調整の比較検討が容易になる。
- ◆アーカイブの応用
  - オーディオにおける好みの変化の確認
  - オーディオルームの音響調整
  - オーディオルームのサンプルモデル試聴
  - 音響職人の技能伝承

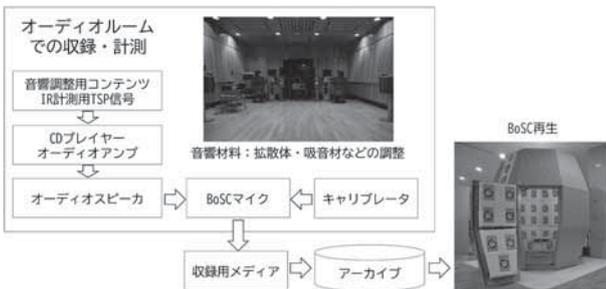


Fig.1: Archiving system of audio rooms by BoSC system

1-3-8

1-3-8 インタラクティブオーディオと  
リアルタイム音場合成

Interactive audio and real-time sound field synthesis

○羽田 陽一(電通大)

- ◆3次元空間において、人が手や体を動かすことによって仮想音源の位置がなめらかにかつリアルタイムに変化するインタラクティブなオーディオシステムを考える。
- ◆奥行きに対する定位感も比較的安定して得られる波面合成法を基礎とする再生システムの時間領域処理について概説する。
- ◆直線アレイを用いる焦点音源再生では、1次のオールパスフィルタによる小数点遅延について述べる。
- ◆球面アレイを用いる Near-Field Compensated Higher Order Ambisonics (NFC-HOA)では、 $n$ 次の動径方向フィルタを  $n$  次の IIR フィルタで実現する方法を紹介する。

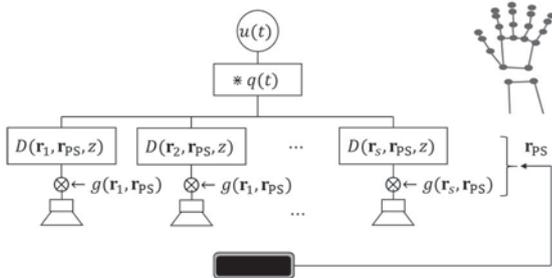


Fig.1: Moving focused source with hand tracking

1-3-7

1-3-7 感性計測技術の組織的運用と音質の追求

Systematic approach to the sensory evaluation of sound quality

○今村秀隆, 阪梨英樹(ヤマハ)

- ◆近年の音・音楽の聴取シーンの拡大に伴い、音に対する価値観や製品に求められる音質の特徴は多様化している。
- ◆多様なニーズに応え、品質の高い製品を市場に出し続けるには、秀でた技術者の経験や知見に加え、組織としての製品開発力が重要となる。
- ◆Quantitative Descriptive Analysis(QDA)や Semantic Differential 法を参考に、共通語彙を用いて試作の音質の特徴を可視化し、音質を客観データとして扱う設計フローを構築した。また、Rapid Methodを参考に、事前に評価軸を定めない柔軟で直感的な評価法を併用することで、評価項目の網羅性に対する開発者の不安に対処した。
- ◆本手法は、ヤマハが2020年より再参入した自動車向けオーディオの開発をはじめ、音響機器開発に活用されて始めている。
- ◆講演では、スピーカ-の振動版開発において、上記の手法を用いて試作の音質評価および物理量や制御要因との関連について考察を行い、開発の意思決定に貢献した事例を述べる。

1-5-1

1-5-1 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3 実用化に向けたシステム改良と  
AR デバイスを用いた音場可視化への応用

Studies on visualization method of sound pressure distribution  
using optical see-through head-mounted display  
— Part 3: Improved system using AR device —

◎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)

- ◆これまで、ビームフォーミングによって得られた音圧分布をカラーマップに変換し、光学透過型ヘッドマウントディスプレイ(OST-HMD)を用いて実世界にリアルタイム可視化するシステム「OTOMIRU」を開発してきた。
- ◆モバイル端末による拡張現実(AR: Augmented Reality)可視化システムを追加することで、多人数での観測に対応した。
- ◆端末に搭載された LiDAR センサにより、より高精度な空間形状認識と、OST-HMD 可視化システムにおける課題となっていた屋外での使用を可能にした。
- ◆実証実験のフィードバックを参考に、カラーマップの画素間の補間とフレームレート設定を追加した。



Fig.1: Stringed instrument concert using AR sound field visualization system

### 1-5-2

#### 1-5-2 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4 実測によるシステムの活用方法に関する検討—

Studies on visualization method of sound pressure distribution using optical see-through head-mounted display - Part 4 Examination of the method for utilization of the system by field survey -

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

- ◆MR・AR デバイスを用いた音圧レベル分布可視化手法について、活用方法の検討を目的とした実測調査の結果を報告する。
- ◆建設工事現場では、重機近傍および仮設備ヤードの敷地境界近傍にて計測を実施した。ダンプトラックの荷下ろしやコンクリート吹付機の走行音など、カラーマップレンジの下端値である閾値を超える音が可視化され、騒音源探査やヤード敷地境界での基準値の管理に適用できることが示された (Fig.1)。
- ◆会議室における残響対策効果を検証した結果、対策前に発生していたフラッターエコー (Fig.2) が低減していることが可視化され、建築空間内での音響障害の対策効果検証に適用できることが示された。



Fig.1 Measurement result near dump truck

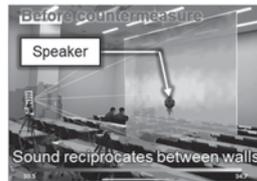


Fig.2 Verification of countermeasure effect on reverberation

### 1-5-4

#### 1-5-4 3次元等間隔音響インテンシティ分布による複合現実技術を用いた音場可視化システム

Sound visualization system for distribution of equally-spaced three dimensional sound intensities using Mixed Reality.

☆内田彩芽, 大川祐貴子, 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を用いた音響インテンシティ可視化システムが提案されている。
  - ・ 手持ちマイクロホンにより等間隔データの計測が難しく、データの視認性が低下するという問題点がある。
- ◆提案手法
  - ・ 不規則間隔で計測した音響インテンシティを3次元空間補間し、等間隔に可視化するシステム
  - ・ 音響インテンシティ推定手法にPAGE法を適用
- ◆実験
  - ・ 空間補間によりデータの視認性の向上を確認
  - ・ PAGE法適用により高周波数で音響インテンシティ推定精度向上

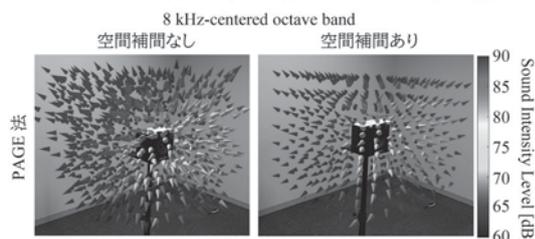


Fig.1: Comparison of sound intensity visualization with spatial interpolation

### 1-5-3

#### 1-5-3 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5 MVDRを用いた三次元音源位置推定の検討—

Studies on visualization method of sound pressure distribution using optical see-through head-mounted display - Part 5: Investigation of 3D sound source localization using MVDR-

☆後藤 昌彦, 草野 翼, 潘 明宇(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(飛島建設)

- ◆MR・AR デバイスを用いた音場可視化手法について、MVDRを用いた三次元音源推定システムを提案し、有効性を検討した。
- ◆提案システムでは、三次元空間に仮定した音源それぞれにMVDRビームフォーマの出力パワーを計算し、音圧分布をプロットすることで音源の位置を推定する(Fig.1)。
- ◆反射音の可視化実験では、壁と天井からの反射音が可視化された。壁に吸音材を設置した場合は、壁からの反射音が減衰していることが可視化された(Fig.2)。

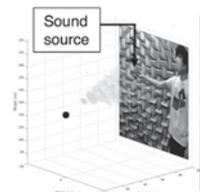


Fig.1 3D sound source localization

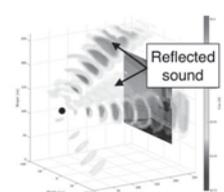


Fig.2 Reflected sound visualization

### 1-5-5

#### 1-5-5 並列位相シフト干渉法を使用した測定データからの音場の3次元再構成

Three-dimensional reconstruction of sound field from measured data using parallel phase-shifting interferometry

☆Tianwei LIAO, 及川靖広(早大理工), 中村彰吾, 松浦充保, 小川幸慈, 瀬上得弘(SOKEN)

- ◆Using the parallel phase-shifting interferometry(PPSI) to acquire the instantaneous phase distribution of sound field, computerized tomography(CT) method to complete the 3D reconstruction.
- ◆An introduction of the principle of PPSI, the PPSI system and the experiment setup.
- ◆The application of CT method on the reconstruction of sound field, obtaining the 2D sound field reconstructed models.
- ◆The reconstruction method to turn the 2D sound field models into 3D sound field models, the presentation of 3D reconstruction model(Fig 1).
- ◆Comparing between 3D reconstruction models of three different sound sources, conducting research on the properties of sound field.

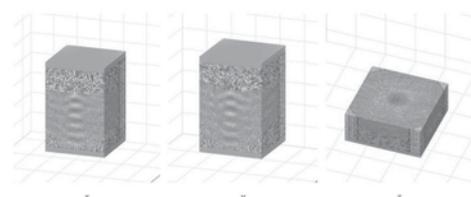


Fig.1: The 3D reconstruction models of sound field observed from different directions. (Sound frequency: 65kHz)

1-5-6

1-5-6 AWSを用いた室内音環境可視化システムの開発  
Development of indoor sound environment visualization system using AWS

☆ 荒木拓己, △ 富樫建五 (近畿大院), 原田和典 (岡山県立大), 菅原彬子, △ 長澤康弘, 平栗靖浩 (近畿大)

- ◆ 近年, ワーカー同士のコミュニケーションがとりやすいという点から, 知的生産性向上に有効として, オープンオフィスが普及している。しかし, 実際に知的生産性に関する有効性はわかっていないことが多く, 既往研究で多く行われている実験室での実験は環境や作業面において実環境における仕事と乖離がある。
- ◆ 本研究では, 実環境下での音環境と知的生産性の関係を把握するため, ワーカーの評価やオフィス環境のデータを収集, 分析し, その結果を「情報」としてワーカーに提供するシステムを構築することを目的とする。
- ◆ 本報では, 上記目的のための基礎検討として, 「情報」を収集, 分析, 可視化するシステムの開発を行った。結果, 本システムが有効に使える可能性が示された。

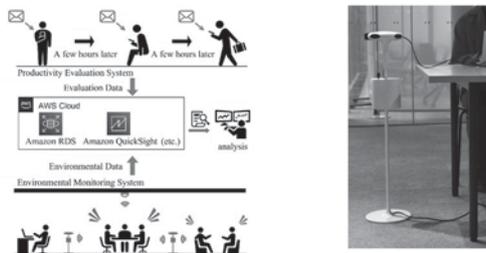


Fig. 1 Overview of visualization system Fig. 2 Sound Environment Measurement Device

1-5-8

1-5-8 コンクリート非破壊計測のための非接触音響探査法に関する研究

-コンクリート供試体に対する再適用例-  
Study on noncontact acoustic inspection method for non-destructive testing of concrete -Example of re-verification to concrete specimen

○ 杉本恒美, 中川 裕, 杉本和子, 上地 樹 (桐蔭横浜大・院), △ 黒田千歳, △ 歌川紀之, (佐藤工業(株)技術センター)

- ◆ 音波照射加振を用いた非接触音響探査法は, 研究開始当初に比べると短時間でも広い範囲の探査が可能になっている。
- ◆ そこで, 今回は研究初期の頃に用いられたコンクリート供試体に対して再検証を行った。
- ◆ 複数の円形模擬空洞欠陥 (25 mm厚の発泡スチロール) が埋設されたコンクリート供試体 (Fig. 1 (a), 図中の数値は直径×埋設深さを示す) に対して, 非接触音響探査法を用いた欠陥探査計測を行った。
- ◆ 実験結果 (Fig. 1 (b)) から, 本手法により広い領域の欠陥探査が可能であること, および共振判定処理を加えることで, 明瞭な検出が行えることが確認された。

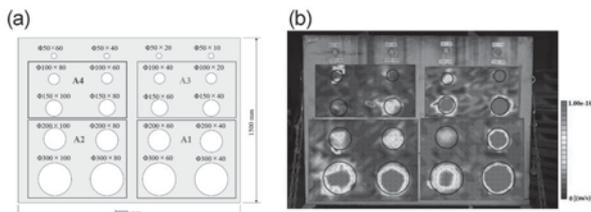


Fig. 1 (a) Layout of internal circular cavity defects with different diameter or buried depth of concrete specimen. (b) Vibration energy distribution after resonance judgement processing.

1-5-7

1-5-7 木材破壊音の分類精度向上を目的とした敵対的生成ネットワークの活用

Practical use of Generative Adversarial Network for the purpose of improving the classification score of wood broken sound

○ 竹森司 (東京理科大・理工), △ 佐伯昌之 (東京理科大・理工)

- ◆ 災害時における構造物の被災状況に関する情報の提供を目的に, 構造物材が損傷した際に生じる音を検出する研究を行っている。
- ◆ 木材破壊音の背景に環境音が混じりこむような音 (混合音) の分類精度が低いことへの解決策として, 敵対的生成ネットワーク (GAN) を活用したデータ拡張を検討した。
- ◆ 静音下で収録された木材破壊音と, 環境音などのノイズが含まれたデータを正解画像として扱い, GAN の学習を行った。そして, GAN 生成器から出力される偽正解画像を分類モデルの学習データに付加していくことでその精度変化を確認した。
- ◆ その結果, Accuracy と Recall にて向上が見られ, 本研究での GAN の活用の有用性を示した。

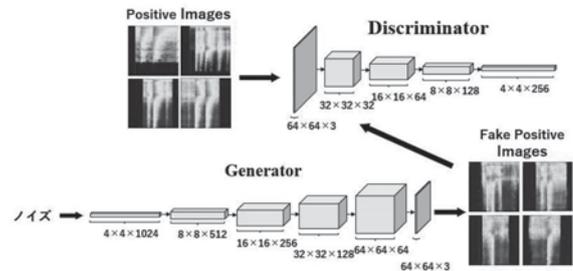


Fig. 1: DCGAN architecture for generating spectrogram of wood broken sounds

1-5-9

1-5-9 端島での実測調査に基づく打音法を用いたRC柱の劣化評価指標に関する検討

Study on deterioration evaluation of RC columns on Hashima island using impact acoustic method

○ 菅原彬子, 平栗靖浩, 岸本一蔵 (近畿大)

- ◆ 本研究の目的: 打音法を用いたRC部材の劣化評価指標の作成
- ◆ 様々な劣化性状のRC建築物が現存する端島のRC柱を対象に行った実測調査を行った。
- ◆ 上記を基に, 最大振幅, 周波数特性, 減衰時間を用いた簡易な劣化評価指標を作成し, その妥当性を確認した。

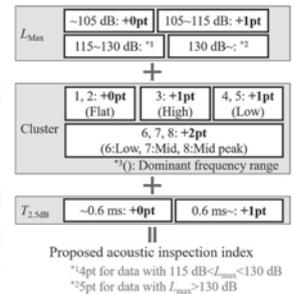


Fig. 1: Proposed evaluation index

(a) BLDG. 39 1F						(b) BLDG. 39 3F							
ID	Point	$I_V$	$L_{Max}$ [dB]	Cluster	$T_{2,500}$ [ms]	$I_p$	ID	Point	$I_V$	$L_{Max}$ [dB]	Cluster	$T_{2,500}$ [ms]	$I_p$
X1-	L		122.7	6	0.59	5	X1-	L		111.0	3	0.36	2
Y1	C	III	121.8	3	0.65	5	Y1	C	I	110.4	3	0.71	3
	R		124.0	3	0.50	5		R		113.1	6	0.70	4
X2-	L		102.5	1	0.67	1	X2-	L		100.4	2	0.48	0
Y1	C	I	99.2	1	0.68	1	Y1	C	I	102.0	1	0.59	0
	R		99.2	5	4.49	2		R		100.0	1	0.65	1
X3-	L		113.3	3	0.48	2	X3-	L		104.1	4	0.70	2
Y2	C	II	104.0	3	1.99	2	Y2	C	I	105.7	5	0.51	2
	R		103.8	2	0.81	1		R		109.0	5	0.41	2
X3-	L		111.9	6	1.05	4	X3-	L		114.1	4	0.30	2
Y3	C	V	115.8	6	1.07	5	Y3	C	II	106.1	1	0.41	1
	R							R		106.8	5	0.74	3
							X3-	L		117.3	2	0.52	5
							Y4	C	I	118.5	3	0.43	5
							(X)		120.8	5	0.59	5	
							X3-	L		111.1	1	0.29	1
							Y4	C	I	112.3	1	0.26	1
							(Y)		114.8	1	0.17	1	

Fig. 2: Evaluation results for Building 39

### 1-5-10

#### 1-5-10 局所加熱されたコンクリートの火害診断 -弾性波源走査法による空間分解能の検討-

Fire damage diagnosis of locally heated concrete  
-Study of spatial resolution by elastic wave source scanning method-

☆池谷友秀(日大院・理工), 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆本研究は、空中超音波照射によって励起させた弾性表面波を利用してコンクリートの火害診断を行う方法について検討を行っている。
- ◆これまでの検討では表面を一樣に加熱した試料に対して火害診断を行っていたため、診断可能な空間分解能についても検討を行う必要がある。
- ◆本報告ではコンクリート壁が局所的に強い火害を受けた場合を想定し、その局所加熱部に対する火害診断の空間分解能について、実験による検討を行った。
- ◆その結果、最高温度 400 °Cの局所加熱部と加熱を抑えた部分で約 200 °Cの温度差がある試料において、弾性表面波伝搬特性を用いて、局所加熱部を 50 mm×50 mmの空間分解能で検出できることを確認した。

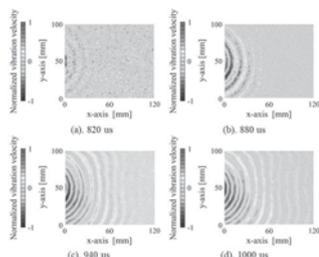


Fig.1. Distribution of vibration velocity on mortar surface.

### 1-5-12

#### 1-5-12 肝線維化のステージ分類を目的とした CNN 解析に使用する超音波画像の変調方法

A modulation method of ultrasonic image used for  
CNN classification of liver fibrosis stages

☆一色 晶帆(千葉大), ΔDar-In Tai, ΔPo-Hsiang Tsui(Chang Gung Univ.),  
吉田 憲司, 山口 匡, 平田 慎之介(千葉大)

- ◆事前学習済みネットワーク VGG-16 の転移学習による肝線維化ステージ (F1~F4) の分類ネットワークを提案している
- ◆入力する超音波画像を、その画像自身の振幅統計量によってカラー画像に変調することで分類精度を向上させることに成功している
- ◆変調係数  $\alpha$  を変化させ、変調係数の違いが肝線維化ステージの分類精度に与える影響について検討した
- ◆ $\alpha$  が 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 の時、分類精度は 50.8%, 52.0%, 52.7%, 51.0% であり、 $\alpha$  を 2.5 とした場合の分類精度が最も高くなる (Fig.1, Fig.2)

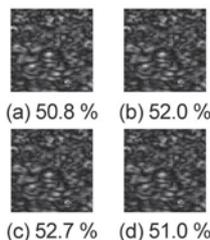


Fig. 1

	F1	F2	F3	F4
F1	3733	672	595	120
F2	1791	1622	982	725
F3	640	515	2291	1674
F4	176	480	1303	3161
	F1	F2	F3	F4

Fig. 2

Fig.1: Example of color image used for CNN classification.

Fig.2: Confusion matrix by CNN classification of liver fibrosis stages. ( $\alpha=2.5$ )

### 1-5-11

#### 1-5-11 振幅包絡分布の時間変動解析における 体動補正手法の検討

Motion compensation algorithm in analysis of temporal change in envelope statistical

◎大村真朗(富山大・工), 竹内道雄(立山科学), 長岡亮, 長谷川英之(富山大・工)

- ◆計測フレーム間の動き補正を考慮した振幅包絡分布の統計解析法の有効性を数値計算および実計測データを用いて検証した。
- ◆数値計算データは任意時相の散乱体群からの超音波 RF エコー信号を再現しており、フレーム間で熱膨張に伴う散乱体群の不規則な移動および体動を模した一定の変位を与えている。
- ◆実計測データはラジオ波加熱下の散乱体ファントムについて、任意時相 (約 2~3 分毎, 0.5 °Cの温度上昇毎) の RF エコー信号を収集しており、動きを与える場合、超音波プローブ (7.5 MHz リニア型) を自動ステージで 0.1 mm ピッチで移動させた。
- ◆動きの有無およびブロックマッチング (BM) 法により推定した変位の補正有無条件において、数値計算および実計測データの  $\Delta m$  (仲上分布形状パラメータの対数変化量, 実線) と変位 (破線) を Fig.1 に示している。動き補正により  $\Delta m$  の過大評価を抑えられ、動きを伴わず温度変化のみの  $\Delta m$  と同様の傾向を示した。

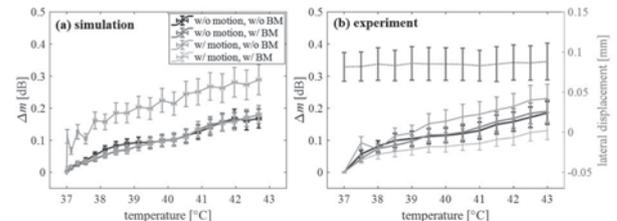


Fig. 1:  $\Delta m$  change in each temperature in simulation (a) and experimental (b) results.

### 1-5-13

#### 1-5-13 平面波イメージングによる超音波造影剤 の動態評価

Evaluation of behaviors of ultrasound contrast agents  
by plane wave imaging

○吉田憲司(千葉大・CFME), 大村真朗(富山大・工), 平田慎之介,  
山口匡(千葉大・CFME)

- ◆超音波の音響放射力により生じる造影剤の移動をエコー信号の位相変化として検出し、画像化する方法を提案
- ◆平面波イメージングおよびパルスインバージョンドブラ (PID) 法を適用し、低数密度条件で造影剤がどのように描出されるかを検討
- ◆ドブラ信号のパワースペクトルの負の周波数範囲での積分値 ( $I_N$ ) を造影剤の移動を表す指標として使用
- ◆低数密度条件において、B mode 画像では視認が困難な単一の造影剤の動態をドブラ法によりに定量評価できることを確認 (Fig. 1)
- ◆PIDにより抽出した非線形成分を用いると、高感度かつ良好な分解能での観察が可能であることを確認 (Fig. 1)

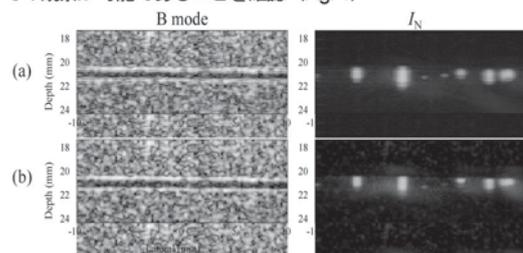


Fig.1: Images of B mode and  $I_N$  for (a) linear component and (b) nonlinear component at peak negative sound pressure of 1.53 MPa (Mechanical index 0.68)

### 1-6-1

#### 1-6-1 c 軸傾斜 MgZnO 薄膜における擬似横波励振特性

Quasi-shear mode resonance property of c-axis tilted MgZnO thin film

☆島野耀康, 岸大貴, 工藤慎也, 柳谷隆彦 (早稲田大)

- ◆ ZnO に Mg を添加すると、厚み縦モード電気機械結合係数  $k^2$  が飛躍的に向上する。そこで本研究では、基板に対して c 軸が 27° 傾斜した多結晶 MgZnO 薄膜を作製し、擬似横波に関しても電気機械結合係数が向上するかを検証した。
- ◆ RF マグネトロンスパッタ法を用いて、c 軸傾斜 Mg<sub>0.19</sub>Zn<sub>0.81</sub>O 薄膜を (111)Pt/石英ガラス基板上に作製した。基板はカソード中心かつターゲットに対して垂直に設置した。Fig. 1(a)に示す(0002)MgZnO の極点図より、c 軸が 27° 傾斜していることがわかる。
- ◆ Fig. 1(b)に示すように、変換損失法により  $k'_{35}{}^2 = 5.0\%$  と推定された。今回の  $k'_{35}{}^2$  値は pure ZnO の  $k'_{35}{}^2 = 6.8\%$  にせまる値であった。結晶配向性を改善することにより MgZnO の  $k'_{35}{}^2$  が pure ZnO を超すことは大いに期待できると考えている。

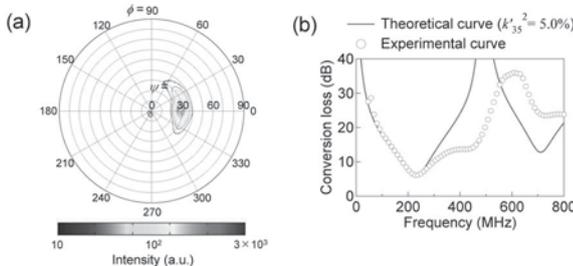


Fig. 1 (a) (0002) X-ray pole figure of MgZnO thin film, (b) Conversion loss of MgZnO thin film

### 1-6-3

#### 1-6-3 (10-12)LiNbO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜 / (10-12)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の GHz 帯向け擬似横波励振特性

\*(M2) 工藤 慎也<sup>1,2</sup>, 柳谷隆彦<sup>1,2,3,4</sup>(早大先進理工<sup>1</sup>, 材研<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>, JST-FOREST<sup>4</sup>)

LiNbO<sub>3</sub> (LN) は、Q 値と  $k^2$  値が高いため、SAW フィルタに使用されている。しかし、通常のスパッタリング法で成長できる c 軸配向 LN の  $k^2$  値は、168°Ycut LN の擬似すべりモード  $k_{35}^2$  値と比較して大幅に低いため、LN は BAW フィルタとして使用されてこなかった。一方、LN の単結晶は Smart-cut などの薄片化技術により得られた単結晶薄片を用いて SMR の圧電層に応用されている[1]。しかし、バルク LN 単結晶ウエハは 6 インチに対して、スパッタリング法で作製可能な AlN 薄膜では 8 インチで実用化されており、配向制御が達成できれば、スパッタ LN 薄膜の優位性は高い。そこで本研究では、エピタキシャル Al ドープ導電性 ZnO 層/(10-12)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上での (10-12)LN 薄膜のエピタキシャル成長を報告する。さらに、LN 共振子の擬似すべりモード励振特性を報告する。

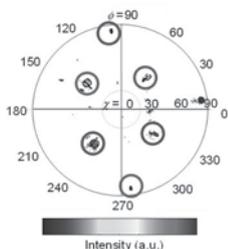


Fig.1 (10-14) pole figure of (10-12) LiNbO<sub>3</sub> film.

[1] L. Lv, Y. Shuai, X. Bai, S. Huang, D. Zhu, Y. Wang, J. Zhao, W. Luo, C. Wu, and W. Zhang, "Wide Band BAW Filter Based on Single-Crystalline LiNbO<sub>3</sub> Thin Film With Insulating Bragg Reflector," in *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr.*, vol. 69, no. 4, pp. 1535-1541, April 2022.

### 1-6-2

#### 1-6-2 c 軸 10° 傾斜配向 ZnO エピタキシャル薄膜における擬似横波励振特性

Quasi-shear mode resonance property of c-axis 10° tilted epitaxial ZnO thin film

☆岸大貴<sup>1,2</sup>, 柳谷隆彦<sup>1,2,3,4</sup>(早大<sup>1</sup>, 材研<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>, JST-FOREST<sup>4</sup>)

- ◆ 液体中で使用する薄膜共振子型センサや表面波センサには高い擬似すべりモードの電気機械結合係数  $k'_{35}$  を持つ圧電薄膜が要求される。過去に我々のグループは、基板面法線に対して c 軸を約 26° 傾斜させた ZnO 多結晶膜の作製に成功し  $k'_{35}{}^2 = 6.5\%$  を報告した。しかし、この方法では基板をカソードに対して垂直に設置する必要があり、カソードからの距離に応じて、同一基板内における薄膜の c 軸傾斜角度や膜厚にばらつきが生じるため、歩留まりが低くなってしまふ。また、多結晶膜は単結晶に比べ耐電力性が劣るという欠点がある。そのため、基板全面での同一傾斜角度で配向したエピタキシャル薄膜の作製が望ましい。本研究では a 面方向に 10° オフ角を付けた c 面サファイア基板上に Pt / ZnO 薄膜を RF マグネトロンスパッタ法によって作製し、 $k'_{35}{}^2$  を報告する。
- ◆ Fig. 1 より、10° 右にシフトした 6 回対称が確認できることから、ZnO 薄膜は 10° オフ角を反映してエピタキシャル成長していることが分かる。実測の変換損失と Mason の等価回路によって求めた変換損失を比較し、 $k'_{35}{}^2 = 2.1\%$  と推定された。

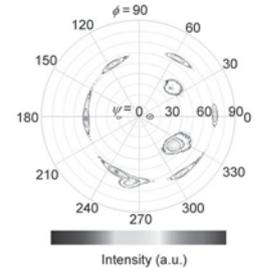


Fig. 1 (10-11) X-ray pole figure of ZnO thin film.

### 1-6-4

#### 1-6-4 弾性表面波振動子を用いた液中推進システムにおける粒子速度の評価

Evaluation of particle velocity for propulsion systems by surface acoustic wave transducer

☆谷村瞭(室工大・院), 黒澤実(東工大・院), 孔徳卿, 青柳学(室工大・院)

- ◆ 弾性表面波 (SAW : Surface Acoustic Wave) 振動子を用いた液中推進システムにおける粒子速度の評価を行った。
- ◆ Fig. 1, Fig. 2 に粒子速度を測定した結果を示す。入力電圧 27.6 V<sub>pp</sub> 印加した時に最大粒子速度 69.1 mm/s が得られた。
- ◆ Fig. 3 に推力を測定した結果を示す。入力電圧 76.2 V<sub>pp</sub> 印加した時に最大推力 3.6 mN が得られた。

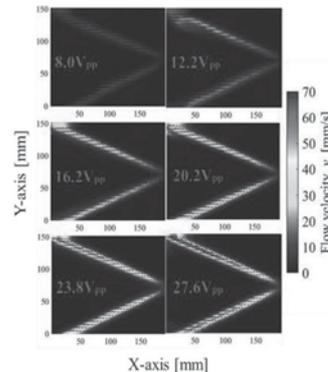


Fig. 1: Particle velocity of SAW transducer in water.

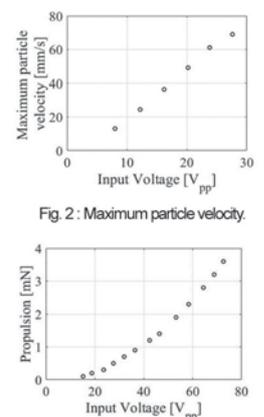


Fig. 2 : Maximum particle velocity.

Fig. 3 : Propulsion of SAW transducer.

### 1-6-5

#### 1-6-5 PZT 厚み振動子による液中推進システムの推力特性の検討

Thickness-Vibration-Mode PZT ultrasonic transducers for underwater propulsion system

☆平田 拓己, 花田 徳(室工大・院), 黒澤 実(東工大・院), 青柳 学, 孔 徳卿(室工大・院)

- ◆ PZT 円板厚み振動子(φ10×1 mm, 駆動周波数: 2.1 MHz)を用いたスイマーの粒子速度, 音圧, 推力の測定結果について報告する。
- ◆ Fig. 1 に振動面から高さ 6 mm で行った音圧測定の結果を示す。振動面中心部が最大であり, 37 kPa の音圧が得られた。
- ◆ Fig. 2 に PIV を用いて粒子速度測定の結果を示す。60 V<sub>pp</sub> のとき, 39 mm/s の速度が得られた。
- ◆ Fig. 3 に推力測定の結果を示す。60 V<sub>pp</sub> のとき, 9 mN の推力が得られた。

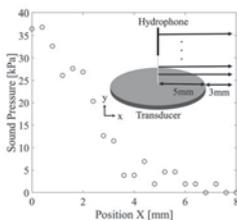


Fig. 1 The result of sound pressure measurement at 6 mm height.

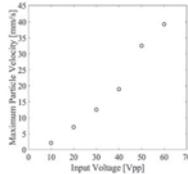


Fig. 2 The result of maximum particle velocity measurements.

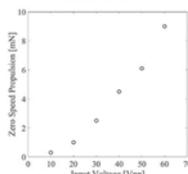


Fig. 3 The result of propulsion measurements.

### 1-6-7

#### 1-6-7 浮揚物体に作用する保持力からの解放

—近距離場音波浮揚による非接触ステップング搬送(18)—

Consideration of release from the holding force acting on the levitated object -Noncontact stepping transportation using near-field acoustic levitation (18)-

☆西川竜司, 青野浩平, 孔徳卿, 梶原秀一, 青柳学 (室蘭工大・院)

- ◆ 対向する振動板間の近距離場音波浮揚 (Fig.1) において, 浮揚物体に作用する保持力から解放する方法として, 浮揚物体を傾ける方法と上側振動板をずらす方法を音圧解析と音響流解析により検討した。
- ◆ 浮揚物体を傾けたとき, 浮揚物体の傾きが増加するほど搬送力が減少し, 浮揚物体は保持力から解放されなかった。(Fig.2)
- ◆ 上側の振動板のずれがある場合と無い場合での搬送力の解析結果より, どちらの結果も浮揚物体は保持力から解放されることが分かった。ずれがある方が負の搬送力が働きにくい。(Fig.3)

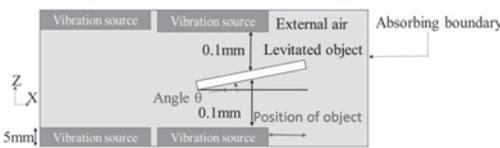


Fig.1 Model of finite element analysis

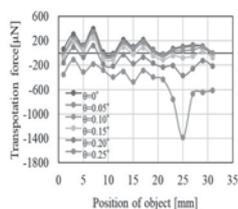


Fig.2 Simulated transportation force of levitated object with the angle of the levitated object.

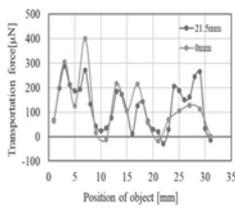


Fig.3 Simulated transportation force of levitated object with the shift of the vibration plate.

### 1-6-6

#### 1-6-6 曲げ振動平板の間隔と振動モードの影響

—近距離場音波浮揚による非接触ステップング搬送(17)—

Effect of Spacing and Vibration Mode of Bending and Vibrating Flat Plates, -Near-field acoustic levitation for non-contact stepping conveyance (17)-,

☆西雄太郎, 青野浩平, 孔徳卿, 梶原秀一, 青柳学(室蘭工大・院)

- ◆ Fig. 1(a), (b)のように有限要素法解析により振動板の構造および平板の曲げ振動の励振方法を示した。
- ◆ 2つの音圧分布を比較することにより乗り継ぎに適した振動モードを用いる必要がある可能性を示した。
- ◆ Fig. 2 は間隔に対する搬送力の解析結果である。振動板間隔は広くなるにつれて搬送力は減少することから, 振動板間隔は乗り継ぎ搬送に影響があることを示した。

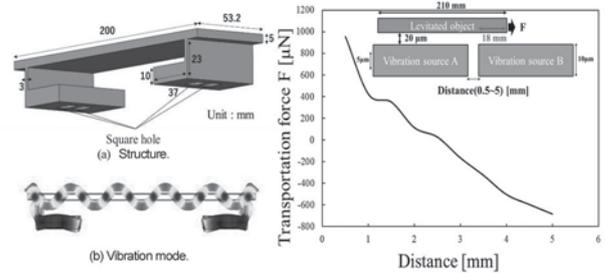


Fig. 1 Designed Vibration plate.

Fig. 2 Distance vs. transportation force F.

### 1-6-8

#### 1-6-8 円環型圧電セラミックスを用いた小型低周波空中超音波エミッタの検討

Study of Compact Low Frequency Airborne Ultrasonic Emitters Using the Annular Piezoelectric Element

☆浅野千春(日大院・理工), 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆ 空中超音波フェーズドアレイを用いた高速非破壊検査方法が行われている。
- ◆ 空中超音波フェーズドアレイを非破壊検査に用いる場合, サイドローブなどの不要な音波集束が生じ, アーチファクトが問題となっている。
- ◆ この課題に対して, 空中超音波フェーズドアレイに搭載する空中超音波エミッタ単体を小型化することでサイドローブの抑制が可能となっている。
- ◆ 本報告では, より小型を目指した円環型圧電セラミックスと金属膜を組み合わせた低周波用空中超音波エミッタについて検討した。

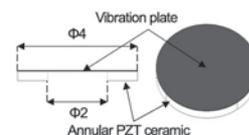


Fig. 1. Configuration of the ultrasonic emitter under test

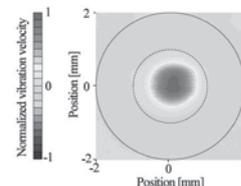


Fig. 2. Vibration velocity distribution

1-6-9

1-6-9 凍結試料の音速評価における温度依存性の検討

Examination of temperature dependence in speed of sound evaluation of frozen samples

○瀬戸駿(千葉大・院融合工), 田村和輝(浜松医科大)  
平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡(千葉大・CFME)

- ◆性状の異なる組織において、中心周波数 300 MHz の超音波で音速を評価し、後固定を施した凍結試料における評価時の温度の影響について検討した。
- ◆音速像に病理像に相応したテクスチャが示されていることから、組織構造に対応した音速評価ができておりと想定される(Fig. 1)。
- ◆平均音速を比較したところ、正常肝の音速は高温である方が平均 20 m/s 速いことを確認した。一方で、脂肪は高温であるほど音速が遅くなると言われているが、脂肪肝の結果ではその傾向は示されなかった(Fig. 2)。
- ◆音速の温度による変化傾向は、組織の性状の違いで異なり、組織への固定液の入り込み等による肝組織の体積弾性の変化によると推測される。

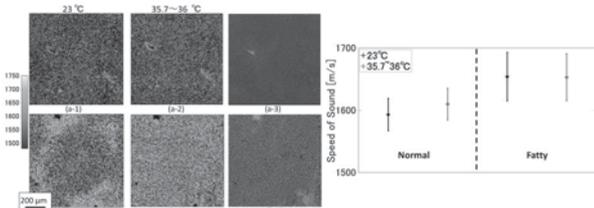


Fig.1.2D speed of Sound maps at different temperatures and histological images of normal liver and fatty liver ((a-1, a-2, a-3):normal, (b-1, b-2, b-3):fatty).

1-6-11

1-6-11 単一平面振動子を用いた Synthetic aperture imaging におけるスキャンピッチの影響に関する基礎検討

Basic study on effects from the scan pitch for synthetic aperture imaging using single flat ultrasonic transducer

◎ 長岡 亮, 大村真朗(富山大), 小林和人(本多電子), 長谷川英之(富山大)

- ◆将来的には、高周波数超音波アレイドプロブを用いて得られたデータに対して、平均音速値推定手法を応用することを目的としている。
- ◆上記の基礎検討として、単一平面振動子を用いた synthetic aperture imaging に対して平均音速値推定手法が適用可能かどうかを検討する予定である。
- ◆本報告では、平面振動子のサイズやスキャンピッチなどのパラメータを2つのシミュレーション実験によって検討した結果を報告する。
- ◆1つ目のシミュレーション実験では、素子幅を変更した際の音場のビーム角度を各深さにおいて計算した。
- ◆2つ目のシミュレーション実験では、平面振動子を機械走査することで得られるワイヤーターゲットからの信号に対して開口合成法を適用し、Bモード画像を構築した。この際に、素子幅・スキャンピッチを変更した際の空間分解能・グレーティングローブの影響を評価した。
- ◆本報告では、使用する単一平面振動子のサイズやスキャンピッチなどのパラメータをシミュレーション実験によって検討した結果を報告した。音場のビーム角度に関するシミュレーション実験結果より、素子幅は波長程度以下にする必要があることが示唆された。

1-6-10

1-6-10 送受信音場特性の排除による振幅包絡特性評価精度の向上

Investigation of improving the accuracy of amplitude envelope statistics by eliminating the transmitting/receiving sound field characteristics

☆氏原裕貴(千葉大・院融合), 田村和輝(浜松医科大),

森翔平(東北大院・工学研), 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡(千葉大・CFME)

- ◆超音波診断装置 (LOGIQ S8, GE Healthcare), リニアアレイプローブ (9L-D, GE Healthcare) を用いて送信フォーカス深度 (40, 80 mm) と送信素子数 (192, 81 40) の送信条件を変更し、音場特性が異なる条件下で同一対象から取得した信号に対して振幅包絡特性解析を適用し、解析モデルの評価精度を検討した。
- ◆本検討で評価対象とした媒質は、散乱体が密かつ均質に分布する構造であるため、散乱体数密度を評価する Nakagami モデルは 0.9~1.0 となることが想定されるが、振幅勾配が大きい 40 mm の焦点近傍領域において評価精度が低下することが確認された。また、マルチレイリー (MRA) モデルの成分数評価では単一の Rayleigh 分布と評価される割合が低下した。一方、振幅勾配が小さい 55 mm 以降の深部領域では両モデルともに評価精度が安定した結果が得られた。(Fig. 1)

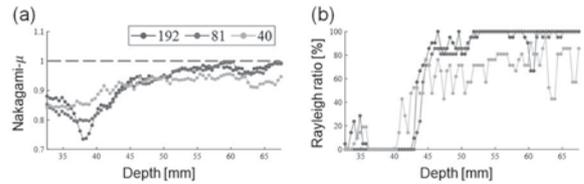


Fig. 1: Results of the estimated Nakagami-μ (a) and ratio of Rayleigh in the evaluation of the number of components in the MRA model (b) at each depth under the Tx condition (Tx aperture of 40, 81, 192 elements and Tx focus depth of 40 mm).

