

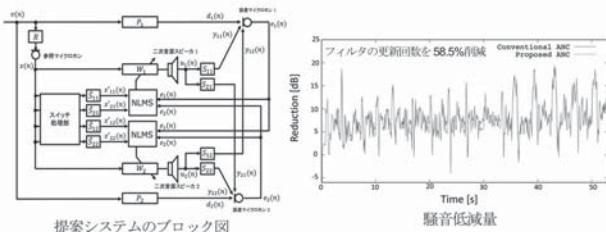
### 3-1-1

#### 3-1-1 吸気音検知に基づきいびき音低減のためのマルチチャネルアクティブノイズコントロールの検討

A study on multi-channel active noise control system for reducing snore noise with inspiration detection

☆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、吸気音検知に基づきいびき音低減のためのマルチチャネルアクティブノイズコントロール(ANC)システムを検討する。いびき音は、息を吸う際に発生する吸気音が主成分である。しかし、従来のマルチチャネルANCシステムでは、呼気区間においても不必要に騒音制御フィルタを更新してしまう。そこで、提案するマルチチャネルANCシステムでは、しきい値処理に基づくスイッチ処理を導入することで騒音制御フィルタを吸気区間でのみ更新する。この処理により、騒音制御フィルタの更新回数を削減することができる。計算機シミュレーションの結果、提案システムは、従来システムと同等にいびき音を低減し、従来システムと比べて騒音制御フィルタの更新回数を大幅に削減した。



提案システムのブロック図

騒音低減量

### 3-1-3

#### 3-1-3 パラメトリック・ダイナミックスピーカを用いた直間比制御に基づく明瞭音像の構築

Sharp sound image construction based on direct-to-reverberation ratio control using parametric and electro-dynamic loudspeaker

☆原田 優菜(立命館大院), 王 浩南(立命館大), 岩居 健太(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)はダイナミックスピーカ(EDL)と比べて鋭い指向性を有する。PALの放射音は、拡散反射音のエネルギーが少なく、受聴音に含まれる残響音も小さい。従来のPAL・EDLを用いたサラウンドシステムは、明瞭な音像が構築可能だが、残響の提示が困難である。本研究では、PAL・EDLを用いた直間比制御に基づく明瞭音像の構築手法を提案する(Fig. 1)。
- ◆提案手法では、PALを用いて明瞭な音像を構築し、EDLを用いて残響を制御する。具体的には、残響を提示するために、残響時間と直感比を制御する残響制御フィルタを作成し、入力信号に畳み込んでEDLから放射する。
- ◆提案システムの有効性を確認するため、本稿では、提案システムにおける音像の明瞭性、音像定位性能、残響感を評価する。

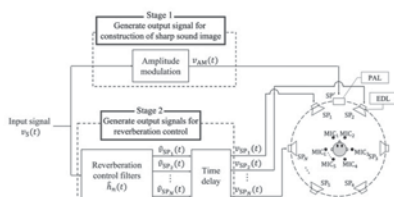


Fig. 1: Proposed system

### 3-1-2

#### 3-1-2 頭部近傍に配置したエンクロージャレス・スピーカによる両耳ANCの検討

Binaural ANC using head-nearest enclosureless loudspeakers

◎脇阪洋平, 鎌土記良, 福井勝宏, 小林和則

(日本電信電話株式会社 NTTコンピュータ&データサイエンス研究所)

- 【目的】自動車や飛行機のヘッドレストに組み込み可能な小型で騒音低減性能の高いANCシステムの実現
- 【課題】二次音源からの音漏れが存在するため、参照マイクと誤差マイクはある一定距離以上離さなければならず、小型化と高性能化の両立が難しい
- 【提案】二次音源として従来スピーカの代わりにエンクロージャレス・スピーカを使用することで、二次音源近傍にできる音漏れの少ない領域に参照マイクを置く小型なANCシステムを提案
- 【結果】参照マイクと誤差マイクが近づくことで提案システムは従来システムと比較し、最大で3.07 [dB]の性能改善をシミュレーションで確認

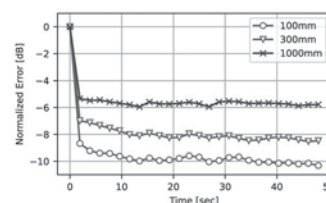


Fig. 1: エンクロージャレス・スピーカによるANCシステムの騒音低減性能

### 3-1-4

#### 3-1-4 ライン露光順次読み出し方式カメラを用いた撮影動画のRGB輝度勾配に基づく音波抽出手法の性能評価

Performance Evaluation on Sound Extraction Method with Intensity Gradient of RGB Video Captured by Rolling-Shutter Camera

☆芳澤翼, 吉田敦史(立命館大院), 王浩南, 岩居健太, 西浦敬信(立命館大)

- 近年、音波によって振動する物体をライン露光順次読み出し方式カメラで撮影し、その撮影動画から音波を抽出する研究が行われている。グレースケール動画を用いる従来手法に対して、我々は、RGB動画を使用しRGB輝度勾配から音波を抽出する手法をこれまでに提案した。これにより、RGB動画のビット深度を有効に活用でき、音波の抽出精度が向上する。
- 本稿では、提案手法に関して、被写体の模様及び色を変更し実験を行うことで、被写体ごとの音波抽出精度の差異を確認する。抽出音の音質を評価した結果、いずれの被写体に対しても本手法の有効性が示された(Fig.1)。特に、被写体の模様がRGBを用いてカラー表現されている場合、被写体の模様刺にエッジが多い場合及び被写体の模様が多くの種類の色で表現されている場合に、提案手法がより有効であると確認された。

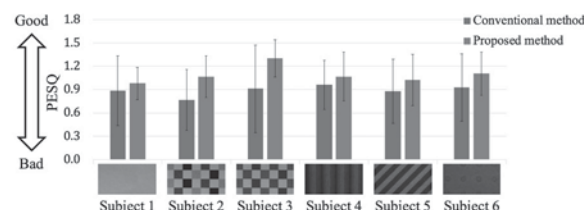


Fig. 1: Evaluation results of PESQ.

### 3-1-5

#### 3-1-5 パラメトリックスピーカにおける位相反転 キャリア波を用いたビーム幅制御の検討

A Study on Demodulated Sound Beamwidth Control  
Using Phase-inverse Carrier in Parametric Array Loudspeaker

©秋庭庭(立命館大), 王浩南(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。PAL を構成する超音波素子から超音波を高音圧で放射すると、空気の非線形性で可聴音が自己復調する。一般的に、PAL の規模が大きいほど、パラメトリック効果が強まり、復調音のビームが鋭くなる。一方、小型 PAL は復調音のビームが拡散しやすい傾向がある。本稿は、PAL における位相反転キャリア波を用いた復調音のビーム幅を制御する手法を提案する。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振幅変調波を放射し、外周部にあるサブアレーの超音波素子からキャリア波成分を位相反転した振幅変調波を放射する。空間上、部分的にパラメトリック効果を弱めることで、ビーム幅を制御する。評価実験の結果、提案手法の有効性を確認した。

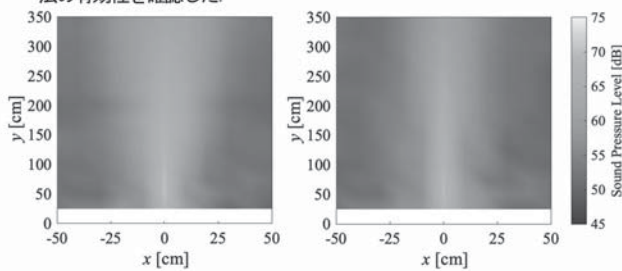


Fig. 1 Results for sound pressure distribution

### 3-1-7

#### 短時間フーリエ変換および離散ガボール変換の MATLAB 実装について

On MATLAB implementation of STFT and DGT

○ 矢田部浩平 (早稲田)

- ◆ 音響学会誌にて「短時間フーリエ変換入門」を連載  
▶ 第五回の付録として **MATLAB コードを配布**

<https://github.com/KoheiYatabe/DGTtool>

- ◆ 本発表では STFT および DGT の実装の話を紹介する  
▶ 予稿は上記コードの説明書として執筆した

##### ① 変換のパラメータを設定

```
F = DGTtool('windowLength', 500, 'windowShift', 50)
```

##### ② 信号をスペクトログラムに変換

```
X = F(x);
```

##### ③ スペクトログラムを信号に逆変換 (完全再構成)

```
x = F.pinv(X);
```

### 3-1-6

#### 3-1-6 増幅回路における帰還抵抗が 出力波形に及ぼす影響

Effect of Feedback Resistors on Output Signal in Amplifier

©宮岡洋平, 折野裕一郎, 黒澤実 (東工大・工)

- ◆ 増幅回路の抵抗器における歪みが出力波形にどのように影響するのか、実験回路を作製して測定を行った。実験回路図を Fig. 1 に示す。
- ◆ この回路は2つのオペアンプによる2組の増幅回路と1つの計装アンプによる差動回路で構成されている。2組の増幅回路では、それぞれで異なる種類の抵抗器を用いて信号を増幅する。
- ◆ 抵抗器 B である  $R_5, R_6$  の種類を炭素組成・炭素皮膜・金属皮膜抵抗器の3種類とし、高調波歪みの違いを観測した。
- ◆ Fig. 2 に信号源電圧 18 Vpp を印加した際の出力信号のスペクトルを示す。結果から炭素組成抵抗器では3次高調波周波数(1320 Hz)において大きな歪みが見られた。

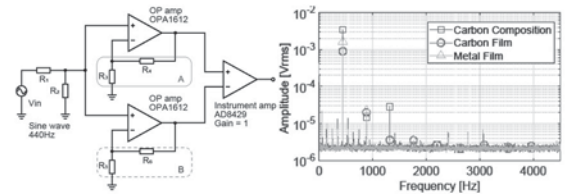


Fig. 1: Experimental Schematics

Fig. 2: Difference in distortion by resistor ( $V_{in} = 18 \text{ Vpp}$ )

### 3-1-8

#### 3-1-8 反射作用素を用いた反復型位相復元

Iterative phase reconstruction using reflection operator

☆ 小林朋記, 田中僚郎, 矢田部浩平, 及川靖広 (早大理工)

- ◆ 位相復元は、複素信号の絶対値から元の複素信号を復元する技術  
→ 音声強調や音声合成などに応用できる
- ◆ 従来の位相復元は射影作用素のみのシンプルなアルゴリズム
- ◆ 光学分野で提案されている反射作用素を用いるアルゴリズム3つを音響位相復元に導入することを提案
  - Averaged Alternating Reflections (AAR)
  - Relaxed AAR (RAAR)
  - Hybrid Input-Output (HIO)
- ◆ 各アルゴリズムの性能を音響的な客観指標で評価  
→ RAAR は反復回数 10, 100 回ともに高性能

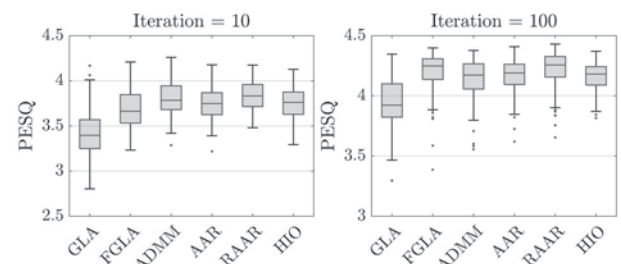


Fig. 1: PESQ scores at 10 and 100 iterations

### 3-1-9

#### 3-1-9 瞬時周波数に基づく Audio inpainting

Instantaneous-frequency-based audio inpainting

☆ 田中僚郎, 矢田部浩平, 及川靖広 (早大理工)

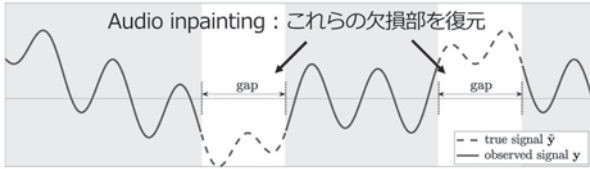


Fig. 1: An observed gapped signal and the true signal

◆ 従来法: 振幅スペクトログラムのスパース性にのみ着目

→ 位相の情報は活用されてこなかった

◆ 提案法: 瞬時周波数を利用して正弦波を強調する iPCVT を利用

→ 位相の情報を活用することで従来法よりも高精度に

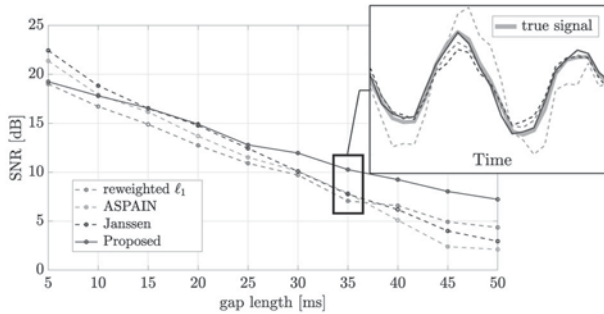


Fig. 2: The result of an experiment (SNR and restored waves)

### 3-1-11

#### 3-1-11 授業グループワークの参加者を音声情報のみを用いて自動グループングする方法

A Method for Automatic Grouping of Participants in Classroom Group Work Using Only Audio Information

☆ 島悠人 (滋賀大), △ 中山隆弘 (東京大・高大セ),

△ 白水 始 (国教研), 市川治 (滋賀大)

◆ クラス内の生徒を3~4名の小グループに分けて、発見的に学びを進めるアクティブラーニングにおいて、個々の参加者に装着したマイクロフォンの音声を用いて、事後的に自動でグループングを推定する技術が求められている。教員の負担を減らすためである。

◆ 本報告では、隣接話者の音声が主話者のマイクロフォンに混入する「漏れ音声」に注目する。漏れ音声と、その発話者の音声のCSP係数(最大)値を計算し、それを重みとした重み付き隣接行列を作成し、ネットワーククラスタリングを行うことにより、近接話者からなるグループを複数推定することができる。

◆ 教員が全体のグループ数を知っていることを前提とし、目標クラス数を指定できるスペクトラルクラスタリングを行った結果、実際の中学校での授業音声での実験で、Rand Indexの平均値0.995を得た。実用レベルの性能を得たと考えている。

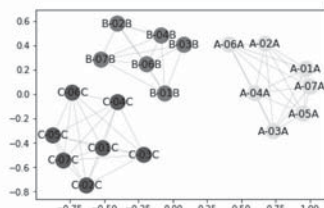


Fig. 1 Results of automatic grouping in Expert Session of the science (理科) class.

### 3-1-10

#### 3-1-10 マルチマイクロホンアレイによる直線移動音源の收音レベル補正

Output level calibration for bone conductive earphone

☆ 中卓也†, 高橋徹†, △ 赤塚俊洋†,

江川琢真†, 中山雅人†(†: 阪産大, ‡: 阪産大院)

◆ 直線移動する音源の收音レベル補正

➢ 音源とマイクロホンアレイの間の距離が変化 → 收音レベル変動

➢ 音源定位結果を元に距離推定 → 距離減衰を補正

◆ 二組のGCC-PHAT(2ch-MA)を用いた音源定位に基づく補正を提案

➢ Light Detection and Ranging を用いた距離と同等の性能

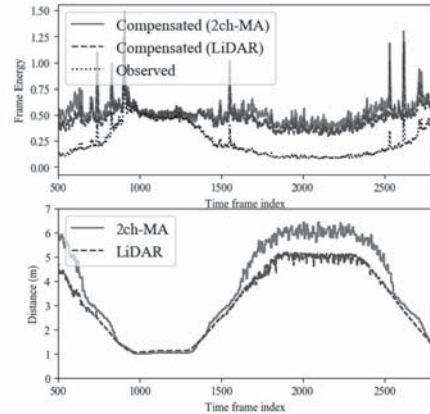


Fig. 1: Upper: Segmental energy trajectory. Red solid: proposed method, Blue dashed: True distance based compensation, Black dotted: Observed signal, Lower: moving source location measured by Microphone arrays and LiDAR

### 3-1-12

#### 3-1-12 頭部ウェアラブルデバイスのための音響イベント検出・音源定位

Sound event detection and sound event localization for head wearable devices

☆ 長友健人 (早大理工), 安田昌弘 (NTT), 矢田部浩平 (早大理工),

齊藤翔一郎 (NTT), 及川靖広 (早大理工)

◆ 音響イベント検出・音源定位 (SELD)

➢ 音響イベント検出と音源定位を同時に行う

➢ 身体にデバイスを装着して移動しながら SELD をする応用を考える

⇒ デバイスは小型でポータビリティに優れていることが好ましい

◆ 本研究ではイヤホン型デバイスを用いた SELD システムを想定

➢ 移動する状況下では、音源の到来方向の前後を2チャンネルの情報のみで区別するのが困難

◆ 同一平面上に存在しない4チャンネルのマイクロホンの配置を提案 (Fig. 1)

➢ 前後上下左右の到来方向を区別することを期待

◆ 結果として提案したマイク配置により音源到来方向を精度良く推定 (Fig. 2)

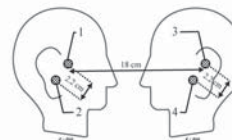


Fig. 1 HATS の左右の面上のマイクロホン配置. 各数字はマイクロホンのチャンネル. ch 1 と ch 2 は同側面に上下非対称に配置. ch 3 と ch 4 は同側面に上下非対称に配置.

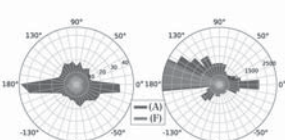


Fig. 2 左図は音源の到来方向ごとの推定角度の誤差の平均. 右図は音源の到来方向が方位角180°のときに推定した角度のフレーム数の累積値. (A)はFig. 1のch 2, 4を使用した手法. (F)はch 1, 2, 3, 4を使用した提案手法.

### 3-1-13

3-1-13 分散カメラ・分散マイクを利用したイベント検出のための Self-Attention に基づくマルチセンサ統合  
Multi-view and Cross-modal Event Detection Utilizing Self-attention-based Multi-sensor Fusion

◎安田昌弘, 大石康智, 齊藤翔一郎, 原田登(NTT)

#### 【イベント検出】

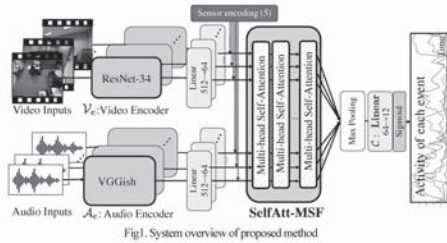
- イベント検出は音響信号や映像を用いて、人や周囲環境における事象(=イベント)の種類と時刻を特定するタスク
- 広範囲にわたるイベントを捉えるため、分散カメラ・マイクを利用したマルチビュー・クロスモーダルイベント検出に焦点を当てる

#### 【課題】

- 分散センサによる観測を統合して精度良くイベント検出を行うためには各センサ情報を補完的に組み合わせることが必要
- 有効なセンサは発生するイベントの種類や場所によって異なるため、状況に応じて選択的にセンサを組み合わせる機構が必要

#### 【提案法】

- Self-Attention を利用して、得られた全てのセンサの観測に基づいてその中から重要なセンサに注意を向けるセンサ統合機構を導入



### 3-1-15

3-1-15 距離学習を導入した二値分類モデルによる異常音検知  
Anomalous Sound Detection Using a Binary Classification Model with Metric Learning

☆畔柳伊吹, 林知樹, 武田一哉, 戸田智基(名大)

異常音検知システムでは正常データのみを用いて未知の異常音を検知する必要がある。これに対し、対象となる機器の正常データだけでなく、他の機器の正常データを外れ値データとして活用する手法が提案され、注目されている。この手法では、正常データを正例、外れ値データを擬似的な負例として二値分類器を学習することにより、決定境界からの距離でデータの異常スコアを表現する。本稿では、外れ値データを活用した二値分類モデルに対して、特徴量空間上での各クラスの重心からの距離関係を学習する損失関数を提案する。さらに、二値分類と距離学習のマルチタスク学習を行うことで、クラス間の線形分離を可能としながら、クラス内分散を最小化し、クラス間分散を最大化する特徴量空間への写像を獲得することが期待される。実験的評価により、1) 特徴量空間上での各クラスの重心からの距離を考慮した損失関数が有効であること、2) 二値分類と距離学習によるマルチタスク学習が有効であることを明らかにする。

Table 1 Detection results AUC [%] for all machines and loss functions (95% confidence interval).

Machine Type	BCE	DSAD	DDCSAD	BCE+DSAD	BCE+DDCSAD
fan	92.69 ± 2.06	82.33 ± 3.00	91.05 ± 2.25	92.96 ± 2.02	<b>95.14 ± 1.70</b>
pump	<b>94.39 ± 1.88</b>	88.88 ± 2.60	91.71 ± 2.27	89.91 ± 2.49	92.14 ± 2.21
slider	90.30 ± 2.43	93.46 ± 2.01	89.97 ± 2.46	93.38 ± 2.03	<b>97.60 ± 1.24</b>
ToyCar	87.82 ± 1.77	84.10 ± 2.00	91.18 ± 1.51	83.72 ± 2.03	<b>93.85 ± 1.26</b>
ToyConveyor	75.21 ± 2.54	68.51 ± 2.74	68.37 ± 2.74	64.13 ± 2.82	<b>82.05 ± 2.25</b>
oven	89.92 ± 2.45	90.80 ± 2.35	88.62 ± 2.59	<b>98.61 ± 0.94</b>	96.08 ± 1.57
Machine Average	88.39	84.68	86.82	87.12	<b>92.81</b>

### 3-1-14

3-1-14 音響イベント検知のための Self-attention Network の検討  
Study on Self-attention Network for Sound Event Detection

◎若山圭吾, 齊藤翔一郎(NTT)

- ◆ 音響イベント検知(SED)で、大幅な精度の向上、又は、分類可能なクラス数の増大には、DNN モデルの表現能力を上げなければならない。
- ◆ 画像認識では高レベルの特徴量を抽出する CNN をパラメータ効率の高い Self-attention Network(SAN)で置き換えることが提案されている。
- ◆ SED の場合も、大規模な DNN モデルを構築する際、パラメータ効率の高い DNN アーキテクチャを採用することが望ましいと考えられる。
- ◆ 実験で、CNN を SAN に置き換えるだけでは CNN-Transformer の汎化性能を超えるモデルを構築することが難しい、ということが判った。
- ◆ 音響信号の性質を上手く捉えつつ、汎化性能の高いモデルを構築するため、入力に近いブロックで CNN を残して、残りの全ブロックを SAN で置き換える、アーキテクチャ(CNN-SAN-Transformer)を提案する。
- ◆ Table 1 の実験結果を鑑みると、CNN-Transformer と比較して、提案手法はパラメータ効率が高いアーキテクチャであること、を確認した。

Table 1: Experiment results

	CNN-Transformer		SAN-Transformer		CNN-SAN-Transformer	
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Block [Layer]@ Channel	Conv.[2]@ 64 Conv.[2]@128 Conv.[2]@256 Conv.[2]@512	Conv.[2]@ 64 Conv.[1]@128 Conv.[1]@256 Conv.[1]@512	SA[2]@ 64 SA[2]@128 SA[2]@256 SA[2]@512	SA[2]@ 64 SA[2]@512 SA[2]@512 SA[2]@512	Conv.[2]@64 SA[2]@ 128 SA[2]@ 256 SA[2]@ 512	Conv.[2]@64 SA[2]@ 512 SA[2]@ 512 SA[2]@ 512
Params	5.75M (100%)	<b>2.65M (46%)</b>	<b>1.69M (29%)</b>	<b>2.64M (46%)</b>	<b>1.71M (30%)</b>	<b>2.66M (46%)</b>
mAP	AT 0.658	0.653	0.604	0.604	0.657	<b>0.661</b>
SED	0.452	0.435	0.422	0.438	<b>0.461</b>	<b>0.476</b>

### 3-3-1

3-3-1 Transformer を用いたオノマトペからの環境音合成  
Environmental sound synthesis from onomatopoeic words using Transformer model

◎岡本悠希(立命館大学), 井本桂右(同志社大学),

高道慎之介(東大院・情報理工), 福森隆寛, 山下洋一(立命館大学)

- ◆ **Transformer を用いたオノマトペからの環境音合成を提案** (図 1)
- ◆ 従来手法 (seq2seq) では広い時間領域に特徴が現れる音をうまく表現できない  
→ **Transformer の Attention 機構にて大局的な特徴の獲得を目指す**
- ◆ 主観評価実験により合成音の評価を実施
  - ✓ オノマトペに対する環境音の評価にて Natural sound と同程度の品質を獲得 (図 2)
  - ✓ 環境音の品質評価にて従来法と同程度の品質を獲得 (図 3)

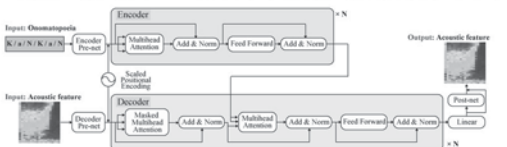


図 1: Transformer を用いたオノマトペからの環境音合成の概要

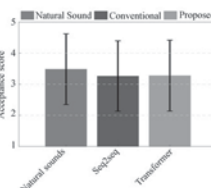


図 2: オノマトペに対する環境音の許容度の評価結果

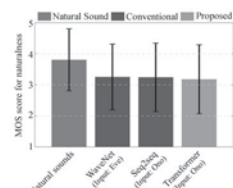


図 3: 環境音の自然性に関する評価結果

### 3-3-2

#### 3-3-2 Self-Attention 構造を有する深層ガウス過程を用いた Sequence-to-Sequence 音声合成

Sequence-to-Sequence Speech Synthesis Using a Deep Gaussian Process with Self-Attention Structure

☆中村 泰貴, 郡山 知樹, 猿渡 洋(東大院・情報理工)

- ◆以前の報告で、リカレント構造から構成され、Length Regulator を用いた Seq2Seq-SRU-DGP 音声合成を提案
  - リカレント 構造の性質上、隣接する特徴量同士が平滑化されやすく入力として用いる離散シンボル列の言語特徴量には不適
- ◆本稿では、平滑化の改善のため encoder におけるリカレント 構造をガウス過程帰帰による SA 構造により置換した Seq2Seq-SA-DGP を提案
  - 従来の Seq2Seq-SRU-DGP より高い合成音声の自然性
  - End-to-end に近い入力の場合、リカレント構造からなるパイプライン型 DGP 音声合成より高い合成音声の自然性

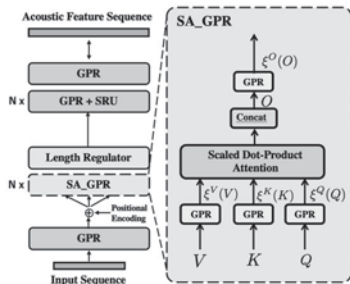


Fig.1: Architecture of Seq2Seq-SA-DGP speech synthesis

### 3-3-4

#### 3-3-4 Tacotron2 による多様な日本語テキスト音声合成のための発話間揺らぎに関する一検討

A study of inter-speech fluctuation for various Japanese text-to-speech synthesis using Tacotron2.

☆山脇捷, 荒井秀一(都市大院)

人間は同じ刺激を繰り返し呈示されると「飽き」や「慣れ」が生じ、その刺激に対して注意を払わなくなっていく。そのため、Text-to-Speech Synthesis を用いて人間・機械間コミュニケーションを円滑に行うためには、「飽き」や「慣れ」を防ぐために、たとえ入力が一のテキストであっても、同じ音声を一意に合成するのではなく、人間による発話に見られるような、自然な発話間揺らぎを持つことが望ましい。

そこで、合成音声の品質の高さで定評ある、Tacotron2 の合成音声の発話間揺らぎについて分析を行ったところ、周波数方向の発話間揺らぎは確認できたものの、時間方向の発話間揺らぎは十分に確認できず、話速が一定となる傾向にあることがわかった。

本稿では、Tacotron2 による合成音声の時間方向の揺らぎをより豊かにすべく、Tacotron2 中で用いられている注意機構のアーキテクチャの拡張を行った。

その結果として、合成音声の話速をパラメータによって暗黙的に制御することが可能となり、合成を行う際にそのパラメータをランダムに決定することによって、合成音声の時間方向の揺らぎをより豊かにできることを示した。

### 3-3-3

#### 3-3-3 FastSpeech2-VC: FastSpeech2 を利用した疑似パラレル声質変換

FastSpeech2-VC: Pseudo parallel voice conversion with FastSpeech2

☆大西弘太郎(ディー・エヌ・エー/電通大)

滝口啓介, 豆谷浩輝, 森紘一郎(ディー・エヌ・エー)

- ◆事前学習済みの音声合成モデルを用いた声質変換手法が多数提案されている
- ◆学習済みの FastSpeech2 とソース話者のテキストと継続長を用いることで、ターゲット話者のパラレル音声を得ることができ、ノンパラレル声質変換を疑似的なパラレル声質変換として行うことができる
- ◆主観評価実験において同じ音声合成モデルを用いる声質変換である TTL-VC を超える品質を示す

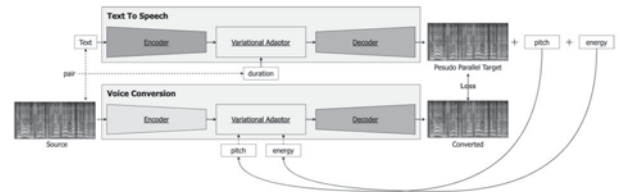


Figure 1 The overview of the proposed method.

Table 1 Mean opinion scores on a five-point scale with 95% confidence interval.

System	MOS
Natural	4.28 ± 0.05
TTL-VC	1.81 ± 0.05
FastSpeech2-VC (ours)	2.51 ± 0.06

### 3-3-5

#### 3-3-5 話者ラベルなし音声データを活用した目的話者音声区間検出

Target speaker voice activity detection utilizing speech data without speaker labels

◎牧島直輝, 庵愛, 高島彦彦, 田中智大, 折橋翔太, 増村亮(NTT)

- ◆目的話者音声区間検出では、従来、話者毎に大量の音声を含む話者ラベルあり音声データを用いて学習を行っていた。
- ◆しかし、大規模な話者ラベルあり音声データとして利用可能なものは限定的であり、限定的なデータによる学習は検出精度の低下に繋がる。
- ◆本稿では、この問題を解決するため、大規模に利用可能な話者ラベルなし音声データを用いた目的話者音声区間検出の学習法を提案する。

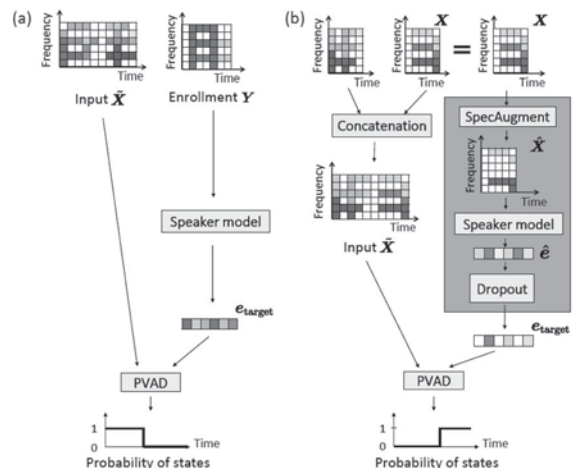


Fig.1: Overview of proposed method in (a) inference and (b) training.

### 3-3-6

#### 3-3-6 音素状態遷移の尤度を特徴量とした キーワードスポッティングの誤検出識別

False positive identification using likelihood of phoneme state transitions for keyword spotting

◎田中大貴, 籠嶋岳彦 (東芝 研究開発センター)

- ◆キーワードスポッティングの誤検出を削減するために、キーワードをモデル化した隠れマルコフモデル (HMM) の状態遷移から得られる特徴量を用いて、検出した音声が入力されたキーワード発話であるか誤検出音声であるかを識別する方法を提案する。
- ◆検出音声を分析した結果、キーワード発話の検出音声と誤検出音声とで、検出スコアを計算する時の HMM の状態遷移に違いが現れた。
- ◆本稿では、HMM の状態遷移の特徴を、状態継続長、状態継続長尤度、検出スコア、1 状態遷移の割合、平均音素継続長の 5 つの特徴量で表現する。
- ◆これらの特徴量を用いて誤検出音声を識別する識別器の学習を行う。識別器には、サポートベクターマシン(SVM)とニューラルネットワーク(NN)を使用し、それぞれで評価を行う。
- ◆27 個のキーワード発話の音声を検出率評価用、約 44 時間のキーワード発話を含まない雑音を誤検出評価用に利用して識別実験を行った。その結果、識別器に NN を使用すると、24 時間あたりの誤検出回数が3回と5回の時にすべての SNR において最も高い性能が得られた。
- ◆1 回の場合でも、識別器に SVM を用いた時の性能より低くなるが、全ての SNR においてベースラインよりも性能が改善した。
- ◆これらの結果から、提案法では様々な雑音環境において誤検出を削減して性能改善できた。

### 3-3-8

#### 3-3-8 音声感情認識における CNN による 特徴量抽出の有効性の検証

Analysis of Effectiveness of Feature Extraction by CNN for Speech Emotion Recognition

☆堀井 大輔, 伊藤 彰則, 能勢 隆 (東北大)

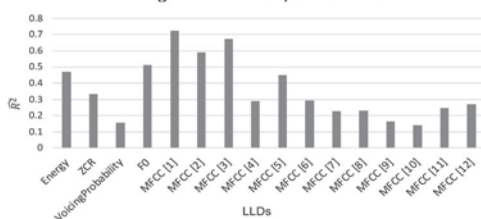
- ◆本研究では、近年の音声感情認識での CNN による特徴量抽出に着目し、感情認識実験と CNN により抽出された特徴量の分析を行った。
- ◆今回用いたモデルでは CNN を用いる手法より、従来より用いられてきた LLDs を入力とした手法の方が正解率が勝った。

Table 1: Accuracy of emotion recognition

LLDs + BLSTM + Attention	1D-CNN + BLSTM + Attention
62.0%	61.2%

- ◆モデルで用いた CNN がスペクトログラムから抽出した特徴量は重回帰分析の結果、F0、エネルギー、スペクトルのおおまかな概形に関する特徴量を抽出していることが判明した。

Fig. 1:  $\bar{R}^2$  for respective LLDs



- ◆CNN が抽出した特徴量の感情間の分布間距離に基づいた有効性の指標を検討し分析を行った結果、今回の実験の条件のもとでは CNN は LLDs 以上に有効な特徴量を抽出できなかった可能性が示唆された。

### 3-3-7

#### 3-3-7 Effects of Singer-Dependent and Singer-Independent Features on Text-independent Singer Verification

☆Fanbin Mao, Daisuke Saito, Nobuaki Minematsu (UTokyo)

- ◆For singer verification, it's crucial to extract a robust embedding, which can fully represent one singer's distinctive feature. However, most current models utilize only singer labels, which may limit the discrimination performance of the networks.
- ◆Based on multitask learning (MTL) and attention mechanism, this paper used singer-dependent features to improve the ability of the embedding to be sensitive to singer-dependent features. The model MT-SLG-A achieved 24.81% relative improvements compared with the baseline model.
- ◆Based on gradient reversal layer (GRL), this paper used singer-independent features to improve the robustness of the embedding. The model ResNet-GRL achieved 23.76% relative improvements compared with the baseline model.