1-6-12

1-6-12 十字型プローブにおける頸動脈短軸断面の速度推定精度向上に関する研究

Investigation on improved accuracy of velocity estimation of carotid artery short-axis section by the crossed-shape probe

☆矢野達也, 茂澄倫也, 大村真朗, 長岡 亮, 長谷川英之(富山大・工)

- ◆頸動脈壁の短軸断面変位を推定するために、主アレイの垂直方向に2つのアレイ (補助アレイ) を配置した十字型プローブを提案した。
- ◆これまでの検討ではベクトルドブラ法を用いて速度推定を行うために補助アレイから照射する2つの角度の偏向平面波 (SPW) を検討したが、推定精度が十分でないことが考えられる。
- ◆本検討では、速度ベクトル合成における軸方向速度に主アレイから照射する集束ビームから求められる軸方向速度を追加する手法 (SPW+FB) を検討し、推定精度向上を図る。
- ◆設定速度に対する平行方向および垂直方向の偏り誤差 (BE) と平均2乗誤差平方根 (RMSE) を Fig.1 に示す。軸方向速度を追加することにより、垂直方向の推定精度が向上することが示された。

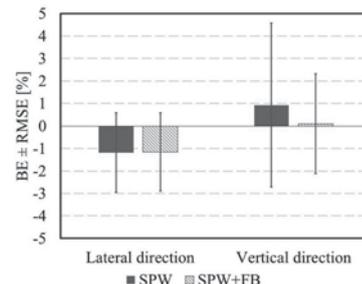


Fig.1: Bias errors and RMSEs

### 1-6-13

#### 1-6-13 深層学習による血液エコーの非スペckル成分識別における学習データ依存性の検討

Investigation on Training Data Dependence in Non-Speckle Component Discrimination of Blood Echoes Using Deep Learning

☆森 友雅, 茂澄倫也, 大村真朗,  
長岡 亮, 長谷川英之(富山大・工)

- ◆ 静脈の高速超音波イメージングにおいて血球のスペckルパターンに加えて、非スペckル成分がみられることがあり、本報告では深層学習を用いた非スペckルのセグメンテーションを試みた。
- ◆ 高い散乱強度を有する散乱体が血液内に単体または複数存在する学習データを数値シミュレーションにより作成し、非スペckル成分をセグメンテーションするようにCNNで学習させた。
- ◆ 結果、非スペckル成分の散乱強度が小さいほど学習データとテストデータ間の精度の差が顕著になり、非スペckル成分が存在しない条件では学習データの精度が100%になってしまう過学習が見られた。

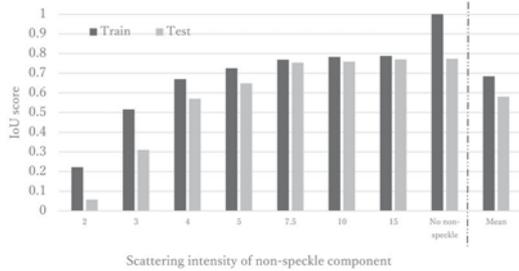


Fig. 1 IoU results under each condition at 150 epochs in training and validation

### 1-6-15

#### 1-6-15 超音波制御型微粒子放出法におけるトレーサ粒子放出量のマイクロバブル濃度依存性

Dependence of release amount of tracer particles on number density of microbubble in the ultrasonically-controlled particle release method

☆瀬尾康太(千葉大・工), △草逸汀(千葉大・院融合),  
△豊田太郎(東大・院総合文化), △林秀樹(千葉大・CFME),  
平田慎之介, 山口匡, 吉田憲司(千葉大・CFME)

- ◆ 超音波と超音波造影剤(マイクロバブル)の相互作用により、巨大ベシクル凝集体(GCV)から内包物である蛍光リポソームを放出させる。
- ◆ 超音波造影剤の濃度が蛍光リポソームの放出に及ぼす影響を確認するため、超音波造影剤の数密度( $n$ )が異なる条件において蛍光リポソームの放出量を定量的に評価した。
- ◆ 蛍光リポソームの放出に必要な照射超音波の音圧閾値は超音波造影剤の濃度条件に依存しないことが示された(Fig. 1(a))。
- ◆ また一定以上の超音波造影剤の濃度条件において、蛍光リポソームの放出量が飽和することを確認した(Fig. 1(b))。

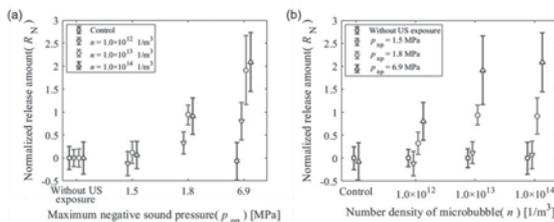


Fig. 1(a), Normalized release amount of tracer particles as a function of sound pressure (b) Normalized release amount of tracer particles as a function of number density of microbubble

### 1-6-14

#### 1-6-14 造影超音波を対象とした単極符号化パルス圧縮の相互相関処理

Cross-correlation processing of unipolar-coded pulse compression for contrast-enhanced ultrasound

☆萩原佑樹, 吉田憲司, 山口匡, 平田慎之介

- ◆ 造影超音波に単極符号化パルス圧縮を適用した際、通常のパルス圧縮とは異なり、非線形エコーによる圧縮パルスの振幅低下及びサイドローブは発生しない。
- ◆ 単極符号化パルス圧縮の相互相関処理における参照信号をデルタ関数 $\times 1, \times 2, \times 4$ と設定した際、それぞれのSNRを比較した。
- ◆ 散乱体を含む寒天中に水平方向に走行するシリコンチューブを配置した流路ファントムを作成し、チューブ内を流れるマイクロバブルを可視化する実験を行った。
- ◆ デルタ関数の増加に伴い、白色性雑音が低減され、提案した4つの参照信号では基本波成分によるサイドローブが低減された。

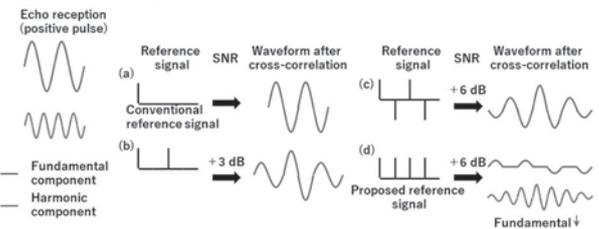


Fig. Reference signal and cross-correlation waveform in cross-correlation process

### 1-7-1

#### 1-7-1 スポーツと音

Acoustics and Sports

○大鶴 徹(大分大), 上田麻理(神奈川工科大学)

<あらまし>

スポーツと音は騒音としてだけでなく、選手にとっては日常的に関わっている、そして昨今では音響学に関連する非常に多くの分野とスポーツの関わる分野が係わりを持っている。このような背景のもとに、日本音響学会スポーツ音響調査研究委員会では、現在、スポーツと騒音だけでなく広く議論を行っている。



Fig. 音とスポーツをとりまく様々な事象の例

## 1-7-2

## 1-7-2 スポーツ音響への応用に適したアンサンブル平均を用いた吸音特性の現場測定法 — 体育館における現場測定(その4) —

An in-situ measurement method using ensemble averaging technique for sound absorption of materials installed in athletic fields  
 -- Applications of the EA method to materials in realistic gymnasiums Part-4

○大鶴 徹、富来礼次、岡本則子(大分大)、

池田夏菜、田原有彩、金城優斗、吉田新(大分大院)

- ◆大分大学第2体育館に於いて、2本のマイクロホンを用いるEApp法による現場測定を実施した
- ◆測定試料は持ち回りグラスウール・パネル (GW、600 mm x 600 mm x 50 mm, 32 kg/m<sup>3</sup>) と木製床面 (Floor)
- ◆音源3種: (i) 移動ポータブル・スピーカ6台、(ii) 暗騒音のみ、(iii) 移動ポータブル・スピーカ6台+サブウーファー1台
- ◆1250 Hz以上の周波数域で(ii)暗騒音のみの場合の吸音率が他2から乖離するものの、全般的に測定結果は近似の傾向を示した (Fig.1)
- ◆(i)(iii)の測定値は、従来のEApp法やEApp法の値と近似の値である

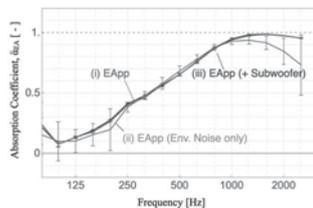


Fig.1: Mean values of absorption coefficient of GW at three incidence conditions: (i) six moving loudspeakers, (ii) Env. noise only (no loudspeaker), (iii) six moving loudspeakers + subwoofer. Vertical lines denote standard deviations.

## 1-7-4

## 1-7-4 ブラインドサッカーにおける蹴球音の音響計測と基礎的調査

Acoustic measurement and basic investigation of kicking sound in blind soccer

★梶竜也、二村亮平、高橋隼人、三春知史(神奈川工科大)、

福永克己(筑波技術大)、三浦貴大(産総研)、上田麻理(神奈川工科大)

- ◆<目的>  
ブラインドサッカーの蹴球音における、様々な条件下での音響学的特徴の違いを明らかにする。
- ◆<方法>  
ボールの種類、ボールの状態、蹴り方、蹴る強さ、蹴る方向の4条件を指定し、蹴球音を録音し、音響解析を行った。
- ◆<結果>  
動くボールと止まったボールの蹴球音により、ウィルコクソンの符号付き順位検定で有意傾向が確認された( $p < 0.10$ )。動くボールと止まったボールを蹴る時では、蹴ることの難易度が変わるため、インパクト音の違いがあると考えられる。



Fig.1: Scene of the blind soccer experiment

## 1-7-3

## 1-7-3 野球競技における打球音の音響学的特徴 — ホームベース付近と外野の守備位置ごとの違い — \*

Acoustical characteristics of hitting sounds in baseball: Differences between home base and outfield defensive positions

◎二村亮平、△新田晃司(神奈川工科大)、三浦貴大(産総研)、

△古城隆利、△山口雄大(日本体育大)、上田麻理(神奈川工科大)

野球に関する音には、主に打球音、捕球音、観客の歓声などが挙げられる。本研究の最終目的は、野球における感覚的な音情報を定量化し、データに基づいた競技力の向上方法、及び、指導方法の構築である。著者らはこれまで、打球音の収録の他、打球音や歓声が競技者に与える影響についてのアンケート調査を行ってきた。その結果、競技中の発生音は重要な情報源・判断材料であると考えられる。



本研究では引き続き、打球音の音響学的特徴を明らかにするため、多くのプロ野球選手を輩出している学生会日本体育大学硬式野球部の協力を得て、ホームベースの付近と外野の守備位置であるレフト、センター、ライトの4地点における打球音の音響計測を行い、打球の種類・方向、経験年数、身長、体重における打球音の違いを考察した。

## 1-7-5

## 1-7-5 運動時の動作に対するスピーカ性能の影響

Effects of loudspeaker performance on movement during exercise

◎三春知史(神奈川工科大)、三浦貴大(産総研)、春日秀雄(神奈川工科大)、  
 △松石遼太(TOA)、上田麻理(神奈川工科大)

- ◆スピーカの音質評価の多くは音響分野の専門的な知識を必要としており、音響分野の専門的知識がない人々は、物理評価や主観評価からスピーカの音質の良し悪しを判断することは困難である。
- ◆本研究ではスピーカの音質の違いが運動動作に与える影響を、OpenPoseを使用した動作解析によって明らかにすることで、客観的にスピーカの音質評価を可能にすることを目的とする。
- ◆本実験ではラジオ体操の動作解析を行ったところ、手首の移動量にスピーカの音質の差が影響を与えている可能性示唆された。3種類のスピーカごとの左手首の移動量をFig.1に示す。

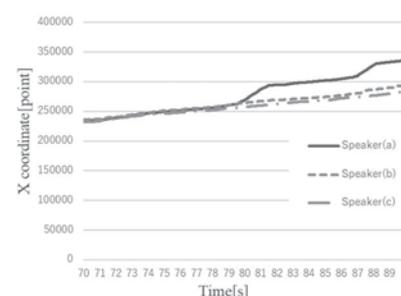


Fig.1 Cumulative sum of x-coordinates of the left wrist

### 1-7-6

#### 1-7-6 野球選手のモチベーション向上のための人工歓声付加システムの開発

Development of an artificial cheer addition system to improve the motivation of baseball players

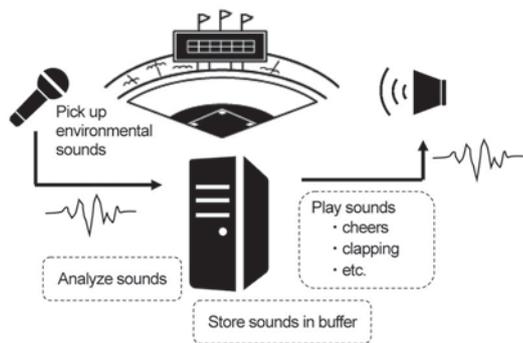
○春日秀雄, 三春知史, △新田晃司, △一色正雄, 上田麻理(神奈川工科大)

◆スポーツにおいて、観客からの声援は選手に大きな影響を与える

- ◇ 声援は選手のモチベーションを高める
- ◇ 声援があったほうが選手は試合に集中できる

◆人工的な歓声を自動的に付加するシステムを構築することで、野球選手のモチベーション向上を目指す

- 歓声を付加するタイミングは球場に設置したマイクから収集される音で判断
- 収集した音を分析し、歓声・応援・拍手といった音を識別
- 状況に応じて適切な音を球場内のスピーカーで再生



### 1-7-8

#### 1-7-8 身体活動時の大学生における内的発話の使用についての分析

An analysis of university students' inner speech during physical activity.

○久永将太(慶應大・総), 浅野恵子(順天堂大・医)

- ◆「内的発話」とは自分自身への問いかけや指示出し、思考の整理や調整などに用い、音声を伴わない発話だといわれている。
- ◆相手との対話・会話を伴わないコミュニケーション手段であるが、「発話・声には出さないが声」である事で、言語的活動とみなされている。
- ◆これまで学習者の身体活動時の心の状態と言語について調査した研究はされていない。
- ◆18~24歳の大学生男女合計80名にアンケート調査を実施した。
- ◆日常生活と運動時では共通して、音声および映像を内的発話に使用すると回答が多く、文字を内的発話に使用する回答は少なかった。
- ◆2つの質問項目：①日常生活における内的発話について、②運動時における内的発話について、である。
- ◆②のアンケート調査項目と結果について以下の図に示している。

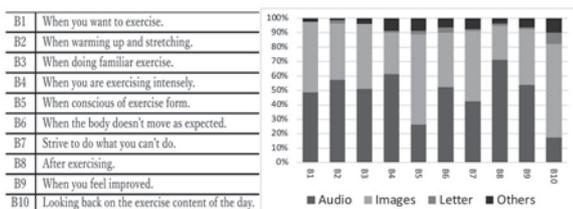


Fig.1: Questionnaire survey of inner speech during physical activity.

### 1-7-7

#### 1-7-7 音楽の聴取レベル等が自転車エルゴメーターの運動に与える影響

Music listening level etc. Effect of bicycle ergometer on exercise

☆稲葉陵人, 三春和史, 春日秀雄, 田中哲雄, △高嶋渉, 高橋勝美, 松本一教, 上田麻理(神奈川工科大学)

- ◆音と運動に関連する研究の多くは、音楽リズムの変化に対するバイタル情報やパフォーマンスの変化に着目した研究が主であり、聴取レベルや実験参加者の体調や気分に関心を当てた研究は少ない。
- ◆本研究では大学生のその日の気分やメンタルに合わせた聴取レベルを設定し、体調と聴取レベルの関係性や運動パフォーマンスの変化など身体に与える影響を明らかにすることを目的とした。
- ◆POMS2 から総合気分状態を表す7尺度を解析し、今回の実験と関連度の高い抑うつ—落ち込み(以下DD)、疲労—無気力(以下FI)、緊張—不安(以下TA)、活気—活力(以下VA)の4尺度と聴取レベルの関係について検討した。



Fig.1 Experimental environment

### 1-7-9

#### 1-7-9 FPSゲームにおける聴覚情報利用の重要性に関する検討その1

A basic study on the importance of using auditory information in FPS games part 1.

☆久我一輝, 平塚大和, 春日秀雄, 塩川茂樹, 上田麻理(神奈川工科大)

- FPSゲーム(First Person Shooter)では、プレイヤーの足音や銃声といったゲーム内の音を聞くことでプレイヤーの位置や状況を大まかに把握することができるためゲームの音を聞いて情報を得ることが重要となってくる。本研究では、聴覚情報の利用がプレイヤーレベルの違いでどう変化するか調査を行い、FPSゲームのプレイヤーレベルにおける聴覚情報の利用方法の違いについて考察する。

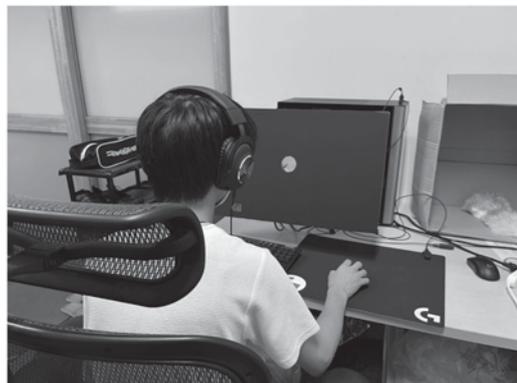


Fig.1 The FPS experiment with restricted vision.

## 1-7-10

### 1-7-10 対戦格闘ゲームにおけるコントローラー操作音から得られる情報の検討

Examination of information obtained from controller sounds in fighting games

☆平塚大和, 久我一輝, 春日秀雄, 田中哲雄,  
松本一教, 上田麻理(神奈川工科大)

本研究は対戦格闘ゲームを対象とし、その中でプレイヤーのコントローラー操作音に着目した。そこでプレイヤーごとのコントローラー操作音を比較することによりプレイヤーの腕前を計る指標となりえるか明らかにしていく。実験は最大4人での総当たり戦を6グループ行い、それぞれのコントローラー操作音を録音した。録音した音データを用いて最大音圧レベルをプレイヤーごとに比較した結果、プレイヤーの腕前順に最大音圧レベルが大きくなる結果が得られた。



Fig.1: Experimental scene of fighting game

## 1-8-1

### 1-8-1 時間周波数表現に基づく 深層学習モデルのための秘密鍵を用いた 暗号化によるアクセス制御

Access control by encryption using secret key for deep neural network based on time-frequency representation

☆丹羽祥子, 塩田さやか, 貴家仁志(都立大)

#### ◆背景と目的

- クラウドサービスにおけるデータ漏洩の可能性
- スペクトログラムなどの二次元表現データを分類するモデルにおけるモデル保護とプライバシー保護が必要

→ Fig.1に示すシナリオを想定した、  
**秘密鍵を用いた暗号化によるアクセス制御法の提案**

#### ◆提案法の評価

- 正規ユーザのみが正しくモデルを使用可能
- 暗号化したスペクトログラム(Fig.2)の位相復元は困難

→ **モデルおよびスペクトログラムの保護が可能**

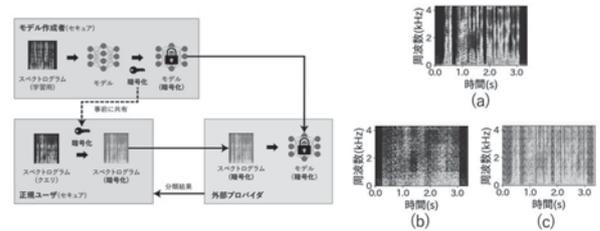


Fig.1: Model access control overview

Fig.2: Encryption of spectrograms ((a): original, (b): pixel shuffling, (c): bit flipping)

## 1-8-2

### 1-8-2 多言語音声データベースを用いた話者照合のための声道長正規化によるデータ拡張

Voice-Tract-Length-Normalization-based data augmentation for speaker verification with mixed language speech database

☆若松智花, 塩田さやか, 貴家仁志(都立大)

#### 【背景】

- ◆ x-vector に代表される深層学習を用いた話者照合の最先端手法において最大限の性能を発揮するためには大量の音声データが必要
- ◆ 十分な量のデータベースが存在しない言語を用いる場合、ファインチューニングやデータ拡張などの手法が必須

#### 【提案】

- ◆ 従来のデータ拡張ではノイズ重畳等による発話数の拡張が一般的
- ◆ 本研究では声道長正規化 (VTLN) と呼ばれる手法を用いて話者数の疑似的な拡張を行う (Table 1)
  - VTLN: 音声認識において話者間の声道長の違いによって生じる歪みを取り除くために用いられる手法

#### 【結果】

- ◆ 従来のノイズ重畳と VTLN を併用することで全ての条件においてベースラインと比べて大幅に精度が向上 (Table 2)
- 話者照合における話者数の拡張の有効性を示した

Table 1 Number of speakers and amount of data for each method

Data augmentation	Number of speakers	Total speaking time (hour)
None	1,795	502.483
Noise	1,795	1510.172
VTLN(all)	5,385	1506.318
VTLN(select)	3,681	957.588
VTLN(select)+Noise	3,681	2875.488

Table 2 EER(%) for each data augmentation method and number of dimensions for each speaker embedding

Data augmentation	EER(%)		
	Embedding dimensions 512	1024	2048
None	6.637	7.456	7.456
Noise	5.422	<b>5.056</b>	5.702
VTLN(all)	8.030	8.333	7.181
VTLN(select)	7.639	7.340	5.620
VTLN(select)+Noise	<b>4.193</b>	5.702	<b>4.984</b>

## 1-8-3

### 1-8-3 高調波間の位相差に基づく発話区間検出

Voice activity detection based on phase difference between harmonics

◎細田侑也(豊橋技科大)

#### ◆背景

- ✓ 音声信号から基本周波数を推定するために発話区間検出が必要
- ✓ 位相スペクトルと振幅スペクトルは互いに作用しているが従来の発話区間検出は振幅スペクトルに関する特徴量のみを採用

#### ◆提案手法

- ✓ 時間経過だけでなく高調波の次数にも依存せずに第 h と第 h+1 高調波間の位相差が一定であることに注目
- ✓ 観測した高調波間の位相差と理論値との一致度を評価して発話区間を検出する手法を提案

#### ◆評価結果

- ✓ 雑音が付加された環境下でも音声信号から発話区間を検出し高調波間の位相差は特徴量として有効であることを確認

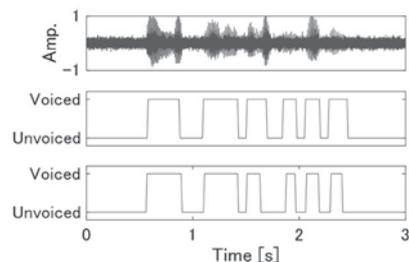


Fig.1: Speech signal (Upper) / Correct label (Middle) / Estimated label (Lower)

### 1-8-4

#### 1-8-4 「声の大きさ」と「距離感」の 教示における音声生成の違い

Variations of the speech production by Instructions "Louder" or "further"

○高野佐代子 土田義郎(金沢工大)

- ◆ 音声はコミュニケーションにおいて重要な基礎をなす。ここではボイストレーニングにおける「大きな声」と「距離感」(どちらも大きな声になる教示)について、音声生成の面から調査を行う。
- ◆ 防災放送の発話内容で、声の大きさ課題(大・中・小)、距離感課題(遠・中・近)の2種類×3パターン、計6パターンで発話させた。口唇の縦方向と横方向の開き、さらに胸バンドによる呼吸の大小について、被験者6名の計測を行った。
- ◆ その結果、Fig. に示すように、声の大きさ課題と距離感課題では、それぞれに方略の違いが見られた。声の大きさ課題では口の横幅と胸の呼吸が変化する。また距離感課題では口唇を縦方向に開ける一方で、横方向の変化・胸の呼吸の変化は小さかった。

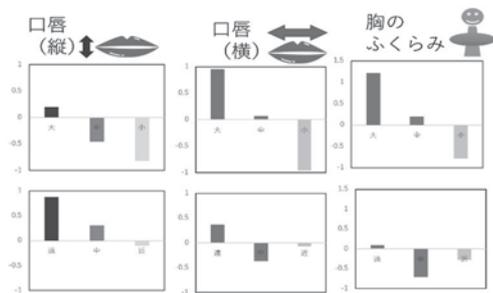


Fig. "Louder (top)" vs "Further (bottom)"

### 1-8-6

#### 1-8-6 多変量ガウス分布を用いた 複数サンプル生成サブバンド WaveRNN に 基づく高速なニューラルポコーダー

Multi-sample subband WaveRNN via multivariate Gaussian for fast neural vocoding

◎金川裕紀 井島勇祐 (NTT)

- ◆ ニューラルポコーダーは、従来の信号処理ベースのポコーダーよりも高品質な音声を合成できるが計算量が大きく、高速な推論に GPU 等の並列プロセッサが必要であることが多い。
- ◆ CPU での高速推論には計算量削減が重要。系列長を大幅に短縮可能なサブバンド WaveRNN や、順伝搬の回数削減のため WaveNet や LPCNet を複数サンプル生成に拡張した手法が提案されている。
- ◆ さらに高速化のため、サブバンド WaveRNN を複数サンプル生成に拡張。またサブバンド信号間の関係性が失われやすい点に着目し、それらを多変量ガウス分布で同時モデル化。
  - 2 サンプル同時生成の場合、1.81 倍の高速化を実現
  - 上記速度の条件において、TTS で予測した音響特徴量に対し、自然性を損わず動作 (MOS : 4.08)

Table 1: Average real time factors (RTFs) @ Intel Core i7-8750H 2.20GHz. "Speed enhancement" denotes the improvement over Conventional (M=1, w/o MV).

Method	RTF	Speed enhancement
Conventional (M=1, w/o MV)	0.170	-
Proposed (M=1, w MV)	0.171	1.00x
Proposed (M=2, w/o MV)	0.094	1.81x
Proposed (M=2, w MV)	0.094	1.81x
Proposed (M=4, w MV)	0.052	3.27x

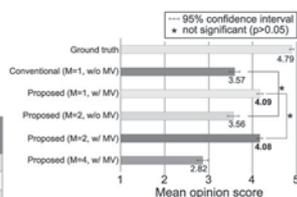


Fig. 1: Mean opinion scores of naturalness of synthetic speech. Acoustic features are predicted by Tacotron2.

### 1-8-5

#### 1-8-5 FC-HiFi-GAN :全結合層型アップサンプリングを導入した高速 HiFi-GAN

FC-HiFi-GAN: High-speed HiFi-GAN with fully connected layer upsampling

☆山下陽生(1,2), 岡本拓磨(2), 高島遼一(1), 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)

- ◆ HiFi-GAN の高速版として提案された Multi-Stream HiFi-GAN および iSTFTNet を合わせた新たな高速版モデルとして FC-HiFi-GAN を提案する。FC-HiFi-GAN では最後の4倍アップサンプリングを学習可能な全結合層で置き換え、並び替えによりアップサンプリングを行うシンプルモデルである。

◆ 実験結果は、

	Multi-Stream HiFi-GAN	iSTFTNet	FC-HiFi-GAN
MOS	4.45	4.23	4.23
RTF	0.45	0.35	0.35

となり、iSTFTNet と FC-HiFi-GAN が合成速度、合成品質のバランスが良いという結果になった。

- ◆ FC-HiFi-GAN に採用された全結合層のほうが iSTFT よりも改良の余地があるため、FC-HiFi-GAN のほうが今後の応用に期待できる。

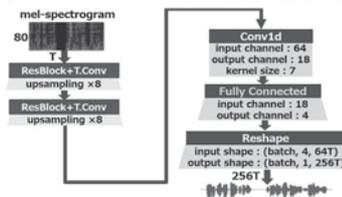


Fig.1: FC-HiFi-GAN model outline

### 1-8-7

#### 1-8-7 Sequence-wise parameter extraction of quasi-harmonic modeling for speech waveform

☆Shaowen Chen, Tomoki Toda (Nagoya University)

- ◆ **Aim:** To propose a new method to improve the performance of quasi-harmonic model (QHM) methods.
- ◆ **Problems:** QHM methods are limited while the frame shift increases because of the loss of information between frames.
- ◆ **Solution:** Back propagation (BP) method is employed to be combined with QHM methods. It uses the results of QHM methods as the initial input and use the loss between synthetic speech and target speech to backward propagate the gradient through the speech generation process.
- ◆ **Evaluation:** The optimized parameters to resynthesize the speech, which is closed to the ground truth, are obtained by BP optimization methods with the database of the LJSpeech corpus. And the resynthetic speech are tested in terms of SRER and STOI, shown as Tab. I.
- ◆ **Summary:** The proposed method can extract the frame-wise QHM parameters accurately and outperform the QHM methods in terms of the speech resynthesis.

Method	QHM	eaQHM	BP-QHM	BP-eaQHM
SRER	11.7	5.9	36.2	27.8
STOI	0.83	0.83	0.99	0.99

Tab. I: Average RMSE, SRER and STOI scores

1-8-8

1-8-8 SpecGrad:雑音のスペクトル包絡を制御する  
拡散確率モデルに基づくニューラルボコーダ

SpecGrad: A DDPM-based Neural Vocoder with Adaptive Noise Spectral Shaping  
○小泉 悠馬, 全 炳河 (Google), 矢田部 浩平 (農工大),  
Nanxin Chen, Michiel Bacchiani (Google)

- ◆ 拡散確率モデルに基づく新たなニューラルボコーダを提案 (Fig. 1)
- ◆ 従来法と同等の計算コストで高品質な音声波形を合成可能 (Table 1)
- ◆ デモページ: [wavegrad.github.io/specgrad/](https://wavegrad.github.io/specgrad/)

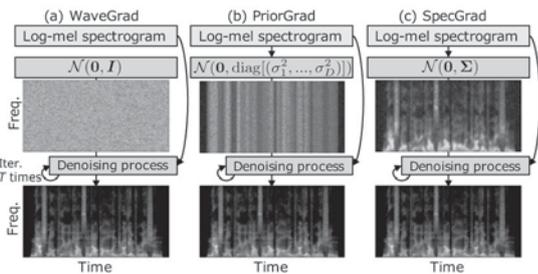


Fig.1:(a) WaveGrad, (b) PriorGrad with a diagonal covariance matrix, and (c) Proposed SpecGrad. Proposed SpecGrad in (c) adapts noise to signal power and spectral envelope from conditioning log-mel spectrogram.

Table 1: Results of MOS and SxS test with their 95% confidence intervals. Positive SxS score means SpecGrad is preferred.

Method	MOS (↑)	SxS
WaveGrad	4.14 ± 0.085	0.161 ± 0.065
PriorGrad	4.02 ± 0.070	0.360 ± 0.075
SpecGrad	<b>4.31 ± 0.072</b>	—

1-8-10

1-8-10 基本周波数制御可能な  
メルスペクトログラム入力型 HiFi-GAN の初期検討  
Initial investigation of fundamental frequency controllable HiFi-GAN  
conditioned on mel-spectrograms

☆清水聡太(1,2), 岡本拓磨(2), 高島遼一(1), 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)

- ◆ 本研究では, Harmonic-Net+で合成した基本周波数 (F0) 制御音声を用いてデータ拡張を行い, 通常のHiFi-GANをStudent modelとして学習することで, Harmonic-Net+のF0制御性能を維持しつつ合成速度の高速化を図る。
- ◆ 入力特徴量をメルスペクトログラムとF0制御倍率にすることで, F0抽出を行わずF0制御を可能にする試みを検討する。
- ◆ 実験結果より, F0制御倍率のみでもF0をある程度制御できることを確認できたが, 音質や声質が今後の課題である。

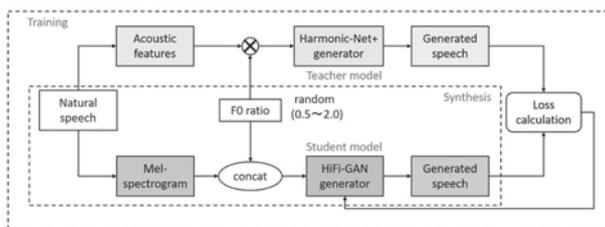


Fig.1:Proposed method

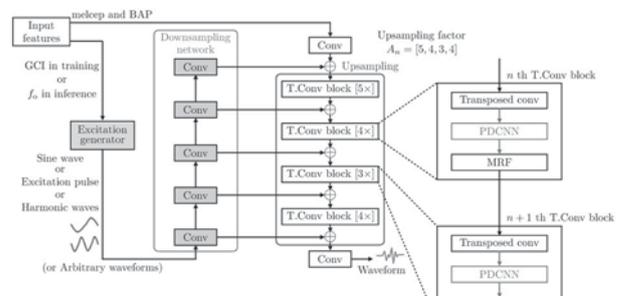
1-8-9

1-8-9 Harmonic-Net+ : 高調波入力と  
Layerwise-Quasi-Periodic畳み込み  
を用いた基本周波数制御可能な高速  
ニューラルボコーダ

Harmonic-Net+:  
Fundamental frequency controllable fast neural vocoder with  
harmonic wave input and Layerwise-Quasi-Periodic CNNs

△松原圭亮<sup>2,1</sup>, ○岡本拓磨<sup>1</sup>, 高島遼一<sup>2</sup>,  
滝口哲也<sup>2</sup>, 戸田智基<sup>3,1</sup>, 河井恒<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>情報通信研究機構, <sup>2</sup>神戸大学, <sup>3</sup>名古屋大学)

- 従来法: Period-HiFi-GAN  
・ 女性話者における合成品質が既存方式に劣る
- 提案法1: Harmonic-Net  
・ ダウンサンプリングネットワークに高調波を入力  
-> フル帯域歌声合成においてPeriodNetと同等の品質
- 提案法2: Harmonic-Net+  
・ Harmonic-NetにLayerwise-Quasi-Periodic畳み込みを導入  
-> 未知話者合成においてWORLDやuSFGANよりも高品質



1-8-11

1-8-11 (招待講演) 知覚に伴う音声合成に  
向けた機械学習とコーパス

(Invited talk) Machine learning and corpus  
for perception-aware speech synthesis

○高道 慎之介 (東大)

機械学習とコーパス。  
私の好きな言葉です。

### 1-8-12

#### 1-8-12 The VoiceMOS Challenge: Data-Driven Mean Opinion Score Prediction for Synthesized Speech

○ Erica Cooper (National Institute of Informatics)

- ◆ We introduce the first **VoiceMOS Challenge**, a shared task for data-driven Mean Opinion Score (MOS) prediction.
- ◆ We first collected a **large-scale dataset of MOS ratings** of audio samples from **187 systems** from past Blizzard Challenges, Voice Conversion Challenges, and ESPnet-TTS.
- ◆ We next used this MOS dataset to **train automatic MOS predictors** and analyze their generalization ability.
- ◆ We found that **self supervised learning based models** for speech could be fine-tuned for the MOS prediction task with good generalization ability.
- ◆ We shared our MOS dataset to be used in the **first VoiceMOS Challenge**, which attracted **22 teams** from academia and industry.
- ◆ The challenge had a **main track** and an **out-of-domain track** with a smaller amount of data from a separate listening test.
- ◆ **Self supervised learning based approaches** again were shown to be useful for MOS prediction.
- ◆ Model ensembling, multi-task learning, and use of speech recognizers were also popular approaches.
- ◆ Prediction was more difficult for **unseen speakers and listeners** in the main track, and **unseen systems** in the OOD track.

### 1-8-14

#### 1-8-14 UTMOS:VoiceMOS Challenge2022 に向けた UTokyo-SaruLab チームの自然性 MOS 予測モデル

UTMOS: Team UTokyo-SaruLab MOS prediction model for VoiceMOS Challenge 2022

- ☆中田 亘 (東大 工学部), 辛 徳泰, 佐伯 高明(東大院・情報理工)
- 郡山 知樹(東大院・情報理工/サイバーエージェント)
- 高道 慎之介, 猿渡 洋(東大院・情報理工)

■SoTA情報 @UTokyo

**うわっ…私の声の自然性低すぎ…?**

無料5秒で、自然性MOSが分かる「UTMOS Demo」。結果もすぐ分かる。CHECK!




### 1-8-13

#### 1-8-13 個人性を考慮したテキスト音声合成サービスとその展望

Text-to-speech service considering personality and its prospects

○大谷大和(エーアイ)

- ◆本講演では当社のテキスト音声合成システム「AITalk®」とともに、個人性を重視したオリジナル音声合成辞書作成サービス「AITalk® Custom Voice®」についてご紹介します。
- ◆サービス実現に向けて、辞書作成における工夫点や今後の展望についても併せてご紹介します。

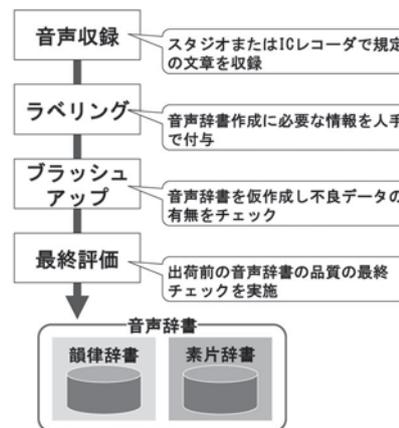


Fig.1: Working process of Custom Voice® service

### 1-8-15

#### 1-8-15 半教師あり学習を用いた階層化生成モデルに基づく日本語 end-to-end 音声合成

Japanese end-to-end speech synthesis based on hierarchical generative models using semi-supervised learning

©藤本崇人, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一(名工大)

本稿では、end-to-end 音声合成のための階層化生成モデルを提案する。階層化生成モデルはend-to-end 音声合成の枠組みで音素などの中間特徴量を利用する。それにより学習データ量の問題に対処する。また、end-to-end 音声合成のもう1つの問題である制御性について取り組む。音声合成において、読みやアクセントを確認及び修正する枠組みは重要である。本稿では、中間特徴量による制御が可能な階層化生成モデルを提案し、合成音声の自然性向上と読みを変更して音声を合成できることを確認した。

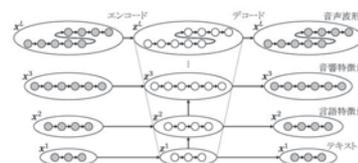


図 1: 階層化生成モデルの概要

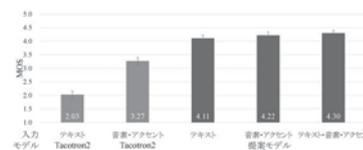


図 2: 自然性に関する MOS 試験の結果

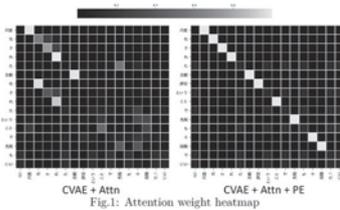
1-8-16

1-8-16 注意機構付き VAE を用いた  
テキスト発話スタイル変換の改良

Improvement of Spoken text style transfer  
with conditional variational autoencoder and attention mechanism.

☆吉岡大貴, 安田裕介(名大),  
松永悟行, 大谷大和(株式会社エーアイ), 戸田智基(名大)

テキスト音声合成(Text-to-speech:TTS)の研究は進展し,感情やキャラクター性などの「スタイル」を付与した音声の合成が盛んに研究されている。一方,キャラクター性のようなスタイルは音声だけでなく発話テキストにも大きく影響する。より適切なスタイル制御のために,音声に付与したいスタイルに合わせてテキストのスタイルも制御可能な「テキストスタイル変換」技術が必要である。テキストスタイル変換を実現する上では,パラレルデータの作成コストが大きな課題となる。これに対し,我々は,ノンパラレルだがスタイル情報が付与されたデータを用いてスタイル変換を行う CVAE + Attn を提案した。しかし,変換前後で内容語の出現順や出現数が変化してしまうという傾向が見られており,十分な結果は未だ得られていない。本稿では,CVAE + Attn に Positional Embedding (位置埋め込み, PE) を導入することで,コンテンツ保存性を改善することを試みる。日本語テキストのスタイル変換タスクを対象とした実験的評価の結果から,本手法の有効性を示す。



1-8-18

1-8-18 Sequence-to-sequence  
歌声合成のための音符位置に基づく  
アテンション機構の検討

A study on musical note position-aware attention mechanism for sequence-to-sequence singing voice synthesis

◎法野行哉, 橋本佳, 南角吉彦, 徳田恵一(名工大)

- 本稿では, 音符位置に基づくアテンション機構を導入した sequence-to-sequence (seq2seq) 歌声合成を検討する。
- 提案手法では, アテンション機構によって楽譜の音符位置を適切に考慮したアライメント推定が行われるため, 音素単位の楽譜特徴量からフレーム単位の音響特徴量の生成を, 単一の seq2seq モデルによって実現する。
- 実験により, 外部のタイミングモデルや継続長モデルを用いた時間構造の事前推定を行うことなく, 自然な歌声の合成が可能であることを示した。

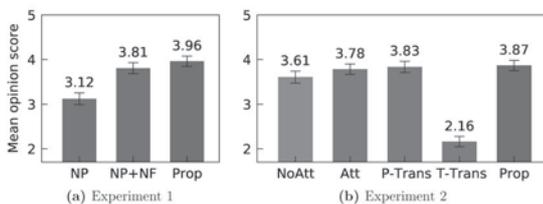


Fig. 1: Subjective evaluation results with 95% confidence intervals.