### 3-3-9

#### 3-3-9 読唇における個人性表出の検討

A Study of Individuality in Lip-Reading

☆菅原直人, △小笠原瑠恵, △高橋鉄也, △太宰伸, 木戸博 (東北工大)

- 背景  
読唇を機械に代行させる研究が広く行われている  
→事前調整した特定人物意外には対応が難しい  
なぜか??  
→話者により発話辞彙に差があるからではないか?
- 目的  
基礎的な研究として  
単独発声母音における個人性表出の可能性について検討する
- データ収集と分析  
2 方法から検討した

読唇を用いた発話推定成功率からの抽出	発話中の口唇運動からの抽出
> 18~22 歳男女 15 名の発話中の映像を撮影	> 18~25 歳男女 100 名の発話中の映像を撮影
> カメラと話者の距離は 1.0m (固定)	> カメラと話者の距離は 0.8m (固定)
> 発話内容を男女 25 名で推測	> 発話中の口唇の開いた部分を楕円面積として近似、実測値を算出
> 話者ごとの発話推定成功率を比較	> 楕円面積の時間的変動を標準偏差として算出、比較した

- 結果  
2 方法での抽出の結果  
一部音素 (/a/, /i/, /e/) に個人性表出が見られた

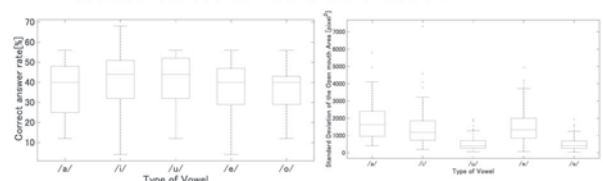


Fig1: Distribution of Correct answer rate of speech estimation (by speech content)

Fig2: Distribution of mouth movements during vowel speaking for each vowel speech

### 3-3-10

#### 3-3-10 大規模 Transformer encoder-decoder モデルに基づく日本語雑談システムの到達点と課題

Development of large-scale transformer-based Japanese conversational systems

○杉山弘晃(NTT)

- ◆近年、対話システム研究の隣接分野である質問応答や機械翻訳において高い性能が報告されている大規模 Transformer encoder-decoder モデルを、雑談対話システムへ適用する検討が進められています。
- ◆我々は日本語 Twitter データと高品質雑談コーパスで英語雑談対話システムに近い規模のモデルを学習することで、非常に自然な応答を行う日本語雑談システムを構築しています。またそうしたモデルについて、モデルサイズや Fine-tune に用いるコーパスの種類等によるユーザの主観印象への影響についても調査・分析しています。
- ◆モデルサイズやコーパスを変えて学習したモデルを比較した結果 (Fig.1), 長いターン数の対話 (Fav\_50k, Mix\_150k) を用いて学習した場合はモデルサイズと性能が相関する一方、短いターン数の対話を中心に学習した場合は、相関が見られないことがわかりました。

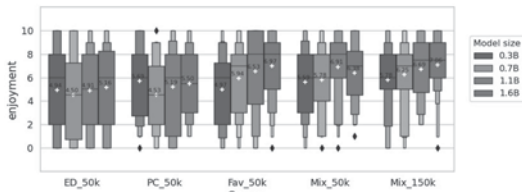


Fig. 1: Variation with fine-tune corpora and model sizes (Fav\_50k contains longer dialogues than ED\_50k and PC\_50k).

### 3-3-12

#### 3-3-12 ニューラルネットワークを使った音声対話制御とその展望

Future directions of dialogue management based on deep neural networks

○吉野 幸一郎(理研)

- ◆統計的音声対話制御の基礎と、ニューラルネットワークを用いたその発展について概説します。
- ◆また、近年の対話制御関連タスクの変化についても概説し、今後の展望について議論します。

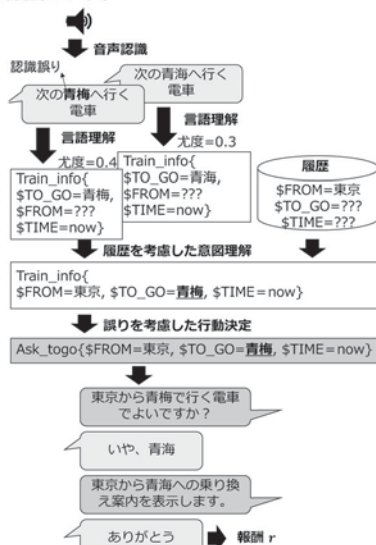


Fig. 1 Statistical Spoken Dialogue Management

### 3-3-11

#### Robustness and Scalability of Conversational Systems

Yun-Nung (Vivian) Chen Shang-Yu Su Chao-Wei Huang Yung-Shung Chuang  
National Taiwan University, Taipei, Taiwan  
y.v.chen@ieee.org

##### Abstract

There are some unsolved issues in the current conversational systems, so this paper presents potential directions for future improvement: 1) we first focus on learning spoken language embeddings for better robustness, and 2) secondly we propose a novel learning framework for natural language understanding and generation on top of duality for better scalability. Both directions demonstrate the great potential of guiding future research areas.

##### 1 Robustness

Employing pre-trained language models (LM) to extract contextualized word representations has achieved state-of-the-art performance on various NLP tasks. However, applying this technique to noisy transcripts generated by automatic speech recognizer (ASR) is concerned. This work focuses on learning spoken language embeddings towards better robustness in the dialogue systems. Therefore, this section focuses on making contextualized representations more ASR-robust. Lattices are compact representations that encode multiple hypotheses, such as speech recognition results or different word segmentations. It is shown that encoding lattices as opposed to 1-best results generated by ASR boosts the performance of spoken language understanding. Below there are two proposed methods that are suitable for different scenarios: 1) ASR lattices are available, and 2) no ASR lattices are available.

**Lattice Language Modeling** Recently, pre-trained language models have achieved the state-of-the-art results on natural language understanding, but their ability of encoding lattices has not been well explored. Therefore, Huang and Chen (2019) aimed at pre-training a lattice language model that leverages both lattice information and language model pre-training for better fitting spoken language tasks.

**Learning ASR-Robust Embeddings** Considering that ASR lattices may not be available for most of cases, Huang and Chen (2020) proposed a novel confusion-aware fine-tuning method to mitigate the impact of ASR errors on pre-trained LMs without the need of lattices, showing the improvement on experiments on ASR transcripts.

##### 2 Scalability

In addition to robustness, the scalability is also important for building good conversational systems considering the increasing number of domains.



Fig. 1 NLU and NLG emerge as a dual form.

Therefore, how to efficiently train each component in the dialogue framework with limited data has recently attracted a lot of attention. Natural language understanding (NLU) and natural language generation (NLG) are both critical components in the pipeline. NLU is to extract the core semantic meaning from the given utterances, while NLG is opposite, of which the goal is to construct corresponding sentences based on the given semantics. These two components emerge as a dual form illustrated in Figure 1. However, such dual relationship has not been investigated in literature. Motivated by the strong duality, three directions are explored: 1) further improving the system performance with the same training data, 2) maintaining similar performance with reduced training data for the dialogue framework, and 3) improving inference results without model retraining for practical usage.

**Dual Supervised Learning** Su et al. (2019) proposed a novel learning framework for language understanding and generation on top of dual supervised learning, providing a way to exploit the duality towards better scalability and achieving improvement for both tasks.

**Towards Unsupervised Learning** Different from learning in a supervised manner; instead, Su et al. (2020) extended the system capability by introducing a general learning framework to effectively exploit such duality, providing flexibility of incorporating both supervised and unsupervised learning algorithms to train NLU and NLG in a joint fashion and demonstrating the potential of utilizing less annotated data to achieve acceptable performance.

**Dual Inference without Retraining** Regarding the fast-growing scale of models in the current NLP areas, sometimes we may have difficulty retraining whole NLU and NLG models. Hence, Su et al. (2020) proposed to leverage the duality in the inference stage without the need of retraining, providing the great utility in practical scenarios.

### 3-3-13

#### 3-3-13 日本語に特化した巨大な汎用言語モデル構築の進展と展望

Progress and prospects in building a huge general purpose language model specific to Japanese

○佐藤 敏紀(LINE)

- ◆本発表では、LINE が NAVER と共同開発している、日本語に特化した巨大な汎用言語モデルについて、基礎的な情報や開発状況、モデルの構築・利活用に関する知見などをお伝えし、今後の展望についても言及する。
- ◆我々は HyperCLOVA として、日本語に特化した汎用言語モデルを開発するにあたり、1750 億以上のパラメタと、100 億ページ以上の日本語データを学習データとして利用する予定である。本取り組みによって日本語における言語処理の水準を格段に向上し、日本語の人工知能関連技術の可能性を大きく広げること強く貢献したいと考えている。

### 3-3-14

#### 3-3-14 3D CG エージェント Saya との対話における 応答制御

Response control of 3D CG Agent Saya in spoken dialog with human  
 ○北岡教英(豊橋技科大), 西村良太(徳島大), 太田健吾(阿南高専)  
 △石川晃之, △石川友香(TELYUKA),  
 △中野涼太(アイシン・ソフトウェア(株)),  
 △田中五大, △鍋倉彩那(アイシン精機(株)),  
 △佐藤辰耶, △渡邊凌太(アイシン・ソフトウェア(株)),  
 △大須賀晋(アイシン精機(株))

- ◆将来の人間-機械協奏社会を指向した、リアルなCG エージェントとの音声・マルチモーダル対話システムを構築。
- ◆音声認識の遅延などによる応答の遅れで生じる間による対話の不自然さを補うために、音声区間検出に基づく音声終端検知を用いて相槌を生成し、間を制御することを試みた。
- ◆ユーザ発話に対して 0%, 50%, 100%の割合で相槌を打つように設定したシステムと人間との対話の様子をビデオ撮影し、割合の異なるペアを評価者に比較させた。



Pair of Aizuchi frequencies	Left	Tie	Right
100% vs. 0%	31	4	25
50% vs. 0%	37	3	20
100% vs. 50%	30	5	25

- ◆相槌がありが良いと評価されることが多かった。
- ◆相槌の際の視線の動きに不自然さを感じるが増え、モダリティの統合的な制御の必要性が示唆された。

### 3-3-16

#### 3-3-16 自発音声コーパスを用いて合成した音声で話すエージェントが会話相手の行動に与える影響

How does a spontaneously-speaking dialog system affect user behavior?  
 ☆飯塚喬久, 森大毅 (宇都宮大)

- ◆従来の音声対話システムでは読み上げ音声のコーパスから合成音声のモデルを作っていた。それでいいのか?
- ◆我々は一般的な合成音声と比べ、自発音声に基づく合成音声で対話するエージェントの方が、より社会的な存在と認識されるという仮説を立てた。
- ◆仮説を検証するため、読み上げ音声と自発音声のそれぞれから音声合成器を作成し、それをエージェントの声として対話実験を行った。
- ◆対話実験の結果、自発音声で合成した声で対話するエージェントの方が、被験者の反応時間が短く(Fig. 1)、相槌も多く見られる(Fig. 2)ことが分かった。
- ◆エージェントとの会話を人間同士の会話に近づけたいならば、その合成音声を自発音声の持つ何らかの特性に近づけなくてはならないことを示唆する結果となった。

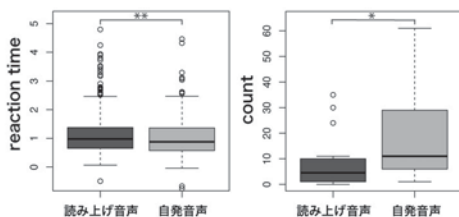


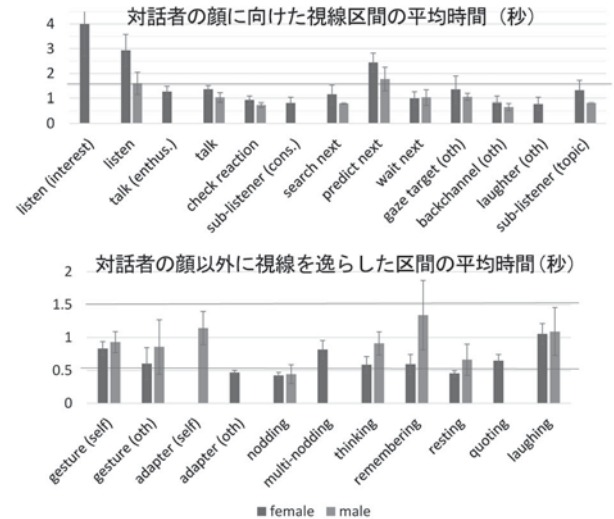
Fig.1: Reaction time distribution for the systems speaking by read/spontaneous voice models. Fig.2: Backchannel occurrence distribution for the systems speaking by read/spontaneous voice models.

### 3-3-15

#### 3-3-15 3者対話における視線の理由と視線逸らしの分析

Analysis of gaze reasons and gaze aversions in three-party conversations  
 ○石井カルロス寿憲 (理化学研究所 GRP, ATR)

- ◆研究背景として、ロボットが複数人と対話する際の視線制御は難しい課題である。
- ◆本研究では3者による雑談対話データを題材に、視線が変化した区間を切り出し、どう理由で視線を相手に向けたのか、あるいは逸らしたのかについて分析した。
- ◆視線を逸らした場合の黒目の向きについても分析した。



### 3-3-17

#### 3-3-17 音声言語獲得システムのための WaveGrad を用いた音声発声機構と発音適応

WaveGrad Based Utterance Pronunciation Mechanism and Its Adaptation for Spoken Language Acquisition Systems  
 田中智宏(東工大), 岡本拓磨(情報通信研究機構), 〇篠崎隆宏(東工大)

- ◆人工知能エージェントが人と対等に音声対話を行うためには人間社会の中で閉じた学習ループの形成が必要
- ◆既存の音声言語獲得エージェントは発音の調整能力が限定的
- ◆WaveGrad 音声合成器を音声言語獲得エージェントの発声器官として自己教師あり学習する手法を提案
- ◆提案手法を組み込んだエージェントは環境の変化に応じて発音を様々な自動調整することが可能
- ◆音声対話のシミュレーション実験により、従来のシステムより高い対話達成性能が得られることを実証

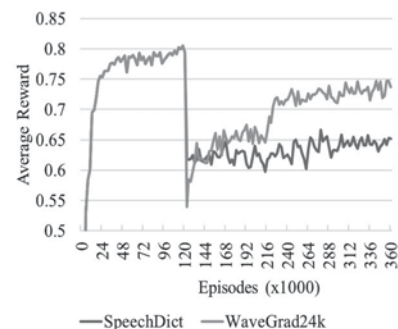


Fig.1: Reward by the baseline and the proposed systems.



### 3-3-18

#### 3-3-18 VQ-VAEに基づくアクセント潜在変数表現を用いた方言音声合成

Speech synthesis of Japanese dialect with latent representation of pitch accent extracted by VQ-VAE

◎ 湯舟 航耶, 郡山 知樹, 高道 慎之介, 猿渡 洋(東大院・情報理工)

◆日本語 DNN 音声合成では入力としてアクセントラベルが必要だが、その付与は特に東京方言以外の方言において高コスト

□ VQ-VAEによって、音声データからデータドリブンにアクセントラベルの付与を行う手法は存在する [湯舟他, 2020]

□ しかし、テキストからのアクセント情報の予測は未検討

◆本稿では、大阪方言音声合成システムの実現を目指し、上記の課題を解決する以下のような2段階学習を提案

1. 大阪方言音声において、VAE およびVQ-VAE を用いてアクセントを音声から潜在変数として抽出するモデルを学習
2. 抽出したアクセント潜在変数をテキストから予測するモデルを学習。2種のモデル (RNN決定木) と2種の入力 (東京方言アクセントあり/なし) を検討

◆結果から、以下が分かった。

1. 大阪方言においても、VQ-VAEによるアクセント抽出は有効である
2. 抽出したアクセントを予測するモデルの構造には、RNNが有効である
3. 大阪方言名詞のアクセント予測は、東京方言アクセントを入力に用いると予測性能が向上する

Table 1. F0 RMSE of synthesized F0 (cent). "W/" means the input includes the Tokyo accent.

model	all	verb	noun	adjective
APM-DT W/	313	289	351	323
APM-DT W/O	321	287	368	322
APM-RNN W/	<b>256</b>	<b>239</b>	<b>334</b>	<b>215</b>
APM-RNN W/O	272	241	365	222

### 3-3-20

#### 3-3-20 言語表現の制御を可能とする TTS 実現に向けた VAE によるテキスト発話スタイル変換

Spoken text style transfer based on VAE towards development of TTS capable of controlling linguistic representation

☆吉岡大貴, 戸田智基(名大)

TTSの研究は大きく進展しており、より自然な音声コミュニケーションを目指して、感情やキャラクター性などの「スタイル」を付与した音声合成の研究が盛んである。一方で、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を与える。より適切なスタイル制御を実現するには、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技術が必要である。テキストのスタイル制御について、「テキストスタイル変換」というタスクが注目されているが、これを実現する上では教師データの作成コストが大きな課題となる。教師なしでテキストスタイル変換を実現する手法として、変分自己符号化器 (VAE) を改良した Constrained Posterior VAE (CP-VAE)が提案されている。これにより、パラレルコーパスがないデータでもスタイル変換が可能となるが、スタイル変換性能とコンテンツ保存性が十分でないという課題が残されている。本稿では、Conditional VAE (CVAE)と Bag of Words (BoW)を利用することで、スタイルを簡潔に捉えつつ、元テキストのコンテンツをより多く保持することができるテキストスタイル変換手法を提案する。日本語テキストの「言い淀みの有無」をスタイル変換するタスクを対象とした実験の評価の結果から、本手法がスタイル変換性能とコンテンツ保存性の向上に有効であることを示す。

### 3-3-19

#### 3-3-19 A Fine-grained Prosody Control Approach for Improving the Diversity of Emotional Text-To-Speech

☆Jiaqi ZHANG, Daisuke SAITO,

Nobuaki MINEMATSU(The University of Tokyo)

◆In this paper, in order to improve the diversity of emotional Text-To-Speech, we expand our previous CVAE-Tacotron 2 model to a fine-grained CVAE-Tacotron 2 model by introducing a reference attention module to capture the prosody of reference audio at phoneme-level. Our previous model has already achieved the ability to control synthesis by emotion labels but it is still challenging to control the emotional expressiveness flexibly.

◆Variable-length prosody embedding is newly added as a conditional input to copy the reference audio. For implementation, we use an attention module to align and downsample the prosody embedding to match the length of the prosody embedding with the number of encoder time-steps.

◆During inference, we condition the emotional speech synthesis by feeding a reference audio to the reference attention module and selecting the emotion label in the CVAE module at the same time. It is a novel and flexible inference approach.

◆Experiment results have demonstrated that the CVAE module still maintains the ability to reliably control global emotional style, and the newly added reference attention module can additionally implement prosody transfer from reference audio.

### 3-3-21

#### 3-3-21 Controllable text-to-speech synthesis using prosodic feature and emotion soft-label

☆羅 旋, 高道 慎之介, 郡山 知樹, 齋藤 佑樹, 猿渡 洋(東大院・情報理工)

◆We propose an emotion-controllable TTS model that enables both coarse-grained and fine-grained emotion control. To achieve coarse-grained emotion control, we introduce a speech emotion recognizer (SER) that estimates the speech emotion soft-label, which is used for coarse-grained emotion control in the inference stage. To achieve fine-grained emotion control, we introduce a prosodic feature generator (PFG) that estimates the utterance-level prosodic features, which is used for fine-grained emotion control, from the estimated speech emotion soft-label, as shown in Figure 1 (left).

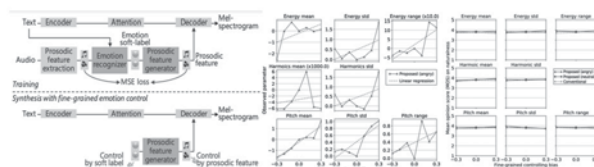


Figure 1. Model architecture (left), Objective evaluation (center), Subjective evaluation (right)

◆According to the objective and subjective evaluation, as shown in Figure 1 (center, right), we can conclude that our system can accurately control the most of proposed prosodic features in a synthesized emotional speech, and simultaneously our model shows equal performance (MOS=3.9) of synthetic speech quality with the conventional research that can only control in prosodic features.

### 3-4-1

#### 3-4-1 音刺激への注意は背景活動を抑制させ刺激への同期度を高めるか

Does auditory attention increases synchronization to stimuli by suppressing background gamma activity?

○光藤崇子, 田村俊介, 平野羊嗣(九州大・医学院)

- ◆ ASSR 刺激を応用したオドポール様課題を作成し、連続する刺激から標的を探索する注意課題を実施した。刺激に対する注意が聴覚刺激へのγ振動の同期度を高めるかを、課題成績との関連も考慮しながら確認した。また、聴覚的注意の影響が背景の自発γ活動に与える影響についても検討した。
- ◆ 刺激に注意を向ける active 条件では注意を向けない passive 条件と比較して 40 Hz 前後のγオシレーションの PLF が増加し、刺激聴取時の自発背景γオシレーションが抑制されることが明らかとなった (Fig. 1)。

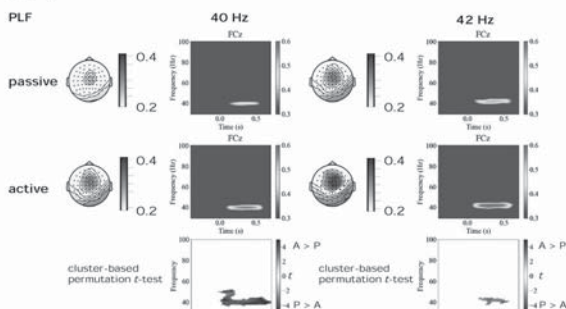


Fig. 1: Topo map and time-frequency map of PLF for 40 Hz standard and 42 Hz odd stimuli (top) and time-frequency regions where cluster-based permutation test showed significant differences between active and passive conditions (bottom).

### 3-4-3

#### 3-4-3 バイノーラルビートを用いた集中力向上支援に向けた検討

A study on the use of binaural beats to support concentration enhancement

○伊藤 弘章, 千葉 大将, 加古 達也, 野口 賢一(NTT)

- ◆ 周囲環境音の最適化により、知的作業に集中し生産性を向上するシステム: 知覚制御システムを提案
- ◆ 本システムの実現に向け、周囲環境音の最適化手法について検討
- ◆ 脳波同調効果による集中力向上効果が多く報告されている、バイノーラルビート (Binaural Beats: BB) に着目
- ◆ 周囲環境音を BB 化して提示した際の、認知タスクのパフォーマンス変化について調査

#### 単語記憶タスクにおいて、BB 化の効果を確認

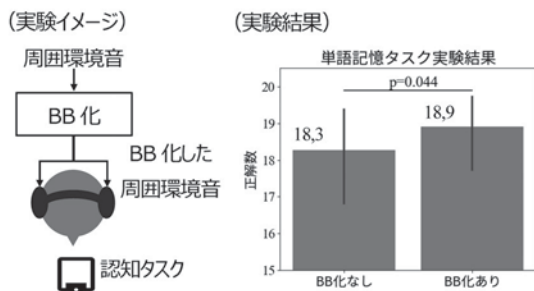


Fig. 1: 単語記憶タスクの実験イメージと実験結果

### 3-4-2

#### 3-4-2 自然環境音の間欠呈示による作業効率向上とその寄与要因の検討

Work efficiency improvement by intermittently presented natural sounds and an investigation of its contributing factors

○星野博之, △岡村祐貴(愛知工業大学)

- ◆ **目的** 運転中などの人が活動する各種作業環境において、人の状態を適切かつ快適に保つための音刺激を自然環境音から探索、創成することを目的としている。今回は、10 種類の自然環境音 (長さ 5 秒) を 30 秒毎に呈示しながら作業課題を行う実験による作業効率の評価を行い、シャープネス値・ラウドネス値と各種主観値の寄与を探った。
- ◆ **方法** シャープネス値と快適さ主観値の異なる自然環境音 10 音を用いて作業課題実験 (暗算課題、タイピング課題を各 5 分間、被験者 10 名) を行った。さらに、作業時の主観的印象「リラックス」「集中」「眠くなる」を毎回の作業課題終了後に 7 段階で回答させた。
- ◆ **結果** 10 音の条件間で作業課題成績に有意差のある組み合わせの数が多かった暗算課題の正答率を対象とし、重回帰分析を行った (結果: Fig. 1)。結果として、作業効率は、ラウドネス値・快適さ主観値・集中主観値が主に寄与し、快適さは作業効率を低下させ、集中は作業効率を向上させる。また、ラウドネスが大きいと作業効率を向上させるが、シャープネスは作業効率への影響が少なかった。

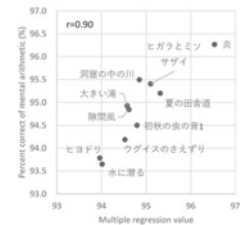


Fig. 1 Relation between multiple regression values and percent correct results of mental arithmetic task while listening to natural sounds

### 3-4-4

#### 3-4-4 ヒト事象関連電位の両耳間相互作用において低周波数優位が成立する段階

Low frequency dominance of human binaural interaction component starting at the middle latency response Na

○池田一成(東学大)

- ◆ ヒトの水平面内音源定位は音の周波数に規定され、低い周波数 (< 1500 Hz) で精度が高くなることが知られている。
- ◆ 事象関連電位の両耳間相互作用成分 (BIC: 両耳刺激による誘発波形から左右の単耳刺激による誘発波形の代数和を引いた差分) は両耳時間差や両耳音圧差と関連し、水平面内音源定位に関わる両耳処理を反映する。しかし、ヒト BIC において低周波数の音に対する反応がより大きくなる段階は明確でなかった。
- ◆ 聴覚事象関連電位の出現は潜時の早い順番に、ABR, Na 波, Pa 波, Nb 波となる。参加者 16 名において、**低域通過クリック** (< 1000 Hz) による振幅が**高域通過クリック** (> 2000 Hz) による振幅よりも有意に大きくなった場合は、**BIC において Na 波に対応する潜時に降に出現した**。BIC を算出する元になった両耳刺激の波形では上記の低周波数優位が確認されず、左右単耳刺激の代数和と波形では低周波数優位が Pa 波に対応する潜時に降に出現した。
- ◆ 高域通過クリックの結果と比較し、低域通過クリックによる反応振幅の優位が BIC の Na 波に対応する潜時に降に確認された。この Na-BIC に見られる低周波数優位は、BIC を算出する元になった両耳刺激波形や単耳刺激代数和と波形に見られなかった。低い周波数の音に対しヒトで水平面内音源定位の精度が高くなる基礎には、**Na 波潜時に降に対応する聴覚中枢段階における両耳処理が大きく寄与している**と推定される。

### 3-4-5

#### 3-4-5 骨伝導イヤホンの提示音量校正方法の検討

Output level calibration for bone conductive earphone

☆秋山尚輝†, 高橋徹†, △赤塚俊洋†,

江川琢真†, 中山雅人†(†: 阪産大, ‡: 阪産大院)

- ◆骨伝導イヤホンの提示音量の校正
  - 骨伝導成分があるため直接測定困難
  - ヘッドホン提示音は測定可能
- ◆ヘッドホン提示音と音の大きさを比較することで校正
  - 骨伝導イヤホン提示音とヘッドホン提示音を一対比較
  - 大小判断による強制選択 (大きい音を強制選択させる課題)
- ◆1dB ステップ、13音量と比較し骨伝導イヤホンの提示音圧を推定

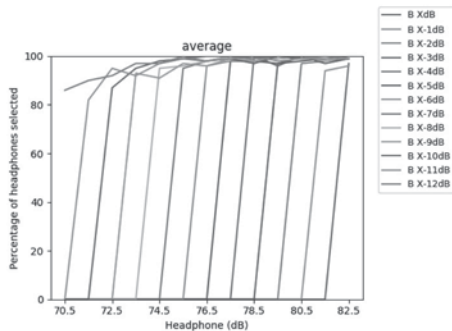


Fig.1: A loudness comparison. The vertical axis shows the percentage of subjects who responded more to headphones than to bone conduction earphones.

### 3-5-2

#### 3-5-2 繊維系吸音材の積層化と鉄道用防音壁への適用に向けた吸音対策材の形状検討

Study on fiber-based layered sound absorbing materials and their application to noise barriers for railways

◎佐藤大悟, △豊原匡志(鉄道総研), 阿部幸夫, 山本健次郎(日鉄建材)

- ◆鉄道用防音壁を対象に、列車走行音に適した吸音性能を有する吸音材として流れ抵抗の異なる2種類のポリエステル製繊維材を積層した吸音材構造(厚さ70mm)を検討した。
- ◆同吸音材構造の吸音性能、表面保護布(ポリエステル製繊維物: 目付120g/m<sup>2</sup>)の影響について残響室法吸音率による評価を行った。また、同吸音材構造を適用した新たな防音壁構造を検討するため、一部壁面を反射面で構成した際の吸音性能への影響について同評価を行った。
- ◆評価の結果、表面保護布は吸音性能低下の原因とはならず、上記吸音材構造に表面保護布を適用した場合の吸音率は315Hz~5kHzの帯域で約1.0であることを確認した。また、反射面の影響で1kHz以上の帯域で吸音性能が低下することが示され、実用上、吸音材本来の性能に近い特性を得るためにも反射面が少ない構造を採用することが重要と判断された。

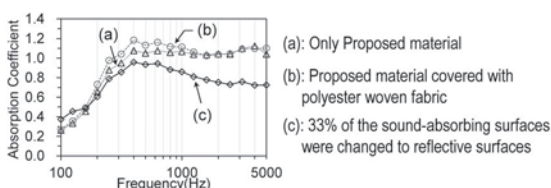


Fig.1: Reverberant sound absorption coefficient for proposed double layered polyester fibrous sound absorption materials

### 3-5-1

#### 3-5-1 内装壁に内蔵した共鳴器の吸音性能に関する縮尺模型を用いた実験的検討\*

Experimental study on the sound absorption performance of resonators built into interior walls using scale model

○財満健史, 大脇雅直(熊谷組技研)

- ◆工場や設備機器の発生音対策として、遮音と併せて室内の吸音を行う際、卓越する周波数が想定できる場合は、狭帯域で高い吸音性能を持つ共鳴器が有効である。しかし水を扱う場所や粉塵が多い場所ではメンテナンス性も重要である。そこで内装壁の空気層に共鳴器を設置することを検討する。本報では1/5縮尺の残用箱を用いて実験を行った。
- ◆その結果、共鳴器の開孔部が室内に面していなくても、模擬壁に隙間を設けることで共鳴器の共鳴周波数付近で吸音率が大きくなることを示した。また、模擬壁と共鳴器を組み合わせることで、共鳴器の共鳴周波数より低い周波数帯域でも吸音率が大きくなった。模擬壁の間柱の寸法や面材によっては、特定の周波数帯域で吸音率が大きくなる場合がみられた。

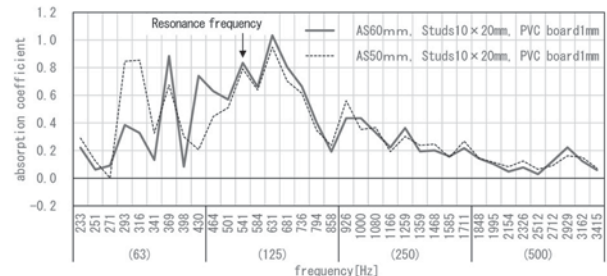


Fig.1: Calculation results of absorption coefficient (air space: H50mm / 60mm, studs: 10x20mm, PVC board 1mm)

### 3-5-3

#### 3-5-3 パルプモールドの吸音特性に関する研究 - 角型凹凸形状における実験的検討 -

A Study on sound absorption characteristics of molded pulp: An examination of the irregular square shape

○小泉穂高, 栗木茂, 山本拓弥(戸田建設)

- ◆角型凹凸形状を有するパルプモールドについて残響室法吸音率を測定した。既報と同様、背後空気層に応じた板振動型吸音が生じることを確認した。また本報形状では、特定周波数における板振動型吸音だけでなく、比較的広帯域な吸音特性が得られた。

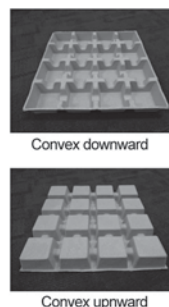


Figure 1: Molded pulp

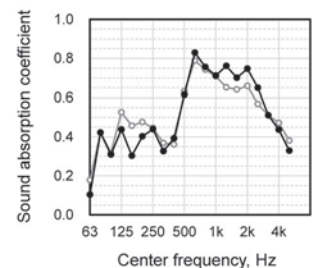


Figure 2: Sound absorption coefficient of molded pulp (large back cavity condition)

### 3-5-4

#### 3-5-4 結晶構造を利用した多孔質吸音材の吸音特性に関する検討

A fundamental study on absorption properties of porous materials using crystal structures

◎菅原 彬子 (近畿大学)

- ◆従来の多孔質吸音材は、安価で軽量であるが、湿気や重力等による性能劣化の課題があり、新たな吸音材の開発が望まれている。
- ◆本研究では、上記の課題を解決し、また、設置条件に合わせた所望の吸音特性を有する多孔質吸音材を開発することを目的とする。
- ◆本報では、結晶構造をベースとした周期構造の吸音特性を有限要素法解析により検証した。結果、単位格子の種類や結合手径・球径、試料厚により吸音特性に違いが見られ、使用したい状況に合わせて所望の吸音特性を有する吸音材となる可能性が示唆された。

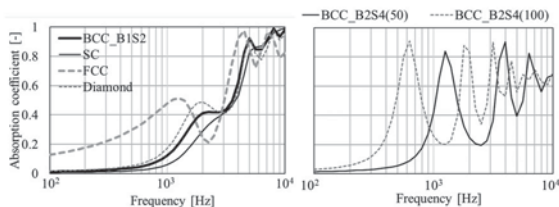


Fig.1: Absorption coefficient of crystal structures (BCC: Body centered cubic, SC: Simple cubic, FCC: Face centered cubic, Diamond)

### 3-5-6

#### 3-5-6 吸音材設置による音環境改善の取組み - 児童精神科病棟におけるケーススタディ

Trials for improvement of sound environment by installation of sound-absorbing material - A case study at children's psychiatric ward -

☆荒井みなみ, 上野佳奈子 (明治大), △土田幸子 (鈴鹿医療大), △坂谷政子, △佐久本味木子, △竹尾真一郎, △金井剛 (三重県立子ども心身発達医療センター), △高橋秀俊 (高知大)

- ◆近年、発達障害特有の感覚特性に対する理解が広がっている。音環境面において、聴覚特性に配慮した室内環境整備が求められる。
- ◆障害や発達に課題のある子どもが生活する児童精神科病棟の一室に、音環境改善を目的として吸音パネルを設置した。吸音パネルの効果を検証するにあたり、設置前後の残響時間・騒音レベルの測定及び職員へのアンケート調査を実施した。
- ◆音環境調査から、室内の残響時間及び騒音レベルの低減が確認された。また、職員へのアンケート調査結果から音環境の評価が全体的に向上したことが確認された。職員からの報告により、子どもの室内での過ごし方への良い影響が生じたことも示唆された。

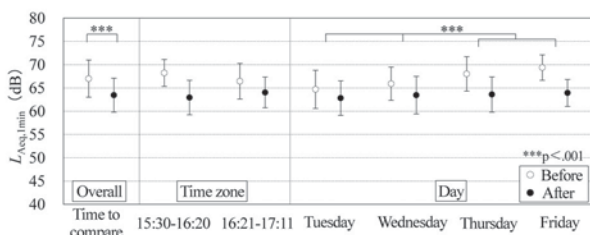


Fig.1: Average and standard deviation of  $L_{Aeq,1min}$  (Weekday)

### 3-5-5

#### 3-5-5 中空ガラスビーズの吸音率の入射音圧レベル依存性に関する実験的検討

Experimental study on dependency of sound absorption coefficient on incident sound pressure level for hollow glass beads

○轟羽 琢元 (竹中技研), 大谷 真, 高野 靖 (京大院・工学研)

- ◆入射音圧レベルを 60~110 dB の間で変化させ、球形中空ガラスビーズ (粒子径 60  $\mu\text{m}$ , かさ密度 130  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) の垂直入射吸音率を測定した。
- ◆260~420 Hz で最初にピークが現れる垂直入射吸音率が得られた。
- ◆80 dB 以下の入射音圧レベルでは、吸音率に顕著な変化は見られなかった。入射音圧レベルが 80 dB を超えると、入射音圧レベルが高いほど、最初のピークが現れる周波数は低下し、ピークの幅は広がる傾向にあった。
- ◆入射音圧レベルが大きくなるにつれて、中空ガラスビーズの縦弾性率が低下したことが理由と考えられる。

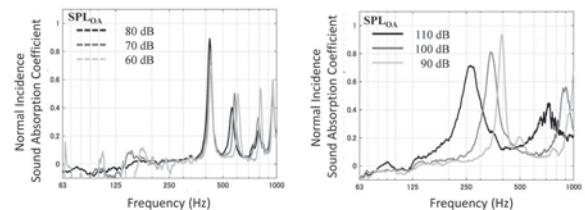


Fig.1: Normal incidence sound absorption coefficient of hollow glass beads at incident sound pressure levels from 60 to 110 dB.

### 3-5-7

#### 3-5-7 壁式構造実験室における BOX 床構造と量の重量床衝撃音に関する検討

その 1 防振置施工時の重量床衝撃音レベル低減量

Examination of heavy-weight impact sound of box floor structure and tatami in the reinforced concrete wall construction testing device

- Part1 Reduction of transmitted heavy-weight impact sound when installing anti-vibration tatami -

○富田隆太 (日大・理工), △阿部今日子 (日大・芸術)

- ◆筆者らは、これまで小規模保育所を対象として、床衝撃音の実用的な対策方法について検討を行ってきた。
- ◆本研究では、これまでの知見を応用し、重量床衝撃音対策効果の高い床仕上げ構造の提案を目的に実験的検討を行っている。
- ◆BOX 床構造に床仕上げ材として、防振置を施工した際の重量床衝撃音レベル低減量の検討を行った。
- ◆その結果、右図に結果の一部を示すが、63Hz 帯域で 5~8dB (空気密閉), 8~10dB (空気開放) の床衝撃音レベル低減量であった。

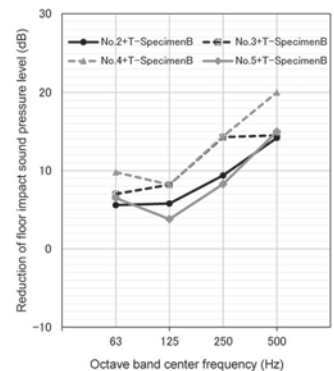


Fig.1 Reduction of transmitted heavy-weight impact sound due to difference in open and closed air

### 3-5-8

#### 3-5-8 壁式構造実験室におけるBOX床構造と畳の重量床衝撃音に関する検討 —その2 防振畳の効果及び振動加速度レベルの検討—

Examination of heavy-weight impact sound of box floor structure and tatami in the reinforced concrete wall construction testing device  
- Part2 Effect of anti-vibration tatami and examination of vibration acceleration level -

○富田隆太(日大・理工), △阿部今日子(日大・芸術)

◆本報では、防振畳を施工していない時との比較、また、BOX床構造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。

◆防振畳をBOX床構造上に施工した場合について、下部構造によらず、63Hz~500Hz帯域では、性能が向上する傾向が見られた。

◆63Hz帯域では、BOXの下部の空気の開放・密閉条件によって結果が異なり、密閉条件(右図)では2~3dB、開放条件では0~1dBの結果が見られた。

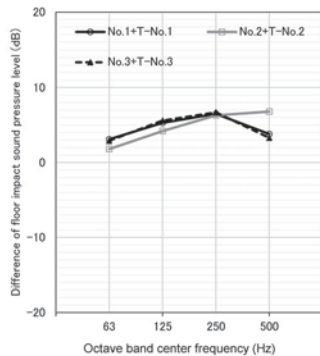


Fig. 1 Level difference of heavy-weight impact sound with and without tatami

### 3-5-10

#### 3-5-10 ALCパネル外壁の音響透過損失に関する数値シミュレーション

Numerical simulation on sound transmission loss of an external wall composed of autoclaved lightweight concrete panels

○會田祐, △富永大祐(長谷工コーポレーション), 井上尚久(前橋工科大), 佐久間哲哉(東大・工)

◆軽量気泡コンクリートパネル(以下、ALCパネル)は耐火性等の利点から建築物で多用され、集合住宅においても外壁等に採用されている。

◆ALCパネルを構成部材とした各種壁構造の数値シミュレーションを目的に、基礎的条件であるALCパネルの単層壁についてFEMによる音響透過損失の解析を行った。

◆解析結果を測定結果と比較した結果、Case 1は、63 Hz~1 kHz帯域で測定値との差が概ね±2 dB以内となり、良好な対応が得られた。

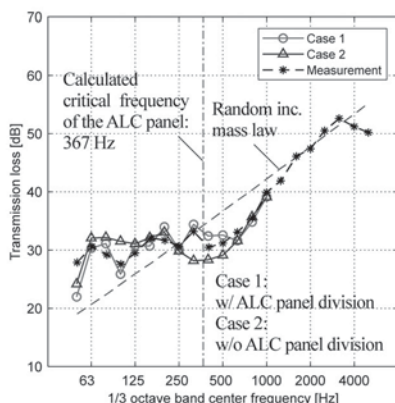


Fig.1: Calculated and measured transmission loss of an ALC panel wall

### 3-5-9

#### 3-5-9 木造住宅の重量床衝撃音に関する心理評価実験結果及び物理量の検討

Examination of evaluating experiment and physical quantities by heavy-weight floor impact sound in a wooden house

☆張夢瑩(日大院・理工), 富田隆太(日大・理工),

△松原恵理, △杉本健一, △宇京齊一郎, △森川岳(森林総合研究所)

◆木造実験住宅一戸を対象とし、実加振を用いて重量床衝撃音に関する心理評価実験を行い、床衝撃音の評価方法について検討を行ってきた。

◆既報では、何もせず座っている状態で数秒間の床衝撃音に対する心理評価の結果及び物理量との対応を検討した。

◆本報では、生活実感に関する基礎的検討を行うため、既報と同様の衝撃源を使い、実験時間を10分間とし、評価に及ぼす作業の影響に関する検討を行った。

◆心理評価実験の概要とイメージプロフィールの分析結果、及び「大きさ」の評価結果とA特性床衝撃音レベル、Lr数、63Hz帯域の音圧レベルとの対応を検討した。

◆作業ありの場合、最大A特性床衝撃音レベルで評価すると相関がよい結果であった。

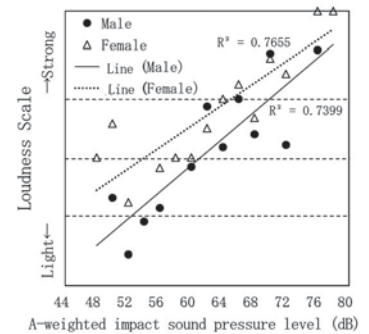


Fig. 1 Subjective evaluation results by maximum A-weighted impact sound pressure level (Different responses from male and female)

### 3-5-11

#### 3-5-11 自然換気システムの遮音性能向上 —その1 対向配置した共鳴器の効果—

Improvement of noise shielding performance of natural ventilation system.

— Part1: Effect of resonators facing each other —

○石塚崇, 加藤薫(清水建設技研)

◆省エネや感染症対策として採用が増えている自然換気システムにおける、換気時の通気確保と騒音低減の両立を目的としている

◆オフィスやホテルに多いスリット状の通気経路を対象として、開口部が対向するように配置したスリット型共鳴器(Fig. 1)による騒音低減効果を実験室実験により検証

◆共鳴周波数付近で10 dB程度、その前後を含めて1オクターブ以上の帯域幅で5 dB以上の効果が得られた(Fig. 2)

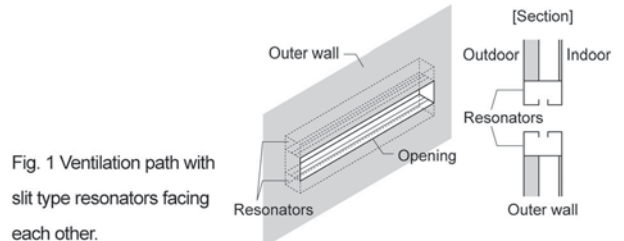


Fig. 1 Ventilation path with slit type resonators facing each other.

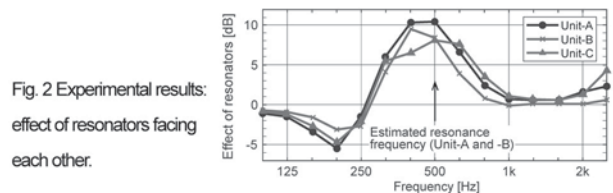


Fig. 2 Experimental results: effect of resonators facing each other.

3-5-12

3-5-12 自然換気システムの遮音性能向上  
—その2 共鳴器と吸音材の組み合わせ—

Improvement of noise shielding performance of natural ventilation system  
-part2: combination of resonators and sound absorbing materials-

◎加藤 葛、石塚 崇 (清水建設技研)

- ◆共鳴器と吸音材を用いて自然換気用スリット開口から入射する騒音を低減する
- ◆アクリル製の実験ユニットを用いて音響透過損失の上昇量を測定
- ◆共鳴器と吸音材の組み合わせにより、騒音が低減される帯域が広くなり、その効果は共鳴器、吸音材単体の効果から概算予測可能である

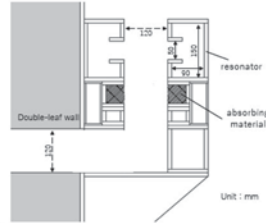


Fig.1 Cross section of unit

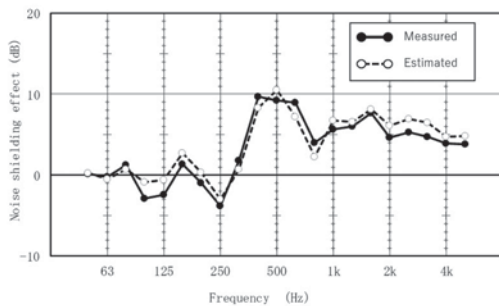


Fig.2 Noise shielding effect of combination of resonators and absorbing materials

3-5-13

講演取消

3-5-14

3-5-14 飛沫防止用仕切り板の音響透過性能の向上  
その3-軽量軟質シートへの応用-

Improvement of sound transmission performance of partition for droplet infection prevention, part 3: application to light and flexible sheet.

○杉江 聡、鈴木 肇、新田 龍馬 (小林理研)

- ◆店舗の受付等で飛沫防止に用いられる塩化ビニール製の仕切りシートによって、素材自体が低い遮音性能にもかかわらず、会話のしづらさを感じることもある。
- ◆Fig.1に示す付加共鳴器(有孔板と空気層保持用の枠材を組み合わせたもの)の仕様(開口率と空気層厚)を軽量仕切りシート用に検討した。
- ◆有孔板も軽量シートを用いた場合、開口率  $\phi$  は約3%、空気層厚  $l$  は約20 mmで、共鳴透過周波数付近で大きく透過性能が向上する。
- ◆商店のカウンターを模擬し、付加共鳴器(共鳴透過周波数  $f_{p1}$ :約900 Hz)の挿入効果測定を行った結果、透過側の音圧レベルは、 $f_{p1}$  付近で仕切りシートをみの条件よりも大きくなり、仕切りシートのない条件程度までに向上することが確認された(Fig.2)。

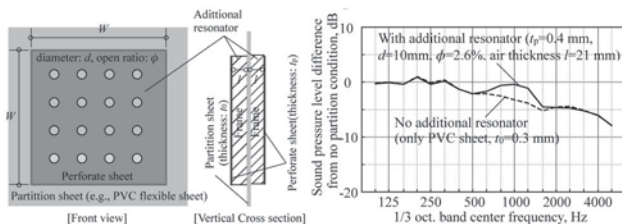


Fig.1 Structure of additional resonator.

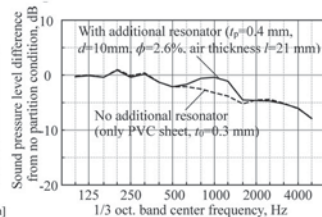


Fig.2 Example of increase in transmitted sound pressure level by additional resonator.

3-5-15

3-5-15 平面波モデルに基づいた近似的等方音場の生成

Approximating an isotropic sound field by plane-wave composition

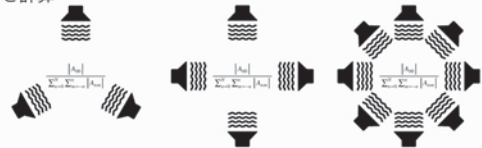
☆田中 達宏、大谷 真 (京大院・工学研)

背景・目的

吸音率・透過損失測定や、心理物理実験のために、**所望の方向分布をもつ音場を人工的に生成する手法があれば有用**な手法構築の端緒として、**等方音場を平面波の重ね合わせで近似的に生成する手法について検討**

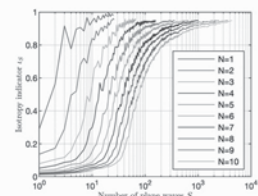
方法

平面波の数を増やしながら平面波展開を使って**等方性指標を計算**



結果

平面波展開の打ち切り次数(≒方向分解能)が大きくなるほど等方音場の近似的生成により多くの平面波が必要



### 3-5-16

#### 3-5-16 粒子速度に着目した直方体室における固有振動の発生方向検出

Detection of directions of characteristic vibration in a rectangular room focusing on particle velocity

◎鈴木諒一, 星和磨, 羽入敏樹(日大短大)

- ◆ベクトル量である粒子速度のインパルス応答を周波数分析することで、固有振動の発生方向を検出できるか否か検討した。
- ◆矩形残響室において測定された3次元の粒子速度ベクトルの各直交成分のパワースペクトルを比較する。
- ◆複数点での測定によって固有振動の発生方向検出の可能性が示された。

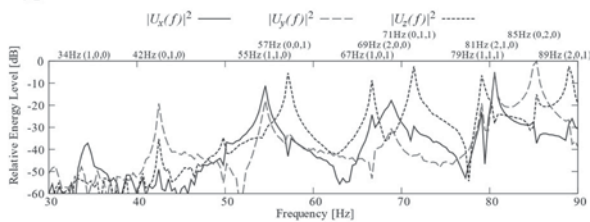


図1 粒子速度の各直交成分のパワースペクトル

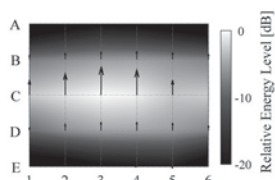


図2 軸波 (42Hz) の分布

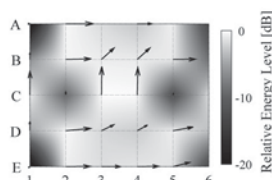


図3 接続波 (81Hz) の分布

### 3-5-18

#### 3-5-18 多孔質仕切りによる単一 MPP 吸音体の性能向上に関する数値解析的検討

Performance improvement of single-leaf MPP sound absorber with porous partitions

☆岡山優生, 奥國健, 阪上公博(神戸大院・工)

- ◆本稿では、背後に空気層を有する単一 MPP 吸音体(S-MPP)の短所を改善する吸音体として、空気層に多孔質仕切りを挿入した単一 MPP 吸音体(PS-MPP)の有効性を FEM による数値解析により検証する。
- ◆まず、小矩形室を対象に、天井面に PS-MPP を設置した場合の室の固有振動に与える影響を検討した。S-MPP に多孔質仕切りを挿入することで吸音面に擦過角入射する固有振動モードに対しても吸音効果が得られること、多孔質仕切りを xy 両方向に2本挿入した PS-MPP(XY2)が特に広範な周波数で性能向上を示すことを明らかにした (Fig.1)。
- ◆次に、実大室を対象に、G 値、T<sub>20</sub>、C<sub>50</sub> の音響指標について、PS-MPP(XY2)による室内音響の改善効果を検討した。PS-MPP(XY2)は、S-MPP に比べ G 値と T<sub>20</sub> の低減と C<sub>50</sub> の増加に有効であることを示した (Fig.2)。

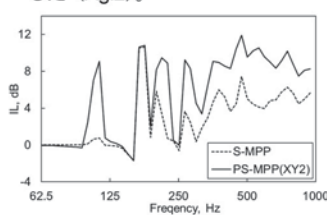


Fig.1 A comparison of Insertion Loss between S-MPP and PS-MPP(XY2)

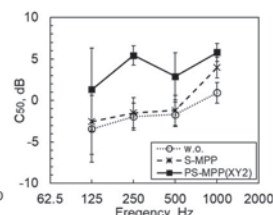


Fig.2 A comparison of C<sub>50</sub>

### 3-5-17

#### 3-5-17 室内音響理論に基づく確率的アプローチによるインパルス応答の生成

Generation of an impulse response by probabilistic approach based on room acoustics

○羽入敏樹(日大・短大)

- ◆一般の建築設計、音響設計の必要性の啓蒙、音響教育のための簡便な可聴化手段を提供することを目的に、室内音響理論に基づく確率的アプローチでインパルス応答を生成する手法を提案する。
- ◆この手法では仮想音源分布を生成するが、条件によって仮想音源数が極めて膨大となり生成不可能になるといった課題があった。
- ◆本研究ではこの課題を解決し、仮想音源数を大幅に抑えることができた。生成したインパルス応答から滑らかな残響減衰が得られていることを確認した。

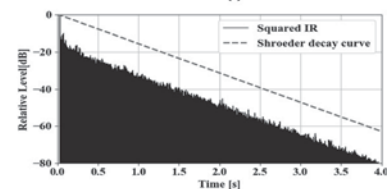
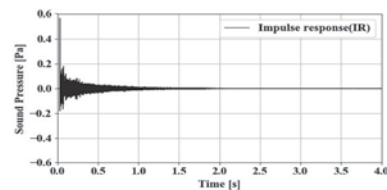


Figure 1 Generated impulse response and its reverberation curve

### 3-5-19

#### 3-5-19 吸音スパンドレルの吸音効果の可聴化に対する FDTD 法の適用

Application of FDTD method to auralization of sound absorptive spandrel's absorption effect

◎勝崎晃宏, 崎本佑(日本軽金属), 朝倉巧(東京理科大学)

- ◆残響音の聴感的な改善について、設計段階で音を聞き比べて評価するため、音環境を可聴化できるシステムの構築を目指している。本研究では、FDTD 法を適用し、室内に備えた吸音スパンドレルの吸音効果について、残響時間と残響音を実測と解析で比較する。
- ◆実測の残響音を解析にて予測するため、音源から逆フィルタを作成し、音源の周波数特性がフラットになるように補正した (Fig. 1)。
- ◆吸音スパンドレルを備えることで、残響音は比較的早期に減衰する印象を得た。実測と解析を聞き比べると、音色が完全に一致してはいないものの、類似した聴感的印象と周波数特性 (Fig. 2) が得られ、音響的效果を聴感的に評価できることがわかった。

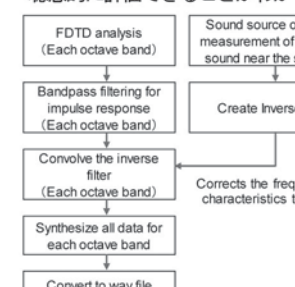


Fig. 1: Flow chart of auralization.

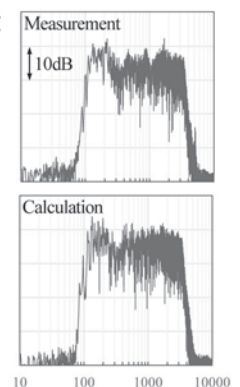


Fig. 2: Frequency characteristics of impulse response.

### 3-5-20

#### 3-5-20 発話者として室内音場を評価することを目的とした音響可聴化システムの実装とその性能評価

Implementation and performance evaluation of auralization system for evaluating sound field from a speaker's point of view

○後藤耕輔, 鈴木和憲, 岡野利行(竹中技研)

- ◆本報では発話者として室内音場を評価するための音響可聴化システムを実装し、システムの基礎的な性能検証や発話者の立場での室内音場に関する主観評価実験を行った。
- ◆Fig. 1に提案する音響可聴化システムの構成を示す。提案システムでは可搬性や利便性を考慮して、基本的な処理をすべてPC上で行っている。
- ◆実装した提案システムの遅延時間は3.42 msであった。結果より、本システムの遅延は極端に残響時間が短い音場でなければ、知覚上大きな影響はないと判断された。
- ◆提案システムを用いて、音場の話しやすさに関する主観評価実験を実施した結果、発話者は適切な響きを感じた状態で最も話しにくさを感じない傾向があった。

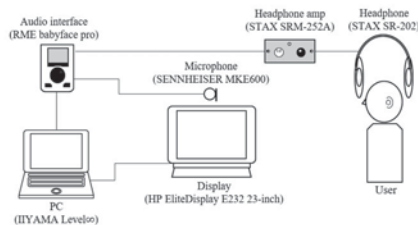


Fig. 1 System configuration diagram.

### 3-5-22

#### 3-5-22 駅コンコースの室内音響特性に関する実測調査

Field measurement on room acoustical properties of concourses of railway stations

☆萩原孝彦(東大院), 米村美紀, 坂本慎一(東大生研), △富澤秀夫(鉄建建設), △新井祐子, △高橋晃久(東日本旅客鉄道)

- ◆拡声放送に適した駅の音環境実現のため、フィールド実測調査および実験室実験による研究を進めている。音場再現のための基礎データ収集の一環として行った駅コンコースにおける実測調査のうち、駅空間の室内音響特性の調査結果を述べる。
- ◆大規模な駅では、残響時間は音源から離れるほど長くなった (Fig.1)。音源から近い点では3次元的な拡散減衰が大きく、遠い点では細長い室形状により一次元的な反射音の影響が強くなることによると考えられる。
- ◆空間規模の大きい駅では音圧レベルの距離減衰が大きい結果となった (Fig.2)。室容積が大きいため、反射音の影響が小さいことがその原因と考えられる。

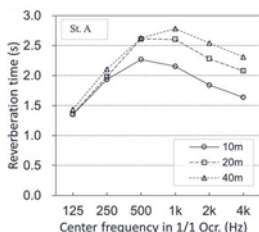


Fig.1 Measurement result of reverberation time

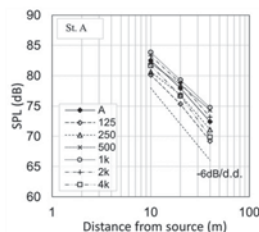


Fig.2 Measurement result of distance attenuation of sound pressure level

### 3-5-21

#### 3-5-21 車室内音場の収録・再生と評価の試み

An attempt of measurement, reproduce and evaluation of the sound field inside a car cabin

○尾本章(九大芸工), 柏崎 紘<sup>†</sup>(九大芸工), △今西勝之(SOKEN)

- ✓ 24チャンネルの鋭指向性マイクアレイと、同数のスピーカを組み合わせたシステムを構築し、様々な音場を再現することを試みている。
- ✓ 本稿では、再現の対象を「車室内」として、特にカーオーディオによって生成される音場の定量化や複数車両間の比較を試みた。音楽信号と熟練の耳による評価を、少しでも一般化する試みである。
- ✓ 音場情報の収集は左右のスピーカから24本のマイクまでのインパルス応答の測定によるものとし、性能維持のために低域でビームフォーミングを施し、所望の音楽信号をたみ込むことで再現を実行する。
- ✓ 古典的な方法であるが、音楽信号の瞬時音響インテンシティを算出し、その到来方向のポーラーパターンの変動の定量化などを試みた。

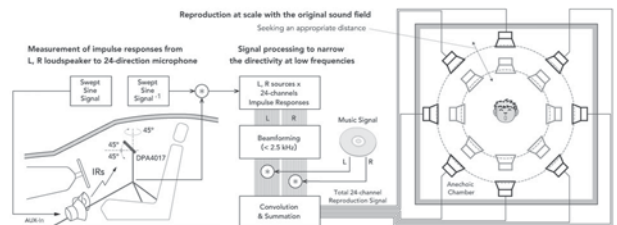


Figure: Block diagram of impulse response measurement and sound field reproduction by 24 channel system. Here, the sound intensity in 12 directions is calculated from the impulse responses measured every 45 degrees, and the direction of arrival of the sound is also estimated by the convolved signals with music.

<sup>†</sup> 現在 小野潤器

### 3-5-23

#### 3-5-23 先行音効果避難誘導システムにおける時間的制約下での方向判断の評価特性

Evaluation characteristics of directional judgments under time constraints in a voice evacuation guidance system using precedence effect

☆大門丈流, 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、現場での調整が必要となることが予想される。
- ◆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、時間的制約下における先行音効果を利用した避難誘導時の方向判断の評価特性について検討を行った。

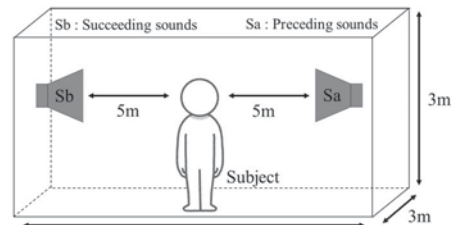


Fig. 1 Layout of the experiment

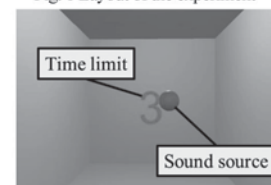


Fig. 2 Head mounted display view



### 3-6-1

#### 3-6-1 鉄道高架下保育施設における電車通過に着目した評価に関する検討

##### -その1 聴感特性に着目した実験的検討-

Study of focus on evaluation method when passing through a train of nursery schools located under the elevated railway  
-Part 1: Examination focusing on hearing characteristics -

◎岡庭拓也(戸田建設/日大院・理工), 富田隆太(日大・理工)

- ◆筆者らはこれまで鉄道高架下保育施設を対象とした評価基準を検討するため、電車通過時の音と園児の睡眠中の反応に着目し、両者の関係性を検討してきた。
- ◆本報では、電車通過時の音に着目して、高周波数帯域まで含めた評価方法を検討するため、A特性等の聴感特性に着目し、実験的検討を行った。
- ◆本報では、A特性、B特性、80phon特性の3種類の重み付けの周波数特性について検討した。80phon特性は、ISO 266:2003の等ラウドネス曲線80phonをA特性補正值の計算方法を参考にして、1kHzの値を基準に逆特性となるように計算した結果を補正值としたものである。
- ◆電車通過時の音の測定結果の内、 $L_{eq}$ 、 $L_{Smax}$ 、 $L_E$ の測定結果を各聴感特性で補正後に昇順で並べ替え、そこに各園児の反応をプロットして対応を検討した。
- ◆検討の結果、園児の反応では比較的、A特性、B特性ともに対応が良く、調査員の評価では、A特性よりもB特性の方が対応が良かった。
- ◆鉄道高架下保育施設の音を園児の反応に着目して評価する際の評価尺度として、B特性が利用できる可能性が示唆された。

### 3-6-2

#### 3-6-2 鉄道高架下保育施設における電車通過に着目した評価に関する検討

##### -その2 子どもの反応に着目した

##### 評価尺度の検討-

Study of focus on evaluation method when passing through a train of nursery schools located under the elevated railway  
-Part 2: Examination of evaluation scale focus on reaction of children-

◎岡庭拓也(戸田建設/日大院・理工), 富田隆太(日大・理工)

- ◆別報では電車通過時の音について、聴感特性に着目して実験的検討を行った。本報では、子どもの反応に着目した評価方法について検討した結果を報告する。
- ◆園児の睡眠中の反応に着目する場合、睡眠中の体勢に着目し、床面に近い位置で音を測定した結果とも対応を検討する必要がある。
- ◆測定高さに着目した場合、A特性は測定高さ600mmで比較的对応が見られ、80phon特性では測定高さ10mmでのみ対応が見られた。また、B特性の場合は測定高さに関わらずある程度対応が見られることが分かった。
- ◆これまでの検討結果を踏まえて、評価方法として有効な聴感補正值、演算方法、測定高さを検討した。
- ◆調査員の評価・所感を基に保育施設を線引きし、3dB~5dBの範囲で群分けした。その後、それぞれの群で園児の反応、保育士の反応に差があるか検討するためクラスカル=ウォリス検定を行った。
- ◆検討の結果、電車通過時の音の評価方法として、測定高さ600mm、B特性、 $L_{Smax}$ の合成値①(31.5Hz~4kHz)を利用できる可能性が示唆された。

### 3-6-3

#### 3-6-3 使用環境を考慮したポータブル発電機放射音の低減

Portable generator radiation noise reduction  
Considering the operating environment

○上垣泉太, 西村祥輝, 吉田準史(阪工大・工)

本研究では、1台のポータブル発電機を対象に会話明瞭度指数(AI)を用いて会話聴取性を考慮した騒音改善に取り組んだ。放射音計測および分析の結果、十分に会話可能となるには3.8m離れて設置する必要がある発電機放射音を3mの位置で会話可能となるように低減目標レベルを設定した。その低減目標レベルから対策周波数帯が200~300Hzと1~3kHzであることを確認したのち、実稼働TPAを発電機放射面に適用した結果、高周波域では後面、低周波域では左面の影響が高いことが確認できた。そこで各高寄与面にある排気・吸気系に対策を行なったところ騒音レベルで4dB、会話可能となる距離では2.8mまで1m程度短縮することができた。

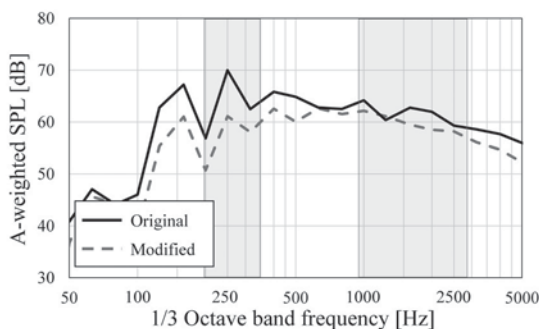


Fig.1 Comparison of radiated noise between before and after countermeasure.