1-8-17

1-8-17 微分可能なメルケプストラム  
合成フィルタを組み込んだ  
end-to-end 音声合成システムの検討

Embedding a differentiable mel-cepstral synthesis filter  
to an end-to-end speech synthesis system

◎吉村建慶<sup>1,2</sup>, 高木信二<sup>1,2</sup>, 中村和寛<sup>2</sup>, 大浦圭一郎<sup>2</sup>, 法野行哉<sup>1</sup>,  
橋本佳<sup>1</sup>, 南角吉彦<sup>1</sup>, 徳田恵一<sup>1,2</sup> (1名工大, 2テクノスピーチ)

近年, 非線形フィルタを用いた音声波形生成モデルが広く用いられているが, 線形フィルタの利点を上手く利用することができていなかった。本稿では, 線形フィルタをニューラルネットワークに基づく音声合成システムに組み込むことが, システムの制御性の向上とシステム全体の学習の助けになると考え, これを実現するための枠組みを提案する。線形フィルタとしては, 従来広く用いられてきたメルケプストラム合成フィルタを採用し, この合成フィルタを微分可能な形で実装することで, 音声合成システムを end-to-end に学習できることを示す。

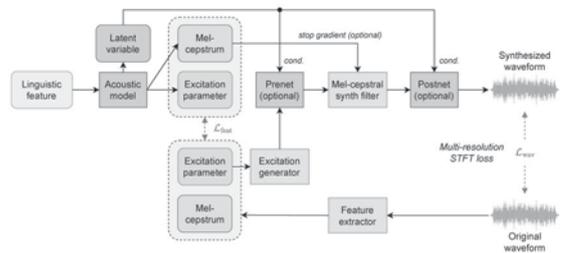


Fig. 1 Training of the proposed speech synthesis system

1-8-19

1-8-19 自発的対話を用いた潜在スタイル表現の  
抽出・予測に基づく音声合成

Text-to-speech synthesis based on the extraction and prediction of latent speaking style representation using spontaneous dialogue

◎三井健太郎, 趙天明, 沢田慶 (rinna),  
法野行哉, 南角吉彦, 徳田恵一(名工大)

- ◆人間の対話に近い音声合成に向けて
  - 模擬対話ではなく実際の自発的対話を収録
  - End-to-end 音声合成手法 VITS に発話レベルの潜在変数(潜在スタイル表現)を導入した VAE-VITS, GMVAE-VITS を提案
    - ◇ 笑い声や相槌を含め, 対話における多様な発話スタイルを表現
  - 過去の潜在スタイル表現および BERT 特徴量から現在の発話の潜在スタイル表現を予測する style predictor を提案
    - ◇ 対話履歴を考慮し, 相手の発声に同調した音声合成が可能
- ◆GMVAE-VITS + style predictor は対話レベルの自然性を改善
- ◆GMVAE-VITS の事前分布を用いて発話スタイルを制御可能

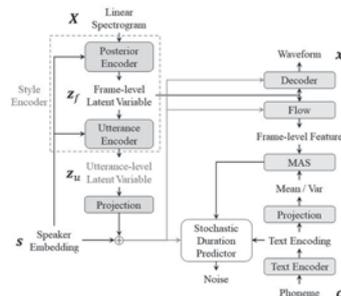


Fig.1: Training procedure of VITS incorporating utterance-level latent variable

1-9-1

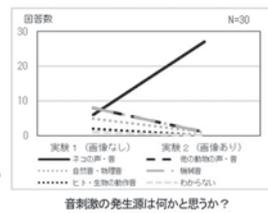
ネコの鳴き声の言語表現について  
-ノドを鳴らす声は“purr”か?-

How we express the throat sound cats make: Is it "purr"?  
○横山安紀子(日本大学)

ネコがノドを鳴らす声を「ことば」として表現するとき、一般的に英語では“purr”と表記される。しかし実際に動物が発する声はこうした表記のとおりではない。本研究は動物の鳴き声に着目し、実際の鳴き声から人間の言語表現に至る過程とその要因を明らかにすることを目的とする。

英語母語話者を対象とした聴覚-視覚の異感覚刺激を用いた知覚実験を行った。聴覚刺激としては1頭の個体がノドを鳴らす時の声を録音したものを被験者に聞かせ、どのように表記するか、また発生源は何かと思うか、ということについて調査した。視覚刺激は異なる2種類の画像(ネコの画像のないもの・あるもの)を提示した。

結果としては、聴覚刺激を「ことば」として表す時、視覚情報がなければ、聴者は音声に依存する傾向であるのに対し、視覚情報が伴えば視覚情報に大きく影響を受ける傾向があることが示された。これは日本語母語話者による実験結果と共通するものであった。しかし、表記について英語母語話者においては /p/ + /r/ の組合せとする回答が多く見られたが、これは日本語母語話者による結果 (/g/ + /r/ とする回答)と大きく異なるものであった。このことから、人間の言語表現は「視覚」情報に大いに依存することが言語普遍的に見られる一方、「ことば」としての表現は聴者個人の言語的背景に依存し辞書項目から選ぶ傾向を示唆していることがわかった。



1-9-2

1-9-2 アクセントから見た北海道ことばの  
音調の特徴

Tonal characteristics seen from word accentuation in Hokkaido dialect  
○佐藤大和(東京外大), 山崎亜希子(早稲田大)

北海道の内陸部(札幌など)での方言は比較的共通語に近く、住民は方言を話している意識が希薄であると言われている。しかし、北海道の人々の発話には、共通語とは異なる音調や抑揚の感じられることが多い。本報告は、“北海道っばい”言葉の音調上の特徴はどのようなものであるかを明らかにするため、まずアクセントの形式を共通語との比較から考えてみたものである。(北海道アクセントの語は‘カタカナ’、共通語の場合は‘ひらがな’で表記する)

◆共通語では、アクセントは語尾から数えて3番目の拍に置かれやすいが、北海道方言では、後ろから2番目の拍に置かれるケースが顕著である。その事由として以下の事項が挙げられる。

- 1) 一段動詞、形容詞の連用形で共通語のようなアクセント移動がない  
タベ<sup>レ</sup>テ<sup>レ</sup>た<sup>レ</sup>べて (食べて), アオ<sup>レ</sup>ク<sup>レ</sup>あ<sup>レ</sup>おく (青く)
- 2) 「ない」などの付属語アクセントの優位性  
タバ<sup>ナ</sup>イヤ<sup>タ</sup>た<sup>ベ</sup>ない (食べない), アル<sup>カ</sup>ナ<sup>イ</sup>ヤ<sup>ア</sup>ある<sup>カ</sup>ない (歩かない)
- 3) 助数詞等の2拍要素のアクセント優位性  
「列」: イチ<sup>レ</sup>ツ<sup>レ</sup>, ニ<sup>レ</sup>ツ<sup>レ</sup>, サン<sup>レ</sup>ツ<sup>レ</sup> (いち<sup>レ</sup>れつ, に<sup>レ</sup>れつ, さ<sup>レ</sup>んれつ)
- 4) 3拍2型の語が比較的多く、複合語でも保存される  
ウサ<sup>レ</sup>ギ<sup>ャ</sup>う<sup>サ</sup>ぎ (平板) (兎), オト<sup>レ</sup>ナ<sup>ャ</sup>お<sup>ト</sup>な (平板) (大人)  
ゴ<sup>ハ</sup>ン<sup>ャ</sup>ご<sup>ハ</sup>ん (ご飯), アサ<sup>ゴ</sup>ハ<sup>ン</sup>あ<sup>サ</sup>ご<sup>ハ</sup>ん (朝ご飯)

◆上記のほか、北海道の地名等の語構造とアクセントの関係、また北海道方言特有の1型(頭高)アクセントについても述べる。

1-9-3

1-9-3 声道断面積関数の操作による  
モンゴル語母音音韻特徴の検出

Investigation of acoustic properties of Mongolian vowels by modification of vocal tract area functions

☆加地優太, 竹本浩典(千葉工大), 斎藤純男(拓殖大),  
玉栄(内蒙古大), 前川喜久雄(国語研)

- ◆元来、モンゴル語母音の男性母音は後舌、女性母音は前舌とされていたが、現在は別の調音音声学的な対立へと移行したと言われている。
- ◆われわれは MRI や声道断面積関数を用いて計測・分析を行い、男性母音と女性母音で舌根の前後位置が変化していることを確認した。
- ◆本研究では、舌根の前後位置がモンゴル語母音にどのような影響を与えるか検討するために、対立する母音の声道断面積関数をモーフィングし知覚実験を行なった。
- ◆その結果、咽頭の形状を対立する母音のものに置き換えても、音響的な変化は不十分で知覚は変化しなかった。これは男性母音・女性母音を対立させる要因は咽頭に局在するのではなく、声道全体に存在することを示唆している。

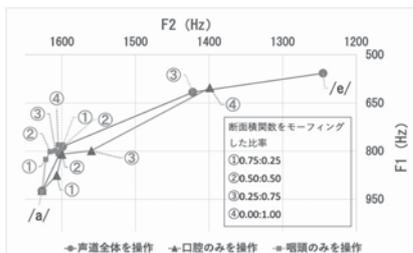


Fig.1: /a/から/e/へと形状を変化させた時の第1,第2フォルマントの軌跡

1-9-4

1-9-4 Perception of segmental foreign accent by  
Japanese listeners: the case of /l/ and /r/

○ Rubén Pérez-Ramón and Mariko Kondo (Waseda University)

In recent years, the study of non-native pronunciation has shifted the focus from the classical holistic point of view to a growing interest in the individual features that may convey a foreign accent (FA). This study reports the perceived nativeness of English words in which the initial consonant (either [l] or [r]) is pronounced with different degrees of Japanese accent, which is a subset of an experiment that entailed several other segments. Tokens consisted of three words in which the first segment was either their native English realisation or was replaced by its Japanese accented counterpart by means of acoustic manipulation. Additionally, 5 acoustic steps in which the properties of the native and non-native realisations were weighted equally to create a continuum between both ends were created. The 7 step continua were presented to listeners from American and Japan differing in English proficiency. They had to decide if each token was pronounced with a native American English accent or a foreign accent (2AFC task). The results showed perceptual differences towards Japanese accented [l] and [r]. More inter-cohort variability was detected for the [r]-[l] continuum, and a more pronounced category change emerged in the case of [r]-[l].

### 1-9-5

#### 1-9-5 中国人学習者による日本語連続母音の産出

Production of Japanese vowel sequence by Chinese learners

☆孫静, 林良子 (神戸大)

◆ 中国人学習者による日本語の母音連続の産出について詳細に検討するために、母音の音響分析および舌の動きについても超音波撮像による観察を行なった。

◆ 母語話者では、/a/に後続する/e/と/i/の分布範囲は一定の間隔を保ち、/o/は/e/よりF1が高い母音がなかった。学習者では、/e/と/i/の分布範囲が広く、互いに重なっており、/o/は/e/よりF1が高い母音が多く見られた (Fig. 1)。

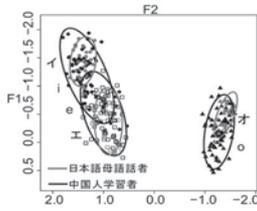


Fig. 1: Normalized formant values of Japanese vowel sequence by Japanese NS and JFL

◆ 超音波撮像による調音運動の観察では、学習者は母語話者と異なり、/i/と/e/の舌の形状は区別できないほど似ている。さらに、/i/と学習者による中国語の「(a) i」の舌の形状とも似通っている (Fig. 2)。

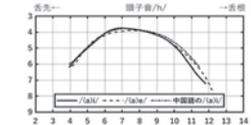


Fig. 2: tongue shape of Japanese /i/ and Chinese /a i/

◆ 日本語はモーラ・拍リズムで、個々の母音がある一定の音色を保って発音されるが、学習者はこの拍感覚を正確に把握することが困難である。母音単独で発音の問題が生じなくても、連母音の発音では、母語干渉で中国語の音節リズムで発音してしまう。

### 1-9-7

#### 1-9-7 (招待講演) 言語の多様性が教えてくれること: 言語システムの動的性質と文脈依存的性質

What linguistic diversity can tell us about language

○中山俊秀 (東京外国語大学)

人間言語は同じ生物学的基盤、認知能力の上に実現されているが、その実現形を見ると実に多様な構造をとる。言語の構造的多様性は、個別言語間での構造規則や組み立ての違いという側面にも、書き言葉と話し言葉の違いのように一言語内での構造規則や組み立ての違いという側面にも観察される。従来の言語研究においては、構造規則の多様性は言語システムの理解にとって周辺的であり、非本質的な問題であるとされてきた。しかしながら、記述的研究や談話の研究など言語使用の実態に即した研究が明らかにするように、言語の構造的多様性は一般的に考えられているより深く、幅広い。本講演では、限られた時間ではあるが、言語の構造的多様性の現実を確認した上で、言語が構造的多様性を本質的に内包するシステムだと考えた時に、それが人間言語の特性についてどのような示唆を与えてくれるのか、またそれを踏まえた言語研究の方向性はどのようなものなのかについて考えてみたい。

### 1-9-6

#### 1-9-6 文化的・言語的相違によるハミング行動の分析 —日・中・英・米母語話者へのアンケート調査—

Analysis of humming behavior based on cultural and linguistic differences -Questionnaire survey of Japanese, Chinese, English, and American native speakers-

○浅野恵子 (順天堂大・医)

◆ ハミング音は個別他言語の域を超えて理解できなくても普遍的に発せられる声音である。日本語では「鼻歌」とも言われる。

◆ 同じ音声的及び音響的特徴をもちながら、文化や気候風土によって変化するため、文化的・言語的相違で異なるかをアンケート調査した。

◆ 対象者は、日・中・英・米の4か国の母語話者、10代から60代以上の年代ごとにアンケート調査を男女合計1900名に実施した。

◆ 話者間の比較では日本語話者が一番行わなかった (全体51%)。

◆ 中国語話者は方言や地域の特性から多様な呼称があると回答した。

◆ ポジティブな感情時だけでなくネガティブ感情時及び、その感情を払しょくするためにも実施されていることが判明した。

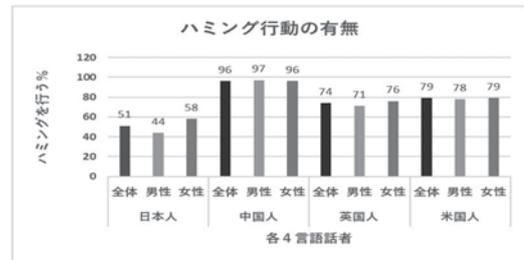


Fig. 1: Numbers of 4 different types of native language speakers' humming.

### 1-9-8

#### 1-9-8 社会モデルで考える危機言語

Rethinking endangered languages using the social model.

北原モコットウナシ (北海道大学)

ここでは、アイヌ語の置かれた歴史的経緯と現状、今日の取り組みについて述べる。一般に、危機言語についての議論では、言語権の保障という視点が見落とされ、純粋に学問的な課題だとされている。また、言語の危機は、少数者とその言語・文化が内包する要因によって引き起こされるものとして理解されている。これに対し、社会モデルに立ち、言語の危機を引き起こした歴史的・社会的状況に注目することで、これまでとは異なったアプローチが可能になる。特に問題となるのは、マジョリティの言語・文化が普遍的な価値を持つとされることである。これは、マイノリティの言語・文化の劣等視、軽視する風潮をも生んでいる。こうした認識が形成された過程を検討し、修正することで、他のアプローチも効果を増すと考えられる。

1-9-9

1-9-9 危機にある言語・方言のための開かれたデジタルアーカイブの構築に向けて

Toward an Open Digital Archive for Endangered Languages and Dialects  
○宮川創 (国立国語研究所)

本講演では、TEI (テキスト)、IIIF (画像・動画)、Dublin Core (メタデータ) など、デジタルヒューマニティーズでの世界標準形式を用いた、消滅危機言語・方言資料のための新しいデジタルアーカイブ開発の理念と実践について論じる。

1-9-10

1-9-10 (招待講演) 研究利用のための音声データの記録方法の規格化に向けて

Toward classification of speech materials recording for speech communication research

○河原英紀(和歌山大), ○榊原健一(北海道医療大), 水町光徳(九工大)

- ◆録音した音声データを利用するために必要な、品質やメタデータについて、利用目的に応じて、音声データをカテゴリ(クラス)により分類し、それぞれの分類が満たすべき要件と、利用における制約とを、カテゴリごとに記述し、音声データの記録方法についての研究利用の規格化に向けての提案をおこなう。
- ◆広く用いられている CMU Arctic と CSTR VCTK corpus を例として、それらの音声データベースに収録されている音声の物理パラメータを分析し、クラス分けの検討に必要なシミュレーションについて議論した。

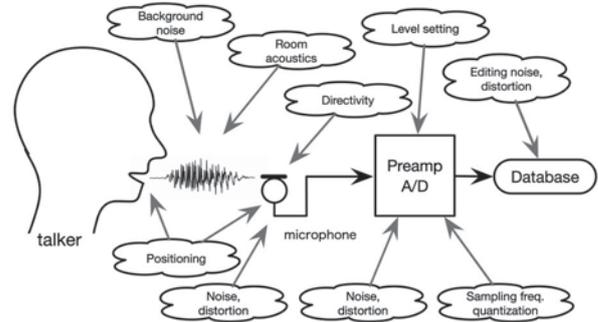


Fig.1: Contributing factors in speech material acquisition

1-9-11

1-9-11 古代人の顎骨形状に基づく摩擦音[s]発音の口腔形状の推定

Estimation of oral tract geometry for fricative [s] production from early hominin jawbones

○吉永司(豊橋技科大), △野崎一徳(阪大), △近藤修(東大), 飯田明由(豊橋技科大)

- ◆ヒトの発音の起源について、古代人の頭蓋骨の形態学的な情報を用いて様々な観点から調べられてきた。
- ◆本研究では、現代人の[s]発音時の口腔形状および現代人と古代人の顎骨形状から、ランドマーク法を用いて口腔形状を推定し、古代人が[s]を発音できたのかを議論する。
- ◆主成分分析により、類人猿の持つ長い顎が進化の過程で徐々に短くなった傾向をランドマークにより捉えられていることがわかった。
- ◆推定した口腔形状に対して空力音響解析を行うことにより、舌を自由に動かした場合、古代人の前後に長い口腔形状においても[s]の音響的特徴が発生することがわかった。

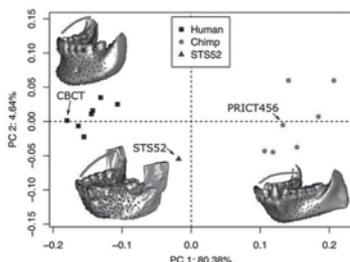


Fig.1: A shape space of the landmarks on mandibles of modern humans, STS52 (*Australopithecus africanus*), and chimpanzees (*Pan troglodytes*).

1-9-12

1-9-12 日本語話者 10 名の正中面における /k/ の声道形状の分析

Analysis of the vocal tract shape for /k/ in the midsagittal plane among 10 Japanese speakers

☆天野沢海, 藤澤流以, 竹本浩典(千葉工大)  
北村達也(甲南大), 能田由紀子, 前川喜久雄(国語研)

- ◆われわれはリアルタイム MRI (rtMRI) 動画による日本語調音声学のデータベースを構築してきた。そして、動画の各フレームから機械学習を用いて半自動的に発話器官の輪郭を抽出する研究を行ってきた。
- ◆本研究では、10名の話者の rtMRI 動画を分析し、日本語の /k/ の調音位置が後続母音によって平均どの程度変動するか、また同じ後続母音であっても調音位置などが主にどのようばらつくかを検討した。
- ◆その結果、後続母音の違いによって、調音位置が後方と前方の二群に分かれ、それぞれ 13 mm 離れていることが明らかになった。また、口の構えをとる動きも後続母音の影響を受けることが示唆された。

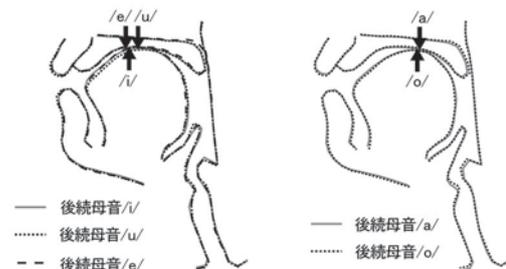


Fig.1: 後続母音による /k/ の平均形状と調音位置

左: 調音位置が前方 右: 調音位置が後方 矢印: 調音位置

### 1-9-13

#### 1-9-13 2段階モデルによる rtMRI 動画からの輪郭抽出

Speech organ contour extraction from rtMRI using two-step model

☆藤澤流以, △堀井千陽, 天野沢海, 竹本浩典(千葉工大),  
北村達也(甲南大), 能田由紀子, 前川喜久雄(国語研)

- ◆われわれは「リアルタイム MRI 調音運動データベース (rtMRIDB)」を構築中で、発話運動を定量解析するために動画フレームから発話器官の輪郭を点群として抽出している。
- ◆先行研究では、複数話者の発話器官の輪郭抽出を学習させた汎用学習器を生成して多話者に適応した。しかし、正しく輪郭を抽出することができない、すなわち精度が高くない場合もあった。
- ◆そこで本研究では、汎用学習器を適用して抽出した輪郭を微調整することで話者ごとの学習器を生成する2段階抽出モデルを考案し、10名の動画から発話器官の輪郭抽出を行った。
- ◆その結果、汎用学習器より精度が向上した。なお、最初からトレースするより汎用学習器で抽出した輪郭を微調整することで、労力は大幅に削減できた。

Table1: 汎用学習器と個人化した学習器の精度比較 (5:最高, 1:最低)

汎用学習器	F2	F3	F5	F6	F8	M1	M2	M4	M8	M14
口唇・下顎	-	4	-	-	4	5	5	4	4	4
舌	-	4	3	4	3	4	4	-	4	4
軟・硬口蓋	-	4	-	4	3	4	-	3	3	3
咽頭後壁	4	4	3	-	2	3	-	3	-	3
喉頭蓋・声帯	4	-	-	-	2	4	3	-	-	2
個人化した学習器	F2	F3	F5	F6	F8	M1	M2	M4	M8	M14
口唇・下顎	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4
舌	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
軟・硬口蓋	4	5	4	4	3	4	4	5	3	4
咽頭後壁	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
喉頭蓋・声帯	4	4	4	3	4	4	5	4	4	5

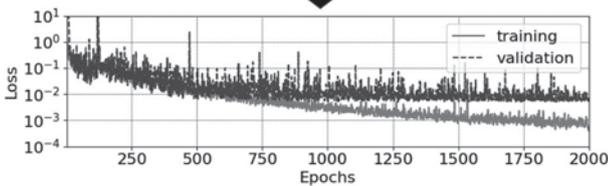
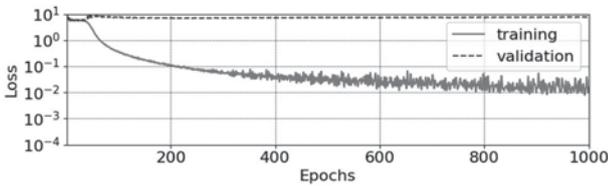
### 1-9-15

#### 1-9-15 機械学習による合成音のスペクトログラム からの声道断面積関数推定

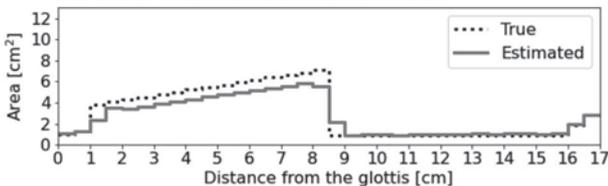
Estimation of a vocal-tract area function from a spectrogram of synthesized speech by machine learning

○松崎博季, △和田直史, △竹沢 恵, △真田博文(北科大・工)

2区間の声道断面積関数の合成音作成時に放射インピーダンスを反映した上で、CNN を用いてこの合成音のサウンドスペクトログラムから声道断面積関数の逆推定を行ったところ誤差が大幅に減少した。



34区間からなる声道断面積関数の逆推定も行った。



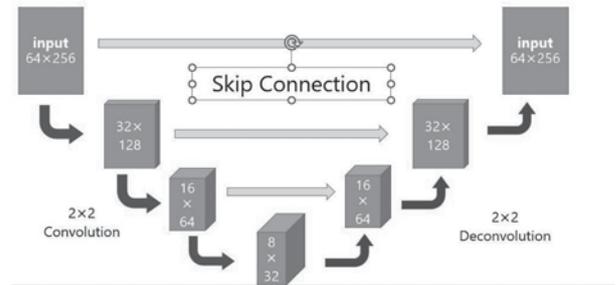
### 1-9-14

#### 1-9-14 機械学習によって広帯域スペクトログラム から狭帯域スペクトログラムを推定する手法 に関する一検討

A Study on a Method for Estimating Narrowband Spectrograms from Broadband Spectrograms by Machine Learning

☆大竹 裕季, 青木 直史, 尾関 剛成, 土橋 宜典(北大)

本稿では、機械学習を用いて広帯域スペクトログラムから狭帯域スペクトログラムを推定する手法について考察している。広帯域スペクトログラムのみから音声の復元ができれば、音声学の古い文献に載っているスペクトログラムから元の音声を人間の肉声のように復元できることができる。本研究では、機械学習モデルとしてU-Net を用いており、この問題を画像変換問題としてのアプローチで解決しようとしている。



広帯域スペクトログラムから狭帯域スペクトログラムを推定するためのU-Net ネットワーク

### 1-9-16

#### 1-9-16 鼻腔・副鼻腔の単純化した形状モデルの 音響特性の検討

Examination of acoustic characteristics of a simplified model of the nasal cavity and sinuses

☆伯田亜海, 竹本浩典(千葉工大), 北村達也(甲南大)

◆鼻腔・副鼻腔の形状とその音響的相互作用は複雑である。その理解を深めるために、全ての副鼻腔を単洞化あるいは除去して単純化した声道形状の音響特性を検討した。

◆単純化した声道形状の断面積関数から計算した伝達関数と、3次元の時間領域差分法で計算した伝達関数は一致しなかった。その最大の要因は、3000 Hz 以下の比較的低い周波数帯でも発生する横モードであった。これは、単純化した声道形状の低い周波数帯域でさえ縦続音響管では近似できないことを意味する。

◆そこで、単純化した声道形状を元に、声道各部を直方体のセクションで表現したモデルを作成し (Fig. 1 左)、その音響特性を分析した。

◆その結果、単純化した声道形状の伝達関数で見られた横モードに起因する2つのディップがモデルの伝達関数でも再現された (Fig. 1 右)。

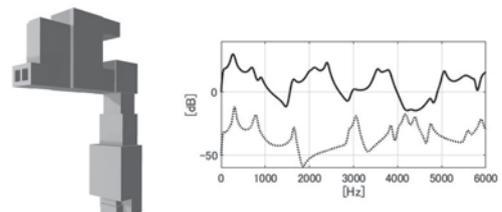


Fig.1: 左: 声門から鼻孔までのモデル, 右: 単純化した声道形状(実線), モデル(点線)の伝達関数

### 1-10-1

#### 1-10-1 作業負荷環境下において視覚情報探索促進を 引き起こす視聴覚情報配置の検討

Investigation of audio-visual display arrangement which facilitate visual information search under workload condition.

◎中貴一(九州大芸工/福岡大), 山内勝也(九州大芸工)

- ◆ トラッキング課題で作業負荷を与えた状態で視覚探索課題を実施し、視覚探索促進(空間手がかり効果)に求められる視聴覚情報間の角度差を検討した。
- ◆ 白色LEDとスピーカの組み合わせごとに視覚探索課題の反応時間を取得し、ベイズ推定によりその分布を指数正規分布に当てはめた。
- ◆ 実験参加者正面を左右領域に分けた時、①VA位置が左右で異なる場合は空間手がかり効果を支持でき、同じ場合は支持できない、②Vが中心から離れるほど、Aによる空間手がかりの重要性が増す、③VA位置の角度差による反応抑制は、反応時間分布全体が遅くなるのではなく、分布右裾付近の反応が得られる確率が上昇する形で表れる。(V: Visual, A: Audio)

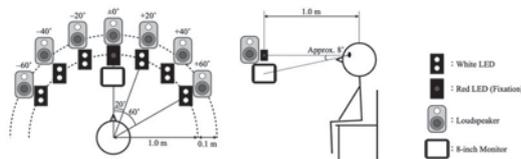


Fig. 1 Experimental system of visual search and tracking task.

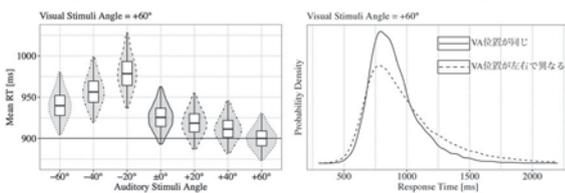


Fig. 2 Posterior probability density of mean RT (left) and RT (right).

### 1-10-3

#### 1-10-3 慣性骨導入力に対する基底膜応答の数値 シミュレーション

Numerical Simulation of Cochlear Responses Stimulated by Bone-Conduction.

☆前田悠佑, 村上泰樹(九州大・芸工)

- ◆ 蝸牛モデルを用いて、基底膜の応答をシミュレーションした。
- ◆ 慣性骨導入力では定在波の形成が見られ、気導入力時とは異なる特徴を示した。
- ◆ 得られた応答より、定在波を除去する処理を行った結果、気導入力時と非常によく類似した出力が得られた。
- ◆ さらに、定在波の大きさは基底膜の位置に依らず、各入力周波数ごとに一定の値であった。
- ◆ 以上より、慣性骨導入力時の基底膜の応答は、気導入力時の応答と定在波の線形和として表現できると考えられる。

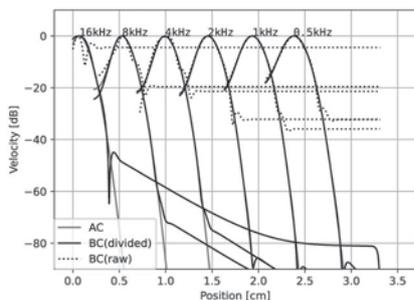


Fig.1: Comparison of the velocity of the basilar membrane response (Dotted: BC, Black: BC [Standing wave is removed].)

### 1-10-2

#### 1-10-2 聴覚の周波数チャンネル間同時性検出の 単純な数理モデル

Auditory simultaneity detection between frequency channels: A simple mathematical model

○岡崎聡(香川大)

- ◆ 本研究は、2音の同時性の範囲と無音検出閾値(gap detection threshold)の振る舞いが単純な数理モデルで説明可能であることを示す。
- ◆ 聴覚の特性を反映した同時性検出モデルを導出した結果、
  - 2音の周波数距離が0.5 Bark以降の同時性の範囲の振る舞いを再現した。
  - チャンネル間、及び、チャンネル内無音検出閾値の振る舞いを再現した。
  - ◇ 特に、無音検出閾値はチャンネル間とチャンネル内で別々のメカニズムが働いているとされてきたが、一つの簡単な数式で統一的に説明が可能であることが示唆された。
- ◆ 以上のことは、これらの時間知覚メカニズムが同じ同時性検出過程を基礎としていることを示唆している。

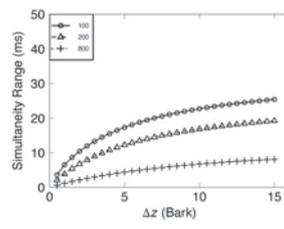


Fig. 1 Calculations of simultaneity range.

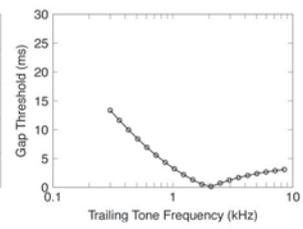


Fig. 2 Calculations of gap detection threshold.

### 1-10-4

#### 1-10-4 ポテトチップスの咀嚼音の音響解析と 深層学習による種類判別

Acoustic Analysis of Chewing Sound of Potato Chips and Type Discrimination by Deep Learning

☆橋本卓己(神奈川工科大), 三浦貴大(産総研), 春日秀雄, 上田麻理(神奈川工科大)

- ◆ 食品の美味しさは味・匂い・見た目などの様々な要素から統合的に判断されるが、特にスナック菓子のような固形食品では食感が美味しさに大きく寄与される。
- ◆ 本研究では、音と食感の関係を明らかにするために様々な食品と音のデータベースを作成する事を目的としている。本稿では、ポテトチップスを始めとする10種類のスナック菓子の咀嚼音から、深層学習による種類の判別を行い、ヒトの食感という感性を評価することが可能であるか試みたので報告する。

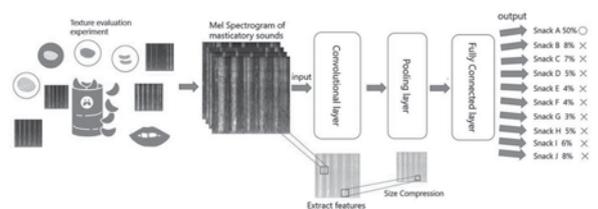


Fig.1: Steps to identify types of snacks

### 1-10-5

#### 1-10-5 帯域雑音のエッジ聴で聴取される音高のバンド幅依存性

Bandwidth dependence of the pitch listened at the edge listening of band noises

○陳施佳(東大・学府), 伊東乾(東大・学環)

高い Q 値をもつデジタルフィルタで帯域雑音のバンド幅を変化させ、上界が可聴域上限を超えるよう系統作成した音源刺激列、並びにフィルタの境界値と対応する正弦波刺激音列を用いて、刺激源音程の被験者識別テストを行った。刺激は低い周波数から上行し、可聴域を超えた後、今度は下降して当初の周波数に到達する順に提示した。

その結果、特定のバンド幅の帯域雑音に限って強いヒステリシスが観測された。例えば正弦波刺激音列の測定では半数以上の被験者で上下向共に同一の可聴域上限閾値を観測したが、短2度の帯域雑音幅では全ての被験者で上向では聴き取れなかった高周波が下向では聴取された。この他、聴取されるエッジ聴の音高や可聴域の上限などがバンド幅により特異的に変化する非線形な認知現象を確認した。

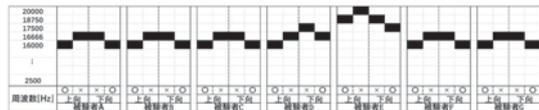


Fig. 1 Less Hysteresis with Sinusoidal Semitone Stimuli series.

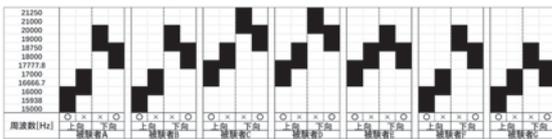


Fig. 2 Much Hysteresis with minor-second-width Band-noise Stimuli series.

### 1-10-7

#### 1-10-7 市松音声のエネルギーマスクング

Energetic masking partially accounts for the intelligibility of noise-filled checkerboard speech

☆棟近光太郎(九大・芸工府), 上田和夫(九大・芸工院), 竹市博臣(理研・情報統合本部), Gerard B. Remijn(九大・芸工院)

- ◆断続音声の無音部分を強い雑音で置き換えると了解度が回復することが知られている。
- ◆音声をいくつかの周波数帯域に区切り、隣り合う周波数帯間で振幅変調の位相が逆転するように断続させた市松音声の無音部分を雑音で置き換え、了解度の変化を調べた。
- ◆2, 4, 8, 16 帯域、区間長 20, 80, 320 ms の市松音声を作成し、その無音部分を雑音で置換した。雑音のレベルはそれぞれの帯域における音声の実効値を基準とし、-6, 0, 6 dB となる3水準を設定した。
- ◆2, 4 帯域、区間長 80, 320 ms の市松音声は雑音レベルにかかわらず、無音部を雑音置換することで了解度が回復し、最大24%の回復が、4 帯域、区間長 80 ms、雑音レベル -6 dB の条件で見られた。
- ◆8, 16 帯域の市松音声は無音部を6 dBの雑音で置換することで了解度が逆に低下した。
- ◆16 帯域、区間長 80 ms、雑音レベル6 dBで、了解度の低下は最大となり、雑音なしの条件と比べてモウア正答率が73%低下した。
- ◆市松音声の無音部を雑音置換することにより、帯域数が少ないときは連続聴効果による了解度の回復、帯域数が多いときは同時マスクングによる了解度の低下がより顕著にみられると考えられる。

### 1-10-6

#### 1-10-6 Auditory grouping by stretching: Regaining intelligibility of interrupted mosaic speech stimuli

○ Kazuo Ueda (Kyushu Univ.), Hiroshige Takeichi (RIKEN), Kohei WAKAMIYA, and Gerard B. REMIJN (Kyushu Univ.)

- ◆ The intelligibility of interrupted speech stimuli has been known to be almost perfect when segment duration is shorter than 80 ms, which means that the interrupted segments are perceptually organized into a coherent stream under this condition.
- ◆ However, why listeners can successfully group the interrupted segments into a coherent stream has been largely unknown.
- ◆ Here we show that the intelligibility for mosaic speech, in which original speech was segmented in frequency and time, and noise-vocoded with the average power in each unit, was largely reduced by periodical interruption.
- ◆ The interruption was devastating for mosaic speech stimuli, very likely because the deprivation of periodicity and temporal fine structure with mosaicking prevented successful auditory grouping for the interrupted segments.
- ◆ At the same time, the intelligibility could be recovered by promoting auditory grouping of the interrupted segments with stretching the segments up to 40 ms and reducing the gaps, provided that the number of frequency bands was enough ( $\geq 4$ ) and the original segment duration was equal to or less than 40 ms.
- ◆ These results suggest that a grouping cue may play an important role in the perception of normal speech under adverse conditions.

### 1-10-8

#### 1-10-8 市松音声の了解度: 周波数帯域数と区間長の効果

Checkerboard speech: Effects of the number of frequency bands and segment duration on intelligibility

☆Doan Linh, 上田和夫(九大), 竹市博臣(理研), Gerard B. Remijn(九大)

- ◆市松音声の了解度について、Ueda, Kawakami, and Takeichi (2021) の実験を拡張し、音声の因子分析 (Ueda and Nakajima, 2017) に基づく帯域と臨界帯域で等間隔の帯域との違いを調べた。
- ◆断続音声の了解度は、100%から50%近くまで低下した (Fig.)。
- ◆市松音声の了解度は、帯域数が等しければ、帯域の分け方による差は見られなかった。4 帯域条件では区間長 160 ms で了解度が最低 (51%, 46%) となる U 字型となった (Fig.)。
- ◆因子分析から得られた 4 帯域と市松音声の了解度との関係については、さらに検討を要する。

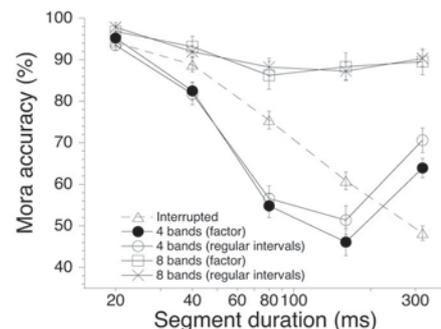


Fig. Mora accuracy ( $n = 20$ ) in mean percentage for the interrupted speech and checkerboard speech stimuli as a function of segment duration for each number of frequency bands. Error bars reflect standard error of the mean.

1-10-9

破裂音の時間的特徴の対数表現

Logarithmic expression of time-related feature of plosives

○山川仁子(尚綱大), 天野成昭(愛知淑徳大)

- ◆時間的特徴によって区別される音素は、発声速度の影響を強く影響を受けて変動する。発声速度の影響を受けない不変的な音響的特徴を特定するため、本研究では、VOTを時間的特徴とする有声破裂子音/p/と無声破裂子音/p/の予測および判別における対数時間の有効性について検討を行った。
- ◆Millerら(1986)の研究で用いられた英語母語話者3名による様々な発声速度の破裂子音/p/と/b/のVOTの平均値、標準偏差およびVOTの分布から求めた音素境界のデータ(Fig. 1a)を対数変換した(Fig. 1b)。
- ◆その結果、より変動が少なく、コンパクトに音素を表現できた。つまり、本研究の結果は、生の時間よりも対数時間を用いるほうが破裂音の音素カテゴリーをより良く表現できることを示唆している。今後の研究によって、音素における対数時間の一般性や重要性が明らかになると期待できる。

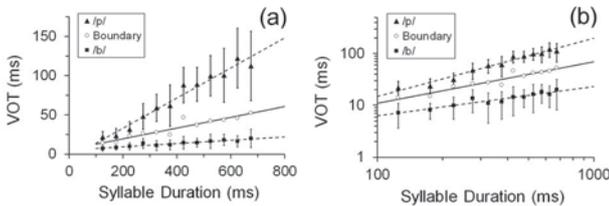


Fig. 1 (a) Voice Onset Time (VOT) of /p/ and /b/ as a function of syllable duration re-plotted from Figure 4 in Miller et al. (1986) with permission of De Gruyter publisher. (b) Logarithmic plot of VOT of /p/ and /b/ as a function of syllable duration.

1-11-2

1-11-2 道路交通騒音に対する地表面効果に関する実測調査による検討

Investigation on ground effect for road traffic noise by a field survey

○坂本慎一(東大生研), 許文瑞(東大院), 米村美紀(東大生研)

- ◆道路交通騒音に対する地表面効果について、直線道路の周囲に田圃が広がる現場において、実交通を音源とした伝搬測定によって検討した。
- ◆音源を路面上0mに設定して予測計算した場合、「固い地面」相当の条件が実測結果と最も一致するよう見え、音源高さを0.5mに設定すると、軟らかい畑地、草地、固い地面3条件のどれも測定結果との対応が良いように見える。従って、A特性音圧レベルの伝搬特性のみで地表面効果と音源の特性を議論することは難しい。
- ◆実測の周波数分析結果と波動モデルに基づく周波数特性の計算値との比較により、地表面インピーダンスと音源高さが推定できる。
- ◆道路交通騒音予測における地表面効果の計算においては音源高さに注意する必要がある。

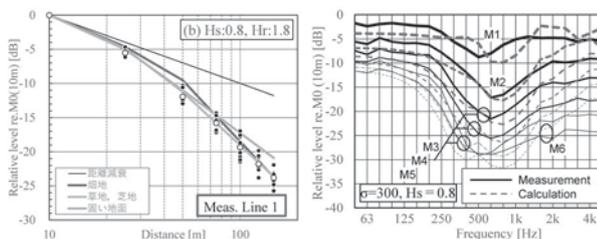


Fig. 1 Comparison between measurement and calculation

1-11-1

1-11-1 ASJ RTN-Model 2018 の予測計算結果の不確実性定量化の試み

An attempt to quantify the uncertainty of road traffic noise prediction using "ASJ RTN-Model 2018"

☆黒川哲, 山内勝也(九州大・芸工)

- ◆道路交通騒音の予測モデル"ASJ RTN-Model 2018"を用いた予測に車両の通過台数など複数の入力変数の不確実性(ばらつき)を考慮する不確実性定量化の手法を導入し、得られる情報の検討を行なった。
- ◆出力への不確実性伝播を解析するプロセスにより、予測値  $L_{Aeq}$  のばらつき(信頼性)や基準値の超過確率を知ることができた。これらは値が固定された入力変数を用いる従来の予測からは得られない、意思決定の材料となりうる情報である。
- ◆感度解析により、各入力変数の不確実性の予測値への影響度が定量化され、不確実性を調査する優先順位が明らかとなった。これにより、効率よく予測値の不確実性を低減することが可能となる。

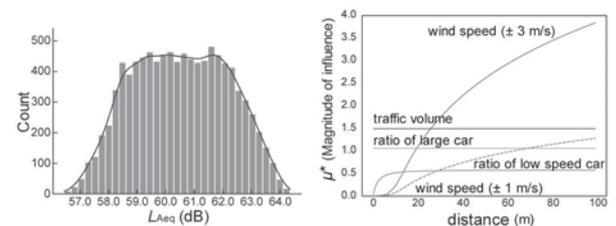


Fig.1: Histogram of predicted  $L_{Aeq}$  at 100 m

Fig.2: Variation of influence by input variables with distance

1-11-3

1-11-3 建物群背後における周波数別の音圧レベルの計算法 -ASJ RTN-Model 2018 の建物群による騒音減衰量計算式の拡張-

Calculation Method of Sound Pressure levels on each Frequency behind Building Complex: Extension of the Calculation Equation for Noise Attenuated Quantity with Building Complex in ASJ RTN-Model 2018

○穴井 謙(福岡大), 松本敏雄, 横田考俊(小林理研)

- ◆ASJ RTN-Model 2018 の「建物・建物群背後における騒音」について、周波数別予測のための、現行の実用計算法の拡張について述べる。
- ◆戸建住宅地において、道路端ならびに建物群背後における周波数別の音圧レベルを実測し、減衰補正量の周波数による傾向を把握している。
- ◆周波数が高くなると(例えば、1/3オクターブバンドの  $f_c$ : 500 Hz以上)、減衰補正量の周波数による変化は小さく、かつ現行の予測式のままでも精度良く予測できることを明らかにしている。
- ◆その一方、周波数が低くなるにつれ、建物群の影響を受けにくくなるような傾向が現れることも把握している。そこで、現行の予測式では定数(-0.0904)になっている  $b_3$  について、Fig.1に赤色実線で示すように、周波数をパラメータとする回帰式を導出している。

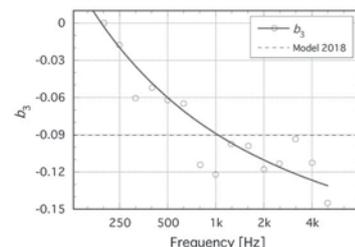


Fig.1: Relationship between each frequency and a parameter  $b_3$ . The parameter is one coefficient having an influence on the noise attenuated quantity with horizontal distance between noise source point (S) and receiving point (P)  $d_{SP}$  and buildings' areas for a density parameter of buildings  $\xi$ .

### 1-11-4

#### 1-11-4 盛土上からの道路交通騒音に関する 3次元波動数値解析 —盛土傾斜角による影響の把握と 補正式の提案—

3-D wave-based numerical analysis on road traffic noise from the top of embankment: understanding the effect of the slope angle and constructing correction formula.