### 3-6-4

#### 3-6-4 水平振動の振動感覚に及ぼす音の心理的影響

Psychological effect of sound on vibration sensation of horizontal vibration

☆佐々木亮弥(日大院・理工研) 松田礼, 町田信夫(日大・理工)

- ◆自動車や鉄道等の乗り物の乗員は音と振動を同時に受けている環境下にある。しかし、乗り物を含む振動評価規格は振動のみの評価であり、音の影響を考慮した評価基準は確立されていない。
- ◆本研究の目的は水平振動と音を同時暴露した時の振動感覚に及ぼす音の影響を明らかにすることである。本研究では、振動と音を同時暴露した時の、感覚的振動の強さと振動の不快感をアンケートによる心理的手法で測定した。
- ◆同一振動周波数において、振動加速度レベルを増加させると感覚的振動の強さと振動の不快感は増加する傾向がみられた。

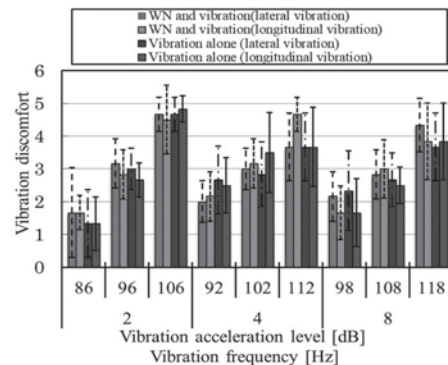


Fig.1: Vibration discomfort, vibration acceleration level, and vibration frequency

### 3-6-5

#### 3-6-5 集合住宅の音環境に関するアンケート調査

-居住者の個人属性の違いに着目した分析-

Questionnaire survey on sound environment of apartment houses  
-Analysis focusing on differences in individual attributes of residents-

☆原野大河(茨城大院), 辻村壮平(茨城大院)

- ◆近年の遮音性能が向上した集合住宅の居室内では騒音問題が減少するはずであるが、暗騒音とのレベル差が1dB程度の設備系騒音に対して苦情が発生しているという報告もある[1]。このような問題に対しては、従来行われてきた遮音性能を向上させる方法では解決することが困難であると考えられる。
- ◆そこで本研究では、居住者ごとの音に対する反応を示した騒音感受性の個人差に着目し、集合住宅の音環境に対する居住者の反応を捉えることを目的に、集合住宅の居住者に対しアンケート調査を実施した。
- ◆アンケート調査の結果から、高感受性群は小さいと感じる音でも注意が向きやすいことが示唆された。また、遮音性能が高い住戸でも小さいと感じる音に対し気になる指摘が見られ、室内の暗騒音レベルが低下したことで、小さい音でも注意が向きやすくなったこと、遮音性能が高い住戸の居住者は住戸への期待が高く、小さい音にも注意が向きやすい可能性が考えられる。

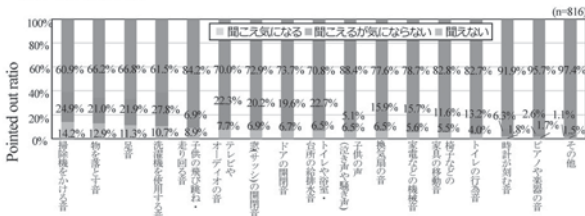


Fig.1 Pointing out sounds that occur in the room

[1] 平松, 設備系騒音の測定と評価, 日本音響学会誌 75 巻 11 号, pp615-621, 2019

### 3-6-6

#### 3-6-6 航空機騒音暴露の日変動と暴露反応関係に関する一検討

Exposure-response relationships and daily noise exposure fluctuations in aircraft noise

○牧野康一(小林理研)

- ◆防衛施設飛行場周辺で行った社会調査で得られたデータを再整理し、当時の騒音モニタリングデータを用いて  $L_{den}$  の日変動に着目して検討を行った。
- ◆日々の  $L_{den}$  のばらつきが大きい例では、暴露反応関係が上側になり、ばらつきが大きい飛行場では暴露反応関係が下側になる、という傾向がみられた。

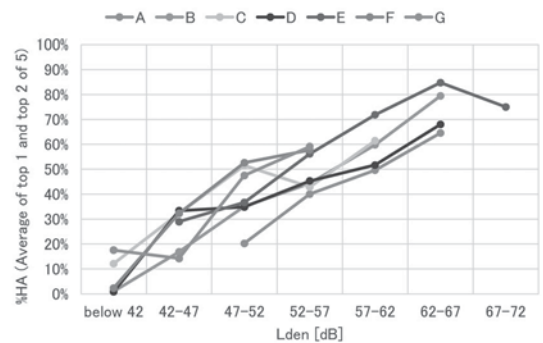


Fig. 飛行場別の暴露反応関係

(5段階評価の上位2カテゴリと上位1カテゴリの平均値)

### 3-6-7

#### 3-6-7 交通騒音による睡眠影響 その3 主観評価と体動の関連性

Sleep effects on noise Part 3- The Relationship between subjective evaluation and body movement -

☆高橋達樹, 森川結斗, 榎本和馬,

上田麻理(神奈川工科大), 廣江正明(小林理研)

- ◆著者らは騒音の睡眠影響に関するより多くの科学的知見蓄積のために、交通騒音による睡眠影響について2018年から実験的検討を進めている。本稿はその第3報目として主観的睡眠評価(夜間騒音の印象、睡眠の良否)や客観的睡眠評価(睡眠効率、睡眠断片化指数、等)と騒音暴露の関連を比較・分析した(Fig.1)。
- ◆ノンパラメトリック手法(Kruskal-Wallis検定、Spearmanの順位相関検定、Turkeyの多重比較、等)を行った結果、間欠騒音の場合、主観的睡眠評価は呈示レベルとの関連が認められたが、客観的睡眠評価はいずれの騒音源も呈示レベルとの関連は認められなかった。
- ◆現時点では、呈示条件に対して客観的睡眠評価の変動幅が小さいことが検定で有意な差を得ることができない要因の一つかもしれないと考える。

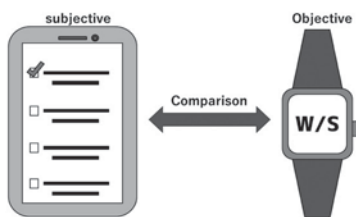


Fig.1. Evaluation method of the experiment

### 3-6-8

#### 3-6-8 3次元視聴覚再生システムを用いた風車騒音の主観評価実験

Subjective evaluation of wind turbine noise using 3-dimensional audio-visual reproduction system

○米村美紀, 坂本慎一(東大生研), △池田拓海(元 東大院)

- ◆風力発電施設の導入が近年進められており、風車騒音の適切な評価が必要とされている。そこで、風車騒音に対する音響心理を把握することを目的とし、風車騒音と道路交通騒音の実録音および映像を用いて大きさ・うるささに関する評価実験(ME法)を行った。
- ◆道路交通騒音よりも風車騒音の方が大きさ・うるささともに高く評価される結果であった。要因として、風車騒音の持続性、周波数特性(低周波帯域優勢)、ブレードの回転に伴う時間変動が考えられた。
- ◆視覚情報の呈示によって、大きさ・うるささが低減する結果がみられた。一方、刺激の種類によっては、映像呈示によってうるささが増加する可能性を示唆する内観報告もあった。

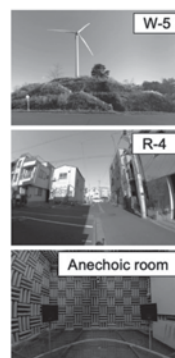


Fig.1: Images of visual stimuli

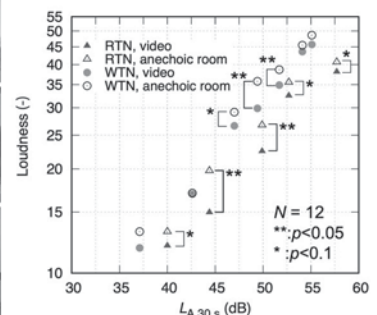


Fig.2: Loudness ratings

### 3-6-9

#### 3-6-9 暗騒音レベルと対人距離が発話レベルに及ぼす影響—音環境による感染症リスク評価の可能性の検討—

Effect of background noise level and interpersonal distance on speech level  
—Consideration on possibility of infectious disease risk assessment by sound environment—

○辻村壮平(茨城大院)

音環境の側面からウイルス感染症の飛沫感染リスクの新たな評価方法と感染防止対策を提案することを最終的な研究目標に掲げ、その端緒として、本報では発話レベルに関する心理音響実験を実施し、発話レベルに及ぼす対人距離と室内の暗騒音レベルの影響を定量的に検討した。

- ◆ 発話レベルへの対人距離の影響は、1 m と 4 m で 1~2 dB 程度の上昇であり、暗騒音レベルに比べるとその影響は小さい (Figure 1)。
- ◆ 暗騒音レベルが高くなるほど、発話レベルの上昇率は増加する。

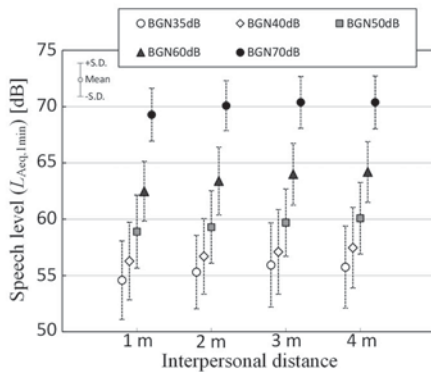


Figure 1: Relationship between interpersonal distances and speech level due to differences in BGNs.

### 3-6-11

#### 3-6-11 伝搬経路ごとのエネルギー和に基づく道路交通騒音予測手法の3次元波動数値解析による検証

Validation of road traffic noise prediction method based on the sum of energy for propagation paths through 3-D wave-based numerical analysis.

☆神谷優, 森長誠, 安田洋介(神奈川大・工)

- ◆ ASJ RTN-Model が前提としているエネルギーベースによる予測の適用範囲を検討するため、音源側と受信側のそれぞれにおける地表面影響の程度を、3次元波動数値解析により検討した。
- ◆ 音源側での検討結果として、障壁が低い場合に地表面反射による同位相の干渉が顕著に現れ、エネルギー和との差が最大で 3 dB 程度生じることが確認された。
- ◆ 受信側の検討結果として、障壁や盛土の高さが低い場合、一般的な受信点高さである 1.2 m 付近で波動数値解析結果とエネルギーベースでの計算結果に乖離が生まれやすいことが示唆された。

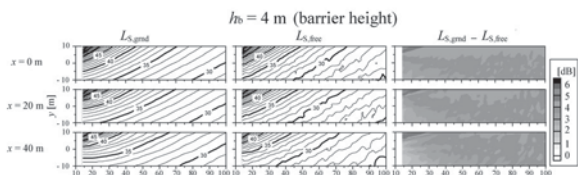


Fig. 1: Effect of the source-side ground (SPL distribution).

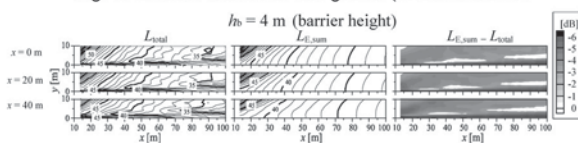


Fig. 2: Effect of the receiver-side ground (SPL distribution).

### 3-6-10

#### 日欧の騒音予測モデルの特性に関する研究 3-6-10 半無限長厚み障壁における各種減衰の比較—

Study on characteristics of noise prediction models in Japan and Europe:  
Comparison of various attenuations in semi-infinite length thick barrier

☆竹田郁哉(新潟大院・自然研), 大嶋拓也(新潟大・工)

- ◆ CNOSSOS-EU, Harmonoise 及び ASJ Model について、半無限長厚み障壁問題における各種減衰量の計算結果を比較した (Fig. 1)。
- ◆ ASJ Model の幾何減衰  $A_{div}$  の絶対値は、欧州モデルより 3 dB 小さい。
- ◆ CNOSSOS-EU 及び ASJ Model の回折減衰  $A_{dif}$  はほぼ等しい。
- ◆ Harmonoise と他 2 モデルでは、 $A_{dif}$  及び地表面反射減衰  $A_{ground}$  のモデル間差は大きいですが、音圧レベルでは相殺され、モデル間差が小さい。

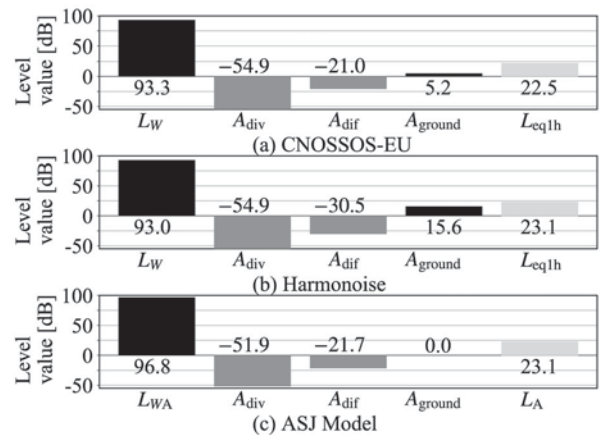


Fig.1: Calculation details for source (155, 0) [m].

### 3-6-12

#### 3-6-12 建物群による騒音減衰の予測計算方法の検討 その1. 実測調査\*

\* Investigation on calculation method of road traffic noise attenuation by buildings Part 1. Field measurement

☆許 文瑞, 福田大輝(東大院), 米村美紀, 坂本慎一(東大生研)

- ◆ 本報告では、東京都近郊のいくつかのエリアにおいて実測調査を行い、計算結果と比較することで、建物・建物群の予測計算方法の検討を行った。本報その1では、実測調査の概要と分析方法について述べる。
- ◆ 東京都内の幹線道路周辺四つの異なる地域で行い、基準点として音源(道路、鉄道軌道)近接点の騒音を連続測定し、同時に建物・建物群背後地に設定した伝搬測定点の騒音を移動しながら短時間で繰り返し計測した。
- ◆ 計測した道路交通騒音は建物群背後の各測定点と同時帯の基準点において除外音処理した信号の等価騒音レベルの差によって評価し、新幹線騒音は1車両通過時のA特性音圧曝露レベルの差によって評価する。

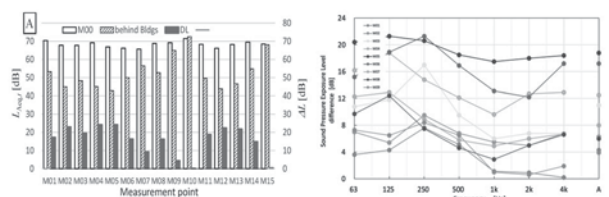


Fig.1: Measurement results.

Fig.2: Frequency characteristics of analyzed  $\Delta L$  from measurement result.

3-6-13

3-6-13 建物群による騒音減衰の予測計算方法の検討 その2. 実測と計算の比較

Investigation on calculation method of road traffic noise attenuation by buildings Part 2. Comparison between measurements and calculations

○坂本慎一(東大生研), 許 文瑞, 福田大輝(東大院), 米村美紀(東大生研)

- ◆ ASJ RTN-Model 2018 の「建物群背後の騒音の計算方法」の適用性を、建物の立地状況が異なる3つの街区における実測により検討した。
- ◆ 剛な地表面に立地した建物群に対して、高い計算精度を確認した。
- ◆ ソフトな地表面に立地した建物群に対しては地表面効果を考慮する必要があるが、畑地であっても固い地面程度の地表面効果が適合した。計算に用いる地表面種別についてさらに検討する必要がある。
- ◆ 複合的な地表面の場合、ばらつきが大きい結果となり、地表面データをより詳細に反映させる必要性が示唆された。

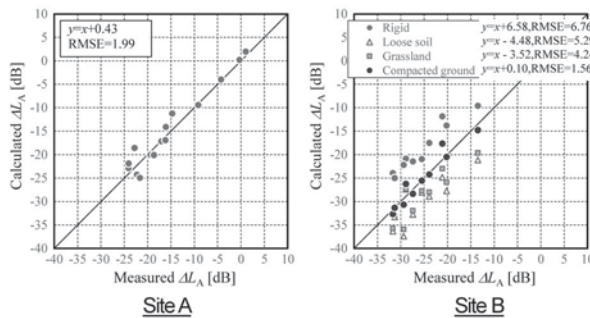


Fig. 1 Comparisons of  $\Delta L_A$  between measurement and calculation

3-6-15

3-6-15 複数種混在地表面における超過減衰モデルの適用性に関する研究 -2種混在地表面における超過減衰モデルとFDTD法解析の比較-

Investigation of the applicability of the ground excess attenuation model under grounds with mixed types: A comparison of the excess attenuation model with FDTD solutions under grounds with two types

☆小柴優作(新潟大学院), 大嶋拓也(新潟大学)

- ◆ 2種混在地表面において、Hamonoise工学モデルの地表面超過減衰モデルとFDTD法解析を比較し、モデルの適用性の検討を行った。
- ◆ 音源-受音点間水平距離50m、アスファルトと柔らかい地面の2種から成る平坦面を設定し、アスファルト部の長さを0から50mまで1mずつ変化させ、計51ケースで検討を行った。
- ◆ 高周波数において、FDTD法の超過減衰量 $\Delta L_F$  [dB]の解析結果は、Fig.1のように、アスファルト部の長さ $l$  [m]の変化に伴い増減する。一方、超過減衰モデルの結果 $\Delta L_M$  [dB]は、単調に変化する。
- ◆ FDTD法における増減を生じる要因は、地表面種の不連続点で生じる回折波であり、超過減衰モデルでは回折波が考慮されていないため、両手法に差が見られることが分かった。

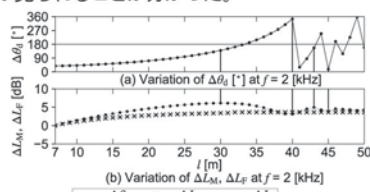


Fig.1:  $\Delta\theta_d$  (the theoretical phase difference of the diffracted wave against the combined wave of the direct and reflected waves),  $\Delta L_M$  and  $\Delta L_F$  as functions of  $l$  at frequency 2 kHz.

3-6-14

3-6-14 波面合成法に基づく再生音場内における防音壁の挿入損失

Insertion loss of noise barrier in sound field reproduced in the basis of wave field synthesis

◎星加慧, 土肥哲也, 廣江正明(小林理研), 岩見貴弘(九大芸工)

- ◆ 著者らは多チャンネルの音場再生システムで再生した騒音源の放射音場内に実際の防音壁を設置することで、防音壁の騒音低減効果を推定する方法を提案しており、音源や壁の特性を考慮した詳細な検討を行うことができる可能性が示唆されている。
- ◆ 波面合成法に基づく再生音場における剛壁の挿入損失を解析的に示し、原音場において騒音源の放射音圧を任意の断面で計測できていれば、計算によって剛壁の挿入損失を求められる可能性が示された。
- ◆ 防音壁の透過音や嵌合部からの漏れ音、先端改良などの機構が付け加えられることによる複雑な回折音場を考慮した防音壁の挿入損失を計測するために、インパルス応答計測による測定方法を提案した。
- ◆ 提案法の検証のためにモノポール音源と剛壁からなる回折音場を対象に数値計算を行った。計算結果より、原音場と再生音場でそれぞれ得られる剛壁の挿入損失の差は±1dB程度の差であり、防音壁の挿入損失の評価方法として有用であることが示唆された。

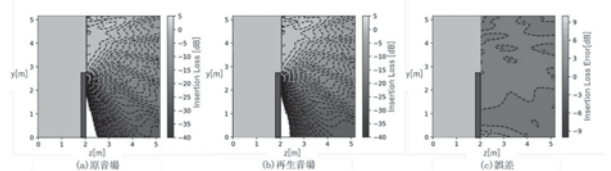


Fig.7 挿入損失の計算結果(500 Hz 純音)

3-6-16

3-6-16 厚木市における防災無線放送の長期観測 その2

~悪天候時の音響分析と聴こえ評価~

Long-term observation of disaster prevention radio broadcasting in Atsugi City Part 2

-Acoustic analysis and hearing evaluation in bad weather-

橋本卓己, △石川良雅(神奈川工科大), 三浦貴大(産総研),

小川喜道, 上田麻理(神奈川工科大)

- 厚木市では、自然災害の発生時における避難行動等の情報提供をするために防災行政無線のほか、メールマガジンやラジオなど様々な情報伝達手段を用いている。しかし、近年では、“防災無線放送が聴こえず逃げ遅れた”といった報告が多数寄せられており、厚木市においても防災無線放送の在り方について今一度検討を行うこととした。
- 本研究では、厚木市と共同で防災無線放送の音声の聴こえ評価実験と、試験用防災無線放送の長期観測を実施している。本稿では特に悪天候時のデータに目しながら音響分析と聴こえ評価の結果などを報告する。

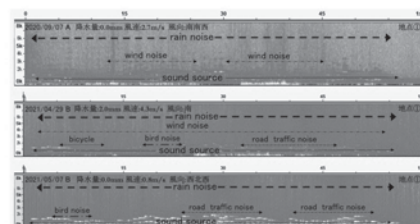


Fig. 9 Spectrogram of administrative radio system

### 3-7-1

#### 3-7-1 深海設置音響層別流速計(ADCP)長期観測データにおける変動要因の検討

Investigation of fluctuation factors in long-term observation data of acoustic Doppler current profiler installed on deep seafloor

○岩瀬良一(JAMSTEC)

- ◆北海道十勝沖の水深 2540m の海底に設置された音響層別流速計(ADCP)により、1999年から2016年までの間連続観測が実施された。得られた流速並びに後方散乱強度の観測データには、いくつかの特徴的な変動が見られる。その変動要因について、他の観測データとの比較等により検討した。
- ◆観測に使用したADCPは、Teledyne RDI Instruments製のBB-DR-150である。送信周波数は153.6kHzで、鉛直方向48層の3成分(東西、南北、鉛直)流速プロファイルを取得している。各層の厚さは8mで、最下層の海底からの高度は12mである。サンプリング間隔は通常30分としている。また流速だけでなく、音響信号の後方散乱強度も計測している。ADCPの生データはバイナリ形式であるため、今回直接ASCII形式に変換した。
- ◆Japan Coastal Ocean Predictability Experiment (JCOPE)の再解析データと比較した結果、ADCPでは低層ほど西向きの流れが卓越しているのに対して、JCOPEの方は特に流向の変動が大きく傾向がある。これは海底地形等の局地的な影響と考えられる。一方、特に上層では比較的相関の良い期間も見られるが、広域的な変動を反映したものと推定される。
- ◆後方散乱強度の変動には、十勝川および釧路川水系の流量変化との相関が見られ、陸からの流入物質の影響を受けている可能性がある。

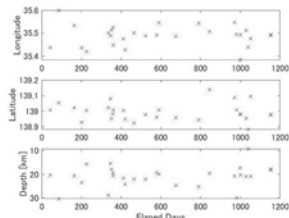
### 3-7-3

#### 3-7-3 前兆地震の震源位置と放射特性

Epicenter location and radiation characteristics of precursory earthquakes

○菊池年晃(防大), 水谷孝一(筑波大)

我々は、地震の活断層内の振動構造を音響学的知見から調べている。活断層の震動構造を解明するために、震源から放射された地震波に対して特異値分解法や時間周波数分析法等の信号処理法を適用して地震の特性を解析している。その結果から前兆地震や本震に共通する幾つかの特性が得られた。複雑な地震波から基本振動を抽出するために特異値分解法を用いた。今回は、2012年1月28日に富士山付近で発生したM5.4の地震に対して検証した。まず、最初の共通点として前兆地震の位置がある。右図は前兆地震の発生位置を時系列的に示している。即ち位置の分布は分散しているように見えるが3年に亘ってある範囲内に限定されている。そこでそれらの前兆地震の特性を比較した。比較の内容はそれらの活断層の軸方向を求めた。詳細は本文に示したように特異値分解法や時間周波数分析法等を用いた。特異値分解法では、各前兆地震の放射構造が本震と同様な双極性放射であることが明らかになった。更に、それらに時間周波数分析法を適用して活断層の軸方向を求めた。その結果、位置変動の相違はあるもののその傾向はほぼ一致した。このように震動特性を時系列的に調べることは地震予知に有効である。



### 3-7-2

#### 3-7-2 深度が浅くなる海底上の等音速層の音場へ及ぼす影響

Influence on sound field in iso-velocity layer over bottom decreasing depth

○鶴ヶ谷芳昭(三陽精工), 菊池年晃(防衛大), 水谷孝一(筑波大)

- ◆平坦な海底上に等音速の層(IVL)が堆積していた場合、水中の音場は直接波+臨界面までのIVL上面からの反射+臨界面角以遠のIVL上面の反射+IVL内をダクト伝搬する音波の水中への再放射からなる。
- ◆海底が浅い方に傾斜した場合、傾斜海底に対する入射角は傾斜海底角度の2倍で角度を増大する。その結果、周波数によってカットオフを生じ、音波はそれ以上の深度に到達せず、海底下へ漏洩する。
- ◆Fig. 1のa)図はIVLがない場合であり、周波数が100Hzであると音源から8km付近まで到達するがそれ以上の距離には伝搬しない。b)図は厚さ50mのIVLが存在する場合である。音波は距離8kmを越えた距離まで到達する。周波数がさらに低くなった場合、IVLが存在していても音波が到達しないカットオフを生じる。したがって、IVLの厚さはカットオフに影響する。

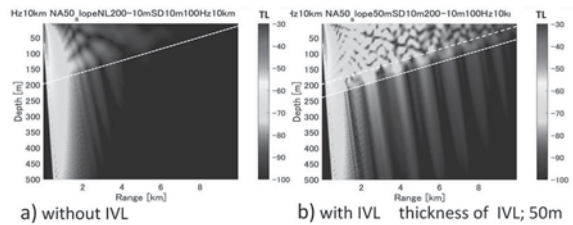


Fig. 1 Comparison of sound field without/with IVL. freq; 100 Hz SD; 10 m angle; 1.088deg. dotted line; bottom broken line; upper interface of IVL

### 3-7-4

#### 3-7-4 Synchronization of Three Identical Thermoacoustic Engines to Achieve Net Mass Flow

○Jatin Otsuka, ΔRemi Delage, ΔEita Shoji, Tetsushi Biwa (Tohoku Univ.)

- ◆Synchronization of ring-coupled three identical thermoacoustic engines via delay coupling leads to in-phase synchronization, three-phase synchronization, or amplitude death.
- ◆The parameters for three-phase synchronization such as tube length, tube diameter and pressure amplitude are presented experimentally and discussed by drawing comparison from the delay-coupled Van Der Pol oscillator.
- ◆For three-phase synchronization, there is a possibility of substantial mean flow in the connecting tubes. The flow is calculated by experimentally finding the pressure profile inside the connecting tubes.
- ◆The presence of mean flow could allow the loop of connecting tubes to act as an external heat exchanger.

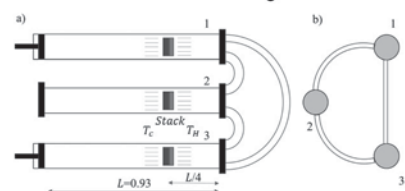


Fig 1: Ring-coupled three identical standing wave engines. a) Top view, b) Side view

### 3-7-5

#### 3-7-5 フルイダインの発振温度比の計測と解析

Measurement and Analysis of Oscillation Temperature Ratio of Fluidyne

☆伊藤みひろ, △坪井優, △庄司衛太, 琵琶哲志(東北大)

- ◆本研究では、線形安定性解析と実験によってフルイダインの発振温度比を評価した。
- ◆整管長さを変えることで、蓄熱器内の位相差およびフルイダインの発振温度比が変化する。
- ◆蓄熱器内の位相差が0°に近くなる調整管長 $L_3$ において、発振温度比も小さくなる。

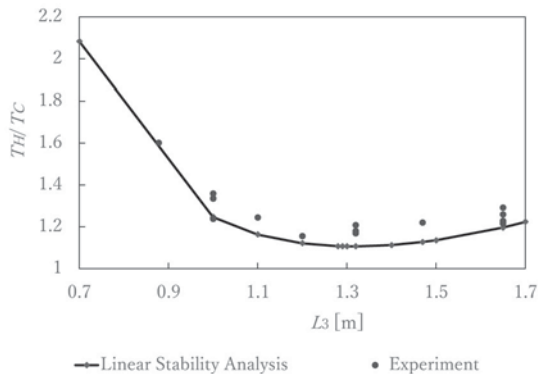


Fig.1 Oscillation temperature ratio  $T_H/T_C$  as a function of tuning column length  $L_3$ .

### 3-7-7

#### 3-7-7 外部音波重畳手法によるループ管熱音響システム内の熱交換環境改善についての検討

Study on improvement of heat exchange environment by external sound wave in loop-tube thermoacoustic system

○平松 康斗<sup>1</sup>, 坂本 真一<sup>2</sup>, 平田 明日香<sup>1</sup>, 渡辺 好章<sup>1</sup>(1. 同志社大, 2. 滋賀県立大)

- ◆過去の研究で、熱音響システムのエネルギー変換効率向上に向けた手法として、作業流体を強制的に振動させることによる管内の音場制御を提案し、作業流体の振動に伴うスタック内の仕事流生成量の増加を報告した。
- ◆本報告では、この手法をより変換効率の高いループ管型熱音響システムに適用した。
- ◆その結果、ループ管型熱音響システムでも外部音波重畳手法を用いることでスタック内の熱交換可能な領域を拡大し、熱音響現象を促進することが確認できた。

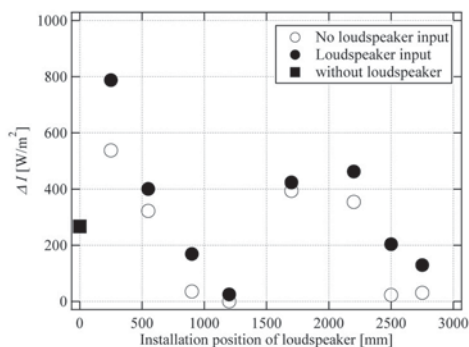


Fig.1: Relationship between work flow and installation position.

### 3-7-6

#### 3-7-6 スピーカーを用いたループ型熱音響冷凍機の音場解析

Acoustic field analysis of loop-type thermoacoustic refrigerator that use speaker

☆倉井陽太郎, 上田祐樹(東京農工大学)

- ◆熱音響冷凍機は音波による冷媒の温度変化を利用する冷凍機である。構造の単純さ、ノンフロン、理論効率の高さという特徴を持つため、低コストで環境にやさしい冷凍機として注目されている。
- ◆熱音響冷凍機についての研究は現在盛んに行われているが、その多くは「熱音響部」についてのものであり、デバイス内部の電気・力学部を含めた総合的な解析を行った例は少ない。
- ◆本発表では熱音響冷凍機を総合的に解析し、実験結果との比較検証を行った。その結果、管内の圧力振幅の計算結果は実験結果と特に低周波数領域においてうまく一致していることが確認できた。

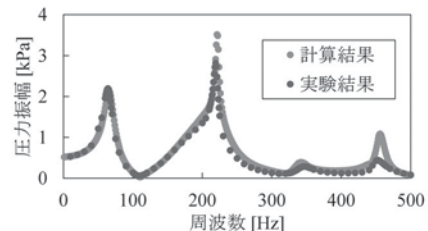


Fig.1 Comparison of Calculation and Experiment

### 3-7-8

#### 3-7-8 熱音響システムのヒートポンプにおけるスタックの長さに対する基礎検討 ~金属メッシュの積層体による実験~

Basic study on stack length in heat pump of thermoacoustic system ~Experiment with a laminate of metal mesh~

☆小野 悟, 坂本真一(滋賀県立大)

- ◆熱音響現象を利用したシステムの実用化に向けた研究を進めている。
- ◆スタックとは、熱音響システムの主要部の1つであり、非常に狭い流路を多数持つ構造をしている。
- ◆スタックの性能評価を行うため、ヒートポンプにおけるスタックに金属メッシュ積層体を用いて、スタックの長さに対するスタック両端に生じる温度差を測定した。
- ◆強制駆動熱音響冷却システムの全長3320 mm、管内径42.6 mm、スタック長さを5, 15, 25 mmの3種類、スタック設置位置を管端から120 mmとし、スピーカー電力40 W、スピーカー周波数104, 208 Hzとして実験を行った。
- ◆スタックが長くなるほど、スタック両端の温度差が大きくなることを確認した。(Figure)

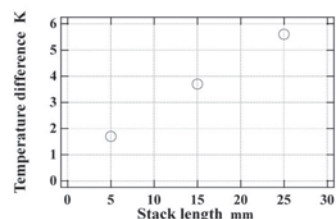


Figure Temperature difference between stack ends with stack length.