◎神谷優(元神奈川大院・工/熊谷組), 清水航佑(元神奈川大・工), 森長誠, 安田洋介(神奈川大・建築)

- ◆盛土の傾斜角によって、盛土路面上からの道路交通騒音の伝搬性状が異なることが予想される。本報では、3次元波動数値解析を用いて、傾斜角の違いによる受音領域の音圧レベル分布を比較した上で、その結果に基づき、開き角90°の場合との差を補正する経験式を提案した。
- ◆数値解析結果より、開き角90°の場合と斜面を有する場合のA特性音圧レベル差には傾斜角ごとに音圧傾度の大きな部分があること、その部分より地表面側では盛土の遠方に至るまで比較的レベル差が大きいこと、遠方となるに従い差は0に近づくことが確認された。
- ◆提案した数値実験式により、開き角90°の場合と傾斜を持つ場合の差を1dB程度の誤差範囲で予測することが可能となった。

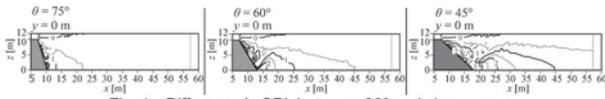


Fig. 1: Difference in SPL between 90° and slope cases by 3-D wave-based numerical analysis.

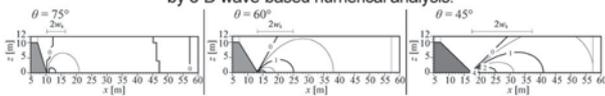


Fig. 2: Difference in SPL between 90° and slope cases by correction formula.

### 1-11-6

#### 1-11-6 高架道路を対象とした 道路交通ノイズマップ推計 のための内挿補間手法

Study of interpolation method for road traffic noise map estimation for elevated roads

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

- ◆背景 日本で道路交通ノイズマップを推計するにあたり、計算精度の低減と推計精度の維持の両立が課題となる。
- ◆目的 補間手法を用い推計点数を減らすことで、計算精度の低減と推計精度の維持の両立が可能なノイズマップ推計手法を提案する
- ◆内容 高架道路を対象に、日本の3つの街区において、騒音レベルを1mグリッドで計算した場合と、5mグリッドで計算した結果を29種類の内挿補間手法を用いて1mグリッドに補間した場合とを比較する。
- ◆結果 内挿補間を用いることで推計時間を約96.3%短縮できることが分かった。また、補間手法としてOK(exponential)を用いることでPtoleranceが96.5%、RMSEが0.4dBと高い精度で推計できた。



Fig. 1: Distribution of interpolation error

### 1-11-5

#### 1-11-5 立体交差道路の道路交通騒音の 予測方法に関する検討

A study on the prediction method of road traffic noise at fly-over crossing roads consisted of bank and viaduct roads.

○福島昭則, 太田達也(ニューズ環境設計) △長船寿一, △今枝徳靖, △田近輝俊(エンジ東京)

- ◆盛土道路と高架道路が立体交差する箇所の高架裏面反射音の予測方法について、騒音レベルの実測値および矩形反射面での鏡面反射モデルや2次元FDTD法による計算値を用いて検討した。
- ◆凹凸のある高架裏面と平坦な矩形反射面との反射の違いを数値解析により検討した結果、高架裏面での反射音以外に、桁側面とスラブ下面での反射音の寄与も大きいことが分かった(Fig.1)。
- ◆スラブ下に高架幅の平坦な矩形反射面を設定した場合が数値解析結果との対応が最も良かった。
- ◆高架裏面と地面での多重反射の影響が考えられ、少なくとも2回の高架裏面での反射まで考慮する必要がある。

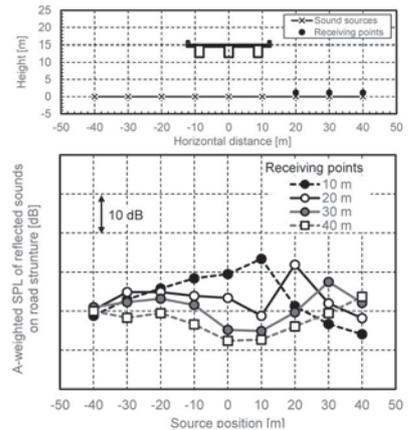


Fig.1 LA of reflected sounds on the road structure.

### 1-11-7

#### 1-11-7 都市部における 新幹線鉄道騒音推計の試み

An attempt to estimate Shinkansen railway noise in urban areas

☆遠藤藤悠(近大院), 原田和典(岡山県立大), 菅原彬子, 平栗靖浩(近大)

- ◆キーワード: 新幹線騒音, ノイズマップ, 騒音推計, 環境基準, データベース
- ◆新幹線鉄道騒音は環境基準が定められており、現行の評価値は騒音実測による結果から算出した環境基準の達成率である。一方、環境省は新幹線鉄道騒音の予測モデルの検討を進めている。
- ◆本研究では予測モデルに基づいた面的な騒音推計を大阪府内の4つのエリアで実施し、エリアごとに環境基準の達成率を算出し大阪府の公開する達成率と比較した。
- ◆結果から、建物の立地状況や防音壁の設置長さ、列車速度を反映した騒音レベル分布を適切に推計できることを示した。そして、環境基準評価方法の適用が不適切となる可能性が示唆された。

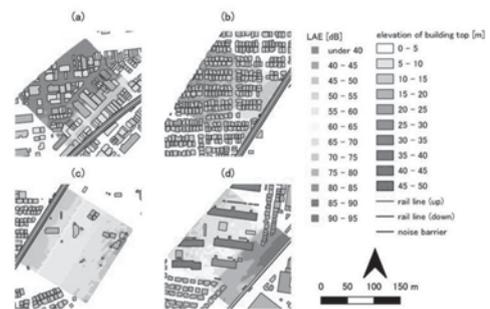


Fig.1 Estimated noise (LAE) Distribution of four urban areas

1-11-8

1-11-8 エッジ効果抑制減音装置の開発
-減音効果の対象領域拡大の試み その1-
Development of sound reduction device by use of edge-effect suppression
-Attempt to expand the target area of sound reduction effect Part 1-

◎熊谷直登, 木山雅和, △木元肖吾, 星野康, 坂吉佑太 (日本環境アメリティ)
荒木邦彦 (音響デザイン研究所), △野村真介 (阪神高速技術)

- ◆従来のエッジ効果抑制技術を用いた減音装置では効果が得難かった, 遮音壁上部領域での性能改善を無響室実験で検討した。
◆流れ抵抗調整材の設置条件や枚数による構成を検討し, 従来型(0°設置)との取り換え損失を測定した。
◆流れ抵抗調整材の構成を変化することで遮音壁下部領域での減音性能を維持しつつ, 上部領域での性能改善が可能な条件を確認した。

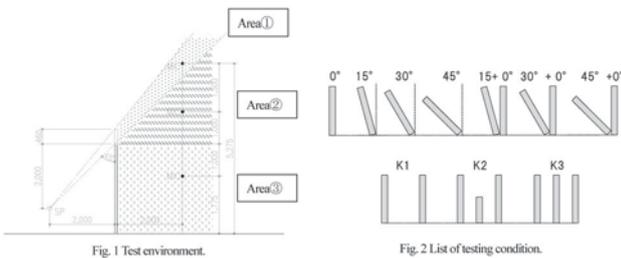


Table 1 Results of insertion loss based on 0 degrees. [dB(A)]

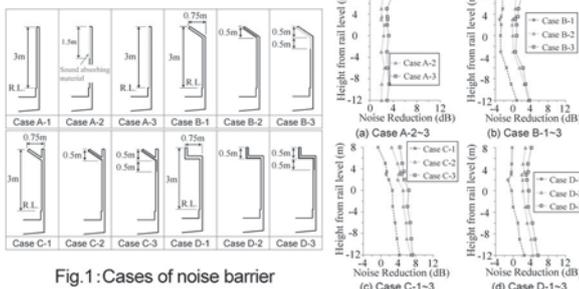
Table with 10 columns (angles and materials) and 3 rows (Area 1, Area 2, Area 3) showing insertion loss values in dB(A).

1-11-10

1-11-10 FEM音響解析手法による吸音性防音壁を対象とした騒音低減評価
Evaluation for Sound Reduction of Sound Absorbent Noise Barrier by FEM Acoustic Analysis

○佐藤大悟, △豊原匡志 (鉄道総研)

- ◆鉄道高架橋防音壁の老朽化に伴う大規模修繕に向け, 吸音性壁面を有する代替用防音壁の開発を進めている。これに関連して, 有限要素法による周波数領域でのFEM音響解析を実施し, 防音壁の形状, および吸音材設置面の違いが車両下部音を対象とした騒音低減効果へ与える影響について評価を行った (Fig. 1)。
◆評価では, 吸音材の効果を特性インピーダンスと伝搬数によって反映した。その際, 特性インピーダンスと伝搬数は, 流れ抵抗と周波数の関数で表される実験近似式によって表現した。
◆評価の結果, 車両下部音に対する騒音低減効果は先端形状の違いや吸音材の設置面によって異なり, 高架橋外でのR.L.からの高さ方向の違いによっても異なることが示された (Fig. 2)。



1-11-9

1-11-9 エッジ効果抑制減音装置の開発
-減音効果の対象領域拡大の試み その2-
Development of sound reduction device by use of edge-effect suppression
-Attempt to expand the target area of sound reduction effect Part 2-

◎坂吉佑太, 木山雅和, △木元肖吾, 星野康, 熊谷直登 (日本環境アメリティ)
荒木邦彦 (音響デザイン研究所), △野村真介 (阪神高速技術)

- ◆前報の無響室試験にて, エッジ効果抑制型減音装置の遮音壁上部領域における減音効果を改善するために, 改良型減音装置の流れ抵抗調整材の構成を決定した。
◆本報では, 改良型減音装置を作製し, フィールド試験にて自動車走行騒音に対する減音効果を確認した。
◆統一型遮音板との交換損失を確認し, 従来型減音装置より, 改良型音装置の方が, 目標とする領域の減音効果の改善が確認された。

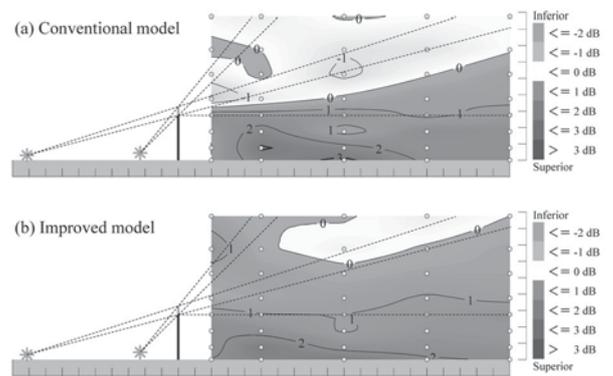


Fig. 1 Results of insertion loss based on noise barrier.

1-12-1

1-12-1 ふかし壁を設置した乾式二重壁の遮音性能
Sound insulation performance of double leaf wall having additional walls

○杉江聡 (小林理研)

- ◆二重壁の近くに空気層を介して面材を施工する(ふかし壁)と, 新たな低域共鳴が発生し, 低い周波数で遮音性能が低下する。
◆現象把握のために, 異なる面密度と空気層厚をもつふかし壁を両面に施工した構造(左右が非対称な四重壁)の低域共鳴周波数を, Fig. 1のように一次元の質点-バネ系において算出した。
◆片側の空気層厚l1のみを変化させた計算結果例をFig. 2に示す。
◆二重壁の低域共鳴周波数f\_r,dblよりも低い周波数に1つ(f\_r,quad,1), 高い周波数に2つ(f\_r,quad,2, f\_r,quad,3)の共鳴透過が現れる。
◆l1=l3=50 mmでf\_r,quad,2とf\_r,quad,3の差が最も小さく, l1とl3との差が大きいほど, f\_r,quad,2とf\_r,quad,3の差も大きくなり, 非対称な構造の方が, 遮音性能改善に繋がる可能性がある。

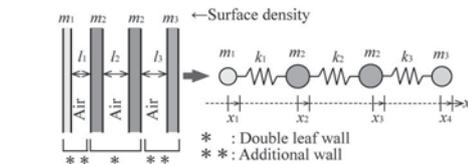


Fig. 1 Spring-mass system for quadruple leaf wall.

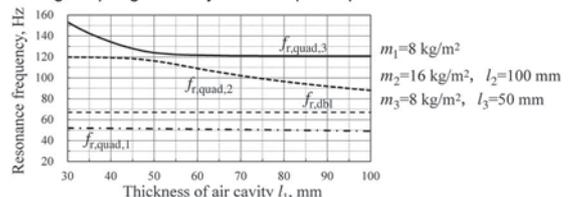


Fig. 2 Effect of thickness of additional wall's air cavity.

## 1-12-2

### 1-12-2 令和元年東日本台風長野市応急仮設住宅の界壁遮音性能測定結果報告

Survey on sound insulation performance measurement for partition walls of public temporary housing in Nagano city of Typhoon Hagibis in October 2019.

○西川嘉雄(長野高専)

- ◆令和元年東日本台風により長野市に建設された木造・プレハブの応急仮設住宅の界壁遮音性能を行った。
- ◆「応急仮設住宅の設計と住まいのガイドライン—健康に暮らすための室内環境に関する提言—」で「ストレスのない音環境計画」として表-1の目標値が示され、界壁遮音性能はDr-45である。
- ◆界壁はPB 両面2枚貼でその間にGWを挿入しており、遮音を配した仕様である。文献[4]の類似の断面ではTLD40~45程度であった。
- ◆測定結果はDr-35が2か所、Dr-40が6か所、Dr-45が1か所、プレハブの耐力壁の部分はDr-50であった。類似の断面仕様のTLDが40~45であることから、測定結果は妥当といえる。
- ◆施工は隙間処理など丁寧にされており、施工不良による遮音性能の低下は少ない。
- ◆ガイドラインの目標のDr-45を満たすには、間柱を千鳥にしたり、遮音クリップや強化石膏ボードを使用したり、高遮音の仕様にする必要がある。
- ◆ただし、応急仮設住宅特有の迅速性・施工性などがあるため、手間がかからず遮音に有効な適切な改善方法を検討することが重要である。

表-1 建築部位別、音源別の遮音性能設計目標

建築部位	遮音性能(達成目標)
隣戸間界壁	Dr-45
上下階界床	L1-45, L1-55
給排水音(固体音)	N-35 (35 d BA)
外壁開口部(サッシ)	遮音等級3級(T-2)

## 1-12-4

### 1-12-4 窓から室内への低音域音響透過に関する理論的・数値解析的検討

Theoretical and numerical analysis on low-frequency sound transmission from window into room

◎劉金雨(東大・工)、井上尚久(前橋工大)、佐久間哲哉(東大・工)

- ◆特に二重窓を検討対象として、1次元波動音場モデルに基づき、窓から室内への音響透過現象について理論的考察を行った。
- ◆音源を窓から45°方向に配置し、窓面を膜要素とした家屋モデルを用いて、有限要素法による音響振動連成解析を行った。
- ◆理論・数値解析両方の比較検討を行い、両方に同様な傾向が現れた。さらに、二重窓の質量・面積、室内吸音条件等の影響を確認した。
- ◆二重窓の遮音効果：二重窓と窓増厚の遮音効果は確実に生じた。共鳴周波数と窓から奥行き方向の室固有周波数に注意すべきである。
- ◆吸音の影響：室内吸音の効果は、室固有周波数のみで遮音性能が上昇している。二重窓の空気層内の吸音効果は、共鳴透過周波数付近、窓面内方向の2次元音場固有モード周波数で遮音性能が上昇している。
- ◆窓面積：実大場合に理論と対応している。大面積の二重窓には注意。

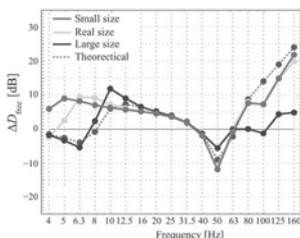


Fig. 1  $D_{f,inc}$  difference between single/double window with different glazing size.

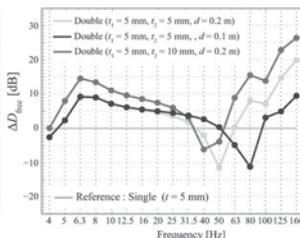


Fig. 2  $D_{f,inc}$  difference of double window measures, relative to single window (real size).

## 1-12-3

### 1-12-3 自然換気システムの遮音性能向上

—その3 数値解析と実験の組み合わせによる性能予測—  
Improvement of noise shielding performance of natural ventilation systems -part3: performance prediction using a hybrid method of numerical analyses and experimental method-

◎加藤葛、石塚崇(清水建設技研)

- ◆前報[1][2]では、スリット状の換気開口の通気経路に共鳴器や吸音材を設置することで室内に伝搬する騒音を低減できることを明らかにした。
- ◆本報では、数値計算と実験値を組み合わせることで、騒音低減ユニットを含むスリット開口の遮音性能を予測する。
- ◆FMBEMを用いてスリット開口単体の音響透過損失を予測し、実験で得た共鳴器の効果を線形に加算することで、ユニット全体の音響透過損失を実用的な精度で予測することができた。

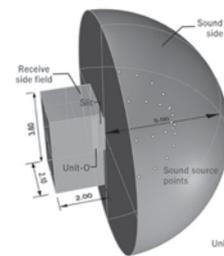


Fig. 1: Calculated sound field.

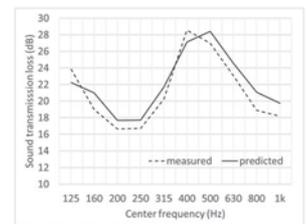


Fig. 2: Predicted sound transmission losses compared with measured result.

[1] 石塚、加藤、音講論2021年秋、pp.555-556. [2] 加藤、石塚、音講論2021年秋、pp.557-558.

## 1-12-5

### 1-12-5 実験室環境における単板固定窓の遮音性能予測のための有限要素モデリング

Finite Element Modeling for Predicting Sound Insulation Performance of Single Fixed Windows on Laboratory Environment.

☆三村茉莉絵(YKK、神戸大・工)、奥園健、阪上公博(神戸大・工)

- ◆実験室環境下の窓の音響透過損失を効率的、かつ、高精度に予測するためのFEMモデルを検討する。5種のサイズの単板FIX窓を対象に、3種のFEMモデルを実測値と比較し、予測精度と効率を議論した。
- ◆数値解析モデル：①窓のみを離散化したモデル、②窓と窓近傍の空間(ニッシェ)を離散化した強連成モデル、③窓と窓近傍の空間を離散化した弱連成モデル。
- ◆窓のみを離散化したモデルは、総合損失係数をガラスの実効損失として付与した時、1次元モード周波数とコインシデンス周波数 $f_c$ 以上で、実測値によく近似した(Fig. 1(a))。
- ◆ニッシェを含む窓と窓近傍の強連成モデルの強連成解析では、1kHz以下で測定値とよく一致し(Fig. 1(b))、ニッシェを含むことの重要性を示した。
- ◆ニッシェを含む窓と窓近傍の弱連成モデルの弱連成解析では、強連成解析とほぼ同等の精度で、低い計算メモリかつ高速に計算できた。

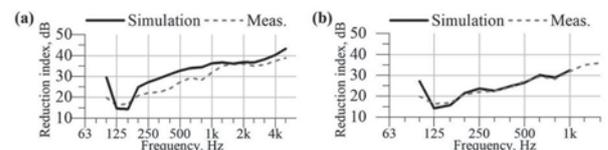


Fig. 1 Comparison among sound reduction index of window(A): (a) window part only model and (b) strong-coupling model including niche.

### 1-12-6

#### 1-12-6 暗騒音下における室内吸音と音声明瞭度の関係性に関する実験的検討

Experimental study on the relation between absorption and speech intelligibility with background noise in room

◎廣瀬量子(日本環境アムニティ), 佐久間哲哉(東大・工)

- ◆室内吸音と音声明瞭度との関係性について、暗騒音を含めた  $U_{50}$  の理論的検討とともに、模擬音場における被験者実験により聴き取りにくさの主観印象と  $U_{50}$  の対応を確認した。
- ◆  $U_{50}$  の理論値に関して、室容積、音源-受音点間距離、平均吸音率、暗騒音レベルのパラメトリックスタディにより、低暗騒音下では吸音効果が明確に生じるものの高暗騒音下ではあまり生じないことが示された。
- ◆模擬音場における  $U_{50}$  と聴き取りにくさとの対応は比較的良好であり、 $U_{50}$  は設計段階での推定に活用できる可能性が示唆された。

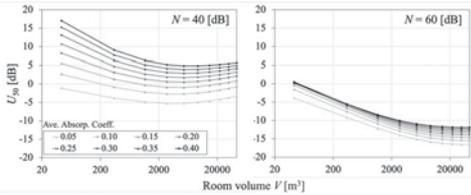


Fig.1:  $U_{50}$  under two conditions of noise level ( $r = 5$  m)

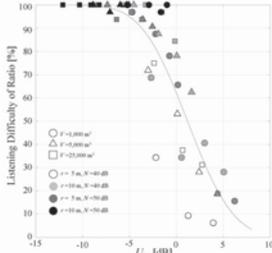


Fig.2: Correspondence LDR and  $U_{50}$

### 1-12-8

#### 1-12-8 意匠性の高い不均質 MPP 吸音体のデザインに関する基礎的研究

A basic study on the design of a dotted-art heterogeneous MPP

◎阪上公博, 草鹿みどり, 奥園健(神戸大院・工)

- ◆微細穿孔板(MPP)は、一般に均質な材料であるが、吸音特性の改善、デザイン面の要求から、近年は不均質なMPPも提案されてきている。最近では、ドットアートによって、孔を用いて意匠的なパターンを描出したMPPが提案されている。しかし、その吸音特性の予測は十分検討されておらず、設計段階での吸音特性の予測には問題がある。
- ◆本研究では、既報[1]で提案した、不均質MPPの吸音特性予測手法である合成インピーダンス法について、各種不均質MPPの予測可能性を検討し、本手法の適用可能な条件として、(1)表面全体に孔が分布している、(2)孔間隔が一定である、の2点を示した。
- ◆上記2点を満たすドットアートMPPのデザインとして、本研究では、大小2種類の孔を用い、大きい孔(直径0.8mm程度)で図案等を描画し、小さい孔(同0.2mm程度)を背景に入れる方法を提案し試作実験を行った。9種類の試験体(例をFig.に示す)について検討した結果、いずれの試験体も実測値と予測値はよく一致することが分かった。

[1] Kusaka, M. et al., Acoustics, 3, 473 (2021)



Fig. Examples of photographs of the specimens of dotted-art MPP.

### 1-12-7

#### 1-12-7 振動を用いた中空ガラスビーズの能動吸音率制御

Active control of sound absorption coefficient of hollow glass beads by using vibration

◎霧羽 琢元(竹中技研), 大谷 真, 高野 靖(京大院・工学研)

- ◆中空ガラスビーズのもつ非線形な機械特性に着目し、振動を用いて動的に固体粒子集合体の非線形性を誘起することで、中空ガラスビーズの吸音率の能動的な制御を試みた。
- ◆中空ガラスビーズ(粒子径:  $60 \times 10^{-6}$  m, かさ密度:  $130 \text{ kg/m}^3$ )を充填した容器に10 Hzの鉛直方向の振動を与え、その状態における中空ガラスビーズの垂直入射吸音率を測定した。
- ◆振動の変位振幅が大きいほど、1次ピークの低周波側の吸音率が向上することが確認された。

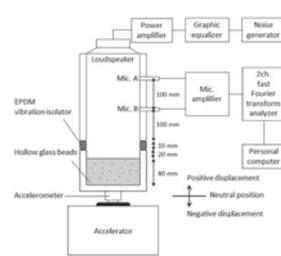


Fig. 1 Measurement setup for normal incidence sound absorption coefficient of hollow glass beads under vertical vibration.

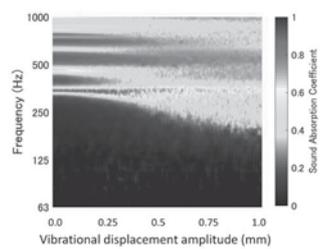


Fig. 2 Normal incidence sound absorption coefficients of hollow glass beads under sinusoidal vertical vibration at 10 Hz for linearly increasing vibrational displacement amplitude.

### 1-12-9

#### 1-12-9 屈曲したネック部を有する薄型共鳴器の共鳴周波数の予測について

Prediction of a resonant frequency of a thin resonator with bending neck extensions

◎中西伸介(広島工業大)

- ◆著者は、低音域で高い吸音性を有する薄型の吸音構造の実現を目指して、その吸音メカニズムに共鳴器を応用することを提案している。
- ◆吸音のピークを低周波数化することを目的に、80 mmの長さに延長したネック部を共鳴器の上板に屈曲して内蔵している。その吸音特性に共鳴器に固有の吸音率のピークが生じたが、従来の共鳴周波数の予測式で得られる値よりも高くなり、ネック部の折返し回数が多くなるほどその差が大きくなることが示された。
- ◆そこで、次式のように共鳴周波数の予測式の拡張を試みた。

$$f_{res,bend} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V \xi (l + 0.8 d')}} \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

ここで、 $c$  は空気中の音速 [m/s],  $S$  は開口部の断面積の合計 [ $\text{m}^2$ ],  $V$  は空洞の体積 [ $\text{m}^3$ ],  $l$  はネックの長さ[m],  $d'$  は開口部の面積と等しい面積の円の直径 [m] である。

- ◆式(1)に含まれる目減りを表す係数  $\xi$  は、幾何学的な寸法から得られる空気の体積に対して、共鳴器において共鳴が生じているときに往復運動する空気の体積の比と定義される。また、 $\xi$  は屈曲部の入り隅部で共鳴時に発生する渦が往復運動の主流から外れる影響が含まれるため、ネック部が有する入り隅部の総数の関数として表現される。
- ◆この拡張によって、測定された吸音特性のピーク周波数を精度良く予測できることが示唆された。

### 1-12-10

#### 1-12-10 仕上げ壁に内蔵した共鳴器の吸音特性に関する検討

Experimental study on the sound absorption characteristics of resonators built into interior walls

○財満健史, 大脇雅直(熊谷組技研)

筆者らは建物の仕上げ壁内に共鳴器を設置した場合の吸音特性について模型実験による検討を行っている。本報では実建物への適用を想定し、共鳴器に吸音材を付加した場合や共鳴周波数設計値を変えた場合について検討した。また、仕上げ壁内での共鳴器の設置条件について、共鳴器単体で実験的に実験を行った。その結果、模擬壁(仕上げ壁を模擬した壁)に内蔵する共鳴器に吸音材を付加すると、今回実験した周波数範囲では吸音率の大きさへの影響は小さかったが、周波数帯域が変化する場合があった。また、模擬壁の面材の違いによって、特定の周波数帯域で吸音率が大きくなった。共鳴器の設置方法に関する実験では、共鳴器の孔の向きによって吸音率の大きくなる周波数帯域が変化していた。

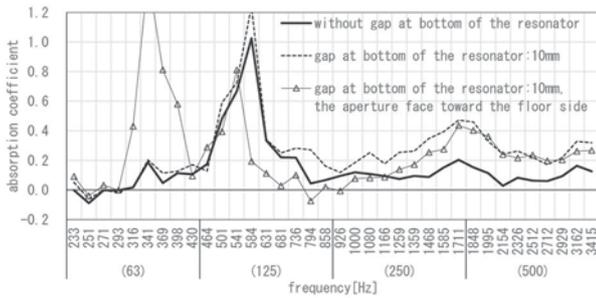


Fig. 1: Calculation results of absorption coefficient of resonators (the length of aperture neck:2mm, without mockup wall)

### 1-12-12

#### 1-12-12 壁式構造実験室における乾式二重床と畳の床衝撃音に関する検討—その2 床衝撃音レベル差と振動加速度レベルの考察—

Examination of floor impact sound of floating floor system and tatami in the reinforced concrete wall construction testing device - Part2 Consideration of difference in floor impact sound level and vibration acceleration level -

○富田隆太(日大・理工), △阿部今日子(日大・芸術)

◆本報では、既報のコンクリートスラブ上に畳を施工した場合の床衝撃音レベル低減量と別報の乾式二重床上に畳を施工した場合の乾式二重床に対する床衝撃音レベル差の比較について述べる。また、別報に続き、乾式二重床やコンクリートスラブの振動加速度レベルについて検討を行った結果を報告する。

◆Fig. 1に示すように、ハンガマシンの63 Hz帯域では、コンクリートスラブ上に施工した場合に比べて、乾式二重床上に施工した場合の低減効果大きい。

◆乾式二重床やコンクリートスラブの振動加速度レベルについて検討を行った結果、概ね、乾式二重床上、コンクリートスラブ上の振動加速度レベルと床衝撃音レベルの対応が良いことが確認された。

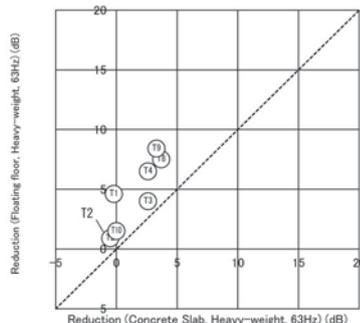


Fig. 1 Comparison of the effects of tatami mats on concrete slab and floating floor system

### 1-12-11

#### 1-12-11 壁式構造実験室における乾式二重床と畳の床衝撃音に関する検討 —その1 畳施工時の床衝撃音レベル低減量—

Examination of floor impact sound of floating floor system and tatami in the reinforced concrete wall construction testing device - Part1 Reduction of transmitted impact sound when installing tatami -

○富田隆太(日大・理工), △阿部今日子(日大・芸術)

◆筆者らは、子ども・高齢者にとって安全で快適な、かつ子どもの動作による床衝撃音の問題がクリアできる、「遮音性能と安全性に配慮した畳の開発及び設計指針の策定」に関する研究を行ってきた。

◆乾式二重床上に、本研究で検討を行っている防振畳を施工した場合の床衝撃音について実験的検討を行った。本報では、乾式二重床上に、畳を施工時の床衝撃音レベル低減量について述べる。

◆Fig.1に畳の効果として、乾式二重床に対するレベル差を示す。図を見ると、T2(建材畳)、薄型のT10を除けば、乾式二重床のみに比べて性能が向上していることがわかる。特に、63 Hz帯域、125 Hz帯域では、4~8 dBの性能が向上した。

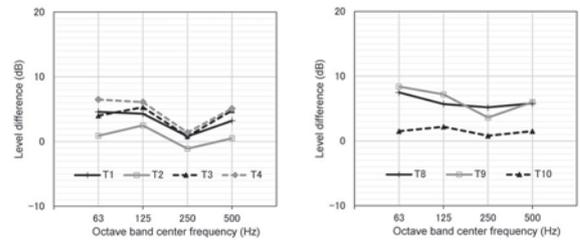


Fig. 1 Level difference with respect to floating floor system (Heavy-weight impact sound)

### 1-12-13

#### 1-12-13 箱型モデルを用いた CLT 建築物の床衝撃音に関する研究 —床スラブと壁面の振動特性に関する実験的検討—

Study on floor impact sound of CLT structure with box-type model

-Experimental study on vibration characteristics of floor slabs and walls -

◎兵藤伸也, 佐藤浩志, 小林真人(飛鳥建設)

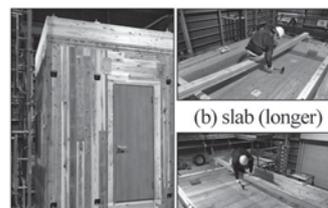
森長誠, 安田洋介(神奈川大学)

◆CLTの床衝撃音把握のため、箱型モデルを用いて重量床衝撃音の測定を行い、床スラブと壁面の振動特性の確認および床スラブ加振時に振動面から放射される室内音圧レベルの寄与の検討を行った (Fig.1)。

◆箱型モデルの床スラブをFig.1 (b), (c)のように交換しながら、No.1からNo.6の6種類の床スラブを対象に床衝撃音レベルおよび室内の天井面(V1)と壁面(V2~V5)の振動加速度レベルを測定した (Fig.2)。

◆床スラブで測定した駆動点インピーダンスの端部上昇はみられず、部材の継ぎ目部分で減少した。

◆振動加速度レベル、およびそれを基に算出した振動面から放射される室内音圧レベルの結果から、壁面からの音響放射が床衝撃音レベルに寄与する可能性が示された。



(a) Front (c) slab (shorter) Fig.1 Exterior of box-type model

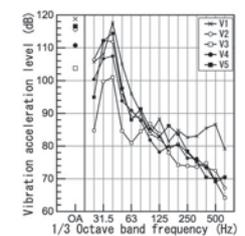


Fig.2 Measured vibration acceleration level (Slab: No.1)

### 1-12-14

#### 1-12-14 乾式二重床構造の伝達力特性および空気層音圧に関する数値解析的検討

Numerical study on transfer force characteristics and sound pressure in air layer of dry-type double floor system

◎曹達(東大・工), 會田祐(長谷工),

井上尚久(前橋工科大), 佐久間哲哉(東大・工)

- ◆本報では、有限要素法を用いて、床下空気層の異なる境界条件による二重床構造の振動や伝達力特性の変化に関する考察を行う。
- ◆開放条件では振動場のみを解析を行い、閉鎖条件ではさらに床下空気層の音場を導入し音響振動連成解析を行った。
- ◆支持脚は圧縮される場合のみに力を伝達する接触条件とし、ゴムボールの衝撃力と床面材への重力を外力とした。
- ◆同モデルが実験をよく再現することを確認した。今後は本モデル化手法を実大二重床に応用する予定である。

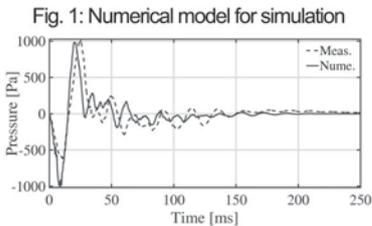
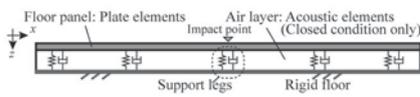


Fig. 2: Simulated and measured sound pressure under closed condition

### 1-12-16

#### 1-12-16 富良野市複合庁舎のホールの音響設計

Acoustic design of Furano city hall's auditorium

◎井上瑞紀, 原田尚侑(日建設計)

- ◆北海道富良野市に建設された富良野市複合庁舎のホールの音響設計について報告する(Fig.1)
- ◆本施設では舞台上の音響反射板が固定となることが計画初期から決まっていたため、反射板を二重とすることで初期反射音をなるべく多く供給できるよう計画を行った。(Fig.2)
- ◆少しでも多く初期反射音を供給できる反射板の角度を遺伝的アルゴリズムを用いた最適化により検討した(Fig.3)



Fig. 1: Interior of auditorium

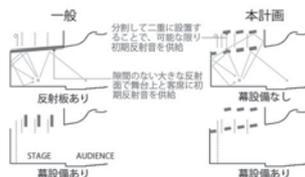


Fig. 2: Acoustic strategy using double reflectors

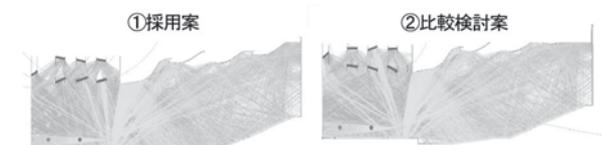


Fig. 3: Ray tracing for exploring appropriate angle of reflectors

### 1-12-15

#### 1-12-15 RC造共同住宅における中間柱を有するスラブの重量床衝撃音の予測に関する検討

Study on prediction of heavy floor impact sound of slabs with intermediate columns in reinforced concrete buildings

○黒木拓, 大脇雅直(熊谷組)

- スラブ素面の重量床衝撃音レベル予測計算法としては、実務的にインピーダンス法が広く用いられている。インピーダンス法では、梁で囲われる範囲をスラブとして扱っている。一方、建物の構造上柱は必要であるが、柱間に梁を配置しない構造とする場合もある。スラブに中間柱がある場合、柱の拘束により重量床衝撃音レベルに影響を与えることが考えられる。本報告では、中間柱を有するスラブの重量床衝撃音レベルの予測に関する検討を行った。
- ◆スラブの一次固有振動数の実測値は中間柱の影響を考慮した予測値と良く対応していた。
  - ◆重量床衝撃音遮断性能(L数)の予測値は、中間柱の拘束の影響を考慮することで実測値と良く対応していた。予測計算において中間柱の一次固有振動数への影響のみを考慮し、音響放射などへの影響はないものとして計算する必要があると考えられる。

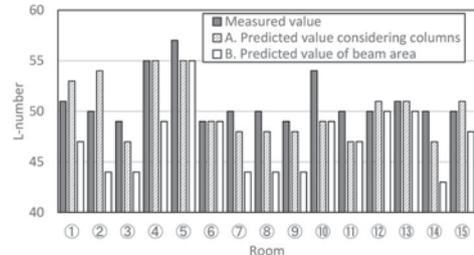


Fig. 1: Measured and predicted value of heavy floor impact sound insulation

### 1-12-17

#### 1-12-17 オフィスワーカーの行為に合わせた音環境デザイン手法の検討

Examination of sound environment design method according to the actions of office workers

○北川冬弥, 坂井剛, 小川兼司(パナソニック), 辻村壮平(茨城大)

- ◆オフィスでの主要な人の状態であるソロワークと休憩に対して心理学手法(調整法と評価尺度法)を用いることで、その状態に適した自然音の種類と聴取レベルを明らかにすることを目的とする。
- ◆被験者にソロワークおよび休憩をしている場面を想定させ、調整法によって7種の音源を最適な聴取レベルに設定するよう指示を与えた。
- ◆ソロワーク時、休憩時には自然音が好まれる傾向にあり、音量は利用シーンごとの最適聴取レベルに設定することで印象の良い空間を設計できる。
- ◆自然音源では、最適聴取レベルはソロワークよりも休憩の方が平均+5dB大きい。
- ◆評価尺度法によって音源を評価すると、休憩時に自然音では”人に気を遣わない”の項目の評価が低く、自然音のある空間では自身の出す雑音に敏感になると考えられる。

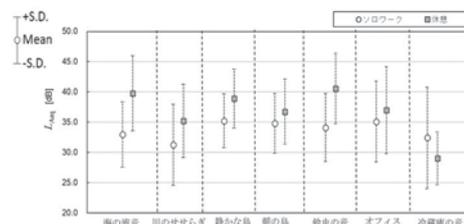


Fig. 1: Optimal listening level for solowork and rest

## 1-12-18

### 1-12-18 仮想空間での被験者移動時の先行音効果特性

Characteristics of the precedence effect when listeners move in a virtual space

☆大門丈流, 会田征太郎(日大院・理工), 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆先行音効果を利用した音声避難誘導システムの研究を行っている。
- ◆このシステムを実装する場合、基本音響設計に加え、現場での細かい調整が必要となる。
- ◆この課題に対して、VR 技術を用いた音響設計の支援を提案している。
- ◆本報告では、先行音と後続音の間の各受聴位置における先行音効果の評価特性について実空間と仮想空間で比較検討した。

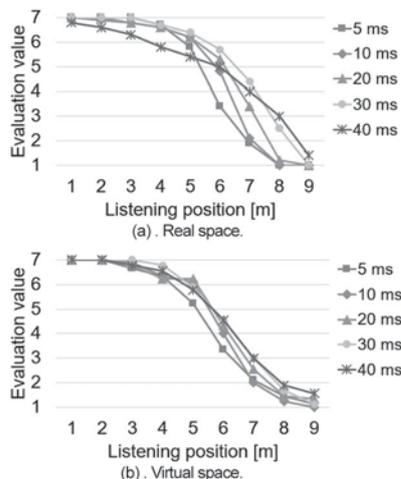


Fig. 1: Relationship between evaluation value and listening position.

## 1-12-20

### 1-12-20 複数受音点の目標値を満足させる音響設計手法に関する基礎的研究

Basic study on acoustic design method that satisfy the target index value at multiple sound receiving points

○中村壮志, 後藤耕輔, 鈴木琢也, 小柳慎一郎(竹中工務店)

- ◆室内音響設計は、残響時間などに代表される音響指標を用いて、聴取者が満足する空間を作り出すことを目的としている。しかし、設計する空間と音響指標の間に定量的な関係性を見つけることは困難であり、実際の設計では設計者が持つ経験的な知見や、試行錯誤に則った設計が行われることが多く設計者の負担は決して小さくない。
- ◆本研究では、室内の複数の受音点において設定した目標値を満足する室形状を、逆解析を用いて自動で探索する手法を提案した。例題による検証の結果、本提案手法の適用可能性について示すことができた。
- ◆試検討の結果として Fig.1 に最終的に探索した室形状の平面図を示す。Fig.2 はそのときの初期減衰時間と、逆解析においてターゲットとした初期減衰時間、収斂計算開始時の初期減衰時間の比較を示す。

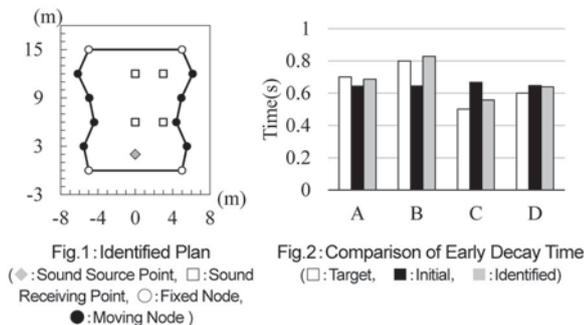


Fig. 1: Identified Plan

(◆: Sound Source Point, □: Sound Receiving Point, ○: Fixed Node, ●: Moving Node)

Fig. 2: Comparison of Early Decay Time

(□: Target, ■: Initial, ▨: Identified)

## 1-12-19

### 1-12-19 先行音効果避難誘導システムのVR 平面空間への適応

Application of an evacuation guidance system using the precedence effect in VR plane space

☆会田征太郎, 大門丈流(日大院・理工), 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆先行音効果を利用した音声避難誘導システムの研究を行っている。本システムを実装する場合、基本音響設計に加え、現場での調整が必要となる。
- ◆このような課題に対して、対象となる建物空間に本システムを設置する際の各種音響条件の設定において、VR の利用を提案している。
- ◆本報告では、VR 平面空間における先行音効果を利用した避難誘導の評価特性について検証した。

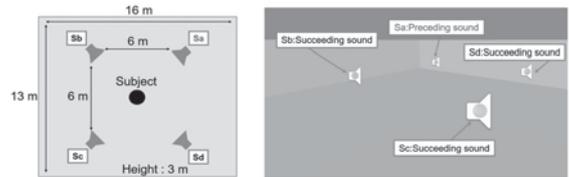


Fig. 1. Schematic of the experiment. Fig. 2. Visual information in VR.

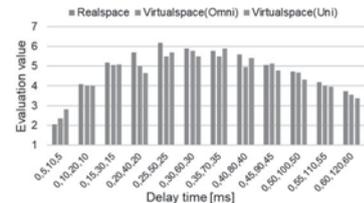


Fig. 3. Relationship between evaluation value and delay time.