### 3-7-9

#### 3-7-9 気泡増強型の強力集束超音波治療のための簡易型数理モデルの構築

A Simplified Physico-Mathematical Model for Microbubble-Enhanced High-Intensity Focused Ultrasound Treatment

©金川哲也(筑波大シス情)、△加賀見俊介(筑波大院シス情)

- ◆強力集束超音波 (HIFU) による腫瘍焼灼治療 (図1) において、「気泡」を増強剤として使うと、治療効果の劇的な向上が報告されている。
- ◆医師に対して、適切な治療法を速やかに提案することは、シミュレータの重要な役割といえる。そのためには、非線形性の強い基礎方程式系の直接数値計算ではなく、低計算負荷の数理モデルに対する需要は大きい。実際に、HIFU の治療効果予測に、低負荷の KZK 方程式が多用されているが、これは液相媒質を対象としている。
- ◆【本講演では】従来の KZK 方程式に以下を組み込んだ：(1)気泡振動の効果(気泡含有液体への拡張)、(2)気泡内気体の熱的效果(熱伝導)。以上より、弱非線形の簡易モデルとして、偏微分方程式1本を導いた：  

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\partial T_{G1}}{\partial \zeta} + \Pi_1 T_{G1} \frac{\partial T_{G1}}{\partial r} + \Pi_{21} \frac{\partial^2 T_{G1}}{\partial r^2} + \Pi_{22} T_{G1} + \Pi_3 \frac{\partial^3 T_{G1}}{\partial r^3} \right) = \frac{r^2}{2\zeta} \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \zeta \frac{\partial T_{G1}}{\partial \zeta} \right)$$
- ◆音の散逸の要因のうち、音響放射と粘性に比べ、熱伝導が約100倍大きいことが判明し、腫瘍焼灼治療に適合する数理モデルを完成できた。

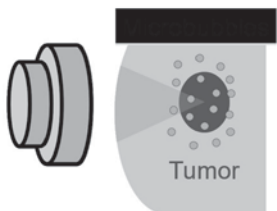


Fig.1: Schematic of microbubble-enhanced HIFU treatment.

### 3-7-11

#### 3-7-11 超音波焦点走査によるキャビテーション気泡群生成に関する検討

Investigation on generation of cavitation bubble clouds by scanning ultrasound focus

○三宅翔太郎, 吉澤晋(東北大・工学研究科)

- ◆ゲルに対して超音波伝搬方向に HIFU 焦点を走査し、キャビテーション気泡群の連続的生成を行った。
- ◆すでに生成されているキャビテーション気泡クラウドを利用することで、利用しない場合に比べて短時間の超音波照射で気泡クラウドを連続的に生成できた。この方法により、気泡クラウド生成に必要な超音波エネルギーを低減できる可能性があることが確認された。

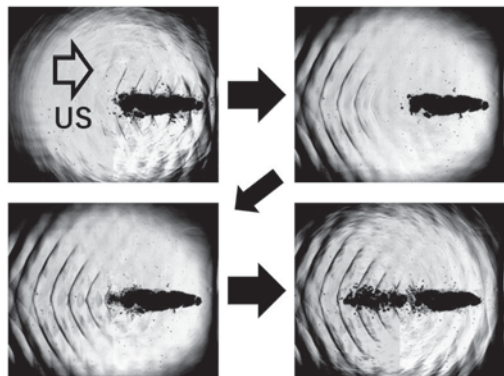


Fig.1: Cavitation bubble clouds generation by scanning HIFU focus.

### 3-7-10

#### 3-7-10 粘弾性膜で覆われた造影剤気泡を多数含む液体中における超音波の非線形理論解析

Nonlinear Theoretical Analysis on Ultrasound Propagation in Liquids Containing Many Contrast-Agent-Microbubbles Coated by a Visco-Elastic Shell

©金川哲也(筑波大シス情)、△菊地勇成(筑波大院シス情)

- ◆超音波造影診断において、脂質膜で覆われた気泡(超音波造影剤)を用いると、診断画像の解像度が劇的に向上する。また、ドラッグデリバリーにおいても脂質膜気泡が有用である。
- ◆脂質気泡は、生化学、分子論、力学等の観点から調べられており、力学的観点では、約30年間、単一あるいは数個の脂質気泡という制約が課されてきた。マイクロに比べ、マクロな知見が圧倒的に欠けている。
- ◆本講演では、これら従来培われてきたマイクロな知見を、超音波診断の臨床現場を想定し、「十分に多数」の脂質気泡を含む場合(粘弾性膜で覆われた気泡を多数含む液体中の超音波伝播の問題：図1)へと拡張し、非線形音響学と混相流体力学の観点からの理論を構築した。
- ◆膜の粘性が音の減衰に寄与し、表面張力が非線形性を増加させた。
- ◆代表的な造影剤5例を比較した。

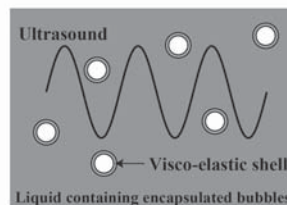


Fig.1: Ultrasound propagation in liquid containing MANY microbubbles coated by visco-elastic shell treatment.

### 3-7-12

#### 3-7-12 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音圧依存性

Sound pressure dependence of release amount of tracer particles in the ultrasonically-controlled particle release method

☆瀬尾康太(千葉大・工)、△章逸汀(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)

- ◆病巣マーカーおよびセンチネルリンパ節 (SLN) トレーサとして機能する多機能ベシクル凝集体 (GCV) を開発してきた。
- ◆超音波照射により GCV を破壊し、SLN トレーサとして内包される蛍光リポソームを放出する手法を提案している。(Fig.1(a))
- ◆超音波造影剤と超音波の相互作用が蛍光リポソームの放出に及ぼす影響を確認することを目的に、異なる音圧条件において蛍光リポソームの放出率を分光光度計により定量的に評価した。
- ◆Fig.1(b)に示すように超音波造影剤が存在しない場合(UCA(-)), いずれの音圧条件でも放出率は10%程度であった。
- ◆超音波造影剤が存在する場合(UCA(+)), 音圧が大きくなるに伴い放出率は高値となり、最大負圧6.9MPaで放出率は40%に達した。
- ◆超音波造影剤を利用することで、超音波照射によりGCV内包粒子の放出を制御できる可能性が示された。

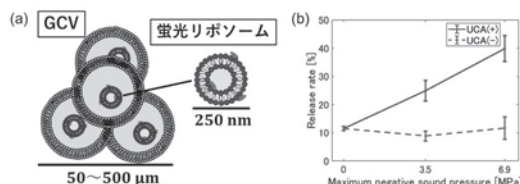


Fig.1:(a) Structure of GCV, (b) Release rate of tracer particles in cases of UCA(+) and UCA(-)

### 3-7-13

#### 3-7-13 超音波振動下における液晶レンズ内部の液晶配向の測定

Measurement of the liquid crystal orientation in an ultrasound liquid crystal lens

☆岩瀬貴大<sup>1</sup> ジェンカオナカ<sup>1</sup> △江本顕雄<sup>2</sup> 小山大介<sup>1</sup> 松川真美<sup>1</sup>

(1. 同志社大, 2. 徳島大)

- ◆超音波振動を用いることにより、透明電極を必要としない可変焦点液晶レンズを開発した。
- ◆クリスタルローテーション法によって、超音波駆動下の液晶分子の配向と超音波振動分布との関係性について検討した。
- ◆超音波振動分布との比較より、定在波振動の腹と節の間付近において液晶分子が大きく傾斜した (Fig. 1(a)(b))。
- ◆印加電圧 50 V<sub>pp</sub> の場合、液晶分子は垂直配向から最大で 12° 傾斜した (Fig. 1(b))。

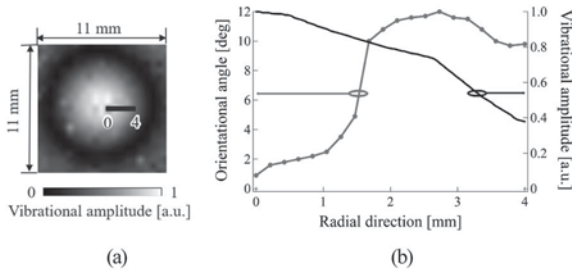


Fig. 1: (a) Vibrational distribution of LC lens. (b) Distributions of the orientational angle of LC molecules and the vibration amplitude.

### 3-7-15

#### 3-7-15 Mindlin 平板理論に基づく Luneburg レンズによる曲げ波集束の解析

Analysis of flexural wave focusing by Luneburg lens based on Mindlin plate theory

☆筑摩僚介, △琵琶志朗(京都大・工)

- ◆本研究では、せん断変形および回転慣性を考慮に入れた Mindlin 平板理論に基づいて、平板を伝わる曲げ波を集束させる Luneburg レンズの板厚分布の算出および曲げ波集束特性を解析した。
- ◆解析では、レンズ中心からの距離の関数として与えられる板厚分布を区分的に一定な板厚分布として近似し解析を行う多層分割法を用いた。各層での面外変位を固有関数展開によって表現し、未知展開係数を境界条件による連立方程式から求めた。
- ◆Fig.1 に、Mindlin 平板理論に基づいて 200 kHz の入射波に対して算出した板厚分布を仮定した場合の面外変位振幅の分布を示す。レンズ外部の板厚を 5 mm、レンズ半径は 0.02 m とした。想定通りレンズ境界近傍の点に曲げ波が集束している。

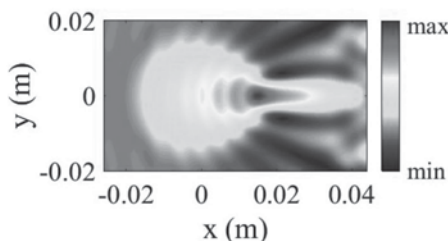


Fig. 1: Distribution of displacement amplitude for 200 kHz

### 3-7-14

#### 3-7-14 Ultrasound liquid crystal lens based on multichannel transducer for image stabilization

☆Jessica Onaka, Takahiro Iwase, Daisuke Koyama, Mami Matsukawa (Doshisha Univ.)

In this paper, we discuss a method that provides image stabilization via an annular piezoelectric ceramic that uses ultrasound to drive a liquid-crystal layer sandwiched between two circular glass substrates. The piezoelectric ceramic is divided into four quadrants that are independently driven with sinusoidal voltages at the resonant frequency of the lens. Various combinations of the four-channel ultrasound transducer can be used to define the focal point of the liquid-crystal lens, and, most importantly, shift it in the radial direction to compensate the hand-jitter by optical image stabilization.

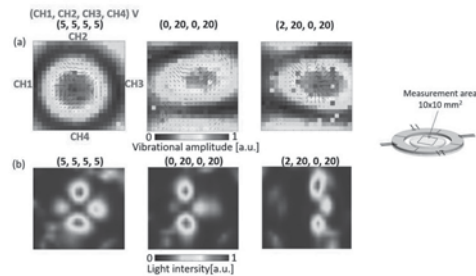


Fig. 1: (a) Distributions of vibrational displacement amplitudes (color map) and orientation directions (bar), (b) Transmitted light intensity distributions through the liquid crystal lens at 31.2 kHz.

### 3-7-16

#### 3-7-16 ホーンを用いた超音波霧化における音場の測定

Sound field measurement in ultrasonic atomization using a horn

☆芳本拓也(愛工大), 畑中信一(電通大),  
△佐藤正典(本多電子), 小塚晃彦(愛工大)

- ◆超音波霧化の際にホーン(導波管)を装着すると、霧化量が増加する。
- ◆周波数の異なる超音波振動子にホーンを装着して超音波を放射した。このときホーン先端から放射される音波の音圧分布を堅牢ハイドロホンで測定するとともに霧化量を評価した。
- ◆ホーン先端から放射される音波は、周波数が高いほど、ホーン先端から離れた位置まで高い音圧が表れていることが確認できた。
- ◆霧化量も、周波数が高いほど多くなり、液深のより深い位置までホーン先端がきても霧化が起こることを確認できた。

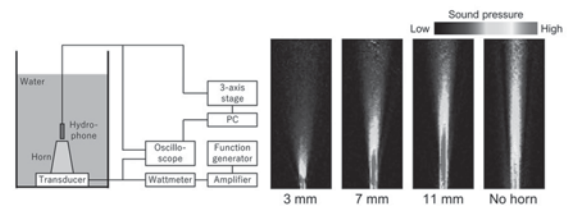


Fig. 1 Experimental apparatus.

Fig. 2 Sound pressure distribution above the top end with and without horns of various top diameters at 2.55 MHz.



### 3-7-17

#### 3-7-17 超音波振動を印加させた高張力鋼板に ダミーヘッドを衝突させたときの 頭部損傷値の低減効果

Reduction Effect of Head Injury Criteria when Dummy Head Collides with High-Tensile Steel Plate to which Ultrasonic Vibrations are Applied

○鈴木厚行, 久保翔, 山崎雄矢, 和田宙樹(徳山高専)

超音波を金属に印加すると Blaha 効果によって変形抵抗が低下する。本研究では Fig.1 に示す実験装置を試作し、高張力鋼板に超音波振動を印加した状態でダミーヘッドを衝突板に衝突させ頭部損傷値(HIC: Head Injury Criterion)や加速度波形などを測定した。高張力鋼板は普通鋼板と比べて強度が高く、軽量化できるため、自動車などに広く用いられている素材である。超音波によって僅かに変形量が増加することは確かめられたが、HIC や加速度波形の最大値に大きな違いはなかった。より大きな振動振幅で駆動することや振動が高張力鋼板に伝わりやすくすることなどが必要である。

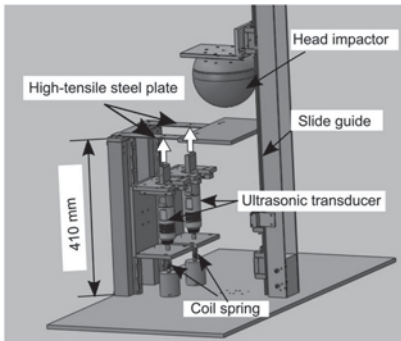


Fig.1: Configuration of an experimental equipment.

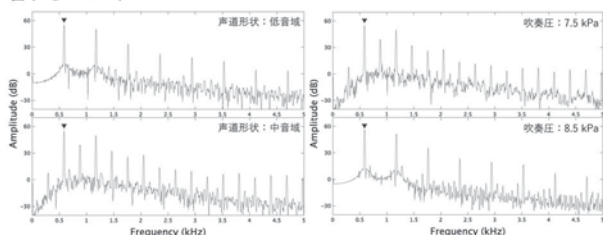
### 3-9-2

#### 3-9-2 金管楽器における サブハーモニックの発生について

On the occurrence of subharmonics in brass instrument sounds

☆黒木智穂 鎌木時彦(九州大)

金管楽器の演奏における唇の振動は非線形的な自励振動現象であり、非線形力学系に固有のヒステリシスや分岐現象を内在するものと考えられる。自励振動系の分岐現象が、基本周期の整数倍の周期を有するサブハーモニックを生じることは、音声の発生における声帯振動を対象として調べられている。他方、管楽器においてはサブハーモニックの発生は演奏音においてひずみとして知覚され、望ましいものとはいえないためこれまで焦点が当てられてこなかった。そこで本研究では、金管楽器の一種であるトランペットを用い、楽器演奏時におけるサブハーモニックの発生原因を検討した。また、金管楽器について、奏者の声道音響特性が最小吹奏圧やモードの移行に影響を与える可能性が示唆されていることから、本研究では奏者の声道特性を反映可能な人工吹鳴装置やシミュレーションを用いて検証を行った。その結果、吹奏圧と奏者の声道特性がサブハーモニックの発生に影響することがわかった。



### 3-9-1

#### 3-9-1 Morse の理論に基づくピアノ弦の 空間運動の物理モデル化

Physical modeling the spatial motion of a piano string based on Morse's theory

☆渡邊菜月, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆Morse が示している、しなやかな弦の3次元運動の支配方程式を改良し、それを用いてピアノ弦の3次元運動の要因を考察した。
- ◆施した改良は、曲げ剛性と減衰項の導入、ブリッジの機械インピーダンスとしてのモデル化とその境界条件式への導入、さらにハンマーと弦の間の3次元な相互作用のモデル化である。
- ◆導出した支配方程式を吟味することで、ピアノ弦そのものの支配方程式には方向性はなく、ブリッジにおける境界条件に方向性が存在すること、ピアノ弦の空間運動はブリッジがはられている方向とハンマーの打弦方向が相対的に傾いているために生じることを示した。
- ◆導出した支配方程式を有限差分法により数値計算した結果、空間運動の定性的な再現を行うことができたが、過去の測定結果に示されるような回転方向の変化は見られなかったため、更なる改良が必要である。

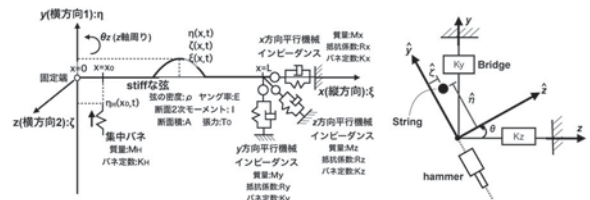


Fig.1: Physical model of a grand piano for its spatial motion.

Fig.2: Schematic diagram of the model proposed in this report.

### 3-9-3

#### 3-9-3 スペクトル法を用いた 小鼓の音響振動連成解析

Vibro-acoustic Analysis of Japanese Traditional Drum Kotsuzumi Using Spectral Collocation Method

☆福田望, 鮫島俊哉(九大・芸工)

- ◆日本の伝統楽器である小鼓の音響振動連成解析を、スペクトル法を用いた数値計算によって試みる。
- ◆ヘッド(革)の非一様性、絞りのあるケトル(胴)の形状という2項目に着目する。
- ◆ヘッド(革)は張力を有する不均一な円形薄板、胴内部音場は3つのケトルからなる多管近似を用いて表現する (Fig.1)。
- ◆実測実験と数値計算の結果を比較したところ、数値計算手法の妥当性が明らかとなった。

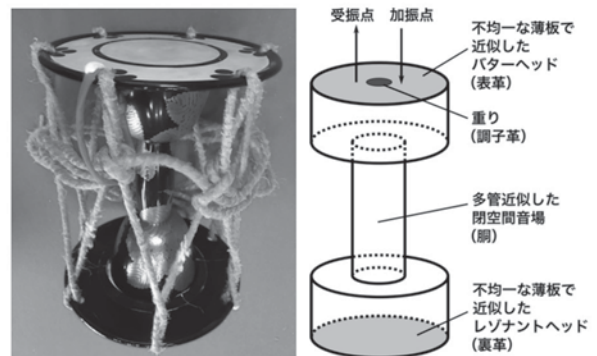


Fig.1: The appearance(left) and the calculated model(right) of Kotsuzumi drum

### 3-9-4

#### 3-9-4 音叉の保持強度が振動の持続に及ぼす影響の検討

Effects of the holding force on the vibration duration of tuning forks

☆野水響太, 大塚翔, 中川誠司 (千葉大)

- ◆音叉には、発振周波数の正確さに加えて十分な音の持続が求められる。一方、基音とともに発生する高調波成分には速やかな減衰が望まれる。
- ◆しかしながら、音叉の製作現場では専ら基音の周波数のチューニングのみがなされており、各振動継続時間の評価は行われていない。
- ◆本研究では、音叉の保持強度が振動の持続に及ぼす影響とその個体差の調査を目的として、同種(同型番)の複数の音叉から発生する音の評価を行った。音叉叩き機 (Fig. 1) を用い、保持強度を変化させながら計測を繰り返し、基音と倍音の振動継続時間の比較を行った。
- ◆保持強度の段階ごとに両音の振動継続時間が変動した (Fig. 2)。この振動継続時間の変動の様子には個体差が存在し、保持強度の変化により個体間の振動継続時間の大小関係が変化した。
- ◆音叉叩き機の使用により保持強度と打撃強度の安定した設定が可能となり、より高い精度における諸条件の比較が可能となった。

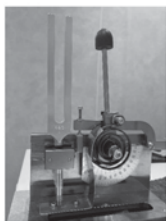


Fig. 1 Tuning fork striking device.

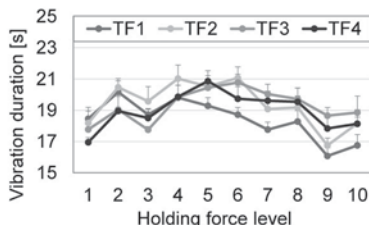


Fig. 2 Vibration duration of the fundamental component at each holding force level.

### 3-9-6

#### 3-9-6 エンドピンの素材が異なるチェロの音響振動測定とその統計的仮説検定を用いた分析

Vibro-acoustic measurement of a cello with different material endpins and its analysis using statistical hypothesis testing

☆酒井新太郎, 鮫島俊哉 (九大・芸工)

- ◆チェロのエンドピンの素材の違いによって楽器音の音色が変わることが、音響振動測定によって示唆されている。しかし、素材の影響を検討するには測定の精度が不十分であった。
- ◆そこで、Fig.1 に示すようにスタンドを用いた複数回の測定と、統計的仮説検定を用いることで測定データの精度向上を試みた。
- ◆統計的仮説検定は 1/3 オクターブバンドレベルに適用し、正規性の検定としてカイ二乗適合度検定と、外れ値の除外のためにスミノルフグランプズ検定を用いた。
- ◆その結果、Fig.2 が得られ、いくつかの帯域に数 dB 程度の差が見られた。

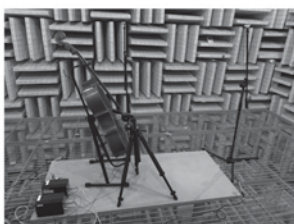


Fig. 1: Measurement of a cello with different material endpins.

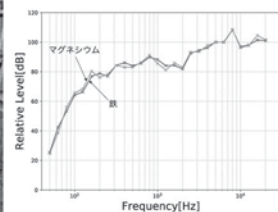


Fig. 2: Cello's average 1/3 Octave band level excluded outliers.

### 3-9-5

#### 3-9-5 中国の民族擦弦楽器「二胡」の物理モデル音響合成

Physical modeling sound synthesis of a Chinese traditional bowed string instrument "Erhu"

○鮫島俊哉, 陳惠佳 (九大・芸工)

- ◆Fig. 1に「二胡」の構成要素の名称を示している。二胡はヴァイオリンと同じ擦弦楽器ではあるものの、楽器の構造の違いから、ヴァイオリンにはない独特な音色を持つユニークな楽器である。
- ◆二胡の楽器構造をなるべく精密に物理モデル化し、その音響振動フル連成解析を行った。Fig. 2に物理モデルを示している。
- ◆数値解析手法としては、構造体に対して有限要素法、放射音場に対して法線方向微分型境界要素法を採用している。
- ◆構築した数値解析手法により、二胡の物理モデル音源の実現を試みた。

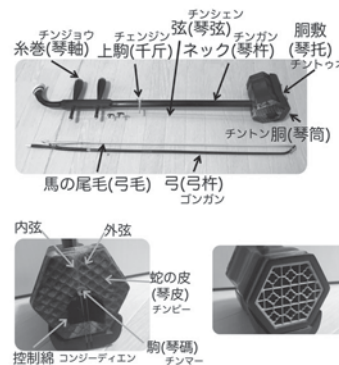


Fig. 1: Components of an "Erhu".

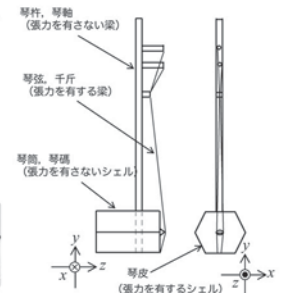


Fig. 2: Physical model of an "Erhu".

### 3-9-7

#### 3-9-7 倍音構造に着目したバイオリンの弓の動作の評価法の提案

A Bowing Motion Evaluation Method for violin performance lesson of Focusing on Overtone Structure

☆恒吉知輝, 脇田由実 (大阪工大)

- ◆本論ではバイオリンのボウイング演奏支援システムを作成するため、弓の角度に着目し、ボウイング自動判断の可能性を考察した。
- ◆【方法】バイオリンの弓の3種類の弾き方(まっすぐ、少し斜め、大きく斜め)の観測情報の違いを短時間スペクトルから確認した。短時間スペクトルの違いを定量化するために、ケプストラム分析により、ケプストラム係数から高調波成分のピークを比較した。
- ◆【結果】まっすぐ弾いたとき (Fig.1) と大きく斜めに弾いたとき (Fig. 2) のケプストラム値に違いが現れることを確認した。また、低次ケプストラムのフレーム間差分の比較から、隣接する短時間での音色の変化量は自動判定システムの閾値として用いることができる可能性を示唆した。

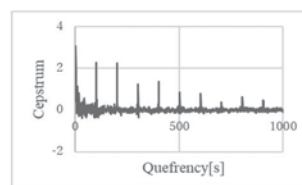


Fig. 1 Cepstrum value when playing with straight bow

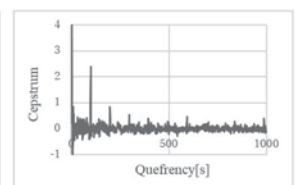


Fig. 2 Cepstrum value when playing with not straight bow

### 3-9-8

#### 3-9-8 ヴァイオリンの振動音響解析モデルの作成 (第1報 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(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、ネック部の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: Parts of violin



Fig.2: 3D scanner (Gom core 200 5M)



Fig.3: FE model for violin neck

### 3-9-10

#### 3-9-10 ギターの音・振動特性と弦の力学的性質 についての検討

Study on acoustic and vibration characteristics of guitars and mechanical properties of strings

◎佐藤真音, 児玉秀和, 横山 栄(小林理研)

- ◆金属弦, ナイロン弦および2種類のフロロカーボン弦について, 力学的性質と開放弾弦後の音と振動特性の違いを検討した。
- ◆弦の線密度は $4 \times 10^{-4}$  kg/m ~  $6 \times 10^{-4}$  kg/m, 単位長さ当たりのばね定数はフロロカーボン弦, ナイロン弦, 金属弦の順に, 弾性  $\tan \delta$  は金属弦, ナイロン弦, フロロカーボン弦の順に大きい値を示した。
- ◆ナイロン弦は金属弦よりも振動加速度および音圧ともに高周波成分が少なく, より著しい $\Delta L_v$ と $\Delta L_p$ の時間減衰を示した。
- ◆振動減衰係数 (Fig. 1)  $C_a$ は金属弦が最も小さく, ナイロン弦, フロロカーボン弦は高次になるにつれて増加した。また, フロロカーボン弦の減衰係数はナイロン弦よりもわずかに小さい値を示した。

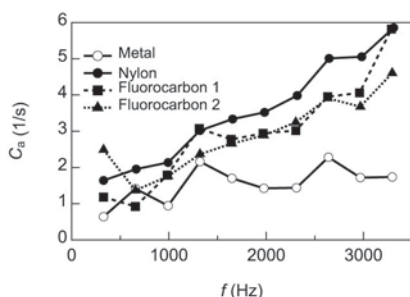


Fig.1: Frequency dependence of vibration damping coefficient  $C_a$

### 3-9-9

#### 3-9-9 東南アジア民族楽器(ベトナム製ダンバウ) の自動採譜に関する研究

A research of "Automatic scoring method" for Southeast Asian folk music instrument (Dan Bau in Vietnam)

☆竹内健次郎(八戸工大), 小坂谷壽一(八戸工大)

- ◆従来の研究では, 伝統音楽(津軽三味線)の採譜精度は95%以上に達し, 既に実用段階にきている。東南アジアの民族楽器に目を向けると, 津軽三味線同様, その多くが口伝により奏法が受け継がれ, 譜面の無い曲が多数存在している。今回, 従来の自動採譜技術の応用展開として, ベトナムの民族楽器"ダンバウ"を取り上げ, その自動採譜化(Fig. 1)について検証と解析を行った。
- ◆既設自動採譜処理技術の応用と, ダンバウシミュレータの試作により, 単音での採譜精度95%以上を達成し, 自動採譜装置の基本仕様は他楽器への応用展開が可能であることがわかった。
- ◆世界(特に東南アジア)にはダンバウ以外にも, 譜面のない民族楽器が多数存在する。伝統音楽を保存すべく, 本採譜技術の応用展開に挑み続けたいと考えている。

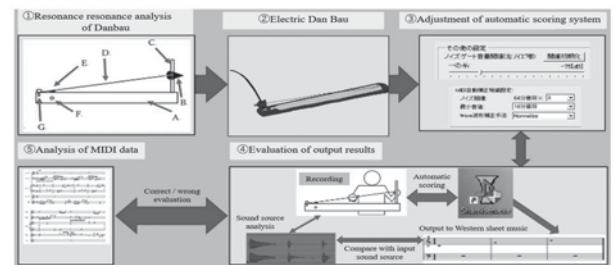


Fig.1: Automatic scoring system configuration of the Dan Bau

### 3-9-11

#### 3-9-11 シングルボードコンピュータとカメラモジュールを用いる楽器搭載型弓速センサー

Bow speed sensor mounted on a musical instrument using a single board computer and a camera module

☆猪崎 遼大(筑波大院).

若槻 尚斗, 水谷 孝一, 海老原 格, 善啓 啓一(筑波大)

- ◆擦弦楽器(ヴァイオリンやチェロなど)において, 音色及び音の大きさに大きな影響を与える弓速の計測を行う。
- ◆楽器本体にカメラモジュール及びシングルボードコンピュータを搭載し, 撮影した弓の毛の動画像から弓速を算出する。
- ◆弦や弓に非接触で計測するため, 演奏動作への影響が軽微であり, 演奏練習や, 演奏情報の記録などへの利用が期待できる。
- ◆擦弦装置を用いた検証実験を行い, 擦弦動作を捉えることができることが確認されたが, 画像処理におけるノイズの影響で弓速の計測値に誤差が生じてしまっていることが示された。

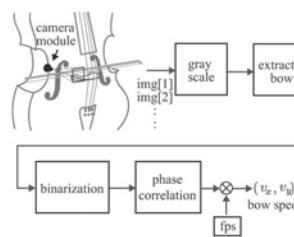


Fig.1: Process of proposed method

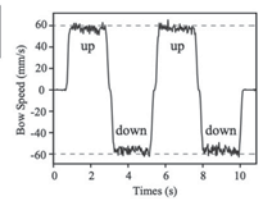


Fig.2: Calculated value of bow speed

### 3-9-12

3-9-12

#### 箏の変遷と楽器製作の現状

Transition of Koto and current state of musical instrument production

○安藤珠希, 安藤政輝(箏曲), △中嶋和輝(三島屋)

- ◆現在の箏のルーツは、奈良時代に伝来したといわれる雅楽で使用されている箏(楽箏)である。関西を中心としたいわゆる生田流箏曲においては、楽箏の型がそのまま傳承されてきた(生田箏)。
- ◆江戸時代後期になって、江戸の山田検校が、全長を少し短く、ソリ・ムクリを強く、絃を支える部分(枕紐)を枕角に替えるなど楽器の改変を行い、音量の増大と音色の鮮明化を図った。それは山田箏と言われ、箏曲が座敷の音楽から劇場の音楽へ転換したことによって現在は標準の型となっている。
- ◆箏の胴には桐が使用され、甲は裏から割り抜いて作られる。割り方によって楽器の性格が決まるため、箏の製作過程で一番経験が必要などころである。
- ◆甲の裏側には「綾杉」といわれる連続的な凹凸がノミで彫られている。この工程は非常に神経を使う部分で、経験に加えて手先の器用さが要求される。
- ◆楽器製作現場においては、材料はもちろんのこと、必要な道具や部品を作る職人の高齢化や減少が問題となっている。職人を育てて技術を継承していくには時間がかかるため、どのようにしていくかが大きな課題である。
- ◆材料の個体差を生かしつつ楽器を製作、「木を見て箏の響きを感じながら削る」には、職人の経験と技術は何よりも大事なものであるが、職人を育てる過程で科学技術の力も借りられないかと考えている。

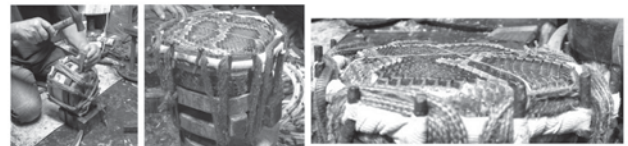
### 3-9-13

#### 3-9-13 時代の変化に伴う邦楽器の製造工程の変化 -三線と三味線の胴の皮張り-

Progress of manufacturing process of Japanese musical instruments with changing times - Manufacturing process of Dou of *Sanshin* and *Shamisen* -

◎西宮康治朗(青学大), 安藤珠希(箏曲), 照屋勝武, 照屋武志(照屋勝武三線店), 加藤章(東京三味線伝統工芸士)

- ◆邦楽器の三線と三味線において、時代の変化に伴い変化した製造工程や材料、中でも胴の皮張りについて現場の職人の話しを基に紹介する。
- ◆伝統楽器においては材料の枯渇が特に大きな問題となっており、代替材の選定や人工的な材質の代用が検討されていることが示された。またいくつかの側面では科学技術の進歩に伴い改良出来る点があることも見えてきた。



Under tension by wooden wedge Complete of the process of insertion of wedge The scales of the snakeskin bristle when the high tension apply to the whole membrane

Fig. 1 Manufacturing process of Dou of *Sanshin*



Attachment of the wooden pins Attachment of the bond to the wooden frame Under tension by wooden wedge Control of the tension with tapping by the nail

Fig. 2 Manufacturing process of Dou of *Shamisen*

### 3-9-14

#### 3-9-14 (招待講演) 木管楽器の発音に関する科学的アプローチ

Physical analysis and understanding on sound production of woodwind instruments

○鬼東 博文(ヤマハ)

- ◆木管楽器の発音の物理現象は未だ明らかになっていない部分があり、物理現象の詳細把握に基づくより良い音づくりや製品開発の取り組みの促進は重要なテーマである。
- ◆この取り組みのひとつである、発音の自励振動のメカニズム解明を目的としたリコーダーの圧縮性流体解析評価を紹介する。
- ◆評価する物理量として同一単位のエネルギーを取り扱うことにより、物理現象のより詳細な検討、評価が可能になった。
- ◆音の定常状態とともに、音の立ち上がりにおけるエネルギーの変動の特性を詳細に検討することで、自励振動に大きく寄与する可能性のある要素を抽出した。

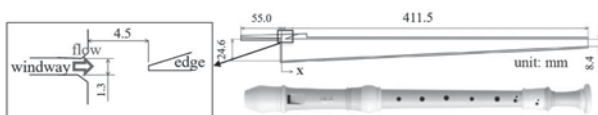


Fig. 1: Schematic of the alto recorder model

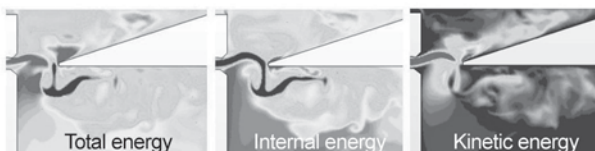


Fig. 2: Energy fluctuations of the sound in steady state

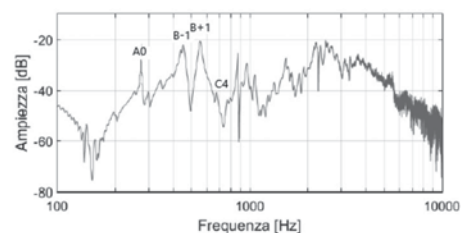
### 3-9-15

#### 3-9-15 バイオリン史 機能の拡張から性能の向上へ

History of the violin From Expansion of Function to Improvement of Performance

○西村翔太郎(バイオリン製作家)

- ◆バイオリン史を「擦弦楽器の誕生」「機能の拡張の時代」「性能の向上を求める時代」「現状の課題」に分けて見ていく。
- ◆擦弦楽器の誕生(〜7世紀) 古代オリエント各地で生まれた弓で弦を擦る楽器が特化し、北アフリカとヨーロッパへと伝わっていく。
- ◆機能の拡張の時代(7世紀〜18世紀) ヨーロッパへと伝わる中で、重音を弾く伴奏楽器からメロディー楽器へ、低音を出すための大型化が可能な構造へ、と機能を付随していく。
- ◆性能の向上を求める時代(19世紀〜21世紀) 演奏技術がピークを迎え、新しい機能が求められることは無くなり、音質や音量の改善へと向かっていく。
- ◆現状の課題(21世紀〜) 様々な音響物理学的な手法での解析が進んでいるが、複雑系の振動現象と計測結果の相関関係を見つける事が困難であり、「弾き心地」や「音色」など定量化が困難なものを志向しているため、再現性や反証可能性を検討することが課題となっている。



Measuring violin sound radiation on SHOTARO NISHIMURA's violin at Museo del Violino Cremona

### 3-10-1

#### 3-10-1 重度障害者の視線入力によるライブ演奏を目指した音楽インタフェースアプリの開発

A music interface application designed for live performance using gaze input by a physically disabled person

○藪謙一郎, 伊福部通(東大)

- ◆パソコンのキーボードやスイッチ等の操作が困難になった重篤な筋・神経系の患者は、日常的に専用ソフトウェアと特殊なスイッチ・コントローラ類を組み合わせて、パソコン(PC)を操作する。
- ◆既存の高機能な音楽ソフトウェアは、音楽キーボードやパッドコントローラをPCへ接続して使うことが前提となっていることが多い。
- ◆我々は、重度の筋疾患患者が音楽ライブ演奏を可能にするための音楽用インタフェースソフトウェア CueGazer の開発を行った。
- ◆発表ではその開発経緯と活用事例を述べる。



Fig.1: An example of using "CueGazer" to play music with an eye-tracking system.