## 1-12-21

### 1-12-21 学校環境衛生基準、小学校施設整備指針に示される学校の音環境に関するレビュー

A review on acoustic environment in schools described in the national standard for school environmental sanitation and guidelines for designing elementary school facilities

○川井敬二, 松藤優紀, 山口萌子(熊本大・院自然科学)

- ◆文部科学省が提示する学校環境衛生基準と小学校施設整備指針についてレビューした。前者は、学校における健康・清潔を保全するために、音・光・熱・空気、水質、害虫、給食の衛生などについて基準値と検査方法を示す。後者は、計画・環境設備・構造という建築全般について、施設の計画と設計における留意事項を示す。
- ◆前者には教室内の許容騒音レベルの数値(窓閉時 50 dB, 窓開時 55 dB)が示されるが、残響に関する数値は示されない。後者には遮音と吸音など音環境の整備に関する記述は少なからず見られるが、数値目標は示されない。
- ◆学校環境衛生基準は、保健の観点から、毎年の検査を通して環境を維持・保全するためのもので、教室や音楽室の残響時間の基準を含めることにはなじまないと考えられる。
- ◆小学校施設整備指針において、音環境整備については 30 を超える項目が示され、それが実現すればすぐれた音環境がつけられることが期待されるが、数値や図表がなく文章のみの記述であり、現場関係者や設計士にとって、具体的な計画立案が困難と思われる。
- ◆イギリス教育省が提示する音環境基準 Building Bulletin 93 と、それに対応してイギリス音響学会・音響コンサルタント協会が発行するガイドブックのように、行政が示す指針の実現のために、学会等がガイドブックを刊行する形は、今後のあり方の一つとして検討が期待される。

### 1-12-22

#### 1-12-22 小学校の音環境の現状 —熊本市内15校を対象とした 視察とアンケート調査—

Current State of Acoustic Environment in Elementary Schools:  
Survey of 15 schools in Kumamoto City

☆山口萌子, 松藤優紀, 川井敬二(熊本大)

- ◆小学校では従来の一斉授業に加えてディスカッションやグループワークなど授業形態が多様化しているが、一方で学校環境衛生基準には、教師の声の明瞭さを基準に定められた教室内の等価騒音レベルの50dBが示されているにとどまり、海外の基準にみられる残響時間の規定はない。
- ◆本研究では現状把握のために、熊本市内の小学校を対象に視察調査および教師へのアンケート調査を実施した。
- ◆視察調査の結果、普通教室と廊下に吸音仕上げのある学校は1校のみであり、10年以内に新規開校した2校も吸音材は使用されていない。
- ◆一方で、アンケート調査によれば授業でのグループ・ペアワークの頻度は高い(図1)。もっとも頻度が高い外国語について、母国語ではない言葉の聞き取りには騒音・残響の影響がとりわけ大きいとされる。音が苦手な児童がいるクラスが60%超という回答もあわせて、教室における遮音・吸音の重要性は高いことが示されたといえる。

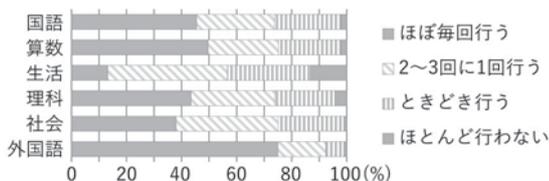


図1 各教科の授業でグループ・ペアワークを行う頻度

### 1-12-23

#### 1-12-23 学校教員を対象とした声の負担に関する 質問紙調査

A Questionnaire Survey on Self-Awareness of the Voice Associated Problems among School Teachers.

○エバンズ直子 (TOA/阪大院), △金子美樹, △重松大輝, △清野健 (阪大院)

- ◆国内の小中高등학교では、教員が地声で子供たちとコミュニケーションをとることが一般的であり、子供たちのより良い学びには、教員の指示や説明を確実に聴き取れることは不可欠である。
- ◆多くの教員は、聞き取りやすく熱意がこもった話しかけを意識しており、その結果、声や喉に関連した問題を抱えることがある。
- ◆国内の学校教員の声や喉への負担に関して現場の実態を明らかにするため、埼玉県立総合教育センター所属の教員を対象に、声や喉の負担に関する自覚評価を問う質問紙調査を実施した。
- ◆得られたデータから、年齢が若い教員や小学校に勤務する教員は比較的音声障害発生のリスクが高い可能性が示された。
- ◆教員たちは、教室の騒音など、音環境に関する問題について、顕著に不満を感じている面もあることが伺えた。

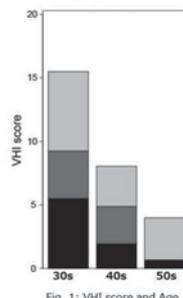


Fig. 1: VHI score and Age

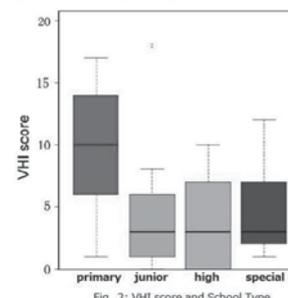


Fig. 2: VHI score and School Type

### 1-12-24

#### 1-12-24 絵本の読み聞かせへの吸音と パーティションの効果に関する主観評価実験

A subjective evaluation experiment on the effects of sound absorption and screen on reading aloud to children

☆丸山直也, 山口萌子, 川井敬二(熊本大)

- ◆近年みられるコーナー保育(室を分けずに複数の活動の場を設ける方式)では様々な活動音が混在する事による音環境上の問題が生じうる。
- ◆本研究では、音環境上の対策として室の吸音とパーティションに着目し、コーナーにおける絵本の読み聞かせへの効果を検証する事を目的に、読み聞かせ音声や周囲音をバイノーラル録音し、それらを組み合わせた音を被験者に呈示する主観評価実験を実施した。
- ◆結果として、天井吸音とパーティションの併用によって、「音声の聞き取りやすさ」や「読み聞かせに適している度合」の評価が向上した。

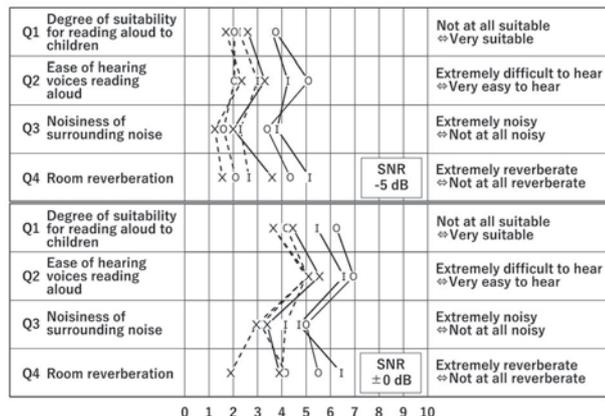


Fig.1: Mean value of subjective evaluations

(I: with screen/with absorption, O: with/without, X: without/without, Solid line: ceiling absorption, Dashed line: None)

### 1-12-25

#### 1-12-25 残響の多い保育室への吸音材仮設の効果 に関する現場実験

A field experiment on the effect of sound absorption installed to a highly reverberant kindergarten classroom

☆松藤優紀, △石澤碧, 川井敬二(熊本大)

- ◆保育施設を対象とした視察の際に見つかった、よく響く保育室において3ヶ月にわたって吸音材の取り付け・取り外しを2回繰り返して、室内音を録音した。期間中の計24日について分析を行った。
- ◆食事終わりの挨拶の10分後から10分間の自由遊びを分析対象とした。
- ◆Table1に示すように吸音のある条件では平均的に6-7dBの低減が見られた。スピーカを音源とする低減量の3.8dBと比較して、実際の低減量は大きく、これは声が小さくなったことを示している。
- ◆昼食前のお祈りを合唱するフレーズを対象に、園児の声が揃わない度合いを主観評価で判断する実験を行った。吸音仮設なしの条件で、揃わないという評価が有意に高い結果が示された。

Table 1: SPL of 1-2 kHz octave band in 10 minutes free play time arithmetically averaged over days of each period

Period (Absorption)	Leq [dB]	L5	L50	L95
N1 (no)	80.0 (0)*	84.9 (0)	78.0 (0)	70.3 (0)
A1 (yes)	73.2 (-6.8)	77.9 (-7.0)	71.5 (-6.5)	64.7 (-5.7)
A2 (yes)	73.6 (-6.4)	78.8 (-6.1)	70.9 (-7.1)	63.6 (-6.7)
N2 (no)	77.5 (-2.5)	82.1 (-2.8)	75.7 (-2.3)	69.2 (-1.1)

\*Values in ( ) are relative levels ( $\Delta L$ ) with N1 = 0 dB.

$\Delta L = -3.8$  dB is the expected reduction by sound absorber.

### 1-P-1

#### 1-P-1 帯域間相関を用いた頭部伝達関数のマクロ帯域分割

A method of dividing HRTFs into three macro frequency bands

☆小林浩輔(東北学院大院), 岩谷幸雄(東北学院大)

- ◆先行研究から正中面定位が HRTF を 3 つのマクロ帯域に分割した相対レベルをもとに行われている可能性が示唆されている。しかし、HRTF の個人性に注目した分割方法が必要である。
- ◆本研究では HRTF を聴覚フィルタを用いて狭帯域に分割し、帯域間のレベル変化の相関を求める手法によって個人性に対応可能なマクロ帯域分割手法について検討を行った。
- ◆相関の高いレベル変化をする帯域をまとめて 3 つのマクロ帯域を定義し、個人性に対応した帯域分割に成功した。今後、3 つの帯域の相対レベルにより簡略化した HRTF を用いて聴取実験を行っていく。

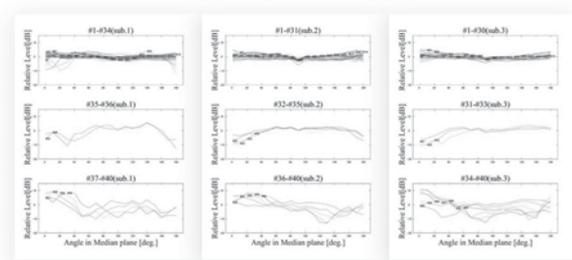


Fig.1: Results of dividing HRTF of three subjects into three macro frequency bands

### 1-P-3

#### 1-P-3 個人に適合する typical 頭部伝達関数と本人頭部伝達関数のノッチ周波数の関係

Relationship between the notch frequency of best typical HRTF and that of the subject's own HRTF

☆松田さくら(千葉工大・院), 飯田一博(千葉工大・先進工)

- ◆耳介形状を用いた個人に適合する typical HRTF の選出を目的にし、正中面 0°において個人に適合する typical HRTF と本人 HRTF のノッチ周波数の関係を検討した。その結果、以下のことが明らかになった。
- ◆個人に適合する typical HRTF と本人 HRTF のノッチ周波数の差異は小さい
- ◆しかし、ノッチ周波数の差異が小さい typical HRTF が必ずしも適合するとは限らない

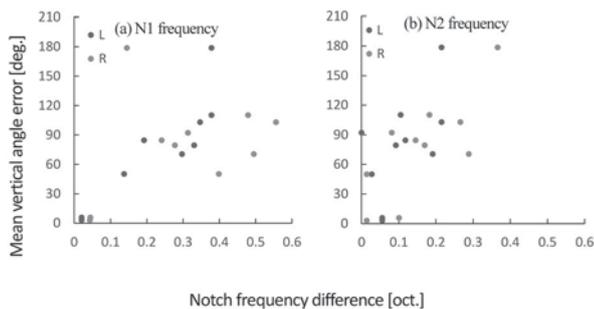


Fig.1 Relation between the notch frequency difference and the mean vertical angle error.

### 1-P-2

#### 1-P-2 上方の頭部伝達関数のノッチ周波数の変移が音像方向の変化に及ぼす影響

Effects of shift in frequency of spectral notches of the head-related transfer function for the upper directions on sound image localization.

☆清水祐希(千葉工大・院), 飯田一博(千葉工大・先進工)

- ◆正中面上方において N1 および N2 周波数の変移が音像方向の変化に及ぼす影響について検討した。その結果、以下の知見を得た。
- ◆目標方向が正中面 60°では、N2 周波数の変移が音像の上昇と前後誤判定の両方に及ぼす影響が強く、120°では N2 周波数の変移が音像の上昇に及ぼす影響が強いことが示された(Fig.1)。
- ◆また、60°では N2 周波数の変移量が 0.16 oct. を超えると顕著に平均上昇角誤差が増加した。同様に 60°では N2 周波数の変移量が 0.04 oct. を超えると前後誤判定率が顕著に増加した。120°では N2 周波数の変移量が 0.32 oct. を超えると音像の上昇が見られた。

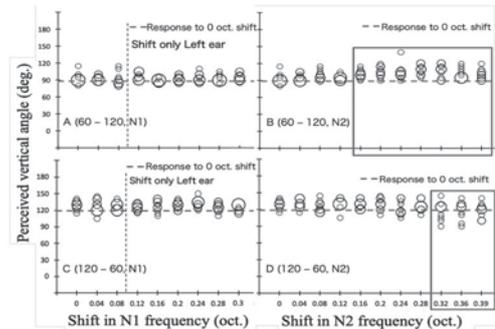


Fig.1 Responses to pHRTFs, of which notch frequency was shifted.

### 1-P-4

#### 1-P-4 水平及び上下方向に角度をもつ方向からの反射音による先行音効果

Precedence effect for reflection from upper- or lower- lateral direction

☆中筋 晴子, 大谷 真(京大院・工学研)

- ◆先行音効果の生起条件は、反射音が水平面上と正中面上から到来する場合で異なることが報告されているが、それ以外の方向に関しては検討されていない。
- ◆本研究では、反射音が水平方向と上下方向の両方に角度を有する方向(右上・右下)から到来する場合の先行音効果の生起条件について検討した。
- ◆先行音を正面から、後続音を水平角 +30°(右), 上下角 ±30°(上・下), 水平角 +30°かつ上下角 ±30°(右上・右下)の5方向からそれぞれ提示し、知覚した音像位置を回答させる実験を行った。
- ◆実験結果から、水平方向と上下方向の両方に角度をもつ場合の先行音効果の生起条件は、水平方向と上下方向の重ね合わせとして表せることが示唆された。

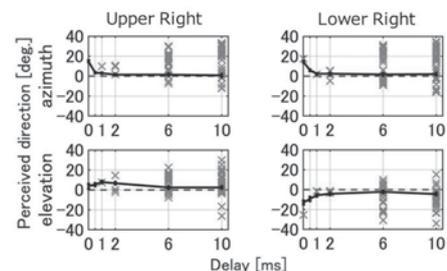


Fig.1 Experimental results for lagging sound

### 1-P-5

#### 1-P-5 音源の角度間隔が 水平面音像定位実験に及ぼす影響

Effect of angular distance between sound sources  
on horizontal plane sound image localization experiments

○森川大輔, △柴野祥太, モクタリ パーハム(富山県立大)

- ◆使用する音源の角度間隔を変えて水平面音像定位実験を行った。
- ◆角度間隔が 15°の条件と 30°の条件のいずれも、斜め後ろ方向から刺激音が呈示された場合に、音像方向が真横側にずれる傾向があった。
- ◆音源の方向と音像方向の差  $\Delta\theta$  について、角度間隔と音源方向の2要因の分散分析を行った結果、角度間隔の条件に有意差はなく、音源方向ごとの結果には有意差があった。音源の角度間隔が音像定位実験に与える影響は小さいと考えられる。
- ◆ただし、 $\Delta\theta$  が  $\pm 15^\circ$  以内の割合の全受聴者の平均は、15°条件で 85.2%、30°条件で 91.0%であり、受聴者ごとの一致率を用いて  $t$  検定を行った結果、15°条件の一致率が有意に小さかった。解析方法によっては音源の角度間隔から影響が生じる可能性がある。

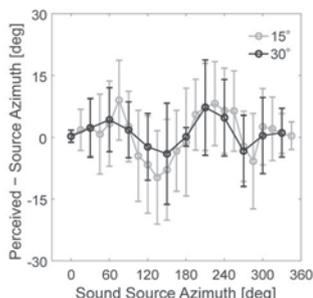


Fig.1: Angular difference between sound source and perceived azimuth.

### 1-P-7

#### 1-P-7 ダイアトニックコードを用いた コード進行の自動生成に基づく 歯科治療音の快音化

Comfortable sound design of dental treatment sound based on automatic chord progression generation

☆林拓哉, 奥田知晴, 高橋徹, 中山雅人 (阪産大)

- ◆従来の歯科治療音の快音化手法では、マスキングに特定の聴覚マスキング用の楽曲(コード)が必要であり、非正常な他の歯科治療音への適用が困難であった。そこで、本研究では歯科治療音をリアルタイムで追従するコード進行の自動生成を用いた聴覚マスキングに基づく快音化システムを提案する。
- ◆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。コントラングルによる歯科治療音を対象とし、制御音を加えた音に対して、5段階評価の MOS を算出することで、快音度と不快感低減度を評価した。提案手法では、実行する開始時刻で変化してしまうため、コード進行を固定した制御音 4 種類を用いて実験を実施した。Fig. 1 に不快感低減度と快音度の実験結果を示す。実験結果より提案手法では、不快感低減効果が高く、快音化もある程度の効果があることが確認できた。

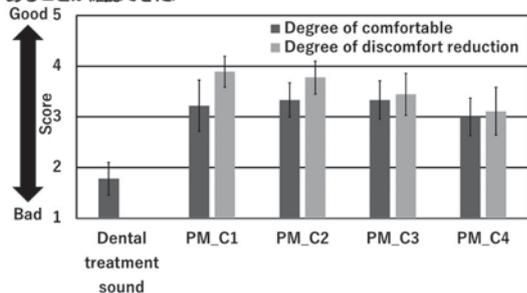


Fig.1 Experimental results for comfortable and discomfort reduction

### 1-P-6

#### 1-P-6 音源位置の偏心率が瞳孔反応に与える影響

Effect of the sound eccentricity on pupil responses

○山岸慎平, 廖心怡, 古川茂人(NTT CS 研)

- ◆近年、脳幹の上丘 (Superior colliculus: SC) のサッカド空間マップの周辺位置 (中心視から遠い位置) を表現する部位を電気刺激すると瞳孔反応が大きくなることが発見された。
- ◆SC は多感覚的空間情報が表現されていると考えられており、音刺激に対する瞳孔反応も刺激の空間的位置を反映することが予想される。
- ◆本研究では、前方正面 0°, 左右 30° および 60° の位置にスピーカを配置し、ランダムに呈示されたホワイトノイズ (55 dBA または 80 dBA) に対する瞳孔反応を計測する実験を行った。
- ◆視覚情報に注意するタスク、聴覚情報に注意するタスク、どちらの場合も音源位置の偏心率が大きくなるにつれて瞳孔反応も大きくなることがわかった。
- ◆この結果は、音に対する瞳孔反応において、刺激の空間位置が重要な要因のひとつであることを示唆する。

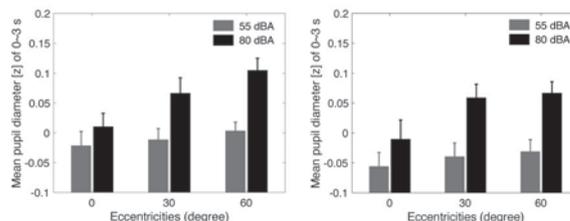


Fig.1: Pupil responses to white noise for each eccentricity and sound intensity condition. (Left: visual task, right: auditory task)

### 1-P-8

#### 1-P-8 ピッチ不安定性強調現象における ピッチ知覚メカニズム —純音刺激による検討—

\* Pitch Perception Mechanism:  
Pitch Instability Enhancement Illusion for pure tone

☆近森正二郎, 饗庭絵里子(電通大)

- ◆ピッチ不安定性強調現象は Fig. 1 に示すような刺激で、変化音程が半音より小さい場合などに生じ、音の変わり目で音の高さが不安定に知覚される現象である。
- ◆これまでピアノ音で本現象を検討してきたが、より詳細な検討を行うには音の構造が単純である必要がある。
- ◆そこで、本現象がピアノの時間包絡を模した純音によって生じるかを調査し、さらに周波数追従反応を計測し、末梢神経系での現象の有無を検討した。
- ◆先に呈示した音高から(-100,-66,-33,0,+33,+66,+100) Cent 変化させた音を呈示し音高の変わり目の音の高さが不安定か評価させた。
- ◆音高の変化の幅および基準の音高の主効果が有意であったことから純音刺激でも PIE は生じることが明らかとなった。

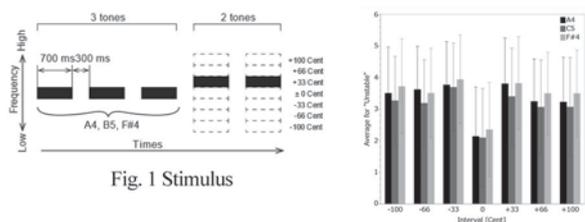


Fig. 2 Average for "Unstable"

### 1-P-9

#### 1-P-9 複数の無音区間を挿入した場合のギャップ検出閾値

Gap detection threshold using multiple silences embedded within a broadband noise

○森本隆司(リオン), △門脇誠一(IUHW), 蝦名俊匡(リオン), △岡本秀彦(IUHW)

- ◆時間分解能の指標の一つであるギャップ検出閾値 (gap detection threshold, GDT) の他覚的測定法を提案することを目的に、広帯域ノイズに 40 Hz 間隔で無音区間を挿入した刺激音で誘発される振幅包絡追従反応を評価してきた。
- ◆この検討の中で、500 ms のノイズの中に 40 Hz 間隔に複数無音区間が存在する刺激音を用いた GDT は、従来の GDT (500 ms のノイズの中に無音区間が一つ) に比べ感度が良いことが報告されている。
- ◆本研究では、等間隔に複数無音区間が存在する刺激音が GDT の他覚的測定に用いることが妥当であるかを評価するため、この感度の違いの理由を探ることを目的に実験を行った。
- ◆結果、この感度の違いは、無音区間挿入周期の影響は少なく、無音区間挿入個数が大きく影響していることがわかった。

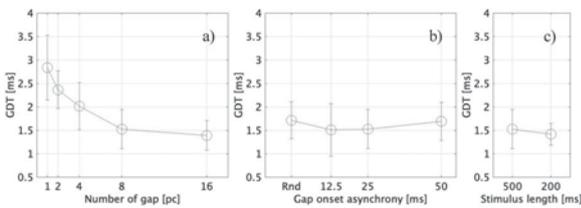


Fig. 1: Results of multiple gap detection threshold. a): Results of varying the number of gaps. b): Results of varying the gap onset asynchrony. c): Result of varying the stimulus length.

### 1-P-11

#### 1-P-11 聴覚時間分解能検査の作成:(3)変形上下法と ZEST で得られた結果の比較

Tests of human auditory temporal resolution: (3) Comparison of results using transformed up-down method and ZEST

○蝦名俊匡(リオン), 村田悠登(九州大院・情報理工), 森本隆司(リオン), △岡本康秀, △神崎晶(慶應大), 森周司(九州大院・情報学)

- ◆短時間で測定可能な時間分解能測定法を目指し、無音検出閾値 (GDT) および変調検出閾値 (MDT) 測定に対して適応的閾値測定法の一つである ZEST を適用することを検討している。
- ◆これまで、シミュレーションにより、GDT, MDT それぞれで効率的に測定可能な ZEST パラメタが検討されてきた。
- ◆本研究ではこれらパラメタを用いて、健聴者に対して実際に測定を行い、従来法 (変形上下法) との結果を比較した。
- ◆従来法と ZEST の結果の比較により、相関関係および系統誤差が認められた。さらに、誤差の許容範囲は比較的小さいことがわかった。
- ◆今後も計測を続け、難聴者での評価、ZEST パラメタの更新する予定である。

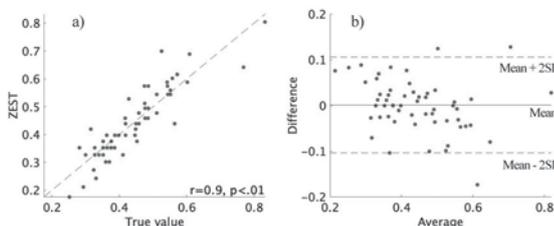


Fig. 1: Measurement results for GDT. a): Scatter plot between results using transformed up-down method, b): Bland-Altman plot.

### 1-P-10

#### 年齢層と時代間を考慮した利き耳に関する検討

A study on Dominant Ear with Regard to Three Generations and Historical Data

◎GUO YIJIE(中央大院), △森田和元, 戸井武司(中央大)

高齢者の左右耳の差の特徴について明らかにする目的で、本研究ではインターネットアンケート調査と、1979 年 (43 年前) 先行論文のデータを使用して、年齢層と時代間による利き耳の差の有無を検討する。アンケート調査では、異なる 3 つの年齢層 1800 人を調査し、年齢層間の利き耳の有意差を分析する。先行論文のデータと比較して、当時の 20 代と現在の 20 代との比較、および現在の 65-74 歳の比較を行う。アンケート調査結果の一例として「電話をかけるとき、主に右耳と左耳のどちらを使いますか」という質問に対する各年齢層の回答率の平均と 95% 信頼区間を Fig. 1 に示す。年齢層間で見ると、40 代が他の年齢層と比較して顕著に左利き耳が多くなった。また、20 代と 65-74 歳では 65-74 歳の方が左利き耳が多いという有意傾向があった。次に、Fig. 2 に示す時代間による利き耳に有意差はなく、さらに当時の 20 代と現在の 65-74 歳の比較は加齢の影響で左側に移行すると推察される。

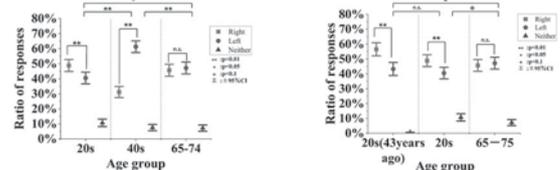


Fig. 1 Means and 95% confidence intervals of questionnaire results on the dominant ear (Telephone)

Fig. 2 Means and 95% confidence intervals of questionnaire results on the dominant ear (Telephone)

### 1-P-12

#### 1-P-12 An inequality governing the peripheral auditory activity

○ Shuji Mori (Kyushu Univ.) & △ Willy Wong (Univ. Toronto)

- ◆We have derived an inequality which governs the bounds by which the response of a peripheral auditory neuron must obey.
- ◆The usual auditory adaptation curve has three characteristic points: spontaneous (SR), peak (PR) and steady-state (SS) activity (see Fig. 1).
- ◆This work shows that the steady-state activity must lie between the geometric and the arithmetic means of the peak and spontaneous activities,  $\sqrt{SR \times PR} \leq SS \leq (SR+PR)/2$ .
- ◆These bounds can be calculated without the need of knowing any parameters! All that is needed are the recorded values of SR, PR and SS from the adaptation measurements.
- ◆The agreement between data across different studies and the inequality is good.

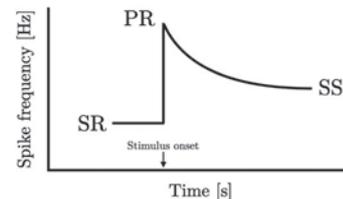


Fig. 1: A schematic illustration of adaptation in a peripheral auditory neuron highlighting the spontaneous (SR), peak and steady-state activities (SS).

### 1-P-13

#### 聴覚フィルタバンクを用いた ラフネスモデルの構築

Implementation of computational roughness model using auditory filterbank

☆磯山拓都, 木谷俊介, 鶴木祐史(北陸先端大)

【背景】 Moore & Glasberg のラウドネスモデル (ISO 532-2) は周波数領域で定義されたモデルのため、音質評価指標の算出に利用できない。そこで、これまでに聴覚フィルタとしてガンマトーンフィルタバンク (GTFB) とガンマチャープフィルタバンク (GCFB) を用いて時間領域で計算するラウドネスモデルを提案した。

【目的】 音質評価指標であるラフネスの計算モデル (TDR モデル) を提案したラウドネスモデルを用いて構築すること。

【方法】 GTFB と GCFB を用いた TDR モデル (TDR-GT モデル, TDR-GC モデル) を構築し、変調周波数とラフネスの関係を従来モデルと比較した。

【結果】 Figure 1(a)から、TDR-GC モデルは、従来モデルよりも推定誤差が小さいことがわかった。Figure 1(b)から、DW モデルの推定誤差が一番小さいが、TDR-GC モデルの推定誤差と DW モデルの推定誤差の差は0.6であった。

【結論】 構築した TDR モデルは、従来モデルと同程度にラフネスを推定できることがわかった。

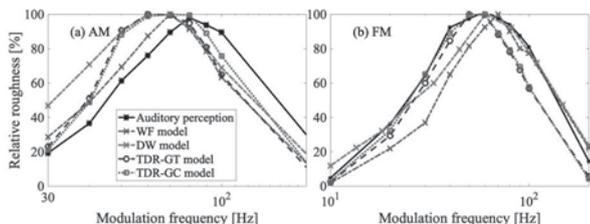


Fig.1 Relative roughness calculated by four roughness models with respect to modulation frequency: (a) amplitude-modulation signal, (b) frequency-modulation signal

### 1-P-15

#### 1-P-15 聴覚オブジェクトの検出における 空間的整合性の影響について

Preliminary study on the effects of spatial constituency on the reaction time of various auditory objects.

☆栗林真幸, 坂本修一(東北大通研/院情科研)

- ◆空間上の様々な方向から提示される標的音に対する反応時間が、その標的音の背景音に対する空間的整合性に依存して変化するかどうかを実験的に検討した。
- ◆背景音は駅での収録音とホワイトノイズ、標的音としてカラスの鳴き声、クラクション、鍵が落ちた音、くしゃみを用いた。駅での収録音については一次のアンビソニックスでデコードした。いずれも 157ch ラウドスピーカアレイにて空間的に再生した。
- ◆実験の結果、背景音が駅での収録音の場合、一部の標的音について、情景と矛盾ない位置で反応時間が有意に短くなった(Fig. 1)。
- ◆この結果から、聴覚オブジェクトの検出に空間的整合性が影響を及ぼす可能性が示唆された。

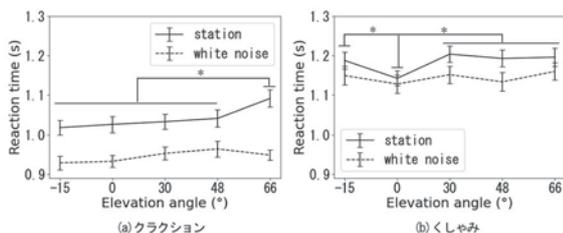


Fig.1: Reaction time at elevation angle

### 1-P-14

#### 音響テクスチャの知覚に関わる聴覚情報処理機構

Auditory mechanisms for sound texture perception.

☆丸山玄徳, △岡田康佑, △本吉勇(東大)

私たちは、風、水流、足音など様々な自然音を容易に知覚する。こうした音響テクスチャの知覚は、入力音の統計的表現に基づくと考えられている。その代表的な計算モデルである McDermott - Simoncelli (MS) モデルは、多様なクラスの音響統計量に基づいて自然な音響テクスチャの知覚を予測・合成することが知られている。本研究では、視覚テクスチャ知覚に関するスペクトルモデル(Okada & Motoyoshi, 2021)を参考に、音響テクスチャの知覚を入力音に対する一次元の線形スペクトル(Ft)と二次元のエネルギー・スペクトル(Ft, Ffreq)の二段階のスペクトル表現のみで記述する極めて単純なモデルを提案する。120種の様々な自然音を対象とした心理物理実験から、二段階スペクトルモデルはMSモデルと同等あるいは更に優れた品質で原音と知覚的に類似した音を合成できることがわかった。この結果は、ヒトにおける音響テクスチャの知覚の大部分がわずかに二つの振幅スペクトルのみで説明しようという考えを支持している。また、二段階スペクトルに基づく視覚・聴覚テクスチャの合成の成功は、二つのモダリティにおけるテクスチャ情報処理が共通の計算原理に従うことを示唆している。

### 1-P-16

#### 1-P-16 両耳間位相差刺激に対する 脳幹誘発電位の両耳相互作用

Binaural interaction of brainstem responses to interaural phase modulation sounds

○藤平晴奈(NTT CS 研・日本学術振興会特別研究員 RPD),

山岸慎平, 古川茂人, 柏野牧夫(NTT CS 研)

- ◆これまで両耳間位相変調音 (interaural phase modulation sound: IPM 音) に対する知覚感度が、大脳皮質に由来すると考えられる反応 (interaural phase modulation following response: IPM-FFR) と有意な相関があることが報告されてきた。
- ◆2022 年春季研究発表会 (以下、前回と略) において、我々は、脳幹由来と考えられる周波数追従反応 (frequency following response: FFR) も、それらと有意な相関を示すことを報告した。
- ◆本研究では、IPM 音を両耳呈示した反応波形 (FFR(B 反応)) が、①単純に左右それぞれの刺激に対する独立した神経活動から発生した信号の電氣的な足し合わせを反映しているのか、それとも②両耳間位相差を比較するメカニズムにより生じる神経活動を反映しているのか明らかにするため、IPM 音を片耳に呈示する条件を加えて検証した。
- ◆IPM 音を片耳呈示した時の反応を足し合わせた波形は、FFR(B 反応) とは有意な相関を示さなかった。この結果から、FFR (B 反応) は ②を反映していることが示唆された。
- ◆また、本研究の条件においても FFR が IPM 検出能と関連性を示した。この結果から、FFR が知覚感度の客観的指標となりえることを再度確認することができた。

### 1-P-17

#### 1-P-17 耳介の形態・硬度および性別が軟骨伝導の検出閾特性に及ぼす影響

Effects of morphology and hardness of the pinna and gender on detection threshold of cartilage conduction

○田村 茜, イルワンシャー, 大塚 翔, 中川 誠司(千葉大)

- ◆骨伝導の装用性に係る問題を解決する方法として“軟骨伝導”が提案され、補聴器やスマートホンに活用されているが、その知覚と耳介特性の関係は調べた例は少ない。また、耳介硬度と聞こえの関係を調べた例はない。
- ◆耳介硬度を安定的に計測するための工夫を凝らした上で、ゴム硬度の計測に用いられるデュロメータ(タイプE)を用いて、対輪、耳珠および耳輪の硬度を計測した(Fig. 1)。硬度に加えて耳介の形態および性別が軟骨伝導の検出閾特性に及ぼす影響を調べた。
- ◆耳介軟骨長が長いほど、検出閾が増大した。また、対輪と耳輪、それぞれの硬度の増加に伴い検出閾が下降/上昇した(Fig. 2)。
- ◆また、対輪および耳輪の硬度、耳介軟骨長、250-1000 Hzの検出閾には男女間での有意な差異が認められた。耳介の硬度と耳介サイズは軟骨伝導の検出閾に影響すること、小さな耳介を持つ女性の方が軟骨伝導音を効率よく聴取できることを示している。

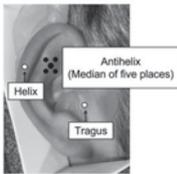


Fig. 1 Measurement locations for the hardness of the pinna.

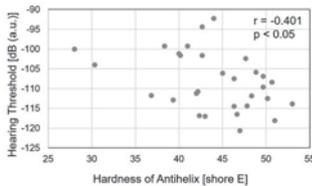


Fig. 2 A scatter diagram of threshold and hardness of the helix.

### 1-P-19

#### 顔面に呈示された骨伝導音の周波数弁別特性

Frequency-discrimination characteristics of bone-conducted sounds presented to the human face

☆上村 昂, 大塚 翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆一般に骨伝導音は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検討されている。
- ◆顔面は複雑な構造を持っており、振動子の呈示位置のわずかな変化により骨伝導音の知覚・伝搬メカニズムが変化する可能性が高い。
- ◆顔面における骨伝導の周波数情報の伝達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)に骨伝導刺激を呈示した際の周波数弁別閾(DLF)の計測を行った。
- ◆中域および高域では、各顔面部位においても従来部位および気導条件と同等のDLFが得られた。
- ◆一方、低域の骨伝導、特に顔面部位では、気導音に比べてDLFが大きく上昇する傾向が認められた。顔面に多く存在し、強い非線形性を持つ軟骨の影響などが疑われるが、今後の検証が必要である。

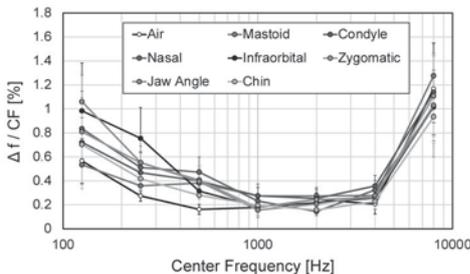


Fig.1 DLF for each facial placement

### 1-P-18

#### 1-P-18 骨伝導における耳栓効果が単音節明瞭度に及ぼす影響

Influences of the occlusion effect with bone-conduction on monosyllable articulation

☆美和 あす華, 大塚 翔, 中川 誠司(千葉大)

- ◆外耳道を閉塞した状態で骨伝導音を聴取すると、低域のラウドネスが増大する“耳栓効果”が生じる。
- ◆近年、顔面への骨伝導呈示が検討されている。前稿では、顔面部位(頬骨、鼻骨、眼窩下部、下顎角およびオトガイ隆起)と従来部位(乳様突起、顎状突起および前額部)への骨伝導音に対する知覚閾および外耳道内音圧を計測し、各部位における耳栓効果を比較した。その結果、顔面部位は従来部位を凌ぐ耳栓効果を示すことが分かった。
- ◆本研究では、耳栓効果が音声知覚に及ぼす影響を定量的に評価するために、乳様突起、顎状突起、鼻骨および眼窩下部において、耳栓効果が単音節明瞭度に及ぼす影響を検討した。
- ◆すべての呈示部位において、耳栓効果は単音節明瞭度を上昇させることが分かった。
- ◆明瞭度が上昇する単音節の種類は、呈示部位によって異なった。耳栓効果に伴う各伝搬成分の変化、すなわちラウドネス変化の特性が異なるためであると考えられる。

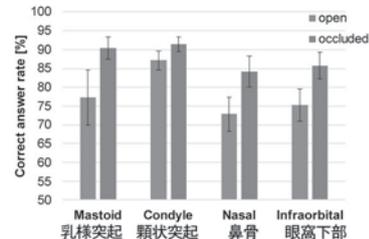


Fig. 1 Percent correct of the articulation test (Mean ± S. D.).

### 1-P-20

#### 1-P-20 先行音列の規則性がオリーブ蝸牛束反射に与える影響と注意配分の関係

The effect of regularity of preceding sound sequence on medial olivocochlear reflex and its relationship to attention distribution

○石坂勇毅, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆脳幹から外有毛細胞に向けて遠心性接続するオリーブ蝸牛束が、音に反応して外有毛細胞の増幅を抑制する働きをオリーブ蝸牛束反射(MOCR)という。
- ◆著者らはこれまでに、先行する音列にジッターを加えると、その増加に応じて、MOCR及びδ波の位相同期度(PLV)が減少し、さらに、両者の減少のパターンが類似することを示した。
- ◆刺激音が規則的に提示されると反応時間が減少することが報告されているが、その予期の効果は妨害課題が課された場合でも観察される。
- ◆本研究では、予期に伴うオリーブ蝸牛束反射の変動における注意の役割を解明することを目的として、妨害課題負荷時のオリーブ蝸牛束反射を計測した。
- ◆妨害課題の負荷量の増加に伴って妨害課題の正答率は減少した(Fig. 1A)が、聴取課題の正答率は影響を受けなかった。一方で、聴取課題の正答率は、妨害課題の負荷量の両条件で、ジッターの増加に伴って減少した(Fig. 1B)。
- ◆本実験では、MOCR強度及びδ波のPLVのジッター依存性は確認されなかったが、妨害課題の負荷量が増加すると、両反応が減少することが示された(Fig. 1C, D)ことより、注意資源の配分量がMOCR及びδ波のPLVに影響を与えることは確かめられた。

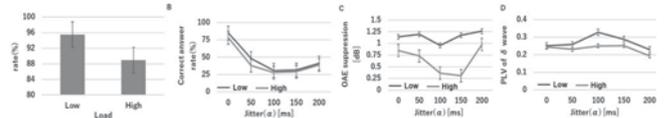


Fig. 1 (A) Mean correct answer rate of working memory task as a function of task load. (B) Mean correct answer rate of auditory task. (C) Mean OAE suppression (C) and mean PLV of delta wave (D) as a function of jitter (alpha).

### 1-P-21

#### 1-P-21 特定の周波数に対する注意が オリーブ蝸牛束反射に与える影響 —ターゲット周波数に対する依存性の検討

Effect of attention to specific frequency on medial olivocochlear reflex  
— a study of its dependence on target frequencies

☆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には、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。
- ◆ 前報では、雑音中の純音を検出する課題を行った場合に、1500 Hzのターゲットを検出した条件では、ターゲット周波数付近のMOCRが増加した一方で、750 Hzと3000 Hzのターゲットを検出した条件ではMOCRの有意な増加は見られないことを報告した。本研究では、注意を向ける周波数を段階的に変えることで、MOCRへの注意の効果が見られる周波数帯域の特定を試みた。
- ◆ 注意を向ける周波数に依らず、いずれの条件においてもMOCRの周波数選択的な変化は見られなかった。
- ◆ 本研究では、ターゲットと同一の周波数の Cue を表示することで、ターゲット周波数に注意が向くように促したが、Cue と雑音の刺激間隔を比較的に短く設定したことから、注意が十分にターゲット周波数に向いていなかった可能性がある。

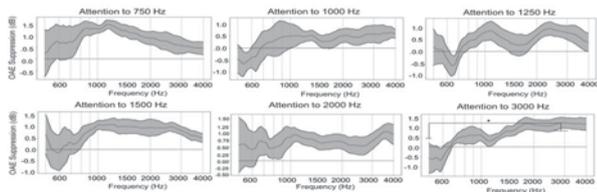


Fig. 1: Mean of frequency characteristics of MOCR in each condition. Error bars depict the standard errors. \* $p < 0.05$

### 1-P-23

#### 1-P-23 自己正確推定損失による Deep Prior を用いた脳磁図の電流源推定 MEG source localization using Deep Prior with self exact localization loss.

☆矢野 肇, 高島遼一, 滝口哲也(神戸大), 中川誠司(千葉大)

- ◆ 深層ニューラルネットワークが表現する事前分布 (Deep Prior) を利用した脳磁図の電流源推定手法は、事前分布が高い表現力を持つ反面、位置推定の安定性が低いという問題がある。
- ◆ 本発表では、ノイズの少ない条件下で正確な位置を推定可能な線形の逆作用素と、Deep Prior の持つノイズ除去の性質を組み合わせた新たな損失関数である自己正確推定損失を提案する。
- ◆ 脳内の単一電流源を仮定して作成した脳磁図データを使って推定を行った結果、提案手法は位置推定の安定性が向上し、sLORETA などのよく用いられる手法と同等の推定精度を示した (Fig. 1)。

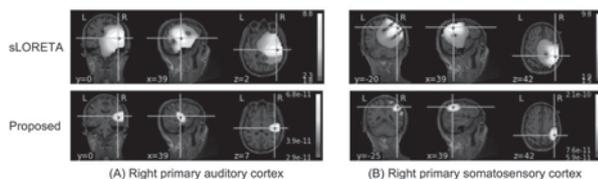


Fig. 1 Estimated current density from generated MEG data by sLORETA and the proposed method.

### 1-P-22

#### 1-P-22 注意資源の配分に伴うオリーブ蝸牛束反 射の変動と皮質活動の関係

Relation between fluctuations in olive cochlear bundle reflex and cortical activity associated with allocation of attentional resources

☆鈴木麻里子, 石坂勇毅, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆ 脳幹から外有毛細胞に投射するオリーブ蝸牛束は、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。この抑制反応は、オリーブ蝸牛束反射 (MOCR) と呼ばれ、雑音下での聴取を改善する役割を果たすと考えられている。それゆえ、注意状態の変化に伴う MOCR の変化は雑音下での聴取に影響を与えると推察される。
- ◆ 著者らはこれまでに、妨害課題を課すことで、聴取課題に配分される注意資源を減少させると、聴取成績、及び、MOCR 強度が減少することを示した。
- ◆ 本研究では、脳波を同時に計測し、皮質の活動と MOCR 強度の関係を調べた。
- ◆ 聴取成績は、妨害課題の負荷量が増加すると有意に低下した。妨害課題の負荷量と  $\alpha$  波の PLV との間には有意な正の相関が見られ、 $\theta$  波の PLV との間には有意な負の相関が見られた。MOCR については、統計的に有意な難易度への依存性は見られなかったが、妨害課題がない場合に比べて、妨害課題がある場合の MOCR の平均値が減少する傾向が見られた。
- ◆ 被験者を増やし精査する必要があるものの、皮質領域には、注意資源の配分に応じた変化が見られるのに対して、MOCR には直接反映されない可能性があることを示している。

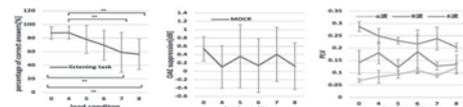


Fig. 1 Medial olivocochlear reflex strength, percentage of correct responses in listening task,  $\alpha$ -wave PLV,  $\theta$ -wave and  $\delta$ -wave PLV as a function of the disturbance task load

### 1-P-24

#### 1-P-24 EV 走行音に対する順応と選択的注意 —第1報 事象関連電位に着目した変動音に関する検討— Adaptation and selective attention to EV vehicle sound

☆亀山勇希, 石光俊介(広島市大),  $\Delta$ 古高啓介,  $\Delta$ 藤井泰人(東洋紡)

- ◆ 本研究では、順応及び選択的注意に着目し、脳波の事象関連電位(ERP) から走行騒音に対する注意機能を定量することを目的とした。第1報では、前段階として、走行音の音圧レベルの変動に対する ERP の影響について調査した。
- ◆ 実験では、まず走行音の音圧レベルの増加時と減少時に有意な差があるか検証し、次にどの程度の音圧レベル変動の差で認知及び ERP に影響を及ぼすか調査した。
- ◆ 音圧レベルの増加時と減少時で働く注意機能の違いが神経生理学的に観察できた。さらに、音圧レベルの小さな差(2dB)でも ERP は惹起するが、情報処理過程にかかる時間は延長することが明らかになった。
- ◆ 今後の課題として、本検討で得られた結果を踏まえてプローブ刺激法を用いた走行騒音に対する注意機能を検討することが及び時間-空間主成分分析などを用いて ERP 波形の同定を行うことが挙げられる。

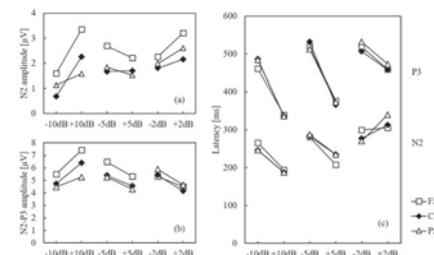


Fig. 1: Results of Experiment 2

### 1-P-25

#### 1-P-25 音響シミュレーションによる FM コウモリの聴覚指向性の評価 - エコーロケーションにおける耳珠の役割に関する考察

☆加藤めぐみ, △野村拓水, 手嶋優風, 土屋隆生, 飛龍志津子(同志社大)

- ◆ 下降変調音 (FM 音) を放射するコウモリ種 (FM コウモリ) は、耳介内に大きく発達した耳珠を持つ。しかしエコーロケーションと耳珠形状の詳しい関係については分かっていない。
- ◆ そこで本研究では、X 線マイクロ CT で撮影したユビナガコウモリ頭部の 3 次元数値モデルに対して FDTD シミュレーションを行い、耳珠の存在が頭部伝達関数に与える効果を分析した。
- ◆ 耳珠形状を操作した数値モデルに対して頭部伝達関数を算出した結果 (Fig.1)、仰角 0-30 度、周波数 55-65 kHz 付近に見られたノッチ周波数が耳珠を取り除くことで見られなくなること、また耳珠が短くなるとノッチ周波数が高周波側にシフトすることがわかった。
- ◆ 耳珠による仰角方向依存のノッチ周波数は、FM コウモリの音源定位の手掛かりに役立っていると予想される。実測不可能なコウモリが聴取する聴覚指向性の計測に、FDTD シミュレーションは有用である。

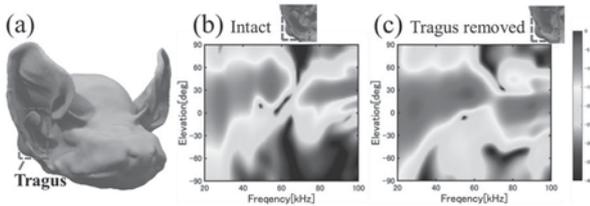


Fig. 1 (a) 3D numerical model of *Myotisotis fuliginosus*. Comparison of HRTFs at azimuth 0 deg obtained by FDTD simulations for intact (b) and (c) tragus removed models.

### 1-Q-1

講演取消

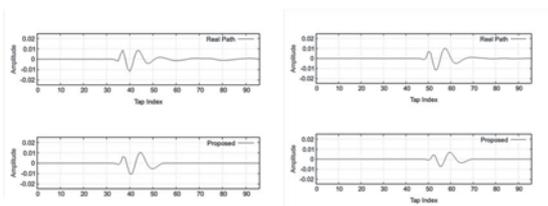
### 1-Q-2

#### 1-Q-2 パラメトリックスピーカの二次経路特性を利用した ANC システム

ANC system using secondary path characteristics of parametric array loudspeaker

☆山口一歩, 木許雅則(日本工大)

- ◆ Active Noise Control(ANC)とは、騒音に対して同振幅、逆位相の制御音を生成し、それらを消音点で干渉させることで騒音を低減する技術である。
- ◆ ANC では一般的に Filtered-x 法が用いられるが、システムの構成上、制御音源から消音点までの経路特性(二次経路)が変動すると消音性能が維持できない二次経路問題が生じる。
- ◆ 本研究では、パラメトリックスピーカの経路特性の特徴に着目した新たな二次経路の簡易推定法の構築を行う。
- ◆ 本報告では、提案法で生成した二次経路モデルを用いた際の消音性能について報告し、二次経路問題への適用可否について明らかにする。



(a) Secondary path model ( $\ell = 1.0\text{m}$ ) (b) Secondary path model ( $\ell = 1.5\text{m}$ )

Fig.1: Comparison of secondary path model

### 1-Q-3

#### 1-Q-3 軟骨伝導を用いた Delayed-X Harmonics Synthesizer アルゴリズムによる複合音消去 Complex sound elimination by Delayed-X Harmonics Synthesizer Algorithm using cartilage conduction

☆東美幸, 下倉良太, △飯國洋二(大阪大)

- ◆ イヤホン歩行の危険性を減らすため、耳を開放したまま音を届けられる軟骨伝導に注目した。
- ◆ 本研究では、外界の不必要な音の混入を許すという軟骨伝導の問題点を解決するため、音声に重畳された複合音から複合音のみを消去する手法を提案した。
- ◆ 周期性雑音の消去到特化した Delayed-X Harmonics Synthesizer (DXHS) アルゴリズムを用いた複合音のみの消去を検討した。
- ◆ 周波数追従型 Conv-DXHS アルゴリズムを提案した。ここでは、複合音の周波数が変化する場合にも消音ができるよう、基本周波数を推定した。加えて、出力信号が出力元から制御点まで軟骨を通ることに着目し、軟骨の伝達特性を考慮したアルゴリズムに拡張した。
- ◆ 提案アルゴリズムを用いた結果、500Hz の 8 倍音までの複合音の消去を確認した。加えて、400Hz、500Hz の 2 つの基本周波数で変化する場合にも複合音消去を確認した。

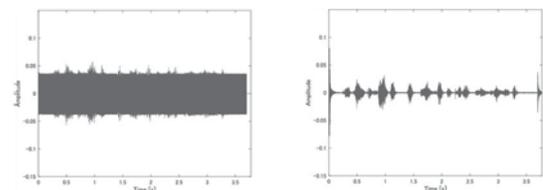


Fig.1: controlled signal

Fig.2: error signal

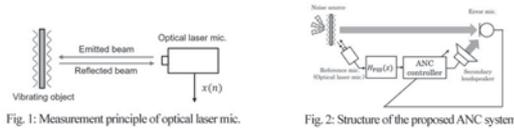
### 1-Q-4

#### 1-Q-4 光レーザーマイクロホンを用いたアクティブノイズコントロールのPIDフィルタによる性能改善

Study on improvement of noise reduction performance by PID filter in active noise control with optical laser microphone

☆中村晃希(立命館大院), 岩居健太, 西浦敬信(立命館大)

本稿では, 光レーザーマイクロホンを用いたアクティブノイズコントロール(ANC)のPIDフィルタによる性能改善法を提案する。フィードフォワードANCシステムにおける因果律の制約を緩和するために, 光レーザーマイクロホンを用いたフィードフォワードANCシステムが提案されている。このシステムは, 光レーザーマイクロホンによって取得された振動速度から音圧を推定するために, 一次微分器を用いている。そのため, 参照信号の低周波成分が微分器によって減衰し, 騒音低減性能が低下するという問題がある。そこで, 提案システムでは一次微分器の代わりに, 比例項, 積分項, および微分項で構成されるProportional-integral-differential (PID) フィルタを用いる。提案システムでは, PID フィルタを用いることによって, 参照信号の減衰を抑えつつ, 光レーザーマイクロホンによって取得された振動速度から音圧を推定することが可能である。シミュレーションの結果, 提案システムは従来システムと比べて騒音低減性能が高くなることが示された。



### 1-Q-6

#### 1-Q-6 ANCシステムにおけるオンラインモデリングを用いたバーチャルセンシング技術に関する検討

A Study on Virtual Sensing Methods with Online Modeling in ANC System

☆豊岡祥太, 梶川嘉延(関西大)

- ◆ANCシステムは騒音に対して同振幅, 逆位相の擬似騒音を生成し, 騒音と重ね合わせることで騒音低減を行うシステムである。ANCでは一般的に誤差マイクロホン地点を中心に消音領域 (ZoQ : Zone of Quiet) を生成できるが, 所望地点にマイクロホンを設置できない場合, 十分な低減効果が得られない可能性がある。
- ◆本稿では, 所望地点で騒音の低減を可能とするバーチャルセンシング技術 (AFVS) にオンラインモデリングを導入し, 二次経路変動に対してロバストなAFVSの構成を提案する。
- ◆提案法では, 二次経路だけでなく補助フィルタの再推定も可能である。
- ◆Fig.1に所望地点のスペクトルを示す。提案法では, 誤差マイクロホン地点の二次経路が変動しても低減効果を保つことがわかる。

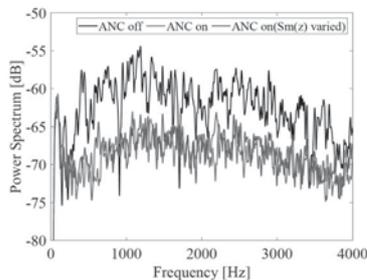


Fig.1: Frequency characteristic at desired position.

### 1-Q-5

#### 1-Q-5 時間波形データを入力とする2D-CNNを用いた騒音制御フィルタ選択に関する検討

A Study on Selection of Noise Control Filter Using 2D-CNN with Time Waveform Input

☆土井健矢, 梶川嘉延(関西大)

- ◆現在, 騒音問題に対する騒音制御手法として様々な Active Noise Control (ANC)システムが提案されている。その中でも Convolution Neural Network (CNN)を用いた騒音制御フィルタ選択アルゴリズムを導入したSFANC (Selective Fixed-filter ANC)システムは効率的な騒音低減手法として期待される。
- ◆しかし, 従来では主に画像分類に用いられる 2D-CNN で音響信号を扱う際には信号をスペクトログラム画像化する必要があるが, 変換時に遅延が発生するためリアルタイム性が求められる ANC システムへの実装には適していない。
- ◆本研究では, 取得した音響信号の時間波形データをそのまま2次元画像データに変換することで処理時間を軽減した 2D-CNN について検討する。
- ◆取得した騒音信号を 2D-CNN へ入力する際の前処理時間は, スペクトログラム入力と比べて提案手法では 1/150 とかなり削減できている。

	学習	検証	テスト	前処理時間
時間波形入力 2D-CNN	99.86 %	88.05 %	88.26 %	0.0040 s
スペクトログラム 2D-CNN	99.67 %	90.80 %	91.35 %	0.6118 s
時間波形入力 1D-CNN	96.73 %	81.87 %	84.31 %	0.0000 s

Fig. 1 Classification accuracy of CNN models and preprocessing time

### 1-Q-7

#### 1-Q-7 ヘルメット ANC システムにおける頭部回転への参照マイクロホン切り替えによる低減効果の向上

Improved Noise Reduction by Switching Reference Microphone to Head Rotation in Helmet Active Noise Control System

☆森谷真乃, 梶川嘉延(関西大)

- ◆バイク騒音に対するヘルメットへのANCシステムの導入。
- ◆右左折時の騒音低減効果劣化を防ぐ方法を提案。
- ◆Fig.1に実験の配置図を, Table 1に騒音低減量を示す。
- ◆結果より, 右を向いた場合のみ参照マイクロホンを切り替えることで効果が得られることがわかった。

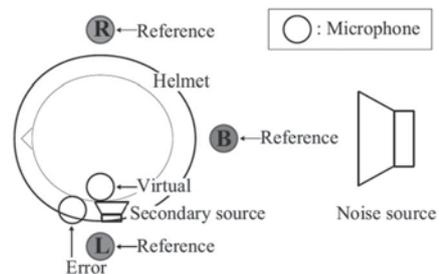


Fig.1 Arrangement of experiments for helmet ANC.

	LR0	L90	R90
Back	6.58	8.15	4.88
Left	6.50	7.39	2.21
Right	7.07	3.36	6.31

Table 1 Noise reduction for each arrangement.

1-Q-8

1-Q-8 補聴器における両耳間強度差を用いた  
フィードバックキャンセラとその評価

Binaural feedback canceller using interaural level difference and its evaluation for hearing aids

☆植田悠仁, 中島米俊(熊本高専), 湯野悠希, 屋間信彦(リオン)

【背景】従来の NLMS によるハウリング抑制においては、周期信号入力時に異音が発生することが問題となっている。白色化フィルタを用い、異音を抑制する事は可能だが、一方でハウリングの抑制が困難となる場合がある。

【提案手法】ハウリング発生の有無によって白色化効果を制御するため、左右耳の信号から両耳間強度差(LD)を算出することでハウリングを検出する。ハウリング発生時には白色化効果を弱め、ハウリングを抑制する。

【結果・考察】従来手法(AFC, PEM-AFC, FS-AFC)と提案手法(Prop)について、六つの音源を用い客観・主観評価による比較を行った。音源信号の知覚的評価法の一つである APS(アーチファクトスコア)による客観評価においては、提案手法が高い評価値を得た。また、一対比較による主観評価では、FS-AFC と共に提案手法が高く評価され、サーストン法により、評価値を尺度化した結果、提案手法の優位性を確認できた。

Table 1: APS score

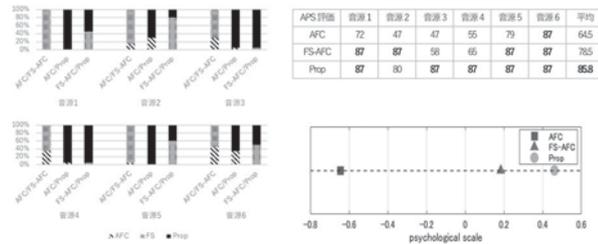


Fig. 1: Subjective evaluation result

Fig. 2: Result of Thurstone scaling

1-Q-9

骨伝導による騒音抑制効果の  
上下法を用いた検討

Examination using the vertical method for noise suppression effect using bone conduction.

☆酒井賢人(静大・院・総合科技研), 立蔵洋介(静大・院・総合科技研)

- ◆目的: 骨伝導による騒音抑制効果を従来の ANC と比較する
- ◆提案法: 使用者自身が骨伝導(二次音源)の最適な呈示時間を決定し騒音の抑制を行う
- ◆基礎調査: 上下法を用いて ANC 時のラウドネスを推定
- ◆結果: 従来手法より騒音が低減されることを確認

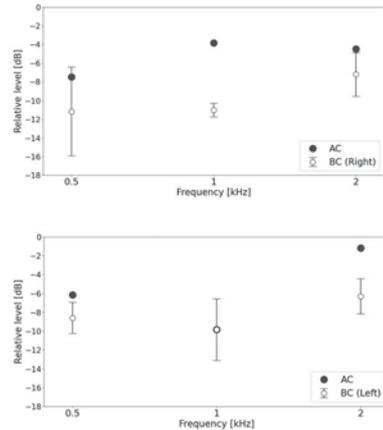


Fig. 1 Estimating loudness for each frequency. (The legend shows the device used for noise suppression. Error bars indicate standard deviation.)

1-Q-10

1-Q-10 音声強調における音声認識性能の劣化要因の分析:学習データが及ぼす影響の調査

Analysis of Degradation Factors of Speech Recognition Performance in Speech Enhancement: Investigating Effect of Training Data

◎岩本 一真(同志社大), 落合 翼, デルクロア マーク, 池下 林太郎, 佐藤 宏, 荒木 章子(NTT), 片桐 滋(同志社大)

- ◆背景と目的
  - 音声強調の推定誤差が音声認識に与える悪影響の分析
  - 音声認識の学習データが与える影響の検証
- ◆実施要項
  - noise 誤差と artifact 誤差の大きさを調整し、それぞれの誤差が与える影響を分析
  - 3つの音声認識システムを作成
    - (a) 観測信号で学習 (noisy), (b) 強調信号で学習 (enhanced),
    - (c) 観測信号と強調信号で学習 (noisy+enhanced)

- ◆評価実験
  - 学習データに強調信号を含む場合においても、「artifact 誤差の影響 > noise 誤差の影響」を確認

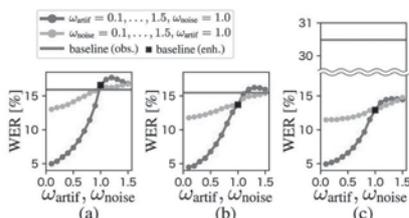


Fig. 1: Results of adjusting scale of noise error and artifact error. (WER [%] (lower is better) of (a) noisy, (b) noisy+enhanced, (c) enhanced backend)

1-Q-11

1-Q-11 Two-stage phase reconstruction using inter-frequency phase difference

☆ Nguyen Binh Thien (Ritsumeikan Univ.), Yukoh Wakabayashi (Toyoashi Univ. of Technology), Geng Yuting, Kenta Iwai and Takano Nishiura (Ritsumeikan Univ.)

- ◆ We propose a two-stage phase reconstruction algorithm using inter-frequency phase difference (IFPD).
- ◆ Conventional two-stage phase reconstruction algorithms estimate phase derivatives, i.e., instantaneous frequency (IF) and group delay (GD), by using deep neural networks in the first stage, and then in the second stage, reconstruct the phase by maintaining the IF/GD information.
- ◆ We enhance the phase relationship along frequency by using the IFPD, which is a phase difference between two frequency bins with the frequency hop of  $i$  bins.
- ◆ Experimental results show that the proposed method using the IFPD performs better than other methods.

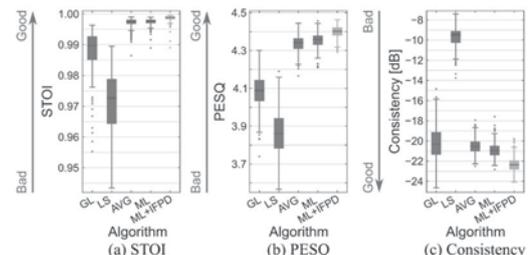


Fig. 1: Objective scores of phase reconstruction algorithms, where blue and red colors respectively indicate conventional and proposed methods.

### 1-Q-12

#### 1-Q-12 深層学習に基づく仮想マイク生成技術の劣決定音源分離問題への適用の検討

Application of Neural Network-Based Virtual Microphone Estimator to the Source Separation Problem in Under-determined Situation

★瀬川華子(筑波大), 落合翼, マーク・デルクロア, 中谷智広, 池下林太郎, 荒木章子(NTT), 山田武志(筑波大), 牧野昭二(早稲田大/筑波大)

- ◆ 研究背景 :
  - ・ 深層学習に基づく仮想マイク生成技術 (NN-VME) を提案
  - ・ 先行研究では限られた条件でのみ評価 → 有効性の検証が不十分 (単一話者, 低残響, ピームフォーマでのみ評価)
- ◆ 本稿の内容 : より複雑な条件を対象として NN-VME の有効性を検証
  - (1) 複数話者における劣決定条件下での仮想マイクの推定
  - (2) 残響ありの遠隔発話への適用 (残響時間の変化による影響の検証)
  - (3) 劣決定条件下でのブラインド音源分離手法 (BSS) への適用
- ◆ 実験結果 :
  - (1) 複数話者の発話でも仮想マイク (各話者の空間情報) を推定可能
  - (2) 残響の増加につれて, 仮想マイクの推定精度の低下を確認
  - (3) 劣決定条件下では BSS (e.g. IVA) は本来適用できない  
→ 仮想マイクの利用によって適用可能になることを確認

Method	used ch		T <sub>60</sub> [ms]			
	RM	VM	0	100	200	300
(1) NN-BF	4,6	None	5.8	6.1	6.2	5.8
(2) NN-BF	4,6	5 (4, 6)	8.1	8.3	8.2	7.1
(3) NN-BF	4,6,5	None	10.1	10.6	10.6	9.1
(4) IVA	4,6	None	-	-	-	-
(5) IVA	4,6	5 (4, 6)	6.1	5.2	4.4	2.6
(6) IVA	4,6,5	None	7.7	7.8	6.4	4.2
(7) ILRMA	4,6	None	-	-	-	-
(8) ILRMA	4,6	5 (4, 6)	4.6	4.0	2.8	1.2
(9) ILRMA	4,6,5	None	6.9	7.1	6.0	4.1

Fig. 1 SDR improvement of enhanced signal [dB]

仮想マイクを適用した結果

### 1-Q-14

#### 1-Q-14 音色属性の客観評価指標を活用した異常音検知の検討

Study on anomalous sound detection using objective metrics related to timbral attributes

○大田恭士, 倉詠吾, 鶴本祐史(北陸先端大)

- [動機] : 産業機器向けの音による「人間観測の異常検知」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技術の実現
- [提案法] :
  - 特徴量に音色属性の客観評価指標 8 種を採用
  - 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検知上の差異を音色属性に関連づけ, 機器の要因ごとの関連度により評価指標を重みづけして分類性能を向上。
- [評価結果] : 産業機器の異常音データベースを用いた分類性能評価で, 音色属性 8 種の全ての組合せから SVM 分類の最大値を求めた従来法と比較。16 項目中 10 項目 (62.5%) で分類性能の向上を実現。
- [まとめ] : 人 (検査員) の観点で音色属性に基づく異常音検知技術を実現。検知上差異と音色属性の更なる関連性検討で分類精度向上を目指す。

Table 1 Classification result of proposed and conventional methods

Machine Type	Accuracy		F-measure		F-measure improvement items
	Proposed	Conventional	Proposed	Conventional	
Fan	0.87	0.88	0.67	0.73	2 out of 4 items
Pump	0.97	0.95	0.80	0.69	3 out of 4 items
Slider	0.96	0.93	0.80	0.80	3 out of 4 items
Valve	0.97	0.97	0.78	0.79	2 out of 4 items
Average/Total	0.94	0.93	0.76	0.75	10 out of 16 items

### 1-Q-13

#### 1-Q-13 CCH 軟骨伝導振動子の音響特性

Acoustical characteristic of cartilage conduction transducer by CCH Sound

○下倉良太(大阪大), 河野猛(CCH サウンド), 細井裕司(奈良医大)

- ◆ 軟骨伝導デバイスを製造販売する CCH サウンド株式会社の振動子 (k4-32, k4-01) に対して出力評価を行った (Fig 1)。
- ◆ Head and Torso Simulator (HATS) の耳介モデルの硬度を耳軟骨と同じショア A10 に調整し, 軟骨伝導用 HATS を作成した。
- ◆ k4-32, k4-01 ともに 2kHz 以下の帯域において, 実耳計測と同等の音圧レベルを軟骨伝導用 HATS で出力することができた。
- ◆ 軟骨伝導用 HATS の妥当性が示せたので, 振動子 (k4-32, k4-01) 接触時と非接触時の出力を軟骨伝導用 HATS を用いて計測した。
- ◆ 接触時と非接触時の差分が軟骨伝導音に相当している。
- ◆ その結果, 500Hz 以下の帯域で 40 から 50dB の軟骨伝導音の出力を確認することができた (Fig 2)。

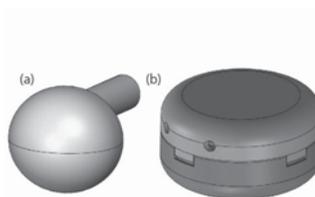


Fig. 1: Cartilage conduction transducer: (a) k4-32, (b) k4-01

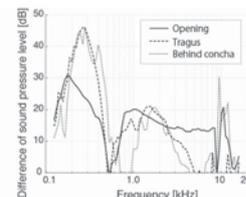


Fig. 2: SPLs of Cartilage conduction sound in different wearing positions

### 1-Q-15

#### 1-Q-15 リハーサル法を用いた継続学習による環境音分離

Environmental Sound Separation by Continual Learning Using Rehearsal Method

☆下西 莞太, 福森 隆寛, 山下 洋一(立命館大・情報理工)

- ◆ 近年, 深層学習を用いた環境音分離の研究が注目されている。
  - 環境音分離 : 音声や楽音に限らない音の分離
- ◆ 分離性能向上のためのモデル学習の際, データの増加に伴い, 新たなデータのみを逐次的に学習させると, 過去のデータに対する分離性能が低下する。
- ◆ 本研究では, 過去のデータに対する分離性能低下を軽減する継続学習として, リハーサル法を用いた手法を検討する。
  - リハーサル法 : 過去の学習データの一部を再利用し学習
- ◆ リハーサル法における, 過去の学習データの選択手法を 3 つ提案した。
  - Random sampling : ランダムに選択
  - Difficulty-based sampling : 学習難易度に応じて選択
  - Clustering-based sampling : クラスタリングに基づいて選択
- ◆ Table 1 の結果より, リハーサル法を用いることで, 過去の学習データに対する分離性能の低下が抑えられることがわかった。

Table 1: SI-SDRI with continual learning using rehearsal method [dB]

Training data	Evaluation data											
	No rehearsal			Rehearsal								
	A <sub>E</sub>	B <sub>E</sub>	C <sub>E</sub>	Random			Difficulty-based			Clustering-based		
(1) A <sub>L</sub>	6.64	-	-	6.64	-	-	6.64	-	-	6.64	-	-
(2) A <sub>L</sub> →B <sub>L</sub>	6.21	7.33	-	6.47	7.38	-	6.74	7.52	-	6.41	7.45	-
(3) A <sub>L</sub> →B <sub>L</sub> →C <sub>L</sub>	6.37	6.16	8.17	6.44	6.54	8.23	6.37	6.45	8.25	6.19	6.52	8.44

### 1-Q-16

#### 1-Q-16 呼吸音雑音を考慮した MRI 騒音下の被験者音声検出のための深層学習の入力時間長の検討

Investigation on input time length of deep learning for Subject Voice Detection in MRI Noise with Breath sound

☆若松奏, 武藤憲司(芝浦工大), 小林洋介(室蘭工大)

- ◆MRI 検査時に体調不良の被験者の発話音声を深層学習を用いて検出し医師や技師に伝えることが目的である。被験者が使用するマイクとして骨伝導マイクロホンが検討されているが、頭部検査時には、胸や背中に装着することが考えられる。その際に混入する呼吸音や生体音が被験者音声検出の精度に影響を与えることが課題となっている。
- ◆本報告では、呼吸音と音声の継続時間長に着目し、CNN(Convolutional Neural Network)の入力特徴量であるメルスペクトログラムの時間長を変化させて最適入力時間長の検討および呼吸音を学習させる有効性を検討した。
- ◆呼吸音を学習データに含めないとき、最適入力時間長は 0.8s だった。呼吸音を学習データに含めたマルチコンディション学習によって、正解率(accuracy)が向上し、最適入力時間長が 0.3s, 0.4s に短縮した。

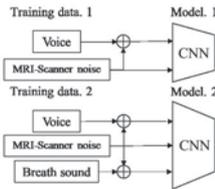


Fig. 1: Training data for Learning Model

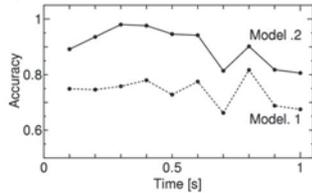


Fig. 2: Accuracy of Model

### 1-Q-18

#### 1-Q-18 補助情報付き音響信号検索における識別損失の効果

Audio content retrieval based on audio samples and text auxiliary information

◎竹内大起, 大石康智, 仁泉大輔, 原田登, 柏野邦夫 (NTT)

- ◆利用可能な音響信号のデータは日々増大
  - 大規模データベースから効率的にデータを検索する手法が必要
- ◆これまでに補助情報付き音響信号検索を検討
  - 音響信号とテキストの2つのモダリティをクエリとする検索手法
  - クエリとする音響信号からの差分を指定した検索が可能
- ◆本研究では、補助情報付き音響信号検索の学習に音響イベント識別の損失関数を導入することを提案
- ◆比較実験より検索の精度が改善すること、音響埋め込みベクトルとテキスト埋め込みベクトルが対応する潜在空間が提案手法によって学習可能なことを確認

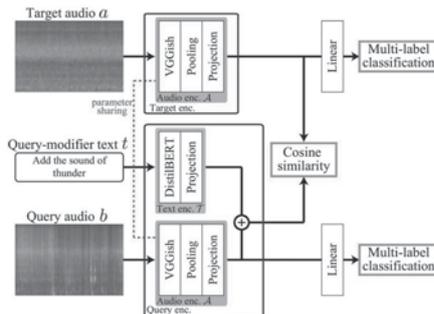


Fig.1 Illustration of proposed method

### 1-Q-17

#### 1-Q-17 マスクスペクトログラムモデルによる汎用音響信号表現の学習

Masked Spectrogram Modeling for Learning General Audio Representation

○仁泉大輔, 原田登, 竹内大起, 大石康智, 柏野邦夫 (NTT)

- ◆自己教師あり学習による汎用音響信号表現が近年高い性能を示す一方、その多くは入力信号にデータ拡張等の加工を施すため詳細が損なわれ、完全な形で入力信号を学習しない課題がある。
- ◆本研究では、入力信号そのものを表現する学習の枠組みとしてマスク予測手法を音響信号に拡張したマスクスペクトログラムモデルを提案、画像分野の手法 Masked Autoencoders を応用して実現する。
- ◆HEAR 2021 NeurIPS Challenge におけるベンチマークで提案手法を評価、15 下流タスク中 7 タスクで過去の結果を上回り、効果を確認した。定性的評価では、可視化結果に周波数や時間構造が観察され、学習後の表現がこれらに関連した情報を保持することが示唆された。

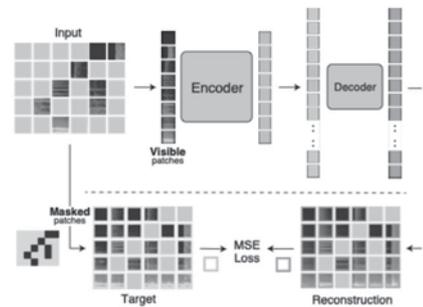


Fig. 1 MAE [1] pre-training flow; we redraw Figure 1 in the MAE paper, in which we replaced the input image with a spectrogram.

### 1-Q-19

#### 1-Q-19 CNN を用いた音響による接近車両検出におけるメルスペクトログラムへのゼロ埋めによる水増し手法の検討

A Study of Data Augmentation by Zero-padding in Mel Spectrogram for an Approaching Vehicle Detection Using CNN

☆神谷珠緒, 旭健作, 坂野秀樹(名城大院)

- ◆CNN を用いて、車両走行音から接近車両を検出する検討を行っている。しかし、使用するデータセットはデータ件数が不足しており、検出精度を向上させるためにはデータ件数を増やす必要がある。
- ◆そこで水増し操作によりデータ件数を増加させることで検出精度の向上を図る。本研究では、入力データであるメルスペクトログラムに対してゼロ埋めを行う方法を提案する。
- ◆作成した水増しデータを用いて学習を行った結果、**検出精度は約75%**となり、既存データセットを用いたモデルから約2.3%精度向上した。特に接近データの検出精度は約 10%精度向上しており、車両が存在する場合のデータに対して提案手法は有効であると考えられる。

Table.1 : Confusion Matrix of the proposed model. Values in this table show the predicted percentage for each correct label data.

		predicted label		
		approach	leave	nocar
correct label	approach	63.3	5.4	31.3
	leave	7.7	79.1	13.2
	nocar	7.5	10.2	82.3

1-Q-20

1-Q-20 クラスタ分析を用いた不確かなラベルデータの選別による血管狭窄検出

Angiostenosis detection by screening uncertain label data using cluster analysis

○西島恵介, 古家賢一 (大分大)

- ◆血液透析患者はバスキュラーアクセス(患者と透析装置との間で血液循環するための仕組み)を日々管理する必要があり, 手軽に行えるシステムの構築を目指している
- ◆シャント音(血流音)に正常・狭窄のラベルを付け, 機械学習により血管狭窄を識別する手法を検討している
- ◆使用するシャント音には医療従事者の解説が付随しているが, 全てのデータに解説があるわけではなく, 医療の専門家ではない者がラベルを付けているため, 信頼性が低い不確かなラベルが含まれ, 識別精度の向上を妨げているのではないかと考えた
- ◆シャント音から音響特徴量を抽出し, その特徴空間でクラスタ分析を行い, 信頼性の高いと思われるクラスタを選別し, そのデータにより学習することで, 識別精度の向上を試みた (Fig.1)
- ◆サポートベクターマシンを用いて識別した結果, 全20症例では70%, 正常7症例は86%, 狭窄13症例は62%の正答率となった

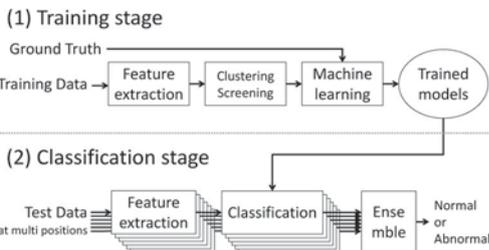


Fig. 1 Classification method

1-Q-22

1-Q-22 楽音合成のための Gauss 混合変分自己符号化器への 定曲率非 Euclid 空間の導入と実験的比較

Experimental Comparison of Gaussian Mixture Variational Autoencoders with Constantly Curved Non-Euclidean Latent Spaces for Musical Instrument Sound Synthesis

☆中島風太, 中村友彦, 高宗典玄(東大院・情報理工), 深山覚(産総研), 猿渡洋(東大院・情報理工)

- ◆変分自己符号化器 (VAE) を用いた楽音合成
  - VAE はデータを低次元の潜在空間で表現
  - 楽音の性質を反映した潜在空間の構築が重要
- ◆提案法: 球面空間を用いた VAE ベースの楽音合成手法
  - 音高が周期的な構造を用いて表現できることに着目
  - 音高と音色を独立な潜在空間で表現し, 音高に対応する潜在変数を球面空間上で定義することで, 周期的な構造を誘導
  - 球面空間上の確率分布を用いて確率的勾配降下法で学習可能
- ◆潜在変数を用いた音高識別実験により, 球面空間を用いることで低次元でも効率的な表現が獲得できることを確認

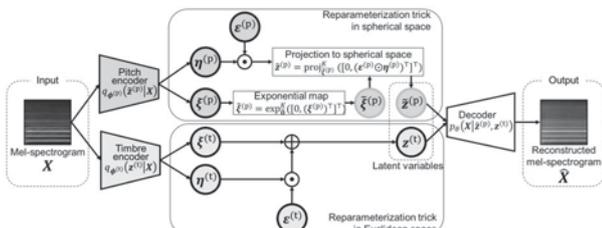


Fig.1: Overview of proposed VAE-based model and reparameterization tricks in Euclidean and spherical spaces.

1-Q-21

1-Q-21 時間—周波数リッジ解析に基づく 製品異音検査

Anomaly sound detection for mass production lines based on time-frequency ridge analysis

○甲斐直登, 宗戸俊樹, 伊藤秀浩, △小西圭睦(アイシン), 西浦敬信(立命大/名産研), 歌毓庭(立命大)

- ◆量産工程の製品異音検査で検出しなければならない「作動音の突発的な変化」を検出する手法を提案する。
- ◆従来は周波数スペクトルの重心を監視する手法が用いられていたが, 精度向上のため, ケプストログラムに対し時間-周波数リッジ解析を適用する (Fig. 1, 2) 手法を提案する。Fig. 1, 2 では, 4.5 s, 7.8 s 付近で作動音変化する異常サンプルを例として示す。作動音変化によってピークが大きく変化するため, ピーク変化量を閾値判定することで作動音の変化を検出できると考えられる。
- ◆正常音の誤検出率は従来法: 88.0%, 提案法: 3.3%と精度向上した。

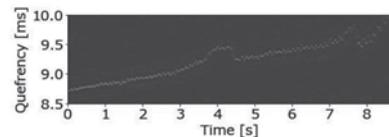


Fig. 1: ケプストログラム

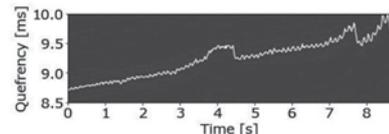


Fig. 2: ケプストログラムに対する時間-周波数リッジ解析結果

1-Q-23

1-Q-23 音場補間を用いた円状マイクロホンアレイの回転に頑健なブラインド音源分離

Rotation-robust blind source separation with circular microphone array

◎中嶋 大志 (都立大), 若林 佑幸 (豊橋技科大), 小野 順貴 (都立大)

円状アレイの音場補間

- ・円状アレイの対称性を用いて回転後の音場を推定
- ↳ アレイの回転移動を打ち消して音源分離を適用可能
- » オンライン補助関数型独立ベクトル分析と連携

実験

- ・音源数: 2
- ・音源信号: SiSEC
- ・マイクロホンアレイ: 8ch 円状等間隔アレイ

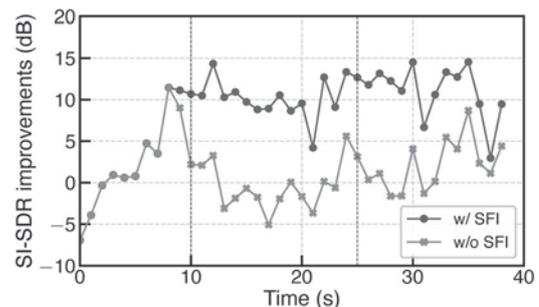


図 1: SDR improvements for with or without sound field interpolation (SFI). Rotation angles of microphone array is respectively 0° in 0s to 10s, 30° in 10s to 25s, and 45° in 25s to 40s.

## 1-Q-24

### 1-Q-24 再帰ニューラルネットワーク型音源モデルに基づく高速多チャンネル変分自己符号化器法

Recurrent neural network-based fast multichannel variational autoencoder.

○李莉(NTT, 名大), 関翔悟(NTT), 亀岡弘和(NTT)

- ◆多チャンネル変分自己符号化器法(MVAE)とその高速アルゴリズムは、条件付き変分自己符号化器(CVAE)の柔軟なスペクトログラム表現能力と未知データに対する高い汎化能力により、従来の行列積モデルに基づく手法を凌駕した分離性能を実現した。
- ◆既存のCVAEに基づく音源モデルはすべて畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて構成されていたが、その妥当性について検証されていなかった。また、再帰型ニューラルネットワーク(RNN)はCNNと異なる性質を持ち、この二種類のネットワーク構造はアプリケーションによって使い分けが必要がある。
- ◆本稿では、FastMVAE2法に用いられたChimeraACVAE音源モデルをRNNを用いて構成し、その分離性能と計算量の検証を行う。

Table 1 異なるNN構造のChimeraACVAEのモデルパラメータ数(Para.) [M]、積和演算数(MACs) [G]、及びその音源モデルを用いたFastMVAE2の分離性能(SDR improvement) [dB].

Architectures	Para. [M]	MACs [G]	SDR improvement [dB]						Ave.	
			# of sources and channels							
CNN	7.88	4.47	28.49	25.41	14.66	16.23	16.19	15.94	14.08	18.71
LSTM Type1	17.04	2.35	<b>28.82</b>	<b>28.59</b>	17.03	18.17	<b>18.88</b>	17.01	16.40	20.70
GRU Type1	13.07	3.24	28.62	28.20	<b>17.61</b>	<b>19.20</b>	18.48	<b>17.75</b>	15.74	<b>20.80</b>
LSTM Type2	8.12	1.04	28.71	27.81	16.68	17.86	18.39	17.12	<b>16.70</b>	20.47
GRU Type2	6.38	0.82	28.51	27.03	16.30	17.40	17.77	16.64	15.40	19.86

## 1-Q-26

### 1-Q-26 適応ノッチフィルタを用いたsample-by-sample 調波打楽器音分離

A sample-by-sample harmonic and percussive sound separation based on adaptive notch filtering

○高橋祐, △石塚健治, 近藤多伸(ヤマハ株式会社)

- 観測信号から調波楽器的成分と打楽器的成分を分解する調波打楽器音分離(Harmonic and Percussive Sound Separation; HPSS)は様々な応用が期待されている。
- しかしながら従来のHPSSは時間周波数領域処理に基づくものでアルゴリズム上の遅延を避けることができない問題があった。
- 例えばライブシーンにおける音楽演奏において許容できる遅延量は極めて短いため従来のHPSSを適用することは困難である。
- 本発表ではアルゴリズム上の遅延が生じることのない適応ノッチフィルタに基づくsample-by-sample HPSSを提案する。
- 実験の結果、従来の代表的なHPSS手法に比べて分離性能は劣るものの(下表)、遅延のないHPSSを実現できることが明らかになった。

Table: Mean scores of each method over 10 music tracks.