### 3-10-2

#### ヒアリングループの応用と展開

Application and deployment of Hearingloop

☆小田桐空大(神奈川工科大), 上田麻理(神奈川工科大), 中村健太郎(東工大), △小川喜道(神奈川工科大), △徳差健悟(作曲家)

日本におけるヒアリングループの導入状況は欧州や諸外国に比べて低い。海外の鉄道駅の窓口やスーパーマーケットのレジ、空港など一般的に普及している状況や、APD者の増加、昨今のコロナ禍でのマスク装着、パーティション設置による会話の聞こえの低下などを鑑みた場合、日本においてもヒアリングループを有効活用可能な状況にしていきたいと我々は考える。日本でのヒアリングループの普及を大目的として、今回は避難所における情報提供エリアやエンターテインメントエリアの設置、美術館での案内、さらにアートへの活用可能性を探った。



Fig.1 厚木市指定避難所におけるヒアリングループの設置例 エンターテインメントエリアとしてテレビ周辺に設定した

### 3-10-3

#### 3-10-3 視覚障害者の調理における音支援の検討 その1 ~「音のレシピ」作成に向けた調理実態調査~

A Study of Sound Support in Cooking for the Visually Impaired -Part 1- ~A survey on the cooking situation for the creation of "sound recipes"~,

☆油井あまね, 寺門勇輔, 上田麻理, △饗場直美(神奈工大)

【目的】視覚障害者が感じている調理時の困難を明らかにするために、調理に関するインタビュー調査を実施し、音の料理レシピによる調理時の音支援の在り方を検討する。

【方法】全盲の視覚障害者女性4名に対し、Zoom®で調理過程についてのインタビュー調査を実施し、KHCoder (Ver.3.0) を用いて共起ネットワーク分析を行った。

【結果】「お湯」を「注ぐ」作業において、「音」を中心に「量」や「止める」「判断」にかかわる言葉が共起していた (Fig.1)。



Fig.1: Co-occurrence network of interviews about the "pouring" process

【今後の展望と課題】視覚障害者が音を中心に調理判断をしていることが明らかになったが、今後は対象者数を増やし、料理の音に着目した「音の料理レシピ」を作成し、幅広い食事づくりに寄与したいと考える。

### 3-10-4

#### 3-10-4 視覚障害者の調理における音支援の検討 その2-音から液体の量を知る-

Investigation on acoustic assist for visually impaired person in cooking situations - Part II: Estimation of amount of water by sound

☆寺門勇輔, 油井あまね, △饗場直美(神奈川工科大), 長谷川英之(富山大), 中村健太郎(東工大), 田中哲雄, 上田麻理(神奈川工科大)

本研究では全盲者の音による調理支援を大目的として、今回は水を注ぐ音に着目し、水を注ぐ音の音響的特徴と量の関係を明らかにするために、水を注ぐ音の音響計測と解析を行った。

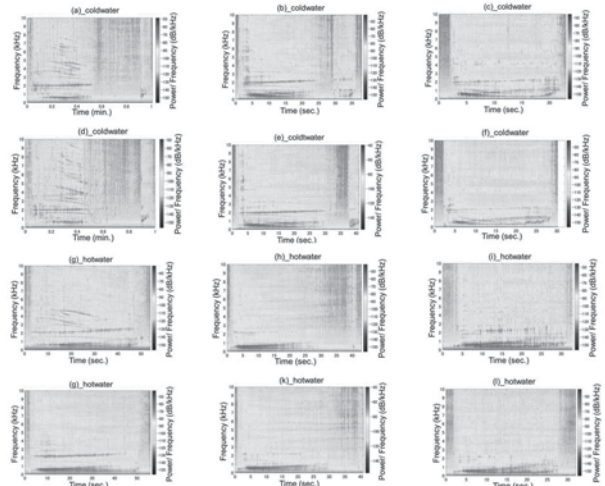


Fig.水をピーカーに注ぐ音のスペクトログラム

## 3-10-5

3-10-5 ネット同時配信のための適切な  
字幕表示タイミングの検討

Examination of appropriate subtitle display timing  
for simultaneous online distribution.

◎伊藤均, 田中社, 佐藤裕明(NHK), 三島剛(NES), 河合吉彦,  
小森智康, 佐藤庄衛(NHK)

- ◆NHK では生放送の字幕をそのままネット配信で利用する場合、必ずしも字幕表示タイミングは放送中の発話タイミングとは一致しない。
- ◆ネット配信時に番組中の発話と字幕表示のタイミングを同期する生字幕同期サービスを開始し、字幕表示タイミングを調整可能になったことから、ネット配信における適切な字幕表示タイミングを調査した。
- ◆生字幕番組の5ジャンル(ニューススタジオ部分、ニュースVTR部分、トークコーナー、スポーツコーナー、気象コーナー)について字幕表示タイミングの異なる素材を複数用意し、字幕表示タイミングに関する主観評価実験を実施した。
- ◆主観評価実験の結果から、発話速度や映像切り替わりテンポの速いトークやスポーツコーナーでは発話タイミングとの字幕表示のずれによる評点の影響が他のジャンルと比較して大きくなるなど、ジャンルごとに許容される字幕表示タイミングが異なる可能性を示した。

## 3-10-7

## 3-10-7 STの臨床における録音環境調査

Survey of recording in a clinical environment of speech therapist

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

- ◆言語聴覚士は、ことばのリハビリを行う職業である。養成校では、音響学が必修科目となっている。その知識は、臨床での音響分析として応用することも目的とされている。カリキュラムには、その基礎知識が含まれる。しかし、症例検討会などの研究目的の場合を除き、日々の臨床において、録音をして音響分析をすることは少ないようだ。
- ◆本発表は、養成校の音響学教師が、現役言語聴覚士とともに音響学の活用法を探ることを目的とした「STのための音響学」という講習会の「第2回音声の録音・保存方法」の後のアンケートで、臨床においてどのような録音場所、録音機材があり、どんな録音対象を想定しているかを質問した。その結果を報告する。
- ◆録音機材は、ICレコーダーが一番多く、これから揃える予定、何も無いという回答もあった。マイクについての記載は少なかった。
- ◆録音予定の場所は、防音なしの言語訓練室が一番多かった。より雑音の多いベットのサイドや患者の自宅という回答もあった。音響分析を行うためには、音声以外の雑音をどのように防ぐかが課題である。
- ◆録音予定の音声は、構音障害や音声障害の音声が多かった。その他の疾患で、音声に歪みが出るものなどもあった。
- ◆今後は、このような特殊な環境でどのように音響分析のための録音を行うか、様々な性質を持つ音声をどのように分析するかを検討する必要があるだろう。

## 3-10-6

## 3-10-6 ST養成校の音響学の思い出調査

Impressions of acoustics class in the speech therapy course

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

- ◆言語聴覚士ということばのリハビリを行う職業がある。その養成校では、音響学が必修科目である。しかしながら、音響学を苦手とする学生が非常に多いと言われる。先行研究は、一部の養成校の結果であるので、一般的なことであるとは言えない。
- ◆本発表では、現役言語聴覚士対象の音響学の講習会に、日本全国から参加した様々な養成校出身、様々な年代の言語聴覚士に対して、養成校での音響学・聴覚心理学の難易度、好き嫌い度の思い出を調査した結果を報告する。さらに、各科目内のより詳細な分野別の苦手度と今後、講習会で復習したい分野の傾向も概観する。
- ◆調査の結果は、音響学と聴覚心理学ともに、難しく、嫌いだったが、「嫌いだった」の回答は、「難しかった」の回答と比較して減っていた。難しかった記憶があるが、実は興味はあったことが読み取れる。また、養成校卒業後、多くの臨床で活躍する言語聴覚士が、今回の講習会に参加してくれたように、卒業後もまだ音響学に興味を持っているようである。
- ◆より詳細に分野別に調べると「音の物理的側面」の苦手度がやや高く、「音声の音響分析」を復習したいと考えているようだ。
- ◆今後は、音響学教師が、この興味にどのように答えられるかについて、講習会の参加者の言語聴覚士とともに考え、実際の授業に反映させていきたいと考える。

## 3-10-8

## 3-10-8 この音何ml(ミリリットル)?

What is this sound in mL?

○上田麻理, 田中哲雄(神奈川工科大学)

<あらまし>

本稿では、全盲者の音による調理支援を大目的として今回は水を注ぐ音から量を判断するトレーニングアプリケーションを開発したので紹介する。

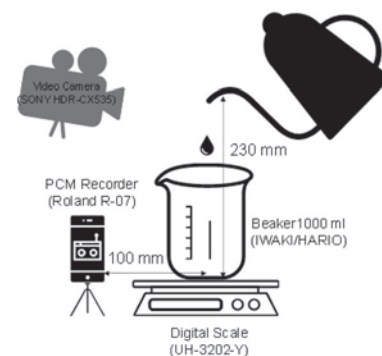


Fig. 水を注ぐ音の音響計測

### 3-10-9

#### 3-10-9 教室内の音響特性が小学生の英単語リスニングに与える影響に関する検討

An investigation into effects of classroom acoustics on Japanese children learning English at elementary schools

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

- ◆教室における子どもたちの学びには、子どもたちの「聴き取る力」と得られる学習効果との関連性が益々重要になっています。
- ◆教室内の音環境が劣悪では、子どもたちは「必死に聴き取ること」だけで消耗し、新たな学びに使えるエネルギーなど残っていません。
- ◆子どもの聴力は大人に比べ未発達なので、同じ教室にいても、大人たちが子どもたちの直面する社会課題に自然に気付くことは困難です。
- ◆子どもたちが学ぶ音環境に関しては、実環境での測定データを含む科学的なエビデンスはまだ不十分です。
- ◆大切な子どもたちの耳に向けて、日々教室で鳴らされている音を改善したくても、その適切な音響特性について、教室環境の整備や管理に携わる大人たちが参考に出来るような明確な指標が足りません。
- ◆何年もかけて英語授業を受けてきたにも関わらず、多くの日本人は、未だに自信をもって英語を使いこなすことが出来ません。
- ◆音を改善することで、英語の授業を含め、子どもたちが教室で学ぶ機会はもっと有効活用出来ます。
- ◆本研究では、実環境における日本人児童の英語学習と教室内の音環境との関係について調査するため、公立小学校で2種類の拡声システムを用いた英語リスニングテストと音響測定を実施しました。その解析結果から、音に関わる見えない社会課題の可視化を始めています。

### 3-10-10

#### 3-10-10 複合現実を用いた空間モードの可視化と測定

☆Cheng Chi Shun Jason, 及川靖広 (早大理工)

- ◆In the field of acoustics education, simulation and other visualization methods are often used to visualize and demonstrate the transmission of sound energy in a field.
- ◆However, there are limitations regarding conventional methods.
- ◆Therefore, a new approach in acoustic visualization that utilizes Mixed Reality technology is proposed.
- ◆Sound field of resonating Chladni's plate, air column, and irregular room is visualized and acoustic phenomena were identified.
- ◆The proposed MR system allows the identification of various real-life acoustic properties which are often neglected in theoretical analysis.

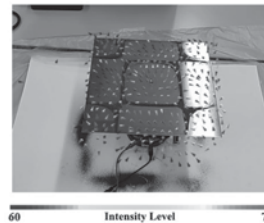


Fig. 1: Measured sound flow of near a resonating Chladni's plate. The sound intensity appears to be directed towards nodal lines and are also weaker around them.



Fig. 2: Measured sound flow of an air column resonating at its 3rd harmonic. The antinode can be seen further away from its opening due to end correction.

### 3-1P-1

#### 3-1P-1 低域効果用スピーカによる群遅延が聴感に与える影響

The effect of group delay caused by loudspeakers for Low Frequency Effect on the sound quality

○小野一穂 (NHK-ES), 杉本岳大, 大出訓史, 大久保洋幸 (NHK)

- ◆5.1 サラウンド等の低域効果チャンネルで用いられる低域効果用スピーカで問題となる群遅延の、聴感に与える影響を調査した。
- ◆低域効果用スピーカの典型的な群遅延特性を、Linkwitz 型クロスオーバーフィルタの出力を合成した全域通過フィルタで模擬した。
- ◆様々な群遅延特性を模擬するため、クロスオーバーフィルタの遮断周波数を3種類、フィルタ段数を6種類とした。
- ◆評価に用いる音源はバスドラムとエレキベースの2種類とし、ローパスフィルタによる帯域制限有/無の2条件を設定した。
- ◆評価試験の結果、群遅延は数 ms 程度で検知され、30 ms 程度 (fc=80 Hz、フィルタ段数4段) で違いが気になることがわかった。

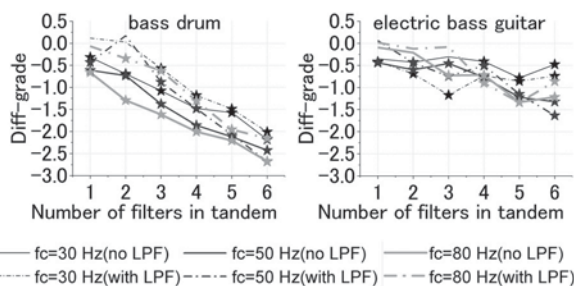


Fig.1 Evaluation results for group delay (left: bass drum, right: electric bass guitar). Values with markers (★) are those whose 95% confidence interval do not exceed zero.

### 3-1P-2

#### 3-1P-2 多点制御法を用いた非再生領域の生成におけるスピーカ配置の検討

A Consideration on Loudspeaker Placement for Generating Suppression Area with Genetic Algorithm

☆周桐 (龍谷大院・理工学研), 安枝和哉 (東京医歯大),

片岡章俊 (龍谷大・先端理工)

- ◆ 多点制御法による非再生領域の生成について、スピーカと抑圧制御点を同時に遺伝的アルゴリズム (GA) で配置する手法を提案した。
- ◆ 3m×3m の部屋を対象領域、中心部の 1m×1m を目的領域とし、抑圧制御点のみ GA で配置する従来法と提案法との比較を行った。
- ◆ 計算機シミュレーションによる評価実験から、提案法は従来法より目的領域で抑圧できることを確認した。

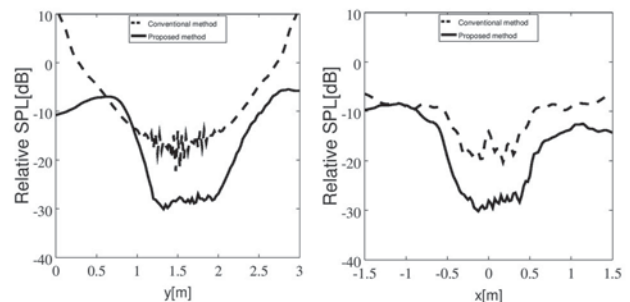


Fig. 1: Relative sound pressure level on x=0 (Left) and y=1.5 (Right) in both method (Dashed line: Conventional method, Solid Line: Proposed method)

### 3-1P-3

#### 3-1P-3 複数音源下でのライン露光順次読み出し方式カメラによる音源強調

Sound Source Enhancement Using a Rolling-shutter Camera under Multiple Sound Sources

☆杉浦寿明, 立蔵洋介(静大・院・総合科学技術研究科)

◆本研究では、カメラで撮影された映像内で発生している音を復元する技術に着目し、物体の振動を撮影するこの技術が、被写体付近に存在する音源のみ獲得可能であるか調査。

◆実験: Fig. 1に示すように音源を二つ配置し、カメラで撮影された画像から音波を抽出。

◆結果: カメラ映像から抽出された信号はマイクにより録音された信号よりも目的音源を強く強調していることを確認。

◆本稿では、音源と被写体の距離を変化させた実験も行い、距離減衰が抽出結果に与える影響についても調査した。

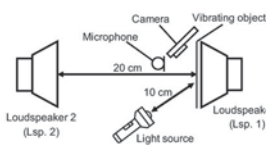


Fig.1: Experimental environment

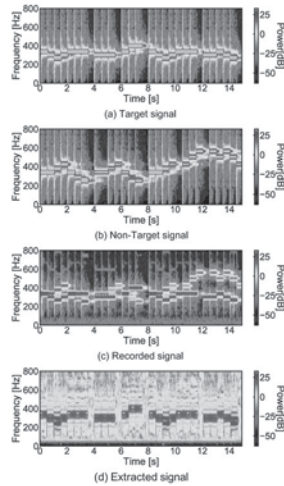


Fig. 2: Spectrogram of each signal. (a) and (b) is the presented signals. (c) is the recorded signal. (d) is the extracted signal.

### 3-1P-5

#### 3-1P-5 MeshRIR: 音場分析・合成のための格子点上室内インパルス応答データセット

MeshRIR: A dataset of room impulse responses on meshed grid points for sound field analysis and synthesis

○小山翔一, 西田智哉, 木村圭佑, 阿部拓実(東京大学), 植野夏樹(東京都立大学), Jesper Brunstöm(東京大学)

- ◆MeshRIR と呼ぶインパルス応答データセットを新たに公開した。
- ◆測定領域を細かく離散化した格子点上におけるインパルス応答データであり、音場分析・合成法の評価に適している。
- ◆2つのサブデータセットが利用可能であり、一方は単一音源から3次元立方体の測定領域まで、もう一方が32音源のアレイから2次元正方形の測定領域までのインパルス応答データとなっている。
- ◆音場分析・合成法のサンプルコード付き。
- ◆詳しくはこちら: <https://sh01k.github.io/MeshRIR>

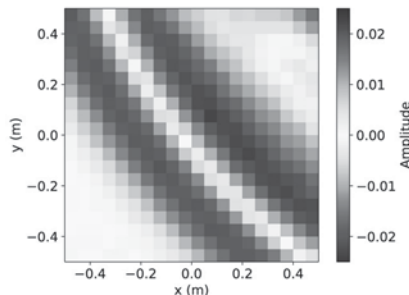


Fig.1: Visualization of instantaneous pressure field by using measured impulse responses

### 3-1P-4

#### 3-1P-4 バイノーラル收音再生システムにおける両耳間レベル差及び時間差の個人化に関する一検討

An investigation on individualization of binaural level difference and time difference in binaural sound reproduction system.

○渡邊貴治, 日高幸祐, 西口正之, 高根昭一, 安倍幸治(秋田県立大)

◆背景と目的

- ある空間の音情報を別の空間で高い臨場感で再現するため、バイノーラル録音信号を個人化する方法を検討
- バイノーラル録音信号を調整して、両耳間レベル差(ILD)と両耳間時間差(ITD)を聴取者のものに合わせることで個人化する
- ◇ ILD・ITDはHRTFを測定せずあらかじめ何らかの方法で取得する
- ◇ 複数音源に対応するため、ILDに基づき音源方向を推定してから個人化を適用する

◆実験内容

- 聴取者のHRTFを畳み込んだ音("own"), ダミーヘッドのHRTFを畳み込んだ音("dummy"), 本研究の方法で個人化した音("individualized"), 未処理の音源信号("low anchor")を比較
- "own"をリファレンスとし、「定位感」「音色」「総合的印象」について1(全く似ていない)~5(ほぼ同じ)の5段階で評価

◆結果・考察

- 全被験者、全方向に対する評価点の平均値(Fig.1)からは、個人化の効果が見られなかった
- 被験者ごとに音源方向を前方の場合について検証した結果(Fig.2), 被験者によっては個人化の効果が見られた

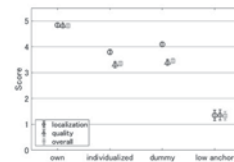


Fig.1: Subject's scores for each condition

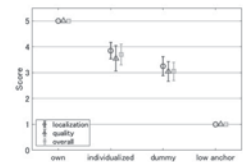


Fig.2: Subject's scores for each condition (Sub.3, frontward)

### 3-1P-6

#### 3-1P-6 耳介を中心とするHOA再生における頭部運動への追従手法の検討

A method for responding to listener's head movements in binaural centered HOA reproduction

☆川崎 悠季, 大谷 真(京大院・工)

- ◆受聴者の耳介位置での音場の再現精度を維持することを目的に、耳介を中心とするHOA再生手法が提案されている。
- ◆これらの手法では、受聴者が頭部運動を行う場合、耳介位置の変化に応じて、制御対象となる耳介周辺での音場の展開係数をその都度取得する必要がある。
- ◆本報告では、受聴者の頭部が回転する場合を想定し、座標系の回転による、球面調和係数に対する回転行列を利用することで、耳介位置での展開係数の効率的な取得手法について検討した。
- ◆数値シミュレーションによる結果から、計算速度の観点で、本手法の有効性が示された。

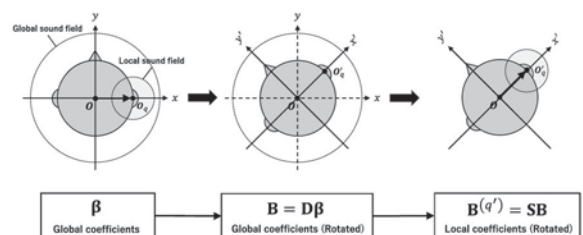


Fig. 1 Process of the proposed method



### 3-1P-7

#### 3-1P-7 遺伝的アルゴリズムと音圧分布のフィッティングによる多点制御法の制御点配置最適化

Optimization to control point in the multi-point control method using genetic algorithm and curve-fitting.

©安枝和哉(東京医大), 周桐(龍谷大), 片岡章俊(龍谷大)

- ◆多点制御法を用いた複数エリア再生において、これまでに制御点配置を遺伝的アルゴリズムで決定する手法を提案している。
- ◆従来手法では遺伝的アルゴリズムの適合度にエリア間の平均音圧比を用いていたため、場合によっては再生エリアに対して鋭い指向性が形成され、エリア内での音圧にばらつきが生じていた。
- ◆本研究では、適合度に音圧分布を任意の関数で近似した時のパラメータを用いることで、再生エリア内での均一な再生を行いつつ、複数エリア再生を実現する手法を提案した。

Table.1: Mean of standard deviation of sound pressure level in each area

Number of reproduction point		1	2	4
Conventional	Reproduction area	5.95	4.07	4.02
	Suppression area	3.44	3.40	3.27
Proposed	Reproduction area	4.92	4.00	3.96
	Suppression area	4.15	4.99	5.21

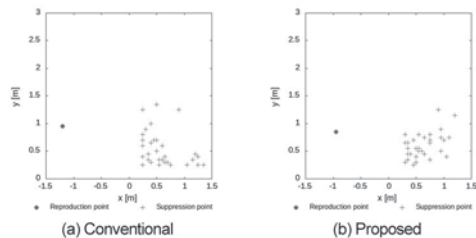


Fig.1: Arrangement of control points by genetic algorithm

### 3-1P-9

#### 3-1P-9 反射板の大きさによってパラメトリックスピーカの反射音が受ける影響の検討

A study of the effect of different sizes of reflecting board on the reflected sound of parametric loudspeakers.

☆加藤弘士朗, 上原正志, 大川茂樹(千葉工大), 福島学(日本文理大), 柳川博文(arsI)

- ◆パラメトリックスピーカ(PAL)による指向性の鋭い放射音を受聴者の後方で反射させ、サラウンドシステムにおける後方スピーカとして利用。
- ◆PALのビーム幅やビームの減衰に関する反射板の大きさの違いからの検討。
- ◆反射板が大きくなるにつれ、音圧は上昇。
- ◆ビームの広がりや減衰に顕著な差はない。

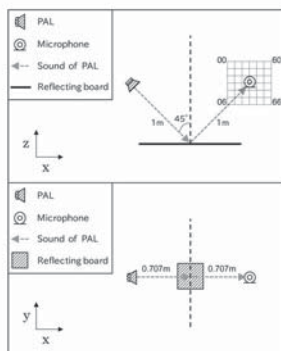


Fig.1: Top and side view during the experiment.

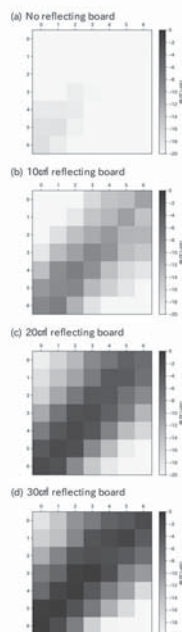


Fig.2: Heatmap of the maximum value of impulse in the condition with reflection.

### 3-1P-8

#### 3-1P-8 移動音の方向を知覚するために必要な移動角度の推定 -恒常法による再検討-

Estimate the movement angle required to perceive the direction of moving sound. -Reexamination by the constant method-

☆小竹一輝, 工藤彰洋(苫高専), 武居周(宮大工)

- ◆ヒトは音を定位できない時、無意識に頭部を回転させる性質がある。この頭部回転を移動音により再現することで、VRサウンドの定位向上をめざす。
- ◆上記のアプローチとしてヒトが移動音の移動方向を知覚するために必要な移動角度を、恒常法により推定することを目的とした。
- ◆Table 1に示すパラメータを基に150種類の右回りか左回りの移動音であるVRサウンドを生成した。それをランダムに再生し、Fig.1に示すようにその音が右回りか左回りだったのか回答させた。

Table 1 Parameters that generate the moving sound.

Start angle[°]	Moving speed[°/s]	Movement angle[°]
0		1,2,3,4,5
45	2,4,8,16,32	2,4,8,16,32
90		4,8,16,32,64

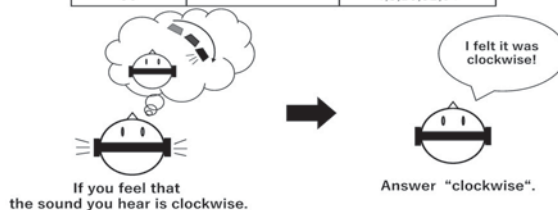


Fig.1 Experiment outline.

- ◆実験結果より、被験者ごとの各移動開始角度における移動角度-正答率の心理測定関数をフィッティングし、閾値を求め、比較・検討した。また各移動速度-正答率についても被験者ごとに比較・検討した。

### 3-1P-10

#### 3-1P-10 パラメトリックノッチピークモデルを用いた頭部伝達関数の個人化ソフトウェア

A software for individualization of head-related transfer functions using parametric notch-peak model

☆相崎翼, 菊地勇成(千葉工大・院), 飯田一博(千葉工大・先進工)

typical HRTF とノッチ・ピークに関する知見を利用して、HRTFの個人差に連続的に対応することができるPNPモデルを提案した。また、このパラメータを聴取者自身が調整することにより、個人化HRTFを生成できるソフトウェアを開発した(Fig.1)。音像定位実験の結果、個人化したHRTFの前後誤判定率は10%以下、平均定位誤差は10°以内であった(Fig.2)。



Fig.1 GUI of PNP model for individualization of HRTF.

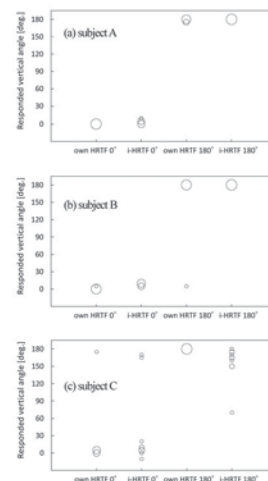


Fig.2 Responses to subject's own HRTFs and individualized HRTFs using PNP model for the front and rear directions.

### 3-1P-11

#### 音像に対する映像位置のずれを知覚する 弁別角度の側方側と正面側の差異

Difference between the lateral and frontal side of the discrimination angle to perceive the gap of image position to sound image.