	Ono's HPSS	Median HPSS	Proposed
SDR	-0.72	0.52	-1.30
SIR	7.79	5.47	5.47
SAR	2.48	6.92	7.47

## 1-Q-25

### 1-Q-25 収録環境情報を活用したN音源・Nマイク環境下での重唱音源分離

Ensemble Source Separation under a Recording Environment with N Sources and N Microphones

☆伊藤紀一, 峯松信明, 齋藤大輔(東京大・工)

複数の歌唱者がそれぞれ別の声部を歌う歌唱形式を、重唱と呼ぶ。重唱をレコーディングする際、音源編集の便宜のため、他歌唱者の声を含まないよう別々に収録されることが通例である。一方、歌唱の便宜を図るならば、同じ空間で同時に録音した方が、一体感のある演奏ができる。編集と歌唱の便宜、両方を満たすため、同じ空間で同時に歌うことで得られた重唱音源から、純粋な単独歌唱音源を得る、重唱音源分離を行う。しかし、重唱は各声部間の統計的独立性が極めて低く、独立性を前提とする従来の音源分離手法の適用は難しい。本稿では、N音源・Nマイク、かつ周波数応答を事前測定可能という、重唱レコーディング特有の環境を活用することで、音源分離が可能となることを示す。

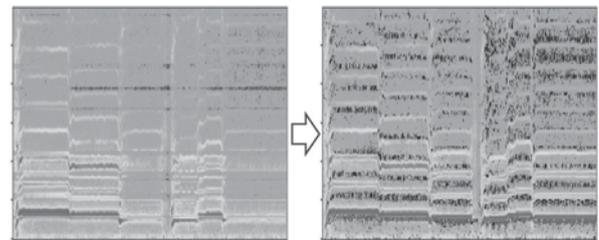


Fig. 1: The spectrograms of recorded ensemble signal (left) and the result of separation by proposed method (right). Other singers' voices were removed. The horizontal axes represent time, the vertical ones represent frequency.

## 1-Q-27

### 1-Q-27 畳み込み型音源モデルを導入した独立低ランク行列分析

Independent low-rank matrix analysis introduced convolutive source model

☆大島風雅, 中山仁史(広島市大院)

- ◆ブラインド信号源分離手法(BSS)である独立低ランク行列分析(ILRMA)は、楽器信号に対しては安定かつ高性能なBSSを提供するが、非定常音である音声信号に対する分離性能は不安定である。
- ◆本稿ではこれを解決するために、ILRMA及び我々が以前提案したcepstral-basis-decomposed ILRMA(CBD-ILRMA)にconvolutive NMFによる畳み込み型音源モデルを導入した新たなILRMAを提案する。
- ◆実験を通して、畳み込み型音源モデルを導入したCBD-ILRMAは従来のILRMAの分離性能を大きく上回り、通常のCBD-ILRMAと比較しても分離性能の向上が確認できた。

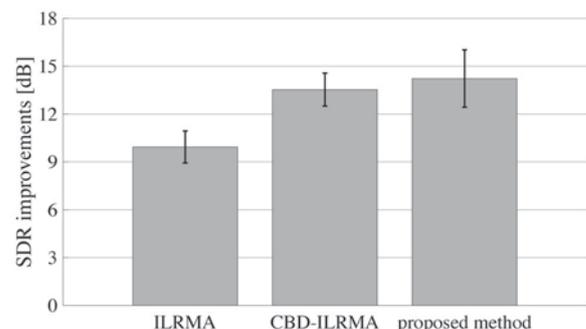


Fig. 1 SDR improvements of ILRMA, CBD-ILRMA, and proposed method (CBD-ILRMA with convolutive source model).

### 1-Q-28

#### 1-Q-28 深層パーミュテーション解決法の汎化性能に関する実験的評価

Experimental evaluation of generalizability of deep permutation solver  
☆蓮池郁也, 北村大地 (香川高専), 渡辺瑠伊 (北陸先端大)

目的:  
深層学習 (DNN) を用いた, パーミュテーション問題を解決する手法における汎化性能を調査

方法:  
パーミュテーションが生じた信号を DNN の入力として用いる Fig. 1 に示すように, DNN は各周波数ビンにおいてパーミュテーション問題を解決するようなパーミュテーション行列を予測  
結果:

提案手法において音声信号及び音楽信号を用意して実験 音声信号のみを学習したモデルを音楽信号に適用した結果, 分離精度の向上を確認

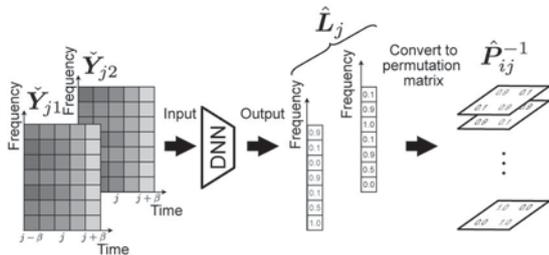


Fig. 1: Estimation of permutation matrix.

### 1-Q-30

#### 1-Q-30: 混合信号による符号化器再学習を用いた FastMVAE 法に基づく音源分離

Source separation based on FastMVAE method with re-training encoder using mixture signals

☆山地修平, 中嶋大志, 小野順貴 (都立大), 李莉, 亀岡弘和 (NTT)

- 本研究では, 音源数 = マイク数である優決定条件下のブラインド音源分離を扱う.
- FastMVAE 法は, 音源の表現に変分オートエンコーダを用いた高速な音源分離手法である.
- 一方で, 反復計算における目的関数の単調減少性が保証されていないため, 目的関数値が上昇してしまう可能性があった.
- 本研究では, FastMVAE 法に基づく音源分離手法に対して, 目的関数値の上昇を抑えるための新しいネットワーク学習法を提案する.
- 実験の結果, 提案法が目的関数値の上昇を抑制すると同時に, 音源分離性能を向上させることを示す.

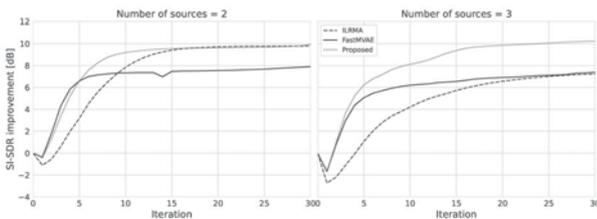


Fig. 1: SI-SDR improvements by the number of sources.

### 1-Q-29

#### 1-Q-29 時間チャンネル非負値行列因子分解を用いた被り音抑圧における初期値頑健性の比較

Robustness comparison of initialization for bleeding sound reduction using time-channel nonnegative matrix factorization

☆溝淵悠朔, 北村大地 (香川高専), 中村友彦, 猿渡洋 (東大), 高橋祐, 近藤多伸 (ヤマハ)

問題: 音楽演奏の録音時に各音源に近接マイクロホン配置すると, 他の音源の音が小さな音量で混入 (被り音と呼ぶ)

目的: 時間チャンネル非負値行列因子分解 (TCNMF) を用いた被り音抑圧問題について, 被り音の相対ゲイン正則化を加えた我々の提案手法が, 最適化変数の初期値に頑健であると予想  
⇒ これを実験的に調査

方法: 正則化無し TCNMF, 従来正則化付き TCNMF (従来 TCNMF), 及び提案正則化付き TCNMF (提案 TCNMF) の 100 種類の初期値に対する曲毎の音源平均 SDR 改善量を比較

結果: 提案 TCNMF の初期値頑健性を確認

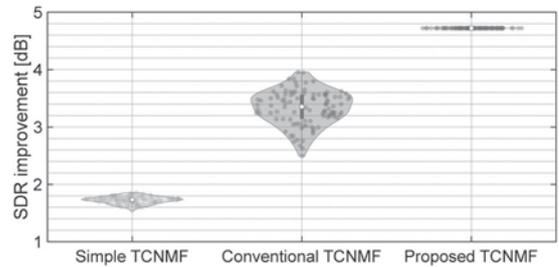


Fig. 1: Violin plots of SDR improvements for simulated test data.

### 1-Q-31

#### 1-Q-31 ブラインド音源分離を教師とした Teacher-Student 学習と Unmix-Remix 無矛盾学習による Sequential Neural Beamformer の教師なし学習

Unsupervised Training of Sequential Neural Beamformer by Teacher-student Learning with Blind Source Separation and Unmix-Remix Consistent Learning

◎西城耕平, 小川哲司 (早大)

#### ◆相補的な関係にある 2 つの学習法を組み合わせた教師なし学習

##### ◇ BSS を疑似教師とした Teacher-Student 学習 (TS-BSS)

- BSS の出力を教師信号として分離器を学習
- スクラッチから学習可能だが, 教師信号に歪みが含まれる

##### ◇ Unmix-Remix 無矛盾学習 (URCL)

- 2 つの観測音の分離・再混合を繰り返し元の信号に近づける学習
- 残留雑音や歪みを低減できるが, スクラッチからの学習が困難

##### ◇ Sequential Neural Beamformer (Seq-NBF) の導入

- 1 つ目の NBF の出力が 2 つ目の NBF に入力される (ガイド機構)
- ガイド機構により BSS を上回る性能を与え URCL の効果も増大

#### ◆評価実験: 2 つのデータセットで学習・評価

- ◇ SMS-WJSJ: 鏡像法によるシミュレーションデータ
- ◇ LibriCSS: スピーカーから流した音声を会議室で収録したデータ

#### ◆実験結果: 2 つのデータセットで提案法の有効性を確認

Table 1 SDR and WER on SMS-WJSJ test set. Results of two NBFs are shown with slash (/).			Table 2 Average WER on LibriCSS. Results of two NBFs are shown with slash (/).		
Algo.	SDR [dB]	WER [%]	Algo.	WER [%]	
BSS	14.0	19.3	BSS	16.9	
TS-BSS	14.4 / 15.8	14.1 / 12.2	TS-BSS	15.9 / 12.8	
URCL	15.0 / 17.3	13.5 / 10.4	URCL	15.6 / 12.5	

1-Q-32

1-Q-32 波動音響シミュレーションにおける  
屋外遠方領域のための  
低コスト数値分散抑制手法

A Study on Low-Cost Numerical Variance Suppression Method for Outdoor Far Field in Wave Acoustic Simulations

☆少路春希 (立命館大院), 岩居健太 (立命館大), 西浦敬信 (立命館大), 添田喜治 (産総研)

- ◆屋外空間を想定した波動音響シミュレーションでは、大規模領域を計算する場合、膨大な計算資源と計算時間を要するため、高精度解を得ることは困難である。一方、低精度解は高速に得ることができるが、数値分散と呼ばれる位相誤差が発生し、可視化、可聴化の結果に悪影響を及ぼす。
- ◆そこで本研究では、低精度解に含まれる数値分散を Deep neural network (DNN) を用いて補正するモデルを作成する (Fig. 1)。DNN の学習には同一の解析環境を計算して得た高精度解と低精度解をそれぞれ教師、訓練データとして用いる。
- ◆提案手法の有効性を確認するため、本稿では提案手法における計算時間と SNR (Signal-to-noise ratio) を評価する (Fig. 2)。

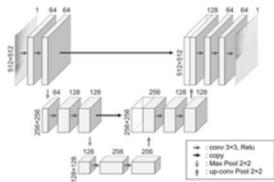


Fig.1 U-Net architecture

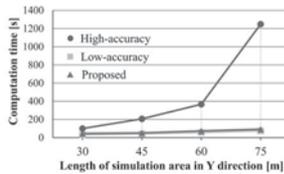


Fig.2 Computation time

1-Q-34

1-Q-34 敵対的生成ネットワーク (pix2pix GAN) を  
用いた環境雑音の抑圧に関する検討  
Suppression of Environmental Noise  
using pix2pix generative adversarial networks

☆柴田夏生(龍谷大院・理工学研), 片岡章俊(龍谷大・先端理工)

- ◆画像処理や画像生成を目的に開発された生成モデルの一種である敵対的生成ネットワーク (GAN: Generative Adversarial Networks) をドメイン変換に向けて応用した pix2pix GAN を用いて環境雑音の抑圧手法を検討した。
- ◆原音声・雑音付加音声と生成器 G が生成した生成音声・雑音付加音声の 2 つの音声データの組を識別器が区別する処理を繰り返して学習させる。その後、学習済みの生成器に雑音が含まれる音声を入力することで雑音抑圧を行った (Fig.1)。
- ◆環境雑音として、定常:川のせせらぎ・模擬室内雑音, 準定常:電車の発進音, 非定常:屋外広場での会話・レストランの騒音を想定した。
- ◆STOI と PESQ の評価実験より、時間によって周波数特性に大きな変化の少ない定常的な雑音に対しては一定量の改善が見られたが、会話を含む非定常な雑音と、モーターの周期的変化の性質を持つ電車の発進音に関しては評価値の大幅な改善には至らなかった。

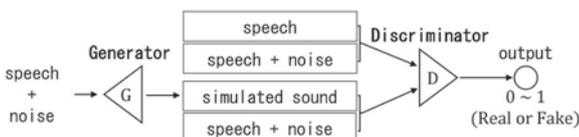


Fig.1: pix2pix GAN Noise Suppression model

1-Q-33

1-Q-33 狭窄病変形状や狭窄数の異なる AVF モデル  
を用いた血液透析患者のシャント音と  
血管抵抗指数 RI の関連性に関する実験的  
検討

Experimental study on the relationship between shunt murmur and vascular resistance index RI in hemodialysis patients using AVF models with different stenosis lesion shapes and number of stenosis

○佐々木一真(新潟医療福祉大・医療技術), 本橋由香, 奥知子(桐蔭横浜大・医用工), 山内忍, 佐藤敏夫(桐蔭横浜大院・工学研)

- ◆血液透析患者のバスキュラーアクセス (VA) を模擬した血管モデルを作製し、発生するシャント音を電子聴診器で採取した。
- ◆我々はこれまでに、時間-周波数解析によって得られる正規化相互関係係数 R から VA 機能を客観的に評価する方法を提案している。
- ◆血管モデルの狭窄長さや狭窄率を変更し、血流速度波形から血管抵抗指数 (RI) や上腕動脈血流量 (FV) を算出することで、精巧な AVF モデルを実現するための基礎検討を行った。
- ◆RI=0.7~0.8 で治療を考慮する目安とされているが、モデルで測定された RI=0.6~0.7 が狭窄率 70%~80%に相当しており、R によって RI と同等の VA 機能に対するスクリーニング評価も可能と考えられた。

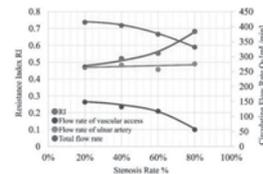


Fig.1: Changes in RI and Flow rate due to stenosis rate

1-Q-35

1-Q-35 CycleGAN を用いた  
教師なし音声処理歪み補正  
Unsupervised speech enhancement for artifacts removal using CycleGAN

☆荻野 里久, 西城 耕平, 小川 哲司 (早大)

- ◆非線形な音声強調処理で生じた歪みや残留雑音を補正するポストフィルタリングネットワークを、CycleGAN を用いて教師なし学習する手法 (Fig1: Training stage) を検討する。
- ◆評価実験・結果:
  - 非線形音声強調である MUBASE による歪みや残留雑音を含んだ音声を入力とし、CycleGAN で得たポストフィルタの性能を調査 (Fig1: Inference stage)。一般的な GAN の学習法と性能を比較
  - 識別器における DNN パラメータの変更に対し、CycleGAN による学習法が頑健であることを明らかにした。

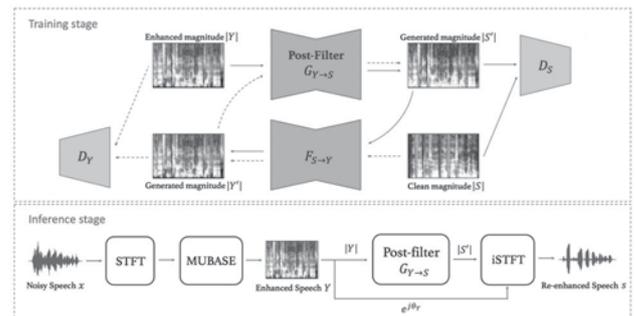


Fig.1. Block diagram of artifacts removal system.

1-Q-36

1-Q-36 屈折性音響メタマテリアルを用いた  
飛沫防止板の音響改善

Sound improvement of the partition to prevent droplet transmission using acoustic metamaterial

☆増川英寿, 高橋義典(工学院大)

◆先行研究で提案された屈折性音響メタマテリアルの構造を子音の周波数帯域に対応させ、飛沫防止板の音響改善への応用を検討した。

◆シミュレーションを実施し、受音点での音圧を比較した。簡略化したメタマテリアルの結果が最も高い結果となった(Fig.1)。

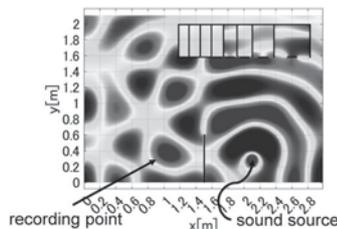


Fig.1: Simulation of simplified metamaterial

◆無響室実験で、簡略化したメタマテリアルと反射板を比較した。その結果、3 kHz 以下で大きな差は見られなかった(Fig.2)。

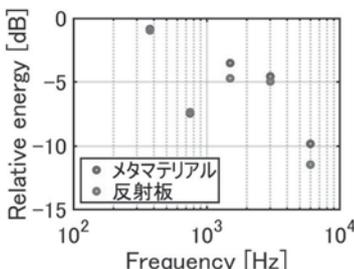


Fig.2: Comparison between material in energy of reflective sound and reflector

◆メタマテリアルは複雑なので、高い製作精度が求められると考えられる。

1-Q-38

1-Q-38 ステレオ音声データに対する改ざん位置  
特定可能な電子透かし埋め込み手法

Identification of tampering position for stereo audio data by digital watermark embedding method

☆笠原瑛甫, 木許雅則(日本工大)

◆ステレオ音声の改ざん検知を目的とした電子透かし埋め込み手法の手法を提案

◆従来法<sup>[1]</sup>では、発話区間の検知に影響を及ぼす改ざんが施された場合、どちらのチャンネルが改ざんされたかの判定ができず、誤検出が発生

◆提案法は、ブロック分割方法を変えることで、片チャンネルのみが改ざんされた場合でも、そのチャンネル及び改ざん位置の同定が可能

Table 1 Tamper detection rates(Adding noise)

Method	Sample	Rt [%]	Ri [%]	Rf [%]
Conventional	441	100.0	100.0	0.0
	44100	100.0	100.0	3.8
Proposed	441	100.0	100.0	0.0
	44100	100.0	100.0	0.0

Rt: Tamper detection rate  
Ri: Tamper block identification rate  
Rf: Tamper block false positive rate

[1] 笠原瑛甫, 木許雅則, "ステレオ音声データに対する電子透かしを用いた改ざん検知手法", 2022年電気学会 電子・情報・システム部門大会, PS3-3, 2022/08

1-Q-37

機械学習を用いた歪みエフェクタのデジタル  
モデリングにおけるエッジデバイス実装

Edge device implementation in digital modeling of distortion stomp boxes using machine learning

☆松永悠斗, 青木直史, △土橋宜典(北海道大学)

◆LSTMを用いた歪みエフェクタのデジタルモデリング手法を Raspberry Piで実装し、実行時間について検証した。

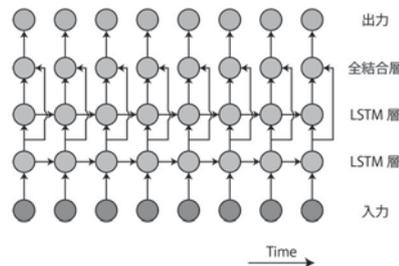


図1, 提案手法の学習モデル

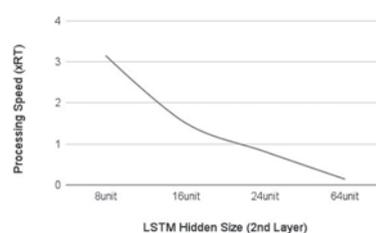


図2, LSTMのユニット数に対する実行時間

1-Q-39

1-Q-39 Phase-aware audio super-resolution in  
time-frequency domain using DNN

OYan Yanqiao, Nguyen Binh Thien, Geng Yuting  
Kenta Iwai and Takanobu Nishiura (Ritsumeikan Univ.)

◆Audio super-resolution (ASR) is generating the high-resolution signal from a low-resolution signal.

◆The conventional ASR methods focused on the magnitude, while the artificial phase estimation method performed poorly.

◆To improve the phase quality, we proposed an ASR method, which contains a high-frequency magnitude generation model using WGAN and a corresponding high-frequency phase estimation model using the dense neural network.

◆Experimental results show that our proposed method for phase estimation outperforms conventional methods in the SegSNR and LSD.

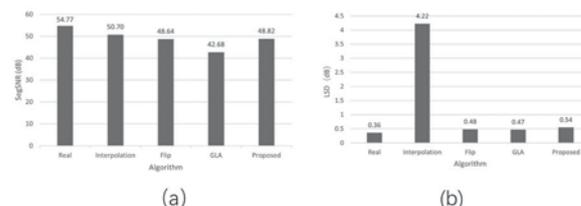


Fig.1 : The result of SegSNR (a) and LSD (b) with different algorithms . Proposed is our proposed algorithm.

### 1-Q-40

#### 1-Q-40 音源と反射板間の多重反射に対する近接2ch観測を用いた音源推定の試み

An attempt to measure the distance from sound source to reflector using adjacent 2 channel observation of multiple reflections between sound source and 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)

- ◆本稿では、音源と反射板の間に生じる多重反射に着目し、2chの観測信号に対してクロススペクトル法を適用し、位相干渉に基づく音響測距法によって音源までの距離推定が可能かどうかについて検討する。
- ◆2つのマイクロホンは反射板に近接して設置する。2ch観測信号のクロススペクトルからデルタクロスパワースペクトルを得て、それをもとに距離スペクトルを算出する。距離スペクトルは複数のピークを持ち、そのピーク位置はマイクロホン間から反射板までの距離だけでなく、音源から反射板までの距離にも対応する。
- ◆帯域インパルス音源としたシミュレーションを行ったところ、Fig.1, 2に示すように、デルタクロスパワースペクトルには周期性が見られ、距離スペクトルにおいても2つのピーク(音源から反射板までの距離とマイクロホンから反射板までの距離に対応)が検出できた。

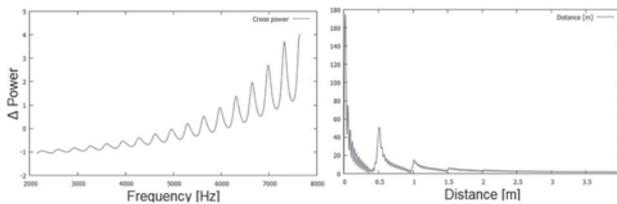


Fig.1: Delta cross-power spectrum.

Fig.2: Range spectrum.

### 1-R-2

#### 1-R-2 Ambisonics 録音方式を用いた単一音源の再生方法についての一検討

Study of the optimal reproduction method for single sources recorded using Ambisonics.

☆岡田拓真, 山高正烈(愛知工科大)

- ◆本研究では、ヘッドホンによる聴取環境を想定し、Ambisonics 録音方式によって収録した音空間を再生する場合の最適な再生方法の構築を目指す。具体的には、Ambisonics マイク (AMBEO VR MIC, SENHEISER) を使用して音を収録し、収録した音信号を複数の再生方式に変換させ、音の種類と最適な再生方法の関係について検討を行った。
- ◆音源は、ピンクノイズと音楽、音声の3種類であり、再生方式は、モノフォニック、ステレオ方式2種類 (Figure-Of-Eight, Cardioid)、サムライのHRTFを積み込んだバイノーラルの計4条件を採用した。
- ◆高次感性評価の結果、モノフォニックの評価が低く、Cardioidとバイノーラルは全体的に高い評価となった。方向知覚の結果からは、バイノーラルの方向知覚誤差が他の再生方式と比べ小さいことが分かった。

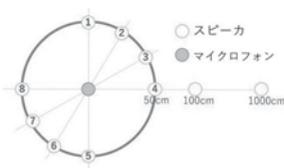


図1 収録配置図

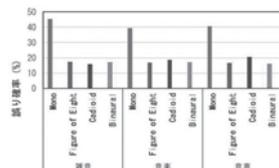


図2 前後誤り確率

### 1-R-1

#### 1-R-1 超近接場頭部伝達関数の合成

Synthesis of super-near-field Head Related Transfer Functions.

☆佐藤秀英, 下倉良太, 飯岡洋二(大阪大)

- ◆VRなどの仮想空間音響での聴覚面での精度向上のために、異なる距離での音を再現する頭部伝達関数(HRTF)の需要が高まる。
- ◆超小型の点音源がなく、近接や超近接位置での音を再現する厳密なHRTFを測定では獲得できない。
- ◆そこで本研究では、点音源仮定のイヤホンとダミーヘッドを用いて、超近接HRTFの測定を行い、その特徴を再現するようなHRIRの崩落を調整する超近接化処理を提案した (Fig.1)。
- ◆さらに提案手法の有効性を確認するために、Thurstoneの対比較法を用いた被験者実験を実施した。
- ◆この結果、提案手法のHRTFの畳み込み音は、0.50m, 0.25mのHRTFの畳み込み音より近く感じる事が確認された (Fig.2)。
- ◆今後は、さらなる心理実験により外耳道からどのくらい離れた音なのかを検証する必要があると考える。

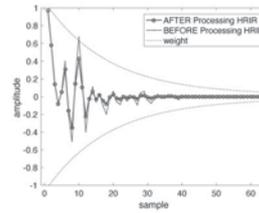


Fig.1: SNF processing of Head Related Impulse Response

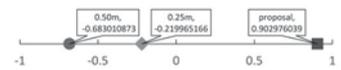


Fig.2: Scale Values of proximity in Thurstone's comparison method.

### 1-R-3

#### 1-R-3 調整法を用いた垂直パニングの有効高さの閾値測定

Threshold measurement of effective height of vertical panning by using the method of adjustment

○増田光新, 木村敏幸(東北学院大)

- ◆垂直パニングの発生条件やメカニズムについては未だに解明されていない点が多い。これまでに垂直パニングが有効に作用する距離の閾値を調整法によって検証した。
- ◆本報告では、垂直パニングが有効に作用する高さの閾値が変化する条件を調整法により測定した。その結果、Fig.1に示すように、白色雑音よりも音声を用いた場合や音像位置が上の場合、上以外の音像位置では映像が有るときに有効高さの閾値が高くなり、ディスプレイのより上方で垂直パニングが作用していることが分かった。

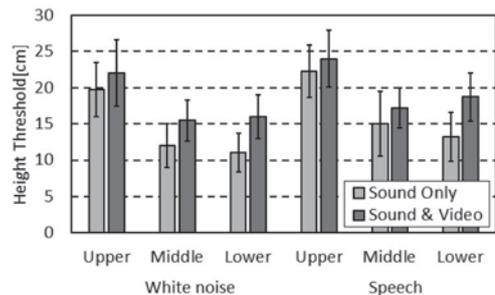


Fig.1: Fig.1: Result of the audio-visual experiment. (Error bar. 95% confidential interval)

### 1-R-4

#### 1-R-4 聴取者から音源までの距離の変化が マスキング効果に及ぼす影響について

The effect of the change in distance from the listener to the sound source on the masking effect

☆藤城博人, 西口正之, 渡邊貴治, 安倍幸治(秋田県大),  
高根昭一(東北文化学園大学)

◆「空間的マスキング効果」を3D音響信号の効率的な符号化へ活かすことを目的に聴取者からプローブ音源までの距離を変化させることによる空間的マスキング効果への影響について調査を行った。

◆プローブ音源を近づけたり遠ざけたりしても、マスクの中心周波数付近やマスクとプローブが同方位の時、及びマスクとプローブが前頭面対称の方位にある時に閾値が上昇するという先行研究と同様の結果が得られた。(Fig. 1)

◆聴取実験の結果、Fig. 2のように音源の距離を変化させることによるマスキング閾値への大きな影響はないと考えられる。一方で、一部で閾値が上昇する傾向もあるため、距離情報を含めた符号化を行う際に考慮が必要であると考えられる。

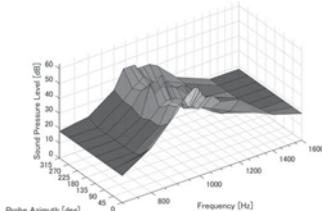


Fig. 1 Masker azimuth 0 masking threshold (Masker center frequency 1 kHz, Probe distance 0.5 m)

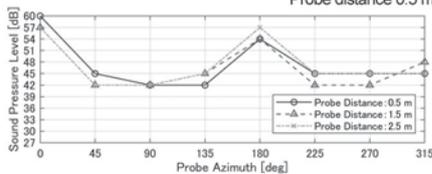


Fig. 2 Comparison results of maximum threshold values by probe distance (Masker center frequency 1 kHz, Masker azimuth 0)

### 1-R-6

#### 1-R-6 静的・動的な音源に対する聴覚の空間的 マスキング効果の継時的な特性

Temporal Characteristics of Spatial Auditory Masking with Static and Dynamic Sound Sources

☆齋藤優季(秋田県大院), 西口正之, 渡邊貴治, 安倍幸治(秋田県大),  
高根昭一(東北文化学園大・工)

◆「空間的マスキング効果」の継時的特性を、マスク・マスクの位置関係が固定しているもの、及び、動的に変化するものに対して、そのふるまいを明らかにするため聴取実験を行った。

◆マスクの方位を固定し、マスクの方位は受聴者の頭部の全周を45°づつ計8方向について、スピーカ受聴、及び、ヘッドホン受聴した場合それぞれにおける、ノイズによる純音の継時マスキング閾値を測定した。

➢ マスカとマスクが同方位のとき、及び、前頭面対称の方位のとき、特に閾値が上昇することが確認された。

➢ ヘッドホン受聴よりスピーカ受聴のほうが長く強いマスキング効果が働くことが確認された。

◆受聴者の頭部回転を模擬した音源を使用し、ノイズによる純音のマスキング閾値を測定した。

➢ 頭部回転する前の同時マスキング閾値から、頭部回転した後の同時マスキング閾値に遷移する様子が確認された。

➢ 継時マスキングによる閾値の上乗せは得られなかった。

### 1-R-5

#### 1-R-5 音場支援システムにおけるカラーレーション 評価とその低減手法 その2

—ディレイを変調することによる音響帰還系への適用とその効果—

Objective detection method of sound coloration in electroacoustic enhancement system – Part 2: Application of delay modulation for AFC

○渡辺隆行, 橋本梯, 宮崎秀生(ヤマハ)

◆音場支援システム(AFC)の音響帰還系に起因するカラーレーションに対しdelay modulationによる時変制御を用い抑制を試みた。

◆変調周波数 $\omega_m$ 、変調幅 $\Delta t$ の2つパラメータに対し、時変による周波数特性のバラツキ、位相変化周波数を把握、その適用手法と効果を確認した。

◆ $\Delta t$ を大きくすることで $2\pi$ 位相が変化する周波数下限が低域に移行する。 $\omega_m$ 変更で $2\pi$ 位相が変化する周期は変わるものの周波数下限は変わらない。

◆実際のシステムにdelay modulationを組み込み $\omega_m=0.5$  Hz ( $\Delta t=2$ , 3 ms)、1 Hz ( $\Delta t=2$  ms)にて主観、定量的にカラーレーションの低減を確認した。

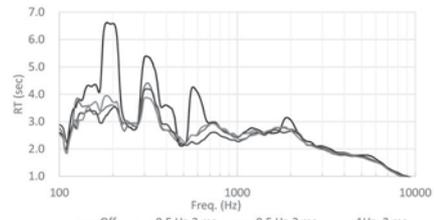


Fig.12: Comparison of RT with/without delay modulation

### 1-R-7

#### 1-R-7 頭部近傍マイクによる耳元音圧推定手法に おける騒音到来方向の影響

Investigation of Directional Noise on Sound Prediction Method Using Microphones Placed Near Head

☆信夫直樹(電通大), 村田伸(NTT), 伊藤弘章(NTT),  
鎌土記良(NTT), 日和崎祐介(NTT), 羽田陽一(電通大)

◆耳元から離れたマイク、スピーカによるANCの実現に向けて、耳元の音圧推定手法を検討した。騒音到来方向による音圧推定精度への影響を調査すべく、無響室で測定実験を行った。

◆本報告では、3つの音圧推定手法を検討した。具体的には、(1)騒音の到来方向を仮定したマイク1個の観測値による推定、(2)球面調和関数を利用したマイク12個の観測値による推定、(3)相加平均を利用したマイク3個の観測値による推定を行った。

◆騒音観測装置を用いて耳元の音圧の推定誤差を計算することで、15°ごとの騒音到来方向に対する音圧推定手法の有効性を評価した。

◆騒音到来方向に応じて、手法ごとに推定精度の違いが確認された。球面調和関数を利用した手法は、500 Hz以下の周波数成分について騒音到来方向に対し、優れた頑健性を発揮した。

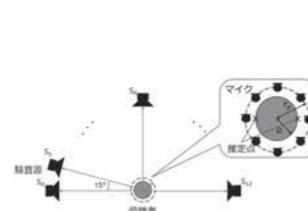


Fig.1: 騒音源と受聴者の位置関係

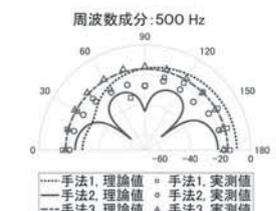


Fig.2: 騒音到来方向に対する耳元音圧の推定誤差

## 1-R-8

### 1-R-8 GANの残響抑圧への応用と自己注意機構を用いた精度向上

Application of GAN to reverberation reduction and improvement of accuracy using self-attention module

☆河合 熊輔, △片桐 明日香, 中島 弘史(工学院大・情報)

- ◆ 声質変換用の機械学習モデルをベースに残響抑圧法を構築した。
- ◆ 自己注意機構なし(w/oS)及びあり(w/S)の2つのモデルを評価した。
- ◆ 残響抑圧前後のスペクトログラムを Fig.1 に示す。約 2.8kHz 以下の帯域で音声の倍音構造が復元されており、残響の低減に有効である。
- ◆ 音声認識率を文正解精度(A)と単語正解精度(B)で評価した。  
(A)は68.8%から、(w/oS)では70.1%に約1.3%向上、(w/S)では75.4%に約6.6%向上した。(B)は83.8%から、(w/oS)では88.6%に約4.8%向上、(w/S)は90.7%に約6.9%向上した。
- ◆ 周波数重み付き SNR は 4.31dB から、(w/oS)では 5.78dB に約 1.5dB 向上、(w/S)では 6.07dB に約 1.8dB 向上した。

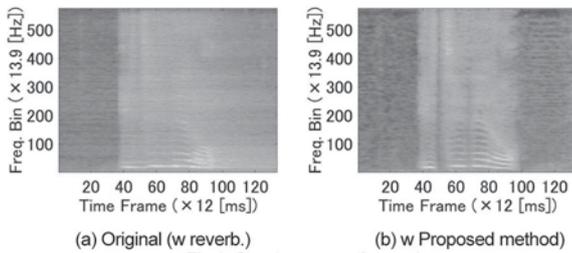


Fig.1. Spectrograms of speech

## 1-R-10

### 1-R-10 多孔性ポリプロピレンを応用した薄型センサ

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(C-PP)は厚み伸縮に対して大きく圧電応答を示すことが知られている。本研究では、この性質を応用したフレキシブルな薄型センサを試作し、音・振動感度を評価した。
- ◆ 評価の結果、音圧感度はC-PPの $d_{33}$ から予測される値とほぼ一致した。一方、振動感度は予測値の1/10となり、センサ構造の影響を受けやすいことが示された。
- ◆ 音圧、振動加速度感度の周波数特性は、本センサが音声計測、生体振動計測を測定対象とすることが可能であることを示した。なお、PETフィルムで覆っていることで生体適合性、耐薬品(主に有機溶剤)性も有していることから、上記測定に向いていることが示唆される。

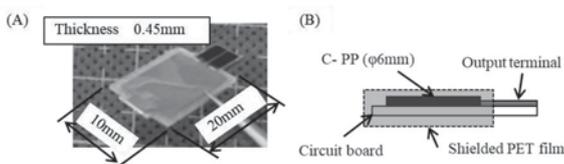


Fig. 1 Structure of film sensor

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

## 1-R-9

### 1-R-9 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 - カタログデータに基づいた検討 -

Free-field sensitivity of WS3 microphones with and without microphone's protection grid - Analysis with catalog data -

○高橋弘宜, 平野琴, 山田桂輔(産総研)

- ◆ 20 kHz 超の音圧測定にはWS3マイクロホンを使用することが多い。
  - 計測用マイクロホンは振動膜面を保護するためグリッドを装着して使用するのが一般的
  - 空中超音波の測定では、自由音場感度の周波数特性の平坦さを確保するため保護グリッドを取り外すことを推奨する意見あり
  - 保護グリッドの有無による自由音場感度に関する検討は不十分
- ◆ 8 コの Brüel & Kjaer type 4939 に付属するデータをもとに、保護グリッドの有無による自由音場感度を検討
  - ➡ 保護グリッドなしの自由音場感度レベルの周波数特性は 70 kHz までは±1.0 dB で平坦

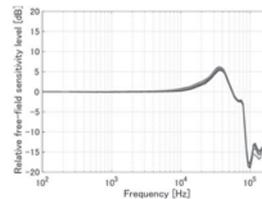


Fig. 1: Free-field sensitivity level of eight BK 4939 relative to 250 Hz with protection grid

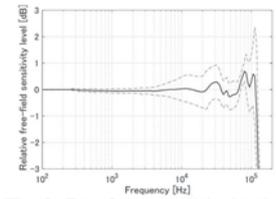


Fig. 2: Free-field sensitivity level of BK 4939 relative to 250 Hz without protection grid, (—) Average, (---) 95 % of confidence interval

## 1-R-11

### 1-R-11 オープンイヤード型イヤホン向け開口エンクロージャ構造のシミュレーション評価の検討

Simulation of open-back enclosure for open ear wearable device

◎加古達也, 千葉大将, 小林和則(NTT)

- ◆ リモートワークの普及で耳の負担を軽減や、周囲の環境音を取り込めるオープンイヤード型イヤホンの需要が増えているが、音漏れが課題
- ◆ 開口エンクロージャ構造
  - 音漏れを低減するため、エンクロージャの側面に開口を設ける
  - 側面開口部からスピーカ背面の逆相波を放射させ音漏れを抑圧
  - 音漏れ抑圧を満たすには正相および逆相の周波数特性が等しく、かつ波長が大きい前面、側面の開口位置の距離差が小さい必要
- ◆ 開口エンクロージャ構造の音響シミュレーション評価
  - 正相と逆相の音波の音響特性をFEMによる解析を行う
  - Fig.1 より 1 kHz では耳元近傍のみに高い音圧が集中している
  - 高域では位相差が維持できず逆相波の音圧が小さくなる筐体設計を行う必要がある

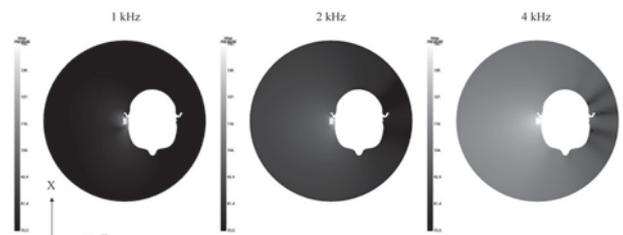


Fig.1: Sound pressure distribution when mounted on the head model.

### 1-R-12

#### 1-R-12 音漏れ低減のためのオープンイヤー型イヤホン向け開口エンクロージャ構造の提案

Proposal of the open-back enclosure design for open-ear hearable devices to reduce sound leakage.

◎千葉 大将, 加古 達也, 小林 和則 (NTT)

- ◆耳が開放状態にあるオープンイヤー型イヤホンでは耳への負担が少ないため長時間装着が可能であるが、音漏れが大きいため公共空間のような周囲に人がいる環境での利用が難しい。そこで本研究では、筐体の構造で逆相の音波の干渉や指向性を制御して音漏れを低減するオープンイヤー型イヤホン向け側面開口エンクロージャを提案する。
- ◆自由音場と HATS を用いた測定・評価の結果、提案法の側面開口エンクロージャは密閉型、開放型、背面が開口したエンクロージャよりも音漏れが低減する傾向を確認した。また、筐体背面の空気室の共振周波数を調整することで音漏れ低減性能を制御できることを確認した。

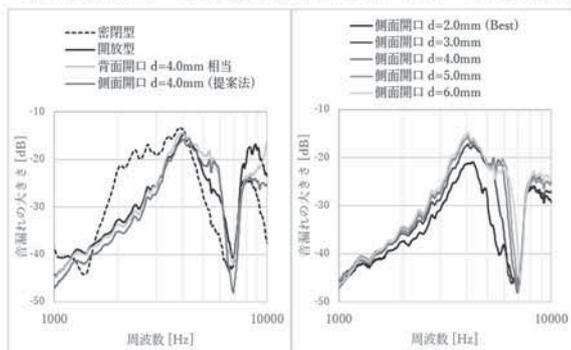


Fig.1: Mean of sound leakage levels for each angle at 15 cm from the enclosure attached to the HATS.

### 1-R-14

#### 1-R-14 SPR 型超音波センサにおけるセンシング径と周波数特性の関係

Relationship between sensing diameter and frequency response of SPR type ultrasonic sensors

☆仲辻衆登, 出竿康太, 市橋隼人, 松川真美 (同志社大)

- ◆表面プラズモン共鳴(SPR)は、超音波検出器として広帯域かつ平坦な周波数特性を持つことから光音響顕微法(PAM)などへの応用が期待されている。
- ◆SPR センサの超音波検出器としての詳細な特性はあまり議論されていない。そこで、本研究では、SPR センサのセンシング径と周波数特性に実験的に検討した。
- ◆ビーム径が0.41 mmと1.26 mm で集束音波の観測を行った。結果より、ビーム径を小さくすることで、高周波で応答が改善した(Fig. 1)。

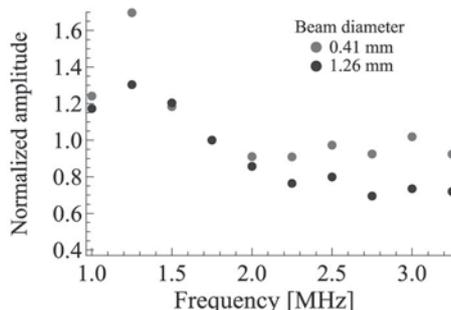


Fig.1 Measured frequency response of SPR sensors.

### 1-R-13

#### 1-R-13 オープンイヤー型イヤホンを用いた立体音響信号再生時の仰角知覚精度改善のための基礎検討

Fundamental study on improving elevation perception of 3D sound using open-ear headphone

◎小塚 詩穂里, 伊藤 弘章, 千葉 大将, 加古 達也, 野口 賢一(NTT)

- ◆オープンイヤー型イヤホンでの立体音響再生時には、元の HRTF がヘッドウェア特有の特性の影響を受け、立体音響効果が低下する
- ◆イヤホン特有の特性により HRTF のノッチ周波数変化が埋もれ、仰角知覚に悪影響を及ぼす
- ◆イヤホン特有の特性を打ち消すフィルタを設計する手法を提案
- ◆イヤホン特有の特性により埋もれる HRTF のノッチ周波数変化を出現させ、イヤホン特有の特性を打ち消すことに成功



Fig.1: Overview of 3D sound reproduction using open-ear earphone.