☆河井薫, 武藤憲司(芝浦工大)

- ◆本研究の目的は、使用者近傍の単一スピーカが作る音像に映像を提示したときに、音と映像の位置がずれたと知覚しない範囲を測定することである。
- ◆ここでは、この範囲を弁別角度とし評価する。斜め方向に提示された音像に対して、正面側に向かって映像を提示したときと側方側に向かって映像を提示したときの弁別角度の違いについて報告する。
- ◆15度方向の音像に対して側方側に映像を提示したときと正面側に映像を提示した実験を行った。その結果は、正面側に映像を提示したときの方が側方側に映像を提示したときより弁別角度が大きかった。この二つに危険率5%で有意差があった。

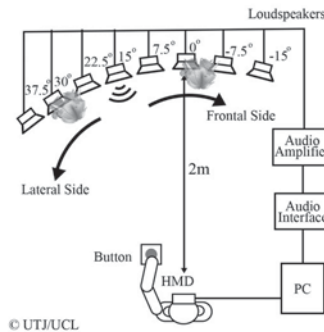


Fig.1: Overview of the discrimination angle measurement method

### 3-1P-13

#### ヘッドホン受聴による振幅操作に基づく ステレオ幅縮退方式の主観的最適化

Perceptual optimization of amplitude-based stereo width shrinkage method in headphone reproduction

☆上野裕生, 水町光徳(九工大)、堀内俊治(KDDI 総合研)

- ◆ステレオ音源をイヤホンやヘッドホンで再生すると、スピーカ再生時のクロストーク成分が存在せず、自然な臨場感を得ることが難しい。
- ◆本研究では、既存のステレオ音源にモノラル信号を加算することにより、簡易的にクロストークを発生させるステレオ幅縮退方式において、バイノーラルレンダリングのステレオ音像幅と比較し、モノラル信号の混合比を主観的に最適化する。
- ◆図1は、クラシック音源(左図)とジャズ音源(右図)に対する実験結果の平均値と、それに対してシグモイド関数をフィッティングした結果をそれぞれ青丸と赤線で示す。被験者全員が、バイノーラルレンダリングのステレオ音像幅が広いと選択した場合は100%、ステレオ幅縮退方式のステレオ音像幅が広いと選択した場合は0%となる。音源により、モノラル信号の最適な混合比が異なることがわかった。

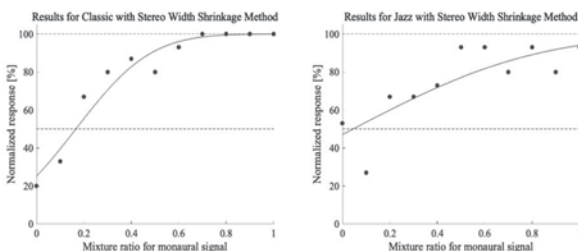


図1 聴取実験の結果(青丸)とシグモイド関数による非線形回帰結果(赤線)

### 3-1P-12

#### 3-1P-12 等価音源を用いた Pressure Matching 法による 2.5 次元音場合成の実験的検討

Experimental study for 2.5D Sound Field Synthesis by Pressure Matching Method with Equivalent Sources

☆鈴木薫佳, 松橋遼, 津國和泉, 池田雄介(東京電機大)

- ◆背景
  - Pressure Matching 法では制御点が多くなるにつれて伝達関数の測定数が増加し、実装が困難になる問題
  - 等価音源を用いることで、少ない測定で多数の伝達関数を推定する手法が提案され、シミュレーションでの検証が行われた
- ◆本研究では
  - 等価音源法を用いた直接音のモデル化とそれを用いた Pressure Matching 法を実験データのデータを用いて検証
- ◆実験結果
  - 実測実験によって、スピーカの伝達関数のモデル化によって、より広範囲の音場制御が可能となっていることが確認された

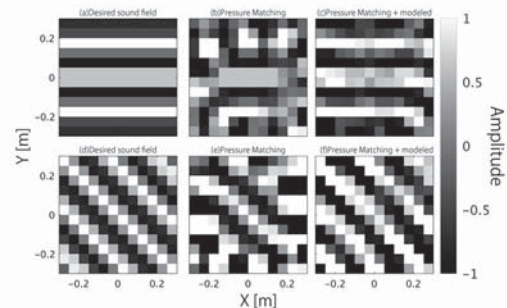


Fig.1: Comparison of sound field synthesis with PM methods

### 3-1P-14

#### 3-1P-14 実音源による仮想音源の 空間的マスキング効果について

Spatial auditory masking effect of real sound sources on virtual sound images

○西口正之, 石原颯馬, 渡邊貴治, 安倍幸治, 高根昭一(秋田県立大学)

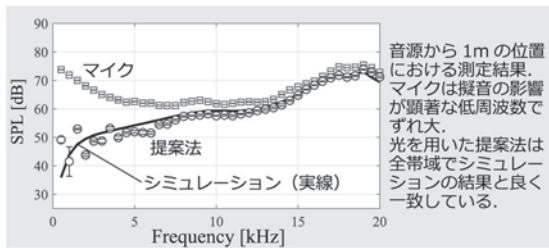
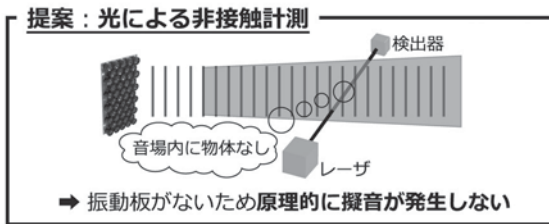
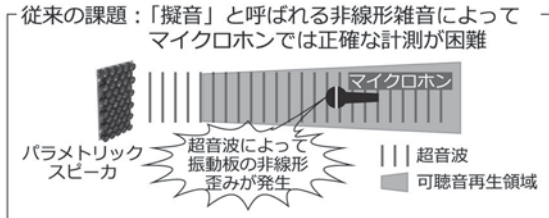
- ◆近年のAR, VRの普及、あるいは映像の高精細化にともない、より高い臨場感を再現するために、3次元音響空間を多チャンネルあるいは多くの音源オブジェクトで表現する伝送・再生システムの開発が進められている。伝送すべきチャンネル数や音源オブジェクト数の増大に伴い、効率的な非可逆圧縮符号化技術の開発が期待されている。
- ◆多チャンネル、多オブジェクトの符号化・再生に資することを目的として、3次元空間上に散在する複数の音源相互のマスキング効果がどのように働くのか、所謂聴覚的空間的マスキング効果について調査してきた。
- ◆今回とくに、実音源と仮想音源が混在する環境で、空間的マスキング効果がどのように作用するのかを実験的に確かめた。AR環境における符号化やレンダリングへの応用、あるいはニアスルー型ヘッドフォンを用いた環境音下でのコンテンツ再生への応用に発展させることを目指す。

### 3-1Q-1

#### 3-1Q-1 精密光干渉計による パラメトリックスピーカ復調音の非接触計測

Non-contact measurement of demodulated sound of parametric array loudspeaker using optical interferometry

○石川憲治, △白木善史, 守谷健弘 (NTT)



### 3-1Q-3

#### 3-1Q-3 リフレクションフィルターによる 録音音声への影響の調査

Investigation of influence to recorded speech by reflection filter.

☆上原正志, 加藤弘士朗(千葉工大), 福島学(NBU), 大川茂樹(千葉工大)

- ◆リフレクションフィルター: 一般的な室における録音の補助的な装置
  - 外部からの雑音の低減や音声の聞き取りやすさ向上の効果が期待
- ◆リフレクションフィルターの種類による音声への影響の調査
  - 音源を配置しての騒音の測定, インパルス応答の測定
- ◆騒音低減効果
  - 受音点にて80[dB]の騒音レベル→10[dB]程度の減衰
  - リフレクションフィルターの形状の影響
- ◆録音音声のレベル変化
  - 多孔質材の種類によって影響

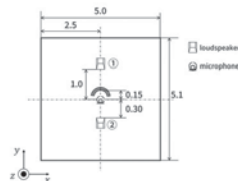


Fig. 1 measurement environment

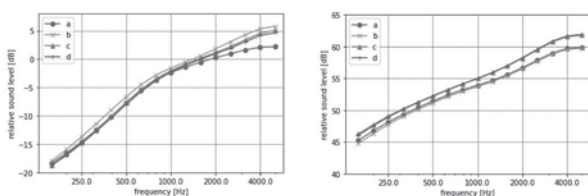


Fig. 2 result of frequency analysis (left: noise, right: room impulse response)

### 3-1Q-2

#### 3-1Q-2 音響特徴量と深層学習に基づく小型 DC モータの故障状態分類に関する基礎検討

Fundamental study on the fault level classification of small DC motors based on acoustic features with deep learning

☆荒堀風太, 坂本真一, 酒井道, 宮城茂幸 (滋賀県立大)

- ◆モータの故障診断方法の一つに音響信号を用いた診断がある。
- ◆音による非侵襲的診断は内部に配線を施すことが難しいモータにとって好ましい手法である。
- ◆モータの音響信号から特徴量を抽出し, 正常なモータとそれぞれの故障状態モータをニューラルネットワークの一つである多層パーセプトロンを利用して分類した。
- ◆モータが故障するまでの過程再現として高電圧, 潤滑剤異常, 経年劣化といった故障状態を段階化させ, その時発生する駆動音録音した。
- ◆評価の結果, 平均正解率 0.990 という高い精度で 4 段階の故障状態を分類することができた。
- ◆正常なモータと潤滑剤異常状態のモータは他の故障状態より音響信号による分類の正解率が低くなることを確認した。(Table 1)

Table 1: Confusion matrix in four-class classification of applying abnormal lubrication

True label	Predicted label			
	NORMAL	LUB_Z	LUB_H	LUB_T
NORMAL	885	4	0	1
LUB_Z	0	886	0	0
LUB_H	1	0	937	0
LUB_T	58	11	1	832

### 3-1Q-4

#### 3-1Q-4 垂直配置パラメトリック・ダイナミック スピーカを用いた垂直方向の 仮想音源距離制御の検討

Study on Distance Control of Virtual Sound Source in Vertical Direction Using Vertical-positioned Parametric-array /Electro-dynamic Loudspeakers.

☆江川琢真, 中山雅人, 高橋徹(阪産大院)

- ◆我々は水平方向における PAL (Parametric-Array Loudspeaker) と EDL (Electro-Dynamic Loudspeaker) を用いた仮想音源距離制御に基づく新しい立体音響システムを提案している。本稿では, 水平方向に垂直方向を追加することで従来手法を全天周に拡張することを試みる。Fig. 1 に提案手法の概略図を示す。Fig. 1 のように提案手法では上層と下層に PAL・EDL を設置, 水平方向の仮想音源距離制御手法と同様に垂直方向の仮想音源の位置に合わせて振幅パンニング用の重みを算出, 出力信号を設計, PAL・EDL より出力することで垂直方向における仮想音源の方位と距離を制御する。
- ◆主観評価実験を行い, 仮想音源の垂直方向と距離の提示性能に関して評価した。Table 1 に垂直方向と距離に関する正答率の結果を示す。提案手法では方向に対しては 70%程度と実音源と同等の結果が得られ, 距離に関しては 80%程度の正答率が得られた。以上の実験結果より, 提案手法の有効性が確認できた。

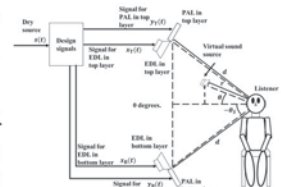


Fig. 1: Overview of the proposed method

Table 1: Correct answer rate for vertical direction and distance

	Real	Proposed
Vertical direction	77.8%	71.1%
Distance	91.1%	77.8%

### 3-1Q-5

#### 3-1Q-5 聴覚マスキングを用いた ディーゼルエンジン音の快音化

Making Engine Sound Pleasant Using Auditory Masking

☆油木悠(広島市大院), △井ノ口楓(広島市大), 石光俊介(広島市大院)

△藤川智士, 松本真典, 岩田陽明, 伊達祐希(マツダ)

- ◆自動車に搭載されたスピーカを用いた聴覚マスキングに着目し、ノック音を含む自動車エンジン音の快音化について検討した。
- ◆ホワイト、ピンク、ブラウンノイズと走行騒音の周波数特性と同じ傾きを持つオリジナルノイズをマスクとして使用し、評価を行った。
- ◆空間マスキング実験では、走行騒音とノック音を合成したものをマスクとして実験を行った。MUSHRA法を用いて評価した結果、マスクの音圧が小さくてもマスキングできる可能性が示唆された。
- ◆アノイアンス実験では、どのマスクの不快感が小さいか調査を行った。一対比較法で評価を行った結果、走行騒音の周波数特性と同じ傾きを持つオリジナルノイズが最も不快ではないマスクとなった。
- ◆マスクとマスクそれぞれ周波数特性の傾きを合わせることで、音圧レベルが低くてもマスキングが可能であることが示唆された。

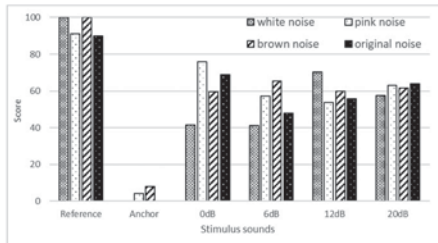


Fig.1 Spatial masking experimental result

### 3-1Q-7

#### 3-1Q-7 2次系推定誤差と帰還系相殺誤差が騒音 低減効果に与える影響

On influence of estimation errors of secondary and feedback paths on noise reduction effect. by FUJII Kensaku (Kodaway Laboratory)

○藤井健作(コダウェイ研)

2次系推定誤差は、これまで Filtered-x 法の安定動作条件に関わる要因とする角度から考察されてきた。また、帰還系相殺誤差は Filtered-x 法では考察の対象外となっていた。その両誤差が騒音低減効果を低下させる仕組みと、その低下を小さく抑える対策について知見が得られたので報告する。

2次系の推定に誤差がある場合、騒音制御フィルタは

$$H'(z) = H_{opt}(z)[1 + \{-\Delta'(z)\} + \{-\Delta'(z)\}^2 + \dots]$$

に収束する。但し、 $H_{opt}(z)$ は誤差マイクロホンの出力をゼロにする最適騒音制御フィルタ、 $\Delta'(z)$ は2次系で正規化した推定誤差を表す。一方、2次系フィルタのタップ数を  $d$  と短くした場合は

$$H'(z) = H_{opt}(z)[1 + \{\Delta'(z)\}z^{-d} + \{\Delta'(z)\}^2z^{-2d} + \dots]$$

に収束することから、騒音制御フィルタのタップ数もまた、 $d$  と短くすることが望ましいと分かる。

帰還系の推定に誤差がある場合、騒音制御フィルタは

$$H'(z) = \frac{P(z)}{C(z)} \left[ 1 + \left\{ \frac{\Delta B(z)P(z)}{C(z)} - \Delta'(z) \right\} + \left\{ \frac{\Delta B(z)P(z)}{C(z)} - \Delta'(z) \right\}^2 + \dots \right]$$

に収束する。但し、 $P(z)$ は1次系、 $C(z)$ は2次系、 $\Delta B(z)$ は帰還系推定誤差、 $P(z)/C(z) \doteq H_{opt}(z)$ であるので、誤差マイクロホンの出力をゼロにできない。この場合においても2次系フィルタのタップ数を短くすることが低減効果の向上に有効であることが示される。

### 3-1Q-6

講演取消

### 3-1Q-8

#### 3-1Q-8 等価回路による密閉型ヘッドホンの 音響的漏洩の検討

Consideration of acoustic leakage in a closed headphone by electrical equivalent circuits

☆酒井新太郎, 鮫島俊哉(九大・芸工)

◆Fig.1 はイヤークシェル振動も考慮に入れた密閉型ヘッドホンの模式図である。このヘッドホンの等価回路は既に著者らによって提案されているが、その妥当性の検証はまだ不十分ではない。

◆そこで、音響的漏洩についてのパラメーターの値を変化させて周波数特性を計算することで、等価回路モデルの妥当性を検証した。

◆その結果、低周波数帯域のレベルが変化し、一定の妥当性が認められた。

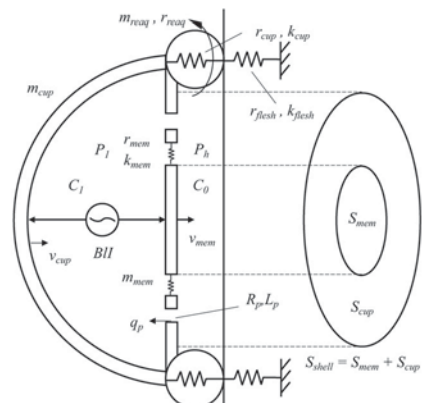


Fig.1: Electrical equivalent circuit of a closed headphone.

### 3-1Q-9

#### 3-1Q-9 線形予測残差を用いたスペクトル拡散型 音声情報ハイディング法: フレーム同期とブラインド検出の検討

Spread-spectrum based speech information hiding method by using linear prediction residue: frame synchronization and blind detection

☆磯山拓都, 鶴木祐史(北陸先端大)

- ◆目的: ブラインド検出にフレーム同期を可能とする, LP-DSS ベースの音声情報ハイディング法を提案する.
- ◆方法: 様々な強度設定レベル (-20 ~ 20 dB) で検討.
  - フレーム同期: フレーム位置をシフトさせ, 情報が埋め込まれた信号と LP 残差の相関が最大となる点をフレーム同期位置とした.
  - ブラインド検出: ある特定のフレームの前後で二つの LP 残差が等しいと仮定. 前後フレームの LP 残差と情報を埋め込む先のホスト信号のフレームを用いて情報埋め込みと検出を行なった.
- ◆結果: Figure 1 と Figure2 より,
  - 強度設定レベルが高くなるにつれフレーム同期の精度が向上.
  - BER の評価よりブラインド検出が可能. -20 dB と -10 dB に関しては, ペイロードが 16 bps 以降はメッセージ信号の検出が悪化
- ◆結論: 強度設定レベルが高い場合は提案法を実現できた.

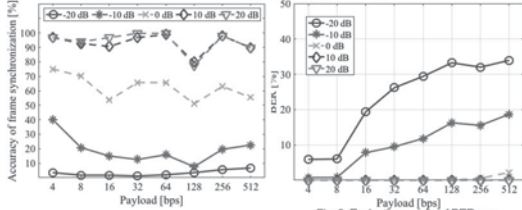


Fig. 1: Accuracy of frame synchronization.

Fig. 2: Evaluation results of BER as a function of the embedding strength level.

### 3-1Q-11

#### 3-1Q-11 現場での空中超音波計測機器 の校正に関する考察 — 音響校正器による校正 —

Study on the practical calibration method of an airborne ultrasound measurement system - Calibration by a sound calibrator -

○高橋弘宜, 平野琴, 山田桂輔(産総研)

- ◆様々な場面で空中超音波の音圧測定が行われている。しかし、測定系の構築法や測定不確かさに関する情報は少ない。
- ◆比較的簡便な方法で校正できることを前提とした測定系を下图に示す。校正手順は以下のとおり.
  - 音響校正器を用いて特定の周波数で系全体を校正
  - マイクロホン感度はメーカー提供の相対感度曲線を利用
  - プリアンプやアンプは説明書記載の仕様を採用
  - 上記の3つを使い、測定系を全周波数域にわたって校正
- ◆校正誤差の要因の一つとして、音響校正器で系を校正する際に音響校正器をマイクロホンに装着するが、そのときの密着度が挙げられる。
- ◆4機種(ピストンホン2機種, スピーカ型2機種)の音響校正器を用いて密着度の影響を調べた。密着の程度によって誤差が最大約0.23 dB 生じることがわかった。



Typical airborne ultrasound measurement system

### 3-1Q-10

#### 3-1Q-10 ノイズ低減によるスピーカの非線形歪 低減処理の改良

Non-Linear distortion reduction of loudspeakers with noise reductions

○石川大, 茂木裕紀, 河合 熊輔, 中島 弘史(工学院大)

- ◆本研究では、音声収録時のノイズに対し低減処理を行い非線形歪低減処理の性能向上を図った。ノイズ低減処理には加算平均とパワースペクトルサブトラクション(以下 PSS)を用いた。
- ◆Fig. 1(a)は再帰処理による SN 比の推移である。加算平均の導入で、再帰回数によらず SN 比が約 5 ~ 13 dB 向上した。PSS の導入で、再帰なしの SN 比は 12.1 dB, 再帰 10 回では 3.8 dB 改善した。
- ◆Fig. 1(b)は再帰処理による歪低減量の推移である。ノイズ低減の有無に関わらず、再帰 2 回まで非線形歪が低減し 3 回以降は増加した。PSS を導入した場合の歪の最大低減量(0 回 - 2 回)は -11.5 dB から -14.3 dB となり約 2.8dB 改善した。

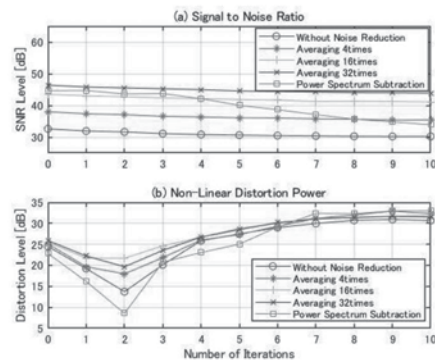


Fig. 1: SNR and Power Average Transition

### 3-1Q-12

#### 3-1Q-12 補助フィルタ法を用いた ヘルメット ANC における 頭部回転への適応手法に関する検討

Improving Robustness of Helmet ANC

with Auxiliary Filter-based Virtual Sensing for Head Rotation.

☆森谷真乃, 梶川嘉延(関西大)

- ◆バイク走行中はロードノイズなどの騒音が問題となる。
- ◆解決策として ANC システムがバイクのヘルメットに導入されている。
- ◆バイク走行中に発生する頭の回転によって ANC システムの位置関係が変化する。よって、この変化に対応するために最適な騒音制御フィルタの切り替え方法について提案する。
- ◆Fig. 1 に今回の実験の配置図と簡略化した測定角度を示す。
- ◆Table 1 に実験結果を示す。Table 1 より、L30 から R30 については約 5 dB の低減効果を維持しており、30 度刻みのフィルタ設定で良いが、それ以外では 15 度刻みのフィルタが必要だとわかる。

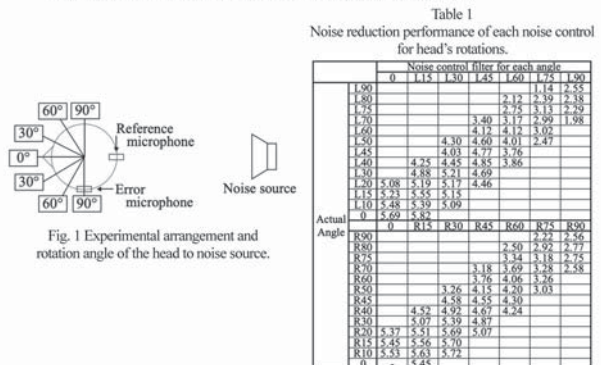


Fig. 1 Experimental arrangement and rotation angle of the head to noise source.

### 3-1Q-13

#### 3-1Q-13 サイドバンドの重み関数の最適化によるパラメトリックスピーカの放射角度の制御

Radiation angle control of parametric array loudspeaker by optimizing sideband weighting function

☆岡野愛, 梶川嘉延(関西大)

- ◆指向性の高い音を放射するパラメトリックスピーカ(PAL)のビーム制御を行うにあたり放射角度やスピーカの大きさが変わるたび1次波を適切なビーム幅に調整する必要があった。そこで、本研究ではサイドバンド周波数の重み関数の最適化を行い、その有効性について検討する。
- ◆解析では放射角度10度に設定して、従来のチェビシェフ重み関数をサイドバンドに用いる方法と、新たに提案した最適化された重み関数をサイドバンドに用いる方法でのビーム制御について指向特性の違いを比較検討した。
- ◆解析の結果、従来法と比べて提案法を用いた場合の方がグレーティンググローブの影響を抑え所望の方向に音響ビームを形成できることがわかった。これにより今回提案した最適化されたサイドバンドの重み関数によるPALの位相制御の有効性を示すことができた。

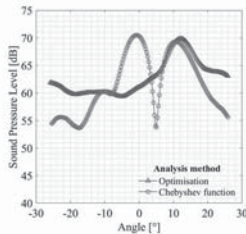


Fig.1: Comparison of directivity among several phased array techniques.

### 3-1Q-15

#### 3-1Q-15 音響測距法による位置推定におけるドップラ効果の影響についての実験的検証

Experimental Verification of the Doppler Effect in the Acoustic Distance Measurement

☆山下涼介, △沖田和久, △林友哉(NBU), 加藤弘士郎, 上原正志(CIT), 大里一矢(シェルエレクトロニクス(株)), 河納隼一((株)アーネット), 近藤善隆((株)ジェイテック), 福島学(NBU), 柳川博文(arsl)

- ☆多点計測の時間的効率化のために移動しながら計測を行いたい
- ◆1) Point0からPoint3まで移動(速度0.1 m/s)しながら計測
- 2) 各Pointの位置で定点計測(Fixed Point)
- ◆移動計測と定点計測で距離スペクトルピークが同じ(影響なし)
- 位置分解能約8 mm(1サンプル以内の変化)では振幅スペクトルに変化が現れない(位相スペクトルは変化する)
- 距離スペクトルは振幅スペクトルから求めるため影響が出なかった

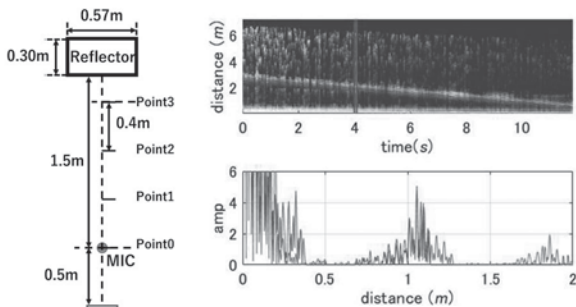


Fig.1 Measurement environment

Fig.2 The Distance Spectrums  
Upper: Result with Moving Carrier Robot  
Under: carrier robot and Point1  
Blue: frame among Point1, Red: Fixed point

### 3-1Q-14

#### 超音波を用いた小型録音装置による盗聴防止技術の検討

Example of an abstract sheet (16pt)

☆早坂学起, 近藤和弘(山形大院・理工学研)

- ◆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。
- ◆チャープ信号を各変調方式で変調。変調方式とパラメータの値によって録音装置にどのようなノイズが混入するかを確認し、盗聴妨害に有効な方式を検討した。
- ◆FM・PMで録音音声のスペクトラムに違いがみられた。
- ◆FMでは50 Hz以下の超低域を再生すると5 kHz付近までノイズが録音された。PMでは位相偏差が0.1πで信号を再生すると可聴域全体にノイズが録音された。

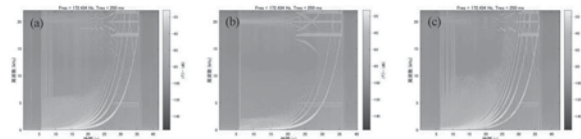


Fig.1: Spectrum of FM modulation.  
(Maximum deviation frequency (a)1.0 kHz, (b)3.0 kHz, (c)5.0 kHz)

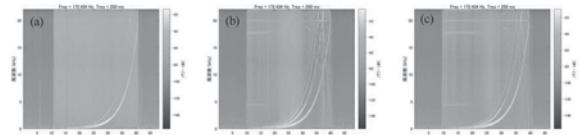


Fig.1: Spectrum of PM modulation.  
(Maximum phase deviation (a)0.1π, (b)0.25π, (c)0.5π)

### 3-4P-1

#### 3-4P-1 聴覚心理的評価の再現性について

On the Reproducibility of Auditory Perceptual Evaluation of Pathological Voice

☆中西萌, 日高駿介, 李庸學, 若宮幸平, △中川尚志, 鏡木時彦(九州大)

- ◆声質に異常がある音声を嘔声と呼び、耳鼻咽喉科ではGRBAS尺度をはじめとする聴覚心理的評価法を用いて嘔声の程度を評価・記録する。GRBAS尺度は、嘔声度G、粗雑性R、気息性B、無力性A、努力性Sの5項目について、聴感印象からその程度を0(正常)~3(重度)の4段階評価を行う尺度である、主観評価であるために再現性の問題がある
- ◆聴覚心理的評価の再現性とその再現性が実験変数(評者の経験年数と職業、患者の性別)から受ける影響を適切に評価するために心理実験を行った。実験には九州大学病院耳鼻咽喉科で録音された音声を用いた。
- ◆経験年数が長いと一定の高い信頼性がある一方で、短い個人差が大きい(図1)。特に、嘔声度G・粗雑性Rでは経験年数による有意差が得られた(図2)。
- ◆医師、言語聴覚士、アマチュアの順で信頼性が高い傾向があったが、これは経験年数の影響を受けた結果である可能性がある。

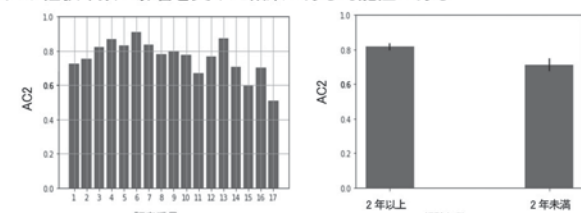


図1. 嘔声度Gについての各評者の再現性(経験順)

図2. 嘔声度Gについての経験年の再現性の群内平均

### 3-4P-2

#### 3-4P-2 頭皮上で検出される骨伝導音声の明瞭性の評価:話者性別の影響

Articulation of bone-conducted speech detected on the scalp :  
Effects of speaker gender

☆南里聡志, △信夫大志, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆骨伝導マイクロホンには周囲騒音を検出しにくいという特長があるが、装着性に問題があった。対して我々は、頭皮上から骨伝導音声を検出するヘルメット型骨伝導デバイスを提案している。
- ◆前報では、前頭部・頭頂部が骨伝導音声の検出部位として有用である可能性を示したが、話者が1名の話者に対する調査であり、検討の余地が残る。
- ◆頭皮上骨伝導音声に対する話者性別の影響の検討を目的として、複数話者による気導および骨伝導音声(男声2名, 女声2名)を用いた単音節明瞭度を行った。また、気導音声を基準として骨伝導音声のSpeech Transmission Index (STI) の推定を行った。
- ◆頭皮上骨伝導音声の明瞭度は話者に依存して変動したが、実用的なレベルに達していた。
- ◆複数部位において、男声に対して有意に高い明瞭度が得られた。しかしながら、話者性別に起因する違いであるのか、それ以外の話者特性によるものかは不明である。より詳細な検討が求められる。

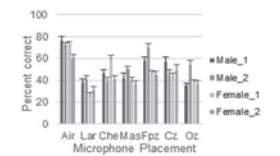


Fig.1 Percent correct of the mono-syllable articulation tests.

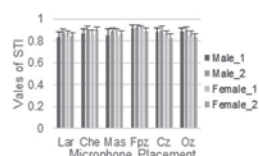


Fig.2 Values of STI

### 3-4P-4

#### 3-4P-4 自己の発話に対する他人声のフィードバックが声の所有感に与える影響

The effect of auditory feedback of other-voice on the sense of voice ownership

☆中川優奈, 田中章浩(東京女子大)

- ◆人は自分と他人を区別して認識することができるが、時にそれが変化することがある。本研究では、音声における自分と他人の境界の変化について検討した。
- ◆実験参加者に単語を読み上げさせ、同時に他人の声をフィードバックし、自己の発話に対して他人の声がフィードバックされる状況に順応させた。
- ◆自分の声から他人の声まで段階的に変化させたモーフィング音声を使用し、呈示されたモーフィング音声に対してどの程度自分らしさを感じたかを回答させ(Fig. 1)、声の自他の境界を測定した。順応の前後で比較した結果、順応後には自他の境界が他人寄りにシフトする可能性が示された。

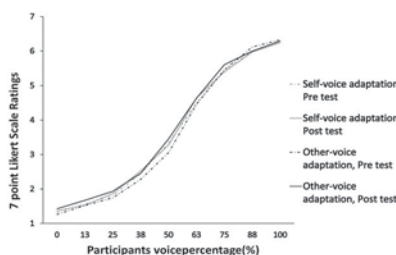


Fig.1: 7 point likert scale ratings on how much the voice sounded like their own voice.

### 3-4P-3

#### 3-4P-3 Lombard 効果を応用した雑音・残響下の明瞭な音声の作成

—話者の性別・発話環境による比較—

Creating intelligible speech based on the Lombard effect in noise and reverberation under speaker gender and speaking conditions

☆小松悠人, 程島奈緒(東海大)

- ◆公共空間で明瞭な音声を提供するために話者の性別と発話環境による明瞭度を調査
- ◆話者: 女性2名(FM1, FM2)、男性2名(M1, M2)
- ◆発話条件: 静音下(Q)、雑音・残響音を聴取しながらの発話(MR・FMR)
- ⇒ 雑音: 男性・女性それぞれのパブルノイズ (M・FM)
- ⇒ 残響: 残響時間 3.6 s のインバルス応答
- ◆聴取実験結果(Fig. 1): 明瞭度が M1, M2 < FM1, Q, FMR < MR で有意に高くなった
- ◆男性雑音・残響を聞きながら発話すると、静音下での発話より明瞭度が高くなり、ロンバード効果と似たような効果が得られた

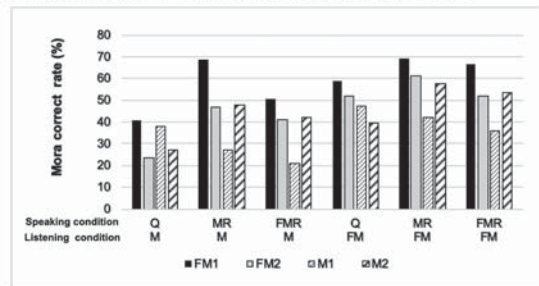


Fig.1: Mora correct rate for experimental conditions and speakers

### 3-4P-5

#### 3-4P-5 錯聴刺激による時間・周波数方向の劣化が End-to-End 音声認識システムに与える影響

Investigating the Impact of Spectral and Temporal Degradation on End-to-End Automatic Speech Recognition Performance.

©芦原孝典, 森谷崇史, 柏野牧夫(日本電信電話株式会社)

- ◆人間の音声には時間・周波数方向に冗長性があり、この冗長性を巧みに利用することで、劣化した音声であっても一定の頑健性を示す。
- ◆本稿では、そのような音響的歪みに対する人間の頑健性がどのようにして実現されるのか探索することを目的として、自動音声認識(本研究では特に End-to-End ASR システム)を人間の音声知覚モデルと仮定して、その特性を包括的に調査・報告する。
- ◆人間の知覚の頑健性を探索するために、既存研究で様々な聴覚刺激・現象が提案・報告されており、本稿では特に時間反転音声 (LTRS)、音韻修復 (PhR)、劣化雑音音声 (NVSS)、変調フィルタ音声 (MFS) の4種類を検討した。
- ◆また、言語による違い、学習データによる違いも同時に検討した。

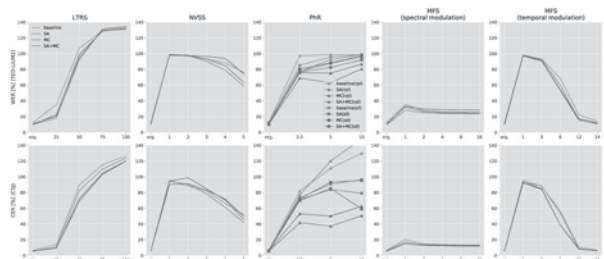


Fig.1: Evaluation results of E2E-ASR systems for each stimulus, each models and each languages.