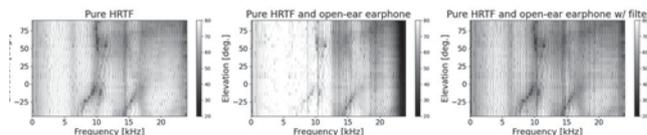


Fig.2: Color-maps of Pure HRTF (left), pure HRTF and open-ear earphone (center), pure HRTF and open-ear earphone with filter (right)

### 1-R-15

#### 1-R-15 悪天候によるノイズが環境音と映像を用いた船舶検出に与える影響

Influence of Inclement Weather Noise on Boat Noise Detection using Environmental Sound and Image

☆庭山耕平, 武藤憲司(芝浦工大), 小林洋介(室蘭工大)

- ◆深層学習を用いたマルチモーダル船舶検出において、悪天候時にデータにノイズが混入することで性能が低下する問題があった。
- ◆Fig. 1 に示すように環境音に風雑音、映像に雨天時を模擬した gaussian ノイズを加えて船舶検出を行い、ノイズによる影響を調査した。
- ◆Table. 1 に示す結果から、映像情報は音情報よりもノイズによる情報劣化が少ないこと、マルチモーダル学習とすることでノイズ混入に対する頑健性が高まることがわかった。

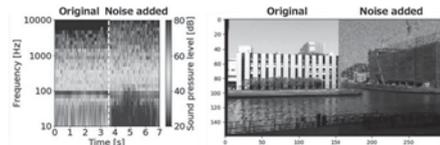


Fig.1 Examples of environmental sound and image with or without noise

Table. 1 F-measure of three models with or without noise

Architecture	Additional noise combination		F-measure
	Sound	Image	
Sound model	-	-	0.86
	✓	-	0.80
Image model	-	✓	0.92
	✓	-	0.90
Multimodal model	✓	-	0.95
	✓	✓	0.91
	✓	✓	0.93
	✓	✓	0.90

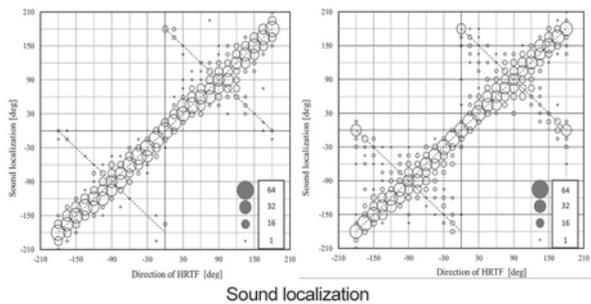
### 1-R-16

#### 1-R-16 2台のパラメトリックスピーカを用いた音像定位 —聴取者の頭部伝達関数での比較—

Sound image localization using two parametric loudspeakers  
-Comparison with the listener's HRTF-

☆本間智士、△山本健琳、△轟健太郎、△櫻井和希、  
青木茂明、島内末廣(金沢工大)

- ◆MIT で公開されている HRTF と聴取者本人の HRTF を畳み込んだピンクノイズを使用して前後左右方向定位試験を行った。
- ◆再生機器にはパラメトリックスピーカとヘッドホンを使用した。パラメトリックスピーカは聴取者から見て方位角±60°、距離 120 cm の位置に配置した。
- ◆聴取者本人と MIT で公開されている HRTF を用いたパラメトリックスピーカによる聴取試験の結果を図に示す。音像は全体的に HRTF の角度の方向に頭外定位し、ヘッドホンによる聴取試験と同等の結果が得られた。聴取者本人の HRTF では前後誤りの頻度は減ったが解決することはできなかった。



### 1-R-18

#### 1-R-18 3和音の音量感に与える 基音周期振動の影響

Influence of fundamental periodic vibration on the volume perception of triads

☆林友哉、沖田和久、△伊藤毅登、福島学(日本文理大)、  
△松本光雄(), 風間道子(log a), 柳川博文(arsl)

- ◆【目的】スピーカ再生で感じる音量感を損わず、スピーカの再生ボリュームを下げたい ⇒ 振動提示により可能か?
- ◆【実験】主観評価実験(一対比較法2者強制選択法)
- ◆【実験協力者のタスク】提示される刺激のいずれの音が「大きいか」を回答
- ◆【刺激】振動メディア: 基本周波数 ( $f_0=66$  Hz)  
気中音: 3和音 (ド:  $4f_0=264$  Hz, ミ:  $5f_0=330$  Hz, ソ:  $6f_0=396$  Hz)

○結果: 振動( $f_0$ )提示で気中音を 10 dB 抑制しても同等の音量感が得られる (Fig.1).

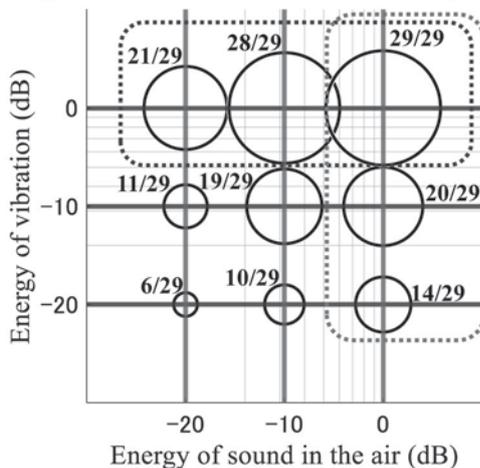


Fig.1: Number of selected in subjective evaluation experiments

### 1-R-17

#### 1-R-17 AVS における横方向定位時の 両耳波形について

Binaural Measurement Signals during Lateral Localization in AVS

☆沖田和久、林友哉、福島学(NBU)、  
△松本光雄(), 風間道子(log a), 柳川博文(arsl)

- ◆スピーカを使用した簡便な音像制御方式 → AVS 方式  
好ましい角度に定位する ICTD/ICLD の最適値を聴覚により探索する
- ◆AVS 方式とクロストークキャンセル(Physical)の比較
  - 1) 音像位置に違いが生じる (Fig.1)
  - 2) 時間差及びレベル差に違いが生じる
- ◆ICTD と ICLD の異なる組み合わせで類似の音像位置に定位 (Fig.2)
- ◆時間構造の詳細な分析が必要である

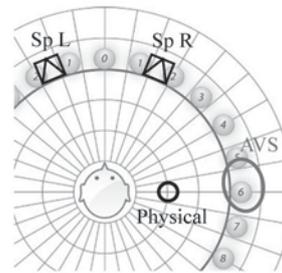


Fig.1 The Sound Image difference between Physical base parameter and AVS parameter

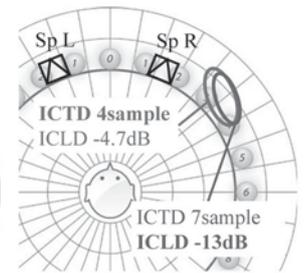


Fig.2 The Sound Images of 1) ICLD is same as in Fig.1(Red circle), and 2) optimal ICLD for the angle(Blue circle)

### 1-R-19

#### 1-R-19 外耳道に設置したマイクセンサによる 心拍測定法の評価

Evaluation of heart rate measurement method using a microphone sensor placed in the ear canal

☆佐藤颯空、工藤彰洋(苫高専)

- ◆心拍測定法には、医療現場で用いられる ECG と呼ばれる方法がある。先行研究 [1] において Fig.1 のようなマイクセンサを提案した。マイクセンサは耳道近傍の血管の拍動に着目し、拍動を音波として取得することによって、間接的に心拍測定を目的としたものである。
- ◆先行研究において、以下の項目が問題として挙げた。
  - マイクセンサ出力信号のノイズと遅延の原因について
  - マイクセンサ出力信号の信号源 (血管の拍動 or 心拍の固体伝搬)
  - マイクセンサ自体はノイズにどの程度対応できるのか
- ◆各問題に対し、3つの実験を行ったので、結果を報告する。

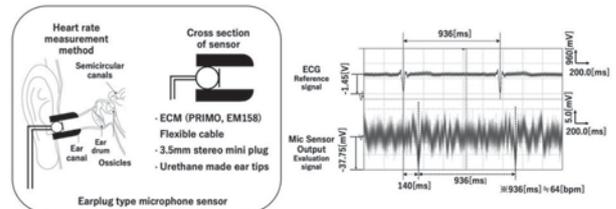


Fig.1: Previous Research

[1] 佐藤颯空、工藤彰洋, “耳道近傍の血管の拍動による音波に着目した心拍測定法”, 音響論集(秋), pp. 317-318, 2021.

### 1-R-20

#### 1-R-20 超音波を用いた小型録音装置による盗聴防止技術のためのアレイスピーカーの構成についての検討

On the design of ultrasonic array speakers for jamming wiretaps using small recording devices

☆早坂学起, 近藤和弘(山形大院・理工学研)

- ◆パラメトリックスピーカーを用いて超音波を小型録音装置に照射することで、録音音声にノイズを混入させ、盗聴を防止する。
- ◆従来のパラメトリックスピーカー指向性が鋭く、隠された録音装置に直接アレイを向ける必要があり、ジャミングに不適だった。
- ◆素子数を減らしアレイを小型化することで多方向に超音波を照射できるため、アレイの素子数と駆動電圧が妨害にどのような影響を与えるのかを調べた。

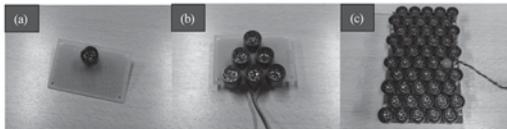


Fig.1 Array speaker used in the experiment

(a)1素子, (b)6素子, (c)49素子,

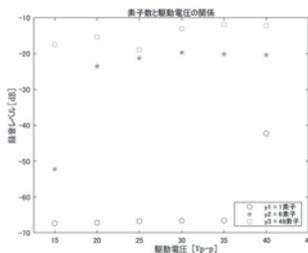


Fig.2 Drive voltage vs. recording level by number of elements

### 1-R-22

#### 1-R-22 ローリングシャッターカメラを用いた撮影動画における撮影面に垂直な振動の計測に基づく音波抽出の性能評価

Evaluation on Non-Focal Region Removal of Video in Sound Extraction by Measuring Vibration Perpendicular to Shooting Surface with Rolling-Shutter Camera

☆芳澤翼(立命館大院), 歌籠虎, 岩居健太, 西浦敬信(立命館大)

音波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波を抽出する研究が行われている。従来の音波抽出手法では、撮影画像の行方向の振動計測に基づき音波を抽出している。これに対して、我々は、撮影面に対して垂直な振動に着目し、音波を抽出する手法をこれまでに提案した。

本稿では、Fig. 1 のようにあらかじめ撮影動画の非合焦領域を除去することによって、両手法による音波抽出の性能改善を目指した。評価実験の結果、非合焦領域は音波抽出精度を低下させることがわかり、非合焦領域除去は、音波抽出の性能改善に一部効果的であることが示された(Fig. 2)。以上の結果より、非合焦領域除去の手法を適切に変更することで、音波抽出性能をより改善できる可能性があることがわかった。

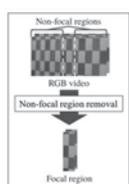


Fig. 1: Non-focal region removal.

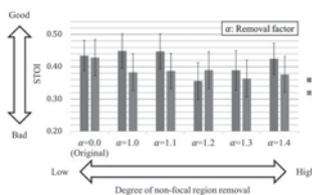


Fig. 2: Evaluation results using STOI.

### 1-R-21

#### 1-R-21 ライン露光順次読み出し方式カメラを用いた音波抽出における照度環境の影響

Effects of Illuminance Environment on Sound Extraction via Rolling-shuttered Camera

☆関根海渡, △国立昂平, 立蔵洋介(静岡大)

- ◆背景: カメラで撮影した物体の振動から音を抽出する技術において、従来は撮影時に投光器を用いて強い光を照射
- ◆目的: 投光器を用いず、一般的な光環境での音波抽出の実現
- ◆提案: 画像の明るさに影響するカメラの設定である、シャッタースピードと ISO 感度をそれぞれ変更させた実験を実施
- ◆結果: シャッタースピード: 長く設定するにつれて SNR 向上  
ISO 感度: Auto よりもマニュアルで設定した方が SNR 向上

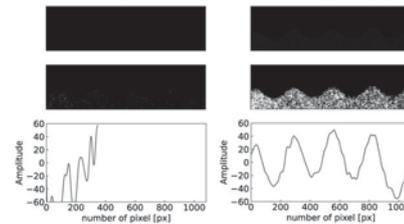


Fig.1: Captured images, binarized images and extracted signals at different ISO sensitivity (exposure time: 1/4000 s).

Table1: SNR of captured signals.

ISO sensitivity	Camera's exposure time		
	1/4000 s	1/2000 s	1/1000 s
Auto	×	19.3 dB	26.1 dB
100	×	×	×
200	×	×	28.6 dB
400	×	16.0 dB	23.1 dB
800	15.3 dB	23.9 dB	25.0 dB

### 1-R-23

#### 1-R-23 振幅変調における包絡信号の瞬時周波数制御に基づく超音波空中ハプティクスの質感再現

Texture Reproduction of Ultrasonic Mid-Air Haptics Based on Instantaneous Frequency Control of Envelope Signals in Amplitude Modulation

☆上田明日斗, 高橋徹, 中山雅人(阪産大院)

- ◆従来の超音波空中ハプティクスでは、人に圧力を知覚させやすくするため、キャリア波を正弦波 200 Hz の包絡信号で振幅変調して圧力を振動させていた。ここで、圧力を振動させると感覚が変化することに着目し、包絡信号を適切に設計することで質感を変化させることを検討する。
- ◆我々は、振幅変調における包絡信号の瞬時周波数に用いる帯域を 0 ~ 200 Hz とし、10 Hz 周期でスイープさせることで、従来の 200 Hz 正弦波と比べ、ザラザラ感やでこぼこ感を強くすることに成功しているが、このスイープ周期を変えることで、異なる質感を再現できると考えられる。また、用いる帯域にも検討の余地が残されている。そこで、本稿では振幅変調における包絡信号の瞬時周波数の下減と上限とスイープ周期を決めるスイープ周波数を制御することで、質感を変える手法を提案する。
- ◆提案手法の有効性を確認するために、質感に関する主観評価実験を行った。Fig. 1 に実験結果から得られた帯域幅とスイープ周波数と質感の関係を示す。実験結果から、異なる帯域でも帯域幅が同じなら質感の傾向は同じになり、帯域幅とスイープ周波数によって異なる質感を再現できることを確認した。

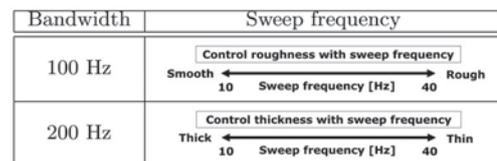


Fig. 1: Experimental results of relationship between texture and parameters.

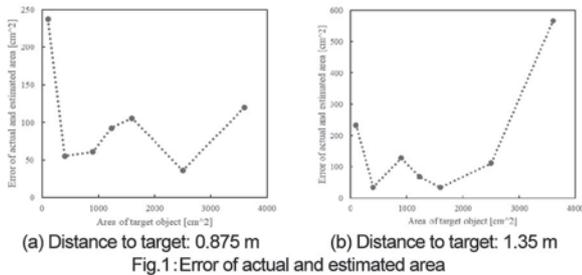
### 1-R-24

#### 1-R-24 音響測距法における 距離スペクトルピークの回帰分析 に基づく物体の大きさ推定の検討

A study on target size estimation based on regression analysis of range spectral peaks in acoustic distance measurement method

○中山雅人, 川那邊結也 (阪産大), 上保徹志, 中迫昇 (近畿大)

- ◆本稿では、位相干渉に基づく音響測距法における距離スペクトルのピークを様々な条件で実測し、回帰分析を行うことで対象物の大きさを推定する手法を提案する。
- ◆提案手法の流れ
  - 事前に距離・大きさごとにインパルス応答を測定し、それぞれのインパルス応答について距離スペクトルを算出
  - 距離スペクトルピークのパワーの減衰と対象物との距離、対象物の大きさによるパワーの増減について回帰分析を行い、物体の大きさの推定に必要な近似式の係数を決定
  - 近似式を用いて、未知の距離に配置された対象物の大きさを推定
- ◆Fig.1 に対象物の面積(実測値)と提案手法による推定面積の誤差を示す。評価実験の結果、提案手法の有効性を確認できた。



### 1-R-26

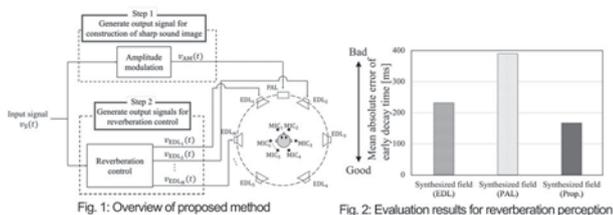
#### 1-R-26 パラメトリック・ダイナミクスピーカを用いた 初期残響量制御に基づくサラウンド音場制御

Surround sound field control based on initial reverberation control using parametric and electro-dynamic loudspeakers

☆原田優菜(立命館大院), 歌毓庭, 岩居健太(立命館大),

中山雅人(阪産大), 西浦敬信(立命館大)

- ◆我々はこれまでに、鋭い指向性により明瞭音像を提示可能なパラメトリックスピーカ (PAL)と、残響の提示が容易であるダイナミクスピーカ (EDL)を用いて、直間比制御に基づく明瞭音像の構築手法を提案してきた。しかし、この手法では残響感の再現精度が低いという問題があった。そこで、Fig. 1 に示すとおり、初期残響量制御に基づくサラウンド音場制御手法を提案する。
- ◆提案手法では、PAL を用いて明瞭な音像を構築し、EDL を用いて残響感を再現する。指数関数減衰曲線を用いて目的音場の初期残響量を再現する残響制御フィルタを設計し、作成したフィルタを EDL から放射する信号に畳み込むことにより目的音場の残響感を再現する。
- ◆本稿では、提案手法に対して残響感 (Fig. 2)、音像の明瞭性を評価した。その評価実験の結果、残響感をより忠実に再現し、明瞭な音像を構築することが可能であることを確認した。



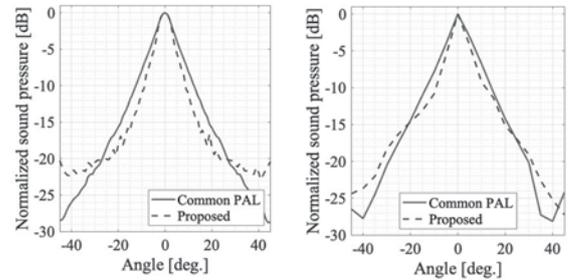
### 1-R-25

#### 1-R-25 パラメトリックスピーカにおける変調波の 位相反転に基づく狭指向性ビーム形成の評価

Evaluation on Narrow Acoustic Beamforming Based on Phase-inversion of Modulated Wave in Parametric Array Loudspeaker

◎歌毓庭(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(PAL)は超音波の直進性を利用することで超指向性を実現しているが、小型 PAL は復調音のビームが拡散しやすい傾向がある。これまで、我々は従来の PAL を越える狭指向性を持つ復調音のビームの生成を目指し、変調波の設計手法を提案した。提案手法では、PAL を 2 部分に分割し、中心部にあるメインアレーの超音波素子から通常の変調波を放射し、外周部にあるサブアレーの超音波素子からキャリア波と側帯波の周波数が低い方の位相を反転する変調波を放射する。そこで、本稿では、提案手法をビームステアリングに適用し、正面方向以外の方向にも狭い指向性のビームを生成することが可能となる。そして、理論モデルの構築を試みた。その上、計算機シミュレーションと実測実験により、評価を行った。シミュレーションの結果(Fig. 1)と実測実験の結果(Fig. 2)は同じ傾向が現れ、提案手法の有効性を確認した。



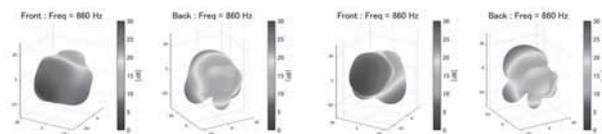
### 1-R-27

#### 1-R-27 頭部包囲型球面マイクロホンアレイによる 子音の 3 次元発話放射特性分析

Study on speech radiation analysis of consonants using head-enclosed spherical microphone array

☆本地瑛, 羽田陽一(電通大)

- ◆よりリアルな遠隔コミュニケーションを実現するためには、人の声が空間的にどちらに向かってどのように放射されているかを調べることは重要である。本報告では、子音発話に関する 3 次元放射特性を測定し、周波数ごとの指向特性の違いや母音との違いについて検討した。
- ◆クロススペクトル法により音声から話者の頭部周辺における相対的な伝達特性を推定し、球面調和展開によって 3 次元表示の補間を行う。これにより、母音と子音に関する頭部周辺の発話放射特性を分析する。
- ◆その結果、鼻母音/n/は母音/a/と比較して上方に向かって放射することや、周波数によって子音の放射にやや異なる特性があることが分かった。



### 1-R-28

#### 1-R-28 そよ風が室内伝達特性に与える影響の調査

A study of acoustic room impulse response affected by breeze

☆森川輝久(阪産大),津田龍星,高橋徹(阪産大院),  
江川琢真(立命大院),中山雅人(阪産大院)

目的: 室内に発生する風の流れが室内伝達特性に与える影響度合いと音源定位精度に与える影響を調査.

手段: インパルス応答測定, **GCC-PHAT** による音源方向推定.

評価・結論: 1機の送風機で風環境を構築, 定位誤差で評価.

- (Condition1) 追い風 → 影響小
- (Condition2) 向かい風 → 影響大
- (Condition3) 追い風と同配置の無風 → 影響小
- (Condition4) 向かい風と同配置の無風 → 影響中

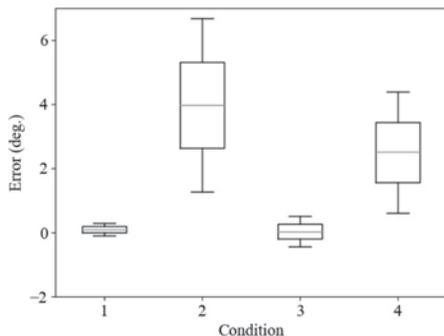


Fig.1: Comparison of the accuracy of estimating the direction of arrival of sound sources in a wind environment

### 1-R-30

#### 1-R-30 小規模マイクロホンアレイによるスパースベイズ推定を用いた音源測距に関する考察

A study on sound source distance measurement using the sparse Bayesian estimation with a small microphone array system

☆有泉千太(山梨大・工), △切金瑛心(山梨大・院・医工農総教), 小澤賢司(山梨大・工)

- ◆本報告では, 音源までの距離を測定する方法として, 小規模マイクロホンアレイによるスパースベイズ推定を提案する.
- ◆ベイズ推定における伝達関数は「距離減衰情報」と「2次元スペクトル」の2つを用いて, それぞれの有効性について検証した.
- ◆距離減衰情報に基づく手法では, 音源信号の種類に関わらず測距可能な距離は高々 3m となった.
- ◆2次元スペクトルを用いた手法では, 正弦波の場合は 15m 以上まで測距が可能であり, 音声の場合は約 3m まで測距が可能である.
- ◆今後の発展として, 複素数問題として 2次元位相スペクトルも扱うなどの手段が挙げられる.

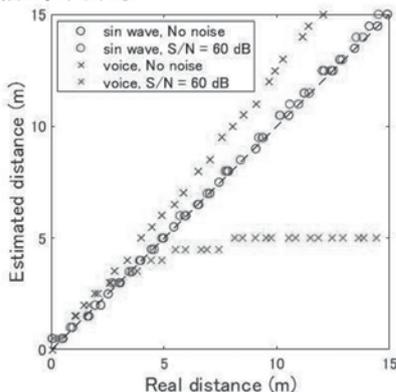


Fig.1: Sound source distance estimation based on 2D spectrum. Signal: sin wave (2000 Hz) and voice ("Thank you.")

### 1-R-29

#### 1-R-29 補助関数法に基づく円状マイクロホンアレイの自己回転角度推定

Auxiliary function-based self-rotation angle estimation of circular microphone array.

☆連 冠三, 山岡 洗瑛(都立大), 若林 佑幸(豊橋技科大/都立大), 小野 順貴(都立大)

◆我々は, これまでに円状アレイの自己回転角度を推定する手法を提案した. しかし, 候補となる角度全てに対し尤度を計算し最大値を走査する必要があり, 演算量が大きい問題があった. 本研究では, 補助関数法を用いた高速なアルゴリズムを提案し, シミュレーションによって評価する.

◆先行研究において, 目的関数を最大化するために, cos 関数に対する補助関数法が提案された. 本研究では, 目的関数の形を整理して cos 関数の和に変形し, 先行研究を参考に補助関数を設計し, 効率的な反復更新式を導出した.

◆推定精度と実行時間を比較するため, シミュレーションを行った. Fig.1のように, 提案法の推定値が真の回転角度に近づくことを確認した. Table.1のように, 提案法によって推定性能を維持しながら実行時間が大きく削減できた.

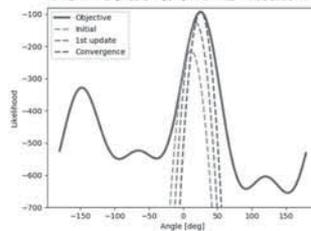


Fig.1 Example of objective function and updated auxiliary functions.

Table.1 Processing time and estimation error.

	Time [s]	RMSE [deg]
Exhaustive search	3.657	2.242
Aux-based estimation	1.087	2.254

### 1-R-31

#### 生体リズムフィードバックが運転パフォーマンスに与える影響

Relationship between biological rhythm feedback and driving performance

☆須藤季砂, 谷田部笙太, 村尾天地, 亀山勇希,  
樹本実, 石光俊介(広島市立大学)

#### ◆実験概要

- 生体 (心拍・呼吸) リズムをドラム音としてフィードバック (FB)
- ドライビングシミュレータによる運転タスク中への影響調査

#### ◆実験音源

1. 安静時の平均心拍数を BPM としたもの
2. 1 を 10% 増減させた BPM
3. 心拍・呼吸に同調させた BPM

#### ◆生体リズム FB が運転タスクに与える影響

- 心拍に同調させたテンポがリラックスを与えることを示唆

懸念点: ① 刺激音の情報教示による影響

② 運転パフォーマンスの評価

#### ◆生体リズム FB が運転パフォーマンスに与える影響

- 上記の懸念点を改善し, 実験を実施
- 集中タスク化 → 心拍同調リズムの変動感が集中力を乱す可能性



Fig : Experimental conditions

### 1-R-32

#### 1-R-32 音声強調による複数の疑似レファレンスを用いた劣化音声に対するノンレファレンス音声了解度推定方法の検討

On a non-reference speech intelligibility estimation method for degraded speech using multiple pseudo-references with speech enhancement.

☆中澤和司、近藤和弘(山形大)

- ◆過去の研究で強調した音声疑似的なレファレンス(クリーン)音声として扱った了解度推定を行うノンレファレンス手法を提案
- ◆2つの音声強調手法から得られた特徴量を結合してNNを学習することで推定精度向上(線形相関係数 : LCC 0.801 → 0.824)

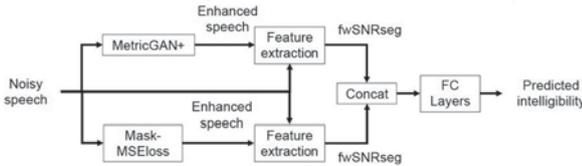


Fig.1: Overview of the proposed method for intelligibility estimation

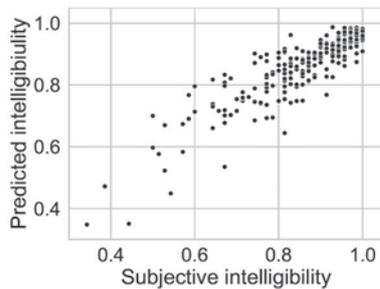


Fig.2: Distribution of subjective vs. estimated speech intelligibility

### 1-R-33

#### 1-R-33 多点制御法を用いたエリア再生における床方向への放射を考慮した音場の生成

Generation of Sound Field considering radiation toward the floor in Sound Field Reproduction using Multi-point Control Method

☆藤岡璃乃(龍谷大院・理工学研), 片岡章俊(龍谷大・先端理工)

- ◆音場制御技術により特定のエリアのみ音を再生するエリア再生の研究が行われている。エリア再生の問題として、実空間では床からの音の反射による制御効果の劣化が挙げられる。
- ◆本研究では床付近の音を抑圧することで、床方向への音の放射を考慮した音場の生成を行った。スピーカ構成と制御点配置を検討した結果、2次元配置したスピーカアレイと、床付近と抑圧エリア全体に抑圧制御点を配置したものを採用した。
- ◆実音場での性能評価の結果、再生エリアと抑圧エリアの音圧差は従来手法が -19.92dB、提案手法が -18.97dBであった。また、再生エリア内の高さ1.5mと0.1mの音圧差は従来手法が -9.01dB、提案手法が -15.54dBであった。以上の結果から、提案手法はエリア再生の性能を保ちながら床付近を抑圧できていることが確認できた。

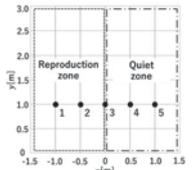


Fig.1: Measuring positions.

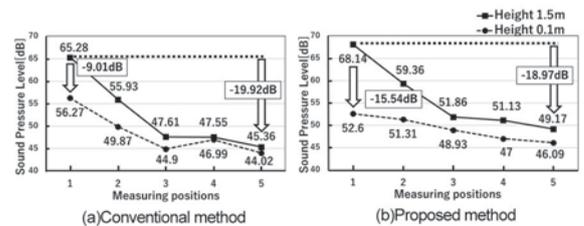


Fig.2: Sound pressure level in real environment.

### 1-R-34

#### 1-R-34 動電型スピーカアレイとパラメトリックスピーカアレイのハイブリッド制御に基づく仮想音源距離提示手法の検討

A study on method to present distance of virtual sound source based on hybrid control of electro-dynamic loudspeaker array and parametric-array loudspeaker array

☆廣瀬彩乃(立命館大院), 歌崎庭(立命館大), 中山雅人(阪産大), 西浦敬信(立命館大)

- ◆本研究では、任意の位置に仮想音源を高精度で構築する手法として、動電型スピーカ(EDL)アレイとパラメトリックスピーカ(PAL)アレイのハイブリッド制御に基づく仮想音源距離提示手法を提案する(Fig.1)。
- ◆提案手法では、各スピーカアレイの特徴に着目し、EDLアレイを用いてスピーカアレイの近傍、PALアレイを用いてスピーカアレイの遠方に仮想音源を構築することにより仮想音源距離を提示する。
- ◆本稿では提案手法を用いて、音圧分布に関する客観評価実験、仮想音源の位置知覚に関する主観評価実験(Fig.2)を行い、提案手法の有効性を確認した。

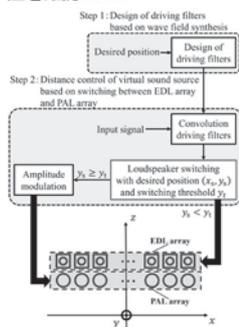


Fig.1: Overview of proposed method.

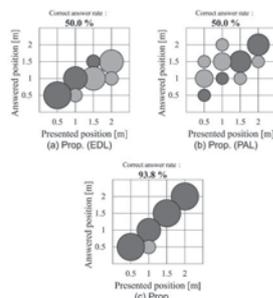


Fig.2: Experimental results of subjective evaluation on perception of sound-image location.

### 1-R-35

講演取消

### 1-R-36

#### 1-R-36 球面スピーカアレイを用いた 移動音像レンダリングについて

Evaluation of Moving Virtual Sound Source  
inside Spherical Loudspeaker Array

☆久保健輔, 羽田陽一(電通大)

- ◆42 チャンルのジオデシックドーム型球面スピーカアレイを用いて、音像の奥行きの変動を伴った移動音像の再生を試みた。再生にはVBAP、HOAPanning、NFC-HOA、及びHOAPanningとNFC-HOAの混合手法の4手法を用いて、主観評価実験を行い、音像の移動感、距離感、滑らかさを評価した。
- ◆音像の軌道の正答率に関して、VBAP及びNFC-HOAについて5%水準で有意に異なる結果となった。本実験条件では、NFC-HOAよりVBAPの方が移動音像の軌道を知覚しやすい結果となった。



Fig. 1: 42ch geodesic dome type spherical loudspeaker array

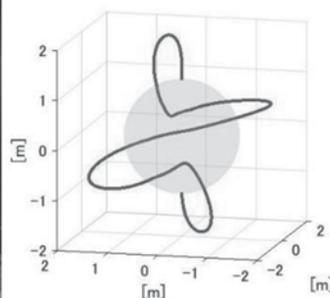


Fig. 2: Virtual source trajectory

### 1-R-38

#### 1-R-38 Measuring the information content of sound fields and its potential impact on auditory perception

○ TREVINO Jorge (Yamaha Corp.)

- ◆Studies in spatial hearing relate physical properties (e.g. interaural cues) with perceptual ones (sound localization).
- ◆In the context of spatial sound, higher level percepts such as immersion and presence are yet to be fully clarified.
- ◆Sound field complexity is related to high level spatial perception. (interaural cross-correlation and concert hall quality, time changes in source directivity and naturality of musical instruments).
- ◆Humans only perceive the sound field in their neighborhood and can be fooled by complex sources (e.g. panning, shown in Fig. 1)
- ◆A measure of sound field complexity, sound field entropy, is introduced, along with the hypothesis that it partially characterizes spatial sound perception
- ◆A method to measure sound field entropy in terms of harmonic modes (as shown in Fig. 2) is also advanced.

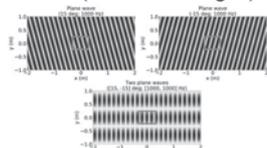


Fig.1: Stereo panning. Two plane waves behave as a one, incident from a direction between them, over a limited region.



Fig.2: 10-th order contribution to the spherical harmonic expansion of a plane wave.

### 1-R-37

#### 等価音源法による一次反射音を考慮した 音場のモデル化に基づく2.5次元音場再現

2.5 dimensional sound field reproduction based on sound field modeling  
by equivalent source method considering first-order reflections

☆鈴木佳薫, 松橋遼, 津國和泉, 池田雄介(東京電機大)

- ◆研究背景
  - 効率的な音場再現を目指して、二次音源のモデル化手法を提案
  - 本論文では球面調和関数展開を用いた Mode Matching 法(MM)と Pressure Matching 法(PM)へ適用
- ◆提案手法
  - スペース等価音源法と虚像法を用いて二次音源をモデル化
  - モデル化に使用した等価音源を球面調和関数によって表現
- ◆シミュレーション結果
  - 一次反射音を考慮して等価音源を利用し二次音源をモデル化
  - PMとMMの両方で反射音の考慮によって精度が向上
  - PMとMMを比較すると、PMの方がより精度が高い

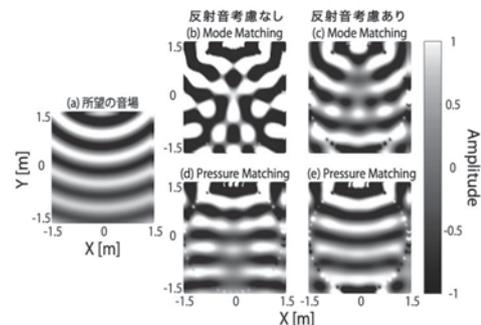


Fig.1: Comparison of MM and PM methods

### 1-R-39

#### 1-R-39 ビームフォーミングに基づく音空間収音に おけるサイドローブ抑圧による空間再現精 度向上の検討

Investigation of improvement on sound-space synthesis system  
based on beamforming by sidelobe reduction

☆大屋敷凌佑, 渡邊貴治, 西口正之, 安倍幸治(秋田県立大),  
高根昭一(東北化学工業大)

- ◆音空間合成法を実現すべく、遅延和法によるビームフォーミングを基にした空間収音・再生システムを構築してきた。
- ◆従来手法ではビームフォーミング時に高いレベルのサイドローブが発生することから、これを抑圧することでシステムの空間再現精度向上が期待できると考えた。
- ◆ビームを向ける方向に合わせ、目標信号を変化させる「可変窓」の考案により、従来法と比較して約10 dB程度のサイドローブ抑圧を達成した
- ◆抑圧の結果、Fig. 1に示すように、システムの出力特性が滑らかになり、主観評価実験においても、音色の特性向上が示された。

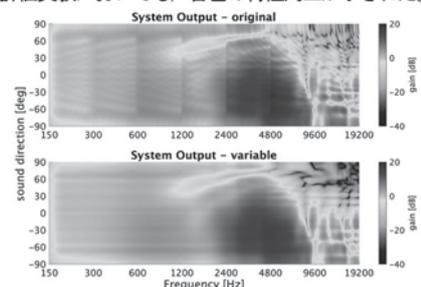


Fig.1: Frequency characteristics against source azimuths(LeftEar)

### 1-R-40

#### 1-R-40 ヘッドホン再生のための振幅と位相の制御によるクロストーク成分生成方式の知覚的最適化

Perceptual optimization of crosstalk generation method based on amplitude and phase control for headphones reproduction

○水町光徳, 上野裕生(九工大), 堀内俊治(KDDI 総合研)

- ◆既存の 2 ch ステレオ音源の多くは、スピーカを用いたステレオ再生を前提としている。それらの音源をヘッドホンやイヤホンで再生すると、スピーカ再生で発生す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。
- ◆左右チャンネル信号の振幅及び位相のハイブリッド制御に基づくクロストーク成分生成によるステレオ音像幅縮退方式 (Fig.1) を提案する。
- ◆聴取実験を実施し、実環境におけるスピーカ再生収録音源と比較し、ステレオ音像幅縮退方式のパラメータの知覚的最適化を行った。
- ◆大編成オーケストラ演奏と小編成室内楽演奏では、音源の空間的配置の差異により、最適なパラメータ値が異なることがわかった。
- ◆ハイブリッド方式によるステレオ音像幅縮退音源は、左右チャンネル間相互相関が小さく、音色歪みが小さいことが示唆された。

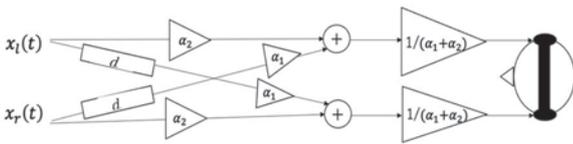


Figure 1: Schematic diagram for hybrid stereo width shrinkage method.

### 1-R-42

#### 1-R-42 仮想空間における視線追跡情報を用いたヒトのエコーロケーションの学習過程の検討

Study of the learning process of human echolocation using eye-tracking information in virtual space

☆津牧美葉子<sup>1</sup>, 手嶋優風<sup>1</sup>, 土屋隆生<sup>2</sup>,

蘆原郁<sup>3</sup>, 小林耕太<sup>1</sup>, 飛龍志津子<sup>1</sup>

(1 同志社大院・生命医科学, 2 同志社大院・理工学, 3 産総研)

- ◆一部の視覚障がい者や、晴眼なエコーロケーション未経験者はトレーニングによって反響音 (エコー) による空間把握のスキルが向上することが報告されている。
- ◆本研究では、3次元音響シミュレーションを用いて仮想エコーを生成し、アイトラッカーを導入した視線による自発的なセンシングを行うシステムの作成から、エコーロケーション学習過程の検証を行った。
- ◆結果、トレーニングによって形状同定にかかるセンシング時間が短縮され、探索対象のターゲットのエッジに注目することで形状同定の精度が向上することが示唆された。提案システムは、ヒトのエコーロケーションの定量的な検証に有用であると考えられる。

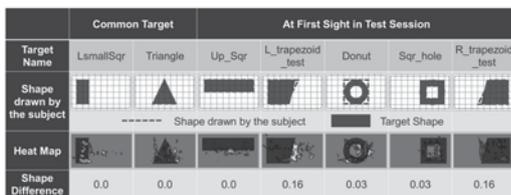


Fig. 1 Shapes drawn in questionnaires (top), heatmaps in the test sessions (middle) and difference values between the target and the shape drawn by the subject (bottom). The red dashed line indicates the shapes drawn by the subject.

### 1-R-41

#### 1-R-41 他人の頭部伝達関数を使用した移動音の音像定位精度に関する研究の再検討

Reexamination of research on sound image localization accuracy of dynamic sound using non-individual HRTF.

☆小竹一輝(苫高専), 工藤彰洋(苫高専), △武居周(宮大工)

- ◆ヒトが音を定位する上で、頭部を回転させることは手がかりの一つと考えられている。この頭部回転を移動音として VR にて再現することで VR サウンドの定位向上を目指す。
- ◆上記のアプローチとして他人と本人の伝達関数について、移動音を構成する移動速度が定位精度に与える依存性の推定を目的とした。
- ◆Table1 に示す試験音の組み合わせから、ランダムな順番で試験音を再生し、試験音がどの方位で再生し終えたかを答える、**平均定位誤差試験**(ALE: Average Localization Error)と、被験者の側方を基準とした時、試験音が前後どちらで再生し終えたかを答える、**前後誤知覚率試験**(FBCR: Front-back Confusion Rate)を行なった。

Table1 Parameters that generate the moving sound.

Moving speed[°/s]	0, 16, 32, 64, 128
Movement angle[°]	60
Direction of movement	Clockwise, Counterclockwise
Presentation direction	ALE 0°-90°, 10° interval
FBCR	0°-180°, 20° interval
Types of HRTFs	Subject themselves, HATS's

- ◆実験結果より、移動速度の違いによる定位精度の比較・検討を行なった。

### 1-R-43

#### 1-R-43 音源位置で条件付けた自己符号化器を用いた少数測定データからの頭部伝達関数補間

Interpolation of Head-Related Transfer Function from Small Amount of Measurement Data Using Autoencoder Conditioned on Source Positions

☆伊藤悠貴, 中村友彦, 小山翔一, 猿渡洋 (東大院・情報理工)

- ◆高臨場なバイノーラル合成には受聴者本人の HRTF を使用するのが望ましいが、測定コストの高さから困難であった。
- ◆測定時間短縮の一方途として、HRTF の補間 (空間的なアップサンプリング) がある。典型的な補間法では、HRTF を空間基底で展開し正則化線形回帰問題を解く。しかし、補間前 HRTF が空間的に疎な場合は精度が低下し、測定時間の大幅短縮に寄与しない。
- ◆本稿では、自己符号化器によるデータ駆動の HRTF 補間法を提案した。従来の補間法が線形自己符号化器とみなせることに着目し、提案モデルに従来法の特徴を取り込んだ。
- ◆数値実験の結果、提案法は従来法の約 1/20 の測定位置数でほぼ同精度の補間が可能と示された。

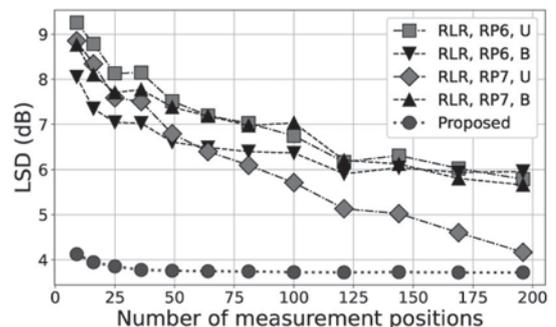


Fig. 2: Log-spectral distortions (LSDs) of the proposed and conventional methods at various numbers of measurement positions.