### 3-4P-6

#### 3-4P-6 自閉スペクトラム症者における聴覚過敏と聴性脳幹反応との関連性

Brainstem correlates of hyperacusis in adults with autism spectrum disorder  
 ○藤平晴奈(NTT CS 研), 糸井千尋(国立リハビリテーションセンター研究所), 古川茂人(NTT CS 研), 加藤進昌(昭和大学発達障害医療研究所), 柏野牧夫(NTT CS 研)

- ◆自閉スペクトラム症 (autism spectrum disorder: ASD) では、感覚異常があることが知られており、中でも聴覚過敏は多く報告されている。
- ◆しかし、ASD の聴覚過敏に関する神経生理学的な検討は非常に少なく、そのメカニズムは不明である。
- ◆本研究では、ASD 者と年齢と IQ で統制した control から聴性脳幹反応 (auditory brainstem response: ABR) を測定し、聴覚過敏質問紙 (Hyperacusis Questionnaire HQ) のスコアとの関連性について検討した。
- ◆その結果、ABR のピーク潜時が短くなるほど聴覚過敏症状が強いことを示された (図 1)。

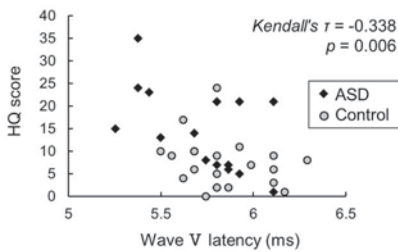


Fig. 1: HQ scores are significantly correlated with the absolute latencies of wave V .

### 3-7P-1

#### サーモホンを用いたコウモリ模倣 FM 音によるアクティブソナーの検討

—ドローンの飛行ノイズに対するロバスト性について—  
 Active SONAR system with thermophone by using nonlinear FM pulse mimicking bats' echolocation sound -robustness evaluation for drone flight noise -

◎山田恭史(広島大), 渡部佑真, 佐々木晋一, 浅田隆昭(村田製作所), 飛龍志津子(同志社大)

- ◆自律飛行ドローンの普及が進み、非 GPS 環境下での超音波センサ運用が期待される中、汎用性を高めるためには飛行ノイズ耐性が課題。
- ◆広帯域超音波の放射を可能とする熱音響変換素子サーモホンに着目。
- ◆サーモホンをドローンへ搭載し、コウモリ模倣 FM パルス (図 1B) を用いたパルス圧縮センシングを飛行状態で実践。
- ◆コウモリ模倣 FM パルスを用いることで SN 比が改善され (図 1C), 9v 駆動で 3.4m 前方のボール (直径 12cm) まで検知を確認 (図 1D)。
- ◆本検証により、生物ソナー由来の超音波運用法が、ドローン用の空中超音波センシングシステムとして効果的に実装出来ることが示された。

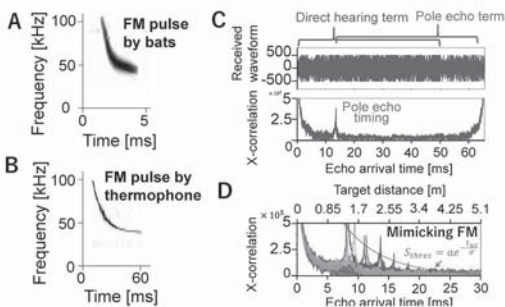


Fig. 1: FM pulse emitted by bats (A) and thermophone (B). (C) Example of time-amplitude (Top) and cross-correlation (Bottom) signal during sensing in the flight. (D) Distance characteristics of cross correlation peak.

### 3-4P-7

#### 音響的情報及び事前情報に基づく劣化音声知覚時の脳波の位相同期性の比較

Phase locking of brain oscillations during degraded speech perception based on prior and acoustic information

☆齊官重樹, 大塚翔, 中川誠司(千葉大)

- ◆劣化音声の了解度は、音響的情報を操作するあるいは元音声に関する情報を聴取者に与えることで変化する。これまで、劣化音声聴取時に活動する脳領域が調べられてきたのに対して、劣化音声聴取に注意がどのように関わっているかを検証した研究はほとんどなかった。
- ◆ $\delta$  および  $\theta$  帯域の脳律動に同期して注意状態が変動することが報告されていることから、上述の検討を行うためには、脳律動を計測することが有効である。
- ◆本研究では、フォルマント形状を操作することで劣化音声を作成し、その帯域幅を変えて了解度を調節した場合と元音声を呈示した場合で、 $\theta$  および  $\delta$  波の位相同期性を比較した。
- ◆劣化音声のフォルマント帯域幅の増加に伴って聴取成績が上昇することを確認した (Fig.1). 元音声呈示前後で位相同期性は減少した一方で、劣化音声のフォルマント帯域幅に応じた位相同期の変化は見られなかった (Fig.2). 事前情報を与えられた場合 (元音声聴取後) には、劣化音声から音響的情報を抽出する必要がなくなるため、注意が強く働いていない可能性がある。

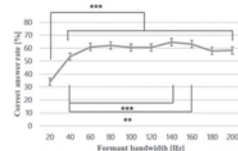


Fig.1 Correct answer rate of degraded speech with different formant bandwidth. \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 (Corrected for multiple comparisons with Ryan's method).

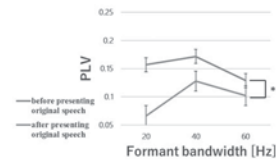


Fig.2 PLV with different formant bandwidth. \*p<0.05 (main effect in two way repeated measures ANOVA).

### 3-7P-2

#### 口腔内超音波振動子への適用を目的としたシリコーン印象材の音響特性評価

Measurement of acoustic characteristics of silicone impression material for application to ultrasonic transducer for oral treatment

◎福田翔平, 田原麻梨江, 中村健太郎(東工大),  $\Delta$ 石河陸生(桐蔭横浜大),  $\Delta$ 西村壽晃(東北大)

- ◆低出力の超音波照射による顎骨壊死の治療の研究報告があるが、口腔内用のものはない。我々はマウス口腔内用の棒状超音波振動子を製作し、治療効果を確認した。新しく口腔内で固定させる手法を検討しており、超音波振動子をシリコーン印象材内部に埋め込むことを想定している。今回はシリコーン印象材の減衰特性を測定した。
- ◆透過法によりシリコーン印象材の縦波速度、音響インピーダンス及び減衰率を推定した。測定には一般的に歯科治療で歯型採りに使用される印象材 4 種を用いた。その結果、減衰率は周波数の増加と共に増加し、種類によって減衰係数の大きさが異なった。印象材に含まれるファイラーの充填率の違いと考察した。

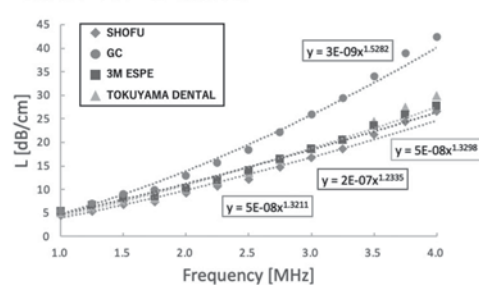


Fig. 1 Attenuation coefficient of impression material.



### 3-7P-3

#### 3-7P-3 送信波の伝搬遅延時間の考慮による超音波画像向上の検討

Investigation on improvement of ultrasound image quality by considering propagation delay time of transmitted wave

☆杉岡虎太郎, 茂澄倫也, 大村真朗, 長岡 亮, 長谷川英之(富山大)

- ◆あらかじめデータベース化した送信波の伝搬遅延時間をビームフォーミング時の遅延と処理において考慮することで, セクタ超音波画像構築に集束ビームを用いた開口合成法を適用した際の空間分解能を向上できるか検討した。
- ◆往路伝搬距離を理論的に算出した場合と, シミュレーションにより決定した伝搬遅延時間を考慮して算出した場合を比較した。ストリングファントムの実験データにそれぞれの手法を適用し, 得られた画像におけるストリングからのエコー振幅の半値幅(FWHM)を算出することで空間分解能を評価した。
- ◆Fig. 1は深さ約12 mmに位置するワイヤーにおける横方向および縦方向のFWHMである。提案法で得られたFWHMの方が小さく, 空間分解能が向上していることがわかる。

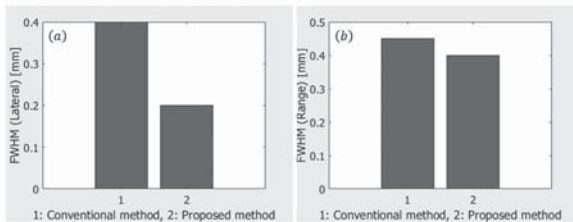


Fig. 1:FWHM in lateral (a) and axial (b) directions at a depth of 12 mm. (1) Conventional method. (2) Proposed method.

### 3-7P-5

#### 3-7P-5 心拍による頸動脈変位の2次元超音波計測における送信条件の影響の検討

Investigation on effect of transmit condition on 2D ultrasonic measurement of displacement of carotid arterial wall

☆矢野達也, 茂澄倫也, 大村真朗, 長岡 亮, 長谷川英之(富山大・工)

- ◆頸動脈の変位を計測する場合, 精度の高い変位計測のためには高いフレームレートが望ましいため, 超音波の送信条件を検討する必要がある。本報告では, 心拍の動きを模擬した血管壁のシミュレーションファントムを作成し, 平面波(Plane Wave)イメージングと開口合成法(Synthetic Aperture)による頸動脈の変位の推定精度を比較する。
- ◆シミュレーションを用いて, 頸動脈を模擬した均一な円筒状ファントムに, 心拍による頸動脈の拡張運動の速度を与え, 2次元位相追跡法により頸動脈壁変位の推定を行った。
- ◆速度推定をする関心点を頸動脈の前壁と後壁に設定した。
- ◆Table.1に真値と推定値の偏り誤差と標準偏差を示す。Table.1より, 送信条件が開口合成法である時は, 平面波イメージングよりも偏り誤差は大きい, 標準偏差が小さくなることがわかった。
- ◆結果から, 開口合成法は平面波イメージングと比べて標準偏差が小さいことから安定して変位推定を行えることが確認できた。

Table.1 Bias error and standard deviation

Method	Anterior wall	Posterior wall
Plane Wave	1.01±3.07 %	0.62±3.19 %
Synthetic Aperture	1.53±2.42 %	0.91±2.26 %

### 3-7P-4

#### 3-7P-4 レーザスペckル干渉法による鏡面振動変位分布絶対値測定およびレーザパルス法について

Polished surface vibration distributions absolute value measurements by laser speckle interferometry and laser pulse methods

○渡部泰明(都立大SD), 王 景(太陽誘電MT), 原 健悟(都立大理工)

- ◆Laser Speckle法(LS法)は, 圧電デバイス表面を可視化する方法であり, 様々な手法が用いられている。2004年の当時, 比較的容易に入手できる赤色レーザを用いて, 鏡面反射を測定したが入射角は16度になるよう常時設定しているのが現状であった。
- ◆さらにLS干渉に用いる手法としてレーザパルス法が用いられているが, レーザ光の相対角度とデューティ比を精密に求める手法は存在しなかった。
- ◆本研究では, UVレーザ波長に対して鏡面に対する自由な入射角度等を制御することを目的に, まず鏡面の反射率を調べる方法, およびLS干渉法およびレーザパルス法(Fig.1を参照)を検討した。

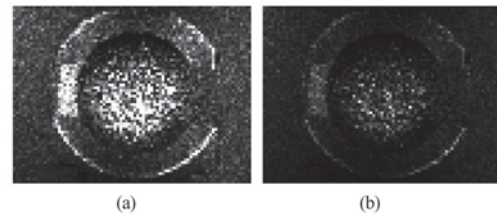


Fig. 1. Measurement results of laser speckle methods; (a) 0° and (b) 90° .

### 3-7P-6

#### 3-7P-6 厚み振動子による音響駆動力のマイクロポンプ特性の検討

Study on pump characteristics via thickness-vibration-mode transducer

◎孔徳卿, 雲浩, 青柳学(室蘭工大院)

- ◆PZT厚み振動子から液中へと波動が放射されるときに生じる音響駆動力を利用した超音波マイクロポンプの特性を検討する。U字型流路を設計し, Fig.1に示す水面変位で水圧と流量の測定を行う。
- ◆赤いフローティングボードの変位の時間変化を Fig. 2 に示す。2.07 MHzの駆動周波数で 76.8 V<sub>pp</sub>の駆動電圧を印加したとき, 最大変位 d は 1.4 mm であり, 水圧は 27.4 Pa が確認された。
- ◆Fig.3に示すように駆動電圧が 76.8 V<sub>pp</sub>のとき, フローティングボードの最大速度は 2.6 mm/s であり, 流量は 4.4 ml/min であった。

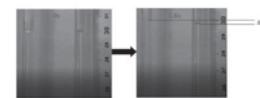


Fig. 1 Variation of water level.

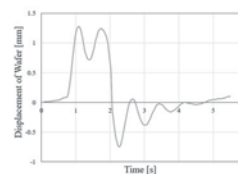


Fig. 2 Wafer displacement versus time.

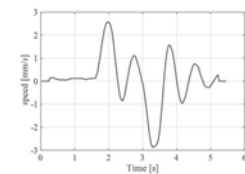


Fig. 3 Speed of wafer versus time.

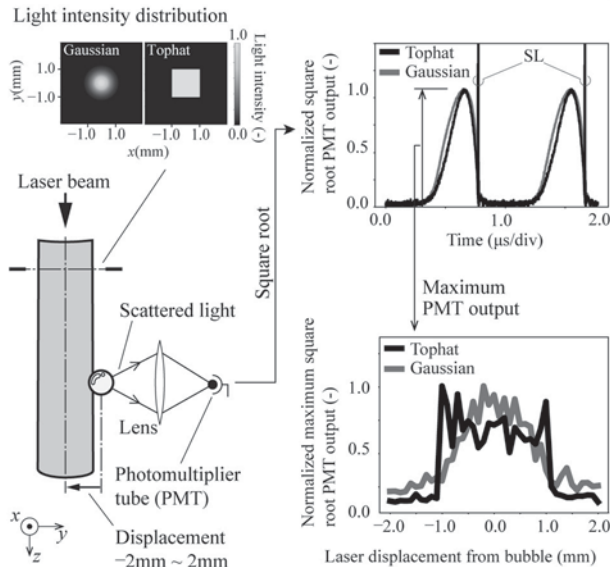
3-7P-7

3-7P-7 トップハットビームを用いるレーザ散乱による音響キャビテーション気泡振動の計測

Measurement of acoustic cavitation bubble vibration by laser scattering using a tophat beam

☆古田 雄大, 黒山 喬允 (岐阜高専)

- トップハットビームとガウシアンビームを用いるレーザ散乱法により単一気泡の振動を計測
- トップハットビームはガウシアンビームに比べ光強度の均一性が高い
- トップハットビームを用いることで、散乱光強度の気泡位置依存性を小さくすることができると思われる



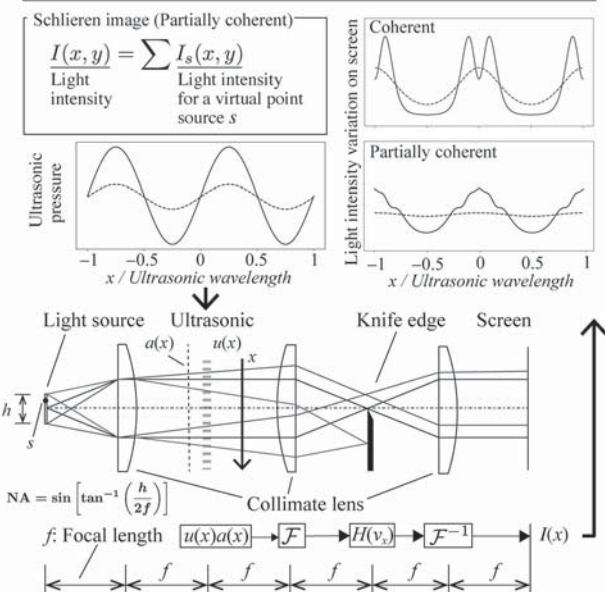
3-7P-9

3-7P-9 部分的コヒーレント照明を考慮するシュリーレン法による超音波可視化像の解析

Analysis of visualization of ultrasonic with schlieren method considering partially coherent illumination

☆中野 剛志, 黒山 喬允 (岐阜高専)

- 部分的コヒーレント照明を考慮するシュリーレン法をモデル化し正弦波超音波可視化像の解析を行った
- 光源の開口数NAを大きくすると、可視化像の感度が低下した
- 光源の開口数NAを大きくすると、可視化像の歪みが小さくなった



3-7P-8

3-7P-8 歪み信号加算によるパラメトリックスピーカの歪み低減の検討 - 調波構造への対応 -

Reduction of harmonic distortion in parametric loudspeaker by addition of distortion signal suing: Correspondence to harmonic structure signal

☆原田俊平, 野村英之(電通大)

- ◆パラメトリックスピーカの音質劣化の原因の一つとして、高調波歪みが指摘されている。
- ◆入力信号の高調波相当信号を加算する高調波歪み低減法を、調波構造信号に対して適用する場合について、非線形音場計算により検討した。
- ◆低減処理の効果をスペクトル歪み尺度 (Spectral Distortion, SD)

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{S_x(n) - S_y(n)\}^2} \text{ [dB]}$$

で評価した。nは離散周波数インデックス(1kHz基準)、 $S_x(n)$ ,  $S_y(n)$ はそれぞれ基準信号、被評価信号の音圧レベル[dB]、Nは上限周波数に相当する。今回は第5高調波までを考慮し、 $N = 5$ とした。

- ◆入力信号を1,2kHzとした結果をFig. 1に示す。処理適用後の約2m以上で未処理の場合より低SDとなり、低減効果を確認できた。

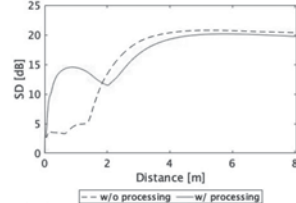


Fig.1: Spectral distortion with and without reduction processing

3-7P-10

3-7P-10 線形判別分析と隠れマルコフモデルによる打音検査診断

Study of hammering test using linear-discriminant analysis and hidden Markov model

☆花房万由子(滋賀大), 市川治(滋賀大)

- ◆社会インフラの点検のために、打音検査が広く行われている。
- ◆打音検査を、熟練技術者の聴覚に頼るのではなく、接触型のスピーカ(エキサイタ)と接触マイクロフォンを用いて、コンピュータによって異常を診断する方法が開発されている。
- ◆本報告では、前回の報告に引き続き、以下の2つの手法の有効性を検証する。
  - 再生音として打撃を模した音の代わりに Time Stretch Pulse (TSP) 信号を用いる
  - 接触マイクロフォンを複数(今回は2個)に増やす
- ◆前報では、特徴の現れやすい周波数帯を手で選択することにより次元削減を行っていた。従来研究にて、正常・異常の変位を捕捉しやすくするための弱教師あり学習が行われているのを踏まえ、手で選択する代わりに線形判別分析(LDA)を使用することを、上記提案法と併せて試す。
- ◆打音検査の対象として、前報と同様に、背後に間柱が有る場合と無い場合の内装壁を採用した。
- ◆学習データが極めて少ないケースに対応するために、深層学習は使用せず、時間解像度を高めた隠れマルコフモデル(HMM)のフレームワークを適用した。

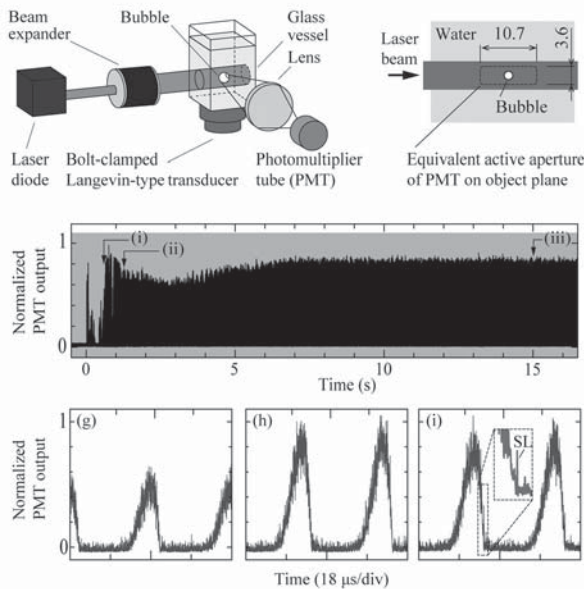
### 3-7P-11

#### 形成直後のシングルバブル 半径振動の時間変化

Radial oscillation of single bubble in initial growth

☆高橋亮輔, 黒山 喬允(岐阜高専)

- ◆ 単一気泡系において気泡がダンシングしていてもレーザー散乱法により気泡振動を計測できる光学系を構築
- ◆ 気泡発生直後の気泡の振動とソノルミネッセンスを同時計測
- ◆ 気泡成長過程と不安定な振動をする気泡の計測を実現



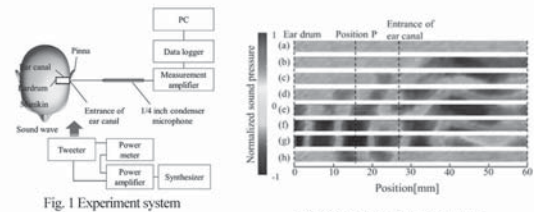
### 3-7P-12

#### 3-7P- パルス超音波曝露下における外耳道内の 12 音場の基礎検討

Basic investigation of the sound field in ear canal under pulse ultrasound exposure

☆小川雄也, 大隅歩, 伊藤洋一(日大・理工)

- ◆ 疑似外耳道を持つマネキンヘッドに周波数 20 kHz、1~20 サイクルのパルス超音波を照射し暴露させた場合の、外耳道内外の音圧特性について検討している。
- ◆ 本報告では、パルス超音波が外耳道に形成する音場について検証し、連続波と同様な鼓膜受音圧の推定可能性について検証した。
- ◆ その結果、外耳道内へのパルス音波の侵入と定在波音場が形成される過程を確認した。また、波数5波程度のパルス音場であれば、連続音波照射時の推定法と同様の方法で鼓膜受音圧を推定できることを明らかにした。



### 3-8P-1

#### 3-8P-1 ニホンザル摘出喉頭における 仮声帯発声の観測

Observation of ventricular fold vibrations in excised larynxes of Japanese macaques

☆宮崎琳太郎(立命館大), 金谷麻由佳(立命館大),  
△野口十夢(立命館大), △吉谷友紀(立命館大),  
△西村剛(京都大), 徳田功(立命館大)

- ◆ 6 個体のニホンザル摘出喉頭を用いて仮声帯発声を模擬した吹鳴実験を行った。
- ◆ 仮声帯振動の度合を定量的に評価可能な指標として仮声帯振動率  $R_{FVF}$  を定義した。
- ◆ 仮声帯振動には基本周波数を低減させる効果がある。

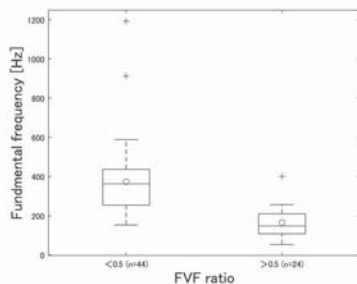


Fig.1 Fundamental frequencies compared between weak ( $R_{FVF}<0.5$ ) and strong ( $R_{FVF}>0.5$ ) ventricular fold vibrations.

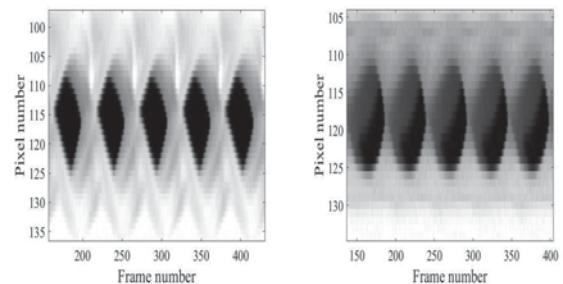
### 3-8P-2

#### 3-8P-2 声帯物理モデルを用いた呼気・吸気発声の 比較実験

Comparison between expiratory and inspiratory phonations using physical model of the vocal folds

仲川拓臣(立命館大), ☆長谷川寛人(立命館大), △野口航平(立命館大),  
徳田功(立命館大)

- ◆ 声帯モデルに MRI モデルを用いて、呼気・吸気発声の比較実験を行った。
- ◆ 左右声帯間距離を 0mm から 3mm まで変更し、吸気発声時および呼気発声時における流量、声門下圧、音声、高速度動画を計測した。
- ◆ 呼気発声と比較して、吸気発声では、オンセット流量が小さくなった。オンセット圧も下がり、基本周波数は高くなる傾向にあった。これらの結果は、人の呼気発声と吸気発声に関する先行研究と矛盾しないことが確認できた。



◆ Fig.1 Kymograms of expiratory (left) and inspiratory (right) phonations.

### 3-8P-3

#### 3-8P-3 声帯ポリープを模擬した物理モデルの構築

Construction of a physical model of vocal fold polyp

☆植村泰佑(立命館大), 金谷麻由佳(立命館大), 川端怜(立命館大)  
松本拓磨(立命館大), 徳田功(立命館大)

- ◆声帯の酷使などが原因の声帯ポリープを模擬する物理モデルを構築した。
- ◆ポリープのある物理モデルとポリープのない物理モデルを作成し、吹鳴実験を通して、各モデルの声門下圧、音声、高速度動画を計測した。
- ◆ポリープは3mmと5mmの大きさを持ち、それぞれ5種類ずつ硬さの異なる物理モデルを用意した。
- ◆ポリープがあることで発声効率は低くなり、Jitter は高くなることが分かった。またこれらの特性は硬さにも依存することが分かった。

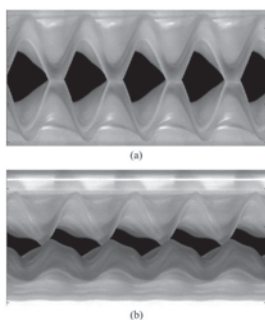


Fig.1: Kymograms of the vocal fold model without (a) and with (b) a vocal fold polyp (diameter of 5 mm)

### 3-8P-5

#### 3-8P-5 現場業務の音声コミュニケーションにおける感情空間推定モデルの評価

Evaluation of emotional space estimation model in speech communication of field work

○宮川夏實, △園尾聡, △降幡健太郎, △鈴木優(東芝デジタルソリューションズ), 赤木正人(JAIST)

- ◆Elbarougy & Akagi[1]が提唱した三層構造感情空間モデルに基づいて現場業務の音声の感情空間の推定を行った。
- ◆感情評価実験を行い、現場業務の音声の感情評価コーパスを開発した。
- ◆モデルを Table 1 の条件でパラメータチューニングし、同コーパスとモデルの推定結果の相関係数を計算し、モデルの評価を行った。
- ◆現場業務の音声データを用いてモデルを学習させることで、[1]モデルに比べて推定精度が向上した (Fig.1)。

Table 1 モデル学習の実験条件

モデル	聴感印象を表す形容詞 (Semantic Primitives, SP)	集計方法	評価者	データ数
SP4-Vote	暗い/弱い/強い/重い	多数決	5人	587
SP5-Vote				559
SP5-EWE	暗い/弱い/穏やか/きれいな/声の高い	重み付け平均 (EWE)	10人	782
SP5-EWE10				782

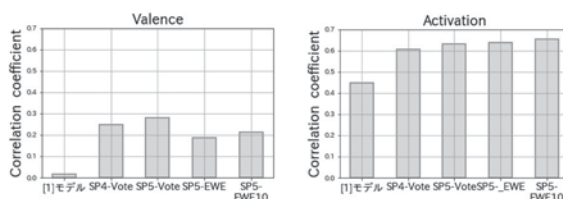


Fig. 1 学習モデル別の学習後の感情推定値と人手評価の相関係数の比較表

### 3-8P-4

#### 3-8P-4 仮声帯の有無が声帯物理モデルの振動に与える影響について

Effect of ventricular fold on vibrations of vocal fold physical model

☆松島大輔(立命館大), 金谷麻由佳(立命館大), △韓聰(立命館大), 徳田功(立命館大)

- ◆声帯および仮声帯の振動を模擬する物理モデルを構築した。
- ◆声帯のレプリカモデルとして MRI 型モデル、仮声帯のレプリカモデルとして松本等が作成したモデルを使用した。
- ◆仮声帯間の距離を 0mm から 3mm までは 0.5mm 間隔、3mm から 10mm までは 1mm 間隔で変化させ、各条件における振動の声門下圧、音声、高速度撮影を計測した。
- ◆高速度撮影で得られた映像から声帯と仮声帯の振動の位相差を可視化した。

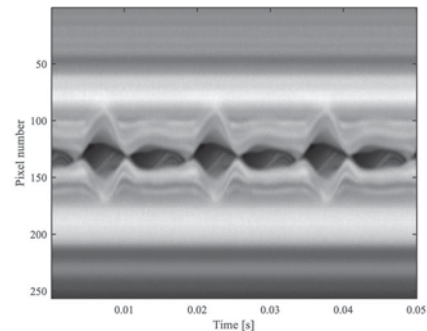


Fig.1 Kymograph observed when ventricular fold distance was 2mm

### 3-8P-6

#### 3-8P-6 発話の途切れ・延伸時の調音運動に関する一検討

An investigation on articulatory movement of breaks and prolongations in Japanese

○林良子(神戸大), 北村達也(甲南大), △孫静(神戸大院), 定延利之(京大)

- ◆発話における途切れ、延伸が、音環境によってどのように異なるのか、またどのような舌の運動が行われているかについて、音響分析および超音波断層撮像を用いた画像から予備的分析を試みた。
- ◆被験者 1 名に「山」で始まる苗字の一覧を見せ、「これは山〇〇さん」というキャリア文に入れて読んでもらい (通常)、次に誰だか思い出しながら「これはやまー〇〇さん」(延伸)、「これはやま・〇〇さん」(途切れ) とそれぞれ読んでもらった。
- ◆途切れ・延伸とも通常より持続時間が平均 1.8 倍長く、後続子音も長くなったが、途切れでは、後続する音節で発話速度を回復するような現象が見られた。
- ◆途切れの音声休止区間では、舌が運動を続けている様子が超音波撮像トレース図から観察された。

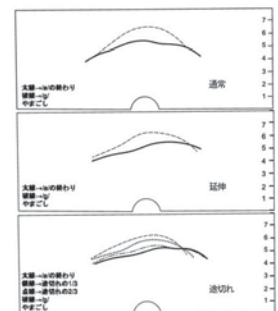


Fig.1: Traced tongue contour of /a/ to /g/ in /yamagoshi-san/

### 3-8P-7

#### 3-8P-7 沖縄語首里方言の疑問文イントネーションの変異

Intonational Change of Interrogative sentences in Shuri Okinawan

☆シレキホン, 花蘭悟(東京外国語大学)

- ◆先行研究では沖縄語首里方言について疑問文のイントネーションは下降しているとされている。
- ◆しかし、80歳前後(2021年時点)の首里方言話者の疑問文イントネーションを分析すると、下記のように上昇している例が多数あった。

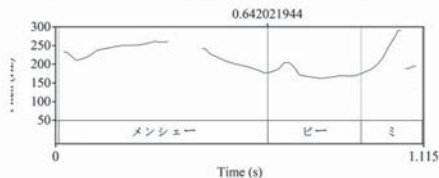


Fig.1 Pitch patterns of Yes-No Interrogative uttered by a female native Okinawan speaker N.

- ◆3名の被験者のうち、1名は80%以上、2名は15%と18%と個人差がかなりある。また、右の図のように上昇しているものは疑問詞疑問文(Wh-interrogative)より真偽疑問文(Yes-No Interrogative)が多かった。

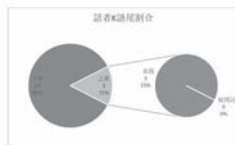


Fig.2 Percentage of Yes-No Interrogative in rising intonation uttered by a male native Okinawan speaker

- ◆今後の課題：話者を増やしての調査、変異の原因の解明

### 3-8P-8

#### 3-8P-8 正規化フォルマント・fo 遷移データによる韻の音声合成: ベトナム語ハノイ方言を事例として

Speech synthesis of rhymes from normalized formant/fo transition data: the case of Hanoi Vietnamese

☆山岡翔(京都大院・文学研)

- ◆前報ではベトナム語を事例として音節基調の孤立語の音韻研究への応用を目的としたフォルマント遷移の話者間正規化方法を提案した。
- ◆今回はこの正規化値が当該言語の音韻をある程度反映していることを保証するため、フォルマントと fo の正規化遷移を用いて音響的に合成したベトナム語音声の弁別性・自然性について報告する。
- ◆ベトナム語母語話者1名による聴取の結果によれば、本研究の方法により合成した音声はかなり高い弁別性・自然性をもっているといえる。

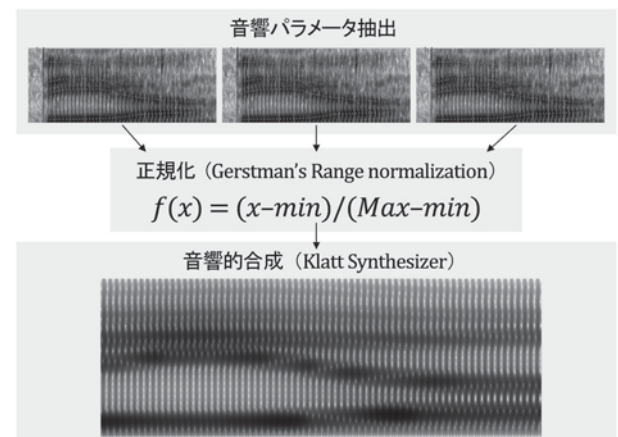


Fig. 1: Overview of speech synthesis of rhymes from the normalized transition data